

4차 산업혁명의 고용 효과

2017. 2.

고상원(정보통신정책연구원)

권규호(한국개발연구원)

김대일(서울대학교)

이정민(서울대학교)

홍석철(서울대학교)

홍재화(서울대학교)

I. 4차 산업 혁명이란?

◆ 4차 산업혁명 관련 기술의 특징

1

숙련편향적 기술진보(SBTC: Skill-Biased Technological Change)

숙련인력에 대한 수요와 보상수준이 높아지는 방향으로 기술이 변화

고학력자의 상대적 임금수준 향상, 실업률 하락

한국은 1990년대 중반까지는 공급 증가가 수요증가를 상회하여 대졸자의 상대 임금이 하락

2

정형편향적 기술진보(RBTC: Routine-Biased Technological Change)

반복적인 업무를 대체하는 방향으로 기술변화가 진행

반복적 업무는 주로 중간층 직업이 수행하고 있기 때문에 기술변화는 일자리 양극화를 초래

3

4차 산업혁명의 기술진보

플라니의 역설, 모라벡의 역설을 극복. 비정형적, 인지적인 직무까지 AI, Big Data 기술을 통해 대체
기계가 인간을 능가하는 singularity 현상이 고임금의 화이트 컬러 직종에서도 빈번히 나타나고 있음

CEA는 시급 20달러 미만 직업은 83%, 20~40달러 사이 직업은 31%, 40달러 이상은 4%만 자동화가 가능할 것으로 분석.

◆ 대표적인 자동화 사례들

Amazon Go

- 2016년 12월 시애틀에 1호 점을 개점한 AI마트. AI, 컴퓨터 인식 기술 등을 활용하여 6명의 직원이 4,000여개의 제품을 판매
- 점포에 계산대가 없으며 재고 정리도 로봇이 담당. 미국내 마트 평균 직원 수는 89명.

IBM Watson의 의료 자문

- Watson은 이미 일부 분야에서 전문의의 전문성을 추월. 기계 학습을 통해 계속 학습 중
- 2016년 8월 일본 60대 여성의 희귀한 백혈병에 대한 진단 및 처방을 10분만에 내림. 전문의에 맡겼으면 2주가 소요되었을 것임.
- 수천만 건의 임상자료를 분석하여 처방을 내린 것임.

Robo Advisor

- 2016년 3천억 달러인 로보 어드바이저에 의해 운용되는 자산규모는 2020년 2조 2천억 달러로 급증할 전망 (AT Kearney)
- 낮은 수수료를 기반으로 고객과 운용자금을 늘려가는 추세

자율자동차

- 미국 대통령 경제자문위원회는 자율자동차 기술에 의해 220만~310만개의 일자리가 대체 될 수 있는 것으로 전망(2015년 운전자 관련 직업 372만개)
- 학교버스 및 사회복지기관 운전자, 소형 트럭 및 배송서비스 운전자가 비교적 영향을 덜 받고, 개인사업 운전자와 대형 트럭 및 견인 트럭 운전자 큰 영향을 받을 것으로 전망

◆ 최근의 관련 연구들

Frey and Osborne(2013)

- 미국의 직업 중 47%가 향후 10년~20년 동안 자동화될 수 있는 고 위험에 직면해 있음
- 임금과 교육수준이 낮을수록 자동화에 의해 대체될 확률이 높음

Citibank with Frey and Osborne

(2016)

- OECD 국가에서는 평균적으로 57%의 일자리가 자동화의 위험에 노출되어 있음
- 이 수치는 인도의 경우 69%, 중국의 경우 77%로 상승함

OECD (2016)

- 평균적으로 OECD 21개 연구대상국의 9%의 일자리가 자동화될 수 있음.
- 한국의 경우 자동화 될 수 있는 일자리가 6%로 연구대상국 중 가장 낮았으며, 오스트리아는 12%의 일자리가 자동화 될 수 있는 것으로 분석됨

WEF(2016)

자동화와 기술변화는 2015~2020년 기간 중 510만개의 순 일자리 감소를 가져올 것임.
710만개의 일자리 감소가 사무행정직 및 제조업 직종을 중심으로 나타나고 200만개의 일자리 증가가 경영, 컴퓨터, 엔지니어링 직종 등에서 발생

McKinsey Global Institute (2017)

- 현재의 기술로 직무의 50%는 자동화 할 수 있음.
- 60%의 직종이 적어도 30% 이상 자동화 할 수 있는 직무들로 구성되어 있음.
- 완전히 자동화 될 수 있는 직종은 5% 미만

[참고] AI와 관련된 두가지 역설

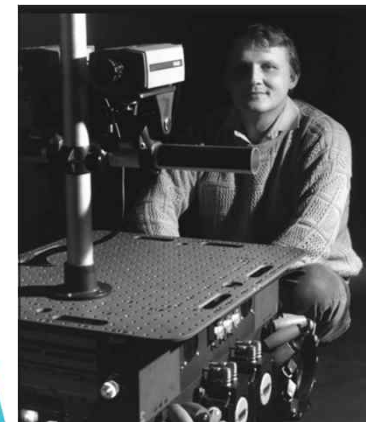


Polanyi's Paradox

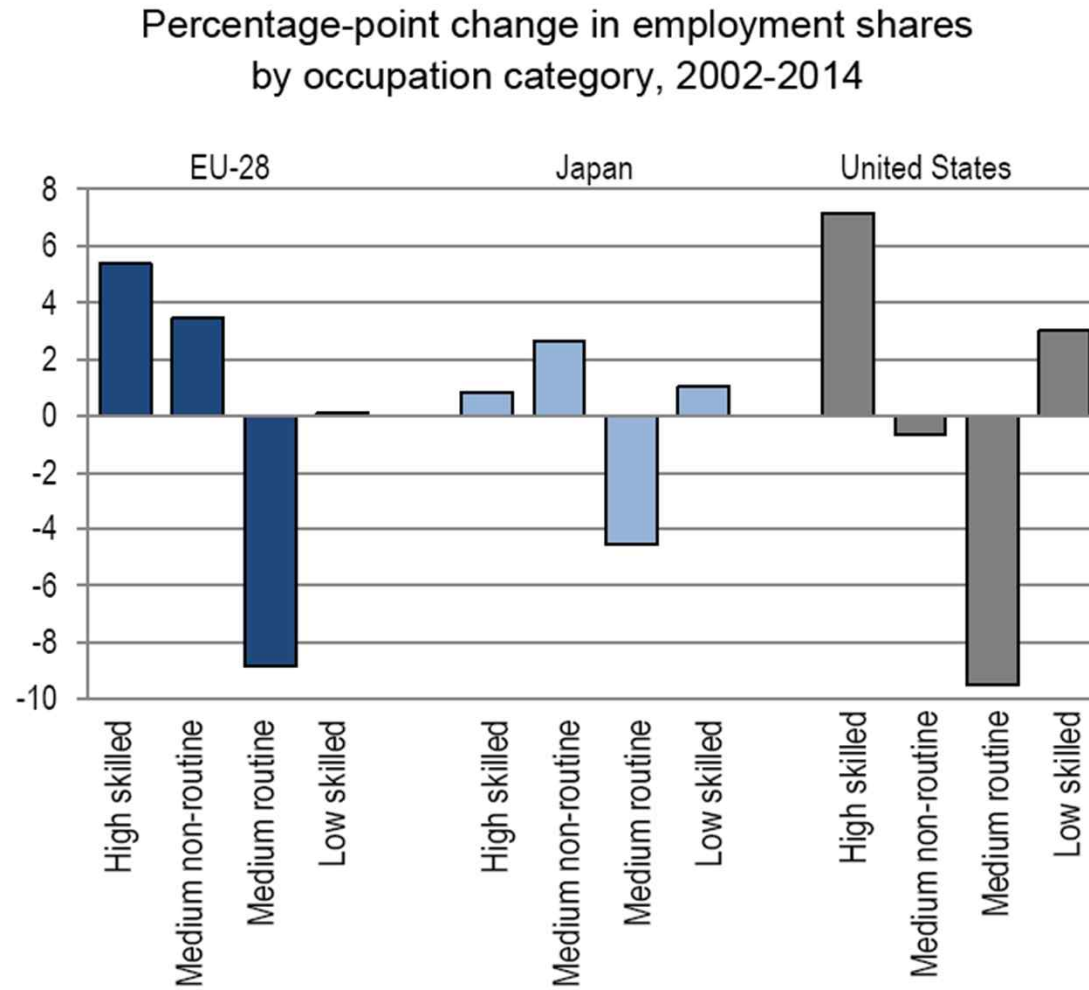
We know more than we can tell: 우리는 상당 부분 codify 될 수 없는 **암묵적 지식 (tacit knowledge)**에 의존하여 판단하고 행동함. Machine Learning (Watson, Deepmind), Environmental Control(Kiva)에 의해 극복

Moravec's Paradox

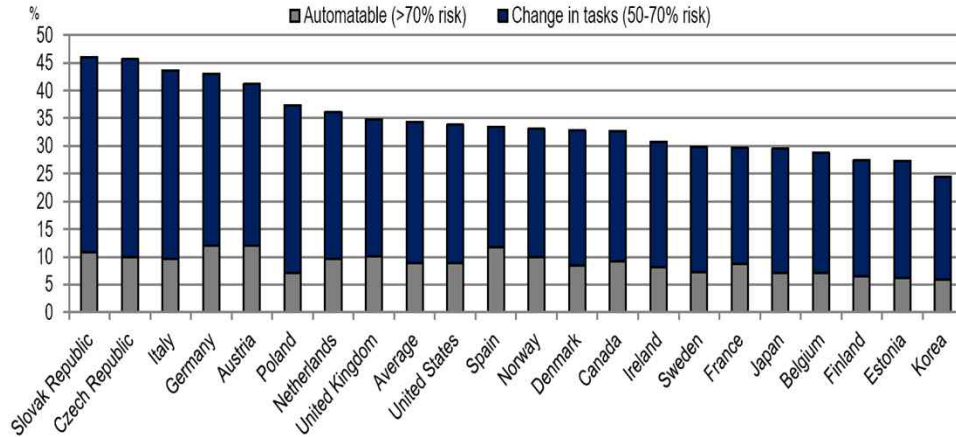
인공지능에게 사람에게 어려운 일은 쉽고, 사람에게 쉬운 일은 **어려움**. 천문학적 단위의 수를 계산하고 복잡한 수식을 쉽게 풀지만 정작 사람이 무의식적으로 하는 보고, 듣고, 느끼고, 인식하는 모든 일상의 행위를 제대로 해내지 못함.



[참고] RBTC: 일자리 양극화(Job Polarization)



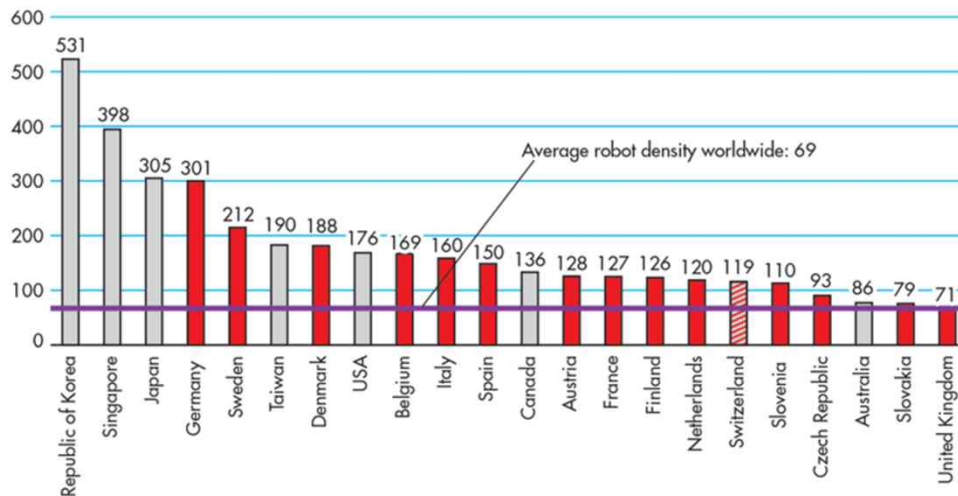
◆ 4차 산업혁명과 한국의 노동시장



자료: Arntz, M., T. Gregory and U. Zierahn (2016)

OECD의 연구에 따르면 자동화에 의해 일자리가 사라질 확률이 70% 이상인 직업의 비중은 한국이 6%로 연구대상국 중 가장 낮은 것으로 분석되었음

작업장의 조직, 자동화에 대한 선행투자, 근로자의 교육수준 등이 한국의 향후 자동화 확률을 낮추는 요소로 작용



자료: IFR World Robotics 2016

근로자 만 명당 제조업의 로봇 도입 대수는 한국(531), 싱가포르(398), 일본(398), 독일(305) 순으로 높게 나타남

타국에 비해 제조업이 4차 산업혁명의 영향을 추가적으로 받을 여지는 한국이 낮다고 할 수 있음

◆ Why are there still so many jobs ?

기술적 가능성, 비용, 대체인력의 희소성·수준·임금, 혜택, 규제 등등이 자동화의 진행 속도를 결정

2015년 ImageNet Challenge에서 AI는 인간을 처음으로 추월. 그 이후 여러분야에서 기계가 인간을 대체할 수 있는 기술이 성숙

AI, Big Data, IoT 기술을 활용하는 4차산업혁명은 생산성 향상에 기여할 것이고 이는 소득증대로 연결되어 소득 효과를 통한 고용 증가로 이어질 것임

미국 일부 주에서 최저임금이 상승하자 맥도날드와 같은 기업의 자동화 속도가 배가되었음

신기술과 보완적인 직업, 신 산업의 등장과 제품, 서비스의 품질 향상

기술변화는 항상 신기술과 보완적인 일자리 창출을 통해 일자리 파괴 효과를 완화시켜 왔으며, 일자리 수는 지속적으로 증가해 왔음 (Autor, 2015)

예를 들어 ATM의 도입에도 불구하고 은행 창구직원은 늘어났는데, 이는 점포 수가 늘어나고 서비스의 질이 향상되었기 때문

생산성 및 임금향상, 근로시간 단축으로 이어질 수도 있음

신기술을 활용하는 직업으로 기본인력이 재배치 될 수 있다면, 4차 산업혁명은 임금상승과 근로시간 단축을 가져올 수도 있음

신기술 관련 직무를 파악하고 이에 대한 교육훈련 제도를 갖추는 것이 선행되어야 함

II. Historical Review : Technological Progress and Labor Market

◆ 과거 산업혁명의 특징

■ 제1~3차 산업혁명 특징

구분	시기	혁신	주요 결과
1차	1760~1860년대	영국을 중심으로 증기 기관을 이용한 기계화 혁명	- 면직 산업을 중심으로 공장제 생산 도입 및 확대
2차	1870~1930년대	미국을 중심으로 전기 에너지 기반의 대량생산	- 화학산업 등 신 산업 등장 - 생산방식 혁신(예: 컨베이어벨트) - 근대적 대기업 성장
3차	1970년대~	컴퓨터와 인터넷 기반의 지식 정보 혁명	- 생산공정의 자동화 - 글로벌 IT 기업 부상

- 산업혁명의 본질은 기술혁신을 통해 생산요소(특히 노동)의 생산성 증대.
 - 제1차 산업혁명期 영국 국민소득 증가의 70-80%는 기술혁신에 따른 총요소생산성(TFP) 증가로 설명됨 (Mokyr 1993).
- 획기적인 생산성의 증대와 생산방식의 변화가 발생할 때 '산업혁명(industrial revolution)'이라 칭함.

◆ 기술진보의 노동 대체에 대한 우려

- 기술진보가 인간의 일자리를 위협할 것이라는 우려는 제1차 산업혁명 이후 지속적으로 제기되어온 문제.
- 19세기 말 영국의 러다이트(Luddites) 운동
 - “Never until now did human invention devise such expedients for dispensing with the labour of the poor” (러다이트 운동 팸플릿)
- 1920년대: “March of the machine makes idle hands” (1928년 뉴욕 타임즈 헤드라인)
- 1930년대: “Technological unemployment” (존 케인즈)
- 1960년대: “maintain full employment at a time when automation...is replacing men” (케네디 대통령)
- 1980년대: PC 등장으로 일자리 상실에 대한 우려 증폭.

◆ 과거 기술진보는 인간의 일자리를 대체했는가?

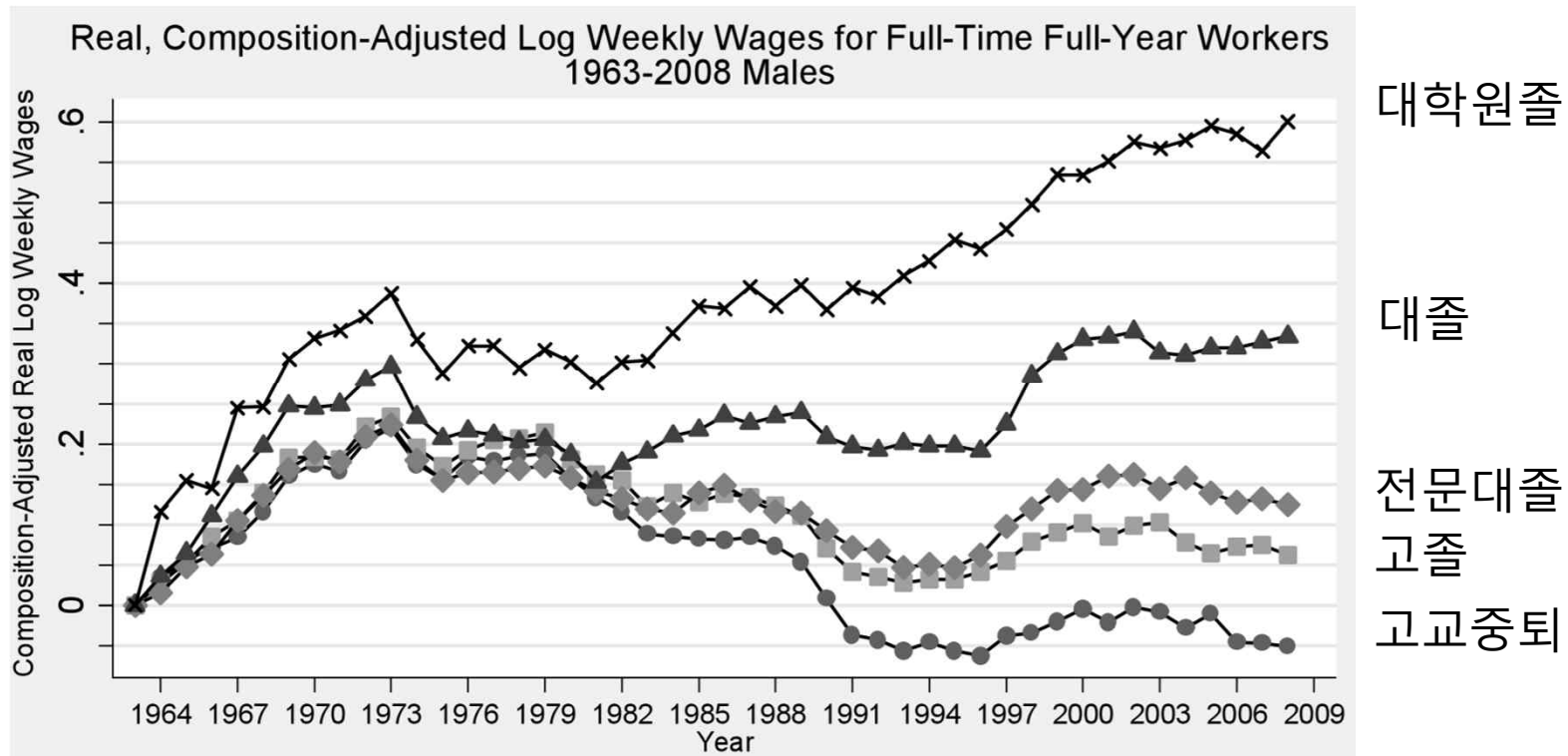
- 그러나 과거 기술진보는 일자리를 대체하기 보다는 더 많은 일자리를 창출!
 - James Bessen (Boston Univ): 기술진보는 노동의 성격을 변화시키거나 생산 비용 절감 등을 통해 새로운 일자리 창출.
 - David Autor (MIT): 자동화로 어떤 일을 더 신속하고 저렴하게 완수함에 따라 자동화 되지 않은 일을 하기 위한 노동수요가 발생.
- 역사적 사례(Economist 2016):
 - 19세기 1차 산업혁명: 역 직기 발명에 따라 방직 공정 자동화
 - 방직공 1인당 생산량 50배 증가, 단위 생산당 노동시간 98% 감소
 - 면직물 가격 하락, 수요 급증
 - 1830-1900년 방직공 고용 4배 증가
 - 20세기 말: ATM 보급 → 반복 업무를 대체, 실제로 지점 당 은행원 수 감소(1998년 20명, 2004년 12명) → 은행 지점당 운영비 절감, 도시 지역에 더 많은 지점 설치 (같은 기간 43% 증가) → 은행원 고용 증가.
 - 20세기 말 PC 보급 확대 → 자동화로 한 공정의 업무 생산성 증가 → 다른 공정의 업무의 생산성도 증가 → 따라서 PC나 소프트웨어 개발의 고용 뿐만 아니라 다양한 직종의 일자리도 함께 증가.

◆ 기술 진보와 노동시장: 노동수요측면

- 숙련 편향적 기술변화(skill-biased technological change)
 - 일반적으로 기술혁신은 숙련(skill)을 증대. 즉, 노동자의 생산성을 높임.
 - 이같은 특징은 제1차 산업혁명에 따른 기계화의 경우보다, 제3차 산업혁명의 ICT기술의 보급에서 더욱 관측.
 - 그 결과 숙련 노동(skilled labor)의 생산성을 높여 숙련 편향적 노동수요를 초래.
- 1970년대 이후 숙련 편향적 기술 변화의 결과
 - 숙련도에 따라 실질임금 차이 발생: 숙련 노동의 수요가 증가함에 따라 실질임금이 증가하고, 노동수요 감소로 비숙련노동의 실질임금은 감소.
 - 특히 반복(routine)업무의 중간숙련노동에서 기술로의 대체가 더욱 빠르게 발생. 노동 대체가 어려운 비 숙련 서비스 업종에서는 오히려 노동수요가 증가.

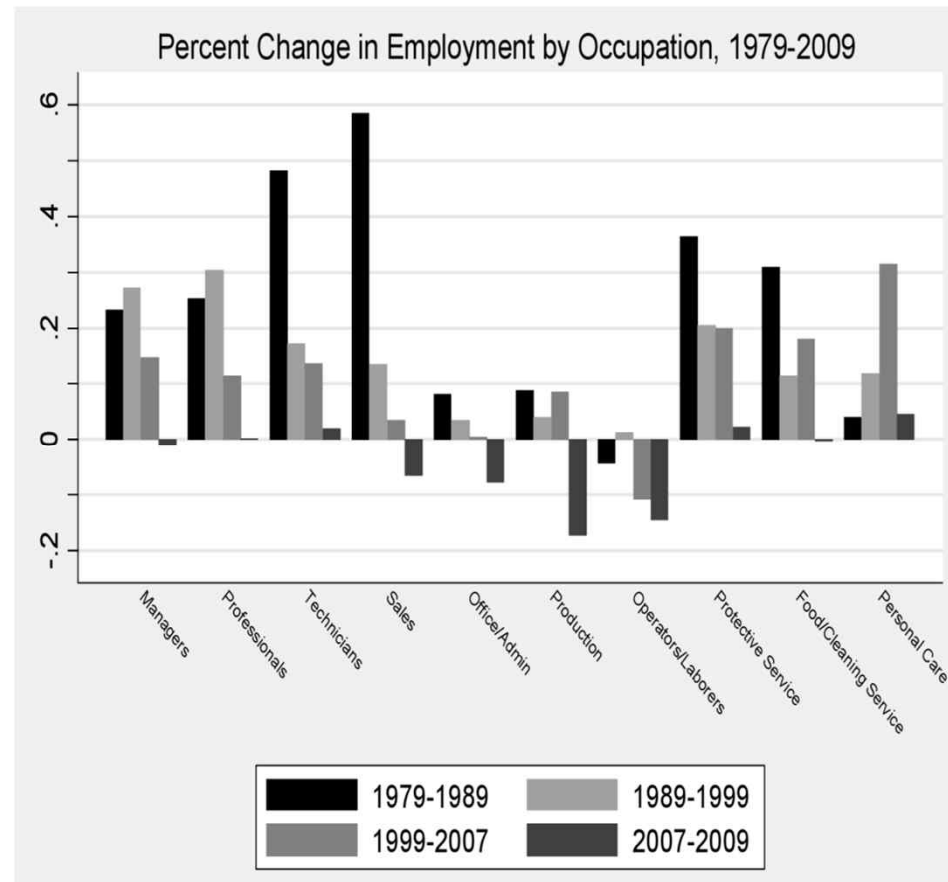
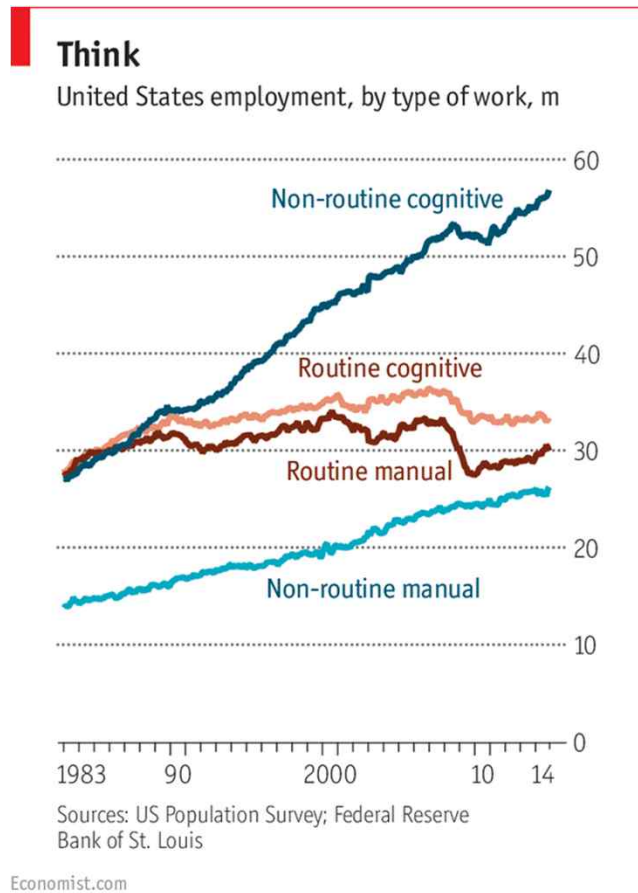
◆ 1970년대 이후 미국 노동시장의 변화의 주요 특징

- 1970년대(제3차 산업혁명) 이후 고학력 노동자의 실질임금은 증가한 반면, 저학력 노동자의 임금은 감소.



◆ 1970년대 이후 미국 노동시장의 변화의 주요 특징

- 노동자의 숙련 및 업무 특성에 따라 고용의 변화가 다르게 관측됨.



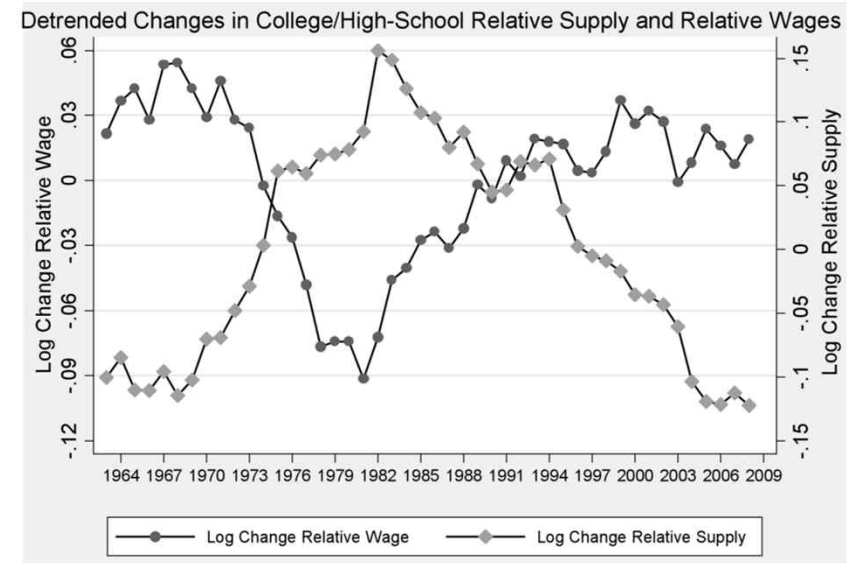
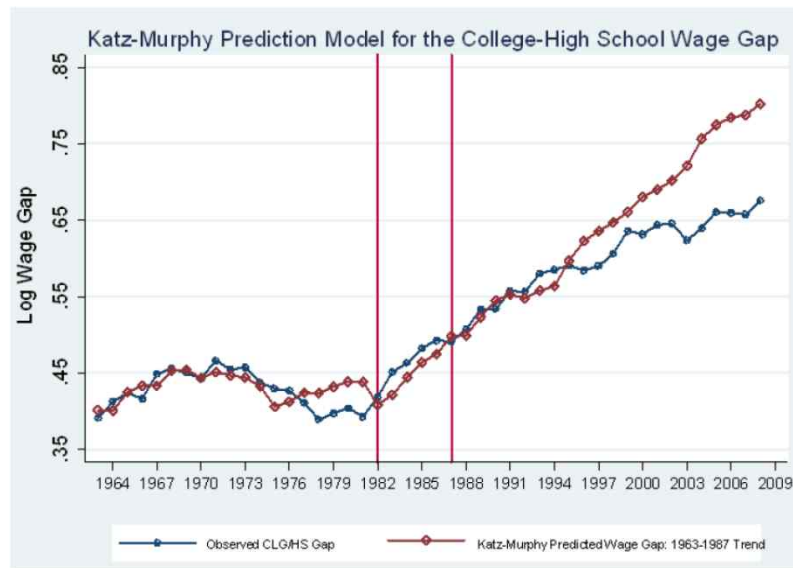
◆ 기술 진보와 노동시장: 노동공급

- 노동 공급은 college wage premium의 또 다른 주요 요인.
- Katz and Murphy (1992):

$$\ln \left(\frac{w_H}{w_L} \right)_t = \text{constant} + 0.027 \times t - 0.612 \cdot \ln \left(\frac{H_t}{L_t} \right)$$

(0.005) (0.128)

- 이 모형은 역사적 사례와 여러 국가에서 입증됨.
 - Katz and Goldin (2008), Carneiro and Lee (2009), Card and Lemieux (2001).



◆ 20세기 기술 진보와 노동시장: 교육의 중요성

■ Bessen (2016):

- 노동자들이 신기술에 적응하는 과정에서 교육의 표준화가 중요하다고 강조.
- 역사적으로 보면, 기술혁신과 생산성 개선이 실질임금 증가로 이어지기까지 적잖은 시간이 소요됨. 이는 산업 전반으로 기술이 보급되어 생산성 향상이 완전히 실현되기까지 시간이 소요되기 때문.

■ Katz and Goldin (2009):

- 20세기 초 미국의 college wage premium은 매우 높았으나, 1970년대까지 지속적으로 하락. 그러나 1980년대 초부터 다시 증가하여 2005년에는 1915년 수준으로 높아짐.
- 이 배경에는 미국의 대졸 노동자의 상대적 공급과 밀접하게 관련.
- 19-20세기 미국의 교육에 대한 투자는 기술이 비숙련 노동 업무를 더 많이 자동화함으로써 생길 수 있는 불평등을 방지하는데 기여.

◆ 과거 기술 진보와 산업 혁명으로부터의 시사점

- 산업혁명과 기술혁신이 노동을 대체할 것이라는 우려는 계속되어 왔지만, **더 많은 일자리를 창출**하는 것이 관측됨.
 - 타 직종의 생산성 증가, 노동의 성격 변화, 생산비용 절감.
- 숙련 편향적 기술 변화와 노동 수요는 노동의 숙련도에 따라 **실질임금, 고용, 기술 대체의 상이한 패턴**을 초래.
- 한편 college wage premium의 장기적인 변화에서 노동 공급의 역할이 중요.
 - 특히 **교육에 대한 투자는 기술진보에 따른 생산성을 사회 전반적으로 파급하고, 불평등 확대를 줄이는데 중요한 역할**을 할 것으로 기대.

Ⅲ. 노동수요의 변화와 전망

◆ 노동 수요의 변화 : 추정 방법

$$(1) \Delta D_{kt} = \sum_j \frac{E_{jk}}{E_k} \dot{Y}_{jt} \quad \text{Kim and Topel (1995)}$$

ΔD_{kt} : k 유형 근로자의 t 기 수요 변화

$\frac{E_{jk}}{E_k} = \frac{1}{T} \sum_t \frac{E_{jkt}}{E_{kt}}$: k 유형 근로자가 j 산업에 속한 비중 (efficiency unit)

$$E_{jkt} = \sum_{i \in k} \bar{w}_i N_{jkt}, \quad E_{kt} = \sum_j E_{jkt}$$

\bar{w}_i : i 유형 근로자의 총 기간 평균 임금

근로자 유형 i 는 성(2) · 연령(40) · 학력(4)의 160개 cell

N_{jkt} : t 기에 j 산업에 고용된 k 유형 근로자 수

\dot{Y}_t : t 기 j 산업 부가가치의 증가율

$$(2) \Delta D_{kt} = \sum_j \frac{E_{jk}}{E_k} \dot{E}_{jt} \quad \text{Katz and Murphy (1992)}$$

$$E_{jt} = \sum_k E_{jkt}$$

◆ 노동 수요의 변화 : 추정에 사용된 자료

임금구조 기본통계조사(1980~2007)

고용형태별 근로실태조사(2006~2014)

경제활동인구조사(1985~2015)

경제활동인구조사 부가조사(2004~2014)

한국산업연구원(KIET) 산업별 부가가치 추정치 및 전망치

◆ 노동수요의 변화 양상 (성 · 학력 · 연령별 근로자)

남성의 경우 상대적으로 고학력 및 청년층에 대한 수요 확대 추세
 여성의 경우 대졸 보다는 고졸과 초대졸 수요가 상대적으로 확대되는 경우도 있음

⇒ 여성 대졸자의 분포가 상당히 편향적임을 반영(교육 서비스 등)

<표> 상대적 노동수요 변화의 추정치

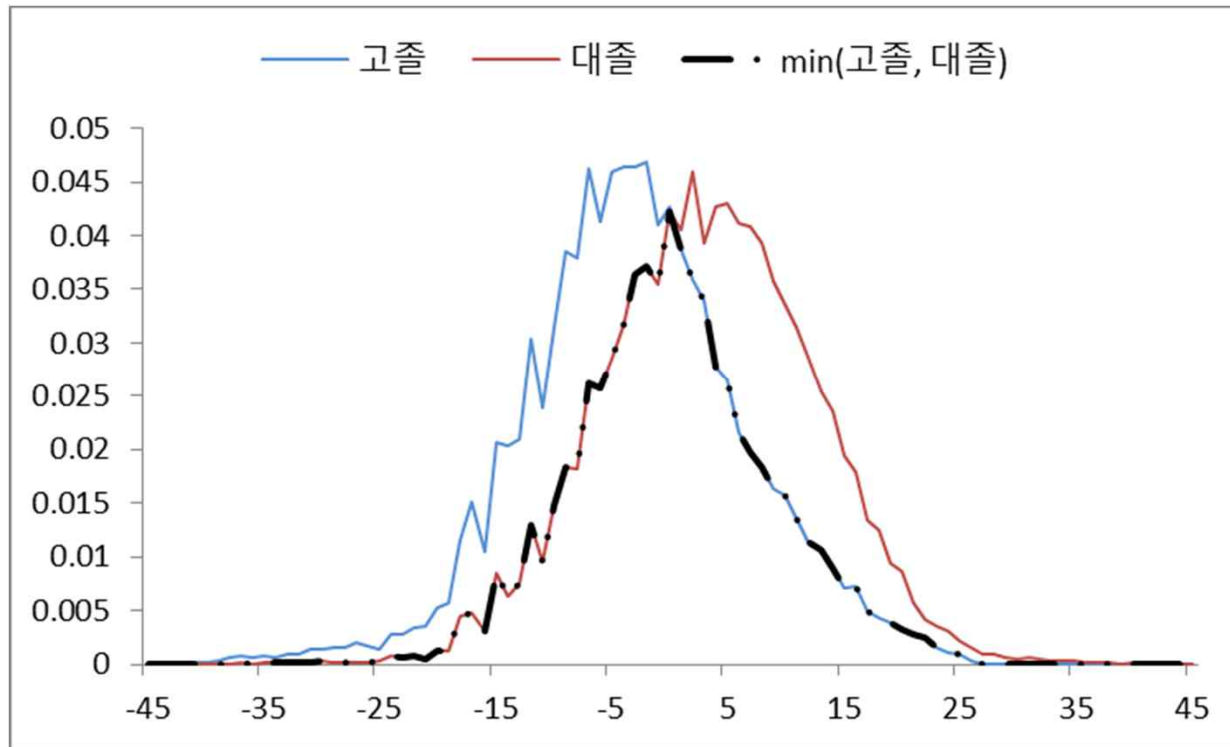
1980 ~1994	남성				여성			
	고졸미만	고졸	초대졸	대졸	고졸미만	고졸	초대졸	대졸
26-35세	1.428	1.508	1.599	1.549	1.277	1.485	1.506	1.293
36-50세	1.223	1.393	1.459	1.435	1.217	1.389	1.383	1.185
51-65세	1.157	1.302	1.364	1.316	1.173	1.318	1.281	1.197
1994 ~2014	남성				여성			
	고졸미만	고졸	초대졸	대졸	고졸미만	고졸	초대졸	대졸
26-35세	0.798	0.927	1.020	0.985	0.790	0.912	0.894	0.825
36-50세	0.637	0.820	0.891	0.883	0.753	0.857	0.862	0.778
51-65세	0.646	0.772	0.807	0.800	0.703	0.805	0.795	0.788

◆ 성 · 학력 · 연령에 따른 근로자 유형 정의의 한계

학력별로 임금 분포가 상당히 겹쳐서 정확하게 skill level의 차이를 정의하기 어렵고, 직종도 겹치는 부분이 많음

⇒ 아래 임금 분포의 경우 겹치는 부분이 72%

<도표> 남성 고졸/대졸 근로자 임금분포(2014)

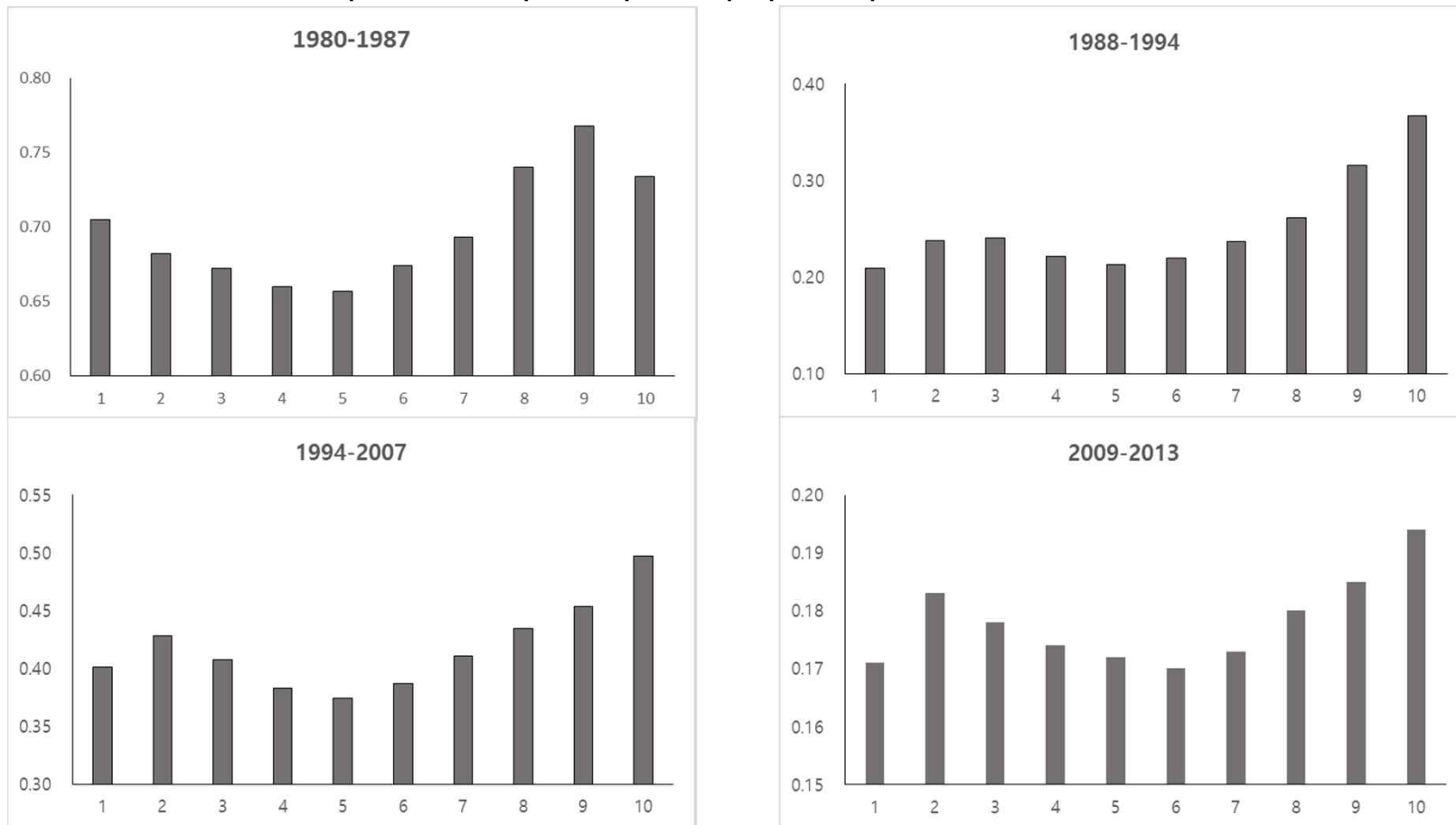


◆ 노동수요의 변화 양상 (임금 기준 연령별 10분위)

임금기준 10분위별 상대적 수요 변화

⇒ 고기능 편향적 증가 양상, 중간 기능 수준에 대한 수요 감소

<도표> 임금 분위별 노동수요의 상대적 변화



◆ Why in the middle? : (1) 근로자 대체 가능성

Technology (codifiability) vs Economic feasibility (cost efficiency)

주판 업무(계산)

⇒ high codifiability, cost efficiency (upper middle wages)

청소 업무(타겟 파악과 처리 : low-brow 판단 업무)

⇒ low codifiability, little cost efficiency (low wages)

⇒ Moravec's Paradox

최상위 근로자(목표 설정, 창의성 : high brow 판단 업무)

⇒ very low codifiability, though high cost efficiency (high wages)

EX) why so few helicopters in megacities with chronic traffic jam?

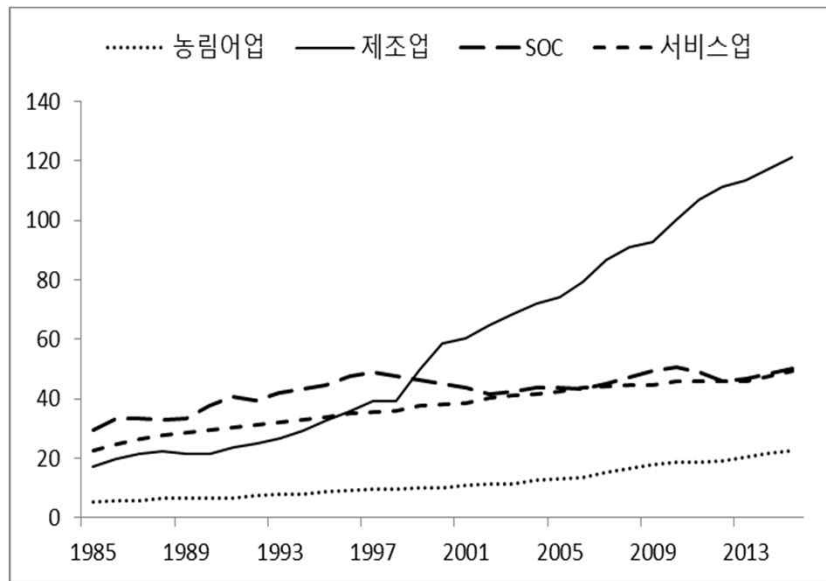
우버 flying taxi?

◆ Why in the middle? (2) 소득효과

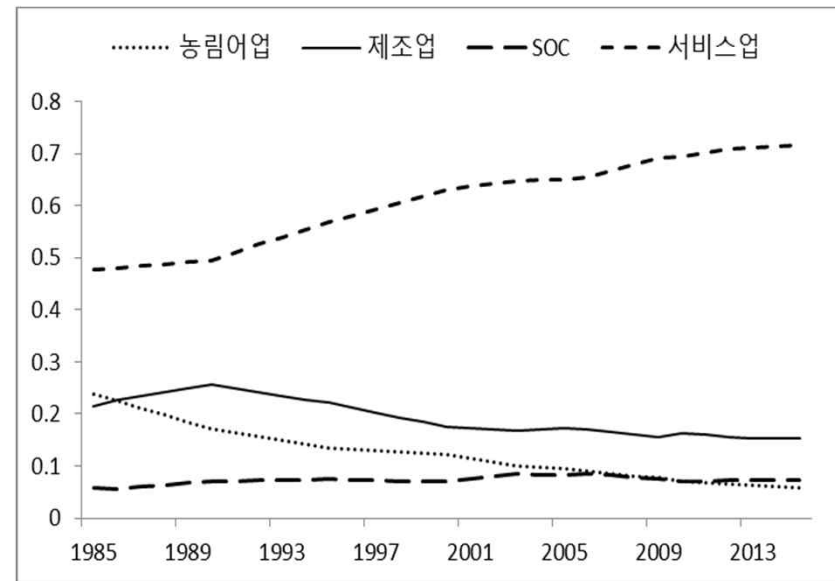
Increased demand for service

- ⇒ 제조업 생산성 증가는 소득증대를 가져와 서비스 수요를 증대
- ⇒ 생산성 증가 속도는 제조업에서 빠르나, 고용은 서비스에서 증가
- ⇒ 서비스 부문은 전통적으로 중하위 기능 노동력 집약적

<도표> 산업별 부가가치 생산성



<도표> 산업별 고용비중



◆ Why in the middle? (2) 소득효과(계속)

제조업은 기본적으로 skill-biased tech migration

⇒ 기능 수준별로 단조적인 수요 증가 양상

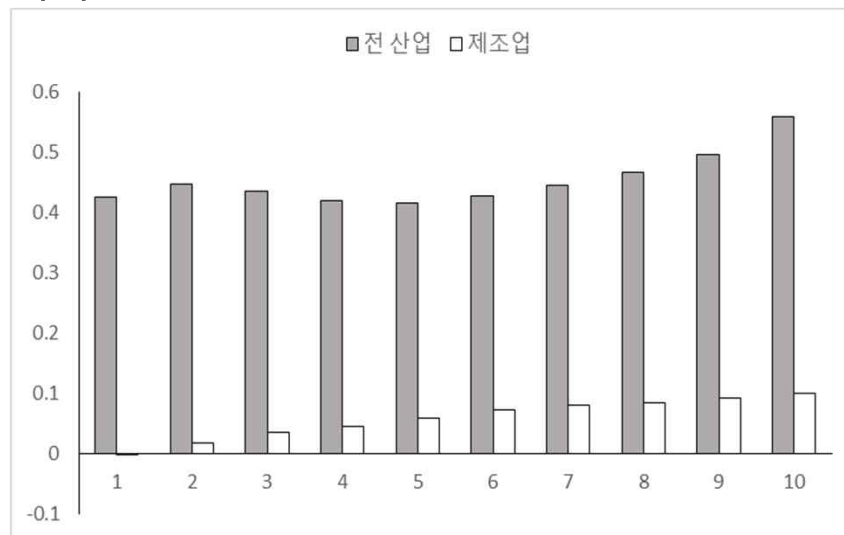
그러나 전체 산업의 경우 중하위에서 일부 수요가 다소 확대되는 양상

⇒ Increased demand for service가 lower half의 수요 확대

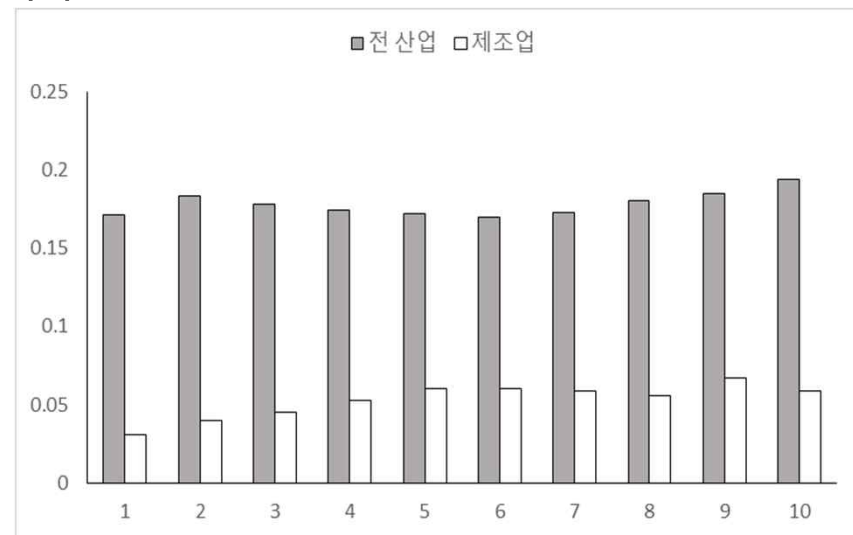
⇒ This is why we need a general equilibrium view

<도표> Wage Decile 별 수요변화

(A) 1994~2008년



(B) 2009~2014년



◆ 노동 수요 변화 ⇒ 고용 및 실업의 변화?

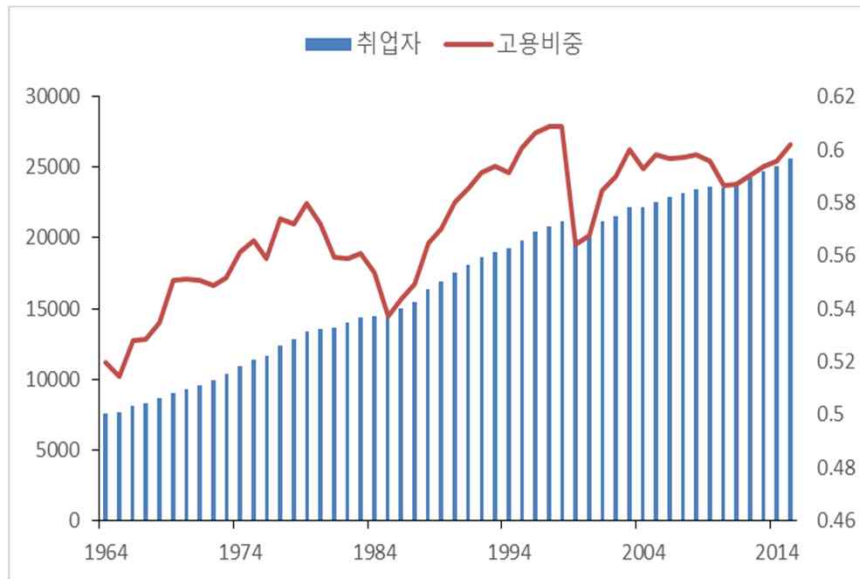
고용은 꾸준히 증가하는 추세

⇒ 경기적 요인으로 고용비중은 일부 등락하지만 장기적으로 증가세

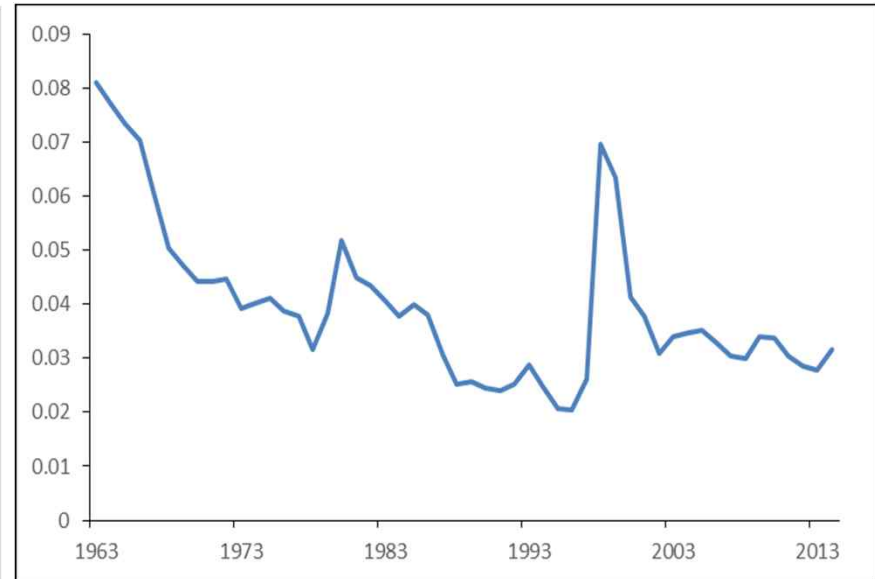
실업도 장기적으로는 감소

⇒ 1998년 경제위기 이후 다소 높은 수준에서 정체 중

<도표> 취업자 및 고용비중



<도표> 실업률 추이



◆ 실업의 구성 변화 : 수요 vs 공급

실업 인구에서 여성 및 55세 이상 장년층 비중 확대

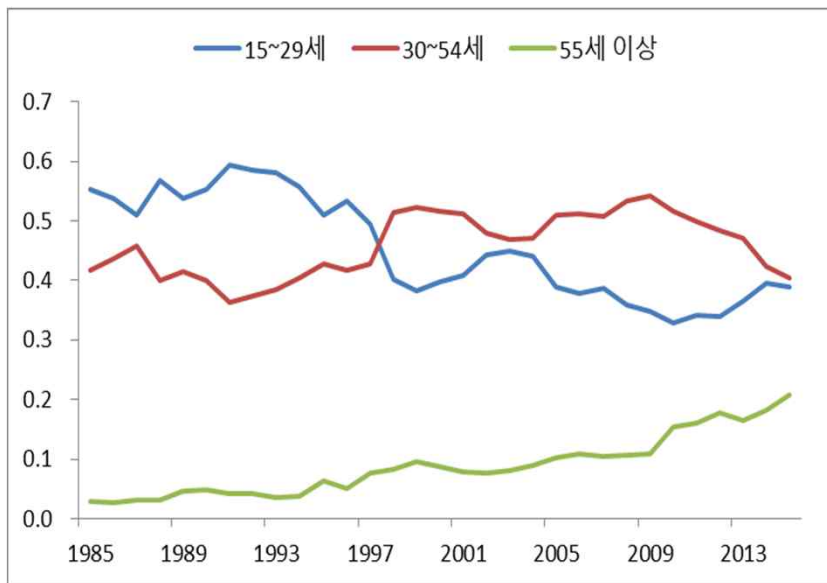
⇒ 여성 비중은 1985년 23%에서 2015년 41%로 확대

⇒ 55세 이상 장년층 비중도 남/녀 모두에게서 확대

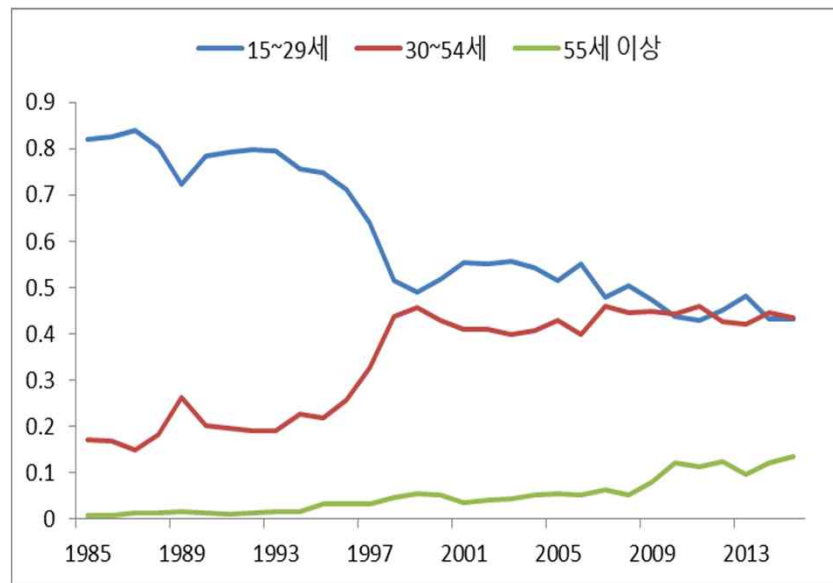
⇒ 수요 보다는 인구 구조 및 supply behavior를 반영하는 것으로 판단

<도표> 실업자의 연령 구성

(A) 남성



(B) 여성



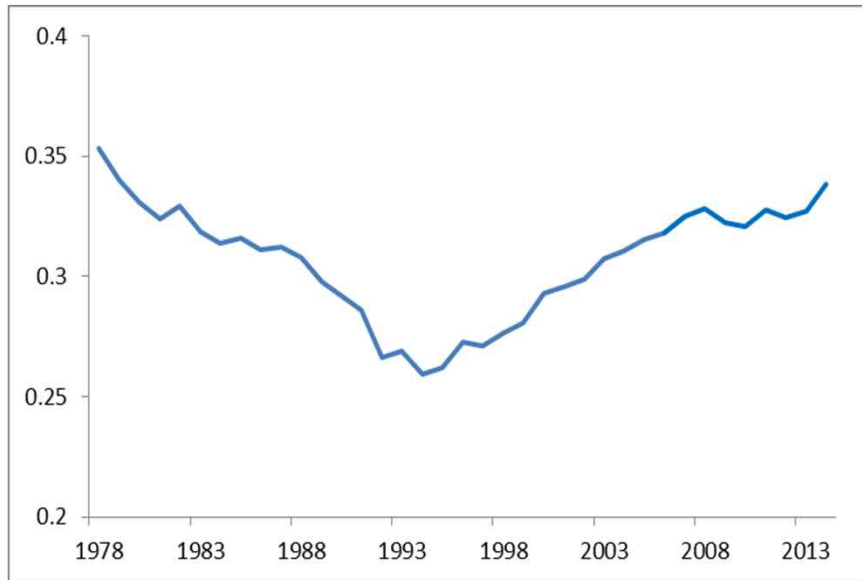
◆ 임금 불평등도의 변화

임금 불평등도는 1990년대 중반 이후 확대되기 시작

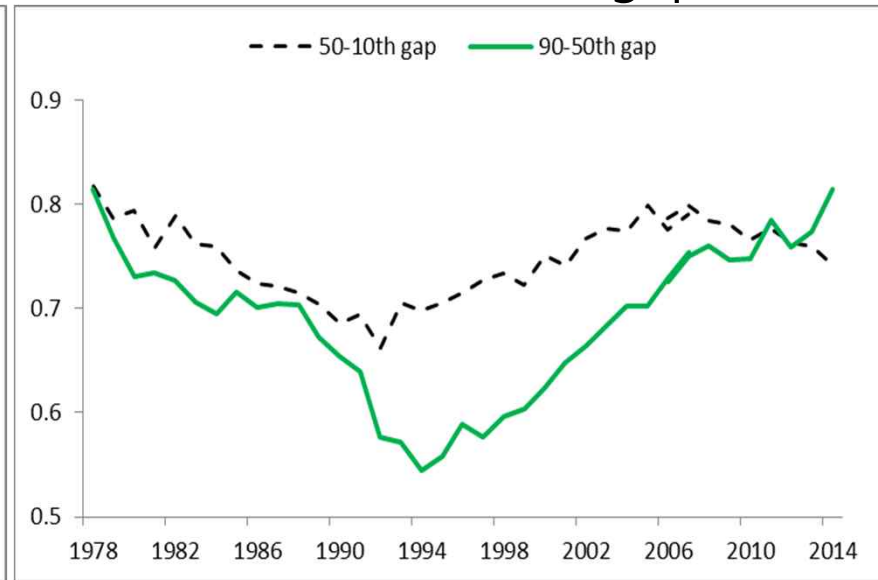
⇒ 지니계수와 50-10th, 특히 90-50th gap이 증가(중상위 압박 양상)

90년대 중반 이후 임금 불평등 추세의 반전은 **고기능 노동력 공급의 둔화**를 반영

<도표> 임금분포의 지니계수



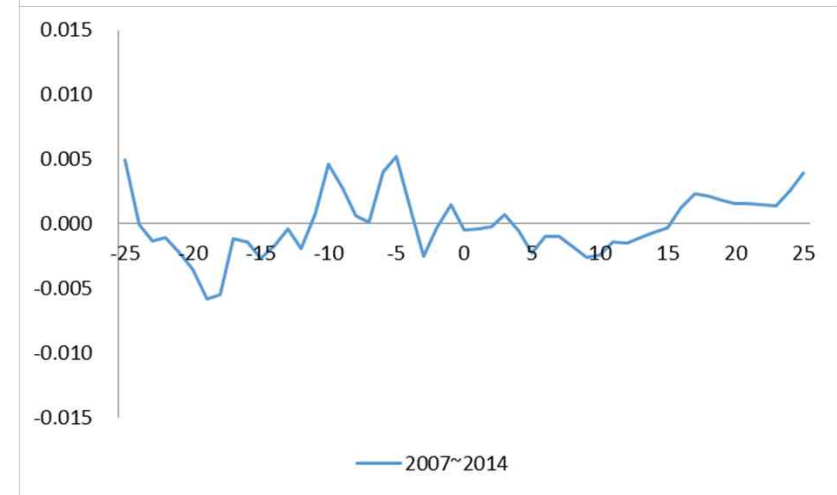
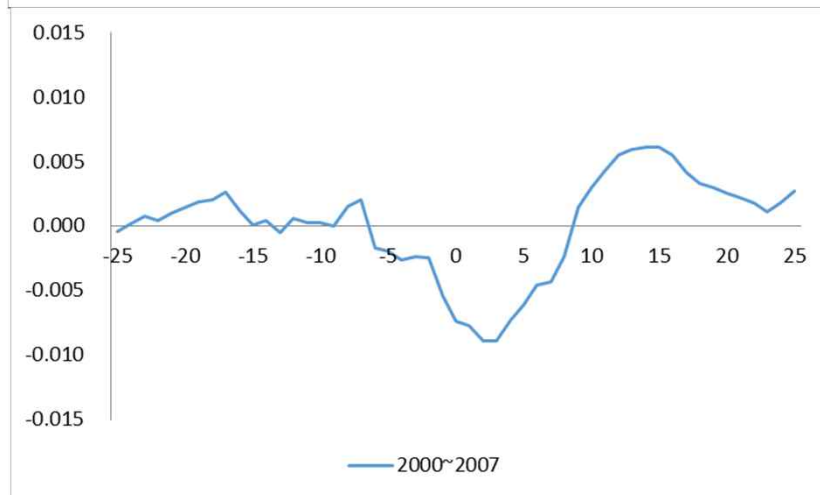
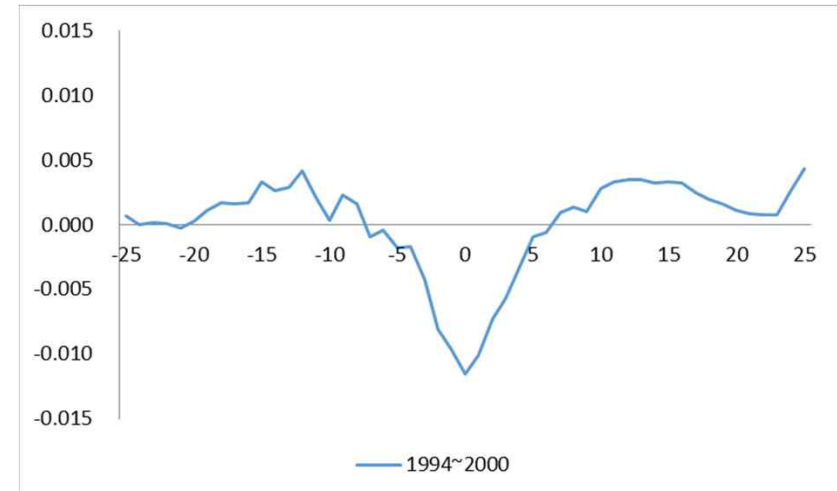
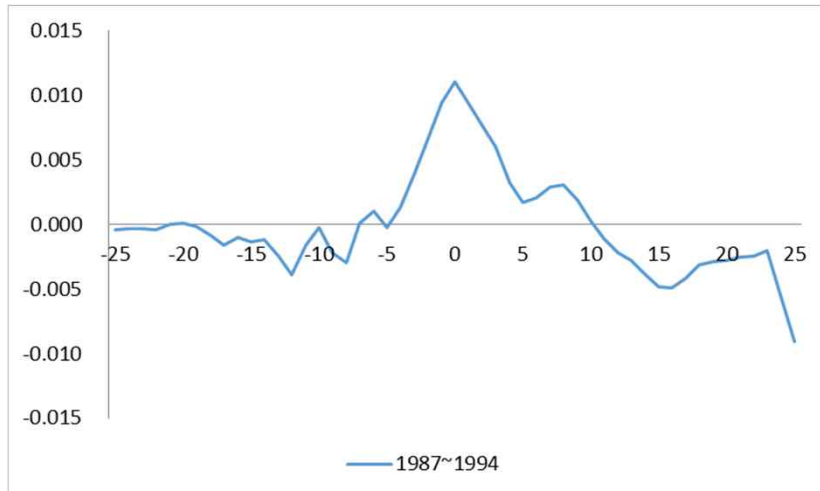
<도표> 50-10th, 90-50th gap



◆ 임금 밀도함수의 변화

임금밀도(density) 함수의 변화도 중상위에 대한 압박 심화를 반영

<도표> 임금 분포 함수의 기간별 변화



◆ 노동수요 변화와 임금 불평등도의 변화

1994년 이후 임금 불평등이 확대되는 시기를 대상으로 추정

$$\ln\left(\frac{w_t^{50}}{w_t^{10}}\right) = \alpha_t + .491 \ln\left(\frac{d_t^5}{d_t^1}\right) + \varepsilon_t$$

(.385) *p - value* = .219

$$\ln\left(\frac{w_t^{90}}{w_t^{50}}\right) = \alpha_t + 1.042 \ln\left(\frac{d_t^{10}}{d_t^6}\right) + \varepsilon_t$$

(.150) *p - value* = .000

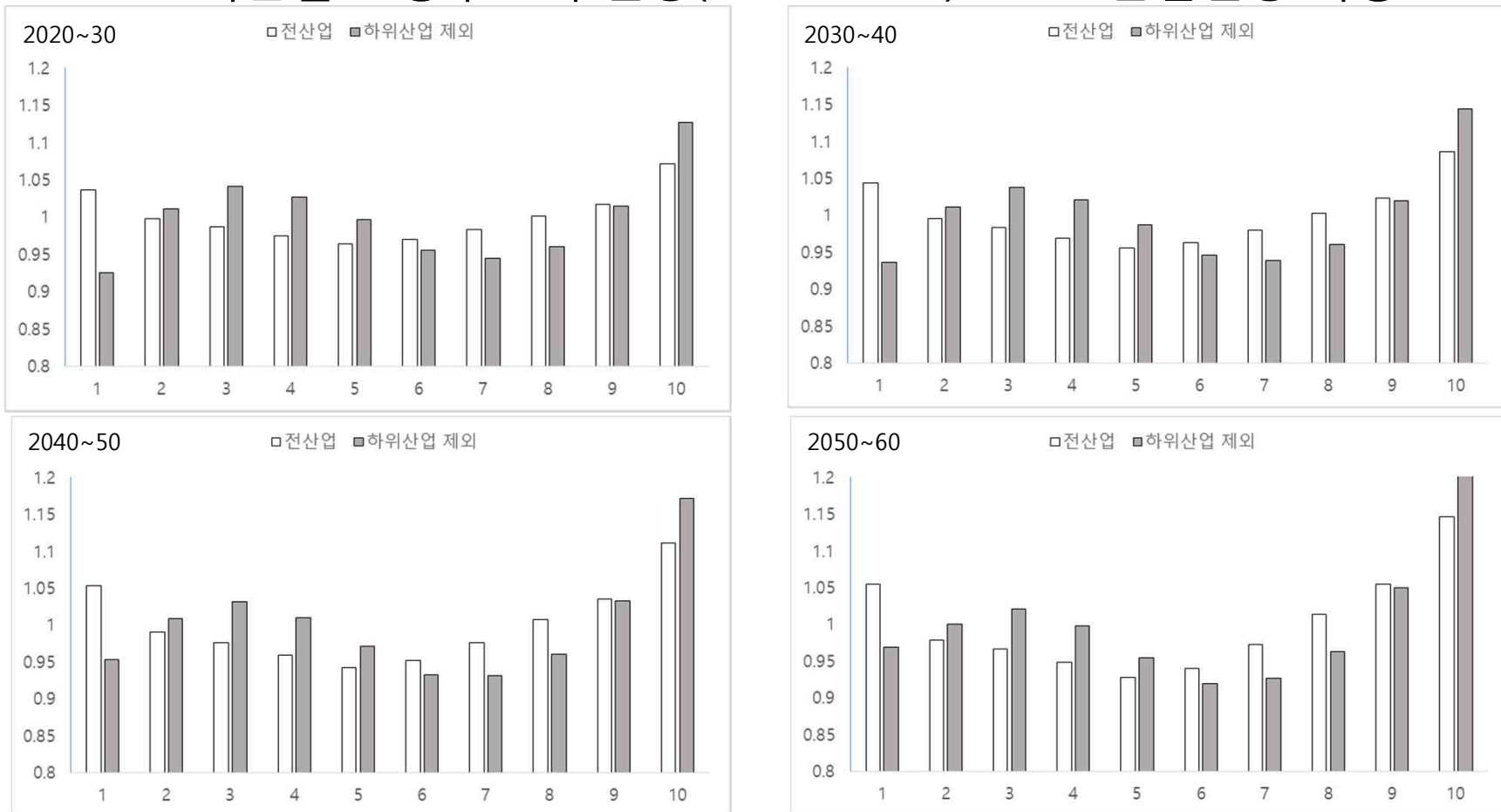
w_t^p : t 년도 p 분위(percentile) 임금

d_t^n : t 년도 n 분위(decile) 수요 추정값

◆ 향후 노동 수요의 변화 전망

기본적으로 중상위에 대한 압박이 심화되는 양상

<도표> 기간별 노동수요의 전망(2020~2060) : KIET 산업전망 사용



◆ 향후 노동 수요의 변화 전망

4차 산업혁명은 superstar market화를 더욱 촉진시킬 가능성

※ Superstar market이란?

low marginal costs for an additional consumer
smart phone, google, facebook, Alibaba, Amazon

인터넷, 통신, 수송의 발달은 거대 global enterprise 출현을 촉진
⇒ "local"의 의미가 퇴색

결과적으로 최상위 수요는 더 빠르게 확대되고 중상위에 대한 압박은 더욱 심화될 것으로 예상

IV. 일반균형 모형을 통한 전망

◆ 임금 불평등, 고용 분포, 실업 등에 대한 시나리오

Two sector (X, Y) – Four factor (H, M, L & K) model

Supply of capital (K) is assumed to be elastic at given r

Labor factor prices are W_H , W_M , and W_L

(1) 기술진보 부문(제조업)

$$Y = (\lambda Y_1^\sigma + (1 - \lambda) Y_2^\sigma)^{\frac{1}{\sigma}}$$

$$Y_1 = (\phi \Gamma_Y^\theta + (1 - \phi) M_{Y1}^\theta)^{\frac{1}{\theta}}, \quad \Gamma_Y = \min[\alpha K_Y, H_Y]$$

$$Y_2 = (\mu M_{Y2}^\rho + (1 - \mu) L_Y^\rho)^{\frac{1}{\rho}}$$

기술진보는 α 와 θ 가 증가하는 것으로 설정

$\Rightarrow \Gamma_Y$ 의 가격($W_H + r/\alpha$)이 하락하고 중간 기능 근로자 대체

◆ 임금 불평등, 고용 분포, 실업 등에 대한 시나리오

(2) 기타 부문

$$X = (\pi X_1^v + (1 - \pi) X_2^v)^{\frac{1}{v}}$$

$$X_1 = (\zeta \Gamma_X^\epsilon + (1 - \zeta) M_{X1}^\epsilon)^{\frac{1}{\epsilon}}, \quad \Gamma_X = \min[\beta K_X, H_X]$$

$$X_2 = (\xi M_{X2}^\eta + (1 - \xi) L_X^\eta)^{\frac{1}{\eta}}$$

(3) 소비 결정식

$$P^* Y^* = s(X + P^* Y)^\psi,$$

$s \in (0, 1), \psi \in (0, 1)$: 제조업 수요는 비탄력적

$$P^*(Y - Y^*) = (X - X^*) : \text{balanced trade}$$

P^* : Y 재 국제 가격, X, Y : 재화 생산, X^*, Y^* : 재화 소비

(4) 생산에서의 탄력성 파라미터

$$\sigma, \theta, \rho, v, \epsilon, \eta \in (-\infty, 1)$$

◆ 임금 불평등, 고용 분포, 실업 등에 대한 시나리오

기준경제 (현재)

3개 노동력 (H, M, L)으로 구성된 노동시장의 기준 임금

W_H	2.259
W_M	1
W_L	0.475

H, M, L 의 (노동효율성을 고려한) 구성비율

$H_{(eff.)}$	27%
$M_{(eff.)}$	43%
$L_{(eff.)}$	30%

$H_{(인구구성)}$	20%
$M_{(인구구성)}$	40%
$L_{(인구구성)}$	40%

cf. 효율성 단위는 연령 및 기능수준별로 설정
이와 같은 조건을 만족하는 모형의 모수를 설정

◆ 임금 불평등, 고용 분포, 실업 등에 대한 시나리오

(제조업 부문) 기술진보가 40년 후에 미치는 영향을 분석

$$W_H/W_M = 2.26 \text{ (현재기준)}$$

$$W_H/W_M = 2.90 \text{ (현 추세에서 40년 후), 28.3\% 증가}$$

주요 관심 변수

제조업 내 H 노동력의 비중

제조업의 H, M, L 의 투입

비제조업의 H, M, L 의 투입

3개 노동력의 임금격차를 통해 계산한 소득불평등도 (지니계수)

교육을 통한 노동공급 대응 효과

기준경제에서 신규유입인구 중 H, M, L 의 비중이 (20,40,40)

(시나리오0): 2011출생자부터 (22,40,38) 로 변화(10% 변화)

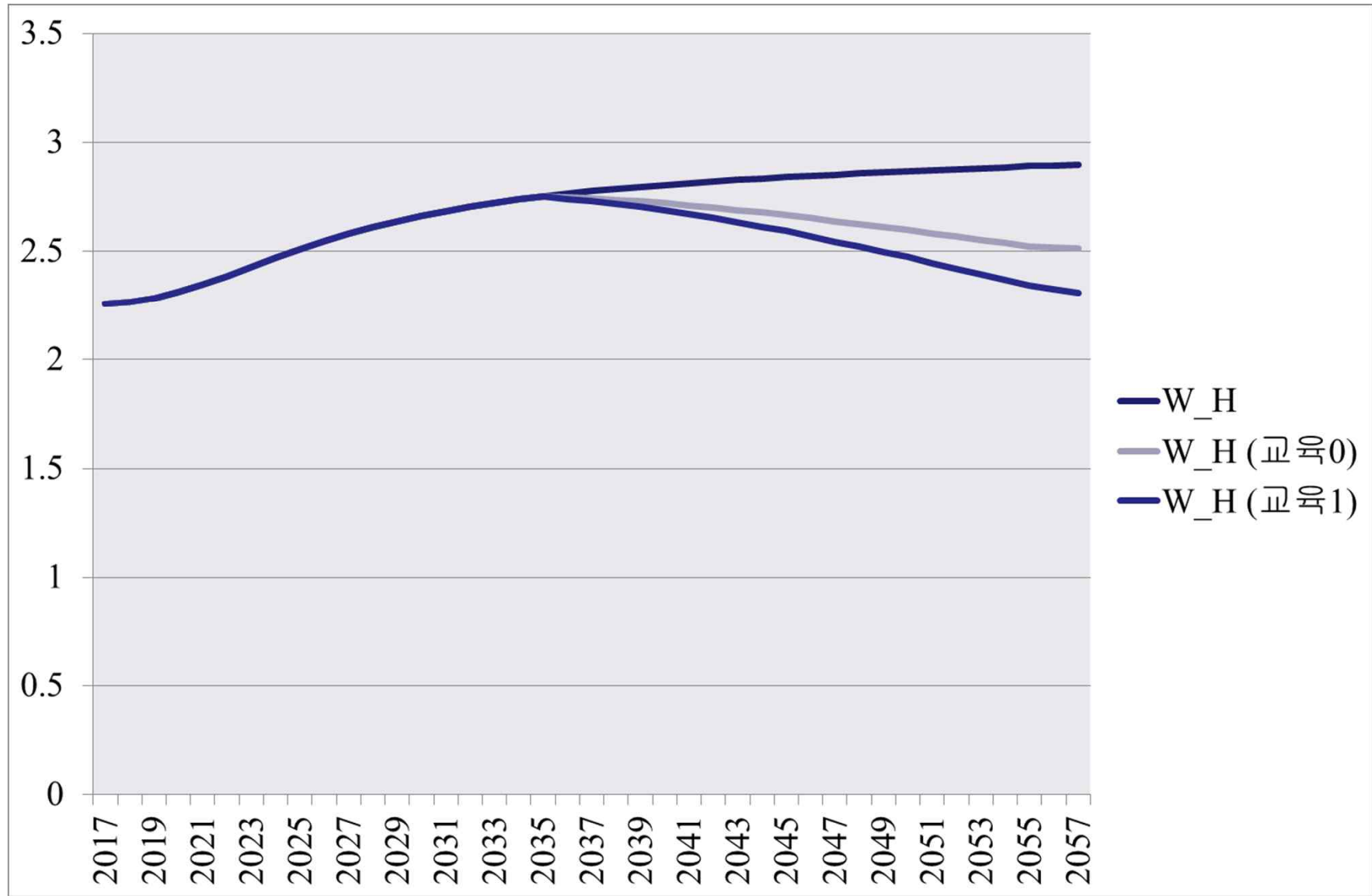
(시나리오1): 2011출생자부터 (25,40,35) 로 변화(25% 변화)

(시나리오2): 2011출생자부터 (30,35,35) 로 변화(50% 변화)

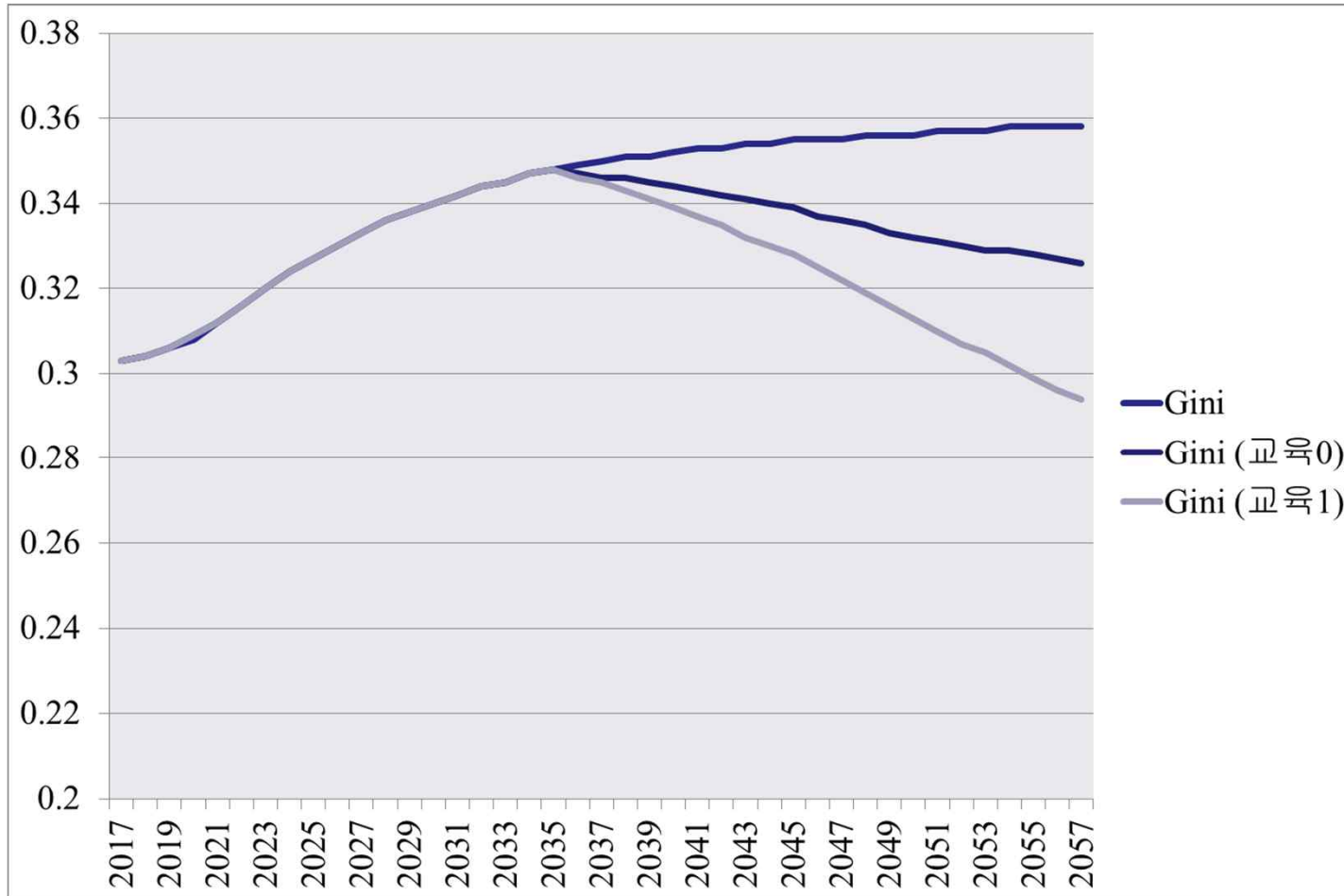
◆ 임금 불평등, 고용 분포, 실업 등에 대한 시나리오

	기준경제	기술진보경제	기술진보경제 + 교육0	기술진보경제 + 교육1
제조업 내 H근로자	26.6%	29.6%	32.2%	34.5%
비제조업 내 H근로자	27.4%	25.1%	26.4%	27.6%
제조업 H,M,L	13.3 20.3 16.4	12.6 16.3 13.8	14.0 15.8 13.6	15.1 15.7 12.9
비제조업 H,M,L	13.7 22.7 13.6	14.4 26.7 16.2	14.9 26.0 15.6	15.5 25.8 15.0
총 H,M,L	27. 43. 30.	27. 43. 30.	29.0 41.8 29.2	30.6 41.5 27.9
H의 임금 / M의 임금	2.259	2.899	2.512	2.307
L의 임금 / M의 임금	0.475	0.471	0.476	0.528
임금불평등 (GINI)	0.303	0.358	0.326	0.294

◆ 교육을 통한 노동공급 대응 효과 : 상위/중위 임금 비율



◆ 교육을 통한 노동공급 대응 효과 : 임금 지니 계수



◆ 시나리오 분석 요약

기술진보(제조업) 부문의 자본 생산성이 증가하는 기술진보는 자본과 보완관계에 있는 상위 노동력(H) 수요를 증가

기술진보 부문에서 자본과 상위 노동력(H)이 중위(M) 및 하위(L) 노동을 대체하고, 대체된 M, L 노동은 기타 부문으로 이동

상위 노동력(H)의 임금은 상대적으로 상승하지만 중위(M) 및 하위(L) 노동력의 임금은 상대적으로 하락하고, 그 결과 소득불평등 심화

당장 교육개혁을 통해 2011년 출생자부터 상위 노동력(H)의 공급을 획기적으로 증가시키더라도, 그 효과는 교육을 마치고 사회에 진출하는 2035년 이후부터 나타남

실업, 국제수지 등의 효과는 추후 보완 분석할 예정

⇒ 현 모형에서는 대체된 근로자가 즉시 재취업하는 것으로 설정

V. 정책적 시사점

◆ 정책적 시사점 : (1) 교육

노동수요가 최상위로 집중되고, 중상위 수요가 감소하는 양상은 지속

⇒ 4차 산업혁명이라 불리는 기술 진보(technology) 의 효과

⇒ 기술진보의 파급효과인 superstar market 화도 이를 촉진

새로운 일자리는 최상위 기능 및 기술 친화적일 것으로 예상

⇒ 노동공급이 이에 대응하지 못하면 고용감소와 불평등 확대

⇒ 창의성(creativity), 적응력(adaptability) 배양이 필요

개별 학생의 능력을 효율적으로 계발시킬 수 있는 수준별 교육 중요

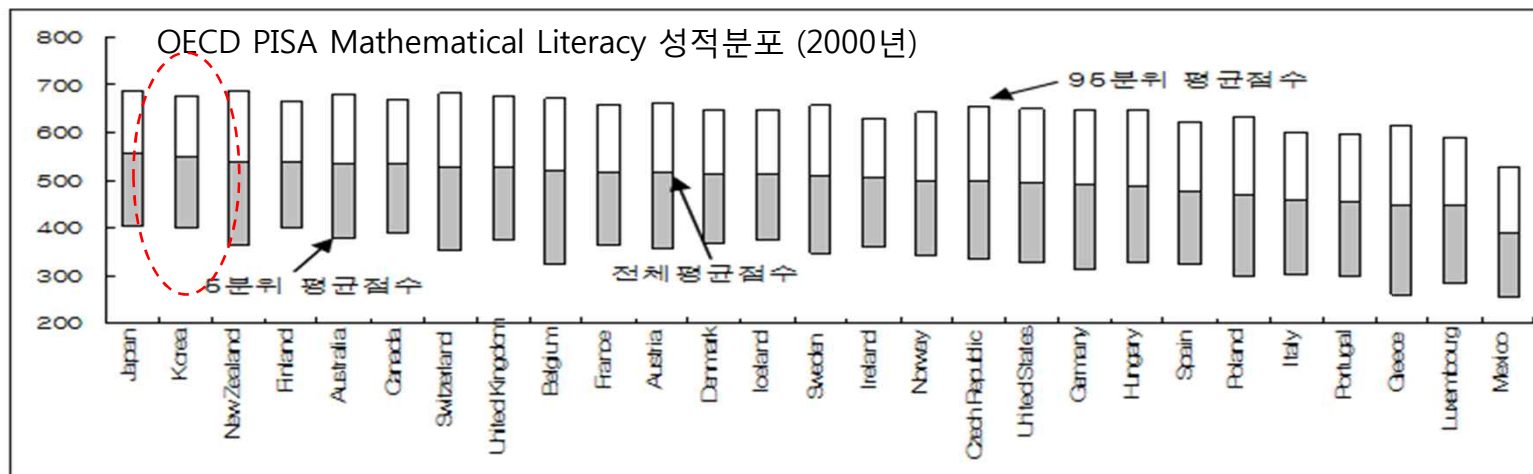
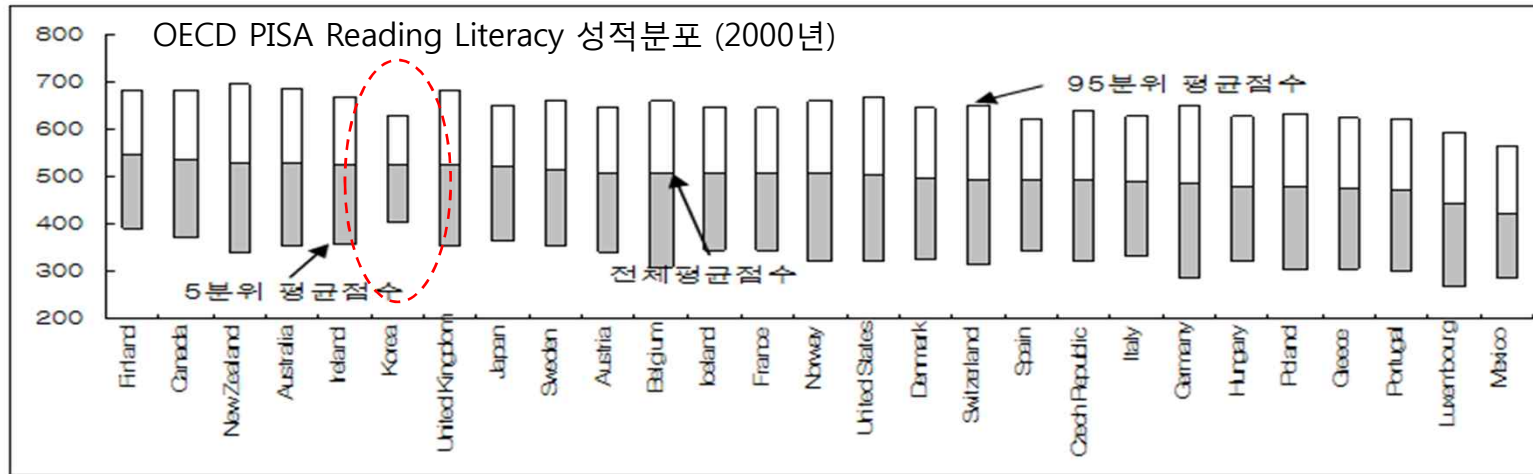
⇒ 초/중등 단계에서 효과적인 창의성, 적응력 배양을 위해서 필수적

현실은, 높은 평균, 중간 밀집형 교육(OECD PISA)

⇒ 대체될 인력을 양산하고 있는 상황

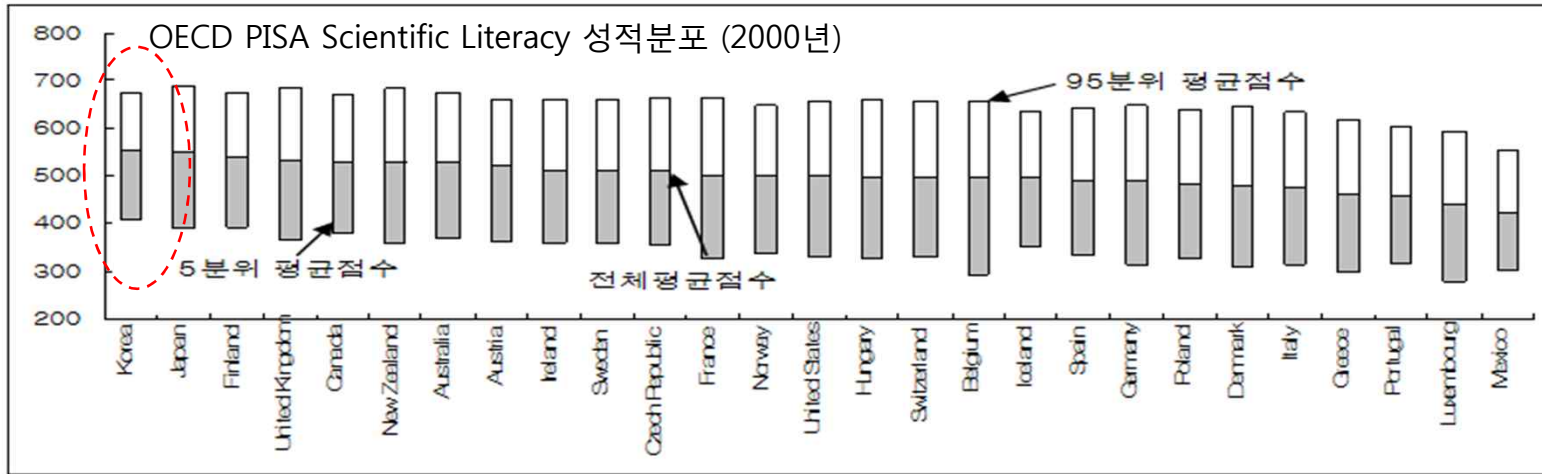
⇒ 최근에는 평균도 빠르게 하락하는 양상(2015 PISA)

◆ 정책적 시사점 : (1) 교육(계속)



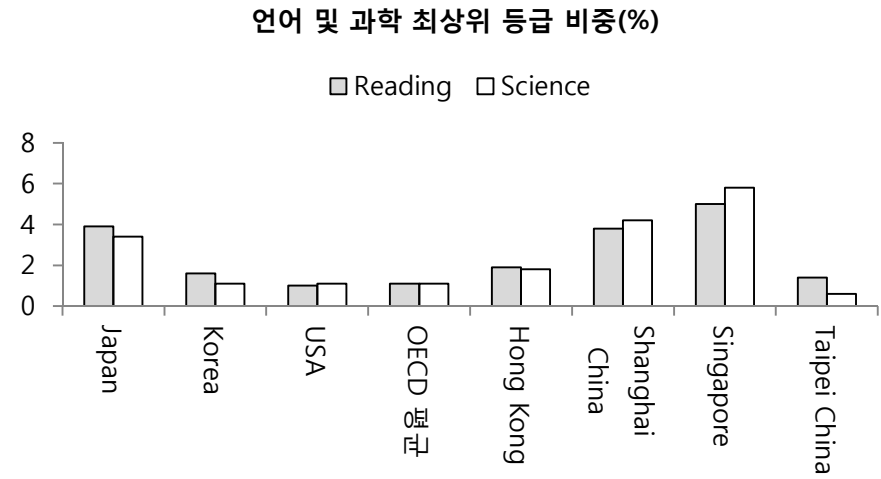
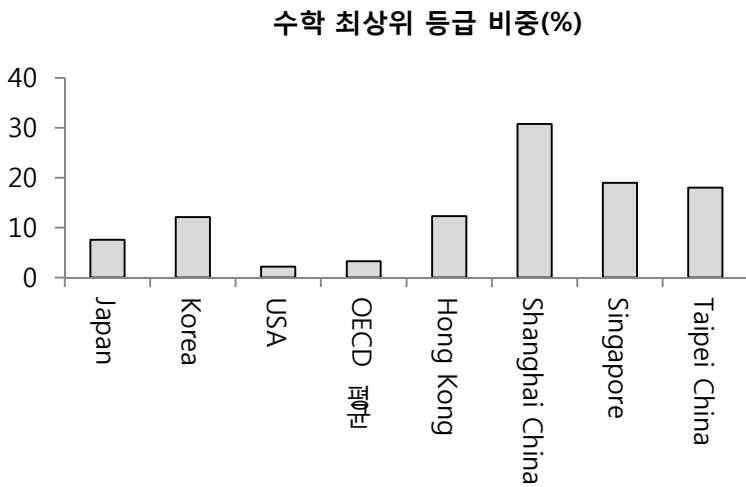
자료: Table 2.3a in Knowledge and Skills for Life, First Results from PISA 2000, OECD(2001).

◆ 정책적 시사점 : (1) 교육(계속)



자료: Table 2.3a in Knowledge and Skills for Life, First Results from PISA 2000, OECD(2001).

OECD PISA (2012년)



◆ 정책적 시사점 : (2) 새로운 일자리 창출

기술진보의 소득효과를 통한 새로운 일자리 창출 기능 활성화

⇒ 4차 산업혁명의 한 특징은 “빠르다”는 것

⇒ 새로운 일자리 창출이 지연될수록 성장, 고용 감소 및 불평등 확대

정부 주도의 창업 지원?

⇒ 창업 생태계 조성을 위한 간접적 지원(규제 완화, 제도 정비 등)

⇒ 그러나 financing에 대한 지원 효과는 미지수

정부 주도의 4차 산업혁명?

⇒ contradiction in terms

⇒ 4차 산업혁명의 주체는 기업과 대학

⇒ 정부는 지원자(facilitator) 역할