

産業・環境技術政策論 第3回

地球温暖化とエネルギー Global Warming and Energy

長岡技術科学大学

大学院工学研究科

システム安全工学専攻

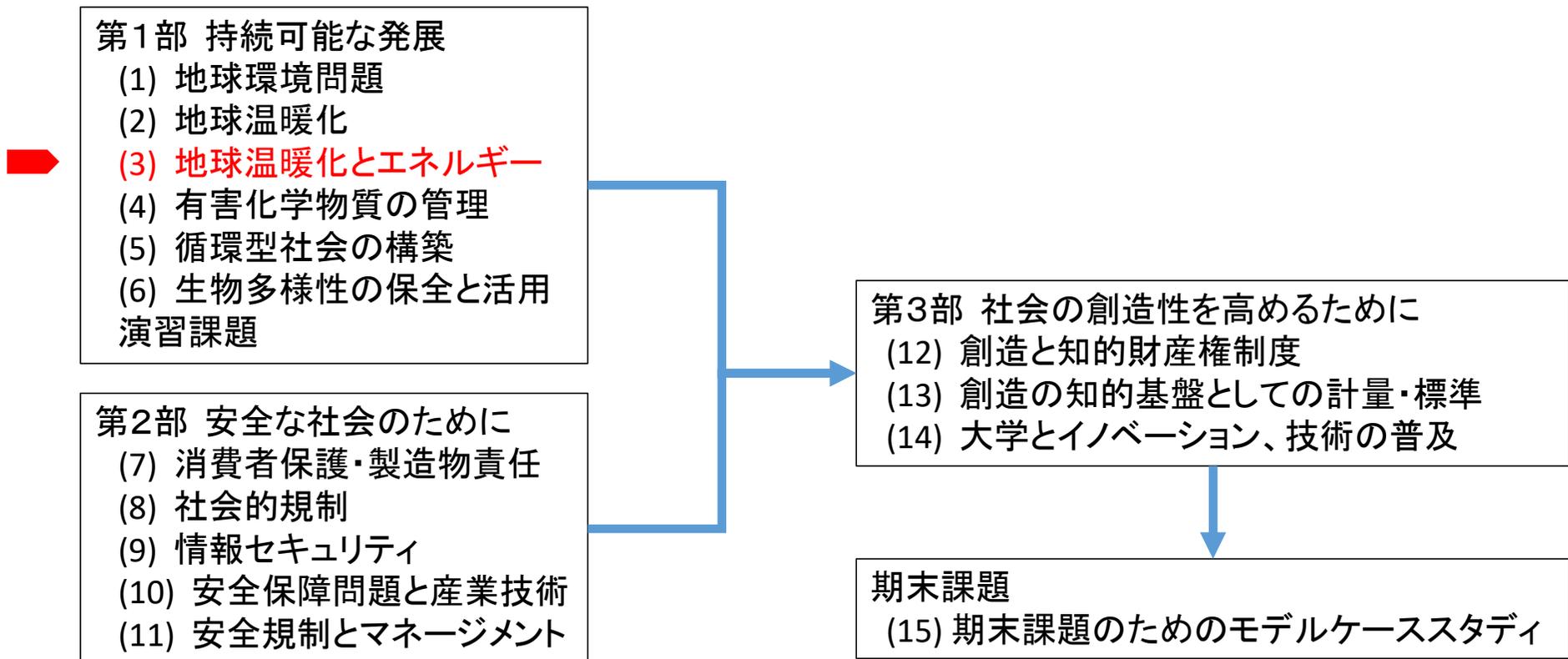
教授 山形 浩史

yamagata@vos.nagaokaut.ac.jp



写真:中国電力

産業・環境技術政策論 講義の流れ



地球温暖化とエネルギー 講義内容

【はじめに】

- 地球温暖化とエネルギー
- エネルギー問題を考えるキーワード

【日本のエネルギー需給】

- 一次エネルギー供給
- 最終エネルギー消費
- エネルギー・バランス

【Discussion】

- CO₂排出抑制方法・手法

【地球温暖化とエネルギー政策】

- 自主的行動
- ラベリング
- 省エネ法
- 経済的手法
- 技術開発

【エネルギーの特徴】

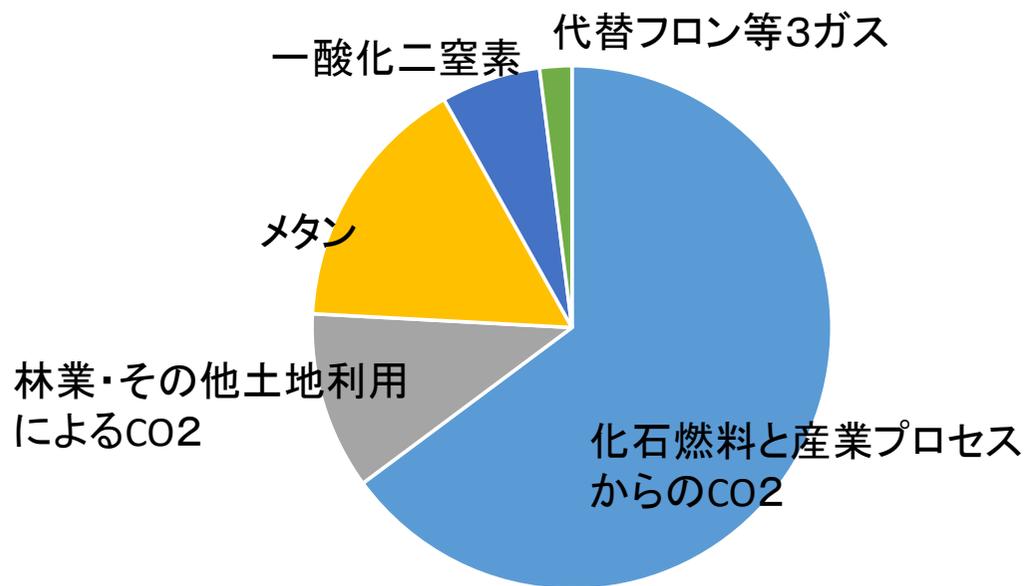
- 石油
- 天然ガス
- 石炭
- 原子力

【Discussion】

- エネルギー・ミックス

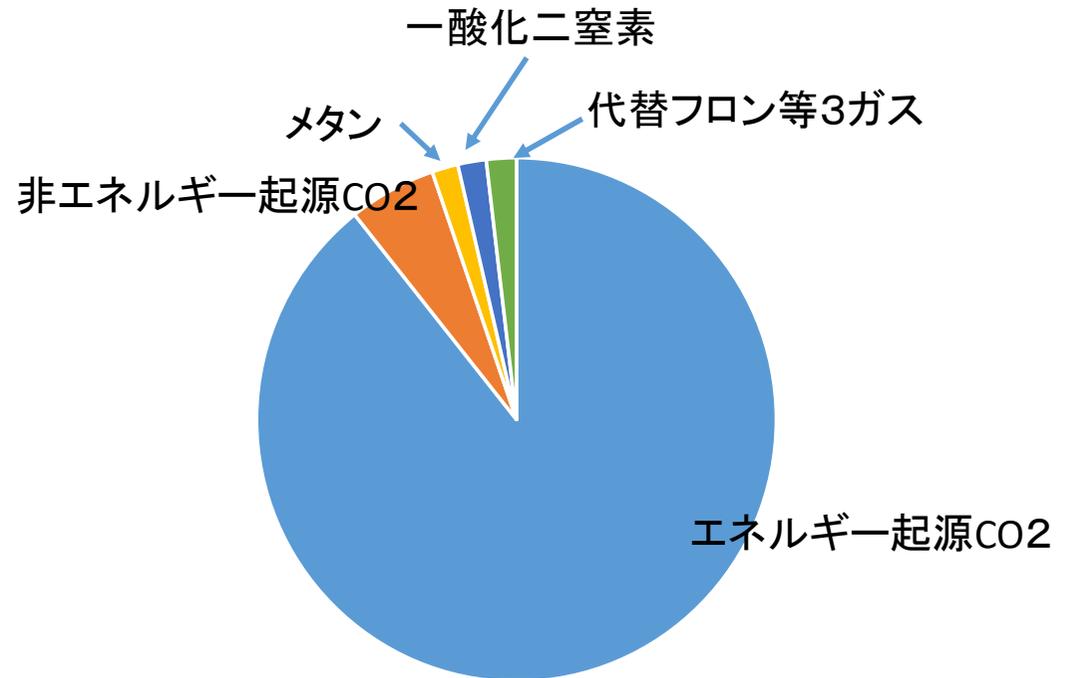
地球温暖化とエネルギー

世界の温室効果ガス(2010年)



出典: IPCC AR5

日本の温室効果ガス(2010年)



出典: 環境省、2010年度の温室効果ガス排出量(確定値)

エネルギー問題を考えるキーワード “3E+S”

高度経済成長

E: Economy

経済

価格

オイルショック

E: Energy Security

安全保障

供給安定性

地球温暖化

E: Environment

環境

二酸化炭素排出量

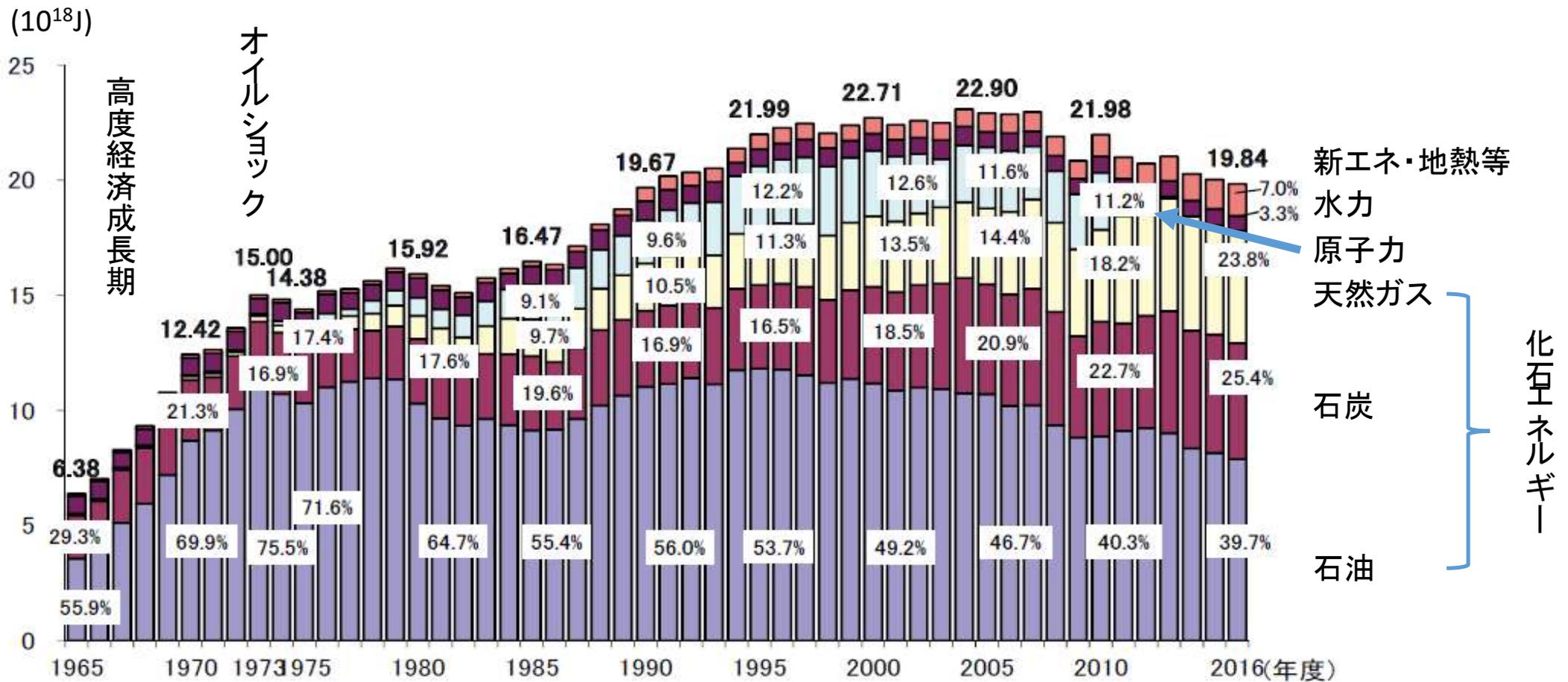
福島第一原子力発電所事故

S: Safety

安全

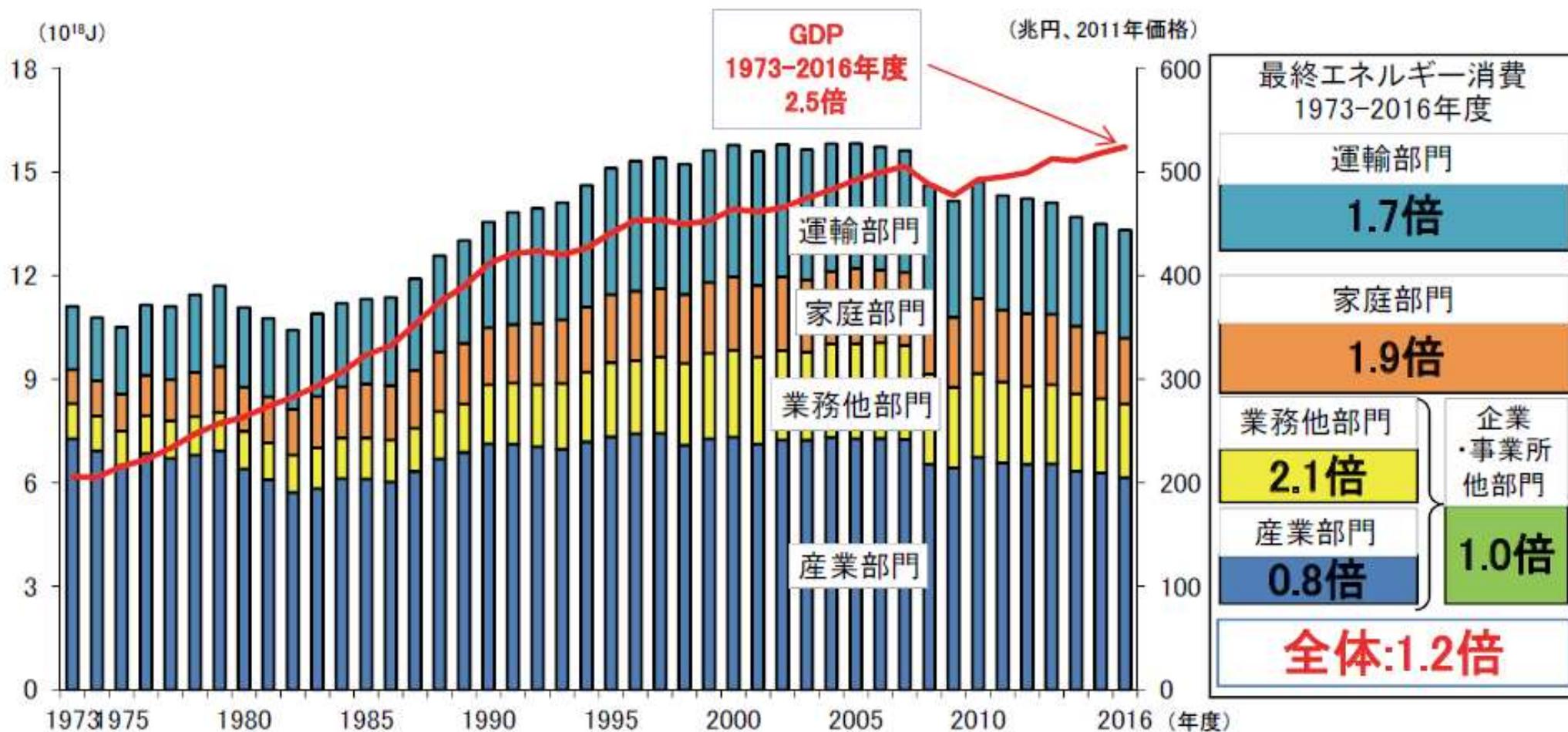
事故防止

一次エネルギー国内供給



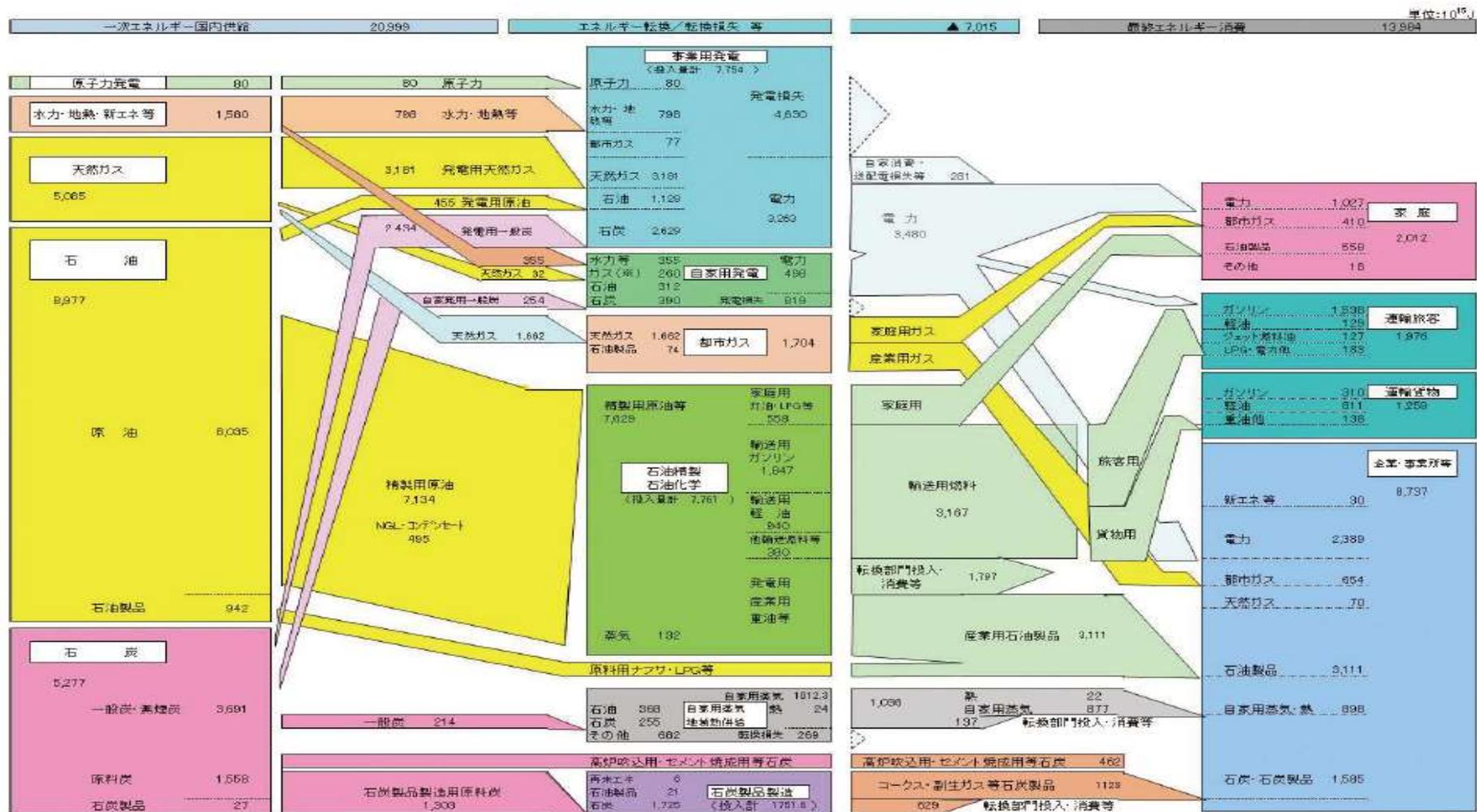
出典: エネルギー白書2018

最終エネルギー消費と実質GDPの推移



出典: エネルギー白書2018

日本のエネルギーバランス・フロー(2013年度)



Discussion: CO2排出量を減らす方法？
経済性、供給安定性、安全性も忘れずに

Discussion: CO2排出量を減らす手法？
実効性、負担、効率性の観点で
(化石燃料の供給量を制限すれば簡単に減らせるが、、、)

経団連 自主行動計画・低炭素社会実行計画

- ◆ 1997年 「経団連環境自主行動計画」発表。
各業界団体が自主的に削減目標を設定して対策を実施。政府はフォローアップ。
- ◆ 2009年 2020年までの低炭素社会実行計画
- ◆ 2015年 2030年に向けた低炭素社会実行計画(フェーズⅡ)

低炭素社会実行計画 (フェーズⅡ)	目標指標	基準年度	目標水準	(参考)2014年度排出量(百万t-CO2)
日本鉄鋼連盟	CO2排出量	BAU	▲900万t-CO2	192
日本化学工業協会	CO2排出量	BAU	▲200万t-CO2	62
日本製紙連合会	CO2排出量	BAU	▲286万t-CO2	18
セメント協会	エネルギー原単位	2010	▲49MJ/t-cem以下 (▲1.4%以上)	18
電機・電子温暖化対策連絡会	エネルギー原単位	2012	▲16.55%以上*	13
日本自動車工業会・日本自動車車体工業会	CO2排出量	1990	▲33%	7
電気事業連合会・特定電気規模事業者	CO2排出係数	—	0.37kg-CO2/kWh程度	42
石油連盟	エネルギー消費量	BAU	▲100万kl	138

日本鉄鋼連盟の低炭素社会実行計画フェーズⅡ

1. 国内の企業活動における2030年の目標等

BAU排出量から最先端技術の最大限の導入により900万トンCO₂削減

<設定の根拠>

- ①コークス炉の高効率化 130万t-CO₂程度
- ②発電設備(共火/自家発)の効率改善 160万t-CO₂程度
- ③省エネの強化 150万t-CO₂程度
- ④廃プラ等の利用拡大 200万t-CO₂
- ⑤革新的技術の開発・導入 260万t-CO₂程度

2. 主体間連携の強化

低炭素社会の構築に不可欠な高機能鋼材の開発、国内外への供給により、社会で最終製品として使用される段階においてCO₂削減に貢献する。定量的な削減貢献を評価している5品種の鋼材について、2030年断面における削減ポテンシャルは約4,200万t-CO₂と推定。

3. 国際貢献の推進

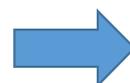
日本鉄鋼業の優れた省エネ技術・設備の世界の鉄鋼業への移転・普及により、地球規模でCO₂削減に貢献する。2030年断面における日本の貢献は約8,000万t-CO₂と推定。

4. 革新的技術の開発

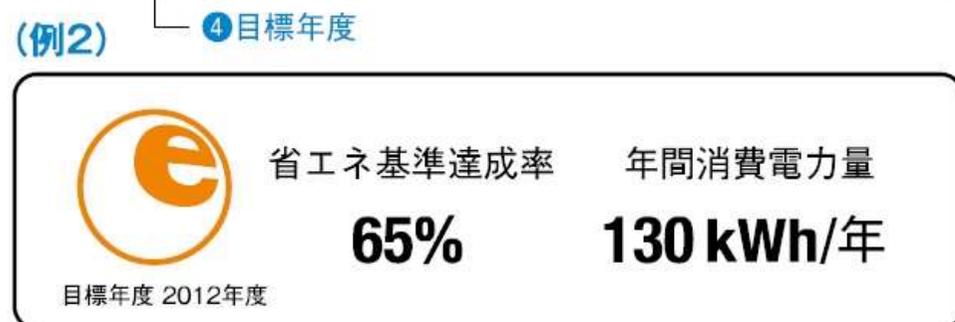
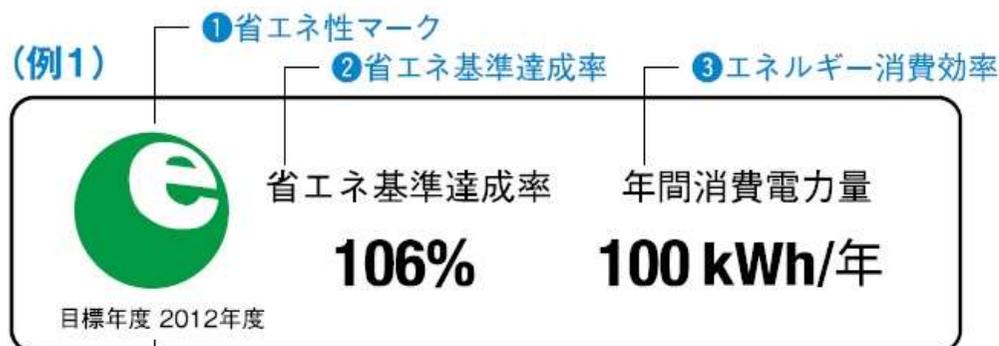
現在開発中のCOURSE50、フェロコークスについて、2030年までの実用化を目指す。

省エネ・ラベリング制度

2000年8月にJIS規格として導入された表示制度
エネルギー消費機器の省エネ性能を示すもの



製品を選ぶ際に、省エネ性能を比較しやすい



- ①省エネ性マーク
トップランナー基準(省エネ法)を達成した(省エネ基準達成率100%以上)製品はグリーン、未達成(100%未満)の製品にはオレンジ
- ②省エネ基準達成率
製品がトップランナー制度の目標基準値を、どの程度達成しているかを%で示す
- ③エネルギー消費効率
製品ごとに定められた測定方法によって得られた数値
- ④目標年度
トップランナー基準を達成すべき年度で、製品や区分ごとに設定

省エネ法

名称: エネルギーの使用の合理化等に関する法律(1979年)

対象エネルギー: 燃料(石油系、天然ガス、石炭系)、熱(蒸気、温水、冷水)、電気
廃棄物からの回収エネルギーや風力、太陽光等の非化石エネルギーは対象外

規制分野: 工場、事業場(オフィス、小売店、飲食店、病院、ホテル、学校、サービス施設等)
輸送事業者、荷主
住宅・建築物の建築主、所有者・管理者、住宅供給事業者(住宅事業建築主)
機器等の製造又は輸入事業者、建築材料の製造、加工又は輸入事業者

変遷

1947 熱管理法

1979 省エネ法制定 エネルギー管理指定工場

1983 エネルギー管理士の認定制度

1993 定期報告制度

1998 対象工場の拡大、トップランナー制度

2002 オフィスビル等のエネルギー管理

2005 輸送事業者(貨物、旅客)と荷主対象の省エネ、熱・電気規制区分の一本化

2008 フランチャイズチェーンの指定、ベンチマーク導入、オフィスビル等のテナントへの情報提供

2014 電気需要の平準化

2018 連携省エネルギー計画認定制度、経営層の責務

省エネ法の概要(1)

工場・事業場

対象:工場等を設置して事業を行う者

(エネルギー使用量1,500kl/年以上)

- ・エネルギー管理者等の選任義務
- ・エネルギー使用状況等の定期報告義務
- ・中長期計画の提出義務
- ・事業者の努力義務

運輸

対象:貨物／旅客の輸送を業として行う者

(保有車両数トラック200台以上、鉄道300両以上等)

- ・中長期計画の提出義務
- ・エネルギー使用状況等の定期報告義務
- ・事業者の努力義務

対象:自らの貨物を輸送事業者に輸送させる者(荷主)

(年間輸送量が3,000万トンキロ以上)

- ・計画の提出義務
- ・委託輸送に係るエネルギー使用状況等の定期報告義務
- ・事業者の努力義務

省エネ法の概要(2)

住宅・建築物

対象:住宅・建築物の建築主・所有者
(延べ床面積300㎡以上)

- ・新築、大規模改修を行う建築主等の省エネ措置に係る届出義務・維持保全状況の報告義務
- ・建築主、所有者の努力義務

対象:建売戸建住宅の供給事業者
(年間150戸以上)

- ・供給する建売戸建住宅における省エネ性能を向上させる目標の遵守義務
- ・事業者の努力義務

エネルギー消費機器等

対象:エネルギー消費機器、熱損失防止建築材料の製造又は輸入事業者

<トップランナー制度>(31品目)

(乗用自動車、エアコン、テレビ等のそれぞれの機器などにおいて商品化されている最も優れた機器などの性能以上にすることを求める制度)

- ・事業者の努力義務

一般消費者への情報提供

事業者の一般消費者への情報提供の努力義務

- ・家電等の小売業者による店頭での分かりやすい省エネ情報(年間消費電力、燃費等)の提供
- ・電力・ガス会社等による省エネ機器普及や情報提供等

省エネ法 ベンチマーク制度

- ◆ 事業者の省エネ状況を絶対値で評価する指標(ベンチマーク指標)を定めることで、事業者の省エネ取組をより公平に評価する制度
- ◆ 目指すべき水準： 各業界での上位事業者(1~2割)が満たす水準
 - 満たす事業者： 省エネ優良事業者として、定期報告上でプラス評価
 - 満たさない事業者： 引き続き従来の評価(エネルギー消費原単位の年平均1%以上低減)を適用

事業	目指すべき水準	平均値	報告事業者数	達成事業者数	達成率	達成事業者
1A 高炉による製鉄業	0.531 kl/t以下	0.588 kl/t	3	0	0%	なし
1B 電炉による普通鋼製造業	0.143 kl/t以下	0.173 kl/t	32	5	15.5%	(株)トーカイ、(株)城南製鋼所、山口鋼業(株)など
1C 電炉による特殊鋼製造業	0.36 kl/t以下	0.57 kl/t	19	5	26.3%	アイシン新和(株)、愛知製鋼(株)など

出典：平成26年度定期報告書

省エネ法 事業者クラス分け評価制度(H28年度～)

Sクラス 省エネが優良な事業者 6,734社(54.6%)	Aクラス 一般的な事業者 4,240社(34.4%)	Bクラス 省エネが停滞している事業者 1,364社(11.1%)	Cクラス 注意を要する事業者
<p>【水準】 ①努力目標達成 または、 ②ベンチマーク目標達成</p> <p>【対応】 優良事業者として、経産省HPで事業者名や連続達成年数を表示。</p>	<p>【水準】 SクラスにもBクラスにも該当しない事業者</p> <p>【対応】 特段なし。</p>	<p>【水準】 ①努力目標未達成かつ直近2年連続で原単位が対前度年比増加 または、 ②5年間平均原単位が5%超増加</p> <p>【対応】 <u>注意文書を送付し、現地調査等を重点的に実施。</u></p>	<p>【水準】 Bクラスの事業者の中で特に判断基準遵守状況が不十分</p> <p>【対応】 省エネ法第6条に基づく指導を実施。</p>

数字は、平成26年度定期報告(平成25年度実績)総事業者数12,338社より算出

努力目標:5年間平均原単位を年1%以上低減すること

ベンチマーク目標:ベンチマーク制度の対象業種・分野において、事業者が中長期的に目指すべき水準

炭素税

地球温暖化対策税

- 現行の石油石炭税に、CO2排出量1トン当たり289円相当を上乗せ（平成24年10月から三年半かけて段階的に）
- 家計負担は100円／月
- 税収は2600億円／年、温暖化対策に



ヨーロッパの炭素税

- EU-ETS対象外の企業に課税
- 税制中立の国が多い

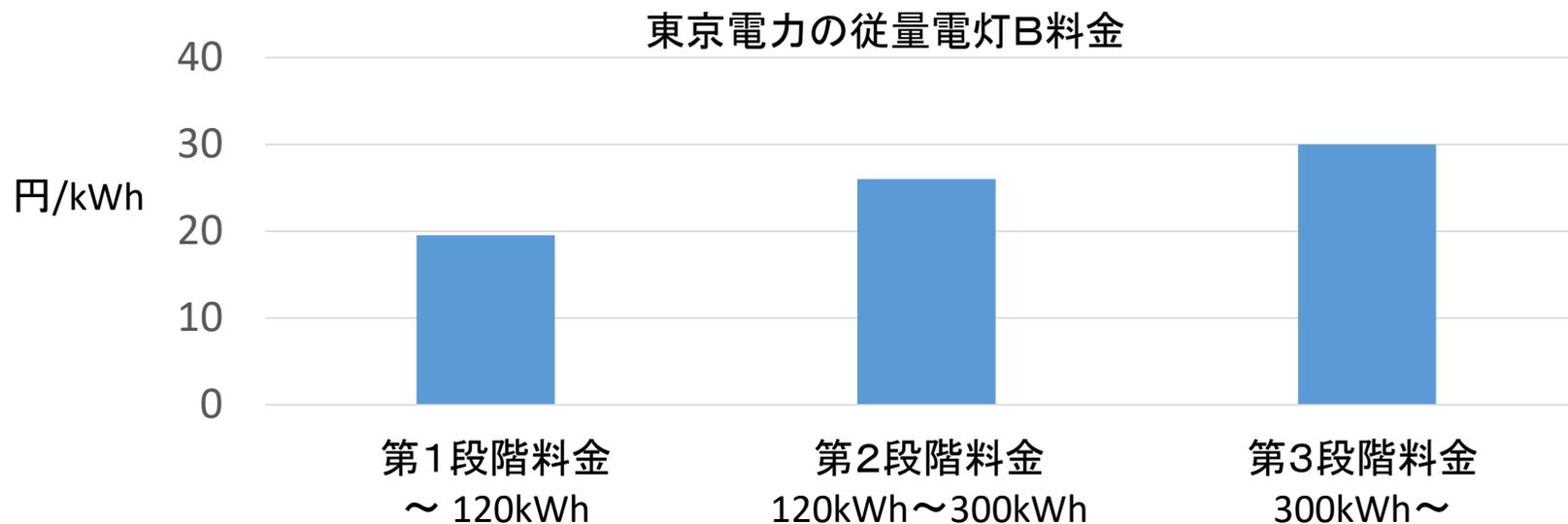
国名	導入年	税率 (円/tCO2)
フィンランド	1990	7,640 (58EUR) (暖房用) 8,170 (62EUR) (輸送用)
スウェーデン	1991	15,670 (119EUR) (標準税率) 12,640 (96EUR) (産業用)
フランス	2014	4,020 (30.5EUR)
ポルトガル	2015	900 (6.85EUR)

家庭用電気料金制度での消費抑制

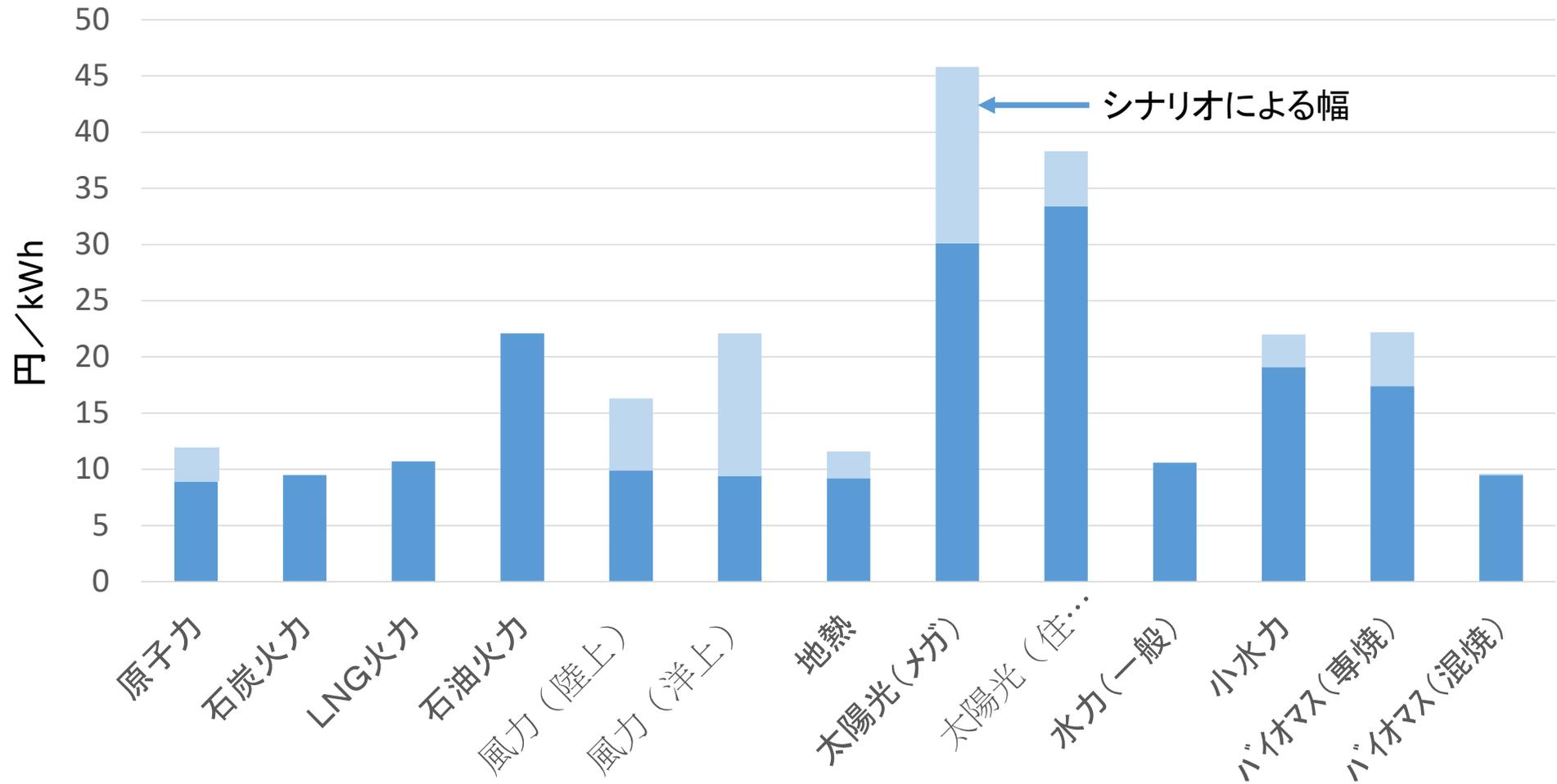
多く電気を使うほど高くなる

3段階料金

- ①第1段階: ナショナルミニマムに基づく低廉な料金
- ②第2段階: ほぼ平均費用に対する料金
- ③第3段階: 限界費用の上昇傾向を反映した料金

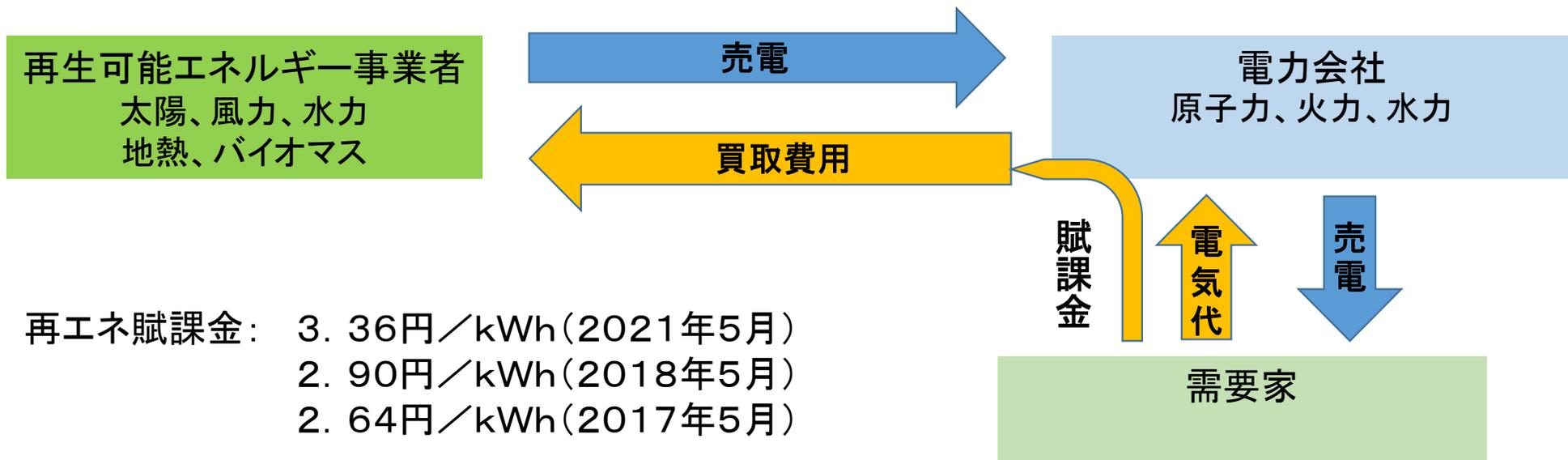


再生可能エネルギーの発電単価



出典:コスト等検証委員会報告書

再生可能エネルギーの固定価格買取制度



再エネ賦課金： 3. 36円/kWh(2021年5月)
2. 90円/kWh(2018年5月)
2. 64円/kWh(2017年5月)

買取価格(例)

太陽光： 12円/kWh(2021年)、18円/kWh(2018年)、21円/kWh(2017年)
10-50kW、買取期間20年間

固定価格買取制度の成果



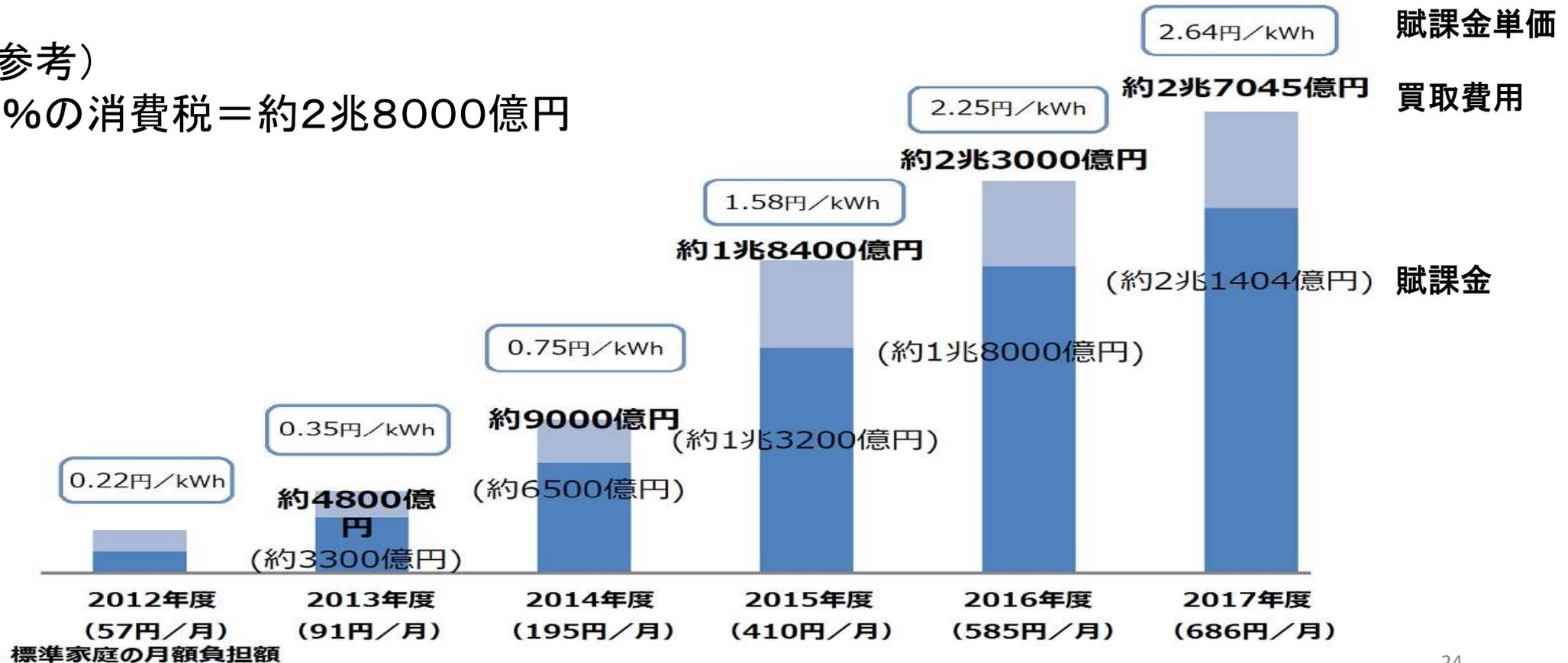
出典: 資源エネルギー庁、固定価格買取制度ガイドブック

Discussion: なにか問題は？

固定価格買取制度による買取費用と賦課金

(参考)

1%の消費税=約2兆8000億円



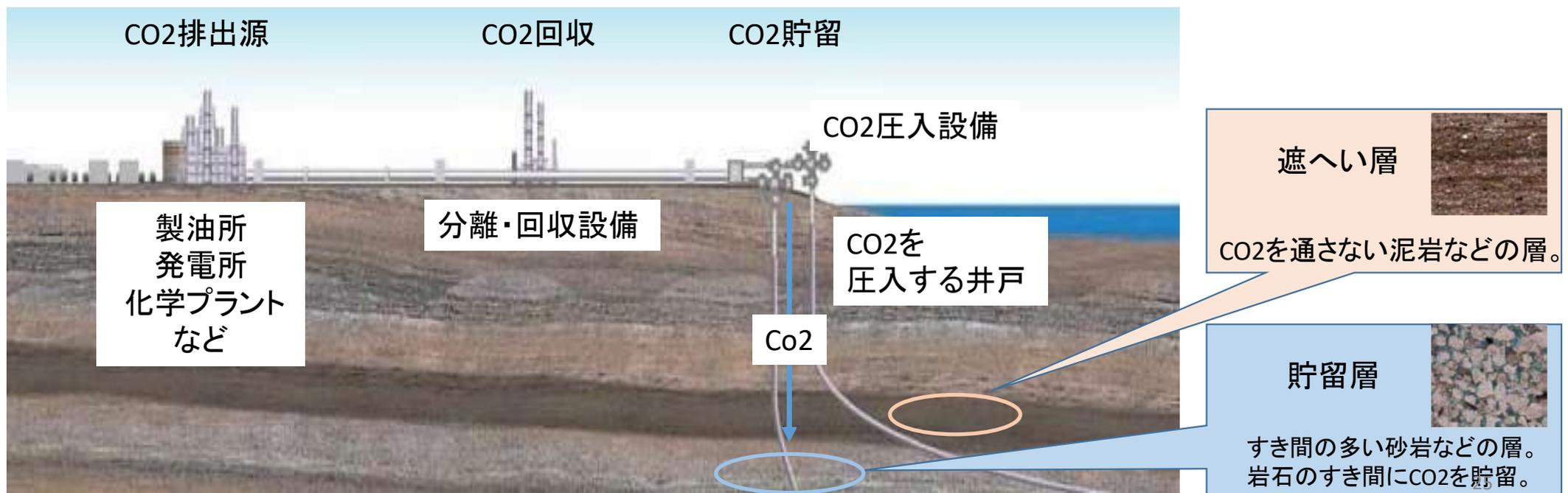
出典: 資源エネルギー庁HP

二酸化炭素回収貯留技術

CCS (Carbon dioxide Capture & Storage)

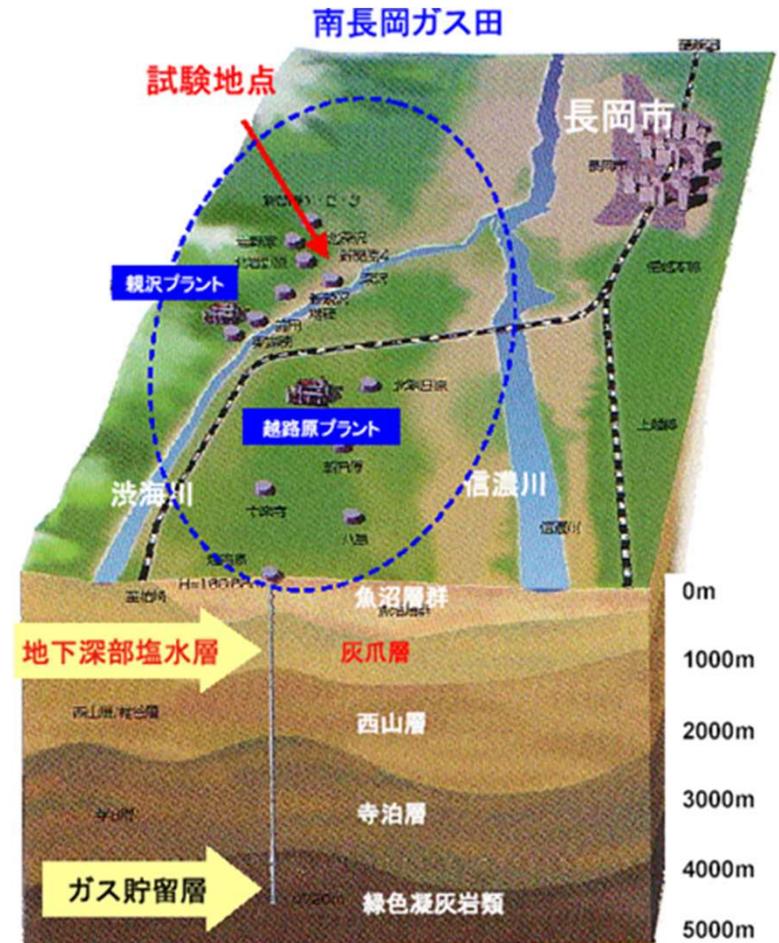
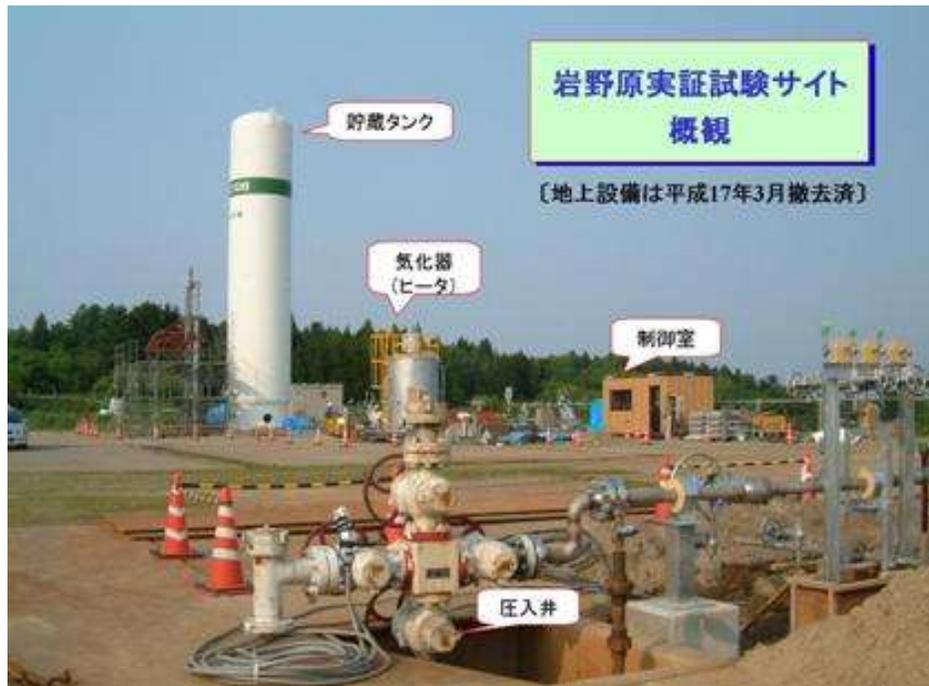
工場や発電所等から排出される二酸化炭素 (Carbon dioxide) を大気放散する前に回収し (Capture)、地下へ貯留 (Storage) する技術。

二酸化炭素を選択的に溶解できるアルカリ性溶液 (アミンなど) を吸収液として利用し、二酸化炭素を化学反応によって吸収させ、その吸収液を加熱することにより、二酸化炭素を放出させて回収する。



CCS： 岩野原実証試験・モニタリング

2003-2005年に1万トン-CO₂を地下に圧入



出典：地球環境産業技術研究機構HP

世界の主なCCSプロジェクト

プロジェクト名	国	CO2量 /年	運転開始	排出源	回収タイプ	輸送距離	輸送タイプ	貯留タイプ
Great Plains Synfuel Plant and Weyburn-Midale Project	カナダ	300 万 トン	2000	合成天然 ガス	燃焼前	315 km	陸→陸パイ プライン	EOR
Air Products Steam Methane Reformer EOR Project	米国	100 万 トン	2013	水素製造	燃焼後	101 – 150 km	陸→陸パイ プライン	EOR
Sleipner CO2 Injection	ノル ウェー	100 万 トン	1996	天然ガス 精製	燃焼前（ガ ス処理）	0 km	直接圧入	海底下帯 水層
Snøhvit CO2 Injection	ノル ウェー	70 万ト ン	2008	天然ガス 精製	燃焼前（ガ ス処理）	152 km	陸→海底パ イプライン	海底下帯 水層

BECCS (Bio-Energy with CCS)

バイオマスエネルギーとCCSを組み合わせることにより、大気中のCO2を、地下に貯留既にパイロット・プロジェクトが検討されている

石油

20世紀前半、メジャーが中東原油を支配。少額の利権料。

1940年代、産油国とメジャーが「利益折半方式」。原油公示価格の決定権はメジャー。

1960年、石油輸出国機構(OPEC)を設立。

1973年、第四次中東戦争に端を発した第一次石油危機。OPECは公示価格の決定権を獲得。価格を大幅に引上げ。

産油国が公示価格の代わり公式販売価格(OSP)。

1979年、第二次石油危機。OSP引上げの結果生じた供給過剰は、スポット原油市場を発達。

1985年、サウジアラビアはOSPを放棄、ネットバック方式(石油製品の市況から原油価格を逆算する方式)を採用。更に原油価格を押し下げ。

1980年代後半、国際原油市場の確立



国際原油市場の確立後の石油価格

天然ガス

産出国は、比較的分散

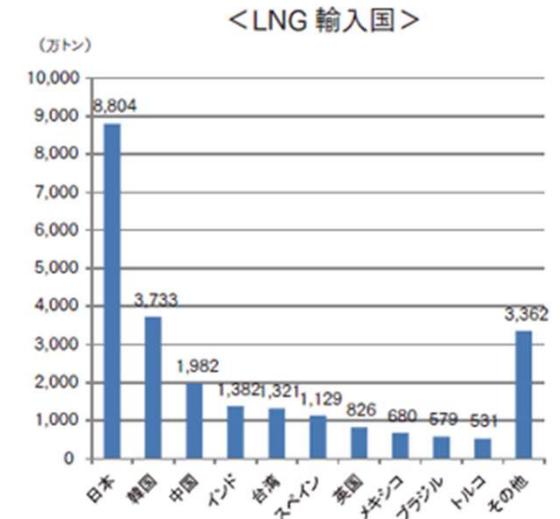
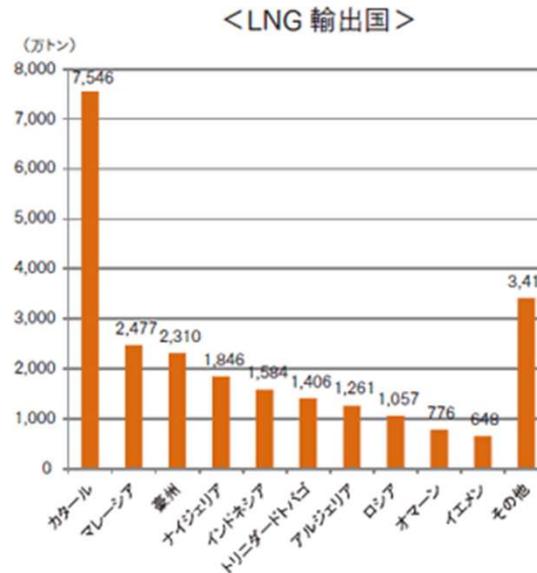
パイプラインなどのインフラが必要 => 市場が未発達

LNGには液化基地が必要 => Take or Pay、原油価格に連動

日本のLNG輸入価格



世界の主要なLNG産消国(2014年)



石炭

石炭は世界的に広く存在

石炭の可採年数は109年

石油:53年

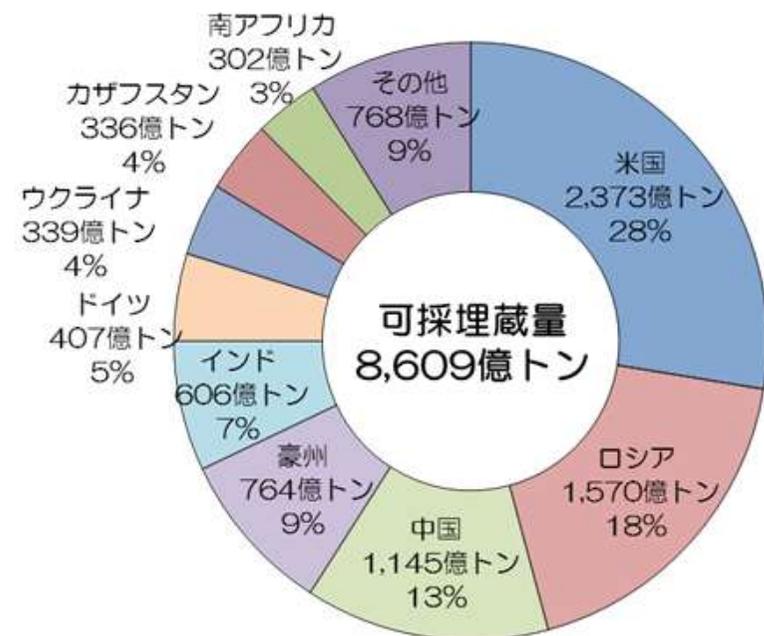
天然ガス:56年

燃焼時に、NO_x、SO_x、CO₂

低品位炭の利用

製鉄の際に還元剤として必要

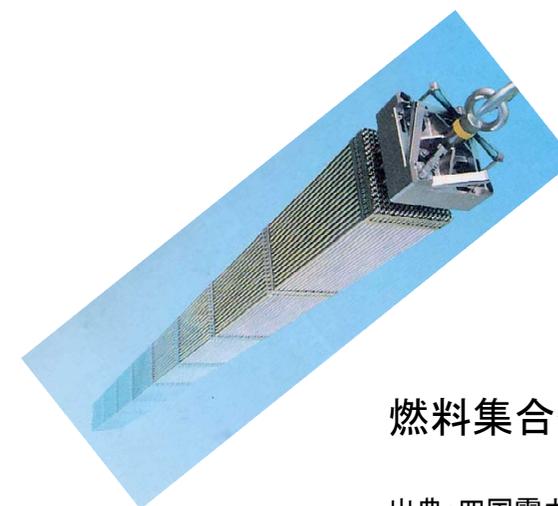
世界の石炭可採埋蔵量



出典: BP統計2013

原子力

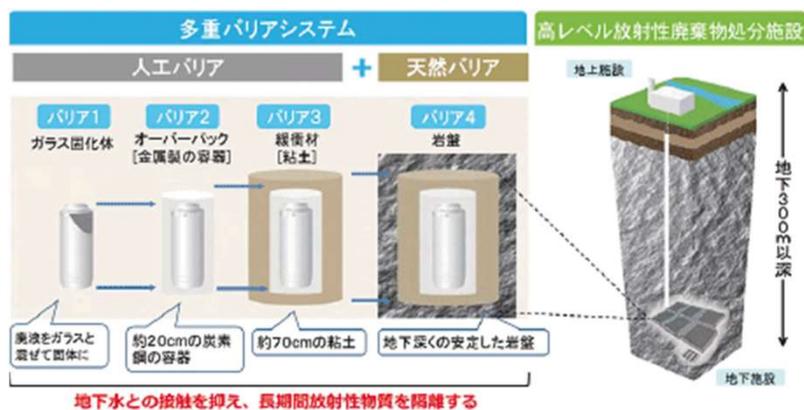
- ◆ 備蓄が容易
原子力発電所は1年間燃料交換不要
1-2年分の新燃料を保管
燃料加工工場には1-2年分
- ◆ 東京電力福島第一原子力発電所事故
- ◆ 高レベル放射性廃棄物



燃料集合体

出典: 四国電力

(参考) 石油国家備蓄: 120日
民間備蓄: 80日



出典: JOGMEC

Discussion: エネルギーミックス

	価格: 発電単価 (円/kWh)※	供給安定性	CO2排出	安全性など	需要側の制約など
石油	24.0-27.9	輸入(中東、 露)	0.019 tC/GJ		輸送用燃料の代替が困難
石炭	12.3	輸入(豪、イン ドネシア)	0.025 tC/GJ		製鉄には原料炭が必須
天然ガス	13.7	輸入(豪、マ レーシア、カ タール)	0.014 tC/GJ		
原子力	10.1	準国産		事故	
風力	21.9	国産		景観破壊	
太陽光	24.3(メガソーラ)	国産			
水力	11.0(一般)	国産		有望地点少	

※出典: 経済産業省 長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告 平成27年