

유한킴벌리 우리강산 푸르게 푸르게(KKG)

캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

2023.06.

제 출 문

본 보고서를「우리강산 푸르게푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역」의 최종성과품으로 제출합니다.

2023.06.

동국대학교 산학협력단장 이 경

참 여 연 구 진

책임연구원 오 총 현 (동국대학교 바이오환경과학과 교수)

연구원 이 임 영 ((주)산림기술사사무소청솔 대표이사)
민 경 일 ((주)산림기술사사무소청솔 실장)
김 창 현 ((주)산림기술사사무소청솔 부장)

연구보조원 박 소 영 ((주)산림기술사사무소청솔 이사)
박 경 민 ((주)산림기술사사무소청솔 사원)
최 지 원 (동국대학교 생태계서비스연구소 박사수료)
이 승 준 (동국대학교 생태계서비스연구소 박사수료)
조 유 나 (동국대학교 바이오환경과학과 박사과정)
정 나 영 (동국대학교 바이오환경과학과 석박사통합과정)
이 현 빈 (동국대학교 바이오환경과학과 석사과정)
전 문 도 (동국대학교 바이오환경과학과 석사과정)
김 지 연 (동국대학교 바이오환경과학과 석박사통합과정)

차 례

제 1 장 과업의 개요

1. 연구의 배경과 목적	3
1.1 연구 배경	3
1.2 연구 목적	4
1.3 기대 효과	4
2. 연구수행 범위	5
2.1 시간적 범위	5
2.2 공간적 범위	5
2.3 내용적 범위	6
3. 연구추진전략	7
3.1 연구추진체계	7
3.2 연구수행조직	7
3.3 연구추진일정	8

제 2 장 연구 방법

1. 임황 조사	11
1.1 임황 조사	11
1.2 임황조사결과 분석	11
2. 생물다양성 조사	12
2.1 식물상 조사	12
2.2 군집구조 조사	13

2.3 무기환경 조사	15
2.4 나이트 분석	16
3. 생태계서비스 분석	17
3.1 생태계서비스 개요	17
3.2 공급서비스 평가	18
3.3 조절서비스 평가	21
4. 사회적 성과 분석	25

제 3 장 조림사업지 정밀 실태조사 결과

1. 서울남산	29
1.1 조림 사업 내용	29
1.2 임황 조사 결과	30
1.3 식물상 조사 결과	33
1.4 군집구조 분석 결과	34
1.5 무기환경 조사 결과	35
1.6 종합	36
2. 대전 공존숲	39
2.1 조림 사업 내용	39
2.2 임황 조사 결과	41
2.3 식물상 조사 결과	45
2.4 군집구조 분석 결과	46
2.5 무기환경 조사 결과	52

3. 안면도	57
3.1 조림 사업 내용	57
3.2 임황 조사 결과	58
3.3 식물상 조사 결과	64
3.4 군집구조 분석 결과	66
3.5 무기환경 조사 결과	79
4. 충주 송강리	86
4.1 조림 사업 내용	86
4.2 임황 조사 결과	87
4.3 식물상 조사 결과	90
4.4 군집구조 분석 결과	91
4.5 무기환경 조사 결과	97
5. 증평 노암리	100
5.1 조림 사업 내용	100
5.2 임황 조사 결과	102
5.3 식물상 조사 결과	105
5.4 군집구조 분석 결과	106
5.5 무기환경 조사	112
6. 제천 화당리	115
6.1 조림사업내용	115
6.2 임황 조사 결과	116
6.3 식물상 조사 결과	121
6.4 군집구조 분석 결과	123
6.5 무기환경 조사 결과	134

7. 거제 삼거동	140
7.1 조림 사업 내용	140
7.2 임황 조사 결과	141
7.3 식물상 조사 결과	144
7.4 군집구조 분석 결과	146
7.5 무기환경 조사 결과	156
8. 서울숲	163
8.1 대상지 개요	163
8.2 식물상 조사 결과	164
8.3 군집구조 분석 결과	165
8.4 종합	169

제 4 장 숲가꾸기 사업지 정밀 실태조사 결과

1. 서울남산	175
1.1 숲가꾸기 사업 내용	175
1.2 임황 조사 결과	177
1.3 식물상 조사 결과	180
1.4 군집구조 분석 결과	181
1.5 무기환경 조사 결과	188
2. 관악수목원	191
2.1 숲가꾸기 사업 내용	191
2.2 임황 조사 결과	193
2.3 식물상 조사 결과	196
2.4 군집구조 분석 결과	197

3. 대전 공존숲	208
3.1 숲가꾸기 사업 내용	208
3.2 임황 조사 결과	210
3.3 식물상 조사 결과	213
3.4 군집구조 분석 결과	214
3.5 무기환경 조사 결과	223
4. 김천 공존숲	226
4.1 숲가꾸기 사업 내용	226
4.2 임황 조사 결과	228
4.3 식물상 조사 결과	231
4.4 군집구조 분석 결과	233
4.5 무기환경 조사 결과	242

제 5 장 KKG 캠페인 사업지 생태계서비스 평가

1. 공급서비스	247
1.1 목재축적량	247
1.2 수원함양량	250
2. 조절서비스	253
2.1 탄소저장량	253
2.2 온도저감효과	256
2.3 토사유출방지량	259

제 6 장 KKG 캠페인 성과에 대한 전문가 설문 결과

1.1 KKG 캠페인 인식 정도	265
1.2 KKG 캠페인 사회적 성과 평가 결과	267
1.3 KKG 캠페인 핵심 사회적 성과 및 개선 사항	272
<부록 1> 연구대상지 전체 식물상(목본) 목록	274
<부록 2> KKG 캠페인 사회적 성과 조사 전문가 설문지	282

표 차례

표 1. 연구대상지 목록 및 선정 이유	5
표 2. 세부 내용 범위	6
표 3. 연구 추진 일정	8
표 4. 토양의 물리적, 화학적 특성 평가항목과 평가 기준	15
표 5. 현장조사 및 분석 방법론 요약	16
표 6. 전국 모암 및 토양형별 조공극량을 이용한 산림의 수원함양기능 평가 결과	21
표 7. 생태계서비스 항목별 평가내용	24
표 8. 서울 남산(조림지) 표준지 배치 내역	30
표 9. 서울 남산 조림면적 및 조사면적	31
표 10. 서울 남산 조림목 분수 집계표	31
표 11. 서울 남산(조림지) 식물상	33
표 12. 서울 남산(조림지) 상대우점치 분석 결과(소나무)	34
표 13. 서울 남산(조림지) 종다양도지수 분석 결과	34
표 14. 서울 남산(조림지) 토양 분석 결과	36
표 15. 대전 공존숲 조림사업 실행 내역	40
표 16. 대전 공존숲(조림지) 표준지 배치 내역	41
표 17. 대전 공존숲 조림면적 및 조사면적	42
표 18. 대전 공존숲 조림목 분수 집계표	42
표 19. 대전 공존숲(조림지) 식물상(목본)	45
표 20. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(가래나무)	46
표 21. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(느티나무)	47
표 22. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(소나무)	48
표 23. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(백합나무)	49
표 24. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(편백)	50

표 25. 대전 공존숲(조림지) 종다양도지수	51
표 26. 대전 공존숲(조림지) 토양 분석 결과	52
표 27. 안면도 조림사업 실행내역	57
표 28. 안면도 표준지 배치 내역	58
표 29. 안면도 조림면적 및 조사면적	61
표 30. 안면도 조림목 본수 집계표	62
표 31. 안면도 식물상(목본)	65
표 32. 안면도 상대우점치 분석 결과(굴거리나무)	67
표 33. 안면도 상대우점치 분석 결과(굴거리나무 대조군)	68
표 34. 안면도 상대우점치 분석 결과(동백나무)	70
표 35. 안면도 상대우점치 분석 결과(붉가시나무)	71
표 36. 안면도 상대우점치 분석 결과(종가시나무)	74
표 37. 안면도 상대우점치 분석 결과(소나무)	76
표 38. 안면도 종다양도지수 분석 결과	77
표 39. 안면도 토양 분석 결과	80
표 40. 충주 송강리 표준지 배치 내역	87
표 41. 충주 송강리 조림면적 및 조사면적	88
표 42. 충주 송강리 조림목 본수 집계표	88
표 43. 충주 송강리 식물상(목본)	90
표 44. 충주 송강리 상대우점치 분석 결과(일본잎갈나무)	91
표 45. 충주 송강리 상대우점치 분석 결과(소나무)	93
표 46. 충주 송강리 종다양도지수 분석 결과	96
표 47. 충주 송강리 토양 분석 결과	97
표 48. 증평 노암리 조림사업 실행 내역	101
표 49. 증평 노암리 표준지 배치 내역	102
표 50. 증평 노암리 조림면적 및 조사면적	103
표 51. 증평 노암리 조림목 본수 집계표	103

표 52. 증평 노암리 식물상(목본)	105
표 53. 증평 노암리 상대우점치 분석 결과(백합나무)	106
표 54. 증평 노암리 상대우점치 분석 결과(소나무)	108
표 55. 증평 노암리 상대우점치 분석 결과(굴참나무)	110
표 56. 증평 노암리 종다양도지수 분석 결과	111
표 57. 증평 노암리 나이트 분석 결과	111
표 58. 증평 노암리 토양 분석 결과	112
표 59. 제천 화당리 표준지 배치 내역	116
표 60. 제천 화당리 조림면적 및 조사면적	118
표 61. 제천 화당리 조림목 본수 집계표	119
표 62. 제천 화당리 식물상(목본)	122
표 63. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(자작나무)	123
표 64. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(잣나무)	125
표 65. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(일본잎갈나무)	127
표 66. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(대조군)	129
표 67. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(대조군)	130
표 68. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(대조군)	131
표 69. 제천 화당리 종다양도지수 분석 결과	132
표 70. 제천 화당리 나이트 분석 결과	134
표 71. 제천 화당리 토양 분석 결과	135
표 72. 거제 삼거동 조림사업 실행 내역	140
표 73. 거제 삼거동 표준지 배치 내역	141
표 74. 거제 삼거동 조림면적 및 조사면적	142
표 75. 거제 삼거동 조림목 본수 집계표	142
표 76. 거제 삼거동 식물상(목본)	145
표 77. 거제 삼거동 상대우점치 분석 결과(편백)	146
표 78. 거제 삼거동 상대우점치 분석 결과(대조군)	152

표 79. 거제 삼거동 종다양도지수 분석 결과	155
표 80. 거제 삼거동 나이트 분석 결과	155
표 81. 거제 삼거동 토양 분석 결과	157
표 82. 서울숲 식물상(목본)	164
표 83. 서울숲 상대우점치 분석 결과(A구역)	165
표 84. 서울숲 상대우점치 분석 결과(B구역)	166
표 85. 서울숲 상대우점치 분석 결과(C구역)	168
표 86. 서울 남산(숲가꾸기) 사업실행 면적	176
표 87. 서울 남산(숲가꾸기) 사업시행 총 수량(숙아베기)	176
표 88. 서울 남산(숲가꾸기) 표준지 배치 내역	177
표 89. 2023년 조사 입목축적 산출결과	178
표 90. 2014년 조사 입목축적 산출결과	178
표 91. 서울 남산 단재적 증가량	179
표 92. 서울 남산 식물상(목본)	180
표 93. 서울 남산(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(소나무)	181
표 94. 서울 남산(숲가꾸기) 종다양도지수 분석 결과	186
표 95. 서울 남산(숲가꾸기) 나이트 분석 결과	187
표 96. 서울 남산(숲가꾸기) 토양 분석 결과	188
표 97. 관악수목원 사업실행 면적	192
표 98. 관악수목원 사업시행 총 수량(숙아베기)	192
표 99. 관악수목원 표준지 배치 내역	193
표 100. 2023년 조사 입목축적 산출결과	194
표 101. 2010년 조사 입목축적 산출결과	194
표 102. 관악수목원 단재적 증가량	195
표 103. 관악수목원 식물상(목본)	196
표 104. 관악수목원 상대우점치 분석 결과(소나무)	197
표 105. 관악수목원 상대우점치 분석 결과(리기다나무)	200

표 106. 관악수목원 상대우점치 분석 결과(신갈나무)	202
표 107. 관악수목원 종다양도지수 분석 결과	204
표 108. 관악수목원 나이테 분석 결과	205
표 109. 관악수목원 토양 분석 결과	206
표 110. 대전 공존숲(숲가꾸기) 사업실행 면적	209
표 111. 대전 공존숲(숲가꾸기) 사업시행 총 수량(숙아베기)	209
표 112. 대전 공존숲(숲가꾸기) 표준지 배치 내역	210
표 113. 2023년 조사 입목축적 산출결과	211
표 114. 2016년 조사 입목축적 산출결과	211
표 115. 대전 공존숲(숲가꾸기) 단재적 증가량	212
표 116. 대전 공존숲(숲가꾸기) 식물상(목본)	213
표 117. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(일본잎갈나무)	214
표 118. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(메타세쿼이아)	216
표 119. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(상수리나무)	218
표 120. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(독일가문비나무)	220
표 121. 대전 공존숲(숲가꾸기) 종다양도지수 분석 결과	221
표 122. 대전 공존숲(숲가꾸기) 나이테 분석 결과	222
표 123. 대전 공존숲(숲가꾸기) 토양 분석 결과	224
표 124. 김천 공존숲 사업실행 면적	227
표 125. 김천 공존숲 사업시행 총 수량(숙아베기)	227
표 126. 김천 공존숲 표준지 배치 내역	228
표 127. 2023년 조사 입목축적 산출결과	229
표 128. 2016년 조사 입목축적 산출결과	229
표 129. 김천 공존숲 단재적 증가량	229
표 130. 김천공존숲 식물상(목본)	231
표 131. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(소나무)	233
표 132. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(신갈나무)	235

표 133. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(대조군)	237
표 134. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(대조군)	238
표 135. 김천 공존숲 종다양도지수 분석 결과	239
표 136. 김천 공존숲 나이테 분석 결과	241
표 137. 김천 공존숲 토양 분석 결과	242
표 138. 조림지 목재축적량	247
표 139. 숲가꾸기 사업지 단재적 증가량	248
표 140. 2021년 연구대상지 목재축적량	249
표 141. 조림지 수원함양량	250
표 142. 숲가꾸기 사업지 수원함양량	251
표 143. 2021년 연구대상지 수원함양량	252
표 144. 조림지 탄소저장량	253
표 145. 숲가꾸기 사업지 탄소저장량	254
표 146. 2021년 연구대상지 탄소저장량	255
표 147. 조림지 온도저감효과	256
표 148. 숲가꾸기 사업지 온도저감효과	257
표 149. 2021년 연구대상지 온도 저감 효과	258
표 150. 조림지 토사유출방지량	259
표 151. 숲가꾸기 사업지 토사유출방지량	261
표 152. 2021년 연구대상지 토사유출방지량	262
표 153. KKG 캠페인 참여 여부	265
표 154. KKG 캠페인 인식 정도	266
표 155. 사회적 성과 평가 결과(전략)	267
표 156. 사업 참여 여부에 따른 사회적 성과 평가 결과(전략)	267
표 157. 사회적 성과 평가 결과(운영)	268
표 158. 사업 참여 여부에 따른 사회적 성과 평가 결과(운영)	268
표 159. KKG 캠페인 기타 사회적 성과	272

표 160. KKG 캠페인 개선 사항	272
----------------------------	-----

그림 차례

그림 1. 유한킴벌리 ‘우리강산 푸르게푸르게’ 캠페인 연혁	3
그림 2. 연구 추진체계	7
그림 3. 미국 농무성법에 의한 토성 구분	16
그림 4. 서울 남산 조림지 위치	29
그림 5. 서울 남산(조림지) 표준지 배치도	30
그림 6. 조림목 밀생지(1구역)	37
그림 7. 서울시 식재 조경수에 의한 조림목 피압(1구역)	37
그림 8. 조림목 상층을 이루고 있는 천연소나무(2구역)	38
그림 9. 조림목 생장에 지장을 주고 있는 아까시나무(2구역)	38
그림 10. 대전 공존숲 조림지 위치	39
그림 11. 대전 공존숲(조림지) 표준지 배치도	41
그림 12. 대전 공존숲 대상지 출현 식물(좌 : 쥐방울덩굴, 우 : 앵초)	45
그림 13. 2016 소나무 조림지	53
그림 14. 2016년 백합나무 조림지	53
그림 15. 2017년 가래나무 조림지	54
그림 16. 2018년 편백 조림지	54
그림 17. 2018년 느티나무 조림지	55
그림 18. 2019년 가래나무 조림지	55
그림 19. 2020년 가래나무 조림지	56
그림 20. 안면읍 창기리 산34-41(소나무 조림지) 표준지 배치도	59
그림 21. 안면읍 창기리 산24-1(붉가시나무, 동백나무 조림지) 표준지 배치도	59
그림 22. 안면읍 창기리 산27-1(종가시나무 조림지) 표준지 배치도	60
그림 23. 안면읍 중장리 산5-138(동백나무, 굴거리나무 조림지) 표준지 배치도	60
그림 24. 창기리 소나무조림지 원경	81

그림 25. 소나무 조림목 초두부	81
그림 26. 소나무 조림지 산림내부	82
그림 27. 붉가시나무 조림지	82
그림 28. 증가시나무 조림지	83
그림 29. 동백나무 조림지	83
그림 30. 굴거리나무 조림지	84
그림 31. 조림 안내판 현황	84
그림 32. 지방정원에 편입된 시민참여 조림지	85
그림 33. 충주 송강리 조림지 위치	86
그림 34. 충주 송강리 표준지 배치도	87
그림 35. 소나무 조림지- 어린나무가꾸기작업 필요	98
그림 36. 소나무 조림지 근경 - 상층에 소나무일부 존치	98
그림 37. 일본잎갈나무 조림지 근경 - 입목밀도 낮음	99
그림 38. 일본잎갈나무 조림지 임내 - 초본류와 덩굴류 다량 발생	99
그림 39. 증평 노암리 조림지 위치	100
그림 40. 증평 노암리 표준지 배치도	102
그림 41. 조림지 근경	113
그림 42. 소나무 조림목	113
그림 43. 계곡부의 백합나무	114
그림 44. 백합나무 쌍간목	114
그림 45. 산22-1번지 표준지 배치도	117
그림 46. 산23-1번지 표준지 배치도	117
그림 47. 자작나무 조림지 하층부	136
그림 48. 자작나무 조림지 상층부	136
그림 49. 일본잎갈나무 하층부	137
그림 50. 일본잎갈나무 상층부	137
그림 51. 주변 수확 후 조림을 실시한 지역	138

그림 52. 주변지역 원경	138
그림 53. 잣나무림	139
그림 54. 거제 삼거동 표준지 배치도	141
그림 55. 14-0-14-0소반 산록부 - 2023년 숲아베기 및 산물수집 실행	158
그림 56. 14-0-14-0소반 산복부 - 2023년 숲아베기 후 산물 임내 존치	158
그림 57. 수집한 산물을 임도변에 집적 (14-0-14-0소반)	159
그림 58. 수관층 소재된 지역 편백 천연치수 발생 (14-0-14-0소반)	159
그림 59. 14-0-18-0소반 최근 숲아베기 및 산물수집 실행지역	160
그림 60. 14-0-18-0소반 입목밀도가 낮은 지역	160
그림 61. 편백 치수 발생	161
그림 62. 14-0-14-0소반 수관부(원추형) : 수고 성장 가능	161
그림 63. 도로변에 설치된 안내판 (앞면)	162
그림 64. 도로변에 설치된 안내판 (뒷면)	162
그림 65. 서울숲 대상지 위치(A,B,C 구역 내 각 1,000평)	163
그림 66. 뜰보리수(식재)	164
그림 67. 고욤나무(자생)	164
그림 68. 서울숲 A구역 안내판	171
그림 69. 서울숲 B구역 안내판	171
그림 70. 서울숲 C구역 안내 비석	172
그림 71. C 구역 잣나무 식재지역 경관	172
그림 72. 서울 남산 숲가꾸기 실행지 위치도	175
그림 73. 서울남산 숲가꾸기 지역 표준지 배치도	177
그림 74. 서울 남산(숲가꾸기) 나이트 분석 결과	187
그림 75. 중층조절 실행지 - 경관, 휴양기능 개선 및 종 다양성 증진	189
그림 76. 공간 활용 - 숲가꾸기 실행지역에 휴게시설 설치	189
그림 77. 소나무 생태·경관보전지역 - 입목밀도가 높아 밀도조절 필요	190
그림 78. 관악수목원 숲가꾸기 실행지 위치도	191

그림 79. 관악수목원 표준지 배치도	193
그림 80. 관악수목원 나이트 분석 결과	205
그림 81. 산림 내에 다양한 식생 발달하여 종 다양성 증진됨	207
그림 82. 숲가꾸기 실행지역 근경	207
그림 83. 대전 공존숲 숲가꾸기 실행지 위치도	208
그림 84. 대전공존숲(숲가꾸기) 표준지 배치도	210
그림 85. 오동나무(특산식물)	213
그림 86. 목련(희귀식물)	213
그림 87. 대전 공존숲(숲가꾸기) 나이트 분석 결과	222
그림 88. 하층에 활엽수 다량 유입하여 수원함양 기능 증진	225
그림 89. 하층에 활엽수 다량 유입하여 수원함양 기능 증진	225
그림 90. 대전 공존숲 숲가꾸기 실행지 위치도	226
그림 91. 김천 공존숲 표준지 배치도	228
그림 92. 김천 공존숲 출현 특산식물(노각나무)	232
그림 93. 김천 공존숲 출현종(산팽의다리)	232
그림 94. 김천 공존숲 나이트 분석 결과	241
그림 95. 소나무림 수관부	243
그림 96. 부식된 숲가꾸기 산물	243
그림 97. 숲가꾸기 후 다량 이입된 하층식생	244
그림 98. 2008 모암별 토사유출량	260

제 1 장

과업의 개요

1. 연구의 배경과 목적

2. 연구의 범위

3. 과업 추진 전략

제 1 장 과업의 개요

1. 연구의 배경과 목적

1.1 연구 배경

- 유한킴벌리는 1984년부터 현재까지 숲의 중요성에 대한 시민공감대와 인식을 높이고 환경 문제와 사회문제를 해결하기 위해 ‘우리강산 푸르게 푸르게(KKG, Keep Korea Green)’라는 숲환경 캠페인을 추진하고 있음
- 해당 캠페인의 주요 사업은 지자체, 환경단체, 국민 등 다양한 파트너와 협력하여 국·공유림에 나무를 심고 가꾸어 산림의 생태적 기능을 향상하는 것으로 신혼부부 나무심기, 북한 숲/학교숲, 도시/동네숲, 공존의 숲(산림탄소상쇄림), 탄소 중립의 숲, 생물다양성의 숲 등의 사업을 통해 전국 각지에서 추진됨
 - 1984~2022년 누적 5.5천만여 그루의 나무를 심었고, 2030 지속가능성 이니셔티브 목표인 6천만 그루의 나무 심고 가꾸기를 달성하고자 노력하고 있음
- 그러나 지난 40여 년간 추진된 유한킴벌리의 나무심기 및 숲가꾸기 사업에 대해 사업 이후 대상지 모니터링 등이 다소 미흡하여 현재까지 쌓아온 사회·환경적 성과에 대한 정밀한 분석이 필요함

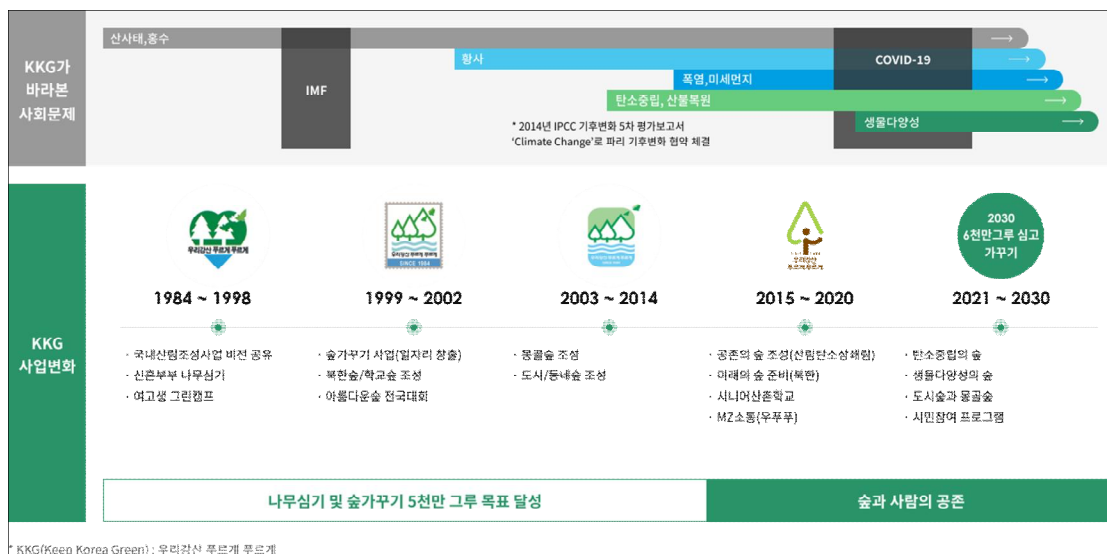


그림 1. 유한킴벌리 ‘우리강산 푸르게푸르게’ 캠페인 연혁

1.2 연구 목적

- '우리강산 푸르게 푸르게' 캠페인 사업대상지의 생태계서비스 및 사회적 성과 분석을 통해 기후변화 대응, 탄소중립, 생물다양성 증진, 지역사회 문제해결 등 환경적·사회적 측면에서의 성과를 종합적으로 평가하고자 함
- 향후 사업대상지에 대한 사후 모니터링 및 관리방안에 대한 지침을 수립하기 위한 기초자료로 활용하고자 함

1.3 기대 효과

- 현장조사 및 분석 결과를 바탕으로 향후 사업 대상지의 숲가꾸기 대책 등 관리방안 마련
- 연구대상지의 사업 추진 성과에 대한 정량적 분석
- 사업의 사회적 성과에 대한 종합적인 파악
- 향후 '우리강산 푸르게 푸르게' 캠페인의 조림 및 숲가꾸기 사업 사후모니터링 및 관리체계 마련에 유효한 자료로 활용
- 숲가꾸기 캠페인의 필요성을 지원하는 이론적 근거로 활용

2. 연구수행 범위

2.1 시간적 범위

- 2023년 3월 ~ 2023년 6월 (4개월)

2.2 공간적 범위

- 유한킴벌리 '우리강산 푸르게푸르게' 캠페인의 일환으로 진행된 국·공유림 조림 및 숲가꾸기 사업지 중 10개소

표 1. 연구대상지 목록 및 선정 이유

	조사 대상지	사업년도	사회적 효과 및 상징성	협력단체
1	서울 남산	2014~2018	서울 중심부의 대표적 도시숲, 생태적 산림관리의 모델 추진	생명의숲
2	대전 공존숲	2016~현재	지역사회 내 기업의 사회적 책임 모델 추진	생명의숲
3	경북 김천 공존숲	2015~현재	지역사회 내 기업의 사회적 책임 모델 추진	생명의숲
4	충남 태안 안면도	2011	기후변화에 따른 난대수종의 중부지방 정착 가능성 연구	생명의숲
5	충북 제천시 화당리	1985~1992	산림조합중앙회 회유림, 제1회 임직원 나무심기 대상지	산림조합
6	경남 거제시 삼거동	1986~1990	국유림관리소 관리, 조림목 확인 용이, 환경적 효과 산출 용이	산림조합
7	서울대 관악수목원	2010~2013	관악산 도시공원 지역, 숲가꾸기를 통한 생태계서비스 기능 강화	생명의숲
8	서울숲	2003~2005	대표적 도시숲, 시민참여형 도시숲 조성 및 관리의 상징	서울그린트 리스트
9	충북 증평군 노암리	2012	산림복원 및 유지를 통한 지역경관 증진과 문화적 정체성 증진	생명의숲
10	충북 충주시 송강리	2010~2012	소나무림 복원 연구 공동산림사업 대상지	생명의숲

2.3 내용적 범위

- 연구대상지의 표준지조사 및 생물다양성 조사를 통한 사업 효과 분석 기초자료 마련
- 탄소흡수능력을 고려한 생태계서비스(조절·공급서비스) 분석
- 연구 대상지의 ‘우리강산 푸르게 푸르게’ 캠페인 사회적 성과 분석

표 2. 세부 내용 범위

구분	세부 범위
현장조사	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 대상지별 임황조사를 통한 연구대상지 조사 및 분석 ◆ 조림지와 대조군에 대한 생물다양성 조사를 통한 비교 연구 (생물상(식물상) 조사, 군집구조 분석, 토양 조사, 생장량 조사 등) ◆ 숲길 및 안내판 유무 등의 대상지 관리상황 조사
생태계서비스 분석	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 생태계서비스(조절·공급서비스) 평가 항목 및 주요 평가지표 선정 ◆ 생태계서비스 계량화 및 가치평가 ◆ 기후변화 대응 방안에 대한 검토
사회적 성과 분석	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 전문가 설문조사를 통한 KKG 사업의 사회적 효과와 상징성 분석

3. 연구추진전략

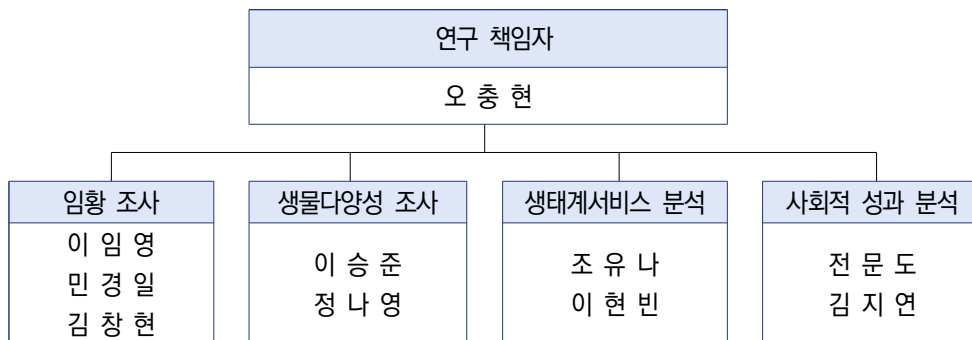
3.1 연구추진체계

- 연구추진체계는 연구 항목 및 세부 내용에 따라 임황 조사, 생물다양성 조사, 공급·조절 서비스 중심의 생태계서비스 분석, 사회적 성과 분석을 통해 우리강산 푸르게 푸르게 사업 대상지의 캠페인 성과를 종합 분석함



그림 2. 연구 추진체계

3.2 연구수행조직



3.3 연구추진일정

○ 본 연구의 추진 일정은 다음과 같음

표 3. 연구 추진 일정

항목		개월			
		3	4	5	6
연구 계약					
현장조사	표준지조사				
	생물다양성조사				
생태계서비스 분석					
사회적 성과 분석					
성과품 작성					

제 2 장

연구 방법

1. 임황조사

2. 생물다양성 조사

3. 생태계서비스 분석

4. 사회적 성과 분석

제 2 장 연구 방법

1. 임항 조사

1.1 임항 조사

1) 대상지 구획

- 조사대상지는 과거 우푸푸 지원사업으로 숲가꾸기사업 또는 조림사업을 실행한 지역
- 과거 사업실행 자료를 참고하여 조사도면 작성
- 도면은 최신 지형도와 지적도 활용하여 작성
- 좌표는 GRS80 중부원점을 기준
- 도상에서 대상지 구획 및 대상면적 산출

2) 표준지 조사

- 조사대상지의 대표적인 임상에 표준지를 설치하여 조사를 진행함. 큰나무의 경우 과거 조사한 표준지 주변에 배치함
- 표준지 크기는 400㎡ (큰나무) 또는 200㎡(어린나무)로 설치하고 조사
- 표준지 경계는 흰색 임업용 마킹테이프로 표시
- 조사대상은 표준지 내 가슴높이 지름 6cm 이상의 교목으로 하며 2cm 괄약으로 조사
- 6cm 미만의 교목과 아교목, 관목은 대표 수종과 피복도 조사
- 수고는 직경급별로 조사하되 정수로 조사
- 성장량 측정을 위해 대표수종의 연륜조사

1.2 임항조사결과 분석

1) 임목축적¹⁾ 산출

- ha당 임목본수²⁾와 재적 산출

1) 일정 면적에서 생육 중인 나무의 부피의 합

2) 일정 면적에서 생육 중인 나무의 본수

- 수종별 점유비 산출
- 수종별 평균경급과 수고 산출
- 하층식생 피복도 산정
- 조림지는 조림목 생육본수와 활력상태 분석

2) 숲가꾸기 사업효과 분석

- 숲가꾸기사업효과는 과거 숲가꾸기사업을 실시한 지역을 대상으로 분석
- 과거 자료와 비교하여 평균 흉고직경 비교분석
- 숲가꾸기 전, 후 연륜 폭생장량 비교분석
- 기타 숲가꾸기사업의 효과로 판단되는 성과 분석

2. 생물다양성 조사

- 임항 조사 결과 생물다양성 측면에서 가치가 높다고 판단되는 대상지를 선정하여 생물다양성 조사를 실시함

2.1 식물상 조사

1) 조사 시기

- 연구 기간 및 계절을 고려하여 5~6월 군락구조 조사와 함께 진행함

2) 식물상 조사 및 분석 방법

- 식물상 조사는 연구대상지에서 출현하는 모든 식물종의 목록을 작성하는 것으로, 본 연구에서는 연구 기간을 고려하여 군락구조 조사 표준지 내 출현하는 모든 수목에 대해 조사함
- 식물에 대한 배열 순서와 학명 기재는 산림청과 국립수목원(2019)의 국가표준식물목록과 Engler 분류체계(Melchoir, 1964)에 따라 정리함
- 가능한 현지에서 동정을 하되 동정이 불가능한 식물들은 채집 및 사진촬영하여 이창복(2003), 김진석·김태영(2012), 김진석·김종환·김중현(2019) 등의 문헌을 바탕으로 동정함

- 멸종위기종(환경부, 2017), 희귀식물 및 특산식물(산림청, 2012) 등의 국가보호종과 환경부 지정 생태계교란식물의 생육여부와 분포 현황을 조사함

2.2 군집구조 조사

1) 조사 시기

- 식물군집구조 분석을 위한 현장조사는 연구 기간 및 계절을 고려하여 5월~6월에 실시함

2) 방형구법(Quadrat Method)

- 대상지 수치지형도, 항공사진, 위성사진 등을 이용하여 식생조사구를 선정함
 - 사전답사를 통해 관찰되는 여러 형태의 식물사회와 그 식물사회가 발달되어 있는 생육지의 환경 조건을 종합적으로 판단하여 그 식물사회를 대변하는 전형적인 종조성과 생태적 환경을 갖추고 있는 지역을 선정함
- 각 연구대상지 및 대조군에 10m × 10m(100m²) 크기의 방형구를 각 12개씩 총 240개 설치하여 조사하되, 대상지의 크기와 접근성을 고려하여 유동적으로 선정함
- 방형구 내에 출현하는 식물을 교목층(8m 이상), 아교목층(2~8m), 관목층(2m 이하)으로 나누어 모두 기록함. 식물 생육 상태 파악을 위해 층위별로 교목과 아교목은 수고, 흉고직경(DBH)을 기록하고, 관목은 수고와 수관폭을 기록함

3) 군집구조조사 결과 분석

(1) 상대우점치 분석

- 현장조사 결과를 바탕으로 중요도(Importance Value)에 의한 식물군집구조 분석을 실시함. Curtis & McIntosh(1951)의 중요도(Importance Value)는 층위별로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위한 것으로 이를 백분율로 나타낸 상대우점치(Importance Percentage; I.P.)와 식생 층위별로 가중치를 부여한 평균상대우점치(Mean Importance Percentage; M.I.P.)를 산출하여 각 군락의 식물사회학적 구조를 분석함

$$\text{상대밀도(RD)} = \frac{\text{어느 한 수종의 밀도}}{\text{전체 수종의 밀도}} \times 100(\%)$$

$$\text{상대피도 (RC)} = \frac{\text{어느 한 수종의 피도}}{\text{전체 수종의 피도}} \times 100(\%)$$

$$\text{상대우점치 (I.V.)} = \frac{\text{RD} + \text{RC}}{2} \times 100(\%)$$

$$\text{평균 상대우점치 (M.I.V.)} = \frac{(\text{교목층 I.V.} \times 3) + (\text{아교목층 I.V.} \times 2) + (\text{관목층 I.V.} \times 1)}{6} \times 100(\%)$$

(2) 종다양도지수 분석

- 생태학에서 종다양성은 풍부도(Richness)와 균재도(Evenness)의 두 가지 의미를 포함함. 풍부도는 일정한 군집 내에 얼마나 많은 종이 있는지, 균재도는 군집 내 개체수가 얼마나 균일하게 있는지를 나타냄(이경재 외 2011)
- 종다양도지수는 종수와 개체수라는 제한된 변수만으로 산출된다는 한계가 있지만(Byeon and Yun, 2017; Krebs, 1985), 산림식생의 안전성을 유추할 수 있으며(Byeon and Yun, 2017), 서로 다른 지역의 종 다양성을 비교할 수 있다는 장점을 가짐(Byeon and Yun, 2017; Park et al., 2001)
- 본 연구에서는 Shannon의 종다양성지수(Pielou, 1975; Shannon and Weaver, 1963)를 이용하여 종다양도(Species Diversity: H'), 최대종다양도(H'max), 균재도(Evenness: J'), 우점도(Dominance: D)를 산정하였으며, 초본을 제외한 목본식물을 대상으로 함

$$H' = - \sum (n_i/N) \log(n_i/N)$$

$$H'_{\max}(\text{최대종다양도}) = \log S$$

$$J'(\text{균재도}) = H' / H'_{\max}$$

$$D(\text{우점도}) = 1 - J'$$

(n: 한 종의 개체수, N: 전체 개체수, S: 종 수)

2.3 무기환경 조사

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 조사구별 임의의 3개소에서 토양 상층의 낙엽층 및 부식층을 완전히 제거한 후 토양샘플을 채집함. 채집한 토양은 전문기관에 의뢰하여 물리·이화학적 특성을 분석함
- 분석 항목은 토양산도(pH), 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성 양이온 (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) 전기전도도 등의 화학적 특성 및 모래, 미사, 점토 비율에 따른 토성 분류를 포함함
- 분석결과는 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 제시된 토양의 물리적, 화학적 특성 평가 항목과 평가 기준과 비교하였으며, 토성은 미국 농무성법 분류체계를 따름

표 4. 토양의 물리적, 화학적 특성 평가항목과 평가 기준

평가항목	평가등급			
	상급	중급	하급	불량
토양산도(pH)	6.0~6.5	5.5~6.0 6.5~7.0	4.5~5.5 7.0~8.0	4.5 미만 8.0 이상
전기전도도(E.C.)	0.2 미만	0.2~1.0	1.0~1.5	1.5 이상
염기치환용량(C.E.C.)	20이상	20~6	6 미만	-
전질소량(T-N)	0.12 이상	0.12~0.06	0.06 미만	-
유효인산(Avail)	200 이상	200~100	100 미만	-
치환성 칼륨(K ⁺)	3.0 이상	3.0~0.6	0.6 미만	-
치환성 칼슘(Ca ⁺⁺)	5.0 이상	5.0~2.5	2.5 미만	-
치환성마그네슘(Mg ⁺⁺)	3.0 이상	3.0~0.6	0.6 미만	-
염분농도	0.05 미만	0.05~0.2	0.2~0.5	0.5 이상
유기물 함량	5.0 이상	5.0~3.0	3.0 미만	-

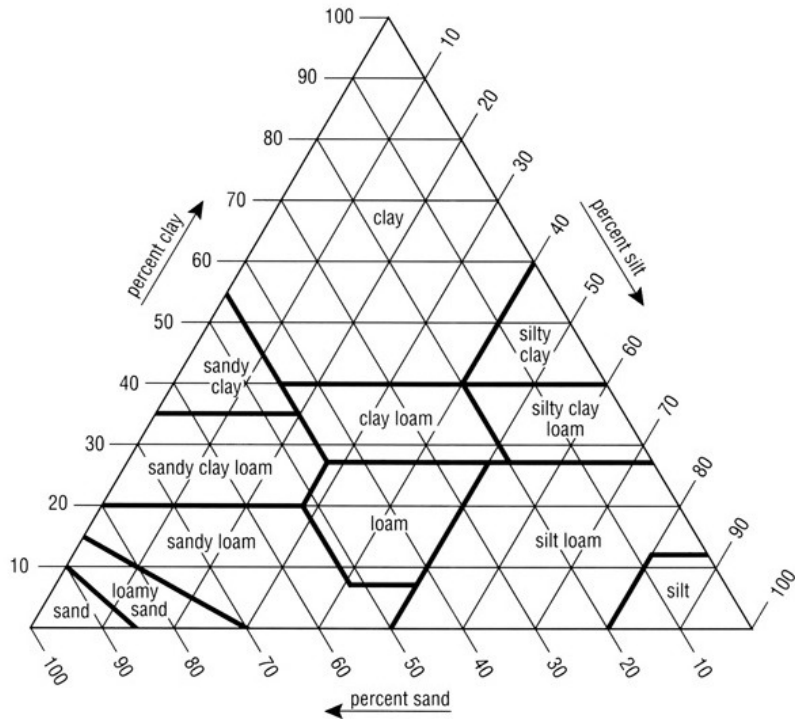


그림 3. 미국 농무성법에 의한 토성 구분

2.4 나이트 분석

- 각 연구대상지의 사업 대상 수종별로 표준목을 1개체 선정하여 성장추로 추출함
- 표준목은 군락구조를 위해 설치된 표준지 안에서 지정함
- 대상 수종이 어린 나무이거나, 육안으로 연륜이 확인되지 않을 경우 나이트 분석을 생략함
- 성장추로 목편을 추출한 후 수목 보호를 위하여 나무 연고를 도포함

표 5. 현장조사 및 분석 방법론 요약

조사 내용	세부 범위
임황 조사	◆ 각 연구대상지 면적의 2%에 대해 임황 조사 실시
생물상 조사	◆ 각 연구대상지 및 대조군의 식물상 조사
군집구조 분석	◆ 각 연구대상지 및 대조군에 100m ² 방형구 12개 설치 및 조사(총 240개소) ◆ 상대우점치, 유사도, 상이도, 종다양도 분석
토양 조사	◆ 각 연구대상지 및 대조군의 표준지점 1개소에서 채취(총 20개소)
나이트 분석	◆ 각 연구대상지 및 대조군의 표준지점 3개소에서 채취(총 60개소)
관리상황 조사	◆ 숲길 및 안내판 유무 등 연구대상지의 관리현황 서술

3. 생태계서비스 분석

3.1 생태계서비스 개요

1) 생태계서비스의 정의

- 생태계서비스는 인간 개인이 생태계 기능으로부터 직·간접적으로 얻는 재화와 서비스 혜택을 말함(Constanza, 1997)
- 생태계서비스는 자연과 인간의 연관성에 대한 관심에서 시작된 개념으로 인간의 관점에서 생물다양성과 생태계로부터의 이익을 평가하고 생태계의 가치를 기록하는 수단으로 발전함(이윤환, 2017)
- 우리나라는 2020년 6월부터 시행하는 '생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률'에서 생태계 서비스에 대해 처음으로 정의하고 13가지의 혜택을 예시하였으며, 생태계서비스의 측정과 가치평가에 대한 기본원칙을 신설했음(이훈종, 2020)

2) 생태계서비스 평가의 목적

- MA(2005)에 따르면 인간의 활동은 지구 환경에 부정적 영향을 미쳐 생물다양성이 감소하고 환경의 자정능력(resilience)을 훼손하고 있음
- 이러한 부정적 영향을 최소화하려면 생태계서비스를 금전적 가치로 환산하여 의사결정권자들이 합리적인 결정을 하도록 동기를 부여하고 새로운 환경계획이나 개발을 위한 의사결정 시 중요한 근거자료로서 사용할 필요가 있음(주우영, 2016)
- 생태계서비스 측정 시에는 평가의 목적, 필요한 결과물, 실질적인 고려사항 등을 바탕으로 평가지표와 평가도구를 선택하는 것이 중요함(IUCN, 2021)

3) 생태계서비스의 분류

- 생태계서비스는 크게 공급서비스(Providing service)와 조절서비스(Regulating service), 문화서비스(Culture service), 지지서비스(Supporting service)로 구분됨((Millenium Ecosystem Assessment, 2005)
- 공급서비스는 생태계를 통해 공급받을 수 있는 재화나 생산물을 의미하며, 식량, 연료, 자

원 등이 있음

- 조절서비스는 생태계의 물질순환 과정을 통해 이루어지는 조절기능에 대한 편익을 의미하며, 대기정화, 기후조절, 침식조절 등이 있음
- 문화서비스는 인간이 생태계를 통해 얻을 수 있는 심미적 가치, 영적 경험 등 비물질적인 편익을 의미하는 것으로, 주관적인 가치가 포함됨
- 지지서비스는 부양서비스, 서식지서비스라고도 함. 다른 생태계서비스 생산과 유지를 위한 기반으로서의 역할이 강조되는 간접적인 서비스로 유전적 다양성의 유지, 영양분 순환 등이 포함됨. 따라서 지지서비스는 공급, 조절, 문화서비스를 도출하기 위해 전제가 되는 항목이며, 간접적이고 오랜 기간에 걸쳐 서서히 영향을 미치기 때문에 사람들에게 인식되기 어려운 측면이 있지만 생태계의 건강성을 담부하기 위해서는 필수적인 서비스임(안소은, 2013; 송인주, 2019)
- 본 연구에서는 우뚜뚜 캠페인 사업지의 조절서비스와 공급서비스에 대한 가치를 정량적으로 평가하고자 함

3.2 공급서비스 평가

- 본 연구 대상지인 KKG 캠페인 사업지에서 가장 두드러지는 공급서비스 기능은 목재 공급과 수원함양량 기능 등으로 판단됨

1) 목재축적량

- 대상지에 식재된 소나무, 일본잎갈나무, 백합나무 등의 수종들은 용재(用材) 확보 등을 위한 산림청 조림권장수종에 포함되어 있어 대상지 수목들의 목재축적량을 산정하여 공급 서비스에 대한 추정을 할 수 있음
- 2021 입목재적·바이오매스 및 임분수확표(산림청, 2021)에 따라 기록한 후 대상지별 평균 목재축적량과 전체면적 목재축적량을 계산함

2) 수원함양

- 산림의 공익기능 계량화 연구(국립산림과학원, 2010)에 따르면 산림의 수원함양량은 산림 토양의 물 저장량을 말하고, 주로 산업용수 공급원으로서 깨끗하고 맑은 물을 제공하는 식

수원 역할을 하고 있으므로 조림지의 주요 공급서비스에 해당함

- 산림의 수원함양기능은 홍수기 유량을 줄이고 갈수기 유량을 증대시키는 유량조절 작용이 있을 뿐만 아니라 오염된 빗물에 대한 수질정화기능이 있으므로 지속가능한 수자원 확보와 기후변화에 따른 이상 홍수 발생에 대처하는 중요한 수단으로 평가되고 있음(국립산림과학원, 2010)

(1) 조공극률 증가 예측 모델

- 대상지 수원함양량은 전국 모암 및 토양형별 조공극률³⁾을 이용한 산림의 수원함양기능 평가 결과(국립산림과학원, 1992)를 기준으로 임령에 따른 임상별 토양 조공극률 증가 예측 모델을 활용하여 산정함

- 침엽수림 토양 조공극률 증가 예측 모델

$$p_{na} = \frac{40.0}{(1 + (0.6e^{(-0.03AGE)}))} \quad (\text{식 1})$$

$$p_{nb} = \frac{35.0}{(1 + (0.25e^{(-0.01AGE)}))} \quad (\text{식 2})$$

p_{na} = 토양 A층 조공극률(%)

p_{nb} = 토양 B층 조공극률(%)

AGE = 임령(년)

- 활엽수림 토양 조공극률 증가 예측 모델

$$D_{na} = \frac{50.0}{(1 + (0.29e^{(-0.01AGE)}))} \quad (\text{식 3})$$

$$D_{nb} = \frac{45.0}{(1 + (0.6e^{(-0.02AGE)}))} \quad (\text{식 4})$$

D_{na} = 토양 A층 조공극률(%)

D_{nb} = 토양 B층 조공극률(%)

AGE = 임령(년)

3) 중력에 의해 쉽게 빠지는 토양수, 즉 중력수가 존재하는 공극의 부피를 말함

- 혼효림 토양 조공극률 증가 예측 모델

$$M_{na} = \frac{45.0}{(1 + (0.6e^{(-0.02AGE)}))} \quad (\text{식 5})$$

$$M_{nb} = \frac{40.0}{(1.2 + (4.0e^{(-0.07AGE)}))} \quad (\text{식 6})$$

M_{na} = 토양 A층 조공극률 (%)

M_{nb} = 토양 B층 조공극률 (%)

AGE = 임령(년)

- 침엽수인공림 숲가꾸기에 의한 A층 조공극률 변화 추정식

$$p_p = p_n + (0.5(5.0 - e^{(-0.2LY)})) \quad (\text{식 7})$$

p_n : 침엽수림 비사업지 조공극률(%)

p_p : 침엽수림 사업지 조공극률(%)

LY: 사업 후 경과년수(년)

(2) 수원함양량 산정

- 모암 및 토양형에 따라 1992년 추정된 전국 토양 저류량 및 조공극률을 기준으로 본 연구 대상지의 조림 후 토양의 저류량 증가분을 추정함. A, B층의 토양 저류량 추정식은 다음과 같음. 각 층의 토양 저류량의 합계를 구하여 해당 지역의 단위면적당 토양저류량을 산정함

- 우무푸 사업 후 A/B층 토양 저류량 증가분(t/ha)

$$= \left(\frac{1992\text{년 모암에 따른 A/B층 저류량(t)}}{1992\text{년 모암에 따른 산림면적(ha)}} \div 1992\text{년 모암에 따른 A/B층 조공극률(\%)} \right)$$

× A/B층 조림 후 조공극률 증가량(%)

표 6. 전국 모암 및 토양형별 조공극량을 이용한 산림의 수원함양기능 평가 결과(1992년)

모암	화성암	변성암	현무암	퇴적암1	퇴적암2	석회암	계(억톤)	
분포비율(%)	31.1	35.0	9.9	14.1	4.5	5.4	100	
평균토심(cm)	A	22.0	22.0	24.0	12.0	15.0	15.0	-
	B	46.0	60.0	38.0	40.0	45.0	55.0	
조공극량(%)	A	34.3	40.1	32.4	36.1	33.9	39.8	-
	B	39.5	44.4	35.1	39.0	35.5	41.1	
저류량(억톤)	A	15.2	20.0	5.0	4.0	1.5	2.1	-
	B	36.5	60.3	8.5	14.2	4.6	7.9	
소계	51.7	80.3	13.5	18.2	6.1	10.0	179.8	

3.3 조절서비스 평가

- 본 연구 대상지인 KKG 캠페인 사업지에서 가장 두드러지는 조절서비스 기능은 탄소흡수, 온도조절, 토양침식조절 기능 등으로 확인됨

1) 탄소저장량

- 산림의 탄소저장량은 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(ver.1.2)(국립산림과학원, 2019)과 한국 주요 수종별 탄소배출계수 및 바이오매스 상대생장식(국립산림과학원, 2014)을 바탕으로 산정함
- 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량은 우리나라 소나무, 참나무 등 주요 수종에 대한 생장 정보와 국제 기준의 방법론(IPCC)에 근거하여 도출함. 나무가 1년간 생장한 양에 수종별 계수(바이오매스확장계수, 뿌리함량비, 목재기본밀도, 탄소전환계수 등)를 곱하여 탄소를 환산하여 1년간 탄소흡수량을 계산함(국립산림과학원, 2019)
 - IPCC 가이드라인에서는 활동자료인 임목축적에 배출계수를 곱하여 탄소저장량을 산정하는 방법론을 제시함
 - 탄소배출계수는 목재기본밀도(wood density), 바이오매스확장계수(biomass expansion factor), 뿌리함량비(root to shoot ratio), 탄소전환계수(carbon fraction)로 구분되며, 국가 고유의 탄소배출계수를 개발 및 적용할 경우 탄소저장량의 신뢰성을 확보할 수 있음(IPCC, 2006)
 - 탄소흡수량 산정을 위한 기준자료는 임분수확표 자료를 활용함(국립산림과학원, 2009)
- 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량 산정을 위한 식은 다음과 같음

$$CO_2\text{removals} = Vol \times WD \times BEF \times (1 + R) \times CF \times \frac{44}{12}$$

여기서, $CO_2\text{removals}$: 수종별 탄소흡수량($tCO_2/ha/yr.$)

Vol : 수종별 정기평균성장량(m^2/ha)

WD : 목재기본밀도($t\ d.m/m^3$)

BEF : 바이오매스 확장계수

R : 뿌리함량비

CF : 탄소전환계수

$\frac{44}{12}$: 탄소-이산화탄소 비율

$$CO_2\text{removals}/tree = \frac{CO_2\text{removals}}{tree}$$

여기서, $CO_2\text{removals}/tree$: 나무 한 그루당 연간 CO_2 흡수량($tCO_2/그루/yr.$)

$CO_2\text{removals}$: 수종별 탄소흡수량($tCO_2/ha/yr.$)

$tree$: 임령별 잔존본수(n/ha)

- 나무 한 그루당 연간 이산화탄소 흡수량을 산정하기 위해 임분수확표에서 제공하는 수종별, 임령별 잔존 본수를 활용함
- 식에 따라 수종별 나무 한 그루당 연간 이산화탄소 흡수량을 산정하고, 본 연구 대상지 임황조사 자료를 바탕으로 전체 면적에 대한 탄소저장량을 산정함. 단, 조림수종 외 기타 수종 각각에 대한 수령 파악의 어려움으로 인해, 탄소저장량은 조림 및 숲가꾸기 수종만을 기준으로 산정함

2) 온도 저감 효과

- 녹지 면적이 증가하면 불투수면적이 감소하며 수목과 기타 식생이 그늘을 제공하고 식생의 증발산 활동이 일어나면서 주변 온도를 저감하는 효과가 있음(Knight, 2021)
- 기후변화로 인한 전 세계적 평균 기온 상승 추세를 고려하면 조림지가 가지는 온도저감효과를 규명하여 나무심기 캠페인에 대한 사회적 지지를 얻을 수 있음
- 녹지용적은 대상지 수목의 수관이 차지하는 용적으로 1평방미터당 수목이 잎을 달고 있는 양을 말함. 산림의 온도저감효과는 녹지용적과 상관관계를 가짐. 녹지용적에 따른 산림 온도 저감 효과에 대한 선행 연구사례는 다음과 같음
 - 김홍순 (2011, 서울시립대학교)에 따르면, $7\text{m}^3/\text{m}^2$ 의 녹지용적이 증가시 1.036°C 의 온도저감 효과가 있으므로, 녹지용적계수 $1\text{m}^3/\text{m}^2$ 증가할 때마다 0.148°C 의 온도저감효과가 예상됨
 - 기경석 등(2012, 한국환경생태학회지)에 따르면, 녹피율 1% 증가할 때마다 0.002°C , 녹지용적계수 $1\text{m}^3/\text{m}^2$ 증가할 때마다 0.122°C 온도저감효과가 예상됨
 - Tervooren(2015, AGIT Journal für angewandte Geoinformatik)에 따르면, $23\sim 25^\circ\text{C}$ 에서 녹지용적계수 $1\text{m}^3/\text{m}^2$ 증가할 때마다 약 0.3°C 의 온도저감효과가 예상됨
- 위 3가지 연구사례의 녹지용적에 따른 온도저감 효과를 각 대상지 전체 녹지용적량에 적용시켜서 온도저감효과를 최소-최대값으로 나누어 기록함
- 도시 내 미세먼지 저감을 위한 완충녹지 기능 개선방안 연구(이은엽 외, 2019)에 따르면 수목의 형태별 녹지 용적(m^3) 계산법은 다음과 같음
 - 원추형 교목(침엽수):

$$\frac{1}{3}\pi \times A(\text{수관폭 장축 반지름}) \times B(\text{수관폭 단축 반지름}) \times (\text{수고} - \text{지하고})$$
 - 원기둥형 교목(활엽수):

$$\pi \times A(\text{수관폭 장축 반지름}) \times B(\text{수관폭 단축 반지름}) \times (\text{수고} - \text{지하고})$$
 - 관목: 수관면적*평균높이
- 단, 본 조사에서 확인된 개체 전체의 수관폭을 측정하는 데는 한계가 있으므로 임황조사 결과를 바탕으로 다음과 같이 녹지용적량을 산출함

- 침엽수 녹지용적량(m^3/m^2)

$$= \frac{1}{3} \times \pi \times \{0.5 \times \sqrt{(\text{총 조사구 넓이}) \div (\text{총 조사구 수목 분수})}\}^2 \times (\text{수고} - \text{지하고})$$

- 활엽수 녹지용적량(m^3/m^2)

$$= \pi \times \{0.5 \times \sqrt{(\text{총 조사구 넓이}) \div (\text{총 조사구 수목 본수})}\}^2 \times (\text{수고} - \text{지하고})$$

3) 토사유출방지량

- 산림 식생은 부리를 통해 산림 토양의 표토층을 결집시킴으로써 강풍이나 홍수 등의 자연 재해로 인해 토양이 유실되는 것을 방지할 수 있음(Bozali, 2020)
- 토사유출방지량은 대상지 모암 면적 비율에 따라 발생하는 무림목지 토사유출량을 합산한 값에서 임령을 고려하여 발생하는 임목지 토사유출량을 제외한 값에 대상지 면적을 곱하여 산출함(국립산림과학원, 2010)
- 무림목지 토사유출량은 토양유실에측공식(Wischmeier, 1978)을 활용한 모암별 무림목지 평균/범위 토사유출량표(국립산림과학원, 2010)를 활용하여 산출함
- 임목지 토사유출량은 국내 65개소 저수지 자료의 임상도를 활용하여 저수지 구역의 평균임령을 산정하고 각 모암별 평균영급과 토사유출량간의 관계를 고려하여 산출함(국립산림과학원, 2010)

토사유출방지량

$$= \{ \sum (\text{모암별 면적비율} \times \text{모암별 무림목지 토사유출량})$$

$$- \sum (\text{모암별 면적비율} \times \text{임령을 고려한 모암별 토사유출량}) \} \times \text{입목지 면적}$$

표 7. 생태계서비스 항목별 평가내용

구 분	평가항목	평가지표
공급서비스	목재축적량	◆ 100m ² 당 목재량 × 전체 면적
	수원함량	◆ 수목 규격과 종 대비 수원함양을 대상지 전체 면적에 대비하여 산정
조절서비스	탄소저감량	◆ 목재축적량 대비 탄소흡수량 산정
	온도저감효과	◆ 수고규격대비 온도저감량 × 면적으로 산정
	토사유출방지량	◆ 식생피복비율에 따른 토양유실 방지량 산정

4. 사회적 성과 분석

- KKG 캠페인의 사회적 성과 분석을 위해 산림 관련 연구자 3인, 기업인 3인, 산림 관계자 3인, 시민단체 3인을 대상으로 전문가 설문조사를 실시함
- 설문의 항목은 중소기업 사회적 책임경영 CSR성과지표(중소벤처기업부), 공공기관 사회공헌자가진단 지표 및 가이드라인(사회공헌정보센터, 2015), 2020 유한킴벌리 지속가능성보고서(유한킴벌리, 2020) 등을 일부 참고하여 KKG 캠페인의 성과를 도출할 수 있는 방향으로 설정함

제 3 장

조림사업지 정밀 실태조사 결과

1. 서울 남산

2. 대전 공존숲

3. 안면도

4. 충주 송강리

5. 증평 노암리

6. 제천 화당리

7. 거제 삼거동

8. 서울숲

제 3 장 조림사업지 정밀 실태조사 결과

1. 서울남산

1.1 조림 사업 내용

1) 대상지 개요

조림 목적	남산 소나무 숲이 지속되도록 유지되도록 소나무 숲 확대조성	
나무식재	식재위치	서울특별시 중구 장충동 2가 산7-22 일대
	식재년도	2017년 (3월 25일)
	조림면적 (조사면적)	1.00ha, 3000본 (1.00ha)
	수종 및 규격	소나무 (용기대묘 2-2)
	수행주체	<ul style="list-style-type: none"> 식목행사 : 일반시민, 남산숲가꿈이, 건국대 학생, VIP등 총 87명 영림단 : 푸름이영림단 (정구석) 주최 : 유한킴벌리
사후관리	<ul style="list-style-type: none"> 수행주체 : 생명의숲, 그린짐, 시민참여, 서울시 등 다양 생명의 숲에서 지속적으로 모니터링 실시 풀베기, 지주목 세우기, 아까시나무 맹아제거 등 지속적 관리 	



그림 4. 서울 남산 조림지 위치

1.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 다음 그림과 같이 표준지 2개소(No. 8번과 9번)를 배치하여 조사함. 표준지의 위치와 크기는 다음 그림 및 표와 같음

표 8. 서울 남산(조림지) 표준지 배치 내역

구 분	No.	형태	크기(m ²)	GPS좌표(GRS80 중부)	
				X좌표	Y좌표
1구역	8	8.0m 원형	200	199846	550337
2구역	9	8.0m 원형	200	200113	550602



그림 5. 서울 남산(조림지) 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 조림지 면적

- 전 지역에 조림목이 생육하여 2017년 조림면적과 조사면적이 동일하게 확인됨

표 9. 서울 남산 조림면적 및 조사면적

소재지	조림면적(ha)	조사면적(ha)
서울 중구 장충동 2가 산7-22	0.70	0.70
서울 중구 장충동 2가 산14-21	0.30	0.30
계	1.00	1.00

※ 조림면적 : 기록상에 있는 조림면적

※ 조사면적 : 조림한 나무가 균일하게 분포하는 지역으로 정밀조사를 실시한 면적

(2) 조림목 본수

- 조림목은 ha당 2,100본 생육하며, 조림목 평균직경은 4cm, 평균수고는 4m임
- 1구역(표준지 No.8)에는 서울시에서 식재한 소나무(조경수) 약 80본(0.1ha)이 생육함

표 10. 서울 남산 조림목 본수 집계표

구 분	직경(cm)	표준지 조사결과			조림목 본수		수고 (m)
		No.8	No.9	계	본/ha	총본수	
소나무 (조림목)	2~6	48	33	81	2,025	2,025	4/2-6
	8~12		3	3	75	75	4/4-5
	소계	48	36	84	2,100	2,100	4/2-6
소나무 (조경수)	10~14	9		9	450	45	
	16~18	7		7	350	35	
	소계	16		16	700	80	8/7-10

(3) 입목재적

- 어린나무 조림지로 입목 재적 산정을 생략함

3) 조림지 평가 및 사후관리방안

(1) 조림지 평가

- 식재 후 6년 경과한 현재 조림목의 성장상태는 입지에 따라 차이가 심하지만 생존률 70%로 조림성공지로 평가됨
- 1구역의 일부지역은 서울시에서 식재한 소나무(조경수)가 생명의 숲에서 식재한 소나무 상층을 점유하고 있어 조림목을 피압하고 있음
- 2구역은 상층을 점유하고 있는 입목(소나무)과 아까시나무 등 자연발생 활엽수로 인해 조림목이 생장에 지장을 받고 있음
- 조림된 소나무의 정단부를 무단으로 채취하여 피해를 입은 조림목이 일부 확인됨

(2) 조림지 사후관리 방안

- 1구역 : 서울시에서 식재한 조경수와 생명의 숲에서 식재한 소나무 중 어느 것을 키울 것인지 서울시와 협의 필요. 또한, 조림목 밀도가 높아 어린나무가꾸기 작업이 필요함
- 2구역 : 조림목 생장에 지장을 주고 있는 상층의 소나무(천연목) 가지치기가 필요하며, 아까시나무와 조림목을 감고 올라가는 덩굴류 제거도 필요한 것으로 판단됨

1.3 식물상 조사 결과

- 서울 남산 조림지 조사구(10x10m)에서 확인된 식물상(목본)은 조림된 수종인 소나무를 비롯하여 땃덩이덩굴, 때죽나무, 물푸레나무, 버드나무, 붉나무, 산딸기, 산초나무, 싸리, 아까시나무, 팔배나무, 향나무 등 11과 12속 13종으로 총 13분류군으로 나타남
- 희귀·특산식물은 나타나지 않았으며, 향나무와 아까시나무 등은 식재된 개체가거나 주변에 식재된 개체에서 확산된 것으로 보임

표 11. 서울 남산(조림지) 식물상

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
나자식물	2	2	2	-	-	-	2
단자엽식물	-	-	-	-	-	-	-
쌍자엽식물	9	10	11	-	-	-	11
계	11	12	13	-	-	-	13

1.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 소나무 조림지

- 임황조사 구역 1의 동일한 위치에서 10x10m 크기의 방형구 1개를 설치하여 조사를 진행함
- 아교목에서 조림된 소나무의 상대우점치가 93.63%로 나타나며, 일부 나타나는 향나무는 식재된 종으로 파악됨. 대상지는 어린나무 조림지로 지속적인 관리가 이루어질 경우 소나무림으로 안정적으로 발달할 것으로 보임
- 하층에는 붉나무, 싸리 등이 주로 경쟁하고 있으나, 꾸준히 관리가 이루어져 소나무림의 생장에 위해요소로 판단되지 않음

표 12. 서울 남산(조림지) 상대우점치 분석 결과(소나무)

종명	소나무 1			
	C	U	S	MIV
소나무		93.63	2.37	63.21
붉나무			32.93	10.98
싸리			24.81	8.27
향나무		6.37		4.25
때죽나무			11.53	3.84
산초나무			11.05	3.68
산딸기			8.23	2.74
아까시나무			5.71	1.90
떡갈나무			1.34	0.45
물푸레나무			0.73	0.24
팔배나무			0.51	0.17
멍멍이덩굴			0.40	0.13
버드나무			0.40	0.13

2) 종다양도지수 분석

- 본 조사구에서는 단위면적(100m²)당 13종 정도가 출현하여 종의 풍부도가 우수한 것으로 판단됨
- 균재도는 0.7 이상으로 출현종들이 고른 비율로 출현하고 있음

표 13. 서울 남산(조림지) 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	소나무 1	0.878	1.114	0.788	0.212

3) 나이트 분석

- 어린나무 조림지로 나이트 분석 실시하지 않음

1.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 식물 성장에 중요한 영향을 미치며 토양의 이화학적 특성을 지배하는 유기물 함량은 5.0% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 '상급'으로 평가되며, 국내 산림의 평균 유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨
- 토양전질소 0.22%로 '상급'으로 평가되며, 국내 산림 평균 전질소함량인 0.17%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨. 토양의 대부분의 질소 공급원은 유기물이기 때문에(Miller et al, 1990), 연구대상지의 유기물 함량이 양호하여 전질소 함량 또한 준수한 수치를 나타내는 것으로 보임
- pH는 4.07로 불량등급으로 평가되며, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30보다 낮은 수치를 보임. 이는 도심에 위치한 대상지 특성상 산성비 등에 의한 것일 수 있음. 또한 치환성 K, Ca, Mg도 모두 하급으로 평가가 되었으며, 국내 평균보다도 낮은 수치를 보이는 지역 이므로 향후 산성비 피해 예방을 위해 비료를 시비하고, 토양산도 측정을 주기적으로 시행하여 대책 마련이 필요함
- 양이온치환용량(CEC)은 중급으로 나타났으나, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol/kg에 비해서는 현저히 낮은 수치를 보임

표 14. 서울 남산(조림지) 토양 분석 결과

항목	표준지
	소나무 1
유기물(%)	5.64
N(%)	0.22
유효인산(mg/kg)	38.17
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.094
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	1.07
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.075
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.1
양이온 치환용량(cmol ⁺ /kg)	8.2
pH	4.07
전기전도도(dS/m)	0.12
NaCl(%)	-
모래(%)	80.01
미사(%)	6.68
점토(%)	13.31
분류(%)	사질양토

1.6 종합

- 조림된 소나무의 성장상태는 입지에 따라 다소 차이가 있으나, 생존률이 70% 가량으로 조림 성공지로 평가됨. 군집조사 결과에서도 아교목층에서 소나무가 안정적으로 우점하는 것이 확인되었으며, 조림지임에도 불구하고 종다양도가 준수한 것으로 파악됨
- 다만 1구역의 일부지역은 서울시에서 식재한 소나무가 생명의 숲에서 식재한 소나무 상층을 점유하고 있어 조림목을 피압하고 있으며, 2구역은 상층의 소나무와 아까시나무 등 자연발생 활엽수로 인해 조림목이 생장에 지장을 받고 있음. 이에 따라 1구역에서는 조림목의 밀도를 조절하여 조림목들이 정상적으로 생육할 수 있도록 하고, 2구역에서는 상층 소나무의 가지치기와 덩굴류 및 활엽수에 대한 적절한 관리가 필요함
- 또한 조림된 소나무의 정단부를 무단으로 채취하여 피해를 입은 조림목이 일부 확인되어 이에 대한 대책 마련이 필요함
- 토양 분석결과에서도, 유기물 함량 등은 준수한 것으로 파악되었으나 도시림 특성상 pH와 치환성 K, Ca, Mg 등의 수치가 낮게 나타나 비료 시비 등을 통하여 토양환경을 개선하는 것이 필요함



그림 6. 조림목 밀생지(1구역)



그림 7. 서울시 식재 조경수에 의한 조림목 피압(1구역)



그림 8. 조림목 상층을 이루고 있는 천연소나무(2구역)



그림 9. 조림목 생장에 지장을 주고 있는 아까시나무(2구역)

2. 대전 공존숲

2.1 조림 사업 내용

1) 대상지 개요

조림 목적	침당굴로 피복되어 관리의 사각지대에 있는 산림을 정상적인 숲으로 복구하고 탄소흡수원으로 활용	
나무식재	식재위치	대전시 동구 추동 산32-1
	식재년도	2016년~2020년(5년)
	조림면적 및 본수 (조사면적)	9.60ha, 38,800본(9.60ha)
	수종	가래나무, 백합나무, 소나무, 편백, 느티나무 등 5종
	수행주체	<ul style="list-style-type: none"> • 실시설계와 감리 : (주)산림기술사사무소청솔 • 사업시행 : 대전시 산림조합 • 주최 : 유한김벌리
사후관리	<ul style="list-style-type: none"> • 풀베기, 덩굴제거, 수형교정(가래나무), 어린나무가꾸기 등 지속적 관리 • 수행주체 : 생명의숲, 대전시 산림조합, (주)산림기술사사무소청솔 • 대전 생명의 숲에서 그림 집 활동 등 참여 및 모니터링 실시 	

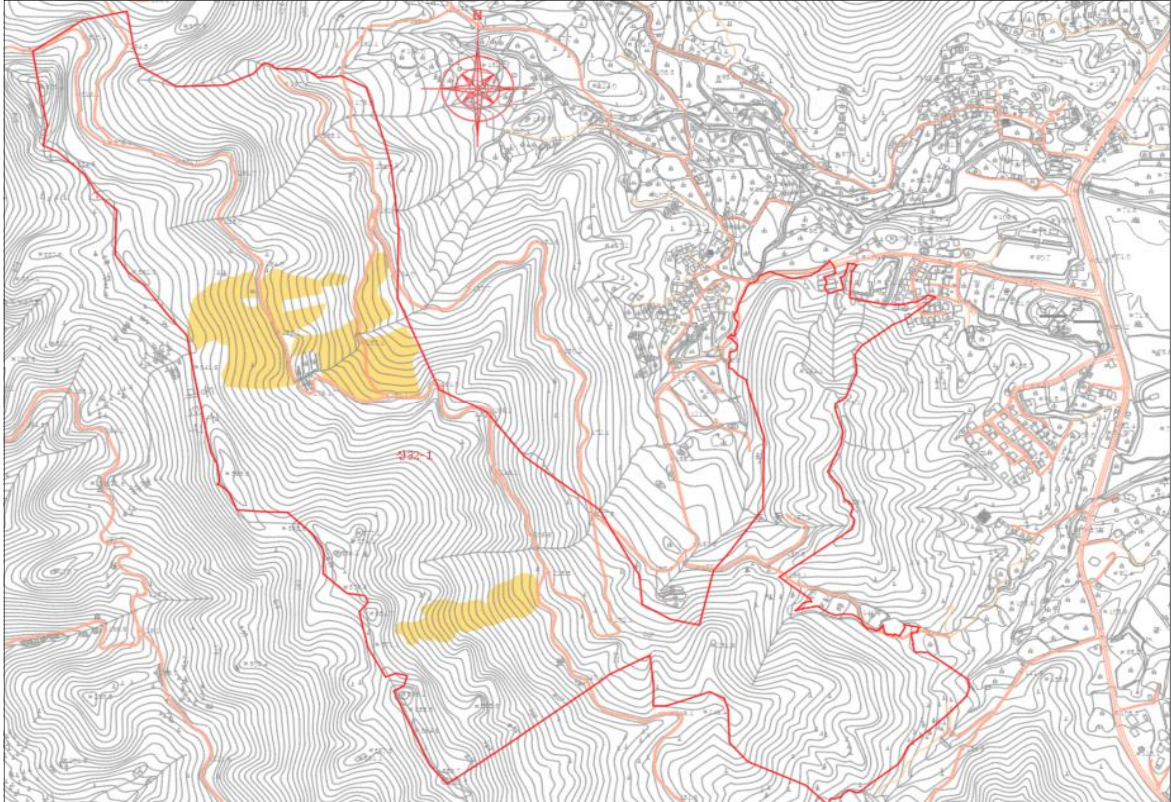


그림 10. 대전 공존숲 조림지 위치

2) 조림사업 실행 내역

- 대전 공존숲 지역에 대한 조림사업 실행내역은 다음과 같음. 총 조림 면적은 9.60ha이며, 총 38,800본을 조림함

표 15. 대전 공존숲 조림사업 실행 내역

식재년도	조림수종	묘목규격	면적(ha)	본수/ha	총 본수
2016년	소나무	용기묘2-2	1.50	3,000	4,500
	백합나무	노지묘1-0	1.50	5,000	7,500
2017년	가래나무	노지묘2-0	0.60	3,000	1,800
2018년	편 백	용기묘2-2	1.00	3,000	3,000
	느티나무	노지묘1-0	1.00	5,000	5,000
2019년	가래나무	노지묘1-0	1.50	3,000	4,500
2020년	가래나무	노지묘1-0	2.50	5,000	12,500
합 계			9.60		38,800

2.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 다음 그림과 같이 조림년도별, 수종별로 표준지 7개소(No. 1~7번)를 배치하여 조사함. 표준지의 크기와 좌표는 다음 그림 및 표와 같음

표 16. 대전 공존숲(조림지) 표준지 배치 내역

표준지 No.	조림수종	식재년도	표준지 형태	크기 (㎡)	GPS좌표(GRS80 중부)	
					X좌표	Y좌표
1	소나무	2016년	8.0m원형	200	241163	419463
2	백합나무	2016년	8.0m원형	200	241247	419332
3	가래나무	2017년	8.0m원형	200	241285	419341
4	편 백	2018년	8.0m원형	200	241415	419383
5	느티나무	2018년	8.0m원형	200	241377	419434
6	가래나무	2019년	8.0m원형	200	241215	419502
7	가래나무	2020년	8.0m원형	200	241580	418943

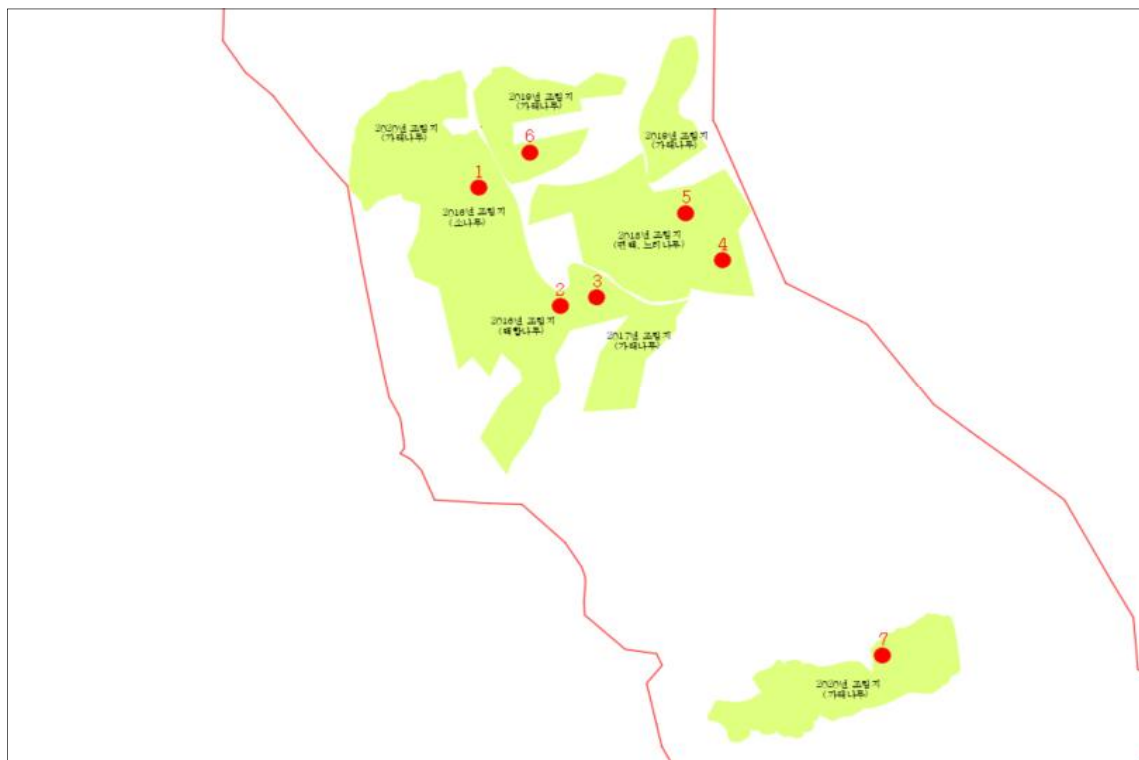


그림 11. 대전 공존숲(조림지) 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 조림지 면적

- 전 지역에 조림목이 정상적으로 생육하여 2016년~2020년까지 5년간 조림한 면적과 조사 면적 동일한 것으로 나타남

표 17. 대전 공존숲 조림면적 및 조사면적

소재지	조림면적	조사면적
대전시 동구 추동 산32-1	9.60	9.60

(2) 조림목 본수

- 2016년 식재한 소나무는 2,500본/ha 생육, 평균직경 8cm, 평균수고 5m
- 2016년 식재한 백합나무는 1,900본/ha 생육, 평균직경 10cm, 평균수고 8m
- 2017년 식재한 가래나무 3,250본/ha 생육, 평균직경 6cm, 평균수고 7m
- 2018년 식재한 편백은 1,850본/ha 생육, 평균직경 6cm, 평균수고 4m
- 2018년 식재한 느티나무는 3,600본/ha 생육, 평균직경 4cm, 평균수고 3m
- 2019년 식재한 가래나무는 3,050본/ha 생육, 평균직경 6cm, 평균수고 5m
- 2020년 식재한 가래나무는 2,650본/ha 생육, 평균직경 2cm, 평균수고 2m

표 18. 대전 공존숲 조림목 본수 집계표

수종	식재 년도	면적 (ha)	직경 (cm)	조사 본수	조림목 본수		수고 (m)
					본/ha	총본수	
소나무	2016년	1.50	2~4				
			6~8	30	1,500	2,250	5
			10이상	20	1,000	1,500	6
			소계	50	2,500	3,750	5
백합나무	2016년	1.50	2~4	1	50	75	5
			6~8	13	650	975	7
			10이상	24	1,200	1,800	8
			소계	38	1,900	2,850	8
가래나무	2017년	0.60	2~4	20	1,000	600	5
			6~8	41	2,050	1,230	6
			10이상	4	200	120	8

			소계	65	3,250	1,950	7
편 백	2018년	1.00	2~4	7	350	350	3
			6~8	29	1,450	1,450	4
			10이상	1	50	50	6
			소계	37	1,850	1,850	4
느티나무	2018년	1.00	2~4	61	3,050	3,050	3
			6~8	11	550	550	4
			10이상				
			소계	72	3,600	3,600	3
가래나무	2019년	1.50	2~4	25	1,250	1,875	4
			6~8	36	1,800	2,700	5
			10이상				
			소계	61	3,050	4,575	5
가래나무	2020년	2.50	2~4	53	2,650	6,625	2
			6~8				
			10이상				
			소계	53	2,650	6,625	2

(3) 입목재적

- 어린나무 조림지로 입목 재적 산정 생략함

3) 조림지 평가 및 사후관리방안

(1) 조림지 평가

- 대전 공존숲 조림지는 식재 후 3년~7년이 경과한 대상지로 수종별, 식재연도별 생존율은 차이가 있으나 전 임지에 조림목이 고루 분포함
- 소나무는 2018년 인간에 의한 초두부 피해와 2021년 솔잎혹파리 피해를 입었으나 현재는 정상 성장 중인 것으로 파악함
- 백합나무는 당초 전면적 피복된 칩덩굴이 발생하지 못하도록 한 후(10년 추정) 목적수종으로 수종갱신 하고자 식재함. 현재 입지에 따라 성장차이가 심하지만, 수관층이 울폐되어 칩덩굴 등 하층식생이 발생하지 못하고 있으므로 당초 목적에 맞게 관리되고 있는 것으로 평가됨
- 편백은 기후조건에 의한 영향으로 식재 후 매년 수분씩 고사하다가 안정된 상태로 현재는 정상적인 성장을 하고 있는 것으로 평가됨. 조림 성공 여부는 2028년도 이후에 판단하여야 할 것으로 보임
- 느티나무는 생존율은 높으나 생장은 대전 공존숲에 조림한 수종 중 가장 느림. 조림 성공 여부는 2028년도 이후에 판단하여야 할 것으로 보임
- 3년간 나누어 식재한 가래나무는 정상 성장을 하고 있으며 입지에 따라 성장차이가 있음. 2022년도에 수형교정을 하였으며 2019년 조림지는 수형교정 효과가 크게 나타났으나 2020년 조림지는 너무 일찍 실시하여 효과가 크지 않은 것으로 판단됨. 본 사례는 활엽수 수형교정 시 참고하여야 할 사례임
- 전체적으로 대전 공존숲에 조성한 조림지는 잘 관리되고 있으며 조림성공지로 평가됨

(2) 조림지 사후관리 방안

- 칩덩굴로 100% 피복되어 국유림관리소에서 관리를 포기한 지역에 기업후원금으로 조림을 하고 풀베기, 덩굴제거 등 지속적인 관리를 해온 지역임
- 조림목 생장으로 수관층이 대부분 울폐되어 있고 집중관리로 칩덩굴 발생량이 많아 부분적으로 발생하는 칩덩굴, 환삼덩굴 등만 제거하면 조림목이 정상적으로 성장할 수 있을 것으로 판단됨

2.3 식물상 조사 결과

- 대전 공존의숲 조림지에서 확인된 식물상(목본)은 29과 45속 47종 3변종 2품종으로 총 52분류군으로 나타남
- 장미과(11.5%), 콩과(11.5%), 참나무과(7.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물은 쥐방울덩굴(희귀식물)이 확인됨
- 초본층에서 물봉선, 앵초, 노루오줌, 이삭여뀌 등 습한 지역에서 출현하는 종들이 관찰되어 대상지 환경이 습한 것으로 판단됨

표 19. 대전 공존숲(조림지) 식물상(목본)

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
나자식물	3	4	4	-	-	-	4
단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
쌍자엽식물	25	40	41	-	3	2	46
계	29	45	47	-	3	2	52



그림 12. 대전 공존숲 대상지 출현 식물(좌 : 쥐방울덩굴, 우 : 앵초)

2.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 가래나무 조림지

- 대상지 가래나무 조림지 중 임령이 가장 오래된 2017년 가래나무 조림지에 대하여 10x10m 크기의 조사구 3개를 설치하여 군락구조를 분석함
- 조사구 1과 2의 교목층에 일본잎갈나무가 나타나는 것으로 보아 조림 당시 일부 일본잎갈나무가 이미 조림된 지역이었던 것을 알 수 있음. 아교목층에는 가래나무가 안정적으로 유지되고 있고, 가래나무 3지역에는 상층에 일본잎갈나무가 생육하지 않고, 다른 조사구에 비해 가래나무의 생육이 보다 활발하여 교목층에서도 가래나무가 관찰됨
- 관목에서는 사위질방, 광대싸리, 쥐똥나무 등이 상대적으로 우세하게 나타나지만 관목층에서 나타나는 수종들의 밀도와 피도가 낮아 경쟁이 심하지는 않은 것으로 판단됨

표 20. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(가래나무)

종명	조사구 /층위	가래나무 1				가래나무 2				가래나무 3			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
가래나무			100.00	17.86	36.31		100.00	5.82	34.30	100.00	100.00	14.46	85.74
일본잎갈나무		100.00			50.00								
소나무						100.00			50.00				
사위질방				9.20	1.53			23.77	3.96			39.02	6.50
광대싸리				13.91	2.32			22.41	3.74			35.36	5.89
쥐똥나무				15.63	2.60			20.89	3.48			1.60	0.27
멍석딸기				20.48	3.41							0.53	0.09
노박덩굴				6.84	1.14			0.98	0.16			1.05	0.18
짚레꽃				2.53	0.42			6.29	1.05				
인동덩굴				5.06	0.84			0.86	0.14			0.97	0.16
산딸기				3.44	0.57			3.25	0.54				
회잎나무				4.03	0.67								
청미래덩굴								3.99	0.67				
으름덩굴								2.90	0.48				
개머루				1.02	0.17			1.34	0.22			0.53	0.09
싸리								1.51	0.25			0.65	0.11
보리수나무												2.08	0.35
노린재나무								1.83	0.30				
산초나무												1.46	0.24
산뽕나무								0.91	0.15				
작살나무								0.91	0.15				
으아리												0.80	0.13
계요등												0.53	0.09
침												0.53	0.09
맹맹이덩굴								0.49	0.08				
밤나무								0.49	0.08				
신갈나무								0.49	0.08				
조팝나무												0.44	0.07
생강나무								0.43	0.07				
은행나무								0.43	0.07				

(2) 느티나무 조림지

- 2018년 느티나무 조림지에 대하여 10x10m 크기의 조사구 3개를 설치하여 군락구조를 분석함
- 조사구 3곳 모두 아교목상에서 조림된 느티나무가 100%로 나타나며 관목층에서도 상당히 높은 비율로 느티나무가 출현함
- 관목층에는 느티나무, 사위질빵, 짚레꽃 등이 경쟁 관계에 있는 것으로 보이지만 밀도와 피도가 낮아 조림된 느티나무에는 영향을 미치지 못할 것으로 보임

표 21. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(느티나무)

종명	조사구 / 층위	느티나무 1				느티나무 2				느티나무 3			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
느티나무			100.00	31.61	77.20		100.00	27.45	75.82		100.00	39.28	79.76
사위질빵				46.56	15.52			6.97	2.32			29.72	9.91
짚레꽃				0.67	0.22			30.33	10.11			10.64	3.55
광대싸리				15.35	5.12			19.16	6.39			6.10	2.03
조팝나무				2.02	0.67			5.22	1.74				
산초나무								3.34	1.11			1.90	0.63
물푸레나무				0.83	0.28			3.34	1.11			0.72	0.24
작살나무												3.54	1.18
개머루				0.72	0.24			1.67	0.56				
쥐똥나무								1.25	0.42			1.06	0.35
산딸기				0.26	0.09							1.52	0.51
노박덩굴												1.68	0.56
산뽕나무								1.25	0.42				
으아리				1.11	0.37								
가죽나무												1.06	0.35
싸리												1.06	0.35
밤나무												0.87	0.29
취				0.58	0.19								
노린재나무												0.42	0.14
댕댕이덩굴												0.42	0.14
담쟁이덩굴				0.29	0.10								

(3) 소나무 조림지

- 2016년 소나무 조림지에 대하여 10x10m 크기의 조사구 4개를 설치하여 군락구조를 분석함
- 조림된 소나무는 현재 5~6m 크기로 아교목층에서 안정적으로 우점하고 있음. 소나무 조림지에 서도 관목층에서 광대싸리, 찔레꽃, 쥐똥나무 등이 주 수종을 이루고 있으며 인동덩굴, 노박덩굴, 계요등 등 다양한 수종이 나타나고 있으나, 피도와 밀도가 크지 않은 상태인 것으로 파악됨
- 소나무 1 조사구의 경우 대전 공존숲 내 다른 조림지에 비해 덩굴성식물인 칩의 비율이 다른 조사구보다 높은 7.14%로 나타남. 현장 상황에 비추어 보아 근시일 내에 칩이 확산 될 것으로 보이는 않으나 지속적인 관찰과 관리가 필요할 것으로 판단됨

표 22. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(소나무)

종명	조사구 /총위	소나무 1				소나무 2				소나무 3				소나무 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무			100.00		66.67		100.00		66.67	100.00	100.00		83.33		100.00		66.67
광대싸리				36.64	12.21			15.80	5.27			20.94	3.49				
쥐똥나무				1.57	0.52			8.78	2.93			4.94	0.82			29.33	9.78
찔레꽃				15.61	5.20			10.67	3.56			6.14	1.02			3.72	1.24
노린재나무								8.74	2.91			8.18	1.36			18.68	6.23
아까시나무								3.68	1.23							27.30	9.10
회잎나무								3.94	1.31			11.69	1.95			14.75	4.92
산딸기				6.42	2.14			13.89	4.63			4.34	0.72				
산초나무				8.18	2.73			11.27	3.76			3.88	0.65				
인동덩굴				7.09	2.36			5.10	1.70			7.76	1.29				
개머루				6.72	2.24			2.01	0.67			2.12	0.35				
떡충나무												19.40	3.23				
칩				7.14	2.38			1.33	0.44			0.78	0.13				
으아리				2.53	0.84			2.01	0.67			0.56	0.09				
청미래덩굴								1.11	0.37			0.46	0.08			3.12	1.04
사위질방				0.71	0.24			3.13	1.04			1.02	0.17				
죽제비싸리				1.53	0.51			1.11	0.37								
줄참나무				0.63	0.21			1.97	0.66								
가죽나무				1.26	0.42							2.54	0.42				
노박덩굴								2.01	0.67								
조록싸리				1.92	0.64												
팽나무																1.87	0.62
계요등				0.71	0.24			1.11	0.37								
싸리								1.33	0.44			0.92	0.15				
신갈나무																1.24	0.41
담쟁이덩굴												2.12	0.35				
떡갈나무								0.99	0.33								
밤나무												1.76	0.29				
당쟁이덩굴				0.71	0.24												
좀깨잎나무				0.63	0.21												
청가시덩굴												0.46	0.08				

(4) 백합나무 조림지

- 2016년 백합나무 조림지에 대하여 10x10m 크기의 조사구 4개를 설치하여 군락구조를 분석함
- 교목과 아교목층에서 백합나무가 100%로 우점하여 조림된 백합나무가 안정적으로 세력을 유지하고 있는 것으로 판단됨. 조림된 백합나무에 의해 수관이 울창하여 관목층의 발달이 왕성하지 않으며, 경쟁관계에 있는 사위질방, 광대싸리, 쥐똥나무 등의 밀도와 피도도 높지 않은 것으로 파악됨
- 특히 조림 전 해당 지역에 왕성하게 발달한 칩 등의 덩굴식물이 나타나지 않아 조림 목적에 적합하게 유지되고 있는 것으로 파악됨

표 23. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(백합나무)

종명	조사구 /층위	백합나무 1				백합나무 2				백합나무 3				백합나무 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
백합나무		100.00	100.00	1.76	83.63	100.00	100.00	18.36	86.39		100.00	2.51	67.50	100.00	100.00	0.00	83.33
사위질방				35.49	5.92			50.62	8.44			24.06	8.02			3.71	0.62
광대싸리				41.95	6.99			17.45	2.91			12.80	4.27			19.28	3.21
인동덩굴												25.15	8.38				
질레꽃				1.40	0.23			1.69	0.28			12.71	4.24			19.58	3.26
쥐똥나무				3.52	0.59			3.59	0.60			1.27	0.42			24.77	4.13
가래나무												5.03	1.68			10.96	1.83
가죽나무												6.40	2.13				
개머루								2.39	0.40			2.51	0.84			3.71	0.62
뽕딸기				9.82	1.64			0.49	0.08								
싸리												2.51	0.84			3.15	0.53
명석딸기								1.98	0.33			2.51	0.84				
으아리								1.20	0.20			2.51	0.84				
노박덩굴																5.48	0.91
으름덩굴																3.71	0.62
굴피나무				3.70	0.62												
신갈나무																2.82	0.47
팽나무																2.82	0.47
아까시나무				1.18	0.20												
줄참나무				1.18	0.20												
담쟁이덩굴								0.76	0.13								
밤나무								0.49	0.08								
생강나무								0.49	0.08								
회잎나무								0.49	0.08								

(5) 편백 조림지

- 2018년 편백 조림지에 대하여 10x10m 크기의 조사구 3개를 설치하여 군락구조를 분석함
- 교목층에서는 일본잎갈나무가 우점하여 기존의 일본잎갈나무 조림지 하부에 편백을 식재한 것을 알 수 있음. 아교목층에서는 조림한 편백이 100%로 우점하고 있으며, 관목층에서도 13.46~52.67%의 비율을 차지함. 관목층에서는 편백 뿐 아니라 사위질빵, 으름덩굴, 광대싸리 등이 주로 경쟁관계에 있으나, 현장 상황에 비추어 보아 편백의 밀도와 피도가 높아 하층의 발달이 왕성하지는 않은 것으로 판단됨

표 24. 대전 공존숲(조림지) 상대우점치 분석(편백)

종명	조사구 /층위	편백 1				편백 2				편백 3			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
일본잎갈나무		100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00
편백			100.00	52.67	42.11		100.00	15.87	35.98		100.00	13.46	35.58
광대싸리				6.67	1.11			24.86	4.14			25.34	4.22
사위질빵				16.04	2.67			14.55	2.42			10.17	1.69
으름덩굴				15.17	2.53			1.25	0.21			16.37	2.73
산초나무				1.37	0.23			12.24	2.04			6.59	1.10
필레꽃				0.96	0.16			1.45	0.24			7.28	1.21
노박덩굴				0.64	0.11			7.07	1.18			0.60	0.10
쥐똥나무				0.67	0.11			6.53	1.09			1.05	0.17
때죽나무								7.66	1.28				
개머루				1.63	0.27							3.27	0.55
명석달기								2.70	0.45			1.65	0.27
조록싸리				1.17	0.19							2.51	0.42
신갈나무								2.49	0.42				
밤나무				0.30	0.05							1.80	0.30
청가시덩굴								1.87	0.31				
잔털벚나무												1.80	0.30
산딸기												1.80	0.30
노린재나무								1.45	0.24				
졸참나무												1.41	0.24
청미래덩굴												1.31	0.22
싸리												1.24	0.21
인동덩굴				0.44	0.07							0.71	0.12
아까시나무												1.05	0.17
댕댕이덩굴				0.64	0.11								
참				0.64	0.11								
땅비싸리												0.60	0.10
쪽동백나무				0.35	0.06								
으아리				0.32	0.05								
팽나무				0.32	0.05								

2) 종다양도지수 분석

- 대전 공존숲의 종다양도는 조림수종 및 조사구에 따라 편차가 있는 것으로 분석됨. 모든 조사구에서 최대 종다양도는 0.954~1.322로 양호하지만, 일부 가래나무 조사구(조사구 3) 와와 느티나무 조사구, 백합나무 조사구의 경우 균재도에 의해 종다양도가 현저히 낮아지는 확인할 수 있음
- 이는 표준지 내에서 조림수종의 개체수가 다른 출현종보다 많기 때문으로, 덩굴식물의 피압을 막기 위해 밀식 조림하여 하층의 발달이 왕성하지 못한 대상지의 특성이 반영된 것으로 보임

표 25. 대전 공존숲(조림지) 종다양도지수

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	가래나무 1	0.863	1.079	0.799	0.201
	가래나무 2	1.007	1.322	0.762	0.238
	가래나무 3	0.547	1.176	0.465	0.535
	느티나무 1	0.447	1.041	0.429	0.571
	느티나무 2	0.633	1.000	0.633	0.367
	느티나무 3	0.751	1.176	0.639	0.361
	소나무 1	0.974	1.255	0.776	0.224
	소나무 2	1.015	1.322	0.767	0.233
	소나무 3	1.096	1.301	0.842	0.158
	소나무 4	0.762	0.954	0.798	0.202
	백합나무 1	0.603	0.954	0.632	0.368
	백합나무 2	0.474	1.114	0.426	0.574
	백합나무 3	0.871	1.079	0.807	0.193
	백합나무 4	0.694	1.079	0.643	0.357
	편백 1	0.807	1.255	0.643	0.357
	편백 2	0.901	1.146	0.786	0.214
	편백 3	1.092	1.322	0.826	0.174

3) 나이테 분석

- 어린나무 조림지로 나이테 분석을 실시하지 않음

2.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 표준지 2곳의 유기물 함량은 모두 8% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 '상급'으로 평가되며, 국내 산림의 평균유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨
- 토양전질소는 각각 0.36%, 0.32%로 둘 다 '상급'으로 평가되며, 국내 산림 평균 전질소 함량인 0.17%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨. 토양의 대부분의 질소 공급원은 유기물이기 때문에(Miller et al, 1990), 연구대상지의 유기물 함량이 양호하여 전질소 함량 또한 준수한 수치를 나타내는 것으로 보임
- pH는 각각 4.62, 4.54로 하급으로 평가되고, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30보다 근소하게 높은 수치를 보임. 치환성 K(cmol⁺/kg)는 각각 0.21, 0.27로 모두 하급으로 평가되었으며, 치환성 Ca는 1번 표준지에서 3.63cmol⁺/kg으로 상급, 2번 표준지에서 2.47cmol⁺/kg로 중급으로 평가됨. 치환성 Mg는 각각 0.58cmol⁺/kg, 0.43cmol⁺/kg으로 모두 하급으로 평가됨. 치환성 Ca를 제외하면 하급의 수치를 보이는 지역이므로 개선이 필요한 것으로 판단됨
- 양이온치환용량(CEC)은 각각 17.6cmol⁺/kg, 17.8cmol⁺/kg으로 중급으로 나타났으며, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol⁺/kg에 미치지 못하지만 근소한 차이인 것으로 파악됨

표 26. 대전 공존숲(조림지) 토양 분석 결과

항목	표준지	
	1	2
유기물(%)	8.8	8.06
N(%)	0.36	0.32
유효인산(mg/kg)	50.89	48.34
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.21	0.27
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	3.63	2.47
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.58	0.43
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.099	0.081
양이온 치환용량(cmol ⁺ /kg)	17.6	17.8
pH	4.62	4.54
전기전도도(dS/m)	0.15	0.14
NaCl(%)	-	-
모래(%)	53.79	49.47
미사(%)	19.29	20.47
점토(%)	26.92	30.06
분류(%)	사질식양토	사질식양토



그림 13. 2016 소나무 조림지

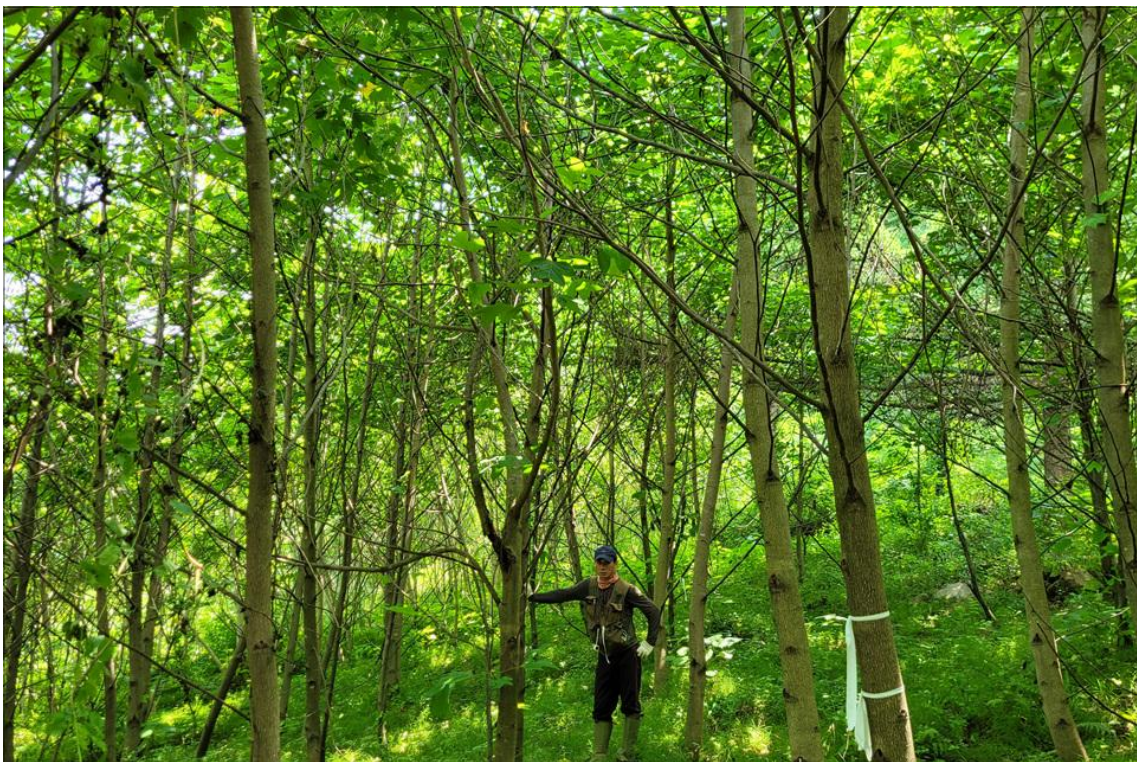


그림 14. 2016년 백합나무 조림지



그림 15. 2017년 가래나무 조림지

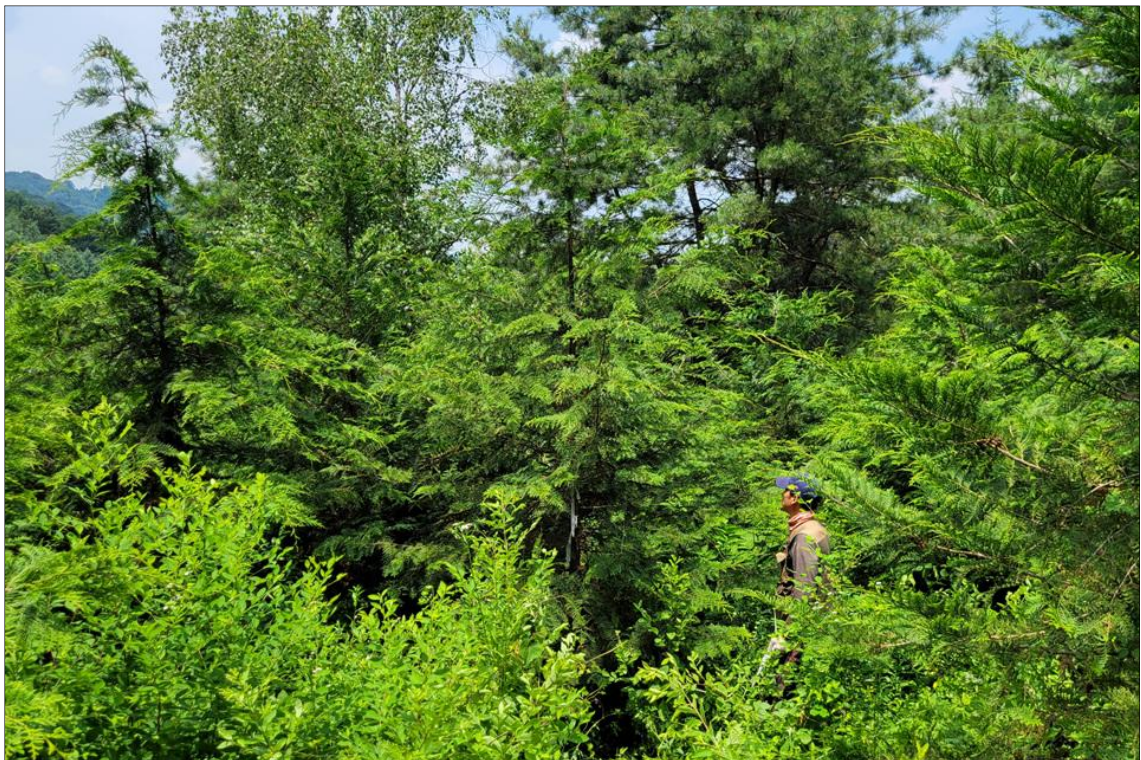


그림 16. 2018년 편백 조림지



그림 17. 2018년 느티나무 조림지



그림 18. 2019년 가래나무 조림지



그림 19. 2020년 가래나무 조림지

3. 안면도

3.1 조림 사업 내용

1) 대상지 개요

조림 목적	<ul style="list-style-type: none"> 2010년 9월초 발생한 태풍 곤파스 피해지 산림복원 기후변화에 대응하기 위한 난대수종 시범조림 	
나무식재	식재위치	충남 태안군 안면읍 창기리 산34-41외 10필지
	식재년도	2011년 4월 13일~5월 12일
	조림면적 및 식재본수 (조사면적)	24.00ha, 67,500본(5,60ha)
	수종 및 규격	소나무, 난대수종 4종
	수행주체	<ul style="list-style-type: none"> 설계·감리 : 산림기술사사무소청솔 사업시행 : 태안군 산림조합 시민참여행사 : 안면읍 중장리 산14-207번지. 소나무 대묘 1,200본 식재 주최 : 유한킴벌리

2) 조림사업 실행내역

표 27. 안면도 조림사업 실행내역

읍.면	리	지번	사업면적 (ha)	식재수종	묘목규격	식재본수
안면	창기	산34-41	5.00	소나무	1-1 실생묘	15,900
		산24-1	0.70	소나무	1-1-2 분뜨기묘	1,050
			0.80	동백나무	2-0 용기묘	1,200
			1.00	붉가시나무	2-0 용기묘	1,500
		산24-2	0.20	소나무	1-1-2 분뜨기묘	300
		산26-1	0.30	소나무	1-1-2 분뜨기묘	450
		산27-1	1.60	종가시나무	2-0 용기묘	2,400
	정당	산23-1	1.00	동백나무	2-0 용기묘	1,500
			0.80	붉가시나무	2-0 용기묘	1,200
	중장	산14-207	0.80	소나무	1-1-2 분뜨기묘	1,200
			0.30	소나무	1-1-2 분뜨기묘	450
			0.20	동백나무	2-0 용기묘	300
				0.60	굴거리	2-0 용기묘
	승안	산32-567	0.70	소나무	1-1-2 분뜨기묘	1,050
고남	장곡	산5-1	10.00	소나무	1-1 실생묘	38,100
합 계			24.00			67,500

3.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 2011년 조림지 중 식재한 조림목이 균일하게 자라고 있어 조림 성공지로 판단되는 지역만 조사대상지로 선정하였음. 단, 종가시나무는 조림목의 생존율이 낮은 지역도 포함시켰음
- 표준지는 현장 여건에 맞도록 배치하여 조사하였으며 안면도 조림지에 배치한 표준지 크기와 좌표는 다음과 같음

표 28. 안면도 표준지 배치 내역

표준지 No.	표준지 크기(m ²)	조림수종	소재지	GPS좌표(GRS80 중부)	
				X좌표	Y좌표
1	100	소나무	창기리 산34-41	139971	444728
2	100	소나무	창기리 산34-41	140088	444533
3	100	소나무	창기리 산34-41	139995	444619
4	100	동백나무	창기리 산24-1	141174	441023
5	100	붉가시나무	창기리 산24-1	141182	441046
6	200	종가시나무	창기리 산27-1	141048	440504
7	100	굴거리나무	중장리 산5-138	142531	432956
8	100	동백나무	중장리 산5-138	142496	433045



그림 20. 안면읍 창기리 산34-41(소나무 조림지) 표준지 배치도

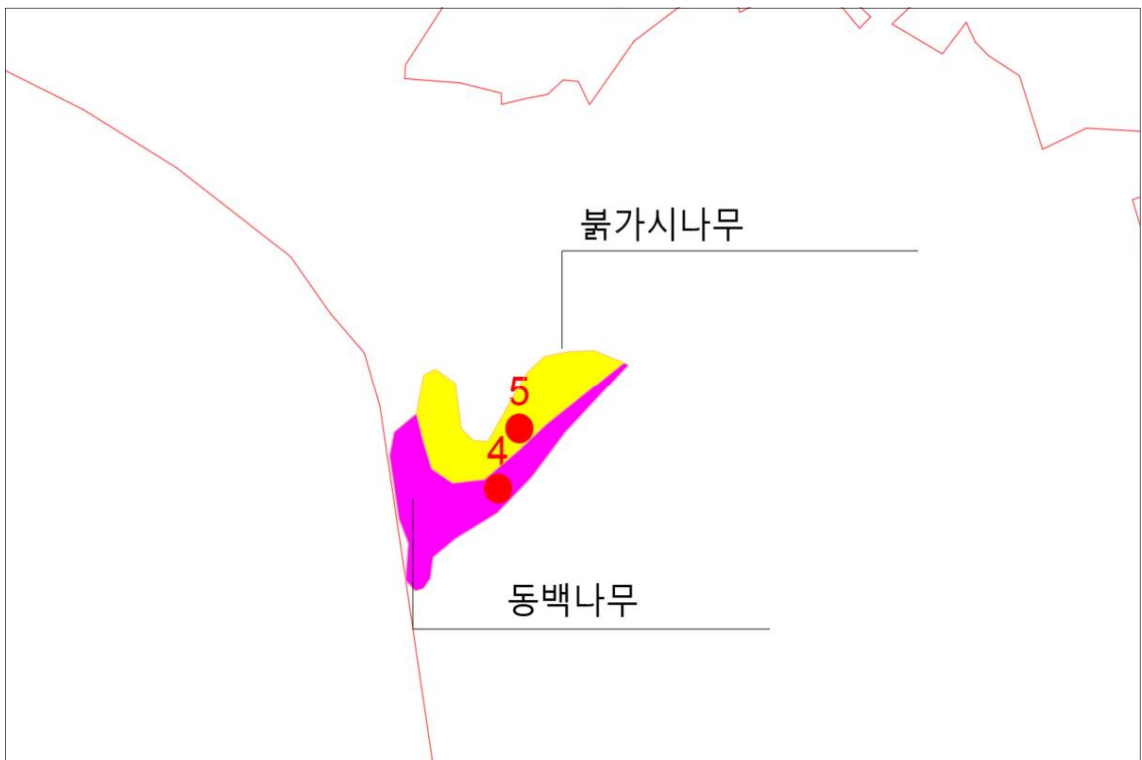


그림 21. 안면읍 창기리 산24-1(불가시나무, 동백나무 조림지) 표준지 배치도

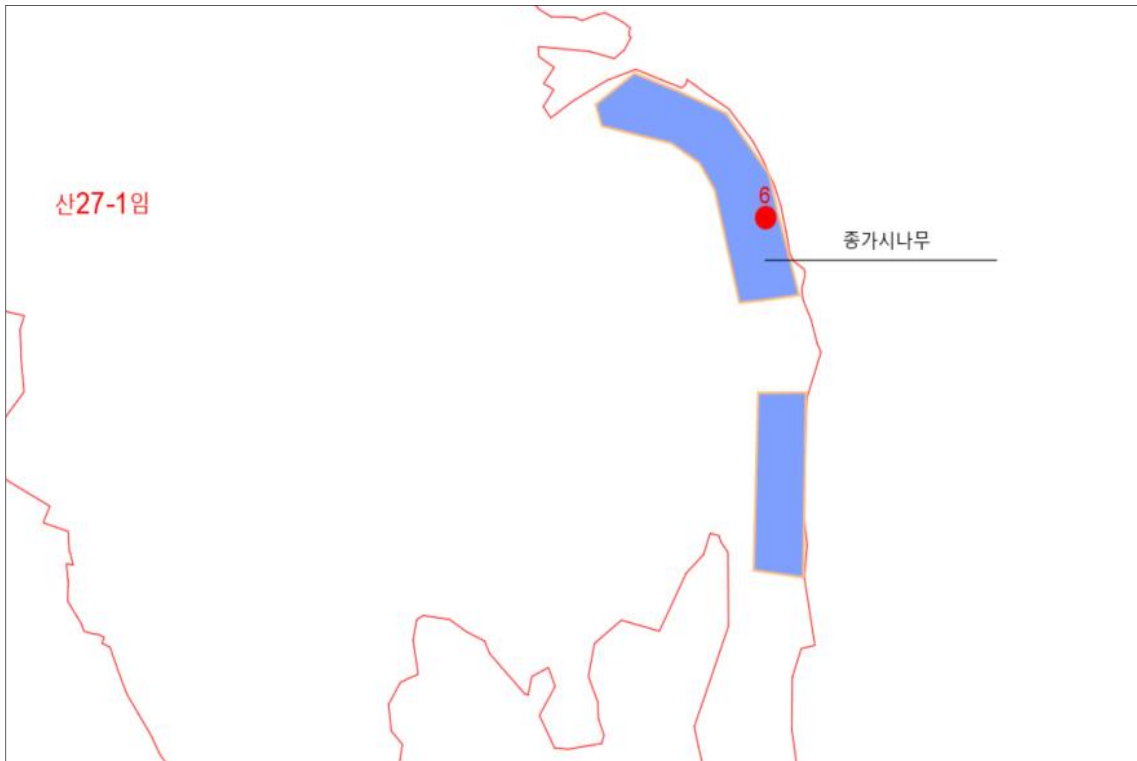


그림 22. 안면읍 창기리 산27-1(종가시나무 조림지) 표준지 배치도

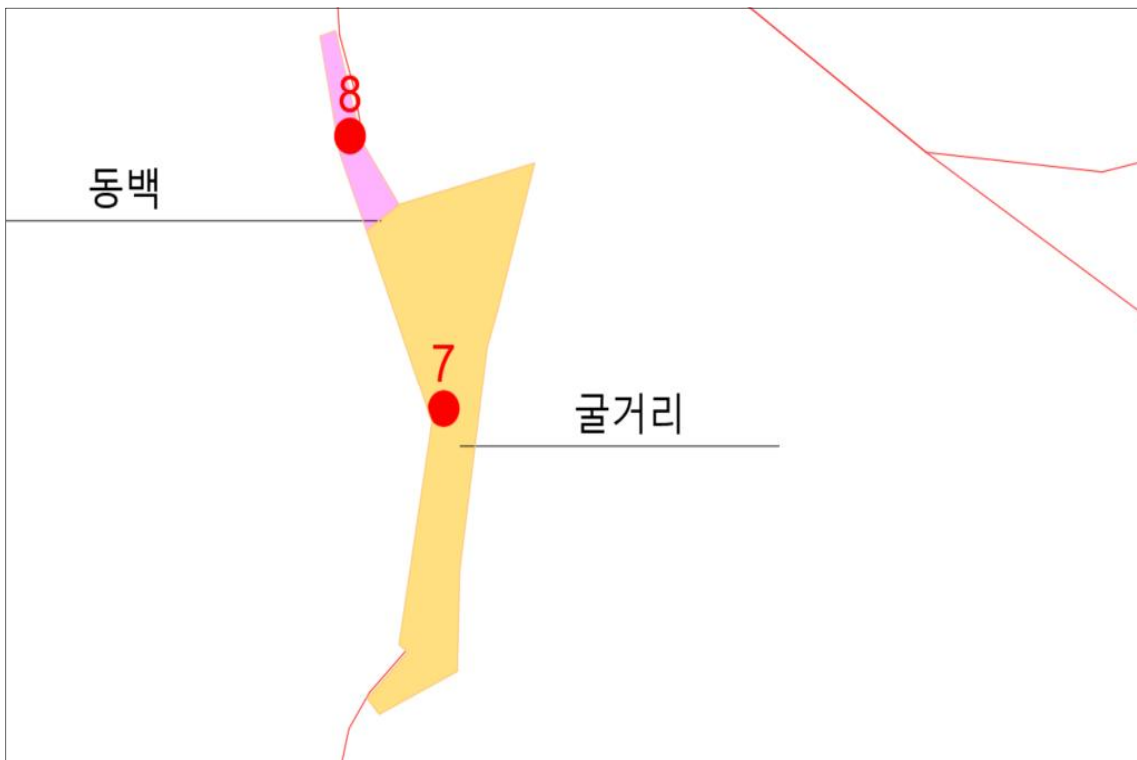


그림 23. 안면읍 중장리 산5-138(동백나무, 굴거리나무 조림지) 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 조림지 면적

- 조림성공지로 판단되는 지역 중 5.60ha(당초 조림면적 9.90ha)를 조사
 - 창기리 산34-41번지는 식재지역 중 일부지역은 활엽수림으로 전환되어 제외
 - 난대수종 조림지는 식재 당시 동일 본수를 밀식하여 식재면적 축소
- 중장리 산14-207번지에 조림한 소나무(0.8ha, 시민참여행사)는 잘 관리되어 조림성공지로 평가되나 지방정원에 편입되어 있음
- 고남면 장곡리 산5-1번지 소나무 조림지(10.0ha)는 침당굴로 피복되어 있거나 백합나무 등 타 수종과 혼효되어 있어 조사대상에서 제외함
- 나머지 지역은 조림면적이 작거나 조림목의 생존율이 낮아 조사에서 제외함

표 29. 안면도 조림면적 및 조사면적

소재지	조림면적 (ha)	조사면적 (ha)	비 고
창기리 산34-41	5.00	3.30	일부는 활엽수림으로 전환
창기리 산24-1	2.50	0.40	식재 당시 밀식하여 면적 축소 소나무는 부분 성공(조사제외)
창기리 산27-1	1.60	1.40	당초 밀식, 일부 성공
중장리 산5-138	0.80	0.50	당초 밀식
합 계	9.90	5.60	

(2) 조림목 본수

- 소나무는 3,134본/ha 생육, 평균직경 8cm, 평균수고 6m
- 동백나무는 998본 생육, 평균직경 2cm, 평균수고 2m
- 붉가시나무는 660본 생육, 평균직경 8cm, 평균수고 8m
- 종가시나무는 770본 생육, 평균직경 2cm, 평균수고 3m
- 굴거리나무 765본 생육, 평균직경 2cm, 평균수고 2m

표 30. 안면도 조림목 분수 집계표

수종	면적 (ha)	직경 (cm)	조사본수				조림목 분수		수고 (m)
			1	2	3	계	본/ha	총본수	
소나무 (300㎡)	3.30	2~4	3	11	12	26	867		
		6~8	10	11	11	32	1,067		
		10이상	15	15	6	36	1,200		
		소계	28	37	29	94	3,134	10,342	6
동백 (200㎡)	0.25	2~4	16	62		78	3,900		
		6~8	1	-		1	50		
		소계	17	62		79	3,950	988	2
붉가시 (100㎡)	0.20	2~4	3			3	300		
		6~8	23			23	2,300		
		10이상	7			7	700		
		소계	33			33	3,300	660	8
종가시 (200㎡)	1.40	2미만	5			5	250		
		2~4	3			3	150		
		6~8	3			3	150		
		소계	11			11	550	770	3
굴거리	0.45	2미만	5			5	500		
		2~4	5			5	500		
		6~8	7			7	700		
		소계	17			17	1,700	765	2

(3) 입목재적

- 어린나무 조림지로 입목 재적 산정 생략함

3) 조림지 평가 및 사후관리방안

(1) 조림지 평가

- 창기리 산34-41에 식재된 소나무는 2018년 지역주민들이 소나무 정아를 제거(소나무 액기스용)하는 피해를 입어 다간목이 많음. 소나무 활력은 양호하며 자연발생 한 활엽수와 부분적으로 경쟁을 하고 있는 상태임
- 동백나무는 당초 식재한 본수의 50% 이상 살아있으나 경급 편차가 심함. 토양조건이 양호한 창기리 산24-1의 동백나무는 정상 생육하고 있으나 토양조건이 척박한 중장리 산 5-138의 동백나무는 직경과 수고가 작음
- 붉가시나무는 당초 식재한 본수의 50% 이상이 정상적으로 생육하고 있으며 조림성공지로 평가됨. 면적은 작지만 중부지방에 난대수종이 적응한 사례로 활용할 가치가 있음
- 종가시나무는 당초 식재본수의 30% 정도 살아있는 것으로 추정되며 식재 후 동물에 의한 초두부 피해를 입어 생장의 편차가 매우 심함. 정상적인 생장을 한 개체는 붉가시와 동일한 크기로 자랐으나 동물피해를 입어 정상 생장을 하지 못한 개체는 자연발생 한 활엽수에 피압되어 경급이 작고 수고가 매우 낮음
- 안면도 태풍피해지 복원을 위해 조성한 조림지는 조림 직후 관리권한을 충남도에 넘기면서 일부지역(붉가시, 동백, 굴거리 조림지)을 제외하고는 관리의 사각지대에 있었던 것으로 판단됨. 따라서 조림성공률이 낮아졌음

(2) 조림지 사후관리 방안

- 창기리 산34-41번지의 소나무는 2023년 충남도에서 어린나무가꾸기를 실행할 계획을 가지고 있어 당분간 사후관리는 필요하지 않음
- 접근성이 양호한 지역에 식재한 붉가시나무, 동백나무와 굴거리나무는 충남도에서 주변에 동일수종 또는 유사수종으로 확대 조림하고 지속적으로 관리하고 있어 사후관리에 문제가 없을 것으로 판단됨
- 그러나 창기리 산27-1번지에 식재한 종가시나무는 자연발생한 활엽수에 피압되어 정상 생장이 곤란하여 시급한 조치가 필요함. 어린나무가꾸기 등 일반적인 조림지 관리방법으로는 종가시나무를 정상적인 상태로 유도하기 곤란할 것으로 판단되므로 충남도와 협력하여 생명의 숲에서 세밀하게 작업하는 방안도 검토가 필요함

3.3 식물상 조사 결과

■ 표준지

- 안면도 조사구에서 확인된 식물상(목본)은 34과 46속 62종 6변종 1품종으로 총 69분류군으로 나타남
- 장미과(11.6%), 참나무과(8.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 목련(희귀식물)이 확인됨. 다만 목련은 해당 지역에 원래 자생하는 종보다는 인근 지역에 식재되었던 종이 이입된 것으로 추정됨
- 소나무 조림지의 경우 상층이 발달하지 않았고 중층의 소나무와 하층의 싸리류 등의 척박지 호양성 천이 초기 수종들이 주를 이룸. 다만 중층, 하층에 졸참나무와 같은 천이 중기 이후 수종의 비중도 일정량 확보되어 있으므로 충분한 시간 경과에 따라 점차 상층, 중층의 수종 교체가 이루어질 것으로 예측됨
- 붉가시나무 조림지의 경우 조림수종을 제외하면 소나무, 잔털벗나무 등의 천이 초기 수종이 주를 이루고 있으며 붉가시나무의 하층 우점도는 높지 않은 상태임. 따라서 일정 기간 동안 현재 세력이 유지되면서 붉가시나무의 치수 발달도가 수종 구성 변화에 영향을 미칠 것으로 예측됨
- 굴거리나무 조림지의 경우 상층의 소나무, 중층의 굴거리나무, 하층의 국수나무가 매우 높은 비율로 우점하고 있으므로 장기간 주요 수종 구성이나 우점도에서 변화가 발생하지 않을 것으로 생각됨
- 동백나무 조림지의 경우 조림수종을 제외하면 상층의 소나무, 중층의 잔털벗나무, 하층의 작살나무, 비목나무, 산초나무 등이 주를 이루고 있으며 이들 중 대부분은 천이 초기 수종에 해당함. 다만 중층, 하층에 일부 생육 중인 나도밤나무의 세력 확장 여부에 따라 일정 시간 경과 후 천이 중기로의 식생 변화가 발생할 수 있음

■ 대조군

- 안면도 대조군 조사구에서 확인된 식물상(목본)은 32과 47속 61종 4변종 1품종으로 총 66분류군으로 나타남
- 장미과(12.1%), 노박덩굴과(6.1%), 인동과(6.1%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산

식물에는 가시오갈피(희귀식물)가 확인됨

- 안면도 조림지와 대조군의 분류군 개수 및 종 구성은 크게 차이가 나지 않는 것으로 확인됨
- 대조군에서 우점하는 수종은 조림수종을 제외하고 중층에 잔털벗나무, 산검양옻나무, 말오줌
때 등이 있었고 하층에는 국수나무, 덜꿩나무 등 보습성이 있고 척박한 환경에서 잘 자라는
수종이 주를 이루었음. 수종 구성상 나도밤나무 등 소수를 제외하면 천이 중기 수종이 크게
발달하지 않았으므로 현재 구조를 일정 기간 유지할 것으로 추정됨

표 31. 안면도 식물상(목본)

구분		과	속	종	아종	변종	품종	소계
표준지	나자식물	2	2	2	-	-	-	2
	단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
	쌍자엽식물	31	43	58	-	6	1	65
	계	34	46	62	-	6	1	69
대조군	나자식물	3	3	3	-	-	-	3
	단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
	쌍자엽식물	28	43	56	-	4	1	61
	계	32	47	61	-	4	1	66

3.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 굴거리나무 조림지

■ 표준지

- 임항조사와 동일한 지점에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 교목층에는 안면도 소나무림이 100%를 차지하고 있으며, 아교목층에는 조림된 굴거리나무가 100%로 우점하고 있음. 관목층에는 국수나무가 우점하고 있으며, 조림 외 수종에 대해서 제거한 흔적이 확인되어 진달래, 밤나무 등이 맹아 형태로 일부 나타남
- 다만 조사구 1, 2의 경우 굴거리나무가 일렬로 식재되어 주변 관목층의 피도가 비교적 높았으며, 조사구 3, 4는 굴거리나무가 여러 열로 식재되어 수관이 뻗뻗하여 하층의 피도가 낮고 출현 종수가 비교적 적은 특성을 나타냄
- 아교목층에서 굴거리나무가 100%로 우점하는 것으로 보아 조림수종의 생육상태가 양호하며, 목적에 맞게 관리도 잘 이루어지고 있다고 판단됨

■ 대조군

- 굴거리나무 조림지와 인접한 소나무 자연림을 대조군으로 설정하여 10x10m 크기의 방형구 2개를 설치하여 조사함
- 교목층에는 소나무가 100%로 안정적으로 우점하고 있음. 표준지에서는 아교목층에 조림된 굴거리나무가 100%로 나타났으나, 대조군 1의 아교목층에서는 소나무, 잔털벚나무가 경쟁관계에 있고, 말오줌때와 산검양옻나무 등이 일부 나타남
- 대조군 2의 아교목층에서는 잔털벚나무가 우점하고, 산검양옻나무와 딱총나무 등이 경쟁관계에 있음. 다만 굴거리나무 조림지에 비해서는 아교목층의 피도와 밀도가 다소 낮은 특성을 보임
- 관목층에서 국수나무가 높은 비율로 우점했던 표준지와는 달리, 대조군에서는 청미래덩굴, 산검양옻나무, 생강나무 등 보다 다양한 수종이 나타나되 피도와 밀도가 낮은 특성을 보임

표 32 안면도 상대우점치 분석 결과(굴거리나무)

조사구 /총위 종명	굴거리나무 1				굴거리나무 2				굴거리나무 3				굴거리나무 4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무	100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00
굴거리나무		100.00	4.21	34.03		100.00	6.91	34.48		100.00		33.33		100.00	15.58	35.93
국수나무			79.42	13.24			59.70	9.95			59.76	9.96			72.29	12.05
진달래			2.19	0.36			0.56	0.09			16.12	2.69				
굴참나무							17.60	2.93								
청미래덩굴			3.40	0.57			0.25	0.04			5.55	0.92			0.53	0.09
작살나무			0.44	0.07			4.44	0.74			2.16	0.36			0.83	0.14
으름덩굴			0.15	0.02			1.27	0.21							4.42	0.74
검노린재나무							0.52	0.09			4.51	0.75				
줄참나무			0.42	0.07			1.15	0.19			3.17	0.53				
개웃나무			0.15	0.02			0.11	0.02			2.33	0.39			2.02	0.34
맹덩이덩굴			1.46	0.24			0.56	0.09			1.00	0.17			0.29	0.05
가래나무			2.92	0.49												
수리딸기			0.15	0.02							1.44	0.24			0.59	0.10
음나무							2.17	0.36								
가새잎개머루							0.41	0.07							1.47	0.25
조록싸리											1.87	0.31				
청가시덩굴			0.84	0.14			0.41	0.07							0.38	0.06
덜꿩나무			0.15	0.02			0.25	0.04			1.08	0.18				
팔배나무			0.42	0.07											1.01	0.17
감태나무							1.08	0.18							0.29	0.05
물푸레나무			0.84	0.14			0.50	0.08								
쥐똥나무			0.15	0.02			1.07	0.18								
찔레꽃			0.42	0.07			0.11	0.02			0.64	0.11				
밤나무			0.84	0.14												
잔털벚나무			0.21	0.04			0.28	0.05								
계요등			0.42	0.07												
사위질빵			0.42	0.07												
고로쇠나무			0.15	0.02			0.25	0.04								
줄사철나무											0.36	0.06				
생강나무															0.29	0.05
초피나무							0.28	0.05								
뽕나무			0.15	0.02												
정금나무							0.11	0.02								
회잎나무			0.11	0.02												

표 33. 안면도 상대우점치 분석 결과(굴거리나무 대조군)

종명	조사구 /총위	굴거리나무 대조군1				굴거리나무 대조군2			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무		100.00	29.79		59.93	100.00			50.00
진털벚나무			31.98	2.26	11.04		34.52	7.82	12.81
산검양옻나무			6.86	11.24	4.16		16.57		5.52
말오줌때			17.79	0.91	6.08			1.04	0.17
떡총나무							17.75		5.92
생강나무			5.23	7.86	3.05			9.99	1.66
청미래덩굴				18.62	3.10			8.84	1.47
팔배나무				2.57	0.43		9.98	3.69	3.94
회나무							9.98		3.33
개웃나무				0.33	0.06		5.40	6.87	2.94
국수나무				1.24	0.21			16.66	2.78
비목나무				8.91	1.48			8.21	1.37
덜꿩나무				8.72	1.45			6.20	1.03
때죽나무				0.91	0.15		5.80	0.75	2.06
참빗살나무			4.99	0.93	1.82				
나도밤나무			3.36	0.40	1.19			3.67	0.61
수리딸기				5.03	0.84			5.63	0.94
산초나무				7.07	1.18				
감태나무				4.74	0.79			0.73	0.12
쥐똥나무								5.44	0.91
졸참나무				2.27	0.38			2.02	0.34
조록싸리				2.84	0.47			0.89	0.15
굴거리나무				2.17	0.36			1.28	0.21
작살나무				3.36	0.56				
윤노리나무				2.36	0.39				
가새잎개머루				0.40	0.07			1.69	0.28
광나무								1.91	0.32
초피나무								1.90	0.32
물푸레나무				0.72	0.12			1.05	0.18
덩댕이덩굴				0.46	0.08			0.76	0.13
밤나무				1.05	0.18				
대팻집나무				0.91	0.15				
을괴불나무				0.79	0.13				
박달나무								0.66	0.11
합다리나무								0.63	0.11
붉나무				0.60	0.10				
일본목련								0.43	0.07
진달래								0.43	0.07
청가시덩굴				0.33	0.06				
가막살나무								0.30	0.05
개비자나무								0.26	0.04
노박덩굴								0.26	0.04

(2) 동백나무 조림지**■ 표준지**

- 창기리 산 24-1의 임황조사와 동일한 지점에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 교목층에는 안면도 소나무림이 100%를 차지하고 있으며, 아교목층에서는 동백나무 표준지 1의 경우 동백나무가 안정적으로 나타나고, 표준지 2에서는 동백나무와 잔털벚나무가 경쟁 관계에 있으며, 비목나무, 작살나무, 졸참나무, 굴참나무 등 다양한 수종이 나타나 조림수종의 세력이 약화된 것이 확인됨. 지속적인 모니터링을 통해 원래의 목적대로 기능할 수 있도록 관리하는 것이 필요함
- 관목층에서는 작살나무, 수리딸기, 산초나무, 졸참나무 등 주변 산림에서 확산된 다양한 수종이 경쟁관계에 있으며, 밀도와 피도가 비교적 높게 나타나는 것을 확인함. 또한 일부 동백나무의 치수가 나타나는 것을 확인함

■ 대조군

- 동백나무 조림지와 인접한 소나무 자연림을 대조군으로 설정하여 10x10m 크기의 방형구 2개를 설치하여 조사함
- 교목층에서는 소나무가 100% 우점하고 있음. 교목층에서는 잔털벚나무가 우점하며, 때죽나무, 비목나무, 산딸나무 등이 경쟁 관계에 있음
- 관목층에서는 때죽나무, 비목나무, 생강나무, 팔배나무, 덜꿩나무 등이 경쟁 관계에 있음. 다만 관목층의 피도와 밀도는 표준지에 비해 상당히 낮게 나타남

표 34. 안면도 상대우점치 분석 결과(동백나무)

조사구 /종위 종명	동백나무 1				동백나무 2				동백나무 대조군 1				동백나무 대조군 2			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무	100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00
동백나무		97.14	5.66	33.33		38.46	4.77	13.62								
잔털벚나무			0.43	0.07		37.83		12.61		43.56		14.52		51.92		17.31
때죽나무			8.58	1.43		0.86	0.14		19.17	10.39	8.12		15.93	3.22	5.85	
비목나무		2.86	7.97	2.28		1.11	0.86	0.51		19.95	14.46	9.06		10.47	1.75	
작살나무			18.62	3.10		2.41	26.10	5.15						3.83	0.64	
산딸나무										7.73	3.79	3.21		15.99	1.46	5.57
나도밤나무			1.71	0.29		0.60	0.10			9.58	7.42	4.43		9.63	2.80	3.68
출참나무			3.73	0.62		3.62	13.55	3.46			2.41	0.40		4.36	0.73	
수리딸기			14.31	2.39		1.47	0.25				8.27	1.38		7.10	1.18	
산초나무			10.87	1.81		1.01	14.05	2.68								
밤나무			0.88	0.15		5.53	1.24	2.05			6.18	1.03		4.66	0.78	
청미래덩굴			5.57	0.93		10.75	1.79				0.94	0.16		2.71	0.45	
생강나무						1.88	0.31			10.13	1.69			7.85	1.31	
덜꿩나무						2.04	0.34			3.45	0.57			13.27	2.21	
말오줌때											3.03	0.51		6.53	2.48	2.59
팔배나무			0.43	0.07		1.61	0.27			9.70	1.62			5.39	0.90	
국수나무			10.20	1.70		1.38	0.23							4.04	0.67	
쪽동백나무			1.14	0.19							5.38	0.90		5.54	0.92	
굴참나무						4.68		1.56								
산검양옻나무			0.57	0.10		3.81	0.80	1.40						0.28	0.05	
물푸레나무						0.32	0.05				4.34	0.72		4.07	0.68	
개옻나무						0.90	0.15				2.21	0.37		5.05	0.84	
읍나무			2.02	0.34		0.60	0.10				3.03	0.51		1.51	0.25	
정금나무			1.14	0.19		1.28	0.21							2.74	0.46	
개암나무			0.88	0.15		4.04	0.67									
붉나무			0.33	0.06		1.53		0.51								
합다리나무			1.14	0.19		0.32	0.05				1.31	0.22		0.56	0.09	
두릅나무			0.43	0.07							1.88	0.31		0.47	0.08	
옻나무						2.74	0.46									
청가시덩굴						0.23	0.04				0.83	0.14		1.67	0.28	
조록싸리			1.57	0.26		0.96	0.16									
감태나무			0.49	0.08										1.34	0.22	
으름덩굴			0.43	0.07		1.31	0.22									
노린재나무														1.63	0.27	
짚레꽃						1.60	0.27									
진달래						1.18	0.20									
검노린재						0.60	0.10							0.28	0.05	
봉나무			0.88	0.15												
산봉나무											0.83	0.14				
개머루						0.78	0.13									
출달기						0.55	0.09									
윤노리나무						0.36	0.06									
쥐똥나무														0.28	0.05	
맹맹이덩굴						0.26	0.04									
가새잎개머루														0.21	0.04	
충충나무														0.21	0.04	
고로쇠나무														0.18	0.03	
단풍나무														0.18	0.03	
신갈나무														0.18	0.03	

(3) 붉가시나무 조림지

■ 표준지

- 임황조사와 동일한 지점에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함. 교목층에서는 소나무가 안정적으로 우점하며, 아교목층에서는 조림된 붉가시나무가 우점함. 관목에서는 작살나무, 정금나무, 덜꿩나무, 청미래덩굴 등이 경쟁관계에 있으나, 붉가시나무의 수관이 울폐하여 밀도와 피도가 높지 않음

■ 대조군

- 붉가시나무 조림지와 인접한 소나무 자연림을 대조군으로 설정하여 10x10m 크기의 방형구 2개를 설치하여 조사함
- 교목층에서는 소나무가 100%로 안정적으로 우점하고 있음. 교목층에서는 잔털벚나무가 우점하며, 때죽나무, 비목나무, 산딸나무 등이 경쟁 관계에 있음
- 관목층에서는 때죽나무, 비목나무, 생강나무, 팔배나무, 덜꿩나무 등이 경쟁 관계에 있음. 다만 관목층의 피도와 밀도는 표준지에 비해 상당히 낮게 나타남

표 35. 안면도 상대우점치 분석 결과(붉가시나무)

종명	조사구 / 층위	붉가시나무 1				붉가시나무 2				붉가시나무 대조군 3				붉가시나무 대조군 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무		100.00			50.00					100.00			50.00	100.00			50.00
붉가시나무			68.51	13.78	30.48		96.35	2.69	65.13								
잔털벚나무							3.65		2.43		43.56		14.52		51.92		17.31
작살나무			11.93	12.53	4.40			26.37	8.79							3.83	0.64
밤나무			19.56		8.52							6.18	1.03			4.66	0.78
때죽나무				0.53	0.09						19.17	10.39	8.12		15.93	3.22	5.85
비목나무				5.50	0.92			3.75	1.25		19.95	14.46	9.06			10.47	1.75
청미래덩굴				4.35	0.72			26.60	8.87			0.94	0.16			2.71	0.45
산딸나무											7.73	3.79	3.21		15.99	1.46	5.57
나도밤나무								1.75	0.58		9.58	7.42	4.43		9.63	2.80	3.68
덜꿩나무				8.94	1.49			11.42	3.81			3.45	0.57			13.27	2.21
생강나무				5.36	0.89			3.49	1.16			10.13	1.69			7.85	1.31
팔배나무				12.30	2.05			0.90	0.30			9.70	1.62			5.39	0.90
줄참나무				5.52	0.92			3.82	1.27			2.41	0.40			4.36	0.73
말오줌때												3.03	0.51		6.53	2.48	2.59
수리딸기				1.02	0.17							8.27	1.38			7.10	1.18

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

정금나무			11.65	1.94										2.74	0.46
목련							6.98	2.33							
개웃나무			2.63	0.44			1.90	0.63			2.21	0.37		5.05	0.84
쪽동백나무							1.18	0.39			5.38	0.90		5.54	0.92
물푸레나무											4.34	0.72		4.07	0.68
산뽕나무							3.65	1.22			0.83	0.14			
산초나무			6.94	1.16											
가새잎개머루			1.14	0.19			1.79	0.60						0.21	0.04
읍나무											3.03	0.51		1.51	0.25
댕댕이덩굴			0.92	0.15			1.79	0.60							
국수나무														4.04	0.67
동백나무			1.84	0.31			0.90	0.30							
청가시덩굴											0.83	0.14		1.67	0.28
두릅나무											1.88	0.31		0.47	0.08
올과불나무							1.00	0.33							
합다리나무											1.31	0.22		0.56	0.09
검노린재			1.39	0.23										0.28	0.05
노린재나무														1.63	0.27
진달래			1.37	0.23											
감태나무														1.34	0.22
개머루			0.69	0.11											
개암나무			0.53	0.09											
붉나무			0.53	0.09											
짚레꽃			0.53	0.09											
산검양꽃나무														0.28	0.05
쥐똥나무														0.28	0.05
층층나무														0.21	0.04
고로쇠나무														0.18	0.03
단풍나무														0.18	0.03
신갈나무														0.18	0.03

(4) 종가시나무 조림지**■ 표준지**

- 임황조사와 동일한 지점에서 10x10m 크기의 방형구를 2개 설치함. 종가시나무 조림지역 대부분에서 종가시나무가 나타나지 않고, 덩굴 및 기타 수종으로 밀도가 매우 높아 접근이 어려운 상황으로 확인됨. 종가시나무는 일부 지역에만 잔존하여 소규모 군상으로 나타남
- 조사구 1의 경우 종가시나무가 44%로 우점하고 있지만 다른 조림지에 비하여 조림수종의 상대우점치가 상당히 낮은 것으로 판단됨. 잔털벗나무, 졸참나무, 산초나무 등 종가시나무 조림에 실패한 지역에서 우점하고 있는 수종이 남아있는 군락에도 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있음. 관목층에서도 소나무와 종가시나무 치수를 비롯하여 졸참나무, 산초나무, 청미래덩굴, 수리딸기, 개꽃나무, 조록싸리 등의 수종이 높은 밀도와 피도로 나타나 건강한 산림의 발달을 위해서 관리가 필요함
- 조사구 2에서는 종가시나무, 졸참나무, 산뽕나무가 야교목층에서 비슷한 비율로 경쟁 관계에 있음. 관목층에서는 국수나무, 덜꿩나무 등의 관목상 수종들과 함께 종가시나무가 나타나는데, 이는 조림된 수종이 정상적으로 생육하지 못하여 관목층에 머물러 있는 것으로 분석되기 때문에, 적절한 관리가 이루어지지 않을 경우 종가시나무가 쇠퇴할 것으로 판단됨

■ 대조군

- 종가시나무 조림지와 인접한 소나무림에서 10x10m 크기의 방형구 2개를 설치하여 조사함. 현장 상황을 비추어 봤을 때 대조군은 표준지와 비교하여 중, 하층의 밀도와 피도가 상당히 낮아 일반적인 소나무 2차림의 형태를 띄고 있음
- 이러한 차이는 종가시나무가 조림된 지역은 숲의 가장자리이고, 대조군의 경우 숲의 내부에 위치한 것에 일부 원인이 있을 수 있으며, 기존 식생을 정리하고 종가시나무를 조림한 뒤 관리가 이루어지지 않아 숲 내부로 들어오는 빛의 양이 많아져 기타 식생의 발달이 왕성해진 것으로 유추할 수 있음

표 36. 안면도 상대우점치 분석 결과(종가시나무)

종명	조사구 /총위	종가시나무 1				종가시나무 2				종가시나무 대조군 1				종가시나무 대조군 2					
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
소나무			6.38	6.34	6.37	100.00		0.62	50.10	100.00			50.00	100.00			50.00		
종가시나무			44.00	3.00	30.33			20.38	14.37	9.19									
잔털벚나무			12.94	1.56	9.15			2.74	3.39	1.48			26.79			8.93	32.38	10.79	
줄참나무			10.77	5.03	8.85			23.55	3.28	8.40							0.87	0.14	
비목나무				0.68	0.23			2.97	1.42	1.23				47.84		7.97		41.50	6.92
산딸나무													34.65		11.55		13.18		4.39
나도밤나무				1.22	0.41								30.82	0.39	10.34		8.43	0.48	2.89
때죽나무			1.66	0.95	1.42			7.39	4.45	3.21						26.97		8.99	
산초나무			9.23	17.16	11.87														
산뽕나무				2.90	0.97			22.80		7.60									
덜꿩나무				2.10	0.70				15.37	2.56				20.10	3.35			9.71	1.62
팔배나무			3.09	2.17	2.79				1.42	0.24						12.91	0.57	4.40	
생강나무			3.51	3.87	3.63				4.70	0.78				5.51	0.92			11.90	1.98
국수나무				0.95	0.32				10.57	1.76				4.02	0.67			13.92	2.32
말오줌때				0.61	0.20			9.27	9.15	4.62				0.78	0.13			0.48	0.08
청미래덩굴				9.95	3.32				0.97	0.16				3.15	0.53			5.23	0.87
수리딸기				8.88	2.96				4.36	0.73								1.05	0.18
개웃나무			1.08	6.95	3.04									2.76	0.46				
개암나무				0.28	0.09				0.62	0.10						6.13	5.61	2.98	
조록싸리				7.36	2.45				1.53	0.25									
고로쇠나무													7.74		2.58				
청가시덩굴				1.89	0.63				9.94	1.66				0.91	0.15				
불나무			1.39	3.50	2.10				1.53	0.25									
밤나무			2.86	0.77	2.16													0.48	0.08
작살나무				3.23	1.08				5.41	0.90									
두릅나무								5.45		1.82									
산검양꽃나무								5.45		1.82									
옴나무				1.83	0.61									1.68	0.28			4.08	0.68
정금나무				3.43	1.14				1.42	0.24									
백합나무			2.01		1.34														
검노린재			1.08		0.72				1.42	0.24									
노린재나무														1.98	0.33			1.67	0.28
감태나무														3.53	0.59				
쪽동백나무														3.50	0.58				
물푸레나무									1.92	0.32								1.14	0.19
올괴불나무														2.69	0.45				
가새잎개머루				1.05	0.35									0.39	0.06				
당쟁이덩굴				0.52	0.17				0.68	0.11									
굴피나무														0.39	0.06			0.87	0.14
진달래				0.61	0.20														
뽕나무				0.59	0.20														
신갈나무														0.39	0.06			0.43	0.07
으름덩굴									0.76	0.13									
개머루									0.68	0.11									
싸리				0.34	0.11														
참싸리				0.28	0.09														

(5) 소나무 조림지**■ 표준지**

- 안면도 소나무림 복원을 위해 식재한 소나무 지역임. 조림지 내에 10x10m 크기의 방형구를 4개 설치하여 조사함
- 아교목층에서는 대체로 조림된 소나무가 안정적으로 나타나지만, 졸참나무, 밤나무, 때죽나무 등이 일부 아교목층까지 발달한 상태임. 조림된 소나무는 다간목으로 생장한 경우가 많아 피도가 매우 높고 조림지 내부로의 접근이 어려움
- 관목층에서는 일부 소나무의 치수도 나타나지만 졸참나무, 청미래덩굴, 조록싸리, 팔배나무, 붉나무, 산초나무 등 여러 수종이 경쟁 관계에 있음. 특히 조사구 2와 4 등에서 졸참나무는 아교목과 관목에서 유의미한 비율로 꾸준히 발생하는 수종임. 대상지 내에서 생태계교란식물 등은 거의 발견되지 않았으므로 다양한 수종이 출현하는 것이 생물다양성 측면에서는 유의미할 수 있으나, 조림목적에 맞게 건강한 숲으로 발달시키기 위해서는 일부 소나무와 활엽수에 대한 숲가꾸기 등 관리가 필요할 것으로 판단됨

표 37. 안면도 상대우점치 분석 결과(소나무)

종명	조사구 /층위	소나무 1				소나무 2				소나무 3				소나무 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무		96.27	5.77	66.10		59.04	4.43	40.84		81.84	3.85	55.85		68.42	1.38	46.07	
졸참나무		1.21	14.58	5.67		15.18	14.10	14.82			13.99	4.66		15.50	10.54	13.85	
청미래덩굴			16.99	5.66			4.89	1.63			16.33	5.44			13.48	4.49	
매죽나무		0.61	8.15	3.12						3.01	4.03	3.35		9.17	4.78	7.71	
붉나무			8.92	2.97			16.42	5.47		2.52	5.72	3.59		1.25	3.20	1.90	
조록싸리			12.80	4.27			13.68	4.56			6.75	2.25			7.70	2.57	
산초나무			3.42	1.14			8.15	2.72			16.25	5.42			3.32	1.11	
밤나무		1.34	0.88	1.19		5.38	2.60	4.45		3.97	3.41	3.79		1.15	0.48	0.93	
잔털벗나무						8.27		5.51		4.77	1.64	3.73			0.94	0.31	
진달래			4.43	1.48			4.21	1.40			4.59	1.53			14.72	4.91	
수리딸기			2.49	0.83			4.15	1.38			3.52	1.17			9.66	3.22	
물푸레나무						4.75		3.17			0.47	0.16		1.11	3.61	1.94	
팔배나무			9.84	3.28			1.49	0.50			2.72	0.91					
비목나무						2.23	8.11	4.19									
노간주나무			0.57	0.19		2.92	4.09	3.31			0.81	0.27					
작살나무											4.73	1.58		1.11	4.15	2.12	
정금나무			6.02	2.01			2.55	0.85			0.44	0.15			1.92	0.64	
윤노리나무										1.17	1.01	1.11		1.15	1.88	1.39	
개쫂나무			0.21	0.07			5.20	1.73			0.67	0.22			0.48	0.16	
굴참나무															6.19	2.06	
굴거리나무						2.23	1.49	1.98									
신갈나무															5.13	1.71	
말오좁때										1.42	0.60	1.14					
산딸기			0.31	0.10							1.45	0.48			0.91	0.30	
감태나무										1.29		0.86					
검노린재											2.47	0.82					
담쟁이덩굴							2.45	0.82									
산딸나무														1.15		0.76	
뽕나무		0.57	1.14	0.76													
덜꿩나무			1.25	0.42							0.44	0.15			0.60	0.20	
굴피나무											0.77	0.26			1.51	0.50	
댕댕이덩굴			0.17	0.06			1.22	0.41			0.23	0.08			0.48	0.16	
대뺨집나무											2.07	0.69					
노린재나무							0.76	0.25			0.55	0.18					
쪽동백나무			1.08	0.36													
필레꽃															1.02	0.34	
나도밤나무											0.49	0.16			0.44	0.15	
다래			0.79	0.26													
개암나무															0.75	0.25	
청가시덩굴															0.74	0.25	
송악			0.19	0.06													

2) 종다양도지수 분석

- 안면도 지역 최대종다양도($H'max$)는 표준지에서 1.146~1.519, 대조군에서 1.279~1.531로 두 지역 모두 상당히 많은 수의 종이 출현하는 것으로 파악됨
- 대조군의 경우 소나무순림 지역임에도 불구하고 균재도가 0.715~0.929로 높아 종다양도지수도 높게 나타남. 표준지 중에서도 동백나무, 붉가시나무, 종가시나무, 소나무 지역의 경우 조림지임에도 불구하고 균재도가 양호하게 나타나 생물다양성 측면에서 의미를 갖는 것으로 분석됨
- 다만 굴거리나무 표준지의 경우 균재도가 0.291~0.710으로, 출현하는 종 수는 많지만 굴거리나무의 우점도가 매우 높아 생물다양성이 다소 낮은 것으로 판단됨

표 38. 안면도 종다양도지수 분석 결과

	조사구명	H'	H'max	J'	D
표준지	굴거리나무 1	0.407	1.398	0.291	0.709
	굴거리나무 2	0.519	1.380	0.376	0.624
	굴거리나무 3	0.836	1.176	0.710	0.290
	굴거리나무 4	0.454	1.146	0.396	0.604
	동백나무 1	1.045	1.415	0.739	0.261
	동백나무 2	1.231	1.556	0.791	0.209
	붉가시나무 1	1.185	1.380	0.858	0.142
	붉가시나무 2	0.894	1.255	0.712	0.288
	종가시나무 1	1.277	1.519	0.841	0.159
	종가시나무 2	1.255	1.431	0.877	0.123
	소나무 1	1.059	1.322	0.801	0.199
	소나무 2	1.119	1.301	0.860	0.140
	소나무 3	1.138	1.447	0.786	0.214
	소나무 4	1.193	1.431	0.833	0.167
대조군	굴거리나무 1	1.230	1.477	0.833	0.167
	굴거리나무 2	1.280	1.519	0.843	0.157
	붉가시나무/동백 1	1.221	1.342	0.910	0.090
	붉가시나무/동백 2	1.366	1.531	0.892	0.108
	종가시나무 1	0.946	1.322	0.715	0.285
	종가시나무 2	1.024	1.322	0.774	0.226
	소나무 1	1.187	1.342	0.884	0.116
	소나무 2	1.188	1.279	0.929	0.071
소나무 3	1.180	1.462	0.807	0.193	

	소나무 4	1.243	1.491	0.833	0.167
--	-------	-------	-------	-------	-------

3) 나이테 분석

- 어린나무 조림지로 나이테 분석을 실시하지 않음

3.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 안면도 조림 표준지 5곳과 대조군 3곳의 유기물 함량은 대상지에 따라 차이를 보임. 유기물이 3.3%로 중급으로 평가되는 소나무 조림지를 제외하면 모든 표준지와 대조군의 유기물은 5.0% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 '상급'으로 평가되며, 국내 산림의 평균유기물함량인 4.25%보다(이아람, 2020) 높은 것으로 확인됨. 또한 같은 상급이라도 대조군 유기물 함량의 평균값(11.0%)이 조림 표준지의 평균값(6.5%)보다 높아 훨씬 양호한 것으로 확인됨
- 토양전질소는 대상지별로 0.076%에서 0.46%까지 차이를 보였으나 소나무 조림지(0.076%)를 제외한 모든 대상지는 0.12% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 상급에 해당함. 소나무 조림지의 경우 유기물과 전질소 모두 중급 수준이었으므로 타 대상지에 비해 비옥도가 다소 낮음을 유추할 수 있음
- 8개 대상지의 pH는 4.41에서 5.39까지 분포하여 하급 또는 불량 등급에 해당하였음. 조림 표준지 5곳 중 종가시나무 대상지를 제외한 4곳은 모두 4.5 이상으로 하급이었고, 대조군 3곳 중에서는 붉가시나무/동백나무 대상지만 4.59로 하급에 포함되었음. 다만 이러한 수치는 모두 국내 산림토양 평균 pH인 4.30과 동등하거나 조금 더 양호한 수준이었음을 알 수 있음. 치환성 K의 경우 0.067cmol⁺/kg에서 0.26cmol⁺/kg까지 분포하여 모두 하급이었음. 치환성 Ca는 0.67cmol⁺/kg에서 3.8cmol⁺/kg사이로 분포하여 상급, 중급 등급이 확인되었으며, 그 중 굴거리나무 조림지(3.73cmol⁺/kg)와 대조군(3.8)을 제외한 모든 대상지는 중급이었음. Mg는 중급(3.0~0.6cmol⁺/kg) 범위에 해당하는 굴거리나무 조림지와 대조군을 제외하면 모두 하급(0.6cmol⁺/kg 미만) 범위에 포함됨
- 양이온치환용량(CEC)은 15.2cmol⁺/kg에서 5.7cmol⁺/kg까지 분포하였고, 소나무 조림지(5.7cmol⁺/kg)를 제외한 모든 대상지가 중급(6~20)에 해당하는 수치를 보였으나, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol⁺/kg에 비해서는 다소 낮은 수치를 보임

표 39. 안면도 토양 분석 결과

항목	표준지					대조군		
	굴거리나무	동백나무	붉가시나무	종가시나무	소나무	굴거리나무	붉가시나무 /동백나무	종가시나무
유기물(%)	6.45	9.4	6.35	6.72	3.39	13.43	9.47	10.14
N(%)	0.24	0.3	0.18	0.26	0.076	0.46	0.19	0.23
유효인산(mg/kg)	44.52	69.97	38.16	43.54	25.44	61.07	53.43	38.17
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.26	0.21	0.073	0.15	0.067	0.19	0.16	0.15
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	3.73	2.58	1.41	1.04	0.67	3.8	1.42	1.63
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	1.16	0.59	0.47	0.43	0.18	0.85	0.38	0.33
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.11	0.095	0.093	0.08	0.065	0.18	0.09	0.085
양이온 치환용량 (cmol ⁺ /kg)	133	14	10.2	10.7	5.7	15.2	9.2	11.8
pH	5.39	5.08	4.67	4.44	4.77	4.48	4.59	4.41
전기전도도(dS/m)	0.14	0.16	0.15	0.14	0.067	0.17	0.097	0.11
NaCl(%)	0.0055	0.0044	0.006	0.0107	0.0043	-	-	-
모래(%)	66.68	54.26	60.36	60.89	60.75	43.32	63.27	42.84
미사(%)	20.99	31.59	25.78	24.12	22.81	28.85	16.84	28.35
점토(%)	12.33	14.16	13.86	14.99	16.44	27.83	19.89	28.81
분류(%)	사질양토	사질양토	사질양토	사질양토	사질양토	식양토	사질양토	식양토



그림 24. 창기리 소나무조림지 원경



그림 25. 소나무 조림목 초두부



그림 26. 소나무 조림지 산림내부



그림 27. 붉가시나무 조림지



그림 28. 종가시나무 조림지



그림 29. 동백나무 조림지



그림 30. 굴거리나무 조림지



그림 31. 조림 안내판 현황



그림 32. 지방정원에 편입된 시민참여 조림지

4. 충주 송강리

4.1 조림 사업 내용

1) 대상지 개요

조림 목적	조림을 통한 충주 송강 소나무 숲 복원 및 경관림 조성	
나무식재	식재위치	충북 충주시 산척면 송강리 산236-1외 2필지
	식재년도	2010년, 2011년, 2012년, 2016년
	조림면적 (조사면적)	32.10ha(22.40ha)
	수종 및 규격	소나무, 일본잎갈나무
사후관리	<ul style="list-style-type: none"> • 조림목 피해가 발생한 지역에는 재조림을 실시한 것으로 조사됨 • 풀베기, 덩굴제거, 어린나무가꾸기 등 지속적 관리를 해온 것으로 조사됨 	

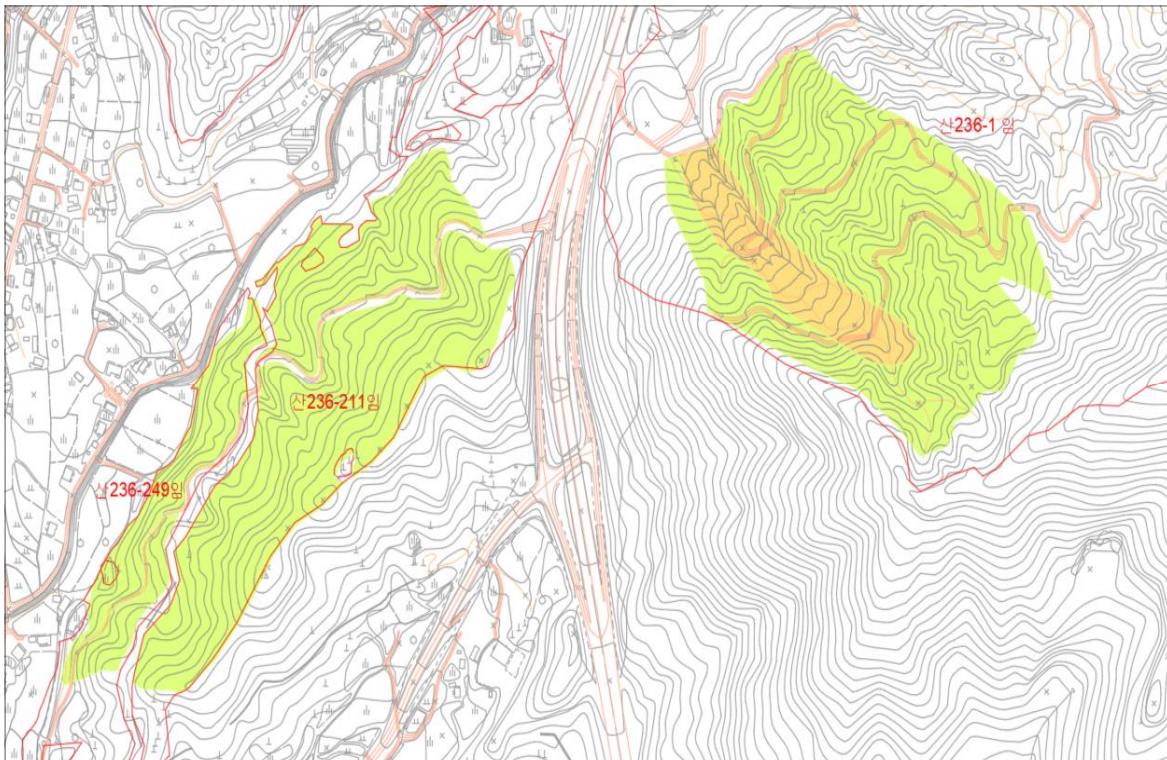


그림 33. 충주 송강리 조림지 위치

4.2 임황 조사 결과

1) 조사방법

○ 다음과 같이 조림년도별, 수종별로 표준지 9개소를 배치하여 조사함

표 40. 충주 송강리 표준지 배치 내역

표준지 No.	조림수종	식재년도	표준지 형태	크기 (㎡)	GPS좌표(GRS80 중부)	
					X좌표	Y좌표
1	소나무	2011년	8.0m원형	200	286204	501654
2	소나무	2011년	8.0m원형	200	286028	501419
3	소나무	2011년	8.0m원형	200	285869	501178
4	소나무	2010,12년	8.0m원형	200	286680	501765
5	소나무	2010,12년	8.0m원형	200	286847	501698
6	소나무	2010,12년	8.0m원형	200	286857	501624
7	일본잎갈나무	2016년	8.0m원형	200	286615	501670
8	일본잎갈나무	2016년	8.0m원형	200	286716	501573
9	일본잎갈나무	2016년	8.0m원형	200	286789	501517

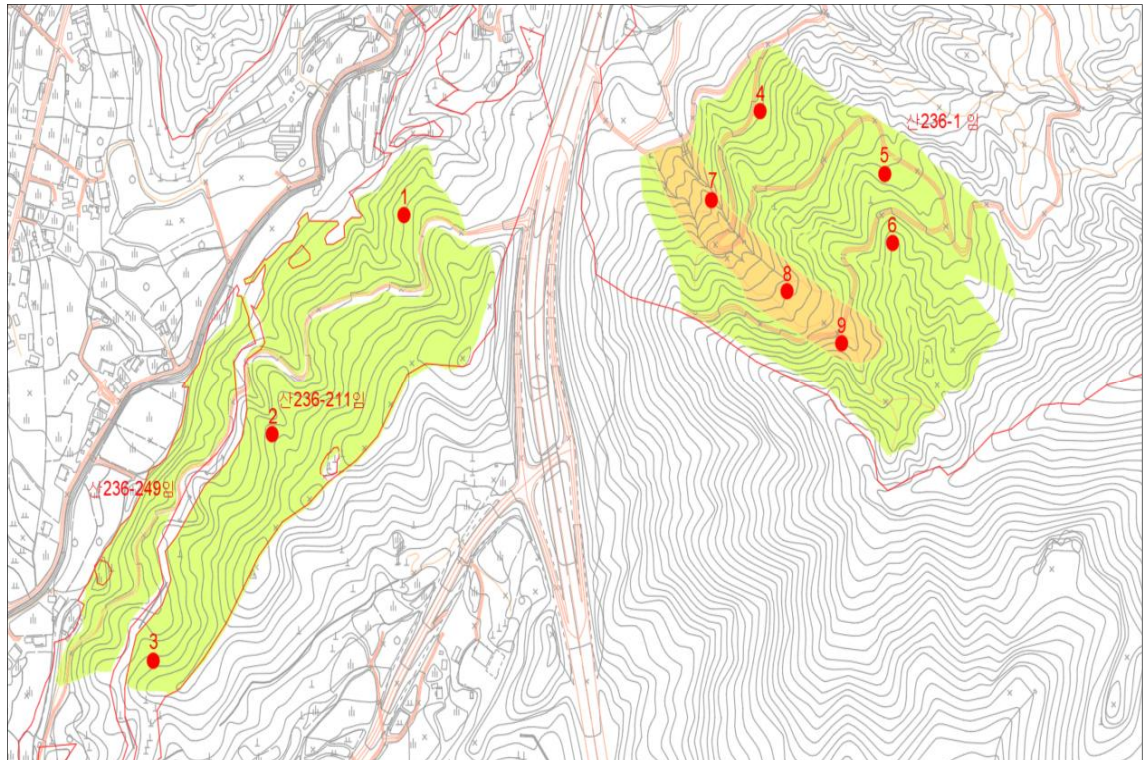


그림 34. 충주 송강리 표준지 배치도

2) 조사결과

(1) 조림지 면적

- 유한킴벌리 지원사업으로 시행한 조림지로 추정되는 지역 중 조림목이 일정량 생존하는 지역만을 조사대상지로 선정함. 대상면적은 22.40ha임

표 41. 충주 송강리 조림면적 및 조사면적

소재지	조림면적	조사면적	비 고
송강리 산236-1	22.10	12.40	소나무 10.3, 낙송2.1
송강리 산236-211외 1	10.00	10.00	
합 계	32.10	22.40	

(2) 조림목 본수

- 2010년 식재한 소나무는 1,100본/ha 생육, 평균직경 10cm, 평균수고 6m임. 일부지역은 소나무 군생지에 일본잎갈나무 혼생하고 있음
- 2016년 식재한 일본잎갈나무는 350본/ha 생육, 평균직경 12cm, 평균수고 8m
- 2011년 식재한 소나무는 1,233본/ha 생육, 평균직경 10cm, 평균수고 6m임. 조림목 생장에 지장을 주는 활엽수가 다수로 확인됨

표 42. 충주 송강리 조림목 본수 집계표

수종	면적 (ha)	직경 (cm)	조사본수				조림목 본수		수고 (m)
			1	2	3	계	본/ha	총본수	
소나무 (2010년)	10.30	2~4			3	3			
		6~8	13		15	28			
		10~12	7	6	8	21			
		14이상	3	9	2	14			
		소계	23	15	28	66	1,100	11,330	6
일본잎갈나무 (2016년)	2.10	2~4				0			
		6~8				0			
		10~12	1	2	5	8			
		14이상	6	4	3	13			
		소계	7	6	8	21	350	735	8
소나무 (2011년)	10.00	2~4		3	1	4			
		6~8	3	24		27			
		10~12	10	9	5	24			
		14이상	11		8	19			
		소계	24	36	14	74	1,233	12,330	6

(3) 입목재적

- 어린나무 조림지로 입목 재적 산정 생략함

3) 조림지 평가 및 사후관리방안**(1) 조림지 평가**

- 2010년, 2012년 소나무 조림지역(산236-1)
 - 소나무 생존본수는 ha당 1,100본으로 ‘간벌후 입목본수기준’의 동일 경급(1,110본/ha)과 비교 시 유사한 것으로 분석됨. 따라서 본 조림지는 조림성공지로 평가됨
- 2016년 일본잎갈나무 조림지역(산236-1)
 - 일본잎갈나무 생존본수는 ha당 350본으로 ‘간벌후 입목본수기준’의 동일 경급(1,100본/ha)과 비교 시 매우 부족한 것으로 분석됨
 - 본 조림지역은 최초 식재한 소나무가 동물피해를 입어 일본잎갈나무으로 재조림 한 지역으로 당초 일본잎갈나무 식재본수는 확인할 수 없으나 현재 상태로는 입목본수가 적어 일본잎갈나무 조림성공지로 평가하기는 곤란함
- 2011년 소나무 조림지역(산236-211외 1)
 - 소나무 생존본수는 ha당 1,233본으로 ‘간벌후 입목본수기준’의 동일 경급(1,110본/ha)과 비교 시 조림목 본수가 많은 것으로 분석됨. 따라서 본 조림지는 조림성공지로 평가됨

(2) 조림지 사후관리 방안

- 조림지에 활엽수와 칩덩굴이 발생하고 있어 덩굴제거와 어린나무가꾸기가 필요한 것으로 판단됨
- 일본잎갈나무 조림지는 입목본수가 부족하여 현재의 일본잎갈나무으로는 임층구성이 곤란하여 하층에서 올라오는 형질이 우수한 참나무류를 선발하여 혼효림으로 유도할 필요가 있음

4.3 식물상 조사 결과

- 총주 조림지에서 확인된 식물상(목본)은 34과 52속 63종 1아종 4변종 3품종으로 총 69 분류군으로 나타남. 장미과(13.0%), 콩과(11.6%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산 식물에는 주목(희귀식물), 쥐방울덩굴(희귀식물), 병꽃나무(특산식물)가 확인됨
- 낙엽송 조림지의 경우 조림수종을 제외하면 상층, 중층이 거의 발달하지 못했고 개활지 상태로 참아리, 줄딸기 등의 덩굴성 식생이 하층을 구성하고 있으므로 앞으로도 장기간 현재의 식생 구조가 유지될 것으로 판단됨
- 소나무 조림지의 경우 소나무를 제외하고 밤나무, 붉나무, 신갈나무 등의 수종이 우점하고 있으며 하층에는 진달래, 생강나무 등이 발달한 것으로 보아 일사량이 비교적 높고 비옥도가 높지 않은 환경임을 유추할 수 있고 장기간 유지될 경우 참나무류의 식생이 현식생을 대체할 것으로 예측됨

표 43. 총주 송강리 식물상(목본)

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
나자식물	4	5	5	-	-	-	5
단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
쌍자엽식물	29	46	56	1	3	2	62
계	34	52	63	1	4	3	69

4.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 일본잎갈나무 조림지

- 임황조사와 인접한 지점에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 조사구 1의 경우 일부 자생하는 소나무가 잔존하는 곳에 일본잎갈나무를 조림하여, 교목층에서 소나무가 일정비율 나타나는 것으로 분석되며, 일본잎갈나무 군락에는 영향을 주지 않는 것으로 파악됨
- 아교목층에서는 나타나는 수종이 없으며, 관목층에는 싸리, 병꽃나무, 개암나무, 두릅나무가 경쟁 관계에 있음. 관목의 평균적인 수고는 1m 이하로 낮지만, 피도와 밀도가 높게 나타나는 특성을 가짐. 하층에서 나타나는 수종이 많으면서 조림목에 영향을 주지 않기 때문에 생물다양성 측면에서 양호한 것으로 판단됨
- 조사구 2~4의 경우 교목층에서 일본잎갈나무가 안정적으로 나타나고 있는 것으로 보이나, 10x10m 크기에 3~4그루 정도의 일본잎갈나무가 조림되어 있어 수목의 밀도가 낮음. 이에 따라 관목층에 줄딸기, 광대싸리, 사위질방, 참으아리 등의 덩굴성 목본이 매우 우세하여 관리가 필요하며, 향후 해당 지역에 적합한 수종을 추가로 조림하거나 숲이 발달되도록 유도하는 방안이 필요함

표 44. 충주 송강리 상대우점치 분석 결과(일본잎갈나무)

종명	조사구 /층위	일본잎갈나무 1				일본잎갈나무 2				일본잎갈나무 3				일본잎갈나무 4					
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
일본잎갈나무		87.69			65.77	100.00		2.05	75.51	100.00	100.00		83.33	100.00				75.00	
줄딸기				2.86	0.72			11.69	2.92				42.94	7.16				49.36	12.34
광대싸리								34.95	8.74				8.59	1.43				9.36	2.34
사위질방								5.89	1.47				21.47	3.58				27.29	6.82
소나무		12.31			9.23														
참으아리								9.75	2.44				10.74	1.79				4.91	1.23
싸리				19.40	4.85			0.41	0.10									0.75	0.19
병꽃나무				17.03	4.26			0.56	0.14				1.29	0.22				0.93	0.23
개암나무				15.52	3.88														
산딸기				6.81	1.70			4.54	1.13				1.72	0.29				0.56	0.14
두릅나무				10.30	2.57			0.79	0.20				1.94	0.32				0.56	0.14
취				0.94	0.23			6.14	1.54				0.43	0.07				0.50	0.12
생강나무				5.15	1.29														
좁개잎나무								3.34	0.84				1.29	0.22				0.88	0.22
신나무								5.05	1.26										
다래								3.25	0.81				1.94	0.32				0.37	0.09

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

산초나무		3.60	0.90		1.12	0.28											
명석딸기		3.41	0.85						0.86	0.14							
맹맹이덩굴		1.54	0.39						3.44	0.57							
으아리					3.36	0.84											
인동덩굴					2.90	0.72			0.65	0.11							
담쟁이덩굴		2.54	0.63														
개웃나무		2.33	0.58														
가족나무															2.27	0.57	
신갈나무		1.70	0.43		0.56	0.14											
왕머루		1.03	0.26		1.12	0.28											
굴참나무		2.06	0.51														
밤나무		1.89	0.47														
버드나무					1.57	0.39									0.22	0.05	
청가시덩굴		1.55	0.39														
참싸리															1.03	0.26	
개머루									0.98	0.16					0.28	0.07	
조팝나무															0.73	0.18	
계요등					0.56	0.14											
싸리									0.65	0.11							
오갈피나무									0.65	0.11							
자작나무					0.41	0.10											
곰딸기		0.34	0.09														
취퐁나무									0.43	0.07							

(2) 소나무 조림지

- 조사구 1~4는 2010년과 2012년에 조림한 대상지로, 임황조사와 인접한 지점에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 조사구 1과 3에서는 교목층에서 조림한 소나무가 안정적으로 나타나고 있음. 아교목층에서도 비교적 수고 생장이 더딘 소나무 개체가 다수 나타남. 이와 함께 신갈나무, 굴피나무, 붉나무 등이 일부 나타나며, 당장 조림수종의 세력에 영향을 미치지 않지만 밀도가 비교적 높음
- 관목층에서는 담쟁이덩굴, 신갈나무, 두릅나무, 병꽃나무, 줄딸기 등이 주로 확인되나, 조림된 소나무의 밀도가 높아 하층의 발달이 왕성하지는 않은 것으로 판단됨
- 소나무 2와 4의 경우, 소나무와 일본잎갈나무가 섞여서 조림된 지역으로 분석됨. 아교목상에서 두릅나무, 병꽃나무, 신나무, 붉나무 등이 출현함. 조림수종의 수고가 6~8, 기타 수종의 수고는 그보다 낮게 위치하여 조림수종의 세력에 영향을 미치지 않지만 현장 상황에 비추어 보아 일부 지점에서는 밀도와 피도가 높게 나타나기도 함. 관목층에서는 경우 줄딸기, 다릅나무, 병꽃나무, 담쟁이덩굴 등이 출현함
- 조사구 5~8은 2011년 조림한 대상지로, 임황조사와 유사한 지점에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 조사구 5,7,8의 교목층 및 아교목 층에서는 조림된 소나무가 안정적으로 나타남. 조사구 8의 경우 교목층에서 대경목 소나무를 잔존하고 조림한 지역으로 판단됨. 조사구 6의 경우, 밤나무가 잔존하는 지역에 어린 소나무를 조림한 것으로 판단됨
- 아교목층에서는 밤나무와 졸참나무, 신갈나무, 붉나무 등이 경쟁관계에 있으며, 관목층에서는 신갈나무, 담쟁이덩굴, 줄딸기, 병꽃나무, 두릅나무, 졸참나무, 산초나무 등이 경쟁 관계에 있음. 아교목층과 관목층에서의 밀도와 피도가 비교적 높게 나타나는 것으로 판단됨

표 45. 충주 송강리 상대우점치 분석 결과(소나무)

종명	조사구 /층위	소나무1				소나무2				소나무3				소나무4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무		100.00	48.16		66.05	56.10	72.13		52.09	88.10	24.34		52.17	68.02	56.05		52.70
일본잎갈나무						43.90			21.95		16.64		5.55	31.98	28.14		25.37
두릅나무				9.96	1.66			2.82	0.47		36.70	14.52	14.65		4.08	0.38	1.42
병꽃나무							5.63	8.11	3.23		3.87	36.00	7.29			15.68	2.61
줄딸기				0.85	0.14			20.33	3.39			15.56	2.59			15.16	2.53
담쟁이덩굴				15.26	2.54			8.52	1.42			1.59	0.27			10.54	1.76
신갈나무			9.61	11.59	5.14						9.61						

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

신나무					2.66	1.77	1.18	5.98	2.36		3.78			0.84	0.14		
밤나무		4.97	0.34	1.71				5.91		0.32	3.01						
싸리			3.96	0.66	2.60	2.52	1.29			4.30	0.72		3.63	3.42	1.78		
다릅나무					2.71	18.02	3.91			2.01	0.33			0.19	0.03		
붉나무					3.33	0.78	1.24						8.10	1.53	2.96		
생강나무		3.46	9.34	2.71		2.37	0.40							3.99	0.66		
굴피나무		9.15	3.63	3.66		0.34	0.06										
산초나무			10.85	1.81		2.19	0.36			0.76	0.13			4.40	0.73		
오갈피나무					5.63	6.67	2.99										
쥐똥나무						3.21	0.54			12.97	2.16			0.45	0.07		
산뽕나무						0.94	0.16		5.84	0.83	2.09			2.57	0.43		
굴참나무		6.34	0.62	2.22		1.88	0.31										
물박달나무		5.35		1.78					2.20		0.73						
개웃나무			14.31	2.38		0.60	0.10										
국수나무										0.44	0.07			13.99	2.33		
조록싸리					5.31	3.65	2.38										
출참나무		4.08	5.33	2.25		0.60	0.10										
갈참나무		5.41	1.08	1.98													
다래			0.76	0.13		3.63	0.60			6.10	1.02			0.58	0.10		
가죽나무									5.45		1.82						
상수리나무			2.13	0.36					2.58		0.86						
인동덩굴			0.85	0.14		0.94	0.16			1.51	0.25			2.12	0.35		
광대싸리														5.17	0.86		
참싸리		1.66	1.51	0.81													
작살나무						2.71	0.45							1.73	0.29		
철														4.09	0.68		
물푸레나무			0.34	0.06		3.47	0.58										
아까시나무		1.80		0.60													
개암나무														3.22	0.54		
올괴불나무			2.79	0.46										0.34	0.06		
산딸기			0.52	0.09										2.08	0.35		
왕머루						0.67	0.11			1.07	0.18			0.57	0.10		
좁개잎나무														2.26	0.38		
청가시덩굴			1.80	0.30						0.44	0.07						
조팝나무						1.59	0.26							0.53	0.09		
잔털벚나무			1.62	0.27						0.44	0.07						
호랑버들														1.53	0.25		
회잎나무										0.83	0.14			0.62	0.10		
찔레꽃						0.70	0.12							0.36	0.06		
참아리						0.30	0.05							0.64	0.11		
죽제비싸리														0.77	0.13		
댕댕이덩굴										0.67	0.11						
새모래덩굴						0.34	0.06										
청미래덩굴						0.34	0.06										
진달래			0.31	0.05													
으아리			0.28	0.05													
개머루														0.26	0.04		
종명	조사구 /총위	소나무 5				소나무 6				소나무 7				소나무 8			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무	100.00	39.58		63.19		67.98	3.54	23.25		59.40		19.80	100.00	20.54		56.85	
밤나무		13.31	0.64	4.55	100.00	10.55	1.92	53.84		7.18	4.98	3.22		30.29	0.48	10.18	
신갈나무		2.03	4.42	1.41		9.77	14.03	5.59		3.61	8.97	2.70		13.16	15.17	6.92	
줄참나무		15.51	13.04	7.34		3.92	6.88	2.46		6.90	9.93	3.96		2.61		0.87	
붉나무			0.33	0.05		5.78	8.23	3.30		10.69	9.88	5.21		16.08	0.48	5.44	
산초나무		2.79	19.01	4.10		0.63	11.21	2.08		3.39	3.50	1.71			4.00	0.67	
철쭉						0.68	23.16	4.09			24.08	4.01			1.15	0.19	
생강나무		1.63	10.81	2.35							1.95	0.32		4.54	17.06	4.36	
갈참나무		3.91	0.64	1.41		0.68	4.07	0.91		4.09	9.05	2.87		3.21		1.07	

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

개웃나무			2.57	0.43			8.24	1.37			4.10	0.68			14.43	2.41
잔털벚나무		7.54	5.62	3.45			1.91	0.32							5.46	0.91
진달래			6.88	1.15			6.93	1.16			10.40	1.73			1.18	0.20
개암나무			4.01	0.67							4.06	0.68			13.82	2.30
쪽동백나무		3.03	5.72	1.96			1.10	0.18			1.95	0.32				
느티나무														6.98		2.33
상수리나무		6.54	0.35	2.24												
청가시덩굴			7.18	1.20			1.73	0.29			1.90	0.32			2.33	0.39
굴참나무							2.82	0.47		4.74		1.58				
담쟁이덩굴															7.54	1.26
싸리		1.34	1.63	0.72			0.72	0.12			1.35	0.23				
쥐똥나무			1.04	0.17											5.24	0.87
두릅나무											1.95	0.32			3.86	0.64
줄말기			5.78	0.96												
병꽃나무			5.55	0.93												
아까시나무														2.61		0.87
굴피나무		1.40	1.69	0.75			0.72	0.12								
참싸리		1.40		0.47												
주목															2.64	0.44
물푸레나무			0.48	0.08											2.09	0.35
노간주나무							2.41	0.40								
노린재나무															2.09	0.35
참											1.07	0.18			0.52	0.09
산딸기											0.89	0.15			0.46	0.08
회잎나무			1.30	0.22												
국수나무			0.95	0.16												
울괴불나무							0.38	0.06								
맹덩이덩굴			0.35	0.06												

2) 종다양도지수 분석

- 충주 송강리의 경우 최대종다양도(H'max) 값이 1.230~1.505으로 출현하는 종의 수가 매우 높은 것으로 나타남. 조림지임에도 불구하고 균재도도 대부분 양호해 생물다양성 측면에서 의미를 가지는 것으로 분석되지만, 일부 일본잎갈나무 조사구의 경우(조사구 3,4) 균재도가 현저히 떨어지는 것으로 확인됨
- 현장 상황에 비추어 보아 해당 대상지의 경우 조림수종인 일본잎갈나무의 밀도는 낮지만, 하부의 덩굴성목본들이 매우 우세하여 생물다양성을 저해하고 있는 것으로 판단되어 적절한 관리가 필요함

표 46. 충주 송강리 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	일본잎갈나무 1	1.117	1.322	0.845	0.155
	일본잎갈나무 2	1.132	1.322	0.856	0.144
	일본잎갈나무 3	0.795	1.255	0.633	0.367
	일본잎갈나무 4	0.632	1.230	0.514	0.486
	소나무 1	1.176	1.431	0.821	0.179
	소나무 2	1.135	1.477	0.768	0.232
	소나무 3	1.023	1.380	0.741	0.259
	소나무 4	1.170	1.505	0.777	0.223
	소나무 5	1.245	1.398	0.890	0.110
	소나무 6	1.060	1.255	0.844	0.156
	소나무 7	1.114	1.279	0.871	0.129
	소나무 8	1.177	1.380	0.853	0.147

3) 나이테 분석

- 어린나무 조림대상지로, 나이테 분석하지 않음

4.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 총주 조림지 표준지 2곳의 유기물 함량은 각각 3.83%, 3.96%로 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 ‘중급’으로 평가되며, 국내 산림의 평균 유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 조금 낮은 것으로 확인됨
- 토양 전질소는 각각 0.14%, 0.15%로 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 상급에 해당하며, 유기물 함량과 마찬가지로 두 대상지 비옥도 차이가 거의 없음을 알 수 있음. 토양의 대부분의 질소 공급원은 유기물이기 때문에(Miller et al, 1990), 연구대상지의 유기물 함량이 양호하여 전질소 함량 또한 준수한 수치를 나타내는 것으로 보임
- 대상지의 pH는 각각 4.64, 5.47로 조경설계기준에 따라 모두 하급에 해당하고, 국내 산림 토양 평균 pH인 4.30보다는 근소하게 높음. 치환성 K, Ca, Mg의 경우 대부분이 하급에 해당하는 수치였으나 일본잎갈나무 조림지의 경우 5.56으로 상급에 해당하였음. 대부분 국내 평균보다 낮은 수치를 보이는 지역이므로 향후 산성비 피해 예방을 위해 비료를 시비하고, 토양산도 측정을 주기적으로 시행하여 대책 마련이 필요함
- 양이온치환용량(CEC)은 각각 9.4, 9.5로 조경설계기준상 중급(6~20)에 해당하였으나 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol/kg에 비해서는 다소 낮은 수치를 보임

표 47. 총주 송강리 토양 분석 결과

항목	표준지	
	소나무	일본잎갈나무
유기물(%)	3.83	3.96
N(%)	0.14	0.15
유효인산(mg/kg)	47.71	43.26
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.16	0.21
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	2.02	5.56
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.33	0.78
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.15	0.085
양이온 치환용량(cmol ⁺ /kg)	9.4	9.5
pH	4.63	5.47
전기전도도(dS/m)	0.066	0.069
NaCl(%)	-	-
모래(%)	71.38	72.95
미사(%)	14.26	13.99
점토(%)	14.36	13.06
분류(%)	사질양토	사질양토



그림 35. 소나무 조림지- 어린나무가꾸기작업 필요



그림 36. 소나무 조림지 근경 - 상층에 소나무일부 존치



그림 37. 일본잎갈나무 조림지 근경 - 입목밀도 낮음



그림 38. 일본잎갈나무 조림지 임내 - 초본류와 덩굴류 다량 발생

5. 증평 노암리

5.1 조림 사업 내용

1) 대상지 개요

조림 목적	산림복원 및 유지를 통한 지역경관 증진과 문화적 정체성 증진	
나무식재	식재위치	충북 증평군 도안면 노암리 산5-9외 1필지
	식재년도	2012년
	조림면적 및 본수 (조사면적)	15.70ha, 40,250본(11.70ha)
	수종 및 규격	소나무, 백합나무, 상수리나무
사후관리	<ul style="list-style-type: none"> 2012년부터 풀베기, 덩굴제거, 어린나무가꾸기 등 지속적 관리를 해 온 것으로 조사됨 	

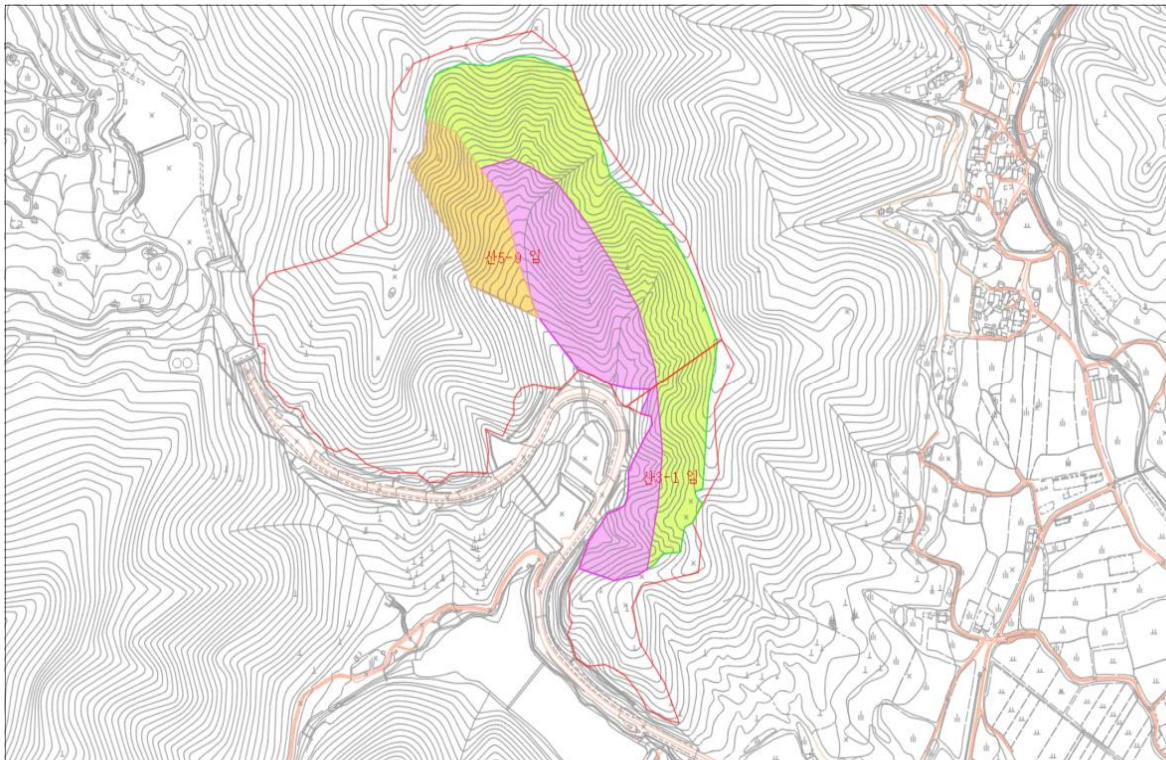


그림 39. 증평 노암리 조림지 위치
(녹색 : 소나무, 분홍색 : 백합나무, 황색 : 상수리)

2) 조림사업 실행내역

- 유한김벌리 자금지원으로 조성한 노암리 조림지는 2개 필지 총 15.70ha인 것으로 조사됨
- 조림수종은 소나무, 백합나무와 상수리나무로 조사됨

표 48. 증평 노암리 조림사업 실행 내역

지 번	식재년도	조림수종	묘목규격	면적(ha)	총 본수
산5-9외 1	2012년	소나무	용기묘2-0	6.70	16,750
	2012년	백합나무	노기묘1-0	7.00	17,500
	2012년	상수리	노지묘1-0	2.00	6,000
합 계				15.70	40,250

5.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 상수리 조림지는 조림목이 많지 않아 조사대상에서 제외함
- 소나무와 백합나무 조림지에 표준지 6개소를 배치하여 조사함

표 49. 증평 노암리 표준지 배치 내역

표준지 No.	조림수종	식재년도	표준지 형태	크기 (㎡)	GPS좌표(GRS80 중부)	
					X좌표	Y좌표
1	백합나무	2012년	8.0m원형	200	253135	471336
2	백합나무	2012년	8.0m원형	200	253136	471422
3	백합나무	2012년	8.0m원형	200	252987	471568
4	소나무	2012년	8.0m원형	200	253160	471448
5	소나무	2012년	8.0m원형	200	253136	471489
6	소나무	2012년	8.0m원형	200	253112	471542

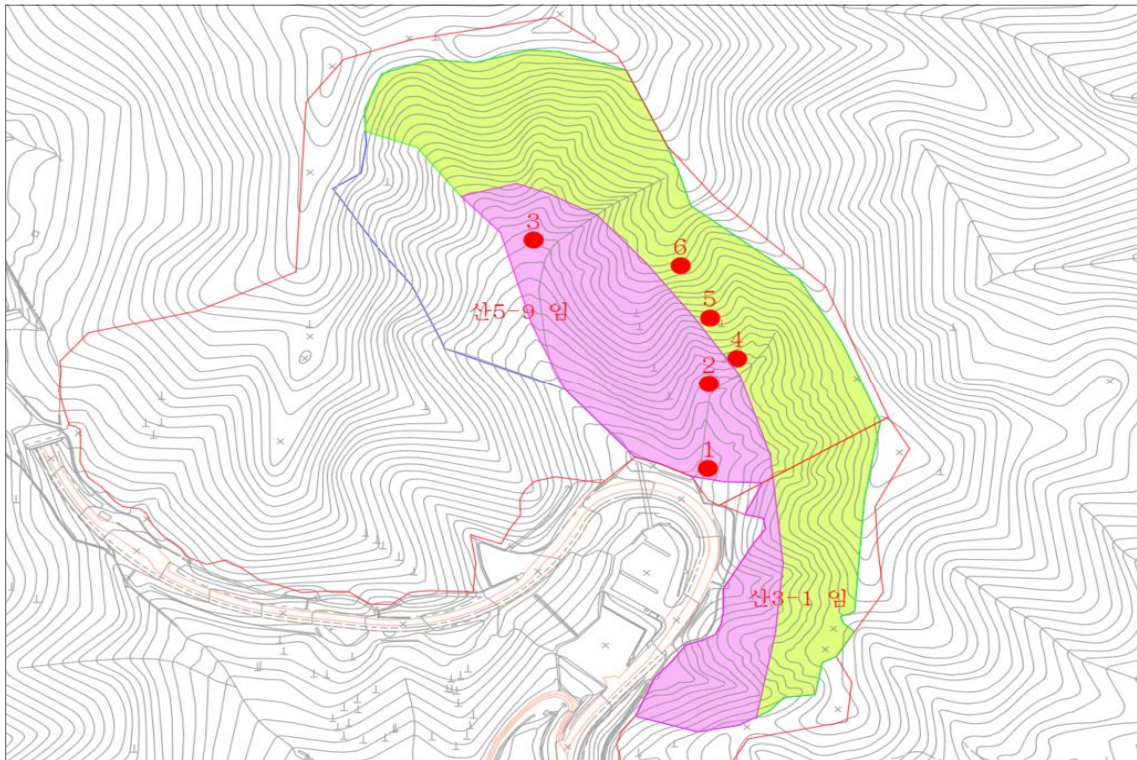


그림 40. 증평 노암리 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 조림지 면적

- 유한김벌리 지원사업으로 시행한 조림지로 추정되는 지역 중 조림목이 일정량 생존하는 지역만을 조사대상지로 하였으며 조사대상면적은 11.70ha임

표 50. 증평 노암리 조림면적 및 조사면적

조림수종	조림면적	조사면적	비 고
소나무	6.70	6.70	조림면적 적용
백합나무	7.00	5.00	
상수리나무	2.00	-	조사대상에서 제외
합 계	15.70	11.70	

(2) 조림목 분수

- 소나무는 967본/ha 생육, 평균직경 10cm, 평균수고 5m임. 경급에 비해 수고가 낮은 것으로 확인됨
- 백합나무는 1,067본/ha 생육, 평균직경 12cm, 평균수고 12m임. 형질과 활력은 양호하나 쌍간목이 다수로 확인됨

표 51. 증평 노암리 조림목 분수 집계표

수종	면적 (ha)	직경 (cm)	조사분수				조림목 분수		수고 (m)
			1	2	3	계	본/ha	총분수	
소나무	6.70	2~4							
		6~8	11	7	15	33			
		10~12	7	11	6	24			
		14이상				0			
		소계	18	18	22	58	967	6,479	5
백 합	5.00	6~8	2	8	2	12			
		10~12	11	6	5	22			
		14~16	5	8	7	20			
		18이상	2	3	5	10			
		소계	20	25	19	64	1,067	5,335	12

(3) 입목재적

- 어린나무 조림지로 입목 재적 산정 생략함

3) 조림지 평가 및 사후관리방안

(1) 조림지 평가

○ 소나무 조림지역

- 소나무 생존본수는 ha당 967본으로 ‘간벌후 입목본수기준’의 동일 경급(1,110본/ha)과 비교 시 다소 낮은 것으로 분석되나 소나무가 균일하게 분포하고 있고 성장상태 양호하여 조림성공지로 평가됨

○ 백합나무 조림지역

- 백합나무 생존본수는 ha당 1,067본으로 ‘간벌후 입목본수기준’의 참나무류 동일 경급(800본/ha)과 비교 시 조림목 본수가 기준본수보다 많은 것으로 분석되었으며 현장 조림지 상태로 판단할 때 조림성공지로 평가됨

(2) 조림지 사후관리 방안

- 국유림관리소에서 조림지를 지속적으로 관리하고 있으므로 시급히 시행해야 할 관리는 없는 것으로 판단됨
- 백합나무는 경영목표에 따라 관리방법이 달라질 수 있으나 대경재로 키우려면 현 시점에서 쌍간목을 정리해줄 필요가 있어 보임

5.3 식물상 조사 결과

- 증평 조림지에서 확인된 식물상(목본)은 25과 37속 40종 1아종 3변종 2품종으로 총 46 분류군으로 나타남. 참나무과(15.2%), 콩과(10.9%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물은 확인되지 않음
- 증평 조림지의 조림수종을 제외한 우점수종은 상층, 중층 모두에서 굴참나무와 밤나무가 나타났고, 하층에서는 쥐똥나무, 광대싸리, 산초나무 등의 수종이 나타났음. 이를 통해 시간 경과에 따라 천이 중기 수종인 굴참나무와 밤나무 등으로 수종이 교체될 것으로 예상됨

표 52. 증평 노암리 식물상(목본)

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
나자식물	2	2	3	-	-	-	3
단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
쌍자엽식물	22	34	35	1	3	2	41
계	25	37	40	1	3	2	46

5.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 백합나무 조림지

- 임황조사의 표준지와 근접한 지점에서 20x20m 크기의 방형구 2개(10x10m 8개)를 설치하여 조사함
- 교목층에는 백합나무가 안정적으로 우점하고 있음. 일부 밤나무 및 굴참나무가 상층에서 나타나기도 하지만, 백합나무의 생장에 영향을 주지는 않을 것으로 판단됨
- 조림된 백합나무의 수관이 울폐하여 대상지의 아교목층과 관목층의 밀도와 피도는 상당히 낮은 양상을 보임. 아교목층에서는 개암나무, 밤나무, 잔털벗나무 등이 우점하거나 아교목층이 나타나지 않기도 하는 것으로 파악됨
- 관목층에서는 쥐똥나무, 국수나무, 광대싸리, 산초나무, 작살나무 등이 경쟁관계에 있으나, 피도가 높지 않은 것으로 확인됨

표 53. 증평 노암리 상대우점치 분석 결과(백합나무)

종명	조사구 /총위	백합나무 1-1				백합나무 1-2				백합나무 1-3				백합나무 1-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
백합나무		100.00			50.00	90.56	17.89		51.24	67.42	24.48		41.87	73.21	31.68		47.17
밤나무				3.45	0.57	9.44	59.47	4.65	25.32	32.58			16.29	4.28		1.08	2.32
굴참나무				1.07	0.18			4.68	0.78			35.54	11.85	22.50	46.50		26.75
개암나무			100.00		33.33											7.25	1.21
잔털벗나무				1.91	0.32		22.63	21.06	11.05						10.36	10.14	5.14
쥐똥나무				21.79	3.63			12.91	2.15			43.85	7.31			8.31	1.38
산초나무				6.20	1.03			0.71	0.12			14.62	2.44			30.90	5.15
갈참나무				3.74	0.62			12.45	2.07		9.94		3.31			2.85	0.47
줄참나무				1.67	0.28									11.46	12.88	5.97	
광대싸리				10.91	1.82			14.22	2.37							7.33	1.22
거제수나무											14.54		4.85				
담쟁이덩굴				2.38	0.40			1.01	0.17			23.15	3.86				
국수나무				15.32	2.55			9.21	1.53							1.15	0.19
청가시덩굴				11.26	1.88			1.79	0.30			10.46	1.74				
고욤나무											7.17	3.07	2.90				
신나무											8.32		2.77				
물푸레나무								1.36	0.23							7.92	1.32
노린재나무								6.93	1.16								
조팝나무				6.10	1.02												
으름덩굴				5.72	0.95												
팽나무								5.33	0.89								
작살나무				1.54	0.26			1.44	0.24			1.84	0.31				
망망이덩굴																4.59	0.77
청미래덩굴																4.33	0.72
개머루				3.74	0.62												

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

생강나무			1.54	0.26				0.78	0.13							1.25	0.21
짚레꽃								0.78	0.13			2.13	0.35				
회잎나무			1.67	0.28													
산딸기												0.88	0.15				
개웃나무								0.71	0.12								
종명	조사구 /중위	백합나무 2-1				백합나무 2-2				백합나무 2-3				백합나무 2-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
백합나무		100.00			50.00	100.00			75.00	100.00			75.00	100.00			75.00
잔털벗나무			100.00		33.33							25.98	6.49			3.18	0.80
작살나무				22.45	3.74			4.34	1.08			11.58	2.90			31.14	7.78
담쟁이덩굴								1.83	0.46			37.06	9.26			11.03	2.76
청가시덩굴				36.04	6.01			7.16	1.79							2.21	0.55
짚레꽃								19.45	4.86			3.01	0.75			8.06	2.01
광대싸리				15.51	2.59			11.65	2.91							7.59	1.90
굴참나무				6.03	1.01			11.81	2.95			3.71	0.93			2.57	0.64
아까시나무								16.79	4.20								
참								10.66	2.67							4.41	1.10
개웃나무																14.28	3.57
쥐똥나무				8.76	1.46			4.34	1.08							4.03	1.01
밤나무				7.47	1.24			3.97	0.99								
줄참나무				3.73	0.62			3.66	0.91							2.57	0.64
조팝나무												7.07	1.77				
신갈나무								4.34	1.08								
갈참나무												4.29	1.07				
국수나무												4.29	1.07				
으아리																3.18	0.80
인동덩굴																3.18	0.80
회잎나무																2.57	0.64
산딸기												1.50	0.38				
산초나무												1.50	0.38				

(2) 소나무 조림지

- 임항조사의 표준지와 근접한 지점에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 교목층에서 나타나는 소나무는 과거에 조림되었거나 해당지역에 원래 분포하던 개체일 것으로 예측됨. 리기다소나무의 경우 과거 조림된 수종으로 파악됨
- 우부푸 캠페인을 통해 조림된 소나무는 아교목층에서 안정적으로 나타나고 있으며, 경쟁관계에 있는 수종도 없는 것으로 보아 꾸준히 관리가 이루어지고 있는 지역으로 판단됨
- 관목층에서는 산초나무, 졸참나무, 굴참나무, 아까시나무 등이 경쟁관계에 있음. 관목의 밀도와 피도가 높지만 조림수종에 영향을 미칠 것으로 보이지 않으므로 생물다양성 측면에서 의미 있는 것으로 파악됨
- 다만 조림지 사이에 발생한 숲틈에서는 칩 등의 덩굴성식물과 관목이 매우 높은 밀도로 나타나, 향후 조림지에 영향을 미칠 수 있으므로 적절한 관리가 필요함

표 54. 증평 노암리 상대우점치 분석 결과(소나무)

종명	조사구 /층위	소나무 1				소나무 2				소나무 3				소나무 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무		100.00	96.34		82.11	100.00	96.76	1.22	82.46	100.00	90.78	0.99	80.43		88.47	1.57	29.75
리기다소나무														100.00			50.00
산초나무				27.03	4.50			12.36	2.06			17.27	2.88			6.68	1.11
졸참나무				5.03	0.84			16.68	2.78			9.75	1.63			21.63	3.60
굴참나무				8.26	1.38			11.24	1.87			6.91	1.15			14.59	2.43
아까시나무								10.30	1.72			10.34	1.72		9.08		3.03
밤나무				7.21	1.20			2.21	0.37		2.01	6.04	1.68		2.45	9.77	2.44
붉나무				3.41	0.57			7.48	1.25		1.75	11.91	2.57			7.50	1.25
진달래								13.55	2.26			3.56	0.59			15.42	2.57
참싸리				1.69	0.28			1.59	0.26		1.80	7.53	1.85			6.30	1.05
신갈나무				3.99	0.67			5.88	0.98			9.07	1.51			0.56	0.09
고욤나무			3.66		1.22			0.43	0.07		1.75	3.32	1.14				
철쭉				1.50	0.25			2.54	0.42			0.99	0.16			7.87	1.31
잔털벚나무				8.15	1.36			0.43	0.07			0.84	0.14				
작살나무				7.76	1.29											0.93	0.16
굴피나무							3.24	2.05	1.42								
싸리								6.76	1.13			1.24	0.21				
개암나무				6.89	1.15							0.49	0.08				
칩				5.59	0.93			0.34	0.06			1.13	0.19				
산딸기				3.89	0.65			0.76	0.13			0.24	0.04			1.15	0.19

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

물푸레나무						0.62	0.10		1.92	0.49	0.72				
댕댕이덩굴		2.25	0.37			0.27	0.05			0.49	0.08			1.82	0.30
청가시덩굴		2.25	0.38							1.88	0.31				
상수리나무						0.27	0.05			1.69	0.28			1.34	0.22
개울나무		0.36	0.06			1.39	0.23			0.49	0.08			0.56	0.09
광대싸리		2.62	0.44												
노간주나무		0.65	0.11											1.48	0.25
떡갈나무						1.30	0.22			0.57	0.10				
갈참나무						0.34	0.06			0.49	0.08			0.56	0.09
자귀나무		0.33	0.05							0.68	0.11			0.26	0.04
생강나무										1.08	0.18				
쥐똥나무		0.85	0.14												
으아리										0.49	0.08				
신나무		0.31	0.05												

(3) 굴참나무 조림지

- 굴참나무 조림지는 원래 상수리나무가 조림된 것으로 언급된 장소였으나, 현장확인 결과 굴참나무가 조림된 것으로 파악됨
- 과거 아까시나무가 조림되었던 곳에 굴참나무를 조림한 것으로 보이는 지역으로, 교목층에서 굴참나무와 아까시나무가 비슷한 비율로 출현하고 있음. 아까시나무의 경우 교목과 아교목층에서 높은 비율로 나타나고 있지만, 고사하고 있는 개체들이 많아 쇠퇴하고 있는 것으로 판단됨
- 굴참나무 또한 아교목층에서 상당히 높은 비율로 출현하며, 관목층에서도 일정 비율을 차지하여 향후 굴참나무림으로 천이될 가능성이 있음. 다만 아교목층에 졸참나무가 출현하고, 관목층에서 굴참나무에 비해 졸참나무가 보다 왕성하여 졸참나무림으로 천이될 가능성도 있음

표 55. 증평 노암리 상대우점치 분석 결과(굴참나무)

증명	조사구 /총위	굴참나무 1				굴참나무 2			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
굴참나무		57.21	21.44	13.77	38.05	38.98	19.84	7.88	27.42
아까시나무		42.79	51.62	7.20	39.80	34.47	10.67		20.79
졸참나무			9.17	28.55	7.81	2.67	8.57	11.63	6.13
백합나무			4.68	4.64	2.33	2.09	31.07		11.40
산초나무				17.03	2.84		13.53	31.82	9.81
범나무			10.95	4.85	4.46	11.15			5.57
갈참나무						6.32	1.87	14.75	6.24
철쭉				5.08	0.85			11.84	1.97
리기다소나무						4.32			2.16
진달래				6.23	1.04			4.05	0.68
개뿔나무							4.68		1.56
개암나무							1.55	5.30	1.40
떡갈나무				4.50	0.75		1.55		0.52
잔털벚나무							3.57		1.19
붉나무			2.15	2.13	1.07				
생강나무							1.55	1.52	0.77
노간주나무								3.94	0.66
신갈나무				3.61	0.60				
물푸레나무							1.55		0.52
고욤나무								3.03	0.51
작살나무				2.41	0.40				
노린재나무								1.52	0.25
청가시덩굴								1.52	0.25
댕댕이덩굴								1.21	0.20

2) 종다양도지수 분석

- 증평 노암리 사업지의 최대종다양도(H'max)는 0.954~1.431로 대체로 상당히 풍부한 양의 종이 나타나는 것으로 확인되며, 균재도도 양호한 편임. 다만 일부 조사구(백합 2-1, 백합 2-3, 굴참 1)의 경우 출현종수와 균재도가 상대적으로 낮아 종다양도지수도 비교적 낮게 분석되는 것으로 보임
- 소나무의 경우 어린나무조림지로 수관이 울폐되지 않아 하층에도 식생의 발달이 활발함. 이에 비해 백합나무의 경우 수관이 울폐하여 하층식생의 발달이 제한되는 환경임

표 56. 증평 노암리 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	백합나무 1-1	1.068	1.279	0.835	0.165
	백합나무 1-2	1.027	1.255	0.818	0.182
	백합나무 1-3	0.873	1.146	0.762	0.238
	백합나무 1-4	1.022	1.176	0.869	0.131
	백합나무 2-1	0.729	0.954	0.764	0.236
	백합나무 2-2	0.960	1.114	0.862	0.138
	백합나무 2-3	0.759	1.041	0.729	0.271
	백합나무 2-4	0.990	1.176	0.842	0.158
	소나무 1	1.155	1.362	0.848	0.152
	소나무 2	1.121	1.362	0.823	0.177
	소나무 3	1.167	1.431	0.816	0.184
	소나무 4	1.063	1.301	0.817	0.183
	굴참나무 1	0.929	1.079	0.861	0.139
	굴참나무 2	1.049	1.322	0.794	0.206

3) 나이테 분석

- 소나무, 굴참 조림지는 어린나무 대상지로 나이테 조사 하지 않음
- 백합나무의 경우 수령이 약 13년으로 추정되어 문헌조사 결과 일치함을 확인함

표 57. 증평 노암리 나이테 분석 결과

수종	수고	흉고	수령
백합나무	10	25	13년

5.5 무기환경 조사

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 증평 노암리 표준지 3곳의 유기물 함량은 모두 5.0% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 '상급'으로 평가되며, 국내 산림의 평균유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인되어 식생 발달에 적합한 것으로 판단됨
- 토양 전질소의 경우 모든 대상지가 0.12% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 상급에 해당함. 소나무 조림지의 경우 유기물과 전질도 모두 중급 수준이었으므로 타 대상지에 비해 비옥도가 다소 낮음. 토양의 대부분의 질소 공급원은 유기물이기 때문에(Miller et al, 1990), 연구대상지의 유기물 함량이 양호하여 전질소 함량 또한 준수한 수치를 나타내는 것으로 보임
- 대상지의 pH는 각각 4.49, 4.58, 4.24로 하급 또는 불량 등급에 해당하였으나, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30과 비교할 경우 비슷하거나 조금 더 양호한 수준임. 치환성 K, Ca, Mg의 경우 대부분 조경설계기준의 하급에 해당하였으나 굴참나무 조림지의 경우 중급(0.06cmol⁺/kg~0.12cmol⁺/kg)에 해당함
- 양이온치환용량(CEC)은 각각 9.6~10.9cmol⁺/kg으로 모두 중급(6~20)에 해당하는 수치를 보였으나, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol/kg에 비해서는 다소 낮은 수치를 보임

표 58. 증평 노암리 토양 분석 결과

항목	표준지		
	백합나무	소나무	굴참나무
유기물(%)	5.78	5.34	5.04
N(%)	0.26	0.24	0.18
유효인산(mg/kg)	40.08	31.81	47.07
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.13	0.14	0.1
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	2.48	1.27	2.28
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.59	0.32	1.14
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.079	0.087	0.18
양이온 치환용량(cmol ⁺ /kg)	10.9	9.7	9.6
pH	4.49	4.58	4.24
전기전도도(dS/m)	0.1	0.062	0.079
NaCl(%)	-	-	-
모래(%)	71.71	69.94	79.43
미사(%)	16.01	16.07	8.76
점토(%)	12.28	13.99	11.81
분류(%)	사질양토	사질양토	사질양토



그림 41. 조림지 근경



그림 42. 소나무 조림목



그림 43. 계곡부의 백합나무



그림 44. 백합나무 쌍간목

6. 제천 화당리

6.1 조림사업내용

1) 대상지 개요

- 해당 지역은 조림실적 도면이 없고 유한킴벌리 지원 사업 이외에 자체 예산으로도 조림사업을 진행하여 실행주체별 명확한 조림지 위치를 파악하기 어려움
- 다만 해당 지역 조림수종 중 자작나무는 유한킴벌리 산림자원 조성 기금으로만 조림하였고 하여 자작나무 조림지와 인접지역을 조사대상지로 선정함
- 자작나무는 1987년~1992년(6년)간 총 49.5ha, 270,000본 조림한 것으로 조사됨(세부내역은 기초조사 자료 참고)
 - ※ 제1회(1985년) 신혼부부 나무심기 행사지역(산22-1 잣나무 4.00ha)은 2022년 조사한 자료를 도면에 표시함
- 해당 필지 내에서는 최근에 벌채하고 재조림을 실시한 지역이 많으며 유한킴벌리 산림자원 조성 기금 조림지도 일부는 벌채한 것으로 추정됨

조림 목적	목재 생산을 위한 용재수 조림	
나무식재	식재위치	충북 제천시 백운면 화당리 산22-1번지와 충북 제천시 백운면 화당리 산23-1
	식재년도	1985년~2022년
	조림면적 및 본수 (조사면적)	193.05ha, 795,280본(30.80ha)
	수종	일본잎갈나무, 잣나무, 자작나무 등
	수행주체	지원 : 유한킴벌리(산림자원조성 기금)

6.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 정밀조사에 앞서 산림조합중앙회 산림경영안전부 해외사업팀 김지운 사원(해외사업팀 팀장 동행)의 안내로 자작나무 생육지역을 안내받음
- 항공사진에서 자작나무 생육지를 개략적으로 구획하고 현장 확인 후 조사대상 구역을 확정함
- 표준지는 조사대상 구역 내 자작나무, 일본잎갈나무, 잣나무 조림지에 고루 배치하였으며 표준지 위치와 좌표는 다음과 같음
 - 표준지 크기는 20m × 20m
 - 표준지 표시는 흰색 마킹테이프로 표시

표 59. 제천 화당리 표준지 배치 내역

표준지 No.	표준지 크기(㎡)	조림수종	소재지	GPS좌표(GRS80 중부)	
				X좌표	Y좌표
1	400	자작나무	화당리 산22-1	283727	509476
2	400	자작나무	화당리 산22-1	283820	509530
3	400	자작나무	화당리 산22-1	283866	509456
4	400	자작나무	화당리 산23-1	283272	508564
6	400	자작나무	화당리 산23-1	283188	508401
7	400	자작나무	화당리 산23-1	283299	508273
8	400	잣나무	화당리 산23-1	283480	508344
9	400	일본잎갈나무	화당리 산23-1	282866	508213
10	400	일본잎갈나무	화당리 산23-1	283039	508188
12	400	일본잎갈나무	화당리 산23-1	283098	507939
13	400	자작나무	화당리 산23-1	283202	507978

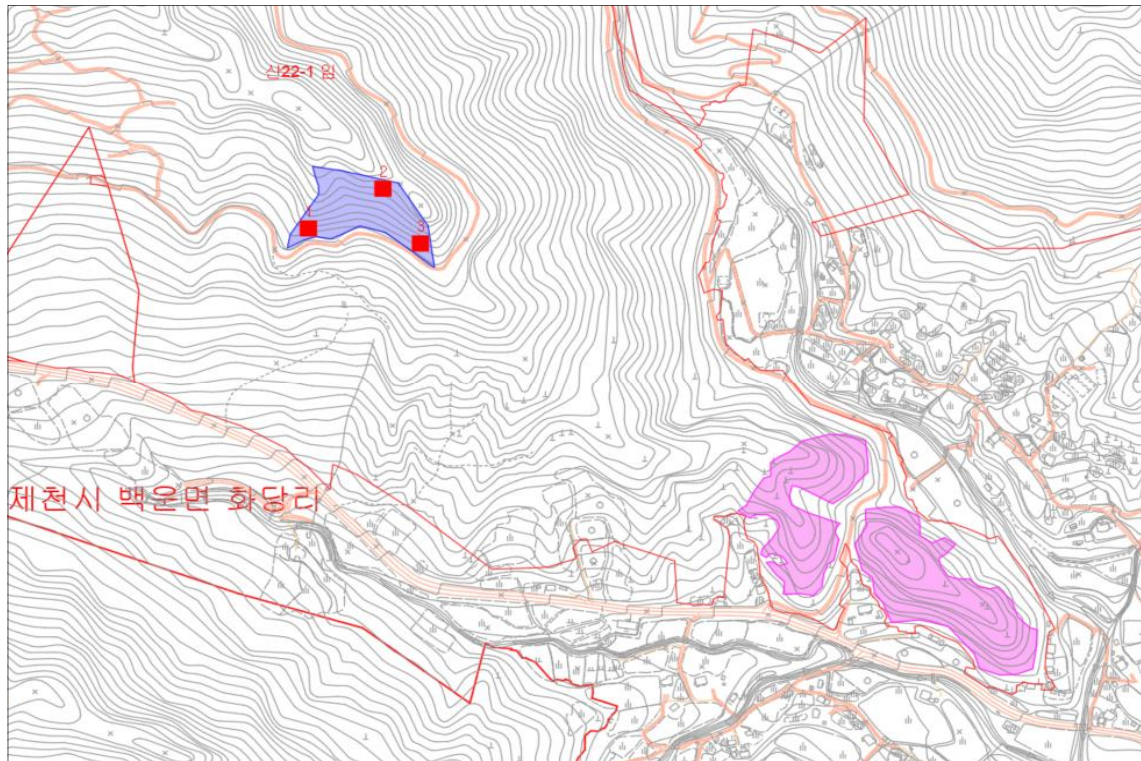


그림 45. 산22-1번지 표준지 배치도
(청색 : 자작나무, 분홍색 : 잣나무, 제1회 신희부부행사지)

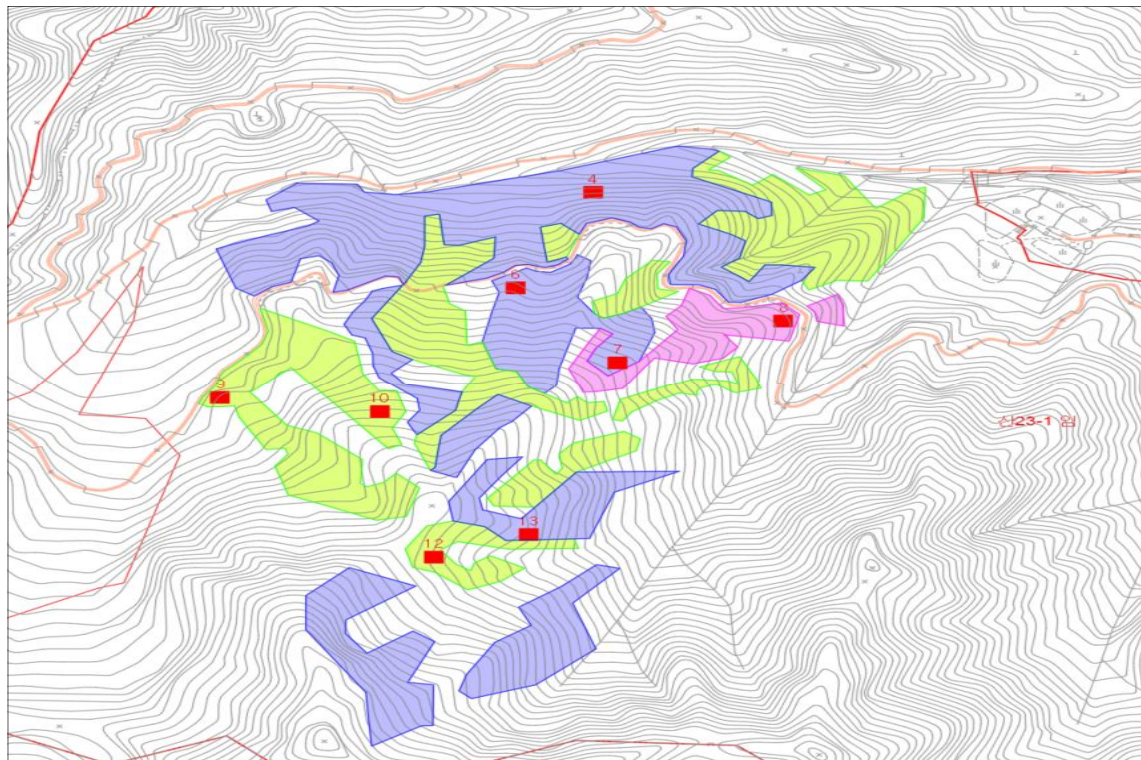


그림 46. 산23-1번지 표준지 배치도
(청색 : 자작나무, 녹색 : 일본잎갈나무, 분홍색 : 잣나무)

2) 조사 결과

(1) 조림지 면적

- 유한킴벌리 기금으로 조성된 것으로 판단되는 자작나무 조림지와 연륜측정을 통해 자작나무와 비슷한 것으로 조림된 것으로 판단되는 주변의 인공조림지(일본잎갈나무, 잣나무)를 조사대상에 포함시킴. 조사구역의 총면적은 30.80ha로 산정됨

표 60. 제천 화당리 조림면적 및 조사면적

조림수종	조림면적 (ha)	조사면적 (ha)	비 고
자작나무	49.50	17.40	외곽서 보이는 지역만 조사
일본잎갈나무		11.80	자작나무 주변만 조사
잣나무		1.60	자작나무 주변만 조사
합 계	49.50	30.80	제1회 신희부부 나무심기 제외

(2) 입목재적

- 자작나무는 단순림 형태로 분포하거나 다양한 종류의 활엽수와 혼효되어 있는 것으로 조사되었음. 자작나무 형질은 보통 이상인 것으로 판단됨
 - 자작나무 조림지는 평균직경 14cm, 평균수고 13m이고 ha당 입목본수는 923본, ha당 입목재적은 136.32m³인 것으로 분석됨
 - 자작나무 조림지내 자작나무 입목본수는 643본(112.53m³)/ha으로 자작나무 점유비율은 재적 기준 83%인 것으로 조사되었음
 - 자작나무 입목본수(643본)를 ‘간벌후 입목본수기준’의 참나무류 동일경급(16cm) 본수(660본)와 비교해 보면 입목밀도는 정상적인 것으로 분석됨
 - 그러나 자작나무가 많은 지역에 표준지를 배치한 점을 고려할 때, 표준지 조사결과로 산출한 입목본수의 약 70% (450본/ha) 정도 자작나무가 생육하고 있는 것으로 추정됨
- 일본잎갈나무는 단순림 형태로 상층을 점유하고 있고 활엽수는 대부분 중층을 이루고 있음. 일본잎갈나무의 형질과 활력은 우수한 것으로 조사됨

- 일본잎갈나무 조림지는 평균직경 22cm, 평균수고 17m 이고 ha당 입목본수는 1,350본, ha당 입목재적은 338.75m³ 인 것으로 조사됨
 - 일본잎갈나무 조림지내 일본잎갈나무 입목본수는 477본(300.42)/ha 으로 일본잎갈나무 점유 비율은 재적기준 89%인 것으로 조사됨
 - 일본잎갈나무 입목본수(477본)를 ‘간별후 입목본수기준’ 의 일본잎갈나무 동일경급(28cm) 본수(410본)와 비교해 보면 입목밀도는 높은 것으로 분석됨
 - 일본잎갈나무 조림지는 평균이 되는 지점에 표준지를 배치하였으므로 약 470본/ha의 일본 잎갈나무가 생육하고 있는 것으로 판단됨
- 잣나무는 단순림 또는 단목의 활엽수와 혼효되어 있는 것으로 조사되었음. 잣나무의 형질 과 활력은 양호한 것으로 조사되었음
- 잣나무 조림지는 평균직경 16cm, 평균수고 13m이고 ha당 입목본수는 699본, ha 당 입목재 적은 242.69m³인 것으로 조사됨
 - 잣나무 조림지 내 잣나무 입목본수는 800본(191.73)/ha으로 잣나무 점유비율은 재적기준 79%인 것으로 조사됨
 - 잣나무 입목본수(800본)를 ‘간별후 입목본수기준’ 의 잣나무 동일경급(20cm) 본 수(600본) 와 비교해 보면 입목밀도는 높은 것으로 분석됨
 - 그러나 잣나무가 밀생된 지역에 표준지를 배치한 점을 고려할 때, 잣나무 조림지의 평균 입목본수는 조사결과보다 약간 낮고 입목재적은 비슷할 것으로 추정됨

표 61. 제천 화당리 조림목 본수 집계표

구 분	수 종	ha당 축적		총 축적		직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
		본수	재적(m ³)	본수	재적(m ³)			
자작나무 조림지	자작나무	643	112.53	11,188	1,958.00	16/6-32	16/8-18	83%
	전 체	923	136.32	16,060	2,371.93	14/6-32	13/8-18	
일본잎갈나무 조림지	낙엽송	477	300.42	5,629	3,544.94	28/16-44	22/16-23	89%
	전 체	699	338.75	8,248	3,997.30	22/8-48	17/7-23	
잣나무 조림지	잣나무	800	191.73	1,280	306.76	20/10-30	15/10/17	79%
	전 체	1,350	242.69	2,160	388.30	16/6-30	13/6-30	

3) 조림지 평가 및 사후관리방안

(1) 조림지 평가

- 제천 화당리 조림지는 조림지 사후관리가 체계적으로 이루어졌고 조림성공지로 평가됨
- 경급과 입목밀도로 판단할 때, 잣나무와 자작나무는 숲가꾸기 등 추가 작업 없이 현재의 상태로 수확시기까지 유지가능할 것으로 판단됨. 일본잎갈나무는 수확기에 도달하여 가까운 시일 내에 갱신이 이루어질 것으로 예측됨
- 중부지방에서는 일정 시기가 지나면 자작나무 직경생장이 멈추는 문제가 발생하여 자작나무를 대면적으로 조림한 지역을 찾아보기 어려움. 이에 따라 본 연구대상지의 자작나무 조림지는 향후 자작나무 조림 시 참고할 수 있는 좋은 시험림으로 활용될 수 있음

6.3 식물상 조사 결과

■ 표준지

- 제천 조림지 조사구에서 확인된 식물상(목본)은 32과 49속 58종 1아종 6변종 2품종으로 총 67분류군으로 나타남
- 장미과(13.4%), 자작나무과(7.5%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 병꽃나무(특산식물)가 확인됨
- 표준지의 경우 고광나무, 고추나무, 말발도리, 산수국 등 계곡부 식생이 일부 확인되었고 붉나무, 산딸기, 소나무 등 척박지, 호양성 식물이 나타나는 것으로 보아 계곡부 근처의 사면 지역인 것으로 판단됨
- 표준지 우점 수종의 경우 조림된 수종을 제외하면 신갈나무, 굴참나무 등의 천이 중기 이후 수종의 비중이 일정량 확보된 것을 보아 현재 천이 중반으로 발달하는 과정에 있으며 우점수종의 교체가 이루어질 가능성도 있음

■ 대조군

- 제천 대조군 조사구에서 확인된 식물상(목본)은 22과 23속 28종 3변종으로 총 31분류군으로 나타났으며, 장미과(9.7%), 자작나무과(9.7%)가 가장 우세하게 나타남. 희귀·특산식물은 나타나지 않음
- 대조군의 경우 소나무가 우점하고 호양성 식물인 층층나무, 박달나무 등의 세력도 일부 유지되고 있으나 중/하층에 고로쇠나무, 생강나무, 함박꽃나무 등의 내음성 수종도 함께 발달하고 있는 것으로 보아 생육 환경이 다소 혼재된 것으로 보임. 중층에 신갈나무 등 일부 천이 후기 수종이 생육하고 있으나 하층 발달도는 저조한 편이므로 당분간 현재 수종 구성이 유지될 것으로 예측됨

표 62. 제천 화당리 식물상(목본)

구분		과	속	종	아종	변종	품종	소계
표준지	나자식물	1	2	3	-	-	-	3
	단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
	쌍자엽식물	30	46	53	1	6	2	62
	계	32	49	58	1	6	2	67
대조군	나자식물	1	1	2	-	-	-	2
	단자엽식물	1	1	1	-	-	-	1
	쌍자엽식물	20	21	25	-	3	-	28
	계	22	23	28	-	3	-	31

6.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 자작나무 조림지

- 조림된 자작나무가 상층에서 안정적으로 나타나고 있음. 조사구 1에서는 아교목층과 관목층에는 개울나무, 병꽃나무, 생강나무, 조록싸리 등 아교목상으로 자라는 수종들이 경쟁관계에 있으며, 밀도도 높음. 2번과 3번의 경우 신갈나무가 개울나무, 병꽃나무 등과 함께 아교목층에서 경쟁하고 있으며 일부 조사구에서는 신갈나무가 관목층에서도 다른 수종들에 비해 우세하게 나타남. 조림지 주변으로도 신갈나무 군락 또는 신갈-굴참나무 군락이 나타나므로 천이가 이루어질 경우에는 신갈나무림으로 천이될 가능성이 있음
- 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 3-1, 3-2, 3-4 등 절반 가량의 조사구에서는 자작나무가 교목층에서 완전히 우점하지 않는 양상을 보임. 물박달나무, 층층나무 등이 약 10% 가량의 비율을 차지하는데, 조림년수가 오래되어 주변 수림대에서 확산된 개체가 교목상으로 자란 것으로 파악됨

표 63. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(자작나무)

종명	조사구 / 층위	자작나무 1-1				자작나무 1-2				자작나무 1-3				자작나무 1-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
자작나무		100.00			50.00	88.63			44.31	92.76			46.38	100.00			50.00
개울나무			39.18		13.06		29.39	18.70	12.91		48.83		16.28		28.87	4.78	10.42
병꽃나무			18.24	3.36	6.64		41.10	28.05	18.38		5.71	34.29	7.62		25.30	18.16	11.46
생강나무			18.16	28.34	10.78		7.55	1.30	2.73		8.68	4.38	3.62		4.65	8.38	2.95
조록싸리				8.47	1.41			32.53	5.42		9.95	18.59	6.41			31.67	5.28
잔털벚나무			6.62	16.16	4.90		9.03	2.64	3.45		18.73		6.24			5.52	0.92
노린재나무			5.81	11.28	3.82			4.13	0.69			5.30	0.88		17.19	8.86	7.21
신갈나무				7.45	1.24		7.55		2.52		8.10	2.19	3.07		15.90		5.30
물박달나무						11.37			5.69	7.24			3.62				
물푸레나무				6.72	1.12		5.38	6.45	2.87			9.66	1.61			4.32	0.72
줄말기												13.47	2.24			10.78	1.80
청가시덩굴				2.53	0.42			5.16	0.86			10.10	1.68			6.28	1.05
팔배나무			11.98		3.99												
층층나무															8.10		2.70
쪽동백나무				7.45	1.24			1.03	0.17								
다래				5.45	0.91												
산말기												2.02	0.34			1.26	0.21
두릅나무				2.81	0.47												

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

종명	조사구 /층위	자작나무 2-1				자작나무 2-2				자작나무 2-3				자작나무 2-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
자작나무		94.12			47.06	90.76			45.38	100.00	5.43		51.81	100.00			50.00
신갈나무		5.88	30.98	6.43	14.34	9.24	12.91	20.70	12.37		43.66	0.68	14.67		15.51		5.17
생강나무			32.89	3.76	11.59		11.77	4.96	4.75		30.36	15.68	12.73		29.18		9.73
개울나무			26.40	18.63	11.91		33.24	0.56	11.17		15.56		5.19		20.53	1.31	7.06
조록싸리				21.14	3.52							53.93	8.99		2.91	43.44	8.21
노린재나무				3.38	0.56		6.62	11.80	4.17		4.99	16.94	4.49		10.65	8.51	4.97
병꽃나무				9.31	1.55			19.82	3.30			0.68	0.11		4.12	21.90	5.03
산초나무							22.79	9.95	9.26								
청가시덩굴				7.51	1.25							1.36	0.23		2.78	6.41	1.99
잔털벚나무			9.72		3.24												
고로쇠나무															9.37		3.12
두릅나무							6.78	2.80	2.73								
산딸기				7.51	1.25			2.59	0.43			4.07	0.68			0.53	0.09
국수나무				9.63	1.61							3.06	0.51				
줄딸기				3.76	0.63			8.33	1.39							0.56	0.09
광대싸리							5.89		1.96								
물푸레나무				6.69	1.11			0.52	0.09			1.15	0.19			3.21	0.53
오미자								11.22	1.87								
산수국																10.94	1.82
붉나무															4.93		1.64
청미래덩굴				0.75	0.13			2.59	0.43								
올괴불나무																2.62	0.44
다릅나무												1.63	0.27			0.56	0.09
참싸리								1.89	0.31								
오갈피나무				0.75	0.13			0.63	0.10								
물박달나무								1.12	0.19								
싸리												0.84	0.14				
쪽동백나무				0.75	0.13												
왕머루								0.52	0.09								
종명	조사구 /층위	자작나무 3-1				자작나무 3-2				자작나무 3-3				자작나무 3-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
자작나무		71.52			35.76	92.98			46.49	100.00			50.00	85.04			42.52
개울나무			21.35	3.95	7.77		43.96		14.65		27.88		9.29		41.30		13.77
신갈나무			7.09	0.56	2.46		39.37	8.58	14.55		18.03		6.01	6.26	28.91	0.61	12.87
병꽃나무			31.19	33.96	16.06			20.63	3.44			23.72	3.95			7.39	1.23
조록싸리			14.81	26.80	9.40			25.47	4.25			18.77	3.13			35.64	5.94
팔배나무							6.71		2.24		24.29	9.71	9.71		10.10	2.29	3.75
오미자				8.82	1.47		4.63	25.79	5.84			27.51	4.59			19.13	3.19
층층나무		13.13			6.57										8.70	2.59	5.60
물박달나무		15.35			7.68	7.02			3.51								
생강나무								9.79	1.63			14.47	1.69	5.11		5.30	0.88
노린재나무			7.88		2.63							8.08	5.02	3.53		0.64	0.11
다릅나무												7.25	7.84	3.72	2.59	9.48	2.45
함박꽃나무			17.68		5.89												
물푸레나무				8.81	1.47			8.57	1.43			3.38	0.56			1.34	0.22
붉나무															7.97		2.66
산수국				12.46	2.08												
싸리																12.25	2.04
두릅나무							5.33		1.78			0.85	0.14				
잔털벚나무															3.79		1.26
철쭉															2.74		0.91
청가시덩굴				0.64	0.11			1.16	0.19			1.51	0.25			0.58	0.10
산딸기				3.36	0.56												
다래																2.29	0.38
참싸리																0.77	0.13
청미래덩굴				0.64	0.11												

(2) 잣나무 조림지

- 조림된 잣나무가 비교적 안정적으로 생육하고 있는 것으로 나타남. 다만 일부 조사구에서는 잣나무가 아교목상으로 나타나고 쪽동백나무, 굴참나무와 경쟁하는 등 제천 지역의 다른 조림수종에 비해서는 잣나무의 우점도가 다소 낮은 것으로 파악됨
- 아교목에서는 쪽동백나무가 가장 높은 비율로 나타나며, 일부 조사구에서는 굴참나무, 쪽동백, 잣나무가 경쟁하거나(조사구1), 층층나무와 신갈나무가 경쟁하는 양상을 보여 장기적으로는 쪽동백나무, 굴참나무, 신갈나무 등으로 천이될 가능성이 있음
- 잣나무 조림지의 경우 하층의 밀도가 높지는 않지만 조림 수종이 목적에 맞게 생육할 수 있도록 적절한 관리와 모니터링이 필요함

표 64. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(잣나무)

종명	조사구 /층위	잣나무 1-1				잣나무 1-2				잣나무 1-3				잣나무 1-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
잣나무		84.96	19.77		49.07	81.04	30.23	3.13	51.12	67.89			33.95	63.88			31.94
생강나무			10.88	16.57	6.39		34.84	25.41	15.85		100.00	1.68	33.61			3.91	0.65
쪽동백나무		5.77	26.99	21.34	15.44			19.65	3.28			1.29	0.21	4.96	100.00	7.47	37.06
오미자				54.70	9.12			23.20	3.87			45.76	7.63			72.74	12.12
굴참나무			31.97	4.53	11.41									24.64			12.32
잔털벚나무		9.26			4.63					20.71			10.35				
신갈나무						18.96			9.48	6.08		1.39	3.27			1.09	0.18
층층나무							16.05		5.35	5.32			2.66				
청가시덩굴				0.91	0.15			12.28	2.05			11.77	1.96			1.18	0.20
다래			10.39		3.46												
물푸레나무														6.53		1.09	3.45
팔배나무								8.67	1.45							11.34	1.89
개쨌나무							9.44		3.15								
회양나무							9.44		3.15								
노린재나무				1.95	0.33			4.34	0.72			10.53	1.75				
고추나무												16.32	2.72				
조록싸리												10.29	1.71				
울과불나무								3.32	0.55								
다릅나무																1.18	0.20
산뽕나무												0.98	0.16				
종명	조사구 /층위	잣나무 2-1				잣나무 2-2				잣나무 2-3				잣나무 2-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
잣나무		100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00	95.20			47.60
쪽동백나무			18.78		6.26						62.64	18.27	23.92		48.14	2.67	16.49
생강나무			9.14	26.53	7.47		37.85	50.14	20.97			9.85	1.64			14.18	2.36
층층나무			25.32		8.44		37.85		12.62								
신갈나무			11.69	6.05	4.90			1.34	0.22		37.36		12.45	4.80			2.40
오미자				19.76	3.29			33.53	5.59			40.73	6.79			15.55	2.59
개암나무							24.29	14.98	10.60			27.42	4.57				
팔배나무															35.08	2.67	12.14
산수국				25.24	4.21											33.84	5.64
잔털벚나무															16.78		5.59
물박달나무			11.69	6.99	5.06												

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

다래		11.69		3.90														
물푸레나무		11.69		3.90														
병꽃나무			6.99	1.17													4.73	0.79
노린재나무			8.44	1.41													3.00	0.50
조록싸리																	10.64	1.77
청가시덩굴												3.73	0.62				4.28	0.71
개웃나무																	5.78	0.96
다릅나무																	2.67	0.44
종명	조사구 /층위	잣나무 3-1				잣나무 3-2				잣나무 3-3				잣나무 3-4				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
잣나무		62.79	8.12		34.10	76.94	35.14		50.18	70.98			35.49	79.55				39.78
쪽동백나무			50.53	9.44	18.42		38.49	50.65	21.27			66.46	3.43	22.72			12.47	2.08
굴참나무		31.80	10.61		19.44	14.07			7.04	29.02			14.51				3.60	0.60
생강나무								3.55	0.59			13.71	2.28		100.00	17.00	36.17	
잔털벚나무		5.42		5.78	3.67	8.99	26.37		13.28			19.38	18.50	9.54				
참개암나무			16.48	20.33	8.88												13.19	2.20
청가시덩굴				15.75	2.62			17.75	2.96				28.28	4.71			3.60	0.60
소나무														15.77				7.89
신갈나무			14.27	9.34	6.31								7.71	1.28				
물푸레나무												14.17	9.08	6.24				
말발도리				23.13	3.85													
노린재나무													7.71	1.28			13.17	2.19
철쭉																	20.60	3.43
울괴불나무																	16.36	2.73
개웃나무								11.14	1.86				3.43	0.57				
다래														4.68				2.34
팔배나무				13.64	2.27													
담쟁이덩굴								12.97	2.16									
다릅나무				2.59	0.43								2.23	0.37				
싸리								3.94	0.66									
조록싸리													3.43	0.57				
광대싸리													2.51	0.42				

(3) 일본잎갈나무 조림지

- 일본잎갈나무가 상층을 안정적으로 구성하고 있음. 세 조사구에서 모두 교목상(8m이상)에서 층층나무가 나타나며 특히 조사구 3의 경우 층층나무가 20% 가량을 차지하는 등 비교적 높은 비율을 보이고 있음. 그러나 대상지 일본잎갈나무의 수고가 18~20m, 교목상 층층나무의 수고는 8~12m 사이에서 나타나 층층나무가 중층의 역할을 하는 것으로 판단됨. 이에 따라 앞으로도 일본잎갈나무 군락으로 안정적으로 유지될 것으로 보이지만, 아교목상에서도 층층나무가 비교적 높은 비율로 나타나는 것으로 보아 별도의 관리가 이루어지지 않을 경우 장기적으로는 층층나무림으로 천이될 가능성이 있음
- 아교목층에서는 고광나무-함박꽃나무-가래나무(1-1,2-1), 층층나무-산뽕나무(1-2), 층층나무-산뽕나무-생강나무-가래나무(1-3), 생강나무 우점(1-4), 층층나무 우점(2-2,3-1), 층층나무-쪽동백나무(3-2), 생강나무-고추나무(3-3), 생강나무-다래(3-4) 등 조사구별로 상당히 다양한 수종들이 우점을 이루고 있음이 확인됨
- 관목층에서는 오미자와 산수국, 줄딸기 등이 경쟁 관계에 있으나 밀도나 피도가 높지는 않은 것으로 확인됨

표 65. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(일본잎갈나무)

조사구 / 층위	일본잎갈나무 1-1				일본잎갈나무 1-2				일본잎갈나무 1-3				일본잎갈나무 1-4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
일본잎갈나무	88.21			44.10	80.02			40.01	100.00			50.00	100.00			50.00
층층나무	11.79		2.61	6.33	7.80	34.15	2.21	15.28		21.99	0.48	7.41				
산뽕나무			1.64	0.27		57.81	2.21	19.64		19.95	0.48	6.73				
생강나무			3.74	0.62			11.45	1.91		12.99	15.81	6.97		43.19	8.54	15.82
고광나무		19.42		6.47			4.42	0.74		7.32	7.13	3.63		6.31	22.68	5.88
함박꽃나무		30.07	11.21	11.89										10.80	3.34	4.16
산수국			33.63	5.61			17.02	2.84			25.72	4.29			8.42	1.40
가래나무		20.96		6.99						13.80		4.60				
오미자			29.14	4.86			30.53	5.09			5.31	0.88			3.18	0.53
물푸레나무			1.06	0.18		8.04		2.68		8.69	4.29	3.61		6.75		2.25
고추나무		14.78		4.93			2.21	0.37							18.78	3.13
고로쇠나무							0.60	0.10			0.48	0.08		17.00	3.34	6.22
다래			12.12	2.02			25.57	4.26			0.53	0.09				
물박달나무					12.18			6.09								
쪽동백나무														15.94		5.31
덜꿩나무		14.78		4.93												
잔털벚나무										9.46		3.15				
줄딸기							2.57	0.43			7.96	1.33			3.34	0.56
담쟁이덩굴											12.00	2.00				
울괴불나무											11.97	1.99				
신갈나무											4.29	0.71			6.52	1.09
당단풍나무															8.54	1.42
노린재나무										3.27		1.09				
조록싸리															6.52	1.09
청가시덩굴											1.97	0.33			3.18	0.53
왕머루										2.52		0.84				

(4) 대조군

■ 신갈나무-굴참나무 군락

- 조림지 주변 능선부에서는 신갈-굴참나무 군락이 나타나는 것으로 확인됨. 교목상에서 신갈-굴참나무가 안정적으로 나타나며, 아교목상에서 소나무가 가장 높은 비율로 나타나지만 향후에는 활엽수종인 신갈나무, 굴참나무 군락으로 유지될 것으로 판단됨. 관목에는 진달래, 철쭉 등 능선부에서 나타나는 수종이 주를 이루는 것으로 확인됨

표 66. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(대조군)

종명	조사구 /층위	신갈나무-굴참나무 1				신갈나무-굴참나무 2				신갈나무-굴참나무 3				신갈나무-굴참나무 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
신갈나무		40.78	5.58	2.91	22.74	67.90	6.23	3.16	36.55	100.00	22.18	4.83	58.20	79.41	2.09	1.52	40.65
굴참나무		49.94			24.97	26.25			13.13		4.83		1.61	20.59	10.05		13.65
쪽동백나무		3.82	42.03	2.76	16.38		45.70	6.36	16.29		13.30	3.66	5.04		17.03	4.57	6.44
철쭉			8.54	31.14	8.04			12.72	2.12		5.31	23.41	5.67		5.70	46.71	9.68
당단풍나무			7.99		2.66		39.17	35.60	18.99								
팔배나무			2.93	12.29	3.03		2.40	19.87	4.11		21.01	0.78	7.13		16.57	10.67	7.30
진달래				5.74	0.96		2.04	6.36	1.74		9.06	15.81	5.66		14.59	18.69	7.98
생강나무			10.59	14.48	5.94						10.01	16.05	6.01			17.84	2.97
소나무												0.78	0.13		31.74		10.58
노린재나무			7.55	13.86	4.83		4.44	6.36	2.54			2.05	0.34		2.22		0.74
자작나무		5.46			2.73	5.85			2.93								
잔털벚나무											10.59	3.66	4.14				
청가시덩굴				8.83	1.47			6.31	1.05			7.57	1.26				
조록싸리				5.33	0.89							14.36	2.39				
물푸레나무			9.61		3.20												
개웃나무			5.17		1.72							0.88	0.15				
층층나무											3.71		1.24				
고추나무												6.16	1.03				
젧나무							3.25	0.54									
작살나무				2.66	0.44												

■ 신갈나무 군락

- 조림지 주변 사면지역에서는 신갈나무림이 나타나는 것으로 확인됨. 교목상에서 신갈나무가 81%로 안정적인 신갈나무 군락을 형성하고 있음. 아교목층에서는 생강나무, 함박꽃나무, 느릅나무 등이 경쟁관계에 있으며, 관목층에서는 생강나무, 물푸레나무, 조록싸리 등이 비교적 높은 비율로 나타나 경쟁관계에 있음
- 조사를 진행한 사면은 계곡부와 멀지 않은 지역으로, 아교목, 관목층에서 신갈나무가 거의 나타나지 않고 있기 때문에 환경 변화에 따라 장기적으로 느릅나무와 물푸레나무가 우점하게 될 가능성이 있음. 다만 교목층에서 신갈나무가 순림을 이루고 있고, 물푸레나무와 느릅나무 등이 중, 하층에서 다른 수종과 경쟁관계에 있는 상태이므로 당분간은 신갈나무 군락으로 유지될 것으로 판단됨

표 67. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(대조군)

종명	조사구 /층위	신갈나무 1				신갈나무 2				신갈나무 3				신갈나무 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
신갈나무		100.00			50.00	68.45			34.23	53.64		0.75	26.94	93.43	19.44	0.76	53.32
생강나무				18.98	3.16		55.91	35.42	24.54		17.93	20.81	9.45		80.56	6.34	27.91
물푸레나무				6.43	1.07	18.49		12.05	11.25	11.47		0.75	5.86	6.57		42.40	10.35
노린재나무			12.42	28.61	8.91		10.38	13.50	5.71		22.28	3.23	7.97			5.60	0.93
함박꽃나무			18.14	1.45	6.29		33.71		11.24								
물박달나무						13.06			6.53	20.88			10.44				
팔배나무			12.42	8.47	5.55						29.89	2.36	10.36				
조록싸리				11.48	1.91			26.47	4.41			28.14	4.69			6.59	1.10
당단풍나무											29.89	7.19	11.16				
느릅나무			31.86		10.62												
개웃나무			15.36	2.96	5.61			2.23	0.37			14.13	2.35			0.65	0.11
잔털벚나무			9.80		3.27					7.06			3.53				
호랑버들										6.94			3.47				
바위말발도리				9.88	1.65			10.34	1.72								
참싸리												1.80	0.30			14.05	2.34
병꽃나무																14.75	2.46
진달래												10.91	1.82			2.01	0.33
말발도리												8.51	1.42				
산딸기				3.26	0.54											3.93	0.65
참개암나무				5.39	0.90												
청가시덩굴				1.45	0.24											1.52	0.25
다래				1.63	0.27												
쪽동백나무												1.42	0.24				
잣나무																1.39	0.23

■ 소나무 군락

- 소나무림의 경우 조림지에 비해서 다양한 수종이 교목상에서 나타나지만, 소나무가 75%로 우점하여 안정적인 소나무 군락으로 볼 수 있음. 아교목 상에서는 생강나무가 가장 높은 비율로 나타나며, 함박꽃나무가 그 다음으로 나타나 소나무 군락으로 유지될 것으로 판단됨

표 68. 제천 화당리 상대우점치 분석 결과(대조군)

종명	조사구 /총위	소나무 1				소나무 2				소나무 3				소나무 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무	72.86			36.43	51.15		0.54	25.66	100.00			50.00	82.76				41.38
생강나무		29.29	17.82	12.73		47.07	19.09	18.87		55.78	15.77	21.22		46.16	1.98	15.72	
함박꽃나무		28.18		9.39						15.06		5.02		25.41	2.60	8.90	
고로쇠나무	8.06	9.38	8.62	8.59		15.36	6.72	6.24			4.65	0.78	7.61		7.68	5.08	
오미자			36.06	6.01			5.93	0.99			42.62	7.10					
잔털벚나무			7.96	1.33		4.99		1.66		14.68	10.89	6.71					
신갈나무	6.54		0.63	3.37	6.00		1.61	3.27			0.35	0.06		7.62	1.26	2.75	
떡갈나무					17.41		0.58	8.80									
물푸레나무	6.54	4.41	6.27	5.78							2.50	0.42				12.84	2.14
말채나무					13.76			6.88									
일본잎갈나무					11.68			5.84									
줄딸기							7.32	1.22			3.40	0.57				21.11	3.52
소태나무		4.22		1.41		9.33		3.11								3.69	0.61
노린재나무		6.20		2.07							0.67	0.11		8.49		2.83	
박달나무													9.63				4.82
병꽃나무			6.27	1.04			14.94	2.49			4.67	0.78					
회잎나무														12.33			4.11
쪽동백나무										10.93		3.64					
개잎나무			1.05	0.17		9.33	1.07	3.29							0.87	0.14	
산수국							13.97	2.33			1.70	0.28			5.21	0.87	
층층나무		9.86		3.29													
가래나무		8.45		2.82											1.74	0.29	
물박달나무	6.00			3.00													
국수나무						7.89		2.63									
왕머루										3.54	6.32	2.23			0.87	0.14	
담쟁이덩굴			13.87	2.31													
다래											0.67	0.11			12.68	2.11	
신나무						6.03		2.01									
청가시덩굴											2.81	0.47			8.73	1.46	
고광나무							10.97	1.83									
조록싸리							8.43	1.40									
두릅나무											0.67	0.11			5.53	0.92	
광대싸리															5.17	0.86	
산뽕나무							3.65	0.61									
옻나무			1.47	0.24			1.87	0.31									
울괴불나무							2.15	0.36			0.67	0.11					
산딸기							1.16	0.19							0.87	0.14	
산초나무															1.84	0.31	
짚레꽃											0.97	0.16			0.66	0.11	
박쥐나무															0.87	0.14	
사위질뽕															0.87	0.14	
오갈피나무															0.87	0.14	
참싸리															0.87	0.14	
이스라지											0.67	0.11					
줄사철나무															0.66	0.11	
조팝나무															0.56	0.09	

2) 종다양도지수 분석

- 제천 화당리의 경우 조림수종별로 종다양도가 상이한 것으로 분석됨. 자작나무 및 일본잎갈나무 조림지의 경우 최대종다양도지수(H'max)가 1.041~1.362이며, 균재도가 0.666~0.934로 일부 조사구를 제외하면 조림지임에도 불구하고 균재도가 양호하여 생물다양성이 낮지 않은 것으로 판단됨
- 반면 잣나무의 경우 일부 조사구에서 출현 종수와 균재도가 양호하거나 준수하지만, 일부 조사구에서는 출현 종수와 균재도가 모두 낮아 종다양도 범위가 0.554~0.967로 매우 낮게 나타남
- 대조군의 종다양도지수 범위는 0.722~1.231로 자작나무 및 일본잎갈나무와 비슷한 정도로 나타남

표 69. 제천 화당리 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	자작나무 1-1	1.070	1.146	0.934	0.066
	자작나무 1-2	0.885	1.079	0.820	0.180
	자작나무 1-3	1.010	1.114	0.907	0.093
	자작나무 1-4	1.005	1.114	0.902	0.098
	자작나무 2-1	1.046	1.204	0.869	0.131
	자작나무 2-2	1.090	1.255	0.868	0.132
	자작나무 2-3	0.764	1.114	0.686	0.314
	자작나무 2-4	0.876	1.204	0.728	0.272
	자작나무 3-1	0.944	1.176	0.803	0.197
	자작나무 3-2	0.872	1.079	0.808	0.192
	자작나무 3-3	0.939	1.114	0.843	0.157
	자작나무 3-4	1.027	1.279	0.803	0.197
	잣나무 1-1	0.586	0.954	0.614	0.386
	잣나무 1-2	0.873	1.079	0.809	0.191
	잣나무 1-3	0.640	1.079	0.593	0.407
	잣나무 1-4	0.554	1.000	0.554	0.446
	잣나무 2-1	0.943	1.079	0.874	0.126
	잣나무 2-2	0.588	0.778	0.755	0.245
	잣나무 2-3	0.649	0.845	0.767	0.233
	잣나무 2-4	0.943	1.146	0.823	0.177
잣나무 3-1	0.931	1.000	0.931	0.069	
잣나무 3-2	0.746	0.954	0.781	0.219	

	잣나무 3-3	0.967	1.114	0.868	0.132
	잣나무 3-4	0.905	1.041	0.869	0.131
	일본잎갈나무 1-1	0.816	1.146	0.712	0.288
	일본잎갈나무 1-2	0.881	1.230	0.716	0.284
	일본잎갈나무 1-3	1.045	1.322	0.791	0.209
	일본잎갈나무 1-4	1.058	1.204	0.879	0.121
	일본잎갈나무 2-1	0.951	1.255	0.758	0.242
	일본잎갈나무 2-2	0.813	1.041	0.781	0.219
	일본잎갈나무 2-3	1.075	1.204	0.892	0.108
	일본잎갈나무 2-4	1.102	1.362	0.809	0.191
	일본잎갈나무 3-1	0.946	1.079	0.877	0.123
	일본잎갈나무 3-2	0.918	1.079	0.850	0.150
	일본잎갈나무 3-3	0.836	1.255	0.666	0.334
	일본잎갈나무 3-4	0.814	1.146	0.710	0.290
대조군	신갈나무-굴참나무 1	1.072	1.176	0.912	0.088
	신갈나무-굴참나무 2	0.888	1.041	0.853	0.147
	신갈나무-굴참나무 3	1.007	1.176	0.856	0.144
	신갈나무-굴참나무 4	0.862	0.954	0.904	0.096
	신갈나무 1	1.022	1.176	0.869	0.131
	신갈나무 2	0.830	0.954	0.870	0.130
	신갈나무 3	0.986	1.176	0.838	0.162
	신갈나무 4	0.782	1.079	0.724	0.276
	소나무 1	0.808	1.230	0.657	0.343
	소나무 2	1.163	1.342	0.867	0.133
	소나무 3	0.722	1.301	0.555	0.445
	소나무 4	1.231	1.447	0.850	0.150

3) 나이트 분석

- 대상지는 1985년~2002년 사이 조림된 대상지임. 표준지 내에서 채취한 목편 분석 결과 모두 해당 기간에 조림된 수종인 것으로 확인됨
- 자작나무의 경우 나이트의 식별이 어려워 별도로 분석하지 않음

표 70. 제천 화당리 나이트 분석 결과

구분		수고	흉고직경	수령
표준지	잣나무	13	33	26개
	일본잎갈나무	16	33	38개
	일본잎갈나무	15	33	37개
대조군	소나무	18	44	46개
	굴참나무	16	26.5	28개

6.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 제천 화당리 조림 표준지 3곳과 대조군 3곳의 유기물 함량은 대상지에 따라 차이를 보였으나 기본적으로 모두 5.0% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 ‘상급’으로 평가되며, 국내 산림의 평균 유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨. 또한 같은 상급이라도 조림지 유기물 함량 평균값(9.75)은 대조군 평균값(6.18%)보다 다소 높았는데, 이는 안면도 대상지의 사례와는 달리 조림지가 대조군의 생육환경보다 더 우수한 경우라고 볼 수 있음
- 토양 전질소는 대상지별로 0.18에서 0.56까지 차이를 보였으나 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 모두 상급에 해당함. 토양 전질소도 조림지 평균값(0.36)이 대조군 평균값(0.23)보다 조금 더 우세했음
- 6개 대상지의 pH는 자작나무 대상지(4.34) 1곳을 제외하면 모두 4.5 이상으로 하급이었고, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30보다 모두 양호한 수준이었음. 치환성 K, Ca, Mg의 경우 모든 대상지가 조경설계기준상 하급 범위에 포함되었음. 국내 평균보다 낮은 수치를 보이는 지역이므로 향후 산성비 피해 예방을 위해 비료를 시비하고, 토양산도 측정을 주기적으로 시행하여 대책 마련이 필요함
- 양이온치환용량(CEC)은 9.8cmol⁺/kg에서 27.8cmol⁺/kg까지 분포하였고, 상급에 해당하

는 자작나무 조림지(27.8cmol⁺/kg), 일본잎갈나무 조림지(21.6cmol⁺/kg)를 제외한 모든 대상지가 중급(6~20)으로 평가됨. 2곳의 조림지를 제외하면 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol⁺/kg에도 미치지 못함

표 71. 제천 화당리 토양 분석 결과

항목	조림지			대조군		
	자작나무	잣나무	일본 잎갈나무	신갈나무- 굴참나무	신갈나무	소나무
유기물(%)	13.57	5.54	10.14	5.51	6.21	6.82
N(%)	0.56	0.18	0.34	0.19	0.21	0.28
유효인산(mg/kg)	63.61	36.15	82.69	35.24	31.81	50.88
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.25	0.099	0.12	0.14	0.072	0.18
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	0.96	0.52	0.76	1.02	0.18	1.71
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.28	0.1	0.19	0.33	0.062	0.28
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.059	0.048	0.057	0.055	0.045	0.063
양이온 치환용량 (cmol ⁺ /kg)	27.8	11.2	21.6	17.4	9.8	17.8
pH	4.34	4.63	4.52	4.73	4.62	4.72
전기전도도(dS/m)	0.16	0.087	0.092	0.091	0.064	0.14
NaCl(%)	0.0024	0.0017	0.0019	0.0036	0.0058	0.0155
모래(%)	36.55	66.64	36.47	50.71	69.95	48.97
미사(%)	26.86	12.53	26.72	19.22	12.69	21.86
점토(%)	36.59	20.83	36.81	30.07	17.35	29.86
분류(%)	식양토	사질식양토	식양토	사질식양토	사질양토	사질식양토



그림 47. 자작나무 조림지 하층부

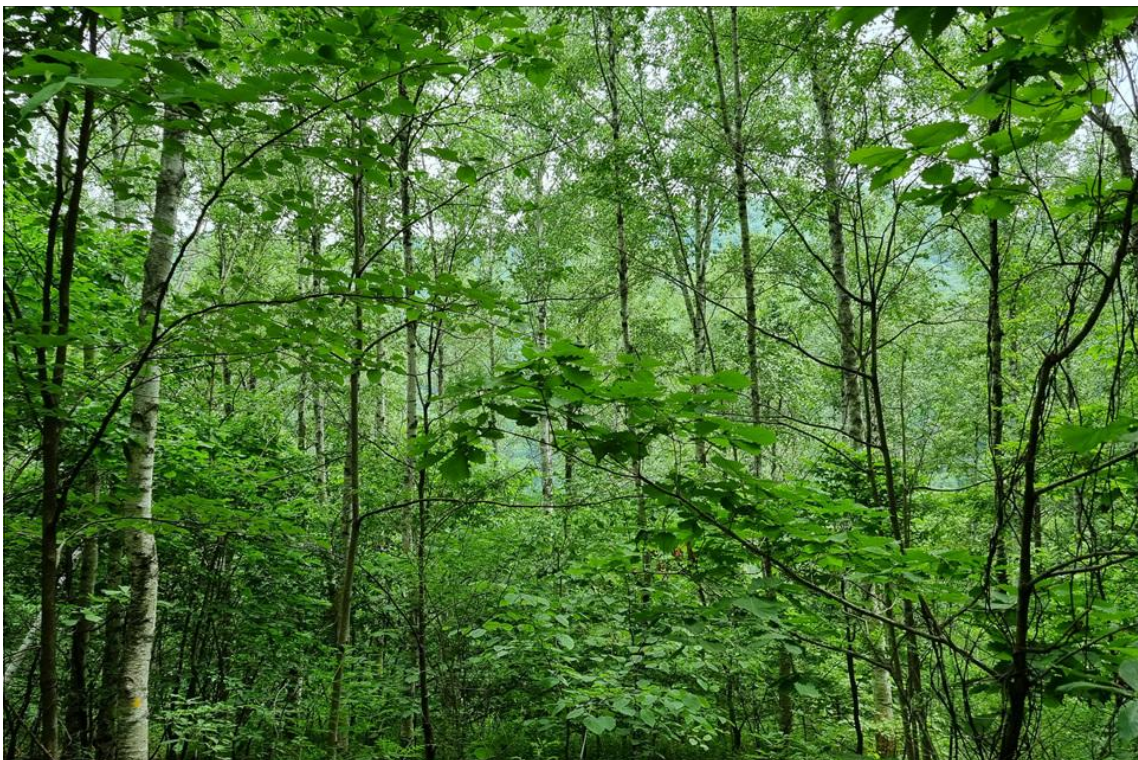


그림 48. 자작나무 조림지 상층부



그림 49. 일본잎갈나무 하층부

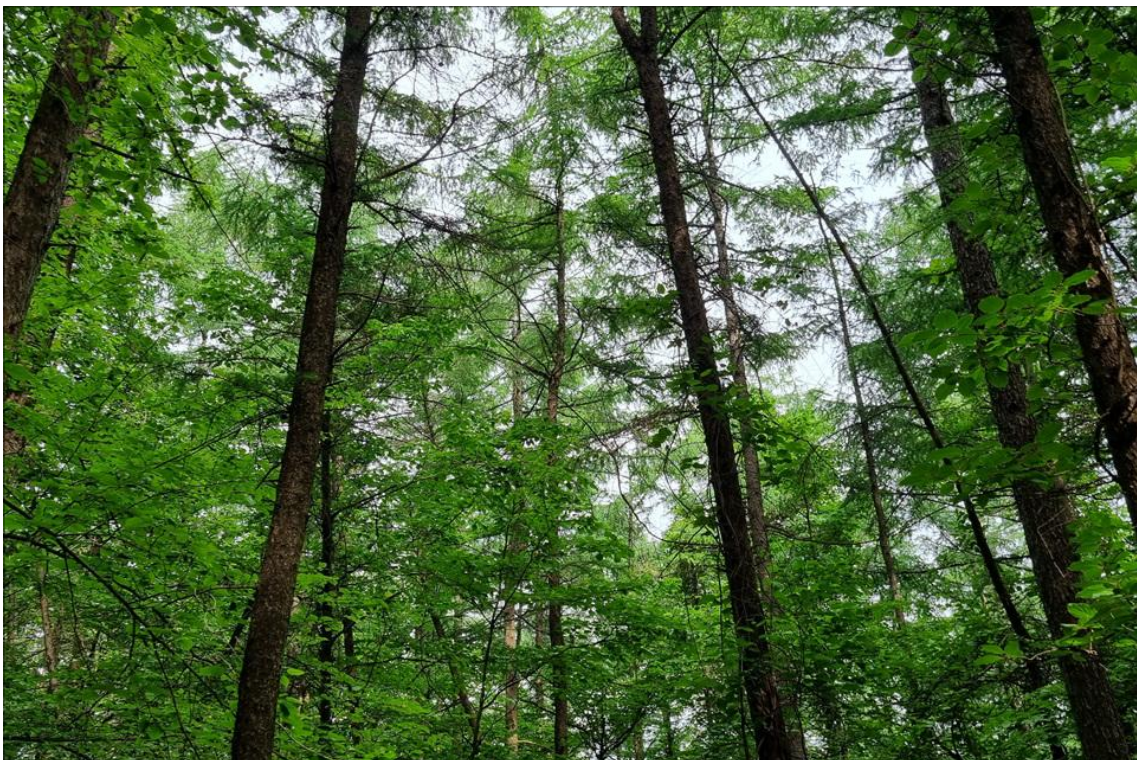


그림 50. 일본잎갈나무 상층부



그림 51. 주변 수확 후 조림을 실시한 지역

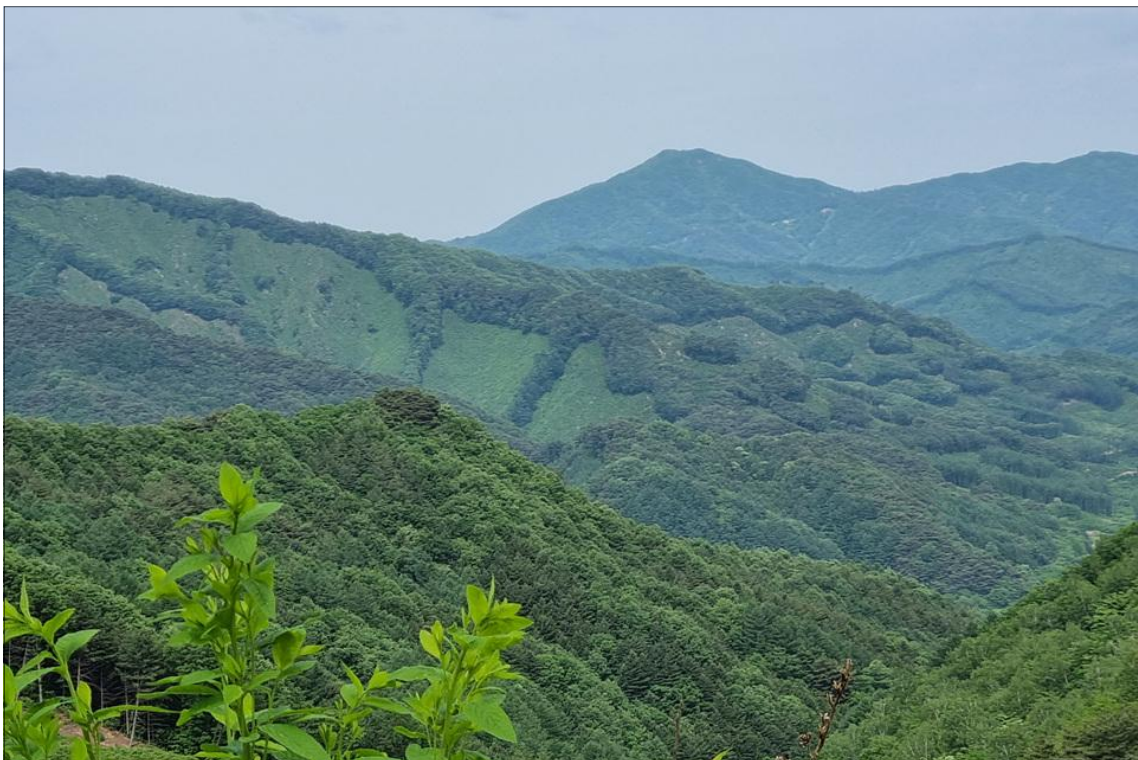


그림 52. 주변지역 원경



그림 53. 잣나무림

7. 거제 삼거동

7.1 조림 사업 내용

1) 대상지 개요

- 현장에 설치된 안내판 자료에 의하면 유한김벌리에서는 거제시 삼거동 산1-1외 20필지에 편백 외 5종 240ha, 612,000본을 식재한 것으로 기록되어 있음
- 본 연구의 조사대상 조림지는 경남 거제시 삼거동 산1-1와 산162번지로 유한김벌리 산림자원조성 기금으로 1987년부터 1990년까지 편백을 조림한 지역임

조림 목적	목재 생산을 위한 용재수 조림	
나무식재	식재위치	거제시 삼거동 산1-1, 거제시 삼거동 산162
	식재년도	1987년~1990년
	조림면적 및 본수 (조사면적)	45.54ha, 138,000본(61.0ha)
	수종	편백
	수행주체	지원 : 유한김벌리(산림자원조성 기금)

2) 조림사업 실행 내역

- 생명의숲에서 작성한 기초조사 자료에서 제시한 필지별 조림이력은 다음과 같음

표 72. 거제 삼거동 조림사업 실행 내역

소재지	조림년도	조림수종	묘목규격	조림면적 (ha)	식재본수 (총 본수)
삼거동 산1-1	1989	편백	1-1	9.90	30,000
삼거동 산162	1987-1990	편백	1-1-1	35.64	108,000
합 계				45.54	138,000

7.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 조사대상지는 기초조사 자료와 함양 국유림관리소에서 받은 임·소반도를 참고하여 선정하였음
- 해당 임·소반 중 편백 조림지로 판단되는 지역을 항공사진에서 구획 및 현장 확인 후 조사 대상 구역 61.00ha를 확정하였음
- 표준지 크기는 20m × 20m로 하고 소반별로 배치하여 조사하였으며 표준지 위치와 표준지 좌표는 다음과 같음

표 73. 거제 삼거동 표준지 배치 내역

표준지 No.	표준지 크기(m ²)	조림수종	임·소반 명칭 (지번)	GPS좌표(GRS80 중부)	
				X좌표	Y좌표
1	400	편백	14-0-14-0(산1-1)	351727	250235
2	400	편백	14-0-14-0(산1-1)	351834	250216
3	400	편백	14-0-14-0(산1-1)	351954	250168
4	400	편백	14-0-18-0(산162)	353110	249505
5	400	편백	14-0-18-0(산162)	352859	249387
6	400	편백	14-0-18-0(산162)	352862	249293
7	400	편백	14-0-18-0(산162)	353196	249128
8	400	편백	14-0-18-0(산162)	353440	249118
9	400	편백	14-0-18-0(산162)	353579	249341

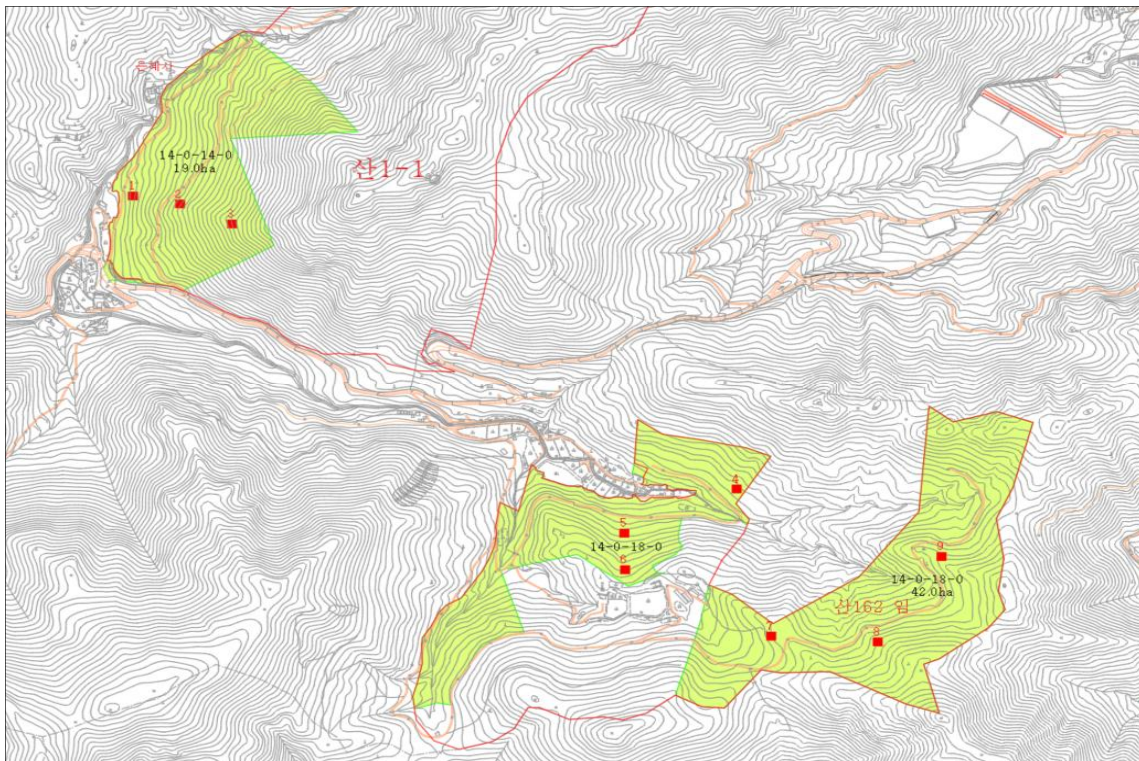


그림 54. 거제 삼거동 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 조림지 면적

표 74. 거제 삼거동 조림면적 및 조사면적

임·소반명	조림면적 (ha)	조사면적 (ha)
14-0-14-0	9.90	19.00
14-0-18-0	35.64	42.00
합 계	45.54	61.00

(2) 입목재적

- 편백 조림지는 단순림 형태로 분포하며 활력과 형질은 양호한 것으로 조사됨
- 14-0-14-0소반은 평균직경 30cm, 평균수고 13m이고 ha당 입목본수는 519본, ha당 입목재적은 278.32m³인 것으로 조사됨
 - 편백 입목본수는 503본(275.31m³)/ha으로 편백 점유비율은 재적기준 99%인 것으로 조사됨
- 14-0-18-0소반은 평균직경 34cm, 평균수고 13m이고 ha당 입목본수는 390본, ha당 입목재적은 270.78m³인 것으로 조사됨
 - 편백 입목본수는 362본(257.52m³)/ha으로 편백 점유비율은 재적기준 95%인 것으로 조사됨

표 75. 거제 삼거동 조림목 본수 집계표

임·소반	수 종	ha당 축적		총 축적		직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
		본수	재적(m ³)	본수	재적(m ³)			
14-0-14-0	편 백	503	275.31	9,557	5,230.95	30/10/42	14/7-17	99%
	전 체	519	278.32	9,861	5,288.05	30/10-42	13/7-17	
14-0-18-0	편 백	362	257.52	15,204	10,815.63	34/18-48	14/10-15	95%
	전 체	390	270.78	16,380	11,372.60	34/10-50	13/6-15	

3) 조림지 평가 및 사후관리방안

- 산림 조사결과 조사대상지 전 지역이 유한킴벌리 산림자원 조성 기금으로 조림한 지역이 맞은 것으로 판단됨
- 전체적으로 조사한 지역은 편백 조림성공지로 평가됨
- 14-0-14-0소반
 - 입목밀도는 적정하며 수관의 초두부는 원추형과 종형의 중간 정도로 성장속도는 느리지만 당분간 지속생장이 가능할 것으로 판단됨
 - 독특한 산물수집 방법(응용형 열식간벌)과 편백 치수 보육을 통한 천연하중갱신 가능성에 대하여는 세밀한 조사와 연구가 필요한 것으로 판단됨
- 14-0-18-0소반
 - 지속적인 숲아베기 실행으로 입목밀도는 낮은 편이며 수관부가 종형으로 수고생장이 거의 멈춘 것으로 판단됨
- 삼거동 편백 조림지는 H/D값이 타 지역에 비해 매우 낮음. 즉, 직경에 비해 수고가 낮음. 그 이유는 다음과 같이 추정됨
 - 수고생장을 촉진시킬 시기에 너무 강도로 숲아베기를 실행한 것으로 판단됨. 생장추로 추출한 연륜을 보면 약 25년생 까지는 연륜 폭이 매우 넓음. 이후는 연륜 폭이 좁음. (연륜폭 사진 참조)
- 숲아베기를 지속적으로 실행하여 잘 관리되고 있는 것으로 판단됨. 최근에 숲아베기를 실시하여 수확시까지 무육관리는 필요하지 않음

7.3 식물상 조사 결과

■ 표준지

- 편백 조사구에서 확인된 식물상(목본)은 37과 45속 65종 1아종 2변종 1품종으로 총 70분류군으로 나타남. 장미과(12.9%), 콩과(5.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 병꽃나무가 확인됨
- 거제 편백 조림지의 경우 대다수 조사구에 중층 식생이 발달하지 않았고 하층의 경우 비목나무, 작살나무 등이 주로 생육하는 것을 보아 습윤지이면서 음지 비중이 높은 곳임을 알 수 있음. 일부 조사구의 경우 팔배나무, 서어나무 등의 천이 중기 및 후기 식생도 확인되나 대다수는 이에 해당하지 않으므로 현재 식생 구성이 일정 기간 유지될 것으로 판단됨

■ 대조군(숲가꾸기 미실행지)

- 숲가꾸기 미실행지에서 확인된 식물상(목본)은 27과 31속 44종 3변종으로 총 47분류군으로 나타남. 장미과(14.9%), 콩과(10.6%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 서어나무가 확인됨
- 중층에 비목나무-밤나무-쪽동백나무 순으로, 하층에 비목나무-작살나무 순으로 우점하는 것을 볼 때 습윤하고 음지 비중이 높은 환경으로 판단됨

■ 대조군(활엽수림)

- 연구대상지와 인접한 활엽수림 지역에서 확인된 식물상(목본)은 25과 27속 37종 2변종으로 총 39분류군으로 나타남. 자작나무과(10.3%), 물푸레나무과(7.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 서어나무가 확인됨
- 활엽수림 대조군의 경우 상층에 때죽나무-팔배나무-졸참나무 순으로, 중층에 때죽나무-당단풍나무-팔배나무 순으로 우점하고 있음. 이를 통해 비교적 음지가 많은 습윤한 환경임을 유추할 수 있고 천이 중간 단계에서 발달하는 졸참나무, 팔배나무 등 수종의 존재로 현재 천이 단계가 중기로 접어들었음을 알 수 있음
- 각 대상지의 표준지 면적이 모두 다르므로 단순 비교를 하기는 어려우나 숲가꾸기 미실행지에 비해 조사 면적이 넓은 활엽수림에서 출현한 종 수가 낮게 나타난 것은 조림 사업을

통한 생물다양성 증가의 의미를 가질 수 있음

표 76. 거제 삼거동 식물상(목본)

구 분		과	속	종	아종	변종	품종	소계
표준지	나자식물	1	1	1	-	-	-	1
	단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
	쌍자엽식물	35	43	62	1	2	1	66
	계	37	45	65	1	2	1	70
대조군 (숲가꾸기 미실행지)	나자식물	1	1	1	-	-	-	1
	단자엽식물	1	1	1	-	-	-	1
	쌍자엽식물	25	29	42	-	3	-	45
	계	27	31	44	-	3	-	47
대조군 (활엽수림)	나자식물	2	2	4	-	-	-	4
	단자엽식물	1	1	1	-	-	-	1
	쌍자엽식물	22	24	32	-	2	-	34
	계	25	27	37	-	2	-	39

7.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 편백 조림지

- 임황조사와 인접한 지점에서 20x20m 크기의 방형구(10x10m 36개) 9개소를 설치하여 분석한 결과는 다음과 같음
- 상층에는 9개소 전체에서 편백나무가 100% 우점하며, 아교목층에서는 수종이 나타나지 않거나 사람주나무, 서어나무, 나도밤나무, 두릅나무 등 조사구별로 각기 다른 소수의 수종이 우점하는 것으로 보아 대부분 조사구에서 아교목층의 밀도가 매우 낮은 것으로 확인됨. 이는 편백나무의 타감작용으로 인한 영향과, 지속적인 관리에 의한 영향인 것으로 판단됨
- 관목층에서는 비목나무, 합다리나무, 조록싸리, 작살나무 등이 경쟁관계에 있음. 일부 조사구에서는 편백나무의 치수가 활발하게 발생하고 있는 것을 확인함

표 77. 거제 삼거동 상대우점치 분석 결과(편백)

종명	조사구 /총위	편백 1-1				편백 1-2				편백 1-3				편백 1-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
편백		100.00		9.99	77.50	100.00		4.68	76.17	100.00	13.77	4.67	55.37	100.00		24.59	81.15
비목나무				14.22	3.56			19.95	4.99		22.25	16.58	10.18			18.02	4.50
두릅나무				8.12	2.03			10.99	2.75		14.84	8.54	6.37			4.52	1.13
산검양옻나무								9.73	2.43		32.05		10.68				
작살나무				7.49	1.87			5.58	1.40		4.24	3.94	2.07			11.91	2.98
개서어나무				24.27	6.07												
밤나무				3.62	0.91			3.29	0.82		7.42	9.55	4.06				
조록싸리				2.92	0.73			13.57	3.39			5.49	0.92			2.07	0.52
초피나무				2.50	0.62			6.27	1.57			9.77	1.63			2.64	0.66
청미래덩굴				1.79	0.45			5.93	1.48			5.75	0.96			4.76	1.19
덜꿩나무				5.41	1.35			1.02	0.26			1.83	0.30			7.22	1.80
쪽동백나무				1.46	0.36			1.02	0.26		5.43	6.29	2.86			0.29	0.07
국수나무				4.04	1.01			0.91	0.23			2.54	0.42			4.88	1.22
개울나무								5.17	1.29			3.33	0.56			0.47	0.12
물푸레나무				5.00	1.25			2.34	0.59								
곰딸기								4.54	1.13			2.99	0.50				
계오등				1.79	0.45							4.72	0.79				
마삭줄																5.18	1.30
싸리				4.00	1.00							0.96	0.16				
다릅나무								0.91	0.23			2.36	0.39			1.04	0.26
가새잎개머루				3.37	0.84							0.45	0.08			0.29	0.07
쇠물푸레나무																3.41	0.85
말오줌때												2.36	0.39			1.04	0.26
때죽나무												1.52	0.25			1.04	0.26
말발도리												2.36	0.39				
다래												1.81	0.30			0.35	0.09

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

당단풍나무								0.91	0.23								0.81	0.20
말채나무																	1.56	0.39
생강나무								1.02	0.26								0.35	0.09
느티나무								1.25	0.31									
담쟁이덩굴												1.06	0.18					
사위질방								0.91	0.23									
윤노리나무																	0.78	0.19
합다리나무																	0.69	0.17
감태나무																	0.59	0.15
청가시덩굴												0.60	0.10					
산수국												0.51	0.08					
노린재나무																	0.47	0.12
서어나무																	0.47	0.12
줄말기																	0.31	0.08
참싸리																	0.29	0.07
종명	조사구 / 중위	편백 2-1				편백 2-2				편백 2-3				편백 2-4				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
편백	100.00				75.00	100.00		6.94	76.74	100.00		8.63	51.44	100.00		11.00	77.75	
사람주나무											100.00		33.33					
비목나무			20.91	5.23			8.68	2.17				12.18	2.03			16.52	4.13	
합다리나무			4.71	1.18			24.30	6.07				20.52	3.42			4.53	1.13	
초피나무			9.85	2.46			2.91	0.73				6.61	1.10			15.74	3.94	
조록싸리			14.07	3.52			10.13	2.53				2.92	0.49			6.17	1.54	
작살나무			6.93	1.73			13.96	3.49				6.13	1.02			6.47	1.62	
청미래덩굴			3.77	0.94			1.74	0.43				4.99	0.83			9.75	2.44	
서어나무			9.83	2.46			4.65	1.16				4.59	0.77					
덜꿩나무			4.89	1.22			1.59	0.40				2.94	0.49			4.92	1.23	
국수나무			1.26	0.31			3.24	0.81				4.85	0.81			3.46	0.87	
두릅나무			2.51	0.63			1.59	0.40				4.70	0.78			3.27	0.82	
나도밤나무			2.34	0.58			4.15	1.04				0.89	0.15			2.15	0.54	
감태나무			8.76	2.19												0.65	0.16	
쪽동백나무							4.41	1.10				3.87	0.64			0.80	0.20	
산딸나무							5.71	1.43				0.83	0.14					
밤나무							2.21	0.55				0.62	0.10			2.99	0.75	
개울나무							2.21	0.55				0.75	0.12			1.51	0.38	
가새잎개머루			1.08	0.27			1.59	0.40				0.22	0.04			0.62	0.16	
때죽나무												1.89	0.32			1.59	0.40	
삼지닥나무												3.56	0.59					
산검양꽃나무			1.81	0.45												0.80	0.20	
팔배나무			1.08	0.27								1.42	0.24					
곰말기												0.24	0.04			2.16	0.54	
노린재나무												1.25	0.21			1.05	0.26	
산뽕나무			2.06	0.52														
윤노리나무												0.20	0.03			1.87	0.47	
마삭줄			1.81	0.45														
느티나무												1.62	0.27					
계요등			1.26	0.31														
줄말기			1.08	0.27														
잔털벗나무												0.94	0.16					
쇠물푸레나무												0.85	0.14					
줄참나무												0.81	0.14					
싸리												0.24	0.04			0.37	0.09	
사위질방																0.37	0.09	
산딸기																0.37	0.09	
생강나무																0.37	0.09	
검노린재												0.31	0.05					
병꽃나무																0.25	0.06	
참싸리																0.24	0.06	

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

산수국																		0.24	0.04	
담쟁이덩굴																			0.20	0.03
종명	조사구 /총위	편백 3-1				편백 3-2				편백 3-3				편백 3-4						
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV			
편백		100.00		5.75	76.44	100.00		1.65	75.41	100.00		18.08	53.01	100.00	38.84	21.45	66.52			
서어나무				1.85	0.46			16.37	4.09		100.00	7.08	34.51		14.65	2.11	5.24			
청미래덩굴				14.33	3.58			9.81	2.45			14.03	2.34			14.71	2.45			
비목나무				13.34	3.34							13.16	2.19			18.34	3.06			
밤나무				2.42	0.60			3.69	0.92						31.85		10.62			
쪽동백나무				8.46	2.12			14.72	3.68			7.87	1.31			1.24	0.21			
달팽나무				12.01	3.00							13.50	2.25			6.26	1.04			
쇠물푸레나무				10.25	2.56			2.36	0.59			8.85	1.48							
개웃나무				1.46	0.37			13.27	3.32			1.33	0.22			1.91	0.32			
말오줌때															14.65		4.88			
조록싸리				3.76	0.94			5.46	1.37							4.00	0.67			
생강나무				2.93	0.73			3.91	0.98			3.13	0.52			2.33	0.39			
줄참나무				4.22	1.05			6.86	1.72											
물푸레나무								9.81	2.45											
윤노리나무				4.68	1.17							2.43	0.41			0.84	0.14			
개서어나무				6.61	1.65															
가새잎개머루								3.30	0.83			2.35	0.39			1.04	0.17			
두릅나무												2.43	0.41			4.07	0.68			
작살나무												2.90	0.48			3.17	0.53			
초피나무												0.64	0.11			3.95	0.66			
굴피나무				1.46	0.37			2.36	0.59											
붉나무				1.35	0.34											2.49	0.42			
매죽나무																3.54	0.59			
진달래																3.09	0.52			
나도밤나무				2.42	0.60											0.42	0.07			
산초나무				2.69	0.67															
고욤나무								1.65	0.41											
소사나무								1.65	0.41											
국수나무								1.55	0.39											
오미자								1.55	0.39											
마삭줄																1.59	0.26			
다릅나무																1.56	0.26			
곰딸기												0.78	0.13			0.42	0.07			
계요등												0.64	0.11			0.42	0.07			
미역줄나무												0.78	0.13							
복분자딸기																0.42	0.07			
감태나무																0.32	0.05			
싸리																0.32	0.05			
종명	조사구 /총위	편백 4-1				편백 4-2				편백 4-3				편백 4-4						
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV			
편백		100.00		49.05	58.18	100.00		48.79	58.13	100.00		51.90	87.97	100.00		52.74	58.79			
작살나무			63.77	27.23	25.79			26.85	4.48			12.03	3.01		12.74	32.72	9.70			
나도밤나무			36.23	2.17	12.44	100.00		6.98	34.50							0.06	0.01			
비목나무				0.14	0.02			0.13	0.02			18.56	4.64		54.93	0.32	18.36			
고로쇠나무								4.37	0.73						16.16	0.23	5.43			
충충나무															16.16		5.39			
청미래덩굴				3.76	0.63			1.07	0.18							12.30	2.05			
윤노리나무				9.34	1.56							2.94	0.74							
가막살나무				3.39	0.56			6.94	1.16											
고욤나무				0.65	0.11							5.33	1.33							
초피나무				1.11	0.19			0.79	0.13			2.01	0.50			1.50	0.25			
당단풍나무												3.84	0.96							
진달래				2.17	0.36															
계요등								1.97	0.33											

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

팔배나무							1.97	0.33										
때죽나무												1.32	0.33					
산딸기												1.23	0.31					
말발도리			0.99	0.16														
두릅나무												0.41	0.10					
개웃나무												0.25	0.06			0.13	0.02	
가새잎개머루							0.13	0.02										
마삭줄												0.10	0.02					
조록싸리												0.10	0.02					
조사구 /총위	편백 5-1				편백 5-2				편백 5-3				편백 5-4					
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
편백	100.00		6.73	76.68	100.00		36.19	84.05	100.00		35.73	55.96	100.00		29.70	82.43		
합다리나무										100.00		33.33						
작살나무							7.32	1.83				28.99	4.83			32.19	8.05	
비목나무			33.95	8.49			2.53	0.63				19.20	3.20			7.18	1.79	
당단풍나무			23.82	5.96			10.32	2.58										
윤노리나무							10.61	2.65								6.29	1.57	
초피나무			2.73	0.68								3.62	0.60			7.48	1.87	
곰딸기			3.90	0.97			6.45	1.61								2.87	0.72	
두릅나무			2.73	0.68			5.79	1.45				1.48	0.25			1.13	0.28	
고욤나무							3.54	0.88								6.29	1.57	
개웃나무			7.22	1.80								1.23	0.20			0.72	0.18	
조록싸리			2.24	0.56			2.53	0.63				1.23	0.20			2.15	0.54	
노린재나무							7.32	1.83										
대뺏집나무							3.54	0.88				2.96	0.49					
계요등			4.29	1.07														
고로쇠나무			4.29	1.07														
국수나무			1.95	0.49			0.63	0.16								0.51	0.13	
마삭줄												3.27	0.54					
가새잎개머루			2.24	0.56			0.63	0.16										
산딸기							1.32	0.33								1.53	0.38	
담쟁이덩굴			1.95	0.49														
산뽕나무			1.95	0.49														
감태나무												1.48	0.25					
줄딸기							1.27	0.32										
줄참나무												0.81	0.14					
박쥐나무																0.72	0.18	
청미래덩굴																0.72	0.18	
싸리																0.51	0.13	
조사구 /총위	편백 6-1				편백 6-2				편백 6-3				편백 6-4					
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
편백	100.00			50.00	100.00		0.99	75.25	100.00		6.91	51.15	100.00		5.05	50.84		
나도밤나무			1.45	0.24			2.11	0.53		100.00	10.00	35.00		100.00	5.51	34.25		
비목나무		39.05	22.40	16.75			21.97	5.49			9.62	1.60			15.46	2.58		
작살나무			22.11	3.68			25.68	6.42			7.28	1.21			20.00	3.33		
덜꿩나무			9.34	1.56			15.98	4.00			15.22	2.54			5.85	0.98		
때죽나무			21.90	5.22	8.17		3.19	0.80			4.23	0.70			3.47	0.58		
서어나무			19.52	3.18	7.04		1.08	0.27							11.22	1.87		
초피나무			1.54	0.26			11.43	2.86			15.15	2.52			6.92	1.15		
국수나무				10.67	1.78		4.27	1.07			6.45	1.08			10.09	1.68		
팔배나무		19.52		6.51														
조록싸리			6.71	1.12			4.87	1.22			0.70	0.12			1.68	0.28		
생강나무			1.45	0.24							8.97	1.49			1.68	0.28		
가막살나무							5.20	1.30			1.04	0.17			4.54	0.76		
청미래덩굴				2.17	0.36		1.08	0.27			1.57	0.26			3.66	0.61		
밤나무											5.28	0.88						
곰딸기											1.06	0.18			3.18	0.53		

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

대뺨집나무			3.18	0.53							0.70	0.12					
산초나무			3.77	0.63													
감태나무			1.45	0.24							1.59	0.27					
산딸기							2.16	0.54									
개웃나무			2.23	0.37													
가새잎개머루															1.68	0.28	
사위질빵			0.58	0.10							1.04	0.17					
두릅나무											1.59	0.27					
노린재나무			1.45	0.24													
계요등			1.11	0.18													
고로쇠나무											0.53	0.09					
담쟁이덩굴											0.53	0.09					
쪽동백나무											0.53	0.09					
종명	조사구 /총위	편백 7-1				편백 7-2				편백 7-3				편백 7-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
편백		100.00		1.10	50.18	100.00		48.93	58.16	100.00		4.93	50.82	100.00		13.00	52.17
비목나무			42.47	61.81	24.46		100.00	34.43	39.07		100.00	71.71	45.28		88.65	59.55	39.48
고욤나무			21.14		7.05												
덜꿩나무				2.80	0.47			0.32	0.05			4.35	0.72		11.35	4.26	4.49
청미래덩굴				6.55	1.09			9.50	1.58			0.94	0.16			1.46	0.24
작살나무				8.77	1.46			0.68	0.11			2.10	0.35			5.60	0.93
국수나무				2.21	0.37			0.32	0.05			8.49	1.42			3.79	0.63
잔털벚나무			7.41		2.47												
당단풍나무			6.20		2.07												
때죽나무				1.52	0.25			2.75	0.46							3.97	0.66
조록싸리				1.16	0.19			0.65	0.11			0.94	0.16			5.24	0.87
산딸기				5.78	0.96							0.94	0.16			0.73	0.12
초피나무				3.85	0.64							0.94	0.16				
싸리												2.81	0.47				
계요등				1.10	0.18			0.32	0.05							0.57	0.10
오미자												1.87	0.31				
곰딸기				1.16	0.19											0.37	0.06
졸참나무				1.10	0.18			0.32	0.05								
고로쇠나무				1.10	0.18												
개웃나무																0.73	0.12
두릅나무								0.65	0.11								
가막살나무								0.46	0.08								
마삭줄																0.37	0.06
소사나무																0.37	0.06
가새잎개머루								0.32	0.05								
개서어나무								0.32	0.05								
피나무			22.77		7.59												
종명	조사구 /총위	편백 8-1				편백 8-2				편백 8-3				편백 8-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
편백		100.00		11.29	51.88	100.00		2.12	50.35	100.00		42.59	85.65	100.00		14.41	52.40
비목나무			100.00	28.07	38.01		43.00	34.45	20.07			12.66	3.16		60.90	35.72	26.26
작살나무				16.83	2.81			21.22	3.54			16.46	4.12			22.16	3.69
사람주나무							57.00		19.00								
쪽동백나무				0.54	0.09			2.12	0.35						39.10		13.03
국수나무				9.04	1.51			10.74	1.79			0.62	0.16			1.32	0.22
때죽나무				9.98	1.66			3.86	0.64			3.24	0.81			3.82	0.64
초피나무				12.31	2.05			3.99	0.66			0.46	0.11			1.79	0.30
덜꿩나무				2.20	0.37			8.49	1.41			3.57	0.89			0.94	0.16
조록싸리				2.00	0.33			2.12	0.35			5.31	1.33			0.87	0.14
산초나무								4.24	0.71			3.45	0.86			1.19	0.20
두릅나무								3.44	0.57			1.39	0.35			0.99	0.16
출떨기																4.42	0.74

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

고욤나무			1.77	0.29			2.12	0.35									
생강나무											3.24	0.81					
마삭줄			0.60	0.10												2.63	0.44
노린재나무																3.14	0.52
계요등			0.37	0.06							0.21	0.05				2.51	0.42
산딸기			0.62	0.10							0.41	0.10				1.98	0.33
윤노리나무			0.20	0.03							2.54	0.63					
곰딸기											2.60	0.65					
청미래덩굴			0.37	0.06							0.71	0.18				1.39	0.23
가새잎개머루			0.77	0.13			1.07	0.18			0.29	0.07					
감태나무			0.88	0.15													
굴참나무			0.77	0.13													
싸리			0.57	0.09													
귀룽나무																0.40	0.07
가막살나무			0.37	0.06													
나도밤나무																0.33	0.05
개울나무			0.26	0.04													
줄참나무											0.24	0.06					
고로쇠나무			0.20	0.03													
종명	조사구 /총위	편백 9-1				편백 9-2				편백 9-3				편백 9-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
편백		100.00		50.08	58.35	100.00			50.00	100.00		1.69	50.28	100.00		13.17	52.19
비목나무			100.00	2.17	33.69		65.00	70.53	33.42		100.00	54.74	42.46		100.00	64.98	44.16
두릅나무				6.64	1.11		35.00		11.67								
작살나무				32.12	5.35			4.30	0.72			0.88	0.15				
당단풍나무												4.81	0.80			11.59	1.93
초피나무								8.55	1.42			1.29	0.21				
덜꿩나무				6.20	1.03							1.69	0.28				
윤노리나무																5.64	0.94
계요등				1.35	0.22			1.80	0.30							1.85	0.31
청미래덩굴				0.15	0.02			4.76	0.79			26.08	4.35				
조록싸리				0.43	0.07			3.17	0.53								
산병나무				0.15	0.02			3.17	0.53								
가새잎개머루								1.59	0.26							0.92	0.15
쪽동백나무								2.15	0.36								
마삭줄				0.15	0.02							8.82	1.47			0.92	0.15
개울나무																0.92	0.15
고추나무				0.43	0.07												
매죽나무				0.15	0.02												

(2) 대조군

■ 숲가꾸기 미실행지

- 편백 조림지 내 일부 숲가꾸기 미실행지에 대하여 생물다양성 등에 대한 비교를 위해 20x20m 크기의 방형구 1개를 설치하여 조사함
- 교목층에서는 편백이 안정적으로 우점하고 있으며, 아교목층에서는 쪽동백나무, 밤나무, 비목나무, 고로쇠나무, 서어나무 등이 경쟁 관계에 있음. 관목층에서는 비목나무, 청미래덩굴, 조록싸리, 작살나무, 쪽동백나무 등 매우 다양한 수종이 경쟁 관계에 있으며, 하층의 피도와 밀도가 매우 높음
- 교목과 아교목층에서 출현하는 종수가 상대적으로 많고, 아교목과 관목층에서도 편백이 확인되는 것이 표준지와 차별점으로 볼 수 있음

표 78. 거제 삼거동 상대우점치 분석 결과(대조군)

종명	조사구 /층위				숲가꾸기 미실행지 1-1				숲가꾸기 미실행지 1-2				숲가꾸기 미실행지 1-3				숲가꾸기 미실행지 1-4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV				
편백	100.00		8.00	51.33	100.00	7.53	7.24	53.72	100.00	20.00	3.12	57.19	100.00	20.00	23.39	60.56				
비목나무		28.43	17.25	12.35		20.22	13.76	9.03		8.57	13.95	5.18		42.22	27.33	18.63				
밤나무		28.43	3.70	10.09		18.59	1.31	6.42			4.15	0.69		37.78		12.59				
쪽동백나무		43.14	4.96	15.20		7.53	3.81	3.15			20.40	3.40								
산검양울나무			3.69	0.62		12.14		4.05		30.00	4.36	10.73			1.03	0.17				
작살나무			7.38	1.23			9.05	1.51			17.77	2.96			7.51	1.25				
청미래덩굴			21.13	3.52			8.74	1.46							6.56	1.09				
고로쇠나무										21.43		7.14								
조록싸리			5.64	0.94			8.93	1.49			5.42	0.90			2.92	0.49				
서어나무										20.00		6.67								
초피나무			3.45	0.57		4.77	6.93	2.74			4.07	0.68			1.74	0.29				
산뽕나무			1.28	0.21		12.14	1.11	4.23												
국수나무			1.07	0.18			5.54	0.92			7.48	1.25			0.55	0.09				
매죽나무			1.28	0.21		9.54	0.90	3.33							0.42	0.07				
덜꿩나무			1.41	0.23			5.10	0.85			1.43	0.24			4.98	0.83				
다래							0.18	0.03			10.46	1.74			0.55	0.09				
계요등			1.41	0.23			9.39	1.56												
마삭줄			1.71	0.29			4.93	0.82			1.87	0.31			0.45	0.07				
말채나무						7.53		2.51												
두릅나무			2.48	0.41			1.47	0.24			0.68	0.11			2.37	0.40				
합다리나무			6.51	1.09																
노린재나무							0.53	0.09							5.47	0.91				
나도밤나무			1.72	0.29			1.32	0.22			2.04	0.34								
싸리															4.91	0.82				
개울나무							2.31	0.38							2.50	0.42				
잔털벗나무							0.16	0.03							2.64	0.44				
가새잎개머루			1.07	0.18			1.70	0.28												
느티나무			1.07	0.18			0.25	0.04			1.36	0.23								
생강나무			0.93	0.15			0.43	0.07			0.80	0.13								
곰딸기															1.79	0.30				
산딸기							1.39	0.23												

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

감태나무						0.25	0.04				0.62	0.10			0.40	0.07
자귀나무		0.93	0.15			0.19	0.03									
동백나무		1.07	0.18													
다릅나무															1.03	0.17
쥐똥나무															1.03	0.17
맹맹이덩굴		0.88	0.15													
당단풍나무						0.70	0.12									
참싸리						0.53	0.09									
웃나무						0.51	0.08									
줄딸기															0.45	0.07
산초나무						0.25	0.04									
쥐다래						0.25	0.04									
팔배나무						0.25	0.04									
팽나무						0.25	0.04									
말오줌때						0.18	0.03									
복분자딸기						0.16	0.03									

2) 종다양도지수 분석

- 조사구 1, 2, 6의 경우 최대종다양도(H'max)가 1.114~1.505로 종 수가 매우 풍부하며, 조림지임에도 불구하고 균재도도 0.779~0.932로 상당히 높아 종다양도지수가 양호한 것으로 판단됨. 이는 숲가꾸기 및 목재수확지에 설치된 조사구의 경우 수관이 울폐되지 않아 하층의 발달이 활발하기 때문인 것으로 판단됨
- 반면 조사구 3,4,5의 경우 출현종수는 비교적 양호하나 균재도가 현저히 떨어져 종다양도 지수가 낮게 나타나는 것으로 확인됨. 이는 편백의 타감작용 등에 의해 하층의 발달이 억제되었기 때문인 것으로 판단됨

표 79. 거제 삼거동 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	편백 1-1	1.084	1.204	0.901	0.099
	편백 1-2	1.135	1.301	0.872	0.128
	편백 1-3	1.237	1.398	0.885	0.115
	편백 1-4	1.128	1.447	0.779	0.221
	편백 2-1	1.145	1.301	0.880	0.120
	편백 2-2	1.117	1.230	0.908	0.092
	편백 2-3	1.252	1.505	0.832	0.168
	편백 2-4	1.139	1.431	0.796	0.204
	편백 3-1	1.132	1.255	0.901	0.099
	편백 3-2	1.147	1.230	0.932	0.068
	편백 3-3	1.035	1.230	0.841	0.159
	편백 3-4	1.148	1.431	0.802	0.198
	편백 5-1	0.947	1.146	0.827	0.173
	편백 5-2	0.531	1.176	0.452	0.548
	편백 5-3	0.475	1.079	0.441	0.559
	편백 5-4	0.662	1.176	0.563	0.437
	편백 6-1	1.064	1.301	0.817	0.183
	편백 6-2	0.983	1.114	0.882	0.118
	편백 6-3	1.125	1.322	0.851	0.149
	편백 6-4	1.048	1.176	0.891	0.109
	편백 7-1	0.952	1.255	0.759	0.241
	편백 7-2	0.351	1.146	0.306	0.694
	편백 7-3	0.700	1.041	0.672	0.328
	편백 7-4	0.825	1.146	0.720	0.280
편백 8-1	0.937	1.342	0.698	0.302	
편백 8-2	0.970	1.146	0.846	0.154	
편백 8-3	0.433	1.255	0.345	0.655	

	편백 8-4	0.956	1.279	0.747	0.253
	편백 9-1	0.571	1.079	0.531	0.947
	편백 9-2	0.734	1.041	0.704	0.296
	편백 9-3	0.643	0.903	0.712	0.288
	편백 9-4	0.485	0.903	0.537	0.463

3) 나이트 분석

- 편백이 조림된지 33~36년 가량 된 대상지로, 나이트 분석 결과 조림 시기와 수령이 일치하는 것을 확인함
- 활엽수림대조군의 경우 산불지로 추정되는데, 편백 조림 시기와 비슷한 시기나 그 이전에 산불이 발생했음을 추정할 수 있음

표 80. 거제 삼거동 나이트 분석 결과

		수종	수고	흉고직경	수령
표준지	편백 8	편백	14	42	36년
	편백 6	편백	13	44	39년
	편백 4	편백	14	40	38년
대조군	활엽수림	곰솔	14	38	38년

7.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 거제 삼거동 조림 표준지 2곳과 대조군 2곳의 유기물 함량은 모든 표준지와 대조군이 5.0% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 '상급'으로 평가되며, 국내 산림의 평균 유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨. 조림 표준지의 평균값(11.42%)은 대조군 평균값(9.23%)보다 근소하게 높았음
- 토양 전질소는 4곳 대상지 모두 0.12% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 상급에 해당하였으나 조림 표준지의 평균값(0.34)이 대조군 평균값(0.17)보다 2배 정도로 높았음
- 6개 대상지의 pH는 모두 4.5 이상 5.0 이하로 하급에 해당하였으며, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30보다 조금 더 양호한 수준임. 치환성 K, Ca, Mg는 대상지 6곳 모두 하급(0.6 미만) 범위에 포함됨. 국내 평균보다 낮은 수치를 보이는 지역이므로 향후 산성비 피해 예방을 위해 비료를 시비하고, 토양산도 측정을 주기적으로 시행하여 대책 마련이 필요함
- 양이온치환용량(CEC)은 14.1 cmol^+ /kg에 20.6 cmol^+ /kg까지 분포하였고, 편백 조림지 1번(20.6)을 제외한 모든 대상지가 중급(6~20)에 해당하는 수치를 보였으나, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2 cmol^+ /kg에 비해서는 다소 낮은 수치를 보임

표 81. 거제 삼거동 토양 분석 결과

항목	표준지		대조군	
	편백 1	편백 2	숲가꾸기 미실행지	활엽수림
유기물(%)	11.36	11.49	9.2	9.27
N(%)	0.35	0.34	0.16	0.18
유효인산(mg/kg)	68.7	24.43	22.9	31.3
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.25	0.17	0.18	0.22
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	0.9	0.69	1.32	0.78
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.23	0.22	0.34	0.26
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.077	0.078	0.11	0.081
양이온 치환용량 (cmol ⁺ /kg)	20.6	16.6	14.1	14.7
pH	4.67	4.74	4.93	4.67
전기전도도(dS/m)	0.076	0.068	0.073	0.075
NaCl(%)	-	-	-	-
모래(%)	47.74	36.62	38.71	47.53
미사(%)	25.56	34.91	33.73	24.55
점토(%)	26.7	28.47	27.56	27.92
분류(%)	사질식양토	식양토	식양토	사질식양토



그림 55. 14-0-14-0소반 산록부 - 2023년 숲아베기 및 산물수집 실행



그림 56. 14-0-14-0소반 산록부 - 2023년 숲아베기 후 산물 임내 존치



그림 57. 수집한 산물을 임도변에 집적 (14-0-14-0소반)



그림 58. 수관층 소재된 지역 편백 천연치수 발생 (14-0-14-0소반)



그림 59. 14-0-18-0소반 최근 속아베기 및 산물수집 실행지역

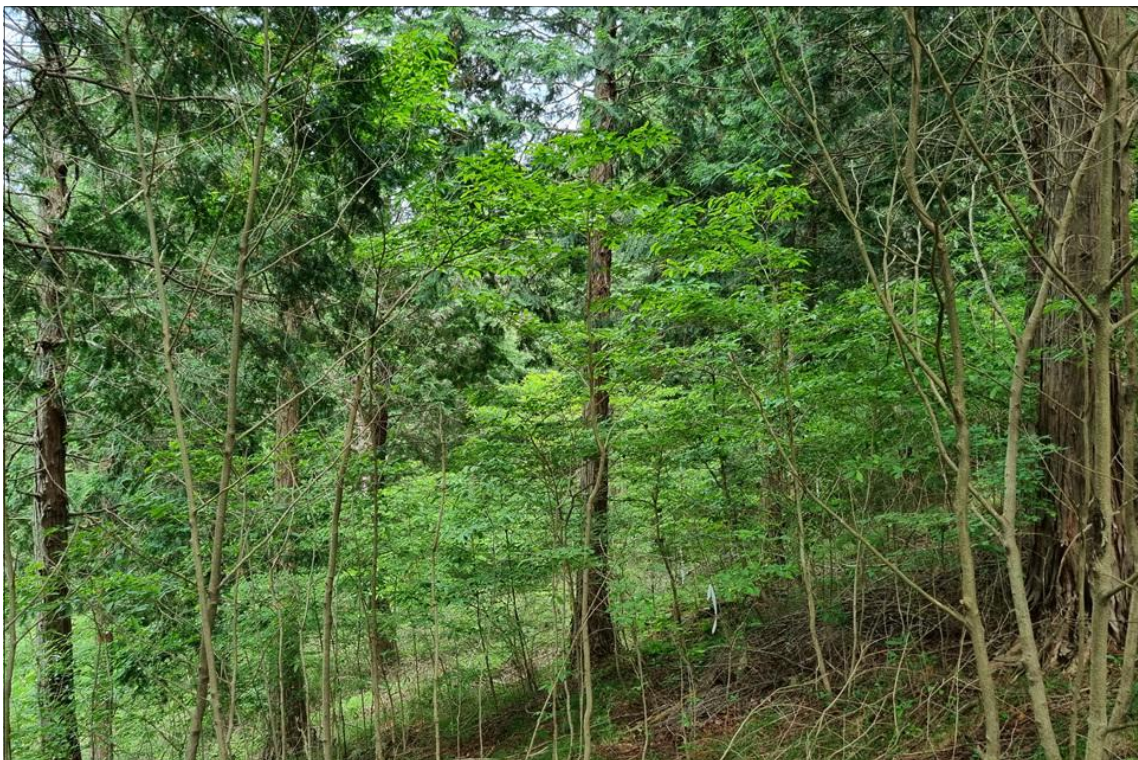


그림 60. 14-0-18-0소반 입목밀도가 낮은 지역



그림 61. 편백 치수 발생



그림 62. 14-0-14-0소반 수관부(원추형) : 수고 성장 가능



그림 63. 도로변에 설치된 안내판 (앞면)



그림 64. 도로변에 설치된 안내판 (뒷면)

8. 서울숲

8.1 대상지 개요

조림 목적	서울숲 조성 후원	
나무식재	식재위치	서울숲 내 A, B, C 구역 (대상지 위치 참조)
	식재년도	2003년, 2004년
	조림면적	0.992ha (3000평)
	수종	소나무, 병꽃나무 등 다수
	수행주체	후원 : 유한김벌리

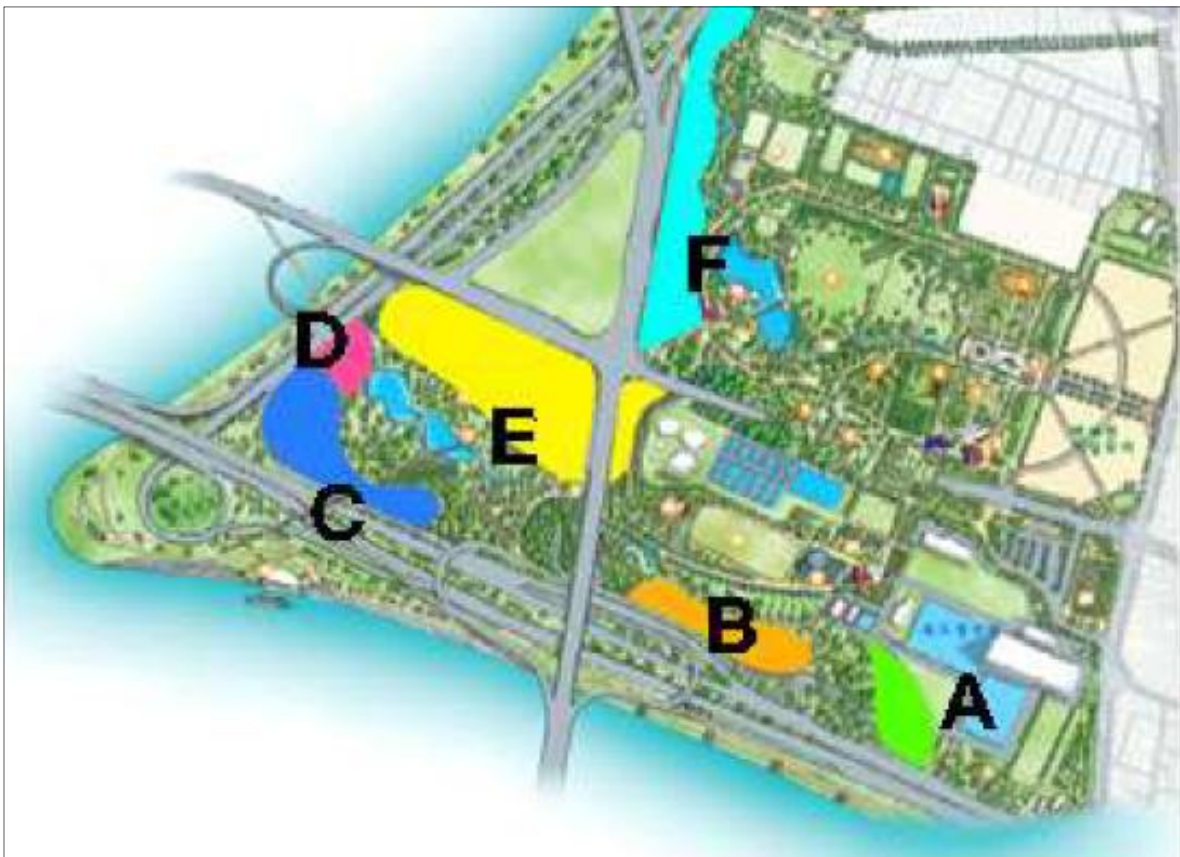


그림 65. 서울숲 대상지 위치(A,B,C 구역 내 각 1,000평)

8.2 식물상 조사 결과

- 서울숲에서 확인된 식물상(목본)은 25과 34속 42종 3변종 1품종으로 총 46분류군으로 나타남
- 장미과(15.2%), 느릅나무과(8.7%), 참나무과(8.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 모감주나무(희귀식물), 노각나무(특산식물)가 확인되었으나 서울숲 대상지에서 나타나는 목본의 대부분은 식재종이거나 식재종으로부터 확산된 것으로 확인됨
- 다만 숲이 형성됨에 따라 고욤나무, 팔배나무 등이 자연적으로 유입되기도 하는 것을 확인함

표 82. 서울숲 식물상(목본)

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
나자식물	2	3	3	-	-	-	3
단자엽식물	1	1	1	-	-	-	1
쌍자엽식물	22	30	38	-	3	1	42
계	25	34	42	-	3	1	46



그림 66. 들보리수(식재)

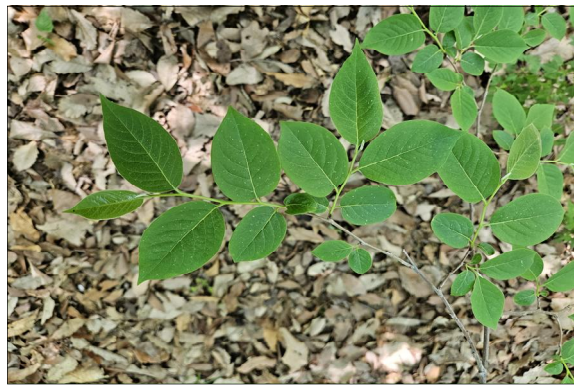


그림 67. 고욤나무(자생)

8.3 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) A구역

- A구역에서는 10x10m 크기의 방형구를 2개 설치하여 조사함. 개별 군락의 생태적 특성을 파악하기에 수종별 조림면적이 매우 작아 여러 조림수종이 방형구 내에 소규모 군상으로 출현하더라도 하나의 방형구로 조사함
- A구역 교목층에서 나타나는 조림수종은 소나무, 상수리나무, 신갈나무, 중국단풍 등으로 확인됨. 아교목층에는 팽나무가 나타나며, 관목층에서는 식재종인 큰낭아초가 우점하고 있음. 이 외에 아교목 및 관목층에서 관찰되는 참느릅나무, 중국단풍, 산사나무, 쉬땅나무, 복자기, 모감주나무, 은행나무 등은 모두 주변에 식재된 수목에서 확산된 판단됨. 관목층에서 관찰되는 오갈피나무, 짚레꽃, 쥐똥나무, 뽕나무, 담쟁이덩굴 등은 식재종이 아닌 외부에서 유입된 개체들로 파악되나, 큰낭아초 등에 의해 세력이 확장되지는 않고 있음
- 안내팻말에 의하면 2003년 당시 유한킴벌리에서는 소나무, 병꽃나무, 진달래 등을 식재하였다고 함. 그러나 조사에서는 관목상인 병꽃나무와 진달래를 확인하지는 못함

표 83. 서울숲 상대우점치 분석 결과(A구역)

종명	조사구 / 층위	서울숲 A-1				서울숲 A-2			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무		86.36			43.18				
팽나무			84.94	3.53	28.90		36.18	6.38	13.12
상수리나무		13.64			6.82	56.09			28.04
신갈나무				1.76	0.29	17.71	36.18	6.91	22.07
큰낭아초				54.54	9.09			50.74	8.46
중국단풍				7.42	1.24	17.26		14.28	11.01
귀룽나무							27.64		9.21
참느릅나무			15.06		5.02				
출참나무						8.95			4.47
오갈피나무				26.74	4.46				
짚레꽃				3.48	0.58			4.21	0.70
쥐똥나무								4.26	0.71
쉬땅나무								2.87	0.48
팔배나무								2.87	0.48
복자기				1.06	0.18			1.77	0.29
산사나무								1.69	0.28
왕벚나무								1.21	0.20
참빗살나무								1.21	0.20
뽕나무				1.06	0.18				
모감주나무								0.83	0.14
은행나무								0.76	0.13
담쟁이덩굴				0.40	0.07				

(2) B구역

- B구역에서는 10x10m 크기의 방형구를 3개 설치하여 조사함. 개별 군락의 생태적 특성을 파악하기에 수종별 조림면적이 매우 작아 여러 조림수종이 방형구 내에 소규모 군상으로 출현하더라도 하나의 방형구로 조사함
- 조사구 B-1은 교목층에서 조림된 느티나무가 우점하는 군락임. 아교목층에서는 노각나무, 왕벚나무가 경쟁하고 느티나무, 전나무, 산딸나무 등의 수종이 확인되며, 해당 수종은 모두 조림된 것으로 파악됨. 관목층에서는 찔레꽃이 우점하고, 기타 중국단풍, 총총나무, 쪽동백나무, 들보리수 등이 나타남. 중국단풍 등 일부는 주변 식재지에서 확산된 수종임
- 조사구 B-2는 교목층에서 조림된 중국단풍이 우점하는 군락임. 아교목층에서는 전나무가 우점하고, 노각나무와 팽나무가 비슷한 비율로 출현하고 있음. 이는 모두 식재된 수종인 것으로 판단됨. 관목층에서는 찔레꽃이 우점하고, 중국단풍이 그 다음으로 높은 비율을 차지하고 있음. 상층에 식재된 중국단풍이 확산되어 그 비율이 높게 나타나는 것으로 확인됨
- 조사구 B-3는 교목층에서 조림된 상수리나무가 나타나는 지역임. 아교목층에서는 느티나무가 우점하고, 관목층에서는 소나무가 우점함. 일반적으로 자연에서 나타나는 군락의 구조와 상이하여, 모든 층위의 우점종이 식재된 수종인 것으로 판단됨. 관목층에서는 소나무 외에 찔레꽃과 국수나무 등이 관찰됨

표 84. 서울숲 상대우점치 분석 결과(B구역)

종명	조사구 /층위	서울숲 B-1				서울숲 B-2				서울숲 B-3			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
느티나무		68.23	13.42		38.59	11.28			5.64	13.86	68.13		29.64
상수리나무		31.77		1.94	16.21					79.37	4.22	5.81	42.06
중국단풍				8.77	1.46	68.79		25.32	38.61			3.88	0.65
전나무			10.60		3.53		54.87		18.29				
왕벚나무			25.21		8.40	10.86			5.43		11.27		3.76
찔레꽃				38.82	6.47			46.03	7.67			17.15	2.86
노각나무			25.97	1.94	8.98		20.91	2.30	7.35			2.06	0.34
팽나무				3.88	0.65		24.21	2.30	8.45			3.43	0.57
갈참나무						9.08			4.54	6.78		1.94	3.71
소나무												47.63	7.94
산딸나무			16.82	4.21	6.31			1.45	0.24				
쪽동백나무				5.82	0.97						5.59	1.94	2.19
단풍나무				3.14	0.52			1.34	0.22		6.19		2.06
팔배나무			7.98		2.66								

제3장. 조림사업지 정밀 실태조사 결과

층층나무			9.42	1.57			2.30	0.38			1.94	0.32
참느릅나무			5.82	0.97			6.90	1.15				
뜰보리수			4.59	0.77							6.80	1.13
버드나무										4.60		1.53
쥐똥나무			1.45	0.24			6.03	1.00				
뽕나무							3.72	0.62			1.94	0.32
산사나무			3.14	0.52							2.06	0.34
사위질뽕			3.88	0.65								
국수나무											3.43	0.57
노박덩굴							2.30	0.38				
회잎나무			1.94	0.32								
청가시덩굴			1.22	0.20								

(3) C구역

- C구역은 생태숲 내에 위치한 곳으로, 일반 탐방객의 출입이 제한되고 다른 구역에 비해 면적이 넓은 편임. 다만 유한킴벌리에서 식재한 지역의 경계를 명확히 파악하기 어려워 기업 후원으로 조림된 C구역 전체를 대상으로 10x10m 크기의 방형구를 7개 설치하여 조사함. 개별 군락의 생태적 특성을 파악하기에는 수종별 조림면적이 매우 작아 여러 조림수종이 방형구 내에 소규모 군상으로 출현하더라도 하나의 방형구로 조사함
- 상층에 나타나는 조림수종은 소나무, 쉬나무, 느티나무, 은행나무, 참느릅나무, 상수리나무, 졸참나무, 신갈나무, 갈참나무 등임. 아교목층에서는 쉬나무, 중국단풍, 단풍나무, 은행나무, 왕벚나무, 뜰보리수, 아까시나무, 졸참나무 등이 조림됨
- 관목층에서는 쉬나무, 중국단풍, 은행나무 등 조림 수종의 치수가 확산되어 발달하기도 하며, 누리장나무, 가죽나무 등 식재수종이 아닌 경우도 관찰됨

표 85. 서울숲 상대우점치 분석 결과(C구역)

종명	조사구 / 층위	서울숲 C-1				서울숲 C-2				서울숲 C-3								
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV					
소나무		27.81			13.91	28.55			14.27	100.00				50.00				
은행나무						40.16	23.73	30.14	33.01									
아까시나무								5.99	1.00		70.67	11.99		25.56				
쉬나무		25.62	37.85	1.41	25.66													
중국단풍			13.43	60.66	14.59			20.14	3.36		13.36			4.45				
왕벚나무							59.24		19.75									
느티나무		32.55		2.02	16.61													
참느릅나무						31.30			15.65									
뜰보리수							17.03	27.17	10.21		15.97			5.32				
단풍나무			26.18	1.12	8.91			3.40	0.57			20.89		3.48				
신갈나무			22.54	2.50	7.93													
갈참나무		14.02		2.50	7.43													
귀룽나무				1.59	0.26			1.20	0.20			31.06		5.18				
참느릅나무				11.20	1.87			1.00	0.17			6.18		1.03				
뽕나무								8.81	1.47			8.41		1.40				
보리수나무				10.11	1.68													
누리장나무												8.41		1.40				
팽나무				1.12	0.19							4.21		0.70				
팔배나무												4.23		0.70				
산사나무								2.16	0.36			1.03		0.17				
참빗살나무				3.18	0.53													
큰낭아초				2.60	0.43													
상수리나무													2.50	0.42				
질레꽃													1.09	0.18				
종명	조사구 / 층위	서울숲 C-4				서울숲 C-5				서울숲 C-6				서울숲 C-7				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
상수리나무					81.42			61.07	100.00	49.69		66.56						
졸참나무													50.21	68.63	15.94		50.64	
소나무		90.37			45.19							3.35	0.56					

가죽나무	9.63	80.56	50.05	40.01						3.35	0.56			0.84	0.14
갈참나무												49.79	18.43		31.04
들보리수						20.59	5.15		50.31	43.04	23.94				
참느릅나무			21.01	3.50	37.16	43.64	24.84			12.08	2.01			6.98	1.16
아까시나무		15.83	19.61	8.55						2.97	0.50				
귀룽나무			2.50	0.42		14.88	3.72			5.94	0.99			17.14	2.86
중국단풍		3.61		1.20		1.38	0.35							30.57	5.10
고욤나무													12.94	4.29	5.03
은행나무						10.57	2.64							3.98	0.66
큰낭아초										19.74	3.29				
담쟁이덩굴			3.15	0.52		1.82	0.46							0.80	0.13
짚레꽃										1.75	0.29			4.68	0.78
산딸나무						1.38	0.35							3.89	0.65
팔배나무						0.96	0.24			4.26	0.71				
단풍나무														4.68	0.78
팽나무														4.43	0.74
산사나무			0.84	0.14						3.50	0.58				
참빗살나무						2.70	0.68								
쉬나무			2.86	0.48											
느티나무														1.78	0.30
뽕나무						1.10	0.28								
계요등						0.96	0.24								

8.4 종합

- 서울숲의 경우 대상지 조림지 또는 산림보다는 조경수목 식재지에 가까운 특성을 띠는 것으로 판단됨
- 다만 식재된 수종들의 치수가 발달하고, 외부에서 유입되어 숲을 구성하는 종들이 많음. 서울숲 조림지의 경우 숲이 없던 지역에 숲을 조성한 것으로 생물다양성 측면에서 의미를 가지는 것으로 파악됨
- 현장 상황에 비추어 보아 현재 수목 밀도나 생육상태가 모두 양호한 것으로 나타남. C구역의 초본층에서는 미국자리공, 환삼덩굴 등의 생태계교란식물이 다수 출현함. 현재 세력이 크게 나타나는 않지만 지속적인 모니터링을 통한 관찰이 필요함



그림 68. 서울숲 A구역 안내판



그림 69. 서울숲 B구역 안내판



그림 70. 서울숲 C구역 안내 비석



그림 71. C 구역 잣나무 식재지역 경관

제 4 장

숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

1. 서울 남산

2. 관악수목원

3. 대전 공존숲

4. 김천 공존숲

제 4 장 숲가꾸기 사업지 정밀 실태조사 결과

1. 서울남산

1.1 숲가꾸기 사업 내용

1) 대상지 개요

산림의 기능	• 주)자연환경보전림, 부)생활환경보전림	
사업목적	• 남산 소나무 생육환경 개선 • 남산의 경관기능 개선 및 숲을 찾는 시민에게 쾌적한 이용환경 제공	
사업이력	사업위치	서울시 용산구 후암동 산1-1 서울시 용산구 용산동 2가 산2-14 서울시 용산구 이태원동 산1-7 서울시 용산구 이태원동 산1-5 서울시 용산구 이태원동 산1-60 서울시 용산구 이태원동 산1-138 서울시 중구 장충동 2가 산14-21
	사업년도	2014년, 2016년, 2018년 3년간
	사업면적	67.40ha

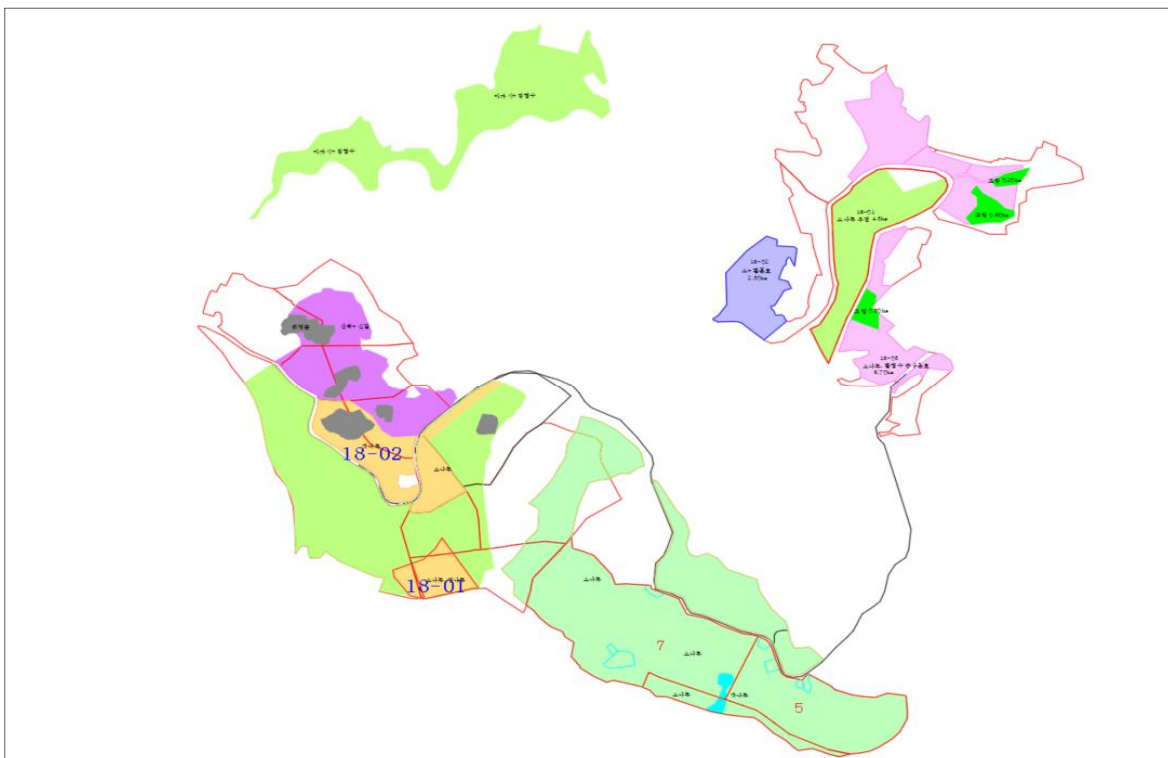


그림 72. 서울 남산 숲가꾸기 실행지 위치도

2) 사업실행 면적

- 남산 숲가꾸기사업은 3년간 67.40ha 실행함
 - 남산 소나무 생육환경 개선 : 숲아베기, 덩굴제거
 - 경관기능 개선 및 쾌적한 이용 환경 제공 : 중층 조절, 산물처리

표 86. 서울 남산(숲가꾸기) 사업실행 면적

사업년도	종별 사업면적(ha)				비 고
	숲아베기	중층조절	산물처리	덩굴제거	
2014년	22.60	20.50	22.60	3.10	수형다듬기 9본
2016년	12.30	7.70	15.66	-	
2018년	32.50	7.70	15.10	1.60	
합 계	67.40	35.90	53.36	4.70	

3) 사업시행 총 수량

- 3년간 17,465본(1,700m³) 숲아베기 실행. 본수대비 27%, 재적대비 18%
- 숲아베기 실행 후 남겨진 총 입목축적은 48,382본(7,531.52m³)
 - ha당 잔존본수 입목축적 : 718본(111.74m³)
 - 본당 잔존본수의 입목재적 : 0.1557m³

표 87. 서울 남산(숲가꾸기) 사업시행 총 수량(숲아베기)

사업년도	총 축적		제거량		잔존량	
	본수(본)	재적(m³)	본수(본)	재적(m³)	본수(본)	재적(m³)
2014년	21,952	4,175.82	6,624	727.75	15,328	3,448.07
2016년	9,380	1,229.70	2,519	263.49	6,861	966.21
2018년	34,515	3,826.00	8,322	708.76	26,193	3,117.24
합 계	65,847	9,234.52	17,465	1,700.00	48,382	7,531.52

※ 수량은 실시설계서 기준

1.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 전체 사업실행지(67.40ha) 중 연륜폭 확인이 가능한 침엽수 분포지역을 대상으로 산림조사를 실시함
- 해당지역에 표준지 7개소(No.1번~No.7번)를 배치하여 조사하였으며, 표준지 크기는 400㎡ (20m×20m)으로 함

표 88. 서울 남산(숲가꾸기) 표준지 배치 내역

수종	No.	형태	크기(㎡)	GPS좌표(GRS80 중부)		사업년도
				X좌표	Y좌표	
소나무	2	20m×20m	400	198908	549710	2018년
	3	20m×20m	400	199243	549667	2014년
	4	20m×20m	400	199461	549504	2014년
	5	20m×20m	400	199451	549388	2014년
	6	20m×20m	400	199578	549396	2014년
	7	20m×20m	400	199905	550599	2016년
잣나무	1	20m×20m	400	198784	550014	2018년

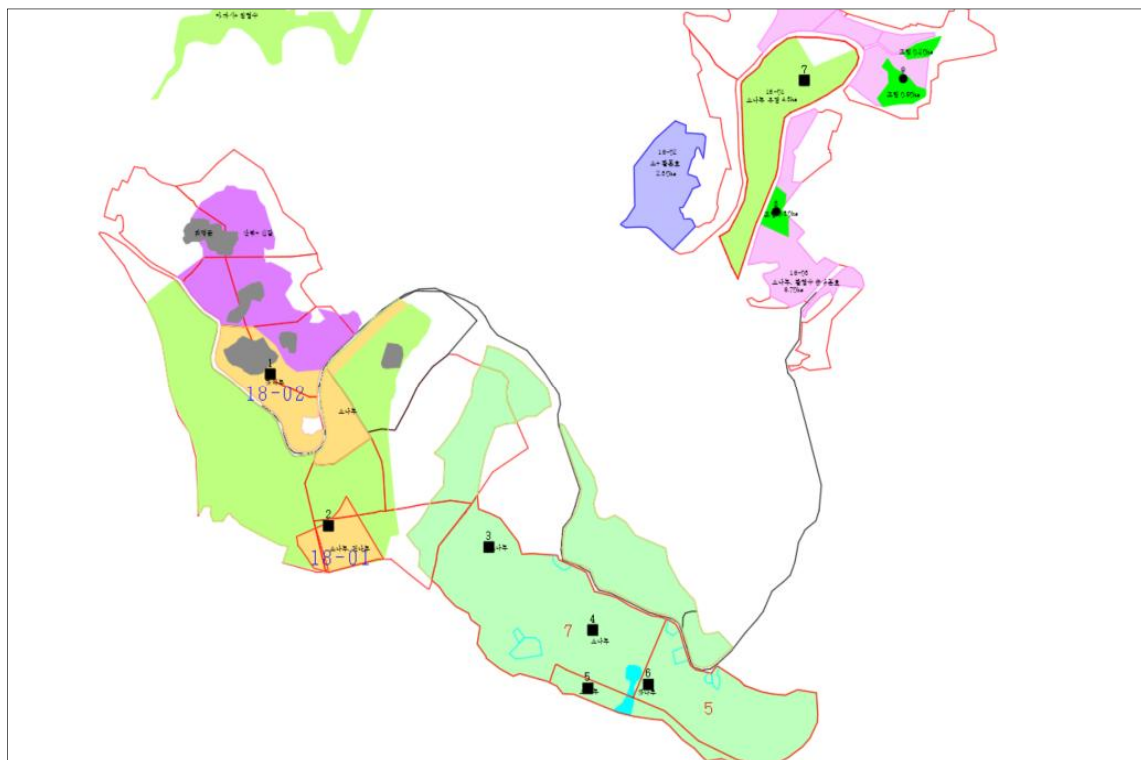


그림 73. 서울남산 숲가꾸기 지역 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 표준지 조사 결과

- 연간 생장량 비교를 위하여 7개의 표준지 중 2014년도에 숲가꾸기 사업을 실행한 지역에 배치한 표준지 4개소에 대하여 입목축적을 산출하였으며 그 결과는 다음 표와 같음

표 89. 2023년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적 (m³)	직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
	본수	재적(m²)				
소나무	560	200.87	0.3587			91%
기 타	138	19.85	0.1438			9%
합 계	698	220.72	0.3162	24	12	100%

(2) 비교 표준지 조사 결과

- 금번 조사한 표준지 주변에 배치된 2014년 조사한 표준지(No.6, 12, 14, 15) 잔존목(조사목 - 제거목)조사결과로 산출한 입목축적은 다음과 같음

표 90. 2014년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적(m³)	직경(cm)	수고(m)	주수종 점유비
	본수	재적(m²)				
소나무	571	140.91	0.2468			91%
기 타	197	13.19	0.0670			9%
합 계	768	154.10	0.2007	20	10	100%

(3) 단재적 증가량

- 남산 숲가꾸기 실행지의 단재적 증가량 산출결과는 다음 표와 같음
- 남산 숲가꾸기 실행지 단재적은 연간 6% 증가한 것으로 분석됨. 그러나 기타 수종은 2014년 사업 시 잔존목은 197본이었으나, 2023년 조사 결과 138본으로 나타나 사업전 후 본 수 차이가 커 제외하고 소나무의 연간 단재적증가율인 5%를 숲가꾸기사업 후 증가한 단재적으로 산정함

표 91. 서울 남산 단재적 증가량

수 종	총 증가량(m ²)	총 증가율(%)	경과년수(년)	연간증가율(%)
소나무	0.1119	45	9	5
기 타	0.0768	115	9	13
평 균	0.1155	58	9	6

3) 숲가꾸기 효과 분석

- 남산 소나무 숲 생육환경 개선을 위하여 2014년도에 실행한 숲가꾸기사업 효과를 9년이 경과한 2023년 분석해본 결과는 다음과 같음
 - 2014년 사업실행지역 사업 전 ha당 입목축적은 971본, 184.77m³입
 - 2014년 사업실행 후 같은 지역의 ha당 잔존목은 678본, 152.57m³ 으로 입목재적이 18%감소함
 - 9년 경과후 같은 지역의 ha당 입목재적은 221.23m³ 으로 증가한 것으로 분석됨(당초 잔존재적 152.57m³ + 단재적 증가량(152.57m³ × 45%)로 산출)
 - 즉, 숲가꾸기사업 당시 입목재적이 18% 감소하였으나 9년경과 후 직경과 수고 생장이 촉진되어 사업 전 보다 입목재적이 20% 증가함
 - ※ 동일한 방법으로 사업연차별 효과분석 가능
- 남산 소나무 생육환경 개선사업의 효과를 종합적으로 분석해보면 다음과 같음
 - 소나무 활력이 증진되었으며 탄소흡수량도 9년간 20%(연간 약 2%) 증가
 - 밀생된 중·하층식생을 조절하여 시민들에게 쾌적한 환경 제공 (사진자료 참고)
 - 하층에 다양한 식생이 유입되어 종 다양성 증가

1.3 식물상 조사 결과

- 남산에서 확인된 식물상(목본)은 29과 45속 61종 1아종 2변종 2품종으로 총 66분류군으로 나타남
- 장미과(13.6%), 참나무과(10.6%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 개나리(특산식물), 오동나무(특산식물), 목련(희귀식물)이 확인됨. 다만 개나리와 목련은 식재종인 것으로 판단됨
- 모든 조사구 상층, 중층에 소나무가 우점하고 있고, 중층에는 소나무 다음으로 때죽나무가 우점하고 있는 것으로 보아 아직 토양이 척박하고 어느 정도의 습도가 유지되는 천이 초기 식생임을 알 수 있음. 다만 일부 하층에서 천이 중기에 등장하는 팔배나무의 세력이 넓어지는 것을 보면 대상지가 유지됨에 따라 우점수종의 교체가 일어날 수도 있음

표 92. 서울 남산 식물상(목본)

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
양치식물	-	-	-	-	-	-	-
나자식물	2	3	4	-	-	-	4
단자엽식물	1	1	1	-	-	-	1
쌍자엽식물	26	41	56	1	2	2	61
계	29	45	61	1	2	2	66

1.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 소나무

- 대부분 조사구의 교목층에서는 소나무가 안정적으로 우점하고 있으며, 조사구 5의 경우 소나무와 전나무가 함께 조림된 지역으로 두 수종의 비율이 비슷하게 나타나는 것으로 확인됨
- 아교목층의 경우 조사구 1~3에서는 소나무가 안정적으로 우점하거나 때죽나무와 경쟁 관계에 있으며, 조사구 4의 경우 소나무림 하부에 잣나무를 식재한 지역으로 잣나무가 우점함. 조사구 5의 경우 아교목층이 나타나지 않는 것으로 확인됨
- 관목층에서는 때죽나무, 팔배나무 등이 우점하거나 국수나무, 아까시나무, 단풍나무 등 다양한 수종이 경쟁 관계에 있으며 관목층의 밀도와 피도가 높은 것으로 확인됨

표 93. 서울 남산(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(소나무)

조사구 /층위 종명	소나무 1-1				소나무 1-2				소나무 1-3				소나무 1-4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무	100.00	55.92		68.64	100.00	54.78		68.26	41.72	54.49		39.02	100.00	54.47		68.16
때죽나무		44.08	44.88	22.17		45.22	31.83	20.38		36.57	15.22	14.73		40.86	15.42	16.19
상수리나무							1.17	0.20	58.28			29.14				
팔배나무			4.08	0.68			24.34	4.06			26.13	4.35			5.21	0.87
아까시나무										8.94	12.45	5.05			7.05	1.17
산초나무			5.91	0.98			4.44	0.74			18.21	3.04			4.28	0.71
국수나무															29.47	4.91
담쟁이덩굴			1.41	0.23			11.48	1.91			1.55	0.26			13.08	2.18
잔털벚나무			3.32	0.55			3.11	0.52			9.36	1.56			10.41	1.73
단풍나무			13.01	2.17			8.75	1.46								
신갈나무			3.92	0.65			1.82	0.30			4.29	0.72			4.05	0.67
두릅나무			4.52	0.75										4.67		1.56
참			8.29	1.38											3.67	0.61
떡갈나무							6.25	1.04			2.02	0.34				
청가시덩굴			3.75	0.63			0.62	0.10							3.67	0.61
작살나무							4.24	0.71			1.83	0.31			0.95	0.16
노린재나무			2.89	0.48							0.95	0.16				
고욤나무											3.01	0.50				
산딸기			1.66	0.28							0.95	0.16				
굴참나무			2.36	0.39												
개웃나무							1.93	0.32								

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

졸참나무																	1.84	0.31
노간주나무										0.84	0.14						0.90	0.15
진달래										1.51	0.25							
갈참나무										0.84	0.14							
붉나무										0.84	0.14							
조사구 /층위 종명	소나무 2-1				소나무 2-2				소나무 2-3				소나무 2-4					
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
소나무	100.00	93.47		81.16	100.00	100.00		83.33	100.00	100.00		83.33	100.00	100.00		83.33		
국수나무			27.92	4.65			28.62	4.77			16.61	2.77				2.01	0.34	
때죽나무		6.53	6.82	3.31			22.01	3.67			12.11	2.02				19.97	3.33	
큰낭아초			17.63	2.94			7.68	1.28			19.13	3.19				14.88	2.48	
두릅나무			26.45	4.41			3.06	0.51			16.49	2.75				3.68	0.61	
아까시나무			1.52	0.25			1.98	0.33			10.48	1.75				8.72	1.45	
찔레꽃			1.35	0.23							3.91	0.65				11.90	1.98	
담쟁이덩굴			0.22	0.04			11.76	1.96			0.95	0.16				1.48	0.25	
작살나무			0.35	0.06			4.49	0.75			0.98	0.16				7.42	1.24	
계요등			8.91	1.48			4.33	0.72										
가막살나무							3.46	0.58								7.53	1.26	
산뽕나무											5.33	0.89				2.50	0.42	
신갈나무							3.42	0.57			0.44	0.07				2.67	0.45	
산딸기			0.54	0.09			1.80	0.30			2.86	0.48				0.40	0.07	
쪽동백나무							0.36	0.06								4.07	0.68	
떡갈나무			1.39	0.23							0.44	0.07				1.99	0.33	
붉나무			3.09	0.51							0.71	0.12						
맹맹이덩굴			2.01	0.34							1.21	0.20						
단풍나무			1.19	0.20			1.17	0.20								0.74	0.12	
참느릅나무											1.47	0.24				1.14	0.19	
참싸리											1.63	0.27				0.80	0.13	
산초나무							0.72	0.12			1.26	0.21				0.33	0.06	
팽나무											0.60	0.10				1.47	0.24	
졸참나무							0.49	0.08								1.48	0.25	
복사나무							1.08	0.18								0.73	0.12	
청가시덩굴							0.79	0.13			0.60	0.10				0.40	0.07	
고욤나무											0.60	0.10				1.14	0.19	
쉬나무																1.48	0.25	
밤나무							0.36	0.06			0.60	0.10				0.33	0.06	
싸리			0.35	0.06							0.60	0.10						
떡총나무							0.82	0.14										
총총나무																0.73	0.12	
팔배나무							0.72	0.12										
굴피나무											0.60	0.10						
노린재나무							0.49	0.08										
버드나무											0.44	0.07						
갈참나무							0.36	0.06										
상수리나무			0.24	0.04														
조사구 /층위 종명	소나무 3-1				소나무 3-2				소나무 3-3				소나무 3-4					
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

소나무	100.00	50.32		66.77	39.22			19.61	100.00			50.00	100.00			50.00
잣나무		42.12		14.04	60.78	100.00		63.72		56.88		18.96		100.00		33.33
참나무			2.64	0.44						43.12	0.59	14.47				
담쟁이덩굴			10.69	1.78			17.92	2.99			27.47	4.58			19.70	3.28
개나리			27.27	4.54											13.16	2.19
질레꽃							4.04	0.67			26.06	4.34			0.66	0.11
국수나무							0.90	0.15							29.69	4.95
신갈나무			13.73	2.29			3.60	0.60			5.49	0.92			0.66	0.11
두릅나무							21.47	3.58								
인동덩굴			0.39	0.07							15.63	2.60			4.34	0.72
떡충나무			2.81	0.47			7.48	1.25			8.23	1.37			0.98	0.16
작살나무			4.28	0.71			9.44	1.57			0.71	0.12			3.12	0.52
참			5.74	0.96			10.32	1.72								
조사구 /총면 적	소나무 4-1				소나무 4-2				소나무 4-3				소나무 4-4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무	100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00	83.70			41.85
때죽나무		100.00	14.51	35.75		28.64	9.02	11.05		11.30	6.22	4.80	16.30	48.46	18.78	27.43
신갈나무			5.75	0.96		26.82	5.32	9.83		15.92	11.50	7.22		17.95	1.36	6.21
밤나무			2.28	0.38		12.75	3.70	4.87		28.36	0.57	9.55		22.18	2.91	7.88
담쟁이덩굴			40.86	6.81			35.08	5.85			1.72	0.29				
청가시덩굴			1.68	0.28			4.10	0.68			50.56	8.43			16.34	2.72
국수나무			16.81	2.80			14.99	2.50			0.90	0.15			19.66	3.28
출참나무						11.23		3.74			4.88	0.81			11.84	1.97
귀룽나무										19.00		6.33				
작살나무			0.84	0.14			2.41	0.40			3.09	0.51		11.41	4.39	4.53
산뽕나무										14.14		4.71			1.36	0.23
단풍나무							2.58	0.43		11.30		3.77			4.08	0.68
개웃나무			5.28	0.88			3.64	0.61			8.22	1.37			4.03	0.67
잔털벗나무						8.14		2.71								
팔배나무			1.70	0.28		6.48		2.16			0.90	0.15				
아그배나무						5.93		1.98								
노린재나무			0.57	0.10			4.82	0.80			1.54	0.26			3.03	0.50
가막살나무							2.41	0.40			5.27	0.88			1.36	0.23
떡충나무															8.31	1.38
목련							7.34	1.22								
덜꿩나무			5.75	0.96												
댕댕이덩굴											3.09	0.51			1.72	0.29
일본목련			0.84	0.14			2.41	0.40			1.54	0.26				
고욤나무			1.70	0.28												
두릅나무							1.62	0.27								
큰낭아초			0.84	0.14												
산딸기															0.83	0.14
계요등			0.57	0.10												
산초나무							0.56	0.09								
잔털벗나무		7.56		2.52												
누리장나무											10.18	1.70			2.24	0.37
큰낭아초			6.30	1.05			2.70	0.45							1.98	0.33

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

가막살나무			5.23	0.87									5.25	0.87	
청가시덩굴			3.83	0.64			1.35	0.22			2.47	0.41		2.48	0.41
계요등			5.23	0.87										0.66	0.11
산뽕나무			1.24	0.21			4.50	0.75							
아까시나무														4.93	0.82
산수국			1.24	0.21			2.70	0.45							
덩댕이덩굴			2.47	0.41							0.71	0.12		0.66	0.11
조록싸리							3.83	0.64							
왕머루							3.44	0.57							
오동나무			1.86	0.31							1.56	0.26			
산딸기							2.70	0.45						0.66	0.11
떡갈나무			0.62	0.10										2.46	0.41
팽나무			1.57	0.26										0.98	0.16
굴참나무			0.62	0.10			0.90	0.15						0.98	0.16
산딸나무											0.91	0.15		0.66	0.11
때죽나무			0.39	0.07										0.98	0.16
참싸리			1.07	0.18											
노린재나무			0.39	0.07										0.66	0.11
갈참나무														0.98	0.16
고욤나무							0.90	0.15							
화살나무							0.90	0.15							
회잎나무							0.90	0.15							
팔배나무														0.66	0.11
졸참나무														0.50	0.08
쪽동백나무			0.39	0.07											
조사구 증명	소나무 5-1				소나무 5-2				소나무 5-3						
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV			
전나무	48.52			24.26	50.81	29.43		35.21	55.57				41.68		
소나무	44.48	52.72		39.82	49.19			24.60	44.43				33.32		
때죽나무		20.08	23.11	10.55		56.41	28.32	23.52				28.16	7.04		
잔털벚나무	6.99	20.50	0.63	10.43			2.84	0.47							
담쟁이덩굴			34.20	5.70			1.84	0.31				15.19	3.80		
산딸기							2.09	0.35				32.42	8.11		
귀룽나무		6.69		2.23		9.08	4.65	3.80							
밤나무			11.72	1.95		5.08	4.65	2.47				5.76	1.44		
청가시덩굴			7.52	1.25			5.41	0.90				6.74	1.68		
큰낭아초			1.71	0.28			16.12	2.69				2.03	0.51		
조록싸리			4.47	0.74			2.22	0.37				4.19	1.05		
졸참나무			7.35	1.22			3.37	0.56							
줄사철나무							8.91	1.49							
신갈나무			2.61	0.44			2.04	0.34				2.25	0.56		
단풍나무			2.86	0.48			2.56	0.43							
팔배나무			1.65	0.28			3.46	0.58							
느티나무												2.58	0.65		
산철쭉							3.29	0.55							
일본목련							1.87	0.31							
뽕나무							1.42	0.24							

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

작살나무						1.42	0.24				
댕댕이덩굴						0.37	0.06			0.67	0.17
노린재나무		0.41	0.07			0.88	0.15				
아까시나무		1.16	0.19								
목련		0.30	0.05			0.62	0.10				
굴참나무						0.80	0.13				
산사나무						0.45	0.08				
고욤나무						0.40	0.07				
당단풍나무		0.30	0.05								

2) 종다양도지수 분석

- 남산 숲가꾸기 지역의 경우 전반적으로 출현 종수의 풍부도와 균재도가 양호하여 소나무림으로 관리하는 지역임에도 불구하고 생물다양성이 낮지 않은 편에 속함
- 다만 군락 4의 경우 천연하중갱신 실험지로 의도적으로 중/하층을 모두 제거하여 출현 종수는 상당히 풍부하나, 균재도가 0.452~0.865로 상당히 낮게 나타나는 것으로 확인됨

표 94. 서울 남산(숲가꾸기) 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	소나무 1-1	0.907	1.146	0.791	0.209
	소나무 1-2	0.858	1.114	0.770	0.230
	소나무 1-3	1.008	1.255	0.803	0.197
	소나무 1-4	1.003	1.176	0.853	0.147
	소나무 2-1	0.935	1.230	0.760	0.240
	소나무 2-2	1.080	1.362	0.793	0.207
	소나무 2-3	1.114	1.398	0.797	0.203
	소나무 2-4	1.207	1.431	0.843	0.157
	소나무 3-1	1.142	1.415	0.807	0.193
	소나무 3-2	1.137	1.322	0.860	0.140
	소나무 3-3	0.803	1.146	0.701	0.299
	소나무 3-4	1.149	1.431	0.803	0.197
	소나무 4-1	0.544	1.204	0.452	0.548
	소나무 4-2	0.643	1.301	0.494	0.506
	소나무 4-3	0.808	1.255	0.644	0.356
	소나무 4-4	1.041	1.204	0.865	0.135
	소나무 5-1	0.815	1.255	0.650	0.350
	소나무 5-2	1.124	1.415	0.794	0.206
	소나무 5-3	0.884	1.079	0.819	0.181

3) 나이테 분석

- 남산 소나무 숲가꾸기 지역의 소나무 수령은 30~64년으로 나타남. 이는 일부 소나무의 나이를 분석한 결과로, 대상지 전체의 임령과는 차이가 있을 수 있음
- 채취한 목편 중 숲가꾸기 전후의 차이가 뚜렷한 목편에 대해 연륜폭을 분석함. 숲가꾸기 이전에는 연륜폭이 2mm 이하로 나타났으나, 숲가꾸기 실행 이후 2~7mm까지 큰 폭으로 증가하여 숲가꾸기에 따른 유의미한 성과가 있는 것으로 판단됨

표 95. 서울 남산(숲가꾸기) 나이테 분석 결과

	수고	흉고직경	임령
소나무	10	33	64년
소나무	12	46	43년
*소나무	14	26	62년
소나무	15	30	40년
소나무	15	20	30년

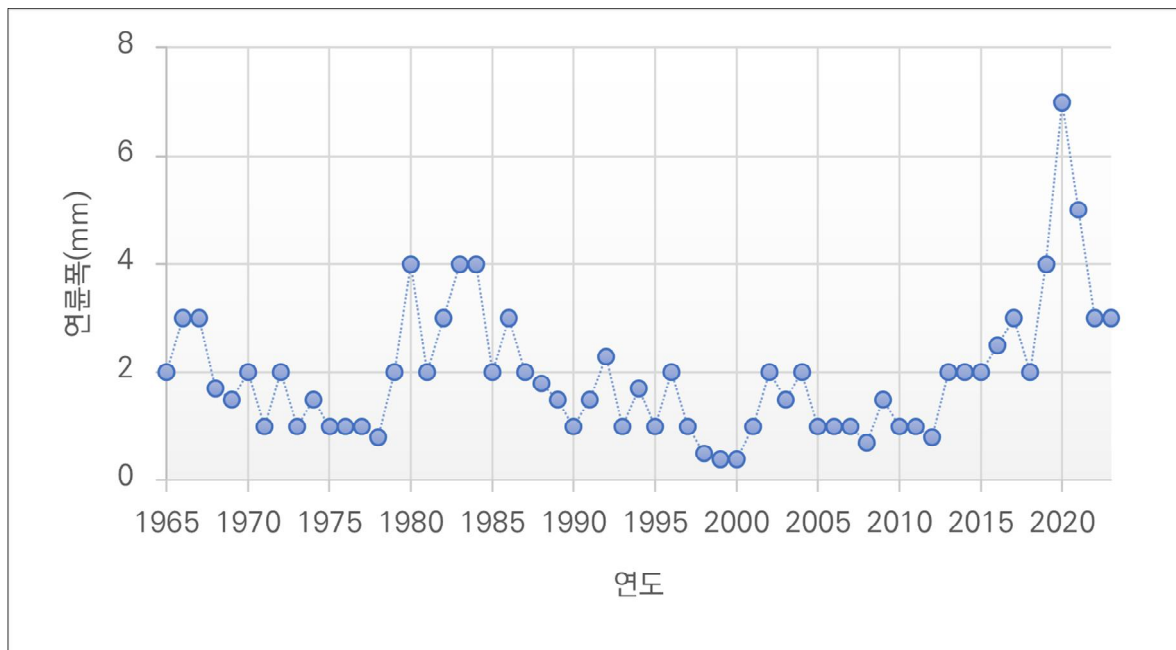


그림 74. 서울 남산(숲가꾸기) 나이테 분석 결과

1.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 서울 남산 숲가꾸기 표준지의 경우 유기물이 4.97%로, 조경설계기준(국토교통부, 2016) 상급 기준인 5.0%에 근소하게 미치지 못한 중급이었으며 국내 산림의 평균유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨. 다만 토양 전질소는 조경설계기준 상급 기준(0.12 이상)보다 더 높은 0.19%로 나타나 양호한 수준으로 판단됨
- pH는 3.97로 불량 등급에 해당하였고, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30보다 낮아 식물 생육에 적합하지 않은 수준임. 치환성 K, Ca, Mg의 경우 모든 대상지에서 조경설계기준에 미치지 않는 것으로 나타남. 도시림의 특성상 국내 평균보다 낮은 수치를 보이는 지역이므로 향후 산성비 피해 예방을 위해 비료를 시비하고, 토양산도 측정을 주기적으로 시행하여 대책 마련이 필요함
- 양이온치환용량(CEC)은 11cmol⁺/kg로 중급(6cmol⁺/kg~20cmol⁺/kg)에 해당하는 수치를 보였으나, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol⁺/kg에 비해서는 다소 낮은 수치를 보임

표 96. 서울 남산(숲가꾸기) 토양 분석 결과

항목	표준지
	소나무 1
유기물(%)	4.97
N(%)	0.19
유효인산(mg/kg)	45.8
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.11
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	0.65
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.18
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.096
양이온 치환용량 (cmol ⁺ /kg)	11
pH	3.97
전기전도도(dS/m)	0.11
NaCl(%)	-
모래(%)	74.92
미사(%)	8.44
점토(%)	16.64
분류(%)	사질양토

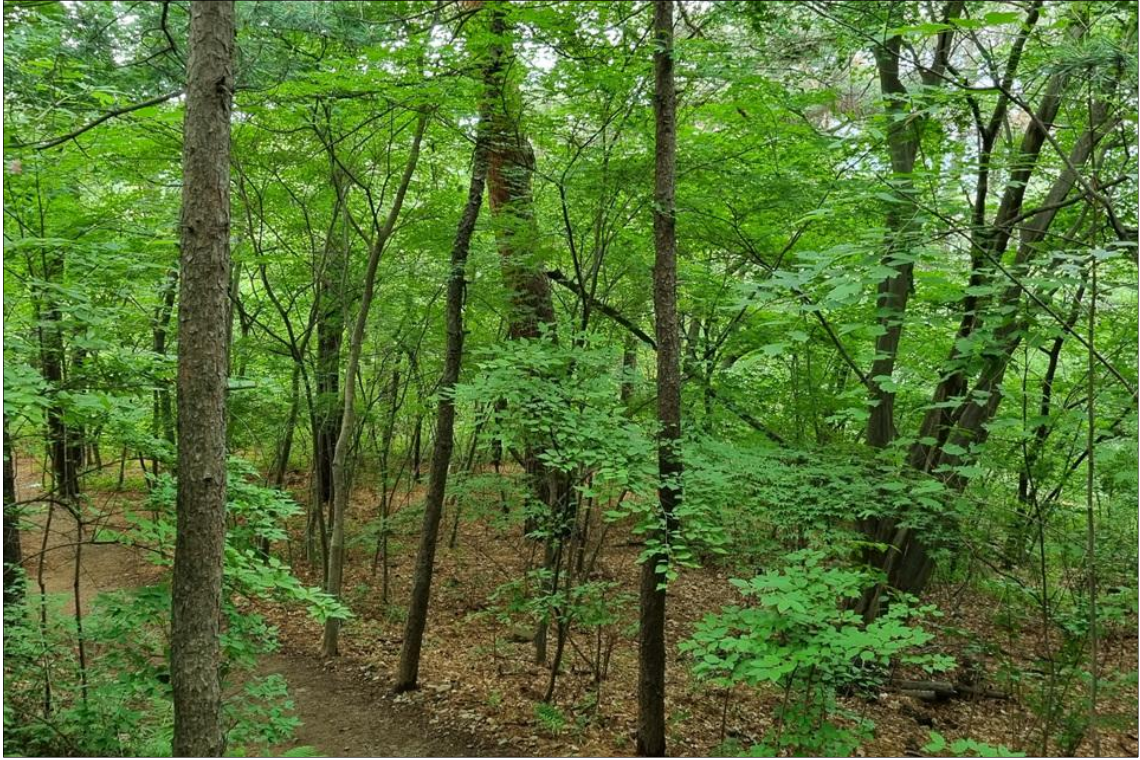


그림 75. 중층조절 실행지 - 경관, 휴양기능 개선 및 종 다양성 증진



그림 76. 공간 활용 - 숲가꾸기 실행지역에 휴게시설 설치



그림 77. 소나무 생태·경관보전지역 - 입목밀도가 높아 밀도조절 필요

2. 관악수목원

2.1 숲가꾸기 사업 내용

1) 대상지 개요

산림의 기능	• 주)자연환경보전림, 부)생활환경보전림	
사업목적	• 관악수목원 숲 생육환경 개선 및 종 다양성 증진 • 관악수목원내 산림지역 생태·경관·휴양기능 개선	
사업이력	사업위치	경기도 안양시 석수동 산11-2 경기도 안양시 안양동 산16-1
	사업년도	2010년, 2011년, 2012년, 2013년(2회)
	사업면적	219.80ha

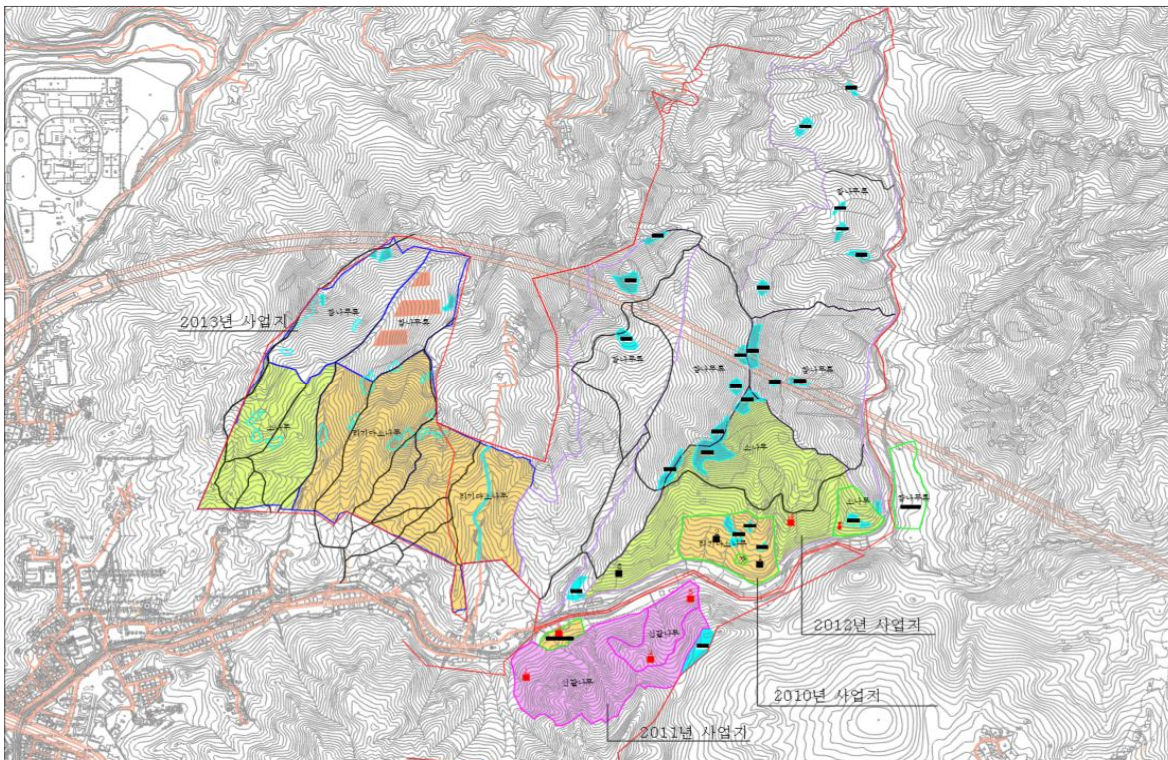


그림 78. 관악수목원 숲가꾸기 실행지 위치도

2) 사업실행 면적

- 관악수목원 숲가꾸기사업은 4년간 219.80ha 실행함
 - 관악수목원 숲 생육환경 개선 : 숲아베기
 - 경관기능 개선 및 쾌적한 이용 환경 제공 : 등산로변 산물정리

표 97. 관악수목원 사업실행 면적

사업년도	종별 사업면적(ha)				비 고
	숲아베기	중층조절	산물처리	덩굴제거	
2010년	10.80		2.90		
2011년	17.00		0.99		
2012년	120.00		16.47		
2013년(1차)	63.00		12.35		
2013년(2차)	9.00		5.75		안양시 소유
합 계	219.80		38.46		

3) 사업시행 총 수량

- 연간 121,008본(4,889.32m³) 숲아베기 실행. 본수대비 31%, 재적대비 21%임
- 숲아베기 실행 후 남겨진 총 입목축적은 270,362본(18,163.02m³)
 - ha당 잔존본수 입목축적 : 1,230본(82.63m³)
 - 본당 잔존본수의 입목재적 : 0.0672m³

표 98. 관악수목원 사업시행 총 수량(숲아베기)

사업년도	총 축적		제거량		잔존량	
	본수(본)	재적(m ³)	본수(본)	재적(m ³)	본수(본)	재적(m ³)
2010년	14,900	1,361.48	5,755	302.75	9,145	1,058.73
2011년	30,206	1,839.67	13,725	595.09	16,481	1,244.58
2012년	209,436	12,041.10	61,054	2,401.71	148,382	9,639.39
2013년(1차)	120,466	6,567.62	35,641	1,325.12	84,825	5,242.50
2013년(2차)	16,362	1,242.47	4,833	264.65	11,529	977.82
합 계	391,370	23,052.34	121,008	4,889.32	270,362	18,163.02

※ 수량은 실시설계서 기준

2.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 2010년~2012년 사업실행지 중 일부지역에 대하여, 대표임상별로 표준지 9개소를 배치하여 조사함

표 99. 관악수목원 표준지 배치 내역

수종	No.	형태	크기(㎡)	GPS좌표(GRS80 중부)		사업년도
				X좌표	Y좌표	
소나무	3	8.0m원형	200	194524	535715	2012
	8	20m×20m	400	195090	535856	2012
	9	20m×20m	400	195250	535877	2010
리기다 리기테다	1	20m×20m	400	194988	535747	2010
	2	20m×20m	400	194845	535836	2010
	7	20m×20m	400	194363	535508	2010
참나무류	4	20m×20m	400	194738	535626	2011
	5	20m×20m	400	194618	535404	2011
	6	20m×20m	400	195485	535997	2010

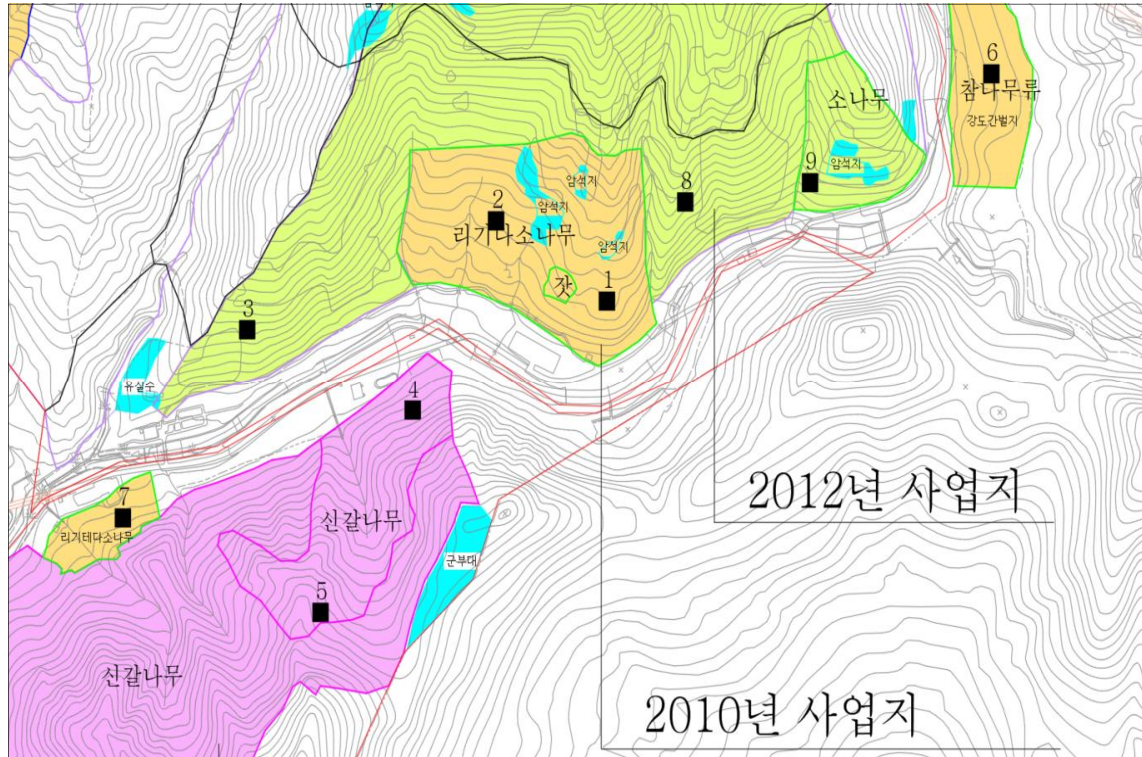


그림 79. 관악수목원 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 표준지 조사 결과

- 연간 생장량 비교를 위하여 2010년 숲가꾸기를 실행한 지역에 배치한 표준지 3개소 (No.1, 2, 9)에 대하여 입목축적 산출하였으며 그 결과는 다음 표와 같음

표 100. 2023년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적 (m³)	직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
	본수	재적(m²)				
소나무	454	50.85	0.1120			40%
리기다	296	57.67	0.1948			45%
참나무류	32	17.95	0.5609			14%
기 타	16	0.75	0.0469			1%
합 계	798	127.21	0.1594	18	10	100%

(2) 비교 표준지 조사 결과

- 금번 조사한 표준지 주변에 배치된 2010년 조사한 표준지(No.1, 3, 5) 잔존목(조사목 - 제거목)조사결과로 산출한 입목축적은 다음과 같음

표 101. 2010년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적 (m³)	직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
	본수	재적(m²)				
소나무	330	22.84	0.0692			27%
리기다	310	41.45	0.1337			49%
참나무류	60	12.78	0.2130			15%
기 타	90	7.35	0.0817			9%
합 계	790	84.42	0.1069	16	9	100%

(3) 단재적 증가량

- 관악수목원 숲가꾸기 실행지 단재적 증가량 산출결과는 다음과 같음
- 관악산 수목원 숲가꾸기 실행지 단재적은 연간 4% 증가한 것으로 분석됨

표 102. 관악수목원 단재적 증가량

수 종	총 증가량(m ³)	총 증가율(%)	경과년수(년)	연간증가율(%)	비 고
소나무	0.0428	62	13	5%	
리기다	0.0611	46	13	4%	리기테다 포함
기 타	0.3131	106	13	8%	
평 균	0.0525	49	13	4%	

3) 숲가꾸기 효과 분석

- 관악산 수목원 숲 생육환경 개선 및 종 다양성 증진을 위하여 2010년도에 실행한 숲가꾸기사업 효과를 13년이 경과한 2023년 분석해본 결과는 다음과 같음
 - 2010년 사업실행지역 사업 전 ha당 입목축적은 1,380본, 126.06m³임
 - 2010년 사업실행 후 같은 지역의 ha당 잔존목은 847본, 98.03m³으로 22%감소함
 - 13년 경과후 같은 지역의 ha당 입목축적은 146.05m³ 으로 증가한 것으로 분석됨(당초 잔존재적 98.03m³ + 단재적 증가량(98.03m³ × 49%)로 산출)
 - 즉, 숲가꾸기사업 당시 입목재적이 22% 감소하였으나 13년 경과 후 직경과 수고 생장이 촉진되어 사업 전 보다 입목재적이 16% 증가함
- 관악산 수목원 숲가꾸기사업의 효과를 종합적으로 분석해보면 다음과 같음
 - 잔존목 활력이 증진되었으며 탄소흡수량도 13년간 16%(연간 약 1.2%) 증가
 - 하층에 다양한 식생이 유입되어 종 다양성 증가

2.3 식물상 조사 결과

- 관악수목원에서 확인된 식물상(목본)은 26과 40속 60종 2변종 2품종으로 총 64분류군으로 나타남
- 장미과(12.5%), 참나무과(10.9%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 병꽃나무, 목련이 확인됨. 이 중 목련은 식재종인 것으로 확인됨
- 모든 조사구 상층, 중층에 소나무가 우점하고 있고, 중층에는 소나무 다음으로 때죽나무가 우점하고 있는 것으로 보아 아직 토양이 척박한 천이 초기 식생임을 알 수 있음. 다만 일부 하층에서 천이 중기에 등장하는 팔배나무의 세력이 넓어지는 것을 보면 대상지가 유지됨에 따라 우점수종 교체가 일어날 수도 있음
- 조사구 중층, 하층에 노간주나무, 진달래, 철쭉 등의 수종이 발생하는 것으로 대상지 식생 발달이 비교적 천이 초기에 속하는 것을 알 수 있으나 일부 조사구 중층에서 팔배나무의 우점도가 높은 것을 통해 천이 중기 식생으로 대체되고 있음을 추정할 수 있음
- 주로 석회암 지대에서 생육하고 수도권에서 보기 힘든 회양목이 자생하는 것이 확인되었으므로 생물다양성 측면에서 보전 가치가 다소 높음을 알 수 있음. 또한 생태계교란생물에는 일본목련이 출현해 지속적인 모니터링 및 관리가 필요함

표 103. 관악수목원 식물상(목본)

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
나자식물	2	2	7	-	-	-	7
단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
쌍자엽식물	23	37	51	-	2	2	55
계	26	40	60	-	2	2	64

2.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 소나무

- 관악수목원 소나무군락은 주로 능선부 암석지대에 분포함. 임황조사와 비슷한 지점에서 20x20m 크기의 방형구 3개(10x10m 12개)를 설치하여 분석함
- 교목층 또는 아교목층에서는 대부분 소나무가 안정적으로 우점하고 있으나 조사구 3-1에서는 교목층에서 소나무와 리기다소나무가 비슷한 비율을 차지함. 조사구 1과 2의 아교목층에서는 소나무와 함께 노간주나무가 높은 비율로 나타나며, 일부 조사구에서는 굴참나무도 비교적 높은 비율로 나타나 척박한 지역인 것으로 추정할 수 있음
- 관목층에서는 암석지 및 능선부의 특성상 회양목, 진달래, 철쭉 등의 수종이 경쟁관계에 있으며, 조사구 3의 일부 지역에서는 때죽나무와 졸참나무가 함께 경쟁하고 있음
- 대부분 관목층에서 소나무가 나타나지 않고 관목층 및 아교목층에서 졸참나무, 굴참나무가 일부 조사구에서 유의미한 비율로 나타나고 있기 때문에 소나무 군락이 향후 해당 수종들로 천이될 가능성이 있음. 다만 현재 교목층 및 아교목층에서 소나무와 비슷한 세력으로 경쟁하고 있는 수종이 없으므로, 당분간은 소나무 군락으로 유지될 것으로 판단됨

표 104. 관악수목원 상대우점치 분석 결과(소나무)

종명	조사구 / 층위	소나무 1-1				소나무 1-2				소나무 1-3				소나무 1-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
소나무		56.96	3.35	39.09	85.27	42.22		56.71		58.23	3.57	40.01	100.00	12.58	0.75	54.32	
노간주나무		32.21	9.52	24.65		19.00	14.11	8.69		31.42	19.16	27.33		23.35	8.93	9.27	
졸참나무		7.40	10.58	8.46	14.73	17.31	7.63	14.41			7.52	2.51		10.05	6.24	4.39	
굴참나무			14.15	4.72		5.38	1.67	2.07			11.62	3.87		43.98	12.35	16.72	
회양목			25.16	8.39			19.10	3.18			19.19	6.40			30.43	5.07	
진달래			13.51	4.50			15.03	2.50			5.07	1.69			5.06	0.84	
잔털벚나무		3.42	1.80	2.88						4.03	10.52	6.19			1.69	0.28	
싸리			4.78	1.59			7.41	1.23			9.04	3.01			5.51	0.92	
철쭉			4.01	1.34			16.12	2.69			2.88	0.96			3.57	0.60	
신갈나무			3.53	1.18		8.39		2.80			2.44	0.81			2.53	0.42	
청미래덩굴			4.68	1.56			8.11	1.35			4.99	1.66			2.65	0.44	
잣나무						3.04	0.56	1.11						10.05		3.35	
리기다소나무										6.32		4.21					
때죽나무			2.37	0.79		2.39	1.81	1.10			2.37	0.79			1.19	0.20	
조록싸리															8.84	1.47	
곰솔						2.26		0.75							2.44	0.41	
밤나무			1.42	0.47			3.31	0.55									
산딸기															6.06	1.01	
붉나무			0.66	0.22			1.63	0.27									
떡갈나무											0.87	0.29					

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

개암나무																		0.77	0.26
쉬나무							1.15	0.19											
작살나무							1.15	0.19											
청가시덩굴			0.49	0.16															
팔배나무																		0.96	0.16
쉬땅나무																		0.80	0.13
국수나무							0.66	0.11											
산사나무							0.56	0.09											
조사구 /총위	소나무 2-1				소나무 2-2				소나무 2-3				소나무 2-4						
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV			
소나무		57.31	3.10	39.24		74.89	6.97	52.25		42.94	5.52	30.46	100.00	75.56			75.19		
노간주나무		27.25	13.70	22.73		15.78	30.35	20.64		33.09	32.20	32.80		21.97	7.84	8.63			
굴참나무			3.82	1.27		9.33	9.79	9.48		23.97	3.75	17.23			0.89	0.15			
회양목			29.46	9.82			1.53	0.51			21.85	7.28			17.92	2.99			
철쭉			7.62	2.54			12.59	4.20			13.93	4.64			14.34	2.39			
진달래			11.21	3.74			7.73	2.58			5.50	1.83			20.80	3.47			
싸리			12.06	4.02			10.42	3.47			8.03	2.68			4.68	0.78			
곰솔		11.47	3.87	8.94			1.56	0.52			2.10	0.70							
청미래덩굴			6.44	2.15			2.11	0.70			4.42	1.47			8.79	1.46			
줄참나무			3.47	1.16			2.83	0.94						2.47	6.53	1.91			
리기다소나무		3.97		2.65															
매죽나무			1.13	0.38			1.27	0.42			1.56	0.52			7.68	1.28			
신갈나무			1.75	0.58			4.41	1.47											
잔털벗나무							1.27	0.42							5.03	0.84			
산초나무			1.00	0.33			1.56	0.52											
맹망이덩굴							0.76	0.25							1.90	0.32			
병꽃나무			0.24	0.08											2.72	0.45			
떡갈나무							1.56	0.52											
참싸리							1.27	0.42											
층층나무							1.27	0.42											
아그배나무											1.14	0.38							
잣나무							0.76	0.25											
밤나무			0.58	0.19															
노린재나무															0.89	0.15			
아까시나무			0.27	0.09															
청가시덩굴			0.27	0.09															
조사구 /총위	소나무 3-1				소나무 3-2				소나무 3-3				소나무 3-4						
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV			
소나무	43.00	50.70		38.40	100.00	56.76		68.92	100.00	40.60		63.53		58.31		38.87			
리기다소나무	57.00	7.01		30.84						5.49	2.75	2.29		9.85		6.57			
철쭉		2.19	6.55	1.82		7.29	35.40	8.33			24.58	4.10		6.93	16.72	10.19			
회양목		7.04	48.93	10.50			1.79	0.30		3.71	10.27	2.95			21.72	7.24			
진달래		2.28	13.84	3.07		3.33	13.45	3.35			14.85	2.47		3.44	24.08	10.32			
줄참나무		4.80	4.37	2.33			10.33	1.72		15.98	3.71	5.94		12.78	0.67	8.74			
매죽나무			9.37	1.56		11.61	13.66	6.15		4.27	12.07	3.44		1.75	13.76	5.75			
잔털벗나무		18.98	1.54	6.58		8.40		2.80		4.21	2.07	1.75			1.68	0.56			
노간주나무			1.97	0.33		3.77	5.72	2.21		14.61	0.71	4.99		3.50	0.97	2.65			
신갈나무		6.99		2.33		3.03	2.39	1.41		2.07	1.48	0.93		1.75	0.98	1.49			
청미래덩굴			4.80	0.80			9.30	1.55			7.01	1.17			6.77	2.26			
싸리			0.34	0.06			0.60	0.10		2.49	1.98	1.16		1.70	5.05	2.82			
굴참나무										3.35	7.60	2.38			0.69	0.23			
상수리나무						5.81		1.94							1.68	0.56			
물푸레나무			0.81	0.14						3.21		1.07							
작살나무							4.46	0.74			1.48	0.25			0.38	0.13			
밤나무			3.92	0.65			2.13	0.36											
붉나무											2.03	0.34			1.15	0.38			
개웃나무							0.77	0.13			2.75	0.46							
노린재나무											1.65	0.28			0.38	0.13			
산초나무															1.16	0.39			

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

병꽃나무			1.54	0.26										0.38	0.13
산딸기			1.26	0.21						0.50	0.08				
덜꿩나무			0.41	0.07						1.11	0.19				
청가시덩굴			0.34	0.06						0.96	0.16				
굴피나무														0.63	0.21
맹덩이덩굴														0.61	0.20
젓나무														0.56	0.19
단풍나무										0.47	0.08				

(2) 리기다소나무

- 임항조사 표준지와 인접한 지점에서 20x20m 크기의 방형구 2개(10x10m 8개)를 설치하여 조사함
- 교목층에서는 대부분 리기다소나무가 안정적으로 분포하고 있으며, 교목층이 발달하지 않은 조사구의 경우 아교목층에서 리기다소나무가 우점함. 일부 조사구의 경우 교목층에서 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무가 섞여서 나타남
- 조사구 1의 아교목층에서는 졸참나무, 신갈나무, 때죽나무 등이 경쟁관계에 있으며, 조사구 2의 아교목층에서는 진달래나무, 졸참나무, 신갈나무, 굴참나무 등이 경쟁함
- 조사구 1-2, 1-3, 1-4의 경우 생태계교란생물인 일본목련이 아교목층에서 15.73%~22.55%의 비교적 높은 비율로 나타났으며, 조사구 2-4에서는 31.61%로 우점하여 적절한 관리가 필요할 것으로 판단됨
- 대부분 조사구에서 관목층은 특정 수종이 우점하기보다 비슷한 비율로 경쟁 관계에 있음. 주요 경쟁 수종은 때죽나무, 진달래, 철쭉, 졸참나무, 신갈나무, 굴참나무 등으로 나타남

표 105. 관악수목원 상대우점치 분석 결과(리기다나무)

조사구 / 종명	리기다소나무 1-1				리기다소나무 1-2				리기다소나무 1-3				리기다소나무 1-4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
리기다소나무		61.52		41.01	100.00			50.00	100.00			50.00	66.60	4.37		34.76
졸참나무		4.43	13.73	7.53		28.78	9.85	11.23		23.46	19.78	11.12		9.43	16.55	5.90
신갈나무			11.31	3.77		32.81	5.16	11.80		8.66	12.82	5.03	15.07	8.60	10.60	12.17
때죽나무		11.26	19.00	13.84		7.74	1.45	2.82		15.72	2.46	5.65		15.80	1.70	5.55
일본목련		4.02	2.92	3.65		15.73	2.67	5.69		16.85	3.33	6.17		22.55	4.64	8.29
철쭉			11.87	3.96		2.44	23.92	4.80		3.18	35.03	6.90		4.14	29.25	6.26
진달래		3.44	19.99	8.96			32.19	5.36			4.84	0.81		2.46	18.48	3.90
진달래나무		4.71	1.19	3.54		4.75		1.58		3.18	5.24	1.93		19.23	2.31	6.80
소나무		5.54		3.70									18.32			9.16
굴참나무			4.24	1.41		7.74	7.19	3.78		14.79	8.09	6.28			4.83	0.80
밤나무			1.03	0.34			2.67	0.45		14.14		4.71		2.23		0.74
청미래덩굴			8.13	2.71			7.39	1.23			4.57	0.76			5.00	0.83
노간주나무			1.68	0.56			0.89	0.15						11.19		3.73
향나무		5.08	1.00	3.72												
싸리							5.18	0.86								
노린재나무											2.05	0.34			0.93	0.16
병꽃나무			1.37	0.46												
청가시덩굴			0.48	0.16											1.54	0.26
팔배나무															2.12	0.35
참싸리			0.32	0.11			1.44	0.24								
국수나무											1.80	0.30				
아까시나무			0.87	0.29												
산딸나무															1.28	0.21
갈참나무			0.48	0.16												

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

종명	리기다소나무 2-1				리기다소나무 2-2				리기다소나무 2-3				리기다소나무 2-4				
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
	달팽나무			0.39	0.13												
덩굴이덩굴																0.77	0.13
조사구 /총위	리기다소나무 2-1				리기다소나무 2-2				리기다소나무 2-3				리기다소나무 2-4				
리기다소나무	49.95			24.97	84.30			42.15	100.00			50.00	84.63				42.32
진털벗나무		31.43	2.94	10.97		21.38	3.24	7.67		37.75	11.64	14.52		16.20	1.87	5.71	
줄참나무	22.99	1.27	12.24	13.96		14.01	7.47	5.92		13.09	11.39	6.26			18.18	3.03	
굴참나무	27.07	4.32		14.97		6.16	1.92	2.37		15.88	13.21	7.50			5.62	0.94	
때죽나무		17.44	19.32	9.03		3.42	12.51	3.23		3.06	16.53	3.77		4.16	4.79	2.18	
신갈나무		2.26	15.85	3.40		10.92	0.81	3.77		6.26		2.09		18.49	12.40	8.23	
밤나무		13.67	1.46	4.80		18.77		6.26		11.44	3.37	4.37					
회양목		16.27	8.43	6.83		5.97	31.44	7.23			4.97	0.83			1.46	0.24	
일본목련		3.02		1.01						4.73	1.10	1.76		31.61		10.54	
갈참나무						1.27		0.42		3.06	3.30	1.57	15.37	5.09	1.58	9.64	
소나무					9.12			4.56						19.06		6.35	
진달래		4.83	6.30	2.66		4.81	2.96	2.10			14.41	2.40			11.06	1.84	
철쭉			5.87	0.98			7.54	1.26							24.05	4.01	
청미래덩굴			12.81	2.13			7.34	1.22			1.66	0.28			7.16	1.19	
물박달나무					6.58			3.29									
담쟁이덩굴							10.83	1.80			2.98	0.50					
비목나무		1.75	1.46	0.83		2.54	3.24	1.39									
팔배나무			7.33	1.22			3.77	0.63			0.71	0.12					
물푸레나무						4.86		1.62							1.46	0.24	
노간주나무														5.40		1.80	
층층나무										4.73		1.58					
작살나무			1.46	0.24							3.67	0.61			2.88	0.48	
조록싸리											5.96	0.99					
산초나무		1.27	2.59	0.86			0.48	0.08									
국수나무							2.42	0.40			2.90	0.48					
귀룽나무						2.31		0.77									
산딸나무						2.31		0.77									
고욤나무		1.27	1.95	0.75													
노린재나무						1.27	0.81	0.56									
개암나무											1.10	0.18			1.87	0.31	
싸리															2.88	0.48	
취															2.73	0.45	
달팽나무		1.18		0.39													
병꽃나무											1.10	0.18					
누리장나무							0.81	0.13									
떡갈나무							0.81	0.13									
생강나무							0.81	0.13									
취종나무							0.81	0.13									

(3) 신갈나무

- 임항조사 표준지와 인접한 지역에서 20x20m 크기의 방형구 3개(10x10m 12개)를 설치하여 조사함
- 관악수목원 신갈나무림의 경우 조사구에 따라 특성이 상이한 것으로 판단됨. 조사구 1의 경우 교목층에서는 신갈나무가 안정적으로 우점하며, 아교목층과 관목층에서는 철쭉이 안정적으로 우점함. 다만 현장 확인 결과 아교목층 및 관목층에 발생한 진달래 등의 수목을 지속적으로 제거한 흔적이 다수 발견되었으며, 이에 따라 종 구성과 군집의 구조가 매우 단순한 것으로 분석됨
- 조사구 2의 경우 교목층에서 신갈나무가 우점하고 있으나 소나무가 또는 리기다소나무가 10.18~41.45%로 일정 이상의 비율을 차지하는 것이 확인됨. 아교목층에서는 신갈나무나 무와 소나무가 경쟁관계에 있거나 신갈나무가 우점하는 양상, 팔배나무가 우점하는 양상으로 구분되었으며 관목층에서는 철쭉이 안정적으로 우점하는 것으로 확인됨
- 조사구 3은 신갈나무 또는 졸참나무가 우점하거나, 두 수종이 경쟁관계에 있는 지역으로, 아교목층에서는 때죽나무, 쪽동백나무, 팔배나무, 잔털벗나무 등이 경쟁관계에 있으며 관목층에서는 회양목, 철쭉 등이 비슷한 비율로 나타나고 일부 구역에서는 조록싸리도 함께 경쟁관계에 있음

표 106. 관악수목원 상대우점치 분석 결과(신갈나무)

조사구 / 층위	신갈나무 1-1				신갈나무 1-2				신갈나무 1-3				신갈나무 1-4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
신갈나무	94.05	4.40	24.48	52.57	69.01	53.01	27.56	56.77	67.57			33.79	100.00	55.06		68.35
철쭉		53.59	52.10	26.55		23.95	25.34	12.21		36.26	100.00	28.75		44.94	79.37	28.21
잔털벗나무					30.99	6.76		17.75		63.74		21.25				
소나무	5.95	28.79	2.55	13.00					32.43			16.21				
진달래		4.40	15.17	4.00			25.70	4.28							20.63	3.44
노간주나무		8.81		2.94		11.05	9.52	5.27								
당단풍나무						5.24	3.57	2.34								
물오리나무			5.71	0.95			2.60	0.43								
생강나무							3.57	0.60								
청미래덩굴							2.14	0.36								
조사구 / 층위	신갈나무 2-1				신갈나무 2-2				신갈나무 2-3				신갈나무 2-4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
신갈나무	60.82	23.80	4.16	39.04	77.08	62.36	4.65	60.10	52.93			26.47	58.00	9.25		32.08
소나무	27.60	23.00		21.47	22.92	13.97		16.12	41.45			20.73	10.18			5.09
철쭉		26.70	57.99	18.56		14.69	57.68	14.51			54.51	9.09		20.11	59.06	16.55
팔배나무							2.90	0.48		87.22	10.31	30.79		44.36	10.06	16.46
리기다소나무	11.58			5.79									31.83			15.91
때죽나무		13.16	3.30	4.94			9.91	1.65	5.62	12.78	10.89	8.88		5.72	9.44	3.48
진달래			12.29	2.05		4.49	7.12	2.68			12.08	2.01			14.88	2.48

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

노간주나무		13.35	7.08	5.63							4.99	0.83						
진달벚나무											2.49	0.42		15.13				5.04
국수나무			2.87	0.48		11.04	1.84										4.92	0.82
덜꿩나무			2.89	0.48							1.64	0.27		5.43				1.81
노린재나무						4.49		1.50										
생강나무			2.18	0.36		5.52	0.92											
졸참나무			5.51	0.92														
밤나무							1.19	0.20									1.64	0.27
쪽동백나무											1.64	0.27						
싸리											1.45	0.24						
청미래덩굴			0.90	0.15														
병꽃나무			0.84	0.14														
조사구 /총위 종명	신갈나무 3-1				신갈나무 3-2				신갈나무 3-3				신갈나무 3-4					
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
신갈나무	37.66		4.39	19.56	77.11			38.56	10.21		1.58	5.37	82.28				41.14	
졸참나무	26.97			13.48	5.55			2.78	45.17			22.58		27.43			9.14	
진달벚나무		16.26	4.65	6.20	17.33	21.07		15.69	16.89			8.45		27.43			9.14	
철쭉			3.23	0.54		48.60	14.61	18.63		8.04	31.58	7.94		10.99	28.44		8.40	
팔배나무	18.37		1.30	9.40		6.24		2.08	20.08	17.32	8.04	17.15						
회양목		13.18	29.09	9.24			27.48	4.58			50.18	8.36			19.72		3.29	
때죽나무		31.64	2.09	10.90						15.08		5.03	17.72			1.12	9.04	
쪽동백나무		22.43		7.48		7.56		2.52		37.62		12.54				5.34	0.89	
갈참나무	9.85			4.92					7.65	5.20		5.56						
조록싸리			11.05	1.84			28.27	4.71			1.65	0.28			19.09		3.18	
물푸레나무		16.48		5.49						10.55		3.52						
진달래			5.97	1.00		3.73	2.84	1.72						10.99	7.30		4.88	
국수나무			29.74	4.96							1.90	0.32				2.47	0.41	
덜꿩나무			1.30	0.22		1.80	7.55	1.86						9.39	1.75		3.42	
생강나무											1.90	0.32		13.77	3.15		5.12	
밤나무						10.98		3.66			1.65	0.28			2.87		0.48	
리기다소나무	7.15			3.58														
노린재나무			1.30	0.22			2.84	0.47		3.45		1.15			1.41		0.24	
작살나무							11.32	1.89										
일본목련			0.89	0.15						2.73		0.91						
청미래덩굴			1.29	0.21			3.26	0.54								1.41	0.24	
병꽃나무			1.60	0.27												2.83	0.47	
아까시나무			0.68	0.11												3.08	0.51	
청가시덩굴			0.64	0.11							1.53	0.26						
비목나무							1.84	0.31										
개암나무			0.79	0.13														

2) 종다양도지수 분석

- 관악수목원의 경우 조사구에 따라 종다양도지수의 편차가 큰 것으로 확인됨. 소나무 및 리기다소나무 군락의 경우, 최대종다양도의 범위가 1.114~1.431로 출현하는 종 수가 풍부한 것으로 판단되며, 균재도의 경우에도 0.720~0.870의 범위로 나타나 종다양도 지수가 비교적 양호한 것으로 분석됨
- 그러나 신갈나무림의 경우, 출현하는 종수와 균재도가 모두 현저히 낮아 종다양도지수가 매우 낮은 것으로 분석됨. 현장상황에 비추어보면 특히 조사구 1의 경우 대상지의 낙엽층이 두껍게 형성되어 하층이 발생하기 어려운 환경이며, 중,하층에서 발생하는 관목들을 강도로 정리한 것이 원인일 수 있음

표 107. 관악수목원 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	소나무 1-1	1.018	1.176	0.865	0.135
	소나무 1-2	1.088	1.279	0.851	0.149
	소나무 1-3	1.008	1.176	0.857	0.143
	소나무 1-4	1.092	1.255	0.870	0.130
	소나무 2-1	0.971	1.255	0.774	0.226
	소나무 2-2	0.902	1.279	0.705	0.295
	소나무 2-3	0.849	1.041	0.815	0.185
	소나무 2-4	1.016	1.146	0.886	0.114
	소나무 3-1	0.952	1.255	0.758	0.242
	소나무 3-2	0.993	1.176	0.844	0.156
	소나무 3-3	1.118	1.342	0.833	0.167
	소나무 3-4	0.967	1.342	0.720	0.280
	리기다소나무 1-1	1.084	1.301	0.833	0.167
	리기다소나무 1-2	0.974	1.146	0.849	0.151
	리기다소나무 1-3	0.950	1.114	0.853	0.147
	리기다소나무 1-4	1.059	1.255	0.844	0.156
	리기다소나무 2-1	1.076	1.255	0.857	0.143
	리기다소나무 2-2	1.161	1.431	0.811	0.189
	리기다소나무 2-3	1.158	1.301	0.890	0.110
	리기다소나무 2-4	1.144	1.279	0.895	0.105
	신갈나무 1-1	0.561	0.778	0.721	0.279
	신갈나무 1-2	0.753	0.954	0.789	0.211
	신갈나무 1-3	0.342	0.602	0.568	0.432
	신갈나무 1-4	0.349	0.477	0.731	0.269
	신갈나무 2-1	0.787	1.114	0.707	0.293
	신갈나무 2-2	0.754	1.000	0.754	0.246
	신갈나무 2-3	0.859	1.041	0.825	0.175
	신갈나무 2-4	0.819	1.041	0.787	0.213
	신갈나무 3-1	1.066	1.342	0.794	0.206
	신갈나무 3-2	0.933	1.176	0.794	0.206
	신갈나무 3-3	1.006	1.230	0.818	0.182
	신갈나무 3-4	1.043	1.230	0.847	0.153

3) 나이트 분석

- 관악수목원의 임령은 35~56년 이상으로 파악됨. 채취한 목편 중 35년생 소나무에 대한 연륜 간격 분석을 실시함. 해당 소나무를 채취한 지역은 2010년 숲가꾸기가 진행된 지역이지만 숲가꾸기에 따른 유의미한 연륜 폭 변화는 관찰되지 않음

표 108. 관악수목원 나이트 분석 결과

수종	수고	흉고직경	임령
리기다소나무	13	32	56년
리기테다소나무	15	24	50년
신갈나무	12	30	45년
*소나무	8	24	35년

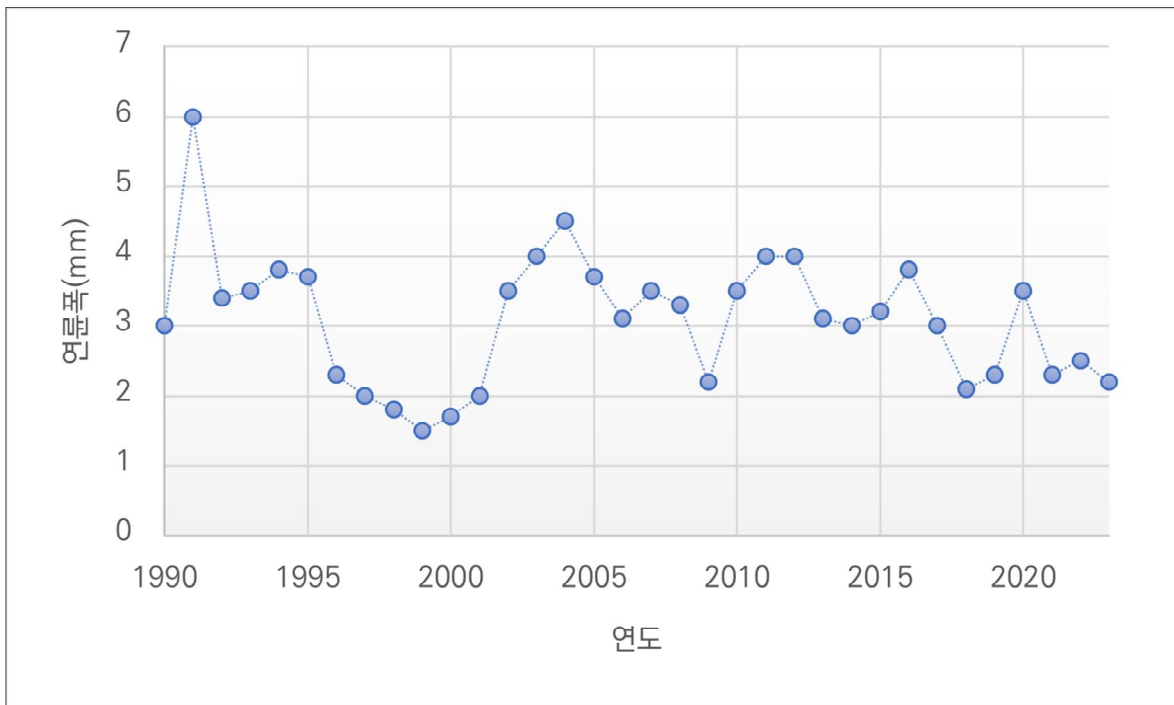


그림 80. 관악수목원 나이트 분석 결과

4) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 관악수목원 숲가꾸기사업 표준지 3곳의 유기물 함량은 각각 4.37%, 5.74%, 3.86%으로 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 소나무, 신갈나무림은 중급, 리기다소나무 조림지는 상급으로 평가됨. 소나무, 리기다소나무 조림지 2곳은 국내 산림의 평균유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인되는 등 비옥도 면에서 양호하게 평가됨
- 토양 전질소는 조림지 3곳 모두 0.12% 이상으로 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 상급에 해당함. 리기다소나무 조림지의 경우 유기물과 전질소 모두 다른 조림지 2곳보다 근소하게 높은 양상을 보임
- 대상지의 pH는 각각 4.07, 3.85, 4.10으로 3곳 모두 조경설계기준에서 불량 등급(4.5 미만)에 해당하였고, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30보다도 낮게 확인됨. 치환성 K, Ca, Mg의 경우 모두 하급 범위에 포함되는 등 식물 생육에 다소 적합하지 못함을 알 수 있음. 국내 평균보다 낮은 수치를 보이는 지역이므로 향후 산성비 피해 예방을 위해 비료를 시비하고, 토양산도 측정을 주기적으로 시행하여 대책 마련이 필요함
- 양이온치환용량(CEC)은 7.8~13.9cmol⁺/kg로 나타나 대상지 3곳 모두 중급(6~20)에 포함되었으며, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol/kg에 비해서 낮게 나타남

표 109. 관악수목원 토양 분석 결과

항목	표준지		
	소나무	리기다소나무	신갈나무
유기물(%)	4.37	5.74	3.86
N(%)	0.14	0.16	0.12
유효인산(mg/kg)	24.11	30.13	18.08
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.085	0.11	0.065
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	0.37	0.42	0.19
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.17	0.18	0.084
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.10	0.077	0.074
양이온 치환용량 (cmol ⁺ /kg)	8.50	13.90	7.80
pH	4.07	3.85	4.10
전기전도도(dS/m)	0.077	0.11	0.078
모래(%)	69.27	75.10	73.32
미사(%)	13.79	7.60	11.52
점토(%)	16.94	17.30	15.16
분류(%)	사질양토	사질양토	사질양토



그림 81. 산림 내에 다양한 식생 발달하여 종 다양성 증진됨

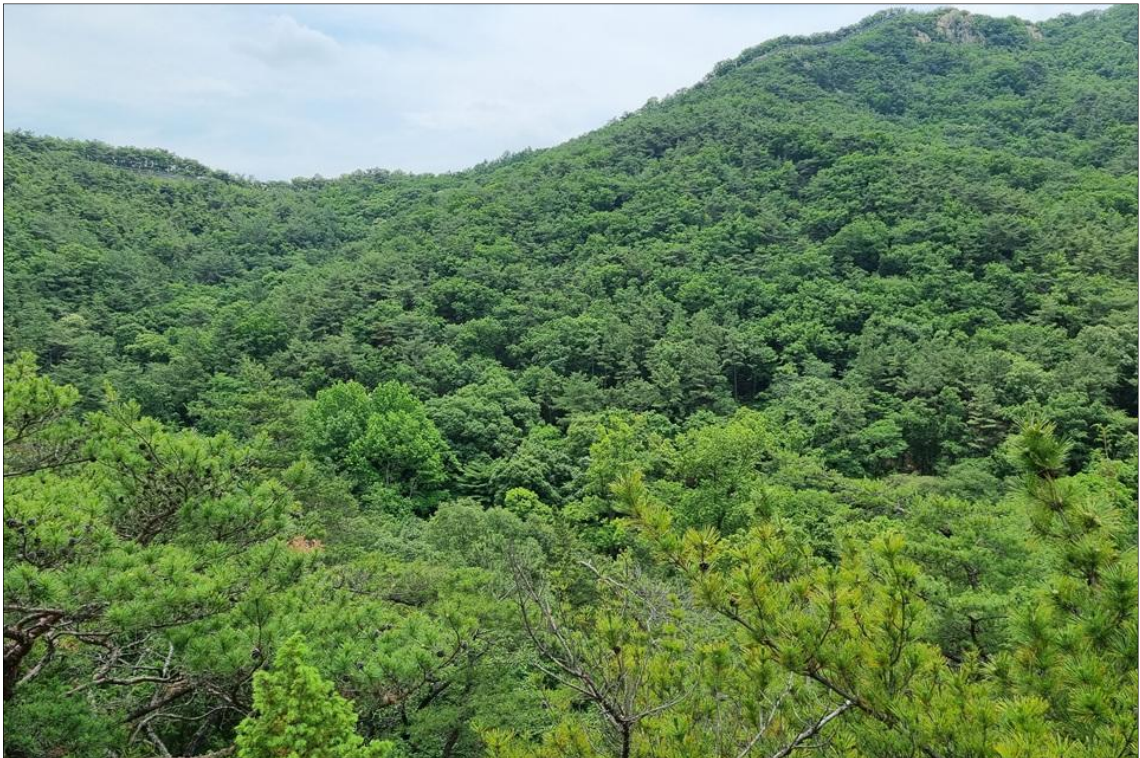


그림 82. 숲가꾸기 실행지역 근경

3. 대전 공존숲

3.1 숲가꾸기 사업 내용

1) 대상지 개요

산림의 기능	<ul style="list-style-type: none"> 주)수원함양림, 부)생활환경보전림 	
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> 대청댐유역 수원함양 증진 탄소흡수원 확충 	
사업이력	사업위치	대전광역시 동구 추동 산32-1번지 대전광역시 동구 추동 산42번지
	사업년도	2016년, 2018년, 2019년
	사업면적	115.00ha

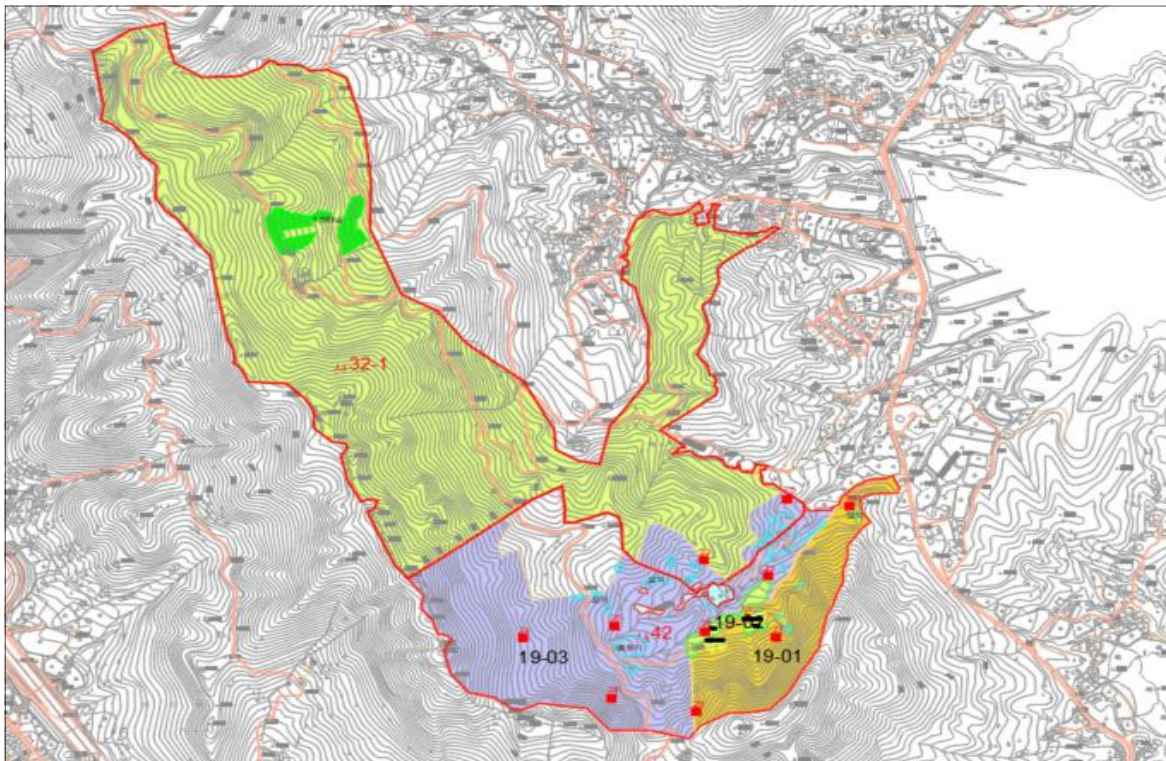


그림 83. 대전 공존숲 숲가꾸기 실행지 위치도

2) 사업실행 면적

- 대전 공존숲 숲가꾸기사업은 3년간 113.90ha 실행함
 - 수원함양기능 증진, 탄소흡수원 : 숲아베기
 - 쾌적한 숲 이용 환경 제공 : 등산로변 산물정리

표 110. 대전 공존숲(숲가꾸기) 사업실행 면적

사업년도	종별 사업면적(ha)				비 고
	숲아베기	중층조절	산물처리	덩굴제거	
2016년	32.00		6.40		
2018년	44.00		5.20		
2019년	39.00		2.90		
합 계	115.00		14.50		

3) 사업시행 총 수량

- 3년간 81,402본(3,514.36^m) 숲아베기 실행. 본수대비 28%, 재적대비 17%
- 숲아베기 실행 후 남겨진 총 입목축적은 81,402본(17,686.72^m)
 - ha당 잔존본수 입목축적 : 708본(153.80^m)
 - 본당 잔존본수의 입목재적 : 0.2173^m

표 111. 대전 공존숲(숲가꾸기) 사업시행 총 수량(숲아베기)

사업년도	총 축적		제거량		잔존량	
	본수(본)	재적(^m)	본수(본)	재적(^m)	본수(본)	재적(^m)
2016년	37,424	6,025.38	11,908	1,072.28	25,516	4,953.10
2018년	34,383	9,045.94	8,145	1,552.11	26,238	7,493.83
2019년	41,940	6,129.76	12,292	889.97	29,648	5,239.79
합 계	113,747	21,201.08	32,345	3,514.36	81,402	17,686.72

3.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 2016년 사업실행지 중 침엽수 분포지역을 임상별로 구분하여 표준지 6개소를 배치하여 조사함
- 표준지 위치좌표는 다음 표와 같음

표 112. 대전 공존숲(숲가꾸기) 표준지 배치 내역

수종	No.	형태	크기(m ²)	GPS좌표(GRS80 중부)		사업년도
				X좌표	Y좌표	
일본잎갈나무	1	20m×20m	400	241740	419002	2016년
	2	20m×20m	400	241665	418829	2016년
	3	20m×20m	400	241749	418812	2016년
리기다	4	20m×20m	400	242178	419229	2016년
	5	20m×20m	400	242019	418968	2016년
	6	20m×20m	400	241983	418709	2016년

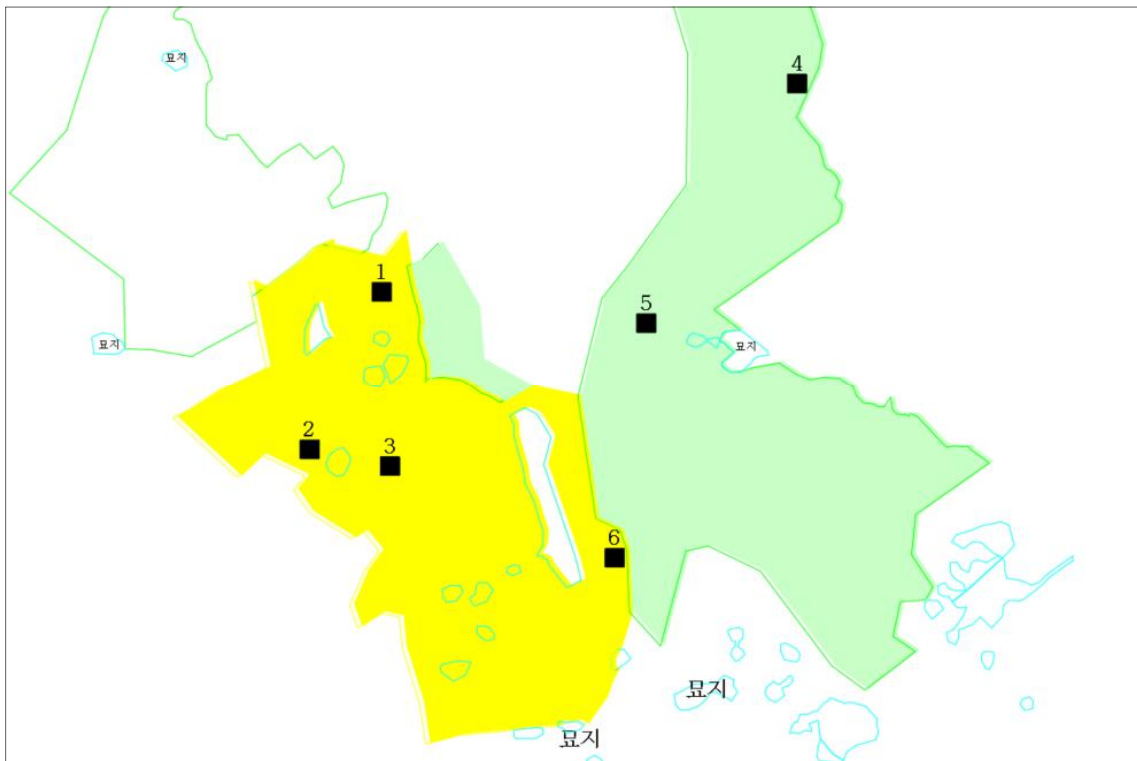


그림 84. 대전공존숲(숲가꾸기) 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 표준지 조사 결과

- 연간 생장량 비교를 위하여 2016년 숲가꾸기를 실행한 지역에 배치한 표준지 6개소에 대하여 입목축적 산출하였으며 그 결과는 다음 표와 같음

표 113. 2023년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적 (m ³)	직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
	본수	재적(m ³)				
소나무	116	26.60	0.2293			15%
리기다	116	51.69	0.4456			29%
일본잎갈나무	278	71.53	0.2573			40%
활엽수	181	27.59	0.1524			16%
합 계	691	177.41	0.2567	20	13	100%

(2) 비교 표준지 조사 결과

- 금번 조사한 표준지 주변에 배치된 2016년 조사한 표준지(No.1, 3, 5) 잔존목(조사목 - 제거목)조사 결과로 산출한 입목축적은 다음과 같음

표 114. 2016년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적 (m ³)	직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
	본수	재적(m ³)				
소나무	142	28.64	0.2017			19%
리기다	198	53.05	0.2679			35%
일본잎갈나무	286	52.65	0.1841			35%
활엽수	124	17.35	0.1399			11%
합 계	750	151.70	0.2023	18	12	100%

(3) 단재적 증가량

- 대전 공존숲 숲가꾸기 실행지 단재적은 연간 4% 증가한 것으로 분석됨

표 115. 대전 공존숲(숲가꾸기) 단재적 증가량

수 종	총 증가량 (m³)	총 증가율 (%)	경과년수 (년)	연간증가율 (%)	비 고
소나무	0.0276	14%	7	2%	
리기다	0.1777	66%	7	9%	
일본잎갈나무	0.0732	40%	7	6%	
활엽수	0.0125	4%	7	1%	
평 균	0.0544	27%	7	4%	

3) 숲가꾸기 효과 분석

- 대전 공존숲 탄소흡수원 확충 및 수원함양증진을 위하여 2016년도에 실행한 숲가꾸기사업 효과를 7년이 경과한 2023년 분석해본 결과는 다음과 같음
 - 2016년 사업실행지역 사업 전 ha당 입목축적은 1,170본, 188.29m³임
 - 2016년 사업실행 후 같은 지역의 ha당 잔존목은 797본, 154.78m³으로 18%감소함
 - 7년 경과후 같은 지역의 ha당 입목재적은 196.57m³으로 약간 증가한 것으로 분석됨(당초 잔존재적 154.78m³ + 단재적 증가량(154.78m³ × 27%)로 산출)
 - 즉, 숲가꾸기사업 당시 입목재적이 18% 감소하였으나 7년경과 후 직경과 수고 생장이 촉진되어 사업 전 보다 입목재적이 10% 증가함

- 대전 공존숲 숲가꾸기사업의 효과를 종합적으로 분석해보면 다음과 같음
 - 잔존목 생장이 촉진되어 탄소흡수량이 7년간 10%(연간 약 1.4%) 증가
 - 하층에 활엽수가 유입되어 수원함양기능이 증진됨

3.3 식물상 조사 결과

- 대전 공존의숲 숲가꾸기 조사구 내에서 확인된 식물상(목본)은 33과 50속 56종 2아종 4변종 3품종으로 총 65분류군으로 나타남
- 콩과(10.8%), 참나무과(9.2%), 장미과(7.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 목련(희귀식물), 오동나무(특산식물)가 확인됨. 다만 목련의 경우 식재된 종이 확산된 것으로 파악됨
- 목본식물에 으름덩굴, 생강나무, 비목나무 등이 나타나 대상지 환경이 비교적 습한 것으로 예측되며, 수관이 울폐되어 음지를 선호하는 식물종이 다수 관찰되는 것으로 판단됨. 또한 진달래와 싸리류 등의 개척식물종이 관찰되어 토양비옥도가 높지 않을 것으로 판단됨

표 116. 대전 공존숲(숲가꾸기) 식물상(목본)

	과	속	종	아종	변종	품종	소계
나자식물	1	2	2	-	-	-	2
단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
쌍자엽식물	31	47	52	2	4	3	61
계	33	50	56	2	4	3	65



그림 85. 오동나무(특산식물)



그림 86. 목련(희귀식물)

3.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 일본잎갈나무

- 일본잎갈나무 숲가꾸기 지역에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 교목층에서는 대부분 일본잎갈나무가 안정적으로 나타남. 조림된 수종이므로 아교목층과 관목층에서는 일본잎갈나무가 관찰되지 않았으며, 밤나무가 우점하고 광대싸리, 생강나무 등이 일정비율 이상 관찰됨
- 관목층에서는 광대싸리, 담쟁이덩굴, 조록싸리, 쥐동나무, 산딸기 등이 경쟁관계에 있고, 이 밖에도 다양한 수종이 하층을 구성하고 있음

표 117. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(일본잎갈나무)

종명	조사구 /총위	일본잎갈나무 1				일본잎갈나무 2				일본잎갈나무 3				일본잎갈나무 4				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
일본잎갈나무		100.00			50.00	100.00			50.00	84.29			42.14	100.00			50.00	
밤나무			43.75	2.08	14.93		34.32	1.62	11.71		41.71	1.46	14.15		43.00	2.59	14.77	
광대싸리				11.81	1.97		33.51	10.35	12.90		7.05	11.75	4.31			11.34	1.89	
생강나무			18.75	12.69	8.36		19.46	0.66	6.60		5.23	8.71	3.19		4.64	3.25	2.09	
아까시나무							12.70		4.23	15.71	19.13	0.37	14.30					
산초나무			18.75		6.25			2.21	0.37		8.88	1.00	3.13		8.41	6.71	3.92	
담쟁이덩굴				37.97	6.33			12.78	2.13			4.09	0.68			3.25	0.54	
개웃나무											17.99	1.00	6.16		8.41	0.46	2.88	
조록싸리							18.81	3.13				23.41	3.90			1.26	0.21	
쥐동나무				3.88	0.65		16.10	2.68				8.96	1.49			12.37	2.06	
작살나무			18.75		6.25			1.38	0.23							2.31	0.38	
산딸기				15.30	2.55			4.91	0.82			8.44	1.41			11.08	1.85	
개암나무								0.65	0.11			3.11	0.52		6.05	9.38	3.58	
고욤나무															11.71	0.46	3.98	
일본목련															11.71		3.90	
신갈나무				2.45	0.41			1.79	0.30			8.69	1.45			7.59	1.27	
산수국								13.25	2.21			3.01	0.50			1.39	0.23	
비목나무				0.53	0.09							2.29	0.38		6.05	0.46	2.10	
갈참나무				4.53	0.75			5.09	0.85							2.25	0.37	
팽나무				0.53	0.09							5.09	0.85			1.98	0.33	
청미래덩굴				2.09	0.35			2.81	0.47			1.42	0.24			0.69	0.12	
개머루				1.10	0.18			0.49	0.08			1.98	0.33			2.72	0.45	
으아리				0.64	0.11			2.68	0.45			1.37	0.23			0.93	0.15	
소테나무																3.56	0.59	
사위질빵				0.53	0.09			1.68	0.28			0.39	0.06			0.48	0.08	
조팝나무																2.94	0.49	
굴참나무				2.24	0.37											0.46	0.08	
졸참나무				0.25	0.04							1.00	0.17			1.00	0.17	
침				0.32	0.05			0.32	0.05							1.54	0.26	
싸리								1.38	0.23			0.39	0.06			0.33	0.06	
노린재나무								0.69	0.12							1.26	0.21	

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

청가시덩굴						0.32	0.05			0.77	0.13			0.60	0.10
짚레꽃										0.94	0.16			0.27	0.04
인동덩굴														1.09	0.18
떡총나무			0.32	0.05										0.54	0.09
좁개잎나무			0.51	0.08										0.27	0.04
땅비싸리										0.37	0.06			0.23	0.04
귀룽나무														0.46	0.08
보리수나무														0.46	0.08
산뽕나무														0.46	0.08
신나무														0.46	0.08
회잎나무			0.25	0.04										0.21	0.03
노박덩굴														0.45	0.08
길마가지나무														0.23	0.04
댕댕이덩굴														0.21	0.04

(2) 메타세쿼이아

- 메타세쿼이아 숲가꾸기 지역에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 모든 조사구의 교목층에서는 조림된 메타세쿼이아가 안정적으로 우점하고 있음. 조사구 1,2의 아교목층에서는 때죽나무가 우점함, 조사구 4에서는 잔털벗나무가 우점하고 때죽나무가 일정비율 이상을 차지함. 조사구 3에서는 조림된 메타세쿼이아의 일부 개체의 수고생장이 원활하지 못하여 아교목층에서 높은 비율로 나타나며, 잔털벗나무, 생강나무, 개울나무 등이 함께 경쟁관계에 있음
- 관목층에서는 메타세쿼이아의 치수가 일부 확인되었으며, 때죽나무와 생강나무, 담쟁이덩굴, 두릅 등이 경쟁 관계에 있음

표 118. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(메타세쿼이아)

종명	조사구 /층위	메타세쿼이아 1				메타세쿼이아 2				메타세쿼이아 3				메타세쿼이아 4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
메타세쿼이아		100.00		0.21	50.03	86.38	13.02	1.19	47.73	100.00	38.27		62.76	100.00		4.60	50.77
때죽나무			65.00	10.73	23.46		76.56	5.62	26.46			3.31	0.55		30.56	2.62	10.62
생강나무			35.00	25.88	15.98			17.35	2.89		19.46	25.40	10.72			29.85	4.97
잔털벗나무								1.23	0.20		28.99	2.47	10.08		69.44		23.15
담쟁이덩굴				36.89	6.15			6.80	1.13			15.05	2.51			37.28	6.21
작살나무				10.36	1.73			10.81	1.80			20.70	3.45			5.30	0.88
오동나무						13.62			6.81			1.66	0.28				
두릅나무				1.52	0.25		10.42	16.80	6.27							0.29	0.05
개울나무				0.39	0.06			2.24	0.37		13.27		4.42				
쥐똥나무				4.67	0.78			5.62	0.94			10.21	1.70			4.40	0.73
산초나무				1.06	0.18			4.82	0.80			0.94	0.16			1.78	0.30
으름덩굴				0.25	0.04			0.61	0.10			6.17	1.03				
청미래덩굴								1.80	0.30			2.98	0.50			0.44	0.07
감태나무								4.35	0.72			0.54	0.09				
비목나무								2.55	0.43			0.71	0.12			0.44	0.07
소태나무				0.59	0.10			0.68	0.11			0.33	0.05			1.72	0.29
길마가지나무				0.21	0.03			2.10	0.35							0.70	0.12
청가시덩굴				0.39	0.06			0.86	0.14			1.70	0.28				
사위질방				0.25	0.04			0.90	0.15			0.48	0.08			1.24	0.21
인동덩굴				0.39	0.06							2.19	0.36			0.29	0.05
산딸기				0.75	0.12											1.75	0.29
굴참나무				0.41	0.07			1.65	0.27							0.29	0.05
개머루				0.21	0.03			1.80	0.30			0.33	0.05				
신갈나무				0.25	0.04			1.65	0.27			0.41	0.07				
산철쭉																2.17	0.36
밤나무												1.98	0.33				
고욤나무				0.39	0.06							1.52	0.25				
회잎나무								0.31	0.05							1.51	0.25
팽나무				0.75	0.12			0.68	0.11							0.29	0.05
노박덩굴				0.39	0.06			0.68	0.11			0.45	0.07				
진달래																1.51	0.25
노린재나무				0.77	0.13			0.68	0.11								
다래								1.37	0.23								

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

싸리						0.95	0.16			0.25	0.04			
참						1.19	0.20							
누리장나무						0.37	0.06						0.70	0.12
목련						1.05	0.18							
개암나무		1.02	0.17											
산뽕나무													0.86	0.14
떡총나무						0.55	0.09							
조록싸리		0.25	0.04						0.25	0.04				
붉나무		0.39	0.06											
가막살나무						0.37	0.06							
오갈피나무						0.37	0.06							
단풍나무		0.25	0.04											
갈참나무		0.21	0.03											
줄참나무		0.21	0.03											

(3) 상수리나무

- 숲가꾸기가 진행된 상수리나무림 내부에 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 모든 조사구의 교목층에서는 상수리나무가 100%로 안정적으로 우점하고 있음. 조사구 1의 아교목층에서는 잔털벚나무와 때죽나무, 밤나무가 경쟁 관계에 있고, 조사구 2에서는 잔털벚나무와 때죽나무가 경쟁관계에 있음. 조사구 3에서는 다릅나무와 졸참나무가 경쟁관계에 있으며 밤나무, 산초나무, 개울나무 등이 10% 내외의 유의미한 비율로 출현함. 조사구 4에서는 잔털벚나무와 때죽나무, 자귀나무가 비슷한 비율로 우점하여 경쟁 관계에 있음
- 관목층에서는 조사구별로 다양한 수종이 출현하고 있음. 쥐똥나무, 때죽나무, 산초나무 등 다양한 수종이 경쟁관계에 있으며, 일부 조사구에서는 담쟁이덩굴이 비교적 높은 비율로 우점하고 있음
- 상수리나무림의 경우 아교목, 관목 층에서 나타나는 개체가 거의 없어 향후 때죽나무, 밤나무 등의 기타 수종으로 천이될 가능성이 있음

표 119. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(상수리나무)

종명	조사구 / 층위	상수리나무 1				상수리나무 2				상수리나무 3				상수리나무 4				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
상수리나무		100.00	4.12		51.37	100.00		1.98	50.33	100.00		1.71	50.29	100.00				50.00
잔털벚나무			31.73	3.48	11.16		44.48	6.15	15.85		5.40	3.90	2.45		24.13	3.14	8.57	
때죽나무			26.70	4.85	9.71		32.36	14.37	13.18			0.88	0.15		25.17	5.99	9.39	
밤나무			30.65	11.49	12.13			0.70	0.12		11.79		3.93			4.89	0.82	
산초나무			3.91	9.70	2.92			11.06	1.84		10.11	9.75	5.00		7.37	5.07	3.30	
쥐똥나무			1.44	14.52	2.90			16.40	2.73		9.43	15.18	5.67			4.52	0.75	
노린재나무				3.29	0.55		12.26	0.70	4.20		7.22	2.77	2.87		7.37	4.74	3.25	
담쟁이덩굴				18.90	3.15			7.17	1.19			1.53	0.26			29.30	4.88	
자귀나무															24.13	0.17	8.07	
다릅나무											23.04	1.90	8.00					
졸참나무							1.40	0.23			20.08		6.69					
개울나무											12.93		4.31					
느릅나무															11.84	1.07	4.12	
조록싸리				2.70	0.45			2.13	0.36			19.43	3.24			0.37	0.06	
생강나무				2.09	0.35			9.30	1.55			3.71	0.62			7.28	1.21	
청미래덩굴				5.74	0.96			6.40	1.07			6.11	1.02			3.83	0.64	
산수국								1.98	0.33			4.36	0.73			14.62	2.44	
아까시나무				0.84	0.14		5.09	1.43	1.94			3.52	0.59					
산딸기				6.91	1.15							4.79	0.80			3.53	0.59	
광대싸리								6.02	1.00			3.54	0.59			4.71	0.78	
팽나무							5.81		1.94			0.32	0.05					
회잎나무								3.71	0.62			5.07	0.84			0.37	0.06	
신나무			1.44		0.48							1.55	0.26			3.19	0.53	
청가시덩굴				0.97	0.16			3.29	0.55			0.88	0.15			0.44	0.07	
개암나무				4.08	0.68			0.70	0.12									
갈참나무				3.52	0.59			0.70	0.12									

제4장. 숲가꾸기사업지 정밀 실태조사 결과

조팝나무						1.63	0.27			1.65	0.27			0.17	0.03
작살나무		0.90	0.15							1.32	0.22			0.37	0.06
진달래		2.56	0.43												
필레꽃		0.84	0.14			0.54	0.09							1.15	0.19
개머루						1.24	0.21			1.23	0.21				
사위질빵		1.12	0.19							0.86	0.14			0.34	0.06
신갈나무		0.56	0.09							0.44	0.07				
감태나무						0.54	0.09			0.44	0.07				
소태나무										0.86	0.14				
인동덩굴										0.79	0.13				
참										0.70	0.12				
노박덩굴		0.22	0.04			0.46	0.08								
길마가지나무		0.22	0.04							0.35	0.06				
싸리		0.52	0.09												
좀깨잎나무										0.44	0.07				
산철쭉														0.41	0.07
보리수나무														0.32	0.05

(4) 대조군

■ 독일가문비나무

- 독일가문비나무 조림지역은 공존숲 내 유일하게 숲가꾸기가 진행되지 않은 구역으로, 숲가꾸기 지역과 임상이 달라 대조군으로 적합하지 않을 수 있으나, 참고적으로 하층식생의 발달 정도 및 종다양도 등을 비교하기 위해 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 교목층에는 독일가문비나무가 안정적으로 우점하고 있음. 조사구 2,3에서는 수고가 낮은 독일가문비나무가 우점하고 있으며 조사구 4에서는 아교목층이 관찰되지 않음. 조사구 1에서는 때죽나무가 100%로 우점한다고 분석되었으나, 밀도가 매우 낮아 아교목층이 유의미하게 형성되어 있다고 보기는 어려움
- 관목층에서는 상수리나무, 졸참나무, 작살나무, 갈참나무, 청가시 덩굴 등 몇가지 수종이 관찰되나, 현장상황에 비추어보아 상층의 독일가문비나무의 수관에 의해 빛이 투과되지 못하여 하층의 밀도와 피도가 매우 낮아 하층의 발달이 거의 이루어지지 않은 것으로 파악됨

표 120. 대전 공존숲(숲가꾸기) 상대우점치 분석 결과(독일가문비나무)

조사구 /종위 종명	독일가문비나무 1				독일가문비나무 2				독일가문비나무 3				독일가문비나무 4				
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
독일가문비	100.00			50.00	83.02	100.00		74.84	84.73	100.00		75.70	77.66				58.24
때죽나무		100.00		33.33					6.33			3.17					
상수리나무			18.00	3.00							12.39	2.07	18.82			20.83	19.32
청가시덩굴			18.00	3.00							2.48	0.41			50.94	12.73	
작살나무							51.70	8.62			34.23	5.70					
졸참나무			23.01	3.83			33.52	5.59							7.72	1.93	
밤나무					16.98			8.49			16.97	2.83					
생강나무			18.00	3.00			6.70	1.12			9.80	1.63			11.27	2.82	
굴참나무									8.93		12.39	6.53					
갈참나무			20.05	3.34											3.86	0.96	
물오리나무													3.53				2.64
오동나무															5.39	1.35	
소태나무							8.07	1.34									
가죽나무											5.87	0.98					
노린재나무											3.39	0.57					
비목나무			2.96	0.49													
개머루											2.48	0.41					

2) 종다양도지수 분석

- 대전 공존숲 숲가꾸기 지역의 최대종다양도(H'max) 범위는 표준지에서 1.362~1.643으로 나타나 연구대상지 전체에서 가장 종 수가 풍부한 지역임. 반면 대조군의 최대종다양도 범위는 0.778~1.041로 출현 종 수가 다소 적은 것으로 판단됨
- 다만 균재도의 경우 조사구별로 편차가 상당히 큰 것으로 분석되어 표준지의 종다양도지수 범위가 0.662~1.364로 넓게 나타나는 것으로 확인됨. 대조군의 경우에도 일부 조사구(조사구 3,4)에서는 균재도가 양호하게 나타나지만, 일부 조사구(조사구 1,2)에서는 종다양도와 균재도가 낮아 생물다양성이 낮은 것으로 분석됨
- 표준지와 대조군의 조림 수종이 달라 직접적인 비교는 어려우나, 숲가꾸기가 이루어진 지역에서 출현하는 종 수가 월등히 높고 종다양도지수도 전반적으로 높게 나타나 숲가꾸기 사업을 통해 중/하층에 식생이 발달하여 생물다양성에 기여한 것으로 분석할 수 있음

표 121. 대전 공존숲(숲가꾸기) 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	일본잎갈나무 1	0.683	1.362	0.502	0.498
	일본잎갈나무 2	1.031	1.362	0.757	0.243
	일본잎갈나무 3	1.211	1.398	0.866	0.134
	일본잎갈나무 4	1.364	1.643	0.830	0.170
	메타세쿼이아 1	0.662	1.462	0.453	0.547
	메타세쿼이아 2	1.303	1.531	0.851	0.149
	메타세쿼이아 3	1.073	1.398	0.768	0.232
	메타세쿼이아 4	0.654	1.362	0.481	0.519
	상수리나무 1	1.138	1.398	0.814	0.186
	상수리나무 2	1.199	1.398	0.858	0.142
	상수리나무 3	1.271	1.519	0.837	0.163
	상수리나무 4	0.809	1.398	0.579	0.421
대조군	독일가문비나무 1	0.714	0.903	0.791	0.209
	독일가문비나무 2	0.500	0.778	0.642	0.358
	독일가문비나무 3	0.901	1.041	0.865	0.135
	독일가문비나무 4	0.737	0.903	0.816	0.184

3) 나이테 분석

- 대전 공존숲 숲가꾸기 지역의 임령은 26~51년으로 확인됨. 채취한 목편 중 2018년도 숲가꾸기가 진행된 일본잎갈나무 및 소나무에 대해 연륜폭을 분석함. 일본잎갈나무과 소나무 모두 2018년 이전까지 연륜폭이 감소하는 양상에서 2018년 이후 다시 증가하여 숲가꾸기 효과가 나타는 것으로 판단할 수 있음

표 122. 대전 공존숲(숲가꾸기) 나이테 분석 결과

수종	수고	DBH	임령
일본잎갈나무	15	24	25년
*일본잎갈나무	17	26	26년
*소나무	13	30	51년
독일가문비	15	29	31년
메타세콰이어	18	34	26년

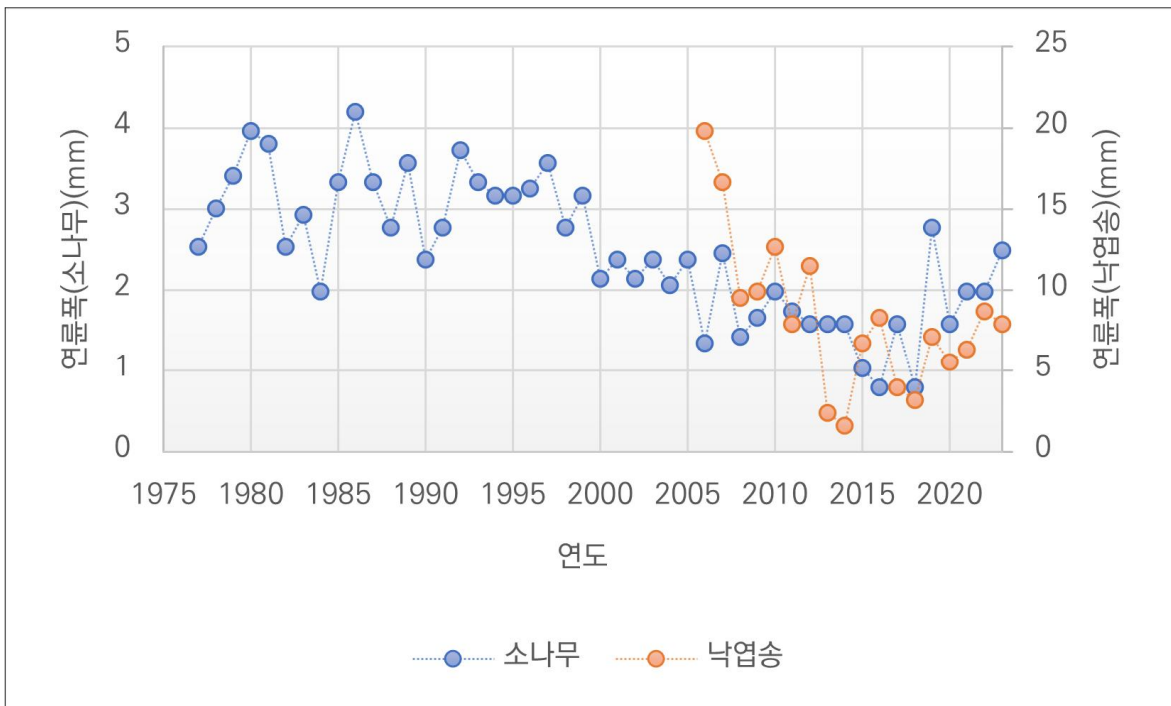


그림 87. 대전 공존숲(숲가꾸기) 나이테 분석 결과

3.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 대전 공존숲 조림지 3곳과 대조군 1곳의 유기물 함량은 대상지에 따라 4.3%에서 10.34%까지 차이를 보임. 유기물이 4.3%로 중급으로 평가되는 일본잎갈나무 조림지를 제외하면 모든 표준지와 대조군의 유기물은 5.0% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 '상급'으로 평가되며, 국내 산림의 평균유기물함량인 4.25%와(이아림, 2020) 비교하면 4곳 모두 높은 것으로 확인됨
- 토양 전질소는 대상지 4곳이 각각 0.18%, 0.45%, 0.29%, 0.27%로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 상급(0.12% 이상)에 해당함
- 4개 대상지의 pH는 4.13에서 4.99까지 분포하여 하급 1곳, 불량 3곳이 확인되었고, 국내 산림토양 평균 pH인 4.30과 비교하면 독일가문비 대조군(4.13)을 제외한 3곳은 조금 더 양호한 수준임. 치환성 K의 경우 대상지 4곳 모두 조경설계기준 하급(0.6미만)에 해당하였음. 치환성 Ca는 4곳 중 일본잎갈나무 조림지(3.6)만 중급(2.5-5.0)에 해당하고 나머지 3곳은 하급으로 평가됨. 치환성 Mg도 일본잎갈나무 조림지(0.61)만 중급(3.0~0.6) 범위에 해당하고 나머지 3곳은 하급으로 확인됨
- 양이온치환용량(CEC)은 9~19.9cmol⁺/kg로 모든 대상지가 중급(6~20)에 해당하는 수치를 보였고, 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol/kg에 비해서는 일본잎갈나무 조림지가 근소하게 높은 수치를 보임

표 123. 대전 공존숲(숲가꾸기) 토양 분석 결과

항목	표준지			대조군
	일본잎갈나무	메타세쿼이아	상수리나무	독일가문비
유기물(%)	4.3	10.34	7.39	7.05
N(%)	0.18	0.45	0.29	0.27
유효인산(mg/kg)	44.53	63.61	50.25	57.25
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.18	0.18	0.17	0.15
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	3.6	2.13	1.53	1.38
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.61	0.58	0.3	0.27
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.083	0.084	0.11	0.091
양이온 치환용량 (cmol ⁺ /kg)	11.1	19.9	12	9
pH	4.99	4.31	4.35	4.13
전기전도도(dS/m)	0.094	0.13	0.11	0.13
모래(%)	76.68	56.2	64.64	75.97
미사(%)	9.67	16.17	13.91	6.02
점토(%)	13.65	27.63	21.45	18.01
분류(%)	사질양토	사질식양토	사질식양토	사질양토



그림 88. 하층에 활엽수 다량 유입하여 수원함양 기능 증진

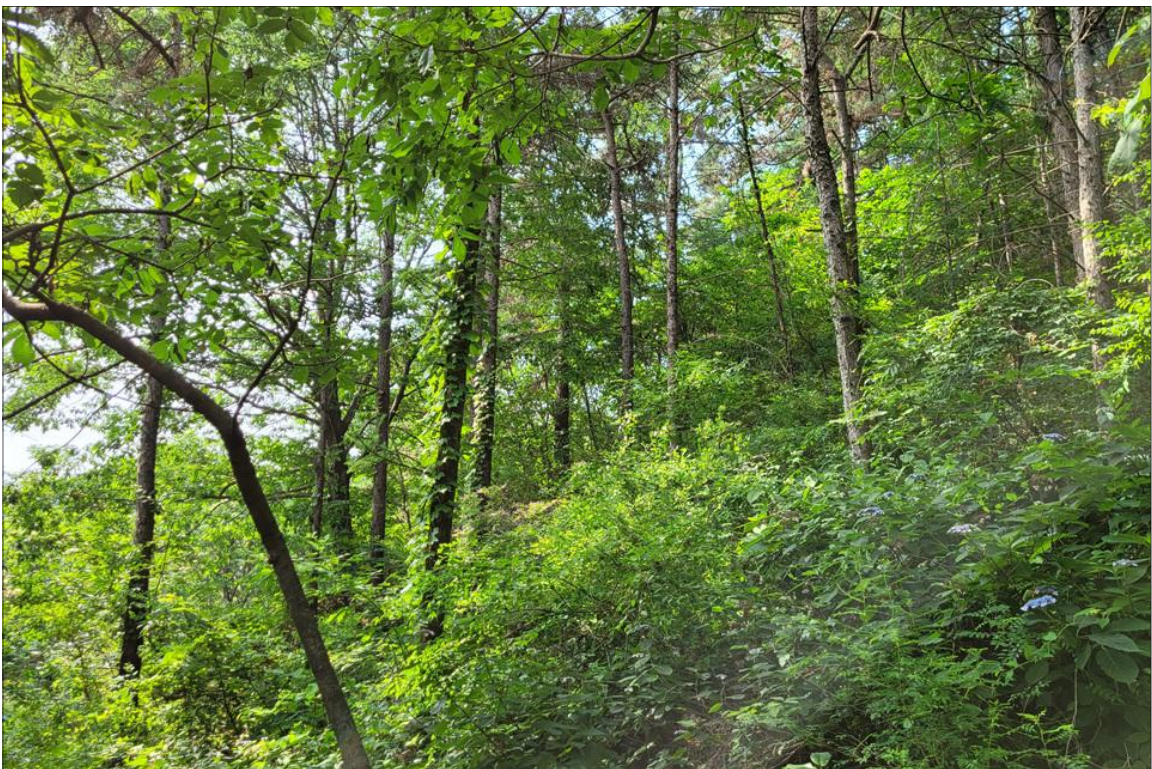


그림 89. 하층에 활엽수 다량 유입하여 수원함양 기능 증진

4. 김천 공존숲

4.1 숲가꾸기 사업 내용

1) 대상지 개요

산림의 기능	• 주)산림휴양림, 부)목재생산림, 자연환경보전림	
사업목적	• 쾌적한 산림휴양공간 제공, 생물다양성 증진, 탄소흡수량 증진	
사업이력	사업위치	김천시 대덕면 추량리 산139번지
	사업년도	2016년, 2018년
	사업면적	74.90ha

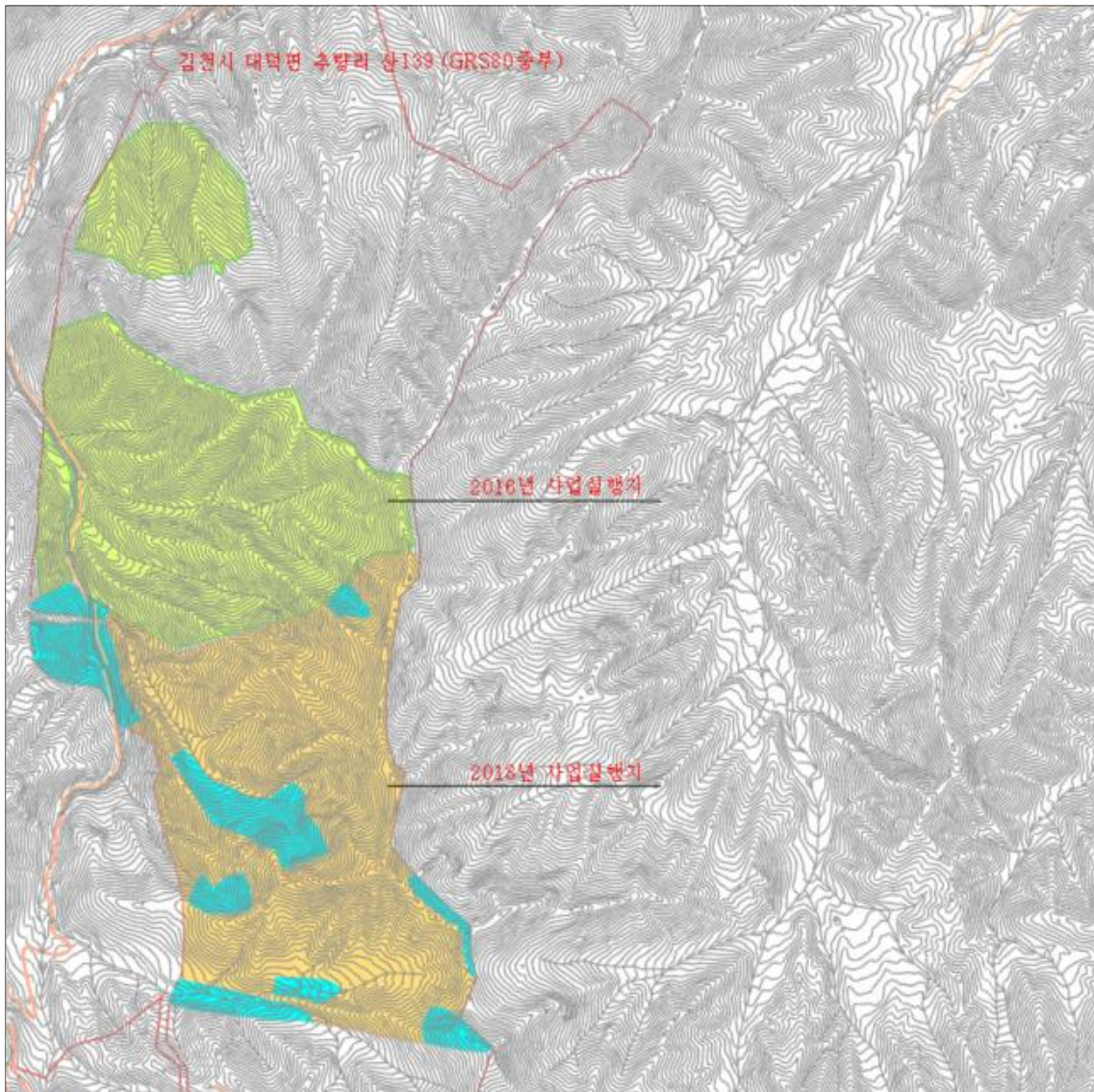


그림 90. 대전 공존숲 숲가꾸기 실행지 위치도

2) 사업실행 면적

- 김천 공존숲 숲가꾸기사업은 2년간 74.90ha 실행한 것으로 조사됨
 - 산림휴양기능 증진, 탄소흡수 기능 증진, 종 다양성 증진 : 숲아베기
 - 쾌적한 숲 이용 환경 제공 : 임도, 등산로변 산물정리

표 124. 김천 공존숲 사업실행 면적

사업년도	종별 사업면적(ha)				비 고
	숲아베기	중층조절	산물처리	덩굴제거	
2016년	38.90		11.80		
2018년	36.00				
합 계	74.90		11.80		

3) 사업시행 총 수량

- 2년간 20,972본(8,569.55m³) 숲아베기 실행. 본수대비 27%, 재적대비 17%
- 숲아베기 실행 후 남겨진 총 입목축적은 55,924본(18,821.35m³)
 - ha당 잔존본수 입목축적 : 747본(251.29m³)
 - 본당 잔존본수의 입목재적 : 0.3366m³

표 125. 김천 공존숲 사업시행 총 수량(숲아베기)

사업년도	총 축적		제거량		잔존량	
	본수(본)	재적(m ³)	본수(본)	재적(m ³)	본수(본)	재적(m ³)
2016년	43,140	11,319.50	11,640	2,213.23	31,500	9,106.27
2018년	33,756	11,345.00	9,332	1,629.92	24,424	9,715.08
합 계	76,896	22,664.50	20,972	3,843.15	55,924	18,821.35

4.2 임항 조사 결과

1) 조사방법

- 숲가꾸기사업 실행지는 소나무, 참나무류, 일본잎갈나무 군상 혼효림으로 구분되나 본 연구에서는 2016년도 작업한 소나무와 활엽수 군생지에 한해 표준지 6개를 배치하여 조사함
- 표준지 위치좌표는 다음 표와 같음

표 126. 김천 공존숲 표준지 배치 내역

수종	No.	형태	크기(㎡)	GPS좌표(GRS80 중부)		사업년도
				X좌표	Y좌표	
소나무	1	8.0m원형	200	288265	365024	2016년
	2	8.0m원형	200	288291	365001	2016년
	3	8.0m원형	200	288360	364976	2016년
활엽수	4	8.0m원형	200	288337	365128	2016년
	5	8.0m원형	200	288296	365150	2016년
	6	8.0m원형	200	288229	365189	2016년

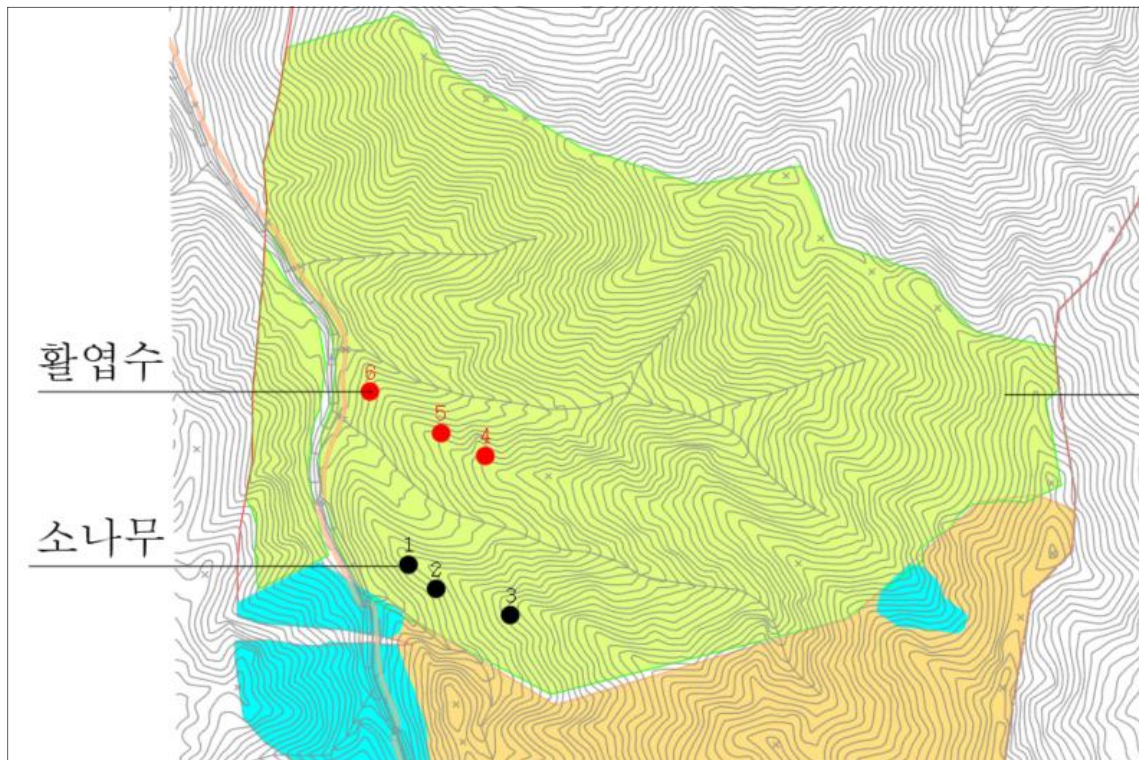


그림 91. 김천 공존숲 표준지 배치도

2) 조사 결과

(1) 표준지 조사 결과

- 연간 생장량 비교를 위하여 2016년 숲가꾸기를 실행한 지역 중 소나무림에 배치한 표준지 3개소에 대하여 입목축적을 산출하였으며 그 결과는 다음 표와 같음. 단, 공정성을 위하여 동일 경급의 수고는 2016년 적용수고를 적용함

표 127. 2023년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적 (m ³)	직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
	본수	재적(m ²)				
소나무	678	352.35	0.5197			98%
활엽수	32	6.63	0.2072			2%
합 계	710	358.98	0.5056	28	16	100%

(2) 비교 표준지 조사 결과

- 본 연구에서 조사한 표준지 주변에 배치된 2016년 조사 표준지(No.8) 잔존목(조사목-제거목)조사결과로 산출한 입목축적은 다음과 같음

표 128. 2016년 조사 입목축적 산출결과

수 종	ha당 축적		단재적 (m ³)	직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비
	본수	재적(m ²)				
소나무	750	271.30	0.3617			99%
활엽수	25	2.39	0.0956			1%
합 계	775	273.69	0.3531	26	13	100%

(3) 단재적 증가량

- 김천 공존숲 숲가꾸기 실행지 단재적은 연간 6% 증가한 것으로 분석됨

표 129. 김천 공존숲 단재적 증가량

수 종	총 증가량(m ³)	총 증가율(%)	경과년수(년)	연간증가율(%)
소나무	0.1580	44%	7	6%
활엽수	0.1116	117%	7	17%
평 균	0.1525	43%	7	6%

3) 숲가꾸기 효과 분석

- 김천 공존숲 산림휴양기능 증진 및 탄소흡수원 확충을 위하여 2016년도에 실행한 숲가꾸기사업 효과를 7년이 경과된 2023년현황을 분석한 결과는 다음과 같음
 - 2016년 사업실행지역 사업 전 ha당 입목축적은 1,109본, 290.99m³입
 - 2016년 사업실행 후 같은 지역의 ha당 잔존목은 810본, 234.09m³으로 20% 감소함
 - 7년 경과후 같은 지역의 ha당 입목재적은 334.75m³ 으로 증가한 것으로 분석됨(당초 잔존재적 234.09m³ + 단계적 증가량(234.09m³ × 43%)로 산출)
 - 즉, 숲가꾸기사업 당시 입목재적이 20% 감소하였으나 7년경과 후 직경생장이 촉진되어 사업 전(290.99m³/ha) 보다 입목재적이 15%(연간2.1%) 증가함

- 김천 공존숲 숲가꾸기사업의 효과를 종합적으로 분석하면 다음과 같음
 - 잔존목 생장이 촉진되어 탄소흡수량이 7년간 15% 증가
 - 하층에 활엽수가 유입되어 휴양기능과 종 다양성이 증진됨

4) 기타

- 2016년 소나무는 강도로, 활엽수는 약도로 작업함. 현재, 소나무는 임목밀도 높고 활엽수는 낮은 것으로 파악됨
- 소나무 군생지 추가로 숲가꾸기 작업 필요함
- 소나무는 형질이 우수. 활엽수는 대부분 불량한 것으로 파악됨
- 2016년 강도로 작업한 지역의 소나무 성장차이가 명확하게 구분됨
- 산물은 임도변과 계곡주변 정리하였으며 임내는 작동하여 깔아놓아 모두 부식됨
- 관목층 발달이 왕성하여 하층식생 피복도가 100%임. 숲의 구조는 2단 구조(교목층 + 관목층)로 구성됨

4.3 식물상 조사 결과

■ 표준지

- 김천 공존숲에서 확인된 식물상(목본)은 쇠물푸레나무, 노각나무, 대팻집나무, 서어나무, 박달나무, 물오리나무(식재), 생강나무, 철쭉 등 24과 29속 35종 3아종 1변종으로 총 39분류군으로 나타남
- 장미과(10.3%), 콩과(7.7%), 참나무과(7.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 노각나무(특산식물), 병꽃나무(특산식물)가 확인됨

■ 대조군

- 최근 10년 이내 숲가꾸기가 실행되지 않은 수도권 내 동일 임상에 대조군 방형구를 설치하여 식물상 조사를 진행함. 대조군에서 확인된 식물상(목본)은 신갈나무, 노각나무, 대팻집나무, 철쭉, 정금나무 등 17과 20속 26종 10아종 1변종으로 총 28분류군으로 나타남
- 참나무과(14.3%), 진달래과(10.7%)가 가장 우세하게 나타났으며, 희귀·특산식물에는 병꽃나무(특산식물)가 확인됨
- 대조군에 비해 표준지에서 더 다양한 종이 출현하여 적절한 숲가꾸기를 통해 하층이 발달하는 등 숲의 건강성이 보다 증대되었음. 다만 조사된 표준지의 면적(20x20m 6개소)이 대조군의 면적(20x20m 3개소)과 차이가 있으므로, 단순 비교자료로 사용하기에는 어려움이 있음

표 130. 김천공존숲 식물상(목본)

구분		과	속	종	아종	변종	품종	소계
표준지	나자식물	1	1	1	-	-	-	1
	단자엽식물	1	1	1	-	-	-	1
	쌍자엽식물	22	27	33	3	1	-	37
	계	24	29	35	3	1	-	39
대조군	나자식물	2	2	2	-	-	-	2
	단자엽식물	1	1	2	-	-	-	2
	쌍자엽식물	14	17	22	1	1	-	24
	계	17	20	26	1	1	-	28



그림 92. 김천 공존숲 출현 특산식물(노각나무)

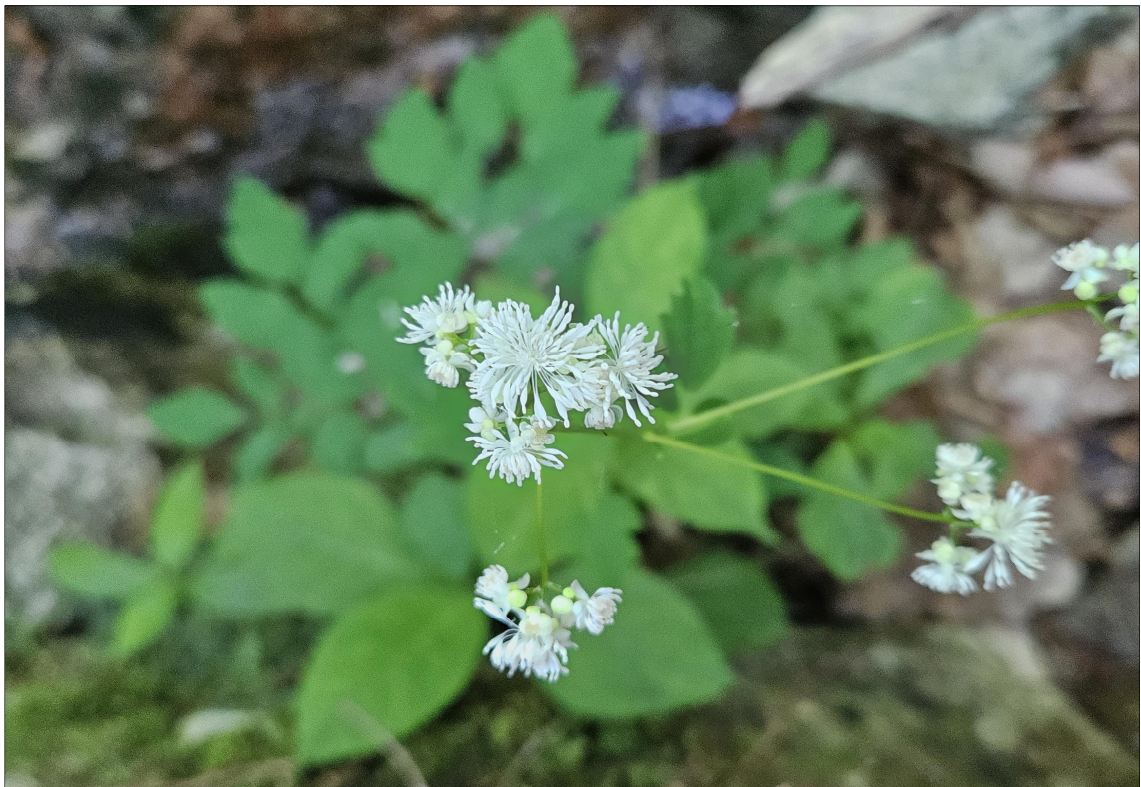


그림 93. 김천 공존숲 출현종(산평의다리)

4.4 군집구조 분석 결과

1) 상대우점치 분석

(1) 소나무

- 김천 공존숲 지역은 조림지가 아닌 자연림으로, 소나무 군락이 주로 능선부를 따라 분포함. 이에 따라 임항조사의 표준지와 인접한 지점에서 능선을 기준으로 양 사면 방향으로 20x20m크기 방형구를 3개(10x10m 12개) 설치하여 조사함
- 모든 조사구의 교목층에서는 소나무가 안정적으로 나타남. 아교목 층에서는 생강나무, 쇠물푸레나무, 노각나무, 개웃나무 등이 경쟁관계에 있거나 이들 중 일부 수종이 우점하는 것으로 확인됨. 다만 조사구 3-1에서는 아교목층에서 박달나무가 64%로 우점함
- 아교목층에서 경쟁하고 있는 수종 중 생강나무와 쇠물푸레나무 등의 수종은 관목층에서도 유의미한 비율로 나타나고 있음. 이에 따라 향후 해당 군락은 쇠물푸레나무 군락으로 천이 될 가능성이 있는 것으로 파악됨
- 또한 능선부의 특성상 진달래와 철쭉이 일정 비율 이상 관찰되며, 일부 조사구에서는 정금나무가 관목층에서 앞서 언급된 다른 수종들과 경쟁관계에 있음

표 131. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(소나무)

종명	조사구 / 층위	소나무 1-1				소나무 1-2				소나무 1-3				소나무 1-4				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
소나무		100.00			50.00	100.00		0.37	50.06	91.68			45.84	100.00			50.00	
생강나무			51.17	17.15	19.91		27.90	21.30	12.85		16.29	20.24	8.80		53.35	34.31	23.50	
쇠물푸레나무			31.79	16.46	13.34		31.13	11.63	12.31		29.55	28.73	14.64		21.61	20.63	10.64	
진달래			4.08	10.15	3.05		20.48	18.82	9.97		7.58	9.60	4.12		6.42	7.81	3.44	
개웃나무			5.34		1.78			0.46	0.08		29.17		9.72		8.44	0.73	2.94	
정금나무				10.81	1.80		20.48	6.14	7.85			20.77	3.46			2.33	0.39	
철쭉				35.10	5.85			20.85	3.48			9.34	1.56			11.64	1.94	
신갈나무				0.62	0.10			5.55	0.93	8.32	9.85	2.07	7.79					
쪽동백나무			5.59	6.68	2.98			7.97	1.33			4.74	0.79			3.90	0.65	
물푸레나무														10.17			3.39	
노각나무											7.58	1.14	2.72					
당단풍나무				0.62	0.10			0.73	0.12			1.87	0.31			8.98	1.50	
미역줄나무								4.22	0.70							5.24	0.87	
졸참나무			2.03		0.68													
노린재나무																2.06	0.34	
다래																1.80	0.30	
다릅나무				0.62	0.10			1.11	0.19									
굴참나무				1.18	0.20			0.37	0.06									
함박꽃나무				0.62	0.10							0.76	0.13					
청가시덩굴												0.73	0.12					

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

조록싸리																	0.56	0.09
서어나무							0.46	0.08										
종명	조사구 /총위	소나무 2-1				소나무 2-2				소나무 2-3				소나무 2-4				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
소나무		93.90			46.95	79.95			39.97	100.00			50.00	95.63			47.82	
쇠물푸레나무			18.56	17.52	9.11		100.00	7.60	34.60		20.42	23.51	10.73		29.97	13.42	12.23	
생강나무			50.27	19.12	19.94			23.44	3.91		53.49	22.15	21.52		25.23	23.05	12.25	
노각나무				1.55	0.26	9.72		2.98	5.36			1.67	0.28		28.12		9.37	
정금나무				13.09	2.18			23.37	3.90		2.45	18.70	3.94		3.66	16.42	3.96	
진달래				10.16	1.69			11.68	1.95		18.73	3.82	6.88			16.93	2.82	
개울나무			11.44	0.73	3.94			1.67	0.28			0.34	0.06		13.02	1.36	4.57	
철쭉				5.73	0.96			12.30	2.05		2.30	13.75	3.06			13.61	2.27	
당단풍나무			7.39	9.79	4.09			2.81	0.47			4.09	0.68			5.05	0.84	
굴참나무						10.33			5.17									
신갈나무	6.10			1.69	3.33			6.24	1.04									
쪽동백나무				6.91	1.15			2.74	0.46			10.22	1.70			4.82	0.80	
대뺨집나무			12.34		4.11													
미역줄나무				13.70	2.28			2.77	0.46			1.03	0.17					
박달나무														4.37			2.18	
줄참나무											2.60	0.72	0.99			3.47	0.58	
잔털벚나무																1.87	0.31	
물푸레나무								0.83	0.14									
함박꽃나무								0.83	0.14									
산초나무								0.73	0.12									
종명	조사구 /총위	소나무 3-1				소나무 3-2				소나무 3-3				소나무 3-4				
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
소나무		92.31			46.16	100.00			50.00	100.00			50.00	100.00			50.00	
개울나무			35.29		11.76		35.78	3.60	12.53		54.93	7.85	19.62		32.85	4.06	11.63	
생강나무				37.23	6.20		23.89	14.66	10.41		11.72	13.22	6.11		39.58	13.60	15.46	
쇠물푸레나무				13.25	2.21		2.60	27.17	5.40		17.59	26.17	10.22		12.56	23.40	8.09	
박달나무	7.69	64.71			25.41													
정금나무				13.84	2.31			21.34	3.56		7.88	16.72	5.41			17.75	2.96	
진달래				7.10	1.18		17.31		5.77			8.65	1.44		5.45	14.36	4.21	
쪽동백나무				4.83	0.80		4.89	18.20	4.66			8.24	1.37		6.84	11.70	4.23	
당단풍나무				1.78	0.30		11.93	3.66	4.59		7.88	2.11	2.98			3.28	0.55	
철쭉				17.79	2.96			8.59	1.43			10.86	1.81			8.13	1.35	
신갈나무				2.33	0.39			1.39	0.23			3.74	0.62			2.30	0.38	
잔털벚나무							3.59		1.20									
줄참나무															2.72		0.91	
굴참나무				1.85	0.31							0.33	0.06					
미역줄나무																1.42	0.24	
물푸레나무								1.39	0.23									
대뺨집나무												1.05	0.18					
싸리												0.65	0.11					
노각나무												0.41	0.07					

(2) 신갈나무림

- 임항조사 표준지와 인접한 위치에서 각 군락이 중첩되지 않도록 10x10m 크기의 조사구 12개를 설치하여 조사함
- 조사구 1-1, 1-2, 2-4, 는 교목층에 신갈나무가 안정적으로 우점하는 신갈나무 군락임. 1-3, 1-4, 2-1, 2-2, 3-2는 신갈나무가 우점하되 노각나무가 일정 비율 이상 출현하거나, 신갈나무와 노각나무가 교목층에서 경쟁하고 있음. 2-3은 박달나무가 우점하되 신갈나무가 일정 비율 이상으로 나타나며, 3-1, 3-3은 신갈나무가 우점하되 쪽동백나무 및 노각나무가 일정 비율 이상 나타나거나, 쪽동백나무가 일정비율 이상 나타남. 3-4는 산뽕나무와 굴참나무가 경쟁관계에 있는 군락으로 신갈나무가 나타나지 않아 분석에서 제외함
- 아교목층에서는 당단풍나무, 노각나무, 쇠물푸레나무, 생강나무 등이 우점하며 관목층에서는 쇠물푸레나무, 정금나무, 철쭉, 생강나무 등이 경쟁관계에 있음

표 132. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(신갈나무)

종명	조사구 /총위	낙엽활엽수림 1-1				낙엽활엽수림 1-2				낙엽활엽수림 1-3				낙엽활엽수림 1-4					
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
신갈나무		100.00		0.48	50.08	100.00	33.94		61.31	43.42			21.71	34.52				17.26	
노각나무			26.93	1.72	9.26					19.57	4.43		11.26	28.38	16.01			19.53	
당단풍나무			5.22	2.03	2.08		9.03	11.95	5.00			30.04	4.67	10.79		47.59	11.32	17.75	
철쭉			10.70	8.60	5.00		13.76	32.69	10.04			20.18	34.68	12.51		16.01	13.81	7.64	
생강나무			18.95	9.07	7.83		4.58	30.24	6.57			6.93	19.23	5.52			31.78	5.30	
쇠물푸레나무			11.75	34.57	9.68		16.26	6.21	6.46			10.23	20.35	6.80			8.32	1.39	
박달나무										30.89			15.44	16.48				8.24	
진달래			13.11	10.45	6.11		7.77	13.05	4.77			11.63	2.15	4.24		20.39		6.80	
정금나무				22.02	3.67		9.68	4.05	3.90			16.58	15.39	8.09			29.22	4.87	
물오리나무														20.61				10.31	
개웃나무			13.33	2.20	4.81		4.98		1.66								1.30	0.22	
굴참나무										6.12			3.06						
쪽동백나무				2.48	0.41			1.80	0.30									2.64	0.44
미역줄나무				6.40	1.07														
함박꽃나무												3.52	0.59						
다릅나무																	1.62	0.27	
종명	조사구 /총위	낙엽활엽수림 2-1				낙엽활엽수림 2-2				낙엽활엽수림 2-3				낙엽활엽수림 2-4					
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV		
신갈나무		41.58			20.79	31.43			15.71	25.85		6.41	14.00	82.25				41.13	
노각나무		26.12		2.71	13.51	37.23		3.29	19.17					17.75	44.60	4.80		24.54	
당단풍나무			29.02	1.51	9.92		11.72	7.90	5.23			66.49	10.84	23.97		41.67	15.89	16.54	
박달나무		18.28			9.14	15.67		0.60	7.94	40.15			20.08						
생강나무			22.77	8.66	9.03			8.48	1.41		9.24	50.39	11.48		13.73	18.20		7.61	
개웃나무						76.55			25.52										
정금나무			19.64	41.81	13.52			58.45	9.74								4.80	0.80	
철쭉				4.18	0.70			10.94	1.82		24.27	14.72	10.54				40.39	6.73	
쇠물푸레나무			15.63	19.46	8.45		11.72	10.33	5.63								4.07	0.68	
쪽동백나무					11.11	1.85				14.87		1.98	7.76				3.28	0.55	

| 우리강산 푸르게 푸르게 캠페인 사업지 정밀실태조사 용역

조사구 /종위	낙엽활엽수림 3-1				낙엽활엽수림 3-2				낙엽활엽수림 3-3				낙엽활엽수림 3-4				
종명	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
소나무				15.67				7.84									
대팻집나무	14.01			7.00													
진달래		12.95	4.18	5.01												4.80	0.80
굴참나무									9.56			4.78					
층층나무									9.56			4.78					
산수국											13.68	2.28					
미역줄나무			6.38	1.06													
함박꽃나무																3.77	0.63
작살나무											1.98	0.33					
조사구 /종위	낙엽활엽수림 3-1				낙엽활엽수림 3-2				낙엽활엽수림 3-3				낙엽활엽수림 3-4				
종명	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	
당단풍나무		100.00	5.57	34.26		100.00	8.69	34.78			3.80	0.63			4.63	0.77	
쪽동백나무	18.39		0.46	9.27			3.35	0.56	13.63	54.95	3.75	25.76	10.57	64.88		26.91	
신갈나무	56.10		0.83	28.19	52.99			26.50			1.44	0.24			9.36	1.56	
노각나무	13.67		6.59	7.93	25.07			12.53	35.07		0.89	17.68					
생강나무			19.11	3.18			41.15	6.86		22.06	22.12	11.04		35.12	9.53	13.29	
비목나무			31.70	5.28			23.75	3.96			40.87	6.81	12.31		29.77	11.12	
산뽕나무													39.61			19.80	
굴참나무											0.45	0.08	22.32		1.30	11.38	
졸참나무					21.94			10.97									
박달나무			1.04	0.17					19.39			9.69					
잔털벚나무									19.39			9.69					
개웃나무							1.18	0.20		22.98		7.66			1.87	0.31	
물푸레나무			6.23	1.04					12.52		3.14	6.78					
대팻집나무			0.56	0.09									15.19			7.59	
물오리나무	11.85			5.92													
작살나무							10.09	1.68			5.33	0.89			9.70	1.62	
국수나무			6.33	1.05			5.17	0.86			1.78	0.30			11.78	1.96	
미역줄나무			3.43	0.57			2.83	0.47			9.17	1.53					
조록싸리			1.83	0.30							1.44	0.24			8.80	1.47	
팔배나무															7.31	1.22	
찰죽			7.21	1.20													
산초나무			4.03	0.67			1.54	0.26			0.49	0.08					
쇠물푸레나무							2.23	0.37			2.80	0.47					
신나무															4.74	0.79	
병꽃나무			2.23	0.37													
싸리			2.17	0.36													
정금나무											1.47	0.25					
초피나무															1.22	0.20	
함박꽃나무			0.72	0.12													
노린재나무											0.56	0.09					
산딸기											0.49	0.08					

(3) 대조군

- 대조군은 관할 지자체 등에 문의하여 최근 15년간 숲가꾸기 사업이 추진되지 않은 수도권 내 지역을 대상으로 함

■ 소나무 군락

- 소나무림 숲가꾸기 사업 시행지와 비교하기 위해 숲가꾸기가 이루어지지 않은 지역의 소나무림에서 10x10m 크기의 방형구 4개를 설치하여 조사함
- 모든 조사구의 교목층에서 소나무가 우점하고 있으나, 조사구 1과 2에서는 굴참나무가 일정 비율을 차지하고 있음. 또한 소나무가 안정적으로 우점하고 있는 조사구 3과 4에서도 아교목층과 관목층에서 굴참나무가 관찰됨. 이에 따라 해당지역이 비교적 척박한 지역일 것으로 판단할 수 있으며, 향후 굴참나무 군락으로 천이가 진행될 가능성이 있는 것으로 판단됨
- 아교목층에서는 주로 쇠물푸레나무가 우점하고, 쪽동백나무가 경쟁관계에 있는 것으로 판단됨. 관목층에서는 주로 생강나무가 안정적으로 우점하거나, 쇠물푸레나무와 생강나무가 경쟁관계에 있으며, 능선부의 특성상 진달래가 유의미한 비율로 관찰되는 것으로 확인됨. 이러한 경향은 표준지 소나무림과 유사한 것으로 판단할 수 있음. 다만 숲가꾸기 사업 시행지에 비해 출현 종수가 적고, 이에 따라 경쟁의 양상이 다소 단순하게 나타나는 것으로 판단됨

표 133. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(대조군)

종명	조사구 / 층위				소나무 1				소나무 2				소나무 3				소나무 4			
	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV				
소나무	64.86	20.43		39.24	76.57	15.03		43.30	91.21			45.60	94.80	11.31			51.17			
쇠물푸레나무		30.29	18.36	13.16		40.61	39.77	20.17		42.16	25.34	18.28		5.31	27.64		6.37			
굴참나무	21.08	9.67		13.76	18.84			9.42	2.90		3.90	2.10	5.20	22.63	0.59		10.24			
생강나무			73.53	12.26			26.72	4.45		6.19	43.23	9.27		6.10	32.34		7.42			
쪽동백나무		24.67	5.10	9.07		21.48	2.30	7.54		25.57	0.97	8.68		15.64	13.03		7.38			
신갈나무	6.50	9.67		6.47					5.90	9.30		6.05		8.62			2.87			
진달래						6.11	19.34	5.26			2.27	0.38		15.56	14.14		7.54			
개웃나무		5.26	3.01	2.25		8.11		2.70						6.77	2.33		2.65			
철쭉						5.54	4.18	2.54						4.58	8.89		3.01			
잔털벚나무										12.67		4.22		3.48			1.16			
정금나무										4.11	21.92	5.02								
박달나무	7.56			3.78																
졸참나무					4.59			2.30												
노간주나무						3.12	3.32	1.59												
청가시덩굴							3.32	0.55												
싸리											1.29	0.21								
물푸레나무											1.08	0.18								
청미래덩굴							1.05	0.17												
팔배나무															0.59		0.10			
미역줄나무															0.46		0.08			

■ 신갈나무 군락

- 김천 공존숲 대조군 신갈나무군락의 경우 교목층에서 신갈나무가 우점하거나, 굴참나무와 경쟁관계에 있음. 일부 조사구의 경우(2-1.2-2) 굴참나무가 교목상에서 우점하는 것으로 확인됨
- 아교목층에서는 신갈나무가 우점하거나 철쭉, 생강나무 등이 출현하며, 관목층에서는 철쭉, 당단풍나무, 쪽동백나무, 생강나무, 진달래 등이 경쟁 관계에 있음

표 134. 김천 공존숲 상대우점치 분석 결과(대조군)

종명	조사구 / 층위	신갈나무 1-1				신갈나무 1-2				신갈나무 1-3				신갈나무 1-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
신갈나무		87.14	16.61	3.76	49.73	74.85	8.51	6.56	41.35	63.10	3.12		32.59	58.78		6.15	30.42
철쭉			61.40	66.07	31.48		18.16	53.36	14.95			23.53	3.92			35.54	5.92
생강나무				9.38	1.56		34.04	1.69	11.63		42.17	32.80	19.52		9.07	7.02	4.20
굴참나무						25.15			12.57	23.36			11.68				
당단풍나무								1.01	0.17			1.34	0.22		57.65	17.30	22.10
진달래				14.44	2.41			26.93	4.49		18.10	29.31	10.92			10.07	1.68
개웃나무							24.91		8.30		7.97		2.66	23.83	2.31	8.33	
박달나무	12.86				6.43		5.88	8.25	3.33			1.52	0.25	14.66			7.33
다릅나무							8.51		2.84					26.56		5.43	14.19
진털벗나무										13.53	3.72		8.01		9.44	2.31	3.53
쪽동백나무			3.78	0.63			2.20	0.37			24.93	1.85	8.62			0.77	0.13
쇠물푸레나무		21.98			7.33												
미역줄나무				2.57	0.43							4.22	0.70			13.09	2.18
노린재나무												3.07	0.51				
병꽃나무												1.18	0.20				
비목나무												1.18	0.20				
종명	조사구 / 층위	신갈나무 2-1				신갈나무 2-2				신갈나무 2-3				신갈나무 2-4			
		C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV	C	U	S	MIV
신갈나무		27.87	50.53		30.78	38.19	22.91	3.72	27.35	18.13	73.06		33.42	49.50	64.10	11.00	47.95
굴참나무		72.13			36.07	61.81			30.90	72.95			36.47	35.29		2.47	18.06
철쭉							47.18		15.73			6.41	1.07	35.90	4.66	12.74	
쪽동백나무			12.91	25.28	8.52		15.65	1.61	5.49		6.23	19.09	5.26			17.23	2.87
진달래				21.55	3.59		8.59	7.57	4.12		13.52	26.72	8.96			8.75	1.46
생강나무			7.03	29.03	7.18			5.82	0.97			25.90	4.32		27.49	4.58	
물오리나무										8.93			4.46	15.22		10.01	9.28
미역줄나무				10.03	1.67			55.48	9.25			12.40	2.07			1.23	0.20
쇠물푸레나무			7.76	14.12	4.94		5.68	4.21	2.59			2.53	0.42			13.73	2.29
밤나무			14.75		4.92												
다릅나무								18.36	3.06								
노린재나무			7.03		2.34							3.14	0.52				
물푸레나무								1.61	0.27		7.18		2.39				
개웃나무												2.59	0.43			1.65	0.27
당단풍나무								1.61	0.27							1.78	0.30
산초나무												1.20	0.20				

2) 종다양도지수 분석

- 김천 공존숲 지역의 최대종다양도(H'max) 범위는 0.954~1.301로, 출현하는 종의 수가 비교적 양호한 것으로 나타나며 균재도도 0.763~0.901로 나타나 비교적 생물다양성이 양호한 지역인 것으로 판단됨
- 반면 대조군의 경우 최대종다양도 범위가 0.903~1.146, 균재도의 범위가 0.720~0.928로 일부 조사구를 제외하면 전반적인 종다양도 지수가 표준지보다 다소 낮게 나타나 숲가꾸기 사업에 의해 생물다양성이 다소 높아진 것으로 추정할 수 있음

표 135. 김천 공존숲 종다양도지수 분석 결과

조사구명		H'	H'max	J'	D
표준지	소나무 1-1	0.874	1.146	0.763	0.237
	소나무 1-2	0.918	1.146	0.801	0.199
	소나무 1-3	0.944	1.114	0.847	0.153
	소나무 1-4	0.918	1.146	0.801	0.199
	소나무 2-1	0.984	1.114	0.883	0.117
	소나무 2-2	1.048	1.204	0.870	0.130
	소나무 2-3	0.850	1.079	0.788	0.212
	소나무 2-4	0.939	1.114	0.843	0.157
	소나무 3-1	0.906	1.079	0.840	0.160
	소나무 3-2	0.973	1.079	0.901	0.099
	소나무 3-3	0.982	1.146	0.857	0.143
	소나무 3-4	0.909	1.079	0.842	0.158
	신갈나무 1-1	0.905	1.041	0.869	0.131
	신갈나무 1-2	0.821	0.954	0.860	0.140
	신갈나무 1-3	0.936	1.041	0.898	0.102
	신갈나무 1-4	0.963	1.114	0.864	0.136
	신갈나무 2-1	0.904	1.079	0.838	0.162
	신갈나무 2-2	0.695	1.000	0.695	0.305
	신갈나무 2-3	0.864	1.000	0.864	0.136
	신갈나무 2-4	0.898	1.000	0.898	0.102
	신갈나무 3-1	1.014	1.255	0.808	0.192
	신갈나무 3-2	0.913	1.114	0.820	0.180
	신갈나무 3-3	0.935	1.301	0.718	0.282
	신갈나무 3-4	0.990	1.176	0.841	0.159

대조군	소나무 1-1	0.751	0.903	0.832	0.168
	소나무 1-2	0.897	1.079	0.831	0.169
	소나무 1-3	0.823	1.041	0.791	0.209
	소나무 1-4	0.852	1.079	0.790	0.210
	신갈나무 1-1	0.662	0.903	0.733	0.267
	신갈나무 1-2	0.729	1.000	0.729	0.271
	신갈나무 1-3	0.825	1.146	0.720	0.280
	신갈나무 1-4	0.896	1.041	0.861	0.139
	신갈나무 2-1	0.886	0.954	0.928	0.072
	신갈나무 2-2	0.844	1.041	0.811	0.189
	신갈나무 2-3	0.967	1.114	0.868	0.132
	신갈나무 2-4	0.903	1.041	0.867	0.133

3) 나이테 분석

- 김천 공존숲 지역의 임령은 35년 ~ 51년으로 확인됨. 채취한 소나무 목편 중 1개체에 대하여 나이테 간격을 분석함
- 숲가꾸기 사업을 진행한 2016년 이후 연륜폭이 눈에 띄게 증가하여 숲가꾸기에 대한 성과가 나타남

표 136. 김천 공존숲 나이테 분석 결과

수종	수고	흉고직경	임령
신갈나무	9	34	49년
소나무	15	45	51년
*소나무	16	24	35년

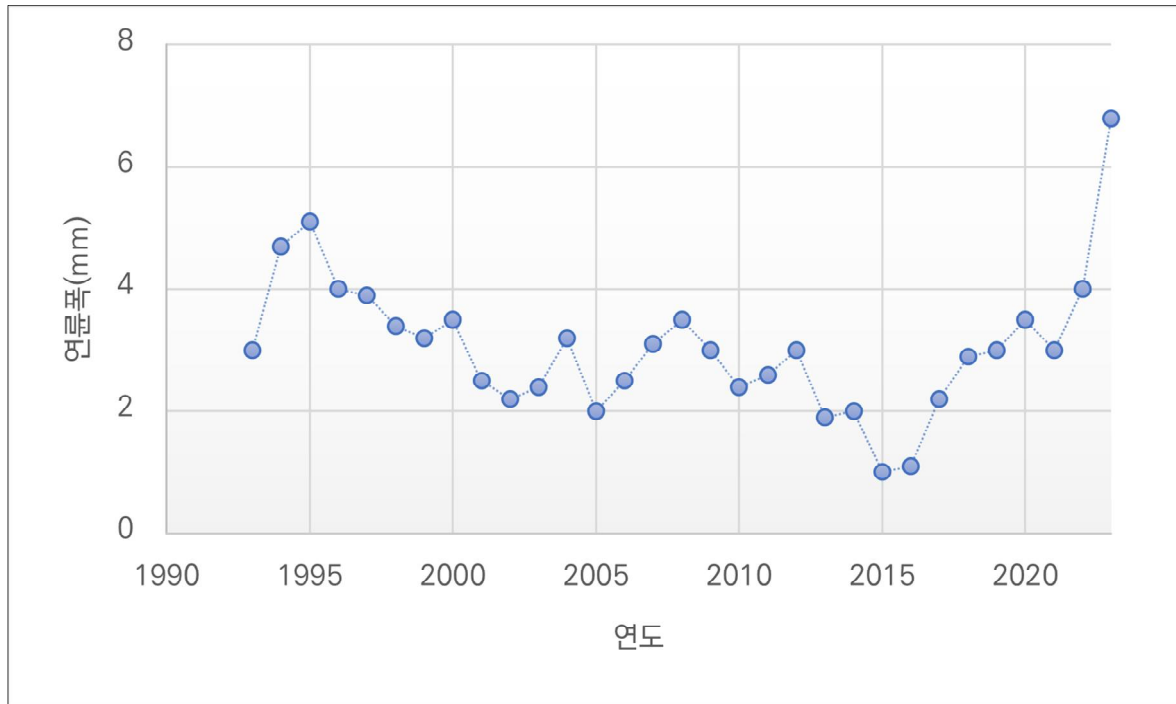


그림 94. 김천 공존숲 나이테 분석 결과

4.5 무기환경 조사 결과

1) 토양 물리·이화학적 특성 분석

- 김천 공존숲의 유기물함량은 3.36%로 중급으로 평가되는 소나무 대조군을 제외하면 모든 표준지와 대조군의 유기물은 5.0% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에 따라 '상급'으로 평가되며, 국내 산림의 평균 유기물함량인 4.25%보다(이아림, 2020) 높은 것으로 확인됨. 또한 조림지와 대조군에 무관하게 참나무 등 낙엽활엽수림의 유기물 함량(12.56%, 13.03%)은 같은 조건의 소나무 대상지(6.92%, 3.36%)보다 월등히 높은 수치를 보임
- 토양전질소는 대상지별로 0.076에서 0.42까지 차이를 보였으나 소나무 대조군(0.076%)을 제외한 모든 대상지는 0.12% 이상으로, 조경설계기준(국토교통부, 2016)에서 상급에 해당함. 소나무 대조군의 경우 유기물과 전질도 모두 중급 수준이므로 타 대상지에 비해 비옥도가 상대적으로 낮음
- 대상지 4곳의 pH는 4.42에서 4.9까지 분포하여 조경설계기준에 따라 하급 3곳, 불량 1곳으로 평가됨. 다만 이러한 수치는 모두 국내 산림토양 평균 pH인 4.30과 동등하거나 조금 더 양호한 수준임. 치환성 K, Ca, Mg의 경우 모두 조경설계기준에서 하급으로 확인됨
- 양이온치환용량(CEC)은 6~21.9cmol⁺/kg로 나타나며 대상지 4곳 중 참나무류 대조군 1곳(21.9)을 제외한 모든 곳이 조경설계기준 중급(6~20)에 해당하면서 국내 산림 평균 양이온치환용량인 18.2cmol/kg에 비해서도 다소 낮음

표 137. 김천 공존숲 토양 분석 결과

항목	표준지		대조군	
	소나무	낙엽활엽수림	소나무	참나무류
유기물(%)	6.92	12.56	3.36	13.03
N(%)	0.17	0.33	0.076	0.042
유효인산(mg/kg)	3.053	45.8	21.37	76.33
치환성 K(cmol ⁺ /kg)	0.05	0.07	0.048	0.14
치환성 Ca(cmol ⁺ /kg)	0.33	0.26	0.28	0.42
치환성 Mg(cmol ⁺ /kg)	0.078	0.073	0.083	0.14
치환성 Na(cmol ⁺ /kg)	0.062	0.066	0.056	0.083
양이온 치환용량 (cmol ⁺ /kg)	6	12.3	6.6	21.9
pH	4.82	4.75	4.9	4.42
전기전도도(dS/m)	0.038	0.031	0.024	0.048
모래(%)	-	-	-	-
미사(%)	75.04	60.68	81.32	49.24
점토(%)	9.7	18.06	4.57	23.83
분류(%)	15.26	21.26	14.11	26.93
분류(%)	사질양토	사질식양토	사질양토	사질식양토



그림 95. 소나무림 수관부



그림 96. 부식된 숲가꾸기 산물



그림 97. 숲가꾸기 후 다량 이입된 하층식생

제 5 장

KKG 캠페인 사업지 생태계서비스 평가

1. 공급서비스

2. 조절서비스

제 5 장 KKG 캠페인 사업지 생태계서비스 평가

1. 공급서비스

1.1 목재축적량

1) 조림지 목재축적량

- 2015년 기준 국내 산림면적은 6,335천ha, 목재축적량은 925백만m³으로, 단위면적당 목재축적을 단순계산할 경우 146.014m³/ha로 나타남
- 제천 화당리의 경우 자작나무 입목본수(643본)를 '간벌후 입목본수기준'의 참나무류 동일경급(16cm) 본수(660본)와 비교해 보면 입목밀도는 정상적인 것으로 분석되었으나, 목재축적은 112.53m³/ha으로 국내평균에 비해 다소 낮은 것으로 확인됨. 표준지에서 나타나는 전체 수목에 대한 목재축적량은 또한 136.32m³/ha로 국내 평균에 비해서는 낮은 수치를 보임
- 일본잎갈나무 입목본수(477본)를 '간벌후 입목본수기준'의 일본잎갈나무 동일경급(28cm) 본수(410본)와 비교해 보면 입목밀도는 높은 것으로 분석되었으며, 목재축적량은 300.42m³/ha로 평균에 비해 월등히 높은 것으로 나타남
- 잣나무 입목본수(800본)를 '간벌후 입목본수기준'의 잣나무 동일경급(20cm) 본수(600본)와 비교해 보면 입목밀도는 높은 것으로 분석됨. 잣나무 조림목의 목재축적은 191.73m³/ha로, 국내 평균보다 상당히 높게 나타나는 것으로 확인됨

표 138. 조림지 목재축적량

구 분	수 종	ha당 축적		총 축적		직경 (cm)	수고 (m)	주수종 점유비	
		본수	재적(m ³)	본수	재적(m ³)				
제 천	자작나무	자작나무	643	112.53	11,188	1,958.00	16/6-32	16/8-18	83%
		전 체	923	136.32	16,060	2,371.93	14/6-32	13/8-18	
	일본잎갈나무	낙엽송	477	300.42	5,629	3,544.94	28/16-44	22/16-23	89%
		전 체	699	338.75	8,248	3,997.30	22/8-48	17/7-23	
	잣나무	잣나무	800	191.73	1,280	306.76	20/10-30	15/10/17	79%
		전 체	1,350	242.69	2,160	388.30	16/6-30	13/6-30	
거 제	편백 1	편백	503	275.31	9,557	5,230.95	30/10/42	14/7-17	99%
		전 체	519	278.32	9,861	5,288.05	30/10-42	13/7-17	
	편백 2	편백	362	257.52	15,204	10,815.63	34/18-48	14/10-15	95%
		전 체	390	270.78	16,380	11,372.60	34/10-50	13/6-15	

※ 어린나무조림지의 경우 탄소저장량을 예측할 수 있는 기반자료가 다소 미비하므로, 본 연구에서는 조림 후 15년 이상이 경과된 대상지에 한해서 탄소저장량을 산정하였음

※ 주 수종의 점유비는 입목재적을 기준으로 산정함

2) 숲가꾸기 사업지 목재축적량

- 관악산 수목원 숲가꾸기 실행 후 단재적 증가량은 소나무 62%, 시험림의 리기테다소나무를 포함한 리기다소나무 46%, 기타수종 106%로 평균 49%가 증가하였으며, 연간 4%씩 증가하여 숲가꾸기 사업의 효과가 나타난 것으로 확인됨
- 남산 숲가꾸기 사업 이후 단재적은 총 8%, 연간 6% 증가한 것으로 분석됨. 다만 기타 수종은 2014년 사업 시 잔존목은 197본이었으나, 2023년 조사 결과 138본으로 나타나 사업전 후 본 수 차이가 커 제외하고 소나무의 연간 단재적 증가율인 5%를 숲가꾸기사업 후 증가한 단재적으로 판단하는 것이 적절함
- 김천 공존숲 숲가꾸기 실행지에 대한 단재적 증가량 산출 결과, 소나무가 44%, 기타 활엽수가 117%로 숲가꾸기 이후 단재적의 총 증가율이 43%, 연간 6%가량 증가한 것으로 분석됨
- 대전 공존숲 숲가꾸기 실행지 단재적 총 증가량은 소나무 14%, 리기다소나무 66%, 일본잎갈나무 40%, 활엽수 4%로 평균 27%가 증가하였으며, 연평균 4% 증가함
- 전체 대상지에서 단재적 총 증가량은 27~58%로 숲가꾸기의 효과가 뚜렷하게 나타나는 것으로 판단됨

표 139. 숲가꾸기 사업지 단재적 증가량

연구대상지	수 종	총 증가량(㎥)	총 증가율(%)	경과연수(년)	연간증가율(%)	비 고
관악수목원	소나무	0.0428	62	13	5	리기테다 포함
	리기다	0.0611	46	13	4	
	기 타	0.3131	106	13	8	
	평 균	0.0525	49	13	4	
남산	소나무	0.1119	45	9	5	
	기 타	0.0768	115	9	13	
	평 균	0.1155	58	9	6	
김천 공존숲	소나무	0.1580	44	7	6	
	활엽수	0.1116	117	7	17	
	평 균	0.1525	43	7	6	
대전 공존숲	소나무	0.0276	14	7	2	
	리기다	0.1777	66	7	9	
	일본잎갈나무	0.0732	40	7	6	
	활엽수	0.0125	4	7	1	
	평 균	0.0544	27	7	4	

※ 숲가꾸기 사업의 성과를 보다 정확하게 확인하기 위하여 목재축적량이 아닌 숲가꾸기 후 잔존목들의 재적 증가량을 산정함

3) 2021년 연구대상지 목재축적량

- 2015년 기준 국내 산림면적은 6,335천ha, 목재축적량은 925백만m³으로, 단위면적당 목재축적을 단순계산할 경우 146.014m³/ha으로 나타남
- 광주, 안성, 제천, 가평 4개소 모두 국내 평균에 비해 목재축적량이 상당히 높게 나타나는 것으로 분석됨

표 140. 2021년 연구대상지 목재축적량

대상지	조림수종	면적(ha)	단위면적당 목재축적량(m ² /ha)	전체 면적 목재축적량(m ²)
광주	잣나무	1	286.2	286.2
안성	잣나무	5	194.5	972.4
제천	잣나무	4	230.5	922.1
가평	잣나무	1	225.1	225.1

1.2 수원함양량

1) 조림지 수원함양량

- 2008년 기준 우리나라 산림의 수원함양량은 총 190.6억톤, 산림면적은 6,375천ha로 단 순계산 시 산림 단위면적당 수원함양량은 2,989.80t/ha로 확인됨
- 남산, 대전, 서울숲, 충주 등 임령이 낮은 지역에 위치한 대상지의 단위면적당 수원함양량은 201.12~11210.71t/ha로 평균값보다 현저히 낮은 수치를 보임
- 제천의 경우 3,058.25~5,420.70t/ha로 평균값보다 월등히 높은 수치를 보였으며 안면도, 거제도 등은 일부 지역을 제외하고 비교적 평균값에 가깝게 나타나는 것으로 확인됨
- 다만 수원함양은 임령, 수종 뿐 아니라 모암의 종류 등에 영향을 받기 때문에 산술평균을 낸 수치로 수원함양량의 적절성을 평가하기에는 어려움이 있으므로 참고용으로 활용하는 것이 좋을 것으로 판단됨

표 141. 조림지 수원함양량

대상지	조림수종	모암	면적	임령	A층 조공극률 증가량(%)	B층 조공극률 증가량(%)	A층 수원함양 (t)	B층 수원함양 (t)	단위면적당 A+B층 수원함양 (t/ha)	A+B층 수원함양 (t)
남산	소나무	화강암	1	10	2.69	0.54	573.86	241.53	815.39	815.39
대전	느티나무	화강암	1	6	0.51	1.25	109.63	553.73	663.36	663.36
	가래나무	화강암	0.6	8	0.68	1.65	145.35	734.02	879.37	527.62
	소나무	화강암	1.5	11	2.95	0.60	628.05	264.87	892.91	1,339.37
	백합나무	화강암	1.5	8	0.68	1.65	145.35	734.02	879.37	1,319.05
	편백나무	화강암	1	9	2.43	0.49	519.04	218.04	737.09	737.09
안면도	소나무	편마암	3.3	14	3.69	0.75	996.46	552.44	1,548.90	5,111.37
	종가시나무	편마암	1.4	14	1.17	2.84	316.73	2085.11	2,401.84	3,362.57
	동백나무	편마암	0.25	14	1.17	2.84	316.73	2085.11	2,401.84	600.46
	불가시나무	편마암	0.2	14	1.17	2.84	316.73	2085.11	2,401.84	480.37
	굴거리나무	편마암	0.45	14	1.17	2.84	316.73	2085.11	2,401.84	1,080.83
충주	소나무 1	화강암	10.3	14	3.69	0.75	786.71	333.99	1,120.71	11,543.28
	소나무 2	화강암	10	14	3.69	0.75	786.71	333.99	1,120.71	11,207.07
	일본잎갈나무	화강암	2.1	8	2.17	0.44	463.61	194.41	658.02	1,381.84
증평	백합나무	변성암	5	12	1.01	2.45	273.04	1798.86	2,071.90	10,359.49
	소나무	변성암	6.7	13	3.44	0.70	930.31	514.57	1,444.88	9,680.69
제천	잣나무	변성암	1.6	30	7.16	1.53	1932.54	1125.71	3058.25	4,893.20
	자작나무	변성암	17.4	34	2.69	6.38	725.25	4695.45	5420.70	94,320.16
	일본잎갈나무	변성암	11.8	37	8.40	1.85	2267.56	1357.58	3625.14	42,776.67
거제도	편백 1	화강암	19	36	8.23	1.80	273.04	1798.86	2,071.90	48,560.02
	편백 2	화강암	41	39	8.72	1.93	930.31	514.57	1,444.88	111,477.00
서울숲	A	퇴적암	0.331	12	1.01	2.45	24.44	194.28	218.72	72.40
	B	퇴적암	0.331	11.5	0.97	2.35	23.45	186.48	209.94	69.49
	C	퇴적암	0.331	11	0.93	2.25	22.46	178.66	201.12	66.57

2) 숲가꾸기 사업지 수원함양량

- 숲가꾸기 사업 이후 수원함양 증가량을 산정함. 비교적 사업년수가 낮고 침엽수림에 가까운 남산 대상지의 수원함양량이 240.16~446.72t/ha로 가장 낮게 나타나며, 사업년수가 높고 혼효림인 지역인 관악수목원이 1,675.22~2,316.92t/ha로 가장 높게 나타나는 것으로 확인됨
- 숲가꾸기를 통해 숲의 건강성이 유지 및 증진된 것으로 가정하여 산정한 값으로, 지속적인 모니터링 및 대상지에 적합한 관리를 통해 수원함양량을 유지, 증진할 수 있을 것으로 판단됨

표 142. 숲가꾸기 사업지 수원함양량

대상지	조림수종	모양	면적 (ha)	숲가꾸기 전 임령 (년)	사업 경과 년수(년)	A층 조공극률 증가량(%)	B층 조공극률 증가량(%)	A층 수원함량 (t/ha)	B층 수원함량 (t/ha)	단위면적당 A+B층 수원함량 (t/ha)	A+B층 수원함량 (t)
관악 수목원	혼효림	화강암	10.8	33.50	13.00	1.96	4.27	417.24	1,899.68	2,316.92	25,022.78
	혼효림	화강암	17	34.50	12.00	1.80	3.85	382.94	1,712.76	2,095.70	35,626.92
	혼효림	화강암	120	35.50	11.00	1.64	3.45	349.00	1,532.79	1,881.79	225,814.67
	혼효림	화강암	72	36.50	10.00	1.48	3.06	315.43	1,359.80	1,675.22	120,616.15
남산	침엽수림	화강암	22.6	38.80	9.00	1.31	0.38	278.58	168.15	446.72	10,095.98
	침엽수림	화강암	12.3	40.80	7.00	0.99	0.29	211.96	129.84	341.80	4,204.13
	침엽수림	화강암	32.5	42.80	5.00	0.69	0.21	148.09	92.07	240.16	7,805.10
수도산	혼효림	화강암	38.9	38.00	7.00	1.04	2.14	220.80	949.79	1,170.59	45,536.02
	혼효림	화강암	36	40.00	5.00	0.73	1.45	155.87	645.42	801.29	28,846.28
대전	혼효림	화강암	32	24.80	7.00	1.19	3.51	254.57	1,562.20	1,816.77	58,136.75
	혼효림	화강암	44	26.80	5.00	0.84	2.45	180.05	1,087.94	1,268.00	55,791.93
	혼효림	화강암	39	27.80	4.00	0.67	1.93	143.33	858.50	1,001.83	39,071.20

- ※ 숲가꾸기 사업 이후 수원함양 증가분을 산정한 것으로, 도출된 수원함양량이 모두 숲가꾸기 사업의 효과라고 보기는 어려움. 다만 숲가꾸기를 통하여 건강한 숲이 유지되어 제시된 수치만큼의 생태계서비스가 유지되고 있는 것으로 이해할 수 있음
- ※ 숲가꾸기 대상지의 경우 수종별 면적을 산정이 어려워 숲가꾸기 대상지 전체가 소나무인 남산 지역을 제외하고 혼효림인 것으로 가정하여 값을 산정함

3) 2021년 연구대상지 수원함양량

- 2008년 기준 우리나라 산림의 수원함양량은 총 190.6억톤, 산림면적은 6,375천ha로 단 순계산 시 산림 단위면적당 수원함양량은 2,989.80t/ha로 확인됨
- 21년 연구대상지의 경우 가평을 제외한 3개 대상지에서 국내 평균에 비해 높은 수원함양량을 보이며, 이는 비교적 임령이 높고 편마암 대상지인 영향이 큰 것으로 분석됨

표 143. 2021년 연구대상지 수원함양량

대상지	조림수종	모암	면적	임령	A층 조공극률 증가량(%)	B층 조공극률 증가량(%)	A층 수원함양량 (t)	B층 수원함양량 (t)	단위면적당 A+B층 수원함양량 (t/ha)	A+B층 수원함양량 (t)
광주	잣나무	편마암 (규장)	1	34	7.89	1.71	2,129.48	1,259.59	3,389.07	3,389.07
안성	잣나무	편마암 (흑운모)	5	35	8.06	1.76	2176.42	1292.48	3468.90	17,344.50
제천	잣나무	편마암 (흑운모)	4	38	8.56	1.89	2311.78	1389.79	3701.57	14,806.28
가평	잣나무	화강암 (우백질)	1	34	7.89	1.71	1,681.24	761.52	2,442.77	2,442.77

2. 조절서비스

2.1 탄소저장량

1) 조림지 탄소저장량

- 제천과 거제도 대상지 탄소흡수량의 총량은 466.611tCO²/ha임. 주행거리가 15,000km/년이고 에너지소비효율 등급이 1등급인 휘발유 승용차가 1년간 배출하는 이산화탄소는 1.2t/year로, 조림 대상지 2개소에서 승용차 389대에서 배출하는 탄소를 연간 흡수하고 있는 것으로 분석됨 (국립산림과학원, 2019)

표 144. 조림지 탄소저장량

대상지	사업 면적	수종	우세목 수고 (m)	임령 (년)	평균 DBH (cm)	조사 본수 (본/ha)	기준 본수 (본/ha)	Vol (m ³ /ha)	WD (t d.m/m ³)	BEF	R	CF	단위면적당 탄소흡수량 (tCO ₂ /ha/year)	전체면적 탄소흡수량 계 (tCO ₂ /year)		
제천	자작 나무	17.4	자작나무	18	34	-	643	894	4.56	0.558	1.388	0.349	0.480	6.031	7.297	126.968
			굴참나무	8	-	11.39	78	1713	4.34	0.721	1.338	0.324	0.480	0.444		
			신갈나무	9	-	11	88	1672	2.62	0.663	1.603	0.388	0.480	0.358		
			기타	10	-	12	114	1672	2.62	0.663	1.603	0.388	0.480	0.464		
	일본잎 갈나무	11.8	소나무	18	-	26	8	804	3.32	0.558	1.388	0.349	0.480	0.061	10.588	124.934
			일본잎갈나무	23	37	-	477	552	7.61	0.453	1.335	0.291	0.510	9.601		
	잣나무	1.6	잣나무	16	30	-	800	757	9.02	0.663	1.603	0.388	0.480	24.749	27.381	43.810
			굴참나무	10	-	10.8	125	1713	4.34	0.721	1.338	0.324	0.480	0.712		
			신갈나무	10	-	12	350	1672	2.62	0.663	1.603	0.388	0.480	1.424		
			기타	13	-	16	75	1172	2.99	0.663	1.603	0.388	0.480	0.497		
거제도	편백1	19	편백	14	36	-	503	1078	6.08	0.427	1.349	0.203	0.510	3.676	3.779	71.796
			신갈나무	13	-	19	16	1005	2.48	0.663	1.603	0.388	0.480	0.103		
	편백2	42	해송	14	-	46	12	679	3.48	0.481	1.524	0.290	0.510	0.109	2.360	99.100
			편백	14	39	-	362	1002	4.66	0.427	1.349	0.203	0.510	2.182		
			기타	8	-	16	16	1273	2.12	0.663	1.603	0.388	0.480	0.069		

※ 어린나무조림지의 경우 탄소저장량을 예측할 수 있는 기반자료가 다소 미비하므로, 본 연구에서는 조림 후 15년 이상이 경과된 대상지에 한해서 탄소저장량을 산정하였음

2) 숲가꾸기 사업지 탄소저장량

○ 숲가꾸기 사업지의 탄소흡수량은 남산이 141.534t/year, 관악수목원이 936.183t/year, 대전공
 존숲 528.282t/year, 김천 공존숲 45.765t/year로 나타남. 주행거리가 15,000km/년이고 에
 너지소비효율 등급이 1등급인 휘발유 승용차가 1년간 배출하는 이산화탄소는 1.2t/년으로, 숲가
 꾸기 대상지 4개소에서 승용차 1376.47대가 배출하는 탄소를 흡수하고 있는 것으로 분석됨(국
 립산림과학원, 2019)

표 145. 숲가꾸기 사업지 탄소저장량

대상지	사업 면적	수종	우세목 수고 (m)	평균 DBH (cm)	조사 본수 (본/ha)	기준 본수 (본/ha)	Vol (m ³ /ha)	WD (t d.m/m ³)	BEF	R	CF	단위면적당 탄소흡수량 (tCO ₂ /ha/year)	전체면적 탄소흡수량 계 (tCO ₂ /year)	
남산 (숲가꾸기)	22.6	소나무	15	25.36	560	881	4.12	0.558	1.388	0.349	0.480	4.816	6.263	141.534
		잣나무	14	15	72	984	7.92	0.408	1.742	0.276	0.510	0.983		
		상수리	15	24	6	731	4.67	0.721	1.450	0.313	0.480	0.093		
		신갈나무	8	8	6	2174	2.7	0.663	1.603	0.388	0.480	0.019		
		기타	12	15	54	1282	3.22	0.663	1.603	0.388	0.480	0.352		
관악수목원	219.8	소나무	9	16	454	1308	3.46	0.558	1.388	0.349	0.480	2.208	4.259	936.183
		리기다	12	19.11	296	1786	5.9	0.504	1.325	0.362	0.510	1.663		
		상수리	16	30.5	32	515	2.13	0.721	1.450	0.313	0.480	0.320		
		기타	7	13	16	1509	2.47	0.663	1.603	0.388	0.480	0.068		
대전 공존숲,	115	소나무	13	20.83	116	1058	3.86	0.558	1.388	0.349	0.480	0.778	4.594	528.282
		리기다	17	27.24	116	675	2.77	0.504	1.325	0.362	0.510	0.810		
		일본잎갈나무	16	19.88	278	1394	6.02	0.453	1.335	0.291	0.510	1.753		
		굴참나무	13	12.33	36	1588	6	0.721	1.338	0.324	0.480	0.306		
		신갈나무	12	18.4	60	1082	2.73	0.663	1.603	0.388	0.480	0.393		
		기타	13	14.57	85	1282	3.22	0.663	1.603	0.388	0.480	0.554		
김천 공존숲	74.9	소나무	17	28.05	16	748	2.7	0.558	1.388	0.349	0.480	0.106	0.611	45.765
		굴참나무	16	22	16	955	6.22	0.721	1.338	0.324	0.480	0.234		
		기타	13	14	16	955	6.22	0.663	1.603	0.388	0.480	0.271		

※ 현 시점의 대상지 현황에 따라 도출된 값이므로, 제시된 탄소저장량이 모두 숲가꾸기 사업의 효과라고 보기는 어려움. 다
 만 숲가꾸기를 통하여 건강한 숲이 유지되어 제시된 수치만큼의 생태계서비스가 유지되고 있는 것으로 이해할 수 있음
 ※ 숲가꾸기 지역에 대해서는 정확한 임령을 파악하기 어려우므로, 표준지 교목 및 아교목의 평균 DBH 및 우세목 수고를 기
 준하여 기준 본수와 정기 평균생장량을 설정함

3) 2021년 연구대상지 탄소 저장량

- 2021년 연구대상지의 탄소저장량은 광주 21.79t/year, 안성 75.92t/year, 제천 66.95t/year, 가평 11.57t/year 등 총 176.23t/year임
- 11ha의 사업 면적에서 흡수하는 이산화탄소의 양은 주행거리가 15,000km/year이고 에너지소비효율 등급이 1등급인 휘발유 승용차 147대가 1년간 배출하는 이산화탄소를 흡수하는 것으로 분석됨

표 146. 2021년 연구대상지 탄소저장량

대상지	사업면적	수종	우세목 수고 (m)	임령	조사 분수 (분/ha)	기준 분수 (분/ha)	Vol (m ³ /ha)	WD (t d.m/m ³)	BEF	R	CF	단위면적당 탄소흡수량 (tCO ₂ /ha/year)	전체면적 탄소흡수량 계 (tCO ₂ /year)
광주	1	잣나무	13	31	1616.67	775	6.16	0.408	1.742	0.276	0.510	21.79	21.79
안성	5	잣나무	10	28	1383.33	995	6.44	0.408	1.742	0.276	0.510	15.18	75.92
제천	4	잣나무	12	31	1241.67	775	6.16	0.408	1.742	0.276	0.510	16.74	66.95
가평	1	잣나무	12	29	858.33	775	6.16	0.408	1.742	0.276	0.510	11.57	11.57

※ 표준지 내에서 출현하는 수종 중 잣나무 개체에 대해서만 온도 저장량을 산정함

2.2 온도저감효과

1) 조림지 온도저감효과

- 제천 화당리 자작나무 조림지의 온도저감량은 5.19~12.76°C으로 활엽수림의 특성상 온도저감효과가 상당히 높게 나타나는 것으로 보임. 일본잎갈나무 조림지는 2.28~5.62°C, 잣나무림은 2.36~5.81°C 가량으로 비슷하게 나타남
- 거제 삼거동 조림지의 경우 소반의 위치에 따라 3.08~7.56°C, 4.09~10.06°C의 범위에서 온도저감 효과가 나타나는 것으로 분석됨

표 147. 조림지 온도저감효과

대상지	수종	조사본수 (개/ha)	녹지용적계수 (m ³ /m ²)	온도저감량			
				김홍순(2011)	기경석(2012)	Tervooren(2015)	
				0.148°C/m ³ /m ²	0.122°C/m ³ /m ²	0.300°C/m ³ /m ²	
제천	자작나무	자작나무	643	42.52	6.29	5.19	12.76
		굴참나무	78				
		신갈나무	88				
		기타	114				
	일본잎갈나무	소나무	8	18.72	2.77	2.28	5.62
		일본잎갈나무	477				
		기타	214				
	잣나무	잣나무	800	19.38	2.87	2.36	5.81
		굴참나무	125				
		신갈나무	350				
기타		75					
거제	편백1	편백	503	25.21	3.73	3.08	7.56
		신갈나무	16				
	편백2	해송	12	33.55	4.96	4.09	10.06
		편백	362				
		기타	16				

※ 어린나무조림지의 경우 탄소저장량을 예측할 수 있는 기반자료가 다소 미비하므로, 본 연구에서는 조림 후 15년 이상이 경과된 대상지에 한해서 탄소저장량을 산정하였음

2) 숲가꾸기 사업지 온도저감효과

- 남산 숲가꾸기 사업지의 경우 단위면적당(m^3/m^2) 2.29~5.62°C의 온도저감효과가 나타나는 것으로 분석되며, 관악수목원의 경우 녹지용적량은 $16.40m^3/m^2$, 단위면적당 온도저감효과는 2.00~4.92°C로 나타남. 대전 공존숲의 녹지용적량은 $18.93m^3/m^2$, 온도저감효과는 2.31~5.68°C로 나타남. 김천 공존숲의 녹지용적량은 $18.43m^3/m^2$, 온도저감량 2.25~5.53°C으로 나타남
- 숲가꾸기 사업지는 침엽수림 지역이 다수로 나타나 상대적으로 온도저감 효과가 낮게 나타나는 것으로 분석됨

표 148. 숲가꾸기 사업지 온도저감효과

대상지	수종	조사본수 (개/ha)	녹지용적계수 (m^3/m^2)	온도저감량		
				김홍순(2011)	기경석(2012)	Tervooren(2015)
				$0.148^\circ C/m^3/m^2$	$0.122^\circ C/m^3/m^2$	$0.300^\circ C/m^3/m^2$
남산	소나무	560	18.74	2.77	2.29	5.62
	잣나무	72				
	상수리	6				
	신갈나무	6				
	기타	54				
관악수목원	소나무	454	16.40	2.43	2.00	4.92
	리기다	296				
	상수리	32				
	기타	16				
대전 공존숲	소나무	116	18.93	2.80	2.31	5.68
	리기다	116				
	일본잎갈나무	278				
	굴참나무	36				
	신갈나무	60				
	기타	85				
김천 공존숲	소나무	678	18.43	2.73	2.25	5.53
	굴참나무	16				
	기타	16				

※ 현 시점에서 대상지의 조사 본수와 녹지용적 계수에 따라 산정한 값이므로, 제시된 온도저감량이 모두 숲가꾸기 사업의 효과라고 보기는 어려움. 다만 숲가꾸기를 통하여 건강한 숲이 유지되어 제시된 수치만큼의 생태계서비스가 유지되고 있는 것으로 이해할 수 있음

3) 2021년 연구대상지 온도 저감 효과

- 2021년 연구대상지의 경우 광주 대상지는 단위면적당(m^3/m^2) 1.79~4.41℃, 안성 대상지는 단위면적당(m^3/m^2) 1.53~1.86℃, 제천 대상지는 2.27~5.58℃, 가평 대상지는 3.24~7.96℃의 온도 저감 효과를 가지는 것으로 나타남

표 149. 2021년 연구대상지 온도 저감 효과

대상지	수종	조사본수 (개/ha)	녹지용적계수 (m^3/m^2)	온도저감량		
				김홍순(2011)	기경석(2012)	Tervooren(2015)
				0.148℃/ m^3/m^2	0.122℃/ m^3/m^2	0.300℃/ m^3/m^2
광주	잣나무	1616.667	14.71	2.18	1.79	4.41
안성	잣나무	1383.333	12.54	1.86	1.53	3.76
제천	잣나무	1241.667	18.59	2.75	2.27	5.58
가평	잣나무	858.333	26.52	3.93	3.24	7.96

※ 표준지 내에서 출현하는 수종 중 잣나무 개체에 대해서만 온도 저감량을 산정함

2.3 토사유출방지량

1) 조림지 토사유출방지량

- 2008년 기준 모암별토사유출량은 아래 표와 같음. 입목지와 무립목지 토사유출량의 차를 통해 단위면적당 토사유출방지량을 산정하면 화강암은 356.14m³/ha/year, 편마암은 262.72m³/ha/year, 기타 변성암은 353.29m³/ha/year, 퇴적암은 231.03m³/ha/year으로 나타남
- 화강암 지역인 남산, 대전, 충주, 거제의 경우 국내 산림 전체에 대한 모암별 토사유출량인 356.14m³/ha/year에 거의 근접한 수치를 나타내어 해당 사업지의 토사유출방지량이 양호한 수준인 것으로 분석됨
- 편마암 지역인 안면도의 토사유출방지량은 252.12~252.86m³/ha/year으로, 국내 산림 전체에 대한 단위면적당 토사유출방지량인 262.722m³/ha/year에 비해 다소 낮은 수치를 보임
- 변성암 지역의 국내 산림에 대한 모암별 토사유출량은 353.29m³/ha/year로, 증평의 경우 낮은 결과가 나타나는 것으로 분석됨

표 150. 조림지 토사유출방지량

연구대상지	조림수종 (구역구분)	면적 (ha)	임령 (년)	모암	단위면적당 토사유출방지량 (m ³ /ha/year)	토사유출 방지량 계 (m ³ /year)
남산	소나무	1.00	10.00	화강암	355.80	355.80
대전	느티나무	1.00	6.00	화강암	355.69	1,992.25
	가래나무	0.60	8.00	화강암	355.74	
	소나무	1.50	11.00	화강암	355.82	
	백합나무	1.50	8.00	화강암	355.74	
	편백나무	1.00	9.00	화강암	355.77	
안면도	소나무	3.30	14.00	편마암	252.86	1,415.67
	종가시나무	1.40	14.00	편마암	252.86	
	동백나무	0.25	14.00	편마암	252.86	
	붉가시나무	0.20	14.00	편마암	252.86	
	굴거리나무	0.45	14.00	편마암	252.12	
충주	소나무1	10.30	14.00	화강암	355.90	7,971.80
	소나무2	10.00	14.00	화강암	355.90	
	일본잎갈나무	2.10	8.00	화강암	355.74	
증평	백합나무	5.00	12.00	변성암	261.81	3,064.11
	소나무	6.70	13.00	변성암	261.95	

제천	잣나무	1.60	30.00	변성암	263.27	8,113.94
	자작나무	17.40	34.00	변성암	263.41	
	일본잎갈나무	11.80	37.00	변성암	263.50	
거제도	편백나무1	19.00	36.00	화강암	356.32	21,380.70
	편백나무2	41.00	39.00	화강암	356.36	
서울숲	A	0.33	12.00	퇴적암	231.38	229.75
	B	0.33	11.50	퇴적암	231.37	
	C	0.33	11.00	퇴적암	231.36	

모 암 군	면적비율 (%)	ha당 토사유출량		토사유출량(2008)	
		입목지 (m ² /ha/year)	무림목지 (m ² /ha/year)	입목지 (m ² /year)	무림목지 (m ² /year)
화 강 암	25.5	0.80	356.94	1,258,516	564,273,171
기타화성암	15.5	2.32	346.20	2,225,573	332,669,330
편 마 암	13.4	1.14	263.86	946,741	219,195,866
기타변성암	21.6	0.61	353.90	816,375	339,993,375
퇴 적 암	24.0	1.27	232.30	1,883,471	345,632,405
평균 (계)	(100.0)	1.23	290.64	(7,130,677)	(1,801,764,148)

그림 98. 2008 모암별 토사유출량

2) 숲가꾸기 사업지 토사유출방지량

- 조림사업 전후 토사유출 방지량의 증가분을 산정함. 연구대상지 숲가꾸기 지역은 모두 화강암이 모암인 지역으로, 2008년 기준 화강암지역의 토사유출방지량은 356.14m³/ha/year임. 숲가꾸기 대상지의 토사유출 방지량은 356.25~356.47m³/ha/year로 국내 평균값과 거의 유사한 수치를 나타내어 토사 유출방지 기능이 양호한 것으로 분석됨
- 숲가꾸기를 통해 숲의 건강성이 유지 및 증진된 것으로 가정하여 산정한 숲가꾸기 사업 전후의 토사유출방지량 증가분은 수도산 5.73m³/ha/year, 남산 5.43m³/ha/year, 대전 10.26m³/ha/year, 관악수목원 30.89m³/ha/year임. 향후 지속적인 모니터링 및 관리가 이루어질 경우 토사유출방지량이 유지되거나 보다 증가할 것으로 보임

표 151. 숲가꾸기 사업지 토사유출방지량

연구대상지	면적	숲가꾸기 당시 임령	경과년수	모암	입목지 토사유출방지량 (m ³ /ha/year)		단위면적당 토사유출 방지량증가분 (m ³ /ha)	토사유출방지량 증가분 총량(m ³)
					사업 전	사업 후		
관악수목원	10.80	33.50	13	화강암	356.28	356.45	0.17	30.89
	17.00	34.50	12	화강암	356.29	356.45	0.16	
	120.00	35.50	11	화강암	356.31	356.45	0.14	
	72.00	36.50	10	화강암	356.32	356.45	0.13	
남산	22.60	38.80	9	화강암	356.36	356.47	0.11	5.43
	12.30	40.80	7	화강암	356.38	356.47	0.08	
	32.50	42.80	5	화강암	356.41	356.47	0.06	
수도산	38.90	38.00	7	화강암	356.34	356.43	0.09	5.73
	36.00	40.00	5	화강암	356.37	356.43	0.06	
대전	32.00	24.80	7	화강암	356.13	356.25	0.12	10.26
	44.00	26.80	5	화강암	356.17	356.25	0.08	
	39.00	27.80	4	화강암	356.18	356.25	0.07	

※ 조림사업 이후 대상지의 토사유출 방지량 증가분을 산정한 것으로, 도출된 값이 모두 숲가꾸기 사업의 효과라고 보기는 어려움. 숲가꾸기를 통하여 건강한 숲이 유지되어 제시된 수치만큼의 생태계서비스가 유지되고 있는 것으로 이해할 수 있음

3) 2021년 연구대상지 토사유출방지량

- 2021년 연구대상지 토사유출방지량은 다음 표와 같음. 2008년 기준 국내 편마암 지역의 단위면적당 토사유출 방지량은 262.72m³/ha/year로, 광주, 안성, 제천의 경우 평균값보다 다소 낮은 수치를 나타내는 것으로 분석됨
- 가평의 경우 356.45m³/ha/year로, 화강암의 단위면적당 토사유출량과 비슷한 수치를 보이는 것으로 분석됨

표 152. 2021년 연구대상지 토사유출방지량

연구대상지	조림수종 (구역구분)	면적 (ha)	임령 (년)	모암	단위면적당 토사유출방지량 (m ³ /ha/year)	토사유출방지량 계 (m ³ /year)
광주	잣나무	1	34	편마암(규장)	253.41	253.41
안성	잣나무	5	35	편마암(흑운모)	253.42	1,267.10
제천	잣나무	4	38	편마암(흑운모)	253.46	1,013.83
가평	잣나무	1	34	화강암(우백질)	356.45	356.45

제 6 장

KKG 캠페인 사업 성과 전문가 설문 결과

제 6 장 KKG 캠페인 성과에 대한 전문가 설문 결과

1.1 KKG 캠페인 인식 정도

- KKG 캠페인의 사회적 성과에 대한 전반적인 파악을 위해 산림 관련 전문가 12인을 대상으로 설문을 진행함. 설문 참여자들의 KKG 캠페인에 대한 인식 정도는 다음과 같음

1) KKG 캠페인 참여 여부

- 설문 참여자 중 KKG 캠페인에 참여한 비율은 연구자 33.33%, 산림관계자 33.33%, 시민단체 33.33%로 확인됨. 전체 설문참여자 중 KKG 캠페인에 참여한 경험이 있는 경우는 25%인 것으로 분석됨. 참여 유형은 시민참여 등인 것으로 확인됨

표 153. KKG 캠페인 참여 여부

문항	연구자		산림관계자		기업인		시민단체	
	빈도	%	빈도	%	빈도	%	빈도	%
참여	1	33.33	1	33.33	0	0	1	33.33
미참여	2	66.67	2	66.67	3	33.33	2	66.67

2) KKG 캠페인 인식 정도

- KKG캠페인에 대한 인식 정도는 시민단체(M=0.47), 연구자(M=3.67), 산림관계자(3.00), 기업인(M=2.00)순으로 나타나 설문 참여 집단에 따라 캠페인에 대한 이해 정도가 상이한 것으로 분석됨
- 전체 설문참여자에 대한 인식 정도는 매우 잘 알고 있음(5점)이 16.7%, 잘 알고있음(4점)이 33.3%, 보통(3점)이 25%, 잘 모르고 있음(2점)이 8.3%, 전혀 모르고 있음(1점)이 16.7%로 나타남

표 154. KKG 캠페인 인식 정도

문항	빈도			
	연구자	산림관계자	기업인	시민단체
매우 잘 알고 있음(5점)		1	1	
잘 알고 있음(4점)			1	
보통(3점)	1	1	1	
잘 모르고 있음(2점)	2			2
전혀 모르고 있음(1점)		1		1
평균	3.67	3.00	2.00	4.33
표준편차	0.47	1.63	0.81	0.47

※ M=평균, SD=표준편차

1.2 KKG 캠페인 사회적 성과 평가 결과

1) KKG 캠페인 사회적 성과 평가 : 전략

- KKG 캠페인의 미션 및 비전 체계 중 공익적 가치 추구 여부에 대해서는 모든 설문 그룹에서 높은 점수를 부여함(M=4.33)
- 유한킴벌리 경영 비전과 KKG 사업 지향점의 일치도에 대한 문항에서는 연구자(M=4.67), 산림관계자(M=5.00), 시민단체(M=4.67)에서는 높은 점수를 부여하였으나 기업인 그룹(M=4.00)에서는 상대적으로 낮은 점수를 부여함
- KKG 캠페인 전략체계와 경영비전과의 연관성에 대한 질문에서는 산림관계자(M=4.00), 기업인(M=4.33), 시민단체(M=4.33) 그룹에서는 비교적 높은 점수를 부여하였으나 연구자(M=3.67) 그룹의 평균점수는 다소 낮은 것으로 확인됨
- 사업 참여 여부에 따른 전략 체계 평가 결과는 표 156과 같음. 미션 및 비전 항목에서는 참여, 미참여 그룹 모두 높은 점수를 부여하였으나, 전략체계 항목에서는 미참여 그룹(M=4.00)이 다소 낮은 점수를 부여함. 전반적으로 참여 그룹의 점수가 미참여 그룹보다 다소 긍정적으로 평가하는 것으로 분석됨

표 155. 사회적 성과 평가 결과(전략)

대분류	소분류	문항	연구자		산림관계자		기업인		시민단체	
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
전략	미션 및 비전	우푸푸 캠페인은 공익적 가치를 추구하고 있음	4.33	0.47	4.33	0.47	4.33	0.47	4.33	0.47
		유한킴벌리의 경영 비전과 우푸푸 사업이 동일한 목표를 지향하고 있다고 판단됨	4.67	0.47	5.00	0.00	4.00	0.82	4.67	0.47
	전략 체계	사회공헌 전략체계가 경영비전체계와 연관되어 경영목표 달성에 분명히 기여하고 있음	3.67	0.47	4.00	0.82	4.33	0.47	4.33	0.94

표 156. 사업 참여 여부에 따른 사회적 성과 평가 결과(전략)

대분류	소분류	문항	참여		미참여	
			M	SD	M	SD
전략	미션 및 비전	우푸푸 캠페인은 공익적 가치를 추구하고 있음	4.67	0.47	4.56	0.53
		유한킴벌리의 경영 비전과 우푸푸 사업이 동일한 목표를 지향하고 있다고 판단됨	4.33	0.94	4.33	0.71
	전략 체계	사회공헌 전략체계가 경영비전체계와 연관되어 경영목표 달성에 분명히 기여하고 있음	4.33	0.47	4.00	0.87

2) KKG 캠페인 사회적 성과 평가 : 운영

- KKG 캠페인의 운영에 대한 성과 평가는 다음과 같음
- 사회적 약자, 취약계층을 비롯한 시민참여 적극성에 대한 질문에서, 연구자 그룹은 비교적 높은 점수를 부여하였으나(M=4.00), 산림관계자(M=3.67), 기업인(3.00), 시민단체(M=3.33)는 비교적 낮은 점수를 부여하여 개선점이 있는 것으로 파악됨. 사업 참여 여부에 따른 평가에서는, 참여 그룹이 비교적 높은 점수를 부여하고(M=4.00), 미참여 그룹은 낮은 점수를 부여(M=3.33)함
- 지역사회와의 협력 정도 항목에 대해서도 연구자(M=4.33) 그룹을 제외한 산림관계자(M=3.67), 기업인(M=3.00), 시민단체(M=3.33) 그룹에서는 비교적 낮은 점수를 부여하였으며, 사업참여 여부에 따라서도 참여 그룹(M=4.67)로 높은 점수를 부여하였으나, 미참여 낮은(M=3.33) 점수를 부여함

표 157. 사회적 성과 평가 결과(운영)

대분류	소분류	문항	연구자		산림관계자		기업인		시민단체	
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
운영	거버넌스	사회적 약자, 취약계층을 비롯한 시민참여가 적극적으로 이루어짐	4.00	0.00	3.67	0.94	3.00	0.82	3.33	0.47
		사업 추진 시 지역사회와 적극적으로 협력함	4.33	0.47	3.67	0.94	3.00	0.82	3.33	0.47

표 158. 사업 참여 여부에 따른 사회적 성과 평가 결과(운영)

대분류	소분류	문항	참여		미참여	
			M	SD	M	SD
운영	거버넌스	사회적 약자, 취약계층을 비롯한 시민참여가 적극적으로 이루어짐	4.00	0.82	3.33	0.71
		사업 추진 시 지역사회와 적극적으로 협력함	4.67	0.47	3.33	0.71

3) KKG 캠페인 사회적 성과 평가 : 사업 결과

(1) 경제적 성과

- 목재 및 임산물 생산 기능에 대해서는 기업인(M=5.00)을 제외한 모든 그룹에서 상당히 낮은 점수가 부여됨(연구자 M=2.67, 산림관계자 M=3.67, 시민단체 M=3.33). 사업 참여 여부에 따라서는 미참여 그룹(M=3.33)과 참여그룹(M=3.63) 모두 다소 낮은 점수를 부여함. 본 연구대상지 중 거제 삼거동 등 목재 및 임산물 생산이 활발하게 이루어지고 있는 대상지가 있음에도 낮은 점수로 평가된 이유에 대해 향후 심층적인 분석이 필요할 것으로 보임
- 수원 함양 기능에 대해서는 연구자(M=3.33) 그룹을 제외한 모든 그룹에서 양호하게 평가됨(산림관계자 M=4.00, 기업인 M=4.67, 시민단체 M=4.33). 사업 참여 여부에 따라서는 미참여 그룹(M=4.33)은 상대적으로 높은 점수를 부여하였으나 참여그룹(M=3.88)로 다소 낮게 평가됨

(2) 환경적 성과

- 환경적 성과에 대해서는 기후변화대응, 산림재해방지 등에 대해서는 모든 그룹에서 긍정적으로 평가함. 다만 생물다양성 증진의 경우 연구자(M=4.00), 시민단체(M=4.67) 그룹에서는 긍정적으로 평가하였으나, 산림관계자(M=3.33), 기업인(M=3.33) 그룹에서는 상당히 낮은 점수를 부여함. 사업 참여 여부에 따라서는 미참여 그룹에서는 다소 긍정적으로 평가하였으나(M=4.00), 참여 그룹(M=3.75)에서는 상대적으로 낮게 평가됨
- 수질, 대기정화 기능에 대해서도 대부분 그룹에서 긍정적으로 평가하였으나 연구자 그룹(M=3.67)에서는 상당히 낮은 점수를 부여하였으며, 사업 참여 여부에 따라서는 미참여 그룹(M=3.88)에서 다소 낮은 점수를 부여함

(3) 문화적 성과

- 문화적 성과에 대해서는 설문 그룹 및 항목별 평가 점수의 차이가 다소 분명하게 나타나는 것으로 분석됨 기업인 그룹의 경우 산림치유, 휴양, 산림교육, 생활환경개선, 산림경관 개선 등 문화적 성과 대부분 항목에 대해서 긍정적으로 평가했으나, 시민단체 그룹에서는 산림경관 개선(M=4.67)을 제외한 항목에서는 다소 낮은 점수를 부여함(M=3.33~3.67)

- 연구자 그룹에서는 산림치유(M=4.33), 생활환경개선(M=4.00)에서는 높은 점수를 부여하였으나, 산림교육(M=3.33), 산림경관개선(M=3.67) 항목에 대해서는 비교적 낮은 점수를 부여함
- 산림관계자 그룹에서는 산림치유(M=4.00)항목과 산림경관개선(M=4.00) 항목에 대해서는 비교적 긍정적으로 평가하였으나, 산림교육(M=3.33), 생활환경 개선(M=3.67) 항목은 다소 낮게 평가함
- 사업 참여 여부에 따라서는 산림 치유항목에서는 참여(M=4.33)그룹과 미참여(M=4.00) 그룹 모두 긍정적으로 평가하였으나, 산림교육에 대해서는 두 그룹 모두 다소 낮은 점수를 부여함(참여 M=3.67, 미참여 M=3.78)
- 생활환경 개선과 산림 경관 개선에 대해서 참여 그룹에서는 상당히 긍정적으로 평가하였으나(생활환경 개선 M=4.00, 산림경관 개선 M=4.67), 미참여 그룹에서는 상대적으로 낮은 점수를 부여함(생활환경 개선 M=3.89, 산림경관 개선 M=3.89)

표 157. 사회적 성과 평가 결과(사업 결과)

대분류	소분류	문항	연구자		산림관계자		기업인		시민단체	
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
사업 결과	경제적 성과 (공급서비스)	목재 및 임산물 생산	2.67	1.25	3.67	0.94	5.00	0.00	3.33	1.70
		수원함양	3.33	0.94	4.00	0.82	4.67	0.47	4.33	0.47
	환경적 성과 (조절서비스)	기후변화 대응	4.33	0.47	4.00	0.82	4.33	0.94	4.67	0.47
		산림재해방지	4.33	0.47	4.00	0.82	4.33	0.94	4.67	0.47
		생물다양성 증진	4.00	1.41	3.33	1.25	3.33	0.94	4.67	0.47
	문화적 성과 (문화서비스)	수질정화, 대기정화	3.67	0.47	4.00	0.82	4.33	0.94	4.33	0.47
		산림치유, 휴양	4.33	0.47	4.00	0.82	4.33	0.47	3.67	1.89
		산림교육	3.33	1.25	3.33	1.25	4.33	0.47	3.33	1.70
		생활환경개선	4.00	0.00	3.67	0.47	4.67	0.47	3.33	1.70
		산림경관 개선	3.67	0.47	4.00	0.82	4.00	0.82	4.67	0.47

표 158. 사업 참여 여부에 따른 사회적 성과 평가 결과(사업 결과)

대분류	소분류	문항	참여		미참여	
			M	SD	M	SD
사업 결과	경제적 성과 (공급서비스)	목재 및 임산물 생산	3.33	0.47	3.78	1.72
		수원함양	4.33	0.47	4.00	1.00
	환경적 성과 (조절서비스)	기후변화 대응	4.67	0.47	4.22	0.83
		산림재해방지	4.67	0.47	4.22	0.83
		생물다양성 증진	4.00	1.41	3.78	1.20
		수질정화, 대기정화	4.33	0.47	4.00	0.87
	문화적 성과 (문화서비스)	산림치유, 휴양	4.33	0.47	4.00	1.32
		산림교육	3.67	1.25	3.78	1.48
		생활환경개선	4.00	0.00	3.89	1.27
		산림경관 개선	4.67	0.47	3.89	0.78

1.3 KKG 캠페인 핵심 사회적 성과 및 개선 사항

- KKG사업의 가장 큰 성과에 대한 주관식 설문 항목에서는 산림의 가치와 환경문제에 대한 인지도 증진이 가장 많이 언급되었고, 그 외에도 황폐지를 녹화하였으며 기업의 사회공헌 체계를 활성화하였다는 의견이 제시됨
- 향후 KKG사업의 개선 사항으로는 사업 추진의 지속성 확보, 생물다양성과 생태계 기능 증진에 대한 접근 개선, 정기적인 모니터링 시행, 사업에 대한 시민 홍보 활성화 등이 제안됨

표 159. KKG 캠페인 기타 사회적 성과

<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화에 대응하고 홍보함 • 숲의 소중함을 알게 하고 환경을 다시 돌아보게 됨 • 황폐지 녹화 • 지속적인(오랜 시간) 캠페인을 통한 숲에 대한 시민들의 의식을 증진하였다/시민의식을 제고함 • 기업의 환경문제 인식을 재고하였고 사회공헌 체계를 활성화함 • 숲 조성을 통한 탄소중립 등에 대한 시민인식 증진에 기여하였고 직접적인 행동으로 시민 참여 의식을 고취시킴 • 기업의 사회환원 활동에 선도적이고 긍정적인 역할을 수행함

표 160. KKG 캠페인 개선 사항

<ul style="list-style-type: none"> • 지속적으로 사업을 추진하고 신뢰를 향상하는 것이 필요함 • 규모가 작은 개인 참여를 수용하고 지역의 다양한 NGO와 연계 필요 • 생물다양성 증진에 대한 접근이 개선 필요 • 주변 자생종을 고려하여 식재수종을 선정하고 복층구조 녹화가 필요함 • 캠페인에 대해 시민들에게 홍보하고 직접적인 성과 홍보 필요 • 생물다양성 및 생태계 기능을 고려한 조림사업을 운용 필요 • 정기적인 모니터링이 이루어져야 하고 축적된 사업 성과에 대한 대시민 홍보가 필요함 • 시대 변화에 맞추어 단순히 나무를 심는 사업에서 기후위기 대응 등 ESG 경영, 도시숲 사업 등에 적극적으로 참여하여 긍정적인 효과를 도출하는 방향으로 진행하는 것으 필요함

참고문헌

- Braun-Blaunquet, J. 1964. Pflanzensoziologie grundzüge der vegetation der vegetation(3rd Ed.). Springer-Verlag
- Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company.
- Daubenmire, R. 1966. Vegetation: Identification of typical communities. Science 151(3708): 291-298.
- Ellenberg, H. 1956. Aufgaben und methoden der vegetationskunde. E. Ulmer. Stuttgart, pp. 136.
- Melchior. H. 1964. A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien, BandII. Gebruder Bomtraeger. pp. 666.
- 김종호 외, 2010, 산림의 공익기능 계량화 연구, 국립산림과학원
- 김형호 외, 2011, 경상남도 유역단위 산림기능평가에 관한 사례연구, 한국지리정보학회지
- 산림청, 2021, 2021 입목재적·바이오매스 및 임분수확표, 산림청
- 손영모 외, 2014, 한국 주요 수종별 탄소배출계수 및 바이오매스 상대생장식, 국립산림과학원
- 이기문 외, 2022, 산림토양의 수원함양기능 잠재력 평가를 위한 주요 인자별 토양 조공극률 분석, 한국환경복원기술학회지
- 이선정 외, 2019, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(ver.1.2), 국립산림과학원

〈부록 1〉 연구대상지 전체 식물상(목본) 목록

분류군
Ginkgoaceae 은행나무과
<i>Ginkgo biloba</i> L. 은행나무 ⑤,⑥
Pinaceae 소나무과
<i>Abies holophylla</i> Maxim. 전나무 ③,④
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière 일본잎갈나무 ⑤,⑥,⑦
<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst. 독일가문비
<i>Pinus × rigitaeda</i> S.K.Hyun & Ahn 리기테에다소나무 ⑥
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무 ⑥,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc. 잣나무 ⑥,③,④
<i>Pinus rigida</i> Mill. 리기다소나무 ⑥,⑩
<i>Pinus thunbergii</i> Parl. 곰솔 ⑥
Cupressaceae 측백나무과
<i>Chamaecyparis obtusa</i> (Siebold & Zucc.) Endl. 편백 ①,⑤
<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl. 화백
<i>Juniperus chinensis</i> L. 향나무 ⑥,④
<i>Juniperus rigida</i> Siebold & Zucc. 노간주나무 ⑥,③,⑨,⑩,⑫
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng 메타세쿼이아 ⑤
Cephalotaxaceae 개비자나무과
<i>Cephalotaxus harringtonia</i> (Knight ex J.Forbes) 개비자나무 ⑫
Taxaceae 주목과
<i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc. 주목 ⑫
Juglandaceae 가래나무과
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim. 가래나무 ⑤,⑥,⑩
<i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc. 굴피나무 ①,②,③,⑤,⑥,⑩,⑪,⑫
Salicaceae 버드나무과
<i>Salix caprea</i> L. 호랑버들 ⑫
<i>Salix pierotii</i> Miq. 버드나무 ③,④,⑥,⑫
Betulaceae 자작나무과
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench subsp. <i>hirsuta</i> (Turcz. ex Spach) Á.Löve & D.Löve 물오리나무 ⑥,⑧
<i>Betula costata</i> Trautv. 거제수나무 ⑩

분류군

Betula davurica Pall. 물박달나무 ⑥,①,⑫

Betula pendula Roth 자작나무 ①,⑫

Betula schmidtii Regel 박달나무 ⑧,①

Carpinus laxiflora (Siebold & Zucc.) Blume 서어나무 ①,⑧

Carpinus tschonoskii Maxim. 개서어나무 ①

Carpinus turczaninowii Hance 소사나무 ①

Corylus heterophylla Fisch. ex Trautv. 개암나무 ⑥,⑨,⑪,①,①,⑫

Corylus sieboldiana Blume 참개암나무 ①

Fagaceae 참나무과

Castanea crenata Siebold & Zucc. 밤나무 ①,⑥,③,⑨,⑪,①,⑫

Quercus acuta Thunb. 붉가시나무 ⑪

Quercus acutissima Carruth. 상수리나무 ⑥,③,⑨,①,①,⑫

Quercus aliena Blume 갈참나무 ⑥,③,⑨,①,①,⑫

Quercus dentata Thunb. 떡갈나무 ⑥,③,④,⑨,①,①

Quercus glauca Thunb. 종가시나무 ⑪

Quercus mongolica Fisch. ex Ledeb. 신갈나무 ⑥,③,⑨,①,⑧,⑪,①,①,⑫

Quercus serrata Murray 졸참나무 ①,⑥,③,⑨,①,⑧,⑪,①,⑫

Quercus variabilis Blume 굴참나무 ①,⑥,③,⑨,⑧,⑪,①,①,⑫

Ulmaceae 느릅나무과

Celtis sinensis Pers. 팽나무 ③,⑨,①,①

Ulmus davidiana Planch. ex DC. var. *japonica* (Rehder) Nakai 느릅나무 ⑨,①

Ulmus parvifolia Jacq. 참느릅나무 ③,①

Zelkova serrata (Thunb.) Makino 느티나무 ①,③,⑨,①,⑫

Moraceae 뽕나무과

Morus alba L. 뽕나무 ③,①,⑪

Morus bombycis Koidz. 산뽕나무 ①,③,⑨,⑧,⑪,①,⑫

Cannabaceae 삼과

Humulus scandens (Lour.) Merr. 환삼덩굴 ⑫

Urticaceae 켄기풀과

Boehmeria spicata (Thunb.) Thunb. 좁개잎나무 ⑨,⑫

Magnoliaceae 목련과

분류군

Liriodendron tulipifera L. 백합나무 ①,②,③

Magnolia kobus DC. 목련 ②,③,④,⑤

Magnolia obovata Thunb. 일본목련 ②,③,④

Magnolia sieboldii K.Koch 함박꽃나무 ⑥,⑦

Schisandraceae 오미자과

Schisandra chinensis (Turcz.) Baill. 오미자 ①,⑦

Lauraceae 녹나무과

Lindera erythrocarpa Makino 비목나무 ①,②,④,⑥,⑦

Lindera glauca (Siebold & Zucc.) Blume 감태나무 ①,④,⑦

Lindera obtusiloba Blume 생강나무 ①,②,④,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫

Ranunculaceae 미나리아재비과

Clematis apiifolia DC. 사위질빵 ①,④,⑤,⑦,⑧,⑨,⑫

Clematis terniflora DC. 참으아리 ⑫

Clematis terniflora DC. var. *mandshurica* (Rupr.) Ohwi 으아리 ④,⑦,⑧,⑫

Lardizabalaceae 으름덩굴과

Akebia quinata (Houtt.) Decne. 으름덩굴 ④,⑦,⑧,⑨,⑩

Menispermaceae 방기과

Cocculus orbiculatus (L.) DC. 땡땡이덩굴 ②,③,④,⑤,⑦,⑧,⑨,⑫

Menispermum dauricum DC. 새모래덩굴 ⑫

Aristolochiaceae 쥐방울덩굴과

Aristolochia contorta Bunge 쥐방울덩굴 ④,⑫

Actinidiaceae 다래나무과

Actinidia arguta (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래 ①,④,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑫

Actinidia kolomikta (Maxim. & Rupr.) Maxim. 쥐다래

Theaceae 차나무과

Camellia japonica L. 동백나무 ⑧

Stewartia koreana Nakai ex Rehder 노각나무 ⑤,⑥

Hydrangeaceae 수국과

Deutzia grandiflora Bunge var. *baroniana* (Diels) Rehder 바위말발도리

Deutzia parviflora Bunge 말발도리 ①,⑦

Hydrangea macrophylla (Thunb.) Ser. subsp. *serrata* (Thunb.) Makino 산수국 ①,③,④,⑥,⑦,⑧,⑨

분류군

<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr. 고향나무 ①
Rosaceae 장미과
<i>Aria alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) Decne. 팔배나무 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge 산사나무 ②,③,④
<i>Duchesnea indica</i> (Andrews) Teschem. 뱀딸기 ⑤,⑥
<i>Malus toringo</i> (Siebold) Siebold ex de Vriese 아그배나무 ②,③
<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne. 윤노리나무 ①,⑧
<i>Prunus japonica</i> Thunb. var. <i>nakaii</i> (H.Lév.) Rehder 이스라지 ①
<i>Prunus padus</i> L. 귀룽나무 ①,②,③,⑤,⑥
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch 복사나무 ③
<i>Prunus serrulata</i> Lindl. var. <i>pubescens</i> (Makino) Nakai 잔털벚나무 ①,②,③,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
<i>Rosa multiflora</i> Thunb. 찔레꽃 ③,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
<i>Rubus corchorifolius</i> L.f. 수리딸기 ⑧
<i>Rubus coreanus</i> Miq. 복분자딸기 ①
<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge 산딸기 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
<i>Rubus parvifolius</i> L. 명석딸기 ⑤,⑫
<i>Rubus phoenicolasius</i> Maxim. 곰딸기 ①,⑫
<i>Rubus pungens</i> Cambess. 줄딸기 ①,⑧,⑨,⑫
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A.Braun var. <i>stellipila</i> Maxim. 쉬땅나무 ②,④
<i>Spiraea prunifolia</i> Siebold & Zucc. f. <i>simpliciflora</i> Nakai 조팝나무 ⑤,⑥,⑫
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel 국수나무 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
Fabaceae 콩과
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 자귀나무 ⑤,⑩
<i>Amorpha fruticosa</i> L. 족제비싸리 ⑤,⑫
<i>Indigofera bungeana</i> Walp. 큰낭아초 ③
<i>Indigofera kirilowii</i> Maxim. ex Palib. 땅비싸리 ⑤,⑥
<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz. 싸리 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> Miq. 참싸리 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
<i>Lespedeza maximowiczii</i> C.K.Schneid. 조록싸리 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫
<i>Maackia amurensis</i> Rupr. 다릅나무 ①,②,④,⑥,⑧,⑩,⑫
<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi 칩 ②,③,④,⑥,⑦,⑫

분류군

Robinia pseudoacacia L. 아까시나무 ②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Euphorbiaceae 대극과

Neoshirakia japonica (Siebold & Zucc.) Esser 사람주나무 ①

Securinega suffruticosa (Pall.) Rehder 광대싸리 ⑤,⑧,⑨,⑩

Daphniphyllaceae 굴거리나무과

Daphniphyllum macropodum Miq. 굴거리나무 ⑧

Rutaceae 운향과

Tetradium daniellii (Benn.) T.G.Hartley 쉬나무 ②,③,⑥

Zanthoxylum piperitum (L.) DC. 초피나무 ①,⑧,⑨

Zanthoxylum schinifolium Siebold & Zucc. 산초나무 ①,②,③,④,⑤,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫

Simaroubaceae 소태나무과

Ailanthus altissima (Mill.) Swingle 가죽나무 ⑤,⑥,⑩

Picrasma quassioides (D.Don) Benn. 소태나무 ⑤,⑧

Anacardiaceae 옷나무과

Rhus chinensis Mill. 붉나무 ①,②,③,④,⑤,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫

Toxicodendron sylvestri (Siebold & Zucc.) Kuntze 산검양옷나무 ①,⑧

Toxicodendron trichocarpum (Miq.) Kuntze 개옷나무 ①,②,③,⑤,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫

Toxicodendron vernicifluum (Stokes) F.A.Barkley 옷나무 ⑧

Aceraceae 단풍나무과

Acer buergerianum Miq. 중국단풍 ⑥

Acer palmatum Thunb. 단풍나무 ②,③,⑤,⑥

Acer pictum Thunb. var. *mono* (Maxim.) Maxim. ex Franch. 고로쇠나무 ①,⑧,⑩

Acer pseudosieboldianum (Pax) Kom. 당단풍나무 ①,②,③,⑧,⑩

Acer tataricum L. subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm. 신나무 ⑤,⑧,⑩,⑪,⑫

Acer triflorum Kom. 복자기 ⑥

Sapindaceae 무환자나무과

Koelreuteria paniculata Laxm. 모감주나무 ⑥

Sabiaceae 나도밤나무과

Meliosma myriantha Siebold & Zucc. 나도밤나무 ①,⑧

Meliosma pinnata (Roxb.) Maxim. var. *oldhamii* (Miq. ex Maxim.) Beusekom
합다리나무 ①,⑧

Aquifoliaceae 감탕나무과

분류군

Ilex macropoda Miq. 대팻집나무 ㉠,㉡,㉢

Celastraceae 노박덩굴과

Celastrus flagellaris Rupr. 푼지나무

Celastrus orbiculatus Thunb. 노박덩굴 ㉣,㉤

Euonymus alatus (Thunb.) Siebold 화살나무 ㉥

Euonymus alatus (Thunb.) Siebold f. *ciliato-dentatus* (Franch. & Sav.) Hiyama
회잎나무 ㉦,㉧,㉨,㉩,㉪,㉫

Euonymus fortunei (Turcz.) Hand.-Mazz. var. *radicans* (Siebold ex Miq.) Rehder 줄
사철나무 ㉬,㉭,㉮

Euonymus hamiltonianus Wall. 참빗살나무 ㉯

Euonymus sachalinensis (F.Schmidt) Maxim. 회나무

Tripterygium regelii Sprague & Takeda 미역줄나무 ㉰,㉱

Staphyleaceae 고추나무과

Euscaphis japonica (Thunb.) Kanitz 말오줌때 ㉲,㉳

Staphylea bumalda DC. 고추나무 ㉴,㉵

Buxaceae 회양목과

Buxus sinica (Rehder & E.H.Wilson) M.Cheng var. *insularis* (Nakai) M.Cheng
회양목 ㉶

Vitaceae 포도과

Ampelopsis glandulosa (Wall.) Momiy. var. *heterophylla* (Thunb.) Momiy. 개머루
㉷,㉸,㉹,㉺

Ampelopsis glandulosa (Wall.) Momiy. var. *heterophylla* (Thunb.) Momiy. f.
citrulloides (Lebas) Momiy. 가새잎개머루 ㉻,㉼

Parthenocissus tricuspidata (Siebold & Zucc.) Planch. 담쟁이덩굴 ㉽,㉾,㉿,㊀,㊁,㊂,㊃,㊄,㊅,㊆,㊇,㊈,㊉,㊊,㊋

Vitis amurensis Rupr. 왕머루 ㊌,㊍,㊎

Tiliaceae 피나무과

Tilia amurensis Rupr. 피나무 ㊏

Thymelaeaceae 팔꽃나무과

Edgeworthia chrysantha Lindl. 삼지닥나무 ㊐

Elaeagnaceae 보리수나무과

Elaeagnus multiflora Thunb. 딸보리수 ㊑

Elaeagnus umbellata Thunb. 보리수나무 ㊒,㊓

Alangiaceae 박쥐나무과

분류군

Alangium platanifolium (Siebold & Zucc.) Harms var. *trilobum* (Miq.) Ohwi 박취나무 ①,②

Cornaceae 층층나무과

Cornus controversa Hemsl. 층층나무 ①,②,③,④,⑤,⑥

Cornus kousa Bürger ex Hance 산딸나무 ①,②,③,④,⑤,⑥

Cornus macrophylla Wall. 곰의말채나무

Cornus walteri Wangerin 말채나무 ①,②

Araliaceae 두릅나무과

Aralia elata (Miq.) Seem. 두릅나무 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧

Eleutherococcus senticosus (Rupr. & Maxim.) Maxim. 가시오갈피

Eleutherococcus sessiliflorus (Rupr. & Maxim.) S.Y.Hu 오갈피나무 ④,⑤,⑥,⑦,⑧

Hedera rhombea (Miq.) Siebold & Zucc. ex Bean 송악 ⑥

Kalopanax septemlobus (Thunb.) Koidz. 음나무 ⑥,⑦

Ericaceae 진달래과

Rhododendron mucronulatum Turcz. 진달래 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Rhododendron schlippenbachii Maxim. 철쭉 ②,③,④,⑤,⑥,⑦

Rhododendron yedoense Maxim. f. *poukhanense* (H.Lév.) Sugim. ex T.Yamaz. 산철쭉 ②,③,④

Vaccinium oldhamii Miq. 정금나무 ⑤,⑥

Ebenaceae 감나무과

Diospyros lotus L. 고욤나무 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦

Styracaceae 때죽나무과

Styrax japonicus Siebold & Zucc. 때죽나무 ①,②,③,④,⑤,⑥

Styrax obassia Siebold & Zucc. 쪽동백나무 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Symplocaceae 노린재나무과

Symplocos sawafutagi Nagam. 노린재나무 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Symplocos tanakana Nakai 검노린재나무 ①,⑥

Oleaceae 물푸레나무과

Forsythia koreana (Rehder) Nakai 개나리 ③

Fraxinus rhynchophylla Hance 물푸레나무 ①,②,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Fraxinus sieboldiana Blume 쇠물푸레나무 ①,⑤

Ligustrum japonicum Thunb. 광나무

분류군

Ligustrum obtusifolium Siebold & Zucc. 쥐똥나무 ②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Apocynaceae 협죽도과

Trachelospermum asiaticum (Siebold & Zucc.) Nakai 마삭줄 ①

Rubiaceae 꼭두서니과

Paederia foetida L. 계요등 ①,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑩

Verbenaceae 마편초과

Callicarpa japonica Thunb. 작살나무 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Clerodendrum trichotomum Thunb. 누리장나무 ②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧

Scrophulariaceae 현삼과

Paulownia coreana Uyeki 오동나무 ③,④

Caprifoliaceae 인동과

Lonicera harae Makino 길마가지나무 ④

Lonicera japonica Thunb. 인동덩굴 ③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑩

Lonicera praeflorens Batalin 올피불나무 ⑦,⑧,⑨,⑩

Sambucus williamsii Hance 딱총나무 ③,④,⑤

Viburnum dilatatum Thunb. 가막살나무 ①,③,④

Viburnum erosum Thunb. 덜꿩나무 ①,②,③,④,⑤,⑥

Weigela subsessilis (Nakai) L.H.Bailey 병꽃나무 ①,②,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Liliaceae 백합과

Smilax china L. 청미래덩굴 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩

Smilax sieboldii Miq. 청가시덩굴 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩,⑪,⑫

①거제도, ②관악수목원, ③남산(숲), ④남산(조), ⑤대전공존숲, ⑥서울숲, ⑦수도산,
⑧안면도, ⑨제천, ⑩증평, ⑪충주

*대조군은 제외함

《유한킴벌리 우리강산푸르게푸르게 캠페인 사업지 정밀 실태조사》

우리강산 푸르게푸르게(KKG) 캠페인 사회적 성과 조사 설문

안녕하세요. 설문에 참여해주셔서 감사합니다.

유한킴벌리는 1984년부터 현재까지 숲의 중요성에 대한 시민공감대와 인식을 높이고 환경문제와 사회문제를 해결하기 위해 ‘우리강산 푸르게 푸르게(KKG, Keep Korea Green)’ 라는 숲환경 캠페인을 추진하고 있습니다. 해당 캠페인의 주요 사업은 지자체, 환경단체, 국민 등 다양한 파트너와 협력하여 국·공유림에 나무를 심고 가꾸어 산림의 생태적 기능을 향상하는 것입니다. 신혼부부 나무심기, 북한숲/학교숲, 도시/동네숲, 공존의 숲(산림탄소상쇄림), 탄소 중립의 숲, 생물다양성의 숲 등의 사업을 통해 1984~2022년 누적 5.5천만여 그루의 나무를 심었고, 2030 지속가능성 이니셔티브 목표인 6천만 그루의 나무 심고 가꾸기를 달성하고자 노력하고 있습니다.

그러나 지난 40여 년간 추진된 유한킴벌리의 나무심기 및 숲가꾸기 사업에 대해 사업 이후 대상지 모니터링 등이 다소 미흡하여 현재까지 쌓아온 사회·환경적 성과에 대한 정밀한 분석이 필요한 실정입니다. 이에 유한킴벌리 KKG 캠페인의 사회적 성과에 대한 전문가 여러분의 의견을 수렴하고자 합니다.



유한킴벌리 가치체계

연구자
연구책임자
연락처

동국대학교 대학원 바이오환경과학과 박사과정 조유나
동국대학교 바이오환경과학과 교수 오충현
T. 010-9330-1705, M. daringna@naver.com

Q1. 우푸푸(KKG) 캠페인에 대한 인식 정도

Q1-1. KKG 캠페인에 대한 인식 정도

- | | |
|---------------|------------|
| 1) 매우 잘 알고 있음 | 2) 잘 알고 있음 |
| 3) 보통임 | 4) 잘 모름 |
| 5) 전혀 모름 | |

Q1-2. 우리강산 푸르게푸르게(이하 KKG) 캠페인 참여 여부

- | | |
|------|--------|
| 1) 예 | 2) 아니오 |
|------|--------|

Q1-3. 우리강산 푸르게푸르게(이하 KKG) 캠페인 참여 유형 (예 : 설계 및 시공, 시민참여 등)

Q2. 우푸푸(KKG) 캠페인 사회적 성과 평가

Q2-1. 전략, 운영, 등의 대분류로 나누어 우푸푸 캠페인의 사회적 기여도가 얼마나 적절히 이루어지고 있는지 평가하고자 합니다. 다음 항목에 대해서 매우그렇다~전혀그렇지 않다(5~1)로 답변해주시기 바랍니다.

대분류	소분류	문항	5	4	3	2	1
전략	미션 및 비전	우푸푸 캠페인은 공익적 가치를 추구하고 있음					
		유한킴벌리의 경영 비전과 우푸푸 사업이 동일한 목표를 지향하고 있다고 판단됨					
	전략 체계	사회공헌 전략체계가 경영비전체계와 연관되어 경영목표 달성에 분명히 기여하고 있음					
	*기타의견 :						
운영	거버넌스	사회적 약자, 취약계층을 비롯한 시민참여가 적극적으로 이루어짐					
		사업 추진 시 지역사회와 적극적으로 협력함					
	*기타의견 :						
사업결과	경제적 성과 (공급서비스)	목재 및 임산물 생산					
		수원함양					
	환경적 성과 (조절서비스)	기후변화 대응					
		산림재해방지					
		생물다양성 증진					
		수질정화, 대기정화					
	문화적 성과 (문화서비스)	산림치유, 휴양					
		산림교육					
		생활환경개선					
		산림경관 개선					
*기타의견 :							

Q2-2. 우푸푸 캠페인의 가장 큰 사회적 성과가 무엇이라고 생각하는지 서술해주세요

Q2-3. 향후 우뚜뚜 캠페인 추진 시 개선되어야할 점이 무엇이라고 생각하는지 서술해주세요