해 외 출 장 결 과 보 고

1. 출장건명 : OECD 환경적으로 조정된 농업 총요소생산성 계측 전문가워크숍 참석

2. 출장목적

○ OECD 농업환경정책위원회 주관 '환경적으로 조정된 농업총요소생산성 계측과 결정요인' 전문가워크숍 좌장 및 주제발표

※ 발표논문 제목: Measurement of Environmentally Adjusted Agricultural Total Factor Productivity Using the Malmquist-Luenberger Index in Korea

3. 출장기간 및 출장자, 출장지

○ 출장기간: 2015년 12월 13일 ~ 12월 17일(3박 5일)

○ 출 장 자: 선임연구위원 김창길

○ 출 장 지: 프랑스 파리(OECD 본부)

4. 출장일정

일자	이동상황	방문기관	주요 사항
12월 13일(일)	인천 → 파리		· 숙소 도착
12월 14일(월)	파리 체류	OECD본부 (12회의실)	**<제1 세션> 개회식 및 배경: 워크숍 목적과 기대효과** • 환영사 (Ken Ash 국장) · 총요소생산성 계측 관련 OECD접근 (Paul Schreyer, OECD) · EATFP 워크숍 개관 (Dimitris Diakosavvas, OECD)
			<제2세션> 자료의 이용가능성과 질, 생산요소의 계측 **• 좌장** **- Joaquim Oliveira Matins(Head, OECD** · SEEA 실험적 에코시스템회계 프레임웍이 성장회계와 생산성분석에 어떻게 사용될 수있는가? (Carl Obst, FAO) · FAO의 자본스톡 DB느 생산성 분석에 어떻게 사용될 수 있는가? (Sangita Dubey, FAO) · 농업의 생산요소로 자본: 계측과 자료 (Eldon Ball, USDA ERS) · 국민계정의 시스템내에서 농경지의 가치 (Jennifer Ribarsky, OECD) · TFP산정에 있어 토지 투입재의 계산방법 - 인도사례 (Nilabja Ghosh, Institute of Economic Growth, India) · 캐나다농업을 위한 AAFC생산계정의 경영자노동의 계측과 가치 (Sean Cahill, Ag and Ag-Food Canada)
			<세션 3> 국가간 농업총요소생산성 계측 관련 방법론과 접근방법 **• 좌장** **-Chang-Gil Kim(Chair, OECD JWPAE and Research Director, KREI)** · 최상 대 수량중심의 지소: 가격이 국가간 생산성 비교에서 이익을 주는가? (Sheng Yu, ABARES, Australia)

일자	이동상황	방문기관	주요 사항
12월 15일(화)	파리 체류	OECD본부	· EU 28개국의 총요소생산성 계측 - 방법론적 및 자료의 도전 과제 (Koen Mondelaers, EU) · 유럽농업의 총요소생산성 계측 접근방법 (Jean-Pierre Butault, INRA, France) · 종합토론
			<제4세션> 국가간 EATFP계측을 위한 성장회계접근의 접근가능성 평가 **• 좌장** **- Paul Schreyer(Deputy Director, OECD)** · 환경적으로 조정된 다요소생산성: OECD와 G20국가를 위한 방법론과 경험적 결과 (Ivan Hascic, OECD) · 부산물의 존재하에 생산성 산정의 고찰 (Bob Chambers, Univ of Maryland, USA) · 농업의 녹색생산성 - 비판적 종합 (Timo Kuosmanen, Aalto University, Finland) · 종합토론
			<제5세션> 농업 총요소생산성 계측에 있어서 환경적으로 관련된 산출물과 투입물에 대한 산정 - 자료와 방법론적 도전과제 **• 좌장** **- Mario Deconti(Head, DEFRA UK)** · 국가간 EATFP계측을 위한 양분수지접근 (Vincent Hoang, Queensland University, Australia) · 농업생산의 부산물로 온실가스 배출 연계 농업 총요소생산성의 조정된 계측 (Alejandro Nin Pratt, IFPRI) · 농업의 양분잉여의 축적효과 모델링: 양분수지산정의 동태적 접근 (Timo Kuosmanen, Aalto University, Finland)

일자	이동상황	방문기관	주요 사항
12월 15일(화)	파리 체류	OECD본부	· 바람직하지 않은 산출물하의 동태적 생태효율성 계측 (Alfons Oude Lansink, Wageningen Univ, Netherlands) · **M-L지수를 이용한 한국의 농업부문 EATFP 계측** **(김창길, 한국농촌경제연구원)** · 종합토론
			<제6세션> 라운드테이블 토론 - 향후 과제 **• 좌장** **- Paul Schreyer(Deputy Director, OECD)** · 종합요약 - Alison Burrell(Wangeningen) · 패널토론 - Bob Chambers (Univ. of Maryland) - Carl Obst(UNEP) - Sheng Yu(ABARES) · 종합결론 - Franck Jesus (OECD)
12월 16일(수) ~ 12월 17일(목)	파리 → 서울		· 회의결과 보고서 및 전문작성 · 귀국

OECD 농업부문 EATFP 전문가워크숍 결과보고

I. OECD 농업부문 EATFP 전문가워크숍 개요

○ 워크숍 명칭

- '환경적으로 조정된 농업 총요소생산성 계측과 결정요인' OECD 전문가워크숍 (OECD Expert Workshop on: Measuring Environmentally Adjusted Agricultural Total Factor Productivity and Its Determinants)

○ 워크숍 기간 및 장소

- 기간: 2015년 12월 14일 ~12월 15일
- 장소: OECD 본부 12 회의실

○ 국내 워크숍 참석자

- 한국농촌경제연구원 김창길 박사(JWPAE 의장)
- OECD 대표부 송남근 일등서기관

※ OECD 전문가 워크숍에는 생산경제학 분야 세계적인 대가인 미국 메릴랜드대의 Robert Chambers 교수 외 생산성 분석의 저명한 학자 11명, 오스트리아(2), 캐나다(1), 체코(1), 핀란드(2), 프랑스(3), 독일(1), 이스라엘(1), 한국(2), 폴란드(2), 포르투칼(1), 스웨덴(1), 영국(1), 미국(1), IFPRI(1), FAO(2), OECD는 Ken Ash 국장 외 10명 등 총 45명이 참석함.

○ 워크숍 추진 배경

- 기존의 총요소생산성에는 환경적 측면이 반영되지 않아 녹색성장의 진단에 한계에 있어 생산측면에서 환경에 대한 고려가 필요하여 환경적으로 조정된 총요소생산성(Total Factor Productivity, TFP) 계측에 관한 심층적인 논의를 위해 전문가 워크숍이 개최됨.
- 환경적 측면이 반영되지 않은 TFP는 잘못된 정책옵션을 제시하게 됨. 따라서 경제적 측면의 성장(growth)과 환경적 측면의 녹색(green)을 연계하는 환경적으로 조정된 총요소생산성(Environmentally Adjusted TFP, EATFP)의 계측이 필요함.

※ 총요소생산성(Total Factor Productivity, TFP)의 개념

- 대부분의 경우 생산성 측정을 위해 계측의 용이성으로 노동생산성 또는 자본생산

성 등 단일요소생산성이 이용됨. 단일요소생산성은 생산과정에서 발생하는 전반적인 효율성 향상을 측정하는데 한계가 있음.

- 총요소생산성은 자본과 노동 등 물적 생산요소 투입에 의해 설명되지 않는 생산부분을 의미함. TFP는 다요소생산성(Multi Factor Productivity, MFP)이라고도 지칭되며 한 국가 경제가 가지는 생산 활동의 효율성 및 생산성, 경제시스템의 질적 수준을 가늠하는 척도로 활용됨.
- 즉, [총요소생산성 성장률] = [경제성장률] -[α(노동투입성장률) + β(자본투입성장률)] 여기서, α와 β는 노동투입성장률 또는 자본투입성장률로 경제성장률에 기여한 정도를 나타내고, α+β를 총요소기여도라고 함.

○ EATFP의 계측에 있어서 도전 과제

- 현실적으로 EATFP를 계측하는데 도전 과제로는 환경재화와 서비스의 자료가 부족하고, 환경서비스의 어떻게 평가할 것인지, 환경재와 서비스의 시장가격이 없다는 점, 환경재와 서비스의 어떤 세트가 EATFP에 포함 될 수 있을 것인지, 여러 가지 상이한 접근 방법 등을 들 수 있음.
- 엄격한 TFP 추정에는 투입물과 산출물의 질과 자료의 이용가능성, 투입과 산출의 좋은 계측, 자료 접근도 등을 들 수 있음.

○ 전문가 워크숍 개최의 주요 목적

- 1990년 이후 이용 가능한 자료와 방법론에 대한 평가, OECD국가와 중국, 인도, 브라질 등 OECD 비회원국의 총계된 농업부문(aggregate agricultural sector)을 위한 TFP 계측
- 가능한 여러 국가의 농업부문의 EATFP 계측
- 성장회계접근법(Growth Accounting Approach, GAA)과 관련된 방법론에 대한 논의
- 워크숍을 통해 자료와 방법에 대한 명료성, 2016년 중반까지 몇몇 국가를 대상으로 TFP와 EATFP의 계측
- 미래 연구를 위한 단기, 중기, 장기 등 단계별 로드맵, 전문가 네트워크구축 등을 들 수 있음.

○ 워크숍의 세션 구성

- <제1 세션>에서는 총요소생산성 계측 관련 OECD접근과 EATFP 워크숍 개관에 대해 OECD 사무국의 설명이 이루어짐.
- <제2세션>에서는 자료의 이용가능성과 질, 생산요소의 계측에 대한 논의 세션으로 'SEEA 실험적 에코시스템 회계 프레임웍이 성장회계와 생산성분석에 어떻게 사용될 수 있는가?'와 'FAO의 자본스톡 DB를 생산성 분석에 어떻게 사용될 수 있는

가?', '농업의 생산요소로 자본: 계측과 자료', '국민계정의 시스템 내에서 농경지의 가치', 'TFP산정에 있어 토지 투입재의 계산방법 -인도사례, 캐나다농업을 위한 AAFC생산계정의 경영자노동의 계측과 가치 등의 주제발표와 토론이 이루어짐.

- <제 3세션>에서는 국가간 농업부문 총요소생산성 계측 관련 방법론과 접근방법에 대한 논의 세션으로 최대 수량중심의 지수 가격이 국가간 생산성 비교에서 이익을 주는가?, EU 28개국의 총요소생산성 계측 - 방법론적 및 자료의 도전 과제, 유럽농업의 총요소생산성 계측 접근방법 등의 주제발표와 토론이 이루어짐.
- <4세션>에서는 국가간 EATFP계측을 위한 성장회계접근의 접근가능성 평가 논의세션에서 환경적으로 조정된 다요소생산성: OECD와 G20국가를 위한 방법론과 경험적 결과, 부산물의 존재 하에 생산성 산정의 고찰. 농업의 녹색생산성-비판적 종합 등에 대한 주제발표와 토론이 이루어짐.
- <제5세션>에서는 농업 총요소생산성 계측에 있어서 환경적으로 관련된 산출물과 투입물에 대한 산정-자료와 방법론적 도전 과제를 논의하는 세션으로 국가간 EATFP 계측을 위한 양분수지접근, 농업생산의 부산물로 온실가스 배출 연계 농업 총요소생산성의 조정된 계측, 농업의 양분잉여의 축적효과 모델링: 양분수지산정의 동태적 접근, 바람직하지 않은 산출물하의 동태적 생태효율성 계측, M-L지수를 이용한 한국의 농업부문 EATFP 계측 등의 주제발표와 토론이 이루어짐.

Ⅱ. 주제발표 주요 내용 및 논의 결과

<제 1세션> 워크숍 배경: 워크숍의 목적의 기대효과

□ OECD 생산성 계측 - 개관

○ 배경

- 생산성은 계측은 오랫동안 다루어온 이슈이고 생산성은 경제성장과 관련하여 기술과 생산성에 대한 기본적인 논쟁을 가져와 정책적 관심이 높은 분야임. 미시적 수준에서 새로운 발견으로 경계상(frontier)의 기업(경제적으로 최적의 기업을 의미함)과 평균, 생산성과 녹색성장, 웰빙과 불평등 등의 이슈와 관련됨.

○ 다요소 생산성(MFP) 계측

- 산출물로는 재화와 서비스, 투입물로는 노동, 자본, MFP 등으로 구분됨. 산출물은 세부적으로 재화와 시장 서비스, 비시장 서비스로 나뉨.
- 시장의 재화와 시장 서비스는 농업의 가치화 이슈, 재무적 서비스, 외부효과와 결합

생산물, 질적 조정 등에도 불구하고 합리적으로 잘 계측됨. 그러나 비시장 서비스는 시장가격이 존재하지 않아 계측하는데 어려움이 있음.

- 투입물은 노동의 양과 질, 자본, MFP 등으로 나뉨. 노동의 양은 노동 시간으로, 농업부문은 무급가족종사자 등을 고려하여 측정해야 함. 노동 질의 경우 인적 자본과 기법(skill) 등이 있는데 측정하는데 어려움이 있음.
- 투입물은 자본과 MFP, 세부적으로 자본의 생산자본과 자연자산으로 나눌 수 있고, MFP는 지식 자본, 제도·사회적 자본, 에코시스템 등으로 나뉨. 통상적인 자본의 경우 잘 계측되나, 농업의 자연자산은 계측에 어려움이 따름.

○ **OECD의 생산성 계측의 주요 내용**

1) 생산성 측정 기반의 국민계정

- 생산성 기반의 국민계정은 "2015 OECD 생산성 지표 요약잡"에 제시되어 있음. 이 보고서에서 다룬 이슈는 경제성장의 주요 동인으로 생산성, 성장원천으로 노동, 자본, 다요소 생산성, 개별 산업의 역할, 생산성, 무역, 국제 경쟁력, 생산성 관련 트렌드와 사이클 등을 다룸.
- 지속적으로 업데이트 된 시리즈는 OECD 웹사이트의 통계분야에서 이용할 수 있음 (http://data.oecd.org)
- 이외에도 연간 및 분기별 계측, 노동 생산성 성장, 전체 경제와 산업, MFP 성장과 전체 경제 등을 다룸,

2) 분석 작업을 위한 생산성 계측 - 최근 예시

- 생산성의 미래(http://www.oecd.org/eco/the‐future-of-productivity.htm)
- 생산성과 환경정책의 엄격성, 생산성과 자연자원, 생산성과 유해산출물

○ **결론**

- 정책과 관련성이 높은 생산성, 여러 OECD 조치와 정기적인 계측
- 대부분이 총합경제(aggregate economy)와 관련되고 산업 수준의 연구는 적음
- 농업에 대한 몇 가지 새로운 도전 과제로 농업-환경 상호작용, 자연자산의 계측, 생산성 측정을 위한 기본적인 접근 방법

<제 2세션> 생산요소(자본, 토지, 노동)의 자료의 이용가능성과 질과 계측

○ 이 세션의 목적은 국가간 EATFP 계산에 포함되길 바라는 환경적으로 관련된 산출물과 투입물 자료의 선택과 활용가능성에 대해 논의함. 또한 UN의 SEEA 종합 시스템의 완성으로 해결이 가능한 데이터 이슈에 대해서도 논의함.

○ 당면 주요 과제

- 국가별로 어떤 데이터가 현재 활용 가능한가? SEEA가 완성되면 어떤 데이터 이슈가 해결될 수 있는가?
- 어느 범위에서 좀더 세분화된 지역적(disaggregated, regional) 데이터를 총계 분석(aggregated analysis)의 보완으로 사용할 수 있을 것인가?

□ 생산요소별 주요 의제

○ 자본

- 국제기구에서 발표한 자본에 대한 자료가 얼마나 신뢰할만한가?
- 농업 TFP의 국가간 측정에 있어 생산자본(produced-capital)을 평가하는데 무엇이 가장 적합한 접근방법인가? 관련된 “스톡(stock)” 변수로부터 자본 서비스의 “흐름(flow)”을 어떻게 도출할 것인가? 실질 자본 투입의 측정법을 어떻게 구축할 것인가?

○ 토지

- 농업 TFP의 국가간 측정에 있어 농지를 평가하는데 무엇이 가장 적합한 접근방법인가?
- TFP 추정에 있어 농지의 질적 차이를 반영하는 것이 바람직한가 그리고 실행가능한가? 만약 그렇다면 어떤 방법(예: 물량의 직접 조정, 질적으로 조정된 가격 구축)을 사용해야 하는가?

○ 노동

- 농업부문의 노동 자료 구축 현황은?
- 농업 노동생산성은 고용자 수 또는 시간당 노동을 기준으로 표현되어야 하는가?
- 미지불 가족노동을 포함한 노동투입은 어떻게 값으로 설정해야 하나?

○ 환경경제계정 시스템(System of Environmental-Economic Accounting, SEEA)- 에코시스템 계정과 성장계정의 연합: 에코시스템 서비스의 MFP와의 연계

- 환경자산의 일부로 에코시스템: 생물-물리적 환경의 양면적 관점에서 개별적 자원과 에코시스템 자산
- 에코시스템 계정 모형은 에코시스템 자산(산림, 습지, 연안지역, 농경지 등)을 통해 개인과 사회의 복지를 줌으로써 경제적 편익을 발생함. 경제적 편익 발생을 위해서는 인간의 투입물(노동, 생산된 자산 등)을 통한 에코시스템 서비스를 통해 이루어짐.
- 에코시스템과 비국민계정체계(non-SNA) 편익을 포함하는 계정의 시사점: 산출물, 소비, 소득 확대의 계측, 환경적 자산 증가의 잠재적 가치, 자본비용(감가상각) 등을 고려해야 함.

- 다요소생산성 계측을 위한 의미와 도전과제: 비재생가능한 자원의 제한적인 경우 물리적 흐름이 자본 서비스의 흐름을 대표함.
- 직접적인 농업부문의 투입재 사례: 관련된 에코시스템 서비스로는 물, 토양양분, 가축을 위한 초지, 수분(pollination) 등을 들 수 있음.
- 농업부문의 흡수 서비스(sink service) 사례: 강 시스템에서 잉여 질소와 인산의 흡수와 대기중 온실가스의 포착, 에코시스템 서비스는 OECD의 환경적으로 조정된 총요소생산성과 연계됨.
- 향후 추진과제로는 자연자본과 에코시스템 서비스 플로우에 확장된 성장회계의 수학을 좀더 고려해야 함. 또한 자료의 이용가능성과 특히 농가수준을 포함한 정교한 공간 수준의 자료에 대한 평가, 표준적인 자산회계의 가격과 수량을 분리와 일치하는 잠재적 비시장가치평가 접근방법에 대한 고려가 필요함.

○ **캐나다 농업의 AAFC 생산계정에 있어 농장주 노동력서비스의 계측과 가치화**

- 부정적 환경외부효과는 투입물의 이용과 생산물의 결합에 관한 농장주의 의사결정 산물임. 질소(N)와 인산(P) 및 탄소(C) 등과 같은 물질을 적게 배출하기 위해서는 농장주 노롱력 투입재의 변화를 요구함.
- 총요소생산성 성장에 대한 농장주 노동력의 기여는 N, P, C의 오염/배출 정책과 관련됨. 농장주와 지불되지 않는 가족노동의 대체적인 측정은 자료로부터 통찰에 따라 1961~2011년간 캐나다 농업을 AAFC 생산계정에 측면에서 제시함.
- 농장주의 노동력 계측에 있어서 농장주의 수는 단순하고 투명하고 관측 가능함. 1961~2011 캐나나 농업부문의 TFP 성장과 관련하여 농장주의 수를 기준으로 하는 경우 평균 1.6%, 연간 노동시간으로 하는 경우 1.9%로 추정됨. EATFP를 측정하는데 있어서 농장주의 수를 이용하는 것으로 충분함을 제시함.

○ TFP의 정의와 관련한 논의내용

- TFP는 주어진 가격에 투입물을 산출물로의 전환에 있어서의 효율성 측정을 의미함. 성장회계에 있어서 솔로우 잔차 프레임웍과 관련된 TFP는 잔차를 다룸. 즉, 주어진 투입량에 의해 생산될 수 있는 산출물의 변화를 의미함.
- TFP에 있어서 토지와 노동의 양과 질은 산출의 생산의 수준에 영향을 미침.

○ 토지와 자본 성장의 측정

- 생산함수의 이동을 이용하여 측정함. 조직과 제도의 변화, 사회적 태도의 변화, 수요의 변동, 생략된 변수, 측정 오류, 투입에 반영되지 않은 어떠한 기술 혁신 등을 들수 있음. TFP 오차는 토지와 노동의 성장을 수집하지 않음.

- 농업 실천과 관련하여 국가, 지역, 활동 사이의 농업 실천의 차이가 있으며, 토지와 노동 변수 사이의 양과 질의 영향을 줄 수 있음.
- 토지와 노동의 양과 질 모두 TFP 지수에 입력된 투입의 수준에 영향을 줄 수 있음. 생산함수의 이동에 영향을 줄 수 있는 투입성장 측정하기 위한 변수 도입이 필요함 (투입물 간의 상호 보완)

○ 질의 측정과 관련 지역, 활동, 분야 등에 따라 다름. 상향식 접근은 국가차원에서 세분화된 수준으로 측정함.

<세션 3> 국가간 농업 TFP 계산을 위한 방법론적 이슈와 접근법

○ 이 세션은 국가간 농업 TFP 계산을 위한 다양한 방법론적 이슈와 접근법에 대해 논의할 것임. 전체 경제에 대한 TFP 계산을 위해 OECD에서 도입한 성장회계 접근법의 적용 가능성에 대해서도 당연히 강조될 것임.

○ 토론의제
- 산출물과 투입물들의 총합을 구하기 위한 특정한 가중치부여 시스템(weighting system) 선택 (총투입물에 대한 관찰된 가격, 수입 또는 비용 비중) 특정 지수 방법 선택 (Fisher chain index, Törnqvist-Theil index, Malmquist productivity index, etc.?)
- 구매력 평가(purchasing power parity)를 위해 어떤 방법을 사용해야 하는가?
- 물량자료나 가격자료를 총합하는데 있어 일관성 보장을 위해 어떤 방법을 사용해야 하는가?

○ 농업 TFP 측정에 환경적으로 관련된 산출물과 투입물의 고려
- 농업생산에 대한 환경의 역할을 포함시키기 위해 관행적인 TFP를 조정하는 것은 결합 산출물 개념과 관련이 있음. 외부성(positive or negative)은 바람직한 산출물(desirable output) 생산에 연관된 바람직하지 않은 산출물((un)desirable output 또는 by-product)로 인식됨. 환경영향이 어떻게 고려되느냐에 따라 환경성과를 측정하는 문헌은 다음의 세 가지 일반적인 접근법으로 구분됨.
- 오염물 또는 환경 서비스를 추가적인 투입요소나 바람직한(또는 바람직하지 않은) 산출물 변수로 취급
- 생태효율성 프론티어 모형(eco-efficiency frontier model)은 생태효율성(또는 환경생산성) 측정을 위해 프론티어 구조를 이용하는 모형으로서, 산출물의 경제적 가치를 생산과정에서 수반되는 환경압박의 지표로 나눈 비율로 정의됨.
- 양분수지모형(nutrients balance-based model)은 오염물을 (투입에서의 양분과 산출

에서의 양분 간의 차이로 정의되는) 물질(양분) 수지로 간주하고, 이 수지를 최소화 시키도록 함.

<세션 4> 국가간 농업부문 EATFP 계측을 위한 성장회계 접근방법 응용의 타당성 평가

○ **환경적으로 조정된 다요소생산성: OECD와 G20국가를 위한 방법론과 결과**

- 환경적으로 조정된 다요소생산성은 OECD녹색성장 6개 주요지표(headline indicators) 가운데 하나임.
- 생산성 성장의 전통적인 계측은 다요소 투입요소를 고려하는 종합적 계측이나, 환경적으로 조정된 생산성 계측방법은 경제정책 결정에 있어서 환경적 사항이 고려될 수 있도록 하며, 보다 지속가능한 장기적 성장의 달성을 위한 통찰력과 녹색성장을 견인을 분석하는 출발점임.
- 전통적인 생산성 계측방식에서는 GDP의 성장에 초점을 맞추어 노동의 기여분에 생산된 자본의 기여분을 더하고 여기에 다요소생산성을 더하여 산출함. 확장된 방법론으로 GDP 성장에 바람직하지 않은 산출물(자연 자산의 기여분과 환경적으로 조정된 다요소 생산성)을 고려하는 방식을 들 수 있음.
- 즉, GDP성장 + 오염 감축의 조정 = 노동의 기여분 + 생산된 자본의 기여분 + 자연자본의 기여분 + 환경적으로 조정된 다요소생산성
- 환경적으로 조정된 다요소생산성은 보다 정확한 경제적 성과를 평가하는 지표임.

○ **부산물이 존재하는 경우 농업생산성 산정의 고찰**

- 1960년 이후로 공식적인 미국 농업의 총요소생산성 계측과 관련한 다양한 연구가 이루어짐.
- 투입물 거리함수, 비용함수, 이윤함수 등을 이용하여 총요소생산성 계측이 가능함. 투입물 거리함수는 주어진 산출물을 생산하기 위해 frontier 대비 투입 물을 감소시킬 수 있는 잠재량을 지표(혹은 절대량)로 보여주는 모델임.

<세션 5> 농업부문 TFP 측정에 있어서 환경적으로 관련된 산출물과 투입물의 산정 -자료와 방법론적 과제

○ 이 세션의 주요 목적은 국가간 EATFP의 측정에 있어서 포함되게 될 환경과 관련된 투입재와 산출물의 자료의 선택과 이용가능성에 대한 논의와 OECD 회원국의 노업부문에서 경제와 환경의 상충관계를 분석과 효율성 분석을 다루는 문헌에서 사용되어 온 양분수지 접근방법의 몇가지 방법론적 이슈에 대한 논의를 목적으로 함.

○ **환경적 효율성과 생산성: 물질수지 접근**

- 효율성 수준과 생산성 변화 계측에 있어 생산성 지수 등 여러 가지 방법이 적용되고 있음. 이들 분야의 계측이 제대로 이루어지기 위해서는 환경오염이 통상적인 접근 방법에서 포함되도록 해야함. 경계 프렘임웍(frontier framework)이 널리 활용되고 있음.
- 오염은 투입재이나 비용이 수반되며 환경효율성 계측에 있어 바람직하지 않은 산출물로 고려됨. 생태효율성 계측에 있어서 오염은 환경부하 요인으로 작용하므로 산출물 가치를 증가시키는 경우 환경부하를 줄이는 방안 모색이 필요함. 환경부하의 요소로 축산부분의 양분수지를 이용함.
- 농업생산은 부산물로 잉여양분과 온실가스 등 바람직하지 않은 산출물을 배출함. 이들은 물질로 일컬어지며 질소와 인산, 탄소 등으로 계측될 수 있음. 하지만 이들 물질은 실제적인 요염보다는 질소와 인산의 배출에 따른 부영양화(eutrophication)와 같은 잠재적 오염 요소임.
- 기술적 효율성 계측을 위해서는 맘퀴스트 생산성 지수를 활용함. 환경적 생산성은 참조기술(reference technology)과 연계된 맘퀴스트 총요생산성 지수를 이용함.
- 기술변화(technical change, TC)는 생산경계의 이동을 의미하며 기술적 효율성 변화(technical efficiency change, TEC)는 투입지향적 기술적 효율성(input-orienctedtechnical efficiency, ITE) 수준에 있어서 변화를 의미함. 요소 기반 배분석 효율성 변화(material-based allocative efficiency change, MAEC)는 MAC의 수준의 변화를 계측함. MAEC는 재료를 기준으로 투입재 결합의 변화를 설명하는 한편 TC와 TEC는 기술의 효과와 및 효율성 변화를 다룸.
- 1992~2008년까지 32개 OECD회원국의 양분수지(질소와 인 수지, 아산화질소와 탄소의 온실가스) 자료를 이용하여 환경적 효율성을 계측함. ITE의 평균치는 0.7694로 OECD농업의 평균치로 현행 산출물을 23.04%의 투입물을 적에 들이고도 생산할 수 있음. 물질수지 측면에서 MAE 점수는 0.4743으로 가축, 비료, 사료, 종자 및 에너지의 결합을 조정한다면 총물질수지를 52.57%까지 줄일 수 있다는 의미임. 총물질효율성 점수는 0.3749로 OECD농업은 질소, 인산, 탄소 등의 투입물을 63.5 % 적게 투입하고도 현행 수준의 투입을 생산할 수 있다는 의미임.
- 관련분야의 자료를 이용하여 실제적인 오염을 추적할 수는 없지만 잠재적 오염에 대해서는 살펴볼 수 있음. 여러 가지 주변의 물리적 환경이 실제적 오염을 결정함. 방법론 측면에서 한계점으로는 총합 투입재 자료와 물질수지 자료의 문제, 방법론상 규모의 수익불변(constant return to scale) 가정과 맘퀴스트 지수의 문제 등을 들 수 있음.
- OECD국가들의 경우 기술효율성 개선(물리적 투입재의 감소) 또는 물질을 포함하는 투입재(material-containing inputs)의 결합을 변화시킴에 의해 물질 기반 환경적

효율성을 개선할 수 있는 강력한 잠재성을 가짐. 물질 효율성의 개선을 통해 질소와 인산이 물, 공기와 토지 등으로 들어가 잠재적으로 오염될 수 있는 힘을 줄 일수 있음.

- OECD회원국의 환경적 총요소생산성 성장은 관행적 총요소생산성 성장보다 적은 것으로 분석됨. 투입재의 결합을 변화시킴에 의해 OECD회원국의 환경적 생산성 성과를 개선시킬 수 있음을 시사함.

<세션 6> 양분수지 및 기타 비가격접근법(non-price based approach)에 대한 평가

○ 이 세션은 DEA, Stochastic frontier analysis(SFA), stochastic semi-nonparametric envelopment of data, 양분수지 접근법 등과 같은 문헌에서 사용된 비가격 접근법에 대해 논의함.

- 국가간 실증연구에서 상대적으로 최근에 개발된 양분수지접근법은 환경경제학의 관심을 끌어왔음.

○ 주요 당면 과제

- 물질수지 원칙이 농업의 EATFP 계산을 위한 필요조건인가?
- 만약 그렇다면, 다양한 물질(양분)의 환경영향에 관한 자료의 결측 문제는 어떻게 해결할 것인가? 만약 이러한 자료가 존재하지 않는다면 시간에 따라 경제부문에 걸쳐 각 물질(N, P, and C)의 상대적 오염 효과는 상수(constant)라는 가정이 얼마나 현실적인가?
- 양분수지의 스톡(stock)과 흐름(flow)을 어떻게 측정할 것인가? 시차적 영향 대 정적 영향? 동태적 양분수지 모형이 얼마나 더 명확한 결론을 제공하는가 그리고 몇몇 국가간에 동태적 모형 적용이 얼마나 실행가능한가?

○ 농업생산의 부산물로 온실가스 배출과 연계한 농업총요소생산성의 조정된 계측

- 오염은 투입물 측면에서 물리적 법측과 생산이론의 표준적 공리와 일치하지 않고 또한 바람직하지 산출물 측면에서 여러 학자들이 비판해온 산출물의 약처분성 가정 등으로 인해 생산성 분석에서 오염을 다루는 새로운 모형이 필요함.
- 부산물생산 기술은 의도된 생산기술과 오염 발생 기술의 교집합이고 바람직하지 않은 산출물과 오염발생 투입물의 비용 처분성 가정 등 몇 가지 가정에 의해 여타 접근방법의 문제점 극복이 가능함.
- 총요소생산성 계측을 위해 FAO의 온실가스 배출량(IPCC의 Tier 1 방식 적용)자료와 온실가스로는 아산화질소(N_2O)와 메탄(CH_4)을 이용함.
- 2001~2012년 세계 농업부문 온실가스 배출량의 38%는 경종부문(벼재배, 화학비료

사용, 에너지이용, 작물잔존물 이용, 부산물 소각 등으로부터 발생하고, 나모지 62%는 축산부문(장 발효, 목초지 가축분뇨, 가축분뇨 처리 등)으로부터 배출됨.

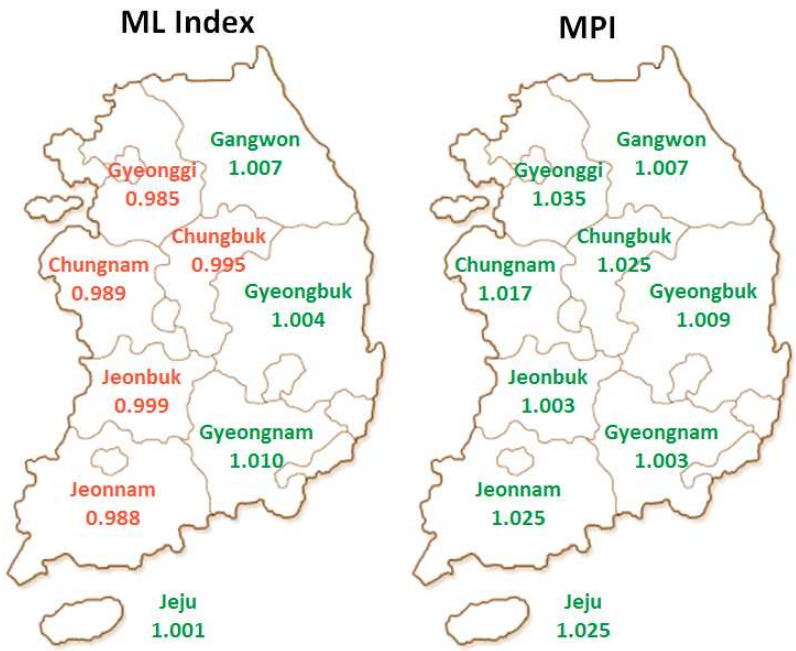
- 총요소생산성(1981=1)은 지속적으로 증가하였는데, 효율성은 완만 또는 미약한 증가세이나, 기술변화가 상당히 증가하여 총요소생산성 증가를 유인함.
- 이 연구는 성장계정 TFP지수에 기술적 및 환경적 효율성을 계측하는 부산물 DEA 접근방법을 통합함. 부산물 방법은 산출물을 의도된 산출물과 오염물로 나누고, 투입물은 오염투입물과 비오염투입물로 나누어 접근함.
- 글로벌농업생산과 온실가스 배출의 응용은 기술변화에 이루어진 빠른 산출물 성장은 지난 30년동안 산출물 단위당 온실가스 배출을 상당히 줄여 왔음. 그러나 온실가스 배출은 개도국에서 오염 투입물의 사용이 증가하고 환경적 효율성이 감소하기 때문에 지속적으로 증가할 것임.

○ **한국 농업부문의 맘퀴스트-루엔버거 생산성지수를 이용한 환경적으로 조정된 총요소생산성 계측**

- 전통적인 총요소생산성 계측은 부산물로 온실가스 배출과 같은 유해산출물이 미치는 영향을 무시함. 맘퀴스트-루엔버거 생산성지수를 이용하여 환경적으로 조정된 총요소생산성 계측은 환경적인 측면의 유해산출물(농업부문의 온실가스 배출량)의 영향을 반영하여 계측이 가능함.
- 1993~2011년간 한국농업의 총생산 추세를 보면 연간 －0.98%로 나타남. 동기간 온실가스 배출량 추세를 보면 －0.71%(경종부문 －1.7%, 축산부문 0.95%)로 나타남. 그러나 동기간중에 농가당 온실가스 배출량 추세는 1.15%로 타부문의 성장률보다 높은 것으로 추정됨. 즉, 온실가스 배출량은 －0.71%로 상대적으로 감소추세가 총생산(－0.98%)보다 낮은 것으로 나타남.
- 맘퀴스트-루엔버거(ML) 생산성지수는 방향성 거리함수에 기초를 두고 있고, 바람직하지 않은 산출물의 감소와 바람직한 산출의 확대를 인정함. 즉, 바람직한 산출물과 바람직하지 하지 않은 산출물(환경적으로 유해 산출물)등 다중 산출물의 생산성 분석이 가능함. ML생산성 지수는 효율성변화와 기술변화로 분해될 수 있음.
- 1993~2011년간 도별 패널자료를 이용하고, 바람직한 산출물(통계청의 총생산), 바람직하지 않은 산출물(유해산출물)로 농업부문 온실가스 배출량(경종 및 축산부문), 투입재로는 재료비(종자비, 사료비, 비료비, 농약비 등), 노력비, 기타비용(감가상각, 연료, 전력비 등)의 자료를 이용
- ML생산성지수는 매년 0.2%씩 감소한 것으로 나타남. 평균 ML생산성은 0.997<1보다 적고, 효율성변화 EC=1, 평균 기술변화 TC = 0.998<1로 추정됨. 1993~2011년의 누적적 ML생산성의 변동은 기술변화 변동 패턴과 유사함. 즉, 기술변화가 ML생산성 변동에 영향을 미쳤음을 시사함.

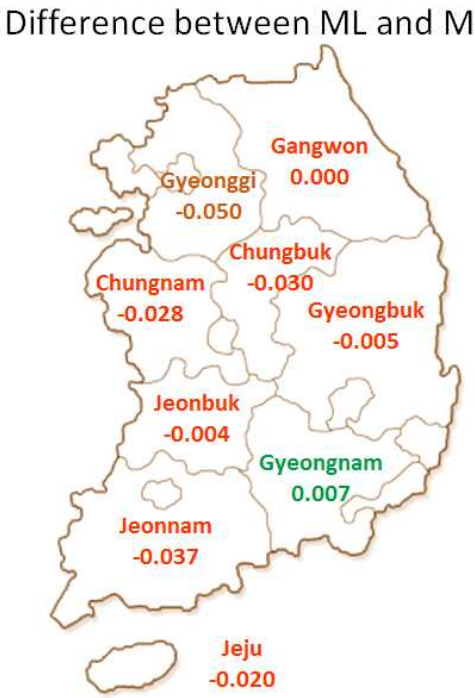
- 시기별 특성을 보면 아래와 같음
  • 1993~‘98은 ML(0.998) < MPI(1.040)으로 TP↑, 온실가스 배출↑
  • 1998~‘03은 ML(1.005) < MPI(1.018)으로 TP 변동, 온실가스 배출↓
  • 2003~‘08은 ML(1.015) < MPI(0.090)으로 TP↑, 온실가스 배출↓
  • 2008~‘11은 ML(1.015) < MPI(0.990)으로 TP↓, 온실가스 배출↑
- 전통적인 생산성지수(맘퀴스트지수, MPI)와 환경적으로 조정된 생산성지수(ML)간의 관계가 지역별로 다르게 나타남. 생산성지수는 모든 9개 도에서 전역에서 MPI>1로 나타남. 환경적으로 조정된 ML지수의 경우 강원, 경북, 경남, 제주 등 4개도에서 1보다 큰 것으로 나타남.

<도별 총요소생산성(MPI)과 환경적으로 조정된 총요소생산성(ML) 현황>

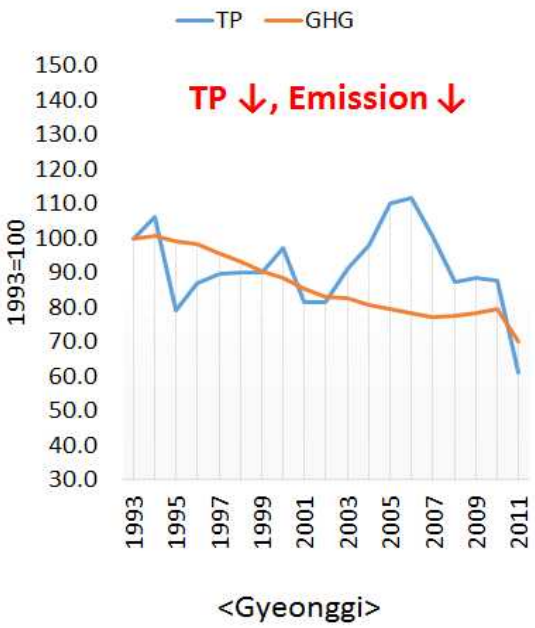


○ 도별 환경적으로 총요소생산성(MPL)과 환경적으로 조정된 총요소생산성(ML)의 차리를 보면 경남지역이 온실가스배출을 고려할 때 총요소생산성이 증가한 것으로 나타났고, 경기도가 총요소생산성에 온실가스 배출량이 큰 영향을 미치는 것으로 분석됨.

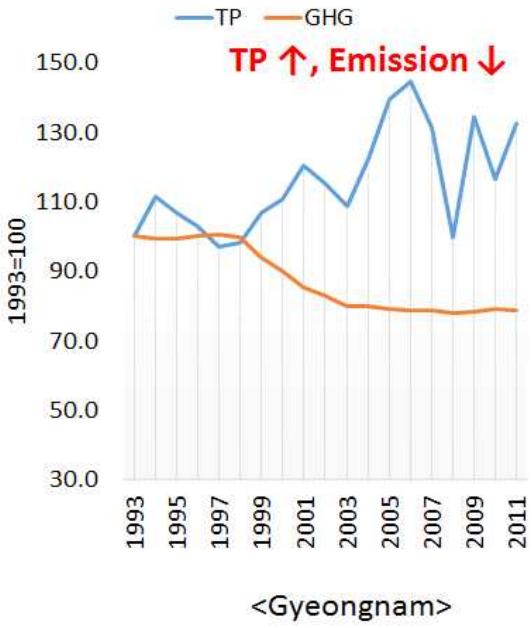
<도별 MPI와 ML간의 차이 비교>



<경기도와 경남의 TP와 온실가스 배출량 비교>



<Gyeonggi>



<Gyeongnam>

○ ML 지수의 유리점

- 전통적인 생산성 계측(맘퀴스트 생산성지수) 방법에서는 환경 오염과 같은 바람직하지 않은 유해산출물(bad output)을 고려하지 않는 반면 ML지수는 바람직한 산출물 뿐만아니라 바람직하지 않은 산출물도 동시에 고려할 수 있음. 또한 사전에 기술에 대한 함수 형태를 필요로 하는(모수적 접근방법) 것이 아닌 비모수적 경계기술(non-parametric frontier technologies)을 이용하는 유리성을 가짐.

○ EATFP의 계측의 시사점

- ML 생산성지수는 녹색성장의 대체적 계측 수단으로 활용 가능함. 기술변화가 ML 생산성 증가의 대부분의 원천이었으며, 바람직하지 않은 유해 산출물을 무시하는 경우 연간 생산성 성장을 과대 추정하는 것으로 나타남. 한국의 경우 평균 연간 ML생산성은 도별로 상당한 차이가 있는 것으로 분석됨.
- 현재 환경적으로 조정된 총요소생산성 계측에서는 유해산출물 측면만 고려하고 있으나 에코시스템 서비스와 같은 유익한 산출물에 대한 고려도 필요하며 향후 연궁서는 환경적 투입과 산출에 관한 자료를 보완하여 EATFP에 관한 보다 체계적인 연구가 이루어져야 할 것임.

※ 맘퀴스트 생산성 지수(Malmquist Productivity Index, MPI)

- 생산성의 측정에는 함수적 접근법, 비율분석법 등 다양한 분석방법이 사용됨. 자료포락분석(Data Envelopment Anaklysis, DEA) 모형에 기초한 '맘퀴스트 생산성 지수'는 스웨덴의 경제학자 맘퀴스트(S. Malmquist)가 제시한 후, 거리함수에 기반하여 Cave, Christensen, Diewert(1982)가 발전시킨 이후 여러 학자들에 의해 생산성 지수를 분해함으로써 생산성 변화 요인을 분석하는데 유용한 측정도구로 활용되고 있음.
- 맘퀴스트 생산성 지수는 공통의 기술에 대하여 서로 다른 시점의 각 자료점(data point)의 거리를 통해 비율을 계산하여, 생산성의 시계열적 변화를 제시함. 또한 생산성의 시계열적 비교 후, 변화의 원인을 기술적 효율성(technical efficiency)과 기술의 변화(technical change)로 분해하고 기술적 효율성은 다시 순수 기술적효율성의 변화, 규모효율성의 변화로 분해하여 정의함으로써 생산성 변화의 요인을 구체적으로 파악함.
- 규모효율성(scale efficiency)은 조직의 규모가 최적규모 상태인지를 보는 것이고, 사회적 관점에서 최적의 생산 규모는 '규모에 대한 보수불변(constant returns to scale)'인 상태로서 규모효율성이 최대값인 '1'일 때을 나타냄. 순수 기술적효율성(pure technical efficiency)은 기술적 효율성에서 규모효율성의 효과를 제거한 것으로 정의됨.
- 맘퀴스트 생산성 지수는 생산성에 있어 TFP 측면에서 분석할 수 있음. 총요소생산성이란 총생산요소의 투입량에 대한 산출량의 비율을 의미하는 것으로 이와 대조되는 것으로 부분요소생산성(partial productivity)이 있음. 부분요소생산성은 다른 생산요소가 고정되어 있을 때 일정 생산요소의 투입량 변화가 가져오는 산출량의 비율로 측정함.

Ⅲ. 워크숍 종합 및 시사점

<워크숍의 종합>

○ 전통적인 TFP 계측과 관련하여 자료의 이용가능성, 신뢰성, 응용성 등에 대한 논의가 이루어졌고, 방법론적인 측면에서 지수의 선택, 총계된 수준의 TFP의 정당성, 투입재의 질적 조정 등에 대한 논의가 심층적으로 이루어짐.

- 생산성 계측과 관련하여 이질성이 크고, 자료가 누락되거나 국가와 통계 제공자간의 조정이 잘 이루어지지 않는 문제가 있음. 국가간 TFP 비교를 위한 선결과제로 자료의 정의와 계측에 대한 표준화가 요구됨.
- 방법론적인 측면에서 아무런 문제가 없는 방법론은 있을 수 없으며, 양을 기초로 한 지수접근법은 암묵적 가격(implicit prices)에 따라 하므로 최상의 지수방식(superlative index approaches)이 선호됨.
- 경쟁적 방법론의 경험적 비교가 유용하며, GAA가 최선의 선택에 대한 구체적인 논의는 이루어지지 않았음.
- 투입재의 질적 조정을 어떻게 할 것인지에 대해서는 분명하게 합의가 도출되었으나, 다만 명확한 예시를 제시하는데 어려움이 있음.

○ 환경적으로 조정된 TFP

- 국가간의 농업부문 EATFP 산정을 위해 GAA적용의 타당성에 대한 논의가 이루어졌으며, 실용적 접근법과 이론에 합치하는 방법론 간에는 차이가 있음. 물질수지접근법은 나름대로 의미가 있으며, 생산 측면에서 환경성을 고려하는 경험적 연구는 다양함.
- 농업부문 EATFP 계측에 있어서 GAA의 적용의 타당성과 관련하여 국가수준의 OECD 접근법은 양립되며, 파라미터 추정에서 상당히 장기간의 시계열이 필요하지 않은 장점을 지니고 있음. 한편 비시장 산출물 또는 투입물을 포함하는 모든 산출물과 투입물의 수량과 가격에 관한 자료를 필요로 하는 점, 잠재가격이 개인적 또는 사회적 가격을 제대로 반영하는데 어려움이 있다는 단점을 가지고 있음.
- 실용적 접근법과 이론에 일치하는 방법론과 관련하여 투입물 또는 산출물로 환경오염 배출을 다루는 것은 이론적으로 타당성하지 않은 것으로 보이며, 생산 유발 기술과 오염유발 기술 등 두 가지 기술을 명확하게 식별할 필요가 있음. 또한 부산물이 늘 산출비용을 줄이지는 않는 다는 점과 가격이 있는 산출물과 투입물을 위한 규모수익불변(CRS)의 가정은 타당하지 않다는 점, 또한 생산성 계측과 관련하여 보다 타당성을 가지기 위해서는 이론적 내적 합치성이 필요로 함.
- EATFP 계측에 있어서 물질수지접근법은 흥미가 있고 실제로 시사하는 바가 큼. 다만 정태적 또는 동태적 물질수지접근 가운데 어떤 방식이 TFP 계측 측면에[서 바람직한 것인지에 대해서는 아직 명확하지 않음.

<워크숍의 시사점>

○ 농업생산성은 농가소득, 인류건강과 삶 및 환경 질과 같은 웰빙의 핵심적 특성과 밀접하게 연관되어 있어 OECD의 폭넓은 웰빙 기조와 연결되어 있고, 이 분야의 논의는 OECD 생산성 네트워크 발전에 기여할 것임.

○ 기후변화에 따른 식량생산 여건이 악화되는 상황에서 전지구적 식량수요 증가와 자연자원에 대한 압박에 대항하여, 지속가능한 방식으로 농업생산성을 증가시키는 것은 많은 국가에서 우선순위가 높은 정책임. 이런 측면에서 자연으로부터의 바람직하지 않은 산출물과 비시장 투입물을 고려하는 방식으로 계산되는 생산성 계측은 중요한 통찰을 제공함. 즉, 전통적인 생산성 계측 방법은 주로 시장거래에서 발생하는 투입과 산출로만 이루어지고 생산과정에서의 환경의 역할(환경부하)은 고려되지 않음. 이러한 간과는 생산성 계측에 있어서 시스템적 편의의 원인이 될 수 있으며 결과의 해석의 오류와 잘못된 정책 결론에 이를 수 있음.

○ 이중 몇몇 문제는 산출과 환경적 투입 또는 배출의 전개 과정을 동시에 추적함으로써 해결할 수 있음. 예를 들어, 배출 생산성(emission productivity), 에너지 생산성, 물 생산성, 양분 집약도 등과 같은 환경효율성 및 농업 산출의 자연자원 생산성에 관한 여러 가지 부분적 생산성 지표(partial productivity indicator)를 이용하여 경제성장에서 생산에 대한 투입을 디커플링하여 흐름을 추적하는 방식으로 이루어짐. 그러나 이러한 부분적 환경연관 생산성 측정방식은 전통적인 부분생산성 지수와 비슷한 단점을 갖고 있음:

○ 국가간 농업 EATFP 측정 작업은 비시장 투입과 산출을 포함하도록 하는 이론적 정교함과 함께 적절한 지리적 규모의 환경적 투입과 산출에 관한 자료의 부족, 생산에서의 환경적 투입요소 사용과 관련 비용, 재화와 서비스의 시장가격의 부재 등으로 여전히 도전과제임. 여러 실증연구를 보면 농업부문의 전통적 TFP 추정에서 부정적 외부성을 포함시키기 위해 노력해왔으나, 대부분의 연구는 주로 특정국가를 대상으로 오직 부정적 외부성만을 접목한 것임.

○ 환경적으로 조정된 총요소생산성은 OECD의 6개 녹색성장 핵심지표 가운데 하나이며, 특히 총계된 농업부문의 녹색성장 진전도를 평가를 위해 제안된 지표 가운데 하나이므로 향후 이 분야에 대한 실증적 체계적인 연구가 필요한 것으로 판단됨.

○ 환경적으로 조정된 총요소생산성(EATFP)에 대한 국가간 실증연구가 부족한 상황에서 이번 OECD 워크숍 논의를 통해 향후 체계적인 연구를 위한 로드맵을 통해 향후 이 분야에 체계적 전략적 대응에 적절한 방향이 제시되도록 해야 할 것임. 2016년 4월에 개최되는 제41차 JWPAE회의에서 EATFP의 향후 추진방향과 관련하여 이번 워크숍에서 논의된 결과가 잘 제시되어 회원국의 공감대를 얻도록 해야 할 것임.

<OECD 전문가 워크숍 발표자료>

OECD Expert Workshop on Measuring EATFP and Its Determinants (14-15 December 2105)

Measurement of Environmentally Adjusted Agricultural Total Factor Productivity Using the Malmquist-Luenberger Productivity Index in Korea

Kim, Chang-Gil
Korea Rural Economic Institute
changgil@krei.re.kr

Taeyoung Kim
Dept. Food & Resource Economics
Gyeongsang National Univ.
Taeyoug.kim@gnu.ac.kr

KREI 한국농촌경제연구원 Korea Rural Economic Institute

Outline

I. *Introduction*
II. *Historical trends of agricultural production and GHG emissions in Korea*
III. *Malmquist productivity index (MPI)*
IV. *Malmquist-Luenberger (ML) productivity index*
V. *Data*
VI. *Results of ML index in Korean agriculture*
VII. *Concluding remarks*

I. Introduction

- An environmentally sustainable economic growth in agriculture can be conceptualized as trying to achieve improvements in agricultural productivity and reduction of greenhouse gas (GHG) emissions through the adoption of green technologies.
- Traditional (conventional) methods to evaluate the productivity performance often neglect the influence of by-products of the undesirable outputs, such as GHG emissions.

I. Introduction – cont.

- Traditional productivity measures can lead to a bias in evaluating the real productivity performances when taking environmental impacts into account.
- It is necessary to employ an environmentally adjusted total factor productivity (EATFP) indicator as an alternative measure of agricultural productivity growth.
- OECD suggested the EATFP as one of the key indicators for monitoring progress of green growth in agriculture.

  ※ Green Growth is an approach to pursuing both economic growth and ecological sustainability and moving toward a low carbon-green growth economy.

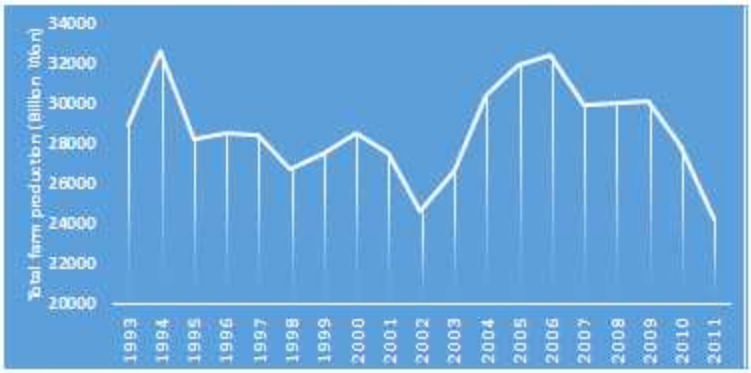
I. Introduction – cont.

- Objective

To apply a Malmquist-Luenberger (ML) productivity index as a measure of environmentally adjusted productivity index in agricultural sector by taking into account both desirable (agricultural productivity) and undesirable outputs (agricultural GHG emissions) together as opposed to conventional measures considered only desirable output.

II. Historical trends

Trends of Total Production in Korean Agriculture: 1993-2011

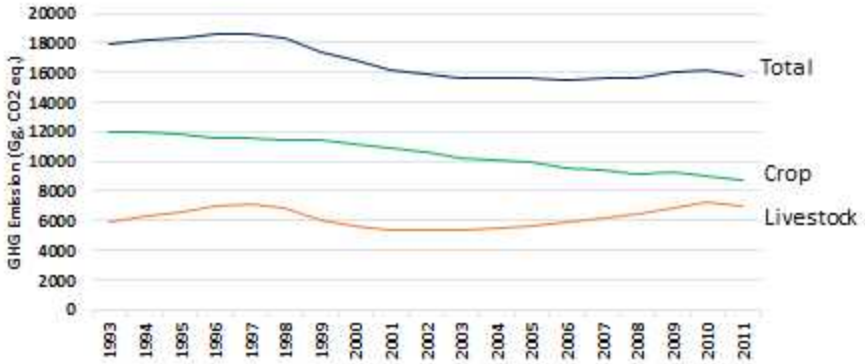


Source: KOSIS in 2015

- **Annual Growth rate: -0.98%**

II. Historical trends – cont.

Trends of GHG emission in Korean Agriculture: 1993-2011



Source: Own calculation based on Tier I.

- **Annual Growth rate: Crop -1.7%, Livestock 0.95%, Total -0.71%**

7
December 28, 2015

II. Historical trends – cont.

Trends of GHG emission per farm household: 1993-2011

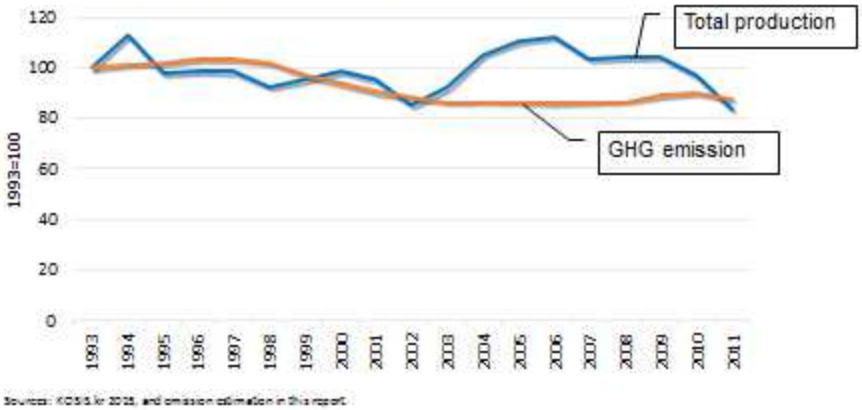
Source: Own calculation based on Tier I.

- **Annual Growth rate: 1.15%**

8
December 28, 2015

II. Historical trends – cont.

Trends in Total GHG Emissions & Total production: 1993-2011 (1993=100)



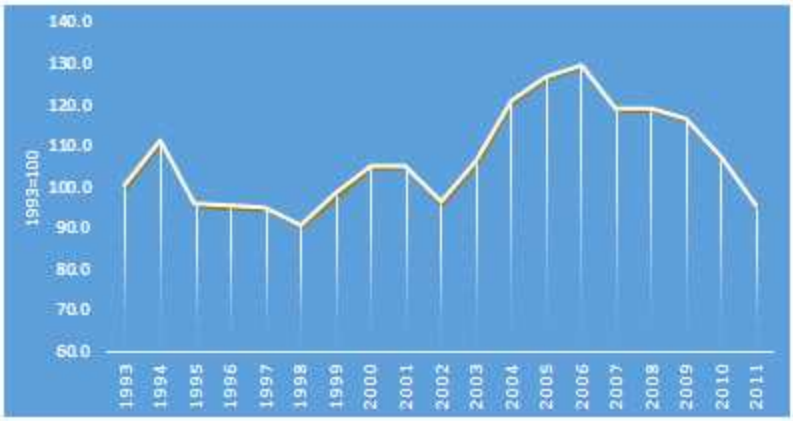
Sources: KOSIS for 2013, and emission estimation in this report

- **Annual Growth rate of TP and total GHG emission**
  TP: -0.98%, GHG emission: -0.71%

II. Historical trends – cont.

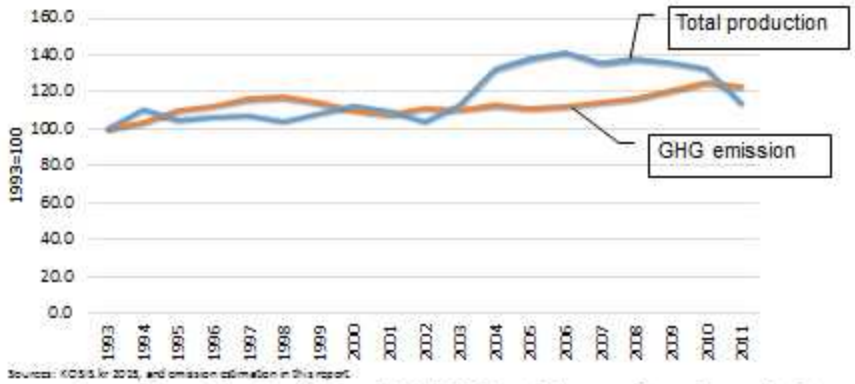
Carbon Productivity (McKinsey Global Institute, 2008):

$$\text{Carbon Productivity} = \frac{\text{Total agricultural production}}{\text{Level of emissions } (CO_2 \text{ eq.})}$$



II. Historical trends – cont.

Trends in GHG Emissions & Total production per farm household: 1993-2011 (1993=100)

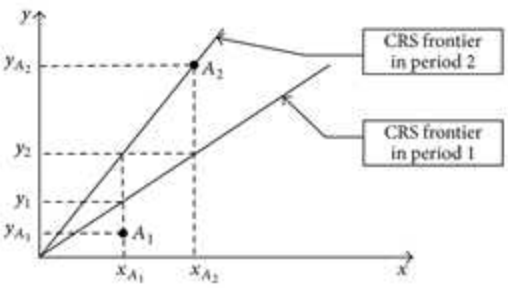


- **Annual Growth rate of TP and total GHG emission per farm household**
  TP: 0.71%, GHG emission: 1.53%

III. Malmquist Productivity Index (MPI)

- **Malmquist Productivity index makes use of distance functions to measure productivity change (Caves, Christensen and Diewert, 1982).**

<Output-orientated Malmquist productivity Index (MPI)>



Based on average change in production for two periods given technology frontier

$$M_0^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} = \frac{y_{A_2}/y_2}{y_{A_1}/y_1}, \qquad M_0^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} = \frac{y_{A_2}/y_{A_2}}{y_{A_1}/y_2}$$

III. MPI – cont.

MPI is defined as the geometric mean of the two:

$$M_O = \left[\frac{D_O^t(x^{t+1},y^{t+1})}{D_O^t(x^t,y^t)} \cdot \frac{D_O^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})}{D_O^{t+1}(x^t,y^t)}\right]^{\frac{1}{2}} = \underbrace{\left[\frac{D_O^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})}{D_O^t(x^t,y^t)}\right]}_{Efficiency\ Change} \cdot \underbrace{\left[\frac{D_O^t(x^t,y^t)}{D_O^{t+1}(x^t,y^t)} \cdot \frac{D_O^t(x^{t+1},y^{t+1})}{D_O^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})}\right]^{\frac{1}{2}}}_{Technical\ Change}$$

- **Efficiency change implies**
  change in relative efficiency (i.e., the change in how far observed production is from maximum potential production) between years t and t + 1
- **Technical change implies**
  shift in technology between the two periods

IV. Malmquist-Luenberger(ML) Productivity Index

- ***Malmquist-Luenberger productivity index introduced by*** Chung, Färe, and Grosskopf (1997), Färe, Grosskopf, and Pasurka (2001)
  - Nonparametric approach based on directional distance function

$$\vec{D}_0^t(x^t,y^t,b^t;g_y,-g_b) = \sup\{\beta \mid (y^t+\beta g_y, b^t-\beta g_b) \in P(x^t)\},$$

where $g=(g_y, -g_b)$ is a direction vector, δ is the maximum feasible expansion of goods and reduction of bads at the same proportions for a given level of inputs, and the goods and bads are asymmetric

  - Credits a producer for <u>**simultaneously reducing the production of the undesirable output and increasing the production of the desirable output**</u>

14
December 28, 2015

IV. ML Productivity Index – cont.

- **ML Productivity Index**

  the geometric mean of the two

  Technology of period 1 Technology of period 2

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{\left(1+\vec{D}^t(y^t,b^t;g_y,-g_b)\right)}{\left(1+\vec{D}^t(y^{t+1},b^{t+1};g_y,-g_b)\right)} \cdot \frac{\left(1+\vec{D}^{t+1}(y^t,b^t;g_y,-g_b)\right)}{\left(1+\vec{D}^{t+1}(y^{t+1},b^{t+1};g_y,-g_b)\right)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{\left(1+\vec{D}^t(y^t,b^t;g_y,-g_b)\right)}{\left(1+\vec{D}^{t+1}(y^{t+1},b^{t+1};g_y,-g_b)\right)}\right]\left[\frac{\left(1+\vec{D}^{t+1}(y^t,b^t;g_y,-g_b)\right)}{\left(1+\vec{D}^t(y^t,b^t;g_y,-g_b)\right)} \cdot \frac{\left(1+\vec{D}^{t+1}(y^{t+1},b^{t+1};g_y,-g_b)\right)}{\left(1+\vec{D}^t(y^{t+1},b^{t+1};g_y,-g_b)\right)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

Efficiency change

The ratio of how each observation is close to its respective frontier in terms of proportional increase in goods and decrease in bads.

Technical change

The geometric mean of the change in the production possibilities frontier.

15
December 28, 2015

IV. ML Productivity Index – cont.

- Efficiency change(EC):
  - EC = 1 indicates a producer is at the same distance from the frontier between the period t and t+1 (i.e. no change in output efficiency between the two periods)
  - EC > 1 indicates a producer becomes closer to the frontier in period t+1 than period t (i.e. an improvement in output efficiency over time).
  - EC < 1 indicates a producer becomes further from the frontier in period t+1 than period t (i.e. a decrease in output efficiency over time).

- Technology change(TC):
  - TC = 1 indicates there is no shift in production possibilities frontier
  - TC > 1 indicates the production possibility frontier shifts into more goods and fewer bads.
  - TC < 1 indicates the production possibilities frontier shifts into the direction of fewer goods and more bads.

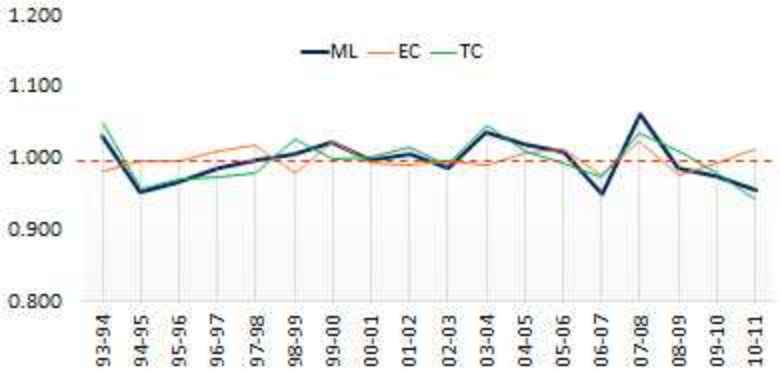
16
December 28, 2015

V. Data

- 1993-2011, province level
- Desirable output (goods): Total production obtained from KOSIS.kr
- Undesirable output (bads): Agricultural GHG emission from rice, soil, crop residue, livestock and manure management calculated based on Tier I.
- Inputs: Material costs (such as seed, feed, fertilizer, pesticide, etc), Labor cost, and other costs (such as depreciation, fuels and Electricity costs, etc.), obtained from KOSIS.kr

17
December 28, 2015

VI. Results of ML index in Korean agriculture



- ML productivity had been decreased by 0.2% per year.
- Average ML productivity = 0.997 < 1, Average EC = 1, Average TC = 0.998 < 1
- The fluctuation of cumulative ML productivity follows similar patterns of technical change(TC) during the 1993–2011 periods. This implies that TC makes ML productivity fluctuate.

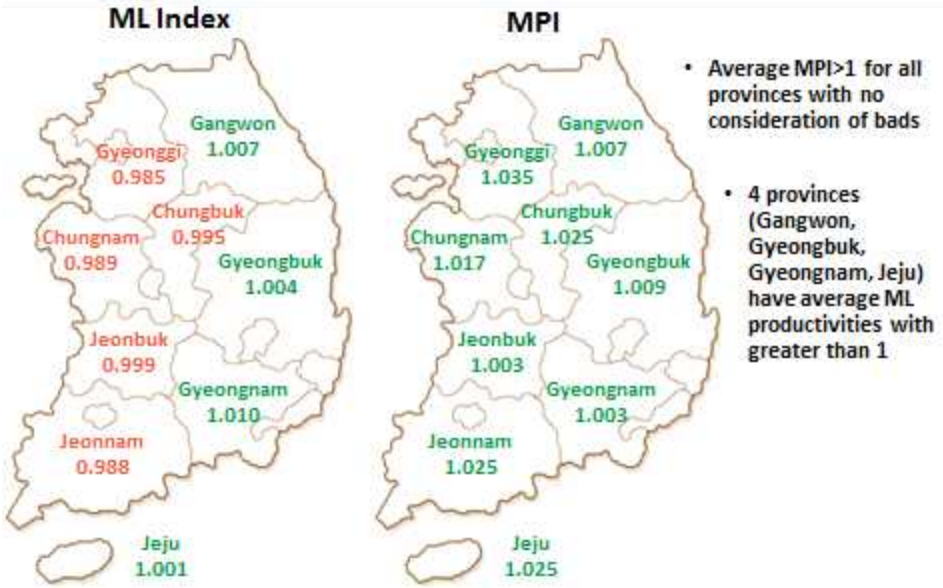
18
December 28, 2015

VI. Results of ML index in Korean agriculture – cont.

Relationship of the relative growth rates of the traditional output (MPI) and adjusted output productivity measures(ML index):

Färe, Grosskopf, and Pasurka (2001) mentioned that
"the relative growth rates of the traditional output and adjusted output productivity measures depend on the relative growth rates of the desirable and undesirable outputs. For a given input vector, if the percentage increase in desirable output exceeds (is less than) the absolute value of the percentage decrease in the undesirable output, then the growth rate of traditional productivity exceeds (is less than) the growth rate of the adjusted productivity."

VI. Results of ML index in Korean agriculture – cont.



- Average MPI>1 for all provinces with no consideration of bads
- 4 provinces (Gangwon, Gyeongbuk, Gyeongnam, Jeju) have average ML productivities with greater than 1

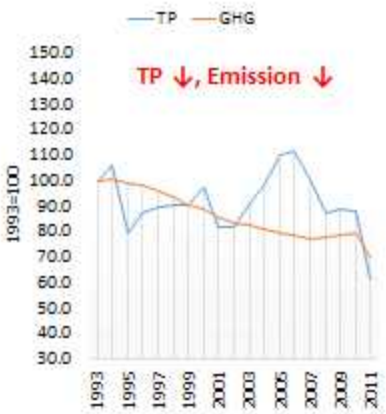
VI. Results of ML index in Korean agriculture – cont.

Difference between ML and MPI

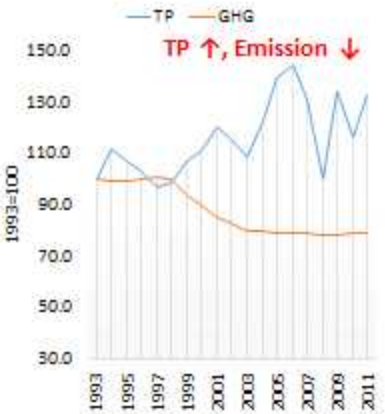
- Difference = MPI-ML
- Only Gyeongnam province has been increased when an GHG emission takes into account
- Gyeonggi is the most affected province after taking GHG emission into account
- See next slide to check why

VI. Results of ML index in Korean agriculture – cont.

Why? Difference between Gyeonggi and Gyeongnam



<Gyeonggi>



Gyeongnam

VII. Concluding Remarks

▶ Advantages of M-L index

- It can simultaneously consider undesirable by-products as well as desirable outputs, so that it allows us to target both increase of good output and reduction of bad outputs, while traditional productivity measures used to ignore bad outputs.
- This approach measures the productivity given all inputs being controlled.
- We can also take advantage of using non-parametric frontier technologies which does not require a priori functional form on technology, nor any restrictive assumptions regarding input, as opposed to parametric approaches

VII. Concluding Remarks – cont.

▶ Implications of Measuring EATFP

- M-L productivity index as an alternative measure of green growth
- Technical change was the source of most of the M-L productivity increase. Ignoring undesirable bad outputs overestimates annual productivity growth
- Average annual M-L productivity varies considerably across provinces

VII. Concluding remarks – cont.

- **Limitations and Further Research**
  - Lack of data on environmental inputs or outputs
  - Only considering bad output (GHGs) and not considering sink services (soil sequestration)
  - Data availability regarding the use of the environmental inputs in production and the associated costs
  - Need for further research for interpreting changes in the carbon productivity index and M-L productivity index

Thank you for your attentions!

KREI 한국농촌경제연구원 Korea Rural Economic Institute

경상대학교