

무용에너지 배출권의 제안



김덕진

엔테스(EnTEs) 대표
entes@outlook.kr

1. 소개

현재 환경보전은 필수사항이다. 여기서 환경보전의 주체는 누가되어야 하는지 그리고 그 노력의 양은 얼마가 되어야 하는지의 결정은 매우 중요하다. 탄소배출권은 환경보전의 주체는 탄소를 배출하는 사업자 그리고 그 노력의 양은 탄소배출량으로 결정한다. 본 원고에서는 무용에너지 배출권을 제안하고 있다. 무용에너지란 인류발전을 위해 사용되지 못한 에너지로 정의한다. 인류 모두는 에너지를 필히 사용하며, 100% 효율 기기는 존재하지 않기 때문에 모든 인류가 무효에너지를 방출하고 있다. 따라서 환경보전의 주체는 모든 인류가 되며, 그 노력의 양은 열역학적으로 계산될 수 있는 무용에너지 방출량이다. 탄소 경제학에 관련된 인터넷 웹사이트는 무수히 많이 검색되었으나, 무용에너지 경제학에 관련된 인터넷 웹사이트는 전무하였다. 본 제안이 환경보전에 이바지될 수 있기를 희망한다.

Plant Technology



환경열경제학(Environmental Thermoecconomics)은 시스템 해석의 정확성과 시스템 효율의 최대화를 추구하는 열공학(Thermal engineering), 합리적인 비용 책정과 이윤 추구의 최대화를 목표로 하는 경제학(Economics) 그리고 환경 보전을 위해 인류의 노력이 필요한 환경학(Environmentology)이 상호 접목된 학문으로 Kim(1)에 의해 새로이 제안된 학문이다. 현재 전 세계적 화제인 기후변화(Climate change) 및 탄소배출권(Carbon emission right)은 환경열경제학에서 연구될 수 있는 가장 큰 주제이다.

2000년 대기 중의 이산화탄소 농도는 368 ppm으로서 산업혁명 이전 280 ppm 보다 약 31% 증가한 것으로 측정되고 있으며, 지구 평균 온도는 1990년 기준 2100년에는 1.4~5.8℃ 및 해수면은 9~88cm 상승할 것으로 각종 보고서가 출판되고 있다. 이로 인해 환경보존을 위한 국제 정상회의가 수시로 개최되고 있으며, 1992년 브라질 리우데자네이루 회의 및 1997년 교토 회의가 대표적이다.

<표 1> Greenhouse contribution of each gases

Gas	Symbol	Contribution
Water vapor	H ₂ O	72%
Carbon Dioxide	CO ₂	9%
Methane	CH ₄	4%
Ozone	O ₃	3%

현재 전 세계적인 환경보전을 위한 수단은 탄소배출권이다. 여기서 “탄소”는 경제학, “배출”은 환경학, “권”은 경제학 분야이므로 결국 탄소배출권은 경제학에서 주도적으로 연구하게 될 수밖에 없다. 열역학과 경제학의 접목 학문인 열경제학(Thermoeconomics)에서 “탄소배출”을 연구하고 있으나 “권”은 연구대상이 아니다. 환경열경제학은 환경학, 열공학, 경제학의 혼합이며, 이 분야에서 제안할 수 있는 것은 “□□배출권”으로서, “□□”에 해당되는 단어는 필히 열공학의 법칙으로부터 파생된 어떤 것이 되어야 한다. 그 어떤 것이 제안된다면 경제학에서 주도하고 있는 탄소배출권과 열공학에서 주도하는 □□배출권은 합리성과 범용성에서 상호 경쟁하게 될 것이다.

저자는 환경학, 열공학, 경제학의 혼합 주제인 열적 환경오염비용 책정 방법론을 제안한바 있으며, 그 핵심은 엑서지 배출권(Exergy emission right)이다. 여기서 엑서지는 열공학 전문용어 이므로 일반인이 이해하기는 쉽지 않다. 따라서 엑서지와 동급 개념이면서 일반인이 이해할 수 있는 무용에너지 배출권(Non-used energy emission right)을 본 연구에서 제안하며, 선행 연구에서 기술되지 않은 내용을 추가 보완하고자 한다.

2. 탄소와 기후변화

2.1 기후온난화와 기후변화

이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화유황의 6 종류 온실 가스(Green-house gases)는 환경의 적외선 복사열 흡수율이 타 가스보다 매우 높아 지구의 기온을 높인다는 것이 기후온난화(Global warming)의 개념이다. 그러나 지구의 기온이

<표 2> Correction of specific heat and GWPs

Element	Symbol	Cp [kJ/kgK]	GWPs
Hydrogen	H ₂	14.3070	
Helium	He	5.1926	
Methane	CH ₄	2.2537	23.0
Steam	H ₂ O	1.8723	0.10~0.23
Carbon monoxide	CO	1.0400	
Nitrogen	N ₂	1.0390	
Neon	Ne	1.0299	
Oxygen	O ₂	0.9180	
Carbon dioxide	CO ₂	0.8460	1.0

상승함으로 인해 북극의 얼음이 녹고 그 영향으로 지구 냉각기가 도래할 것이라는 연구결과가 도출되고 있다. 따라서 현재 학계에서는 기후변화(Climate change)라는 용어가 타당하다고 인정하고 있다. 탄소는 에너지 시스템에서 환경으로 배출된 후 기후변화를 야기하므로, 기후변화의 원인은 탄소로 규정하고 있다. 그러나 위 논리는 간접적 접근법이지 직접적 접근법이 아니며, 공학적 관점에서 위 논리는 인정되지 않을 것이다.

2.2 환경 기체의 기후변화 기여도

현재 기후변화의 주원인은 인류가 방출한 온실가스, 대표적으로 탄소라고 대부분 인정하고 있으나, 그와 대치되는 소수 의견 역시 첨예하게 논쟁되고 있다. 표 1에는 인터넷 위키 백과사전 상의 각 기체들의 온실 기여도가 제시되어 있다. 수증기가 절대적인 온실 가스임을 볼 수 있으나, 위 데이터는 환경 상태를 해석한 것이므로 인간 활동에 의한 기후변화와는 다른 개념이다. 그러나 위 표로부터 수증기의 영향을 무시할 수 없다는 것을 알 수 있다.

2.3 기후변화의 원인

주류 학자는 인류가 방출하는 탄소가 기후변화의 주된 원인이라고 주장하고, 비주류 학자는 기후변화의 원인은 지구 기후변화 주기, 지구 자전축의 경사 변화, 세

<표 3> Greenhouse contribution degree of carbon dioxide and steam vapor

Term	Air			Gas emission (except air composition)				Environmental disaster
	composition [mole]	Global warming potential contribution		composition [mole]	Global warming potential contribution		Weighted term	
CO ₂	0.03%	1.00	10%~20%	3.52%	1.00	70%~84%		-
H ₂ O	1.18%	0.10~0.23	80%~90%	6.55%	0.10?0.23	16%~30%	Fog of cooling tower and life Typhoon, downpour	

차 운동, 공전 궤도 이심률 변화, 태양 흑점 변화, 화산 폭발, 엘니뇨와 라니냐의 전 지구적인 이상 기후 발생 등 자연적 요소라고 주장하고 있다. 위 둘 중 어느 것이 맞는지는 명확히 증명할 수가 없으며 오히려 양자 모두 맞다고 할 수 있다. 결국 기후변화의 원인은 모호성이 존재할 수밖에 없다. 공학적 관점 역시 기후변화로 접근한다면 그 원인 규명은 실패하게 될 것이라는 것을 이해할 수 있다.

2.4 지구온난화지수

지구온난화지수(Global Warming Potential, GWPs)는 1kg의 참고 기체들의 시간 적분 복사강제력에 대한 1kg의 미량 물질의 일시적인 방출로부터 나오는 시간-적분된 복사강제력의 비로 정의된다(IPCC, 1990). 이산화탄소(CO₂)를 1.0 기준으로 메탄(CH₄) 23, 아산화질소(N₂O) 296이다.

2.5 기체의 정압비열과 지구온난화지수 비교

표 2에는 각 기체의 정압비열과 지구온난화지수가 제시되어 있다. 여기서 정압비열의 정의는 정압하에서 1 kg의 물질을 1K 만큼 온도를 상승시키는 데 필요한 열량이다. 표에서 양자의 상관관계는 전무함이 파악된다. 따라서 열역학에서의 열과 기후변화에서의 열은 전혀 다른 개념임을 이해할 수 있다.

2.6 탄소와 수증기

표 3에는 탄소와 수증기의 온난화 지수가 비교되어

있다. 양자만을 비교할 때, 온난화 기여도는 공기 중 탄소는 10%~20%, 수증기는 80%~90%로 표 1의 수치와 유사하다. 인류의 화석연료 사용으로 인해 약 3.52%의 탄소와 약 6.55%의 수증기가 배기가스로서 환경으로 방출되며 이 경우 온난화 기여도는 탄소 70%~84% 그리고 수증기 16%~30%이다. 이것은 지구온난화는 약 1/6~1/3 정도가 인류의 화석연료 사용으로 인한 수증기 방출 때문이며, 수증기 역시 지구 온난화 물질에 포함되어야 한다는 것을 알 수 있다. 여기에 냉각탑의 연무, 생활 수증기 발생 등을 포함하면 인류에 의한 수증기 발생량은 더욱 증가하게 되며, 수증기 증가로 인해 태풍, 폭우 등의 자연재해가 발생된다. 즉 지구온난화가 아니라 환경재해라는 관점에서 접근한다면 탄소와 수증기의 영향은 상호 유사하게 될 것이다.

2.7 탄소배출권의 윤리 및 도덕성

기후변화 정책의 궁극적 목표는 환경을 보호하는 것이다. 그러나 글로벌 금융회사의 다수가 탄소배출권을 저가에 구매하여 고가에 되팔아 이윤을 추구하고 있으며, 또한 각종 금융 펀트를 출시하고 있다. 언론 기사에서는 탄소 경제를 통해 이윤을 추구할 수 있다는 보도가 자주 등장하고 있다. 과연 탄소를 통해 환경보전과 이윤 추구가 동시에 달성될 수 있는 것인지 판단이 필요한 시점이다. 탄소에 관한 규제, 집행, 책정, 거래 등의 모든 것들은 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화에 관한 정부간 패널)에서 추진한다. 막대한 금액이 IPCC로 유입될 것이며, 그 금액은 전량 환경보전 또는 후진국 지원사업에 재투자 되어야 할 것이다.

<표 4> Rationality comparison of carbon emission right and non-used energy emission right

항 목	탄소 배출권	합리성	무용에너지 배출권	합리성
해석 유체	온실가스		모든 기체/유체/고체	
양 계산	질량 ton/year		에너지 GJ/year	
부과 대상	온실가스 배출 시스템		모든 에너지 시스템	
학문	경제학		공학 + 경제학	
접근법	간접법		직접법	
추진	국제적 합의		개개인이 지켜야할 의무	
사업	CMD 집행위원회의 승인		대규모 ~ 개개인까지 적용	
비용 책정	시장 경제 논리		1) 경제 논리 2) 환경열경제학적 계산	
수익	감축량 만큼 회사 수익 발생		1) 수익구조 2) 환경보전	
주 목표	기후변화완화		무용에너지 감축	
부 목표	에너지 시스템 효율 향상		기후변화 완화 + 식목	
감축 방법	탄소 감축		기기 효율 향상	

3. 에너지와 기후변화

3.1 에너지의 종류

그림 1에 도시되어 있듯이 에너지는 온도, 압력, 속도, 고도, 기체 성분비 향으로 구성되어 있다. 에너지는 자연에너지(Natural energy)와 화석에너지(fossil energy)로 구분되며, 자연에너지는 기후변화와 무관하며, 화석에너지는 그 전량 기후온난화를 야기한다. 이 사실에 의해 화석에너지를 전량 사용하지 않는다면 인류 발전이 정체되므로 인류 발전을 위한 환경오염은 필연적이다. 화석에너지는 인류발전에 효과를 줄 수 있는

유효에너지(Available energy)와 현재 인류의 기술로 얻을 수 없는 무효에너지(Non-available energy)로 나뉜다. 즉 무효에너지는 인류가 제어할 수 없는 에너지이다. 유효에너지는 인류발전에 기여된 유용에너지(Used energy)와 낭비/손실/방출된 무용에너지(Non-used energy)로 구분될 수 있다. 따라서 공학적 관점인 에너지로부터 화석에너지 배출권과 무용에너지 배출권이 제안될 수 있다.

3.2 화석에너지 배출권

화석에너지는 열역학 제 1 법칙적 관점이다. 즉 에너지의 품질을 구분하지 않고 오직 그 총 열량만을 평가한다. 예를 들어 전기 1 kJ과 60°C 열 1 kJ은 모두 열로 평가되며 상호 동일하다. 탄소 배출권은 탄소 1 kg당 배출 가격이 책정되며, 탄소가 배출되는 그 시스템에만 비용이 부과된다. 화석에너지 배출권은 탄소배출권과 상동하다. 환경보전은 모든 인류의 노력이 투입되어야 한다. 그러나 탄소 및 화석에너지 배출권은 그 배출 사업체만 환경

[에너지] 온도, 압력, 속도, 고도, 기체 성분비			
자연 에너지	화석 에너지 (기후 온난화 발생)		
인류 발전에 기여	유효 에너지 (액서지)		무효 에너지
	유용 에너지	무용 에너지	활용 불가
인류 발전에 기여		열적 환경오염	

[그림 1] Kind of energy

보전을 위해 노력해야 하며 그 이외의 인류는 환경보전과 관련 없다는 논리가 된다. 환경보전은 전 인류가 노력해야 할 것이다.

3.3 무용에너지 배출권의 제안

그림 1의 화석에너지 중 유용에너지는 인류 발전에 기여하였으므로 환경 제한 대상에서 제외하는 것이 타당할 수 있다. 무용에너지는 현재 인류 기술로 회수할 수 없는 에너지이므로 환경 제한 대상에서 제외하는 것이 타당할 수 있다. 무용에너지는 유효에너지 중 낭비/손실/방출된 에너지이다. 이 에너지는 인류의 기술로서 회수하여 인류 발전에 이바지할 수 있는 에너지이다. 이 에너지가 낭비/손실/방출되었다면 인류가 낭비한 에너지가 된다. 따라서 무용에너지를 환경 제한 대상으로 하는 것이 타당할 것이다. 무용에너지의 발생은 전기 및 열 등을 구분하지 않고 인류가 에너지를 소비하는 순간 100% 효율 기기는 존재하지 않기 때문에 필연적으로 발생할 수밖에 없으며, 이 논리는 환경보전을 위해 지구상 모든 인류가 공동으로 노력해야 한다는 것과 같다.

표 4에는 탄소배출권과 무용에너지배출권의 합리성에 대해 상호 비교하고 있다. 독자가 그 합리성 정도를 O, △, X로 평가해볼 필요가 있을 것이다.

3.4 무용에너지 배출권의 인터넷 검색

인터넷 검색에서 “carbon credit”은 약 436,000 사이트, “carbon emission right”는 약 2,030 사이트, “carbon emission trading”은 약 54,600 사이트 검색된다. 본 연구에서 제안하는 단어는 Exergy, Available energy, Non-used energy이며 이 단어들과 credit, emission right, emission trading의 조합 검색결과 총 17사이트 정도 검색되었으나 모두 본 연구의 배출권과는 관련이 없었다.

4. 요약

환경보전은 전 인류의 노력이 함께 투입되어야 하며 그 투입 노력의 양은 공학적 관점에서 결정되어야 할 것이다. 탄소배출권 관점에서는 탄소 배출 사업자만이 환경보전에 노력해야하며 그 노력의 양은 경제학적 관점의 탄소 배출량이다. 본 연구에서 제안하고 있는 무용에너지 배출권 관점에서는 모든 인류가 환경보전에 노력해야 하며 그 노력의 양은 열역학적으로 계산되는 무용에너지 배출량이다. 본 제안이 환경보전에 이바지될 수 있기를 희망한다. (KIPEC)