

사용강도를 도입한 국내 주요금속의 수요 연구

김대형¹ · 김지환^{1*} · 이제형²

¹한국지질자원연구원 정책연구부, ²고려대학교 경제통계학과 석사과정

Intensity of Use Applied Domestic Metal Demand

Dae-Hyung Kim¹, Ji-Whan Kim^{1*} and Je Hyung Lee²

¹Policy Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Daejeon 305-350, Korea

²Department of Economics and Statistics, Korea University, Seoul 136-705, Korea

For analyzing resources demand appropriately, corresponding demand data is essential. But it is hard to get the suitable data of each resource demand, because every resources has various type as refined and many kind of alloyed. That reason makes many analyses to employ the data of refined metals as the representative quantity. But those refined metals are factors for producing final goods so those in domestic market are not always meant for producing domestic end goods. Thus in this paper, the domestic demands of refined copper, lead and zinc are analyzed empirically with 'intensity of use' and foreign countries' income variable applied model for recovering the data availability.

Key words : metal demand, domestic use demand, foreign use demand, intensity of use

지역단위 수요를 분석할 수 있는 자료상의 요건은 수요량에 관한 것이다. 분석하고자 하는 지역의 수요량을 파악해야 수요를 분석할 수 있는데, 현실적으로 모든 수요량을 파악한다는 것은 곤란하다. 이러한 이유로 대부분의 지역단위 수요량 조사는 광석수요량, 금속과 수요량 등 특정 단계의 거래량을 이용하게 된다. 그러나 이는 수입된 최종제품의 부분품으로서 금속자원 수요량이나 다른 단계의 제품으로 수입된 수요량은 고려하지 않은, 해당 금속자원의 수요량 중 일부분에 해당되는 것이다. 이와 같은 자료상의 한계를 인식하여, 본 연구는 국내 금속과의 수요를 분석함에 있어 개념적으로 이분하여 국내사용을 목적으로 하는 수요와 국외사용을 목적으로 하는 수요로 구분하였다. 국내사용을 목적으로 하는 수요는 국내의 경제, 기술 등 요인에 따라, 그리고 국외사용을 목적으로 하는 수요는 국외의 소득변화가 우리 경제에 영향을 주는 정도에 따라 변화하는 양상을 보일 것이다. 이를 근거로 사용강도(intensity of use)의 가설을 도입하여 국내 동괴, 연괴, 이연괴의 수요를 모형화하고 실증분석하였으며 유의한 결과를 도출했다.

주요어 : 금속 수요, 국내 사용량, 국외 사용량, 사용강도

1. 서 론

자원경제 분야의 연구에 있어서 수요의 분석은 중요한 관심사 중 하나이며 적지 않은 연구가 발표되고 있다. 지난 몇 년간 지속되어온 자원시장의 변화 역시 세계 경기의 회복이나 개도국들의 경제성장을 상충 등 거시적 수요구조 변화에서 원인을 찾는 것이 일반적이다. 이는 경제내 생산부문 전반에서 자원을 수요하고 있으며, 자원시장이 생산요소가 거래되는 파생시장임을

생각하면 어렵지 않게 인정할 수 있을 것이다.

광물자원의 공급은 중단기적으로 탄력적인 조정이 용이하지 않은 반면, 그 수요는 개별 최종제품을 공급하는 생산자들로부터 발생하므로 이 생산자가 어떤 의사결정을 하느냐에 따라 자원시장에 영향을 미치는 변수들이 움직이게 된다. 따라서 최종제품 생산자의 의사에 영향을 주는 경제변수를 밝히는 것이 자원시장에서의 수요 변화를 설명하는 중요한 요소가 된다.

이미 많은 연구들이 자원의 수요를 설명하고자 하였

*Corresponding author: kjiwhan@kigam.re.kr

는데, Hughes(1972)는 금속자원 가격과 소비자준 간의 음의 상관관계를 밝혔으며, Nutting(1977)은 횡단면 모형을 설정하여 OLS 회귀분석으로 수요함수를 추정하였다. 나아가 Bozdogan and Hartman(1979)은 동 금속의 수요를 동 금속 가격, 대체재(알루미늄) 가격과 소득의 함수로 설정하여 추정하였으며, Slade(1981), Considine(1991) 등은 생산함수 및 수요함수를 구체적인 모형으로 설정하여 추정하였다. 보다 최근으로 오면 자원이라는 재화가 갖는 특징을 반영한 연구들이 등장하였는데, Tilton(1990), Valdes(1990), Tilton *et al.*(1996), Evans(1996) 등은 최종제품의 물질 구성(material composition of product)과 국민소득의 최종 제품 구성(product composition of national income)을 고려한 사용강도(intensity of use)를 적용해 수요를 설명하였으며, Labson and Crompton(1993)은 사용강도와 공적분(cointegration) 관계를 통해 경제활동과 금속수요의 관계를 분석하였고, Figuerola-Ferretti and Gilbert(2001)는 동, 주석, 아연 소비를 기술변화 함수, 산업생산 변화, 실질가격 및 가격변동성 변화를 적용해 모형화하고 추정하였다. 이와 같이 자원의 수요에 관한 다양한 관점의 연구가 이루어져 왔는데, 일반적으로 알려진 재화 수요의 설명변수들을 이용한 연구에서 자원의 특성을 반영한 연구로 진행되고 있다.

한편 자원의 특성을 반영한 수요 연구들을 수요주체의 범위에 따라 구분할 수 있는데, 세계경제 전체를 대상으로 분석하는 연구와 개별 국가 혹은 지역을 대상으로 분석하는 연구로 나눌 수 있다. 전자의 경우 일반적인 재화의 수요함수와 같은 변수로 설명하는 반면, 후자의 경우 일부 독립변수를 제외하거나 변형하여 설명한다.

경제적 측면의 연구에 있어서 수요에 관한 연구는 어느 분야에 있어서나 비중 있는 주제인데, 다양한 제품의 생산에 필수요소로서 사용되는 자원의 경우에는 산업전반에 영향을 미치며 궁극적으로 거시경제에도 큰 영향을 미치게 되어 그 중요성이 더욱 크다. 본 연구는 자원의 특성을 반영한 수요의 연구결과들을 근거로 국내 주요 금속¹ 수요함수를 추정하고자 한다. 이는 기존 연구결과들이 국내 사례에도 일관적으로 적용될 수 있을지 가능할 수 있도록 할뿐만 아니라 수요분석에 기여하여 국내 자원정책의 관점에서 효율성을 증진할 수 있도록 할 것이다.

본 논문의 구성은 주요 선행연구를 통해 본 연구와

관련 있는 주제에 대해 분석하고, 이어서 본 연구에 사용할 모형의 설정과 실증 분석 및 그 결과를 제시하는 순으로 진행 한다.

2. 주요 선행연구

금속의 수요를 분석함에 있어서도 기본적으로 수요함수의 일반적인 설명변수를 반영해야 할 것이며 여기에 금속자원의 특성을 반영한 변수를 도입함으로써 더욱 적합한 수요모형을 형성할 수 있을 것이다. 따라서 금속 수요를 일반적인 수요함수의 설명요인으로 분석한 연구와 금속자원의 특성을 통해 분석한 연구들을 검토한다.

일반적인 수요함수 형태²를 적용한 선행연구로서 Evans and Lewis(2005)는 일반 금속수요곡선(common metal demand curve)을 추정하였는데, 분석모형은 가격변수와 소득변수를 시차변수(lagged variables)로 도입하고 전기 수요량 변수를 추가하였다. 가격변수는 관찰된 시장가격이 내생성을 갖는 것으로 보고 광석생산 능력(mine capacity)으로 추정한 도구변수를 이용하였으며, 소득변수는 실질 세계 산업활동지수를 이용하였다. 1969년부터 1999년까지 연간 자료를 이용해 전체 세계 경제에서 수요된 금속의 단기와 장기 수요탄력성을 추정하였다.³ 단기의 수요탄력성은 같은 기의 가격변수와 소득변수에 대한 추정계수를 통해 추정하고 장기의 수요탄력성은 시차별 추정계수의 합을 통해 추정하였다. 추정된 계수는 일반적인 수요이론에 부합하는, 가격과 음의 관계를, 소득과 양의 관계를 보이며, 가격변수의 경우보다 소득변수의 경우에 더욱 유의한 값을 보였고, 가격탄력성은 장기에, 소득탄력성은 단기에 더 탄력적이라는 결과를 도출하였다. 실증분석 모형은 식 (1)과 같으며, 식의 첨자 i 는 금속의 종류를, j 는 시차를 의미한다.

$$\ln(C_{i,t}) = \beta_{0,i} + \sum_{j=1}^p \beta_{j,i} \ln(C_{i,t-j}) + \sum_{j=p+1}^{2p+2} \beta_{j,i} \ln(I_{t-j+(p+1)}) + \sum_{j=2p+2}^{3p+2} \beta_{j,i} \ln(P_{i,t-j+(2p+3)}) + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

¹ 국내 사용량이 크고 자료가 이용 가능한 동괴(전기동), 연괴, 아연괴를 대상으로 한다.

² 여기서는 가격변수와 소득변수로 구성된 통상적인 수요함수의 형태를 의미한다.

³ 분석모형의 모든 변수들은 로그 형태로 추정에 사용되어 추정된 계수 값이 바로 탄력성을 의미하게 하였다.

한편, 자원의 특성을 반영하여 수요를 분석한 연구는 사용강도(intensity of use)의 개념을 도입하여 국가 및 지역 단위 수요주체의 수요형태로부터 금속의 수요함수를 추정한다. 이는 개별 국가 및 지역 단위의 경제발전 단계와 기술변화가 수요 구조에 영향을 주며 이를 반영한 수요함수를 추정하고자 하는 것이다. Guzman *et al.*(2005)은 1960년부터 2000년까지를 대상으로 일본의 동 금속 수요를 이와 같은 사용강도의 추이로 설명하고 있다. 이 연구에서 사용강도는 수요주체의 GDP 단위당 금속의 수요량을 의미하며, 시계열 자료를 통해 최종제품의 물질 구성⁴과 국민소득의 최종제품 구성⁵의 변화를 암시하는 소득변수로 설명된다. 여기서 사용강도는 자원의 특성을 반영한 것인데, 이는 경제의 발전단계와 기술변화 등에 따라 그 수요구조가 변한다는 것을 의미한다. 산업화 이전의 단계, 산업화 진행의 단계와 산업화 안정의 단계로 크게 구분하면 자원수요는 낮은 수준에서 점차 증가하며 급격한 증가를 보이다가 증가세가 둔화되고 이어 점차 완만하게 감소하는 형태를 보이게 된다는 것이다. 또한 경제 내 생산활동에 있어 자원투입은 최종제품 생산비용에 있어 높은 비중을 차지하는 부분이므로 최종제품 단위당 자원투입량을 감소시키는 방향으로 기술진보가 일어나게 되고 점차 동일 생산을 위한 자원 수요는 줄어들게 된다는 것이다. 사용강도를 적용하는 연구들은 경제발전의 단계 진행과 기술진보 추이를 반영한 특성에 대해 국민소득의 최종제품 구성과 최종제품의 물질 구성이라는 말로 표현한다.

장기 시계열 자료를 통해 산업발전 단계와 기술변화의 영향을 고려한 수요모형을 상정하므로 수요주체의 소득수준이 낮은 산업발전의 낮은 단계에서는 금속의 사용강도가 낮고, 소득수준이 높아지고 산업발전이 가속화됨에 따라 금속의 사용강도가 높아지며, 산업이 고도화되어 안정적인 경제활동이 이루어지는 단계가 되면 서비스의 생산이 높아지면서 금속의 사용강도가 점차 감소하는 역 U자 형태의 사용강도 추이를 보이게 된다. 이를 그림과 수요모형으로 보면 다음 식 (2), (3) 및 Fig. 1⁶으로 요약할 수 있다.

$$IU_t = \frac{D_t}{Y_t} = \sum_{i=1}^{n_t} a_{it} b_{it} = f(MCP_t, PCI_t) \quad (2)$$

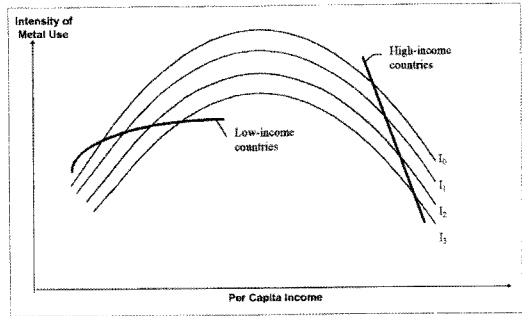


Fig. 1. Intensity of use curve.

$$IU_t = \delta_0 + \delta_1 PCY_t + \delta_2 PCY_t^2 + \delta_3 t + \varepsilon_t \quad (3)$$

사용강도는 US\$로 표시된 GDP 단위당 금속 수요량으로 표현하며, 1인당 소득의 증가에 따라 금속의 수요도 증가하는데 일정 수준에 도달하면 다시 그 수요가 감소한다는 것이다. 여기서 I₀~I₃은 장기적인 경제상황의 추이를 의미한다고 볼 수 있는데, 0 경제상황이 변하지 않는다면 1인당 소득의 변화에 따라 I₀ 곡선과 같은 사용강도 추이를 나타내게 되겠지만, 시간의 흐름에 따라 경제상황은 변화하게 되므로 현실에서는 해당 경제상황과 1인당 소득 수준이 만나는 점의 사용강도를 관찰할 수 있게 된다. 그림은 시간이 0에서 3으로 진행함에 따른 사용강도 추이를 나타낸 것이다. 이를 수식으로 표현하면 식 (2)와 같은데, IU_t는 t 시점의 사용강도를 의미하고, a_{it}는 t시점에서 i최종제품 한단위 생산을 위해 투입되는 금속의 양을, b_{it}는 t시점에서 i최종제품이 전체 소득에서 차지하는 비중을 의미한다. 또한 MCP_t는 t시점의 최종제품의 물질구성을, PCI_t는 t시점의 소득의 최종제품 구성을 의미하여 사용강도는 이들을 변수로 하는 함수로 나타낼 수 있음을 보이고 있다. 식 (3)은 사용강도를 도입한 연구에서 실증분석을 위해 사용하는 회귀식이다. 개념적으로는 식 (2)의 형태를 갖지만 현실적인 자료의 한계로 식 (3)은 이를 유의하게 대체할 수 있는 변수를 도입한 것인데, PCY_t는 t시점의 1인당 소득(per capita income)을, t는 시간(time)을, ε_t는 t시점의 잔차를 의미하며, 소득 자료가 MCP_t와 PCI_t를 대체하고 시간변수가 시간 추이에 따른 경제상황을 설명하는 형태이다. Guzman *et al.*(2005)은 식 (3)의 형태로 사용강도를

⁴Evan and Lewis(2005)는 'material composition of product'로 표현하고 있으며, 특정 재화를 생산함에 있어 이용되는 물질의 구성에 변화가 발생하는 것을 의미한다.

⁵Evan and Lewis(2005)는 'product composition of income'으로 표현하고 있으며, 경제 내에서 생산되는 재화들의 구성에 변화가 발생하는 것을 의미한다.

⁶수식과 그림은 Fanyu Pei and Tilton(1999)에서 인용하였다.

추정하여 PCY_t 와 양의 관계를, PCY_t^2 과 음의 관계를, t 와 음의 관계를 갖는 계수를 도출하였다.

상기 언급한 선행연구들은 본질적으로 금속의 수요를 광석과 금속제품 사이의 특정 단계에서의 수요로 인식한 것이 아니라 실제 사용되고 있는 모든 금속에 대해 분석한 것이다. 따라서 국내에서 금속의 수요로 거래되지 않았더라도 수입된 최종제품의 일부로 수요된 금속부분품도 금속의 수요에 해당된다⁷.

3. 실증분석 모형

선행연구의 형태로 국내 주요금속의 수요를 실증적으로 분석하기에는 곤란한 점이 있다. 국내의 금속 수요에 초점을 두고 있으므로 전체 세계의 수요를 분석하는 경우와 동일할 수 없으며, 국내 수요여건만으로 설명하기도 곤란할 것이다. 따라서 본 연구에서는 언급한 선행연구의 실증분석 형태를 다소 수정하고자 한다.

먼저 자료상의 한계라는 문제점이 있다. 사용강도의 가설에서 언급되는 최종제품의 물질구성 및 국민소득의 최종제품 구성의 변화는 국내에서 거래되는 모든 최종제품에 포함되어 있는 특정 금속의 량을 수요량으로 볼 때 고려할 수 있는데 이에 대한 자료는 없다.⁸ 한편, 전체 세계 경제의 수요와 달리 우리나라의 수요를 분석함에 있어서는 국제 가격에 변동을 초래할 만큼 수요량이 크지 않으므로 가격변수를 외생변수로 보아야 할 것이다. 그리고 최근 아시아 국가들의 경제성장이 가속화되면서 무역량도 증가하고 있으며 과거에 비해 기술력을 요하는 상품의 수입도 늘고 있어 우리나라의 수출 구조에도 영향을 주고 있다.⁹ 이는 국내 주요금속의 수요가 국내 소득뿐만 아니라 인접 국가들의 경제여건이나 교역관계에 의해 영향을 받을 수 있다는 것이다.

이와 같은 점들을 반영하여 선행연구들의 모형을 다소 수정한다. 주요금속의 수요량은 동, 연과 아연의 수요량

으로서, 자료의 부재로 인해 국내에서 거래되어 사용되는 모든 해당 금속의 량으로 하지 못하고, 국내에서 거래된 해당 금속 피의 양으로 한다. 따라서 합금의 형태로 수입되었거나 다른 최종제품에 포함된 상태로 수입되어 확인되지 못한 양은 산입되지 않았다. 그러나 금속 피의 가공을 통해 최종제품의 부분품이 되어 국외로 수출된 량은 국내에서 사용되고 있지 않지만 수요량에 포함되었다. 이 수요량을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{국내수요량}(D_d) &= \text{생산량}(Q_p) + \text{수입량}(Q_{IM}) - [\text{수출량}(Q_{EX}) + \text{재고량}(Q_s)] \\ &= \text{국내(부분품)사용량}(D_{cd}) + \text{국외(부분품)사용량}(D_{cf}) \end{aligned} \quad (4)$$

위 식의 '국내 사용량'만이 사용강도를 적용할 수 있는 수요량으로 보아야 할 것이며, '국의 사용량'은 국내 경제변수들의 영향으로 발생한 수요량이기 보다는 국외 경제변수들의 영향으로 발생한 수요량으로 보아야 할 것이다. 따라서 사용강도를 도입한 위 식 (2)와 (3)의 모형에 대입하면, 다음과 같다.

$$IU_{cd,t} = \frac{D_{cd,t}}{Y_t} = \sum_{i=1}^{n_i} a_{it} b_{it} = f_{UCd}(PCI_t, MCP_t) \quad (5)$$

$$IU_{cd,t} = \delta_0 + \delta_1 PCY_t + \delta_2 PCY_t^2 + \delta_3 t + \varepsilon_{UCd,t} \quad (6)$$

한편, 국외 사용량(D_{cf})은 국외 경제변수들의 영향으로 설명될 것인데, 특히 우리나라와 교역이 용이하며 경제성장이 가속화되고 있는 국가들의 영향이 클 것이므로¹⁰ 이들의 소득변화에 따라 증감하는 수입 변수가 설명력을 가질 것이다.¹¹ 따라서 이를 식으로 보이면 다음과 같이 인접한 m 개 국가의 소득에 관한 함수로 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{국외(부분품)사용량}(D_{cf}) &= f_{Dcf}(GDP_1, GDP_2, \dots, GDP_M) \\ &= \gamma_i \sum_{m=1}^M IM_{m,t} + \varepsilon_{Dcf,t} \end{aligned} \quad (7)$$

⁷ 선행연구의 실증분석에서는 World Bureau of Metal Statistics의 copper consumption을 사용하였다.

⁸ 자급자족의 폐쇄경제 체제를 운용하고 있는 경우가 아니라면 이와 같은 자료를 만들어 내기는 불가능할 것이다. 본문에 언급하겠으나 본 연구의 '국내 수요량'이 국내에서 사용되는 모든 특정 금속의 량을 의미하는 것이 아님을 암시하고자 한다.

⁹ 산업자원부의 2007년 수출입 동향 보도자료와 한국무역협회의 최근 수출입 동향 통계에 따르면 중국 및 동남아로의 수출 증가율이 전년 대비 30%를 넘고 있으며, 동 기관의 통계에 따르면 2003년과 2007년의 5년 사이 85% 이상의 증가를 보인다.

¹⁰ 경제성장이 안정적인 국가는 소득변수도 안정적이므로 경제성장이 가속화되는 국가의 소득변수를 이용하는 것이 유의한 결과를 산출할 가능성이 높다.

¹¹ 국외 사용량이 국외로의 수출 즉, 외국의 수입수요를 의미하기도 하지만, 국가 소득의 증가가 즉시 수입 증가로 이어지는 것이 아니라 소득증가에 따른 재화 수요증가가 국내 생산능력을 넘어설 때에 수입 증가로 나타나게 되므로 직접적으로 외국의 소득을 변수로 도입하기 보다는 수입수요를 변수로 도입하는 것이 적합할 것이다. 유사한 맥락에서 Greenaway et al. (2008)은 중국의 소득 변화와 인접 아시아 국가, 특히 한국과 일본으로부터의 수입 간의 관련성이 높음을 보였다.

일반적으로 수요함수를 추정함에 있어서 가격변수를 고려하지 않을 수 없는데, 주요 선행연구의 모형들은 가격변수에 대해 다소 다른 입장을 보이고 있다. Guzman *et al.*(2005)은 모형에서 소득변수만으로 수요를 분석하였는데, 장기시계열을 대상으로 하므로 가격변화의 효과가 최종제품의 물질 구성 변화와 소득의 최종제품 구성 변화로 반영되어 있으므로 외생적인 가격변수를 고려하지 않는다는 입장이다. 한편, Evans and Lewis(2005)는 가격과 소득의 시차변수들을 이용해 하나의 모형에서 장단기 수요탄력성을 추정하였는데, 가격변화의 경우 단기에 비해 장기에 반응의 유의도가 낮아진다는 결과를 보여, 두 연구 모두 장기에서 가격변수의 설명력이 감소한다는 입장을 보이고 있다. 일반적으로 수요 모형에는 가격변수를 도입하고 있다는 점과 본 연구의 분석 대상기간이 상대적으로 단기인 점을 고려하여 외생적인 가격변수를 모형에 도입하여 분석한다.

식 (4)에서 국내 금속수요량은 국내 사용량과 국외 사용량으로 구성되므로 국내 금속수요량은 위 식 (6), (7)에 나타난 경제변수와의 관계를 통해 실증적으로 분석할 수 있다. 식 (6), (7)을 이용해 로그변수로 국내 금속수요량에 관한 모형을 구성하면, 다음과 같다.

$$\ln(D_t) = \beta_1 + \beta_2 \ln(Y_t) + \beta_3 \ln(Y_t^2) + \beta_4 \ln(t) + \beta_5 \ln\left(\sum_{m=1}^M IM_m\right) + \beta_6 \ln(PRICE) \quad (8)$$

상대적으로 단기의 수요량을 분석하고자 하므로 가격변수를 도입하였으며,¹² 로그변수를 사용하여 단기를 대상으로 분석함으로, 인구의 변화를 안정적으로 보고, 사용강도에 관련된 소득변수를 1인당 국민소득이 아닌 국내 총생산으로 대체했다. 선행연구에 사용된 모형을 수정한 것인데, 선행연구 결과로부터 어느 정도 실증 분석 결과를 예상할 수 있다.

식 (5), (6)와 식 (8)을 비교해 보면, 식 (8)에서는 종속변수에 소득단위당 수요량이 아닌 수요량을 놓고 있어 소득변수의 계수 추정치가 다른 값을 갖게 될 것이다. 식 (6)를 자연로그 변수를 이용한 식으로 전환하여 식 (6)과 같이 바꿀 수 있다.

$$\begin{aligned} [\ln(D_{cd,t}) - \ln(Y_t)] &= \delta_0 + \delta_1 [\ln(Y_t) - \ln(n_t)] + \delta_2 [\ln(Y_t) - \ln(n_t)]^2 \\ &+ \delta_3 \ln(t) - \epsilon'_{it,cd,t} \end{aligned} \quad (9)$$

이때, Y_t 는 t 기의 GDP를 의미하며 n_t 는 t 기의 인구를 뜻하는데, 본 연구는 인구변화가 급변할 수 있는 장기를 분석하는 것이 아니라 상대적으로 단기를 대상으로 하므로 인구수의 변화가 없는 것으로 가정한다.¹³ 식 (6)은 $\ln(n_t) = \eta$ (상수)라 가정하여 국내 부분품 사용량(D_{cd})을 $\ln(Y_t)$ 및 $[\ln(Y_t)]^2$ 에 관해 정리하면 식 (9)와 같다.

$$\begin{aligned} \ln(D_{cd,t}) &= (\delta_0 - \delta_1 \eta + \delta_2 \eta^2) + (1 + \delta_1 - 2\delta_2 \eta) \ln(Y_t) + \delta_2 \ln(Y_t)^2 \\ &+ \delta_3 \ln(t) - \epsilon'_{it,cd,t} \end{aligned} \quad (9)$$

식 (9)에서 계수들을 살펴보면, $[\ln(Y_t)]^2$ 과 $\ln(t)$ 의 계수는 식 (6)의 경우와 같을 것이나, 상수항과 $\ln(Y_t)$ 의 계수는 식 (6)의 계수값을 토대로 추측해 볼 수밖에 없다. Guzman *et al.*(2005)은 식 (6)의 계수들을 상수항과 Y_t 에 대해 양의 값을, Y_t^2 와 시간변수에 대해 음의 값을 도출하였으므로 이를 근거로 생각해보면, 상수항의 계수는 음의 값이, $\ln(Y_t)$ 의 계수는 양의 값이 도출될 것으로 추측할 수 있다.¹⁴

4. 실증분석 및 결과

위 식 (8)을 금속의 국내 수요량의 모형으로 하여 실증분석 한다. 실증분석에 사용한 자료는 1996년부터 2007년까지의 분기자료이며, 금속의 국내 수요량은 통계청에서 제공하는 광공업 동태자료를, 국민소득은 한국은행에서 제공하는 국내총생산(GDP)자료를, 가격은 LME 가격을, 외국의 수입은 한국무역협회가 제공하는 국가의 수출입자료를 통해 아시아 주요 9개국¹⁵의 수입액을 사용하였다.

실증분석을 수행함에 있어서 각 변수의 실제 자료 간 관계에 주의해야 한다. 자료들이 가질 수 있는 문제로 인해 야기되는 회귀분석 결과의 오류를 최소화하기 위해 가성회귀(spurious regress)의 문제, 계열상관(serial correlation)의 문제, 이분산(heteroskedasticity)의 문제 등을 계량적 방법으로 검토하고 치유하여 모

¹² Evan and Lewis(2005)에 따르면 단기에는 장기와 달리 가격에 대한 수요의 영향이 상대적으로 유의하다는 결론을 보이고 있어, 상대적으로 단기를 다루는 본 연구에는 가격변수를 도입한 분석을 시도한다.

¹³ 또한, 분석에 분기별 자료를 사용하였기 때문에 연간 자료만 발표하는 1인당 국민소득의 자료를 이용하기가 곤란하므로 인구수를 고정이라 가정하는 것이 편리하다.

¹⁴ 상수항의 값은 사실 δ_0 에 따라 결정될 것이나, 선행연구 결과로 판단할 때, η 의 값이 상대적으로 매우 크기 때문에 음의 값을 가질 가능성이 높다.

¹⁵ 중국, 홍콩, 인도, 인도네시아, 일본, 말레이, 필리핀, 태국, 베트남의 9개국으로 아시아 국가를 대표하였다.

형의 실증분석 결과와 함께 제시하기로 한다.

일반적으로 불안정(non-stationary) 시계열 자료를 이용한 회귀는 관련 없는 자료로 부터 유의한 결과를 얻는 오류를 범하기 쉽다. 그러나 예외적으로 공적분(cointegration) 관계에 있는 자료들 간에는 자료의 변형 없이도 올바른 회귀 결과를 얻을 수 있는데, 이는 설명변수와 종속변수 간의 확률적 추세가 유사하여 두 변수간의 차이가 안정적(stationary)임을 의미한다. 이때 모형에 사용되는 자료들이 일반적인 불안정 시계열 자료이나 공적분 관계를 갖는지 여부는 모형의 잔차를 단위근 검정하므로써 확인할 수 있으므로 가상회귀 문제에 대해서는 잔차에 대한 Augmented Dickey-Fuller test 를 이용해 검토한다.

이분산의 문제는 횡단면 자료의 분석에서 흔히 발생하는데, 본 연구의 모형은 시계열 자료를 분석하고 있으나 다양한 변수를 이용하고 있어 이분산 문제가 발생할 가능성이 있다. 이분산 문제는 최소자승법 추정에 대해 추정량의 편의(bias)에는 영향을 미치지 않으나 효율성을 저해 한다는 것이다. 모형에서 이분산 문제가 탐

지될 경우 화이트 근사 추정량(White heteroskedastic-consistent estimator)¹⁶을 사용하여 분석한다. 아울러 시계열 자료를 이용한 회귀분석에 반드시 확인해야 할 계열상관의 문제도 보편적인 검정기법을 이용해 확인한다.

분석 대상 금속은 동과, 연과, 아연과이며, 모두 같은 변수로 실증분석 했다. 실증분석에 사용된 변수 자료는 분기별 자료이므로 자연로그 취한 자료를 계절조정하여 사용하였으며, 최소자승법을 이용한 실증분석 결과를 Table 1에 제시했다.

먼저 자료상의 문제 여부를 확인하였는데, 시계열 자료의 공적분 관계를 확인하기 위해 잔차에 대해 Augmented Dickey-Fuller test를 실시한 결과 3개 광종의 경우 모두 1%수준의 유의도로 단위근이 존재하지 않는다는 결과를 보였다. 계열상관의 문제를 확인하기 위해 8기간의 시차에 대해 Breusch-Godfrey test를 실시하였는데, 역시 3개 광종의 경우 모두 유의한 계열상관성은 보이지 않았다. 이분산의 문제를 확인하기 위해 White test를 실시하였는데, 아연과의 경

Table 1. Empirical Estimates of β_i in Eq. (8)

		copper	lead	zinc
β_i	coefficient	-64.889	-226.484	-56.845
	(p-value)	(0.031)**	(0.028)**	(0.127)
GDP	coefficient	11.448	35.069	10.887
	(p-value)	(0.028)**	(0.039)**	(0.085)*
GDP ²	coefficient	-0.477	-1.502	-0.457
	(p-value)	(0.034)**	(0.043)**	(0.097)*
price	coefficient	-0.294	-0.152	0.295
	(p-value)	(0.014)**	(0.427)	(0.001)***
$\sum_{m=1}^M IM_m$	coefficient	0.816	3.580	0.174
	(p-value)	(0.001)***	(0.000)***	(0.377)
t	coefficient	-0.321	-4.338	-0.446
	(p-value)	(0.001)***	(0.000)***	(0.013)**
Adjusted-R ²		0.617	0.868	0.821
Durbin-Watson		1.905	2.148	2.096
ADF test statistic ^a		-6.268(0.00)	-7.082(0.00)	-6.986(0.00)
serial correlation ^b		0.862(0.558)	1.292(0.290)	1.735(0.139)
Heteroskedasticity ^c		1.858(0.091)	1.864(0.093)	1.094(0.394)
		AR(2), MA(1), (2)	AR(1), MA(1), (2)	AR(1), (2), MA(1)

^a this shows whether variables have cointegration relationships, by Augmented Dickey-Fuller test statistic (t-statistics and p-values(in parenthesis) are shown).

^b This is to identify the serial correlation for 8th order by Breusch-Godfrey test(t-statistics and p-values(in parenthesis) are shown).

^c This is to identify the heteroscedasticity by White test(t-statistics and p-values(in parenthesis) are shown).

*, **, *** Significant at 10%, 5% and 1% significance level.

¹⁶ White, H. (1980) A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica*, v. 48 p. 817-838 참조

우 이분산이 나타나지 않는다고 볼 수 있으나 동귀, 연귀의 경우는 다소 낮은 유의도로 이분산 문제의 치유를 기각하고 있다. 이분산의 문제는 추정결과에 대해 편의를 일으키기보다는 유의도와 설명력을 낮게 나타내는 문제를 초래하므로 추정에 있어 화이트 근사 추정량을 사용하여 추정결과를 제시하므로서 이분산 문제를 보정하기로 한다.

이로써 추정에 있어 자료상의 심각한 문제는 없는 것으로 볼 수 있으며, $adjusted-R^2$, Durbin-Watson 통계량 또한 적합한 값을 보이고 있고, 추정치 또한 대체로 예상한 방향의 값이 도출되었다.

5. 실증분석 결과

실증분석 결과는 Table 1에 제시하였다. 국내 부분품 사용량과 관련된 변수들을 먼저 보면, 국민소득의 최종제품 구성을 의미하는 소득(GDP)의 변수는 동, 연, 아연 금속 모두 유의한 양의 값을 보였다. 이는 국민소득이 증가함에 따라 최종제품 수요에 있어 금속의 수요가 커진다는 것인데, 경제 내 생산에 있어서 금속 제품의 생산이 증가함을 뜻한다고 볼 수 있다. 최종제품의 물질구성을 의미하는 소득 제곱(GDP²)의 변수 역시 동, 연, 아연 금속 모두에 대해 유의한 음의 값을 보였다. 이는 생산기술의 진보, 가격 추이에 따른 요소 대체 효과 등이 발생하여 소득변화에 대해 금속의 수요가 감소하고 있음을 의미하는데, 예를 들면 소득이 증가함에 따라 생산기술이 발전하여 다른 원료가 금속 원료를 대체하고 있음을 보인다 할 수 있다. 시간 변수의 계수 역시 매우 유의한 음의 값이 도출되어, 시간의 흐름이 국민소득의 최종제품 구성과 최종제품의 물질 구성 모두에 대해 금속의 수요를 감소시키는 방향으로 작용하고 있음을 보였다.

소득과 소득 제곱 변수의 추정된 계수값은 동귀와 아연귀의 경우 각각 소득에 대해 11.45, 10.89, 소득 제곱에 대해 -0.48, -0.46으로 유사한 값을 보이고 있어 상대적으로 소득에 대해 유사한 반응 구조를 갖는 것으로 보인다.

다음 국외의 부분품 사용량과 관련된 인접 외국의 수입량 변수에 대한 회귀 결과는 예상한 바와 같이 매우 유의한 양의 계수를 도출했다. 이는 인접 외국의 소득 변화로 인한 국내에서의 금속 부분품 수요 변화는 어느 정도 규모 이상의 경제단위에 대해 수입규모변화를

중심으로 관계를 파악하는 것이 적합함을 암시할 수 있는 결과이기도 하다.

이렇게 국내 부분품 사용량과 국외의 부분품 사용량에 적합할 것으로 판단되는 변수들의 회귀결과는 대체로 유의하게 나타났다. 가격변수는 국내 및 국외의 부분품 사용량에 모두 영향을 가질 것으로 판단되어 산업한 변수이다. 선행연구에서는 영향관계가 있다하더라도 단기적으로 보다 장기적으로 영향관계가 명확한 것으로 보고 있어 본 연구에서 어떤 결과가 도출될 것인지 예상이 쉽지 않았다. 가격은 모든 정상재화에 대해 음의 영향을 갖는 것이 일반적이므로 금속의 수요를 분석함에 있어서도 음의 계수 값이 도출될 것으로 기대할 수 있으나, 분석 기간이 상대적으로 단기인 점과 선행연구들의 결과로 볼 때 예상과 다른 결과가 도출될 가능성도 배제할 수 없다. 실제 회귀 결과를 보면 동 금속의 경우 유의한 음의 계수가 도출되어 일반적인 정상재화와 같은 결과를 보이는 반면, 아연귀의 경우 매우 유의한 양의 값이 도출되어 상반되는 결과를 보였다. 이는 분석모형에서 국내 시장은 국제가격을 외생변수로 받아들인다는 가정을 도입하였기 때문인 것으로 판단된다. 동귀에 있어서는 국내 시장이 가격 수용자 위치에 있으나, 아연귀의 경우는 국내 시장이 가격 수용자가 아니라 어느 정도 가격 설정자의 역할을 담당하고 있는 것으로 보인다. 연귀의 경우는 동귀와 아연귀의 경우와 또 달리 유의하지 못한 음의 계수값을 보였는데, 아연의 경우와 유사하게 국제가격에 다소의 영향을 미치는 정도의 역할을 하고 있는 것으로 보인다.¹⁷

6. 결 론

본 연구는 국내 금속의 수요를 분석할 수 있는 모형을 정립하고자 하였다. 실증적으로 분석하기 위해서는 충분한 자료와 자료에 적합한 모형이 필요한데, 현실적으로 국내를 목적으로 발생하는 수요량의 자료를 형성하기 곤란하다. 뿐만 아니라 금속의 수요는 최종제품의 파생수요로서 최종제품의 수요에 영향을 주는 요인을 고려함과 동시에 생산요소로서 금속의 특성을 반영할 수 있는 요인도 고려해야 한다.

이와 같이 금속의 수요를 설명함에 있어서 일반적인 최종재 수요함수와 같은 요인으로서의 분석은 용이하지 않은 부분이 있는데, 국내 수요의 자료를 개념적으로 이분하여 각각을 설명할 수 있는 요인을 도입하여 분

¹⁷ 추가적인 논의가 필요하겠으나 세계시장에 대한 국내 연·아연귀 공급은 매우 높은 수준에 있어 각각 정도의 차이는 있겠으나 어느 정도 시장가격에 영향을 줄 수 있는 공급자의 위치에 있기 때문일 것으로 보인다.

석을 시도하였다. 그 결과, 광종별로 국내에서 거래되고 사용되는 모든 금속의 수요량에 대해서 분석하지는 못했으나 자료를 이용하기 용이한 동괴, 연괴, 아연괴의 수요량에 대해서는 실증적으로 유의한 설명을 제시할 수 있었다.

사용강도를 도입하여 개념적으로 구분해낸 국내 목적의 수요량을 설명하였고, 외국의 소득을 반영하는 요인을 통해 국외 목적의 수요량을 설명하였으며, 재화가 일반적으로 나타내는 가격과의 관계도 보였다.

국내 목적의 수요량 부분에 대해서는 선행연구의 결과와 유사하게 국민소득의 최종제품 구성과 최종제품의 물질구성 및 시간과 관련된 요인들에 대해 대체로 유의한 실증분석 결과를 보였다. 국외 목적의 수요량 부분에 대해서도 선행연구의 결과와 다르지 않게 수요주체 국가의 소득요인에 대해 유의한 결과를 보였다. 이는 사용강도를 도입한 금속 수요분석의 모형이 한국의 금속 수요구조를 설명하는 데에도 유효하게 적용될 수 있음을 의미한다고 할 수 있다.

한편 가격요인에 대해 광종별로 다른 결과를 나타냈는데, 이는 국내 시장이 각 가격에 미치는 영향력의 차이에 기인한 것으로 판단되며, 유의한 설명을 도출하기 위해서는 가격 수용자로서의 가정을 완화하고 국내시장의 역할을 반영할 수 있는 모형의 발전이 필요할 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 기관고유사업(GP2007-015-01-10)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

Korea National Statistical Office, Current Mining and Manufacturing Survey, (<http://www.kosis.kr/>).
Korea International Trade Association, Trade Statistics,

(<http://www.kita.net/>).

- The Bank of Korea, National Accounts, Economic Statistics System, (<http://ecos.bok.or.kr/>).
- Bozdogan, K. and Hartman, R. S. (1979) US demand for copper: an introduction to theoretical and econometric analysis, *The World Copper Industry*, pp. 131-163.
- Considine, T. J. (1991) Economic and technological determinants of the material intensity of use. *Land Economics* v. 67, p. 99-115.
- Evans, M. and Lewis, A. C. (2005) Dynamic metals demand model. *Resources Policy*, v. 30, p. 55-69.
- Fanyu Pei, John E. Tilton (1999) Consumer preferences, technological change, and short-run income elasticity of metal demand. *Resources Policy*, v. 25, p. 87-109.
- Figuerola-Ferretti, I. and Gilbert, C. L. (2001) Price variability and marketing method in non-ferrous metals: Slade's analysis revisited. *Resources Policy*, v. 26, p. 169-177.
- Greenaway, D., Mahabir, A. and Milner, C. (2008) Has China displaced other Asian countries' exports? *China Economic Review*, v.19, p. 152-169.
- Huges, J. E. (1972) The exploitation of metals. *Metals and Materials*, p. 197-205.
- Guzman, J. I., Takashi Nishiyama, Tilton, J. E. (2005) Trends in the intensity of copper use in Japan since 1960. *Resources Policy*, v. 30, p. 21-27.
- Labson, B. S., Crompton, P. L. (1993) Common trend in economic activity and metals demand: Cointegration and the intensity of use debate, *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 25, p. 147-161.
- Nutting, J. (1977) Metals as materials. *Metals and Materials* 1977;, p. 30-34.
- Slade, M. E. (1981) Recent advances in econometric estimation of materials substitution. *Resources Policy*, v. 7, p. 103-109.
- Tilton, J. E. (1990) World metal demand: trend and prospects. Resources for the future, Washington DC.
- Tilton, J. E., Moore, D.J. and Shields, D. J. (1996) Economic growth and the demand for construction materials. *Resources Policy*, v. 22, p. 197-205.
- Valdes, R. M. (1990) Modelling Australian steel consumption: the intensity of use technique. *Resources Policy*, v. 16, p. 197-205.
- White, H. (1980) A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica*, v. 48, p. 817-838.

2008년 10월 1일 원고접수, 2008년 10월 21일 게재승인.