

복원 및 경관생태학적 원리에 근거한 남산의 생태공원화 계획

이창석 · 조현제* · 문정숙 · 김재은 · 이남주**

서울여자대학교 환경·생명과학부, 임업연구원 산림생태과*, 서울여자대학교 생태연구센터**

Restoration and Landscape Ecological Design to Restore Mt. Nam in Seoul, Korea as an Ecological Park

Lee, C. S., H. J. Cho*, J. S. Mun, J. E. Kim and N. J. Lee**

Faculty of Environment and Life Sciences, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

Dept. of Forest Ecology, Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea*

Center for Ecological Research, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea**

ABSTRACT

Restoration to improve the ecological quality of Mt. Nam was explored in a viewpoint of restoration in both landscape and ecosystem levels. A restoration plan in landscape level was based on the result on the land-use pattern in Mt. Nam including its surrounding area and that in ecosystem level on the ecological quality of each landscape element.

A plan to construct the green network, which extending from Mt. Nam to the Han river through the Yongsan family park and through the Eungbong urban park was prepared as a restoration project in landscape level to improve the ecological quality of Mt. Nam as an ecological park. On the other hand, a plan for restoration and creation of biotop as a restoration project in ecosystem level was also prepared to improve the ecological quality of each green area consisting green network. Green areas composing green network include keystone green area (Mt. Nam), green stations (Yongsan family park, Eungbong urban park, and the Han river citizen's park), and green pathway (or ecological corridor) connecting those green areas.

Key words : Restoration, Landscape, Ecological quality, Green network, Biotop.

서론

생태계의 복원은 모든 과학기술을 동원하여 훼손된 생태계를 훼손되기 전의 상태로 회복시키는 것을 말한다 (National Research Council 1991, Aronson *et al.* 1993). 즉, 복원은 생태학적 원리를 바탕으로 자연적이며 자기유지적인 생태계를 재창조하는 것이다 (Berger 1993). 이러한 복원은 기초과학으로서의 생태학과 농학 관련 응용과학의 이론을 결합한 응용생태학의 한 분야로서 자연생태계를 모방하여 훼손된 생태계를 치유하는

일종의 환경기술이다 (Jordan III *et al.* 1987).

훼손된 생태계의 복원은 적합한 과학적 원리를 바탕으로 취약해진 생태적 기능을 회복하려는 시도로서 (Hobbs and Saunders 1991), 훼손의 정도에 따라 복원 방법이 다르다. 생태계의 복원은 자연생태계의 회복력에 맡기는 방법, 최소한의 생물에너지를 투입하여 회복을 촉진시키는 방법, 종자의 파종, 묘목의 식재 등 적극적으로 생물에너지를 투입하여 빨리 회복시키는 방법이 있다 (Bradshaw 1984, Primack 1995).

한편, 훼손된 생태계는 회복시키고자 하는 수준에 따라 다음의 세 가지 단계로 그것을 구분하기도 한다

(Aronson *et al.* 1993, Primack 1995). 첫째, 복원 (restoration)은 훼손된 생태계의 구조와 기능을 교란되기 전의 상태로 완전히 회복시키는 것을 말한다. 둘째, 복구 (rehabilitation)는 훼손된 생태계를 회복의 중간단계까지만 회복시키는 것을 말한다. 이와 같이 복원과 복구는 차이가 있지만 회복된 생태계가 자기회복능력을 갖는 공통점이 있다. 셋째, 재배치 (reallocation)는 훼손되기 이전의 생태계의 구조와 기능에 관계없이 훼손된 생태계에 인위적으로 선발된 생물종이나 에너지, 물, 비료 등을 보충함으로써 전적으로 새로운 생태계를 창조하는 것이다. 그런데 재배치에 의하여 형성된 생태계는 자기유지기능을 갖지 못하는 점이 다르다.

경관생태학은 지역 (region) 규모로 생물서식지의 분포양상과 그들이 종분포 및 생태계의 발달과정에 미치는 영향을 연구한다 (Urban *et al.* 1987, Hansson *et al.* 1995). 많은 종은 하나의 서식지에만 한정되지 않고 서식지 사이를 이동하거나 두 서식지가 만나는 경계역에 살기 때문에 이러한 경관생태학의 원리는 생물다양성 보존에 중요한 정보를 제공한다. 어떤 지역이 과도하게 관리되면 그곳은 임연집합체 (a mass of edge)로 변형되어 전이대가 늘어난다. 이 경우 인간간섭에 의존하는 방랑종들의 수가 늘어나 종수가 늘어나기도 하지만 넓고 안정된 서식처를 요구하는 종으로서 생태적 가치가 높은 종은 보유할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 인간 간섭 이전의 자연단위와 유사한 경관 수준의 서식지 관리가 요구된다 (Grumbine 1994, Noss and Cooperrider 1994). 그 대안으로는 지역 계획의 일환으로 그 지역내의 모든 생물서식지를 연결하여 대형 서식지를 창출하는 green network이 구상되고 있는데, 이것이 실현되면 인간간섭에 견디기 힘든 귀중종의 보호에도 도움을 줄 수 있다 (Primack 1995).

본 연구는 서울 남산의 생태적 실태를 진단한 결과 (이 등 1998b)에 근거하여 그곳을 생태적으로 건전한 공간으로 재창출하기 위한 대안을 마련하는데 목표를 두고 다음과 같은 연구를 수행하였다. (1) 고도변화에 따른 식물군락의 분포 및 주요 식물군락의 동태를 바탕으로 각 식생경관요소의 생태적 특징을 분석하여 각각이 위치한 지소에서 그것의 생태적 기능을 회복하기 위한 복원방안을 검토하였고, (2) 남산과 그 주변의 토지이용 현황을 분석하여 남산을 보다 다양한 야생생물의 서식공간으로 창출하기 위한 green network 조성방안을 검토하였다.

방 법

생태계 수준의 복원방안은 자연림을 모방하여 자연림과 유사한 체제로 발전시키고자 하는 복원생태학적 원리에 입각하여 검토하였다 (Jordan III *et al.* 1987, 杉山 & 進士 1995). 이러한 검토를 하게 된 배경은 다음과 같다. 즉, 모든 생물은 생존가능범위와 최적범위를 가지는데 생존가능범위를 벗어나면, 생존이 불가능하고 최적범위를 벗어나면 생육상태가 불량하며 다른 생물과의 경쟁에서 뒤처지게 된다 (Odum 1983). 그러나 인간은 이러한 자연의 이치를 무시하고 자신이 생각하고 있는 틀에 자연을 가두려고 한다. 이러한 인간의 노력에 의해 생물의 생존가능범위와 최적범위에 다소의 변화가 있을 수도 있다. 그러나 그러한 변화를 가져오기 위하여 인간은 많은 양의 보조에너지를 투입하여야 한다. 그럼에도 불구하고 그와 같이 형성된 생태계 또는 녹지는 자연생태계 고유의 안정성과 자립성이 부족하고 여러 가지 환경스트레스를 제거하는 완충능도 떨어진다. 따라서 자연림의 체계를 추구하는 것은 자연생태계 고유의 다양성, 자립성, 안정성 및 순환성을 확립하여 보조에너지 투입에 소요되는 비용을 절감하고 안정성과 완충성을 최대로 확보하기 위함이다 (國際生態學研究センタ 1995).

한편, 경관수준의 복원은 야생생물 서식지로서의 면적을 늘리고, 그 질을 향상시키기 위한 방안으로 남산과 그 주변의 녹지를 생태통로를 조성하여 연결시키는 green network 구축차원에서 검토하였다 (Primack 1995, Farina 1998).

결과 및 논의

남산의 생태적 복원계획의 배경

훼손된 생태계의 복원은 1980년대 이후 세계 생태학계의 주요 관심사로 등장하였고 (Bradshaw 1984, Jordan III *et al.* 1987, Cairns 1988a,b, 杉山 & 進士 1995), 1980년대 후반부터는 국내 생태학계에서도 주요 관심사로 부각되고 있다 (김 1987, 이 1992, 최 등 1993, 김 등 1994, 1995, 이 1996, Lee *et al.* 1998b). 더구나 이러한 관심은 생태학을 중심으로 하여 관련된 여러 분야 (조경학, 임학, 토목학, 건축학 등)의 전문가들을 규합하여 지속가능하고 생태적으로 건전한 생태도시 (ecopolis)를 창출하는 방향으로 그들의 관심을 종합해가고 있다. 따라서 대한민국의 수도인 서울에 대해서

Restoration in landscape level

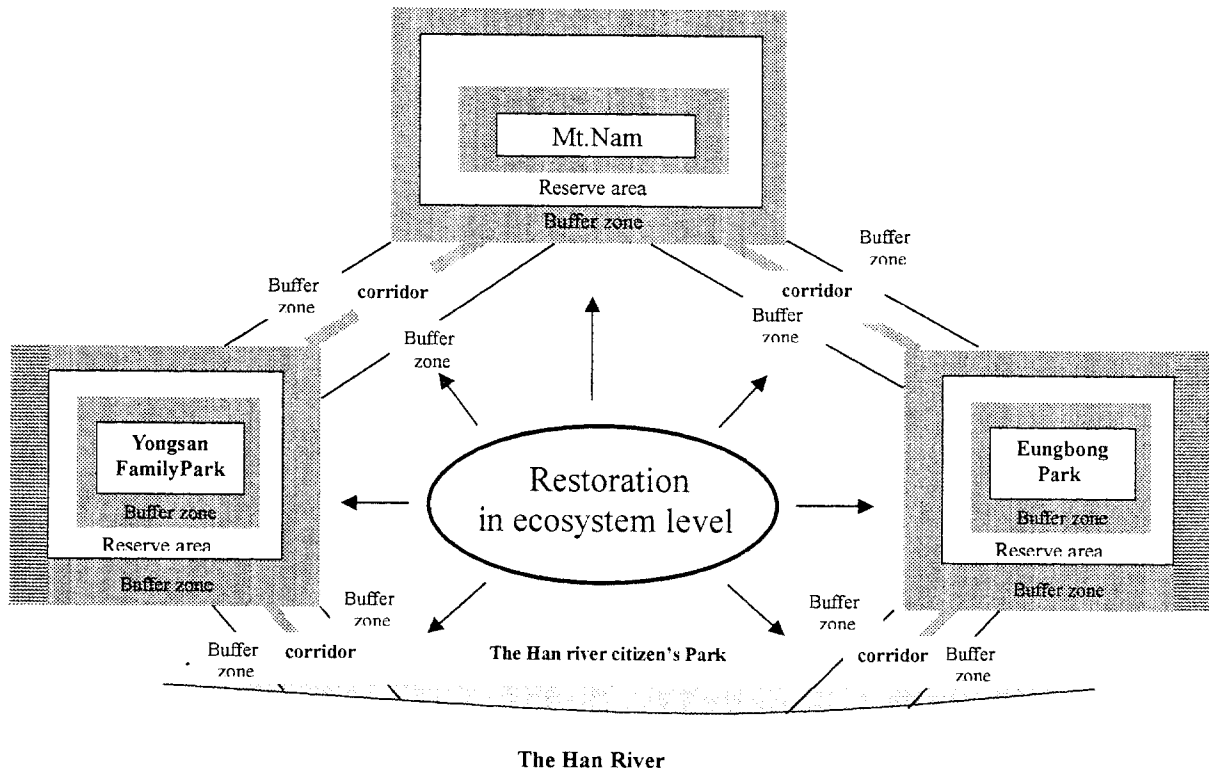


Fig. 1. A vegetation map including various land-use patterns on Mt. Nam and its surrounding area.

도 그것을 생태적으로 건전한 생태도시로 탈바꿈시키기 위한 여러 가지 제안들이 제기된 바 있고, 그러한 계획의 대부분에서 남산이 중요한 녹지공간의 하나로 등장하고 있다. 그러나 지금까지 제안된 대부분의 생태도시 창출을 위한 green network 조성계획은 이상적인 것으로서 그 실효성에 강한 의문이 제기되고 있다. 본 연구에서는 가능한 한 실현 가능한 계획을 마련하기 위하여 남산으로부터의 거리, 토지이용 유형 (land-use pattern), 핵심자원 (keystone resources) 등을 고려하여 green network의 대상지역을 설정하고 대상지역에 적합한 생태적 복원계획을 제안하고자 한다. 즉, 경관 (landscape) 수준의 검토를 거쳐 green network의 대상지역을 설정하였고, 생태계 수준의 검토를 거쳐 설정된 green network상의 녹지공간의 생태적 질을 향상시키기 위한 복원방안을 제시하였다 (Fig. 1).

경관 수준 (landscape level)의 복원

경관은 여러 개의 생태계가 조합된 복합생태계이다 (Forman and Godron 1986, Forman 1995). 남산이 생태적으로 건전한 지역으로 다시 태어나기 위해서는 이와 같이 여러 개의 생태계가 조합된 경관수준의 복원이 우선적으로 요구된다 (Primack 1995, Farina 1998). 남산의 제 모습에 대해서는 여러 가지 안이 다양한 각도에서 제기된 바 있다 (서울특별시 1992, 임 1995). 그러나 이들의 제안은 식생의 모습에 국한되고 있다. 그러나 남산을 비롯하여 어떤 산이 제 모습을 찾기 위해서는 무엇보다도 먼저 식생의 성립기반이 되고 다른 생물들의 서식기반이 되는 산을 구성하는 모든 부분이 제 모습을 갖추어야 할 것이다. 산은 하천으로부터 그 하부가 시작된다. 그리고 삼림 내부에 살고 있는 종들도 많은 경우 그들의 생활사의 시작이 되는 생식활동은 하천변, 계류변 또는 계곡 등 수계환경 인접지역에서 이루어지고 있다 (杉山と進士 1995). 이러한 점에서 산의 모든 부분을 재확보할 수는 없다고 하더라도 일부 지역에서 생식환경을 확보하는 것은 산의 모습을 되찾아 생태적

으로 건전한 녹지공간으로 창출하는데 있어서 무엇보다도 시급한 선결과제라고 할 수 있겠다.

남산은 산자락이 잘린 채 도시화된 바다에 떠있는 하나의 녹색 섬의 형태로 존재하고 있다 (이 등 1998b). 따라서 이러한 여건의 남산에 서식하는 동물로서 수계 환경을 필요로 하는 동물들은 그 서식에 크게 지장을 받고 있는 것이 사실이다 (Primack 1995, 杉山と進士 1995). 이러한 상태에 있는 남산을 다양한 야생생물이 인간과 함께 호흡하는 생태공원 (ecological park)으로 전환시켜 시민의 휴식공간으로서의 질을 높이기 위해서는 경관 수준에서의 복원이 절대적으로 필요하다 (Farina 1998). 경관 수준의 복원에서는 현재의 남산을 주변의 다른 생태계와 연결시켜 야생생물의 서식공간을 넓히고, 남산에서 부족한 생태적 공간, 특히 수계환경을 확보하는데 중점을 두어 그 해결방안을 모색하고자 한다. 이러한 계획에서는 기존의 도시화지역 (urbanized area)을 할애하여 그곳을 생물의 서식장소나 생태통로와 같이 그들이 이동할 수 있는 녹지공간으로 전환시켜야 하는데 이러한 공간확보가 현실적으로 매우 어려운 형편이다. 외국의 경우를 보면, 최소한의 공간을 녹지공간으로 전환하기 위한 대안으로 finger type으로 녹지대를 확보하는 방안을 추구하고 있다 (東京都 1996, 이 및 유 1997). 남산의 경우 북향사면에서는 수계환경으로 확보할 생태적 공간이 없고, 다른 녹지공간과의 거리도 멀며, 땅값도 매우 비싸기 때문에 녹지대를 조성할 수 있는 대상지역에서 제외시키고 싶다. 그러나 남향사면의 경우는 비교적 가까운 곳에 한강이 위치하고, 남산과 한강 사이에는 남동 방향으로 응봉 근린공원과 남서방향으로 용산 가족공원이 거점녹지로 자리잡고 있다 (이 등 1998b 참조). 따라서 이 두 방향의 지역을 녹지대를 조성하기 위한 장소로 설정하고 남산과 이들 거점 녹지, 그리고 거점 녹지와 수계환경인 한강을 연결하는 녹지대, 즉 생태통로를 확보하여 green network를 구축하는 방안을 고려할 수 있겠다 (Fig. 1).

본 연구에서 선정된 핵심 녹지지역 (남산)과 거점 녹지지역 (용산가족공원, 응봉근린공원 및 한강시민공원)은 모두 공원으로 지정된 지역이다. 따라서 이들 지역은 인간의 간섭이 빈번한 지역으로서 우선 대상지역을 보전지역, 완충지역, 그리고 공원으로서의 이용지역으로 구체화할 필요가 있다. 한강시민공원을 제외하면, 각 지역은 도심으로 둘러싸인 녹색의 인공섬이고, 또한 공원으로서는 양 지역, 즉 도심과 인접한 저지대, 그리고 공원으로서는 이용이 빈번한 능선 또는 정상부에 사람들의

жат은 이용으로부터 발생하는 환경스트레스를 줄이기 위한 완충지역이 필요하다. 완충지역의 식생복원은 각 지역의 생태적 특성을 고려하여 도입할 식생의 종류를 결정하되 인접지역이 사람들에 의해 자주 이용되고 환경스트레스 또한 심한 지역임을 감안하면 교란이나 환경스트레스에 잘 견디는 종 (ruderal or stress tolerant species)을 중심으로 도입식물을 선발할 필요가 있겠다 (Grime 1979 참조).

남산의 저지대는 지형적으로 산복 내지 산록부로서 현재는 아까시나무군락이 주류를 이루고 있다. 남산과 비교하여 인위적 간섭이 적은 서울 주변의 산지에서 이러한 지소에는 졸참나무군락이나 상수리나무군락이 성립되어 있다 (Lee *et al.* 1998a). 따라서 이러한 지소의 생태적 질을 높이기 위한 복원으로는 외래식물인 아까시나무군락을 단계적으로 이러한 군락으로 대체시키는 복원방법의 적용이 필요하다. 그러나 현재 남산에서는 이러한 복원보다는 아까시나무군락의 하층에 잣나무, 전나무 등을 후계수로 도입하고 있는데, 이러한 방법으로는 생태적 질 향상에 기여할 수 없을 것이므로 상기한 방법으로서의 개선이 요구된다. 한편, 이러한 식물군락을 모방할 경우 인간간섭의 영향을 보다 효과적으로 차단하기 위한 수단으로 임연식생 (forest edge vegetation)의 도입이 반드시 필요하다. 이 지역의 임연식생은 때죽나무, 국수나무, 조팝나무 등을 주축으로 하여 조성할 수 있다 (Table 1 참조). 남산의 능선 또는 정상부에는 남산타워를 비롯하여 여러 가지 이용시설들이 자리잡고 있다. 따라서 이러한 시설들을 이용할 때 발생하는 환경스트레스를 줄이기 위한 완충지역도 필요하다. 능선부의 경우 북사면에는 신갈나무군락, 그리고 남사면에는 소나무군락이 주로 분포하고 부분적으로 아까시나무군락이나 느티나무군락이 조성되어 있다 (Fig. 1) 따라서 이 지역은 아까시나무군락을 이 지역의 생태적 조건에 부합하는 신갈나무군락으로 대체시키고 완충녹지로서 임연식생을 도입하는 방법을 적용하는 것이 좋겠다. 그러나 남산타워 주변에 조성된 느티나무군락은 생태적 조건에는 부합하지 않지만 이 지역이 사람들의 이용이 특히 빈번한 지역임을 고려하여 현재의 조건을 그대로 유지하되 인간간섭의 영향이 보전지역으로 미치는 영향을 최소화하기 위하여 임연식생의 보강이 요구된다. 임연식생으로는 팔배나무, 노린재나무, 철쭉꽃 등을 도입하면 좋을 것으로 판단된다 (Table 1 참조). 그밖에 남산에는 여러 가지 도로가 만들어져 있는데, 이러한 도로변 역시 완충지역을 필요로 한다. 이러한 부분은 그곳의 생태적

Table 1. Selected plants for restoration or creation of biotop in each green zone on green network

Area	Tree layer	Subtree layer	Shrub layer	Herb layer	Remarks
The lower area of Mt. Nam	<i>Quercus acutissima</i>	<i>Styrax japonica</i>	<i>Stephanandra incisa</i> , <i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , etc.	<i>Carex siderosticta</i> , <i>Disporum smilacinum</i> , <i>Festuca ovina</i> , etc.	Replacement of <i>Robinia pseudoacacia</i> plantation by <i>Q. acutissima</i> community is needed. These species are applicable in Eungbong urban park.
The ridge or peak parts of Mt. Nam	<i>Quercus mongolica</i>	<i>Sorbus alnifolia</i>	<i>Rhododendron Schlippenbachii</i> , <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> , <i>Lespedeza maximowiczii</i> , etc.	<i>Spodiopogon cotulifer</i> , <i>Artemisia keiskeana</i> , <i>Miscanthus sinensis</i> , etc.	These species are applicable in Eungbong urban park.
The Yongsan family park	<i>Alnus japonica</i> , <i>Zelkova serrata</i> , <i>Carpinus laxiflora</i> , <i>Quercus acutissima</i> , etc.	<i>Acer ginnala</i> , <i>Fraxinus rhynchophylla</i> , <i>Ulmus</i> spp., <i>Salix</i> spp., etc.	<i>Salix</i> spp.	<i>Disporum sessile</i> , <i>Impatiens textori</i> , <i>Persicaria thunbergii</i> , etc.	
Roadside	<i>Q. serrata</i> , <i>Quercus acutissima</i> , <i>Carpinus laxiflora</i> , etc.	<i>Styrax japonica</i> , <i>Sorbus alnifolia</i>	<i>Stephanandra incisa</i> , <i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> , <i>Ligustrum obtusifolium</i> , etc.	<i>Bromus japonicus</i> , <i>Agropyron tsukushifense</i> var. <i>transiens</i> , <i>Rumex crispus</i> , etc.	Arrangement of plants by this type is also applicable in eco-bridge.
Riverside	<i>Alnus japonica</i> , <i>Salix</i> spp., <i>Ulmus</i> spp., <i>Fraxinus</i> spp., <i>Celtis sinensis</i> , <i>Zelkoxa serrata</i> , <i>Q. aliena</i> , etc.	<i>Salix</i> spp., <i>ginnala</i> , etc.	<i>Acer</i> <i>Phragmites communis</i> , <i>Carex</i> spp., <i>Persicaria hydropiper</i> , <i>Acorus calamus</i> var. <i>angustatus</i> , etc.	<i>Typha</i> spp., <i>Miscanthus sacchariflorus</i> , <i>Salix</i> spp., etc.	Plants in tree and subtree layers are consisted of soft wood and hard wood plant zones and those in shrub and herb layers of wet land and emerged plant zones.
Ecobridge	<i>Quercus acutissima</i> , <i>Q. serrata</i> , etc.	<i>Ulmus parvifolia</i> , <i>Styrax japonica</i> , <i>Lindera obtusiloba</i> , etc.	<i>Ligustrum obtusifolium</i> , <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , etc.	<i>Carex siderosticta</i> , <i>Disporum smilacinum</i> , <i>Ainsliaea acerifolia</i> , etc.	Arrangement of plants is similar to that in roadside.

조건을 감안하여 저지대나 정상부 또는 능선부에 적용 하였던 복원방법을 선택하여 적용할 수 있다. 용산가족 공원은 현재 인공적 조경방법을 적용하여 인위적으로 꾸며지고 있는데, 그러한 부분을 일부 지역으로 제한하고, 생태공원으로 조성하면 훌륭한 거점녹지로 정착하여 해당지역 자체는 인간과 자연이 함께 호흡하는 생태공간으로 자리잡을 것이다. 그리고 거시적으로는 생태통로를 조성하여 남산 또는 한강과의 생태적 연결을 도모하면 남산을 비롯하여 이 주변의 생태적 질 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다. 자연중심의 보전지역은 남산의 경우와 마찬가지로 주변의 도심으로부터 발생하는 환경스트레스를 줄이기 위한 완충녹지와 공원이용시설로부터 오는 환경스트레스를 줄이기 위한 완충녹지 사이에

설정할 수 있다. 도입하고자 하는 자연식생은 이 지역이 평지 내지 산지 저지대임을 고려하여 오리나무군락, 느티나무군락, 또는 서어나무군락의 종조성을 모방하여 조성할 수 있겠다 (이 등 1998a, Table 1 참조). 한편, 완충녹지로는 큰 폭의 수림대를 조성할 수 있음을 가정하고 우리나라 마을 주변의 전형적인 경관요소인 상수리나무군락의 종조성을 모방하여 조성하면 좋을 것이다. 이 경우 임연식생으로는 신나무, 물푸레나무, 느릅나무, 버드나무류를 활용할 수 있을 것이다.

용봉근린공원은 남산과 동일한 생태적 조건을 가진 지역으로서 남산과 동일한 방법을 적용하여 생태적 질을 향상시킬 수 있을 것이다.

한강시민공원은 용산가족공원의 경우와 마찬가지로

인위적 조정방법을 적용하여 조성된 인위공간이 대부분을 차지하고 있다. 따라서 이 지역도 이러한 인위공간을 최소한으로 제한하고 생태공원으로 전환하면 해당지역의 생태적 질 향상은 물론 생태통로로 조성하고자 하는 녹지대를 통하여 다른 거점 녹지 또는 남산과 생태적으로 연결되면 수계환경이 절대적으로 부족한 남산의 생태적 질 향상에도 크게 기여할 수 있을 것이다. 수변식생은 수로부터 제방을 향해 정수식물대, 습생식물대, 연적식물대 (soft wood plant zone) 및 경계식물대 (hard wood plant zone)의 순서로 조성할 수 있다. 각 식물대에 도입할 식생은 Table 1과 같다. 여기에서 완충녹지는 습생식물대의 식생을 도입하여 조성할 수 있다.

한편, 이 지역의 경우 습생식물대의 일부에 작은 연못을 조성해도 좋은데, 연못 주변의 정수식물대는 갈대를 중심으로 조성하는 수로변의 것과 달리 부들, 줄 등으로 조성할 수 있다.

생태통로 조성방법은 다음과 같다. 생태통로도 지소에 따라 다른 방법이 적용되어야 한다. 그러나 기본적으로는 우선 조성하고자 하는 지역에서 Biotop의 지도화 (biotop mapping)가 이루어져야 하고, 그런 다음에는 작성된 Biotop지도를 바탕으로 그것의 질을 개선하기 위한 복원을 실행하거나 지소의 생태적 조건에 어울리는 새로운 Biotop을 창조해가면 생태통로의 역할을 담당할 녹지대를 조성할 수 있을 것이다 (杉山と進士 1995).

남산과 용산가족공원을 연결하는 녹지대는 도로변의 가로공간을 이용하는 방법을 적용해 보기로 하겠다. 현재 대부분의 도로변에는 가로수가 심어져 있다. 그러나 현재의 상태로 가로수가 생태통로의 역할을 할 수 있는 곳은 전혀 없다. 따라서 도로변의 가로공간을 생태통로로 활용하기 위해서는 그 개선이 필요한데 무엇보다도 먼저 그 폭의 확장이 필요하다. 그 폭은 유치하고자 하는 동물의 종류에 따라 다르지만 숲 내부형 식물종이 증가하는 수준인 15 m 이상을 확보하는 것이 좋다 (杉山と進士 1995). 따라서 특정 지역에 조성된 가로공원 정도의 폭이 확보되어야 한다. 그리고 이러한 폭 또는 그 이상을 확보할 수 있는 지역에서는 조성하고자 하는 생태통로의 가장자리에 그것의 중앙부보다 높게 소구릉 (mound) 형태로 흙을 쌓아 올리고 식재하면 생태통로의 내부에서 보다 높은 완충효과를 기대할 수 있을 것이다 (杉山と進士 1995). 그러나 이것이 불가능할 경우 기존의 가로공간을 최대한으로 활용하는 방법도 생각할 수 있다.

즉, 기존의 가로공간은 가로수가 일렬로 식재되어 있고, 그 밑에는 관목이 심어져 있는 경우가 있는가 하면, 하층식생을 전혀 갖고 있지 않은 경우도 있다. 이러한 상태의 가로공간은 생태통로로서의 역할을 전혀 기대할 수 없을 것이다. 따라서 이러한 장소가 생태통로로서의 기능을 발휘하기 위해서는 더 넓은 가로공간을 확보하고 그 공간에 가로수를 2열 이상으로 식재하거나 기존의 가로수를 재배치하여야 한다. 전자의 경우 삼림식생의 구조를 모방하여 하층식생을 복원하고, 후자의 경우 현재의 가로수 역할을 하는 큰 나무를 도로변 가로공간의 중앙에 배치하고 그것을 중심으로 양옆으로는 가장자리로 갈수록 높이가 낮아지도록 아교목, 관목 및 초본의 순서로 다양한 식물을 가능한 밀식이 되도록 배식하면 그들에 의해 숲 내부에서 완충효과를 기대할 수 있을 것이다 (Fig. 2).

한편, 조성된 생태통로의 기능이 제대로 발휘되기 위해서는 식재식물의 종류도 지금의 상태에서 바뀌어야 한다. 즉, 현재 서울시에서 가로수로 이용된 식물의 종류는 양버즘나무와 은행나무가 대부분을 차지하고 있는데 (이 등 1994), 이들은 외래종이거나 생태적 환경에 어울리지 않는 종으로서 자생종이고, 지소의 생태적 조건과 어울리는 종으로 대체되어야 한다. 본 연구에서 생태통로를 조성하고자 하는 장소는 산록 이하의 지역으로서 도입되어야 할 식생은 졸참나무군락, 느티나무군락, 서어나무군락, 또는 오리나무군락의 구성종들에 해당될 것이다 (이 등 1997 참조).

이러한 식생의 도입에 더하여 다음의 몇 가지 사항을 추가로 고려한다면 보다 나은 생태통로의 역할을 기대할 수 있을 것이다.

첫째, 조류와 곤충류를 보호하기 위한 방법으로 도로 주변에 키가 큰 나무를 심어 놓으면, 그것은 도로 위를 통과하는 조류나 곤충류가 비행 고도를 확보하는데 도움이 될 수 있다. 특히 도로의 조명은 특정한 곤충을 유인하는 데 도움이 되는 것도 있지만 일반적으로는 빛에 유인되는 곤충류에게 대량 죽음의 원인이 되기도 하기 때문에 철저하게 고려하여야 할 사항이다. 둘째, 양서류를 보호하기 위한 방법으로 이들의 산란 연못을 만들거나 그들이 편리하게 이동할 수 있도록 하기 위하여 표면에 토양과 낙엽을 깔고 물을 뿌려주는 등의 배려를 하여야 한다. 셋째, 포유류를 보호하기 위한 방법으로는 가능한 한 폭이 넓고 밀생한 완충녹지를 확보하여 안락한 조건의 생태통로를 만들어야 한다.

한편, 남산과 응봉근린공원 사이, 응봉근린공원과 한

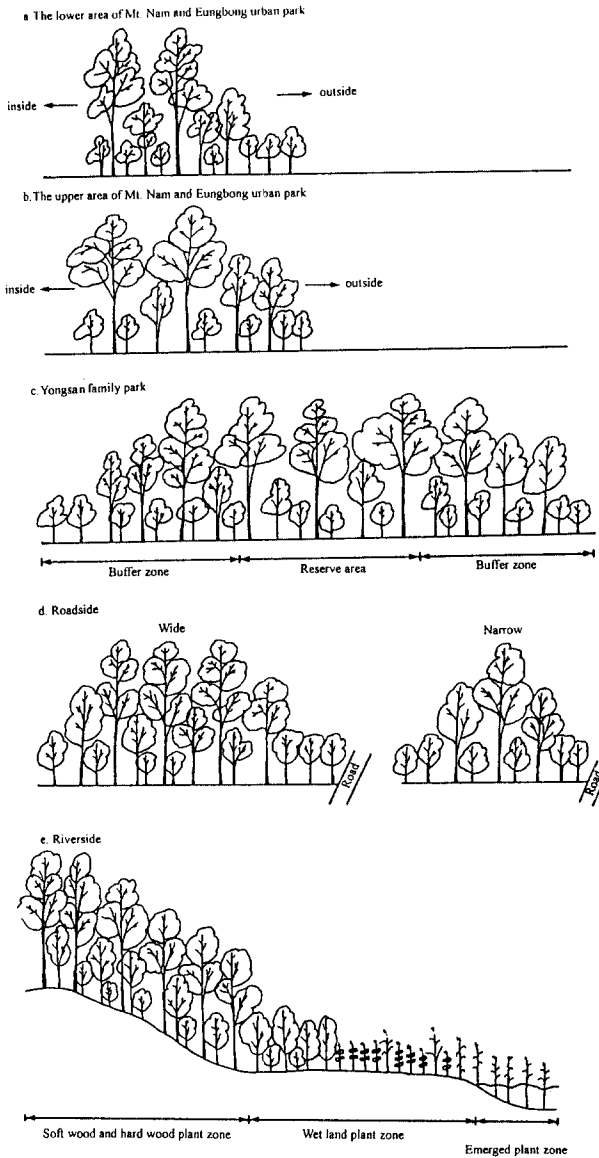


Fig. 2. Profile of vegetation arranged for restoration or creation of biotope in each green zone. Plant species to be introduced in each green zone are listed in Table 4 by vegetation layer.

강 사이, 그리고 용산가족공원과 한강 사이의 생태통로 조성 예정지역은 도로나 전철 철로가 가로지르는 지역이고, 특히 응봉근린공원과 한강 사이는 삼림이 절벽 형태로 잘려진 곳으로서 양 지역을 연결하는데 식생의 성립기반으로 인공구조물을 도입하여야 한다. 인공구조물을 도입할 경우에는 도입식물의 식재기반으로 토양을 함께 도입하여야 하는데 토양은 삼림토양의 단면을

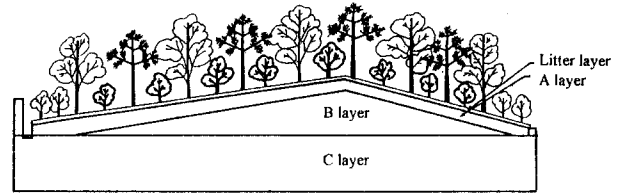


Fig. 3. Mound to be used as base for planting in eco-bridge.

고려하여 A층, B층, 그리고 C층의 층구조를 갖추어 동시에 1 m 이상의 토심이 갖추어질 수 있도록 설계되어야 한다 (Fig. 3). 식생의 도입은 도로변의 정비기법과 유사한 방법을 적용한다.

이상 생태통로의 역할을 할 수 있는 녹지대 조성방법을 논의하였는데, 현실적으로 어려움이 많은 것이 사실이다. 따라서 보다 현실적인 방법을 찾아야 하는데, 이러한 green network 조성사업에서 가장 좋은 방법은 다른 개발사업에 우선하여 녹지대 조성지역을 확보하는 것일 것이다. 현재 서울에서는 여러 지역에서 재개발사업이 활발하게 진행되고 있는데, 본 연구에서 green network 조성대상지역으로 삼고 있는 지역도 그러한 가능성이 높은 지역이다. 따라서 이러한 재개발사업을 진행할 때 미리 green network 조성계획이 반영된다면 보다 생태적 질이 높은 녹지대를 조성할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 이러한 배려가 이루어지기 위해서는 정책의 입안자와 결정자의 높은 생태학적 식견과 의지, 그리고 미래를 내다보는 혜안이 절대적으로 필요하다.

지금까지 설명된 복원계획에서는 지소 고유의 식물군락을 도입하는 방법에 중점을 두어 설명하였다. 이러한 복원계획은 적합하고 일반적인 방법으로 널리 인정되고 있는데, 그것은 식물이 군락의 생물량의 대부분을 차지하고, 그 군락을 이루는 다른 생물들이 살아가는데 필요한 구조적 기반을 제공하는데 기인한다. 그러나 복원을 보다 성공적으로 이끌기 위해서는 군락을 이루는 다른 구성원을 도입하는 문제에도 많은 관심을 가질 필요가 있다. 유기물의 분해와 염류순환에서 중요한 역할을 하는 균근균과 박테리아, 토양의 구조 형성에서 중요한 역할을 하는 토양무척추동물, 식물 사이의 경쟁을 완화시켜 종다양성을 유지하는데 중요한 역할을 하는 초식동물, 그리고 종자산포, 곤충의 포식자, 토양기생동물로 중요한 역할을 하는 척추동물을 적극적으로 도입하여야 한다. 이 경우, 소동물과 미생물은 토양과

함께 도입할 수 있고, 대형동물과 지상의 무척추동물은 포획하여 도입하는 방법을 적용할 수 있다 (Primack 1995). 그러나 이 경우에는 보존생태학 (conservation ecology)의 측면에서 도입종의 문제로 자주 거론되었던 도입종의 포식자 또는 해충으로서의 영향으로 토착생물의 절멸과 같은 예기치 않은 문제가 발생하므로 철저한 연구가 뒷받침된 상태에서 조심스럽게 적용되어야 한다 (Primack 1995).

생태계 수준에서의 복원

남산지역을 경관구조의 측면에서 보면, 경관요소 유형 (landscape element type)은 이차림 요소 (secondary forest element)와 식재림 요소 (introduced element)로 대별된다 (이 등 1998b). 이차림 요소의 주요 구성원을 보면, 신갈나무군락과 소나무군락으로 대별되고, 식재림 요소는 아까시나무군락이 주류를 이루고 있다. 본 연구의 생태계 수준의 복원에서는 그 목표를 지소의 자연성 회복에 두었기 때문에 각 경관요소의 천이경향에 바탕을 두고 복원의 방법을 언급하기로 하였다.

남산에서 이차림 요소로서 가장 넓게 분포하는 소나무군락과 신갈나무군락을 선택하여 각각의 천이경향을 분석한 결과 (이 등 1998b), 식생의 천이는 대조지역과 달리 퇴행천이의 경향을 보였다. 따라서 식생의 복원은 이 점에 초점을 맞추어야 할 것이다.

복원을 성공적으로 실행하기 위해서는 그 계획의 수립에 앞서 훼손된 생태계가 성립된 배경을 검토하여야 한다 (이 1996). 본 연구에서는 남산에서 나타난 이러한 퇴행천이 경향의 발생원인을 환경오염, 특히 대기오염과 그것에 기인한 토양오염과 과도한 인간간섭에서 찾고자 한다. 전자의 근거는 남산지역의 토양의 산성화 실태 (이 1995, 성 등 1998, 이 등 1998)로부터 확인할 수 있고, 후자의 근거는 이러한 퇴행천이의 경향이 숲의 내부지역과 비교하여 숲 가장자리 (forest edge)에서 더 심한 데서 찾을 수 있겠다. 토양산성화의 원인은 대기오염물질의 유입에 따른 결과로 해석될 수 있다 (김 1991, 류 1994, Lee *et al.* 1998c). 이러한 대기오염물질은 토양으로 유입되기 전에 식생과 접하게 되는데, 그 중에서 교목층을 이루는 식물이 가장 먼저, 그리고 가장 큰 영향을 받게 될 것이다. 따라서 대기오염이 심한 공업단지 주변의 경우 오염의 영향에 따라 식생의 계층구조가 결정된다 (Freedman, 1986, 이 1992, 최 등 1993, 김 등 1994). 즉 오염이 심한 오염원 인접지역으로부터 오염원

밖으로의 거리에 따라 분포하는 식생의 계층구조는 초지, 관목림지 및 교목림지의 순서로 나타나 오염의 영향으로 상층의 식생이 소실되었음을 알 수 있는데 (이 1992, 최 등 1993, 김 등 1994), Freedman (1986)은 이러한 현상을 “식생의 껍질이 벗겨진다”는 표현으로 설명하고 있다. 그러나 공업단지와 비교하여 그 정도가 낮은 도시지역에서 빠른 시간내에 이와 같이 급격한 변화는 나타나지 않았지만 도시지역의 오염이 만성적으로 지속되고 있음을 감안하면, 특히 식생의 상층을 이루는 식물은 만성적인 대기오염에 노출되고, 그 결과 식생의 활력도 저하와 그것에서 비롯된 수관의 울폐도 저하를 가정할 수 있다. 이러한 일련의 과정은 숲내부에서 광조건의 변화를 유발하게 될 것이고, 이러한 광조건의 변화가 아교목층 형성식물로서 양수인 팔배나무나 때죽나무의 번성을 야기하였을 것으로 판단된다 (이 등 1997, Lee *et al.* 1998a). 이와 같은 원인으로 인하여 번성한 팔배나무나 때죽나무는 어떤 식물의 수관하에서 생육하는 비내음성종의 생육특성상 밀도가 높은 수관을 발달시켜 유입되는 빛을 심하게 차단하여 임상의 광강도를 낮추게 된다 (이 및 김 1989 참조). 그 결과 하층식생의 활력도가 저하되거나 고사되어 식생구조의 단순화 또는 종조성의 변화를 가져온다 (이 등 1997, Lee *et al.* 1998a). 남산지역에서 신갈나무 유목의 출현빈도가 낮은 것은 이러한 일련의 과정과 관계될 것이다.

한편, 이러한 식생의 오염피해는 대기오염의 영향뿐만 아니라 토양오염에 의해서도 야기될 수 있다. 즉, 산성화된 토양에서는 일반적으로 필수이온인 Ca과 Mg함량이 감소되고, 그 뒤를 이어 독성이온인 Al함량이 증가하게 되는데 (김 1991, 류 1994, 이 등 1997, Lee *et al.* 1998b), 이러한 토양의 이화학적 특성 변화도 그러한 변화가 토양환경을 악화시키는 경향임을 고려하면, 식생천이를 역행시키는 방향으로 작용할 것으로 예측된다.

따라서 복원은 이러한 현상을 억제하는 차원에서 진행되어야 할 것이다. 대기오염의 문제는 본 논문에서 논의할 수 있는 범주를 넘어서기 때문에 논의사항에서 제외하기로 하고, 본 논문에서는 식생의 관리와 토양개량에 중점을 두어 복원을 논의하고자 한다.

식생측면에서의 복원방법으로는 하층식생의 회복을 유도하여 천이의 방향을 정상적인 방향으로 되돌리기 위한 수단으로 번성한 팔배나무나 때죽나무의 간벌을 추천하고 싶다. 팔배나무나 때죽나무가 번성한 곳에서 그 밀도는 100 m²당 수십개체가 되는 경우도 있는데, 간벌시 잔존 개체는 동일면적에서 10개체 이내가 되도

록 한다. 그러나 이러한 방법을 적용할 때 다른 식물에 그 영향이 미치는 것을 최소화할 수 있도록 각별한 주의가 요구된다. 특히 본 남산지역에서는 소나무림을 비롯한 여러 가지 형태의 식생에서 과도한 원위적 간섭간섭이 식생의 단순화를 가져오고, 그 영향으로 외래식물의 번성을 유도하였던 점을 고려하면, 이러한 복원방법은 신중한 적용이 요구된다고 할 수 있겠다.

복원의 또 다른 방법으로는 산성화된 토양을 개량시키는 방법을 택할 수 있다. 산성토양의 개량제로는 석회(lime)가 주로 사용되어 왔으나 산성화지역에서 결핍되기 쉬운 Mg를 보충하고 식물의 성장에서도 보다 나은 효과를 보인 돌로마이트(dolomite)를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다(김 등 1994, 1995, 문 등 1997 참조). 그러나 이러한 개량제(석회)를 실제 적용한 곳에서 보면, 그것이 과도한 양으로 시비되어 오히려 문제를 야기한 경우도 볼 수 있다. 예를 들면, 외래식물이 번성하거나, 시비된 석회가 해당지역에서 유출되어 주변의 수계생태계에 영향을 미칠 가능성이 있으며, 지하수 오염 등도 우려되고 있다. 따라서 토양개량제를 적용하기 위해서는 적정시비량을 결정할 필요가 있는데, 김 등(1994, 1995)은 ha당 1~1.5kg을 적정시비량으로 추천하고 있다. 그밖에 토양표면에 분말상태로 시비될 경우 표토에서 갑작스런 토양 pH의 변화로 인한 영향도 우려되므로 이러한 영향을 줄이기 위하여 삼림토양과 혼합하여 시비하는 방법도 고려해 볼 수 있겠다. 한편, Lee *et al.* (1998b)은 도시하수처리과정에서 발생한 슬러지(sludge)의 오염토양 개량효과를 밝히고 있는데, 돌로마이트, 슬러지 및 삼림토양을 혼합하여 시비하는 방법도 큰 효과를 발휘할 것으로 기대된다.

적 요

남산의 생태적 질을 향상시키기 위한 복원은 남산과 그 주변의 토지이용실태를 경관생태학적으로 분석하여 경관수준에서의 복원방안과 각 경관요소의 생태적 특징을 분석하여 각각이 위치한 지소에서 그것의 생태적 기능을 회복하기 위한 생태계 이하 수준에서의 복원방안으로 구분하여 검토하였다.

남산의 생태적 질을 향상시키기 위한 복원계획으로 남산→용산가족공원→한강에 이르는 녹지대와 남산→용봉근린공원→한강에 이르는 녹지대를 조성하여 green network를 구축하는 경관수준에서의 복원방안이 제시되었다. 또한, 이러한 green network를 이루는 녹지대를

그 생태적 특징에 따라 핵심 녹지지역(남산), 거점 녹지지역(용산가족공원, 용봉근린공원 및 한강시민공원) 및 이들 지역을 연결하는 생태통로로 구분한 후 각 지역의 생태적 질을 향상시키기 위한 Biotop 복원 및 창조방안이 복원생태학적 원리를 원리를 바탕으로 검토되었다.

인 용 문 헌

- 김준호. 1987. 파괴된 자연의 회복. 자연보호 10: 16-19.
 김준호. 1991. 환경오염에 의한 삼림의 쇠퇴징후. 도시·산림·환경 심포지움. 한국조경학회·산림청 임업연구원. pp. 3-25.
 김준호, 문형태, 이창석, 류태철, 유영한, 이규송, 김종욱, 이훈복, 김기대, 구연봉, 박상규, 김경범, 황보준권, 표재훈, 류혜자, 류훈, 길지현, 이지영. 1994. 대기오염 및 산성비에 대한 내성종과 Bioindicator의 선별. 육종·개발. 선도기술개발사업. 제2차년도 보고서. 환경처. 180p.
 김준호, 문형태, 이창석, 조도순, 광영세, 류태철, 유영한, 이규송, 김종욱, 이훈복, 박상규, 황보준권, 류혜자, 표재훈, 류훈, 길지현, 이지영, 지광재, 김창기, 김진영, 박주연. 1995. 대기오염 및 산성비에 대한 내성종과 Bioindicator의 선별. 육종 개발. 최종보고서. 서울대학교 자연과학 종합연구소. 환경부. 353p.
 류태철. 1994. 수도권 지역에서 산상 강하물에 의한 리기다소나무림 쇠퇴의 기구와 회복. 서울대학교 이학박사학위논문. 219p.
 문형태, 박병규, 김준호. 1997. 산성토양 개량제 처리에 따른 식물의 성장반응과 토양 성질의 변화. 한생태지 20 (1): 43-49.
 서울특별시. 1992. 남산 제모습 가꾸기 기본계획. 서울특별시. 238pp
 성치남, 백근식, 오윤경, 전영문, 김정근, 김종홍. 1998. 남산 토양 미생물의 분포 및 생리적 특성. 한생태지. (제출중)
 이경재. 1995. 남산의 생태적 복원기술. "광복 50주년 기념 남산 제모습 찾기 학술발표회" Proceedings. pp. 103-111. 산림청.
 이경재, 김성균, 이충화, 조치웅. 1994. 서울시 가로수의 배식유형 및 활력상태. 임업 연보 49: 15-23.
 이창석. 1992. 대기오염으로 파괴된 식생의 복원에 대한 연구. 한국과학재단지원. Post-Doc. 연수보고서.

- 70p.
- 이창석. 1996. 복원생태학의 원리를 이용한 자연보전. 자연보존 94: 15-21.
- 이창석, 김홍은. 1989. 천연하중 갱신된 소나무림의 동태. 충북대학교 농업과학연구
- 이창석, 유영한. 1997. 자연친화적 산지개발을 위한 생태학적 고찰. 산지환경 1: 19-38.
- 이창석, 홍선기, 한동열. 1997. 서울의 식생. 산림생태계 조사보고서. 서울특별시. 광역식생 편.
- 이창석, 박현숙, 유영한, 홍선기. 1998a. 묵논의 식생천이에 관한 연구. 서울여자대학교 자연과학연구논문집 10: 29-43.
- 이창석, 조현제, 문정숙, 김재은, 이남주. 1998b. 남산의 생태학적 진단. 한생태지. (제출중)
- 이호준, 전영문, 정홍락, 길지현, 홍문표. 1998. 남산자연공원의 식물군락분류와 토양환경. 한생태지. (제출중)
- 임경빈. 1995. 서울 남산의 나무와 숲 그리고 문화. - 남산 제모습 설정의 시도 - "광복 50주년 기념 남산 제모습 찾기 학술발표회" Proceedings. pp. 115-131. 산림청.
- 최덕일, 김준호, 문형태, 조도순, 이창석, 정성웅, 허인애, 신정섭, 광영세, 유태철, 유영한, 이규송, 김종욱, 이기현, 홍순신, 최인영, 이훈복, 김기대, 구연봉, 박상규, 김경법. 1993. 대기오염 및 산성비에 대한 내성종과 Bioindicator의 선발육종 개발. 선도기술개발사업. 제1차년도 보고서. 환경처 및 과학기술처. 136p.
- 國際生態學研究センタ. 1995. 環境保全林 形成のための理論と實踐. 國際生態學 研究センタ. 194p.
- 東京都. 1996. みどりのフィンガブレ. 東京都. 83p.
- 杉山惠一, 進士五十八. 1995. 自然環境の技術. 朝倉書店. 東京. 170p.
- Aronson, J., C. Floret, E. Le floc'h, C. Ovalle and R. Pontanier. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. Restoration Ecology 1: 8-17.
- Berger, J.J. 1993. Ecological restoration and nonindigenous plant species : A review. Restoration Ecology 1: 74-82.
- Bradshaw, A.D. 1984. Ecological principles and land reclamation practice. Landscape Planning 11: 35-48.
- Cairns, J., Jr. 1988a. Rehabilitating damaged ecosystems I. CRC press, Inc. Boca Raton. 192p.
- Cairns, J., Jr. 1988b. Rehabilitating damaged ecosystems II. CRC press, Inc. Boca Raton. 222p.
- Farina, A. 1998. Principles and methods in landscape ecology. Chapman and Hall, London. 235p.
- Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaic: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press. 632p.
- Forman, R.T.T. and M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley, 620p.
- Freedman, B. 1986. Environmental ecology : The impacts of pollution and other stress on ecosystems structure and function. Bill Freedman, Canada. 424p.
- Grime, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. Wiley, New York.
- Grumbine, E.R. 1994. Environmental policy and biodiversity. Island Press, Washington, D.C.
- Hansson, L. L. Fahrig and G. Merriam. 1995. Mosaic landscapes and ecological processes. Chapman and Hall, London.
- Hobbs, R.J. and D.A. Saunders. 1991. Reintegrating fragmented landscape-a preliminary framework for the western Australian Wheatbelt. J. Environ. manage. 33: 161-167.
- Jordan III, W.R., M.E. Gilpin and J.D. Aber. 1987. Restoration ecology : ecological restoration as a technique for basic research. In W.R. Jordan III, M.E. Gilpin and J.D. Aber (eds.), Restoration ecology : A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 3-21.
- Lee, C.S., S.K. Hong and Y.H. You. 1998a. Landscape ecological studies on green-belt zone in the Metropolitan area of Seoul, Korea. The 1st landscape ecology forum "Landscape ecology: principle, concept, and application" Proceedings pp. 9-25.
- Lee, C.S., J.Y. Kim and Y.H. You. 1998b. Amelioration of soil acidified by air pollutant around the Industrial Complexes. Korean J. Ecol. 21(4):

- 313-320.
- Lee, C.S., J.H. Kil and Y.H. You. 1998c. Histological damage and growth inhibition of *Pinus densiflora* around the Metropolitan area of Seoul. *Korean J. Ecol.* 21(2): 125-131.
- National Research Council. 1991. The restoration of aquatic ecosystems: science, technology, and public policy. National Academy Press, Washington, D.C.
- Noss, R.F. and A.Y. Cooperrider. 1994. Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity. Island Press, Washington, D.C.
- Odum, E.P. 1983. *Basic Ecology*. Saunders College Publishing, New York.
- Primack, R.B. 1995. *A primer of conservation biology*. Sinauer Associates Inc., Sunderland. 277p.
- Urban, D.L., R.V. O'Neill and H.H. Shugart Jr. 1987. Landscape ecology. *BioScience* 37: 119-127.
- (1998년 7월 10일 접수)