

최 종
연구보고서

정보기술을 활용한 산림자원계정시스템 개발
Development of Forest Resource Accounting
System Based on Information Technology

연구기관

(주)유비시스템(서울대학교)

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “정보기술을 활용한 산림자원계정시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 4월 24일

주관연구기관명 : (주)유비시스템

총괄연구책임자 : 이 종 학

세부연구책임자 : 윤 여 창

연 구 원 : 오 재 만

연 구 원 : 안 원 용

연 구 원 : 김 태 균

연 구 원 : 권 대 순

연 구 원 : 유 형 민

연 구 원 : 김 동 옥

연 구 원 : 차 준 희

연 구 원 : 최 민 주

연 구 원 : 전 정 남

요 약 문

I. 제 목

정보기술을 활용한 산림자원계정시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

산림자원을 지속적으로 이용하고 나아가 산림이 제공하는 다양한 환경서비스들을 유지 또는 향상시키기 위해서는 산림의 지속가능성 평가 기준에 근거하여 산림자원의 경제적 기능과 환경보전 기능을 통합적으로 표현할 수 있는 산림자원계정체계를 개발하는 것이 필요하다.

이러한 목적의식 아래 이미 선진국에서는 산림의 경제적 가치를 산정하여 국가 단위의 국민계정 산출에 이용하고 있으나 아직까지는 우리나라를 포함해 대부분의 나라에서 산림이 제공하는 공익적 가치를 국민계정에 구체적으로 반영되지 못하는 실정이다. 그로 인해 산림의 공익적 가치를 국민계정에 반영시키기 위한 산림자원계정 산정연구가 지속적으로 진행되고 있으며, UN이나 유럽 국가들은 현실에 적용 가능한 구체적인 산림자원계정 산정 방안을 제시하고 있다.

기존의 방안들을 살펴보면, 대부분 산림자원 및 자연환경을 일관성 있게 표준화된 형식으로 기술하고, 산림자원의 관리에 있어서 주요 관건이 되는 변수와 관계를 산정하여, 변수의 동향을 감시·집계함으로써 산림자원계정 산출에 요구되는 지표를 개발한 후, 경제적 관점의 산림자원계정을 산정하고 있다.

더불어, 산출된 결과를 시뮬레이션 모델이나 최적화 모델과 접목시켜 산림관리에 필요한 정보를 추출하고, 산림자원 관리방안 수립과 관리과정에서 발생하는 문제해결에 이용함으로써 산림자원의 지속적인 이용·환경보호·자급(自給)·물질적 안전보장·지역균형 등의 목표를 달성하기 위해 활용하고 있다.

본 연구는 이러한 국제적 흐름을 국내에 반영하여 산림의 경제적·공익적 기능의 가치 평가 및 평가방법을 반영한 전산시스템 개발을 목표로 하였다. 구체적으로는 GIS 정보기술을 활용하여 목재생산기능, 탄소고정기능, 수자원함양기능, 휴양기능 등 비교적 평가가 용이한 4가지 항목의 스톡(Stock)과 플로우(Flow)를 표시하고 각각의 기능에 대한 양(量)적·화폐적 가치를 평가하게 된다. 이를 통해, 합리적으로 산림의 공익적 가

치를 평가할 수 있는 방안을 제시함으로써, SFM(Sustainable Forest Management) 패러다임 및 기후변화 협약에 따른 산림관리 정책결정을 지원할 수 있으며, 더 나아가 산림관리 모델 정립에 일조할 것으로 예상된다. 또한, GIS를 이용하여 목재, 탄소, 수자원, 휴양(경관) 등에 대한 경제적 가치를 추정하는 방법을 개발한다. 가치를 추정하기 위해 소요되는 각종 정보를 GIS에 적용할 수 있도록 가공하고 데이터베이스화하는 방법을 체계화하며, 평가된 산림의 가치를 기반으로 한 지속가능한 산림경영에 따른 인센티브 제공 등 산림정책의 지원근거를 마련한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구의 개발의 내용과 범위는 ① 산림자원계정 평가방법 개발 및 적용, ② GIS 응용 산림자원계정 평가시스템 개발로 크게 두가지로 나눌 수 있다.

1. 산림자원계정 평가방법 개발 및 적용

가. 산림자원계정(목재, 탄소, 수자원, 휴양)별 평가인자 선정 및 기초 자료 수집

- 국내외 산림자원계정 평가에 관련된 문헌고찰 및 사례수집·분석
- 문헌고찰 및 사례분석을 통한 물리·화폐적 산림자원계정 평가인자 및 개략적 평가방법 도출
- 연구대상지를 선정하여 평가에 필요한 기초 자료 수집

나. 물리·화폐적 산림자원계정 평가방법 개발

- 물리적 산림자원계정을 Stock과 Flow의 관점에서 정량화하고 평가하기 위한 모델 개발
- 모델의 구성요소 간 영향력을 산출할 수 있는 함수 도출
- 연구대상지에서 수집한 기초 자료를 모델의 입력 자료로 활용하여 물리적 산림자원계정 평가결과 산출
- 물리적 산림자원계정 평가결과를 화폐가치로 환산할 수 있는 화폐적 산림자원계정 평가모델 개발
- 연구대상지의 산림자원계정을 평가하여 화폐가치로 나타내고, 시나리오 분석 및 적합도 분석 등을 수행, 평가방법의 적용성 검토

다. 사례지역 산림계정 평가 및 평가방법 보완

- 개발된 산림자원계정 평가방법을 시·군·구 혹은 국유림 임소반 단위의

지역에 적용하여 지역별 산림자원계정 평가결과 도출

- 도출된 평가결과들을 분석하여 문제점을 도출하고 평가 대상지역의 유형별 혹은 행정구역별로 평가방법을 달리하는 등의 대안을 고안하여 산림자원계정평가 방법을 수정·보완, 최종적으로 평가방법 개발 완료

2. GIS 응용 산림자원계정 평가시스템 개발

가. 산림자원계정 평가를 위한 기초 DB 구축 체계 및 GIS 응용 자료관리 체계 개발

- 산림자원계정별 평가인자 선정과정에서 도출된 평가인자의 특성을 분석, GIS 응용 공간분석(Spatial Analysis)에 이용 가능한 주제도나 레이어 등의 자료형태로 가공할 수 있는 방안 도출
- 가공된 자료를 효율적으로 관리할 수 있도록 GIS 응용 공간자료 데이터베이스(Spatial Database; Spatial DB) 설계 및 사례지역 구축
- 공간자료 데이터베이스를 사용자가 효율적으로 관리하기 위한 공간자료 데이터베이스 관리 시스템(Spatial Database Management System) 개발

나. 물리·화폐적 산림자원계정 평가모듈 개발

- 물리적 산림자원계정 평가모델에 기반을 두어 공간분석을 통해 산림자원계정평가 대상지를 일괄적으로 평가할 수 있는 모듈 개발
- 화폐적 산림자원계정 평가모델에 기반을 두어 물리적 산림자원계정 평가결과를 화폐가치로 환산하고 환산된 평가결과를 주제도로 작성할 수 있는 모듈 개발
- 각 모듈을 컴포넌트(Component)로 개발하고, 브리지(Bridge) 객체나 어댑터(Adapter) 객체를 설계하여 개별 컴포넌트 간 효율적 정보이동을 지원
- 프로토타입(Prototype)의 산림자원계정 평가시스템 개발 및 연구대상지에 대한 시범 운용

다. GUI 기반 통합 산림자원계정 평가시스템 개발 및 적용성 검토

- 프로토타입 산림자원계정 평가시스템의 문제점 보완
- Use-case 분석에 근거한 GUI 기반 통합 산림자원계정 평가시스템 개발 및 공간자료 데이터베이스와의 연계 확인절차 수행
- 지역 혹은 전국 단위 산림자원계정 평가에 활용, 시스템의 문제점 도출 및 개선
- 산림자원계정 평가방법 변화에 따른 시스템 보완·시험 및 개발 완료

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구결과, 우선 목재계정 및 탄소계정은 기본적으로 국가 산림자원 인벤토리로부터 계산해 낼 수 있다. 즉, 산림의 임상별 임목축적량에 과학적으로 도출된 계수를 적용하여 목재와 탄소의 물리적 계정을 구하였다. 화폐계정은 목재계정의 경우 입목가격을, 탄소계정의 경우 단위 탄소당 화폐가치를 곱하여 구하였다.

수자원계정은 물리적 계정에 관한 선행 연구들을 바탕으로 새로운 모형을 구성한 바, 전국 59개의 저수지들을 대상으로 산림수원함양량을 저수지의 총저수량으로 보고 이에 영향을 끼치는 변수들을 선행연구들을 재차 검증하므로 밝힌 자연적 환경인자들에 관하여 수고와 하도연장의 길이로 확인되어 다중회귀선형추정식으로 도출하였다. 화폐적 계정에서는 가상가치법을 사용하여 상수도 요금에 대한 지불의사에 근거한 가격으로 산림유역의 수원함양량에 대한 수원함양량의 가치를 4인 기준 1가구당 2005년의 물가수준을 근거로 월평균 27,607원으로 추정하였고, ton당 단위가격으로는 979원의 가치가 있음으로 계산하였다.

휴양계정과 관련해서는 전국 33군데의 자연휴양림들을 대상으로 연간 이용객수를 물리적 계정으로, 그리고 여행비용으로부터 도출된 소비자잉여를 화폐적 계정으로 설정하고 대상지 특성과 각 계정 간의 관계식을 도출하였다. 연구결과, 자연휴양림 내의 편의시설면적, 평균수령, 침엽수비율, 자연림비율, 대중교통횡수 등이 휴양계정에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

산림자원계정 평가모듈은 산림자원계정 평가모델에서 제시된 바와 같이 목재, 탄소, 수자원 계정에 사용자로부터 입력된 가중치를 적용하여 합산함으로써 전체 산림자원계정을 산출하고, 전체 산림자원계정 중 각 기능별 계정이 차지하는 비율을 계산함으로써 각 기능의 발현정도를 비교·평가할 수 있도록 구현되었다.

전체 산림자원계정 산출방식이나 비교·평가 방식이 변경될 경우, 본 모듈을 수정 혹은 교체함으로써 기본 모듈의 변경없이 시스템이 운영되도록 하였다. 특히, 향후 연구를 통해 산림자원계정으로부터 생산된 정보를 바탕으로 한 의사결정지원 방법이 수립된다면, 본 모듈에 의사결정지원 방법으로부터 정보를 생산할 수 있는 알고리즘을 직접 구현하거나, 모듈을 추가함으로써 향상된 기능을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구를 통해 산림의 공익 기능에 대한 유형별·지역별·소유별 가치를 평가하고 이 평가 자료를 바탕으로 경제적·공익적 가치를 극대화하기 위한 산림의 이용 및 지속가능한 관리를 위한 의사결정을 위한 정책적 도구로써 활용이 가능하므로 이 분야에 대

한 지속적인 관심과 연구비를 지원함으로써 현재 시스템의 개발이 Stand-alone 방식으로 개발된 것을 향후 Web 기반 시스템으로 개선하여 지역 단위별에서 전국단위 또는 유역단위별로 관리가 가능하도록 극대화시키는 것이 필요하다.

SUMMARY

For sustainable use of forest resources and to improve various environmental services provided by forests, the development of forest resources accounting system which integrates economic and environmental functions of forest, is needed.

Under these background and objectives, some developed countries adopted green accounting system including economic value of forests, but most countries including the republic of Korea have not yet adopted the environmental value of forests to the national accounting system. Most of the studies in forest accounting have been done by UN and european countries.

In general, the accounting systems collect and monitor the standardized data of forest resources and relate them to forest management factors. The system can be applied to the aim of sustainable forest management, sustainable use, resource security, and rural development, etc.

The objective of this study is to develop the evaluation model for economic and environmental functions of forest based on GIS computerized system. The forest functions included in this system are wood production, carbon sequestration, water conservation, and recreation function of forest. The accounting model evaluate physical and monetary values of these functions with a balance sheet of stock and flow of each function. The developed models can be used in the decision making process for sustainable forest management.

The results of the study are as follows, the accounting systems of wood production and carbon sequestration functions can be calculated from the national forest inventories statistics such as standing timber stock by forest types and ages. The monetary accounting was calculated by multiplying unit price of wood and carbon.

Water conservation account also consists of physical and monetary part. Physical account is based on preliminary researches that forest water conservation function

of representative 59 national reservoirs considered the volume of water kept in reservoir. We extracted independent variables of natural environmental causes – height of trees and extension length of waterway – and reexamined the model by multiple linear regression analysis. Contingent valuation method was used for monetary account that forest water conservation value considered of amount of money of willingness to pay presumed 27,607(¥/month) per household on the price level of 2005 and calculated 979(¥/ton) per unit price on water conservation area of forest in this study.

In recreational account, this research set the number of annual visitors as a physical account and the consumer's surplus from travel cost as a monetary account on thirty three natural recreational forests all over the nation. Then, we derived functional formulas between site characteristics and two kinds of recreational accounts. As a result, forest recreational account is affected by area of convenient facilities, average age of trees, rate of coniferous trees, rate of natural forests, number of public transportations, and so on.

The objective is to develop an assessment system of forest resource accounting, such as a timber production, carbon fixation, and watershed conservation, which will be used as supporting tool of decision making for forest manager.

A spatial information sharing and publishing system was developed in alliance with a GIS software so that users could manage spatial information effectively. It can be possible to share forest resource accounting information on the web and to print the result by users at distance. This system will be used to construct the forest resource accounting database, once the values of each forest service are determined by each valuation method.

From this study, four main economic and environment forest values can be evaluated by forest types, region, and ownership and the calculated value of forest can be used for decision making for SFM from the maximization of economic and environmental value of forests.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	10
Section 1. Research Necessity	0
Section 2. Research Objects and Range	2
Section 3. Research Goal and Contents	3
Chapter 2. Review Relative Technology	15
Section 1. Assessment of Forest Resource Accounting	5
Section 2. Development of Forest Resource Accounting System	5
Chapter 3. Research Method and Results	37
Section 1. Research Method	3
Section 2. Research Results and Study	0
Chapter 4. Conclusion and Proposal	129
Section 1. Assessment of Forest Resource Accounting	2
Section 2. Development of Forest Resource Accounting System	8
Chapter 5. The Attainment of the Object and Contribution of the Related Technology	132
Chapter 6. The Uses Plan of This Research	133
Chapter 7. Reference	134
Appendix 1. The questionnaire on User of Receptions Forest ———	141
Appendix 2. The questionnaire on Manager of Receptions Forest ———	144

목 차

제1장 연구개발과제의 개요	10
제1절 연구개발의 필요성	10
제2절 연구개발의 목적 및 범위	12
제3절 연구개발 목표와 내용	13
제2장 국내외 연구 현황	15
제1절 산림자원계정 평가	15
제2절 산림자원계정시스템	35
제3장 연구개발 수행 내용 및 결과	37
제1절 연구방법	37
제2절 연구결과 및 고찰	90
제4장 결론 및 제언	129
제1절 산림자원계정 평가	129
제2절 산림자원계정시스템	131
제5장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	132
제6장 연구개발결과의 활용계획	133
제7장 참고문헌	134
부록 1. 자연휴양림 이용객 설문지	141
부록 2. 자연휴양림 관리자 설문지	144

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성

산림자원을 지속적으로 이용 가능하도록 관리하고 친환경적으로 활용하기 위해서는 산림의 지속가능성 평가 기준에 근거하여 산림자원의 경제적 기능과 환경보전 기능을 통합적으로 표현할 수 있는 산림자원계정체계를 개발하는 것이 필요하다.

이미 선진국에서는 산림의 경제적 가치를 산정하여 국가 단위의 국민계정 산출에 이용하고 있다. 그러나 산림이 제공하는 공익적 가치는 국민계정에 구체적으로 반영되지 못하는 실정이다. 그로 인해 산림의 공익적 가치를 국민계정에 반영시키기 위한 산림자원계정 산정연구가 지속적으로 진행되고 있으며, UN이나 유럽 국가들은 현실에 적용 가능한 구체적인 산림자원계정 산정 방안을 제시하고 있다.

기존의 방안들을 살펴보면, 대부분 산림자원 및 자연환경을 일관성 있게 표준화된 형식으로 기술하고, 산림자원의 관리에 있어서 주요 관건이 되는 변수와 관계를 산정하여, 변수의 동향을 감시·집계함으로써 산림자원계정 산출에 요구되는 지표를 개발한 후, 경제적 관점의 산림자원계정을 산정하고 있다.

더불어, 산출된 결과를 시뮬레이션 모델이나 최적화 모델과 접목시켜 산림관리에 필요한 정보를 추출하고, 산림자원 관리방안 수립과 관리과정에서 발생하는 문제해결에 이용함으로써 산림자원의 지속적인 이용·환경보호·자급(自給)·물질적 안전보장·지역균형 등의 목표를 달성하기 위해 활용하고 있다.

본 연구는 이러한 국제적 흐름을 국내에 반영하여 산림의 경제적·공익적 기능의 가치 평가 및 평가방법을 반영한 전산시스템 개발을 목표로 한다. 특정 산림유역을 대상으로 GIS 정보기술을 활용하여 목재생산기능, 탄소고정기능, 수자원함양기능, 휴양기능 등 비교적 평가가 용이한 4가지 항목의 스톡(Stock)과 플로우(Flow)를 조사하고, 각각의 기능에 대한 양(量)적·화폐적 가치를 평가하게 된다. 이를 통해, 합리적으로 산림의 공익적 가치를 평가할 수 있는 방안을 제시함으로써, SFM(Sustainable Forest Management) 패러다임 및 기후변화 협약에 따른 산림관리 정책결정을 지원할 수 있으며, 더 나아가 산림관리 모델 정립에 일조할 것으로 예상된다. 또한, GIS를 이용하여 목재, 탄소, 수자원, 휴양(경관) 등에 대한 경제적 가치를 추정하는 방법을 개발한다. 가치

를 추정하기 위해 소요되는 각종 정보를 GIS에 적용할 수 있도록 가공하고 데이터베이스화하는 방법을 체계화하며, 평가된 산림의 가치를 기반으로 한 지속가능한 산림경영에 따른 인센티브 제공 등 산림정책의 지원근거를 마련한다.

1. 기술적 측면

임업의 외부효과를 측정할 때 이용할 수 있는 이론적인 체계를 수립하여 추후에 현장의 산림관리자가 산림관리계획을 수립하는 과정에서 지역주민의 의견을 수렴하기 위한 정보를 체계적으로 조사·정리할 수 있게 될 것이다. 그리고 임업의 활성화에 필요한 제도적 장치를 마련하는데 참고가 될 수 있는 정책대안을 제시함으로써 산림정책의 결정에 도움이 될 수 있을 것이다.

2. 경제·산업적 측면

산림은 목재와 임산물 등 재화의 공급원으로서 뿐만 아니라 수원함양, 토사유출방지, 대기정화, 기후조절, 생물다양성보전 등의 환경보호기능을 제공한다. 임업연구원의 연구에 의하면 2000년 기준으로 우리나라의 전체산림(643만ha)이 제공하는 공익기능의 총평가액은 연간 49조 9,510억 원으로 국내총생산 517조 966억 원의 9.7%, 같은 해 임업총생산 1조 7,268억 원의 약 29배에 상당하는 가치로 평가되었다. 이중 대기정화기능이 13조 5,350억 원으로 27.1%, 수원함양기능이 13조 2,990억 원으로 26.6%, 토사유출방지기능이 10조 560억 원으로 20.1%, 산림휴양기능이 4조 8,300억 원으로 9.7%의 순으로 평가되었다.

그러나 매우 중요한 기능으로 간주되고 있으나 현재로서는 평가가 매우 어려운 생물종 보전, 기상완화, 어류 서식환경의 보전기능 등은 평가가 되지 않았다.

목재나 임산물을 제외한 이러한 산림의 공익기능은 경제계정에 포함되어 있지 않아 산림의 효율적이고 지속가능한 이용이 어렵게 된다. (Wibe and Jones, 1992) 이러한 산림의 환경보전기능에 대한 배려가 시장기능에 의하여 배제되는 현상을 '시장의 실패'라고 하는데, 산림자원의 평가에 있어서 이러한 시장의 실패를 교정하기 위해서는 산림의 환경보전 기능의 가치를 밝히며 이들 자원의 stock 과 flow를 나타내는 회계체계의 개발이 필요하다.

3. 사회·문화적 측면

산림자원계정은 산림자원 대차대조표(Forest Balance Table), 산림자원의 물리적 투입-산출표(Physical Input-Output Table) 및 산업질량대차대조표(Industry Mass Balance Table)의 세 가지로 구성된다.(OECD, 1993) 산림자원 대차대조표는 목재생산이 가능한 산림자원 스탁의 규모와 증감을 나타내는 것으로 목재계정이라 부르기도 한다. 물리적 투입-산출표는 산림자원의 관리, 분석 혹은 예측을 위한 경제적 모델링의 기초자료로 활용될 수 있으나 아직 많은 나라에서 시도되지 않고 있으며, 산업질량 대차대조표는 자원으로 이용되는 원목의 내재된 경제적 잠재성과 원목의 가공효율성 등에 관한 데이터를 제공하고 목재산업과 관련된 수질 및 대기오염에 관한 자료를 제공할 수 있다.

제2절 연구개발의 목적 및 범위

1. 연구개발의 목적

GIS를 이용하여 목재, 탄소, 수자원, 휴양(경관) 등에 대한 경제적 가치를 추정하는 방법을 개발한다. 가치를 추정하기 위해 소요되는 각종 정보를 GIS에 적용할 수 있도록 가공하고 데이터베이스화하는 방법을 체계화한다. 평가된 산림의 가치를 기반으로 한 지속가능한 산림경영에 따른 인센티브 제공 등 산림정책의 지원근거를 마련한다.

2. 연구개발의 범위

가. 산림자원계정 평가방법 개발 및 적용

- 산림자원계정(목재, 탄소, 수자원, 휴양)별 평가인자 선정 및 기초 자료 수집
- 물리·화폐적 산림자원계정 평가방법 개발
- 사례지역 산림계정 평가 및 평가방법 보완

나. GIS 응용 산림자원계정 평가시스템 개발

- 산림자원계정 평가를 위한 기초 DB 구축 체계 및 GIS 응용 자료관리 체계 개발
- 물리·화폐적 산림자원계정 평가모듈 개발
- GUI 기반 통합 산림자원계정 평가시스템 개발 및 적용성 검토

제3절 연구개발 목표와 내용

1. 산림자원계정 평가방법 개발 및 적용

가. 산림자원계정별 평가인자 선정 및 기초 자료 수집

- 국내외 산림자원계정 평가에 관련된 문헌고찰 및 사례수집·분석
- 문헌고찰 및 사례분석을 통한 물리·화폐적 산림자원계정 평가인자 및 개략적 평가방법 도출
- 연구대상지를 선정하여 평가에 필요한 기초 자료 수집

나. 물리·화폐적 산림자원계정 평가방법 개발

- 물리적 산림자원계정을 Stock과 Flow의 관점에서 정량화하고 평가하기 위한 모델 개발
- 모델의 구성요소 간 영향력을 산출할 수 있는 함수 도출
- 연구대상지에서 수집한 기초 자료를 모델의 입력 자료로 활용하여 물리적 산림자원계정 평가결과 산출
- 물리적 산림자원계정 평가결과를 화폐가치로 환산할 수 있는 화폐적 산림자원계정 평가모델 개발
- 연구대상지의 산림자원계정을 평가하여 화폐가치로 나타내고, 시나리오 분석 및 적합도 분석 등을 수행, 평가방법의 적용성 검토

다. 사례지역 산림계정 평가 및 평가방법 보완

- 개발된 산림자원계정 평가방법을 시·군·구 혹은 국유림 임소반 단위의 지역에 적용하여 지역별 산림자원계정 평가결과 도출
- 도출된 평가결과들을 분석하여 문제점을 도출하고 평가 대상지역의 유형별 혹은 행정구역별로 평가방법을 달리하는 등의 대안을 고안하여 산림자원계정평가 방법을 수정·보완, 최종적으로 평가방법 개발 완료

2. GIS 응용 산림자원계정 평가시스템 개발

가. 산림자원계정 평가를 위한 기초 DB 구축 체계화 및 GIS응용 자료관리 체계 개발

- 산림자원계정별 평가인자 선정과정에서 도출된 평가인자의 특성을 분석, GIS 응용

공간분석(Spatial Analysis)에 이용 가능한 주제도나 레이어 등의 자료형태로 가공할 수 있는 방안 도출

- 가공된 자료를 효율적으로 관리할 수 있도록 GIS 응용 공간자료 데이터베이스(Spatial Database; Spatial DB) 설계 및 사례지역 구축
- 공간자료 데이터베이스를 사용자가 효율적으로 관리하기 위한 공간자료 데이터베이스 관리 시스템(Spatial Database Management System) 개발

나. 물리·화폐적 산림자원계정 평가모듈 개발

- 물리적 산림자원계정 평가모델에 기반을 두어 공간분석을 통해 산림자원계정평가 대상지를 일괄적으로 평가할 수 있는 모듈 개발
- 화폐적 산림자원계정 평가모델에 기반을 두어 물리적 산림자원계정 평가결과를 화폐가치로 환산하고 환산된 평가결과를 주제도로 작성할 수 있는 모듈 개발
- 각 모듈을 컴포넌트(Component)로 개발하고, 브리지(Bridge) 객체나 어댑터(Adapter) 객체를 설계하여 개별 컴포넌트 간 효율적 정보이동을 지원
- 프로토타입(Prototype)의 산림자원계정 평가시스템 개발 및 연구대상지에 대한 시범 운용

다. GUI 기반 통합 산림자원계정 평가시스템 개발 및 적용성 검토

- 프로토타입 산림자원계정 평가시스템의 문제점 보완
- Use-case 분석에 근거한 GUI 기반 통합 산림자원계정 평가시스템 개발 및 공간자료 데이터베이스와의 연계 확인절차 수행
- 지역 혹은 전국 단위 산림자원계정 평가에 활용, 시스템의 문제점 도출 및 개선
- 산림자원계정 평가방법 변화에 따른 시스템 보완·시험 및 개발 완료

제2장 국내외 연구 현황

제1절 산림자원계정 평가

1. 목재 계정

목재는 시장에서 거래되는 재화이다. 원목, 제재목 등 목재는 산림에서는 살아있는 나무인 입목(standing timber)의 상태로 성장한다. 목재 계정은 산림자원의 평가에 있어서 기본적인 중요한 평가 항목이다. 따라서 목재 계정은 지속가능한 산림경영(SFM, Sustainable Forest Management)을 위한 의사결정에 있어서 필수적인 항목이다.

UN의 통합환경경제계정인 SEEA에서는 임지를 크게 목재공급이 가능한 임지와 보전 지역이나 경제적인 요인에 의해 목재공급이 불가능한 임지로 구분하고 침엽수와 활엽수로 나누어 임목축적의 증감을 평가하는 대차대조표를 목재 계정 평가의 틀로 제시하고 있다. FAO(2004)의 보고서(Manual for environmental and economic accounts for forestry: a tool for cross-sectoral policy analysis)에서 제시하고 있는 목재의 물리적 계정 및 화폐적 계정의 작성 대차대조표는 다음의 표(표 1 ~ 표 4)와 같다.

표 1. Forest asset accounts: area of wooded land (1000 hectares)

	Forest and other wooded land		
	Available for wood supply	Not available for wood supply	Total
Opening area			
Changes due to economic activities			
Afforestation			
Deforestation			
Other changes			
Natural colonization			
Natural regression			
Other			
Changes in classification			
Closing area			

표 2. Forest asset accounts: value of wooded land (million national monetary units)

	Forest and other wooded land		
	Available for wood supply	Not available for wood supply	Total
Opening area			
Changes due to economic activities			
Afforestation			
Deforestation			
Other changes			
Natural colonization			
Natural regression			
Other			
Changes in classification			
Revaluation			
Closing area			

- * Changes due to economic activity(경제활동에 따른 변화): 신규조림(afforestation), 인간 활동에 의한 산림면적의 변화, 농지 등으로의 산림전용(deforestation).
- * Other changes(기타 변화): 자연적인 요인으로 인한 산림면적의 변화로 식물의 군체 형성(colonization)에 의한 확장이나 퇴보(regression)에 의한 면적감소, 기타 자연적 원인에 의한 변화.
- * Changes in classification(분류의 변화): 목재의 공급이 가능한 산림(Available for wood supply)과 가능하지 않은 산림(Not available for wood supply) 간의 분류 변화로 양(+)의 값은 진입으로 인한 면적의 증가를 음(-)의 값은 전출로 인한 면적의 감소를 나타냄.
- * Revaluation(재평가): 평가기간의 초기와 말기의 가치차이로 인한 평가액 변화.

표 3. Forest asset accounts: volume of standing timber (1000m³)

	Forest and other wooded land			Standing timber on other land	Total
	Available for wood supply	Not available for wood supply	Total		
Opening stocks					
Gross increment(natural growth)					
Total removals(fillings that are removed in this period, regardless of when felling took place)					
Other changes					
Changes in classification					
Closing area					

표 4. Forest asset accounts: value of standing timber (million national monetary units)

	Forest and other wooded land			Standing timber on other land	Total
	Available for wood supply	Not available for wood supply	Total		
Opening stocks					
Gross increment(natural growth)					
Total removals(felling that are removed in this period, regardless of when felling took place)					
Other changes					
Changes in classification					
Revaluation					
Closing area					

- * Gross annual increment(연간 총 증가량): 평가 기간 동안의 자연적 입목증가량.
- * Removals(제거량): 평가 기간 내에 발생한 벌채량이나 초기 발생량은 아님.
- * Other changes(기타 변화항): 입목의 제거량이나 제거되지 않은 것들 즉, 간벌 또는 고사목이나 제거되지 않고 임내에 남아 있는 양.
- * Changes in classification(분류의 변화): 기간 동안의 토지 구분의 변화로 인한 입목의 평가변화. 양(+의 값은 진입으로 인한 증가, 음(-)의 값은 전출로 인한 감소.
- * Revaluation(재평가): 기간 초기와 말기의 가치의 변화로 인한 재평가 가치.

산림의 목재생산기능은 산림의 전통적인 기능으로 많은 나라에서 물리적 및 화폐적 계정으로 계량화하여 평가하고 있다. 이 경우 산림은 목재생산이 가능한 산림과 보전림 등 목재생산이 불가능한 산림으로 구분하고 계정을 작성하고 있다. 우리나라에서도 산림청 개청 이후 1960년대 말부터 국내 산림자원의 양적 및 질적 특성을 다양하게 분석한 임목통계자료를 작성해 오고 있다. 국내의 산림 통계는 국제적으로 요구하고 있는 작성항목 모두 포함하는 비교적 자세한 통계체계를 갖추고 있다.

목재는 시장에서 거래되는 재화로 탄소, 휴양, 수원함양 등 산림의 환경서비스인 비시장재화의 가치를 계량화하는 것보다 수월하다. 스웨덴의 산림이 제공하는 목재 및 산림서비스가 연간 제공하는 가치는 1999년 기준 총5,795유로로 평가되었으며, 이중 목재가 단독으로 차지하는 가치는 2,370유로로 휴양, 탄소 등의 산림서비스 합산가치 3,200유로보다 조금 작은 정도로 평가되었다(Norman 등, 2001). Hassan(2002)은 South Africa의 산림자원계정을 평가하였는데 상업적인 목재벌채 가치가 전체 산림가치의 28%, 비목재 임산물 가치가 41%, 산림서비스가치가 31%를 차지하였다. 우리나라의 경우 임목의 생장에 따른 가치의 증가(순임목 성장액)는 2006년 순임목 성장액은 9,358억 원으로 임산물 총생산액 3조 1,568억 원의 29.6%를 차지하여 가장 많았다(산림청, 2007). 표 5는 핀란드 산림자원에 대한 목재의 물리적 계정을 작성한 사례이다.

표 5. 목재 물리적 계정 작성 예 -핀란드

Million solid cubic metres, over 7cm diameter, over bark

	Forest land Available for wood supply				Not available for wood supply				Total forest land		
	Natural forests	Semi-natural forests	Plantations	Total	Conifers	Broadleaved	Total	Total			
Opening stock 31.12.1990	40.1	1 784.3	0.0	1 824.4	1 501.5	322.9	1 824.4	57.3	5.3	62.6	1 887.0
Natural growth	7.9	352.2		360.1	279.8	80.3	360.1	8.1	2.3	10.4	370.5
Fellings					- 215.2	- 55.9	- 271.1				- 271.1
Harvested timber					- 201.5	- 45.2	- 246.7				- 246.7
Saw logs					- 102.0	- 5.9	- 107.9				- 107.9
Pulp wood					- 91.7	- 23.5	- 115.2				- 115.2
Fuel wood					- 7.8	- 15.8	- 23.6				- 23.6
Timber left in the forest					- 13.7	- 10.7	- 24.4				- 24.4
Felling residuals					- 13.7	- 10.7	- 24.4				- 24.4
Other timber											
Changes in classification					- 7.9	- 1.7	- 9.6	7.9	1.7	9.6	0.0
Closing stocks 31.12.1995					1 558.2	345.6	1 903.8	73.3	9.3	82.6	1 986.4

Source: Statistics Finland.

자료: UN et., al. (2003)

계정의 가장 기본적인 것으로 산림이 얼마만큼의 목재생산능력을 가지고 있는가 매년 얼마만큼의 목재를 지속적으로 공급하고 있으며 전체의 축적량은 어떠한 상태로 유지가 되고 관리되고 있는가를 판단하는 의사결정의 척도가 된다. 지속가능한 산림자원의 관리 측면에서 볼 때, 산림을 건전한 상태로 유지관리하면서 생태계에 환경적인 부담을 줄이고 인류사회에 필요한 목재를 지속적으로 생산하도록 하는 수준의 생산이 필요하다. 이를 위해서는 매년 입목성장량 이하 수준의 벌채를 유지해야 산림자원의 원금이라 할 수 있는 기본 스톡이 유지될 수 있다. 목재의 화폐계정도 이러한 임업 생산량을 금전적인 가치로 환산함으로써 임업이 지탱될 수 있는 경제적 가치생산량을 판단하는 도구가 된다. 국내 산림자원의 성숙림 단계로 진입 및 국제 목재가격의 상승으로 국내 산림의 임목 성장가치는 빠르게 증가하고 있다.

2. 탄소 계정

산림은 과거 목재의 공급기능 중심에서 공기정화, 탄소고정, 깨끗한 물 공급, 생물다양성 보전, 휴양 등 다양한 환경서비스의 공급처로서의 기능이 중시되고 있다. 이러한 산림의 환경서비스는 산림의 면적 및 상태가 유지될 때 서비스의 지속적인 공급이 가능하다. 그러나 환경서비스는 경제적인 가치로 거래되거나 이를 위한 과학적인 평가방법의 개발이 부진하여 실질적인 보전이 잘 되고 있지 않다. 일부 국가에서 PES(Payment for Environmental Services)라는 경제적 보상 제도를 도입하여 환경서비스 제공에 대한 인센티브를 부여하는 제도를 시행하고 있으나 적용대상 및 범위에 있어서 제한적이다.

결국 산림자원계정 작성의 필요성은 산림의 가치를 현실화하여 산림면적의 감소를 막고 산림생태계의 건전성과 지속가능성을 유지하여 지속가능한 산림관리(SFM, Sustainable Forest Management)를 달성하는 데 있다. 아울러 산림의 높은 가치에 대해 일반인을 포함한 이해당사자들의 인식을 높이고 산주들이 산림을 가치 있게 관리하는 데 도움을 주는 역할도 기대된다.

산림은 성장하는 동안 탄소동화작용을 통해 이산화탄소를 체내에 흡수·고정한다. 산림이 제공하는 여러 가지 환경서비스 중 탄소는 현재 기후변화협약 및 교토의정서의 이행에 따른 탄소배출권 거래시장의 성립으로 인해 거래가 가능한 산림 부산물로 인식이 되어가고 있다. 산림이 흡수하는 탄소에 대한 배출권의 인정 및 거래가능성은 개도국에 있어 신뢰할만한 통계자료나 과학적인 검증방법 미비 등 여러 가지 불확실한 면이 있

지만, 각국은 산림부문의 온실가스 통계 체계를 갖추기 위해 국제사회에서 요구하는 기준으로 산림의 탄소기능을 물리적 및 화폐적 계정을 작성하는 것이 필요하게 되었다. 따라서 탄소계정의 작성은 IPCC나 교토의정서에서 요구하는 평가 및 모니터링 기준에 맞춰 국가별 또는 산림단위별로 인벤토리를 작성하고 모니터링 하는 것이 필요하다.

산림의 탄소계정고정기능은 여러 나라의 산림자원계정에서 주요한 산림서비스 계정으로 다루어 작성하고 있다. 산림은 교토의정서(3.3조 및 3.4조)에서 인정하는 유일한 흡수원으로 각국은 산림의 온실가스 흡수 및 배출에 대한 통계 및 모니터링 체계의 구축이 요구되고 있다. 따라서 SEEA 등 기존의 환경자원계정에서 다루었던 탄소계정은 기후변화협약 및 교토의정서에서 요구하는 모니터링 및 평가체계에 맞추어 작성될 필요가 있다.

산림식생, 산림토양, 유기물 등 산림생태계가 흡수·고정하고 있는 탄소의 양을 측정하는 것은 많은 과학적인 연구와 자료의 축적이 요구되고 있으며 우리나라에서도 지역별, 수종 및 임상별, 토양 특성별 그리고 산림작업의 종류 및 강도에 따라 탄소축적량이 어떻게 변화하고 있는지에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

탄소계정은 작성양식은 UN 등(2003)에서 제시한 다음과 같은 표를 기본으로 여러 나라에서 작성되고 있다. 이 양식은 입목의 축적량 증감표와 동일한 항목을 가지고 탄소축적량의 스톡(stock) 및 플로우(flow)를 작성하도록 권고하고 있다.

표 6. 탄소 계정의 작성

	Forest land								
	Available for wood supply			Not available for wood supply			Total tree biomass		
	Conifers	Broad leaved	Total	Conifers	Broad leaved	Total	Above ground	Below ground	Total
Opening stocks									
Natural growth									
Fellings									
Changes in land classification									
Other changes									
Closing stocks									

주: 입목(standing timber)의 항목과 동일함.

자료: UN et al., 2003, Table 8.20, p.357

박동균(1996)은 우리나라의 산림의 탄소고정기능에 대한 평가(1985년~1994년, 10년간)에서 1994년 기준 입목축적의 증가에 의해 7,868tC를 흡수하였고 862tC를 배출하여 1년 동안 7,007tC의 탄소를 순흡수 하였다고 평가하였다.

Gundimeda et.,al.(2006)은 인도 산림자원의 목재 및 탄소계정을 SEEA를 적용하여 물리적 및 화폐적 계정을 작성하였다. 인도의 산림 축적량은 벌채 등 경제활동으로 인해 2001~2003년 163백만m³이 감소한 4,905백만m³(2003년)로 평가하였으며 탄소의 화폐적 계정의 작성에 있어서는 피해비용 탄소 톤당 US\$20을 적용하였다(Gundimeda et.,al., 2006).

가. 산림 토양 탄소량

산림생태계가 지니고 있는 탄소는 다음과 같은 것들을 포함한다. 살아있거나 죽은 나무의 바이오매스, 묘목 또는 하층식생이 가지고 있는 것, 산림바닥에 있는 낙엽이나 유기물층에 있는 탄소, 산림토양에 고정되어 있는 탄소 등이다. 일반적으로 산림 탄소계정은 입목의 자연적 성장, 벌채 및 손실양 등 목재의 물리계정을 바탕으로 작성한다. 기후변화협약에서는 현재까지 신규조림(afforestation) 및 재조림(reforestation)에 의한 탄소의 흡수, 산림전용(deforestation)에 따른 탄소의 배출을 산림의 활동으로 규정하고 있다. 산림토양은 농지나, 초지, 기타 토지에 비해서 ha당 더 많은 탄소를 고정하고 있다.

미국의 산림탄소의 측정에 있어서 1992년 미국의 산림은 총 37.7십억 톤의 탄소를 흡수고정하고 있는 것으로 평가 되었는데 이 중에서 매년 산림 토양 및 산림 바닥층이 127백만 톤, 살아있는 식생은 84백만 톤을 매년 흡수하고 있는 것으로 평가되었다(Birdsey and Heath, 1995).

IPCC에서 토지이용, 토지이용변화 및 임업(LULUCF, Land-Use, Land-Use Change and Forestry) 가이드라인에서 토양탄소는 토지이용 형태의 변화에 의한 탄소축적량의 차이만을 계산하며 토지이용의 변화가 없는 산림 내 벌채나 식재 등 산림작업에 의한 식생의 변화에 의한 토양탄소량의 작은 변화는 고려하지 않고 토양탄소량도 일정수준 유지되는 것으로 여기고 있다. 그러나 미국의 RPA방법에서는 벌채 후 10~15년이 경과하면 토양중의 탄소가 20% 감소하는 것으로 가정하였다. Birdsey(1996)은 산림 토양 탄소는 벌채가 미치는 영향은 없으며 산림이 아니었던 토지가 산림으로 변환되면 토양 탄소가 33~50% 증가한다고 가정하였다.

산림 토양의 탄소고정능력에 대한 최근의 연구결과들을 종합한 최근의 연구동향은 다

음과 같다. 산림 토양 탄소량의 변화는 벌채 후 벌채 작업에 의한 교란의 정도에 따라서 영향을 받는다. 상업적인 벌채의 경우 벌채 초기 몇 년 동안에는 낙엽·낙지, 바이오매스의 분해 등으로 토양 탄소가 8~13% 증가하지만, 얼마 후 감소하기 시작하여 벌채가 있기 전의 탄소량 수준으로 복귀하고 이후 탄소량은 11~20% 더 감소하였다가 벌채 후 10여년이 지나면, 결국은 다시 증가하여 초기의 상태까지 온다고 하였다(Heath and Smith, 2000).

이 연구에서는 기본적으로 탄소계정은 입목의 총 바이오매스가 흡수·고정하고 있는 탄소를 기준으로 작성하였으며, 이에 추가적으로 산림 토양의 단위면적 당 탄소고정량 값을 적용하여 기초와 기말의 탄소축적량에 포함시키는 계정을 작성하였다.

3. 수자원 계정

가. 물리적 계정

1) 국내 사례

우리나라의 산림의 수자원 함양기능에 대한 물리적 계정의 평가는 1960년대 이후 꾸준히 이루어졌다.¹⁾ 1960년대에 경북 김천과 서울의 임업시험장이 산림별 유출량과 토사 발생량을 측정하여 산림의 유출조절기능과 토사유출방지기능을 정량적으로 밝혔다. 1980년에 들어서서는 본격적으로 경기도 광릉과 양주시시험림이 주축이 되어 산림수문 유역시험의 일환으로 임상별 양수댐을 설치하여 2007년 현재까지 전국 13개 산림수문 유역시험지를 운영함으로써 연구 진행 중이다.

임업연구원(1989)은 우리나라의 산림의 수원함양 계량화를 위하여 전국의 농업용수를 목적으로 하는 저수지를 대상으로 각 저수지의 저수량과 해당 저수지의 상류에 위치하는 산림환경사이의 관계를 살펴보았다. 산림의 입지환경 요인으로 지역, 모암, 상층울폐도 등의 인자를 고려하여 전국에 지정된 제 2종 수원함양보안림의 지정기준을 과학적으로 정립하는 목적으로 수행되었으나 전국적인 계량화까지는 이루어지지 못했다.

이에 본격적으로 임업연구원(1993)에서는 1992년, 과학기술부의 지원으로 산림의 공익적 기능에 관한 계량화 연구를 통하여 전국을 대상으로 한 조사를 실시하였다. 조사내용으로는 전국에 분포한 모암 및 토양형별 조공극률, 평균토심 및 면적이었으며, 해당

1) 산림의 공익기능 평가액에 대한 산출은 [산림의 공익기능 계량화]분야의 연구로써, 공개적으로 밝혀지지는 1987년을 기준으로 1989년의 평가액과 1990년, 1992년, 1995년, 2000년, 2003년, 2007년으로 총 7번이다.

인자들에서 평균토심과 면적을 곱한 조사 결과로 산림이 저장할 수 있는 수원함양능력은 ha 당 2,782ton, 임목재적 m³ 당 66ton으로, 전국적으로는 약 179.8억ton으로 산출되었다.

임업연구원의 조사연구와 비슷하게 김경하(1992)는 유역의 입지조건이 갈수기 저수지의 저수량에 미치는 영향을 전국의 83개소의 저수지 주변의 임상과 저수량을 대상으로 연구하였다. 유역의 입지조건으로는 임황, 토지, 지형, 지질 및 기상, 저수지 체원으로 상정하고 이를 갈수기 때의 저수지의 저수량과의 관계를 다중회귀분석법으로 분석하였다. 연구의 결과 갈수기 저수량과 정의 상관관계에 유의한 인자로 수고, 흉고직경, 임령, 상층울폐도를 꼽았고, 부의 상관관계에 놓인 인자로 하층식피율과 유역의 수계밀도가 도출되었다. 갈수기의 저수지 조사량은 ha당 최저 70 ton에서 최고 1,770 ton의 범위로 나타났으며, 이는 지역의 기상조건, 지질, 임상, 상층울폐도, 기복량, 유역의 수계밀도와 관련이 있음을 보였다.

국립산림과학원(2005)에서는 임업연구원에서 실행한 앞선 1992년의 전국 모암 및 토양형별로 추출 조사한 토양의 조공극률을 약 180억ton에 대해 추정한 결과를 기준으로 임령증가 및 시업에 따른 토양 저류량이 증가하면 농초지 및 도로와 임도 개설에 따른 토양저수량이 감소할 것이라는 추정과정을 거쳐 산림저류량의 시계열 변화를 예측한 바 있다. 산림의 토지 이용형태 변화에 따른 수원함양량 추정량 계산에는 1992년의 연구결과인 산림저류량이 약 180억ton이고, 토심의 변화는 무시한 평균 A층의 토심 20.1cm, 평균 B층의 토심 49.7cm를 기초 정보로 하였다.

2) 국외 사례

산림의 수원함양기능을 과학적으로 밝힌 시기는 1923년으로 스위스의 임업시험장에서 그 기원을 찾을 수 있다. 이들은 임업시험장과 인접한 산림과 초지에서 발생된 유출량을 비교하여 산림이 초지보다 침투유출량이 적은 반면 비가 그친 후에는 빗물의 유출량이 더 오랫동안 지속된다는 결과를 도출하였다. 그 후로는 미국의 임업시험장 소속의 Coweeta, Hubbard Brook, Andrews 산림수문 유역시험지에서 산림의 수원함양기작을 밝혔다.

일본에서는 산림의 수원함양기능 계량화가 이미 1970년대부터 활발히 연구되면서 지금까지 매년 그 결과를 보고하고 있다. 초기의 계량화 방법으로는 산림의 입지환경을 표고, 모암, 사면의 위치별로 수집한 산림 토양의 조공극률을 측정하여 다변량 분석방법

을 통하여 정량화하였다. 이는 수원함양기능을 과학적인 방법으로 해석하는 데에는 미진하였지만, 대규모로 면적이 넓어질 경우에는 유용한 계량측정법으로 이용된다. 또한 이 방법론은 국내 연구에서 차용되었다.

나. 화폐적 계정

1) 국내 사례

산림 수자원부분에 대한 가치 평가연구와 관련한 연구는 산림수자원을 대상으로는 국립산림과학원에 의해 수행된 산림의 공익기능 계량화 연구²⁾의 한 부분인 수원함양기능평가에 대한 연구가 있다. 산림수자원이라는 동일한 대상에 대한 국내 연구에서는 산원수를 근간으로 하는 수자원이라는 공통적인 함의를 중심으로 진행되어서 실제적인 경제적 방법론에 대한 고찰적 연구가 아니고 방법론의 동일함으로 앞으로 제시하는 연구들에 한하여 사례를 제시한다.

표 7. 산림의 공익기능 가치 평가액 변화 추이 (1987-2005)

기능별 내용	평가액(억 원)						
	1987년	1990년	1992년	1995년	2000년	2003년	2005년
총평가액(A)	176,560	233,700	276,100	346,110	499,510	588,813	659,066
임업총생산(B)	6,921	7,314	8,252	9,798	17,268	31,972	30,471
(A/B) : 배	25.5	32.0	33.5	35.3	28.9	18.4	21.6
국내 총생산(C)	1,111,977	1,787,968	2,456,966	3,773,498	5,170,966	7,213,459	8,066,219
(A/C) : %	16.7	13.6	12.0	10.0	9.7	8.2	8.2
① 수원함양기능	30,400	83,660	79,318	99,300	132,990	140,978	175,456
② 산림정수기능	-	-	-	41,230	48,270	49,039	60,487
③ 토사유출방지 기능	34,730	45,950	57,630	64,000	100,560	109,774	124,348
④ 토사붕괴방지 기능	3,080	4,090	14,664	16,630	26,360	40,243	40,462
⑤ 대기정화기능	45,790	47,780	83,797	72,280	135,350	132,438	134,276
⑥ 산림휴양기능	59,970	42,660	35,480	44,880	48,300	110,329	116,285
⑦ 야생동물보호 기능	2,590	9,560	5,211	7,790	7,680	6,012	7,752

자료: 국립산림과학원

2) 국립산림과학원의 연구에 따른 산림의 공익기능 평가는 수원함양, 산림정수기능, 토사유출방지, 토사붕괴방지, 대기정화, 산림휴양, 야생동물보호 등 7가지 기능으로 나누어지며, 본 연구의 수자원계정과 연관되는 부분은 항목 중 수원함양기능으로 볼 수 있다.

국립산림과학원(2005, 2007)에 의하여 평가된 산림의 공익적 기능의 항목별 가치평가의 취합적인 연구는 우리나라에서 가장 통용되고 있는 자료로써, 실제로는 1989년부터 2007년까지³⁾ 7차례에 걸쳐 일정한 평가액을 산정하여 발표하였다. 다음은 산림의 공익기능평가액을 나타낸 표이다(표 7).

특히 2005년과 2007년에 발표된 연구에서는 산림의 공익기능계량화연구로 고쳐져 앞서 언급한 산림의 공익기능 7가지 항목에 대한 평가액과 비율에 대한 기초자료와 매 발표마다 평가액이 증진되는 이유와 평가액의 의미에 대한 설명이 첨부되었다. 다음은 해당 기간의 연구결과를 나타낸 표이다(표 8).

표 8. 산림의 공익기능 가치 평가액 비교 (2003년, 2005년)

기능별 내용	2003년 기준		2005년 기준	
	평가액(억 원)	구성비(%)	평가액(억 원)	구성비(%)
총평가액	588,813	100.0	659,066	100.0
① 수원함양기능	140,978	24.0	175,456	26.6
② 산림정수기능	49,039	8.4	60,487	9.2
③ 토사유출방지기능	109,774	18.6	124,348	18.9
④ 토사붕괴방지기능	40,243	6.8	40,462	6.1
⑤ 대기정화기능	132,438	22.5	134,276	20.4
⑥ 산림휴양기능	110,329	18.7	116,285	17.6
⑦ 야생동물보호기능	6,012	1.0	7,752	1.2
임산물 총생산액	31,972	18.4배	30,471	21.6배
농림어업총생산	228,333	2.6배	240,357	2.7배
국내 총생산	7,213,459	8.2%	8,066,219	8.2%

※ 임산물총생산액 및 농림어업총생산은 '05년 추계결과

※ 국내총생산은 2005년 잠정추계

자료: 국립산림과학원

가장 최근의 2005년 연구는 수원함양기능평가액을 175,456억 원으로 산출하였는데, 이 금액은 산림의 수원함양효과 평가액인 174,971억 원과 수물지역 생산성 감소 방지효과

3) 동일한 내용을 담은 단행본 및 연구보고서에서는 약 2년의 기간별 차이가 보이는데, 이는 조사시기와 발표시기의 단순한 제작연수의 차이로 보인다.

평가액인 485억 원의 합으로 도출하였다. 본 연구와 관련이 있는 산림의 수원함양효과에 대한 평가 내역은 산림의 수원함양효과에의 경우, ton당 댐을 건설할 경우 923.82원이 든다는 계산과 함께 해당 댐의 총 저류량인 189.4억ton을 곱한 금액이다.

이 부분의 평가방법과 유사하게 김종호 등(2006)의 연구에서도 대체비용법으로 연구를 시도하였다. 산림의 공익기능을 총 7가지⁴⁾로 나누어 평가했는데, 이 중 수원함양기능부분에 대하여는 비용에 기초한 방법과 임의가 치법을 사용하여 산림이 없다면 다량의 물을 저장하기 위한 대안으로 다목적 댐 건설에 드는 투자비용을 산정하여 가치를 측정하였다. 이를 통하여 실질적인 시장가치를 표현하려는 시도는 있었지만, 여전히 대체비용법을 차용하여 평가액의 과대평가 여지가 있다. 해당 연구에서 도출된 평가액은 연간 다목적 댐에 저장하는 데에는 물 1 ton당 약 740원 정도가 소요되며, 1995년부터 2006년 사이에 건설된 대곡, 평림 감포 댐의 평균 건설비를 감가상각 조건인 내구연한 50년, 이자율 5.5%(2003년 기준)를 적용하여 연간 대략 188억 톤의 물을 저장 하는 데에는 건설비용으로 대체된 평가액이 총 14조 524억 원이었다.

위와 같은 맥락으로 김경하(2007)는 산림의 수원함양 가치와 다목적댐 수목지역의 생산성감소방지 효과라는 두 가지측면에서 화폐적인 개념이해로써의 산림의 수자원가치를 환산하였다. 첫째, 산림의 수원함양 효과의 측면에서는 1995년에서 2006년까지 대곡과 평림 감포의 다목적댐의 건설비인 12,968원/ton과 감가상각비의 1%로 가정한 댐 저수량만 유지비를 9.15원으로 산정하여 다음의 계산식으로 산림의 수자원기능평가액은 17조 4,971원이라는 결론을 내렸다.

표 9-1. 산림의 수원함양 가치 평가액 산정 사례

• 다목적댐 건설비	12,968원/ton (대곡, 평림 감포 : '95 ~ '06)
- 감가상각의 조건	내구연한 50년, 이자율 6.789%('05기준)
-> 계산식	$12,968\text{원/ton} \times 0.06789 \times (1+0.06789)^{50} / ((1+0.0678)^{50} - 1) = 914.67\text{원}$
• 댐저수량당 유지비	9.15원(감가상각비의 1%로 가정)
-> 평가액 계산식	$189.4\text{억ton/년} \times 923.82\text{원} (914.67\text{원} + 9.15\text{원}) = 17\text{조 } 4,971\text{억 원}$

자료: 김경하(2007)

4) 김종호 등의 연구에 따른 산림의 공익기능 평가는 국립산림과학원의 항목과 동일하다.

둘째, 다목적댐 수몰지역 생산성감소방지효과의 측면에서 산림의 수원함양기능의 평가액을 485억 원이라고 했다. 계산은 전답 16,783ha와 임야 2,090ha에 대해서 산림의 총 저류량만큼 소양강댐을 건설한다면 소양강댐의 총저수량을 기준으로 6.48배의 수몰면적이 발생하므로 해당 수몰 지역 면적만큼의 토지가치로 ha당 토지 용역비와 임야지대를 합산한 가격으로 다음의 식과 같다.

표 9-2. 산림의 수원함양 가치 평가액 산정 사례

• 전답의 평가액	16,783ha x 2,381천원(ha당 토지 용역비)
• 임야의 평가액	13,543ha x 630천원(임야지대)
-> 평가액 계산식	485억 원

이 외에도 이창재(1994)는 산림의 수원함양편익의 수혜자에게 수원함양림에 서 얻을 수 있는 각종 이익을 분별하기 위하여 수혜자가 동 편익에 대하여 어느 정도의 가치를 부여하고 있는가를 파악했다. 양분선택법(Dichotomous Choice Contingent Valuation Method)을 이용하여 한강유역내의 산림이 갖고 있는 수원함양 편익의 수혜자로 서울시민 800가구, 총 768명을 대상으로 한강 유역 산림의 수원함양편익에 부여하는 가치를 조사하였다. 결과로서 가구당 14,965원/월, 서울 시민 전체로 환산하였을 경우 5,070억 원으로 산림의 수원함양편익 중 생활용수에 기여하는 가치만을 평가하였다. 연구자는 산림의 다른 편익이 있을 것이라는 가정 가운데 가치액 증가를 예상하였다. 연구자는 이 후의 연구에 대하여 물이용 사정에 따라 달라질 수 있는 평가액산정을 기대하며 수형별 가치평가를 추구하였다.

신동천(2005)은 서울 시민 600명을 대상으로 한 개인면접조사를 통하여 국내에서 유통되고 있는 먹는 물에 대한 위해도 감소에 대한 지불의사금액을 조사하였다. 지불의사금액은 Lower-Bounded Turnbull Method, Logistic and Normal Distribution Model등을 이용하여 먹는 샘물에 대한 평균금액을 산출하고, 이와는 별도로 통계적으로 추정한 생명의 가치액을 조합하여 이론적인 사망손실비용을 추정하였다. 이 분석을 통한 결과로 통계적 생명가치액은 약 30억 원으로 추정하였고, 먹는 물 오염에 대한 사망 손실비용은 약 19억 원으로 추정하였다.

또한, 곽승준(1994)은 서울 지역의 289가구를 대상으로 한강의 수질을 개선할 경우에 지불할 용의가 있는 금액을 조사하였는데, 이때에 Symmetrically Censored Least Squares 추정법을 이용하였다. 이 방법을 통한 결과로 가구당 월 평균 지불의사 금액은 2,560원이 도출되었으며, 서울시 전체로 환산한 연 평균금액은 약 940억 원으로 추정하였다.

수자원의 가치를 지금까지의 사례와는 다르게 암묵적인 생명의 가치로 본 엄영숙(2000)은 본 연구에서 산림의 수자원 가치평가의 개념에 도움을 줄 수 있는 개념으로의 연구이다. 암묵적 생명의 가치(Implicit Value of Life)는 소비자의 후생수준은 변화시키지 않으면서 소비자가 조기사망의 위험을 줄일 수 있을 때에 지불하고자 하는 금액으로 부터 추정하여, 지불의사금액을 위험감소분으로 나누어 도출한다. 실험시장접근법을 통하여 먹는 물에 비소, 납, 트리할로메탄 등의 유해물질에 대비한 건강위험감소에 대하여 개별 소비자들이 부여하는 가치를 측정하여, 최소 630만원에 최대 11억 6,000만원의 범위로 추정되었다.

2) 국외 사례

수자원 함양기능 가치평가에 대한 해외 연구는 수자원의 가치평가도출과정에 중점을 둔 국내 연구와는 상이하게, 수자원의 기능적인 측면에 주로 초점을 맞춘 수자원의 세부 기능별 연구가 활발하다. 세부적인 수자원 기능분류로는 수자원으로 인한 인간의 생계유지부양기능, 수질을 고려한 혼탁과 정화 기능, 지하수 형태로 제공되는 사용가능 가치추정 기능 등이다. 이렇듯, 전 지구적으로 생태계의 일부분으로 수자원의 개념을 이해하며 연구하는 점이 우리나라의 산원수를 근간으로 수자원을 이해하여 별다른 기능적 세부분류 없이 가치추정을 하는 점이 다르다.

Green(1991)은 CVM을 적용하여 휴양편익의 추정으로써 강의 수질개선을 통한 결과로 나타나는 편익을 휴양적인 측면에서 평가하였다. 이 사례연구는 CVM의 폭넓은 적용으로써 특별히 재화의 자연적특성과 편익을 얻는 인구를 재정의함으로써 편익이 있다고 규정되는 사람들에 대한 타당성과 신뢰성의 질문으로 접근하였다. CVM연구의 적절한 방법론적인 적용과 장점을 살려 미래의 이론적으로 방법론적인 연구가 요구되는 지역선정을 고찰하였다.

Jordan 등(1993)은 Georgia 의 거주민을 대상으로 수질개선 시에 지불할 의사가 있는 금액에 대한 질문으로 거주민의 27%가 조사기에 공급되는 수돗물의 수질에 부정적인

반응을 보임에 있어서 CVM(Contingent Valuation Method)방법을 이용하여 조사한 결과, 조사기의 청구된 수도요금에 매월 \$5.49에서 \$7.38을 추가적으로 더 지불할 수 있음을 추정해 냈다. 이를 Georgia주 전체에 대하여 추정할 경우에는 수질개선으로 연간 \$111.5백만에 해당하는 편익이 생김을 밝혔다.

Robert J. Johnson의(1999)는 WTP(Willingness to Pay)를 추정하여 상충관계에 있는 상이한 지불제 메커니즘으로써의 자원을 수원유역의 관리를 함에 있어 펀드조성에 대한 가치로 수자원함양가치를 평가하였다. 단순효용함수의 형태로 정의한 개개인의 선호는 유역관리계획에 대한 환경적 기여 분으로써의 논의를 포함하도록 설정하여 기능적형태의 선택에 따른 최소한의 가이드라인을 제공하는 무작위 효용이론을 근간으로 연구되었다. 다면적 차원의 유역관리프로그램을 위한 공공의 선호를 이끌어내기 위하여 유역관리 조사를 수행하고 연구지역은 Rhode island의 남서부 시골지역에서 개별적으로 초기 환경과 자연자원의 가치를 손상시키지 않은 상태에서의 가치로 여러 번의 모델수립결과는 다음과 같다. 가설적으로 펀드보증의 경우에 지불수단이 내재된 제도적인 측면에서 잠재적으로 모델은 화폐적으로나 비화폐적으로 정책시행의 순위에 영향을 받는 선호함수체계를 보여 총 17가지의 프로그램별 조건을 상이하게 주었을 경우에 WTP의 변화액은 최저 -\$132.97에서 최고\$312.26까지 도출되었다.

Kramer 외(2002)는 남·북 캐롤라이나주 Catawba River의 수질을 현재 수준으로 유지하는 것에 대해 Catawba River주변의 10마일 이상의 땅을 소유한 사람들이 평균적으로 \$139의 지불의사가 있다고 발표하였다. 해당 유역의 모든 납세자들에게 이 평균금액을 적용할 경우 연간 \$75만 이 넘는 경제적 가치가 있다고 계산할 수 있다.

4. 휴양 계정

산림의 물리적 휴양가치를 나타내는 휴양수요는 수요량과 다양한 독립변수 간의 휴양수요함수를 추정하는 연구가 주류를 이루고 있으며 대표적인 예로는 휴양객 거주지와 목적지 간의 거리를 주요변수로 다루는 중력모델을 이용한 휴양수요함수 추정이 있다.

한편 산림의 휴양가치를 화폐 단위로 평가하는 방법론에는 여행비용법(Travel Cost Method, TCM), 조건부가치법(또는 가상가치평가법이라고도 함; Contingent Valuation Method, CVM)을 비롯하여 헤도닉여행비용법(Hedonic Travel Cost Method, HTCM), 이산선택모형(Discrete Choice Model, DCM), 가상순위결정법(Contingent Ranking Method : CRM) 등이 있으나 이 중 여행비용법과 조건부가치법의 활용사례가 가장 많

다. 헤도닉여행비용법은 헤도닉가격법(Hedonic Price Method, HPM)과 여행비용법의 개념을 결합한 방법론으로 1990년대에 주로 각광을 받았으나 최근에는 활용사례를 찾기 힘들고 이산선택모형과 가상순위결정법은 최근에 개발된 방법론으로 그 활용사례가 많지 않다.

다음은 국내외의 주요 연구사례들이다.

미국 USDA(1989)는 발생지에서 활동 k에 대해 수요된 연간 여행수($AMS D_k$), 활동 k에 대한 여행비용 혹은 가격(P_k), 활동 k에 대한 휴양지 적합성(S_k), 이용 가능한 대체 휴양기회(SO_k), 발생지의 12세 이상 인구(Z_k), 그리고 발생지 특성(H_k)을 이용하여 $AMS D_k = f(P_k, S_k, SO_k, Z_k, H_k)$ 와 같은 휴양수요함수를 설정하였고 공급함수는 활동 k에 대한 여행비용 혹은 가격(P_k), 활동 k에 대해 발생지에 이용 가능한 휴양기회(AK_k), 그리고 여행생산에 영향을 미치는 가계특성(H_k)을 이용하여 $AMS S_k = h(P_k, AK_k, H_k)$ 와 같이 설정하였다.

이주희, 한상열(2004)은 중력모형을 이용한 산악형 국립공원의 수요모델로 $Q_j = f(ACR_i, AMP_j, Q_j)$ 와 같은 수요함수를 제시하였다. 여기에서 ACR_i 는 발생지의 승용차 보유대수, AMP_j 는 목적지인 국립공원의 야영장 면적, 그리고 Q_j 는 발생지와 목적지 사이의 거리이다.

주원원 외(2006)는 일반적인 중력모형(gravity model)이론을 이용하여 우리나라 산림휴양량의 장기 예측을 가능하게 할 수 있는 모형개발을 시도하였다. 분석을 위한 실증자료는 2002년 국립산림과학원에서 조사한 16개 시·도별 표본 2,000명을 대상으로 산림휴양 발생지와 목적지에 따른 휴양발생량 자료와 2005년도 국립산림과학원에서 조사한 3개 대도시 표본 1,023명의 휴양총량산출을 위한 간이조사에서 축적된 자료를 이용하였다. 분석결과, 산림휴양량은 두 지역 간의 거리와는 음(-)의 관계를 보이는 반면 출발지 인구와 목적지 산림면적, 그리고 정책변수로 상정된 목적지의 사회개발세출액과는 (+)의 관계가 존재하는 것으로 나타났다.

Englin과 Mendelsohn(1991)은 여행비용법으로 옥외위락자원의 이용객들을 대상으로 편익가치를 추정한 후 이 편익가치를 환경요인에 영향을 받는 관련 재화의 시장가격으로 간주하여 환경수준과의 함수관계를 규명함으로써 환경 속성별 변화에 대한 한계지불의사액을 도출해내는 ‘헤도닉여행비용법’을 사용하여 미국 워싱턴 주의 Cascade 산림

지대에서 발생하는 휴양편익과 자원특성 간의 관계를 규명하였다. 연구결과, 비포장도로와 개별지, 바위와 얼음 그리고 전나무에 대한 방문객들의 소비자잉여는 음(-)의 값을 갖고 야영장, 가문비나무, 오래된 숲, 아름다운 경관은 양(+)의 소비자 잉여를 갖는 것으로 나타났다.

윤여창과 김성일(1992)은 '산림자원의 휴양가치 산출을 위한 경제적 평가방법론 비교 연구'에서 설악산, 속리산, 지리산에 대한 휴양편익을 가상가치평가법과 여행비용법 모두를 사용하여 비교하였다. 연구자는 여행비용법에 적용한 여행비용을 두 가지로 구분하였는데 하나는 왕복고속버스 요금과 시간비용의 합을 이용한 분석이고 다른 하나는 응답자의 보고내용에 의한 여행비용과 시간비용을 이용한 분석이다. 가상가치평가법에 의해 추정된 휴양편익은 설악산이 292,417원, 속리산이 34,424원, 지리산이 44,987원이었고 왕복고속버스 요금과 시간비용의 합을 이용한 여행비용법에 의해 추정된 휴양편익은 설악산이 7,412원, 속리산이 4,950원, 그리고 지리산이 4,604원이었다. 응답자의 보고내용에 의한 여행비용과 시간비용을 이용한 여행비용법에 의해 추정된 휴양편익은 속리산이 22,338원, 지리산이 12,111원이었으며 설악산 모델은 극히 낮은 설명력으로 인해 평가에서 제외되었다.

최영문과 박창규(1998)는 대도시 자연공원인 남산, 관악산 및 팔달산을 연구대상지로 선정하여 자원가치 즉, 가상가치평가법(CVM)에 의해 1인당 평균 보전가치액 및 자원의 전체 보전가치를 측정하였다. 분석결과에 의하면 관악산, 남산, 팔달산의 자원가치는 각각 694원, 1295원, 그리고 597원으로 나타났다. 보전가치 중 선택권가치, 존재가치, 그리고 유산가치의 비중을 살펴볼 때 선택권가치는 20%대, 존재가치는 30%대, 그리고 유산가치는 40%대의 비중을 보이고 있어 유산가치, 존재가치 그리고 선택권가치 순으로 나타났다.

이성태와 이명현(1999)은 대구 팔공산 자연공원의 개발에 대한 비용-편익분석을 위해 지역여행비용법을 통하여 팔공산의 방문수요곡선을 도출하고 소비자잉여이론을 근거로 그 편익가치를 측정하였다. 이 연구에서는 응답자의 거주지를 대구시의 지역, 총 18개로 분류하였다. 각 지역의 금전적·시간적 비용과 응답자의 연령, 교육수준 같은 사회경제 변수를 회귀분석한 후 가상입장료를 일정단계로 증가시키고 이에 감소 반응하는 방문객 수를 계산하여 팔공산 자연공원의 방문수요곡선을 도출하였다. 방문수요곡선의 밑면적에 해당하는 소비자잉여를 계산한 결과 팔공산의 편익가치는 연간 약 4,200억 원으로 나타났다. 이 연구에서는 공휴일을 감안한 여행소요시간의 기회비용을 금전적 여행비용

에 포함시킴으로써 실질적인 여행소요비용을 반영하였다.

김사헌과 박세중(2001)은 여행비용법을 이용하여 설악산국립공원, 주왕산국립공원, 소백산국립공원, 계룡산국립공원, 월악산국립공원 등 5개 산악형 국립공원에 대해 km 환산 거리비용으로 휴양편익을 추정하였다. 연구결과 설악산은 1,907,000km, 주왕산은 75,000km, 소백산은 20,000km, 계룡산은 60,000km 그리고 월악산은 4,000km로 나타났다.

김채옥과 송운강(2002)은 'CVM을 이용한 자연관광자원의 보전가치추정' 연구에서 관광활동이 활발한 10월의 4일 동안 치악산국립공원을 대상으로 수행된 이용객 조사를 통해 가상가치평가법을 이용하여 관광자원의 가치 중의 중요한 부분인 보전가치를 추정하였다. 분석결과, 치악산국립공원의 1인당 1회 방문시의 총 보전가치는 2,562원으로 추정되었으며 그 중에서 유산가치가 44%로서 가장 높은 비중을 차지하였고 그 다음으로는 존재가치, 선택가치의 순으로 나타났다.

Hayley 외(2003)는 뉴멕시코의 산림에 대해 hiker와 biker들의 방문에 wildfire와 prescribed fire가 미치는 영향을 테스트하기 위해 여행비용법을 이용하였다. 그 결과 biker들의 휴양편익은 한 번 당 \$150 이었고 일 년에 평균 6.2회 방문한 것으로 나타났다. Hiker의 경우는 연간 평균 2.8회를 방문하여 일회 방문당 \$130의 편익을 갖는 것으로 나타났다.

김준순과 변우혁(2003)은 1998년 가을철에 북한산 국립공원을 찾은 방문객들을 대상으로 한 조사결과를 바탕으로 북한산 국립공원의 휴양가치를 추정하였다. 이 연구에서 연구자는 가상가치평가법에서 질문형에 따라 지불의사액의 차이가 나타나는지를 검정하기 위해 질문형을 지불카드형과 양분선택형으로 나누고 응답자에 따라 임의로 선택되어진 한 종류의 질문형으로 북한산국립공원의 휴양가치에 대한 이용자의 평균지불의사액을 물었다. 그 결과 지불카드형에서 평가된 지불의사액이 5,409원으로 양분선택형에서 평가된 화폐액인 2,682원보다 높게 나타났다. 또한 지불카드형과 양분선택형을 혼합한 모형에 의한 1회 방문시 평균 가치에 기초하여 산출한 북한산 국립공원의 연 휴양가치는 약 140억 원 정도로 산출되었다.

정안성과 박운철(2003)은 '그린투어리즘의 발전요인 분석-휴양림 이용가치의 영향요인을 중심으로-' 연구에서 가상가치평가법을 이용하여 2002년 9월부터 11월에 걸쳐 8개 소 국유자연휴양림을 찾은 방문객들을 대상으로 자연휴양림의 이용가치에 대한 도시생활자의 지불의사금액을 추정하였다. 그 결과 1인당 평균지불의사금액(WTP)은 약

38,678원, 중앙값 지불의사액은 25,839원으로 추정하였다.

Starbuck 외(2004)는 야외휴양수요에 있어서 특정 임산물 수확이 주는 편익을 측정하기 위하여 미국 워싱턴 주의 Gifford Pinchot 국립림에서의 huckleberry 와 mushroom 채집이 주는 휴양편익을 여행비용법을 이용하여 추정하였다. 그 결과 한 사람의 휴양객이 하루 동안 획득하는 소비자잉여는 1996년 당시 달러 기준으로 \$30.82(2003년 기준 \$36.06)이었다. 이에 필자는 대안적인 산림이용에 있어서 비목재 임산물 생산의 중요성을 강조하였다.

한상현과 조광익(2006)은 주왕산 국립공원을 대상으로 산악 국립공원의 레크리에이션 가치를 추정하기 위해 개인별 여행비용모형을 추정하고 이를 이용해 소비자 잉여를 도출하였다. 모형의 추정시 여행비용모형의 핵심변수인 여행비용은 GIS를 이용해 추정한 여행시간을 대리변수로 사용하였고 시간당 25%의 기회비용이 포함되었다. 연구결과 최종적으로 추정된 수요모형을 이용해 계산한 소비자 잉여값은 성인 1인당 1회 방문시 9,479원인 것으로 나타났다. 또한 추정된 성인 1인당 비 시장가치를 연간 방문자 수에 단순 적용할 경우 연간 80억 원에 달하는 비시장가치가 계산되어지고, 여기에 시장가치로 분류되는 주왕산의 연간 수익인 7억 원을 더하면 연간 약 90억 원에 달하는 레크리에이션 가치가 창출되고 있는 것으로 예상할 수 있다고 연구자는 주장했다.

안소은(2006)은 연구가 완료된 지역으로부터의 가치추정 결과나 정보를 데이터가 존재하지 않거나 제한적인 지역에 적용·이전하는 편익이전 기법을 이용하여 1992년부터 2006년까지의 국내 휴양가치 연구들을 바탕으로 영랑호, 정동진 해수욕장을 비롯하여 산림휴양지인 금오산, 선운산, 그리고 우면산의 휴양가치를 추정하였다. 이 연구에서 연구자는 기존 선행연구들이 휴양가치 평가에 있어서 대상지의 자원특성을 반영하지 못하고 있음을 지적하면서 이전된 편익과의 회귀분석을 통해 통계적으로 유의미한 영향을 주는 대상지의 자원특성들을 규명하였다. 연구결과 산, 숲, 휴양림 등과 같이 녹지에 기반을 둔 휴양지는 물 관련 휴양지에 비해 단위 휴양가치가 낮게 평가되고, 국립공원인 경우에는 휴양가치에 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 대상지 면적 중 생태자연도 상의 1등급과 2등급 면적이 차지하는 비율은 휴양가치와 유의한 양(+)의 상관관계를 보였고 거리변수인 7대광역도시로부터의 인구가중평균거리는 통계적으로 의미있는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

한편 다음 표는 1992년부터 2006년까지 국내에서 이루어진 산림휴양가치평가에 대한 연구들 중 후생경제학에 기반을 둔 비시장재화 가치추정 기법을 사용하여 구체적인 평

가액을 추정한 연구들을 정리한 것으로, 사례연구에 있어 여행비용법과 임의가치법(가상가치평가법)이 가장 많이 적용된 것을 알 수 있다.

표 10. 산림의 휴양가치평가 국내연구사례

연구자	추정기법	대상지
유명수(1992)	CVM	설악산
윤여창과 김성일(1992)	TCM/ CVM	설악산/속리산/지리산
김연수(1994)	CVM	관악산/시민의 숲
한범수(1995)	CVM	설악산
한상열(1995)	CVM	팔공산
한상열과 최관(1996)	CVM	팔공산
전영철(1996)	CVM	서울대공원 산림육장
한상열 외(1997)	CVM	민주지산
김준순(1998)	TCM	속리산
민홍기(1998)	CVM	관악산/남산
이성태와 이명현(1998)	TCM	팔공산
이주희와 한상열(1998)	CVM	비슬산
이충기 외(1998)	CVM	민주지산
최영문과 박창규(1998)	CVM	관악산/남산/팔달산
한상열 외(1998)	CVM	비슬산
김준순(1999)	CVM	속리산
엄영숙 외(1999)	DCM	무등산
국립공원관리공단(2000)	CVM	가야산/내장산/북한산/설악산
Lee and Han(2002)	CVM	가야산/북한산/설악산
강원지역환경기술개발센터(2002)	TCM	무릉계곡/미천골계곡/설악산/오대산/태백산
김채옥(2002)	CVM	치악산
김준순과 변우혁(2003)	CVM	북한산
농림부(2003)	CRM	8개 휴양림
정안성과 박윤철(2003)	CVM	국유휴양림
한상열(2003)	CVM	가야산
유환경(2004)	TCM	태백산
권오상(2005)	DCM	18개 국립공원
안소은(2006)	편익이전	금오산/선운산/우면산

출처 : 안소은(2006)

제2절 산림자원계정시스템

환경계정을 위한 접근방법은 개별국가의 특별한 목적이나 필요성에 따라 상이한데, Green GNP개념의 구현을 위한 구체적 방안으로 OECD국가를 중심으로 발전되어온 방법들은 다음의 세 가지로 요약할 수 있다.

- (1) 기존의 국민소득계정을 환경관련 지표를 포함시켜 수정, 확장 방법
- (2) GNP계정 외에 보조회계계정(subsidiary 또는 satellite accounts)의 설정 방법
- (3) 국민소득계정에 연결시키는 것을 목적으로 한 독립된 자연자원계정의 설정 방법

첫 번째 방법은 기존의 국민총생산(GNP)이 자연자원의 고갈 및 환경의 악화와 이에 따른 보건과 후생에 미치는 영향을 반영하지 못하므로 국민총생산의 계정항목을 대체하거나 보완하여 국민소득계정을 수정하려는 방법이다.

두 번째 방법은 기존의 국민계정체계(SNA)를 그대로 유지하면서 별도의 보조계정을 작성하여 경제와 환경 사이에서 발생하는 국민소득(flows)을 물리적·화폐적으로 파악하도록 하는 것이다. 보조계정의 개발은 독일, 오스트리아, 네덜란드, 프랑스 등에 의해 시도되어 왔으며 UN통계국은 1993년에 통합환경경제계정체계(SEEA: System of Integrated Environmental and Economic Accounting)를 발표하였다.

세 번째 방법은 모니터링 시스템의 완비나 충분한 관련 자료의 축적을 필요로 하며, 주로 노르웨이, 핀란드, 프랑스 등의 국가에 의해 개발·활용되어 왔다.

국내에서도 선진국의 연구방법론을 도입, 산림의 공익적 가치를 평가하려는 시도들이 경주되었지만, 산림의 공익적 기능에 대한 경제적 가치를 유형별, 기능별로 분류하여 새로운 정보를 생산하고 응용하는데 한계를 가지고 있다. 뿐만 아니라, 산림의 목재생산기능, 수자원기능, 휴양기능 등에 대한 가치평가를 체계적으로 수행하여 합리적인 결과를 도출하기 어려운 상황이며, 기후변화협약으로 인해 조속한 대응이 요구되는 탄소의 경제적 가치 산정에 유연하게 대처하기 어렵다는 문제점을 내포하고 있다.

이러한 문제점을 교정하기 위하여 자연환경의 공익적 가치를 밝히고 이들 자원의 축적(stock)과 흐름(flow)을 나타내는 회계체계 개발의 필요성이 대두되고 있으며, 기존의 GNP만으로는 지속가능한 개발을 측정하는 척도가 될 수 없다는 주장과 함께 자연환경의 가치평가를 포괄하는 Green GNP 개념이 등장하였다(김승우, 1994; 김승우·김정인·윤여창, 1994; 김승우 외, 1997; 박동균, 1996; 환경부, 2003).

우리나라에서는 경제정책과 환경정책의 의사결정과정에서 활용할 정책조율 수단으로 환경계정 작성에 관한 연구가 진행 중이며, 산림 관리 분야의 경우 산림자원계정 구축이 시도되고 있다. 산림자원계정은 산림자원의 축적과 흐름에 대한 조사 및 경제적 평가에 활용될 수 있고, 목재생산 이외의 기타 생산물의 기여도 및 환경적 가치 평가에 관한 경제적 데이터로서 사용될 수 있다. 따라서 산림자원계정은 정책수립자에게 자원 관리, 정책분석, 정책개발을 위한 분석수단으로 사용될 것으로 기대되고 있다(김재준 외, 1994; 박동균, 1996; 전현선 외, 2001; 농림부, 2003).

그러나, 이러한 연구는 국가차원의 회계체계 작성을 목적으로 하기 때문에 산림관리의 범위인 지역별 혹은 개별경영체별 평가에는 적합하지 않다. 그로 인해 임분단위 혹은 유역단위 산림관리에 적용할 수 있는 산림자원계정 평가체계의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 따라서, 보다 효과적인 산림자원계정 산정을 위해 GIS를 도입하여 각종 자료들을 데이터베이스화 하고, 이를 바탕으로 유형별 기능별 가치를 평가하여 체계적으로 관리를 위한 시스템의 도입을 필요로 하고 있다. 또한 산림자원계정 산정 및 관련 정보 관리를 효율적으로 지원하기 위하여 GIS 응용한 전산시스템을 개발·보급의 필요성이 대두되고 있지만, 아직까지 이 분야에 대한 적극적인 연구사례는 극히 미비하다.

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 연구방법

1. 산림자원계정 평가

가. 목재 계정

1) 목재의 물리적 계정

목재의 물리적 계정은 산림 내의 생육하고 있는 입목(standing timber)의 양인 재적(m³)의 스톡(stock) 및 플로우(flow)를 말한다. 1년 또는 몇 년 기간의 기초와 기말의 축적이 스톡이 되며 해당 기간 동안의 축적의 증감량이 플로우가 된다. 목재의 물리적 계정을 알기 위해서는 산림을 목재공급의 가능여부에 따라 목재공급이 가능한 산림과 목재공급이 불가능한 산림으로 구분하는 작업이 우선적으로 필요하다. 우리나라의 임지 구분방식과 비교한다면 전자는 시업지에 후자는 제한지에 해당한다고 할 수 있다. 목재의 물리적계정의 변동은 축적의 증가(신규조림, 자연적 성장), 축적의 감소(산림 피해 및 손실량), 그리고 토지구분변경 및 계산방식의 변경 등에 의해 발생한다.

목재의 물리적계정은 보통 입목(立木)의 축적(standing volume)으로 보통 벌채·이용이 가능한 나무의 줄기 및 큰가지를 의미한다. 우리나라에서는 영림계획서에 작성하는 임목축적(m³)을 목재의 물리적 계정으로 적용하는 것이 가능하다.

목재계정은 국가전체, 지역(시, 군) 또는 산림경영단위 등 일정 구역(boundary)의 산림지(forest land)에 자라고 있는 입목(立木, standing timber)의 줄기 부피 량인 간재적(m³)을 계산하는 것이다. 계정의 작성은 보통 기준년도 초의 stock과 기준년도 말의 stock, 한 해 동안의 인공적 또는 자연적 요인에 의한 축적변화를 표로 작성한다. 목재의 물리적 계정은 산림 면적의 물리적 계정과 연계되어 있어 산림 면적에 대한 물리적 계정을 함께 작성하기도 한다. 산림지의 구분방식은 산림조성의 자연성·인공성에 따라 자연(natural), 반자연(semi-natural), 인공림(plantation)으로 구분하는 등 여러 가지 방식이 있으나 일반적으로 목재생산이 가능한 산림(시업지)과 목재생산이 아닌 보호의 목적으로 지정된 산림(시업제한지)으로 나누고 계정이 작성된다. 이 연구에서는 가장 보편적으로 여러 나라에서(핀란드 등) 적용되고 있으며 우리나라의 산림통계 및 영림계획서와 연계가 가능한 방식을 적용하여 다음과 같은 목재계정의 산출표를 작성하였다.

표 11. 산림 면적의 물리적 계정

(단위: ha)

구분	사업지	사업제한지	합계
기초면적			
증가량(산림편입)			
감소량(산림전용)			
분류변경(사업지/사업제한지 간)			
기말면적			

표 12. 목재(입목)의 물리적 계정

(단위: m3)

구분	사업지			사업제한지			합계
	침엽수	활엽수	계	침엽수	활엽수	계	
기초축적							
증가량(자연적, 인위적요인)							
벌채량(이용량)							
-산업재							
-연료재							
제거량(피해량/기타)							
분류변경(사업지/사업제한지 간)							
기말축적							

우리나라는 영림계획서의 작성이나 국가통계의 작성에 있어서 임상별로 침엽수림·활엽수림·혼효림으로 나누어 작성하고 있다. 혼효림에 대한 축적은 침엽수/활엽수의 혼효정도에 따라 축적의 배분이 가능하며, 구분이 명확하지 않을 때에는 축적비가 1:1로 보고 50%씩 배분할 수 있다.

2) 목재의 화폐적 계정

목재의 화폐적 계정은 입목의 물리적 계정인 입목 재적(m3)에 수종별 단위 재적당 입목가(stumpage price)를 곱하여 계산할 수 있다. 입목가(stumpage price)란 임지 내에

서 있는 입목만의 순수한 가치로 목상이 산주에게 입목의 값으로 지불하는 화폐가치를 말한다. 입목가를 직접적으로 알 수 없는 경우에는 시장가역산법을 통해 간접적으로 계산할 수 있다. 시장가역산법이란 시장가격에서 산림관리비용, 벌채 및 운재비용, 시장까지의 운송비, 기업이윤 등을 제한 값으로 입목가를 계산하는 방법을 말한다.

목재의 화폐가치를 계산하는 방식으로는 현재가간단법(Simplified present value methods), 입목가치법(stumpage value method), 소비가치법(consumption value method) 등이 제시되고 있으며, 보통 적용이 손쉬운 입목가치법을 적용하여 구한 목재의 화폐계정을 여러 나라에서 산출한다. 이 방법은 벌기령(수확가능 임령)에 도달하지 않은 임목 가치의 경제적 할인은 물리적인 임목의 성장률에 의해 상쇄되는 것으로 보고 현재의 전체 임목축적만을 고려하여 간편하게 목재의 화폐계정을 계산하는 것이다.

즉, 입목의 목재가치 $S = ApQ$(식 1)

(A: 산림의 면적(ha), p: m³당 입목의 가치(원/m³), Q: ha당 입목축적(m³/ha))

목재의 물리적 계정에서 산림을 목재공급이 가능한 시업지와 목재공급이 아닌 보전의 목적으로 목재생산이 제한되는 비시업지로 구분하고 임상별로 침엽수와 활엽수로 구분하여 작성하였다.

목재의 화폐적 계정은 목재의 물리계정을 통해 도출이 가능 하도록 하였다. 즉, 침엽수와 활엽수에 적용 가능한 단위재적당 입목가를 도출하는 것이 요구된다. 입목가를 구하는 방법은 입목거래사례를 통한 직접적인 조사, 시장가역산법을 통한 간접적 조사, 전국의 목상을 대상으로 한 경제학적 분석 등을 통할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 물리적 계정과의 연계성 및 계산의 단순화를 위해 침엽수 및 활엽수의 평균 입목가를 수종별 원목 시장가를 통해 간단하게 유도하는 방식을 적용하였다.

지역별·수종별·경급별 원목시장가격은 산림청의 '임산물시가'나 산림조합중앙회의 원목가격 통계자료를 통해 정기적인 자료의 확보가 가능하다. 원목가격 통계를 작성하고 있는 수종은 침엽수는 소나무, 잣나무, 낙엽송, 리기다소나무 등이며 활엽수는 참나무에 대하여 작성하고 있다. 국립산림과학원(2006)에서는 이들 수종의 표준입목가격을 시장가역산법을 통해 산출하였다. 수종별 원목시장가격⁵⁾은 중경목 2등급 원목가격의 전

5) 원목시장가격은 산림청의 「임산물시가」의 수종별, 등급별(경급별) 조사자료 중에서 표준화 및 계산의 단

국 평균값을 적용하였다. 또한 용도별 단위재적당 가격과 거래 비중을 고려하였다. 이를 바탕으로 시장가격산법을 통해 작성한 표준입목가액은 표 13과 같다. 단위재적당 입목가와 시장가격의 비율인 산주수취율은 동 조사에서 수종별로 소나무 0.23, 잣나무와 낙엽송 0.18, 리기다소나무 0.11, 활엽수(참나무) 0.11인 것으로 나타났다. 이것은 2002년도의 직접적인 산주수취율 조사에서 침엽수 0.15, 활엽수 0.10로 조사된 자료와 비교해 볼 수 있다.

산주수취율이란 수종별 단위재적(m3)당 원목시장가격(원/m3)에서 산주가 실제로 입목을 매각하고 목상(벌채업자)으로부터 받는 입목가격(원/m3)이 차지하는 비율을 말한다. 우리나라는 아직까지 대부분 전국을 대상으로 활동하는 대규모 목상에 의해 입목가가 정해지는 유통구조를 가지고 있어 벌채산림의 입지별(시장과의 거리, 반출거리, 경사 등 벌채 및 운반비용에 영향을 미치는 입지 요인), 수종별, 영급별, 경급별 요인을 모두 반영한 입목가 산정식을 도출하는 데는 무리가 있으며 실제와도 잘 들어맞지 않는다는 한계를 가지고 있다. 따라서 이 연구에서는 계산과정을 최대한 단순화시키고 기존의 연구결과를 충분히 활용하여 침엽수, 활엽수의 산주수취율에 산림청에서 조사하는 원목시장가격의 평균 원목가격을 곱하여 목재의 화폐계정으로 구한다.

표 13. 수종별 표준입목가 및 산주수취율 (단위: 원/m3)

구분	소나무 (제재용30%, 기타용70%)	잣나무 (제재용)	낙엽송 (제재용)	리기다소나무 (보드용)	활엽수 (참나무) (일반용50%, 펠프용50%)
원목시장가격(A)	101,750	87,500	92,533	77,108	78,000
표준입목가격(B)	23,375	15,922	16,677	8,513	8,709
산주수취율(B/A)	0.23	0.18	0.18	0.11	0.11
2002년 산주수취율 비교	0.15	-	0.15	0.15	0.10

자료: 국립산림과학원, 2006.

순화를 위해서 현재 시장에서 가장 많이 거래되고 있는 등급인 중경목 2등급 원목가격을 활용하였다. 이들 원목의 전국의 평균가격에 용도별 거래비율을 가중 평균하여 평균 원목시장가격을 도출하였다(자세한 산출방법은 「표준입목가액 산정 기준(국립산림과학원, 2006)」을 참고하기 바란다.)

침엽수, 활엽수 별 적용 가능한 대표 입목가격의 산출:

국립산림과학원(2006)에서 산출한 표준 입목가격은 단위재적(m³)당 소나무 23,375원, 잣나무 15,922원, 낙엽송 16,677원, 리기다소나무 8,513원, 활엽수(참나무) 8,709원 이었다. 이 자료를 통해 산출한 침엽수와 활엽수별 평균(전국) 입목가와 산주수취율은 다음과 같다. 화폐계정의 작성을 위해 적용 가능한 침엽수의 단위재적(m³)당 입목가는 2005년 우리나라의 용재 생산량을 기준으로 침엽수 수종별 용재생산량 비중인 소나무(28.7%), 잣나무(6.8%), 낙엽송(20.9%), 리기다소나무(43.6%)를 각각의 표준입목가격에 곱하여 구하였다. 이와 같이 산출한 침엽수의 입목가격은 14,988원/m³ 로 계산되었다.

$$23,375\text{원} \times 0.287 + 15,922\text{원} \times 0.068 + 16,677\text{원} \times 0.209 + 8,513\text{원} \times 0.436 = 14,988\text{원}(/\text{m}^3)$$

활엽수의 평균 입목가는 표준입목가격인 8,709원(/m³)을 그대로 적용한다.

침엽수의 산주수취율 대푯값도 마찬가지로 방법으로 계산하면,

$$0.23 \times 0.287 + 0.18 \times 0.068 + 0.18 \times 0.209 + 0.11 \times 0.436 = 0.16383 = 0.16$$

즉, 2005년 기준 임상별 산주수취율은 침엽수 0.16, 활엽수 0.11로 나타나 2002년의 전국의 원목 유통조사에 의한 산주수취율인 침엽수 0.15, 활엽수 0.10 보다 각각 0.1(10%) 상승한 수치로 나타나 이와 같이 계산한 침엽수의 산주수취율 대표 값을 2005년의 침엽수 산주수취율로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

표 14. 2005년 침엽수 용재 생산실적

구분	소나무	잣나무	낙엽송	리기다소나무
생산량(m ³)	305,826	72,445	223,367	465,199
생산액(천원)	32,383,539	4,538,585	17,724,239	32,301,984
m ³ 당 생산액(원)	105,889	62,649	79,350	69,437
생산비중(%)	28.7%	6.8%	20.9%	43.6%

자료: 임산물생산통계 (산림청, 2006)

표 15. 평균 입목가 및 평균 산주수취율의 계산값

구분	침엽수	활엽수
평균 입목가(원)	14,988	8,709
평균 산주수취율	0.16	0.11

위의 표 15 에서 제시한 평균 입목가는 수종구성 및 원목 가격에 있어서 전국 평균적인 조건과 크게 다르지 않는 지역의 목재 화폐계정을 작성하는 데 일반적으로 적용이 가능하다. 그러나 화폐계정을 작성하고자 하는 지역 또는 산림이 입목가가 평균적인 입목가와 현저한 차이를 보이는 경우에는 대상지에 적용 가능한 지역별 입목가를 산출하고 그 값을 화폐계정의 작성에 적용해야 한다. 산출방법은 전국 평균 입목가 산출방법과 동일하다.

목재 화폐계정의 산정식은 다음과 같다.

$$V_{Timber} = A_1 Q_1 P_1 + A_2 Q_2 P_2 \dots\dots\dots(식 2)$$

- VTimber: 목재 화폐계정(원)
- A1: 침엽수림 면적(ha)
- Q1: 침엽수림 평균재적(m3/ha)
- P1: 침엽수 입목가(원/m3) (입목가=평균원목시장가×산주수취율)
- A2: 활엽수림 면적(ha)
- Q2: 활엽수림 평균재적(m3/ha)
- P2: 활엽수 입목가(원/m3)

나. 탄소 계정

1) 탄소의 물리적 계정

산림생태계 내 탄소의 축적은 살아있는 식물 바이오매스, 죽은 식물 바이오매스, 토양 바이오매스로 구성되어 있다. 살아있는 식물 바이오매스는 임목의 지상부 및 지하부의 바이오매스에 포함된 탄소를 의미하며 이는 임목축적 데이터에 간단한 확장계수를 곱하여 산출해 낼 수 있다. 즉, 임목의 총 바이오매스(지상부 및 지하부)에 탄소전환계수(0.5=IPCC 기본값)를 적용하여 산림내 임목이 흡수·고정하고 있는 탄소량(tC)을 계산해 낼 수 있다. 그러나 낙엽, 죽은 나무로 구성된 죽은 식물 바이오매스는 여러 가지 영

향 요인이 많아 계량화가 어렵다.

토양 바이오매스의 경우에도 산림생태계 전체 탄소 고정량의 상당부분을 차지하고 있지만 그 증감량은 장기적인 요인에 의해 영향 받으며 입목 바이오매스 탄소량과 같이 임목의 성장에 따라 증가하는 것이 아니라 대체로 일정한 수준을 유지하고 있는 것으로 여러 연구에서 조사되고 있다. 따라서 산림토양의 탄소는 산림면적의 변화에 영향을 받으며 입목축적 변화에는 영향을 받지 않는 것으로 가정하였다. 따라서 이 연구에서는 탄소의 물리적 계정은 임목의 탄소와 토양 탄소를 구분하여 작성하였다.

$$\text{산림 탄소 고정량} = \text{입목 바이오매스 탄소량} + \text{토양 탄소량}$$

$$A_{\text{forest-carbon}} = A_{\text{carbon-timber}} + A_{\text{carbon-soil}} \dots\dots\dots(\text{식 } 3)$$

가) 임목의 탄소

침엽수와 활엽수의 수종에 따라 지상부 및 지하부의 형태 및 바이오매스의 양에 있어서 차이가 있다. 임목 탄소 고정량의 정교한 계산을 위해서는 수종, 입지에 따른 다양한 요인에 따른 임목 탄소고정의 차이에 대한 추가적인 연구가 많이 필요하다.

다음 표는 임목 탄소의 물리적 계정을 나타내기 위해 UN 등에서 가이드라인으로 제시하고 있는 산출표의 예시이다.

표 16. 탄소 물리적 계정 산출표 양식 (단위: tC)

구분	산림(임지)								
	사업지			비사업지			총 임목 바이오매스		
	침엽수	활엽수	계	침엽수	활엽수	계	지상부	지하부	계
기초축적									
-성장량 -벌채량 -토지구분변경 -기타변화									
기말축적									

자료: UN et al., 2003, Table 8.20, p.357

Eurostat(2002)의 시험연구에 따르면 탄소계정은 수년간(5~10년 정도)의 평균을 연간 물리계정으로 나타내는 것이 기후변동 등 탄소축적에의 연간 변화요인에 의한 오차를

줄일 수 있으며, 목재계정으로부터 산출된 산림의 탄소계정은 잔가지, 뿌리 등의 기타 목재바이오매스로부터 계산한 것보다 상당히 신뢰할 수 있는 결과를 나타내므로 추천한다고 하였다. 따라서 산림 탄소의 물리적 계정은 5년 또는 10년의 기간을 통해 산출하는 것이 좋다.

입목 탄소계정은 목재의 물리적 계정의 값에 침엽수, 활엽수별 탄소전환계수를 곱하여 구한다. 국립산림과학원에서 국내의 산림에 일반적으로 적용할 수 있는 전환계수 값이 제시되어 있어 이를 활용하였다. 침엽수, 활엽수별 총 바이오매스량은 입목의 줄기 재적(목재의 물리계정)에 목재기본밀도, 지상부 및 뿌리 확장계수를 각각 곱하여 계산할 수 있으며, 이 값에 IPCC의 기본 탄소함량비 값이 0.5를 곱하여 입목의 지상부 및 지하부가 가지고 있는 탄소량을 구한다. 입목 재적으로부터 침엽수, 활엽수별 탄소함량을 바로 계산할 수 있는 전환계수는 다음 표와 같이 침엽수 0.388, 활엽수 0.688이다.

표 17. 입목 탄소계정 작성을 위한 전환계수

구분	침엽수	활엽수
목재기본밀도	0.47	0.80
지상부 바이오매스 확장계수	1.29	1.22
뿌리확장계수	1.28	1.41
탄소함량비(IPCC default)	0.5	0.5
전환계수	0.388	0.688

자료: 이경학 등(2007)

입목 탄소의 물리적 계정은 다음과 같다.

$$A_{carbon-timber} = S_1 C_1 + S_2 C_2 \dots\dots\dots(\text{식 4})$$

- Acarbon-timber: 탄소 물리계정(tC)
- S1: 침엽수 임목축적(m3)
- S2: 활엽수 임목축적(m3)
- C1: 침엽수 탄소 전환계수 (=0.388)
- C2: 활엽수 탄소 전환계수 (=0.688)

나) 토양의 탄소

장기간(최소 20~50년 이상) 산림으로 유지되고 있는 산림의 토양이 축적하고 있는 탄소량은 일정수준을 유지하고 있는 것으로 여러 연구에서 보고되고 있다. 산림을 포함한 토지이용의 형태에 따라서 저장하고 있는 탄소량이 달라진다. 우리나라의 토지이용(산림, 논, 밭, 기타)이 변화함에 따른 탄소 저장량 변화에 대해 이경학 등(2007)은 이들 토양에 포함된 탄소량(tC)을 ha당 기준으로 논 60.5tC, 밭 45.9tC, 산림 67.9tC, 기타토지 11.5tC톤 이라고 하였다(2004년 기준). 토양 탄소는 20년 정도의 기간에 형성되는 것으로 보고 있으며 토양의 깊이 30cm 까지를 측정하고 있다. 국내외적으로 토양탄소는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받아 일반화시키기가 어려우면 많은 불확실성을 내포하고 있다.

이 연구에서는 산림으로 유지되는 한 벌채 등 산림식생의 일시적 변화 등 토지이용의 갑작스런 변화에 대해서는 토양탄소량이 변화하지 않는 것으로 가정하고, 평가대상 산림의 총 면적에 ha당 산림의 탄소 함량인 67.9톤(tC/ha)을 곱하여 산림토양이 고정하고 있는 탄소량으로 구하였다.

$$\text{산림토양탄소량(tC)} = \text{총 산림면적(침엽수림 면적 + 활엽수림 면적)(ha)} \times 67.9(\text{tC/ha})$$

$$A_{\text{carbon-soil}} = (A_1 + A_2) \times 67.9 \dots\dots\dots(\text{식 } 5)$$

- A_{carbon-soil}: 토양 탄소량(tC)
- A₁: 침엽수림 면적(ha)
- A₂: 활엽수림 면적(ha)
- 67.9(tC/ha): 산림토양의 탄소 함량 값

2) 탄소의 화폐적 계정

산림의 탄소고정기능에 대한 화폐적 계정은 탄소의 물리적 계정에 탄소의 가격을 곱하여 계산할 수 있다. 산림이 흡수·고정하는 탄소의 단위 탄소당(tC) 화폐가치는 다음의 여러 가지 방법으로 도출할 수 있다(Lange, 2004).

- 탄소세를 부과하는 국가에서 탄소세와 동일한 가격.
- 배출권 거래시장이 성립된 국가에서의 탄소 배출권의 가격.
- 피해비용(damage cost): 1톤의 탄소를 더 배출함으로써 발생하는 지구적 환경피해의 가치로 탄소의 감축을 통해 이러한 피해를 막을 수 있다고 가정함.
- 피해 회피비용(damage avoidance cost): 1톤의 탄소 배출 감축 비용.

탄소세 및 탄소배출권 가격을 적용하는 것은 이와 같은 시스템이 도입된 유럽 국가를 중심으로 적용이 가능하며, 개발도상국가 등 일반적으로 탄소고정의 화폐계정은 지구적 기후변화모델의 하나를 적용하여 측정된 1톤의 탄소를 배출하는 데 따른 환경피해의 가치로 종종 측정된다(Lange, 2004).

탄소가치로 적용할 수 있는 탄소배출의 피해비용에 대하여 Nordhaus and Boyer(1999)는 톤당 US\$5-10이라고 계산하였다. 세계은행(World Bank) 등 보편적으로 \$10/ton 값을 많이 적용하였다. Pearce(2003)은 탄소배출에 따른 사회적 비용이 대략 \$7/tC에서 \$19/tC라고 평가하였다. Atkinson and Gundimeda(2006)는 인도의 자연자원 계정의 평가에 있어서 탄소배출에 의한 사회적인 한계 비용으로 탄소 톤당 20\$를 적용하였다. 국내의 연구로는 한국환경정책평가연구원(2006)에서 PAGE 모형을 이용한 연구 결과 2001년에 배출되는 탄소 1톤은 앞으로의 황산화물 배출정도와 경제발전 정도에 따라 2200년까지 약 \$14-\$27의 비행비용을 발생시키는 것으로 추정되었다(채여라 등, 2007). IPCC등 각종 국제기구에 따르면 탄소배출의 사회적 한계피해비용은 보통 탄소 1톤당 \$7-\$20 정도로 추정하였다.

현재 유럽의 탄소배출권 거래시장에서는 탄소가 거래되고 있다. 조림 및 신규조림에 의한 흡수원 활동사업에 따른 탄소배출권 가격은 현재 거래되는 배출권 가격보다 낮게 형성될 가능성이 있으며 전망도 불투명하다. 이 경우에도 탄소 톤당 10~15\$를 적용해 볼 수 있으리라 예상된다.

이 연구에서는 여러 연구에서 적용되고 있는 일반적인 피해비용 값과 배출권의 가격을 절충한 산림의 탄소고정 1톤당 US\$15/tC(15,000원/tC) 적용해 본다. 단 산림토양의 탄소고정에 의한 가치는 고려하지 않고 임목 바이오매스에 의한 탄소 고정량만을 화폐가치로 계산한다.

산림(임목)의 탄소 화폐계정 산정식은 다음과 같다.

$$V_{carbon} = P_{carbon} \times (S_1 C_1 + S_2 C_2) \dots\dots\dots(식 6)$$

- Vcarbon: 탄소 화폐계정(원)
- Pcarbon: 탄소 가격(원/tC)
- S1: 침엽수 임목축적(m3)
- S2: 활엽수 임목축적(m3)
- C1: 침엽수 탄소 전환계수 (=0.388)
- C2: 활엽수 탄소 전환계수 (=0.688)

다. 수자원 계정

물의 가치는 실제로 경제적인 수준의 가치를 뛰어 넘어 인간, 생명, 환경적 가치, 사회적 가치 및 종교를 포함한 문화적 가치에 대한 지원을 포함한다. 그러나 실생활에서 사용가능한 물의 가치는 1800년대 이후의 기하급수적인 세계인구의 증가와 지구 전체 수자원의 양이 불변함을 유지하는 상황을 감안하여 경제적 가치체계에 수용하는 방법으로 가상해야 한다.

지구의 물 부존량은 총 약 14억km³으로 이 중 담수는 전체의 약 2.5%로 총량은 약 3천 5백만km³이다. 이 양은 지구상에 존재하는 물의 총량이 지구 전체를 2.7km 깊이로 덮을 수 있고, 담수의 양으로는 지구 전체를 약 70m 깊이로 덮을 수 있는 양이다. 그러나 이 중에 지하수를 제외한 사용가능한 물로 분류되는 담수호의 물과 하천수는 약 9만km³에 불과한 전 세계 물 총량의 2.5%정도에서도 약 0.26%에 불과한 매우 적은 양이다. 만약 이것으로 지구표면을 덮는다는 가정을 할 경우에는 지표면으로부터 1.82m 깊이를 덮을 수 있는 양에 해당한다. 그러므로 실제로 경제적 가치체계를 부여할 필요가 있는 인간이 실제로 사용할 수 있는 물의 양은 전 세계의 물이 51일 경우, 찻숟가락 하나 분량에 해당하는 매우 적은 양이다.

우리나라의 물 부존량은 연간 총 1,240억m³으로 이 중 국민 모두가 이용할 수 있는 물의 양은 연간 총 337억m³이다. 이 양은 하천수, 댐, 그리고 지하수로부터 얻을 수 있는 수자원으로, 각 양은 123억m³, 177억m³, 그리고 37억m³이다. 전체의 10%, 14%, 그리고 3%의 비율을 차지하는 양이다. 전 지구차원의 물의 양 측정논리와 우리나라의 사용가능한 물의 분류가 지하수의 포함유무로 동일하지 않다. 맥락의 측면에서는 지하수의 이용량⁶⁾을 빼야 하지만, 우리나라만의 독특한 지형특성인 전체 면적의 약 65%를 차지하는 산림면적비율을 간과할 수 없고, 본 보고서의 목적인 산림의 수원함양기능평가의 대상이 되는 산림과 관련된 모든 수자원이 대상이므로 합산하였다.

실제적으로 본 보고서의 수자원함양가치 산정 대상의 수자원은 산림으로부터 발원되어 식생 및 토양, 기후 등의 자연적 요인의 영향과 긴밀하다. 또한 앞서 언급한 하천수와 지하수는 특히 산림을 근간으로 하며, 댐에 의한 물량도 댐건설지의 위치가 고도가 높아야 하는 지리적 특성상 산림의 구조에 영향을 받는다. 따라서 이러한 산림과 관련된 수자원은 우리나라의 연구동향상 수원함양가치의 평가대상으로 삼고 있는 발원지가

6) 제주도 지하염수 이용량인 1,472백만m³이 제외된 양임.

산림인 계류수, 즉 산원수로 한다. 산원수는 산림이 강수를 저류하였다가 계류를 통해 흘러보내어 저수지나 하천에 풍부한 물을 공급해 주는 수자원의 원천으로, 다만 하천수 질환경기준 상수원수 1급수에 충족하는 깨끗한 물로 희귀성이 있기도 하다.

산림에는 낙엽·낙지 등이 분해되어 유기물이 많은 부드러운 표토층을 형성하게 되는데, 이 토양의 토양층의 깊이가 점점 깊어져 시간이 지남에 따라 빗물을 많이 보유할 수 있게 된다. 현재 우리나라 산림의 산원수자원 저장량은 약 180억 톤이다. 이는 산림 지역에 내리는 물의 양이 총강수량의 65%인 823억 톤으로, 이 중 수목의 잎이나 가지, 지표면에서 증발 및 증산으로 손실되는 양인 약 45%인 567억 톤과 하천으로 유출되는 양인 55%인 700억 톤으로 구성된다. 다음은 우리나라에 존재하는 수자원을 명칭별로 분류하여 수량을 표기한 표이다.

표 18. 우리나라 수자원의 분류 및 수량

수자원 명칭	수량 (억 톤,%)	비고
• 강 수	1,267 (100)	-> 유출 700(55) + 증·발산 567(45)
- 산원수	823 (65)	
- 비산원수	444 (35)	
• 녹색댐	180 (14)	:산림이 머금고 거르는 물
• 저수	310 (25)	
- 댐	126 (41)	
- 하천	165 (53)	
- 지하수	19 (6)	
• 용수	290 (23)	
- 농업용수	154 (53)	
- 공업용수	26 (9)	
- 생활용수	53 (18)	
-하천유지용수	57 (20)	

본 연구는 임상별로 상이한 수자원의 보유량에 관심을 가지고 물리적 환경요인과 인

자를 기존의 연구결과를 참고하여 추정한다. 참고하는 연구로는 국립산림과학원(2007)의 산림의 공익적 기능 계량화 연구의 기초데이터와 정용호 외(2001), 김경하(1992)이다.

1) 수자원의 물리적 계정

물리적 계정으로써의 수자원함양가치는 국립산림과학원(2007)에 따르면 우리나라 전체산림의 기능을 평가하는데 이용할 수 있는 제한된 방법에서 일반적인 방법인 산림토양의 A층 및 B층의 조공극률로 환산한 수원함양량을 추정하여 가치를 환산하는 방법을 사용한다. 왜냐하면 산림의 수원함양기능을 우리나라에서는 홍수경감기능과 갈수완화기능으로 보기 때문인데, 이 때 산림의 독특한 토양구조로 인한 이화학적 성질로 분류한 수직적 배열의 A층 - B층 - C층에 초점을 맞추어 토지구성에 의한 산림의 수원보유량을 온전한 산림의 수원함양량이라 여기기 때문이다. A층은 유기물과 무기물이 골고루 섞여 있어 토양 소동물이나 미생물의 왕성한 활동으로 공간의 확보와 썩은 나무뿌리의 도관발달에 인하여 빗물을 빨리 흡수하여 바로 아래층인 B층에 전달한다. B층은 A층에 비하여서는 딱딱하고 토양공극은 적지만 물을 오랫동안 저장할 수 있어 비가 그친 후에 보유하고 있던 빗물을 서서히 유출시킬 수 있다.

따라서 우리나라에서 일반적으로 사용되는 A층 및 B층의 토양의 조공극률을 측정하여 수원함양량을 환산하는 방법을 사용하는데, 이때 산림은 성장에 의하여 유기물을 많이 토양에 공급할 수 있고 임령증가에 의한 수목의 뿌리발달로 A층 및 B층의 토양의 물리성이 향상되어 결과적으로 토양의 조공극률이 증가한다. 우리나라의 산림관리의 여러 시행사업들 중에서 침엽수림 시업후의 임상별 수원함양기능의 변화를 침엽수림, 활엽수림, 혼효림의 세 형태로 분류하여 기존에 밝혀진 임상의 물리적 환경인자인 입지, 토양, 임분환경인자 등의 총 23개 조사 항목에 대한 정용호 외(2001)의 연구결과와 연계하여 수원함양기능에 영향을 주는 인자들을 이전 연구보다 자세히 밝힌다. 기존의 연구들에서 사용한 방법론에 따른 상관분석에 바탕을 두고 각각의 연구결과에서 보이는 인자들의 공분산분석을 통하여 산림수원에 영향을 주는 인자들을 중요영향순위로 보고함을 목적으로 한다.

이는 김경하(1992)의 연구결과와 비교하여 수자원함양에 영향을 크게 미칠 수 있는 유용한 인자를 밝히는 데 주력함이 목적이다. 왜냐하면 국립산림과학원의 연구결과는 앞에서 밝힌 바와 같이 수자원 분류상 녹색댐의 범주에 속하고, 김경하의 연구는 저수의 범위에 속하므로, 산림의 구성은 중복되는 형태로 두 비교 연구결과 모두에 나타나

겠으나, 본 보고서의 GIS기술을 전국적으로 확대적용할 일반적인 모델수립에는 본 연구에서의 타당성 연구과정을 거쳐 최종모델적용에 적합한 연구를 선택함이 정확한 연구결과도출에 필요하다. 국립산림과학원 및 정용호의 연구결과와 김경하의 연구 결과는 사용된 데이터의 조사시기가 1992년부터 1995년 사이로 토양의 구성이 1~2년의 기간 동안에 불변한다고 볼 수 있는 시간이므로 각 연구결과를 비교할 수 있다.

◎ 분석 1

○ 기초자료

국립산림과학원(2007)에 의하면 산림의 수원함양량을 추정함에 있어 임상별 임령의 증가에 따른 토양의 조공극률 예측 모델은 1993년부터 1995년까지 조사한 다양한 임분 조건과 토양의 A층 및 B층의 조공극률 자료를 분석하여 작성된 것이며 산림사업에 따른 토양의 조공극률의 변화예측모델은 경기도의 광릉시험림에서 실시한 침엽수림 사업 후의 조공극률 변화의 자료를 분석한 것이다. 임도개설과 산림의 토지전용은 산림토양의 물리성을 훼손하며 조공극률에도 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

- 침엽수림 대상연구

산림토양의 조공극률은 임령증가와 같이 향상되는데, 유기물층은 빗물로부터 A층을 보호하고, A층은 유기물과 무기물의 결합에 의한 다중구조의 토양입자의 구성을 보여 토양공극이 커 스펀지와 같은 역할을 하며, B층은 임령의 증가와 함께 하는 유기물의 증가에 의해 공극률이 넓어지지만 A층보다는 딱딱하다. 조사대상지인 침엽수림의 수종 구성은 소나무, 리기다소나무, 잣나무, 해송, 낙엽송, 편백이다. 다른 임상에 비해 높은 C/N율로 인하여 토양층에 공급되는 가용유기물량이 상대적으로 적어 토양의 공극발달이 느리고, 낙엽층 부식이 잘 일어나지 않게 되어 소수성의 그물모양의 균사가 발달하여 빗물이 토양에 잘 유입되지 않는 특징이 있다. 최초 약 30%의 조공극률에서 시작하여 임령이 증가해도 약 40%수준에서 A층은 100년 간 약 10%, B층은 약 5%의 조공극률 증가를 보여 연간 0.05% ~ 0.1%의 증가율을 보일 것으로 최적곡선법을 통하여 분석하여 예측되었다.

- 혼효림 대상연구

조사대상지의 혼효림에서는 임령 증가와 함께 토양의 A층 및 B층의 토양의 조공극률

의 변화가 침엽수림의 특성을 따르는 것으로 나타났다. 특히 B층은 초기의 토양 조공극률이 20%로 매우 낮았지만 임령증가와 더불어 증가함에 따른 증가율이 높았다. 그러나 실제의 통합모델에서는 임상의 면적과 임목축적을 예측하는 모델이 침엽수림과 활엽수림에서만 적용 가능하도록 되어 있어 시행하지는 않았다.

- 활엽수림 대상연구

활엽수림은 여름철을 제외하고는 낙엽에 토양이 뒤덮여 있기 때문에 햇빛이 임사에는 충분히 도달하여 하층식생이 무성하다. 이러한 조건은 가용유기물의 대량 생산을 통한 토양발달의 특징요소가 되는데 이때의 공급된 유기물들이 토양의 무기입자들과 결합하여 다주구조를 이루고 토양의 입단화를 촉진하여 표토층의 조공극률을 증가시키게 된다. 조사대상의 활엽수림 대상지에서는 임령증가에 의한 토양의 조공극률 변화를 최초 조공극률이 약 40%, 최종 조공극률은 약 50%로 침엽수림에 비한 토양의 조공극률의 증가율은 낮았다. 이는 조림지보다는 천연림이 많아 조사초기 이전부터 형성된 활엽수림 자체내의 토양의 조공극률이 높아 임령 증가에도 임분 환경의 개선효과가 상대적으로 작게 나타난 결과라고 밝히고 있다.

○ 분석모델 - 공분산분석(ANCOVA)

위의 기초자료를 바탕으로 임상별로 분류된 산림과 각 임상별 수원함양량사이에 상관성이 있는지를 우선 도출한다. 이를 위하여 침엽수림 시업 후의 수원함양량의 증가를 기준으로 각 임상별 수원함양량의 증가분사이의 자료들을 공분산분석을 통하여 비교한다. 공분산 분석에서만 분석의 수준을 그치는 이유는 제시된 자료의 수치가 증가분에 따른 값들이며, 이들은 추정치에 불과함을 밝힌다.

다음은 공분산 통계량이 도출된 결과를 정리한 표이다. 공분산 통계량을 수치로 제시하는 이유는 공분산이 두 자료간의 상관성 정도를 측정하는 보편적인 통계량이기 때문이다.

◎ 분석 2

본 부분은 정용호 외(2001)에 의해 이루어진 임상별 분류-침엽수림, 활엽수림, 혼효림-에 의한 고찰을 통하여 분석1의 결과와의 연계성을 규명한다. 산림의 수원함양기능 지표로서 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자를 밝히기 위하여 1993년 3월부터 10

월까지 전국의 침엽수림, 활엽수림, 혼효림의 표본 조사구를 대상으로 입지, 토양, 임분 환경인자 등 23개의 조사항목을 근간으로 상관분석을 한 연구의 결과를 인용하여 취합한다.

○ 기초자료

- 침엽수림 대상 연구

해당 조사지역에서 조사 분석된 결과로써 산림의 수원함양기능의 지표가 되는 표층 토양의 조공극률에 영향을 주는 인자들은 다음에 제시한 표와 같다.

표 19. 침엽수림의 표층토양 조공극률에 영향을 미치는 인자

	정의 상관관계	부의 상관관계
1	임목축적	점토 함량비
2	경사도	표층토양 견밀도
3	상층식생 울폐도	A층 토양견밀도
4	F층 두께	B층 토양견밀도
5	토양의 유기물 함량비	
6	임목축적	

이를 바탕으로 한 다중회귀분석의 결과는 수원함양기능을 증대시키는 인자로 표층 토양의 견밀도, 상층 임분 지하고, 임목축적, B층 토양의 견밀도, 토양의 유기물 함량비의 총 5개 인자였으며, 도출된 결과를 바탕으로 작성된 직선회귀분석식은 다음과 같이 총 두 가지이다. 첫째, 임목축적과의 관계는 +0.0546으로, 상관관계는 47%이고, 둘째, 상층 식생 울폐도와와의 관계는 상층식생의 울폐도가 40~80%일 경우에 +0.241의 영향을 주는 변수로 상관관계 설명성은 65%이다.

표본조사구로 선정된 66개 지점에 대한 임황의 주요 수종은 총 9종으로 다음의 표와 같다.

표 20. 표본조사구로 선정된 침엽수림의 주요 수종

	수종명칭	학명
1	곰솔	<i>Pinus thunbergii Parl</i>
2	잣나무	<i>Pinus koraiensis Siebold & Zucc</i>
3	소나무	<i>Pinus densiflora Siebold & Zucc.</i>
4	낙엽송	<i>Larix leptolepis (S. et. Z.) GORDON</i>
5	리기다소나무	<i>Pinus rigida Mill.</i>
6	편백	<i>Chamaecyparis obtusa (S. et. Z.) ENDL.</i>
7	리기테다소나무	<i>P. rigiteda L.</i>
8	뱅크스소나무	<i>P. banksiana LAMBERT</i>
9	삼나무	<i>Cryptomeria japonica (L. fil.) D. DON</i>

- 혼효림 대상 연구

혼효림의 표층토양의 조공극률에 영향을 주는 인자들은 B층 토양에서의 조공극률과 하층식생의 피복도, 표층 토양의 유기물 함량비, F층 두께의 4가지의 정의 상관관계에 있는 인자이며, 표층 토양의 견밀도, 10cm 깊이의 토양 견밀도가 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 부의 상관관계를 보인다. 다음은 이를 표로 정리하여 나타내었다.

표 21. 혼효림의 표층토양 조공극률에 영향을 미치는 인자

	정의 상관관계	부의 상관관계
1	B층 토양에서의 조공극률	표층 토양의 견밀도
2	하층식생 피복도	10cm 깊이의 토양견밀도
3	표층 토양의 유기물함량비	
4	F층 두께	

이를 바탕으로 한 다중회귀분석의 결과는 수원함양기능을 증대시키는 인자로 표층 토양에서의 조공극률에 영향하는 인자는 B층 토양에서의 조공극률과 표층 토양의 유기물 함량비 2개 인자이다. 또한, 표층 토양에서의 조공극률은 산림의 수원함양기능 증대로써

하층 식생 피복도와 밀접한 관계가 있음으로 분석되었다. 덧붙여 표층 토양에서의 조공극률(%)과 표층 토양의 유기물 함량비와는 F층 두께와 밀접한 관계가 있음으로 분석되었다.

표본조사구로 선정된 45개 지점에 대한 임황의 주요 수종은 총 16종으로 다음의 표와 같다.

표 22. 표본조사구로 선정된 혼효림의 주요 수종

	수종명칭	학명
1	소나무+ 신갈나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>Q. mongolica</i> Fisch
2	소나무+ 물푸레나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>F. rhynchophylla</i> Hance
3	분비나무+ 신갈나무	<i>A. nepholepis</i> Max + <i>Q. mongolica</i> Fisch
4	전나무+ 신갈나무	<i>A. holophylla</i> Max + <i>Q. mongolica</i> Fisch
5	분비나무+ 거제수나무	<i>A. nepholepis</i> Max + <i>B. costata</i> Trautv
6	잣나무+ 신갈나무	<i>P. koraiensis</i> S. et Z + <i>Q. mongolica</i> Fisch
7	잣나무+ 상수리나무	<i>P. koraiensis</i> S. et Z + <i>Q. acutissima</i> Carruth
8	소나무+ 굴참나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>Q. variabilis</i>
9	낙엽송+ 굴피나무	<i>Larix letolepis</i> (S. et Z.) GORDON + <i>P. strobilacea</i> S. et Z.
10	낙엽송+ 상수리나무	<i>Larix letolepis</i> (S. et Z.) GORDON + <i>Q. acutissima</i> Carruth
11	소나무+ 상수리나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>Q. acutissima</i> Carruth
12	소나무+ 밤나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>C. crenata</i> Thunb
13	소나무+ 졸참나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>Q. serata</i> Thunb
14	소나무+ 서어나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>C. laxiflora</i> BL
15	소나무+ 물박달나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>B. davutica</i> Pall
16	소나무+ 갈참나무	<i>P. densiflora</i> S. et Z + <i>Q. aliena</i> BL

- 활엽수림 대상 연구

활엽수림의 경우, 침엽수림의 연구와 동일하게 수원함양기능의 지표로 표층토양의 조공극률에 영향을 주는 인자들에 관해 연구한 결과는 정의 상관관계에는 총 3가지의 인자인 수고, 하층식생피복도, 토양의 유기물 함량비가 영향을 주고, 부의 상관관계에 있

는 인자들은 표층 토양의 견밀도가 1% 수준에서 유의하게 영향을 미치는 인자로 밝혀졌다.

표 23. 활엽수림의 표층토양 조공극률에 영향을 미치는 인자

	정의 상관관계	부의 상관관계
1	수고	표층 토양의 견밀도
2	하층식생 피복도	
3	토양의 유기물 함량비	

이를 바탕으로 한 직선회귀분석결과 첫째, 하층식생 피복도와는 하층식생의 피복도가 30%~80%일 때 0.1934의 영향을 주는데 이는 0.23의 상관관계계수가 뒷받침하는 수식으로 보고서에서는 활엽수림의 수원함양기능증대제와 하층식생 피복도가 밀접한 관계가 있다고 설명한다. 둘째, mm단위로 측정된 표층토양의 견밀도는 높아질수록 활엽수림의 수원함양기능에 불리하게 작용하는 해석이 가능하며 계수는 -2.6164였으며, 설명력은 81%에 달한다. 셋째, 토양의 유기물함량비는 +2.1321의 계수로 이 역시 하층식생피복도와 함께 밀접한 관계가 있다는 결론을 내렸다.

다중회귀의 분석결과는 표층토양의 견밀도와 토양의 유기물함량비 2개 인자만이 영향을 줄 수 있는 인자로 밝혀져 활엽수림의 수원함양기능의 증진을 위하여서는 표층 토양의 조공극발달이 잘 된 지역과 하층 식생의 피복도가 30%~80%수준으로 적정하게 유지되는 지역을 사례지역으로 삼으며 유용한 결과도출이 가능하다.

다음은 총 50 지점의 표본 조사구는 우점종을 이루는 주요수종을 정리한 표이다.

표 24. 표본조사구로 선정된 활엽수림의 주요 수종

	수종명칭	학명
1	신갈나무	<i>Q. mongolica</i>
2	졸참나무	<i>Q. serrata</i>
3	굴참나무	<i>Q. variabilis</i>
4	상수리나무	<i>Q. acutissima</i>

◎ 분석 3

본 부분에서는 김경하(1992)에서 도출된 여러 환경인자들과 앞선 분석1과 2를 통하여 관찰된 수원함양에 영향을 주는 환경인자들을 선택한 변수로 취하여 수원함양량과 환경인자들간의 영향을 알아보는 모델을 수립한다.

○ 기초자료

본 부분은 김경하(1992)의 연구에서 대상으로 한 전국의 저수지들 약 80여 곳에 대한 갈수기의 유역저수량과 환경인자간의 회귀식도출부분과 갈수기 저수량과 비정량적 관계가 있는 인자들의 다변량분석부분으로 구성된다. 다음은 유역의 저수량과 환경인자들과의 관계를 나타내는 도출식부분이다.

첫째, 갈수기저수량과 식생인자의 관계이다. 식생인자에 따른 갈수기저수량의 변화를 파악하기 위하여서는 다음의 관측평균값들 간의 관계가 필요하다. 다음은 표로 식생인자들에 관한 설명과 더불어 정리한 표이다.

표 25. 관련식생인자

관련식생인자	비고
수고	유역의 갈수기저수량은 유역내 분포의 평균수고가 높아질수록 점차 증가하는 경향을 나타냈다. 평균 수고가 약 8m까지는 갈수기저수량이 급격히 증가하다가 그 이후부터는 완만하게 증가하여 ha당 약 1,000톤을 유지하였다.
DBH	유역의 평균 DBH와 갈수기저수량과의 관계는 수고와 거의 같은 경향을 보이고 있으며 평균 DBH가 약 12cm까지 급한 증가율을 나타내다가 그 이상에서는 거의 일정한 값을 나타냈다.
상층울폐도	상층울폐도가 약 80%까지는 갈수기저수량이 증가하다가 그 이상에서는 감소하였으며 갈수기저수량의 최대값은 상층울폐도가 80%일 때 ha당 약 1,200톤으로 나타났다. ⁷⁾

7) 특히, 상층울폐도와 증발산량의 관계에 대하여 Bosch와 Hewlett는 상층울폐도가 10%감소하면 1년간 증발산량은 침엽수림의 경우 약 400mm, 활엽수림은 약 25mm가 감소하므로 강우가 많은 곳의 경우 산림의 특성이 수자원에 미치는 영향에 많은 관심을 기울여야 한다고 하였다.

둘째, 갈수기저수량과 관계가 있는 인자는 상관관계에 의하여 도출된 순서로 다음과 같다. 상층식피율, 토양의 물리적특성(공극률, 투수계수, 용적밀도), 임목흉고직경, 수계밀도이다.

이상의 인자들에 관한 속성이 파악되어 다음의 유역의 갈수기 저수량추정식이 다음과 같이 도출된다. 유역의 갈수기저수량을 추정하기 위하여 비교적 상관이 높은 하층식피율, DBH, 공극량, 수계밀도 등을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

$$Y=0.323-0.008X1 +0.023X2 +0.016X3 -0.003X4 \quad (r^2 =0.51^* \quad * \quad) \dots\dots(\text{식7})$$

- Y : 갈수기저수량(천 톤/ha)
- X1 : 하층식피율(%)
- X2 : DBH(cm)
- X3 : 공극량(%)
- X4 : 수계밀도(m/ha)

유역의 갈수기저수량은 DBH와 공극량이 증가함에 따라 비교적 크게 늘어나는 반면에 하층식피율과 수계밀도는 반대의 경향을 나타냈다. 하층식피율은 대개 토양이 건조하고 척박하여 상층목의 생장이 불량한 임지에서 높게 나타난 반면, 임분이 우량한 임지에서는 낮게 나타났기 때문인 것으로 생각되며 수계밀도의 경우 일반적으로 유역의 경사가 급하고 투수성이 낮은 지역에서 수계밀도가 높게 나타나기 때문에 수계밀도의 증가에 따라 갈수기저수량이 감소했다고 추정된다.

다음은 갈수기 저수량에 관련 있는 비정량적 인자에 관한 영향분석이다. 유역의 갈수기저수량에 영향을 미치는 인자 중 연평균 강수량을 기준으로 구분한 지역과 지질, 임상 등은 명목변수이므로 증명목변수를 범주화하여 수량화 I형 다변량해석을 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 주요 인자별 조사지 분포에 관하여서는 주요인자 가운데 지역은 주로 연평균 강수량의 분포를 고려하여 구분하였으며 지질과 임상은 유역의 대표적인 값을 구했다. 계급별 분포는 균등하게 나타났으나 임상의 경우는 대부분 침엽수림과 침활혼효림으로 나타났다.

둘째, 갈수기저수량과 주요인자간 내부 상관을 분석한 결과 갈수기저수량과 관계가 깊은 인자는 지역, 임상, 지질, 수계밀도 등이었으며 갈수기저수량을 제외한 인자 간에

는 대체로 상관 값이 작아 독립성이 인정되었다.

○ 본 연구의 모델 정리

－ 본 연구의 정리분석 대상지

본 연구에서는 김정하의 연구 중 현재 2007년 중 소재지의 확인 및 존속여부, 저수량 기록의 유무, 기타 기준⁸⁾으로 다음의 59곳에 한하여 분석대상으로 삼는다.

표 26. 본 연구의 분석 대상지

번호	조사지역	저수지 이름	유역면적(ha)	단위평균저수량 (천 톤/ha)	총저수량 (천 톤)
1	진안 진안 구룡	구룡	108	0.99	106.92
2	임실 성수 도인	도인	136	0.81	110.16
3	진안 성수 도통	중평	18	0.58	10.44
4	진안 부귀 신정	가정	85	1.33	113.05
5	진안 성수 좌산	좌산	97	1.17	113.49
6	진안 상전 월포	월포	116	0.92	106.72
7	진안 진안 군상	군상	265	0.62	164.3
8	장성 장성 야은	우지	114	0.13	14.82
9	장성 장성 영천	구산	70	0.3	21
10	장성 장성 단광	단광	90	0.89	80.1
11	순창 동계 동심	동심1	85.5	1.58	135.09
12	순창 동계 동심	동심3	65	1.33	86.45
13	순창 동계 수장	난계	118	1.24	146.32
14	순창 동계 내령	내령	133	1.32	175.56
15	진안 마령 계서	오동	47	3.1	145.7
16	진안 진안 정곡	정곡	93	1.18	109.74
17	청양 비봉 사점	사점	220	1.44	316.8
18	청양비봉용천	용천	102	1.26	128.52
19	청양 비봉 방한	방한	100	1.41	141
20	청양 화선 화암	화암	170	1.81	307.7
21	봉화 봉성 금봉	금봉	1087	0.38	413.06
22	봉화 봉화 유곡	천마	270	0.01	2.7
23	봉화 봉성 창평	창평	118.5	0.49	58.065
24	청송 부동 지동	마뜰	196	0.08	15.68
25	청송 부남 대천	추곡	162	0.39	63.18

8) 데이터 입력상의 오류 및 누락으로 인한 조사지를 일차로 제외하였으며, 그 외 중요한 종속변수 인자인 총저수량을 계산할 때 근거가 된 단위평균저수량과 유역면적에 관하여 지나치게 크거나 작은 값등을 제외시켰다.

26	청송 부남 갑연	대곡	61	0.67	40.87
27	가평 외서 상천	상천	325	0.51	165.75
28	이천 신둔 용면	용면	272	0.91	247.52
29	괴산 도안 노암	영수	150	1.56	234
30	청원 북일 비상	비홍	228	1.58	360.24
31	청원 북일 우산	인평	190	0.98	186.2
32	청주시 용정동	용정 1	186	1.63	303.18
33	홍천 동 속초	속초	290	1.11	321.9
34	홍천 동 개운	개운	487	1.53	745.11
35	원성 문막 취병	진동	362	1.33	481.46
36	판부 서곡	서곡	1333	0.29	386.57
37	제원 봉양 미당	백곡	217	1.4	303.8
38	금성 월립	월립	190	1.55	294.5
39	봉양 사곡	용하	80	2.01	160.8
40	금성 성내	무암	480	0.27	129.6
41	진천 문백 옥성	옥성	417	1.2	500.4
42	음성 소이 갑산	봉	214	0.94	201.16
43	진천 진천 사양	사양	140	1.48	207.2
44	음성 소이 중동	용	160	1.24	198.4
45	봉전	봉전	83	1.06	87.98
46	천원 성거 송남	남창	100	1.42	142
47	천원 성거 송남	천홍	500	1.45	725
48	괴산 사리 사담	용정 2	285	0.86	245.1
49	진양 집현 정수	정수	64	0.31	19.84
50	진양 집현 정수	철수	48	0.31	14.88
51	명석 외율	외율	123	0.15	18.45
52	명석 오미	시목	72	0.42	30.24
53	사봉 부계	화광	268	0.7	187.6
54	지수 청원	청원	190	0.7	133
55	의령 유곡 오곡	구오목	35	0.16	5.6
56	의령 유곡 신촌	신천	73	0.07	5.11
57	정곡 중교	두곡	120	0.07	8.4
58	용덕 가락	가락	120	0.35	42
59	횡성 횡성 반곡	사려울	44	7.5	330

2) 수자원의 화폐적 계정

화폐적 계정으로써의 수자원함양가치는 경제성평가에 바탕을 두어야 함으로 소개된 국내사례연구와는 다른 방법론으로 모델을 도출한다. 본 연구에서 원하는 모델을 도출하기 위하여 기본적으로 다음의 명제를 산정한다. 시장이 존재하지 않는 재화와 서비스

의 가치 추정을 위하여 ‘만약 시장이 존재한다면’이라는 가정을 하고, 이를 통하여 유도되는 실현가능성이 있는 결과를 추정하여 화폐단위로 환산한 산림의 수자원함양가치를 얻을 수 있다. 이 때, 공통적인 기본원리는 ‘상정된 시장에서 활동하는 경제행위자는 합리적이므로 소비하고자 하는 재화나 서비스를 얻기 위하여 지불 의사를 금액으로 나타내고 이 중 최대금액’을 가치로 여기는데, 이 ‘지불의사’를 본 연구에서는 소비할 수자원에 대한 수요함수에 반영시킨다. 최종소비재의 경우에, 이 지불 의사는 소비자의 효용함수에 의해 도출될 것이고, 중간재의 경우에는 생산과정에서 산림으로부터 발현된 수자원이 기여하는 정도에 따라 지불의사가 결정된다. 최종소비재에 대한 수요함수나 중간재에 대한 수요함수가 음(-)의 기울기 형태로 위하여 한계효용 체감과 한계생산력 체감의 법칙이 적용되도록 고려한다.

따라서, 본 연구에서 산림수자원의 가치는 경제학에서 말하는 총가치, 한계가치, 그리고 평균 가치로 나누어 살펴보면, 일정한 소비량을 얻을 수 있을 때에 그것을 얻기 위하여 지불할 의사가 있는 금액이 총 소비가치이다. 곧 수요함수가 다음의 (7)식과 같이 주어진다면,

$$D = f(Q) \dots\dots\dots(식 8)$$

Q0의 소비량이 가지는 총 가치(V)는 (8)식과 같다.

$$V = g(Q) = \int_0^{Q_0} f(Q)dQ \dots\dots\dots(식 9)$$

일정 소비량에서 한 단위 추가적인 소비로 인한 효용의 추가분인 한계가치이고, 이는 총 가치에 대한 일차 미분 값으로 곧바로 수요함수의 도출로 이어진다. 일반적으로 소비자가 사용할 수 있는 형태로 제공되는 물은 공공기관이나 가격규제를 받는 기업에 의해 독점 공급되는데, 이 상태에서 가격은 물 공급의 평균비용을 상쇄하는 수준에서 결정되는 경우가 많다. 따라서 본 연구와 같이 물의 가치를 반영하는 시장균형가격이 존재하지 않은 경우에는 소비자가 직접 접하는 용수의 가치 추정을 앞서 도출한 수요함수를 통한 지불의사여부 및 액수를 조사하여 이용할 수 있다.

실제적으로 전체 국민 중 산림수자원을 수요로 하는 소비자를 추출하고, 이들의 합리적 소비행태를 파악하여 위와 같은 수요곡선을 도출하는 데에는 많은 가정이 필요하고, 본 부분의 물리적 계정을 통하여 산림의 수자원 함양량을 알아 본 바 있으므로, 선행연구들의 대체법과 맥락을 같이하는 수자원소비의 대체재로써 현재 일반국민이 소비하고

있는 상수도의 시장가치로 표현된 상수도의 시장가격인 요금으로 각 물량에 관한 환산한 값으로 수자원의 가치를 화폐단위로 표현 할 수 있다. 그러나 산림의 수원형태로서의 수자원과 생활용수로 쓰이고 있는 상수도 사이에는 중간비용이 포함되므로 이창재(1994)의 연구결과를 차용하여 시장가격으로 적절히 환산한다.

라. 휴양 계정

1) 연구대상 및 자료수집

본 평가모델은 GIS를 기반으로 하고 있으므로 평가모델에 포함되는 변수들은 GIS에 적용이 가능한 형태여야 한다. 또한 본 연구는 개발된 휴양계정 평가방법을 연구대상지 이외의 시·군·구 혹은 국유림 임소반 단위의 지역에 적용하여 지역별 휴양계정을 도출하는 것을 목표로 하고 있는 바, 소수의 연구대상지로부터 도출된 결과를 다른 지역에 적용할 경우 확대해석의 오류를 범할 수 있기 때문에 다수의 연구대상지들로부터 자료를 수집, 연구에 사용하였다.

한편 선행연구들을 검토한 결과, 휴양수요 및 편익 추정에 대한 연구는 많으나 이와 관련하여 구체적인 영향인자 분석까지 연결된 연구는 많지 않았다. 또한 산림휴양에 영향을 주는 인자를 발굴한 연구들에 있어서도 구체적이고 물리적인 영향인자들을 적용했다기보다는 주로 점수화된 방문객 만족도를 이용하고 있다. 또한 구체적으로 영향인자를 발굴한 연구들에서도 대부분 방문객, 출발지, 도착지의 사회·경제적 특성들을 주요 인자로 지목할 뿐 휴양지의 대상지 특성 및 자원특성이 휴양편익에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 것으로 나타났다.

본 연구의 궁극적인 목적은 지속가능하고 효율적인 산림경영을 통해 국민에게 제공되는 산림휴양서비스의 양과 질을 높이는 데에 있다. 다시 말해 산림의 어떤 자원을 육성, 개발해야 산림휴양서비스의 양과 질이 높아질 것인가를 규명해야 하는 것이다. 그런 의미에서 본 연구는 휴양객 특성 뿐 아니라 선행연구들이 다루지 않은 연구대상지들의 자원특성 및 대상지 특성을 주요 변수로 다루었다.

가) 연구대상지

연구대상지는 산악형 국립공원과 함께 국민의 산림휴양수요의 대부분을 감당하고 있는 자연휴양림으로 설정하였다. 다음 표는 연구대상지인 33개 자연휴양림의 위치와 소유구분을 정리한 것이다.

표 27. 연구대상지의 위치 및 소유구분

순번	휴양림	위치	소유구분
1	유명산	경기도 가평	국유
2	중미산	경기도 양평	
3	신불산폭포	울산광역시 울주	
4	운문산	경북 청도	
5	속리산말티재	충북 보은	
6	오서산	충남 보령	
7	청태산	강원도 횡성	
8	삼봉	강원도 홍천	
9	산음	경기도 양평	
10	용봉산	충남 홍성	
11	용대	강원도 인제	
12	운장산	전북 진안	
13	용현	충남 서산	
14	용화산	강원도 춘천	
15	남해편백	경남 남해	
16	덕유산	전북 무주	
17	통고산	경북 울진	
18	천관산	전남 장흥	
19	미천골	강원도 양양	
20	회리산	충남 서천	
21	축령산	경기도 남양주	
22	조령산	충북 괴산	
23	용추	경남 양양	
24	안면도	충남 태안	
25	용문산	경기도 양평	군유
26	고산	전북 완주	
27	군위장곡	경북 군위	
28	칠갑산	충남 청양	
29	박달재	충북 제천	
30	장태산	대전광역시 서구	시유
31	둔내	강원도 횡성	사유
32	횡성	강원도 횡성	
33	안양산	전남 화순	

나) 변수 선정

평가모델 추정 시 사용되는 변수는 크게 두 종류로 나뉜다. 하나는 이용객 특성변수이고 다른 하나는 휴양림의 대상지 특성변수이다. 다음은 이용객 특성변수를 정리한 것이다.

표 28. 33개 자연휴양림의 이용객 특성변수

순 번	이용객 특성변수
1	거주지-휴양림까지의 여행비용
2	지금 방문 중인 휴양림에 대한 연간 방문 횟수
3	지금 방문 중인 휴양림에서의 주요 휴양활동
4	목적지 결정시 고려되었던 다른 휴양지
5	성별
6	결혼여부
7	직업
8	월 소득
9	연령
10	학력
11	거주지

(1) 여행비용

본 연구는 선행연구들과 동일하게 휴양객 거주지-휴양림 간 거리변수를 여행비용으로 간주하였다. 특히 본 연구는 금전적인 수치화 및 계량화를 목표로 하고 있으므로 측정된 거리에 유류비를 적용하여 금전화하였다.

휴양객 거주지-휴양림 간 거리는 GIS 데이터를 이용하여 최단거리로 측정하였으며, 측정단위는 'km' 이다.

km당 유류비는 자동차연비와 L당 휘발유 가격을 적용하였다. 자동차연비는 에너지관리공단에서 발행한 '2007 자동차에너지소비효율등급 안내집'에 기재된 승용차 전 차종(LPG, 경유 차량 제외)의 연비를 기초로 하여 평균연비를 계산하였는데 그 값은 L당 약 9.63km이다.⁹⁾ 유류비의 경우에는 한국석유공사가 제공하는 데이터를 이용하여 2007년 10월 둘째 주의 주유소에서의 평균 유류비를 적용하였는데 L당 약 1550원이었다. 그리하여 최종적으로 1km 주행하는데 약 161원의 유류비가 필요한 것으로 추정되었다.

본 연구는 여행시간의 기회비용도 여행비용에 추가시켰는데 선행연구들과 동일하게 휴양객 개개인의 월 소득을 기반으로 여행시간의 기회비용을 추정하였다. 이 때 여행시간이란 출발지에서 해당 휴양림까지의 왕복이동시간만을 고려하였는데 그 이유는 실제 지출되는 여행비용과 마찬가지로 휴양림에서의 체류시간도 개인의 성향 및 주관에 따라

9) 본 연구의 전체 샘플 중 약 92%의 휴양객들이 승용차를 이용하였으므로 승용차 중의 연비를 적용하였으나, 휴양객들이 타고 온 승용차들의 구체적인 연료 형태는 파악이 어려워 휘발유를 사용하는 승용차 중의 연비만을 적용하였다.

천차만별로 달라지기 때문에 이를 체류시간을 적용하게 되면 신뢰성 있는 결과를 얻지 못할 수 있다.

휴양객 출발지에서 휴양림까지의 이동시간은 인터넷 사이트 ‘네이버’의 지도기능을 이용하였다. 이 사이트에서 제공하는 이동시간은 도로의 평균 주행속도를 기반으로 계산된 값으로 본 연구에 적용하기에 문제가 없다. 측정단위는 ‘분(minute)’이다.

개인별 월 소득은 휴양객 설문조사를 통해 파악하였고 통계청에서 제공하는 ‘산업별 주당노동시간’ 데이터를 이용, 1인당 월평균 약 10,362분 동안 일함을 계산해냈다. 단, 소득이 없는 주부 및 학생의 월 소득은 0원으로 반영하였다.

그리하여 휴양객 거주지에서 휴양림까지의 왕복이동시간에 대한 시간의 기회비용은 다음 식 같다. 이 때 여행시간 1분에 대한 가치는 노동시간 1분의 가치의 25%만을 반영하였다.¹⁰⁾ 선행연구들에서는 25%에서 50%까지 적용하고 있으나 본 연구에서는 과대 추정을 피하기 위해 최소치를 적용하였다.

$$OC = S \div 10362 \times T \times 0.25 \dots \dots \dots (식 10)$$

OC : 시간의 기회비용(원)
 S : 월 소득(원)
 T : 휴양객 거주지-휴양림까지의 왕복이동시간(분)

(2) 연간 방문횟수

휴양객의 실제 방문횟수를 연구자가 관찰하는 것은 현실적으로 불가능하므로 지난 1년간의 방문횟수를 1회, 2회, 3-5회, 6-10회, 11-15회, 16-20회, 21-25회, 26-30회, 31회 이상(직접 기재)로 구간별로 질문하였다. 본 질문에 대한 응답은 전적으로 휴양객의 기억에 의존하는 것이므로 주관식으로 질문할 경우 측정오차를 야기할 수 있어 이와 같이 구간을 설정하여 객관식으로 질문하였다. 휴양수요함수 추정에 이용할 때에는 각 구간의 중간값을 적용하였다.

(3) 방문한 휴양림에서의 주요 휴양활동

휴양림에서의 주요 휴양활동은 크게 8가지의 유형으로 분류하였는데 자연감상 혹은 학습, 음식 해먹기, 등산, 놀이나 게임, 산지특산물 구입, 야영, 휴식, 사찰 등 명승지 방

10) Cesario(1975)는 비업무용 여행시간의 가치를 근로임금의 25%-50%로 주장하였다.

문, 기타가 그것들이다. 이 8가지들 중 본인이 행한 휴양활동을 중복 체크하도록 질문을 유도하였다. 휴양수요함수 추정에 이용할 때에는 각 휴양객이 행한 활동의 가지 수를 적용하였다.

(4) 이 곳 이외에 목적지로 고려했던 곳

본 질문은 여행을 계획하면서 현재 방문 중인 자연휴양림 이외에 고려되었던 다른 여행지의 명칭들을 기재하도록 유도하였다. 분석에 이용할 때에는 응답한 경합지의 가지 수를 적용하였다.

(5) 성별

성별에 따라 결과의 차이가 발생하는지를 알아보기 위해 성별은 더미변수로 남자를 1, 여자를 0으로 처리하였다.

(6) 결혼유무

결혼유무에 따라 결과의 차이가 발생하는지를 알아보기 위해 결혼유무 역시 더미변수로 적용하였으며 기혼은 1, 미혼은 0으로 처리하였다.

(7) 직업

직업은 휴양수요함수 추정을 위한 대리변수로 사용하지 않았으나 자연휴양림 이용객들의 휴양 성향을 파악하기 위해 조사하였다. 직업군은 다음과 같이 농/수/축업, 자영업, 블루칼라, 화이트칼라, 전업주부, 학생, 그리고 무직/기타로 구분하였다.

(8) 월 소득

월 소득은 휴양림 이용자의 거주지에서 휴양림까지의 왕복여행시간에 대한 노동시간의 기회비용을 추정하기 위해 조사되었고 50만원 간격인 객관식으로 질문하였다. 분석에 이용할 때에는 각 구간별 중간값을 취했다.

(9) 연령

연령은 휴양림 이용객 특성 파악 및 휴양수요함수 추정에 사용될 목적으로 조사되었고 주관식으로 이루어져 있다.

(10) 학력

학력도 마찬가지로 휴양림 이용객 특성 파악 및 휴양수요함수 추정에 사용될 목적으로 조사되었고 초졸 이하, 초졸, 중졸, 고졸, 대졸, 대학원 이상으로 구분된 객관식으로 이루어져 있다. 휴양수요함수 추정에는 초졸 이하 0년, 초졸 6년, 중졸 9년, 고졸 12년, 대졸 16년, 그리고 대학원 이상은 18년으로 적용하였다.

(11) 거주지

거주지는 휴양림 이용자의 거주지에서 해당 휴양림까지의 여행비용을 계산하기 위한 필수 요소로 주관식 질문으로 이루어져 있으며 명확한 측정을 위하여 동 단위까지 기재하도록 요구하였다.

또한 다음은 휴양림의 대상지 특성변수이다.

표 29. 33개 자연휴양림의 대상지 특성변수

특성유형	특성 변수	조사 단위
시설 특성	조성 후 경과 년도	년
	총면적	ha
	편의시설면적	ha
	휴양림 내 등산로, 산책로, 임도 총 길이	km
	휴양림의 1일 최대 수용인원	명
	관리소 직원 중 산림관련 전문인력수	명
산림자원 특성	평균수령	년
	침엽수/활엽수 면적	ha
	자연림/인공림 면적	ha
접근성 특성	휴양림에 도달하는 대중교통 운행횟수	회(가지 수× 각 운행횟수)
	휴양림에서 7대광역시까지의 인구가중평균거리	km
	가장 많은 휴양객이 발생한 주변 대도시까지의 거리	km

본 연구의 본래 목표는 조성 당시 각 자연휴양림의 '자연휴양림 예정지 적지평가조사서'를 입수하여 조사서 상에서 다루고 있는 대상지 특성들을 분석에 적용하는 것이었으나, 국립휴양림관리소 및 각 자연휴양림관리소에 문의한 결과 상당수 휴양림들의 조사서들이 소실되어 자료들을 입수할 수 없었다. 또한 일부 입수한 적지평가조사서를 검토한 결과 대상지 특성들이 정량화되어 기록되어 있는 것이 아니라 점수체계(5점 만점)로 평가되어 있어 이 역시 본 연구의 취지와 부합되지 않았다. 그리하여 본 연구는 모든 연구대상 자연휴양림들에 적용가능하고 수집이 가능한 대상지 특성들을 설정하고 국립휴양림 관리소 및 국립자연휴양림관리소, 그리고 각 휴양림 관리소에 문의하여 해당 자원특성들을 조사하였다. 각 항목은 모두 주관식 질문 형태로 이루어져 있다.

조사된 대상지 특성변수들은 크게 세 가지 유형으로 분류할 수 있는데 산림자원특성, 시설특성, 그리고 접근성 변수가 그것들이다. 자연휴양림의 이용객들은 필연적으로 산림자원 중심핵 휴양활동을 영위하므로(전경수 등, 1996) 휴양림의 산림자원특성이 가장 중요하지만 실제적으로는 편의시설에 대한 만족도가 휴양림 이용만족도에 미치는 영향 또한 크므로 휴양림의 인위적인 편의시설특성도 분석에 포함되어야 할 것이다. 또한 선행 연구들에 의해 편리한 접근성이 이용 만족도에 정(+)의 영향을 미치는 바, 접근성 변수를 설정하였다.

편의시설특성에 대한 대리변수로는 조성 후 경과 년도, 총면적, 편의시설면적, 휴양림 내 임도 총 길이, 휴양림의 1일 최대 수용인원, 관리소 직원 중 산림관련 전문인력수 등을 설정하였다. 조성 후 경과년도의 경우에는 경과년도가 길수록 시설물이 더 낙후되었을 것이라는 가정 하에 시설의 낙후 정도가 휴양편익의 차이를 가져오는지를 분석하기 위함이고 편의시설면적은 활용가능한 편의시설의 양적 차이가 휴양편익에 어떤 영향을 주는가를 알아보기 위함이다.

휴양림내 산책로, 등산로 등 임도의 존재는 두 가지 상반되는 측면을 가지고 있는데 하나는 이러한 임도가 휴양림 경관과 생태계를 절편화시키는 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것이고 다른 하나는 산책로, 등산로 등을 통해 휴양객들이 휴양림내의 산림자원을 보다 효과적으로 접할 수 있다는 것이다. 그러므로 본 연구는 결과적으로 임도의 존재가 휴양편익에 어떤 영향을 미치는가를 분석코자 한다.

1일 최대 수용인원은 휴양림의 이용객 수용력이 휴양편익에 미치는 영향을 분석하기 위해 적용하였고 산림관련 전문인력수를 반영한 것은 전문 인력이 많을수록 휴양림의 산림경영이 보다 지속가능하고 효율적이라는 가정 하에 전문 인력이 많을수록 휴양편익

도 커지는가를 알아보기 위함이다.

산림자원특성에 대한 대리변수로는 평균수령, 침엽수/활엽수 면적, 자연림/인공림 면적, 특이한 경관의 개수¹¹⁾ 등을 설정하였다. 숲을 구성하는 임목의 평균수령이 높을수록 숲은 보다 풍성하고 아름다우므로 이를 반영하기 위해 평균수령을 적용하였고 특이한 경관의 존재가 휴양편익을 증가시키는가를 알아보기 위해 그 개수를 반영하였다.

임상의 경우에는 침엽수/활엽수와 자연림/인공림으로 나누어 각각 면적을 조사하였는데 이는 임상에 대한 이용객의 선호 및 우리의 산림문화 등을 반영하기 위함이다. 즉 우리나라는 소나무 문화의 영향과 피톤치드 등 건강물질에 대한 관심으로 침엽수에 대한 선호도가 높은 편이다. 그러나 또 한편으로 활엽수는 침엽수에 비해 탄소저장능력이 뛰어나고(박은식·정주상, 2000) 수자원함양기능에 있어서도 침엽수림보다 활엽수림이 뛰어난 바(Swank and Crossley, 1987) 산림이 제공하는 다양한 환경서비스들에 대한 침엽수와 활엽수에 대한 평가가 엇갈리고 있다. 이에 본 연구는 산림휴양편익에 있어서는 휴양림 내 침엽수, 활엽수 분포 비율이 어느 정도의 영향을 미치는지를 파악하고자 한다.

한편 인공림과 자연림의 분포 정도를 연구에 반영한 이유는 산림휴양지의 자연성이 휴양객들의 선호 및 휴양편익에 어느 정도의 영향을 미치는가를 분석하기 위해서이다.

접근성 특성에 대한 대리변수로는 휴양림까지 도달하는 대중교통의 횟수를 적용하였다. 버스로 대표되는 대중교통이 자주 도달한다는 것은 그만큼 도로사정이 양호하고 접근하기 편리하다는 것을 의미하기 때문이다. 본 연구는 이러한 접근 편리성이 휴양편익에 영향을 주는가를 알아보고자 한다. 또한 7대 광역도시까지의 인구가중 평균거리와 가장 많은 휴양객이 발생하는 주변 대도시까지의 거리를 접근성 변수로 설정하였다.

다) 자료 수집

이용객 특성변수와 휴양림의 대상지 특성변수에 대한 데이터 수집은 각각 이용객 설문조사와 휴양림관리자 설문조사를 통해 이루어졌다.

본 연구는 최초 17개의 자연휴양림들을 대상으로 휴양객 설문조사를 수행하였다. 1년 동안의 전반적인 휴양패턴을 관찰하기 위해 2006년 12월을 시작으로 2007년 8월까지 각

11) 특이한 경관 개수의 경우에는 휴양림 관리자가 생각했을 때 특이하다고 생각되는 경관의 개수로, 후속 연구들에서는 경관에 대한 보다 정확한 기준 및 지표가 마련되어야 할 것이다.

계절별로 약 3주씩 설문조사를 실시하였다. 그러나 연구수행 과정에서 대상지의 수가 적다는 것을 인식하게 되어 본 연구는 2007년 10월-11월 기간 동안 추가적으로 80개의 자연휴양림들에 대한 휴양객 설문조사를 실시하였다. 그러나 설문조사를 의뢰한 80개소의 휴양림 중 16개의 휴양림만이 설문조사에 응하였다. 다음 표들은 연구대상지에 대한 설문조사 개요이다. 한편 휴양림관리자 설문에서는 위의 조사항목들 이외에도 물리적 휴양계정 산출을 위해 2006년도 한 해 동안의 총입장객수와 총투숙객수도 조사되었다.

표 30. 최초 연구대상 자연휴양림 및 조사개요

휴양림	위치	소유구분	조사기간 및 설문지 배포 수
유명산	경기도 가평	국유	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 조사 회수 : 총 3회 <ul style="list-style-type: none"> - 2006년 12월 - 2007년 5월 - 2007년 8월 ▪ 조사 기간 : 각 회수별 3주
중미산	경기도 양평		
신불산폭포	울산광역시 울주		
운문산	경북 청도		
속리산말티재	충북 보은		
오서산	충남 보령		
청태산	강원도 횡성		
삼봉	강원도 홍천		
산음	경기도 양평		
희리산	충남 서천		
축령산	경기도 남양주	도유	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설문지 배포수 : 각 휴양림 50부×3회
조령산	충북 괴산	군유	
고산	전북 완주		
군위장곡	경북 군위	사유	
둔내	강원도 횡성		
횡성	강원도 횡성		
안양산	전남 화순		

표 31. 추가연구대상 자연휴양림 및 조사개요

휴양림	위치	소유구분	조사기간 및 설문지 배포 수
용봉산	충남 홍성	국유	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 조사 회수 : 총 1회 - 2007년 11월-12월 ▪ 조사 기간 : 6주 ▪ 설문지 배포수 : 각 휴양림 100부
용대	강원도 인제		
운장산	전북 진안		
용현	충남 서산		
용화산	강원도 춘천		
남해편백	경남 남해		
덕유산	전북 무주		
통고산	경북 울진		
천관산	전남 장흥		
미천골	강원도 양양		
용추	경남 양양	도유	
안면도	충남 태안	군유	
용문산	경기도 양평		
칠갑산	충남 청양		
박달재	충북 제천	시유	
장태산	대전광역시 서구		

2) 휴양의 물리적 계정

본 연구에서는 해당 자연휴양림의 연간 휴양수요량을 물리적 휴양계정으로 간주한다. 그러므로 일차적으로 본 연구는 각 연구대상지의 연간 휴양수요량을 기술함으로써 각 대상지의 물리적 휴양계정을 표현한다. 이 때 휴양수요량으로 이용될 수 있는 데이터는 두 가지가 있는데 그 하나는 연간 총입장객수이고 나머지 하나는 연간 총투숙객수이다. 그러나 연간 총투숙객수의 경우는 숙박시설의 수용력에 의해 그 규모가 결정되는 경향이 강하므로 자연휴양림의 산림자원특성 등 대상지 특성을 제대로 반영한다고 볼 수 없다. 그러므로 여기에서는 연간 총입장객수를 휴양수요량의 대리변수로 사용한다.

나아가 본 연구는 연구대상지들의 연간 총입장객수 데이터를 이용하여 연구대상지 이외의 산림에서도 물리적 휴양계정을 산출할 수 있는 물리적 휴양계정 산출 공식을 개발한다. 주된 방법은 연구대상지들의 연간 총입장객수를 종속변수로, 대상지 특성들을 독립변수로 두어 회귀분석을 하는 것이다. 이렇게 연간 총입장객수와 대상지 특성 간 회귀함수를 도출하게 되면 다른 지역에 대해서도 물리적 휴양계정을 추정할 수 있다.

물리적 휴양계정의 이론모델은 다음과 같다.

$$Q = g(NR, FR, A) \dots\dots\dots(식 11)$$

- Q : 휴양림의 연간 방문객수
- NR : 휴양림의 산림자원특성
- FR : 휴양림의 시설특성
- A : 휴양림의 접근성 특성

본 모델에서 종속변수에는 휴양림의 연간 방문객수를 설정하였고 독립변수에는 휴양림의 산림자원특성, 시설특성, 접근성 특성 등 대상지 특성을 이용하였다. 독립변수에 대상지 특성만을 포함하고 선행연구들에서 주로 사용되었던 휴양객 발생지의 특성을 배제한 것은 대상지의 특성을 분석모델에 적극적으로 반영하지 못한 기존 선행연구들의 한계를 벗어나기 위함과 동시에 추후 경영방식차이에 따른 산림휴양가치 변화에 대한 인센티브 제공을 위한 기초자료를 마련하기 위함이다.

물리적 계정에 대한 실증모델은 다음과 같이 선형회귀식으로 설정하였다.

$$Y = a + bQ1 + cQ2 + dQ3 + \epsilon \dots\dots\dots(식 12)$$

- Y : 휴양림의 연간 방문객수
- Q1 : 휴양림의 산림자원특성 변수
- Q2 : 휴양림의 시설특성 변수
- Q3 : 휴양림의 접근성 특성 변수
- b, c, d : 계수, a : 상수, ϵ : 오차항

3) 휴양의 화폐적 계정

가) 이론적 배경

(1) 소비자잉여

자연휴양림과 같은 환경재의 경제적 가치는 시장 기구에 의해 결정되는 것이 아니다. 왜냐하면 자연휴양림은 일반 재화처럼 수요와 공급법칙에 의해 그 이용 가격이 결정되는 것이 아니라 정부의 휴양정책에 의해 결정되는 경향을 보이기 때문이다. 그러므로

휴양림의 입장료 또는 이용료는 휴양림의 경제적 가치를 제대로 반영한다고 볼 수 없다. 그러나 자연휴양림과 같은 환경재 역시 소비자의 구매대상인 재화이기 때문에 일반 재화와 마찬가지로 구매에 따른 비용과 소비자잉여가 존재하므로 그 경제적 가치를 평가할 수 있다.(최형규, 2001)

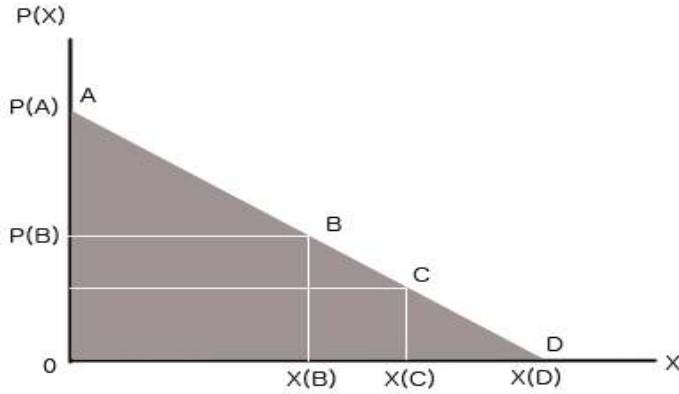


그림 1. 휴양림의 총수요곡선

여행비용에 따른 방문객수를 나타내는 휴양림 총수요곡선이 위 그림과 같다고 하자.¹²⁾ 만일 여행비용이 P(A)라면 높은 비용으로 인해 휴양림에 대한 수요량은 0이 될 것이고 가격이 P(B)라면 수요량은 X(B)가 될 것이다. 그런데 여행비용이 P(C)라고 한다면 수요량은 X(C)까지 늘어날 것이다. 왜냐하면 소비자는 X(B)에서 X(C)까지 재화를 소비할 때 변화되는 편익의 변화분이 실질적으로 부담해야 하는 여행비용보다 더 크다고 느끼기 때문이다. 그러나 이를 넘게 되면 편익의 변화분이 부담해야 하는 여행비용에 비해 낮기 때문에 수요량이 X(C)보다 더 늘어나지는 않을 것이다. 같은 가정에 의해 만약 여행비용이 점차 줄어든다면 방문객의 수 또한 점점 늘어날 것이고 마침내 여행비용이 0이 된다면 수요량은 X(D)까지 늘어나게 된다. 따라서 휴양림으로의 여행비용의 변화에 따른 휴양림의 총효용은 수요곡선의 아랫부분 면적인 OAD가 된다. 이 총효용에는 휴양객이 직접 지불한 여행비용과 소비자잉여가 함께 포함되어 있으므로 도출된 총효용에서 여행비용을 제한 부분을 자연휴양림 이용으로 인해 발생한 편익으로 간주할 수 있다.

12) 일반적인 수요곡선에서의 X축은 재화의 가격을 나타내지만 자연휴양림과 같은 환경재에는 시장가격이 없으므로 위의 수요곡선에서의 X축은 자연휴양림 방문에 따른 비용이라고 가정하는 것이 합당하다.

(2) 여행비용법(Travel Cost Method, TCM)

여행비용법은 소비자들이 자연휴양지를 방문하여 즐기기 위해 지출하는 비용을 분석하여 자연환경재의 가치를 평가하는 방법이다. 즉 자연휴양림을 이용하기 위해 휴양객들이 기꺼이 지불하고자 하는 금액을 여행비용으로부터 산출해내는 것이다. 여행비용법은 1947년 H. Hotelling이 최초로 오늘날의 여행비용법과 유사한 방법을 제시한 바 있으며 이 방법이 본격적으로 이용된 것은 Clawson(1959)에 의해서이다.

여행비용법은 특정 여행지를 방문할 때 소요된 여행비용 속에 해당 장소에 대한 여행자의 가치평가가 내재되어 있다는 가정 하에서 출발한다(이성태·이명현, 1999). 즉, 특정 위락자원의 수요량은 이동한 여행비용의 함수이다(김사헌·박세중, 2001). 본 연구와 관련하여 서술하면, 자연휴양림을 이용하는데 필요한 여행비용을 옥외 위락지 가격의 대리변수로 보고 수요곡선을 추정하며, 이 때 휴양림에 대한 총효용은 수요곡선의 아래 부분이 차지하는 면적이 된다.

여행비용법에는 두 가지 종류가 있는데 그것은 개인여행비용법(Individual travel cost method, ITCM)과 지역여행비용법(Zonal travel cost method, ZTCM)이다.

지역여행비용법은 지역 간 평균여행비용의 차이가 지역 간 방문율의 차이를 낳는다고 가정한다. 지역여행비용법에 있어서의 일반적인 여행 수요함수¹³⁾의 형태는 다음과 같다.

$$V_i / N_i = f(TC_i) \dots\dots\dots(\text{식 } 13)$$

- V_i : 휴양지에 대한 출발지 i 의 총방문자수
- N_i : 출발지 i 의 인구수
- TC_i : 출발지 i 로부터 휴양지까지의 평균 여행비용

지역여행비용법은 우선 휴양지로부터 거리를 기준으로 휴양객들의 출발지를 M 개의 지역으로 나누는 것이다. 이어서 휴양지를 방문한 사람들을 대상으로 그들의 거주지와 그 지역에서 휴양지까지의 평균 여행비용을 조사한다. 여기서 중요한 것은 위 휴양수요곡선을 추정하기 위해서는 V_i 즉, 휴양지에 대한 출발지 i 의 총방문자수가 파악되어야 한다는 점이다.

13) 본 연구는 자연휴양림에 대한 수요를 분석대상으로 하고 있으므로 이후로는 '여행 수요함수'를 '휴양수요함수' 라고 칭하기로 한다.

휴양수요곡선은 다음과 같이 확장될 수 있다.

$$V_i / N_i = f(TC_i, S_i, D_i) \dots\dots\dots(\text{식 } 14)$$

- V_i : 휴양지에 대한 출발지 i 의 총방문자수
- N_i : 출발지 i 의 인구수
- TC_i : 출발지 i 로부터 휴양지까지의 평균 여행비용
- S_i : 출발지 i 의 사회·경제적 특성
- D_i : 출발지 i 에서 휴양지까지의 거리

이 때 위 식에서의 여행비용에는 여행비, 음식비, 숙박비, 입장료 등이 모두 포함되어야 하고 여행시간의 기회비용을 포함할 수도 있다. 그러나 최근의 연구동향을 살펴보면 여행비용에는 주로 거리를 이용해 환산된 교통비용이 이용되고 있다. 음식비, 물품구입비, 숙박비 등을 여행비용에서 제외시키는 이유는 비용지출 규모가 휴양객 개개인의 주관에 따라 천차만별로 다르기 때문이다. 지역여행비용법의 경우는 휴양객 발생지를 다수의 권역으로 나누고 지역별 평균여행비용을 산정하게 되는데 휴양객 개개인의 주관 차이로 인해 같은 권역 안에서 발생한 휴양객들의 여행비용이 천차만별로 달라지면 신뢰성 있는 결과를 도출하기 어렵다.

지역여행비용법의 첫 번째 단계는 회귀분석에 필요한 자료들을 모아 휴양수요곡선을 추정하는 것이다. 통상 휴양수요곡선은 여행비용에 대해 감소함수로 나타난다.(권오상, 2005)

여행비용법의 두 번째 단계는 추정된 휴양수요곡선으로부터 총수요곡선(Aggregate demand curve)을 도출하는 것이다. 총수요곡선의 도출은 앞의 [그림 2]에서 설명한 휴양지의 총효용을 구하기 위한 과정으로, 총수요곡선은 휴양수요곡선을 바탕으로 여행비용이 한 단위씩 변화할 때 수요가 어떻게 변화하는가를 다시 회귀분석하게 된다. 이 때 총수요곡선은 출발지의 개수만큼 만들어지게 되고 각 출발지별 총편익을 모두 더한 값이 바로 그 휴양지에 대한 전국단위의 총체적 휴양편익을 의미하게 된다.

1973년 브라운(Brown)과 나와스(Nawas)가 처음 제안한 개인여행비용법은 같은 지역에서 발생한 휴양객들의 여행비용과 선호, 그리고 인구통계학적 특성이 모두 다르다는 사실에 주목하여 방문자 개개인의 정보들을 그대로 모형추정에 반영한다. 이 방법에서는 목적지에 대한 일정기간 동안의 방문회수와 여행비용, 방문형태, 응답자의 사회·인구통계학적 자료들이 변수로 이용된다. 나아가 최근의 연구들은 여행시간에 대한 노동

의 기회비용을 여행비용에 합산을 하여 분석에 이용하는데 이는 휴양이 제한된 예산과 시간을 소비하는 행위이기 때문이다. 지역여행비용법은 휴양객의 개인별 특성을 배제하고 지역별 평균값을 사용하는 반면, 개인여행비용법은 방문자 개개인들의 정보를 그대로 수요모형추정을 위해 사용할 수 있다는 장점을 갖고 있다(한상현·조광익, 2006).

개인여행비용법의 기본 모형은 다음 (식 15)과 같이 휴양객의 연간방문횟수를 종속변수로 하고, 휴양객의 거주지에서 방문지까지의 여행비용을 독립변수로 하여 회귀함수를 추정한다.

$$V = f(TCij) \dots\dots\dots(식 15)$$

V : 각 휴양객의 연간방문횟수
 TCij : 출발지 i 로부터 휴양지 j까지의 여행비용

여행비용에는 교통비, 물품구입비, 식사비, 시설이용료 등 다양한 형태의 비용을 포함시킬 수 있으나 앞에서 언급한 바와 같이 최근에는 대체적으로 교통비만을 여행비용으로 간주하는 경향이 강하다. 이는 개인의 주관 및 동반자 유형과 숙박유형에 따라 교통비를 제외한 기타 여행비용들의 규모가 크게 다르기 때문으로, 최근 연구들은 휴양객의 거주지에서 대상지까지의 거리를 그대로 여행비용변수로 이용하거나 거리를 금전가치로 환산하여 이용하고 있다.

중요한 여행비용형태의 하나는 바로 여행시간에 대한 기회비용이다. 과거의 연구들은 시간을 배제하고 실제 지불된 금전적 비용만을 여행비용으로 간주하였으나 이는 휴양이 시간을 들여 소비하는 행위임을 간과한 것이다. 사용할 수 있는 돈이 아무리 많아도 휴양활동을 할 수 있는 시간이 없으면 휴양행위는 발생하지 않기 때문이다.

휴양객은 여가를 즐기므로써 기타 행위들을 할 수 없게 되는데 이런 이유로 휴양활동에 따른 시간의 기회비용이 발생하게 된다. 문제는 이러한 시간의 기회비용에 어떠한 척도를 적용할 것인가 하는 것인데, 선행연구들을 살펴보면 여가시간 활용에 대한 가치를 임금율 혹은 임금율의 일정비율인 외생적인 상수로 취급하거나 수집된 자료에서 임금율에 대한 비율을 실증적으로 추정하기도 하며 최근 들어서는 여가시간의 가치를 상수가 아닌 개인들의 인구통계학적 변수들에 의하여 영향을 받는 함수로 추정하기도 한다(엄영숙·이광석, 2006). 그 중 대부분의 선행연구들은 시간당 임금율을 여가시간의 기회비용으로 반영하고 있으나 시간당 임금을 모두 여가시간의 기회비용에 반영하지 않

고 대체적으로 임금의 25%에서 50% 값을 여가시간의 기회비용으로 간주한다(권오상, 2005). 그 이유는 노동시간과 여가시간이 물리적인 관점에서는 동일한 시간이지만 심리적인 관점에서는 다르기 때문이다. 노동시간은 경제적 이득을 취하기 위해 여러 가지 고통을 감수하고 소비하는 시간이지만 여가시간은 고통이 아닌 개인의 즐거움을 위해 소비되는 시간이므로 비용 차원에서 노동시간의 가치가 더 높다고 할 수 있다.

시간비용을 여행비용에 추가시키는 것에 대해서는 연구자들 간에 큰 이견이 없으나 기타 독립변수의 선정에 있어서는 대상지와 휴양객의 유형 및 성격, 그리고 연구자의 주관에 의해 다양한 변수를 사용할 수 있다. 통상적으로 휴양객의 사회경제적 특성과 대상지의 환경질의 특성 등을 독립변수로 사용하는데 휴양객의 사회경제적 특성으로는 결혼유무, 성별, 연령, 교육기간 등의 변수가 고려된다.

이러한 변수들로 위의 식 또는 그 확장된 형태의 함수를 회귀분석하게 되면 특정 대상지를 방문한 휴양객의 평균적 방문 수요함수가 추정된다. 그리고 추정된 수요곡선의 아래면적을 적분하면 개인당 취하게 되는 1년 단위의 총효용을 구할 수 있다. 총효용을 구하는 공식은 다음 식과 같다.

$$TB = \int_0^{TC_{max}} f(TC) d(TC)^{14} \dots\dots\dots(식 16)$$

TB : 총효용
TC : 여행비용

그러나 이 값은 휴양객이 취하는 소비자잉여와 지불한 여행비용이 혼합된 값이므로 휴양지가 제공하는 휴양편익을 구하기 위해서는 위의 값에서 휴양객들이 연간 지불하는 평균여행비용을 빼야 한다.

휴양지의 환경질 변화가 유발하는 후생효과를 분석하기 위해서는 휴양지의 편익 자체가 환경질에 의해 어떤 영향을 받는지를 분석한다(권오상, 2005). 이 방법은 일단 휴양 수요곡선을 추정하여 각 휴양지를 방문하여 얻는 편익을 구한 뒤, 이러한 편익을 각 휴양지의 자원특성에 대해 회귀분석 하는 것으로, 헤도닉가격법(Hedonic Price Method, HPM)의 개념을 이용한 것이다.

14) 단, 이 때 TC_{max} 는 회귀함수에 의해 1/365회(약 0.003회)의 여행횟수를 발생시키는 여행비용이다. 이는 1년이 365일 이므로 휴양객이 최대로 휴양림을 방문할 수 있는 횟수는 1년에 365회 이기 때문이다.

(3) 헤도닉가격법(Hedonic Price Method, HPM)¹⁵⁾

특성가격법이라고도 일컫는 헤도닉가격법은 자연환경이 주택과 같은 자산의 가치에 미치는 영향을 파악하여 환경의 가치와 환경질 개선의 편익을 추정하는 방법이다(권오상, 2007).

통상 헤도닉가격법은 시장가격이 존재하는 재화의 가치와 주변 환경질 간의 영향 관계를 규명하게 되는데, 환경질이 주택가격에 미치는 영향을 분석할 경우에는 다음처럼 주택시장의 여러 주택이 가지고 있는 여러 특성들과 주택가격을 조사하여 다음과 같은 특성가격함수(hedonic price function)를 회귀분석을 통해 추정하게 된다.

$$\text{Phi} = f(\text{Si}, \text{Ni}, \text{Qi}) \dots\dots\dots(\text{식 } 17)$$

이때 Phi 는 i 번째 주택의 가격을 나타내고 Si 는 주택의 크기, 방의 수, 노후연수, 형태 등의 구조변수를 나타낸다. 또한 Ni 는 학군이나 도심지와와의 거리, 주변의 범죄율 등 주택의 주변 환경을 나타내는 변수이고 마지막으로 Qi 는 주택주변의 대기 질을 나타내는 변수이다.

위 식을 추정한 후에는 추정된 함수 f(Si, Ni, Qi)를 Qi 에 대해 미분하여 대기 질이 한 단위 더 좋아질 경우 증가하는 주택가격 $\frac{\Delta P_i}{\Delta Q_i}$ 을 각 주택에 대해 구하게 되는데 이를 주택의 잠재한계가격(implicit marginal price)라고 부른다. 이 때 주택의 잠재한계가격은 주택 소비자가 대기질이 한 단위 더 개선된 주택을 구입하기 위해 지불하여야 할 금액을 의미한다. 그리고 주택시장에서 소비자들은 다양한 잠재한계가격을 갖는 주택들 중에서 자신이 한 단위 개선된 대기 질에 거주하기 위해 지불할 의사가 있는 금액과 일치하는 잠재한계가격을 가지는 주택을 선택할 것이다.

소비자들의 대기 질에 대한 한계지불의사를 도출하기 위해서는 추정된 잠재한계가격과 소비자들의 다양한 소득 및 사회·경제적 특성들을 이용하여 다음과 같은 회귀식을 추정해야 한다.

$$\frac{\Delta P_i}{\Delta Q_i} = w(\text{Si}, \text{Ni}, \text{Qi}, \text{mi}, \text{ai}) \dots\dots\dots(\text{식 } 18)$$

15) 본 내용은 권오상(2007)의 『환경경제학』 교재 15장 내용을 정리한 것이다.

이 때 m_i 는 조사된 각 소비자의 소득이고 a_i 는 소비자의 기타 사회경제적 특성을 나타낸다. 위 식의 좌변은 각 주택의 잠재한계가격의 예측치인데, 추정된 특성가격함수를 미분한 후, 각 주택의 특성변수 (S_i, N_i, Q_i) 을 대입하여 도출한 값이다.

위 식에서 추정된 함수 $w(S_i, N_i, Q_i, m_i, a_i)$ 가 바로 소비자들이 대기질 개선에 대해 지불하고자 하는 한계지불의사를 나타낸다. 따라서 대기질이 Q^0 에서 Q^1 으로 개선되면서 발생하는 가구당 평균 총편익을 추정된 $w(S, N, Q, m, a)$ 곡선 하의 면적을 Q^0 와 Q^1 구간에서 계산하여 구한 값이다. 이를 연간 편익으로 환산하고자 할 경우에는 주택의 수명과 할인율을 반영하여 환산하는 절차를 거쳐야 한다.

본 연구에서는 개인여행비용법으로 휴양립별 휴양편익을 구한 후, 헤도닉가격법의 방법론을 이용하여 휴양편익과 휴양립별 자원특성 간의 회귀분석을 통해 자원특성의 차이에 따라 유발되는 편익의 차이를 관찰하였다. 그러나 본 연구의 목적은 휴양편익의 크고 작음에 미치는 자원특성들의 영향력을 규명하는 것에 있는 바, 헤도닉가격법의 과정 중 특성가격함수 도출 이후의 과정은 수행하지 않았다.

다) 휴양립별 휴양수요곡선 추정모형

본 연구에서는 다음 식과 같이 종속변수인 연간 방문횟수에 영향을 주는 독립변수로 여행비용(왕복이동비용+시간의 기회비용), 휴양객의 사회경제적 특성, 그리고 휴양객의 휴양특성을 설정하고 이 함수를 회귀 분석하였다. 추정함수의 이론모델은 다음과 같다.

$$V = f(TC_{ij}, SC, RC) \dots\dots\dots(식 19)$$

- V : 각 휴양객의 연간방문횟수
- TC_{ij} : 출발지 i 로부터 자연휴양림 j까지의 여행비용
- SC : 휴양객의 사회경제적 특성
- RC : 휴양객의 휴양특성

또한 실증모델은 다음 식과 같이 선형회귀식으로 설정하였으나, 분석결과 여행비용과 방문횟수 간에는 곡선 형태를 띤 감소함수관계에 있으므로 선형회귀식에 이를 반영하기 위해 여행비용에 자연로그를 취하였다.

$$Y = a + b \ln X1 + cX2 + dX3 + \epsilon \dots\dots\dots(\text{식 } 20)$$

- Y : 각 휴양객의 연간방문횟수
- X1 : 휴양객의 거주지로부터 자연휴양림까지의 여행비용
- X2 : 휴양객의 사회경제적 특성
- X3 : 휴양객의 휴양특성
- b, c, d : 계수, a : 상수, ϵ : 오차항

휴양객의 사회경제적 특성변수 및 휴양객 휴양특성변수에 대한 각각의 대리변수들은 다음과 같다.

- X2 (휴양객의 사회경제적 특성) : 성별, 결혼유무, 소득, 연령, 교육기간
- X3 (휴양객의 휴양특성) : 휴양림에서의 휴양활동 개수, 경합지 개수

위 식을 추정할 이 후에는 종속변수인 방문횟수와 독립변수인 여행비용을 제외한 나머지 독립변수들에 평균값을 적용, 회귀 식에 방문횟수변수와 여행비용 변수만을 남긴다.

$$Y = a + b \ln X1 + \epsilon \dots\dots\dots(\text{식 } 21)$$

- Y : 각 휴양객의 연간방문횟수
- X1 : 휴양객의 거주지로부터 자연휴양림까지의 여행비용
- b : 계수, a : 상수, ϵ : 오차항

그리고 이 회귀곡선의 아래 부분을 적분하면 이것이 곧 평균적으로 휴양객 1인이 1년간 취하게 되는 총효용이 된다. 그러나 회귀곡선 아래 전체를 적분한 금액은 휴양을 위해 지불한 여행비용과 소비자 잉여가 합산된 금액이므로 자연휴양림이 제공하는 휴양편익을 구하기 위해서는 도출된 총효용에서 휴양객 1인이 1년 동안 해당 휴양림을 방문하기 위해 지출하는 평균여행비용을 빼야 한다.

그러나 이렇게 구한 휴양편익은 휴양객 한 명이 취하는 휴양편익이므로 해당 자연휴양림 전체의 휴양편익이라고 볼 수 없다. 여기에 총이용객수를 곱해야 비로소 해당 자연휴양림이 공공에게 제공하는 전체적 의미의 휴양편익이라고 할 수 있다. 총이용객수에 대한 대리변수로는 연간 총투숙객과 총입장객수를 사용할 수 있지만 앞서도 언급하였듯이 총투숙객수의 경우에는 휴양림이 갖고 있는 산림자원 및 휴양자원에 의해 좌우된다기보다는 휴양림의 숙박 수용력과 연관이 있으므로 휴양림의 자원특성을 반영하기 위해서는 총이용객수의 대리변수로 연간 총입장객수를 사용하는 것이 합당할 것이다.

라) 휴양편익-대상지 특성 간 회귀함수

본 연구의 대상지가 아닌 다른 산림휴양지의 휴양편익을 간접적으로 도출하기 위해서는 휴양편익과 대상지 특성 간의 회귀함수를 추정하여야 한다. 회귀함수가 도출되면 목표 대상지의 대상지 특성들을 조사하여 도출된 회귀식에 대입하게 되면 해당 산림휴양지에서 발생하는 휴양편익을 추정할 수 있게 된다.

자연휴양림에 대한 휴양편익과 대상지특성 간의 회귀함수의 이론모델은 다음과 같다.

$$RB = g(NR, FR, A) \dots\dots\dots(\text{식 } 22)$$

- RB : 산림휴양편익
- NR : 휴양림의 산림자원특성
- FR : 휴양림의 시설특성
- A : 휴양림의 접근성 특성

또한 실증모델은 다음 식과 같이 선형회귀식으로 설정하였다.

$$Y = a + bQ1 + cQ2 + dQ3 + \epsilon \dots\dots\dots(\text{식 } 23)$$

- Y : 자연휴양림 전체에 대한 산림휴양편익
- Q1 : 휴양림의 산림자원특성 변수
- Q2 : 휴양림의 시설특성 변수
- Q3 : 휴양림의 접근성 특성 변수
- b, c, d : 계수, a : 상수, ϵ : 오차항

그리고 각 독립변수에 대한 대리변수들은 다음과 같은데, 앞에서 조사한 대상지특성 일 일부는 연구의 목적의 맞게 형태를 변형하였다. 즉 침엽수림 면적, 활엽수림 면적, 자연림 면적, 인공림 면적을 각각 비율로 환산하여 적용하였다.

- Q1(휴양림의 산림자원특성) : 평균수령, 임상 中 침엽수/활엽수 비율,
임상 中 자연림/인공림 비율,
총면적에 대한 침엽수/활엽수 비율,
총면적에 대한 자연림/인공림 비율

- Q2(휴양림의 시설특성) : 총면적, 편의시설면적, 임도길이, 전문인력수,
조성 후 경과년도, 최대수용인원

Q3(접근성 변수) : 대중교통 운행횟수, 7대 광역도시에서의 인구가중평균 거리
가장 많은 휴양객이 발생한 대도시까지의 거리

특히 접근성 변수에는 대중교통 운행횟수 이외에도 각 자연휴양림에서 7개 광역도시 (서울특별시, 대전광역시, 대구광역시, 부산광역시, 인천광역시, 광주광역시, 울산광역시)까지의 인구가중평균거리와 가장 많은 휴양객이 발생한 대도시까지의 거리를 측정하여 적용하였는데 이는 휴양림이 도시에서 가까워야 휴양편익이 커지는지 아니면 멀어야 편익이 커지는지를 살펴보기 위해서이다. 인구가중평균거리란 휴양림에서 7대 도시까지의 거리의 평균을 구하되 거리에 각 도시의 인구를 적용하여 산출되는 거리이다

2. 산림자원계정시스템

가. 연구대상지역 선정

연구대상지역으로 전라남도 광양시 진상면 백운산 지역의 수어댐 유역을 선정하였다. 전체 유역면적은 4,884 ha이고, 이 중 산림의 면적은 4,419 ha로 전체 면적 중 약 90%에 해당한다. 전체 유역면적의 44%, 산림면적의 48%를 서울대학교 남부학술림이 차지하고 있으며, 점유면적은 2,135 ha 이다(Figure 2).

이 지역에서는 목재계정 및 탄소계정 산출에 필요한 입목축적량 자료(서울대학교 남부학술림 관리)와 수자원계정 산출에 필요한 수문통계 자료 및 수자원공급량 자료(한국

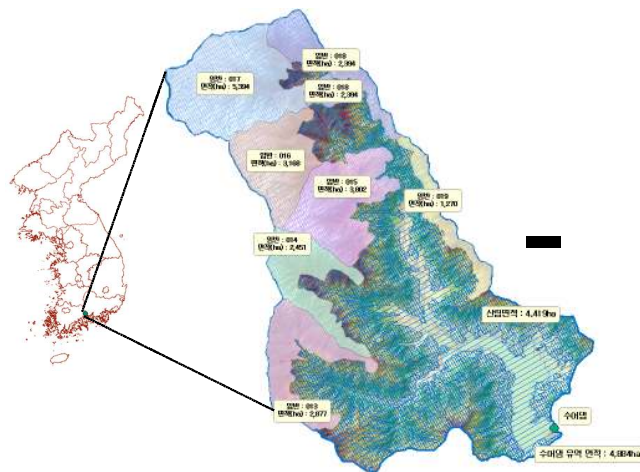


그림 2. Su-eo dam watershed in Kwang-yang, JeollaNamdo

수자원공사 여수권관리단 관리) 등 본 연구에 필요한 기본 자료획득이 용이하여 연구대상지역으로 선정하게 되었다.

나. 자료가공 및 데이터베이스 구축

산림자원계정 평가를 위한 기초 자료로 수치지형도, 수치임상도, 서울대학교 남부학술림에서 제작한 수치임소반도 등의 수치화 된 GIS 공간자료와 남부학술림의 산림조사부, 수어댐의 수문통계 및 수자원공급량 자료, 임업통계연보 등 대장이나 보고서 형식으로 기술된 속성자료를 이용하였다(Table 1).

표 32. Data for Forest Resource Accounting Assessment

Data Type	Data Name(Producted Year)	Scale	Source
Spatial Data	Digital Topographical Map(2000)	1/25,000	National Geographic Information Institute
	Digital Forest Type Map(1996)	1/25,000	Korea Forest Service
	Digital Compartment Map of SNU Nambu Forest(2000)	1/25,000	Seoul National University Forest
Attribute Data	Forest-description of SNU Nambu Forest(1992, 2002)	-	Seoul National University Forest
	Statistical Yearbook of Forestry (1990~2000)	-	Korea Forest Service
	Hydrologic Statistical Data of Su-eo Dam(1990~2000)	-	Korea Water Resources Corporation
	Water Supply Data of Su-eo Dam (2000)	-	Korea Water Resources Corporation

* SNU : Seoul National University.

수어댐 유역에 포함되는 남부학술림 경계와 남부학술림을 포함한 산림 경계를 작성하기 위해 GIS 공간자료로부터 수어댐 위치점을 유출구로 한 유역분석을 수행하여 수어댐 유역경계도를 추출하고, 추출된 유역경계도를 이용하여 남부학술림 수치임소반도와 수어댐 유역 내 수치임상도를 가공하였다.

속성자료의 경우, 각종 대장과 보고서에 기재되어 있는 내용을 데이터베이스화 하였다. 남부학술림의 산림조사부, 수어댐의 수문통계 및 수자원공급량 자료, 임업통계연보로부터 추출된 입목가격 등을 각각 산림조사 테이블, 수문통계정보 테이블, 수자원공급량 테이블, 입목가격 테이블 등에 입력·저장하였다(Figure 3).

남부학술림 수치임상반도에 산림조사 정보를 결합하여 입목축적량 집계에 활용하였으며, 수어댐 유역 내 수치임상도로부터 산림경계를 추출하여 유역 내 전체 산림면적과 남부학술림을 제외한 민유림 면적을 산출하였다.

공간 및 속성 자료를 가공과 정보추출은 ESRI의 ArcGIS Desktop 9.0을 이용하였고, 가공된 자료를 ESRI의 ArcSDE 9.0을 통해 관리되는 ORACLE 9i Table Space에 저장하였다.

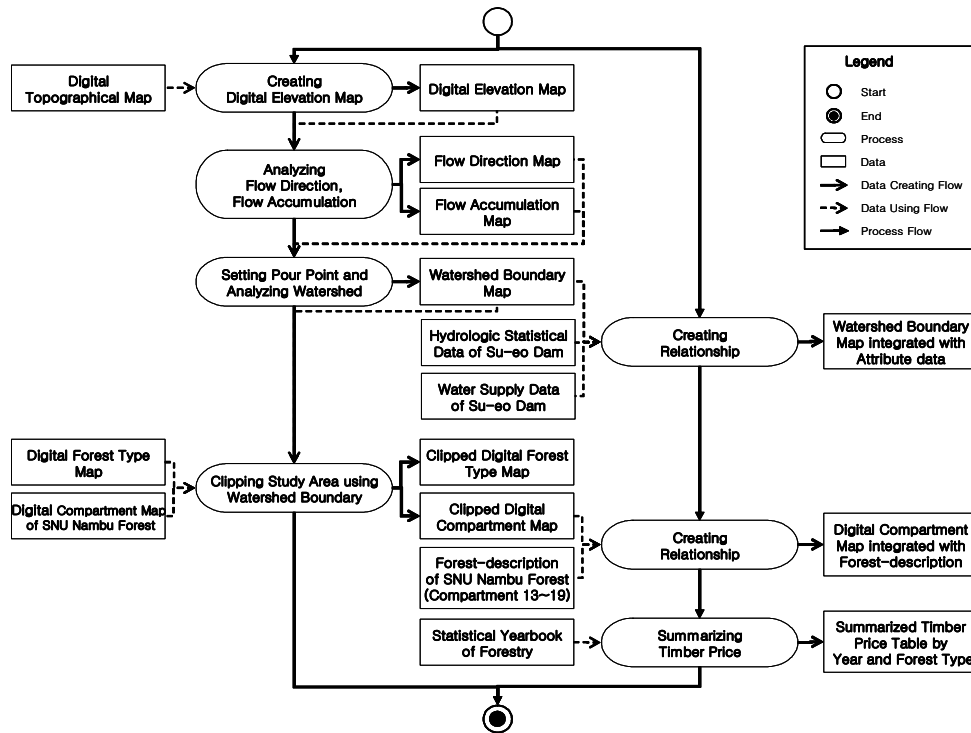


그림 3. GIS Database Building Process

다. 산림자원계정 평가모델

임의 지역의 산림자원계정을 산출하기 위해 목재, 탄소, 수자원 등의 기능별 계정을

산출하고 산출된 계정에 환산계수를 적용하여 기능별 계정을 동일한 수준으로 환산하였다(식 (2)-(1)). 그리고, 전체 산림자원계정에서 목재, 탄소, 수자원 계정이 차지하는 비율을 구하여 기능별 기여정도를 비교·평가하였다(그림 4).

$$\sum_{i=1}^3 c_i A_i \dots\dots\dots \text{식 (2)-(1)}$$

FA : Forest Accounting
c_i : Conversion Coefficient(Weight)
A_i : Accounting
i=1(Timber), 2(Carbon), 3(Water)

취득된 속성자료의 생성시기를 살펴보면, 산림조사부는 1968년부터 10년마다 작성되었고, 수어댐의 수문통계자료와 산림청의 임업통계연보는 1970년대 이후부터 매년 조사 결과를 보고하고 있다. 반면, 수어댐의 수자원공급량 자료는 2000년 말에 작성되어 2000년 현재의 현황을 반영하고 있다.

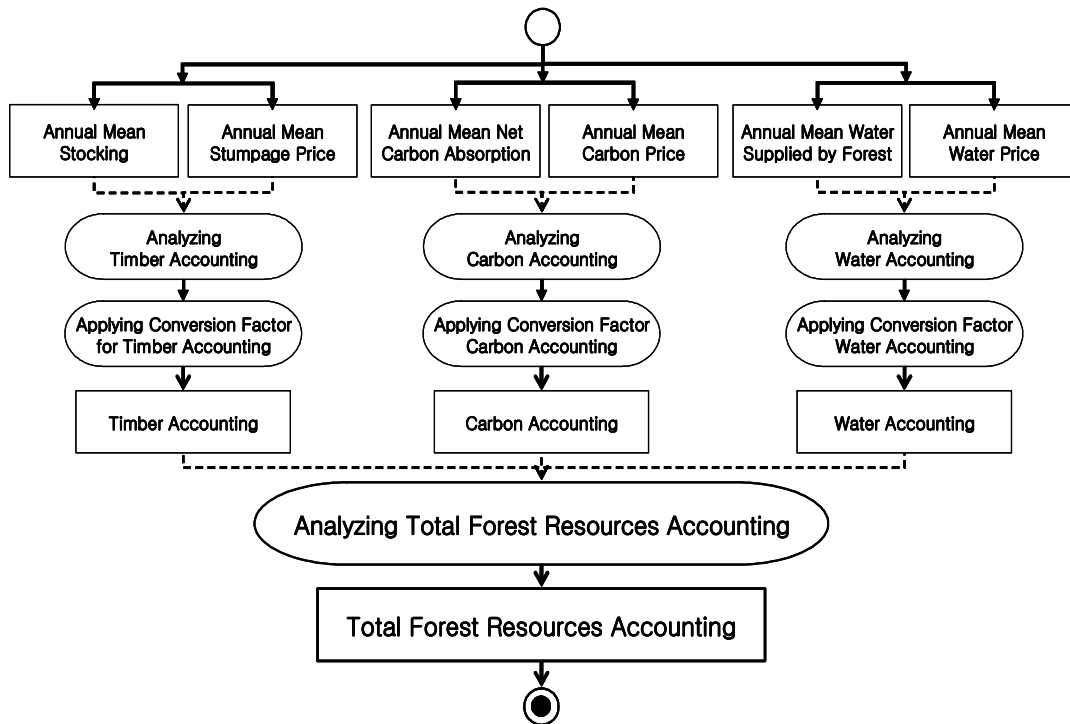


그림 4. 산림자원계정 평가 흐름도

이러한 자료의 제약으로 인해, 1992년과 2002년에 작성된 산림조사부를 이용하여 10년간의 연평균 입목축적량을 산출하였고, 임업통계연보로부터 1990년부터 2000년까지의 연평균 원목가격을 산정하였으며, 수어댐의 수자원공급량 자료가 2000년 현황을 반영하고 있기 때문에 수문통계자료는 2000년 자료를 이용하였다.

1) 목재 계정

목재계정은 임상별 연평균 입목축적량에 시장가역산법을 통해 구한 입목의 가격을 곱하여 산출하였다. 입목의 가격은 시장에서 거래되는 원목의 가격에 입목 자체가 차지하는 입목가 비율(0.30) 및 조재율(0.85)을 적용하여 산정하였다(식 (2)-(2)).

$$A = U \sum_{j=1}^2 MS_j P_j \dots\dots\dots\text{식 (2)-(2)}$$

- A_I : Timber Accounting
- CR : Component Ratio of Stumpage Price in Timber Price($CR = 0.30$)
- U : Utilization Percent($U = 0.85$)
- MS_j : Annual Mean Stocking
- P_j : Timber Price
- $j=1$ (Hardwood), 2 (Softwood)

2) 탄소 계정

이산화탄소의 흡수고정량을 계산하기 위해서 대상지의 산림을 침엽수림, 활엽수림으로 구분하여 당해 연도의 입목축적 순증가량에 전건비중(침엽수 : 0.47, 활엽수 : 0.80)을 곱하여 수간바이오매스 순증가량(NGSB : Net Growth of Stem Biomass)을 구하였다. NGSB에 수간부 대 지상부 바이오매스 비율(침엽수 : 1.29, 활엽수 : 1.22)과 지상부 대 전체 바이오매스 비율(침엽수 : 1.28, 활엽수 : 1.41)을 각각 곱하여 전체 바이오매스 증가량을 구하고, 탄소전환인자 0.5를 곱하여 순 탄소흡수량을 산출하였다.

탄소의 화폐가치는 탄소시장에서 거래되는 탄소의 가치를 적용하였다(식 (2)-(3)).

$$A_2 = P_{carbon} \cdot \sum_{j=1}^n r_{j,stem/abovegrowth} \cdot r_{j,abovegrowth/full} \cdot G_{j,overdry} \cdot MS_j \cdot C_j \quad \text{식 (2)-(3)}$$

- A_2 : Carbon Accounting
- c : Carbon Conversion Coefficient
- P_{carbon} : Carbon Price
- $r_{j,stem/abovegrowth}$: Ratio of Stem to Abovegrowth Biomass
- $r_{j,abovegrowth/full}$: Ratio of Abovegrowth to Full Biomass
- $G_{j,overdry}$: Overdry Specific Gravity
- MS_j : Annual Mean Stocking
- C_j : Coefficient ($C_1 = 0.688$, $C_2 = 0.388$)
 $j=1$ (Hardwood), 2 (Softwood)

3) 수자원 계정

산림의 수자원함양 기능의 경제적 가치는 유역에서 유출되어 활용되는 수자원의 이용량을 파악하고 그 이용량 중 산림의 기여량을 추산한 다음, 추산한 기여량에 수자원 이용에 따른 요금을 적용하여 산출하였다(식 (2)-(4)).

$$A_3 = P_{water} \cdot \sum_{j=1}^n \Gamma_{natural\ inflow} \cdot MWS_j \quad \text{식 (2)-(4)}$$

- A_3 : Water Accounting
- P_{water} : Water Price ($P_{water} = \text{₩}87.81/\text{ton}$)
- Γ_{forest} : $A_{forest}/A_{watershed}$ (A_{forest} : Forest Area, $A_{watershed}$: Watershed Area)
- $\Gamma_{natural\ inflow}$: $Q_{land\ inflow}/Q_{total\ inflow}$
- $Q_{land\ inflow}$: Inflow Quantities from Land, $Q_{total\ inflow}$: Total Inflow Quantities)
- MWS : Annual Mean Water Supply

4) 환산계수의 적용

개별적으로 구해진 각 계정을 비교하고, 합산하여 전체 계정을 산출하기 위해서 환산계수를 적용, 각 계정 간의 가치를 시간적, 공간적으로 동일한 수준에 맞추도록 하였다.

본 연구대상지의 경우, 목재계정과 탄소계정을 산출하기 위해 이용된 산림조사부는 민유림 2,284 ha를 제외한 남부학술림 13~19임반 2,135 ha에 대한 조사자료이며, 수자원계정을 산출하기 위해 이용된 수문통계자료 및 수자원공급량 자료는 수어댐 유역 4,884 ha에 대한 통계자료이다. 자료별로 대표하는 공간이 다르기 때문에 각 계정별로 적절한 환산계수를 적용하여 연구대상지역인 수어댐 유역의 면적에 맞추어 계정을 재산출하였다.

목재계정과 탄소계정에 적용될 환산계수를 구하기 위해서 우선 민유림의 입목축적량을 추정하였다. 민유림의 입목축적량은 현장 표본조사와 임상도를 분석한 결과 13, 14, 15임반의 임상과 동일 수준으로 취급해도 무방하리라는 전제하에 13, 14, 15 임반의 ha 당 평균축적 79.8 m³/ha를 민유림 면적 2,284 ha에 곱하여 182,263 m³로 추정하였다. 추정된 축적량과 남부학술림 13~19임반 전체의 축적량 219,008 m³과의 비율을 계산하여 환산계수 $(219,008+182,263)/219,008 = 1.8$ 을 얻었다. 수자원계정의 환산계수는 이미 대상지의 산림이 가진 가치를 평가하였으므로 환산계수는 1로 하였다.

나. 산림자원계정 평가모듈

산림자원계정 평가모듈을 활용하여 전산시스템에서 계정값을 산출할 수 있는 모듈을 설계하고, .NET 기반의 DLL 컴포넌트(Component)로 구현하였다. 기본적으로 목재, 탄소, 수자원 계정 등을 산출할 수 있는 기본 모듈, GIS DB에 접속하여 각 기본 모듈에 데이터를 제공하고, 산출된 결과를 GIS DB에 등록하는 GIS DB 관리 모듈, 그리고 각 기본 모듈과 통신하여 전체 산림자원계정을 산출하고, 각 기능별 계정이 전체 산림자원계정 중 차지하는 비율을 제공하는 산림자원계정 평가모듈 등을 개발하였다.

개발언어로는 Microsoft 사의 Visual Basic .NET 2003을 이용하였으며, GIS DB 접근 및 GIS 분석을 위하여 ArcObject를 활용하였다.

1) 목재계정

목재계정산출모듈은 목재계정산출모듈에서 제시된 바와 같이 임상별 입목축적, 임상별 원목가격, 조재율, 원목내 입목가 비율 등을 입력하면, 임상별 목재계정과 전체 목재계정을 산출하도록 구현되었다(그림 5).

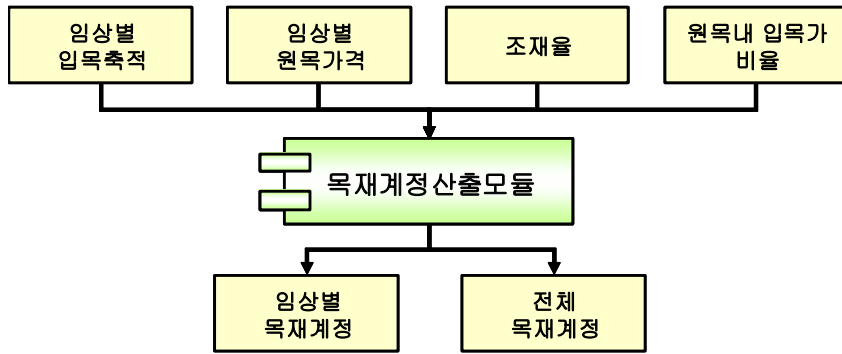


그림 5. 목재계정산출모듈 구성도

2) 탄소계정

탄소계정산출모듈은 탄소계정산출모델에서 제시된 바와 같이 임상별 입목축적과 탄소 가격을 입력하면, 내부에서 계산된 탄소전환계수를 적용하여 임상별 탄소계정과 전체 탄소계정을 산출하도록 구현되었다(그림 6).

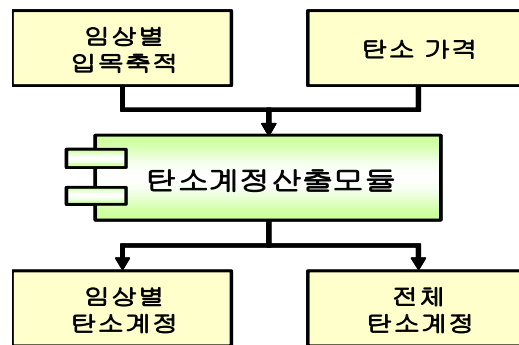


그림 6. 탄소계정산출모듈 구성도

3) 수자원계정

수자원계정산출모듈은 수자원계정산출모델에서 제시된 바와 같이 저수지나 댐 등과 같은 수자원 공급시설에서 제공되는 수자원의 공급량과 공급되는 수자원 중 산림이 기여한 비율, 그리고 수자원의 가격을 입력하면 수자원계정을 산출하도록 구현되었다(그림 7).

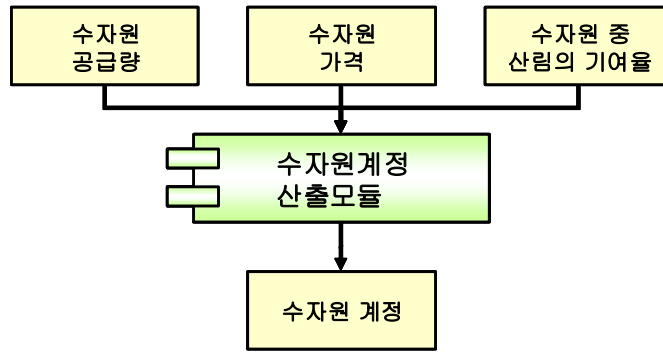


그림 7. 수자원계정산출모듈 구성도

4) GIS DB 관리

GIS DB 관리모듈은 ArcSDE와 목재, 탄소, 수자원계정 등 기본 모듈의 중간에 위치하는 중계자로서 GIS DB로부터 각 기본 모듈에서 요구되는 입력데이터를 제공하여 각 기본 모듈이 정보를 처리하도록 하며, 각 기본 모듈로부터 처리된 정보를 다시 GIS DB에 등록하는 역할을 수행하도록 구현되었다(그림 8).

현재는 1차년도에 구축된 GIS DB 모델에 맞추어 데이터를 처리하도록 구성되어 있지만, 데이터베이스 모델이 변경되거나, GIS DB에 접근하는 방식이 ArcSDE 이외의 다른 미들웨어를 통하도록 변경된다면, GIS DB 관리모듈을 수정 혹은 교체함으로써 기본 모듈의 변경없이 시스템이 운영되도록 하였다.

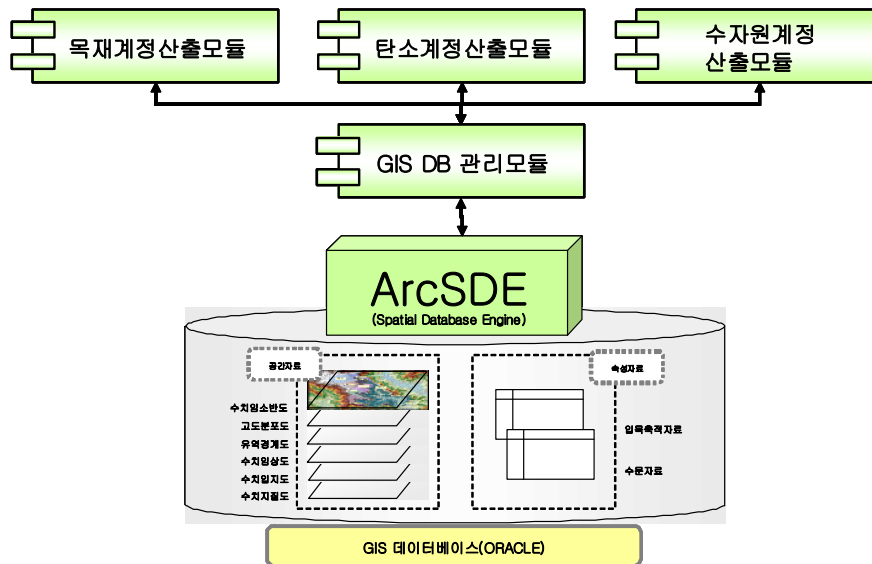


그림 8. GIS DB 관리모듈 구성도

5) 산림자원계정 평가

산림자원계정 평가모듈은 산림자원계정 평가모델에서 제시된 바와 같이 목재, 탄소, 수자원 계정에 사용자로부터 입력된 가중치를 적용하여 합산함으로써 전체 산림자원계정을 산출하고, 전체 산림자원계정 중 각 기능별 계정이 차지하는 비율을 계산함으로써 각 기능의 발현정도를 비교·평가할 수 있도록 구현되었다(그림 9).

전체 산림자원계정 산출방식이나 비교·평가 방식이 변경될 경우, 본 모듈을 수정 혹은 교체함으로써 기본 모듈의 변경없이 시스템이 운영되도록 하였다.

특히, 향후 연구를 통해 산림자원계정으로부터 생산된 정보를 바탕으로 한 의사결정 지원 방법이 수립된다면, 본 모듈에 의사결정지원 방법으로부터 정보를 생산할 수 있는 알고리즘을 직접 구현하거나, 모듈을 추가함으로써 향상된 기능을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

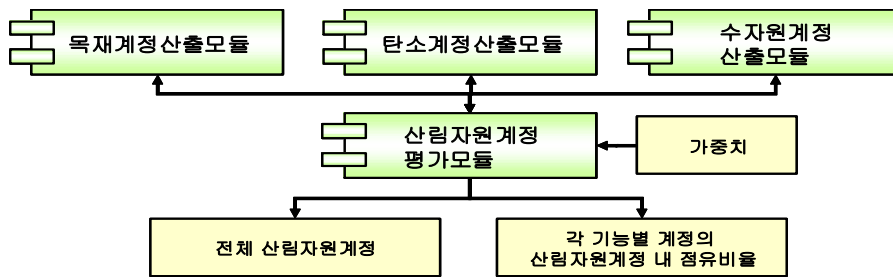


그림 9. 산림자원계정 평가모듈 구성도

제2절 연구결과 및 고찰

1. 산림자원계정 평가

가. 목재 계정

지난 5년간(2001년 말~2006년 말) 우리나라 산림자원 통계자료(산림청 통계자료)를 통해 우리나라의 전국산림에 대한 목재계정의 물리적 계정 및 화폐적 계정을 알아보았다. 기초축적은 2001년 말의 축적을, 기말축적은 2006년 말 축적을 기준으로 하였다. 혼효림의 축적은 침엽수와 활엽수에 절반씩 배분하여 침엽수와 활엽수의 축적을 구하였다. 기초와 기말 사이의 기간 동안의 축적 변동량은 임업통계연보에서 작성하고 있는 산림벌채량(상업적 벌채량 및 피해목 벌채량 포함)을 기준으로 하였다. 그러나 이 자료

는 침엽수 및 활엽수 별로 벌채량을 구분하고 있지 않으므로 산림청의 임산물생산통계 자료 중 용재생산자료를 기준으로 하여 같은 기간 동안(2002~2006년) 침엽수: 활엽수 용재생산 비중¹⁶⁾인 침엽수 68.2%, 활엽수 31.8%를 적용하여 침엽수, 활엽수별 벌채량을 산출하였다.

표 32. 목재의 물리적 계정 (단위: m3)

구분	침엽수	활엽수	계
기초축적(2001년말)	247,387,556	181,059,303	428,446,859
순임목성장량 (2002~2006년)	64,033,898	42,364,885	106,398,783
벌채량 (2002~2006년)	-6,149,032	-2,867,144	-9,016,176
기말축적(2006년말)	305,272,422	220,557,044	525,829,466

목재의 화폐적 계정은 침엽수, 활엽수 별 단위재적당 입목가격을 적용하여 구하였다. 즉, 침엽수 14,988원/m³, 활엽수 8,709원/m³ 을 물리적 계정의 각 항목에 적용하였다. 2006년말 임목축적량 기준 목재의 화폐계정은 6조 4,963억 원으로 계산되었다.

표 33. 목재의 화폐적 계정 (단위: 천원)

구분	침엽수	활엽수	계
기초축적(2001년말)	3,707,844,689	1,576,845,470	5,284,690,159
순임목성장액 (2002~2006년)	959,740,063	368,955,783	1,328,695,846
벌채감소액 (2002~2006년)	-92,161,691	-24,969,957	-117,131,648
기말축적(2006년말)	4,575,423,061	1,920,831,296	6,496,254,357

나. 탄소 계정

지난 5년간(2001년말~2006년말) 우리나라의 산림이 흡수·고정하고 있는 탄소의 물리

16) 2002년부터 2006년까지 5년간 용재생산량 누계는 7,307,284m³(침엽수 4,981,790m³, 활엽수 2,325,494m³)이다. 이는 임업 통계연보 상의 벌채량인 9,016,176m³보다 적으며(피해목 벌채량 포함), 이 벌채량을 침활별 용재생산 비중으로 나누어 벌채량을 구하였다.

적 계정 및 화폐적 계정은 목재의 계정으로부터 도출하였다. 단 토양탄소에 의한 탄소 흡수량은 계정의 작성에 포함하지 않았다. 탄소 계정은 물리적 계정의 경우 목재 계정에 전환계수인 침엽수 0.388, 활엽수 0.688을 곱하여 계산하였다. 탄소의 화폐적 계정은 탄소의 물리적 계정에 탄소가격인 톤당 14,250원(\$15/tC)을 적용하여 구하였다. 2006년 말 임목축적량 기준 탄소의 화폐계정은 3조 8,502억 원으로 계산되었다.

표 34. 탄소의 물리적 계정 (단위: tC)

구분	침엽수	활엽수	계
기초축적(2001년말)	95,986,372	124,568,800	220,555,172
총탄소흡수 (2002~2006년)	24,845,152	29,147,041	53,992,193
벌채배출 (2002~2006년)	-2,385,824	-1,972,595	-4,358,419
기말축적(2006년말)	118,445,700	151,743,246	270,188,946

표 35. 탄소의 화폐적 계정 (단위: 천원)

구분	침엽수	활엽수	계
기초축적(2001년말)	1,367,805,797	1,775,105,407	3,142,911,204
총탄소흡수 (2002~2006년)	354,043,422	415,345,332	769,388,755
벌채배출 (2002~2006년)	-33,997,998	-28,109,480	-62,107,478
기말축적(2006년말)	1,687,851,221	2,162,341,259	3,850,192,481

다. 수자원 계정

1) 수자원의 물리적 계정

가) 분석 1

분석 1에서는 본 연구의 물리적 계정으로써의 수자원함양기능에 영향을 주는 인자들에 대한 영향력으로 표현한 환경인자들로 구성된 모델을 도출하기 위하여 독립변수들에 쓰일 각 환경인자들에 관한 검증을 임상별 세 가지의 분류로 나누고, 각 임상에 임업시업을 하였을 경우의 환경이 변하였을 때의 수원함양변화량에 대한 기초지식을 정립하는데 의의가 있다. 본 부분에서는 환경인자들과 수원함양량이 기존의 연구들에서 밝힌 바

대로 실제적인 연관성을 보였는지를 공분산분석을 통하여 보이고, 분석 2와 더불어 분석 3의 기초자료를 제공한다.

표 36. 침엽수림 시업 후 증가 한 수원함양량 증가와 임상별 수원함양량 증가에 관한 상관성

연도	침엽수림 시업 후 수원함양량 증가	침엽수림 수원함양량 증가	혼효림 수원함양량 증가	활엽수림 수원함양량 증가
2000	0.1	1.2	3.6	1.3
2001	0.1	1.4	4	1.4
2002	0.2	1.5	4.4	1.6
2003	0.2	1.7	4.7	1.7
2004	0.2	1.8	5.1	1.8
2005	0.3	2	5.4	2
공분산	0.004722222	0.016666667	0.038888889	0.015555556

자료: 국립산림과학원 (2007)

각각의 공분산 값을 종합하여 볼 때에 침엽수림 사업 후의 수원함양량의 증가에 따라 임상별로는 혼효림의 수원함양량의 증가가 가장 많은 상관성을 보이며, 침엽수림과 활엽수림은 비슷한 상관성의 정도를 보인다.

다음은 공분산 분석결과를 표로 정리한 것이다. 분석결과를 통하여 침엽수림 사업수의 수원함양량의 증가는 공분산값과 같은 순서로 도출되었다. 하지만 해석에 있어 유의할 점은 공분산분석에서는 각 자료간의 선형관계의 여부와 방향만을 나타내주므로, 본 분석결과는 침엽수림의 사업은 분명히 수원함양량의 증가에 정의 영향을 주고, 특별히 침엽수림과 활엽수림보다는 혼효림에 더 많은 영향을 준다는 사실만을 확인할 수 있다.

표 37. 침엽수림 시업 후 증가 한 수원함양량 증가와 임상별 수원함양량 증가에 관한 공분산 분석결과

구분	침엽수림 사업 후 수원함양량 증가	침엽수림 수원함양량 증가	혼효림 수원함양량 증가	활엽수림 수원함양량 증가
침엽수림 사업 후 수원함양량 증가	0.004722222			
침엽수림 수원함양량 증가	0.016666667	0.07		
혼효림 수원함양량 증가	0.038888889	0.161666667	0.378888889	
활엽수림 수원함양량 증가	0.015555556	0.061666667	0.143888889	0.055555556

분석1의 결과를 도출하는 과정을 도출하는 중에 주목하여야 할 결과는 각 임상별로 임령을 예측한 부분이다. 다음은 각 임상별 토양의 조공극률을 예측한 최적곡선법을 이용한 모델 식을 정리한 표이다. AGE는 임령을 의미한다.

표 38. 임상별 토양의 조공극률 예측 모델

임상별 분류	토양의 분류	토양의 조공극률 증가 예측모델
• 침엽수림	- A층의 토양 조공극률(%)	$Pna = 40.0 / (1 + (0.6e^{(-0.03AGE)})$
	- B층의 토양 조공극률(%)	$Pnb = 35.0 / (1 + (0.25e^{(-0.01AGE)})$
• 혼효림	- A층의 토양 조공극률(%)	$Dna = 50.0 / (1 + (0.29e^{(-0.01AGE)})$
	- B층의 토양 조공극률(%)	$Dnb = 45.0 / (1 + (0.6e^{(-0.02AGE)})$
• 활엽수림	- A층의 토양 조공극률(%)	$Mna = 45.0 / (1 + (0.6e^{(-0.02AGE)})$
	- B층의 토양 조공극률(%)	$Mna = 40.0 / (1.2 + (4.0e^{(-0.07AGE)})$

자료: 국립산림과학원 (2007)

인용한 자료의 데이터들은 임상별 임령의 증가와 침엽수 인공림의 시업에 따른 수원함양량의 증가분과 임도개설 및 산지적용에 따른 감소분으로 구분하여 계산된 자료를 공개하고 있다. 이는 본 연구가 전국산림으로부터 얻을 수 있는 수원함양기능의 가치평가의 기초를 다지는 것을 목적으로 함으로, 인용한 자료를 통하여 추정된 각 임상별 분류와 그에 해당하는 토양의 조공극률을 주요인자로 하는 임상의 연령대 별로 비교하여 수량과 관련한 예측 자료와 실제 자료간의 비교라는 추가 연구를 기대할 수 있다. 산림의 수원함양기능은 선행연구결과로부터 토양의 조공극률인자가 주요 인자이며, 이것이 토양과 산림의 환경 인자에 주요한 영향을 끼치는데, 산림구조는 임령에 따라 상이한 결과를 가져 올 수 있으므로, 산림시업등과 연계된 실제적인 사업과 미래를 대비한 수원함양기능관리에 능동적으로 대처할 수 있기 때문이다.

또한, 분석1에서 다음과 같이 연도별 산림의 수원함양량을 임상별로 분류하여 추정할 수 있으므로, 그 결과들을 정리하여 다음의 표로 나타낸다.

표 39. 침엽수림 시업 후 증가한 임상별 수원함양량 추이(2000 - 2005) (단위 : 억ton)

연도	침엽수림 시업 후 수원함양량 증가	침엽수림 수원함양량 증가	혼효림 수원함양량 증가	활엽수림 수원함양량 증가	전체 산림의 수원함양량 증가
2000	0.1	1.2	3.6	1.3	186.3
2001	0.1	1.4	4.0	1.4	187.0
2002	0.2	1.5	4.4	1.6	187.7
2003	0.2	1.7	4.7	1.7	188.3
2004	0.2	1.8	5.1	1.8	189.0
2005	0.3	2.0	5.4	2.0	189.6

자료: 국립산림과학원 (2007)

위의 표에서는 임목생장, 산림시업 및 토지의 이용형태 변화에 따른 산림의 수원함양량 변화를 추정된 결과로써 현실적인 산림의 수원함양기능관리 방향을 제시해 줄 수는 있지만, 통계자료로써의 한계가 있다.

첫째, 신규 및 재조림의 사업시행이 무시되어 있다.

둘째, 다른 용도에서 산림으로의 자연적인 변화가 무시되어 있다.

셋째, 토심의 변화가 무시되어 있다.

넷째, 임상별의 면적인 1992년의 자료로 고정되어 한계성을 보인다.

다섯째, 영급별 수목의 분포가 무시되어 있어 분류된 임상별로 수목의 분포도를 정확한 비율을 보일 수 없다.

나) 분석 2

분석2에서는 특별한 모델수립을 하지 않고 임상별로 산림의 수원함양기능에 중요한 영향을 미치는 인자별로 도출된 다중회귀분석식의 결과를 모두 정리하여 해석하여 본 결과, 최종적으로 수원함양기능에 주요하게 영향을 주는 인자는 토양으로 나타났다. 이는 토양의 조공극률이 여러 산림환경인자들과 결합하여 산림의 수원함양기능에 영향을 주었다는 기존의 연구 범위에서 벗어나지 않고, 본 분석 시에 인용한 자료들에 근간한 종합분석결과도 다음의 표와 같이 하여 근원적으로 산림의 수원함양기능개선에 확실히 도움을 주는 인자로 토양인자가 거듭 확인되었다. 세부적으로는 토양의 유기물 함량비 증가 및 견밀도 감소가 직접적인 수분조절기능에 영향을 미침으로 수원함양기능과 밀접하다고 결론 내린다.

단, 임상별로 토양의 조공극률 형성에 영향을 주는 선행연구결과로써 입지 및 토양환경 인자, 임분환경인자 등의 총 24종의 인자를 공통적으로 사용하였으므로, 중복되어 나타나는 인자들에 대하여는 임상은 다르지만, 영향을 주는 정부의 방향성은 같은 것으로 나타나 각 인자간의 조합으로 영향력계수의 차이만을 보인 점을 감안하여 산림환경인자간의 내부적 관계 조망은 제외함을 밝힌다.

다음은 언급한 인자 간의 임상별 분류된 설명 및 정리 결과로써, 기본적인 해석은 인용 자료에 기초하였음을 밝힌다. 이를 통하여 각 임상별로 산림의 수원함양기능에 영향을 주는 주요 환경인자들을 다음과 같이 알 수 있다.

표 40. 임상별 산림의 수원함양기능에 영향을 주는 환경인자들

임상별 분류	영향을 주는 환경인자들에 관한 설명
<ul style="list-style-type: none"> ● 침엽수림 	<ul style="list-style-type: none"> ● 임목축적 <ul style="list-style-type: none"> - 입지 및 토양환경 인자 등 다른 환경 인자에 의한 영향 받음 ● 상층식생울폐도¹⁷⁾와 하층식생피복도¹⁸⁾ <ul style="list-style-type: none"> - 상층식생울폐도가 80%이상일 경우 제·간벌시 유리하며, 하층식생피복도는 상층식생울폐도와 복합적 영향관계 ● 토양 <ul style="list-style-type: none"> - 토양의 견밀도가 낮아져 유기물의 함량비를 높여 공극발달에 유리하게 작용하여 토양의 유기물 함량비가 높아지고 공극발달개선으로 강수침투 및 저류구조 개선
<ul style="list-style-type: none"> ● 혼효림 	<ul style="list-style-type: none"> ● 하층식생피복도 <ul style="list-style-type: none"> - 하층식생피복도가 30%이하인 나지 상태와 80%이상인 완전피복상태 모두 수분의 증발산에 악영향을 주므로 이 기준에 따른 산림시업시행시 수원함양기능증진을 기대 ● 토양 <ul style="list-style-type: none"> - 토양의 견밀도와 산림의 유기물 함량¹⁹⁾, 수원함양기능과의 관계가 정비례로 임상형태와 관계없는 특징을 보이는 환경인자로 판명
<ul style="list-style-type: none"> ● 활엽수림 	<ul style="list-style-type: none"> ● 토양 <ul style="list-style-type: none"> - 표층 토양 견밀도가 높아질수록 토양의 공극 발달에 악영향을 주어 토양의 강수침투 및 저류구조가 악화되고, 이 사례에서도 토양의 유기물 함량과의 관계와 연관되며 모든 임상에서 공통적으로 수원함양기능에 같은 영향

17) 상층식생울폐도 = 40 - 80%로 하였을 경우

18) 하층식생피복도 = 20 - 80%로 하였을 경우

19) 토양의 유기물 함량비(%)는 토양의 강수 침투 및 저류구조와 밀접한 관계가 있음을 해당 인용자료 및 정용호(1998)를 통하여 재차 확인된다.

다) 분석 3

(1) 분석 모델 도출과정

최종적으로 산림의 수원함양기능에 영향을 미치는 환경인자로는 조사대상지가 산림이 아닌 저수지인 점을 감안²⁰⁾하여, 검증된 김경하의 연 구식에서 쓰인 환경인자들인, 하층 식피율, DBH, 토양의 조공극률, 그리고 수계밀도와 수원함양량에 관한 영향력을 검증한 선형다중회귀분석식에서의 인자와 59곳의 조사대상지들에 대한 특별한 산림관리가 이루어지지 않은 점을 토대로 임상의 분류가 침엽수림 및 활엽수림, 혼효림에 대한 분류로써의 분석이 아닌 혼효림으로 최종 분리하여 분석2에서 확인된 혼효림대상연구에서 상관관계를 보인 환경인자들을 사용하려 하였으나, 각 변수간의 다중공선성이 명확하게 드러날 것으로도 판단이 되고, 수많은 변수들²¹⁾이 실제적으로 계측되었으므로, 다음의 이유로 요인분석을 일차적으로 시행한다.

첫째, 변수들의 축소를 위함이다. 여러 개의 연관이 높은 변수들은 하나의 요인으로 묶을 수 있으므로, 많은 변수들이 적은 수의 요인으로 줄어들게 된다.

둘째, 불필요한 변수들을 제거하기 위함이다. 실제적으로 요인에 포함하지 않아도 될 변수들이 포함되어 있거나 그 역의 상황이 존재하더라도 중요도가 낮은 변수를 찾아 낼 수 있으므로, 불필요한 변수의 제거가 용이하다.

셋째, 변수들의 특성파악이다. 본 연구의 새로운 모델식 개발은 선행연구들을 종합하며, 선행연구에 대한 신뢰성을 높이고자 하므로, 재차 검증을 하였다. 따라서 본 분석을 통하여 관련된 변수들이 묶여 요인을 이루었어도 상호독립적인 특성을 추출할 수 있으므로, 변수들의 특성을 새로 발견할 수 있다.

넷째, 각 요인에 대한 적재량을 바탕으로 추가적인 분석에 사용할 수 있는 변수를 만들 수 있다.

다음은 요인분석 결과이다. 우선, 상관행렬표이다.

20) 조사대상지에 적용할 회귀분석 식에서 독립변수들은 조절되는 변수로서의 확률변수가 아닌 점과 종속변수에 대해서도 또한 독립변수의 함수로 서만의 설명을 할 것이므로, 이 두 변수에 관한 모두 확률변수인 점을 상정한 상관분석의 과정을 거치지 않는 점을 밝힌다. 또한, 이미 적용할 식은 본 연구에서의 대상지들을 포함하여

21) 토심, 울폐도, 하층피도, 임령, 수고, 경급, 경사, 투수속도, 하도연장의 길이, 유역 내 표고의 차이, 수계밀도, 토양의 조공극률로 총 12인자가 후보군으로 오를 수 있었다.

표 41. 상관행렬표

구분	토심	울폐도	하층피도	임령	수고	경급	경사	투수속도	하도연장 길이	유역내 표고차이	수계밀도	토양의 조공극률
토심	1.000	-.003	.230	.073	.097	.161	-.083	-.132	.110	.169	-.137	.033
울폐도	-.003	1.000	-.152	.147	.108	.291	.094	-.054	-.353	-.191	-.097	-.080
하층피도	.230	-.152	1.000	.072	-.004	-.128	-.157	.164	.093	.035	.179	-.290
임령	.073	.147	.072	1.000	.604	.625	.041	-.398	.167	.226	-.169	-.228
수고	.097	.108	-.004	.604	1.000	.567	-.043	-.374	.318	.291	-.138	-.125
경급	.161	.291	-.128	.625	.567	1.000	.200	-.303	.122	.244	-.077	-.030
경사	-.083	.094	-.157	.041	-.043	.200	1.000	-.144	.016	.267	-.168	.123
투수속도	-.132	-.054	.164	-.398	-.374	-.303	-.144	1.000	-.145	-.173	.038	.117
하도연장 길이	.110	-.353	.093	.167	.318	.122	.016	-.145	1.000	.664	.172	-.017
유역내 표고차이	.169	-.191	.035	.226	.291	.244	.267	-.173	.664	1.000	.008	.031
수계밀도	-.137	-.097	.179	-.169	-.138	-.077	-.168	.038	.172	.008	1.000	.027
토양의 조공극률	.033	-.080	-.290	-.228	-.125	-.030	.123	.117	-.017	.031	.027	1.000

다음은 회전 후의 요인 행렬표로 주성분분석으로 요인을 추출한 결과이다.

표 42. 회전된 성분행렬²²⁾

구분	성분			
	1	2	3	4
임령	.840	.004	-.144	.079
수고	.801	.151	-.090	.048
경급	.799	-.038	.147	.115
투수속도	-.595	-.075	-.112	.008
하도연장의 길이	.240	.860	-.022	-.060
유역내 표고차이	.318	.762	.214	.140
울폐도	.325	-.639	.099	.041
하층피도	-.105	.213	-.724	.255
경사	.140	.075	.641	.100
토양의 조공극률	-.282	.125	.620	.080
토심	.053	.170	-.170	.836
수계밀도	-.140	.287	-.285	-.591

* 요인추출 방법 : 주성분 분석

* 회전 방법 : Kaiser 정규화가 있는 베리엑스

22) 반복 계산을 통하여 요인회전이 수렴되었다.

따라서, 본 요인분석에서는 다음과 같은 결과를 내릴 수 있다.

첫째, Kaise-Meyer-Oklin의 KMO통계량은 전체 자료와 개별 자료의 표본 적합도를 평가하고, Bartlett's Test of Sphericity는 요인분석에서 이용될 상관행렬이 단위행렬인지를 평가하고 변수들의 독립성을 피력하므로 분석에 이용된 자료의 표본은 단위행렬 검정통계량이 유의수준 $P=0.000$ 으로 통계적으로 유의한 것으로 분석되어 요인분석에 적합하였음을 나타낸다.

둘째, 본 연구의 조사대상지 59개의 전국 분포의 저수지에서는 환경인자12개가 총 4가지의 요인으로 분류되었다. 모든 요인은 자연적 환경인자의 특성을 나타내며, 첫 번째 요인으로는 임령, 수고, 경급으로 '임상변수'의 특성을 나타내는 것으로 명명하였고, 두 번째 요인으로는 하도 연장의 길이, 유역 내 표고의 차이의 속성을 나타내고 있어 '지형변수'라 명명했으며, 세 번째 요인으로는 경사, 공극률의 속성을 대표하여 '측정변수1'로, 네 번째 요인으로는 토심을 대표하는데 본 연구에서는 '측정변수2'로 명명한다.

범주화된 각 요인들에 대한 다수의 시도로 회귀식을 시도한 결과 다음의 결과들이 도출되었다. 이것을 토대로 본 연구에서는 다음의 세 측면에 대한 검증이 가능하다.

첫째, 시행한 회귀분석의 적합도를 검증할 수 있다.

둘째, 수고와 유역 내 표고의 차이에 대한 수원함양량 증가의 회귀분석 모형

셋째, 검토의 과정으로서 회귀분석의 결정계수의 검증이 가능하다.

표 43. 수자원의 물리계정에 관한 회귀식 - 모형 요약^c

모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정 값의 표준오차
1	.539 _c	.290	.279	273266.57
2	.630 _t	.397	.377	253942.54

a. 예측값 : (상수), 수고

b. 예측값 : (상수), 수고, 하도연장의 길이

c. 종속변수 : 총저수량

표 44. 수자원의 물리계정에 관한 회귀식 - 분산분석^c

모형	제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
1. 선형회귀분석	1.893E+12	1	1.893E+12	25.345	.000 _c
잔차	4.630E+12	62	7.467E+10		
합계	6.522E+12	63			
2. 선형회귀분석	2.589E+12	2	1.294E+12	20.072	.000 _t
잔차	3.934E+12	61	6.449E+10		
합계	6.522E+12	63			

- a. 예측값 : (상수), 수고
- b. 예측값 : (상수), 수고, 하도연장의 길이
- c. 종속변수 : 총저수량

표 45. 수자원의 물리계정에 관한 회귀식 - 계수^a

모형	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
	B	표준오차	베타		
1 (상수) 수고	-414534.0	97997.269	.539	-4.230	.000
	50675.516	10065.903		5.034	.000
2 (상수) 수고 하도연장의 길이	-387463.2	91439.367	.429 .345	-4.237	.000
	40367.550	9866.207		4.091	.000
	22.211	6.760		3.286	.002

- a. 종속변수 : 총저수량

첫째, 회귀선의 적합도를 검증한 결과 $F=20.072(P<0.001)$ 수준에서 유의한 차이가 있으므로 통계적으로 유의한 통계식이다.

둘째, 회귀분석의 결정계수의 검증결과, R²값이 0.397로서 본 연구에서 통계분석에 이용된 조사 대상지 59곳은 표본으로서 이용된 사례들의 39%가 표본회귀선에 적합하다. 따라서 총 변동의 39%를 설명하는 모델식이 도출되었다.

셋째, 수고와 유역 내 표고 차이로 산림의 수원함양량을 총 저수량증가라는 결과로 예측하기 위한 회귀방정식은 최종적으로 다음과 같다.

$$Y = 40367.55 \cdot X1 + 22.211 \cdot X2 - 387463 \quad (R^2=0.397) \dots\dots \text{(식24)}$$

Y : 총저수량(천 톤)
 X1 : 수고(m)
 X2 : 하도 연장의 길이(m)

본 연구에서 도출된 회귀식과 모델을 구축하는데 주로 참고하였던 김경하의 연구에서는 유역의 갈수기저수량은 수고, DBH, 임령, 상층울폐도 등과 정상관을 나타냈으나, 하층식피율이나 수계밀도와는 역상관을 나타내었고, 주요입지인자로는 하층식피율과 DBH, 토양의 공극량과 유역의 수계밀도를 꼽았다.

본 연구에서는 총 12인자 중 요인 분석을 통한 요인별 특성 추출을 통하여 유의미한 8인자 중 2개 그룹의 요인인 임령, 수고, 경급으로 '임상변수'의 특성과 하도 연장의 길이가, 유역 내 표고의 차이의 속성을 나타내는 '지형변수'에서 수고와 하도연장의 길이가 독립변수로 선정되었다. 수고와 하도연장의 길이는 각각 자연적 환경인자의 요소들인데, 하도연장의 길이의 경우 인공적 환경인자로의 분류도 동시에 가능하고, 선행연구와 다른 조사대상지의 추출에서 조사지의 변경으로 인해 이전과는 다른 모델이 도출된 것으로 해석한다.

예상과는 다른 영향력 계수를 지닌 변수로서의 순위가 선행 연구와는 다르지만 실제적으로 본 연구에서 도출된 회귀모델에서의 가장 중요한 인자로 나타난 수고의 경우, 조사대상지의 주변에 위치한 산림의 임령 및 숲의 건강도의 결과로 측정될 수 있는 변수이므로, 실제적으로 각 환경인자들간의 연관성을 고려해 보면 도출된 모델식만 다를 뿐, 여전한 환경인자와 산림수자원간의 연계를 확인할 수 있다. 모형의 유의성을 나타내주는 수정된 R²=0.377로 현실에서의 설명력에서의 관점에서 추가적인 연구의 필요성이 보인다. 따라서 추후 연구에서는 환경인자들에 관한 추가적인 요인발견과 각 인자들과 임상별로 분류된 산림, 혹은 수원함양을 목적으로 하는 수원함양림이나 산림사업이나 보호가 각별히 이루어지고 있어 환경인자가 인공적인 인자에 영향을 덜 받을 수 있는 조사대상지, 혹은 수종 별로 제어가 불가능한 기후 등의 인자에는 제약을 가하고 앞서 말한 세 종류의 조사대상지 및 조사대상인자의 발견이 필요하다.

2) 수자원의 화폐적 계정

본 부분에서는 앞선 연구 방법을 통한 결과를 다음과 같이 정리한다. 한 단위 더 물을 소비하기 위한 지불의사는 해당구간의 수요함수의 아래 면적으로 나타난다. 가격 그

래프를 통하여 설명하면 다음과 같다.

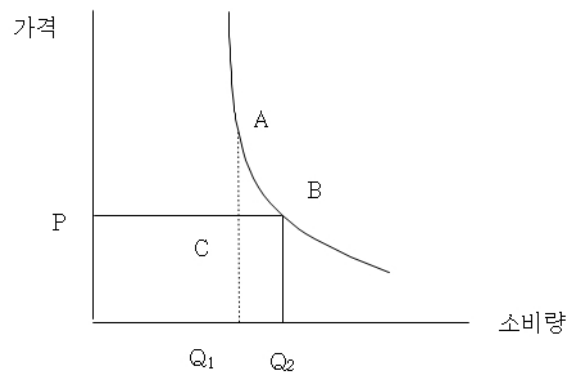


그림 11. 물 소비자의 수요함수

물소비량을 Q1에서 Q2로 늘리는데 최대한 지불할 용의가 있는 금액은 ABQ2Q1의 면적이고, 실제로 소비자가 지불하는 금액은 CBQ2Q1이다.

물소비량을 Q1에서 Q2로 늘릴 경우에, 단위당 물의 가치는 ABQ2Q1로 최종소비지에서 소비할 수 있는 물에 대한 지불의사로 본 연구에서 상정하고 있는 산림의 수자원이라는 물에 대한 가치와는 대상이 다르다. 따라서 산림의 수자원이라는 물의 가치를 구하려면, 이를테면, 정화 처리비용에서부터 최종 소비자에게 전달되기까지의 공급에 수반되는 관리비 등을 공제하여야 하지만, 실제적으로 우리나라에서 시행되고 있는 현실에 비추어 볼 때에 공공기관이 공급하는 물의 가격은 이와 같은 비용을 상쇄하는 수준에서 결정되어 평균비용으로 취급할 수 있다. 따라서 위 그래프에서의 단위당 평균비용은 P이다. 그러므로 소비량을 Q1에서 Q2로 늘릴 때의 산림의 수자원으로 상정되는 물의 가치는 ABQ2Q1의 면적에서 BCQ2Q1의 면적을 뺀 삼각형 ABC이다.

따라서 산림의 수자원으로 지칭할 수 있는 물의 가치는 ABQ1Q2의 면적에서 중간의 여러 비용인 P(Q2-Q1)를 공제한 다음, 한 단위의 물 가치를 얻기 위해서는 Q2-Q1로 나누어야 한다. 이를 요약하면 물 한 단위의 가치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{물 한 단위의 가치} &= \text{ABQ2Q1의 면적} - P(Q2-Q1)/(Q2-Q1) \\ &= \text{ABQ2Q1의 면적}/(Q2-Q1) - P \dots\dots\dots(\text{식 25}) \end{aligned}$$

(식25)에서와 같이 실제적인 물의 가치는 가격수준과 탄력성의 크기에 좌우된다. 본 모델로써 도출된 물의 가치는 가격과는 비례하고 탄력성과는 반비례한다. 따라서 추후 연구가 이루어 질 경우에는 상정한 조사지에서 소비자들의 행동패턴 및 소비패턴을 잘 반영할 설문지를 만들어 소비자들의 탄력성을 이용하여 물의 가치를 추정하여 본 연구에서 도출한 물의 가치 상정식과 비교해 볼 수 있다. 다만, 다음과 같은 주의점이 있음을 밝힌다.

첫째, (식25)에서는 모형의 수립을 우선으로 하였기 때문에 물 수요의 가격탄력성을 일정하다고 가정했으나 실제세계에서는 그렇지 않을 수도 있다. 일반적으로 소비수준이 낮을수록 수요는 비탄력적으로 변하고, 소비량 감소의 폭이 커질수록 물의 한계가치는 과소평가될 가능성이 높다.

둘째, 추정에 투입되는 물 값에 대한 자료에 대한 적용이다. 본 연구에서는 해당 조사지에서의 설문을 통한 일종의 합의된 평균가격을 추천하지만, 상당한 제약이 뒤따르는 변수이므로 적용 가능한 가격에 대하여 더 심도 있는 고찰이 필요하다. 대부분의 가계지출에서는 물에 소요되는 비용이 상당히 작을 뿐 아니라 물 값의 변동 폭도 상당히 작아서 가격탄력성을 추정하는데 통계적으로 유의성이 작게 나타날 수 있다. 실제로 본 연구에서는 이창재(1994)의 연구 결과로 제시된 서울 시민들의 한강수원에 대한 조사된 지불의사대가액으로 환산한 수자원의 평가 가치액을 제시한다. 이는 현재 시장에서 통용되고 있는 시장재화라 볼 수 있는 환경부의 상수도 요금을 직접 대입시킬 때 발생할 수 있는 요금의 과상계산을 방지하기 위함이다. 실제로 제시된 우리나라의 상수도 요금을 면밀히 분석하면 일반적인 상수도요금가격과정에서 우리나라의 물 값이 세계적인 기준보다 열등한 가격수준을 유지하고 있으며, 전 국민적인 물 값에 대한 인식도 비성숙함을 알 수 있다.

셋째, 모형에서 물 값은 산림의 수자원에서 소비자가 직접 사용할 수 있는 물의 형태에 이르는 중간단계의 수송비용등을 반영함을 가정했다는 점을 유의해야 한다. 만약 물 값에 물 공급기관이 산림의 수자원에 대한 비용을 처리하는 방법에 따라 (식25)의 형태가 바뀔 수 있다. 그렇지 않으면 도출된 물의 가치는 과소평가될 위험이 있다.

본 연구에서 사용한 방법론은 가상가치평가법(Contingent Valuation Method, CVM)이다. 산림의 수원함양기능의 가치를 추정함에 있어 이창재(1994)의 연구결과인 가구당

산림의 수원함양에 관한 가치평가액의 도출을 기준으로 산림 유역에 관한 가치로의 환산을 도출하였기 때문이다. 가상가치평가법은 그 이름이 의미하는 바와 같이 각 개인이 환경재의 이용과 관련된 의사결정을 하여야 할 가상적인 상황을 설정하고, 이 상황에서 각 개인이 어떤 선택을 할 것인지를 설문조사를 통하여 환경재의 가치를 평가하는 방법이다.

본 연구에서 사용한 가상가치평가법은 적용범위가 넓고 존재가치까지의 평가가 가능하다는 장점이 있다. 본 연구와 같이 지불의사액의 도출을 위하여서는 질문의 형식에 따라 분석결과가 영향을 받는다는 민감함이 있으므로, 추후 연구에서는 조사대상자의 선정과 직접적인 수혜자와 간접적인 수혜자들의 설문조사대상에 대한 세밀한 분류를 통하여 직접 가상가치의 평가액 추정에 세심한 주의가 요구된다.

가상가치평가법의 장점으로 꼽히는 기능적 평가가 이루어졌다는 점과 산림의 수원함양기능에 대한 존재가치의 발견을 통한 평가가 이루어졌다는 점에서 본 연구는 산림 수자원의 가치산정추정에 장점을 보인다.

다만, 상정한 모형이 산림의 수자원이므로, 계절별로 달라지는 물의 양에 따른 한계가치는 계속해서 변동될 것이며, 실제로 소비자의 물 사용 소비패턴에 따른 한계가치도 유동적일 것이다. 다만, 실제조사 이전에 상대적으로 물의 가치가 물량에 의하여 많은 영향을 받으므로, 한계가치가 겨울 혹은 갈수기²³⁾에 높게 나타날 수 있음을 생각해 볼 수 있다.

화폐단위로 측정된 산림의 수원함양가치를 도출하기 위하여 이창재(1994)의 연구 결과를 도입하여 물리적 계정에서 조사되었던 전국단위의 저수지를 대상으로 일차적으로 산림의 수자원함양가치를 화폐단위로 환산한 값을 제시한다.²⁴⁾

다음은 환산될 조사대상지의 수원함양가치 산정을 위한 기초자료이다. 제시된 자료에서는 톤 단위로 총저수량을 표현하였다.

23) 안정적인 물의 공급은 현실에서 가능하지만, 실제 조사지를 전국으로 확대할 경우와 산림의 본원적 수원과 소비자의 직접 사용되는 생활용수로써의 산원수에 대한 이창재(1994)의 연구결과로 시민들에 대한 설문조사를 통하여 얻어진 서울시민이 생각하는 물 값을 가구당으로 환산한 14,965원/월(1993년 기준)의 경우에 대입한다.

24) 다만, 1993년의 가구당 상수도 요금을 최근 2005년의 가격으로 환산하고, 가구당으로 조사된 산림의 수원함양으로서의 가치평가액을 통계청의 통계조사를 통한 가구당 평균 상수도 사용량과 이에 따른 최근 2005년의 가구당 수도요금으로 환산했음을 밝힌다.

표 46. 연구대상지의 물리적 수자원계정

번호	조사지역	지수지 이름	유역면적(ha)	단위평균저수량(천톤/ha)	총저수량(톤)
1	진안 진안 구룡	구룡	108	0.99	106920
2	임실 성수 도인	도인	136	0.81	110160
3	진안 성수 도통	중평	18	0.58	10440
4	진안 부귀 신정	가정	85	1.33	113050
5	진안 성수 좌산	좌산	97	1.17	113490
6	진안 상천 월포	월포	116	0.92	106720
7	진안 진안 군상	군상	265	0.62	164300
8	장성 장성 아은	우지	114	0.13	14820
9	장성 장성 영천	구산	70	0.3	21000
10	장성 장성 단광	단광	90	0.89	80100
11	순창 동계 동심	동심1	85.5	1.58	135090
12	순창 동계 동심	동심3	65	1.33	86450
13	순창 동계 수장	난계	118	1.24	146320
14	순창 동계 내령	내령	133	1.32	175560
15	진안 마령 계서	오동	47	3.1	145700
16	진안 진안 정곡	정곡	93	1.18	109740
17	청양 비봉 사점	사점	220	1.44	316800
18	청양비봉용천	용천	102	1.26	128520
19	청양 비봉 방한	방한	100	1.41	141000
20	청양 화선 화암	화암	170	1.81	307700
21	봉화 봉성 금봉	금봉	1087	0.38	413060
22	봉화 봉화 유곡	천마	270	0.01	2700
23	봉화 봉성 장평	장평	118.5	0.49	58065
24	청송 부동 지동	마뜰	196	0.08	15680
25	청송 부남 대천	추곡	162	0.39	63180
26	청송 부남 감연	대곡	61	0.67	40870
27	가평 의서 상천	상천	325	0.51	165750
28	이천 신둔 용면	용면	272	0.91	247520
29	괴산 도안 노암	영수	150	1.56	234000
30	청원 북일 비상	비홍	228	1.58	360240
31	청원 북일 우산	인평	190	0.98	186200
32	청주시 용정동	용정 1	186	1.63	303180
33	홍천 동 속초	속초	290	1.11	321900
34	홍천 동 개운	개운	487	1.53	745110
35	원성 문막 취병	진등	362	1.33	481460
36	판부 서곡	서곡	1333	0.29	386570
37	제원 봉양 미당	백곡	217	1.4	303800
38	금성 월립	월립	190	1.55	294500
39	봉양 사곡	용하	80	2.01	160800
40	금성 성내	무암	480	0.27	129600
41	진천 문백 옥성	옥성	417	1.2	500400
42	음성 소이 갑산	봉	214	0.94	201160
43	진천 진천 사양	사양	140	1.48	207200
44	음성 소이 중동	용	160	1.24	198400
45	봉천	봉천	83	1.06	87980
46	천원 성거 송남	남창	100	1.42	142000
47	천원 성거 송남	천홍	500	1.45	725000
48	괴산 사리 사담	용정 2	285	0.86	245100
49	진양 집현 정수	정수	64	0.31	19840
50	진양 집현 정수	철수	48	0.31	14880
51	명석 의율	의율	123	0.15	18450
52	명석 오미	시목	72	0.42	30240
53	사봉 부계	화광	268	0.7	187600
54	지수 청원	청원	190	0.7	133000
55	의령 유곡 오곡	구오곡	35	0.16	5600
56	의령 유곡 신촌	신천	73	0.07	5110
57	정곡 증교	두곡	120	0.07	8400
58	용덕 가락	가락	120	0.35	42000
59	횡성 횡성 반곡	사려울	44	7.5	330000

최근 2005년의 화폐가치로 환산된 산림의 수자원 함양가치를 도출하려면 다음의 과정이 필요하다.

첫째, 1993년에 조사된 서울시의 가구당 월별 수도사용량에 대한 산림의 수자원함양 가치에 대한 지불의사액이 14,965원이므로, 1993년 서울시의 당시 가구당 월별 평균 수도요금의 도출이 필요하다.

$$\begin{aligned} & \text{(식26) 1993년 서울시의 가구당 월별 평균 수도요금} \\ & = 1년 간 수도 사용료 / 12달 / 1990년 당시의 서울시의 총 가구 수²⁵⁾ \\ & = 266,222,786,000원 / 12 / 2,814,845 = 7,881원 \end{aligned}$$

둘째, 최근 2005년의 물가단위로 도출된 서울시의 가구당 월별 평균 수도요금이다.

$$\begin{aligned} & \text{(식27) 2005년 서울시의 가구당 월별 평균 수도요금} \\ & = 1년 간 수도 사용료 / 12달 / 1990년 당시의 서울시의 총 가구 수 \\ & = 5,77,492,000,000원 / 12 / 3,309,890 = 14,539원 \end{aligned}$$

따라서 2005년의 물가수준에서 판단한 산림의 수자원가치의 평가액을 실제 서울에 거주하는 가구당 실제로 세입형태로 집계된 상수도 요금²⁶⁾으로 환산하였을 경우, 조사년도인 1993년이 기준년도가 되어 1993년 당시의 가구당 월별 평균 상수도 요금 7,881원을 기준으로 2005년에 직접 소비자들이 지불한 가구당 월별 상수도 요금 14,935원과 1993년 조사 당시 가상적으로 지불의사가 있다고 밝힌 가구당 평균 월 별 지불의사액 14,965원의 합산 액을 계산하여 보면 다음과 같은 최종 식으로 계산될 수 있다. (월 평균 기준)

25) 인구총조사는 5년마다 이루어지므로, 1990년의 통계를 인용함.

26) 가치 환산의 중요한 근거로 개입되는 상수도요금의 경우, 최종재화로써의 상수도요금자체가 아닌, 세입으로 각 항목별 상수도요금이 다음과 같이 나뉘어 조사를 하고, 이 중 자본수입으로서의 순수한 수도 사용료로 제시된 금액을 사용하였음을 밝힌다.

$$\text{상수도요금의 수입} = (\text{자본수입}) + (\text{보조수입}) + (\text{기채수입})$$

$$* (\text{자본수입}) = \text{수도 사용료} + \text{과년도 이월금} + \text{시설분담금} + \text{수탁 공사비} + \text{기타}$$

$$* (\text{보조수입}) = \text{도보조} + \text{교부세} + \text{기타}$$

$$* (\text{기채수입}) = \text{재정융자} + \text{공채} + \text{차관} + \text{기타액}$$

(식28) 2005년의 가구당 산림의 수자원 가치 평가액

$$= \{ (1993년의 가구당 산림의 수자원에 대한 지불의사액) \times (2005년의 가구당 추정된 지불된 상수도 요금) \} / (1993년의 가구당 추정된 지불된 상수도 요금) = 14,965원 \times 14,935원 / 7,881원 = 27,607원$$

따라서, 2005년도의 물가수준에서 평가한 가구당 월 평균 산림의 수원함양가치평가추정액은 27,607원 이다.

산림의 수원함양가치의 물리적 계정과의 연동을 고려하여 볼 때에 물량자료로써의 가치평가도 덧붙인다. 위에서 '가구당'의 수자원가치를 평가하였는데, 물리적 계정에서의 조사지의 물량자료는 ton단위의 자료이다. 가치 산정에서의 산림을 근간으로 한 수자원은 상수도 생산체계에서 유수수량으로 간주할 수 있다.²⁷⁾ 왜냐하면, 서울시의 상수도 생산체계는 다음을 따르고 있기 때문에 수자원이라는 재화를 소비하는 국민에게 제공되는 수자원이 유수수량항목의 생산량뿐이기 때문이다. 유수수량은 요금징수의 근거가 되는 소비자들의 사용량이다.

서울시의 1년간 유수수량은 1,122,447,000m³이다. 단위 환산을 위한 다음의 작업이 필요하다. 물의 비중(1g/ml) = 질량(1g) / 부피(1ml) 이고 질량(g) = 비중*부피(ml) 이므로, 물 1g = 물 1ml 이다. 또한 물 1ml = 물 1cm³ 이므로 물 1g = 물 1cm³ 이다. 즉, 물 1 ton = 1 m³ 이다.

$$(식29) 2005년 서울시 1년 간 유수수량 / 12달 / 가구당 월평균 소비량 = 1,122,447,000 ton / 12 / 3,309,890 = 28.2 ton$$

$$27) 수도의 생산량 분석 현황 체계 = \{ (유수수량) + (무수수량) \} + \{ (조정감액수량) + (누수량) \} \\ = (유효수량) + (무효수량) = 연간 생산량$$

- * 유수수량 : 유효수량 중 수돗물 사용량을 요금으로 징수할 수 있는 수량
- * 무수수량 : 생산된 물이 유효하게 쓰였으나 요금으로 징수되지 않아 수입이 없는 수량
- * 누수량 : 수도사용자의 계량기 이전까지 발생한 누수량, 즉 노후수도관 등으로 누수된 양
- * 유효수량 : 정수장에서 생산된 물의 총량(총생산량)에서 급배수관에서의 누수 등으로 유실된 양을 제외한 것으로 실제로 사용가에서 쓸모 있게 공급하는 쓰인 물의 양
- * 무효수량 : 요금 징수시 조정에 의하여 감액 대상이 된 수량(감액수량)과 누수량을 더한 양

따라서, 계산 결과, 서울시 가구당 1달 평균수도 소비량은 28.2ton 이다.(식12P를 통하여 2005년도의 서울시민들의 기준으로 산림의 수원함양가치평가추정액이 가구당 월 27,607원이었으므로, 최종적으로 산림의 수자원 1ton 당 약 979원의 가치가 있다는 결론이다.

산림의 수자원 함양량 1ton 당 979원의 가치가 있으므로, 물리적 계정에서의 조사대상지에 대한 수원함양가치는 2005년의 가격을 기준으로 다음과 같다.

다음은 본 연구의 조사 대상지의 수원함양량에 대한 환경재 가치로써 화폐단위로 환산한 가치이다.

표 47. 연구대상지의 수자원의 화폐적 계정 결과

번호	조사지역	저수지 이름	총저수량 (톤)	단위당 산림 수원함양량의 화폐 가치 (원/톤)	산림수원함양량에 관한 총가치 (원/톤)
1	진안 진안 구룡	구룡	106920	979	104674680
2	임실 성수 도인	도인	110160	979	107846640
3	진안 성수 도룡	중평	10440	979	10220760
4	진안 부귀 신정	가정	113050	979	110675950
5	진안 성수 좌산	좌산	113490	979	111106710
6	진안 상전 월포	월포	106720	979	104478880
7	진안 진안 군상	군상	164300	979	160849700
8	장성 장성 아은	우지	14820	979	14508780
9	장성 장성 영천	구산	21000	979	20559000
10	장성 장성 단평	단평	80100	979	78417900
11	순창 동계 동심	동심1	135090	979	132253110
12	순창 동계 동심	동심3	86450	979	84634550
13	순창 동계 수장	난계	146320	979	143247280
14	순창 동계 내령	내령	175560	979	171873240
15	진안 마령 계서	오동	145700	979	142640300
16	진안 진안 정곡	정곡	109740	979	107435460
17	청양 비봉 사점	사점	316800	979	310147200
18	청양비봉용천	용천	128520	979	125821080
19	청양 비봉 방한	방한	141000	979	138039000
20	청양 화선 화암	화암	307700	979	301238300
21	봉화 봉성 금봉	금봉	413060	979	404385740
22	봉화 봉화 유곡	천마	2700	979	2643300
23	봉화 봉성 창평	창평	58065	979	56845635
24	청송 부동 지동	마뜰	15680	979	15350720
25	청송 부남 대천	추곡	63180	979	61853220
26	청송 부남 감연	대곡	40870	979	40011730
27	가평 외서 상천	상천	165750	979	162269250
28	이천 신문 용면	용면	247520	979	242322080
29	괴산 도안 노암	영수	234000	979	229086000

30	청원 북일 비상	비홍	360240	979	352674960
31	청원 북일 우산	인평	186200	979	182289800
32	청주시 용정동	용정 1	303180	979	296813220
33	홍천 동 속초	속초	321900	979	315140100
34	홍천 동 개운	개운	745110	979	729462690
35	원성 문막 취병	진등	481460	979	471349340
36	판부 서곡	서곡	386570	979	378452030
37	제원 봉양 미당	백곡	303800	979	297420200
38	금성 월림	월림	294500	979	288315500
39	봉양 사곡	용하	160800	979	157423200
40	금성 성내	무암	129600	979	126878400
41	진천 문백 옥성	옥성	500400	979	489891600
42	음성 소이 갑산	봉	201160	979	196935640
43	진천 진천 사양	사양	207200	979	202848800
44	음성 소이 중동	용	198400	979	194233600
45	봉전	봉전	87980	979	86132420
46	친원 성거 송남	남창	142000	979	139018000
47	친원 성거 송남	천흥	725000	979	709775000
48	괴산 사리 사담	용정 2	245100	979	239952900
49	진양 집현 정수	정수	19840	979	19423360
50	진양 집현 정수	철수	14880	979	14567520
51	명석 외율	외율	18450	979	18062550
52	명석 오미	시목	30240	979	29604960
53	사봉 부계	화광	187600	979	183660400
54	지수 청원	청원	133000	979	130207000
55	의령 유곡 오곡	구오곡	5600	979	5482400
56	의령 유곡 신촌	신천	5110	979	5002690
57	정곡 중교	두곡	8400	979	8223600
58	용덕 가락	가락	42000	979	41118000
59	횡성 횡성 반곡	사려울	330000	979	323070000

위와 같이 각 조사 대상지 별로 산림의 수원한양량에 관한 화폐적 가치가 시장가격으로 환산되어 나타났다.

라. 휴양 계정

1) 연구대상 특성

가) 휴양객 설문 결과

본 연구는 33개소 자연휴양림을 대상으로 총 4150 매의 설문지를 배포하여 1862(44.9%)매의 설문지를 회수하였으며 최종적으로 1551명(37.4%)의 설문조사결과를 분석하였다.²⁸⁾

28) 전체적으로는 38곳의 휴양림들로부터 설문지를 회수하였으나 표본 수 30개 미만인 5개 휴양림들은 분석에서 제외하였다.

각 자연휴양림별로 분석에 이용된 응답자 수는 다음과 같다.

표 48. 각 휴양림별 응답자 수

휴양림	응답자 수	휴양림	응답자 수
유명산	36	미천골	30
중미산	68	희리산	30
신불산폭포	32	축령산	82
운문산	88	조령산	69
속리산말티재	56	용추	31
오서산	53	안면도	30
청태산	31	용문산	33
삼봉	42	고산	49
산음	74	군위장곡	46
용봉산	34	칠갑산	41
용대	37	박달재	70
용현	32	장태산	30
용화산	65	운장산	38
남해편백	47	둔내	59
덕유산	44	형성	49
통고산	56	안양산	36
천관산	33	합 계	1551

휴양객들의 사회경제적 특성은 다음과 같다.

표 49. 휴양객의 사회경제적 특성

변수	특성
평균방문일수	3.05회
교통수단	자가용(92.2%)
성별	남(68.5%), 여(31.5%)
결혼유무	기혼(69.1%), 미혼(30.9%)
직업	화이트칼라(37.85%), 자영업(20.19%), 무직/기타(14.83), 주부(10.41%), 학생(10.41%), 블루칼라(4.73%), 농수축업(1.57)
학력	대졸(64.67%), 고졸(20.5%), 대학원 이상(11.04%), 중졸(2.21%), 초졸(1.26%), 초졸 이하(0.32%)
월소득(만원)	50이하(9.15%), 50-100(2.84%), 100-150(12.62%), 150-200(14.51%), 200-250(12.62%), 250-300(11.99%), 300-350(11.36%), 350-400(5.05%), 400-450(8.2%), 450-500(3.47), 500-600(5.05%), 600-700(0.63), 700-800(0.95%), 800이상(1.58%)
연령	10대(0.63%), 20대(21.14%), 30대(30.28%), 40대(37.85%), 50대(6.62%), 60대 이상(3.47%)

휴양객 설문조사 결과 본 연구의 연구대상지인 33개 자연휴양림을 찾는 휴양객들은 1년에 평균 3회 정도 자연휴양림을 찾는 것으로 나타났다. 관악산, 북한산 등 도시 숲의 경우와 다르게 사람들이 자연휴양림을 찾는 횟수가 적은 이유는 바로 자연휴양림이 일상적인 공간이 아니기 때문이다. 도시 숲의 경우에는 이용자의 거주지 근처에 있어 규칙적으로 방문할 수 있고 또한 적은 시간과 비용 및 노력만 들이면 충분히 휴양서비스를 제공받을 수 있으므로 이용자는 도시 숲을 일상생활의 연장으로 인식하고 자주 방문하게 된다. 그러나 자연휴양림은 일반적으로 이용자들의 거주지에서 멀리 떨어져 있으므로 특별히 시간을 할애하여 방문하여야 하며 이러한 장시간의 여행시간으로 인해 숙박비, 식비 등의 추가비용들이 발생하기 때문에 휴양림 이용객들은 도시 숲의 경우처럼 휴양림을 자주 방문하지는 못한다.

자연휴양림을 찾는 사람들의 90% 이상이 자가용을 이용한다는 조사결과는 두 가지의 시사점을 갖고 있다. 첫째, 사람들은 휴양활동에 있어서 철저하게 편리함을 추구한다는 사실이다. 승용차 보급률이 높으므로 휴양림 이용객의 90%가 자가용을 이용하는 것이 자연스러운 귀결이겠으나 고유가 시대임에도 불구하고 자가용 보급률이 계속해서 늘어가고 있는 것도 결국은 편리주의에서 기인하고 있다는 관점에서, 휴양림을 찾는 사람들은 번거로운 대중교통 대신 자가용을 이용함으로써 휴양활동에서 느낄 수 있는 자유로움과 즐거움을 극대화하고자 하는 것이다. 둘째, 대부분의 사람들이 자가용으로 휴양림을 방문한다는 것은 그만큼 자연휴양림의 접근성이 좋지 않음을 의미한다. 일례로 본 연구의 조사대상지들 중 무려 13곳의 자연휴양림들이 군 버스, 시버스 등의 대중교통들을 보유하고 있지 않은 것으로 나타났고 일부 다른 휴양림들의 경우에는 진입로가 너무 좁아 이용객들이 단체로 버스를 임대하여 방문할 경우 버스의 접근이 불가능한 것으로 나타났다. 그러므로 자가용 이용자가 대부분이라는 조사결과는 현상에 대한 해석 자체에도 의미가 있겠으나 향후 자연휴양림의 접근성을 보다 높여야 한다는 정책적 제안으로서의 의미도 포함한다.

이용객들의 성별과 결혼유무에 있어서는 남성과 기혼자들이 월등히 많은 것으로 나타났다. 현장조사 결과, 기혼자들이 많은 것은 대체적으로 가족과 함께 휴양림을 방문한 휴양객이 많았기 때문으로 나타났고 남성비율이 높은 것은 실제로 남성 이용객의 비율이 높기도 하였으나 집단의 리더인 남성이 대부분 설문에 응하였기 때문에 나타나는 현상이라고도 해석할 수 있다.

이용객들의 직업과 연령을 살펴보면 공무원, 회사원 등 화이트칼라 계층과 자영업 계층이 전체 이용객의 약 57%를 차지하고 있으며 40대(38%)와 30대(30%) 그리고 20대(21%)의 이용 빈도가 높았다. 이러한 결과는 자연휴양림의 주요 이용계층이 도시 근로자들임을 보여주고 있다.

이용객들의 월 소득을 살펴보면 100만원에서 350만원 사이에 이용객의 60%가 고르게 분포되어 있다. 이러한 결과로부터 저소득층부터 중산층까지 폭넓은 계층의 사람들이 자연휴양림을 이용함으로 알 수 있고 이는 비교적 저렴한 자연휴양림의 이용요금 때문이다.

이용자들의 학력의 경우에는 대졸(65%), 고졸(20%), 대학원 이상(11%) 등 고학력자들이 주류를 이루는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 현상의 본질을 어느 정도 반영하고 있다고 할 수 있으나 학력의 경우에는 사람들이 거짓 응답할 가능성을 배제할 수 없으므로 결과의 신빙성을 확신할 수는 없다.

나) 대상지 특성 조사 결과

다음 표 50과 표 51는 분석에 사용되는 조사대상지별 자원현황으로 각 휴양림관리소 및 국립자연휴양림관리소 그리고 국유림관리소 등을 통해 수집되었다.

표 50. 휴양림별 자원현황²⁹⁾ 1

휴양림	조성후경과(년)	총면적(ha)	편의시설(ha)	평균수령	침엽수림(ha)	활엽수림(ha)
군위장곡	13	261	1.983	25	52	209
운문산	10	1961	1.932	27	47	1914
신불산폭포	19	1305	5	25	0	1305
안양산	15	150	16.529	30	75	75
고산	12	673	12	15	300	373
오서산	9	164	8	25	59	47
속리산	10	121.3	0.3682	25	67.45	53.85
조령산	15	766	272	40	250	516
축령산	16	779	4	37	184	595
유명산	19	864	138.76	40	376	368

29) 임상별 면적의 총합이 총면적에 미달하는 이유는 대지와 나지 등 임목이 없는 구역을 제외하고 측정했기 때문이다.

또한 천관산휴양림, 미천골휴양림, 남해편백휴양림의 임상별 면적은 휴양림으로 고시된 전체 면적 중 실제 관리운영되고 있는 구역의 현황들이다.

중미산	18	348	1.554	36	98	250
산음	10	2140	0.595	35	1150	822
횡성	7	49.82	3.15	30	4.48	42.19
둔내	15	46.4	9.9174	27	18	28
청태산	17	402	1.7	20	316.3	85.7
삼봉	16	408	9.917	60	28	380
용추	18	189	0.53	45	30	100
용문산	3	120	0.34	28	30	90
용봉산	15	150	0.11	40	130	20
천관산	14	833	8	22	25	63
안면도	15	135	7	100	130	0
희리산	11	143	1.3	28	136	7
미천골	16	12445	220	42	32	188
남해편백	11	227	100	30	80	20
통고산	16	744	0.5	14	94	650
박달재	17	170	30	75	50	120
용화산	3	2086	0.045	40	1043	1043
용대	15	1471	0.77	35	50	1421
칠갑산	17	73	8	35	35	15
덕유산	15	744	3	40	275	469
장태산	1	81	2.05	50	56	25
용현	4	999	0.5	25	232	757
운장산	9	1958	20	50	391	1567

표 51. 휴양림별 자원현황 2

휴양림	자연림 면적(ha)	인공림 면적(ha)	특이한 경관(개)	입도 (km)	최대수용 인원(명)	산림관련 전문인력(명)	대중교통 하루운행횟수(회)
군위장곡	231	30	1	4.6	500	0	7
운문산	1961	0	2	8.33	1000	3	6
신불산폭포	0	1309	5	4.3	1000	4	11
안양산	75	75	1	20	1000	2	0
고산	573	100	0	20	5000	1	0
오서산	121	16	0	8	1000	3	4
속리산	53.3	68	1	6.272	300	1	26
조령산	652	114	5	3.5	1600	1	4
축령산	595	184	5	40	1600	5	10
유명산	368	376	1	11.8	3000	5	18
중미산	250	98	0	10	1000	1	2
산음	800	1300	5	40	2000	4	9

횡성	42.19	4.48	0	8.575	300	0	3
둔내	37	1	4	5.3	600	0	3
청태산	85.7	316.3	0	10.97	1000	1	0
삼봉	408	0	3	10.5	1500	1	0
용추	110	20	1	12	1000	1	0
용문산	98	22	2	3.3	450	0	2
용봉산	135	15	5	17	2000	1	10
천관산	75	13	2	7	300	2	0
안면도	135	0	1	3.5	2000	8	22
희리산	143	0	2	11.3	1000	1	0
미천골	214	6	3	8.1	500	1	0
남해편백	5	95	1	5.8	305	0	0
통고산	652	92	3	10.5	1000	1	5
박달재	170	0	0	7.7	1000	4	0
용화산	1461	625	3	7	1000	1	0
용대	1431	40	0	13	800	1	9
칠갑산	38	12	0	8.6	500	1	0
덕유산	469	275	1	13.17	730	4	0
장태산	56	25	0	4.55	6000	1	13
용현	999	0	0	17.24	700	2	5
운장산	1625	333	8	35	600	4	12

본 연구의 연구대상지인 33개 자연휴양림들에 대한 자원조사 결과, 각 변수들에 대한 관측 치들은 특정한 경향으로의 치우침 없이 다양한 범위를 갖는 것으로 나타났다. 그러나 자료수집 과정에서 느낀 바를 언급하자면 자연휴양림에 대한 관리당국의 자원조사가 다소 미흡하다는 것이다. 조사결과 해당 휴양림의 관리소에서 임상별 면적 등 구체적인 데이터를 보유하고 있지 않은 휴양림들도 다수였고 국립자연휴양림관리소의 경우에도 국유휴양림에 대한 자원데이터를 충분히 확보하지 못하고 있었다. 또한 앞에서 언급한 ‘휴양림 적지 평가서’의 경우에도 조성기간이 오래된 휴양림들의 상당수는 평가서를 소실하거나 평가서는 있으나 평가서의 특성상 각 자원특성에 대한 점수 형태의 평가만 존재하고 실제적인 자원조사치는 존재하지 않는 등의 현상을 발견하였다. 효과적이고 체계적인 자연휴양림 관리를 위해서는 향후에라도 관리당국은 각 자연휴양림에 대한 자원현황조사를 충실히 하고 데이터 업데이트를 꾸준히 하여 효율적인 자원관리를 도모해야 한다.

또한 다음 표 43은 각 휴양림별 접근성 변수들을 정리한 것이다.

표 52. 휴양림별 자원현황 3

휴양림	7대 광역도시까지의 인구가중 평균거리 (km)	가장 많은 휴양객이 발생한 주변 대도시	가장 많은 휴양객이 발생한 주변 대도시까지의 거리 km)
군위장곡	235.51	대구광역시	66
운문산	247.39	대구광역시	59
신불산폭포	271.77	부산광역시	73
안양산	271.88	광주광역시	32
고산	212.63	전주시	23
오서산	211.98	서울특별시	172
속리산	187.04	대전광역시	181
조령산	181.32	서울특별시	153
축령산	184.99	서울특별시	51
유명산	186.81	서울특별시	75
증미산	179.10	서울특별시	67
산음	202.88	서울특별시	95
횡성	226.96	서울특별시	154
둔내	234.96	서울특별시	162
청태산	235.07	서울특별시	162
삼봉	305.18	서울특별시	232
용추	227.59	대구광역시	282
용문산	173.36	서울특별시	65
용봉산	199.62	대전광역시	105
친관산	337.66	광주광역시	98
안면도	246.47	서울특별시	176
희리산	225.89	서울특별시	202
미천골	241.79	서울특별시	57
남해편백	266.46	부산광역시	48
통고산	275.43	대구광역시	198
박달재	188.62	서울특별시	137
용화산	238.83	서울특별시	122
용대	299.50	서울특별시	200
칠갑산	199.82	대전광역시	65
덕유산	207.35	대전광역시	83
장태산	194.54	대전광역시	20
용현	210.74	서울특별시	120
운장산	209.59	전주시	37

2) 휴양의 물리적 계정

본 연구는 각 자연휴양림의 현지 관리소와 국립자연휴양림관리소에 문의하여 2006년 한 해 동안의 총입장객수를 조사하였다. 그 결과는 다음과 같다.

표 53. 휴양림별 연간 총입장객수

휴양림	2006년도 입장객수(명) ³⁰⁾	휴양림	2006년도 입장객수(명)
군위장곡	41,761	용문산	5,496
운문산	62,462	용봉산	150,000
신불산폭포	85,175	천관산	7,219
안양산	21,139	안면도	469,316
고산	92,605	희리산	58,349
오서산	39,235	미천골	49,426
속리산	9,117	남해편백	40,654
조령산	310,000	통고산	25,676
축령산	176,100	박달재	33,363
유명산	273,169	용화산	15,895
증미산	54,676	용대	17,403
산음	50,554	칠갑산	34,690
횡성	34,159	덕유산	40,440
둔내	73,731	장태산	292,775
청태산	54,185	용현	37,115
삼봉	35,951	운장산	55,861
용추	74,033		

또한 입장객수와 대상지 특성 간 회귀분석 결과 다음과 같은 최적의 회귀함수를 도출하였다.

30) 용화산 휴양림과 용문산 휴양림, 그리고 장태산휴양림은 각각 2006년 9월, 7월, 4월에 개장하였으므로 각 개장일로부터 각각 2007년 8월, 6월, 3월까지의 입장객수를 반영하였다.

$$\text{연간 총입장객수(명)} = 476 \times \text{편의시설면적} + 2933 \times \text{평균수령} + 1034 \times \text{임상中 침엽수 비율} - 271 \times 7\text{대도시까지의 인구가중평균거리} + 30 \times \text{임상中 자연림비율} - 15449 \dots\dots\dots(\text{식 } 30)$$

다음은 회귀함수에 대한 모형요약 및 계수를 정리한 것이다.

표 54. 입장객수-대상지특성 간 회귀함수 모형요약

	R	R^2	수정된 R^2	유의확률	Durbin-Watson
계수	.708	.501	.409	.001	1.749

	계수	t	유의확률	공선성 통계량	
				공차한계	VIF
상수	-15449.9	-.142	.888		
편의시설면적	476.069	2.080	.047	.955	1.048
평균수령	2933.930	3.189	.004	.837	1.194
침엽수비율	1034.467	1.826	.079	.813	1.231
가중평균거리	-271.973	-.729	.472	.913	1.095
자연림비율	30.270	.053	.958	.837	1.194

본 회귀식은 약 50%의 설명력을 가지고 있고 Durbin-Watson 계수가 2에 근접한 1.749로 측정치 간의 자기상관성에 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 또한 공선성 통계량에서 공차한계와 VIF(분산팽창계수 : Variance Inflation Factor)가 공히 기준인 1에 근접해 있으므로 독립변수 간 공선성에서도 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

3) 휴양의 화폐적 계정

가) 휴양립별 휴양수요곡선 추정 결과

다음은 휴양립별 휴양수요함수를 추정한 결과이다. 이 때 괄호 안의 수치는 t 값을 의미하며, t 값 옆의 *는 5% 이내에서 유의함을, **은 1% 이내에서 유의함을 나타낸다.

표 55. 휴양림별 휴양수요함수

휴양림	추정식	n	R ²	P-값
군위 장곡	방문횟수 = -1.421ln(여행비용) + 15.937 (-3.307**) (3.676**)	46	.199	.002
운문산	방문횟수 = -12.196ln(여행비용) + 134.743 (-6.609**) (7.118**)	88	.337	.000
신불산폭포	방문횟수 = -2.153ln(여행비용) + 25.779 (-1.823) (2.210*)	32	.100	.078
안양산	방문횟수 = -2.284ln(여행비용) - 0.958휴양활동갯수 + 0.186연령 + 21.379 (-1.729) (-2.752**) (4.298**) (1.726)	36	.497	.000
고산	방문횟수 = -1.756ln(여행비용) + 0.059연령 + 17.520 (-3.759**) (2.017*) (3.904**)	49	.270	.001
오서산	방문횟수 = -1.683ln(여행비용) + 20.936 (-2.906**) (3.282**)	53	.142	.005
속리산	방문횟수 = -2.697ln(여행비용) + 31.993 (-4.543**) (5.034**)	56	.276	.000
조령산	방문횟수 = -1.624ln(여행비용) - 0.585휴양활동갯수 + 0.073연령 + 18.754 (-2.511*) (-2.181*) (1.967) (2.582*)	69	.169	.007
축령산	방문횟수 = -2.687ln(여행비용) - 0.823경합지갯수 + 0.049연령 + 28.697 (-2.813*) (-1.583) (1.038) (2.901**)	82	.122	.017
유명산	방문횟수 = -1.577ln(여행비용) - 0.363휴양활동갯수 + 19.426 (-2.081*) (-1.655) (2.464*)	36	.171	.046
중미산	방문횟수 = -2.41ln(여행비용) + 26.883 (-3.421**) (3.729**)	68	.151	.001
산음	방문횟수 = -8.077ln(여행비용) + 89.39 (-4.84**) (5.048**)	74	.246	.000
횡성	방문횟수 = -1.419ln(여행비용) + 0.26휴양활동갯수 + 0.064연령 + 0.168교육기간 + 12.055 (-2.241*) (1.3) (2.247*) (1.372) (1.663)	49	.23	.02
둔내	방문횟수 = -1.008ln(여행비용) + 0.032연령 + 11.43 (-3.753**) (2.472*) (3.899**)	59	.233	.001
청태산	방문횟수 = -0.899ln(여행비용) + 0.04연령 - 0.253교육 + 14.353 (-1.810) (1.111) (-1.667) (2.585*)	31	.218	.081
삼봉	방문횟수 = -2.354ln(여행비용) + 29.281 (-2.599*) (2.813**)	42	.145	.013
용추	방문횟수 = -1.048ln(여행비용) + 13.162 (-2.303*) (2.567*)	31	.155	.029
용문산	방문횟수 = -1.318ln(여행비용) + 0.05연령 + 13.673 (-2.048*) (1.414) (2.156*)	33	.149	.105
용봉산	방문횟수 = -0.252ln(여행비용) + 0.022연령 + 3.06 (-2.207*) (1.699) (2.264*)	34	.244	.023
천관산	방문횟수 = -0.49ln(여행비용) - 0.208휴양활동갯수 - 0.189교육기간 + 10.533 (-2.232*) (-1.471) (-3.833**) (4.011**)	33	.424	.001
안면도	방문횟수 = -12.531ln(여행비용) - 0.223연령 + 150.701 (-4.848**) (-2.200*) (4.931**)	30	.465	.000
희리산	방문횟수 = -3.624ln(여행비용) - 2.518휴양활동갯수 + 2.758경합지갯수 - 0.272연령 + 60.607 (-1.882) (-1.79) (1.654) (-1.566) (3.013**)	30	.351	.029
미천골	방문횟수 = -2.329ln(여행비용) + 0.054연령 + 26.986 (-2.017) (2.013) (2.005)	30	.241	.024
남해 편백	방문횟수 = -2.84ln(여행비용) - 0.231연령 + 0.867경합지갯수 + 43.141 (-2.29*) (-2.183*) (0.895) (3.156**)	47	.211	.018
통고산	방문횟수 = -0.776ln(여행비용) - 0.025연령 + 0.109휴양활동갯수 + 11.301 (-2.411*) (-1.64) (0.95) (3.199**)	56	.178	.016
박달재	방문횟수 = -1.215ln(여행비용) + 0.045연령 + 1.043경합지갯수 + 12.99 (-3.699**) (1.216) (2.543*) (3.966**)	70	.227	.001
용화산	방문횟수 = -2.304ln(여행비용) + 0.048연령 + 25.668 (-4.231**) (1.369) (4.396**)	65	.225	.000
용대	방문횟수 = -0.934ln(여행비용) - 0.015연령 + 12.906 (-1.947*) (-0.875) (2.408*)	37	.152	.066
칠갑산	방문횟수 = -3.398ln(여행비용) - 3.444경합지갯수 + 41.234 (-4.292**) (-1.36) (5.015**)	41	.339	.000
덕유산	방문횟수 = -1.759ln(여행비용) - 0.504경합지갯수 + 22.958 (-2.509*) (-1.596) (2.92**)	44	.221	.006
장태산	방문횟수 = -1.057ln(여행비용) - 0.954휴양활동갯수 + 16.074 (-1.52) (-1.875) (2.516*)	30	.298	.008
용현	방문횟수 = -1.326ln(여행비용) + 16.339 (-2.041*) (2.304*)	32	.122	.050
운장산	방문횟수 = -0.869ln(여행비용) + 0.072연령 + 0.441경합지갯수 + 8.403 (-2.146*) (2.010) (1.301) (1.891)	38	.264	.014

각 휴양림의 휴양수요함수 추정 결과 여행비용만이 공통되게 방문횟수와 음(-)의 관계를 갖고 있는 것으로 나타났다. 여행비용 이외에 방문횟수에 영향을 주는 인자에는 연령, 휴양림에서의 휴양활동개수, 경합지 개수, 교육기간 등이 있으나 대상지에 따라 방문횟수와 양(+)의 관계를 갖기도 하고 음(-)의 관계를 갖기도 하는 등 일관된 방향성을 보이고 있지 않으므로 확대해석은 피하고자 한다.

나) 휴양림별 화폐적 휴양편익 추정 결과

다음 표는 각 휴양림별 1인당 연간 소비자잉여, 즉 1인당 휴양편익과 2006년도 총입장객수를 반영한 휴양림 전체 휴양편익과 휴양림 1ha 당 휴양편익을 정리한 것이다.

표 56. 휴양림별 화폐적 휴양편익

휴양림	1인당 소비자잉여(원)	2006년도 입장객수(명) ³¹⁾	휴양림 전체 휴양편익(원)	휴양림 ha당 휴양편익(원)
군위장곡	66,845	41,761	2,791,514,045	10,695,456
운문산	496,633	62,462	31,020,690,446	15,818,812
신불산폭포	226,402	85,175	19,283,790,350	14,776,851
안양산	87,554	21,139	1,850,804,006	12,338,693
고산	85,381	92,605	7,906,707,505	11,748,451
오서산	277,098	39,235	10,871,940,030	66,292,317
속리산	241,875	9,117	2,205,174,375	18,179,508
조령산	277,230	310,000	85,941,300,000	112,194,909
죽령산	120,535	176,100	21,226,213,500	27,248,028
유명산	134,147	273,169	36,644,801,843	42,412,965
중미산	107,145	54,676	5,858,260,020	16,834,081
산음	369,401	50,554	18,674,698,154	8,726,494
횡성	276,709	34,159	9,452,102,731	189,725,065
둔내	187,959	73,731	13,858,405,029	298,672,522
청태산	477,161	54,185	25,854,968,785	64,315,843
삼봉	376,346	35,951	13,530,015,046	33,161,802
용추	191,878	74,033	14,205,303,974	75,160,338
용문산	140,464	5,496	771,990,144	6,433,251
용봉산	1,639,101	150,000	245,865,150,000	1,639,101,000
천관산	1,499,783	7,219	10,826,933,477	12,997,519
안면도	942,798	469,316	442,470,186,168	3,277,556,935
회리산	915,322	58,349	53,408,123,378	373,483,380
미천골	627,482	49,426	31,013,925,332	2,492,079
남해편백	453,784	40,654	18,448,134,736	81,269,316
퉁고산	488,022	25,676	12,530,452,872	16,842,007
박달재	272,366	33,363	9,086,946,858	53,452,629
용화산	232,517	15,895	3,695,857,715	1,771,744
용대	315,527	17,403	5,491,116,381	3,732,914
칠갑산	378,885	34,690	13,143,520,650	180,048,228
덕유산	446,339	40,440	18,049,949,160	24,260,684
장태산	547,566	292,775	160,313,635,650	1,979,180,687
용현	194,770	37,115	7,228,888,550	7,236,125
운장산	498,896	55,861	27,868,829,456	14,233,314

이 때 군위장곡휴양림과 용추휴양림의 경우에는 매표소를 운영하고 있지 않아 각 휴양림관리소에서 정확한 입장객수 데이터를 보유하고 있지 않았다. 그래서 본 연구자는 2006년도 총투숙객수와 총입장객수가 모두 파악된 20개 휴양림 데이터를 이용하여 20개 휴양림의 연간 총투숙객수의 총합이 총입장객수의 총합의 비율을 계산한 후 그 비율(1 : 4.51)을 각각 군위장곡휴양림과 용추휴양림의 2006년도 총투숙객수³²⁾에 적용, 각각의 2006년도 총입장객수를 추정하였다. 다음 표는 2006년도 총투숙객수와 총입장객수가 동시에 파악된 휴양림들의 현황을 정리한 것이다.

표 57. 20개 휴양림의 2006년도 총투숙객수, 총입장객수

휴양림	2006년도 투숙객수(명)	2006년도 입장객수(명)
운문산	26,530	62,462
신불산폭포	24,480	85,175
안양산	6,537	21,139
고산	26,574	92,605
오서산	15,850	39,235
속리산	8,786	9,117
조령산	15,910	310,000
축령산	31,151	176,100
유명산	37,000	273,169
중미산	29,991	54,676
횡성	22,773	34,159
둔내	31,342	73,731
용문산 ³³⁾	5,496	5,496
천관산	4,031	7,219
회리산	19,702	58,349
박달계	19,475	33,363
용화산	12,883	15,895
칠갑산	9,548	34,690
장태산	20,376	292,775
용현	11,754	37,115
합 계	380,189	1,716,470

31) 용화산휴양림과 용문산 휴양림, 그리고 장태산휴양림은 각각 2006년 9월, 7월, 4월에 개장하였으므로 각 개장일로부터 각각 2007년 8월, 6월, 3월까지의 입장객수를 반영하였다.

32) 군위장곡휴양림과 용추휴양림의 2006년도 총투숙객수는 각각 9250명, 16398명이다.

33) 용문산휴양림은 투숙객에게만 휴양림을 개방하므로 총투숙객수와 총입장객수가 같다.

다) 휴양편익에 영향을 주는 휴양림 대상지 특성 분석 결과

본 연구는 화폐적 휴양편익과 대상지 특성 간의 상관분석결과를 바탕으로 휴양편익에 유의한 영향을 미치는 대상지 특성을 선별하여 적합한 회귀함수를 찾고자 한다. 한편 본 연구는 휴양림 전체에 대한 휴양편익과 휴양림 1 ha 당 휴양편익을 따로 구분하여 각각 대상지 특성 간의 관계를 규명하고자 한다.

(1) 휴양림 전체면적에 대한 영향 분석

앞에서 도출된 휴양림별 총휴양편익과 대상지 특성 간의 회귀분석결과는 다음과 같다.

$$\text{연간 휴양편익(원)} = 2,106,676,540 \times \text{평균수령} + 1,413,239,579 \times \text{임상中 침엽수비율} + 682,163,395 \times \text{임상中 자연림비율} + 4,138,028,824 \times \text{대중교통운행 횟수} - 165,044,585,820 \dots\dots\dots (\text{식 31})$$

다음은 회귀함수에 대한 모형요약 및 계수를 정리한 것이다.

표 58. 휴양림 총휴양편익-대상지특성 간 회귀함수 모형요약

	R	R^2	수정된 R^2	유의확률	Durbin-Watson
계수	.841	.708	.666	.000	1.923

	계수	t	유의확률	공선성 통계량	
				공차한계	VIF
상수	-165,044,585,820.099	-4.936	.000		
평균수령	2,106,676,540.819	3.525	.001	.773	1.294
침엽수비율	1,413,239,579.058	4.142	.000	.872	1.146
자연림비율	682,163,395.473	1.890	.069	.810	1.235
대중교통횟수	4,138,028,824.532	2.951	.006	.869	1.151

본 회귀식은 약 70%의 설명력을 가지고 있고 Durbin-Watson 계수가 2에 근접한 1.923로 측정치 간의 자기상관성에 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 또한 공선성 통계량에서 공차한계와 VIF(분산팽창계수 : Variance Inflation Factor)가 공히 기준인 1에

근접해 있으므로 독립변수 간 공선성에서도 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

(2) 휴양림 1ha 에 대한 영향 분석

앞의 과정과 유사하게 휴양림 1ha당 휴양편익과 대상지 특성 간의 상관분석결과를 바탕으로 적합한 회귀함수를 도출하였다.

$$\text{ha당 휴양편익(원)} = 18088581 \times \text{평균수령} + 11215891 \times \text{총면적에 대한 침엽수 면적비율} + 1094469 \times \text{총면적에 대한 자연림 면적비율} + 23618466 \times \text{대중교통운행횟수} - 993735158 \dots \dots \dots (\text{식 } 32)$$

다음 표 50은 ha당 휴양편익과 자원특성 간의 회귀함수에 대한 모형요약 및 계수를 정리한 것이다.

표 59. 휴양림 1ha당 휴양편익-대상지특성 간 회귀함수 모형요약

	R	R^2	수정된 R^2	Durbin-Watson
계수	.815	.665	.617	1.667

	계수	t	유의 확률	공선성 통계량	
				공차한계	VIF
상수	-993735158.970	-4.451	.000	-	-
평균수령	18088581.644	3.678	.001	.831	1.203
침엽수면적비율	11215891.625	3.790	.001	.897	1.114
자연림면적비율	1094469.663	.435	.667	.921	1.086
대중교통횟수	23618466.027	1.989	.057	.883	1.133

본 회귀식은 약 67%의 설명력을 가지고 있고 Durbin-Watson 계수가 2에 근접한 1.667로 측정치 간의 자기상관성에 있어서 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 또한 공선성 통계량에서 공차한계와 VIF(분산팽창계수 : Variance Inflation Factor)가 공히 기준인 1에 근접해 있으므로 독립변수 간 공선성에서도 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

4) 기타지역 적용

본 연구는 개발된 휴양계정 평가방법을 연구대상지 이외의 지역에 적용하여 지역단위의 휴양계정을 도출하는 것을 목표로 하고 있는 바, 다음 두 개의 자연휴양림에 대해 물리적, 화폐적 휴양계정을 추정하였다.

표 60. 휴양계정 평가방법을 적용한 연구대상지 이외의 자연휴양림

순번	휴양림	위치	소유구분
1	설매재	경기도 양평	사유림
2	성주봉	경북 상주	시유림

다음 표는 각 휴양림관리소에 문의하여 조사한 대상지 특성들이다. 단, 계정평가모델에 포함된 변수에 한해 조사하였다. 이 때 7대 광역도시로부터의 인구가중평균거리는 연구자가 계산하였다.

표 61. 설매재휴양림, 성주봉휴양림의 대상지 특성

휴양림	총면적 (ha)	편의시설면적 (ha)	평균수령 (년)	침엽수면적 (ha)	활엽수면적 (ha)	인공림면적 (ha)	자연림면적 (ha)	대중교통운행횟수 (회)	가중거리 (km)
설매재	69	3	30	50	19	50	19	0	175
성주봉	200 ³⁴⁾	4	40	80	116	18	178	2	197

다음 표는 휴양계정 평가모델에 적합하도록 대상지 특성변수들을 변형한 것이다.

표 62. 평가모델 적용을 위한 설매재휴양림, 성주봉휴양림의 대상지 특성

휴양림	편의시설면적 (ha)	평균수령 (년)	임상중 침엽수 비율 (%)	임상중 자연림 비율 (%)	총면적에 대한 침엽수 비율 (%)	총면적에 대한 자연림 비율 (%)	대중교통운행횟수 (회)	가중거리 (km)
설매재	3	30	72.46	27.54	72.46	27.54	0	175
성주봉	4	40	40.82	90.82	40	89	2	197

34) 임업통계연보에는 성주봉휴양림의 면적이 300ha로 되어 있으나 이는 성주봉휴양림이 상주시한방산업단지에 포함되어 있어 한방산업단지 전체면적이 표기된 것임. 성주봉 휴양림만의 면적은 200ha 임.

위 자료를 도출된 휴양계정 평가모델에 적용하여 추정된 설매재휴양림, 성주봉휴양림의 물리적, 화폐적 계정은 다음과 같다.

표 63. 설매재휴양림, 성주봉휴양림의 휴양계정

휴양림	물리적 휴양계정 (persons/year)	화폐적 휴양계정(전체면적) (Won/year)	화폐적 휴양계정(1ha당) (Won/year)
설매재	102,293	19,345,830,173	391,767,410
성주봉	95,320	47,141,052,577	323,088,395

추정 결과, 설매재 자연휴양림은 연간 약 10만 명의 이용객이 발생하는 것으로 예상되고 이용객들이 취하는 연간 총 휴양편익은 약 193억 원으로 나타났다. 한편 성주봉 자연휴양림은 연간 약 9만 5천명의 이용객이 발생하는 것으로 나타났고 이용객들이 취하는 연간 총 휴양편익은 약 471억 원으로 나타났다.

2. 산림자원계정시스템

가. 산림자원계정 평가모듈 적용

연구대상지로 선정된 수어댐 유역을 대상으로 구현된 각 모듈의 기능을 적용하여 수

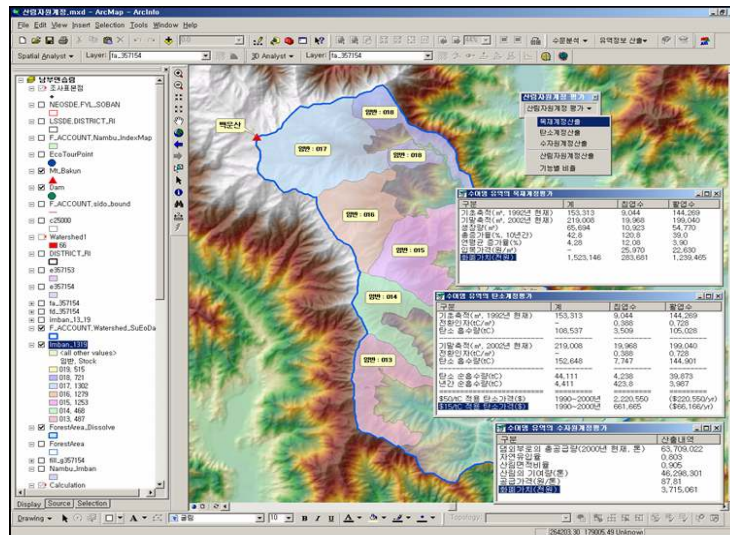


그림 12. 구현된 모듈의 적용성 검토를 위한 시스템 화면

어댑 유역의 산림자원계정을 산출하였다. 원활한 적용성 검토를 위하여 GIS 분석도구로 ESRI 사의 ArcMap을 활용하였으며, Microsoft Visual Basic .NET 2003을 이용하여 ArcMap에 올릴 수 있는 도구모음을 개발하였다(그림 12).

나. 사례지역 산림자원계정 평가

1) 목재계정

서울대학교 남부학술림 13~19 임반의 1992년과 2002년의 입목축적량은 각각 153,311 m³, 219,008 m³ 이었으며, 연평균 입목축적량은 6,569 m³/yr로 나타났다. 이 중 활엽수의 연평균 입목축적량은 5,477 m³/yr, 침엽수의 연평균 입목축적량은 1,092 m³/yr로 각각 전체 연평균 입목축적량의 83%와 17%를 차지하고 있다.

1990년부터 2000년까지의 산림청 입엽통계연보의 원목가격 조사자료를 활용하여 물가 상승에 따른 실질가치변동을 무시하고 평균값을 적용하여 원목가로부터 입목가를 연산한 결과, 침엽수는 25,970 원/m³, 활엽수는 22,630 원/m³으로 침엽수가 활엽수에 비해 3,340 원/m³ 정도 고가였다.

목재계정을 산출한 결과, 침엽수는 2,800만원, 활엽수는 1억 2,300만원의 가치가 있는 것으로 나타났으며, 전체적으로 1억 5,100만원의 가치가 있는 것으로 평가되었다 (표 64).

표 64. Result of Timber Accounting Assessment

Item	Total	Softwood	Hardwood
Stocking(m ³) in 1992	153,313.70	9,044.30	144,269.40
Stocking(m ³) in 2002	219,008.00	19,967.73	199,040.27
Annual Mean Stocking(m ³ /yr)	6,569	1,092	5,477
Stumpage Price(₩/m ³)	-	25,970	22,630
Timber Accounting(₩/yr)	151 million	28 million	123 million

2) 탄소계정

연평균 입목축적량에 탄소변환계수를 곱하여 연평균 탄소고정량을 산출한 결과, 탄소를 흡수하여 침엽수는 424 tC/yr, 활엽수는 3,987 tC/yr 를 고정하는 것으로 나타났다. 각각의 연평균 탄소고정량에 탄소가격 \$50/tC과 환율 ₩1,300/\$을 적용한 결과, 침엽수에는 \$21,200(한화 약 2,700만원), 활엽수에는 \$188,400(한화 약 2억 4,500만원)의 탄소 가치가 내재되어 있는 것으로 판단되었다. 전체적으로는 \$209,600(한화 약 2억 7,200만원)의 탄소 가치가 내재되어 있는 것으로 추정할 수 있었다(표 65).

표 65. Result of Carbon Accounting Assessment

Item	Total	Softwood	Hardwood
Stocking(m ³) in 1992	153,313.70	9,044.30	144,269.40
Stocking(m ³) in 2002	219,008.00	19,967.73	199,040.27
Annual Mean Stocking(m ³ /yr)	6,569	1,092	5,477
Carbon Conversion Coefficient(tC/m ³)	—	0.388	0.688
Annual Mean Carbon(tC/yr)	—	424	3,768
Carbon Price(\$/tC)	—	50	50
Carbon Accounting(\$/yr)	209,600	21,200	188,400
Carbon Accounting(won/yr)	272 million	27 million	245 million

(Money Rate : 1,300won/\$)

3) 수자원계정

2000년 현재 수어댐에서 광양시와 광양제철로 공급한 수자원량은 각각 765만톤과 5,600만톤 으로 총 6,370만톤 이었다. 수어댐 유역 내의 산림 및 토지로 부터의 유입량은 7,000만톤, 섬진강으로부터 취수되어 유입된 양은 1,700만톤으로 총 8,700만톤이 수어댐

유역으로 유입되었다. 총 유입량 중 산림 및 토지로부터 유입된 자연유입량의 비율은 0.803 이었으며, 전체 유역면적 중 산림이 차지하는 산림면적비율은 0.905 로 산출되었다. 이러한 자료를 바탕으로 수어댐에서 공급한 수자원의 총량에 자연유입량과 산림면적비율을 적용하여 연간 산림의 수자원공급 기여량을 추정하면, 4,600만톤 이었다. 연간 산림의 수자원 기여량에 수자원 공급가격인 톤당 87.81원을 곱하면, 산림의 수자원함양 기능의 가치가 연간 40억 6,500만원인 것으로 추정되었다(표 66).

표 66. Result of Water Accounting Assessment

Item	Value
Total Water Supply in 2000(ton/yr)	63,709,022
Annual Inflow Ratio from Lands	0.803
Forest Area Ratio	0.905
Annual Forest Water Supply(ton/yr)	46,298,301
Water Price(₩/ton)	87.81
Water Accounting(won/yr)	4,065 million

4) 산림자원계정 평가

지금까지 산출된 각 계정은 이용된 자료의 조사지역이 서로 다르기 때문에 환산계수를 적용하여 각 계정을 상호비교 하였다. 환산계수를 추정하기 위해서 현장조사 자료와 획득된 각 자료를 검토하였으며, 그 결과 목재계정과 탄소계정, 수자원계정에 적용된 환산계수는 각각 1.8, 1.8, 1 이었다.

환산계수를 적용하여 각 계정을 재산출한 결과, 전체 계정 합계는 약 48억원이었고, 그 중 수자원계정, 탄소계정, 목재계정 순으로 각각 40억원, 4억 9,000만원, 2억 7,200만원이었으며, 각 계정별 비율은 각각 84%, 10%, 6% 순으로 나타났다(Table 5).

이러한 결과는 수어댐 유역의 산림이 제공하는 공익적 가치가 약 48억원으로 평가되는 것을 시사하고 있다. 그리고, 그 중 수자원함양기능이 제공하는 가치가 큰 비중을 차지한다는 것을 보여주고 있다. 이는 실제로 백운산 지역의 주된 임산업 형태가 목재생산이 아닌 임산물 채취에 치우쳐 있고, 목재생산을 위한 산림경영이 이루어지지 않고 있

다는 점으로 미루어 산림자원계정이 적절하게 평가되었다고 할 수 있다.

적용성 검토는 현정오 외 12인이 2002년 보고한 ‘지속가능한 산림자원의 관리 및 친환경적 이용’ 중 ‘지속가능한 산림자원의 자원계정 평가에 관한 연구’에 활용된 자료를 바탕으로 수행되었으며 각 모듈이 산출한 값과 보고서에 기재된 값을 비교한 결과 동일한 것으로 나타나 구현된 모듈이 제 기능을 발휘하는 것으로 파악되었다. 수어댐 유역의 전체 산림자원계정은 약 48억원으로 평가되었으며, 이중 수자원계정이 84%인 40억 원을 차지하여 가장 큰 비중을 차지하고 있었다. 그리고 탄소계정이 4억 9천만원, 목재계정이 2억 7천만원으로 나타났다(표 67).

표 67. 산림자원계정 평가 결과

구분	목재계정	탄소계정	수자원계정	합계
결과(Vyr)	1억 5천만	2억 7천만	40억	44억 2천만
지역	남부학술림	남부학술림	수어댐유역	-
가중치(지역별 면적차 상쇄)	1.8	1.8	1	-
가중치 적용결과 (Vyr)	2억 7천만	4억 9천만	40억	47억 6천만
비율(%)	6	10	84	100

제4장 결론 및 제언

제1절 산림자원계정 평가

본 연구에서는 산림자원의 지속적 이용과 친환경적인 관리를 위하여 산림이 가진 경제적 기능과 환경적 기능을 통합한 산림자원계정체계를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 평가의 대상은 산림의 전통적인 경제적 기능인 목재공급 기능과 산림이 제공하는 환경서비스 기능인 수자원 함양기능, 휴양처 제공기능, 그리고 대기 중의 탄소를 흡수하여 지구온난화 방지에 기여하는 탄소 흡수기능 등의 4가지 기능이다. 평가 대상 항목인 목재, 탄소, 수자원, 휴양 등에 대하여 스톡(stock) 및 플로우(flow)를 조사하고 이를 물리적, 화폐적 계정으로 평가하는 모델을 개발하였다.

목재계정 및 탄소계정은 기본적으로 국가 산림자원 인벤토리로부터 계산해 낼 수 있다. 즉, 산림의 임상별 임목축적량에 과학적으로 도출된 계수를 적용하여 목재와 탄소의 물리적 계정을 구하였다. 화폐계정은 목재계정의 경우 입목가격을, 탄소계정의 경우 단위 탄소당 화폐가치를 곱하여 구하였다.

수자원 계정연구는 물리적 계정연구에 관하여 GIS기술의 연구 적용 시에 선행연구로 사용하였던 김경하(1992)의 (식 7)과 본 연구에서 도출된 (식24)의 두 모델 모두가 GIS기술활용시에 적용이 가능하나, 전국단위의 산림으로 확대적용할 경우, 두 모델식의 조사대상지가 저수지인 점을 감안하여 산림유역의 선정에 세심함이 필요하다. 표본의 수가 많고, 여러 자연환경적 인자에 관한 직접적인 조사가 수반된 김경하(1992)의 연구결과와 모델이 적용시에 용이할 것으로 예상된다. 따라서 추후 연구시에는 물리적계정에서 총 분석을 세 번의 과정으로 각 단계별 인자자체와 인자간의 관계들의 영향력 규명에 힘쓴 이유도 이 때문이다.

수자원계정연구는 화폐계정연구에서 도출한 공식으로부터 물 1단위의 가치를 현실에서 이용하려면, 산림수자원의 전체 양과 그 본원적 수자원이 직접 하류에서 거주하는 시민들에게 전달되는 조사지를 선정하여 가정용수로서의 물의 가치를 이창재(1994)의 연구결과로 도출된 시민들의 지불의사추정액으로 산림의 수자원 가치를 화폐단위로 환산할 수 있다는 장점이 있다. 실제적으로 톤당 산림의 화폐적 가치는 979원으로 도출되었는데, 본 연구의 결과를 활용하여 매 해의 물가수준으로 산림의 수원함양기능의 평

가추정이 용이하다.

휴양계정과 관련해서는 자연휴양림 내의 편의시설면적, 평균수령, 침엽수비율, 그리고 휴양림까지 도달하는 대중교통횡수 등이 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 통계적 유의성은 다소 낮으나 휴양림에서 7대 광역도시까지의 인구가중평균거리는 음(-)의 영향을, 자연림비율은 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 산림의 휴양편익을 높이기 위해서는 세 가지 요소, 즉 휴양지의 산림자원특성, 인공편의시설, 그리고 접근성 간의 조화가 필요함을 보여준다. 그러므로 향후 효과적인 산림휴양지 관리에 있어 우수한 산림자원 육성 뿐 아니라 사용자에게 편리한 서비스를 제공할 수 있는 자연친화적 인공편의시설 마련에도 관심을 가져야 할 것으로 본다. 또한 산림휴양지까지의 접근성을 높이는 방향으로 개발 및 관리정책을 유도하는 것이 바람직하지만 이는 단순한 물리적 거리 차원에서의 접근성 향상을 의미하기보다는 접근도로의 확장 또는 포장, 대중교통수단 확충 등과 같은 보다 이용자 중심의 면밀한 조치를 의미한다.

다만, 휴양계정과 관련하여 GIS를 이용한 평가모듈은 향후 보완 또는 발전되어야 할 것으로 생각한다. 그 이유는 바로 평가모듈에 사용되는 변수들의 성격에서 기인한다. 즉, 본 연구의 본래 취지는 기존에 존재하는 GIS 데이터들을 이용하여 각 기능별 산림계정을 산출해내는 것이다. 그러므로 평가모듈에 사용되는 변수들 역시 기존에 구축된 GIS 데이터들에서 추출되어야 하는 것이 원칙이다. 그러나 휴양계정의 경우는 수자원계정 및 목재, 탄소계정과 비교하여 상대적으로 보다 복합적인 인자와 원인들에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 더불어 산림휴양은 인간을 위한, 그리고 인간에 의한 행위이므로 기존 GIS 분석에서 다루고 있지 않는 인간사회학적 변수들을 평가모듈에 포함시켜야 하는 당위성을 가지고 있다. 그 결과 본 휴양계정 평가모듈은 현재 GIS 데이터가 존재하지 않는 대중교통운행횡수, 편의시설면적, 평균수령 등의 변수들을 포함하고 있다.

그러나 이러한 연구결과는 향후 산림휴양계정 평가모듈이 나아가야 할 방향을 제시한다고 볼 수 있다. 다시 말해 보다 면밀히 산림휴양편익 및 계정을 측정하기 위해서는 현재 존재하는 데이터들 뿐만 아니라 휴양계정에 영향을 주는 새로운 영향인자들에 대한 데이터 확보작업이 필요하다. 이런 작업이 선행되어야 비로소 산림의 휴양계정을 올바르게 측정할 수 있다.

산림은 다양한 기능을 제공하며 각각의 기능을 경제적인 가치로 평가하는 방법은 다양하다. 산림자원의 가치는 산림의 현재 상태 뿐 아니라 지역적, 사회적, 경제적 요인에 따라 변동한다. 그러므로 지속가능한 산림의 관리를 위해서는 평가대상 기능을 확대하

고 각 기능간의 상관관계도 고려할 수 있는 정교한 평가방법의 개발이 요구된다.

제2절 산림자원계정 평가 전산시스템

산림자원계정 평가모듈은 산림자원계정 평가모델에서 제시된 바와 같이 목재, 탄소, 수자원 계정에 사용자로부터 입력된 가중치를 적용하여 합산함으로써 전체 산림자원계정을 산출하고, 전체 산림자원계정 중 각 기능별 계정이 차지하는 비율을 계산함으로써 각 기능의 발현정도를 비교·평가할 수 있도록 구현되었다.

전체 산림자원계정 산출방식이나 비교·평가 방식이 변경될 경우, 본 모듈을 수정 혹은 교체함으로써 기본 모듈의 변경없이 시스템이 운영되도록 하였다. 특히, 향후 연구를 통해 산림자원계정으로 부터 생산된 정보를 바탕으로 한 의사결정지원 방법이 수립된다면, 본 모듈에 의사결정지원 방법으로 부터 정보를 생산할 수 있는 알고리즘을 직접 구현하거나, 모듈을 추가함으로써 향상된 기능을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

산림경영의 패러다임은 목재수확의 보속경영에서 다목적 경영을 거쳐, 지속가능한 산림경영으로 변화하고 있다. 지속가능성을 평가하는 모니터링은 국가차원의 평가에서 점차 지역이나 개별경영체의 평가를 중시하는 쪽으로 옮겨가고 있다. 본 연구에서도 이러한 경향을 반영하여 백운산 지역의 수어댐 유역을 중심으로 목재계정, 탄소계정, 수자원계정 등을 산출하여 전체적인 산림자원의 가치를 평가하였다.

그 결과 수자원계정이 40억원, 탄소계정이 4억 9,000만원, 목재계정이 2억 7,200만원이었고, 전체 산림자원계정은 약 48억원이었다. 총 계정 중 수자원계정이 차지하는 비율이 84%로 가장 크고, 탄소계정이 10%, 목재계정이 6% 순이었다.

산림의 가치와 중요성에 대한 인식과 보전의 목소리가 높아지는 반면, 이를 계량화하려는 연구는 미진한 실정이다. 산림의 가치에 대한 계량화 및 계정화 연구는 방법이나 해석적인 측면에서 많은 한계를 가지고 있지만, 대상지의 가치를 일반인이 쉽게 인식할 수 있도록 하여 관리를 위한 투자를 이끌어내는데 매우 큰 역할을 한다. 따라서, 추후 방법론적 보완을 통해 산림의 가치를 계량화하는 계정체계를 정비하여 합리적인 관리정책의 방향을 설정하는 노력이 요구된다.

제5장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연도별 연구목표 및 달성도

구분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위	달성도 (%)
1차년도 (2005)	산림자원계정 평가인자 선정 및 기초 DB 구축	○ 산림자원계정별 인자선정 및 기초 자료 수집 - 계정별 평가인자 및 연구대상지 선정 - 평가인자별 기초 자료 수집	100
		○ 산림자원계정 평가를 위한 기초 DB 구축 및 GIS 응용 자료관리 체계 개발 - 평가인자별 GIS 응용 DB 구축 - DB 관리 시스템 개발	100
2차년도 (2006)	산림자원계정 평가방법 및 평가시스템 개발	○ 물리·화폐적 산림자원계정 평가방법 개발 - 총 축적(Stock) 및 흐름(flow)관점의 계정 정량화 방법 개발 - 산림자원계정 평가모델 개발	100
		○ 물리·화폐적 산림자원계정 평가시스템 개발 - 물리적 산림자원계정 평가모델 개발 - 화폐적 산림자원계정 평가모델 개발	100
3차년도 (2007)	전국 및 지역 단위 산림자원계정 평가 및 통합 산림자원계정 평가시스템 개발	○ 전국 및 지역 단위 산림자원계정 평가 및 평가 방법 보완 - 지역(시군) 단위 산림계정 평가 - 전국 단위 산림계정 평가	100
		○ GUI 기반 통합 산림자원계정 평가시스템 개발 및 적용성 검토 - 개별 평가모듈을 연계, GUI 기반 통합 시스템 개발 - 적용성 검토	100

본 연구는 산림자원 계정별 평가인자를 선정하고 물리적, 화폐적 평가방법을 개발하였다. 각각의 기능은 기존의 국가, 지방 또는 대상지의 문헌자료(산림자원조사 통계 등)를 통해 또는 실측 조사 자료를 통해 평가가 가능하도록 개발하였다.

각 계정과 관련해서는 본 연구가 개발한 평가모델을 통해 지역단위 산림의 물리적, 화폐적 공익가치를 추정해볼 수 있다. 이로써 그 동안 추상적으로만 인식되어 왔던 산

림의 공익가치를 직접적인 수치로 확인할 수 있다. 또한 본 연구를 통해 각 공익기능에 영향을 주는 인자들을 발굴하였으므로 산림휴양지의 자원관리에 있어서 보다 큰 효율성을 도모할 수 있으리라 본다.

평가된 산림의 가치를 기반으로 한 지속가능한 산림자원의 관리에 따른 보상이나 산림정책의 보완이 가능하리라 생각된다. 또한 본 연구에서 개발한 환경계정 평가방법은 농업·원예·축산 등의 경제적·환경적 평가기술개발에 응용이 가능하다.

제6장 연구개발결과의 활용계획

산림의 공익 기능에 대한 유형별·지역별·소유별 가치를 평가하고 이 평가 자료를 바탕으로 경제적·공익적 가치를 극대화하기 위한 산림의 이용 및 지속가능한 관리를 위한 의사결정 도구로써 활용이 가능하다.

산림자원계정에 대한 과학적 평가를 통해 국가 및 지방 산림관리 당국은 첫째, 산림의 공익적 기능에 대한 사회적 가치를 반영한 산림관리 계획의 수립하고, 둘째, 지속가능한 임업을 수행할 수 있도록 산림의 공익기능에 대한 보상제도의 마련을 위한 산림자원 정보시스템 구축을 통해 지속가능한 산림관리를 할 수 있도록 정보 제공이 가능하다. 사유림 소유주는 소유산림에 대한 환경적 가치를 포함한 총 가치를 인식하고 여러 가지 환경관리 원칙에 입각한 합리적인 산림의 관리방안을 마련을 가능하게 한다.

제7장 참고문헌

- 건설교통부. 2001. 수자원장기종합계획(Water Vision 2020)
- 건설교통부, 한국수자원공사. 2006. 물과 미래
- 과학기술처, 1991. 산림의 공익적 기능의 계량화 연구
- 곽승준. 조건부가치측정방법을 통한 수질개선에 관한 편익추정 -서울지역의 수도물 안전성증가에 대한 비용-편익 분석을 중심으로-. 국토연구원. 국토연구. 1994
- 권영현. 1992. 국내 목재수급 및 유통실태에 관한 연구 - 목재집하장을 중심으로. 서울대학교 석사학위 논문권오상. 2005. 환경경제학. 박영사
- 권오상. 2007. 환경경제학. 박영사
- 김갑덕, 김철민. 1988. 국내 삼림 바이오매스의 생산에 관한 연구와 동향. 임산에너지 8(2) : 94-107
- 김사현·박세종. 2001. TCM을 이용한 관광자원 가치의 추정과 비교: 적용과 시사점. 관광학연구. 25(3): 13-26
- 김사현·유명수. 1992. 위락자원 비이용가치의 결정인자분석-설악산 국립공원의 사례를 중심으로-. 한국여가레크리에이션학회지. 53-64
- 김세천·변우혁·서주환·김성일·신상섭. 1993. 자연휴양림의 조성과 관리. 한국조경학회지. 21(2): 129-149
- 김승우. 1994. 녹색GNP의 의의와 그 개발방향. 환경리포트 8 : 106-128
- 김승우, 김정인, 윤여창. 1994. 환경계정구축에 관한 연구. 한국환경기술개발원
- 김승우 외. 1997. 산업별 환경조정부가가치의 추정과 정책적 시사점. 한국환경정책평가연구원
- 김재준 외. 1994. 산림의 공익적 기능의 계량화. 산림경제연구 2(1) : 127-139
- 김용주, 김규호. 2007. 헤도닉 모형 이용한 도시 여가공간의 가치추정: 대구광역시 공원 녹지를 중심으로. 관광학연구 31(1)
- 김우철, 김재주, 박병욱, 박성현, 송문섭, 이상열, 이영조, 전종우, 조신섭 편저. 2005. 현대통계학
- 김종호·이경학·박찬우·서정원·손영모·김경하·윤호중·박찬열·이승우·오정수. 2006. 산림의 공익기능평가
- 김종호, 이경학, 박찬우, 김경하, 윤호중, 손영모, 이승우, 박찬열, 서정원, 오정수. 산림의

- 공익기능 계량화 연구 보고서. 국립산림과학원. 2005-7.
- 김종호·이경학·박찬우·서정원·손영모·김경하·윤호중·박찬열·이승우·오정수.
산림의 공익기능평가. 한국산림휴양학회지 10-2.2006(7-15)
- 김종호, 김재준, 전준현, 손영모, 김경하, 윤호중, 박찬열, 이승우 산림의 공익기능 계량화 연구 보고서. 국립산림과학원. 2007-5.
- 김준순·변우혁. 2003. CVM 질문형에 따른 지불의사액 비교분석. 한국임학회지. 92(3): 270-275
- 김채욱·송운강. 2002. CVM을 이용한 자연관광자원의 보전가치추정. 여행학연구. 15: 181-199
- 김통일. 2002. 자연휴양림 수요예측. 서울대학교 석사논문
- 농림부. 2003. 임업의 공익적 기능 평가방법 개발 및 내부화 방안 연구
- 마크 드 빌리어스 저, 박희경 등역. 2001. 물의 위기. 세종연구원
- 박동균. 1996. 산림자원계정 개발과 정책 영향 평가에의 이용 -목재생산, 탄소고정, 산림휴양을 중심으로- 서울대학교 박사학위 논문 1996년8월.
- 박은식·정주상. 2000. 탄소저장 및 목재생산효과 중심의 산림경영계획을 위한 다목적 선형계획법의 응용. 한국임학회지. 89(3): 335-341
- 박재현, 정용호, 김경하, 윤호중. 2001. Analysis of the Factors Influencing the Mesopore Ration on the Soil Surface to Investigate the Site Factors in a Forest Stand(I) - With a Special Reference to Coniferous Stands. Jour. Korean For. Soc. 90(3) : 314-323. 2001
- 박재현, 정용호, 김경하, 윤호중. 2001. Analysis of the Factors Influencing the Mesopore Ration on the Soil Surface to Investigate the Site Factors in a Forest Stand(III) - With a Special Reference to Mixed Stands. Jour. Korean For. Soc. 90(6) : 683-691. 2001
- 배영주. 2003. 현대통계학의 이해와 응용. 교우사
- 산림청. 1998. 자연휴양림 제도개선
- 산림청. 2001. 임업통계연보
- 산림청. 2002. 주5일 근무제를 대비한 산림휴양종합대책 수립
- 산림청. 2004. 자연휴양림 조성·관리 및 운영 매뉴얼
- 산림청. 2007. 임업통계연보 2007.

- 신용광, 장철수. 산림의 공익적 가치와 환원방안에 관한 연구. 한국농촌경제연구원. 2006-33. 2006. 11
- 심명필. 수자원경제분석입문(1)외. 수자원 학회지 33-3 p.111-120. 2000
- 환경부. 상수도통계
- 안소은. 2006. 편익이전 기법을 이용한 자연환경 가치추정 : 휴양가치를 중심으로. 한국 환경정책 · 평가연구원
- 엄영숙. 실험시장접근법을 이용한 먹는 물 수질개선에 대한 지불의사 측정. 한국환경경제학회, 한국자원경제학회 (구 한국환경경제학회), 자원 환경경제연구 (환경경제연구). 2000
- 엄영숙·이광석. 2006. 자연환경자원 방문수요함수 추정에 있어서 여가시간의 기회비용과 자료생성과정의 영향. 경제학연구. 54(3): 103-131
- 연평식 · 신원섭. 2001. 국립공원과 자연휴양림 이용객의 방문동기. 한국산림휴양학회지. 5(3): 59-66
- 연평식 · 신원섭. 2003. 산림휴양으로부터 얻는 편익의 규명. 한국산림휴양학회지. 7(2): 27-36
- 연평식 · 신원섭. 2004. 산악형 6개 국립공원의 휴양편익 측정. 한국산림휴양학회지. 8(2): 27-36
- 유병일 외 3인. 1985. 국내재 유통에 관한 연구. 한국임학회지 71 : 1-8
- 윤여창 · 김성일. 1992. 산림자원의 휴양가치 산출을 위한 경제적 평가방법론 비교연구. 환경경제연구. 1(1): 155-183
- 이기호, 박승준, 996, “수질개선의 화폐적 가치 : CVM과 비구분 효과”, 자원경제학회지, 6-1. 1
- 이경학, 손영모, 서정호, 김래현. 2007. 산림부문 온실가스 흡수원 배출원 인벤토리 평가. 국립산림과학원, 2007, 연구보고 07-24.
- 이명헌. 2002. 낚시터 속성별 개선편익효과-헤도닉여행비용접근법을 통하여-. 자원 · 환경경제연구. 11(1): 1-29
- 이성태 · 이명헌. 1999. 대구 팔공산 자연공원의 편익가치측정-여행비용접근법을 통하여 -. 환경경제연구. 7(2): 211-228
- 이주희 · 한상열. 2004. 중력모형을 이용한 산악형 국립공원의 수요모형 개발. 한국산림휴양학회지. 8(1): 45-49

- 이충기. 2006. 2단계 CVM 접근방법을 통한 생태관광자원의 가치평가. 호텔경영학연구. 15(3): 175-187
- 이충기 · 이주희 · 한상열. 1998. 생태관광자원의 레크리에이션 이용가치 측정-민주지산을 사례로. 관광학연구. 21(2): 263-278
- 임업연구원. 1994. 월간 연구정보 각호
- 임업연구원. 2001. 임업연구사업 보고서
- 임업연구원. 2002. 임업연구사업 보고서
- 임업연구원. 2003. 임업연구사업 보고서
- 임업통계연보. 2006. 산림청
- 장병문 · 서정희. 1999. 휴양 적합성에 영향을 미치는 자연휴양림의 자원특성. 한국조경학회지. 27(4): 13-22
- 장병문. 2000. 이용 만족도에 영향을 미치는 자연휴양림의 자원요소. 산림휴양연구. 4(3): 27-41
- 장병문 · 배민기. 2002. 자연공원의 분위기가 이용자의 만족도에 미치는 영향. 한국조경학회지. 30(1): 29-43
- 장철수, 신용광. 수원함양보안림지불제 도입연구. 한국농촌경제연구원 2007-38. 2007.12
- 전경수 · 김세천 · 송형섭 · 조용복. 1996. 자연휴양림의 이용특성 및 방문동기에 관한 연구. 한국조경학회지. 24(2): 43-51
- 전경수 · 박문수 · 안기완 · 박종민. 2002. 자연휴양림의 마케팅 전략 수립에 관한 연구. 한국산림휴양학회지. 6(3): 77-86
- 전현선 외. 2001. Green GNP와 산림자원계정. 임업연구원 연구보고서
- 정세경, 이경학, 이홍균. 1994. 주요수종의 입목자산평가(II) - 잣나무, 참나무, 소나무. 임업연보 50 : 96-111
- 정용호, 김경하, 윤호중, 박재현. 2001. Analysis of the Factors Influencing the Mesopore Ration on the Soil Surface to Investigate the Site Factors in a Forest Stand(II) - With a Special Reference to Deciduous Stands. Jour. Korean For. Soc. 90(4) : 450-457. 2001
- 조형규. 2001. 환경질의 변화 후 도시공원의 경제적 가치 평가 연구-여행비용접근법을 중심으로. 서울대학교 석사학위 논문
- 주린원 · 한상열 · 이성연 · 박찬우 · 김재준. 2006. 패널자료를 이용한 산림휴양의 장기수

- 급예측 모형의 개발. 한국임학회지. 95(4): 381-387
- 채여라 등. 2007. 탄소세 도입가능성에 대비한 조세·재정정책의 방향에 관한 연구. KEI정책보고서 2007-WO-08.
- 최관. 2002. 자연휴양림에서의 이용객 소비지출 결정요인. 한국산림휴양학회지. 6(1): 27-38
- 최민휴, 조용혁. 1974. 목재시장 유통조사. 임시연보 21호. pp157-170
- 최영문 · 박창규. 1998. 도시자연공원의 자원가치 평가에 관한 연구. Tourism Research. 12: 421-436
- 최조룡 · 최정기 · 우중춘. 2003. 산림휴양 적지평가를 위한 GIS 기법에 관한 연구-강원대학교 산림과학대학 연습림을 대상으로-. 산림경제연구. 11(1): 60-67
- 한범수 · 김사현. 1997. 관광자원 가치평가방법의 방법론적 우열에 관한 연구, TCM과 CVM의 비교. 관광학연구. 20(2): 115-133
- 한상열. 2006. 기대불일치이론에 의한 자연휴양림 이용객의 만족 및 재방문 결정경로. 한국임학회지. 95(3): 291-298
- 한상현 · 조광익. 2006. 산악 국립공원의 비 시장가치 추정에 관한 연구-주왕산 국립공원에 대한 개인별 여행비용모형의 적용-. 관광연구. 21(1): 113-129
- 한수진 · 이우균 · 팍두안. 2006. GIS를 이용한 산림휴양기능평가. 한국지리정보학회지. 9(1): 13-19
- 홍성권, 김재현, 조현길. 2005. 이단계 이선 가상가치평가법을 사용한 도시녹지의 경제적 가치평가. 한국조경학회지
- 환경부. 2003. 환경경제통합계정 개발 및 녹색GDP 작성(I)
- Armando Gonzalez-Caban, John B. Loomis, Andrea Rodriguez and Hayley Hesseln. 2007. A comparison of CVM survey response rates, protests and willingness-to-pay of Native Americans and general population for fuels reduction policies, Journal of Forest Economics. 13
- Atkinson and Gundimeda. 2006. Accounting for India's Forest Wealth. Working Paper 5/2006. Madras School of Economics.
- Birdsey, R.A. and Heath, L.S. 1995. Carbon changes in U.S. forests. In: Joyce, L.A., ed. Productivity of America's forests and climate change. Gen. Tech. Rep. RM-271. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service.

56-70.

- Brown Gardner Jr. and Mendelsohn Robert. 1984. The Hedonic Travel Cost Method. *Review of Economics and Statistics*. 66: 427-433
- Brunt Paul. 1997. *Market Research in Travel and Tourism*. Butterworth-Heinemann
- Cesario, Frank J.. 1975. Value of Time in Recreation Benefit Studies. *Land Economics*. 55(1): 32-41
- C. H. Green a; S. M. Tunstall. 1991. The evaluation of river water quality improvements by the contingent valuation method . *Applied Economics*, Volume 23, Issue 7 July 1991 , pages 1135 - 1146
- Englin Jeffrey and Mendelsohn Robert. 1991. A Hedonic Travel Cost Analysis for Valuation of Multiple Components of Site Quality: The Recreation Value of Forest Management. *Journal of Environmental Economics and Management*. 21: 275-290
- Eurostat. 2002. *Accounts for recreational and environmental functions of forests*. Luxembourg: Office of the European Communities.
- Frechtling Douglas C.. 1996. *Practical Tourism Forecasting*. Butterworth-Heinemann
- Gundimeda, H. et al.. 2006. Natural resource accounting for Indian states -Illustrating the case of forest resources, *Ecological Economics*.
- Hayley Hesseln, John B. Loomis, Armando Gonzalez-Caban and Susan Alexander. 2003. Wildfire effects on hiking and biking demand in New Mexico: a travel cost study. *Journal of Environmental Management*. 69: 359-368
- Heath and Smith, 2000. *Soil Carbon Accounting and Assumptions for Forestry and Forest-Related Land Use Change*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-59.
- IPCC. 1991. *Climate Change: The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Scientific Assessment*
- Kyong Ha Kim, Chun Yong Lee and Won Kyu Lee. Effects of Site Condition on the Dry Season Storage of Reservoirs in Small Forested Watersheds. 1992. 산림과학 연구논문
- Je Su Kim, Kyonha Kim and Yongho Jeong. Effects of Forest Tending for

- Augmentation of Water Resources in the International Year of Fresh Water.
 Jour. Korean For. Soc. 92(3) : 161–167. 2003
- Jordan, J.L., Willingness to pay for improvements in drinking water quality Feb
 1993, Water resources research (USA)
- Loomis John B. & Walsh Richard G., 1997. Recreation Economic Dcisions:
 Comparing Benefit and Cost. 2nd edition. Venture Publishing,
- Nordhaus, W.&J. Boyer. 1999. Warming the world: economic models of global
 warming. MIT Press: Cambridge, Massachusetts.
- Norman, L., H. Eriksson, M. Eriksson& K. Skanberg. 2001. Environmental accounts
 for forests: non ESA/SNA functions. Report to Eurostat.
- Pearce, D.W. 2003. “The Social Cost of Carbon and its Policy Implications”, Oxford
 Review of Economic Policy
- Randall A. Kramer, Jonathan I. Eisen–Hecht. Estimating the economic value of
 water quality protection in the Catawba River basin ,WATER RESOURCES
 RESEARCH, VOL. 38, NO. 9, 1182
- Robert J Johnstona, Stephen K Swallowa and Thomas F Weaver, July 1999,
 Estimating Willingness to Pay and Resource Tradeoffs with Different Payment
 Mechanisms: An Evaluation of a Funding Guarantee for Watershed
 Management. Journal of Environmental Economics and Management. Volume 38,
 Issue 1, Pages 97–120
- Starbuck C. Meghan · Alexander Susan J. · Berrens Robert P. · Bohara Alok K..
 2004. Valuing special forest products harvesting: a two–step travel cost
 recreation demand analysis. Journal of Forest Economics. 10: 37–53
- Subhrendu K. Pattanayak, 2004. Valuing warwashed services: concepts and empirics
 from southeast Asia. Agriculture, Ecosystems and Environment 104 (2004)
 171–184
- Swank, W. T. and Crossley, Jr. D. A.. 1987. Forest Hydrology and Ecology at
 Coweeta. Spring–Verlag.
- World Bank, 1990. Environmental Accounting for Sustainable Development
- Yin Robert K.. 2003. CASE STUDY RESEARCH. SAGE Publications

부록 1. 휴양객 설문지

200 년 월 일 휴양림 이름_____

산림 휴양/자연자원의 경제적 가치평가에 관한 조사

안녕하십니까?

저희 서울대학교에서는 “휴양자원으로서의 산림의 경제적 가치평가”에 관한 조사를 하고 있습니다. 이 조사는 산림의 휴양기회제공 기능을 증진함으로써 국민의 삶의 질 개선에 기여할 수 있는 국가정책 개발에 목적이 있습니다.

이런 뜻에서 선생님께서 응답해주시는 내용 하나 하나는 귀중한 자료로 사용될 것입니다. 아울러 응답하신 자료는 순수한 학문적 목적으로만 이용될 것이며, 응답자의 비밀은 보장됨을 약속드립니다.

선생님의 협조를 부탁드립니다. 감사합니다.

서울대학교 산림과학부 생태경제학연구실
조사자 : 석사과정 전정남
tel) 02-880-4763

조사기관 : 서울대학교



농업생명과학대학 산림과학부

♣♣♣♣ 선생님의 고견을 부탁드립니다. ♣♣♣♣

1. 오늘을 포함하여 귀하께서는 지난 1년간 이 곳 휴양림을 몇 번 방문하셨습니다?

- ① 1번 ② 2번 ③ 3~5번 ④ 6~10번 ⑤ 11~15번 ⑥ 16~20번 ⑦ 21~25번
⑧ 26~30번 ⑨ 31번 이상 - 적어주세요. ()번

2. 이 곳에서 주로 어떤 활동을 하셨나요? (해당되는 것 모두를 체크해 주십시오.)

- ① 자연감상 혹은 학습 ② 음식해먹기 ③ 등산 ④ 놀이나 게임
⑤ 산지특산물 구입 ⑥ 야영 ⑦ 휴식 ⑧ 사찰 등 명승지 방문
⑨ 기타(적어주세요 :)

3. 귀하께서는 이 곳 휴양림을 여행의 목적지로 결정하셨는데요, 이 곳 이외에 고려되었던 다른 곳이 있었습니까?

- ① 없다
② 있다.(모두 적어주세요 :)

4. 이 곳 휴양림까지 오시는 데에 사용하신 교통수단과 경로를 순서대로 모두 써주세요.

교통수단 순서	출발지	종착지
①	~에서	~까지
②	~에서	~까지
③	~에서	~까지
④	~에서	~까지

다음은 귀하의 신상에 관한 내용입니다. **이 자료는 통계분석을 위한 자료일 뿐, 절대 외부로 유출되지 않을 것임을 엄숙히 약속드립니다.**

부록 2. 휴양림 관리자 설문지

200 년 월 일 휴양림 이름_____

산림 휴양/자연자원의 경제적 가치평가에 관한 조사

안녕하십니까?

저희 서울대학교에서는 “휴양자원으로서의 산림의 경제적 가치평가”에 관한 조사를 하고 있습니다. 이 조사는 산림의 휴양기회제공 기능을 증진함으로써 국민의 삶의 질 개선에 기여할 수 있는 국가정책 개발에 목적이 있습니다.

이런 뜻에서 선생님께서 응답해주시는 내용 하나 하나는 귀중한 자료로 사용될 것입니다. 아울러 응답하신 자료는 순수한 학문적 목적으로만 이용될 것이며, 응답자의 비밀은 보장됨을 약속드립니다.

선생님의 협조를 부탁드립니다. 감사합니다.

서울대학교 산림과학부 생태경제학연구실
조사자 : 석사과정 전정남
tel) 02-880-4763

휴양림 관리자용



조사기관 : 서울대학교

농업생명과학대학 산림과학부

♣♣♣♣ 선생님의 고견을 부탁드립니다. ♣♣♣♣

9. 본 휴양림 내의 임목들 중 자연림과 인공림의 면적 혹은 본수는 각각 어떤가요?

자연림 - 면적 : ()ha 혹은 () m^2 / 본수 : ()본

인공림 - 면적 : ()ha 혹은 () m^2 / 본수 : ()본

10. 본 휴양림 내에 있는 모든 길(등산로, 산책로, 임도 등)의 총 길이가 어떻게 되나요?

길이 : ()km 혹은 ()m

또는 면적 : () m^2

11. 본 휴양림의 숙박 • 야영시설은 1일에 최대 몇 명의 투숙객을 수용할 수 있나요?

1일 최대 ()명

12. 본 휴양림관리사무소에 근무하시는 직원 중 산림관련 전문인력은 몇 명입니까? ()명

13. 본 휴양림까지 오는 대중교통(버스 등)이 있습니까?

① 있다

② 없다

13-1. 휴양림까지 오는 대중교통이 있다면 그 개수와 하루 동안의 운행간격에 대해 말씀해주세요.

(예를 들면 마을버스, 시외버스, 군버스 등입니다.)

대중교통 1 () : 휴양림에 하루 ()번 도착

대중교통 2 () : 휴양림에 하루 ()번 도착

대중교통 3 () : 휴양림에 하루 ()번 도착

대중교통 4 () : 휴양림에 하루 ()번 도착

답변해 주셔서 감사합니다.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.