

시스템 시뮬레이션을 통한 원자재 가격 및 운송 운임 모델

A System Dynamics Model for Basic Material Price and Fare Analysis and Forecasting

정재현*

Jung, Jac-Heon*

Abstract

We try to use system dynamics to forecast the demand/supply and price, also transportation fare for iron ore. Iron ore is very important mineral resource for industrial production. The structure for this system dynamics shows non-linear pattern and we anticipated the system dynamic method will catch this non-linear reality better than the regression analysis. Our model is calibrated and tested for the past 6 year monthly data (2003-2008) and used for next 6 year monthly data(2008-2013) forecasting. The test results show that our system dynamics approach fits the real data with higher accuracy than the regression one. And we have run the simulations for scenarios made by possible future changes in demand or supply and fare related variables. This simulations imply some meaningful price and fare change patterns.

Keywords: 수급 전망, 가격 전망, 운송 운임 전망, 시스템 다이내믹스, 광물 자원, 철광석
(Demand/Supply Forecasting, Price Forecasting, Fare
Forecasting, System Dynamics, Mineral Resources, Iron ore)

* 포스코 경영연구소 연구위원 (제1저자, jhjung@posri.re.kr)

I. 서론 및 모형 개요

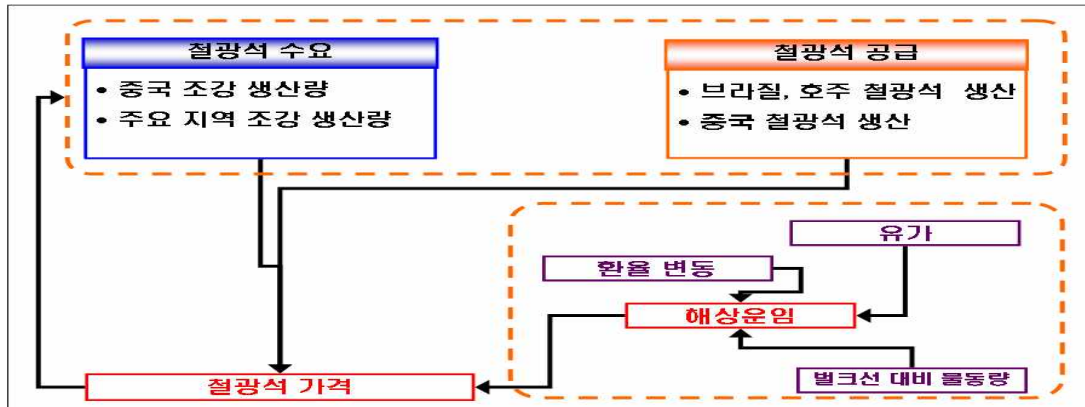
본 논문은 철강산업의 원가에서 높은 비중을 차지하는 원자재인 철광석의 가격 결정을 시스템 다이내믹스 방법에 의해 모형화하였다. 이 모형화를 통해 철광석 가격에 영향을 주는 여러 요인들의 변화를 시나리오화시켜 시스템 다이내믹스 방법에 의한 시나리오 분석을 가능하게 하였다.

수급 예측 또는 가격 예측에 대한 시스템 다이내믹스 기법의 적용에 대한 논문은 곽상만 et al(2002), 정석재 et al(2005)이 있다. 또 최근 광물자원인 니켈 수급 및 가격 예측에 대한 논문 정재현(2008)이 있다. 본 논문은 유사한 광물자원인 철광석의 가격 분석 및 전망을 시스템 시뮬레이션에 의해 시도하고 있다. 그러나 철광석은 단위당 가격이 타 금속에 비해 저렴함으로서 광산 개발 원가 및 운송 운임 등에 영향을 많이 받는다. 따라서 상당히 고가인 니켈과는 모델 구성에 있어 다른 접근법을 취하고 있다¹⁾.

철광석 모형은 [그림 1]에서 보이는 바와 같이 수요와 공급, 그리고 해상 운송 운임이 철광석 시장 가격을 결정하는 구조로 이루어져 있다. 그런데, 2장에서 설명되겠지만 수요와 공급은 다시 비선형적인 방식으로 철광석 시장 가격에 의해 영향을 받는다. 이 모형구조는 주로 현재까지 이용되어져 왔던 회귀분석에 의한 선형 모델이 작동하기 어렵게 만든다. 다양한 상황이 전개되는 현실에서 이러한 제약으로 인해 선형의 가격 예측 모델은 불리하다. 또 선형 모델에서 외생변수로 취급되는 다수의 변수들은 현실에서는 내생변수이다. 시스템 시뮬레이션에 의한 철광석 가격 및 운임 예측 방법은 변수들을 시스템 내에서 자생함으로써 보다 충실히 현실을 모사할 수 있다.

2장에서 본 연구는 먼저 철광석의 수요 및 공급, 그리고 철광석 시장 가격에 큰 영향을 주는 해상 운송 운임 그리고 최종적으로 철광석 시장 가격 모형을 설명한다. 다음 3장에서 모형의 정확성에 대한 검증을 거쳐 미래 가격 전망에 대한 분석을 제시하였다. 4장에서는 세계 경기 변화에 따른 수요 요인, 공급 구조 변화에 따라 초래될 수 있는 공급 요인, 해상 운송 변화 요인들에 의한 시나리오별로 시뮬레이션을 통한 가격 전망 및 분석을 시도하였다.

1) 중국 시장의 호주산 및 브라질산 현지 가격은 2008년 8월 평균 가격이 각각 톤당 124, 164달러(운임 포함, CIF)인데 이중 운임은 각각 31, 86달러에 달한다. 이에 반해 니켈은 최근 가격이 하락하였지만, 동월 평균 가격이 톤당 17000 달러에 달한다.

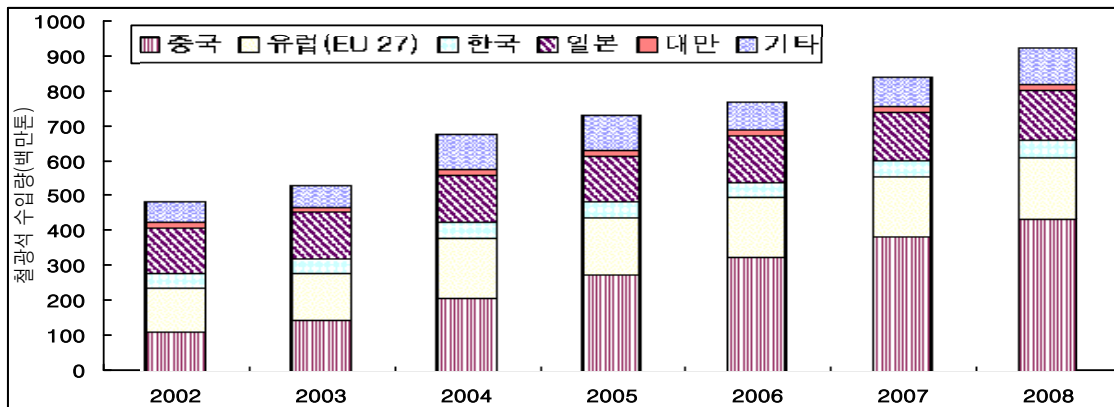


[그림 1] 모델 개요

II. 철광석 가격 결정 요인 분석

1. 철광석 수요

철광석의 수요는 조강생산에 직접적으로 영향을 받는다. 조강생산은 몇몇 주요 국가에서 이루어지고 따라서 철광석 수요도 이들 주요 지역에서 대부분 발생한다. 최근 중국의 조강 생산이 크게 늘어나 중국의 철광석 수요량 및 수입량은 큰 비중을 차지한다. 중국의 철광석 생산량도 크게 증가하였지만 철광석 수요량은 더욱 빠른 속도로 증가하여 세계에서 중국의 철광석 수입량이 차지하는 비중은 최근 47%(2008년)에 달한다. 중국을 비롯한 유럽(EU 27), 한국, 일본, 대만 등이 차지하는 수입량이 세계 철광석 수입량의 대부분(90%, 2007년)을 차지한다([그림 2] 참조).



[그림 2] 지역별 철광석 수입량 연간 추이 (ABARE, 2008)

본 논문은 철광석의 월별 현지 시장 가격(spot price)에 대한 분석 및 시뮬레이션 모델을 전제로 한다. 월별 철광석 가격 모델이 필요로 하는 수급 분석에 필요한 철광석 월별 소비 데이터를 갈음하여 월별 수입 데이터를 활용하였다²⁾. 주요 공급국가인 호주, 브라질, 러시아 등은 철광석 소비가 미미하고 주된 철광석 소비는 한국, 대만, 일본 등의 수입을 전제로 이루어지기 때문이다.

수요 모형은 통계적 정확도를 기하기 위해 회귀 방정식 모형들 중 가장 높은 설명력을 보인 모형에서 출발하였다. 월별 철광석 수요는 철강 생산 곧 월별 조강 생산량에 절대적으로 의존한다. 따라서 회귀 분석 모형은 <표 1>의 첫째행과 같이 구성된다. 추정된 회귀 방정식의 계수들은 시스템 다이내믹스 모형에서 시작되는 캘리브레이션(Calibration)의 시작점으로서 참고되었다. 시스템 다이내믹스 모형의 각 관계식의 계수들은 회귀방정식 모형(<표 1>을 참조)의 것에서 출발하여 캘리브레이션 방법을 통해 실제치와 오차를 최소화하

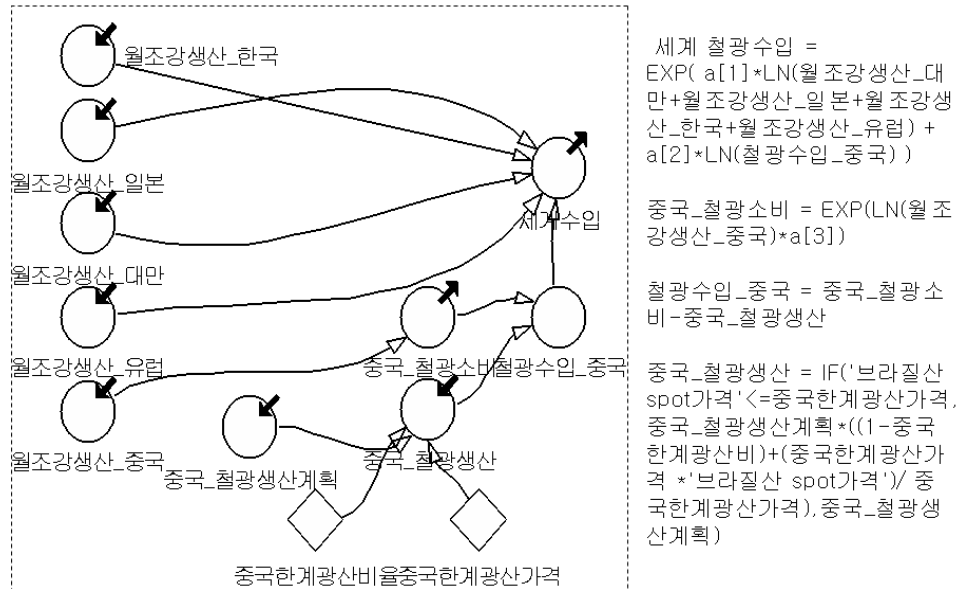
<표 1> 시스템 다이내믹스 모형에 대응하는 회귀 방정식

추정항목	회귀방정식 모형식 ³⁾	MAPEs:%
세계 철광석 월별 수입량	$\text{LOG}(\text{WORLD_IMPORT}) = 0.53(0.67)*\text{LOG}(\text{TAIWAN_STEEL}+\text{KOREA_STEEL}+\text{JAPAN_STEEL}+\text{EURO_STEEL}) + 0.51(0.36)*\text{LOG}(\text{CHINA_CONS}-\text{CHINA_PROD}); R^2=0.97$	3.2
중국 철광석 월간 수입량	$\text{LOG}(\text{CHINA_CONS}) = 1.07(1.07)*\text{LOG}(\text{CHINA_STEEL}); R^2 = 0.91$	12.0
중국-호주간 월별 운임	$\text{LOG}(\text{FARE}) = -0.17(-0.18)*\text{LOG}(\text{OIL_PRICE})*\text{LOG}(\text{EX_RATE}) + 0.12(0.10)*\text{LOG}(\text{BULK_EXPORT}/\text{BULK_FLEET}) + 0.76(0.85)*\text{LOG}(\text{FARE}(-1)); R^2=0.86$	20.6
중국-브라질 월별 운임	$\text{LOG}(\text{FARE_BRAZ}) = -0.20(-0.13)*\text{LOG}(\text{OIL_PRICE})*\text{LOG}(\text{EX_RATE}) + 0.15(0.10)*\text{LOG}(\text{BULK_EXPORT}/\text{BULK_FLEET}) + 0.77(0.85)*\text{LOG}(\text{FARE_BRAZ}(-1)); R^2=0.90$	8.8
호주산 중국시장(spot) 가격	$\text{LOG}(\text{SPOTPRICE_CHINA_AUS}) = 0.08(0.05)*\text{LOG}(\text{FARE}) + 0.12(0.10)*\text{LOG}(\text{WORLD_IMPORT}(-1)/\text{WORLD_EXPORT}(-1)) + 0.96(0.98)*\text{LOG}(\text{SPOTPRICE_CHINA_AUS}(-1)); R^2=0.95$	14.5
브라질산 중국 시장(spot) 가격	$\text{LOG}(\text{SPOTPRICE_CHINA_BRAZ}) = 0.29(0.29)*\text{LOG}(\text{FARE_BRAZ}) + 0.82(0.83)*\text{LOG}(\text{SPOTPRICE_CHINA_AUS}); R^2=0.98$	4.6

2) 월별 소비량 데이터는 모든 국가별로 집계되지 않아 월별 수입량 데이터로 대체하였다.

는 방법을 통해 수정되었다.

시스템 다이내믹스를 이용한 철광석 수입 곧 수요 모형은 [그림 3]으로 보여진다. 여기서 세계 철광석 월별 수입량은 중국철광석 수입 및 주요 조강 생산국들의 조강 생산량의 외생변수에 의해 추정된 회귀모형식을 이용하여 모형을 구성하였다.



[그림 3] 세계철광석 수요(수입) 모형

중국은 자국의 철광석 소비의 상당부분을 자국의 철광석 생산에서 충당(자급율 48%, 2007년)한다. 중국의 철광석 수입량은 중국의 조강 생산량에 영향을 받는 자국의 철광석 소비량에서 자국의 철광석 생산 계획 부분을 반영하여 생산된 철광석 생산량을 차감하여 계산된다. 중국의 철광석 생산량의 모형상의 구성식은 다음 장에서 설명될 철광석 공급 모형에서와 그 구성이 동일하다. 현재 10% 정도의 생산비용이 특히 많이 드는 광산(한계광산비율 = 10%)의 최대 생산 원가를 반영한 적정한 가격(한계광산가격)을 160\$(브라질 산 중

3) 괄호 안은 시스템 다이내믹스 모형식의 계수에 대응하는 회귀모형식의 계수로서 캘리브레이션을 통해 조정된 값이다. MAPEs는 회귀분석 결과에 의한 예측치와 실제치 사이의 오차율을 의미한다([그림 9]의 시스템 다이내믹스 모형에 의한 MAPEs와 비교 가능). 여기서 각 추정항목들의 log 값이 외생변수들로 추정되었다. 표의 첫째 행에서 국가명 다음의 _표시 뒤의 steel은 해당 국가별 월별 조강생산량을 의미한다. world_import는 한국, 중국, 일본, 대만, 유럽의 월별 철광석 수입량 합계이다. world_export는 인도, 호주, 브라질, 기타 등의 전세계 철광석 월별 수출량 합계이다. ex_rate는 1달러의 유로화 표시로서 이 값이 커질수록 달러화 가치가 올라간다. oil_price는 월별 유가로서 데이터는 브렌트(wrent)유의 달러화 표시를 이용하였다. bulk_export는 월간 벌크선에 의한 총 수출 물동량을 의미하며 bulk_fleet는 벌크선 총 선복량을 DWT(dead weight tonnage)로 표시한 값이다.

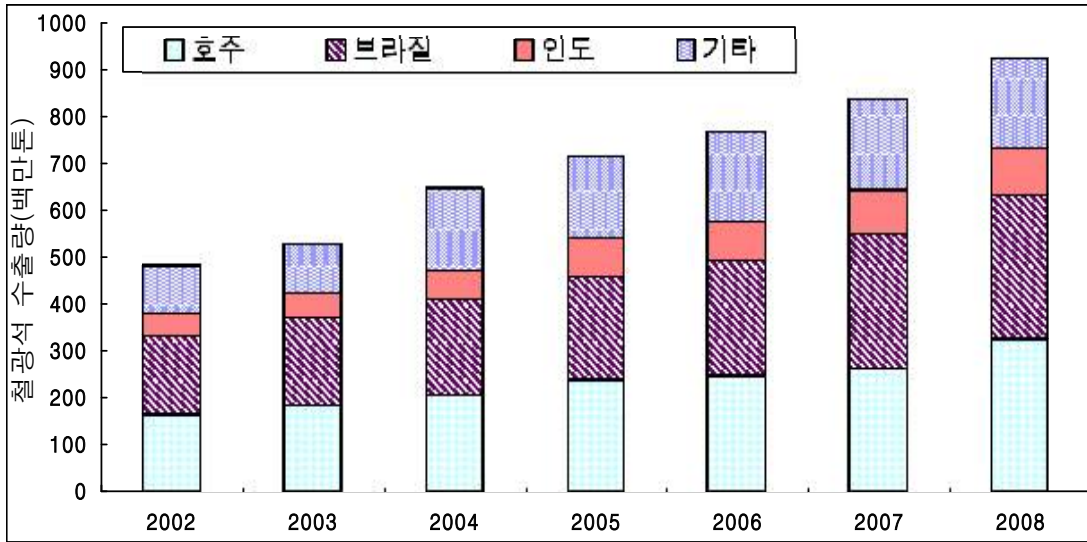
국 시장가격 기준)로 본다. 현재의 시장가격이 이 값에 미치지 못할 경우 중국 철광석 생산량은 현재 중국의 철광석 생산 예측량 내지 계획량의 90%(한계광산을 제외함)까지 가격이 미치지 못하는 수준에 비례하여 감소하도록 설정되었다. 따라서 시장가격에 의해 중국의 철광석 생산량이 영향을 받아서 다시 세계 철광석 수입량에서 큰 비중을 차지하는 중국 철광석 수입량이 영향을 받게 된다.

2. 철광석 공급

주요한 철광석 생산국은 호주, 브라질, 중국, 남아프리카 공화국 등이며 이들은 철광석 공급의 대부분을 차지한다. 중국은 자체의 소비량이 커서 순수입국이며 나머지 국가들은 자체 소비량이 미미하여 대부분을 수출하고 있다. 전 세계 수출량의 대부분(80%, 2008년 추정)을 호주, 브라질, 인도가 담당하고 있다([그림 4] 참조). 세계 철광석 공급은 자국 내에서 생산하여 소비하는 중국의 경우를 제외하면 해상을 통한 수출로 이루어지고 있다. 따라서 월별 철광석 공급은 이들 수출량을 통해 파악할 수 있다. [그림 5]에서 월별 철광석 공급량은 호주, 브라질, 인도, 기타 국가의 수출 합계로 모형화되었다.

이들 공급에 영향을 미치는 요소는 광산 개발 비용, 운영비용 등의 비용적인 면, 인프라의 문제 등이 있다. 광산 개발비용은 최근 급상승하였다. 철광석 가격이 최근 급등함으로써 철광석 공급업체들의 광산 개발이 증가하였다. 그런데 광산 개발은 대부분 기존 광산의 확장이 아니라 신규 광산 개발(green field)로서 개발비용이 과거에 비해 크게 증가하였다. 신규 광산들은 주로 개발이 잘 이루어지지 않았던 변방에 위치하여 도로, 항만, 철도 등의 개발 인프라 구축, 노동력 확보 등에 더 많은 비용이 든다⁴⁾. 또한 추가적인 인프라 비용도 점점 증가하고 있고, 인프라 부족으로 인해 생산 차질이 벌어지는 경우도 증가하고 있다. 이러한 이유로 현재 공급 증가가 많은 철광석 공급 업체에 의해 계획되어 있으나, 이들이 원활하게 공급되어질 수 있을지에 대한 의문이 있다.

4) 과거에 경제성을 이유로 개발이 이루어지지 않았던 광산을 개발함으로써 기술적인 이유로 자본 비용을 들고 있으며 숙련 기술자 부족, 환경 문제 등도 추가적인 운영비용을 들게 하고 있다. 광산 전문 조사 기관에 의하면 이들 신규광산 개발로 톤당 생산 비용은 점점 증가하여 2006년 대비 2011년은 두 배 이상 증가할 것으로 예상하고 있다.

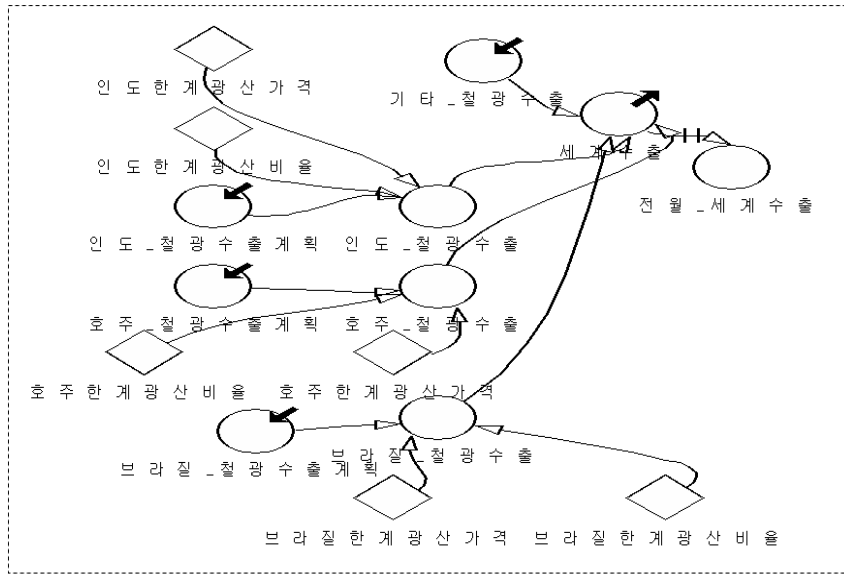


[그림 4] 지역별 철광석 수출량 연간 추이 (ABARE, 2008)

따라서 우리는 모형에서 과거 수출에 대해서는 실적치를 그대로 사용하였으나 미래 전망 모형에서는 철광석 가격이 떨어지는 경우에 생산 원가에 일정한 마진을 더한 부분(=한계광산가격)이 현재의 철광석 가격에 미치지 못하는 한계광산의 경우에는 철광석 공급사측에서 계획된 생산⁵⁾이 가격에 미치지 못하는 비율에 비례하여 감소하는 것으로 가정하고 모형화시켰다(그림 5 참조). 좀 더 구체적으로 모형을 설명하면 예컨대, 브라질 철광수출의 경우 한계 광산인 신규광산이 33%(한계광산비율) 정도의 물량을 담당하는 것으로 보고, 가격이 달러화로 130\$(한계광산가격)이하이면 그 가격에 미치지 못하는 정도로 한계광산에서 공급 감소가 초래되는 것으로 상정하였다⁶⁾. 최악의 경우 모든 한계 광산에서 생산이 이루어지지 않아 철광석 수출계획의 33% 정도가 완전히 삭감될 수 있다. 이러한 모형화는 선형의 회귀 방정식 모형에서는 이루어질 수 없으나 현실을 반영하기 위해서 반드시 필요한 부분으로 본 모형의 장점 중의 하나이다.

5) 미래의 철광석 공급 전망은 철광석 공급업체가 계획하고 있는 광산 개발 또는 확장 프로젝트의 철광석 생산 계획을 모두 집계함으로써 일단 이루어진다.

6) 각종 철광석 광산 원가에 관한 자료를 종합하여 호주는 한계광산가격을 100\$, 인도는 140\$, 중국은 160\$로 설정하였다. 또 모형에서 한계생산비율은 호주와 브라질은 33%, 인도와 중국은 각기 10%로 설정하였다.



브라질-철광수출 = IF('브라질산 spot가격' <= 브라질한계광산가격, 브라질-철광수출계획 * ((1-브라질한계광산비율) + (브라질한계광산비율 * '브라질산 spot가격') / 브라질한계광산가격), 브라질-철광수출계획)

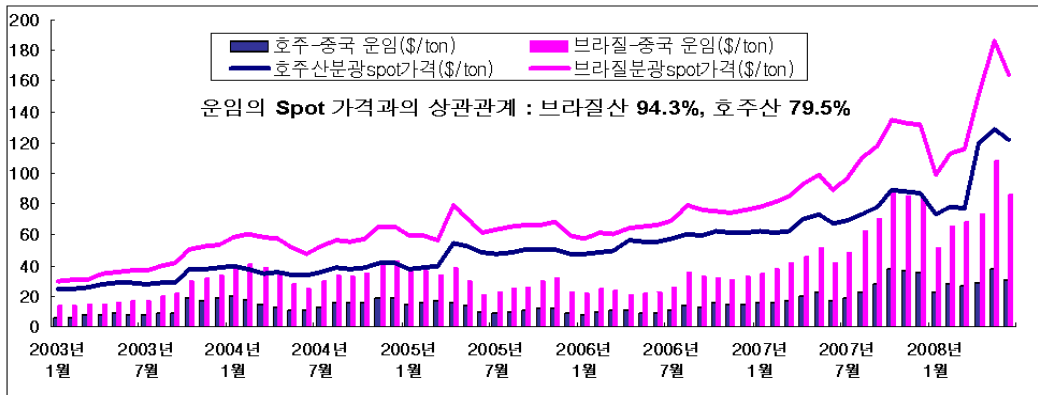
호주-철광수출, 인도-철광수출 등도 동일한 모형 이용

세계수출(철광석) = 기타-철광수출 + 브라질-철광수출 + 인도-철광수출 + 호주-철광수출

[그림 5] 세계 철광석 공급(수출) 모형

3. 철광석 해상 운임 및 가격

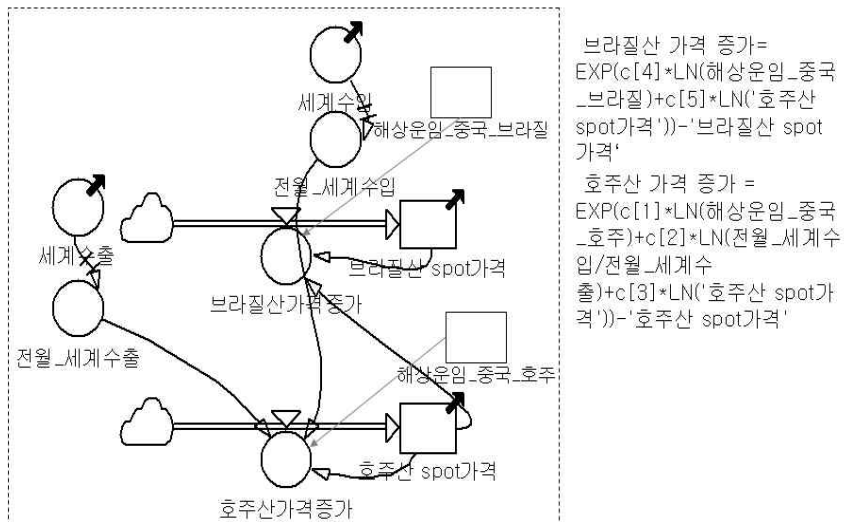
철광석은 수송 운임이 철광석 공급 원가에 미치는 영향이 매우 크다. 과거 데이터의 분석에 의하면 중국에서 팔리는 호주산 철광석 가격의 30%, 브라질산 가격의 50%가 해상 운임 원가로 인한 것이다. 이들 철광석 가격과 해상 운임의 변화를 도시해 보면 [그림 6]와 같이 밀접한 상관관계가 보여진다.



[그림 6] 철광석 가격과 운임의 상관관계

이와 같이 해상운임은 철광석 가격에 큰 영향을 미치므로 해상 운임의 결정요소에 대한 모형도 필요하다. 해상운임은 유가와 밀접한 상관관계를 가지고 있고 환율, 벌크선에 의한 수출 물량 대비 벌크선 선복의 비율(벌크물량비)과도 상관관계를 가지고 있다⁷⁾.

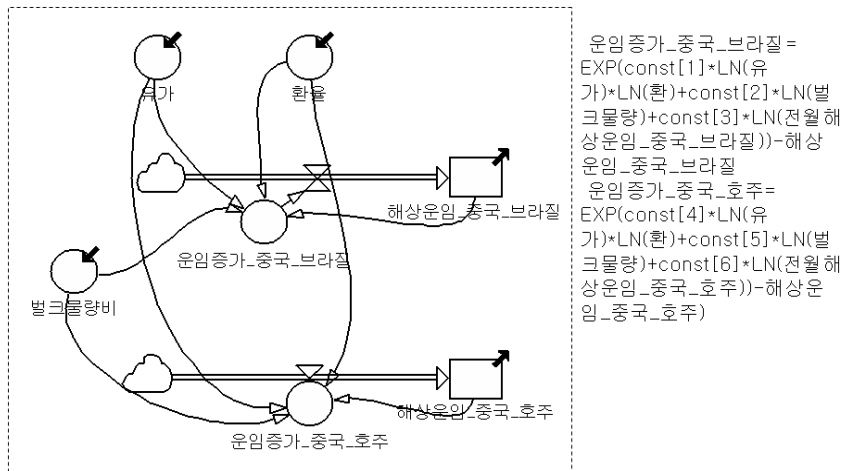
이 상관관계는 회귀분석 모형에 의해 <표 1>의 3, 4행에 잘 나타나 있으며 [그림 7]과 같이 모형화되었다. 해상운임은 현재 전세계 철광석 가격의 기준이 되는 중국 시장에서의 호주산 및 브라질산 철광석 가격에 직접적인 영향을 미치는 중국과 호주, 브라질 간의 벌크선 해상 운임을 모형화하였다.



[그림 7] 호주산 철광석 및 브라질산 철광석 가격 모형

철광석 가격은 해상 운임에 의해서 직접적으로 영향을 받으며 철광석 수출량 및 수입량에 의해서도 영향을 받는다. 이러한 상황은 회귀분석 결과에 나타나 <표 1>의 5행은 호주산 철광석 가격과 이들의 상관관계를 통계적으로 보여준다. <표 1>의 6행은 브라질산 철광석 가격은 이들보다 호주산 가격에 더욱 밀접하게 상관관계가 있음을 보여준다. 이 결과를 이용하여 철광석 가격 결정 모형은 [그림 8]에 도시되어 있다.

7) 벌크선복량 대비 벌크 수출 물동량 비율은 Clarkson 자료를 이용하였다.



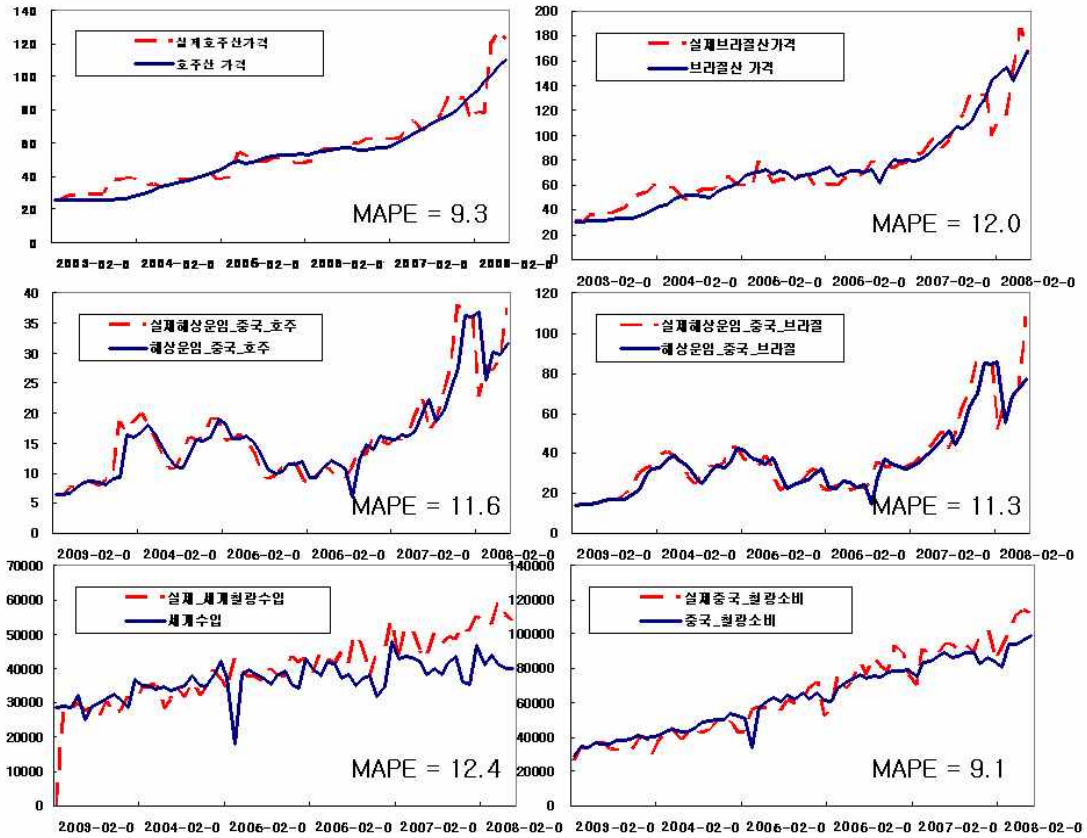
[그림 8] 해상 운임 모형

Ⅲ. 모델의 검증 및 전망

1. 과거 자료를 이용한 모델 검증

본 연구 모델의 타당성을 확보하기 위해 과거의 철광석 가격과 해상 운임 데이터를 시뮬레이션 결과를 비교하는 하향식 검증을 실시하였다. 2003년도 1월부터 2008년도 6월까지의 실제의 중국 현지 시장에서의 호주산 및 브라질산 가격과 중국-호주간 및 중국-브라질간의 해상운임, 중국 철광소비량, 세계 철광 수입량을 시뮬레이션 결과와 비교해보았다. [그림 9]에서 보이는 바와 같이 그 결과는 이들 모든 자생변수들의 MAPEs 평균이 10% 안팎으로 철광석 가격의 높은 월별 가격 변동성을 고려해볼 때 우수한 수준이다. <표 1>에서 보이는 회귀분석 모형의 MAPEs 값과 대비해볼 때, 시스템 다이내믹스 방법이 대부분 더 높은 설명력을 보여주고 있음을 알 수 있다⁸⁾.

8) 일부 회귀 방정식(회귀모형 1, 4, 6번째 방정식)을 이용한 시스템 다이내믹스 모형은 외생변수로서 주어진 값을 이용하지 않고 모델에서 자생되는 내생변수를 이용하여 더 큰 MAPEs 값을 가지게 되어 해당되는 회귀모형과 공정한 비교가 되지 않는다. 1번째 방정식에서 세계 철광 수입량은 본 연구의 시스템 다이내믹스 모형이 중국 조강생산으로부터 생성된 내생변수인 중국수입량 데이터를 이용하지만 회귀모형에서는 실제의 중국 철광소비량 데이터를 이용하여 세계 철광 수입량을 예측하므로 시스템 다이내믹스 모형이 더 큰 MAPEs 값을 갖는다. 이와 유사하게 4번째 회귀방정식 모형이 과거 운임(전월 운임)의 실제 데이터를 이용하고 있는데 반해 시스템 다이내믹스 모형은 내생변수이므로 모델 내에서 생성된 값을 이용하고 있다. 마지막 브라질산 중국 시장가격에 대한 회귀모형도 시스템 다이내믹스 모형이 브라질 해상운임의 자생된 값을 사용하는데 반해 회귀모형은 브라질 운임의 실제 데이터를 사용하여 시스템 다이내믹스 모형이 더 큰 MAPEs 값을 가진다.



[그림 9] 시뮬레이션 결과와 실제치 비교 (2003.1 - 2008.6)

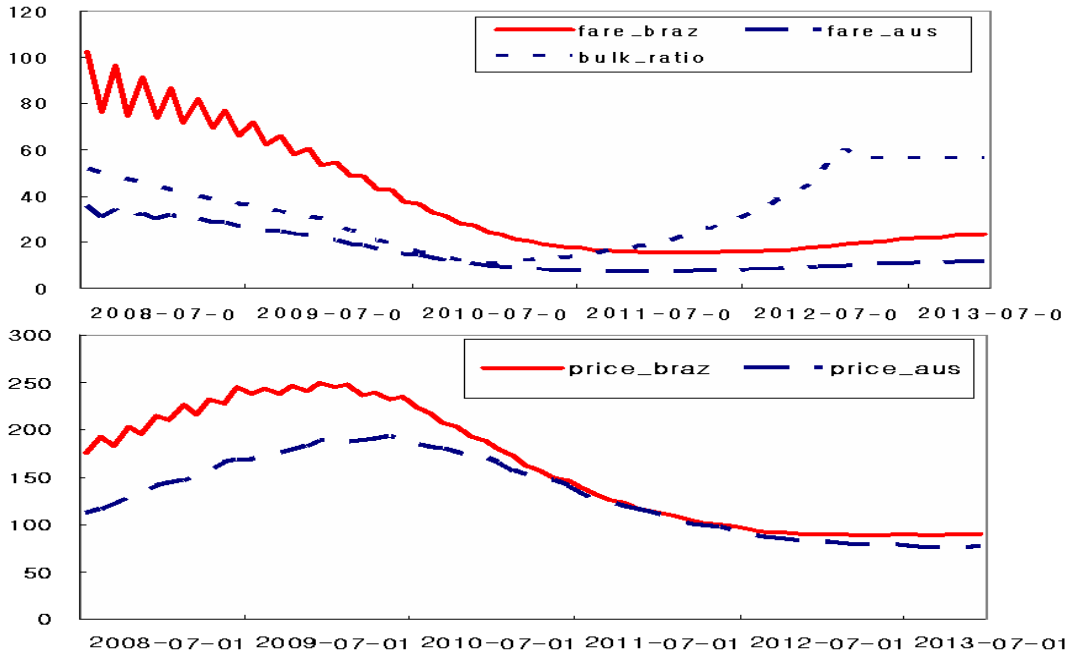
2. 가격 및 해상 운임 전망

기본 시나리오⁹⁾에 의해 전망된 중국시장에서의 월별 호주산(base price_au) 및 브라질산 가격(base price_braz) 그리고 중국-호주, 중국-브라질 간의 월별 해상 운임(각각 base fare_au, base fare_braz)은 [그림 10]과 같은 추세를 보인다. 이 전망에 의하면 철광석 가격은 2010년 1월경에 최고치를 보이고 이후 장기적으로 점차 하락한다. 해상운임의 경우 2008년 11월경에 최고치를 보이고 이후 2012년 2월경까지 하락한다. 이러한 전망은 여타 다른 기관의 전망과도 추세 상으로 일치하고 있다.

시뮬레이션 결과에 의하면([그림 10] 참조) 장기적으로 볼 때 해상운임은 벌크물량비(base bulk_ratio)의 하락과 더불어 하락하나 최저점과 최고점이 반드시 일치하지는 않는다. 그러나 운임하락과 동시에 중국-호주간 운임(fare_au)과 중국-브라질간 운임(fare_braz) 격차

9) 기본 시나리오의 입력 데이터들인 중국, 한국, 일본, 유럽, 대만의 월별 조강 생산량 전망치는 Merrill Lynch(2008, 6)를 이용. 환율은 Global insight(2008, 6)의 2009년까지의 전망치를 이용하고 이후는 최종치와 동일하게 처리, 유가는 2008년 7월 이후는 110달러로 동일하게 설정

가 최저점이 되는 시점이 있다(2011년 9월경). 이 시점은 호주산 철광석 가격과 브라질산 철광석 가격의 격차가 제일 작은 시점이 되는데 실제로 두 가격의 격차가 거의 전부 운임 격차에 의한 것이기 때문이다¹⁰⁾.



[그림 10] 호주산 철광석 가격(price_aus) 및 브라질산 가격(price_braz), 운임 변화(2008.6-2013.12)

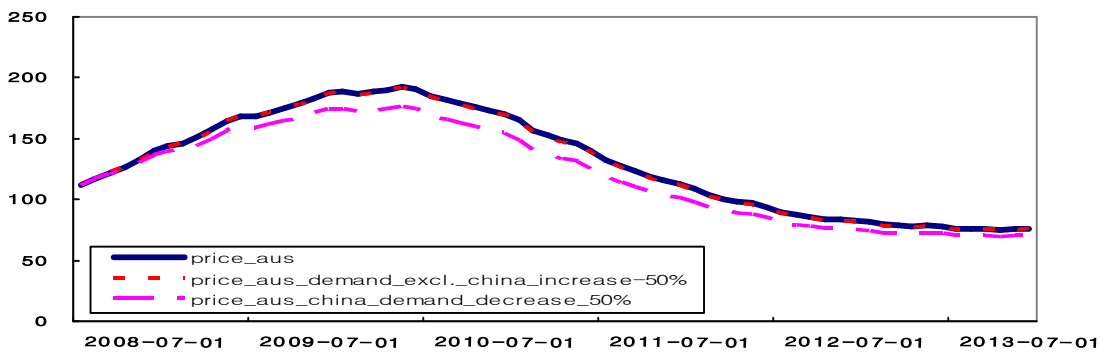
IV. 시나리오별 시뮬레이션 결과 분석

1. 수요측 요인 변화 시나리오 분석

철광석 가격은 과거 실적치를 분석해보면 수요 및 공급 측의 상황 변화에 따라 급변하였다. 가장 우선적으로 생각해 볼 수 있는 것은 수요로 인한 가격 변화이다. 최근 철광석 가격 급등의 가장 큰 요인으로 취급되는 것이 중국을 중심으로 한 신흥 개발국의 수요 급등이다. 미래에 수요가 어느 정도 변화할 때 가격 변화는 그에 따라 어느 정도로 변할지를 분석해 볼 필요가 있다.

10) 데이터 분석에 의하면 호주산 철광석 가격과 브라질산 철광석 가격의 격차는 거의 중국-호주와 중국-브라질 해상 운송 운임 격차와 일치한다. 그러나 최근 어긋나는 경우가 많이 늘어났다. 본 논문의 모델은 이를 일치되게 의도적으로 설정하지 않았지만 운임격차가 가격격차에 잘 반영되어 모델의 정확성을 보여준다.

[그림 11]에서 보이는 바와 같이 중국 이외의 주요 지역의 일부(한국, 대만, 일본) 수요(조강 생산량) 증가 전망이 기본 시나리오에 비해 50% 감소하는 경우, 가격 시뮬레이션 결과로 나오는 가격 전망(그림에서 price_au_demand_excl_china_increase-50%로 표시)은 기본 시나리오에 따른 가격 전망과 대비하여 가격 변화가 거의 미미하였다. 이에 반해 중국의 조강 생산량 증가율이 50% 감소하는 경우(그림에서 price_au_china_demand_decrease_50%)는 기본 시나리오에 대비하여 보았을 때 상당히 큰 폭의 가격 하락이 예상되고 있다. 유럽을 제외한 한국, 일본, 대만의 조강생산량들의 합은 중국에 비해 50% 정도가 된다. 그런데 이들 조강생산량 증가 전망이 동일한 정도로 감소했을 때의 가격 전망에 미치는 충격은 50%에 크게 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 보다 큰 폭의 수요 감소일수록 가격에 미치는 영향은 증폭되어 나타남을 알 수 있다.

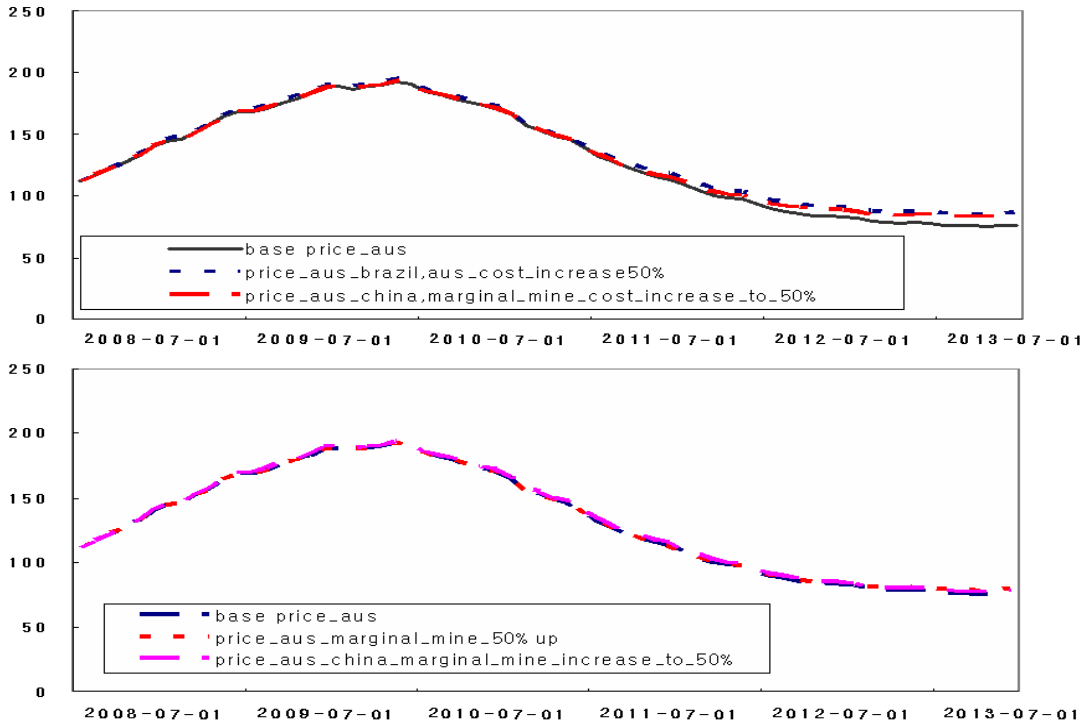


[그림 11] 기본 호주 가격 전망(price_au)와 중국 이외 일부 지역 수요만 50% 감소했을 때와 중국만 수요만 50% 감소했을 때의 비교

2. 공급측 요인 변화 시나리오 분석

공급측 요인변동으로서 먼저 [그림 12]의 상단에서와 같이 호주 및 브라질의 한계광산가격이 다같이 50% 상승했을 때(그림에서 price_au_brazil, au_cost_increase50%)와 중국의 한계광산 가격이 50% 상승했을 때(price_au_china, marginal_mine_cost_increase_to_50%)를 비교해보았다. 이로 인한 가격의 상승 정도를 기본 시나리오의 호주산 가격(base_price_au)과 대비해보면 호주, 브라질의 한계 광산 가격이 상승했을 때가 중국의 한계 광산 가격이 상승했을 때와 그 가격의 상승폭이 거의 동일함을 알 수 있다. 이는 세계 철광석 생산량에서 중국과 호주 및 브라질이 합친 철광석 생산량 비중이 거의 같다는 사실에 부합한다. 이에 반해 호주 및 브라질의 한계광산비율이 상승했을 경우(au_braz_marginal_mine_50%up)와 중국의 한계광산비율이 상승했을 경우(price_au_china_marginal_mine_increase_to_50%)는 최종가격에 미치는 영향은 정도가 미미하다([그림 12]의 하단 참조). 이는 한계광산비율이

직접적으로 영향을 미치는 경우는 가격이 한계광산가격에 비해 크게 떨어져서 거의 모든 한계광산의 생산이 중단되는 경우에만 해당되기 때문이다.

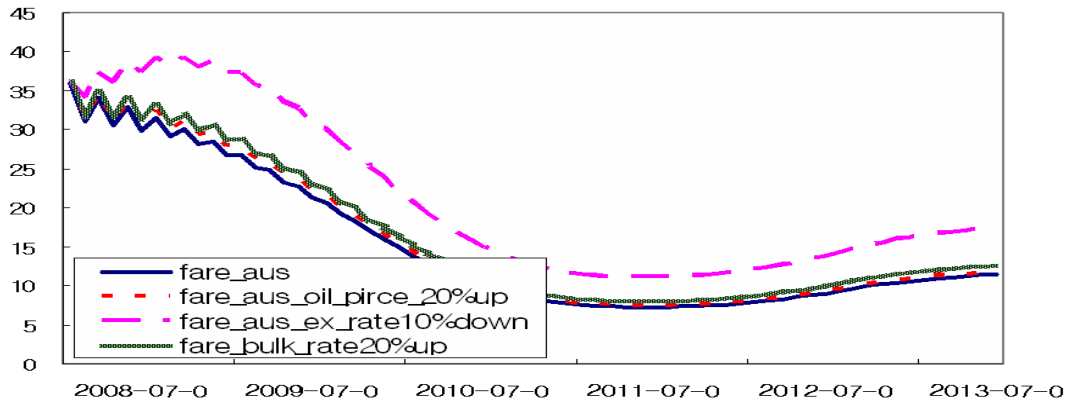


[그림 12] 기본 호주 가격(base price_au)와 호주, 브라질, 중국의 한계광산가격, 한계광산 비율이 변화했을 때의 가격 전망 비교

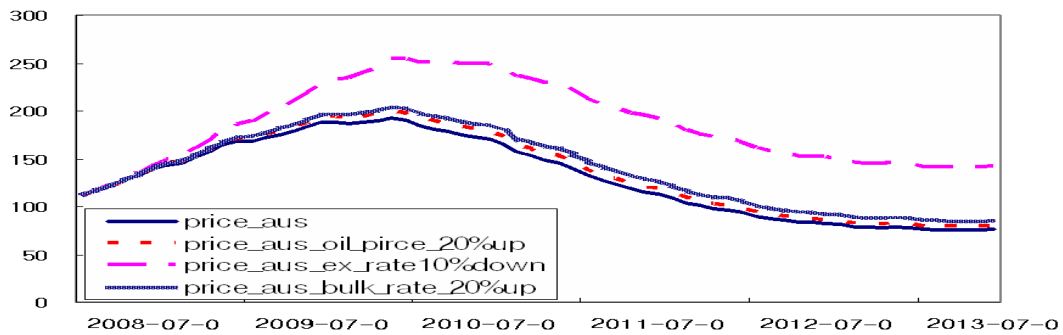
3. 해상 운임 요인 변화 시나리오 분석

해상운임은 유가와 환율, 그리고 벌크 물량비가 각각 변화하는 경우에 그 정도를 비교하였다. [그림 13]에서 보이는 바와 같이 유가가 일률적으로 20% 상승하는 경우, 중국-호주 운임 전망(fare_au_oil_price_20%up)은 기본 시나리오에 비해 대비해 변화폭이 상대적으로 작았다. [그림 14]에서 호주산 가격(그림에서 price_au_oil_price_20%up)도 운임의 영향을 받아 마찬가지로 미미한 영향을 보인다. 이에 반해 환율은 10%만 상승하더라도 호주산 가격(price_au_ex_rate_20%up)과 중국-호주 운임(fare_au_ex_rate_20%up)전망 상승의 폭은 가장 크다.

따라서 그림에서 보이는 이들 요소들의 변화가 운임 및 가격에 미치는 영향의 정도는 환율, 벌크 물량비, 유가 순인 것을 알 수 있다. 현실적으로 환율이 변화하였을 경우에는 그 영향이 운임을 구성하는 원가인 유가뿐만 아니라 다른 요소에도 영향을 미쳐서 그 영향이 가장 클 수밖에 없음을 알 수 있다.



[그림 13] 유가 변동과 환율 변동 그리고 벌크물량비 변동시의 중국-호주간 운임 변동



[그림 14] 유가 변동(20% 상승)과 환율 변동(10% 달러가치 하락) 그리고 벌크물량비 (20% 상승)시의 호주산 가격 변동

V. 결론

본 연구는 주로 회귀분석의 방법에 의해 도출되던 해상 운임 및 그에 의해 큰 영향을 받는 가격 예측을 시스템 다이내믹스에 의한 방법을 적용하여 실행해보았다. 자원 중에서 산업화된 국가에서 특히 그 중요성이 큰 철광석에 대하여 시스템 다이내믹스 방법을 적용하였다.

시스템 다이내믹스 방법에 의한 모델은 회귀분석이 다룰 수 없는 미래의 비선형적인 수급 상황으로 인해 초래되는 가격 및 해상 운임에 대해 전망 결과를 보여주고 있으며 과거 데이터를 이용한 검증결과도 높은 예측력을 보이고 있다.

또한 이 연구는 가능한 수요 및 공급 측 변화에 의해 초래되는 상황, 해상 운임에 영향을 미치는 환율, 유가 등의 변동시 가격이 어떻게 변할 것인가에 대한 시나리오별 분석도 실행하여 그 실용성을 높였다.

【참고문헌】

- 곽상만 et al(2002), “시스템 다이내믹스 기법을 활용한 차급별 월간 자동차 수요 예측 모델 개발”, 한국 시스템다이내믹스 연구, 제3권 1호, pp 79~104
- 정석재 et al(2005), “시스템 다이내믹스를 이용한 탄소세 부과가 철강산업에 미치는 효과 분석”, 한국경영과학회 산업공학회 춘계공동학술대회
- 정재현(2008), “자원 수급 및 가격 예측 - 니켈 사례를 중심으로”, 제9권 1호, pp 125~141
- 포스코 경영연구소(2006), “세계 철광석 시장전망 및 대응전략 도출”, 연구보고서
- 포스코 경영연구소(2007), “세계 철광산 현황분석 및 투자전략 방향”, 연구보고서
- 포스코 경영연구소(2008), “시나리오별 철광석 확보 및 협상 전략 연구”, 연구보고서
- J.W., Forrester(1961), Industrial Dynamics, MIT Press
- Merrill Lynch, Goldman Sacks 등의 투자은행 Analyst Report 다수
- World Steel Dynamics, CRU, ABARE (Australian Beuro of Agriculture and Resources Economics), Clarkson 등의 철강 및 철광석, 해양 시황 관련 Analyst Report 다수
- International Monetary Fund(2006), “The boom in nonfuel commodity prices : Can it last?”