KEI/1994
연구보고서

2개국 일반모형에서 본 환경오염과 투자의 후생 및 파급효과 분석\

1994. 11

김홍균

한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

序　　言

지난 60년대가 빈곤으로부터의 해방이라는 상황 속에서 經濟發展이 우리가 나아가야할 지상과제였다면, 지금은 國民의 삶의 질을 윤택하게 하고 持續的인 成長을 위해서 環境에 보다 많은 관심을 기울여야할 때입니다. 사실 과거 30여년동안 우리 나라의 경우 經濟發展이라는 절대절명의 명제 아래서 環境問題는 도외시되어 왔고, 環境保全을 위한 投資 역시 극히 미미했었읍니다. 그러나 지금 우리가 직면하고 있는 狀況은 과거 30여년 전과는 판이하게 다른 國內外的 與件 속에 놓여 있습니다. 먼저 國內的으로 보면, 지난 30여년간의 高成長에 기인한 所得의 增大로 國民은 量的 팽창보다는 삶의 질의 향상을 더 選好하는 傾向을 보이기 시작했고 國外的으로는 일부 先進國들이 自國의 環境保全과 國際競爭力을 강화시킬 목적으로 構想된 貿易과 環境問題를 連繫시키는 이른바 환경 라운드(Green round)라는 또 다른 파고에 직면하고 있습니다.

저희 韓國環境技術開發院은 이러한 국내외적으로 급변하고 있는 環境問題에 능동적으로 대처하기 위하여 多樣한 環境政策樹立에 苦心하고 있습니다. 이번에 발간되는 「2개국 一般均衡모형에서 본 環境汚染과 投資의 厚生 및 波及效果 分析」은 이러한 多樣한 環境政策樹立을 위한 우리의 조그만한 결실입니다. 本 硏究는 環境投資에 따른 經濟的 波及效果를 분석함으로서 效率的인 環境投資 政策을 제시하는데 그 目的이 있습니다. 아무쪼록 本 硏究가 우리 나라의 環境投資 政策 樹立에 조그만한 디딤돌 역할이라도 할 수 있었으면 하는 게 저희 硏究所의 바램입니다.

끝으로 본 연구를 맡아 수행한 本院의 金 鴻均博士, 西江大 趙 章玉敎授, 南 俊祐敎授 그리고 資料 정리와 編輯을 맡아준 金 貞淑, 王 京淑 두 硏究員에게 감사를 표합니다. 그리고 바쁘신 와중에도 불구하고 본 硏究의 심사를 기꺼이 맡아주신 李 明憲博士, 林 鍾秀博士의 노고에 감사드립니다. 아울러 본 보고서의 내용은 저희 開發院의 공식적인 입장과는 관계없는 硏究者 개인의 사견임을 밝혀둡니다.

1994년　12월

韓國環境技術開發院

院長　鄭 鎭 勝

目　　次

Ⅰ. 序論 및 研究의 目的 ····· 1

Ⅱ. 環境汚染의 現況 및 展望 ····· 5
1. 大氣汚染現況 ····· 5
2. 水質汚染現況 ····· 6
3. 廢棄物汚染現況 ····· 7
4. 展望 ····· 8

Ⅲ. 環境投資現況 및 展望 ····· 9
1. 現況 ····· 9
2. 展望 ····· 10

Ⅳ. 分析模型 ····· 12

Ⅴ. 均　衡 ····· 22

Ⅵ. 模型의 推定 ····· 26
1. 資料의 說明 ····· 26
2. 效用函數에 있어서 選好度의 推定 ····· 27
3. 生産函數의 推定 ····· 31
4. 水質 및 大氣汚染 進行의 法則 ····· 32

Ⅶ. Green GNP와 環境關聯 豫算支出에 관한 例 ····· 34
1. Green GNP ····· 34
2. 環境豫算에 관한 討論 ····· 36

Ⅷ. 長期 均衡 分析 : 均衡成長經路 ····· 38
1. 安定性을 위한 變數의 變換 ····· 38
2. 均衡成長經路 ····· 41

Ⅸ. 係數 決定과 長期에서의 模擬實驗 ····· 44
1. 模擬實驗 ····· 44
2. 結果 ····· 45

Ⅹ. 環境投資의 效率性 增大와 成長 및 厚生費用 ····· 49

Ⅺ. 要約 및 結論 ····· 52

參 考 文 獻 ····· 56

附 錄 1 : 오일러式의 도출 ····· 60

附 錄 2 : 均衡成長路 ····· 63

附 錄 3 : 表 ····· 65
<표 Ⅱ-1> 년도별 대기오염도 현황 ····· 65
<표 Ⅱ-2> 하천의 환경기준 ····· 66
<표 Ⅱ-3> 4대강 수질오염현황 ····· 67
<표 Ⅱ-4> 축산폐수 배출시설의 설치허가 및 신고대상 기준 ····· 68
<표 Ⅱ-5> 년도별 일반폐기물 발생현황 ····· 69
<표 Ⅱ-6> 생활 쓰레기 발생현황 및 구성비 ····· 70
<표 Ⅱ-7> 년도별 폐기물 처리현황 ····· 71
<표 Ⅲ-1> 중앙정부의 환경예산 현황 ····· 72
<표 Ⅲ-2> 환경투자액의 국제 비교 ····· 73
<표 Ⅲ-3> 분야별 예산 내역 ····· 74
<표 Ⅲ-4> 각국의 GNP대비 환경기술개발비 현황 ····· 75

<표 Ⅲ-5> 우리나라의 환경기술수준 ····· 76
<표 Ⅲ-6> 신경제 기간동안의 기초시설 확장 및 부족 내역 ····· 77

附 錄 4 : 그림 ····· 78

Ⅰ. 序論 및 硏究의 目的

최근 環境에 대한 관심은 폭발적이라 할 수 있다. 地球의 溫暖化 현상(global warming), 산성비(acid rain), 汚染된 食水와 大氣에 대한 매스미디어의 보도가 흔히 눈에 뜨이고, 私的인 대화에서 조차 환경의 파괴에 대한 우려가 자주 등장한다. 그러나 環境問題의 본질과 범위에 대해 정확하게 이해하고 있는 사람들은 그렇게 많은 것 같지 않다. 경제학자들은 環境問題란 생산 및 소비활동에 의해 초래된 外部效果(externalities)와 그에 따른 市場失敗(market failure) 때문에 나타난다고 본다 (예를 들어 Cropper and Oates(1992) 참조). 그들은 흔히 環境의 오염에 대한 댓가로서 정부가 單位稅(unit tax) 또는 公害의 放出料(effluent fee)를 부과함으로써 희소한 環境資源을 절약해서 사용하여야 한다는 경고를 내보내야만 한다고 주장한다.

이렇듯 다른 어떤 외부효과의 경우에 있어서나 마찬가지로 環境外部效果(environmental externalities)에 따른 왜곡(distortion)을 시정하기 위해서는 경제정책이 필요하게 된다. 그리고, 그 어떤 경제정책을 도입하기 전에 우리는 그와 같은 정책에 따른 費用과 便益을 분석하여 볼 필요가 있다. 하지만 공해를 방출하는 행위를 규제하는 정책의 비용과 편익을 측정하는 것은 결코 쉽지 않으며, 그와 같은 것들이 정확하게 측정될 수 있도록 하기 위해서는 이론 및 실증적인 측면에서 정교한 經濟模型이 필수적이다. 環境을 오염시키는 행위를 규제하는 비용은 그와 같은 규제를 집행하는 비용과 규제 때문에 저하되는 한 산업 또는 나라전체의 生産性 저하에 따른 손실의 합으로 구할 수 있다 (예를 들어 Baltagi and Griftin(1988), Gray(1987) 및 Gollop and Roberts(1983) 참조). 그러나 環境規制의 편익을 측정하기란 매우 어렵다. 환경정책의 편익을 측정하는 방법으로는 크게 보아 두 부류가 있는 바, 間接市場方法(indirect market method)이 그 하나이고 直接說問方法(contingent valuation method)이 다른 하나이다.

간접시장방법[1]에는 다시 回避行爲 接近方法(averting behavior approach)[2], 弱補完性 接近方法(weak complementarity approach)[3] 및 시카고 대학의

1) 상세한 내용은 Cropper and Oates(1992) 참조.
2) 상세한 내용은 Smith and Desvousges(1986), Dickie and Gerking(1991) 및 Stanley(1986) 참조.
3) 상세한 내용은 Bockstael and McConnell(1993) 참조.

Rosen(1974)에 의해 일찌기 개발된 Hedonic價格 接近方法(hedonic price approach) 등이 있는 바, 그 근본적인 아이디어는 시장에서 각 經濟主體들이 공해를 피하기 위해서 혹은 공해의 효과를 완화시키기 위해서 하는 행위들을 관찰함으로써 간접적으로 公害規制의 便益을 측정할 수 있다는 것이다. 그러나, 이와 같은 방법이 적용될 수 없는 사례들이 많이 존재할 뿐만 아니라 간접적인 방법으로는 측정될 수 없는 유형의 便益 또한 허다하다. 직접설문방법은 공해규제에 따른 便益에 대해 직접 관련된 각 경제주체에게 설문조사를 함으로써 편익을 측정하는 방법인 바, 간접시장방법보다는 직접적인 방법이라 할 수 있다. 그렇지만 이 방법에도 여러가지 문제가 있는데 특히 설문응답자들이 자기들의 생각을 정직하게 답변하기 보다 戰略的으로 응답할 가능성이 많다는 점이다.[4)]

環境政策의 費用과 便益을 평가함에 있어 우리는 이들 방법보다는 훨씬 더 직접적이면서도 이론적으로 명료한 巨視經濟學的 接近이 가능하다고 본다. 먼저 우리는 環境問題와 그것을 해결하기 위한 정책을 분석함에 있어 巨視經濟學(macroeconomics), 成長 및 資本理論(growth and capital theory), 그리고 動態的 勞動理論(dynamic labor theory)에서 널리 응용되고 있는 均衡成長模型(balanced growth model)을 도입하고자 한다. 그런데, 균형성장모형은 특히 최근 實物景氣變動理論(real business cycle theory)으로 대표되는 均衡景氣變動理論(equilibrium business cycle theory)[5)]에서 널리 원용됨으로써 거시경제학의 표준적 모형의 하나로 자리잡게 되었다. 그리고 이와 같은 접근방법의 잇점으로는 모형의 모든 부문이 지극히 명료하여 장점과 함께 결점 또한 쉽게 탐지할 수 있어 앞으로 어떤 부분을 改善하여야 하는가를 어렵지 않게 알아낼 수 있다는 것이다.

본 논문에서 우리는 2개국 開放經濟 模型(two country open economy model)[6)]에 수질 및 대기오염을 도입한다. 먼저 개인 또는 가계(household)의 效用函數(utility function)는 자국 및 외국재화의 소비의 함수이며, 수질과 대기오염 또한 두가지 측면에서 효용함수에 영향을 미친다고 본다. 첫째로 汚染은 직접적으로 효용을 감소시키는 효과가 있으며, 다음으로 오염은 家計生産(home production)을 통해 간접적으로 효용을 증대시키는 효과가 있다. 재화와 용역의 공급측면에서 生

4) 이에 대해서는 Smith(1977) 참조.
5) 자세한 내용은 Prescott(1986) 참조.
6) 인플레稅와 경기변동을 연구하기 위해 개방경제모형을 사용한 예로는 Cho and Roche(1993), Cho, Cooley and Kim(1993) 참조.

産函數(production function)는 생산요소인 資本과 勞動의 함수이며, 다른 한편으로 수질 및 대기오염으로부터 역시 두가지 측면에서 영향을 받는다. 먼저, 公害는 생산활동에 직접적인 負(negative)의 효과를 미치며 다음으로 生産性의 增大를 통해 간접적인 陽(positive)의 효과를 미친다. 우리의 모형에서 중요한 또 하나의 요소는 수질 및 대기오염의 진행법칙(law of motion)으로 세가지의 요인이 이에 영향을 미친다고 가정한다. 첫째, 기업의 생산활동으로부터 環境外部效果 즉 공해가 발생한다고 가정하며, 둘째로는 가계의 소비행위 즉 家計生産活動으로부터 공해가 또한 발생한다고 가정한다. 그리고 셋째로는 정부의 環境支出(environmental expenditure)은 공해를 줄인다고 가정한다.

다음으로 우리는 한국의 데이터를 이용하여 이와 같은 모형을 추정하고, 추정된 계수를 바탕으로 模擬實驗(simulation)을 행하였다. 첫째로, 효용함수에 포함된 파라미터들은 오일러 방정식(Euler equation)을 직접 추정할 수 있는 방법인 generalized method of moment[7]을 이용하여 추정하였다. 추정한 결과에 의하면 수질 및 대기오염은 가계의 選好에 강한 負의 효과를 미치나, 그와 같은 부의 효과는 家計生産에서의 역시 매우 강한 生産性 效果에 의해 상쇄됨을 알 수 있었다. 둘째, 산출량, 노동량 및 자본량이 적분(integrated)되어 있기 때문에 생산함수는 로그차분(log differencing)법을 이용하여 추정하였다. 추정결과에 따르면 공해는 또 다시 생산활동에 강한 직접적인 負의 효과를 미치나, 그와 같은 효과는 역시 강한 생산성 효과에 의해 상쇄됨을 알 수 있었다. 마지막으로, 오염의 진행법칙의 추정결과에 따르면 오염을 줄여나가는 것이 매우 힘들 뿐만 아니라 많은 시간이 소요되는 사업임을 알 수 있으며, 실제 環境豫算(environmental budget)의 증가율이 주어진 청결한 수준을 유지하기 위한 필요예산증가율에 크게 못미치고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 추정결과를 바탕으로 한 模擬實驗을 통해 본 논문은 공해를 줄이기 위해서는 경제성장률을 얼만큼 희생하여야 하며 소비에 대비하여 얼마만큼의 內部化 費用(internalizing costs)를 지불하여야 하는가를 보여주고 있다. 나아가 본 논문은 環境淨化의 效率性 증대라는 環境投資의 便益을 계산하여 보임으로써 얼마만큼의 환경투자가 정당화될 수 있는가를 또한 보여주고 있다.

앞으로 본 논문은 다음과 같은 순서에 따라 진행된다. 제Ⅱ장과 제Ⅲ장에서는 환경오염 및 환경에 대한 투자 현황의 상태를 보고 다음 장에서는 차후의 추정 및

7) 자세한 내용은 Hansen(1982) 참조.

모의실험의 바탕이 되는 공해를 포함한 動態的 開放巨視模型을 설명하고, 자국 및 외국의 경제주체들이 직면하는 문제를 제시한다. 제Ⅴ장에서는 動態的 均衡을 정의하며, 이 때 Bellman의 價値函數(value function)을 이용한다. 모델의 추정방법 및 결과가 제Ⅵ장에서 제시되며, 제Ⅶ장에서는 Green GNP를 계산하는 하나의 직접적인 방법을 제시하고 나아가 수질 및 대기오염을 더 이상 악화시키지 않기 위해 필요한 環境豫算의 필요증가율(required rate)을 계산하여 보여준다. 제Ⅷ장에서는 均衡成長經路(balanced growth path)를 구하고 제Ⅸ장에서는 模擬實驗을 통해 環境費用의 증대에 따른 성장률의 감소폭 및 厚生費用의 크기를 측정하여 본다. 제Ⅹ장에서는 역시 模擬實驗을 통해 환경투자의 便益을 環境生産性의 증대라는 측면에서 도출하므로써 環境投資費用의 상한선을 제시하고 마지막으로 제Ⅺ장에서는 結論을 내린다.

Ⅱ. 環境汚染의 現況 및 展望

1. 大氣汚染現況

우리나라의 경우 大氣를 汚染시키는 主要 物質은 아황산가스(SO_2), 분진(TSP), 질소산화물(NO_2), 오존(O_3) 등이다. 大氣汚染物質 排出量을 産業部門別로 보면 분진과 아황산가스는 生産 및 煖房部門, 일산화탄소는 煖房 및 輸送部門, 질소산화물은 輸送 및 産業部門에서 다량 배출되는 것으로 나타났다. 이상에서도 알 수 있듯이 大氣汚染의 主原因은 燃料使用과 깊은 관계가 있다. 특히 産業生産, 煖房施設 및 발전소 등에서 사용하는 석탄, 석유 등의 연소과정에서 나오는 물질과 자동차 배기가스가 가장 큰 요인인 것으로 알려지고 있다.

生産 및 煖房部門에서 가장 많이 배출되는 것으로 알려진 아황산가스의 경우 그동안 淸淨燃料(LNG)로의 대체로 많이 改善된 것으로 나타났으나 질소산화물의 경우 自動車 특히 輕油自動車의 급증(전체 차량의 약 36%)으로 더욱 惡化되고 있는 실정이다. 이는 經濟規模가 커지고 所得이 증대됨에 따른 폭발적인 自動車 需要의 증가로 大氣汚染의 主犯이 종전의 아황산가스에서 질소산화물로 바뀌어가고 있음을 뜻한다. 그러나 우리나라의 아황산가스에 대한 環境基準은 美國 등 先進國에 비해 2~3배 높게 설정되어 있음에도 불구하고 短期基準의 경우는 環境基準을 넘는 수준(특히 서울의 아황산가스 일평균 농도는 1월중 環境基準을 13회나 초과하고 있음)이어서 계속하여 淸淨燃料로의 代替 作業이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

<표Ⅱ-1>에는 全國 主要都市의 年平均 大氣汚染度 實態가 나타나 있다. 앞에서도 언급했듯이 저황유 및 LNG등 淸淨 燃料의 지속적인 供給擴大로 아황산가스(SO_2)는 全國的으로 많이 改善되었으나 질소산화물의 경우 대전을 제외한 모든 지역에서 최근 오히려 더욱 惡化되는 趨勢를 나타내고 있다. <표Ⅱ-1>을 보면 대부분의 大氣汚染物質들이 環境基準을 충족시켜주는 것으로 나타나 一見 우리나라의 大氣汚染은 별 문제가 없는 듯이 보이나 사실 大氣汚染度는 測定地域이나 時期에 따라 차이가 심하며 人體被害와 밀접한 相關關係가 있는 것은 <표Ⅱ-1>과 같이 年單位의 長期環境基準이 아닌 短期基準이기 때문에 長期環境基準의 달성이 갖는

의미는 별로 크지 않다. 短期 基準을 보면 황사 현상에 기인해서 粉塵의 경우만 1992년에 비해 超過 지점과 횟수가 증가했을 뿐 나머지 汚染源에 대해서는 명백히 減少趨勢를 나타내고 있어 短期基準 측면에서도 우리나라의 大氣汚染度는 많이 改善되었음을 알 수 있다. 그러나 아직도 많은 市가 短期基準値를 상회하고 있다. 예컨대 아황산가스의 경우 서울시의 2개소를 비롯 大邱의 중리, 울산군의 원산리 등이 년간 3회 이상 短期 基準値를 超過하고 있는 것으로 나타났다. 또한 앞에서 언급했듯이 우리나라의 長,短期 環境基準이 先進國에 비해 월등히 높다는 사실을 감안하면 <표Ⅱ-1>의 長期環境基準의 目標 달성이 갖는 의미는 별로 크지 않다.

2. 水質汚染現況

水質의 경우 産業廢水, 生活下水, 畜産廢水 및 農藥·肥料 등이 우리나라 水質汚染의 주 原因으로 分析되고 있다. 이를 보다 구체적으로 살펴보면, 生活下水는 年 7%, 産業廢水는 年 20%씩 增加하고 있는 반면 37% 정도의 낮은 下水處理場(美國의 경우 72%), 企業의 廢水處理場 未備, 畜産 및 가두리 養殖業者의 零細性으로 인한 淨化處理施設의 부족 등으로 汚染은 날로 深化되고 있는 실정이다.

<표Ⅱ-3>에는 4대강(한강, 낙동강, 금강, 영산강)의 1986년부터 1993년까지의 汚染現況이 나타나 있다. 전반적인 趨勢를 보면 금강을 제외한 다른 강에서는 조사된 여러 地點들의 BOD濃度를 비교해볼 때 1993년의 數値가 1986년의 數値보다 대부분 낮아 水質汚染이 다소 改善되었다는 것을 알 수 있다. 그러나 <표Ⅱ-3>을 보다 자세히 살펴보면 汚染濃度는 일정하게 계속 減少 趨勢를 나타내온 것이 아니고 增減을 반복해오고 있다는 사실과 대부분 地點에서의 BOD濃度는 環境基準을 超過하고 있음을 쉽게 발견할 수 있다. 이는 그 동안의 經濟規模의 증가에 비례해서 水質改善에 대한 投資가 꾸준히 이루어지지 않았다는 사실을 입증한다.

畜産廢水로 인한 水質汚染 역시 심각한 環境問題로 대두되고 있다. 汚水·糞尿 및 畜産廢水處理法에 의하면 돼지 飼育施設은 1400m2, 소 飼育施設은 1200m2 이상인 畜舍만이 環境處長官의 許可對象이다. 그러나 우리나라 家畜飼育農家의 規模를 보면 肉牛의 경우 30두 미만 飼育農家가 전체의 89.9%이며, 돼지는 1,000두 미만이 75.8%에 달해 대부분의 畜産農家는 零細 規模로서 汚水·糞尿 및 畜産廢水處理法에 의거 規制對象에 포함되지 않고 있다. 따라서 이들로부터 배출되는 汚水·糞尿는 아무 여과 없이 강으로 흘러 들어가고 있어 이에 대한 防止策이 시급하다

(<표Ⅱ-4> 참조).

3. 廢棄物汚染現況

人口增加, 産業生産 및 消費의 增加 , 國民 生活水準 향상 등으로 인하여 廢棄物 汚染은 量的으로 매년 증가하고 있을 뿐만 아니라 質的으로도 점점 多樣化, 惡性化 되어가고 있다. 廢棄物 汚染의 경우 國民 健康 뿐만 아니라 大氣·水質·土壤 汚染의 원인이 되기 때문에 다른 汚染原에 비해 環境汚染에 미치는 波及效果는 매우 크다.

우리나라의 경우 廢棄物은 廢棄物 管理法에 의해 一般廢棄物과 産業廢棄物로 분리되어 관리되었으나 1991년 3월 法 改正으로 産業廢棄物 중 非有害性 廢棄物(즉 종전의 産業廢棄物 중 一般廢棄物)은 一般廢棄物로 統合되어 一般廢棄物과 特定廢棄物로 분리 관리되고 있다.

全國的으로 一般廢棄物 發生量은 1993년 118,909톤이며 그 증가율은 1989년 7%, 1990년 7.6% 1991년 9.9%, 1992년 33.5%, 1993년 -3.4%로서 매년 증가추세이다[8] (일인당 1일 쓰레기 발생량은 약 2.3kg으로 선진국의 2배 수준임). 一般生活廢棄物의 構成 比率을 보면 1992년까지는 飮食物類, 연탄재, 종이류, 금속초자류, 목재류의 순이나 1993년에는 음식물류, 종이류, 연탄재, 금속초자류, 목재류의 순으로 나타나 1992년 前과 비교해서 연탄재와 종이류의 순서가 바뀌었다. 이는 지난 수년간에 걸쳐 꾸준히 진행되어온 家庭用 煖房燃料의 代替(연탄에서 LNG나 LPG등으로)에 기인한 것으로 풀이된다. 이를 보다 구체적으로 살펴보면 <표Ⅱ-6>에 잘 나타나 있듯이 1987년 43%에서, 1993년 16%로 매년 현저히 감소하고 있다. 飮食物 쓰레기의 경우 1994년 9월 1일 부터 大型飮食店을 중심으로 飮食物 쓰레기 減量化 規制가 실시되기 때문에 飮食物로부터의 廢棄量 역시 감소될 展望이다. 그러나 종이류나 금속초자류의 경우는 꾸준히 증가해오고 있으며 특히 종이류의 증가는 더욱 뚜렷하다. 産業廢棄物 發生量 역시 매년 증가하는 趨勢이며, 一般廢棄物보다 더 높은 증가율을 나타내고 있다.

廢棄物의 處理는 埋立에 의존해오고 있으며, 燒却率은 해마다 減少하다 최근

8) 1992년의 경우 다른 해의 증가율보다 큰 이유는 폐기물관리법의 개정으로 산업폐기물중 일반폐기물이 종전의 일반폐기물로 통합되어 나타났기 때문이며 1993년 쓰레기량의 감소는 실제 쓰레기량의 감소에 기인한 것이 아니라 폐기물 발생량에 대한 산정 방법이 달라졌기 때문이다(<표Ⅱ-6> 참조).

一般廢棄物과 特定廢棄物 모두에서 증가 추세를 보이고 있다. 一般廢棄物 處理方法을 보면 1993년 현재 60.4%가 埋立이고, 燒却 2.1%, 再活用 37.5%이며 特定廢棄物의 경우는 1992년 埋立 29.0%, 燒却 12.8%, 再生利用 47.4%이다. <표Ⅱ-7>을 통해 알 수 있듯이 두 부분에서 공히 埋立의 比率은 감소하고 있는 반면 再活用 比率은 증가하고 있음을 알 수 있다.

4. 展望

신경제 5개년 (1993 - 1997) 계획기간 중 人口增加率은 年平均 0.9%, 都市의 人口集中率은 75%, 國民總生産은 경상가격으로 年平均 13.7% 증가, GNP 對比 製造業 比重이 30.1%, 自動車 保有臺數는 1996년에 750만대, 에너지 消費는 연평균 7.1% 증가가 각각 예상되고 있다. 環境汚染이 거의 製品의 生産과 消費 과정에서 유발된다는 점을 감안하면 동 計劃期間 중 環境汚染 誘發要因의 계속적 증가가 예상된다.

Ⅲ. 環境投資現況 및 展望

1. 現況

<표Ⅲ-1>에는 1990년 이후 中央政府의 環境部門豫算 현황이 나타나 있다. <표Ⅲ-1>을 통해서 알 수 있듯이 우리 나라 環境部門豫算의 대부분은 環境處, 建設部 그리고 地方讓與金을 관장하는 內務部 등 세부처에 집중되어 있다. 정부의 環境에 대한 관심도를 나타내는 政府豫算對比 環境部門豫算의 비율을 보면 계속 增加 趨勢를 나타내고 있으며 특히 1994년 이후 뚜렷한 增加趨勢를 보이고 있다. 이러한 豫算 增加에 기인해서 GNP對比 環境部門豫算 比率도 1994년 이후 急增하고 있어 政府의 環境에 대한 관심도가 커지고 있음을 알 수 있다. 그러나 <표Ⅲ-2>에 나타나 있듯이 1995년 예상되는 GNP對比 環境部門豫算 비율은 0.51%로서 1985년 美國의 비율(0.57%)보다 낮다. 이는 최근 우리 나라 環境部門豫算이 급증하고 있으나 先進諸國(OECD)들에 비해서는 아직도 매우 낮은 수준이며 따라서 우리 나라의 環境基礎施設을 先進國 수준으로 끌어올리기 위해서는 지금보다 더 과감한 投資가 이루어져야 한다는 것을 의미한다.

<표Ⅲ-3>에는 1990년 이후 우리 나라 環境部門豫算의 分野別 내역이 실려 있다. <표Ⅲ-3>을 통해서 알 수 있는 사실은 우리 나라 中央政府 環境部門豫算의 대부분은 水質保全에 집중되어 있으며 大氣保全部門에는 政府 次元에서 거의 投資가 이루어지지 않고 있다는 것이다(大氣保全部分의 投資는 대부문 企業 중심으로 이루어지고 있음). 또한 環境技術開發 및 環境管理에 대한 支出은 절대액 기준에서는 매년 꾸준히 증가해오고 있으나 總支出에서 차지하는 比率은 계속 감소추세를 보이고 있다.

<표Ⅲ-4>과 <표Ⅲ-5>에는 우리 나라 環境科學技術開發의 현주소를 파악하게 해주는 GNP對比 環境科學技術開發費와 先進國 對比 各分野의 環境技術水準현황이 나타나 있다. 사실 環境科學技術에 대한 先進國들의 投資는 他分野의 科學技術投資에 못지 않게 증가하고 있으며 최근 들어서는 增加率이 오히려 여타 分野보다도 앞서고 있다. 그러나 우리 나라 公共部門 環境技術硏究費는 GNP의 0.004%인 110억원(92년 기준)으로 이는 美國, 日本 등의 硏究開發費의 1/10 - 1/30에 불과한 실정이다. 우리나라의 이러한 미진한 公共部門 環境技術硏究費의 投資는 先進國과의 環境技術水準의 差異에서도 잘 나타나 있다. <표Ⅲ-5>를 보면 92년 先進國技術水準을 100으로 했을 경우의 우리나라 環境技術 水準이 나타나 있다. 大氣 및 水質分野는 비교적 先進國 水準에 근접해

있으나 CFC代替物質開發技術이나 CO_2 代替技術은 先進國 水準의 반에도 미치지 못하고 있음을 알 수 있다. 이러한 우리나라의 낙후된 環境技術水準은 역으로 앞으로 環境라운드를 대비해 우리나라가 얼마나 많은 投資를 環境技術開發에 해야하는 가를 말해주는 하나의 指標이다.

2. 展望

지금보다 國內·外的으로 環境에 대한 關心이 高潮된 적은 일찌기 없었다. 국내적으로는 지난 30여년 간의 高成長에 기인한 소득 증대로 여느 때보다 깨끗한 공기와 물에 대한 국민들의 關心이 高潮되어 있고, 국외적으로는 일부 선진국들이 自國의 環境保全과 國際競爭力을 강화시킬 목적으로 環境과 貿易을 連繫시키는 이른바 환경라운드 도입이 활발히 진행되고 있다. 政府는 이와 같이 국내·외적으로 浮刻되고 있는 環境問題를 政府次元에서 능동적으로 대처하기 위해 신경제 5개년 계획기간 중(1993-1997) 다음과 같은 環境改善 目標를 설정하고 추진 중이다.

① 상수원 水質改善과 한강, 낙동강 등 전국 主要河川의 水質을 1급 내지 2 급수로 改善.
② 生活下水 處理率을 92년의 37%에서 97년까지 73%로 提高.
③ 糞尿處理率을 93%(92년)에서 100%로 提高.
④ 畜産廢水 處理率을 提高시키기 위해 畜産廢水 共同處理場을 단계적으로 還充.
⑤ 廢棄物 再活用 시설을 擴充하고 一般廢棄物 衛生埋立地 및 燒却施設을 대폭 늘려 쓰레기 燒却率을 91년의 1.6%에서 97년에는 14.2%로 높임.

신경제 5개년 계획기간 동안의 環境改善 目標를 달성하기 위해 추진되고 있는 公共部門 環境投資計劃을 보면 총 7조 9,582억원이 環境基礎施設 확장을 위해 투자될 계획이다. 그러나 총 투자규모 중 조달예상 규모는 5조 4,200억원에 달해 2조 5,382억원의 투자액 부족이 예상된다. 이를 내역별로 보면 國庫補助金 8,422억원, 地方讓與金 8,729억원, 財政投融資特別會計 723억원 및 地方費 7,708억원이다(<표Ⅲ-6> 참조). 이중 地方費 부족액은 각 地方自治團體가 自體財源으로 충당해야한다는 전제하에 中央政府가 추가적으로 보충해야할 부담분은 國庫補助金, 地方讓與金, 財政投融資特別會計에서의 부족분인 총 1조 7, 874억원에 달한다. 동기간 중 수립된 環境目標들이 國民生活과 밀접한 관계가 있기 때문에 投資計劃에 차질이 생길 경우 環境財의 供給이 需要增加에

미달되어 社會, 經濟的으로 여러 가지 副作用이 초래될 위험이 있다. 따라서 不足財源을 충당할 計劃樹立이 시급히 요망된다.

Ⅳ. 分析模型

앞장에서 살펴본 현황을 바탕으로 汚染의 經濟的 效果를 분석하기 위해 본 논문에서 우리가 사용하는 國際經濟模型은 두 나라와 두 재화로 구성되어 있다. 각국은 한 재화의 생산에 특화하고 있으며 양국간에는 재화의 交易이 이루어지고 있다. 이때 분석의 편의를 위해 수입된 재화는 消費에만 사용되고 投資에는 사용되지 않는다고 가정한다.[9] 나아가 勞動은 국가간의 이동이 불가능하다고 가정한다. 각국에는 수많은, 동일한, 그리고 영원히 생존하는 개인 또는 가계가 거주하고 있으며, 각 가계는 각 기간에 1단위의 노동과, 초기의 자본부존량 k_0 및 초기의 외채(또는 자산) b_0가 주어져 있다고 가정한다. 본 논문에서 소문자로 나타낸 변수는 각 개별가계가 선택할 수 있는 변수이며 대문자로 나타낸 변수는 개별가계가 선택할 수 없는 經濟全體의 1인당 변수(per capita variables)이다.[10] 자국내의 消費者(또는 家計)가 직면하는 문제는 다음과 같다.[11] 먼저 각 가계는 다음과 같은 時間分離形(time separable) 一生 期待效用(lifetime expected utility)을 극대화 한다.

$$U^d = E\left\{\sum_{t=0}^{\infty}\beta^t \cdot \upsilon(\ \tilde{c}_t^{dd},\ \tilde{c}_t^{fd}, l_t^d, E_t^d, A_t^d) \mid \Omega_0\right\}\ , \qquad (1)$$

이때 β는 效用割引因子(utility discount factor)이고, l_t^d는 t기의 餘暇를 나타낸다. E_t^d 와 A_t^d는 각각 水質汚染 및 大氣汚染의 양을 나타내며, Ω_0는 0기에 있어 情報集合(information set)이다. 물론 이들 두가지의 오염은 효용에 負의 效果(adverse effect)를 미치며 우리는 이를 「效用에 있어 汚染의 直接效果(the direct utility effect of pollution)」라고 부르기로 한다.

$\tilde{c}_t^{dd}$와 $\tilde{c}_t^{fd}$는[12] 국내재화 및 수입한 외국재화를 사용한 家計生産을 통해 생산한 최종상품을 나타낸다.[13] 다시 말해 Becker(1965, 1971)의 주장에 따라 우리는 國內

9) 만일 수입된 재화가 투자에 사용될 수 있다고 가정하면 수입재와 국내재의 투자에 있어서의 보완 및 대체성을 규명하여야 한다.
10) 지금의 모형에는 여러가지 왜곡(distortion)이 존재하기 때문에 이와 같은 구분이 필요하다.
11) 외국가계도 유사한(대칭적인) 문제에 직면한다. 따라서, 외국가계의 문제는 상세히 설명하지 않기로 한다.
12) 윗첨자(superscript)가운데 첫번째 것은 재화의 生産地를 나타내며 두번째 것은 재화의 用地를 의미한다. 이때 d는 자국을 f는 외국을 나타낸다.
13) 가계생산에 관한 서어베이는 Gronau(1986)에 수록되어 있으며, 보다 자세한 것은 그곳에 열

및 外國財貨란 직접적으로 소비될 수 있는 것이 아니라 家計에서 가공을 한 다음에라야 소비될 수 있다고 가정한다. 그리고 이와 같은 家計生産은 국내 및 외국재화를 가사노동과 가전제품 등 가정자본을 결합하는 생산활동으로 정의할 수 있다. 그러나, 본 논문의 주된 관심사는 消費와 生産活動에 있어 公害의 役割에 있으므로 우리는 家計生産에 있어 공해가 갖는 역할에 촛점을 맞추고자 한다. 공해는 그것이 없이는 消費의 대상이 되는 최종산출물을 생산할 수 없다는 의미에서 가계생산에 있어 필수적이라고 가정한다. 이제 이와 같은 공해를 가계생산의 다른 투입요소와 결합하는 방법에는 여러가지 유형의 기술이 있을 수 있다. 그리고, 주어진 투입요소의 양으로 어떤 가계생산기술은 다른 기술보다 더 많은 최종생산물을 생산할 수 있을 것이다. 이때 물론 주어진 費用條件에서 전자가 후자보다 더 적은 양의 공해와 결합될 수 있다면 전자의 기술이 당연히 채택될 것이다. 그러나, 만일 전자가 보다 많은 양의 공해와 결합되어야만 한다면 家計生産技術을 채택함에 있어 公害와 生産性이라는 두가지의 서로 상충하는 요인이 존재하게 되며, 우리는 이것이 일반적인 현실이라고 가정한다. 다시 말해 공해가 家計生産의 生産性을 높이는 요인이라고 보고 다음과 같은 線形家計生産技術(linear home production technology)을 가정한다.[14]

$$\tilde{c}_t^{dd} = \alpha_1 \cdot E_t^d \cdot A_t^d \cdot c_t^{dd} \tag{2}$$

$$\tilde{c}_t^{fd} = \alpha_2 \cdot E_t^d \cdot A_t^d \cdot c_t^{fd}, \tag{3}$$

이때 c_t^{dd}와 c_t^{fd}는 가계생산에서 사용된 국내 및 외국재화의 양이며 α는 양의 파라미터로서 가계생산에 있어 공해의 생산성의 척도를 나타낸다.[15] 가계생산함수 (2)와 (3)에 따르면 가계가 최종적으로 소비하는 상품의 양은 공해가 증가하면 함께 증가한다. 우리는 이와 같은 효과를 「家計生産에 있어 公害의 生産性 效果(the

---

거된 참고문헌을 참고할 것.

14) 우리는 가정자본(home capital)과 가정노동(home labor)의 역할을 무시함으로써 문제를 단순화하고자 한다. 이와 같은 요인을 도입한다 하여도 결과에는 큰 변화가 없다고 믿어진다. 가정생산에 있어서 노동의 역할에 대해서는 Benhabib, Rogerson and Wright(1992)을 그리고 자본의 역할에 대해서는 Hercowitz and Greenwood(19 92)을 참조할 것.

15) 앞으로 가정할 효용함수에 있어 α는 단조변환(monotonic transformation)요인으로 작용하기 때문에 추정 및 분석의 대상에서 제외된다.

productivity effect of pollution in home production)」라 부르기로 한다.

구체적으로 우리는 다음과 같은 효용함수를 가정하기로 한다.

$$v(\tilde{c}_t^{dd}, \tilde{c}_t^{fd}, l_t^d, E_t^d, A_t^d) = \frac{1}{1-\sigma} \cdot \left[(\tilde{c}_t^{dd})^{\phi_1} (\tilde{c}_t^{fd})^{\phi_2} (l_t^d)^{1-\phi_1-\phi_2} (E_t^d)^{\nu_1} (A_t^d)^{\nu_2} \right]^{1-\sigma}. \tag{4}$$

여기서 $n_t^d = 1 - l_t^d$ 라고 정의하기로 한다. 식 (4)에서 ϕ들은 국내 및 외국재화를 사용하여 가계생산에서 생산한 최종재화와 餘暇에 대한 家計의 選好度를 결정하며 ν들은 가계의 공해에 대한 선호도를 결정한다. 이때 주의하여야 할 것은 E_t^d와 A_t^d는 각각의 가계가 선택할 수 있는 변수가 아니며 다음에 구체적으로 논의할 정부의 環境政策(environmental policies))에 의해서만 통제될 수 있다는 점이다. 이제 가계생산함수 (2)와 (3)을 (4)에 대입하여 정리하면 다음과 같은 축약형(reduced form) 효용함수를 얻을 수 있다.[16]

$$u(c_t^{dd}, c_t^{fd}, l_t^d, E_t^d, A_t^d) = \frac{1}{1-\sigma} \cdot \left[(c_t^{dd})^{\phi_1} (c_t^{fd})^{\phi_2} (l_t^d)^{1-\phi_1-\phi_2} (E_t^d)^{\nu_1+\phi_1+\phi_2} \cdot (A_t^d)^{\nu_2+\phi_1+\phi_2} \right]^{1-\sigma} \tag{5}$$

이때 식 (5)에서 주의할 점은 ν들은 負이며 ϕ들은 陽이라는 점이며, 따라서 공해항에 대한 지수는 陽일 수도 있고 陰일 수도 있다는 것이다. 만일 그것이 陽이면 우리는 공해가 가계생산에 있어 보다 큰 陽의 「生産性 效果」를 가지며 만일 그것이 陰이라면 효용에 있어 負의 「直接效果」가 상대적으로 크다는 사실을 알 수 있다. 그러나, 만일 이 두가지 효과가 서로 상쇄될 정도로 크다면 공해항의 지수들은 零이 될 것이다.

본 논문에서 政府는 먼저 임금, 자본소득, 및 소비에 대해 租稅를 부과한다고 가정하고, 이때 $\tau_t^{dw}, \tau_t^{dk}, \tau_t^{dd}$ 및 τ_t^{fd}는 임금소득, 자본소득, 국내재화의 소비 및 외국

16) 여기서 u는 다음과 같이 정의된다.

$$u = v/[\alpha_1^{\phi_1} \cdot \alpha_2^{\phi_2}]^{1-\sigma}.$$

재화의 소비에 부과된 조세율이라고 정의한다. 다음으로 정부는 재화와 용역에 대한 지출을 하고 조세수입의 일부를 수질오염 및 대기오염을 정화하는데 사용한다. 여기서 정부의 재화와 용역에 대한 지출은 다음과 같은 AR(1) 과정을 따른다고 가정한다.

$$\ln(G_t^{dg}) = \gamma_1 \cdot t + \eta_{dg} \cdot \ln(G_{t-1}^{dg}) + \omega_t^{dg}, \tag{6}$$

식 (6)에서 γ_1은 非環境부문 정부지출에 있어서의 추세를 결정하며 ω_t^{dg}는 i.i.d. 확률변수로서 평균이 0이고 분산이 $(\sigma_\omega^{dg})^2$이라고 가정한다. 그리고, 정부의 環境支出 또한 다음과 같은 AR(1)과정을 따른다고 가정한다.

$$\ln(G_t^{de}) = \gamma_2 \cdot t + \eta_{de} \cdot \ln(G_{t-1}^{de}) + \omega_t^{de}, \tag{7}$$

이때 γ_1는 정부의 환경지출의 추세를 결정하며 ω_t^{de}는 i.i.d. 確率變數로서 평균이 0이고 분산이 $(\sigma_\omega^{de})^2$이라고 가정한다.[17] 문제를 단순화하기 위해 우리는 정부의 財政赤字는 定額稅(lump sum tax)에 의해 보전되며 마찬가지로 財政黑字는 lump sum으로 민간부문에 移轉支出(transfer payment)된다고 가정한다.

이와 같은 가정에 의해 자국의 개별 가계는 다음과 같은 예산제약식(budget constraint)에 직면하게 된다.

$$\begin{aligned}&(1+\tau_t^{dd}) \cdot c_t^{dd} + i_t^{dd} + s_t \cdot [(1+\tau_t^{fd}) \cdot c_t^{fd} + b_{t+1}^d] \\ &\le (1-\tau_t^{dw}) \cdot W_t^d \cdot n_t^d + (1-\tau_t^{dk}) \cdot R_t^d \cdot k_t^d + \tau_t^{dk} \cdot \delta^d \cdot k_t^d + s_t \cdot (1+\gamma_{t-1}) b_t^d + TR_t^d\end{aligned} \tag{8}$$

이때 i_t^{dd}는 자국의 투자이며, b_{t+1}^d는 만일 그것이 陽이면 海外에 대한 貸與(lending)이며 만일 陰이면 해외로부터의 借入을 나타내며 st는 환율을 나타낸다. W_t^d와 R_t^d는 각각 실질임금 및 자본의 實質賃貸價格(rental price of capital)을 나타내고 δ^d

17) G_t^{dg}의 추세성장률은 γ_1 / $(1-\eta_{dg})$이고 G_t^{de}의 추세성장률은 γ_2 / $(1-\eta_{de})$이다. 이와 같은 성장률은 균형성장경로(balanced growth path)를 얻기 위해 제약되어야 하는 바, 이에 대해서는 뒤에 다시 논의하기로 한다.

는 자국의 자본감가상각률을 나타내며, r_{t-1}은 t-1기와 t기 사이의 利子率을 나타낸다. 마지막으로 TR_t^d는 정부로부터의 lump sum 移轉支出 또는 租稅로서 다음과 같이 정의된다.[18]

$$TR_t^d = \tau_t^{dw} \cdot W_t^d \cdot N_t^d + \tau_t^{dk} \cdot (R_t^d - \delta^d) \cdot K_t^d + \tau_t^{dd} \cdot C_t^{dd} + \tau_t^{fd} \cdot C_t^{fd} + \tau_t^{de} \cdot Y_t^d - G_t^{dg} - G_t^{de} \tag{9}$$

이때 식 (9)의 우변의 첫번째 항과 두번째 항은 각각 임금소득세와 자본소득세를 나타낸다. 그리고 식 (8)의 우변의 항들은 수입을 나타내며 좌변의 항들은 지출을 나타낸다. 식 (9)의 세번째 항은 조세법에 규정되어 있는 減價償却에 대한 감세규정(depreciation allowances)이며, τ_t^{de}는 자국에 있어 기업에 부과되는 環境單位稅(unit tax)로서 공해를 정화하는 財源으로 사용된다고 가정한다. 우리는 뒤에서 이와 같은 환경단위세의 부과가 경제성장률과 厚生에 어떤 효과를 미치는가를 집중 분석하고자 한다.

이제 자국과 외국에는 각국에 特化되어 있는 재화를 생산하는 수많은 동일한 기업이 존재한다. 그리고, 각 기업은 동일한 Cobb-Douglas 생산함수를 사용하여 생산활동을 한다. 이때 家計生産에 있어서나 마찬가지로 공해는 두가지의 역할을 한다고 가정한다. 먼저 公害는 市場生産에 있어서 生産性을 증대시킨다고 가정한다. 즉, 주어진 다른 생산요소에 대해서 보다 공해를 많이 생산하는 공정은 보다 많은 재화를 생산한다고 본다.[19] 이와 같은 효과를 우리는 「市場生産에 있어서의 公害의 生産性 效果(the productivity effect of pollution in market production)」라고 부르기로 한다. 다음으로 공해는 시장생산에 직접적인 負의 效果(adverse effect)를 미친다고 가정한다.[20] 그리고 이와 같은 효과를 우리는 「公害의 直接的인 生

18) 여기서 하나의 가정은 자국의 기업은 자국국민이 소유하며 외국의 기업은 외국국민이 소유한다는 것이다. 이와 같은 가정에 대한 대안으로는 Pooling균형(Pooling Equilibrium)을 생각해 볼 수 있는데, 이 경우에는 자국과 외국의 기업이 자국 및 외국의 국민에 의해 절반씩 소유된다고 가정한다.

19) 이와 같은 형태의 생산함수에 대해서는 Rosen(1986) 참조.

20) 이와 같은 負의 효과는 한 경제의 여러 부문에서 관찰될 수 있다. 가령, 주류(酒類)산업에서는 깨끗한 물을 사용하여야 하는바, 식수의 오염과 함께 깨끗한 물을 구하는 비용은 상승하게 된다.

産效果(the direct production effect of pollution)」라고 부르기로 한다. 이제 이러한 두가지의 공해가 갖는 효과를 감안하여 우리는 다음과 같은 Cobb-Douglas형태의 생산함수를 가정한다.[21)]

$$Y_t^d = (1-\tau_t^{de})\cdot(\lambda_t^d)^*\cdot(H_t^d\cdot N_t^d)^{1-\theta}\cdot(K_t^d)^{\theta}\cdot(E_t^d)^{\gamma_1}\cdot(A_t^d)^{\gamma_2}, \tag{10}$$

여기서 N_t^d는 총노동시간을 나타내고, K_t^d는 총자본량 그리고 H_t^d는 實習效果(learning by doing)에 의해 축적된 1인당 人的資本(per capita human capital)을 나타낸다. 그리고, $(\lambda_t^d)^*$는 총체적 생산함수의 생산성을 나타내는 바, 이는 공해의 양에 영향을 받으며, 마지막 두 공해항은 생산에 있어 공해의 負의 효과를 나타낸다. 따라서, γ는 물론 陰의 파라미터들이다. 이제 공해와 생산성은 다음과 같은 관계를 갖는다고 가정한다.

$$(\lambda_t^d)^* = \vartheta\cdot\lambda_t^d\cdot E_t^d\cdot A_t^d, \tag{11}$$

이때 ϑ는 常數이고, λ_t^d는 국내총생산함수에 대한 충격인 바, 이는 다음과 같은 AR(1) 과정을 따른다고 가정한다.

$$\ln(\lambda_t^d) = \rho_d\cdot\ln(\lambda_{t-1}^d) + \varepsilon_t^d, \tag{12}$$

여기서 ε_t^d는 i.i.d. 확률변수로서 평균이 0이고 분산이 $(\sigma_\varepsilon^d)^2$이라고 가정한다. 이때 ϑ는 시장생산에 있어 공해의 생산성효과의 크기를 결정하는 파라미터로서 물론 陽의 값을 갖는다. (11)을 이제 (10)에 대입하면 우리는 다음과 같은 축약형 생산함수를 얻을 수 있다.

$$Y_t^d = \vartheta\cdot(1-\tau_t^{de})\cdot\lambda_t^d\cdot(H_t^d\cdot N_t^d)^{1-\theta}\cdot(K_t^d)^{\theta}\cdot(E_t^d)^{\gamma_1+1}\cdot(A_t^d)^{\gamma_2+1} \tag{13}$$

---

21) 만일 Cobb-Douglas 생산함수(보다 일반적으로 말해) 1차 동차의 생산함수를 가정하면 총합정리(aggregation theorm)에 의해서 총합된 생산함수로 하나의 기업이 생산활동을 수행한다고 가정하여도 무방하며, 우리는 지금 이 정리를 이용하고 있다.

물론 공해항의 지수는 공해가 생산함수에 미치는 두가지 효과 가운데 어느 것이 큰가에 따라 陽일 수도 있고 陰일 수도 있다.

생산활동은 이 경제에 있어 두가지의 外部效果가 있다. 첫째로 생산활동은 실습효과를 통해 人的資本을 축적시키는 효과가 있다. 본 모형에서는 Lucas(1988)의 전례에 따라 다음과 같은 人的資本의 進行法則(law of motion)을 가정하기로 한다.

$$H_t^d = \varphi^d H_{t-1}^d \cdot N_{t-1}^d \tag{14}$$

이때 φ^d는 자국에 있어 실습효과의 크기를 결정하는 파라미터이다.[22)]

다음으로 생산활동은 汚染이라는 外部效果을 갖는다. 우리는 이제 축적된 수질오염의 양은 다음과 같은 진행법칙을 따른다고 가정한다.

$$\begin{aligned}\ln(E_t^d) = \ln(E_{t-1}^d) + \mu_0 + \mu_1 \cdot \ln(Y_t^d / Y_{t-1}^d) + \mu_2 \cdot \ln[\psi_t \cdot G_t^{de} / (\psi_{t-1} \cdot G_{t-1}^{de})] \\ + \mu_3 \cdot \{\ln(C_t^{dd} / C_{t-1}^{dd}) + \ln(C_t^{fd} / C_{t-1}^{fd})\}\end{aligned} \tag{15}$$

여기서 μ_1은 시장생산활동에 있어 수질오염의 外部效果의 크기를 결정하며, μ_2는 자국정부의 環境投資 또는 支出을 통한 수질오염의 감소율의 크기를 결정하고[23)], μ_3는 가계의 생산활동에 따른 공해의 배출률을 나타낸다. 그리고 ψ_t는 環境예산 가운데 수질오염의 개선에 투자된 정부지출의 크기를 나타낸다. 이와 같이 수질오염에 대해 確率步行(random walk)형태의 진행법칙을 가정한 이유는 $\ln(E_t^d)$,

22) 이와 같은 형태의 人的資本蓄積 模型은 일찌기 Arrow(1962)에 의해 주장되고, 최근 Romer(1986) 등의 內生的 成長理論(endogenous growth theory)에서 다시 구체적인 모형으로 등장하게 되었다. 이때 내생적 성장이 가능하게 하는 요인으로는 본 모형에서 가정하고 있는 實習效果 이외에도 資本蓄積의 外部效果, R&D, 金融仲介(financial intermediation), 人的資本의 生産函數, 敎育, 特化(specialization) 등을 열거할 수 있다.

23) 바꾸어 말하면 μ_2는 공공환경투자의 효율성계수이다. 따라서, 정부의 수질 및 대기에 대한 環境支出의 效率性은 곧 μ_2의 크기에 의해 측정되며 어떻게 하면 μ_2의 절대치를 크게 하느냐 하는 것은 環境産業의 育成과 밀접하게 관련되어 있는 문제이다.

$\ln(Y_t^d)$, $\ln(\psi_t \cdot G_t^{de})$, $\ln(C_t^{dd})$ 및 $\ln(C_t^{fd})$가 적분되어(integrated) 있기 때문이다.[24] 다음으로 대기오염의 진행법칙은 다음과 같다고 가정한다.

$$\ln(A_t^d) = \ln(A_{t-1}^d) + \zeta_0 + \zeta_1 \cdot \ln(Y_t^d / Y_{t-1}^d) + \zeta_2 \cdot \ln(1-\psi_{t-1}) \cdot G_t^{de} / (1-\psi_{t-1}) \cdot G_{t-1}^{de})] + \zeta_3 \cdot \{\ln(C_t^{dd} / C_{t-1}^{dd}) + \ln(C_t^{fd} / C_{t-1}^{fd})\} \quad (16)$$

대기오염에 대해 이와 같은 진행법칙을 가정하는 이유는 역시 식 (16)의 우변에 포함된 변수들이 적분되어 있기 때문이다.[25] 이때 식 (15)와 (16)에서 채택된 하나의 가정은 자국 및 외국재화의 소비가 같은 정도의 오염물질을 배출한다는 것으로 이는 계수의 識別을 위한 가정이다.[26]

끝으로 우리는 자국의 자본량의 진행법칙은 다음과 같다고 가정한다.

$$K_{t+1}^d = (1-\delta^d) \cdot K_t^d + I_t^{dd}. \quad (17)$$

이때 δ^d는 자국의 자본감가상각률로서 $0<\delta^d<1$ 이다. 물론, 개인의 자본량도 이와 비슷한 진행법칙에 따른다.

이와 같은 경제모형에 있어 기업이 직면하는 문제는 상대적으로 쉽다.

$$\text{maximize } Y_t^d - W_t^d N_t^d - R_t^d K_t^d \quad (18)$$

---

24) 실제 데이터에 있어 이들 변수들은 또한 공적분(cointegrated)되어 있는 것으로 나타나나, 오차수정모형(error correction model)보다는 우리는 보다 해를 구하는데 용이한 차분형태(difference form)로 진행법칙을 가정하였다.

25) 이때 물론 ψ_{t-1}은 정부의 환경정책변수이다. 한국의 환경지출 데이터에 의하면 공공환경지출의 주대상은 水質汚染이며 大氣汚染은 주로 민간부문에 대한 규제를 통해 관리되고 있음을 알 수 있다.

26) 이들 진행법칙에 있어, Y_t^d시장생산으로부터 배출되는 공해량을 그리고 C_t^{dd}는 가정생산에 있어 소비활동으로부터 배출되는 공해량을 측정하기 위해 도입된 변수들이다. 그러나, C_t^{dd}는 Y_t^d의 일부분으로서 서로 공선성(multi-collinearity)을 지니게 되어 두 변수의 계수를 식별하는데 문제가 발생하게 된다. 따라서, 이와 같은 문제를 극복하기 위해 C_t^{fd}가 Y_t^d의 일부가 아니라는 사실을 원용한다.

따라서 우리는 다음과 같은 企業의 利潤極大化(profit maximization) 조건을 구할 수 있다.[27)]

$$W_t^d = (1-\tau_t^{de})\cdot(1-\theta)\cdot H_t^d\cdot(H_t^d\cdot N_t^d)^{-\theta}\cdot(K_t^d)^{\theta}\cdot(E_t^d)^{\gamma_1+1}\cdot(A_t^d)^{\gamma_2+1} \tag{19}$$

$$R_t^d = (1-\tau_t^{de})\cdot\theta\cdot(H_t^d\cdot N_t^d)^{1-\theta}\cdot(K_t^d)^{\theta-1}\cdot(E_t^d)^{\gamma_1+1}\cdot(A_t^d)^{\gamma_2+1} \tag{20}$$

이제 식(19)와 (20)를 자국인의 예산제약식인 식(8)에 대입하여 총합(aggregation)하면 다음과 같은 경제전체의 資源制約(resource constraint) 條件을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} & C_t^{dd} + I_t^{dd} + s_t\cdot C_t^{fd} + G_t^{dg} + G_t^{de} \\ \le\ & \lambda_t^d\cdot(H_t^d\cdot N_t^d)^{1-\theta}\cdot(K_t^d)^{\theta}\cdot(E_t^d)^{\gamma_1+\vartheta_1}\cdot(A_t^d)^{\gamma_2+\vartheta_2} + s_t\cdot[(1+r_{t-1})B_t^d - B_{t+1}^d], \end{aligned} \tag{21}$$

그리고, 외채(foreign debt) 또는 해외자산(foreign asset)은 다음과 같은 진행법칙에 따른다.[28)]

$$B_{t+1}^d = (1+r_{t-1})B_t^d - C_t^{fd} + C_t^{df}/s_t, \tag{22}$$

여기서 C_t^{df}는 물론 외국인이 소비하는 자국에서 생산된 재화의 양을 나타낸다. 그리고, 自國의 貿易收支(trade balance)는 다음과 같이 정의된다.

$$TB_t^d = C_t^{df} - s_t\cdot C_t^{fd}. \tag{23}$$

이제 식 (22)를 식 (21)에 대입하면 우리는 자원제약식을 다음과 같이 고쳐 쓸 수

27) 이때 기업은 물론 가격수취자로서 행동하며 임금과 자본의 임대가격은 산출물의 단위로 나타낸다. 나아가 생산함수가 일차동차(homogenous of degree one)이기 때문에 산출량의 크기는 需要의 크기에 의해 결정되며 企業의 利潤은 항상 零이된다.

28) 여기서 하나의 가정은 먼 미래의 해외자산 또는 외채의 현재가치는 零에 가깝다는 것이다. 다시 말해 우리는 外債를 무한히 축적해가면서 수입을 하여 效用을 增大시킬 수 있는 가능성을 배제한다.

있다.

$$C_t^{dd} + C_t^{fd} + I_t^{dd} + G_t^{dg} + G_t^{de} \leq \lambda_t^d \cdot (H_t^d \cdot N_t^d)^{1-\theta} \cdot (K_t^d)^{\theta} \cdot (E_t^d)^{\gamma_1 + 1} \cdot (A_t^d)^{\gamma_2 + 1} \qquad (24)$$

물론 식 (24)의 좌변은 국내재화가 어떻게 사용되었는가하는 용도를 나타낸다.

V. 均 衡

지금의 모형에 있어 分權化된 競爭均衡(decentralized competitive equilibrium)은 자국과 외국 두 나라의 경제주체들이 직면하는 문제를 먼저 풀고 재화 및 채권시장(loan market)에서의 균형조건을 이용함으로써 구할 수 있다. 여기서 $V^d(\Omega_t)$를 t기에 있어 경제의 상태(state)가 Ω_t일 때 자국가계의 극대화된 균형효용량이라고 가정하면,[29] 자국가계가 직면하는 문제는 다음과 같이 쓸 수 있다.

자국가계의 Bellman 방정식 :

$$V^d(\Omega_t) = \max \ \{ u(c_t^{dd}, c_t^{fd}, l_t^d, E_t^d, A_t^d) + \beta \cdot E[\, V^d(\Omega_{t+1}) \mid \Omega_t] \} \tag{25}$$

s.t. (8), (19), (20)의 진행법칙

이때 물론 消費와 餘暇가 陰이 될 수 없다는 조건이 식(25)에 첨가되어야 한다.[30] 자국의 가계는 이제 식 (25)를 푸는데 있어 모든 1인당 총합변수들(aggregate per capita variables) 및 두개의 가격변수 $\mathbf{v}_{t-1}$과 s_t는 주어진 것으로 받아들인다. 다시 말해 이들 변수는 자국의 가계가 선택할 수 없는 변수들이다.

이제 같은 방법으로 $V^f(\Omega_t)$를 t기에 있어 외국가계의 극대화된 효용이라고 정의하면, 외국의 가계가 직면하는 문제는 다음과 같이 쓸 수 있다.

외국가계의 Bellman 방정식 :

$$V^f(\Omega_t) = \max \ \{ u(c_t^{df}, c_t^{ff}, l_t^f, E_t^f, A_t^f) + \beta \cdot E[\, V^f(\Omega_{t+1}) \mid \Omega_t] \} \ , \tag{26}$$

이때 極大化의 制約條件은 자국의 가계가 직면하는 제약조건과 유사하며, 다음과 같은 외국가계의 예산제약식도 그 가운데 하나이다.

---

29) 흔히 $V^d(\Omega_t)$는 가치함수(value function)라고 불린다.

30) 자국의 기업이 직면하는 문제는 식 (19)와 (20)에 의해 완벽하게 정의되며 우리는 그들 조건을 식 (25)에 사용하므로, 자국기업의 문제를 따로 고려하여야 할 필요가 없다.

$$(1+\tau_t^{df})\cdot c_t^{df}/s_t + i_t^{ff} + [(1+\tau_t^{ff})\cdot c_t^{ff} + b_{t+1}^f]$$
$$\leq (1-\tau_t^{fw})\cdot W_t^f\cdot n_t^f\cdot h_t^f + (1-\tau_t^{fk})\cdot R_t^f\cdot k_t^f + \tau_t^{fk}\cdot\delta^f\cdot k_t^f + (1+r_{t-1})b_t^f + TR_t^f \qquad (27)$$

이때 물론 자국가계의 경우에 있어서와 마찬가지로 외국가계는 효용극대화 문제 (26)을 푸는데 있어 모든 1인당 총합변수들 및 두개의 價格變數, 利子率 및 實質換率은 주어진 것으로 받아들인다.[31)]

두나라로 구성되어 있는 지금의 모형에 있어서의 世界 재화시장의 균형조건은 다음과 같다.

$$C_t^{dd} + C_t^{fd} + I_t^{dd} + G_t^{dg} + G_t^{de} \leq \vartheta\cdot\lambda_t^d\cdot(H_t^d\cdot N_t^d)^{1-\theta}\cdot(K_t^d)^{\theta}\cdot(E_t^d)^{\gamma_1+1}\cdot(A_t^d)^{\gamma_2+1} \qquad (28)$$

$$C_t^{fd} + C_t^{ff} + I_t^{ff} + G_t^{fg} + G_t^{fe} \leq \vartheta\cdot\lambda_t^f\cdot(H_t^f\cdot N_t^f)^{1-\theta}\cdot(K_t^f)^{\theta}\cdot(E_t^f)^{\gamma_1+1}\cdot(A_t^f)^{\gamma_2+1} \qquad (29)$$

그리고, 채권시장에서의 균형조건은 다음과 같다.

$$B_{t+1}^d + B_{t+1}^f = 0. \qquad (30)$$

이제 자국 및 외국의 최적선택을 세 식 (28) - (30) 가운데 두개의 식에 대입하면 실질환율 s_t와 이자율 r_1를 구할 수 있다.[32)] 이때 자국과 외국의 부의 분배(wealth distribution)는 분권화된 균형결정에 있어 중요한 요인이며, 따라서 경제의 상태벡터(state vector)는 다음과 같이 정의된다.[33)]

---

31) 우리는 본 모형에서 외국가계와 자국가계의 對稱性을 유지하고 있는 바, 그 이유는 非對稱性을 도입하였을 때 外國을 어떻게 정의하는가 문제가 대두된다. 즉, 외국을 美國이나 日本과 같은 특정한 국가로 볼 수도 있고 아니면 그들 모든 외국의 합으로 볼 수도 있다. 이 경우 우리는 人口의 수를 도입함으로써 비대칭성을 상정할 수 있으나, 그와 같은 모형의 확장은 다음 기회로 미루고자 한다.

32) 세 균형조건 가운데 하나는 왈라스의 법칙(Walras′ Law)에 의해 불필요하게 된다.

33) 뒤의 모의실험에 있어서는 租稅率 등은 일정하게 주어져 있다고 가정한다.

$$\Omega_t = \{\lambda_t^d, \lambda_t^f, K_t^d, k_t^d, K_t^f, k_t^f, B_t^d, b_t^d, B_t^f, b_t^f, H_t^d, h_t^d, H_t^f, h_t^f, G_t^{dg}, G_t^{de}, G_t^{fg}, G_t^{fe},$$
$$\tau_t^{dd}, \tau_t^{fd}, \tau_t^{df}, \tau_t^{ff}, \tau_t^{dw}, \tau_t^{fw}, \tau_t^{dk}, \tau_t^{fk}, \tau_t^{de}, \tau_t^{fe}, Y_{t-1}^d, Y_{t-1}^f, \psi_t^d, \psi_{t-1}^d, \psi_t^f, \psi_{t-1}^f,$$
$$C_{t-1}^{dd}, C_{t-1}^{fd}, C_{t-1}^{df}, C_{t-1}^{ff}, E_{t-1}^d, E_{t-1}^f, A_{t-1}^d, A_{t-1}^f\} \ . \tag{31}$$

그리고 가격 벡터를 다음과 같이 정의하면 :

$$\Pi_t = \{r_t, s_t\} \ . \tag{32}$$

우리는 이 경제의 分權化된 競爭均衡(decentralized competitive equilibrium)을 다음과 같이 정의할 수 있다.[34)]

정 의 : 지금의 2개국 개방경제에 있어 균형은 일련의 의사결정규칙

$$\{ \quad c^{dd}(\Omega_t, \Pi_t),\ c^{df}(\Omega_t, \Pi_t),\ c^{fd}(\Omega_t, \Pi_t),\ c^{ff}(\Omega_t, \Pi_t),\ i^{dd}(\Omega_t, \Pi_t),$$
$$i^{ff}(\Omega_t, \Pi_t),\ n^d(\Omega_t, \Pi_t),\ n^f(\Omega_t, \Pi_t)\ ,\ b_{t+1}^d(\Omega_t, \Pi_t),\ b_{t+1}^f(\Omega_t, \Pi_t)\},$$

총체적 의사결정규칙

$$\{ \quad C^{dd}(\Omega_t, \Pi_t),\ C^{df}(\Omega_t, \Pi_t),\ C^{fd}(\Omega_t, \Pi_t),\ C^{ff}(\Omega_t, \Pi_t),\ I^{dd}(\Omega_t, \Pi_t),$$
$$I^{ff}(\Omega_t, \Pi_t),\ N^d(\Omega_t, \Pi_t),\ N^f(\Omega_t, \Pi_t),\ B_{t+1}^d(\Omega_t, \Pi_t),\ B_{t+1}^f(\Omega_t, \Pi_t)\},$$

가격벡터 Π_t 및 2개국의 가치함수 $V^d(\Omega_t)$와 $V^f(\Omega_t)$로서 구성되며, 이들 규칙, 가격벡터 및 가치함수는 다음 네가지 조건을 만족하여야만 한다.

(i) 자국 및 외국가계의 문제 (25)와 (26)을 만족시킨다.

(ii) 자국 및 외국기업의 문제((18) 및 그에 상응하는 외국기업의 문제)를 만족시킨다.

(iii) 個人의 선택은 경제전체의 선택과 一致(consistent)하여야 한다.

(iv) 世界 재화 및 채권시장에서의 균형조건, (28) - (30)을 만족하여야 한다.

---

34) 이와 같은 반복경쟁균형(recursive competitive equilibrium)의 정의에 대해서는 Prescott and Mehra(1980) 참조.

여기서 위의 네번째 조건 (iv)으로부터 가격벡터의 Π_t를 Ω_t의 함수로 도출할 수 있으며, 그에 따라 개인 및 경제전체의 선택 또한 Ω_t의 함수로 나타낼 수 있다.[35]

35) 물론 지금의 모형에 있어 균형은 다른 방법으로 정의될 수도 있다. 동태적 균형에 대해서는 Harris(1987)와 Stokey, Lucas and Prescott(1989) 참조.

Ⅵ. 模型의 推定

먼저 가계와 시장에서의 公害의 役割을 보기위하여 한국의 자료를 이용하여 모형을 추정하였다. 효용함수의 파라메터를 추정하는데에는 Generalized Method of Moment(GMM)방법을 사용하였고 또한 市場生産函數와 水質汚染 및 大氣汚染의 進行法則을 추정하는데에는 變數의 安定性(stationarity)여부에 따라 最小自乘法을 변형한 방법을 사용하였다.

1. 資料의 說明

추정에 있어서 모든 자료는 分期別資料이며 實質變數를 취하였다. 따라서 분기별 자료에서 흔히 발생하는 季節性을 감안하여 모든 자료는 X-11방법을 이용하여 계절조정하였다. 자료의 출처로는 水質汚染과 大氣汚染 등의 환경관련 변수를 제외한 자료들은 韓國開發硏究院의 데이타베이스를 이용하였다. 먼저 國內財消費(c_t^{dd})는 총민간소비로부터 수입소비재액을 차감하여 구하였으며 外國財消費(c_t^{fd})는 수입소비재의 액으로 측정하였다. 일정한 기간에 있어서의 總勤勞時間(N_t^d)은 취업자의 주당평균근로시간을 환산하여 分期別 취업자의 주당평균근로시간을 사용하였고 따라서 여가시간을 나타내는 l_t^d로는 분기당 부존시간양에서 분기별 취업자의 주당평균근로시간을 차감하여 구하였다. 현재와 미래간의 시간간 消費選好의 차이를 나타내는 이자율(r_1)로는 회사채에 대한 平均收益率을 사용하였다. 임금(W_t^d)의 변수로는 全産業 총취업자의 월평균임금을 사용하였다.

環境汚染에 관한 자료는 『한국환경연감』과 環境處 내부자료로 부터 구하였다. 水質汚染의 정도를 나타내는 자료로는 주요 식수원인 4대강(한강, 낙동강, 금강, 영산강)에서 추출한 1리터당 평균 BOD(mg으로 측정)자료를 사용하였다. 이러한 水質汚染에 관한 변수의 선정은 어떤 한 식수원에 있어서도 上流, 中流 또는 下流 등의 측정지역에 따라 큰 변화를 보이며 측정시점의 일기조건, 예컨대 가뭄, 홍수 등의 水量에 따라 큰 변화를 보일 수 있다. 따라서 한 식수원에 대해서 4-5개 지역에서 측정한 BOD평균액을 사용하였고 또한 측정시점도 月別資料로 부터 분기별평균액을 구하여 사용하였다. 대기오염의 정도를 나타내는 자료로는 5개 대도시(서울, 부산, 대구, 인천, 울산)의 평균 SO_2(ppm으로 측정)자료를 사용하였다. 이외

에도 대기오염의 척도로 분진(TSP), 오존(O_3) 및 강우산도가 있겠으나 분석기간동안의 일관성있는 자료가 미비하여 SO_2만을 사용하였다. 그러나 일반적으로 다른 대기오염의 척도와 SO_2간에 가능한 相關關係를 고려한다면 SO_2를 전체 대기오염의 한 척도로 볼 수 있다. 여기서 SO_2와 BOD의 시간에 따른 변화추이를 살펴보면 <그림 Ⅵ-1>과 같다. <그림 Ⅵ-1>에서 BOD와 SO_2의 정도는 심한 季節性을 가짐을 알 수 있다. 이는 대기 및 水質汚染의 정도가 일기조건 및 강우량 등과 아주 밀접한 관계를 가지기 때문이다. 그런데 이러한 오염의 정도는 대체로 80년대 초반에 비해 일부 개선되어 졌음을 알 수 있다. 대체로 BOD의 양은 각 연도에 있어서 1분기에 높은 치수를 기록하다가 강우량이 많은 2분기 및 3분기에서 최소치를 보이고 있으며 SO_2의 경우에도 1, 4분기 보다는 일기조건이 양호하거나 강우량이 많은 2, 3분기에 있어서 더 낮은 수치를 기록하는 계절성을 보이고 있다.

생산함수를 추정하는데 있어서 생산량의 척도로는 國民總生産(GNP)과 國內總生産(GDP) 등이 있겠으나 國內 環境汚染의 정도와 더욱 밀접한 것은 국내영토에서의 생산량을 측정한 국내총생산이므로 이를 생산량의 척도로 사용하였다.

大氣汚染과 水質汚染의 진행법칙을 추정하는데 필요한 환경관련 정부지출자료로는 대기보전 및 수질보전에 지출된 정부예산액을 사용하였다. 이러한 정부지출에 대한 자료는 연도별로 측정되어 본 분석의 분기별분석과 일치하지 않게 되지만 이러한 지출이 각년도에 있어서 분기별로 동등하게 지출된다고 가정하여 연도별 지출액으로부터 분기별 지출액을 구하였다.

위에서 고려한 環境關聯資料는 1982년 이후의 자료가 비교적 획득가능하였는데 추정에 있어서의 時差를 감안하여 1982년 4분기부터 1992년 4분기 까지의 기간을 본 연구의 분석기간으로 두었다.

2. 效用函數에 있어서 選好度의 推定

GMM추정방법은 勞動供給 및 資産價格分析에 주로 사용되는 방법으로 消費者의 效用極大化 문제에서 나타나는 Euler방정식을 직접 추정하는데 주로 사용되는 방법이다.[36] 앞의 소비자문제에서 도출되는 Euler방정식은 다음과 같이 표현되어

36) 노동공급의 경우에는 Mankiw, Rotemberg and Summers(1985) 및 Eichenbaum, Hansen and Singleton(1987)에서 찾아볼 수 있으며 자산가격분석의 경우에는 Hansen and Singleton(1982) 등에서 볼 수 있다.

질 수 있다.

$$E[M_t \mid \Omega_t] = 0, \tag{33}$$

$$M_{1t} = \beta \cdot \left\{ \left(\frac{c_{t+1}^{dd}}{c_t^{dd}} \right)^{\phi_1} \cdot \left(\frac{c_{t+1}^{fd}}{c_t^{fd}} \right)^{\phi_2} \cdot \left(\frac{l_{t+1}^{d}}{l_t^{d}} \right)^{1-\phi_1-\phi_2} \cdot \left(\frac{E_{t+1}^{d}}{E_t^{d}} \right)^{\Delta_1} \cdot \left(\frac{A_{t+1}^{d}}{A_t^{d}} \right)^{\Delta_2} \right\}^{1-\sigma}$$

$$\cdot \left(\frac{c_{t+1}^{dd}}{c_t^{dd}} \right)^{-1} \cdot (1+r_t) - 1 \tag{34}$$

$$M_{2t} = \beta \cdot \left\{ \left(\frac{c_{t+1}^{dd}}{c_t^{dd}} \right)^{\phi_1} \cdot \left(\frac{c_{t+1}^{fd}}{c_t^{fd}} \right)^{\phi_2} \cdot \left(\frac{l_{t+1}^{d}}{l_t^{d}} \right)^{1-\phi_1-\phi_2} \cdot \left(\frac{E_{t+1}^{d}}{E_t^{d}} \right)^{\Delta_1} \cdot \left(\frac{A_{t+1}^{d}}{A_t^{d}} \right)^{\Delta_2} \right\}^{1-\sigma}$$

$$\cdot \left(\frac{c_{t+1}^{fd}}{c_t^{fd}} \right)^{-1} \cdot \frac{(1+r_t)s_t}{s_{t+1}} - 1 \tag{35}$$

$$M_{3t} = \beta \cdot \left\{ \left(\frac{c_{t+1}^{dd}}{c_t^{dd}} \right)^{\phi_1} \cdot \left(\frac{c_{t+1}^{fd}}{c_t^{fd}} \right)^{\phi_2} \cdot \left(\frac{l_{t+1}^{d}}{l_t^{d}} \right)^{1-\phi_1-\phi_2} \cdot \left(\frac{E_{t+1}^{d}}{E_t^{d}} \right)^{\Delta_1} \cdot \left(\frac{A_{t+1}^{d}}{A_t^{d}} \right)^{\Delta_2} \right\}^{1-\sigma}$$

$$\cdot \left(\frac{l_{t+1}^{d}}{l_t^{d}} \right)^{-1} \cdot \left(\frac{W_t^{d}(1+r_t)(1-\tau_t^{dw})}{W_{t+1}^{d}(1-\tau_{t+1}^{dw})} \right) - 1 \tag{36}$$

여기서 $\Delta_1 = \nu_1 + \phi_1 + \phi_2$과 $\Delta_2 = \nu_2 + \phi_1 + \phi_2$ 이다.

표현의 편의를 위해 $M_t = (M_{1t},\ M_{2t},\ M_{3t})'$이라고 두면 위 식들은 E〔$M_t$| Ω_t〕 = 0으로 표현된다. 위 Euler방정식의 추정에는 情報集合(information set)안에 속해 있는 수단변수(instrumental variables)와 직교화조건(orthogonality condition)의

설정을 필요로 하는데 만일 Z_t를 수단변수의 벡터라고 하면 다음의 식이 도출된다.[37)]

$$E(M_t \otimes Z_t) = E[E(M_t \mid \Omega_t) \otimes Z_t] = 0 \tag{37}$$

여기서 만일 M_t가 安定的(stationary)이라면 이러한 적률조건(moment condition)을 이용하여 Euler방정식에 나타나는 選好度를 추정할 수 있다.

위의 Euler방정식에 나타나는 변수들을 종합하여 X_t를 다음과 같이 정의하자.

$$X_t = \left(\frac{c_{t+1}^{dd}}{c_t^{dd}}, \frac{c_{t+1}^{fd}}{c_t^{fd}}, \frac{l_{t+1}^{d}}{l_t^{d}}, \frac{E_{t+1}^{d}}{E_t^{d}}, \frac{A_{t+1}^{d}}{A_t^{d}}, \frac{W_t^d(1 - \tau_t^{dw})(1 + r_t)}{W_{t+1}^d(1 - \tau_{t+1}^{dw})} \right)$$

그러면 수단변수 Z_t를 X_{t-1}, 즉, X의 한기간전 시차변수로 선택하면 t기에 있어 Z_t는 정보집합에 속하게 되어 직교화 조건이 성립된다. 여기서 추정에 사용되는 국내재소비 및 외국재소비 등의 대부분의 변수들은 일정한 추세를 가지고 증가하게 되므로 不安定的(nonstationary)인 특징을 갖고 있다. 그러나 Euler방정식에 나타나는 X_t, Z_t는 이들 변수의 두기간의 비율로 표현되기 때문에 安定的인 특징을 가지게 된다[38)]. 또한 M_t, Z_t간에는 自己相關이 발생할 수 있으나 Euler방정식에서 보듯이 Z_t는 정보집합에 속해 있으므로 자기상관이 존재하지 않게 된다.[39)]

Euler방정식의 추정에 있어서 시간할인율을 나타내는 β에 대해서는 事前的인 制約을 부여하여 GMM추정에서 제외하였는데 그 이유로는 β가 다음과 같이 장기이자율(r)의 逆函數형태로 표현되기 때문이다.

$$r = \frac{1}{\beta} - 1, \text{ 즉 } \beta = \frac{1}{1+r}, \tag{41}$$

37) 조건부 기대치(conditional expectation)에 대해 적률조건을 구하는 것은 매우 어렵기 때문에 우리는 비조건부 기대치(unconditional expectation)에 대한 적률조건을 구하기 위해 식 (37)을 도출하는 것이다.

38) 불안정적인 변수가 포함되었을 경우의 GMM추정방법으로는 Ogaki(1993) 참조.

39) 자기상관이 존재하는 경우의 GMM추정치의 분산추정에 대해서는 Newey-West (1987)을 참조.

위의 분석기간동안 분기별 회사채수익율의 평균이 2.8%가 되므로 β=0.97310으로 두었는데 실제로 GMM추정치들은 β가 1에 가까운 한 β값의 변화에 대해 민감하지 않았다.

위의 과정을 통하여 효용함수에 나타난 선호도의 추정치는 다음과 같다.

$$\hat{\phi}_1 = 0.41031(3.38633),\quad \hat{\phi}_2 = 0.29912(4.51283),\quad \hat{\sigma} = 6.10524(5.27722)$$

$$\hat{\Delta}_1 = -0.05472(-1.7822),\quad \hat{\Delta}_2 = 0.01080(0.63443),$$

선호도를 나타내는 ϕ와 σ의 추정치는 Eichenbaum, Hansen-Singleton(1987) 등에서의 값과 유사한 값을 갖는다.[40] 이들 추정치와 Δ의 정의로 부터 공해에 대한 선호도의 추정치를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\hat{\nu}_1 = \hat{\Delta}_1 - \hat{\phi}_1 - \hat{\phi}_2 = -0.76415,\quad \hat{\nu}_2 = \hat{\Delta}_2 - \hat{\phi}_1 - \hat{\phi}_2 = -0.69863$$

이들 추정치를 보면, 한국사람들은 水質汚染을 大氣汚染보다 근소한 차이로 보다 더 싫어함을 알 수 있다. 게다가 이들 추정치의 부호와 크기를 보면 한국사람들은 수질오염 및 대기오염에 대해 강한 否定的인 選好度를 가짐을 알 수 있다. 그러나 효용수준에 있어서 전체적인 오염의 영향은 그리 크게 나타나지 않게 되는데 이는 Δ가 가계생산함수에서 生産性에 대한 公害의 寄與部分과 選好 效果의 합으로 표현되기 때문이다. 뿐만 아니라 실제로 Δ의 추정치는 0에 가까운 값을 가지며 또한 t의 절대값 또한 크지 않아 Δ가 0이라는 가설을 기각하지 못하게 한다. 그러나 이러한 사실은 環境汚染이 생산성을 증대시켜 소비에 공헌하는 陽의 효과와 직접적으로 사람들이 環境汚染을 싫어하는 陰의 효과가 상쇄되기 때문이다. 따라서 環境汚染이 個人의 選好에 심각한 영향을 준다고는 볼 수 없다. 이러한 사실은 장기간에 걸친 환경관련변수의 획득이 가능하여 경제가 성장함에 따른 개인소득의 상승으로 環境汚染에 대한 개인의 선호도가 달라질 構造變化를 감안한다면, 다른

40) 이들의 모형에서는 選好의 시간에 대한 비분리성(non-time-separability)이 도입되어 있기 때문에 추정치의 직접적인 비교는 불가능하다.

결과가 도출될 수도 있다. 예컨대 1960년대 보다 所得이 월등히 상승한 1990년대의 경우 환경오염을 더 싫어하는 형태를 보일 것이므로 소득의 변화에 따른 環境汚染에 대한 個人 選好의 變化를 고려한 위의 결과는 달라 질 수 있다. 그러나 자료의 限界로 구조변화의 시점과 그 크기를 측정할 수가 없었다.

過大識別(overidentifying restrictions)여부를 판단하는데 사용되는 J-통계치의 값은 16.0548이 나왔으며 이에 대한 p-값은 0.813158이 된다. 따라서 과대식별조건은 기각되지 않았으며 이는 Euler방정식의 형태를 특징짓는 직교화조건이 성립함을 의미한다.[41]

3. 生産函數의 推定

여기서는 총생산함수 (10)식을 추정하였는데 만일 環境淨化를 위해 국내에서 생산되는 제품에 대해 기업측에 일정율의 조세를 부과하는 環境稅率(τ_t^{de})이 0이라면 (10)식의 양변을 로그화하면 다음 식 (42)와 같다.

$$\ln(Y_t^d) = \ln(\vartheta) + \ln(\lambda_t^d) + \theta \cdot \ln(K_t^d) + (1-\theta) \cdot \ln(n_t^d) + \Lambda_1 \cdot \ln(E_t^d) + \Lambda_2 \cdot \ln(A_t^d) \quad (42)$$

여기서 $\Lambda_1 = \nu_1 + 1$과 $\Lambda_2 = \nu_2 + 1$이다. 그런데 이러한 규모에 대한 보수불변을 가정한 Cobb-Douglas생산함수를 추정하는데에는 1988년을 전후하여 勞動組合의 영향 등으로 전체 생산중에서 노동이 공헌한 노동점유율이 크게 증가한(θ의 값이 크게 감소한) 효과를 반영하여야 한다. 실제로 <그림 Ⅵ-2>에서는 국민소득계정으로 부터 계산한 노동점유율의 변화추이를 보여 주고 있는데 1988년에서 1992년 동안 0.525에서 0.61로 크게 증가했음을 알 수 있다[42]. 따라서 가변수를 사용하여 노동과 자본에 있어서 이러한 구조변화를 감안한 생산함수는 식 (43)과 같다.

---

41) GMM추정방식을 고려한 많은 기존의 추정결과에 있어서는 J-통계치의 값이 지나치게 크게 나타나므로써 직교화조건을 棄却하여야 하는 경우가 흔히 나타났다.

42) 미국의 경우 노동점유율의 변화는 Bils-Cho(1994)를 참조할 것. 美國의 산출량에서 차지하는 노동점유율은 趨勢를 보인다고 말하기는 어려우나 景氣變動에는 민감하게 반응한다고 말할 수 있다. 그러나, 우리나라의 경우에는 노동점유율이 경기변동에 아주 민감하다고 할 수는 없으나 본문에서 언급한 바와 같은 추세가 (단기간이지만) 나타나고 있다.

$$\ln(Y_t^d) = \ln(\vartheta) + \ln(\lambda_t^d) + [\theta + \theta_1 \cdot D_t \cdot (t-86.1)] \cdot \ln(K_t^d) + [1 - \theta - \theta_1 \cdot D_t \cdot (t-86.1)] \cdot \ln(N_t^d) + \Lambda_1 \cdot \ln(E_t^d) + \Lambda_2 \cdot \ln(A_t^d) \quad (43)$$

여기서 t<86.1이면 D_t = 0이고 $t \geq 86.1$이면 D_t = 1이다. 따라서 이 생산함수에서는 勞動占有率이 1986년 1분기전에는 일정한 값을 가지다가 1986년 1분기 이후에는 일정한 단위씩 증가함을 의미하고 있다. 여기서 생산량(Y_t^d), 자본(K_t^d) 및 노동(N_t^d)은 일정한 추세를 가지고 증가하는 불안정적인 모양을 가지므로 가성회귀(spurious regression)의 결과를 피하기 위해 차분을 통하여 安定的인 變數로 만든 다음 생산함수를 추정한 결과는 다음과 같다.

$$\hat{\vartheta} = 1.00816(1.36593), \quad \hat{\theta} = 0.51188(1.82731), \quad \hat{\theta}_1 = -0.03619(-0.15746)$$

$$\hat{\Lambda}_1 = 0.02734(01.18484), \quad \hat{\Lambda}_2 = 0.00646(0.31012)$$

$$R^2 = 0.223.$$

따라서 Λ의 정의에 따라 γ의 추정치를 구하면 $\hat{\gamma}_1 = -0.97266$과 $\hat{\gamma}_2 = -0.99354$와 같다. 이들 추정치의 값으로 부터 공해는 생산에 대하여 커다란 역의 효과를 가짐을 알 수 있다. 그러나 선호도의 추정에서와 마찬가지로 全體 效果는 市場生産에서의 公害의 生産性에 대한 效果와 公害의 直接效果의 합으로 나타남에 따라 그 효과는 상쇄되어 순효과는 작게 나타나며 따라서 전체효과가 0이라는 가설을 기각할 수 없게 된다.[43]

4. 水質 및 大氣汚染 進行의 法則

公害를 유발시키는 원천에 따라 大氣 및 水質汚染의 정도가 어떻게 변화하는지를 보기 위해 대기 및 수질 오염의 진행법칙을 추정하면 다음과 같다.

---

43) 우리는 이와 같은 추정결과를 모의실험에 이용한다. 즉, 效用과 生産에 公害가 미치는 순효과는 零이라고 가정한다.

$$\ln(E_t^d) = \ln(E_{t-1}^d) - 0.04173(-1.14267) + 1.18783(0.96424) \cdot \ln(Y_t^d / Y_{t-1}^d)$$
$$- 0.02846(-0.41620) \cdot \ln[\psi_t \cdot G_t^{de} / (\psi_{t-1} \cdot G_{t-1}^{de})]$$
$$+ 0.22831(0.52081) \cdot \{\ln(C_t^{dd} / C_{t-1}^{dd}) + \ln(C_t^{fd} / C_{t-1}^{fd})\} \quad (44)$$

( )안의 값은 t-값을 나타내며 결정계수 R^2=0.046이다[44].

$$\ln(A_t^d) = \ln(A_{t-1}) - 0.05081(-1.31244) + 0.73428(0.56521) \cdot \ln(Y_t^d / Y_{t-1}^d)$$
$$- 0.08232(-0.88709) \cdot \ln[(1-\psi_t) \cdot G_t^{de} / (1-\psi_{t-1}) \cdot G_{t-1}^{de})]$$
$$+ 0.70881(1.52745) \cdot \{\ln(C_t^{dd} / C_{t-1}^{dd}) + \ln(C_t^{fd} / C_{t-1}^{fd})\} \quad (45)$$

그리고, 결정계수 R^2=0.084이다. 위의 식 (44)와 (45)에서의 상수항은 성장율, 환경관련 지출증가율 및 소비증가율이 0일 때의 環境汚染의 자동감소율을 보여주고 있는데 여기서는 大氣汚染의 자동감소가 水質汚染의 자동감소보다 훨씬 빠름을 나타내고 있다.[45] 또한 위 모형들은 log-linear모형을 따르고 있으므로 위의 추정치들은 탄력성을 나타내고 있는데 만일 국내생산이 1% 증가하게 되면 水質汚染은 1.19% 증가하게 되고 大氣汚染은 0.73% 증가하게 되는 산출량이 大氣汚染보다는 水質汚染에 더 큰 영향을 미침을 나타내고 있다. 環境關聯豫算支出에 대한 汚染의 彈力性은 수질의 경우 -0.028, 대기의 경우에는 -0.082로 나타나고 있다. 탄력성의 값이 낮은 수치를 보이는 것은 환경관련지출의 증가가 오염의 정도를 감소시키는 데에는 장기간의 시간이 필요하며 따라서 오염을 감소시키고자 하는 노력은 장기간에 걸쳐서 이루어져야 함을 의미한다.

---

44) 이들 추정치의 t-ratio가 대체로 유의적이지 않은 값을 가지는데 이는 부분적으로는 결정계수R^2의 값이 작기 때문이다. 그런데 위의 모형과 같이 차분을 차분에 대해 회귀분석하면 장기의 추세부분이 제외되므로 대체로 결정계수의 값은 수준변수들간의 회귀분석에서 보다는 작은 값을 가진다.

45) 엄격히 말하면 이는 오염의 자동감소율이라 말할 수 없다. 이 상수의 추정치에는 추정방정식에 포함되지 않은 다른 모든 변수들의 영향이 포함되어 있다. 특히 민간부문의 公害減縮을 위한 支出의 效果가 그 가운데 하나이다.

Ⅶ. Green GNP와 環境關聯 豫算支出에 관한 例

앞장에서 얻은 추정결과들은 여러가지 環境問題에 대하여 중요한 의미를 가지고 있다. 이러한 예로는 Green GNP와 환경관련예산을 고려해 볼 수 있다.

1. Green GNP

GNP를 가지고 各國의 厚生狀態를 측정하는데에는 GNP가 포함하고 있지 않은 地下經濟의 規模 등 여러가지 이유 외에도 GNP가 環境汚染의 정도를 반영하지 못한다는 문제가 있다. 따라서 최근에는 環境費用을 고려한 GNP의 측정을 시도하고 있다. 즉, 生産 및 消費活動으로 인하여 환경에 미치는 피해 정도를 고려하여 이 피해정도를 貨幣單位로 측정하고자 하는 움직임이 있다. 이 피해정도는 GNP의 증가에 수반된 環境汚染의 費用으로 이를 GNP에서 차감하여 소위 말하는 Green GNP를 얻을 수 있다. 현재의 자료로서 Green GNP를 산출하는데에는 많은 문제점이 있으나 여기서는 우리가 얻은 추정치를 통해 Green GNP를 직접적으로 그리고 손쉽게 계산할 수 있는 방법을 예시하기로 한다.

生産 및 消費과정에서 발생된 汚染을 제거한다 함은 오염의 直接的인 負의 選好效果를 제거함을 의미하며 이는 각 가계가 마치 공해가 없는 상태와 같은 만족을 느끼기 위해서는 얼마의 보상을 지불받기를 원하는가를 측정하는 것과 같다. 이러한 보상의 정도를 측정하기 위해서 x_t를 國內 및 海外財의 소비로 나타낸 보상의 비율이라고 하자. 그러면 다음 식 (46)에서 x_t를 계산할 수 있다.[46)]

$$\frac{1}{1-\sigma}\cdot[\ \{c_t^{dd}(1+x_t)\}^{\phi_1}\ \{c_t^{fd}(1+x_t)\}^{\phi_2}(l_t^d)^{1-\phi_1-\phi_2}(E_t^d)^{\nu_1+\phi_1+\phi_2}(A_t^d)^{\nu_2+\phi_1+\phi_2}]^{1-\sigma}$$

$$=\frac{1}{1-\sigma}\cdot[\ \{c_t^{dd}\}^{\phi_1}\ \{c_t^{fd}\}^{\phi_2}(l_t^d)^{1-\phi_1-\phi_2}(E_t^d)^{\phi_1+\phi_2}(A_t^d)^{\phi_1+\phi_2}]^{1-\sigma} \qquad (46)$$

46) 식 (46)의 좌변에는 공해의 負의 효과와 함께 그와 같은 負의 효과를 상쇄할 수 있는 보상의 크기가 消費의 일정비율로 포함되어 있으며, 우변에는 공해의 負의 효과는 제거되고 가계생산에 있어 生産性 效果만이 포함되어 있다.

식 (46)을 단순화하면 다음의 식 (47)이 구해진다.

$$\phi_1 \cdot \ln(1+x_t) + \phi_2 \cdot \ln(1+x_t) = -\nu_1 \cdot \ln(E_t^d) - \nu_2 \cdot \ln(A_t^d) \tag{47}$$

여기서 만일 x_t가 크지 않다면 log에 대한 근사화를 통해 x_t는 다음과 같이 표현된다.

$$x_t = [-\nu_1 \cdot \ln(E_t^d) - \nu_2 \cdot \ln(A_t^d)]/(\phi_1 + \phi_2) \tag{48}$$

따라서 위의 Green GNP의 정의에 따라 다음과 같이 그 크기를 x_t의 함수로 표시할 수 있다.

$$Y_t^G = Y_t - (C_t^{dd} + C_t^{fd}) \cdot x_t \tag{49}$$

식 (49)와 위에서 얻은 추정치를 기반으로 韓國의 경우 Green GNP를 구하여 도시하면 <그림 Ⅶ-1>과 같다.

<그림 Ⅶ-1>에서는 BOD와 SO_2의 자료만으로 각각 水質汚染과 大氣汚染을 측정했을 때 Green GNP와 실제치의 추세를 보이고 있다. 여기서 Green GNP는 어느 연도의 環境汚染정도를 기준으로 두느냐에 따라 차이를 보일 수 있으나 대체로 水質과 大氣汚染정도가 낮은 1983년 3분기를 기준으로 하였다.[47] 이제 식 (48)을 통해 Green GNP를 계산할 수 있는데, <그림 Ⅶ-1>에서 보는 바와 같이 BOD와 SO2만을 고려했을 때, 1990년 이전까지는 전반적으로 Green GNP가 실제치에 비해 낮은 수준을 보이고 있으나 1990년 부터 1992년 까지는 Green GNP가 더 높은 수준을 보이고 있다. 이러한 이유는 최근에 와서 環境汚染의 정도가 나아졌으며 특히 <그림 Ⅶ-1>에서 보듯이 이러한 현상은 SO_2의 改善 때문으로 보여진다. 즉, 1990년대에 들어와서 SO_2는 많이 개선되었으나 BOD에서는 별로 개선되지 않은

47) 실제로 <그림 Ⅵ-1>을 보면 1983년 3분기에 있어서 BOD의 양은 표본기간동안의 最低에 가까운 값을 보이고 있으나, SO_2의 양은 平均이하의 값을 보이고 있을 뿐이다.

모습을 보이고 있다.

위에서 언급한 바와 같이 추정에 있어서 環境汚染의 자료로 BOD와 SO_2의 양만을 사용하고 있으므로 <그림 Ⅶ-1>에서 계산한 Green GNP가 실제 GNP에서 부터 순수한 環境汚染의 정도를 반영하고 있다고 보기는 어렵다. 그러나 만일 충분한 환경오염의 자료를 얻을 수 있다면[48] 여기서의 방법은 별 무리없이 적용될 수 있다고 생각된다.

2. 環境豫算에 관한 討論

水質汚染과 大氣汚染의 進行法則으로부터 장기에 있어서 환경관련정부지출과 수질 또는 대기오염 증가율간의 관계를 계산할 수 있다. 논의의 편의를 위해 g_t^Y, g_t^{dd}, g_t^{fd}를 t-1기와 t기 사이의 산출량, 국내재소비 및 해외재소비의 증가율을 나타낸다고 하고 g_t^{dE}, g_t^{dA}, g_t^{gE}, g_t^{gA}를 水質汚染, 大氣汚染, 水質關聯環境支出 및 大氣關聯環境支出들의 增加率로 나타내기로 하자. 그러면 環境汚染進行의 法則으로부터 다음과 같은 식을 구할 수 있다.

$$\ln(1+g_t^{dE}) = \mu_0 + \mu_1 \cdot \ln(1+g_t^Y) + \mu_2 \cdot \ln(1+g_t^{gE}) + \mu_3 \cdot [\ln(1+g_t^{dd}) + \ln(1+g_t^{fd})] \quad (50)$$

$$\ln(1+g_t^{dA}) = \zeta_0 + \zeta_1 \cdot \ln(1+g_t^Y) + \zeta_2 \cdot \ln(1+g_t^{gE}) + \zeta_3 \cdot [\ln(1+g_t^{dd}) + \ln(1+g_t^{fd})] \quad (51)$$

여기서 주어진 산출량 및 소비의 증가율수준에서 環境汚染의 정도를 불변으로 두는 즉, $g_t^{dE} = g_t^{dA} = 0$인 환경관련 지출의 증가율에 대한 식은 다음 식 (52)와 (53)으로 구해진다.

---

48) 물론 완전한 Green GNP를 계산하기 위해서는 제2절에서 본 바와 같이 여러 종류의 汚染物質에 대한 자료 뿐만 아니라 自然 및 오존층의 파괴와 같은 여타의 環境毁損에 대한 자료가 필요하다. 그리고, 그와 같은 자료의 관측치가 충분히 축적되면 물론 앞에서 본 바와 같은 오일러式을 추정함으로써 각각의 공해물질 및 환경훼손이 갖는 여러 효과를 알아내고난 다음 式 (46)과 유사한 식으로부터 보상의 크기를 알아낼 수 있다. 그러나, 추정과정에서 우리가 알 수 있었던 것은 환경자료의 수집 및 정리가 전혀 체계적으로 이루어지지 않고 있다는 것이었다. 자료의 수집 및 정리는 그 어떤 환경연구보다도 시급한 課題인 것으로 생각된다.

$$g_t^{gE}(g_t^{dE}=0)=\exp\ \{-[\mu_0+\mu_1\cdot\ln(1+g_t^{Y})+\mu_3\cdot(\ln(1+g_t^{dd})+\ln(1+g_t^{fd}))]/\mu_2\}\ -1 \tag{52}$$

$$g_t^{gA}(g_t^{dA}=0)=\exp\ \{-[\zeta_0+\zeta_1\cdot\ln(1+g_t^{Y})+\zeta_3\cdot(\ln(1+g_t^{dd})+\ln(1+g_t^{fd}))]/\zeta_2\}\ -1 \tag{53}$$

<그림 Ⅶ-2>는 環境汚染의 증가율을 0으로 두기 위해 필요한 환경관련지출의 증가율을 보여주고 있다. 1983년 부터 1992년 기간 동안 水質汚染의 증가율을 0으로 두기 위해 필요한 수질관련 정부지출의 평균 증가율은 36.06%인 반면에 이 기간 동안의 실제 수질관련 정부지출의 증가율은 2.68%이다. 大氣汚染의 경우, 필요한 정부지출의 증가율은 5.68%이지만 실제 정부지출의 증가율은 3.86%이다.[49] 이로 부터 볼 때 공해수준의 변화율을 0으로 두기 위해서는 현재보다 더욱 더 높은 율로 政府支出이 增加해야 함을 알 수 있다.[50] <그림 Ⅶ-3>는 環境汚染의 정도를 1, 2 및 3%씩 감소시키기 위해 필요한 政府支出의 變化率을 보여주고 있다. 여기서 環境汚染의 정도를 추가적으로 1% 더 감소시키기 위해서는 정부지출은 幾何級數的으로 증가해야 함을 알 수 있다. 이는 短期間에 있어서 오염수준을 낮춘다는 것이 長期에 있어서 낮추는 경우보다 더욱 더 높은 費用이 수반함을 의미하고 있다.

다른 한편으로 환경오염 진행의 법칙들은 환경예산을 적절히 편성 및 제공하지 않을 때 나타나는 결과 또한 보여주고 있다. 만일 환경관련 정부지출의 증가율이 식 (52)와 (53)에서 계산한 율보다 작다면 環境의 질은 기하급수적으로 나빠지는 것을 <그림 Ⅶ-2> 및 <그림 Ⅶ-3>로부터 알 수 있다.

---

49) 최근 몇년간 SO_2의 감소율을 인상적이라 할 수 있다. 다시 말해 흔히 후진국형 오염요인이라 일컬어지는 SO_2의 오염은 많은 부문 해결되어지고 있다. 반면에 자료의 미비로 우리의 분석대상에서 제외되었지만 오존등의 오염이 최근의 문제로 대두되었다. 만일 우리가 이들 지금의 模型에서 다루지 않은 汚染物質까지 고려하면 산출된 必要豫算增加率은 그 하한치라고 할 수 있다.

50) 그러나, 여기서 고려해야 할 두가지 사실은 지방재정과 민간환경지출의 존재이다. 만일 이들 두 부문의 환경지출을 감안한다면 環境支出의 實際增加率은 <그림 Ⅶ-2>에서 보는 바 보다는 클 수 있다.

Ⅷ. 長期 均衡 分析 : 均衡成長經路

1. 安定性을 위한 變數의 變換

均衡成長經路를 도출하기 위해 앞장에서의 추정결과를 바탕으로 $\Delta_1 = \Delta_2 = \Lambda_1 = \Lambda_2 = 0$의 가설을 채택하기로 하며 또한 ϑ = 1이라고 가정하자. 그러면 經濟의 成長率은 다음 식 (54)와 같이 구해질 수 있는데:

$$1 + g_H^d = \varphi^d \cdot N^d \tag{54}$$

여기서 g_H^d는 人的資本의 成長率을 나타내고 아래 첨자가 없는 변수들은 아래 첨자가 있는 변수들의 均衡成長經路상에서의 값이라고 정의한다. 이제 근로시간과 자본의 임대가격을 제외한 모든 國內變數들은 이 율로 성장한다.[51] 均衡成長經路을 얻기 위해서는 변수의 변화가 필요한데 X_t^d와 X_t^f는 g_H^d의 율과 g_H^f의 율로 성장하는 국내변수와 해외변수를 나타내기로 하고 다음과 같이 정의한다.

$$\overline{X}_t^{\,d} = X_t^d \cdot (1 + g_H^d)^{-t} \text{ 과 } \overline{X}_t^{\,f} = X_t^f \cdot (1 + g_H^f)^{-t} \tag{55}$$

이 정의를 따른면[52]

우선 첫째로 효용함수는 다음과 같이 변환되는데

$$U^d = E\left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \overline{\beta}^t \cdot \frac{1}{1-\sigma} \cdot [(\overline{c}_t^{\,dd})^{\phi_1} (\overline{c}_t^{\,fd})^{\phi_2} (l_t^d)^{1-\phi_1-\phi_2}]^{1-\sigma} \mid \Omega_0 \right\} \tag{56}$$

---

51) 均衡成長經路에서는 모든 成長하는 變數들이 서로 같은 율로 증가하게 된다. 그리고, 이때 성장률은 內生的으로 결정된다는 점에 유의하여야 하는 바, 모델의 모든 파라미터에 직접 혹은 간접으로 영향을 받게 된다. 나아가 균형성장경로는 初期의 資本量에 영향을 받게 된다. 그런데, 이는 정상상태(steady state)가 초기 자본량에 영향을 받지 않은 Solow성장모형과 크게 차이가 나는 점 가운데 하나라고 할 수 있다.

52) $\overline{X}_t^{\,d}$와 $\overline{X}_t^{\,f}$는 추세(trends)를 가지고 있지 않다.

여기서 할인율은 다음 식과 같이 얻어진다.[53)]

$$\overline{\beta} = \beta \cdot (1+g_H^d)^{\phi_1(1-\sigma)} \cdot (1+g_H^f)^{\phi_2(1-\sigma)} \tag{57}$$

또한 예산제약조건은 다음 식 (58)과 같이 변환되며

$$\begin{aligned}(1+\tau_t^{dd}) \cdot \overline{c}_t^{dd} + \overline{i}_t^{dd} + \overline{s}_t \cdot [(1+\tau_t^{fd}) \cdot \overline{c}_t^{fd} + (1+g_H^f) \cdot b_{t+1}^d] \\ \leq (1-\tau_t^{dw}) \cdot \overline{W}_t^d \cdot n_t^d + (1-\tau_t^{dk}) \cdot R_t^d \cdot \overline{k}_t^d + \tau_t^{dk} \cdot \delta^d \cdot \overline{k}_t^d \\ + \overline{s}_t \cdot (1+\gamma_{t-1}) \overline{b}_t^d + \overline{TR}_t^d,\end{aligned} \tag{58}$$

政府로부터의 移轉金과 實質換率은 각각 식 (59)와 (60)으로 표현된다.

$$\begin{aligned}\overline{TR}_t^d = \tau_t^{dw} \cdot \overline{W}_t^d \cdot N_t^d + \tau_t^{dk} \cdot (R_t^d - \delta^d) \cdot \overline{K}_t^d + \tau_t^{dd} \cdot \overline{C}_t^{dd} + \tau_t^{fd} \cdot \overline{C}_t^{fd} \\ + \tau_t^{fd} \cdot \overline{C}_t^{fd} + \tau_t^{de} \cdot \overline{Y}_t^d - \overline{G}_t^{dg} - \overline{G}_t^{de},\end{aligned} \tag{59}$$

$$\overline{s}_t = \frac{(1+g_H^f)^t}{(1+g_H^d)^t} \cdot s_t \tag{60}$$

여기서 조세율은 불변이라고 가정한다.[54)]

그러면 環境汚染의 進行法則을 구하기 위해 수질관련 정부지출과 대기관련 정부

---

53) 앞 절의 추정에서 $\phi_1 > 0$, $\phi_2 > 0$, $\sigma > 1$이므로 $0 < \overline{\beta} < 1$가 성립함을 알 수 있다. 따라서, 效用 (56)은 유한한 값을 가지며 가계가 직면하는 문제는 잘 정의된(well-defined) 문제라고 말할 수 있다.

54) s_t는 實質換率 곧 交易條件으로서 국내외의 성장률에 영향을 받는다. 만일 자국과 외국의 성장률이 동일하다면 균형성장경로에서 s_t는 1이 된다.

지출이 같이 다음 식 (61)과 같이 g_H^d로 증가하고 있다고 가정하자.

$$\frac{\gamma_1}{1-\eta_{dg}} = g_H^d \text{ 과 } \frac{\gamma_2}{1-\eta_{de}} = g_H^d \tag{61}$$

이들 가정을 이용하여 양 환경관련지출에 대한 政府支出 進行의 法則을 다음 식 (62)와 (63)으로 구할 수 있다.

$$\ln(\overline{G}_t^{dg}) = -\eta_{dg} \cdot \ln(1+g_H^d) + \eta_{dg} \cdot \ln(\overline{G}_{t-1}^{dg}) + \omega_t^{dg} \tag{62}$$

$$\ln(\overline{G}_t^{de}) = -\eta_{de} \cdot \ln(1+g_H^d) + \eta_{de} \cdot \ln(\overline{G}_{t-1}^{de}) + \omega_t^{de} \tag{63}$$

그러면 國內資本과 海外負債에 대한 進行의 法則은 각각 식 (64)와 (65)로 얻어질 수 있다.

$$(1+g_H^d) \cdot \overline{K}_{t+1}^{d} = (1-\delta^d) \cdot \overline{K}_t^{d} + \overline{I}_t^{dd} \tag{64}$$

$$(1+g_H^d) \cdot \overline{B}_{t+1}^{d} = (1+r_{t-1}) \cdot \overline{B}_t^{d} - \overline{C}_t^{fd} + \overline{C}_t^{df}/s_t \tag{65}$$

또한 人的資本에 대한 進行의 法則은

$$\overline{H}_{t+1}^{d} = \left(\frac{N_t^d}{N^d}\right) \cdot \overline{H}_t^{d} \tag{66}$$

으로 표현되며 여기서 N^d는 均衡成長經路에 있어서의 勤勞時間을 나타낸다.[55]

55) 물론 균형성장경로에 있어 勞動時間은 一定하여야 하며, 이는 시간의 부존량이 일정하기 때

마지막으로 資源에 대한 制約條件은 다음 식 (67)로 표현된다.

$$\overline{C}_t^{dd} + \overline{C}_t^{df} + \overline{I}_t^{dd} + \overline{G}_t^{dg} + \overline{G}_t^{de} = \lambda_t^d \cdot (\overline{H}_t^d \cdot N_t^d)^{1-\theta} \cdot (\overline{K}_t^d)^{\theta} \tag{67}$$

여기서 외국에 있어서의 방정식도 마찬가지 방법으로 변환될 수 있다.

2. 均衡成長經路

도출된 국내 가계의 문제로부터 균형소비와 여가에 대한 1차조건을 다음과 같이 식 (68)-(73)과 資源制約條件으로 도출된다.

$$\phi_1(\overline{c}_t^{dd})^{\phi_1(1-\sigma)-1}(\overline{c}_t^{fd})^{\phi_2(1-\sigma)}(l_t^d)^{(1-\phi_1-\phi_2)(1-\sigma)} = (1+\tau^{dd})\Gamma_t^d \tag{68}$$

$$\phi_2(\overline{c}_t^{dd})^{\phi_1(1-\sigma)-1}(\overline{c}_t^{fd})^{\phi_2(1-\sigma)-1}(l_t^d)^{(1-\phi_1-\phi_2)(1-\sigma)} = (1+\tau^{fd})\Gamma_t^d \overline{s}_t + \Psi_t^d \tag{69}$$

$$(1-\phi_1-\phi_2)(\overline{c}_t^{dd})^{\phi_1(1-\sigma)}(\overline{c}_t^{fd})^{\phi_2(1-\sigma)}(l_t^d)^{(1-\phi_1-\phi_2)(1-\sigma)-1} = (1-\tau^{dw})\overline{W}_t^d \Gamma_t^d \tag{70}$$

$$\Gamma_t^d = q_t^d \tag{71}$$

문이다. 그런데, 성장하는 경제에 있어 균형성장경로에서 노동시간이 일정하기 위해서는 效用函數가 다음과 같은 특수한 형태로 나타나야만 한다.

$$U^d = \begin{cases} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{1}{1-\sigma_c} C_t^{1-\sigma_c} V(1-n_t) & \text{if } \sigma_c \neq 0 \text{ and } \sigma_c > 0 \\ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (\ln(C_t) + V(1-n_t)) & \text{if } \sigma_c = 1 \end{cases}$$

만일 효용함수가 이와 같은 특수한 형태로 나타나지 않으면 노동시간이 趨勢를 갖게되고 미래의 유한한 어느 시점에서 주어진 한기간 당 부존시간을 초과하게 되는 모순이 나타나게 된다. 우리가 사용하고 있는 효용함수는 위의 조건을 충족시키고 있으므로 노동시간의 추세는 나타나지 않는다. 보다 자세한 것은 King, Plosser and Rebelo(1988)을 참조할 것.

$$(1+g_H^d)\cdot q_t^d = \bar{\beta}\cdot E_t[(1-\delta^d)q_{t+1}^d + \{(1-\tau^{dk})R_{t+1}^d + \tau^{dk}\delta^d\}\ \Gamma_{t+1}^d] \tag{72}$$

$$(1+g_H^d)\cdot(\bar{s}_t\Gamma_t^d + \Psi_t^d) = \bar{\beta}\cdot E_t[(\bar{s}_{t+1}\Gamma_{t+1}^d + \Psi_{t+1}^d)\cdot(1+r_t)] \tag{73}$$

여기서 Γ_t^d, q_t^d과 Ψ_t^d는 각각 豫算制約條件과 國內資本量에 대한 進行의 法則 및 海外資本負債에 대한 라그랑지 승수(Lagrange multiplier)를 나타낸다. 식 (68)에서 예산제약조건에 관계되는 승수는 所得의 限界效用임을 나타내고, 식 (69)는 海外財 消費에 대한 限界效用이 그 費用과 같아야 함을 나타내며 식 (70)은 좌측의 餘暇의 限界效用과 우측의 限界機會費用을 같게 만들고 있다. 식 (72)의 좌측은 資本蓄積의 限界費用이고 우측은 限界便益으로 나타내고 있다. 식 (73)은 좌측의 해외자산(부채)축적의 한계효용과 한계편익을 일치시키고 있다.[56]

이와 상응되는 海外 家計의 조건은 다음 식 (74) - (79)의 식과 자원제약조건으로 표현된다.

$$\phi_1(\bar{c}_t^{ff})^{\phi_1(1-\sigma)-1}(\bar{c}_t^{df})^{\phi_2(1-\sigma)}(l_t^f)^{(1-\phi_1-\phi_2)(1-\sigma)} = (1+\tau^{ff})\Gamma_t^f \tag{74}$$

$$\phi_2(\bar{c}_t^{ff})^{\phi_1(1-\sigma)-1}(\bar{c}_t^{df})^{\phi_2(1-\sigma)-1}(l_t^f)^{(1-\phi_1-\phi_2)(1-\sigma)} = (1+\tau^{df})\Gamma_t^f\bar{s}_t + \Psi_t^f \tag{75}$$

$$(1-\phi_1-\phi_2)(\bar{c}_t^{ff})^{\phi_1(1-\sigma)}(\bar{c}_t^{df})^{\phi_2(1-\sigma)}(l_t^f)^{(1-\phi_1-\phi_2)(1-\sigma)-1} = (1-\tau^{fw})\ \bar{W}_t^f\Gamma_t^f \tag{76}$$

$$\Gamma_t^f = q_t^f \tag{77}$$

$$(1+g_H^f)\cdot q_t^f = \bar{\beta}\cdot E_t[(1-\delta^f)q_{t+1}^f + \{(1-\tau^{fk})R_{t+1}^f + \tau^{fk}\delta^f\}\ \Gamma_{t+1}^f] \tag{78}$$

56) 물론 이들 一次條件과 함께 자본축적과 해외자산의 축적에 대한 transversality condition이 성립하여야 한다. 만일 그와 같은 조건이 성립하지 않으면 무한히 부채를 축적하는 균형을 제거할 수 없게 된다.

$$(1+g_H^f)\cdot(\Gamma_t^f/\bar{s}_t+\Psi_t^f)=\bar{\beta}\cdot E_t[(\Gamma_{t+1}^f/\bar{s}_t+\Psi_{t+1}^f)\cdot(1+r_t)] \tag{79}$$

또한 마찬가지로 Γ_t^f, q_t^f과 Ψ_t^f는 해외가계의 예산제약조건과 해외자본량의 進行法則 및 외국인이 소유한 국내자산(부채)의 進行法則에 대한 라그랑지승수를 나타내고 있다.

이상의 조건과 $\bar{s}_t$의 정의 및 국내기업과 해외기업의 利潤極大化 條件으로 부터 均衡成長經路을 구할 수 있다. 이 경로를 구하기 위해서는 다음과 같이 steady state 상태를 규정할 필요가 있다. 첫째로, 안정성을 위한 변환을 거친 해외자산(부채)가 均衡成長經路을 따라 축적되지 않아야 하기 때문에 해외자산(부채)에 대한 限界價値는 0이 되어야 한다.[57]

$$\Psi^d=\Psi^f=0 \tag{80}$$

여기서 시간을 나타내는 아래 첨자가 없는 변수는 均衡成長經路에서의 값을 나타낸다. 둘째로, 변환된 자본량은 축적되지 않아야 하고 따라서 자본스톡에 대한 進行의 法則으로 부터 변환된 투자와 자본스톡간에는 다음의 조건이 성립된다.[58]

$$\bar{i}^{dd}=(g_H^d+\delta^d)\cdot\bar{k}^d \tag{81}$$

$$\bar{i}^{ff}=(g_H^f+\delta^f)\cdot\bar{k}^f \tag{82}$$

세째로, 모든 변환된 변수는 均衡成長經路을 따라 安定的이므로 일정한 값을 갖게 된다. 이러한 제약조건을 가지고 경로는 附錄에 도출되어 있다.

---

57) 만일 이들이 0보다 크면 海外資産이 무한히 축적되게 되며 반대의 경우에는 海外負債가 무한히 축적되게 된다.

58) 이들 조건은 $\bar{k}_{t+1}{}^d=\bar{k}_t{}^d=\bar{k}^d$ 및 $\bar{k}_{t+1}{}^f=\bar{k}_t{}^f=\bar{k}^f$라는 조건을 자본스톡의 진행법칙에 대입함으로써 얻어진다.

Ⅸ. 係數 決定과 長期에서의 模擬實驗 (Long Run Simulation)

1. 模擬實驗

效用函數와 生産函數, 水質 및 大氣汚染 進行의 法則에 있어서의 파라미터 값들은 6장에서의 推定으로부터 구하였다. 그리고, 나머지 파라미터의 값은 稅率과 總政府支出에 대한 환경관련지출(대기 및 수질 정화지출)의 비율, 자본의 감가상각율 및 성장율 등인 바, 이들은 한국의 자료로부터 그 값을 구하였다. 한국의 과거 자료로부터 租稅率에 대해서는 다음의 값을 구하였다.

$$\tau^{dd}=0.05,\ \ \tau^{df}=0.0851,\ \ \tau^{dw}=0.08,\ \ \tau^{dk}=0.164$$

자본소득세율에 대해서는 이용가능한 자료가 없기 때문에 금융자산수익에 대한 조세율을 τ^{dk}로 사용하였다. 건축물에 대한 감가상각율은 5.8 – 6.2%이고 기계에 대한 감가상각율은 22.2 – 30.13%의 값을 가지므로 우리는 이들의 중간값, δ^d = 0.15를 택하였다. 環境稅率에 대해서는 여러 값으로 변화시켜 均衡成長經路와 후생에 있어 어떠한 효과를 갖는지를 살펴보았다.

總政府支出에 대한 환경관련정부지출의 비율로는 $a^d=0.1849$, $e^d=0.0002$으로 구하였다.[59] 여기서 볼 때 환경관련 정부지출의 총정부지출에 대한 비율은 아주 작은 값을 가짐을 알 수 있다. 참고로 환경관련 정부지출 중에서 水質淨化支出은 ψ = 0.904로서 대기 및 수질 정화 정부지출중에서 수질정화 부문이 90% 정도를 차지하고 나머지 10% 정도가 대기정화에 사용되어짐을 알 수 있다.

人的資本蓄積에 있어서의 파라메터는 다음과 같이 결정되었다: 지금의 모형에서 成長은 內生的으로 결정되므로 φ^d의 값을 결정함은 均衡成長經路에 있어 경제의

59) 물론 앞에서 정의한 바와 같이 a^d 는 非環境部門 政府支出이 GNP에서 차지하는 평균적 비율이고, e^d는 環境部門 政府支出의 비율이다.

성장율을 결정하는 것과 동일하다. 따라서 주목해야 할 중요한 사실은 성장하는 모든 변수의 성장율은 均衡成長經路에 있어서 같은 값을 가진다. 그러나 韓國經濟와 같이 빠르게 성장하는 경제에 있어서 총변수들의 성장율은 상호 같지 않을 것이며 따라서 경제의 성장율을 단순히 GDP(혹은 GNP)의 성장율로부터 구할 수 없다. 그러므로 GDP의 平均成長率과 國內 및 海外消費財의 成長率 및 政府支出의 增加率을 구하여 이들 성장율의 加重平均으로 구하였다. 이러한 과정을 거쳐 성장율은 0.03478(분기당 3.478%)으로 나타났고 이 값으로부터 모형에서의 φ^d값을 1.60248로 결정하였다. 반면에 한국과의 무역에 있어서 상대국인 外國은 1.58328%씩 성장한다고 하여 φ^f = 1.58328로 두었다.[60]

2. 結果

附錄에서 구한 均衡成長經路에 이제까지 구한 파라미터의 값을 대입하여 장기에 있어서 여러가지 정책적인 함의점을 도출하여 볼 수 있다.

첫째로, 環境稅率을 증가시키면 경제의 성장율이 어떻게 변화하는지 보기로 한다. <그림 Ⅸ-1>은 環境稅率의 증가에 따른 경제의 성장율의 변화를 보여주고 있다. 이 그림에서는 조세율이 증가함에 따라 성장율이 단조적으로 감소함을 보이고 있는데 이 직선의 기울기는 0.435이다. 즉, GDP에서 차지하는 環境稅의 비율이 0에서 1% 증가함에 따라 經濟의 成長率은 0.435%씩 감소함을 나타내고 있다. 이 모형에 있어서 環境稅率은 環境汚染에 대해 두가지 측면으로 영향을 미친다. 그 첫째로는 환경세율을 증가시킴은 環境汚染수준을 감소시키는데 사용되는 資源이 증가함을 의미하고, 둘째로 높은 조세율은 경제성장율을 낮추게 되는데 이는 生産과 消費의 감소로 인해 環境汚染의 원천이 작아짐을 의미한다. 이 모형에서는 環境豫算의 적당한 배분이 중요하지만 公害를 감소시키는데 있어서 더욱 더 중요한 것은 공해의 원천인 생산과 소비의 증가율을 줄이는 것이다.[61]

다음으로 環境稅의 부과가 얼마 만큼의 厚生費用을 초래하는가를 알아 보았다.

---

60) 均衡成長率을 얼마로 보느냐에 따라 모의실험의 결과가 어느정도 영향을 받는다. 하지만 질적인 면에서 결과가 크게 달라진다고 말할 수는 없다. 그리고, 外國의 成長率은 모의실험의 결과에 전혀 영향을 미치지 않는다. 그런데, 이와 같은 결과는 외국의 生産 및 消費活動이 국내공해수준에 영향을 미치지 않는다고 보기 때문이다.

61) 물론 환경산업에서의 技術進步는 이러한 측면에서 중요한 의미를 가진다.

이때 厚生費用은 다음의 방식으로 계산하였다. $(u_t^d)^*$와 $(u_t^d)^\tau$를 $\tau^{de}=0$이고 $\tau^{de}=\tau$ 일 때 (식 56참조) t기에서의 변환된 效用이라고 하고 x_t를 $\tau^{de}=\tau$일 때 t기의 효용을 $\tau^{de}=0$일 때의 효용과 같게 하기 위해 보상하여 주어야 하는 양을 소비의 일정 %로 나타낸 것이라고 하자. 그러면 다음 식 (83)을 구할 수 있다.

$$[(1+\bar{g}_H^{\,d})^{\phi_1(1-\sigma)}(1+\bar{g}_H^{\,f})^{\phi_1(1-\sigma)}]^t\cdot(u_t^d)^\tau\cdot(1+x_t)^{(\phi_1+\phi_2)(1-\sigma)}$$

$$=[(1+\hat{g}_H^{\,d})^{\phi_1(1-\sigma)}(1+\hat{g}_H^{\,f})^{\phi_1(1-\sigma)}]^t\cdot(u_t^d)^* \tag{83}$$

여기서 $\bar{g}_H^{\,d}$과 $\hat{g}_H^{\,d}$는 $\tau^{de}=\tau$ 이고 $\tau^{de}=0$일 때의 경제의 성장율을 나타낸다. 따라서 보상율 x_t는

$$x_t=\left(\frac{(u_t^d)^*}{(u_t^d)^\tau}\right)^{\frac{1}{(\phi_1+\phi_2)(1-\sigma)}}\cdot\left(\frac{1+\bar{g}_H^{\,d}}{1+\hat{g}_H^{\,d}}\right)^{\frac{\phi_1}{\phi_1+\phi_2}t}\cdot\left(\frac{1+\bar{g}_H^{\,f}}{1+\hat{g}_H^{\,f}}\right)^{\frac{\phi_2}{\phi_1+\phi_2}t} \tag{84}$$

과 같이 구해지며 여기서 $(u_t^d)^*$과 $(u_t^d)^\tau$는 均衡成長經路을 따라 일정하고 $\bar{g}_H^{\,d} < \hat{g}_H^{\,d}$이다. 즉, 보상율은 균형성장경로를 따라 증가하게 되는데 이는 環境稅率의 증가가 經濟의 成長率을 감소시킨다는 사실에 기인한다.[62] 시간에 따라 변화하는 보상율 x_t를 이용하여 일정한 보상율을 계산할 수 있는데 x를 소비로 나타낸 모든 기간에 일정한 보상율을 나타낸다고 하자. 그러면, 다음이 성립한다.

62) 다시 말해 만일 經濟成長率이 하락하면 厚生損失은 시간이 흐를수록 커지게 되며 式 (84)는 그와 같은 현상을 보여주고 있다.

$$\sum_{t=0}^{\infty}\beta^{\cdot}x_t=\sum\beta^{\cdot}x\ ,\quad 즉\quad x=(1-\beta)^{\cdot}\sum_{t=0}^{\infty}\beta^{\cdot}x_t. \tag{85}$$

여기서 環境稅率이 너무 높다면 x_t는 $1/\beta$보다 더 빠르게 증가하게 되고 x는 무한대가 된다. 그러나 우리의 결과는 그렇게 까지 높은 조세율이 필요하지 않다는 것을 보여 주고 있다.

<그림 Ⅸ-2>은 環境稅率의 증가에 따라 x가 어떻게 변화하는지 보여주고 있다. 여기서도 또한 환경세율이 증가함에 따라 후생비용이 점진적으로 증가하게 됨을 알 수 있다. 이 직선의 기울기는 약 5.15인데 이것이 의미하는 바는 환경세율을 0에서 1% 증가시킴에 따라 후생비용은 전체 소비에 대하여 0%에서 5.5%로 증가함을 의미한다. 이러한 결과는 Cooley-Hansen(1992a, 1992b) 등의 결과보다 훨씬 크다. 그리고 이와 같은 결과는 우리의 모형은 內生的인 成長을 고려하고 있지만 기존의 다른 租稅의 厚生費用을 연구하는 모형에 있어서는 成長에서의 內生性을 고려하지 않기 때문에 나타난다. <그림 Ⅸ-2>에서 재미있는 사실은 國內(한국)의 환경세율의 증가에 따라 外國의 效用 또한 크게 감소한다는 사실이다. 즉, 韓國의 環境稅率이 1% 증가함에 따라 외국의 후생비용은 전체 소비의 3.5%에 이르게 된다. 결국 <그림 Ⅸ-2>에서 우리가 알 수 있는 것은 국가간 環境政策은 상호협조적이어야 한다는 것이라 할 수 있다.

環境稅의 변화가 산출량과 국내재 소비 및 수출에 미치는 효과는 <그림 Ⅸ-3>, <그림 Ⅸ-4> 및 <그림 Ⅸ-5>에 나타나 있다. 이들 그림은 상호 유사한 특징을 가지고 있고 이러한 유사성은 均衡成長經路의 특성으로부터 도출됨을 알 수 있다. 이들 그림에 의하면 租稅率이 1% 증가하면 산출량과 소비 및 수출은 약 0.91% 감소하게 된다. 그러나 후생비용은 장기적으로 성장율의 저하로 인해 더욱 큰 비율로 증가하며 또 후생비용은 조세율보다도 더 큰 비율로 증가한다. <그림 Ⅸ-6>은 환경세율의 증가에 따라 總勤勞時間이 어떻게 반응하는가를 보여주고 있다. 근로시간의 경우에는 초기에 보인 반응이 시간에 따라 변하지 않게 된다. 이러한 결과는 CES효용함수를 가정하기 때문이다.[63] <그림 Ⅸ-6>은 조세율의 1% 증가에 따라 근로시간이 0.41% 감소함을 보여주고 있다.

---

63) 앞의 주에서 언급하였듯이 만일 勞動時間(1인당)이 均衡成長經路를 따라 증가하게 되면 결국 유한한 미래의 어느 시점에서 노동시간이 賦存時間을 초과하게 된다.

마지막으로 環境稅와 環境支出에 따라 環境의 質의 변화율이 어떻게 변화하는지 분석하여 보기로 하자. <그림 Ⅸ-7>에서는 그와 같은 환경의 질의 변화율을 나타내고 있는데, 현재의 環境政策을 그대로 유지한다면 水質은 (BOD로 나타난) 분기당 0.6%씩 악화되고, 大氣의 質은 (SO_2로 나타난) 0.4% 개선된다. 그런데 한국의 경우에서는 水質汚染이 大氣汚染보다 더 심각한 문제로 보여지므로 수질의 질을 현재 수준에서 유지하기 위해 필요한 조세율을 계산하여 보았다. <그림 Ⅸ-7>에 의하면 이 조세율은 GDP의 약 1%에 해당한다. 이 숫자는 1993년과 1992년에 총 환경지출이 GDP의 0.25%에 불과하였다는 사실을 고려할 때 상당히 큰 수치임을 알 수 있다. 최근에 한국정부는 1995년의 환경관련지출을 대폭적으로 증가시키겠다고 선언하였다. 그러나 環境政策에 있어서는 이러한 변화는 바람직한 것이지만 이 정도의 환경예산으로는 水質汚染을 개선시키는데 아직도 부족한 것으로 보여진다.

X. 環境投資의 效率性 增大와 成長 및 厚生費用

식 (44)와 (45)에서 추정된 水質 및 大氣汚染 進行의 法則은 環境支出과 市場生産 및 家計生産의 效率性을 보여주고 있다. 즉, 만일 G_t^{de} 계수의 절대값이 크면 環境支出은 공해를 감소시키는데 효율적이고 반대로 작으면 그 역이 된다. 반면에 만일 Y_t^d와 C_t^{dd}의 계수가 크면 市場 및 家計生産은 주어진 시장 및 가계생산량에서 공해의 양이 크다는 점에서 비효율적이다. 그러나 이들 변수의 계수는 장기적으로 일정한 값이라고 말할 수 없다. 環境技術에 많은 투자를 하거나 효율적인 기술이 개발된다면 이들 계수는 변하게 된다. 環境投資의 효율성을 검토하고 싶다면 투자의 費用-便益을 계산해야 한다. 그러나 환경투자에 대한 자료의 부족으로 투자의 비용과 便益을 직접적으로 계산할 수는 없다. 환경개선기술을 개발하는 비용을 우리 모형에서 직접적으로 계산할 수는 없지만 環境投資의 便益은 계산해볼 수 있으며 이로 부터 環境投資費用의 上限線을 간접적으로 구해볼 수는 있다.

이 장에서는 式 (44)와 (45)의 계수들의 값이 環境投資 및 技術의 進步에 따라 증가하였다고 할 때 經濟成長 및 厚生에 얼마만큼의 效果를 미치게 되는가를 살펴보기로 한다. 그리고 이와 같은 분석은 어느 정도의 환경투자가 필요한지에 대한 지표가 될 것으로 보여진다. 환경지출에 있어서 효율성이 증대된다면 公害水準을 어느 일정수준으로 유지하기 위해 필요한 환경세율은 낮아지게 된다. 이는 곧 <그림 Ⅸ-7>에서 곡선이 왼쪽으로 이동함을 의미한다. 이러한 이동이 <그림 Ⅹ-1>과 <그림 Ⅹ-2>에 나타나 있는데 여기서는 환경지출의 효율성 곧 G^{de}의 계수가 100, 200 및 300%식 증가할 경우을 보여주고 있다. 이들 그림에 의하면 환경지출 효율성의 100% 증가는 BOD의 경우에는 GNP에 대한 조세율을 0.15% 감소시키고, SO_2의 경우에는 약 0.31% 감소시킨다. 조세율의 감소는 다시 앞에서 본 바와 같이 성장율을 증대시키고 厚生費用을 감소시키는 효과를 가져온다.

여기서 첫째로 環境支出 效率性의 변화에 따른 효과를 계산하여 보기로 한다.[64] <그림 Ⅹ-3>에서는 環境支出效率性의 개선에 따른 성장율의 증가를 보여주고 있다.[65] 이 그림에 따르면 만일 효율성이 10% 증가하면 성장율은 0.032% 증가하게

64) 앞장에서 논의한 환경지출의 가중치를 이용하여 BOD와 SO_2에 대한 효과를 합계하여 봄.

되고 만일 효율성이 100%로 두배 증가하면 성장율은 0.32% 증가하게 된다. 이에 따른 후생의 증가는 <그림 X-4>에 나타나 있다. 만일 支出效率性이 10% 증가하면 후생비용은 소비에 대하여 0.095% 절약되고 100% 증가하면 후생비용은 0.95% 절약된다. 이 숫자는 일견 작아 보이지만 각 기간에 있어서 費用이라는 점을 감안하면 이 효과는 결코 작은 것이 아니다. 이를 한 消費者의 一生동안의 割引된 現在價値로 계산한다면 절약된 厚生費用은 <그림 X-5>에서 보듯이 결코 무시될 수 없는 크기이다. 만일 효율성이 10% 증가하면[66] 일생동안에 있어서 후생비용은 현재 소비에 대하여 3.56% 절약된다. 이 결과를 재해석하면 현재 정부의 환경지출의 효율성을 10% 증대시키는 비용이 현재 소비의 3.56%보다 작다면, 정부의 환경지출의 효율성을 제고시키기 위한 투자가 바람직하다고 말할 수 있다.[67] 그런데, 정부의 환경지출에는 여타의 공공지출에서 보는 바와 같은 非效率性이 존재한다고 믿어지며, 그런 면에서 이 분야의 技術投資는 매우 바람직한 것으로 보인다.

이와 똑같은 현상이 市場 및 家計生産에서도 나타난다. 시장생산의 경우는 <그림 X-6>과 <그림 X-7>을 가지고 설명할 수 있는 바, <그림 X-6>에서는 시장생산에 있어 환경효율성의 증대로 인한 成長의 效果를 볼 수 있다. 그림에서 보듯이 이 환경효율성 증대의 성장효과는 시장생산에서 環境支出의 경우보다 크다는 사실을 알 수 있다. 만일 시장생산의 효율성이 10% 증가한다면 성장율은 약 1.071% 증가하게 되는 것으로 나타나는데 이는 매우 큰 효과라고 말할 수 있다. 그러나 市場生産에서 環境의 效率性을 개선하는 것은 環境支出의 效率性을 개선하는 것보다 더 어려울 것으로 기대되며 따라서 같은 率의 효율성 증대를 위해 더 많은 투자가 필요하게 되리라고 생각된다. <그림 X-7>는 시장생산에서 환경효율성의 증대로 인한 厚生의 增大를 보여주고 있다. 만약에 환경의 효율성이 10% 증가하게 되면 절약되는 후생비용은 현재소비에 대하여 약 3.186%가 된다. 그리고 일생에 걸친 후생증대의 할인 합은 현재 소비에 대하여 약 118.44%가 된다. 따라서 시장생산에서의 환경효율성을 10% 증대시키는 비용이 현재소비의 118.44%보다 작다면 그와 같은 투자는 값있는 것이라 할 수 있다.

---

65) 여기서 BOD의 증가율은 0.265%이고 SO_2의 증가율은 -0.726%라는 가정하에서 자의적으로 조세율의 감소를 계산함. 그러나 이 증가율의 값을 변화하여도 결과는 그다지 변하지 않을 것으로 기대된다.

66) 물론 이는 환경정화기술의 개선을 의미함.

67) 여기서 우리는 세대간 소득재분배의 문제에 봉착하는데, 개선된 기술이 영구적이라면 다음 세대는 그에 대한 편익을 얻게 되지만 현세대는 기술개선비용을 부담하게 된다.

<그림 X-8>과 <그림 X-9>에서는 가계생산의 경우에 있어서 환경효율성의 증대에 따른 成長과 厚生效果를 보여주고 있다. 이 수치는 시장생산의 경우보다 작지만 정부의 環境支出의 경우보다는 크다. 가계생산에 있어서 效率性의 10% 증가는 成長率을 0.261% 증가시키고 이 때의 厚生費用은 매 기간당 현재 消費의 약 0.777% 절약된다.

종합해서 보건대, 시장과 가계생산에서의 環境效率性의 증대는 環境支出效率性의 증대의 경우보다 成長과 厚生 측면에서 더 큰 효과를 가져온다. 그러나 시장 및 가계생산에서 효율성을 증가시키는 것은 환경지출의 경우보다 어려운 일이라고 생각된다. 그러나 이 모든 부문에서 효율성을 개선시키는 環境投資는 모형으로부터 구한 수치에 의해 정당화될 수 있을 것으로 보여진다.[68]

68) 물론 지금까지 구한 것은 총편익(total benefits)이다. 그리고, 마치 환경기술의 개발이 총편익과 총비용(total costs)의 비교에 의해 결정되는 것처럼 간주하였다. 하지만 이것은 限界便益과 限界費用을 구하는 것이 매우 어렵기 때문이며, 궁극적으로는 총편익-총비용의 비교보다는 한계편익 및 한계비용의 비교를 통해 적정투자를 결정하여야 한다.

XI. 要約 및 結論

본 論文에서 우리는 두 재화와 두 나라가 존재하며 생산과 소비에 있어 공해라는 外部效果가 발생하는 國際一般均衡模型(international general equilibrium model)을 제시하였다. 본고에서 이와 같은 모형을 제시한 이유는 소위 Green Round의 효과를 분석하고 環境稅의 도입이 경제에 어떤 영향을 미치게 되는가를 연구하기 위해서였다. 우리는 먼저 模型을 推定한 다음 模擬實驗을 행하였다. 효용함수에 포함된 파라미터들은 GMM추정방법으로 추정하였는 바, 결과 가운데 가장 중요한 것은 家計生産에 있어서 公害의 生産性 效果는 공해의 직접적인 負의 效用效果와 거의 같다는 사실이다. 다음으로 생산함수는 산출량, 자본스톡 그리고 총노동시간이 적분되어 있기 때문에 로그차분법(log difference)을 이용하여 추정하였다. 생산함수의 추정으로부터 우리는 시장생산에 있어 公害의 生産性效果는 公害의 市場生産에 대한 直接的인 負의 效果와 거의 같다는 사실을 발견하였다. 결론적으로 말해 우리는 效用과 生産에 있어 공해의 순효과는 零에 가까우며, 실제로 공해의 순효과가 零과 같다는 사실을 통계적으로 기각할 수 없음을 알았다.

다음으로 우리는 여타의 係數를 실제 데이터를 참조하여 결정한 다음 均衡成長經路을 따라 경제가 성장한다는 가정아래 模擬實驗을 행하였다. 이때 주의할 점은 지금의 분석이 均衡成長經路 즉 模型의 長期均衡에 촛점을 두고 있다는 것이다. 이때 우리가 추정하지 않은 파라미터의 값들은 물론 한국의 데이터를 바탕으로 결정하였다. 模擬實驗의 결과는 대체로 다음과 같이 요약될 수 있다. 먼저 우리는 水質 및 大氣汚染을 더이상 악화시키지 않도록 하는 政府환경예산의 증가율을 계산하였다. 그 결과 우리는 水質汚染을 더 이상 악화시키지 않기 위해서는 分期當 약 36.06%의 豫算增加率이 유지되어야 함을 알 수 있었고 大氣汚染의 경우에는 5.68%의 증가율이 유지되어야 한다는 사실을 알았다. 그런데 실제 水質汚染에 지출된 정부예산의 크기는 분기별 약 2.68%의 증가에 그쳤고, 大氣汚染의 경우에는 3.86%의 증가를 보였다. 따라서 실제 環境豫算의 증가율이 環境汚染狀態를 더 이상 악화시키지 않기 위해서 필요로 하는 환경예산의 증가율보다 훨씬 낮음을 알 수 있었다. 그런데 이와 같은 결과에 덧붙여야 할 하나의 단서는 환경예산의 증가율의 제고와 함께 중요한 것은 환경예산의 집행에 있어서의 效率性增大라고 할 수 있다. 매스미디아에 여러번 보도되듯이 여타의 예산집행과 마찬가지로 환경예산의

效率性이 가장 바람직한 수준에 있다고 말하기는 어려울 것으로 보인다. 따라서 환경예산의 효율성증대가 병행된다면 환경오염을 더 이상 악화시키지 않기 위해서 필요한 예산의 증가율은 본 논문에서 구한 것보다 훨씬 낮을 수가 있다.

수질 및 대기오염을 정화하기 위한 環境稅의 도입은 상당한 成長效果를 갖는 바, 모의실험에 따르면 GNP 대비 1%의 환경세는 총산출량 성장률 약 0.435%의 감소를 초래한다. 그리고, 이와 같은 성장효과 때문에 환경세는 상당한 크기의 厚生效果를 갖는 바, 1%의 환경세는 소비대비 약 5.15%의 厚生損失을 초래함을 알 수 있었다. 이와 같은 크기의 후생손실은 기존의 연구결과와 비교할 때 상당히 큰 것으로 이는 內生的 成長의 도입에 따른 결과이다. 마지막으로 우리는 模擬實驗을 통해 수질 및 대기오염을 현상태로 유지하기 위해 필요한 環境稅率을 계산하여 보았는 바, 그 크기는 GDP대비 1% 정도였다. 그런데, 이와 같은 크기의 環境支出은 현행 實際環境豫算과 비교할 때 훨씬 큰 값이라는 것을 알 수 있었다.

정부의 환경지출과 市場 및 家計生産에 있어 環境效率性(environmental efficiency)을 증대시키기 위한 費用을 구하는 것은 매우 어렵다. 그러나, 그와 같은 환경효율성 증대의 便益은 지금의 모형에서 쉽게 구할 수 있다. 그리고, 이와 같은 편익은 환경효율성을 증대시키기 위한 投資費用의 上限値라고 볼 수 있다. 본 모형에서의 模擬實驗에 따르면 환경효율성의 증대에 따른 편익은 시장생산의 경우 가장 크게 나타나며 정부의 環境支出의 경우에 가장 작게 나타났다. 이는 곧 市場生産에 있어서의 環境效率性 提高가 가장 시급하다는 것을 말해준다.

우리는 본 논문에서 얻어진 결과들 가운데 많은 부분이 모형을 다른 요소를 가감하여 어느 정도 변형하더라도 아직 성립하리라고 믿지만, 본 연구에 많은 제약이 있었다는 것 또한 인정한다. 첫째로 본 연구는 資料의 不足으로 제한될 수 밖에 없었다. 즉, 우리는 水質汚染의 척도로써 BOD를 그리고 大氣汚染의 척도로서 SO_2를 사용하였다. 그렇지만 대기와 수질을 오염시키는 요인은 이들 이외에도 많이 있음이 널리 알려져 있다. 그리고, 우리가 단지 BOD와 SO_2만을 분석에 이용한 이유는 다른 오염요인이 보다 덜 중요하기 때문이 아니라 그들 요인을 자료로서 정리하기 시작한 것이 일천하여 관측치의 수가 너무 적었기 때문이다. 이들 요인에 대한 충분한 관측치가 이용가능한 미래의 어느 시점에서 연구의 기회가 다시 한번 주어진다면 우리는 기꺼이 우리의 모형에 다른 汚染要因을 도입할 용의가 있다. 둘째로 우리는 國際一般均衡模型을 제시하고 단지 韓國의 資料를 이용하여 추

정을 하였으며, 그와 같은 추정결과가 外國에도 똑같이 적용된다고 가정하였다. 그러나, 이와 같은 가정은 반드시 옳다고 할 수는 없으며 나라에 따라 汚染의 效果에 영향을 미치는 파라미터의 추정치는 매우 다를 가능성도 있다. 특히 汚染에 대한 態度는 각 나라의 특유한 文化的 그리고 社會經濟的 要因에 따라 다를 수 있다는 점에서 그렇다. 그러나, 우리는 다음의 두가지 이유 때문에 외국의 파라미터들을 추정할 수가 없었는 바, 첫째로는 2개국 국제경제모형에서 外國이 어느 나라를 지칭하는가가 불분명하다는 점이고 둘째로는 설령 외국을 특정 1개국으로 지정한다 하여도 資料의 수집이 용이하지 못하였다는 점이다. 하지만 우리는 여기에 중요한 연구방향이 존재한다고 생각한다. 즉, 公害와 汚染에 대한 태도는 경제발전단계에 따라 다르다. 따라서, 韓國의 추정치는 선진국인 日本이나 美國의 그것과 크게 다를 수도 있으며 또 그것은 開發途上國인 인도나 중국의 그것과는 다를 수 있다. 이때 開發의 정도에 따라 추정치가 얼마나 또 어떻게 다르냐 하는 것은 매우 흥미로운 연구과제로서 본 연구를 마무리하면서 우리는 이 부분에 대한 연구에 곧 착수할 것을 약속한다.

이와 같은 제약이외에 몇가지 본 모형의 弱點은 쉽게 개선될 수 있으리라 생각된다. 먼저, 우리는 산출물에 대한 租稅만을 고려하였으며, 그에 따라 우리는 공해를 줄이기 위한 支出은 生産者에 대한 조세에 의해서 조달된다고 묵시적으로 가정하였다. 그러나, 수질, 대기 및 자연을 汚染시키는 主體에는 生産者 뿐만 아니라 消費者 또한 포함된다. 따라서, 公害를 減縮시키는 費用은 消費稅에 의해 보전될 수도 있으며, 이때 흥미로운 하나의 의문은 어떤 종류의 조세가 보다 더 效率的인가 또 어떤 조세의 配合이 가장 효율적인가 하는 것이다. 나아가 우리는 주어진 조세의 유형에 대해 어떤 稅率이 가장 최적적인가 하는 의문을 가져볼 수 있다. 다음으로 우리는 不確實性과 衝擊이 있을 때 본 모형에 있어 短期效果에 대해 분석하지 않았다. 그러나, 이와 같은 단기효과의 분석은 實物景氣變動理論의 방법론을 이용하면 쉽게 행할 수 있다고 믿어진다. 물론 이때 과연 환경문제가 短期的인가 아니면 長期的인가에 대한 판단을 하여야 하고, 만일 장·단기의 환경문제가 서로 다르다면 어떤 측면의 문제를 短期 또는 長期로 보아야 하는가를 결정하여야 한다. 셋째로 지금의 모형은 公害의 어떤 國際標準(international standard)에 맞추기 위해서는 얼마만한 時間과 費用이 소요되는가를 분석하는데 이용될 수 있다.

마지막으로 본 논문에서 어떤 결정적인 하나의 結論에 이르렀다고는 생각하지

않는다. 단지 우리는 이 논문에서 많은 環境에 관련된 問題들을 분석함에 있어 거시적 國際一般均衡模型의 이용가능성을 보여주고자 하였다. 그리고, 만일 이와 같은 연구가 가치가 있는 것이라면 다음 단계의 연구는 보다 정교한 모형을 개발하는 것이라 하겠다.

參 考 文 獻

[1] Arrow, K.J., "The Economic Implications of Learning by Doing," *Review of Economic Studies XXIX*, 1962, 155-173.

[2] Baltagi, H.B. and J.M. Griffin, "A General Index of Technical Change," *Journal of Political Economy* vol. 96, 1988, 20-41.

[3] Becker, G.S., "A Theory of Allocation Time," *Eonomic Journal* vol. 75, 1965, 493-517.

[4] Becker, G.S., *Economic Theory*, Alfred A.Knopf: New York, 1971.

[5] Benhabib, J.,R. Rogerson and R. Wright, "Homework in Macroeconomics: Household Production and Aggregate Fluctuations," *Journal of Political Economy* vol. 99, 1991.

[6] Bils, M. and J.O. Cho, "Cyclical Factor Utilization," *Journal of Monetary Economics*, forthcomming, 1994.

[7] Bockstael, N.E. and K.E. McConnell, "Welfare Measurement in the Household Production Framework," *American Economic Review* vol. 73, 1983, 806-14.

[8] Cho, J.O., T.F. Cooley and H.K. Kim, "Welfare Costs of Internation in an Open Economy," Working Paper, University of Rochester, 1993.

[9] Cho, J.O. and M.J. Roche, "An International Business Cycle Model with Money," manuscript, Queen's University, 1991.

[10] Cooley, T.F. and G.D. Hansen, "The Welfare Costs of Moderate Inflation," *Journal of Money Credit and Banking*, 1992a.

[11] Cooley, T.F. and G.D. Hansen, "Tax Distortions in a Neoclassical Monetray Economy," *Journal of Economic Theroy*, 1992b.

[12] Cropper, M.L. and W.E. Oates, "Environmental Economics: A Survey," *Jouranl of Economic Literature, XXX*, 675-740, 1992.

[13] Dickie, M. and S. Gerking, "Willingness to Pay for Ozone Control: Inferences form the Demand for Medical Care," *Journal of Urban Economics*, 1992.

[14] Harris, M., *Dynamic Economic Analysis*, Oxford University Press: New York, 1987.

[15] Eichenbaum, M., L.P. Hansen and K.J. Singleton, "A Time Series Analysis of Representative Agent Models of Consumption and Leisure Choice undr Uncertainty," *Quarterly Journal of Economics*, 51-78, 1987.

[16] Gronau, R., "Home Production - A Survey," in O. Ashenfelter and R. Layard (eds.), *Handbook of Labor Economics,* 1986.

[17] Gerking, S. and L.R. Stanley, "An Economic Analysis of Air Pollution and Health: The Case of St. Louis," *Review of Economics and Statistics* vol. 68, 115-21, 1986.

[18] Gollop, F.M. and M.J. Roberts, "Environmental Regulations and

Productivity Growth: The Case of Fossil-fueled Electric Power Generation," Journal of Political Economy vol. 91, 654-74, 1983.

[19] Gray, W.B., "The Cost of Regulation: OSHA, EPA and the Productivity Slowdow," *American Economic Review* vol. 77, 998-1006, 1987.

[20] Greenwood, J. and Z. Hercowitz, "The Allocation of Capital and Time over the Business Cycle," *Journal of Political Economy* vol. 99, 1188-214, 1991.

[21] Hanse, L.P., "Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators," *Econometrica,* vol. 50, 1029-54, 1982.

[22] Hansen, L.P. and K,J. Singleton, "Generalzed Instrumental Variables Estimation of Nonlinear Rational Expectation Models," *Econometrica,* vol. 50, 1269-86, 1982.

[23] King, R.G., C.I. Plosser and S. Robelo, "Production, Growth and Business Cycles: I. The Basic Neoclassical Model," *Journal of Monetary Economics* 21, 195-232, 1988.

[24] Lucas, R.E., Jr., "On The Mechanics of Economic Development," *Journal of Monetary Economics,* vol. 22, 3-42, 1988.

[25] Mankiw, N.G., J.J. Rotemberg and L.H. Summers, "Intertemporal Substitution in Macroeconomics," *Quarterly Journal of Economics,* 225-251, 1985.

[26] Munasinghe, M., "Environmental Issues and Economic Decisions in Developing Countries," *World Development,* vol. 21, 1729-48, 1993.

[27] Ogaki, M., "Generalized Method of Moments Econometric Applications" in G.S. Maddala, C.R. Rao and H.D. Vinod, eds., *Handbook of statistics,* vol. 11, Econometrics. Amsterdam: North-Holland, 1993.

[28] Prescott, E.C., "Theory Ahead of Business Cycle Measurement," in K. Brunner and A. Meltzer (eds.), *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 25, 1986.

[29] Prescott, E.C. and R. Mehra, "Recursive Competitive Equilibrium," *Econometrica* vol. 48, 1365-1379, 1980.

[30] Romer, P.H., "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy* 94, 1002-37, 1986.

[31] Rosen, S., "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation and in Pure Competition," *Journal of Political Economy* vol. 82, 34-55, 1974.

[32] Rosen, S., "The Theory of Equalizing Differences," in O. Ashenfelter and R. Layard (eds.) *Handbook of Labor Economics,* 1986.

[33] Smith, V.K. and W.H. Desvousges, "Averting Behavior: Does It Exist?" *Economic Letters* vol. 20, 291-96, 1986.

[34] Smith, V.L., "The Principle of Unanimity and Voluntary Consent in Social Choice," *Journal of Political Economy,* vol. 85, 1125-39, 1977.

[35] Stokey, N.L., R.E. Lucas, Jr. and E.C. Prescott, *Recursive Methods in Economic Dynamics*, Harvard University Press: Cambridge, 1989.

附 錄 1 : 오일러式의 도출

만일 $\tau_t^{dd} = \tau_t^{fd} = 0$이라 가정하고, $\tilde{b}_{t+1}{}^{d}$을 t기의 자국의 재화의 단위로 나타낸 외화자산(또는 외채)이라고 하면 式 (8)은 다음과 같이 고쳐쓸 수 있다.

$$c_t^{dd} + i_t^{dd} + s_t c_t^{fd} + \tilde{b}_{t+1}{}^{d}$$

$$\leq (1-\tau_t^{dw}) \cdot W_t^d \cdot n_t^d + (1-\tau_t^{dk}) \cdot R_t^d \cdot k_t^d + \tau_t^{dk} \cdot \delta^d \cdot k_t^d + (1+r_{t-1}) \tilde{b}_t{}^{d} + TR_t^d \qquad \text{(A. 1)}$$

이제 초기의 외화자산 $\tilde{b}_0 = 0$이라고 가정하면 (A.1)은 다음과 같은 생애예산제약식(lifetime budget constraint)으로 고쳐쓸 수 있다.

$$\sum_{t=0}^{\infty} d_t (c_t^{dd} + i_t^{dd} + s_t c_t^{fd})$$

$$\leq \sum_{t=0}^{\infty} d_t \ \{(1-\tau_t^{dw}) \cdot W_t^d \cdot n_t^d + (1-\tau_t^{dk}) \cdot R_t^d \cdot k_t^d + \tau_t^{dk} \cdot \delta^d \cdot k_t^d + TR_t^d\} \qquad \text{(A. 2)}$$

여기서 d_t는 할인인자(discount factor)로서 다음과 같이 정의된다.

$$d_t = \frac{1}{(1+r_0)(1+r_1) \cdot \cdot \cdot (1+r_{t-1})}, \quad t = 0, 1, 2, \cdot \cdot \cdot, \infty \qquad \text{(A. 3)}$$

이때 $d_0 = \frac{1}{1+r_0}$이다. 물론 (A.2)를 도출함에 있어 우리는 자본시장이 완전할 뿐만아니라, 다음과 같은 transversality condition이 성립한다고 가정하였다.

$$\lim_{t\to\infty} d_t \tilde{b}_{t+1} = 0 \qquad \text{(A. 4)}$$

새로이 도출한 자국가계의 생애예산제약식과 효용함수 (5) 및 자본의 진행법칙을 사용하여 가계의 효용극대화를 위한 Lagrange함수를 세워볼 수 있다.

$$L = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \{\beta^t \frac{1}{1-\sigma}[(c_t^{dd})^{\phi_1}(c_t^{fd})^{\phi_2}(l_t^d)^{1-\phi_1-\phi_2}(E_t^d)^{\nu_1+\phi_1+\phi_2}(A_t^d)^{\nu_2+\phi_1+\phi_2}]^{1-\sigma}$$

$$+ \Lambda \cdot d_t[(1-\tau_t^{dw})W_t^d n_t^d + (1-\tau_t^{dk})R_t^d \cdot k_t^d + \tau_t^{dk} \cdot \delta^d \cdot k_t^d + TR_t^d - (c_t^{dd} + i_t^{dd} + s_t c_t^{fd})]$$

$$+ q_t[(1-\delta)k_t^d + i_t^{dd} - k_{t+1}^d]\} \qquad \text{(A. 5)}$$

그리고, 효용극대화를 위한 일차조건을 구하면 다음을 얻을 수 있다.

$$\phi_1 \beta^t (Q_t^d)^{1-\sigma} / c_t^{dd} = \Lambda d_t \qquad \text{(A. 6)}$$

$$\phi_2 \beta^t (Q_t^d)^{1-\sigma} / c_t^{fd} = \Lambda d_t s_t \qquad \text{(A. 7)}$$

$$(1-\phi_1-\phi_2)\beta^t (Q_t^d)^{1-\sigma} / l_t^d = \Lambda d_t (1-\tau_t^{dw}) W_t^d \qquad \text{(A. 8)}$$

$$\Lambda \cdot d_t = q_t \qquad \text{(A. 9)}$$

$$q_t = E_t \{(1-\delta)q_{t+1} + (1-\tau_{t+1}^{dk})R_{t+1}^d \Lambda \cdot d_{t+1} + \tau_{t+1}^{dk} \cdot \delta^d \cdot \Lambda \cdot d_{t+1}\} \qquad \text{(A. 10)}$$

이때 물론 (A.2)와 자본의 진행법칙 또한 만족되어야 하며, Q_t^d는 다음과 같이 정의된다.

$$Q_t^d = (c_t^{dd})^{\phi_1}(c_t^{fd})^{\phi_2}(l_t^d)^{1-\phi_1-\phi_2}(E_t^d)^{\nu_1+\phi_1+\phi_2}(A_t^d)^{\nu_2+\phi_1+\phi_2} \qquad \text{(A. 11)}$$

이제 (A.6)-(A.8)와 t+1기의 (t기에서 본)유사한 일차조건으로부터 다음을 얻을 수 있다.

$$\beta E_t\left[\left(\frac{Q_{t+1}^d}{Q_t^d}\right)^{1-\sigma}\left(\frac{C_{t+1}^{dd}}{C_t^{dd}}\right)^{-1}\right]=\frac{1}{1+r_t} \qquad \text{(A. 12)}$$

$$\beta E_t\left[\left(\frac{Q_{t+1}^d}{Q_t^d}\right)^{1-\sigma}\left(\frac{C_{t+1}^{fd}}{C_t^{fd}}\right)^{-1}\right]=\frac{s_{t+1}}{(1+r_t)s_t} \qquad \text{(A. 13)}$$

$$\beta E_t\left[\left(\frac{Q_{t+1}^d}{Q_t^d}\right)^{1-\sigma}\left(\frac{l_{t+1}^d}{l_t^d}\right)^{-1}\right]=\frac{(1-\tau_{t+1}^{dw})W_{t+1}^d}{(1+r_t)(1-\tau_t^{dw})W_t^d} \qquad \text{(A. 14)}$$

따라서, (A.12)-(A.14)를 다시 정리하면 본문에서 추정에 사용된 오일러式 (34)-(36)을 얻을 수 있다.

附 錄 2 : 均衡成長路

본문에서 논의한 均衡成長經路은 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저 이를 위해 다음의 식들을 정의하기로 하자.

$$F_1 = \frac{(1+\tau^{dd})\phi_2}{(1+\tau^{fd})\phi_1}$$

$$F_2 = \left[\frac{(1+g_H^d)/\overline{\beta} - 1 + \delta^d(1-\tau^{dk})}{(1-\tau^{dk})(1-\tau^{de})\theta\lambda^d(\overline{H}^d)^{1-\theta}} \right]^{\frac{1}{\theta-1}}$$

$$F_3 = \frac{(1+\tau^{dd})(1-\phi_1-\phi_2)}{\phi_1(1-\tau^{dw})(1-\tau^{de})(1-\theta)\lambda^d F_2^{\theta}(\overline{H}^d)^{1-\theta}}$$

$$F_4 = \frac{(1+\tau^{fd})\phi_1}{(1+\tau^{ff})\phi_2}$$

$$F_5 = \left[\frac{(1+g_H^f)/\overline{\beta} - 1 + \delta^f(1-\tau^{fk})}{(1-\tau^{fk})(1-\tau^{fe})\theta\lambda^d(\overline{H}^f)^{1-\theta}} \right]^{\frac{1}{\theta-1}}$$

$$F_6 = \frac{(1+\tau^{ff})(1-\phi_1-\phi_2)}{\phi_1(1-\tau^{fw})(1-\tau^{fe})(1-\theta)\lambda^f F_5^{\theta}(\overline{H}^f)^{1-\theta}}$$

$$F_7 = (1-a^d-e^d)\lambda^d(\overline{H}^d)^{1-\theta}(F_2)^{\theta-1}$$

$$F_8 = (1-a^f-e^f)\lambda^f(\overline{H}^f)^{1-\theta}(F_5)^{\theta-1}$$

$$F_9 = \frac{F_7 - (\delta^d + g_H^d)}{1+F_1}$$

$$F_{10} = \frac{F_8 - (\delta^f + g_H^f)}{1 + 1/F_4}$$

이때 α는 총산출량 대비 정부의 비환경지출의 비중을 나타내며 e는 환경지출 비중을 나타낸다. 이때 우리는 이들 비중이 주어져 있다고 가정한다. 이제 이와 같은 정의식들을 이용하여 다음과 같은 均衡成長經路을 구할 수 있다.

$$N^d = \frac{1}{1 + F_2 F_3 F_9} \qquad \text{(A. 15)}$$

$$\overline{K}^d = F_2 \cdot N^d \qquad \text{(A. 16)}$$

$$\overline{C}^{dd} = F_9 \cdot \overline{K}^d \qquad \text{(A. 17)}$$

$$\overline{C}^{df} = F_1 \cdot \overline{C}^{dd} \qquad \text{(A. 18)}$$

$$N^f = \frac{1}{1 + F_5 F_6 F_{10}} \qquad \text{(A. 19)}$$

$$\overline{K}^f = F_5 \cdot N^f \qquad \text{(A. 20)}$$

$$\overline{C}^{ff} = F_{10} \cdot \overline{K}^f \qquad \text{(A. 21)}$$

$$\overline{C}^{fd} = \frac{1}{F_4} \cdot \overline{C}^{ff} \qquad \text{(A. 22)}$$

이와 같은 변환된 변수들의 값과 두 경제의 성장률 g_H와 g_F를 이용하여 均衡成長經路를 구할 수 있다. 그런데, 이때 주의하여야 할 것은 g_H와 g_F가 內生的으로 결정되어야 한다는 점이다. 그리고, 균형성장경로는 초기의 자본스톡 K_0^d와 K_0^f의 값에 의존하게 된다.

附 錄 3： 表

<표 Ⅱ-1> 년도별 대기오염도 현황

<표 Ⅱ-2> 하천의 환경기준

<표 Ⅱ-3> 4대강 수질오염현황

<표 Ⅱ-4> 축산폐수 배출시설의 설치허가 및 신고대상 기준

<표 Ⅱ-5> 년도별 일반폐기물 발생현황

<표 Ⅱ-6> 생활 쓰레기 발생현황 및 구성비

<표 Ⅱ-7> 년도별 폐기물 처리현황

<표 Ⅲ-1> 중앙정부의 환경예산 현황

<표 Ⅲ-2> 환경투자액의 국제 비교

<표 Ⅲ-3> 분야별 예산 내역

<표 Ⅲ-4> 각국의 GNP대비 환경기술개발비 현황

<표 Ⅲ-5> 우리나라의 환경기술수준

<표 Ⅲ-6> 신경제 기간동안의 기초시설 확장 및 부족 내역

('92년기준 선진국수준=100)

附 錄 4