



환경(공공)재의 가치평가 기법

2014. 09.19.

김 홍 석

서울대학교

- ‘환경가치’의 정의는 개인마다 다를 수 있음
- 이는 가치의 개념 자체가 본질적으로 복잡하고 다차원적이기 때문이며, 동시에 개인이 처한 상황과 가치관에 따라 달라지는 개념이기 때문.
- 자연과학, 사회과학, 환경관리 등 다양한 분야에서 나름대로의 공감대를 형성하고 있는 가치의 일반적인 분류체계를 소개하면 다음과 같음.

1. 인간중심의 가치

(Anthropocentric
Value)

1a. 인간중심의 도구적 가치
(Anthropocentric Instrumental Value)

1b. 인간중심의 내재적 가치
(Anthropocentric Intrinsic Value)

2. 비인간중심의 가치

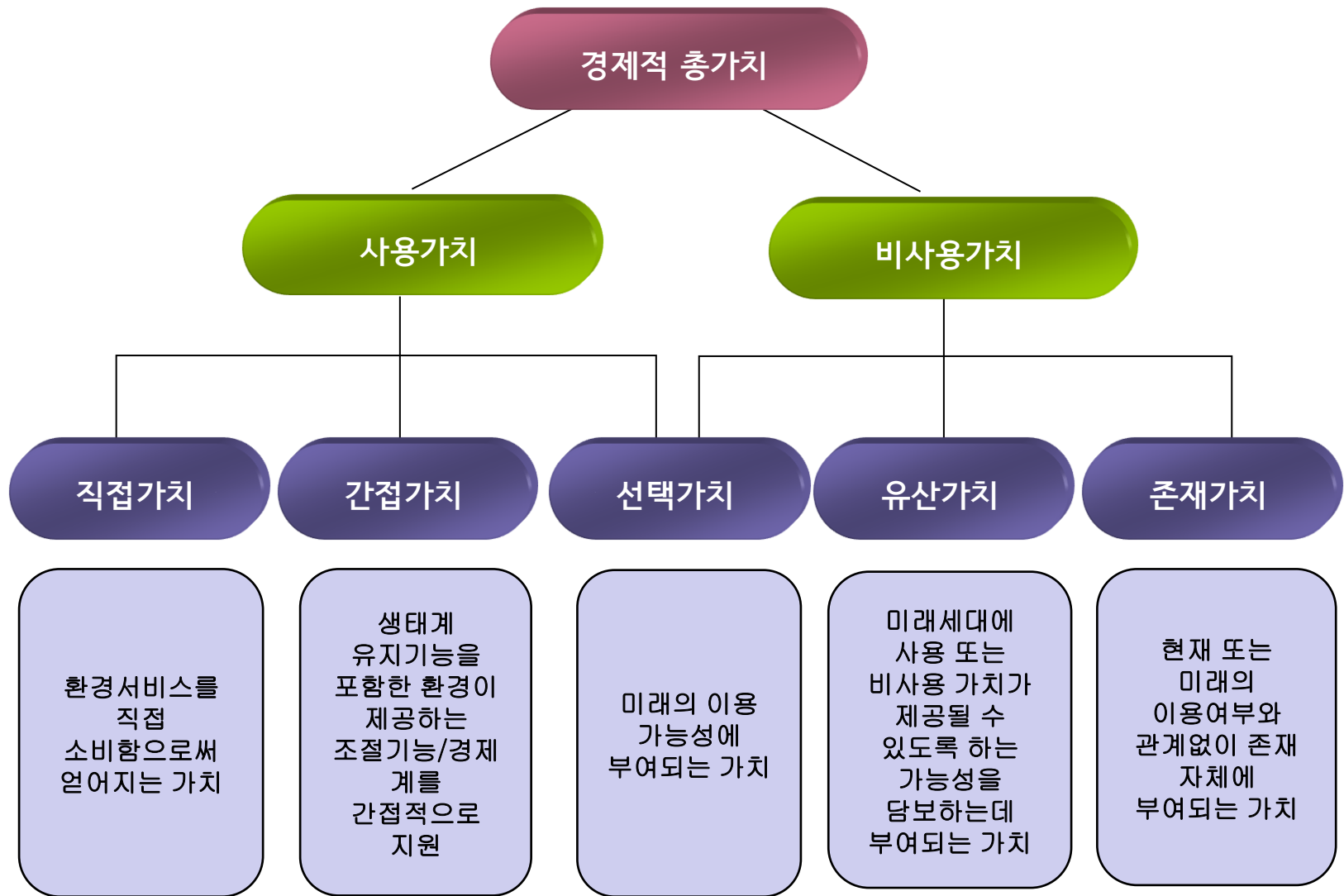
(Non-Anthropocentric
Value)

2a. 비인간중심의 도구적 가치
(Non-anthropocentric Instrumental Value)

2b. 비인간중심의 내재적 가치
(Non-anthropocentric Intrinsic Value)



- 경제학에서 통상적으로 적용하고 있는 경제적 총가치 (total economic value: TEV)는 인간중심의 도구적 가치 (1a)에 해당
- 후생경제학에 바탕을 둔 개인의 선호체계에 기반한 가치임.



- 직접사용가치는 재화를 직접 소비하는 과정에서 발생하는 가치이며 대부분 시장가격으로 측정된다.
- 간접사용가치는 환경이 제공하는 조절기능으로부터 파생되며 일반적으로 가치를 관찰할 수 있는 시장은 존재하지 않음.
- 직접사용가치와 간접사용가치 모두 현시점에서 가치를 부여하는 개인에 의해 소비된다는 점에서는 동일함.

- 유산가치는 미래세대에게 사용 또는 비사용가치가 제공될 수 있도록 가능성을 열어두는 데서 얻어지는 효용에 해당함. 따라서 유산가치는 사용가치로도 비사용가치로도 분류가 가능.
- 존재가치는 현재 또는 미래의 사용여부와 관계없이 어떤 종이나 생태계 등의 존재 자체에 부여되는 가치를 의미.
- 존재가치는 도구적 요소를 결여하고 있기 때문에 세대 내 또는 세대 간 이타심을 포함하고 있는 개념이며 측정 또한 쉽지 않음.
- 이론적으로 존재가치의 존재는 광범위한 공감대를 형성.

공공재(환경재) 가치평가 방법

접근 방법	추정법	분석모형
시장적 방법		피해함수
		생산함수
		비용함수
비시장적 방법	현시선호법	휴양수요모형*
		특성임금모형
		특성가격모형*
		회피행위모형
	진술선호법	가상가치평가법*
		가상순위결정법
		선택실험법*
	모의시장 분석	실험경매법

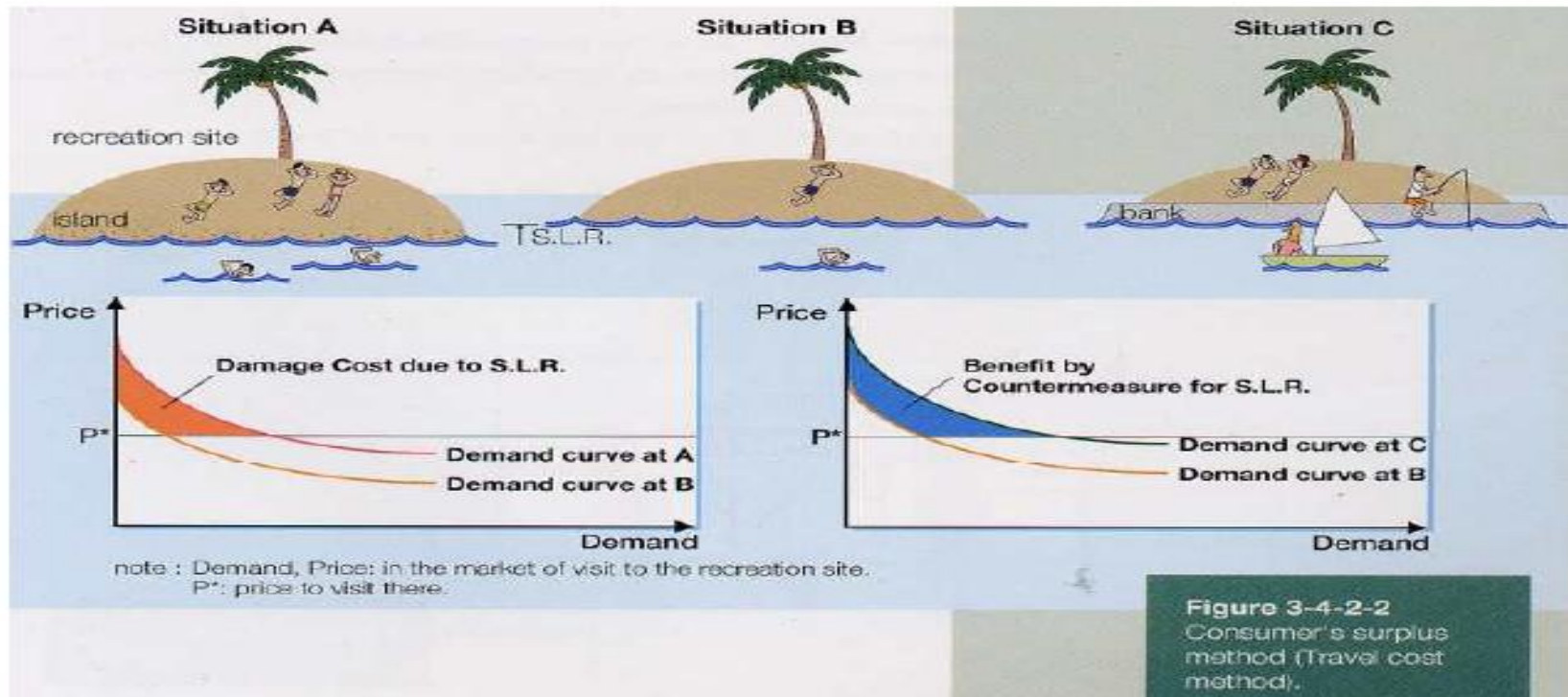
자료: 권오상(2007), 환경경제학



비시장적 방법

현시선호법

휴양수요모형



자료: <http://sim.nilim.go.jp>



자료: lamtrakul et al. (2005).

여행비용법(Travel cost method)

- 소비자의 효용이 가계생산함수 (household production function)에 이론적 기초를 두고 있는 1959년 클로슨 (Clawson)에 의해 처음 소개.
- 클로슨이 이를 미국의 국립공원 이용자들의 편익추정에 적용한 이후 여행비용모형은 낚시, 경관, 국립공원의 이용과 같은 실외 레크리에이션 활동에 대한 수요추정의 분석도구로서 널리 사용되어 왔음

여행비용법(Travel cost method)

- 많은 자연환경은 소비자로 하여금 일정한 편익을 가져다 주기 때문에 그들은 여행에 소요되는 비용을 들여서라도 그곳을 방문하고자 함.
- 소비자들이 지출하는 비용에 기초하여 자연환경이 제공하는 환경편익의 크기를 추정하고자 하는 것이 여행비용모형의 기본 전제.

여행비용법(Travel cost method)

- 소비자의 선호가 평균적으로 모든 지역을 통해 비슷한 것으로 가정되며 자연경관에 대한 수요를 나타내는 종속변수는 일인당 방문횟수를 사용한다.
- 여행에 관련된 정보는 직접 면담을 통해서 얻어지며 여행비용은 주어진 환경재에 대한 암묵가격이다.
- 이러한 자료에 기초하여 서로 다른 가격수준, 지출 및 환경질에 대응하는 각 지역의 수요함수를 추정하게 됨.

여행비용법(Travel cost method)

- j번째 개인의 i번째 지역에 대한 여행비용 수요함수는 다음과 같이 쓸 수 있음:

$$X_{ij} = f(p_{ij}, q_{ij})$$

- 여기서 p_{ij} 는 여행비용, q_{ij} 는 거리, 환경질 등의 지역특성을 나타내는 변수의 벡터, X_{ij} 는 여행횟수이다. q_{ij} 는 분석목적과 대상 지역에 따라 다르게 적용함

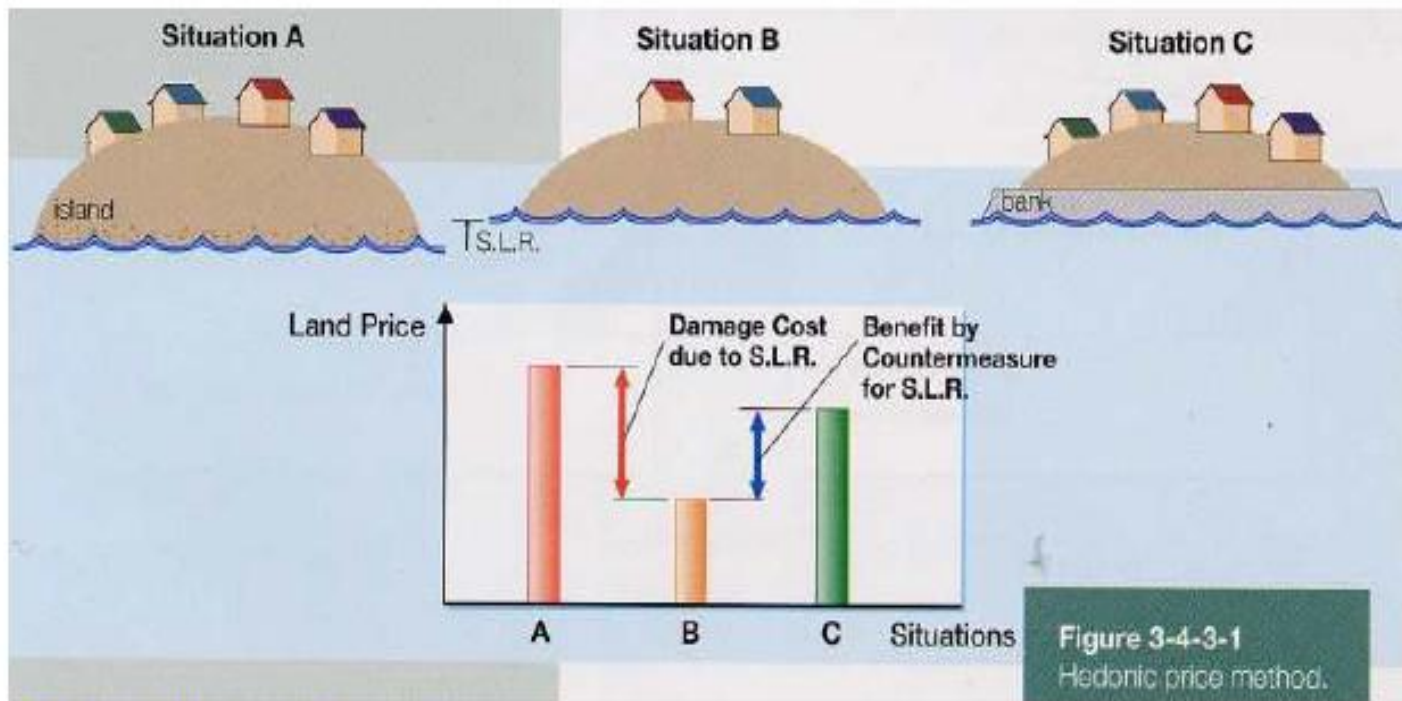
여행비용법(Travel cost method)

- 이러한 여행비용모형은 서로 다른 지역간의 대체성을 반영할 수 없다는 문제점이 있기 때문에 1970년대 중반 이후 다지역 여행비용모형(multi-site TCM)이 개발되었음.
- 이 모형은 서로 다른 레크레이션 지역으로의 여행을 고려하기 위해 다수의 여행지를 동시에 분석하는 연립방정식 형태의 수요체계접근(demands system approach)을 취하고 있음.

특성가격모형(Hedonic pricing)

- 정의

- 공공재가 주택과 같은 내구성이 있는 자산의 가치에 미치는 영향을 파악하여 환경의 가치를 간접적으로 추정



© <http://sim.nilim.go.jp>

특성가격모형(Hedonic pricing)

- 헤도닉가격모형은 환경재에 대한 시장이 명시적으로 존재하지 않기에 시장재인 주택이나 노동과 같은 대체시장(surrogate market)을 이용하여 간접적으로 환경재에 대한 가치를 측정하는 방법
- 헤도닉가격모형에서는 주택이나 직업의 가치가 이를 구성하는 여러 특성들의 가격으로 분할될 수 있다고 가정.
 - 대기질이 주택가격을 결정짓는 하나의 요소가 된다면 직장에서의 사망률이 직장에서의 임금수준에 영향을 미치는 하나의 요인으로 작용한다는 것.

특성가격모형(Hedonic pricing)

- 소비자가 주택을 구입하고자 했을 때 그 주택의 크기, 방의 수, 냉난방 유무, 교육환경, 안전성, 공원에 대한 접근도 등과 같은 다양한 특성과 더불어 소음 정도 및 공기의 청정도와 같은 환경적요소들도 고려하여 의사결정.
- 헤도닉가격모형은 헤도닉가격함수를 통해 체계적으로 나타낼 수 있음.

$$P = P(Q_1, \dots, Q_j, \dots, Q_m)$$

여기서 P는 주택가격, 그리고 $Q_i, i=1, 2, \dots, m$ 은 각각 주택가격을 결정하는 특성들을 나타냄.

특성가격모형(Hedonic pricing)

- 주택시장이라는 대체시장을 통해 환경재의 가치평가를 시도하는 방법으로
서 많은 연구결과들이 축적되어 있음
- 그러나 이 방법은 주택시장에 대한 매우 자세한 데이터를 필요로 하게 되는데, 이러한 자료를 충분히 확보하지 못하는 문제점이 있을 수 있음.
- 또한 주택가격에 큰 영향을 미치는 변수가 누락될 가능성, 여러 환경 변수들간에 다중공선성(multicollinearity)이 존재하는 문제, 함수형태의 결정문제 등 헤도닉가격함수를 설정하는 과정에서 적지 않은 문제점들이 발생할 수 있음.

회피행위모형(Averting Behavior)

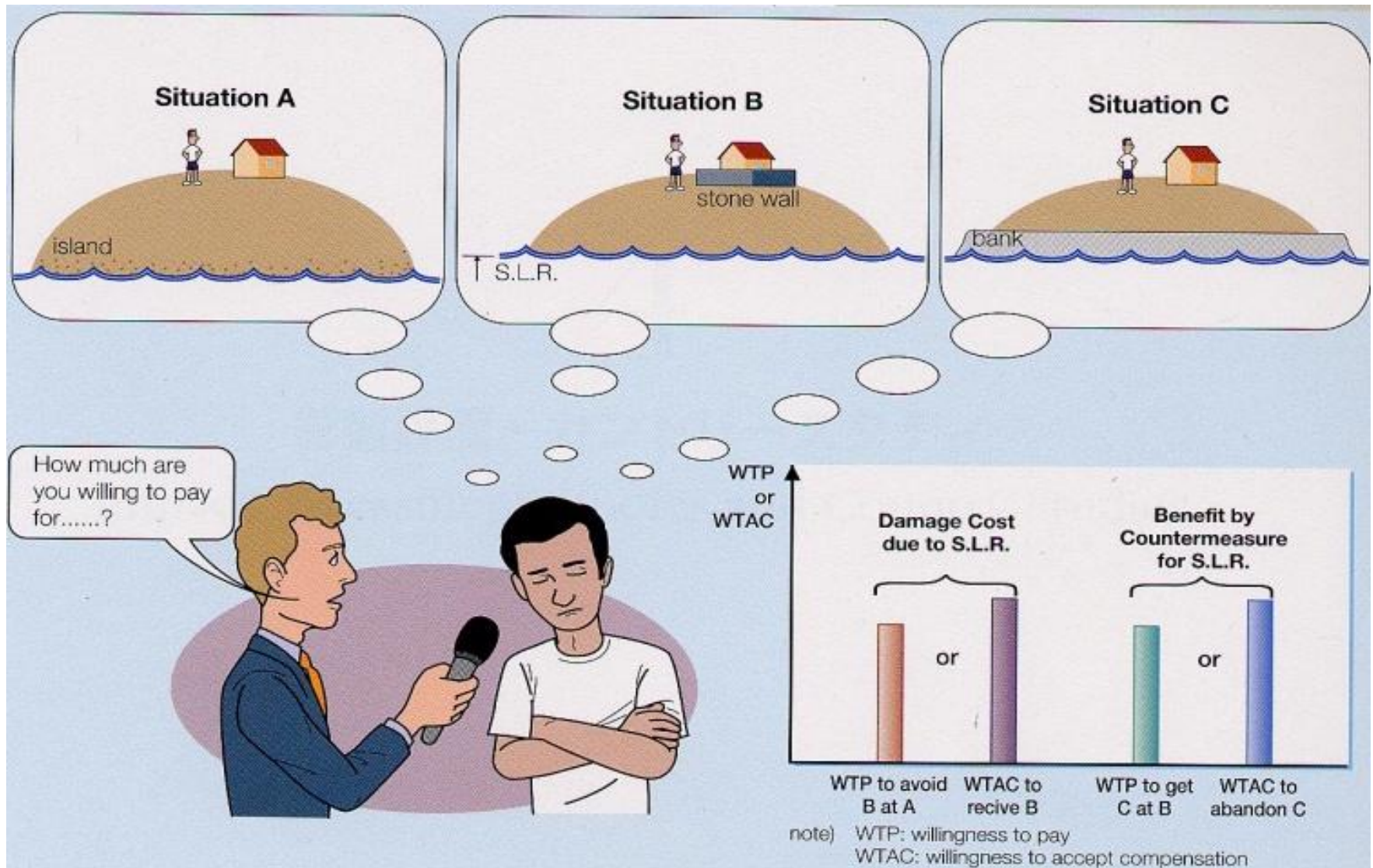
- 최근에 발전된 모형으로 가계생산함수에 기초.
- 악화된 환경질을 회피하기 위해 소요되는 지출로 환경질 저하에 따른 후생의 감소를 측정할 수 있는 것으로 이해
- 따라서 이러한 후생의 감소정도가 주어진 환경재에 대한 소비자의 가치를 표현



비시장적 방법

진술선호법

조건부가치 측정법(Contingent Valuation Method)



조건부가치 측정법(Contingent Valuation Method)

- 어떤 가상적 상황(hypothetical condition)을 설정한 후 응답자들이 어떤 태도와 행동을 취할 것인지를 파악하고자 하는 것
- 비시장재상품에 대해 어떤 가상적인 상황을 설정한 후 이러한 가상적인 상황이 변하지 않은 조건으로 응답자가 얼마만큼의 비용을 지불할 수 있는가를 묻고 지불의사(WTP:willing to pay)로 자원가치를 평가하고자 하는 방법.

- CVM은 지불의사(WTP)와 보상의사(WTA:willing to accept compensation)을 직접적으로 얻을수 있는데 지출함수에서 동등 잉여(ES:Equivalent surplus), 보상잉여(CS:Compensating Surplus)등을 구할 수 있음.

$$v_1(y_j - WTP_j, z_j) + \varepsilon_{1j} = v_0(y_j, z_j) + \varepsilon_{0j}$$

- CVM의 지불의사유도방법을 크게 4가지로 구분하면

1) 자유회답방식:

직접질문법->응답자들의 과도한 답이 많아 편차가 큼. 최근에는 거의 사용안함

2) 지불의사가격게임방식:

입찰방법->제시금액에 대하여 반대 회답을 구할때까지 금액을 증가

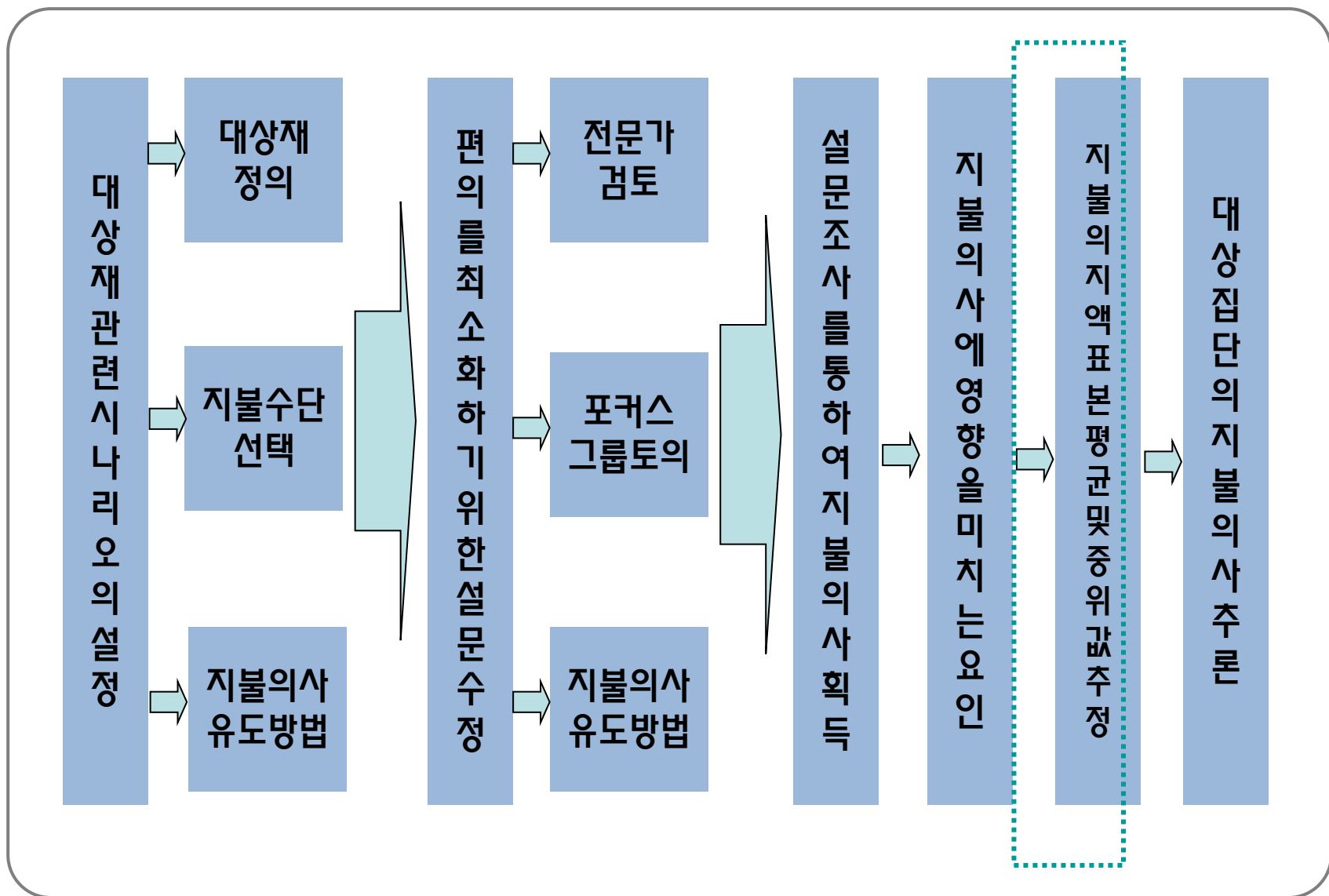
3) 지불카드형식

->제시된 금액중에 선택하게 하는 방법

4) 이항선택방식:

이분선택법->제시된 금액에 대하여 찬/반을 선택

조건부가치측정법(Contingent Valuation Method)

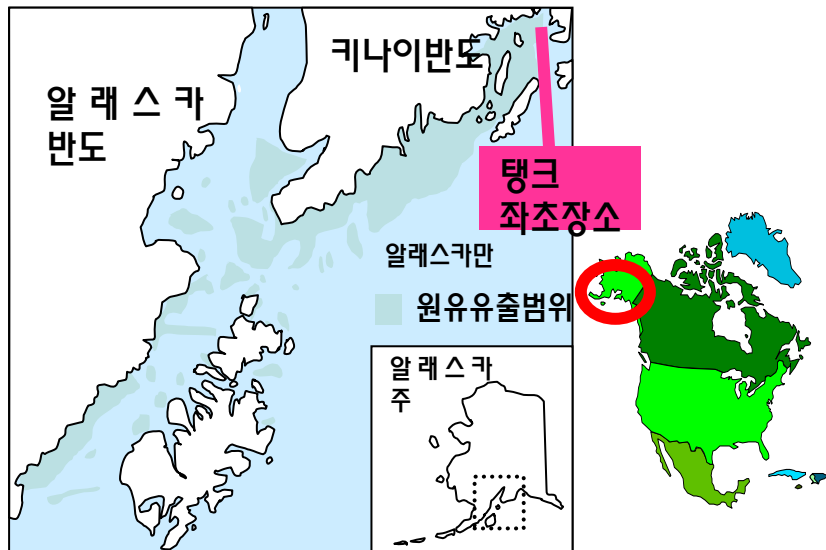
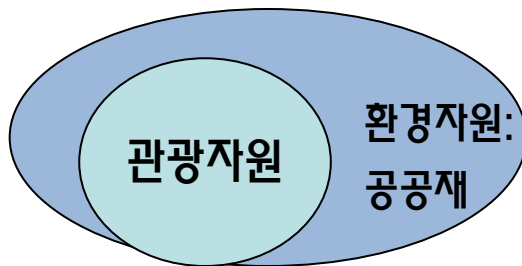


- CVM의 적용과 관련한 문제점

- 1) 왜곡되게 회답하도록 하는 유인에 의한 편견: 전략편향, 추종편향
- 2) 평가의 실마리가 되는 정보에 의한 편향: 개시점 편향, 범위편향, 중요성 편향, 위치편향
- 3) 시나리오 전달 오류에 의한 편향: 시나리오의 이론적 오류, 평가대상의 전달오류, 상황의 전달오류
- 4) 샘플 수집시 발생하는 편향: 시간선택편향, 모집단선택편향, 샘플 추출틀 편향, 샘플 비회답 편향, 샘플 선택편향
- 5) 평가결과 집계시 발생하는 편향: 집계순서편향, 집계범위편향

조건부가치 측정법(Contingent Valuation Method)

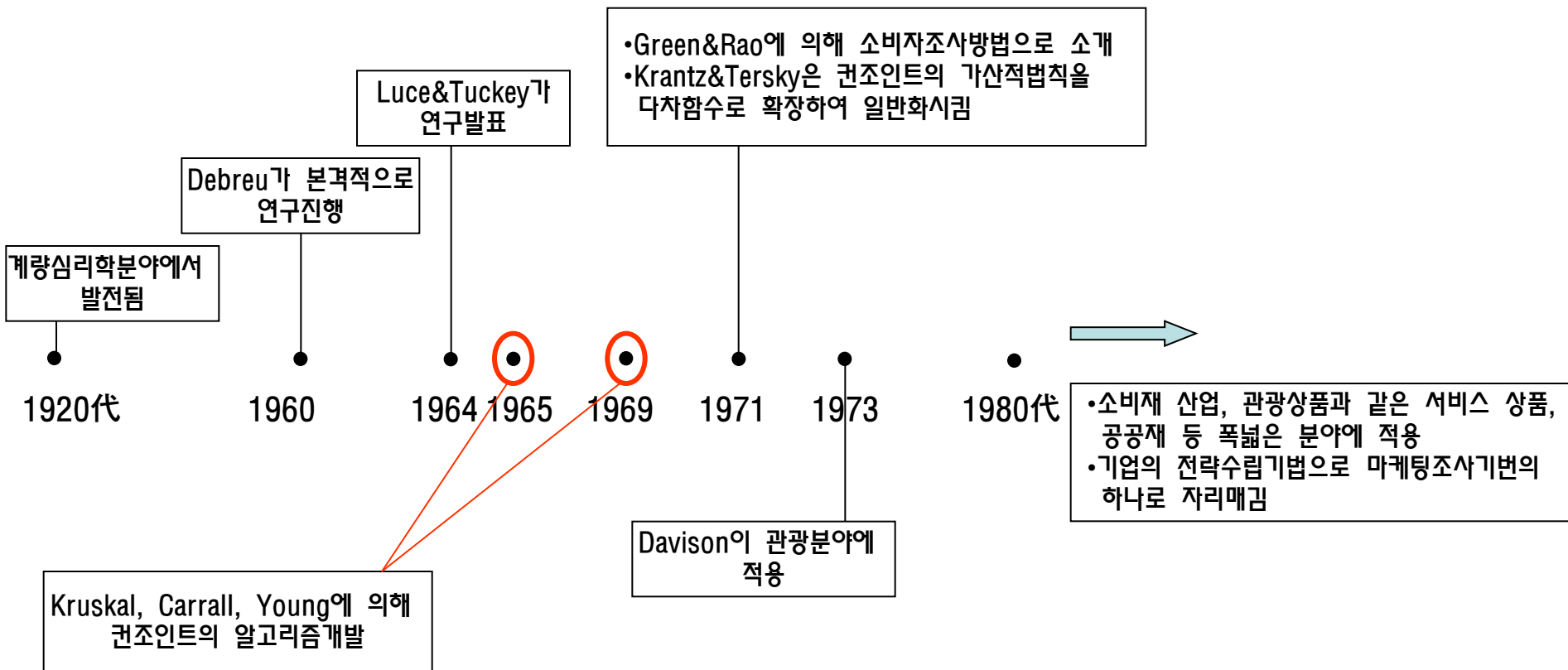
● 관련연구



연구자	측정대상	측정가치(지불의사)
홍성권(1998)	여의도 공원	월 5,281원
성상우(1999)	서울시 근린생활권근린공원	월 4,121원
최아현(1999)	도시공원 및 녹지편익	월 7,680원
이준구·신영철(2000)	개발제한구역 개선방안	월 7,430원
문경일·임창호(2001)	도시내 장기 미집행도시계획 시설 중 공원	월 4,084원
김태림(2001)	어린이공원	이용자; 13,064.945원 비이용자; 15,947.67원
김학용(2003)	수원 화성	사용가치 연간 78억원 비사용가치 연간 132억원
이동관(2005)	근린공원	용마근린공원 17,990원 봉화산근린공원 16,285원
이영성·박년배 김태한(2004)	청계천복원사업	매년 가구당 103,309원
이상경(2005)	드라마 촬영장	6,560원 (입장료 2,000원 포함)

컨조인트분석법(Conjoint Analysis)

- 계량심리학이나 마케팅에서 소비자의 효용을 분석하는 대표적인 방법



- 어떤 상품이 가지고 있는 속성 하나하나에 고객이 부여하는 효용을 추정함으로써 그 고객이 선택할 상품을 예측하기 위한 방법
- 구매결정을 포함한 총체적인 결정이 여러 요소에 근거한 것이라는 가정하에서 만들어져 Conjoint라고 불림
- 소비자의 선호를 나타내주며 분석자로 하여금 소비자의 선택을 있게 한 가치를 추정
- 가상시장법이 단일속성의 평가에 한정된 것에 비하여 컨조인트분석은 다속성 대체안들의 선택결과로부터 속성별 한계지불의사액을 분명히 할 수 있음
- 금액을 직접 묻는 방식이 아니므로 편향오차를 최소화 할 수 있음

컨조인트분석법(Conjoint Analysis)

Suppose you are facing the choice of buying a new car. Choose one of the following cars according to your preferences. You may even choose not to buy any of these cars.

Cars attributes	Fiat Punto 1.2 16V ELX	Ford Focus 1.6 16V	Volkswagen Polo 1.4 16V
Price	£ 9,750	£ 10,120	£ 12,935
Number of Seats	5	5	5
Cubic capacity	1242	1596	1390
Gear	Manual	Manual	Automatic
Maximum speed	172 km/h	185 km/h	171 km/h
Number of doors	3	5	3
Consumption (liters/100 km)	6	6.8	6.4
Baggage car	1.080 dm ³	1.205 dm ³	1.184 dm ³

Which would you buy?

Fiat Punto?

☐

Ford Focus?

☐

Volkswagen Polo?

☐

Would you prefer not to buy any of these cars?

☐

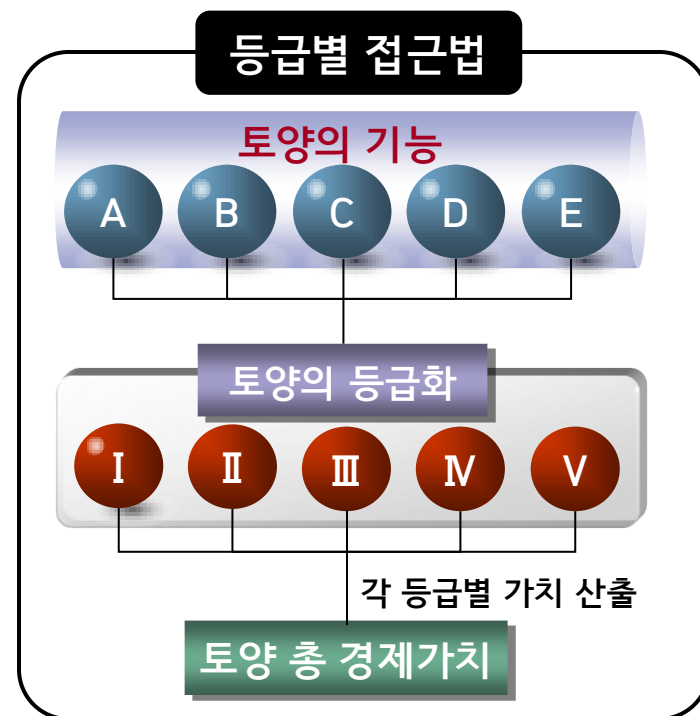
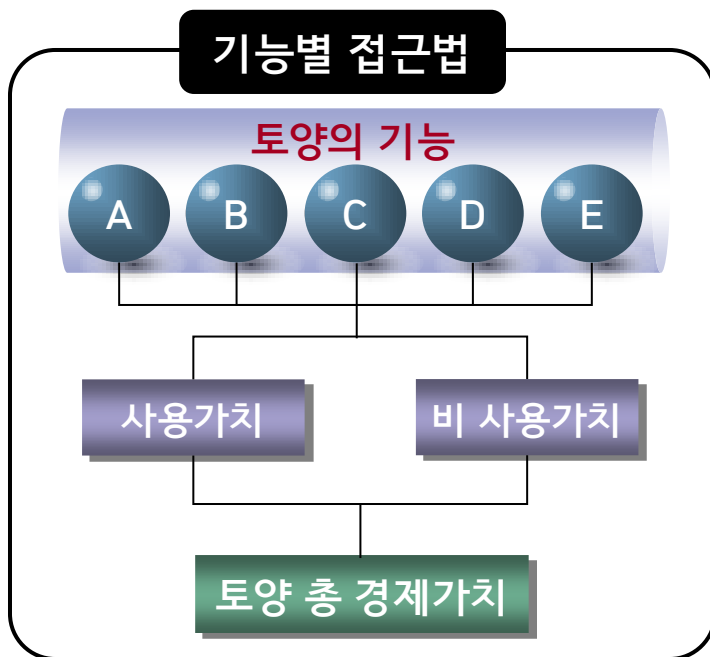


02 사례 1

토양·지하수의 가치평가

- 토양과 지하수는 인간의 생존을 위한 요인
- 토양 및 지하수의 오염이 점차 심화
- 인간을 비롯한 동·식물 생존 터전인 자연생태계 훼손
- 미국의 경우 Love Canal 사건 등에서 토양·지하수 오염이 오랜 시간을 두고 큰 위해성을 갖기 때문에, 현세대의 문제일 뿐만 아니라 후세대에 대한 책임으로 인식
- 토양 및 지하수의 경제가치평가 분석 방법론에 대한 연구 부재
- 본 연구에서는 토양·지하수의 경제가치를 통해 가치를 객관화할 수 있는 계기를 마련

● 토양의 경제가치 평가를 위한 Framework



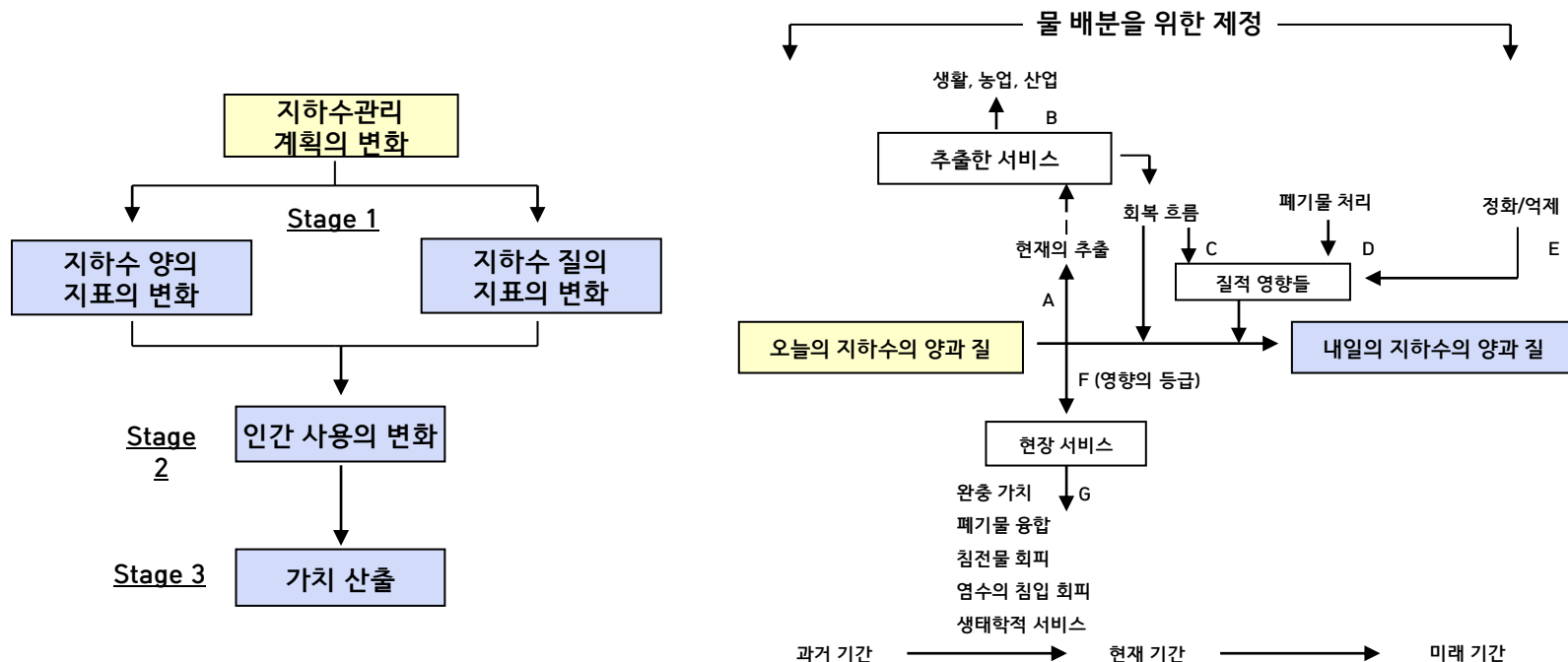
● 기능별 접근법

- 토양이 가지고 있는 기능을 세분화하여 각각의 경제적 가치로 환산하는 방법

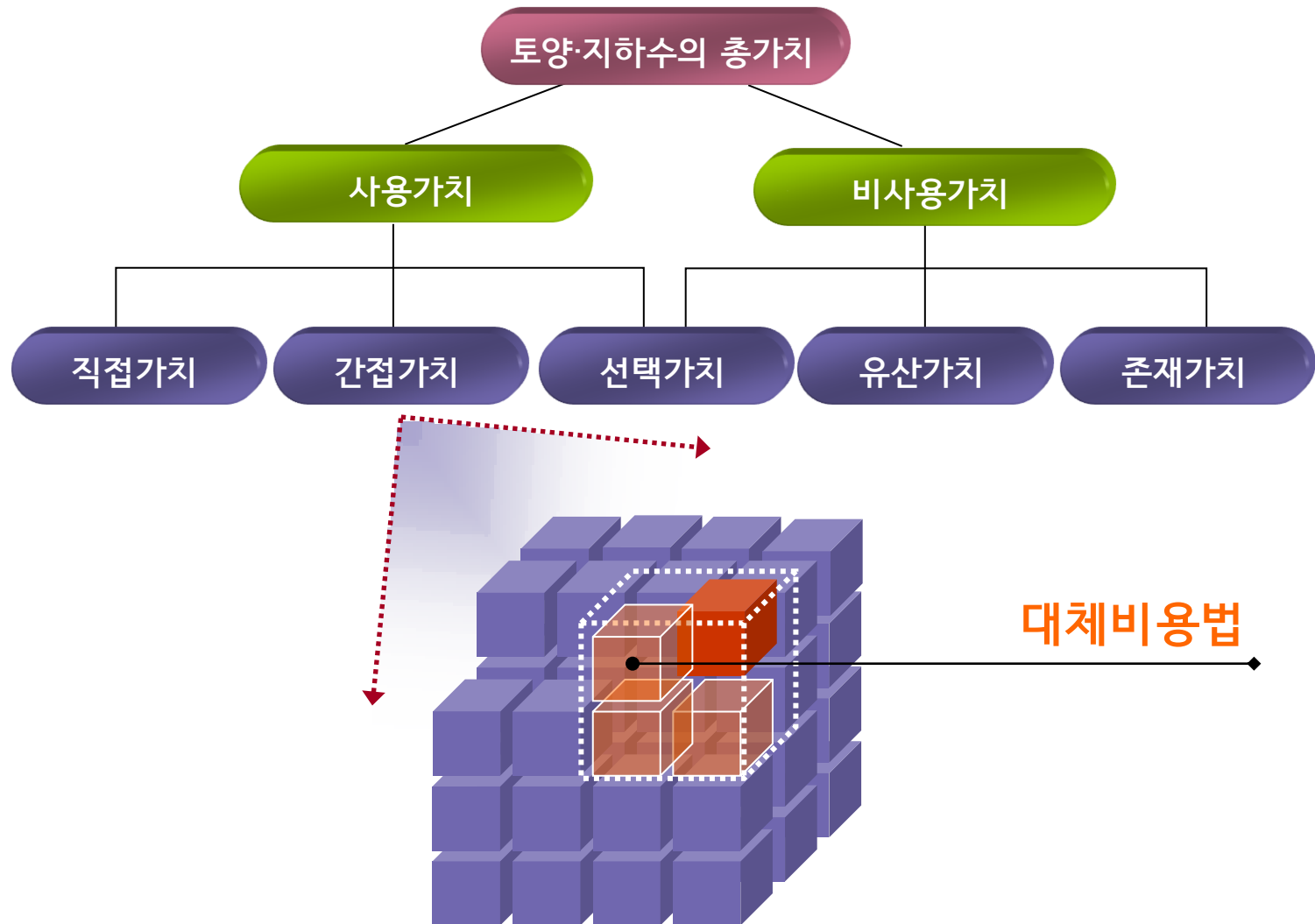
● 등급별 접근법

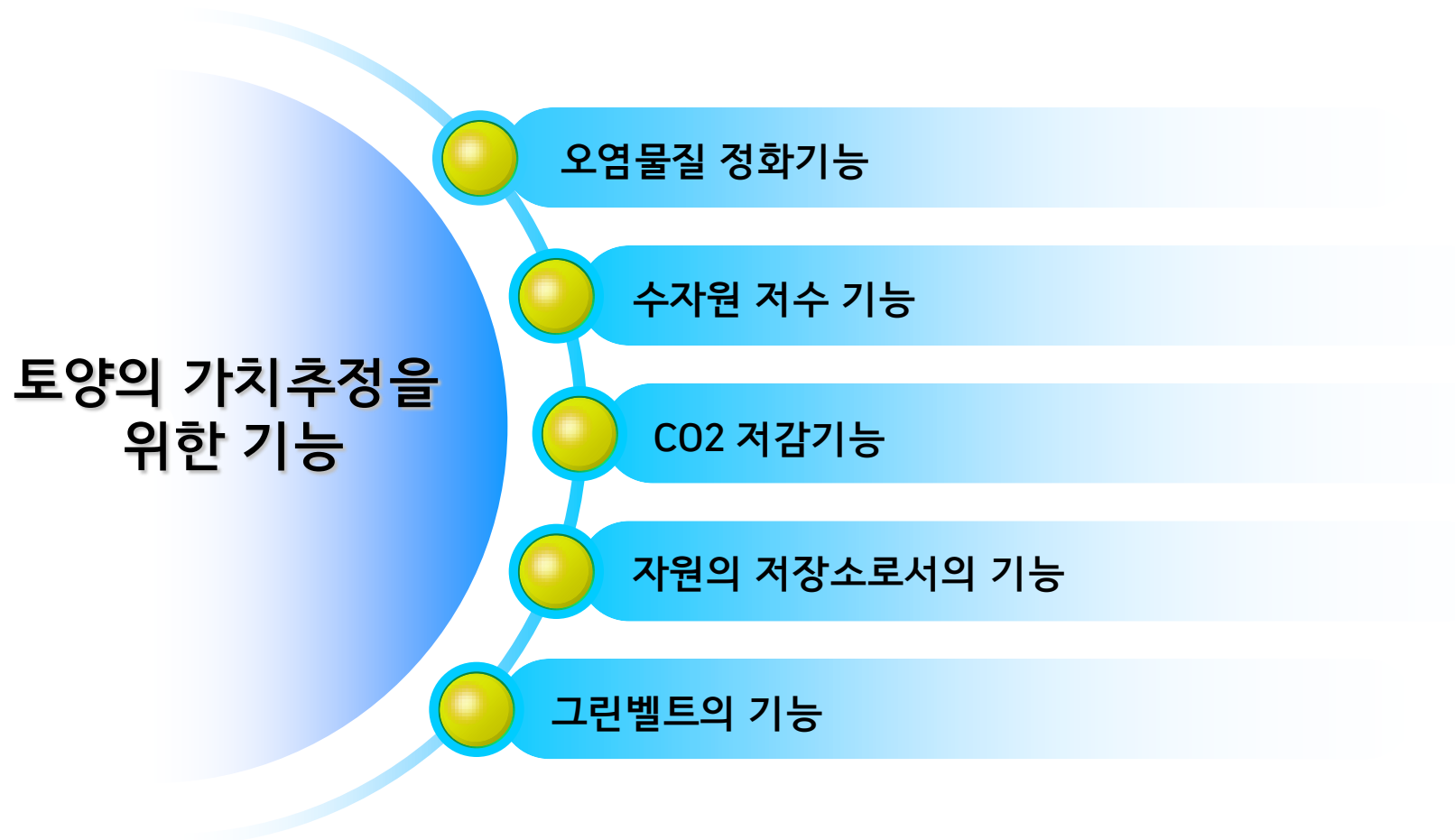
- 결정인자를 통하여 등급화 되어 있는 토양을 등급별 경제가치로 산출하는 방법

● 지하수의 경제가치 평가를 위한 Framework



- 비사용 가치 등을 종합하여 지하수의 경제적 가치를 추정한 기존의 연구에서는 회피비용법 혹은 CVM에 의해 경제 가치를 추정하고 있으나, 회피비용으로 간주하는 수질정화장치, 생수판매량 등이 오직 지하수 오염에 대한 회피 비용이라는 가정은 현실성이 떨어지기 때문에 보완할 필요성이 있음
- 그러므로 기존에 많이 이용되어 온 CVM 혹은 지하수의 속성별로 경제 가치를 산출할 수 있도록 CA를 적용하는 것이 바람직함.





● 토양의 오염물질 정화기능

		일반토양	밭토양	논토양	임야지
오염원정화능력(톤/ha)		19.01	34.15	34.15	34.15
2006	처리비용(원/톤)	76,759	76,759	76,759	76,759
	면적(ha)	200,781	1,208,309	792,905	6,473,057
	오염물질정화가치(백만원)	292,977	3,167,363	2,078,459	16,967,954
	총 가치(백 만원)	22,506,753			

● 토양의 수자원 저수기능

		일반토양	밭토양	논토양	임야지
수자원 저수량(톤/ha)		516.7	577.9	11,714.0	2,779.8
2006	다목적댐의 용수원가(원/톤)	36.77	36.77	36.77	36.77
	면적(ha)	200,781	1,208,309	792,905	6,473,057
	수자원저수가치(백만원)	3,815	25,675	341,516	661,618
	총 가치(백 만원)	1,032,623			

● 토양의 대기 정화기능

		일반토양	밭토양	논토양	임야지
C02 흡수량(톤/ha)		0	3.43	12.15	7.79
2006	C02 제거비용(원/톤)	27,888	27,888	27,888	27,888
	면적(ha)	716,143	1,208,309	792,905	6,473,057
	C02 저감가치(백만원)	0	31,554	73,346	383,908
	총 가치(백 만원)	488,808			

● 자원의 저장소로서의 기능 (2006년 기준)

구분	보존량	평균시장가격	경제가치(백만원)
고령토	1,146,565 (M/T)	135,000 (원/ton)	154,786
모래	28,201,156 (m ³)	14,000 (원/m ³)	394,816
자갈	5,802,000 (m ³)	20,000 (원/m ³)	116,040
총 가치 (백만원)	665,642		

- 토양에 매립되어 있는 자원의 가치
- 토양의 표토에서 채취가 가능한 고령토, 모래, 자갈의 범위로 한정

● 그린벨트 보존의 가치 (이준구 외, 2000)

대상	단위	평균 지불의사금액	95% 신뢰구간 지불의사금액	
			하위금액	상위금액
가구 (원) 1998년 기준	월	7,430	6,220	8,640
	년	89,160	74,640	103,680
가구 (원) 2006년 기준	월	11,994	10,041	13,947
	년	143,927	120,488	167,366
전국 (백만원) 2006년 기준	월	193,802	162,241	225,363
	년	2,325,625	1,946,889	2,704,361

- 이준구 외(2000) 연구에서 그린벨트 보존의 가구당 지불의사액을 7,430원으로 추정
- 설문시점이 1998년이므로 2006년 가구소득 수준에 대비하여 년 가구소득수준 비율을 반영하여 2006년 지불의사액 산출
- 2006년 전국 추계 가구수(통계청) 16,158,334 가구
- 그린벨트 보존의 경제적 가치 추정으로 비시장가치를 포함하고 있음.

지하수의 가치추정을
위한 기능

수자원으로의 활용

가뭄에 대비한 수자원 확보에 대한 기능

● 지하수의 수자원으로서의 가치

		상수도평균단가 (원/ton)	지하수사용량 (천ton)	상수원가치 (백만원)	총가치 (백만원)
생활용		754.3	1,823,235	1,375,266	2,837,382
농어업용		425.6	1,694,807	721,310	
공업용		310.9	200,391	62,302	
기타	먹는샘물	226,685.7	2,896	656,482	
	온천수	1,025.2	8,425	8,637	
	그 외	681.7	19,635	13,385	

- 지하수는 수자원(생활용, 공업용, 농업용, 기타)으로 활용되므로 실제 상수도의 사용가치를 산출하여 대체재인 지하수의 가치를 산출
- 지하수의 대체비용으로 상수원으로 활용가치를 감안하여 상수도 요금으로 선택
- 상수도의 용도와 지하수의 용도와 유사한 용도별 요금을 평균단가로 산출
- 지하수의 용도별 사용량과 상수도의 평균단가를 곱하면 지하수의 상수원으로서의 가치를 산출할 수 있음

● 가뭄에 대비한 수자원 확보의 가치

대상	단위	평균지불의사금액	95% 신뢰구간 지불의사금액	
			하위금액	상위금액
가구 (원) 1997년 기준	월	3,570	3,150	4,050
	년	42,840	37,800	48,600
가구 (원) 2006년 기준	월	5,374	4,742	6,097
	년	64,492	56,905	73,163
전국 (백만원) (본 연구에서 계산)	월	86,841	76,624	98,517
	년	1,042,086	919,488	1,182,199

- 황영순 외 (1999)의 연구 인용
- 가뭄에 따른 단수 방지를 위한 비상급수용 저수지의 지불의사 = 비상시 수량 확보를 위한 지하수 자원의 가치
- 시민의 지하수 자원 확보에 대한 지불가치= 월 3,570원/가구
- 설문시점이 1997년이므로 2006년 가구소득 수준에 대비하여 년 가구소득수준 비율을 반영하여 2006년 지불의사액 산출

● 토양지하수의 비사용부분 가치평가

- 본 연구에서는 조건부가치측정법을 이용하여 토양과 지하수의 가치를 측정
- 특히 비사용가치 측정에 중점을 두어서 설문을 작성하였으며 비사용가치 중에서도 유산가치를 측정
- 설문조사의 모집단은 전국의 가구로 설정하였고, 총 100명을 대상으로 전국을 수도권, 충청권, 전라권, 경상권의 4개권역으로 분할하여 설문을 실시

표 38 설문조사 응답자의 인적특성(토양부분)

(단위: 명,%)

변수	구분							
성별	남		여		계			
	47 (54,0)		40 (46,0)		87 (100,0)			
결혼여부	기혼		미혼		계			
	41 (47,1)		46 (52,9)		87 (100,0)			
연령	20대	30대	40대	50대 이상	계			
	33 (37,9)	20 (23,0)	19 (21,8)	15 (17,3)	87 (100,0)			
토양비사용자의 교육수준	무학	초등학교졸	중·고등학교졸	대학교 재학	대학교 졸업	대학원졸	계	
	0 (0,0)	2 (2,3)	22 (25,2)	27 (31,0)	30 (34,5)	6 (7,0)	87 (100,0)	
세대주자의 교육수준	무학	초등학교졸	중·고등학교졸	대학교 재학	대학교 졸업	대학원졸	계	
	0 (0,0)	3 (3,4)	36 (41,4)	3 (3,4)	35 (40,3)	10 (11,5)	87 (100,0)	
가구소득	100만원 이하	100~200만원	200~300만원	300~400만원	400~500만원	500~600만원	600만원 이상	계
	2 (2,3)	5 (5,8)	17 (19,5)	18 (20,7)	29 (33,3)	4 (4,6)	12 (13,8)	87 (100,0)
거주지	수도권 (서울·경기)		충청·강원		경상권		전라권	계
	41 (47,1)		16 (18,4)		14 (16,1)		16 (18,4)	87 (100,0)

표 39 설문조사 응답자의 인적특성(지하수부분)

(단위: 명,%)

변수	구분							
성별	남			여		계		
	46 (48,4)			49 (51,6)		95 (100)		
결혼여부	기혼			미혼		계		
	47 (49,5)			48 (50,5)		95 (100)		
연령	20대	30대	40대	50대 이상	계			
	36 (37,9)	21 (22,1)	19 (20,0)	19 (20,0)	95 (100)			
응답자의 교육수준	무학	초등학교 졸	중·고 학교 졸	대학교 재학	대학교 졸	대학원 졸	계	
	4 (4,2)	20 (21,05)	28 (29,5)	39 (41,05)	4 (4,2)	0 (0)	95 (100)	
세대주의 교육수준	무학	초등학교 졸	중·고 학교 졸	대학교 재학	대학교 졸	대학원 졸	계	
	5 (5,3)	29 (30,5)	6 (6,3)	44 (46,3)	11 (11,6)	0 (0)	95 (100)	
가구소득	100만원 이하	100~ 200만원	200~ 300만원	300~ 400만원	400~ 500만원	500~ 600만원	600만원 이상	계
	7 (7,4)	17 (17,9)	16 (16,8)	32 (33,7)	8 (8,4)	13 (13,7)	2 (2,1)	95 (100)
거주지	수도권 (서울·경기)		충청·강원		경상권		전라권	계
	45 (47,4)		17 (17,9)		19 (20,0)		14 (14,7)	95 (100)

토양·지하수의 가치평가

● 토양·지하수의 한 가구당 지불의사금액.

(단위: 월/원)

대상	평균지불의사금액	95% 신뢰구간	
		하위금액	상위금액
토양부분	7,287.7원	4,308.4원	10,266.9원
지하수부분	5,654.3원	3,817.8원	7,490.7원

● 토양·지하수의 전국가구 지불의사금액. (2005년 12월말 12,988,274가구) (단위: 월/원)

대상	평균지불의사금액	95% 신뢰구간	
		하위금액	상위금액
토양부분	1,165억 원	688억 원	1,641억 원
지하수부분	903억 원	610억 원	1,197억 원

토양·지하수의 가치평가

● 토양·지하수의 기능에 따른 산출 가치

(단위: 백만원)

구 분		일반토양	밭토양	논토양	임야지
토양부분	오염물질 정화가치	292,977	3,167,363	2,078,459	16,967,954
	수자원 저수가치	3,815	25,675	341,516	661,618
	CO2 저감가치	0	31,554	73,346	383,908
	자원 저장소의 가치	665,642			
	유산가치	1,398,000			
	토양의 가치	26,091,827			
지하수부분		생활용	농업용	공업용	기타
	상수원가치	1,375,266	721,310	62,302	678,504
	수자원 확보 가치	1,042,086			
	유산가치	1,083,600			
	지하수의 가치	4,963,068			
	토양·지하수의 산출 가치	31,054,895			

※ 본 연구에서 산출된 토양·지하수의 가치는 약 31조원 이상으로 토양부분은 약 26조, 지하수 부분이 약 5조로 산출 (토양·지하수의 전체 가치에서 일부분을 뜻함)



02 사례 2

생물다양성의 가치평가

◆ 연구의 배경

- 생물다양성의 손실은 인류의 문화와 복지, 더 나아가서 인류의 생존을 위협하는 요인
- 인류는 의식주, 특히 음식물과 의약품 및 산업용 산물들을 생물다양성의 구성요소로부터 획득
- 생물다양성은 환경오염물질을 흡수하거나 분해하여 대기와 물을 정화시키고, 토양의 비옥도와 적절한 기후조건을 유지하는 데 결정적인 역할
- 생물다양성의 기능과 가치는 형태별로 다양하게 구분가능

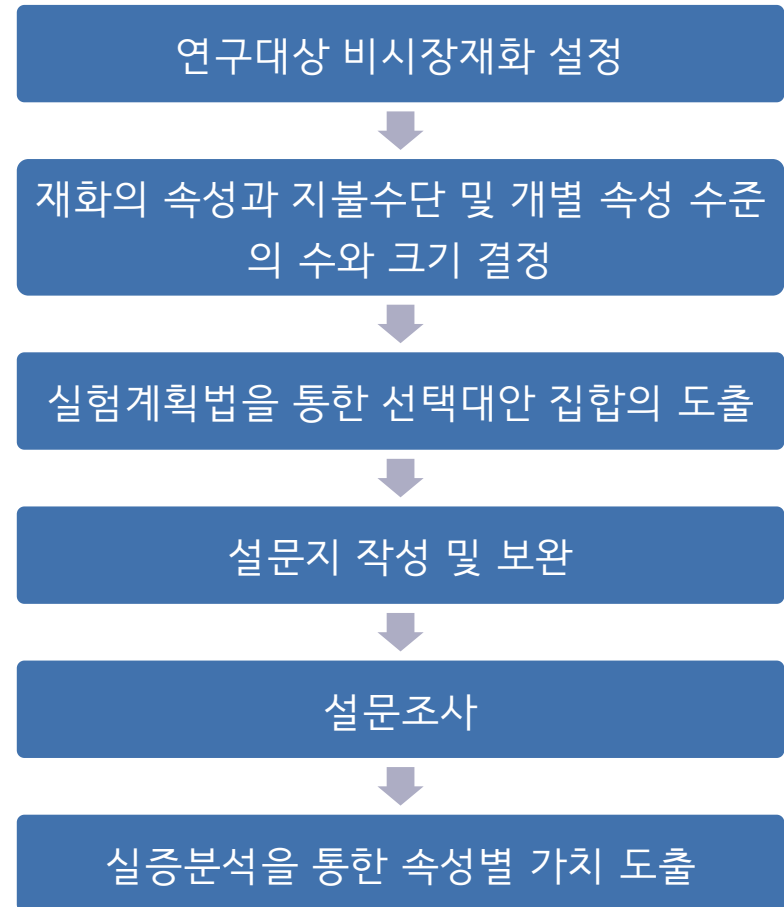
생물다양성의 기능	생태적 가치		사회적 가치		경제적 가치	
	보전가치	존재가치	건강혜택가치	선택유보가치	소비적 사용 가치	생산적 사용 가치
규율기능	○		○			
매개기능	○	○			○	
생산기능			○	○		○
정보기능	○	○		○	○	

◆ 연구의 목적

- 생물다양성의 보존을 위한 방법으로 멸종위기야생동식물의 보존 및 증식을 위한 노력이 요구
- 멸종위기야생동식물의 보호를 통해 종 다양성, 유전자 다양성, 생태계 다양성을 확보하고 증대
- 기존 연구에서는 주로 특정 멸종위기야생동식물에 대한 가치추정이 대다수
- 본 연구에서는 멸종위기야생동식물의 보호를 통한 존재 및 유산가치에 대한 추정을 실시
- 멸종위기야생동식물의 정확한 정보전달을 위해 e-survey를 통해 시각자료를 최대한 활용
- 지불의사 응답자료의 절단(Truncated)과 검열(Censored)을 통한 WTP의 비교를 통해 편의를 최소화하는 방안 연구
- 멸종위기야생동식물 보호에 대한 가구의 효용을 측정하여 향후 생물다양성 확보의 필요성과 정책적 의사결정을 위한 정보 제공

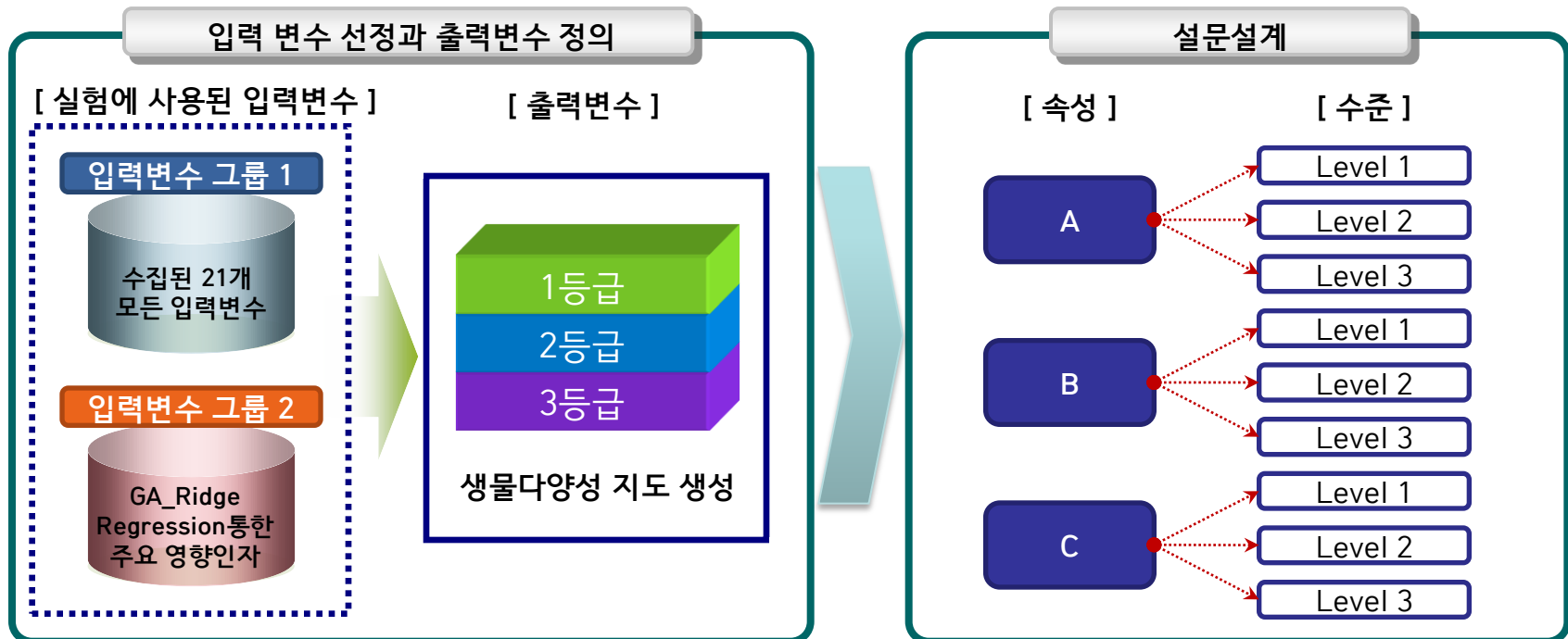
◆ 생물다양성의 가치평가

- 생물다양성 등급화와 관련하여 등급화 영향변수를 반영할 수 있는 컨조인트 분석(Conjoint Analysis)을 사용
- 생물다양성 속성과 개별 속성의 수준 설정
- 속성과 개별 속성의 수준은 응답자가 이해하기 쉬운 요소로 설정
- 각 속성과 수준에 따른 생물다양성의 차이를 설명하기 쉬운 지도와 이미지를 적극 활용
- 분석결과 속성별 수준에 따른 가치를 도출
- 각 지역의 속성과 수준별 가치 추정



◆ 설문지의 구성

- 생물다양성 등급화 지도 및 등급결정 변수들을 바탕으로 재화의 속성과 수준을 설정
- 속성과 수준의 범위에 따라 직교설계방법을 통해 선택대안의 블록을 구성



◆ 설문의 구성

- 속성의 개수와 수준에 따라

선택대안의 예시

설명	현재	시나리오 I	시나리오 II
생물다양성	생물다양성 INDEX	생물다양성 INDEX I	생물다양성 INDEX II
속성과 수준	속성 A – Level 3	속성 A – Level 2	속성 A – Level 1
	속성 B – Level 3	속성 B – Level 2	속성 B – Level 1
	속성 C – Level 3	속성 C – Level 2	속성 C – Level 1
지불 가격	0 원	5,000 원	10,000 원
선택(☑)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

분석결과의 예시

속성	수준	WTP
A	Level 1	...
	Level 2	...
	Level 3	...
B	Level 1	...
	Level 2	...
	Level 3	...
C	Level 1	...
	Level 2	...
	Level 3	...

- 평창군 생물다양성의 가치를 평가하기 위해 생물다양성의 구성과 의미를 정확하게 전달하는 것이 중요
- 생물다양성의 속성을 구분하기 위해 관련 전문가의 의견과 본 연구의 특성을 감안하여 5가지 속성으로 구분
- 종의 출현빈도, 종의 다양성, 희귀종·고유종의 유무, 식생의 수고분포, 토양의 질 5가지 속성으로 구분
- 생물다양성의 가치를 화폐가치로 유도하기 위해 가격변수를 가구당 추가적인 소득세로 사전조사를 통해 매월 500원/1,000원/1,500원/2,000원 4가지로 설정

속성	속성 설명	속성 수준			
종의 출현빈도	동일 종의 개체수가 많고 적음을 나타냄	빈약	보통		풍부
종의 다양성	출현 종의 수가 많고 적음을 나타냄	10종 이하	10~30종		30종 이상
희귀종·고유종의 유무	희귀종·고유종이 출현하는지를 의미	없음		있음	
식생의 수고분포	고층, 중층, 저층부 식생의 수직적 분포	저층부	저층부+중층부		저층부+중층부+고층부
토양의 질	토양의 등급	3등급(나쁨)	2등급(보통)		1등급(우수)
추가적인 가구당 소득세	생물다양성의 증진을 위한 매월 추가로 지불할 소득세	매월500원 (매년6,000원)	매월1,000원 (매년12,000원)	매월1,500원 (매년18,000원)	매월2,000원 (매년24,000원)

- 속성과 각 속성의 수준별 선택대안을 구성할 경우 비현실적으로 대안이 많아져 최소 선택대안 집합을 도출하기 위해 주효과 직교설계를 실시하여 32개의 선택대안을 도출
- 도출된 선택대안에서 대안 2개와 '둘 다 선호하지 않음'이라는 1개의 선택대안을 조합하여 하나의 블록에 8개의 선택지를 조합하여 2개의 블록을 구성하여 설문지를 작성

Choice Card

제시된 6개의 질문에 서로 다른 2개의 대안이 제시되어 있습니다. 이 중 귀하께서 가장 선호하는 것을 하나만 골라 ☐란에 √로 체크하여 주십시오. 단 둘 다 선호하지 않을 경우, “둘 다 선호 안함”에 표시하여 주십시오.

[Block #1] - 500샘플

차레1 (식별번호11)	대안 A	대안 B
종의 출현빈도	풍부	보통
종의 다양성	10~30종	10~30종
희귀종·고유종의 유무	없음	없음
식생의 수고분포	저층부	저층부+중층부
토양의 질	3등급(나쁨)	1등급(우수)
추가적인 가구당 소득세	월2,000원(년24,000원)	월1,500원(년18,000원)
<input type="checkbox"/> 대안 A <input type="checkbox"/> 대안 B <input type="checkbox"/> 둘 다 선호안함		

차레2 (식별번호12)	대안 A	대안 B
종의 출현빈도	빈약	빈약
종의 다양성	30종이상	10~30종
희귀종·고유종의 유무	없음	없음
식생의 수고분포	저층부	저층부+중층부
토양의 질	3등급(나쁨)	3등급(나쁨)
추가적인 가구당 소득세	월1,500원(년18,000원)	월1,000원(년12,000원)
<input type="checkbox"/> 대안 A <input type="checkbox"/> 대안 B <input type="checkbox"/> 둘 다 선호안함		

차레3 (식별번호13)	대안 A	대안 B
종의 출현빈도	풍부	풍부
종의 다양성	10종이하	10종이하
희귀종·고유종의 유무	없음	없음
식생의 수고분포	저층부+중층부+고층부	저층부+중층부
토양의 질	3등급(나쁨)	2등급(보통)
추가적인 가구당 소득세	월1,500원(년18,000원)	월500원(년6,000원)
<input type="checkbox"/> 대안 A <input type="checkbox"/> 대안 B <input type="checkbox"/> 둘 다 선호안함		

차레4 (식별번호14)	대안 A	대안 B
종의 출현빈도	빈약	풍부
종의 다양성	10종이하	10~30종
희귀종·고유종의 유무	없음	있음
식생의 수고분포	저층부	저층부
토양의 질	3등급(나쁨)	3등급(나쁨)
추가적인 가구당 소득세	월500원(년6,000원)	월500원(년6,000원)
<input type="checkbox"/> 대안 A <input type="checkbox"/> 대안 B <input type="checkbox"/> 둘 다 선호안함		

차레5 (식별번호15)	대안 A	대안 B
종의 출현빈도	빈약	빈약
종의 다양성	30종이상	10종이하
희귀종·고유종의 유무	있음	있음
식생의 수고분포	저층부	저층부+중층부
토양의 질	3등급(나쁨)	2등급(보통)
추가적인 가구당 소득세	월1,000원(년12,000원)	월1500원(년18,000원)
<input type="checkbox"/> 대안 A <input type="checkbox"/> 대안 B <input type="checkbox"/> 둘 다 선호안함		

- 평창군 생물다양성의 증진을 위한 매월 추가로 지불하고자 하는 소득세와 각 속성의 수준에 따른 선택대안의 조합에서 응답자의 선택에 따른 확률을 통해 한계지불의사금액을 도출
- 다항로짓모형(Multinomial logit Model)을 통해 각 속성과 수준에 차이에 따른 한계지불의사액을 추정

속성	한계지불의사액 (z-value)
종의 출현빈도	709원 (17.44)
종의 다양성	872원 (21.3)
희귀종·고유종의 유무	149원 (4.4)
식생의 수고분포	259원 (6.35)
토양의 질	1,203원 (29.55)



02 사례 3

시화산업단지 토양오염 정화의 가치

1 연구의 배경(Background)

- 삶의 터전, 토양
 - 동식물의 터전인 동시에 인간활동의 근간
 - 도시가 발달하고 번영하면서 도시의 대기와 수질에 비해 토양에 대한 관심은 미비
- 산업화, 도시화에 따른 토양오염 증가
 - 도시화에 따른 기반시설 증가로 이면에서 발생하는 토양오염에 대한 인식이 낮음.
 - 토양오염은 장기적으로 누적되어 인간에게 직간접적으로 피해를 줌.
 - 오염정화에 대한 책임논란과 경제적 피해에 대한 사례가 급증.

2 연구의 목적(Purpose)

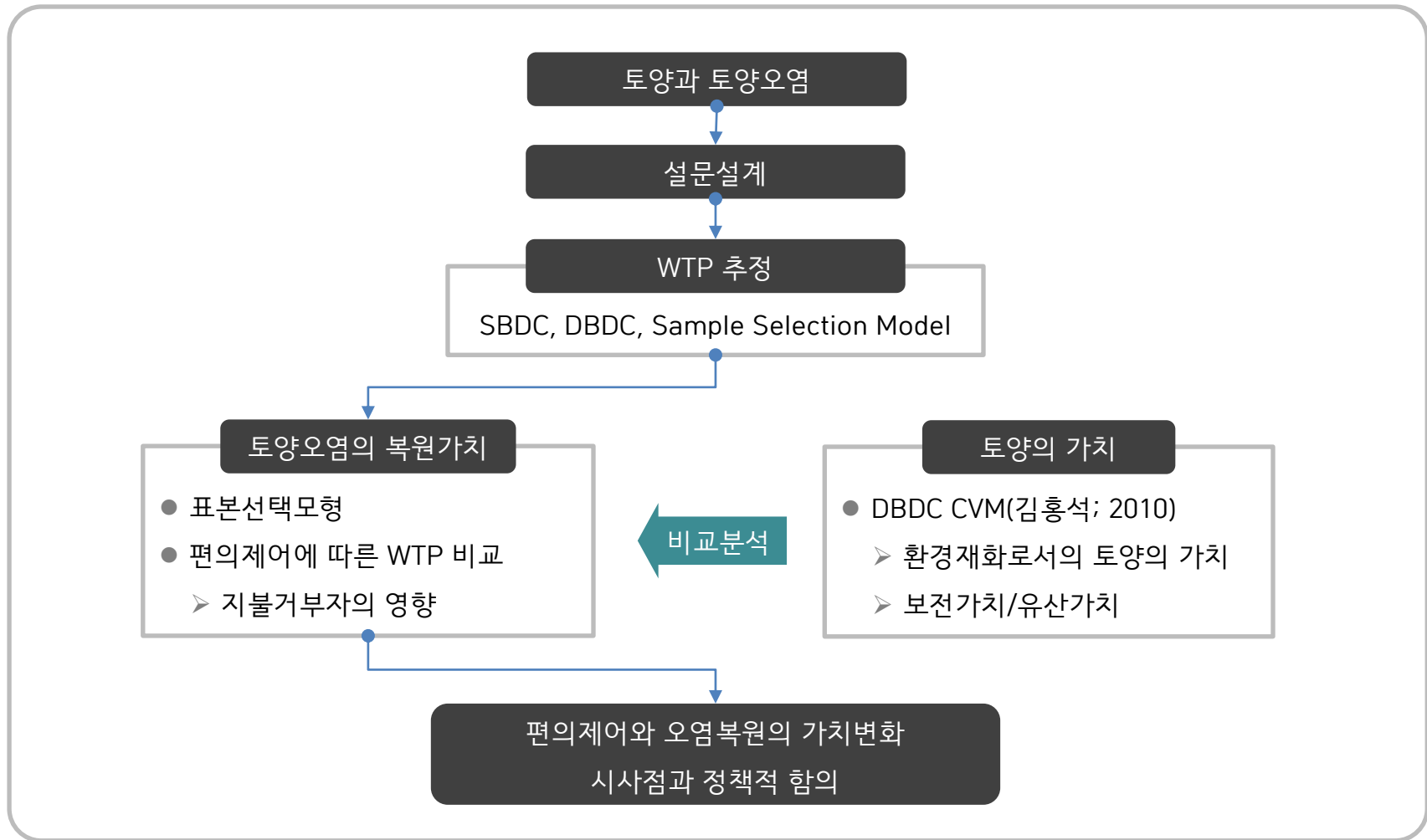
- 시화국가산업단지 오염토양을 정화함으로써 손실된 토양의 가치 산출하고 오염 전후의 가치변화를 통해 토양오염 방지에 대한 경제적, 환경적 가치에 판단기준을 제시
- 응답자의 지불거부와 그에 따른 표본선택효과를 제어하여 각각의 WTP를 추정 비교
- 자연재화로서의 토양의 보전가치/유산가치에 비해 오염토양의 정화에 대한 응답자의 보상잉여와의 차이를 검토

3 연구의 범위

- 공간적 범위
 - 시화국가산업단지 토양오염 영향권
 - 인근 14개동(군자동, 정왕1~4동, 정왕본동, 고잔1동, 선부1~2동, 원곡1~2동, 원곡본동, 초지동)
- 분석대상
 - 시화국가산업단지 오염토양과 그에 따른 환경영향으로부터 거주자의 피해를 방지하기 위한 가상상황



4 연구의 흐름

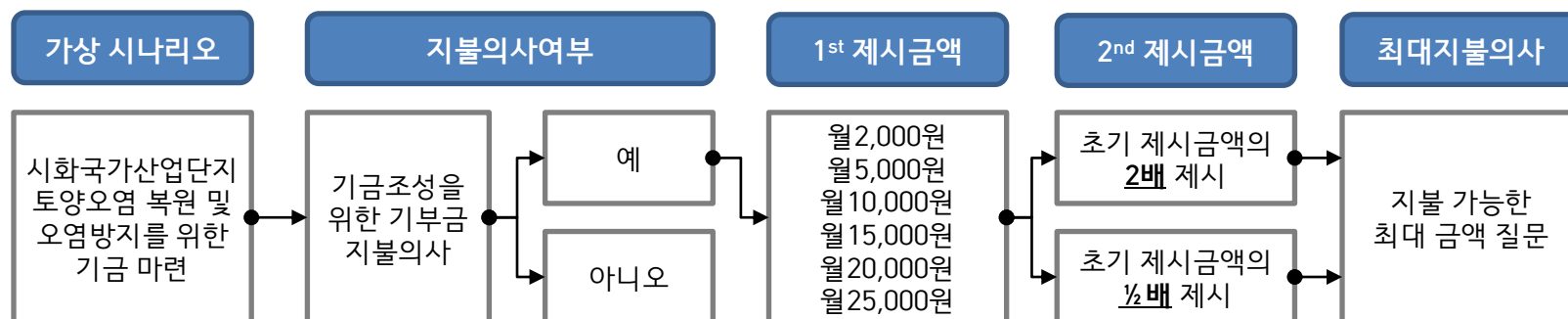


1 설문 설계

- 연구대상의 모집단은 시화국가산업단지 토양오염 영향권인 시흥, 안산 내의 14개동
- 이들 지역의 20세 이상 성인 남녀를 대상으로 연령비, 거주지 비율을 기준으로 표본을 추출
- 표본수는 500부로 표본 할당 비율(Quota Sampling)에 따라 랜덤하게 추출하고 1:1 면접조사를 통해 설문을 진행
- 토양오염에 대한 정확한 정보전달과 통제의 효율성을 위해 한국리서치에 의뢰하여 2010년 9월과 10월에 걸쳐 설문조사를 실시

〈설문내용〉

구분	방식
토양에 대한 인식	<ul style="list-style-type: none"> • 토양의 가치에 대한 인식 • 도시화, 개발에 대한 의식
환경에 대한 인식	<ul style="list-style-type: none"> • 환경에 대한 관심 정도 • 환경 이슈에 대한 인식 • 토양오염 문제에 대한 의식
토양오염 복원에 대한 경제적 가치	<ul style="list-style-type: none"> • 토양오염 복원 및 오염방지를 위한 기부금 지불의사



〈이중양분선택형 질문의 구성〉

2 표본선택모형

- Type I Tobit Model

$$y_{1i}^* = x_{1i}'\beta_1 + u_{1i}$$

$$y_{1i} = \begin{cases} y_{1i}^* & \text{if } y_{1i}^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_{1i}^* \leq 0 \end{cases}$$

- Type II Tobit Model

$$y_{2i}^* = x_{2i}'\beta_2 + u_{2i}$$

$$y_{2i} = \begin{cases} y_{2i}^* & \text{if } y_{2i}^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_{2i}^* \leq 0 \end{cases}$$

- 오차항

$$\begin{bmatrix} u_{1i} \\ u_{2i} \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \rho\sigma \\ \rho\sigma & \sigma^2 \end{bmatrix}\right)$$

- 로그우도함수

➤ Type I Tobit
$$L(\beta, \sigma^2) = \sum_{y_i=0} \ln \left[1 - \Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right) \right] - \sum_{y_i>0} \frac{1}{2} \left[\ln 2\pi + \ln \sigma^2 + \frac{(y_i - x_i'\beta)^2}{\sigma^2} \right]$$

➤ Type II Tobit
$$L = \prod_0 P(y_{1i}^* \leq 0) \times \prod_1 f(y_{2i}|y_{1i}^* > 0) \times P(y_{1i}^* > 0)$$

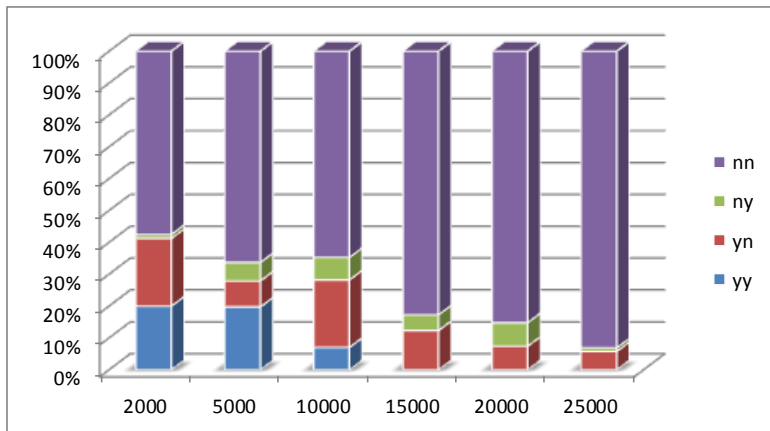
- WTP 추정 함수

➤ Type I Tobit
$$E(WTP|x_i, y_i > 0) = x_i'\beta + \sigma \frac{\phi_i}{\Phi_i}$$

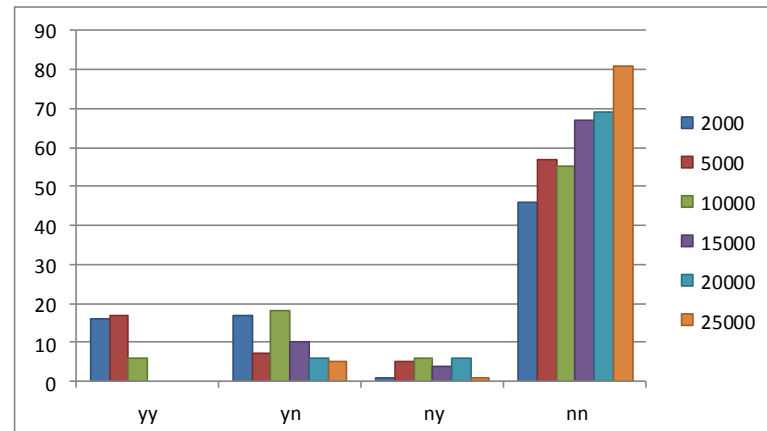
➤ Type II Tobit
$$\overline{E}[WTP|\overline{x}_2] = [\overline{x}_2'\hat{\beta}_2 + \rho\sigma\lambda(\overline{x}_1'\hat{\beta}_1)]$$

1 제시금액별 응답결과

- Y와 N은 제시금액에 대해 지불의사가 '있음', '없음'을 의미.
- 이중양분선택형 질문법의 경우 지불의사를 연속으로 두 번 답해야 하므로 예상할 수 있는 응답의 조합은 [Y-Y], [Y-N], [N-Y], [N-N]의 4가지.
- [Y-N]를 답한 응답자는 첫 번째 제시금액 X원에 대해서는 '지불의사 있음'을 선택하였으나, 두 번째 제시금액 2X원에 대해서는 '지불의사 없음'을 선택한 경우
- 제시금액이 높아질수록 '지불의사 있음'은 적어지고, 반대로 '지불의사 없음'은 많아지는 경향이 있음



<제시금액별 응답결과 비율>



<제시금액별 응답결과 분포>

2 변수의 기초통계량

범 주	변수명	내 용	정 의		평 균	표준편차
인지 및 태도 특성	need	토양의 필요성	토양의 환경적 기능이 필요(1) 토양의 환경적 기능이 불필요(0)		0.904	0.295
	ngo	환경단체 참여	단체참여(1) 단체미참여(0)		0.016	0.126
	donation	기부여부	기부를 한다(1) 기부를 안 한다(0)		0.218	0.413
공간적 특성	adjacent	산업단지 해당지역	산업단지 내 지역(1) 산업단지 인근 지역(0)		0.33	0.471
	period	거주기간	1년 미만(1) 1년 이상 5년 미만(2)5년 이상 10년 미만(3) 10년 이상(4)		3.122	0.972
	engage	종사여부	시화국가산업단지 종사(1), 비종사(0)		0.626	0.805
사회 경제적 특성	age	나이	20대(1) 30대(2) 40대(3) 50대(4) 60대(5) 70대(6)		3.574	1.271
	job1	전문직	고위직, 전문직(1)	더미기준(0): (job0) (무직, 학생, 주부)	0.056	0.230
	job2	사무직	사무직, 기술직(1)		0.652	0.477
	job3	기능/단순직	기능/판매직, 일용직(1)		0.224	0.417
	education	교육수준	대졸 이상(1) 대졸 미만(0)		0.392	0.489
	income	소득수준	월100만원이하(1) 월 100~200만원(2) 월200~300만원(3) 월 300~400만원(4) 월400~500만원(5) 월 500~600만원(6) 월600~700만원(7) 월 700만원이상(8)		3.976	1.429
	type	주거형태	단독주택(1), 이외(0)		0.15	0.357
제시금액	bid	초기 제시금액	2천원/5천원/10천원/15천원/20천원/25천원		-	-

3 지불거부 편의검정

- 지불 응답자와 지불 거부자 간의 변수특성의 차이가 유의미한가를 검정하기 위해 개별 변수에 대한 Z-통계량을 이용
- 귀무가설
변수의 평균에 있어서 지불 응답자와 거부자 간의 차이가 없다는 것
- Z-통계량

$$Z = \frac{\hat{x}_{yes} - \hat{x}_{no}}{\sqrt{\frac{s_{yes}^2}{n_{yes}} + \frac{s_{no}^2}{n_{no}}}}$$

\hat{x}_{yes} 와 \hat{x}_{no} 은 각각 변수의 평균
 s_{yes}^2 와 s_{no}^2 은 각각 변수의 표준편차
 n_{yes} 와 n_{no} 은 각각 변수의 표본크기

<편의처리에 따른 평균 WTP 추정결과>

변수	지불 응답자		지불 거부자		Z-통계량
	평균	표준편차	평균	표준편차	
adjacent	0.360	0.481	0.314	0.465	22.079 [#]
age	41.749	12.514	39.462	12.691	41.373 [#]
period	5.383	1.896	5.403	2.020	-2.372 [#]
engage	0.983	0.968	0.434	0.623	147.438 [#]
need	0.914	0.281	0.898	0.303	12.484 [#]
ngo	0.034	0.182	0.006	0.078	43.827 [#]
donation	0.989	1.561	0.372	1.054	101.334 [#]
edu	3.829	1.181	3.594	1.075	46.672 [#]
income	4.029	1.432	3.935	1.398	14.926 [#]
type	0.114	0.319	0.169	0.376	-36.891 [#]
표본의 수	175		325		

주: #은 귀무가설이 유의수준 5%에서 기각됨을 의미

4 분석결과

변수	SBDC CVM	DBDC CVM	Type I Tobit	Type II Tobit (Sample Selection)	
	Model I	Model II	Model III	Model IV	
				Protest	WTP
adjacent	0.022(1.43)	0.039(1.66)*	2.154(1.29)	0.259(2.01)**	3.222(1.82)*
age	0.004(0.59)	-	0.131(1.82)*	0.016(2.99)***	
period	0.014(1.74)*	-0.046(-1.72)*	-1.534(-1.75)*	-0.295(-2.06)**	-5.846(-2.97)***
engage	0.024(2.89)***	0.051(5.58)***	9.557(5.60)***	0.557(6.68)***	7.015(3.95)***
need	0.033(1.18)	-	4.693(1.70)*	-	-
ngo	-	0.130(2.65)***	-	-	-
donation	0.037(2.27)**	0.013(2.45)**	10.740(6.00)***	0.182(3.84)***	1.964(2.73)***
education	-0.014(-0.81)	0.016(1.94)*	2.009(2.51)**	0.160(2.93)***	-
job1	0.034(0.95)	-	-4.006(-1.71)*	-	-
job2	0.015(0.44)	-	-6.503(-3.28)***	-	-
job3	0.024(0.68)	-	1.201(0.43)	-	-
income	0.008(1.46)	0.030(1.72)*	2.079(1.55)	-	-
type	0.027(1.37)	-	-	-	-
bid	-0.425(-7.78)***	-0.303(-5.59)***	-	-	-
constant	2.426(18.33)***	-0.059(-0.42)	-25.688(-4.00)***	-1.981(-5.89)***	-3.439(-0.56)
σ	-	-	-	0.729	
ρ	0	0	0	11.207	
λ	-	-	-	8.175	
obs.	500		500(Censored:325, Uncensored:175)		
Log likelihood	-758.834	-361.611	-855.664	-	
Wald chi2	33.24***	48.17***	-	17.52***	
LR chi2	-	-	100.03***	-	
Pseudo R2	-	-	0.057	-	

주: 괄호 안의 수는 z-통계량을 의미함. *, **, ***은 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함. λ 는 mill's ratio를 뜻함.

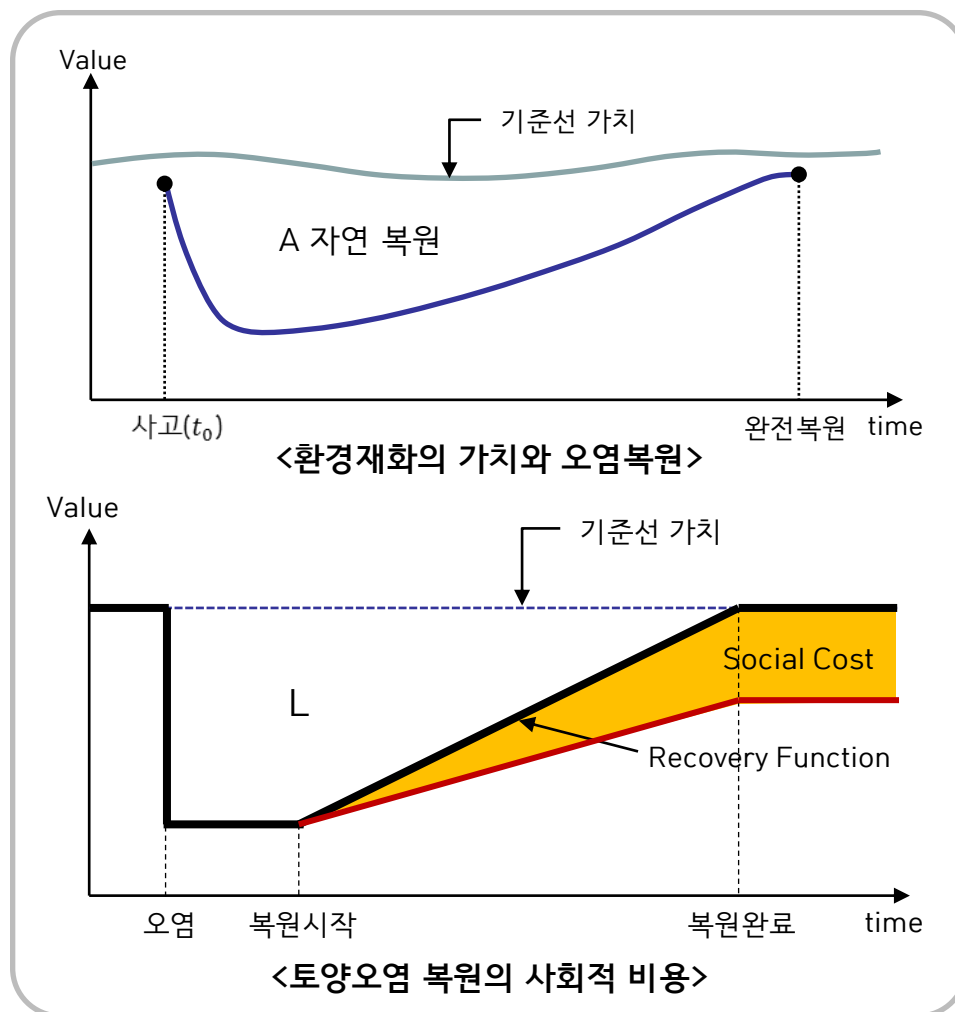
5 토양의 가치와 토양오염의 복원가치

〈편의처리에 따른 평균 WTP 추정결과〉

구분	bound	open	표본선택	평균 WTP
Model I	×	×	×	6,279원 (75,348원)
Model II	○	×	×	2,188원 (26,260원)
Model III	×	○	×	1,214원 (14,563원)
Model IV	×	○	△	69,226 (830,716원)
	×	○	○	2,389 (28,665원)

〈토양의 가치와 토양오염의 복원가치〉

추정방법	토양의 가치	토양오염 복원가치	가구당 WTP/년 차이
DBDC	98,976원	26,260원	72,716원
Tobit I		14,563원	84,413원
Tobit II		28,665원	70,311원

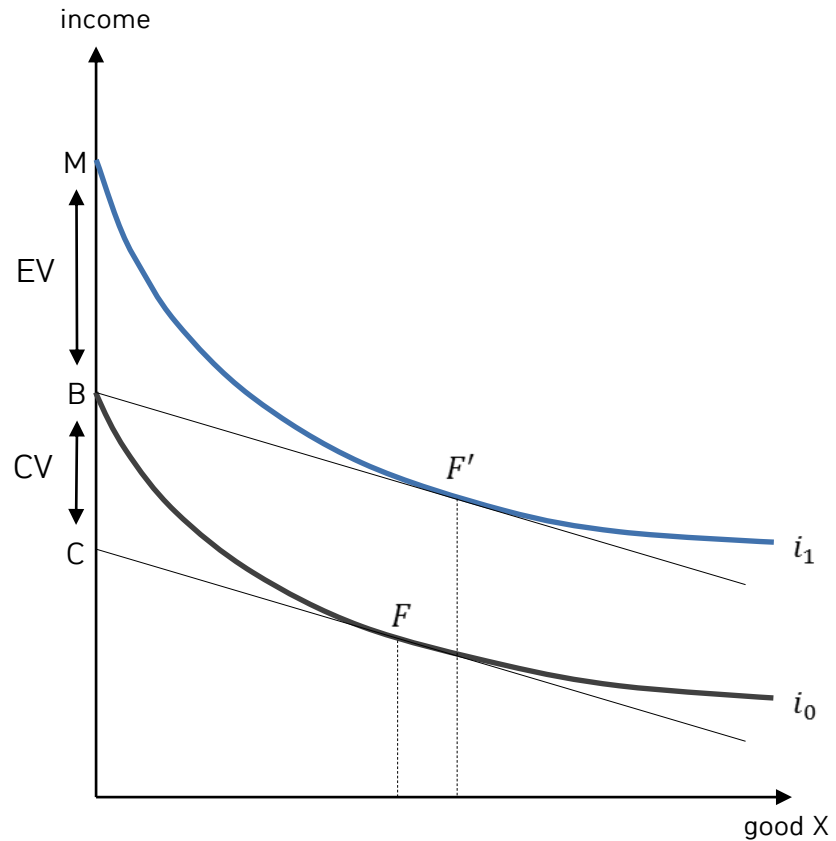


1 요점

- 시화국가산업단지 토양오염 정화에 대한 가치를 유도하기 위해 항의응답과 DBDC 및 개방형 질문법을 가미하여, WTP 추정상의 편익효과를 검토
- 개방형 질문에 따른 편의로 인한 WTP가 가장 적고 산출되고, 표본선택편의를 제어하지 못 경우 WTP가 과대 추정.
- 이변량 모형에서 표본선택에 따른 편의를 제거하지 못하게 되면, 추가적으로 월 66,837원/가구 과대추정치 발생해 최종적으로 월 69.226원/가구의 가치를 도출
- 공공사업의 가치평가에서 발생할 수 있는 항의 및 무응답의 자료를 적절하게 제어하지 않으면 표본선택 편익이 발생하여 WTP의 추정시 왜곡을 발생시킬 수 있음을 확인
- 토양의 내재된 기능과 서비스에 대한 가치부여가 토양오염의 복원에 따른 기능과 서비스의 가치부여보다 응답자들에게 높게 인식
- 토양의 내재된 가치와 서비스가 보이지 않는 부분에서 더 많을 것이라는 기대감도 있지만, 토양오염으로 인한 가치손실에 대한 응답자들의 피해보상 심리와 오염원인 제공자의 부담원칙에 따른 지불거부 반응심리가 크게 작용한 것이라 판단됨.

2 시사점

- 환경재화로서 가지는 토양의 가치가 오염으로 가치를 훼손당하게 될 경우, 오염의 복원가치를 통한 오염행위의 비용 부과에서 누락할 수 있는 가치가 많이 발생할 수 있음을 시사.
- 손실된 가치보다 복원가치가 작게 추정됨으로써 사회적 비용이 증가할 수 있는 부분이 존재하므로 토양오염 사고시 전략적으로 검토할 필요가 있음.
- 토양 자원이 가지는 존재가치와의 차이가 존재하는데 건강 위해성 평가 및 생태계, 환경 위해성 평가와 같은 다양한 접근 방안에 대한 검토와 논의가 필요.



<보상변화와 대등변화>



감사합니다.

briankim66@snu.ac.kr