

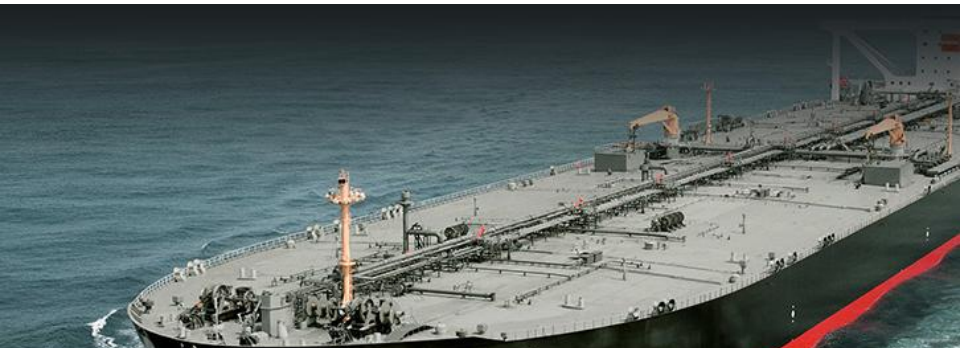


エネルギーミックスの選択に向けて

日本エネルギー経済研究所 **IEE**
JAPAN

計量分析ユニット 需給分析・予測グループ

グループマネージャー 研究主幹 柳澤 明 | 青島 桃子, 伊藤 浩吉



将来を大きく左右するエネルギーミックス

■ エネルギーミックスなきエネルギー基本計画

- ▶ エネルギー基本計画は、目指すべきエネルギーミックスを定量的に描くことなく、2014年4月に閣議決定された
- ▶ 定量的なエネルギーミックス像の不在は、適切なエネルギー投資を阻害し、持続的な経済成長を図る上でも憂慮すべき事態である
- ▶ 今般、エネルギーミックスを明示し、エネルギー需給構造の将来像を検討する「長期エネルギー需給見通し小委員会」が設置されたことを歓迎したい

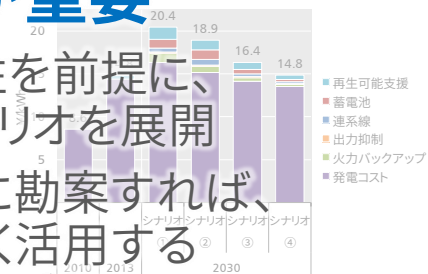


■ 資源に恵まれない日本にとってこそ長期戦略が必須

- ▶ 日本はエネルギー自給率が世界的にも極めて低く、化石燃料はほぼ全量を輸入に依存している
- ▶ 混迷さを増す国際情勢に翻弄されることなく、安定した社会を保するためには、適切な長期エネルギー戦略の構築がことさら重要である

■ 再生可能エネルギーのみならず原子力の活用が重要

- ▶ わが国が戦略上選択し得る2030年の需給像を、一定の不確実性を前提に、定量分析。政策に大きく左右される電源構成に注目し、4つのシナリオを展開
- ▶ 経済・環境・エネルギー安全保障への定量的効果などを総合的に勘案すれば、再生可能エネルギーだけでなく、原子力、化石燃料もバランスよく活用するシナリオ③ (再生可能: 25%、火力: 50%、原子力: 25%)に近いものが望まれる



電源構成の想定 = シナリオドライバー

- 2030年の想定電源構成に応じ、4つのシナリオを設定
- 電力供給のみならず、エネルギー需給全般、経済、環境への影響を評価

シナリオと電源構成の大枠(2030)

	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
再生可能エネルギー (うち不安定電源)	35% (17%)	30% (14%)	25% (10%)	20% (7%)
火力	65%	55%	50%	50%
原子力	0%	15%	25%	30%
総発電量(兆kWh)	1.1	1.2	1.2	1.2

いずれも概数
不安定電源は太陽光、風力
総発電量は電気事業者、自家発

期待される再生可能エネルギー発電

- 多くの再生可能エネルギーが急速に増加。非住宅用太陽光の導入は目下の爆発的状况からこそ減速するが、設備容量は現状比6~13倍に
- 現在実証試験中の洋上風力やリードタイムが10年ともされる地熱は、2030年までの導入は限定的なものにとどまる

再生可能エネルギー発電設備容量と発電量の想定

	設備容量(100万kW)						発電量(10億kWh)				
	2013		2030				2013	2030			
	導入	認定	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④		シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
合計	29	69	185	157	121	86	76	315	274	217	163
(2013導入量比[倍])			(6.3)	(5.4)	(4.1)	(2.9)		(4.1)	(3.6)	(2.9)	(2.1)
非住宅用太陽光	7	63	93	78	65	43	8	98	82	68	45
住宅用太陽光	7	3	34	30	20	16	7	36	31	21	17
陸上風力	3	1	28	23	13	8	5	49	40	23	15
洋上風力	-	-	6	4	3	1	-	15	9	7	3
地熱	1	0	2	2	1	1	3	12	11	9	7
中小水力	10	0	14	13	12	11	38	54	51	47	42
バイオマス	3	2	8	8	7	6	16	51	49	43	34

Reality check | 再生可能発電のインパクト

- 再生可能エネルギー発電の電源構成比率を短兵急に引き上げると、費用面の課題克服だけでなく、急速な導入を実現するための設備・要員確保と反動減問題も俎上に載せる必要に

		2013		2030			
		導入	認定	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
非住宅用太陽光	面積[山手線内面積比] (国土面積比)	2個	15個	25個 (0.4%)	21個 (0.4%)	17個 (0.3%)	11個 (0.2%)
	対戸建普及率 (世帯普及率)	7% (3%)	7% (3%)	34% (16%)	30% (14%)	20% (9%)	16% (7%)
住宅用太陽光	年平均導入量 [万戸]	12 (2000-2013)	-	41	34	20	14
陸上風力	面積[山手線内面積比] (国土面積比)	4個	2個	40個 (0.7%)	33個 (0.6%)	19個 (0.3%)	12個 (0.2%)
	年平均導入量 [1,000 kW]	190 (2000-2013)	-	1,480	1,170	600	340
洋上風力	年平均導入量 [1,000 kW]	-	-	330	210	150	70

原子力発電 “重要なベースロード電源”

- シナリオ①では、いかなるプラントも稼働なし。建設中のプラントも運転に至らない
- シナリオ②では、規制基準に適合したプラントを40年間運転。
シナリオ③、④では、特別点検に合格したプラントの運転期間を延長

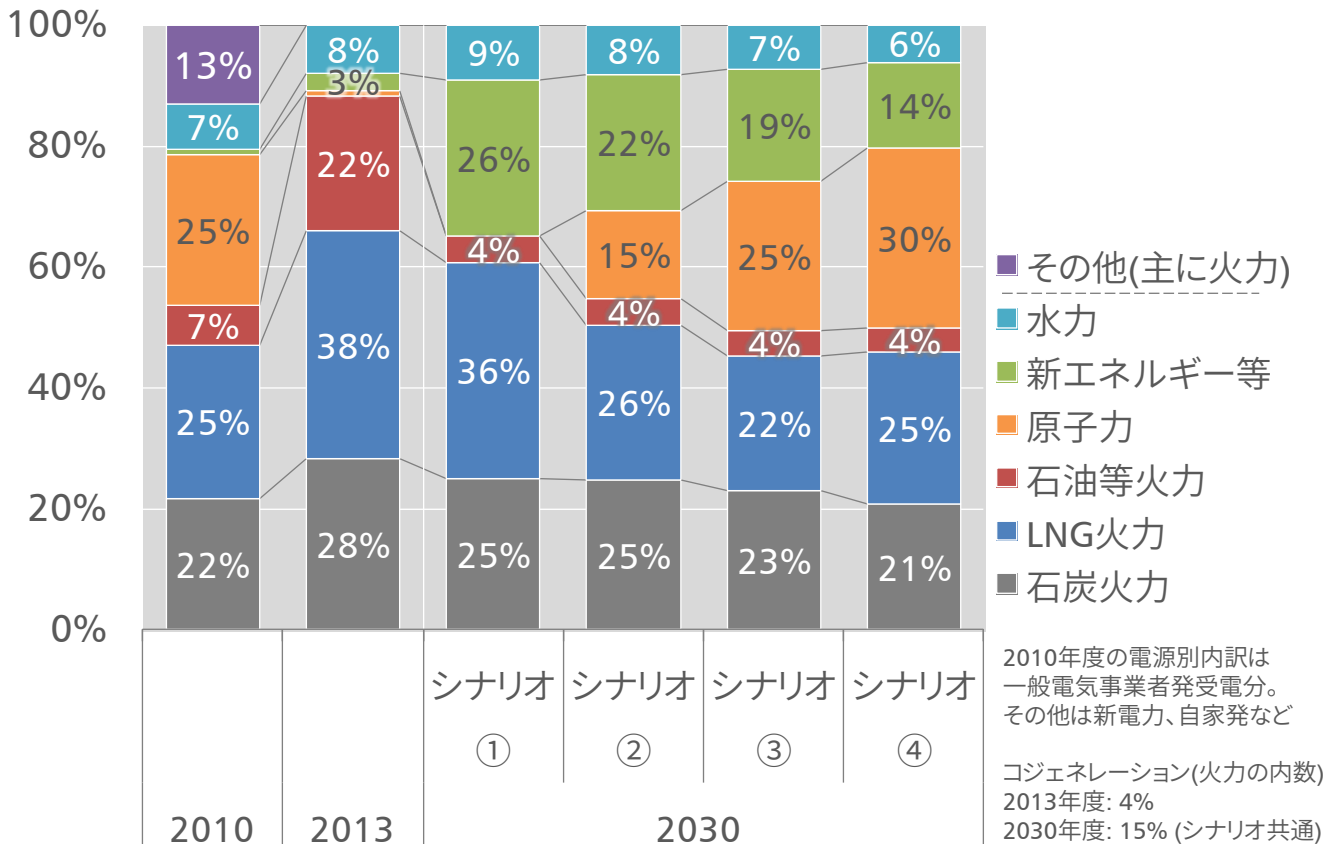
原子力発電比率の想定と利用イメージ

	2010	2030			
		シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
電源構成比率	25%	0%	15%程度	25%程度	30%程度
発電量[10億kWh]	288	0	169	292	353
使用期間の目安	-	即停止	40年廃炉	60年廃炉	60年廃炉
設備利用率	67%	-	80%	80%	90%
建設中/新設	-	0基	2基	3基	5基
設備容量[100万kW]	49	0	24	42	45

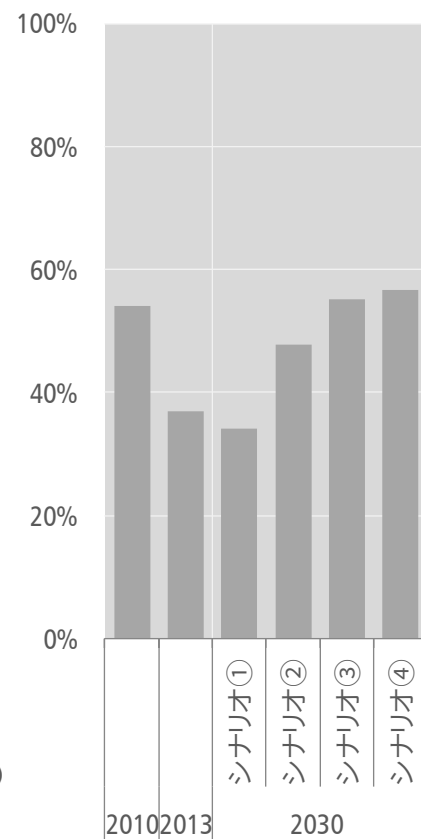
電源構成

- 震災後、9割まで上昇している火力発電比率は、いずれのシナリオでも2030年に向け低下。ただし、シナリオ①では2013年と同量程度LNG依存
- シナリオ①でのゼロエミッション電源比率は、2010年を下回る3分の1。一方、シナリオ③、④においては半分の電力がCO₂フリー

電源構成[電気事業者, 自家発]



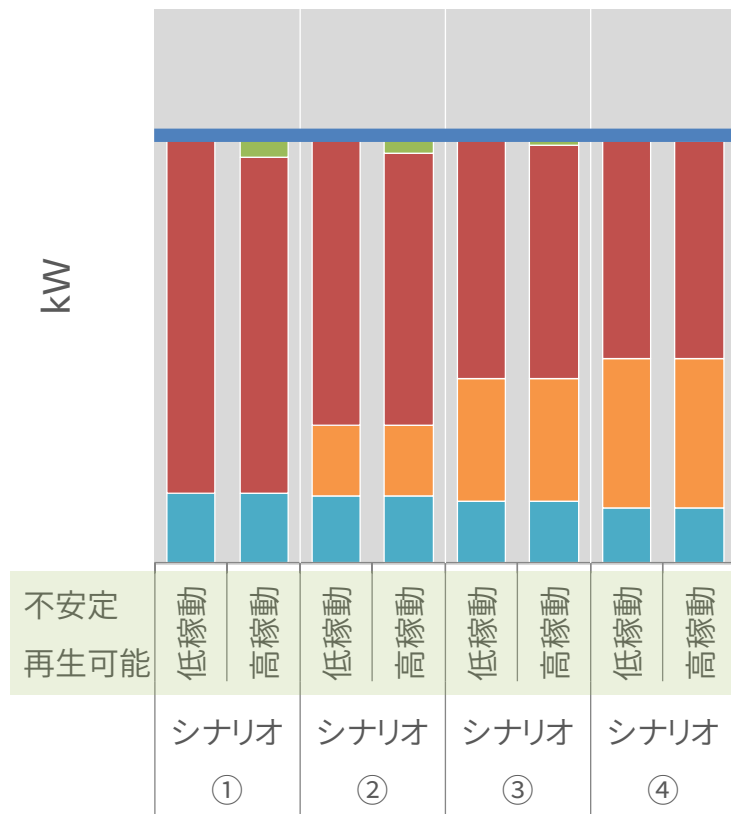
ベース電源比率



電力需給バランスのイメージ

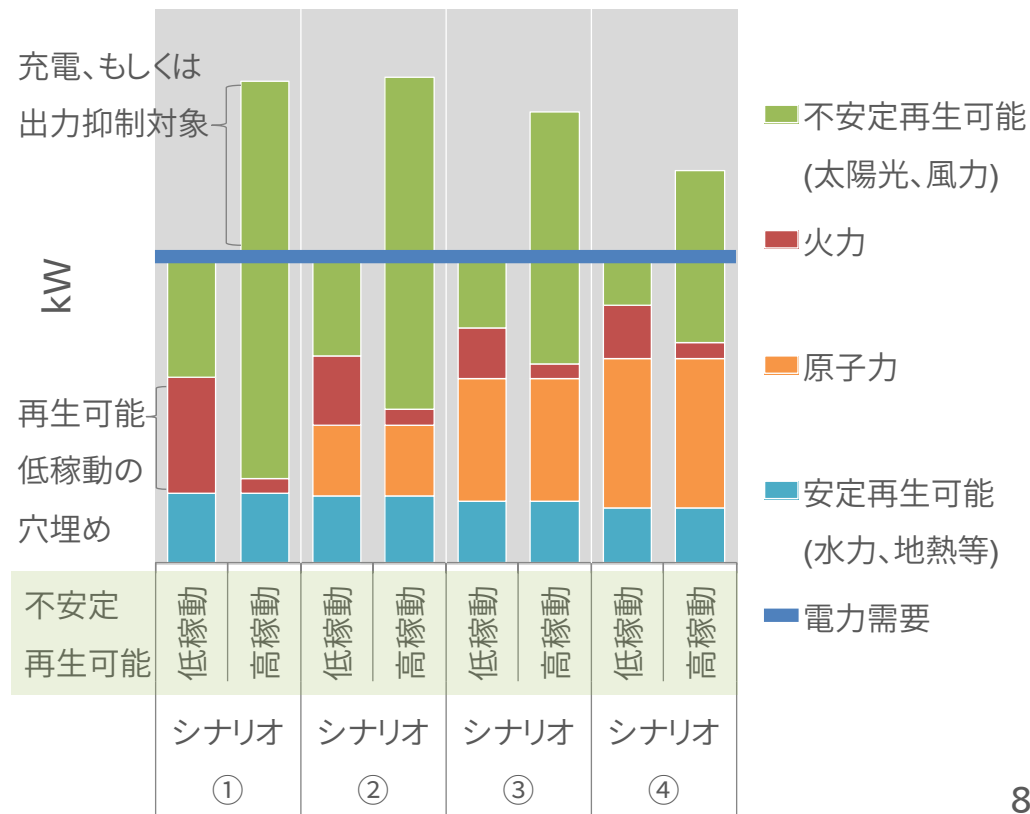
- 太陽光などの不安定再生可能電源の低稼働時は、火力による穴埋めが必要。しかし、それらの火力設備は効率的には活用できない

電力需給[初秋・夜]



- 電力供給は過剰でも問題。不安定電源の高稼働時は、余剰電力への対応が必要。調整役の火力の縮小も重なり、電力品質確保の困難度が高まる

電力需給[春・昼]

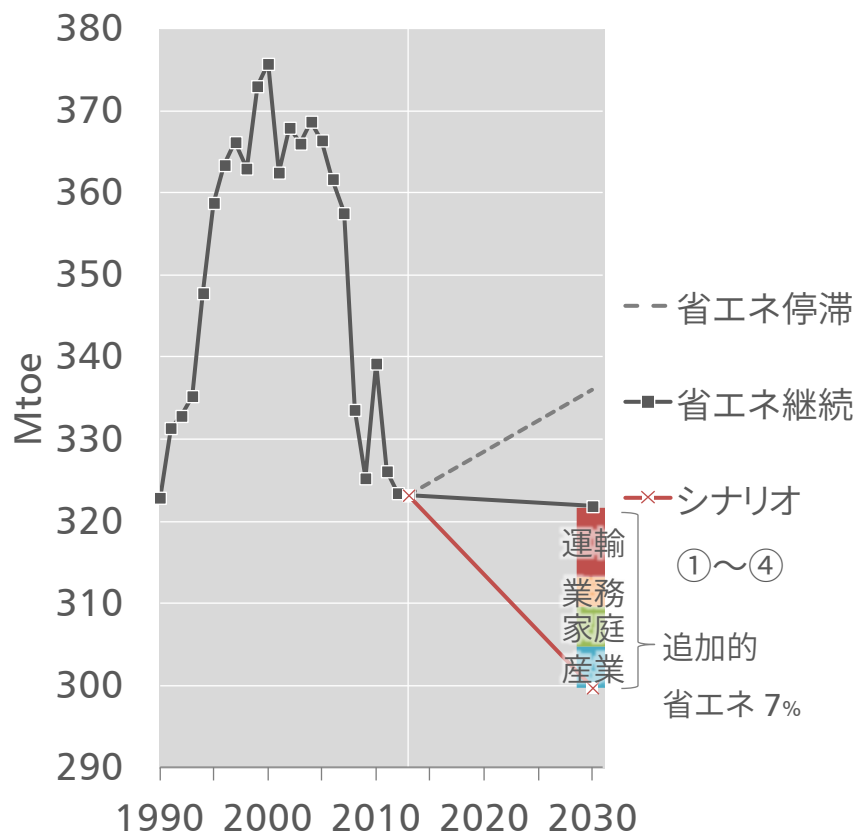


石油危機後並みの省エネルギー

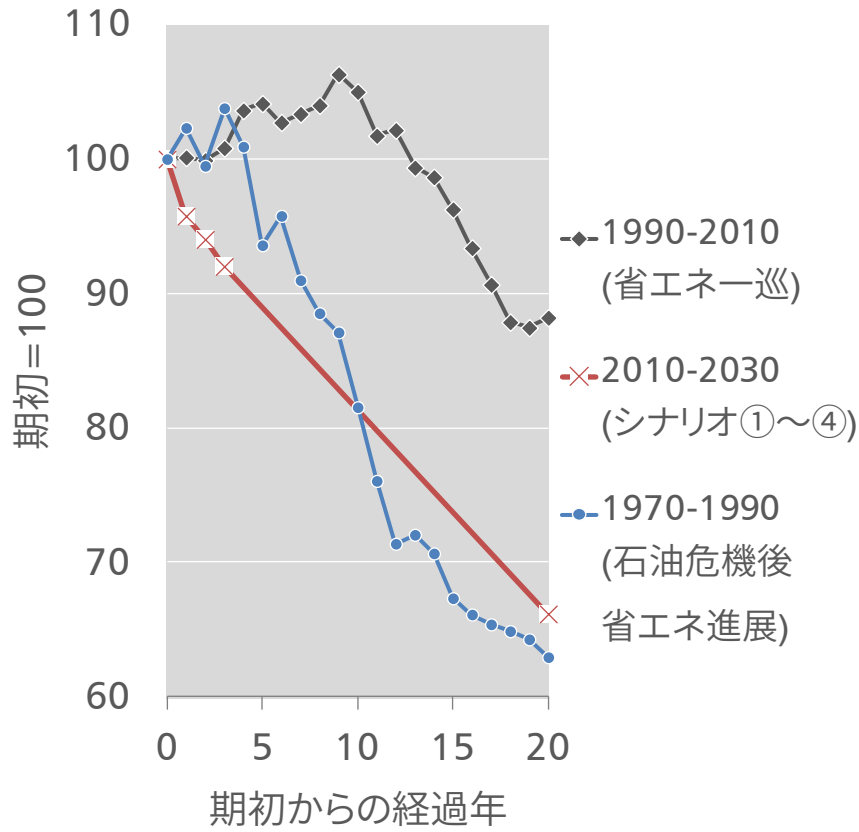
- 各部門における強力な対策の着実な推進により、7% (省エネ停滞からは11%)の追加的な省エネルギーの達成を想定

- エネルギー効率は最近20年の傾向から一転、石油危機後に比肩する強度で持続的に改善

最終エネルギー消費



最終エネルギー消費のGDP原単位



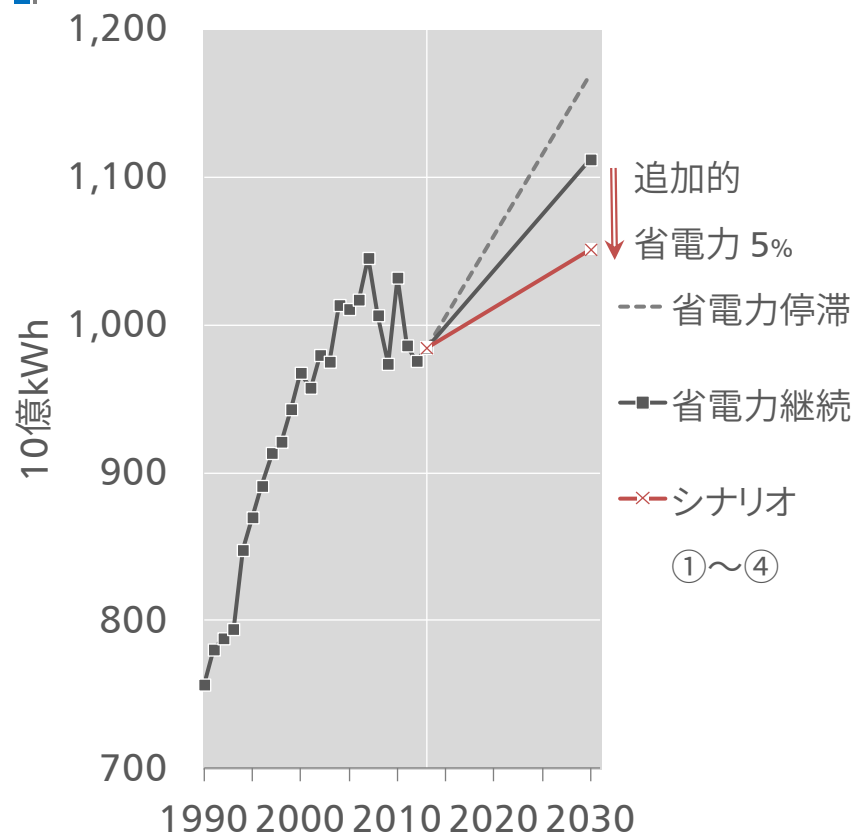
追加的省エネルギー対策の例

	現状	2030	
		追加的省エネ前	追加的省エネ後
産業	エネルギー効率	趨勢的に改善 ▶	最良技術普及率5割
家庭	家電効率 (保有ベース)	トップランナー遵守 現状比10%改善相当 ▶	現在最良が標準 現状比30%改善相当
	住宅断熱 (新築住宅)	5～6割が基準達成	全てが基準達成 ▶
	高効率給湯器 (世帯普及率)	2割	6割 ▶
	LED照明 (普及率)	15%	75% ▶
	HEMS エネルギーマネジメント (新築住宅普及率)	わずか	わずか ▶
業務	建築物性能 (新築建築物)	9割が基準達成	全てが基準達成 ▶
	LED照明 (普及率)	2%	30% ▶
	BEMS エネルギーマネジメント (新築建築物普及率)	6割	6割 大規模建築物は標準装備 ▶
運輸	次世代自動車 (新車販売比率)	17%	49% ▶
			84%

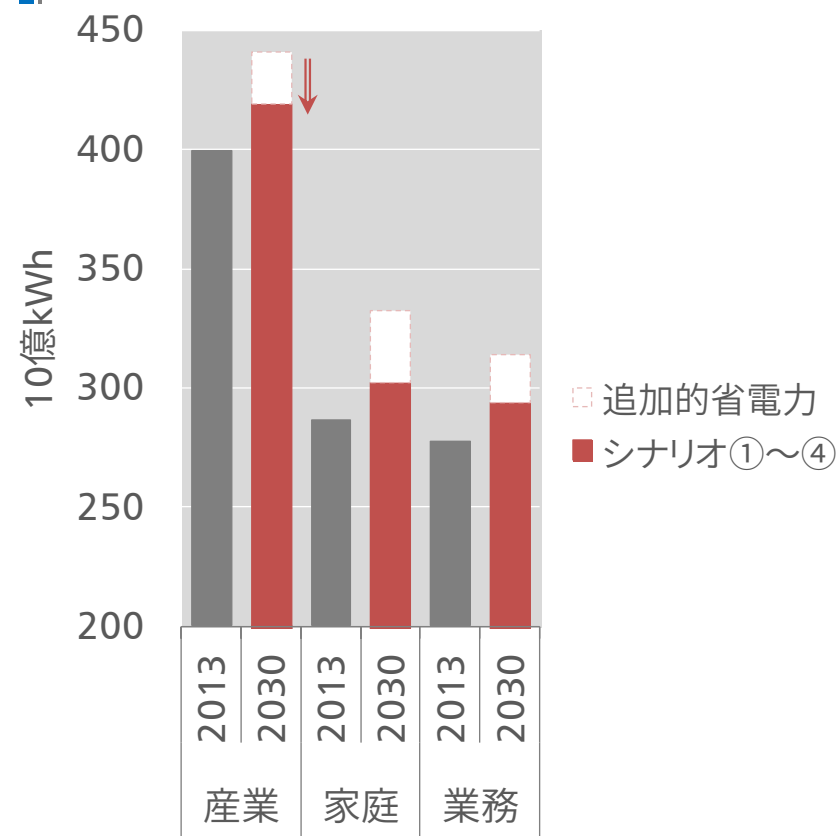
...その中でも進む電力化

- 2013～2030年に経済規模は30%拡大するが、追加的省電力を見込むことで、電力消費は7%増にとどまる(2010年比では2%増どまり)
- <参考> IEA “World Energy Outlook 2014”の中心的シナリオである New Policies Scenarioでは、電力消費は2012～2030年に10%増

電力最終消費



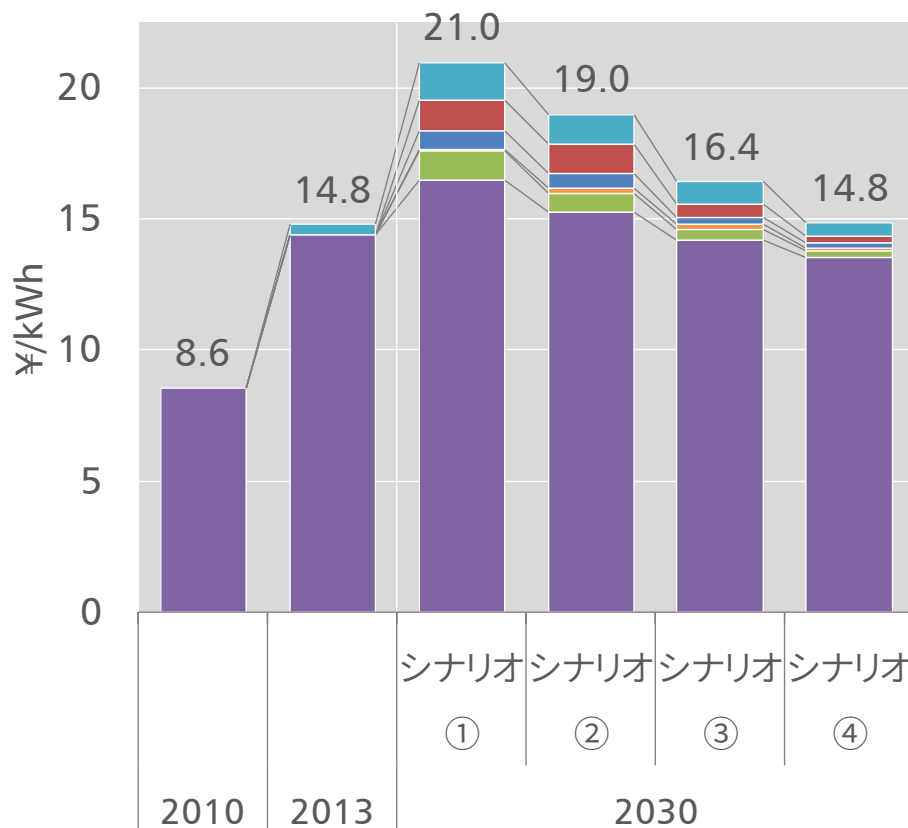
追加的省電力の部門別内訳



電力コスト

- 発電コストが高い再生可能エネルギーが多いほど、平均発電コストが上昇するとともに、再生可能支援金や系統対策費用も増加する
- 電力コストは、シナリオ③で2013年比¥1.6/kWh上昇するのに対し、シナリオ①では4倍近い¥6.2/kWh上昇し、¥21.0/kWhに

発電関連コスト



- 再生可能支援
- 蓄電池
- 連系線
- 出力抑制
- 火力バックアップ
- 発電コスト

計算の前提(2030)

化石燃料輸入価格[2013年実質]

- 石油: \$175/bbl [\$123/bbl]
- 天然ガス: \$1,035/t [\$844/t]
- 一般炭: \$194/t [\$158/t]

再生可能エネルギー関連

- 余剰電力は出力抑制と蓄電池で対応すると想定
- 火力バックアップコストは、設備利用率低下に伴う発電効率低下による投入燃料増加分
- 固定価格買取制度(FIT)が2030年まで継続されるものとする。ただし、太陽光および風力に関しては習熟効果によるシステム価格低下に伴う買取価格の低減も考慮

2010、2013年度は一般電気事業者および卸電気事業者
2010～2013年度の電力料金の上昇幅は¥3.9/kWh

影響比較

- 経済・環境・安全保障、および実現に求められる要件などを総合的に考えると、目指すべき姿は**シナリオ③** (再生可能: 25%、火力: 50%、原子力: 25%)が最も近いと評価できる

		2010	2013	2030			
				シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
経済	発電関連コスト[円/kWh] (2013年度実質価格)	8.6 (8.3)	14.8 (14.8)	21.0 (17.1)	19.0 (15.5)	16.4 (13.4)	14.8 (12.1)
	実質GDP [2005年価格兆円]	512	531	684	690	693	694
	化石燃料輸入額[兆円]	17.8	28.1	33.7	32.2	31.6	32.0
環境	エネルギー起源CO ₂ 排出[Mt] (2005年度比)	1,123 (-7%)	1,224 (2%)	959 (-20%)	917 (-24%)	892 (-26%)	887 (-26%)
	電気事業者NO _x 排出[kt]	170	254	136	122	110	106
安全保障	自給率	18%	7%	19%	25%	28%	28%
	LNG輸入量[Mt]	70.6	87.7	84.4	69.7	65.3	70.0
廃棄物	原子燃料累積使用量[ktU]	25	26	26	34	37	39

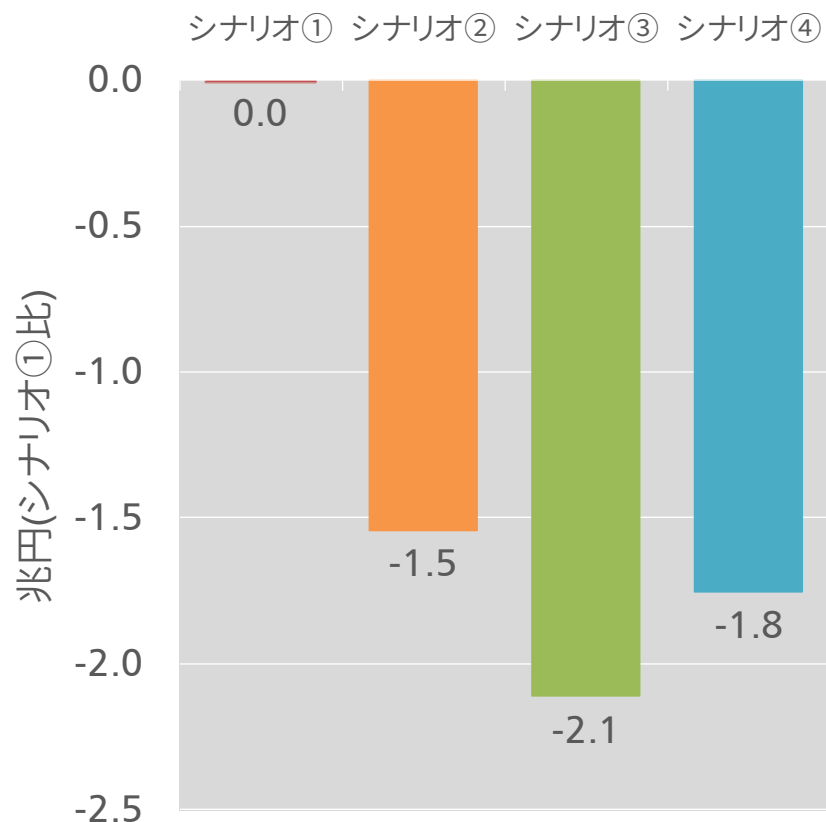
2010年度、2013年度の発電関連コストは一般電気事業者および卸電気事業者
電気事業者NO_x排出は受電分を含まない

経済 ▷ 化石燃料輸入, 貿易収支

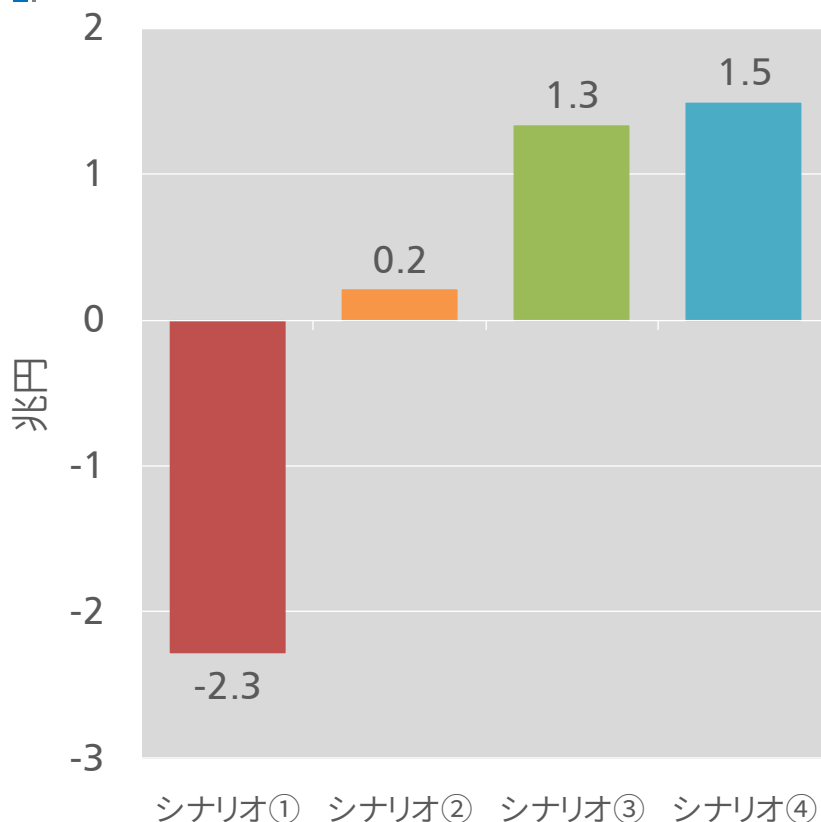
- 化石燃料輸入額は、シナリオ③では、シナリオ①比2.1兆円節減。シナリオ①では、2030年には2013年より6兆円増加し、34兆円に

- シナリオ②～④では、化石燃料輸入の節減と輸出の拡大で、貿易赤字は解消

化石燃料輸入額(2030)



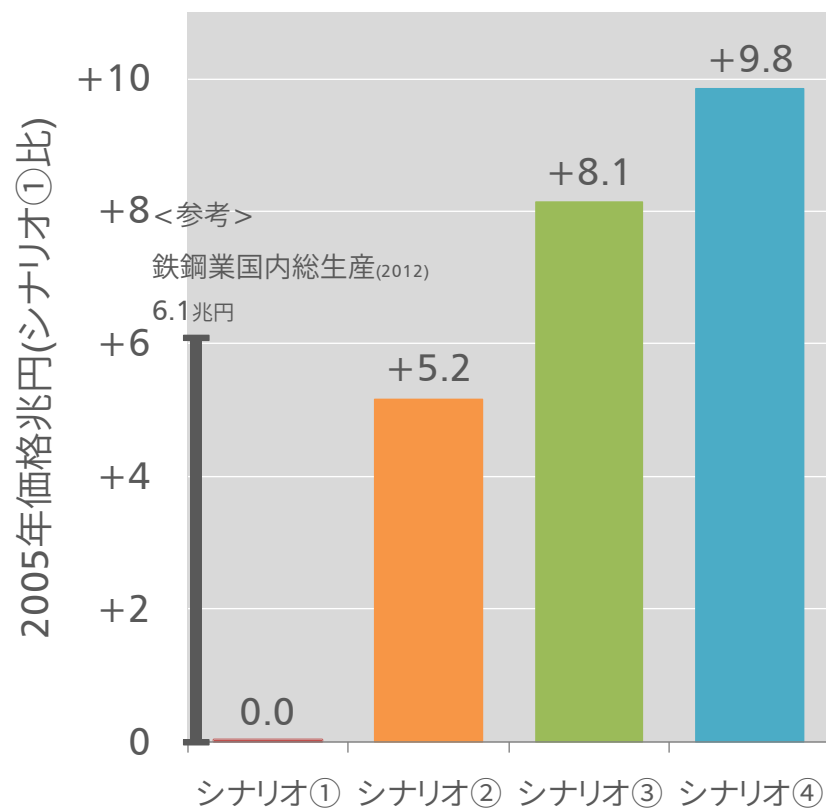
貿易収支(2030)



経済 ▷ 実質GDP, 国民総所得

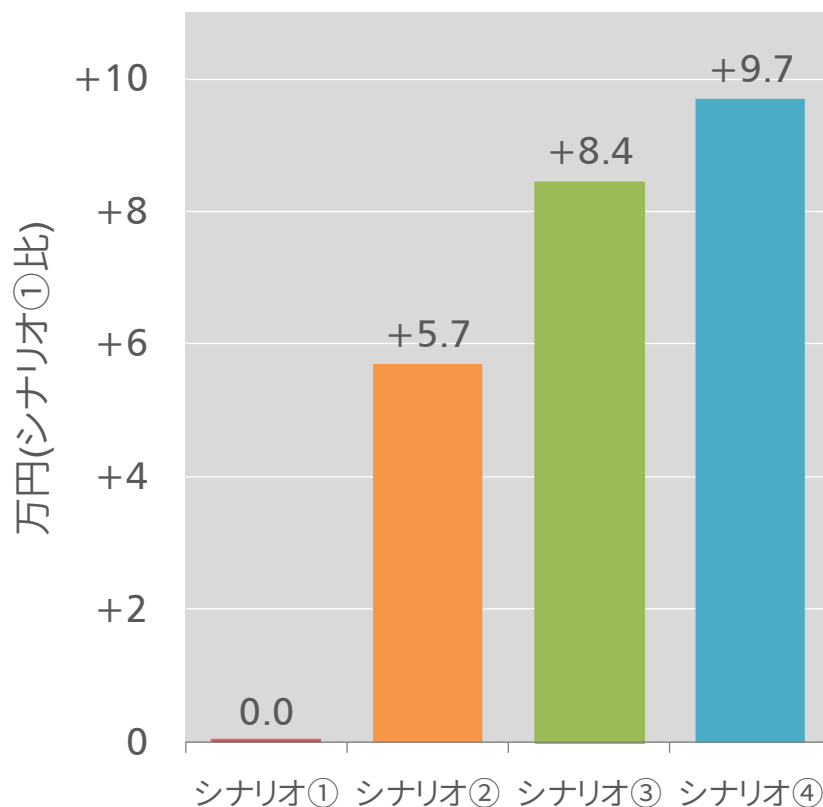
- エネルギー輸入支払い・電力価格の影響で、実質GDPは最大10兆円の差。シナリオ①では、シナリオ③での今後の成長分のうち5%が失われる

実質GDP (2030)



- 1人あたり国民総所得は、シナリオ①と③では2030年時点で8.4万円、累積で82万円の違い

1人あたり国民総所得(2030)

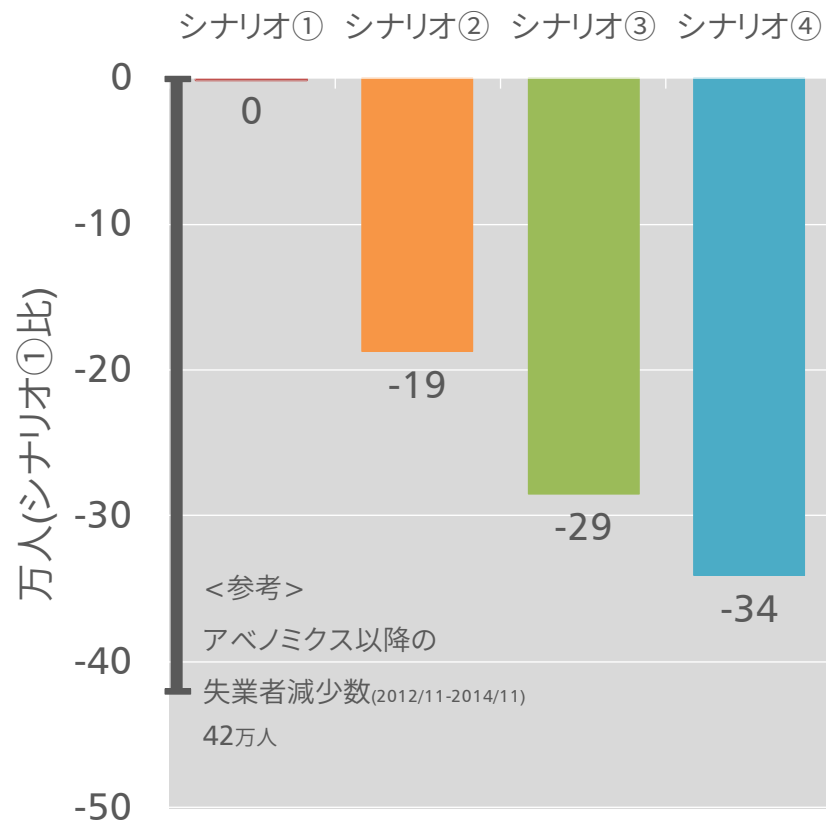


経済 ▷ 雇用, 労働

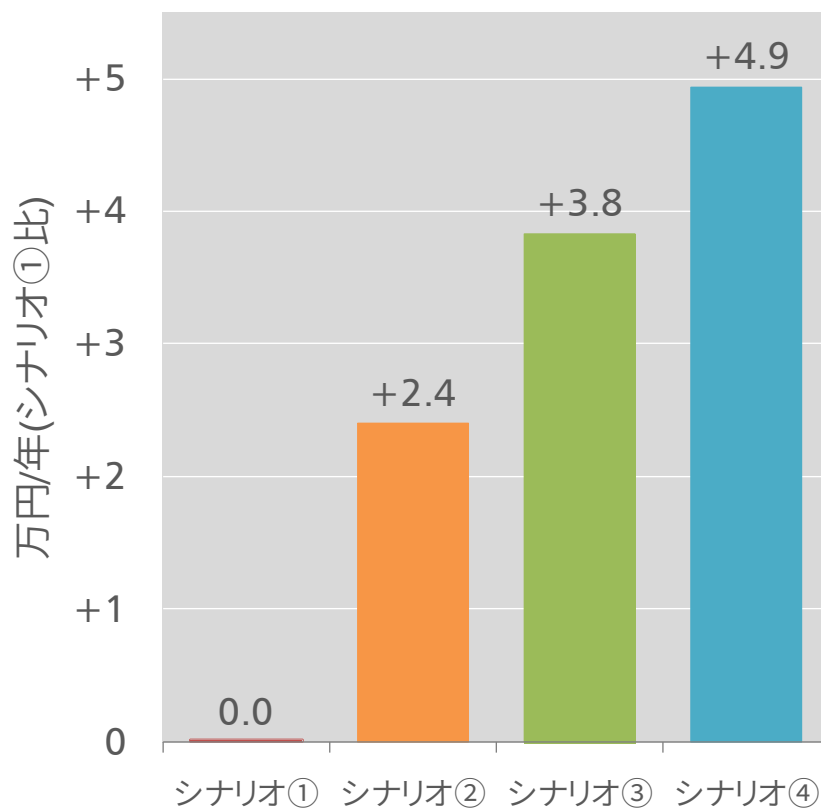
- 化石燃料輸入支払い額の増大と国際競争力の劣後は、マクロ経済を下押しするとともに、雇用情勢の悪化要因にも

- 失業に晒されない労働者・家計も、悪影響は賃金低下として伝播。さらに、電力価格上昇で、家計の圧迫はシナリオ①で最大に

完全失業者数(2030)



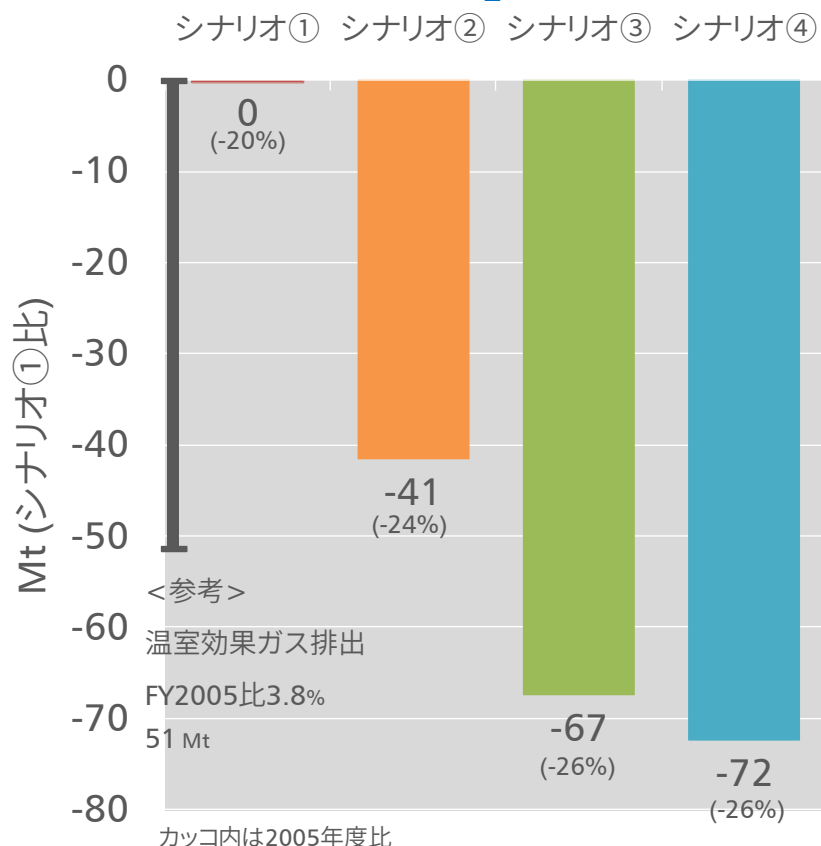
賃金(2030)



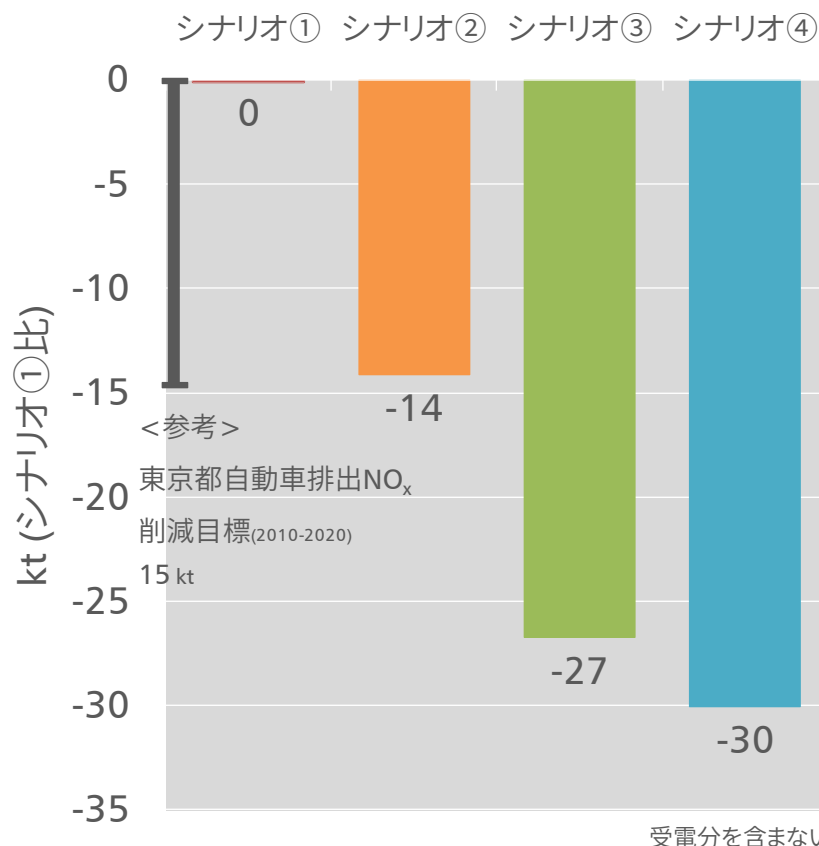
環境 ▶ 気候変動, 大気汚染

- シナリオ③、④では、非火力発電シェアがいずれも50%であるが、石炭を低減するシナリオ④の方が、CO₂や大気汚染物質の排出が少ない
- シナリオ①で、上振れするCO₂対策として炭素税を賦課すれば、経済にはさらなる重荷

エネルギー起源CO₂排出(2030)



電気事業者NO_x排出(2030)

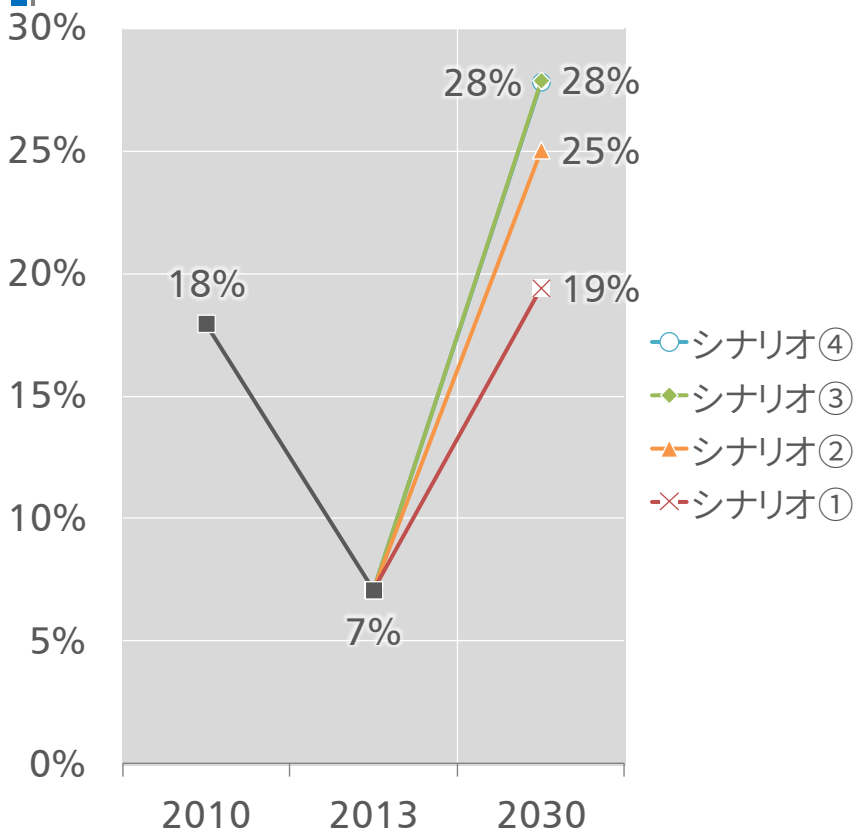


安全保障 ▶ 自給率, LNG輸入量

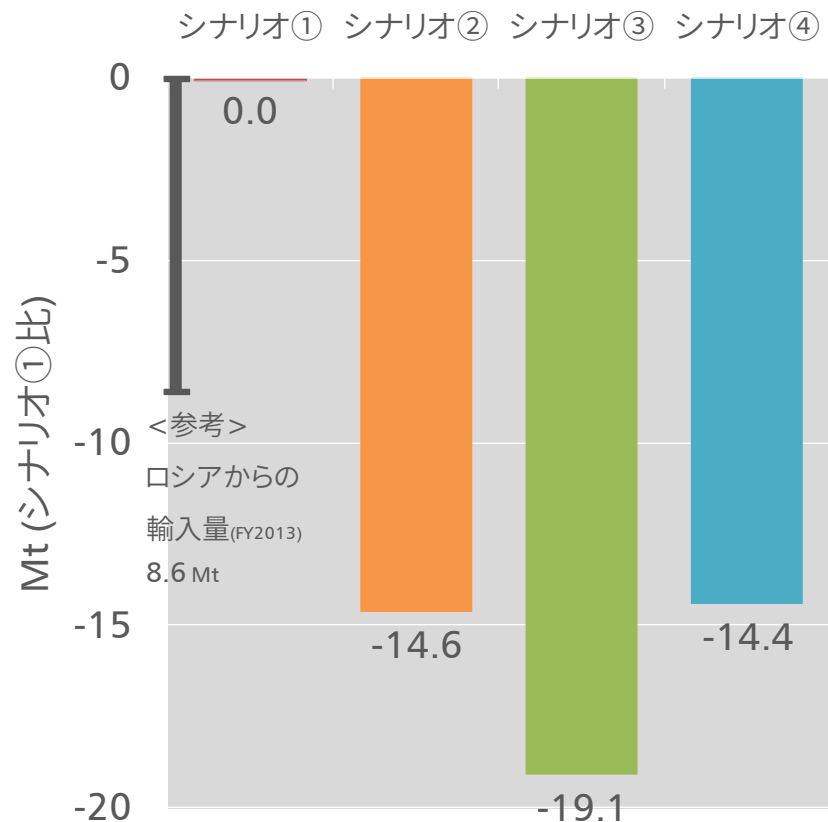
- 自給率は、(準)国産である再生可能と原子力の和が最大となるシナリオ③、④で最も改善

- いずれのシナリオでも火力発電への依存は現状より低減するため、LNG輸入量は減少。しかし、シナリオ①では震災前を14 Mt上回る

自給率



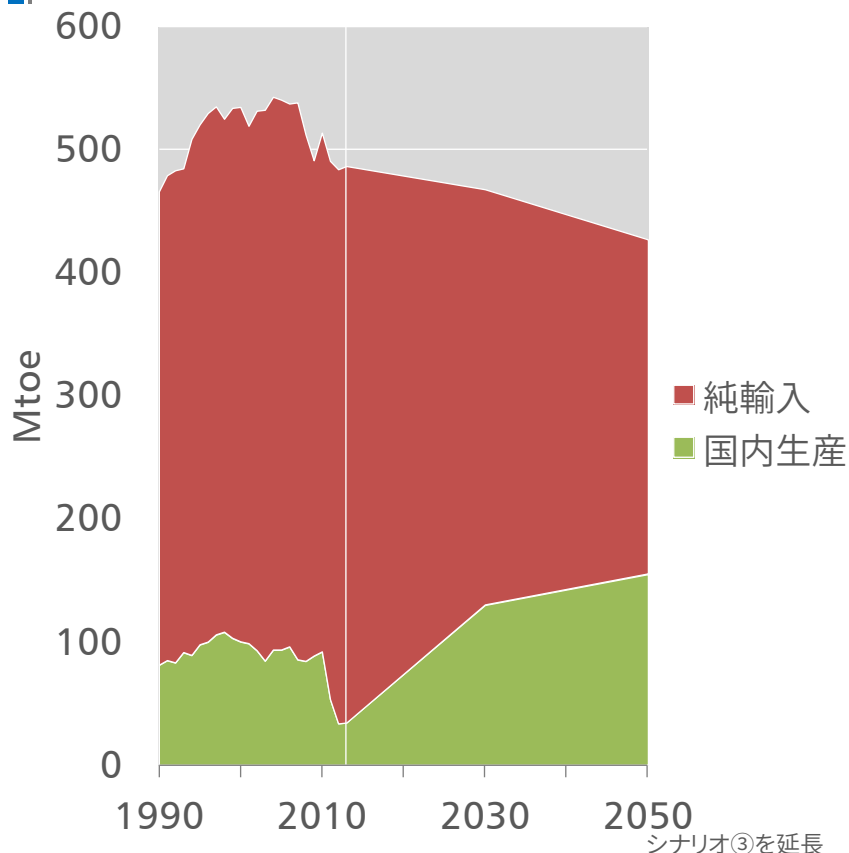
LNG輸入量



2030年シナリオ展開を越えて

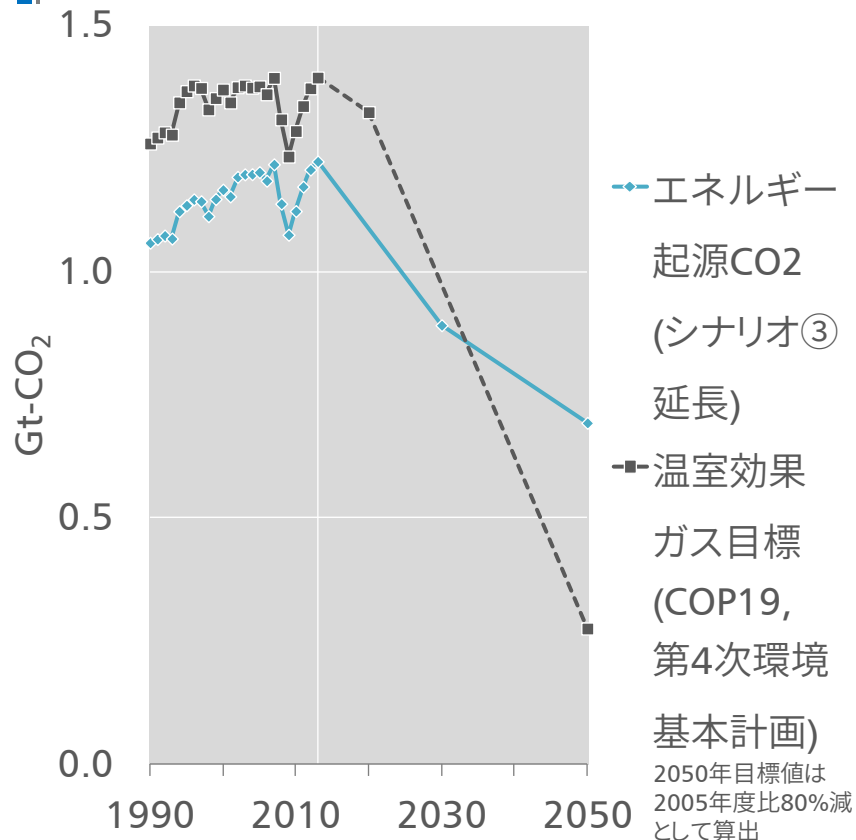
- エネルギー消費・輸入は長期的に逡減してゆくものの、物理的・経済的にセキュアな供給確保は引き続きの課題

エネルギー供給



- 野心的な温室効果ガス排出目標(2050年80%減)が下敷きの環境基本計画(2012年閣議決定)は、シナリオ③、④でも困難。人工光合成などの新技術開発が不可欠

温室効果ガス排出



メタンハイドレート | 注目される国産資源

- メタンハイドレートは天然ガスの主成分のメタンを含む
- メタンハイドレートが存在するのは「低温高圧」環境。日本周辺海域には、表層型と砂層型がある

東部南海トラフ(静岡県沖～和歌山県沖)

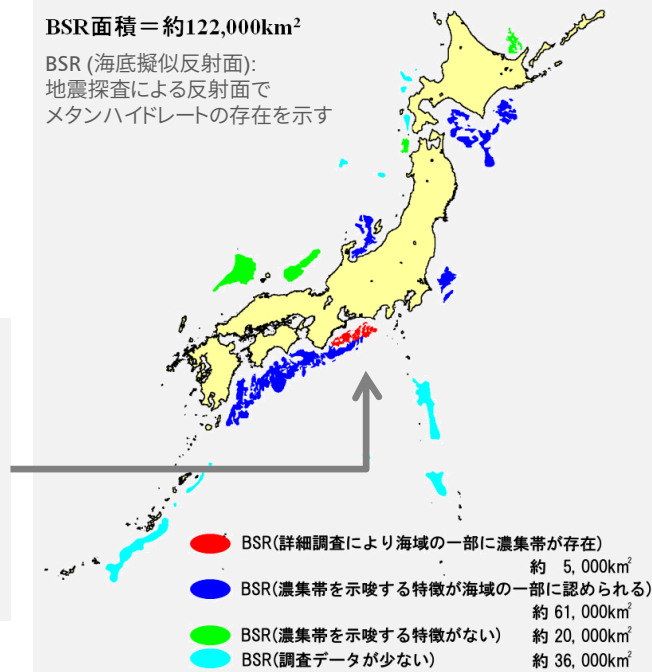
濃集帯(767 km²): 5,739億m³ (20 Tcf)

濃集帯以外(3,920 km²): 5,676億m³ (20 Tcf)

合計: 1兆1,415億m³ (40 Tcf) ≒日本の消費量10年分

BSR面積=約122,000km²

BSR(海底擬似反射面):
地震探査による反射面で
メタンハイドレートの存在を示す



- 2013年3月、渥美半島南南東沖合70-80 km、水深857-1,405 mの海域で減圧法*による試験生産を実施。約6日間、約12万m³のガスを生産
*地層内の圧力を下げ、メタンハイドレートを水とガスに分解する手法
- 2014年4月～6月、隠岐周辺、上越沖、秋田・山形沖及び日高沖において、海洋調査船によりデータ取得。表層型メタンハイドレート存在の可能性がある構造(ガスチムニー構造)を746か所確認。能登半島沖の225か所と合わせ、確認されたガスチムニー構造は971か所に

シェール革命に続け、メタンハイドレート

「エネルギー基本計画」(2014年4月)

2018年度を目途に商業化の実現に向けた技術の整備を行う。その際、2023年から2027年の間に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ技術開発を進める

利点

- メタンハイドレート層は浅部に存在するため井戸の掘削費用が安く、工期も短い
- 消費地に近いことから、敷設が可能であればパイプライン供給が行なえる
- 天然ガス供給源の分散化が可能に

課題

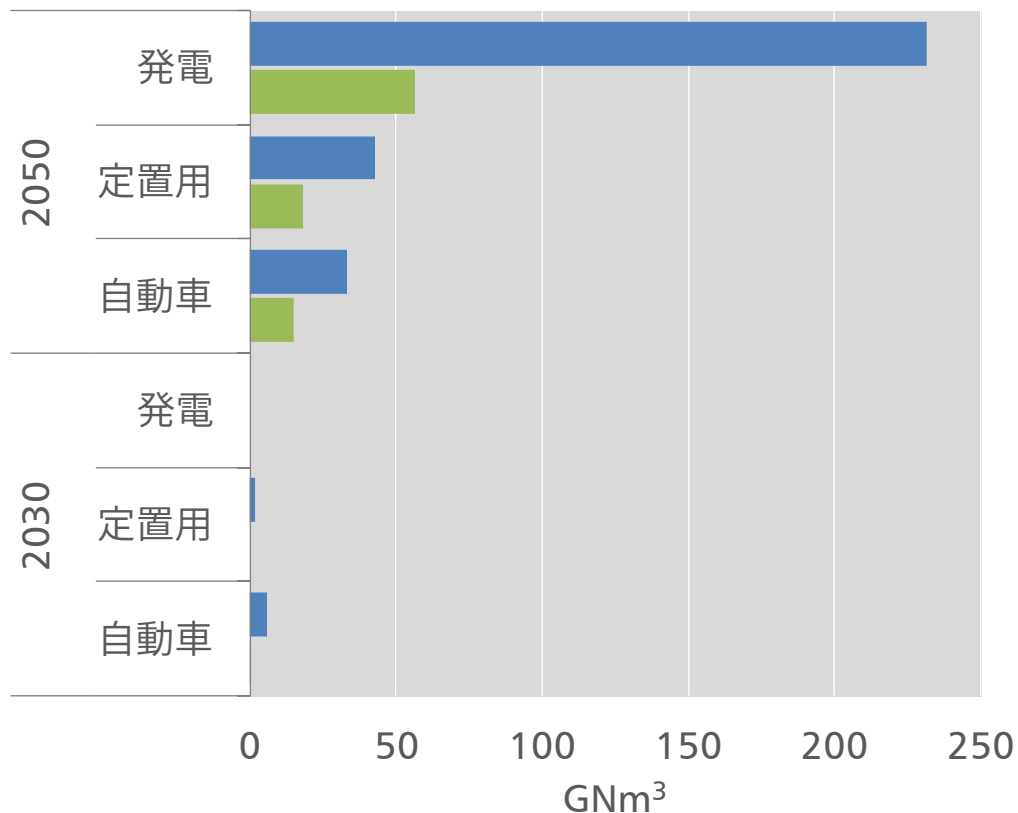
- 石油・天然ガスは自噴するが、メタンハイドレートは地層中で分解させる工程が必要
- 減圧法での1日のメタンガス生産量は5万m³程度と天然ガス田(平均数10万m³超)に比べ桁低い
- 分解は吸熱反応のため、生産を続けると周辺の地層温度が低下、生産量が減退していく。井戸を多くする必要があり、掘削費用が高くなる
- 未固結の地層中に存在することが多く、砂の流入が深刻。地滑りなど生産障害の可能性も

生産技術は未だ開発段階。技術の確立、経済性の確保、パイプラインなどの出荷設備の建設、需要家サイドの理解に要する期間などを勘案すると、メタンハイドレートの本格的な商業化は2030年代と見られる

水素 | 将来の重要なオプション

- 家庭用燃料電池は2011年に世界に先駆け発売。燃料電池自動車も2014年に市販開始。大規模発電では水素燃焼型が2015年に運開予定
- インフラ・技術・コストなどの課題で、2030年までの水素利用は限定的。しかし、より長期の視座からは、重要なエネルギー源の1つとなる可能性

水素需要見通しの一例



■ 高位ケース
■ 中位ケース

水素を直接供給せず石油・都市ガスを改質する定置用燃料電池分は含まない

出所:「2050年の低炭素社会に向けた水素エネルギーの位置づけと導入見通し」

エネルギー政策に求められるものとは

■ エネルギーミックスのあるべき姿

- ▶ 政府が掲げるエネルギーミックスは、政策措置に裏づけされた目標であることが強く望まれる
- ▶ エネルギー・環境関連技術・設備に特徴的な長いリードタイムとライフタイム、技術革新、導入時における物理的・社会的・政策的などの各種制約をつぶさにふまえた上で、実現可能性が十分にあるものを策定すべき
- ▶ 政策の進捗状況を定期的にレビューし、内外のエネルギー・経済・環境情勢も鑑みつつ、目指すエネルギーミックスの見直しを適宜行うことが不可欠

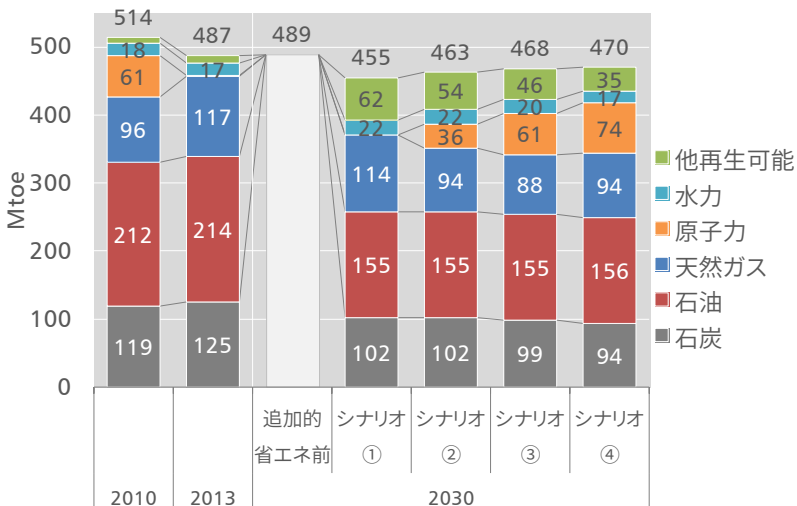
■ エネルギー政策に求められる方向性

- ▶ エネルギー政策の基本的視点である3E+Sは不変の評価軸
- ▶ エネルギー安全保障、気候変動対策は不断の強化が必要で、化石燃料の節減と自主エネルギー比率の引き上げは必須
- ▶ 目標に向けて、適切な政策を、しかるべきタイミングで、かつ社会への負担ができるだけ小さい形で展開する必要がある

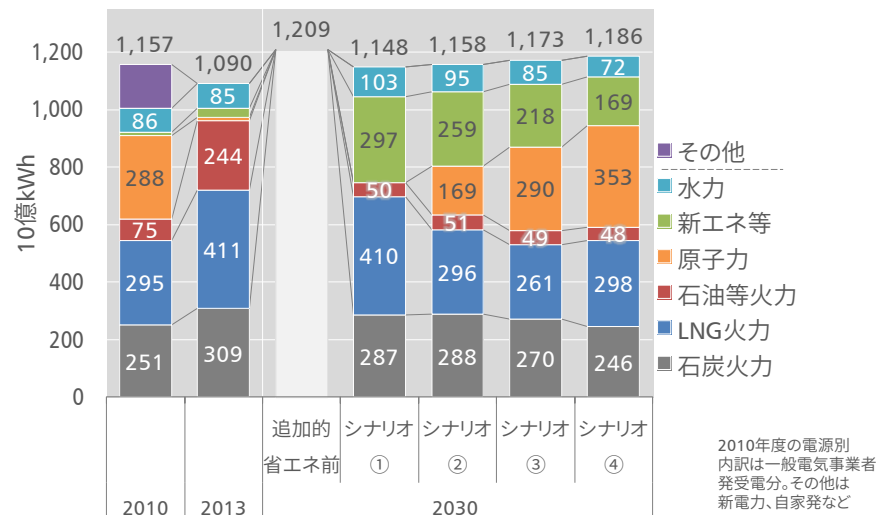


Annex | 主要指標

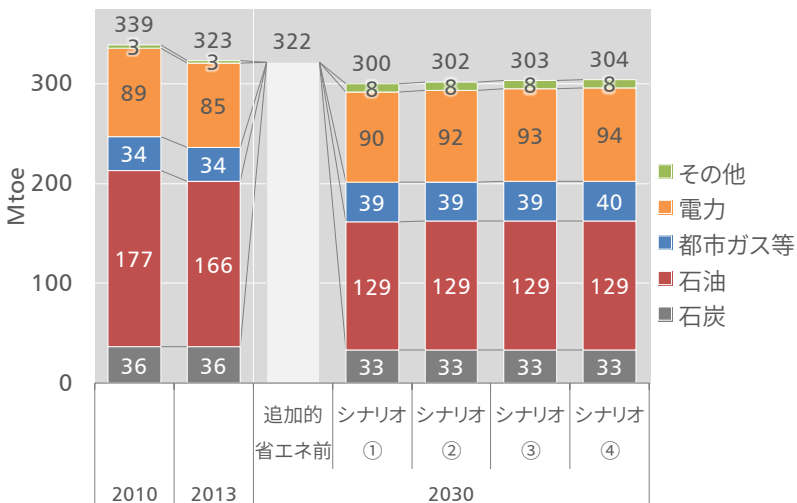
一次エネルギー国内供給



電源構成



最終エネルギー消費(エネルギー源別)



最終エネルギー消費(部門別)

