

Note

한국의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장의 인과관계 분석

진세준¹ · 박세현² · 유승훈^{1*}

¹서울과학기술대학교 에너지환경대학원
(01811) 서울특별시 노원구 공릉로 232
²한국해양과학기술원 정책연구소
(49111) 부산광역시 영도구 해양로 385

Causality Analysis of Oil Consumption, Oil-spills, and
Economic Growth in Korea

Se-Jun Jin¹, Se-Hun Park², and Seung-Hoon Yoo^{1*}

¹Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology
Seoul 01811, Korea

²Ocean Policy Institute, Korea Institute of Ocean Science & Technology
Busan 49111, Korea

Abstract : The purpose of this study is to examine the causal relationship among oil consumption, oil-tanker accidents, and economic growth, and to derive policy implications from the results. Therefore, this paper attempts to analyze the short term, long term, and strong causality factors pertaining to the relationship between oil consumption, oil-tanker accidents, and economic growth in Korea using time-series techniques and annual data for the 1984–2016 period. Tests for unit roots, co-integration, and Granger-causality based on an error-correction model are presented. The results show that bidirectional causality exists between oil consumption and oil-tanker accidents, between economic growth and oil consumption, and between oil-tanker accidents and economic growth. The study shows that oil was used as a core energy source during the rapid economic growth of Korea in the past, and that this caused the number of oil-tanker accidents to rise as oil consumption increased.

Key words : oil consumption, oil-spills, economic growth, causality, error-correction model

1. 서 론

우리나라는 1960년대 후반부터 경제개발 5개년 계획을 세우고, 경공업에서 중공업을 육성하는 정책을 펼쳤다. 우리나라는 1970년대 들어 철강산업, 조선산업, 정유 및 화학산업, 자동차산업 등의 산업 분야에서 두각을 나타내며 비약적인 경제성장을 이룩하였다. 또한 제1차 석유 파동

을 극복하고 중화학 공업화 선언을 통해 1980년대에 들어서 철강산업, 조선산업, 정유 및 화학산업 등의 중공업산업의 전성기 시대가 도래하였고, 1990년대 후반에 정점을 찍었다.

우리나라의 정유 및 화학산업이 성장과 발전을 이룰 수 있었던 배경에는 관련기업의 효율적인 전략과 정부의 지원정책 그리고 내수의 급속한 확대를 볼 수 있다. 국내 석유소비는 과거의 고도 경제성장과 더불어 1990년대까지 매우 높은 증가율을 보였다. 석유소비의 급속한 증가는 석

*Corresponding author. E-mail : shyoo@seoultech.ac.kr

유기업으로 하여금 기존 투자에 대한 불안을 덜고 새로운 투자와 기술을 채용하여 효율적인 시설을 구축하게 만들었다(진 등 2016). 이처럼 우리나라의 경제성장과 함께 정유 및 화학산업이 발전하면서 우리나라의 석유소비량도 비약적으로 늘어났다. BP사에서 발표한 통계자료에 따르면, 1980년대 초반 우리나라의 일일 석유소비량은 48만 배럴이었으나, 2016년 276만 배럴로 급격히 증가하였다. 또한 우리나라는 2016년 국가별 석유소비량 순위는 미국, 중국, 인도, 일본 등에 이어 8위를 차지하였다(British Petroleum 2018).

우리나라는 동해 1가스전을 통해 석유와 천연가스를 생산하기 전까지 원유를 전량 수입하여 사용하였다. 2016년 기준 동해 1가스전의 석유생산량은 일 240만 배럴로 우리나라의 일일 석유소비량 276만 배럴에 턱없이 부족한 실정이며, 아직도 대부분의 원유는 해외를 통해 수입하여 사용하고 있다.

또한 우리나라의 경제성장은 삼면이 바다로 둘러싸인 지정학적인 이유와 정부의 수출주도형 정책과 맞물려 물동량이 증가하였고, 화물선의 입출항 역시 증가하였다. 이와 더불어 정유 및 화학산업의 발전과 함께 원유 수입량도 증가하면서, 유조선의 입출항도 증가하였다. 화물선 및 유조선의 입출항이 늘어나면서 우리나라 해역에서의 선박 사고 위험도 자연스럽게 증가하였다. 특히 연안에서의 유조선 사고는 대규모 유류유출을 야기할 수 있으며, 이는 심각한 해양 환경 피해를 초래할 위험이 있다. 2007년 유조선 허베이 스피리트호의 유류유출사고는 해안까지 오염시켜 해양 환경 및 생태계 파괴와 지역주민의 경제활동 및 건강에도 심각한 피해를 주었다.

석유소비 증가로 인한 석유산업의 성장은 전방산업의 든든한 버팀목으로 다양한 제품 생산을 가능하게 하였다. 더불어 후방산업으로써의 석유산업의 성장은 전방산업의 새로운 산업군 창출을 확대시킴으로써 경제성장에 간접적인 기여를 하였다. 그러나 과거 석유산업 발전의 동인이었던 내수 확대는 더 이상 기대하기 어려운 상황이다. 국내 석유수요는 성숙단계로 접어들어 증가율이 현저히 둔화되었고 포화단계로 나아가고 있다(진 등 2016). 또한 범세계적으로 환경에 대한 관심이 고조되고 있으며, 화석연료에 대한 부정적 인식이 강하게 자리매김하고 있다. 대체에너지 개발에 따른 석유제품의 중간재로서의 역할도 감소하고 있다.

이러한 배경 하에서, 본 논문에서의 주된 목적은 우리나라의 석유소비와 경제성장의 인과관계 분석을 통해 지속적인 경제성장을 위한 시사점을 제공하는 것이다. 더불어 석유소비와 경제성장 간의 인과관계뿐만이 아닌 해양 환경과 관련된 해양유류유출사고 변수를 추가하여 석유소비와 해양유류유출사고, 경제성장과 해양유류유출사고

의 인과관계를 분석함으로써 해양환경을 보호하면서 지속 가능한 경제성장의 양립이 가능한지 살펴보는 것이다. 또한 Granger-인과분석 적용을 통해 보다 엄밀한 결론을 도출해내면서, 장·단기 인과관계뿐만 아니라 강 인과관계에 대해서도 고찰하고자 한다. 통상 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 사이에 강한 양의 상관관계가 존재함을 발견했다고 해도 이것이 반드시 인과관계가 성립하는 것은 아니다. 예를 들어, 경제성장이 석유소비를 유발할 수도 있지만, 석유소비가 경제성장을 유발할 수도 있다. 또한 이 두 가지 상황은 동시에 발생하거나, 어느 한 쪽으로만 발생할 수도 있다.

따라서 이러한 인과관계에 대한 문제는 보다 깊이 있게 고찰해 볼 필요가 있다. 이러한 문제는 석유소비가 경제성장에 대한 동력이 되는가 아니면 경제성장이 석유소비를 유발하는가에 대한 질문에 봉착할 수도 있다. 이 질문에 대한 답이 무엇이나에 따라 정책적 시사점은 큰 영향을 받는다.

전술한 바와 같이 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 사이의 인과관계의 방향은 중요한 정책적 시사점을 가진다. 석유소비로부터 경제성장으로의 단방향 인과관계가 존재한다면 석유소비의 감소는 소득의 감소를 가져온다고 볼 수 있다. 석유소비로부터 경제성장으로 음의 인과관계가 있다면 석유소비를 감소시키는 정책이 시행될 때 총소득이 증가할 것이다. 이와 반대로, 경제성장으로부터 석유소비로의 단방향 인과관계가 존재한다면 석유소비를 줄이는 정책이 경제성장에 부정적인 영향을 미치지 않으면서 시행될 수 있다. 어느 방향으로도 인과관계가 존재하지 않는다면, 즉 소위 중립성 가설(neutrality hypothesis)이 성립한다면 석유소비를 증가시키는 석유소비 촉진 정책이 경제성장에 별다른 영향을 미치지 않을 것이다(유와 정 2004). 따라서 본 논문에서는 우리나라에서의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 사이의 인과관계를 확인하고자 한다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 먼저 제2절에서는 선행연구에 대하여 검토한다. 제3절에서는 연구방법론에 대하여 다루고, 제4절에서는 분석결과를 제시한다. 제5절에서는 분석결과에 대해 논의하고, 마지막으로 제6절은 소결에 할애한다.

2. 선행연구

지난 수십 년간 여러 나라를 대상으로 에너지소비와 경제성장 사이의 관계를 살펴보기 위한 연구들이 다양한 시계열 분석 방법을 통해 수행되었다. 보다 구체적으로 석유소비와 경제성장 사이의 인과관계에 대한 선행연구는 많이 수행되었다. 또한 환경을 대표하는 이산화탄소 배출량

등의 변수를 추가하여 에너지소비, 경제성장, 이산화탄소 배출량 사이의 인과관계를 분석한 연구도 활발히 진행되었다. 그러나 해양유류유출사고와 경제성장 또는 석유소비 사이의 인과관계를 분석한 연구는 문헌에서 발견하기 어려웠다.

석유소비와 경제성장 사이의 인과관계에 대한 연구 결과는 각 나라마다 다르게 나타났다. 선행연구를 살펴보면 크게 4개의 유형으로 구분된다. 첫째, Yang (2000), Aqeel and Butt (2001), Jin et al. (2016)은 각각 대만, 파키스탄, 에콰도르의 경제성장에서 석유소비로 이어지는 단방향 인과관계를 발견하였다. 경제가 발전함에 따라 석유소비가 증가할 가능성이 더 크며, 역효과는 존재하지 않는다. 즉 석유소비가 줄어드는 것이 경제성장을 저지하지 않기 때문에 석유수요 측면에서 정부의 관리가 가능할 수 있음을 의미한다. 둘째, Lee and Chang (2005), Zou and Chau (2006), Waleed et al. (2018)은 석유소비에서 경제성장으로 이어지는 단방향 인과관계를 각각 대만, 중국, 파키스탄에서 발견하였다. 석유소비의 증가는 경제성장의 촉진을 유발할 수 있다. 또한 석유 공급 인프라의 부족은 경제성장을 저해할 수 있다. 이들 국가는 정책적으로 석유 수요 증가에 대처해야 한다. 셋째, Yoo (2006), Yuan et al. (2008), Usama (2011), Choi and Yoo (2016)는 각각 한국, 중국, 중동 및 북아프리카, 브라질에서 양방향 인과관계를 발견했다. 마지막으로, Fatai et al. (2004)과 Wolde-Rufael (2004)은 각각 뉴질랜드와 중국 상하이에서 석유소비와 경제성장간에 인과관계가 없음을 밝혔다.

이상의 내용을 요약하면 국가마다 다양한 인과관계 분석 결과가 나타나고 있으며, 같은 국가의 분석 결과도 제도적인 요인, 정부 정책의 차이와 같은 국가적인 특성뿐만

아니라 추정 방법의 차이에 의해서도 다르게 나타날 수 있다. 추정 방법의 차이는 분석에 사용된 변수, 자료의 기간이나 빈도수의 차이보다도 검정방법의 차이에 기인할 가능성이 높다. 최근에는 Granger-인과분석을 많이 사용하는데, 이는 불안정적인 시계열자료의 경우 각 변수를 차분화(differencing)시켜 인과관계를 추정하게 된다. 그러나 이러한 분석은 변수에 내재되어 있는 유용한 장기적인 특성을 배제하고 결국 단기적인 인과관계만을 추정하는 한계가 있다. 또한, 경제성장과 에너지에 국한된 이변량 모형이었다는 것도 기존 연구들의 한계점으로 지적할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 단기적인 인과관계와 장기적인 인과관계를 같이 추정할 수 있는 오차수정모형을 통하여 변수들의 인과관계를 추정한다. 더불어 경제성장과 석유소비뿐만 아니라 해양환경을 대표하는 변수로 유조선의 해양유류유출사고 건수를 추가하여 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 간의 인과관계를 분석한다. Table 1에는 앞에서 제시한 석유소비와 경제성장 간의 인과관계 분석에 대한 선행연구 결과를 요약하여 제시하였다.

3. 연구방법론

인과성 검정

Granger-인과성 검정은 Granger (1969)에 의해 최초로 시도되었으며, 두 변수 사이의 인과적 관계의 존재 여부를 검정하는 기법으로 가장 일반적인 접근 방법이다. 두 개의 시계열 변수 X , Y 가 있을 때, 과거의 Y 값에 과거의 X 값을 함께 사용함으로써 현재의 Y 에 대한 예측 오차가 감소한다면 X 가 Y 를 Granger-인과한다고 말한다(유와 양 2006; 진 등 2016).

Table 1. A literature review of empirical results of causality tests

| Authors | Period | Countries | Causality relationship |
|-----------------------|-----------|---|------------------------|
| Yang (2000) | 1954–1997 | Taiwan | EG → OC |
| Aqeel and Butt (2001) | 1947–1974 | Pakistan | EG → OC |
| Fatai et al. (2004) | 1960–1999 | New Zealand | × |
| Wolde-Rufael (2004) | 1952–1999 | China (Shanghai) | × |
| Lee and Chang (2005) | 1954–2003 | Taiwan | OC → EG |
| Zou and Chau (2006) | 1953–2002 | China | OC → EG |
| Yoo (2006) | 1968–2002 | Korea | OC ↔ EG |
| Yuan et al. (2008) | 1963–2005 | China | OC ↔ EG |
| Usama (2011) | 1980–2009 | The Middle East and North African countries | OC ↔ EG |
| Choi and Yoo (2016) | 1965–2010 | Brazil | OC ↔ EG |
| Jin et al. (2016) | 1965–2011 | Ecuador | EG → OC |
| Waleed et al. (2018) | 1965–2015 | Pakistan | OC → EG |

Note: EG and OC indicate economic growth and oil consumption, respectively

Geweke et al. (1983)은 몬테칼로(Monte Carlo) 모의실험을 통해 여러 인과성 검정기법 중에서 가장 적합한 검정기법이 무엇인지 검토하였다. 연구결과에 따르면 Granger-인과성 검정이 가장 적합한 결과를 가져오는 것으로 분석되었다. 따라서 인과성을 검정하는 거의 대부분의 실증연구에서는 Granger-인과성 검정 기법이 사용되며 본 논문에서도 이 기법을 이용한다.

단위근 검정

표준적인 Granger-인과성 검정을 적용하기 위해서는 변수의 시계열이 안정적이어야 한다. 다시 말해 시계열이 단위근을 가져야 한다. 단위근을 갖는다는 의미는 차분에 의해서 시계열의 안정성을 회복시켜야 하는 것을 뜻하는데, 인과성 검정에서 불안정한 자료를 이용하게 되면 가성적인 인과성 검정 결과를 가져올 수 있기 때문이다(Stock and Watson 1989). 그러므로 Engle and Granger (1987)의 연구절차에 따라 먼저 시계열 X 와 Y 의 안정성을 확인하기 위해 각 변수의 단위근이 존재하는지를 검정해야 한다.

단위근 검정에 널리 사용되는 방법으로는 DF-검정법(Dickey and Fuller 1979), ADF-검정법, Phillips-Perron (PP)-검정법(Phillips and Perron 1988)이 있다. DF-검정은 처음으로 개발된 단위근 검정방법이지만 오차항이 계열상관을 내포하지 않는다는 비현실적인 가정에 입각하고 있다는 문제점을 안고 있다. 시계열 자료에 있어서 계열상관이 없다는 가정은 일반적으로 충족되기 어려우므로 계열상관이 존재하는 일반적인 상황을 가정한 단위근 검정법이 필요하다. 이러한 요구에 부응하기 위해 개발된 검정 방법 중에 대표적인 두 가지가 ADF-검정법 및 PP-검정법이다.

ADF-검정법은 적용상의 편리성으로 인해 가장 널리 사용되고 있지만 검정력이 취약하다는 비판을 받고 있다(Schwert 1989). ADF-검정법은 DF-검정법에 단순히 시차 변수를 추가한 모형을 이용하여 단위근의 존재여부를 검정하는 방법으로, ADF-검정법은 오차항이 계열상관은 물론 시간의존적인 이분산 현상까지 갖게 되는 경우에는 적용하기 어렵다. 이 경우에는 PP-검정법을 적용해야 한다. PP-검정은 1차적으로 DF-검정통계량을 추산한 후, 2차 단계에서는 추정된 오차항의 분산값을 이용하여 DF-검정통계량을 변환시킴으로써 계열상관 및 이분산의 영향을 제거시킨 검정통계량을 계산하는 것이다.

따라서 본 논문에서는 여러 가지 단위근 검정법 중에서 다양한 종류의 계열상관과 시간의존적인 이분산성에 대해 강건한 것으로 알려져 있는 PP-검정법을 이용한다. 어떤 변수라든 불안정성이 발견되면 1차 차분을 한 후 차분된 자료를 가지고 인과성 검정을 한다. 아울러 단위근 검정에

있어서, 시차의 결정은 중요하다. 시차의 임의적 산정에 따라 단위근 존재 여부에 대한 결론은 달라지기 때문이다. 따라서 최적 기준을 적용하여 최적 시차를 결정하는 것이 필요하다. AIC(Akaike Information criterion)와 SIC(Schwartz information criterion) 등의 기준을 적용하여 최적 시차를 결정하는데, 본 논문에서는 두 가지 이유 때문에 AIC를 적용하여 최적 시차를 결정하였다. 첫째, 인과관계를 분석한 기존 논문의 대다수의 문헌에서 AIC만을 적용했기에 본 연구에서도 둘 중에 보다 널리 적용되는 AIC만을 적용하였다. 즉 AIC와 SIC 중에 어느 하나가 옳다기보다는 둘 중에 하나를 선택하는 문제는 연구자 선호의 문제라 실증연구에서 보다 널리 사용되는 AIC를 사용한 것이다. 둘째, SIC를 적용한 결과 AIC의 적용결과와는 다른 최적 시차가 결정되었는데 그 최적시차는 대부분 1이며, 이러한 경우 오차수정모형을 추정하는 것 자체가 별다른 의미가 없게 되므로 AIC를 적용하여 최적 시차를 결정하였다.

공적분 검정

공적분 개념은 장기에 걸쳐 두 개 혹은 그 이상의 경제 시계열이 체계적으로 함께 움직이는 것으로 정의될 수 있으며, 이러한 관계가 존재할 때 공적분이 존재한다고 한다면 X 와 Y 의 선형결합도 역시 확률보행일 것으로 예상된다(Engle and Granger 1987). 하지만 이 두 변수들의 특정 조합인 $X - bY$ 는 안정적인 성격을 가질 수 있다. 따라서 그러한 성질이 성립된다면 우리는 X 와 Y 가 공적분되어있다고 말한다.

전술한 바와 같이, X 와 Y 가 불안정 시계열이지만 공적분되어 있다면 표준적인 Granger-인과성 검정으로부터의 추론은 유효하지 못하여 오차수정모형에 근거한 보다 포괄적인 인과성 검정을 해야 한다(Engle and Granger 1987). 반면에 X 와 Y 가 각각 불안정 시계열이면서 이 두 시계열의 선형결합도 역시 불안정적이라면 표준적인 Granger-인과성 검정을 해야 한다(Toda and Phillips 1993). 공적분 검정법에는 크게 Engle and Granger (1987)의 방법과 Johansen and Juselius (1990)의 방법이 있다. 전자는 공적분 관계에 있다고 생각되는 변수들을 회귀시켜서 공적분 벡터를 구한 다음, 이 회귀식에서 유도된 잔차항에 대한 단위근 검정을 수행하여 공적분의 유무를 판단하는 것이다. 후자는 벡터자기회귀분석 모형에 제한정보 최우추정법을 적용한 후 추정계수 행렬의 공적분 위수를 측정함으로써 공적분의 존재 유무를 검정하는데 실증연구에서는 전자에 비해 후자가 널리 사용된다. 따라서 후자의 방법을 적용하여 공적분의 존재 유무를 검정하는 것이 바람직할 수 있다.

오차수정모형과 인과성 검정

만약 시계열 변수 X , Y , Z 가 단위근을 가지고, 즉 불안정적이지만 1차 차분 후에는 안정화되고 세 변수 사이에 공적분이 존재한다면 오차수정모형을 적용하여 인과성 여부에 대한 판단을 내려야 한다. 오차수정모형을 이용하면 독립변수의 차분항이 종속변수에 미치는 영향뿐만 아니라 오차수정항의 변화가 종속변수에 미치는 영향도 찾아낼 수 있기 때문에, 장·단기 인과관계를 모두 파악할 수 있는 장점을 갖는다. 오차수정모형을 통한 Granger-인과성 검정의 형태는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\Delta Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^{L_{11}} \beta_{11i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{12}} \beta_{12j} \Delta X_{t-j} + \sum_{k=1}^{L_{13}} \beta_{13k} \Delta Z_{t-k} + \beta_{14} \varepsilon_{t-1} + u_{1t} \quad (1)$$

$$\Delta X_t = \beta_{20} + \sum_{i=1}^{L_{21}} \beta_{21i} \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{22}} \beta_{22j} \Delta Y_{t-j} + \sum_{k=1}^{L_{23}} \beta_{23k} \Delta Z_{t-k} + \beta_{24} \varepsilon_{t-1} + u_{2t} \quad (2)$$

$$\Delta Z_t = \beta_{30} + \sum_{i=1}^{L_{31}} \beta_{31i} \Delta Z_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{32}} \beta_{32j} \Delta X_{t-j} + \sum_{k=1}^{L_{33}} \beta_{33k} \Delta Y_{t-k} + \beta_{34} \varepsilon_{t-1} + u_{3t} \quad (3)$$

여기서 Y 는 경제성장, X 와 Z 는 각각 석유소비와 유조선 사고를 의미한다. Δ 는 차분 연산자이며, L 은 시차의 개수, β 는 추정해야 할 모수, u_t 는 교란항이다. 아울러 ε_{t-1} 은 공적분 회귀식에서의 잔차의 시차값(lagged value)이다.

독립변수의 시차구조는 인과성 검정의 결과에 민감한 영향을 미친다. 시차의 수를 자의적으로 결정하게 된다면 추정계수를 왜곡하고 잘못된 인과성 추론에 이를 수 있다. 따라서 시차수(L_{11} , L_{12} , L_{13} , L_{21} , L_{22} , L_{23} , L_{31} , L_{32} , L_{33})의 결정이 매우 중요하므로, AIC를 최소로 만들어 주는 수준에서 최적시차를 결정한다.

Eq. (1)은 X , Z 가 Y 를 인과하는지의 여부에 대해 검정할 때 사용되며, Eq. (2)는 Y 와 Z 가 X 를 인과하는지의 여부에 대해 검정할 때 사용된다. Eq. (1)에서 ΔX_{t-j} 의 추정계수들이 모두 통계적으로 유의하면 X 는 Y 를 단기적으로 Granger-인과한다고 한다. 또한 Eq. (1)에서 오차수정항의 추정계수인 β_{14} 가 통계적으로 유의하면 X 는 Y 를 장기적으로 Granger-인과한다고 한다. 이 경우 장기 균형관계로부터의 이탈이 종속변수에 영향을 주는 틀을 파악한다는 점

에 있어서 장기관계를 설명한다고 보는 것이다. 만약 ΔX_{t-j} 의 추정계수와 오차수정항의 추정계수가 모두 통계적으로 유의하면 Y 에서 X 로의 강(strong) Granger-인과성이 존재한다고 한다. 오차수정모형에서는 단기적 경로뿐만 아니라 장기적인 경로도 제시하는 장점을 갖는다. 특히 추정된 오차수정항의 계수는 장기 균형관계에서의 이탈이 단기에 어느 정도 종속변수에 영향을 주어 장기 균형관계로 조정되도록 하는지를 의미하는 단기 조정계수의 성격을 띤다.

본 연구에서는 X_{t-j} , X_{t-j} , Z_{t-j} 오차수정항의 추정계수가 유의한지 여부를 검정하기 위해 F -검정 또는 t -검정을 이용한다. 더불어 단기적 인과성, 장기적 인과성, 강 인과성의 3가지 모두를 검정한다.

4. 분석 결과

자료

우리나라의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 간의 인과관계를 확인하기 위해 사용된 자료는 1987년부터 2016년까지의 연간 국내 석유소비량, 우리나라 연안에서의 유조선에 의한 해양유류유출사고 건수, 국내총생산이다. 국내 석유소비 자료는 전환부문 소비량을 포함한 1차 에너지 공급량으로 단위는 배럴이다. 또한 본 연구에서는 해양유류유출사고에 대한 자료로 우리나라 연안에서 발생한 해양유류유출사고 건수 중에서 유조선의 사고 건수만을 사용하였다. 그리고 경제성장에는 자료로 실질 GDP를 사용하였다. 그런데 이후의 분석은 석유소비량, 유조선의 해양유류유출사고 건수, 실질 GDP의 본래 값을 근거하기보다는 자연로그를 취한 값에 근거하여 분석한다. 이것은 탄력성 계산의 용이함 등으로 인해 실증연구에서 통상적으로 취하는 방식이다. 모형에 사용된 LO 는 석유소비량의 자연로그이고, LA 는 유조선 해양유류유출사고 건수의 자연로그, LY 는 실질 GDP의 자연로그이다.

연도별 석유소비 변수에 대한 자료는 에너지통계연보(에너지경제연구원 2002, 2007, 2012, 2017)로부터 수집할 수 있었다. 에너지통계연보(에너지경제연구원 2002, 2007, 2012, 2017)에서 석유는 원유 투입과 석유제품의 생산에 해당하는 석유정제를 전환통계로 보지 않고, 대신 생산된 석유제품을 1차 에너지로 정의하여 작성하였다. 따라서 본 연구에서 석유는 에너지유(휘발유, 등유, 경유, 경질중유, 중유, 중질중유, 항공유), 액화석유가스(프로판, 부탄), 비에너지유(납사, 아스팔트, 용제), 윤활유, 파라핀 왁스, 석유코크, 기타제품을 의미한다. 또한 연도별 유조선의 해양유류유출사고 건수는 e-나라지표(통계청 2018)와 해양오염방제사레집(해양경찰청 2004)으로부터 수집할 수 있었으며, 1987년 자료부터 가용하였다. 마지막으로 연

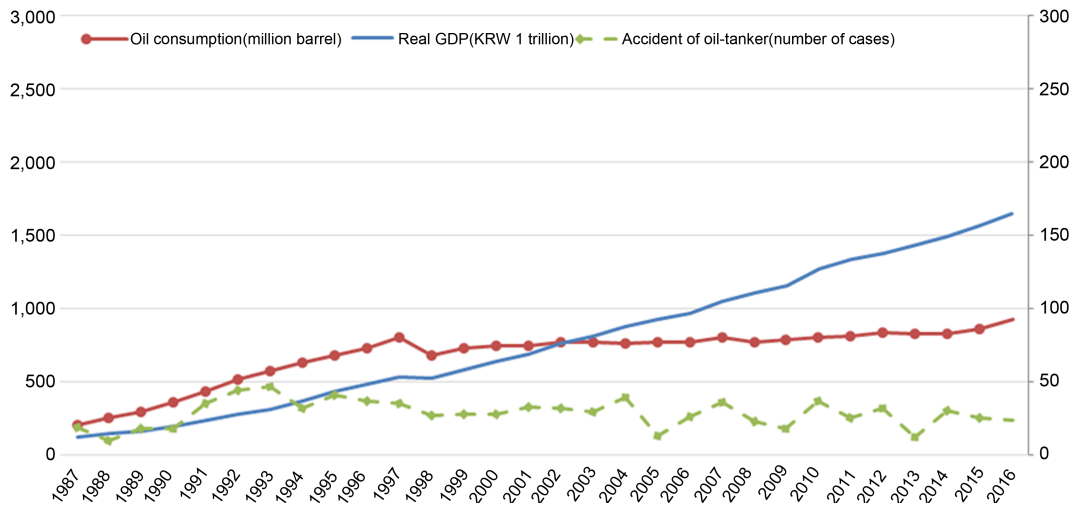


Fig. 1. Oil consumption, oil spills, and GDP in Korea

도별 GDP 자료는 한국은행 경제통계시스템(한국은행 2018)으로부터 구할 수 있었다. Fig. 1은 1987년부터 2016년까지의 기간에 따른 석유소비, 유조선 해양유류유출 사고, 경제성장의 추세를 보여주고 있다.

단위근 검정 결과

단위근의 존재 여부를 검정하는 데 필요한 유의수준은 10%로 하였다. 통상 5%의 유의수준이 많이 사용되지만 본 연구에서와 같이 사용된 자료의 관측치의 수가 적은 경우에는 10%의 유의수준을 사용하는 것이 적절하다. 여기서 유의수준이란 해당 시계열이 불안정적이라는 귀무가설 하에서 계산된 검정통계량에 대한 *p*-값이 귀무가설을 기각시키기에 충분한지를 판단하는 기준이 된다. 다시 말해서 단위근 검정을 위한 검정통계량에 대해 계산된 *p*-값이 유의수준 0.1보다 작으면 해당 귀무가설은 기각되며 0.1보다 크면 해당 귀무가설이 기각되지 않는다.

먼저 석유소비, 유조선 사고, 경제성장의 단위근 검정 결과는 Table 2에 요약 제시되어 있다. 단위근 검정을 위해

Table 2. Results of Phillips-Perron (PP) unit root tests

| Variables | Levels | | First differences | |
|-----------|------------|------------------|-------------------|------------------|
| | PP-values | <i>p</i> -values | PP-values | <i>p</i> -values |
| LO | -4.67 [10] | 0.844 | -24.89 | 0.025** |
| LA | -18.47 [4] | 0.096 | -36.55 | 0.002*** |
| LY | -2.28 [9] | 0.962 | -18.47 | 0.096* |

Note: ΔLY , ΔLO , and ΔLA indicate oil consumption, oil-spills, and real GDP, respectively. The numbers inside the brackets are the optimum lag lengths determined using Akaike's information criterion described in Pantula et al. (1994). The *p*-values are calculated under the null hypothesis of non-stationary. *, **, and *** imply the rejection of the null hypothesis at the 10%, 5%, and 1% levels, respectively

PP-검정을 기본으로 사용하였다. LO, LA, LY의 수준 값은 유의수준 10%에서 해당 시계열이 불안정적이라는 귀무가설을 기각하지 않는다. 그러나 1차 차분한 자료에 있어서는 PP-검정을 적용할 때, 세 시계열 모두에서 해당 시계열이 불안정적이란 귀무가설이 10% 유의수준에서 기각된다. 따라서 석유소비, 유조선 사고, 경제성장은 불안정적 시계열이지만 1차 차분 후에 안정화되므로 1차 차분된 자료를 가지고 Granger-인과성 검정을 해야 한다.

공적분 검정 결과

공적분의 근간이 되는 아이디어는 세 개의 개별적인 시계열의 선형결합이 안정적인지 여부를 검정하는 것이다. 공적분 검정의 유의수준은 10%로 하였다. LO, LA, LY의 시계열 자료에 대해 Johansen and Juselius (1990)의 Johansen trace 공적분 검정 결과는 Table 3에 제시되어 있다. 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 간의 관계를

Table 3. Results of Johansen co-integration tests

| Null hypothesis | Likelihood ratio test statistic | <i>p</i> -values |
|--|---------------------------------|------------------|
| The number of co-integrating equations is zero ($R = 0$) | 35.68 | 0.036** |
| The number of co-integrating equations is at most one ($R \leq 1$) | 12.84 | 0.244 |
| The number of co-integrating equations is at most one ($R \leq 2$) | 2.33 | 0.119 |

Note: The optimal lag length is chosen as six by using Akaike's information criterion described in Pantula et al. (1994). The *p*-values are calculated under the corresponding null hypothesis. *R* indicates the number of co-integrating equations. * implies the rejection of the null hypothesis at the 10% level of significance

살펴보면, LO , LA , LY 의 경우 공적분 방정식이 없다는 귀무가설 하에서 계산된 우도비 통계량의 p -값은 0.036이며, 이 값은 0.05보다 작으므로 유의수준 5%에서 이 귀무가설은 기각된다. 즉, 공적분 방정식은 존재한다. 이는 두 변수 간에 장기적 관계가 성립함을 의미하며, 적어도 한 방향으로의 Granger-인과성이 존재함을 알 수 있다. 아울러 세 개의 시계열 변수의 선형결합이 안정적이므로 Eq. (1), Eq. (2), Eq. (3)에 제시되어 있는 오차수정모형을 이용하여 인과성 여부를 검정해야 한다.

오차수정모형의 추정 결과

공적분 검정결과에 따르면 각 변수들은 장기적인 균형 관계를 나타내고 있다. 이를 이용하여 오차수정모형을 구성하고 개별 추정계수를 구할 수 있다. 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장의 경우 Eq. (1)의 오차수정모형을 추정하면 석유소비와 해양유류유출사고가 경제성장을 인과 하는지 여부를 검정할 수 있으며 Eq. (2)의 오차수정모형을 추정하면 경제성장과 해양유류유출사고가 석유소비를 인과 하는지 여부를 검정할 수 있다. 또한 Eq. (3)의 오차수정모형을 추정하면 경제성장과 석유소비가 해양유류유출사고를 인과 하는지 여부를 검정할 수 있다.

본 논문에서는 다음과 같이 세 가지 절차를 운용하여 Granger-인과성 여부를 검정하였다. 첫째, Eq. (1)에서 각 ΔLO 와 ΔLA 변수들의 추정계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대해 F -검정을 하여 경제성장을 Granger-인과 하는지를 검정하며, Eq. (2)에서는 ΔLY 와 ΔLA 변수들의 추정계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대해 F -검정을 하여 석유소비를 Granger-인과 하는지를 검정한다. 마찬가지로 Eq. (3)에서 ΔLO 와 ΔLY 변수들의 추정계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대해 F -검정을 하여 해양유류유출사고를

Granger-인과 하는지를 검정한다. 여기서는 단기 인과성 (short-run causality)을 검정하는 것이다.

둘째, Eq. (1)에 제시된 오차수정모형의 추정계수에 대해 t -검정을 적용하여 통계적 유의성 여부를 판단함으로써 석유소비와 해양유류유출사고가 경제성장을 인과 하는지를 검정한다. Eq. (2)와 Eq. (3)에 제시된 오차수정모형의 추정계수에 대해 t -검정을 적용하여 유의성 여부를 판단함으로써 인과성 여부를 검정한다.

셋째, 첫 번째 검정과 두 번째 검정을 종합적으로 운용하여 Eq. (1)에서 ΔLO 와 ΔLA 변수들의 추정계수와 오차수정모형의 추정계수가 모두 0이라는 결합귀무가설에 대해 F -검정을 하여 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장을 Granger-인과 하는지를 검정한다. 마찬가지로 Eq. (2)와 Eq. (3)에서 각 변수들의 추정계수와 오차수정모형의 추정계수가 모두 0이라는 결합귀무가설에 대해 F -검정을 하여 변수들의 사이에 Granger-인과관계를 검정한다. 이 검정은 장기균형으로 이끄는 단기조정(short-run adjustment) 즉, 강 인과성(strong causality)을 검정하는 것이다.

한국의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 간의 인과관계 분석 결과는 다음과 같다. 먼저 석유소비와 해양유류유출사고가 경제성장을 인과하지 않는다는 귀무가설의 경우, 장기 및 강 인과성에서 모두 통계적으로 유의하게 분석되었다. 하지만 단기 인과성에서는 ΔLO 와 ΔLA 가 모두 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 이는 석유소비가 경제성장을 인과하지 않는다는 귀무가설을 기각하지 못하므로, 석유소비와 경제성장 간의 단기적인 인과관계가 존재하지 않는다는 것을 의미한다.

다음으로 경제성장과 해양유류유출사고가 석유소비를 인과하지 않는다는 귀무가설을 살펴보면, ΔLY 는 단·장기 및 강 인과성에서 통계적으로 유의하였다. 그러나 ΔLA 는

Table 4. Results of causality tests based on error-correction model

| Null hypothesis | Source of causation (independent variables) | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Short-run | | Long-run | | Joint (short-/long-run) | | |
| | ΔLY | ΔLO | ΔLA | ϵ_{t-1} | $\Delta LY, \epsilon_{t-1}$ | $\Delta LO, \epsilon_{t-1}$ | $\Delta LA, \epsilon_{t-1}$ |
| | F-value (p-value) | | t-value (p-value) | | F-value (p-value) | | |
| Oil consumption and/or accident of oil-tanker do not cause real GDP. | | 0.69 (0.647) | 1.35 (0.337) | -2.94** (0.019) | | 4.11** (0.038) | 3.08* (0.076) |
| Real GDP and/or accident of oil-tanker do not cause oil consumption. | 17.67*** (0.002) | | 0.00 (0.956) | -1.82* (0.096) | 17.90*** (0.001) | | 3.40* (0.093) |
| Oil consumption and/or real GDP do not cause accident of oil-tanker. | 2.53 (0.107) | 2.66* (0.096) | | 2.54** (0.032) | 2.55 (0.105) | 3.01* (0.072) | |

Note: The optimal lag lengths are selected by using Akaike's information criterion described in Pantula et al. (1994). The numbers in parenthesis are p -values calculated with the hypothesis of no causality. *, **, and *** imply the rejection of the null hypothesis at the 10%, 5%, and 1% levels of significance, respectively

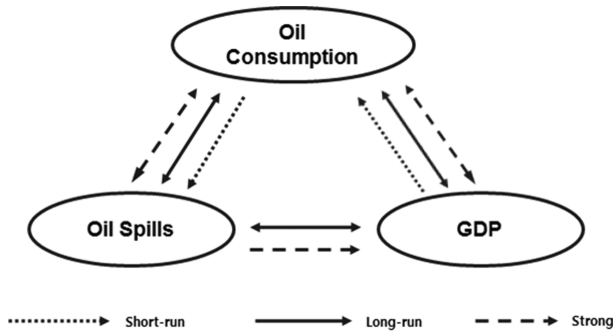


Fig. 2. Causality relationships discovered in the study

장기 및 강 인과성에서 통계적으로 유의하게 분석되었지만, 단기 인과성에서는 통계적으로 유의하지 않게 분석되었다.

마지막으로 석유소비와 경제성장이 해양유류유출사고를 인과하지 않는다는 귀무가설을 살펴보면, ΔLO 는 단·장기와 강 인과성 모두 통계적으로 유의하게 분석되었다. 이는 석유소비와 경제성장이 해양유류유출사고를 인과하지 않는다는 귀무가설을 기각하므로 단기와 장기, 강 인과성이 모두 존재함을 의미한다. 그러나 ΔLY 는 장기 인과성만이 존재하고, 단기와 강 인과성이 존재하지 않는 것으로 나타났다.

이상의 분석결과를 요약하면, 석유소비와 경제성장 사이에는 양방향 장기 인과성과 강 인과성이 존재하며, 경제성장에서 석유소비로의 단기 인과성이 존재함을 알 수 있다. 그리고 해양유류유출사고와 경제성장 사이에는 양방향 장기 인과성과 해양유류유출사고에서 경제성장으로의 단 방향 강 인과성이 존재한다. 마지막으로 석유소비와 해양유류유출사고 사이에는 양방향 장기 및 강 인과성이 존재하고 석유소비로부터 해양유류유출사고로의 단방향 단기 인과성만이 존재한다. 우리나라의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 간의 Granger-인과성 검정 결과를 각각 Table 4와 Fig. 2에 제시하였다.

5. 결 론

우리나라는 1960년대 후반부터 경제개발 5개년 계획과 중공업 육성 정책을 추진하였고, 이로부터 급속한 경제성장을 이룩하였다. 이로 인해 원자재 수입 및 2차 가공 생산물 수출을 위한 물동량이 늘어나면서 화물선과 유조선 등의 입출항이 늘어나게 되었다. 우리나라 해역은 왕래하는 선박의 증가로 인해 자연스럽게 선박 사고의 위험에 노출되었다. 선박 사고로 인한 유류유출사고는 직접적인 해양 환경오염을 유발하며, 인근 지역주민의 경제적 피해와 건강 문제 등 2차, 3차 피해를 야기 시킨다. 국민소득

증대에 따른 국민들의 생활패턴 변화는 그 반대급부로 여러 가지 해양환경문제를 노정시켰다. 매년 수백 건씩 발생하는 해양유류유출사고는 해양오염의 심각성과 이에 대한 체계적이고 선진적인 대비 및 대응이 필요함을 인식시켜 주고 있지만 아직까지 해양유류유출사고 발생횟수가 획기적으로 줄어들지는 못하고 있는 실정이다(유와 양 2006).

이러한 배경 하에서, 본 논문에서는 우리나라의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 간의 Granger-인과관계 존재 여부를 검증하고 정책적 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위해 Granger-인과성 검정 기법을 우리나라의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 자료에 적용하였다. 인과관계 추정을 위해 우선 첫 번째로 경제시계열의 안정성 여부를 검정하였다. 다음으로 각 경제시계열의 불안정성을 확인하고, 불안정 시계열 사이에 공적분이 존재하는지 검정하였고, 오차수정모형을 이용하여 Granger-인과성을 검정하였다.

분석결과 우리나라의 석유소비와 경제성장 사이에는 양방향의 장기 인과성과 강 인과성이 존재함을 발견하였다. 또한 우리나라의 해양유류유출사고와 경제성장 사이에는 양방향 장기 인과성이 존재함을 확인할 수 있었다. 마지막으로 석유소비와 해양유류유출사고 사이에는 양방향 장기 및 강 인과성이 존재하고 석유소비로부터 해양유류유출사고로의 단기 인과성이 존재하였다. 이러한 발견을 통해 우리는 몇 가지 정책적 시사점을 도출할 수 있다.

첫째, 경제성장과 석유소비 사이에 양방향 인과관계가 발견되었다는 것은 우리나라가 석유소비에 의존적인 경제였음을 의미한다. 이는 매우 직관적인 결과로 우리나라는 과거 정부 정책에 따라 석유소비가 증가하면서 급속한 경제성장을 이루는 하나의 요인이 되었다. 여기에서 석유는 앞서 설명한 바와 같이 석유정제를 통해 생산된 석유제품으로 에너지유(휘발유, 등유, 경유, 경질중유, 중유, 중질중유, 항공유), 액화석유가스(프로판, 부탄), 비에너지유(납사, 아스팔트, 용제), 윤활유, 파라핀왁스, 석유코크, 기타 제품을 의미한다. 석유는 우리나라 산업의 전방위에서 중간재 또는 최종재로 활용되어 왔다. 우리나라의 석유소비량은 세계 8위이며, 산업 부문이 차지하는 석유소비의 비중은 59%이다. 그러나 2000년대부터 IT산업 육성 정책 추진과 대체에너지원의 개발 및 기술개발에 따른 석유소비 효율성 증진으로 과거에 비해 석유소비의 증가율은 감소 추세에 있다. 또한 환경에 대한 중요성이 대두되면서, 석유소비 증가에 따른 우려의 목소리도 커지고 있는 실정이다. 그러나 지속적인 경제성장을 위해서는 석유소비 유발이 필요하다. 따라서 석유소비 유발과 환경에 대한 중요성이 조화를 이루기 위해서는 수요관리정책의 초점이 무분별한 석유소비의 유발보다는 오염물질 배출 저감 석유제품 개발과 같은 효율성 증진을 통한 수요관리정책이 보

다 유효할 것으로 사료된다.

둘째, 경제성장과 해양유류유출사고 사이에 양방향 인과관계가 나타났다는 것은 경제성장으로 인한 유조선의 해양유류유출사고 건수의 증가를 의미한다. 경제성장을 통한 물동량 증가는 화물선과 유조선의 빈번한 입출항을 유발하였으며, 해양 환경은 선박 사고 위험에 노출되어 있다. 이는 우리나라의 경제성장이 원자재 수입을 통한 수출 주도형 산업 구조에서 이루어졌음을 고려할 때 충분히 이해할 수 있다. 선박의 입출항이 늘어나면서, 자연스럽게 유조선의 입출항에 있어 위험요소도 증가하게 된다. 따라서 유조선의 해양유류유출사고로 발생할 수 있는 해양 환경오염에 대한 상시대비체계를 구축하여 신속한 대응을 통한 피해 최소화와 효과적인 운영을 위한 노력이 필요하다.

셋째, 석유소비와 해양유류유출사고 사이에 양방향 인과관계가 존재한다는 것은 석유소비의 증가는 유조선의 해양유류유출사고 건수의 증가를 의미한다. 이러한 결과는 연안에서의 유류유출사고 등에 대처하기 위한 방제 기술 및 방제선 건조의 필요성과 일맥상통하게 된다. 현재 우리나라는 대형 유류유출사고가 발생하거나 악천후 및 강한 조류 등 최악의 해상상황에서 효율적인 초동방제가 가능한 대형방제선이 없는 상황이다. 특히, 허베이 스피리트호 유류유출사고 이후 해양환경 관리의 중요성에 대한 국민적 관심이 증대되었다. 또한 우리나라의 대규모 석유 화학단지 연안에 형성되어 있어, 주변 해양유류유출사고에 대한 상시대비체계구축이 요구되고 있다. 따라서 해양유류유출사고 관리와 대응을 위한 국가적 차원의 구체적인 인프라 구축과 관련된 정책 추진을 통한 해양환경보호 역량 강화가 요구된다.

본 논문에서는 우리나라의 석유소비, 해양유류유출사고, 경제성장 사이에 Granger-인과관계가 존재하는지 여부를 검증하기 위해 표준화된 방법론을 이용하였다. 향후 추가적인 자료 확보, 예를 들어 유조선의 기술적 개선, 해상 유류유출사고에 대한 대처능력 강화 등의 외부환경 요인을 적용한다면 후속 연구로서 의미가 있을 것이다. 왜냐하면 자료에 따라 경제성장에 영향을 미치는 구조가 상이할 수 있기 때문이다. 앞으로 추가적인 자료 확보를 통한 다양한 후속연구가 이루어지길 기대한다.

사 사

본 논문은 진세준의 2018년도 박사 학위논문에서 발췌 정리하였습니다. 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20184030202230).

참고문헌

- 에너지경제연구원 (2002) 에너지통계연보. 에너지경제연구원, 124 p
- 에너지경제연구원 (2007) 에너지통계연보. 에너지경제연구원, 72 p
- 에너지경제연구원 (2012) 에너지통계연보. 에너지경제연구원, 92 p
- 에너지경제연구원 (2017) 에너지통계연보. 에너지경제연구원, 100 p
- 유승훈, 정군오 (2004) 전력소비와 경제성장의 인과관계 분석. 한국산업경제연구학회지 산업경제연구 17(1):81-94
- 유승훈, 양창영 (2006) 인도네시아에서의 발전과 경제성장의 인과관계 분석. 한국아시아학회지 아시아연구 9(2):197-218
- 진세준, 안소연, 유승훈 (2016) 필리핀에서의 에너지 소비, 온실가스 배출, 경제성장 간의 인과성 분석. 한국아시아학회지 아시아연구 19(8):39-68
- 한국은행 (2018) 경제통계시스템. <http://ecos.bok.or.kr> Accessed Apr 17 2018
- 해양경찰청 (2004) 해양오염 방제사례집. 해양경찰청, 서울, 190 p
- 통계청 (2018) 국가통계포털. <http://kosis.kr/index/index.do> Accessed 17 Apr 2018
- Aqueel A, Butt MS (2001) The relationship between energy consumption and economic growth in Pakistan. Asian-Pacific Dev J 8:101-110
- British Petroleum (2018) Statistical review of world energy. <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> Accessed 17 Apr 2018
- Choi HY, Yoo SH (2016) Oil consumption and economic growth: the case of Brazil. Energy Source Part B 11:705-710
- Dickey DA, Fuller WF (1979) Distribution of the estimators for AR time series with a unit root. J Am Stat Assoc 74:427-431
- Engle RF, Granger CWJ (1987) Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. Econometrica 55:251-276
- Fatai K, Oxley L, Scrimgeour FG (2004) Modelling the causal relationship between energy consumption and GDP in New Zealand, Australia, India, Indonesia, the Philippines and Thailand. Math Comput Simulat 64:431-445
- Geweke J, Meese R, Dent W (1983) Comparing alternative tests for causality in temporal systems: analytic results and experimental evidence. J Econometrics 21:161-194

- Granger CWJ (1969) Investigating causal relation by econometrics and cross-sectional method. *Econometrica* **37**: 424–438
- Jin SJ, Lim SY, Yoo SH (2016) Causal relationship between oil consumption and economic growth in Ecuador. *Energy Source Part B* **11**:782–787
- Johansen S, Juselius K (1990) Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for Money. *Oxford B Econ Stat* **52**:169–210
- Lee CC, Chang CP (2005) Structural breaks, energy consumption, and economic growth revisited: evidence from Taiwan. *Energy Econ* **27**:857–872
- Pantula SG, Gonzalez-Farias G, Fuller WA (1994) A comparison of unit-root test criteria. *J Bus Econ Stat* **12**: 449–459
- Phillips PCB, Perron P (1988) Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* **75**:335–346
- Schwert GW (1989) Tests for unit roots: a monte carlo investigation. *J Bus Econ Stat* **7**:147–159
- Stock JH, Watson MW (1989) Interpreting the evidence in money-income causality. *J Econometrics* **40**:161–182
- Toda HY, Phillips PCB (1993) Vector autoregressions and causality. *Econometrica* **61**:1367–1393
- Usama AM (2011) Oil consumption, CO₂ emission and economic growth in MENA countries. *Energy* **36**:6165–6172
- Waleed A, Akhtar A, Pasha AT (2018) Oil consumption and economic growth: evidence from Pakistan. *Energy Source Part B* **13**:103–108
- Wolde-Rufael Y (2004) Disaggregated industrial energy consumption and GDP: the case of Shanghai, 1952–1999. *Energy Econ* **26**:69–75
- Yang HY (2000) A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan. *Energy Econ* **22**:309–317
- Yoo SH (2006) Oil consumption and economic growth: evidence from Korea. *Energy Source Part B* **1**:1181–1189
- Yuan JH, Kang JG, Zhao CH, Hu ZG (2008) Energy consumption and economic growth: evidence from China at both aggregated and disaggregated levels. *Energy Econ* **30**:3077–3094
- Zou G, Chau KW (2006) Short- and long-run effects between oil consumption and economic growth in China. *Energy Policy* **34**:3644–3655

국문 참고문헌의 영어 표기

English translation / Romanization of references originally written in Korean

- Korea Energy Economics Institute (2002) Year book of energy statistics. Korea Energy Economics Institute, 124 p
- Korea Energy Economics Institute (2007) Year book of energy statistics. Korea Energy Economics Institute, 72 p
- Korea Energy Economics Institute (2012) Year book of energy statistics. Korea Energy Economics Institute, 92 p
- Korea Energy Economics Institute (2017) Year book of energy statistics. Korea Energy Economics Institute, 100 p
- Yoo SH, Jung KO (2004) A causality analysis of electricity consumption and economic growth in Korea. *J Ind Econ Bus* **17**(1):81–94
- Yoo SH, Yang CH (2006) The causal analysis of electricity consumption and economic growth in Indonesia. *J Asian Stu* **9**(2):197–218
- Jin SJ, Ahn SY, Yoo SH (2016) Energy consumption, CO₂ emission and economic growth: evidence from philippines. *J Asian Stu* **19**(8):39–68
- Bank of Korea (2018) Economic statistics system. <http://ecos.bok.or.kr> Accessed 17 Apr 2018
- Korea Coast Guard (2004) Marine pollution control case-book. Korea Coast Guard, Seoul, 190 p
- Statistics Korea (2018) Korean statistical information service. <http://kosis.kr/index/index.do> Accessed 17 Apr 2018

Received Jul. 3, 2018

Revised Nov. 22, 2018

Accepted Dec. 4, 2018