



주요국의 국민생산과 에너지 소비간의 인과관계에 관한 분석



권 태 규

〈에너지경제연구원 정보분석실 연구원〉

1. 머리말

에너지는 경제 활동 전반에 걸쳐서 소비되기 때문에 에너지 소비가 없는 산업활동은 성립될 수 없다 하겠다. 에너지는 생산 및 소비활동에서 중간 투입재 혹은 최종 소비재로 사용되고 있어 에너지 소비는 국민 경제의 생산과 소비 수준에 의존된다. 이같이 경제활동에서 필수 불가결한 에너지 소비와 국민 생산과의 관계는 과거의 경험적인 자료들이 이를 뒷받침하고 있다.

세계 경제는 지난 2차례의 석유 파동에서 알 수 있듯이 유가 급등으로 심한 타격을 받았다. 이를 계기로 각국은 에너지 소비절약 및 신·대체 에너지 개발에 꾸준한 노력을

기울이게 되었다. 또한 '90년 걸프위기에 따른 국제 석유시장의 불안은 각국들로 하여금 에너지 정책을 재검토하는 계기로 작용하였다. 이처럼 에너지 소비와 경제 활동은 밀접한 관계를 지니고 그동안 활발한 연구가 이루어 왔으며 이중의 하나가 에너지 소비와 국민 생산에 관한 인과관계(causal) 분석이라 할 수 있다.

본 분석의 주된 목적은 주요 선진국의 국민 생산과 에너지 소비사이의 인과관계 분석을 행하는데 있으며 이를 Granger와 Sims 모형에 적용하였다. 분석에 선정된 국가는 선진 7개국(미국, 캐나다, 영국, 서독, 프랑스, 이탈리아 및 일본)이며 여기에 한국을 추가하였다.

2. 국민생산과 에너지소비 개관

(1) 국민생산과 에너지소비의 추이

과거 20년('70년~'90년)에 걸쳐 주요 선진국의 실질 경제 성장율은 연평균 2%~4%를 시현하였다. 미국은 동기 간 2.3%의 신장세를 기록, '90년 경제규모가 '70년에 비하여 1.7배로 증대되었다. 일본은 선진국중 가장높은 4.4%의 성장율을 기록하였는데 이로서 '90년 경제규모는 '70년 대비 2.4배로 확대되었다. 기타 주요 선진국들도 견실한 신장세를 보였으며 서독 1.6배, 캐나다 2.1배, 프랑스 1.7배, 이탈리아 1.8배 그리고 영국이 1.6배로 증가하였다. 한편 한국도 지난 20년간 매년 8.8%에 달하는 고도 성장을 지속시킴으로써 '90년 경제규모가 '70년에 비하여 5.4배로 급신장하게 되었다.

에너지 소비도 지속적인 증가를 보였으나 경제 성장율보

다는 낮았다. 지난 20년간 미국의 에너지 소비(1차 에너지 기준) 연평균 증가율은 0.9%, 서독은 0.6%를 보였으며 양국의 '90년 에너지 소비량은 '70년에 비하여 1.2배로 증가하였다. 프랑스와 이탈리아의 소비 규모도 1.3배로 커졌다. 한편, 일본과 카나다는 1.5배를 기록함으로써 기타국에 비하여 상대적으로 높았다. 이중 일본의 에너지 소비 증가율은 연평균 2.1%로 이는 선진국중 가장 높은 것이다. 반면 영국은 마이너스 0.1%를 기록하기도 하였다. 한국의 에너지 소비 증가율은 8.0%에 달함으로써 '90년 에너지 소비량이 '70년대비 4.7배로 대폭 증가하게 되었다.

에너지 사용의 효율성을 나타내는 에너지 집약도는 지속적으로 개선되었다. '90년 기준 미국의 에너지 집약도(TOE/\$US1,000)는 0.43('70년 : 0.62), 캐나다 0.59('70년 : 0.84), 영국 0.39('70년 : 0.62), 독일 0.37('70년 : 0.53), 프랑스 0.34('70년 : 0.45), 이탈리아 0.31('70년 : 0.45) 그리고 일본이 0.26('70년 : 0.40)을 기록하였다. 한국의 에너지 집약도도 '90년 0.67를 보여 '70년 0.76, '80년 0.69에서 점진적인 개선이 이루어졌다. 에너지 집약도 개선은 에너지 절약의 강화, 기술변화, 에너지 이용효율 향상 및 저에너지 산업형 유도 등 에너지 이용 합리화 노력에 따라 이루어진 것이다.

에너지 집약도 개선의 직접적인 계기는 지난 2차레에 걸친 석유위기이다. 석유위기는 탈석유정책을 유도케 하여 석유 집약도의 현격한 감소를 가져왔다. 미국의 석유 집약도는 '70년 0.26에서 '80년 0.23으로 '90년에는 0.17로 하락하였으며 일본은 '70년 0.28에서 '80년 0.21로 그리고 '90년에는 0.14로 개선되었다. 한국도 '70년 0.36에서 '80년 0.47로 상승하다가 '90년에 0.36로 하락함으로써 선진국형으로 진입하고 있음을 보이고 있다.

3. 국민생산과 에너지소비간의 인과관계 분석

(1) 방법론과 검정절차

인과관계(Cause 혹은 Causality)의 개념은 본질적으로 철

학적인 문제일뿐만 아니라 그동안 다양한 정의가 제시되고 있어 아직까지도 어느 누구에게나 합의를 도출할 수 있는 보편적인 정의가 정립되어 있지 않다고 할 수 있다. 이에 따라 특정 사건이나 자료들의 인과관계와 검증은 사전적인 정의하에서 통계적 기준을 설정하고 그 범주내에서 해석을 하는 것이 불가피하다. 여기서 채용된 인과관계 개념은 과학 철학적 의미가 아니라 계량 경제적 의미에서의 인과관계 개념으로 Granger와 Sims가 제시된 인과관계 모형이 이용되었다.

가. Granger Causality

Granger(1969)가 제시한 인과관계(Causality)의 개념은 변수들간의 통계적 속성에 바탕을 두고 있으며 이를 간략히 요약하면, 과거와 현재는 미래에 영향을 미칠 수 있으나 미래는 과거에 영향을 미칠 수 없다는 전제에서 출발한다. Granger 정의에 따르면 특정 정보 집합이 있을 때, Y를 예측함에 있어서 X를 포함시키지 않을 경우보다 X를 포함시킬 때 예측력이 높아진다면, X는 Y의 Granger 원인 변수하는 것이다. A가 정상적 통계적 과정(stationary stochastic process)일 경우, A를 과거값의 세트 $\{A_{-j}, j=1, 2, \dots, \infty\}$ 라 하고 A를 과거와 현재값의 세트 $\{A_{-j}, j=0, 1, \dots, \infty\}$ 라 하자. 그리고 A(k)를 세트 $\{A_{-j}, j=k, k+1, \dots, \infty\}$ 라 하자. 그리고 세트 B를 이용한 A의 최적 불편 최소 자승 예측량(optimum unbiased least-squares predictor)를 $P(A: B)$ 라 하자. 이에 따라 $P(X: X)$ 는 단지 과거값 X를 이용한 X의 최적 예측량이 될 것이다. 여기서 예측 오차 계열(predictive error series) $\epsilon_t(A: B)$ 은 $A_t - P_t(A: B)$ 로 표시될 수 있으며 $\sigma^2(A: B)$ 은 $\epsilon_t(A: B)$ 의 분산이다. U_t 는 t-1기 이후에 축적된 모든 정보이고 $U_t - Y_t$ 는 특정계열 Y_t 이 제외된 정보라 하자. 이에 따라 다음과 같은 인과관계 정의가 유도된다.

정의 1) Causality

$\sigma^2(X: U) < \sigma^2(U - Y)$ 일 경우, Y는 X에 영향을 미치며 이를 $Y_t \rightarrow X_t$ 로 표시한다. 즉, X를 예측함에 있어서 만일 Y_t 가 제외된 정보를 이용한 것보다 모든 정보를 이용할 경우 에

주요국의 에너지 집약도 변화 비교(TOE/\$1,000)

국 가	1970	1975	1980	1985	1990
미 국	0.62	0.57	0.52	0.45	0.43
카 나 다	0.84	0.78	0.75	0.64	0.59
영 국	0.62	0.53	0.48	0.44	0.39
독 일	0.53	0.49	0.46	0.43	0.37
프 랑 스	0.45	0.41	0.39	0.36	0.34
이 탈 리 아	0.45	0.43	0.37	0.33	0.31
일 본	0.40	0.37	0.32	0.28	0.26
한 국	0.76	0.69	0.69	0.65	0.67

주) GDP/GNP는 '85년 불변(\$ US 1,000), 에너지는 1차 에너지(Total Primary Energy) 기준 자료) International Financial Statistics(IMF) 및 Statistical Review of World Energy(BP) 각년도

측력이 높아진다면, Y_t 는 X_t 에 영향을 미친다.

정의 2) Feedback

$\sigma^2(X:U) < \sigma^2(U-Y)$, $\sigma^2(Y:U) < \sigma^2(U-X)$ 일 경우, 역류 관계(Feedback)가 발생한다고 하며 $Y_t \leftrightarrow X_t$ 로 표시한다. 즉, Feedback은 X_t 가 Y_t 에 영향을 미치며 또한 Y_t 도 X_t 에 영향을 미친다.

정의 3) Instantaneous Causality

$\sigma^2(X:U, Y) < \sigma^2(X:U)$ 일 경우, 동시적 인과관계(Instantaneous Causality) $Y_t \rightarrow X_t$ 가 발생된다고 한다. 즉 현재값 X_t 를 예측함에 있어서 현재값 Y_t 가 예측에 포함되지 않을 때보다 예측에 포함될 경우에 있어 현재값 X_t 는 예측력이 높다고 한다.

정의 4) Causality Lag

$Y_t \rightarrow X_t$ 일 경우, $\sigma^2((U-Y(k)) < \sigma^2(X:U-Y(k+1))$ 이 되도록 하는 최소값 k 를 Causality Lag m 로 정의한다. 따라서 Y_{t-j} , $j=0, 1, \dots, m-1$ 를 안다는 것은 X_t 의 예측을 향상시키는데 도움을 주지 못한다.

상기 정의들은 시계열의 정상계열(stationary series)을 가정한 것이다. 만일 시계열이 비정상계열(nonstationary series)일 경우, $\sigma^2(X:U)$ 은 시간에 의존하게 되어 인과관계는 시간에 따라 변화될 수 있다. 또한 인과관계 정의는 현재 정보 세트(set)에 관련된 것이기 때문에 적절한 자료가 본 세트에 포함되지 않을 경우, 가성적(Spurious) 인과관계가 발생될 수 있다. Granger의 이변량(bivariate) 인과관계 방정식은 다음과 같이 정의된다.

$$X_t = \sum_{i=1}^m a_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^m b_i Y_{t-i} + \mu_t \dots \dots \dots (1)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^m c_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m d_i X_{t-i} + \epsilon_t \dots \dots \dots (2)$$

여기서 X_t 와 Y_t 는 정상계열이며 오차항 μ_t 와 ϵ_t 는 화이트 노이즈(white noise)이다. m 은 극대 시차수로서 $m \leq n$ (n 은 관측수)이다. X_t 와 Y_t 간의 인과관계 탐색은 방정식 (1)에서 만일 $b_i=0$ 이면, Y_t 는 X_t 의 원인(cause)이 아님을 의미하고, $b_i \neq 0$ 이면, Y_t 는 X_t 의 원인임을 의미한다. 마찬가지로 식 (2)에서 $d_i=0$ 이면 X_t 는 Y_t 의 원인이 되지 못함을 의미하고 $d_i \neq 0$ 이면 X_t 는 Y_t 의 원인임을 나타낸다. 그리고 $b_i \neq 0$, $d_i \neq 0$ 이면 X_t 와 Y_t 간에는 역류관계(feedback)가 존재하며 $b_i=0$, $d_i=0$ 이면 X_t 와 Y_t 간에는 독립적(independent)임을 의미한다. 그러도 동시적 인과관계(instantaneous Causality)는 변수들의 현재값을 포함함으로써 탐색된다.

Granger가 정의한 상기 4가지 인과관계는 3가지 패턴으로 구분될 수 있다. 정의 1), 정의 3) 및 정의 4)는 일방적 인과관계(unidirectional causality: $X \rightarrow Y$ 혹은 $Y \rightarrow X$)이며

정의 2)는 양방향인과관계(bidirectional causality: $X \leftrightarrow Y$)로 구분된다.

나. Sims Causality

Sims(1972)는 이변량 X_t 와 Y_t 사이의 인과관계 검증에 있어 X_t 를 Y_t 의 과거, 현재 및 미래계열에 대하여 회귀함으로써 미래계열 Y_t 의 모든 계수가 영(zero)일 경우 X_t 는 Y_t 의 원인이 되지 못한다고 정의된다.

Sims의 회귀식은 다음과 같다.

$$X_t = \alpha + \sum_{j=-n_1}^{n_2} a_j Y_{t+j} + \omega_t \dots \dots \dots (3)$$

$$Y_t = \beta + \sum_{j=-n_1}^{n_2} d_j X_{t+j} + \nu_t \dots \dots \dots (4)$$

식 (3) - (4)에서 오차항 ω_t 와 ν_t 는 화이트 노이즈(white noise)이다. Granger 인과관계와 관련하여 식 (3)에서 미래계열의 모든 계수가 영($a_j=0, j=-1, -2, \dots, -n$)이면, X_t 는 Granger 의미에 있어서 Y_t 의 원인이 되지 못한다. 마찬가지로 식 (4)에서 미래계열의 모든 계수가 영($d_j=0, j=-1, -2, \dots, -n$)이면, Y_t 는 X_t 의 원인이 되지 못한다. 인과관계 검증에는 F 통계량이 사용되는데 각 변수의 시차항들이 모두 영(zero)이라는 귀무가설(H_0)에 대하여 결합 유의도(joint significance)를 검증하는 것이다."

인과관계 분석에서 중요한 문제는 시차(lag) 길이의 선정에 있다고 볼 수 있다. 이는 인과관계 분석 결과가 시차수에 상당히 민감한 것으로 알려져 있기 때문이다. 이에 따라 시차수 선정은 최적 시차수를 구하는 통계적 과정과 연구자의 경험을 중시하는 비통계적 과정으로 구분되나 여기서는 분석기간이 비교적 짧기 때문에 임의적 시차구조를 선정하였다.

Granger와 Sims 모형에 적용된 시차구조는 제약모형과 비제약모형에 동일한 수의 시차수를 부여하였다. 그리고 다양한 시차구조를 사용하였는데 이는 특정 한가지 시차구조하의 검증결과에 따라 해석을 할 경우, 자칫 오도된 결과를 낳을 수 있기 때문에 이를 회피하기 위함이다. 본 분석에서 사용된 시차구조는 4가지 형태가 이용되었다.

인과관계 검증시 이용되는 시계열은 정상(stationary) 계열이 요구되기 때문에 본 분석에서는 원시계열을 대수 변환 시킨후 1차 정차(1st difference)된 계열이 이용되었다. 국민소득은 자국 통화 기준이며 이는 각국의 경제구조를 잘 반영할 수 있을 것으로 판단되었기 때문이다. 국민소득은 '85년 불변가격으로 전환시켰으며 디플레이터로 GNP/GDP 지수가 이용되었다. 추정 방법은 보통 최소 자승법(OLS), 관측수년도는 '61년~'90년이다.

(2) 검정결과와 해석

국민생산과 1차 에너지사이의 인과관계를 Granger와 Sims 모형에 적용시킨 결과, 양모형의 검정 결과는 크게 다르지 않음을 발견하였다. 그러나 같은 선진국일지라도 양변량간 인과관계 방향은 국별로 차이가 있음이 확인되었다.

미국, 영국, 서독 및 이탈리아에서 Granger 및 Sims 검정결과 모두에서 국민생산-1차 에너지 소비(TPC : Total Primary Consumption)사이에는 아무런 인과관계가 존재치 않음이 발견되었다. 이것이 의미하는 바는 이들 국가에서 국민 생산과 1차 에너지 소비는 상호 독립적(independent)임을 의미하는 것이다. 그러나 캐나다, 프랑스, 일본 및 한국에서는 국민 생산에서 1차 에너지 소비로의 일방적인(unidirectional) 인과관계가 확인되었다. 특히, 일본과 한국은 뚜렷한 인과관계가 발견되었다. 이같은 결과는 양국에서 총량 규모의 에너지 소비절약 정책은 해당 경제 구조를 왜곡시키지 않고(즉, 국민생산의 저하를 가져오지 않고) 채택할 수 있는 유용한 정책임을 의미하는 것이다.

4. 맺는말

이상과 같이 인과관계 검정 결과에 따라 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 인과관계의 분석은 각국이 상이한 경제구조, 경제개발 단계 및 에너지 정책 등에서 차이를 보이고 있으며 모형식에서 분석기간 및 모형의 차이 등에서 그 결과가 달라질 수 있어 분석결과에 대한 해석은 신중성이 요구된다. 이에 따라 특정한 인과관계 검증법을 적용함으로써 나온 결과보다는 보다 나은 인과관계 검증법의 우월성이 존

재하기 이전까지는 가능한 한 모든 기법들을 동원하여 이를 점점, 여기서 나온 결과를 종합적으로 취합, 공통적 공통적인 결론에 도달하는 것이 합리적이라 하겠다. 한국은 범국민차원에서 「에너지소비 절감 10%」 정책이 전개되고 있다. 한국은 인과관계 분석에 따라 국민생산 증가가 1차 에너지 소비 증가에 영향을 미치고 있음이 확인되었으며 이는 경제 성장을 해치지 않고 총량 규모의 에너지 소비절약(혹은 에너지 소비 효율성 향상)을 추진할 수가 있는 당위성을 제공하는 것이다. 여기에 본 분석의 시사점이 있는 것이다.

〈참고문헌〉

1. A. T. Akarca and T. V. Long, "On Relationship Between Energy and GNP: A Rexamination," *The Journal of Energy and Development*, spring 1980
2. Eden S. H. Yu and Been-Kwei Hwang, "The Relationship Between Energy and GNP: Further Results", *Energy Economics*, July 1984
3. Salah Aboedra and Hamid Baghestani, "New Evidence on The Causal Relationship Between United States Energy Consumption and Gross National Product," *The Journal of Energy and Development*, spring 1991
4. Eden S. H. Yu and Jae-Young Choi, "The Causal Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison", *The Journal of Energy and Development*, spring 1985

【부록】 1. Granger 모형의 검정결과

		F 값			
		(1. 26)	(2. 23)	(3. 20)	(4. 17)
한 국	TPC→GDP	0. 125	2. 378	1. 894	1. 268
	GDP→TPC	9. 513*	4. 119**	4. 196**	1. 472
영 국	TPC→GDP	1. 300	0. 813	0. 379	0. 303
	GDP→TPC	1. 571	0. 901	0. 496	0. 557
일 본	TPC→GNP	0. 000	0. 229	0. 225	0. 376
	GNP→TPC	13. 404*	6. 003*	3. 974**	3. 029**
미 국	TPC→GNP	0. 411	0. 175	0. 646	0. 599
	GNP→TPC	0. 237	0. 117	1. 490	1. 171
캐나다	TPC→GNP	2. 800	1. 045	1. 954	1. 711
	GNP→TPC	5. 998**	1. 177	0. 811	0. 548
프랑스	TPC→GDP	0. 087	1. 325	0. 643	0. 351
	GDP→TPC	9. 146*	2. 131	0. 864	0. 443
이탈리아	TPC→GDP	1. 427	0. 875	0. 742	2. 500
	GDP→TPC	0. 250	1. 950	1. 352	1. 220
서 독	TPC→GNP	0. 344	0. 140	0. 558	1. 472
	GNP→TPC	3. 006	1. 557	1. 116	1. 142

주) * : 1% 유의수준, ** : 5% 유의수준, TPC = Total Primary Consumption

5. Umit Erol and Eden S. H. Yu, "On The Causal Relationship Energy and Income For Industrialized Countries," *The Journal of Energy and Development*, autumn 1987
6. Granger, C. W. J., "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Models", *Econometrica*, No. 37, 1969,

7. Sims, C., "Money, Income, and Causality", *American Economic Review*, No. 62, 1972

주)1) F 통계량은 다음과 같다.

$$F(df_1, df_2) = \frac{(RRSS-URSS)/df_1}{URSS/df_2}$$

여기서 df_1 은 제약과 비제약 회귀식 자유도의 차이이며 df_2 는 비제약 회귀식의 자유도임. RRSS는 제약 회귀식의 잔차 자승합, URSS는 비제약 회귀식의 잔차 자승합임.

[부록] 2. Sims 모형의 검정결과

		F 값			
		(1.26)	(2.22)	(3.18)	(4.14)
한 국	TPC→GDP	0.127	1.459	1.651	1.322
	GDP→TPC	9.518*	9.634*	4.740**	2.240
영 국	TPC→GDP	1.360	0.735	0.297	0.205
	GDP→TPC	1.563	0.780	0.561	0.264
일 본	TPC→GNP	0.007	0.421	0.133	0.260
	GNP→TPC	13.397*	3.669**	1.935	0.995
미 국	TPC→GNP	0.406	0.187	0.461	2.248
	GNP→TPC	0.213	0.094	0.351	0.587
캐나다	TPC→GNP	2.809	1.278	1.174	1.084
	GNP→TPC	6.005**	1.431	0.994	1.062
프랑스	TPC→GDP	0.007	0.421	0.133	0.260
	GDP→TPC	13.397*	3.669**	1.935	0.995
이탈리아	TPC→GDP	1.415	1.011	1.558	1.237
	GDP→TPC	0.255	0.229	0.548	0.688
서 독	TPC→GNP	0.343	0.033	0.300	0.371
	GNP→TPC	2.999	3.937**	2.080	1.052

주) * : 1% 유의수준, ** : 5% 유의수준, TPC = Total Primary Consumption

■ 도서안내 ■

석유협회 창립 10주년 기념

석유산업의 발전사

- 대한석유협회 홍보실 엮음 -