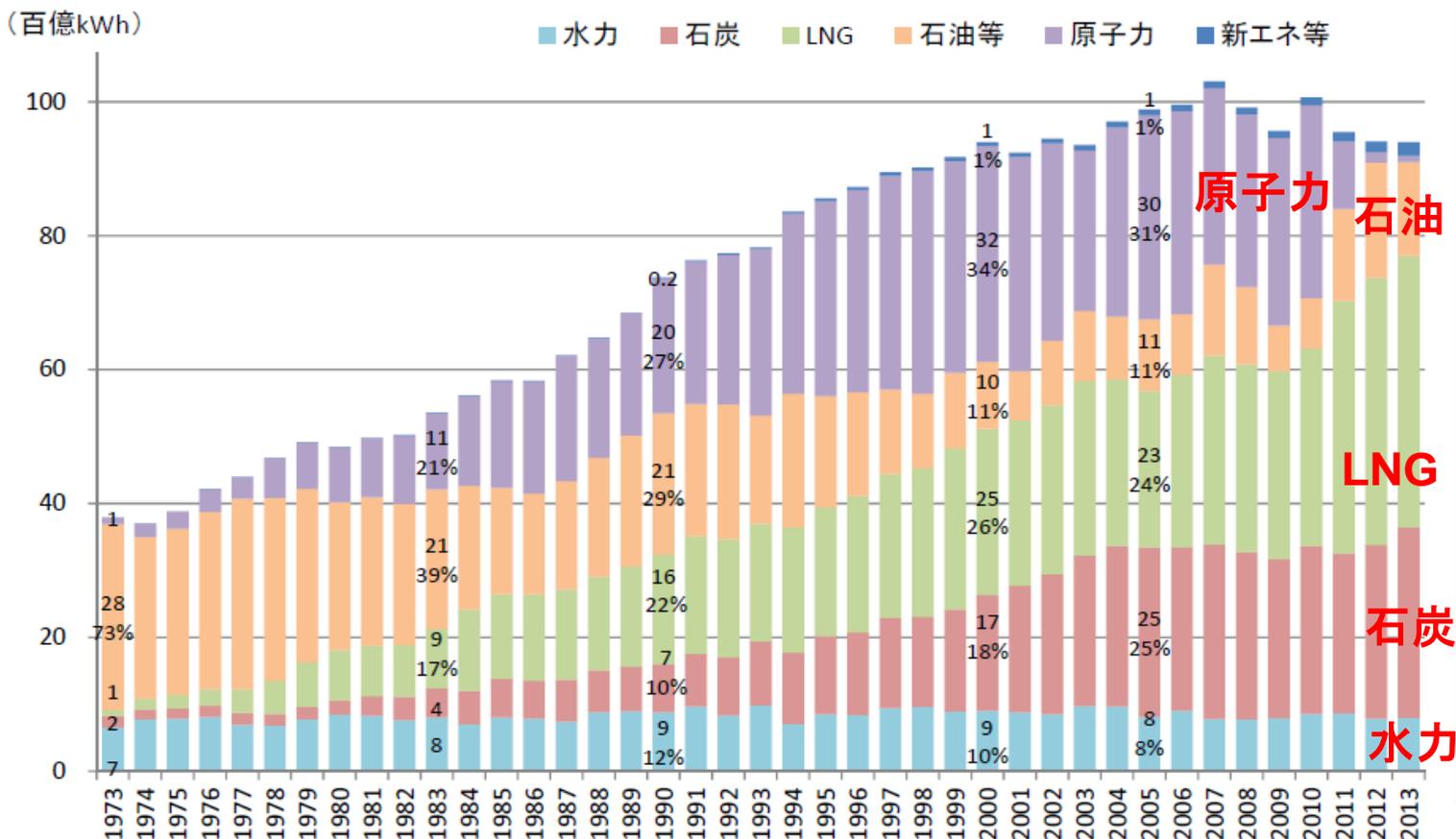

エネルギー安全保障を含む 我が国のエネルギー政策のあり方

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)
システム研究グループ グループリーダー
秋元 圭吾



発電電力量の推移



2010	2011	2012	2013
1 1%	1 1%	2 2%	2 2%
29 29%	10 11%	2 2%	1 1%
8 7%	14 14%	17 18%	14 15%
29 29%	38 39%	40 42%	41 43%
25 25%	24 25%	26 28%	28 30%
9 9%	9 9%	8 8%	8 9%

出典) 総合資源エネルギー調査会、基本政策分科会、2014

オイルショック当時、石油に大きく依存。その後、エネルギーの多様化を図ってきた。
震災後、LNG、石油等の化石燃料発電の比率が増大。化石燃料の大部分は海外からの輸入

発電コストWGによる2014年時点の電源別コスト推計

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	地熱	一般水力	小水力(80万円/kW)	小水力(100万円/kW)	バイオマス(専焼)	バイオマス(混焼)	石油火力	太陽光(効)	太陽光(住宅)	ガスコジェネ	石油コジェネ
設備利用率	70%	70%	70%	20%	83%	45%	60%	60%	87%	70%	30・10%	14%	12%	70%	40%
稼働年数	40年	40年	40年	20年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	20年	20年	30年	30年
発電コスト(円/kWh)	10.1~(8.8~)	12.3(12.2)	13.7(13.7)	21.6(15.6)	16.9※(10.9)	11.0(10.8)	23.3(20.4)	27.1(23.6)	29.7(28.1)	12.6(12.2)	30.6~43.4(30.6~43.3)	24.2(21.0)	29.4(27.3)	13.8(13.8)	24.0(24.0)
2011コスト等検証委	8.9~(7.8~)	9.5(9.5)	10.7(10.7)	9.9~17.3	9.2~11.6	10.6(10.5)	19.1~22.0	19.1~22.0	17.4~32.2	9.5~9.8	22.1~36.1(22.1~36.1)	30.1~45.8	33.4~38.3	10.6(10.6)	17.1(17.1)

原子力の感度分析(円/kWh)

追加的安全対策費2倍	+0.6
廃炉費用2倍	+0.1
廃炉・賠償費用等1兆円増	+0.04
再処理費用及びMOX燃料加工費用2倍	+0.6

※1 燃料価格は足元では昨年と比較して下落。それを踏まえ、感度分析を下記に示す。

化石燃料価格の感度分析(円/kWh)

燃料価格10%の変化に伴う影響(円/kWh)	石炭 約±0.4	LNG 約±0.9	石油 約±1.5
------------------------	-------------	--------------	-------------

※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、100%

※3 ()内の数値は政策経費を除いた発電コスト

※4 地熱については、その政策経費は今後の開発拡大のための予算が大部分であり、他の電源との比較が難しいが、ここでは、現在計画中のものを加えた合計143万kWで算出した発電量で関連予算を機械的に除した値を記載。



原発停止に伴う燃料代替費用

電力9社計	2010年度実績	2011年度実績	2012年度実績	2013年度実績	2014年度推計
総コスト	14.6兆円	16.9兆円	18.1兆円	19.0兆円	18.8兆円 +α
燃料費	3.6兆円	5.9兆円	7.0兆円	7.7兆円	7.5兆円 +α
うち原発停止による燃料費増(試算)	—	+2.3兆円 内訳 LNG +1.2兆円 石油 +1.2兆円 石炭 +0.1兆円 原子力▲0.2兆円	+3.1兆円 内訳 LNG +1.4兆円 石油 +1.9兆円 石炭 +0.1兆円 原子力▲0.3兆円	+3.6兆円 内訳 LNG +1.9兆円 石油 +1.8兆円 石炭 +0.1兆円 原子力▲0.3兆円	+3.4兆円 内訳 LNG +2.5兆円 石油 +1.1兆円 石炭 +0.1兆円 原子力▲0.3兆円
燃料費増が総コストに占める割合(%)	—	13.6%	17.1%	19.4%	18.1%
原子力利用率	66.8%	25%	3.9%	2.3%	0%

出典) 総合資源エネルギー調査会 総合部会 電力需給検証小委員会報告書 (2015年4月)

- 原発停止に伴い、電力供給不足のリスクが継続しているとともに、化石燃料費の増大が続いている。
- なお、3.4兆円を販売電力量で単純に割れば、3.8円/kWh強の負担増に相当する。
- 2014年度末までには累計12.4兆円に達したと見られる(一人あたり10万円弱)。

電気料金値上げ等に伴う電力多消費産業への影響

	電力依存度※1 (製造業平均比)	コスト 負担増※2	直面する弱状等
新金属協会	約 11 倍	①140 億円 ②144 億円 ③ 19 億円 計 303 億円	シリコンは、太陽光発電用の素材としても広く利用。 <u>国際商品の性格上、価格転嫁は極めて困難</u> 。海外競合メーカーとの熾烈な競争が続く中、 <u>電気料金値上げと燃料費調整によるコスト増は営業利益(海外生産を含む連結決算)の半分以上に及んでおり、壊滅的な打撃となることを憂慮</u> 。
日本金属熱処理工業会	約 8.3 倍	①47 億円 ②26 億円 ③ 6 億円 計 79 億円	売上平均が 4.5 億円、従業員平均も 26 名と <u>殆どが中小零細企業</u> で、顧客への <u>価格転嫁は極めて困難</u> 。もともと利益率の低い業界において電気料金値上げの影響は甚大。会員約 190 社の中で、 <u>一昨年 12 月に 2 社工場閉鎖、昨年には 2 社熱処理部門の閉鎖</u> 、と事業存続の危機に晒されている。
日本鋳業協会	約 13 倍	①87 億円 ②83 億円 ③30 億円 計 200 億円	<u>非鉄金属価格は LME の国際価格で決まる</u> ため、電力料金値上げ分を <u>価格転嫁出来ない</u> 。資源ナショナリズム台頭により製錬マージンが低く電力負担が極めて大きい。特に、亜鉛、フェロニッケルは電力原単位が高く、 <u>一部の企業は亜鉛生産を中止、事業転換を決定</u> 。
日本産業・医療ガス協会	約 28.5 倍	①141 億円 ② 92 億円 ③ 18 億円 計 251 億円	産業・医療ガス業の <u>電力依存度は製造業平均の約 28.5 倍</u> 。 <u>夜間シフト等の自助努力は既に実施済みだが、電気料金をはじめとするエネルギーコストの上昇もあり生産設備の撤去・縮小が 25 事業所、工場停止が 1 社、設備の統廃合が 1 社、海外投資等も続いている</u> 。ライフラインとしての使命もあり電力の安定供給も重要な問題。
日本ソーダ工業会	約 12 倍	①63 億円 ②43 億円 ③ 9 億円 計 115 億円	ソーダ製造業にとって電気は他のものに置き換えることのできない必須の原料。 <u>生産コストに占める電力コストは約 40%</u> 。製造コストは大幅に上昇しており、 <u>国際競争力を阻害するばかりでなく、事業収益にも甚大な影響を及ぼし、経営上の問題</u> となっている。
日本チタン協会	約 20 倍	①23 億円 ②10 億円 ③ 2 億円 計 35 億円	電力価格高止まりにより、 <u>国際的なコスト競争力はますます劣位に</u> 。 <u>新たな生産拠点を電力コストの安い海外に求める企業も出てきており、需要動向次第では国内生産拠点の再編、雇用への影響が必至となる</u> 。
日本鋳造協会			鋳造企業は経営基盤の弱い従業員数 30 名未満の <u>中小事業所が約 8割を占</u>

※1：売上高千円当たりの電力購入量。製造業平均は、0.7kWh/千円。連名団体合計の倍数は各団体の倍数を単純平均したものの。

※2：①は値上げを実施した電力管内における購入電力量に、それぞれの値上げ額を乗じて算出したコスト増額の合計。

②は各電力管内の購入電力量に、それぞれの燃料費調整額を乗じて算出したコスト増額の合計。

③は再生可能エネルギー固定価格買取制度の平成 27 年度賦課金単価 (1.58 円/kWh) から減免分を控除して算出したコスト増額の合計。

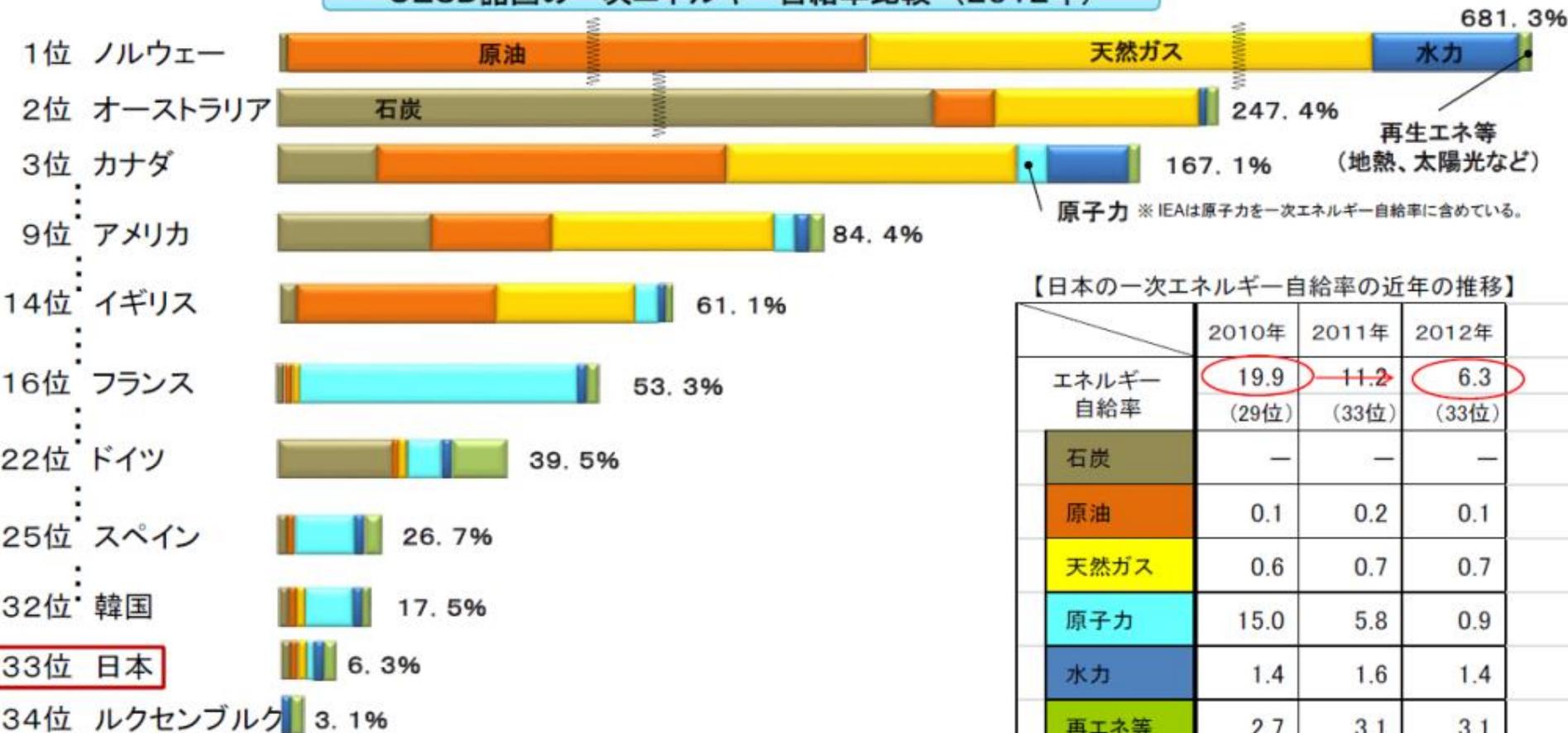
出典) エネルギー政策等に関する電力多消費産業の共同要望(参考資料)のうち、一部のリストのみ表示

電力料金の上昇はエネルギー多消費産業を中心に大きな影響をもたらしている。

エネルギー自給率

- 我が国の一次エネルギー自給率は、震災前(2010年:19.9%)に比べて大幅に低下し、2012年時点で6.3%。これは、OECD34か国中、2番目に低い水準。
- なお、原子力については、IEAによる国際的な統計上、国産として位置づけている。

OECD諸国の一次エネルギー自給率比較 (2012年)



【日本の一次エネルギー自給率の近年の推移】

	2010年	2011年	2012年
エネルギー自給率	19.9 (29位)	11.2 (33位)	6.3 (33位)
石炭	—	—	—
原油	0.1	0.2	0.1
天然ガス	0.6	0.7	0.7
原子力	15.0	5.8	0.9
水力	1.4	1.6	1.4
再生エネ等	2.7	3.1	3.1

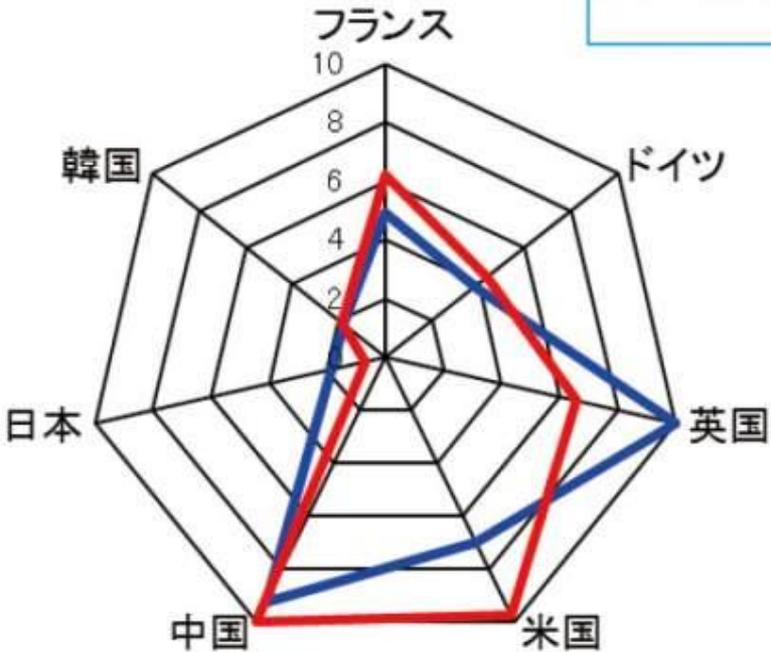
表中の「—」: 僅少

【出典】 IEA Energy Balance 2014

出典 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 (第16回会合) ・ 長期エネルギー需給見通し小委員会 (第1回会合) 合同会合 (平成27年1月30日)

エネルギーセキュリティインデックス

2000年代: 青色
直近: 赤色

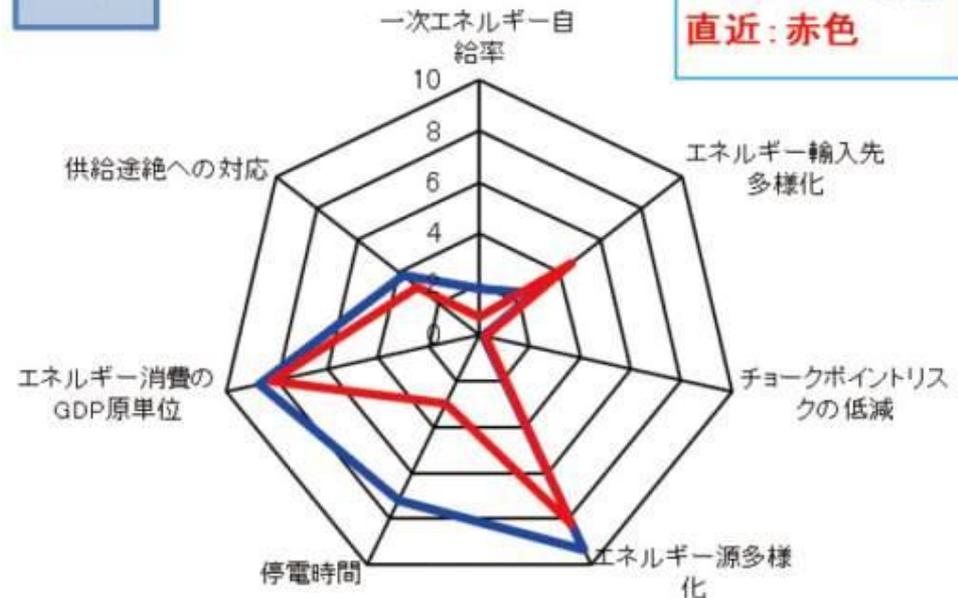


出典) エネルギー白書2015

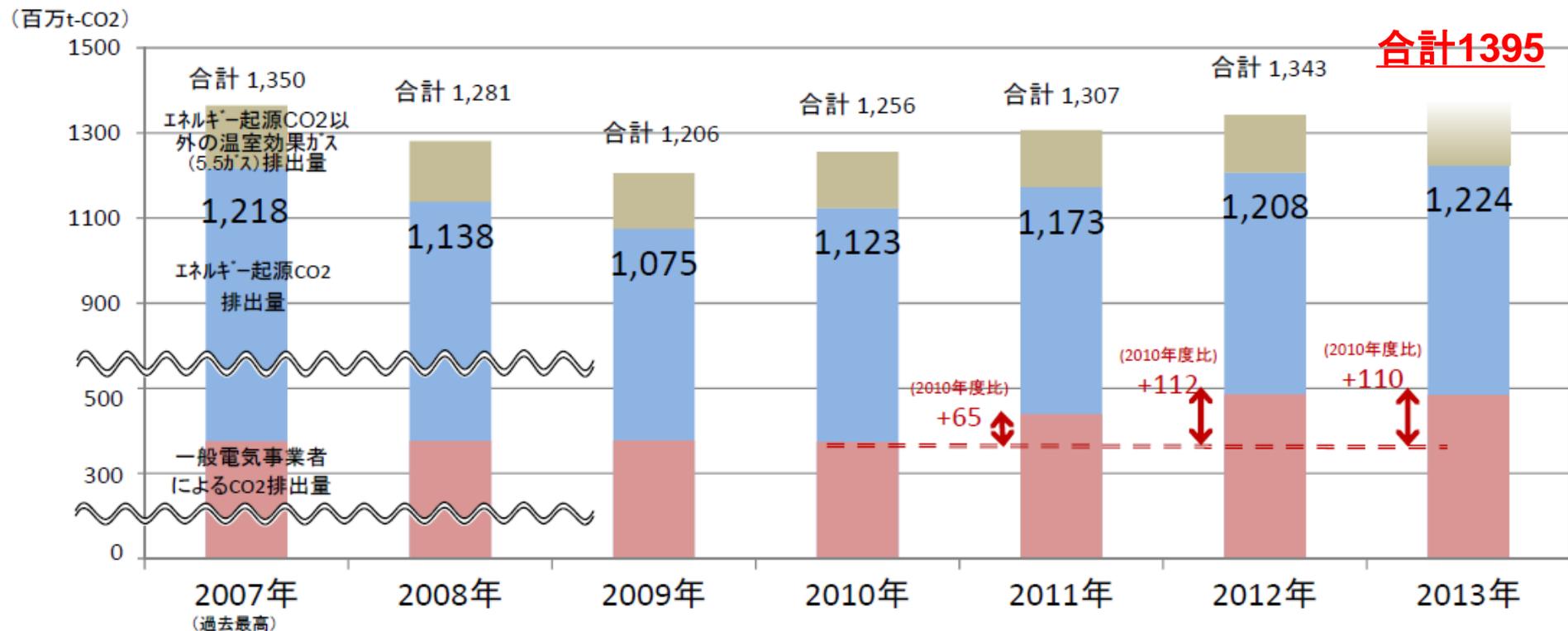
日本のエネルギー安全保障は、主要国と比較して圧倒的に脆弱。震災後、一層脆弱に。エネルギー安全保障上のリスクを強く認識すべき。

日本

エネ白2010: 青色
直近: 赤色



日本の温室効果ガス排出量の実績



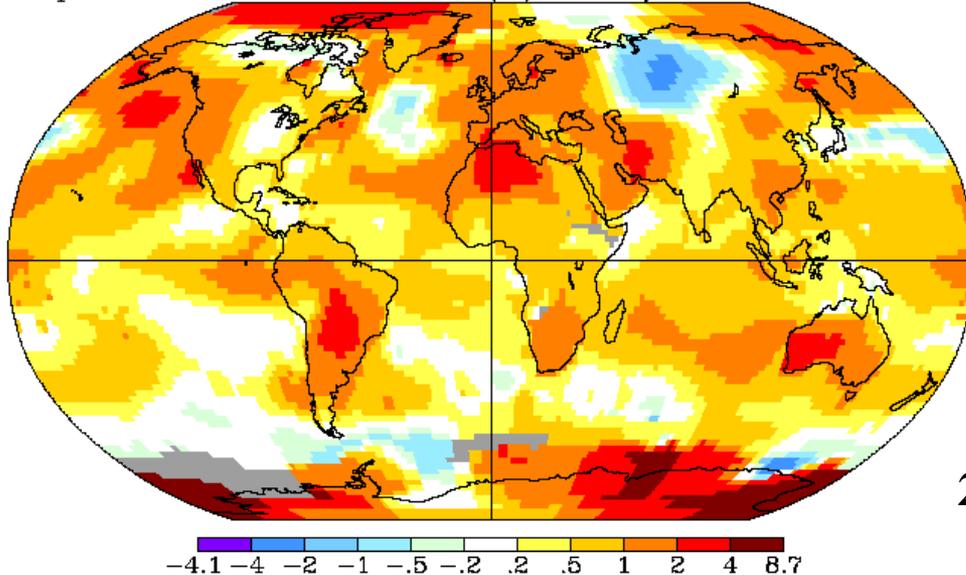
出典) 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会 平成26年11月19日資料

- 2013年度のエネルギー起源CO₂排出量は、過去最高を記録
- 省エネは進展している一方、原発停止による火力代替によりCO₂排出は大幅増

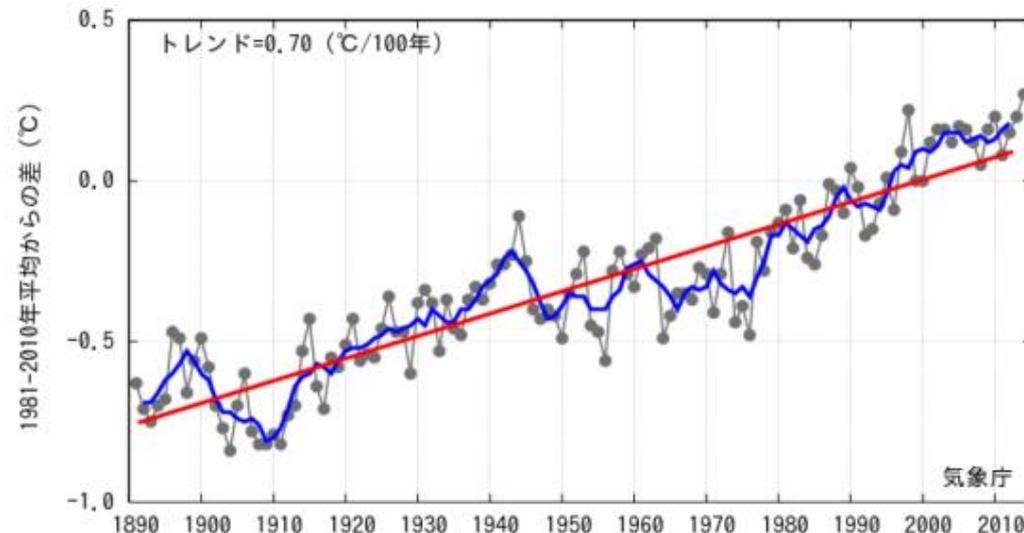
2014年 世界平均気温は史上最高を記録

2014年9月の世界の平均気温は1880年の観測開始以来、9月としては史上最高を記録

September 2014 L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980 0.78



2014年の世界の平均気温は観測開始以来、史上最高を記録



2014年9月の気温（摂氏）と、1951年から1980年までの9月の平均気温を比較した気温の偏差。濃い赤色の地域ほど気温が大きく上昇（参照：NASA ゴダード宇宙研究所）

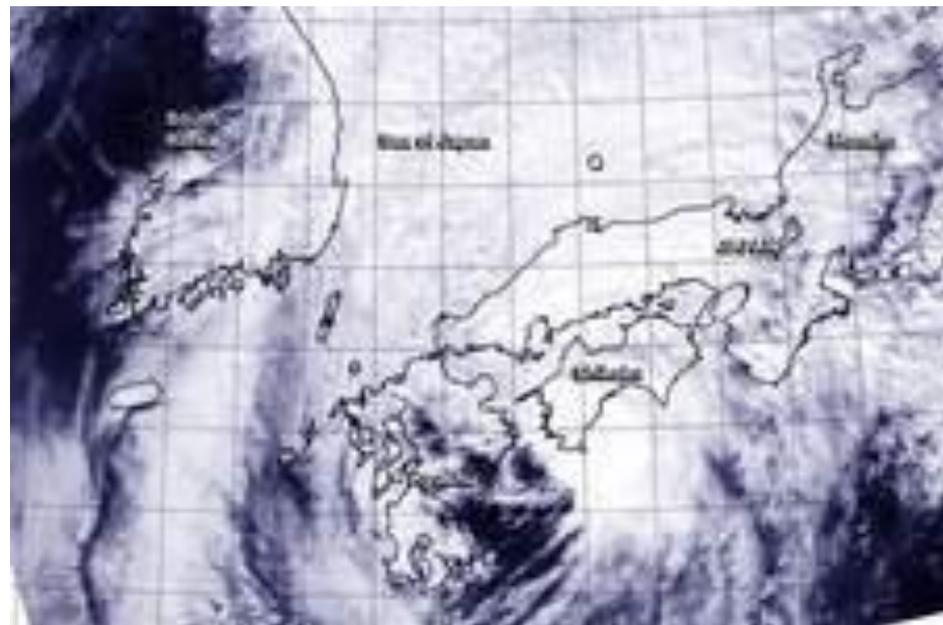
日本における豪雨、大型台風被害（2014年）

地球温暖化で海水温が上昇
⇒海水の蒸発による大気中の水蒸気が増加
⇒豪雨や大型台風が多発



出典)blog.livedoor.jp

豪雨による広島土砂災害、2014年8月
死者・行方不明：74人
家屋全壊：133戸



出典) <http://www.nasa.gov/content/goddard/tropical-storm-vongfong-nw-pacific-ocean/#.VFhoYfmsW5I>

二週連続で大型台風（18、19号）が日本に
上陸、2014年10月

日本における豪雨、大型台風被害（2015年）



出典)産経デジタル

**豪雨による鬼怒川堤防決壊、2015年9月
茨城・常総市の浸水被害：1万1000棟**

鬼怒川決壊は、太陽光パネル設置のために土手掘削を行った影響を受けたのではないかと指摘もなされている。

記録的豪雨
栃木、茨城、宮城で死者計：7名



出典) 河北新報online

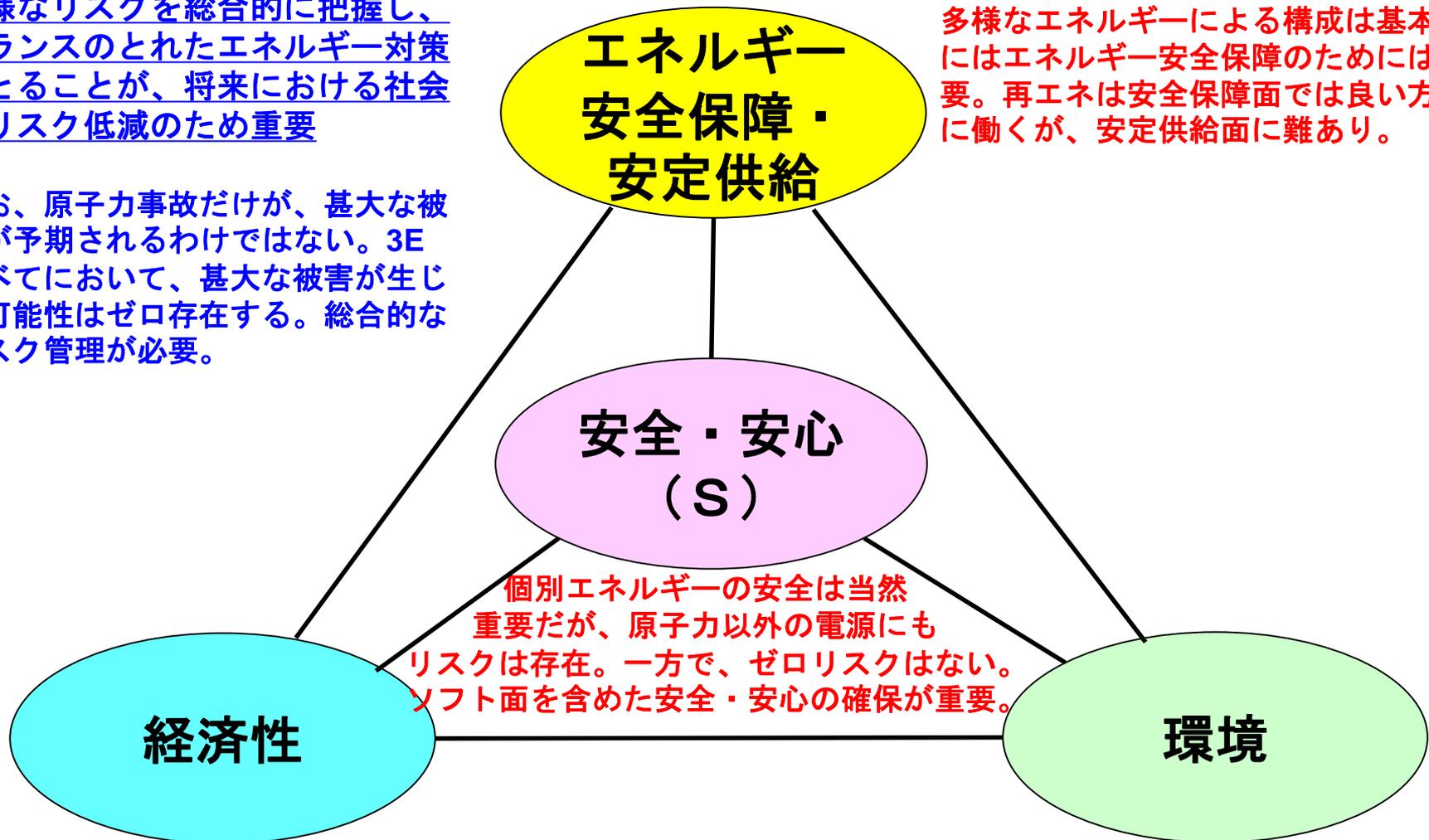
宮城県渋井川堤防決壊、2015年9月
農作物にも大きな被害

3 E + S の総合的なバランスが重要

多様なリスクを総合的に把握し、
バランスのとれたエネルギー対策
をとることが、将来における社会
のリスク低減のため重要

なお、原子力事故だけが、甚大な被害が予期されるわけではない。3Eすべてにおいて、甚大な被害が生じる可能性はゼロ存在する。総合的なリスク管理が必要。

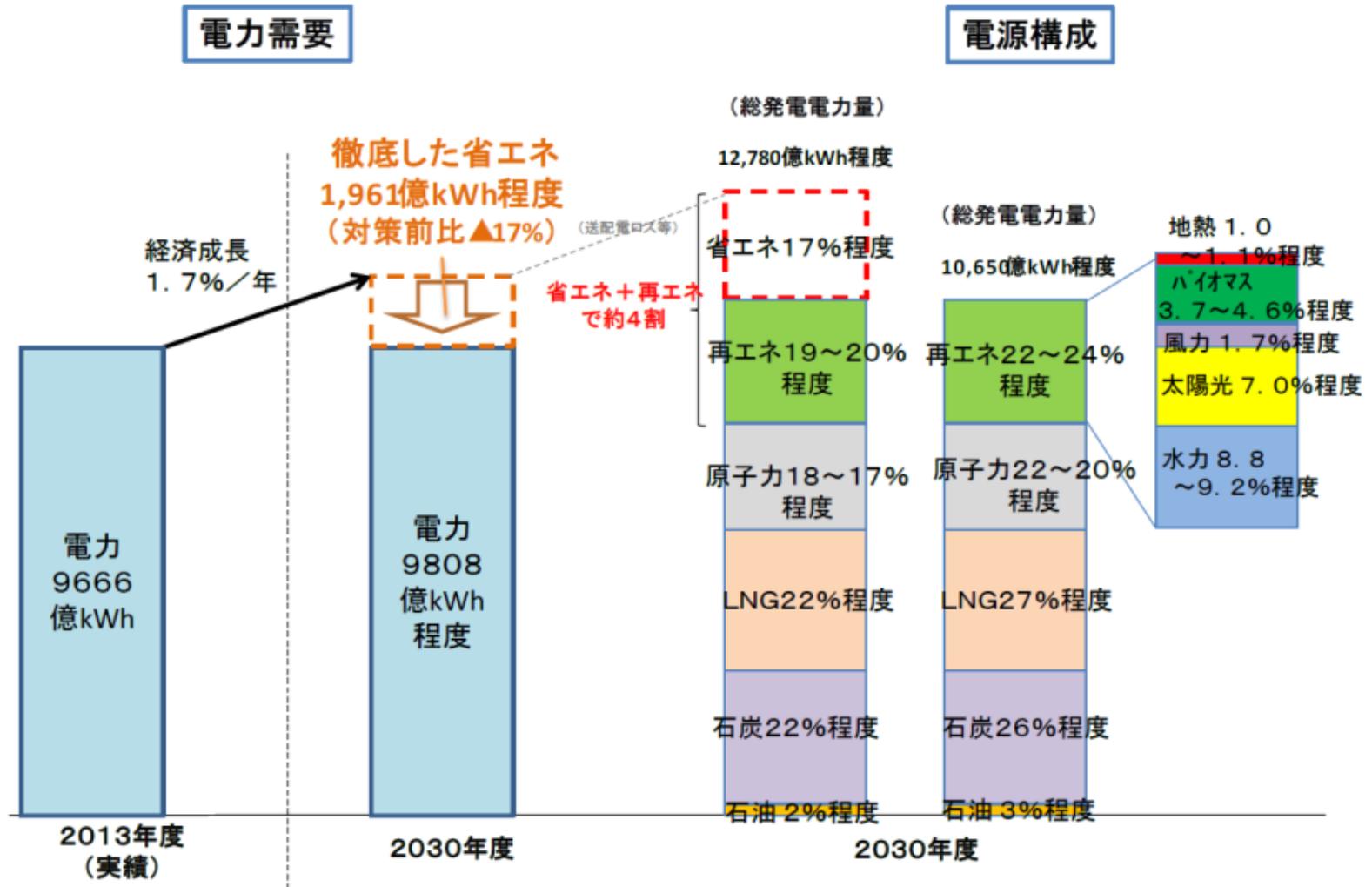
多様なエネルギーによる構成は基本的にはエネルギー安全保障のためには重要。再エネは安全保障面では良い方向に働くが、安定供給面に難あり。



高いエネルギーコストは経済にダメージ。高い再生可能エネルギーの過度な導入は経済にダメージをもたらす。無駄の削減の省エネは経済に良い影響もあるが、無理な省エネもまた経済にダメージ

地球温暖化は不確実性が大きいものの、集中豪雨による被害が大きくなってきていると考えられ、リスクの大きさを認識することが重要。適応も含めた総合的なリスク管理が重要だが、CO2排出削減対策は重要

政府長期エネルギー需給見通し—2030年の電源構成—



対策ケースでは電力需要が▲17%と大きく低減すると想定されている。これは経済成長率の見通し1.7%/年に比して過大な見込み。一方、電源構成比率については、電力コスト抑制の点や、エネルギーを取り巻く現在の社会状況を踏まえると、概ね妥当な目標と考えられる。

今後のエネルギー政策の主要課題

- ◆ 気候の安定化を目指すには、どのようなレベルに安定化するにしても、長期的にはゼロ排出に近いレベルへの抑制が必要になってくる。とりわけ、発電部門においてはゼロ排出に近いレベルが求められると考えられる。
- ◆ 長期エネルギー需給見通しは、2030年断面の目標を提示したが、2050年など、2030年以降の見通しがエネルギー計画、大変重要であり、またリードタイムを考えると、時間の余裕は多くない。
- ◆ 3E+Sのバランスを考えて、安全性向上を踏まえつつ、原子力発電の長期的な役割の重要性を再確認し、利用の方向性を打ち出していくべき。
- ◆ 短中期的には、電力システム改革によって生じると考えられる「市場の失敗」への対策措置を急ぐ必要あり。
- ◆ 市場は短期的な投資回収を指向してしまう。原子力発電のように長期で経済性が高い電源、初期投資額が大きい投資等は、適正水準よりも過小になりやすい。それを是正する政策措置が必要。
- ◆ その他にも、「市場の失敗」への対応として、エネルギー安全保障、温暖化対策等に関する措置が必要（安全対策については、原子力規制で対応されている）

まとめ

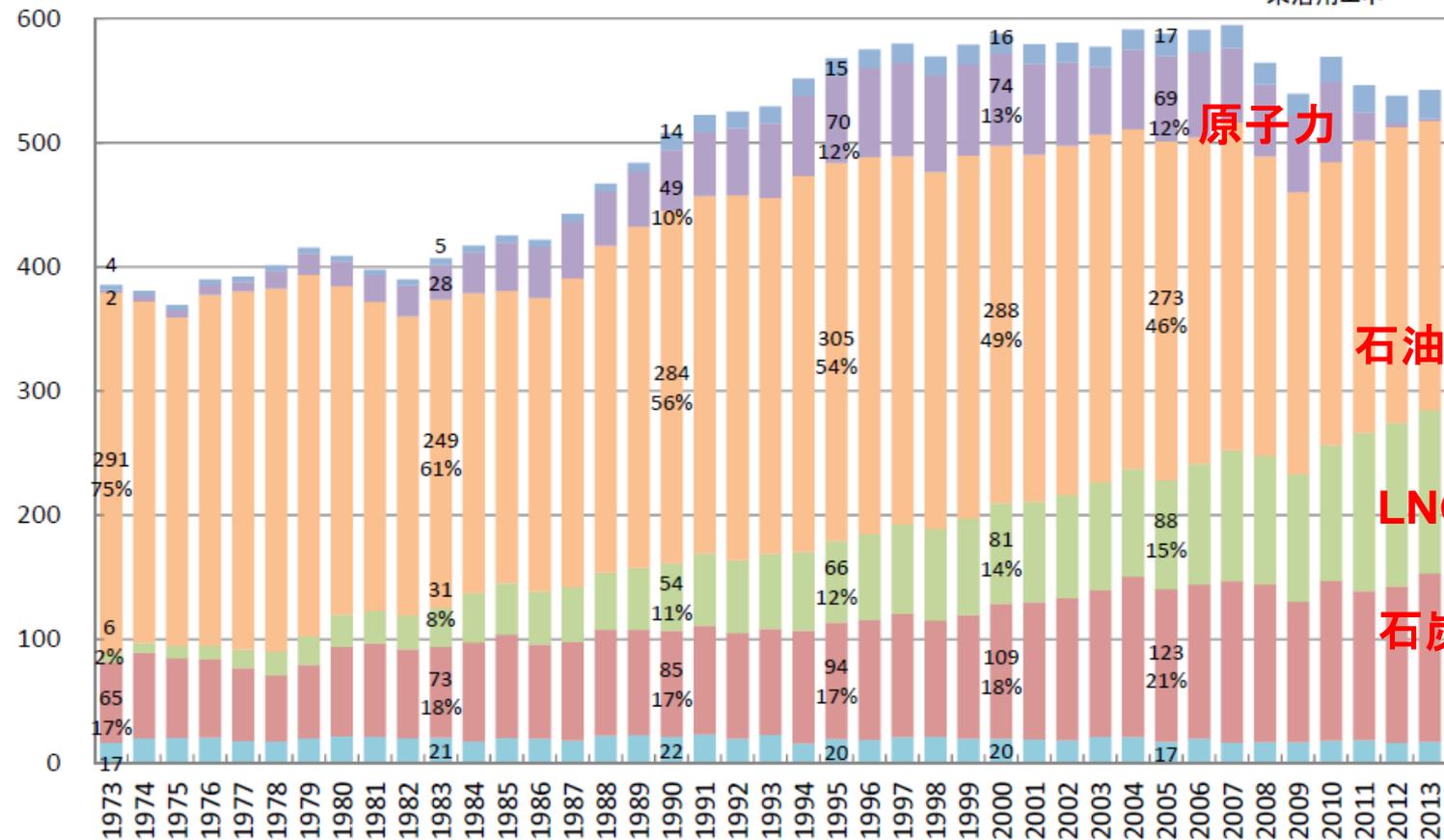
- ◆ 我々は様々なリスクに晒されている。リスクにはトレードオフがある。リスク全体を適切に把握し、リスク全体を小さくするような対応が重要
- ◆ 経済リスク、エネルギー安全保障リスク、地球温暖化リスクをはじめとした総合的なリスク管理が不可欠。
- ◆ 原発のリスク低減に努めることは必要。しかし、原発へのゼロリスク要求は社会を劣化させ、将来のリスクを増大させる。原発のリスク以外の顕在化していないリスクも正しく認識し対応することが必要。それが原発事故の教訓でもあるはず。
- ◆ 原発停止の長期化で、経済リスク、エネルギー安全保障リスク、地球温暖化リスクが増大していることを直視すべき。
- ◆ 再エネの拡大は大切だが、原発の代替が可能と考えるのは幻想に近い。しかも急速すぎる拡大は、電力コストの増大をもたらし、長期にわたって製造業を中心に大きな負担をもたらし、衰退を招く可能性が大きい。太陽光バブルによって社会のリスクは高まっている。
- ◆ 原発の再稼働を急ぎ、また当面は原発を活用する方向で、増大しているリスクに早急に対応しなければならない。
- ◆ 国民全体が複雑なリスクを総合的に理解することは簡単ではない。学术界、将来に責任を持つ政治家、良識あるメディア等が、より正しく、より良く理解をし、将来に責任を持った行動をとることが必要。

參考資料

一次エネルギー供給量

(原油換算百万kl)

■水力 ■石炭 ■天然ガス ■石油 ■原子力 ■再エネ(水力除く)・未活用エネ



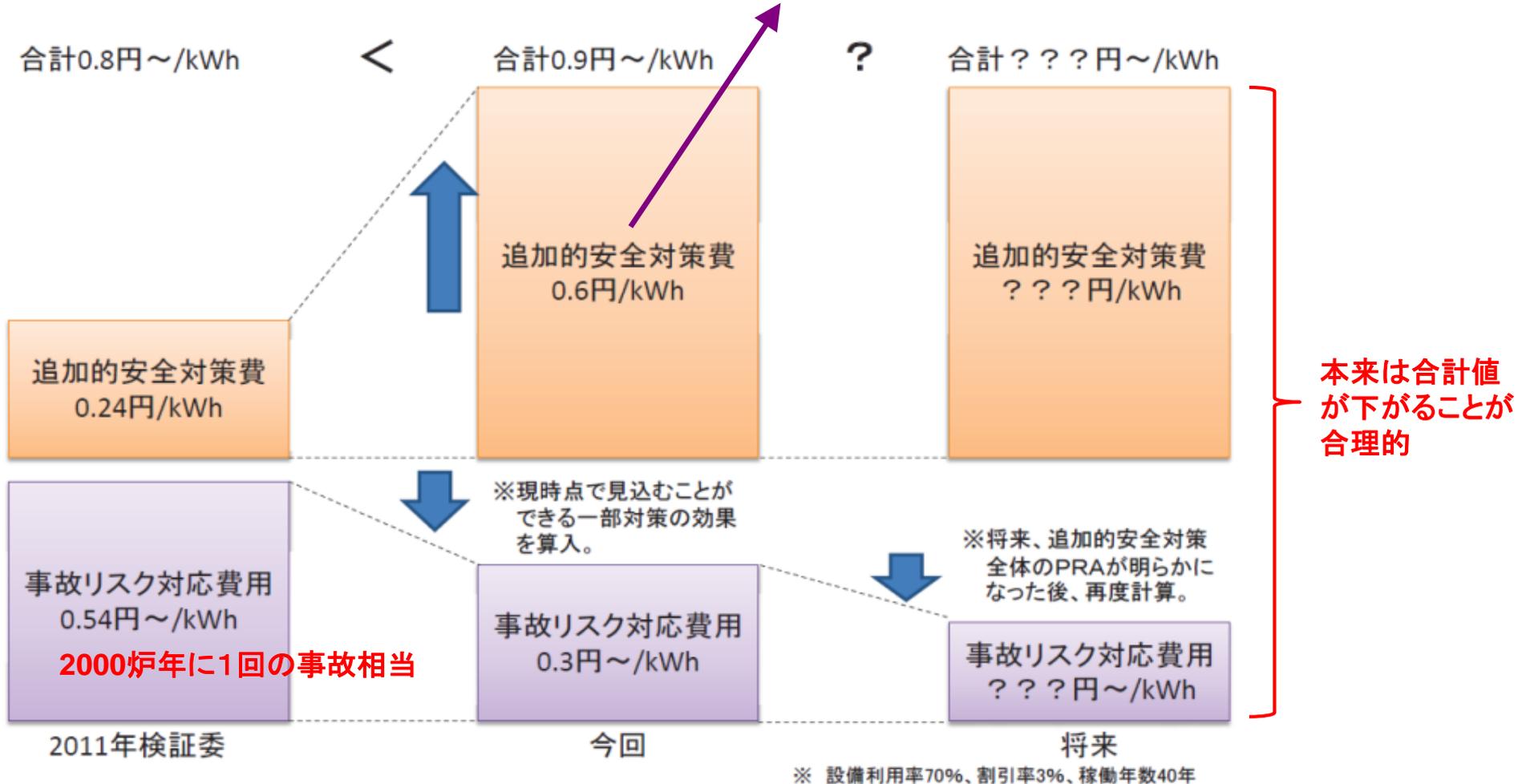
一次エネルギー供給				
上段: 百万kl原油換算				
下段: 構成比 %				
2010	2011	2012	2013	
20 4%	22 4%	22 4%	23 4%	
64 11%	23 4%	4 0.7%	2 0.4%	
228 40%	236 43%	238 44%	233 43%	
109 19%	127 23%	132 24%	131 24%	
129 23%	120 22%	126 23%	136 25%	
18 3%	19 3%	22 3%	17 3%	

出典) 総合資源エネルギー調査会、基本政策分科会、2014

震災後、一次エネルギーの大部分が、海外からの化石燃料に頼る構造に。震災後、エネルギー消費量が減少したが、2013年は若干ながら増大傾向に。

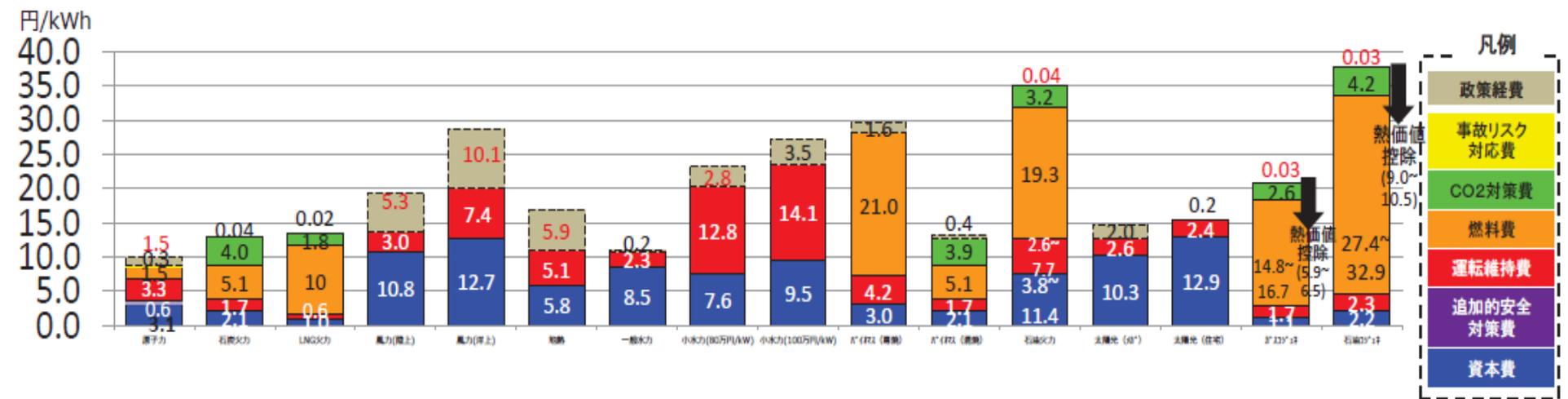
発電コスト検証WGにおける追加安全対策費と事故リスク費用の算定

すべて含めると、1000億円/基程度と推計されるが、これは既設への対策の費用であるため、新設時に必要と推計される費用を峻別(ただし保守的に峻別)し、601億円/基程度と推計。



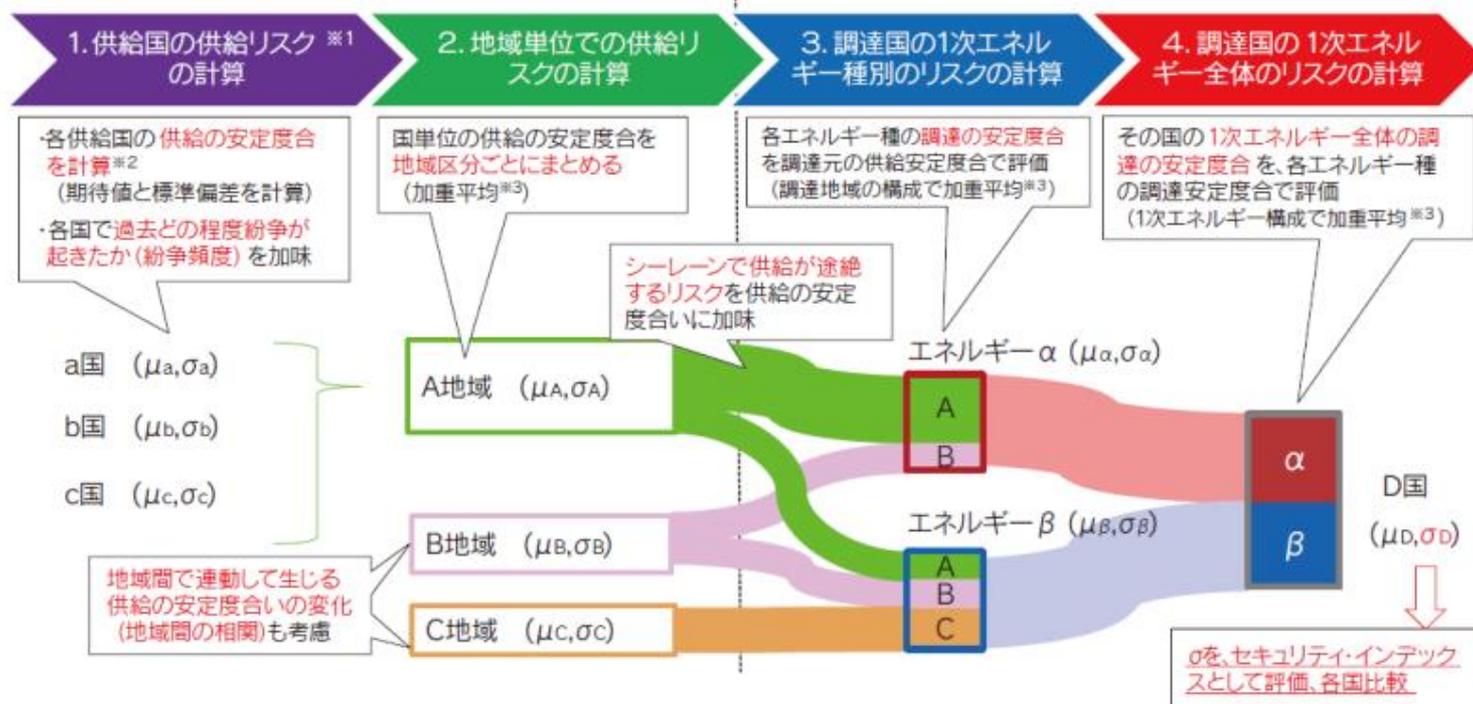
発電コストWGによる2030年時点の電源別コスト推計

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	風力(洋上)	地熱	一般水力	小水力(80万円/kw)	小水力(100万円/kw)	バイオマス(専焼)	バイオマス(混焼)	石油火力	太陽光(効)	太陽光(住宅)	ガスコジェネ	石油コジェネ
設備利用率	70%	70%	70%	20~23%	30%	83%	45%	60%	60%	87%	70%	30~10%	14%	12%	70%	40%
稼働年数	40年	40年	40年	20年	20年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	40年	30年	30年	30年	30年
発電コスト円/kWh	10.3~(8.8~)	12.9(12.9)	13.4(13.4)	13.6~21.5(9.8~15.6)	30.3~34.7(20.2~23.2)	16.8(10.9)	11.0(10.8)	23.3(20.4)	27.1(23.6)	29.7(28.1)	13.2(12.9)	28.9~41.7(28.9~41.6)	12.7~15.6(11.0~13.4)	12.5~16.4(12.3~16.2)	14.4~15.6(14.4~15.6)	27.1~31.1(27.1~31.1)
2011コスト等検証委	8.9~	10.3	10.9	8.8~17.3	8.6~23.1	9.2~11.6	10.6	19.1~22.0	19.1~22.0	17.4~32.2	9.5~9.8	25.1~38.9	12.1~26.4	9.9~20.0	11.5	19.6



<自然変動電源(太陽光・風力)の導入拡大に伴う調整コスト> ※導入割合については、総発電電力量が1兆650億kWhの場合

自然変動電源の導入割合	再エネ全体の導入割合	調整コスト
660億kWh(6%)程度	19~21%程度	年間 3,000億円程度
930億kWh(9%)程度	22~24%程度	年間 4,700億円程度
1240億kWh(12%)程度	25~27%程度	年間 7,000億円程度



1. 資源供給国の供給リスクの計算

資源供給国の月別石油生産量が、その前後6ヶ月の最大生産量に対してどれだけの割合を占めるかの比率を取り、その時系列データの標準偏差で供給安定性を評価。これに加え、各供給国で過去どの程度紛争が起きたか(紛争リスク)を加味

2. 地域単位での供給リスクの計算

1. で求めた供給国単位の供給リスクを、地域単位のリスクにまとめるため、その地域における供給構成比で国単位の供給リスクを加重平均

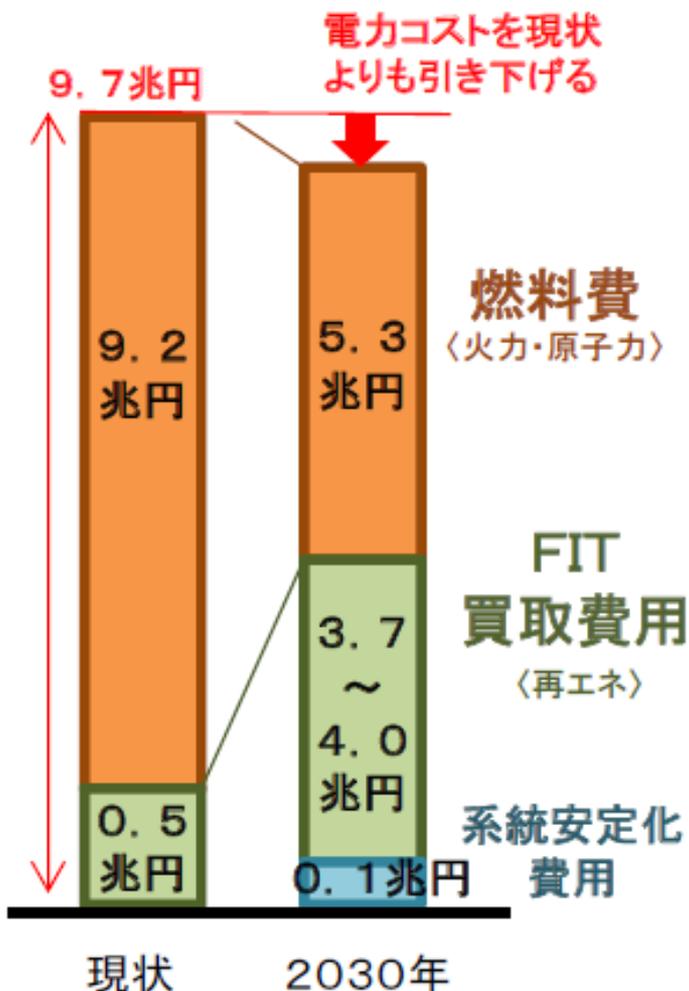
3. 調達国のエネルギー種別の調達リスクの計算

石油、天然ガス、石炭等、燃料種毎に地域単位の調達構成比で供給リスクを加重平均。この際、調達地域から消費国に至る経路の中で何回チョークポイントを通過するか(シーレーンリスク)を加味

4. 調達国の1次エネルギー全体の調達リスクの計算

エネルギー調達国におけるエネルギー種別の調達リスクを、1次エネルギー構成比で加重平均し、その国の1次エネルギー全体の調達リスクを評価

再エネ比率決定の考え方(電力コストの低減)



	発電電力量	FIT買取費用(税抜)
地熱	102~113億kWh	0.17兆円~0.20兆円
水力	939~981億kWh	0.19兆円~0.29兆円
バイオマス	394~490億kWh	0.63兆円~0.83兆円
(小計)	1,435~1,584億kWh	1.00兆円~1.31兆円
風力	182億kWh	0.42兆円
太陽光	749億kWh	2.30兆円
(小計)	931億kWh	2.72兆円
(合計)	2,366~2,515億kWh	3.72兆円 ~4.04兆円

※水力には揚水(85億kWh)を含む。

(注) 加えて系統安定化費用として、火力の発電効率悪化に伴う費用、火力の停止及び起動回数の増加に伴う費用が計0.13兆円。