

화력발전소 주변의 착생지의류 분포

김종갑* · 이충규¹ · 이정환² · 박은희² · 오기철

경상대학교 산림과학부, ¹경남산림환경연구원, ²경상대학교 농업생명과학연구원

적 요: 수목착생지의류를 이용한 대기환경의 오염영향을 파악하기 위하여 대기오염이 예상되는 삼천포 화력발전소를 중심으로 지의류의 분포와 IAP를 조사하였다. 조사지에서 생육하고 있는 지의류의 종 수는 27종이었다. 화력발전소에서 4km 이내 지역에서는 4종-6종이 분포하였으며, 피도도 낮았다. 화력발전소에서 멀어질수록 종 수 및 피도가 증가하였다. 대기오염에 민감한 *Parmelia tinctorum*은 발전소를 중심으로 4 km 이내에서는 출현되지 않아 대기오염에 민감한 종으로 판단되었다. *Lepraria* sp., *Parmelia austrosinensis*, *Dirinaria applanata* 3종은 빈도 13.40%로 전 조사지에서 출현되어 대기오염에 내성이 있는 것으로 조사되었다. IAP는 사동등알산, 석산개발, 발전소 등에서 대조지역인 연화산 지역보다 4배 이상 낮게 나타나 대기환경이 좋지 못한 것으로 조사되었으며, 발전소에서 멀어질수록 IAP가 높게 나타났다.

검색어: 대기오염, 지의류, 피도, IAP

서 론

대기환경에 다수의 오염물질이 공존하는 경우 생물체에 대한 영향은 매우 복잡하여 각각의 오염물질을 측정하는 것만으로는 그 영향을 정확히 파악하기 어렵다. 따라서 대기오염에 대한 생물학적인 모니터링은 화학적인 방법을 보완해 주는 유용한 방법이다.

균류와 조류의 공생체인 지의류는 세계 어느 곳이나 분포하고 있으며, 지구상에는 총 22,000-23,000여종이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다(Hale 1883). 우리나라에는 현재 400여종의 지의류가 분포하는 것으로 보고(Park 1990)되었으며, Moon(1997)은 설악산 지역에 239종의 지의류가 분포한다고 보고하였으나 이에 대한 연구는 매우 미미한 편이다.

지의류는 생활의 기반을 대기와 강우 또는 이슬에 의존하는 생활양식을 취하고 있기 때문에 토양조건과는 무관하다. 따라서 대기오염의 생물지표로서 유용하다고 할 수 있다.

지의류가 도시화 지역에서 소멸되고 있는 현상에 대하여는 이미 Nylander(1866)에 의해 최초로 보고되었지만, 도시의 지의류에 대한 본격적인 연구가 시작된 것은 유럽에서 1960년 전후이었다.

지의류는 유럽 등에서 대기오염, 즉 SO₂와 관련하여 환경오염 지표생물로서 연구되어지고 있으며(Nimis *et al.* 1990, Rope and Pearson 1990, Diamantopoulos *et al.* 1992, Levin and Pignata 1995, 추와 김 1998a,b), 최근에는 1차 오염물질(SO₂, NOx 등)과 2차 오염물질(오존 등)의 복합적인 대기오염에 대한 생물학적 지표로서의 연구도 다양하게 이루어지고 있다(Everman and Sigal 1987, Gonzalez and Pignata 1997, Menzel 1979, Scheidegger

and Schroeter 1995, 허와 김 2000). 일본에서도 지의류와 대기오염과의 관계를 연구해 오고 있으며, 특히 종 조성 차이에 의한 식생도 방법(Taoda 1972), 지의류에 의한 대기청정도 지수(IAP)로서 대기환경 평가하는 방법(小村과 村田 1984, 中川과 光木 1990, 南 1993) 등, 다양하게 지의류와 대기오염과의 관계, 지의류의 지표성에 관한 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 삼천포화력발전소의 주변에 생육하고 있는 착생지의류의 분포를 기초로 대기 청정도 지수와 대기오염에 대한 지표성을 검토하여 생물학적 환경평가 기법으로서 유용성과 그 가능성을 검토하고자 한다.

재료 및 방법

조사지 개황

삼천포화력발전소는 행정구역상 경남 고성군 하이면 덕포리의 해안가에 위치하고 있으나 삼천포항과 경계지역에 위치하고 있어 삼천포시내와 가까운 거리에 있다(Fig. 1).

삼천포화력발전소는 1983년과 1984년에 1, 2호기 건설을 시작으로 1997과 1998년에 5, 6호기를 완성하여 현재 324만 kW를 발전하고 있는 대규모 화력발전소이다. 사용연료는 연소과정에서 SO₂ 및 NOx의 대기오염이 많이 발생할 것으로 예상되는 유연탄을 주로 사용하고 있다.

화력발전소 주변과 발전소로부터 원거리에 위치한 지역의 지의류 분포를 비교하기 위하여 조사지는 화력발전소 주변 4개 지역과 발전소에서 거리별 6개 지역을 Fig. 1과 같이 조사지로 선정하였다.

Fig. 1에서 본 연구의 조사지는 삼천포화력 발전소 뒷산, 석산 개발지, 사동등 알산, 노산공원 등 발전소 주변 지역 4개 지역

* Corresponding author; Phone: 82-55-751-5492, e-mail: jkabc@nongae.gsnu.ac.kr

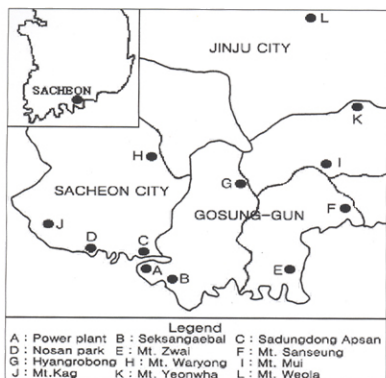


Fig. 1. A map showing the survey areas.

Table 1. The general condition on the survey areas

Site	Altitude (m)	Aspect	Slope (°)	Disrance from power plant (km)
Power plant	30	ES	25	0.1
Saksangaebal	20	E	5	2.0
Sadungdong Apsan	90	S	15	2.2
Nosan park	30	ES	10	4.0
Mt. Zwai	420	S	20	6.5
Mt. Sanseung	155	N	25	11.2
Hyangrobong	580	S	30	7.0
Mt. Waryong	799	SW	30	8.5
Mt. Mui	548	SW	20	11.5
Mt. Kag	399	S	35	7.0
Mt. Yeonhwa	477	NW	30	25.0
Mt. Weola	489	SW	40	41.0

과 좌이산, 산성산, 무이산, 향로봉, 각산, 와룡산 등 발전소에서 거리별로 6개 지역, 총 10개 지역을 선정하였으며, 대조지역으로 비교적 청정지역으로 생각되는 고성군 연화산과 진주시 월아산을 선정하여 2000년 8월부터 2001년 7월까지 지의류를 조사하였다(Table 1).

조사방법

1) 방형구 설정

생육환경조건을 가능한 한 균일하게 하기 위해서 조사지점내의 사찰이나 묘지 주위의 수목 및 바위에 생육하는 착생지의류를 조사하였다. 지의류가 가장 많이 생육하는 위치에 미리 제작된 직경별 소방형 틀을 이용하여 400 cm² 내에 있는 지의류의 피도를 구하였다. 수목의 직경에 따라 소방형 틀을 다르게 제작하였다. 즉 직경이 50 cm 이상인 수목에는 20×20 cm 방형 틀, 직경이 50-30 cm 인 수목에는 10×40 cm 방형 틀, 직경이 30 cm 이하인 수목에는 5×80 cm 방형 틀을 제작하여 피도를 구했다(Muhle and LeBlanc 1975).

각 조사지에서 5개의 방형구를 설정하여 출현종 및 피도를 구하였다.

2) 지의류의 생육분포 조사

(1) 지의류의 출현 종 조사

출현 종에 대한 종 동정은 Yoshimura(1987)과 Hale(1979)의 분류문헌을 이용했다.

(2) 지역별 평균 피도 조사

조사지점의 피도와 각각 종에 따른 피도는 Muhle과 LeBlanc(1975)의 방법에 따라 소방형틀 내에서 피도를 5계급(I: 1-5%, II: 6-25%, III: 26-50%, IV: 51-75%, V: 76-100%)으로 나누어 조사 기록했다.

3) 대기청정도지수(IAP: Index of Atmosphere Purity) 평가

대기환경의 청정도를 평가하기 위하여 착생지의류의 피도에 의한 각 조사지점의 IAP를 산출하였다. IAP는 LeBlanc와 De Sloover(1970)에 의해 제창된 것으로 지점별 출현 전 종에 대해 종마다의 생태지수와 피도로서 이루어진 아래의 공식에 의해서 산출하였다.

$$IAP = \sum I_i^Q \times F$$

단) n: 출현종 수

Q: 특정 종과 공존하는 지의류의 종 수를 특정 종이 나타난 전 조사 지점으로 나눈 평균지 (생태지수)

F: 종의 피도 계급치 (I ~ V의 5계급)

결과 및 고찰

지의류의 분포

1) 조사지별 지의류의 출현 종 및 빈도

본 연구의 전 조사지에서 출현하는 지의류의 분포를 알아보기 위하여 전 조사지역에서 출현되는 수목착생지의류의 출현종과 출현 빈도를 살펴본 결과는 Table 2와 같다.

전 조사지에서 출현된 지의류는 총 27종으로 나타났다. 대기 오염에 내성이 있는 *Lepraria* sp., *Parmelia austrosinensis*, *Dirinaria*

Table 2. Species and frequency of epiphytic lichens growing in survey areas

Species	Frequency (%)	Species	Frequency (%)
<i>Lepraria</i> sp.	13.40	<i>Physcia imbricata</i>	1.03
<i>Parmelia austrosinensis</i>	13.40	<i>Dirinaria applanata</i>	13.40
<i>Parmelia mexicana</i>	6.19	<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	3.09
<i>Parmelia tinctorum</i>	7.22	<i>Xanthoria mandschurica</i>	1.03
<i>Parmelia clavulifera</i>	2.06	<i>Pyxine endochrycina</i>	2.06
<i>Parmelia aptata</i>	1.03	<i>Physcia hirtuosa</i>	1.03
<i>Parmelia dissecta</i>	1.03	<i>Umbilicaria esculenta</i>	1.03
<i>Parmelia caperata</i>	1.03	<i>Umbilicaria kisovana</i>	1.03
<i>Buellia crocata</i>	1.03	<i>Ramalina yasudae</i>	6.19
<i>Caloplaca scopularis</i>	5.15	<i>Placynthium nigrum</i>	1.03
<i>Candelariella vitellina</i>	2.06	<i>Dermatocarpon minutum</i>	1.03
<i>Pertusaria velata</i>	3.09	<i>Lecanora</i> sp.	5.15
<i>Pertusaria subobductans</i>	5.15	<i>Candelaria concolor</i>	1.03
<i>Placopis cribellans</i>	1.03		
Total		27	100

applanata 3종(中川 1993)은 빈도 13.40%로서 가장 높았으며, *Parmelia aptata* 등 13종은 1회씩 출현되어 빈도가 가장 낮았다. 이는 울산, 온산공단(추와 김 1998)의 16종 보다 많이 출현되었다. 또한 *Lepraria* sp.는공단 지역 주변에서 출현 빈도가 높다는 보고(中川 1993)와도 유사한 결과였다.

2) 지역별 출현 종의 피도

조사지역 별 수목착생지의류의 생육 분포를 용이하게 비교할 수 있도록 하기 위해 조사지의 착생지의류별 피도 계급을 부여하여 살펴본 결과는 Table 3과 같다.

발전소 주변 4개 지역(발전소 뒷산, 석산개발, 사동동 앞산, 노산 공원)에서는 4~6종의 지의류가 출현하였으며, 피도도 I~II계급으로 낮게 나타났다. 반면 발전소에서 멀어질수록 종 수가 증가하였으며 피도도 높게 나타났다. 이는 여천공단에서는 공단에서 멀어질수록 지의류의 출현 종 수가 증가하였다는 보고(유 등 1995)와 유사하였다.

사동동 앞산에서 가장 적은 4종이 나타난 것을 비롯하여, 화력발전소 주변 지역에서는 6종 이하로 낮게 나타났다. 반면 와룡산과 무이산 지역에서는 각 10종으로 나타나 비교적 많이 나타났으며, 대조지역인 연화산은 12종으로 가장 많이 나타났으나 월아산은 9종으로 와룡산 지역보다 적게 나타났다.

월아산에서 적게 나타난 이유는 도시지역인 진주시와 가깝고 고도효과와 인접하여 도시의 오염과 차량매연의 영향으로 사료

Table 3. The coverage of each species in each site

Species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
<i>Lepraria</i> sp.	II	I	II	II	I	I	II	II	I	II	V	IV
<i>Parmelia austrosinensis</i>	I	II	I	II	II	I	I	III	III	I	II	I
<i>Parmelia mexicana</i>	I	I		I		I		III		III		
<i>Parmelia tinctorum</i>					I	I	I		I	I	III	I
<i>Parmelia clavulifera</i>	I								I			
<i>Parmelia aptata</i>												I
<i>Parmelia dissecta</i>								I				
<i>Parmelia caperata</i>												I
<i>Buellia crocata</i>	I											
<i>Caloplaca scopularis</i>			I			I		I	II		I	
<i>Candelariella vitellina</i>	I			II								
<i>Pertusaria velata</i>				II				III	II			
<i>Pertusaria subobductans</i>						I		IV		II	III	IV
<i>Dermatocarpon minutum</i>									I			
<i>Physcia imbricata</i>												I
<i>Dirinaria applanata</i>	I	I	I	III	I	II	III	III	II	I	I	II
<i>Stereocaulon vesuvianum</i>				III						II	I	
<i>Xanthoria mandschurica</i>								II				
<i>Pyxine endochrycina</i>					I	II						
<i>Physcia hirtuosa</i>					I							
<i>Umbilicaria esculenta</i>									I			
<i>Umbilicaria kisovana</i>										I		
<i>Ramalina yasudae</i>			I	I		II		I	II	I		
<i>Placynthium nigrum</i>									I			
<i>Lecanora</i> sp.										I	I	II
<i>Candelaria concolor</i>												I
<i>Placopis cribellans</i>												I
No. of Species	6	5	4	6	9	8	6	10	10	8	12	9

Note) A; Power plant, B; Seksangaebal, C; Sadungdong Apsan, D; Nosan park, E; Mt. Zwai, F; Mt. Sanseung, G; Hyangrobong, H; Mt. Waryong, I; Mt. Mui, J; Mt. Kag, K; Mt. Yeonha, L; Mt. Weola.

된다. 우리나라에서 대기오염이 가장 심한 곳 중의 하나인 울산 시의 온산공단에서 반경 2 km 이내에서는 지의류가 전혀 출현하지 않는 지의 사막대가 형성되었으며, 공단에서 6 km 이내에서는 4종만이 출현하였다고 한 연구보고(추와 김 1998)와 비교하면 본 조사지역에서는 전 지역에 지의류가 분포하여 온산공

단보다는 지의류의 생육에 양호하다는 것을 알 수 있다.

그러나 본 조사지역의 발전소 인근에서는 출현종이 낮아 앞으로 지속적인 조사가 있어야 할 것이다. 발전소 주변 4개 조사 지역에서 출현 종 수가 적은 것은 발전소의 영향 만으로서가 아니고 이곳은 도시지역으로서 차량의 영향과 주변의 크고 작은 오염원들의 복합적인 영향으로 생각할 수 있다. 南(1993)은 대기 중에 NOx가 증가함에 따라 지의류의 종 수가 감소하는 경향이 있다고 보고한 것으로 보아 도시 주변의 대기 중 NOx 오염이 지의류의 생육에 영향하고 있을 것으로 추측할 수 있다. 또한 대기 오염에 내성이 있는 *Lepraria* sp., *Parmelia austrosinensis*, *Dirinaria applanata* 등은 모든 조사지에서 출현하였으며, 비교적 대기 오염에 내성이 적은 *Parmelia tinctorum*은 화력발전소 인근 4개 조사지역과 와룡산에서는 출현되지 않아 대기오염에 민감함을 알 수 있다.

3) 종별 분포 특성

대기오염에 내성종과 민감종으로 분류한 대표적인 지의류가 본 조사지에서 어떻게 분포하는지 알아보기 위해서 대표적인 내성종(*Lepraria* sp., *Parmelia austrosinensis*, *Dirinaria applanata*)와 민감종(*Parmelia tinctorum*)에 대한 각각의 피도 계급을 Table 4에 나타내었다.

대기 오염에 내성 종으로 알려진 *Lepraria* sp.(中川 1993)의 지역별 피도는 발전소 인근의 석산 개발 지역이 피도 계급 I로 낮으며, 월아산과 연화산 지역에서 각 피도계급 IV와 V로 가장 낮았으며 전 지역에서 출현하였음을 알 수 있다. 내성종으로 알려진 *Parmelia austrosinensis*(中川 1993)의 조사지별 피도는 전 지역에서 피도계급 I~III으로 나타났으며 와룡산과 무이산을 제외하면 각 지역에서 비슷한 분포를 하고 있음을 알 수 있다.

대기 오염에 내성 종으로 알려진 *Dirinaria applanata*(中川 1993)의 조사지역별 피도는 피도 계급 I~III으로 전 지역에서 출현하였으며, 노산공원, 향로봉에서는 피도계급 III으로 많은 분포를 하고 있다.

한편 대기오염에 대표적인 민감 종으로 알려진 *Parmelia tinctorum*의 조사지역별 피도는 발전소, 사동동 앞산, 석산 개발 지역, 노산 공원 등 발전소를 중심으로 반경 4 km 이내 지역에서는

전혀 출현하지 않았고, 그 외 지역에서는 피도 계급 I로서 5%이하의 피도를 나타내었으며, 대조지역인 연화산 지역에서는 피도 계급 III을 나타내어 대기 오염에 민감한 종이라는 것을 알 수 있었다. 대기오염에 내성종인 *Lepraria* sp.와 *Parmelia austrosinensis*, *Dirinaria applanata*는 대기오염 지역에 대부분 출현하였으나 *Parmelia tinctorum*은 대기오염 지역에 출현하지 않았다는 연구보고(中川 1993)와 유사한 경향을 보였다.

대기청정도지수(IAP)에 의한 대기환경 평가

1) 조사지역별 IAP

IAP는 착생 지의류의 피도와 종 조성으로부터 대기 청정도를 평가하는 지수로서, 주변대기의 질과 직접적인 관련성이 있다 (Leblanc and De Sloover 1970). 각 조사지역의 대기 환경을 파악하기 위해 IAP 산출식에 따른 각 조사지의 IAP는 Table 5와 같다.

Table 5에서 대기청정도 지수를 나타내는 IAP는 연화산 지역이 174.94로서 가장 높게 나타났으며, 다음이 월아산 지역으로 146.69로 나타나 대기환경이 비교적 양호한 것으로 나타났다. 그러나 발전소 주변지역에서는 사동동 앞산이 33.64로서 가장 낮게 조사되었으며 석산개발 38.52, 발전소 지역 42.02로서 낮게 나타나 비교적 대기환경이 열악함을 알 수 있다.

中川와 小林(1991)이 일본의 兵庫縣에서 IAP로써 대기환경을 평가한 결과 오염지역에서 떨어질수록 대기의 청정도 지수가 높았다고 보고하였는데 본 연구의 결과와 비슷한 경향을 보였다.

2) 조사지역별 IAP 등급

지역별 IAP의 비교를 용이하도록 하기 위하여 5등급으로 구분하여 그 결과를 Fig. 2와 같이 나타내었다.

Table 5. IAP value in each survey site

Site	IAP value
Power plant	42.02
Seksangaebal	38.52
Sadungdong Apsan	33.64
Nosan park	76.74
Mt. Zwai	92.14
Mt. Sanseung	71.01
Hyangrobong	61.62
Mt. Waryong	132.86
Mt. Mui	122.73
Mt. Kag	95.11
Mt. Yeonhwa	174.94
Mt. Weola	146.69

Table 4. Distribution of coverage of tolerating and sensitive species

Species	Site											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
<i>Lepraria</i> sp.	II	I	II	II	I	I	II	II	I	II	V	IV
<i>Parmelia austrosinensis</i>	I	II	I	II	II	I	I	III	III	I	II	I
<i>Dirinaria applanata</i>	I	I	I	III	I	II	III		II	I	I	II
<i>Parmelia tinctorum</i>					I	I	I	I	I	I	III	I

* Coverage; I : 1-5%, II : 6-25%, III : 26-50%, IV : 51-75%, V : 76-100%.



Fig. 2. Distribution map of IAP value in survey areas.

* IAP value; I: 30-50, II: 50-70, III: 70-90, IV: 90-130, V: 130이상.

Fig. 2에서 IAP는 I(30-50), II(50-70), III(70-90), IV(90-130), V(130이상)의 5등급으로 나누어 나타내었다. IAP 계급 값이 낮은 지대는 발전소 인근 및 시내 조사지역이었으며, 화물산과 무이산은 IV를 연화산은 V를 나타내어 발전소에서 멀어질수록 IAP가 높아져 대기환경이 양호함을 알 수 있다. IAP 계급이 I등급인 발전소 주변 및 도시지역에서는 민감종인 *Parmelia tinctorum*은 전혀 출현하지 않았고, IAP가 높아질수록 피도도 높아져 대기오염의 지표종으로서 이용할 수 있으며, 대기환경 오염 정도를 평가하는데 유효하다고 할 수 있다. LeBlanc 등(1972)은 대기질을 평가하는 지수로 IAP를 제창하여 지역의 오염상황을 파악하는 것에 성공하였으며, IAP가 주변 대기의 질과 직접적인 관련성이 있는 것으로 보고하였다. 中川과 光木(1990)은 일본의兵庫縣을 대상으로 IAP와 출현 종과의 관계를 살펴보았는데 그 결과 IAP가 낮은 지대에서는 *Lepraria* sp.와 *Dirinaria applanata*의 도시지역의 오염에 대한 내성을 가진 종의 출현과 IAP가 높아질수록 도시환경에 민감하게 반응하는 *Parmelia tinctorum*, *Parmelia clavulifera*, *Parmelia caperata*의 출현을 확인했다.

中川(1993)은 加古川市에서 착생지의류의 생육분포 상황으로 환경오염의 평가를 실시한 결과 IAP를 구하고 등치선도를 작성한 후 IAP 등치선도가 대기오염 지도에 거의 일치했으며, IAP와 출현 종 수와의 관계에서도 IAP가 낮은 지점에서는 *Lepraria* sp.와 *Dirinaria applanata* 등의 내성종이 출현하였고, IAP가 높은 지점에서는 대기에 민감한 종이 출현한다고 보고하였다. 본 연구에서도 IAP가 낮은 지대를 포함한 전 지역에서 오염에 대한 내성을 가진 *Lepraria* sp.와 *Dirinaria applanata*가 출현하고 있었으며 IAP가 높은 지대에서는 *Parmelia tinctorum*과 *Parmelia clavulifera*, *Romalia*속 등의 민감 종이 출현하고 있었다. 南(1993)은 NOX와 IAP는 높은 부의 상관성이 있어 IAP가 대기 오염의 정도

를 나타낼 수 있는 유효한 지수라고 보고했는데 우리나라에서도 NOX의 배출이 많은 공단지역 및 화력발전소 주변을 중심으로 이러한 결과를 뒷받침할 수 있는 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

인용문헌

- 유정환, 가강현, 박현. 1995. 여천공단의 대기오염이 토양의 화학적 특성, 지의류, 탈질균 및 황산환원균에 미치는 영향. 한국임학회지 84(2): 178-185.
- 추은영, 김종갑. 1998a. 수목착생지의류를 이용한 울산지역의 대기환경평가. 한국임학회지 87(3): 404-414.
- 추은영, 김종갑. 1998b. 열상지의류(*Parmelia austrosinensis*)를 이용한 대기환경평가에 관한 연구. 농어촌개발연구소보 17: 47-53.
- 허재선, 김관기. 2000. 백운산 서식 지의류를 이용한 오존민감성 지표종선발. 한국임학회지 89(1): 65-76.
- 小村 精, 村田敦子. 1984. 着生地衣苔蘚植生區岡縣内都市地域環境汚染指標. 全國公害研究會誌 9(1): 31-34.
- 中川吉弘, 光木偉勝. 1990. 着生植物による複合大気汚染環境の評価法に関する究. 環境研究 79: 31-41.
- 中川吉弘, 小林禰樹. 1991. 着生植物を用いた大気環境評價法-反復平均法にもとづく改良IAP法の補強-. 兵庫願立公立研究所研究報告 23: 1-7.
- 中川吉弘. 1993. 生物指標による環境評価手法の開発に関する研究. 京都工藝繊維大學大学院. 博士學位論文. 108 p.
- 南 佳典. 1993. 都市部における着生蘚苔?地衣類の大気汚染に対する指標性. 環境科學會誌 6(1): 17-22.
- Diamantopoulos, J. et al. 1992. The epiphytic lichens around Thessaloniki(Greece) as indicators of sulphur dioxide pollution. Lichenologist 24(1): 63-71.
- Everman, S. and L.L. Sigal. 1987. Effects of SO₂, O₃ and SO₂ and O₃ combination on photosynthesis and ultrastructure of two lichen species. Canadian Journal of Botany 65: 1806-1818.
- Gonzalez, C.M. and M.L. Pignata. 1997. Chemical response of the lichen *Punctelia subrudecta* (NYL.) KROG transplanted close to a power station in an urban-industrial environment. Environmental Pollution 97: 195-203.
- Hale, M.E. 1983. The biology of lichens. 3rd Edward Arnold London. pp. 190.
- Hale, M.E. 1979. How to know the lichens. 2nd. The Pictured Key Nature Series. 246 p.
- LeBlanc, F. and J. DeSloover. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can. J. Bot. 48: 1485-1496.
- LeBlanc, F., D.N. Rao and G. Comeau. 1972. The epiphytic vegetation of *Populus balsamifera* and its significance as an air

- pollution indicator in Sudbury, Ontario. Can. J. Bot. 50: 519-528.
- Levin, A.G. and M.L. Pignata. 1995. *Ranalina ecklonii* as bioindicator of atmospheric pollution in Argentina. Canadian Journal of Botany 73: 1196-1202.
- Menzel, D.B. 1979. The role of free radicals in the toxicity of air pollution (nitrogen oxides and ozone). In W. A. Pryor(ed). Free Radicals in Biology. Vol. 2, Academic Press, New York. pp. 181-203.
- Moon, Kwang Hee. 1997. Lichens of Mt. Sorak in Korea. Thesis for the Degree of Ph. D. Sookmyung Women's University. 149 p.
- Muhle, H. and F. LeBlanc. 1975. Bryophyte and lichen succession on decaying logs. I. analysis along an evaporational gradient in eastern Canada. Journ. Hattori Bot Lab. 39: 1-33.
- Nimis, P.L., M. Castello and M. Perotti. 1990. Lichens as bio-monitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia(Northern Italy). Lichenologist 22(3): 333-344.
- Nylander W. 1866. Les lichens du Jardin du Luxembourg. Bull. Soc. Bot. France 13: 364-372.
- Park, Y.S. 1990. The macrolichen flora of South Korea. The Bryologist 93(2): 105-160.
- Rope, S.K. and L.C. Pearson. 1990. Lichens as air pollution bio-monitors in a semiarid environment in Idaho. The Bryologist 93(1): 50-61.
- Scheidegger, C. and B. Schroeter. 1995. Effects of ozone fumigation on epiphytic macrolichens : ultrastructure, CO₂ gas exchange and chlorophyll fluorescence. Environmental Pollution 88: 345-354.
- Sugiyama, K., S. Kurokawa and G. Ukada. 1976. Studies on lichen as a bioindicator of air pollution. Jap. J. Ecology 26: 209-212.
- Taoda, H. 1972. Mapping of atmospheric pollution in Tokyo based upon epiphytic bryophytes. Jap. J. Ecology 22(3): 125- 133.
- Yoshimura, I. 1987. Lichen flora of Japan in color. Hoikusha Publishing Co, Ltd. Osaka.

(2003년 10월 8일 접수; 2004년 6월 4일 채택)

Distribution of Epiphytic Lichens around Thermoelectric Power Plant

Kim, Jong-Kab*, Chong-Kyu Lee¹, Jeong-Hwan Lee², Eun-Hee Park² and Ki-Chul Oh

Faculty of Forest Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

¹Forest Environmental Institute of Gyeongsangnamdo, Jinju 660-871, Korea

²Institute of Agri. & Life Science, Gyeongsang National University

ABSTRACT : The purpose of this study was to investigate the distribution of epiphytic lichens that growing near the thermoelectric power plant to obtain a basic data for air environmental evaluation around the power plant. The study areas were all 12 places including ten sites near the power plant and two sites for control. All the number of lichens appeared in this study areas were 27species. It showed to 4-6 species within 4 km from the power plant, and coverage also was low. As receding from the power plant, both the number of species and coverage increased. *Parmelia tinctorum* sensitive to air pollution did not appear within 4km from the power plant, and it was regarded as the sensitive kind to air pollution. *Lepraria* sp.(13.40%), *Parmelia austrosinensis* (13.40%), and *Dirinaria applanata* (13.40%) were distributed in all sites, and it could infer that they had tolerance to air pollution. The IAP (Index of Atmosphere Purity) values in Sadungdong Apsan, Seksangeabal and the Power plant were four times as low as those in Mt. Yeonwha, and it could infer that the air in those areas was not good. It was high IAP value as being distant from the power plant.

Key words : Air pollution, Coverage, Epiphytic lichens, IAP