

エネルギー政策

Energy Policy



わが国エネルギー問題の現状

東京大学公共政策大学院

2012年4月16日(月)

小山 堅



第2回講義の構成

- わが国エネルギー市場の現状と課題
- 東日本大震災後のわが国エネルギー問題
- エネルギー政策見直しの課題



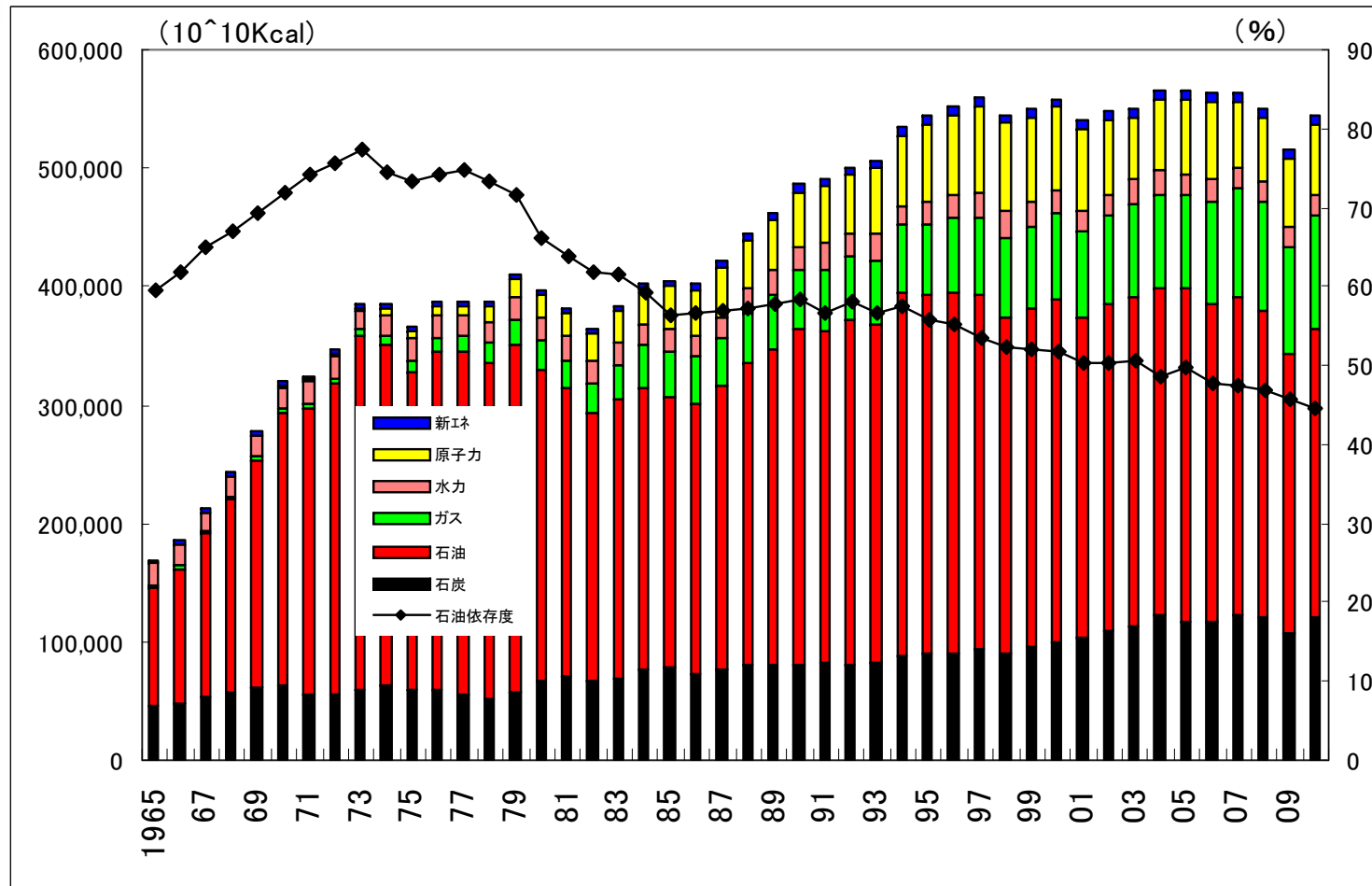
日本のエネルギー需給構造の特徴と問題点

- **世界有数のエネルギー消費・輸入大国**
 - エネルギー消費:世界5位、石油消費:世界3位、石油輸入:世界3位、LNG1位
 - ただし、世界におけるシェア、順位は低下
 - 成熟した市場。しかし、市場としての安定感・信頼性は高い
- **エネルギー供給の太宗は石油**
 - 2010年度のシェア:石油45%、石炭22%、天然ガス18%、原子力11%、水力3%、新エネ1%等
- **低いエネルギー自給率(高い輸入依存度)**
 - 水力・新エネ合計で4%。「準国産」の原子力と合わせても約16%
- **石油供給のほぼ全てを輸入に依存**
 - その他、天然ガス、石炭も輸入依存
- **石油輸入における高い中東依存度**
 - 原油輸入の約9割は中東からの輸入



日本の一次エネルギー供給の推移


石油依存度は着実に低下、しかし石油は現在もエネルギーの太宗



(出所)EDMC「エネルギー・経済統計要覧」等より筆者作成



日本が直面する課題

- 残る需給構造問題(高い輸入依存度、中東依存度等)
 - 国際エネルギー市場の需給構造の変化
 - 中国を中心にしたエネルギー需要の増大
 - エネルギー供給拡大に関する様々な制約要因の顕在化
 - 地政学的な要因の影響が強まる国際エネルギー市場
 - 地球環境問題への対応
 - 京都議定書への対応(CO2排出抑制) + ポスト京都
 - 経済成長・競争力強化(経済効率追求)の重要性
 - 東日本大震災によるエネルギー部門への深刻な影響
- 
- 3E (Energy security, Environmental protection, Economic efficiency)の同時達成にどう対応するか？ 5

東日本大震災とエネルギー問題

■ 国内問題

- 最重要課題としての福島第1原子力発電所での事態安定化
- 被災したエネルギー関連設備・インフラの復旧
- 今後の重要課題としての電力需給問題
 - 供給力復旧と拡大
 - 抜本的な省エネルギー・節電対策
 - 火力発電用の燃料の安定調達
- 中長期のエネルギー政策・対策に関する国民的議論
- 危機管理対策の重要性
 - 指揮命令系統、情報開示

■ 世界への影響

- 原子力政策
 - 原子力開発を巡る各国の状況、安全基準、etc.
- エネルギー需給
 - 天然ガス、再生可能エネルギー、省エネ...
- 温暖化問題
 - 京都議定書第1約束期間、ポスト京都、...
- 世界における日本
 - G8、日中韓、米国、ロシア、中東、等との日本の関係

東日本大震災の影響で停止した発電所

東北電力

女川原子力発電所	▲217万kW
仙台火力発電所	▲45万kW
新仙台火力発電所	▲95万kW
原町火力発電所	▲200万kW
上の岱地熱発電所	▲3万kW
合計	▲560万kW

東京電力

福島第一原子力発電所	▲470万kW
福島第二原子力発電所	▲440万kW
広野火力発電所	▲160万kW
常陸那珂火力発電所	▲100万kW
鹿島火力発電所	▲320万kW
東扇島火力発電所	▲100万kW
合計	▲1,590万kW

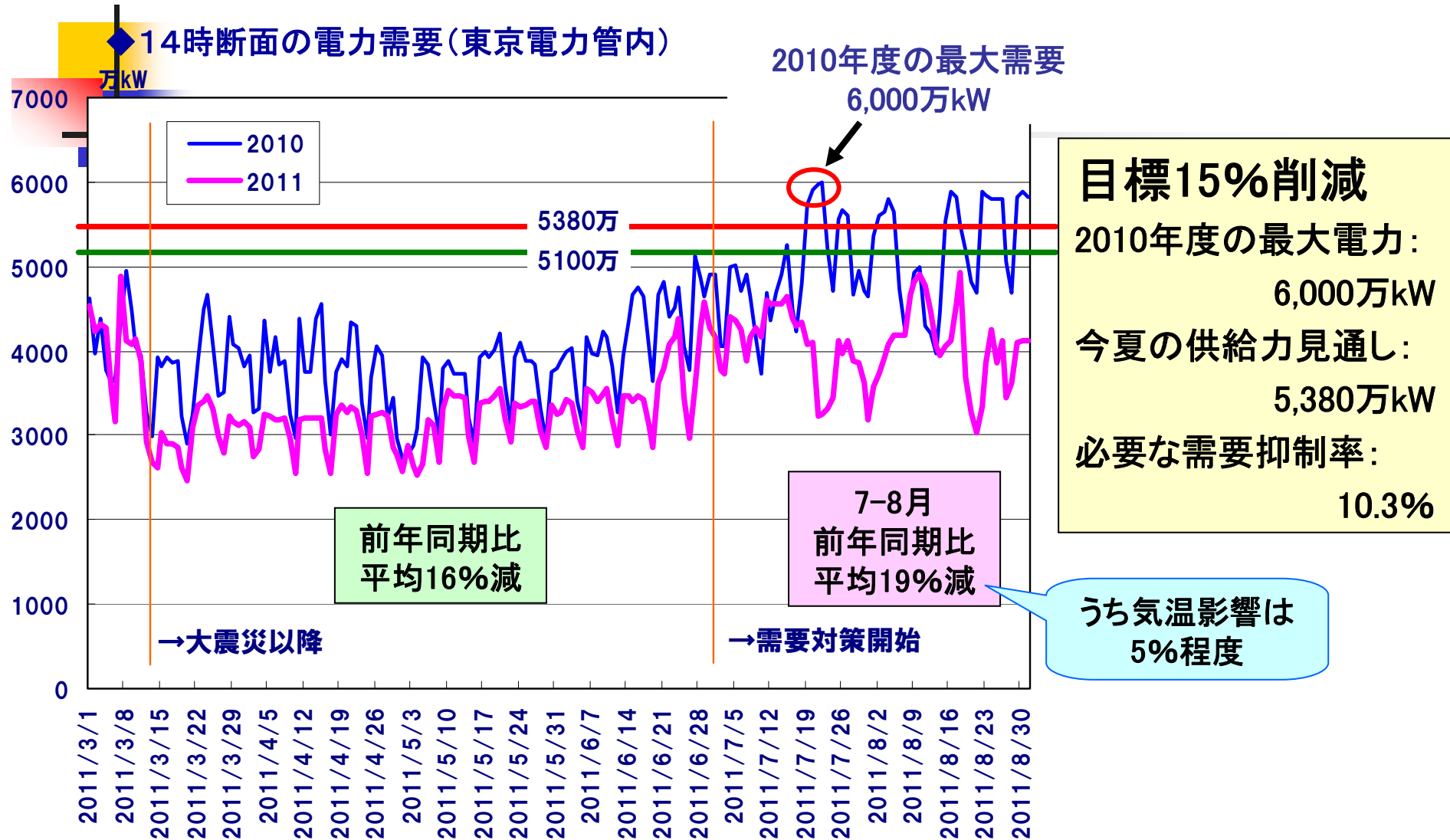
他社受電

新地発電所(相馬共同火力)	▲200万kW
勿来発電所(常磐共同火力)	▲145万kW
鹿島共同火力	▲105万kW
東海原子力発電(日本原電)	▲110万kW
合計	▲905万kW

(注)鹿島共同火力の運転・停止状況は不明のため長期停止中の2号機以外の合計値を記載



電力需給逼迫(2011年度・夏)



出所)東京電力資料よりエネ研作成

部門別に見た節電努力

- 家庭部門 : 気温の影響が大きいですが、目標に近い水準まで到達
- 小口需要家: 照明の間引きなど比較的節電余地があり、超過達成
- 大口需要家: 電力使用制限令により、目標遵守(超過達成)
(制限令違反者300件/大口需要家数19,000件)

◆電力需要の昨年比(東京電力管内)

kW	東京電力※1	国家戦略室※2
家庭	▲6%	▲11%
小口	▲19%	▲19%
大口	▲29%	▲27%
合計	▲18%	▲19%

◆電力販売量の昨年比(東京電力)

kWh	7-8月
家庭(電灯)	▲12.4%
小口	▲17.1%
大口	▲11.4%
合計	▲14.0%

出所)東京電力。国家戦略室「エネルギー環境会議」。一部エネ研推計

※1: 2010年7月23日(5,999万kW、最高気温35.7℃)と2011年8月18日(4,922万kW、最高気温36.1℃)との比較

※2 気温が同程度の日を選定して比較。9-20時



原子力発電所事故への対応

福島第一原子力発電所の安定化

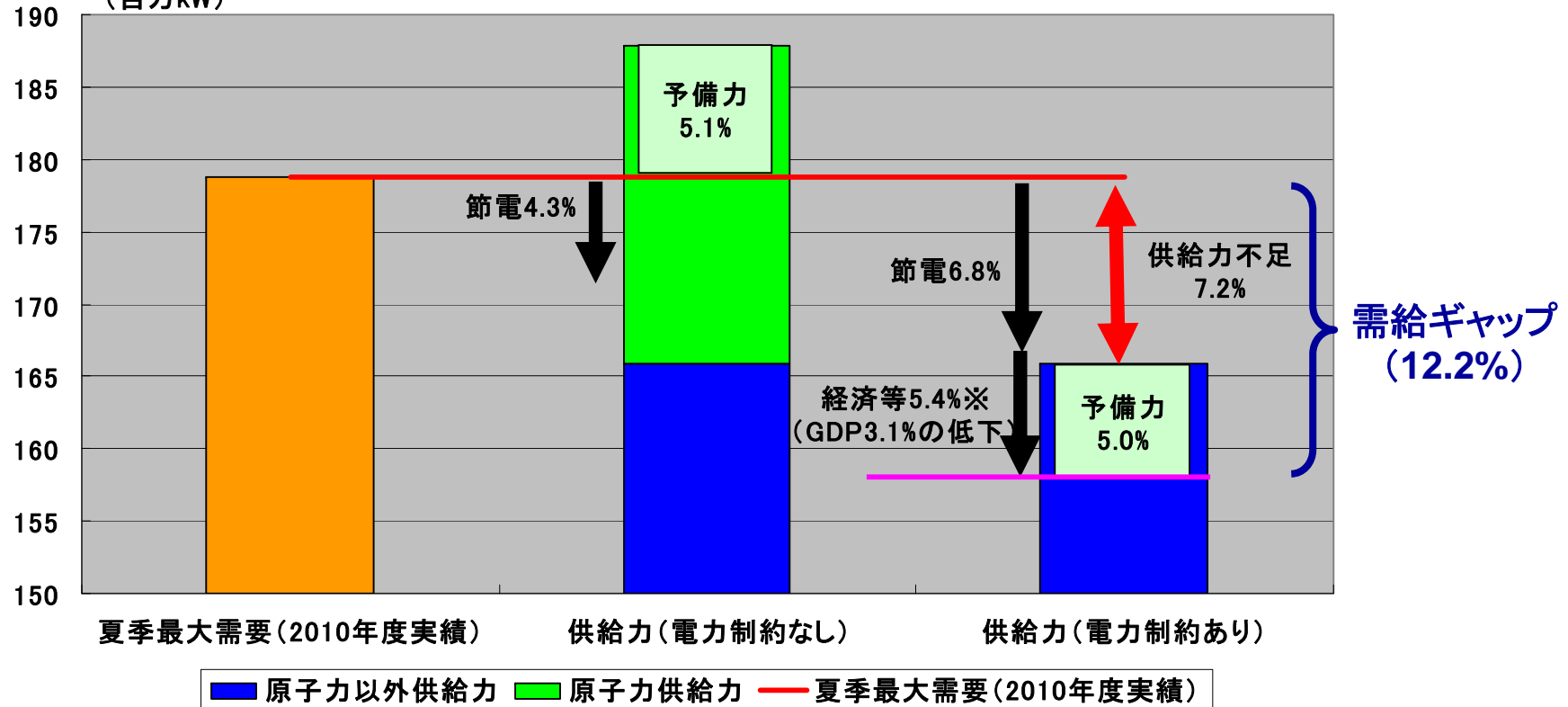
- 福島第一原子力の発電設備容量は、469.6万kW、第二は、440万kW。
- 設備容量4896万kW。設備容量ベースで25%、発電量ベースで30%が原子力。
- 日本全体で現時点、全54基のうち、稼働中1基、定検・停止中53基。
- 当面、安定化に向けた2つのステップを着実実施。2011年12月16日、「冷温停止状態」達成と「ステップ2」収束宣言
- 他の原発については、「緊急安全対策」による、津波対策を中心とした安全性の確保を実施。浜岡原発は、5/7の首相要請を踏まえ、停止へ。その後、「ストレス・テスト」導入と実施。テスト結果提出と検討開始。
- 定検後立ち上がらないと、日本全体の問題へ。2012年夏前のタイミングで全ての原子力発電が止まる可能性。



2012年度・夏の電力需給ギャップ

- 電力制約ありケースでは、需給ギャップを節電と経済活動を低下させることで対応

◆2012年度・夏の需給ギャップ対応 (百万kW)



※気温の影響も含む

出所) 沖縄電力除く。予測は日本エネルギー経済研究所。



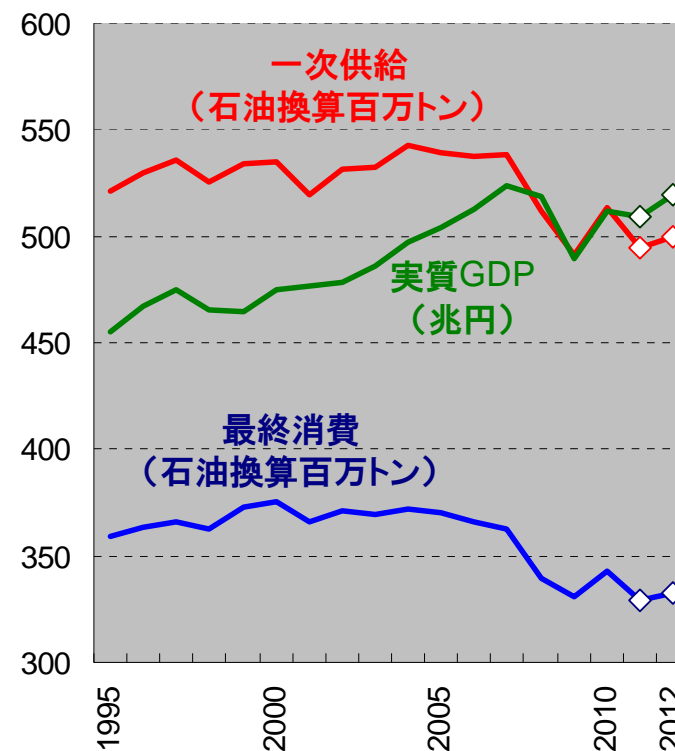
エネルギー需要の見通し

- 2011年度は、震災影響による経済の落ち込みに加え、節電、前年度の猛暑の反動などにより、エネルギー需要は減少。
- 2012年度(電力制約なしケース)は、景気回復に伴う生産活動の拡大などにより、エネルギー需要は再び増加。電力制約ありケースの場合は横ばいとなる。

◆ 実質GDPとエネルギー需給の見通し

		実績		予測		
		2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	
(年度)					電力制約なし	電力制約あり
実質GDP	兆円	495	511	509	519	510
	(前年比)	(-2.1)	(3.1)	(-0.3)	(1.9)	(0.1)
最終エネルギー消費	石油換算百万トン	331	343	329	333	329
	(前年比)	(-2.4)	(3.5)	(-3.9)	(1.1)	(-0.2)
一次エネ国内供給	石油換算百万トン	491	514	495	500	496
	(前年比)	(-4.0)	(4.6)	(-3.7)	(1.0)	(0.2)

出所)実績は内閣府、日本エネルギー経済研究所。予測は日本エネルギー経済研究所。



注)2012年度は電力制約なしケースを表示

2012年度一次エネルギー国内供給

- 2011年度は、経済の落ち込みや節電影響などにより減少。天然ガスが、原子力代替の発電用を中心に増加。原子力の減少により、CO₂は増加。
- 2012年度(電力制約なし)は、景気回復により増加。原子力は、対前年では回復するため、化石燃料は軒並み減少。CO₂は原子力の増加を受けて、減少。
- 2012年度(電力制約あり)は、経済が停滞するため、微増にとどまる。原子力はほぼゼロとなるため、化石燃料は軒並み増加。CO₂は増加。

◆ 一次エネルギー国内供給の見通し

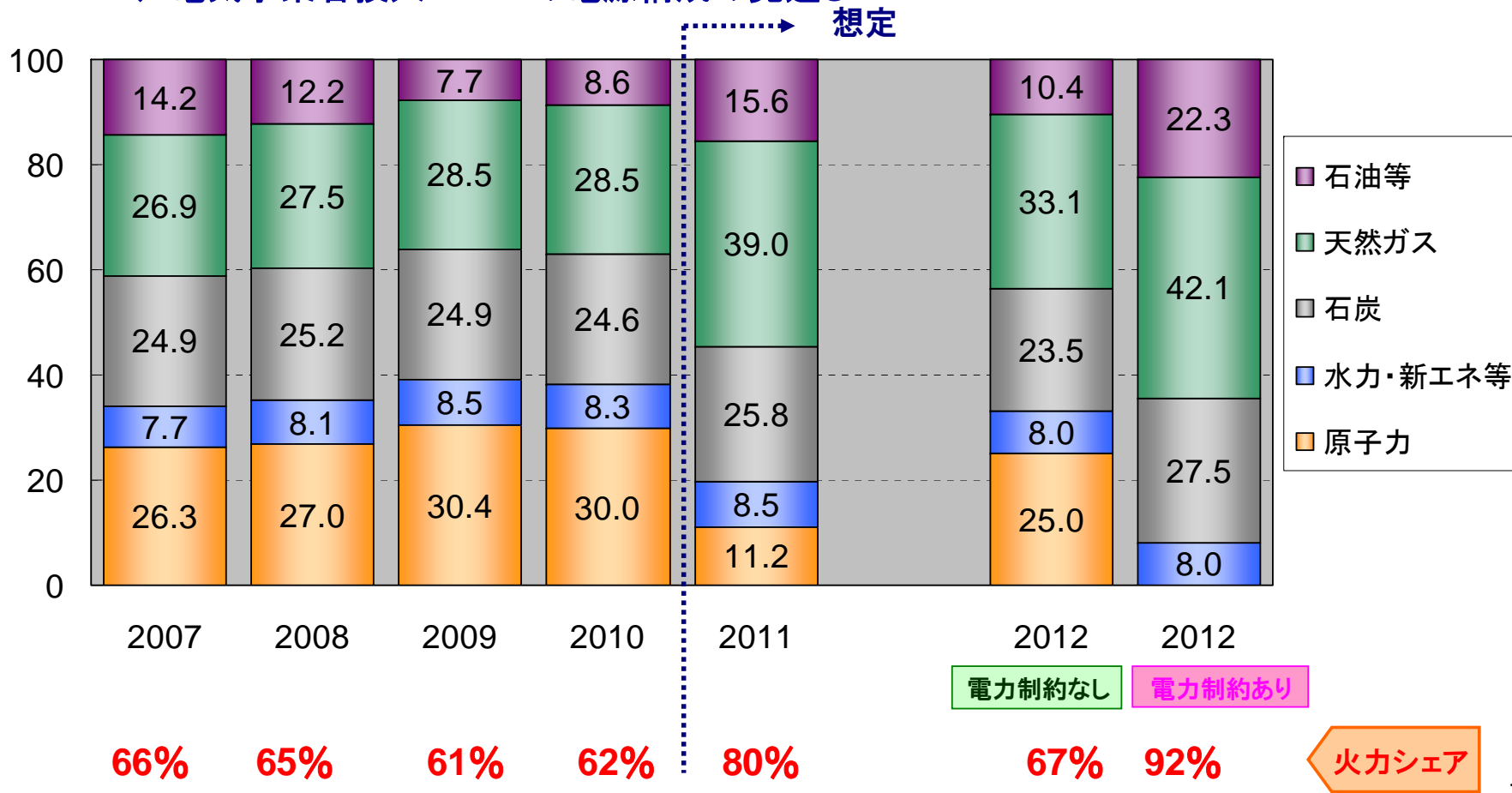
(石油換算百万トン)	実績	予測				前年度比増減率(%)			
		2010年度	2011年度	2012年度		2010年度	2011年度	2012年度	
				電力制約なし	電力制約あり			電力制約なし	電力制約あり
石炭等	120.2	119.2	117.1	124.1	11.4	-0.9	-1.8	4.1	
石油	212.3	216.0	204.9	226.1	1.2	1.7	-5.1	4.7	
天然ガス	95.5	113.6	104.7	121.5	5.8	19.0	-7.9	6.9	
水力	17.4	16.9	16.1	16.1	2.5	-2.8	-5.0	-5.0	
原子力	60.7	21.5	49.2	0.0	3.0	-64.5	128.2	-99.9	
新エネ等	7.7	7.6	8.1	8.0	3.7	-1.2	6.7	5.7	
合計	513.8	494.9	500.1	495.8	4.6	-3.7	1.0	0.2	
CO ₂ (百万トン) ※ (90年度=100)	1,122 (105.9)	1,146 (108.2)	1,086 (102.5)	1,209 (114.1)	4.3	2.1	-5.3	5.5	

出所)実績は日本エネルギー経済研究所、環境省。予測は日本エネルギー経済研究所。 ※ エネルギー起源CO₂

2012年度の電源構成

- 2012年度(電力制約なし)では、原子力シェアはやや低いものの、全体に占める火力シェアは60%台にとどまる。
- 2012年度(電力制約あり)では、火力シェアは90%を超える。

◆ 電気事業者投入ベースの電源構成の見通し



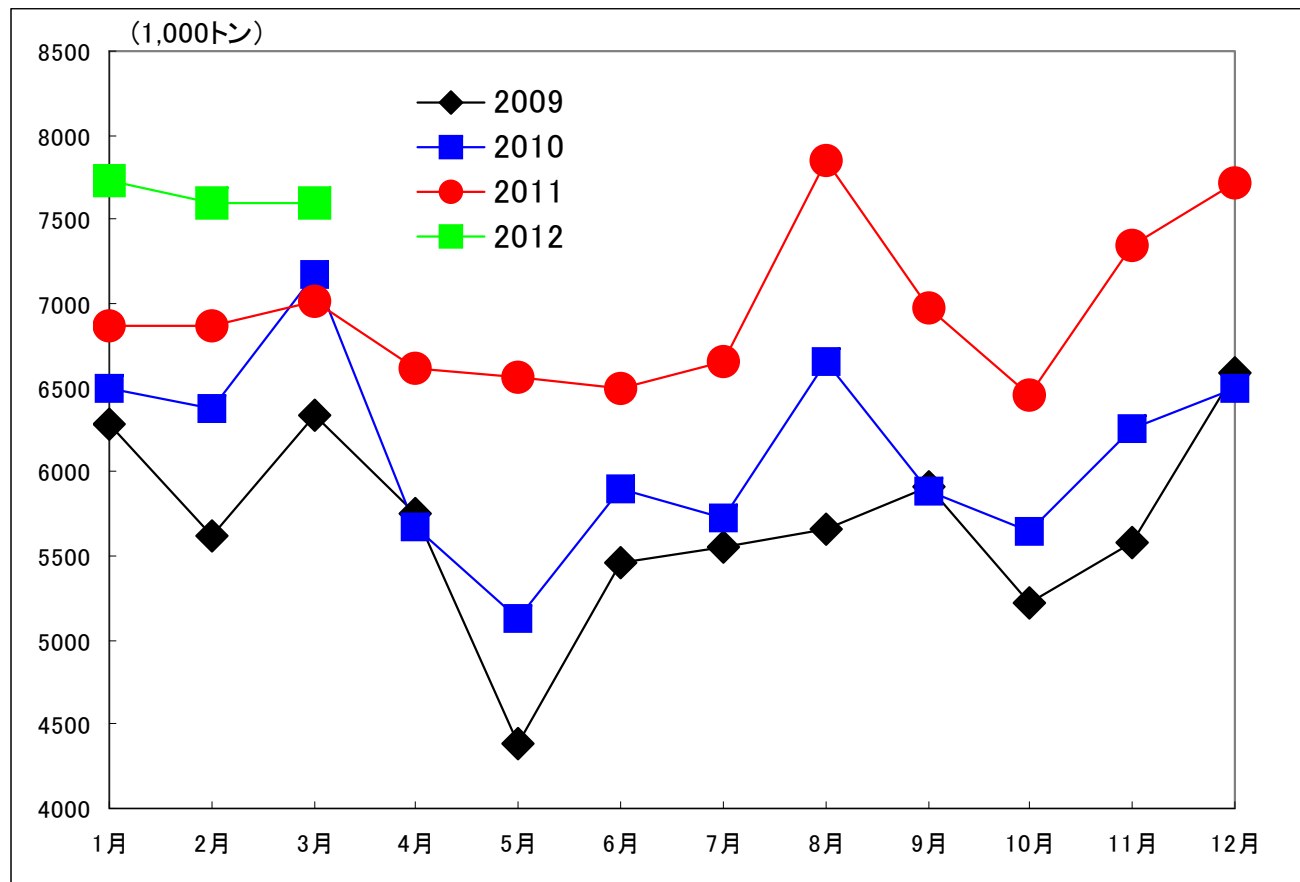
出所：実績、予測はエネルギー経済研究所。

火力シェア

震災後の日本のLNG需要・輸入

- 2011年4～12年2月の輸入は前年同月比で約1090万トン(16%)増加
- 2012年度の増分は、最大で約2000万トン程度増加する可能性も

日本の月次LNG輸入動向

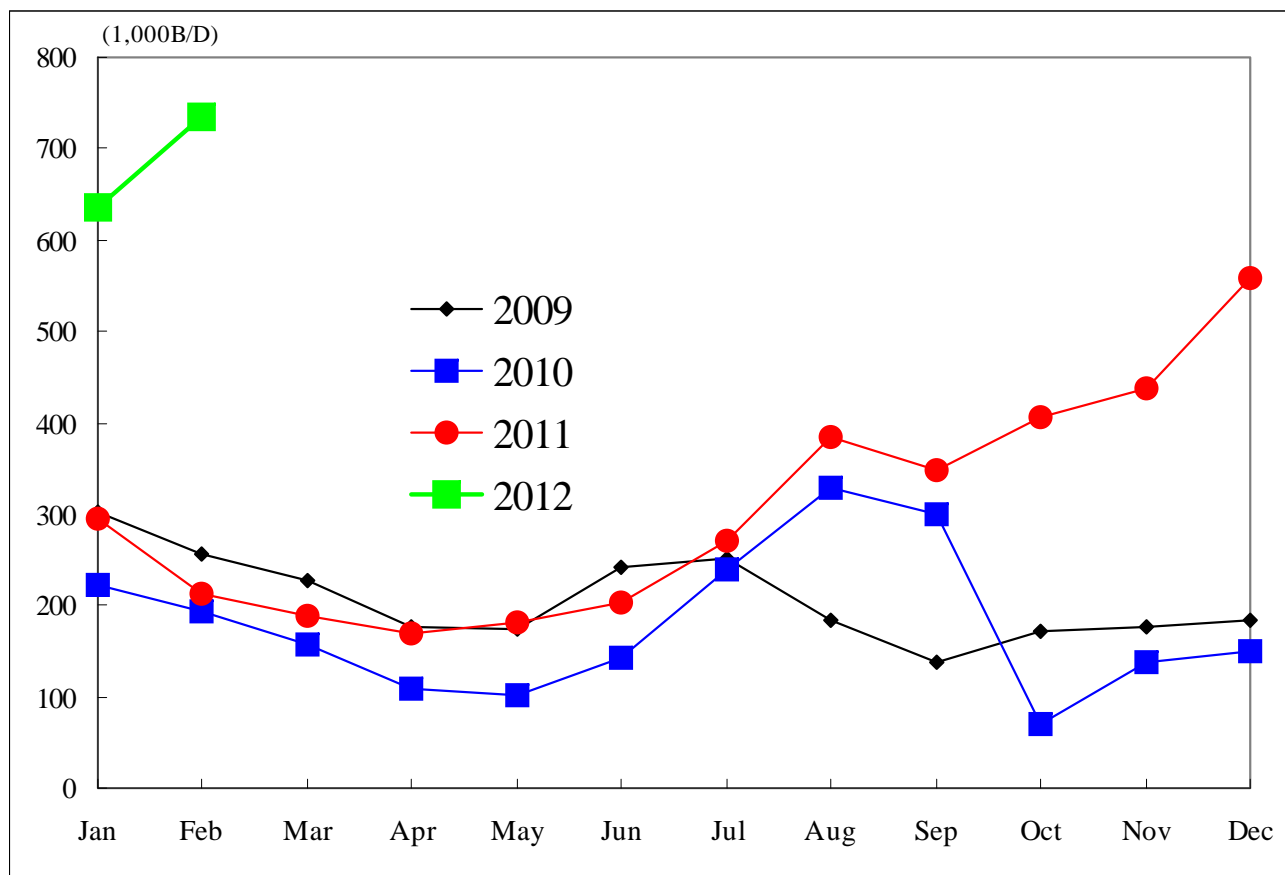


出所: 資源・エネルギー統計月報等より作成

震災後の日本の発電用原油・重油消費

- 2011年秋以降、発電用の原油・重油消費が急増
- 今後も大幅増加が継続する可能性も

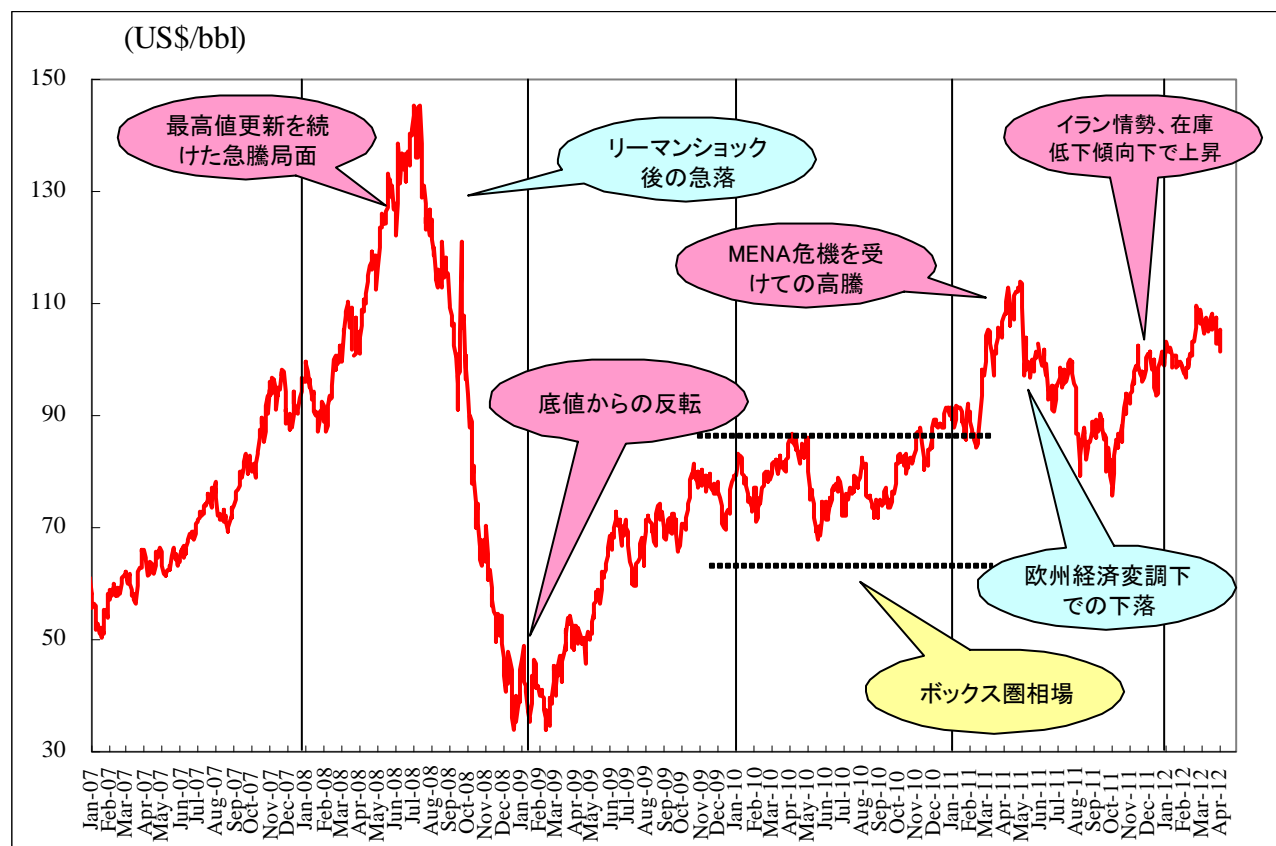
日本の月次発電用原油・重油消費輸入動向



出所: 資源・エネルギー統計月報等より作成

最近のWTI原油先物価格動向

2011年は、前半急騰から後半低下と激しい展開。先行きも不透明

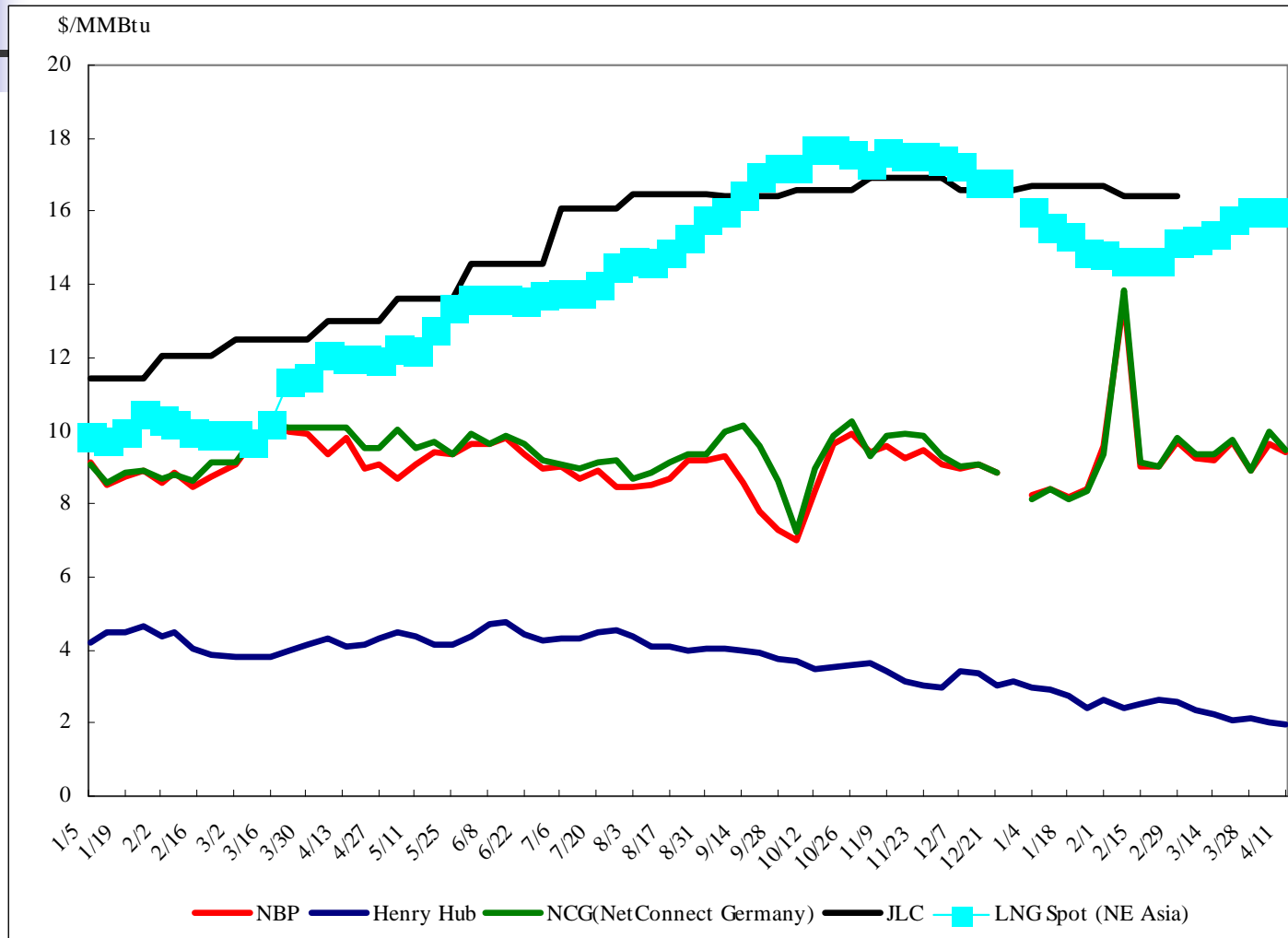


(出所)NYMEX資料等より作成

- 2011年のWTI平均(期近物、終値)は95ドル
- 2010年に比べて、水準は上昇、変動幅も増幅
- 前半はMENA情勢もあって高価格、後半は欧州経済不安もあって低下
- 11月以降、地政学リスク要因の影響もあって再び上昇、一時は100ドル超も

2011年以降の国際天然ガス価格の動向

- Henry Hub価格は地震発生後も安定。最近はさらに低下。欧州価格は\$8-10/MMBtu前後
- アジア向けスポットLNG価格は17ドル台まで上昇後、最近は16ドル台で推移。





ホルムズ海峡概略図

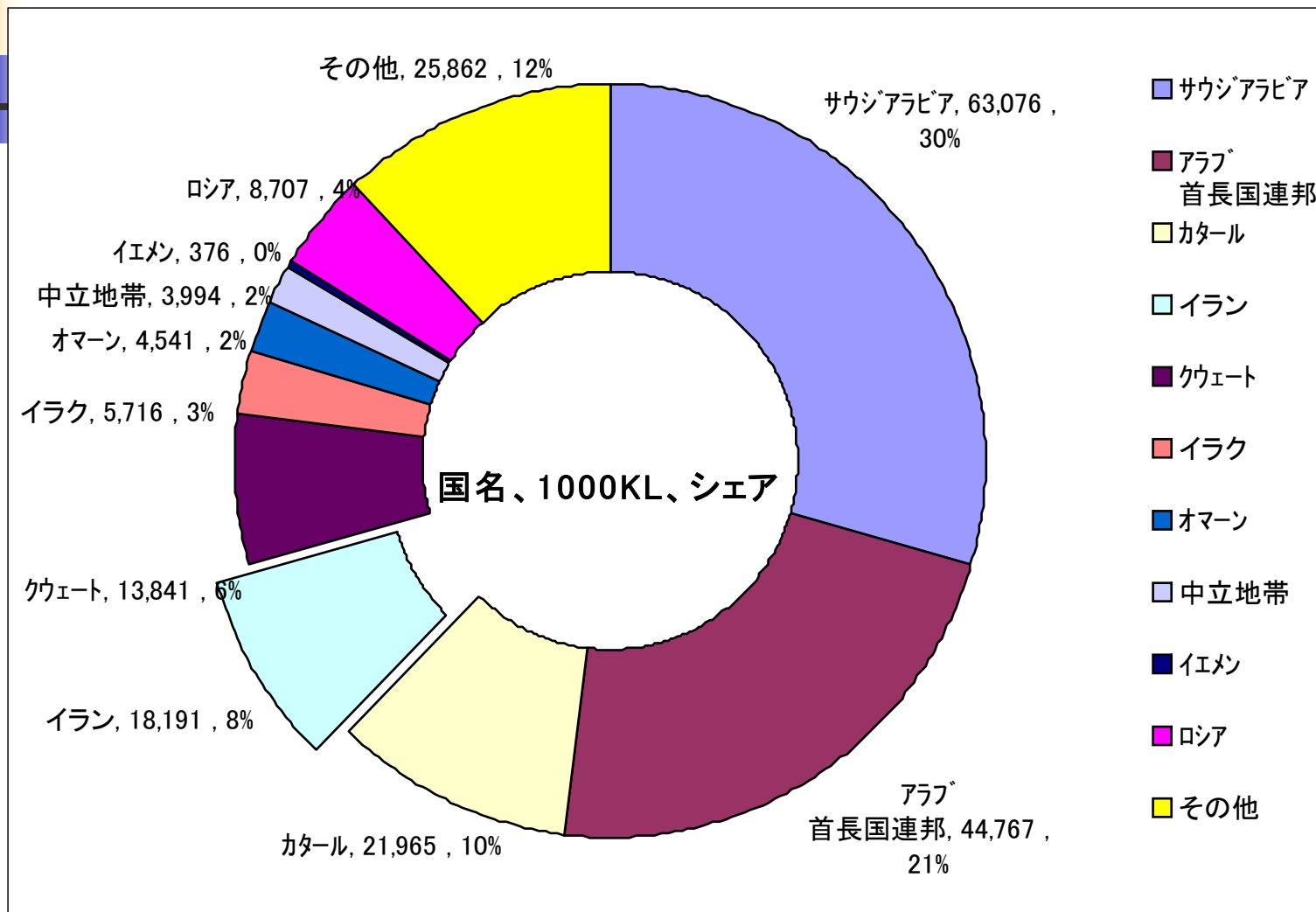


- ・石油通行量: 1700万B/D超
(世界の石油生産の約2割)
- ・LNG通行量: 8260万トン超
(世界のLNG生産の約3割)

- ・ペルシャ湾向けおよびインド洋向け、双方に幅2マイルの通行路
- ・間に幅2マイルの緩衝帯

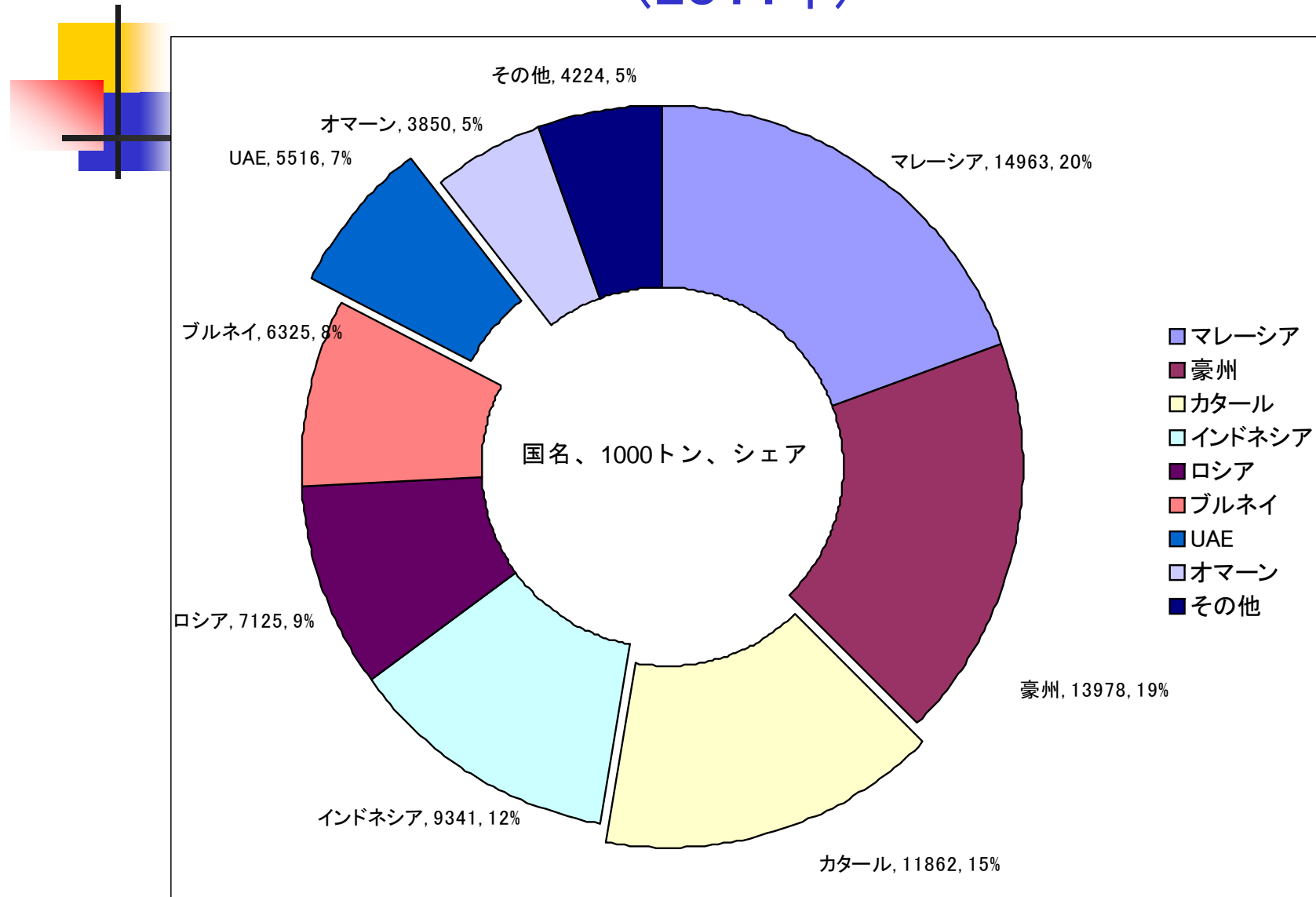


わが国の国別原油輸入(2011年)



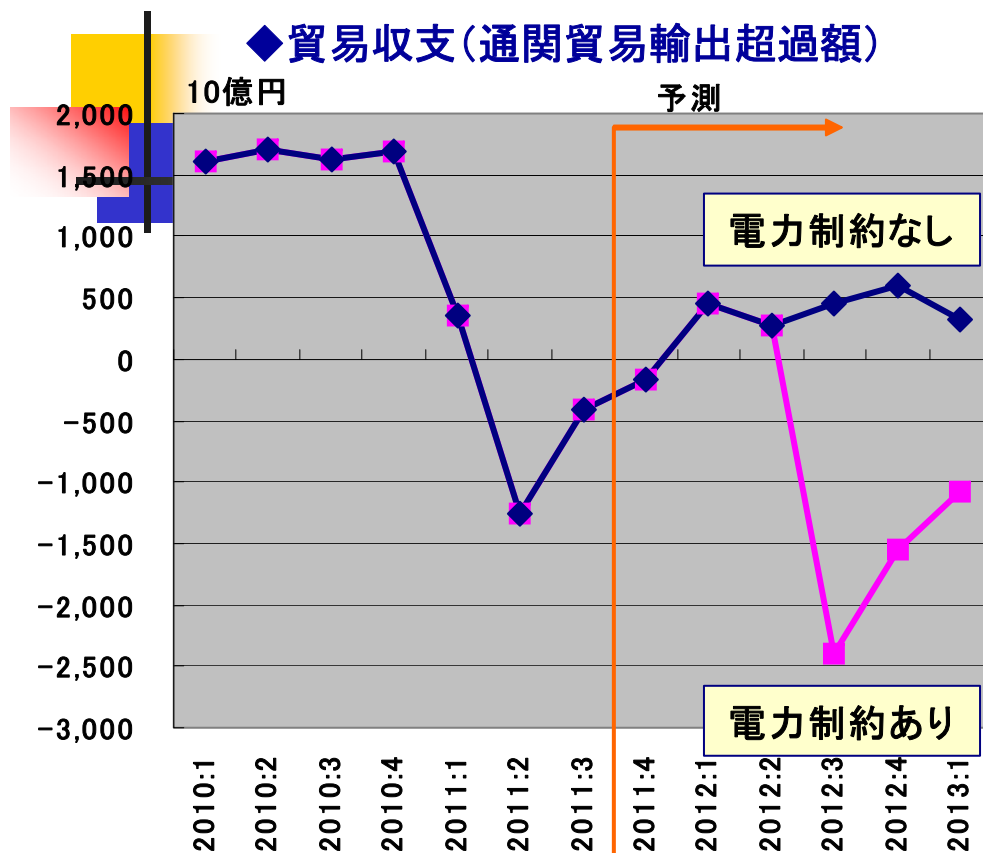
(出所)通関統計等より作成

日本の国別LNG輸入状況 (2011年)



出所: 資源・エネルギー統計月報等より作成

化石燃料輸入の増加



《2012年度》

・化石燃料輸入量の増減
(2010年度比)

【電力制約なし】

石炭:500万トン減
石油:800万KL減
LNG:700万トン増

【電力制約あり】

石炭:630万トン増
石油:1,510万KL増
LNG:2,000万トン増

・化石燃料輸入金額の増減
(2010年度比)

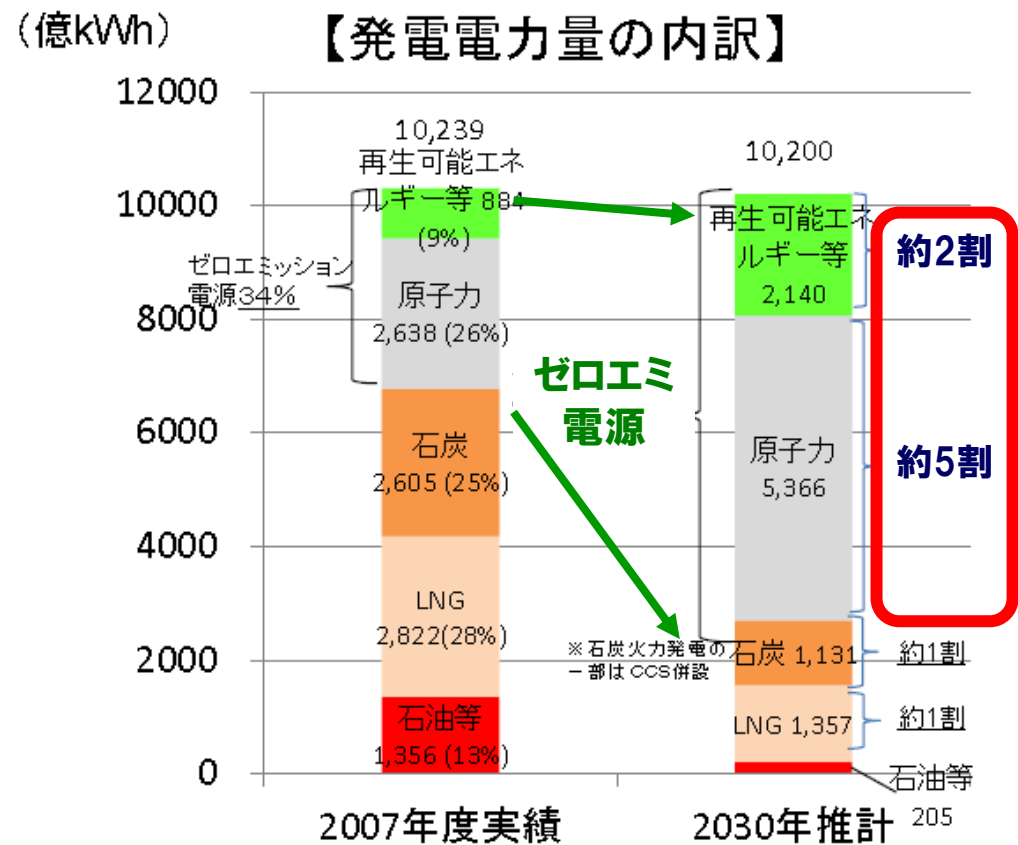
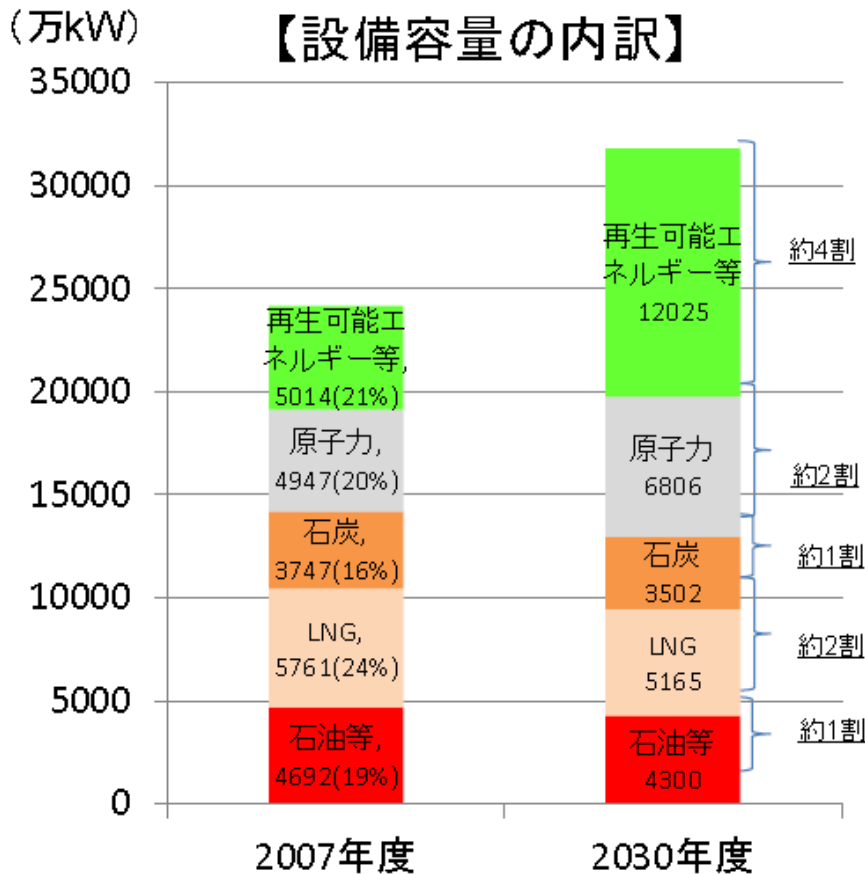
【電力制約なし】 2.6兆円増

【電力制約あり】 4.6兆円増

(兆円)	2010年度	2011年度	2012年度	
			制約なし	制約あり
輸出額	67.8	67.1	70.5	64.5
輸入額	62.4	68.5	68.9	69.3
うち化石燃料	16.4	20.6	19.1	21.1
通関出超額	5.4	-1.4	1.7	-4.7

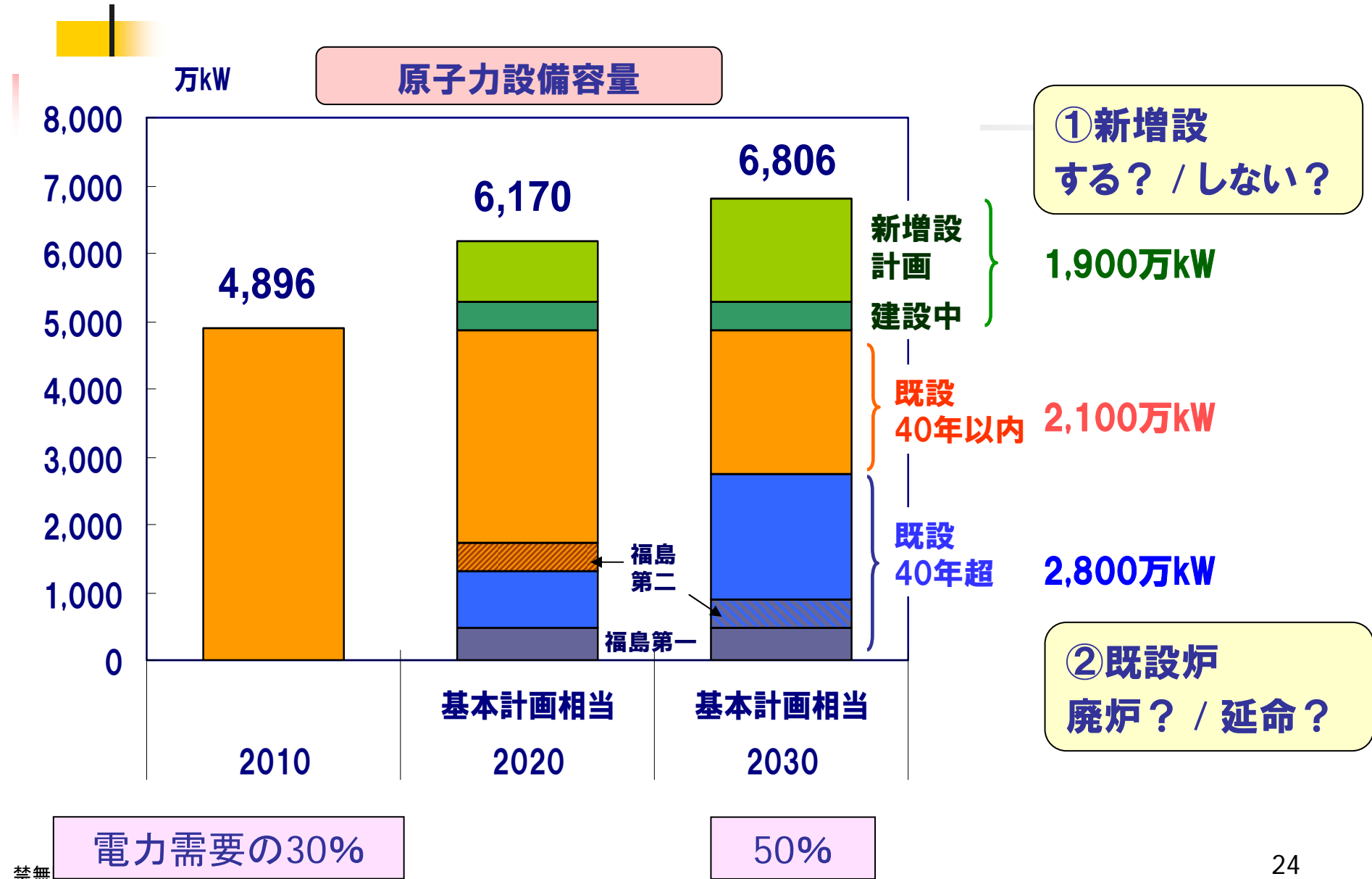
【エネルギー基本計画】電源構成

- **原子力14基の新增設、設備利用率を60%→90%へ**
- **再生可能エネルギーを2.4倍導入(水力以外は約15倍)**
- **ゼロエミッション電源比率を34%→70%程度に**





今後の原子力発電能力はどうか？





原子力に代わる電源の考え方

①省エネルギー(省電力)の徹底

- コストメリットが大きい
- 経済的インセンティブの付与

②分散型電源の普及

a) 再生可能エネルギー

- コストや外部不経済などに配慮しながら最大限導入
- 時間軸を意識した導入目標と支援策

b) コージェネレーション・燃料電池

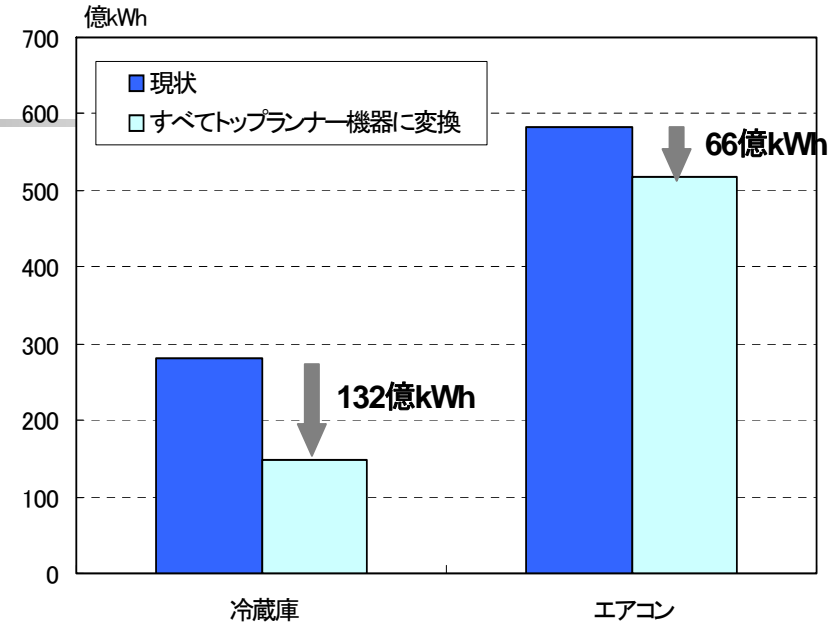
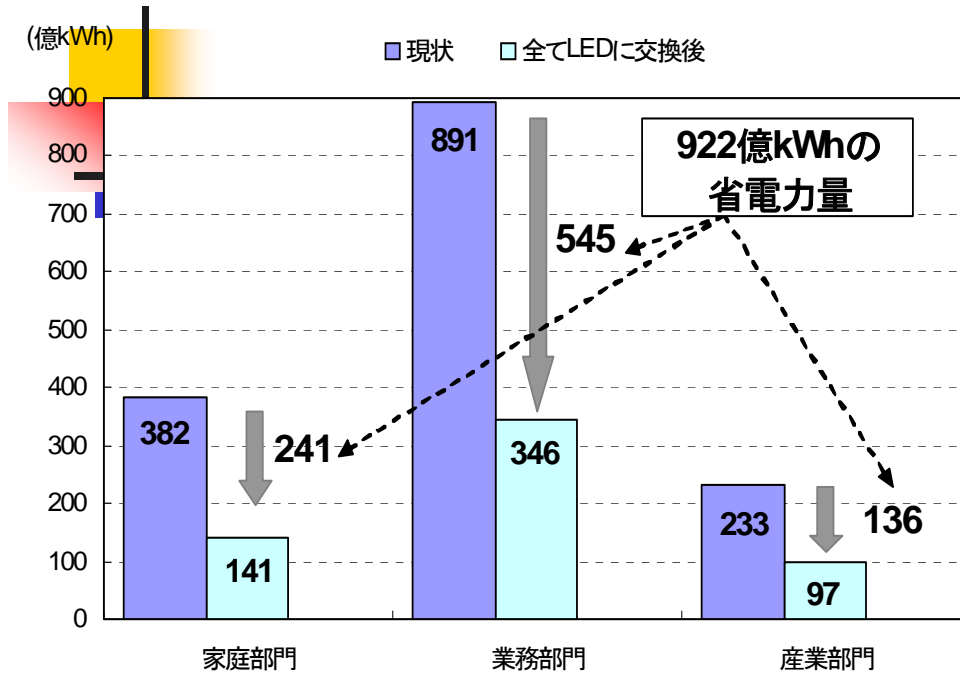
- 化石燃料(ガス・灯油)の高度利用(電力と熱の有効利用)
- ピーク抑制やバックアップ電源(再エネの不安定性を吸収)

③火力発電は不可欠

- 供給安定性(ベースロード、ピーク対応)を鑑みれば重要性は高まる
- コストや環境性に配慮した火力ミックス



照明・家電機器の省電力ポテンシャル(日本)



照明のLED化で抑制できる電力量は922億kWh。総電力需要の9%に相当する。

また、原発13基、太陽光8800万kW、または風力発電5300万kWの発電量に相当。

保有機器のトップランナー化で、冷蔵庫、エアコン合計で241億kWhの省電力。総電力需要の2%に相当。

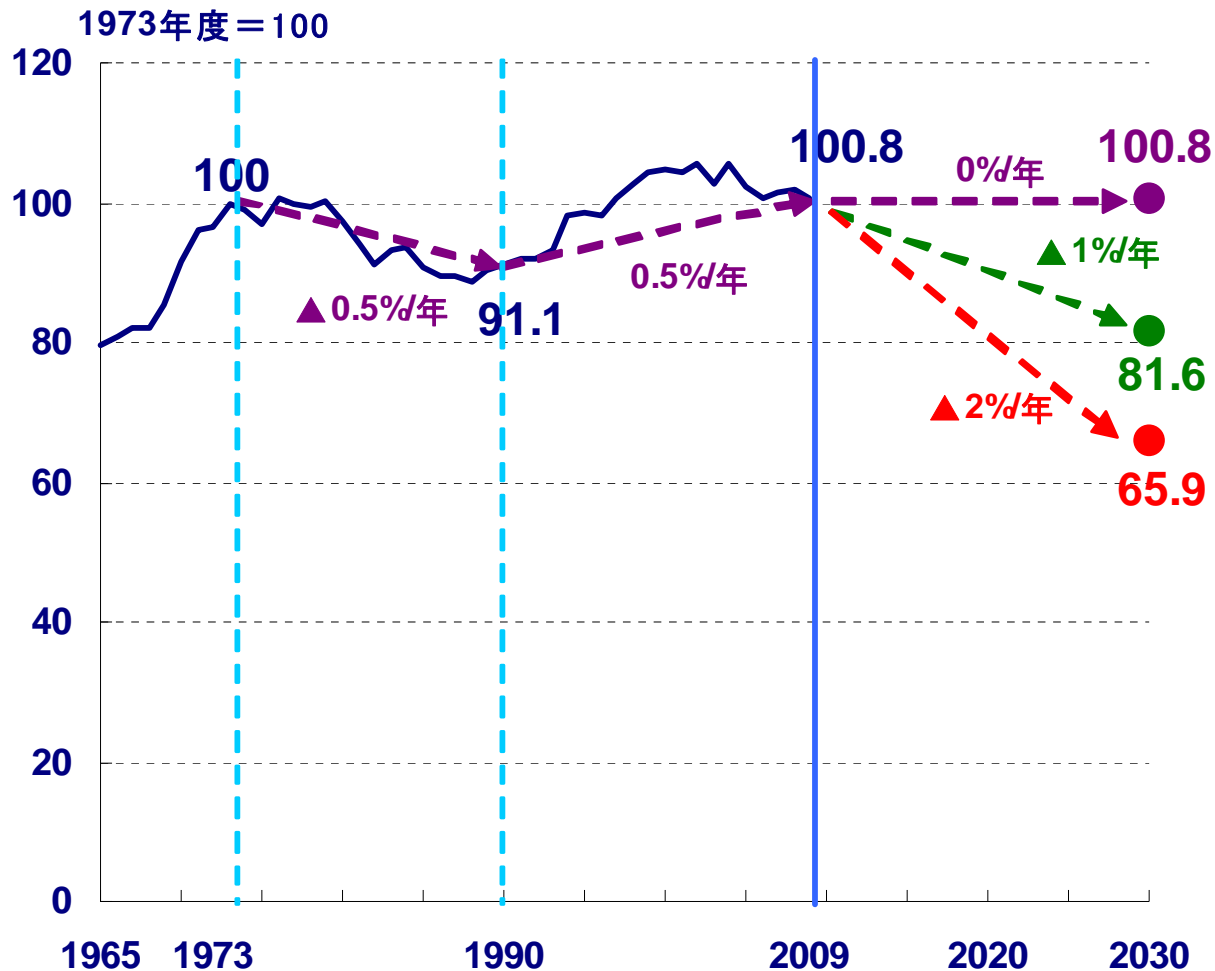
また、原発3基、または太陽光1900万kWの発電量に相当



省エネルギー(省電力)の見通し

●電力需要を減らすには、過去の省エネ速度を上回る改善が必要

電力需要のGDP原単位



2030年までの
平均経済成長率を1%
とすると、
電力需要は現在より

23%増

0%

19%減

年率1.5%程度の
省エネで、
約10%削減



原子力1基(100万kW)の代替電源

	設備容量 (万kW)	設備利用率 (%)	用地面積 山手線内:63km ²
原子力	100	80.0	
太陽光	667	12.0	山手線内
風力(陸上)	400	20.0	山手線の3.5倍
風力(洋上)	267	30.0	
小水力	100	80.0	
地熱	114	70.0	

CO₂排出量

石油	267	30.0	476万トン
LNG	133	60.0	297万トン
石炭	114	70.0	571万トン

需要面の対応を考えると

省エネルギー(10%省電力)

原子力:1425万kW

太陽光:9500万kW に相当

新・再生可能エネルギー導入の課題

- 供給の不安定性（天候などの自然環境に依存）
- 低いエネルギー密度（供給量不足）
- 経済性（高コスト）⇒ 技術開発の促進、普及促進策
- 技術開発および普及促進策の優先度
- 系統安定化対策（発電の場合）
- ライフサイクルの視点からの環境負荷の再検討（特に製造時）

LCA: Life Cycle Assessment

- 長期的なエネルギー政策における新・再生可能エネルギーの位置付け（環境 or エネルギーセキュリティ）
- 産業政策との整合性（新規産業の創生）



再生可能エネルギー導入の課題

◎ 欧州における導入の過熱

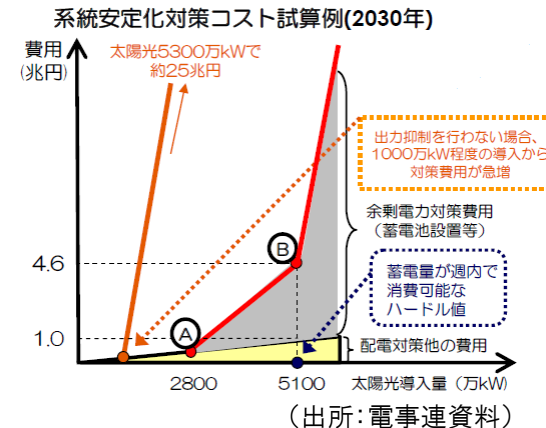
- ・ スペイン等の諸国では、**固定価格買取制度の導入に伴う費用負担が過大**となり、買取価格の減額、買取対象の限定、買取量の上限設定等の**追加対策を急遽講じたことにより、導入に大きな障害を来した**例が見られる。
- ・ ドイツにおける2011年の電気料金へのサーチャージは、約3.5円/kWh。

◎ 買取制度による費用負担

- ・ 経済産業省によれば、**買取制度による費用負担は年間4600～6300億円程度**(2020年に太陽光3000万kW、風力500～800万kW程度の場合)。
- ・ 2020年に**9900万kWの太陽光導入を行う場合、累積で30兆円程度の費用負担が必要**、との試算も。

◎ 系統安定化対策費用

- ・ 2020年までに2800万kWの太陽光導入のために必要な**系統対策のコスト**は、年間14日の出力抑制を行う場合で**累積4.3兆円**。



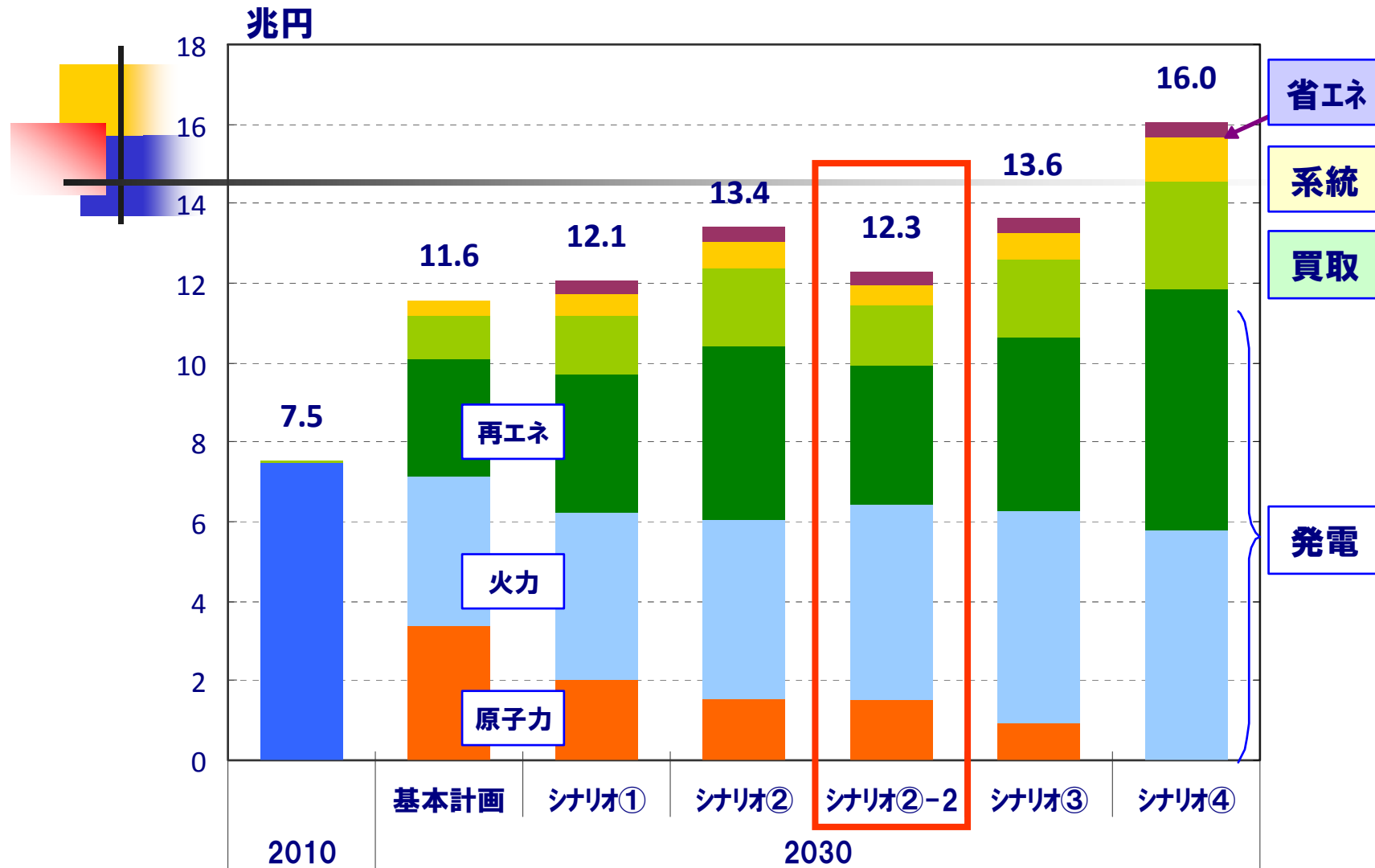
電源構成の複数のシナリオ案 発電電力量の内訳:2030年

	省エネ ^{注1} +コジェネ	原子力	再生可能 エネルギー	火力	ゼロエミッ ション
基本計画	0%	約50%	約20%	30%	70%
シナリオ①	15%	30%	25%	30%	70%
シナリオ②	15%	25%	30%	30%	70%
シナリオ②-2	15%	25%	25%	35%	70% ^{注2}
シナリオ③	15%	15%	30%	40%	60%
シナリオ④	15%	0%	40%	45%	55%

注1)正確には「省エネ・コジェネ」は電源構成の内訳として分子に計上されるものではなく、発電量の分母から控除されるべきものであるが、ここでは基本計画と比較する上での分かりやすさから、分子として表現する。

注2)シナリオ②-2は、火力シェアの割合は増えるが、火力内訳の変更により、電源からのCO2排出量をシナリオ②と不変としている。

電力コストの試算値



出所)コスト等検証委員会の試算値などを使用して試算(発電・買取コストは上下限平均を採用)

注)系統安定化コストは、周波数・電圧制御対策などは含まれていない。
また、発電コストには電源線費用は含まれていない。
2010年の実績値は一般電気事業者及び卸電気事業者の有価証券報告書から推計

東日本大震災と電気事業体制に関する論点

【理由】

- 東電の福島第一原子力発電所事故の賠償資金確保のため改革が必要(送電部門の売却など)
- 原子力発電保有に伴うリスク拡大に対応するため改革が必要(全国会社化、国有化など)
- 再生可能エネルギーの普及拡大には発送電部門の分離が必要
- そもそもこういう事態が起きたのは電力会社の独占体質が問題であり、何らかの改革が必要

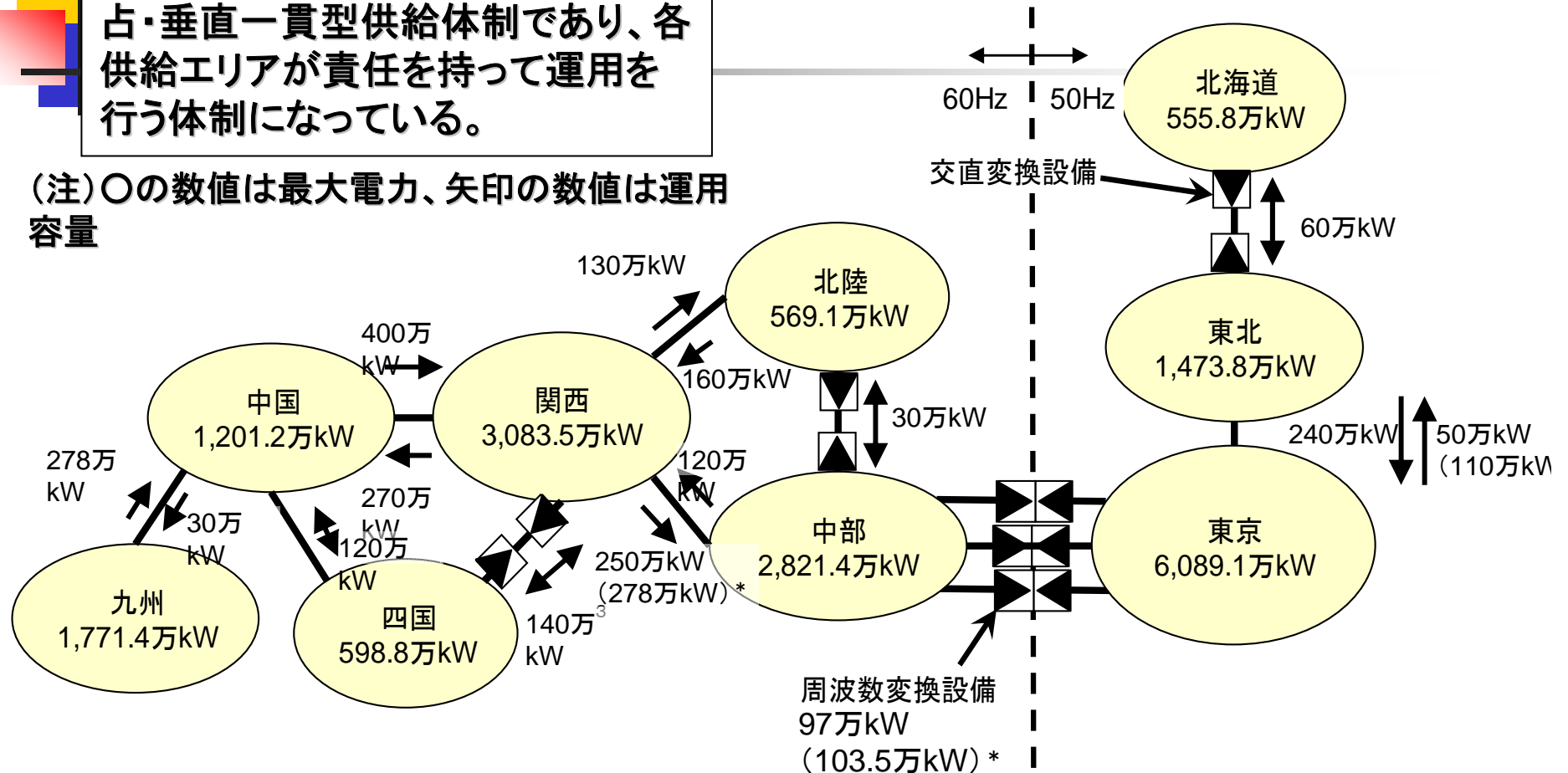
【提案】

- a. 9電力体制の見直し: 地域独占の見直し or 集約化
- b. 発電電一貫体制の見直し: 送電部門の開放
- c. 電力自由化の促進: 一層の競争促進
- d. 周波数変換能力の増強
- e. 需要家の選択を広げる、
- f. 価格メカニズムの有効利用、他

日本の電気事業の系統構成

日本は世界的にも珍しい地域独占・垂直一貫型供給体制であり、各供給エリアが責任を持って運用を行う体制になっている。

(注)○の数値は最大電力、矢印の数値は運用容量



* 1: 東北地方太平洋沖地震の影響に伴う東北エリアの電力不足を補うため、複数ルートを併用運用している期間のみ
 * 2: 東北地方太平洋沖地震の影響に伴う東日本の電力不足を補うため、東京向きの運用容量を暫定拡大している期間のみ。
 * 3: 浜岡原子力発電所の全台停止に伴う中部エリアの電力不足を補うため、中部向きの運用容量を暫定拡大している期間のみ。
 (注)○の数値は最大電力、矢印の数値は運用容量
 (出所)電力系統利用協議会、「各地域間連系設備の運用容量算定結果～供給信頼度評価報告書(平成23年度 定期評価ベース)～」

電気事業制度改革の概要

① 1995年電気事業法改正

- IPP(卸供給事業者)の導入、選択約款の柔軟化、ヤードスティック査定の導入等

② 2000年電気事業法改正

- 小売部分自由化(2,000kW以上)、PPS(特定規模電気事業者)の導入、料金引下げ時の届出制の導入等

③ 2003年電気事業法改正

- 小売部分自由化範囲の拡大(2004/4より500kW以上、2005/4より50kW以上)、中立機関・電力取引所の設立、振替料金の廃止等

④ 2008年制度答申

- 小売全面自由化見送り、発電・卸電力市場の競争環境整備、同時同量・インバランス制度の見直し、託送供給料金制度の見直し、安定供給・環境適合を踏まえた見直し

従来は電気事業の効率化の観点で制度改革が実施されたが、近年、安定供給の視点が強化された。今後は再生可能エネルギー導入拡大等、新たな動きへの対応からの見直しが行われる予定。

自由化モデルの考え方

自然独占理論(=規模の経済性)

↓
コンテストブル・マーケット理論

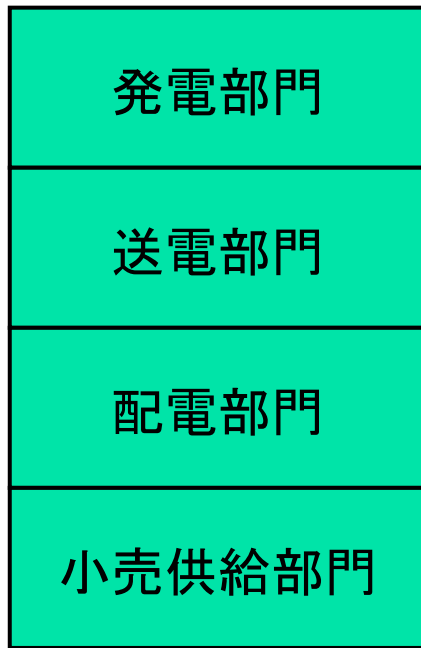
自然独占の程度、技術進歩などによる自然独占性の変化の見通し、独占と規制に係る相対的な社会的費用の大きさによっては、自由化が正当化されるとする考え方

自由化範囲の拡大が各国で進展

2000年夏～カリフォルニア電力危機
2001年エンロン破綻
2003年米国北東部停電
2003年イタリア大停電

バンドルされた
電気事業体制

アンバンドルされた
電気事業体制



自由化部門

プール市場(取引所)導入

規制部門

第三者アクセス開放、託送料金規制

自由化部門

需要家の供給者選択自由化、ユニバーサル・サービスの確保

多様な発送電分離の形態

(a) 所有分離:

送配電部門と発電・小売部門を資本関係も含めて完全に分離

(b) 法人分離:

送電会社を別会社化するが、資本関係は維持。持株会社を組織して発電・小売事業者と送電事業者を傘下に置くなどの形態

(c) 会計・機能分離:

組織的に発送電一体を維持するも、会計諸表の分離や送電部門の得た情報の目的外利用の禁止などの行為規制を適用

(d) 独立システムオペレーター(ISO):

送電設備は電力会社が引き続き所有しつつ、設備の運用だけを非営利の独立機関が担当する