이베로아메리카 제14권 1호 [2012. 6] : 143~177

브라질 바이오에탄올 연구 현황 및 방향 분석*

윤택동** · 심용주***
(Yoon, Taek-Dong · Shim, Yong-Ju)

〈Abstract〉

A Review on Brazilian Bioethanol Researches

Due to recent skyrocketing oil prices, Ethanol has newly emerged as one of the most promising future energy sources. In this context, Brazil has become a leading country in the alternative energy field by the radical pragmatization of the flex fuel technology, which guarantees the simultaneous usage of ethanol and gasoline beyond ethanol-only vehicle. The objective of this article is to analyze the trend of contemporary bioethanol market of Brazil and further, provide useful, fundamental information for coming researches on bioethanol. For this purpose, we review 57 articles on Brazilian ethanol market and categorize them into the several fields of subjects, adding a brief explanation of each article's contributions to the field. Lastly, we offer possible research subjects for future studies.

[Key Words: Bioethanol/ Brazilian Economy/ FFV(Flex)/ Sugarcane]
[주제어: 바이오에탄올/ 브라질경제/ 다중연료차량/ 사탕수수]

* 본 논문은 2011년도 한국외국어대학교 교내연구지원을 받아 수행됨.
** 한국외국어대학교 포르투갈(브라질)어과 E-mail: taekdy@hufs.ac.kr
*** 서울대학교 국제대학원 박사과정, 한국외국어대학교
E-mail: morangoum@naver.com

1. 서론

석유는 과거 지구에 살았던 유기생명체가 오랜 시간 동안 퇴적, 압축, 변성의 과정을 거쳐 생성된 화석연료이다. 연료효율성이 좋고 보관과 운송이 용이하여 지금껏 가장 중요한 에너지원으로 자리매김해 왔지만 매장량이 유한하기에 언젠가는 지구상에서 사라질 운명이다. 이에 석유를 대체할 에너지원으로 풍력, 지열, 조력, 태양열, 원자력, 연료전지 등이 논의되고 있으나 원자력을 제외하고는 아직 에너지의 효율성 측면에서 화석연료와 비교하여 많이 부족한 상황이다. 또 대부분의 대체에너지가 전기에너지에 편중되어 있어, 차량의 내연기관을 가동하는데 석유대신 사용할 수 있는 에너지로는 바이오디젤, 바이오에탄올[1]과 같은 바이오에너지가 유일한 상황이다. 이러한 바이오연료는 기후와 토양조건만 적합하다면 얼마든지 지구상에서 새롭게 만들어낼 수 있는 지속가능한 대체연료이다.

브라질은 에너지의 대외의존도를 낮춰 외화유출을 막고 경제발전을 더욱 자극할 목적으로 일찍부터 바이오에탄올 산업 육성에 많은 노력을 기울여 왔으며, 그 결과 미국과 함께 바이오에탄올 양대 주요생산국으로 자리잡고 있다.[2] 브라질은 자국 내에서 소비되는 차량용 연료의 41.5%가 바이오에탄올에 이를 정도로 에탄올이 대중적으로 소비되고 있다. 게다가 미국이 1 헥타르에서 불과 3000리터의 에탄올을 생산할 때, 브라질은 7500리터를 생산하는 등 그 경제성 측면에 있어 브라질이 미국을 앞서고 있다(연합뉴스, 2011). 미국이 비록 최근 생산량에서 우위에 있지만,

---

1) 바이오에탄올과 에탄올을 문맥에 따라 적절하게 병용함.

2) 미국은 석유의 높은 가격변동성, 고갈가능성, 또 주요 석유산지의 정치적 위험 등을 고려하여 석유대체 에너지로 바이오에탄올을 육성해왔으며, 길지 않은 역사에도 불구하고 2010년 세계 제1위의 바이오에탄올 생산국으로 발돋움 하게 되었다.

1900년대 초반부터 바이오에탄올 산업을 육성해온 브라질이야 말로 진정한 바이오에탄올 분야의 강자라고 할 수 있다.

세계경제포럼에 따르면 2020년이 되면 바이오연료의 시장 규모가 800억 달러에 달할 것이라고 하며, 또 다른 일부 전문가들은 온실가스 문제 등으로 인해 그 시장규모가 1000억 달러를 넘어설 가능성도 있다고 전망하고 있다. 더욱이 미국이 지난 30년간 유지해온 자국산 바이오에탄올 보호육성정책 (보조금 지급과 관세)을 폐지내지 축소하면 학자들은 브라질의 에탄올산업에 상당한 자극제가 되어 더 더욱 활성화될 것으로 기대하고 있다. 물론 필리핀, 인도를 비롯한 세계각국의 '휘발유 내 에탄올 의무혼합비율 상향 정책' 등에 따른 수요증대도 브라질의 관련산업에 긍정적 영향을 미치고 있다.

위에서 살펴보았듯이 바이오에탄올은 이미 브라질에서 현실적으로 석유의 대체에너지로 부상하였으며 석유가 세계경제에 미치는 영향력과 브라질의 에탄올 생산규모를 고려할 때, 브라질 바이오에탄올 시장에 대한 연구는 매우 중요한 의미를 가진다. 미국 에탄올시장의 경우 경제학적 측면에서 다양한 연구가 상당히 많이 이루어 지고 있으며, 브라질 에탄올시장 역시 다양한 연구가 활발히 진행돼 이미 상당한 연구성과를 생산하고 있으나 포르투갈어라는 언어적 장벽으로 인해 그 성과가 국제적으로 공유되는 데에는 한계를 보이고 있는 실정이다. 물론 브라질 이외 지역 출신의 학자들도 브라질 에탄올시장에 대한 다양한 분석을 시도하고 있고 이런 노력이 몇몇 연구물로 결실을 맺고 있으나, 이러한 연구성과의 상당 부분은 순수하게 브라질의 에탄올경제를 분석하기 보다는, 미국의 에탄올경제를 분석하는 수단으로서 브라질 에탄올경제를 참고하는 형태를 띄고 있다. 물론 한국에서도 정책보고서나 리포트를 제외한 오로지 브라질 에탄올경제에 대한 순수연구는 극히 일부 연구자를

제외하고는 미미한 실정이며 이는 지속가능한 성장, 녹색성장과 같이 한국 내에서 활발하게 벌어지고 있는 논의를 고려할 때, 아직 학계의 관심이 크지 않은 것이 사실이다.

이런 측면에서 본 연구는 브라질, 미국, 국내에서 최근까지 진행된 순수 브라질 바이오에탄올 경제에 대한 연구들을 분석. 정리하여 전반적 연구흐름을 제시하고 이를 통해 향후 이 분야 연구에 도움을 주고자 하는 것이 주된 목적이다. 기존에 에탄올경제와 관련한 리뷰가 전무했던 것은 아니나(Brown 2010), Brown의 연구경우 브라질 보다는 미국 상황에 초점을 맞추고 있으며 또 포르투갈어로 작성된 브라질 학자들의 연구성과를 다루고 있지 않기에 브라질 에탄올 경제에 대한 현지의 심도 깊은 논의를 보여주는데 부족한 점이 있다. 또한 오직 계량경제학적 방법론을 이용한 연구만을 다룸으로써 경제학내의 타 분과학문을 비롯한 주변 학문과의 학제간 연구를 보여주지 못한 점 또한 한계라 할 수 있다. 이에 본고에서는 언어의 제약 없이 다양한 바이오에탄올 관련 연구물을 검토하고, 그 중에서 기여도가 높은 연구물을 선별하여 제시함으로써 브라질 바이오에탄올산업 연구에 대해 좀 더 폭 넓은 이해를 할 수 있도록 시도하였다.

본고는 크게 4개 장으로 이뤄져 있다. 제 Ⅰ장의 연구의 의의, 목적에 이어, 제 Ⅱ장에서 브라질 바이오에탄올경제의 약사(略史)를 소개한다. 그리고 제 Ⅲ장에서는 연구논문들을 주제에 따라 분류한 다음 각 분야별로 분석한 내용을 간단히 소개하고 그에 따른 해당분야 연구의 주요 흐름에 대해 논하고 있다. 마지막으로 제 Ⅳ장에서 결론을 맺고 있다.

2. 브라질의 바이오에탄올 경제 약사

브라질 경제사에서 볼 때 바이오에탄올은 길지 않은 역사를 갖고 있지만, 바이오에탄올의 원료인 사탕수수는 브라질 역사가 시작되면서 함께해온 주요작물이다. 1530년대부터 북동부지역의 해안지대에서 처음 경작되기 시작한 사탕수수는 설탕수출 증대에 힘입어 곧 브라질의 중심작물로 부상하였고, 브라질은 사탕수수주기(o ciclo da cana-de-açucar)라 불리는 경제성장기를 구가하게 되었다. 하지만 브라질의 사탕수수 단일경작체제는 1660년대 사탕수수 경작에서 브라질보다 비교우위를 지닌 카리브 지역 신흥경작지의 출현과 더불어 쇠락의 길을 걷게 되며, 이에 따라 이후 금이나 커피 등 새로운 1차 산품에 주도권을 넘겨주게 된다.(Xavier 2007; 윤택동 2009)

브라질정부는 원유가격이 문제가 되기 이전인 20세기 초부터 사탕수수로부터 에탄올을 생산하는데 상당한 관심을 기울여 왔다.[3] 이러한 초기의 관심은 1930년대 초 제툴리우 바르가스(Getúlio Vargas) 행정부가 IAA(Instituto do Açucar e do Álcool, 설탕알콜연구소)를 설치하여 설탕과 에탄올의 가격을 통제하고 두 산품의 국가매수를 보장하는 것은 물론 북동부지역의 중소경작자와 생산자에 대한 보호육성정책을 펼치면서 주요한 경제정책으로 자리잡게 된다. 이런 정책은 상당한 성공을 거두어 1951년에는 북동부지역의 설탕생산이 중남부지역의 생산량을 초과하기에 이르는 것은 물론, 사탕수수경작이 수세기만에 다시금 주요한 산업으

3) 그러한 일련의 정책적 관심의 시발점은 1903년 개최된 'I Congresso Nacional sobre Aplicações Industriais do Álcool(제 1회 알코올산업활용 국가회의)'이며 이후 1920년 Instituto Nacional de Tecnologia(국립기술원, INT)의 전신인 'Estação Experimental de Combustíveis e Mineiros(광물연료실험소)가 알코올의 휘발유대체 가능성에 대한 연구를 목적으로 활동을 시작하며 비로소 에탄올의 산업적 이용에 대한 관심이 브라질 내부에 태동하게 된다.(윤택동, 2010)

로 자리매김하게 된다. 이후 IAA는 해외시장 개척을 목표로 강력한 생산 증대정책을 편 결과, 1965년부터 1974년에 이르는 10년 동안 설탕 총생산이 250% 증가하는 경이로운 성과를 달성하기에 이른다. (Hira et al., 2009).

그러나 이 시기까지의 브라질 사탕수수산업은 에탄올시장이 아닌 설탕시장을 중심으로 움직였으며 설탕을 생산하고 남는 부분만이 제한적으로 에탄올생산에 사용되는 등 에탄올은 어디까지나 부수적인 위치에 머물러 있었다. 하지만 1970년대를 연이어 강타한 오일쇼크를 통해 이러한 설탕과 에탄올의 경제적 지위가 뒤바뀌는 상황이 연출된다. 물론 오일쇼크 이전에도 에탄올을 휘발유의 대용품으로 사용하고자 하는 시도가 꾸준히 있어왔지만, 오일쇼크는 에탄올을 휘발유와 동등한 차량연료의 반열로 끌어올리는데 결정적인 계기로 작용하였다. 자국 내 전체 석유소비의 80%를 수입에 의존하던 브라질은 공교롭게도 함께 발생한 설탕가격 폭락과 오일쇼크를 계기로 사탕수수 에탄올을 석유의 대용품으로 사용하는 것을 골자로 한 PROALCOOL(National Alcohol Program)을 공표하기에 이른다.[4)]

브라질 정부의 위와 같은 계획은 순수한 에탄올만으로 운행하는 차량이 등장하면서 절정에 달하게 되고 에탄올시장은 황금시기를 맞이한다. 그러나 이런 황금시기는 오래 지속되지 못했다. 국제원유가격의 하락과 계속된 경제위기 속에 브라질정부의 에탄올정책은 초기의 동력을 상실해 버렸고, 결국 1991년 PROALCOOL은 역사의 뒤안길로 사라지게 된다. 물론 휘발유 내 에탄올의 의무혼합비율규정 등이 에탄올 산업의 몰락을 지연시키기는 했지만 1998~99년의 에탄올시장 자유화 조치를 통해 브라

4) 브라질 정부는 PROALCOOL을 통해 석유가격 폭등에 따른 과다한 무역적자 발생을 방지하고 사탕수수재배자 및 설탕생산자에게 활로를 열어주려는 정책목표를 가지고 있었다.(Hira et al. 2009; Nass, et al. 2007; Papageorgiou 2005; Xavier 2007)

질 정부는 결국 공식적으로 에탄올증산정책을 폐기하기에 이른다. (BNDES et al. 2008)

다중연료차량(flexible fuel vehicle, flex)[5] 의 등장은 꺼져가던 에탄올산업에 새로운 활력을 불어넣었다. 에탄올과 휘발유의 배합비율에 관계없이 주행이 가능한 다중연료자동차가 등장하며 순식간에 에탄올은 휘발유의 보완재에서 대체재로 변모하였고[6] 브라질 국내시장의 에탄올수요는 급등하는 석유가격의 급등과 맞물려 새로운 부흥기를 맞이하게 된다. 물론 여기에는 PROALCOOL시기를 통해 축적된 사탕수수 생산능력과 기술이 중요한 역할을 담당했다. 탁월한 기술력과 경제성으로 인해 브라질의 에탄올 산업은 이미 상당한 수준의 국제경쟁력을 확보하고 있으며 브라질의 에탄올산업이 지속적으로 성장할 것이라는 것이 학계와 경제계의 중론이다.

표 1에서 볼 수 있듯이 브라질의 바이오에탄올 생산능력은 줄곧 세계 1위를 지켜오다 2006년부터 미국에 뒤지기 시작했으며 2010년 현재 1일 48만6천 배럴로 86만7천 배럴인 미국에 이어 세계 2위를 차지하고 있다.[7]

---

5) 경우에 따라 연료가변형차량 또는 이중연료차량 이라 칭하기도 함.

6) 70년대부터 시판된 에탄올(E100)만으로 움직이는 자동차는 최초의 도입취지와는 달리 급변하는 에탄올가격과 에탄올 공급부족사태로 인해 애물단지로 전락한지 오래였으며, 에탄올차량을 구입하는 순간 휘발유시장으로부터 유리되었기에 에탄올차량의 등장이 에탄올을 휘발유의 완전대체제로 변모시켰다고 보는데 상당한 제약이 있다. 즉, 다중연료차량이 등장하기 이전을 고려할 때, 에탄올 자동차는 휘발유자동차의 대체제이지만 에탄올을 휘발유의 대체재라고 보기 어려운 것이다.

7) 미국이 옥수수를 이용하여 에탄올을 생산하고 있는데 반해, 브라질은 전통적으로 사탕수수를 이용하여 에탄올을 생산해 왔다. 브라질의 이러한 생산방식은 옥수수, 사탕무 등을 이용한 다른 국가들의 바이오에탄올 생산방법 보다 월등히 높은 경제성과 지속가능성을 보여주고 있는데, 구체적으로 옥수수를 사용한 미국의 바이오에탄올 생산의 산출에너지 대 생산투입에너지 비율이 1.3에 불과한데 반해 브라질은 8.9에 달하고 있다. 사탕무를 이용한 독일은 2.0, 사탕옥수수를 이용한 아프리카 일부 국가의 경우 4.0 수준임을 고려할 때 브라질산 바이오에탄올 에너지 효율성은 세계 최고수준이다. (Macedo 2007a)

생산량과는 달리 브라질의 에탄올 수출은 세계 1위로 2000년대에 들어 지속적인 증가세를 보이고 있으며, 미국은 에탄올을 수입하고 있다.

〈표 1〉 주요국의 1일당 에탄올 생산능력 (단위 : 1천 배럴)

국 가	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
미국	105.5	115.2	139.6	182.9	221.5	254.7	318.6	425.4	605.6	713.5	867.4
브라질	183.9	197.6	216.9	249.4	251.7	276.4	306.1	388.7	466.3	449.8	486.0
중국	0.0	0.0	5.0	13.8	17.2	20.7	28.0	28.7	34.4	37.0	37.0
캐나다	3.7	3.9	4.0	4.0	4.0	4.4	4.4	13.8	15.0	20.0	24.0
프랑스	2.0	2.0	2.0	1.7	1.7	2.5	5.0	9.3	16.0	17.0	18.0
독일	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.8	7.4	6.8	10.0	13.0	13.0
스페인	0.0	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0	7.0	6.0	8.0	8.0
태국	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	2.2	3.0	5.7	6.9	7.5
호주	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.3	1.4	2.5	3.5	6.5
벨기에	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.5	5.0
전세계	299.4	323.3	378.0	465.3	510.9	585.0	715.7	924.3	1214.1	1324.6	1520.0

출처 : EIA, (1일당 생산능력), 생산능력 상위 10위권

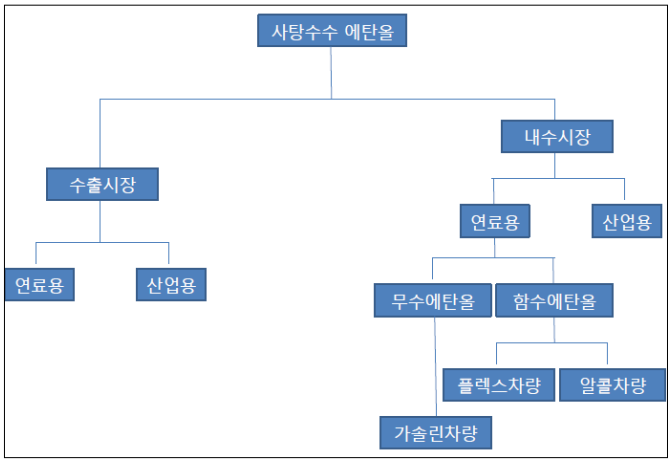
3. 브라질 바이오에탄올 연구현황과 분석

1) 분석방법 및 분류기준

본고는 브라질 국내 에탄올시장에 대한 폭넓은 이해의 장을 마련하고자 시작되었다. 즉 아직까지 브라질 바이오에탄올 산업에 대해 많은 (편수는 많지만, 세부분야별 연구는 아직 많이 부족한) 연구가 진행되었지만 연구의 전반적 흐름을 한눈에 보여주는 리뷰가 아직까지 매우 드문 실정이다. 따라서 바이오에탄올에 대한 연구가 부족한 한국에 이 리뷰를 통해 브라질 에탄올산업에 대한 연구의 수준과 범위를 좀더 널리 알리

고자 하는 것이 주된 목적이다. 순수한 학술적 연구에 초점을 맞추고 있지만, 학술적 측면과 정책적 측면 연구가 같이 혼합 되어있는 연구까지도 분석의 대상으로 삼고 있으며, 언어적 측면에서 포르투갈어, 영어 및 한국어로 발표된 연구물을 망라하고 있다. 그리고 2000년 이후 발표된 연구를 중심으로 분석을 진행하였는데, 이는 1998-9년에 걸쳐 단행된 에탄올시장 자유화 조치와 2003년 시판되기 시작한 다중연료차량의 출현이 브라질 에탄올시장에 미친 영향을 주로 분석하기 위한 것이다. 주로 경제학적 연구논문들을 대상으로 정량적 연구와 정성적 연구 모두 포함하였다. 분석의 대상이 되는 브라질 바이오에탄올 시장을 용도별로 구분하여 보면 기본적으로 〈그림 1〉과 같이 분류할 수 있다.

〈그림 1〉 브라질 바이오에탄올 시장 분류도



출처 : (Milanez et al. 2008, 24)를 다소 조정함.

위의 기준에 부합되는 2000년 이후 브라질, 미국, 한국 학계에 발표된 150편이 넘는 논문, 책 등 연구물들을 조사하여 중복되거나 크게 중요하

지 않다고 판단되는 논문들을 제외하고 남은 연구물은 총 57편이었다.[8] 이 57편의 분석대상 연구물을 연구자가 읽은 다음 판단에 따라 각 주제별로 분류한 결과 5개의 카테고리로 나눠졌다.[9]

a) 브라질 에탄올 경제의 발전과정과 현황
b) 에탄올 시장과 가격 결정
c) 에탄올 생산이 사회경제적 변수에 미치는 영향
d) 대외부분과의 비교, 에탄올 교역 및 이에 따른 파급효과
e) 에탄올 생산의 지속가능성과 향후 전망

a)그룹의 연구물들은 브라질의 사탕수수경제가 에탄올경제로 전이하는 과정을 개관하며 PROALCOOL의 출현배경과 전개과정, 다중연료기술(차량)의 도입 및 이에 따른 경제적 변화를 위주로 하고 있다. 대부분의 연구물은 정성적 연구방법론을 이용하여 기존 문헌을 분석하고 있으며 경제사적인 접근방식을 공통적으로 취하고 있다.

b)그룹의 연구물들은 브라질경제내의 에탄올시장을 미시적으로 분석

8) 미발표된 연구물이라도 언급할 가치가 있는 연구물은 되도록 모두 포함하였다. 미국 학술지에 게재된 연구물 중 상당수는 브라질학자의 연구성과이다. 일부 연구물은 미게재 연구물이다.

9) 150여 편의 논문은 주로 사회과학과 관련된 논문들이며, 자연과학 등 여타 학문분야에서 접근한 논문들은 사회과학을 전공한 본 논문저자들의 수준에서는 접근할 수 없는 것이었다. 이들 가운데 추려진 57편의 논문을 구분하는데 있어서도 사실 여러 개별 연구자들의 지적 기반과 관점 등에 따라 여러 형태로 구분될 수 있는 것은 분명하다. 본 논문에서는 접근방식, 분석기법, 분야 등을 기준으로 하여 5개 카테고리로 구분하였다. 특히 저자들이 계량경제학적 논문들을 좀 더 이해할 수 있는 상황이어서 이 분야에 대한 전문적인 논문들도 분석을 할 수 있었다. 따라서 향후 이 논문을 바탕으로 어떤 특정이론적 기반에서 또는 세부학문분야별 등 다양한 새로운 각도에서 브라질 바이오에탄올과 관련한 좀 더 세부적인 연구와 리뷰가 진행되기를 기대한다. 이 한 편의 논문에서 모든 것을 소화하기에는 불가능하였다.

하고 있다. 부분균형모델 등의 방식으로 관련시장을 모델링하며, 다양한 계량경제학적 분석기법을 이용하여 이를 실증적으로 분석하고 있다. 수요 및 공급함수를 추정하고 이를 근거로 에탄올가격결정함수를 도출하는 등 에탄올의 가격 및 생산공급에 영향을 미치는 요소와 그 영향력을 밝히는 논문이 대부분을 차지하고 있다. 전체 분석대상 연구물의 과반 정도가 이 그룹에 속하며 가용한 데이터셑이 증가함에 따라 앞으로 이런 방식으로 접근하는 연구물이 더욱 증가할 것으로 기대된다.

c)그룹의 연구물들은 최근 들어 특히 집중적으로 조명되고 있는 분야로 가장 대표적인 분석대상 부분은 노동, 환경, 보건 등이며 관련 분야는 점점 세분화되고 있다. 다만 브라질의 특성상 관련 데이터를 구하는 것이 쉽지 않으며 상당수의 연구물들은 보건학, 환경학, 사회학 등 독립된 분과학문의 범주 내에서 생산되고 있기에 본고의 분석대상으로 삼기에는 제약이 많은 편이다. 역시 분석방법은 VECM(Vector Error Correction Model)과 같은 계량경제학적 방법론이 중심을 이루고 있다. 에탄올과 관련된 다양한 변수를 함께 분석해야 하는 연구의 특성상 일반균형모델과 같은 접근방식도 사용되고 있다. 다만 CGE모델(Computerized General Equilibrium)을 통한 접근의 경우 변수 및 관계식 설정의 적절성과 관련하여 꾸준한 문제제기가 있는 형편이다.

d)그룹은 브라질을 미국 등 다른 에탄올 생산국가를 비교 분석하거나 에탄올의 수출증대에 따른 브라질 에탄올시장과 브라질 내 사회환경변수의 변화 등을 다루고 있다.

e)그룹은 에탄올 경제의 지속가능성과 미래 예측을 논하고 있는 연구물들로 이루어져 있으며 대부분 정책적 목적을 기반으로 작성되었다. 이 그룹으로 분류된 논문의 일부는 연구 주제에 있어 앞서의 그룹들과 다소 중복될 수 있는 소지가 있기도 한데, 이는 규모가 큰 연구프로젝트를

통해 발표된 책 같은 것이 주이기 때문이다.

2) 연구현황 분석[10)]

(1) 브라질 에탄올 경제의 발전과정과 현황

〈표 2〉는 브라질 에탄올경제의 발전과정을 논한 연구물을 보여주고 있다. 이들 연구물은 경제사적 접근방식을 바탕으로, 주로 문헌연구를 통해 작성되었으며 PROALCOOL을 중심으로 한 브라질정부의 에탄올산업 육성과정과 위기, 다중연료차량 도입 이후의 변화상 등을 논하고 있다. 이런 범주에 속하는 대표적인 연구물에는 Papageorgiou(2005), Xavier (2007), Hira and Oliveira(2009), Nass et al.(2007) 등이 있다. Vidal et al. (2006)은 브라질 전체나 상파울루가 아닌 북동부지역에서의 에탄올산업의 성장을 다뤘다는 점에서 특기할 만하다.

Costa et al.(2007)은 특히 단순히 PROALCOOL을 비롯한 브라질 정부의 에탄올생산 및 활용 증대정책을 넘어 브라질정부의 설탕 및 에탄올산업 부분에 대한 규제구조의 변화가 해당 산업의 효율성 증대 등에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대한 분석을 포함하는 등 브라질 에탄올산업의 발달 과정을 심도 깊게 조명하고 있다. 윤택동(2010) 역시 에탄올산업의 발전 과정에서 수반된 기술혁신과 이런 변화가 지역간 격차를 유발하는 과정

10) 본 논문을 위해 읽고 검토한 논문들이 150여 편이 훨씬 넘으며 그 중에서 추려 뽑은 것이 57편이다. 이 57편을 어떻게 소화할 것인가를 놓고 즉 '압축과 심도' 양 측면을 두고 고민을 많이 하였다. 심도 깊은 분석을 택할 경우 논문의 분량은 엄청나게 늘어나게 되어 한 편의 논문으로는 도저히 감당할 수 없게 된다. 결과적으로 이 논문의 주된 목적을 브라질 바이오에탄올 연구의 전체적인 현황과 방향을 살펴보는데 두는 이상, 심도보다는 전체적 개괄에 무게를 두게 되었다. 따라서 57편의 논문을 최대한 압축적으로 소개하고, 여기서 나타나는 문제점들에 대해서는 향후 이 논문을 기반으로 비판, 개선, 확대·발전을 통해 세부분야별 더욱 심도 깊은 연구가 진행되길 기대한다.

에 대한 분석을 병행함으로써 에탄올산업 발달과정에 대한 다양한 시각을 제시하고 있다.

브라질정부의 에탄올 가격규제가 존재하였던 2000년대 이전까지는 데이터셋의 부족으로 인해 계량경제학적 분석기법을 기반으로 한 연구가 실질적으로 불가능하거나 어려웠기에 이와 같은 형태의 연구가 주를 이루었다. 또한 최근에는 각국에서 브라질을 에탄올경제의 모범국가로 간주하여 다양한 사례연구를 진행하고 있기에 다시금 이와 같은 범주의 연구가 많이 수행되고 있기도 하다. 이들 연구물은 브라질 에탄올시장에 대한 학계의 이해도를 제고시키고 추가 연구의 발판을 제공하고 있다는 점에서 의의를 지니고 있다.

〈표 2〉 브라질 에탄올 경제의 발전과정과 현황

연구물*	주요내용
Macedo and Nogueira(2004)	- 고용, 임금, 생산비용 등 브라질 내 에탄올 생산과 관련한 고찰
Papageorgiou(2005)	- PROALCOOL 등 브라질 정부의 에탄올산업 발전계획과 그 성과 - 에탄올 산업이 브라질 에너지, 경제, 노동, 환경에 미친 영향
Vidal et al.(2006)	- 브라질 북동부지역내 에탄올 생산과 시장의 특성에 대한 분석
Xavier(2007)	- 브라질 에탄올 산업의 발전과정 및 현재상황 - 에탄올개발정책의 문제점 및 타국가사례에의 적용가능성 분석
Costa et al.(2007)	- 보조금정책을 중심으로 한 브라질 에탄올 산업의 발전과정
Nass et al.(2007)	- 브라질 에탄올 산업의 발전과정
Ramos(2008)	- 브라질 국내 시장의 에탄올 공급구조 분석 - 에탄올 공급체계의 발전과 관련한 정부의 정책과 규제 분석

Hira and Oliveira(2009)	- 브라질 에탄올 산업의 발전과정과 위기 그리고 부활
윤택동(2010)	- 브라질 에탄올 산업의 등장과 변천과정 - 기술혁신과 지역적 격차에 대한 논의
Marjotta-Maistro(2011)	- 에탄올의 교역, 산업화, 가격, 선물시장 등에 대한 현황분석

(2) 에탄올 시장과 가격 결정 및 수요공급

〈표 3〉의 연구물은 모두 다양한 계량경제학적 분석기법을 활용하여 에탄올시장의 수요공급, 가격결정에 대해 분석하고 있다. 동 연구분야에는 전체 분석대상 연구물 중 절반이상이 포함되어 있으며 특히 2005년 이후 다중연료차량이 증가하고 데이터에 대한 접근성이 높아지며 이 분류에 속한 논문의 증가세는 더욱 두드러지고 있다.

여러 주제 가운데서도 가장 많은 관심의 대상이 되고 있는 것은 바로 다중연료기술 도입 이후의 에탄올과 휘발유의 대체성과 관련된 부분이다. 다중연료기술의 도입은 일종의 준실험 상황(quasi-experimental environment)을 연출했고 이에 따라 특정한 시점 이후로 휘발유와 에탄올이 보완재에서 대체제로 급격히 변화하게 되는 현상을 볼 수 있게 되었다. 이러한 상황을 활용하여 휘발유와 에탄올의 교차탄력성이나 수요함수를 추정하는 등, 실증연구가 가능해지면서 최근에는 관련 연구가 어느 때 보다 활발하게 이루어 지고 있다. 이런 연구물로는 Silva et al.(2009), Serigati et al.(2010), Freitas et al.(2011b), Pessoa et al.(2011) 등이 대표적이다. 이런 연구물들은 대부분 브라질 실정상 활용 가능한 패널데이터가 충분하지 못하기에 오차수정모형(ECM, error correction model)을 기반으로 한 시계열 분석기법을 주로 활용하고 있으며 일부 연구의 경우 제한적이나마 패널데이터를 사용하여 GMM(Generalized Method of Moment)과 같은 추정방

법을 사용하여 분석을 시도하고 있기도 하다. Salvo and Huse(2011)은 전화 서베이를 포함한 다양한 방법으로 브라질 주유소와 차량연료소비자의 가격 및 구매결정과정에 관한 데이터를 직접 수집하여 휘발유와 에탄올의 대체성에 대해 분석함으로써 데이터획득의 제약을 탈피하고 두 재화의 대체성에 대해 좀 더 정확한 추정치를 산출하는데 기여하였다.

Freitas and Kaneko(2011a)는 발전도가 상이한 브라질 내 두 지역간의 에탄올수요를 분석하였다는 점에서 다른 연구물과 차별화되고 있다. 브라질은 연방국가이며 에탄올의 생산 및 소비가 상파울루를 중심으로 한 중남부지역에 집중되어 있기에 연방 내 각 주간 특성을 고려하지 않은 분석은 결국 표본선택편의(sample selection bias)와 같은 문제로 왜곡된 결과를 가져올 뿐이라는 점에서 이 연구물은 기존의 연구성과보다 좀 더 정교한 분석틀을 제시하고 있음은 물론 휘발유대비 에탄올의 에너지 단위를 고려하는 등 정확한 추정치를 얻기 위해 새로운 장치를 고안하였다는 측면에서도 상당한 기여를 하고 있다. Ferreira et al.(2009)는 에탄올과 휘발유간 대체성의 정도가 시장에 존재하는 휘발유, 에탄올, 다중연료차량 비율의 함수이며, 시장 내 각 차량의 비율은 각 연료의 미래가격의 함수임을 전제로, 휘발유와 에탄올의 장기 균형모델을 세우고 이를 오차수정모형을 이용하여 분석하고 있다. Boff(2010)는 브라질시장에서의 함수에탄올가격과 에탄올/설탕, 에탄올/휘발유의 가격비율 사이에 존재하는 관계를 장기균형의 관점에서 모델링하고 있으며 이를 공적분 분석기법(cointergration analysis)를 이용하여 확인하였다. 또한 연구자는 휘발유와 설탕이 각각 수요와 공급부분에서 에탄올과 경쟁하고 있다고 보고 휘발유와 설탕에 대한 에탄올의 전이탄력성(transmission elasticity)을 분석하였다. Balcombe Rapsomanikis(2008)는 이 분야의 연구에서 시도된 바 없는 Beysian MCMC(Markov Chain Monte Carlo)기법을 이용하여 기존의

연구성과Rapsomanikis and Hallam(2006)에서 보여준 방법론의 한계를 극복하며 좀 더 정교한 분석의 가능성을 제시하고 있다. 이 그룹에 속한 연구물의 상당수는 이론과 실증연구를 병행하고 있으나 실증연구만을 수행하고 있는 연구물도 적지 않다.

향후 패널데이터를 포함하여 가용한 데이터셋이 증가한다면 이 분야의 연구성과는 급속히 늘어날 것으로 보인다. 이는 미국의 예를 보더라도 쉽게 짐작할 수 있다. 미국을 대상으로 한 연구물의 경우 패널데이터를 이용함으로써 단순한 시계열자료를 이용하여 분석하는 과정에서 필연적으로 발생할 수 밖에 없는 다양한 분석상의 한계를 뛰어넘는 연구결과를 양산하고 있다. 브라질 역시 미국과 같은 연방제국가이며 주의 독립성이 미국에 비해 결코 떨어지지 않는 다는 점을 고려할 때, 주 또는 시군(município)별 패널데이터의 접근성이 증대된다면 기존의 미국 에탄올 시장에 적용되는 다양한 계량경제학적 방법론을 차용하거나 보다 정교한 방법론을 활용한 연구가 급격히 증가할 것으로 기대된다.

〈표 3〉 에탄올 시장과 가격결정

연구물	주요내용	분석방법[11]	분석결과
Alves and Bueno (2003)[12]	- 휘발유와 에탄올의 장기 교차탄력성 분석	실증연구 Cointergrating regressions ECM	- 휘발유와 에탄올이 양의 교차탄력성을 나타냄. - 양재화간 완벽하지는 않지만 일정 수준이상의 대체성 존재확인.
Bacchi(2005)	- 에탄올 및 설탕산업의 가격결정모델 구축	실증연구 VAR, VECM	- 가솔린C와 함수에탄올 간의 높은 대체성을 확인.
Fagnani and Bacchi(2005)	- 브라질 북동부 및 중남부 지역 내 에탄올과 원당가격간 가격전이관계 분석	실증연구 SIMS인과검정	- 중남부 지역의 에탄올 및 원당 가격이 북동부로 신속하게 전이되는 현상을 설명

Rapsomanikis and Hallam(2006)	- 브라질 설탕-에탄올 - 석유 시장의 비선형 관계 분석	실증연구 Threshold VECM	- 실증분석을 통해서 설탕과 에탄올 간에 threshold cointeration 과 비선형관계가 있음을 보임. - 장기에 있어 설탕가격은 에탄올 가격과 별다른 관련성을 보이지 않음을 확인.
Balcombe and Rapsomanikis (2008)	- 브라질 설탕-에탄올 - 석유시장의 장기균형분석	실증연구 Generalized bivariate ECM(Bayesian MCMC)	- 브라질시장에 있어서 에탄올과 설탕가격은 모두 휘발유 가격에 의해 결정됨. - 설탕가격은 에탄올 가격의 변화에 영향을 미치나 (Granger-caused), 그 역은 성립하지 않음.
Penedo et al. (2008)	- 유럽, 시카고거래소의 석유 현물가격과 원당가격, 환율 등이 상파울루주 내 연료용 에탄올가격에 미치는 영향분석	실증연구 OLS	- 상파울루주 내 에탄올가격에 대해 원당, 환율, 북미산 원유현물가격은 양, 브렌트유 현물가격은 음의 영향을 미침.
Albanez et al. (2008)	- 상파울루주 내 에탄올 생산비용 분석	실증연구 회계적 접근법 ANOVA	- 현재 발생하고 있는 생산관련 비용의 상당부분을 감소시킬 수 있으며 이를 통해 리스크 (operational risk)를 통제할 수 있음.
Oliveira et al. (2008)	- 브라질 내 에탄올의 수요/공급에 영향을 미치는 요인 분석(휘발유와의 교차탄력성)	실증연구 GMM	-연구대상기간의 경우(1995~2006) 에탄올이 휘발유의 완전대체제가 아님.
Ferreira et al. (2009)	- 에탄올과 석유간의 장기균형관계 분석	모델링 실증연구 ARDL	- 피드백을 고려하여 에탄올 수요모형을 고안 - 장기에 있어 두가지 연료가 동조성 지님을 보임.
Giesecke et al. (2009)	- 브라질 에탄올에 대한 브라질 국내 및 해외 수요증대가 산업부분 및 지역경제에 미친 영향(네덜란드병을 중심으로 분석)	시뮬레이션 CGE	- 에탄올생산을 위해 필요한 농토소요는 제한적임. - 헤알화의 평가절상(네덜란드병)이 식량생산에 부정적 영향을 미침 - 인력을 이용한 사탕수수 수확에 대한 제한조치는 일부 지역경제에 부정적 영향을 미침

Silva et al.(2009)	- 다중연료차량기술이 브라질 차량연료 수요에 미친 영향	실증연구 GMM-SYS	- 관측 불가능한 주(州)의 특수성을 고려한 분석으로 인해 휘발유와 에탄올간의 교차탄력성 측정의 편의를 감소시킴.
Silva and Lima (2010)	- 거래비용으로 인해 역치효과가 존재할 때, 브라질 에탄올시장의 지역통합 분석	실증연구 TAR	- 상파울루의 히베이러웅 프레뚜에 가까울수록 거래비용이 낮아지고 시장통합이 증대됨.
Venâncio et al. (2010)	- 에탄올과 설탕의 상관관계가 두 상품시장의 공급과 가격에 미치는 영향	실증연구 VAR, VEC	- 설탕시장이 에탄올 시장보다 높은 안정성을 보임.
Serigati et al. (2010)	- 다중연료기술의 도입에 따른 함수에탄올과 휘발유의 수요 공급변화 분석	실증연구 3SLS	- 다중연료기술이 브라질 내 휘발유와 에탄올의 대체성을 증대시킴
Boff(2010)	- 무수에탄올시장의 장기균형에 있어 에탄올/설탕가격비와 에탄올/휘발유가격비가 미치는 영향을 모델링하고 이를 실증분석	모델링 실증연구 Cointergration analysis	- 에탄올 공급은 시장 내 다중연료차량의 보급규모에 따라 증가함. - 시간이 경과함에 따라 휘발유에 대한 에탄올의 전이탄력성이 증가하지만 설탕에 대한 영향력은 감소.
Salvo and Huse (2010)	- 에탄올생산자의 입장에서 본 설탕과 에탄올간 대체성과, 에탄올소비자의 입장에서 본 에탄올과 휘발유간 대체성에 관한 모델링과 실증분석	모델링 실증연구 OLS, VAR VECM	- 다중연료차량의 증가에 따라 에탄올-설탕-휘발유간의 동조성이 증가함.
Freitas and Kaneko(2011a)	- 브라질 내 다중연료차량의 도입증가에 따른 에탄올 수요곡선 도출	실증연구 UECM	- 소비자행동과 관련하여 에탄올 가격, 소득, 휘발유의 가격탄력성, 함수에탄올 소비는 모두 이행적 형태(transformative pattern)를 보임. - 소득이 증가할수록 에탄올 수요가 증가함.
Pessoa et al. (2011)	- 다중연료차량의 도입이 에탄올 및 휘발유 소매시장의 가격결정에 미친 영향분석	모델링,실증분석 Panel OLS SUR	- 다중연료차량이 10% 증가할 때 에탄올의 에너지효율을 고려한 가격은 8% 감소함.

Salvo and Huse (2011)	- 브라질 소비자들의 차량연료 구매결정에 미치는 요인분석	모델링,실증연구 설문조사 (Multinominal) probit, OLS	- 에탄올과 휘발유 소비에 대한 소비자 그룹간의 이질성 확인
Freitas and Kaneko(2011b)	- 브라질 내 개별지역간 에탄올 수요함수 도출	실증연구 DOLS	- 북동부와 중남부지역간의 에탄올 소비에 있어 유의미한 차이를 발견하지 못함.
Serra et al.(2011)	- 브라질 에탄올시장과 식량시장간의 가격변동성 분석	실증연구 GARCH(BEKK specification) VECM, MGARCH	- 설탕가격이 상승하면 에탄올가격의 변동성과 가격을 모두 상승시킴.

(3) 에탄올 생산이 사회경제적 변수에 미치는 영향

연료용 에탄올은 언제나 휘발유 즉 석유와 비교되어 왔으며 석유가 지구환경과 인류에 끼친 부정적 영향과 비교하여 아주 좋은, 실현 가능한 대안으로 언급되곤 한다. 이런 측면에서 에탄올의 생산 및 소비증대가 석유소비로 인한 부정적 영향으로부터 인류를 자유롭게 할 것이라는 기대가 이 그룹으로 분류된 연구의 기저에 깔린 전통적 인식이다. 물론 생물학 및 화학, 의학 등의 분과학문에도 이와 관련한 다양한 연구성과가 존재하지만 본고에서는 경제학적인 접근방법을 이용하여 이러한 주제를 탐구한 연구물만을 분석의 대상으로 하기에 여타 분야의 연구물은 분석대상에서 제외하였다.

---

11) 주된 연구방법론에 따라 모델링(시장상황을 묘사하는 수학적 이론도출), 실증연구(계량경제학적 방법론을 이용한 데이타분석), 수치분석(표와 그래프를 이용한 시각적 데이터 분석), 문헌연구(기존 연구물에 대한 분석), 시뮬레이션(수학 또는 계량경제학적 모델을 이용한 미래 예측)로 구분하여 밑줄을 그어 표기함. 한 논문에 여러 연구방법론이 병용될 수 있으며 이 경우 연구물의 주된 논의를 전개하는데 사용된 방법론을 중심으로 표기함. 세부적인 분석기법은 밑줄 없이 각 연구방법론 밑에 부기함.

12) 휘발유를 중심으로 논하고 있으나 그 비교 대상이 에탄올이란 점에서 분석대상에 포함시켰다.

Souza(2011)는 CGE모델(TERM-BR)을 이용하여 브라질 내 에탄올생산 및 세계 에탄올수요 증가가 브라질 국내 노동부분과 가구수입에 미치는 영향을 분석하여 에탄올 수요가 1% 증가할 때마다 브라질 GDP가 0.13%, 자본스톡은 0.81% 증가한다고 밝히고 있다. 그러나, CGE모델의 도입초기와는 달리 최근 제기되고 있는 CGE모델의 적절성에 대한 논의를 고려할 때, 정책참고 이상의 학문적 성과에 대해서는 반론의 여지가 있다. Almeida et al.(2007), Espírito and Almeida(2007), 윤택동(2011) 등은 모두 문헌연구 및 정성적 연구를 통해 에탄올 생산의 증대에 따른 사회경제적 변화에 대해 논하고 있다. Costa et al.(2006) 역시 이와 유사한 연구방법을 취하고 있으나, 이와 더불어 투입산출분석을 통해 에탄올과 설탕이 일자리창출에 미치는 영향을 비교분석하고 있다는 점에서 특기할 만하다.

장기적으로 보았을 때 이 분야의 연구물 역시 앞서 살펴본 바와 같이 사용가능한 데이타가 증가함에 따라 다양한 계량분석방법을 이용한 실증연구가 함께 증가할 것으로 예상된다. 더군다나 이 분야는 주와 시군별 차이를 이용하여 준실험 내지 실험상황을 연출할 수 있는 가능성이 높기에 에탄올 생산에 따른 사회경제적 영향을 엄밀하게 분석할 수 있는 여지가 충분히 있다. 또한 기존에 다루어진 논문들이 대부분 순수한 거시 내지 미시 경제학적 측면에서 분석의 대상을 선정하였기에 이 분야의 연구는 아직 방대한 부분이 처녀림으로 남아 있다하여도 과언이 아니며 향후 이와 관련하여 다양한 주제에 대한 경제학 및 각 분과학문간의 학제간 연구의 확대가 기대된다.

〈표 4〉 에탄올 생산이 사회경제적 변수에 미치는 영향

연구물	주요내용	분석방법	분석결과
Costa et al. (2006)	- 브라질의 에탄올 및 설탕 수출 증대가 일자리창출에 미치는 영향분석	문헌연구 실증연구 투입산출분석	- 에탄올 보다 설탕의 수출이 브라질 내 일자리 창출에 더 큰 영향을 미침. 특히 중-남부 지역의 경우 설탕과 에탄올의 수출증대에 따른 수요부분의 충격이 여타지역보다 일자리창출에 더 큰 영향을 끼침
Almeida et al. (2007)	- 휘발유 대비 에탄올의 경쟁력 (환경, 에너지안보 등) 분석	문헌연구	*
Espírito and Almeida(2007)	- 에탄올부분의 확장에 따른 사회 환경측면과 지속가능성 문제 분석	문헌연구	*
Carvalho and Oliveir(2007)	- PROALCOOL시기부터 현재에 이르기까지의 에탄올 프로그램이 노동, 환경, 농작물재배 등에 미친 영향(고이아스주를 중심으로)	문헌연구	*
윤택동(2011)	- 브라질의 에탄올생산증가가 환경에 미치는 영향	문헌연구	*
Souza(2011)	- 에탄올 생산 증대가 브라질 내 노동수요, 소득분배, 빈곤에 미치는 영향분석	시뮬레이션 CGE(TERM-BR)	브라질 내 에탄올 수요증가는 빈곤감소에 다소 긍정적인 영향을 미치나 빈곤격차(poverty gap)를 확대시킴

(4) 대외부분과의 비교, 에탄올 교역 및 이에 따른 파급효과

브라질은 미국과 더불어 양대 에탄올 생산국이자 소비국이며 또한 수출국이다. 이런 이유로 브라질의 에탄올 시장은 브라질 국내뿐만 아니라 미국을 비롯한 기타 경제권과도 밀접한 관계를 형성하고 있다. 이런 맥락에서 브라질 에탄올시장을 미국을 비롯한 대외경제부분과 함께 분석하는 것은 상당히 흥미로우며 동시에 브라질의 에탄올경제를 이해하는데 필수적인 과정이라 할 수 있다. Koizumi(2004)는 부분균형모델을 이용하여 브라질과 미국, 세계의 에탄올시장 모델을 구축하고 이를 바탕으로

특정 부분의 충격이 경제시스템 전체에 미치는 파급효과를 분석하였다. Gallagher et al.(2006)은 ML추정법을 이용하여 브라질의 사탕수수에탄올과 미국의 옥수수에탄올 간의 생산효율성을 비교분석하고 있다. Paixão and Fonseca(2008)과 Christina et al.(2008)는 브라질과 미국 에탄올 수출의 RCA(Revealed Comparative Advantage)를 비교하는 방식으로 양국 에탄올 부분의 경쟁력을 분석하고 있다. Figueira and Burnquist(2006)는 브라질산 에탄올에 대한 미국내 관세장벽 등의 변화가 브라질 에탄올시장에 미치는 영향을 분석하고 있다.

2008년 이후 유사한 형태의 연구물이 많이 생산되고 있지는 않지만 에탄올을 비롯한 바이오연료의 중요성이 지속적으로 증대되고 있으며 이 분야에 브라질을 능가할 수 있는 국가가 많지 않다는 사실을 고려할 때, 브라질의 에탄올경제와 해외부분을 통합적으로 분석한 연구성과에 대한 기대가 그 어느 때 보다 높다. 이는 브라질과 미국이 에탄올 시장의 90% 내외를 점유하고 있기에 기존의 다양한 이국(二國)간 국제무역이론을 적용하기에 매우 적합한 케이스라는 점도 중요하게 작용하고 있다. 또한 기존의 미국시장으로의 수출을 중심으로 한 연구에서 벗어나 유럽연합이나 아시아권과의 에탄올 교역관계를 비롯하여 타 지역과의 에탄올생산 경쟁력 등에 대한 연구가 추가적으로 필요한 실정이다. 이 외에도 에탄올 수출이 브라질 내 주 별로 상이할 수 밖에 없는 현실을 바탕으로 에탄올 수출증대가 브라질 내 각 지역별 성장, 고용, 사회불평등 등에 미치는 영향 등에 대한 연구도 증대될 것으로 기대된다. 이와 같은 맥락에서 에탄올생산 및 수출이 현재보다 월등한 수준으로 증가한다면 네덜란드병과 같은 프레임을 사용한 연구도 가능할 것으로 판단된다.

〈표 5〉 대외부분과의 비교, 에탄올 교역 및 이에 따른 파급효과

연구물	주요내용	분석기법	분석결과
Koizumi (2004)	- 휘발유 내 에탄올의무혼합비율의 변화가 국제 및 브라질 국내 에탄올, 설탕시장에 미치는 영향	모델링 Dynamic Partial Equilibrium Model 시뮬레이션	- 브라질정부의 휘발유 내 에탄올 의무혼합비율 조정은 브라질정부의 국내외 에탄올 및 설탕시장에 대한 조정능력을 향상시키고 석유수입을 감소시킬 것임.
Gallagher et al.(2006)	- 브라질산 에탄올과 미국산 에탄올의 생산효율성분석	실증분석 ML	- 브라질 및 미국 내 에탄올 생산의 비용편익과 관련하여 계절적 주기성을 제외하고는 특정한 추세가 존재하지 않음.
Torquato and Perez(2006)	- 브라질 에탄올 수출사	문헌연구 수치분석	*
Figueira and Burnquist (2006)	- 시나리오별 미국 내 에탄올 수요변화와 이에 따른 브라질산 에탄올의 대미국 수출가능성 분석	시뮬레이션 Box Jenkins 모형	- 관세장벽으로 수출이 제한적으로 증가함.
Giesecke et al. (2007)	- 국내외 에탄올 수요증대와 브라질의 네덜란드병 발생 가능성 분석	시뮬레이션 CGE	- 원유 및 에탄올 수출 증대 등에 따라 환율이 평가절상 되고 네덜란드병의 발생가능성이 증대됨.
Elobeid and Tokgoz (2008)	- 무역자유화와 관세철폐가 미국 에탄올 시장에 미치는 영향분석	모델링, 시뮬레이션 (multimarket international ethanol model)	- 미국 내 관세장벽 철폐에 따라 에탄올 수입은 증가할 것이며 브라질은 이런 조치의 최대 수혜국이 됨.
Paixão and Fonseca(2008)	- 브라질산 에탄올에 부과되는 관세가 철폐될 경우 브라질산 에탄올의 대미국 및 EU 수출변화분석	실증분석 RCA측정	- 브라질산 에탄올은 미국 및 EU산 에탄올에 비해 비교우위에 있으며 관세가 철폐될 경우 상당한 수준의 수출증대가 예상됨.
Christina et al. (2008)	- 브라질산 에탄올과 미국산 에탄올의 비교우위 분석	실증분석 RCA 및 RSCA 측정	- 1990~1991년 기간을 제외하고는 브라질산 에탄올이 미국산 에탄올 보다 비교우위를 가지고 있으며 이런 경향은 2003년 이후 더욱 두드러짐.

(5) 에탄올 생산의 지속가능성과 향후 전망

최근 지속가능성 문제가 중요한 화두로 대두되며 에탄올생산의 지속

가능성과, 지속가능성 개념 속에서 에탄올이 가지는 의의 등을 분석한 연구물들이 증가하고 있다. 더불어 에탄올경제의 향방에 대한 관심도 꾸준히 유지되고 있는 상황이다. 지속가능성과 관련된 대표적인 연구물에는 브라질 국내 상황을 중심으로 분석한 Smeets et al.(2008), Goldemberg et al.(2008), Fonseca and Paixão(2010) 등의 연구와 국제적인 시각에서 브라질과 특정국가 또는 브라질과 세계를 비교 분석한 Walter et al.(2006) 등이 있다. 이외에도 각광받는 연구분야는 에탄올시장의 향후 전망 및 예측으로 Macedo(2007), Fonseca et al.(2008), Milanez et al.(2008), Santos et al.(2010) 등이 있으며 특히 Walter et al.(2008)와 BNDES et al.(2008)는 지속가능성의 측면에서 미래를 예측하고 있다는 점에서 특기할 만하다. 이 그룹에 분류된 연구물들은 대부분 문헌연구를 기반으로 작성되었으나 VAR모형이나 다양한 성장모형을 이용하여 분석한 논문도 일부 눈에 띈다.

브라질 국내적 측면에서는 에탄올의 역사가 결코 짧다고 할 수 없으나 최근 들어 에탄올이 국제적 측면에서 새롭게 각광받고 있고 에탄올을 기존 휘발유의 보완재로 도입하고자 하는 국가가 증가하는 조류 속에서 향후 에탄올 시장의 변화상에 대한 분석과 예측이 증가하고 있는 상황이다. 이러한 추세는 앞으로도 지속적으로 확대될 것으로 보인다.

〈표 6〉 에탄올 생산의 지속가능성과 향후 전망

연구물	주요내용	분석기법	분석결과
Walter et al. (2006)	- 브라질 국내외의 에탄올 수요분석 및 에탄올 경제의 지속가능성 측면 논의	문헌연구 수치분석	- 국제 에탄올 수요의 지속적 팽창이 예측되며 지속가능성 또한 증대되고 있음.
Smeets et al. (2006)	- 브라질과 네덜란드의 에탄올 산업을 지속가능성의 측면에서 비교분석	문헌연구 수치분석	- 식량생산, 종 다양성, 에너지공급, 환경 등의 측면에서의 분야별 상세 비교

Macedo (2007)	- 브라질을 비롯한 전세계 주요 에탄올 생산국의 에탄올 생산, 소비 현황 분석 및 예측	문헌연구	- 향후 10~20년간 사탕수수 에탄올의 중요성 증대 예상
Fonseca et al.(2008)	- 브라질 에탄올수출 및 생산 예측	실증연구 VAR	- 2007년 대비 2010년 에탄올 수출이 44% 증가
Milanez et al.(2008)	- 2015년 기준 에탄올 수요 공급 예측	문헌연구 수치분석	- 초과공급 상황이 연출되기는 어려움.
Smeets et al. (2008)	- 상파울루주 내 여러 지역에서 에탄올 생산이 - 가져오는 사회경제 및 환경적 영향 분석 및 지속가능성장의 제약요소 판별	문헌연구 수치분석 실증연구 투입산출분석	- 총 21개 지역 중 7개 지역이 지속가능성에 한계를 드러냄. - 에탄올 생산을 위한 투입산출분석결과 효율성이 증대되고 있음.
Walter et al. (2008)	- 브라질을 비롯한 주요 에탄올 생산/소비국의 향후 에탄올 생산/소비 규모, 교역규모 예측 및 지속가능성 분석	실증연구 OLS(추세선)	- 2030년까지 휘발유 소비량의 10~20%가 에탄올로 대체되며, 에탄올 교역량은 지속적으로 증가할 것임.
Goldemberg et al.(2008)	- 종 다양성, 산림황폐화, 토양침식 등의 측면을 고려한 에탄올 생산의 지속가능성과 사회경제적 영향 분석	문헌연구 수치분석	*
BNDES et al. (2008)	- 지속가능한 발전의 측면에서 브라질 에탄올산업의 전반을 고찰하고 향후 전망 예측	문헌연구 수치분석	- 인간과 자연의 조화로운 공존을 위해 바이오에탄올은 중요한 역할을 담당하고 있으며 효율성이 개선된다면 그 효용도 증가할 것임.
Fonseca and Paixão(2010)	- 파라이바주 내 에탄올생산의 지속가능성 분석	수치분석	- 해당 지역 생산자들은 이미 지속가능성의 개념을 명확히 이해하고 이를 생산과정에 적용하고 있음.
Santos et al. (2010)	- 브라질의 다중연료차량 및 에탄올 수요 예측	시뮬레이션 Gompertz성장식 Fisher-Pry모델	- 다중연료기술이 에탄올 생산과 분배 전반에 지대한 영향을 끼침. 2014년 기준 전체 차량중 다중연료 차량 비율은 98.6%, 판매되는 차량용 연료 중 에탄올 비율은 43.9%에 이를 것으로 예측함.

4. 결론

화석에너지의 고갈과 환경문제가 존재하는 한 바이오에탄올에 대한 인류의 관심은 줄어들지 않을 것이다. 지금까지는 지각에 매장된 에너지를 발견하고 이를 소비하는 시대였지만 이제 인류는 대체에너지라는 측면에서 에너지를 경작하는 새로운 시대를 열어가고 있다. 만약 바이오에너지가 석유의 유일하거나 또는 가장 효율적인 대체에너지라면, 바이오에너지가 향후 세계 정치·경제 패러다임에 몰고 올 파장을 어렵지 않게 예측할 수 있을 것이다. 물론 이미 확고한 위치를 확보한 원자력을 포함하여 풍력, 조력, 파력, 지열, 태양열과 같은 다른 에너지원들이 바이오에너지와 경합을 벌이고 있지만 경작 가능한 청정에너지이자 차량연료로서 바이오에너지가 갖는 의의는 상당히 크다고 할 수 있다.

이런 맥락에서, 인류사를 이끌어온 석유의 뒤를 이을 수 있는 에너지로서, 에탄올에 대한 연구는 중요한 연구 중의 하나이다. 하지만 아직까지 에탄올에 대한 연구는 미국과 유럽, 브라질 등 일부 국가에 한정되어 있으며 이렇게 생산된 연구성과도 석유에 비하면 미미한 것이 현실이다. 특히나 본고에서 살펴보았듯이 경제적으로 효율적인 에탄올생산/분배 프로세스를 계획하고 발전시켜온 유일한 국가인 브라질의 에탄올에 대한 연구는 아직 시작단계에 불과하다. 이에 본고에서는 브라질 에탄올시장에 대한 연구의 흐름을 살펴보기 위해 57편에 달하는 주요논문을 5개 분야로 구분하여 분석하였다. 물론 본고가 이제까지의 주요한 연구결과들을 모두 완벽하게 아우르고 또 분석하고 있다고 하기는 어려울 것인바, 향후 여러 다양한 분야의 연구자들에 의해 이 바이오에탄올 분야의 발전적 연구가 이뤄지기를 기대한다.

이번 연구에서는, 브라질 국내외적으로 에탄올에 대한 관심이 다시금

고조되기 시작한, 2000년 이후 발표된 논문들을 주제에 따라 크게 5개 그룹으로 분류하고 이들을 정리하여 연구주제와 방법론, 연구결과를 제시함으로써 현재 국제학계의 브라질 바이오에탄올관련 연구의 현주소를 살펴보고자 하였다.

첫 번째로 살펴본 그룹은 브라질 바이오에탄올의 등장배경에 관한 논문들로서 1900년대 초부터 시작된 바이오에탄올의 등장, 발전과정과 정부정책의 역할 및 효과 등을 설명함으로서 바이오에탄올에 대한 개관과 조망을 제시하고 있다. 이를 통해 연구자들은 브라질 바이오에탄올에 대한 기본적 이해와 현재까지의 전개, 발전과정을 확인하였다.

두 번째 그룹의 연구물들은 바이오에탄올시장의 수요공급과 가격결정체계 등을 중점적으로 분석하고 있다. 이 그룹의 연구물들은 바이오에탄올은 물론 바이오에탄올과 직접적으로 연관된 산품인 사탕수수, 설탕, 석유시장에 대한 분석도 함께 다루고 있다. 본고에서 분석한 총 57 편의 논문 중에서 가장 많은 논문들이 이 그룹으로 분류되어 있다. 이 그룹에 속한 연구물들은 VAR, VECM, Panel GMM, CGE, Cointergration, Causality, GARCH 등 주로 계량경제학적인 분석방법을 이용하고 있는 것이 특징이다. 그러나 안타깝게도 브라질 바이오에탄올의 중요성에 비쳐볼 때, 연구논문들의 숫자는 아직 일천한 상황이다. 따라서 각 논문들이 다룬 주제들 다수가 최초의 논의일 정도로 동료연구자들의 교차검정과 재검정이 부족한 상황이다. 따라서 이들 기존의 논문들을 다시 검증하거나 좀 더 세부적인 연구주제들에 대한 연구물이 기대되는 실정이며, 결과적으로 이것이 향후 이 분야 연구의 주된 전개방향으로 예상된다. 특히 최근 가용한 브라질 에탄올관련 통계자료가 증가하고 플렉스차량의 도입으로 일종의 준실험적 상황이 조성됨에 따라, 향후 좀더 심도 높은 분석연구가 증가할 것으로 기대된다.

본고에서는 앞서 살펴본 분야 이외에도 바이오에탄올과 사회·환경간의 관계, 대외교역과 관련된 문제, 그리고 바이오에너지의 지속가능성 및 향후 전망과 관련된 주제를 각각 세번째, 네번째, 다섯번째 그룹으로 분류하여 언급하고 있다. 세번째 그룹에서는 주로 에탄올과 노동시장, 빈곤, 농업분야와의 관계나 토양, 기후, 공해 등 환경과의 연관성 등이 다뤄지고 있다. 네번째 그룹에서는 국제시장에서의 바이오에탄올 공급과 수요의 변화, 수출 및 수입의 변화가 브라질 국내경제에 미칠 영향, 또 각국의 수출입 관련 관세와 제도의 변화에 따른 에탄올 시장의 변화 등이 중점적으로 논의 되고 있다. 다섯번째 그룹에서는 여타 그룹의 논문들과 다소 겹치는 부분이 있을 정도로 광범위한 주제를 다룬 논문이 많은데, 전반적으로 바이오에탄올의 지속가능성을 논하는 가운데 향후 전망에 대해서도 언급하고 있다.

현실과 학문적 수요, 연구분야의 시의성, 중요성 등을 고려할 때, 앞으로 브라질 바이오에탄올 시장과 관련된 연구는 지금까지보다 훨씬 많이 증가하여야 한다. 특히 가용성이 증대된 데이터를 근간으로 한 수준 높은 실증논문이 더욱 많이 출현해야 할 것이며, 또 필연적으로 증가하게 될 것이다. 브라질처럼 바이오에탄올을 효율적으로 생산하고 분배하며 소비하고 있는, 이른바 에탄올산업의 대표적 모델국가에 대한 연구는 전 세계적 차원에서도 중요할 뿐만 아니라 브라질의 미래에도 중요한 영향을 미칠 수 있는 연구과제이다. 이러한 측면을 고려하여 향후 연구자들이 본 논문을 통해 에탄올 시장에 대한 이해의 폭과 깊이를 모두 증대시킬 수 있고 또 그를 통해 우수한 연구성과를 생산해 낼 수 있기를 기대하는 것이 이번 논문의 주된 목적이다.

참고문헌

연합뉴스(2011), "땅에서 수확하는 친환경에너지 바이오에너지". 2011. 12.6일자

윤택동(2009),『브라질 에탄올산업 I - 에탄올산업의 기원으로서 식민시대 설탕산업』. 중남미연구, 제28권(1호), pp.303-328.

윤택동(2010),『브라질 에탄올 산업 II - 에탄올산업의 등장과 변천』. 중남미연구, 제 28권(2호), pp.295-324.

윤택동(2011),『브라질 에탄올산업 III - 바이오에탄올과 환경문제』. 중남미연구, 제29권(2호), pp.137-162.

Albanez, Tatiana, et al.(2008), "Uma análise da estrutura de custos do setor sucroalcooleiro brasileiro", *Custos e Agronegócio, 4*(1), pp.79-102.

Almeida, Edmar F., et al.(2007), "The performance of Brazilian biofuels: An economic, environmental and social analysis", Paper presented at the International Transport Forum, Rio de Janeiro.

Alves, Denisard C.O., & Bueno, de Losso da Silveira, Rodrigo R.(2003), "Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil", *Energy Economics, 25*(2), pp.191-199.

Bacchi, Mirian R.P.(2005), *Formação de preços no setor sucroalcooleiro da região Centro-Sul do Brasil: Relação com o mercado de combustível fóssil.*

Balcombe, Kelvin G., & Rapsomanikis, George(2008), "Bayesian estimation of nonlinear vector error correction models: The case of sugar-ethanol-oil nexus in Brazil", *American Journal of Agricultural Economics, 90*(3), pp.658-668.

BNDES, et al.(2008), *Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável.*

Boff, Hugo P.(2010), "Modeling the Brazilian ethanol market: how flex-fuel vehicles are shaping the long run equilibrium", Paper presented at the 44th Annual Conference of the Canadian Economics Association, Quebec.

Brown, James(2010), "Farming Fuel: a literature review of ethanol's impact". Unpublished article.

Carvalho, Simone P. & Oliveira Licys, Ed C.(2007), "A produção de álcool: do PROÁLCOOL ao contexto atual", Paper presented at the XLV Congresso da SOBER "Conhecimentos para agricultura do futuro", Londrina.

Christina Bazilio, A., et al.(2008), "Vantagem comparativa do álcool combustível Brasileiro em relação aos Estados Unidos da América", *Revista de Desenvolvimento Econômico,* 10(17), 67-73.

Costa, Agness M.A., et al.(2007), "Creating a market for ethanol – challenges faced in the Brazilian experience", Paper presented at the 27th USAEE/IAEE North American Conference., Houston.

Costa, Cinthia C., et al.(2006), "Impacto de alterações nas exportações de açúcar e álcool nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste sobre a economia do Brasil", *Revista de Economia e Sociologia Rural, 44*(4), 609-627.

Espírito, Santo, Z. N. & Almeida, Luciana T.(2007), "Etanol: Empactos sócio-ambientais de uma commodity em ascensão", Paper presented at the VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica,

Fortaleza.

Elobeid, Amani, & Tokgoz, Simla(2008), "Removing distortions in the US ethanol market: what does it imply for the United States and Brazil?" *American Journal of Agricultural Economics,* 90(4), pp.918-932.

Ferreira, Alex L., et al.(2009), "Flex cars and the alcohol price". *Energy Economics*, 31(3), 382-394.

Figueira, Sérgio R., & Burnquist, Heloisa L.(2006), "Programas para álcool combustível nos Estados Unidos e possibilidade de exportação do Brasil", *Agricultura em São Paulo,* 53(2), 5-18.

Fonseca, Marcia B. et al.(2008), "Previsão de produção do etanol Brasileiro para exportação: Uma aplicação de ventores auto-regressivos(VAR)", Unpublished article.

Fonseca, Marcia B. & Paixão, Marcia C.S.(2010), "A produção de etanol de cana de paraíba: Alternativas de Sustentabilidade", Paper presented at the 48º Congresso SOBER, Campo Grande.

Freitas, Luciano C., & Kaneko, Shinji.(2011a), "Ethanol demand in Brazil: Regional approach", *Energy Policy,* 39(5), pp.2289-2298.

Freitas, Luciano C., & Kaneko, Shinji.(2011b), "Ethanol demand under the flex-fuel technology regime in Brazil", *Energy Economics, 33*(6), pp.1136-1154.

Gallagher, Paul, et al.(2006), "The international competitiveness of the US corn-ethanol industry: A comparison with sugar-ethanol processing in Brazil", *Agribusiness,* 22(1), pp.109-134.

Giesecke, James A., et al.(2007), *The downside of domestic substitution of*

oil and biofuels: Will Brazil catch the Dutch disease? : Monash University, Centre of Policy Studies and the Impact Project.

Giesecke, James A. et al.(2009), "Brazilian structural adjustment to rapid growth in fuel ethanol demand", *地域学研究,* 39(1), pp.189-207.

Goldemberg, José, et al.(2008), "The sustainability of ethanol production from sugarcane, *Energy Policy"*, 36(6), pp.2086-2097.

Hira, Anil, & Oliveira, Luiz G.(2009), "No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry", *Energy Policy,* 37(6), pp.2450-2456.

Fagnani. J., Valdinei, & Bacchi, Mirian R.P.(2005), "Transmissão de preços no mercado de açúcar e álcool entre as regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste", Unpublished article.

Koizumi, Tatsuji.(2004), *The Brazilian ethanol programme: impacts on world ethanol and sugar markets,* FAO commodity and trade policy research working paper: FAO.

Macedo, Isaías C.(2007), "Situação atual e perspectivas do etanol", *Estudos avançados, 21*(59), pp.157-165.

Macedo, Isaías C., & Nogueira, Luiz A.H.(2004), *Avaliação da expansão da produção de etanol no Brasil,* Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

Marjotta-Maistro, Marta C.(2011), *Desafios e perspectivas para o setor sucroenergético do Brasil,* EdufSCar.

Milanez, Artur Y., et al.(2008), *Perspectivas para o etanol Brasileiro, BNDES Setorial.*

Nass, Luciano L., et al.(2007), "Biofuels in Brazil: An overview", *Crop Science, 47,* pp.2228-2237.

Oliveira, Michelle P., et al.(2008), "Energia renovável: Uma análise sobre oferta e demanda de etanol no Brasil". Paper presented at the XLVI Congresso da SOBER, Rio Branco.

Paixão, Márcia, & Fonseca, Márcia(2008), "Exportações de etanol Brasileiro, integração regional e a questão ambiental: Uma analise empírica". Paper presented at the IV Encontro da ANPPAS, Brasília.

Papageorgiou, Andreas(2005), *Ethanol in Brazil,* PREMIA report: CERTH; HIT.

Penedo, Antonio S.T., et al.(2008), "Análise estatística multivariada da variação do preço do álcool combustível no estado de São Paulo", *Revista Eletrônica de Administração, 11*(12).

Pessoa, João P., et al.(2011), "Flex cars and competition in ethanol and gasoline retail markets". Unpublished article.

Ramos, Pedro(2008). "A evolução da agroindústria canavieira e os mercados de açúcar e de álcool carburante no Brasil : A necessidade de planejamento e controle", Paper presented at the XLVI Congresso da SOBER, Rio Branco.

Rapsomanikis, George, & Hallam, David(2006), "Threshold cointegration in the sugar-ethanol-oil price system in Brazil: Evidence from nonlinear vector error correction models", FAO commodity and trade policy research working paper.

Salvo, Alberto, & Huse, Cristian(2010), "Is arbitrage tying the price of ethanol to that of gasoline? Evidence from the uptake of flexible fuel technology". *Energy Journal, 32*(3), pp.119-148.

Salvo, Alberto, & Huse, Cristian(2011), "Consumer choice between gasoline

and sugarcane ethanol", Unpublished article.

Santos, C.T., et al.(2010), "Forecast of production of flex fuel cars and ethanol demand in Brazil in 2014", Unpublished article.

Serigati, Felippe C., et al.(2010), "O impacto dos veículos flex-fuel sobre o mercardo de combustíveis no Brasil", Paper presented at the 48º Congresso SOBER, Campo Grande.

Serra, Teresa, et al.(2011), "Price volatility in ethanol markets", *European Review of Agricultural Economics, 38*(2), pp.259-280.

Silva Alves, J., & Lima, Ricardo C.(2010), "Intergração de mercados espacialmente separados de etanol no Brasil: Uma análise considerando efeitos threshold". Paper presented at the VI Encontro de Economia Baiana, Bahia.

Silva, Giovani F., et al.(2009), "The impact of a growing ethanol market on the demand elasticity for gasoline in Brazil." Paper presented at the 32nd Annual International Association for EnergyEconomics conference, San Fransisco.

Smeets, Edward, et al.(2006), Sustainability of Brazilian bio-ethanol, Copernicus Institute.

Smeets, Edward, et al.(2008), "The sustainability of Brazilian ethanol－an assessment of the possibilities of certified production", *Biomass and Bioenergy, 32*(8), pp.781-813.

Souza Ferreira Filho, Joaquim B.(2011), *The rise in global demand for ethanol and poverty in Brazil,* Programa de Cooperación CEPAL-AECID 2008, Santiago-Chile: ECLAC.

Souza, M. André, et al.(2008), "Uma análise da relação entre os preços dos

biocombustíveis e das culturas alimentares no brasil: O caso do setor sucroalcooleiro", Paper presented at the XLVI Congress da SOBER, Rio Branco.

Torquato, Alves S., & Peres, Luís H.(2006), "Evolução das exportações brasileiras de álcool, período de 1996 a julho de 2005", *Informações Econômicas,* 36(3), pp.18-32.

Venâncio, Michelle M., et al.(2010), "Efeitos da interdependência dos mercados de açúcar e álcool sobre os preços e a oferta do setor sucroalcooleiro", *Revista de Estudos Sociais, 12*(24), pp.90-104.

Vidal, de Fatima, M., et al.(2006), "Setor sucroalcooleiro no Nordeste Brasileiro: Estruturação da cadeia produtiva, produção e mercado", Unpublished article.

Walter, Arnaldo, et al.(2006), *Biomass energy and bio-energy trade: Historic developments in Brazil and current opportunities, Country Report: Brazil:* Unicampi.

Walter, Arnaldo, et al.(2008), "Perspectives on fuel ethanol consumption and trade", *Biomass and Bioenergy, 32*(8), pp.730-748.

Xavier, Marcus R.(2007), *The Brazilian sugarcane ethanol experience,* Washington: Competitive Enterprise Institute.

논문투고일자: 2012년 3월 23일
심사완료일자: 2012년 5월 30일
게재확정일자: 2012년 6월 8일