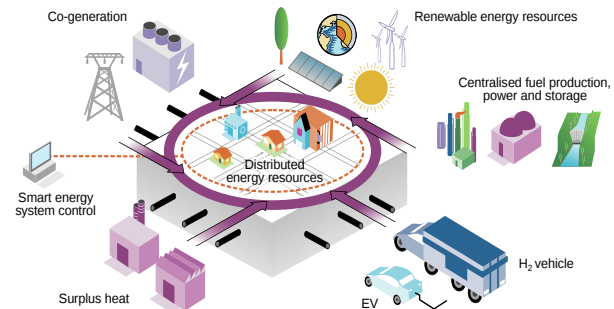


에너지자원의 분류

(Classification of Resources)



에너지자원의 분류

고갈성(exhaustion)에 의한 자원의 분류

① 고갈자원 (non-renewable/exhaustible resources) :

단기간 내에 자원량의 회복이 불가능한 자원
총량이 제한된다는 특성을 가짐

② 재생자원(renewable resources) :

단기간 내에 자원량의 회복이 가능한 자원
또는 무한한 공급이 가능한 자원
총량의 제한이 없다는 특성을 가짐

에너지자원의 분류

고갈성 (exhaustible, non-renewable) 개념의 확대

- ① 물, 공기 등 환경재화의 추가 ➡ 환경경제학으로의 확대
기존에 renewable로 보았던 물, 공기 등이 환경재화에 대해서도
고갈이 개념을 적용 (깨끗한 공기, 마실 수 있는 물 등의 차등 시도)
- ② 기술, 지적재산권으로의 확대 ➡ 기술경제학으로의 확대
기술 및 지적재산권 등 무형재산에 대해서도
고갈의 개념 적용하여 가치평가

경제적 고갈 (economic exhaustion)

“ 물리적으로는 자원이 여전히 존재하나 생산비용/환경비용 증가나
수요감소로 인하여, 더 이상 시장에서 공급되지 않는 현상”

⇒ 희소성, 고갈성, 세대간의 분배 문제가 발생되며,
이들 문제의 해결이 에너지/자원경제학의 학문적 지향점

에너지자원의 분류

고갈성 (자연)자원의 분류 용어

- ① **자원량 (Resource)** : 고갈성 자원 전체 (지구에 존재하는 총량)
석유 400년, 석탄 800년 등
- ② **가채 매장량 (Reserve)** : 현재의 기술력과 경제성에서 생산 가능한 자원량
석유 40년, 석탄 120년 등 (기술력 및 경제성 조건에 따라 변함)

미국 DOE 정의 (원유-Proved Reserve)

The Estimation Quantities of all liquids defined as Crude Oil
' that geological and engineering data demonstrate
with reasonable certainty
to be recoverable in future years from known reservoirs
under existing economic and operating conditions'

에너지자원의 분류

McKelvey Diagram (USBM/USGS, 2007)

illustrating resource/reserve terminology

	Identified resources			Undiscovered resources		
	Demonstrated		Inferred	Probability range		
	Measured	Indicated		90%	50%	10%
Economic	Reserves		Inferred reserves	Resources estimated in the reports		
Marginally economic	Marginal reserves		Inferred marginal reserve			
Sub-economic	Demonstrated sub-economic resources		Inferred sub-economic reserves			

에너지자원의 분류

□ USBM / USGS(US Geological Survey)의 맥켈비 다이어그램 (Mckelvey Diagram)

: 자원의 부존상태를 구분하는 매트릭스 도표

① 지질학적 확실성(Degree of Geological Assurance)

② 경제적 추출가능성(Degree of Economic Feasibility)

등 2개 축으로 구성

○ Mckelvey Diagram에 의한 자원부존 분류개념 :

통상적인 고정된 저장(stock)개념이 아니고,
지질학적 조사작업의 진행 및 경제적 조건의 변화에 따라 자원량이 매장량으로
전환되는 동적(Dynamic) 개념 포함

○ 경제적 조건 : 자원생산의 경제성을 표시 - 공급원가 및 수요/시장가격 등 가격상승, financing 조건의 개선, 채굴, 광물처리기술의 개발 등 경제성에 영향을 주는 조건의 변경에 따라 자원량이 개발가능 매장량으로 전환 가능

에너지자원의 분류

□ USGS(US Geological Survey)의 맥켈비 다이어그램 (Mckelvey Diagram) :

○ 매장량(Reserves) :

- ① 계측된(Measured) 매장량 : 양과 품위가 확인
- ② 인지된(Indicated) 매장량 : 표본 추출 결과에 의해 양과 품위가 부분적으로 확인
- ③ 추정된(inferred) 매장량 : 한정된 표본 추출로 정보의 신빙성이 낮은 경우
- ** 한계 매장량(Marginal Reserves) : 부존은 확인되었으나 경제성 때문에 현 시점에서 개발 불가능

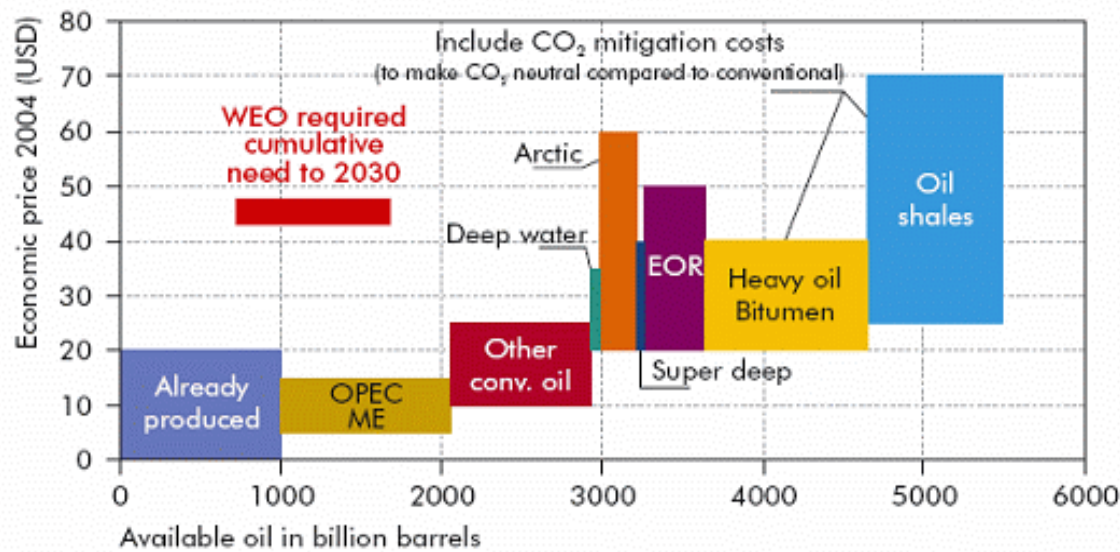
○ 자원량(Resources) :

- ① 비경제적 자원량(Sub Economic Resources) : 부존은 확인되었으나 경제성 때문에 개발 불가능
- ② 가상적자원량(hypothetical Resources) : 탐사에 의한 지질학적 정보 상 자원 부존이 기대되는 미발견 자원량
- ③ 투기적 자원량(Speculative Resources) : 탐사지역 인근의 추가로 발견될 가능성이있는 자원량, 지질학적 지식이 없는 지역에서 부존이 기대되는 자원량

산업혁명과 에너지 변화

Oil Supply and Cost Curve

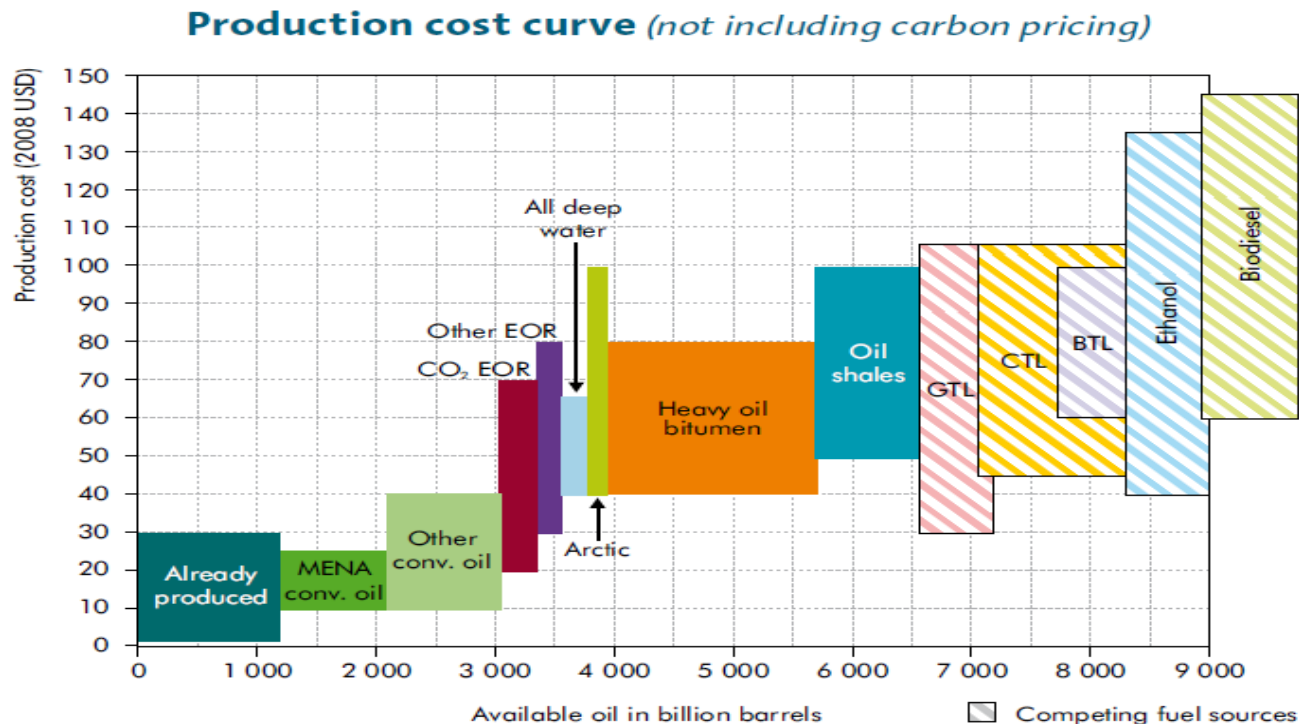
Availability of oil resources as a function of economic price



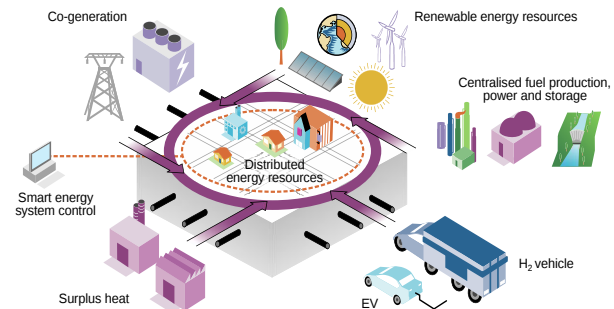
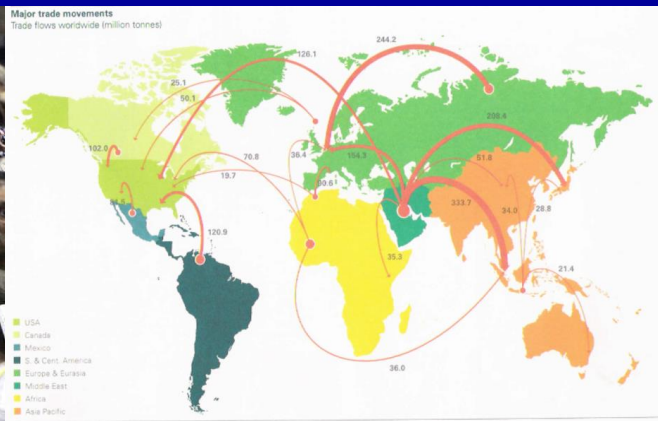
Source : IEA (2005)

산업혁명과 에너지 변화

전세계 석유매장량



에너지자원의 고갈 (Exhaustion of Resources)

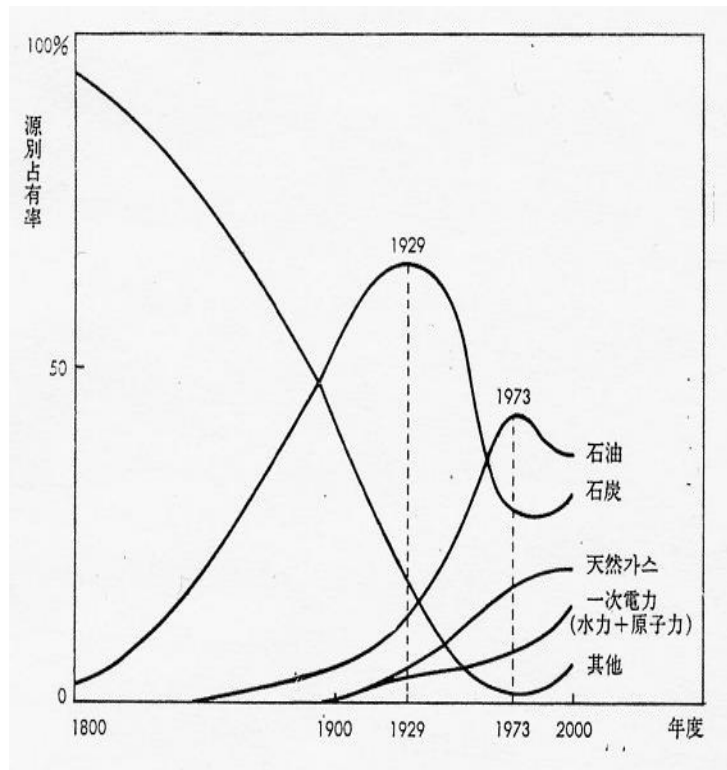


에너지자원 고갈의 경제학적 점검

The Traditional View: Trans-materialization

: 주로 사용되는 주(主)에너지원(Main Energy)이 존재하며, 기술개발에 따라 주기적으로 변화 (석기..청동기..철기 등등)

- ✓ 제1차 산업혁명 이후 석탄을 시작으로 주에너지원(Main Energy)의 시대에 들어갔으며 곧이어 석유로 주 에너지원이 변경됨
- ✓ 20C 천연가스와 전력/원자력이 등장하였으나 이들은 주에너지원의 위치에 오르지 못함. 석탄, 석유를 비롯한 여러 에너지원이 '함께' 사용되는 시대로 접어듦 - **Trans-materialization : No Longer Valid**
- ✓ 생산/수요 요소 : 자원부존, 생산비용, 생산-수송-활용 기술의 진보
- ✓ 사회적 요소 : 생산/소비자 잉여의 배분구조 (독점, 담합, 국가보조 등), 기후변화협약 등



에너지자원 고갈의 경제학적 점검

고갈의 경제학적 점검

- 이(異)시점 간 자원의 '효율적인' 배분 문제
- 자원가격의 상승 : 고갈자원이 고갈에 가까워 진다면 가격이 상승하여야 한다.
시장이(또한 생산이) 효율적이라면, 그 상승속도는 장기이자율과 동일하다
(Hotelling의 법칙 (1933), r-percent rule)

Hotelling's rule

$$(P_0 - MC)/(1+r)^0 = (P_1 - MC)/(1+r)^1$$

Marginal profit,
period 0

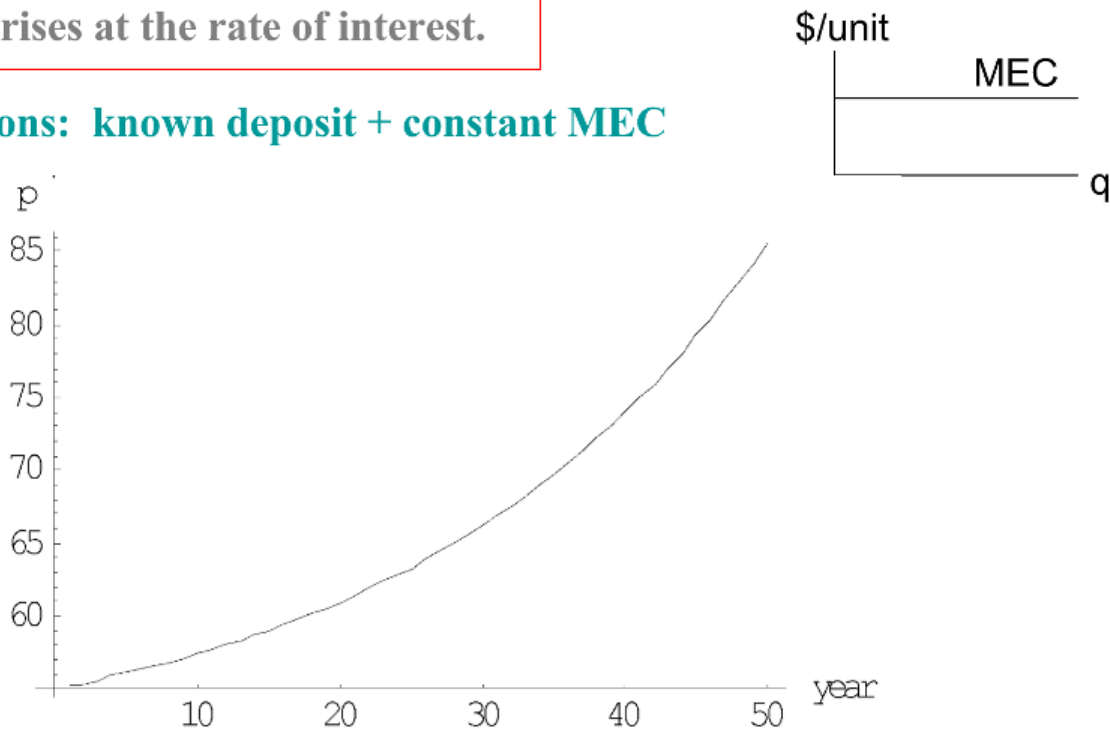
Marginal profit,
period 1

에너지자원 고갈의 경제학적 점검

Hotelling's rule

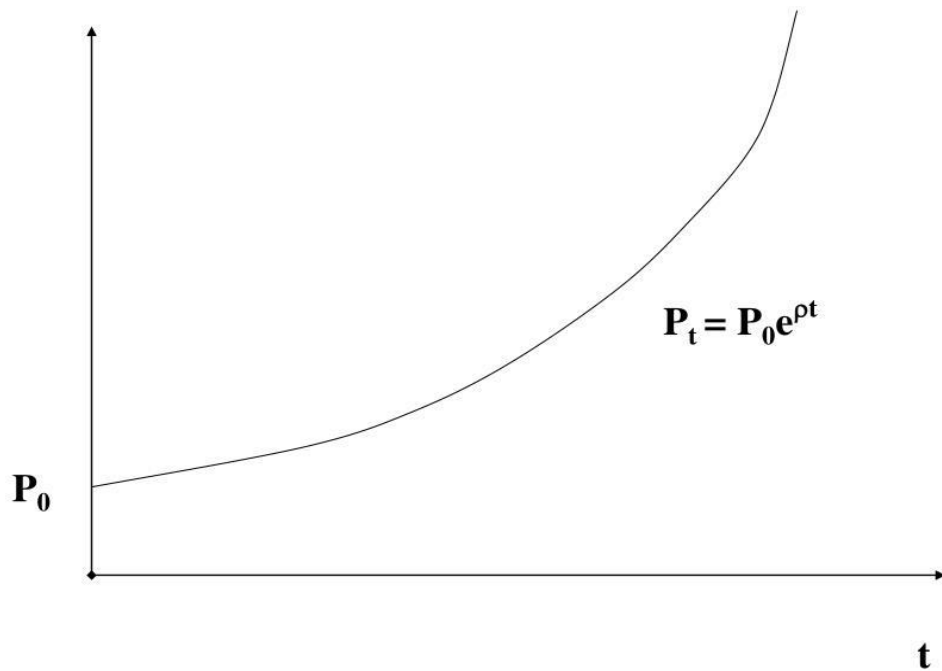
Net price rises at the rate of interest.

Assumptions: known deposit + constant MEC



에너지자원 고갈의 경제학적 점검

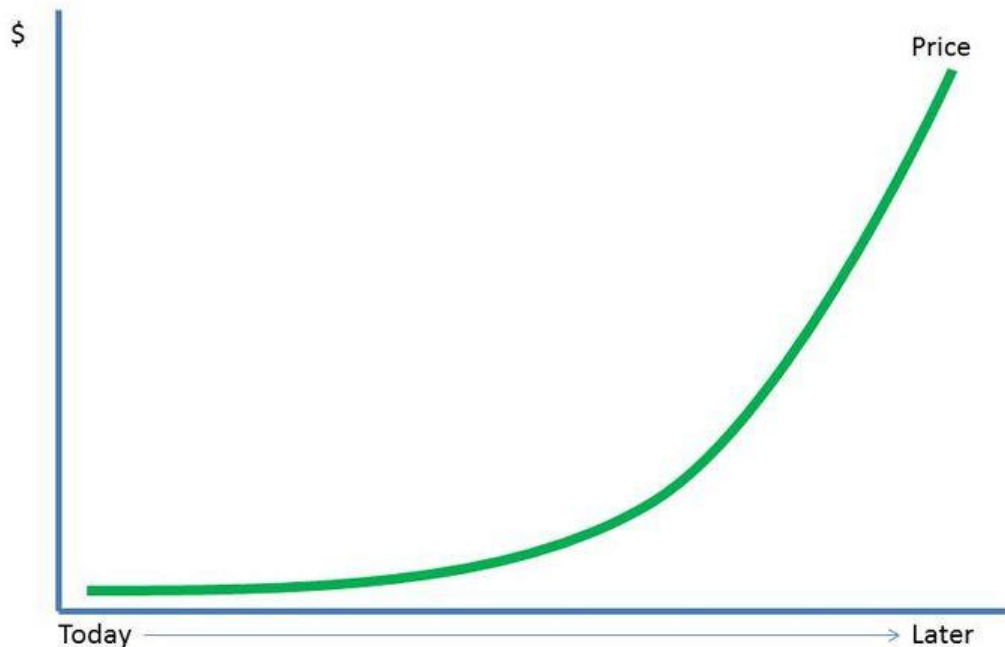
P_t Hotelling's rule: the time path of the resource net price



에너지자원 고갈의 경제학적 점검

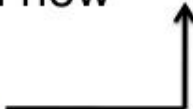
Hotelling's Price Path

(for a non-renewable, exhaustible resource with completely known stock, no discoveries possible, no alternatives, no recycling, private ownership and constant costs of extraction)

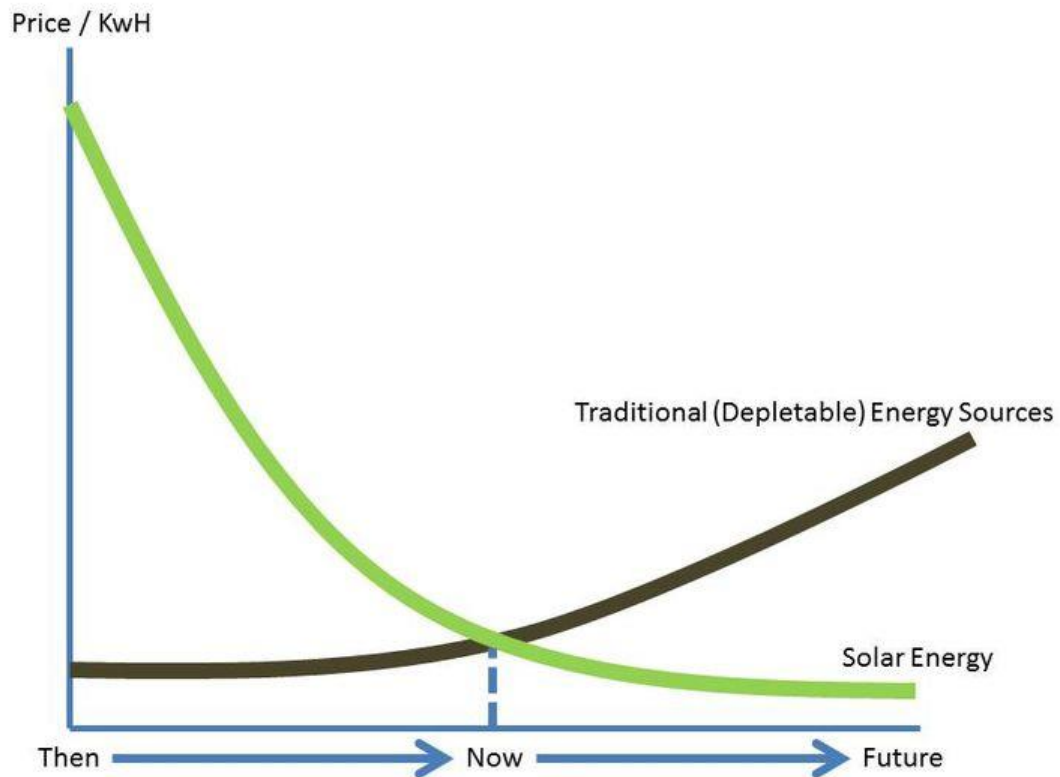


에너지자원 고갈의 경제학적 점검

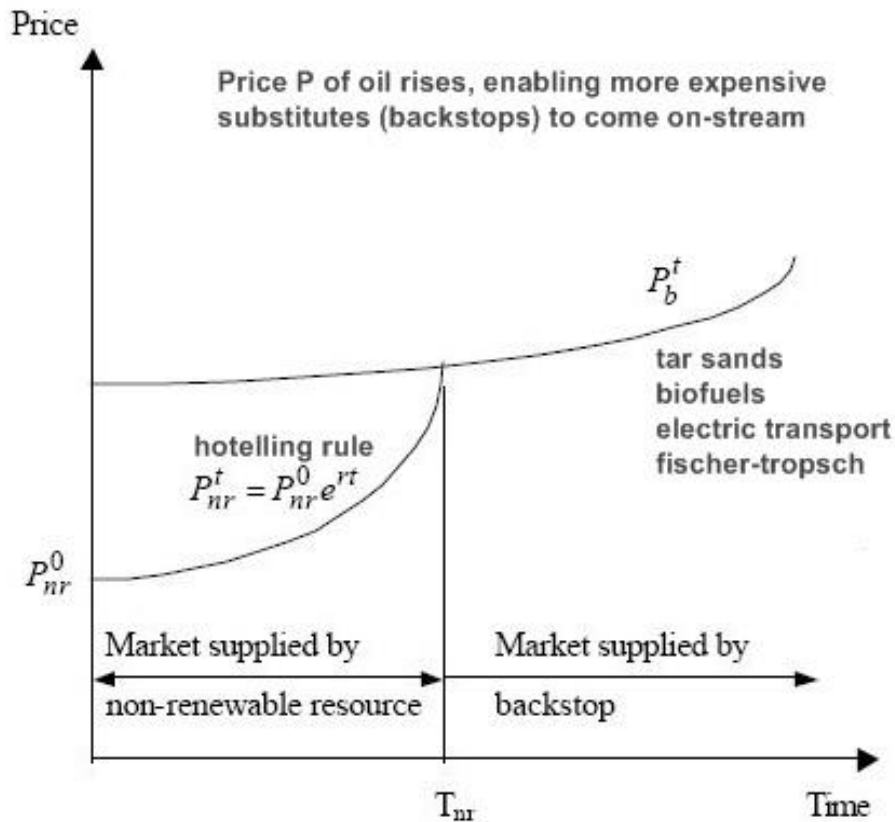
Why might prices not follow Hotelling's Rule?

1. Stock increases due to new discoveries
→ increased extraction now
2. Technological change 
 - More new discoveries
 - MC of extraction decreasing in future → less extraction now
 - MC decreases in all periods → slightly more extraction now
 - New substitutes → more extraction now
3. Demand increase over time
 - Unpredicted → no change in extraction rate
 - Predicted → Increased extraction now

에너지자원 고갈의 경제학적 점검



에너지자원 고갈의 경제학적 점검



에너지자원 고갈의 경제학적 점검

에너지사용량과 경제성장간의 관계 (장기적 균형)

같이 가면 : coupling

따로 가면 : decoupling

$$\begin{aligned} \text{GDP} &= f(\text{Energy Use}) \\ &= a + b^*(\text{Energy Use}) \end{aligned}$$

응용 (기존 연구)

- ✓ 에너지사용과 경제성장간의 연계관계 증명
- ✓ 에너지사용이 경제성장을 인과하는지에 대한 증명
- ✓ 에너지사용으로 인한 이산화탄소 배출을 연계하여 온실가스감축-경제성장 이슈 (decoupling) 증명 등

에너지자원 고갈의 경제학적 점검

에너지 문제의 해결 방향

1-① 에너지 자원 개발 (신재생에너지 포함)

어차피 더 쓸 건데 에너지 개발 더 합시다

1-② 에너지 효율화 (가격 상향조정 포함)

더욱 아껴 쓰세요, 새로운 에너지 절약형 기기 보급...

2-① 시장에 맞기면 된다

가격-수요-공급의 시장기능은 에너지분야에도 살아있다

2-② 가격 국가통제, 비상시 강제 배당

시장이고 뭐고 필요 없고 국가가 알아서 국민을 위하여...