

에너지포럼 2022

탄소중립과 에너지자원 안보 대응 방안

2022

박 호 정

고려대학교



교수 박호정

Professor of
Korea University

주요 경력

고려대학교 식품자원경제학과 교수

한국자원경제학회 회장

고려대.KIST 에너지환경대학원 겸임교수

전력수급기본계획 (8,9,10차)

기획재정부 한국판 뉴딜 자문위원

온실가스배출권거래제 할당위원

에너지경제연구원(KEEI) 및 한국개발연구원(KDI)

학력

서울대학교 농경제학과 학사

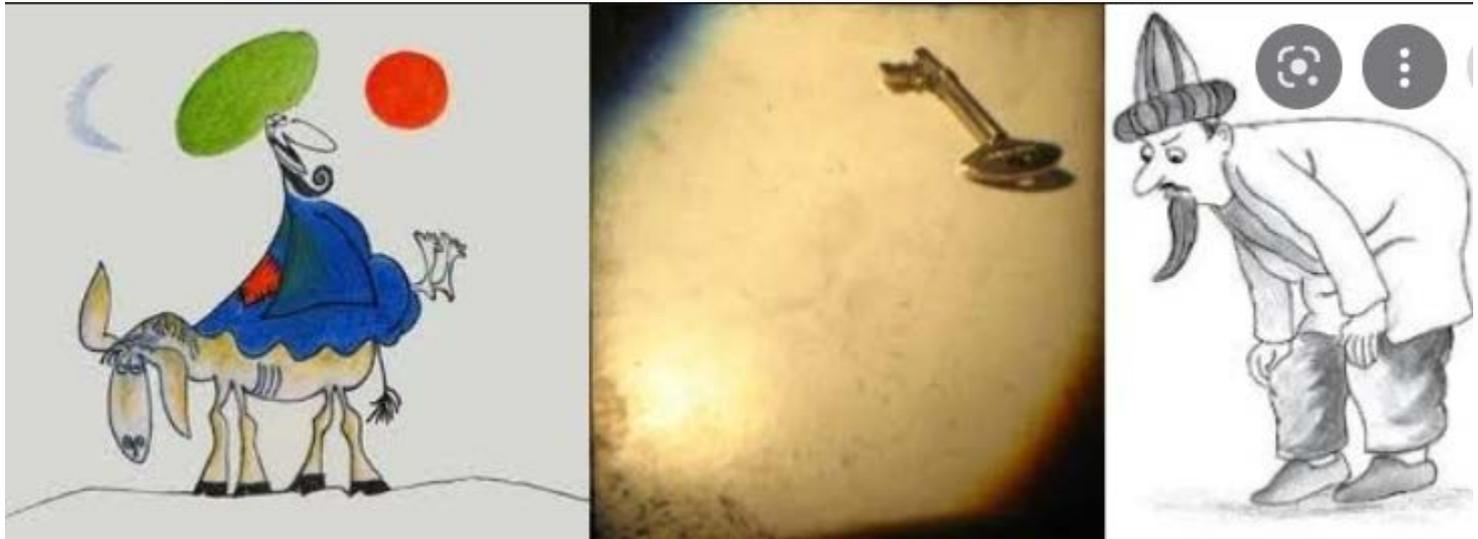
University of Maryland, 경제학 (자원에너지경제) 박사

주요 저서

『실물옵션과 투자분석』(2018)

『탄소전쟁: 기후변화는 어떻게 새로운 시장을 만드는가』 (2015)

13세기의 철학자 Nasreddin Hodja (1208-1285)



샤워실의 바보 (밀튼 프리드먼)



자료: <http://hiupress.hongik.ac.kr/>

국제유가 WTI (\$/배럴)와 한국의 해외자원개발 돌입시기



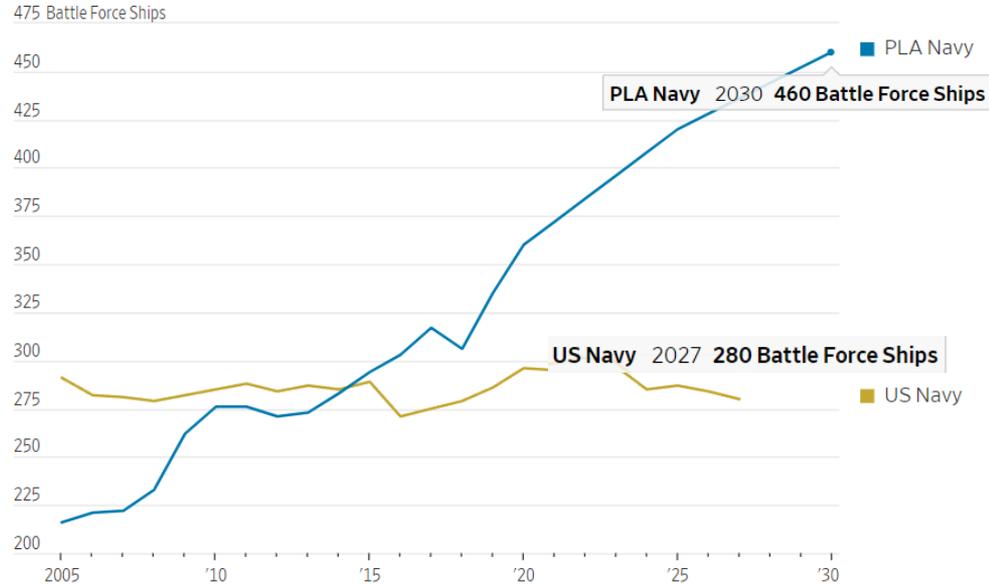
에너지 안보와 군사 안보의 상호 관계

미국 전략자산의 축소와 주요 수송로 위협 대비 필요

- 바이든 행정부 2023년 예산안 : 해군함정 24척 퇴역 및 9척 신규
- 향후 8년 사이 중국 함정 수는 미군의 약 1.5배
- 중국에 비해 미국 해군의 작전반경은 매우 넓음
- First island chain (일본, 대만, 필리핀) 바깥의 한국
- 한국의 전략적 가치 애매모호성 증가
- * Peter Zeihan, *Absent Superpower*, 2017; Elbridge A. Colby, *The Strategy of Denial*, 2021)



USS 신시내티호 (리토랄급 연안 작전함)
: 취역 2년 이내에 퇴역



Note: 2021-2030 are estimated
Source: Tom Shugart, Center for a New American Security; Congressional Research Service; Department of the Navy

Tanker war (피터 자이한) : 한국, 중국, 일본, 대만의 에너지 수입선 확보 전쟁

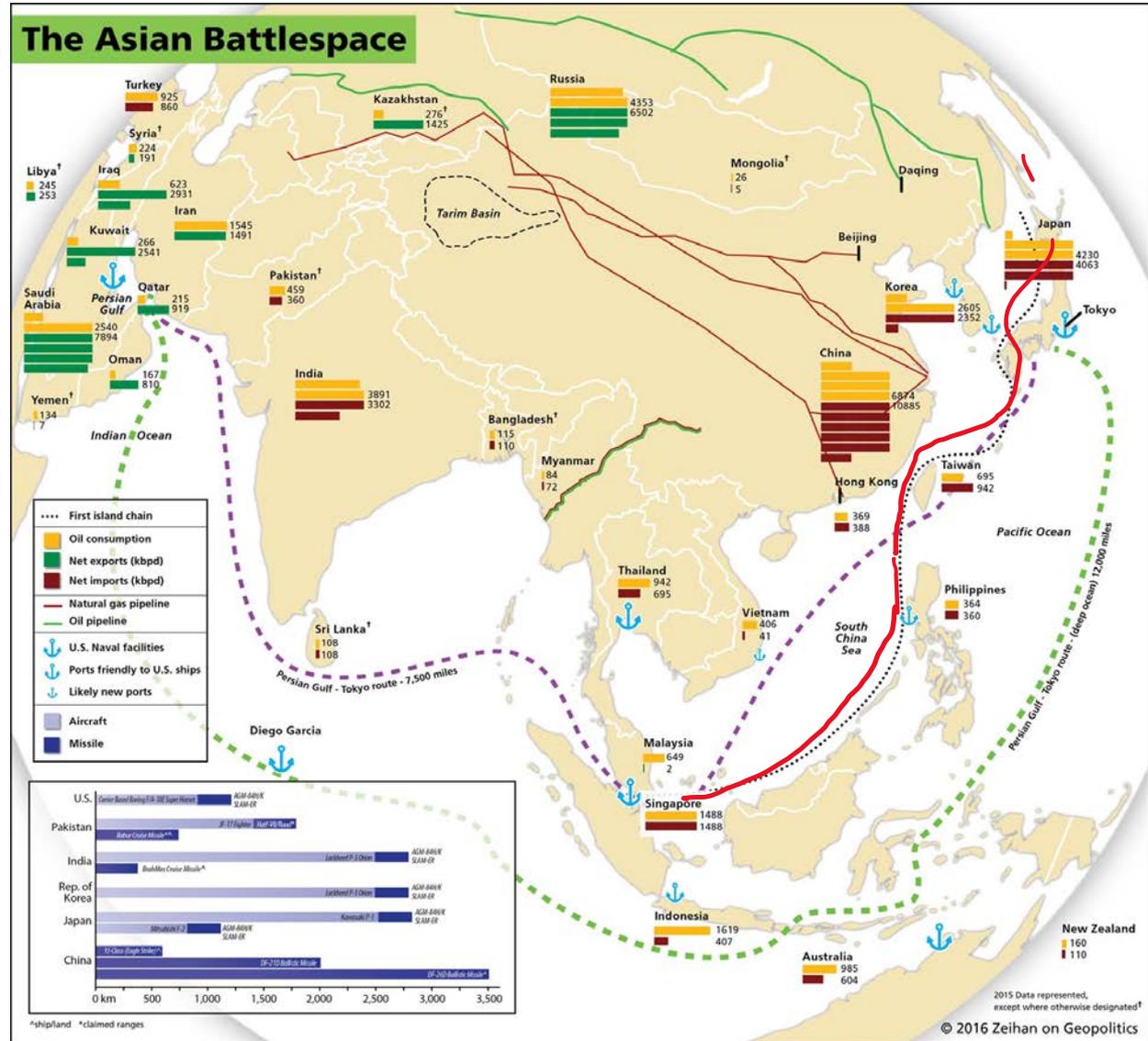
- 미국 전략자산 글로벌 감시기
능 약화: **First island chain**
- 석유 및 가스 등 주요 에너지
자원의 안전 루트 확보경쟁 가
중



The BP-chartered liquefied natural gas tanker is headed to Europe after making an abrupt U-turn in the Pacific Ocean. The LNG tanker left Freeport LNG on March 21 and was headed to Asia when it changed course on April 1 and moved back through the Panama Canal.

BP의 LNG탱커가 3.21 텍사스 프리포트 출
발하여 파나마 거쳐 아시아로 향하던 중 4.1
에 급하게 유럽으로 선회, 파나마 운하 돌 비
용 으로 1백만 달러 소요(자료: 블룸버그)

- 향후 수소 수송에도 영향을 미
칠 것으로 충분히 예상됨

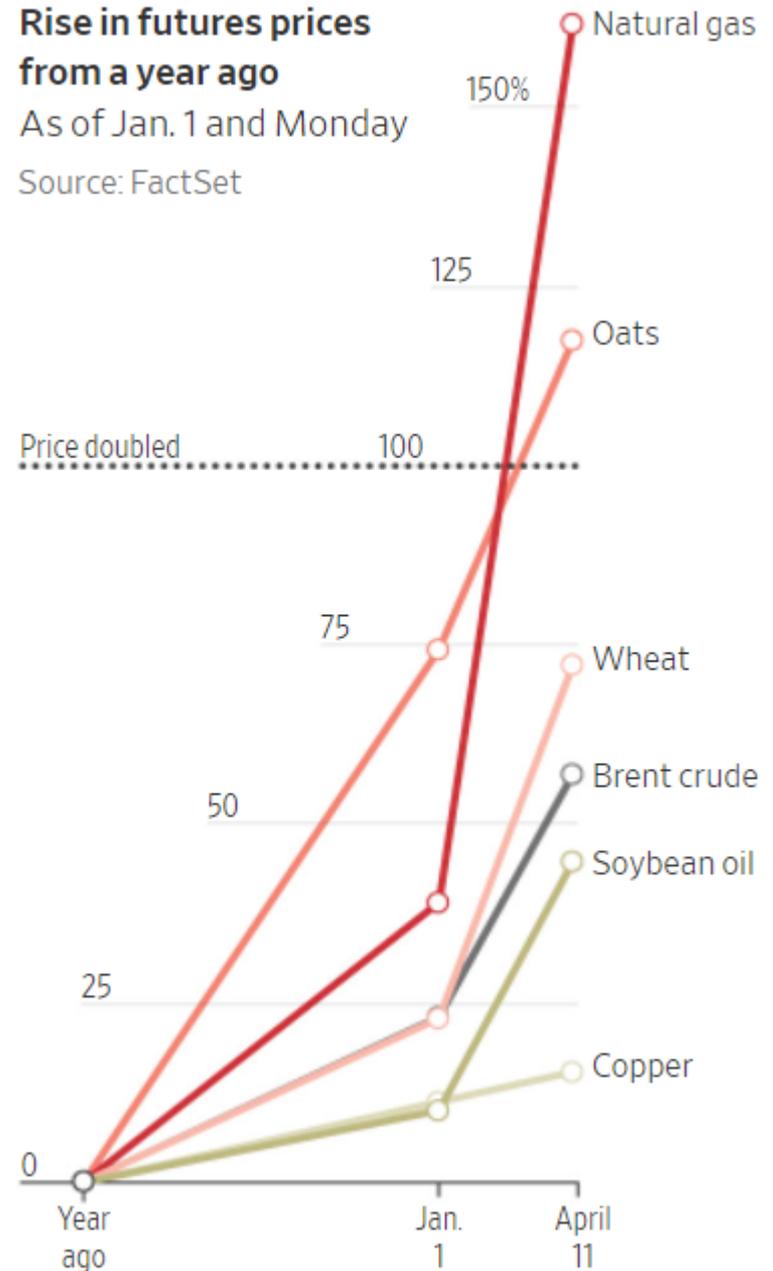


그린플레이션 (greenflation)

- 투자(investment) 및 투자퇴출(disinvestment)의 비가역성
: 에너지 전환 및 탈탄소 정책에 따른 **합리적 전방 기대**에 의한 수급 크런치 발생
 - * 2050 원자력 비중 6~7%이므로 탈원전 아니다?
 - ➔ exit strategy의 비가역성에 대한 몰이해
 - * 독일 RWE 원자력 사례 및 석탄 (다음 슬라이드)
- 코로나19로 인한 유동성 증대
- 미국 Fed의 양적완화 축소와 이자율 hike 조정

➔ 워플레이션 (warflation)

석유, 천연가스, 농산물, 주요 광종
생산국인 우크라이나와 러시아 발
수급 크런치 발생



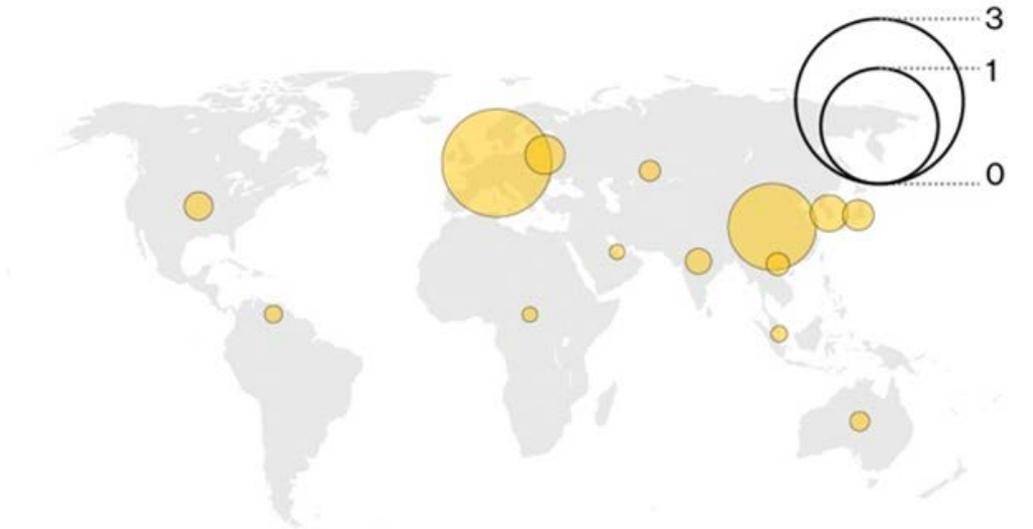
러시아 석유 수출 수입: 매일 \$550백만 → 연간 \$2000억

Russia's Crude Exports

Europe and China take 85% of Russia's crude exports

● Crude exports in 2020

Million barrels a day



Sources: BP, Transneft, vessel tracking data monitored by Bloomberg

Note: Mapped data show exports to distinct markets.

러시아 석유 공급비중
= 10% = 약 10백만 배럴

< 공급 대체 물량 >

(1) 미국 러시아 석유수입
= 원유 0.2백만 + 제품 0.7백만
배럴

(2) EU와 영국의 석유수입
= 4.5백만 배럴

< 공급 물량 >

(1) 이란 핵 협상 성사 시
= 1.3백만 배럴 (6개월간)

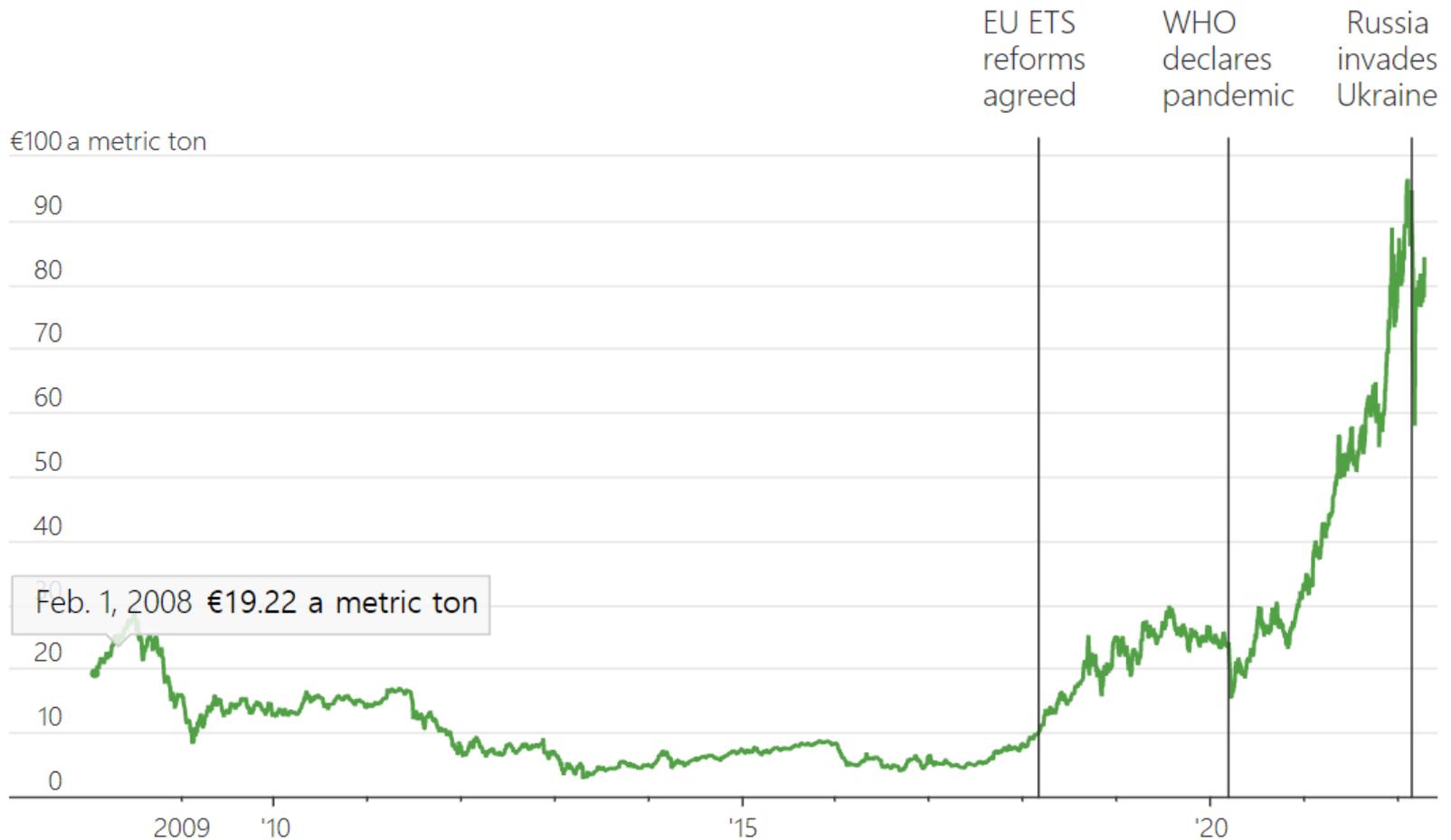
(2) 베네주엘라
= 1.5백만~3백만 배럴

* 미국 SPR 이론상 최대방출
물량 = 4.4백만 배럴

• OPEC+ = 0.4백만 배럴

□ 배출권 가격 역시 코로나19 및 러시아의 우크라이나 침공 사태에도 불구하고 견조한 상승세

EU ETS 배출권 가격 추세



2050 탄소중립, 2030 NDC에서의 에너지 믹스 조정 필요

< 시나리오 상 전원별 발전량 및 온실가스 배출량 >

(단위 : TWh, 괄호 안은 전체 에너지 소비량 중 부문별 소비량 비중)

구분	원자력	석탄	LNG	재생E	연료 전지	동북아 그리드	무탄소 가스터빈	부생 가스	합계	예상 배출량 (백만톤)
A안	76.9 (6.1%)	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	889.8 (70.8%)	17.1 (1.4%)	0.0 (0.0%)	270.0 (21.5%)	3.9 (0.3%)	1257.7 (100%)	0
B안	86.9 (7.2%)	0.0 (0.0%)	61.0 (5.0%)	736.0 (60.9%)	121.4 (10.1%)	33.1 (2.7%)	166.5 (13.8%)	3.9 (0.3%)	1,208.8 (100%)	20.7

* 석탄발전 중단은 근거 법률 및 보상방안 마련 전제

** 환경급전, 배출권거래제 등 시장 메커니즘 활용 전환 추진

평가

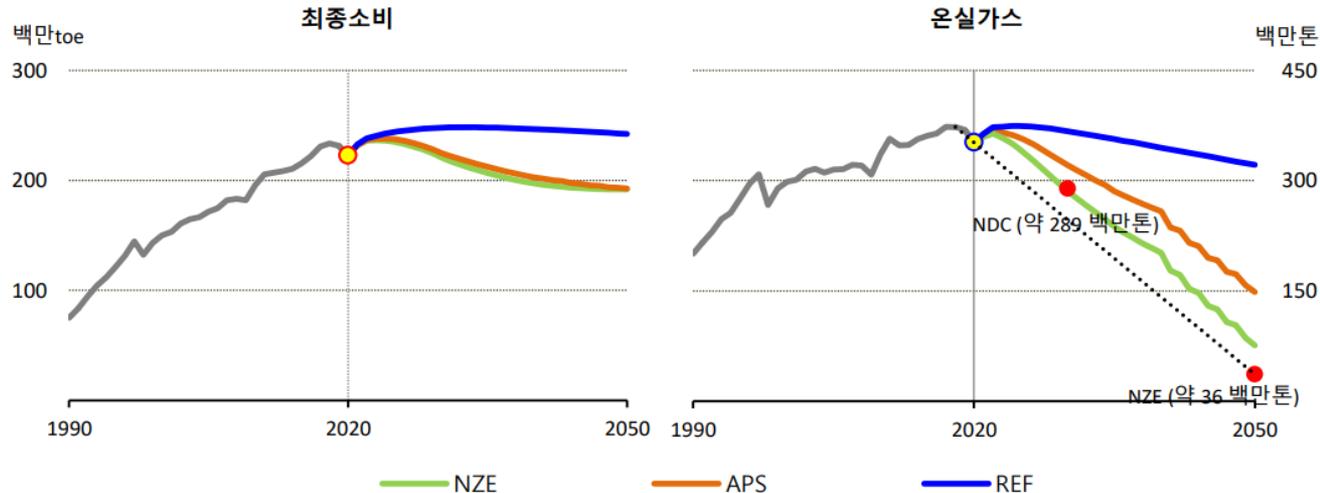
- 선 발표, 후 비용추계, 후후 예산확보
(미국: 확보 예산에 따라 탄력적으로 목표 이행)

- 기후적응 개념 부족
(미국: 감축 및 적응예산의 밸런스 유지)

- 국가 잠재성장률에 대한 인식 부족
(미국: Build Back Better)

- 에너지안보 강화 필요
(미국: 에너지안보는 초당적 목표, 보수 및 진보언론의 공통된 목표)

그림 1.16 시나리오별 최종소비 부문 에너지 수요와 온실가스 배출 경로 비교



주1: REF 기준 시나리오, APS 정책계획 시나리오, NZE 탄소중립 시나리오

주2: NDC 및 NZE 목표 배출량은 '2030 상향 NDC'과 '2050 탄소중립 시나리오'의 목표 감축률을 이용하여 재계산, CCUS 감축은 제외

현재 석탄발전 26GW
 → 연말까지 34GW로 증대 예정

Germany's Carbon Emissions Rise in Setback for Climate Goals

Average Day-Ahead Market prices for 2022-03

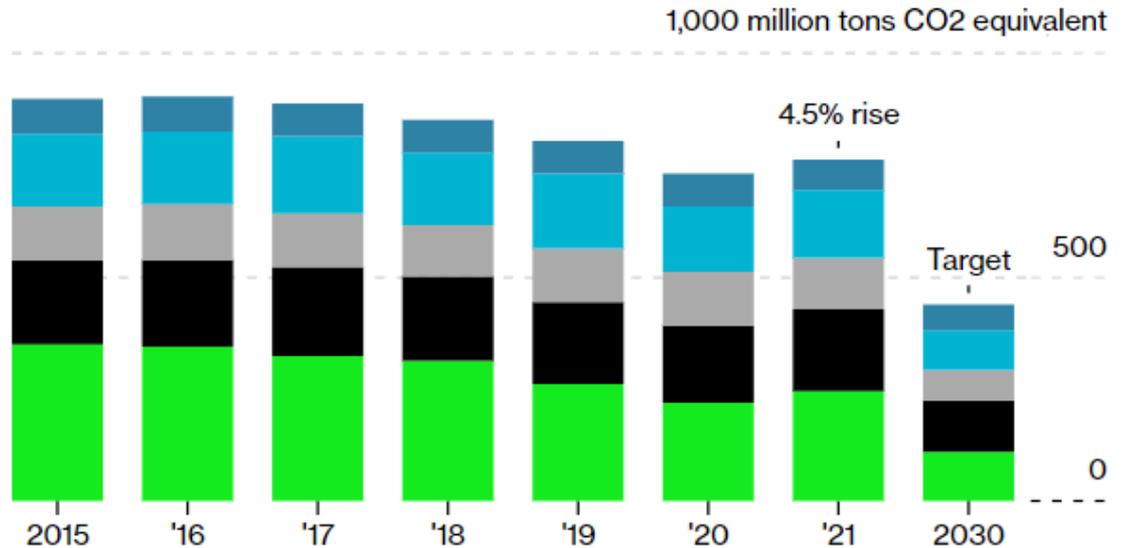
- Energy sector was the main cause of high **Bloomberg Green**
- Dependence on Russia has added urgency to push for wind, solar



Wrong Way

Germany's emissions rose last year making targets tougher to reach

- Energy
- Industry
- Buildings
- Transport
- Agriculture, waste, other



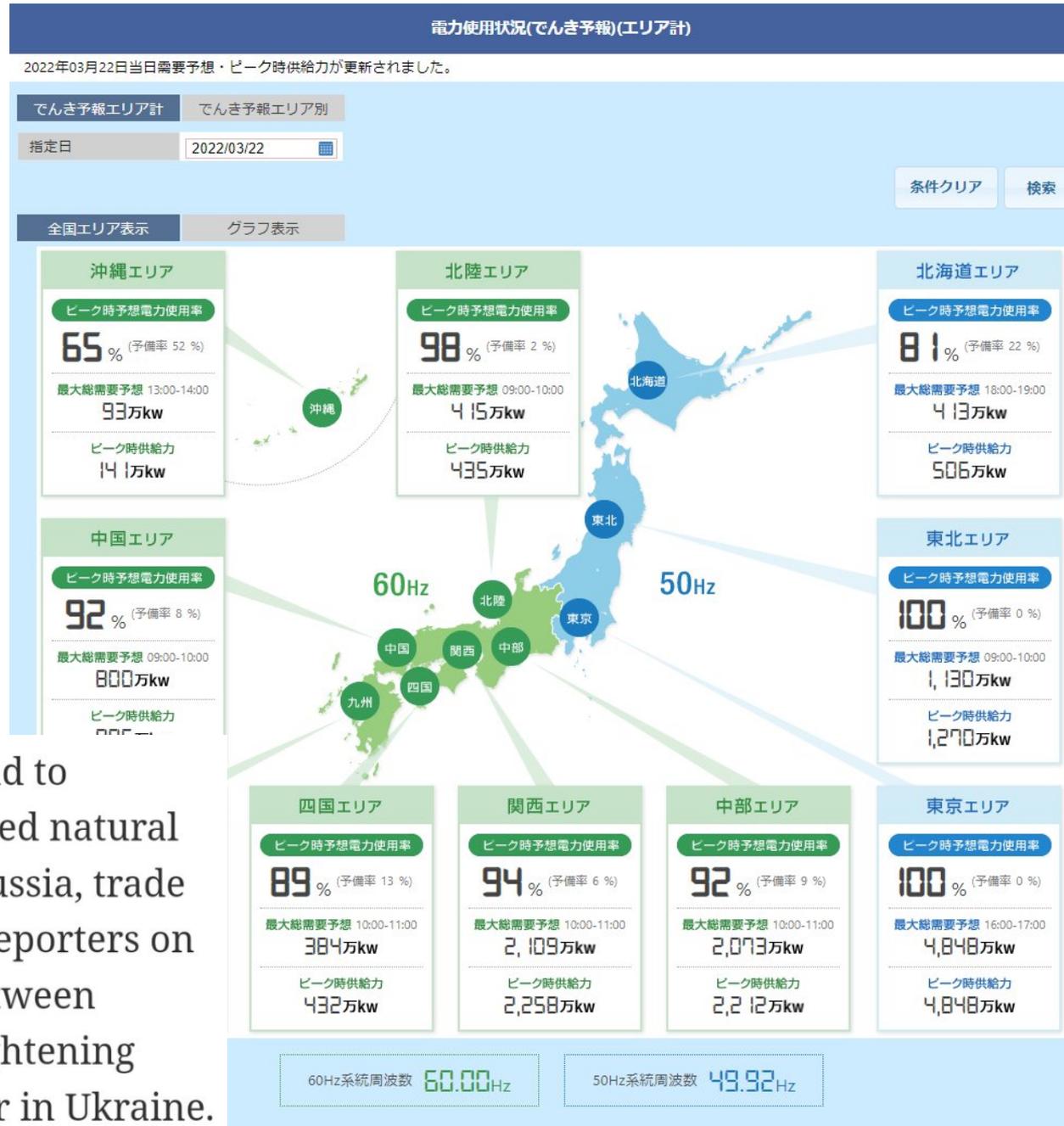
Source: German Economy and Climate Ministry

3월 21일(월)
11:50pm
동경 전력 예비율 0

< 원인 >
: 지진 이후 발전기 고장
: 흐린 날씨 증가
→ 태양광 감소
: 추위로 인한 수요 증가

일본: 에너지 안보 중시

TOKYO -- Japan "does not intend to withdraw" from oil and liquefied natural gas development projects in Russia, trade minister Koichi Hagiuda told reporters on Friday, as it makes a choice between energy security and further tightening sanctions on Russia for the war in Ukraine.



미국 바이든 행정부의 국내 석유 생산 증산

취임 첫 날 모라토리엄 행정명령 → NDC 50-52% 선언
→ 14.4만 에이커 연방 소유지 에 대한 석유 개발 리스 허용 (2022.4)



The Interior Department said it would make roughly 144,000 acres available for oil and gas drilling.

PHOTO: ERIN HULL/ASSOCIATED PRESS

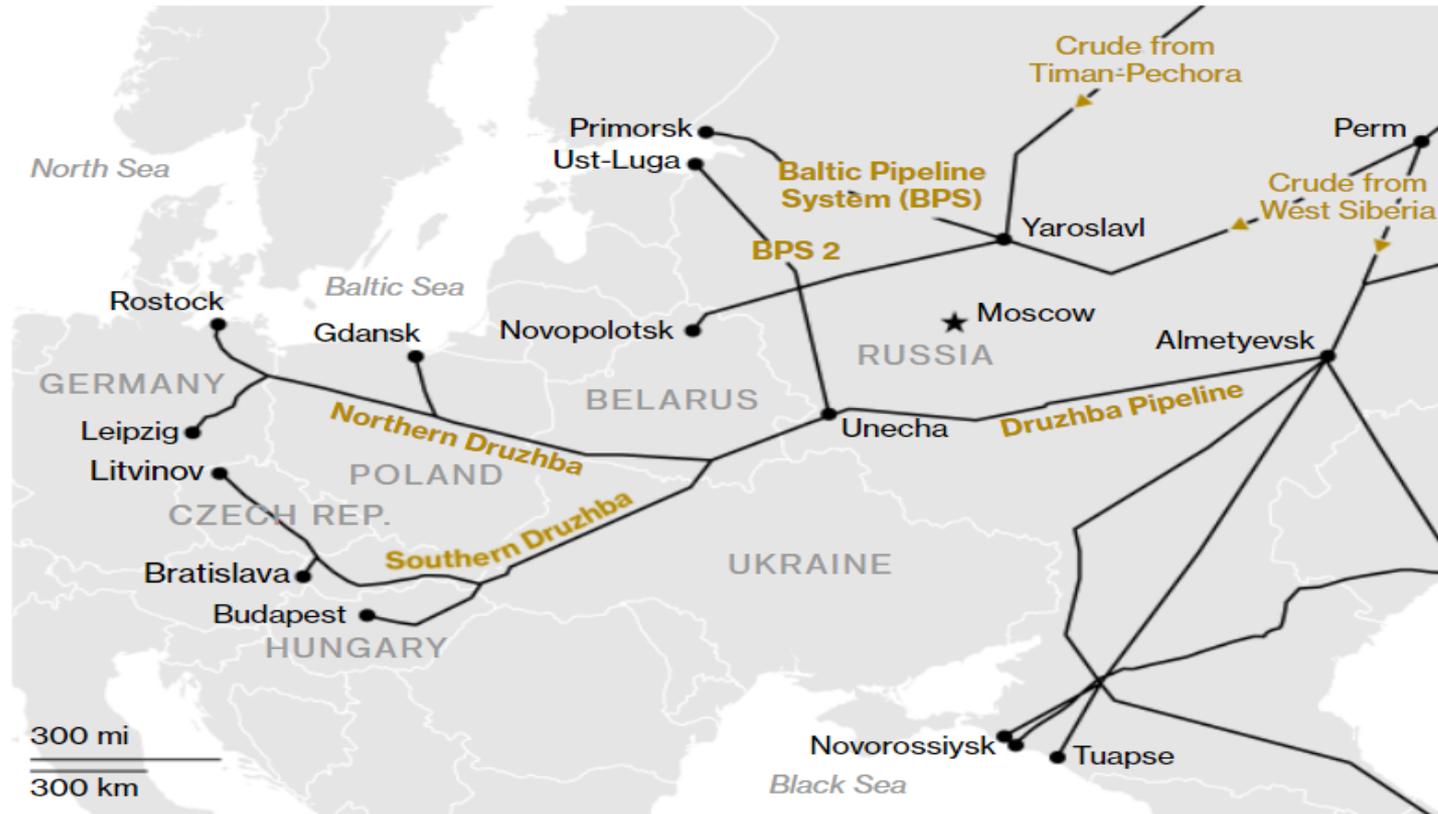
https://www.wsj.com/articles/biden-administration-resumes-oil-leases-on-federal-land-11650053812?mod=saved_content

한반도의 PNG와 동북아그리드가 과연 탄소중립의 대안이 될 수 있는가?

PNG 관련 기사: “러시아 파이프라인 천연가스(PNG)가 한반도를 경유해야 할 여덟가지 이유를 제시했다. △한반도의 평화와 안전보장 △가스관의 상류소비국화 △최선의 에너지 안전공급 대안 △최고의 한러 경제협력 공합 △북한의 가스관 손상 불가 △가스 통과료만큼 부담 경감 △중국-일본과 경쟁 등이다.”

자료: <http://www.businesspost.co.kr/BP?command=naver&num=57601>

About 2.3 million barrels a day of Russian crude heads west through a network of pipelines and ports



Sources: Bloomberg; AW Consulting

러시아 세계 비료 공급의 15% 차지
(비료 생산비용의 75~90% = 천연가스)

청주시, 무기질비료 대폭지원 농가 부담 경감

올해 구매한 비종별 비료 가격 인상분의 80% 지원

자료: 중도일보. 2022.4.12

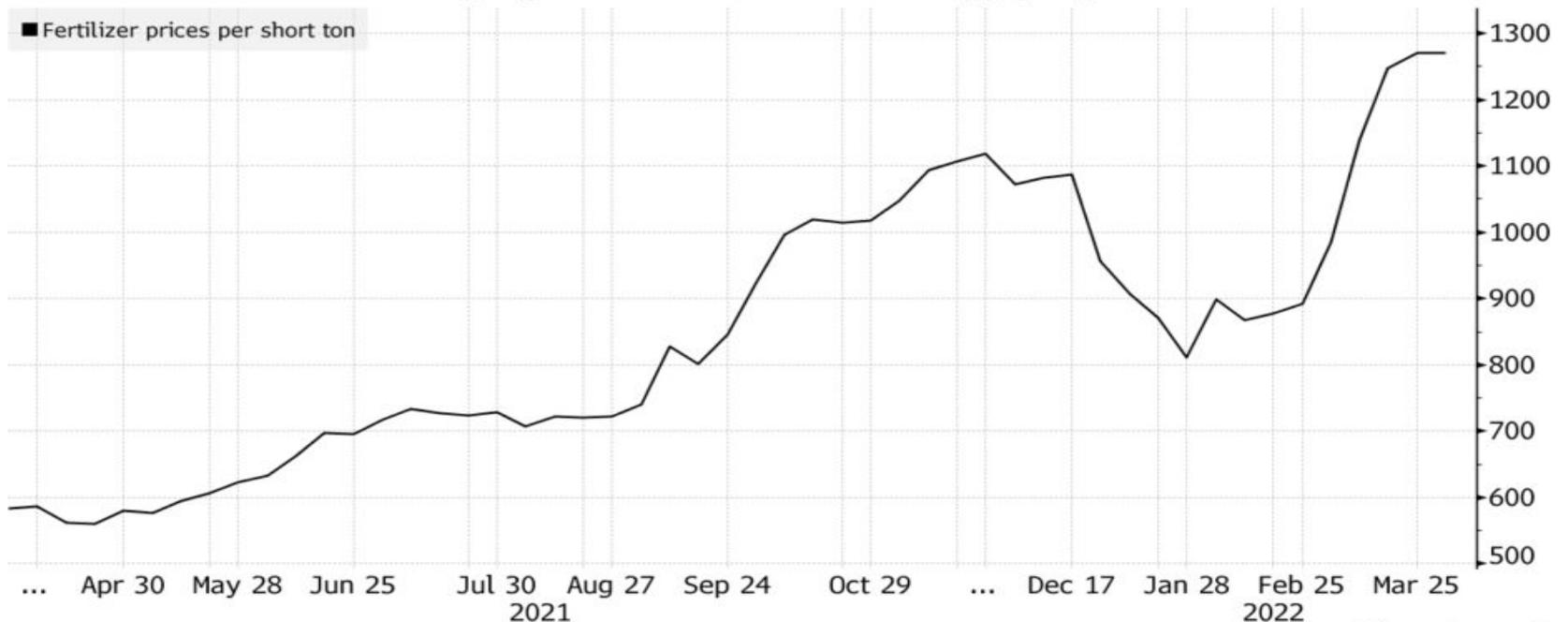


Piles of phosphate fertilizer granules in Cherepovets, Russia. Photographer: Andrey Rudakov/Bloomberg

러시아의 비료공장 →

Fertilizer Frenzy

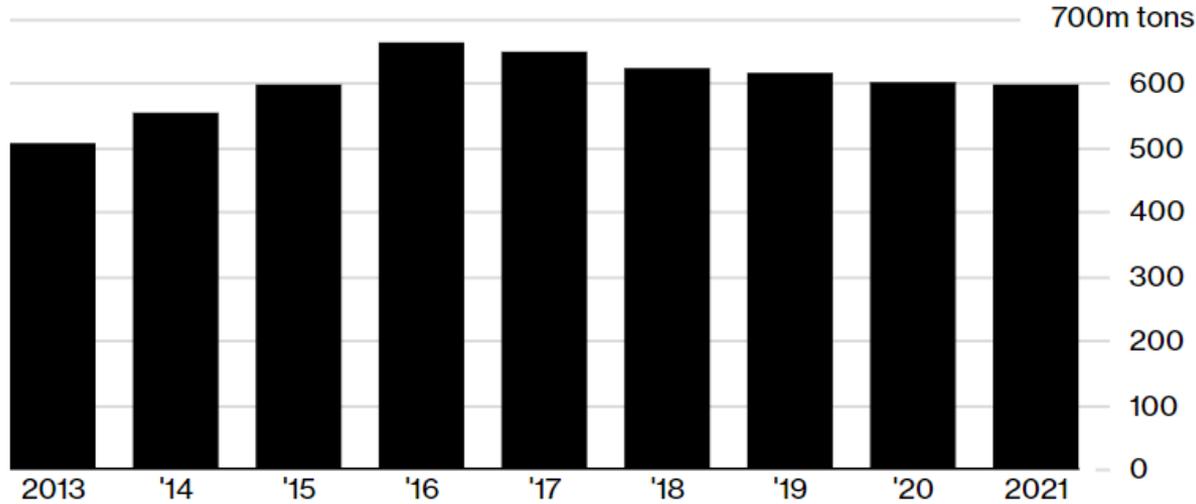
North American nutrient gauge soars to record on supply squeeze



Source: Green Markets, Bloomberg

Bloomberg

글로벌 곡물 비축량: 2010년대 중반 이후 꾸준히 감소



자료: International Grains Council estimates, Bloomberg

스리랑카 디폴트 선언

2021년 환경보전 목적으로 유기농
강요 및 화학비료 전면 금지
 → 수확량 감소 → 식량위기 발생
 → 쌀 자급국인 스리랑카가 쌀
수입 비용 지불하게 됨
 (4억 5천만 달러 지출)



한국 농지법 개정안

: 농업진흥구역에 태양광 최장 20년
설치, 운영 가능

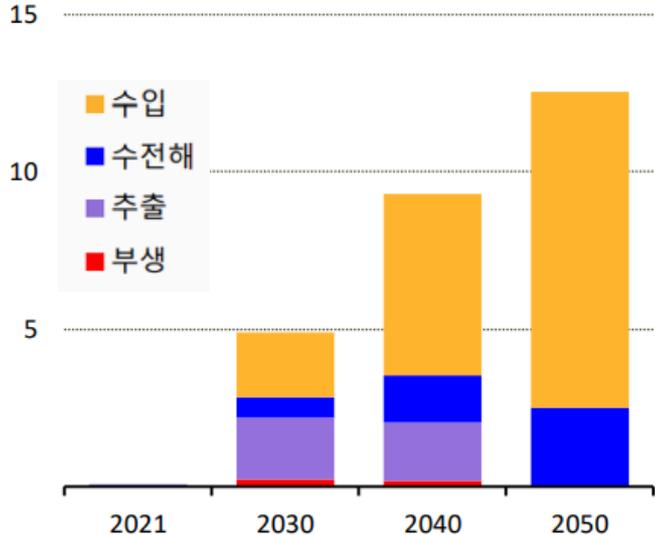
Check point

- 우리나라 곡물자급률 21%
- 영농형 태양광 병행 시 쌀 생산량
18% 감소 (농촌진흥청 연구결과)
- 생태계 복원 비용 증가
- 경관가치 훼손

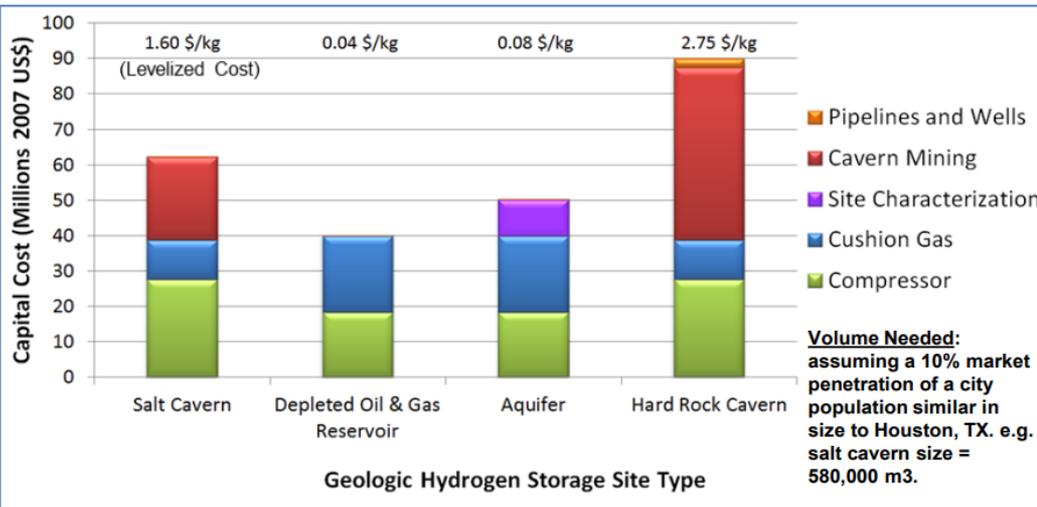


장기 비축 가능 자원이 필요하다

탄소중립 시나리오(NZE)의 수소 수요 및 생산 전망 (백만톤-H₂)
수소공급



자료: KEETI, 장기에너지전망



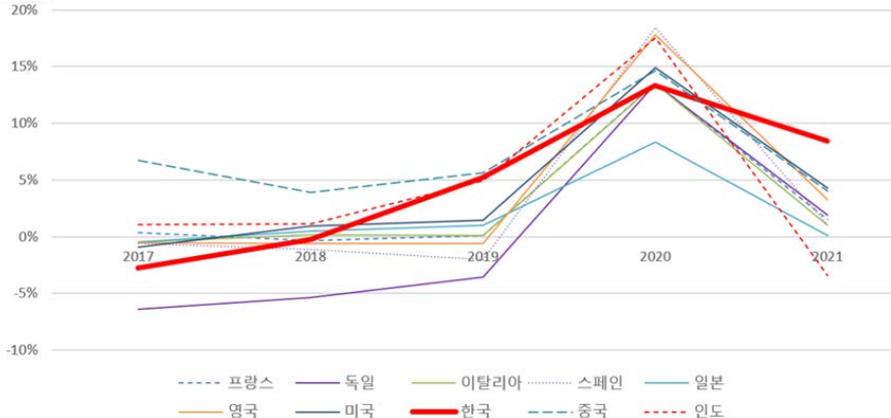
- IPCC 시나리오의 KEETI 분석 결과
- (장기에너지전망)
- 2021~2030 냉방도일 34.6
➔ 2041~2050 냉방도일 41.4
- 2021~2030 난방도일 86.5
➔ 2041~2050 난방도일 161.6
- 변동성 증대 증가
- 수소 -253도
- 장기보관 불가능하거나, 물리적으로 가능하다 하더라도 저장 비용 측면에서 불가능함
- * maximum 3개월 정도로 추정



The BP-chartered liquefied natural gas tanker is headed to Europe after making an abrupt U-turn in the Pacific Ocean. The LNG tanker left Freeport LNG on March 21 and was headed to Asia when it changed course on April 1 and moved back through the Panama Canal.

탄소중립 정책은 국가의 잠재GDP 성장률과 장기재정과 연계하여 수립되어야 한다

GDP대비 정부부채(Debt to GDP ratio) 증가율



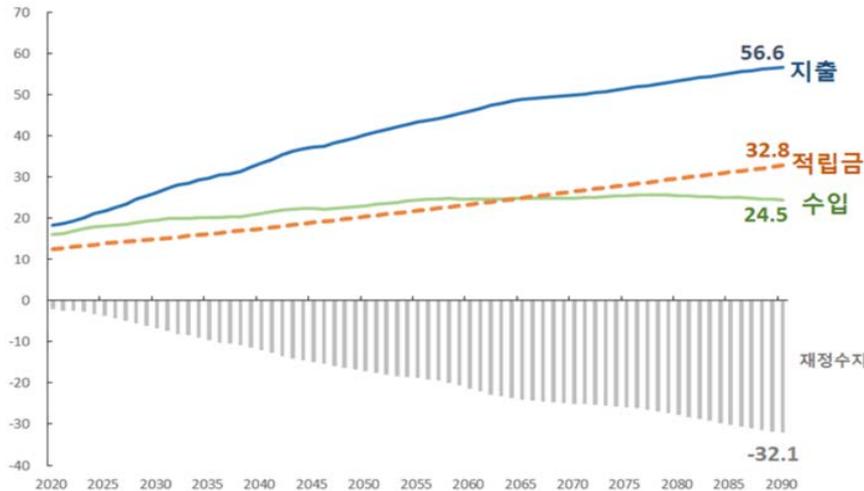
자료: IMF, Fiscal Monitor 2021. April에서 저자 재정리. 일반정부부채로서 공공부문 부채를 제외한 수치임

국민연금 재정추계 (2021)

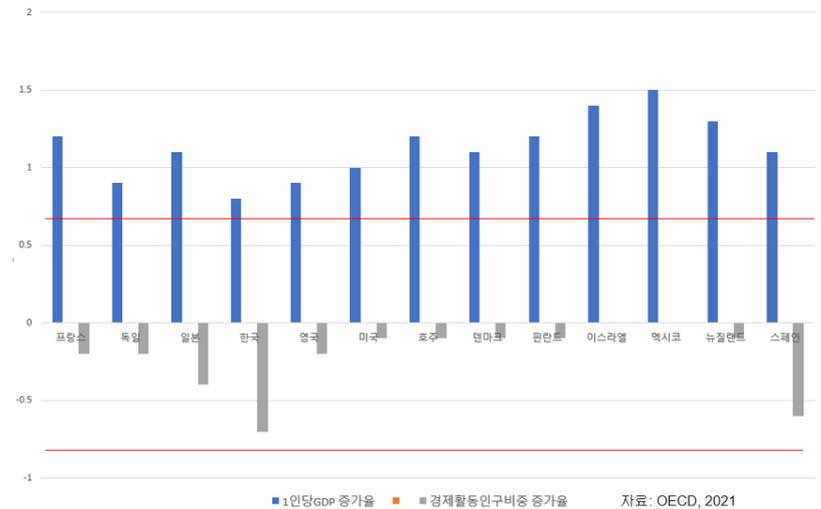


자료: 국민연금재정추계 (2021), 윤석명 (한국연금학회장)

공무원 연금 재정추계 (2021)



2050년 1인당GDP 및 경제활동인구비중 증가율



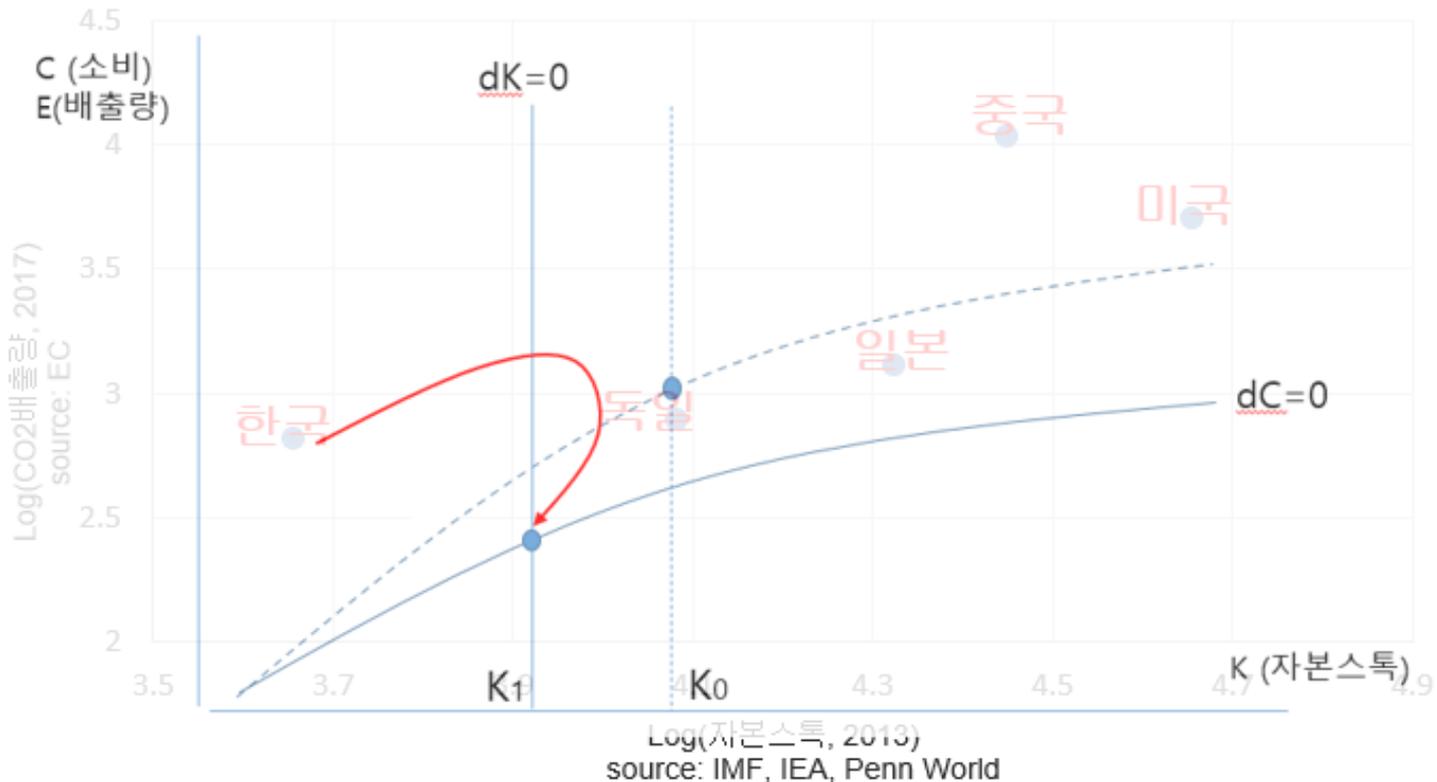
자료: OECD, 2021

- 한국의 매크로 레버리지(가계, 기업, 정부의 부채 총계)가 지난 해 처음으로 5,000조원 이상
 - * 매크로 레버리지 5,188조 5,000억원 = 가계부채 1,862조 1,000억원 + 기업신용 2,361조 5,000억원 + 국가채무(중앙, 지방정부) 965조 3,000억원)
 - * 공기업 부채 및 연금부채 제외

< IMF DB >

- 우리나라 자본스톡은 6.5조 달러. 독일은 우리의 약 2배,
- 일본은 약 3배 이상, 미국은 8배 이상이 됨

탄소중립 선언국가의 온실가스 배출량 및 자본스톡



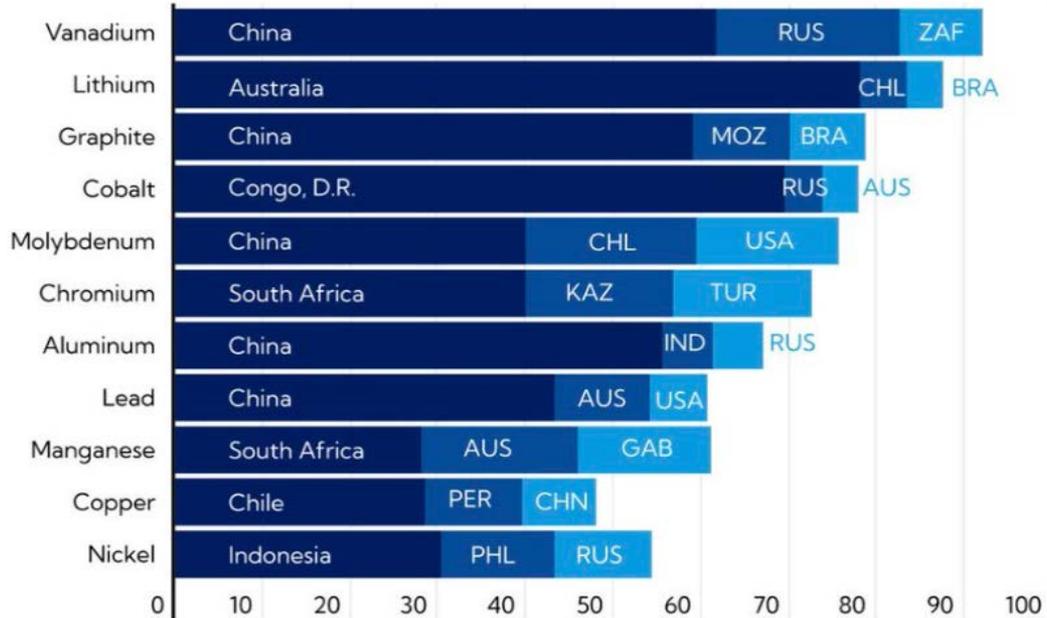
자료: 박호정(2021), 한국경제학회 학술대회 특별세션, “탄소중립은 지속가능한 경제성장과 양립하는가?”

에너지 안보 중요성은 비교 불가 주제임

탄소중립 및 에너지 전환을 위한 필수 자원임

Biggest producers

Supplies of several metals that are crucial to the green energy transition are heavily concentrated in just a handful of nations. (percent of market)



- 광물자원은 배터리와 태양광 모듈 비용의 약 50%, 풍력터빈의 20%를 차지

➔ 중국 BYD와 미국의 테슬라 : 전기차 가격 인상

- 전기차 보급의 강화는 알루미늄 생산의 약 절반, 니켈 생산의 약 80%을 필요로 함

Sources: US Geological Survey - Mineral Commodity Summaries 2021; IMF staff calculations.

Note: AUS=Australia, BRA=Brazil, CHL=Chile, CHN=China, COD=Congo, D.R., GAB=Gabon, IDN=Indonesia, IND=India, KAZ=Kazakhstan, MOZ=Mozambique, PER=Peru, PHL=Philippines, RUS=Russia, TUR=Turkey, USA=United States, ZAF=South Africa

주요 사항 정리

- 탄소중립 정책은 국가의 기후변화 적응과 온실가스 감축에 기여하는 것 뿐만 아니라, 잠재 성장률의 견인과 국가 장기재정 건전성에도 기여하는 방향으로 종합 설계되어야 함
- 21세기의 지정학적 글로벌 패러다임의 변화와 빅픽처를 국가 실용주의 관점에서 예리하게 분석해야 함
- 국가안보와 마찬가지로 에너지안보는 진보와 보수, 좌우 진영의 대립 과제일 수가 없으며 통시대적으로 관철되어야 하는 과제임
- 한국의 에너지 및 전력 시장체제와 규제중심 환경이 상기 패러다임의 변화에 적합한지 냉철하고 실용적인 평가가 이루어져야 함

- 리얼타임 변동성 증대와 블랙스완 이벤트에 대응하기 위해서 유연한 시장 메커니즘의 도입이 필수

- 에너지안보 역량 제고를 위한 해외 자원개발 역시 관 주도에서 민간 주도의 체제로 개편될 필요가 있으며, 정부와 공기업, 민간의 적절한 역할 분담이 필요함

국제유가 WTI (\$/배럴)와 한국의 해외자원개발 도입시기



해외 자원 확보를 위한 민간투자 열기 고조

- 우리나라 민간사 자원개발 및 해외투자 현황

LG컨소시엄, 인니 배터리 협약 내용

- ▶ LG엔솔·LG화학·LX인터·포스코 등 참여
- ▶ 인니 정부·안탐(광산 국영기업)·IBC(투자사)
- ▶ 90억달러(약 11조원) 협약금
- ▶ 니켈 등 광물 확보·배터리 공급망 구축

車·LNG·수소... 글로벌 물류기업으로

시작은 현대차 운송 물류회사
이젠 車뿐 아니라 LNG도 운송
영업이익 70% 증가, 사상 최대치

현대글로벌로지스틱스

호주 필버라와 합작 법인 본격 출범... '포스코필바라리튬솔루션' 사명 바뀌
아르헨 염수 공장 등 안정적 리튬 확보 평가... 글로벌 톱3 기업 도전



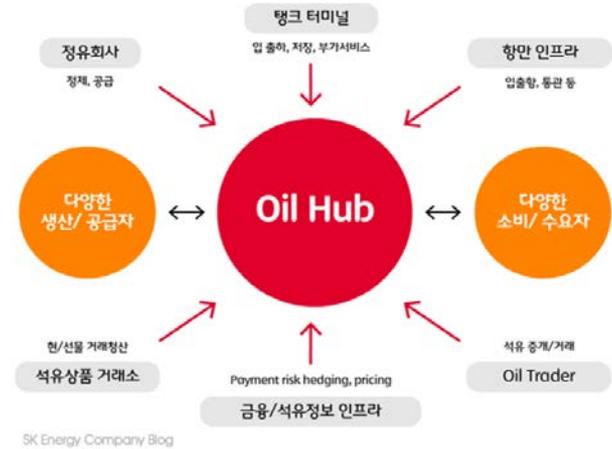
- 미국, EU 등에서는 제조사, 자원 메이저는 생산과 함께 헷지 트레이딩이 보편화
: 폭스바겐 이윤 85억 달러 중 35억 달러가 자원거래(commodity trading)에서 발생
(헷지 차원의 니켈 포지션에서 발생)

신 정부를 위한 에너지 안보 제언

- 기본법제화
 - : top-down 이 아닌 민간주도형 체제가 되도록 기업역량 제고에 초점 필요
- 통즉불통 불통즉통 (通卽不痛 不通卽痛)
 - : 천연가스 제3자 판매 허용 필요 (전문 트레이딩 그룹의 발전으로 연결)
 - : 국내 거래시장 활성화로 연계
 - : 공적기능 비축과 상업적 비축의 구분 필요
 - : 국내의 낡은 시장관행 개선 (어음 결제, 에너지 원자재 물가 연동 제약 등)
- 정부 및 공적 섹터의 측면 지원 기능 강화
 - : 자원보유국 관련 정보 제공 및 네트워크 강화 지원
 - : 자원개발 초기 탐사 및 개발 투자에 대한 금융지원
 - : 자원개발 특별용자제도의 규모 확대 (용자비율 확대: 30 → 50% 이상)
 - : 장기투자에 대한 인센티브
- 트레이딩 인프라 구축
 - : 한국형 상품거래소 구축 및 전문인력 양성

거래소	국가	취급상품	비고
KRX	한국	주식, 채권, 금, 돈육, 배출권 등	증권 및 상품
ICE (Intercontinental Exchange)	미국, EU, 영국 등	에너지, 금속, 농산물, 채권, 배출권 등	2001: IPE 합병 2005: NYSE 합병 2010: Climate Exchange 합병
EEX (European Energy Exchange)	독일	전력, 에너지, 배출권 등	전력
CME (Chicago Mercantile Exchange)	미국	농산물, 에너지, 외환, 금속, 배출권 등	2007년 CBOT와 합병

한국형 상품거래소 설립 필요
: 전력선물, 석유 및 석유제품, LNG, 배출권, REC... 수소



러시아 Ural 원유: 유럽 시장에서 50% 할인 vs. 인도에서는 브렌트유 보다 1 달러 프리미엄 지불

인도: 전통적으로 패시브 구매자 (passive buyer) 유형
별도의 트레이딩 기구가 부재
→ 가장 유리한 석유 딜이 불가능

** 중국의 국영 석유기업조차도 buy, sell, swap cargo를 수행

감사합니다