

環境과 開發과의 關係^③

— 經濟學的 측면에서 본 環境資源의 효율적 이용방안 —

해양연구소 해양정책연구실
김 동 휘

2. 모형의 개요

본 모형은 각각의 沿岸域 이용활동이 게임의 참가자로서의 역할을 하고 잠재력 값이 게임의 이득이 되는 多人非協助 게임(n-person non-cooperative games)으로 설정되었다.

이 게임의 참가자는 매번의 플레이(play)에서 한 개의 格子를 할당받는다. 격자를 할당받는 과정은 다음과 같이 요약된다. 각 참가자가 자신의 전략을 결정하여 동시에 제시할 때 相衡되지 않으면 제시된 전략은 그대로 확정되고 상충되면 적절한 절차에 따라 해당 참가자의 전략을 확정한다. 한번의 플레이가 끝나 모든 참가자가 격자를 할당받으면 그 할당된 격자주위의 격자들의 잠재력 값은 상호영향으로 인하여 변화하게 된다. 이와같은 과정이 모든 활동의 需要가 충족될 때까지 계속되고 그 결과로서 配置計劃이 수립된다. 전체적인 모형의 틀은 〈그림-2〉에 나타나 있다.

가. 시물레이션의 절차

이용활동의 할당을 위한 세부적인 시물레이션의 절차는 〈그림-3〉으로 나타낼 수 있는데 이를 요약하면 다음과 같다.

$$w_h^k(i) = p_h^k(i) / \sum_j p_h^k(i) \quad (p_h^k(i) \text{는 잠재력값})$$

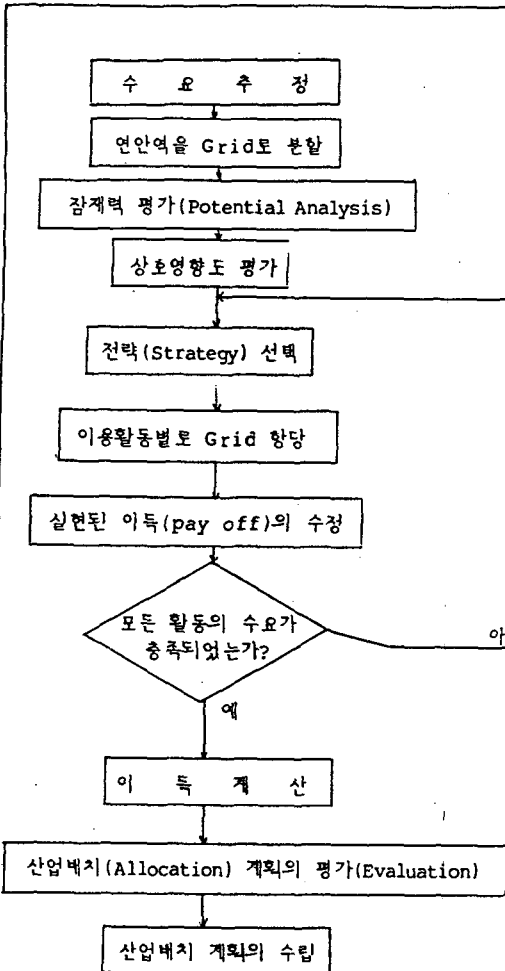
(1) 잠재력 분석에서 구해진 原始 잠재력 값의 자료는 최초의 게임플레이에서 사용된다.

(2) 加重値는 각 활동에 대해 각 격자의 잠재력 값의 상대적 비중에 의미하는 값으로 h 번째 플레이에서 활동 k 의 격자 i 에서의 가중치는 다음 식으로 구해진다.

(3) 게임의 참가자는 戰略을 선택함에 있어 경쟁자의 전략을 확률적으로 예측하여 각 전략의 이득을 계산해 낸 이후, 그 중 최대의 이득을 가져다 주는 전략을 선택하게 된다. 여기서는 경쟁자가 混合戰略을 취하고 앞의 加重値가 경쟁자의 혼합전략의 確率分布를 취한다고 판정하여 이득을 계산한다. h 번째 플레이에서 활동 k 의 격자 i 에서의 期待利得은 해당 격자 i 와 인접격자에서의 경쟁자를 고려하여 다음 식으로 계산된다.

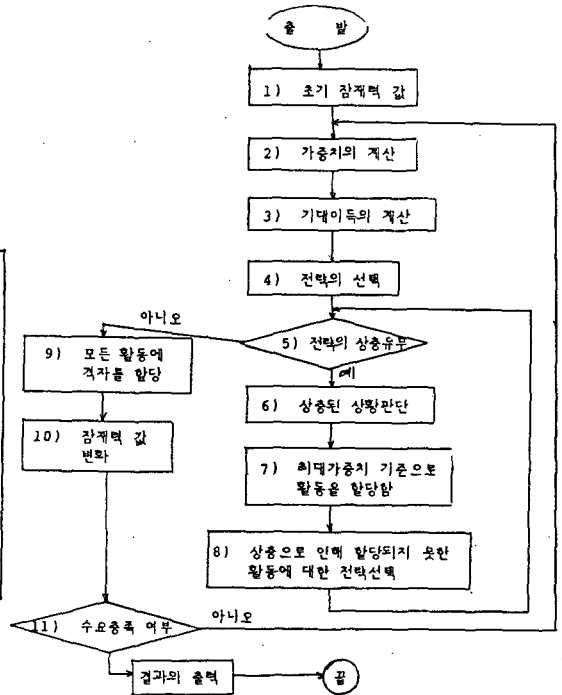
$$e_h^k(i) = [1 - \sum_{l \in L} w_l^k(i)] \cdot p_h^k(i) + \sum_{l \neq k} \sum_{j \neq i} w_l^k(j) \cdot a^{hl}(i, j)$$

$$L = \{l / w_l^k(i) < w_h^k(i)\}$$



<그림-2> 산업배치(Allocation) 모델의 흐름도

- (4) 게임참가자 k 의 전략은 가장 큰 $e_k^k(i)$ 를 갖는 격자가 된다.
- (5) 둘 이상의 참가자가 동일한 전략을 선택하는 경우 다음 단계를, 이와같은 相衡이 존재하지 않으면 단계 9를 수행한다.
- (6) 얼마나 많은 활동들이 어떤 격자들에 상충되는지를 파악한다.
- (7) 보다 적은 가중치를 가진 참가자는 이미 높은 가중치를 가진 격자를 상대적으로 더 많이 할당받았음을 의미하므로 상충시 가중치가 가장 큰 참가자가 우선적으로 할당받게 된다.
- (8) 상충으로 인하여 격자를 할당받지 못한 참가자에 대해서는 그 때까지 할당된 격자의 상호영향도를 고려하여 期待利得을 계산한 후



<그림-3> 산업배치 모델의 흐름도

나머지 참가자들의 전략을 다시 결정하고 단계 5로 간다.

(9) 더 이상 상충이 존재하지 않게 되면 모든 활동에 할당될 격자가 확정된다.

(10) 할당이 끝나면 할당된 격자의 주위 격자에 상호영향도를 다음과 같이 반영하여 주어야 한다.

$$p_{k+1}^k(i) = p_k^k(i) + \sum_l \sum_j a^{kl}(i, j) \cdot \delta_k^l(j)$$

단, $\delta_k^l(j) = \begin{cases} 1 : k\text{번째 플레이에서 활동 } l \text{이} \\ \text{격자 } j \text{에 할당된 경우} \\ 0 : \text{그밖의 경우} \end{cases}$

나. 할당계획의 평가

본 모형의 適用結果는 효율성과 公正性의 두 가지 측면에서 평가되어진다. 효율성의 척도로서는 할당이 끝난 모든 활동의 잠재력 값의 합계가 되며 公正性의 척도는 만족의 정도로서 다음 식으로 계산된다.

$$S(k) = \frac{\{PSUM(k) - PMIN(k)\}}{\{PMAX(k) - PMIN(k)\}}$$

여기서 $PSUM(k)$ 는 할당이 끝난 후 활동 k 에 대한 잠재력 값의 합계이며, $PMAX(k)$ 또는 $PMIN(k)$ 는 활동 k 가 가장 유리한 곳 또는 불리한 곳에²⁰⁾ 할당되었을 경우 해당 잠재력 값의 합계를 의미한다. 각 활동에 대해 $S(k)$

값들이 평균적으로 비슷할 경우 모형에 의한 할당은 공정하게 이루어졌다고 평가될 수 있다.

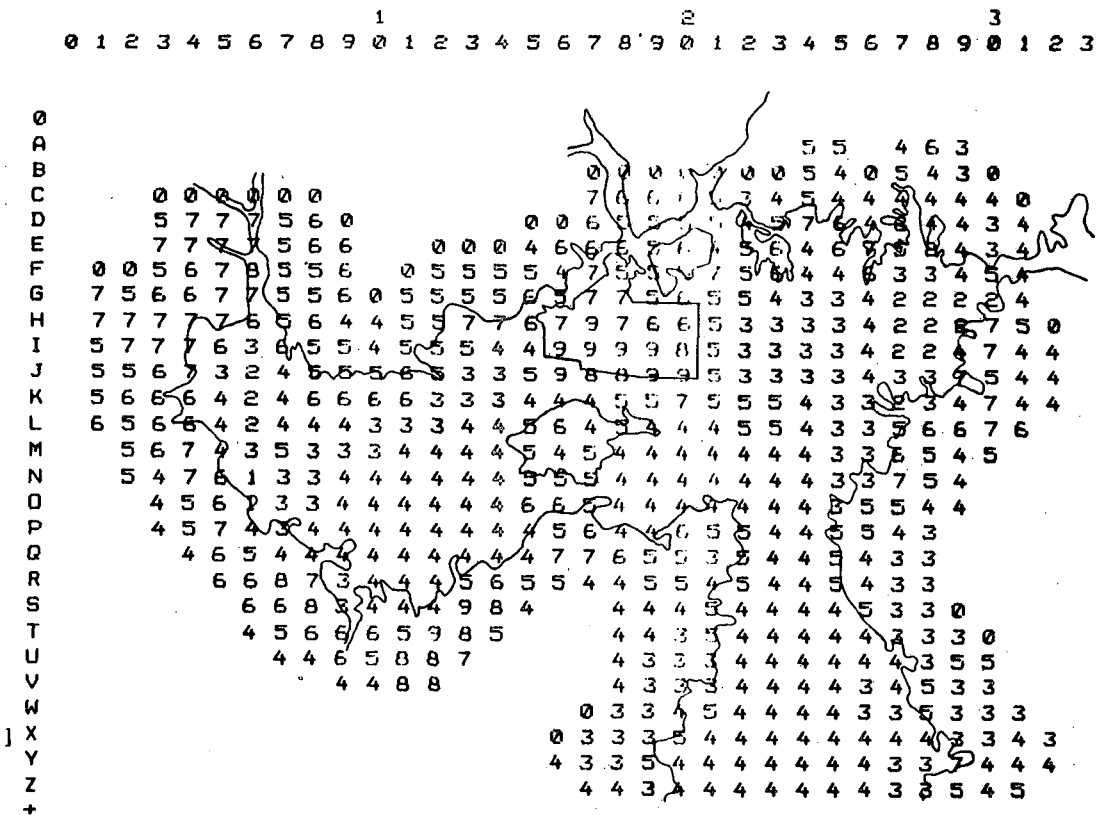
3. 事例地域에의 적용

이상의 모형은 사례지역으로서 光陽灣지역에 적용하였다. 광양만은 동서 직선거리 약 25 km,

〈표-1〉 상호영향계수 (f^{kl})

k \ l	어장	기간형 공업용지	항만	주거용지	휴양지	도시형 공업용지
어장	0.2	-0.4	-0.4	-0.2	-0.1	-0.4
기간형공업용지	-0.2	0.4	0.4	-0.2	-0.2	+0.2
항만	-0.2	0.4	0.4	-0.2	-0.2	+0.4
주거용지	0.0	-0.4	-0.4	+0.2	0.2	0.0
휴양지	0.0	-0.4	-0.4	0.0	0.4	-0.4
도시형공업용지	-0.2	+0.4	+0.4	0.0	-0.2	+0.4

***** POTENTIAL MAP OF STRATEGIC INDUSTRIAL TYPE ACTIVITY *****



〈그림-4〉 基幹資源型 工業用地的 潜在力地圖

남북 직선거리 약 12km, 면적 300km의 광대한 內灣으로 전통적 利用形態인 어업과 항만, 臨海工團 등의 新規利用形態間에 급격한 변화가 예상되고 있는 지역이다.

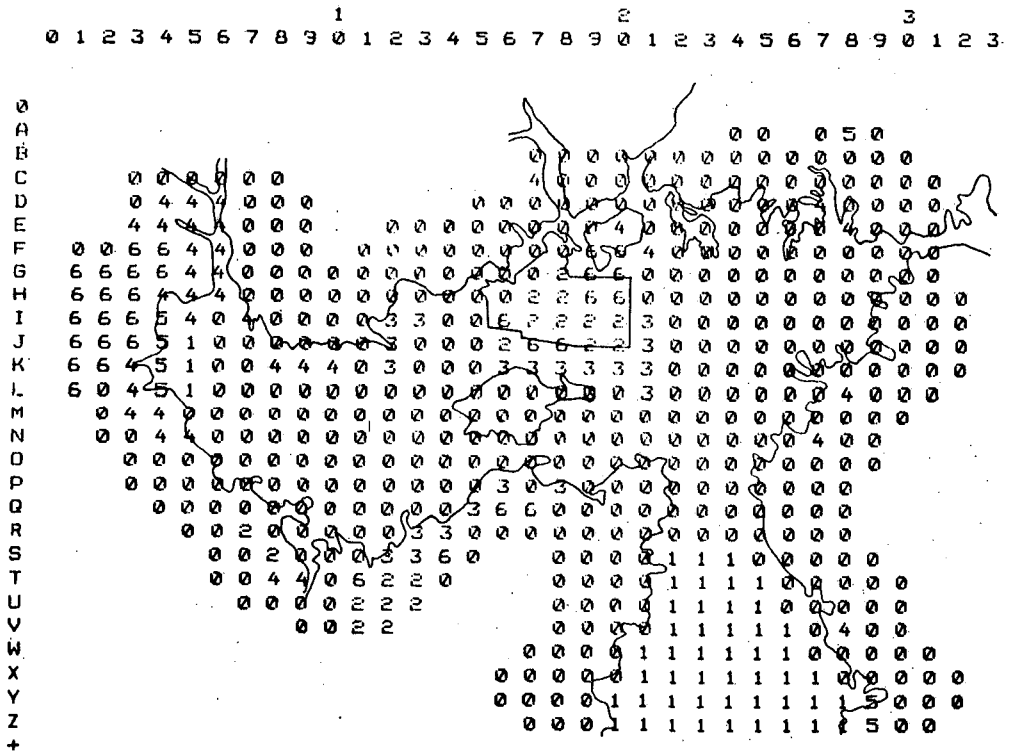
한편 각 이용활동별 需要는 水産養殖場 50km, 도시형 公業용지 31km, 항만 20km, 주거용지 35km, 基幹資源型工業用地 19km, 휴양·관광지 7

km로 推計되었다.

〈그림-4〉는 背後地條件, 자연조건, 법제도조건으로 나누어 평가된 기간자원형 公業용지로서의 잠재력 평가 결과이다.

한편 외부효과를 감안하기 위해 제시된 이용활동별 단위거리에서의 상호영향계수는 〈표-1〉과 같다.²¹⁾

** AN ALLOCATION PLAN **



* 1 : 水産養殖場, 2 : 基幹産業用地, 3 : 港灣用地, 4 : 住居用地, 5 : 休養觀光地, 6 : 都市型工業用地

〈그림-5〉 相互影響度を 고려한 利用活動 配置圖

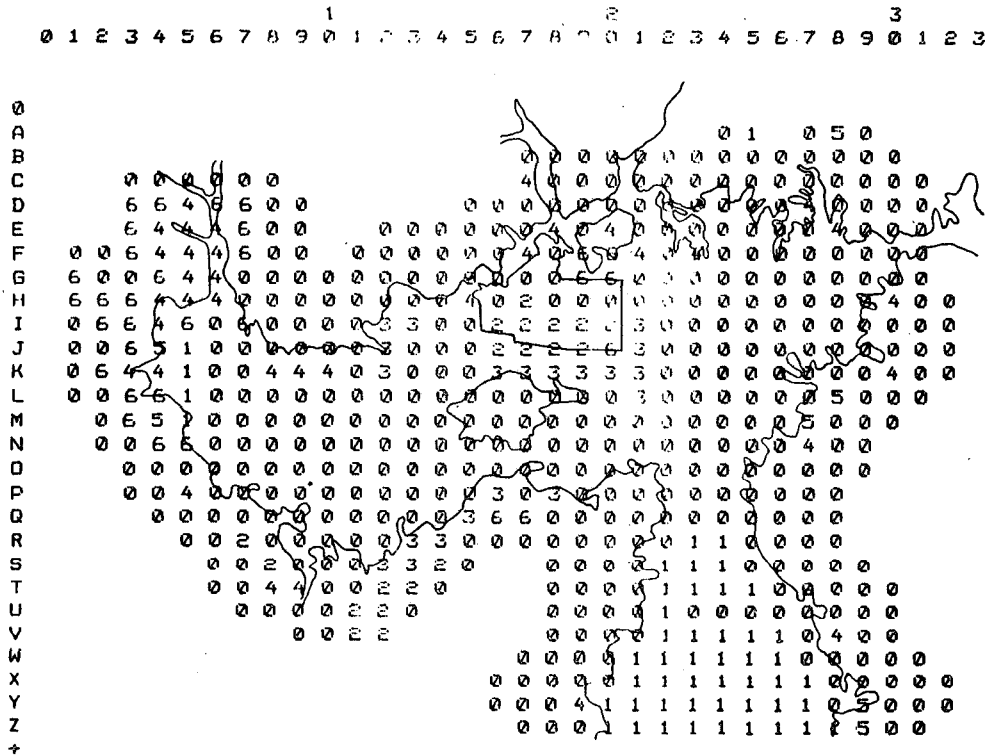
〈그림-5〉는 이상의 자료를 모형에 입력하여 도출된 할당 결과이다. 그림에서 0(zero)으로 인쇄된 격자는 낮은 잠재력으로 입지가 적당한 산업을 찾지 못한 경우로서 留保地域으로 평가된 것이다.

한편 주관적 측면이 강한 가정이었던 이용활동간의 상호영향계수(f^{ki})에 대해서 f^{ki} 을 0(zero)으로 보고 感度分析을 실시한 결과는

〈그림-6〉과 같다.

이용활동간의 영향을 0으로 파악한다는 것은 곧 각 이용주체들이 외부 효과의 고려없이 사적비용의 원칙 하에서만 행동한다는 의미가 된다. 따라서 이는 환경문제에 대한 정부의 개입이 전혀 없이 自由放任 상태로 산업이 立地한 경우가 된다. 이 경우는 〈그림-5〉와 비교해 보면 알 수 있듯이 이용활동들이 보다 分散하여 배치되

 AN ALLOCATION PLAN WITHOUT INTERACTIVE EFFECT **



* 1 : 水産養殖場, 2 : 基幹産業用地, 3 : 港灣用地, 4 : 住居用地, 5 : 休養觀光地,
 6 : 都市型工業用地

〈그림-6〉 相互影響度가 고려되지 않은 利用活動配置圖

고 있다.

따라서 지역전체의 입장에서 볼 때 효율성 및 환경관리에 문제가 야기될 수 있음을 짐작할 수 있다. 특히 각 이용활동들이 느끼는 滿足度도

(degree of satisfaction) 산업간 영향이 고려된 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 크게 되고, 배치된 공간의 전체적인 효율성, 즉 잠재력 합계 (PSUM)도 동일한 결과로 나타났다. <표

〈표-2〉 이용활동별 잠재력 합계

구 분	상호영향관계가 고려될 때	상호영향관계가 고려되지 않을 때
수 산 양 식 용	PSUM(1) = 398.15	PSUM(1) = 354.75
기 간 산 업 용	PSUM(2) = 187.30	PSUM(2) = 162.25
항 만 용	PSUM(3) = 198.05	PSUM(3) = 175.25
주 거 용	PSUM(4) = 285.35	PSUM(4) = 263.55
휴 양 · 관 광 용	PSUM(5) = 47.75	PSUM(5) = 46.95
도 시 형 공 업 용	PSUM(6) = 274.50	PSUM(6) = 233.30
잠재력 값의 총합계	ΣPSUM = 1,391.10	ΣPSUM = 1,236.05

-2 참조>.

제 6 장 결 론

경제학적인 시점에서, 특히 효율성이라는 시점에서 環境問題를 살펴볼 때 가장 먼저 대두되는 것이 環境資源에 대한 시장의 先敗이다.

完全市場體制라면 자동적으로 효율이 달성될 것이나 환경자원의 경우 財產權이 설정되어 있지 않은 관계로 외부효과를 내부화 (Internalization) 하지 못하며, 公共財의 특성으로 인해 환경자원을 무료로 이용하려는, 즉 환경오염방지를 自費로 부담하지 않으려는 경향이 있게 되고, 더우기 미래의 環境費用에 대한 정보의 不在로 과도한 환경자원 이용이 더욱 가중되어 市場機構에 의한 環境資源配分은 異部門間뿐 아니라 異時間에도 비효율적 배분을 초래하게 된다.

이러한 시장기능의 先敗는 환경정책과 같은, 국가기관을 통한 集團的 행동에 의해서만 해결이 가능하다. 대표적인 환경정책수단으로서 조세, 보조금 등의 가격유인제도가 있다. 이러한 제도는 파레토최적조건이라는 경제학적 기준을 토대로 한 것이다. 파레토最適이란, 아무도 손해를 보지 않으나 적어도 한 사람은 이득을 볼 수 있는 상태일수록 사회적으로 우선순위를 부여받아 중국에는 누군가를 나쁘게 하지 않고는 아무도 이득을 볼 수 없는 상태를 뜻한다.

完全市場에서는 파레토최적은 자동적으로 달성되나 생산이나 소비에서 외부효과가 발생할 경우 가격이 외부효과를 고려한 사회적 비용에 일치되어야 파레토최적이 달성된다. 環境稅 및 補助金은 가격을 사회적비용에 일치하도록 유도해 효율을 달성케 하며 특히 환경제도가 보조금제도에 비해 더 효율적인 정책수단이 된다.

그러나 파레토조건은 일부의 厚生增大와 다른 이들의 후생 감소를 동시에 가져오게 마련인 현

실의 많은 정책문제에 대해서는 도움을 주지 못한다. 이에 대한 보완으로 보상원리가 제시된다. 이는 잠재적 보상의 판정하에서 현실적으로는 손해를 본 이와 이득을 본 이가 있으나 보상이 이루어진다고 가정하여 손해본 이들을 모두 보상하고도 남음이 있다면 이는 보다 효율성 있는 정책이 되는 것이다.

補償原理를 토대로 도출된 것이 비용편익 분석이다. 이 분석은 비용과 편익의 규모를 산정 비교하여 어떠한 정책이 잠재적 이득을 가장 크게 줄 수 있는지 평가한다. 환경정책에 비용편익 분석을 적용하려면 環境影響評價가 먼저 수행되어야 한다. 또한 환경에 관한 고려시 불가피하게 직면하게 되는 불확실성을 극복하기 위해 확률분포의 방법을 사용해 확률적 모형 설정, 각 상태에서의 純現價(NPV)를 도출하는 방안이 있다. 또한 비용편익분석은 잠재적보상의 판정하에서 정상화됨을 감안, 지역성을 상실하고 국가적 차원에서 건설되는 현대의 많은 공공사업에 대해서는 지역주민의 동의를 사전에 구하는 民主主義的 절차가 요구되고 있다.

이와같은 논의는 부분적으로나마 국토이용계획에 적용해 볼 수 있다. 한국의 국토이용계획은 개발구역과 보존구역을 지역의 특성에 따라 미리 용도를 설정, 分割區劃함으로써 국토개발과 환경보전을 사전에 조정토록 하고 있다. 그러나 각 지역별로 용도를 설정하는 과정은 다소 모호한 감이 있다. 특히 입지활동간에 있을 수 있는 외부효과는 보다 명확히 고려될 필요가 있다. 前術되었듯이 외부효과의 발생은 자원의 비효율적 배분을 낳게 하는 주요 원인이다. 이에 대한 불충분한 고려는 환경전파도가 높은 연안역 등지에서 상당한 비효율성을 낳고 있어 기존의 용도설정을 재고케 한다. 주변 환경이 어떻게 어느 정도로 영향을 받을 것인지에 대한 環境影響評價가 미비된 상태에서는 비용편익분

석의 의미도 약화된다.

이러한 시점에서 외부효과를 입지활동간의 상호영향계수로 대체해 게임이론을 이용한 시뮬레이션모형에 도입, 용도설정을 해본 결과 외부효과를 고려치 않은 경우, 즉 상호영향계수가 零인 경우에 비해 보다 높은 효율성을 낳았다. 이와같은 결과는 국토의 개발 역시 환경을 고려할 때 더 높은 효율을 달성할 수 있음을 보여 준다.

均衡이라는 시점에서 볼 때 環境汚染을 완전히 없애는 것은 무의미한 정책이다. 또한 현재에 과도하게 환경자원을 이용하는 것도 미래의 환경비용을 생각할 때 적절하지 못하다. 환경자원 역시 다른 자원과 마찬가지로 이부분간에 또한 異時間에 가능한 한 효율적으로 배분되는 것이 사회전체로서도 효율을 달성하는 방안인 것이다.

註1) 최 광 (1982), p. 91.

註2) 환경자원에 재산권이 설정되지 못하는 주된 이유는 재산권의 설정이 기술적으로 불가능하거나 기술적으로 가능하다 하더라도 재산권 설정에서 오는 혜택이 재산권의 설정 및 집행에 수반되는 비용보다 적기 때문이다. 그러나 협상의 당사자수가 적고 분명한 때에는 환경자원에 대해 재산권을 설정하여 외부효과를 시장기구에 내부화시킬 수 있다. 최근 논의되는 각국의 200 해리 經濟水域 선포는 無料財로 인식되던 해양 환경자원에 대해 국가가 재산권을 주장하는 것으로 해석할 수 있다.

註3) Musgrave, R. and P. Musgrave (1980), p. 56

註4) 특정도로나 교량에 대해 사용료를 징수함으로써 배제원칙 (exclusion principle)을 적용시킬 수 있다.

註5) Henderson, J. and R. Quandt (1980), p. 318.

註6) 사회후생함수에 대한 회의론중에서 가장 대표적인 것이 애로우 (Kenneth Arrow)의 불가능성정리 (Arrow's Impossibility Theorem)이다. 그는 사회후생함수가 성립하려면 5가지 조건이 충족되어야 하는데 이를 충족시키는 경우는 일반적으로 존재하지 않는다고 하였다. 자세한 내용은 Henderson, J. and R. Quandt (1980), pp. 312-314 참조.

註7) 李 承來 外(1985), p. 31.

註8) Randahl, A.(1981), pp. 40-41.

註9) 여기서의 논의는 최광(1982), p. 98 참조.

註10) Leal, J. (1982), p. 50.

註11) 불확실한 (uncertainty) 상황이란 앞으로 발생할 결과의 일부, 또는 전부를 알고는 있으나 개개의 발생확률은 모르는 경우이고 위험한 (risk) 상황이란 代案別로 여러 개의 출현가능한 결과와 이 결과가 각각 나타날 확률을 알고 있는 상황을 의미한다. 이에 반해 확실한 (certainty) 상황이란 의사결정자가 대안별로 어떤 결과가 발생할 것인지를 사전에 정확히 알고 있는 상황을 말한다.

불확실한 상황에서는 결과별로 나타날 확률을 탐색하는 등 불확실성을 제거하고자 하므로 위험한 상황과 불확실한 상황하의 의사결정을 구분하여 다루는 것은 별로 의미가 없어지고 있다.

註12) 자세한 내용은 Leal, J. (1982), pp. 122-131 참조.

註13) 지역주민의 동의를 얻기 위한 외국의 제도에 관해서는 윤 영원(1983) 참조.

註14) 권 태준 외(1980), p. 13.

註15) 국토이용관리법 6

註16) 상계법 2조 1항

註17) 권 태준 외(1980), pp. 15-16.

註18) 김 동휘 외(1986), p. 17.

註 19) 여기서의 논의는 김 동휘 외(1986) 및 해양연구소(1986), pp. 159-216 참조.

註 20) 유리, 불리의 기준은 계산된 기대이득이다.

註 21) 상호영향계수의 확정은 Nagao, Y. 등(1985)이 델파이법에 의거 산출한 지수로 대체되었다.

參 考 文 獻

1. 강 세훈, 해양환경자원의 효율적 이용을 위한 소유권 확립에 관한 고찰, 부산수대 논문집, Vol. 32, 1984.

2. 국토개발연구원, 제 2 차 국토종합개발계획 자료집, 1981.

3. 국토개발연구원, 간척자원 실태분석 및 활용방안연구, 1982.

4. 권 태준, 서 원우, 양 병이, 국토이용계획과 환경평가제도 확립, 출처 1980.

5. 김 동휘, 유 시용, 윤 춘선, 게임이론을 이용한 연안역 산업배치모형, 해양연구, Vol. 8, 1986.

6. 박 인호, 환경정책의 방향설정, 환경연구, Vol.4, No.1, 1984.

7. 유 시경, 해양오염의 예방과 해양보전대

책, 해운항만, 1984/가을호.

8. 윤 영원, 환경영향평가제도 (일본·네덜란드·캐나다), 출처, 1983.

9. 이 승래, 강 세훈, 자원경제학과 후생경제학의 관계 고찰, 부산수대 논문집. Vol.35 1985.

10. 최 광, 환경문제의 경제학적 접근방법과 주요정책과제, 한국개발연구, 1982/여름호.

11. 최 광, 환경오염과 국민경제, 계간경향·사상과 정책, 1986/봄호.

12. 해양연구소, 한국연안역 종합개발연구, 1986.

13. Henderson, J. and R. Quandt, Microeconomic Theory, McGraw-Hill, 1980.

14. Kaminski, C., Modeling and gaming for Regional Planning, M. I. T. Sea Grant Program, 1974.

15. Leal, J., 환경보호수단으로서의 비용편익분석 적용대책, 환경영향평가, 1980/10

16. Lundgren, S., 환경정책과 비용편익분석, 환경영향평가, 1982/10.

17. Musgrave, R. and P. Musgrave, Public Finance in Theory and Practice, McGraw-Hill, 1980.

♣ 환경속에 사는 우리
보전하고 보호받자. ♣