

## 〈 Forum 〉

## 소나무재선충과 동해안 산불을 통해서 본 우리나라의 소나무, 무엇이 문제인가

김 종 원\*

계명대학교 생물학과

## 서 론

생태학 및 생태계란 단어는 이제 더 이상의 학술적 범주에 머물러 있지는 않는 것 같다. 최근 들어 생명과학의 범주를 넘어서 생태학 관련 산림, 조경, 환경 분야 이외의 언론과 정치 그리고 경제에 이르기까지 모든 영역의 주요 관심사로 대두되고 있는 실정이다(김 등 2004). 그럼에도 불구하고 생명적 생태학의 본질적 접근과 이해가 성취되지 않음으로써 발생하는 생태계 문제는 더욱 심각하게 진행되고 있는 실정이다.

최근의 소나무재선충 및 솔잎혹파리 문제와 같은 병충해에 의한 생물적 생태계 훼손, 그리고 동해안 연안의 산악지역에서 대형 산불에 의한 물리적 생태계 훼손이 사회·경제적 이슈로 크게 부각되고 있다. 오늘날의 생태계 훼손은 곧바로 국부(national wealth) 및 개인 경제에 엄청난 피해를 초래하기 때문에 정치 분야에서도 심각하게 인식하고 그 대책을 요구하고 있는 실정이다.

그러나 과거부터 현재까지 우리가 경험하고 있는 생태계 문제는 근본적으로 해결되지 못하고 있을 뿐만 아니라, 여러 가지 다른 형태와 방식으로 점점 그 강도(intensity)와 정도(extent)가 광폭해지는 생태계 혼란(chaos) 현상만이 반복되고 있는 경향을 보여주고 있다. 이러한 현상은 생태학의 이론과 실제가 지역성에 매우 강한 연결성을 가지고 있음을 간과하고, 외국의 사례와 그 결과에 일차적으로 의존하는 비창조적인 연구와 접근 방식에 기인한다. 즉 한반도 삼림에 대한 생태학을 올바르게 그리고 격물치지(格物致知)를 바탕으로 하지 않고, 독일과 일본의 사례와 그 범주에서 크게 벗어나지 않는 삼림경영과 정책에서도 찾아볼 수 있다. 이러한 현상들은 유사 이래 우리나라 삼림 경영에 최대 이슈가 되고 있는 소나무재선충과 솔잎혹파리 등과 같은 삼림 병해충에 대한 방제와 소나무림에서의 대형 산불 등으로부터도 살펴볼 수 있다.

소나무는 분명 우리 민족의 정서와 민속생물 자원의 한 가운데에 위치하는 식물종이다. 본 생태포럼에서는 최근 소나무류를 중심으로 발생하는 일련의 삼림생태계 사건에 대하여 통합생태학(integrated ecology)의 관점에서부터 그 문제점을 제기하면서 궁극적으로 기초과학에 오리엔트 되는 생태학적 국가 생태계 관리(national ecosystem management) 전략을 논의해 보고자 한다.

## 한반도에서의 소나무 생태와 분포

소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)의 자연적 분포 입지는 크게 두 가지로 나뉘어진다. 그 첫째가 산지 암각돌출 입지에서 위극상(pseudoclimax)의 지속군락을 형성하고 있으며(김 2004), 다른 하나는 산지 모래 하천 및 계류의 범람 입지 또는 붕괴사면으로 입지의 물리적 교란에 따른 선구식생(pioneer vegetation) 구성종으로 관찰되고 있다. 따라서 소나무는 두 군데의 생태적 최적 입지를 가지고 있으며, 유해광선을 포함한 직사광선, 빈영양 및 수분스트레스 등에 노출되어 있는 토지적 환경조건에서 자연적 분포를 보여주고 있는 것이다. 따라서 우리나라 산지 비탈면에서 관찰되는 대부분의 소나무림은 인공적으로 조립한 식생으로부터 유래하며, 지속적인 관리에 의해서만 유지되는 인공림임을 알 수 있다. 이것은 산지 비탈면에 조립된 소나무림이 방치되어 온 식분(stand)에서 숲바닥(林床) 및 수관층 아래의 하층에는 소나무 후계목의 개체가 관찰되지 않으며, 그 대신에 해당 입지의 잠재자연식생인 낙엽활엽수림의 주요 구성종들이 다양하게 혼생하고 있는 것으로부터 이해될 수 있다. 식생학적으로 산지 암각돌출 입지의 잠재자연식생은 소나무 왜생림 또는 소림(疏林)이며, 산지 비탈면 중용 입지의 잠재자연식생은 낙엽활엽수림이다.

한편, 소나무의 수평적 그리고 수직적 중심분포는 냉온대 남부/저산지 식생대이며, 이 식생대의 상하에서 입지의 토지적 특성으로부터 부분적으로 관찰되기도 한다. 따라서 자연식생(natural vegetation sensu stricto)으로서의 소나무림은 기본적으로 졸참나무-작살나무아군단 식생역 내에서 분포하며, 부분적으로 난온대 상록활엽수림 지역의 동백나무군강 및 냉온대 중부/산지 식생대의 신갈나무-생강나무아군단 식생역에서도 관찰되기도 한다. 따라서 소나무 분포는 수평적으로 개마고원 이남의 한반도 남부 지방에 집중되며, 중부지방으로부터 남부지방으로 이동하면서 그 빈도는 증가하는 양상을 보여주고 있다. 이러한 우리나라의 소나무 현존식생의 수직적, 수평적, 그리고 생태적 분포 양식은 동일한 이엽송이면서 유럽의 구주소나무(*Pinus sylvestris*)와 백두산의 장백송(*Pinus densiflora* var. *sylvestri-formis*)의 분포 양식과 다르며, 후자 두 소나무류는 오히려 한반도 냉온대 북부/고산지 식생대와 아고산식생대에 걸쳐 분포하는 오염송인 잣나무(*Pinus koraiensis*)에 대응된다.

\* Corresponding author; Phone: +82-53-580-5213, e-mail: jwkim@kmu.ac.kr

소나무의 그러한 현존 분포 양식을 고려한다면, 지구온난화의 영향으로 소나무의 북한계(北限界) 분포는 고위도 및 고해발 지역으로 확대되어 갈 것으로 예상된다. 한반도 고식생을 이해하기 위한 화분분석학적 연구(최 등 2005)에 따르면, 한반도의 소나무류(*Pinus densiflora sensu lato*)는 이미 6,700~4,500 여년 전 소나무 시대라고 인식할 수 있을 정도로 그 당시의 식생을 대표하는 삼림식생의 주요 구성종임에 틀림이 없다. 그것은 적어도 소나무가 우세하게 생육할 수 있을 정도의 자연환경 조건(특히 기후)과 정착 농경(땔감과 건축재료 등의 획득)과 같은 인간간섭 요인이 존재하였을 것으로 추정할 수 있다. 근세에 와서는 고려의 불교문화와 조선시대의 유교문화의 영향으로 소나무의 의도적 조림과 육림에 의하여 소나무 식피면적은 크게 증가하였으며, 최근의 지구기후변화에 따른 한반도 지역의 온난-건조(특히 식물에게 수분스트레스 위협성을 증가하게 하는 생육기 동안의 고온건조 시간 및 일수 증가)에 따른 소나무 개체군의 분포 확대가 진행되고 있다<sup>1)</sup>. 이러한 관점에서 현재 우리나라에서 가장 넓은 면적으로 육림되어 있는 소나무는 정착농경시대의 삼림 이용 패턴이 그대로 지속되어 왔다는 것을 의미하고 있다.

한편, 1970년대에 들어서면서 수평적으로 소나무가 자연 분포할 수 있는 한반도 중남부 지방에는 소나무 대신에 미국산 리기다소나무(*Pinus rigida*)가 대량으로 조림되었으며, 해안 지역에서는 해송(*Pinus thunbergii*)이 집중적으로 조림되었다. 따라서 우리나라 중·남부 지방의 저해발 삼림식생은 이엽송인 이들 세 종류의 소나무로 이루어진 침엽수림이 대표적인 경관 가운데 하나이다. 이들 침엽수림의 임령(林齡)은 1960, 70년대를 기점으로 대부분 35~45년생으로서 노령림(old-growth trees)이라기보다는 소위 젊은 숲으로 보다 적극적인 숲가꾸기가 요구되는 임분(林分)들이다. 이러한 맥락에서 산림청은 1988년부터 삼림기본 계획 및 1990년대의 산지 자원화 계획, 1997년 이후의 숲가꾸기 사업, 그리고 최근의 산림과학 기술 기본계획(2005~2014) 등은 시기적절한 삼림 관리 전략이라 할 수 있다. 그러나 그러한 삼림 관리 전략은 계획, 설계, 시공, 그리고 사후관리에 이르기까지 생태학을 바탕으로 한 매우 구체적이면서 실천적 삼림관리 가이드라인이 마련되어 있을 때, 그 목표에 근접하는 결과를 성취할 수 있을 것이다. 왜냐하면 삼림은 생태계의 복잡성(complexity)과 창발성(emergent property)을 포함하고 있는 대표적인 초생물체(superorganism)이면서 우리나라 자연생태계의 바탕(matrix)이기 때문이다.

### 소나무림의 생태적 문제

인위적인 서식처 다양성의 감소와 생물 종조성의 균질화는 생태계의 질적 쇠퇴(degradation)에 결정적인 요소이다. 다층 구조를 가지고 있는 '숲'이란 그런 측면에서 우리나라와 같이 온대지역에서의 생태계 보존을 위한 결정적인 바탕이다. 특히 산지가 64%로 이루어진 우리나라의 자연환경 조건을 고려한다면, 산지 삼림생태계에 대한 생태학적 접근은 핵심적인 전략일 수밖에 없다. 우리나라 산지를 우점하고 있는 소나무류 단순 조림지에 의한 삼림 경영은 그러한 측면에서 매우 비생태적 관리라 할 수 있으며, 야생 생물의 입장에서는 매우 불리한 생태계 구조이다. 솔잎혹파리와 소나무재선충, 그리고 1990년대 들어서 대형화되고 있는 산불 문제 등은 그러한 균질화된 삼림구조로부터 필연적으로 발생하는 하나의 생태적 사건에 불과하다. 균질한 삼림구조는 삼림의 임령이 크면 클수록 그 피해양상과 방제는 엄청난 생태적 문제를 발생시키는 오히려 골칫거리가 되어 버린다. 본 포럼에서는 특히 소나무재선충과 대형 산불에 대하여 생태학적 문제점을 제기하고자 한다.

### 소나무재선충 확산은 생태학적 인재(人災)

최근 농림수산부 산하 농림기술관리센터(2005)에서는 국가 핵심기술개발 사업으로 '소나무재선충 피해 제어기술 개발'이라고 하는 3년간 10억원 규모의 연구사업을 공모하고 있다. 그런데 과제제안요구서(RFP)의 기술개발 내용을 보면 '살선충제 개발', '훈증방제 효과제고 기술개발', '천적기생충 이용기술개발'과 같은 이미 재선충으로 골머리를 앓고 있는 일본이나 다른 국가에서 오랫동안 시도해왔던 연구 범위를 본질적으로 벗어나지 못하고 있다. 즉 생명체인 소나무재선충(*Brusaphelenchus xylophilus* (Steiner & Bührer) Nickle) 연구에 대한 접근이 기존의 틀을 벗어나지 못하는 비창조적이라는 것이다. 정말로 소나무재선충에 의한 우리나라 소나무림의 소멸을 우려하고 있다면, 그런 연구 범위를 넘어서는 모든 영역으로부터 자유롭고 창조적인 연구접근이 필요하며, 한국 생태계를 이해하는 모든 분야의 생태학자들의 역량을 총동원해야 할 것이다. 소나무재선충에 의한 소나무 문제는 과거의 관성의 범칙 연장선에서 이루어지는 제한적인 기술개발로 성취될 수 없다. 왜냐하면 그것은 생태계(생물적 요소와 무생물적 요소의 상호관계로 이루어지는 시스템)의 온전하지 못한 구조와 기능으로부터 기인하기 때문이다.

산림청과 산림과학연구원(2004) 자료에 의하면, 소나무재선충은 1988년 부산 금정산에서 발생하여 1997년 이후로 급격하게 광역적 피해를 발생시키고 있는 실정이다. 금정산 동물원에 수입된 일본원숭이를 수송하기 위해서 이용되었던 송판 우리

1) 울릉도는 전형적인 해양성 기후지역으로 알려져 있으나, 최근 들어 온난-건조의 대륙성 기후 양상의 특성을 강하게 나타내고 있으며, 그에 따른 식생변화가 포착되고 있다. 울릉도에서의 소나무 개체군 증가 및 상록수종의 수직분포대의 상승 등은 명백한 증거이다. 울릉도는 그러한 변화가 가장 급격하게 진행되고 있으며, 장기생태연구를 위한 최적의 임지로 고려되고 있다(김종원 2004). 그럼에도 불구하고 최근 환경부의 장기생태연구 국가과제의 과업지시서 상에 나타난 연구 배경에는 "지구온난화에 의하여 100년 이내에 한반도에서 소나무가 사라질 우려가 있다"라고 기술하고 있다. 그런데 장기생태연구지역으로 울릉도는 배제되어 있다.

(cage)에서 소나무재선충에 오염된 매개곤충 솔수염하늘소 (*Monochamus spp.*) 번데기로부터 기인한 것으로 추정하고 있다. 현재 소나무재선충에 대한 방제는 산림청의 산림과학소보 “소나무 AIDS 소나무재선충병”(산림청과 국립산림과학원 2004)<sup>2)</sup>에서 소개되어 있듯이 발견된 개체에 대한 훈증 또는 소각처리, 일부 화학 제재를 이용한 방제 등으로 이루어지고 있다. 그러나 이러한 소나무재선충에 대하여 현재 실행하고 있는 방제 및 구제 방법은 생태계 안전성(ecosystem security)의 측면에서는 매우 불리한 접근 방식이며, 자원 낭비적(소각 및 훈증 처리 이외의 방법은 없는 것일까?)이다. 또한 그런 방법들은 소나무재선충의 생활사(life cycle)에 대한 생태학적 높은 해상도로부터도 결코 근본적인 접근 방식이 아님을 알 수 있다. 더욱이 솔수염하늘소류의 매개곤충 생활사를 고려할 때 현재의 방제 방법은 자칫 소나무재선충의 확산을 촉진할 수도 있다는 것이다.

소나무재선충의 생활사(그림 1과 2)를 살펴보면, 다음과 같은 두 가지 사실에 주목할 필요가 있다. 첫째로 소나무재선충의 문제는 소나무류, 솔수염하늘소류, 소나무재선충류, 분해자(곰팡이류), 그리고 나무좀벌레류 등의 밀접한 상호관계에서 발생되고 있다는 것이다. 특히 폐가지 폐목 속에서 소나무재선충 유충들의 먹이와 솔수염하늘소 유충들의 먹이는 나무좀벌레류들이 확산시켜준 분해자들인 곰팡이들이라는 대목에 주목할 필요가 있다. 즉, 솔수염하늘소의 유충과 선충의 유충이 살아갈 수 있는 먹이 자원이 되는 “곰팡이에 의해 분해되어 가는 목재”가 존재해야 한다는 것이며, 그런 죽은 개체나 죽어가는 개체가 많다면, 솔수염하늘소의 산란 기회의 증가와 개체 대발생과 그에 따른 선충의 대량 확산이 동반된다는 것이다. 따라서 1997년 IMF 외환 위기 이후, 공공근로사업 또는 숲가꾸기 사업에 주목하지 않을 수가 없다. 우리나라 전역에서는 산지 삼림에 대한 간벌, 택벌, 가지치기 등이 성행하였으며, 한동안 숲바닥(林床)에 많은 양의 폐가지 폐목들이 방치되어왔다. 우연히도 산림청 통계 자료에 의하면 1997년 이후 남부지방을 중심으로 광역적으로 소

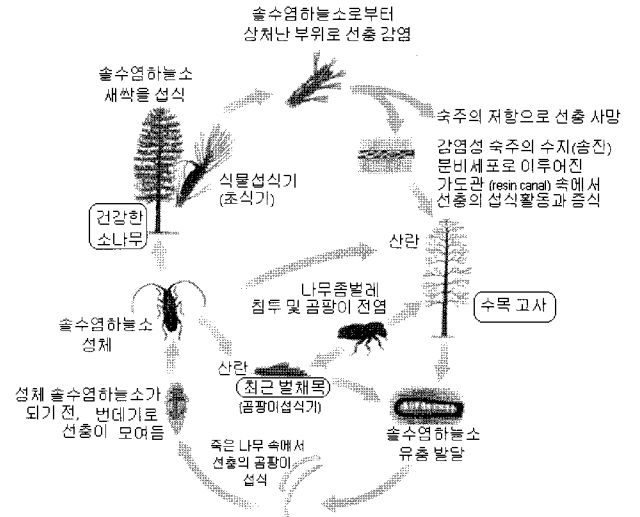


그림 2. 소나무재선충, 솔수염하늘소, 나무좀벌레의 상호관계 (USDA 2005).

나무재선충의 피해가 보고되고 있다. 특히 소나무재선충에 감염된 일부 미확인 개체들까지도 포함하여 폐목 폐가지 정리에 대한 심각한 인식이 없는 가운데 부산과 남부지방을 포함한 도시와 농촌마을 근교에서 크게 성행된 산림 관리는 결국 솔수염하늘소의 대량 발생을 야기하게 되는 계기가 되었을 개연성이 매우 높다는 것을 지적하지 않을 수 없다.

뿐만 아니라 소나무재선충 감염목의 처리에서 솔수염하늘소의 생활사를 고려한 확산 저지를 위해서 소나무재선충으로 죽어가는 피해목 또는 고사목에 대한 계절적 처리방식을 달리할 필요가 있다. 솔수염하늘소 개체군의 감소를 위하여 유충 또는 번데기 시기인 겨울에 고사목 또는 폐목의 집중적인 처리가 이루어져야 할 것이며, 생육기 동안의 소나무재선충의 감염목의 처리는 단순 벌채와 소각처리 및 훈증처리보다 소나무재선충의 구제를 위한 응급조치가 이루어질 수 있도록 하는 것이 바람직할 것이다(그림 3).

소나무재선충에 대한 피해 수종은 소나무, 해송, 그리고 일부 잣나무 등으로 알려져 있다. 특히 외국의 앞선 연구사례에서 우리나라에 널리 조림되어 있는 리기다소나무는 소나무재선충에 저항성이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 리기다소나무가 광역적으로 조림되어 있는 우리나라의 경우는 리기다소나무 원산지인 미국 동부지역과의 차이가 크게 다르다는 것이 두 번째의 사실이다. 우리나라 리기다소나무는 1960년대에 미국으로부터 도입되어 육묘를 통해 전국적인 사방 식재 및 조림용을 대량으로 공급된 것이다. 따라서 우리나라에서 대량 육묘로부터 기원한 리기다소나무 조림개체들은 미국 동부와 상이한 한반도 중남부 지방의 자연환경 조건에 노출된지 40여년이 경과되었다

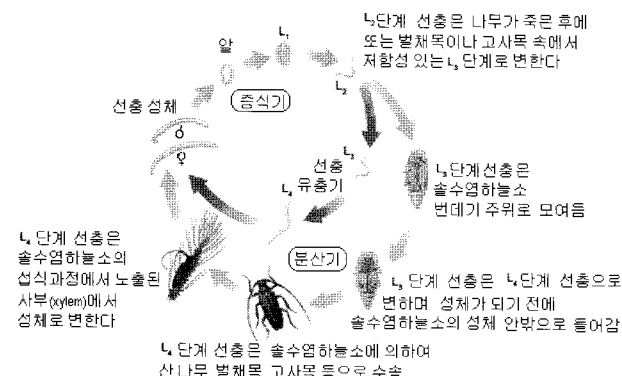


그림 1. 소나무재선충의 생활사(USDA 2005).

2) AIDS는 매개체가 없이 감염자의 직접적 접촉에 의하여 전달되는 전염병이지만, 모기에 의한 말라리아 병원체의 전염처럼 소나무재선충은 매개곤충에 의한 전염이기 때문에 전염 메커니즘과 숙주 생물체의 치사 양식에 커다란 차이가 있다. 따라서 소나무재선충은 AIDS에 비유하는 것은 적절치 않다.

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12~3
솔수염하늘소 생활사		우화 산란	번데기	번데기 유충					
후식									
선충낙하(침투)									
피해목 발생									
생立木에발 살포			가을철 구제						
피해목 제거			봄철 구제			겨울철 구제			

그림 3. 솔수염하늘소의 생활사와 방제시기에 대한 일본의 사례 (Ibaraki Prefectural Center for Forestry Technology 2005).

는 것을 간과해서는 아니된다는 것이다. 그것은 소나무재선충에 저항성이 있는 소나무를 지난 10년간의 인공선택적 연구를 통해 개발한 일본의 사례로부터 소나무류의 병해충 저항성에 대한 생태학적 변이성은 충분히 생각해 볼 수 있기 때문이다. 또한 미국에서 리기다소나무와 같은 자생 소나무 중에 대해서는 소나무재선충에 의한 피해가 보고되지 않으나, 미국에 있어서의 왜래 소나무 중에 대한 재선충의 피해는 보고되고 있다.

한편으로는 솔수염하늘소는 리기다소나무의 새싹(shoot)도 초식(草食)함으로써 이미 제주도과 남부지방에서는 프사리움가지마름병(부패균의 일종)과 같이 리기다소나무에 심각한 피해가 보고되고 있고, 따라서 죽어가는 리기다소나무 개체는 소나무재선충의 번식이 가능한 잠재적 서식처이기 때문에 리기다소나무와 소나무재선충의 상호관계를 배제할 수 없다는 것이다. 결국 1차적으로 프사리움가지마름병이건 어떤 다른 병에 걸린 리기다소나무 개체들은 2차적으로 소나무재선충에 의하여 완전하게 고사해 버린다는 것이다. 마찬가지로 소나무의 경우도 솔잎혹파리나 피목가지마름병 등에 의해 수세가 약해진 개체나 죽어가는 개체들은 이차적으로 소나무재선충에 감염되어 완전하게 고사할 확률은 더욱 높아진다는 것이다.

결국 소나무재선충에 의하여 발생하는 일차적 피해는 감염목의 직접적인 피해로 고려되며, 다른 병해충에 의하여 죽어가는 소나무류들은 소나무재선충에 의한 이차적 피해로 이어질 수 있는 개연성이 매우 높다는 것이다. 그러나 우리나라에서는 리기다소나무를 포함한 소나무류에 대한 소나무재선충에 의한 이차적인 피해에 관한 접근과 관심이 배제되어 있는 실정이다. 다행스럽게도 소나무재선충의 피해지는 현재 특정의 생태적 조건을 가지고 있는 입지에 제한적으로 나타나고 있다. 아직 구체적인 생태학적 정보는 충분히 밝혀져 있지 않지만, 소나무재선충은 수평적으로 난온대 상록활엽수림대를 중심으로 집중 발생하고 있으며, 냉온대 남부/저산지대의 일부 저해발 산지에서도 그 발생이 관찰되고 있다. 특히 인간간섭의 영향 하에 있는 마을 주변 경작지 언저리, 무덤 주변 등지, 그리고 남향 또는 남서향 입지환경처럼 온난하면서 건조하기 쉬우며, 특히 수분스트레스에 쉽게 노출되는 토지적 입지환경을 가지고 있는 입지에서 집중적으로 발생하고 있다. 현재 소나무재선충이 발생하고 있는 최북단의 입지는 모두 미지형적으로 또는 수평 수직적

으로 그 생태적 분포가 국지적 온난 건조에 노출되어 있는 입지에 제한되고 있는 것으로 판단된다. 따라서 소나무재선충의 방제는 크게 다섯 가지로 생태학적 원칙에 의해 접근하여야 할 수 있다.

첫째, 소나무재선충은 이제 더 이상 한반도에서 그 자체를 멸종시킬 정도로 박멸의 대상이 될 수 없으며, 솔수염하늘소 또한 박멸할 수 없는 한반도 난온대 그리고 냉온대 남부/저산지 식생 지역에서 생태계 속에 적정 수준으로 공존한다는 것을 인식해야 하며, 둘째, 기존의 어떤 화학적 방법에 의한 방제 또는 구제도 생태적 안전성 (ecological security)을 확보할 수 없으며, 오히려 자연생태계 속에 화학제제의 생물적 농축(biological magnification)만을 강화시킬 뿐이라는 것이다. 셋째, 말라리아를 퇴치하기 위해 모기를 퇴치해야 하는 것처럼 소나무재선충으로부터 소나무를 구제할 수 있는 최선의 방법은 효과적인 솔수염하늘소 방제가 최우선이며, 넷째, 방제와 구제를 적용할 타이밍까지도 적시되어 있고, 한반도적 자연환경 조건에 대응하는 매우 구체적인 내용으로 이루어진 현장적인 사후관리 매뉴얼이 필수적이다. 마지막 다섯째로 우리나라 삼림 경영에서 획일적인 조림 정책으로부터 질적 구조적 생태적으로 다양한 조림정책을 추진해야 한다는 것이다.

**산불과 소나무는 동해안의 자연유산**

1990년대 들어서 동해안 연안 산악지역에서 대형 산불이 연례행사처럼 발생하고 있다. 오늘날처럼 매년 봄철 최대 환경 사건으로 계속 기록되고 있는 이유는 무엇일까? 그것은 우리나라 삼림 역사와 무관하지 않다. 근 50여년(1950년 ~ 2000년) 만에 우리나라 산지는 녹색혁명으로 일컬어질 만큼 민둥산을 푸른 삼림으로 바꾸어 왔다. 그 만큼 산림이 양적으로 팽창하였다는 것이며, 그것은 곧바로 산불이 난다면 그 피해가 막대해진다는 것이다. 임령이 어린 숲에서의 산불은 진화도 용이할 뿐만 아니라, 양적 피해 또한 광범위하지 않다. 그러나 과거에도 현재에도 그리고 미래에도 동해안 연안 산악 지역과 영남지역은 산불의 원인이 사람의 실수이건 자연적이건 간에 분명 한반도 어떤 타 지역에 비해서도 산불이 빈번하게 일어나며, 더욱이 산불과 함께 하는 지역 문화를 가지고 있다는 것을 철두철미하게 인지할 필요가 있다.

남북으로 펼쳐진 한반도의 땅 형상에서 태백산맥과 소백산맥의 배후지에 위치하는 동해안 연안 산악지역과 영남지역은 뚜렷한 강우그늘(rain shadow) 현상을 보여주고 있는 계절적 그리고 시간적 가뭄을 경험하는 자연환경 조건을 가지고 있다. 뿐만 아니라 특히 동해안 연안 산악지역으로 넘어온 온난건조한 계절풍은 동해로부터 공급되는 거대한 차가운 공기 덩어리와 만나게 됨으로써 소위 양간지풍(양양과 간성 지역의 강한 바람)을 만들게 되는 것이다. 그것도 편서풍이 우세한 봄철이면 아주 심한 국지적인 강풍이 빈번하게 발생한다. 동해로부터 직선거리로 30km 이내에서 용기에 의해 치솟아 오른 산들은 급한 경사를 가지고 있음으로써 짧은 구조의 계류와 하천을 가지고 있는

것도 국지적인 토양 한발을 더욱 가속화하게 하는 원인이기도 하다. 따라서 동해안 연안 지역이나 영남 내륙 분지 지역의 생태계는 타 지역에 비하여 분명히 산화가 발생할 빈도가 높으며, 그에 따라서 이 지역에서의 생태계 교란 요소로서의 불의 의미는 매우 지대하다.

이와 같은 동해안 연안 산악지역과 영남지역에서의 주요 식생자원의 하나는 바로 그와 같이 불과 밀접한 상호관계를 가지고 있는 두 종류의 소나무(소나무 *Pinus densiflora*와 금강송 *P. densiflora* for. *erecta*)이다. 이들 지역에서의 산불빈도에 대한 장기추적연구(long-term monitoring)는 아직 이루어진 바는 없지만, 현지 내 토양 속의 탄화 알갱이 및 노거수 개체의 수간 기저부를 면밀히 관찰해 보면 산불의 흔적을 쉽게 발견할 수 있다. 이러한 관찰을 토대로 이들 지역에서의 산불은 평균 50년에 한번 이상의 산불을 경험해 왔으며, 동해안 산악지역에서 백두대간을 넘어 서쪽 내륙으로 이동하면서 산불의 빈도(80-100년)는 더 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것은 잔존하는 소나무 개체군의 동태(dynamics)와 생태적 과정(process), 그리고 목재 생산업에 수십년간 종사해 온 현지인에 대한 청문조사로부터 더욱 쉽게 알 수 있는 일이다. 결국 동해안 연안지역과 영남지역에서의 소나무는 소나무의 개체 유전적 생태분포 특성으로부터 이 지역의 자연환경 조건에 대응하는 주기적이면서 지속적인 산불에 의해 넓은 면적을 피복하고 있는 이차림 또는 대상식생(substitute vegetation)의 인공림으로 빈번하게 관찰되고 있는 것이다. 즉, 이 지역에서의 낙엽활엽수림으로의 진행천이가 산불이라는 교란요소에 의하여 반복적으로 소나무 이차식생 또는 대상식생으로 널리 현존하고 있다는 것이다.

1993년 4월 18일에 발생한 포항 지역의 산불은 이 지역에서 사방 조림사업이 이루어진 후 30여년만에 발생한 최대 규모의 산불사건으로 삼림 소실은 물론 재산과 인명 피해까지 발생시킨 매우 큰 재해로 기록되고 있다. 그로부터 동해안 연안 산악지역에 연접하고 있는 양양, 고성, 속초, 동해, 삼척, 울진 등지에서 산불은 그 규모와 피해양상이 매우 막대하였다. 급기야 2000년의 삼척, 울진 지역의 산불지역에 대해서는 '재난선포'가 내려질 만큼 그 피해는 대단했던 것이다. 현재 이 지역의 산화적지(山火跡地)에서는 막대한 예산으로 대규모 복원 사업이 진행되었으며, 지금도 진행되고 있다. 산불 피해지에 대한 산화적지 복원 사업(사례: 울진)을 살펴보면, 크게 세 가지로 대별할 수 있는데, 경관조림, 생태조림, 송이복원 조림이다. 이것은 (i) 산불이 발생하기 전의 지역 경관으로의 복원과 (ii) 지역의 자연환경 조건에 부합하는 생태적 복원(산화지 방치에 의한 자연복원과 사방복구도 포함), 그리고 (iii) 지역경제에 도움이 되는 삼림자원(송이와 목재) 생산 기반으로서의 삼림복원으로 이해할 수 있을 것이다. 따라서 세 가지 범주에 의한 복원이라는 측면에서 크게 진일보한 전략이라 할 수 있다. 그러나 현장에서 성취되고 있는 복원사업은 실질적으로 매우 비생태적이며, 낭비적이고, 비지속적이며, 그리고 세 가지 복원범주에 대한 목표 성취도(成就度)마저도 의심스러운 정도로 심각한 문제점을 내포하고 있는 것

으로 나타났다. 특히 산불이라는 생태적 기작을 근본적으로 내재하고 있는 동해안 연안 산악지역에서 소나무류와 참나무류의 모자이크 식생 배분의 재창조(re-creation)는 근본적으로 성취되지 못하고 있는 실정이다.

## 1. 수종 선정 문제

2000년 산불 피해지의 복구 조림에 이용되었던 수종별 내역을 보면, 위의 세 가지 복원 범주를 성취할 수 있는 수종은 송이복원을 위한 금강송 조림과 생태조림으로 이용된 일부 해송과 상수리나무에 지나지 않는다. 메타세코이아, 배롱나무, 모감주나무, 이팝나무, 복자기, 잣나무, 전나무, 자작나무, 백일홍, 느티나무, 중국단풍, 단풍나무, 리기다소나무 등등이 대단위로 조림되었다. 이 가운데, 냉온대 북부/산지형 또는 아고산 식생지역을 특징짓는 잣나무, 전나무, 자작나무가 가장 많은 본수와 면적으로 조림되었다. 이들 조림 수종들 대부분은 지역의 잠재자연식생(냉온대 남부/저산지 식생지역)과 전혀 상관없는 외래종(外來種), 외지종(外地種), 속성수들로 이루어져 있으며, 조림 입지의 군락생태학적 자생종(synecologically native species)은 아니다. 이것은 식물체를 시간이 경과함에 따라 성장하는 생명체라는 점을 고려할 때, 이러한 속성수(수명이 짧음) 조림수종에 의한 삼림의 발달은 시간이 경과하면서 오히려 보다 큰 생태적 문제점을 발생시키는 애했단지를 재조성하는 형국이 되고 만다. 이것보다 더 큰 문제점은 식물종의 선정뿐만 아니라 식재종의 식재 방식에서도 향후 일어날 산불에 대응하는 생태적 고려가 전혀 이루어져 있지 않다는 것이다. 단적인 예로 이 지역의 대표적인 활엽수종이면서 산불에 강한 굴참나무를 비롯한 신갈나무, 졸참나무, 떡갈나무 등의 '참'나무류는 배제되었으며, 우리나라 숲정(부락 배후 산지에 인공적으로 조성되는 밭과 같은 삼림) 식생으로 이용되고 있는 참나무종류의 하나인 '상수리나무'만이 조림된 유일한 참나무종이다.

## 2. 고전적 조림식재 방법의 문제

조림 수종으로 이용된 개체들은 모두 한 개체(포기)로 줄지어

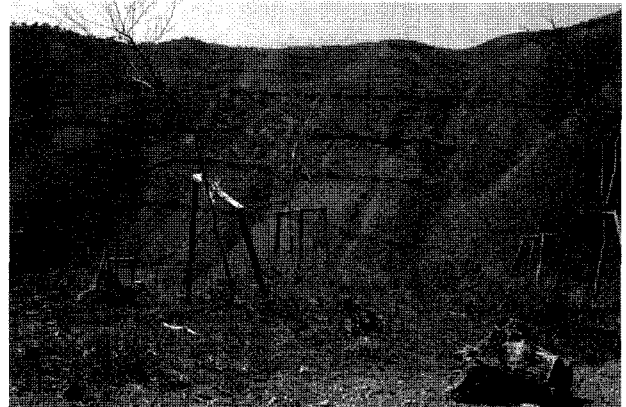


그림 4. 울진군 복면, 7호선 국도변의 산불피해지 복구. 선정된 조림수종 및 식재방법의 개선이 요구된다.

심겨져 있으며, 심지어는 식재된 개체들이 거의 모두 보조 버팀목에 의해 지지되고 있을 정도로 큰 개체가 심겨져 있다. 여기에는 두 가지 의문이 제기된다. 우리나라 강풍지역이라 할 수 있는 동해안 연안 산악지역에 (i) 어린 개체(생태적 적응이 빠르며, 단가가 낮으며, 버팀목과 같은 부가 경비가 들지 않음)에 의한 (ii) 다발 식재(경쟁과 자가숙음 self-thinning을 유도)가 전혀 적용되지 않았으며, 1960년대의 조림 방식과 똑같은 특정종의 한 개체(포기)에 의한 한 줄 세우기식의 종래의 조림방식이 그대로 답습되고 있다는 것이다.

### 3. 방치에 의한 생태복원의 문제

산화 적지에 대한 생태복원의 한 방법은 임지의 자연환경 조건에 부합하는 자연식생의 복원을 유도하는 방치이다. 이러한 생태복원 방법은 지역의 생태계 온전성을 회복하는 데에는 최고의 전략이지만, 시간이 오래 걸리며 주변에 핵심개체군(core population)의 존재와 건전성에 따른 전이개체군(metapopulation)의 질적 특성에 크게 영향을 받기 때문에 매우 신중한 접근이 요구되는 생태적 접근이다. 따라서 산불 피해지의 피해목의 식물종에 따라 방치 대상 임지의 선정과 사후 관리에 심도 있는 배려가 수반되어야 한다. 2000년 4월 삼척지역에 발생한 산불(산림피해면적 23,794ha)이 국도 7호선을 따라 남하하여 울진군 북면 지역의 소나무림, 해송림, 아까시나무림에도 피해를 입혔다. 현재 산불 피해지로 방치가 적용되고 있는 임분에는 아까시나무림도 포함되어 있다. 그러나 아까시나무림은 방치해서는 아니된다. 토양 속에서 호흡을 하는 질소고정박테리아(중속영양생물)와 공생하는 아까시나무(독립영양생물)는 성장에 따라 지하부 근권(根圈)이 지르면 가까이 얇게(淺根性) 퍼져나갈 수 밖에 없다. 따라서 아까시나무가 성장하면 활수목, 특히 동해안 해성층의 이암 또는 사암이 발달한 지질적 구조위에 조성되어 있는 아까시나무 조림은 노령(약 30년 이상)의 개체가 되면 될수록 도목(倒木)의 가능성은 매우 높다. 그러므로 산불에 의한 피해지에서의 아까시나무 고사목의 방치는 임지의 지질적 토양적 환경과 집중호우 및 돌풍이라는 국지적 기후환경에 맞물려 도목과 산사태를 일으키게 되는 이차적 피해가 발생할 우려가 매우 높으며, 그러한 징후는 여기 저기에서 관찰되고 있는 실정이다. 미국 옐로우스톤국립공원의 “산화제에 대한 내버려두기”가 우리나라 생태학계에 큰 반향을 일으키고 있고, 생태학적 가장 유리한 생태계 관리(복원)의 한 방법으로 교과서에 등장하고 있지만, 그것은 옐로우스톤국립공원의 산화생태계를 특징짓는 소나무류 *Pinus contorta*에 대하여 적용되는 하나의 사례이다. 옐로우스톤국립공원은 화산활동이 활발하게 진행되고 있을 뿐만 아니라, 주기적 또는 비주기적 산불이 이 공원구역 내의 주요한 생태적 기작으로 작용하고 있다. 따라서 옐로우스톤국립공원에는 새로운 서식처 또는 어린 서식처가 넓게 발달되어 있기 때문에 선구식생으로 *P. contorta*림이 공원 면적의 70%를 차지하면서 우점하고 있다. 즉 불을 종자발아 개시 사인으로 삼는 serotiny(만생, cf. aestival 조생?)의 소나무는 옐로우스톤

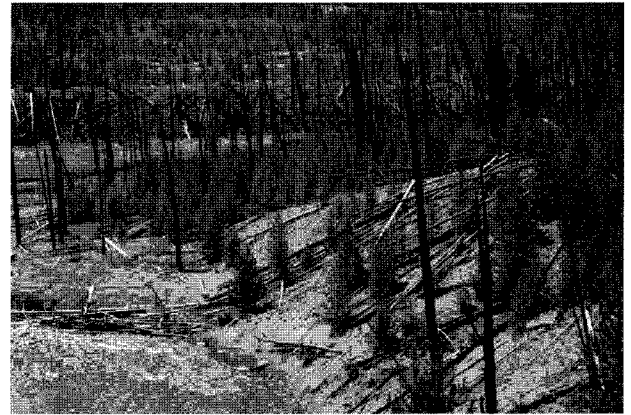


그림 5. 옐로우스톤국립공원의 대표적인 소나무 *Pinus contorta*의 피해목 방치와 자연적 재생.

국립공원의 산화적지 재생에 가장 중요한 생태적 복원의 핵심이며, ‘방치’라고 하는 생태계 관리의 이 국립공원에서는 가장 이상적인 생태적 복원 기법이라 할 수 있다. 1988년 8월에 발생한 옐로우스톤국립공원의 대화재는 121,456.49ha를 태웠으며, 지금도 대부분을 방치하는 관리가 진행되고 있다. 그러나 동해안 연안 산악지역 생태계에서의 외지(外地) 및 외래(外來) 식물종인 아까시나무에 대한 산불피해 복구 전략으로 방치를 선택하는 것은 매우 위험하며 부적절하다.

### 4. 임도 문제

임도는 우리나라 산림 경영에서도 필수적이라 할 수 있다. 특히 독일과 같은 자연환경 조건을 가지고 있는 지역에서의 임도는 매우 효과적이고 결정적인 산림경영 수단이다. 그러나 우리나라에서 특히 동해안 연안 산악지역에서의 임도는 매우 면밀 주도한 접근이 요구되며, 극히 제한적인 개설만이 가능할 것이다. 독일은 지금으로부터 1만 3천년전까지도 거대한 빙하 아래 위치하는 땅이 국토의 대부분이기 때문에 독일 남부에 위치하는 융기 산악지역인 유럽 중앙알프스(스위스, 오스트리아, 프랑스, 이탈리아 등의 국경)를 제외하고는 완만한 구릉 형태 또는 대지 형상을 하고 있다. 즉 남부 독일지역을 제외하면 경사가 완만하여 토지 이용에 매우 유리하며, 특히 연간강수량이 800~1,000mm 이하이면서 그것도 연중 강우량 분포양식(일부 Carpathian산맥 지역을 제외)이 빈번한 집중 호우 및 태풍을 경험하는 우리나라와 극명하게 대비가 된다. 따라서 알프스지역의 눈사태는 발생해도 산사태와 같은 임도에 의한 이차적 파괴는 거의 발생하지 않는다. 우리의 상황과 완전히 다르다. 동해안 연안 산악지역의 산불은 앞서 언급한 지역적 자연환경 조건으로 말미암아 2,000m 폭을 가진 하천권역을 가로질러 확대되어 가는 양상까지도 발생함으로써 폭 4m 이하의 임도에 의한 방화벽으로서의 기능과 산불진화 접근은 사실상 불가능한 실정이다. 오히려 산림지역에서의 임도는 서식처 단절, 가장자리효과, 토양침식 및 병충해 확산, 그리고 이차적인 탐방객 유인효과와 개발 압력 등의 보전생물학적, 환경경제학적 폐해가 훨씬 큰 것으로 지

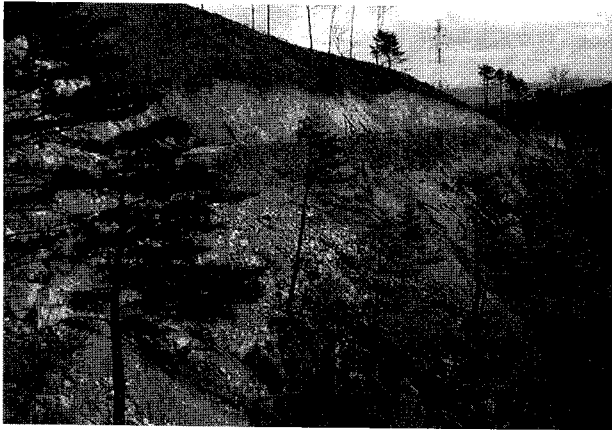


그림 6. 임도를 가로지르는 산불 피해지역.

적되고 있다(김 2002). 1988년부터 시작한 산림기본계획에 따르면 매년 1,000 km의 임도(林道) 건설 (1992년에 4,800km, 1998년에 16,000km, 2040년에 56,000km; 임업연구원 1999)을 통하여 임업경영기반을 조성하는 것으로 되어 있으나, 이러한 임도의 개설은 생태계 보전지역 내에 건설한 관광도로와 마찬가지로 생태계의 파편화에 주된 요인으로 작용하여 산지생태계를 크게 위협하기 때문에 임지선정에 신중해야 한다. 적어도 우리나라 동해안 연안 산악지역에서 산불에 대응하기 위한 더 이상의 임도 개설은 과학적 논리로서 부적절하다.

결론

현재의 산림식생은 1960년대 중반 이래로 시작한 치산녹화 사업과 입산금지 등의 보다 적극적인 자연 회복 시책의 결과이며, 1950년대 중반에 이르기까지 극도로 파괴된 산지 생태계의 삼림 회복에 큰 성과를 얻은 것으로 평가되고 있다. 1970년대 이후 경제 성장에 따른 아궁이 개량과 대용연료의 개발, 그리고 지속적인 '입산금지' 등의 일련의 정부 시책에 의하여 파괴 요인이 크게 감소되었으며, 우리나라의 산지는 '녹색혁명'이라 일컬을 만큼 국토 녹화 사업은 성공적이었다. 그러나 산지 삼림자원화 목표에 따라 산야가 확실적인 단순 조림지(造林地) 생태계로 지속적으로 관리되어옴으로써 그 질적(質的) 측면에서는 그다지 성공적이지 못하다는 지적도 있다. 사시나무류(*Populus hybrids*), 아까시나무(*Robinia pseudoaccacia*), 산오리나무(*Alnus hirsuta*), 소나무류(*Pinus densiflora*, *P. rigida*, *P. koraiensis* 등), 낙엽송(*Larix kaempferi*) 등은 사방, 조림용으로 가장 널리 이용된 수종들이다. 일부 자연 보호구역을 제외한 대부분의 산지(숲정이 포함)가 신속한 식피의 회복과 경제적 목적으로 이러한 외래수, 속성수, 경제수에 의해 넓은 면적이 식재되어 있다. 특히 개질라 번식을 주로 하는 아까시나무를 이용한 인공적인 조림 면적의 양적 팽창은 자연식생으로의 발전을 위한 조림지의 질적 개선에 방해가 되고 있다(조와 김 2005). 소나무류를 제외한 이들 식재종들은 대부분 수명(약 40~50여년)이 짧은 종이

면서 그에 비례하여 뿌리의 생육형태가 천근성(淺根性) 또는 지표면 가까이 얇게 발달하는 종들이다. 따라서 이들에 의한 집중적 식재가 이루어진 후 약 40~50년이 경과한 2000년대에는 산지 조림입지에서의 산불 및 집중 호우 그리고 태풍과 같은 재해에 의한 대형 생태계 교란이 발생할 가능성이 크게 증가하고 있다. 뿐만 아니라 일반적으로 참나무류를 포함한 지역 고유의 활엽수종에 비하여 이들 조림 수종들의 수자원 보지시간은 상대적으로 매우 낮음으로써 집중호우에 따른 지표수 유출에 대한 완충능력 또한 낮기 때문에 연쇄적 물리적 입지훼손(침식과 붕괴에 따른 표층토 유실)이 대형으로 발생하며, 토지의 수자원 저장 기능 또한 점점 쇠퇴되어 간다. 그런 관점에서 리기다소나무 조림지는 참나무림에 비하여 한반도의 토지환경에 대한 생태적 기여도는 매우 낮은 인공림이다. 과거 70년대의 연평균 산불발생건수는 80년대보다 세 배에 이르렀으나, 그 피해 면적에 있어서는 70년대보다 80년대에 오히려 증가했을 뿐만 아니라, 피해량(被害量)에 있어서는 약 두 배로 증가하였다. 특히 1990년대의 산지 자원화 촉진 정책에 따른 단위면적당 임목축적량 증가(1992년 42m<sup>3</sup>/1ha에서 1998년 59m<sup>3</sup>/ha; 임업연구원 1999)는 산불재해에 따른 피해가 막대해지며, 특히 봄에 집중적으로 발생하는 국지적 한발에 의하여 초기생육 기간 동안의 산불에 의한 식생과 서식처의 생물적 물리적 훼손(특히 seed bank)이 매우 치명적으로 발생하고 있다. 따라서 산지자원화 촉진 정책과 더불어서 우리나라 자연환경 조건에 부합하는 산림에 대한 생태적 관리와 경영이 병행될 필요가 있음을 알 수 있다(표 1).

우리나라에서 소나무(*Pinus densiflora sensu lato*)는 크게 세 가지 관점에서 결코 그 중요성을 간과할 수 없다: (i) 민족식물적(ethnobotanical) 심미적(aesthetic) 가치가 지대한 것이며, (ii) 한반도 자연환경 조건에 가장 잘 부합하는 잠재자연식생의 구성

표 1. 외래수종에 의한 인공조림과 자연림의 일반 속성에 대한 상대적 비교 (김 2004)

평가 항목	인공조림	자연림
20세기까지의 임업 경제적 측면	유리	불리
생물다양성	매우 단순함	매우 풍부함
자연 자원	단순하고 빈약	다양하고 풍부
생태관광 자원	빈약함	풍부함
수자원 보지능력	불리	유리
자연재해 및 인공재해에 대한 저항력	매우 약함	매우 강함
재해 후의 회복능	약함	강함
잠재적 가치	매우 빈약	매우 풍부
지역 생태계에 대한 구조적 기능적 기여도	매우 낮음	매우 높음

식물종 가운데 하나이며, (iii) 자원적 가치가 극히 우수한 식물종이다. 그 가운데 태백산맥에 분포중심지를 가지고 지역 생태계의 바탕을 형성하고 있는 금강송과 소나무, 그리고 동해안 연안의 해송은 국가적 산림 자원식물로서 지역의 자연환경 조건과 산불로부터 선택되는 최고의 식물종들이라 할 수 있다. 그렇다고 이들 식물종에 의한 단순 조림지의 확대는 바람직하지 않다. 참나무림과 소나무림의 조화이다. 참나무림과 소나무림의 공간적 모자이크 배분을 통하여 삼림생태계의 다양성을 확보하는 것이며, 삼림이란 다층구조의 서식처의 다양성을 확보할 수 있다. 그러므로 지역의 삼림(식물종들의 집단) 다양성에 대한 기초조사(출현 종 및 식물군락의 다양성과 지리적 분포, 그리고 생태 정보와 인간간섭도 등)는 모든 삼림 경영의 최우선 과제이다.

동해안 연안 산악지역을 포함한 우리나라에는 삼국유사 또는 삼국사기와 같은 현존하는 자연식생에 대한 온전한 역사적 기록물이 없다. 한국식생지(Vegetation of Korea)는 존재하지 않는다.<sup>3)</sup> 이것은 우리나라 국토에 잔존하는 모든 유형의 자연식생을 포함하는 현존식생(actual vegetation)에 대한 기록물이 없다는 것을 의미하며, 그런 가운데 국가 생태계 자원에 대한 온갖 관리정책이 진행되고 있다. 특히 우리나라의 자연생태계의 대표적인 바탕(matrix)은 분명 다층구조를 가지고 있는 삼림식생이지만, 그러한 삼림식생에 대한 온전한 '식생지' 조차도 없다. 즉 역사책도 없이 현재와 미래를 대비하고 있는 형국이다. 국가 인적자원의 관리를 위하여 주민등록표가 필수적이듯이 국가 식생자원의 관리를 위하여 그러한 한국식생지는 필수적이다.

한편, 소나무는 생명체라는 것을 철두철미하게 인식할 필요가 있다. 생명체를 잉태하고 낳는 것만큼이나 중요한 것이 '어떻게 가꾸고 키울 것인가'이다. 잘못 성장하고 커져 있는 생물체는 그것을 바로잡기에 엄청난 비용이 수반된다. 그것은 바로 환경

경제학적 손실이며, 생태학적 격물치지에 대한 계으름으로부터 비롯된다고 결론지을 수밖에 없다. 우리나라 삼림생태계에 대한 통합적인 생태학적 접근(integrated ecological approaches)이야말로 보다 온전한 한반도 자연생태계를 후손에 물려주는 첩경이다.

## 인용문헌

- 김종원. 1993. 포항의 자연은 어떻게 재창조될 수 있는가. 포항연구 13: 63-73.
- 김종원. 2004. 녹지생태학. 월드사이언스. 309 p.
- 김종원. 2002. 도로건설에 따른 생태학적 고려. 산학 NGO 공동기획 심포지엄 자료집. pp. 11-28.
- 김종원, 김현우, 박용목, 조광진, 주기재, 최기룡, 한승욱. 2004. 이것이 생태학이다. 월드사이언스. 556 p.
- 농림기술관리센터. 2005. 소나무재선충 피해 제어기술 개발. 핵심전략기술개발사업, 과제제안요구서(RFP) ([www.arpc.re.kr](http://www.arpc.re.kr)).
- 산림청. 2005. 산림과학기술 기본계획(안) (2005~2014). 산림정책국. 공청회 및 부처의견조회(안). 79 p.
- 산림청, 국립산림과학원. 2004. 소나무 AIDS 소나무재선충병. 산림과학속보 '04-06.
- 조광진, 김종원. 2005. 아까시나무림의 군락분류와 군락생태. 한국생태학회지 28: 15-23.
- 최기룡, 김기현, 김종원, 김종찬, 이기걸, 양동윤, 남옥현. 2005. 영산강 유역 범람원 퇴적물의 화분분석 연구. 한국생태학회지 28: 37-43.
- Cram, M. and J. Hanson. 2005. How to identify and manage pine wilt disease and treat wood products infested by the pinewood nematodes. USDA.([www.na.fs.fed.us/SPFO/](http://www.na.fs.fed.us/SPFO/))
- Ibaraki Prefectural Center for Forestry Technology. 2005. Pinewood nematode and its prevention. Research Commentary 3. (2005년 4월 6일 접수; 2005년 4월 20일 채택)

3) 10년(1980년~1989년)에 걸쳐 완성한 일본열도 전역의 식생자원을 기록한 일본식생지는 존재한다.