

비재생자원 수입관세의 동태적 구조에 관한 연구

이덕만* · 이영환**

〈차 례〉

- | | |
|----------------------|---------------|
| I. 서 론 | III. 효율적 관세모형 |
| II. Stackelberg 관세모형 | IV. 요약 및 결론 |

I. 서 론

비재생자원은 일반 교역재와는 달리 자원의 이용량이 늘어감에 따라 희소성으로 인한 경제적 가치가 증가하는 특징을 지니고 있다. 비재생자원의 이러한 특징으로 인해 자원수입국이 비재생자원의 수입시 부과하는 관세는 일반 교역재에 부과하는 관세와는 구조적으로 차이가 있다. 지금까지 비재생자원 수입국이 자원수입시 부과할 적정관세의 동태적 구조를 분석한 선행연구들(Kemp and Long, 1980; Karp, 1984; Eckstein and Eichenbaum, 1985; Maskin and

* 국회예산정책처(제1저자).

** 국회예산정책처(교신저자).

Newbery, 1978, 1990; Karp and Newbery, 1991, 1992)에 따르면 비재생자원 수입으로 인한 경제적 후생을 증대하기 위해서 비재생자원 수입국은 수입 초기에 부과하기로 결정한 관세를 일관되게 부과하기보다는 각 시점별로 서로 다른 관세를 부과할 때 경제적 후생을 증대시킬 수 있음을 제안하고 있다. 즉, 동태적으로 비일관적(time inconsistent)인 오픈루프(open loop) 방식의 관세를 부과함으로써 비재생자원 수입의 후생수준을 증대할 수 있다는 것이다. 그러나 이들 선행연구는 이러한 관세부과 방식을 제안하기 위한 경제모형을 설정함에 있어 비재생자원 생산에 소요되는 비용(extraction costs)을 생산량의 함수로만 가정하고, 생산비용이 비재생자원 매장량의 크기에 영향을 받는다는 사실을 간과하고 있다. 이들 선행연구 중 Karp (1984)는 비재생자원 생산비용을 생산량과 비재생자원 매장량의 함수로 모형화하고 있음에도 불구하고 비재생자원 매장량의 잠재가치가 희소성 효과(scarcity effect)와 비용 효과(cost effect)로 분리되는 속성을 발견하지 못함으로써 다른 선행연구들과 동일한 관세부과 방식을 제안하고 있다.

따라서 본 연구는 비재생자원 수입국이 자원 수입시 부과할 적정관세의 경제적 특성을 분석함에 있어 지금까지 선행연구들이 비재생자원 수입국의 경제적 후생 증대를 위해 제안한 관세 부과방식의 문제점을 지적하고, 어떤 방식의 관세를 부과하는 것이 비재생자원 수입국의 경제적 후생을 증대시킬 수 있을 것인가에 대한 이론적 분석을 시도하고자 한다. 본 연구에서는 선행연구들이 간과한 비재생자원 매장량에 대한 잠재가치의 속성을 정밀하게 분석하여 선행연구들이 제안한 관세 부과방식에 대한 논리적 오류를 지적하고자 한다. 이를 위해서, 첫째, 선행연구들이 수립한 경제모형을 분석하고, 둘째, 새로운 동태적 경제모형을 개발하여 선행연구들의 연구결과를 비교·분석하고자 한다.

II. Stackelberg 관세모형

본 장에서는 비재생자원 수입국이 부과할 적정관세의 규모를 연구한 선행연구들 중에서 비재생자원의 적정이용 및 교역을 비교적 현실성 있게 설명하고 있는 Karp (1984) 모형을 중심으로 선행연구들이 제안한 동태적 관세 부과방식을 우선 논의하고자 한다. Karp가 개발한 경제모형에 사용된 가정을 설명하면 다음과 같다.¹⁾ 비재생자원 수입국(the buying country)이 자원 소비로 인해 얻을 수 있는 효용함수 $u(x)$ 는 오목함수이며 두 번 미분이 가능하다. 그리고 비재생자원 수입국의 국내소비 시장은 완전경쟁 상태에 있다고 가정하면 $u'(x) = P(x)$ 가 되며, 그 결과 비재생자원 수입국의 효용함수는 $u(x) = \int_0^x P(X)dX$ 로 표시될 수 있다. 이 때 $P(x)$ 는 비재생자원 수입국의 국내 소비자가 지불할 가격을 표시하며, 적분 가능한 함수이다. 그리고 비재생자원 수입국이 부과하는 관세는 $q(t)$ 로 표시되고, 비재생자원 수출국이 수취할 자원가격은 $P(x) - q(t)$ 가 된다.

이들 가정으로부터 비재생자원 수입국이 누리는 경제적 잉여(surplus)는 자원 소비로부터 얻을 수 있는 총 효용에서 비재생자원 수출국(the selling country)에 지불한 지불 금액을 제외한 $P(x) - qx$ 의 할인된 현재가치 흐름의 합으로 표시할 수 있다. 따라서 비재생자원 수입국이 자원 소비로부터 얻을 수 있는 경제적 잉여는 다음의 식 (1)로 표시할 수 있다.

$$J_B = \int_0^T e^{-rt} [u(x) - (P(x) - q)x] dt \quad (1)$$

이 때 T 는 비재생자원 수입이 종료되는 시점(terminal time)을 나타내고, r 은 할인율을 표시한다. 그리고 비재생자원 수출국의 경우 비재생자원 한 단위

1) 구체적인 Karp의 모형은 Karp (1984)의 p. 79를 참조하시오.

생산에 소요되는 평균비용을 $c(z)$ 로 가정하면 x 단위의 자원을 생산할 경우 자원생산에 소요되는 총 비용은 $c(z)x$ 가 된다. 이 때 z 는 비재생자원 매장량을 표시하고 있다. 그리고 $c'(z) \leq 0$ 이고 $c''(z) \leq 0$ 가 된다고 가정한다. 이 경우 비재생자원 수출국이 추구하는 이윤은 다음의 식 (2)와 같이 표시될 수 있다.

$$J_S = \int_0^T e^{-nt} [P(x) - q - c(z)]x dt \quad (2)$$

비재생자원 수입국은 자원수입시 부과하는 관세 $q(t)$ 의 조절을 통해 식 (1)로 표시된 경제적 잉여의 극대화를 추구하고, 비재생자원 수출국은 자원 수입국이 부과하는 관세 하에서 자원 생산량 $x(t)$ 의 조절을 통해 식 (2)로 표시된 이윤의 극대화를 추구하고 있다. 이 때 양국은 자원 매장량 $z(t)$ 의 동태적 변화의 제약에 직면하고 있다. 자원 매장량 $z(t)$ 의 동태적 변화를 표시하는 운동방정식 (the law of motion)은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{dz(t)}{dt} = -x(t), \quad z(0) = z^0 \text{와 } z(t) \geq 0 \quad \forall t \quad (3)$$

그리고 비재생자원 수입국은 부과할 관세의 크기를 결정하기 위해서 관세부과에 따른 비재생자원 수출국의 반응을 고려해야 할 것이다. 따라서 비재생자원 수입국은 Stackelberg differential 게임의 선도자 역할을 담당하고 있음을 알 수 있다. 먼저 비재생자원 수입국이 부과하는 적정관세 하에서 비재생자원 수출국의 반응은 동태적 제약조건인 식 (3)하에서 목적함수인 식 (2)를 최적화하고자 할 것이다. 그리고 동태적 최적화를 위한 필요조건은 다음의 방정식을 포함한다.

$$e^{-nt} [P(x) - q - c(z)] - \lambda = 0 \quad (4)$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = e^{-nt} c'(z)x \quad (5)$$

여기서 λ 는 상태변수인 자원 매장량의 공동상태변수(costate variable)를 나타낸다. 비재생자원 수출국의 이윤극대화를 위한 필요조건으로 인해 비재생자원 수입국은 자원 매장량의 공동상태 변수의 운동방정식인 식 (5)의 제약을 받게 된다.²⁾ 비재생자원 수입국의 동태적 최적화를 위해서 미분방정식 식 (4)로부터 q 에 대한 해를 구하고, 이 결과를 이용하여 비재생자원 수입국의 목적함수인 식 (1)을 변형하면 다음의 식 (1a)를 구할 수 있다.

$$J_B = \int_0^T (e^{-rt} [u(x) - c(z)x] - \lambda x) dt \quad (1a)$$

Karp는 자원 매장량의 운동방정식인 식 (3)의 제약조건 하에서 목적함수인 식 (1a)의 최적화를 위한 두 가지 방안을 제시하였으며,³⁾ 최적화를 위한 필요조건으로부터 각 시점별로 서로 다른(dynamically inconsistent) 관세를 부과하는 것이 비재생자원 수입국의 후생수준을 증대시킬 수 있다고 설명하고 있다. 즉, 비재생자원 수입국은 수입초기에 부과하기로 결정한 관세를 시간의 흐름에 따라 계속 수정하여 부과할 것을 제안하고 있다. 그리고 이러한 관세 부과방식을 제안한 이론적 근거는 다음과 같이 설명될 수 있다. 비재생자원 수입국은 자원 수입의 초기 시점인 $t=0$ 에서 제약조건식 (4)와 (5) 하에서 비재생자원 수입국의 목적함수인 식 (1a)를 극대화할 것이며, 극대화를 위한 필요조건으로부터 자원수입시 부과할 최적 관세의 크기를 도출하게 된다. 이 관세 하에서 자원 매장량 $z(t)$ 와 자원 소비량 $x(t)$ 의 최적시간경로를 각각 $x^*(t)$ 와 $z^*(t)$, 그리고 T^* 를 최적종료시점이라고 가정하자. 그러면 시점 $t = \epsilon > 0$ 의 자원 매장량은 $z^*(\epsilon) < z^0 = z^*(0)$ 가 될 것이므로 $*$ 로 표시된 자원 매장량과 자원 소비량의

2) 식 (4)로부터 z 는 q 의 함수임을 알 수 있으며, 적정제어이론의 용어에 따르면 식 (5)의 형태를 띠는 상태변수를 jump state variable이라 한다. jump state variable에 대한 상세한 논의는 Karp and Newbery (1993)과 Simaan and Cruz (1973)을 참조하시오. jump state variable을 포함하는 적정제어이론을 non-standard 적정제어이론이라고 하며, 이 변수의 특성으로 인해 조절변수의 time-inconsistency가 발생한다.

3) 최적화를 위한 두 가지 방안은 Karp (1984)의 pp. 79~81을 참조하시오.

시간경로는 더 이상 최적시간경로로 간주될 수 없다. 즉, 시점 $t = \varepsilon$ 을 초기 시점으로 하여 도출된 자원 매장량과 자원 소비량의 시간경로는 $x^*(t)$, $z^*(t)$ 의 시간경로를 따르는 것보다 후생측면에서 우월한(Pareto superior) 경로가 될 것이다. 따라서 비재생자원 수입국은 $t = \varepsilon$ 에서 초기에 결정했던 관세의 수준을 수정할 때 경제적 잉여를 증가시키게 될 것이며, 만약 비재생자원 수입국이 초기에 부과하기로 선언한 관세수준을 수정하지 않을 경우 비재생자원 수입국은 최적의 후생수준에 도달하지 못하는 결과를 초래하게 될 것이다.

Ⅲ. 효율적 관세모형

앞 절에서 설명한 바와 같이 선행연구들은 비재생자원 수입국이 후생수준을 증대하기 위해서는 수입 초기에 부과하기로 결정한 관세를 유지하기보다는 시간흐름에 따라 계속적으로 비재생자원 수입시 부과할 관세의 크기를 수정하여 부과할 것을 제안하고 있다. 그러나 선행연구(Karp, 1984)는 자원 매장량의 공동상태변수인 $\lambda(t)$ 가 희소성 효과와 비용 효과로 분리될 수 있는 속성에 대한 인식을 결여하고 있다. 본 장에서는 효율적(efficient)인 관세모형을 설정하여 비재생자원 수입으로 인한 경제적 후생을 증대하기 위한 관세의 부과 방식을 설명하고자 한다. 이를 위해 다음에 제시된 식 (6)을

$$J = \int_0^T e^{-rt} [u(x) - c(z)x] dt \quad (6)$$

식 (3)의 제약조건 하에서 극대화하는 효율적인 관세모형을 생각하자. 그리고 최적해를 구하기 위해 Hestenes Bolza의 최적정리(Long and Voutsden, 1977)를 이용한다. 최적정리에 사용된 용어에 의하면 이 극대화 문제는 2개의 제어매개변수(control parameter)를 포함하고 있다. 이들 제어매개변수는 비재생자원

생산을 중단하는 시점 T , 비재생자원 생산을 중단하는 시점에서의 자원 매장량 $z(T)$ 이다. 그리고 이 극대화 문제는 $x(t)$ 의 제어변수(control variable)를 포함하고 있다. 주어진 제약조건 하에서 식 (6)의 극대화를 위한 현재가치(present value) 필요조건들을 구해보면 다음과 같다.

$$e^{-rt} [u'(x(t)) - c(z(t))] - \phi(t) = 0 \quad (7)$$

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = e^{-rt} c'(z(t))x(t) \quad (8)$$

$$\frac{dz(t)}{dt} = -x(t), \quad z(0) = z^0 \quad (9)$$

여기서 $\phi(t)$ 는 자원 매장량의 공동상태변수를 나타낸다. 그리고 현재가치 횡단선조건(transversality condition)은 다음과 같다.

$$e^{-rT} [u(x(T)) - c(z(T))x(T)] - \phi(T)x(T) = 0 \quad (10)$$

$$\phi(T) \geq 0, \quad \phi(T)z(T) = 0 \quad (11)$$

이들 횡단선조건식 (10)과 (11)은 각각 $T > 0$ 일 경우와 $z(T) \geq 0$ 일 경우에도 성립됨을 알 수 있다. 그리고 식 (7), (10)과 식 (11)을 통해 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 첫째, $T > 0$ 과 비재생자원의 한계생산비용이 항상 일정한 $c'(z) \equiv 0$ 경우, $x(t) > 0$ ($0 \leq t < T$), $x(T) = 0$ 그리고 $z(T) = 0$ 가 되며. 둘째, $c'(z) < 0$ 인 경우, $c'(z)$ 는 비재생자원의 생산비용이 비재생자원의 가치보다 크게 될 가능성이 있으므로 $u'(0) = c'(z^0)$ ($0 < z^0 < z^*$)가 되는 z^0 에서 $z(T) = z^0$, $\phi(T) = 0$ 가 될 것이다. 셋째, 이러한 두 가지 사실로부터 자원 매장량의 소진여부에 상관없이 생산 중단시점의 자원 생산량 $x(T) = 0$ 임을 알 수 있다. 그리고 $x(T) = 0$ 가 되는 경제적인 이유는 두 가지 측면에서 설명될 수 있다. 첫째, 만약 $c'(z) = 0$ 이면 자원 매장량의 잠재가치 $\phi(t)$ 가 증가하기 때문이며, 둘째 만약 $c'(z) < 0$ 일 경우, 비재생자원의 생산비용이 증가할 뿐만 아니라 자원 매장량의 잠재가치가 증가하는 데 기인한다.

다음으로는 선행연구가 간과한 자원 매장량의 잠재가치를 나타내는 공동상태 변수 $\psi(t)$ 가 내포하고 있는 경제적 의미를 분석하고자 한다. 이를 위해서 먼저 $\zeta(t)$ 를 $\zeta(t) = e^{rt}\psi(t)$ 로 정의하자. 이 식으로부터 미분방정식 (12)를 구할 수 있다.

$$\frac{d\zeta(t)}{dt} = r\zeta(t) + c'(z(t))x(t) \quad (12)$$

그리고 최종값(terminal value) $\zeta(T)$ 를 가진 이 미분방정식의 일반해는 다음과 같다(일반해 도출과정은 부록을 참조할 것).

$$\zeta(t) = e^{-r(T-t)}\zeta(T) - \int_t^T e^{-r(s-t)}c'(z(s))x(s) ds \quad (13)$$

자원 매장량의 공동상태변수는 각 시점에서 자원 매장량의 잠재가치와 일치하며, 이 공동상태변수는 자원 생산량의 규모를 제어(rationing)하는 역할을 수행하고 있음을 식 (7)을 통해 알 수 있다. 그리고 이 공동상태변수는 시간 t 에서 자원 매장량 단위당 변화에 대한 자원 소비로 인한 후생수준을 나타내는 식 (6)의 최적값의 변화를 나타낸다는 사실을 알 수 있다. 즉, 단순화를 위해서 시간 $t=0$ 에서 $\frac{\partial I}{\partial z^0} = \zeta(0)$ 로 표시될 수 있으므로,4) 이 공동상태변수가 자원 매장량의 잠재가치와 일치함을 알 수 있다. 그리고 이 공동상태변수는 희소성 효과와 비용 효과로 구분할 수 있다.

희소성 효과	$e^{-r(T-t)}\zeta(T)$
비용 효과	$-\int_t^T e^{-r(s-t)}c'(z(s))x(s) ds$

4) 이덕만 (2002)은 CDIC정리를 이용하여 '공해량의 공동상태변수는 공해량의 잠재비용과 같다'는 사실을 증명하였다. 따라서 이 증명과정을 이용하면 제시된 결과를 도출할 수 있다.

최소성 효과는 현재시간 t 로 할인된 생산 종료시점의 최소가치를 나타내며, 비용효과는 자원 매장량 단위당 변화와 관련된 비재생자원 생산비용의 현재가치를 나타낸다. 아울러 식 (13)은 다음에서 설명하는 공동상태변수의 세 가지 특징을 보여준다. 첫째, 앞서 설명한 바와 같이 비재생자원 생산의 종료시점에 매장량이 소진되지 않았을 경우 최소성 효과가 발생하지 않으며, 비재생자원 생산의 종료시점에 자원 매장량이 소진되었을 경우 최소성 효과가 발생함을 알 수 있다. 둘째, 동태적으로 시간 t 가 비재생자원 생산 종료시점인 T 에 이르면 비용효과가 발생하지 않는다. 즉, $t \rightarrow T$ 에 따라 $-\int_t^T e^{-r(s-t)} c'(z(s))x(s) ds \rightarrow 0$ 가 된다. 셋째, $c'(z) = 0$ 인 경우 비용효과는 발생하지 않음을 알 수 있다. 예를 들어, 비재생자원 생산이 자원 매장량이 소진되는 시점에 중단되고, $c'(z) < 0$ 인 경우를 상정하면 자원 매장량의 잠재가치는 단지 매장량의 단위당 변화와 관련된 생산비용뿐만 아니라 종료시점에서 평가되는 최소성의 할인된 가치를 모두 포함하고 있다. 반면에 자원 매장량이 소진되지 않는 상태에서는 자원 매장량의 잠재가치는 단지 생산비용의 현재가치만을 보여준다. 그리고 $c'(z) = 0$ 의 경우에는 자원 매장량의 공동상태변수는 단지 최소가치만을 보여주며, 자원 생산이 자원 매장량이 소진되기 이전에 중단되고, $c'(z) < 0$ 인 경우에는 최소성 효과는 발생하지 않고 단지 비용 효과만 발생함을 알 수 있다.

만약 비재생자원 생산자와 비재생자원 소비자가 모두 가격수용자라면 생산과 소비로부터 발생하는 지대의 전부는 비재생자원 생산자에게 귀속될 것이며, 이 지대의 크기는 $\zeta(t)x(t) = e^{rt}\phi(t)x(t)$ 가 될 것이다. 따라서 만약 비재생자원 생산자와 비재생자원 소비자가 동일 국가에서 활동한다면, 정부는 판매 단위당 $e^{rt}\phi(t)$ 만큼의 조세를 부과함으로써 비재생자원 생산자가 누리는 지대를 정부로 귀속시킬 수 있다. 만약 국제간 자원교역이 발생하는 경우에는 비재생자원 수입국이 비재생자원 수입 단위당 이 크기의 관세를 부과함으로써 비재생자원 생산국이 누리는 지대의 전부를 착취할 수 있을 것이다. 다음은 어떤 크기의 관세 하에서 비재생자원 생산국의 공급곡선이 $c'(z)$ 하에서 수평선의 형태를 띠

게 될 것인가를 분석해 보자. 이를 위해서 우선 비재생자원 수입국이 비재생자원 수입 단위당 $q(t) = P(x(t)) - c(z(t)) - e^{-nt}g$ 의 수입관세를 부과한다고 가정하자. 이 때 g 는 비재생자원 수입국이 자원생산 단위당 비재생자원 수출국에 지불하는 경제적 보상(gift)이고, 이 때 e^{-nt} 는 이 보상의 현재가치가 항상 일정하게 유지되고 있음을 보여주는 역할을 한다. 이 때 비재생자원 수출국은 식 (3)과 식 (14)의 제약 아래에서 식 (2)를 극대화할 것이다.

$$P(x) - q - c(z) = e^{-nt}g \quad (14)$$

그리고 비재생자원 수출국이 가격수용자이기 때문에 $P(x)$, q 와 g 는 모두 외생변수가 될 것이다. 따라서 비재생자원 수출국의 이윤극대화를 위한 해밀토니언과 라그랑지함수는 각각 다음 식으로 표현될 수 있다.

$$H_s = e^{-nt}[P(x) - q - c(z)]x - \lambda x$$

$$L_s = H_s + v[P(x) - q - c(z) - e^{-nt}g]$$

그리고 이윤극대화를 위한 필요조건 중 다음 식들의 경제적 의미를 분석해 보자.

$$e^{-nt}[P(x(t)) - q(t) - c(z(t))] - \lambda(t) = g - \lambda(t) = 0 \quad (15)$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = e^{-nt}c'(z(t))x(t) + v(t)c'(z(t)) \quad (16)$$

비재생자원 수입국이 부과할 관세의 크기로부터 $[P(x) - q - c(z)] = e^{-nt}g$ 의 식을 유도할 수 있고 이 식에 따라 식 (15)로부터 $\lambda(t) = g$ 가 되고, 이로부터 $\frac{d\lambda}{dt} = 0$ 가 됨을 알 수 있다. 아울러 이 결과로부터 식 (16)은 $e^{-nt}x(t) + v(t) = 0$ 로 표현된다. 그리고 $\frac{\partial L_s}{\partial g} = -e^{-nt}v(t)$ 이기 때문에 비재생자원 수입국이 비재생자원 수출국에 지불할 경제적 보상의 단위당 변화가 비재생자원 수출국의 이윤에 미치는 영향은 $x(t)$ 가 될 것이다.

이들 비재생자원 수출국의 이윤 극대화를 위한 필요조건들로부터 비재생자원 수입국은 비재생자원 수출국이 누릴 수 있는 비용 효과를 착취하고, 단지 희소성 효과의 일부를 비재생자원 수출국에 보상으로 제공할 수 있음을 알 수 있다. 그러나 자국의 경제적 후생을 증대하기 위해 합리적으로 행동하는 비재생자원 수입국은 비재생자원 수출국에 경제적 보상을 제공할 이유가 없을 것이다. 따라서 비재생자원 수출국은 $g=0$ 의 보상을 지불할 것이므로 $\lambda(t)=0$ 가 될 것이다. 즉, 비재생자원 수출국은 자원 생산으로 인한 지대를 누리지 못하게 되고, 그 결과 앞서 기술한 이윤극대화를 위한 필요조건은 자원 생산량과 무관하게 될 것이다. 이 결과와 식 (15)에 의하면 주어진 비용 $c(z)$ 하에서 비재생자원 수출국의 공급곡선은 자원 생산량의 영향을 받지 않는 수평선(horizontal curve)의 형태를 띠게 될 것이다. 이 경우 자원 생산량은 비재생자원 수입국의 수요형태에 따라 결정된다고 할 수 있다.

앞서 설명한 Stackelberg 관세모형에 따르면 비재생자원 수입국은 비재생자원 수출국의 이윤극대화를 위한 필요조건의 제약을 받기 때문에, $c'(z)=0$ 인 경우를 제외하고는 일반적으로 비재생자원 수입국은 자원 생산시 발생하는 자원 매장량의 잠재가치를 자원 수출국으로부터 착취할 수 없다고 설명하고 있다 (Karp, p. 75). 즉, Stackelberg 관세모형에서는 $c'(z)=0$ 인 경우에만 비재생자원 수입국은 비재생자원 수출국이 누리는 지대를 착취할 수 있음을 설명하고 있는데, 이는 본 장에서 설명한 자원 매장량의 공동상태변수가 지니는 속성 중에서 희소성 효과만을 인식하고 있는 것으로 생각된다. 다시 말하면 Stackelberg 관세모형은 $c'(z)<0$ 뿐만 아니라 자원 매장량의 공동상태 변수에 비용 효과가 있는 경우에도 비재생자원 수입국이 비재생자원 수출국이 누리는 자원 매장량의 잠재가치를 착취할 수 있음을 간과하고 있다. 이러한 측면을 고려할 때 식 (13)에 포함되어 있는 비용 효과는 반드시 비재생자원 수출국에 귀속되어야 할 필요가 없을 뿐만 아니라, 비재생자원 수입국의 경제적 잉여를 극대화함에 있어 식 (5)의 제약을 받을 필요도 없다. 따라서 비재생자원 수입국이 자원수입시 부

과하는 관세는 선행연구가 제시하는 바와 같이 각 시점별로 서로 다른 관세를 부과하기보다는 각 시점별로 동일한 크기의 관세를 지속적으로 부과해야 할 것으로 본다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 선행연구들이 제안한 비재생자원 수입시 부과할 관세의 부과방식에 대한 논리적 오류를 지적하고, 각 시점별로 동일한 관세를 부과하는 것이 비재생자원 수입국의 경제적 후생을 증대시킬 수 있음을 보이고 있다. 선행연구들은 Stackelberg 관세 모형을 설정하여 비재생자원 수입국은 비재생자원 수출국이 누리는 비용 효과의 제약조건 하에서 경제적 후생을 극대화시키기 위해서 각 시점별로 서로 다른 관세를 부과할 것을 제안하고 있다. 그러나 선행연구들이 제안한 관세 부과방식은 자원 매장량의 잠재가치를 표시하는 공동상태변수가 희소성 효과와 비용 효과의 두 가지 속성을 지니고 있음을 간과하고 있다. 따라서 본 연구는 효율적인 경제모형을 수립하여 자원 매장량의 공동상태변수가 희소성 효과와 비용 효과로 양분될 수 있음을 분석하고, 그 결과 비재생자원 수입국은 비재생자원 수출국이 누리는 자원 매장량의 비용 효과뿐만 아니라 희소성 효과까지도 관세에 포함시킴으로써 자국의 경제적 후생을 증대시킬 수 있음을 보이고 있다. 그 결과 본 연구는 비재생자원 수입국은 자원 수출국이 누리는 비용 효과의 제약을 받지 않기 때문에, 선행연구들과는 달리 동태적으로 일관성 있는 관세 부과방식을 제안하고 있다.

〈부 록〉

식 (12)는 다음의 선형 1차 미분방정식 형태로 재정리할 수 있다.

$$\frac{d\zeta(t)}{dt} = r\zeta(t) + c'(z(t))x(t)$$

그리고 주어진 조건 $\zeta(T)$ 을 가진 이 미분방정식의 일반해는 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$\zeta(t) = e^{rt}(A + \int e^{-rt}c'(z(t))x(t) dt) \quad (A-1)$$

여기서 A 는 적분상수를 표시한다. 그리고

$$F(t) = \int e^{-rt}c'(z(t))x(t) dt$$

로 정의하면, 식 (A-1)은

$$\zeta(t) = e^{rt}(A + F(t))$$

가 되고,

$$\zeta(T) = e^{rT}(A + F(T))$$

가 된다. 따라서

$$A = e^{-rT}\zeta(T) - F(T)$$

가 되고, 그 결과

$$\begin{aligned}\zeta(t) &= e^{-r(T-t)}\zeta(T) - e^{rT}[F(T) - F(t)] \\ \zeta(t) &= e^{-r(T-t)}\zeta(T) - \int_t^T e^{-r(s-t)}c'(z(s))x(s) ds\end{aligned}$$

가 된다.

◎ 참고 문헌 ◎

1. 이덕만, “공해감소를 위한 환경세의 동태적 구조에 관한 연구”, 「자원·환경경제 연구」, 제11권 제2호, 2002, pp. 71~86.
2. Eckstein, Zvi and Martin Eichenbaum, “Oil Supply Disruptions and the Optimal Tariff in a Dynamic Stochastic Equilibrium Model,” in: Thomas Sargent, eds., *Energy, Foresight, and Strategy*, Resource for the Future, Washington D.C., 1985.
3. Karp, L., “Optimality and Consistency in a Differential Game with Non-renewable Resource,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 8, 1984, pp. 73~97.
4. _____ and D. M. Newbery, “OPEC and the U.S. Oil Import Tariff,” *Economic Journal*, Vol. 101, Issue 405, 1991, pp. 303~313.
5. _____, “Dynamically Consistent Oil Import Tariffs,” *Canadian Journal of Economics*, Vol. 25, Issue 1, 1992, pp. 1~21.
6. _____, “Intertemporal Consistency Issues in Depletable Resources,” in: V. K. Allen and J. L. Sweeny, eds., *Handbook of Natural Resources and Energy Economics*, Vol. III, Amsterdam, Elsevier, 1993, pp. 881~931
7. Kemp, M. C. and N. V. Long, “Optimal Tariffs and Exhaustible Resources,” in: M. C. Kemp and N. V. Long, eds., *Exhaustible Resources, Optimality and Trade*, Amsterdam, North-Holland, 1980, pp. 187~195.
8. Long, N. V. and N. Vousden, “Optimal Control Theorems,” in: J. D. Pitchford and S.

- J. Turnovsky, eds., *Application of Control Theory to Economic Analysis*, North-Holland, 1977, pp. 11~34.
9. Maskin, E. and D. Newbery, Rational Expectations with Market Power-The Paradox of the Disadvantageous Tariff on Oil, Discussion Paper #129, M.I.T., Department of Economics, M.I.T., Cambridge, Massachusetts, 1978.
10. _____, "Disadvantageous Oil Tariffs and Dynamic Consistency," *American Economic Review*, Vol. 80(1), 1990, pp. 143~156.
11. Simaan, M. and J. B. Cruz, "Additional Aspects of the Stackelberg Strategy in Non-zero Sum Games," *Journal of Optimization Theory and Application*, 11, 1973, pp. 613~626.

비재생자원 수입관세의 동태적 구조에 관한 연구

이덕만 · 이영환

본 연구는 비재생자원 수입국이 자원수입시 부과할 적정관세의 동태적 구조를 분석하고 있다. 지금까지 비재생자원 수입국이 자원수입시 부과할 적정관세의 동태적 구조를 분석한 선행연구들에 의하면 자원 수입국은 자국의 경제적 후생을 증대하기 위해서 수입 초기에 부과하기로 결정한 관세를 일관되게 부과하기보다는 각 시점별로 서로 다른 관세를 부과할 것을 제안하고 있다. 그러나 본 연구는 효율적인 관세모형을 설정하여 상태변수인 자원스톡과 연관된 공동상태변수가 희소성 효과와 비용 효과로 분리되는 속성을 지니고 있음을 규명하였다. 본 연구는 이 결과를 바탕으로 선행연구들이 제안한 관세 부과방식의 이론적 오류를 지적하고, 자원 수입국이 비재생자원수입시 동태적으로 일관된 관세를 부과하는 것이 자국의 경제적 후생을 증대할 수 있음을 보이고 있다.

주제어: 비재생자원, 수입관세, 공동상태변수, 동태적 일관성, 희소성 효과, 비용 효과

The Structure of Optimal Tariff Levied
on Non-Renewable Resource : A Dynamic Approach

Dug Man Lee · Young Hwan Lee

In this paper, we analyzed the dynamic structure of optimal tariff levied on importing non-renewable resources such as petroleum, iron, coal, etc. According to the previous literature that have studied this objective, the time inconsistent open loop tariff has been suggested to be imposed in order to improve the welfare level of importing country. We set up the efficient model to identify how to impose the optimal tariff over time. Based on this model, we have found that the previous literature ignored that the costate variable for the stock for non-renewable resource decomposed between the scarcity effect and the cost effect. On the basis of the role of costate variable, we, however, have found that the proposition of the previous literature has led into errors. Hence, we suggest that the dynamically consistent open loop tariff for non-renewable resources would improve the welfare level of importing country.

Keywords : Nonrenewable Resource, Tariff, Dynamical Consistency,
Costate Variable Scarcity Effect, Cost Effect