

충남연구원 공공투자연구포럼

연구개발투자의 경제적 파급효과 : CGE분석을 중심으로

2017.7.19

홍 찬 영

1. 연구개발 투자의 경제적 효과
2. CGE 분석 개요
3. 연구개발 분야의 CGE 분석
4. CGE 분석의 한계 및 활용방향

■ 미시적 관점

: 연구개발의 성과물이 어떤 형식으로 발생하고, 어떤 과정을 거쳐 성과로 이어지는가?

○ 연구개발 활동의 역할

- 새로운 지식 창출의 원천이자,
조직 내 학습능력을 제고를 통해 외부 지식의 흡수에도 기여

○ 연구개발투자의 성과

- 직접적 성과(연구개발의 기획 당시 기대하였던 결과)와
간접적 성과(원래 목표는 아니지만 연구개발로 인해 파생된 결과)

※ 파급효과(spillover effect)

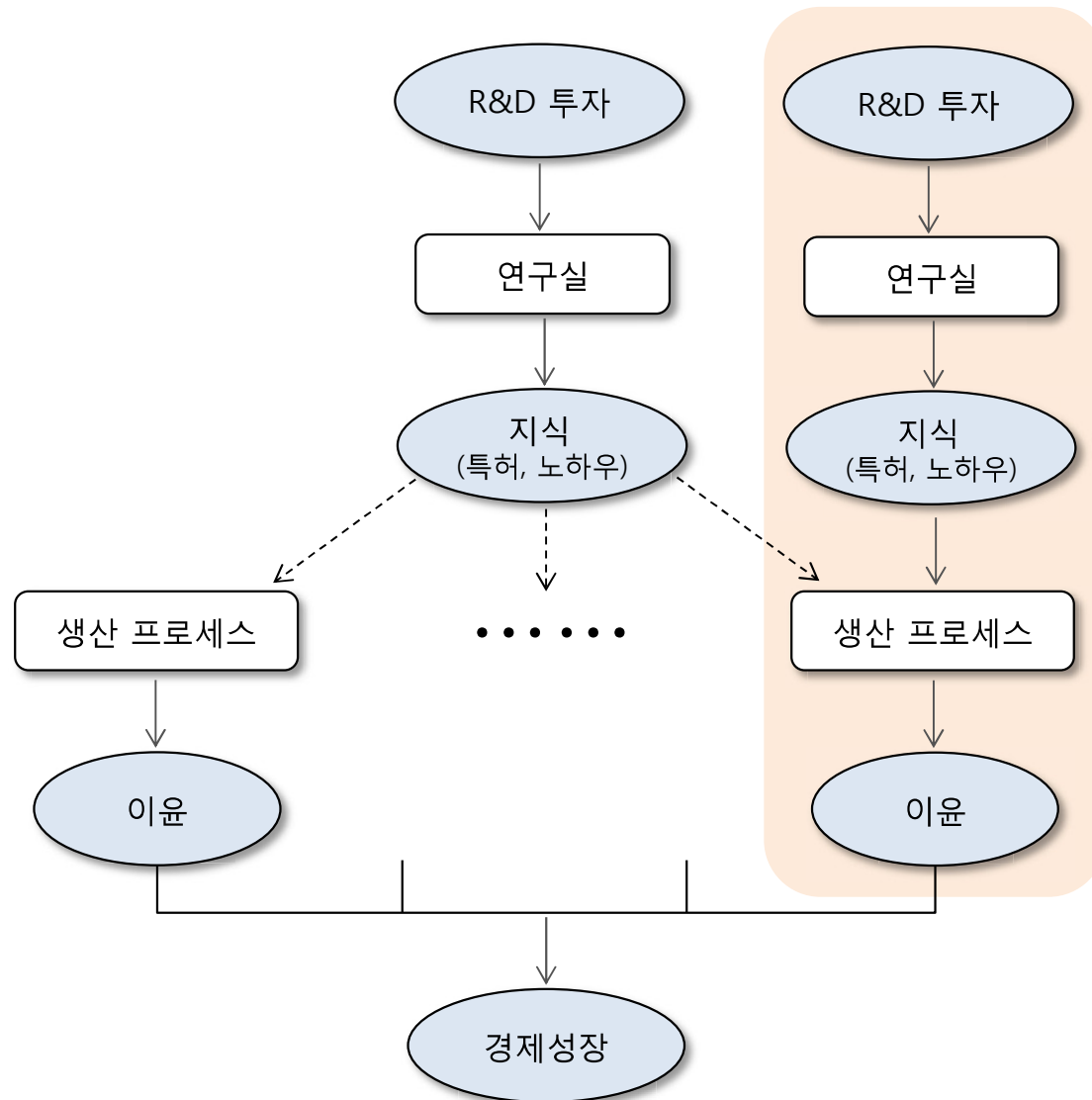
- * 연구개발로 인해 발생한 지식이나 제품을 타 기업 혹은 산업에서 활용함으로써
얻게 되는 부가적인 경제적 효과 일체를 일컫는 개념
- * 체화된 파급(embodied spillover)와 비체화된 파급(disembodied spillover)으로 구분

㉠ 체화된 파급(embodied spillover)

- * 한 산업에서의 연구개발 결과, 보다 가격이 낮고 품질이 높은 제품이 생산될 때 이 제품을 활용하는 타 산업도 그 혜택을 얻는 현상을 의미
(ex) 우수한 성능의 컴퓨터 → 해당 컴퓨터를 도입한 자동차)
- * 체화된 파급의 정도는 한 국가 내 혹은 국가간 산업간 연계의 밀접한 정도와 관련됨. 산업간 연계강도가 미약할 경우 한 산업의 기술발전 정도는 해당 산업에 한정되고, 국가경제적 관점에서 타 산업으로 파급되지 않는 경우가 있음

㉡ 비체화된 파급(disembodied spillover)

- * 기업 혹은 산업간 거래의 여부와 상관없이 한 산업에서 창출된 지식 자체를 타 산업이 사용함으로써 혜택을 얻게 되는 현상을 의미
(ex) 새로운 지층구조 탐사법 → 의료산업에서 인체환부 조사에 활용)
- * 비체화 파급효과가 발생하는 원인
지식의 공공재적 성격으로 인해 연구개발을 직접 수행하지 않은 타 기업도 해당 지식을 배워 활용하는데 문제가 없기 때문



■ 거시적 관점

: 경제성장의 원천으로서 기술발전은 어떻게 이해되어 왔는가?

① Solow(1956, 1957)의 신고전학파적 논의

- 경제성장의 원동력을 물적 자본의 축적으로 설명
→ 그러나 자본의 한계생산 체감으로 인해 성장률은 0으로 수렴하게 되는 문제
- 지속적 성장을 위해서는 기술진보를 통한 생산성 향상이 필요하다는 함의
(그러나 기술진보는 외생적인 것으로 간주)

② Romer (1986)와 Lucas (1988)의 신성장이론

- 기술진보를 의도적인 노력의 결과로 해석
- 지식(knowledge) 또한 또다른 형태의 자본으로 인정하여 한계생산의 증가를 가정
→ 지식생성의 과정에서의 파급효과(spillover)로 설명 (Romer)
→ 학습(learning-by-doing)을 통한 인적자본의 축적으로 설명 (Lucas)

1. 연구개발 투자의 경제적 효과
- 2. CGE 분석 개요**
3. 연구개발 분야의 CGE 분석
4. CGE 분석의 한계 및 활용방향

■ 사후적(ex post) 분석

○ 개념

연구개발의 투자 실적과 경제성장간의 관계를 과거자료에 근거하여 추정하고, 추정된 결과로부터 경제성장 효과의 정도를 계산해내는 방법

○ 장·단점

- 장점 : 객관적 자료 획득이 상대적으로 용이, 방법론이 간단
- 단점 : 분석결과에 근거한 미래예측 혹은 전망 수립 시 개념적 어려움 존재

○ 회귀분석 : 성장회계(growth accounting)에 기반한 생산성 회귀분석이 대표적

- 연구개발의 기여도를 분석 및 평가한다는 점에 의미를 지님
- 미래에 대한 전망이나 기획을 위한 시사점을 도출 시에는 과거의 행태가 미래에도 큰 변화 없이 지속될 것이라는 가정 하에 추정된 회귀계수를 유추 활용

■ 사전적(ex ante) 분석

○ 개념

경제구조를 논리적으로 모형화하고 미래에 의도적으로 조절할 수 있는 경제변수를 조정하면서 연구개발투자에 따른 경제성장 효과의 정도를 모의실험하는 기법

○ 장·단점

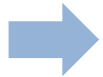
- 장점 : 다양한 실험적 가설의 결과를 비교해보며 가장 바람직한 미래 전략을 도출하는데 도움
- 단점 : 모형 자체의 구축에 시간과 노력이 소요되며, 모형의 유지보수·최신화가 필요

○ 수행 절차

연구개발이 영향을 미치는 경제 전체를 수리적 모형으로 구축 \Rightarrow 연구개발 정책에 대한 시나리오 작성 \Rightarrow 구축된 모형 적용하여 경제적 성과 추정 및 비교

■ CGE (Computational General Equilibrium, 연산일반균형)

: 거시경제 변수들(국내경제 부문: 생산, 소비, 투자, 정부지출 등 / 해외무역 부문: 수입, 수출 등)의 상호관계를 규정한 방정식 체계를 이용하여
외부적 충격(특정 정책, 기술 변화 등)의 거시경제적 파급효과를 상대적으로 계산하는 방법



- 거시경제 모형
- 비교정태 모형
- 시뮬레이션 모형
- 일반균형 모형

※ Comparative-static analysis : 한 경제상황이 외부적 여건의 변화로 인해 현재의 균형에서 다른 새로운 균형으로 이동했을 때, 이 두 균형을 비교하여 분석하는 방법

※ 부분균형분석 vs. 일반균형분석: 다른 시장상황은 일정하게 고정되어 있다고 가정하고 한 시장만 분석
vs. 모든 시장이 상호의존관계를 가진 것으로 가정하고 모든 시장을 한꺼번에 분석

■ CGE 분석의 요소

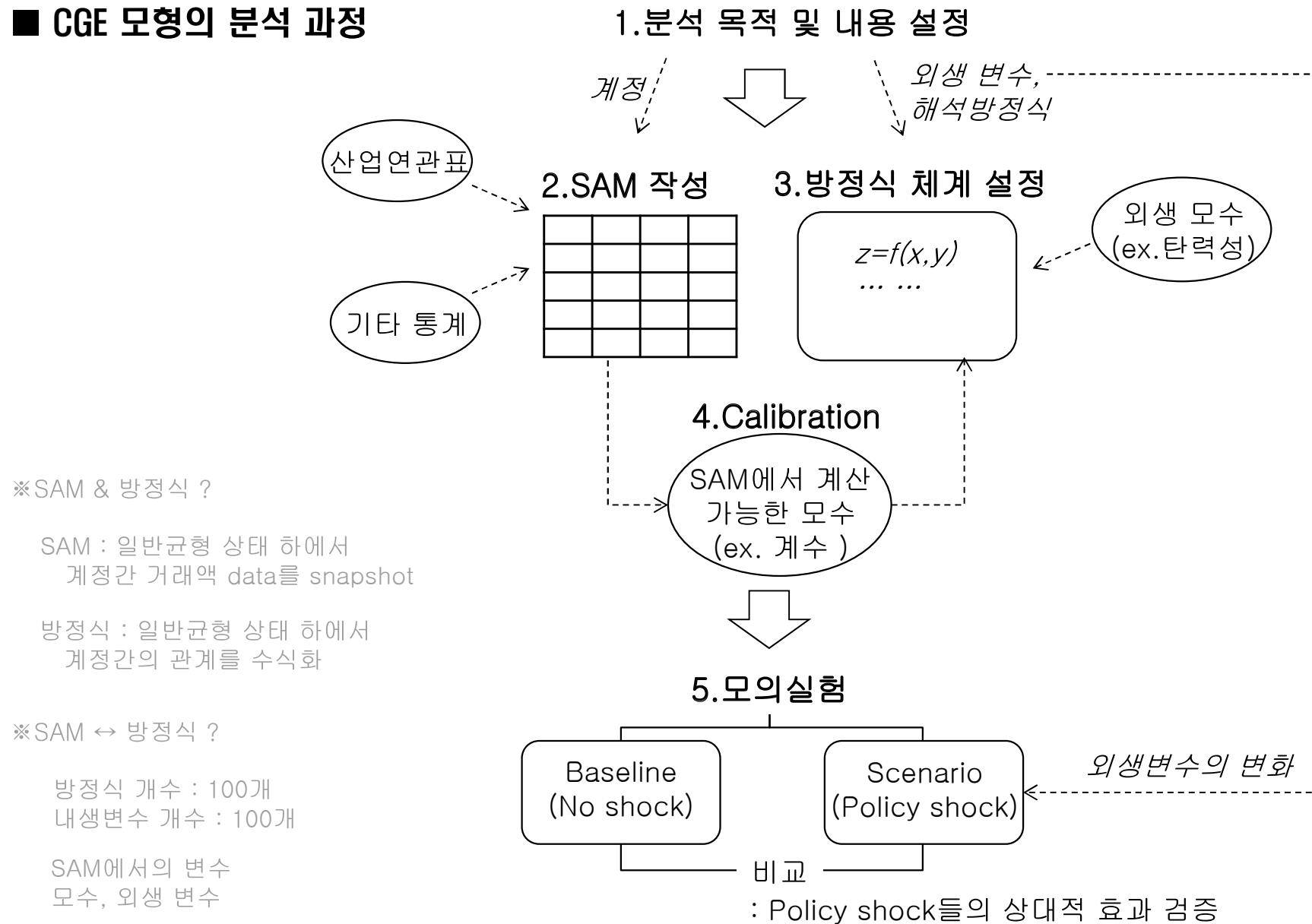
1. 데이터베이스

- 사회계정행렬(Social Accounting Matrix, SAM)
- 한 해의 거시 주체간 거래관계에 대한 데이터
- 산업연관표(I-O table)를 기본으로 하여, 몇 가지 거시 통계치를 추가하여 작성
- 분석 목적과 방정식체계에 따라 다양한 형태로 구성 가능

2. 모형방정식

- SAM에 나타난 거래 관계를 설명하는 방정식 체계
- 한 해의 거시 주체간 거래관계가 균형점에 도달한 상태라는 가정
- 거시적(macro) 현상을 개별 경제행위로 나누고 미시적(micro)기법을 도입하여 설명
즉, 가계와 기업의 경제활동이 각각 예산 제약 하의 효용극대화과 이익극대화를 통해 결정되며,
시장청산 조건 하에서의 최적점이 바로 실현된 균형점이라고 설명
- 거시 이론에 따라 다양한 형태로 구성 가능

■ CGE 모형의 분석 과정



※ SAM & 방정식 ?

SAM : 일반균형 상태 하에서
계정간 거래액 data를 snapshot

방정식 : 일반균형 상태 하에서
계정간의 관계를 수식화

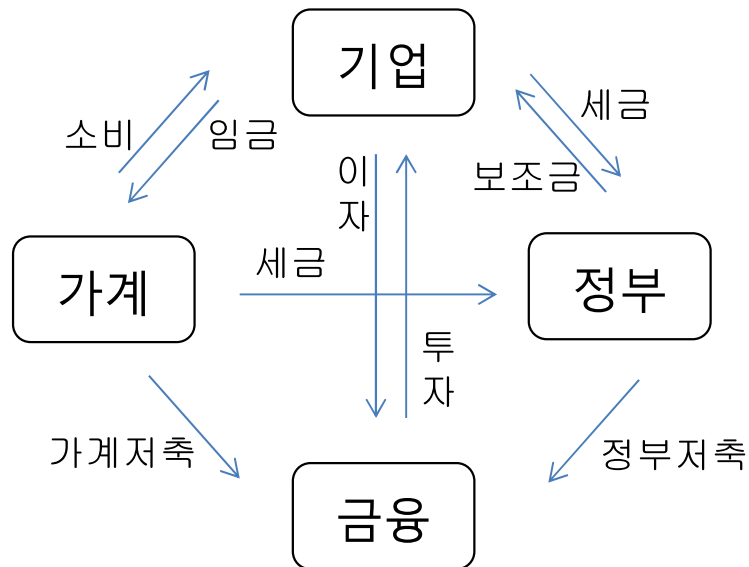
※ SAM ↔ 방정식 ?

방정식 개수 : 100개
내생변수 개수 : 100개

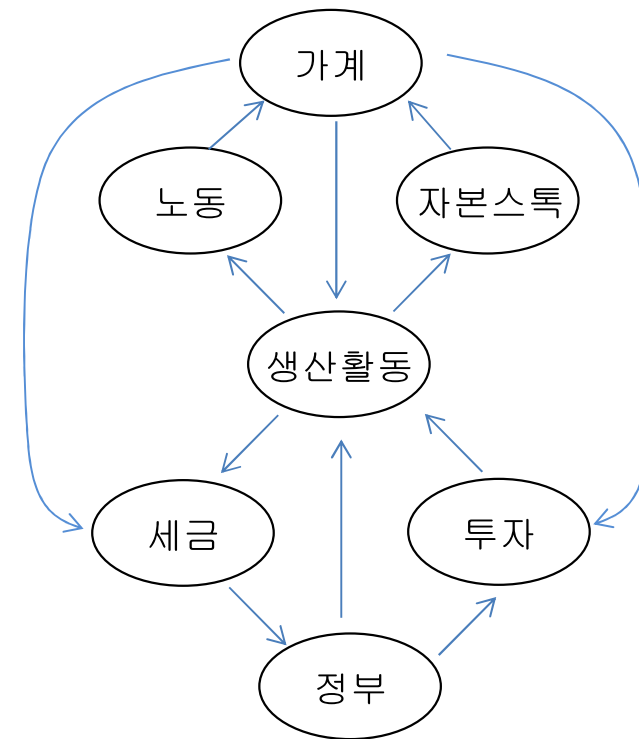
SAM에서의 변수
모수, 외생 변수

■ CGE 모형에서의 계정과 방정식

실제의 **경제주체** 간 거래관계
[실물 level]



모델 내 **계정** 간 거래관계
[추상화 level]



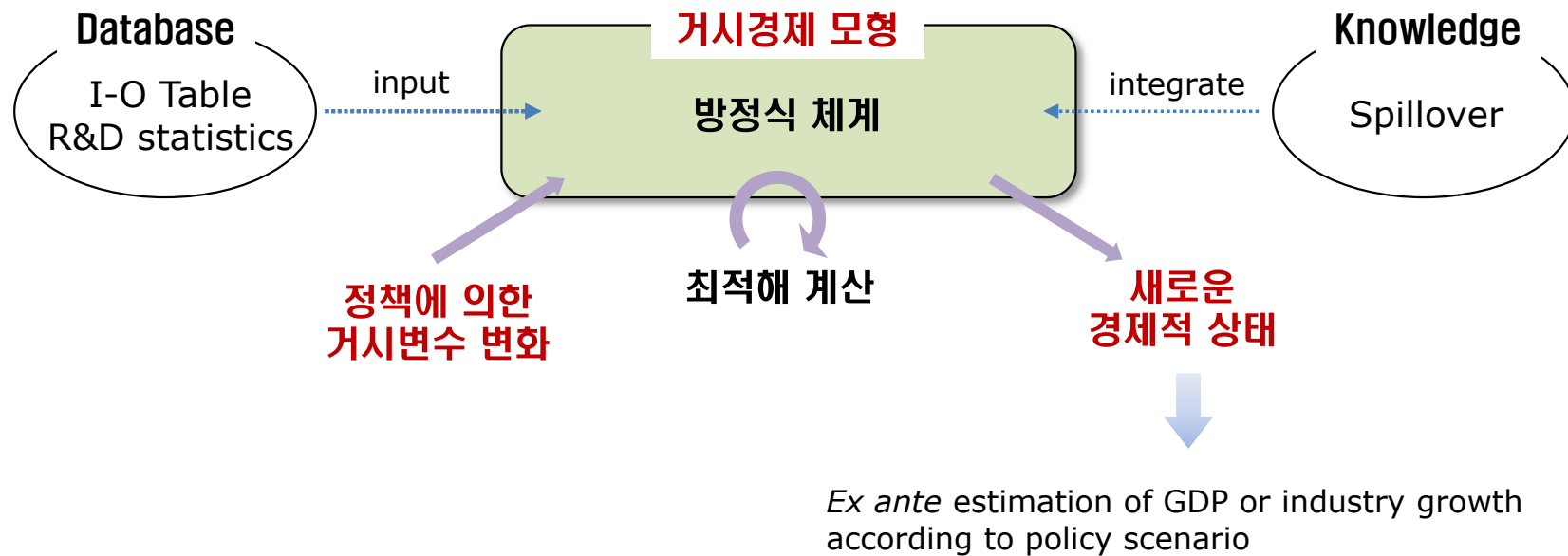
※ → : 화폐의 흐름

계정 간 관계식의 수식화
= 방정식 체계의 설정

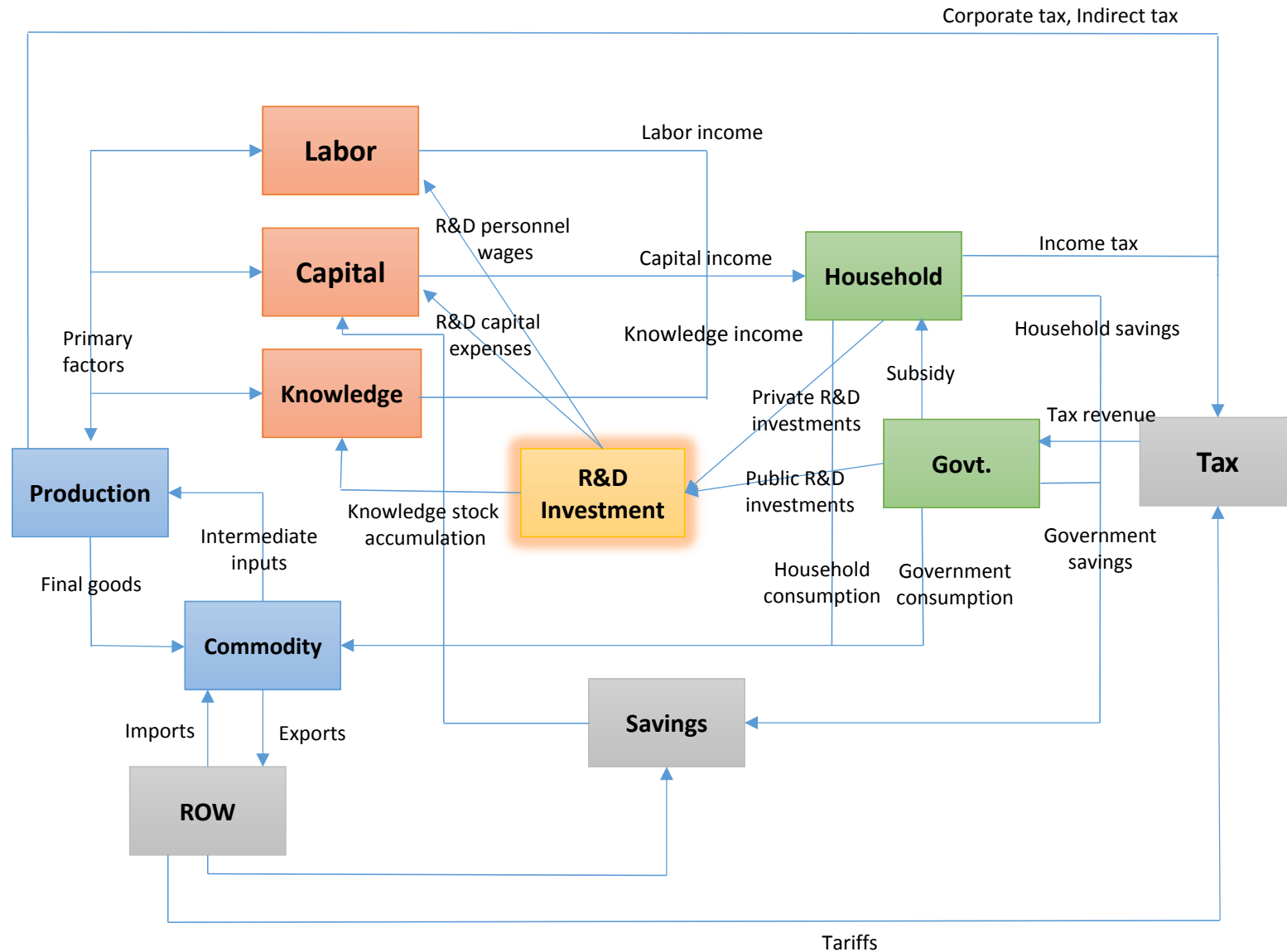
1. 연구개발 투자의 경제적 효과
2. CGE 분석 개요
- 3. 연구개발 분야의 CGE 분석**
4. CGE 분석의 한계 및 활용방향

■ CGE 모형을 통한 R&D 정책 분석

- 사전적 정책 분석 도구인 CGE 방법론 차용
- 거시방정식 체계에 연구개발 효과에 대한 방정식을 추가 통합
- R&D 정책변화에 따른 경제적 효과 모의실험



■ 지식기반 CGE 모형에서의 거시경제 구조

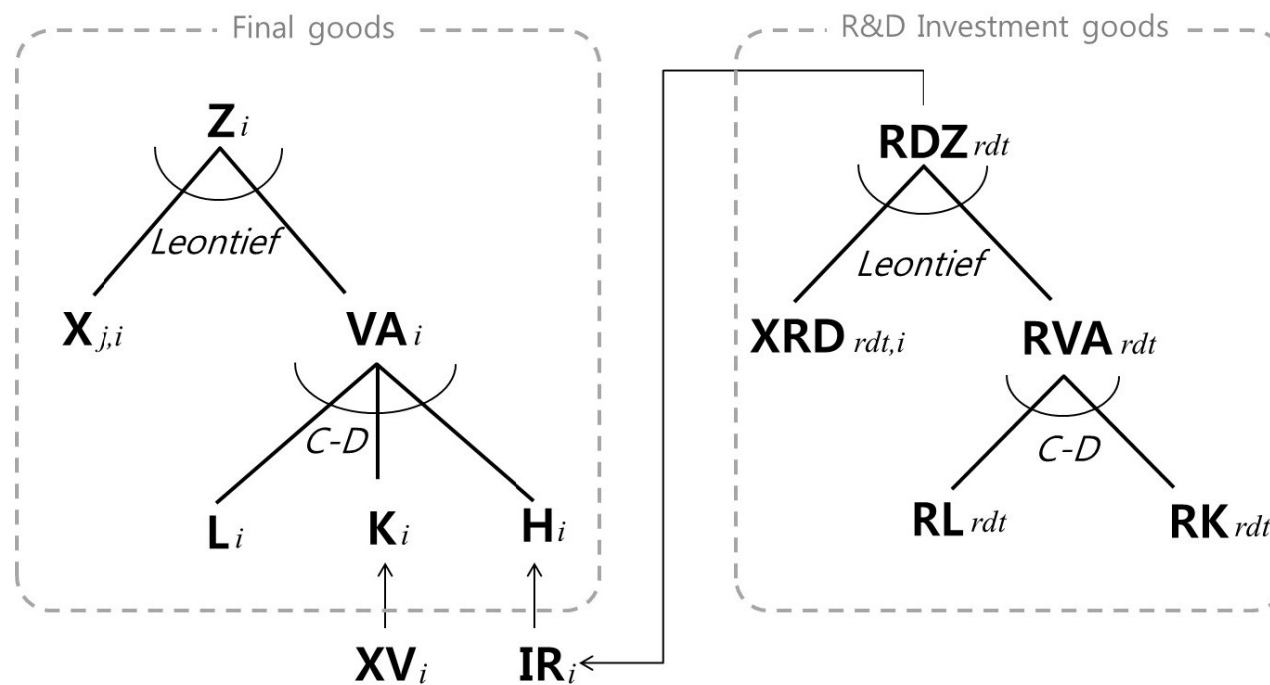


■ 지식기반 CGE 모형을 위한 SAM 설계

			Production	Production factors			Institutions		Invest.		Tax				Foreign sectors		Total	
			Intermediates	Lab.	Cap.	Know.	Hous.	Govt.	Physical capital	Know. capital		Ind. tax	Cor. tax	Inc. tax	Tar.	Exp.		Imp.
										Privt.	Govt.							
Production	Intermediates		S(1,1)				S(1,5)	S(1,6)	S(1,7)							S(1,14)		
Production factors	Labor		S(2,1)															
	Capital		S(3,1)															
	Knowledge																	
Institution	Household			S(5,2)	S(5,3)	A2		S(5,6)										
	Government					A3			S(6,7)			S(6,10)	S(6,11)	S(6,12)	S(6,13)			
Investment	Physical capital						S(7,5)	S(7,6)									S(7,15)	
	Know. capital	Privt.																
		Govt.																
Tax	Indirect tax		S(10,1)															
	Corporate tax		S(11,1)															
	Income tax		S(12,1)															
	Tariffs		S(13,1)															
Foreign sectors	Exports																S(14,1)	
	Imports		S(15,1)															
Total																		

■ 지식기반 CGE 모형의 방정식 설계

① 생산요소로서의 지식스톡 (H) 도입



② Spillover 효과와 그로 인한 TFP growth 명시

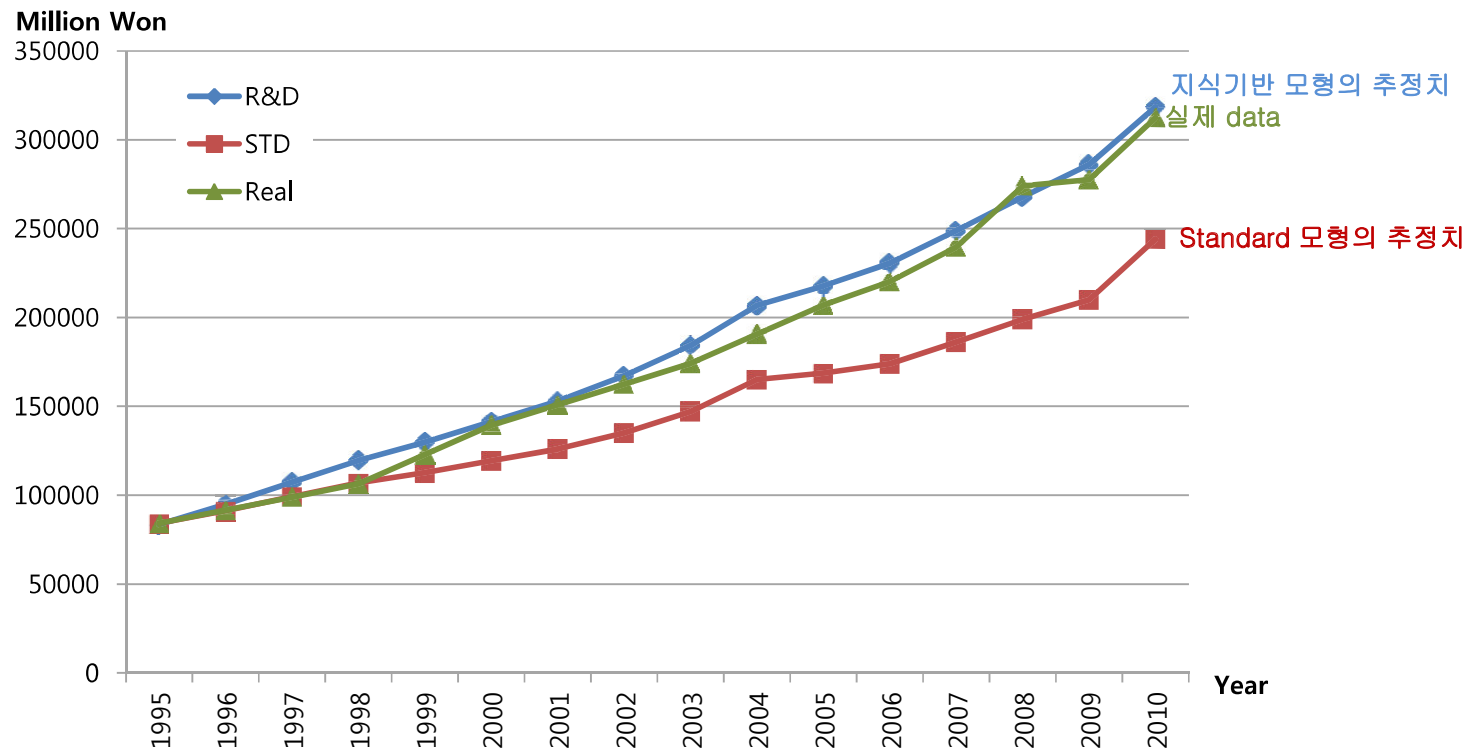
$$SPILLOVER_i = a_{spl} \underbrace{(H_i^s)^{ela_i}}_{\text{Other industries' knowledge stock}} \underbrace{(H_G)^{ela_{hg_i}}}_{\text{Governmental knowledge stock}}$$

$VA_i = \underbrace{AVA_i}_{\text{Total factor productivity}} \cdot Z_i \quad \text{for } \forall i$

$AVA_i = ava_i^0 / SPILLOVER_i \quad \text{for } \forall i$

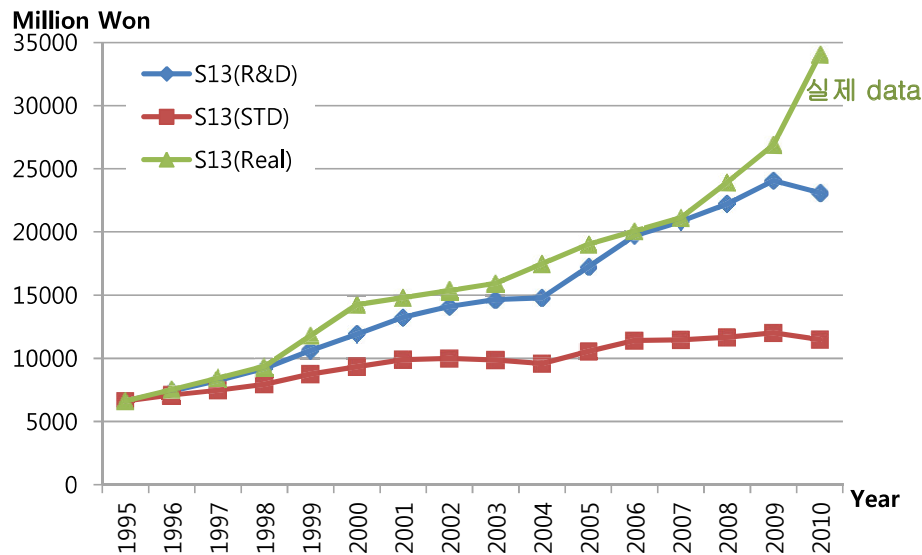
■ 모형의 검증(validation)

- 총생산 추정

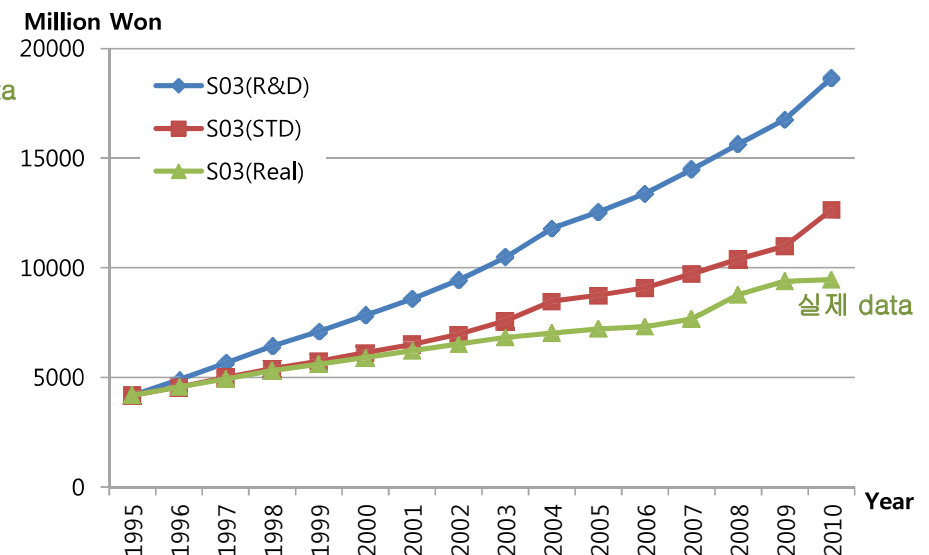


➡ 전체 산업의 경우, knowledge-based 모형의 추정결과가 상대적으로 실제와 더 유사

- 산업별 생산 추정



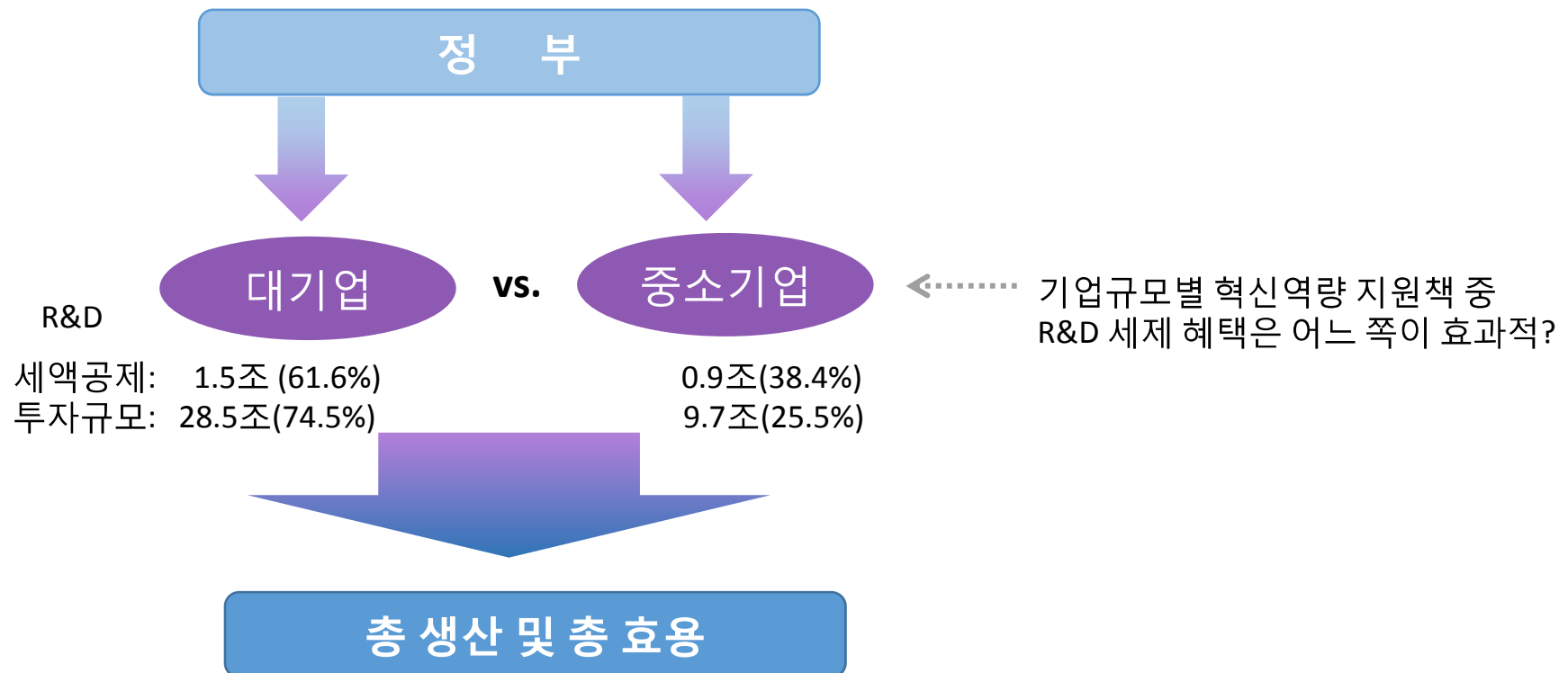
"전기 및 전자기기" 산업



"음식료품" 산업

➡ Knowledge-based 모형은 27개 산업 중 18개 산업(66.7%)에서 추정 성능이 더 좋음


■ 분석 사례: 기업규모별 R&D지원정책과 경제적 효과



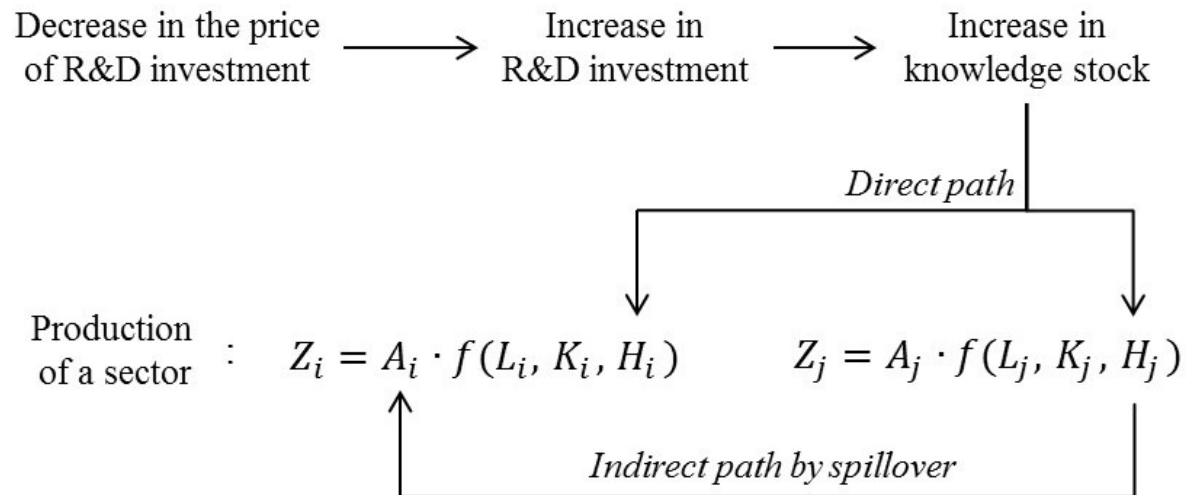
○ R&D 세제 혜택 시나리오

< 정책 시나리오 (2010 ~ 2014) >

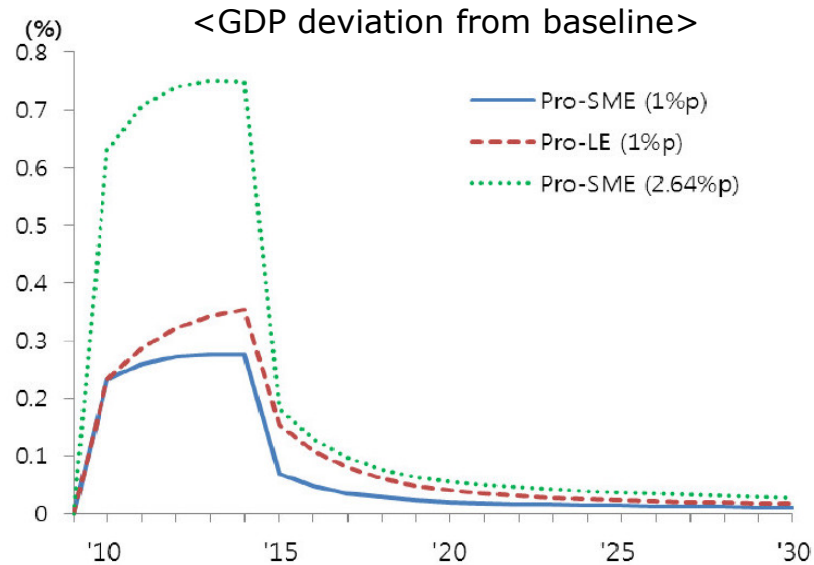
세제 혜택 대상 (제조업 분야)	R&D 세액 추가 공제		
	시나리오 1 (Pro-SME)	시나리오 2 (Pro-LE)	시나리오 3 (Pro-SME)
대기업 (LE)	-	-1%p	-
중소기업 (SME)	-1%p	-	-2.64%p




 Paths of R&D
tax incentive policy

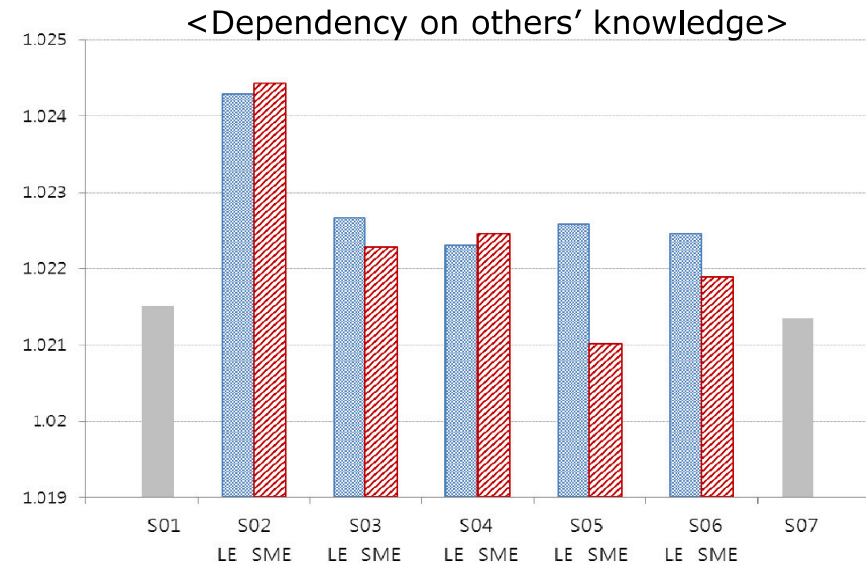


○ 분석 결과(1)



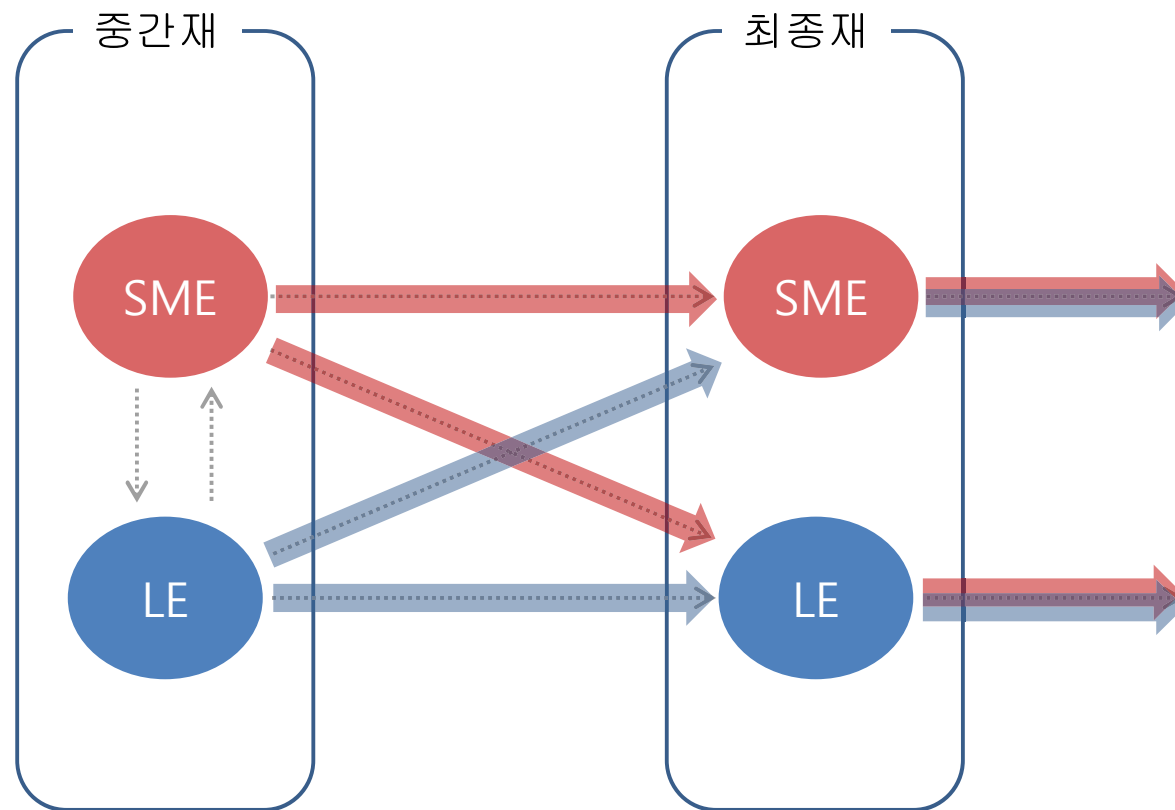
같은 양의 가용예산이 있을 때,
중소기업에 대해 R&D 세금공제를 해주는 것이
대기업에 대해 해줄 때보다 2배 이상의 생산증대

그 이유는 대기업이 spillover 혜택을
더 많이 받는 주체이기 때문.
즉, 대기업은 다른 섹터의 지식에
더 많이 의존적인 주체임



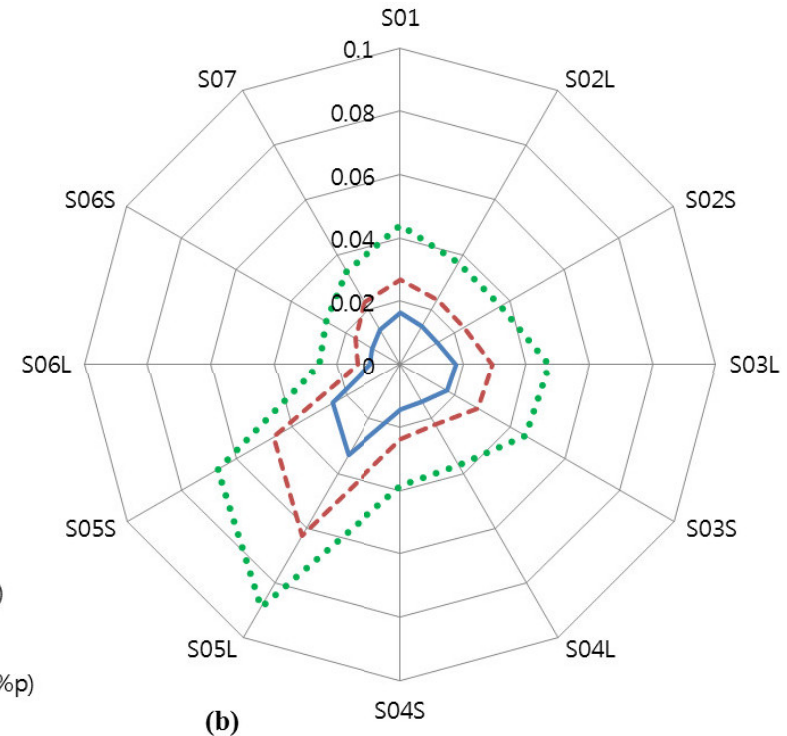
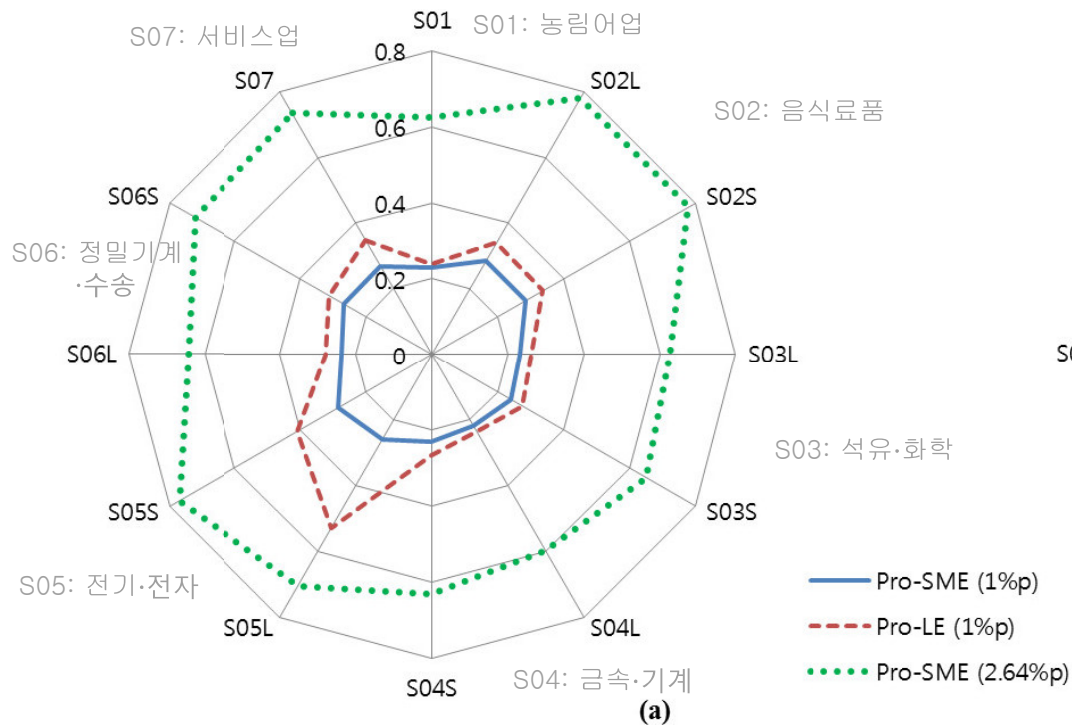
○ 분석 결과(2)

<지식 스퍼illo버의 효과>



○ 분석 결과(3)

< 2014년(a)과 2024년(b)의 산업별·기업규모별 총생산 증대효과 > (단위: %, Deviation from baseline)



단기적(in 2014) 효과:

중소기업이 더 많은 혜택을 받기는 하지만,
대기업도 거의 유사한 수준으로 혜택을 받게 됨

장기적(in 2024) 효과:

중소기업향 정책으로 가장 큰 혜택을 보는 것은
전기전자 산업의 대기업(S05L)



중소기업향 정책은 대기업의 이익을 배제하는 것이 아니며,
오히려 장기적으로 볼 때 특정 산업에서는 대기업에 더 유리할 수도 있음

1. 연구개발 투자의 경제적 효과
2. CGE 분석 개요
3. 연구개발 분야의 CGE 분석
- 4. CGE 분석의 한계 및 활용방향**

■ 장점

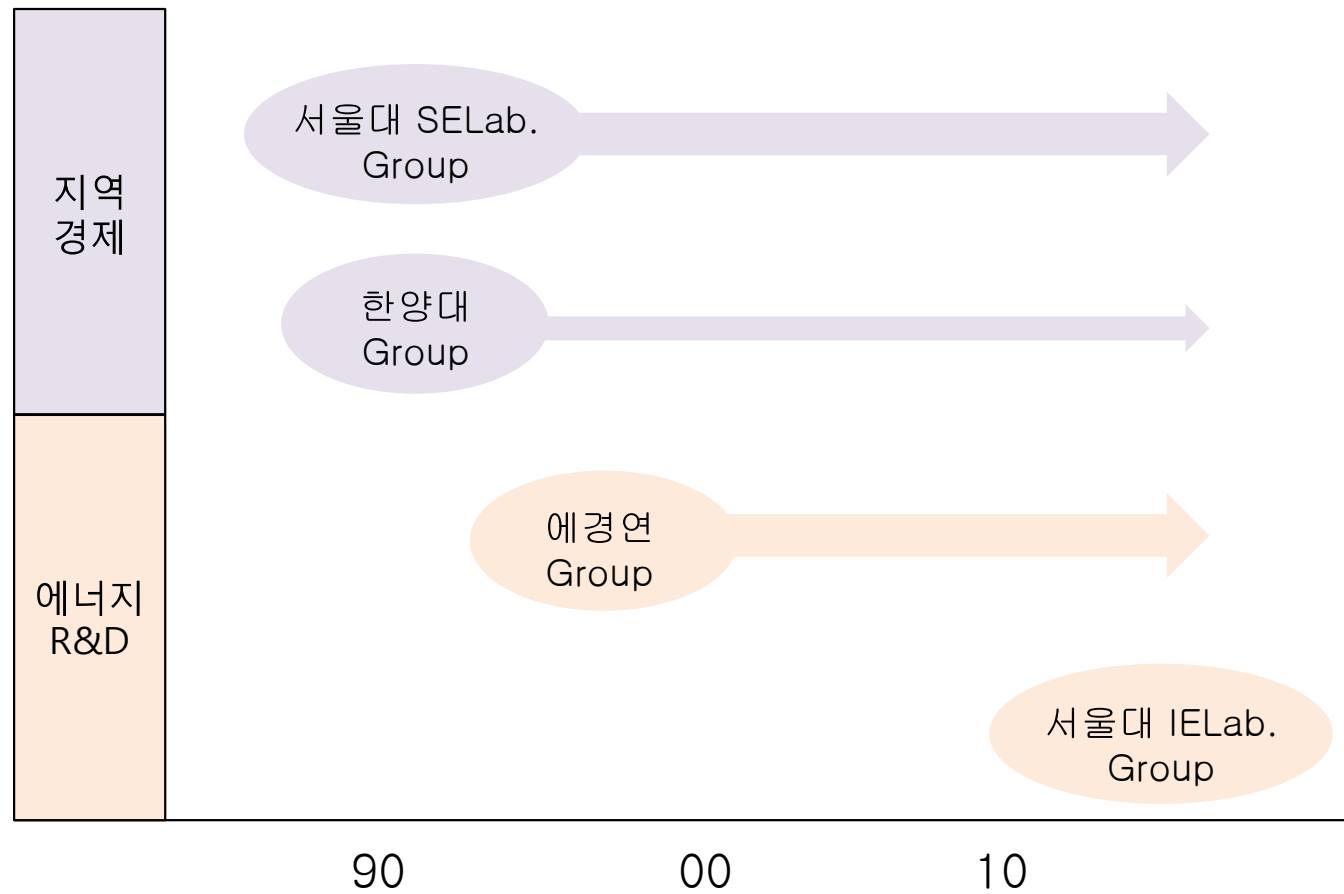
- 검증된 경제이론을 충실히 반영
- 정책적 충격의 효과를 사전적·계량적으로 제시 가능
- 국민경제를 구성하는 모든 시장을 총체적으로 분석 (일반균형분석)

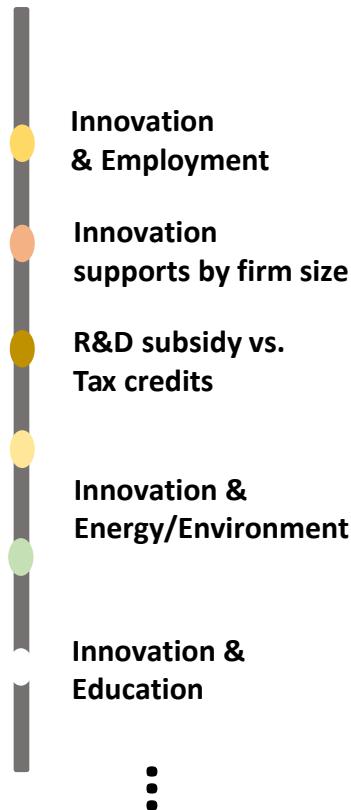
■ 단점

- 외생모수(ex.탄력성) 값이나 기준년도에 따라 민감한 변화 (historical data 미사용)
- 기준년도에 설정한 모수값이 이후 년도에도 불변한다는 가정
- 구성식이 과도하게 많거나 복잡하면 균형 해를 못 찾는 경우 발생
- 루카스 비판 (정부정책 변화에 따른 경제주체의 행위 변화)

■ CGE 분석의 활용에 대한 제언

- CGE 모형의 목표는 '예측'이 아님
 - CGE 분석 결과는 모형 설계식에 의존적
 - 완성 후 실제 데이터와의 비교를 통한 모형의 검증 과정 필요
 - 'Simulation'의 목적에 맞게 다수 대안 간 상대비교 및 최적안 선택의 용도로 활용
- 사전에 분석의 목표를 명확히 설정하고 모형개발에 착수
 - 모형의 구성을 위한 dataset의 준비가 필요하며, 전체 모형의 가변도가 낮은 편
 - 연구개발 투자의 현재 규모가 경제전체의 규모에 비해 상대적으로 작다면, 정책변수의 선정에 따라 큰 효과가 나타나지 않을 수도 있음
- 모형 개발과 운용에 knowhow 축적 필요
 - 충분한 여유를 두고 연구자원 투입
 - 가능한 경우 국내외 연구진과 협업을 통해 연구 효율 제고
- 연구개발 투자와 경제적 성과의 관건은 인적 자원(human capital)의 형성임을 유념





- ✓ Jung, S., Lee, J. D., Hwang, W. S., & Yeo, Y. (2017). Growth versus equity: A CGE analysis for effects of factor-biased technical progress on economic growth and employment. *Economic Modelling*, 60, 424-438.
- ✓ Hong, C., & Lee, J. D. (2016). Macroeconomic effects of R&D tax credits on small and medium enterprises. *Economic Systems Research*, 28(4), 467-481.
- ✓ Yang, H., Hong, C., Jung, S., & Lee, J. D. (2015). Arms or butter: The economic effect of an increase in military expenditure. *Journal of Policy Modeling*, 37(4), 596-615.
- ✓ Hwang, W. S., & Lee, J. D. (2015). A CGE analysis for quantitative evaluation of electricity market changes. *Energy Policy*, 83, 69-81.
- ✓ Oh, I., Yeo, Y., & Lee, J. D. (2015). Efficiency versus Equality: Comparing Design Options for Indirect Emissions Accounting in the Korean Emissions Trading Scheme. *Sustainability*, 7(11), 14982-15002.
- ✓ Hwang, W. S., & Lee, J. D. (2014). Interindustry Knowledge Transfer and Absorption via Two Channels: The Case of Korea. *Global Economic Review*, 43(2), 131-152.
- ✓ Hwang, W. S., Oh, I., & Lee, J. D. (2014). Assessing the Socio-Economic Effects of Korea's Nuclear Power Policy. *Energy & Environment*, 25(5), 931-952.
- ✓ Hwang, W. S., Oh, I., & Lee, J. D. (2014). The Impact of Korea's Green Growth Policies on the National Economy and Environment. *The BE Journal of Economic Analysis & Policy*, 14(4), 1585-1614.
- ✓ Hong, C., Yang, H., Hwang, W., & Lee, J. D. (2014). Validation of an R&D-based computable general equilibrium model. *Economic Modelling*, 42, 454-463.
- ✓ Yeo, Y., Oh, I., & Lee, J. D. (2014). The Effects of Policy Portfolio for Greenhouse Gases Reduction and Renewable Energy Expansion: An Analysis Using Computable General Equilibrium. *Asian Research Policy*, 5(2), 24-55.

감사합니다

홍찬영 (cyhong@kistep.re.kr, 02-589-5253)

