

Article

태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 경제적 파급효과

유승훈¹ · 정동원² · 박세현^{3*}

¹서울과학기술대학교 에너지환경대학원
(139-743) 서울 노원구 공릉2동 172

²호서대학교 해외개발학과
(330-713) 충남 천안시 안서동 268

³한국해양연구원 해양정책연구실
(426-744) 경기도 안산시 상록구 해안로 787

The Economic Impacts of Pacific Ocean Deep-sea Manganese Nodule Development Project

Seung-Hoon Yoo¹, Dong-Won Jeong², and Se-Hun Park^{3*}

¹Graduate School of Energy and Environment
Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

²Department of International Area Studies
Hoseo University, Chungnam 330-713, Korea

³Department of Ocean Policy Research, KORDI
Ansan 426-744, Korea

Abstract : The securing of raw material is an important requirement for economic development. Many countries, including Korea, actively seek out a stable supply of minerals such as manganese. Manganese nodules are rock concretions on the sea bottom formed of concentric layers of iron and manganese hydroxides around a core and include several strategic minerals necessary for economic development. In particular, the manganese nodule development project (MNDP) plays an important role in the Korean national economy. This study attempts to apply input-output (I-O) analysis in investigating the economic impacts of the MNDP in the Korean national economy. A static I-O framework was employed, focusing on four topics in its application; the production-inducing impacts, the value-added-inducing impacts, the employment-inducing impacts and R&D-inducing impacts of MNDP investments on other sectors. To this end, several versions of the demand-driven models are utilized. In addition, inter-industry linkage analysis is performed to obtain information on the forward and backward linkage effects of industries, including MNDP, to quantify the strength of causation among these industries.

Key words : pacific ocean, deep-sea manganese nodule, input-output analysis, economic impact, demand-driven model

*Corresponding author. E-mail : shpark@kordi.re.kr

1. 서 론

19세기 산업혁명은 서구 선진국가들의 산업구조를 공업화로 전환시켰고 20세기 첨단산업의 급속한 발달은 선진국뿐만 아니라 개발도상국의 산업구조를 공업화로 이끄는 데 큰 역할을 하였다. 이처럼 많은 국가들이 공업화를 성공적으로 이룩함에 따라 인구는 급속히 증가하였으며, 이와 비례하여 전 세계적으로 육상 광물자원에 대한 수요 역시 폭발적으로 증가하게 되었다.

최근 중국과 인도 등 신흥공업국들의 급속한 경제발전으로 이들 국가들에서의 금속광물자원에 대한 수요는 폭발적으로 증가하고 있고, 이로 인해 금속광물자원 가격이 상승하는 등 수급 불균형이 심화되고 있다. 이에 따라 세계 각국은 광물자원을 안정적으로 확보하기 위해 다각도로 노력하고 있다. 특히 여러 선진국들은 육상광물자원 고갈 및 환경과피 문제를 해결하기 위해 1980년대부터 심해저에 부존되어 있는 막대한 양의 해저광물자원에 관심을 가지고 이의 개발에 많은 투자를 해오고 있다.

미국의 경우 1977년 다국적 컨소시엄 OMA(Ocean Mining Associates)가 파일럿 양광시험을 실시하였으며, 1978년 OMI(Ocean Management Inc.)는 수력펌핑양광시험과 공기양광시험의 2가지 방식에 대한 파일럿 테스트를 통해 연속채광에 성공하였고, OMCO(Ocean Minerals Company)도 채광시험을 통해 데이터를 취득하였다. 일본도 1981년부터 심해저 자원개발 기술을 8대 대형 국책과제로 선정하여 1997년 수심 2,200 m의 실패역에서 성능시험을 수행하였으며, 중국은 2001년에 140 m 호수시험, 인도는 독일과 함께 2000년에 수심 500 m에서 해저 모래 채광시험을 실시한 바 있다(윤 등 2005).

국토가 작고 육상광물자원이 빈약한 우리나라는 대부분의 광물자원을 수입에 의존하고 있어 국제정세가 불안정해질 때마다 자원 수급의 문제가 발생하는 어려움을 여러 차례 경험한 바 있다(김 2002). 이의 근본적인 해결방안의 하나로서 우리정부는 첨단산업 발전에 필수적인 전략금속자원을 풍부하게 함유하고 있는 심해저 망간단괴 자원의 개발을 국가 주요 정책의 하나로 설정하여 개발에 나서고 있다.

망간단괴의 경우 상업적 개발을 위한 금속광물은 니켈, 구리, 코발트, 망간이다(박 2008). 망간단괴가 함유하고 있는 니켈, 구리, 코발트 등 주요 금속들은 우리나라의 전략산업과 밀접한 관계를 맺고 있다. 예를 들어 니켈의 경우 총생산의 23%가 화학 플랜트 및 정유시설 자재, 13%는 전기제품생산소재, 12%는 자동차 소재산업으로 이용되고 있으며, 구리는 전기관련산업과 엔진제조 및 건축설비 등의 산업소재로 각각 52%와 15%가 이용되고 있다. 코발트의 경우 전기·통신산업과 항공우주산업에 각각 23%씩 이

용되고 있으며, 20%는 엔진과 첨단 의료기기산업소재로 이용되고 있다. 또한 망간은 수송, 기계, 건축 등에 소요되는 철강산업의 필수적인 소재이다. 따라서 심해저 망간단괴는 우리나라 경제발전과 밀접한 연관관계를 맺고 있다고 할 수 있다.

이러한 배경 하에서는 본 논문은 투입산출분석(input-output analysis)을 이용하여 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 국민경제적 파급효과를 분석하고자 한다. 투입산출분석을 수행하는 데 있어서 수요유도형 모형을 다루되, 특히 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 내생부문이 아닌 외생부문으로 다루는 외생화 기법을 이용하여 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 경제적 파급효과를 보다 분명하게 추정하고자 한다. 이를 통해 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과, 연구개발 유발효과, 산업간 연쇄효과를 분석한다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 먼저 제2절에서는 심해저 광물자원 개발사업의 개요를 설명한다. 제3절에서는 투입산출분석을 위한 수요유도형 모형을 소개한다. 제4절에서는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 경제적 파급효과에 대한 분석결과를 제시한다. 마지막 절은 결론으로 할애한다.

2. 심해저 망간단괴 개발사업의 개요

심해저 광물자원 개발사업은 1982년 한국해양연구원의 「심해저 광물자원 개발방안 연구」가 시초였으며 UN심해저제도, 우리나라의 사업 참여방안 연구, 심해저 자원개발 정책 연구 등 초기에는 정책적인 면에 초점을 맞추어 과학기술부 연구과제로 수행되었다. 그 후 1992년부터 산업자원부로 광구탐사 업무가 이전되었으며 1996년 8월 해양수산부 출범과 함께 사업총괄부서를 담당하게 되고 1994년부터 과학기술부가 주관하던 채광 및 제련기술개발 부분도 2001년에는 해양수산부로 이전되어 탐사 및 기술개발업무가 일원화되어 사업의 추진력이 배가되었다. 지금은 국토해양부가 해당 업무를 맡고 있다.

우리나라가 심해저 광물자원 개발사업에 본격적으로 뛰어든 것은 1990년대 초반으로, 이때부터 본격적인 심해저 탐사에 뛰어들어 심해저 광물자원에 대한 탐사 및 상업적 개발에 대한 개념연구를 시작하였다. 1994년 하와이 동남방 2,000 km에 위치한 클라리온-클리퍼톤 해역에서 우리나라 면적의 약 14배에 해당하는 138만km²를 탐사하여 세계 7번째로 UN 산하 국제해저기구(ISA)에 심해저 광구를 등록함과 동시에 선행투자 지위를 부여받았다. 2002년에는 이 해역에서 7.5 km²의 단독개발광구를 확보하는 성과를 거두기도 했다. 이 광구는 우리나라의 75%에 달하는 규모로 감자 모양의 망간단괴가 약 3억톤 가량 부존돼 있

는 것으로 파악되었다. ‘바닷속 검은 노다지’로 통하는 망간단괴는 망간, 니켈, 코발트, 구리 등 4대 전략금속을 함유하고 있어 향후 50년 이상 매년 300만톤을 채광하면 연간 1조원 이상의 수입대체 효과를 가져올 것으로 예상된다.

우리나라의 심해저 광물자원 개발사업 추진은 1991년 8월 및 1993년 12월 경제장관회의 의결에 따라 단계별로 수행 중에 있다. 제1단계에서는 1992~1993년 사이에 유망광구 30만km²를 확보하였고, 제2단계인 1994년부터 2002년까지는 광구 등록, 정밀탐사 및 기술개발 시기로 잡고 이 기간의 첫해인 1994년 8월에는 UN에 광구등록을 마쳤다. 2002년 8월, 최초 등록광구 중 독점적 개발권을 갖는 7.5만km²를 확정하였으며, 2007년 2월 우선채광지역을 선정하였다.

또한 심해저 광물자원 개발 다변화의 일환으로 현재 탐사가 진행 중인 남서태평양에 대한 지속적인 광역탐사를 실시하여 고코발트 망간각 및 해저열수광상의 개발유망지역 선정을 통한 독점적 탐사권을 향후 2010년까지 확보할 수 있도록 계획하고 있다. 아울러 2010년까지 연간 300만톤의 심해저 망간단괴를 채광할 수 있는 심해저 채광시스템을 개발하는 한편, 망간단괴의 제련과 관련하여 소규모 시험제련시설 운용을 통한 세부공정 확립 및 제련상용화공장을 2010년까지 설계한다는 야심찬 계획을 수립한 바 있다. 심해저 광물자원 개발사업은 투자자금의 규모, 투자금 회수의 장기화 등 사업 특성상 초기에는 정부 주도로 추진되지만 본격 상업 생산시에는 민간 참여의 대폭적인 확대로 사업추진주체가 정부에서 민간으로 전환될 것으로 예상되며 본격 생산시기에 대비하여 민관컨소시엄구성 및 해양자원개발촉진법과 같은 관련법제정을 추진하고 있다.

심해저 망간단괴 개발사업으로 우리가 활용할 수 있는 분야는 다음과 같다. 첫째, 알칼리 망간 전지(alkali-manganese Battery)를 만드는데 도움을 줄 수 있으며, 둘째, 화합물로서 건전지나 유리 속에 쇠의 불순물이 들어가 녹색을 띠는 것을 제거하는 데에도 사용되며, 동식물과 인간에게 소량의 필요한 영양분을 제공해 줄 뿐만 아니라 망간은 황산망간 용액의 전기분해에 의하여 알루미늄을 포함하는 광석이나 순도가 높은 광석으로 만들어 판매할 수 있다. 셋째, 인체 안에서의 용도로서 망간은 일반적으로 생리작용이 활발한 부분에 많이 함유되어 있으며 대부분은 가용무기물질의 형태로 존재할 뿐만 아니라 여러 가지 효소의 활성화작용에 기여하고 우리 체내에 양이온으로 존재하면서 산소와 함께 체내 화학반응을 조절한다는 것과 간접적으로 신경전달 물질을 제어할 수 있다. 효능을 살펴보면 노이로제, 조울병, 정신분열증의 치료, 성적능력 강화, 당뇨치료, 천식치료에 도움을 줄 수 있다. 넷째, 온천 효과로서 망간단괴에는 염소, 유황, 망간, 철분 등 주요 성

분이 골고루 포함돼 있어 피부질환에 특히 효험이 있으며 신경통, 근육통, 당뇨, 혈액순환 장애 등에도 좋다고 알려져 있다. 다섯째, 화장품에도 널리 이용될 수 있다. 노화의 공격을 막아낼 수 있는 대표적인 항산화제는 비타민 E 비타민 C 비타민 A 베타카로틴과 노화의 공격에 중화작용을 하는 세레니움, 아연, 구리, 망간, 철이 있다 여섯째, 축구로봇 만드는 재질인 초두랄루민(Super Duralumin)의 생산을 가능하게 한다. 일곱째, 용접봉의 원료로서 용접봉을 보면 길이 가루 같은 것으로 쌓여 있다. 이 가루는 망간인데, 고열로 가열된 쇠가 산화되지 않도록 도와주며, 철보다 반응성이 더 크므로 같은 조건에서는 먼저 산화를 일으켜 철을 붙일 수 있게 된다. 여덟째, 유리제품을 제조할 때 자주색을 만들기 위한 목적으로 쓰일 수 있다. 아홉째, 온도의 변화에 따라 현저하게 구부러지는 성질을 이용하여, 온도변화의 검출, 온도 조정 등의 목적으로 널리 사용되고 있는 바이메탈로서의 역할을 수행할 수 있다. 바이메탈은 가정용, 공업용, 수송용, 군사용 등 각 방면에 사용되고 있다. 특히 가정용 전기기구의 온도 조절장치나, 일반 전기기구류 안에서 전류제한기, 자동개폐기 등 넓은 범위에 걸쳐 사용되고 있다. 마지막으로 차세대 양극재료로 전지 사업에 가장 중요 부품으로 활용할 수 있다. 2차전지(심장)는 반도체(머리), 디스플레이어(눈)와 더불어 정보통신산업의 3대 핵심기술이자 장치산업의 총아로 21세기 한국 100대 기술로 선정된 분야로 유수의 대기업 등이 2차전지 사업을 진행하고 있으나, 그간 전량 수입에 의존해 왔다.

3. 연구방법론

개요

본 연구의 목적은 태평양 심해저 망간단괴 개발사업이 타 산업에 유기적으로 미치는 국민경제적 파급효과를 계량화하는 것이다. 이를 위해서는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 뿐만 아니라 다른 모든 경제부문을 미시적으로 파악하면서도 거시적인 상호관계도 관찰하여야 한다(유 2003, 2007). 이 목적을 달성하기 위해, 본 연구에서는 투입산출분석을 적용한다. 투입산출분석이란 생산 활동을 통하여 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량적으로 파악하는 분석방법으로, 국민경제 전체를 포괄하면서 전체와 부분을 유기적으로 결합한다(Ghosh 1958). 따라서 투입산출분석은 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업 간의 연관관계까지도 분석이 가능하기 때문에 구체적인 경제구조를 분석하는 데 유리하다(Bulmer-Thomas 1982; Miller et al. 1989; Wu and Chen 1990).

태평양 심해저 망간단괴 개발사업은 국민경제를 구성하는 중요한 산업부문으로서 산출물의 상당 부분은 수요산업의 중간재로 공급된다. 따라서 태평양 심해저 망간단괴

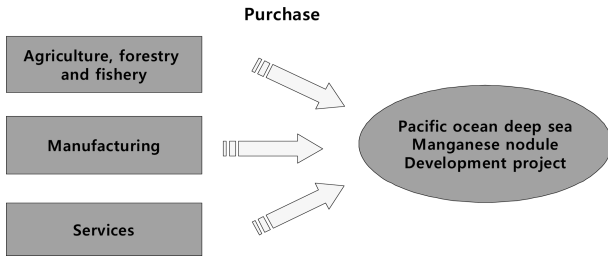


Fig. 1. Framework of looking at deep-sea manganese nodule development project in this study

개발사업에 대한 수요는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 수요산업들의 생산활동 수준에 의해 결정되고, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 공급은 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 수요산업들의 생산활동에 직·간접적으로 영향을 미친다. 즉 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 중심으로 경제적 파급효과를 분석하는 구도는 Fig. 1과 같이 파악할 수 있다. 본 절에서는 바로 이러한 제반 파급효과에 대한 분석모형을 소개한다.

투입산출분석에서는 관심대상 변수를 외생적으로 취급하여 그 변수가 내생적인 경제부문에 미치는 영향을 쉽게 살펴볼 수 있는데, 이 작업을 외생화(exogenous specification)라고 한다. 이런 외생화의 방법을 쓰게 되면, 총수요가 아닌 특정부문의 산출물이 미치는 영향과 그 산출물이 타 산업을 유발시키는 효과를 보다 명확히 알 수 있다(Miller and Blair 1985). 본 연구에서는 이러한 외생화 모형을 중심으로 살펴보고자 한다.

투입산출분석의 기본구조

투입산출분석 모형은 한 경제내 생산부문간의 유기적 관계를 나타내는 부문간 선형모형이다. 이 모형은 투입요소의 판매와 구매사이의 연관관계에 강조를 둔 일반균형 모형의 성격을 가지기 때문에, 전반적인 경제적 영향을 분석하고 예측하는 데 유용한 방법으로 인식되어 왔다(Ciaschini 1988).

투입산출분석을 수행하기 위해서는 먼저 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 특성에 맞는 투입산출표를 사용해야 한다. 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문의 산출물은 특성상 수입이 없기 때문에 국내수요에 미치는 영향만을 관찰하는 것이 타당하다. 이를 위해 비경쟁수입형표에서 도출되는 국산거래표를 이용한다.

n 개의 산업이 경제 내에 존재한다고 할 때, i 부문에서 생산된 재화들은 최종수요를 충족하기도 하고 다른 j 부문에서의 생산을 위한 중간재(Z_{ij})로 사용되기도 한다. 산업연관표를 행(行)으로 보면 i 산업의 중간수요(Z_{ij}), 최종수요(Y_i) 및 총 산출(X_i), 총수입액(M_i)이 기록되는데 이는 i 부문의 산출구조를 나타낸다. 이러한 산출구조에 대한 관

계는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + Y_i - M_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i - M_i \tag{1}$$

여기서, a_{ij} 는 j 부문에 사용되는 i 재 투입량의 몫($a_{ij} = z_{ij}/X_j$)이며, 이를 투입계수(input coefficient) 또는 기술계수(technical coefficient)라고 한다. 이 비율은 j 부문에서 한 단위의 산출물을 생산하기 위해 투입된 i 부문의 산출물을 의미하며, 투입과 산출간의 관계를 나타냄으로써 각 부문별 기술구조 또는 생산관계를 나타낸다. 식 (1)은 특정 부문의 총생산이 경제 내 모든 부문의 한 단위 생산을 위해 투입되는 i 번째 부문의 생산액과 소비지출, 수출, 투자, 정부지출에 의한 최종 용도에 소요되는 양을 합한 것과 같음을 의미한다.

**수요유도형 모형
생산유발효과**

타 산업 생산유발효과란 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에서의 생산이 1원 만큼 증가하였을 때, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 제외한 다른 산업에서 생산이 얼마나 증가하게 되는지를 의미한다. 투입산출분석은 산업의 투입과 산출을 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에 대한 중간수요 및 최종수요와 상호 연관지을 수 있으므로, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에 대한 수요를 분석하는 데 유용하다. 분석대상인 태평양 심해저 망간단괴 개발사업(H)을 외생화한 행렬에 ‘ e ’란 상첨자를 붙여 다시 정리하면 다음 식이 유도된다.

$$\Delta X^e = (I - A^e)^{-1} (A_H^e \Delta X_H) \tag{2}$$

여기서, ΔX^e 는 분석대상인 H 부문을 제외한 다른 부문의 산출량 변화분을 의미한다. $(I - A^e)^{-1}$ 는 투입계수행렬에서 H 부문이 포함된 열과 행을 제외시켜 작성한 레온티에프 역행렬을 나타낸다. A_H^e 는 투입계수행렬 A 의 H 부문을 나타내는 열벡터에서 H 부문 원소를 제외하고 남은 열벡터이며, X_H 는 H 부문의 산출액을 나타낸다.

식 (2)는 관심대상인 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문을 중심으로 한 생산유발효과를 나타내는 식으로 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문의 산출이 경제 내 다른 부문의 산출에 미치는 직·간접적인 효과를 나타낸다. 또한 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문에 대한 투자는 자체로서의 산출효과에 그치는 것이 아니라 연관 효과를 통해 타 산업 부문의 생산을 유발시켜 결과적으로 전체 산업의 생산을 촉진하므로, 식 (2)으로부터 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 총 산출 또는 총 투자로 인한 파급효과를 구할 수 있다(Yoo and Yang 1999; Yoo and Yoo 2009).

부가가치 유발효과

타 산업 부가가치 유발효과란 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에서의 생산이 1원 만큼 증가하였을 때, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 제외한 다른 산업의 부가가치가 얼마나 증가하게 되는지를 의미한다. 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 산출액 증가가 타 부문에 미치는 부가가치 유발효과를 관찰하기 위해, 최종수요의 변동이 없다는 가정 하에 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 외생화하면 다음 식이 유도된다.

$$\Delta V^e = \hat{A}^{ve}(I - A^e)^{-1} (A_H^e \Delta X_H^e) \tag{3}$$

ΔV^e 는 분석대상인 H 부문을 제외한 다른 부문의 부가가치 변화분을 의미한다. \hat{A}^{ve} 은 부가가치계수의 대각행렬에서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 행과 열을 제외시키고 남은 행렬을 의미한다. 식 (3)을 통해 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 산출액 증가에 따른 부가가치 유발효과를 구할 수 있다.

취업유발효과

타 산업 취업유발효과란 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에서의 생산이 1원 만큼 증가하였을 때, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 제외한 다른 산업의 취업자가 얼마나 증가하게 되는지를 의미한다. 최종수요와 취업유발을 연결시켜 분석하려면, 취업계수와 생산유발계수를 기초로 취업유발계수를 도출해야 한다. 취업계수(m_i)란 일정 기간 동안 생산 활동에 투입된 노동량(M_i)을 총산출액(X_i)으로 나눈 계수($m_i = M_i/X_i$)로서 한 단위 생산에 직접 소요된 노동량을 의미한다. X를 생산하기 위해 요구되는 취업자 수는 식 (4)로 표현할 수 있다.

$$M = \hat{m}X = \hat{m}(I - A)^{-1}Y \tag{4}$$

식 (4)에서 $\hat{m}(I - A)^{-1}$ 을 취업유발계수행렬이라 한다. 단 \hat{m} 은 취업계수행렬의 대각행렬이다. 취업유발계수는 특정 산업부문의 생산물 한 단위 생산에 직접 필요한 노동량뿐만 아니라 생산과급과정에서 간접적으로 필요한 노동량도 모두 포함하고 있다.

태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문의 산출액이 미치는 효과를 살펴보기 위해서는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문을 외생화시켜야 한다. 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문을 외생화한 식은 다음과 같이 표현된다.

$$M^e = \hat{m}^e \Delta X^e = \hat{m}^e (I - A)^{-1} (A_H^e \Delta X_H^e) \tag{5}$$

단, M^e 는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 제외한 각 부문별 취업자수를 나타내며, \hat{m}^e 는 취업계수 대각행렬에서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 행과 열을 제

외시키고 남은 행렬이다.

연구개발 유발효과

일반적으로 최종수요가 생산을 유발시키고 생산은 다시 연구개발 수요를 유발시키므로, 최종수요와 연구개발유발을 연결시킴으로써 최종수요가 유발시키는 연구개발효과를 의미하는 연구개발 유발효과를 구할 수 있다. 최종수요와 연구개발유발을 연결시켜 분석하려면 연구개발계수와 생산유발계수를 기초로 연구개발유발계수를 도출해야 하는데, 연구개발계수(r_i)란 일정기간 동안 생산활동에 투입된 연구개발액(R_i)을 총산출액(X_i)으로 나눈 계수($r_i = R_i/X_i$)로서 한 단위의 생산에 직접 소요된 연구개발액을 의미한다. 이 경우 연구개발액은 연구개발계수를 계측하게 되므로, X를 생산하기 위해서 요구되는 연구개발액은 식 (6)으로 표현할 수 있다.

$$R = \hat{r}X = \hat{r}(I - A)^{-1}Y \tag{6}$$

식 (7)에서 $\hat{r}(I - A)^{-1}$ 을 연구개발계수행렬이라 부르며, \hat{r} 은 연구개발계수행렬의 대각행렬이다. 연구개발유발계수는 어느 산업부문의 생산물 한 단위 생산에 직접 필요한 연구개발액뿐만 아니라 생산과급과정에서 간접적으로 필요한 연구개발액도 모두 포함한다.

타 산업 생산유발효과처럼 태평양 심해저 망간단괴 개발사업이 타 산업에 미치는 연구개발투자 유발효과를 살펴보기 위해서는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 외생화시켜야 하며, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 외생화한 식은 다음과 같이 표현된다.

$$R^e = \hat{r}^e \Delta X^e = \hat{r}^e (I - A^e)^{-1} (A_H^e \Delta X_H^e) \tag{7}$$

R^e 는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 제외한 각 부문별 연구개발액이며, \hat{r}^e 는 연구개발계수 대각행렬에서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문의 행과 열을 제외시키고 남은 행렬이다.

산업간 연쇄효과

산업간 연쇄효과란 전방연쇄효과 및 후방연쇄효과를 나타내는 것으로 각 산업간의 상호의존의 정도를 의미한다. 산업간 연쇄효과를 살펴볼 수 있는 지표로는 확산감응도 (sensitivity of dispersion)를 측정함으로써 전방연쇄효과 (forward linkage effect)를 나타내는 감응도계수와 확산력 (power of dispersion)을 측정함으로써 후방연쇄효과 (backward linkage effect)를 나타내는 영향력계수가 있다 (Hirschman 1958; Jones 1976; 이 1983).

감응도 계수(FL_i)는 전 부문의 최종수요를 모두 한 단위씩 증가시키기 위해 i 번째 산업이 생산해야 할 단위의 전 산업 평균치에 대한 비율로 부문에 대해 식 (8)로 정의된다.

$$FL_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} = \frac{n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} \quad (8)$$

영향력 계수(BL_j)는 전 산업 평균 생산유발계수에 대한 산업별 생산유발계수의 비율로 j 번째 산업에 대해 식 (9)로 정의된다.

$$BL_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} = \frac{n \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} \quad (9)$$

4. 분석 결과

자료

한국은행에서 발표된 2007년도 투입산출표를 이용하되, 28부문 통합대분류 방식에 근거하여 분석을 한다. 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 부문은 별도로 추려내어 총 29 부문 투입산출표를 작성하였다. 특히 한국은행 기본부문 403부문에 근거하여 Table 1과 같이 태평양 심해저 망간단괴 개발사업을 정의하였다. 심해저 망간단괴 개발사업은 탐사, 채광, 수송, 제련부문에서 비용이 발생한다(남 등 2004). 따라서 Table 2와 같이 총 29부문을 대상으로 분석을 하며, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업은 제29 부문으로 처리하였고, 이 부문을 외생화하게 되면 결국 28개 부문을 다루게 된다.

산업간 연쇄효과 분석결과

모든 부문의 생산물에 대한 수요가 각각 한 단위씩 발생할 때, 중간재로 사용되는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 산출물 공급도 증가해야 하며, 이때 중간재 산업으로서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업이 받는 영향의 정도가 감응도 계수이다. 감응도 계수로 파악할 수 있는 전방연쇄효과는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 산출물을 다른 산업생산의 원료로 파악하는 것인데, 일반적으로 한 산업의 제품이 각 산업부문에 중간재로 널리 사용되는 산업일수록 감응도 계수는 커진다.

태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 영향력 계수는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 최종수요가 한 단위 발

생할 때 중간재로 사용되는 타 산업부문에 미치는 영향력을 의미한다. 영향력 계수로 파악할 수 있는 후방연쇄효과는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 산출물을 최종재로 보고 다른 산업의 산출물을 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에서의 생산을 위한 원료로 파악한다. 일반적으로 생산과정에서 여러 산업으로부터 중간재를 필요로 하는 산업일수록 영향력 계수는 커진다.

Table 2. 29 sectors re-classified in the study

Codes	Sectors
1	Agriculture, forestry and fishing
2	Mining and quarrying
3	Food, beverages and tobacco products
4	Textile and apparel
5	Wood and paper products
6	Printing and reproduction of recorded media
7	Petroleum and coal products
8	Chemicals, drugs and medicines
9	Non-metallic mineral products
10	Basic metal products
11	Fabricated metal products except machinery and furniture
12	General machinery and equipment
13	Electronic and electrical equipment
14	Precision instruments
15	Transportation equipment
16	Furniture and other manufactured products
17	Electricity, gas, steam and water supply
18	Construction
19	Wholesale and retail trade
20	Accommodation and food services
21	Transportation
22	Communications and broadcasting
23	Finance and insurance
24	Real estate and business services
25	Public administration and defense
26	Education, health and social work
27	Other services
28	Dummy sectors
29	Pacific ocean deep-sea manganese nodule development project

Table 1. Definition of Pacific ocean deep-sea manganese nodule development project in input-output table

Large-sized	Codes	Sub-sectors	Notes
Deep-sea mineral resources	7	Metal ores	Medium-sized
Mining machinery	233	Construction and mining machinery	Basic
Mining ship	49	Ship building and repairing	Medium-sized

Table 3. Sectoral forward and backward linkage effects

Code	Sector	Forward linkage effects		Backward linkage effects	
		Value	Rank	Value	Rank
1	Agriculture, forestry and fishing	0.9555	16	0.9091	20
2	Mining and quarrying	0.5822	28	0.8708	22
3	Food, beverages and tobacco products	1.0890	9	1.0728	8
4	Textile and apparel	0.8080	19	1.0537	9
5	Wood and paper products	1.0493	10	1.0325	15
6	Printing and reproduction of recorded media	0.6631	22	1.0525	11
7	Petroleum and coal products	1.2996	5	0.6041	29
8	Chemicals, drugs and medicines	1.9516	2	1.0529	10
9	Non-metallic mineral products	0.7357	21	1.0313	16
10	Basic metal products	2.0189	1	1.1281	7
11	Fabricated metal products except machinery and furniture	0.9925	14	1.2189	4
12	General machinery and equipment	0.9457	17	1.2296	3
13	Electronic and electrical equipment	1.0420	11	1.2333	2
14	Precision instruments	0.5945	26	1.0412	13
15	Transportation equipment	0.9925	15	1.2158	5
16	Furniture and other manufactured products	0.6438	23	1.1302	6
17	Electricity, gas, steam and water supply	1.0966	8	0.7544	28
18	Construction	0.6039	25	1.0468	12
19	Wholesale and retail trade	1.3240	4	0.8538	23
20	Accommodation and food services	1.0197	12	1.0390	14
21	Transportation	1.1624	7	0.8086	24
22	Communications and broadcasting	0.9069	18	0.9692	19
23	Finance and insurance	1.2408	6	0.8719	21
24	Real estate and business services	1.7995	3	0.7849	27
25	Public administration and defense	0.5260	29	0.8041	26
26	Education, health and social work	0.6234	24	0.8057	25
27	Other services	0.7558	20	0.9946	17
28	Dummy sectors	0.9931	13	1.4392	1
29	Pacific ocean deep-sea manganese nodule development project	0.5840	27	0.9944	18

감응도 계수의 평균과 영향력 계수의 평균은 정확하게 1이므로 1보다 낮으면 평균보다 낮으며, 1보다 크면 평균보다 크다고 볼 수 있다. 29개 부문에 대해 감응도 계수와 영향력 계수를 계산한 결과는 Table 3에 제시되어 있다. 각 산업별 감응도 계수는 제1차 금속제품 부문이 2.0189로 가장 크며, 화학제품과 부동산 및 사업서비스 부문이 각각 1.9516 및 1.7995로 각각 2위 및 3위를 차지하고, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 감응도 계수는 0.5840으로 27위를 차지하였다. 감응도 계수가 1보다 작다는 것은 일반적인 경기가 활황일 때 태평양 심해저 망간단괴 개발사업이 전반적으로 산업성장에 자극받는 정도가 작다는 것을 의미하는데, 즉 태평양 심해저 망간단괴 개발사업은 경기변동에 영향을 받지 않는 산업이라는 것을 의미하

며, 중간수요적 성격보다는 최종수요적 성격을 가진다.

각 산업별 영향력 계수는 기타 부문이 1.4392로 가장 높게 나타났으며, 전기 및 전자기기와 일반기계 부문이 각각 1.2333 및 1.2296로 2위 및 3위를 차지하였으며, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업은 0.9944로 1보다 낮게 나타났다. 영향력 계수가 1보다 작다는 것은 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 투자지출에 따른 경제적 파급효과, 즉 다른 산업을 견인하는 정도가 다른 부문보다 상대적으로 작다는 것을 의미한다.

따라서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업은 제조업적 성격보다는 원시산업적(primary production) 성격을 가진다. 따라서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업은 전방연쇄효과와 후방연쇄효과가 모두 낮기에 최종수요적 원시산업

형이라 할 수 있다.¹⁾

**경제적 파급효과 분석결과
분석의 구조**

태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 경제적 파급효과는 자기산업에 미치는 효과와 타 산업에 미치는 효과의 합으

로 구성된다. 앞서 설명하였던 모형은 주로 타 산업에 미치는 효과와 관련이 있다. 아울러 경제적 파급효과로 생산 유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과, 연구개발 유발효과의 4가지를 분석한다.

자기산업에 미치는 효과란 1차적인 것으로 해당 부문의 생산, 부가가치, 취업, 연구개발 등이 활성화되는 효과이

Table 4. Economic impacts of pacific ocean deep-sea manganese nodule development project investment on other sectors

Sector	Production-inducing effects		Value added-inducing effect		Employment-inducing effect		R&D-inducing effect	
	Value (won)	Rank	Value (won)	Rank	Value (persons/ 1 billion won)	Rank	Value (won)	Rank
Agriculture, forestry and fishing	0.0026	25	0.0015	21	0.1015	11	0.0000	23
Mining and quarrying	0.0011	27	0.0007	26	0.0062	25	0.0000	22
Food, beverages and tobacco products	0.0047	23	0.0013	23	0.0172	24	0.0000	14
Textile and apparel	0.0062	20	0.0019	20	0.0496	15	0.0000	17
Wood and paper products	0.0088	17	0.0023	19	0.0421	16	0.0000	18
Printing and reproduction of recorded media	0.0017	26	0.0007	25	0.0184	23	0.0000	21
Petroleum and coal products	0.0257	10	0.0068	11	0.0048	26	0.0000	13
Chemicals, drugs and medicines	0.0601	5	0.0129	7	0.1401	9	0.0007	3
Non-metallic mineral products	0.0079	18	0.0023	18	0.0318	20	0.0001	11
Basic metal products	0.2185	1	0.0379	2	0.2053	7	0.0005	4
Fabricated metal products except machinery and furniture	0.0676	4	0.0196	5	0.4012	4	0.0002	8
General machinery and equipment	0.1414	2	0.0372	3	0.5671	2	0.0014	2
Electronic and electrical equipment	0.0469	7	0.0115	9	0.1345	10	0.0024	1
Precision instruments	0.0127	14	0.0033	15	0.0786	14	0.0004	5
Transportation equipment	0.0143	13	0.0031	16	0.0346	18	0.0003	7
Furniture and other manufactured products	0.0049	22	0.0014	22	0.0333	19	0.0000	15
Electricity, gas, steam and water supply	0.0229	11	0.0086	10	0.0301	21	0.0001	9
Construction	0.0029	24	0.0012	24	0.0291	22	0.0000	19
Wholesale and retail trade	0.0542	6	0.0321	4	1.3012	1	0.0001	10
Accommodation and food services	0.0095	16	0.0038	14	0.2186	6	0.0000	25
Transportation	0.0284	8	0.0115	8	0.3045	5	0.0000	16
Communications and broadcasting	0.0120	15	0.0055	12	0.0356	17	0.0000	12
Finance and insurance	0.0278	9	0.0161	6	0.1490	8	0.0000	24
Real estate and business services	0.0712	3	0.0487	1	0.5629	3	0.0004	6
Public administration and defense	0.0003	28	0.0002	27	0.0026	27	0.0000	27
Education, health and social work	0.0066	19	0.0045	13	0.1002	12	0.0000	26
Other services	0.0057	21	0.0029	17	0.0915	13	0.0000	20
Dummy sectors	0.0186	12	0.0000	28	0.0000	28	0.0000	27
Pacific ocean deep-sea manganese nodule development project	0.8854		0.2794		4.6915		0.0067	

¹⁾전후방연쇄효과의 크기에 따라 산업을 크게 네 가지 유형으로 구분할 수 있다. 첫째, 전후방연쇄효과가 모두 높은 산업은 중간수요적 제조업형, 둘째, 전방연쇄효과가 높고 후방연쇄효과가 낮은 산업은 중간수요적 원시산업형, 셋째, 후방연쇄효과가 높고 전방연쇄효과가 낮은 산업은 최종수요적 제조업형, 마지막으로 전후방연쇄효과가 모두 낮은 산업은 최종수요적 원시산업형으로 구분할 수 있다(한국은행 1987)

며, 타 산업에 미치는 효과는 2차적인 것으로 타 산업의 생산, 부가가치, 취업, 연구개발을 유발하는 효과를 의미한다. 즉 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 활동으로 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 관련 부문에 변화가 발생하며 이 변화를 기본 투입요소로 하되, 2007년 투입산출에 근거한 투입산출분석을 통해 각종 파급효과를 구한다. 아울러 각 경제적 파급효과를 구하는 데 있어서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 외 타 산업에 미치는 효과를 분리하여 추정한 후 취합한다.

분석결과

태평양 심해저 망간단괴 개발사업이 타 산업에 미치는 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과, 연구개발 유발효과를 추정한 결과는 Table 4에 제시되어 있다. 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에 대한 1원의 투자는 타 산업의 생산을 0.8854원, 타 산업의 부가가치를 0.2794원 만큼 유발하며, 10억원 투자는 타 산업의 취업을 4.6915명만큼 유발하는 것으로 분석되었다. 전반적으로 보면 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 생산은 제1차 금속제품과 일반기계 등과 같은 제조업 산업의 생산, 부가가치, 취업, 고용을 많이 유발하며 서비스업 중에서는 도소매 및 운수업 부문에 대한 파급효과가 큰 것으로 판단된다.

또한 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에 대한 1원의 투자는 타 산업의 연구개발을 0.0067원 만큼 유발하는 것으로 분석되었으며, 전반적으로 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 연구개발은 전기 및 전자기기, 일반기계, 화학제품과 제1차 금속제품 등과 같은 제조업의 연구개발에 큰 영향을 미치며, 서비스업 중에서는 부동산 및 사업서비스와 수송장비 부문에 대한 파급효과가 큰 것으로 판단된다.

한편 자기 산업에 미치는 경제적 효과까지도 함께 구하여 총 경제적 효과를 분석한 결과는 Fig. 2에 요약되어 있다. 여기서 총 투자액은 2011년부터 2015년까지 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에 투입될 것으로 예상되는 962억원(민자 230억원 포함)²⁾을 의미한다.

따라서 962억원의 투자가 미치는 경제적 파급효과를 구한 것이라 볼 수 있다.

생산유발효과는 자기 산업 파급효과 962억원 및 타 산업 파급효과 852억원으로 총 1,814억원이다. 부가가치 유발효과는 자기 산업 파급효과 282억원과 타 산업 파급효과 273억원으로 총 555.0억원이다. 연구개발 유발효과는 자기 산업 파급효과 14억원 및 타 산업 파급효과 및 타 산업 파급효과 7억원으로 총 21억원으로 분석되었다. 취업유발효과는 자기 산업에서 368.0명을 유발하며 타 산업에서 451.3명 등 총 819.3명에 달하는 것으로 분석되었다.

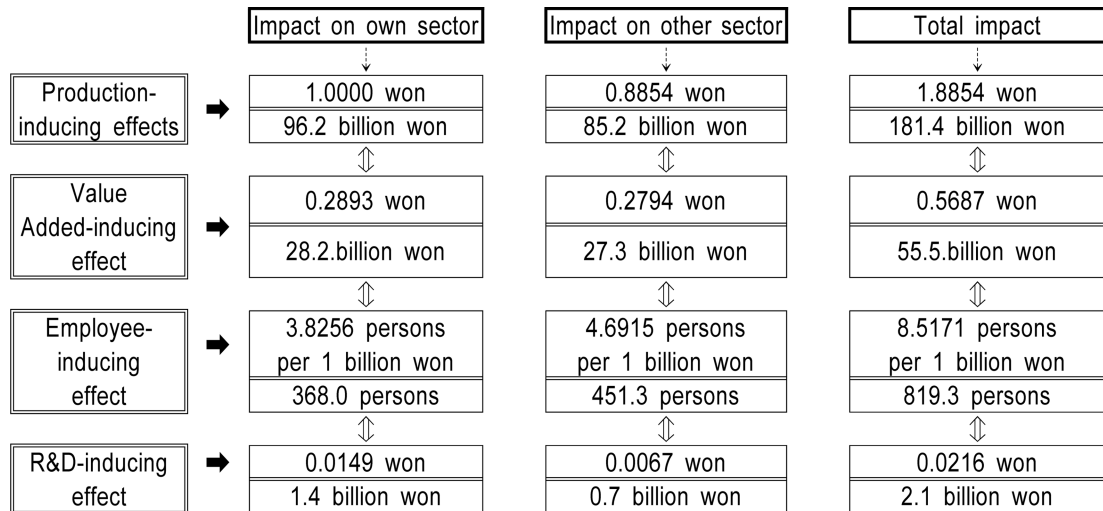


Fig. 2. Summary of the economic impacts of pacific ocean deep-sea manganese nodule development project

²⁾채광: 2011년 100억원, 2012년 100억원, 2013년 80억원, 2014년 70억원, 2015년 60억원 투입, 제련: 2011년 15억원, 2012년 25억원, 2013년 25억원, 2014년 25억원, 2015년 20억원 투입, 탐사: 2011년 38억원, 2012년 이후부터는 40억원씩 투입, 범·경제: 5년간 14억원, 민자: 2013년 40억원, 2014년 75억원, 2015년 115억원 투입계획, 2016년 이후 민간기업 주도로 상업생산 시설 구축 및 개발 추진

5. 결 론

경제성장에 따른 광물자원의 수요가 지속적으로 증가함에 따라 점차 고갈되어 가는 육상광물자원을 대신해 선진공업국들은 광물자원을 안정적으로 확보하기 위해 심해저 광물자원을 확보하려는 노력을 기울이고 있다. 심해저 광물자원인 망간단괴는 바다속 검은 노다지로 통하고 있으며, 경제발전이 꼭 필요한 전략금속을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다. 이에 우리나라도 태평양 망간단괴 개발사업에 뛰어들어온 상태이다.

이러한 배경 하에서, 본 논문은 2007년도 투입산출표를 근거한 투입산출분석을 통해 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 경제적 파급효과인 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과, 연구개발 유발효과, 산업간 연쇄효과를 분석하고자 하였다. 특히 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에 대한 투자가 자기 산업에 미치는 영향과 타 산업에 미치는 영향을 구분할 수 있는 외생화 기법을 이용하여 경제 내 타 부문에 대한 기여도를 보다 엄밀하게 도출하였다. 주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 생산유발효과를 살펴보면, 제1차 금속제품과 일반기계 등과 같은 제조업에 큰 영향을 미치며 서비스 부문 중에서는 부동산 및 사업서비스에 상대적으로 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 부가가치 유발효과는 생산유발효과와 비슷하게 제1차 금속제품과 일반기계 등과 같은 제조업에 큰 영향을 미쳤으며 서비스업 중에서는 운수 부문에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 취업유발효과와 관련해서는 생산유발효과 및 부가가치 유발효과와는 달리 도소매 부문과 부동산 및 사업서비스 등과 같은 서비스업에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 제조업 중에서는 일반기계가 영향을 많이 받았다. 연구개발 유발효과는 전기 및 전자기기, 일반기계, 화학제품, 제1차 금속제품 부문 등과 같은 제조업에서 큰 것으로 분석되었다.

타 산업에 대한 효과를 종합해 보면, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에서의 1원 생산은 타 산업의 생산, 부가가치, 연구개발을 각각 0.8854원, 0.2794원, 0.0067원 만큼 유발하며, 10억원 투자에 따라 취업은 타 산업에서 4.6915명만큼 유발되는 것으로 분석되었다. 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 자체에 미치는 효과까지도 포함하여 국민경제 전체적인 효과를 계산해 보면, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업에 대한 1원의 투자는 1.8854원의 생산유발효과, 0.5687원의 부가가치 유발효과, 0.0216원의 연구개발 유발효과를 가져오며, 10억원 투자는 8.5171명의 취업을 유발한다.

본 논문에서는 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 전방연쇄효과 및 후방연쇄효과도 분석하였는데, 전방연쇄효

과는 29개 부문 중 27번째로 산업 평균보다 크게 낮으며 후방연쇄효과 역시 29개 부문 중 18번째로 산업 평균보다 낮았다. 따라서 태평양 심해저 망간단괴 개발사업은 최종 수요적 원시산업형에 속해 있음을 알 수 있다.

투입산출분석은 비교적 적용이 간단하면서도 다양한 정보를 제공하기에 연구자와 정책 결정자에게 유용한 분석 도구이다. 본 논문에 제시된 투입산출분석을 보다 확장할 수 있는 추후 연구주제로는 여러 연도의 산업연관표를 동적으로 연결한 동적 분석, 태평양 심해저 망간단괴 개발사업 선진국 산업연관표에 근거한 국가간 비교분석, 산업연관표의 업데이트 기법을 이용한 태평양 심해저 망간단괴 개발사업의 미래에 대한 예측 등을 들 수 있다. 앞으로 관련된 다양한 후속 연구가 수행되기를 기대한다.

사 사

본 연구는 국토해양부 연구개발사업 “심해저 광물자원 광구관리 및 정밀탐사” 사업의 지원에 의해 수행되었다.

참고문헌

- 김기현 (2002) 태평양 심해저 광물자원 개발의 현황과 나아갈 길. 해양한국 3월호:52-59
- 박정기 (2008) 한·중·일 심해저 광물자원개발 현황과 전망. STRATEGY 21 11(2):145-165
- 유승훈 (2003) 정보통신산업의 국민경제적 산업파급효과 분석. Telecommunications Review 13(3):347-359
- 유승훈 (2007) 산업연관분석을 이용한 해양심층수 산업화의 국민경제적 파급효과 분석. 산업경제연구 20(4): 1345-1357
- 윤치호, 박용찬, 이동길, 권석기, 성원모 (2005) 국내 심해저 광물자원 개발 현황. 한국지구시스템공학회지 42(5):523-529
- 이정전 (1983) 연쇄효과지표에 관한 고찰. 경제학연구 31:57-80
- Bulmer-Thomas V (1982) Input-Output Analysis in Developing Countries. Wiley, New York, 314 p
- Ciaschini M (1988) Input-Output Analysis: Current developments. Springer, 436 p
- Ghosh A (1958) Input-output approach to an allocative system. Economica 25:58-64
- Giarratani F (1976) Application of an interindustry supply model to energy issues. Environment and Planning A 8:447-454
- Han SY, Yoo SH, Kwak SJ (2004) The role of four electric power sectors in the Korean national economy: an input-output analysis. Energy Policy 32:1531-1543
- Hirschman AO (1958) The Strategy of Economic

- Development. Yale University Press, New Haven, 251 p
- Hoover EM (1975) *An Introduction to Regional Economics* Knopt, New York, 395 p
- Howe CW, Smith MG (1994) The value of water supply reliability in urban water systems. *J Environ Econom Manage* **26**:19-30
- Jones LP (1976) The measurement of Hischmanian linkage hypothesis. *Quarterly J Economics* **90**:323-333
- Kwak SJ, Yoo SH, Chang JI (2005) Role of maritime industry in the Korean national economy: an input-output analysis. *Marine Policy* **29**:371-383
- Miller RE, Blair PD (1985) *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Prentice-Hall, New Jersey, 464 p
- Miller RE, Polenske KR, Rose AZ (1989) *Frontiers of Input-Output Analysis*. Oxford, 352 p
- Wu RH, Chen CY (1990) On the application of input-output analysis to energy issues. *Energy Economics* **12**:71-76
- Yoo SH, Yoo TH (2009) The role of the nuclear power generation in the Korean national economy: an input-output analysis. *Prog Nuclear Energy* **51**:86-92
- Yoo SH, Yang CY (1999) Role of water utility in the Korean national economy. *Inter J of Water Res Dev* **15**:527-542

Received Oct. 26, 2010

Revised Nov. 22, 2010

Accepted Dec. 13, 2010