

박사학위논문

제주시 지역 습지의 식물분포상과  
습지식물의 엽록소형광 반응에 관한 연구



제주대학교 대학원

생명과학과

진 국 립

2007년 12월

# 제주시 지역 습지의 식물분포상과 습지식물의 엽록소형광 반응에 관한 연구

지도교수 고 석 찬

진 국 립

이 논문을 이학 박사학위 논문으로 제출함

2007년 12월

진국립의 이학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장 :

김 문 흥



위

원 :

오 덕 철



위

원 :

이 용 필



위

원 :

허 천 주



위

원 :

고 석 찬



제주대학교 대학원

2007년 12월

Studies on the Plant Distribution in Wetlands and  
the Chlorophyll Fluorescence Response of Hydrophytes  
in Jeju City Area

Kook Lhim Zhin  
(Supervised by Professor Seok Chan Koh)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for  
the degree of Doctor of Philosophy

December, 2007

Department of Life Science  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

# Abbreviations and Terms

## Abbreviations

Chl	Chlorophyll
PEA	Plant efficiency analyzer
PI	Performance index
PQ	Plastoquinone
PS II	Photosystem II
RC	Reaction center
SFI	Structural function index

## Terms

ABS	Energy fluxes of photons absorbed by the antenna pigments
Dl <sub>o</sub>	Energy dissipation
ET <sub>o</sub>	Energy fluxes of electron to transport chain
F <sub>m</sub>	Chlorophyll fluorescence yield associated with complete of closure PSII centers in the dark-adapted state, equal to F <sub>p</sub>
F <sub>o</sub>	Chlorophyll fluorescence yield with all PSII centers open in the dark-adapted state
F <sub>p</sub>	Peak chlorophyll fluorescence
F <sub>v</sub>	Variable chlorophyll fluorescence in the dark-adapted state, equal to F <sub>m</sub> -F <sub>o</sub>
F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	Potential quantum yield of PSII photochemistry in the dark-adapted state (the ratio of variable and maximal chlorophyll fluorescence)
I-step	Step at 60 ms of Chl a fluorescence rise between O and P steps
J-step	Step at 2 ms of Chl a fluorescence rise between O and P steps
Mo	Slope at the beginning of the transient F <sub>o</sub> →F <sub>m</sub> , maximal fractional rate of photochemistry, equal to (dv/dt) <sub>o</sub>
O-step	Step at 50 μs of Chl a fluorescence rise

P-step	Step at 300 ms of Chl a fluorescence rise
$Q_A$	Primary electron accepting plastoquinone of PS II
$Q_B$	Secondary electron accepting plastoquinone of PS II
$TR_0$	Energy fluxes of excitons channeled to the reaction center
$\Phi_{EO}$	Probability of a absorbed exciton moving an electron beyond $Q_A^-$
$\Phi_{PO}$	Maximum quantum yield of primary photochemistry
$\Psi_0$	Efficiency with which a trapped exciton can move an electron into the electron transport chain



# List of Figures, Tables and Appendixes

## List of Figures

- Figure 2-1. Map showing the locations of the wetlands surveyed in this study.
- Figure 2-2. Landscape of Ban pond
- Figure 2-3. Landscape of Mosanimool
- Figure 2-4. Landscape of Yongsoo reservoir
- Figure 2-5. *Isoetes japonica*, a rare plant species observed at wetlands in this study.
- Figure 2-6. *Brasenia schreberi*, a rare plant species observed at wetlands in this study.
- Figure 2-7. *Utricularia japonica*, a rare plant species observed at wetlands in this survey.
- Figure 2-8. *Hydrocharis dubia*, a rare plant species observed at wetlands in this survey.
- Figure 2-9. *Nymphoides coreana*, a rare plant species observed at wetlands in this survey.
- Figure 2-10. *Sparganium stoloniferum*, a rare plant species observed at wetlands in this survey.
- Figure 2-11. *Acorus calamus* var. *angustatus*, a rare plant species observed at wetlands in this survey.
- Figure 3-1. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PSII (Fv/Fm; B) of *Lemna paucicostata* under cadmium stress.
- Figure 3-2. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PSII (Fv/Fm; B) of *Salvinia natans* under cadmium stress.
- Figure 3-3. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PSII (Fv/Fm; B) of *Ricciocarpus natans* under cadmium stress.

- Figure 3-4. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PS II (Fv/Fm; B) of *Nymphaea tetragona* under cadmium stress.
- Figure 3-5. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PS II (Fv/Fm; B) of *Typha orientalis* under cadmium stress.
- Figure 3-6. Photochemical efficiencies of PS II (Fv/Fm) of 5 hydrophytic plant species under cadmium stress.
- Figure 3-7. Chlorophyll fluorescence imaging of *Lemna* plants under cadmium stress.
- Figure 3-8. Chlorophyll fluorescence kinetics in the leaves of *Lemna* plants under cadmium stress.
- Figure 3-9. Chlorophyll fluorescence transients O-J-I-P from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress.
- Figure 3-10. Extracted and technical fluorescence parameters quantifying the behaviour of PS II from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress.
- Figure 3-11. Quantum efficiencies, activities per reaction center, and effective absorption per cross section quantifying the behaviour of PS II from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress.
- Figure 3-12. Vitality indexes (structure-function and performance indexes) quantifying the behaviour of PS II from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress.
- Figure 4-1. Survey model showing the relationship with individual variables, awareness, perception and attitude of/toward environmental problems.
- Figure 4-2. The environmental terms explained by an individual variable (sex, school location, or grade).
- Figure 4-3. The score of the behavior to reduce and reutilize the waste in the daily life by individual character variable (sex, school position, grade).

## List of Tables

- Table 2-1. The locations of the wetlands surveyed in this study
- Table 2-2. The number of taxa distributed in the wetlands surveyed in this survey
- Table 2-3. Distribution of life form of the plants in the wetlands surveyed in this study
- Table 2-4. Distribution of life form of the wetland plants in the wetlands surveyed in this study
- Table 2-5. The lists of red-listed wild plants observed in wetlands in this study
- Table 3-1. Short description of chlorophyll fluorescence parameters used in the study, according to the O-J-I-P test.
- Table 4-1. Characteristics of respondents to the questionnaire in this survey
- Table 4-2. The perception of the environmental education experienced at middle school
- Table 4-3. Trends of awareness of environmental problems
- Table 4-4. The score of the attitude to desire environmental informations and the score of awareness on environmental problems
- Table 4-5. Perception of environmental problems in Jeju island
- Table 4-6. Attitude willing to join in environmental conservation and the idea for protecting the environment against pollution
- Table 4-7. Perception of environmental problems in their residential area
- Table 4-8. The behavior to reduce environmental pollution and the attitude willing to report against the environmental crimes
- Table 4-9. The way to drink water for daily life
- Table 4-10. The score of the behavior to reduce and reutilize the waste in the daily life
- Table 4-11. Perception on necessity of environmental education and effective



environmental education at middle school

Table 4-12. The perception on necessity of the environment course and the idea on the choice of optional courses at middle school

Table 4-13. Perception on the environment course at middle school and the education method performed in the environment course.

Table 4-14. The ideas on the improvement of the environment course and the education method preferred for environment course at middle school.

Table 4-15. The attitude willing to join spot inspections for study on environmental problems

Table 4-16. The perception of neighbors on environmental problems and the behavior of neighbors to reduce the environmental problems

### **List of Appendixes**

Appendix I. The list of plants observed on the wetlands in Jeju city area

Appendix II. Questionnaire for surveying awareness of middle school students on environmental problems and education

## Summary

This study was investigated on the biodiversity and life form of plants in the wetlands in Jeju city area, and the chlorophyll fluorescence response of several hydrophytes exposed to heavy metal stress. The perception of middle school students about environmental problems and education was also surveyed. The results are as follows;

1) One hundred and thirty one species of plants were observed in the wetlands on Jeju city. The plant biodiversity of wetlands was high in Ban pond (40 species), Jeongmool (38 sp), Mosanimool (37 sp), and etc. The biodiversity of hydrophytes was high in Jeongmool and Mosanimool (25 sp), Yongsoo reservoir and Ban pond (23 sp), and etc. The various life forms of wetland plants were distributed on Jeongmool, Woot pond, Yongsoo reservoir and Dolgaegi pond (5sp appearance).

2) Of 5 hydrophytic species such as *Lemna*, *Salvinia*, *Ricciocarpus*, *Nymphaea* and *Typha*, *Lemna* species was most sensitive against  $Cd^{++}$  stress. Therefore the chlorophyll fluorescence intensity and photosynthetic efficiency decreased considerably under  $Cd^{++}$  stress.

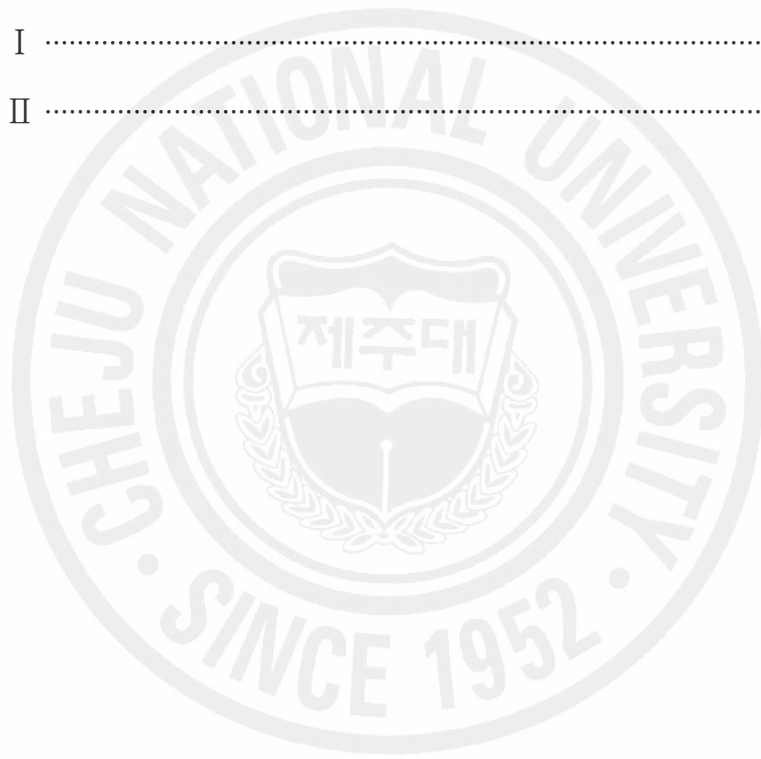
3) The environmental education at middle school was focused on field experience, and middle school students also prefer to obtain environmental knowledge through field experience rather than in class.

From the results described above, 1) field experience seems to be necessary for environment education in middle school, 2) wetlands such as Ban pond, Jeongmool, Mosanimool, and etc. seem to be useful as nature study sites. 3) And *Lemna* seems to be valuable as an indicator plant for environmental education in the laboratory.

# 목 차

Abbreviations and Terms .....	i
List of Figures, Tables and Appendixes .....	iii
Summary .....	vii
I. 서 론 .....	1
1. 연구 배경 .....	1
2. 연구 목적 .....	3
II. 제주도 습지의 식물상과 수생식물의 분포현황 .....	5
1. 서 론 .....	5
2. 재료 및 방법 .....	6
3. 결과 및 고찰 .....	9
4. 요약 .....	30
III. 중금속 스트레스에 대한 수종의 수생식물의 엽록소형광 반응 .....	31
1. 서 론 .....	31
2. 재료 및 방법 .....	33
3. 결과 및 고찰 .....	35
4. 요약 .....	44
IV. 환경교육에의 활용 가능성 진단 .....	45
1. 서 론 .....	45
2. 연구 내용 및 방법 .....	47
3. 결과 및 고찰 .....	49

4. 요약	70
V. 종합고찰	72
VI. 요약	74
VII. 참고문헌	75
Appendix I	81
Appendix II	87



# I. 서 론

## 1. 연구 배경

육수생태계는 전 지구면적의 1% 이하를 차지하며 호수나 연못과 같은 정수생태계, 계류 및 하천과 같은 유수생태계, 그리고 소택지와 늪과 같은 습지생태계로 구분된다(Odum, 1983).

그 중 습지는 육지환경과 해양 및 호수와 같은 수생태계 사이에 위치하여 각각의 생태계에 의해 크게 영향을 받는 반면, 두 생태계와는 매우 다른 독특한 생태적 특성을 갖는다. 일반적으로 습지란 항상 물이 고여 있는 곳을 말하지만 국제기구인 유네스코의 람사르협약(Ramsar Convention)에서는 습지의 범주를 천연과 인공, 정체된 물과 유수 또는 해수·기수의 구별 없이 소택지, 습원, 이탄지 등 물이 있는 곳을 말하며, 간조 시의 수심이 6m를 넘지 않는 해역도 포함한다고 하고 있다(Navid, 1989). 일반적으로 습지는 기능적인 측면에서 볼 때 계절적인 습지와 영구적인 습지로 구분할 수 있으며, 구조적인 측면에서는 식물의 우점 형태, 물의 기원, 이탄층의 형성 등에 의해 소택지(swamps), 늪(marshes), 습원(bogs), 늪지(fens)로 구분된다(Horne and Goldman, 1994).

최근 습지에 대한 관심이 높아지고 습지의 환경적, 생태학적, 교육적 가치가 인식되기 시작하면서 습지보전 및 이용방안에 대한 관심이 증대되고 있다. 그 이유는 습지가 제공할 수 있는 여러 생태적 기능에 의해 인류사회에 유익한 보전적 가치가 점차 알려지고 있기 때문이다. 습지는 어류, 양서류, 파충류, 조류, 포유류 등의 각종 야생 동물들에게 서식처를 제공하고, 유수속의 침전물과 유기물을 제거하며, 지표수와 지하수의 저장과 충전을 통한 유량을 조절하는 등 주요한 생태적 기능을 발휘한다. 그리고 수변과 연계된 레크리에이션의 이용 가능성이 높은 지역으로서 다양한 특성을 지니고 있다(김 등, 2002; 도와 문, 2002; 김 등, 2002; 이, 2003; Moshiri, 1993; Horne and Goldman, 1994). 더구나 습지를 수질 개선에 이용할 경우 매우 경제적인 수처리 공정을 제공하며, 점·비점오염원으로부터 발생하는 오염물질을 효과적으로 제거하는 것으로 알려져 있다(Hammer,

1989). 따라서 이러한 습지들을 효과적으로 보존하면 생물종의 다양성을 증대시킬 수 있고, 연안과 내수면의 수질을 정화시킬 수 있으며, 수산자원을 풍부하게 제공하는 서식처로 이용할 수 있고, 지하수의 보수 및 홍수조절에 기여할 수 있을 뿐 아니라 자연교육, 생태관광, 레크리에이션 및 각종 연구 활동을 위한 장소로 활용할 수 있다.

한편 습지에 분포하는 수생식물들은 식량으로서의 가치는 적으나 피자식물의 종자는 새의 먹이가 되고, 무척추동물의 서식처로 중요하며, 수질개선 및 홍수를 조절하는 기능도 있다 (Horne and Goldman, 1994). 외국에서는 수생식물을 이용하여 생활오수를 정화해서 재활용하여 연못 등에 공급하는 등 에너지 절감을 위한 수생식물의 자원화에 관한 연구도 이루어지고 있다. 최근에 들어서 수생식물은 생태연못의 조성, 하천의 수질정화 및 관상적인 목적으로 식재되는 범위가 넓어지고 있는데 이러한 경향은 앞으로 더욱 증가될 것으로 예상된다.

이제 우리는 삶의 질을 경제적인 관점으로만 계측하는 시대를 넘어서고 있으며 자연과 인간의 공존의 관점으로 그리고 환경과 건강에 대한 비용을 고려해야 하는 현실에 직면하고 있다. 우선적으로 우리에게 필요한 것은 사고의 전환이며 이러한 사고의 전환은 반드시 변화된 결과를 수반한다. 지속가능한 습지의 이용을 위해서는 우선적으로 자연과 인간의 공존의식이 주가 되는 가치관을 가지고 개발을 위한 것에서 조화를 이룬 지속 가능한 것으로의 전환이 선행되어야 한다. 이러한 사고의 전환은 지속 가능한 습지이용이란 람사르협약 제3차 당사국 회의에서 제의된 지혜로운 습지이용을 위한 개념과 맥을 같이 하고 있다. 그러므로 제주습지의 활용가능성을 조사·연구하는 것은 매우 시의 적절하고 뜻 깊은 일이 된다고 본다.

## 2. 연구 목적

최근에 습지에 대한 중요성이 크게 인식되고 있는 데, 그 이유는 습지가 제공할 수 있는 여러 생태적 기능에 의해 인류사회에 유익한 보전적 가치가 점차 알려지고 있기 때문이다. 습지 보전에 대한 세계적 협약으로 람사르협약은 물새 서식처로서 특히 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약이며 1971년 2월 2일 이란의 람사르(Ramsar)에서 채택되었다. 세계적으로 중요한 습지 상실과 침식을 억제하고 물새 서식 습지대를 국제적으로 보호하기 위한 이 협약은 1975년에 발효되었다. 우리나라에서도 최근 습지생태계의 중요성, 기능 및 가치 등을 인식하고 1997년 7월에 람사르협약에 가입하여 101번째 회원국이 되었다. 그러나 습지대를 국제적으로 보호하기 위하여 람사르협약의 습지 목록에 등재된 곳은 5개 습지(대암산 용늪, 창녕 우포늪, 신안 장도, 전남 순천만, 제주도 물영아리)에 불과하며, 아직도 많은 습지가 개발이나 오염물질의 증가와 같은 인간의 활동에 의해 훼손 또는 소실되고 있다. 이는 습지에 대한 인식 부족과 내륙 습지에 대한 조사, 연구의 미흡으로 인해 초래된 결과라고 할 수 있다.

습지를 보호하고 복원하기 위해 습지의 생물상(이, 1969; 강, 1970; 이 등, 1985; 최와 고, 1989; 조와 김, 1994; 한국수자원공사, 1996; 신, 2006), 훼손현황 및 복원 타당성 조사(환경부, 1998; 2000; 김과 오, 2004), 국내 주요 습지 유형 분류(구와 김, 2001) 등 관련 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 또한 국내에서 수행되고 있는 대다수의 연구가 우포늪, 대암산 용늪 등 특정지역에 국한되어 연구가 이루어지고 있다.

우리나라에서 수생식물에 관한 연구는 Saito(1940)가 한강 및 서울 근교에서 조사한 침수성 수생식물을 처음으로 보고한 이래 많은 분류학적 연구가 이루어졌다. 그러나 대다수의 연구가 식물종 분포 측면에서 단편적으로 이루어져 왔고, 활용성에 대해서는 연구가 체계적으로 이루어지지 못한 것이 사실이다.

습지의 수생식물들은 호흡활동을 통해 수중에 산소를 공급함으로써 수질오염을 방지할 뿐만 아니라 수질의 오염정도를 측정할 수 있는 지표식물로서도 매우 중요한 역할을 한다. 최근에는 수생식물을 생태연못의 조성, 하천의 수질정화, 관

상적인 목적으로 식재하는 등 수생식물의 이용에 대한 범위가 넓어지고 있는데 이러한 경향은 앞으로 더욱 증가될 것으로 보인다(이와 김, 2003).

한편 습지를 보전·관리하기 위해서는 국내 습지의 구조와 기능을 정확히 파악하고 이해함이 선행되어야 한다. 습지의 가치는 습지에 대한 교육적인 프로그램의 활용과 일반 국민에게 습지에 대한 지식을 제공함으로써 보다 증진시킬 수 있다(노, 2003). 이를 위해서는 습지의 현황 조사를 통하여 습지의 식물상이나 환경저항성 등을 연구하고 그 결과를 환경교육에 적용하려는 노력이 필요하다고 생각된다.

이러한 측면에서 본 연구는 생태계의 보고이며 생물학적, 환경적, 경제적으로 매우 중요한 습지대를 보호하는 세계적인 추세에 부응하여 제주시에 분포하는 습지를 대상으로 식물상을 조사하고, 5종의 수생 식물을 대상으로 중금속에 대한 엽록소형광 반응을 조사하였다. 그리고 학교의 환경교육을 위한 활용가능성을 알아보기 위하여 제주도 지역 중학교 학생들의 환경문제 및 환경교육에 대한 인식을 조사하였다.



## Ⅱ. 제주도 습지의 식물상과 수생식물의 분포현황

### 1. 서 론

제주도는 화산활동에 의해 만들어진 섬으로 수생태계를 유지하는 하천도 육지부와 달리 폭우가 내릴 때만 유수가 형성되는 하천으로 항상 유수상태를 유지하는 하천을 거의 볼 수 없다.

그러나 본 도에는 독특한 자연경관을 이루고 있는 오름 정상에 산정화구호 - 한라산 백록담을 비롯하여 람사르협약의 목록에 등재된 물영아리 등 - 와 오름기슭의 크고 작은 자연 내륙습지, 해안가를 중심으로 한 연안습지, 크고 작은 연못 등 다양한 형태의 습지가 존재하고 있다. 주로 연못이나 소규모 형태로 존재하는 육수생태계는 사람들이 목축과 소와 말 등의 음용을 위해 천연적인 소규모 내륙습지를 넓히고 돌과 흙으로 독을 쌓아 인공적으로 조성된 것들이 대부분이며 산업화로 인하여 소와 말들의 가축이 자연 없어지므로 인해 오랜 세월의 간섭에서 배제되어 천연습지 형태의 연못으로 변모되었다. 그리고 중산간 지역의 습지는 습지의 기능과 가치 등 그의 소중함을 모르는 마을사람들에 의해 개발사업 등으로 점차 없어져 가고 있다.

제주의 습지 중 물영아리, 물장울, 동수악의 습지에 대한 연구가 이루어진 바 있으며 (정, 1998; 김 등, 1998), 도내 내륙습지의 분포실태를 조사하는(제주도 등, 2001) 등 본도에서도 습지에 대한 관심이 증대되고 있다. 또한 “남생이못” 과 “연화못” 등은 인근 초·중등 학생들의 과학탐구와 환경교육을 위한 자연학습장으로 활용되고 있어 학생들에게 친환경적 사고를 고취시키는데 일조를 하고 있다(제주도 등, 2001). 그러나 습지에 대한 체계적인 연구와 제주도 당국에 의한 보전대책 및 도민들의 친환경적 사고가 내면화 되어 있지 않아 대다수의 연못 등의 습지가 그의 가치를 모르는 도민들에 의해 매립되어 가고 있다.

본 연구는 제주시 지역에 분포하고 있는 중산간 지역의 습지를 대상으로 식물상과 수생식물의 생활형 등을 조사하기 위하여 실시되었다.

## 2. 자료 및 방법

### 1) 조사지 개황

제주시에 분포하고 있는 습지들 중 중산간 지역내 자연 습지 및 마을 및 농경지 주변 연못 중 현재 자연 학습장으로 활용하고 있는 남생이못과 연화못을 포함하여 29개소를 조사 대상으로 하였다 (Table 2-1, Fig. 2-1 ; 제주도 등, 2001).

Table 2-1. The locations of the wetlands surveyed in this study

No.	Wetland name	Location	Geographic Coordinates		Altitude (m)	Wetland (m <sup>2</sup> )	Remark <sup>1)</sup>
			Latitude	Longitude			
01	왕자캐물	한경면 용수리	N 33° 18' 35.8"	E 126° 11' 05.3"	20	750	D
02	용수저수지	한경면 용수리	N 33° 18' 51.4"	E 126° 11' 17.9"	35	137,000	D
03	새미왓물	한경면 낙천리	N 33° 19' 07.5"	E 126° 13' 51.0"	72	1,300	D
04	강정못	한경면 저지리	N 33° 20' 01.0"	E 126° 16' 36.0"	142	550	D
05	정물	한림읍 금악리	N 33° 20' 31.0"	E 126° 19' 40.0"	357	250	UD
06	뱅디못	한림읍 금악리	N 33° 21' 16.1"	E 126° 17' 52.7"	215	1,900	D
07	역고못	한림읍 상대리	N 33° 23' 03.7"	E 126° 18' 38.7"	235	300	UD
08	걸월이못	한림읍 상대리	N 33° 22' 48.0"	E 126° 18' 38.0"	255	800	UD
09	돌개기못	한림읍 상대리	N 33° 23' 20.5"	E 126° 18' 47.5"	200	600	D
10	연하못	한림읍 귀덕1리	N 33° 25' 43.3"	E 126° 18' 05.0"	33	5,000	D
11	웃못(큰못)	애월읍 남읍리	N 33° 26' 09.3"	E 126° 19' 47.8"	68	2,700	D
12	연화못	애월읍 하가리	N 33° 27' 04.4"	E 126° 20' 56.4"	68	11,000	D
13	윤내미물	애월읍 신엄리	N 33° 27' 55.3"	E 126° 22' 12.9"	45	980	UD
14	좌랑못	애월읍 소길리	N 33° 25' 55.3"	E 126° 23' 23.2"	220	1,300	D
15	수산저수지	애월읍 수산리	N 33° 28' 05.6"	E 126° 23' 18.3"	45	127,000	D
16	김수장군못	애월읍 광령리	N 33° 24' 46.0"	E 126° 26' 16.0"	558	1,500	D
17	조리새미	제주시 봉개동	N 33° 27' 59.2"	E 126° 36' 29.4"	300	450	D
18	남생이못	조천읍 신촌리	N 33° 31' 59.0"	E 126° 36' 52.0"	37	2,000	D
19	바농못	조천읍 와흘리	N 33° 27' 34.6"	E 126° 39' 09.4"	380	1,500	UD
20	괴드르못	조천읍 대흘1리	N 33° 28' 28.0"	E 126° 39' 32.0"	300	1,000	D
21	도르못	조천읍 함덕리	N 33° 31' 11.4"	E 126° 40' 12.9"	35	1,600	D
22	뱅뱅디물	조천읍 선흘2리	N 33° 28' 12.1"	E 126° 43' 07.0"	300	500	UD
23	반못	조천읍 선흘1리	N 33° 30' 32.0"	E 126° 43' 03.0"	125	2,000	D
24	괴살매	구좌읍 김녕리	N 33° 30' 00.0"	E 126° 45' 30.0"	150	700	UD
25	웃못	구좌읍 상덕천	N 33° 28' 47.0"	E 126° 43' 51.4"	235	2,300	D
26	모사니물	구좌읍 하덕천	N 33° 30' 17.0"	E 126° 46' 19.0"	125	2,500	D
27	물순이못	구좌읍 송당리	N 33° 24' 48.0"	E 126° 44' 38.0"	290	1,500	UD
28	물오라못	구좌읍 송당리	N 33° 28' 12.1"	E 126° 43' 07.0"	297	700	UD
29	미나리못	구좌읍 송당리	N 33° 27' 01.4"	E 126° 48' 07.8"	230	2,500	D

<sup>1)</sup> D, disturbed; UD, Undisturbed

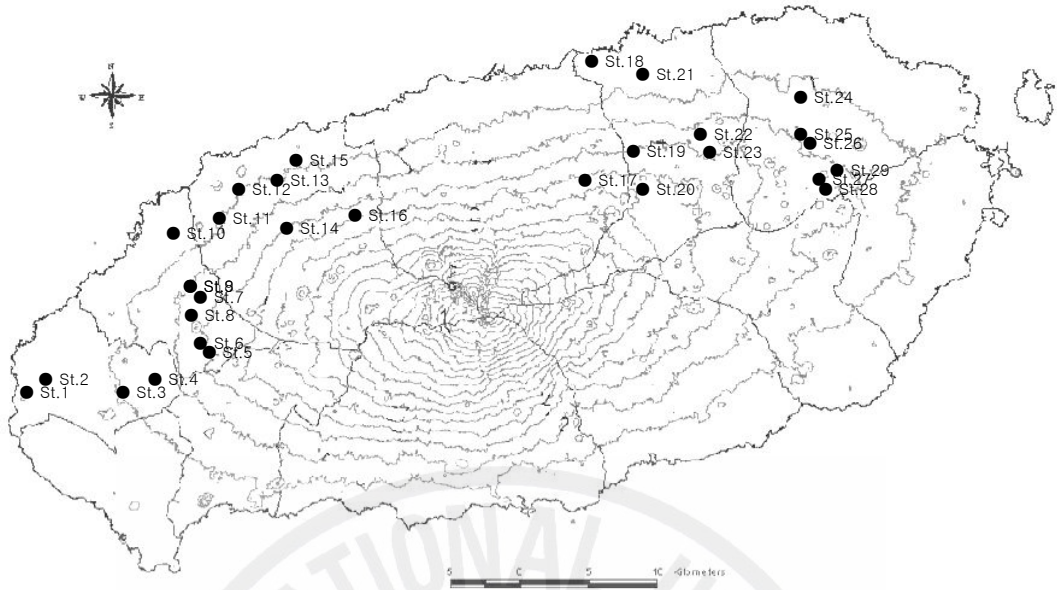


Figure 2-1. Map showing the locations of the wetlands surveyed in this study. The numbers represent the each survey site.

## 2) 조사 시기 및 조사방법

식물 종다양성은 가장 왕성하게 번성하는 시기인 6-8월에 집중적으로 조사하였으며, 출현한 모든 종을 동정하여 기록하였다. 채집된 식물은 이창복의 「대한식물도감, 1980, 향문사」 과 「원색대한식물도감, 2003, 향문사」, 이영노의 「원색한국식물도감, 1996, 교학사」 을 참고하여 동정하였으며, 목록 작성 시 과의 배열은 이창복의 「원색대한식물도감, 2003, 향문사」 의 순서를 따랐다. 식물의 생활형은 Raunkiaer(1934)의 분석에 의해 대형지상식물(MM), 소형지상식물(N), 일년생식물(Th), 지표식물(Ch), 지중식물(G), 반지중식물(H), 수생식물(HH) 등으로 구분하였다. 수생식물은 다시 Muenscher(1944)와 Sculthorpe(1967)의 개념<sup>1)</sup>에 따

1) Muenscher (1944)는 수생식물을 「정상적으로 물에서 생육하고 있는 것으로서 물 밖으로 나오게 되는 경우에는 그들의 생활사 중 어느 한 시기를 수중에서 생육하게 되는 종류들」 이라고 정의하였으며, Sculthorpe (1967)는 수생관속식물을 생활형과 생장형에 따라서 고착성 수생식물인 정수식물, 부엽식물, 침수식물 등과 부수식물의 두 분류군으로 분류하였다. 수생식물의 개념과 범위는 연구자에 따라 약간의 차이가 있는데 본 연구에서는 Muenscher (1944)와 Sculthorpe (1967)가 정의한 수생식물의 개념을 따랐고, 수생식물과 습생식물의 구분은 Ogden (1974)이 제시한 통기조직의 유무에 따랐으며, 생활형에 따른 수생식물의 구분은 Sculthorpe (1967)의 입장을 따랐다.

라 정수식물(emergent plants), 부엽식물(floating-leaved plants), 부유식물(free floating plants), 침수식물(submersed plants) 및 습생식물(swamp plants)로 나누어 분류하였다. 또한 한국특산식물(Lee, 1984), 환경부지정특산식물종(환경부, 1998), 절멸의 위협이 있는 야생동식물의 거래에 관한 조약(CITES)에 관련된 분류군(우, 1993) 등 특기할만한 식물종들을 파악하였다.



### 3. 결과 및 고찰

#### 1) 식물상

본 조사지역에서 조사된 식물은 42과 88속 115종 16변종으로 총 131종이었다 (Table 2-2, Appendix I). 조사된 식물은 선대식물이 1속 1종(0.76%), 양치식물이 2속 2종(1.53%)이었고, 피자식물은 쌍자엽식물이 46속 63종(48.09%), 단자엽식물이 39속 65종(49.62%)으로 단자엽식물의 비율이 가장 높게 나타났다. 피자식물을 과별로 보면 사초과 식물이 5속 16종(12.2%)으로 가장 많이 조사되었고, 다음으로 벼과 식물이 12속 12종(9.2%), 마디풀과 식물이 2속 9종(6.9%)으로 조사되었다.

Table 2-2. The number of taxa distributed in the wetlands surveyed in this survey

	fam.	gen.	sp.	subsp.	var.	for.	total
Bryophyta	1	1	1	-	-	-	1
Pteridophyta	2	2	2	-	-	-	2
Gymnospermae	-	-	-	-	-	-	-
Angiospermae	39	85	112	-	16	-	128
Dicotyledoneae	24	46	57	-	6	-	63
Monocotyledoneae	15	39	55	-	10	-	65
Total	42	88	115	-	16	-	131

조사 습지 중 반못이 23과 40종이 관찰되어 종수가 가장 풍부하였으며(Fig. 2-2), 정물(24과 38종)과 모사니물(21과 37종) 등도 종수가 풍부하였다(Table 2-3). 자연 학습장으로 이용되는 남생이못이 20종의 생물종을 보유하고 있으나 반못, 정물, 모사니물, 돌개기못, 옷못, 바농못, 용수저수지 등에서는 30종이상의 식물들이 분포하고 있으며, 도르못, 수산저수지, 강정못 등 3곳은 10종 이하의 식물로 극히 적게 분포하였다.



Figure 2-2. Landscape of Ban pond

## 2) 식물의 생활형

식물의 생활형은 주요 환경요소 등의 상호작용 또는 공존하는 식물간의 직접적인 기능의 경쟁 등을 나타낸 것이라고 볼 수 있다. 그러므로 식물의 생활형은 식물군집에서 종조성 뿐만 아니라 환경요소에 대한 군집의 반응 또는 공간의 사용, 군집 내에서의 가능한 경쟁관계에 대한 정보를 제공해 준다(Mueller Dombois & Ellenberg, 1974). 좁은 의미의 생활형에서 가장 많이 이용되고 있는 것은 Raunkiaer(1934)의 생활형이며 이 분류체계는 부적기의 생존에 대한 식물의 적응을 식물의 구조상의 특징에서 파악하여 유형화한 것이다. 구체적으로는 불량 환경(한랭과 건조)에 있어서의 생명 또는 자손을 보호하는 생태, 즉 겨울눈의 위치에 따라 분류한 것으로 휴면형이라 할 수 있다.

29개소의 조사지역에서 관찰된 식물들의 생활형을 구분하여 보면 전체적으로 대형지상식물 1종, 소형 지상식물 1종, 일년생식물 26종, 지표식물 6종, 지중식물 2종, 반지중식물 24종, 수생식물 71종이다(Table 2-3, Appendix I). 그리고 반못, 정물, 모사니물, 돌개기못, 옷못과 용수저수지는 다른 지역에 비해 식물 종다양성과 수생식물 다양성이 가장 풍부한 습지로 조사되었다.

Table 2-3. Distribution of life form of the plants in the wetlands surveyed in this study

Site	Life form							Total	
	MM	N	Ch	G	H	HH	Th		
왕자캐물				1			10	2	13
용수저수지	1		1	1	3		23	5	34
새미왓물					2		13		15
강정못					2		10		12
정물	1		2	2	3		25	5	38
뱅딤못			2		1		19	4	26
역고못			2		2		19	3	26
걸월이못	1		1		1		19	5	27
돌개기못	1		2		5		22	6	36
연하못	1		2		3		19	3	28
웃못(큰못)							8	6	14
연화못	1		1		4		18	8	32
윤내미물					2		14	9	25
좌랑못	1				4		14	4	23
수산저수지					1		5		6
김수장군못	1				7		12	1	21
조리새미					3		12	1	16
남생이못	1				2		15	2	20
바농못	1	1			6		20	3	31
괴드르못	1		1		2		17	2	23
도르못					4		2		6
밴뱅디물				1	2		20		23
반못			1		6		23	10	40
괴살매			1	2	2		16	1	22
웃못	1		2		5		21	6	35
모사니물	1		4		2		25	5	37
물순이못			2	1	2		21	2	28
물오라못			2	1	4		11	1	19
미나리못		1	3		6		17	3	30
total	1	1	6	2	24		71	26	131

MM, megaphanerophytes; N, nanophanerophytes; G, geophyte; Ch, chamephytes; H, hemicryptophytes; HH, hydatophytes; Th, therophytes.

### 3) 수생식물의 다양성

수생식물은 생활형과 생육지에 따라 크게 물가에서 뿌리를 물 밑 저토에 내리고 사는 정수식물, 수면에 떠있는 부수엽을 발달시키는 부엽식물 및 영양기관이 물속에 잠겨있는 침수식물 등으로 구분한다. 수생식물은 수서동물의 일차적인 영

양공급원과 서식처가 되고 수생식물에 부착하여 생육하는 수서곤충은 어류나 수금류의 먹이가 되므로 생물다양성의 보존이라는 측면에서도 중요한 역할을 수행하는 것으로 평가되고 있다(정과 최, 1983). 특히 침수식물은 광합성을 수행하는 경엽부가 물속에 완전히 잠겨있어 수중생태계에서 물질생산과 영양소 순환에 직접적인 영향을 미치고 그 스스로도 물의 여러 환경요인의 영향을 받으므로 침수식물의 분포를 파악하는 것은 수질보존에도 중요한 일이 되고 있다(조 등, 1996). 침수식물의 분포에 대한 영향은 저토보다 물환경이 중요하다고 알려져 있는데, 수온을 비롯하여 수소이온농도, 부유물질에 의한 탁도 등이 큰 영향을 주는 것으로 알려졌다.

한국산 수생식물은 정수식물 94종, 부엽식물 31종, 부유식물 11종, 침수식물 38종으로 총 174종이 분포하고 있는 것으로 보고되고 있다(신, 2006). 본 조사지역 29개소 습지에서는 총 71종의 수생식물이 관찰되어 한국산 수생식물의 40.8%에 해당하고 있으며, 이 71종을 Muenscher(1944)와 Sculthorpe (1967)의 생활형별로 분류한 결과 정수식물 41종류, 부엽식물 6종류, 부수식물 4종류, 침수식물 14종류, 습생 관속식물은 6종류 이었다(Table 2-4). 이들 식물의 대부분은 정수식물이며 조사 식물의 57.7%(41종)에 해당된다.

습지식물 종다양성의 순서는 모사니물(25종; Fig. 2-3), 정물(25종), 용수저수지(23종, Fig. 2-4), 반못(23종), 돌개기못(22종), 옷못과 물순이못(21종), 바농못과 뽕뽕뽕물(20종)이며, Muenscher(1944)와 Sculthorpe (1967)의 개념에 따른 정수식물, 부엽식물, 부유식물, 침수식물 등의 수생식물 분류군은 정물, 옷못, 용수저수지, 연하못, 돌개기못, 연화못(이상 5군 출현) 등과 반못, 남생이물, 옷못, 모사니물, 물순이못(이상 4군) 등의 순서로 풍부하였다. 특히 반못과 정물은 다른 지역에 비해 수생식물의 종수가 가장 많고 수생식물의 분류군도 다양한 것으로 나타났다.



Table 2-4. Distribution of life form of the wetland plants in the wetlands surveyed in this study

Site No.	Hydrophytes				Subtotal	Hygrophytes & Mesophytes	Total
	Em	Fl	Ff	Sm			
왕자캐물	2	1		6	9	1	10
용수저수지	11	2	2	6	21	2	23
새미왓물	5	1	2	4	12	1	13
강정못	4	2	1	3	10		10
정물	12	2	1	8	23	2	25
뱅디못	10	2	1	5	18	1	19
역고못	12	2		3	17	2	19
걸월이못	11	2	2	3	18	1	19
돌개기못	12	2	1	4	19	3	22
연하못	11	1	2	2	16	2	18
웃못(큰못)	2	1	1	2	6	2	8
연화못	8	3	3	2	16	2	18
윤내미물	8	1	2	2	13	1	14
좌랑못	8	1	2	2	13	1	14
수산저수지	3		1		4	1	5
김수장군못	9			1	10	2	12
조리새미	3	1	1	4	9	3	12
남생이못	9	3		1	13	2	15
바농못	16			1	17	3	20
괴드르못	11	4		1	16	1	17
도르못	1	1			2		2
뱅뱅디물	17	1			18	2	20
반못	14	4		4	22	1	23
괴살매	7	4	1	2	14	2	16
웃못	11	4		4	19	2	21
모사니물	13	5		4	22	3	25
물순이못	14	1		4	19	2	21
물오라못	9	1			10	1	11
미나리못	14	1		1	16	1	17
total	41	6	4	14	65	6	71

Em, emergent hydrophytes; Fl, floating-leaved hydrophytes; Ff, free-floating hydrophytes; Sm, submersed hydrophytes



Figure 2-3. Landscape of Mosanimool



Figure 2-4. Landscape of Yongsoo reservoir

#### 4) 특기할 만한 식물

##### (1) 보호대상식물

제주시에 분포하고 있는 29개소의 습지에서 관찰된 수생식물들을 대상으로 환경부 지정 멸종위기 야생식물과 산림청 지정 희귀식물 등 보호대상식물<sup>2)</sup>의 분포 현황을 살펴보았다(Table 2-5, Appendix I).

Table 2-5. The lists of red-listed wild plants observed in wetlands in this study

Plant Name	Ministry of Environment <sup>1)</sup> (2005)	Forest Service <sup>2)</sup> (2006)	Remark
<i>Isoetes japonica</i> 물부추	○	○	벤뱅디물
<i>Brasenia schreberi</i> 순채	○	○	괴살매, 모사니물
<i>Utricularia japonica</i> 통발		○	용수저수지, 새미왓물
<i>Hydrocharis dubia</i> 자라풀		○	몰오라못
<i>Nymphoides coreana</i> 좀이리연꽃		○	괴드르못, 반못, 벤뱅디물, 괴살매, 웃못, 모사니물, 미나리못, 길월이못, 정물, 새미왓물, 강정못
<i>Sparganium stoloniferum</i> 흑삼릉		○	반못, 연화못
<i>Acorus calamus</i> var. <i>angustatus</i> 창포		○	반못, 웃못, 연하못, 좌랑못, 연화못, 들개기못, 새미왓물
Total	3.1(2/64)	2.7(7/259)	

<sup>1)</sup> 환경부지정 멸종위기 야생식물

<sup>2)</sup> 산림청지정 희귀식물

우선 환경부 지정 멸종위기 야생식물은 I 급 8종, II 급 56종 등 64종이 지정되었으며(환경부, 2005), 이를 토대로 조사지에서의 멸종위기 야생식물의 유무를 확인해 본 결과 II 급에 해당하는 물부추(*Isoetes japonica*)와 순채(*Brasenia schreberi*) 2종이 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 즉 물부추는 1개소(벤뱅디물)에서 관찰되었으며 순채는 2개소(괴살매, 모사니물)에서 관찰되었다. 물부추는 부

2) 지금까지 우리나라에 분포하는 수생식물들 중에 보호대상 식물로 선정되어 보호를 받았던 수생식물은 9종류로서, 가시연꽃(*Eurylae ferox*), 매화마름(*Ramunculus kazusensis*), 순채(*Brasenia schreberi*) 등 3종류가 2회에 걸쳐 보호를 보호대상 수생식물로 선정되었고, 그 다음으로 물부추(*Isoetes japonica*), 자라풀(*Hydrocharis dubia*), 조름나물(*Menyanthes trifoliata*), 통발(*Utricularia japonica*) 등 4종류가 1회 보호대상 수생식물로 선정되었다. 이 밖에 산림청에서 12종의 수생식물을 보호 대상 식물로 선정하였으며, 한국 환경정책·평가연구원의 연구보고서(이 등, 2005)에서 기존의 보고 자료들을 토대로 전체 227종의 보호 대상 식물을 선정하였으며 그 중에 12종의 수생식물이 포함되었다

추처럼 생긴 양치식물로 얇은 호수나 하천의 잔잔한 물속에 자생하며, 경기도 평택시 평택평야에서 처음으로 채집하여 보고되었으며, 이 후 제주도 조천면 북촌리에서 발견되었으나 이들의 서식지가 귀중한 습지임에도 불구하고 점차 파괴되고 있어 절멸 위기에 처해있는 것으로 평가되고 있다(현, 2001). 순채는 7-8월에 붉은 보라색 꽃을 피우는 식물로 비교적 오염되지 않는 오래된 습지나 저수지 등에 자생하며, 한반도 전역에 분포하나 매우 드물게 나타나는 것으로 보고되고 있다(현, 2001). 본 조사에서 확인된 물부추와 순채는 개체수가 극히 드물 뿐 아니라 습지매립 등으로 인하여 자생지 축소 또는 파괴가 우려된다.

그리고 산림청에서는 259종의 보호대상식물을 선정하면서 14종의 수생식물을 포함시킨 바 있다(산림청, 2006). 이를 토대로 조사지에서의 산림청 지정 희귀식물은 물부추(*Isoetes japonica*), 순채(*Brasenia schreberi* J.F. GMEL.), 통발(*Utricularia japonica*), 자라풀(*Hydrocharis dubia*), 쯤어리연꽃(*Nymphoides coreana*), 흑삼릉(*Sparganium stoloniferum*), 창포(*Acorus calamus* var. *angustatus*) 등 7종이 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 이 중 통발은 2개소(용수저수지, 새미왓물)에서 확인하였으며, 자라풀은 1개소(물오라못), 쯤어리연꽃은 11개소(괴드르못, 반못, 뽕뽕디물, 괴살매, 웃못, 모사니물, 미나리못, 걸월이못, 정물, 새미왓물, 강정못), 흑삼릉은 2개소(반못, 연화못), 창포는 7개소(반못, 웃못, 연화못, 좌랑못, 연화못, 돌개기못, 새미왓물)에서 조사되었다.

최근 들어 습지의 매립과 오염물질의 유입 등으로 인해 자생지 축소 또는 파괴가 우려되고 있다. 습지가 파괴되면 그 지역에 분포하는 특유의 식물이 희귀해지거나 멸종되고 순차적으로 이 식물에 의존해서 살아가거나 특별한 관계에 있는 동물도 희귀해진다. 대부분의 수생식물들은 식량으로서의 가치는 적으나 피자 식물의 종자는 새의 먹이가 되고 소형 무척추동물의 은신처로 중요하며 물에 용해되어 있는 독소를 제거해주는 등 이용가치가 높은 편이다. 하지만 습지에 대한 인식부족으로 순채, 통발, 자라풀 등 희귀식물을 포함한 대다수의 수생식물들이 분포지역과 개체수가 점차적으로 감소하고 있어 앞으로 이들 보호대상식물들이 파괴되지 않도록 보호되어야 할 것이다.

① 물부추(*Isoetes japonica*; Fig. 2-5)

물부추(*Isoetes japonica*)는 부추처럼 생긴 양치식물로 얇은 호수나 하천의 잔잔한 물속에 잠겨 자란다. 1940년 경기도 평택시 평택평야에서 처음으로 채집하여 보고한 것으로 알려져 있으나 이후 이 지역에서는 완전히 사라진 것으로 보고되었다(박, 1975). 제주에서는 조천면 북촌리의 중산간 지대에 자라는 것으로 처음 보고되었으나(이, 1985), 이들의 서식지가 귀중한 습지임에도 불구하고 파괴되고 있어 절멸위기에 처해있는 것으로 평가되고 있다(현, 2001). 물부추는 경지 정리나 습지 매립이나 하천 정비 등으로 인해 자생지가 훼손되는 것이 멸종위기에 이르게 된 주요 원인으로 평가되고 있으며, 제주에서는 방목지의 습지에서 가축의 주기적 간섭이 물부추 포자를 넓게 산포시켜 대군락을 유지하게 하는 요인이 될 수 있다는 주장이 있다(이 등, 2005). 물부추와 같은 속에 속하는 참물부추(*I. koreana* Chung & Chol), 가는물부추(*Isoetes sinensis* Palmer)와 분류학적 한계가 모호하며 우리나라에 생육하는 물부추속 식물은 동일종으로 취급되고 있어(이 등, 2005; 현, 2001) 분류학적 검토가 요구되는 식물이다.



Figure 2-5. *Isoetes japonica*, a rare plant species observed at Baenbaengdimool in this study.

② 순채(*Brasenia schreberi*; Fig. 2-6)

순채(*Brasenia schreberi*)는 7-8월에 붉은 보라색 꽃을 피우는 식물로 방패처럼 생긴 잎 사이에 꽃대가 물위로 나와 핀다. 한반도 전지역에 분포하나 매우 드물며 전세계적으로는 동아시아, 북미, 서아프리카, 호주 및 유럽과 인도 등지에도

분포하는 것으로 알려져 있다. 우리나라에서는 제주도(구좌읍, 남원읍, 성산읍 신풍리 갈마못, 성읍, 온평리 혼인지, 조천읍 선흘, 와흘, 표선면 하천리 산물통못)를 비롯하여 경기(화성), 강원(고성 청진호), 충북, 충남(삽교), 전남(나주), 경남(합천 울곡면 내천리, 울산 장자못) 등에 분포하는 것으로 알려져 있다(이 등, 2005; 현, 2001, 환경처, 1994). 어린 잎과 줄기를 먹을 수 있으며 성숙한 잎과 줄기는 약용으로 사용되기도 하여 위협요건이 되고 있으나, 뿌리줄기(rhizome)를 통한 번식이 쉽게 일어나 현지의 보전은 쉬운 것으로 평가되고 있다(현, 2001).



Figure 2-6. *Brasenia schreberi*, a rare plant species observed at Goisalmae in this study.

③ 통발(*Utricularia japonica*; Fig. 2-7)

통발(*Utricularia japonica*)은 연못이나 논밭에서 자라는 다년생 식충식물로 뿌리가 없으며 제주, 경남, 경기지역에서 분포한다(환경처, 1994).



Figure 2-7. *Utricularia japonica*, a rare plant species observed at Saemioatmool in this survey.

④ 자라풀(*Hydrocharis dubia*; Fig. 2-8)

자라풀(*Hydrocharis dubia*)은 연못 물속에서 자라는 다년생으로 원줄기가 길게 뻗고 마디에서 뿌리가 발생하고 있으며 잎 뒷면에 기포가 있어서 물에 뜨기 쉽고, 꽃은 8-9월에 물 밖에서 피고 흰색이다. 분포지역은 제주, 전북, 전남, 육구, 경남 등이다(환경처, 1994).



Figure 2-8. *Hydrocharis dubia*, a rare plant species observed at Moolora pond in this survey.

⑤ 좀어리연꽃(*Nymphoides coreana*; Fig. 2-9)

좀어리연꽃(*Nymphoides coreana*)은 전국에 분포하지만 분포지가 소수이고 개체도 많지 않은 것으로 보고되고 있다. 꽃은 6-7월에 피며 흰색이고 1-2장의 잎만 물 위에 뜬다.

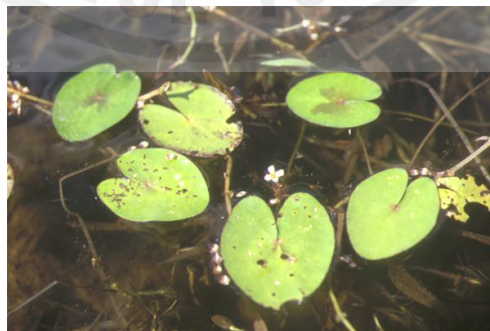


Figure 2-9. *Nymphoides coreana*, a rare plant species observed at Mosanimool in this survey.

⑥ 흑삼릉(*Sparganium stoloniferum*; Fig. 2-10)

흑삼릉(*Sparganium stoloniferum*)은 지하경이 옆으로 뻗어 군락을 만들고 줄기는 곧추서며 꽃은 7-8월에 피고 암수가 따로 달리는데 화서의 밑부분에 암꽃 끝부분에 수꽃이 달린다. 이 식물은 지리적으로 일본, 만주, 중국, 아무르, 우수리, 몽고, 시베리아, 중앙아시아, 아프가니스탄 등에 분포하며, 우리나라에 자생하는 흑삼릉은 중부 이남의 연못이나 도랑에 분포하고 있다(이, 1996). 흑삼릉과에 속하는 식물은 전세계에 1속 20종이 분포되어 있으며 우리나라에는 흑삼릉을 비롯하여 좁은잎흑삼릉, 긴흑삼릉 등 모두 1속 3종이 자생하고 있다.



Figure 2-10. *Sparganium stoloniferum*, a rare plant species observed at Yeonhoa pond in this survey.

⑦ 창포(*Acorus calamus* var. *angustatus*; Fig. 2-11)

창포(*Acorus calamus* var. *angustatus*)는 천남성과 창포속에 속하는 다년생 식물로서 한자로는 백창, 취창, 수창포라고 한다. 근경이 굵고 옆으로 뻗으면서 번식하며 잎은 근경에서 착생하고 두 줄로 배열한다. 꽃은 6-7월경에 피고 연한 황록색이다. 창포는 물속 습지에서 잘 자라서 연못이나 호수의 물가에 군생하고, 중국의 호북, 호남, 사천성, 우리나라의 제주도, 황해도, 평북, 함남, 경북, 대구 등지에서 자생한다(Chung and Shin, 1990). 창포유는 향료로서 가치가 있어 잎과 줄기는 향료용으로 뿌리는 약용으로 사용되고 있다. 이란에서는 류마티즘에 효과가 있다고 전해오고, 서양에서도 창포의 뿌리를 씹거나 차로 만들어 먹었으



며, 구충제, 강장제, 향료, 식용증진, 소화에 좋다고 기록되어 있다. 또한 관상용 및 수질정화식물로서도 이용가치가 있어, 최근에는 조경, 식생복원, 습지 복원, 하천 수질정화 등의 산업에 사용되고 있다(Kim, 2001). 창포에 관한 연구는 기능성 성분 소재 발굴을 위한 연구(김 등, 2000; 김 등, 2002; 김 등, 2002), 아연폐광 토양에서 창포의 생육에 관한 연구(박 등, 2002), 번식법에 관한 연구(이 등, 2005) 등이 있다.

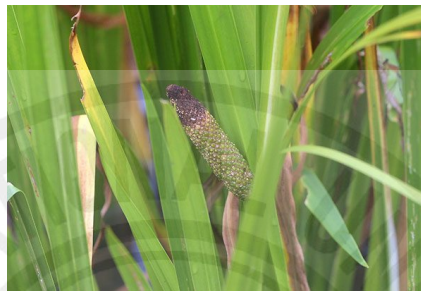


Figure 2-11. *Acorus calamus* var. *angustatus*, a rare plant species observed at Ban pond in this survey.

## (2) 식물구계학적 특정식물

식물구계학적 특정식물종이란 서로 다른 지역의 환경을 서로 다르게 표현해 주고, 서로 유사한 지역의 환경은 서로 유사하게 표현해 주는데 이용되는 분류군으로서 분포지역의 범위에 따라 5개의 등급으로 구분되며, V등급은 국내에 고립되어 분포하거나 불연속적으로 분포하여 분포지역이 가장 협소한 분류군들, IV등급은 북방계나 남방계 식물로서 일반적으로 1개의 아구에 분포하는 분류군들, III등급은 북방계나 남방계 식물로서 일반적으로 2개의 아구에 분포하는 분류군들, II등급은 비교적 전국적으로 분포하지만 일반적으로 1,000m 이상 지역에 분포하는 분류군들, I 등급은 북방계나 남방계 식물로서 일반적으로 3개의 아구에 분포하는 분류군들로 총 1,121분류군으로 정리된다 (환경부, 2006)

본 조사에서는 V등급 5종(순채, 자라풀, 흑삼릉, 좁어리연꽃, 통말), III등급 5종(병풀, 눈여뀌바늘, 구와말, 소엽풀, 진흙풀), II등급 2종(어리연꽃, 물질경이), I 등급 3종(물고추나물, 가는가래, 나사말)으로 총 15종이 조사되었다(Appendix I).

### (3) 귀화식물

귀화식물은 전체적으로 총 7종류 (개민들레, 호밀풀, 소리쟁이, 등심붓꽃, 돼지풀, 미국가막사리, 방울새풀)가 조사되었다(Appendix I). 일반적으로 귀화식물의 분포는 인간의 인위적인 간섭의 영향을 간접적으로 평가하는 지표로 이용되고 있는데, 반못에서 4종의 귀화식물이 주변부에 분포하고 있었으며, 소리쟁이는 11개소에서 관찰되었다.

## 5) 조사 습지의 식물분포 현황

### (1) 왕자케물

왕자케물은 한경면 용수리에 있는 용수저수지와 당산봉 사이의 농경지안에 있는 못으로 10과 11속 11종 2변종으로 총 13종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 부들, 골풀 등 2종, 부엽식물은 마름 1종, 침수식물은 가래, 이삭물수세미, 대가래, 검정말, 말즘, 붕어마름 등 6종이며, 습생 및 수생식물은 가막사리 1종이다.

### (2) 용수저수지

용수저수지는 한경면 용수리에 위치해 있으며, 21과 28속 31종 3변종으로 총 34종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 큰고랭이, 부들, 갈대, 올미, 매자기, 텍사, 골풀, 미나리, 송이고랭이, 애기부들, 바늘골 등 11종, 부엽식물은 마름, 수련 등 2종, 부유식물은 개구리밥, 통발 등 2종, 침수식물은 가래, 검정말, 말즘, 물질경이, 애기가래, 이삭물수세미 등 6종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 미꾸리뉘시 등 2종이다.

### (3) 새미왓물

새미왓물은 한경면 낙천리에 위치하고 있는 못으로, 3개의 크고 작은 연못으로 구성되어 있다. 본 조사지에서 관찰된 식물은 12과 14속 14종 1변종으로 총 15종이다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 부들, 송이고랭이, 네가래, 창포, 미나리 등 5종, 부엽식물은 좀어리연꽃 1종, 부유식물은 통발, 좀개구리밥 등 2종, 침수식물은 가래, 검정말, 붕어마름, 애기가래 등 4종이며, 습생 및 수생

식물은 여뀌 1종이다.

#### (4) 강정못

강정못은 한경면 저지리 동쪽 1km지점에 남북으로 누워있는 마중오름 남동쪽에 위치해 있는 연못으로 10과 11속 11종 1변종으로 총 12종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 부들, 큰고랭이, 송이고랭이, 골풀 등 4종, 부엽식물은 좁어리연꽃, 마름 등 2종, 부유식물은 개구리밥 1종, 침수식물은 가래, 가는가래, 붕어마름 등 3종이다.

#### (5) 정물

정물은 한림읍 금악리 이시돌 목장내 정물오름 화구방향 기슭자락에 위치해 있으며, 24과 30속 32종 6변종으로 총 38종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 큰고랭이, 골풀, 사마귀풀, 택사, 부들, 송이고랭이, 올챙이술, 고마리, 미나리, 세모고랭이, 물꼬챙이골, 바늘골 등 12종, 부엽식물은 마름, 좁어리연꽃 등 2종, 부유식물은 개구리밥 1종, 침수식물은 가래, 가는가래, 나사말, 실말, 이삭물수세미, 붕어마름, 말즘, 애기가래 등 8종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 파대가리 등 2종이다.

#### (6) 뱅딤못

뱅딤못은 한림읍 금악리사무소와 인접해 있는 못으로 18과 23속 22종 4변종으로 총 26종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 큰고랭이, 골풀, 네가래, 송이고랭이, 미나리, 애기부들, 갈대, 바늘골, 사마귀풀, 물닭개비 등 10종, 부엽식물은 마름, 수련 등 2종, 부유식물은 개구리밥 1종, 침수식물은 붕어마름, 말즘, 검정말, 애기가래, 나자스말 등 5종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌 1종이다.

#### (7) 역고못

역고못은 한림읍 상대리에 위치해 있으며, 17과 22속 23종 3변종으로 총 26종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 큰고랭이, 바

늘꿀, 골풀, 물닭개비, 송이고랭이, 네가래, 사마귀풀, 올챙이솔, 눈여뀌바늘, 미나리, 택사, 청비녀골풀 등 12종, 부엽식물은 마름, 어리연꽃 등 2종, 침수식물은 가래, 붕어마름, 말 등 3종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 미꾸리납시 등 2종이다.

(8) 걸월이못

걸월이못은 한림읍 상대리에서 이시돌목장으로 가는 중산간 도로변 좌측에 위치해 있는 못으로 19과 24속 23종 4변종으로 총 27종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 큰고랭이, 바늘골, 골풀, 물닭개비, 네가래, 올방개, 택사, 부들, 송이고랭이, 세모고랭이, 사마귀풀 등 11종, 부엽식물은 마름, 좁어리연꽃 등 2종, 부유식물은 개구리밥, 은행이끼 등 2종, 침수식물은 검정말, 가래, 붕어마름 등 3종이며, 습생 및 수생식물은 미꾸리납시 1종이다.

(9) 돌개기못

돌개기못은 한림읍 상대리 중산간 도로변에 위치해 있으며, 22과 30속 30종 6변종으로 총 36종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 창포, 큰고랭이, 바늘골, 고마리, 골풀, 미나리, 물닭개비, 택사, 올챙이고랭이, 송이고랭이, 사마귀풀, 올방개 등 12종, 부엽식물은 마름, 어리연꽃 등 2종, 부유식물은 개구리밥 1종, 침수식물은 가래, 붕어마름, 가는가래, 검정말 등 4종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 가막사리, 알방동사니 등 3종이다.

(10) 연하못

연하못은 애월읍 귀덕1리 어도오름 북동쪽 약 1km 지점에 위치해 있는 연못으로 17과 23속 24종 3변종으로 총 27종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 네가래, 창포, 큰고랭이, 세모고랭이, 바늘골, 미나리, 부들, 갈대, 골풀, 사마귀풀 등 11종, 부엽식물은 마름 1종, 부유식물은 개구리밥, 부레옥잠 2종, 침수식물은 말즘, 붕어마름 등 2종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 미꾸리납시 등 2종이다.

(11) 옷못(큰못)

웃못(큰못)은 애월읍 납읍리에 위치하고 있으며 12과 13속 13종 1변종으로 총 14종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 네가래, 골풀 등 2종, 부엽식물은 마름 1종, 침수식물은 붕어마름, 말즘 등 2종, 부유식물은 개구리밥 1종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 가막사리 등 2종이다.

#### (12) 연화못

연화못은 애월읍 하가리 마을안에 있는 연못으로 20과 28속 29종 3변종으로 총 32종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 네가래, 미나리, 사마귀풀, 갈대, 창포, 흑삼릉, 고마리, 말뚝외풀 등 8종, 부엽식물은 수련, 연꽃, 마름 등 3종, 침수식물은 붕어마름, 말즘 등 2종, 부유식물은 개구리밥, 좁개구리밥, 은행이끼 등 3종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 알방동사니 등 2종이다.

#### (13) 윤내미물

윤내미물은 애월읍 신엄리에 위치하고 있으며, 17과 23속 21종 4변종으로 총 25종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 큰고랭이, 올방개, 미나리, 네가래, 골풀, 바늘골, 사마귀풀 등 8종, 부엽식물은 연꽃, 마름 등 2종, 침수식물은 붕어마름, 말즘 등 2종, 부유식물은 개구리밥, 좁개구리밥 등 2종, 습생 및 수생식물은 여뀌 1종류이다.

#### (14) 좌랑못

좌랑못은 애월읍 소길리에 위치하고 있으며, 17과 20속 20종 3변종으로 총 23종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 네가래, 창포, 송이고랭이, 큰고랭이, 골풀, 고마리, 사마귀풀, 미나리 등 8종, 부엽식물은 마름 1종, 침수식물은 붕어마름, 말즘 등 2종, 부유식물은 개구리밥, 은행이끼 2종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌 1종이다.

#### (15) 수산저수지 (수심이 너무 깊고 수생식물 빈약)

수산저수지는 애월읍 수산리 수산봉 자락에 위치한 인공저수지로 5과 5속 5종

1변종으로 총 6종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 골풀, 부들 등 3종, 부유식물은 부레옥잠 1종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌 1종이다.

(16) 김수장군못

김수장군못은 애월읍 광령리 산록도로변 천아목장안에 위치해 있으며, 10과 13속 20종 1변종으로 총 21종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 고마리, 큰고랭이, 참비녀골풀, 청비녀골풀, 바늘골, 올방개, 골풀, 발뚝외풀 등 9종, 침수식물은 가래 등 1종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 미꾸리뉘시 등 2종이다.

(17) 조리새미

조리새미는 제주시 봉개동 명도암 마을 안세미오름 말굽형 화구방향 기슭자락에 위치한 샘으로 3개의 작은 연못으로 구성되어 있다. 8과 10속 16종의 식물이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 미나리, 송이고랭이, 고마리 등 3종, 부엽식물은 마름 1종, 부유식물은 개구리밥 1종, 침수식물은 붕어마름, 말즘, 가래, 실말 등 4종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 미꾸리뉘시, 가막사리 등 3종류이다.

(18) 남생이못

남생이못은 조천읍 신촌리 도로변에 위치해 있으며 농로를 사이에 두고 2개의 못으로 이루어져 있으며, 현재 자연생태학습장으로 활용되고 있다. 12과 17속 18종 2변종으로 총 20종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 네가래, 송이고랭이, 부들, 애기부들, 골풀, 큰고랭이, 미나리, 갈대, 올방개 등 9종, 부엽식물은 수련, 마름, 어리연꽃 등 3종, 침수식물은 말즘 1종이며, 습생 및 수생식물은 좁은잎미꾸리뉘시, 여뀌 등 2종이다.

(19) 바농못

바농못은 조천읍 와흘리에 위치하고 있는 못으로 16과 23속 26종 5변종으로

총 31종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 골풀, 둥근잎택사, 바늘골, 택사, 곡정초, 부들, 큰고랭이, 물닭개비, 세모고랭이, 양주솜개수염, 갈대, 물꼬챙이골, 참비녀골풀, 고마리, 개구리자리 등 16종, 침수식물은 가래 1종이며, 습생 및 수생식물은 미꾸리납시, 여뀌, 가막사리 등 3종이다.

(20) 괴드르못

괴드르못은 조천읍 대흘1리에 위치하고 있으며 2개의 작은 연못으로 이루어져 있으며 17과 20속 20종 3변종으로 총 23종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 고마리, 미나리, 부들, 택사, 갈대, 큰고랭이, 골풀, 송이고랭이, 사마귀풀, 물닭개비, 개구리자리 등 11종, 부엽식물은 수련, 마름, 줌어리연꽃, 어리연꽃 등 4종, 침수식물은 가래 1종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌 1종이다.

(21) 도르못

도르못은 조천읍 함덕리에 위치하고 있으며, 6과 6속 5종 1변종으로 총 6종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 네가래 1종, 부엽식물은 마름 1종이다.

(22) 뽕뽕디물

뽕뽕디물은 조천읍 선흘2리에 위치하고 있으며, 13과 16속 19종 4변종으로 총 23종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 골풀, 둥근잎택사, 바늘골, 택사, 물부추, 마디꽃, 눈여뀌바늘, 진흙풀, 질경이택사, 개수염, 곡정초, 고마리, 부들, 물꼬챙이골, 세모고랭이, 참비녀골풀 등 17종, 부엽식물은 줌어리연꽃 1종, 습생 및 수생식물은 미꾸리납시, 여뀌 등 2종이다.

(23) 반못

반못은 조천읍 선흘1리에 위치하고 있으며, 3개의 작은 연못으로 구성되어 있다. 관찰된 식물은 23과 34속 34종 6변종으로 총 40종이 분포하고 있다. 이곳에

분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 고마리, 미나리, 사마귀풀, 올방개, 골풀, 별날개골풀, 네가래, 소엽풀, 흑삼릉, 둥근잎택사, 바늘골, 물꼬챙이골, 창포 등 14종, 부엽식물은 마름, 수련, 줌어리연꽃, 어리연꽃 등 4종, 침수식물은 가래, 붕어마름, 실말, 나사말 등 4종이며, 습생 및 수생식물은 미꾸리낙시 1종이다.

#### (24) 괴살매

괴살매(둔지모를못)은 구좌읍 김녕리에 위치하고 있으며, 17과 19속 21종 1변종으로 총 22종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 부들, 큰고랭이, 택사, 사마귀풀, 보풀, 골풀 등 7종, 부엽식물은 어리연꽃, 마름, 줌어리연꽃, 순채 등 4종, 부유식물은 개구리밥 1종, 침수식물은 말, 검정말 등 2종이며, 습생 및 수생식물은 가막사리와 미꾸리낙시 등 2종이다.

#### (25) 웃못

웃못은 구좌읍 상덕천에 위치하고 있으며, 19과 27속 29종 6변종으로 총 35종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 큰고랭이, 골풀, 청비녀골풀, 사마귀풀, 미나리, 바늘골, 고마리, 창포, 등에풀, 올챙이술 등 11종, 부엽식물은 어리연꽃, 마름, 줌어리연꽃, 수련 등 4종, 침수식물은 실말, 나사말, 가래, 이삭물수세미 등 4종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 가막사리 등 2종류이다.

#### (26) 모사니물

모사니물(노사수)은 구좌읍 하덕천에 위치해 있는 못으로 21과 32속 31종 6변종으로 총 37종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 미나리, 등에풀, 부들, 택사, 갈대, 골풀, 둥근잎택사, 물꼬챙이골, 물닭개비, 기장대풀, 사마귀풀, 올방개, 구와말 등 14종, 부엽식물은 순채, 어리연꽃, 마름, 줌어리연꽃, 수련 등 5종, 침수식물은 나사말, 가래, 붕어마름, 실말 등 4종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 미꾸리낙시 등 3종이다.



(27) 물순이뭇

물순이뭇은 구좌읍 송당리에 위치하고 있으며, 17과 19속 25종 3변종으로 총 28종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 송이고랭이, 택사, 골풀, 둥근잎택사, 좁송이고랭이, 세모고랭이, 청비녀골풀, 사마귀풀, 마디꽃, 바늘골, 큰고랭이, 고마리, 애기부들, 물꼬챙이골 등 14종이며, 부엽식물은 어리연꽃 1종, 침수식물은 붕어마름, 나자스말, 가래, 실말 등 4종이며, 습생 및 수생식물은 여뀌, 미꾸리뉘시 등 2종이다.

(28) 물오라뭇

물오라뭇은 구좌읍 송당리에 위치하고 있으며, 14과 17속 16종 3변종으로 총 19종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 세모고랭이, 물꼬챙이골, 바늘골, 마디꽃, 택사, 송이고랭이, 눈여뀌바늘, 고마리, 사마귀풀 등 9이며, 부엽식물은 어리연꽃 1종이며, 습생 및 수생식물은 자라풀 1종이다.

(29) 미나리뭇

미나리뭇은 구좌읍 송당리에 위치하고 있으며, 15과 25속 24종 6변종으로 총 19종이 분포하고 있다. 이곳에 분포하고 있는 수생식물 중 정수식물은 세모고랭이, 물꼬챙이골, 바늘골, 송이고랭이, 골풀, 둥근잎택사, 부들, 물담개비, 큰고랭이, 고마리, 사마귀풀, 미나리, 갈대 등 14종, 부엽식물은 좁어리연꽃 1종, 침수식물은 가래 1종이며, 습생 및 수생식물은 파대가리 1종이다.

#### 4. 요 약

본 연구는 제주시 지역에 분포하고 있는 습지 29개소를 대상으로 식물의 종다양성과 생활형의 다양성 및 습지식물의 분류군 다양성 등을 살펴보았으며, 이를 토대로 습지의 환경교육 및 자연 학습의 장으로서의 활용 가능성을 모색하였다.

조사된 수생 및 습생 관속식물은 42과 88속 115종 16변종으로 총 131종이 관찰되었으며, 식물 종다양성의 측면에서 보면 반못에서 23과 40종, 정물에서 24과 38종, 모사니물에서 21과 37종 등의 순이다. 조사 습지의 수생식물은 총 71종으로 전체식물의 54.2%이며, 한국산 수생식물의 40.8%에 해당된다. 식물들의 생활형을 살펴보면 대형지상식물 1종, 소형지상식물 1종, 일년생식물 26종, 지표식물 6종, 지중식물 2종, 반지중식물 24종, 수생식물 71종이며, 이들 수생식물을 Sculthorpe의 생활형별로 분류하면 정수식물 41종류, 부엽식물 6종류, 부수식물 4종류, 침수식물 14종류, 습생 관속식물 6종류 이었다. 생활형 종다양성 수의 크기의 순서는 정물과 모사니물(25), 반못과 용수저수지 (23), 돌개기못(22), 옷못과 물순이못(21), 바농못과 뽕뽕디물(20)이며, Sculthorpe의 개념에 따른 정수식물, 부엽식물, 부유식물, 침수식물 등의 수생식물 분류군 다양성의 풍부성은 정물, 용수저수지, 연하못, 돌개기못, 연화못(이상 5군 출현)과 반못, 남생이물, 옷못, 모사니물, 물순이못(이상 4군 출현) 순이다.

반못과 정물은 자연 학습장으로 활용되고 있는 남생이못과 연화못에 비해 수생식물의 종다양성의 빈도가 높은 것으로 나타났고, 정물, 모사니물, 용수저수지, 반못, 돌개기못, 물순이못, 뽕뽕디물, 바농못의 순으로 생활형 종다양성 수와 정수식물, 부엽식물, 침수식물의 수생식물 분류군 종다양성 수가 많았다.

이들 수생식물들 중에는 보호대상 식물인 물부추(*Isoetes japonica*), 줄어리연꽃(*Nymphoides coreana*), 통발(*Utricularia japonica*), 흑삼릉(*Sparganium stoloniferum*) 등이 출현하고 있어 식물 종보존과 제주자원보존 그리고 환경보존을 위한 귀중한 자료가 될 것으로 생각된다. 이들 보호대상 식물들은 개체수가 점차적으로 감소하고 있으며 환경오염과 습지의 파괴에 의해 멸종의 위기에 처할 위험이 있기 때문에 특히 제주도 당국의 보호대책이 수립되어야 하겠다.

### Ⅲ. 중금속 스트레스에 대한 수중 수생 식물의 엽록소형광 반응

#### 1. 서 론

산업화와 인구증가, 그리고 도시화로 각종 오염물질이 증가하고 이로 인한 환경오염이 심각한 사회문제가 되고 있다. 특히 최근에는 고도의 산업화로 인하여 공장에서 배출되는 각종 중금속류가 함유된 산업폐기물과 폐수가 급속히 증가하여 생태계의 오염을 가중시키고 있다.

수질, 대기 및 토양 등에 대한 중금속 오염은 유독한 수준이며, 이러한 환경오염은 식물의 생육장해는 물론 먹이연쇄를 통해 생태계의 다양한 영양단계로 흡수되면 분해나 배출되지 않으므로 인간의 건강에도 심각한 영향을 미치게 된다(Nriagu and Panyna, 1988). 중금속은 바위나 토양 광물의 풍화에 의해서 자연적으로 생성되지만 대부분 생물이 이용할 수 없는 형태이며 낮은 농도로 존재한다. 그러나 공장에서 발생하는 산업폐기물과 가정에서 발생하는 각종 쓰레기 등과 같이 인간의 활동에 의해서 환경에 방출된 중금속들은 농도가 매우 높은 상태로 존재하는데, 최근 폐광지와 소각로의 증가로 토양에 중금속 농도가 매우 높게 나타나 사회적으로 문제가 되고 있다. 따라서 이러한 중금속 오염을 감소시키거나 오염된 환경으로부터 중금속을 제거시키고자 하는 연구들이 활발하게 진행되고 있으며 그 일환으로 고마리, 수련, 개구리밥 등 수생식물을 이용한 연구들이 수행되고 있다.

수생식물은 계절적인 변이가 적고 생물자체의 변화가 느리기 때문에 상대적으로 큰 환경변화를 감지하는데 유리하다. 외국의 하천모니터링 프로그램에서도 볼 수 있듯이 국가마다 다양한 생물군을 활용하여 환경 영향 평가를 실시함으로써 각 생물군이 가지는 특성을 수중 생태계의 환경오염 평가에 이용하고 있다.

중금속 중 일부는 식물에서 효소의 보조인자로 사용되는 등 필수 미량원소로 사용되기도 하지만(Thormalley and Vasak, 1985), 세포내에 일정한 농도 이상으

로 존재하게 되면 식물의 물질대사를 저해한다(Jarvis *et al.*, 1976). 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 납(Pb), 구리(Cu)와 같은 중금속 이온들은 뿌리를 통하여 식물에 흡수되고 줄기나 잎으로 전이되는데, 각종 중금속 처리에 있어서 중금속에 대한 초본성 식물의 반응은 대부분 이온의 흡수저해, 측근과 뿌리의 건량감소 및 엽록소함량의 감소로(Kelly *et al.*, 1979), 중금속 독성은 먼저 뿌리 성장저해로 나타난다(Kahle, 1993). 많은 금속 원소 중에서 카드뮴은 강력한 독성을 나타내는 중금속으로 인식되고 있으며 다른 필수 금속이온들을 비가역적으로 치환시키는 작용을 한다(Prasad, 1995). 카드뮴은 주로 액포내에 고농도로 축적된 후에 식물체내에서 형태적이나 생리적인 대사체제를 혼란시키는 것으로 알려져 있다(Vögeli-Lange and Wagner, 1990). 즉 카드뮴은 식물 잎의 백화현상, 잎과 뿌리의 세포파괴, 식물의 성장과 조직 크기에 영향을 주는 것으로 보고되었다(Aidid and Okamoto, 1992). 또한 세포막의 인지질의 산화적 인산화에 영향을 주며 세포호흡의 손상, 효소활성의 억제와 단백질 변성의 원인이 될 뿐만 아니라 영양분 운반과정을 방해하는 것으로 보고되고 있다(Van Assche and Clijsters, 1985).

카드뮴과 같은 환경스트레스에 대한 식물의 생리적 상태를 진단하는 데에는 광합성능의 변화를 분석하여 활용할 수 있다. 광합성 기구 중에서 광계II 활성이 가장 민감하여 환경스트레스에 대한 지표로 이용되고 있으며 엽록소형광<sup>3)</sup>을 분석함으로써 측정할 수 있다(Baker, 1991). 엽록소형광을 이용한 광계II 활성에 관한 연구로는 고온과 저온 (Lang *et al.*, 1996), 과도한 빛 에너지 (Gilmore and Govindjee, 1999), 낮은 수분 포텐셜 (Osmond *et al.*, 1999), 일주기적·계절적 변화 (오와 고, 2004), 병원균의 감염 (Bowyer *et al.*, 1998) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 제주도 자생 수생식물들 - 좁개구리밥, 은행이끼, 부들, 수련, 생이가래 등 - 을 대상으로 카드뮴에 대한 엽록소형광 반응을 관찰하여 수생식물의 환경 적응성을 알아보고 환경지표로서의 활용가능성을 살펴보았다.

3) 엽록소형광은 주로 엽록소 a에서 방출되며, 1931년 Kautsky가 암적응 된 잎에 빛을 쬐어주었을 때 독특한 양상으로 형광이 방출된다는 것을 밝혔으며, 여러 가지 엽록소형광 변수들이 광합성 분석을 위해 사용되고 있다. 형광변수들 중 Fo는 반응중심이 열려 있을 때의 최소형광을 말하며, Fm은 Q<sub>A</sub>를 완전히 환원시킬 수 있는 포화광을 조사하였을 때 유도되는 최대형광을 말한다. Fm에서 Fo를 빼준 값을 Fv라고 하는데, Fv/Fm은 광계II의 활성을 나타내는 지표로 사용되며 들뜬 에너지 포획능력을 나타낸다. 엽록소형광은 다양한 환경스트레스가 식물 잎의 광계II 활성에 미치는 영향을 분석하는데 쉽고 빠르게 활용할 수 있으며 광합성 기구의 구조 및 기능의 변화를 객관적으로 나타낼 수 있어서, 환경스트레스에 대한 식물의 생리적 반응이나 내성 등을 연구하는데 활용할 수 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 1) 식물재료 및 배지제조

좀개구리밥 (*Lemna paucicostata*), 생이가래 (*Salvinia natans*), 은행이끼 (*Ricciocarpus natans*), 수련 (*Nymphaea tetragona*), 부들 (*Typha orientalis*) 등의 수생식물들을 대상으로 실험을 수행하였다. 배양용 배지는 Chollet (1993)의 방법에 의해 조제한 후 멸균 소독하기 이전에 pH를 6.5로 조정하여 사용하였다. 배지는  $\text{KNO}_3$  (202 mg/l),  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (50.3 mg/l),  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (27.8 mg/l),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (17.4 mg/l),  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (49.6 mg/l),  $\text{CaCl}_2$  (11.1 mg/l),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (6 mg/l),  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (5.72 mg/l),  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (2.82 mg/l),  $\text{ZnSO}_4$  (0.6 mg/l),  $(\text{NH}_4)\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (0.043 mg/l),  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (0.078 mg/l),  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0.054 mg/l) 등을 포함하고 있으며 2주 간격으로 계대 배양하였다.

### 2) 카드뮴 처리와 배양

배양액에 카드뮴 ( $\text{Cd}^{2+}$ )의 농도 (0, 10, 50, 100, 200 $\mu\text{M}$ )를 달리하여 처리한 후 배양시간을 달리하여 25 $\pm$ 1 $^\circ\text{C}$ , 14L/10D 조건에서 배양하였다.

### 3) 광합성효율 분석

#### (1) 형광이미지분석

형광이미지분석은 Nedbal 등 (2000)의 방법에 따라 Imaging Fluorometer (FluorCam 700MF, Photon System Instruments, Czech)를 이용하여 측정하였다. 즉 15분간 광을 차단하여 암적응시킨 식물의 앞에 1,500  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 saturation light와 100  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 actinic light를 조사하고 quenching analysis에 의해 유도하였다. 이미지 확인 후 분석 프로그램을 사용하여 다양한 형광변수들을 산출하였다.

#### (2) O-J-I-P분석 및 엽록소형광변수 산출

O-J-I-P 곡선(polyphasic rise of Chl a fluorescence transients)은 Strasser와 Strasser (1995)의 방법에 따라 Plant Efficiency Analyzer (PEA; Hansatech

Instrument Ltd., UK)를 이용하여 측정하였다. 즉 15분간 광을 차단하여 암적응 시킨 식물의 앞에 1,500  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 광량을 1초간 조사하여 유도하였다. Time scale은 10 $\mu\text{s}$ 에서 1s의 범위로 설정하고 10 $\mu\text{s}$ 에서 2ms까지는 1 $\mu\text{s}$  단위로 2ms에서 1s까지는 1ms 단위로 인식하도록 설정하고, 50 $\mu\text{s}$  (O-단계), 2ms (J-단계), 30ms (I-단계), 300ms (P-단계)에서 엽록소형광 밀도를 분석하였다 (Srivastava *et al.* 1997). O-J-I-P 곡선의 분석으로 8개의 기본적인 형광변수 ( $F_o$ ,  $F_m$ ,  $F_v/F_o$ ,  $V_J$ ,  $V_I$ ,  $M_o$ ,  $S_m$ ,  $N$ )들을 제시하고 이를 토대로 다시 구조적 변수 (structural parameters:  $RC/CS$ ,  $\Phi_{P_o}$ ,  $\Psi_o$ ,  $\Phi_{E_o}$  등)와 기능적 변수 (functional parameters:  $ABS/RC$ ,  $TR_o/RC$ ,  $ET_o/RC$ ,  $ABS/CS$ ,  $TR_o/CS$ ,  $ET_o/CS$  등)들을 산출하여 제시하였다 (Table 3-1).

Table 3-1. Short description of chlorophyll fluorescence parameters used in the study, according to the O-J-I-P test.

Abbreviation	Description
$F_o$	Initial fluorescence in dark adapted tissue
$F_m$	Maximum fluorescence in dark adapted tissue
$F_v/F_o$	Ratio of photochemical and non-photochemical de-excitation fluxes of excited chlorophyll
$V_t$	Relative variable fluorescence at time t
$(dv/dt)_o$	Slope at the beginning of the transient $F_o \rightarrow F_m$ , maximal fractional rate of photochemistry
$S_m$	Normalized area
$N$	Turn over number of $Q_A$
$ABS/RC$	Absorption flux of photons per active reaction center
$TR_o/RC$	Trapping of electrons per active reaction center
$ET_o/RC$	Electron flux per active reaction center beyond $Q_A^-$
$\Phi_{P_o}$	Maximum yield of primary photochemistry, equal to $F_v/F_m$
$\Psi_o$	Probability of a trapped exciton moving an electron beyond $Q_A^-$
$\Phi_{E_o}$	Probability of a absorbed exciton moving an electron beyond $Q_A^-$
$RC/CS$	Active reaction center per cross section
$ABS/CS$	Absorption flux of photons per cross section
$TR_o/CS$	Trapping of electrons per cross section
$ET_o/CS$	Electron flux per cross section
$SFI_{P_o}$	Responds to structural and functional PS II events leading to electron transport within photosynthesis
$PI_{P_o}$	Ratio of the two structure functional indexes ( $SFI_{P_o}$ and $SFI_{N_o}$ )

### 3. 결과 및 고찰

#### 1) 카드뮴 스트레스에 대한 수생식물 5종의 형광이미지 분석

환경스트레스에 대한 식물의 반응을 정확하고 간편하게 측정할 수 있는 방법으로는 엽록소형광 분석, 엽록소형광 이미지 분석, 잎의 반사율 이미지 분석, 그리고 열이미지 분석 등이 있으며, 이들 분석 방법을 통해 환경스트레스에 의한 광합성효율, 구조적인 변화, 수분상태의 변화 등을 정밀하게 분석할 수 있다. 본 연구에서는 엽록소형광 분석과 형광이미지 분석을 통해 중금속 스트레스 하에서 식물의 내성 여부와 생리적 특성을 파악하기 위해 좁개구리밥, 생이가래, 은행이끼, 수련, 부들 등 5종의 수생식물을 대상으로 카드뮴 ( $Cd^{2+}$ )의 농도를 달리하여 처리하고 5일 동안 배양하면서 Fv/Fm 형광이미지와 PSII의 광화학 효율을 분석하였다.

배양 5일 후 Fv/Fm 형광이미지를 분석한 결과 카드뮴에 민감한 순서는 좁개구리밥, 생이가래, 은행이끼, 부들 순이며 수련은 다른 종에 비해 덜 민감한 것으로 조사되었다 (Fig. 3-1A~5A).  $10\mu M$  카드뮴에서는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나  $50\mu M$  이상의 농도에서는 종에 따라 차이가 있었다. 특히 좁개구리밥은 형광이미지가 크게 감소하였으며 전체적으로 파란색을 띄고 있어 식물이 스트레스를 받고 있음을 알 수 있다. 이는 카드뮴이 식물의 잎조직에 영향을 미쳐 반응중심을 포함한 모든 엽록소분자들의 빛흡수용량을 감소시킨 결과로 볼 수 있으며 종에 따라 그 영향이 다른 것으로 보인다.

Fig. 3-1B~5B는 카드뮴의 농도를 달리하여 5일 동안 배양하면서 각 수생 식물의 배양일 수에 따른 광계II의 Fv/Fm의 변화, 즉 광합성효율의 양상을 보여주고 있다. 카드뮴 농도  $50\mu M$ 에서 배양한 Fv/Fm값의 변화를 보면 좁개구리밥은 배양 1일 이후부터 큰 폭으로, 생이가래와 은행이끼는 소폭으로, 부들은 4일 이후부터 감소하였고, 수련은 큰 차이를 보이지 않고 있다. 일반적으로 Fv/Fm값이 0.8보다 낮을 때는 광계II의 반응중심이 손상을 입은 상태이거나 비가역적인 불활성상태에 처해있는 상태라고 볼 수 있으므로 좁개구리밥이나 은행이끼 등은 카드뮴 농도  $50\mu M$ 이상의 농도에서는 광계II의 반응중심이 불활성 상태에 도달

하였다고 보이며 수련 등은 카드뮴 농도  $100\mu\text{M}$ 에서도 광합성 명반응에 저해를 입지 않은 것으로 생각된다.

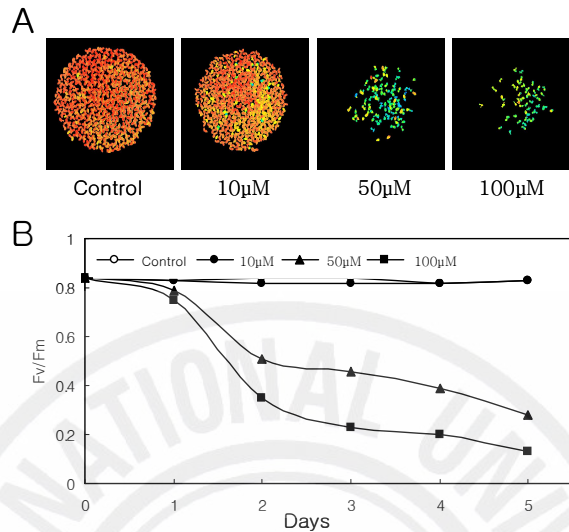


Figure 3-1. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PS II ( $F_v/F_m$ ; B) of *Lemna paucicostata* under cadmium stress. Plants were treated with 0~100 $\mu\text{M}$  cadmium concentration, and the images were taken at 5 days after the cadmium treatment.

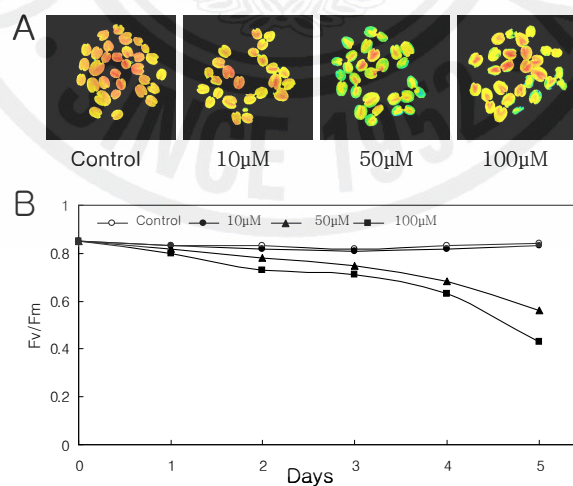


Figure 3-2. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PS II ( $F_v/F_m$ ; B) of *Salvinia natans* under cadmium stress. Plant leaves were treated with 0~100 $\mu\text{M}$  cadmium, and the images were taken at 5 days after the cadmium treatment.



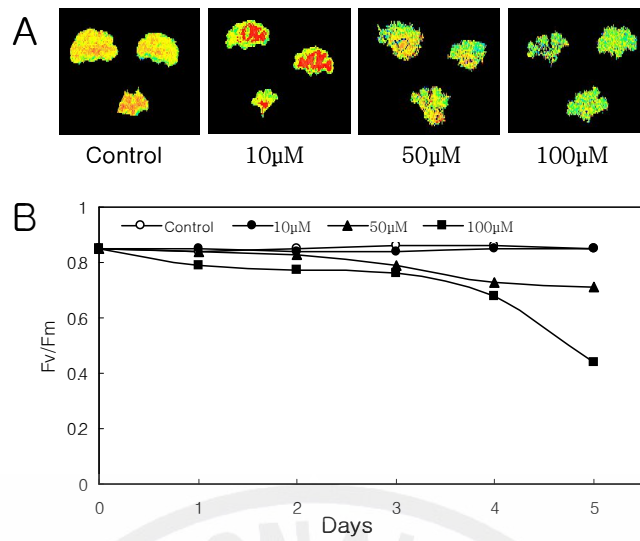


Figure 3-3. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PS II (Fv/Fm; B) of *Ricciocarpus natans* under cadmium stress. Plants were treated with 0~100 $\mu$ M cadmium, and the images were taken at 5 days after the cadmium treatment.

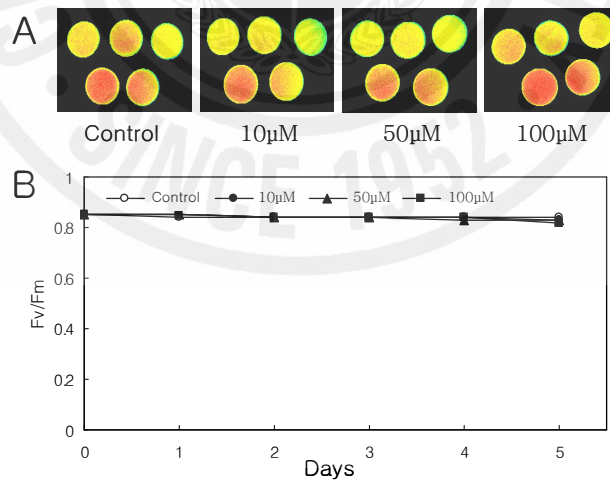


Figure 3-4. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PS II (Fv/Fm; B) of *Nymphaea tetragona* under cadmium stress. Plant leaf disks were treated with 0~100 $\mu$ M cadmium, and the images were taken at 5 days after the cadmium treatment.

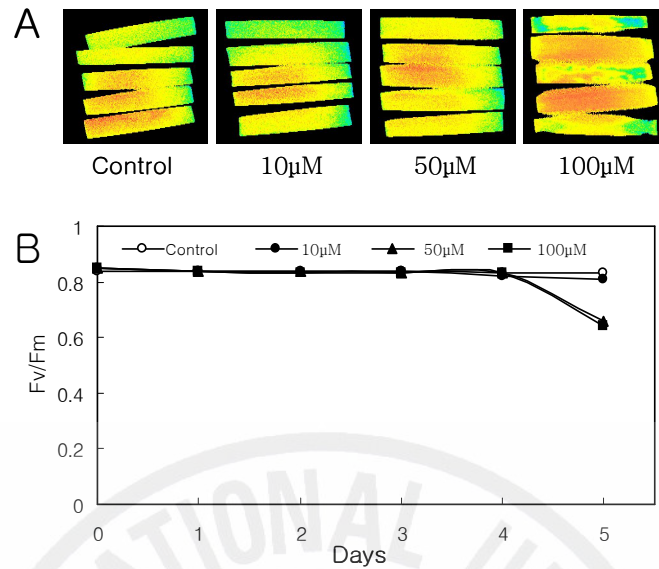


Figure 3-5. Chlorophyll fluorescence imaging(A) and photochemical efficiencies of PS II (Fv/Fm; B) of *Typha orientalis* under cadmium stress. Plant leaf segments were treated with 0~100µM cadmium, and the images were taken at 5 days after the cadmium treatment.

광계 II의 Fv/Fm의 변화, 즉 광합성효율의 양상으로 살펴본 5종 수생식물의 카드뮴 ( $Cd^{2+}$ ) 민감도는 좁개구리밥이 가장 민감하게 반응하는 것으로 나타났으며, 수련은 카드뮴 농도에 관계없이 Fv/Fm의 변화가 없어 내성을 가지고 있는 것으로 보인다 (Fig. 3-6). 이러한 결과는 닭의장풀에서 카드뮴 처리 시 Fv/Fm이 감소하였다는 보고에서 알 수 있듯이 카드뮴은 광합성을 억제하는 유독한 중금속임을 알 수 있다(이, 2005). 그리고 카드뮴이 식물 잎의 백화현상, 잎과 뿌리의 세포파괴, 식물의 성장과 조직 크기에 영향을 미치는 것으로 보고되었으며(Aidid and Okamoto, 1992), 본 실험에서도 카드뮴 처리구에서 좁개구리밥, 생이가래, 은행이끼 등은 배양기간이 길어질수록 점차적으로 황백화현상이 나타났다. 그러나 수련의 잎은 카드뮴 농도와 배양기간에 관계없이 그대로 녹색 상태를 유지하고 있어 종에 따라 그 영향이 다른 것으로 보인다. 특히 좁개구리밥은 다른 수생식물에 비해 카드뮴에 민감하여 반응하여 카드뮴 스트레스에 대한 지표식물로서

활용이 가능할 것으로 보인다. 더욱이 좁개구리밥은 크기가 작고, 다루기 쉬워  
실험실에서 생리·생화학적 연구에도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다.

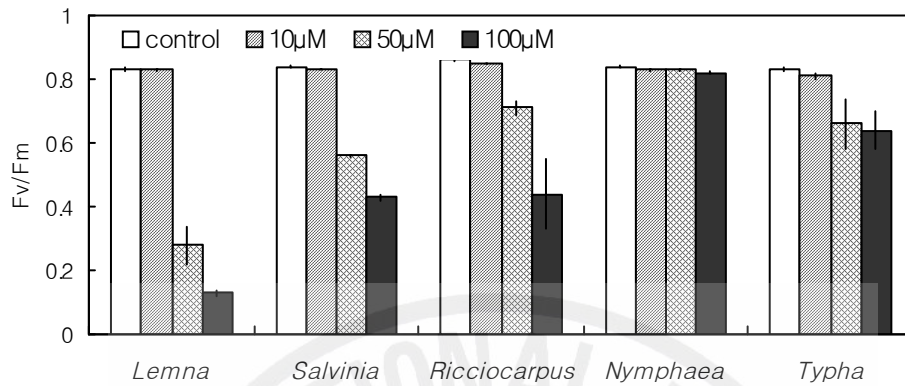


Figure 3-6. Photochemical efficiencies of PS II ( $F_v/F_m$ ) of 5 hydrophytic plant species under cadmium stress. Plant samples were treated with 0~100 $\mu$ M cadmium at 5 days after the cadmium treatment.

## 2) 카드뮴 스트레스에 대한 좁개구리밥의 엽록소형광 분석

일정한 배양환경에서 생육하고 있는 좁개구리밥을 대상으로 카드뮴의 농도 (0, 10, 50, 100 $\mu$ M)를 달리하여 처리한 후 시간별로 식물의 광합성효율과 엽록소형광의 동력학적 변화를 제시하였다. 그 결과  $F_o$ ,  $F_m$ ,  $F_v/F_m$  형광이미지를 살펴보면 10 $\mu$ M 카드뮴에서는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나 50 $\mu$ M 이상의 농도에서는 형광이미지가 크게 감소하였으며 전체적으로 파란색을 띄고 있어 식물이 스트레스를 받고 있음을 알 수 있다 (Fig. 3-7).

이는 카드뮴이 식물의 잎조직에 영향을 미쳐 반응중심을 포함한 모든 엽록소분자들의 빛흡수용량을 감소시킨 결과로 볼 수 있다. 더욱이 엽록소형광의 동력학적 변화 양상도 대조구와 10 $\mu$ M 카드뮴에서는 차이가 없으나 50 $\mu$ M 이상의 농도에서는 절대적인 엽록소형광 세기와 동력학적 변화양상이 대조구와 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다 (Fig. 3-8).

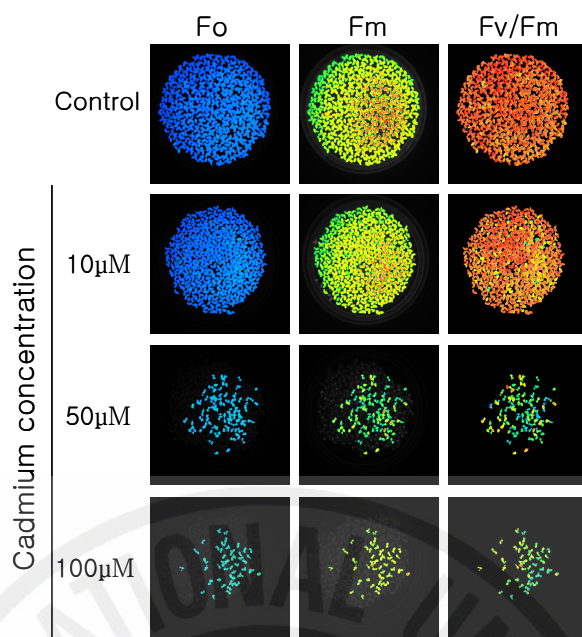


Figure 3-7. Chlorophyll fluorescence imaging of *Lemna* plants under cadmium stress. The images were taken at 5 days after the cadmium treatment. Each plant is colored in a relative scale based on the fluorescence intensities of the parameter such as  $F_o$ ,  $F_m$ , and  $F_v/F_m$ .

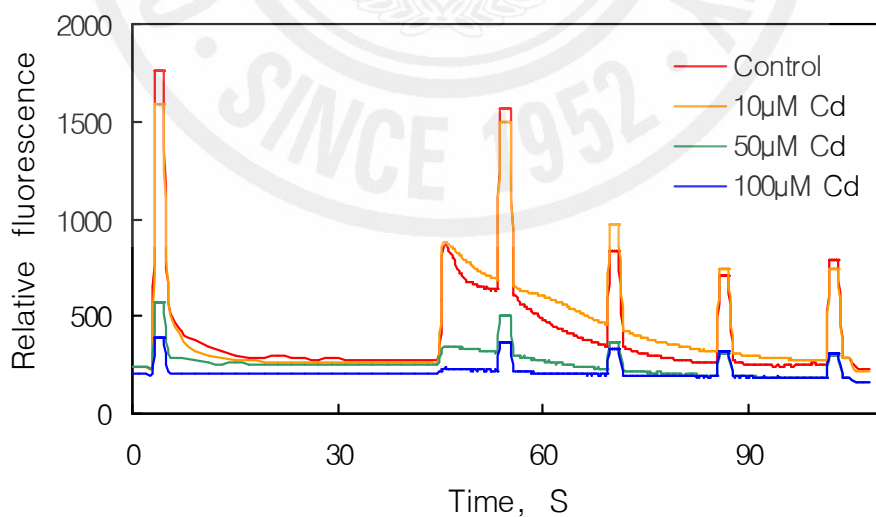


Figure 3-8. Chlorophyll fluorescence kinetics in the leaves of *Lemna* plants under cadmium stress.

한편 광합성 기구 중에서 광계Ⅱ가 가장 민감하여 환경스트레스에 대한 지표로 이용되고 있다. 엽록소형광을 이용한 광계Ⅱ 활성은 O-J-I-P 곡선의 변화를 정밀 분석함으로써 알 수 있다. O-J-I-P 곡선은 암적응된 잎에 빛을 비추어 유도해 낼 수 있는데 크게 3단계로 구분할 수 있다(Strasser and Govindjee, 1992). 먼저 O (50 $\mu$ s)와 J (2ms)로 연결되는 O-J구간은 광계Ⅱ의 반응중심에서 초기 전자수용체인 Q<sub>A</sub>의 광화학적 환원, 즉 Q<sub>A</sub><sup>-</sup>Q<sub>B</sub>의 축적을 의미하며, J (2ms)와 I (60ms)로 연결되는 J-I구간은 광계Ⅱ의 반응중심에서 Q<sub>A</sub><sup>-</sup>Q<sub>B</sub><sup>-</sup>의 축적을 반영하는 것으로 광계Ⅱ의 donor 부분 (water splitting activity)에 의해 조절되며 형광소멸이 관찰된다. 마지막으로 I (60ms)와 P (300ms)로 연결되는 I-P구간에서는 광계Ⅱ의 반응중심에서 plastoquinone pool (PQ pool)로의 전자전달활성, 즉 Q<sub>A</sub><sup>-</sup>Q<sub>B</sub><sup>2-</sup>의 축적을 의미하며 형광소멸이 관찰된다(Stirbet *et al.*, 1998). 식물체가 빛, 온도, 건조 또는 화학적 스트레스 등에 의해 영향을 받았을 때 O-J-I-P 곡선의 양상은 변하게 된다.

일정한 배양환경에서 생육하고 있는 좁개구리밥을 대상으로 카드뮴의 농도 (0, 10, 50, 100 $\mu$ M)를 달리하여 처리한 후 O-J-I-P 곡선의 패턴을 비교하고 형광변수들을 제시하였다(Fig. 3-9와 Fig. 3-10, 11, 12). 여러 카드뮴(Cd<sup>2+</sup>) 농도에서 좁개구리밥의 O-J-I-P 곡선의 패턴을 나타낸 그래프를 보면(Fig. 3-9) 카드뮴 농도가 증가할수록 J, I, P값이 크게 감소하고 있으며, 특히 P-단계에서는 형광세기(Fp)가 큰 폭으로 감소하고 있다.

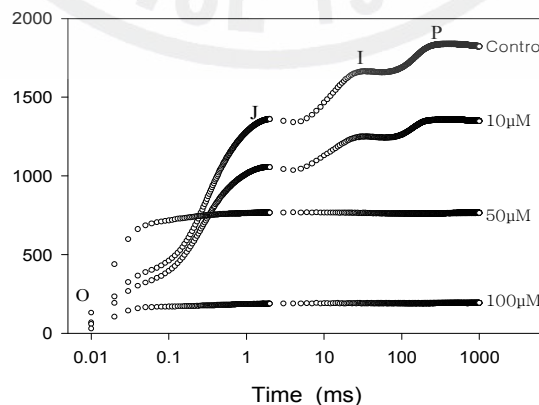


Figure 3-9. Chlorophyll fluorescence transients O-J-I-P from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress.

이는 줌개구리밥이 카드뮴에 의해 광계Ⅱ 반응중심의 전자수용체 quinone이 환원상태에 있음을 의미하며, 광계Ⅱ의 광합성효율, 즉  $F_v/F_m$ 의 감소를 야기하는 결과를 초래한다. 일반적으로  $F_v/F_m$ 값이 0.8보다 낮을 때는 광계Ⅱ의 반응중심이 손상을 입은 상태이거나 비가역적인 불활성상태에 처해있는 상태라고 볼 수 있는데 카드뮴 농도가  $50\mu\text{M}$  이상에서는 배양 0.1ms 이후부터  $F_v/F_m$ 값이 급격하게 감소하며,  $10\mu\text{M}$ 의 카드뮴 농도에서도 배양 0.5ms 이후부터 점차적으로 감소하여 개구리밥이 카드뮴에 의한 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

O-J-I-P 분석을 통해 산출된 형광변수들 중에  $F_0$ ,  $F_m$ ,  $F_v/F_0$ 는 카드뮴 농도가 증가할수록 점차적으로 감소하였고  $S_m$ ,  $N$ ,  $M_0$ 는 증가하였다 (Fig. 3-10). 그리고 카드뮴 농도의 증가에 따라 엽면적 당 광계Ⅱ 활성을 의미하는 변수들 중  $ABS/CS$ ,  $TR_0/CS$ 와  $ET_0/CS$ , 반응중심의 상대적 밀도를 의미하는  $RC/CS$ 와 초기 광화학적 반응의 최대 수득율을 의미하는  $\Phi_{PO}$ 는 카드뮴 농도의 증가에 따라 뚜렷하게 감소하였으나  $ABS/RC$ 만 증가하였다 (Fig. 3-11). 또한 활력도를 나타내는 변수들  $\Phi_{EO}$ ,  $\Psi_0/(1-\Psi_0)$ ,  $\Phi_{PO}/(1-\Phi_{PO})$ ,  $SFlabs$ ,  $Plabs$ ,  $RC/ABS$ ,  $K_p$ 의 7변수는 카드뮴 농도의 증가에 따라 크게 감소하였으나  $K_n$ 은 증가하였다(Fig. 3-12).

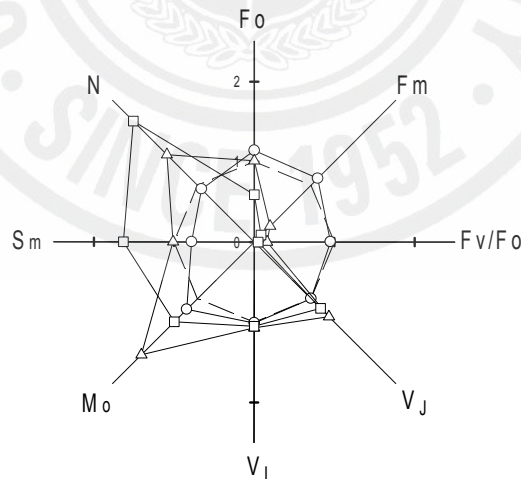


Figure 3-10. Extracted and technical fluorescence parameters quantifying the behaviour of PS II from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress. Long dash, control; circle,  $10\mu\text{M Cd}^{++}$ ; triangle,  $50\mu\text{M Cd}^{++}$ ; square,  $100\mu\text{M Cd}^{++}$ .

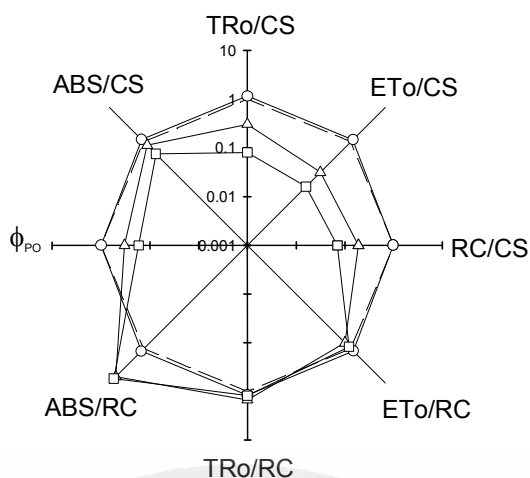


Figure 3-11. Quantum efficiencies, activities per reaction center, and effective absorption per cross section quantifying the behaviour of PS II from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress. Long dash, control; circle,  $10\mu\text{M Cd}^{++}$ ; triangle,  $50\mu\text{M Cd}^{++}$ ; square,  $100\mu\text{M Cd}^{++}$ .

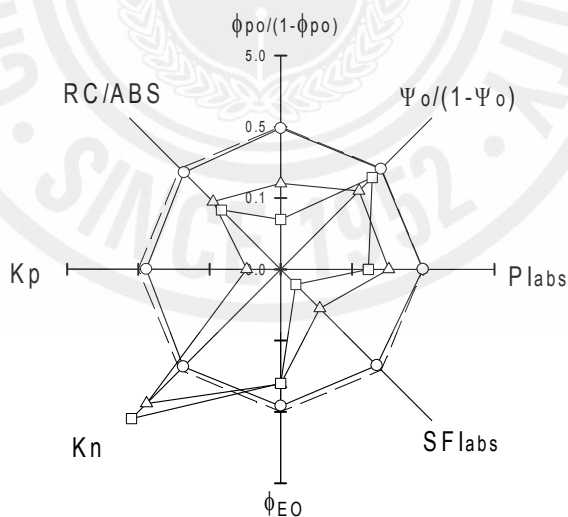


Figure 3-12. Vitality indexes (structure-function and performance indexes) quantifying the behaviour of PS II from leaves of *Lemna* plants under cadmium stress. Long dash, control; circle,  $10\mu\text{M Cd}^{++}$ ; triangle,  $50\mu\text{M Cd}^{++}$ ; square,  $100\mu\text{M Cd}^{++}$ .

#### 4. 요약

중금속에 대한 식물의 내성여부와 중금속 스트레스하에서 식물의 생리적 특성을 파악하기 위해 좁개구리밥, 생이가래, 은행이끼, 수련, 부들 등 5종의 식물을 대상으로 카드뮴 ( $Cd^{2+}$ )의 농도를 달리하여 처리한 후 시간별로 식물의 광합성효율을 분석하였다. 그 결과 좁개구리밥은 카드뮴에 가장 민감하게, 생이가래와 은행이끼 등은 조금 민감하게 반응하였으며, 수련 등은 다른 식물중에 비해 덜 민감한 것으로 나타나고 있다.

좁개구리밥이 카드뮴 농도가 증가할수록 정상적인 O-J-I-P 곡선에서 J, I, P의 값이 큰 폭으로 떨어지고 있는 것은 카드뮴 농도가 증가할수록 명반응 중심이 손상을 입거나 어떤 원인에 의해서 불활성됨으로써 광합성 효율 즉  $F_v/F_m$ 의 감소를 일으키기 때문이다. 또한 좁개구리밥은 카드뮴 농도가 증가할수록 추출된 형광변수  $F_o$ ,  $F_m$ ,  $F_v/F_o$ 는 점차적으로 감소하고  $S_m$ ,  $N$ ,  $M_o$ 는 증가하였다.

일면적 당 광계II 활성을 의미하는 변수들 중  $ABS/CS$ ,  $TR_o/CS$ ,  $ET_o/CS$ , 반응중심의 상대적 밀도를 의미하는  $RC/CS$ , 초기 광화학적 반응의 최대 수득율을 의미하는  $\Phi_{P_o}$  등의 형광변수는 뚜렷하게 감소하였으나  $ABS/RC$ 만은 증가하였다. 또한 활력도를 나타내는 변수들 중  $\Phi_{E_o}$ ,  $\Psi_o/(1-\Psi_o)$ ,  $\Phi_{p_o}/(1-\Phi_{p_o})$ ,  $SFlabs$ ,  $Plabs$ ,  $RC/ABS$ ,  $K_p$ 의 7변수는 카드뮴 농도의 증가에 따라 크게 감소하였으나  $K_n$ 은 증가하였다.

이러한 결과를 토대로 좁개구리밥은 다른 수생식물에 비해 카드뮴에 가장 민감하게 반응하여 환경지표식물로 활용이 가능할 것으로 보인다. 그리고 스트레스하에서 뚜렷하게 증가하거나 감소하는 형광변수들을 이용하여 스트레스에 대한 식물의 생리적 상태를 정량적으로 진단할 수 있을 것으로 보인다.



## IV. 환경교육에의 활용 가능성 진단

### 1. 서 론

오늘날 고도의 경제성장과 과학기술의 발전은 생활의 편리함과 물질적인 풍요를 가져 온 동시에 인구문제, 생태계 파괴, 산업폐기물, 각종 오염 등의 여러 가지 환경문제를 야기시키고 있다. 그리고 환경문제를 유발하는 행위들은 행위자의 그릇된 환경의식에서 비롯되며 이러한 의식은 특정 행위에 한정된다기보다는 사회 전체적으로 일반화된 것이라고 할 수 있다. 환경문제는 자연환경과 자연의 한계성과 수용능력을 초월함으로써 발생하는데 이를 야기하는 원인이 자연 그 자체에 있는 것이 아니라 인간사회의 왜곡된 의식과 구조적 모순에 기인한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 우리들의 가치관, 사고와 행동, 삶의 양식에 있어서 근본적이고 지속적인 변화가 일어나지 않으면 안 된다. 환경문제가 악화되고 심각해짐에 따라 환경문제에 대한 위기의식은 전 사회적으로 고조되고 있으며, 문제 해결을 위한 다양한 방법이 제시되고 있다.

환경문제를 해결하기 위한 기본적인 접근방법은 크게 과학기술적 방법과 인간의 태도와 행동의 변화를 모색하는 사회과학적 방법으로 구분할 수 있다. 과학기술적 방법은 환경문제 발생 후 사후처리에 필요한 기술을 개발하여 적용한다는 장점이 있으나, 환경문제를 사전에 예방하여 환경파괴와 훼손을 근원적으로 차단하는 등의 보다 근본적인 문제해결에는 별 다른 도움이 되지 못하고 있다 (Maloney and Ward, 1973). 따라서 환경문제를 사전에 예방하고 보다 근원적인 해결방안을 모색하기 위해서는 과학기술적인 해결뿐만 아니라 인간의 가치와 행동의 변화를 모색하는 사회과학적 접근방법이 수반되어야 한다(Weigel and Weigel, 1978). 인간의 태도와 행동변화를 연구하는 방법은 행동학과 심리학적 접근방법을 통해 예측과 해결방안을 제시하는 데 있다고 본다.

그러므로 환경문제의 근본적인 해결책을 모색하기 위해서는 우선적으로 환경문제에 대한 우리들의 의식과 태도를 정확히 이해하고 객관적으로 측정해 보는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 그리고 지역사회의 중심 역할을 담당하고 있

는 학교에서 좀 더 체계적이고 실질적인 환경교육을 실시할 필요가 있으며 중학생을 대상으로 한 환경교육은 청소년 시기에 형성된 환경에 대한 감수성과 태도가 이후의 성장과정에 있어서의 환경관과 자연관에 대한 가치형성에 지속적인 영향을 미칠 수 있고, 미래사회의 구성원으로서 장래의 사회적 의사결정에 지배적인 영향을 줄 수 있기 때문에 중학생들이 어떠한 환경태도를 가지고 있는지를 평가해보는 것은 매우 중요한 일이 될 수 있다. 또한 이 일은 환경에 대한 긍정적인 태도를 양성하고 환경교육의 바른 방향을 설정함에 있어서도 매우 중요한 의미를 갖는다.

이러한 관점에서 본 연구는 제주시 지역 중학교 학생들의 환경문제와 환경교육 및 환경보전 방안 등에 관한 인식에 대하여 살펴보고, 전장의 연구에서 도출된 습지의 식물상과 수환경을 모니터링할 수 있는 지표식물이 환경교육에의 활용 가능성을 검토하였다.



## 2. 연구내용 및 방법

### 1) 검사 도구의 제작

본 연구는 설문지에 의한 분석으로 구성되어 있다. 설문지는 여러 문헌(우 등, 1999; 허 등, 2003)을 기초로 연구대상자와 이들의 속한 지역적 특성, 학생들의 인지적 특성 및 이해도 등을 고려하여 부분적으로 문항을 선별하여 수정, 보완하여 작성하였다(Appendix II). 측정문항은 총 33문항으로 조사대상자의 개별특성 변수 4문항과 환경전반에 관련된 문제 29문항을 포함하고 있다. 조사될 설문지에서 환경전반에 관련된 문항은 환경교육의 경험 및 환경지식 6문항, 우리고장의 환경문제 및 환경보전 방안 7문항, 주거환경 및 실천현황 6문항, 환경교육의 필요성 4문항, 환경교육의 문제점 및 개선 6문항 등으로 구성되었다. 그리고 조사대상자의 개별특성 변수로는 성별, 학년, 주거유형, 거주지역 등을 포함하고 있다.

### 2) 설문조사 및 분석방법

이런 내용을 갖춘 설문지로 제주시 지역 중학생들의 환경교육 실태와 학생들이 환경에 관한 인식 및 해결태도, 환경교육의 필요성 및 개선방안 등에 관한 설문조사를 실시하였다. 본 연구의 조사 대상은 제주시 소재의 중학교 (제주시 동지역 중학교 4개교, 읍·면지역 중학교 4개교) 8개교를 선정하여 재학하는 남·여 중학생을 대상으로 실시하였다. 조사는 2005년 6월부터 8월까지 3개월 동안 시행되었으며, 조사 대상학교로 선정된 학교의 담당교사에게 사전 양해 및 협조를 구하고 약속한 일시에 직접 방문을 하여 조사목적, 설문 시행상의 유의사항과 방법을 설명하고 설문지를 전달하는 방법을 채택하였다. 설문지는 각 학교의 담당교사가 직접 학생들에게 배부하여 작성하도록 하였고, 작성된 설문지는 조사요원이 재차 방문하여 회수하는 방법을 채택하였다. 질문지는 총 650부를 배부하여 91.2%에 해당하는 593부가 회수되었으며, 이중 미기재 또는 내용 기재가 부실한 66부를 제외하여 총 527부를 분석 자료로 사용하였다. 본 연구의 자료는 SPSS 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며, 조사대상자의 특성을 알아보기 위해서 빈도와 백분율을, 각 변인들의 영향정도와 차이를 검증하기 위하여 교차분석과

분산분석을 실시하였다.

### 3) 연구문제 및 연구모형

본 연구에서 설정한 연구문제와 연구모형을 제시하면 다음과 같다(Fig. 4-1).

연구문제1 : 중학교 학생들은 개인특성 변수에 따라 환경지식과 환경의식에 차이를 나타낼 것이다.

연구문제2 : 중학교 학생들이 선호하는 환경교육은 체험위주의 학습활동일 것이다.

연구문제3 : 중학교 학생들은 제주환경 보존의식을 내재화하였을 것이다.

연구문제4 : 중학교 학생들은 환경오염과 환경보호활동에 적극참여 할 것이다.

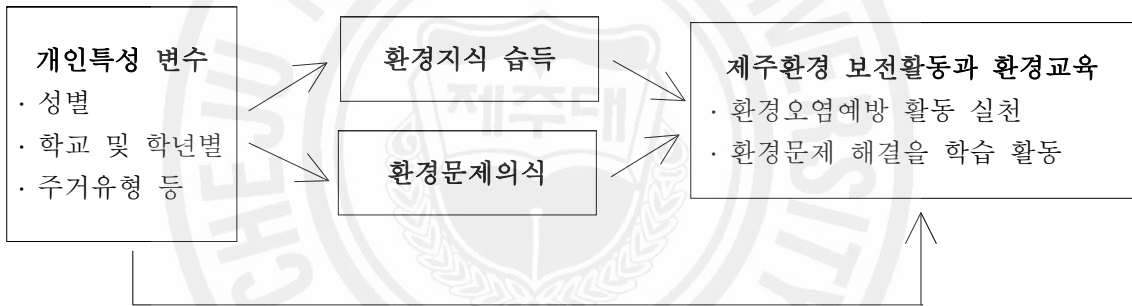


Figure 4-1. Survey model showing the relationship with individual variables, awareness, perception and attitude of/toward environmental problems.

### 3. 결과 및 고찰

#### 1) 조사대상자의 일반적 특성

조사대상자 중학교 학생 527명의 개별 특성 요소인 학교 및 학년, 성별, 주거 유형, 거주 지역 등을 조사하였고, 그 대상자의 44.8%인 남학생 236명이, 55.2%인 여학생 291명이 조사 분석되었다(Table 4-1). 학년별로는 2학년이 다소 많은 49.1%인 259명, 3학년 33.8%, 1학년 17.1%의 순이다. 주택 형태는 56.5%가 단독주택, 23.9%가 아파트, 19.6%가 다세대, 연립 또는 빌라 등이다. 그리고 거주하는 지역은 주택 지역이 70.4%로 371명이며, 농업지역이 22.8%로 120명, 상업 및 기타지역이 6.8% 순이다. 행정구역상 시내중심지인 동지역 중학교에 재학하는 학생이 65.8%인 347명, 농촌지역인 읍면지역의 학교에 재학하는 학생 34.2%인 180명이 설문분석 대상자이다.

Table 4-1. Characteristics of respondents to the questionnaire in this survey

			n=527명
개인특성 변수	특 성	비율 (%)	응답자 수 (명)
성별	남학생	44.8	236
	여학생	55.2	291
학년	1학년	17.1	90
	2학년	49.1	259
	3학년	33.8	178
주거유형	단독주택	56.5	298
	아파트	23.9	125
	기타(다세대, 다가구, 빌라, 연립, 상가주택 등)	19.6	103
거주지역	주택지역	70.4	371
	상업지역	4.0	21
	농업지역	22.8	120
	기타	2.8	15
학교위치	동지역	65.8	347
	읍지역	34.2	180

#### 2) 환경교육의 경험 및 환경 지식

현재 중학교에서 실시되고 있는 환경교과의 이수여부와 학교에서 환경교육의

수업 형태, 교육 방법을 살펴보았다(Table 4-2).

교육과정 상 환경교과 이수 여부를 묻는 질문에 응답자의 12%가 “이미 배웠거나 배우고 있다”고 응답하였으며, 88%에 달하는 대다수의 학생들은 “환경과목이 없다”고 응답하였다.

학교에서 환경교육에 대한 수업 형태에 대해서는 응답자의 57.3%가 특활·봉사활동시간이라고 응답하여 환경교과 수업(8.3%)과 관련 교과목 수업시간(8.5%)보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 목포지역 중학교 교육에서 환경교과의 반영 비율이 아주 낮으며, 환경교육을 환경교과 수업이나 과학 등 관련 교과목 보다는 특활·봉사활동 등 비교과과정에서 환경 관련 교육을 많이 배우고 있다는 결과와 유사하다(박 등, 2006). 그러나 청주시 지역 중학교에서는 대다수의 학생들이 환경교과나 과학 등 관련 교과목 수업 시간에 환경교육을 많이 받는 것으로 보고되고 있어(양 등, 2002), 제주와 목포 지역과는 다른 양상을 보이고 있다. 이는 청주시를 포함한 충북지역에서는 환경교과가 개설되어 있는 학교가 다른 지역에 비해 상대적으로 많고, 질문에 참여한 응답자의 환경교과 이수 여부에 따른 차이로 볼 수 있다.

Table 4-2. The perception of the environmental education experienced at middle school

문항	항목	비율
교육 과정상 환경교과 이수 여부	이미 배웠거나 현재 배우고 있다.	63(12.0%)
	환경교과목이 없다.	464(88.0%)
학교에서의 환경교육 수업 형태	환경과목 수업시간	44 (8.3%)
	환경과목 이외의 수업시간(과학 등)	45 (8.5%)
	특활, 봉사활동시간	302(57.3%)
	조회, 종례 등 선생님과 대화시간	50 (9.5%)
	기타	86(16.3%)
학교에서 시행되고 있는 환경교육의 방법	강의	99(18.8%)
	토론	10 (1.9%)
	현장학습	191(36.2%)
	인터넷 및 시청각 교재를 통한 학습	66(12.5%)
	기타	161(30.6%)

학교에서 행하여지고 있는 환경교육의 방법으로는 응답자의 36.2%가 현장학습의 형태로 이루어지고 있다고 응답하였으며, 기타로 특활이나 봉사활동으로 이루

어지고 있다는 응답도 30.6%를 차지하고 있다. 이는 현장학습장의 개발과 효율적인 현장 학습프로그램의 개발이 우선적으로 필요함을 시사한다고 할 수 있다. 대다수의 학교에서는 현장학습으로 산업체나 쓰레기처리장 견학의 형태로 이루어지고 있을 뿐, 하천, 꽃자왈, 습지 등 자연생태를 활용한 교육은 활발히 이루어지고 있지 않은 것으로 사료된다. 따라서 현장학습을 위한 자연관찰 학습장과 학습프로그램으로 전장에서 살펴본 제주도 습지를 활용하는 방안과 습지식물을 이용하여 환경요인과 오염원에 따른 식물의 생리적 상태를 광계Ⅱ의 광화학적 변화로 살펴봄으로써 경각심을 고취시킬 수 있지 않을까 사료된다.

Table 4-3. Trends of awareness of environmental problems

단위: 명(%)

개인특성 변수	특 성	TV/라디오	전문서적	신문/잡지	학교교육	친구/ 선후배	인터넷	없음	계 (%)
성별	남학생	131(55.5)	8(3.4)	27(11.4)	30(12.7)	6(2.5)	16(6.8)	18(7.6)	236(100)
	여학생	163(56.0)	7(2.4)	49(16.8)	35(12.0)	5(1.7)	9(3.1)	23(7.9)	291(100)
학년	1학년	51(56.7)	2(2.2)	9(10.0)	14(15.6)	2(2.2)	4(4.4)	8(8.9)	90(100)
	2학년	139(53.7)	9(3.5)	41(15.8)	34(13.1)	5(1.9)	13(5.0)	18(6.9)	259(100)
	3학년	104(58.4)	4(2.2)	26(14.6)	17(9.6)	4(2.2)	8(4.5)	15(8.4)	178(100)
주거유형	단독주택	155(52.0)	10(3.4)	45(15.1)	43(14.4)	7(2.3)	15(5.0)	23(7.7)	298(100)
	아파트	80(63.5)	4(3.2)	15(11.9)	12(9.5)	1(0.8)	6(4.8)	8(6.3)	126(100)
	기타	59(57.3)	1(1.0)	16(15.5)	10(9.7)	3((2.9)	4(3.9)	10(9.7)	103(100)
거주지역	주택지역	216(58.2)	9(2.4)	54(14.6)	42(11.3)	6(1.6)	17(4.6)	27(7.3)	371(100)
	상업지역	14(66.7)	0(0)	2(9.5)	0(0)	3(14.3)	0(0)	2(9.5)	21(100)
	농업지역	58(48.3)	5(4.2)	20(16.7)	20(16.7)	2(1.7)	7(5.8)	8(6.7)	120(100)
	기타	6(40.0)	1(6.7)	0(0)	3(20.0)	0(0)	1(6.7)	4(2.7)	15(100)
학교위치	동지역	207(59.7)	9(2.6)	45(13.0)	34(9.8)	10(2.9)	18(5.2)	24(6.9)	347(100)
	읍지역	87(48.3)	6(3.3)	31(17.2)	31(17.2)	1(0.6)	7(3.9)	17(9.4)	180(100)
total		294(55.8)	15(2.8)	76(14.4)	65(12.3)	11(2.1)	25(4.7)	41(7.8)	527(100)

중학교 학생들이 환경문제에 대한 정보를 어떻게 습득하고 있는지 조사하였다 (Table 4-3). 환경문제에 대한 정보 습득 방법으로 전체 응답자의 70.2%가 TV, 라디오, 신문 등 언론 매체에, 12.3%가 정규 교과 시간의 수업에 의해서 습득한다고 응답하고 있어 학생들이 학교 교과시간의 환경교육에서 보다 언론 매체를 통하여 환경문제를 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 청주시지역의 중·고등학교(80%), 목포시 중학교(80%), 대구광역시 중학교(74.7%) 학생들이 주로 TV, 라디오, 신문 등 언론 매체에 의해서 환경오염에 관한 지식을 습득하고 있다는 결과와 유사한 것으로 학생들에게 미치는 언론 매체의 영향력이 매우 큼

을 시사하고 있다고 할 수 있다(양 등, 2002; 박 등, 2006; 정, 2004). 그리고 학교 교육에 의한 환경지식의 습득이 12.3%로 낮게 조사된 점은 학교에서의 환경교육의 양, 질, 방법 등에 있어서 개선의 필요성을 시사한다고 볼 수 있다.

TV 프로그램을 통한 환경정보의 중요성은 이미 1970년대부터 거론되었다(Lingwood, 1971; Towler and Swan, 1972). TV 방송매체는 학생들의 학습동기를 유발시키고 다양한 학습경험을 제공함으로써 지적·정의적 학습에 영향을 주며 사회화의 과정을 촉진시킬 수 있는 점에서 매우 유용한 교육매체라 할 수 있다. 더군다나 자연환경에 대한 인류의 높은 관심에 맞추어 신문, 잡지, TV 뉴스 등의 다양한 대중매체들이 대기오염, 수질오염, 지구온난화 등과 같은 새로운 환경문제들을 계속적으로 쏟아내고 있으며, 앞으로 언론매체의 효과를 응용한 멀티미디어 기법이 효과를 발휘할 수 있음을 보여주는 것이다. 특히 TV 방송매체는 인쇄매체로는 다룰 수 없는 시간적·공간적 제약을 보완해 주며 학습효율화를 도모하고 다양한 학습기회를 제공함으로써 학생들의 환경의식 고취에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

Table 4-4. The score of the attitude to desire environmental informations and the score of awareness on environmental problems

개인특성 변수	특 성	환경정보추구 의식 <sup>1)</sup>	환경지식 <sup>2)</sup>
성별	남학생	3.07±0.07	3.63±0.13
	여학생	3.21±0.05	2.88±0.10
학년	1학년	3.47±0.11	2.37±0.16
	2학년	3.14±0.06	3.44±0.12
	3학년	3.01±0.07	3.31±0.14
주거유형	단독주택	3.13±0.05	3.14±0.10
	아파트	3.14±0.09	3.40±0.17
	기타	3.22±0.13	3.19±0.19
거주지역	주택지역	3.16±0.05	3.29±0.10
	상업지역	3.33±0.22	2.38±0.33
	농업지역	3.09±0.08	3.18±0.17
	기타	3.07±0.07	2.65±0.83
학교위치	동지역	3.07±0.05	3.37±0.10
	읍지역	3.30±0.07	2.91±0.13

<sup>1)</sup> 언론매체(TV, 신문, 인터넷 등)를 이용한 환경관련 프로그램의 시청여부: 5점 만점

<sup>2)</sup> 9개의 환경용어에 대해서 설명이 가능한 개수

학생들이 환경교육 및 환경문제에 어느 정도의 관심을 갖고 있는지를 파악하



기 위해 언론매체에 의한 환경정보추구의식과 몇 가지 환경용어에 대한 환경지식을 조사하였다(Table 4-4). 환경정보추구의식으로 TV, 신문, 인터넷 등 언론매체를 이용한 환경관련 프로그램의 시청여부를 살펴보면, 큰 차이는 아니지만 보편적으로 여학생이 남학생보다, 그리고 저학년일수록 환경프로그램을 관심있게 보는 것으로 나타났다.

그리고 조사대상자들이 환경오염과 깊은 연관이 있는 개념을 어느 정도 이해하고 있는지를 알기 위해 9개의 용어를 제시하여 설명이 가능한 것들을 표시하도록 하였다. 그 결과 전체적으로 평균 3.21개의 용어를 설명할 수 있다고 표시하여 대다수의 학생들이 이들 용어들을 모르고 있는 것으로 나타났다. 남녀 간의 차이를 살펴보면 여학생이 평균 2.88개의 용어를 설명 가능하다고 하였고, 남학생이 평균 3.63개의 용어를 설명할 수 있다고 하여 남학생이 여학생보다 다소 환경지식이 높은 것으로 나타났다. 학년별 차이를 살펴보면, 1학년이 평균 2.37개의 용어를 설명 가능하다고 하였고, 2학년과 3학년은 각각 3.44개와 3.31개의 용어를 설명할 수 있다고 하여, 미미하지만 어느 정도의 학년간의 차이를 볼 수 있었다. 그리고 제시한 환경용어들은 성별이나 학년별에 관계없이 적조현상, 오존층파괴, 산성비, 지구온난화에 대해서는 조사대상자의 50%이상이 그 내용을 잘 알고 있는 것으로 나타났으나 광화학스모그, BOD, 생물학적 자정작용, 중금속오염, 생물종 다양성에 대해서는 잘 모르고 있었다(Fig. 4-2).

환경과 관련된 올바른 지식의 습득은 환경오염의 예방과 실천력 향상의 기반이 된다. 광범위한 환경문제를 몇 개의 문항으로 파악할 수는 없으나 내용별로 부정확한 환경지식을 갖고 있다는 것은 실천을 목표로 하는 환경교육에 있어서 시사하는 바가 크다고 볼 수 있다. 더욱이 학생들이 환경문제의 지식을 어느 정도 파악하고 있는지를 알기 위해 제시한 이들 용어들은 정규 중학교 환경교과나 생물 등 관련 교과서 뿐 만이 아니라 사회, 기술·가정 과목 등 타 교과목에서도 환경관련 내용을 다루고 있음에도 불구하고 학교에서의 환경교육이 잘 이루어지지 않음을 시사하고 있다. 이는 현행 중학교 교과 과정의 내용 분석으로 설명할 수 있는데, 환경과목을 채택하고 있지 않더라도 사회과목에서는 자원, 환경보전과 대책으로 시작하여 학년이 올라감에 따라 산업화, 도시화, 인구, 환경오염, 인공환경, 자연 환경 등의 영역을 가르치고 있고, 기술·가정 과목에서도 자원, 환

경오염, 환경보전과 대책 등의 전반적인 환경 영역을 다루고 있어, 환경과목을 채택하지 않아도 환경 관련 내용을 배우고 있는 실정이다. 그리고 Table 4-3에서 보는 바와 같이 환경문제에 대한 지식을 정규 학교 교육을 통해 습득하는 것이 아니라 대부분 TV, 라디오 등 대중매체를 통해 습득하고 있는 것으로도 알 수 있다.



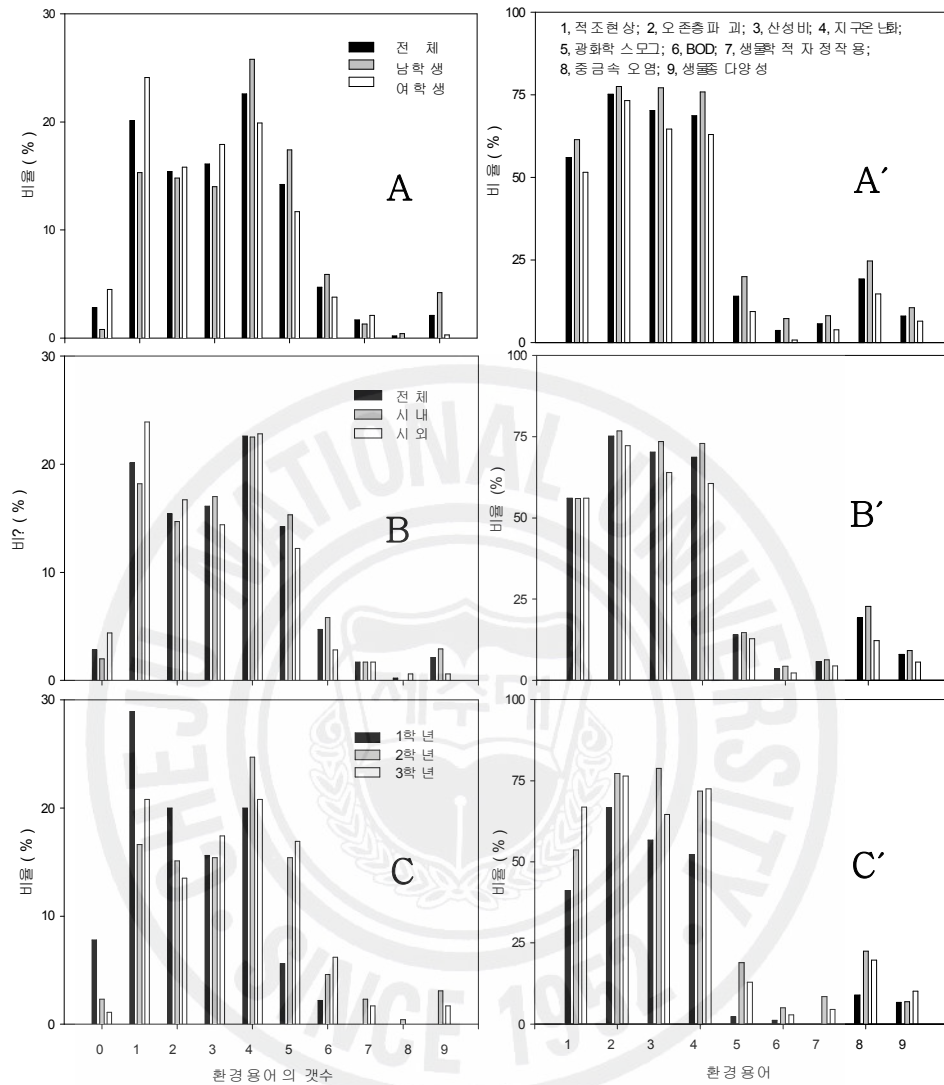


Figure 4-2. The environmental terms explained by an individual variable (sex, school location, or grade). The scores were represented as percentage. The number of terms(A, B and C) and term(A', B' and C') that can be explained by male or female students(A and A'), by students in urban or rural area(B and B') and by students at grade(C and C').

### 3) 주변의 환경문제 및 환경보전 방안

중학교 학생들이 인식하고 있는 제주도의 환경문제와 오염의 주된 원인이 무엇인지를 조사하였다(Table 4-5). 우리고장의 환경문제 중 가장 심각하다고 느끼는 환경문제는 41.8%의 학생이 쓰레기 문제를 들고 있으며, 그 다음으로 해양오염과 수질 오염을 각각 26.0%와 13.1%로 들고 있었다. 이러한 제주 지역의 환경문제는 우리나라의 환경오염 문제와도 유사한 경향을 보이는데, 박 등(2006)의 연구결과에 의하면 현재 우리나라 환경요소 중 가장 심각한 환경오염에 대한 질문에 수질오염이 41.6%, 생활 쓰레기와 산업폐기물 오염이 27.8%로 인식하고 있는 것으로 알 수 있다. 이처럼 우리나라와 지역에서의 환경문제는 다소 지역적 차이는 있겠지만, 넓은 범위에서 유사한 환경문제를 지니고 있는 것으로 나타났으며, 일반적으로 개인의 일상과 직접적인 관련이 있는 것에 그 심각성을 부여하는 것으로 생각된다.

Table 4-5. Perception of environmental problems in Jeju island

문항	항목	비율 (단위: 명(%))	
제주도의 가장 심각한 환경문제	대기오염	35	(6.7%)
	수질오염	69	(13.1%)
	토양오염	28	(5.3%)
	해양오염	137	(26.0%)
	생태계 파괴	30	(5.7%)
	쓰레기 문제	220	(41.8%)
	기타	7	(1.3%)
	환경오염의 가장 큰 원인	대기오염	자동차의 배기가스(60.0%)
수질오염		생활하수(45.0%), 농약,비료성분(28.7%)	
토양오염		비닐,플라스틱 성분(49.3%), 농약,비료성분(34.2%)	
해양오염		생활하수(32.8%), 선박폐기물(29.8%)	

환경오염이란 대기, 물, 토양의 물리, 화학 및 생물학적 특성이 바람직하지 않은 상태로의 변화이며 유해한 물질이나 에너지 등이 다량으로 그리고 매우 빠른 속도로 환경에 유입되어 인간을 포함하는 생물체에 직·간접적으로 영향을 미치게 된다. 환경오염은 크게 대기오염, 수질오염, 토양오염, 소음공해, 가정 쓰레기와 산업폐기물의 발생 등으로 분류되고 있다. 제주 지역의 대기오염의 주된 원인은 60.6% 학생들이 자동차의 배기가스, 수질오염의 주원인은 45.04%의 학생들이

가정에서 내보내는 생활하수나 쓰레기매립장에서 흘러나온 침출수, 28.7%의 학생들은 농가나 골프장에서 사용되는 각종 농약이나 비료성분으로 보고 있다. 토양 오염은 49.3%의 학생들이 비닐이나 플라스틱처럼 썩지 않은 성분, 34.2%의 학생들이 농가나 골프장에서 사용하는 각종 농약이나 비료 성분으로 인식하고 있으며, 해양오염의 주원인은 32.8%의 학생들이 가정에서 내보내는 생활하수를, 24.8%의 학생들이 선박에서 흘러나오는 기름이나 각종 쓰레기로 보고 있었다.

환경보전 방안에 대한 학생들의 인식을 파악하기 위하여 환경보전을 위한 활동 참여 여부와 학생들이 생각하는 환경오염 방지를 위한 개선방안을 조사하였다(Table 4-6). 환경보전 활동 참여 의지에 대한 질문에 있어서 「적극 참여 한다」는 응답자는 5.3%였으며, 소극적이지만 참여할 의사가 있는 학생은 전체의 68.9%이며, 「관심 없다 또는 참여하지 않겠다」는 학생은 25.8%로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 학생들이 환경오염에 대한 실천태도를 보다 자발적이고 적극적으로 변화하도록 지속적이고 체계적인 환경교육이 필요할 것으로 보인다.

제주지역의 환경오염 방지를 위한 방안에 대해서는 기술개발을 통해 환경오염을 방지, 완화시킬 수 있는 방법을 모색하거나(35.3%), 환경교육(29.6%)을 통해 각성할 필요가 있다고 하여 기술개발과 환경교육의 중요성을 내포하고 있다.

Table 4-6. Attitude willing to join in environmental conservation and the idea for protecting the environment against pollution

문항	항목	비율 (단위: 명(%))	
환경보전 활동 참여 여부	적극 참여한다.	28	(5.3%)
	참여한다.	111	(21.1%)
	보통이다.	252	(47.8%)
	참여하지 않겠다.	52	(9.9%)
	관심없다.	84	(15.9%)
환경오염 방지를 위한 방안	환경교육에 의한 각성	156	(29.6%)
	강력한 법적제도 시행	76	(14.4%)
	신고포상제 활성화	94	(17.8%)
	기술개발에 의한 개선	186	(35.3%)
	기타	15	(2.8%)

#### 4) 주거 환경 및 실천 현황

학생들이 생활하고 있는 거주 지역의 환경상태와 환경문제를 조사하였다

(Table 4-7). 학생들의 삶의 현장인 거주 지역의 환경 상태에 대한 응답에서는 43.6%의 학생들이 보통, 34.9%의 학생들은 아직은 양호하다고 보고 있다. 학생들의 대부분은 그들의 삶의 현장인 거주지역의 환경 상태를 양호하다고 보는 편이다. 이는 서울이나 인천 등 대도시에 비해 제주도가 상대적으로 여러 중화학 공업 단지의 산업시설이나 대규모 위락시설 등이 없으며, 녹지공간을 많이 확보하고 있을 뿐만 아니라 청정제주의 이미지가 부각된 결과로 해석할 수 있다. 일반적으로 대도시와 공업지역의 학생들이 중소도시와 농촌지역 학생들에 비해 거주 지역의 환경오염 상태에 대해 심각하게 생각하는 경향이 있다(홍과 성, 1998; 정과 염, 1993).

학생들이 생활하고 있는 거주 지역에서의 환경문제로는 쓰레기공해(53.5%), 소음 및 진동(37.6%) 등이 심각하다는 반응이 대부분이었다. 특히 대다수의 학생들이 쓰레기 처리 문제에 대해 많은 문제점을 느끼고 있으며, 이는 개인 생활과 밀접한 일상생활 속에서 발생하는 오염원을 가장 심각한 요인으로 인식하고 있음을 보여주고 있다.

Table 4-7. Perception of environmental problems in their residential area

문항	항목	비율 (단위: 명(%))	
거주 지역의 환경 상태	매우 심각하다.	15	(2.8%)
	심각하다.	65	(12.3%)
	보통이다.	230	(43.6%)
	아직은 양호하다.	184	(34.9%)
	매우 양호하다.	33	(6.3%)
생활거주지에서의 환경문제	대기오염	150	(28.5%)
	수질오염	154	(29.2%)
	토양오염	117	(22.2%)
	해양오염	102	(19.4%)
	생태계파괴	32	(6.1%)
	쓰레기공해	282	(53.5%)
	소음 및 진동	198	(37.6%)
	악취	149	(28.3%)
	불량식품	151	(28.7%)
	산성비	31	(5.9%)
	경관훼손	40	(7.6%)
	농약오염	71	(13.5%)
중금속오염	6	(1.1%)	

환경오염을 줄이기 위한 실천현황으로 가정에서의 실천여부와 환경오염현장을 목격하였을 때 어떻게 행동할 것인지를 조사하였다(Table 4-8). 환경오염을 줄이기 위한 가정에서의 노력은 대다수의 학생들이 생각은 하고 있으나 잘 실천하고 있진 않은 것으로 조사되었으며(40.7%), 적극적으로 실천하고 있는 학생은 12.4%에 불과하다. 환경문제는 실제 생활과 밀접한 관련을 갖고 있는 만큼 주변 환경을 잘 관리하고, 환경오염을 줄이기 위한 가정에서의 노력이 필요하다.

환경오염현장을 목격하였을 때 ①적극 고발한다(34.6%), ②본인과 상관이 있을 때 고발한다(23.2%)고 하여 고발의지를 가지고 있는 학생은 전체의 57.8%에 해당하여 학생들이 적극적인 고발의식을 가지고 있는 것으로 나타났다.

Table 4-8. The behavior to reduce environmental pollution and the attitude willing to report against the environmental crimes

문항	항목	비율 (단위: 명(%))	
환경오염을 줄이기 위한 가정에서의 실천여부	적극 실천하고 있다.	65	(12.4%)
	생각은 하나 잘 실천되지 않는다.	214	(40.7%)
	보통이다.	178	(33.8%)
	거의 실천하지 않는다	48	(9.1%)
	전혀 실천하고 있지 않다.	21	(4.0%)
환경문제를 야기하는 현장 목격 시 행동	적극 고발한다.	182	(34.6%)
	본인과 상관이 있을 때 고발한다.	122	(23.2%)
	고발하지 않겠다.	14	(2.7%)
	관심이 없다.	95	(18.1%)
	잘 모르겠다.	113	(21.5%)

제주도 수질에 대한 학생들의 인식을 살펴보기 위하여 수돗물의 음용여부를 조사하였다(Table 4-9). 수돗물의 음용 여부에 대한 질문에서는 응답자의 31.9%가 끓여 먹는다고 응답하였으며, 정수기물이나 생수를 이용하는 응답자도 각각 17.3%, 13.9%로 나타났으며, 식수로 그냥 사용하거나 간혹 끓여서 마시는 경우는 36.9%에 달해 물 사용에 있어서 대다수의 학생들이 수돗물을 식수로 이용하고 있음을 알 수 있다. 배경변인으로는 성별에 따라  $p < 0.001$ 의 수준에서 유의한 차이를 보이고 있으며, 학년별과 학교위치(지역)에 대해서는 유의하지 않았다. 이러한 결과는 수도권 지역에서는 식수로 사용하고 있는 수질에 대한 불신으로 정수기물이나 끓인 수돗물, 생수를 이용한다는 결과와 상이한 것으로, 아직까지는 제

주도 수질이 양호함을 보여주는 결과라 할 수 있다.

Table 4-9. The way to drink water for daily life

단위: 명(%)

개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	수돗물	수돗물/끓인물	끓인물	정수기물	생수
성별	남학생	34.252	4	0.000	36(15.3)	49(20.9)	70(29.8)	43(18.3)	37(15.7)
	여학생				27(9.3)	82(28.2)	98(33.7)	48(16.5)	36(12.4)
학년	1학년	10.870	8	0.209	8(8.9)	22(24.4)	37(41.1)	15(16.7)	8(8.9)
	2학년				34(13.2)	72(27.9)	71(27.5)	47(18.2)	34(13.2)
	3학년				21(11.8)	37(20.8)	60(33.7)	29(16.3)	31(17.4)
학교위치	동지역	8.690	4	0.069	25(7.2)	80(23.1)	113(32.7)	66(19.1)	62(17.9)
	읍지역				38(21.1)	51(28.3)	55(30.6)	25(13.9)	11(6.1)
total					63(12.0)	131(24.9)	168(31.9)	91(17.3)	73(13.9)

일상생활에서 환경문제를 해결하기 위해 얼마나 노력하고 있는지 알아보기 위해 일상생활에서의 쓰레기 분리수거, 이면지 활용 등 실천유무를 조사하였다 (Table 4-10).

Table 4-10. The score of the behavior to reduce and reutilize the waste in the daily life

설문문항	개인특성 변수	특 성	실천의식
가정에서의 실천여부	성별	남학생	2.64±0.11
		여학생	2.67±0.08
	학년	1학년	2.31±0.15
		2학년	2.66±0.09
		3학년	2.81±0.07
	학교위치	동지역	2.88±0.11
		읍지역	2.22±0.10
total			2.66±0.06

제시한 7개의 실천내용 중에 전체적으로 평균 2.66개의 내용을 실천하고 있는 것으로 조사되었으며, 저학년보다는 고학년일수록, 읍면지역에 거주하는 학생보다는 동지역에 거주하는 학생들이 다소 실천률 높은 것으로 조사되었다. 그리고 제시한 실천내용 중 쓰레기 분리수거와 이면지 활용에 50% 이상 참여하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 4-3). 개인특성변수별로 살펴보면 쓰레기 분리수거는 남학생과 여학생 간에는 큰 차이가 없으나, 읍면지역보다는 동지역 학생들이, 저



학년보다는 고학년 학생들이 더 많이 실천하는 것으로 조사되었다. 그리고 이면지 활용은 남학생보다는 여학생이 다소 더 실천하는 것으로 나타났다. 쓰레기양 줄이기, 일회용품 사용자제, 생활용품 물려쓰기 등의 실천도 잘 이루어지고 있는 것으로 나타났다.



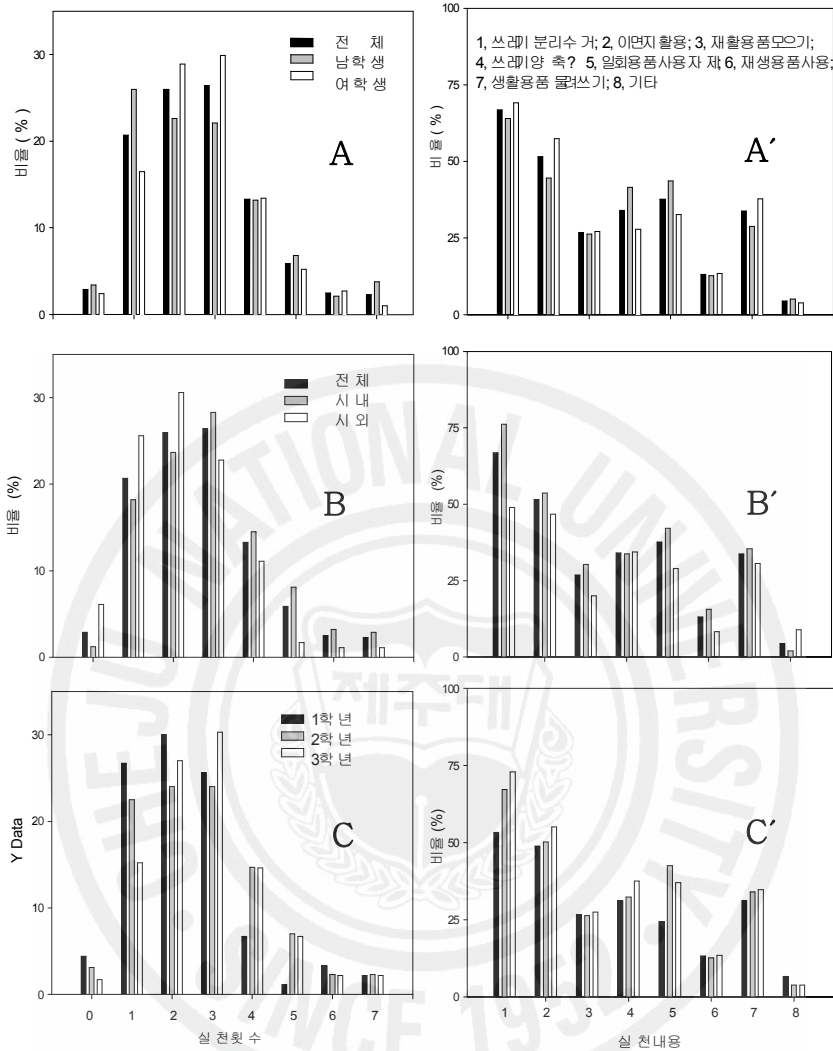


Figure 4-3. The score of the behavior to reduce and reutilize the waste in the daily life by individual character variable(sex, school position, grade). The scores were represented as percentage. The number of behavior(A, B and C) and behavior(A', B' and C') that were performed by male or female students(A and A'), by students in urban or rural area(B and B') and by students at grade(C and C').

### 5) 환경교육의 필요성

환경문제는 단기간에 해결될 수 있는 문제가 아니다. 그러므로 환경교육을 통하여 학생들에게 환경에 대한 올바른 가치관을 형성시킴으로써 현재의 환경문제 해결은 물론 앞으로 심각해질 환경문제를 미연에 방지하는데 도움이 될 것이다. 이런 측면에서 학교에서의 환경교육의 필요성과 효과적인 환경교육 방법 등에 대한 지도방법을 모색할 필요가 있다.

Table 4-11. Perception on necessity of environmental education and effective environmental education at middle school

설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	수업시간	주변의 오염실태	언론매체	기타	
환경교육의 필요성	성별	남학생	6.098	3	0.107	22(9.4)	108(46.2)	98(41.9)	6(2.6)	
		여학생				19(6.5)	145(49.8)	109(37.5)	18(6.2)	
	학년	1학년	18.172	6	0.006	7(7.8)	36(40.0)	36(40.0)	11(12.2)	
		2학년				21(8.1)	136(52.7)	95(36.8)	6(2.3)	
		3학년				13(7.3)	81(45.8)	76(42.9)	7(4.0)	
	학교위치	동지역	2.585	3	0.460	23(6.7)	169(49.0)	139(40.3)	14(4.1)	
읍지역					18(10.0)	84(46.7)	68(37.8)	10(5.6)		
	total				41(7.8)	253(48.2)	207(39.4)	24(4.6)		
설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	언론매체	학교교육	가정교육	시민교육	기타
효과적인 환경교육	성별	남학생	0.147	4	0.997	88(37.9)	74(31.9)	37(15.9)	27(11.6)	6(2.6)
		여학생				110(38.2)	89(30.9)	49(17.0)	33(11.5)	7(2.4)
	학년	1학년	13.495	8	0.096	35(39.3)	35(39.3)	10(11.2)	5(5.6)	4(4.5)
		2학년				98(38.4)	80(31.4)	46(18.0)	28(11.0)	3(1.2)
		3학년				65(36.9)	48(27.3)	30(17.0)	27(15.3)	6(3.4)
	학교위치	동지역	6.273	4	0.180	131(38.2)	99(28.9)	58(16.9)	47(13.7)	8(2.3)
읍지역					67(37.9)	64(36.2)	28(15.8)	13(7.3)	5(2.8)	
	total				198(38.1)	163(31.3)	86(16.5)	60(11.5)	13(2.5)	

환경교육의 필요성을 절실히 느꼈을 때와 학생들이 생각하는 효과적인 환경교육방법에 대해 조사하였다(Table 4-11). 환경교육의 필요성은 전체 응답자의 48.2%가 주변의 오염실태를 접했을 때 절실히 필요하다고 생각하였으며, TV, 라디오, 신문 등의 언론매체를 통해서도 39.4%가 필요하다고 응답하였다. 이처럼 대다수의 학생들이 일상생활 속에서 실제 환경문제를 접하고, TV, 라디오, 신문 등의 매스컴을 통해 시각적으로 환경문제의 심각성을 접하고 있는 것으로 나타나, 언론매체의 중요성을 다시 한번 확인할 수 있었다. 배경 변인별로 살펴보면, 학년별에 따라  $p < 0.01$ 의 수준에서 유의한 차이를 보이고 있으며, 성별과 학교 위치에 따라서는 유의하지 않았다. 2학년과 3학년 학생들은 주변의 오염실태를 접

했을 때 각각 52.7%, 45.8%로 절실히 필요하다고 답하였으며, 1학년 학생들은 주변의 오염실태(40.0%)와 언론매체(40.0%)에 의해 환경문제의 심각성과 체계적인 환경교육이 필요하다고 응답하였다.

환경보전에 관한 효과적인 환경교육 방법에 대해서는 TV, 라디오, 신문 등의 언론매체와 학교교육이 각각 38.1%와 31.3%로 나타나, 매스컴의 영향이 매우 중요하게 작용하고 있으며, 학교교육에서도 환경교육의 양, 질, 방법 등에 있어서 개선의 필요성을 시사하는 것으로 해석된다. 배경변인별로는 유의한 차이를 보이고 있지 않다.

환경교과목의 필요성과 선택과목에 대한 선택권이 학교가 아닌 학생 본인에게 주어졌을 때 어떻게 선택할 것인지를 조사하였다(Table 4-12). 환경문제의 해결을 위해서 교육과정상 환경교과목을 선택해서 배울 필요가 있는지에 대해서는 ① 꼭 필요하다(12.0%), ② 필요하다(24.0%), ③ 보통이다(31.0%), ④ 필요하지 않다(22.6%), ⑤ 잘 모르겠다(10.5%)고 응답하여 설문에 참여한 36.0%만이 환경교과목의 필요성을 보여주었고, 33.1%에 해당하는 학생들은 별도의 환경교과목의 개설에 대하여 회의를 가지고 있음을 알 수 있다. 배경변인으로는 성별에 따라  $p < 0.01$ 의 수준에서 유의한 차이를 보이고 있으며, 남학생(40.5%)이 여학생(32.3%)보다 다소 높게 환경교과목의 필요성을 느끼는 것으로 나타났다.

선택과목에 대한 선택권을 학생들에게 부여하였을 때 전체 응답자의 50.5%가 생활외국어를 선택하겠다고 응답하였으며, 11.0%만이 환경과목을 선택해(Table 4-8), 앞서의 환경문제의 심각성과 환경교육의 필요성에 대한 응답과는 상반된 양상을 보였다. 이는 대다수의 학생들이 환경문제의 심각성과 환경교육의 필요성은 인식하고 있으나 선택권이 개인에게 주어졌을 때는 대학 내신 점수와 관련이 깊은 과목을 우선적으로 선택하는 것으로 사료된다. 그리고 환경과목 선택률이 높다고 해서 곧 학교 환경교육의 내실화로 이어진다는 보장은 없다. 따라서 환경교과에 대한 학생들의 선택이 전체 응답자의 11.0%라는 낮은 수치는 현재 학생과 학부모의 입장임을 이해하여야 하며 환경교육의 방법이나 그 교과내용에 문제점을 알아내어 학생들이 관심과 흥미를 갖고 수업에 임할 수 있는 방안으로 수업지도의 방향을 개선할 필요가 있다. 배경변인으로는 성별( $p < 0.001$ ), 학년별( $p < 0.01$ )의 수준에서 유의한 차이를 보이고 있다. 남학생들은 컴퓨터(41.5%), 생

활외국어(31.6%), 환경(14.5%) 순으로 나타났으며, 여학생들은 생활외국어(65.6%), 컴퓨터(15.8%), 환경(8.2%) 순으로 선택하여, 남녀 간에 선호도가 다른 것으로 보인다. 학년별로는 1학년과 3학년이 50% 이상의 생활외국어를 더 선호하는 것으로 나타났다.

Table 4-12. The perception on necessity of the environment course and the idea on the choice of optional courses at middle school

설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	꼭 필요	필요	보통	불필요	잘 모름
환경교과의 필요성	성별	남학생	17.109	4	0.004	42(17.9)	53(22.6)	63(26.8)	55(23.4)	22(9.4)
		여학생				21(7.2)	73(25.1)	100(34.4)	64(22.0)	33(11.3)
	학년	1학년	6.745	8	0.749	6(6.7)	22(24.4)	26(28.9)	25(27.8)	11(12.2)
		2학년				36(14.0)	58(22.5)	85(32.9)	55(21.3)	24(9.3)
		3학년				21(11.8)	46(25.8)	52(29.2)	39(21.9)	20(11.2)
	학교위치	동지역	6.555	4	0.256	35(10.1)	92(26.6)	104(30.1)	80(23.2)	35(10.1)
읍지역		28(15.6)				34(18.9)	59(32.8)	39(21.6)	20(11.1)	
total						63(12.0)	126(24.0)	163(31.0)	119(22.6)	55(10.5)
설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	환경	컴퓨터	한문	외국어	기타
선택과목에 대한 선택권 (학생)	성별	남학생	67.015	4	0.000	34(14.5)	97(41.5)	16(6.8)	74(31.6)	13(5.6)
		여학생				24(8.2)	46(15.8)	13(4.5)	191(65.6)	17(5.8)
	학년	1학년	21.357	8	0.006	4(4.4)	17(18.9)	5(5.6)	60(66.7)	4(4.4)
		2학년				37(14.4)	80(31.1)	15(5.8)	107(41.6)	18(7.0)
		3학년				17(9.6)	46(25.8)	9(5.1)	98(55.1)	8(4.5)
	학교위치	동지역	8.741	4	0.068	36(10.4)	81(23.5)	21(6.1)	186(53.9)	21(6.1)
읍지역		22(12.2)				62(34.4)	8(4.4)	79(43.9)	9(5.0)	
total						58(11.0)	143(27.2)	29(5.5)	265(50.5)	30(5.7)

## 6) 환경교육의 문제점 및 개선 방안

환경교육은 여러 가지 환경문제에 대처하기 위한 교육으로, 환경에 대한 인간 인식 전환을 통하여 환경문제를 근원적으로 해결하는데 그 목적을 두고 있으며, 학교에서의 환경교육은 환경소양을 갖춘 사람을 양성하는데 있다. 환경소양을 갖춘 사람이란 환경문제를 예방하고 해결하는데 필요한 지식, 가치, 태도, 책임감, 기능을 바탕으로 친환경적으로 책임있는 행동을 하는 사람이다.

학교에서 환경에 대한 교육의 시행여부와 어떠한 형태의 환경교육을 받고 싶은지를 조사하였다(Table 4-13). 학교에서 환경에 대한 교육이 잘 시행되고 있는지에 대해서 32.3%에 해당하는 학생들이 형식적으로 시행되고 있다고 응답하였으며, 43.0%가 시행되고 있지 않다고 하여, 학교에서 환경교육이 실제적으로 어려움을 내포하고 있다. 환경문제에 대한 내용을 일부 포함하고 있는 과목의 교사

는 환경교육에 대한 전문적인 지식을 부단히 습득해야 함은 물론, 교수·학습의 방법면에 있어서도 더욱 연구가 필요하다. 그러나 우리나라에서 환경교육과 관련 있는 대부분의 교사들이 체계적이고 전문적인 환경에 관한 교육을 받지 않았음에 비추어볼 때 학교교육에 다분히 문제가 있다고 할 수 있다.

어떤 형태의 환경교육을 받고 싶은지에 대해서는 51.8%에 해당하는 학생들이 견학 및 현장체험학습을 원하고 있었으며, 24.3%에 해당하는 학생들은 멀티미디어를 활용한 학습을 선호하는 것으로 나타났다. 이는 단순히 이론적인 강의보다는 시각적인 효과와 체험중심의 환경교육 프로그램의 필요함을 시사한다고 할 수 있다. 따라서 학교주변의 체험학습장으로 활용할 수 있는 생태계와 산업시설, 환경기관 등을 확보한다면 학생들에게 보다 나은 환경교육의 형태가 될 것으로 보인다. 이러한 측면에서 전장에서 살펴본 것처럼 제주지역 습지는 이러한 기능을 수행할 수 있을 것으로 기대되며, 염록소형광 분석은 환경오염원이 식물체에 미치는 영향을 이미지로 시각화하고, 정량적으로 제시할 수 있다는 측면에서 교육적인 효과가 클 것으로 기대된다.

Table 4-13. Perception on the environment course at middle school and the education method performed in the environment course.

설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	Df	p-value	1	2	3	4	5
학교 시행여부	성별	남학생	23.911	4	0.000	20(8.5)	56(23.8)	84(35.7)	45(19.1)	30(12.8)
		여학생				12(4.1)	42(14.4)	86(29.6)	89(30.6)	62(21.3)
	학년	1학년	15.293	8	0.054	5(5.6)	14(15.6)	19(21.1)	27(30.0)	25(27.8)
		2학년				17(6.6)	55(21.3)	83(32.2)	65(25.2)	38(14.7)
		3학년				10(5.6)	29(16.3)	68(38.2)	42(23.6)	29(16.3)
	학교위치	동지역	5.730	4	0.220	22(6.4)	61(17.6)	123(35.5)	85(24.6)	55(15.9)
읍지역					10(5.6)	37(20.6)	47(26.1)	49(27.2)	37(20.6)	
	total				32(6.1)	98(18.6)	170(32.3)	134(25.5)	92(17.5)	
설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	Df	p-value	강의	멀티미디어	현장체험	환경탐구	기타
환경교육방법 선택	성별	남학생	5.086	4	0.279	25(10.6)	51(21.6)	129(54.7)	23(9.7)	8(3.4)
		여학생				25(8.6)	77(26.5)	144(49.5)	26(8.9)	19(6.5)
	학년	1학년	14.176	8	0.077	7(7.8)	27(30.0)	41(45.6)	8(8.9)	7(7.8)
		2학년				29(11.2)	61(23.6)	124(47.9)	29(11.2)	16(6.2)
		3학년				14(7.9)	40(22.5)	108(60.7)	12(6.7)	4(2.2)
	학교위치	동지역	4.159	4	0.385	34(9.8)	86(24.8)	184(53.0)	26(7.5)	17(4.9)
읍지역					16(8.9)	42(23.3)	89(49.4)	23(12.8)	10(5.6)	
	total				50(9.5)	128(24.3)	273(51.8)	49(9.3)	27(5.1)	

현재 시행되고 있는 학교 환경교육의 개선방안과 환경교육을 위한 효과적인 교육방법에 대하여 조사하였다(Table 4-14). 학교 환경교육에서 중요하거나 보완되어야 할 내용은 체험학습을 통한 환경교육의 시행(42.9%)과 체계적인 교육(18.6%)이라고 답해 다양한 교육 자료의 개발과 효과적인 교수법 개발이 시급하다고 할 수 있다. 이는 현재 시행되고 있는 환경교육의 문제점을 잘 반영하고 있다고 할 수 있으며, 학생들 개개인의 환경에 대한 인식 변화(27.9%)도 뒷받침되어야 한다고 본다.

환경교육 방법 중 환경문제를 이해하는데 효과적인 방법은 현장체험학습 및 견학(49.7%) > 멀티미디어 활용학습(22.4%) > 조사 및 환경탐구 활동(13.5%) > 교과서 중심의 강의 (5.7%) 의 순으로 나타나 학생들은 현장체험학습 및 견학을 가장 효과적인 교육방법으로 생각하고 있었다.

Table 4-14. The ideas on the improvement of the environment course and the education method preferred for environment course at middle school.

설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	시간 확보	교육	체험학습	인식변화	기타
환경교육 개선 방안	성별	남학생	14.389	4	0.006	28(11.9)	50(21.2)	95(40.3)	60(25.4)	3(1.3)
		여학생				14(4.8)	48(16.5)	131(45.0)	87(29.9)	11(3.8)
	학년	1학년	7.780	8	0.455	5(5.6)	19(21.1)	39(43.3)	23(25.6)	4(4.4)
		2학년				25(9.7)	50(19.3)	110(42.5)	66(25.5)	8(3.1)
		3학년				12(6.7)	29(16.3)	77(43.3)	58(32.6)	2(1.1)
	학교위치	동지역	10.398	4	0.034	26(7.5)	59(17.0)	146(42.1)	110(31.7)	6(1.7)
읍지역					16(8.9)	39(21.7)	80(44.4)	37(20.6)	8(4.4)	
	total				42(8.0)	98(18.6)	226(42.9)	147(27.9)	14(2.7)	
설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	교과서중심	멀티미디어	현장체험	조사탐구	기타
효과적인 교육 방법	성별	남학생	8.306	4	0.081	12(5.1)	52(22.0)	107(45.3)	37(15.7)	28(11.9)
		여학생				18(6.2)	66(22.7)	155(53.3)	34(11.7)	18(6.2)
	학년	1학년	18.206	8	0.020	8(8.9)	22(24.4)	48(53.3)	5(5.6)	7(47.8)
		2학년				12(4.6)	55(21.2)	117(45.2)	44(17.0)	31(12.0)
		3학년				10(5.6)	41(23.0)	97(54.5)	27(12.4)	8(4.5)
	학교위치	동지역	6.919	4	0.140	18(5.2)	88(25.4)	172(49.6)	42(12.1)	27(7.8)
읍지역					12(6.7)	30(16.7)	90(50.0)	29(16.1)	19(10.6)	
	total				30(5.7)	118(22.4)	262(49.7)	71(13.5)	46(8.7)	

환경교육의 일환으로 하수종말처리장, 자원재생공장, 폐기물 처리장 등의 견학에 참여할 의사를 조사하였다(Table 4-15). 그 결과, 58.6%에 해당하는 학생이 학교에서 전체가 간다면 참가하겠다는 의사를 보였으며, 적극 참여한다는 답변도

15.7%를 차지하고 있다. 따라서 학교주변의 체험학습장으로 활용할 수 있는 생태계와 산업시설, 환경기관 등이 확보된다면 학생들에게 보다 효과적인 환경교육을 위한 장소로 활용될 수 있을 것이다.

Table 4-15. The attitude willing to join spot inspections for studying on environmental problems

설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	적극참여	참여	불참	기타
견학 참여여부	성별	남학생	2.232	3	0.526	40(16.9)	134(56.8)	55(23.3)	7(3.0)
		여학생				43(14.8)	175(60.1)	69(23.7)	4(1.4)
	학년	1학년	4.770	6	0.574	17(18.9)	50(55.6)	21(23.3)	2(2.2)
		2학년				40(15.4)	145(56.0)	67(25.9)	7(2.7)
		3학년				26(14.6)	114(64.0)	36(20.2)	2(1.1)
	학교위치	동지역	1.656	3	0.647	51(14.7)	202(58.2)	86(24.8)	8(2.3)
		읍지역				32(17.8)	107(59.4)	38(21.1)	3(1.7)
total						83(15.7)	309(58.6)	124(23.5)	11(2.1)

학교에서 학생들(친구, 선후배)의 환경에 대한 인식을 조사하였다(Table 4-16). 그 결과, 48.0%가 환경보호의 중요성을 인식하고 있지만 실천에는 소극적인 것으로 나타났으며, 24.7%는 환경보호의 중요성을 인식하지 못하며 타율적으로만 실천하는 것으로 나타났다. 배경변인으로는 성별에 따라  $p < 0.001$ 의 수준에서 유의한 차이를 보이고 있으며, 학년별과 학교위치에 대해서는  $p < 0.005$ 의 수준에서 유의한 차이를 보였다.

Table 4-16. The perception of neighbors on environmental problems and the behavior of neighbors to reduce the environmental problems

설문문항	개인특성 변수	특 성	$\chi^2$	DF	p-value	자율실천	소극실천	타율실천	무관심	기타
학생들의 환경 인식 및 실천	성별	남학생	21.028	4	0.000	20(8.5)	93(39.4)	76(32.2)	45(19.1)	2(0.8)
		여학생				17(5.8)	160(55.0)	54(18.6)	51(17.5)	9(3.1)
	학년	1학년	24.232	8	0.002	10(11.1)	41(45.6)	13(14.4)	21(23.3)	5(5.6)
		2학년				21(8.1)	113(43.6)	70(27.0)	50(19.3)	5(1.9)
		3학년				6(3.4)	99(55.6)	47(26.4)	25(14.0)	1(0.6)
	학교위치	동지역	17.040	4	0.002	18(5.2)	183(52.7)	87(25.1)	55(15.9)	4(1.2)
		읍지역				19(10.6)	70(38.9)	43(23.9)	41(22.8)	7(3.9)
total						37(7.0)	253(48.0)	130(24.7)	96(18.2)	11(2.1)



## 7) 제주시 지역 습지 및 습지식물의 환경교육에의 활용가능성에 대한 고찰

이상의 결과로부터 중학생들은 학교교육보다는 언론매체를 통해 환경지식 및 환경문제에 대한 정보를 습득하고 있다. 이는 학교에서 하고 있는 환경교육이 학생들에게 그다지 큰 영향을 주고 있지 못하다는 것을 의미하며, 이를 보완 또는 개선하기 위해서는 현재 일선학교에서 시행되고 있는 환경교육의 문제점을 파악하고, 효과적인 환경교육 프로그램 개발이 시급함을 내포하고 있다. 현재 일선학교에서 형식적으로 시행되고 있는 환경교육의 문제점을 개선하기 위해서는 이론에 중점을 둔 교육보다는 학생들이 선호하는 견학이나 현장체험학습을 대폭 강화하는 것을 적극 검토할 필요가 있다. 환경교육의 핵심은 궁극적으로 환경에 대한 인간의 가치관 및 태도를 변화시키는데 중점을 두어야 한다. 따라서 학교에서의 환경교육은 학생들이 싫증나지 않도록 견학 및 현장체험학습과 시청각 자료를 통해서 인간이 자연을 파괴하는 현장을 보게 하여 스스로 양심에 가책을 느끼게 하여야 한다. 특히 환경교육은 주입식 교육보다는 스스로 실상을 목격하고 환경 현장에서 몸소 체험을 통하여 인간의 양심적 반성이 이루어져야 한다고 생각된다.

자라나는 우리 제주의 학생들에게 자연 친화적인 사고를 길러주고 제주자연에 대한 사랑과 보전의식을 심어주기 위하여 제주도 당국에서는 학생들의 현장 체험학습의 제공을 위한 자연 생태 학습장의 마련과 그 장소에서의 학습을 통해 제주자연을 재인식시키고, 환경보전의식을 심어 줄 교육정책의 수립이 필요하다고 생각된다. 또한 학교 당국에서는 학부모와 학생들에게 제주자연의 소중함과 보전에 대한 홍보와 지도를 체계적으로 실시하고, 환경교과의 편성과 운영 등의 환경교과 수업 - 자연 생태계의 기능과 역할, 환경오염의 개념의 이해와 습득 - 과 제주도에 마련한 자연 학습장을 통한 실천위주의 학습에 힘쓸 때가 되었다고 본다. 이러한 측면에서 전장에서 도출된 식물 종다양성이 풍부한 제주 연못 등의 습지는 실천중심의 생태교육 및 환경교육을 수행하는데 기여할 수 있을 것으로 보인다. 더불어 수생식물에 대한 엽록소형광 분석은 환경오염원이 식물체에 미치는 영향을 이미지로 시각화하고, 정량적으로 제시할 수 있다는 측면에서 교육적인 효과가 클 것으로 기대된다.

#### 4. 요약

설문조사를 통하여 제주시 지역 중학교 학생들의 환경문제에 대한 관심과 환경의식을 조사하였으며, 습지 식물상과 습지식물의 환경적응성 등의 연구결과가 환경교육에 활용 가능성이 있는지를 진단하였다.

중학생들은 학교교육보다는 TV나 라디오 등 언론매체를 통해 환경지식 및 환경문제에 대한 정보를 습득하고 있으며, 효과적인 환경교육방법으로 견학 및 체험학습을 선호하는 것으로 조사되었다. 그리고 환경문제의 해결을 위해서 교육과정상 환경교과를 선택해서 배울 필요가 있는지에 대해서는 응답자의 36.0%에 해당하는 학생들이 필요하다고 하였으며, 33.1%에 해당하는 학생들은 별도의 환경교과목의 개설에 대하여 회의를 가지고 있는 것으로 나타났다. 그리고 대다수의 학생들이 환경문제의 심각성과 환경교육의 필요성은 인식하고 있으나, 선택과목에 대한 선택권이 개인에게 주어졌을 때는 11.0%만이 환경과목을 선택하겠다고 응답해 환경문제의 심각성과 환경교육의 필요성에 대한 응답과는 대조적인 양상을 보이고 있다. 또한 생활 주변의 환경오염에 대해서는 잘 알고 있으나, 그의 처리를 위한 실천의지와 실행에는 소극적임을 알 수 있다. 이는 학교에서 하고 있는 환경교육이 학생들에게 그다지 큰 영향을 주고 있지 못하다는 것을 의미하며, 이를 보완 또는 개선하기 위해서는 이론에 중점을 둔 교육보다는 학생들이 선호하는 견학이나 현장체험학습을 대폭 강화해야 할 필요가 있다. 이러한 측면에서 앞장의 연구에서 도출된 식물 종다양성이 풍부한 제주 연못 등의 습지는 실천중심의 생태교육 및 환경교육을 수행하는데 기여할 수 있을 것으로 보인다. 더불어 엽록소형광 분석은 환경오염원이 식물체에 미치는 영향을 이미지로 시각화하고, 정량적으로 제시할 수 있다는 측면에서 교육적인 효과가 클 것으로 기대된다.

이는 초등학교에서의 환경교육의 방법이 주로 실천위주의 체험활동인 점을 생각하면 중학생들에게는 환경교과를 통한 체계적인 환경교육과 인지적 영역의 학습을 통한 환경지식의 내면화가 필요함을 시사하고 있다고 생각된다. 특히 광화학스모그, BOD, 생물학적 자정작용, 중금속 오염, 생물종 다양성 등의 기본적인 환경지식의 습득을 위한 학습이 자연스럽게 일어나고 관찰할 수 있는 장소가 마

런되어야 한다. 인간의 간섭이 배제되고 식물 종다양성이 풍부한 제주 연못 등의 습지는 생활형의 조사와 자연스런 자정작용 등을 관찰할 수 있는 자연 학습의 장소가 될 수 있을 것이다.



## V. 종합고찰

본 연구는 제주시 지역 습지식물의 종다양성과 생활형 및 수생식물의 분류군 다양성과 5종의 수생식물을 대상으로 중금속에 대한 엽록소형광을 조사하였으며, 도출된 결과를 중학교 학생들의 환경교육에의 활용 가능성을 모색하고자 하였다.

제주시 지역 습지에서 조사된 수생 및 습생 관속식물은 42과 88속 115종 16변종으로 총 131종이었다. 각 조사지별로는 반못에서 23과 40종으로 가장 많은 수생식물이 나타났으며, 정물에서 24과 38종, 모사니물에서 21과 37종 등의 순으로 종다양성을 나타내고 있다. 식물들의 생활형을 구분하여 보면 전체적으로 대형지상식물 1종, 소형지상식물 1종, 지표식물 6종, 지중식물 2종, 반지중식물 24종, 일년생식물 26종, 수생식물은 71종이다. 수생식물을 Sculthorpe의 생활형별로 구분하면, 정수식물 41종류, 부엽식물 6종류, 부수식물 4종류, 침수식물 14종류, 습생식물은 6종류이다. 그리고 습지식물의 생활형 다양성은 정물, 모사니물, 용수저수지, 반못, 돌개기못 등의 순서이다. 현재 자연 학습장으로 활용되는 남생이못 보다는 종다양성, 생활형 다양성, 습지식물의 분류군 다양성 - 정수식물, 부엽식물, 침수식물, 부유식물 등 - 이 풍부한 반못, 모사니물, 돌개기못, 정물 등의 습지가 자연 학습장으로의 효율성이 높을 것으로 생각된다.

습지식물의 환경 적응성을 조사하기 위하여 중금속에 대한 식물의 내성여부와 여러 농도의 중금속 용액에 놓였을 때 식물의 생리적 특성을 파악하기 위해 제주 습지에 자생하고 있는 좁개구리밥, 은행이끼, 부들, 수련, 생이가래 등 5종을 대상으로 카드뮴 ( $Cd^{2+}$ )의 농도를 달리하여 처리한 후 시간별로 식물의 광합성효율을 분석하였다. 그 결과 좁개구리밥은 카드뮴에 민감하고 광합성량을 정량화하는 선택 변수들이 감소하는 것으로 나타났으나 수련은 다른 식물종에 비해 내성이 강한 것으로 조사되었다.

한편 일선 학교에서의 환경교육의 문제점은 형식적으로 시행되고 있다는 것이고 이를 개선하기 위해서는 이론에 중점을 둔 교육보다는 학생들이 선호하는 견학이나 현장체험학습을 강화하는 것을 적극 검토할 필요가 있다. 이러한 측면에서 식물 종다양성이 풍부한 제주 연못 등의 습지는 실천중심의 생태교육 및 환

경교육을 수행하는데 기여할 수 있을 것으로 보인다. 더불어 엽록소형광 분석은 환경오염원이 식물체에 미치는 영향을 이미지로 시각화하고, 정량적으로 제시할 수 있다는 측면에서 교육적인 효과가 클 것으로 기대된다. 특히 좁개구리밥은 습지 전역에 넓게 분포하고 있어 채집이 용이할 뿐만 아니라 중금속에 민감하게 반응하고 오염되면 급속히 번식속도가 감소하는 특성을 보이고 있으므로 환경교육을 위한 학습자료와 환경지표 식물로서 가치가 있다고 사료된다.



## VI. 요약

본 연구는 제주시 지역 습지에 자생하는 식물의 종다양성과 생활형 분포를 조사하고, 수종의 습지식물이 중금속에 노출되었을 때 엽록소형광 반응이 어떠한가를 조사하였다. 그리고 제주시 거주 중학생들의 환경문제와 환경교육에 대한 인식을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 제주시 지역 습지에는 총 131종의 식물들이 출현하였고, 종다양성은 반못(40종), 정물(38종), 모사니물(37종) 등의 순으로 높았다. 수생식물은 정물과 모사니물(이상 25종), 용수저수지와 반못(이상 23종)에 많이 분포하고 있었다. 수생 식물 분류군은 정물, 돌개기못 등에서 높아서 5군이 출현하였다.

둘째, 쭈개구리밥, 생이가래, 은행이끼, 수련과 부들 등의 중금속에 대한 엽록소형광 반응에 대한 분석연구에서 쭈개구리밥이 나머지 4종의 습지식물에 비해 엽록소형광이 감소하는 현상을 나타내어  $Ca^{2+}$ 에 민감하게 반응하고 광합성 효율이 떨어짐을 알 수 있었다.

셋째, 제주시 지역 중학교에서는 주로 현장학습 중심의 환경교육이 시행되고 있으며 중학생들 또한 효과적인 환경교육방법으로 견학 및 체험학습을 선호하는 것으로 나타나 체험학습장의 개발 등 이에 대한 후속 조치가 이루어져야 할 것으로 보인다.

이상의 연구 결과로부터 제주시 지역 중학생들에게는 체험활동 위주의 환경교육이 필수적이라고 생각되며 이를 위해서는 반못, 정물, 모사니물 등을 자연 학습장으로 활용하면 환경교육의 효율성을 달성할 수 있을 것으로 보인다. 그리고 습지식물 중 환경오염에 민감한 쭈개구리밥 등은 학교 과학실험실에서의 환경교육을 위한 환경지표 식물로서 활용가치가 높다고 본다.

## VII. 참고문헌

- Aidid, S.B. and H. Okamoto. 1992. Effects of lead, cadmium and zinc on the electric membrane potential at the xylem/symplast interface and cell elongation of *Impatiens balsamina*. Environ. Exp. Bot. 32(4):439-448.
- Baker, N.R. 1991. A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. Physiologia Plantarum 81:563-570.
- Bowyer, W.J., L. Ning, L.S. Daley, G.A. Strobel, G.E. Edwards, and J.B. Callis. 1998. *In vivo* fluorescence imaging for detection of damage to leaves by fungal phytotoxins. Spectroscopy 13(11):36-44.
- Chollet, R. 1993. Screening inhibitors (antimetabolites) of the biosynthesis or function of amino acids or vitamins with Lemna assay. In: Böger, P., Sandmann, G. (Eds.), Target assay of modern herbicides and related phytotoxicity compounds. Lewis, London, UK, pp.143-149.
- Chung, B.S. and M.K. Shin. 1990. Encyclopedia of local medical herbs. Younglim Press, Seoul, 278-279pp.
- Gilmore, A.M. and Govindjee. 1999. How higher plants respond to excess light: Energy dissipation in photosystem II. In: Singhal, G.S., Renger, G., Irrgang, K.D. and Govindjee (eds.), Concepts in photobiology: Photosynthesis and Photo-morphogenesis. pp.513-548.
- Hammer, D.A. 1989. Constructed wetlands for wastewater treatment: Municipal, Industrial and Agricultural. Lewis Publishers.
- Horne, A.J. and C.R. Goldman. 1994. Limnology. (2nd ed.) McGraw-Hill, Inc., New York.
- Jarvis, S.C., L.H.P. Joser, M.J. Hopper. 1976. Cadmium uptake from solution by plants and its transport from roots to shoots. Plant Soil 44:179-191.
- Kautsky, H. and A. Hirsch. 1931. Neue Versuche zur Kohlensäureassimilation. Naturwissenschaften 19:96.
- Kelly, J.M., G.R. Parker and W.W. Mcfee. 1979. Heavy metal accumulation

- and growth of seedlings of five forest species as influenced by soil cadmium level. *J. Environ. Qual.* 8:361-364.
- Kim, S.N. 2001. Ecological characteristics and feasibility for horticultural use of Korean native water plants. Master Thesis, Seoul Women Univ. Seoul. 1-47pp.
- Lang, M., H.K. Lichtenthaler, M. Sowinska, F. Heisel and J.A. Miehe. 1996. Fluorescence imaging of water and temperature stress in plant leaves. *J. Plant Physiol.* 148:613-621.
- Lee, T.B. 1984. Outline of Korean endemic plants and their distribution. *Kor. J. Pl. Tax.* 14:22-32.
- Lingwood, D.A. 1971. Environmental education through information-seeking: The case of an "Environmental teach-in". *Environment and Behavior* 3(3): 230-262.
- Maloney, M.P. and M.P. Ward. 1973. Ecology: let's hear from the people: an objective scale for the measurement of ecological attitudes and knowledge. *The American Psychologist* 28:583-586.
- Moshiri, G.A. 1993. Constructed wetlands for water quality improvement, Chelsea, Mich., Lewis Publishers.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York, 547p.
- Muenschler, W.C. 1944. Aquatic plants of the United States. Comstock Publishing Company Inc., Ithaca.
- Navid, D. 1989. The international law of migratory species; The Ramsar Convention. *Natural Resources Journal* 29:1001-1016.
- Nedbal, L., J. Soukupová, J. Whitmarsh and M. Trtílek. 2000. Postharvest imaging of chlorophyll fluorescence from lemons can be used to predict fruit quality. *Photosynthetica* 38(4):571-579.
- Nriagu, J.O. and J.M. Pacyna. 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333:134-139.



- Odum, E.P. 1983. Basic Ecology. Saunders College Publishing Philadelphia.
- Osmond, C.B., D. Kramer and U. Lüttge. 1999. Reversible, water stress induced non-uniform chlorophyll fluorescence quenching in wilting leaves of *Potentilla reptans* may not be due to patchy stomatal responses. Plant Biol. 1:618-624.
- Prasad, M.N.V. 1995. Cadmium toxicity and tolerance in vascular plants. Environ. Exp. Bot. 35(4):525-545.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical geography, Clarendon, Oxford, 632p.
- Saito, K.N. 1940. Water plants of the Han River. Bull of Teachers Assoc. of Sci. Chosun, 4, 20pp.
- Sculthorpe, C.D. 1967. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold Publishers Ltd., London.
- Srivastava, A., B. Guissé, H. Greppin and R. J. Strasser. 1997. Regulation of antenna structure and electron transport in PSII of *Pisum sativum* under elevated temperature probed by the fast polyphasic chlorophyll a fluorescence transient: OKJIP. Biochem. Biophys. Acta. 1320:95-106.
- Stirbet, A., Govindjee, B. J. Strasser and R. J. Strasser. 1998. Chlorophyll a fluorescence induction in higher plants: Modelling and numerical simulation. J. Theor. Biol. 193:131-151.
- Strasser, B. J. and R. J. Strasser. 1995. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP test. In Photosynthesis: From Light to Biosphere. Mathis, P.(ed.), Kluwer Academic, Dordrecht, 977-980pp.
- Strasser, R. J. and Govindjee. 1992. The  $F_0$  and the O-J-I-P fluorescence rise in higher plants and algae. In: Regulation of Chloroplast Biogenesis. Argyroudi-Akoyunoglou, J.H. (ed.), Plenum Press, New York, 423-426pp.
- Thormalley, P.J. and M. Vasak. 1985. Possible role for metallothionein in protection against radiation induced oxidative stress. Kinetics and

- mechanism of its reaction with superoxide and hydroxyl radicals. *Biochem. Biophys. Acta.* 827:36-44.
- Towler, J. and J.E. Swan. 1972. What do people really know about pollution? *J. of Environmental Education* 4(1):54-57.
- Van Assche, F. and H. Clijsters. 1985. Inhibition of photosynthesis by heavy metals. *Photosynthesis Research* 7(1):31-40.
- Vögeli-Lange, R. and G.J. Wagner. 1990. Subcellular localization of cadmium and cadmium-binding peptides in tobacco leaves. *Plant Physiol.* 92(4):1086-1093.
- Weigel, R.H. and J. Weigel. 1978. Environmental concern: the development of a measure. *Environment and Behavior* 10(1):3-15.
- 강상준. 1970. 대암산 고층습원의 생태학적 연구: 식물군락과 토양과의 관계. *한국식물학회지* 13:20-24.
- 구본학, 김귀곤. 2001. 우리나라 습지 유형별 분류특성에 관한 연구-내륙습지를 대상으로. *한국환경복원녹화기술학회지* 4(2):11-25.
- 김병우, 오영주. 2004. 자연생태계의 서식지 보존과 복원. *한국환경과학회지* 10(1):33-39.
- 김종원, 이윤경, 이윤정, 제갈재철. 1998. 제주도 오름의 식생. *자연보존연구보고서* 17:23-48.
- 김준한, 구건효, 김종국, 이진만, 문광덕. 2002. 창포뿌리 건조분말의 식품학적 성분(Ⅱ) - 지방산, 유기산, 무기질, 비타민 C, 총페놀 및 사포닌. *한국식품저장유통학회지* 9(4):380-384
- 김준한, 구건효, 문광덕. 2002. 창포뿌리 건조분말의 식품학적 성분(Ⅰ) - 일반성분, 총당, 환원당, 유리당 및 아미노산. *한국식품저장유통학회지* 9(4):375-379.
- 김형수, 이상식, 정상만, 박수영. 2002. 폐천의 습지 이용과 치수경제성 분석. *한국습지학회지* 4(1):43-50.
- 김혜자, 김세원, 신창식. 2000. 창포잎과 뿌리 등의 성분 분석. *한국식품과학회지* 32(1):37-41.
- 노태호. 2003. 습지의 지속 가능한 전략적 이용의 필요조건. *자연보존* 121:49-56.

- 도윤호, 문태영. 2002. 울주군 무제치 제1늪의 지표보행성 갑충군의 다양성 구조. 한국습지학회지 4(1):33-42.
- 박만규. 1975. 한국식물중 절멸 또는 그 위기에 있는 것과 희귀종에 관한 조사연구. 자연보존 8:3-24.
- 박은아, 최영, 윤경은, 장매희. 2002. 창포의 생육에 미치는 아연폐광지역 오염토양의 영향. 한국식물·인간·환경학회지 5(4):14-18.
- 박현주, 정진화, 나춘기. 2006. 목포시 중학교 환경교육 현황 및 학생들의 환경에 대한 인식조사. 한국환경과학회지 15(7):607-614.
- 산림청. 2006. p.17
- 신현철. 2006. 한반도에 분포하는 수생식물. 자연보존 134:26-37.
- 양태석, 권효식, 김두영. 2002. 청주시 지역의 중·고등학교 학생들의 환경오염에 대한 인식과 환경교육의 실태조사. 과학교육연구논총 18(1):91-114.
- 오순자, 고석찬, 2004, 겨울철 자연환경에 노출된 문주란 잎의 엽록소형광과 항산화효소 활성에 관한 연구, 한국환경생물학회지, 22(1):233-241.
- 우한정. 1993. 절멸의 위협이 있는 야생동식물종의 국제거래에 관한 조약(CITES). 자연보존 81:17-21.
- 우형택, 엄봉훈, 문연화. 1999. 환경의식의 측정을 위한 설문지 개발과 검증. 한국환경과학회지 8(5):559-568.
- 이상돈. 2003. 우리나라 습지보전 현황과 향후 관리방향에 대한 연구. 한국습지학회지 5(1):1-13.
- 이성춘, 이정식, 정순진. 2005. 분주 시 눈수 및 배지 구성에 따른 창포의 생장. 원예과학기술지 23(4):455-458.
- 이영노. 1969. 대암산의 습원식물. 식물분류학회지 1:7-14.
- 이영노. 1996. 원색 한국식물도감. 교학사. 1237p.
- 이준상. 2005. Abscisic acid가  $Cd^{2+}$ 에 의한 닭의장풀의 생리적 반응에 미치는 영향. 환경생물 23(1):47-51.
- 이종석, 김수남. 2003. 한국산 수생식물의 원예적 이용에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 6(1):41-50.
- 이종은, 김원, 박희천. 1985. 창녕지역 습원의 생태학적 연구. 한국생태학회지 8:171-176.

- 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사. 990p.
- 이창복. 1985. 한라산의 특산 및 희귀식물. 한라산천연보호구역 학술조사보고서. 제주도. pp.215-242.
- 이창복. 2003. 원색대한식물도감(상,하). 향문사.
- 이현우, 정홍락, 노태호, 권영한, 김철환, 현진오, 장인수. 2005. 보호대상 식물종에 대한 환경영향평가기법 개선방안 연구. 한국환경정책·평가연구원. pp.202.
- 정규영. 1998. 제주도 이탄습원의 식물상. 자연보존연구보고서 17:3-22.
- 정영호, 최홍근. 1983. 낙동강 하구의 습생 및 수중식물 구계와 분포. 식물학회지 26:197-206.
- 정완화, 염명현. 1993. 중학교 학생들의 환경에 대한 태도 연구. 환경교육 5:19-32
- 정철. 2004. 중학생의 환경세계관과 환경의식. 환경교육 17(1):122-132.
- 제주도, 제주발전연구원, 제주환경운동연합. 2001. 제주의 습지. 제주도(환경건설국). 270p.
- 조강현, 김준호. 1994. 팔당호 연안대에서 대형수생식물의 분포. 한국생태학회지 17:435-442.
- 조강현, 신현철, 최홍근. 1996. 한강에서 침수식물의 분포에 대한 기초 연구. 인하대학교 기초과학연구소논문집 17:97-105.
- 최기룡, 고재기. 1989. 대암산 습원의 식생. 한국생태학회지 12:237-244.
- 한국수자원공사. 1996. 남강댐 습지 생태계 조사. 한국수자원공사 조사 보고서.
- 허만규, 이송진, 허홍욱. 2003. 대학생들의 환경문제 의식에 관한 연구. 한국환경과학회지 12(3):237-246.
- 현진오. 2001. 한반도 보호식물의 선정과 사례 연구. 순천향대학교 박사학위논문
- 홍수미, 성효현. 1998. 한국 고등학교 학생들의 환경문제 및 환경교육에 대한 인식 연구. 지리·환경교육 6(1):31-49.
- 환경부. 1998. 대암산 용늪 복원 타당성 조사 연구. 환경부보고서
- 환경부. 1998. 제2차 전국자연환경조사지침-특정 식물종을 포함한 식물상
- 환경부. 2000. 대암산 용늪 생태계 보존을 위한 복원사업: 기본 및 실시설계. 환경부보고서
- 환경처. 1994. 특정야생동식물 화보집. 210p.

Appendix I. The list of plants observed on the wetlands in Jeju city area

Family	Scientific name	생활형	수생식물(영양계조)	환경부 지정	비고	왕자케물	옹수저수지	새미얏물	강정못	정물	뱅디못	역고못	걸췌이못	돌개기못	연하못	웃못(큰못)	연화못	유내미못	좌랑못	수산저수지	김수장군못	조리새미	남생이못	바동못	괴드르못	도르못	뻘뻘디못	반못	괴살래	웃못	모사니물	물수이못	물온라물	미나리못	분포지역수		
<b>Ricciaceae</b>	<b>동근이끼과</b>																																				
	<i>Ricciocarpus natans</i> 은행이끼	HH	ff										0					0			0															3	
<b>Isoetaceae</b>	<b>물부추과</b>																																				
	<i>Isoetes japonica</i> A. Br. 물부추	HH	em	II	V																						0									1	
<b>Marsileaceae</b>	<b>네가래과</b>																																				
	<i>Marsilea quadrifolia</i> L. 네가래	HH	em					0		0	0	0	0					0	0	0		0			0	0										12	
<b>Salicaceae</b>	<b>버드나무과</b>																																				
	<i>Salix koreensis</i> ANDERSS. 버드나무	MM						0		0		0	0	0				0		0	0	0	0							0	0				13		
<b>Cannabinaceae</b>	<b>삼과</b>																																				
	<i>Humulus japonicus</i> S. et Z. 환삼덩굴	Th												0			0	0	0																	4	
<b>Urticaceae</b>	<b>쐐기풀과</b>																																				
	<i>Boehmeria pinnosa</i> NAKAI et SATAKE 왕모시풀	H												0																	0		0		3		
<b>Polygonaceae</b>	<b>마디풀과</b>																																				
	<i>Persicaria hastato-auriculata</i> NAKAI 좁은잎미꾸리낙시	HH(Th)	H&M																			0														1	
	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) SPACH 여뀌	HH(Th)	H&M				0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	21	
	<i>Persicaria japonica</i> (MEISN.) H. GROSS 흰꽃여뀌	H																	0	0									0					0	6		
	<i>Persicaria perfoliata</i> H. GROSS 머느리배꼽	Th								0																										1	
	<i>Persicaria senticoso</i> GROSS 머느리밀싯개	Th															0																			1	
	<i>Persicaria sieboldi</i> OHKI 미꾸리낙시	HH(Th)	H&M				0			0	0	0	0	0							0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0			12	
	<i>Persicaria thunbergii</i> H. GROSS 고마리	HH(Th)	em							0		0	0	0			0	0			0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
	<i>Rumex acetosa</i> L. 수영	H														0																				2	
	<i>Rumex crispus</i> L. 소리쟁이	H				귀		0	0			0	0	0							0			0	0							0			11		
<b>Nymphaeaceae</b>	<b>수련과</b>																																				
	<i>Brasenia schreberi</i> J.F. GMEL. 순채	HH	fl	II	V																								0	0					2		
	<i>Nelumbo nucifera</i> GAERTNER 연꽃	HH	fl																																	1	
	<i>Nymphaea tetragona</i> var. <i>angusta</i> CASP. 수련	HH	fl					0		0											0	0			0	0	0	0	0	0	0					8	
<b>Ceratophyllaceae</b>	<b>붕어마름과</b>																																				
	<i>Ceratophyllum demersum</i> L. 붕어마름	HH	sm				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0									0	0					17	
<b>Ranunculaceae</b>	<b>미나리아재비과</b>																																				
	<i>Ranunculus chinensis</i> BUNGE 젓가락나물	Th							0								0															0				3	
	<i>Ranunculus sceleratus</i> L. 개구리자리	HH(Thw)	em																				0	0												2	





<i>Potamogeton cristatus</i> REGEL et MAACK 가는가래	HH	sm	I		0	0		0												3
<i>Potamogeton distinctus</i> A. BENN. 가래	HH	sm			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
<i>Potamogeton malaianus</i> var. <i>latifolius</i> NAKAI 대가래	HH	sm			0															1
<i>Potamogeton octandrus</i> POIR. 애기가래	HH	sm			0	0		0	0											4
<i>Potamogeton oxyphyllus</i> MIQ. 말	HH	sm						0						0						2
<b>Najadaceae 나자스말과</b>	HH(Th)	sm						0										0		2
<i>Najas graminea</i> DEL. 나자스말	HH(Th)	sm						0											0	2
<b>Sparganiaceae 흑삼릉과</b>	HH	em	V											0						2
<i>Sparganium stoloniferum</i> HAMILTON 흑삼릉	HH	em	V											0						2
<b>Alismataceae 택사과</b>	HH	em			0		0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Alisma canaliculatum</i> ALL. BR. et BOUCHE 택사	HH	em			0		0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Alisma plantagoaquatica</i> var. <i>orientale</i> SAMUEIS 질경이택사	HH	em												0						1
<i>Caldesia reniformis</i> (D.Don) Mark. 둥근잎택사	HH	em									0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Sagittaria aginashi</i> MAKINO 보풀	HH	em												0						1
<i>Sagittaria pygmaea</i> MIQ. 올미	HH	em			0															1
<b>Hydrocharitaceae 자라풀과</b>	HH(Th)	em			0	0												0		3
<i>Blyxa japonica</i> MAX. 올챙이술	HH(Th)	em			0	0													0	3
<i>Hydrilla verticillata</i> CASP. 검정말	HH	sm			0	0	0	0	0	0				0						7
<i>Hydrocharis dubia</i> (BL.) BACKER 자라풀	HH	sm	V																0	1
<i>Ottelia alismoides</i> (L.) PERS. 물질경이	HH(Th)	sm	II		0															1
<i>Vallisneria asiatica</i> MKJi 나사말	HH	sm	I					0						0	0	0				4
<b>Gramineae 벼과</b>	Th													0						1
<i>Beckmannia syzigachne</i> (STEUD.) FERN. 개피	Th													0						1
<i>Briza minor</i> L. 방울새풀	Th		귀							0	0	0		0						4
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) SCOP. 바랭이	Th				0															1
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> DURAND et SCHINZ 락	H				0			0	0						0	0				5
<i>Isachne globosa</i> (THUNB.) O. KUNTZE 기장대풀	H				0	0		0	0		0			0	0	0	0	0	0	12
<i>Lolium perenne</i> L. 호밀풀	H		귀								0									1
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> RENDLE 역새	H				0		0	0	0	0				0	0				0	9
<i>Paspalum thunbergii</i> KUNTH 참새피	H										0									1
<i>Phragmites communis</i> TRIN. 갈대	HH	em			0			0	0		0	0	0					0	0	9

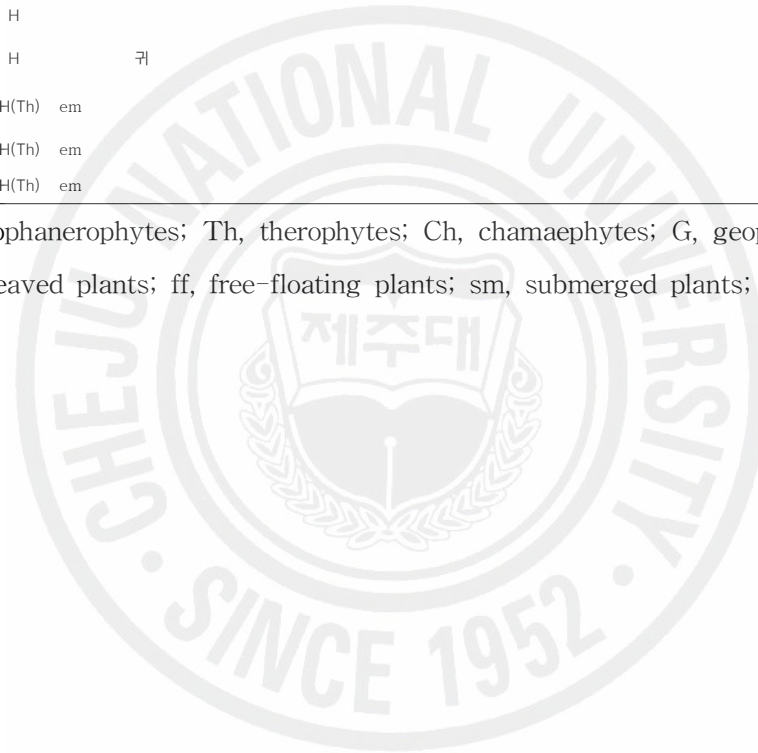




<i>Juncus effusus</i> var. <i>decepiens</i> BUCHEN. 골풀	HH	em	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24			
<i>Juncus leschenaultii</i> GAY 참비녀골풀	HH	em												0	0											2			
<i>Juncus papillosus</i> FR. et SAV. 청비녀골풀	HH	em														0										5			
<i>Juncus wallichianus</i> LAHAR. 눈비녀골풀	H																								0	1			
<i>Luzula capitata</i> (MIQ.) MIQ. 쉼의밭	H																									0	1		
<b>Iridaceae</b> 붓꽃과	H																												
<i>Sisyrinchium angustifolium</i> MILL. 등심붓꽃																									0	1			
<b>Eriocaulaceae</b> 곡정초과																													
<i>Eriocaulon decemflorum</i> 양주좁개수염	HH(Th)	em																									0	1	
<i>Eriocaulon miquelianum</i> KOERN. 개수염	HH(Th)	em																									0	1	
<i>Eriocaulon sieboldianum</i> S. et Z. 곡정초	HH(Th)	em																									0	0	2

1) MM, megaphanerophytes; N, nanophanerophytes; Th, therophytes; Ch, chamaephytes; G, geophyte; H, hemicryptophytes; E, epiphytes; HH, hydatophytes

2) em, emergent plants; fl, floating-leaved plants; ff, free-floating plants; sm, submerged plants;



Appendix II. Questionnaire for surveying awareness of middle school students on environmental problems and education

**중학생들의 환경문제와 환경교육에 대한 인식조사 설문지**

안녕하십니까? 본 설문지는 환경에 관한 여러분의 생각을 알아보고자 마련된 것입니다. 여러분의 응답내용은 오직 학술연구를 위한 기초 자료로서 활용될 뿐, 개인 신상에는 영향을 미치지 않습니다. 여러분의 소중한 의견이 우리나라 환경교육의 올바른 방향을 제시하는데 일조를 한다고 생각하시고 귀중한 시간을 할애해 주시면 고맙겠습니다.

다음의 질문에 대하여 여러분의 귀중한 생각을 V표를 정확하게 표시하여 주시기 바랍니다.

2005. 6.

대정중학교장 진국림

**I. 일반적 사항**

1. 소속학교: ( )중학교 ( )학년
2. 성별: 남( ), 여( )
3. 여러분의 거주 형태는 어떠한가요?  
① 단독주택 ② 아파트 ③ 연립주택 ④ 기타 ( )
4. 여러분의 거주지역을 구분해보면?  
① 주택지역 ② 상업지역 ③ 공업지역 ④ 농업지역 ⑤ 기타 ( )

**II. 환경교육의 경험 및 지식**

1. 학교에서 환경관련 과목(예: 환경과학)을 배웠거나 배우고 있나요  
① 배운다. ② 안 배운다. (선택과목: )
2. 학교에서 환경교육이 가장 많이 이루어지고 있는 시간은?  
① 환경과목 수업시간 ② 환경과목 이외 수업시간 ③ 특활, 봉사활동시간  
④ 조회, 종례 등 선생님과의 대화시간 ⑤ 기타 ( )

3. 현재 학교에서 환경교육의 지도는 주로 어떠한 형태로 이루어지고 있나요

- ① 강의 ② 토론 ③ 현장학습 ④ 인터넷 및 시청각 교재를 통한 학습
- ⑤ 기타 (            )

4. 평소 환경문제에 대한 지식(정보)은 어떤 방법으로 습득하고 있나요

- ① TV, 라디오 ② 전문서적 ③ 신문, 잡지 ④ 친구, 선후배 ⑤ 수업시간

5. 환경과 관련된 내용이 TV나 신문, 인터넷에 나오면 관심있게 보는 편인가요?

- ① 꼭 그렇다. ② 조금 그렇다. ③ 그렇지 않다. ④ 절대 그렇지 않다.

6. 다음의 항목들 중에 학생이 설명할 수 있는 내용을 모두 고르시오.

- ① 적조현상 ② 오존층파괴 ③ 산성비 ④ 지구온난화 ⑤ 광화학스모그 ⑥ BOD
- ⑦ 생물학적 자정작용 ⑧ 중금속오염 ⑨ 생물종다양성

### Ⅲ. 우리고장의 환경문제 및 환경보전 방안

1. 우리고장(제주도)의 환경문제 중 가장 심각하다고 생각되는 것은?

- ① 대기오염 ② 수질오염 ③ 토양오염 ④ 해양오염 ⑤ 생태계파괴 ⑥ 쓰레기문제
- ⑦ 기타 (            )

2. 대기오염의 주된 원인은 무엇이라고 생각 하나요

- ① 자동차의 배기가스 ② 공장에서 나오는 매연 ③ 가정의 취사, 난방
- ④ 각종 개발이나 공사장의 먼지 ⑤ 기타 (            )

3. 수질오염의 주된 원인은 무엇이라고 생각 하나요

- ① 공장에서 흘러나온 폐수
- ② 목장이나 양돈 농가 등에서 나오는 가축 배설물
- ③ 농가나 골프장 등에서 사용하는 각종 농약이나 비료성분
- ④ 가정에서 내보낸 생활하수나 쓰레기 매립장에서 흘러나온 침출수
- ⑤ 대기오염에 의해 내리는 산성비
- ⑥ 기타 (            )

4. 토양오염의 주된 원인은 무엇이라고 생각 하나요

- ① 공장에서 흘러나온 폐수의 중금속 성분
- ② 농가나 골프장 등에서 사용하는 각종 농약이나 비료성분
- ③ 비닐, 플라스틱 등과 같이 썩지 않는 성분
- ④ 목장이나 양돈 농가 등에서 나오는 가축 배설물
- ⑤ 대기오염에 의해 내리는 산성비
- ⑥ 기타 (                    )

5. 연안해양오염의 주된 원인은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 선박에서 흘러나온 기름이나 각종 쓰레기
- ② 가정에서 내보낸 생활하수
- ③ 농가나 골프장 등에서 사용하는 각종 농약이나 비료성분
- ④ 공장에서 흘러나온 폐수
- ⑤ 기타 (                    )

6. 환경보전을 위한 활동에 참여할 기회가 제공된다면 참여하겠습니까?

- ① 적극 참여한다. ② 참여한다. ③ 보통이다. ④ 참여하지 않겠다. ⑤ 관심없다.

7. 환경오염 방지를 위하여 어떻게 하는 것이 가장 좋겠습니까?

- ① 전국민들이 각성하도록 환경교육을 철저히 한다.
- ② 강력한 법적 제도를 만들어 시행한다.
- ③ 환경훼손 행위에 대한 신고포상제를 더욱 활성화한다.
- ④ 기술개발을 통해 환경오염을 방지, 완화시킬 수 있는 방법을 모색한다.
- ⑤ 기타 (                    )

#### IV. 주거 환경 및 실천현황

1. 학생이 거주하는 지역의 환경상태가 어떻다고 생각합니까?

- ① 매우 심각하다. ② 심각하다. ③ 보통이다. ④ 아직은 양호하다. ⑤ 매우 양호하다.

2. 다음의 항목들 중에 학생이 거주하는 지역에서 가장 심각하다고 생각하는 환경문제를 3가지만 고르세요.

- ① 대기오염, ② 수질오염, ③ 토양오염, ④ 해양오염, ⑤ 생태계 파괴, ⑥ 쓰레기공해, ⑦ 소음 및 진동, ⑧ 악취, ⑨ 불량식품, ⑩ 산성비, ⑪ 경관훼손, ⑫ 농약오염, ⑬ 중금속오염,

3. 가정에서 환경문제를 줄이기 위한 노력은?

- ① 적극적으로 실천하고 있다. ② 생각은 하고 있으나 잘 실천되고 있지 않다.  
③ 보통이다. ④ 거의 실천하지 않는 편이다. ⑤ 전혀 실천하고 있지 않다.

4. 가정에서 수돗물을 어떻게 먹고 있습니까?

- ① 냉수 그대로 먹는다. ② 끓여도 먹고 냉수로도 먹는다. ③ 끓여 먹는다.  
④ 정수기물을 먹는다. ⑤ 생수를 먹는다.

5. 일상생활에서 여러분이 실천하고 있는 내용을 모두 표시하여 주세요.

- ① 쓰레기 분리수거 ② 이면지 활용 ③ 폐휴지 및 재활용품 모으기 ④ 쓰레기 양 줄이기  
⑤ 일회용품 사용 자제 ⑥ 재생용품 (재생노트, 재생비누, 재생화장지 등) 사용 ⑦ 생활용품 (교복, 체육복, 학용품, 참고서 등) 물려쓰기 ⑧ 기타 ( )

6. 환경문제를 야기하는 현장을 목격하였을 때 적극적인 저지행동 (항의, 신고 등)을 하겠습니까?

- ① 적극적으로 고발하겠다. ② 나와 상관이 있을 경우에만 고발하겠다.  
③ 보복이 두려워 고발하지 않겠다. ④ 관심이 없다. ⑤ 잘 모르겠다.

## V. 환경교육의 필요성

1. 환경교육의 필요성을 느꼈을 때는 언제입니까?

- ① 학교 수업시간에 환경교육을 받으면서 ② 주변의 오염상태를 보면서  
③ TV, 라디오 등 대중매체를 통해서 환경문제를 접했을 때 ④ 기타 ( )

2. 환경보전에 관한 교육으로 가장 효과적인 방법은 무엇이라고 생각하나요?

- ① TV, 라디오, 신문 등 언론매체 ② 학교교육 ③ 가정교육 ④ 시민교육 ⑤ 기타 ( )

3. 환경문제의 해결을 위해서는 환경교과를 선택해서 배울 필요가 있다고 생각하나요?

- ① 꼭 필요하다. ② 필요하다. ③ 보통이다. ④ 별로 필요하지 않다.
- ⑤ 전혀 필요하지 않다. ⑥ 잘 모르겠다.

4. 학생 자신에게 선택과목에 대한 선택권이 주어진다면 어떤 과목을 선택하겠습니까?

- ① 환경 ② 컴퓨터 ③ 한문 ④ 생활외국어(일본어, 중국어, 독일어 등) ⑤ 기타 ( )

## VI. 환경교육의 문제점 및 개선

1. 학교에서 실시하는 환경에 대한 교육은 잘 시행되고 있습니까?

- ① 잘 시행되고 있다. ② 잘 시행되고 있는 편이다.
- ③ 형식적으로 시행되고 있다. ④ 잘 시행되고 있지 않다.

2. 어떤 형태의 환경교육을 받고 싶습니까?

- ① 교과서를 중심으로 한 선생님의 강의
- ② 멀티미디어를 활용한 학습
- ③ 견학 및 현장체험학습
- ④ 소집단으로 구성하여 조사 및 토의하는 환경탐구 활동의 형태
- ⑤ 기타 ( )

3. 학교 환경교육의 개선방안은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 시간의 확보 ② 체계적인 교육 ③ 체험학습을 통한 환경교육
- ④ 학생들 개개인의 환경에 대한 인식 변화 ⑤ 기타 ( )

4. 환경교육을 위한 가장 효과적인 교육방법은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 교과서 중심의 강의 ② 멀티미디어 활용학습 ③ 견학 및 현장체험학습
- ④ 조사 및 환경탐구 활동 ⑤ 토론학습 ⑥ 초청강연 ⑦ 기타 ( )

5. 여러분의 학교에서 환경교육의 일환으로 하수처리장, 자원재생공장, 폐기물 처리장 등에 견학이나 수학여행을 간다면 어떻게 하겠습니까?

- ① 적극 참여한다. ② 학교에서 전체가 간다면 참가한다. ③ 가지 않겠다. ④ 기타 ( )

6. 학교에서 학생들(친구, 선·후배)의 환경에 대한 인식은 어떻다고 생각하십니까?

- ① 환경보호의 중요성을 잘 인식하고 자율적으로 실천한다.
- ② 환경보호의 중요성을 인식하고는 있지만 실천에는 소극적이다.
- ③ 환경보호의 중요성을 인식하고 있지 못하며 타율적으로만 실천한다.
- ④ 전혀 관심이 없다.
- ⑤ 기타 ( )

여러분의 응답 하나 하나는 우리의 환경교육과 환경보전에 귀중한 자료가 될 것입니다.  
끝까지 대답해주셔서 대단히 감사합니다. 안녕히 계세요.





## 감사의 글

본 연구를 수행하고 논문이 완성되기까지 세심한 안내와 배려 그리고 치밀한 지도를 아끼지 않으신 고석찬 지도교수님께 깊고 깊은 감사를 드립니다. 또한 심사과정에서 논문의 체제를 바로 잡아주시고 세심한 조언을 해주신 심사위원장 김문홍 교수님과 심사위원이신 오덕철 교수님, 이용필 교수님, 허철구 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

대학원 박사학위 전 교육과정을 통하여 많은 학술적 가르침과 학문의 바른 방향에 대하여 충고를 아끼지 않았던 자연과학대학 생명과학과 김원택 교수님, 김세재 교수님, 이화자 교수님, 생명과학과 모든 교수님, 자연과학대학 변종철 학장님께 깊은 감사를 드립니다.

같은 실험실에서 실험과정을 도와주고 제주시 습지의 탐사와 조사를 함께하며 논문발표 준비에 심혈을 기울여 주신 오순자 연구교수를 비롯한 실험실의 석사과정 여러분께도 깊은 감사를 드립니다.

비가 오는 곳은 날씨에도 습지의 위치를 찾기 위하여 생사고락을 함께 하며 탐사에 전력하여 주신 한림고등학교 강학철 부장교사와 물심양면으로 논문작성에 협조하여 주신 한림여자중학교 허순덕 교감선생님을 비롯한 여러 선생님들께 깊은 감사를 드리며, 학문의 성취를 마음속으로 응원해주시는 자연과학대학 생명과학과 선·후배와 석·박사 과정의 대학원생, 논문의 제출과 방법 등에 관한 지원과 안내를 아끼지 않은 과사무실의 여러 조교님들께 깊은 감사를 드립니다.

오늘이 있기까지 항상 헌신적으로 그리고 정성과 인내로 뒷바라지를 해주고 있는 사랑하는 아내 서점숙과 기쁨을 함께 하고 싶으며, 학문에의 불타는 정열과 즐기찬 인내를 사랑하는 장남 혜준과 며느리 신수경, 차남 혜정, 장손 훈성, 차손 훈석, 삼손 수한, 장녀 혜미와 사위 김원기, 외손 장군에게 전하고 싶다.

사람들은 살아가면서 많은 사람들을 만나고 만난 사람과 헤어지고 합니다. 그러나 스승과 제자사이의 만남은 보통의 인연과 다른 것 같습니다. 스승의 제자사랑은 부모의 자식사랑 못지않다는 것을 대학원의 박사과정을 통하여 알게 되었습니다. 박사학위 논문을 쓰면서 학문적 스승의 위대한 모습을 알게 되었습니다.