

## 산림자원의 생태환경보호기능에 대한 경제적평가의 몇가지 방법

황 순 희

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《국토의 거의 80%를 차지하는 산림은 나라의 가장 귀중한 자원이고 후대들에게 물려주어야 할 재부이며 국토를 보호하기 위한 중요한 수단입니다.》

산림자원의 생태환경보호기능에 대한 경제적평가는 산림자원이 가지고있는 생태환경보호기능을 정량적으로 정확히 인식하고 계획적이며 과학적인 산림조성과 보호관리를 진행하는데서, 지역별에 따르는 산림자원의 생태환경효과를 비교하는데서 중요한 의의를 가진다고 할수 있다.

산림자원은 대기정화기능, 수원함양기능, 생물다양성보장기능을 비롯하여 여러가지 생태환경보호기능을 수행한다.

산림자원의 대기정화기능은 산림이 해로운 물질들인 이산화탄소를 비롯한 유해가스 와 먼지 등을 흡수정제하는 기능이다. 이 기능으로 하여 오염이 방지되고 대기가 정화되며 기후도 조절된다.

산림의 수원함양기능은 물을 저축하고 정화하며 토지를 보호하는 기능이며 생물다양성보장기능은 산림이 유기물질을 생성하고 동식물이 서식할수 있는 조건과 환경을 제공함으로써 수행되는 보호기능이다.

산림자원의 생태환경보호기능에 대한 경제적평가는 하나의 생태계통으로서 산림의 생태적효과와 리익에 대한 평가를 포괄한다.

산림자원의 생태적효과와 리익이란 산림생태계통과 그 영향이 미치는 범위내에서 인류에게 유익한 전체 효과와 리익을 말한다.

산림자원의 생태환경보호기능에 대한 평가는 많은 경우 경제적으로 직접 표현하기 힘들다. 그러나 이것은 결코 산림자원에 대한 생태환경보호기능에 대한 경제적평가를 할수 없다는것을 의미하지는 않는다. 산림자원의 생태환경보호기능에 대한 경제적평가는 간접적인 방법으로 진행할수 있다.

산림자원의 생태환경기능에 대한 경제적평가에서는 무엇보다먼저 산림자원의 대기정화기능에 대한 평가를 진행할수 있다.

산림자원의 대기정화기능에서 중요한것은 우선 산림의 탄소흡착기능이다.

산림식물은 이산화탄소를 흡수하고 산소를 내보내어 대기중의 이산화탄소와 산소의 균형을 조절한다.

육지생태계에서 이산화탄소의 저장량은 약 5 600억~5 800억t이다. 그중 90%가 산림생태계에 저장되고있다. 자료에 의하면 공기중의 이산화탄소량이 0.05%일 때 사람의 호흡에 영향을 주며 0.2~0.6%이면 인체에 피해를 준다.

또한 수림이 없는 구역의 대기속에 들어있는 탄산가스함량은  $0.42\text{mg/m}^3$ 이나 수림이

있는 구역의 대기속에 들어있는 탄산가스함량은  $0.17 \sim 0.04 \text{mg/m}^3$ 로서 수림이 없는 구역보다 탄산가스량이  $0.1 \sim 0.4$ 만큼 대기속에 더 적다고 한다.

산림의 탄소흡착기능에 대한 경제적평가는 산림이 이산화탄소를 제거하는것으로 하여 얻는 리득액으로 할수 있다.

이 지표는 단위면적의 산림이 흡수하는  $\text{CO}_2$ 의 평균값에 해당 산림면적을 곱하여 매해 이 산림지역이 흡수하는  $\text{CO}_2$ 의 총량을 얻은 다음 단위중량의  $\text{CO}_2$ 을 무독화하는데 드는 공정의 원가를 곱하여 계산할수 있다.

$$\text{CO}_2 \text{ 제거로 얻는 리득액} = \sum \left( \frac{\text{나무종류별 산림면적단위당}}{\text{산림면적}} \times \text{CO}_2 \text{ 흡수능력} \right) \times \text{감소원가}$$

자료에 의하면 한정정보의 산림은 해빛이 쏘일 때 하루에 약  $220 \sim 280 \text{kg}$ 의 탄산가스를 흡수하고  $180 \sim 200 \text{kg}$ 의 산소를 내보낸다고 한다.

산림의 이산화탄소흡수량은 수종에 따라서 차이나는데 일반적으로 넓은잎나무의 이산화탄소흡수량이 바늘잎나무에 비하여 높은것으로 알려져있다.

산림자원의 대기정화기능에서 중요한것은 또한 유해가스제거기능이다.

산림자원은  $\text{SO}_2$ 을 비롯한 기타 유해기체들을 흡수하며 방사성물질의 작용을 억제하고 대기를 정화시키는 기능을 수행한다.

유해기체중  $\text{SO}_2$ 의 량이 제일 많고 분포도 제일 넓으며 해독작용도 비교적 크다. 세계적으로 가장 심각하였던 공해현상인 1962년 12월 런던연기안개사건과 1970년 8월 도쿄연기안개사건때의 기본적인 유독성물질도  $\text{SO}_2$ 과 먼지였다.

산림은  $\text{SO}_2$ 에 대한 일정한 정화능력을 가지고있을뿐아니라 특수한 빛합성작용의 생리적기능으로 유해물질을 흡수하고 전화한다. 또한 식물체안에서의 산화환원과정을 통하여 무독물질로 전화시키거나 잎이나 줄기에 축적하며 뿌리계통을 통하여 식물체밖으로 배출시킨다.

$\text{SO}_2$ 에 대한 산림의 이러한 흡수, 제압, 축적과 이동, 무독화과정은 대기오염물질에 대한 일종의 정화작용이다.

산림의  $\text{SO}_2$ 제거에 대한 경제적평가를 레를 들어 유해가스제거기능에 대한 경제적평가를 진행하면 다음과 같다.

산림의  $\text{SO}_2$ 에 대한 정화작용의 평가는 산림이  $\text{SO}_2$ 의 제거로 얻는 리득액으로 할수 있다.

이 지표는 단위면적의 산림축적량이 흡수하는  $\text{SO}_2$ 의 평균값에 산림지구의 산림총축적을 곱하여 매해 이 산림지역이 흡수하는  $\text{SO}_2$ 의 총량을 얻은 다음 단위중량의  $\text{SO}_2$ 을 무독화하는데 드는 공정의 원가를 곱하여 계산할수 있다.

$$\text{SO}_2 \text{ 제거로 얻는 리득액} = \left( \frac{\text{바늘잎나무림 축적량}}{\text{바늘잎나무림}} \times \text{SO}_2 \text{ 흡수능력} + \frac{\text{넓은잎나무림 축적량}}{\text{넓은잎나무림}} \times \text{SO}_2 \text{ 흡수능력} \right) \times \text{감소원가}$$

일반적으로 잎에 흡착되는 가스량은 나무줄기와 가지에 흡착되는 량보다 크며 나무종류별에 따라서 아류산가스흡수능력도 다르다.

자료에 의하면 수종별로 가스를 흡수하는 능력(나무의 생육기간 아류산가스의 흡수능력은  $\text{mg/m}^2$ 단위로 표시함)을 보면 은백양나무는 약  $190 \text{mg/m}^2$ , 피나무는 약  $100 \text{mg/m}^2$ ,

붓나무는  $95\text{mg/m}^2$ 라고 한다.

대체로 산림은 한가지 종류의 나무만으로 형성된것이 아니며 따라서 해당 지역의 산림구성에 따라 바늘잎나무림과 넓은잎나무림의 면적이 달라진다. 이로부터  $\text{SO}_2$ 의 제거로 얻는 리득액을 계산하려면 바늘잎나무와 넓은잎나무의 비를 계산하고 그에 기초하여 바늘잎나무 및 넓은잎나무면적을 계산하여야 한다.

산림자원의 유해가스제거기능에 대한 경제적평가는 아류산가스와 같은 여러가지 오염물질들의 제거로 얻는 리득액을 합하여 계산한다.

산림의 대기정화기능에서 중요한것은 또한 산림의 먼지잡이기능이다.

산림은 대기속의 먼지를 잡고 침전시키는 기능을 수행한다.

먼지가운데서  $10\ \mu\text{m}$  보다 큰것은 땅우에 가라앉고  $10\ \mu\text{m}$  보다 작은것은 계속 떠돌게 된다. 직경이  $0.1\sim 1\ \mu\text{m}$ 의 알갱이물질은 연기나 안개처럼 보이는데 이것은 사람의 폐속에 들어가서 건강에 해를 준다.

대기속에 포함되어있는 먼지와 그을음은 대기의 상층으로부터 축축한 공기에 의하여 먼저 나무의 갓(잎과 가지로 이루어진 부분)에 내려앉는다. 나무잎과 가지들은 먼지와 그을음이 내려앉아 모여쌓이는 조밀한 러파기를 형성한다.

수림 한정보당 나무잎들의 결면적이  $4\ 000\sim 100\ 000\text{m}^2$ , 여기에 나무의 가지와 줄기의 결면적까지 합하면 나무들의 총면적은  $50\ 000\sim 150\ 000\text{m}^2$ 인데 이것은 수림이 차지하는 지역의 면적을  $5\sim 15$ 배 증가시키는것으로 된다.

한해동안에 한정보의 산림은  $30\sim 54\text{t}$ 의 먼지를 잡는다고 한다.

산림이 먼지잡이기능으로 얻게 되는 리득액은 산림이 잡는 먼지의 량을 인공적으로 감소시킨다면 여기에 얼마만한 비용이 지출되었는가를 가지고 계산할수 있다.

$$\text{먼지잡이기능으로 얻는 리득액} = \left( \frac{\text{바늘잎나무 면적}}{\text{바늘잎나무 면적}} \times \text{바늘잎나무 먼지잡이능력} + \frac{\text{넓은잎나무 면적}}{\text{넓은잎나무 면적}} \times \text{넓은잎나무 먼지잡이능력} \right) \times \text{먼지분말을 감소시키는데 드는 원가}$$

산림의 먼지잡이능력은 수종에 따라 다르며 보통  $1\text{m}^2$ 당 먼지의 질량으로 표현된다.

자료에 의하면 사시나무의 먼지잡이능력을  $1(0.55\text{g/m}^2)$ 로 한다면 단풍나무는  $1.9(1.04\text{g/m}^2)$ , 피나무는  $2.4(1.32\text{g/m}^2)$ , 정향나무는  $3.4(1.87\text{g/m}^2)$ , 느릅나무는  $6.1(3.36\text{g/m}^2)$ 이라고 한다.

먼지제진에 드는 원가는  $1\text{t}$ 당 원가로 계산하는것이 합리적이다.

산림자원의 생태환경보호기능에 대한 경제적평가에서는 다음으로 산림자원의 수원함양기능에 대한 평가를 진행할수 있다.

산림이 수원을 함양하고있는것은 산림생태계의 중요한 생태적기능이며 이 기능은 구체적으로 물잡이와 유효한 물량의 증가, 수질개선, 물흐름조절, 토지보호에서 표현된다.

산림의 수원함양기능에서 중요한것은 우선 산림의 물잡이(또는 물저장)기능이다.

수림은 많은 나무잎과 가지, 줄기를 가지고있으므로 비나 눈이 내리면 땅에 직접 떨어지지 않고 거기에 일단 머물러있다가 점차적으로 흘러내린다. 비나 눈은 땅결면을 따라 인차 흘러내리지 않고 땅결면을 두껍게 덮고있는 떨어진 가지, 잎, 썩은 부식질에 저장되어있다가 땅속으로 스며들고 일부가 땅결면을 따라 흘러내려가며 땅속에 스며든 물은 주로 땅속의 그물모양으로 뻗어있는 뿌리갈래를 거쳐 땅속깊이 들어가 지하수로 저축되었

다가 조금씩 강이나 호수에 흘러나오게 된다.

자료에 의하면 산림은 씻겨내리는 흙모래량의 90%이상, 흐르는 물의 50%이상을 줄일수 있다고 한다. 이 효과는 산림의 해가림률이 클수록 크다.

해당 지역 산림의 물잡이(또는 물저장)기능에 대한 경제적평가는 산림이 물을 저축하는것으로 얻게 되는 리득액지표를 가지고 할수 있다. 이 지표는 연간 산림이 저축하는 총물량과 물저축을 위한 수원지단위당 건설원가를 곱하는 방법으로 계산할수 있다.

$$\text{물잡이기능으로 얻는 리득액} = \text{산림이 저축하는 총물량} \times \text{수원지단위체적당 원가}$$

여기에서는 산림이 저축하는 총물량계산을 어떻게 하겠는가 하는 문제가 제기되는데 2가지 가능한 방법으로 할수 있다.

첫째 방법은 강수저축량에 의한 계산방법이다.

자료에 의하면 나무갓의 저장량과 강수량과의 관계를 보면 강수량이 5mm아래이면 저장률은 50%이상이고 5mm이상이면 저장률은 20%미만으로 된다고 한다. 즉 강수량이 많아질수록 저장량은 떨어진다.

수종에 따라 저축량이 다르며 일반적으로 바늘잎나무가 넓은잎나무보다 저축량이 높다. 대체로 바늘잎나무는 저축량이 25~45%, 넓은잎나무는 20~25%, 떨기나무는 15~25%라고 한다.

산림이 저축하는 총물량을 강수저축량에 기초하여 진행하면 다음과 같다.

$$\text{산림이 저축하는 총물량} = \text{산림총면적} \times \text{산림피복률} \times \text{평균강수량} \times \text{수원함양결수}$$

$$\text{수원함양결수} = \text{저축량} \times (1/100) = 1 - (\text{저장량} / \text{강수량})$$

여기에서 산림피복률은 해당 지역의 산림총면적에서 림지면적이 차지하는 비중이다.

산림이 물을 잡는것은 수원지에 물을 저축하는것과 류사하다. 이로부터 해당 지역의 산림이 저축하는 총물량에 물을 저축하는 저수지 1m<sup>3</sup>의 건설원가를 곱하여 물잡이기능에 대한 경제적평가를 하게 된다.

둘째 방법은 수량평형법에 의한 계산방법이다.

산림이 저축하는 물총량은 산림지역의 강수량과 증발에 의해서도 결정된다.

$$\text{산림이 저축하는 총물량} = \text{산림지역의 (년평균물흐름량)} - \text{년평균강수량} - \text{년평균증발량}$$

또는

$$\text{년평균물흐름량} = \text{년평균강수량} \times \text{물흐름결수}$$

만일 년평균증발량이 년평균강수량의 25%이면 물흐름결수는 0.75이고 35%이면 0.65가 된다. 년평균증발량은 해당 지역에 따라 조금씩 차이난다.

이 방법은 증발량만 계산하면 산림이 저축하는 물의 량을 비교적 정확하게 얻을수 있는 방법이다.

우에서 계산된 산림자원의 물잡이기능에 대한 경제적평가는 두 방법이 모두 계산자료를 얻기가 편리하고 과학적이므로 어느것이나 리용할수 있다. 그렇다고 하여 첫째 방법과 둘째 방법으로 계산한 산림자원이 저축하는 총물량이 꼭같을수는 없다. 만일 두가지 방법으로 계산하여 계산값이 다르게 나왔을 경우에는 이 두 방법의 산수평균값을 취하여

물잡이기능으로 얻게 되는 리득액을 계산하는것이 합리적이다.

산림의 수원함양기능에서 중요한것은 또한 물정화기능이다.

산림지대의 땅속에 스며든 물은 토양알갱이와 식물뿌리를 거치는 과정에 깨끗해지고 맑아진다. 이 수질정화과정에는 나무갓밑의 낙엽층의 여과기능이 가장 중요한 작용을 한다.

산림지역을 통과한 물에는 산림이 없는 지역의 물보다 세균이 매우 적다고 한다. 실제로 수림을 통과하지 않은 물 1L안의 대장균수가 100이라면 소나무림속의 물에는 2, 비슬나무숲속의 물에는 1이며 비슬나무림을 통과하여 흘러내린 물속의 세균함량은 10정도이다.

수질정화기능으로 얻는 리득액은 년평균물흐름량에 단위당 각종 세균수를 곱한 다음 그만한 세균을 처리하는데 드는 원가를 곱하여 계산할수 있다.

산림의 수원함양기능에서 중요한것은 또한 토지보호기능이다.

산림은 토양침식과 사태를 방지하는것으로 하여 토지를 보호하게 된다.

자료에 의하면 지구육지에서는 한해에 자연적으로 형성되는 토양피복량(0.1mm/y)의 200배나 넘는 2cm 두께의 토양이 침식된다고 한다.

산림은 떨어지는 비의 흐름세기를 작게 하여 비가 천천히 땅에 떨어지게 하며 수림속의 풀을 비롯한 지피식물과 떨어진 잎은 비물의 땅결면흐름세기와 흐름속도를 감소시켜 토양침식과 사태를 방지한다.

토양침식과 사태방지로 하여 수행되는 토지보호기능에 대한 경제적평가는 토양침식이나 사태를 원래의 상태로 복구하는데 드는 투자의 규모를 가지고 진행할수 있다.

이외에도 산림은 토양형성인자로서 비옥도가 높은 검은 흙을 생성하는것으로 하여 토지를 보호하게 된다.

수림의 토양생산성은 초원의 토양생산성보다 1.5~2배 더 크며 수림의 뿌리량은 초원과 비교해볼 때 3~8배로 더 많다고 한다. 수림토양의 토양미생물의 총수는 수림이 없는 토양보다 1.5~2.5배 더 많으며 수림토양에는 광물질함량이 1.5~3.6t/ha이고 질소함량이 0.5~1.0t/ha이다.

토지보호기능에 대한 경제적평가는 산림토양수준으로 토지를 개량하는데 드는 투자의 규모를 가지고 진행할수 있다.

산림자원의 생태환경기능에 대한 경제적평가에서는 다음으로 산림자원의 생물다양성보장기능에 대한 평가를 진행할수 있다.

생물다양성보장은 유해물질을 생성하고 병충해를 방지하는 등 동식물들이 서식할수 있는 여러가지 조건과 환경을 조성하는것으로 하여 이루어지게 된다.

록색식물은 태양에너지를 리용하여 무기물로부터 유기물을 생성하고 이 식물은 동물의 먹이로 되며 그 동물은 그보다 웃단위의 동물에게 먹히운다. 식물이나 동물의 죽은 물질, 배설물은 세균이나 곰팡이, 버섯에 의하여 분해되어 무기물로 환경에 반환된다. 이러한 먹이사슬을 통하여 물질이나 에너지는 생태계내부요소사이에서 순환하고있다.

산림생태계의 구성요소들은 서로 작용하고 밀접히 련관되어 견고한 결합체를 이루면서 물질순환, 에너지를 흐름, 먹이사슬, 시공간적인 다양성과 생태계의 발달 및 그자체의 조절과 같은 기능을 수행한다.

이로부터 산림자원의 생물다양성보장과 관련한 경제적평가에서는 우선 산림자원의

유기물질생성에 대한 평가를 진행할수 있다.

현재 세계적으로 보면 산림에 의해서만도 해마다 약 550억t의 CO<sub>2</sub>이 유기물질로 전환된다고 한다.

산림자원의 유기물질생성에 대한 경제적평가는 산림축적액을 가지고 할수 있다. 그것은 유기물질의 생성은 산림축적과 직접 연관되어있기때문이다.

산림식물이 태양에너지에너지를 리용하여 무기화합물 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O 등을 유기물질로 합성하는것은 산림생태계의 매우 중요한 기능의 하나이다. 산림생태계는 무기물질(해빛, 공기, 물, 토양 등)과 그로부터 유기물질을 생산하는 녹색식물, 그것을 먹고사는 동물 또는 기생식물, 유기물질먹이를 흡수하거나 죽은 유기체를 분해하는 미생물로 구성되어있으며 이 요소들은 서로 밀접히 연관되어있다.

녹색식물로부터 유기물질이 얼마나 생성되는가 하는것은 해당 산림의 축적량에 기초하여 평가할수 있다.

산림축적액은 산림지역내의 각종 산림요소들의 현존축적량에 년간순생장률을 곱하여 각이한 요소의 단위면적의 년간순생장량을 얻으며 이 순생장량과 산림의 가치를 곱하는 방법으로 계산한다.

$$V = \sum_{i=1}^n S_i M_i P_i$$

식에서 S<sub>i</sub>는 각이한 산림요소의 축적량, P<sub>i</sub>는 각이한 산림요소의 산림가치, M<sub>i</sub>는 각이한 산림요소의 순생장량이다.

여기에서 산림요소의 순생장률은 천연림의 년간순생장률표준을 리용할수도 있고 보고시기말 현재 산림축적량과 지난해말 산림축적량을 대비하여 얻을수도 있다.

이 방법은 각이한 산림지역의 산림면적과 축적량을 리용할수 있는것으로 하여 비교적 그 계산이 간단한 우점을 가지고있다.

그러나 이렇게 계산된 산림축적에는 매해 채벌되는 산림면적이 포함되어있다. 따라서 년간에 걸치는 순수한 유기물질생성에 대한 경제적평가를 하려면 년간 해당 지역에서 채벌한 산림면적을 뺏아야 한다.

산림의 생물다양성보장과 관련한 경제적평가에서는 또한 산림자원의 병충해방지에 대한 평가를 진행할수 있다.

각이한 형태의 산림지역들은 각종 새류의 생존과 활동에 좋은 생존환경을 지어주고 있다.

동시에 새류의 각종 생활방식을 통하여 산림환경에 대하여 복잡한 생태관계가 표현되며 새류와 산림, 새류와 곤충사이의 호상의존 및 호상제약관계가 체현되어 나타난다. 바로 이것으로 하여 산림생태계통의 호상평형이 조절된다.

이러한 새류는 해당 산림지역해충의 각이한 발육단계를 먹이로 하고있으며 이것으로 하여 산림에 대한 보호작용을 한다.

산림의 병충해방지면에서 이미 확정된 병원균종수는 250종이라고 한다. 이와 같이 병원균종수가 매우 많다고 하여도 천연림내에서 그것이 병충해발생을 초래할 가능성은 매우 적다고 할수 있다. 이것은 산림에 있는 수많은 환경인자의 호상제약의 결과라고 볼

수 있다. 병충해가 많이 발생하는것은 주로 사람들의 활동이 빈번한 사람들의 생활지역 혹은 그 주변에 있는 산림에서이다.

해당 산림지역에서 산림의 병충해방지에 대한 경제적평가는 인공림과 천연림의 대해 병충해방지에 드는 비용에 기초하여 계산할수 있다.

구체적인 지표로는 병충해방지로 얻는 리득액이 될수 있다.

$$\text{병충해방지로 얻는 리득액} = \frac{\text{나무있는 병충해방지를 요구하는 단위면적당}}{\text{토지면적}} \times \frac{\text{산림면적의 비중}}{\text{방지비용}}$$

실례로 해당 지역에서 약 40%의 산림면적이 인공적인 방지를 요구하지 않는다고 가정하면 인공방지가 필요한 산림면적은 60%가 될것이다. 인공적인 병충해방지를 필요로 하지 않는 산림은 주로 원시림과 부분적인 천연림이다.

산림생태계통이 인간에게 가져다주는 리익의 유형은 다양하며 잠재력도 매우 크다.

우에서 평가한 방법은 전체 산림생태계통의 생태적인 효과와 리익의 일부분에 지나지 않는다.

우리는 앞으로 다양한 평가방법과 결수의 정확성정도, 해당 지표를 위한 자료수집 등 여러가지 문제들을 심도있게 연구하여 산림자원이 생태환경보호에서 노는 역할을 과학적으로 밝혀냄으로써 모든 사람들이 산림조성과 보호관리사업에 적극 떨쳐나서도록 추동하여야 할것이다.

실마리어 산림자원, 생태환경보호