

## 산림생태계 관리: 개념, 원칙 및 적용방법을 중심으로

손요환·김진수

고려대학교 산림자원학과

### Forest Ecosystem Management: Concepts, Principles and Applications

Son, Yowhan and Zin-Suh Kim

Department of Forest Resources, Korea University

#### ABSTRACT

Forest managers are increasingly being challenged to produce goods and services to society while managing for ecosystem sustainability. Forest ecosystem management is an emerging philosophy to achieve these objectives. We synthesized some basic concepts of forest ecosystem, sustainability in forests and forest ecosystem management, and described the importances of long-term ecological studies. Also we presented few relatively simple principles of forest ecosystem management, strategies, and case studies for integrating forest ecosystem management principles into the forest management planning process. It was emphasized that in forest ecosystem management process, society, land managers, forest managers, and scientists be entered into a partnership to reshape management goals, redefine objectives, and redirect management actions in response to changing socioeconomic information and evolving biological, physical, chemical, and environmental conditions. Agreement or disagreement with our synthesis and opinions on forest ecosystem management is out of the primary objective of this paper, which is to stimulate new and creative approaches to forest ecosystem management as an emerging issue in forestry.

*Key words* : Application, Concept, Forest ecosystem management, Principles, Sustainability.

#### 서론

‘다가오는 21세기에 지구의 자연환경은 어떠한 상태에 있을까?’ 라는 의문을 제기해 보면, 계속되고 있는 개발과 이용의 요구 앞에 생태계는 황폐되고 그 생산성은 극도로 저하되어 있을 것이라는 예측을 쉽게 할 수 있다. 자연자원과 환경을 대상으로 연구하고 관리하는 우리들은 지속적인 인류문명의 발달에 필요한 식량과 에너지를 재생 가능한 자연자원을 이용하여 공급하여야 하는 동시에 자연자원에 대한 새로운 정치·경제·사회·기술적인 요청과 요구를 해결하여야 하는 과제를 안고 있다(Carpenter 1996). 그러나 아직까지 많은 정치인, 경제인들

은 물론 일반 사회인들까지도 자연자원은 무한한 것으로 믿고 있거나 또는 자연자원의 유한성을 인정하면서도 도덕성과 책임감의 결여 혹은 이기심에 의해서 당장의 이익만을 위하여 자연자원을 남용함으로써 자연자원의 고갈과 황폐를 가져오고 있다(Ehrlich and Daily 1993). 이와 같은 상황에서 지구 자연자원과 환경의 중요한 부분을 차지하고 있는 산림을 관리함에 있어 어떠한 인식과 원칙이 필요한지를 연구할 가치가 있다. 이러한 점에서 현재나 미래 세대의 다양한 변화를 수용하고 반영할 수 있는 새로운 산림관리의 한 형태로 등장한 것이 산림생태계 관리(forest ecosystem management)이다. 본 논문에서는 산림을 총체적으로 경영, 관리하는 산림생태계 관리에 대하여 그 개념과 원칙, 그리고 구체적인 적용방법 등을 고찰해 보고자 한다.

이를 위해서 먼저 산림생태계 관리의 대상이 되는 산림생태계의 개념 및 그 속성을 간단히 알아보고, 산림생태계 관리의 목표라고도 할 수 있는 산림에서의 지속성(sustainability) 문제를 언급하며, 산림생태계 관리의 과학적 자료와 근거를 제공할 수 있는 장기 산림생태계 연구의 필요성과 그 방향 등도 함께 살펴보고자 한다.

## 산림생태계의 개념과 내용

### 산림생태계

생태학(ecology)이라는 학문용어는 1866년 Haeckel에 의해 처음 제안되었고, 생태계(ecosystem)의 개념은 19세기 말 Warming에 의해 제시되었다(Golley 1991). 생태계는 그 어원상 집 또는 사는 곳을 의미하는 'eco'(그리스어의 Oikos)와 어떤 일반적인 목적을 위하여 여러 부분이 함께 작용하는 집단을 의미하는 'system'(계)의 합성어이다. 비록 생태계란 개념이 장님이 코끼리를 표현하는 것과 같이 관찰하는 관점에 따라 여러 의미로 해석될 수 있지만(O'Neill *et al.* 1986) 일반적으로 받아들여지고 있는 몇 가지 정의가 있다. 즉 1935년 생태계를 최초로 정의한 영국의 생태학자인 Tansley는 생태계란 "생물체뿐 아니라 환경이라고 부르는 물리적 인자를 포함한 복합체"라고 하였다(Woodmansee 1991).

또한 에너지와 물질을 중심으로 생태계를 정의할 수도 있다. 즉 생명현상의 장기적인 유지를 위해서는 하나의 계를 통과하는 에너지의 이동은 물론 화학 원소의 완전한 순환이 필수적이며, 단순히 생물체나 집단, 또는 군집만으로는 생명현상이 유지되기 어렵다. 따라서 생태계는 에너지의 이동과 원소의 순환을 위해서 상호영향을 주고 받는 여러 종이 포함된 집단과 무생물적 환경이 포함된 최소한의 자연적 계라 할 수 있다(Smith 1990, Whitehead 1982). 그리고 Lindeman은 "공간-시간의 단위 내에서 활성적인 물리, 화학, 생물학적 과정으로 구성된 계"로, Whittaker는 "상호영향을 주는 생물체와 환경과의 조합을 포함한 기능적인 계"라고 생태계를 정의하였다. 한편 Odum은 생태계는 "일정한 지역에 있는 생물체가 물리적 환경과 상호영향을 가짐으로써, 에너지의 이동이 영양구조, 생물적 다양성과 물질순환을 가져오게 하는 하나의 단위"로 보았다(Kimmins 1987).

이러한 여러 개념을 기초로 생태계를 간략하게 정의한다면 '일정한 지역에 살아 있는 생물체(동·식·미생물)와 무생물적 환경의 총체적 조합'이라 할 수 있고 [Joyce and Knight 1991, 생태계의 개념에 대한 보다 상세한 설명은 Golley(1993) 참조], 특히 산림생태계란 수목이 우점하고 있는 생태계라 할 수 있다

(Kimmins 1992). 그런데 여기서 우리는 산림생태계 관리에 있어 인간도 생태계의 매우 중요한 구성요소의 하나로 간주되어야 한다는 사실을 강조할 필요가 있다(Alcoze 1996, Estill 1995, Everett *et al.* 1994). 종래의 생태계 관련 연구에서는 인구의 증가나 인위적 역할의 중요성이 거의 강조되지 않았고 따라서 전통적으로 생태학이나 자연자원관련 학문에서 그 개념의 한계가 생물학적, 물리적 구성요소에 엄격하게 제한되었다. 그러나 생태계에서 인위적 간섭의 효과가 극히 크기 때문에 생태계의 개념에 정치·경제·사회·기술적인 의미가 마땅히 포함되어야 한다(Woodmansee 1991). 이러한 포괄적인 개념에 주의를 기울이게 되면 산림생태계 관리의 당면 문제를 잘 파악할 수 있고, 또한 그 문제를 해결할 수도 있다. 어떤 의미에서 인구의 증가가 현재 당면하고 있는 또는 앞으로 닥칠 자연자원 관리의 가장 중요한 변수가 된다고도 할 수 있다(Ludwig 1993).

### 산림생태계의 성질

모든 생태계는 공통적인 구조와 기능적 요소를 가지고 있으며, 구조적인 요소에는 무기물질, 유기물질, 기후, 자가영양체, 타가영양체, 분해자 등이 포함되고 기능적인 요소에는 에너지의 이동과 저장 그리고 물질의 생물지구화학적 순환이 포함된다(Smith 1990, Whitehead 1982). 그런데 생태계는 에너지, 물질, 생물체들이 들어가고 나갈 수 있기 때문에 하나의 개방된 계로 취급되며, 특히 생물은 시간에 따라 변하는 성질을 갖고 있어 특이한 개방된 계라 할 수 있다.

전술한 생태계의 여러 정의로 미루어 볼 때 생태계란 물리적 실체라기 보다는 개념의 성질을 가지고 있으며, 구조성, 기능성, 생물 다양성, 상호영향 및 의존성, 공간적 범위 제한의 난이성, 시간에 따른 변화성 등의 속성을 지닌다고 하겠다 [생태계의 속성에 관한 상세한 설명은 Kimmins(1992) 참조]. 그리고 일반적으로 산림생태계는 초기에 급속한 생장의 단계를 거쳐 성숙 또는 안정상태에 도달하는데, 안정상태란 장기간에 걸쳐 생체량에 변화가 없는 상태를 말한다[물리적 환경의 변동 때문에 생태계는 안정상태에 도달할 수 없다는 견해도 있다 (Pahl-Wostl 1995)]. 산림생태계 초기단계의 특징은 생산량에 대한 호흡량의 높은 비율, 높은 순생산량, 단순한 먹이망, 낮은 다양성도, 작은 개체 크기, 개방된 양분순환, 상대적인 안정성의 결여 등을 들 수 있다. 반면, 성숙한 산림생태계는 생산량에 대한 호흡량의 낮은 비율, 복잡한 먹이망, 낮은 순생산량, 높은 다양성도, 상대적으로 높은 안정성 등의 특징을 지닌다(Smith 1990).

생태계에서 일어나는 제반 현상은 3가지 지수로 표시할 수

있다. 첫째는 에너지와 생물지구화학적 순환으로 이것은 생태계 기능의 기초가 된다. 에너지 이동과 생물지구화학적 순환은 모든 생태계에서 개방적인데, 개방의 정도에 따라 생산성이 달라진다. 예컨대 하천의 생태계는 양분과 에너지의 유입에 완전히 개방된 상태이나, 상류의 척악한 토양은 개방의 정도가 낮아 자체의 에너지와 양분에 대한 의존도가 높은 것이다. 따라서 개방의 정도가 낮은 생태계일수록 자원(에너지와 양분)의 이용효율을 높이도록 진화된 것이다. 둘째는 천이, 먹이연쇄, 그리고 영양단계로 이들은 살아 있는 생물체의 에너지와 양분 순환의 척도가 된다. 즉 생물체의 생산성(예: 생체량의 축적율)은 계의 개방 정도와 자원의 이용효율을 나타낸다. 셋째는 생태계의 탄력성인데 이는 생물지구화학적 순환이나 생물체 현상의 척도로 생태계의 손상 가능성을 나타낸다. 탄력성이 높은 생태계일수록 교란 후 원상회복의 정도가 크다. 위와 같은 3가지의 현상을 측정하면 산림생태계의 건전도와 지속성 정도를 짐작할 수 있다(Toman and Ashton 1996).

산림생태계가 이러한 다양한 속성을 가지고 있다는 점은 특정 산림생태계에서 과거의 시업관리 결과를 광범위하고 상세하게 연구한 경험이 있거나 시업관리와 관련된 모든 생태적 과정들을 명확히 이해하고 있지 않으면 시업관리가 대상 산림의 구조와 기능, 다양성에 미치는 영향을 예측하기가 매우 어렵다는 것을 의미한다(Kimmins 1992). 또한 생태계의 복잡한 속성과 더불어 지역에 따른 변이성 때문에 특정한 시업관리 결과에 의해 초래된 생태적 변화를 일반화시키는 것은 부적절하다. 즉 산림생태계를 관리할 때 산림생태계 유형별로 각기 다른 관리방안을 적용해야 한다는 것을 암시한다. 과거 임업에 있어 한 가지 경영기법을 여러 산림생태계에 동일하게 적용함으로써 나타난 실패 경험을 참고하여야 할 것이다.

### 산림에서의 지속성 문제

산림에서의 지속성이란 산림이 지니고 있는 건전한 상태를 유지시키는 것으로, 이는 산림에 영향을 미치는 생물적, 무생물적 요인(예: 해충, 대기오염물질, 조림적 시업, 벌채시업 등)이 현재나 미래의 자원경영관리의 목적(예: 휴양, 야생동물, 목재, 목축, 수자원 함양 등)과 생태계의 구조 및 기능을 위태롭게 하지 않는 상태를 말한다(Forest Service 1993). 산림에서의 지속성 개념은 1849년 Faustmann이 산림에서 경제적 수확(목재 생산)을 최대화시킬 수 있는 윤벌기를 계산할 때 최초로 사용하기 시작하여 목재생산의 지속성이 산림경영의 최고목표가 되어 왔다(Ludwig 1993). 이후 근대적인 산림경영이 시작된 때부터 산림생태학자와 산림경제학자를 비롯한 전문가들이 산림생태계와 산림자원의 지속성에 대한 우려를 끊임없이 제기하였

고, 비록 시대에 따라 관심의 초점이 달라지기는 하였으나 여전히 중요한 과제로 남아있다. Maldonado(1995)는 지속성이란 구체적으로 1) 인간이 필요로 하는 모든 물질이나 가치, 2) 생물다양성, 3) 토양, 4) 공기와 대기, 5) 물, 6) 기후와 에너지의 이동, 7) 이와 같은 인자들의 상호영향 등이 지속될 수 있을 때 달성되는 것이라 하였다 [지속성 개념에 대한 상세한 설명은 Toman and Ashton(1996), Gonzalez-Caban *et al.*(1995) 등을 참조할 것].

근래에 이르러 환경관련 학자들은 대기나 수질의 오염과 기후변화와 같은 인간의 간섭으로부터 산림생태계를 보호하려는 데 초점을 맞추고 있으며, 이러한 관점에서 환경학자들은 산림생태계 여러 구성요소들간의 시간과 장소별 기능과 상호작용을 이해할 필요성을 강조하기도 한다. 반면, 산림경영 및 경제학자들은 인간사회에서 필요한 재화와 용역을 생산하기 위한 산림의 능력을 계속 강조하고 있다. 산림경영의 초기에는 목재생산량이나 생산된 목재의 가치를 극대화하려는데 초점을 맞추었고 점차 목재뿐 아니라 다른 가치도 동시에 중요시하는 데로 발전하고 있다(Toman and Ashton 1996). 이에 따라 현재의 산림경영관리자는 산림생태계가 지니고 있는 지속적 생산성을 유지하면서 또한 사회로부터 요구되는 다양한 재화와 용역을 계속 공급해야 하는 과제를 동시에 안고 있는 것이다.

이와 같은 산림에서의 지속성 개념을 종합해 보면 산림생태계에서 지속성이란 '산림생태계가 영속적으로 기능을 발휘할 수 있는 상태'(Gillespie 1995) 또는 '인간의 요구를 충족시키면서 산림생태계의 구조와 기능을 유지하는 것'으로 간략히 정의할 수 있다(Holder and Andersen 1995). 그리고 이러한 산림생태계의 지속성 여부를 판단하는 기준으로는, 1) 장기간 지속될 수 있는 입지의 생산성: 토양의 비옥도, 유전자원의 풍부도, 입분의 상태 등, 2) 산림환경의 내용: 수질, 야생동물, 생물다양성, 심미적 효과 등, 그리고 3) 목재공급 등의 3가지를 들 수 있다(Lucier 1994).

한편 Woodmansee(1991)는 생태계의 지속성은 아래와 같은 6가지의 구성 요소에 따라 결정된다고 하였으며, 이들 요소간의 상호의존성과 상호영향성을 강조하여 생태계 지속성을 평가할 때 어느 한 요소도 간과되어서는 안된다고 강조한 바 있다.

$$es=(pbp + cw + e + ev + cv + opv)$$

여기서

- es(ecosystem sustainability)는 생태계 지속성이며,
- pbp(physical and biological properties)는 토양의 물리적, 생물적 성질(토성, 토양구조, 유기물의 구조와 함량, 양분 공급량, 토양생물의 기능 등)과 동·식·미생물의 구성 상

- 태 등을 말하며,
- cw(climate and water)는 강우의 양과 성질, 온도, 광선량, 수분의 양과 계절성 및 분포도 등이며,
  - e(energy)는 생태계의 에너지 생산능력으로 연료용 임산물, 화석연료, 생체량, 수력 등을 포함하고,
  - ev(economic viability)는 경제적 실행 가능성을 말하는 것으로, 생태계 지속성을 유지하면서 생기는 수익이 비용보다 많은지 혹은 그렇지 않다면 경제적 지원이나 다른 보조 수단을 이용해서 지속성을 유지할 수 있는 사업관리를 가능하게 할 수 있을 지이고,
  - cv(cultural viability)는 문화적 실행 가능성으로써 지역사람들의 생존과 안전에 필요한 제반 조건이 충족되고 있는지 여부이며,
  - opv(organizational and political viability)는 집행기관과 정치적인 실행 가능성으로 기관의 임무, 목표, 인적 구성상태, 재원의 배정순위와 지속성 여부, 새로운 변화에 대한 대처능력 등이다. 또한 이 수식에는 포함되어 있지 않지만 산림생태계의 지속성을 판단하는데는 monitoring이 필수적이다(아래 '산림생태계 연구에서의 monitoring' 참조).

## 산림생태계 관리의 개념과 내용

### 산림생태계 관리 개념의 태동

산림생태계 관리가 시작된 미국에서 산림에 대한 사회의 요구나 인식이 어떻게 시대적 상황에 따라 변화해 왔고 이에 맞추어 산림생태계 관리의 개념이 생겨 어떻게 발전하였는지 살펴 볼 필요가 있다. 1900년대 초반까지는 산림에서 여러 용도의 목재 생산이 주관심이었으나, 1950년대에 오면서 2차 세계대전 후 경제의 급속한 발전과 더불어 주택과 도로 건설 등으로 침엽수 용재에 대한 수요가 폭증하였다. 1960년대에는 와서는 개인소득의 증대로 삶의 질이 강조되어 산림으로부터 목재 이외의 다양한 재화와 용역을 얻기를 기대하였고(1960년 Multiple-Use Sustained-Yield Act), 건전한 환경을 유지하기 위한 환경보호운동이 시작되면서 임업에서의 살충제 사용이나 대기 오염과 기후변화가 산림에 미치는 영향 등이 사회의 관심사가 되었다. 1970년대에는 국유림관리법(National Forest Management Act)의 통과로 산림을 다목적으로 이용하기 위하여 산림을 토양, 수자원, 초지, 어류 및 야생동물 등과의 총체적 집합체로 인식하는 경향이 생겨났다. 1980년대에는 산림생태계를 보호하여 멸종위기에 놓인 야생동물을 보호하려는 움직임과 지속적으로 목재를 생산하려는 측과의 갈등을 상호 조화시키는 문제가 관심사로 되었다. 그리고 1990년대에 와서는 경제와 환

경간의 균형문제가 새로운 연구과제로 등장하게 되었고, 1992년 미국 농무성의 Forest Service에서는 '생태계 관리(ecosystem management)' 정책을 채택하게 되었으며, 1994년 4월부터 이에 대한 구체적 지침이 결정되었다(Holder and Andersen 1995). 또한 산림경영관리에서 생태적 접근의 필요성을 인식하여 산림생태계 관리 평가팀(Forest Ecosystem Management Assessment Team: FEMAT)을 구성한 바 있다(Caldwell *et al.* 1994). FEMAT의 목적은 생물 다양성과 서식지를 유지하며 산림으로부터 최대의 사회, 경제적 가치를 얻을 수 있는 관리방안을 설정하는 것으로써 연구결과 미국 북서부 산림 관리에 적용할 수 있는 10가지의 대안을 제시한 바 있다(Thomas 1994). 한편 국내에서는 근래에 이르러 산림의 다목적 경영이나 통합자원 경영뿐 아니라 생태적으로 적합한 경영이 필요하다는 인식이 확대되고 있으며(김과 최 1995), 특히 생물 다양성 보전적 차원에서의 생태계 관리경영이 관심사가 되고 있다(김 1993, 신 1995). 그러나 우리 나라의 산림상태에 적합한 총체적 산림생태계 관리의 원칙이나 구체적인 실행방법에 대한 연구와 실행이 매우 미흡한 상태이다.

### 산림생태계 관리의 개념

최근 생태계 관리의 문제가 대두된 것이 생물 다양성의 위기 때문인 것으로 일부 인식되고 있으나, 실제로 생물 다양성 보전은 생태계 관리의 여러 목표 중 하나이고 이들 중에서도 우선 순위가 가장 높은 것은 아니다. 물론 생태계의 생산능력 또는 속성을 지속시키기 위해 생물 다양성을 유지하여야 함은 당연한 사실이다(Carpenter 1996). 그러나 생태계 관리의 최종 목표는 생태계의 제반 속성을 유지하는 것이라 할 수 있고 특히 자연자원과 환경을 대상으로 연구와 관리하는 사람들의 가장 중요한 임무는 어떻게 하면 생태계의 속성을 유지시키면서 그 생산능력(구체적 산업으로 나타나면 임업, 농업, 수산업, 축산업 등이 된다)을 극대화할 것인가 하는 것이다(Carpenter 1996).

생태계 관리라는 개념에 대해 일반인에게는 물론 생태학자들 사이에서조차 일치된 견해가 없고 계속적으로 그 의미가 발전되어 가고 있는 중이지만(Carpenter 1996, Gordon 1994, Joyce and Knight 1991), 생태계와 관리의 종합적 개념으로 이해한다면 '생태계를 대상으로 인위적인 목적을 달성하기 위한 시도이며, 특히 에너지의 이동에 관심을 기울이는 것'이라 할 수 있다. 그리고 산림생태계 관리는 '특별히 임목을 위주로 한 녹색식물에 중점을 두어 인류가 필요한 목적을 달성하기 위해 인위적인 수단으로 에너지의 이동을 조절하는 것'으로 정의해 볼 수 있다(Gordon 1994). 여기서 특별히 강조할 사항은 당

면한 현세대뿐 아니라 앞으로 있을 세대를 위하여 산림을 관리 한다는 의식이 절대적으로 필요하다는 점이다(Salwasser 1991).

일반적으로 생태계 관리에 대한 입장은 크게 2가지로 정리해 볼 수 있다(Carpenter 1995, 1996). 첫째, 생태계는 그 속성이 극히 복잡하지만 여전히 인위적인 힘으로 생태계를 집약적으로 관리할 수 있으며, 생태계 관리란 근본적으로 지속성 유지에 관한 문제라는 것이다. 계속되고 있는 인구 증가 때문에 자연 자원으로부터의 재화와 용역의 공급은 늘려야 하고 특히 농림, 수산, 축산업의 생산성을 높여야 한다는 과제는 피할 수 없다고 보는 것이다. 비록 생태계에 대한 현재 우리들의 지식 수준이 완전하지 못하다 하더라도 부분적으로나마 이해하고 있는 생태계의 속성을 기초로 조심스럽게 생태계를 관리하고 이의 결과 나타나는 생태계의 반응을 주시하여 그에 따라 관리방안을 수정해 가는 것이 올바른 태도라는 점이다. 그리고 이때 생태계 관리의 목표는 생태계가 가지고 있는 지속적 생산성을 유지해야 한다는 것이다. 둘째는 우리가 가지고 있는 생태계의 구조 및 기능에 관한 정보와 지식이 생태계를 분석할 만큼 충분하지 못하며 따라서 현상에서 생태계의 구조와 기능에 영향을 줄 수 있는 어떠한 시업관리도 실행해서는 안된다는 것이다. 즉 인위적으로 자연자원 및 환경을 관리하는 것은 해로운 것이기 때문에 생태계에 대한 어떠한 인위적인 행위도 배제되어야 한다고 강조하는 것이다. 일단 자연자원과 환경을 개발, 이용하기 시작하면 사회경제적인 속성상 과도한 개발과 이용은 불가피하고, 원래 상태대로의 복구란 매우 어렵기 때문에 생태계의 이용 면에서 지속성이란 불가능하다고 보는 것이다. 따라서 생태학자들은 인구조절, 소비감소 등을 주장하는 사회적인 참여 역할을 강력히 수행하여야 한다고 보는 관점이다. 그러나 이와 같은 양자의 견해 사이에 공통분모가 전혀 없는 것은 아니다. 즉 첫 번째의 주장에 따르면 인위적인 생태계 교란의 결과를 예측하는 일은 불확실하므로 지속적으로 생태계를 monitoring 하고 중간에 생태계의 개발과 이용전략을 수정하여야 한다는 점이며, 두 번째의 주장에 의하면 침입하는 외래종을 제거하는 것과 같은 생물 다양성을 위한 일부의 시업관리는 절대적으로 필요하다는 것 등이다. 본 논문에서 필자는 전자의 견해에 따라 산림생태계 관리가 필요하고 그 원칙도 제시할 수 있다는 입장을 서술하고 있으며 이 문제와 관련하여 앞으로 산림생태학 나아가서 생태학 내에서 생태계 관리 견해에 대한 보다 깊은 논의가 필요하다고 본다.

## 산림생태계 관리의 여러 측면

### 1. 생태적 측면

생태계 관리를 위해서는 생태계에 대한 연구가 기초가 되어야 한다(아래 '장기 산림생태계 연구' 참조). 생태계 연구는 어떻게 자연이 그 기능을 발휘하고 있는가를 밝히는 기초과학과 어떻게 인류의 복지를 증진시킬 수 있을가를 결정하는 응용과학을 연결시켜 주는 다리와의 같은 것이다(Pastor 1995). 그러나 종종 사회과학의 논리에 때문에 생태학적 연구의 중요성이 인식되지 못하는 경우가 있다. 예컨대 중요한 정책적 결정을 하여야 할 문제에 대하여 수치적으로 접근하기 때문에 딱딱하고 까다로운 과학 기술적인 입장에 비해서 다분히 감성적이며 설득력 있는 사회과학의 입장이 일반대중에게 수용되기 용이하다. 그러나 산림생태계 관리에서는 확고한 생태학적 이론, 생물과 물리적 환경과의 관계에 대한 명확한 이해, 그리고 현상과 변화에 대한 monitoring 자료 등이 모든 결정의 기초가 되어야 할 것이다(Carpenter 1996).

산림생태계 관리는 임목(생물체: 개별 종 또는 임분)과 환경(기후, 토양, 수분 등) 간의 상호관계에 대한 이해를 바탕으로 하고 있고, 이러한 지식이 각기 다른 시업관리의 결과 생태계에서 나타나는 반응을 예측하는데 사용될 수 있다. 그리고 정확한 자료가 있다면 생물과 환경과의 관련을 설명해 주는 생태계 관리의 모델을 적용하여 문제를 해결할 수도 있다(Bourgeron *et al.* 1994). 산림생태계는 시간과 공간에 따라 변화하고 그 변화를 가져오는 요인은 크게 3가지 부류로 나눌 수 있다: 생물적인 요인(벌종, 천이, 이주 등), 교란(벌채, 이용, 산화, 홍수 등), 환경요인(지형, 토양 등). 그리고 생태계는 개체, 임분, 식생형 등과 같은 계층적 구조를 가지고 있어서 어느 한 계층 수준에서 시업관리를 하면 그 결과는 다른 생태적 계층구조에까지 나타나므로 생태계 다중적 구성의 특성을 이해하고 있어야 한다. 또한 이를 바탕으로 모든 관련 있는 단계에서의 생태적인 성질이 지속될 수 있도록 시업관리하여야 한다(Bourgeron and Jensen 1994).

### 2. 정치·사회적 측면

산림생태학자들은 생물 다양성이 대부분의 생태계 관리에서 매우 중요하고 건전한 생태계의 고유 구성요소의 하나로 인식하고 있다. 마찬가지로 다양한 사회적 가치와 이해(利害) 또한 산림생태계 관리에서 고유한 요소이고 중요하다. 임지를 관리하는 사람들은 생태계의 생물적인 속성에 부합되는 시업을 하려고 부단히 노력하고 있는 것과 같이, 극히 다양하며 잠재적으로 막대한 능력을 갖고 있는 정치, 사회적인 측면을 관리하여야 한다. 즉 산림의 관리에 사회의 구성과 구조를 생물학적인 성질못지 않게 고려해야 한다는 것이다. 이러한 점에서 단순히 생물적 관심사만을 설명하는 예전의 관리모델은 더 이상

큰 효용이 없다고 할 수 있다(Daniels *et al.* 1994).

미국에서 1900년대 초 무계획적인 산림의 별체에 대한 대책으로 Gifford Pinchot는 산림경영의 3요소로 과학적인 경영관리, 목재생산 위주 관리, 관리권한의 하부구조로 대폭 이양 등을 제시하여 획기적인 산림관리체계를 구축하였다(Shepard 1994). 그러나 점차 시간이 흐름에 따라 환경을 강조하는 사회적인 상황에서 목재생산 위주의 경영관리는 더 이상 사회에서 설자리를 확보할 수 없게 되었다. 이에 대한 대체 개념으로 등장한 것이 산림생태계 관리, 즉 생태계의 지속성, 다양성, 건전도 등을 유지하는 것인데, 산림생태계 관리의 많은 부분은 이전의 Pinchot가 제시한 과학적인 관리와 극히 유사하다. 즉, 보다 과학적인 지식에 바탕을 둔 관리를 의미한다. 그러나 단순한 생물학적, 물리적 지식에 근거한 산림관리는 오늘날 산림이 당면하고 있는 정치, 사회적인 문제에 대한 해결방안으로써 미흡하다. 만약 산림생태계 관리가 산림관리에 보다 과학적인 지식과 접근만을 가미한 것이라면 이는 더 이상 오늘날의 사회적인 관심사와는 무관한 경영관리가 되고 말 것이다. 즉 이것은 마치 이전의 산림경영관리체계가 1970, 1980년대의 사회적 요구에 못 미친 것과 동일하게 산림생태계 관리가 1990년대의 사회적인 관심사와 무관할 수 밖에 없음을 의미한다. 오늘날 임업 또는 산림이 당면하고 있는 위기는 근본적으로 정치, 사회적인 원인에서 기인하는 것이다. 만약 산림과 관련된 정치, 사회적인 요인들의 역할을 인정한다면 이들이 산림생태계 관리의 목표나 원칙, 방향 등을 결정하는데 한 요소로 취급하여야 한다(Shepard 1994).

### 3. 경제적 측면

경제적인 측면이 산림생태계 관리의 의사결정에 매우 중요하다. 경제적인 요인이 명확히 밝혀져야 제한된 생물, 물리적 환경 하에서 사회적인 요구에 부응할 수 있는 생태계 관리가 가능하다. 이는 구체적으로 일반인의 산림에 대한 관심도나 유형·무형의 산림생산물에 대한 시장에서의 가격 등을 통하여 확인할 수 있다. 특히 산림자원의 무형적 가치 평가가 산림생태계 관리방안의 실행에 필요한 자원을 확보하는데 긴요하게 사용될 수 있다(Van Sickle 1995). 산림생태계 관리는 사회를 위한 목적으로 실행되는 것이며, 산림생태계 그 자체를 위한 것은 아니다. 따라서 여러 형태의 생태계 관리 방안 중 사회에서 필요한 것을 선택할 수 있어야 한다. 그러나 이러한 선택을 위해서는 사회의 요구에 맞는 다양한 산림생태계 관리 방안 각각에 대한 수익과 비용이 분석되어 판단의 근거로 제공되어야 한다(Everett 1994). 시장에서 화폐가치로 환산될 수 없는 재화와 용역(생물 다양성, 깨끗한 공기와 물 등)이 대개의 일반적인 경

제체제에서 인정받지 못하고 있다. 이러한 자원과 화폐가치로 환산할 수 있는 자원을 동시에 계측할 수 있는 방안에 관한 연구가 진행 중이다.

생태계 관리의 목적을 달성하는데는 규제와 아울러 경제적인 유인책을 사용할 수도 있다. 전통적으로 규제는 임지 관리상 특정한 가치에 중점을 둘 때(예컨대 수질을 보전해야 할 경우) 사용되어 왔으나, 경제성장과 상충되거나 지역적으로 불합리한 결과를 가져올 수도 있다. 따라서 국공유림이나 사유림에서 일부 생태계의 가치(예: 생물 다양성)를 극대화시키려면 경제적인 유인책을 사용하는 것이 필요하다. 그리고 경제적인 가치와 생태계의 상대간의 상호 절충을 통해 생태계 관리의 목표에 근접해 갈 수 있다(Everett *et al.* 1994).

## 산림생태계 관리의 원칙

### 원칙에 대한 이해

산림생태계 관리의 목표를 생물적인 입장에서 본다면 산림생태계 원래의 생물적 속성을 유지하거나 회복시키는 것이다. 여기서 생물적인 속성이란 어떤 지역의 자연적인 서식지에서 나타나는 종의 구성, 다양성, 기능 등과 유사한 균형 잡힌 생물군집을 유지할 수 있는 상태라 할 수 있다(Sparks 1995). 그리고 이러한 생물적 속성에는 유전자, 종, 군집 등과 같은 요소와 이러한 요소를 생성, 유지시키는 선발, 진화, 양분순환, 교란, 천이 등과 같은 과정으로 구성되어 있다.

산림생태계 관리의 원칙을 정하기 전에 고려해야 할 사항으로 다음과 같은 것들을 들 수 있다. 1) 과거에 비해 사회에서 임지로부터 보다 광범위한 생산물, 재화, 가치, 용도 등을 얻기를 원하고 있다. 특히 건전한 상태의 토양과 수자원을 바탕으로 한 휴양과 환경적 가치에 대한 요구도가 높다. 2) 산림생태계의 건전도와 생산성을 유지하는데 생물적 다양성이 중요한 관건이 된다. 3) 산림생태계 관리를 뒷받침할 수 있는 종합적인 생태계 조사가 필요하다. 4) 일반인들이 산림 이용에 관한 의사결정 과정에 보다 적극적으로 참여하기를 희망하고 있다. 5) 자연자원의 관리란 매우 복잡하고 불확실한 작업이므로 연구자와 관리자간의 보다 긴밀한 협조가 요구된다(Jensen and Everett 1994).

### 관리 원칙의 기초가 되는 임지 평가

산림생태계 관리란 구체적으로 임지에 대한 평가로부터 출발할 수 있다. 즉 임지를 최적 용도로 사용하기 위하여 임지를 조사, 분류, 분석하여야 한다. 임지의 조사는 임지의 상태를

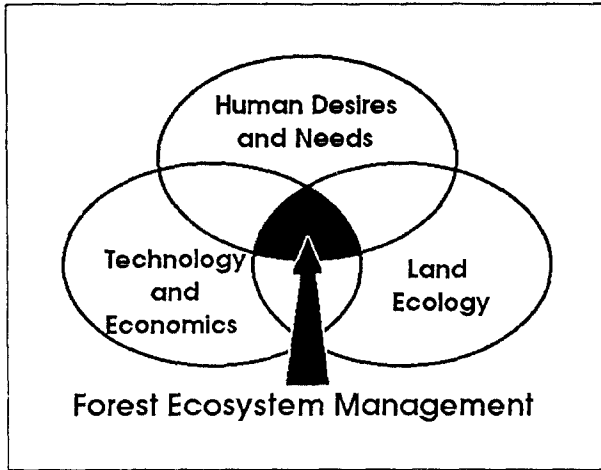


Fig. 1. Conceptual framework for forest ecosystem management(after Jensen and Everett 1994).

파악하여 ‘어디에 있는가?’, ‘무엇이 있는가?’, ‘언제 있는가?’ 그리고 ‘어떻게 기능을 발휘하고 있는가?’ 등을 알아내는 것이다. 이러한 자료를 바탕으로 자료를 분석하여 임지를 다른 용도로 이용하려는 방안이나 실행하고자 하는 관리방안에 대한 적절성 여부를 판단할 수 있다. 최적의 임지이용계획에서 고려하여야 할 인자들을 임지의 생태적 성질(물론 식생 및 환경을 포함), 사회에서 산림에 대한 요구사항, 기술 및 경제성 등이고 이들간의 공통분모가 산림생태계 관리를 위한 기본 속성들이라 할 수 있다(Jensen and Everett 1994)(Fig. 1).

구체적으로 산림생태계 관리에 필요한 임지 평가의 절차는 다음과 같다(Jensen and Everett 1994).

- 1) 임지이용계획의 결과에 영향을 받을 수 있는 사람들의 산림에 대한 요구사항을 확인한다.
- 2) 전항에서 제시된 사회의 요구사항을 충족시키기 위한 산림의 잠재적 생태적인 상태를 파악한다. 즉 어떠한 생태적인 상태에 있을 때 사회에서 요구하는 사항을 충족시킬 수 있을지를 검토한다.
- 3) 만약 대상으로 하는 산림생태계의 상태가 장기간의 지속성을 유지하는데 미흡하다면 이를 임지 이용계획에 영향을 받을 사람들에게 알린다. 일반인이 산림생태계의 상태를 알고 있는 것이 미래의 지향하는 상태에 도달하는데 필요한 전략을 개발함에 있어 절대적이다.
- 4) 일단 목표로 하는 산림생태계의 상태가 결정되면 이를 구체적으로 실행할 수 있는 현재의 기술상태와 비교해 본다. 많은 경우 기술적으로 실행하기 어려우므로 차선의

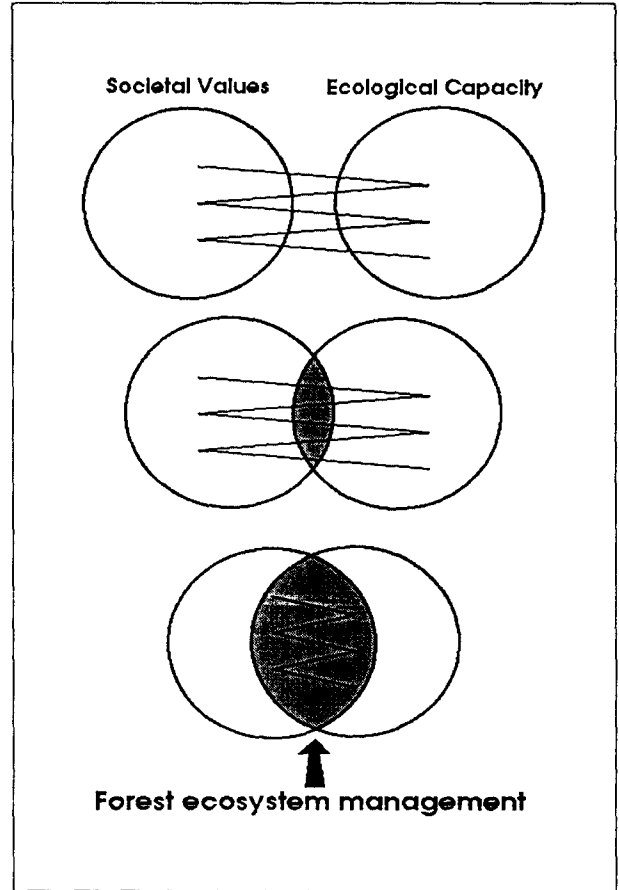


Fig. 2. A collaborative process between societal values and ecological capacity for forest ecosystem management(after Everett et al. 1994).

의 산림생태계 상태를 목표로 설정한다.

5) 현재의 경제적인 조건하에서 이러한 생태계의 상태가 달성될 수 있는지를 검토하고 그렇지 못하면 4)항에서와 같이 수정을 가한다. 4)와 5)항에서 수정을 가할 때는 일반인에게 현 상태의 한계를 알려서 수정이 필요함을 공감할 수 있게 한다(Fig. 2).

여기서 거듭 강조할 사항은 일반인이 산림으로부터 얻기 원하는 바에 대한 의사가 충분히 반영되어야 한다는 것이다. 산림, 나아가 지구는 유사 이래 인간의 간섭이나 도움없이 자체적으로 지속성을 유지해 왔다. 우리가 산림생태계를 관리하고자 하는 것은 현재나 미래에 사람들이 산림으로부터 얻기 원하는 바를 충족시키기 위해서 하는 것이기 때문에 산림이 가지고 있는 생태적인 속성이 사회적 요구와 어떻게 조화를 이룰 수 있느냐 하는 관계를 이해해야 한다.

## 원칙 제안

산림생태계 관리의 이론적 개념이 명확치 않다고 해서 그의 원칙을 제시하는데 장애가 있을 수는 없다. 생태계 관리의 기법은 인류에게 생존할 수 있는 환경을 보장한다는 유용성 때문에 생물공학이나 다른 어떠한 기술보다도 중요하다(Gordon 1994). 산림생태계 관리의 원칙은 설명하기는 쉽지만 실행하기는 어려운 것이 사실이고 또한 단순화된 원칙이 오토될 수도 있다. 그러나 일반적인 몇 가지 원칙을 다음과 같이 제시할 수 있다(Bourgeron and Jensen 1994, Gordon 1994, Ludwig *et al.* 1993).

### 1. 산림을 종합적인 하나의 계로 취급하여 관리한다.

생태계의 개념에서 언급한 바와 같이 산림생태계는 단순한 임목뿐 아니라 환경을 포함한 포괄적 개념이므로 산림생태계 관리시 산림만을 대상으로 하는 것은 옳지 않다. 즉 산림경영의 주목적이 임지로부터 지속적인 목재를 공급하는 것이라는 임업에 대한 사고방식이 이미 변하였으므로, 이에 맞게 다양한 목적에 합당하도록 총체적인 계를 관리하여야 한다는 것이다. 그러나 산림생태계 관리가 산림의 다목적 이용과는 다르다는 점도 명확히 인식하여야 한다. 즉, 산림생태계 관리는 산림으로부터 생산되는 산물의 이용뿐 아니라, 에너지와 물질의 유입, 상호작용, 그리고 산림생태계의 제반 현상을 다 포함한다는 점이다(Gordon 1994).

### 2. 관리의 목표를 명확히 설정한다.

생태계 관리의 목표에 따라 생태계의 계층적 구조의 한계를 달리한다. 따라서 사업관리의 결과가 생태계 내 모든 계층구조에서 생태계의 제반 현상에 미칠 영향을 이해하고 관리목표를 정하여야 한다.

### 3. 특정한 입지의 여건에 맞도록 관리한다.

생태계 관리는 특정한 입지에 적합한 관리목적이 설정되어야 하고 그 입지의 특성을 고려하여 관리하여야 한다. 모든 입지는 각기 다른 기후, 지질, 생물적 여건 하에서 특이한 환경을 형성하고 있기 때문에 매 산림생태계는 그 자체가 독특한 실체로서 취급되어야 한다(Gordon 1994, Toman and Ashton 1996).

### 4. 인위적인 영향을 고려하여 관리한다.

모든 지구생태계는 우연이든, 의도적이든 간에 인위적인 영향을 받고 있다. 따라서 생태계 관리는 인위적인 목적, 영향, 책임 등을 고려하고 시작하여야 한다. 인간의 단견(短見)과 탐욕이 자연자원의 관리를 어렵게 한다. 모든 생태계는 인위적 사용, 제도, 사회적 구조 등과 상호 밀접한 관계를 갖고 있다.

### 5. 경계를 넘어서도 관리한다.

정해진 생태계의 경계부분을 넘나드는 관리를 할 수도 있고 필요하면 경계를 조정할 수도 있다. 이를 위해서는 주변 산림생태계로부터 발생되는 영향을 인식하고, 또 이를 관리할 수 있어야 한다.

### 6. 막연한 추측보다는 명확한 현상의 이해를 바탕으로 관리한다.

생태계 과정과 결과를 가져오는 특정한 현상과 상호작용에 대한 이해가 생태계 관리에 필수적이다. 산림생태계는 매우 복잡하나, 생태계가 어떻게 움직이고 있는가에 대한 지식을 바탕으로 계의 행태와 결과를 예측하는 일이 반드시 필요하다. 이를 위해서는 비록 현재의 관리 목적과는 관련이 없으나 생태계를 구성하고 있는 것으로 알려진 모든 요소들에 대한 조사가 필요하고, 다른 생태계에서 얻은 지식을 관리 대상이 되고 있는 생태계에 적용하도록 한다.

### 7. 당면한 관리의 목적과 관련이 없어 보이는 생태계의 내용도 염두에 두고 관리한다.

즉 생태계 관리의 내용을 결정하고 이를 실행할 때 생태계의 모든 내용을 고려하고 포함하여야 한다.

### 8. 산림생태계를 파괴할 만한 인위적인 행위에 대해서는 즉각적인 조치를 취한다.

비록 과학적으로 완전한 결론에 도달하기 이전이라도 생태계를 심각하게 훼손할 우려가 있다면 이를 중단시킨다.

이와 같은 원칙 외에 보다 확고한 산림생태계 관리 원칙을 설정함에 염두에 두어야 할 것들이 있다. 즉 산림생태계 관리 의사결정 과정에서 일반인의 의사가 보다 더 확대되어 반영되어야 한다. 이는 산림으로부터 얻을 수 있는 효용의 예측 즉 목재수요, 휴양일수 등과 같은 것에 근거하여 관리원칙을 세울



으로써 구체화될 수 있다(Kessler *et al.* 1992). 여기서 또 한 가지 첨가할 사항은 생산위주, 다목적경영 중심의 관리 원칙이 앞으로 일반인의 산림에 대한 인식에 부응하지 못할 수 있다는 점이다. 일반인들 가운데 산림의 효용을 극대화하는 것을 문제 삼지 않고 인간과 자연과의 조화로운 관계 그 자체를 중요시하는 생각이 점차 늘어난다는 것이다. 또 하나는 산림자원의 연구, 관리자들은 일반인이 산림에 대해 생각하고 있는 바를 보다 잘 반영할 수 있는 새로운 관리방안을 개발해내야 한다는 점이다. 즉 일반인의 산림자원 관리에의 참여에 대한 새로운 사고가 요구된다는 것이다. 일반인들에게 산림자원의 상태, 효용공급능력 등을 상세히 알리고, 연구와 관리경험상 얻은 지식과 사실을 공유할 수 있어야 한다. 또한 연구자나 관리자들은 자신들의 기술적인 관점에서 무엇이 좋고 그른지를 결론지어 버리는 대신 일반인들의 가치나 요구사항을 잘 파악하여 이를 반영하도록 노력하여야 한다(Kessler *et al.* 1992).

### 산림생태계 관리상 규모의 문제

비록 생태계에서 일어나는 여러 현상에 경계가 없다 하더라도, 산림생태계 관리는 일정한 단위를 대상으로 이루어져야 하므로 임분, 유역, 지형적 지역 등의 3가지 단위로 구분하여 고려할 수 있다. 산림생태계로부터 얻을 수 있는 재화와 용역은 관리 단위에 따라 달라진다. 즉 목재생산은 임분 단위로도 가능하다 수자원관리는 유역단위가 되어야 할 것이다. 중요한 점은 각기 단위별로 산림생태계의 상태는 상호의존성이 있다는 점이다. 예를 들어 특정 임분 단위에서의 산림의 효용을 생산하는 여건은 인접한 임분의 상태와 서로 연관성이 있는 유역단위의 상태에 달려 있다는 것이다(Toman and Ashton 1996). 이와 관련하여 최근 우리 나라에서 자원관리의 체계화를 위한 기초작업으로 생태계를 식생대나 권역별로 구분하는 연구가 진행 중인데(이 등 1996, 신과 김 1996), 하위 단위를 보다 세밀하게 구분함으로써 생태계 관리의 기본 규모로도 활용이 가능할 것으로 보인다.

## 산림생태계 관리의 실행

### 실행의 기초

산림생태계의 지속성은 사회적, 생물적, 물리적 요소를 갖고 있고 이들은 상호 밀접하게 연결되어 있다. 따라서 산림생태계 관리의 원칙을 실제 적용함에 있어, 이들 원칙이란 실험적이고 변형 가능하다는 전제를 명심하여야 한다. 이것은 사회경제적인 가치기준이나 산림에 대한 기대치, 이러한 가치를 형성하는

과정들, 산림생태계의 한계능력이나 반응에 대한 지식 등이 아직까지도 불확실하기 때문이다. 이러한 점에서 산림생태계 관리원칙을 적용할 때 변형 가능한 관리방안이라는 인식 하에 접근하고, 가설을 검증하며, 사회 및 생태학적 속성에 대한 monitoring을 지속하여 점차 다듬어 나가는 것이 필요하다(Everett *et al.* 1994). 그리고 어디에나 적용할 수 있는 산림생태계 관리 방안은 극히 드물다는 점을 상기하여야 한다. 산림생태계 관리 방안을 시간, 장소, 규모, 단위, 목표가 부적절한 경우에 적용했을 때 오히려 생태계를 손상시키는 결과를 가져온다. 명확한 산림생태계 관리 목적, 수량화된 목표, 제반분야 간의 밀접한 사전 계획 등을 통해 적당한 시간, 장소, 규모 등이 결정될 수 있다. 그리고 생태계 관리의 실제적 실행에서 연구자의 기능이 단순한 기술적인 자문의 역할로 간주되어서는 안된다. 연구자는 기존의 자료나 새로운 자료를 정리, 조립하여 새로운 사실을 밝혀내는 역할을 수행하며 시업관리의 결과 나타난 반응을 종합하여 관리방법을 개선하기도 하여야 한다(Van Sickle 1995).

### 영림계획과 산림생태계 관리

#### 1. 영림계획에 산림생태계 관리 원칙의 적용

실제 산림은 영림계획에 따라 관리하는데 여기에 생태계 관리 원칙을 적용하여 실행하도록 하여야 한다. 가장 중요한 것은 전형적인 영림계획에서는 생산해 내려는 재화나 용역에만 치중하였을 뿐 산림생태계 내의 제반 현상은 고려하지 않고 있었다는 점이다. 따라서 영림계획 내에 산림생태계의 구성, 구조, 기능 등이 지속성을 유지하도록 계획하고 이에 따라 실행하여야 한다. 그리고 영림계획의 실행→monitoring→평가→수정 보완→재실행 등의 순환적 과정을 거쳐 원래 목적으로 한 생태계의 속성이 유지되도록 지속적인 노력을 하여야 한다(Morrison 1994). 당연히 매 단계마다 생태계의 계층적 구조별 구성, 구조 및 기능도 확인하여야 한다.

영림계획은 일반적인 산림경영의 목표, 목적, 기준, 그리고 실행원칙 등을 정해 놓은 것으로서, 그 실행상 어떤 특정한 산림에서 어떻게 정해진 사항을 적용시킬 것인지에는 상당한 융통성이 있다. 그리고 보통 상위 영림계획에서는 매 시업관리의 종류와 내용, 시기, 위치 등을 지정하지 않고 있기 때문에 결과적으로 실행의 하위단계에서 산림생태계 관리의 원칙을 적용할 수 있는 여지가 충분하다는 것이다. 예를 들면 영림계획상 조림체계, 벌채방법, 경우에 따라서는 벌채면적 등에 상당한 재량권이 있으므로 산림관리자는 과거나 현재의 생태적 특성을 염두에 두어 산림생태계 관리의 목적과 원칙에 합당하게 구체적

으로 산림을 관리할 수 있게 된다. 영림계획상 이러한 재량권은 관리자로 하여금 계속해서 진보, 발전하고 있는 생태적인 자료와 정보를 바탕으로 일반인들의 산림에 대한 기대와 요구를 수용하여 산림을 경영할 수 있게 하여 준다는 점에서 의미 있는 일이다(Morrison 1994).

물론 영림계획상 어느 정도의 신축성이 있다 하더라도 모든 면에서 영림계획 그 자체가 산림생태계 관리의 원칙을 실행, 적용할 수 없기 때문에 가장 손쉬운 실행상의 접근방법은 영림계획 대상 지역의 설정부터 하나씩 수정을 가해나가도록 한다. 즉 영림계획 대상 단위를 설정할 때 기존의 기준에 덧붙여서 산림생태계의 계층적 속성을 고려하여 생태적, 사회·경제적으로 동질적인 단위로 정하는 것이다. 기존의 영림계획에서 대상 단위별로 특정한 목표나 목적이 설정되어 있지 않은 경우도 많으나, 자원조사와 일반인의 의사를 참고하여 특정 지역별 관리 목표를 정하고 생태, 사회적 특성을 명확히 구명해 놓을 필요가 있다(Morrison 1994).

## 2. 영림계획의 작성

영림계획상 어떻게 산림생태계 관리의 원칙을 구체화시킬 것인지 다음과 같은 4가지 단계를 설정할 수 있다(Grossarth and Nygren 1994).

- 1) 생태계를 관리하려면 당연히 생태계의 속성을 이해하고 이를 바탕으로 영림계획을 수립한다. 식생, 지리적 특성, 생태계의 제반 속성 등에 관한 자료를 통해 생태계 구성 주요 요소들의 지속성을 판단할 수 있다.
- 2) 영림계획 적용 대상 상위단위별로 장기간에 걸쳐 대단위에서 달성하고자 하는 생태계 관리의 목표와 목적을 정하고, 그 하위 단위에서는 이에 맞추어 세부 관리사업계획을 세운다.
- 3) 제시된 사업관리의 효과를 평가할 때는 과학적으로 널리 받아들여지고 있는 방법을 사용하여 생태계에 미치는 영향을 조사한다. 영림계획의 단계에서 임지사용과 사업관리의 결과가 생태계의 구성, 구조 및 기능에 미치는 영향을 사전에 연구하는 일은 매우 중요하다.
- 4) 영림계획의 실행 도중 생태계 주요 지표들을 monitoring 하여 생태계에서 일어나는 변화를 파악하고 당초 목표로 하는 상태에 도달하고 있는지를 확인한다. 그리고 그 결과에 따라 영림계획을 수정하여야 한다. 그런데 종래에 생각했던 것보다 사회의 산림에 대한 수요와 요구가 더욱 빈번하게 변하고 있기 때문에 이에 부응하기 위해서는 영림계획이 수정, 보완되어야 한다. 이와 관련하여 앞으로 산림생태계 관리자의 능력을 평가할 때는 영림계획의 실행

결과 나타난 산물의 생산 실적보다는 얼마나 능동적으로 사회의 기대와 요구 또는 예측 불가능한 상황(산불, 병해충 발생 등)을 신축성 있게 영림계획에 반영하였는가로 결정하여야 한다는 의견도 있다(Grossarth and Nygren 1994).

영림계획시 고려해야 할 사회, 경제적인 측면도 있다. 1) 산림관리자는 영림계획 대상지의 과거와 현재의 사회, 경제적인 상태를 파악하여야 한다. 이는 구체적으로 경영상태 분석, 환경영향평가 등을 통하여 가능하다. 2) 일반인의 이해(利害)와 관심사가 산림의 관리에 관련되는 의사결정과정에서 반영되어야 한다. 가장 이상적인 것은 산림의 이용자가 매 계획의 단계에 참여하는 것이지만 최소한 계획의 입안단계에서 활발히 의사가 반영되도록 하여야 한다. 3) 환경영향평가 결과가 일반인들에게 공개되어 의사결정과정에서 관리계획의 영향이 고려될 수 있어야 하며, 영림계획의 수정, 보완시 일반인의 사회, 경제적인 관심이 반영되어야 한다. 4) 영림계획의 실행과 monitoring 과정에서도 사회, 경제적인 요인이 포함되어야 한다(Grossarth and Nygren 1994). 마지막으로 여기서 언급되지는 않지만 훼손된 산림생태계를 복원하는 문제도 산림생태계 관리의 적용문제에 취급하여야 할 것이다(Covington and Wagner 1996).

## 실행 사례

여러 가지 제한여건 때문에 우리 나라의 산림에 직접 적용하기는 어렵지만 구체적인 사례의 하나로 참고하기 위하여 미국의 California주 Klamath National Forest에서 적용한 산림생태계 관리방안을 살펴보면 다음과 같다. 여기서는 기본적으로 산림생태계가 원래 가지고 있던 중요한 구조와 기능이 재생, 유지되도록 관리하고 있는데 생태계의 지속성을 유지하면서 재화와 용역을 생산하기 위해 생태계의 제반 현상을 파악하는 일을 우선으로 하고 있다. 생태계란 우리가 생각하는 것보다 그리고 우리가 생각할 수 있는 것보다도 훨씬 복잡하다(Holder and Andersen 1995). 따라서 복잡한 생태계에 적용할 관리계획을 단순화시켜 준비하기 위해서는 생태학적 이론을 적용할 수 있는 방법을 고안해야 한다. 생태계를 단순화하고 조직화시키는 첫걸음이 관리유역을 설정하는 것이다. 가장 손쉬운 방법은 자연적 수계에 따른 유역으로써 산림을 생태계로 구분시키는 것이다. 실제로 Klamath National Forest에서는 평균 26, 700 ha의 면적을 갖는 32개의 유역을 구분하였다. 생태계 관리를 위한 유역의 분석에 사용된 우선 순위 선정기준은 1) 멸종이나 생태계 변화에 민감한 종의 수, 2) 복원의 필요성이나 가능성, 3) 유역 내 경관의 위치(상류는 우선관리대상이 된다), 4) 현재의 산림 또는 유역의 상태를 위협하는 정도, 5) 서식지

의 특징, 6) 시업관리 실행의 가능성 등이다.

이러한 기준에 따라 분석할 유역을 정하고 식생, 야생동물, 산불, 어류, 수문, 사회과학, 서술 및 편집 등 7명이 한 팀이 되어 다음의 항목에 대해 3~6개월에 걸친 산림생태계 관리와 관련된 조사작업을 시작한다(Holder and Andersen 1995).

첫째, 생태계 교란과 역사적인 변이: 산림생태계에서 일어날 수 있는 자연적, 인위적 교란은 산불, 병해충, 벌채, 산불 진화, 채광 등을 들 수 있고, 이러한 교란이 과거에 일어난 상태는 지역주민과의 면담, 역사적 기록의 고찰, 산불의 흔적 조사, 현재의 식생과 과거 사진 등에 나타난 식생의 차이 비교분석 등의 방법으로 확인할 수 있다.

둘째, 경관 요소: 생태계 내 동·식물이나 다른 생물의 종류와 수, 식생대 내 또는 식생대 사이의 동·식물의 구성상태 등을 조사한다.

셋째, 생태계 기능과 시업관리 가능성: 생태계 기능으로는 에너지, 물질 그리고 종의 이동 등을 들 수 있으며 여기에는 구체적으로 물과 양분의 순환, 천이, 풍화와 침식, 분해, 종자 산포, 포식, 돌연변이, 집단의 분화 등이 포함된다. 성숙림 상태를 조성하기 위한 조립적 시업방법으로는 거대목을 형성할 수 있는 간벌이나 상층목 관리, 산불 및 병해충 발생의 억제, 갱신 등이 있다.

넷째, 지역사회와의 협력 및 생태계 기능에 대한 monitoring: 지역사회와의 협력으로 산림에 대한 지역사회의 요구를 파악하고, 지역경제를 다양화시키며, 산림시업을 통한 고용기회를 제공하고, 휴양 및 관광자원이용으로 소득을 증대시키도록 한다. 또한 생태계의 구조와 기능의 시간에 따른 변화를 조사하기 위한 monitoring을 시작한다.

다섯째, 시업관리 방향: 고도가 높은 지대에는 천이계열상 후기에 속하는 임분을 조성하고, 병해충 발생이나 산불에 저항성이 강한 수종이 적정한 밀도를 유지하도록 하는 조립적 시업을 실행한다. 또한 생태계로부터 재화와 용역을 어느 장소에서, 얼마나 많은 양을, 어떠한 속도로 공급할 것인지 등을 결정한다.

## 산림소유와 생태계 관리의 문제

산림생태계 관리에서 일반적으로 국공유림이 그 적용대상이 되고 있으나, 국공유림이 산림생태계의 기능을 충분히 발휘할 만큼의 면적과 분포지역을 가지고 있는지 검토해 보아야 한다. 그러나 불가피하게 사유림이 포함된 경우 그 지역에서 산림생태계 관리 목적을 달성하기 위하여 사유림에 대하여 어떠한 대책을 세울지를 결정하여야 한다. 즉 시장경제의 원칙에 따라 사용되도록 할 것인지, 사유림에 대한 규제를 가하면서(물론 이 경우 생태계 관리에서 얻을 수 있는 효과와 제한을 가함으로써

발생하는 비용을 상호 비교하여야 할 것이다) 생태계 관리의 목적을 달성하도록 할 것인지, 그렇지 않으면 이를 매수하여 국공유림화하여 원하는 목표를 달성할 것인지 등에 대한 선택이다(Wear *et al.* 1996). 특히 우리 나라와 같이 사유림의 비율이 높은 경우 소유자의 경영목적이 생태계 관리 계획의 수립과 수행과정에서 적극 검토되어야 할 것이다(김 1993). 이와 아울러 어떠한 임지가 국공유림이 되어야 하느냐에 대한 판단기준에 있어 특히 산림생태계의 기능을 발휘하는데 매우 중요한 산림은 국공유림에 포함되어야 한다는 점을 강조할 필요가 있다. 즉 현재의 국공유림은 생태적 기능을 원만히 발휘하는데 적합한 형태로 배치되어 있지 않은 경우도 많을 것이며, 따라서 멸종위기에 놓인 종이 포함된 경우와 같이 생태적 가치가 높은 산림에 국공유림과 사유림이 섞여 있으면 사유림에 대한 규제를 가하는 것보다는 양자간의 재배치를 고려하는 것이 더 효율적일 수 있다(Wear *et al.* 1996).

## 장기 산림생태계 연구

### 1. 연구의 필요성

장기간의 생태계 연구는 비교적 그 역사가 짧으나 최근 들어 많은 관심을 불러일으키고 있다. 물론 단기간의 연구결과가 사회의 당면문제를 해결하는데 긴요하게 사용될 수 있으나, 생태학에서 사용되고 있는 여러 개념의 정확성 유무를 확인하고, 생태계의 반응을 기초로 미래를 예측하기 위해서는 반드시 장기간의 생태계 연구가 필요하다. 그리고 무엇보다도 산림생태계의 지속성을 유지하는 생태계 관리를 위해서는 산림생태계에 대한 정확한 이해가 뒷받침되어야 하므로 장기간의 생태계 연구가 요구된다. 또한 생태계 제반 현상을 추정하기 위한 많은 모델이 개발되었으나, 실제의 자료를 통해 그 유효성 여부가 검증된 경우는 매우 드물기 때문에 장기간의 연구자료를 바탕으로 검증할 필요가 있다.

생태계, 특히 산림생태계에서 장기간의 연구가 필요한 이유를 구체적으로 몇 가지로 정리해 볼 수 있다(Davis 1989, Franklin 1989, Franklin *et al.* 1990, Magnuson 1990, Strayer *et al.* 1986, Valiela *et al.* 1989) : 1) 생태계에서 일어나는 제반 현상들은 매우 느린 속도로 진행되고 있고, 현상의 원인과 결과를 밝히는데 또는 교란의 반응을 알아내는데 보통 1년 이상 어떤 경우에는 인간의 수명보다도 오랜 시일이 필요하다. 2) 생태계 내에는 돌발적으로 또는 매우 간헐적으로 일어나는 현상이 많다. 3) 생태계에서 일어나는 복잡한 현상 그 자체를 분석하기 위해서 장기간의 연구가 필요하다. 4) 생태학적 가설과 이론의 정립 및 검증에 장기간의 연구가 필요하다. 5) 생

태학 학문 자체의 발전을 위해서도 필수적이지만, 동시에 사회적인 관심이나 문제의 제시와 해결에도 도움이 된다. 6) 교육을 위해서도 필요하다.

## 2. 연구 방향

전술한 장기 산림생태계 연구의 필요성에 기초를 두어, 그 연구 방향을 설정한다면 먼저 광범위하고 체계적인 접근이 필수적이라는 점을 강조할 필요가 있다. 구체적인 방향을 열거하면 첫째, 주요 연구 가설의 설정: 장기간에 걸쳐 검증하고자 하는 산림생태학에서 중요한 개념들을 골라 가설을 설정하여야 한다(Franklin 1989). 둘째, 처리효과의 실험: 산림생태계에서 일어나는 제반 현상의 원인과 결과 사이의 관계를 보다 명확히 이해하려면 실험적 처리가 반드시 필요하다. 즉 Long Term Ecological Research, Hubbard Brook 등과 같이 대규모 임지를 대상으로 시업과 처리를 하고 이의 효과를 분석하는 연구의 중요성을 인식하여야 한다(Strayer *et al.* 1986). 자연계에서 일어나는 현상은 매우 복잡하므로 단기간의 실험적 처리에서 얻은 결과를 잘못 해석하는 경우가 많다. 따라서 산림생태계에서 실험적 처리에 의한 효과를 분명히 밝히려면 10~50년 이상의 장기간 지속적인 연구를 실행하여야 한다(Tilman 1989). 예컨대 영국의 Park Grass Experiments of Rothamsted와 같이 1856년 이래 지속적으로 연구하고 있는 경우도 있다.

## 3. 실행계획

산림생태계를 대상으로 하는 장기간의 연구가 성공적으로 수행되기 위해서 염두에 두어야 할 사항에는 다음과 같은 것들이 있다(Stohlgren 1994, Stohlgren *et al.* 1995, Strayer *et al.* 1986).

첫째, 재원확보 및 연구의지: 장기간에 걸친 대규모의 산림생태계 연구는 많은 비용이 소요되고 이를 실행하는 연구자나 연구기관의 철저한 연구의지가 요구된다.

둘째, 탄력성 있는 연구목표: 연구의 대표성은 변동이 없이 지속적으로 유지되어야 하나 세부목표는 가변적이어야 한다.

셋째, 단순하며 융통성 있는 설계: 연구가 장기간 지속될 수 있으면 설계가 단순하고 명확하여 많은 훈련을 받지 않은 연구자라도 별 어려움 없이 수행할 수 있어야 한다.

넷째, 자료관리에 대한 관심: 현지자료에 대한 QC(quality control)와 QA(quality assurance), 그리고 자료와 정보의 수득, 처리 및 관리에 적절한 관심을 기울여야 하고 주기적으로 자료들을 분석하여 정리하도록 한다.

다섯째, 연구대상지 선정시 주관성 배제: 산림생태계란 광범

위하고 복잡하여 모든 곳에서 모든 것을 측정, 연구할 수는 없다. 사전에 철저한 실험계획을 수립하고, 전체 연구지역을 답사한 후 임의표본법을 사용하여 편향성이 없는 시험지를 선정하여야 한다.

여섯째, 시간 및 공간적 반복: 계절별 또는 연도별 변이는 수년간의 반복적인 측정을 통해서 가능하고 공간적인 변이는 시험지의 반복적인 배치를 통해 가능하다.

일곱째, 연구진행 점검과 결과의 배포: 연구계획의 진행 정도를 주기적으로 평가하여 주목표의 지속적인 달성 여부를 확인하고 필요시 세부목표에 수정을 가한다.

## 4. 산림생태계 연구에서의 monitoring

생태계에서 monitoring이란 정기적 또는 부정기적으로 시간에 따른 변이를 확인하기 위한 조사라고 할 수 있다(Gonzalez-Caban *et al.* 1995). 종종 단순한 monitoring 차원의 장기간 연구를 과학으로 간주하지 않고 도외시하는 경향이 있고, 비록 많은 비용이 소요된다 하더라도 monitoring은 생태계 내 어떤 현상의 변화상태를 파악하는데 매우 긴요하게 사용된다. 더욱이 산림생태계는 매우 복잡하여 몇 가지 간단한 수식으로 단순화시켜 이해할 수도 없으며, 그 기능과 구조의 변이가 시간과 장소에 따라 크다는 특성이 있다. 따라서 장기간의 monitoring을 지속하여 실제적인 자료를 확보하여 산림생태계의 올바른 이해에 접근하도록 하여야 한다(Taylor 1989). 또한 monitoring에 소요되는 경비를 가능한 한 절약할 수 있는 방법을 개발하며 동시에 산림생태계의 인위적 처리 효과 실험을 병행하여 monitoring의 효과를 높이도록 하여야 할 것이다(Pace and Cole 1989). Hubbard Brook나 Coweeta 연구 프로그램에서도 장기간의 monitoring으로 인해 더욱 그 연구가치가 높아졌고 최초로 산성비 강하가 확인되는 등 생태계 변화를 감지하는데 결정적인 기여를 한 바 있다(Strayer *et al.* 1986). 산림생태계 monitoring은 단지 학문적 연구가치뿐 아니라 실제 산림생태계 관리의 효과를 평가하는데도 크게 기여한다. 즉 산림생태계 관리 계획→실행→monitor→평가→계획 수정→실행 등의 계속적 순환으로 산림생태계 관리의 목적을 달성하는데 사용된다(Gillespie 1995).

## 이론과 현실의 조화

우리는 종종 생태학적 이론을 이용해서 너무 많은 것을 예측하려는 경향이 있다. 그러나 좋은 이론이란 복잡한 현세계에서 일어나는 여러 세세한 현상으로부터 그 계의 핵심적인 특징을 간추려 내는 것임을 감안하면 복잡한 실상을 오차없이 예측하

는 도구로서의 이론에 대한 기대를 버릴 수 있을 것이다. 즉 이론은 나무보다는 숲을 보게 해 주는 도구로서 가치가 있는 것이다. 그러나 만약 우리가 이론이 구체적으로 어떤 나무를 벌채할 것인지에 관한 자료를 주지 않는다고 해서 그 이론은 부적절하다고 한다면 이것은 옳지 않다는 것이다. 생태학의 이론은 마치 기상학의 이론과 유사하다. 예컨대 기상학자들이 계절적인 변화를 잘 설명하고 예측할 수 있지만, 특정한 날 특정한 장소에서의 기상을 정확히 예측하기는 어려운 것과 같다는 점이다. 산림생태학자들은 산림의 75%가 파괴되고 나머지 면적이 분할되어 남게 되면 산림 내 식 조류가 감소하게 될 것이라는 것을 매우 정확하게 예측할 수 있어도 어떠한 종류의 새가 어떤 순서로 멸종될 것인지를 예측하기는 쉽지 않다는 것이다(Ehrlich 1989). 이론을 가지고 정확한 예측은 할 수 없어 도 하나의 계에 대해 이해를 가할 수 있게 한다면 그 이론은 매우 유용한 것이라 할 수 있다.

산림생태계 관리자의 입장에서는 즉각적으로 사용할 수 있는 지침을 요구하는 반면 산림생태학자들은 오랜 기간의 연구를 거쳐 얻은 완전한 결과가 아니면 실제적으로 응용할 수 있는 결과를 제시하기를 매우 꺼려하는 경우가 종종 있다. 여기서 가장 문제가 되는 것은 어떻게 과학적인 불확실성을 다룰 것이냐는 점이다. 과학자들의 입장에서는 제시하고자 하는 해결책에 대해 확신이 서기 이전에는 어떤 제안이나 자료를 제공하기에 망설인다. 그러나 경영자들은 과학자들이 제시하는 의견을 마치 최종적인 해결책인 것으로 간주하여 실행하려 하고, 변화된 상황이나 과학적 결론들에 맞도록 경영관리 사업을 변경하기를 매우 주저하는 경향이 있다. 또한 전통적으로 과학자들은 어떠한 계가 움직이는 원리를 이해하려는데 관심이 있는 반면, 관리경영자들은 계의 행태를 예측하고 관리하려는데 주로 관심이 있다. 그리고 양자들은 각기 상대방의 입장과 철학에 대해 이해가 부족하고 더욱이 상대방의 제한적 상황에 대해 인식이 부족하다는 점이 있다(McAninch and Strayer 1989). 이러한 양자간의 상충된 입장 때문에 산림생태학자들은 연구에 필요한 재원이나 연구 대상지의 확보에 어려움을 겪기도 하며 반대로 산림경영관리자들은 학자들로부터 유용한 관리지침이나 해답을 거의 얻지 못한다. 이에 따라 결국 연구나 산림의 경영관리에 투자한 재원의 효율성이 떨어지는 결과를 낳게 된다.

모든 실질적인 문제를 해결할 수는 없지만, 학자간 관리자간 일단 가장 중요한 장기적인 공동목표를 설정하는 일, 즉 산림생태계의 행태를 정확히 예측하는데 대한 공감대를 갖는 일이 필요하다. 그리고 대부분의 경우 이러한 목표는 장기간의 연구에 기초를 두어야 한다는 사실을 알아야 한다. 단기간의 연구에서 얻어진 결과에 근거하여 예측하고 실제 사업을 하면 즉각적으로 행동을 보여야 한데 대한 적당한 조치는 될 수 있

을 수 있지만 지속적인 과학적 연구 후에 실행하는 것에 비하여 결국은 그 효과가 낮을 수 밖에 없다.

## 결론

인위적 간섭이 없었다면 많은 경우에 산림은 지속성을 유지한 채로 남아 있을 수 있었을 것이다. 그러나 사회의 발전과 더불어 산림에 대한 수요가 증가하고 지속성을 파괴하는 사업 관리가 계속되어 자연자원의 결핍이 초래되었다. 따라서 인간은 자연자원의 형성에 소요되는 장구한 시간과 이에 비해 유한한 자신의 수명을 인식하고, 올바른 산림생태계 관리를 통해서 앞으로의 세대에까지 필요한 산림의 다양한 재화와 용역이 공급될 수 있다는 점을 인정하여야 한다. 아울러 우리의 후손에게 자연자원을 사랑하고 아끼며 이를 적절히 이용할 수 있게 가르치는 일도 병행되어야 한다(Gillespie 1995).

산림생태계 관리에 대한 기본 철학은 현세대나 앞으로의 세대에 필요한 재화와 용역을 공급하면서, 산림생태계의 지속성을 유지하려는 것이다. 따라서 우리가 해결해야 할 과제는 장기간의 생태적 지속성을 보장할 수 있는 생태계의 속성을 밝혀내며, 생태계의 지속성을 유지하면서 사회적 가치와 기대에 부응할 수 있도록 생태계를 관리하는 것이다. 산림생태계 관리의 개념은 임지 이용계획으로 구체화될 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 차원에서 생태적으로, 사회경제적으로 지속 가능한 생태계란 "바람직한 미래의 상태"로 규정하고, 임지에 대한 종합적인 평가와 이용계획이 필요한 것으로 사료된다(Everett et al. 1994).

## 적요

산림을 관리함에 있어 가장 중요한 과제는 생태계의 지속성을 유지하는 동시에 사회에서 필요로 하는 재화와 용역을 보장하는 것이다. 산림생태계 관리란 이러한 목적을 달성하기 위해 제시된 새로운 개념이다. 본 논문에서는 산림생태계, 산림에서의 지속성, 산림생태계 관리 등의 기본 개념을 설명하고, 산림생태계 관리의 원칙과 방향을 제시하였다. 또한 영림계획을 통해 산림생태계 관리의 원칙을 구체적으로 실행시키는 사례를 소개하였으며, 장기 산림생태계 연구의 중요성도 강조하였다. 그리고 사회경제의 여건과 환경 변화에 적극 대응하기 위하여 사회, 토지소유자, 산림경영인, 학자들이 상호밀접하게 협력하여 산림생태계 관리의 목표와 방향을 설정하여야 한다는 사실을 지적하였다. 본 논문을 시작으로 임업에서 새로운 쟁점이 되고 있는 산림생태계 관리에 대한 깊은 논의가 진행되기를 기대한다.

## 인 용 문 헌

- 김중명, 최민휴. 1995. 지속가능한 산림경영의 추진전망. 산림과학논문집 52: 138-151.
- 김지홍. 1993. 생물다양성 보존을 위한 삼림자원경영적 책략. 강원대학교 임과대학 연습림연구보고 13: 47-53.
- 신준환. 1995. 산림생태계 생물다양성 보전전략. 한국임학회지 84: 377-393.
- 신준환, 김철민. 1996. 우리 나라의 생태계 구분(I): 생태 권역 구분. 산림과학논문집 54: 188-199.
- 이규성, 이병천, 신준환. 1996. 환경인자의 공간분석을 통한 남한지역의 산림식생대 구분: 지리정보시스템(GIS)에 의한 접근. 한국생태학회지 19: 465-476.
- Alcoze, T. 1996. Restoring synergistic human-wildlife systems: managing ecosystem complexity for the 21st century. *In* Covington, W. and P.K. Wagner (eds). Conference on Adaptive Ecosystem Restoration and Management: Restoration of Cordilleran Conifer Landscapes of North America. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-278. pp. 17-19.
- Bourgeron, P.S. and M.E. Jensen. 1994. An overview of ecological principles for ecosystem management. *In* Jensen M.E. and P.S. Bourgeron(eds). Volume II: Ecosystem Management: Principles and Applications. USDA For. Serv. GTR-PNW-318. pp. 6-15.
- Bourgeron, P.S., H.C. Humphries, R.L. DeVelice and M.E. Jensen. 1994. Ecological theory in relation to landscape and ecosystem characterization. *In* Jensen, M.E. and P.S. Bourgeron(eds). Volume II: Ecosystem Management: Principles and Applications. USDA For. Serv. GTR-PNW-318. pp. 58-72.
- Caldwell, L.K., C.F. Wilkinson and M.A. Shannon. 1994. Making ecosystem policy: three decades of change. *J. For.* 92: 7-10.
- Carpenter, R.A. 1995. A consensus among ecologists for ecosystem management. *Bull. Ecol. Soc. Am.* 76: 161-162.
- Carpenter, R.A. 1996. Ecology should apply to ecosystem management: a comment. *Ecol. Appl.* 6: 13-17.
- Covington, W. and P.K. Wagner. 1996. Conference on Adaptive Ecosystem Restoration and Management: Restoration of Cordilleran Conifer Landscapes of North America. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-278. 91 p.
- Daniels, S.E., G.B. Walker, J.R. Boeder and J.E. Means. 1994. Managing ecosystems and social conflict. *In* Jensen, M.E. and P.S. Bourgeron(eds). Volume II: Ecosystem Management: Principles and Applications. USDA For. Serv. GTR-PNW-318. pp. 327-339.
- Davis, M.B. 1989. Retrospective studies. *In* Likens, G. E.(ed). Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York, NY. pp. 71-89.
- Ehrlich, P.R. 1989. Discussion: ecology and resource management- is ecological theory any good in practice? *In* Roughgarden J. R.M. May and S.A. Levin(eds). Perspectives in Ecological Theory. Princeton University Press. pp. 306-318.
- Ehrlich, P.R. and G.C. Daily. 1993. Science and the management of natural resources. *Ecol. Appl.* 3: 558-560.
- Estill, E. 1995. Ecosystem management: a new land ethic. *In* Martin, R. L.R. Rittenhouse, and J.R. Jones(eds). Ecosystem Management: Beyond the Rhetoric. Colorado State University. pp. 61-63.
- Everett, R.L. 1994. Restoration of Stressed Sites, and Processes. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-330. 123 p.
- Everett, R.L., P. Hessburg, M. Jensen and B. Bormann. 1994. Eastside Forest Ecosystem Health Assessment. Volume I: Executive Summary. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-317. 61 p.
- Forest Service. 1993. Healthy Forests for America's Future: A Strategic Plan. USDA For. Ser. MP-1513. 58 p.
- Franklin, J.F. 1989. Importance and justification of long-term studies in ecology. *In* Likens, G.E.,(ed). Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York, NY. pp. 3-19.

- Franklin, J.F., C.S. Bledsoe, and J.T. Callahan. 1990. Contributions of the long-term ecological research program. *Bio. Sci.* 40: 509-523.
- Gillespie, A.J.R. 1995. Methods for monitoring sustainability. *In* Aguirre-Bravo, C., L. Eskew, A. B. Villa-Salas, and C.E. Gonzalez-Vicente(eds). Partnership for Sustainable Forest Ecosystem Management: Fifth Mexico/U.S. Biennial Symposium. USDA For. Serv. GTR-RM-266. pp. 24-32.
- Golley, F.B. 1991. The ecosystem concept: a search for order. *Ecol. Res.* 6: 129-138.
- Golley, F.B. 1993. A History of the Ecosystem Concept in Ecology: More Than the Sum of the Parts. Yale University Press. 254 p.
- Gonzalez-Caban, A., M.E. Fenn and F.N. Scatena. 1995. Concepts, criteria, and indicators for monitoring sustainability. *In* Aguirre-Bravo, C., L. Eskew, A.B. Villa-Salas and C.E. Gonzalez Vicente (eds). Partnership for Sustainable Forest Ecosystem Management: Fifth Mexico/U.S. Biennial Symposium. USDA For. Serv. GTR-RM-266. pp. 13-23.
- Gordon, J.C. 1994. From vision to policy: a role for foresters. *J. For.* 92: 16-19.
- Grossarth, O. and T. Nygren. 1994. Implementing ecosystem management through the forest planning process. *In* Jensen, M.E. and P.S. Bourgeron(eds). Volume II: Ecosystem Management: Principles and Applications. USDA For. Serv. GTR-PNW-318. pp. 276-284.
- Hilborn, R. and D. Ludwig. 1993. The limits of applied ecological research. *Ecol. Appl.* 3: 550-552.
- Holder, B. and J. Andersen. 1995. Management applications for sustainable ecosystems: a case study in the Klamath National Forest. *In* Aguirre-Bravo, C., L. Eskew, A.B. Villa-Salas, and C. E. Gonzalez-Vicente(eds). Partnership for Sustainable Forest Ecosystem Management: Fifth Mexico/U.S. Biennial Symposium. USDA For. Serv. GTR-RM-266. pp. 35-45.
- Jensen, M.E. and R. Everett. 1994. An overview of ecosystem management principles. *In* Jensen, M.E. and P.S. Bourgeron(eds). Volume II: Ecosystem Management: Principles and Applications. USDA For. Serv. GTR-PNW-318. pp. 6-15.
- Joyce, L. and D. Knight. 1991. Ecosystem management workgroup findings. *In* Bartlett, E.T. and J. R. Jones(eds). Rocky Mountain New Perspectives Proceedings of a Regional Workshop. USDA For. Serv. GTR-RM-220. pp. 32-34.
- Kessler, W.B., H. Salwasser, C.W. Cartwright and J. A. Caplan. 1992. New perspectives for sustainable natural resources management. *Ecol. Appl.* 2: 221-225.
- Kimmins, J.P. 1987. Forest Ecology. Macmillan Pub. 531 p.
- Kimmins, J.P. 1992. Balancing Act: Environmental Issues in Forestry. University of British Columbia Press. 244 p.
- Lucier, A.A. 1994. Criteria for success in managing forested landscape. *J. For.* 92: 20-24.
- Ludwig, D. 1993. Environmental sustainability: magic, science, and religion in natural resource management. *Ecol. Appl.* 3: 555-558.
- Ludwig, D., R. Hilborn and C. Walters. 1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: lessons from history. *Ecol. Appl.* 3: 547-549.
- Magnuson, J.J. 1990. Long-term ecological research and the invisible present. *BioSci.* 40: 495-501.
- Maldonado, H.R. 1995. Sustainability: how much? *In* Aguirre-Bravo, C., L. Eskew, A.B. Villa-Salas, and C.E. Gonzalez-Vicente(eds). Partnership for Sustainable Forest Ecosystem Management: Fifth Mexico/U.S. Biennial Symposium. USDA For. Serv. GTR-RM-266. 12 p.
- McAninch, J.B. and D.L. Strayer. 1989. What are the tradeoffs between the immediacy of management needs and the longer process of scientific discovery. *In* Likens, G.E.(ed). Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York, NY. pp. 203-205.
- Morrison, J. 1994. Integrating ecosystem management and the forest planning process. *In* Jensen, M.E. and P.S. Bourgeron(eds). Volume II: Ecosystem Management: Principles and Applications. USDA For. Serv. GTR-PNW-318. pp. 266-275.

- O'Neill, R.V., D.L. DeAngelis, J.B. Waide and T.F. H. Allen. 1986. A Hierarchical Concept of Ecosystems. Princeton University Press. 253 p.
- Pace, M.L. and J.J. Cole. 1989. What questions, systems, or phenomena warrant long-term ecological study? *In* Likens, G.E.(ed). Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York, NY. pp. 183-185.
- Pahl-Wostl, C. 1995. The Dynamic Nature of Ecosystems: Chaos and Order Entwined. John Wiley & Sons. 267 p.
- Pastor, J. 1995. Ecosystem management, ecological risk, and public policy. *Bio. Sci.* 45: 287-288.
- Salwasser, H. 1991. The challenge of new perspectives. *In* Bartlett, E.T. and J.R. Jones(eds). Rocky Mountain New Perspectives Proceedings of a Regional Workshop. USDA For. Serv. GTR-RM-220. pp. 3-7.
- Shepard, W.B. 1994. Ecosystem management in the Forest Service: political implications, impediments, and imperatives. *In* Jensen, M.E. and P.S. Bourgeron(eds). Volume II: Ecosystem Management: Principles and Applications. USDA For. Serv. GTR-PNW-318. pp. 27-33.
- Smith, W.H. 1990. Air pollution and Forests: Interactions between Air Contaminants and Forest Ecosystems. 2nd ed. Springer-Verlag. 618 p.
- Sparks, R. 1995. Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains. *BioSci.* 45: 168-182.
- Stohlgren, T.J. 1994. Planning long-term vegetation studies at landscape scales. *In* Powell, T.M. and J. H. Steele(eds). Ecological Time Series. Chapman and Hall, New York, NY. pp. 209-241.
- Stohlgren, T.J., D. Binkley, T.T. Veblen and W.L. Baker. 1995. Attributes of reliable long-term landscape studies: malpractice insurance for landscape ecologists. *Environ. Monit. Assess.* 36: 1-25.
- Strayer, D., J.S. Glitzenstein, C.G. Jones, J. Kolasa, G.E. Likens, M.J. McDonnell, G.G. Parker and S. T.A. Pickett. 1986. Long-Term Ecological Studies: An Illustrated Account of Their Design, Operation, and Importance to Ecology. Occasional Publication of The Institute of Ecosystem Studies No. 2. Institute of Ecosystem Studies, The New York Botanical Garden. 38 p.
- Taylor, L.R. 1989. Objective and experiment in long-term research. *In* Likens, G.E.(ed). Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York, NY. pp. 20-70.
- Thomas, J.W. 1994. Forest ecosystem management assessment team: objectives, process and options. *J. For.* 92: 12-19.
- Tilman, D. 1989. Ecological experiments: strengths and conceptual problems. *In* Likens, G.E.(ed). Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York, NY. pp. 136-157.
- Toman, M.A. and P.M.S. Ashton. 1996. Sustainable forest ecosystems and management: a review article. *For. Sci.* 42: 366-377.
- Valiela, I., D.J. Parsons and A.E. Johnston. 1989. Additional views. *In* Likens, G.E.(ed). Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag. New York, NY. pp. 158-169.
- Van Sickle, C.C. 1995. Research to support ecosystem management in the Chattooga River Demonstration Project. *In* Aguirre-Bravo, C.L. Eskew, A. B. Villa-Salas and C.E. Gonzalez-Vicente(eds). Partnership for Sustainable Forest Ecosystem Management: Fifth Mexico/U.S. Biennial Symposium. USDA For. Serv. GTR-RM-266. pp. 52-56.
- Wear, D.N., M.G. Turner and R.O. Flamm. 1996. Ecosystem management with multiple owners: landscape dynamics in a southern Appalachian watershed. *Ecol. Appl.* 6: 1173-1188.
- Whitehead, D. 1982. Ecological aspects of natural and plantation forests. *For. Abst.* 43: 615-624.
- Woodmansee, R.G. 1991. An ecological perspective of new perspectives. *In* Bartlett, E.T. and J.R. Jones (eds). Rocky Mountain New Perspectives Proceedings of a Regional Workshop. USDA For. Serv. GTR-RM-220. pp. 8-19.