

한. EU FTA체결에 따른 바이오에너지산업 활성화 방안」 국제컨퍼런스

# General equilibrium effects of substituting subsidy on carbon-intensive fuels for low-carbon fuels

2010. 12. 17.

전남대학교 경제학부  
교수 배정환

# Research background

- ▶ What would we expect from 'FTA with the EU'?
  - More harsh env. And climate related regulation
  - No way of avoiding economic losses in vulnerable sectors (Agriculture)
  - Adaptation to the FTA and next generation industry for losing sectors
- ▶ 38% of total electricity generation in 2007 was coal fired!
- ▶ Coal is one of the most carbon intensive fuels
  - CO<sub>2</sub> emission of coal: 4 TCO<sub>2</sub> /TOE
  - 1.4 times more than petroleum, 1.9 times more than LNG, 4.8 times more than ligneous biomass energy (solid bioenergy)
- ▶ Annual subsidy on coal production and consumption: 200Bil. KW
  - 'Low carbon-green growth' can coincide with this subsidy policy?
  - Remove subsidy on fossil fuels first, then discuss carbon taxes next!

# Objective

- ▶ Under the below conditions, subsidy and emission charge have the same welfare consequences
  - Short-run, homogenous firms, No information bias between regulator and pollutants
- ▶ Application of 'Pigouvian tax and double dividend' to 'conversion of subsidy'
  - From carbon intensive fuels to low carbon fuels
- ▶ Which kind of environmental tax reform is better for increasing DD?
  - Recycling of revenue for reducing labor income tax, capital tax, or excise tax etc.
- ▶ Expansion of public demand or subsidy on solid bioenergy?

# Theoretical background

- ▶ Weak DD vs. Strong DD
- ▶  $C(t_e, \Delta t_x) < C(t_e, \Delta t_L)$  vs.  $C(t_e, \Delta t_x) < 0$
- ▶ Bovenberg and De Mooij (1992; 1993)
  - Increases in non-environment related welfare if and only if uncompensated wage elasticity of labor supply is negative
  - So, reject strong DD
  - Distortions in labor and commodity market leads to reduction of non-environment related welfare
- ▶ Bovenberg and Goulder (1994)
  - Extended model for accounting 'intermediate goods'

# Theoretical Background

- ▶ Parry (1995)
  - Tax interaction effect > Tax revenue recycling effect
  - Demand for dirty goods is a substitute for demand for leisure
- ▶ Schwartz and Repetto (2000)
  - Non-separability of environmental effects on utility  
$$U(X, Y, l, Q), Q = Q(X)$$
  - Improved environmental quality affects labor productivity
  - If higher labor productivity leads to more labor supply, tax interaction effects are reduced

- ▶ This study:  $C(S_b, \Delta S_f) \leq \text{or} \geq C(D_b^P, \Delta S_f)$ 
  - Price subsidy on biomass + removal of subsidy on coal
  - Extension of public expenditure on biomass + removal of subsidy on coal

# More on research questions....

- ▶ Comparison of welfare change between 1) conversion of coal subsidy into price subsidy on biomass 2) conversion of coal subsidy into public demand on biomass
  - Which option is better in non-environmental aspect as well as environmental aspect?
- ▶ In order to answer this question,
  - a static Korean CGE model for accounting potential ligneous biomass energy is developed
- ▶ Previous CGE literature regarding bioenergy
  - Kanacs(2002): remove subsidy on fossil fuels vs. reduce VAT on bioenergy
  - Ignaciuk and Dellink(2006): Impact of extended bioenergy on agriculture and land uses

# Potential demand for bioenergy

단위: TOE

- ▶ Substitute for coal fired power plant
  - Replace 10% of coal input demand
- ▶ Kerosene and coal demand of agricultural sectors
- ▶ Petroleum and coal demand of steam industry
  - Replace 50% of total demand

부문	석탄	석유	합계	조정후 합계
발전	1,094,610	0	1,094,610	109,461
농업	96,911	120,613	217,524	217,524
스팀	683,342	399,998	1,083,339	541,670
합계	1,874,863	520,610	2,395,473	868,655

단위: 백만원

부문	석탄	석유	합계	조정후 합계
발전	226,593	0	226,593	22,659
농업	20,061	55,316	75,377	75,377
스팀	106,093	283,029	389,122	194,561
합계	352,748	338,345	691,093	292,598

# 바이오매스 공급 잠재량 추정

- ▶ '06년 기준 숲가꾸기 사업 부산물로부터 127만 $m^3$ 의 바이오매스 생산 가능
  - '06년 숲가꾸기 및 천연림 보육지 면적은 15만ha, 12백만 $m^3$
  - 간벌율 23.5% 적용시 277만 $m^3$ 의 산림부산물 발생
  - 3영급 이하 80%와 4영급 이상 20% 이용율을 적용
- ▶ 리기다 소나무 갱신지의 바이오순환림 전환으로 262만 $m^3$ 의 바이오매스 생산 가능
  - 3영급 이상 리기다송 갱신지는 41만ha에 달함
  - 이를 백합목으로 대체할 경우 15년 개별 주기로 할 경우 생산량 추정
- ▶ 피해목 및 개발 부산물로부터 64만 $m^3$  생산 가능
  - 개발로 인한 산림 부산물이 44천 $m^3$ 이며 병충해 등 피해목이 22만 $m^3$ 로 추산

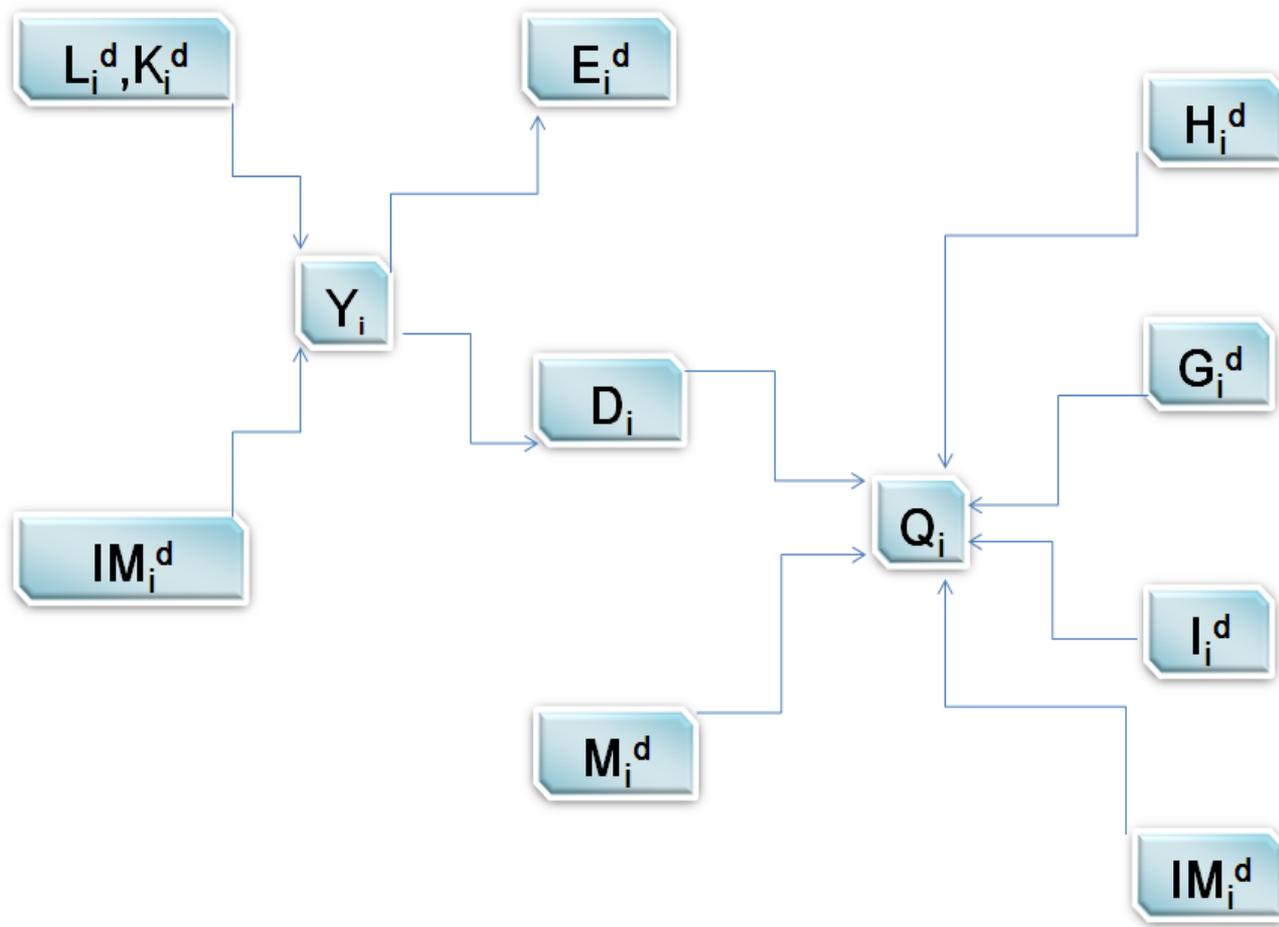
# 바이오매스 공급 잠재량 추정

- ▶ 발생원별 산림 바이오매스 생산 총량은 348만 $m^3$ 로 건조중량 기준 208만BDT
  - 일차에너지 환산시 934천TOE 공급
- ▶ 한편 대도시 폐목재 발생량은 '07년 기준 526천톤
  - 주요 대도시의 매립 및 소각되는 생활계, 사업장, 건설 폐목재 발생량만 추산
  - 건조중량 기준 237천TOE의 일차에너지 공급 가능
- ▶ 총 바이오매스 공급 잠재량은 660만 $m^3$ 로 일차에너지 기준1,335천TOE으로 추산됨
  - 총수요량 869천TOE 대비 공급 능력은 충분한 것으로 추정

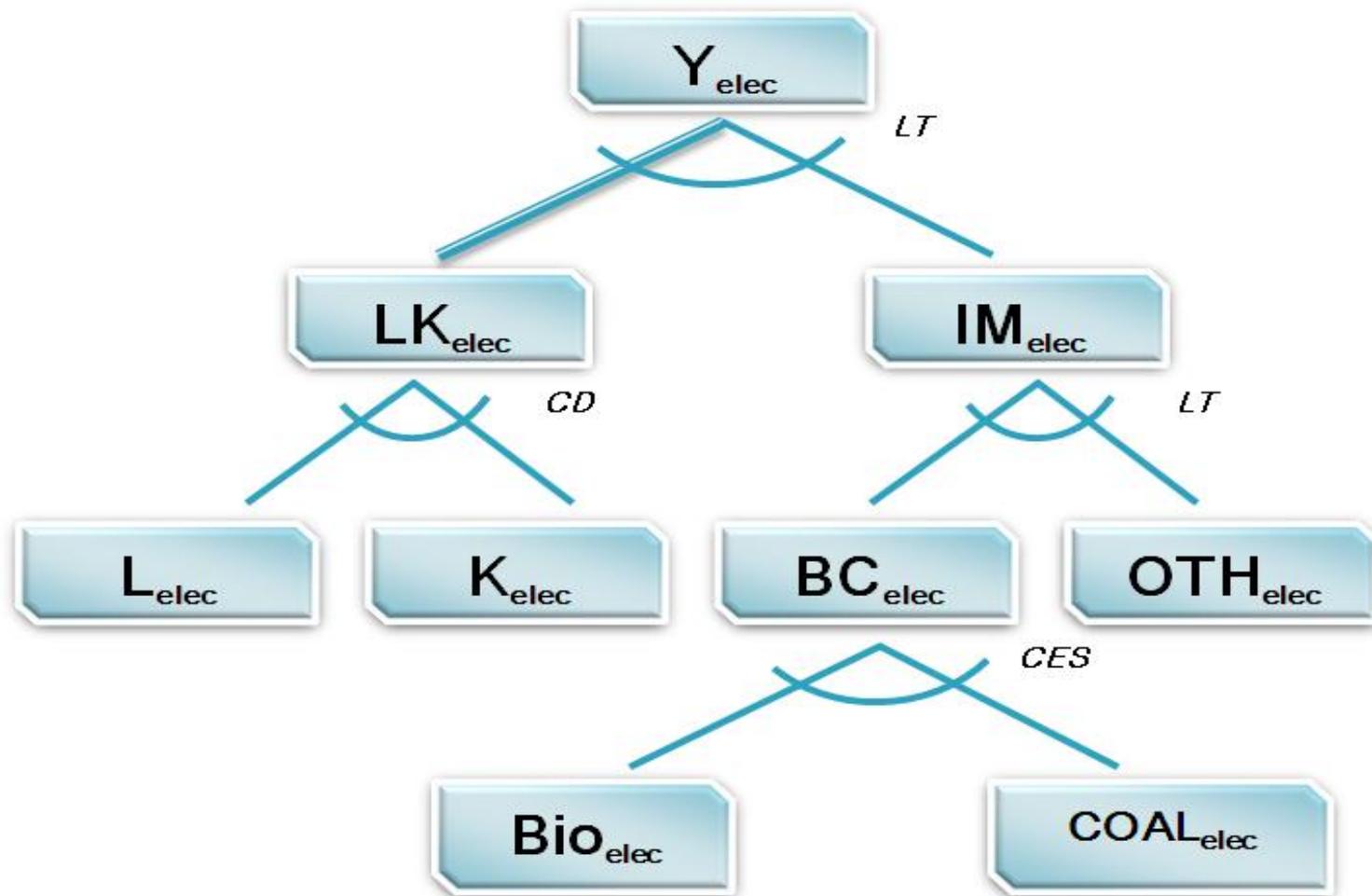
# 데이터

- ▶ 한국은행 투입산출표 2005 활용
  - 168개 소부문을 20개 부문으로 통합
  - 농림업(2개), 에너지(6개), 수송, 제조업(11개), 서비스 및 기타로 구성
  -
- ▶ 에너지 총조사 및 에너지통계연보, 임업통계연보(2005) 활용
  - 목질계 바이오매스를 농업, 전력, 스팀산업의 투입요소로 산정
  - 목질계 바이오매스에 대한 수급 잠재량에 기초하여 계산
  -
- ▶ 2005년 총부가가치는 852조원
  - 총부가가치 = 노동소득+자본소득+생산세-보조금 ≡ GDP=가계소비+공공소비+투자수요+수출-수입
- ▶ 석탄에 대한 보조금 총액은 240,153백만원
  - 보조금 철폐 및 바이오매스 보조금 활용시 총산출 대비 보조율: 8%
  - 보조금 철폐 및 바이오매스 공공 수요 증가시 총세수의 1.4%

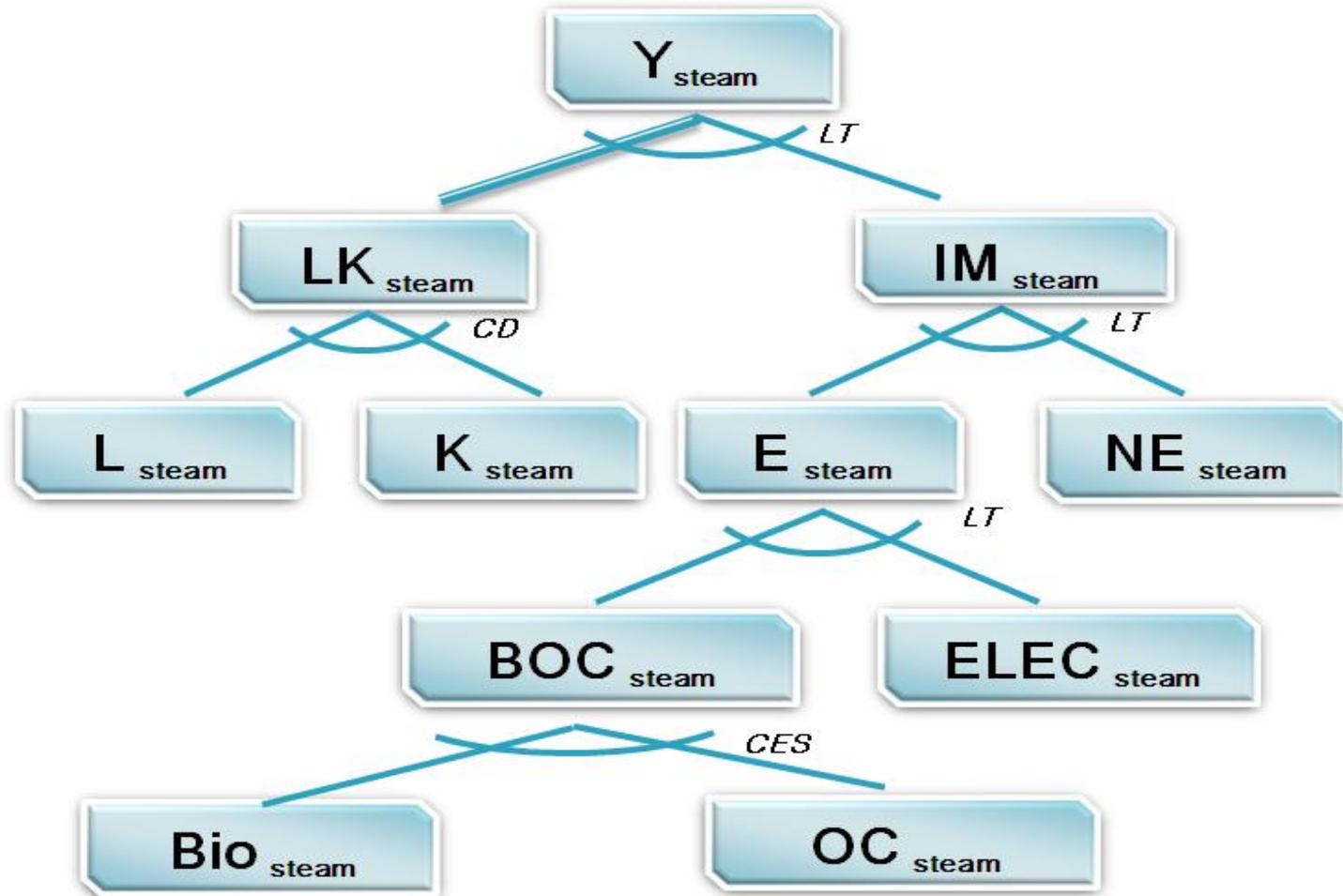
# 생산 및 무역 부문



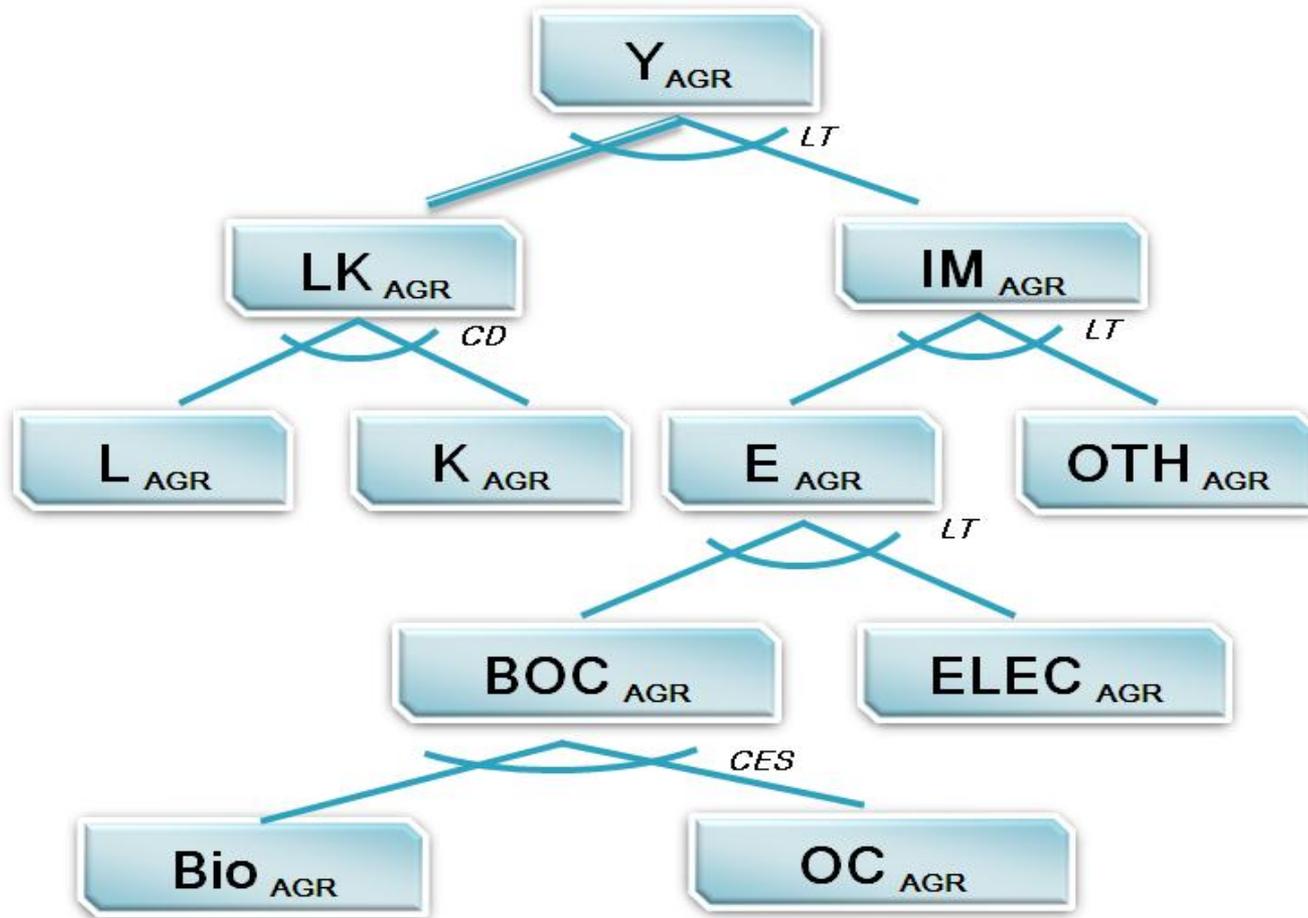
# 전력부문 생산구조



# 스팀부문 생산구조



# 농업부문 생산구조



# **CGE 시뮬레이션 결과 분석: 미시경제변수의 비교**

# 시나리오1: 석탄 보조금 폐지 + 바이오매스 보조금 확대

- ▶ 목질계 바이오매스를 포함하는 임업의 국내 판매량과 총흡수 증가
- ▶ 석탄 산업의 국내 판매량과 총흡수는 크게 감소
- ▶ 임업의 수입수요는 소폭 감소
  - 이는 국내 바이오매스에 대한 가격 보조로 가격 경쟁력 개선으로 추정

Sector	Domestic Sales	Absorption	Output	Export	Import
AGR	0.03	0.03	0.03	0.06	0.01
WOOD	4.13	3.1	4.27	10.69	-0.14
COAL	-5.62	-1.45	-5.66	-13.82	0.45
OIL	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
LNG	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04
MINE	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
FOOD	0.02	0.02	0.03	0.06	0
CLOTH	-0.01	-0.01	-0.01	0	-0.01
PULP	0.05	0.02	0.07	0.28	-0.11
CHEMICAL	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02
METAL	-0.06	-0.05	-0.07	-0.15	0
MACHINE	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05	-0.02
ELEC	-0.12	-0.12	-0.12	-0.44	0.1
TOWNGAS	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04
STEAM	0.17	0.16	0.17	0.58	-0.12
CONSTRUCTION	0	0	0	0	0.01
SALES	0	0	0	0.01	-0.01
TRANS	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02
COMM	-0.01	-0.01	-0.01	0	-0.01
SERV	0	0	0	0.01	-0.01

# 시나리오1: 석탄 보조금 폐지 + 바이오매스 보조금 확대

- ▶ 타부문으로부터 노동과 자본 요소를 바이오매스 부문이 흡수
  - 노동부문보다 자본부문의 흡수가 더 높게 나타남
- ▶ 석탄 산업의 노동과 자본요소 수요는 크게 감소
  - 기준균형해에서 석탄산업의 자본요소에 대한 수요가 없기 때문에 자본수요 변화는 없음
- ▶ 농업과 석유, 식품, 전기, 건설 등 대부분의 산업에서 노동과 자본 수요가 소폭 감소

Sector	Labor demand	Capital demand	Value-added	Intermediate demand
AGR	0.06	0.03	0.02	0.03
WOOD	4.3	4.27	4.26	0.17
COAL	-5.66	0	-5.69	-1.45
OIL	0.01	-0.02	-0.02	-0.01
LNG	-0.02	-0.05	-0.05	-0.04
MINE	-0.04	-0.07	-0.08	-0.06
FOOD	0.04	0.01	0.01	0.01
CLOTH	0	-0.03	-0.03	-0.01
PULP	0.08	0.05	0.05	0.01
CHEMICAL	0	-0.03	-0.03	-0.02
METAL	-0.05	-0.08	-0.09	-0.05
MACHINE	-0.02	-0.05	-0.06	-0.03
ELEC	-0.1	-0.12	-0.13	-0.03
TOWNGAS	-0.02	-0.05	-0.06	-0.06
STEAM	0.19	0.16	0.15	0.03
CONSTRUCT	0.01	-0.02	-0.02	-0.01
SALES	0.01	-0.01	-0.02	-0.01
TRANS	0	-0.03	-0.03	-0.02
COMM	0.01	-0.02	-0.03	-0.01
SERV	0.01	-0.02	-0.02	-0.01

# 시나리오1: 석탄 보조금 폐지 + 바이오매스 보조금 확대

- ▶ 바이오매스에 대한 공공수요가 증가하고 납세액은 감소
  - 바이오매스의 경우 보조금이 기준 균형해에서 0이기 때문에 상대적 변화율이 표시되지 않음
  
- ▶ 석탄 산업의 보조금은 100% 감소하고 생산세와 수입관세는 증가함
  - 석탄부문 생산세와 수입관세는 증가
  - 공공 서비스 수요는 소폭 감소하고 전력을 제외한 대부분의 산업에서 생산세와 수입관세가 소폭 감소함

Sector	Gov. de mand	Output t axes	Import t axes	Subsidy
AGR		0.03	0.01	0.03
WOOD	6.59	4.27	-0.14-	
COAL		-5.66	0.45	-100
OIL		-0.01	-0.01-	
LNG		-0.04	-0.04-	
MINE		-0.06	-0.06	-0.06
FOOD		0.03	0	0.03
CLOTH		-0.01	-0.01	-0.01
PULP		0.07	-0.11	0.07
CHEMICAL		-0.02	-0.02	-0.02
METAL		-0.07	0	-0.07
MACHINE		-0.04	-0.02	-0.04
ELEC		-0.12-		-0.12
TOWNGAS		-0.04-		
STEAM		0.17-		0.17
CONSTRUC T		0-		0
SALES		0-		0
TRANS		-0.01-		-0.01
COMM		-0.01-		-0.01
SERV	0	0	-0.01	0

# 시나리오2: 석탄 보조금 철폐 + 바이오매스 공공수요 확대

- ▶ 시나리오1에 비해 바이오매스 생산 및 판매 증가율이 더 높음
  - 국내 판매량은 5.96%, 산출량은 5.97% 증가
  - 특히 수입수요는 시장 창출로 증가
  
- ▶ 석탄 산업의 생산 및 판매 감소율도 시나리오1에 비해 더 크게 나타남
  - 국내 판매량과 산출수준은 6% 정도 감소
  - 특히 수출 부문의 감소세가 두드러지고, 수입은 소폭 상승
  - 기타 산업 부문들도 소폭 감소 추세

Sector	Do'S ales	Absor ption	Output	Export	Import
AGR	-0.01	-0.01	-0.01	0	-0.02
WOOD	6.19	6.19	6.19	6.18	6.19
COAL	-5.66	-1.48	-5.69	-13.86	0.42
OIL	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04
LNG	-0.06	-0.07	-0.06	-0.05	-0.07
MINE	-0.12	-0.12	-0.12	-0.11	-0.12
FOOD	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03
CLOTH	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03
PULP	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03
CHEMICAL	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04
METAL	-0.12	-0.1	-0.13	-0.2	-0.06
MACHINE	-0.08	-0.07	-0.08	-0.08	-0.07
ELEC	-0.14	-0.14	-0.14	-0.5	0.1
TOWNGAS	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
STEAM	-0.07	-0.07	-0.07	-0.16	-0.01
CONSTRUCT	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09
SALES	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03
TRANS	-0.03	-0.04	-0.03	-0.01	-0.05
COMM	-0.01	-0.01	-0.01	0	-0.02
SERV	0.04	0.04	0.04	0.06	0.02

# 시나리오2: 석탄 보조금 철폐 + 바이오매스 공공수요 확대

- ▶ 바이오매스 생산과 판매 증가에 따라 노동과 자본 투입량도 증가
  - 노동 투입은 5.24%, 자본투입은 6% 증가
  
- ▶ 석탄 산업의 생산 및 판매 감소에 따라 노동과 자본 수요 감소
  - 노동수요는 6.05% 감소
  - 총부가가치는 5.78% 감소하고, 중간투입재 수요도 소폭 감소
  - 기타 산업도 대부분 소폭 감소 추세

Sector	Labor demand	Capital demand	Value-added	Intermediate demand
AGR	0.02	-0.02	-0.04	-0.01
WOOD	6.23	6.18	6.16	0.16
COAL	-5.69	0	-5.75	-1.48
OIL	-0.01	-0.05	-0.07	-0.04
LNG	-0.02	-0.06	-0.08	-0.07
MINE	-0.09	-0.13	-0.15	-0.12
FOOD	0	-0.04	-0.06	-0.01
CLOTH	-0.01	-0.05	-0.07	-0.03
PULP	-0.01	-0.05	-0.07	-0.03
CHEMICAL	-0.02	-0.06	-0.08	-0.04
METAL	-0.1	-0.14	-0.16	-0.1
MACHINE	-0.06	-0.1	-0.12	-0.07
ELEC	-0.11	-0.15	-0.17	-0.05
TOWNGAS	-0.04	-0.08	-0.1	-0.09
STEAM	-0.04	-0.08	-0.1	-0.04
CONSTRUCT	-0.08	-0.12	-0.14	0.01
SALES	0	-0.04	-0.06	-0.02
TRANS	-0.01	-0.05	-0.07	-0.05
COMM	0.01	-0.03	-0.05	0
SERV	0.06	0.01	0	-0.01

# 시나리오2: 석탄 보조금 철폐 + 바이오매스 공공수요 확대

- ▶ 에너지세 수입을 바이오매스에 대한 공공수요 확대 재원으로 이용함으로써 공공 수요 급증
  - 바이오매스에 대한 생산세와 수입 관세는 5.6%와 5.8%로 증가
- ▶ 석탄 산업을 제외한 기타 산업에서 생산세와 수입관세가 감소
  - 공공 서비스는 소폭 감소하고 석탄 산업에 대한 보조금은 100% 감소

Sector	Gov. de mand	Output taxes	Import taxes	Subsidy
AGR	-	-0.01	-0.02	-0.01
WOOD	20.09	6.19	6.19-	-
COAL	-	-5.69	0.42	-100
OIL	-	-0.04	-0.04-	-
LNG	-	-0.06	-0.07-	-
MINE	-	-0.12	-0.12	-0.12
FOOD	-	-0.02	-0.03	-0.02
CLOTH	-	-0.03	-0.03	-0.03
PULP	-	-0.03	-0.03	-0.03
CHEMICAL	-	-0.05	-0.04	-0.05
METAL	-	-0.13	-0.06	-0.13
MACHINE	-	-0.08	-0.07	-0.08
ELEC	-	-0.14-	-	-0.14
TOWNGAS	-	-0.07-	-	-
STEAM	-	-0.07-	-	-0.07
CONSTRUCT	-	-0.09-	-	-0.09
SALES	-	-0.02-	-	-0.02
TRANS	-	-0.03-	-	-0.03
COMM	-	-0.01-	-	-0.01
SERV	0.25	0.04	0.02	0.04

# 시나리오1의 거시경제 및 환경 변수의 영향

- ▶ 국내총생산과 후생수준 감소
- ▶ 총 배출량 5.9억톤의 2.04% 감소
- ▶ GDP 대비 1.4만원의 평균저감비용
- ▶ 후생 대비 2천원의 평균저감비용

구분		온실가스 배출량	온실가스 배출변화
에너지 부문	석탄	211.00	-11.94
	석유	208.62	-0.02
	LNG	70.95	-0.03
	합계	490.57	-11.99
산업공정 및 폐기물		79.76	-0.01
농업/축산		16.12	0.00
토지이용/임업		-31.96	-1.36
총배출량(백만TCO2)		586.44	-11.99
GDP감소액(조원)			0.17
GDP 대비 온실가스저 감비용(원/TCO2)			14,208
후생손실(십억원)			23.57
후생손실대비 온실가 스저감비용(원/TCO2)			1,965

# 시나리오2의 거시경제 및 환경 변수의 영향

- ▶ 시나리오1에 비해 GDP 및 후생 감소가 더 커짐
- ▶ 반면에 온실가스 저감율은 2.07%로 저감효과는 약간 더 높음
- ▶ GDP 대비 온실가스 평균저감 비용은 2.8만원
- ▶ 후생손실 대비 저감평균비용은 1.1만원

구분		온실가스 배 출량	시나리오2
에너지부문	석탄	211.00	-12.01
	석유	208.62	-0.08
	LNG	70.95	-0.04
	합계	490.57	-12.13
산업공정 및 폐기물 농업/축산 토지이용/임업		79.76	-0.05
		16.12	0.00
		-31.96	-1.98
총배출량(백만TCO2)		586.44	-12.18
GDP감소액(조원)			0.34
GDP대비 온실가스 저 감비용(원/TCO2)			27,983
후생손실(십억원)			139
후생손실 대비 온실 가스저감비용(원 /TCO2)			11,436

# Conclusion for economic dimension

- ▶ 시나리오1 대비 2에서 GDP 및 후생이 악화
  - 석탄의 경우에는 광범위한 부문에서 중간 투입재로 이용됨
  - 반면에 바이오매스는 농업, 전력, 스팀부문에서 석탄을 대체하는 것으로 제한
  - 따라서 석탄에 대한 보조금 철폐가 경제에 미치는 부정적 영향이 큼
  - Strong DD does not hold for both cases!
- ▶ Implication to real world
  - 정부가 직접 바이오매스의 수요를 창출하기 보다는 보조금 지급을 통해 간접적으로 수요를 창출하는 것이 거시경제적 측면에서 우월
  - 새로운 바이오매스 시장에서 국내 산업과 해외 산업간 경쟁에서도 가격 보조가 공공수요 확대 정책보다 우월

# Conclusion for environmental dimension

- ▶ 시나리오1이 온실가스 저감비용 측면에서도 비용효과적
  - 시나리오 2에서 GDP 및 후생 손실이 더 높기 때문에 온실가스 저감량 단위당 비용이 더 높게 나타남
  - 저감량은 시나리오2에서 약간 더 높게 나타남
- ▶ 경제적 측면에서나 환경적 측면에서 친환경연료에 대한 보조금 정책이 공공수요확대 정책보다 우월한 것으로 나타남
- ▶ 굳이 탄소세를 선도입하기 보다는 화석연료에 대한 보조금부터 삭감하고, 이를 재생가능연료에 대한 보조금으로 전환하는 정책이 바람직함
  - 화석연료에 대한 보조금을 유지하고, 추가로 탄소세를 도입하여 이를 기후친화적 연료의 보조금으로 이용하는 것과 사회적 비용 비교를 위해서는 추가적인 시뮬레이션 필요