

- 1982 通商産業省入省
- 1989-92 在ケニア日本国大使館一等書記官
- 1992-94 通産省資源エネルギー庁国際資源課補佐
- 1996-99 OECD日本政府代表部参事官
- 1999-02 資源エネルギー庁エネルギー環境対策室長、統括省エネ対策官、  
新エネ対策調整官  
国連気候変動交渉官
- 2002-06 国際エネルギー機関(IEA)国別審査課長
- 2006-08 資源エネルギー庁国際課長、参事官
- 2008-11 大臣官房審議官地球環境問題担当  
国連気候変動交渉で交渉官
- 2011-15 日本貿易振興機構(JETRO)ロンドン事務所長
- 2015- 東京大学公共政策大学院教授  
国際大学客員教授、21世紀政策研究所研究主幹、アジア太平洋研  
究所上席研究員、経済産業研究所コンサルティングフェロー、気候  
変動に関する政府間パネル(IPCC)執筆者

# エネルギー問題

2022年4月4日

# エネルギー安全保障とは何か

## IEA(国際エネルギー機関)の定義

「エネルギー安全保障とはエネルギーが断絶なく安定的に手頃な(affordable) 価格で供給されること」

短期のエネルギー安全保障: 需給バランスの突然の変更(例: 戦争、災害等による供給途絶)にエネルギーシステムが迅速に対応できること

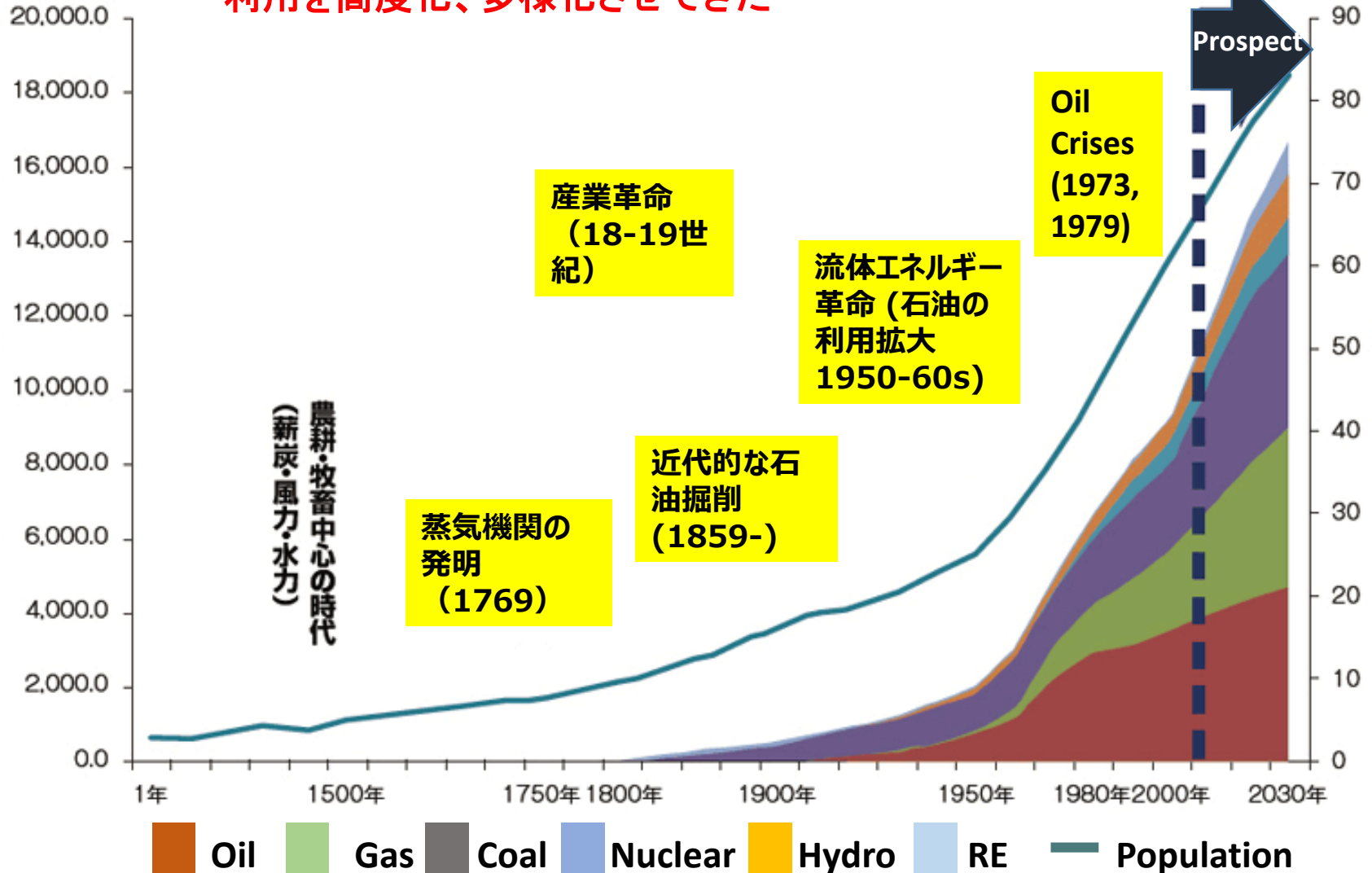
長期のエネルギー安全保障: 経済発展、環境面の必要性に応じたタイムリーなエネルギー投資が行われること

# 人類の歴史とエネルギー

million ton  
oil equivalent

人類は産業発展と生活様式の発展に対応し、エネルギー利用を高度化、多様化させてきた

100 million



# 石油と戦争

エネルギーは現代の戦史の中でしばしば決定的な要素になってきた。

“石油の安全性と確実性は多様性、多様性のみ存する”

- ウィンストン・チャーチル海軍大臣

“ガソリンは来るべき戦闘において血と同じく死活的に重要だ”

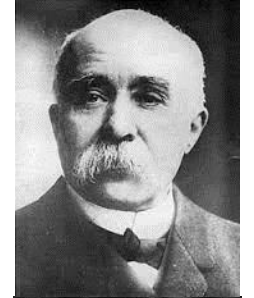
- ジョルジュ・クレマンソー フランス首相-

“バクー油田を確保しなければ戦争は負けだ”

- アドルフ・ヒトラー

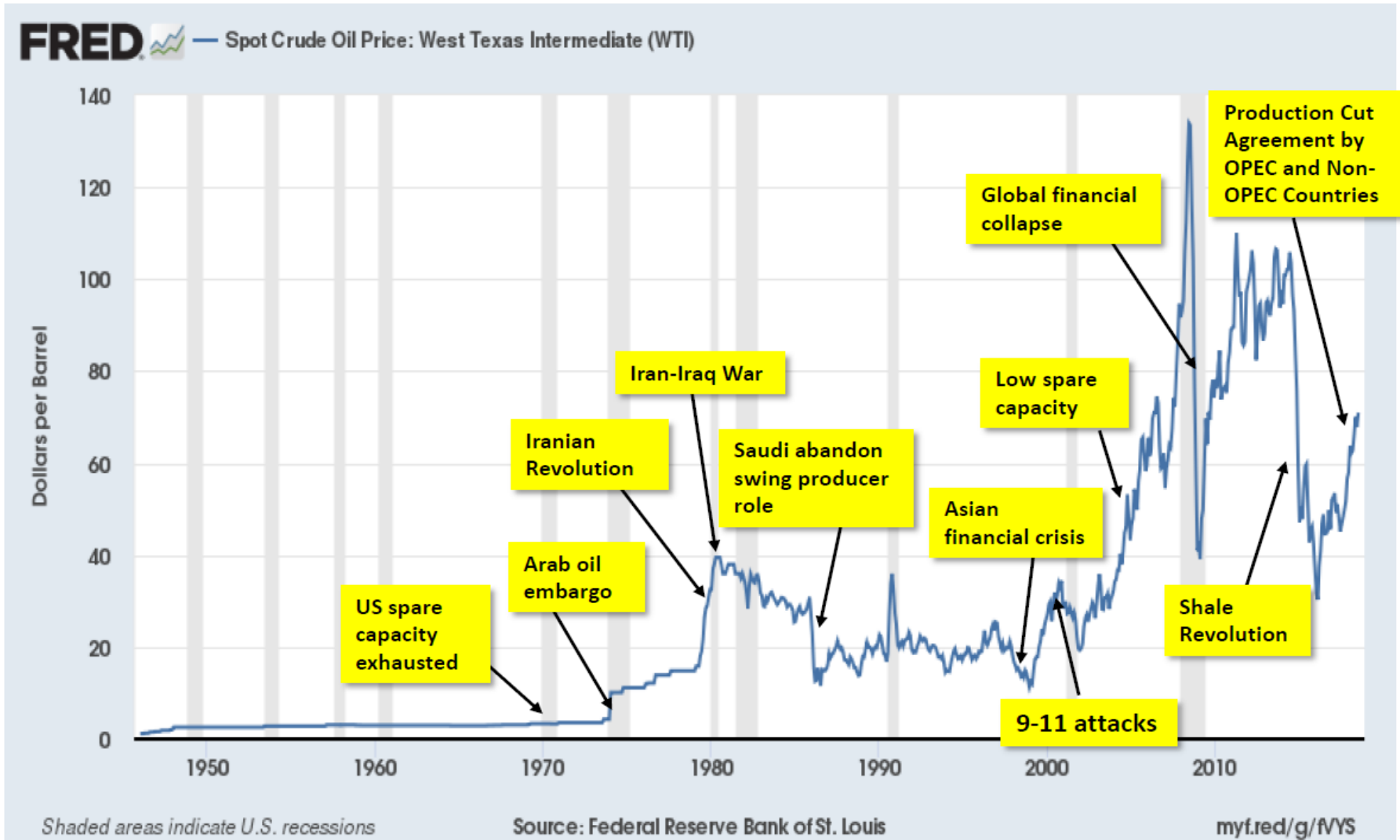
“対米戦を一刻も早く決断すべきだ。海軍の石油備蓄は2年で底をつく”

- 永野修身 海軍軍令部総長



# 石油スポット価格の推移

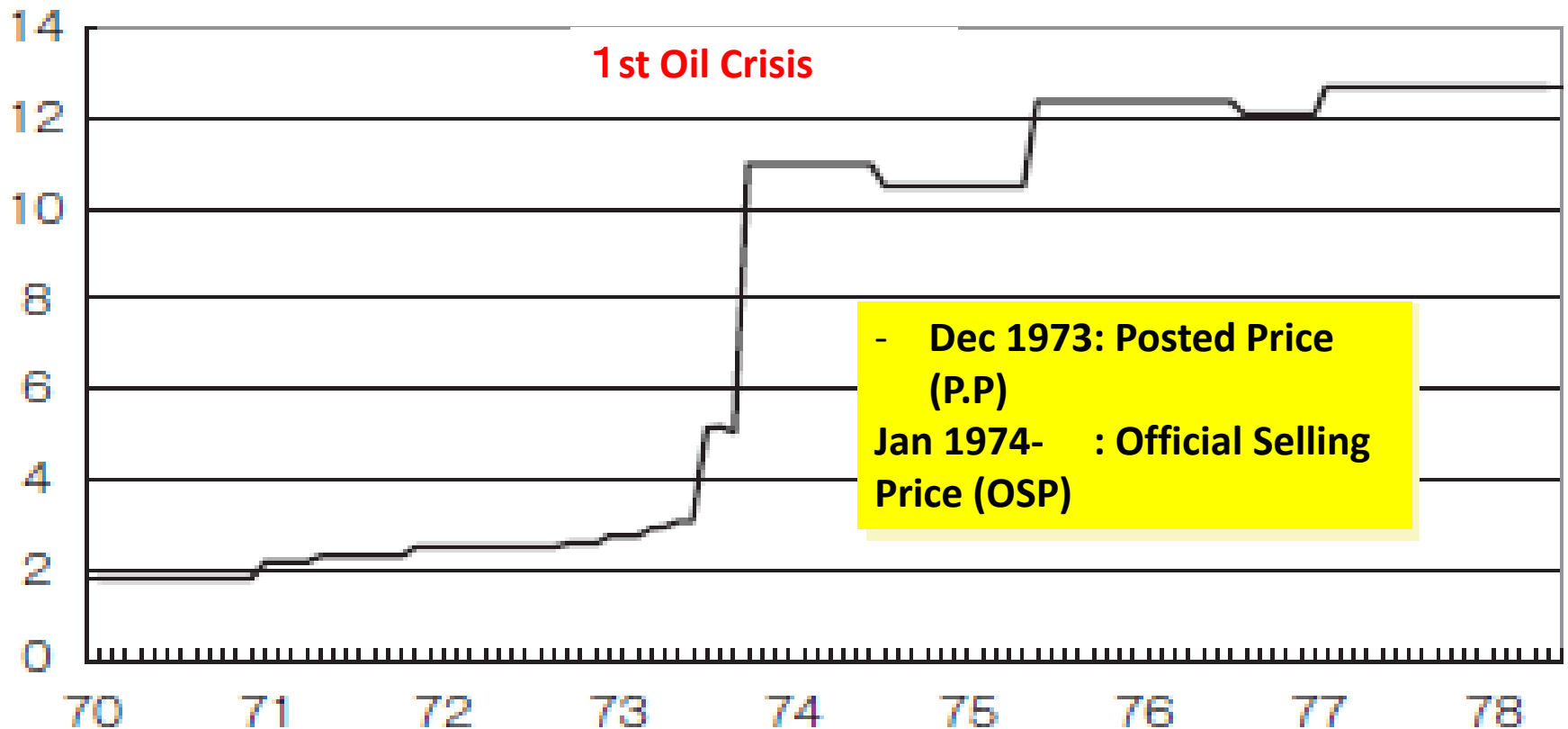
石油はエネルギー安全保障の中核であった。



# ケース1：第一次石油危機（1973）

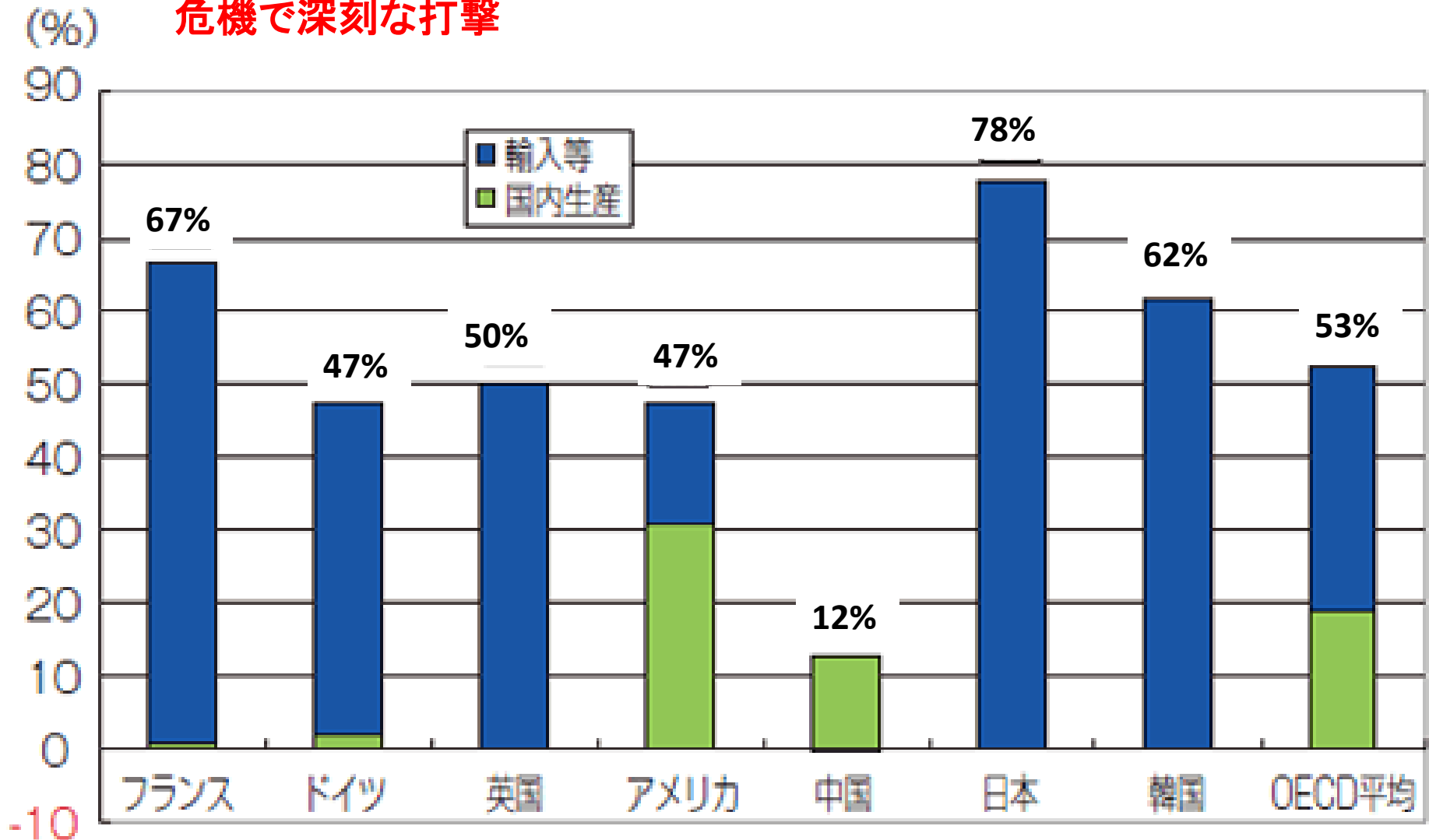
- 第四次中東戦争（1973）
- アラブ石油輸出国機構（OAPEC）がイスラエルに近い米国、英国、カナダ、オランダ、日本を対象に石油禁輸（1973）
- 原油価格が3ドル／バレルから12ドル／バレルと4倍に

Dollar/Barrel



# 主要国の石油依存度 (1973)

- 石油依存度が高く、全量を輸入に依存していた日本経済は第1次石油危機で深刻な打撃





# 第一次石油危機で何が起きたか？



# 主要消費国の対応

|      |  |
|------|--|
| 日本   | <ul style="list-style-type: none"><li>● 石油緊急対策本部の設置</li><li>● 官公庁における石油使用制限</li><li>● 室内温度の調節</li><li>● 電飾看板・広告の自粛</li><li>● 不要不急の旅行の自粛</li><li>● 大規模産業施設における石油、電力利用に関する行政指導 等</li></ul> |
| 米国   | <ul style="list-style-type: none"><li>● 石油配給法</li><li>● 休日のガソリンスタンド休業</li><li>● サマータイムの導入 等</li></ul>  |
| 英国   | <ul style="list-style-type: none"><li>● 石油電力利用合理化法</li><li>● 石油税の増税</li><li>● 電飾看板・広告の禁止</li><li>● 週3日操業 等</li></ul>   |
| フランス | <ul style="list-style-type: none"><li>● 石油輸入割当</li><li>● 軽油の配給</li><li>● 日曜日の運転禁止</li><li>● 速度制限 等</li></ul>   |

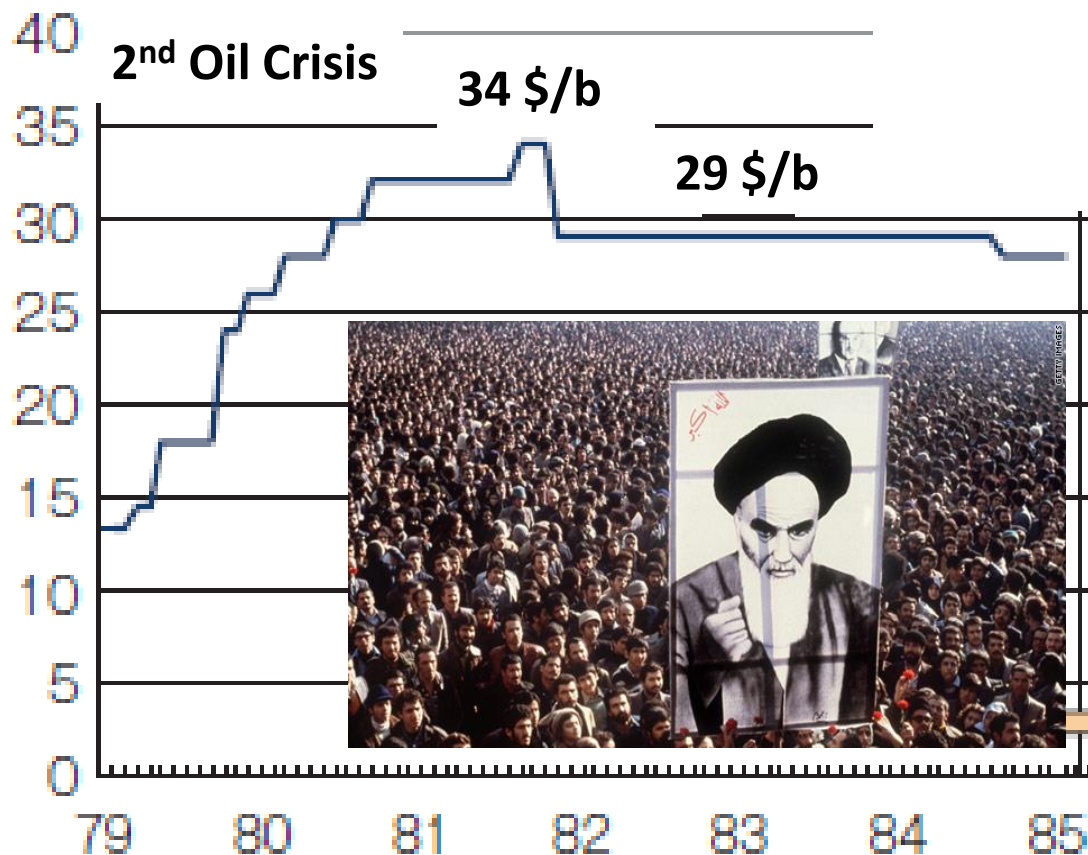
# 国際エネルギー機関（IEA）の設立（1974）

- キッシンジャー米 국무長官提案
- ワシントンエネルギー会議（1974年2月）
- 16か国による国際エネルギー計画の採択を踏まえ、国際エネルギー機関（IEA）を経済協力開発機構（OECD）内に設立（1974年11月）
- IEAの主要な活動
  - ◆ 石油備蓄と協調利用による緊急時対応
  - ◆ エネルギー効率の推進
  - ◆ 石油代替エネルギーの開発（石炭、原子力）



# ケース2： 第二次石油危機 (1979)

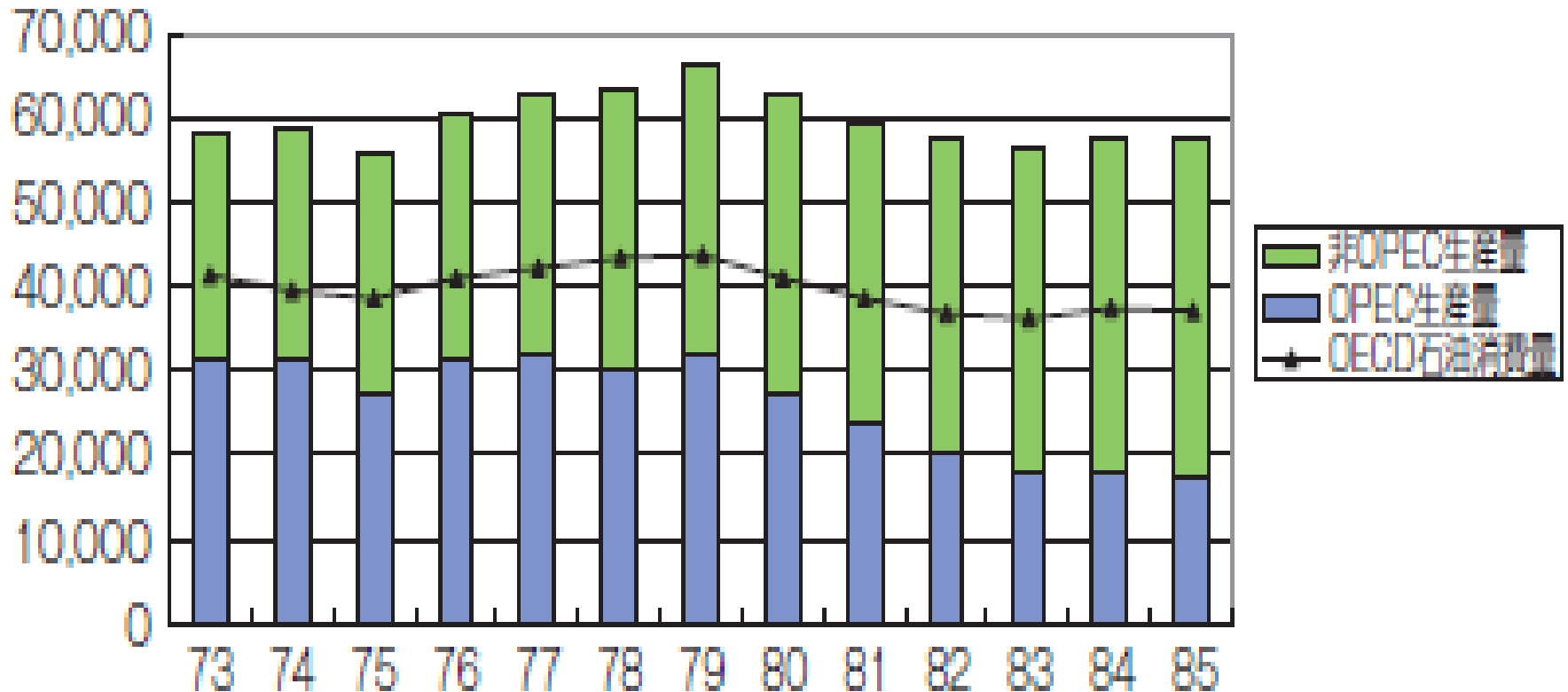
- イラン革命(1978年1月)とイラン原油の輸出停止
- OPECが公式販売価格を引き上げ
- イランイラク戦争(1980)
- 湾岸諸国、北海の増産により、石油の深刻な不足には至らなかったものの、石油価格は34ドル/バレルに上昇



# 非OPEC生産の拡大

- 石油価格の上昇 → 非OPEC地域における石油生産の採算性改善
- 世界の石油生産におけるOPECシェアの低下

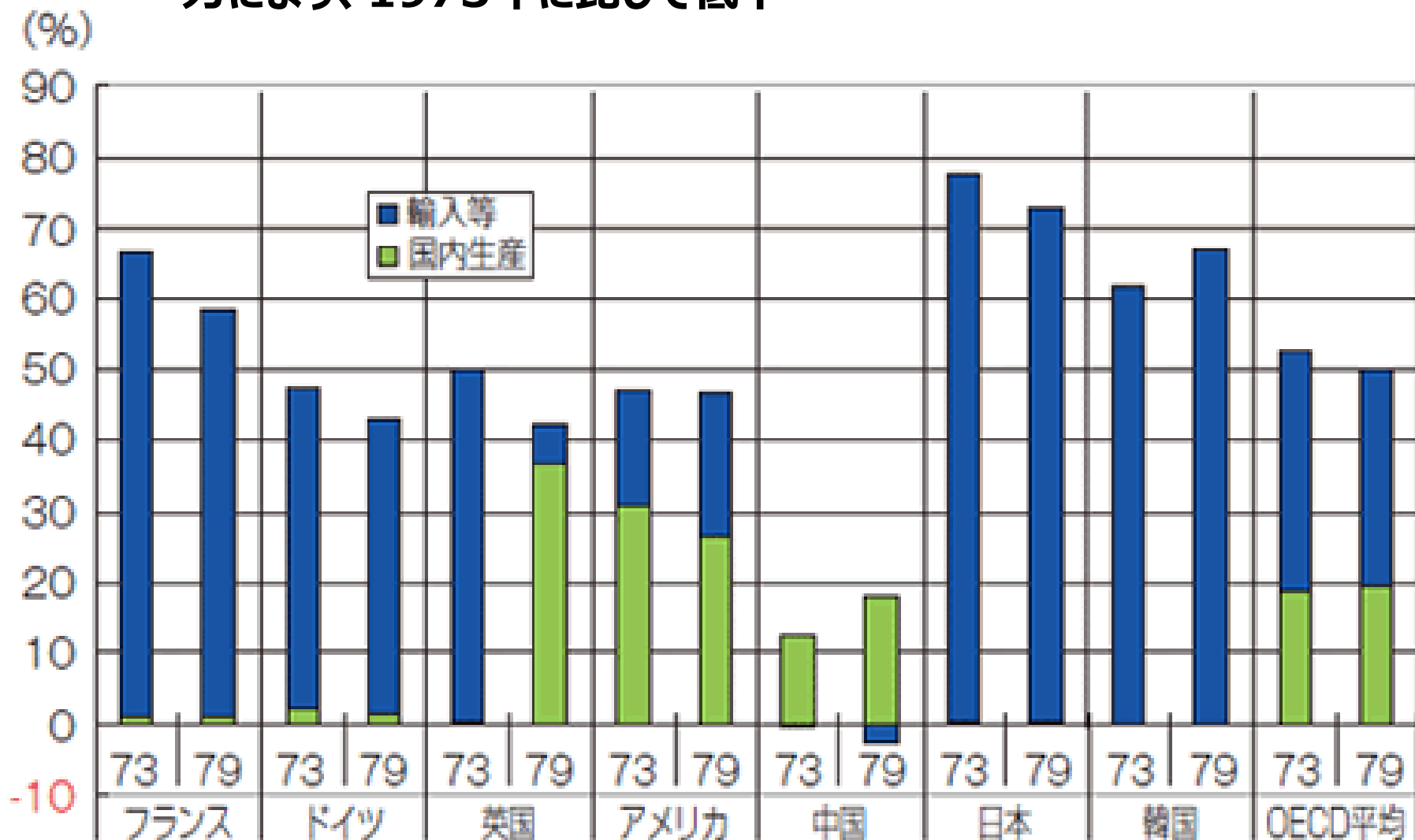
1000 Barrel/Day





# 主要国の石油依存度（1973年と1979年）

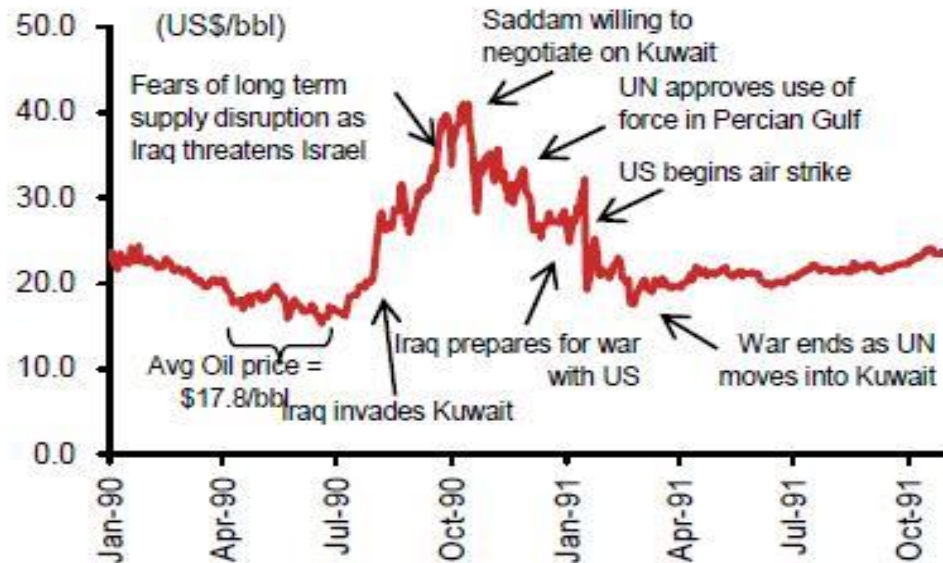
- 1979年における主要国の石油依存度はエネルギー源多様化努力により、1973年に比して低下



# ケース3: 湾岸戦争 (1990)

- イラクのクウェート侵攻（1990年8月）及び国連制裁決議により、イラク、区ウェードの原油が国際石油市場から消失
- 不足分はサウジをはじめとする湾岸諸国が増産
- 1991年1月、I E Aは緊急時協調対応措置（CERM）に基づき加盟国の石油備蓄を取り崩し（250万バレル/日を1.5か月）
- 国際石油市場への影響は最小限

Exhibit 8. Oil prices during 1990-91 Gulf War

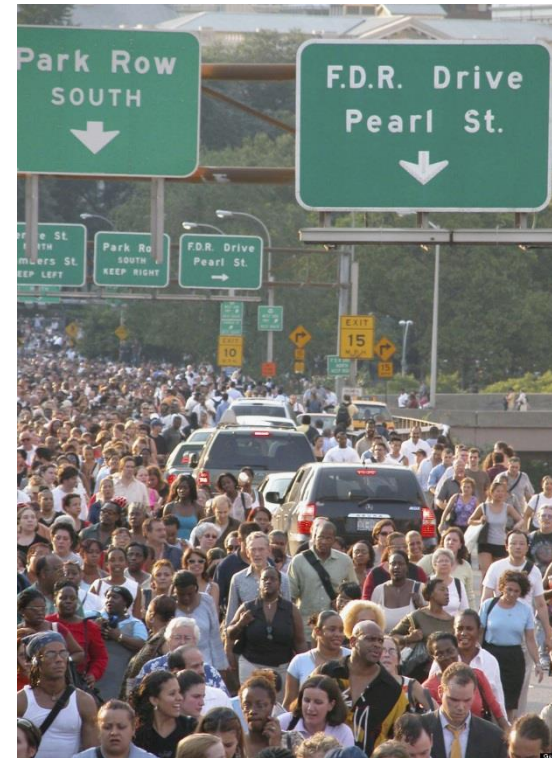
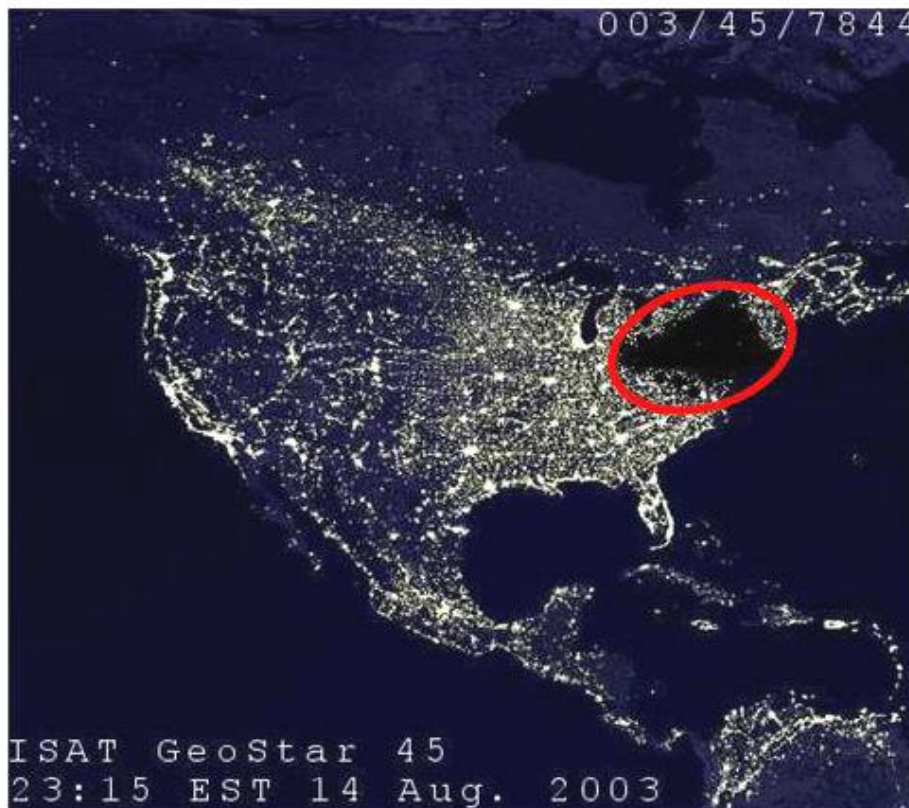


Source: Bloomberg, Nomura Research



# ケース4:米国、イタリアにおける大規模停電 (2003)

- 2003年8月14日、米国の北東・中西部で大規模停電が発生し、オンタリオ州で1000万人、その他8州で4500万人に影響。
- オハイオ州のファーストエナジー社の管制室のアラームシステムのソフト異常が原因
- 地方でマネージ可能な停電が大規模停電にカスケード状に波及





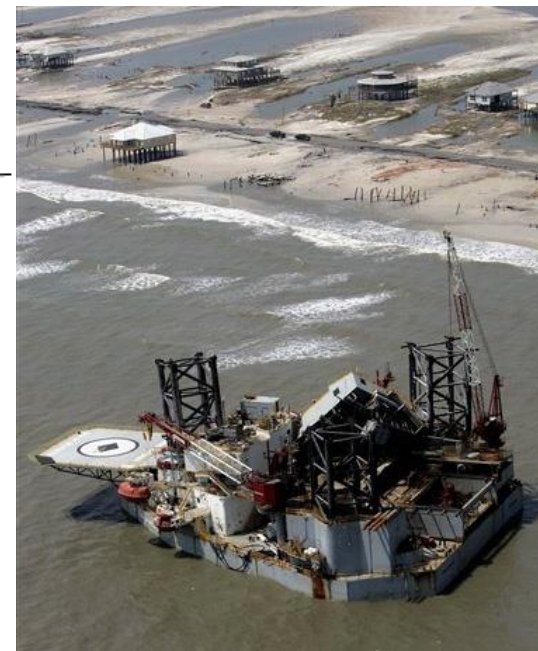
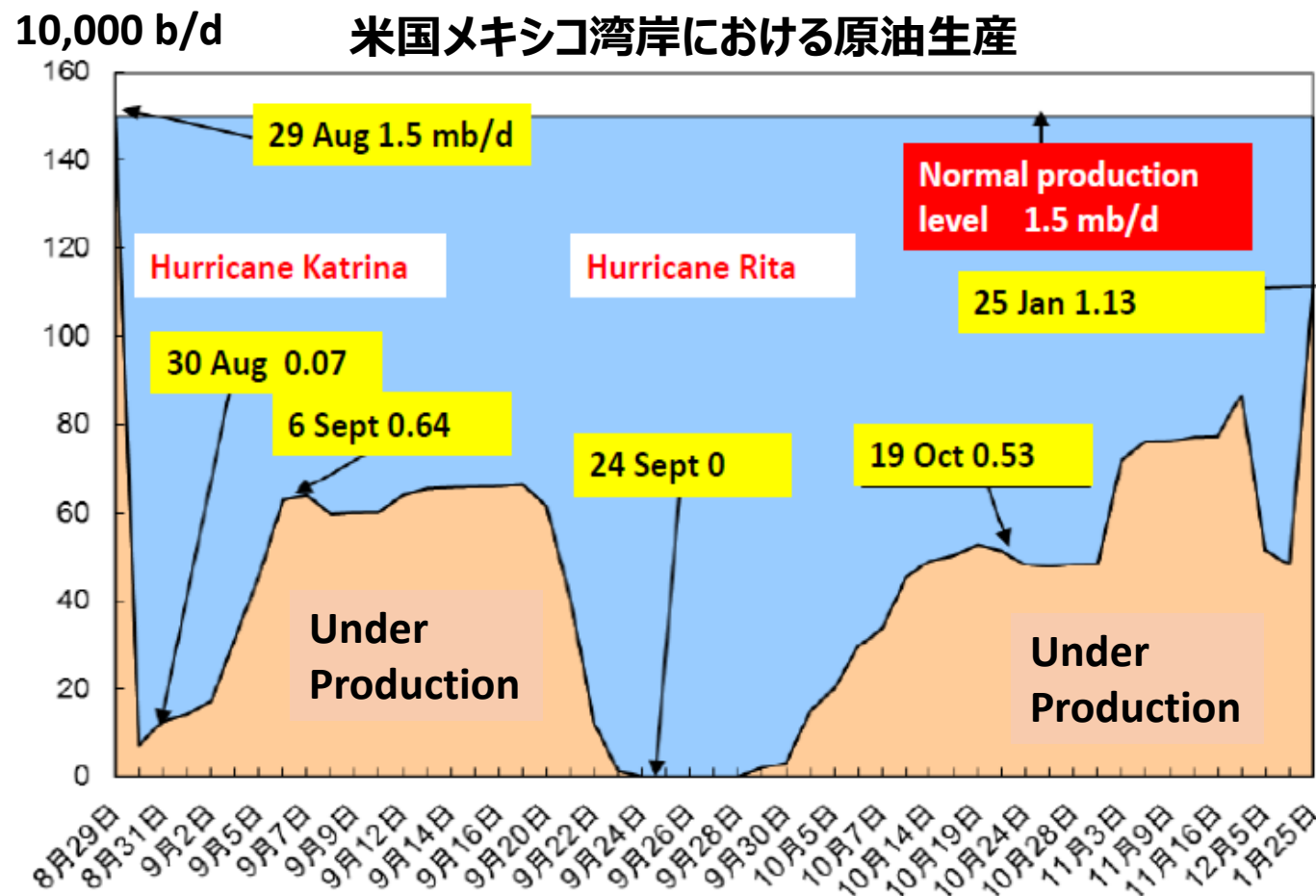
# ケース4:米国、イタリアにおける大規模停電(2003)

- 2003年9月28日、イタリアで大規模停電が生じ、12時間にわたって5600万人に影響.
- 嵐によってスイスからイタリアへの送電線が損傷し、フランスからイタリアへの二本の送電線への負荷が急上昇
- ENELは送電網のコントロールを失い、電力供給がカスケード状にストップ



# ケース5：ハリケーンカトリーナ、リタ（2005）

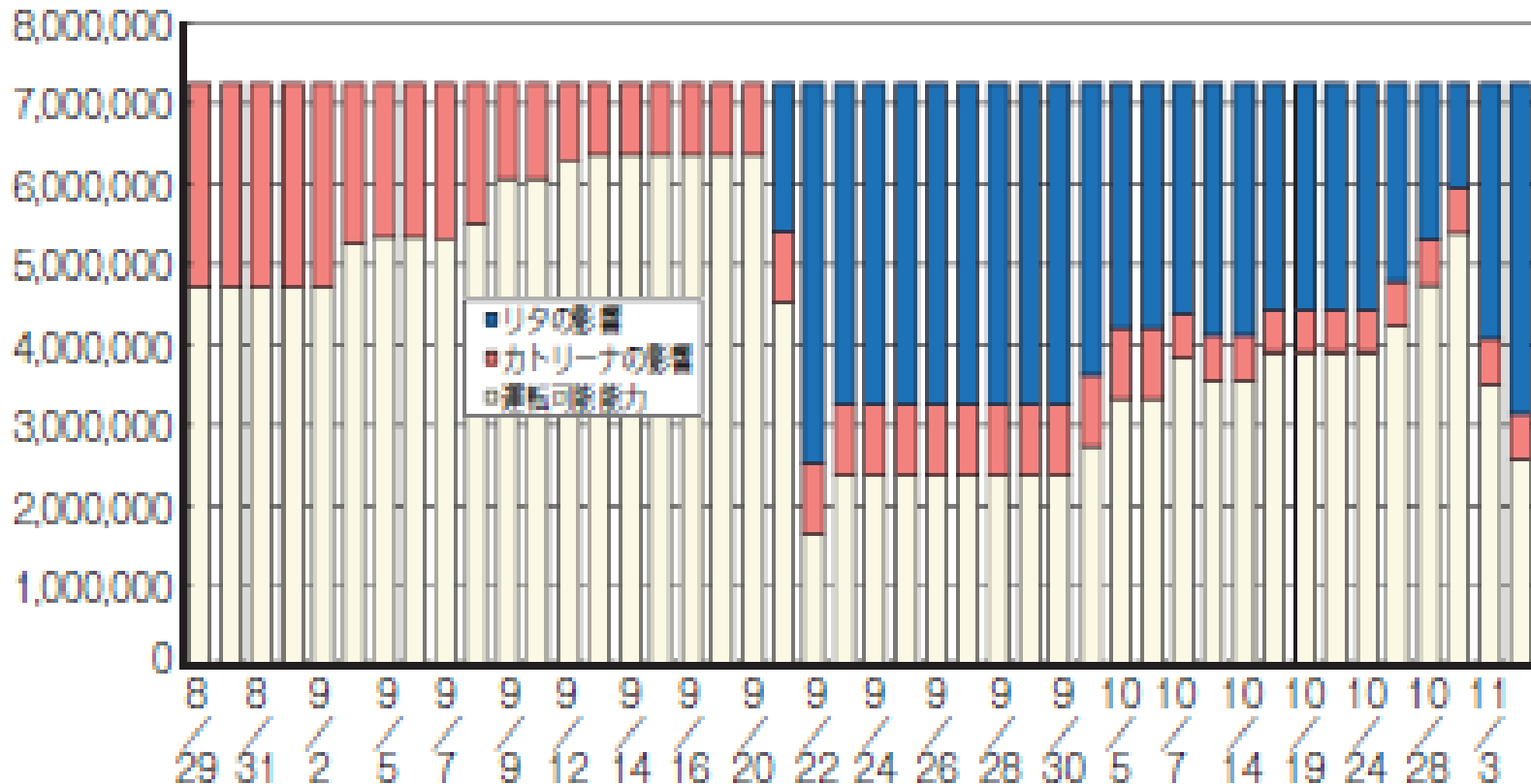
- 2005年、ハリケーン・カトリーナとハリケーン・リタがメキシコ湾岸の米国の石油・ガス施設に深刻な被害
- メキシコ湾岸における石油生産の90%、ガス生産の80%が生産を停止。



# ケース5：ハリケーンカトリーナ、リタ（2005）

- I E Aは緊急時協調対応措置（CERM）を2005年9月に発動し、2006年1月まで200万バレル/日を供給
- OPECは余剰生産能力を活用し、2005年10月から3か月増産

(バレル/日) 米国原油能力に対するハリケーンカトリーナ・リタの影響



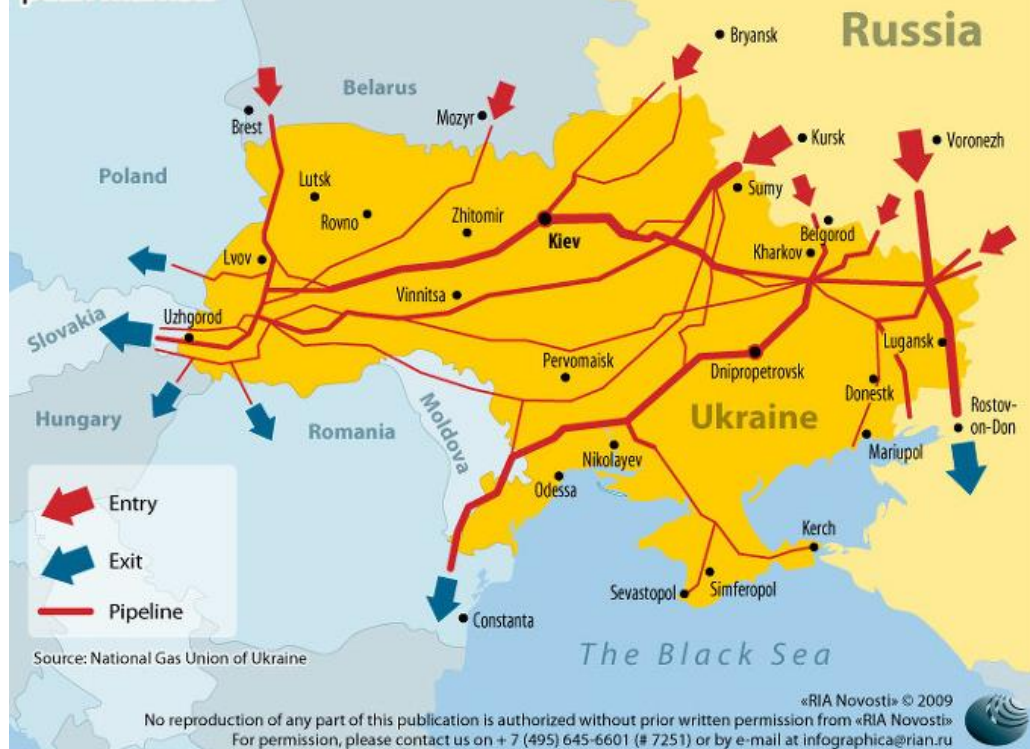


# ケース6：ロシア-ウクライナガス紛争

- 2006年1月、ガス価格をめぐる紛争によりロシアがウクライナへのガス供給を停止。ロシアはウクライナ向け供給のみをストップしたが、欧州向けのガスパイプラインがウクライナを通過していたため、EU諸国のガス供給にも影響
- ロシア・ウクライナの暫定合意により、1月4日にガス供給が再開

## A map of Russian gas supplies to Europe via Ukraine

Major pipeline routes from West Siberian gas fields to Western European markets



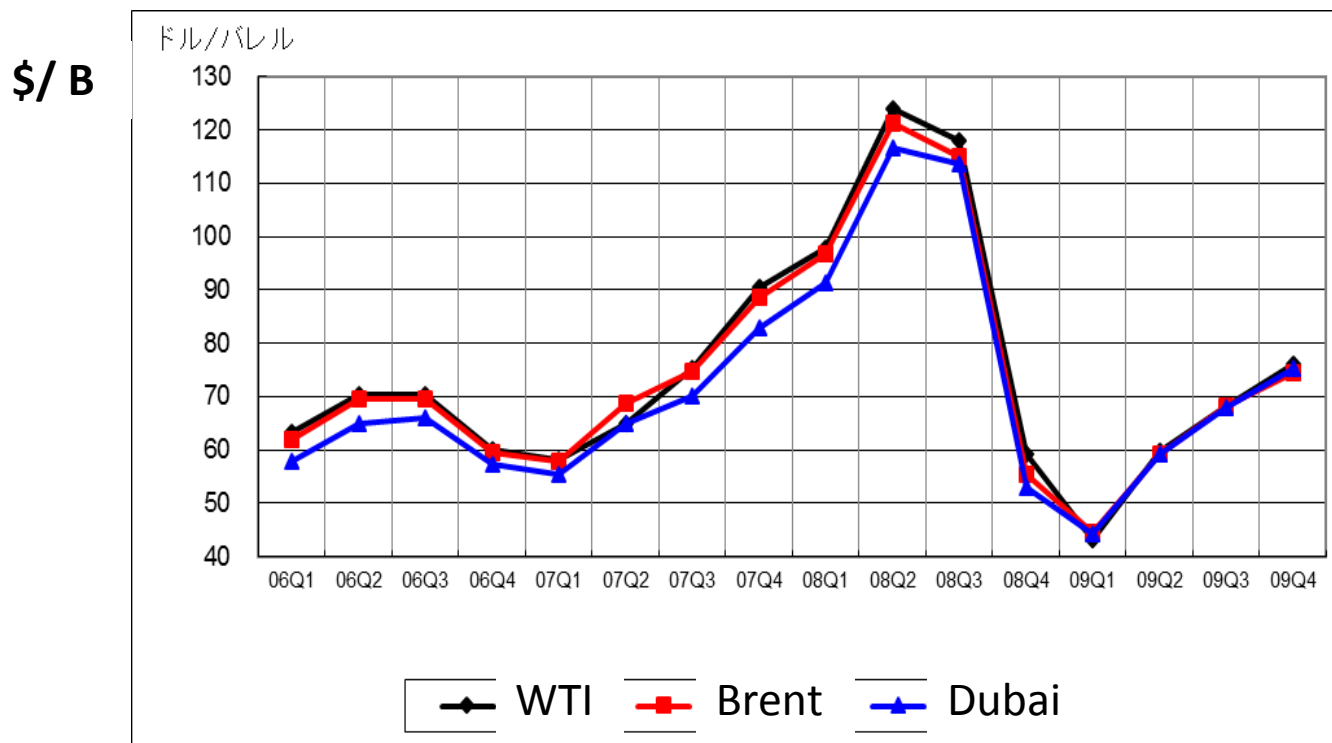
# ケース6：ロシア-ウクライナガス紛争

- 2009年1月1日、ロシアがガス価格をめぐる紛争を理由にウクライナ向けガス供給を再び停止。
- 2009年1月7日にはウクライナ経由で供給されるロシア産ガスの供給が全て停止。オーストリア、ブルガリア、スロバキア、ルーマニアで供給不足が発生。
- 1月19日の合意を受けてガス供給を再開
- E Uではロシア産ガスへの依存度低下に関する議論を開始。



# ケース7: 石油価格暴騰 (2008)

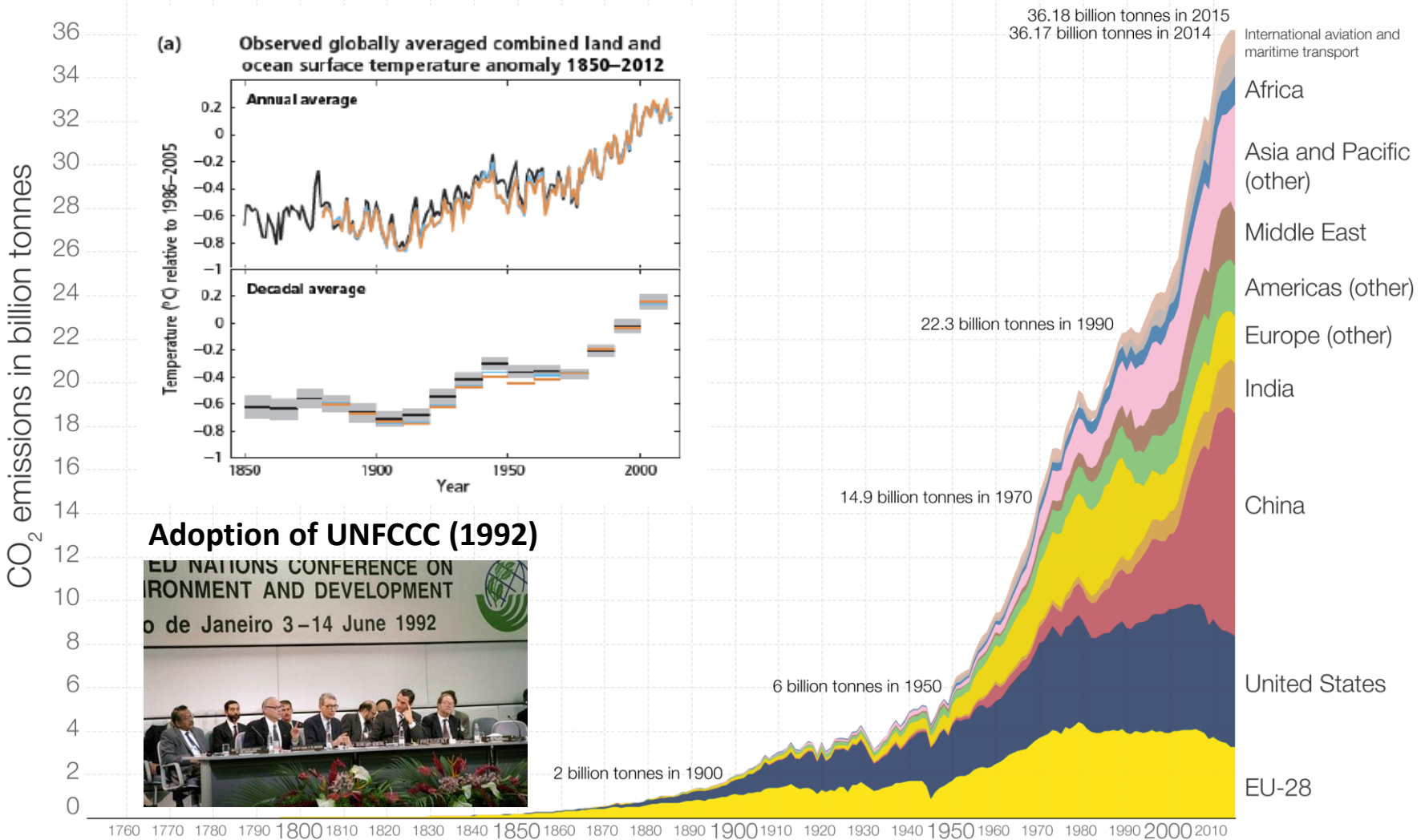
- 2008年7月、石油価格は一時150ドル/バレルまで高騰。
- ← 新興国における石油需要の増大
- ← 米国における堅調な石油需要
- ← イラン、ナイジェリアにおける地政学不安
- ← OPECの余剰生産能力、掘削が容易な油田の減少
- ← 資源ナショナリズム
- ← 先物市場に対する投機マネーの流入



# ケース8：地球温暖化問題

## Global CO<sub>2</sub> emissions by world region, 1751 to 2015

Annual carbon dioxide emissions in billion tonnes (Gt).



Data source: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); aggregation by world region by Our World In Data. The interactive data visualization is available at [OurWorldinData.org](http://OurWorldinData.org). There you find the raw data and more visualizations on this topic.



# パリ協定と 1.5-2.0度目標

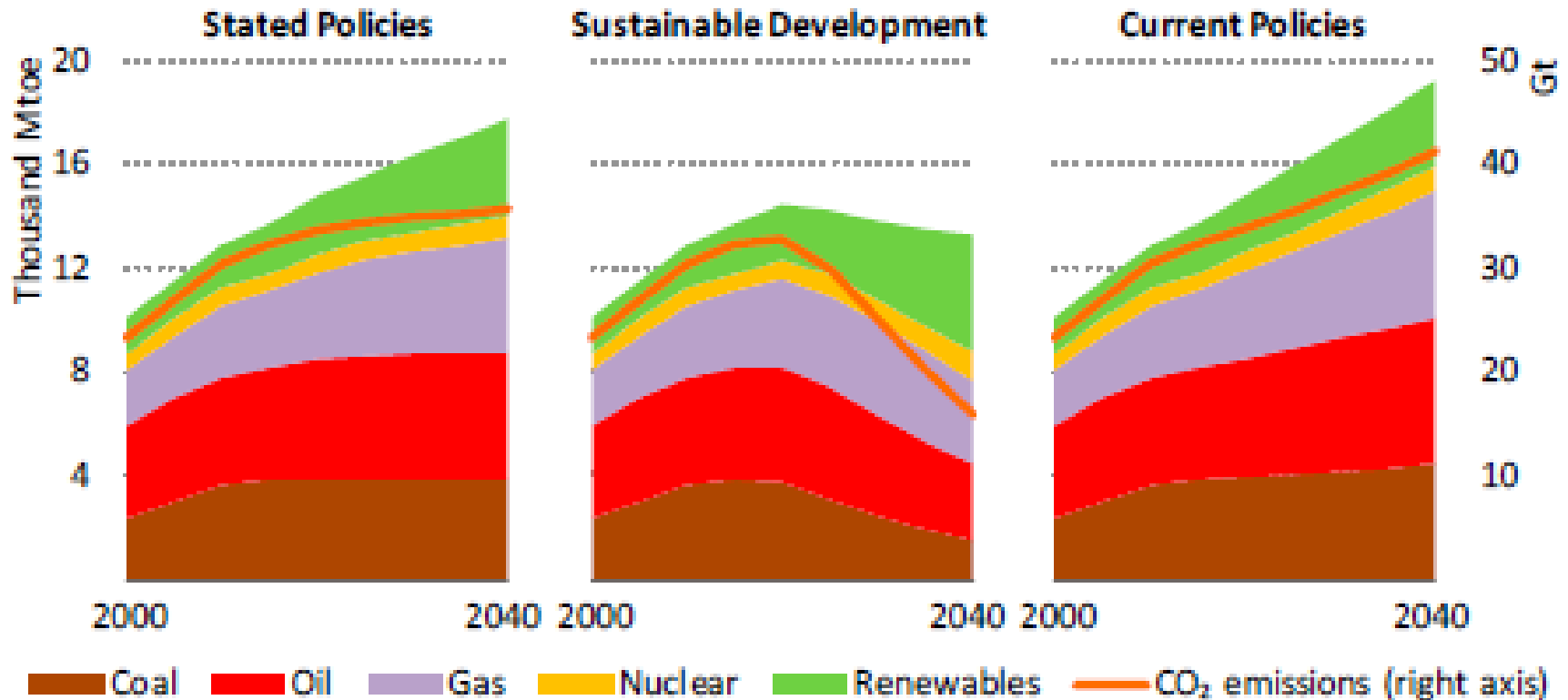
- ◆ パリ協定では、今世紀中の地球の平均気温上昇を産業革命以前に比し1.5度～2度以内に抑制することを目指す。





# IEAの3つのシナリオ

- **現行政策シナリオ:** 政府が表明した目標は考慮せず、エネルギーシステムの制約も想定しないシナリオ
- **公表政策シナリオ:** 現在の政策のみならず、政府の表明した政策と今後の政策導入も考慮
- **持続可能発展シナリオ:** パリ協定の目標と統合的な持続可能なエネルギー経路



# ケース9：福島第一原発事故（2011）

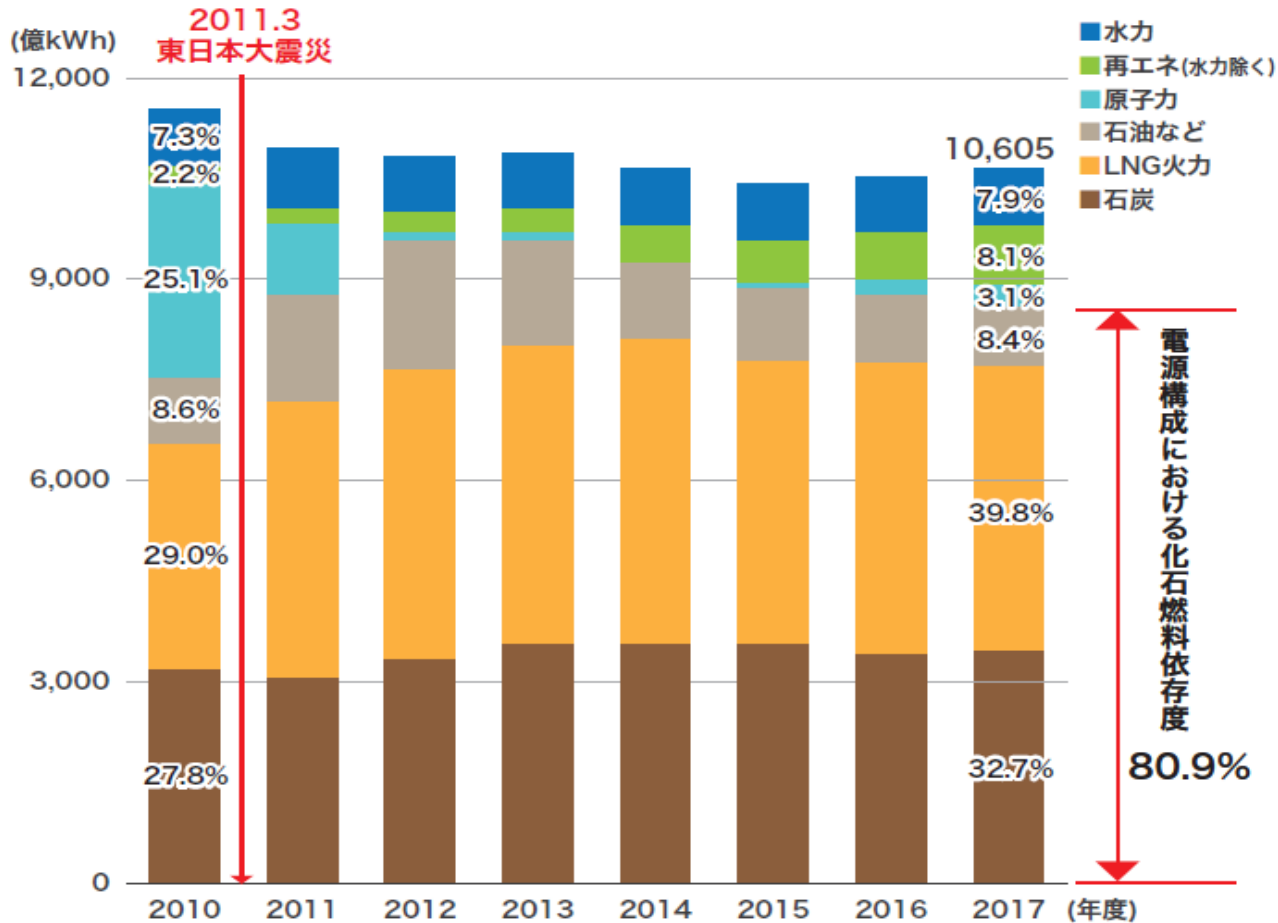
- 2011年3月11日、東日本大震災による津波により、福島第一原発で事故が発生。
- 津波により冷却装置が機能しなくなり、3つの原子炉でメルトダウンと放射能流出が発生。
- チェルノブイリ原発事故（1986）以来、最大の原発事故であり、チェルノブイリに続いてレベル7の事故となった。
- 原子力安全規制の強化と新基準による安全性審査のため、全国の原発が運転を停止



# 日本の電源構成

- 原子力電力の喪失分を埋め合わせるため、化石燃料(特にLNG)発電が大きく拡大

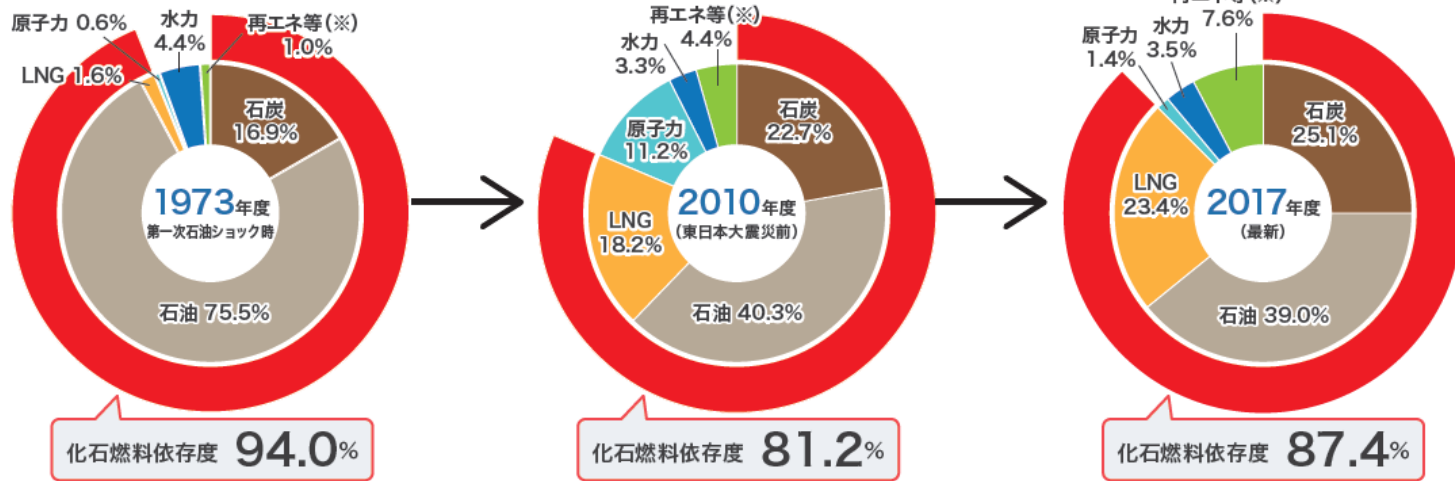
日本の電源構成の推移(供給)



出典: 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」

# 日本の輸入化石燃料依存度

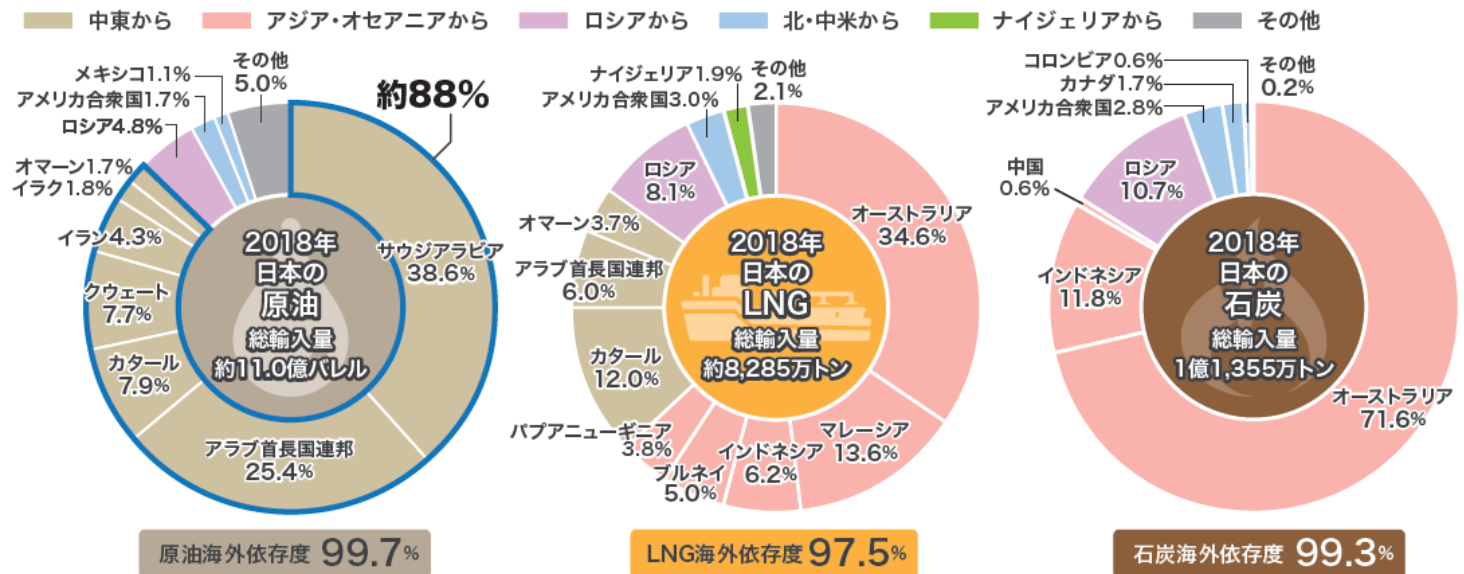
## 日本の一次エネルギー供給構成の推移



出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」

※四捨五入の関係で、合計が100%にならない場合がある。再エネ等(水力除く地熱、風力、太陽光など)は未活用エネルギーを含む。

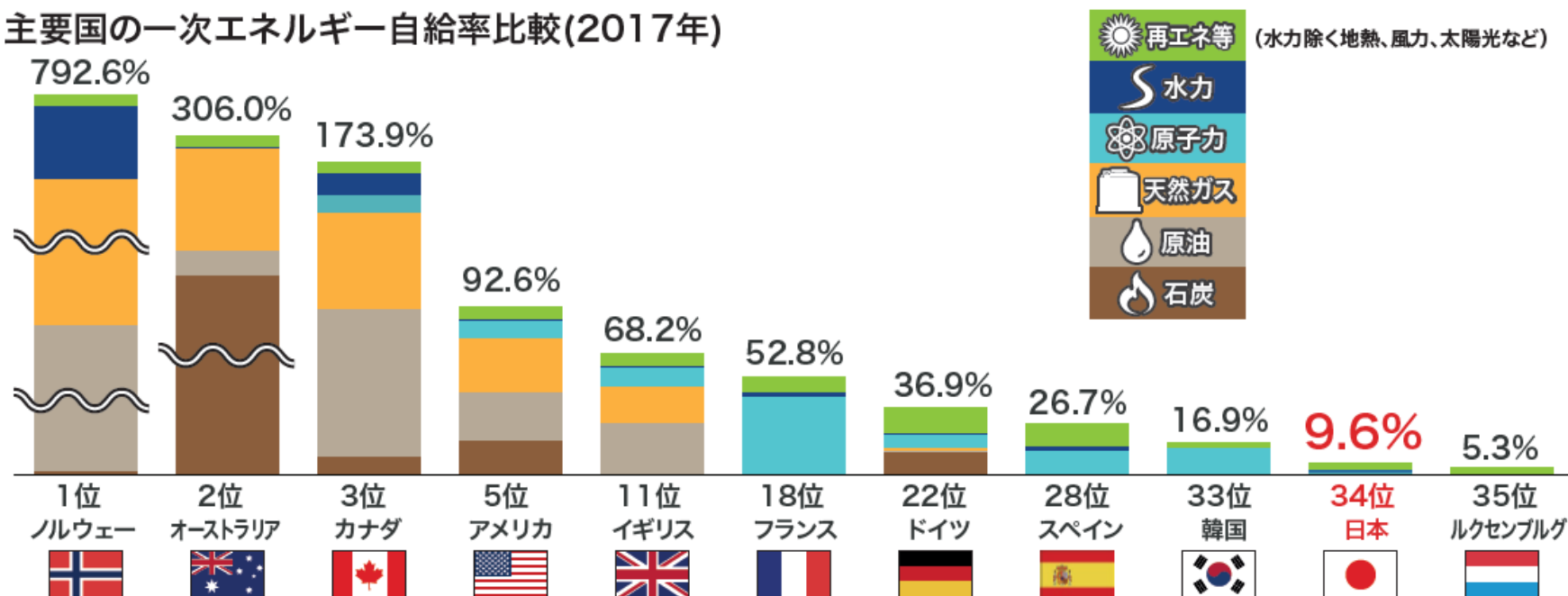
## 日本の化石燃料輸入先(2018年)



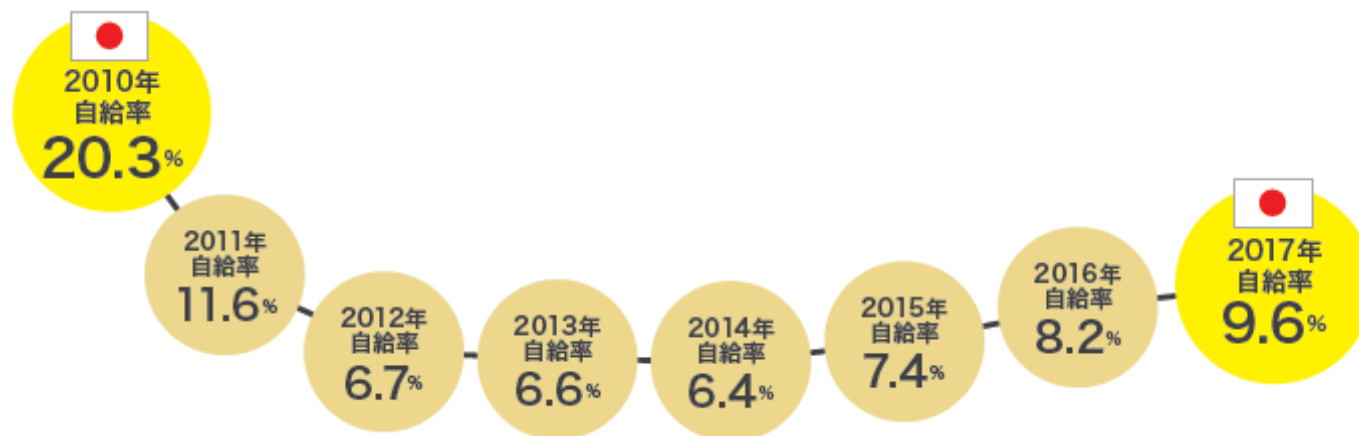
出典：財務省「日本貿易統計」(海外依存度は総合エネルギー統計より)

# OECD諸国のエネルギー自給率 (2017)

主要国の一次エネルギー自給率比較(2017年)

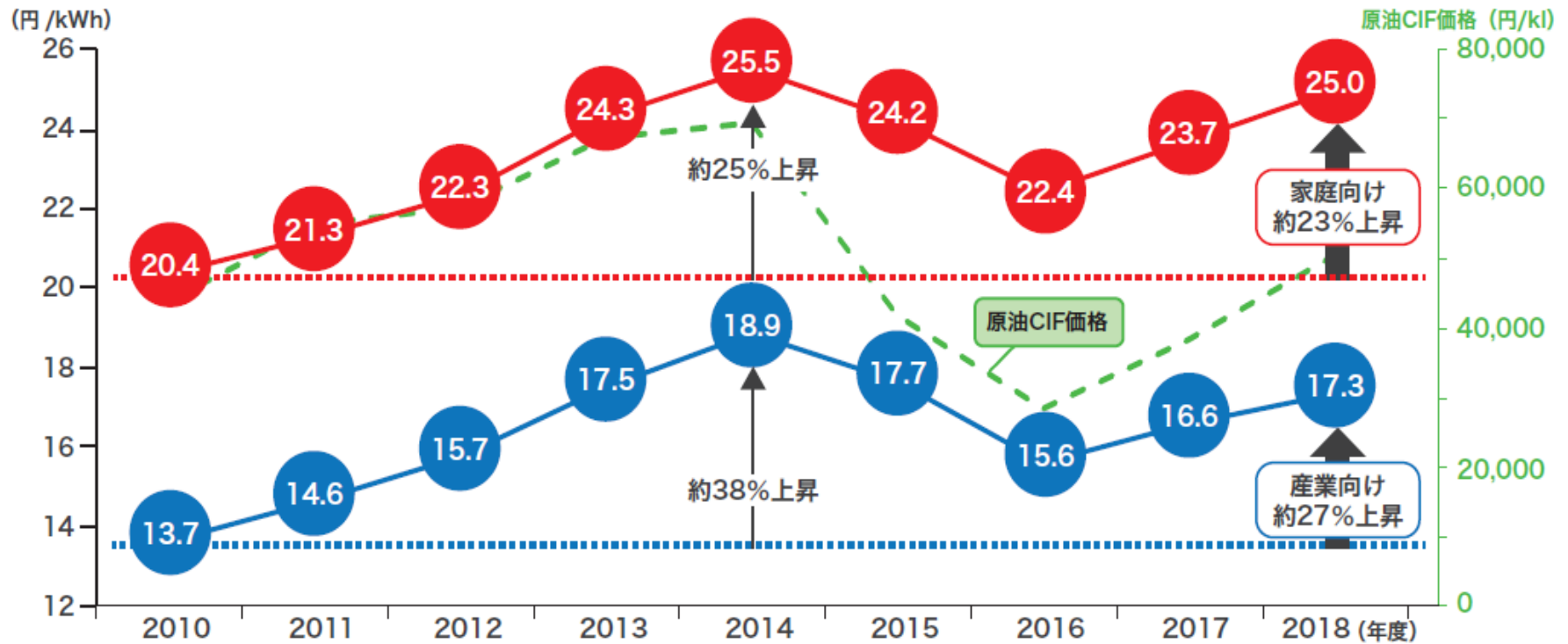


出典:IEA「World Energy Balances 2018」の2017年推計値、日本のみ資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2017年度確報値。\*表内の順位はOECD35カ国中の順位



# 電力料金の上昇

## 電気料金平均単価の推移

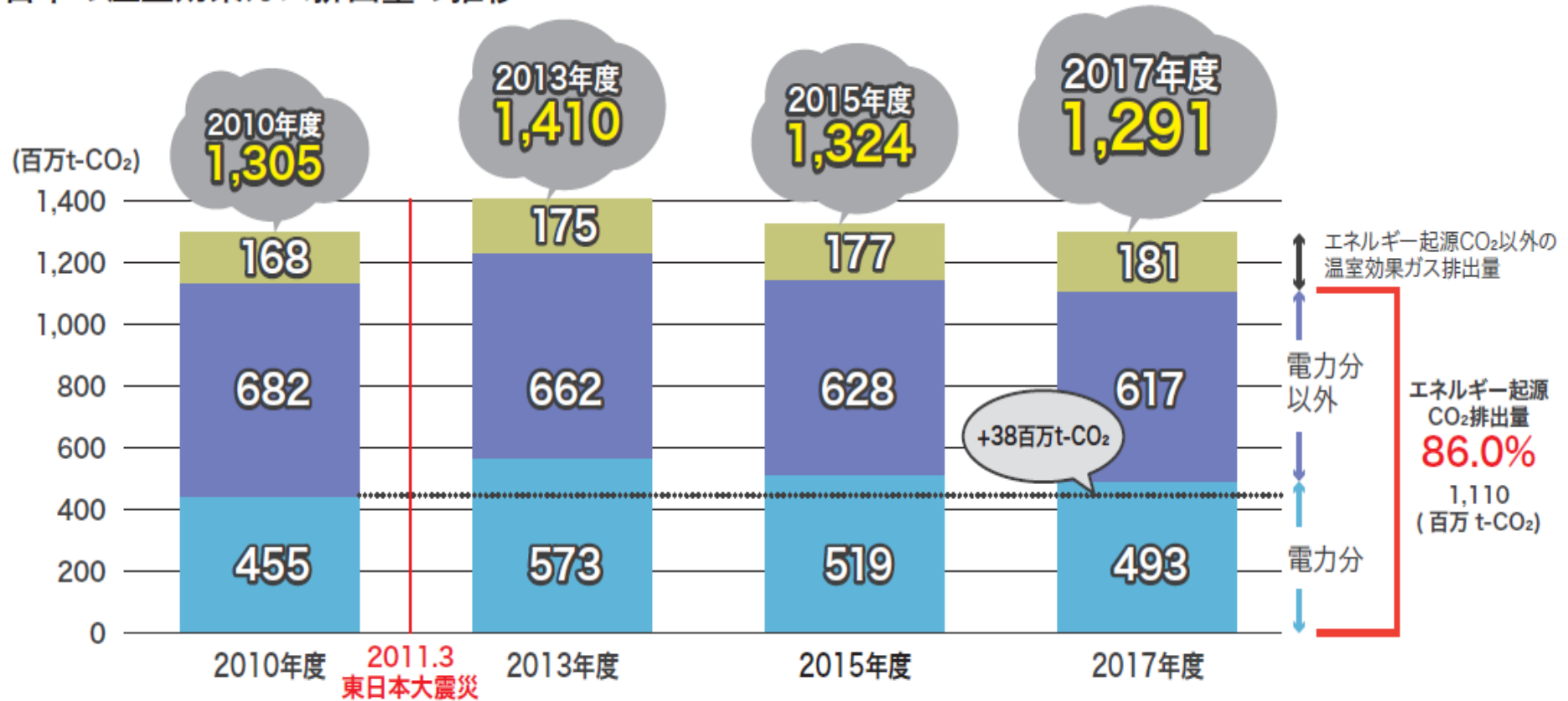


出典: 発受電月報、各電力会社決算資料を基に作成

原油CIF価格: 輸入額に輸送料、保険料等を加えた貿易取引の価格

# 温室効果ガスの動向

日本の温室効果ガス排出量の推移



出典: 総合エネルギー統計、環境行動計画(電気事業連合会)、日本の温室効果ガス排出量の算定結果(環境省)を基に作成

温室効果ガス: 二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、ハイドロフルオロカーボン類、パーフルオロカーボン類、六フッ化硫黄の6種類。



# ケース10: サウジ製油所に対するドローン攻撃 (2019)

- ◆ 2019年9月14日、アブカイクのサウジアラムコの製油所にドローン攻撃が加えられ、サウジの石油生産の半分（世界の石油生産の5%）に被害
- ◆ イエメンの過激派グループフーシが犯行声明を出したが、米国はイランが背後にいと批判。
- ◆ イランは米国の基地、空母はミサイル攻撃圏内にあると威嚇。





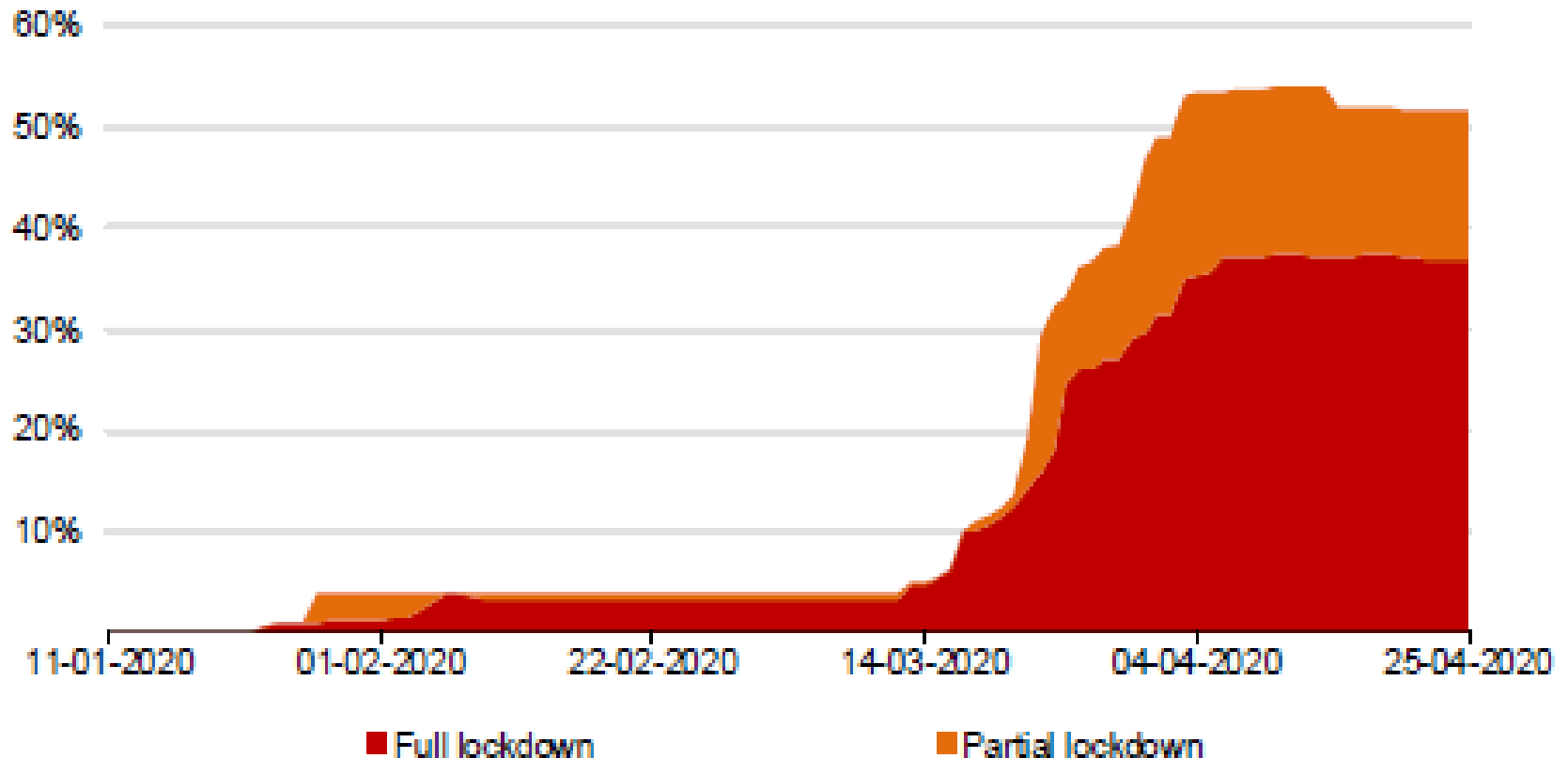
# ケース12: コロナとエネルギー環境問題

- 景気停滞 → エネルギー需要低下 → CO2排出低下
- 石油需要の停滞と供給過剰による石油価格の歴史的低水準
- 化石燃料価格の低下はクリーンエネルギーの競争力を阻害
- 石油価格の低下による米国のシェールガス生産の減少 → 中東依存度の拡大？
- 石油価格の低下による産油国の社会的安定性への影響
- エネルギー価格の低下による石油ガス投資の停滞 → 将来の供給不足につながるリスク
- コロナにより人々の関心が健康、雇用、経済回復にシフトする可能性。可処分所得の低下により、温暖化対策によるエネルギー価格上昇への抵抗が強まる可能性
- 景気回復によるエネルギー需要の回復、CO2排出のリバウンドが起こる可能性大

# ケース 1 2： コロナウィルスとエネルギー環境

◆ 世界のエネルギー需要の半分近くはロックダウンによって影響を受ける

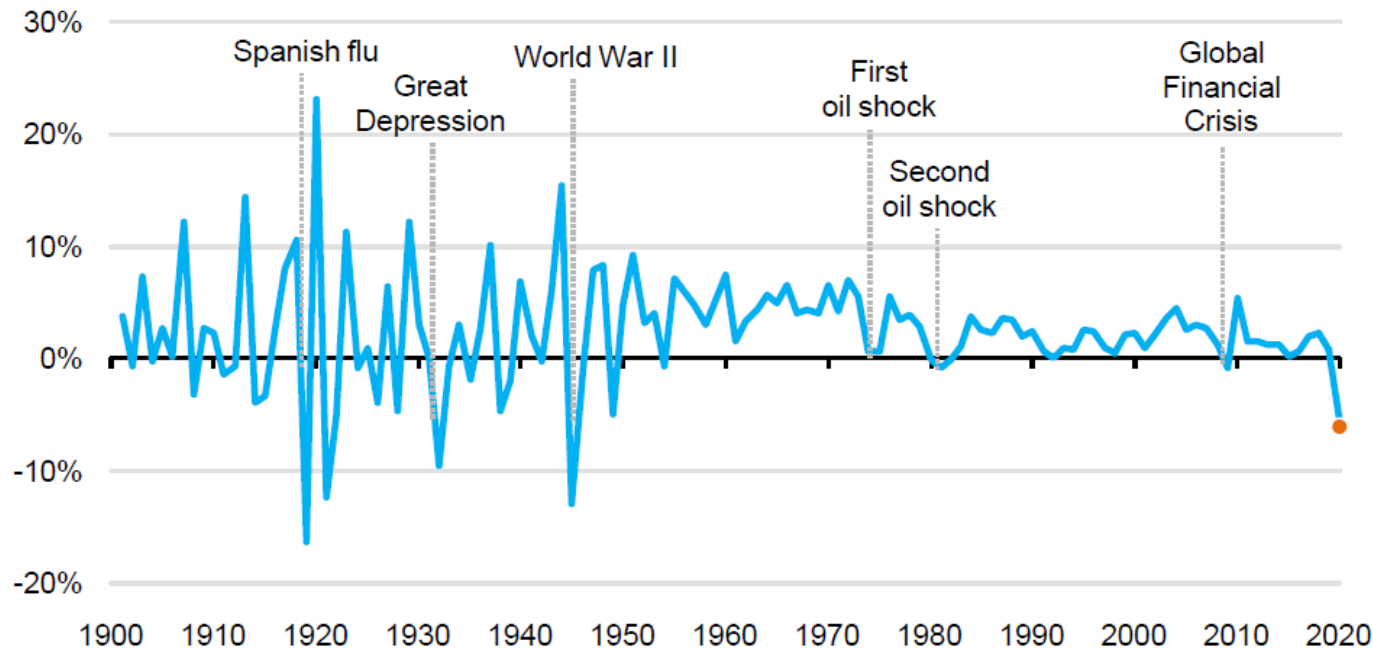
Share of global primary energy demand affected by mandatory lockdowns



# ケース 1 2： コロナウイルスとエネルギー環境

- ◆ IEA報告書によれば、2020年1-3月のエネルギー需要は前年同時期比で3.8%の低下。ベースシナリオでは、2020年通年の世界のエネルギー需要は6%低下。
- ◆ 中国では▲4%以上、インドでは初めて減少。欧州および米国では前年比▲10%前後の減少。
- ◆ 全世界の需要低下は、過去70年間で最悪のレベルであり、エネルギー需要への影響はリーマンショック時の7倍以上

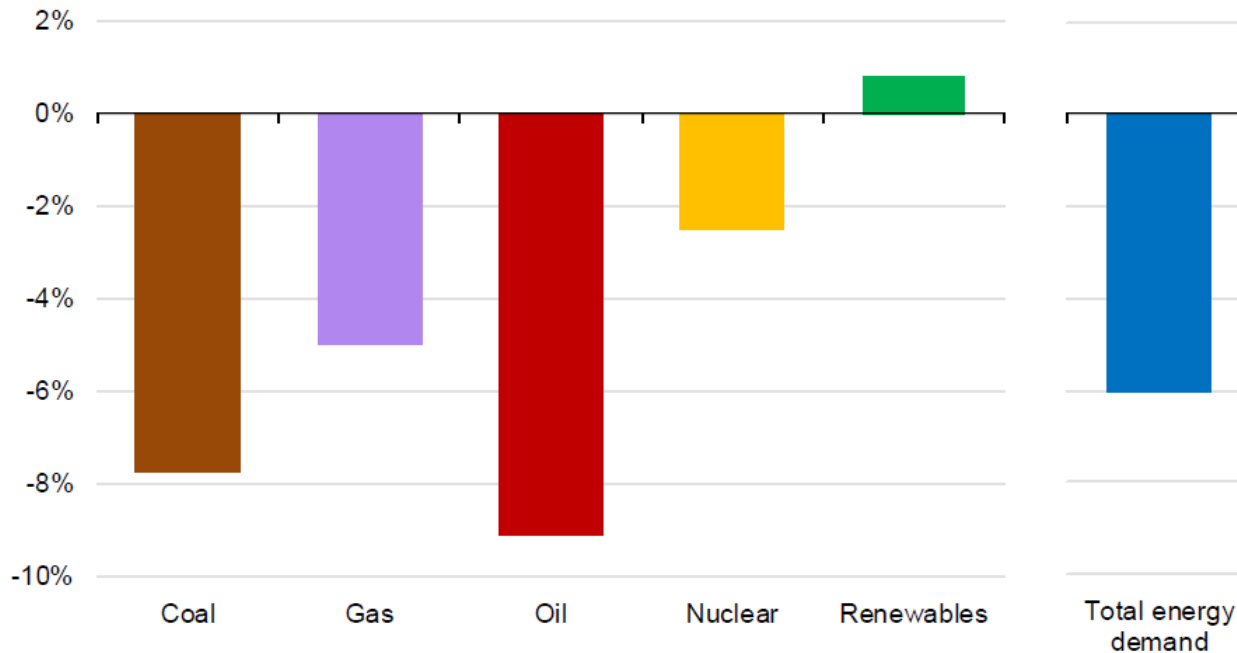
Rate of change in global primary energy demand, 1900-2020



# ケース 1 2： コロナウィルスとエネルギー環境

- ◆ 世界の石油需要は航空燃料、ガソリン等、輸送部門の需要激減により、前年比▲9%
- ◆ 電力需要が▲5%となり、石炭火力発電量が▲10%となるため、世界の石炭需要は前年比▲8%
- ◆ 世界のガス需要は発電部門および産業用の需要減により前年比▲5%
- ◆ 再エネ電力は設備が大幅に増加中であり、ほとんどの電力システムで優先接続され、運用コストも低いことから増加が見込まれ、再エネ全体で前年比で約1%増

Projected change in primary energy demand by fuel in 2020 relative to 2019

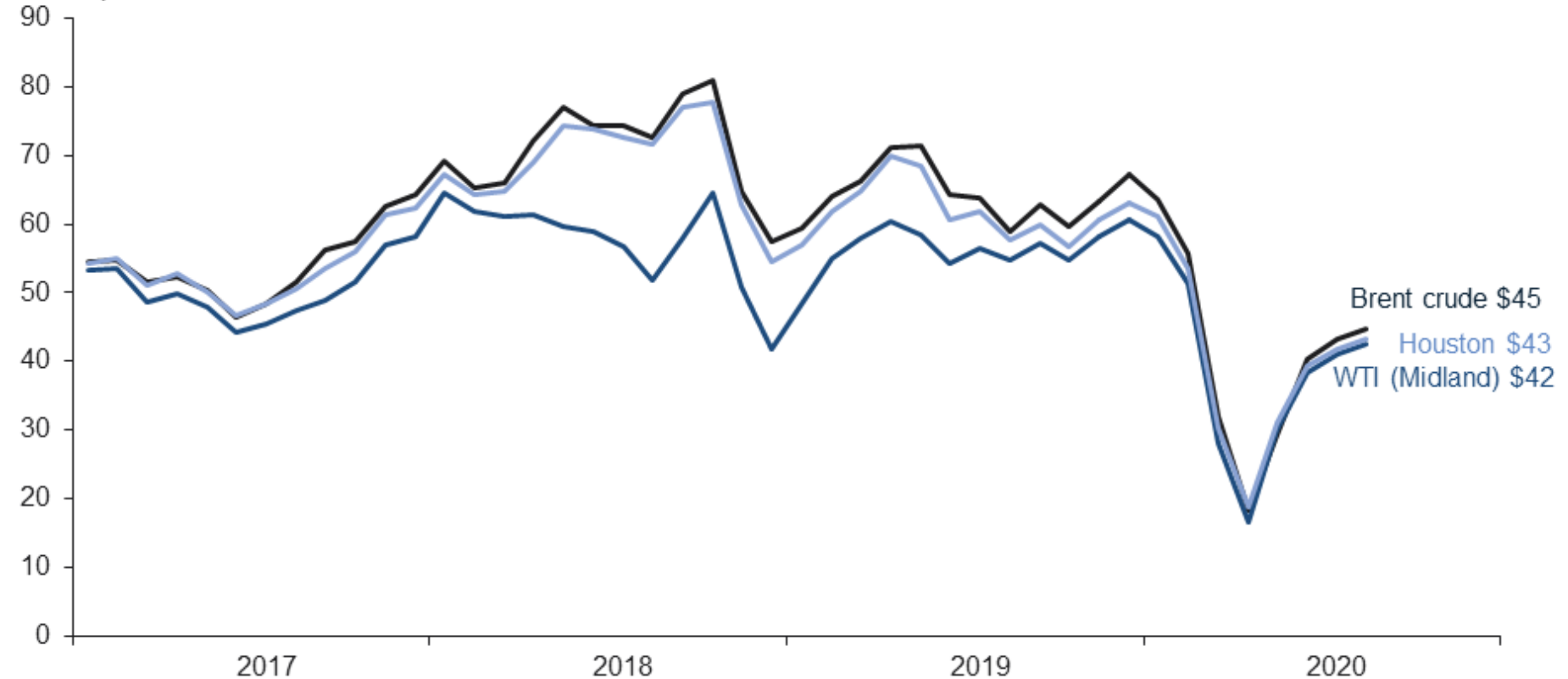


# ケース 1 2: コロナウイルスとエネルギー環境

◆ 需要の「消失」と余剰供給により石油価格は大きく低下

Chart 1  
Oil Prices

Dollars per barrel



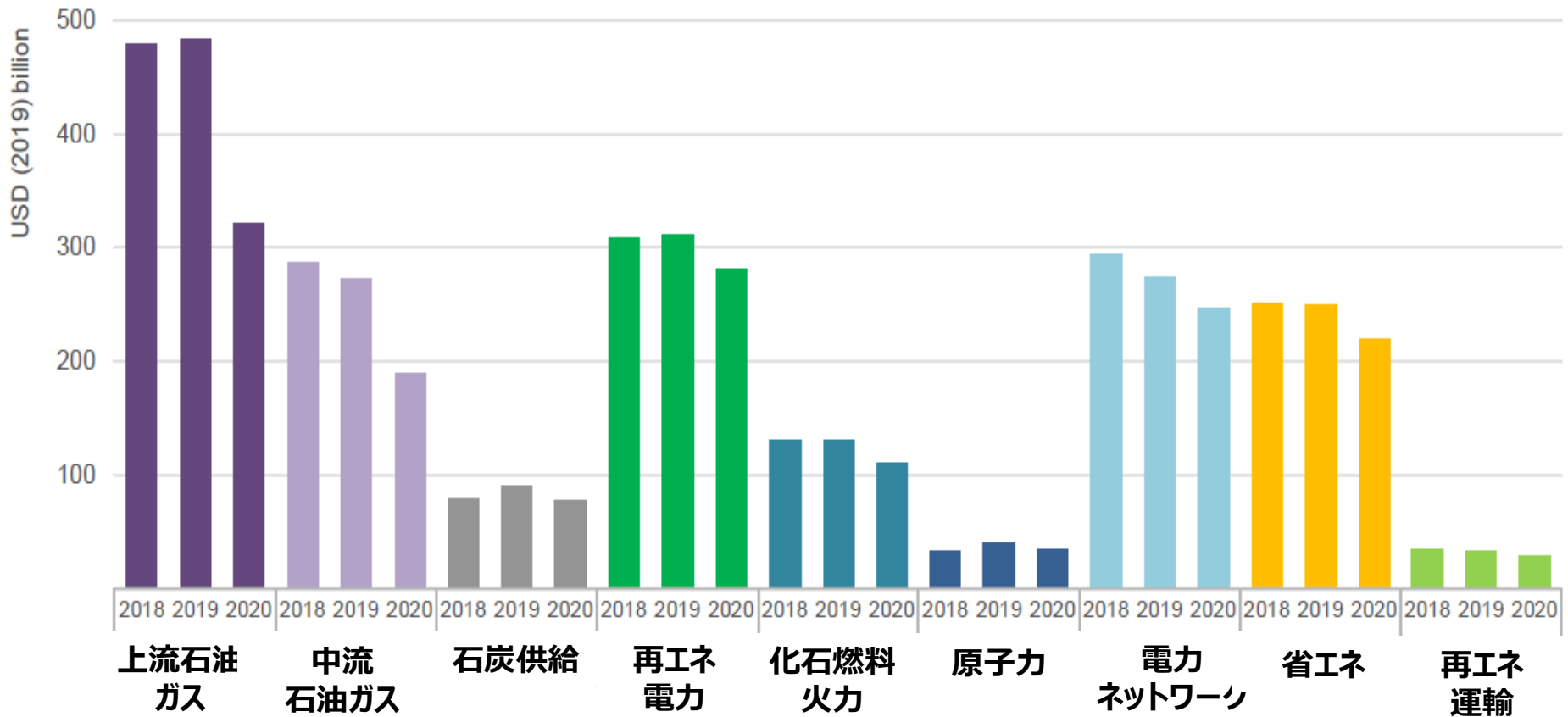
NOTE: Prices in labels are the average daily closing price for December. Houston is the Magellan East pipeline price. WTI refers to West Texas Intermediate crude. Natural gas prices are per million British thermal units (MMBtu).

SOURCE: Energy Information Administration; Bloomberg.

# ケース 1 2： コロナウイルスとエネルギー環境

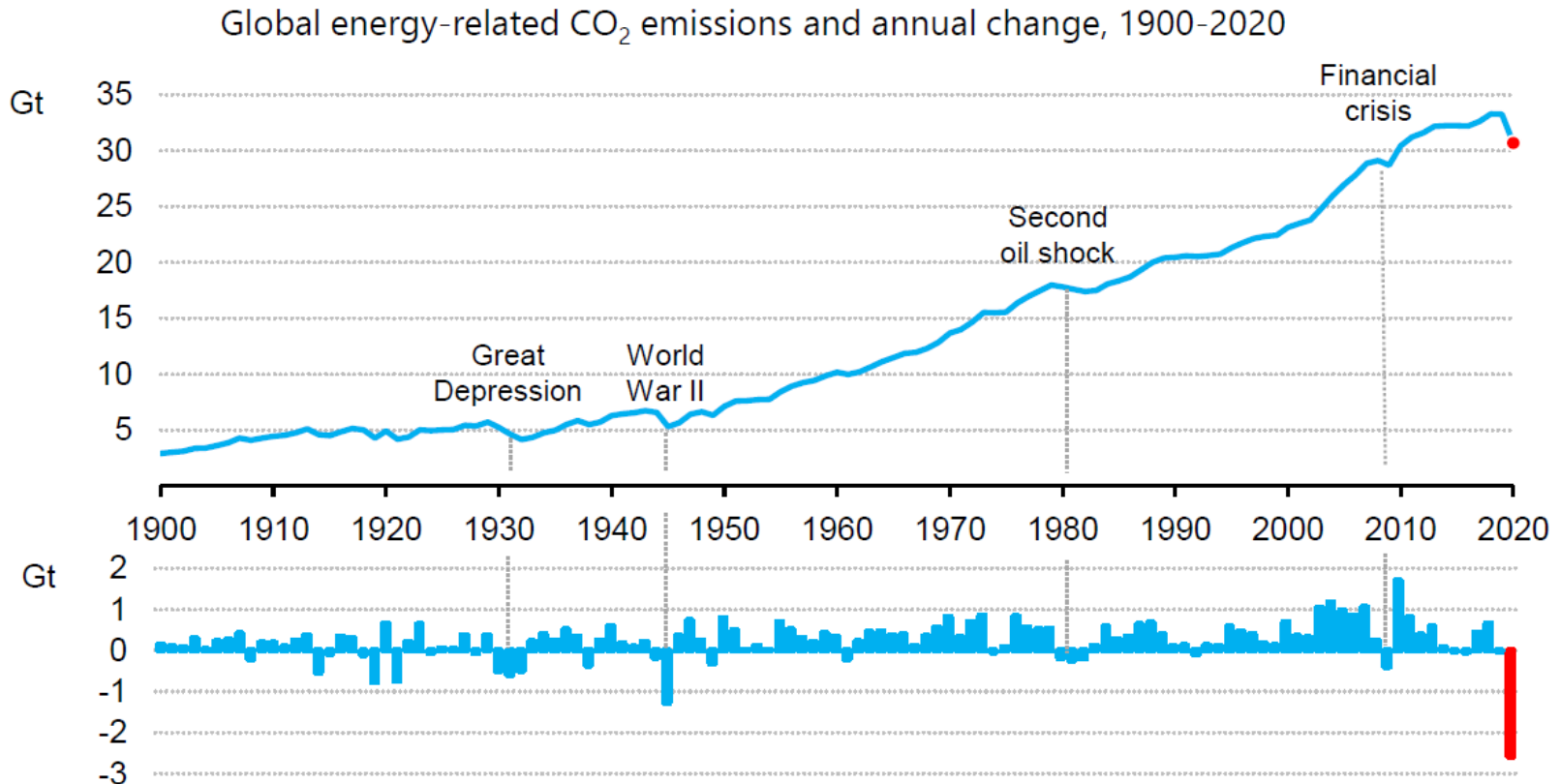
- ◆ 化石燃料価格の低下、将来の不確実性により、エネルギー関連投資が大きく低迷
- ◆ 将来、需要が回復した際、需給バランスのタイト化を招く可能性

セクター別エネルギー投資



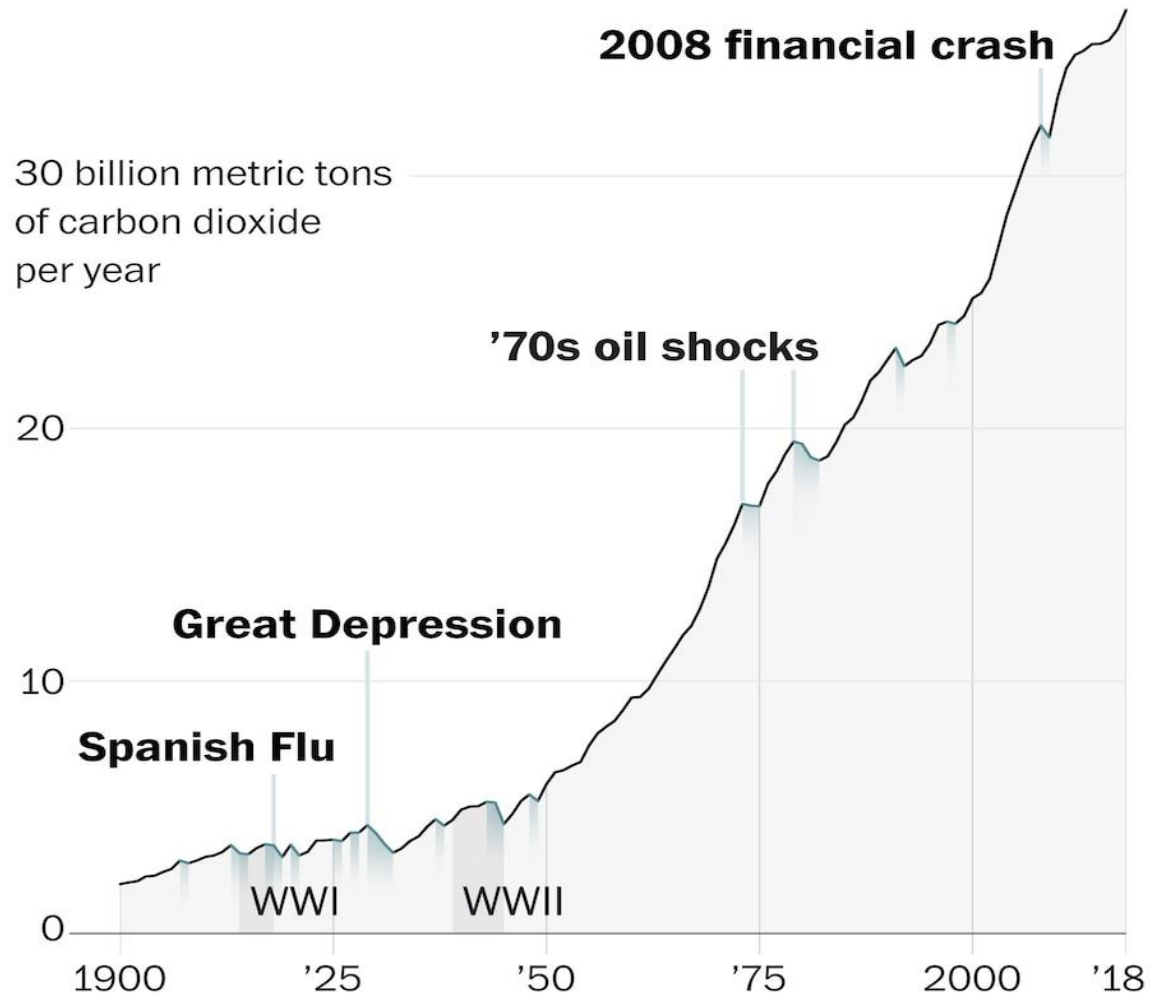
# ケース 1 2: コロナウイルスとエネルギー環境

- ◆ 2020年のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は前年より約2.6Gt減、率にして8%低い30.6Gtとなる見込み。
- ◆ この落ち込みは、リーマンショックによる2009年の低下量の6倍の大きさであり、第二次世界大戦以降の年変化における減少（下図の棒グラフのマイナス側）幅の合計の2倍の大きさ。



# 過去のクライシスとCO2排出トレンド

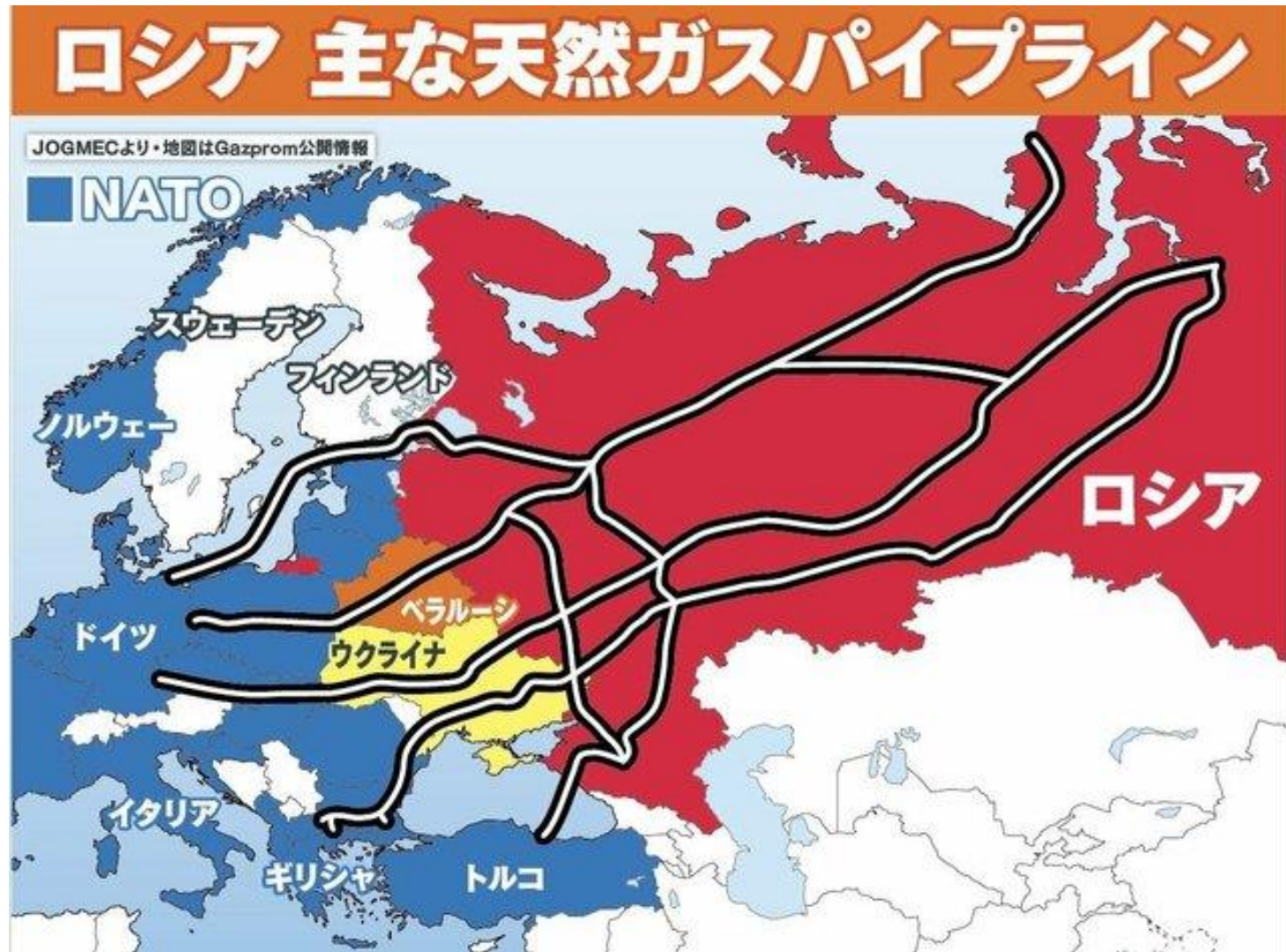
**Global crises have spurred the largest emissions drops**



Source: Global Carbon Project

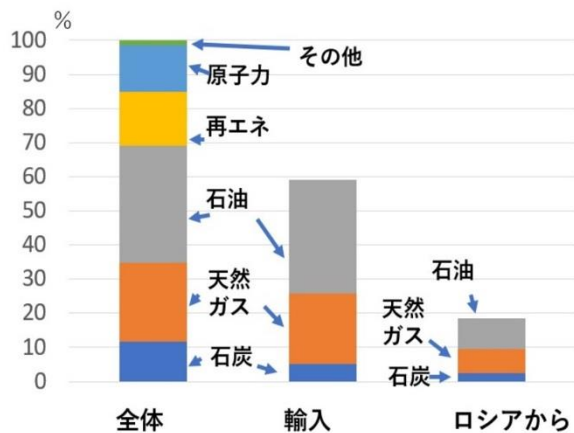


# ケース13: ウクライナ戦争



# ケース13: ウクライナ戦争

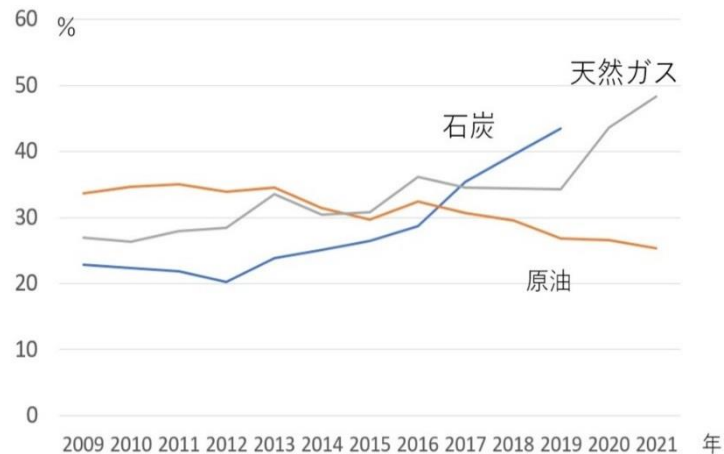
図-1 EUの総エネルギー消費とロシア依存度



注：2019年のデータ

出典：EU統計

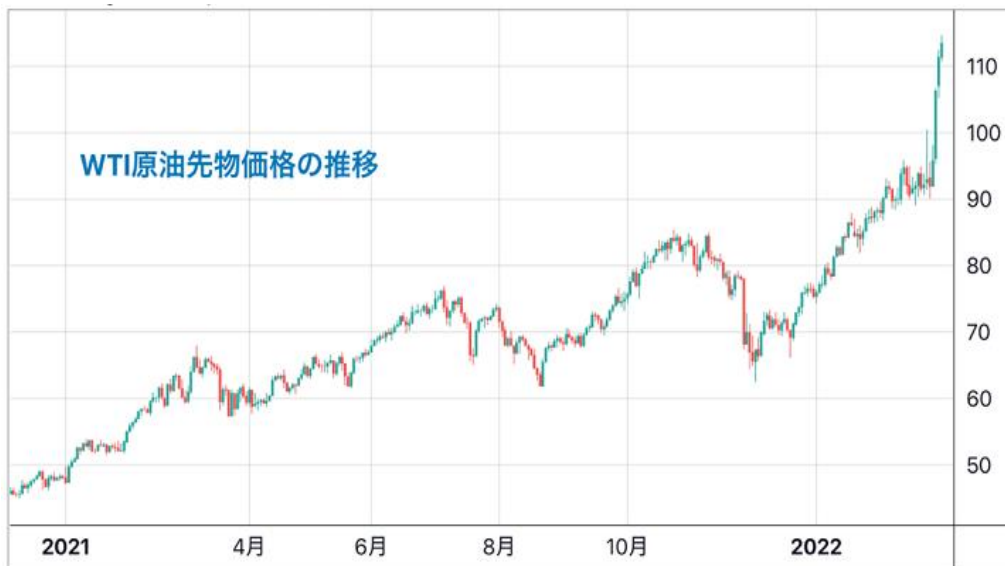
図-2 EU化石燃料輸入におけるロシアシェア推移



注：2021年は前半のみ

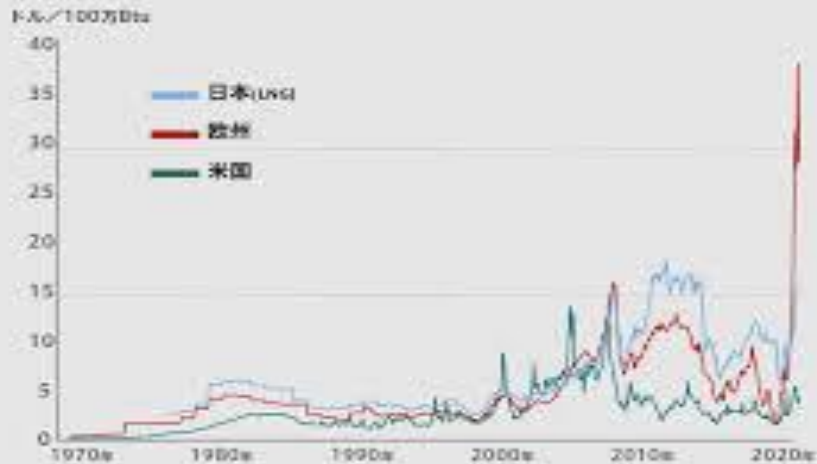
出典：EU統計

WTI原油先物価格の推移



TradingView

図表4: 天然ガス-LNG価格の推移



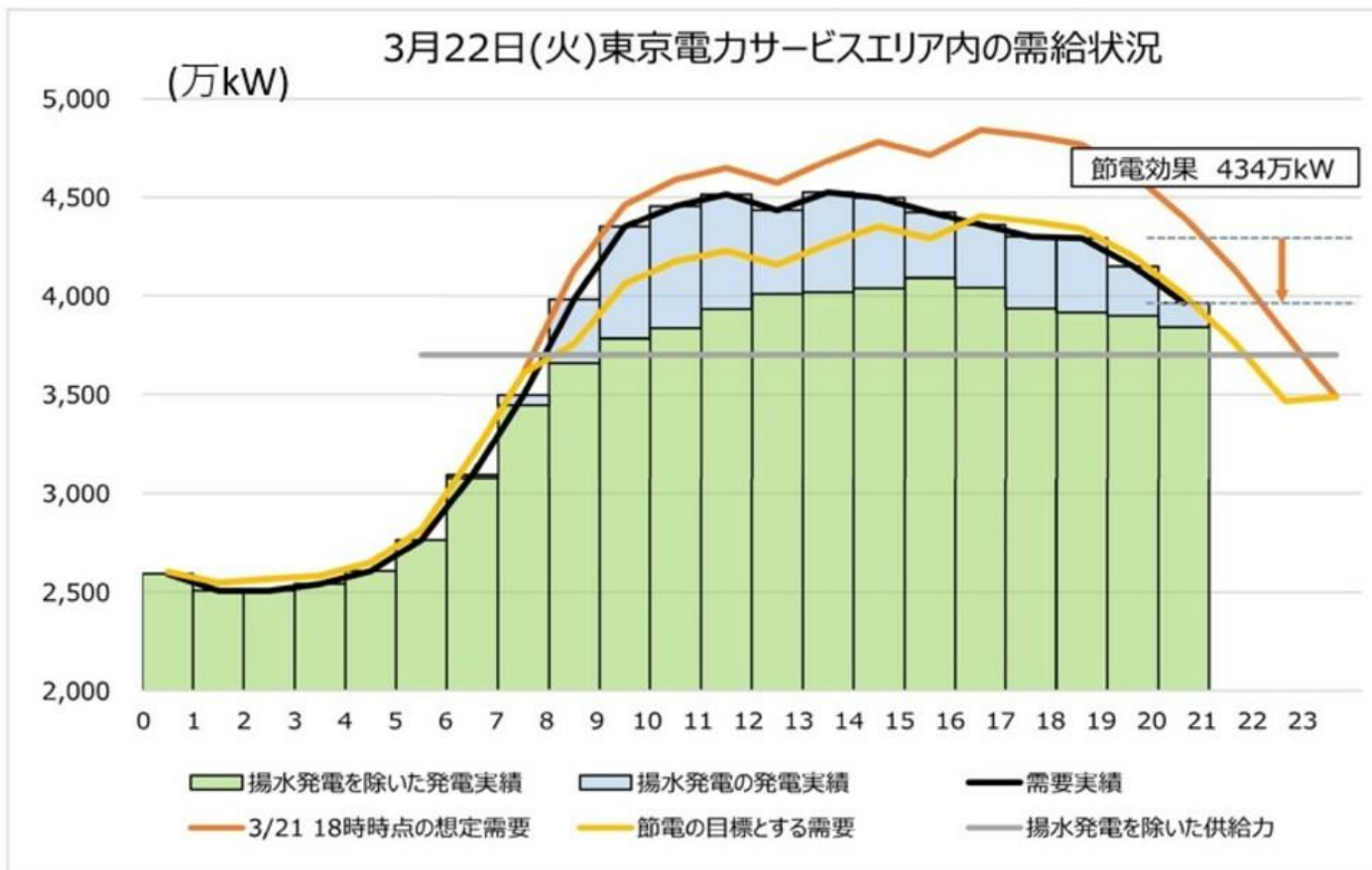
期間：1970年～2022年1月  
資料：世界銀行, Bloomberg のデータ, EIA 作成

# ケース13: ウクライナ戦争

- ロシア産エネルギー（天然ガス、石油、石炭）の供給不安とエネルギー価格高騰
- 温暖化問題に対する影響は多面的
- ◆ 化石燃料の輸入依存のリスクの顕在化→「再生可能エネルギーへの転換を加速すべき」というのが表向きの議論（フォンデアライエン委員長、ジョンソン首相、ケリー特使等）
- ◆ 危機の長期化に伴い、世界経済が後退すれば温室効果ガス削減に
- ◆ 現実には温暖化防止に逆行する動き
- ✓ エネルギー安全保障がトッププライオリティになり、温暖化問題への関心が後退（ケリー特使の懸念）
- ✓ 欧州の石炭輸入は対前年比56%増。英国では石炭増産を認可。中国では石炭増産、新規炭坑を認可
- ✓ 米国ではシェールガス増産を推進 →化石燃料を敵視する民主党リベラルの考えと背反
- ✓ 各国政府はエネルギー価格高騰に対応（例：米国では連邦ガソリン税停止論）。これはマイナスの炭素税と同等
- ✓ 特にロシア産天然ガスに依存して脱原発、脱石炭を進めてきたドイツには大きなジレンマ→ショルツ首相が脱原発、脱石炭の見直しを含むエネルギー政策大転換を示唆

# ケース14: 東電管内の停電リスク

## 図-2 3月22日 東電の需給状況



# 今日のエネルギー政策上のリスク

## ■ 地政学リスク

- ◆ 生産国、近隣国、パイプライン・送電網通過国における政治的、軍事的かく乱（戦争、政情不安等）
- ◆ エネルギー資源を外交の武器に使う可能性（禁輸措置、パイプラインの停止等）
- ◆ 資源ナショナリズム（接收、国有化、税・ロイヤリティの引き上げ、輸出規制等）
- ◆ テロ攻撃、サイバー攻撃、海賊等

## ■ 環境リスク

- ◆ 大気汚染、水質汚濁→健康被害
- ◆ 地球温暖化問題（異常気象の発生、農産物収穫への影響等）

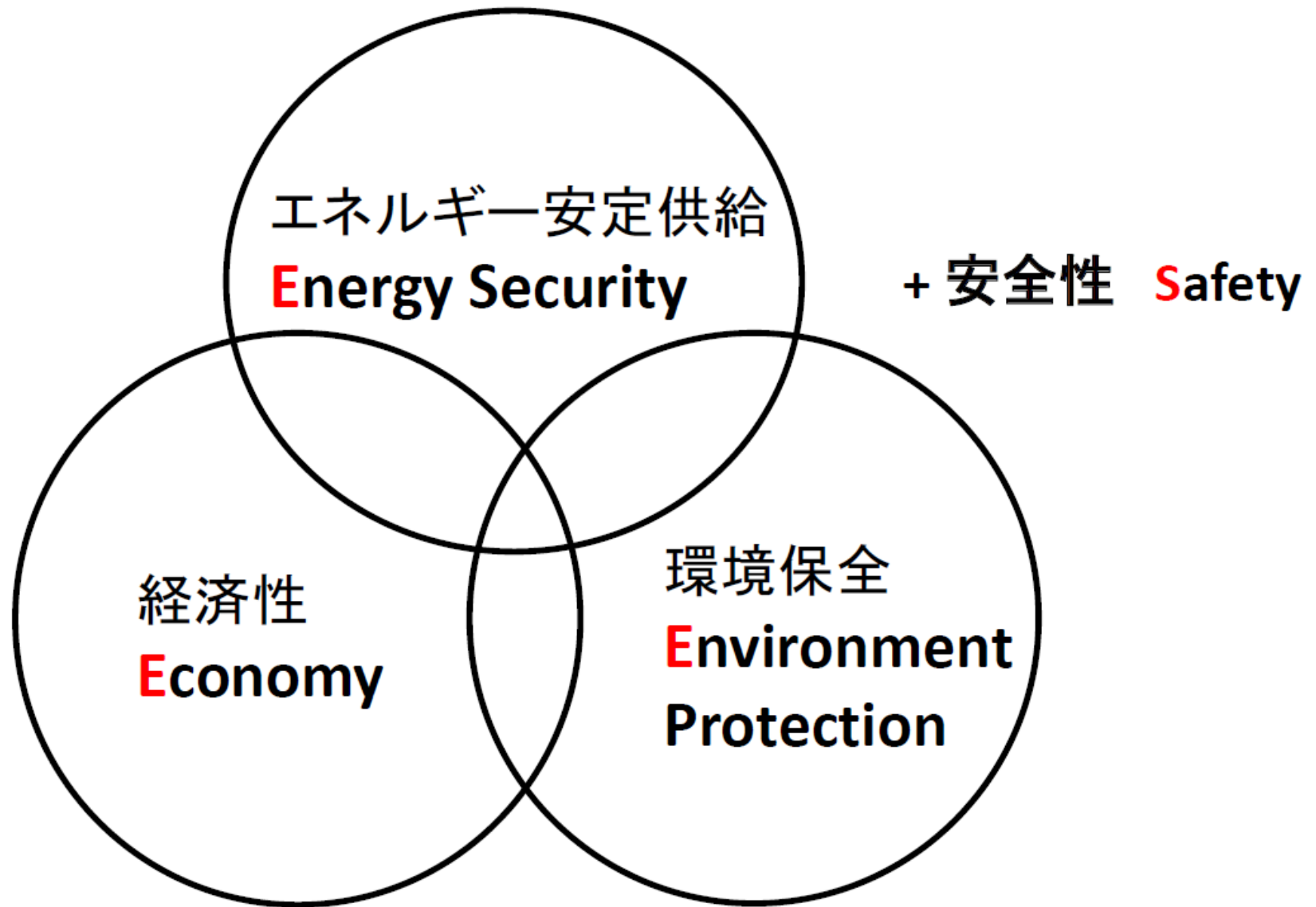


# 今日のエネルギー政策上のリスク

- 国内供給安定リスク
  - ◆ 手頃な価格で信頼性が高く持続可能なエネルギーへのアクセス（特に貧困国）
  - ◆ エネルギーインフラに対するタイムリーな投資の遅れ（発電、送電網、パイプライン、製油所、LNGターミナル等）
  - ← 投資環境の不透明さ（経済、政策、規制）
  - ← NIMBY (Not In My Back Yard), BANANA (Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anybody)
  - ◆ 技術開発の遅れ
- 市場混乱リスク
  - ◆ 需給ファンダメンタルズ + 投機プレミアム
  - ◆ 高すぎるエネルギー価格 → 消費国に対する経済的ダメージ
  - ◆ 低すぎるエネルギー価格 → 資源国に対する経済的・政治的打撃、投資不足が将来の需給ひっ迫を招く可能性
- 事故、ストライキ等



# エネルギー政策の3つのEとS



# 3つのEから見た各エネルギー源の長所・短所

|                      | 供給安定性                   | 発電コスト | 環境特性<br>(CO2排出) | 可採年数<br>(確認埋蔵量) | 備考                       |
|----------------------|-------------------------|-------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 石油                   | 中東地域に偏在                 | 高     | やや多い            | 53年             | 非在来型の開発が進展               |
| 石炭                   | 世界各地に分散                 | 低     | 多い              | 113年            |                          |
| 天然ガス                 | 世界各地に分散<br>→ロシア産天然ガスの排除 | 中     | 少ない             | 55年<br>(在来型)    | 非在来型の開発が進展               |
| 原子力                  | ウラン資源は世界各地に分散           | 低 ※1  | なし              | 99年(ウラン)        | 安全性、パブリック・アクセプタンスが課題     |
| 再生可能エネルギー<br>(PV、風力) | 純国産エネルギー                | 低下傾向  | なし              | ほぼ無限            | 出力不安定性、グリッド、バックアップコストが必要 |

※1 バックエンド費用等を考慮すると発電コストが増加。※2 技術開発の進展により発電コストが低減。

# 再エネと公共政策（2022年春学期）月曜3限

4月4日 エネルギー問題総論(東大公共有馬)

4月11日 世界及び日本における再生可能エネルギーの位置づけ（有馬）

4月18日 再生可能エネルギー政策論 1（経産省廣瀬様）

5月2日 地球温暖化問題総論（東大公共有馬）

5月9日 再生可能エネルギー政策論 2（経産省江藤様）

5月16日 再生可能エネルギー各論（風力：日本風力開発祓川様）

5月23日 再生可能エネルギー各論（太陽光；資源総合システム一木様）

5月30日 再生可能エネルギー政策論 3（エネ研尾羽様）

6月6日 エネルギーインフラとプロジェクトファイナンス（明治大学朝岡様）

6月13日 再エネインフラとプロジェクトファイナンス（政策投資銀行様）

6月20日 グループ発表

6月27日 グループ発表

7月4日 グループ発表

- 氏名、学部・学科名、メールアドレスをT Aの和田大志さん、有馬まで送ってください。

[arima@pp.u-tokyo.ac.jp](mailto:arima@pp.u-tokyo.ac.jp)

[wada-t@g.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:wada-t@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

- グループ発表のグループ分けについては、追って決定の上、ご連絡します。