

環境汚染改善의 便益推定技法에 관한 考察 (I)

鄭會聲

〈서울大 環境大學院附設

環境計劃研究所 研究員〉

〈目 次〉

- I. 序 言
- II. 汚染改善便益 推定技法의 概要
- III. 大氣汚染 改善便益의 推定技法
 - 가. 人體被害
 - 나. 農作物等 植物被害
 - 다. 資材被害
- IV. 水質汚染 改善便益의 推定技法
- V. 環境汚染과 財産價値 (Hedonic Price Technique)
- VI. 結 言

I. 序 言

環境汚染問題가 심각성을 더해 가면서 環境管理投資의 重要性이 크게 強調되고 있다. 작금에 발표되는 環境關聯資料들은 環境基準을 훨씬 능가하고 있어 심각한 우려를 자아 내기에 충분하다. 그런데 우리나라에서 環境問題를 논할 때는 어떤 合理的인 判斷基準보다는 問題의 倫理性이나 道德性에 보다 直重하여 解決點을 찾고자 하는 경향이 있는 것 같다.

이같은 경향은 環境汚染을 본질적인 측면에서 分析하는 것보다 環境汚染의 結果를 分析하는데 너무 집착하고 있기 때문이다. 根本的으로 人間과 環境과의 關係를 人間이 環境을 利用하여 삶

을 영위한다는 측면과 人間도 環境에 종속된 하나의 生物體라는 다소 二律背反的인 兩側面을 지닌다는데 그 特性이 있다. 開發優先的인 思考에서는 前者를, 環境保全을 주장하는 자들은 後者를 強調한다. 그런데 人間の 存在 그 自體는 끊임없이 環境(또는 資源)을 利用하고 또 依存해야 한다. 環境汚染은 環境으로 부터 채취된 資源을 人間の 生存에 有用케 하기 위해 活用하는 過程에서 發生한다. 그런데 環境汚染을 막기 위한 人間の 活動을 위해서도 역시 環境으로 부터의 資源의 投入이 필요하다.

유감스럽게도 이같은 資源은 稀少하여 供給에 制約이 있다. 環境汚染은 環境(다른 말로 資源基盤)을 파괴하지만 汚染을 막기 위해서도 資源의 投入이 필요하다는 사실은 환경문제를 접근하는데 있어 매우 중요한 의미를 지닌다. 즉 環境汚染防止를 위해 투입된 犠牲과 이 犠牲으로 인해 保護 또는 改善된 「環境의 質」이 항상 비교 평가되어야 한다는 것을 시사한다. 그러므로 環境管理事業에는 이들 양측면에서의 分析이 필요하다. 經濟學에서는 이같은 경우 便益-費用分析(Benefit-Cost Analysis)을 한다. 環境管理事業의 경우 便益은 同 事業으로 인하여 減少된 環境汚染被害를 費用은 同 事業을 위해 投入된 經濟的인 犠牲을 각각 지칭한다. 그런데 環境財가 公共財로서 市場에서 去來가 되지 않기 때문에 前者-便益을 推定하기 위해서는 特別한

노력이 필요하다.

II. 環境汚染改善便益 推定技法의 概要

環境汚染으로 인한 社會·經濟的 損失은 대략 다음과 같은 過程을 거친다. 人間이 經濟活動을 하는 過程에서 環境汚染物質을 排出하면 「環境의 質」의 低下를 초래한다. 環境의 質이 떨어지면 環境에 의지하며 살아가는 人間에 대한 環境 「서비스」의 수준이 낮아진다. 낮아진 環境 「서비스」의 水準은 궁극에 가서는 人間の 厚生水準을 저하시킨다.

그런데 環境汚染으로 인한 被害를 推定하여 環境管理代案들을 評價할 수 있도록 하기 위해서는 環境汚染이 人間の 社會·經濟的 環境에 미치는 影響을 보다 깊게 살펴볼 필요가 있다.

우선 環境汚染의 影響이 人間에게 傳達되는 經路는 傳達媒體에 따라 다음과 같이 生物系를 통한 경우와 無生物系를 통한 경우로 分類할 수 있다.

(1) 生物系를 통한 경우

- 人體에의 影響 - 死亡率·罹患率의 增加
- 生物系의 經濟的 生産性 變化 - 農業生産性, 山林資源生産性, 水産資源生産性
- 其他 生態系에 미치는 影響 - 生態系의 「레크레이션」用 利用度 減少 - 生態系의 多樣性, 安定性등의 破壞

(2) 非生物系를 통한 경우

- 物質被害, 얼룩의 發生, 生産費用의 增加
- 氣候·날씨등 氣象異變
- 其他 惡臭·視界障礙·美觀被害등

이같은 被害는 經濟的 損失이 直接的이나 間接的이나 또는 計量化가 쉬우나 어려우나에 따라 經濟的 被害와 快適性 被害로 分類된다. 또 各 項目에 따른 具體的인 內容도 명확히 해야 한다.

〈표-1〉은 이에 따라 環境汚染被害를 分類한 것이다.

이상과 같은 被害는 다시 環境汚染 (大氣汚染·水質汚染 등)과 汚染物質의 種類에 따라 다시 分割하는 것이 필요하다. 개개의 汚染被害는

〈표-1〉 環境汚染被害의 種類

區分	經濟的被害	快適性被害
人體被害	○ 生産性 喪失 (死亡, 疾病) ○ 醫療費用增加 (汚染被害에 대한 研究費 增加를 包含) ○ 早期死亡에 따른 葬禮費用)	○ 위기의식 ○ 疾病으로 인한 本人의 精神的 苦痛 ○ 早期死亡으로 인한 周邊人의 苦痛 (親族, 친구, 同僚 등)
動物被害	○ 陸生動物 및 水生動物의 生産性 減少	○ 낚시 및 사냥의 쾌감감소 ○ 야생동물 수의 減少
植物被害	○ 農作物 生産量 減少 ○ 山林 成長率 低下	○ 園藝나 觀賞수 및 山林의 景觀美 毀損에 따른 쾌적성 減少
自然資源	○ 汚染된 물이나 土壤으로 인한 生産性 減少	○ 「레크레이션」便益의 減少
物質被害	○ 物質의 壽命 減少 ○ 物質의 利用性 減少 ○ 財貨生産費의 增加 ○ 代替에 따른 追加費用	○ 汚損 또는 被害物質에 대한 景觀損失 ○ 私的 紀念物이나 資源에 대한 被害
氣象·氣候	○ 氣象異變으로 인한 降雨量 減少, 農作物生産量 減少 ○ 太陽光線減少로 인한 光熱費 增加	○ 일광감소 및 降雨量 增加로 인한 「레크레이션」便益의 減少 ○ 減少된 可視性으로 인한 快適性 減少

特定汚染物質과 密接한 相關關係를 갖게 마련인데 이것을 밝혀야 한다. 즉 汚染物質과 被害와의 相互關係 分析의 必要性으로 이 關係를 밝힌 것을 汚染量 - 被害函數 (Dose-Response Function)이라 한다. “汚染量 - 被害函數”는 汚染



物質量의 增加에 따라 被害의 程度가 어떻게 變化하는가를 表現해 주는데 통상 具體的인 社會 調査나 實驗分析의 方法을 利用하여 導出된다.

研究對象物質의 被害를 分析할 때는 關聯他變數의 影響을 除去해야 하기 때문에 보통 多重回歸分析(Multi-Variate Regression Analysis)을 통해 구한다. 多重回歸分析을 利用하여 被害函數를 구하는 過程은 ① 被害를 惹起케 하는 關聯 變數를 判別하여 選擇하는 過程과 ② 適切한 函數형태를 選擇하는 두가지 단계로 構成된다. 이렇게 하여 汚染物質과 被害間의 關係가 糾明되면 特定汚染物質에 露出되는 被害項目의 量을 豫測하고 이것을 적절하게 經濟的 價値로 換算해야 한다.

Ⅲ. 大氣汚染改善便益의 推定技法

가. 人體被害

大氣汚染으로 인한 人間健康 被害를 計量化하는 作業은 통상 다음의 4 단계로 構成된다.

第一段階는 露出汚染物質을 糾明하는 것이다. 多様な 大氣汚染物質中 어떤 物質을 研究對象으로 삼느냐하는 것인데 통상 浮游분진(Total Suspended Particulate), 황산화물등이 그 대상이 된다.

第二段階는 大氣汚染과 人體影響間의 相關關係를 分析하는 것이다. 多變數 統計分析을 통하여 汚染量-被害函數를 導出하는 作業이 이에 속한다. 汚染과 人體와의 關係를 分析하는 것은 의학에서는 보통 巨視的 傳染病學(Macro Epidemiology)에 속하는데 橫斷資料分析(Cross Sectional Analysis)이나 時系列資料分析(Time Series Analysis)方法 또는 이 兩者를 混合하여 分析하기로 한다. 이 단계의 연구는 전 단계와 함께 環境汚染被害에 관한 研究中 우리나라에서 가장 활발하게 연구되고 있는 부문이나 아직은 단순 회귀분석으로 相關關係를 밝히는 정도를 벗어나지 못하고 있다. 즉 적극적으로 多變數 統計分析을 통해서 汚染量-被害函數를 導出した 연구는 아직은 없다.

第3段階는 大氣汚染의 程度에 따라 露出入口(Population at risk)를 測定하고 이것을 토대로 死亡率과 이환율의 變化를 檢討한다.

第4段階는 以上の 結果를 토대로 人體被害를 金錢과 費用으로 換算한다. 經濟的 被害計測의 對象이 되는 項目은 ① 死亡率의 變化에 따른 經濟的 價値 ② 罹患率의 變化에 따른 經濟的 價値와 ③ 疾病에 따른 直接的인 醫療費 支出의 增加등이 그 주가 된다.

人體被害를 計量化할 때는 ① 生産性 또는 人間資本技法(Productivity or Human Capital Technique)과 各 個人의 疾病 또는 死亡에 따른 支拂意思를 分析하는 方法이 있다. 前者의 方法이 주로 利用되는 技法인데 個人이 病이 들거나 死亡함으로 인하여 喪失된 生産量의 흐름을 現價化한다. 後者의 方法에서는 消費者가 汚染被害를 면키 위해 행한 防禦的 支出(Defensive expenditure)이나 忌避行態(Averting Behavior)를 分析한다. 各 個人에게 直接的으로 質問하는 方法도 있을 수 있다.

나. 農作物等 植物被害

一般的으로 汚染으로 인한 植物被害는 ① 農作物 生産量 減少와 ② 山林成長率의 低下 ③ 其他 園藝作物등의 成長率減少등이 있다. 植物被害에 대한 經濟分析을 할 경우에는 大氣汚染物質이 植物의 生物學的 成長에 미치는 影響이 그 분석 대상이 된다.

植物의 成長과 關聯된 被害의 程度는 植物의 生育期間중 어느 시기에 어떤 汚染에 노출되느냐가 상당히 중요하다. 즉 開花期때의 汚染에의 노출은 他時期보다 훨씬 심한 被害를 받는다는 것이 一般的인 연구결과이기도 하다. 그러나 汚染量-被害函數를 導出하기 위해선 식물 的全成長期間동안의 平均露出濃度와 生産量과의 關係를 밝혀야 한다.

植物成長 또는 收穫의 量과 質은 當該 地域의 溫度, 日光, 濕度, 降雨量과 시기 토양의 비옥도등의 影響을 받으므로 이들에 대한 效果도 充分히 考慮해야 함은 물론이다. 그러나 통상 汚染으로 인한 植物의 收穫量의 減少등을 糾明하기



위해선 다음과 같은 3 단계의 연구과정이 필요 하다.

첫째, 大氣중의 汚染物質濃度와 植物體內 특히 葉内の 汚染物質 蓄積量과의 關係를 밝히는 것이다.

둘째, 葉內 等 植物體内の 汚染物質蓄積과 이것으로 인한 可視的인 被害 (Visible Injury) 와의 關係를 찾는다. 첫째와 둘째 단계를 합하여 바로 대기중의 汚染物質濃度와 可視的 被害의 相關關係를 分析하는 경우도 있다. 이 段階의 研究蓄積은 相當한 水準에 이르고 있다. 參考로 오존과 植物葉體被害와의 關係를 밝힌 월터·헵 (Walter W. Heck)의 연구결과를 살펴보도록 한다. 월터·헵은 다음의 식을 기초로 그 係數를 算定했는데 推定된 係數는 <표-2>와 같다.

$$C = A_0 + A_1 I + A_2 / T \dots\dots\dots (式-1)$$

여기서

C: 오존濃度 (單位: ppm)

I: 損傷된 葉體面積 構成比

T: 露出時間 (單位, 時間)

<표-2> 計測된 오존량 被害函數의 係數

식 물	A ₀	A ₁	A ₂
Sensitive			
All plants	-1.52	0.40	21.3
Grasses	-5.65	0.48	29.1
Tobacco	2.45	0.34	13.7
Intermediate			
All plants	2.44	0.65	29.0
Grasses	1.87	0.59	29.2
Clover	-0.99	0.71	26.8
Tobacco	6.31	0.87	15.2
Resistant			
All plants	16.89	0.95	27.8
Grasses	19.06	1.17	26.3

資料: { Walter W. Heck }, Plants and microorganisms, in Ozone and Other Photochemical Oxidants pp 437-585 (Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1977).

A₀, A₁, A₂: 計測된 常數

세째로 可視的 被害를 收穫量과 關聯시키는 것이다. 이 단계의 연구는 별로 많지 않다. 다소 分析方法에 문제가 있으나 국내에서 연구된 것을 몇가지 소개하도록 한다.

우선 아황산가스 (SO₂)에 의한 水稻作被害를 다음의 관계로 表示한 것이 있다.

$$Y_r = 0.846X - 6.274 (r: 0.635) \dots (式-2)$$

여기서 Y_r: 벼의 減收率

X: 葉被害率

r: 相關係數

溫山工團協會는 배의 減收率과 葉內硫黃含量과의 關係를 <式-3>으로 分析했다.

$$Y_p = 0.011X_s + 0.061 (r: 0.538) \dots\dots (式-3)$$

여기서 Y_p: 배의 減收率

X_s: 葉內硫黃含量

이상과 같은 理學的인 分析結果를 토대로 노출경지와 作物을 豫測하여 그 被害總量을 구한다.

이어 이 피해량을 적절한 價格으로 換算한다. 이때엔 汚染으로 인한 減收가 農作物 價格에도 影響을 줄 수 있다는 점을 注意해야 한다.

다. 資材被害

水質汚染의 경우 보다 大氣汚染의 경우 각종 構造物들이 汚染되어 그 壽命이 短縮되던가 視覺的 不快感을 초래할 수가 있다. 때문에 청소를 더 자주해야 하던가 構造物의 資材를 자주 交替하거나 「페인트」칠을 보다 자주해야 하는 被害가 發生하게 된다. 또는 衣裳이 더러워져 세탁을 자주해야 하는 被害도 發生한다. 이러한 被害로 인한 被害額을 推定하는 方法으로는 다음과 같은 方法이 보통 많이 利用된다.

첫째로 防禦의 支出 (Defensive Expenditure) 즉 汚染으로 인한 被害를 피하기 위해서 쓰이는 支出額으로 推定하는 方法이 있다. 資材의 부식을 막기 위한 추가적인 「페인트」費用 또는 鍍金費用을 推定하는 것이 그 일예이다. OECD의 한 연구는 汚染物質의 濃度와 資材의 壽命과의 實驗式에 입각해서 각 기간동안에 發生한 被害額을 現價化하고 있다. 이들이 利用한 現價化



公式은 <式-4>와 같다.

$$NPV = P \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)^n} - \frac{1}{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)^m} \right]$$

..... (式-4)

여기서,
 NPV: 純汚染被害의 現價値
 P : 構造物 價値

n : 汚染下에서의 構造物의 耐用年數
 m : 汚染이 없는 상태에서의 耐用年數
 r : 割引率

둘째로 大氣汚染에 대한 住民들의 行態를 模型化해서 推定하는 方法이 있다. 住民의 大氣汚染에 대한 대응형태를 理論的으로 模型化하여 그 被害額을 推定하는 것으로 大氣汚染濃度에 따른 都市間 세타빈도의 差에 대한 分析등이 이에 속한다. <다음호에계속>

환경보전 해외연수 참가신청 안내

1. 목 적

- 가. OSAKA 국제환경보전기전사회 참석 (하수도설비사업전 포함)
- 2. 기간 : 1985.10.7 ~ 10.10 (4일간)
- 3. 일정 : 본협회 총무부로 문의
- 4. 경비 및 내역 : 1인당 ₩ 620,000 (15명 이상)
 - 가. 상기 요금은 1985.8월에 현재 환율에 기준하였으므로 향후 환율 및 항공료 인상이 있을시에는 조정됨.
 - 나. 왕복 항공료
 - 다. 호텔 숙박요금 2인 1실 사용기준
 - 라. 일정에 표시된 식사요금
 - 마. 교통요금 일체 및 현지 안내원 안내비
 - 바. 공항세 및 포타비
 - 사. 여권 수속시 공과금
 - 아. 항공기 탑승시 규정된 수화물
 - 자. 여행자 상해보험금

- 5. 참가 인원 : 15명 이상
- 6. 참가자 선발기준: 회원사 임·직원중 참가를 희망하는 자
- 7. 신청 요령
 - 가. 접수처 : 본 협회 총무부 (753-7669, 7640) 또는 한아여행사 (725-0071-4)
 - 나. 신청금 : 300,000 원 (신청서 접수시 납부하지기 바라오며 신청금은 여행경비에 포함됨)
 - 다. 신청마감일 : 1985.8.31 (토요일)
- 8. 구비 서류 : 신청금 접수후 수속서류를 배포 수속을 시작할 것임.

社團 環境保全協會
法人