

論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 42(9),739-744(2014)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2014.42.9.739

우주개발사업의 복잡성을 고려한 산업연관분석

이의경*, 허희영**

An Interindustry Analysis Considering Complexity of Space Exploration Project

Eui-Kyung Lee* and Hee-Young Hur**

Department of Business Administration, Daejin University*

Department of Business Administration, Korea Aerospace University**

ABSTRACT

Space exploration project usually consists of so many fields of sub projects that it has a diverse ripple effect throughout the economy. Further studies could not consider the complexity of the space exploration project because they regarded it as one project in spite of the diversity. This study found a way to consider complexity of space exploration project using the concept of WAC(weighted average coefficient). The moon exploration project (2014~2020) is the subject of this study. We classified the moon exploration project into 8 industries and calculated the WAC of production inducement coefficient, value added inducement coefficient, and employment inducement coefficient. The result of analysis using these WACs is that production inducement effect amounts to 1,229.6 billion won, value added inducement effect 324.6 billion won, employment inducement effect 4,844 men. And the linkage effect analysis shows that moon exploration project has more backward linkage effect than forward linkage effect.

초 록

본 연구는 우주개발사업이 갖는 복잡성을 반영하여 산업연관분석을 수행한 것이다. 구체적인 분석대상은 2014년부터 2020년까지 수행될 것으로 예정되어 있는 달 탐사 사업이다. 종전에는 이러한 우주개발사업을 항공기산업이나 공공연구사업 중 하나로 분류해서 단일사업으로 산업연관분석을 수행하였는데 이러한 방식으로는 정확한 산업과급효과를 측정하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 달 탐사 사업을 구성하는 8개 부문별 예산을 이용하여 생산유발계수, 부가가치유발계수, 취업(고용)유발계수 등의 가중평균값(WAC)을 산출해서 이 사업의 산업과급효과를 분석하였다. 그 결과 7,157억원의 예산이 국내에 지출될 달 탐사 사업의 생산유발효과는 12,296억원, 부가가치유발효과는 3,246억원, 취업(고용)유발효과는 4,855명(4,171명)으로 나타났다. 산업과급효과와 더불어 산업연쇄효과를 분석하였는데 전방연쇄효과를 나타내는 감응도계수는 0.7419, 후방연쇄효과를 나타내는 영향력 계수는 1.1690으로 나타나서 달 탐사 사업이 중간재보다는 최종재의 특성을 더 많이 갖고 있음이 확인되었다.

Key Words : Interindustry analysis(산업연관분석), Complexity(복합성), Space Exploration Project(우주개발사업), Weighted Average Coefficient(가중평균계수)

† Received: April 4, 2014 Accepted: August 7, 2014

* Corresponding author, E-mail : hyhur@kau.ac.kr

http://journal.ksas.or.kr/

pISSN 1225-1348 / eISSN 2287-6871

I. 서론

우주개발사업은 거액의 예산과 오랜 기간이 소요되는 대규모 사업으로서 국가경제에 미치는 효과가 매우 큰 특징을 갖는다. 그 특성을 감안할 때 이러한 사업은 경제학이나 경영학에서 중요하게 다루는 자본예산(capital budgeting)의 대표적 분석대상이라고 할 수 있다. 자본예산에서 투자안의 경제성을 분석할 때에는 회수기간법, 평균이익률법, 순현재가치법, 내부수익률법 등 여러 가지 기법을 이용하고 있다. 그런데 이러한 분석기법은 투자안의 수행에 따른 현금유출입, 그리고 수익과 비용 등이 구체적으로 추정될 수 있다는 가정하에서 적용할 수 있는 방법들이다. 그러나 우주개발사업을 비롯한 각종 연구개발사업의 경우에는 이러한 가정이 충족되지 않는 경우가 적지 않다. 또한 자본예산에서의 경제성 분석은 개별투자안 자체의 수익성을 분석하는 것이 주된 목적인데 비해서 연구개발사업은 개발과정과 성공 후의 경제전반에 미치는 파급효과가 중요한 분석 목적이 될 수 있다. 이러한 배경에서 연구개발사업의 경우에는 산업연관분석기법이 유용하게 이용되고 있다.

산업연관분석은 산업 간의 생산기술적 연결구조를 파악하고 그 결과를 이용하여 산업 간의 연관관계를 분석하는 방법이다. 따라서 특정산업이 여타산업에 미치는 파급효과를 살펴볼 수 있다. 이는 레온티에프(W. Leontief)가 만들어낸 분석기법으로서 주로 투입산출표(input/output table)를 이용하기 때문에 투입산출분석(I/O analysis)이라고도 한다. 항공우주산업에서도 대부분의 선행연구들이 투입산출(I/O)효과를 살펴보는 데에 분석의 초점을 두고 있다. 첫 번째, 항공산업의 연구로는 이영수·여규현(2008)이 항공 산업을 제조부문 및 서비스부문으로 구분해서 생산유발계수와 부가가치유발계수를 도출한 바 있다. 이 연구에서는 항공 제조부문의 생산유발효과는 높지만 부가가치유발효과는 전반적으로 낮게 나타났다. 그리고 공공부문에 대한 연구개발이 항공산업에 미치는 효과도 다른 산업에 비해 크지 않은 것으로 나타났다. 이외에도 심재희(2009), 박재운·임성태·원희연(2010)의 연구가 있는데 이들은 주로 물류산업이 경제전반에 미치는 효과를 분석하면서 항공물류산업을 하나의 분석대상으로 포함시켰다. 그러나 박추환·정영근(2011)은 항공물류산업만을 별도의 분석대상으로 연구하여서 후방연쇄효과가 전방연쇄효과보다 높고 특히 서비스업에 대한 생

산유발효과, 노동유발효과가 높지만 부가가치유발효과 및 수입유발효과는 낮다는 것을 확인하였다. 두 번째, 우주개발사업에 대한 산업연관분석은 산업연구원(KIET)과 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에 의해서 수행된 바가 있다. KIET는 우주개발에 따른 경제적 파급효과분석(2004)에서 동 사업을 공공 R&D 사업으로 보고 산업연관분석을 수행하였고 KISTEP은 한국형 발사체(KSLV-II) 개발사업의 예비타당성 조사(2009)에서 동 사업을 항공기산업으로 보고 산업연관분석을 수행하였다. 그런데 이들 연구는 우주개발사업이 갖는 특성을 반영하는데 한계가 있다고 할 수 있다. 분석방법이 간편하고 그 효과를 쉽게 예측할 수 있는 장점이 있지만 우주개발사업을 공공 R&D 또는 항공기 산업과 같이 단일 산업으로 분류하는 분석방법으로는 여러 분야로 구성되어 있는 우주개발사업의 복합성을 충분히 반영할 수 없기 때문이다.

본 연구는 이러한 배경에서 달 탐사 사업에 대한 복합성을 반영하여 산업연관분석을 수행한 것이다. 즉, 선행연구와 달리 본 연구는 분석대상 사업을 단일 사업으로 보지 않고 전체사업을 구성하고 있는 부문별 산업내용을 예산규모별로 가중치를 부여함으로써 종전보다 더 정확한 산업파급효과를 산출하고자 하였다.

II. 본론

2.1 달 탐사 사업의 개요

달 탐사 사업은 2014년부터 시작해서 2017년까지 달 궤도시험선을 발사하여 자력기반을 확보한 후 2020년에 달 궤도선과 달 착륙선 자력발사를 목표로 하는 연구개발 사업이다. 이 사업은 2013년 현재 추진 중인 한국형 발사체(KSLV-II) 개발 사업과 연계되어 이의 활용성을 증대시킬 수 있으며 그 성공은 향후 2030년대 소행성 및 화성 탐사 등 우주탐사 시대를 여는 토대가 될 사업이다.

달 탐사 사업의 기간별 구성은 NASA와 달 궤도시험선을 공동으로 개발하는 제1단계 사업(2014~2017년)과 달 궤도선 및 착륙선을 독자 개발하는 본 사업(2018~2020년)으로 계획되어 있다. 그리고 사업별 구성은 시험용 궤도선, 달 궤도선 및 착륙선, 탐사로버 등 달 탐사 시스템과 발사체 상단, 과학탑재체, 지상국 등이 유기적으로 연결되어 있다. 이러한 기간별 및 사업별 구성내역을 반영하여 개발비용을 분류하였다.

Table 1. Budget of Moon Exploration

(단위: 억원)

사업구분	1단계	2단계	합계
시스템	667	328	995
본체	953	1,167	2,120
지상국	295	105	400
과학탑재체	243	272	515
우주인터넷	120	130	250
원자력전지	130	110	240
로버	175	275	450
발사체상단	667	120	787
발사운용(2기)	-	1,600	1,600
합계	3,250	4,107	7,357

자료 : 미래창조과학부(2013)

위 비용내역은 '한국형 달 탐사를 위한 기획연구 보고서'에 명시되어 있는 내용이며 표에서 본체에는 시험용 궤도선, 궤도선, 착륙선 등 3개의 본체가 포함된 것이다.

2.2 가중평균계수

2.2.1 산출식

우주개발사업과 같은 대규모 사업의 산업과급효과를 분석할 때에는 생산유발효과, 부가가치창출효과, 취업유발효과 등이 중요한 분석대상이 된다. 이들 효과를 산출하기 위해서는 한국은행의 산업연관표에서 각 효과를 산출할 수 있는 생산유발계수, 부가가치유발계수, 취업유발계수 등이 사용된다. 그러나 이들 계수들은 단일 사업의 산업과급효과를 측정하는 데에는 유효하지만 달 탐사 사업과 같은 복합적 투자사업의 산업과급효과를 측정하는 데에는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 측정의 유효성을 높이기 위해서 달 탐사 사업의 각 예산내용을 반영한 가중평균계수(WAC : weighted average coefficient)를 산출해서 이용할 것이다. 복합적 사업을 이와 같이 가중평균계수로 산업연관분석을 수행한 선행연구는 없었다. 본 연구에서 사용하는 WAC를 산출하는 식은 다음과 같이 달 탐사 사업의 각 산업별 예산금액이 전체 예산금액에서 차지하는 비중을 가중치로 해서 평균값이 산출되는 구조를 갖는다.

$$WAC(K_o) = \sum_{i=1}^n w_i \times K_i$$

여기서 K_o : 가중평균계수

i : 달 탐사 사업의 특정 산업부문

n : 달 탐사 사업의 산업부문 수

w_i : 전체예산 중 특정 산업부문의 예산비중

K_i : 특정 산업부문의 계수

이러한 가중평균방식은 경제학이나 경영학에서 투자안의 경제성을 평가하는 과정에서도 이용되고 있다. 구체적으로는 투자안의 순현재가치(NPV: net present value)를 구할 때 미래현금흐름을 할인하는 할인율로서 투자자금의 조달원천에 따른 가중평균자본비용(WACC: weighted average cost of capital)을 이용하는 것이 이에 해당된다.

2.2.2 달 탐사 사업의 산업분류

WAC의 산출식에서 n 은 달 탐사 사업을 구성하는 산업부문의 개수를 의미한다. 달 탐사 사업을 산업연관표 상의 산업분류로 구분하기 위해서 이용할 수 있는 것은 한국은행 산업연관표이다. 한국은행 산업연관표의 산업분류는 통합대분류, 통합중분류, 통합소분류로 구분되는데 본 연구는 통합소분류를 이용하였다. 통합소분류는 전체 산

Table 2. Classification of the Budget of Moon Exploration according to I/O table

(단위: 억원, %)

분류 코드	부문	금액	비율
093	금속가공용 기계	5	0.0007
095	기타특수 목적용 기계	450	0.0629
097	기타전기장치	240	0.0335
102	통신 및 방송기기	400	0.0559
106	의료 및 측정기기	305	0.0426
107	광학기기	180	0.0252
114	항공기	5,327	0.7443
142	부가통신 및 정보서비스	250	0.0349
합 계		7,157	1.0000

업을 가장 세부적인 단위인 168개 분야로 구분하기 때문에 분석의 정확성을 높일 수 있다. 그런데 Table 1에서의 사업구분은 통합소분류의 분류기준과는 일치하지 않기 때문에 달 탐사 사업의 예산을 통합소분류에 맞추어야 한다. 이러한 필요에 따라서 Table 1의 예산을 통합소분류기준과 대조하면서 재분류한 내용을 Table 2로 제시하였다.

Table 1의 9개 부문이 Table 2에서 8개 부문으로 바뀐 것은 Table 1은 예산기준의 분류이고 Table 2는 예산의 내용을 통합소분류기준으로 재분류한 것이기 때문이다. 그리고 Table 2의 예산합계 7,157억원은 Table 1의 합계 7,357억보다 200억원이 적은 금액이다. 이 200억원은 2017년에 발사될 시험케도선과 관련된 예산으로서 이는 해외로 직접 지출될 비용이다. 이렇게 해외로 직접 지출될 비용은 국내의 산업파급효과를 가져오지 못하므로 산업연관분석에서는 이를 포함시키지 않는 것이 타당하다.

2.2.3 가중평균계수의 산출

산업연관분석에서 중요하게 다루는 효과는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과, 고용유발효과 등이다. 이들 효과를 측정할 수 있는 계수는 한국은행 산업연관표에서 확인할 수 있다. 이들 계수를 Table 2에서 제시한 통합소분류에 따라서 제시하면 Table 3과 같다.

생산유발효과는 최종수요가 각 산업의 생산에 직·간접적으로 미치는 파급효과를 말한다. 구체적으로 이를 측정하기 위해서 생산유발계수가 이용되는데 생산유발계수가 갖는 의미는 최종수요 1단위가 가져오는 파급효과를 나타내는 것이다. 부가가치유발효과는 최종수요가 발생하면서 생산이 유발되고 그 과정에서 부가가치가 얼마나 창

Table 3. Coefficients according to I/O table

분류 코드	생산유발 계수	부가가치 유발계수	취업(고용) 유발계수
093	2.5024	0.6888	10.4(8.4)
095	2.3668	0.6329	10.1(8.4)
097	2.1156	0.5754	7.9(6.4)
102	2.1586	0.4502	6.0(5.0)
106	2.0637	0.6446	10.9(9.1)
107	2.1519	0.5674	9.6(8.1)
114	1.5740	0.3998	6.2(5.4)
142	1.7842	0.8468	6.5(5.4)

Table 4. WACs of Moon Exploration

구분	생산유발 계수	부가가치 유발계수	취업(고용) 유발계수
달 탐사 전체	1.7180 ¹⁾	0.4536	6.7903 (5.8275)

$$1) 0.0007 \times 2.5024 + 0.0629 \times 2.3668 + \dots + 0.7443 \times 1.5740 + 0.0349 \times 1.7842 = 1.7180$$

출되는가를 의미하는데 최종수요 1단위가 가져오는 파급효과가 부가가치유발계수가 된다.

그리고 취업(고용)유발계수는 특정 산업부문에 대한 최종수요가 1단위(한국은행 산업연관표에서는 10억원)가 발생할 경우 해당 산업을 포함한 모든 산업에서 직접 또는 간접적으로 유발되는 취업자(피용자)의 수를 말한다. 여기서 취업자란 자영업자, 무급가족종사자와 임금근로자를 모두 포함한 인원이며 피용자란 순수 임금근로자만의 인원을 말한다.

분류코드로 표현된 부문별 가중치를 부문별 계수에 곱하여 그 값들을 모두 합하면 달 탐사 전체의 가중평균계수를 산출할 수 있다. 이러한 방법으로 달 탐사 사업의 생산유발계수, 부가가치유발계수, 취업(고용)유발계수를 산출한 결과를 Table 4에 제시하였다. Table 4의 주석에는 생산유발계수의 산출과정을 식으로 제시하였는데 그 방식은 다른 계수의 산출과정에도 동일하게 적용되었다.

2.3 효과분석

2.3.1 산업파급효과

달 탐사 사업의 산업파급효과를 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업 및 고용유발효과로 구분해서 측정하였다. 우선 달 탐사 사업으로 국내에서 지출되는 금액 7,157억원이고 단위당 생산유발효과를 나타내는 달 탐사 사업의 가중평균계수가 1.7180이므로 이를 적용하면 달 탐사 사업의 생산유발효과는 12,295.7억원에 이르는 것으로 추정된다. 그리고 달 탐사 사업의 부가가치유발효과를 측정하면 3,246.4억원으로 추정된다.

달 탐사 사업의 취업유발효과는 해당 산업을 포함한 전 산업에서 취업자의 수가 증가하는 효과를 말하고 고용유발효과란 피고용자의 수가 증가하는 효과를 말한다. 취업자는 자영업자, 무급가족종사자 및 임금근로자를 모두 포함하지만 피용자란 임금근로자만을 의미하기 때문에 고용유발계수는 항상 취업유발계수보다 작은 값을 갖게 된다. Table 4의 달 탐사 사업의 취업 및 고용유발계수를 적용하면 취업자는 4,855명, 피용자는

Table 5. Ripple Effects of Moon Exploration

국내 지출	생산유발	부가가치 창출액	취업(고용) 유발효과
7,157	12,296	3,246	4,855명 (4,171)

4,171명이 창출되는 것으로 추정할 수 있다. 이러한 산업파급효과를 요약하면 Table 5와 같이 나타낼 수 있다.

2.3.2 연쇄 효과분석

산업연관분석에서는 산업 간에 서로 어떤 영향을 미치는가가 또 다른 중요한 분석대상이다. 그 영향의 내용을 전방연쇄효과와 후방연쇄효과로 측정한다.

전방연쇄효과는 특정 산업의 생산물이 다른 산업의 생산과정에 중간재로 사용될 때 다른 산업의 생산이 증가하면 해당 산업의 생산도 함께 증가하는 효과를 말한다. 이러한 효과는 중간재의 성격이 높은 경우 크게 나타나며 감응도계수(Index of the sensitivity of dispersion)로 그 크기를 측정한다. 감응도계수는 모든 부문의 생산물에 대한 최종수요가 한 단위씩 증가할 때 특정 산업이 받는 영향, 즉 전방연쇄효과를 전 산업평균에 대한 상대적 크기로 나타내는 지표이다. 산업연관표에서는 특정 산업의 생산유발계수의 행 합계를 전 산업의 평균 생산유발계수로 나누어 구한다. 통합소분류 기준으로 달 탐사 사업을 구성하는 산업별로 감응도 계수를 정리하여 Table 6으로 제시하였다.

Table 6. Index of the sensitivity of dispersion

분류 코드	부문	감응도 계수	비율
093	금속가공용 기계	0.5058	0.0007
095	기타특수 목적용 기계	1.0349	0.0629
097	기타전기장치	1.7298	0.0335
102	통신 및 방송기기	0.8310	0.0559
106	의료 및 측정기기	0.7412	0.0426
107	광학기기	0.4517	0.0252
114	항공기	0.6375	0.7443
142	부가통신 및 정보서비스	0.7920	0.0349
가중평균계수(WAC)		0.7419	1.0000

표에 제시된 감응도 계수 자료와 달 탐사 사업의 예산구성비율을 가중치로 이용하면 달 탐사 사업의 복합성을 반영한 가중평균계수(WAC)를 구할 수 있다. 이러한 방법으로 산출된 값이 0.7419인데 이 값은 산업평균에 비해서 상대적으로 낮은 수준이어서 달 탐사 사업은 전방연쇄효과가 낮은 특성을 갖는다고 판단할 수 있다.

후방연쇄효과는 특정 산업의 생산을 위해서 다른 산업의 생산물이 중간재로 투입된다고 할 때, 해당 산업의 생산증가가 타 산업의 생산증가로 이어지는 효과를 말한다. 이러한 효과는 중간 투입물이 높은 산업일수록 크게 나타나며 구체적으로는 영향력 계수(Index of the power of dispersion)를 이용해서 그 크기를 측정한다. 영향력 계수는 특정 부문의 생산물에 대한 최종수요가 한 단위 증가할 때 전 산업부문에 미치는 영향, 즉 후방연쇄효과를 전 산업평균에 대한 상대적 크기로 나타내는 지표이다. 산업연관표에서 특정 산업의 생산유발계수의 열 합계를 전 산업의 평균 생산유발계수로 나누어 구한다. 통합소분류 기준으로 달 탐사 사업을 구성하는 산업별로 영향력 계수를 정리하여 Table 7로 제시하였다.

Table 7에 제시된 영향력 계수 자료와 달 탐사 사업의 예산구성비율을 가중치로 이용하면 달 탐사 사업의 복합성을 반영한 가중평균계수(WAC)를 구할 수 있다. 이러한 방법으로 산출된 값이 1.1690인데 이 값은 산업평균에 비해서 상대적으로 높은 수준이다. 그러므로 달 탐사 사업

Table 7. Index of the power of dispersion

분류 코드	부문	영향력 계수	비율
093	금속가공용 기계	1.1363	0.0007
095	기타특수 목적용 기계	1.1520	0.0629
097	기타전기장치	1.1647	0.0335
102	통신 및 방송기기	1.3253	0.0559
106	의료 및 측정기기	1.0503	0.0426
107	광학기기	1.1739	0.0252
114	항공기	1.1856	0.7443
142	부가통신 및 정보서비스	0.7417	0.0349
가중평균계수(WAC)		1.1690	1.0000

은 후방연쇄효과가 높은 특성을 갖는다고 볼 수 있다. 달 탐사 사업이 여러 산업들이 복합적 결합되어서 수행된다는 점을 생각해보면 이러한 연쇄효과는 논리적으로 예상할 수 있는 결과라고 할 수 있다.

III. 결 론

본 연구는 우주개발사업이 갖는 복잡성을 고려해서 산업연관분석을 수행한 것이다. 구체적인 분석은 2014년부터 2020년까지 수행되는 달 탐사 사업을 대상으로 하였다. 종전에도 우주개발사업의 경제성을 분석하는 일환으로 산업연관분석이 수행되었다. 그러나 이러한 선행연구들은 우주개발사업의 복잡성을 고려하지 않고 사업전체를 단일 부문의 사업으로 간주하였다. 그래서 어떤 연구는 우주개발사업을 항공기 산업(산업연관표상의 소분류코드 114)으로 보았고 또는 연구기관산업(소분류코드 148)으로 보았다. 그러나 우주개발사업은 여러 분야의 사업으로 구성되어 있기 때문에 이렇게 전체 사업을 하나의 산업으로 분류하면 그 복잡성을 반영하는데 한계가 있다. 본 분석은 산업과급효과를 정확하게 측정하기 위해서 달 탐사 사업을 구성하고 있는 여러 개발 부문을 각 특성에 따라서 개별적인 산업으로 분류해서 전체 사업에서 차지하는 비중으로 가중평균계수를 도출해서 산업연관분석을 수행하였다. 이러한 방법으로 우주개발사업의 복잡성을 반영하여 종전보다 더 정확한 산업과급효과를 산출하였다고 할 수 있다. 그리고 이러한 결과가 향후 관련당국의 정책수립과정에 좀 더 의미 있는 근거를 제공할 수 있다고 본다.

References

1) Eui-Kyung Lee, Financial Management: Theory and Application, 4th(ed), Revised,

Seoul, 2010, Kyungmoonsa.

2) Gim, Ho Un, "The Decomposition by Factors and Partial Derivatives in Direct and Indirect Requirements of the Input-Output Model," *The Korean Journal of Regional Science*, 18(3), 2002, pp.75~90.

3) Jensen, R. C., "Some Accounting Procedures and Their Effects on Input-Output Multipliers," *Journal of Regional Science*, 12(3), 1978, pp.21~38.

4) Korean Aerospace Research Institute, The Planning Research for the Moon Exploration, 2008.

5) Korean Institute for Industrial Economics and Trade, The Analysis of Economic Ripple Effect of Space Exploration Project, 2004.

6) Korean Institute of Science and Technology Evaluation and Planning, The Development Project of Korea Space Launch Vehicle-II, 2009.

7) Leontief, W. W., "Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States," *The Review of Economics and Statistics*, 18(3), 1936, pp.105~125.

8) Leontief, W. W., The Structure of American Economy(1919-1939), 2nd(ed), Revised, New York, 1951, Oxford University Press.

9) Leontief, W. W., "The Environmental Repercussions and the Economic Structure: an Input-Out Approach," *The Review of Economics and Statistics*, 52(3), 1970, pp.262~271.

10) Young Soo Lee, Kyu Hun Yeo, "The Economic Inducement Effects of Aviation Industry using Input-Output Model," *The Journal of Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 16(3), 2008, pp.50~57.