

令和2年度 富山高等専門学校対話会

日本のエネルギーの現状と課題 —日本のエネルギー政策—

日本原子力学会シニアネットワーク連絡会会員

大野 崇

(元三菱重工)

令和2年7月10日

今日お話をしたいこと(1/2)

- エネルギーとは何か
エネルギーの種類・文明とエネルギー利用
- 世界はエネルギーを必要としている
人口予測、エネルギー消費量推移・展望、資源埋蔵量、
電力化率
- 日本のエネルギーの実情と課題
20世紀後半以降の供給量・資源利用の変遷、
省エネ、化石燃料輸入先、原油価格変動、供給構成と自給率、
電化率・電源別構成、電源別エネルギー収支比、備蓄量

今日お話をしたいこと(2/2)

○我が国のエネルギー政策

エネルギー基本計画、エネルギー資源の選択（S + 3 E）、
第5次エネルギー基本計画

○再生可能エネルギー

現状、太陽光と風力の特性、課題解決

○原子力

現状、震災後の電源構成・需給構造・温室効果ガス排出量
・貿易収支、原子力発電は何故必要か

今日お話をしたいこと(1/2)

- エネルギーとは何か
エネルギーの種類・文明とエネルギー利用
- 世界はエネルギーを必要としている
人口予測、エネルギー消費量推移・展望、資源埋蔵量、
電力化率
- 日本のエネルギーの実情と課題
20世紀後半以降の供給量・資源利用の変遷、
省エネ、化石燃料輸入先、原油価格変動、供給構成と自給率、
電化率・電源別構成、電源別エネルギー収支比、備蓄量

エネルギーは仕事をする能力

光ったり
熱を出したり
動かしたり
音を出したり



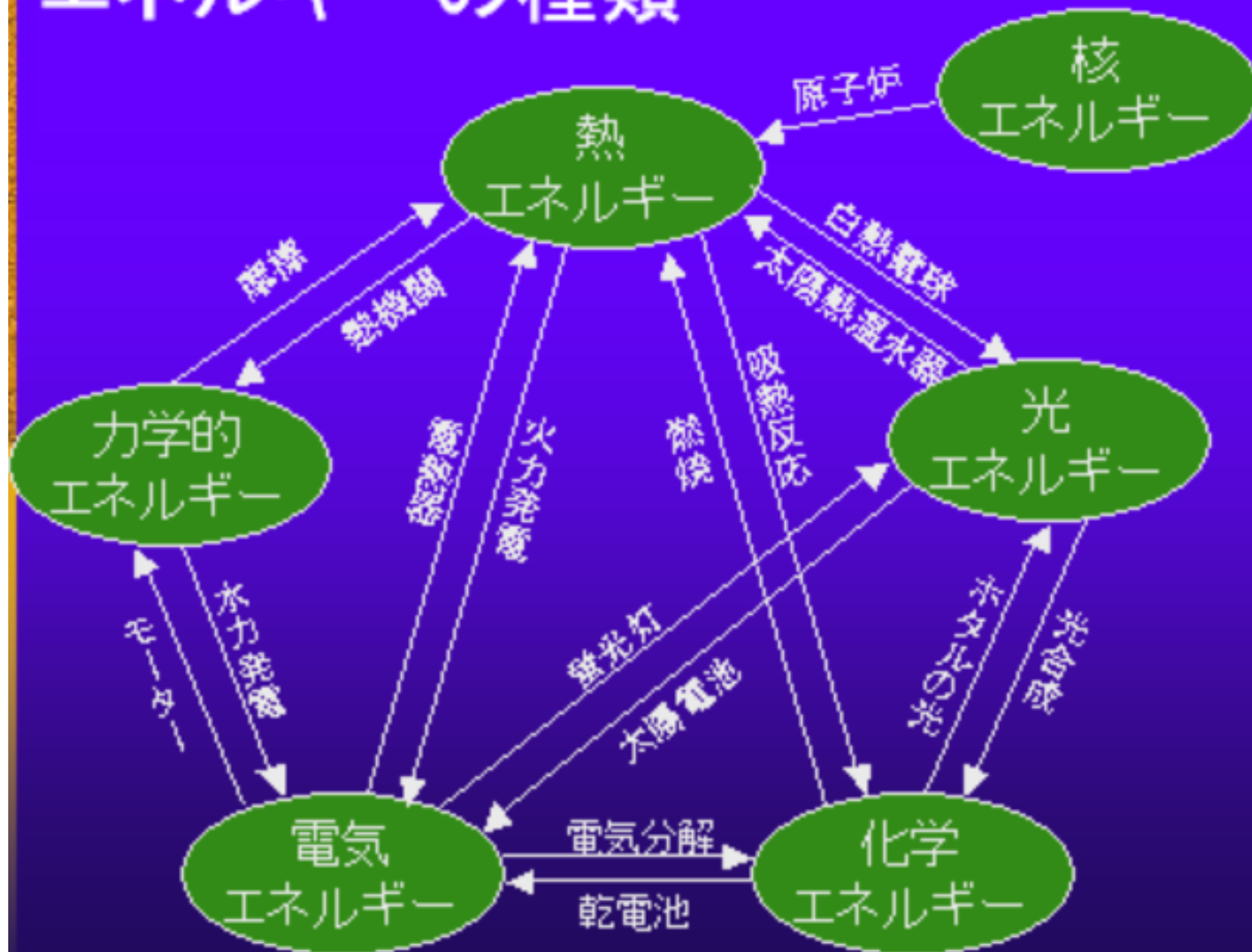
エネルギー資源を単にエネルギーということもある

一次エネルギー：(石油、石炭、天然ガス)

二次エネルギー：(電気、都市ガス)

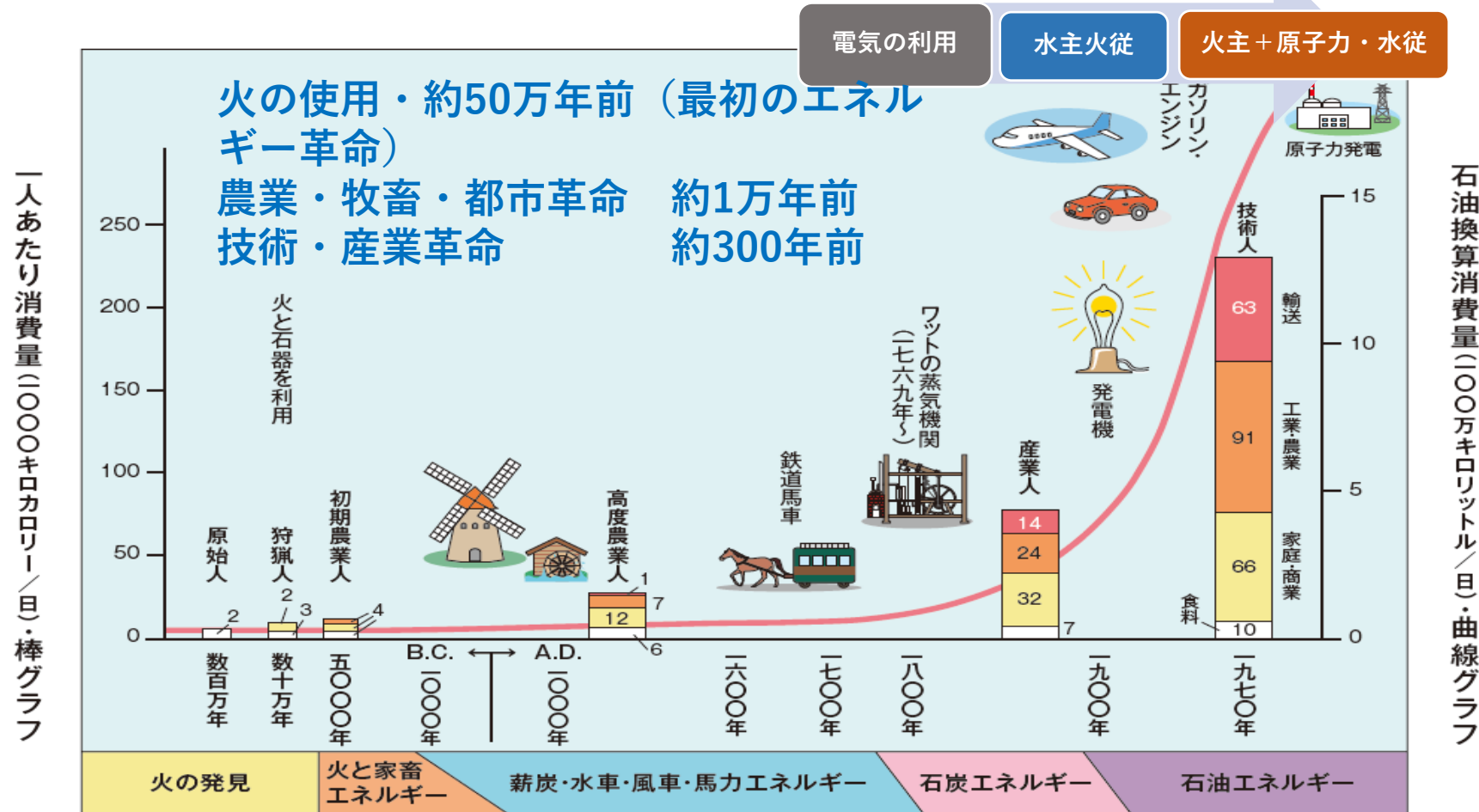


エネルギーの種類



文明とエネルギー利用

人類とエネルギーのかかわり



原始人 百万年前の東アフリカ、食料のみ。
 狩猟人 十万年前のヨーロッパ、暖房と料理に薪を燃やした。
 初期農業人 B.C.5000年の肥沃三角州地帯、穀物を栽培し家畜のエネルギーを使った。

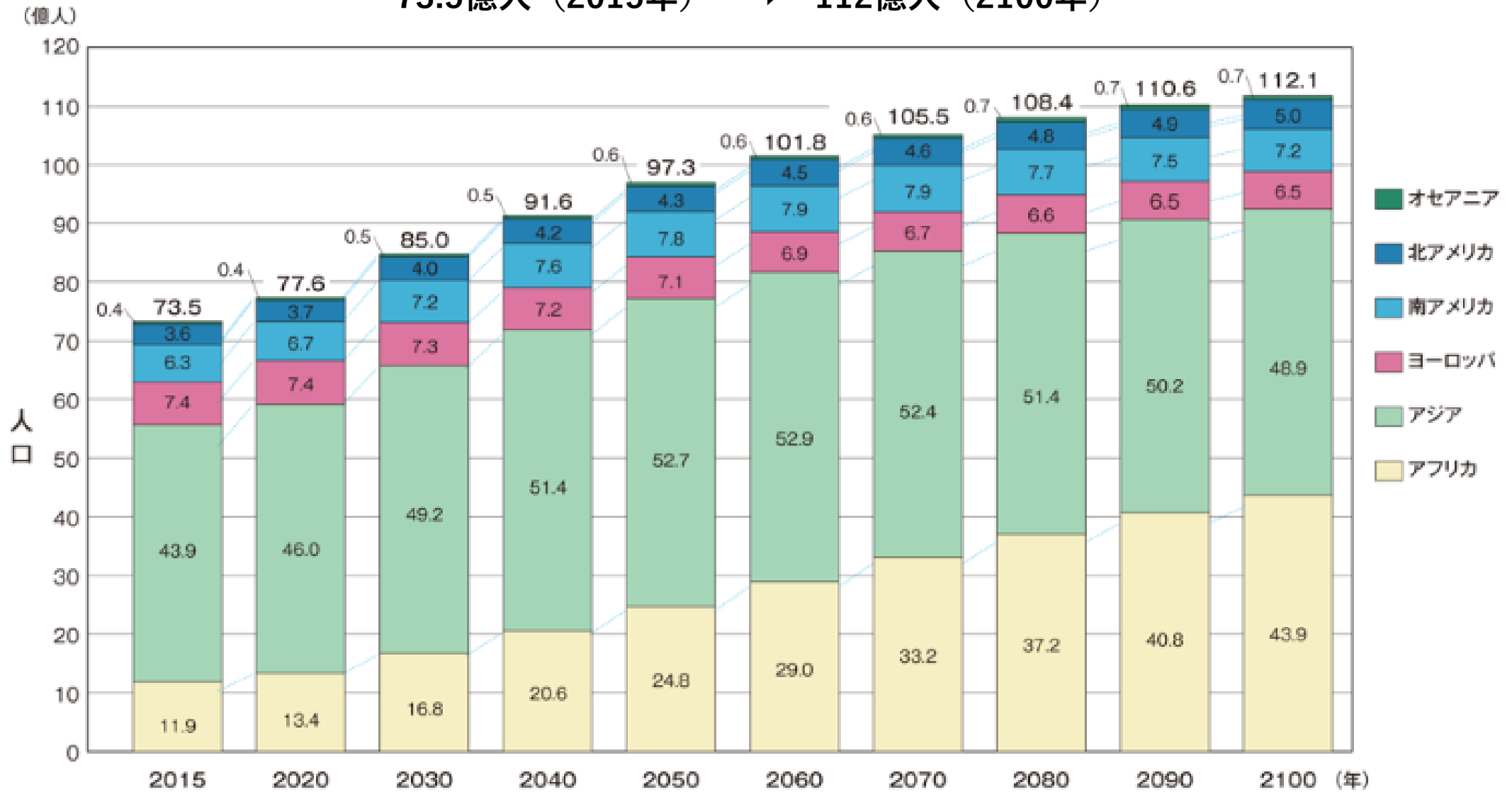
高度農業人 1400年の北西ヨーロッパ、暖房用石炭・水力・風力を使い、家畜を輸送に利用した。
 産業人 1875年のイギリス、蒸気機関を使用していた。
 技術人 1970年のアメリカ、電力を使用、食料は家畜用を含む。

今日お話をしたいこと(1/2)

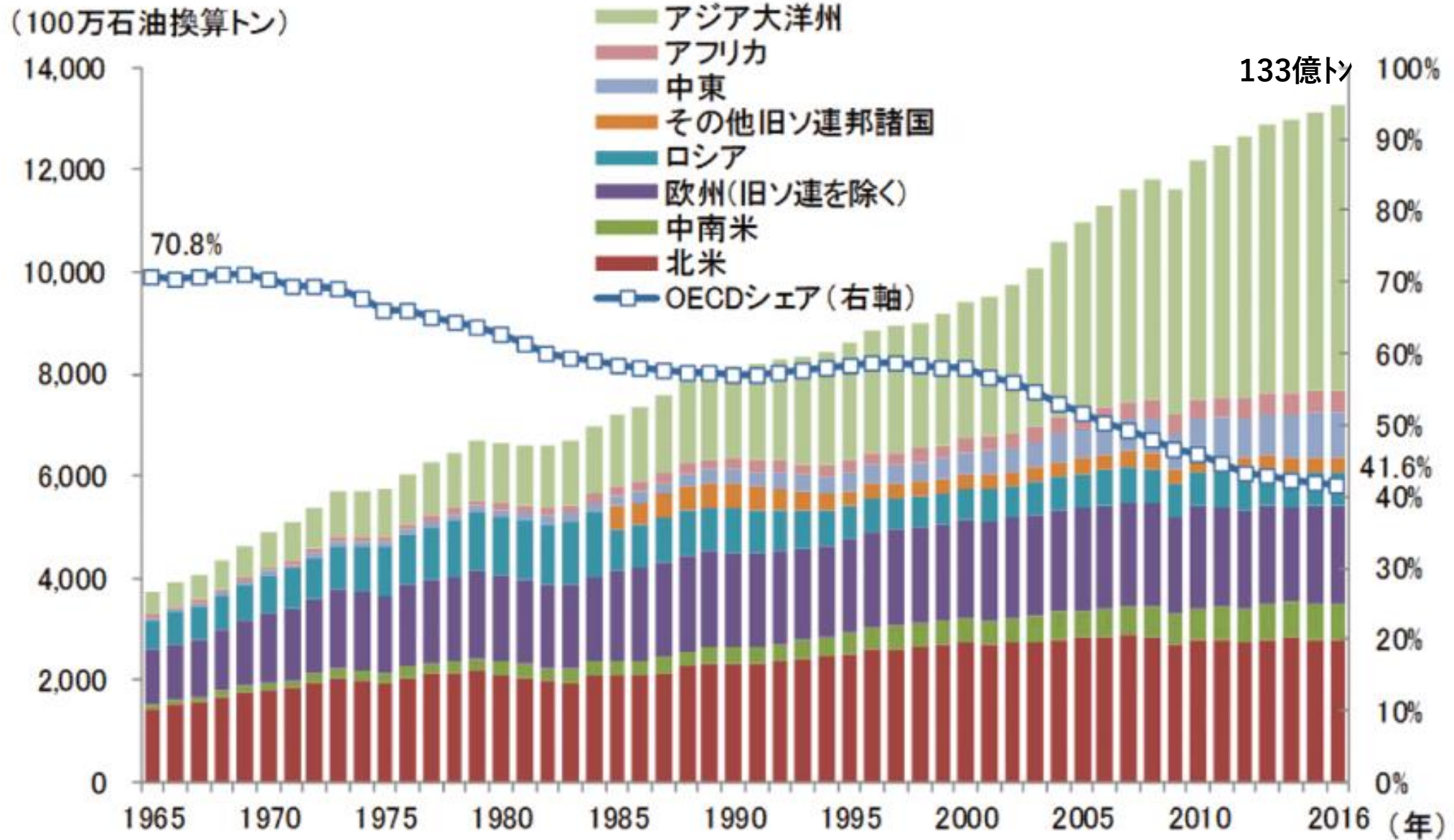
- エネルギーとは何か
エネルギーの種類・文明とエネルギー利用
- 世界はエネルギーを必要としている
人口予測、エネルギー消費量推移・展望、資源埋蔵量、
電力化率
- 日本のエネルギーの実情と課題
20世紀後半以降の供給量・資源利用の変遷、
省エネ、化石燃料輸入先、原油価格変動、供給構成と自給率、
電化率・電源別構成、電源別エネルギー収支比、備蓄量

世界の人口予測

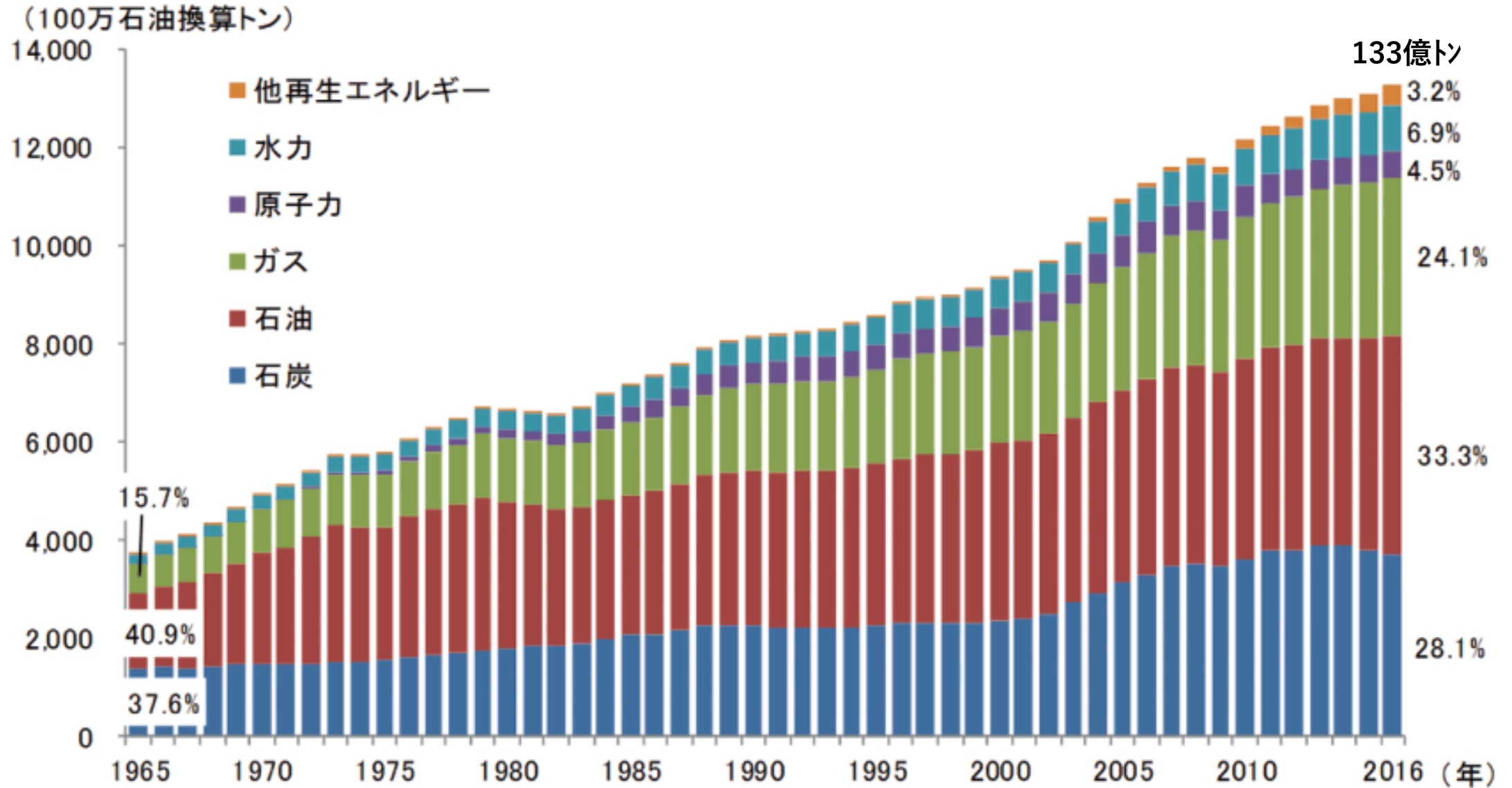
73.5億人（2015年） → 112億人（2100年）



【第221-1-1】世界のエネルギー消費量の推移（地域別、一次エネルギー）

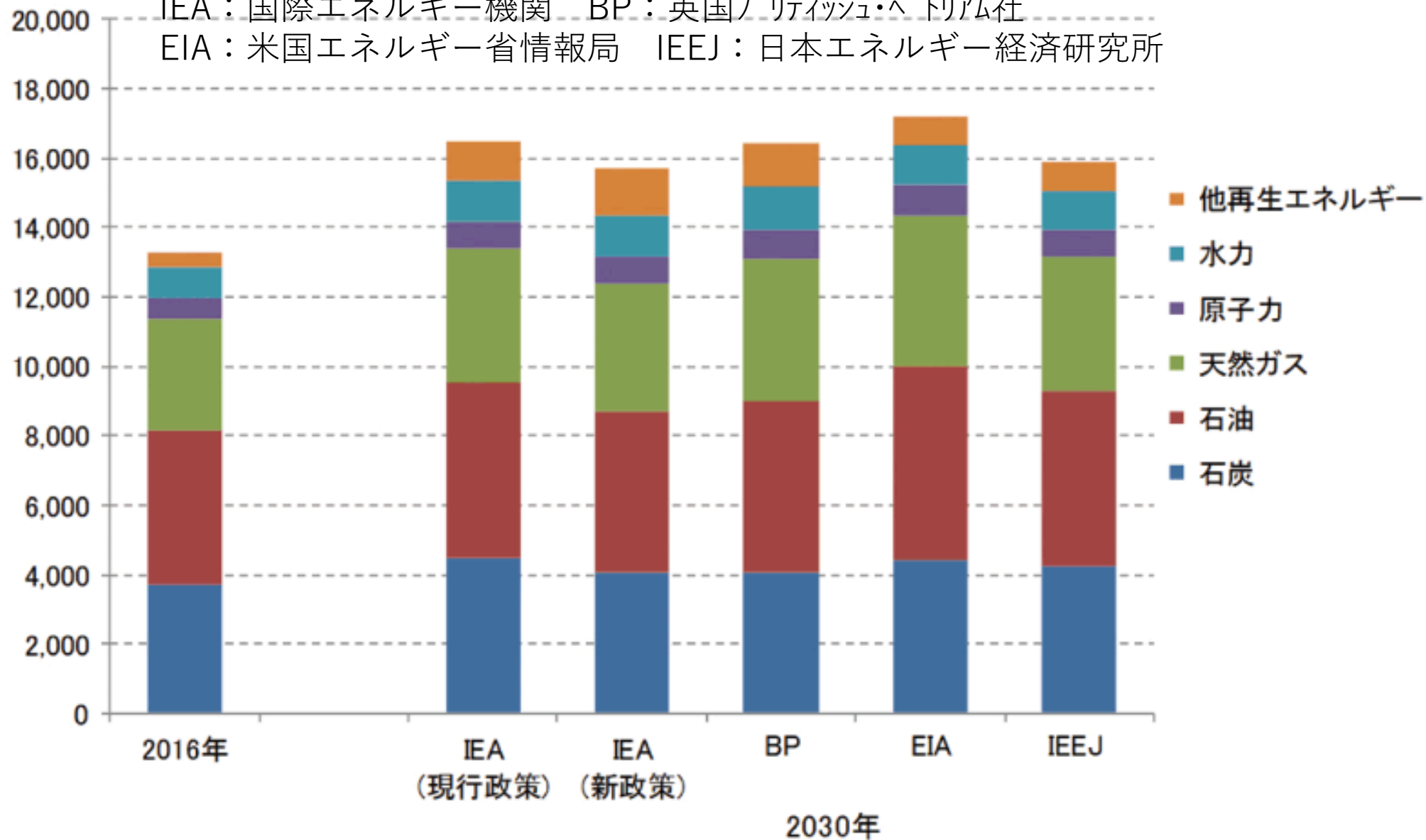


【第221-1-3】世界のエネルギー消費量の推移（エネルギー源別、一次エネルギー）



【第221-1-5】世界のエネルギー需要展望（エネルギー源別、一次エネルギー）

IEA：国際エネルギー機関 BP：英国ブリティッシュ・ペトリアム社
 EIA：米国エネルギー省情報局 IEEJ：日本エネルギー経済研究所

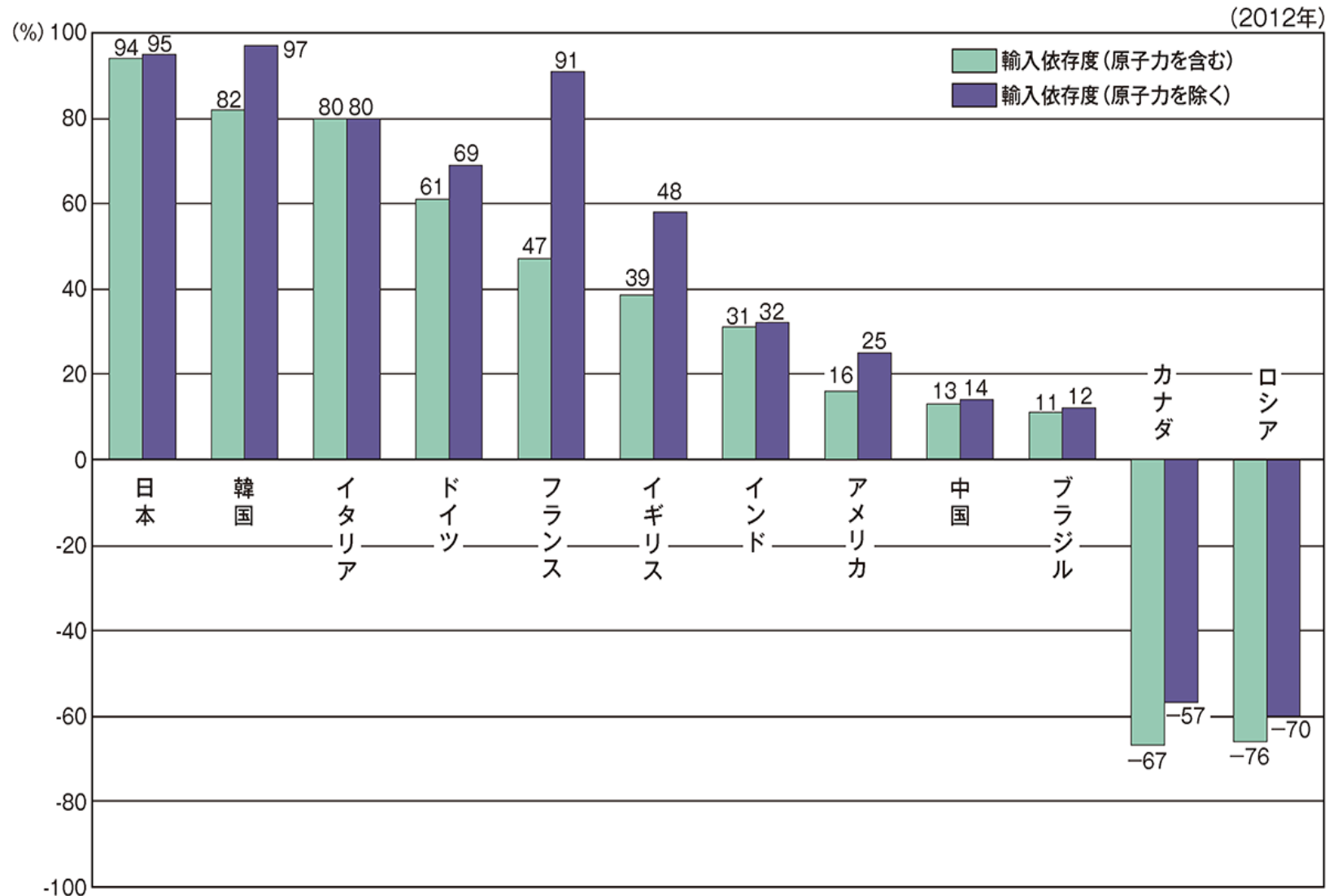


世界のエネルギー資源確認埋蔵量



(注) 可採年数=確認可採埋蔵量/年間生産量
ウランの確認可採埋蔵量は費用130ドル/kgU未満

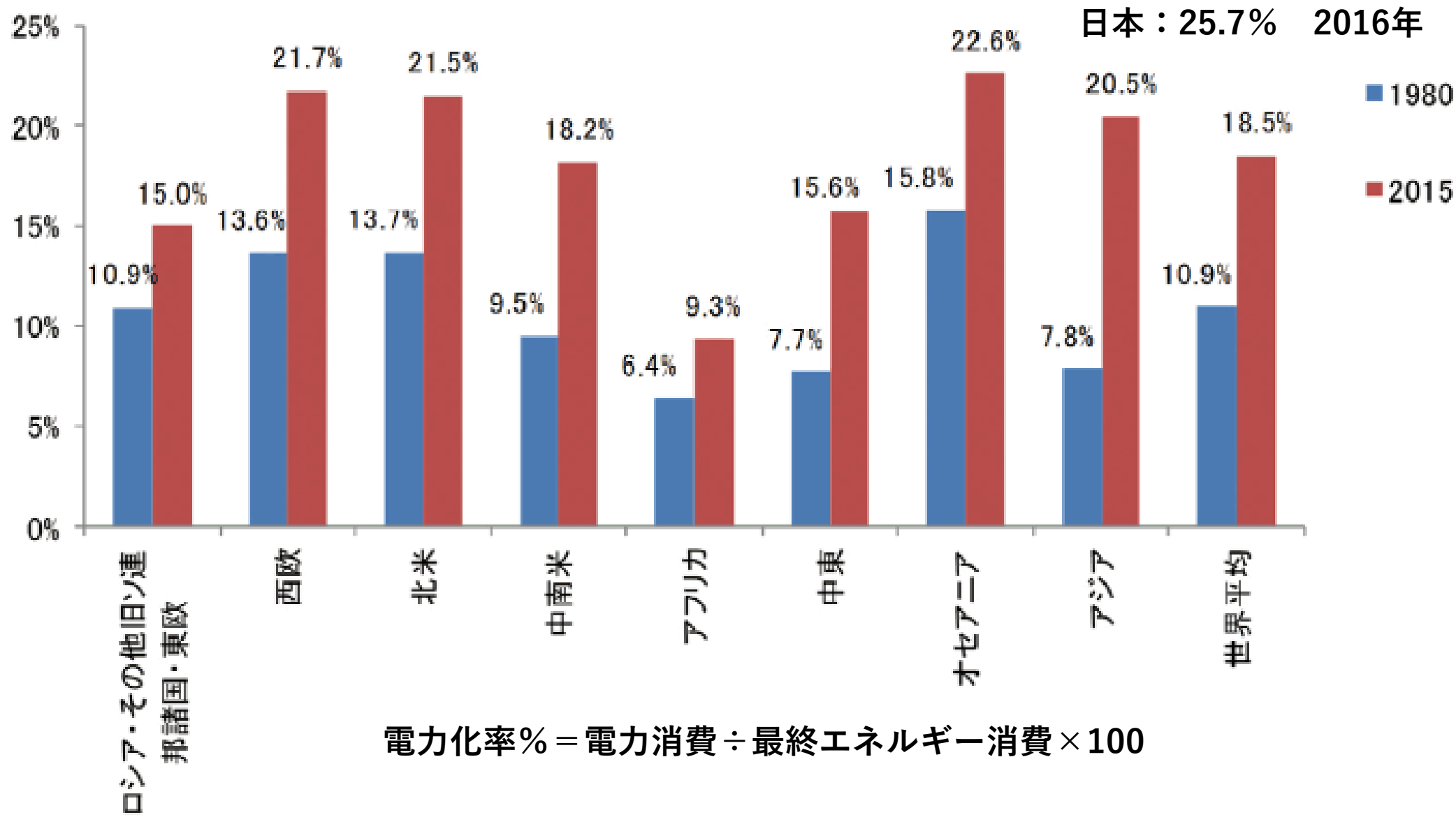
主要国のエネルギー輸入依存度



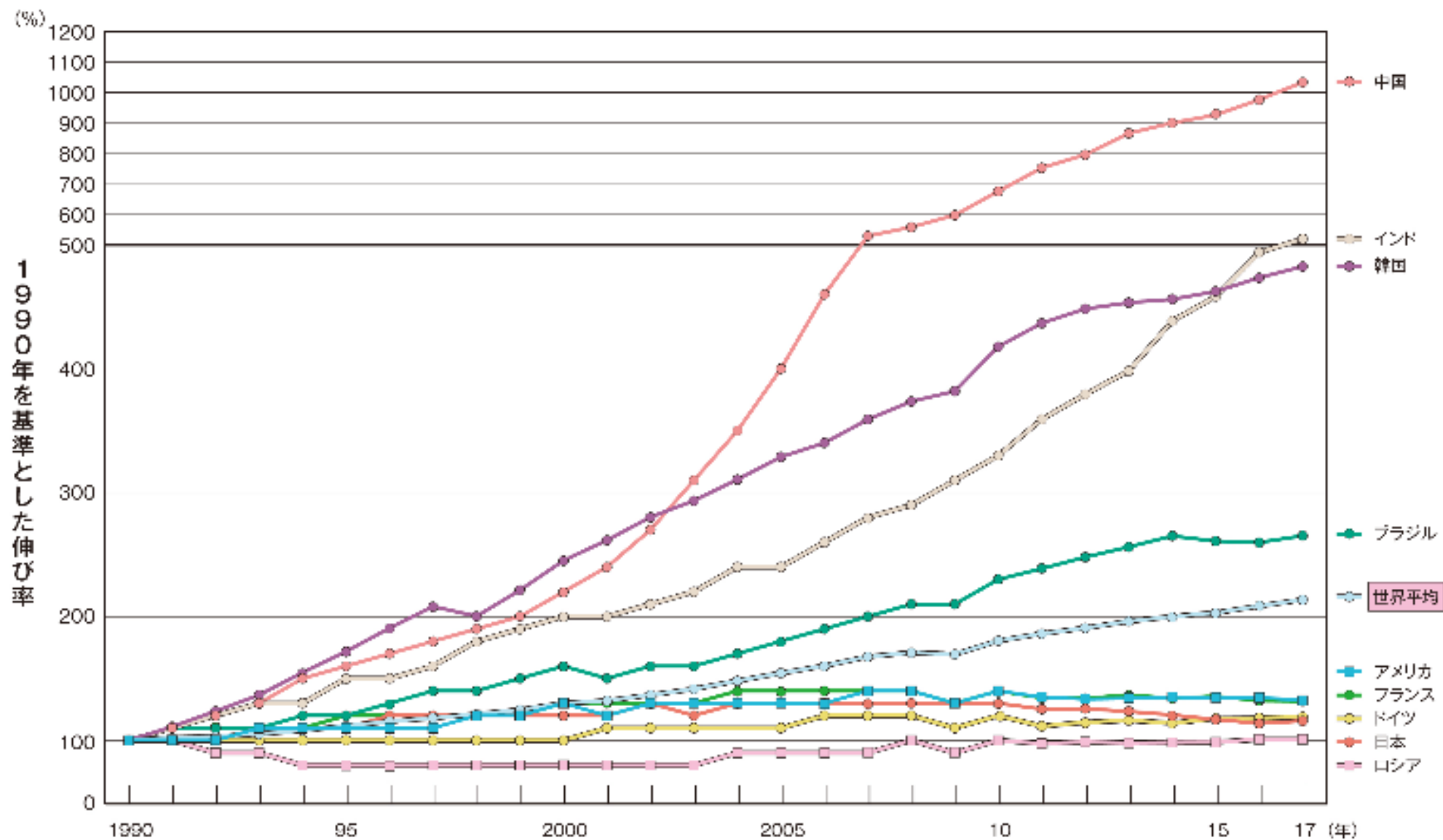
(注) 下向きグラフは輸出していることを表す

出典：日本原子力文化財団 「原子力・エネルギー」 図面集2017年版

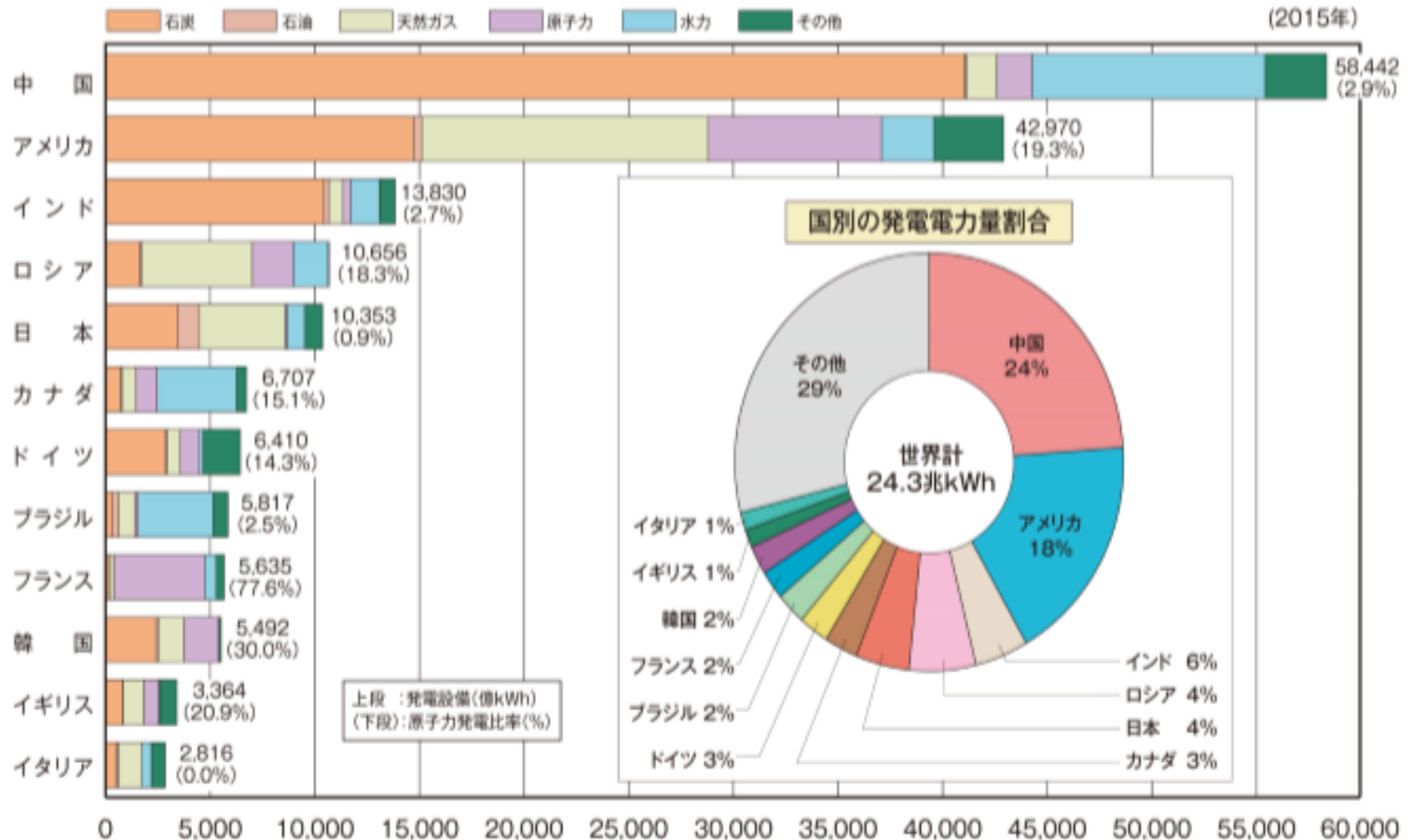
【第223-1-3】 電力化率（地域別）



主要国の発電電力量の推移（伸び率）



主要国の発電電力量



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

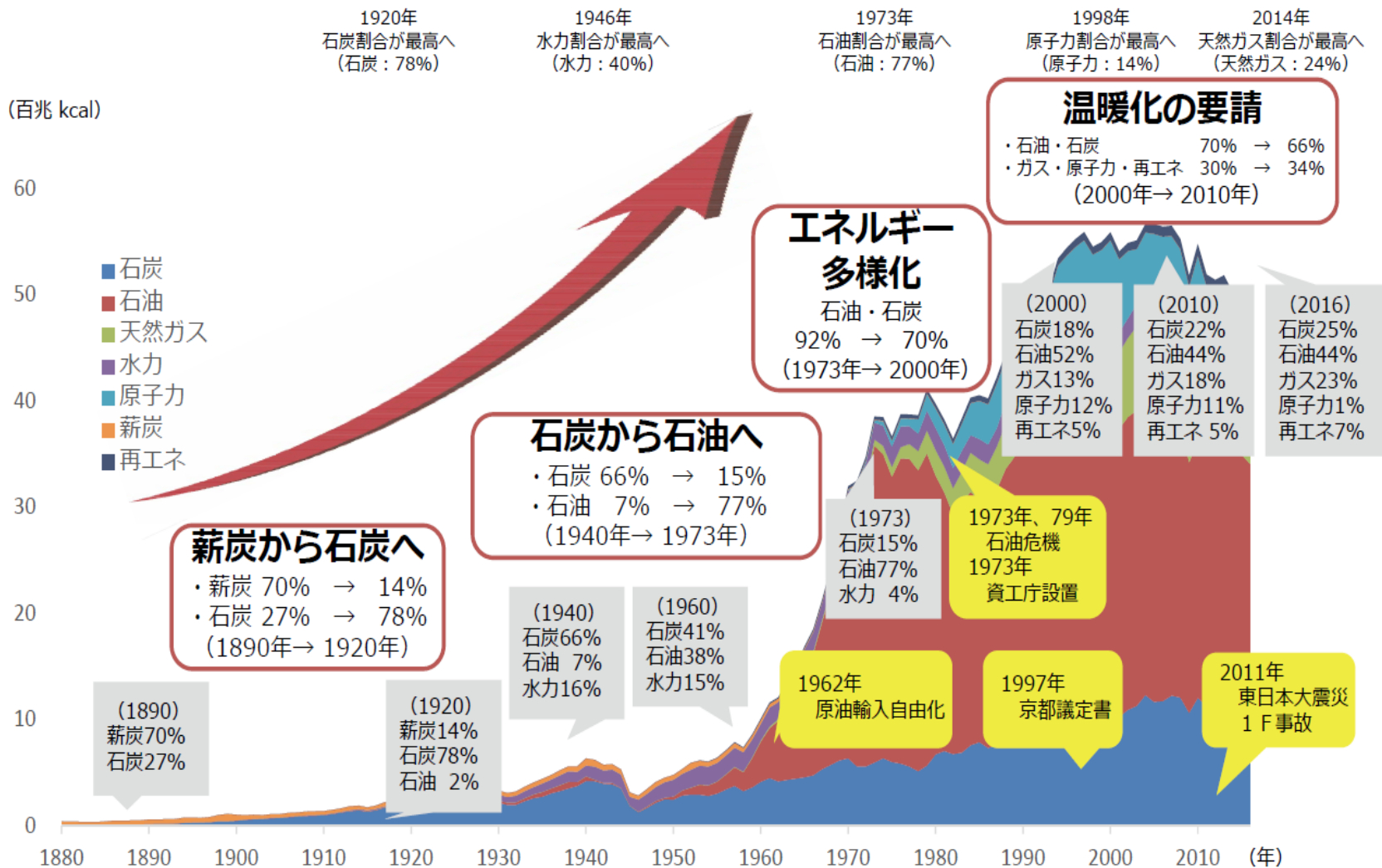
出典：日本原子力文化財団「原子力・エネルギー」図面集2016年版

(億kWh)

今日お話をしたいこと(1/2)

- エネルギーとは何か
エネルギーの種類・文明とエネルギー利用
- 世界はエネルギーを必要としている
人口予測、エネルギー消費量推移・展望、資源埋蔵量、
電力化率
- 日本のエネルギーの実情と課題
20世紀後半以降の供給量・資源利用の変遷、
省エネ、化石燃料輸入先、原油価格変動、供給構成と自給率、
電化率・電源別構成、電源別エネルギー収支比、備蓄量

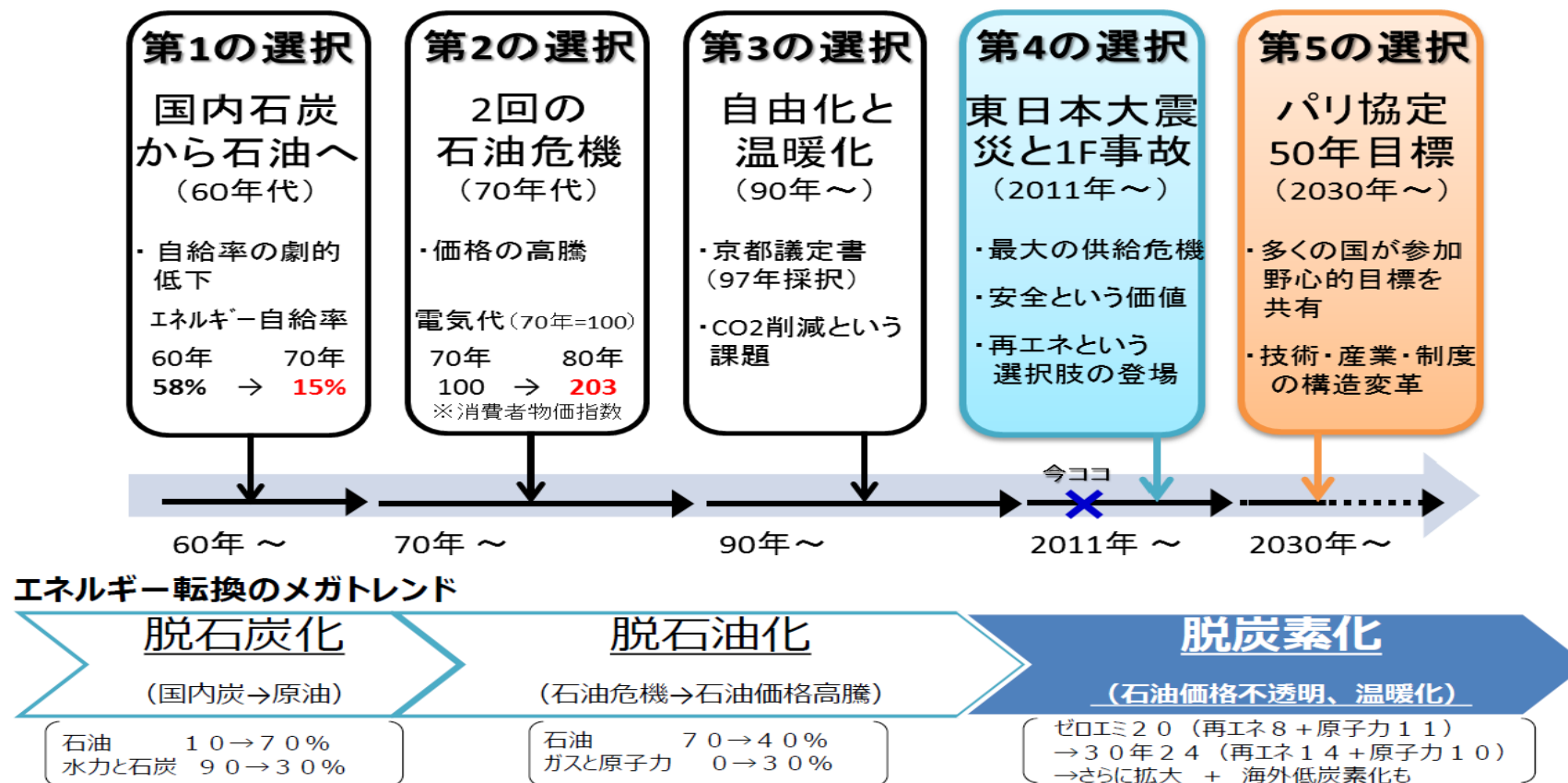
明治維新後の一次エネルギー供給量の推移



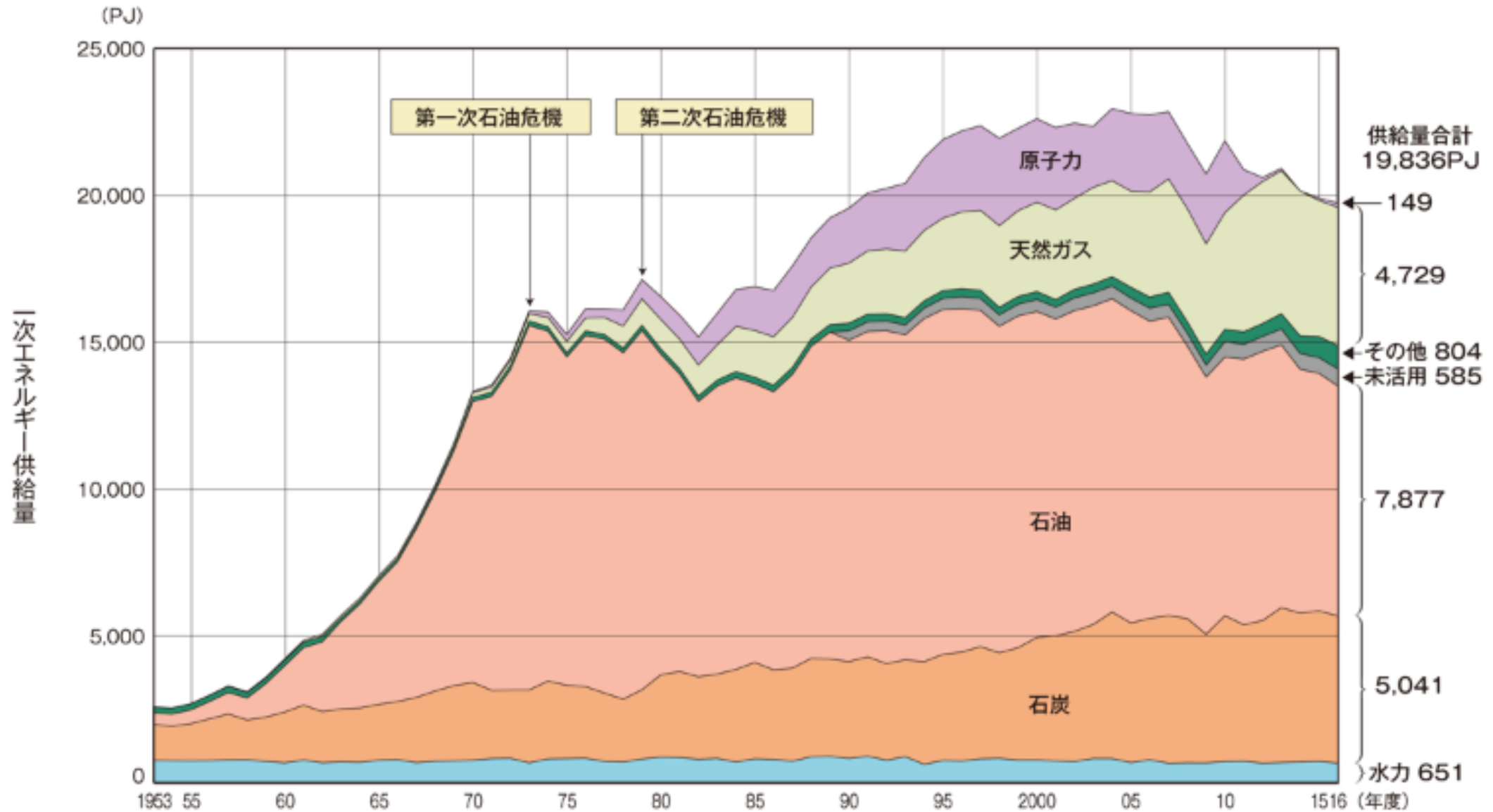
出典：日本エネルギー経済研究所資料より資源エネルギー庁作成

20世紀後半以降のエネルギー資源利用の変遷

1940年代までは水主火従・1950年代に火主（石炭主）水従へ
 1960年～90年代は石炭、石油、天然ガス、原子力時代ミックスへ
 21世紀は地球温暖化抑制が課題・四半期以降は脱炭素に

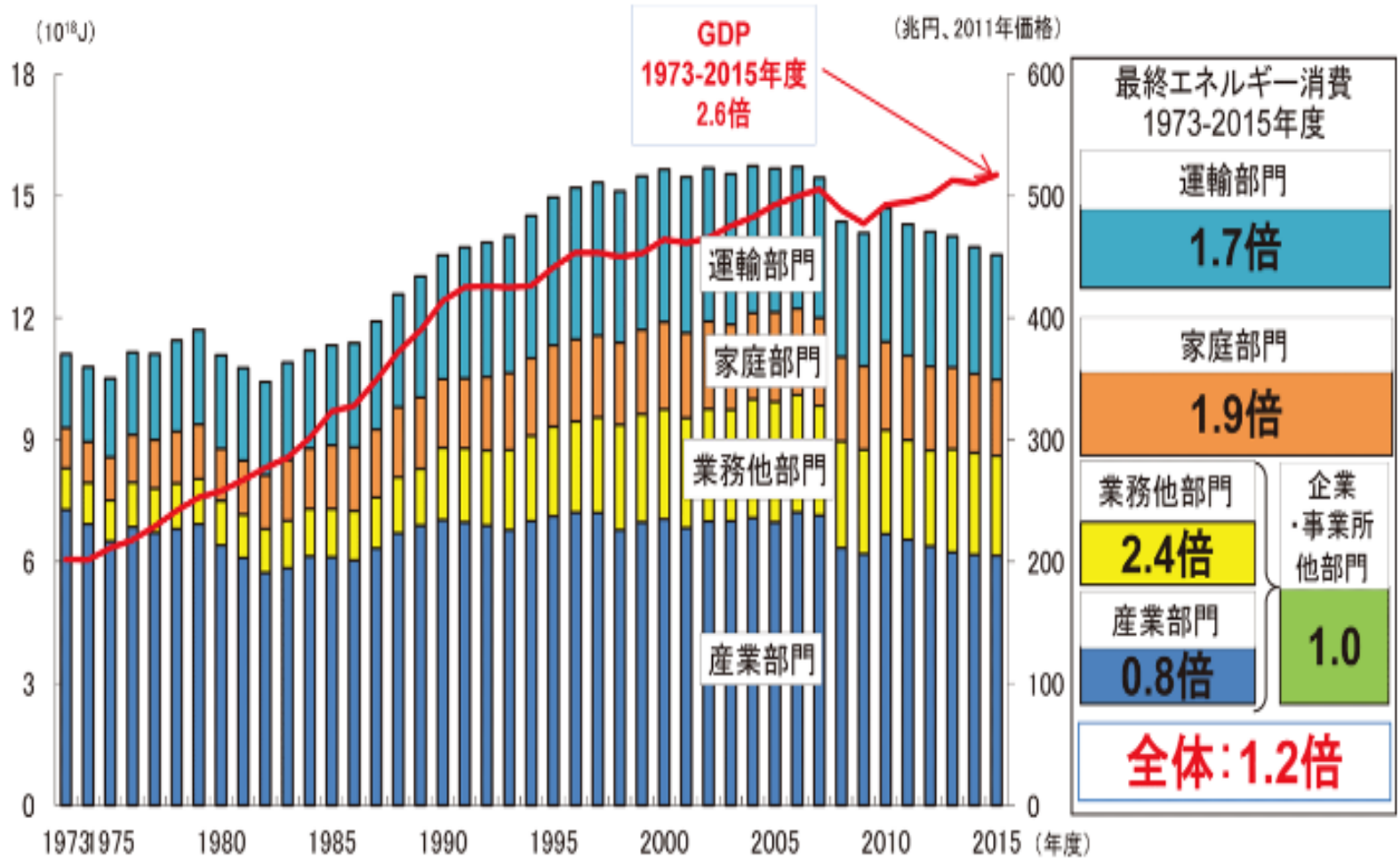


日本の一次エネルギー供給実績

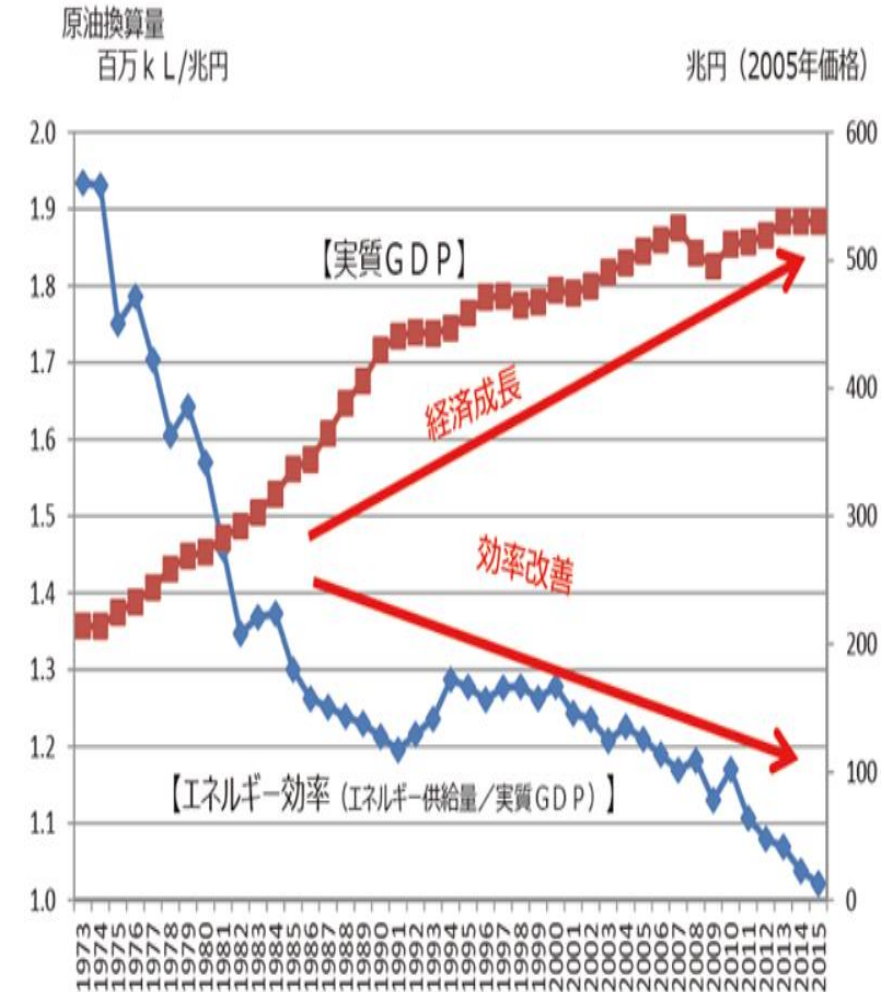


日本は省エネも進んでいるが需要も増えている

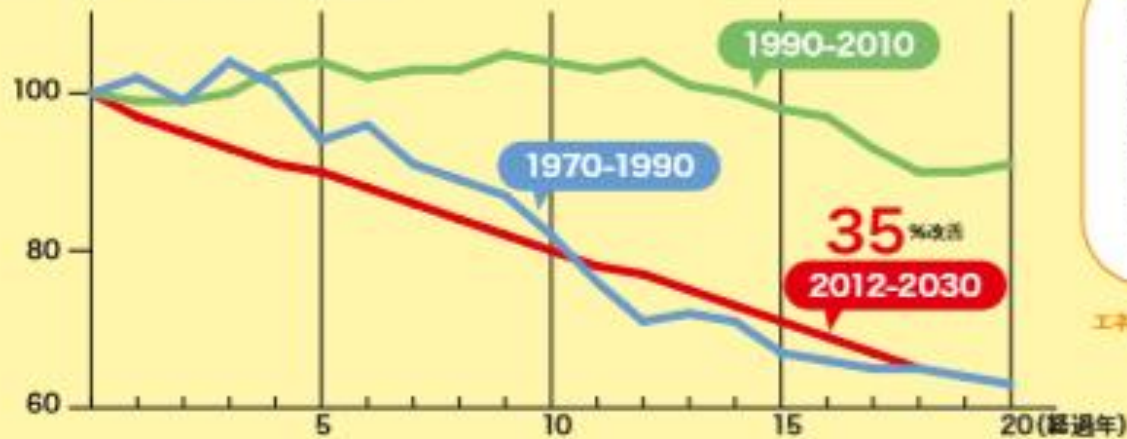
＜最終エネルギー消費と実質GDPの推移＞



【第211-1-2】我が国の実質GDPとエネルギー効率(エネルギー供給量/実質GDP)の推移



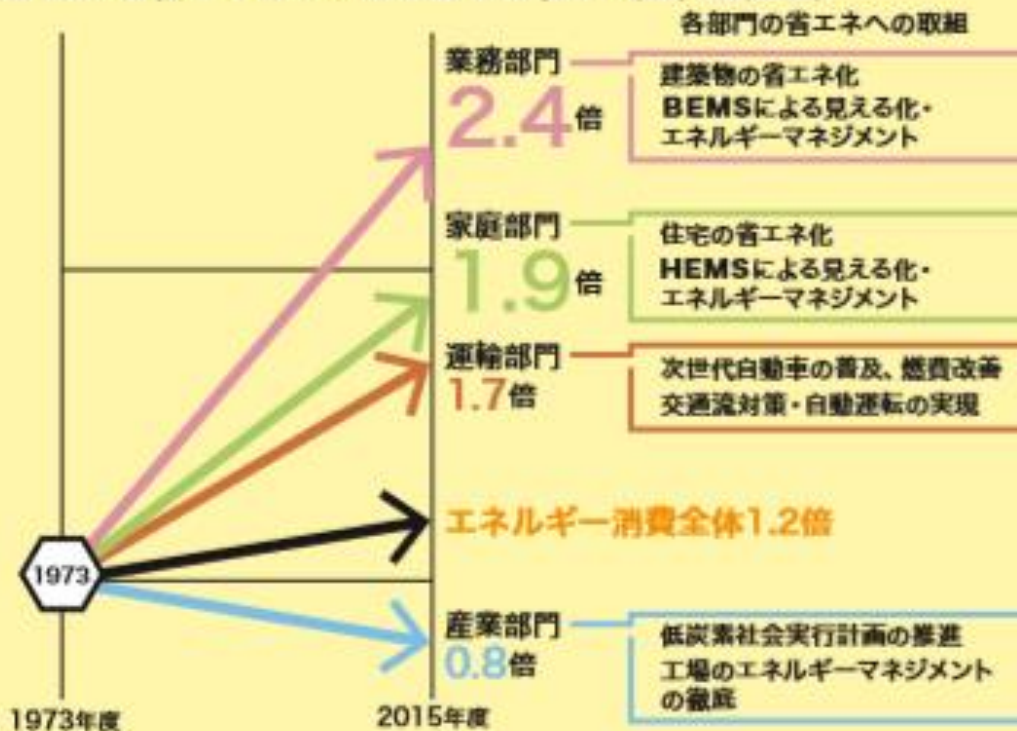
エネルギー消費効率の改善



1970年から1990年の間、日本は大幅なエネルギー消費効率改善を行いました。2030年に向けて、石油危機後並の35%のエネルギー消費効率改善の実現を目指しています。

エネルギー消費効率 = 最終エネルギー消費量 / 実質GDP

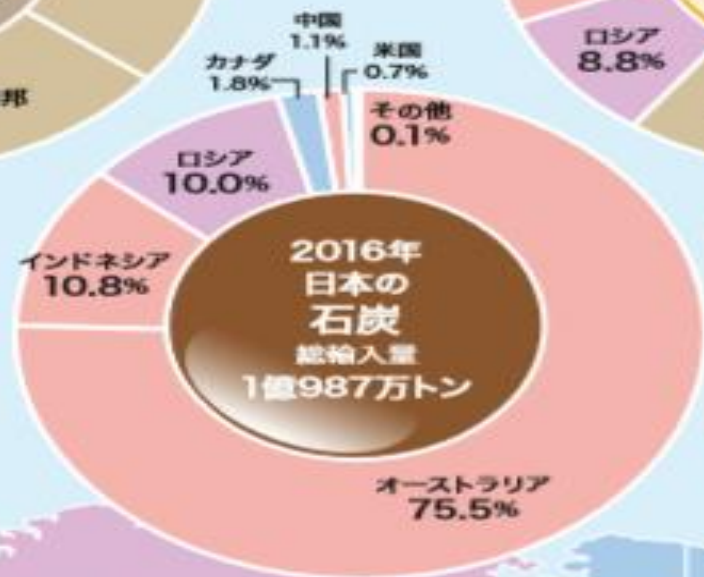
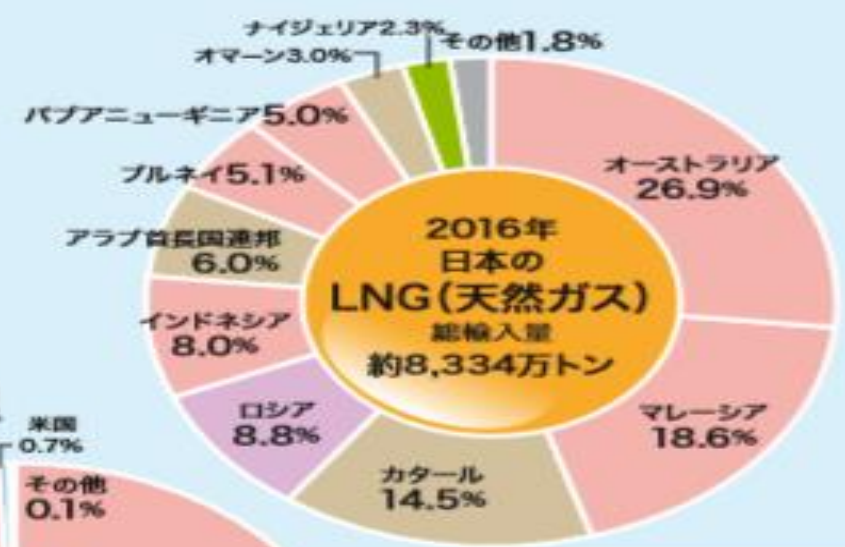
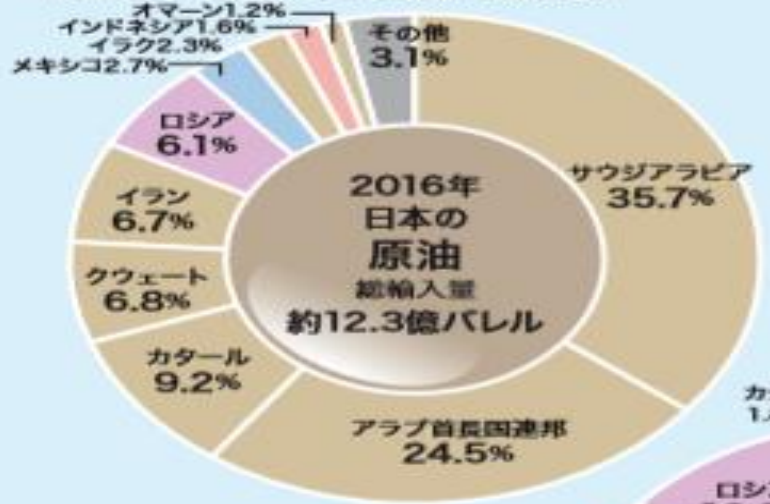
我が国の最終エネルギー消費量の変化率（部門別比較）



オイルショック時と比較すると、実質GDPが2.6倍に増加する中で、エネルギー消費の増加は1.2倍に留まっており、これは省エネが進んできた結果です。ただし、業務部門や家庭部門のエネルギー消費量は増加しており、省エネ取組を進めていくことが必要です。

HEMS: Home Energy Management System
BEMS: Building Energy Management System

2016年 日本の化石燃料輸入先



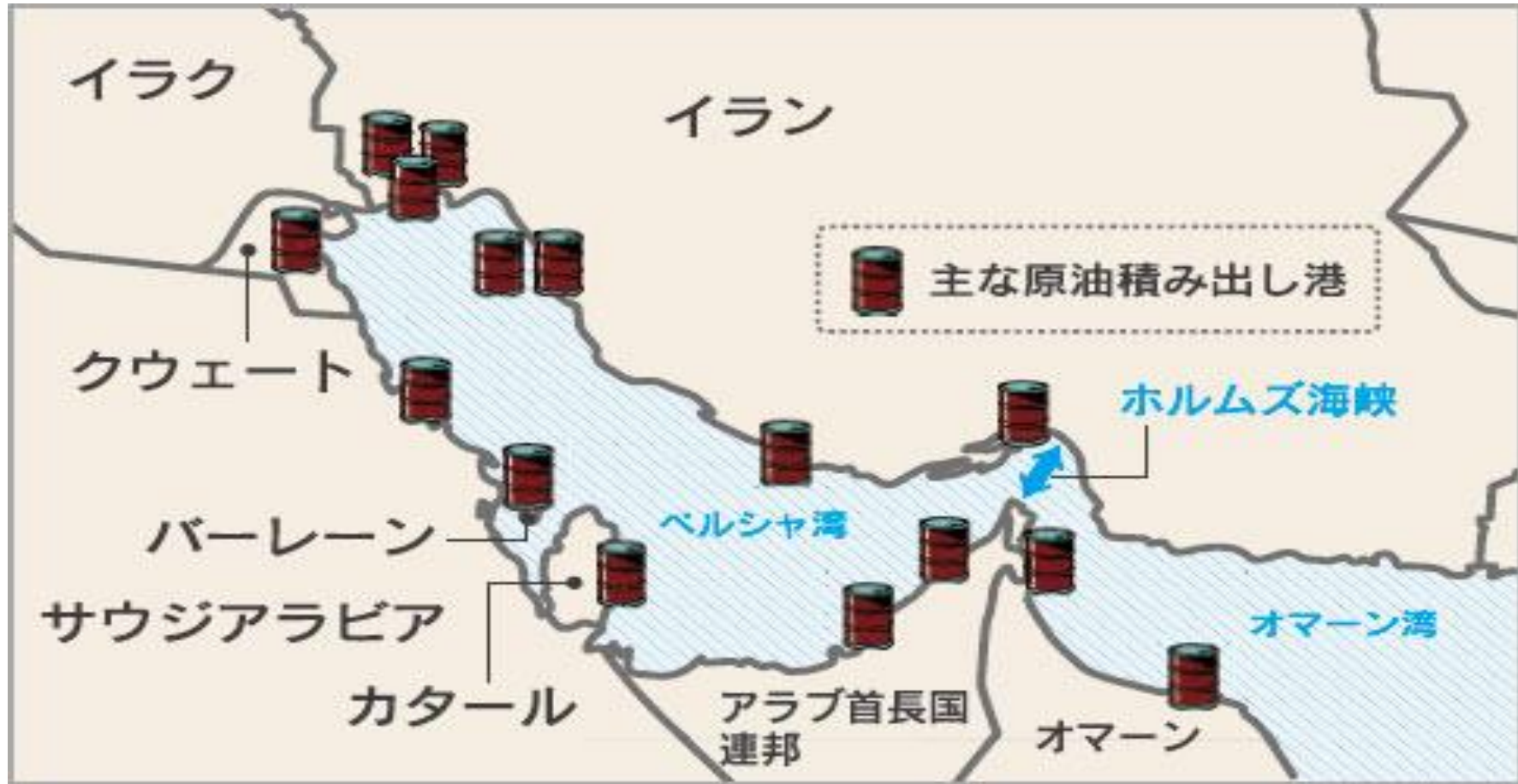
資源の安定確保のため、主な原油調達先である中東産油国との関係強化を進めると同時に、調達先の多角化、更なる権益獲得に向けた取組、LNG調達における競争活性化を進めています。



原油輸入価格の推移



ホルムズ海峡 = エネルギー生命線

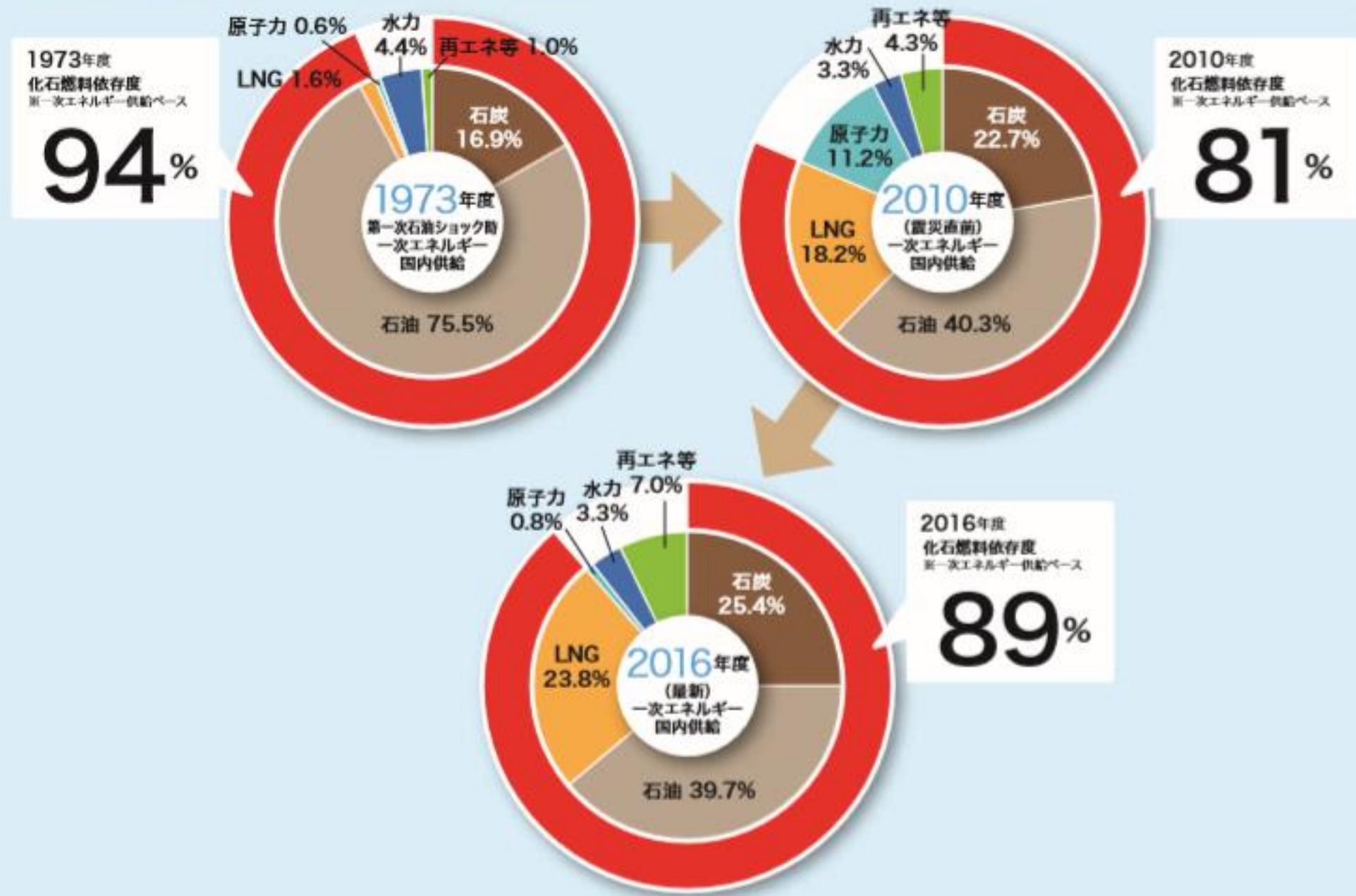


日本向け：原油9割、液化プロパンガス8割、
液化天然ガス 2割

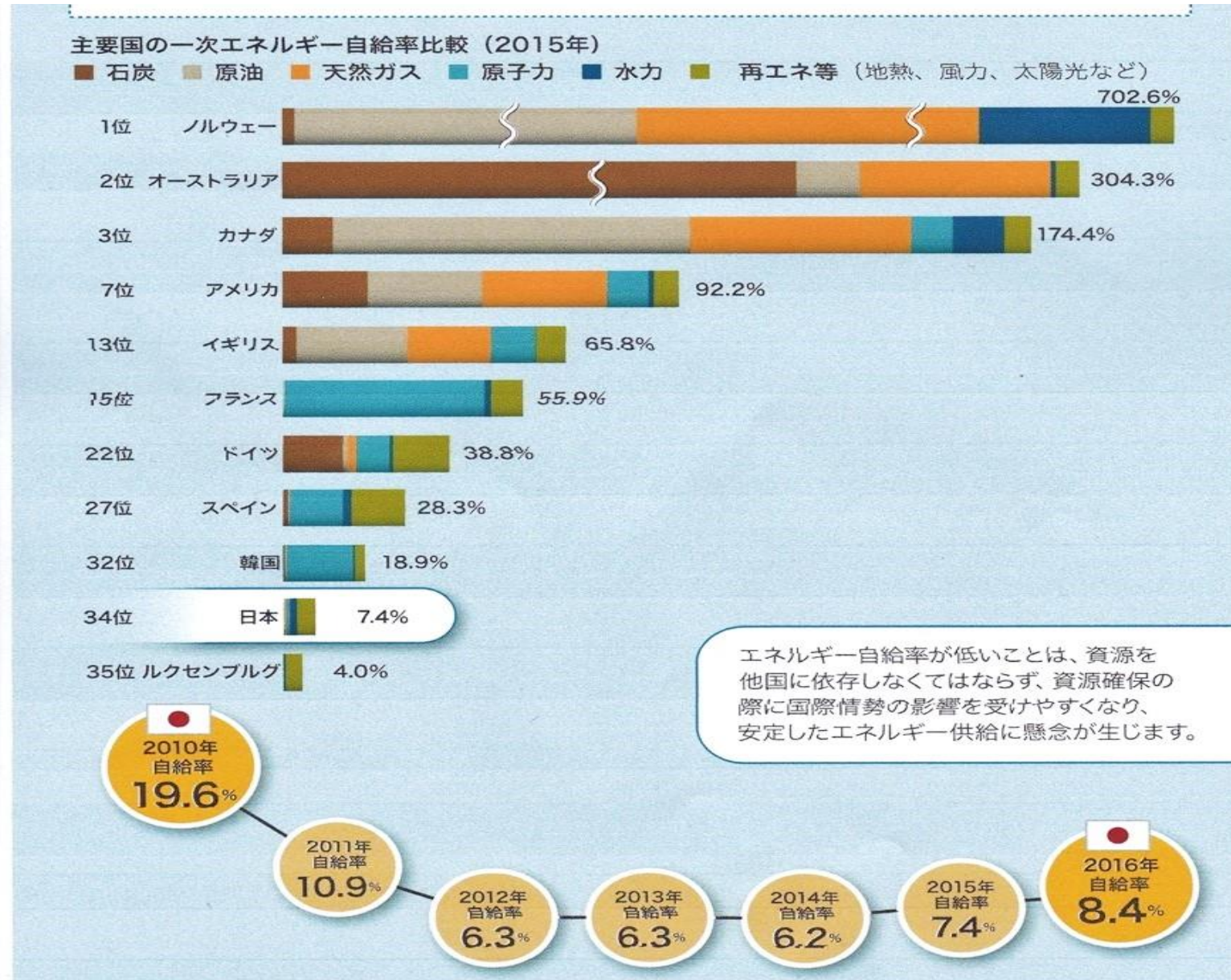
石油輸送のリスク



我が国の一次エネルギー国内供給構成の推移

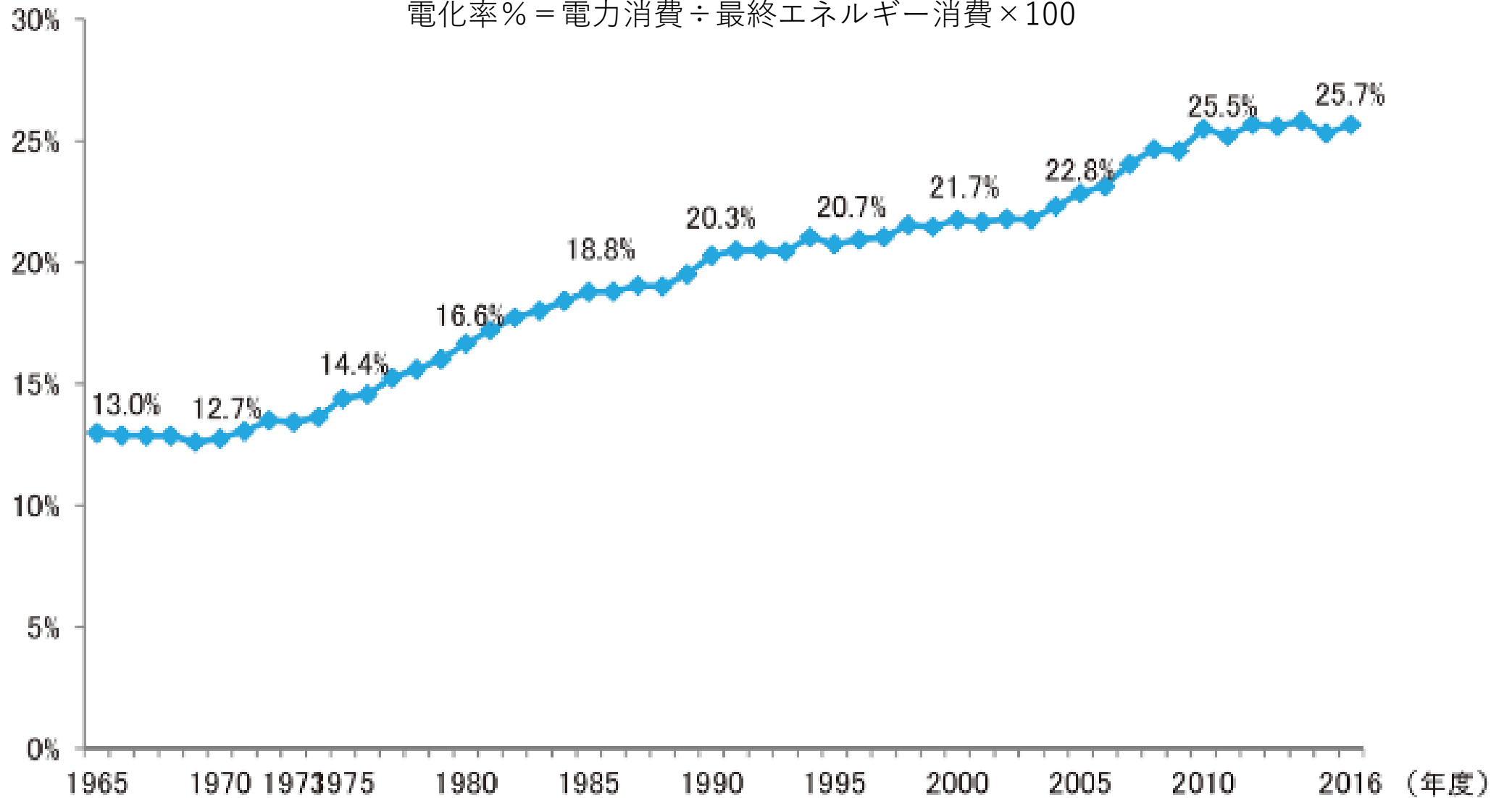


主要国の一次エネルギー自給率 日本は34位

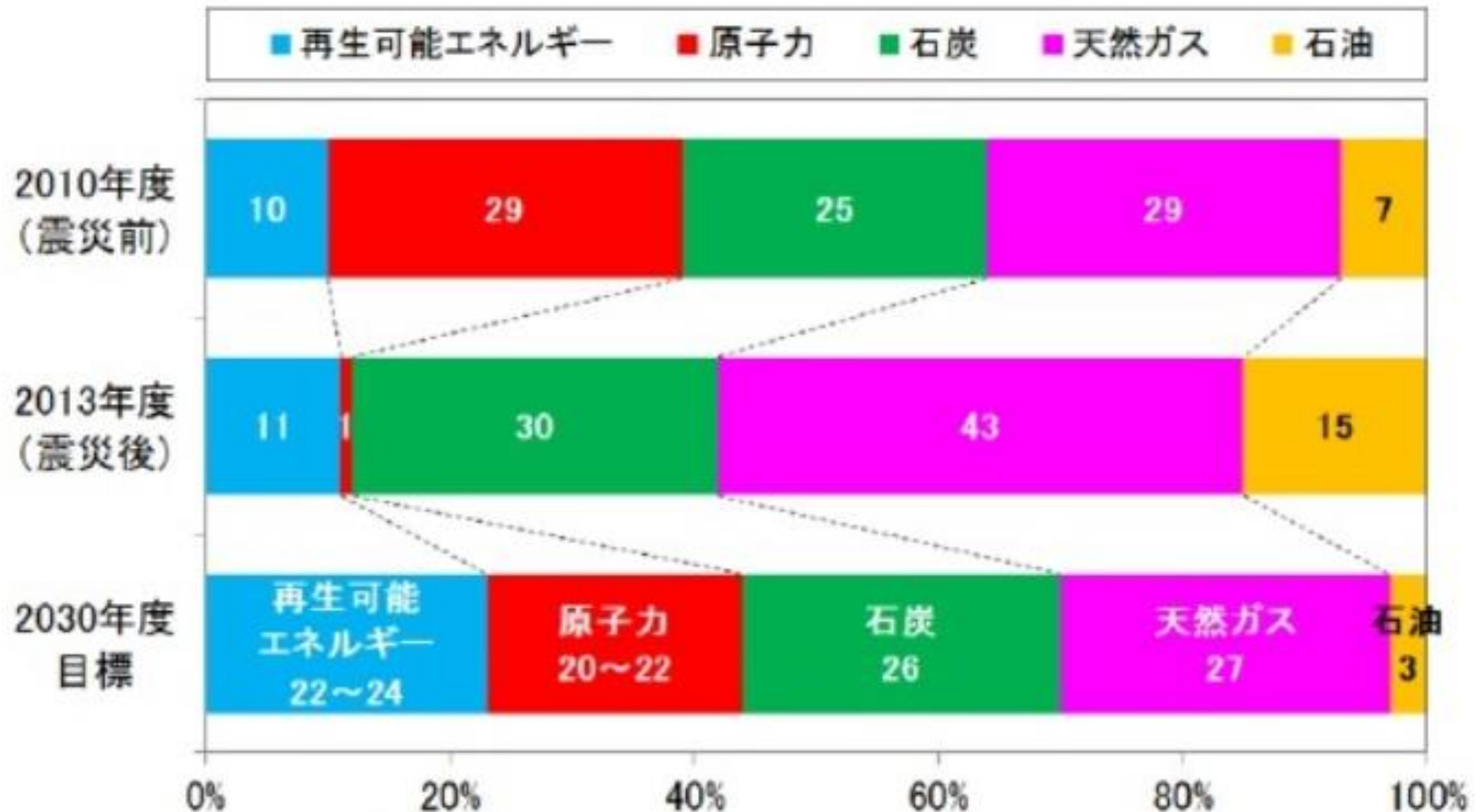


電力化率の推移

電化率% = 電力消費 ÷ 最終エネルギー消費 × 100

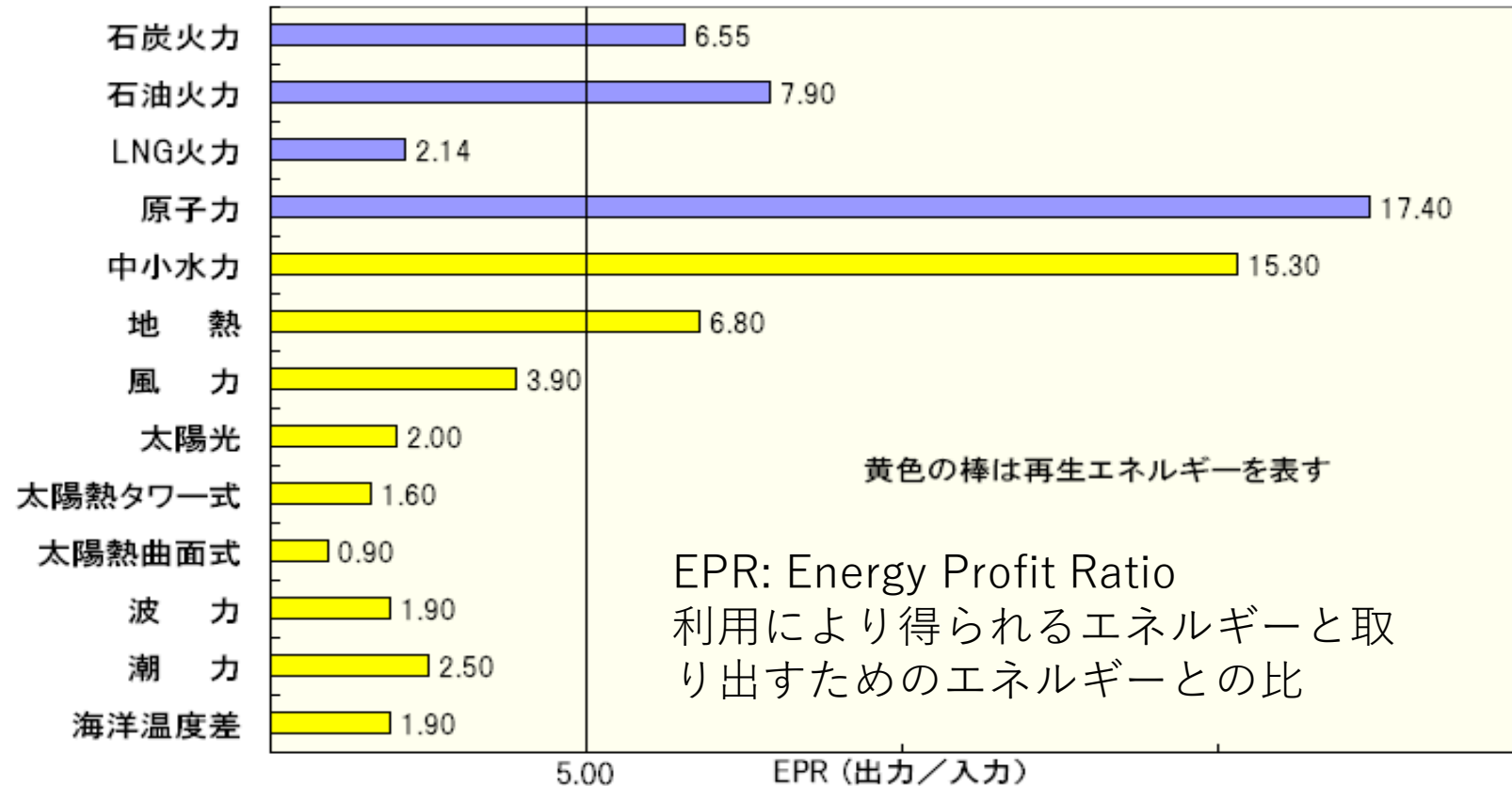


日本の電源構成の推移



(資料) 経済産業省

電源のエネルギー収支



(注)原子力では、ガス拡散と遠心を半分ずつにしている

設備利用率は、石炭、石油、LNG、原子力は75%、水力45%、風力35%、太陽光15%、太陽熱15%

電源を得る手段(発電)をEPRで評価

[出典]天野治:石油の代替エネルギーをEPRから考える、日本原子力学会誌、Vol.48、No.10(2006)、p.762

主な電力源の投入燃料規模と在庫状況の比較

①原子力発電所1基分(100万kw)が1年間で発電する電力量を他の発電方式で代替した場合に必要な燃料



濃縮ウラン



10トントラック2.1台
濃縮ウラン燃料21トン



天然ガス



LNG専用船4.75隻
(20万トンLNG船)
95万トン



石油



大型タンカー7.75隻
(20万トン石油タンカー)
155万トン



石炭



大型石炭運船11.75隻
(20万トン船)
235万トン

②国内民間在庫日数

(洋上在庫含まず、電力会社の発電用在庫(2012年度平均在庫日数等)で計算。※電力調査統計等より作成)

ウラン 約2年程度

※海外で濃縮等加工済のもの(震災前の値)で、現在ではより大きい値となる。

LNG 約13日

石油 約67日

※国家備蓄は約85日(IEA基準、平成25年度3月末)資源エネルギー庁「石油備蓄の現況」より

石炭 約33日

今日お話をしたいこと(2/2)

○我が国のエネルギー政策

エネルギー基本計画、エネルギー資源の選択（S + 3E）、
第5次エネルギー基本計画

○再生可能エネルギー

現状、太陽光と風力の特性、課題解決

○原子力

現状、震災後の電源構成・需給構造・温室効果ガス排出量
・貿易収支、原子力発電は何故必要か

○北海道胆振東部地震に伴う北海道大停電

エネルギー基本計画

- 1970年代の2回の石油危機、1990年代の新たな地球温暖化・電力自由化問題を受け、エネ2002年4月：「エネルギー政策基本法」施行
エネルギー施策を長期的、総合的かつ計画的に推進することを目的とする。
- 国は「エネルギー基本計画」を策定し3年毎に見直す。
 - 2003年10月（第一次）
 - 2007年3月（第二次）：原子力の導入、再生可能エネルギーの利用拡大、化石燃料の安定供給確保
 - 2010年6月（第三次）：エネルギー自給率を約70%とする、ゼロ・エミッション電源（原子力・再エネ）の比率を約70%とする
 - 2014年4月（第四次）：東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、2030年目標を策定（再エネ22~24%。原子力20~22%、化石56%）
 - 2018年7月（第五次）：第4次2030年長期エネルギー需給見通しの実現と2050年を見据えたシナリオの設計

エネルギー資源の選択

- 持続性のある発展を目指し、最適なエネルギー資源群を選択し組合せる⇒**エネルギー・ミックス**
- 資源選択の4要素 **S + 3 E**
 - **S** 安全性 Safety
 - **3 E** 供給安定性 Energy Security
 - 経済性 Economic Efficiency
 - 環境適合性 Environment Protection
- より高度な **S + 3 E** (第5次エネルギー基本計画)
 - 安全性 : 国民が受容可能な安全レベル・安全目標
 - 安全最優先 + 技術・ガバナンス改革による安全の革新
 - 供給安定性 : 震災前の自給率
 - 資源自給率 + 技術自給率向上 / 選択肢の多様化確保
 - 経済性 : 国際競争力ある料金
 - 国民負担抑制 + 自国産業競争力の強化
 - 環境適合性 : GHG (Green House Gas) 削減目標達成
 - 環境適合性 + 脱炭素化への挑戦



**2030年度達成目標 : 天然ガス27% 石炭26%
石油3% 再エネ22~24% 原子力20~22%**

第5次エネルギー基本計画

長期的に安定した持続的・自立的なエネルギー供給により、我が国経済社会の更なる発展と国民生活の向上、世界の持続的な発展への貢献を目指す
 3 E + S の原則の下、安定的で負担が少なく、環境に適合したエネルギー需給構造を実現

「3 E + S」	⇒	「より高度な3 E + S」
○ 安全最優先 (Safety)	+	技術・ガバナンス改革による安全の革新
○ 資源自給率 (Energy security)	+	技術自給率向上/選択肢の多様化確保
○ 環境適合 (Environment)	+	脱炭素化への挑戦
○ 国民負担抑制 (Economic efficiency)	+	自国産業競争力の強化

情勢変化 ①脱炭素化に向けた技術間競争の始まり ②技術の変化が増幅する地政学リスク ③国家間・企業間の競争の本格化

2030年に向けた対応

～温室効果ガス26%削減に向けて～
 ～エネルギーミックスの確実な実現～
 - 現状は道半ば
 - 計画的な推進
 - 実現重視の取組
 - 施策の深掘り・強化

<主な施策>

- 再生可能エネルギー
 - ・主力電源化への布石
 - ・低コスト化, 系統制約の克服, 火力調整力の確保
- 原子力
 - ・依存度を可能な限り低減
 - ・不断の安全性向上と再稼働
- 化石燃料
 - ・化石燃料等の自主開発の促進
 - ・高効率な火力発電の有効活用
 - ・災害リスク等への対応強化
- 省エネ
 - ・徹底的な省エネの継続
 - ・省エネ法と支援策の一体実施
- 水素/蓄電/分散型エネルギーの推進

2050年に向けた対応

～温室効果ガス80%削減を目指して～
 ～エネルギー転換・脱炭素化への挑戦～
 - 可能性と不確実性
 - 野心的な複線シナリオ
 - あらゆる選択肢の追求
 - 科学的レビューによる重点決定

<主な方向>

- 再生可能エネルギー
 - ・経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す
 - ・水素/蓄電/デジタル技術開発に着手
- 原子力
 - ・脱炭素化の選択肢
 - ・安全炉追求/バックエンド技術開発に着手
- 化石燃料
 - ・過渡期は主力、資源外交を強化
 - ・ガス利用へのシフト、非効率石炭フェードアウト
 - ・脱炭素化に向けて水素開発に着手
- 熱・輸送、分散型エネルギー
 - ・水素・蓄電等による脱炭素化への挑戦
 - ・分散型エネルギーシステムと地域開発
(次世代再エネ・蓄電、EV、マイクログリッド等の組合せ)

今日お話をしたいこと(2/2)

○我が国のエネルギー政策

エネルギー基本計画、エネルギー資源の選択（S + 3E）、
第5次エネルギー基本計画

○再生可能エネルギー

現状、太陽光と風力の特性、課題解決

○原子力

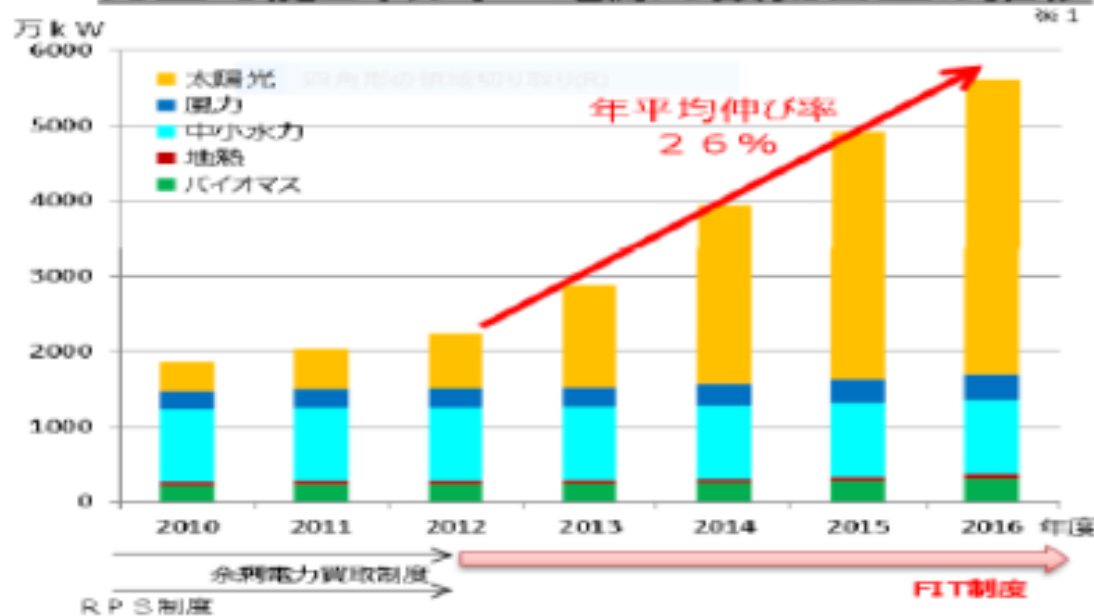
現状、震災後の電源構成・需給構造・温室効果ガス排出量
・貿易収支、原子力発電は何故必要か

○北海道胆振東部地震に伴う北海道大停電

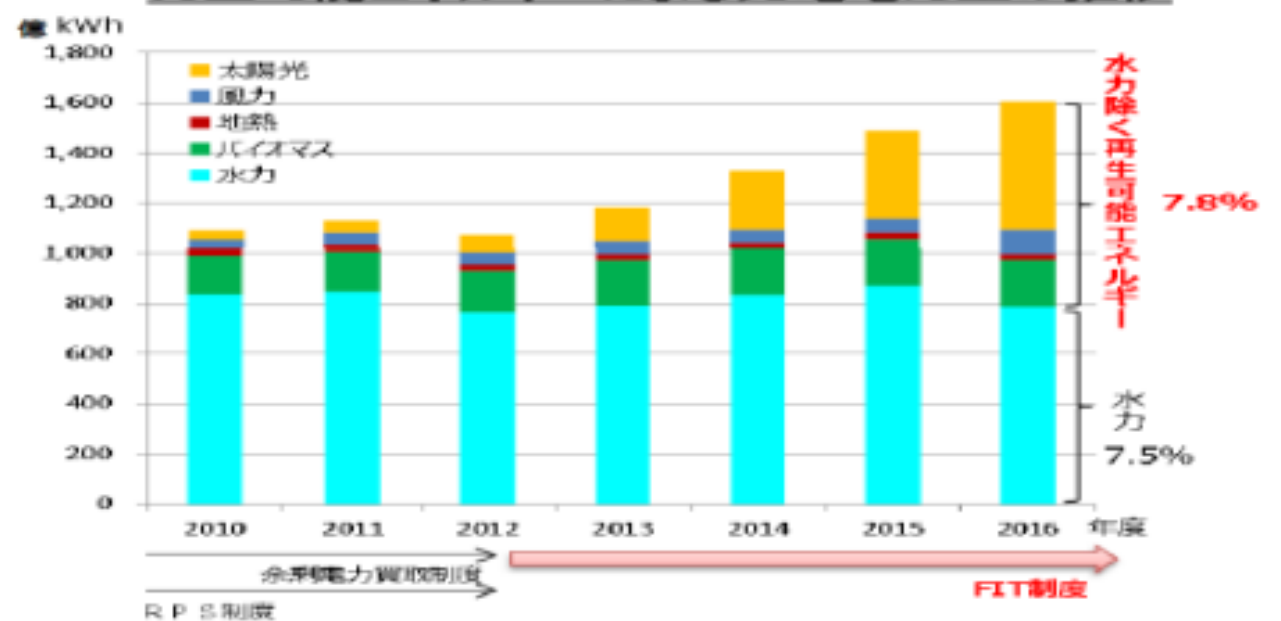
再生可能エネルギーの現状

- 再生可能エネルギーは、固定価格買取（FIT）制度の創設以来、発電電力量は2.7%（2011年度）から8.1%（2017年度、水力を除く。含めると16%）に増加。
- 導入障壁が低くリードタイムが短い太陽光発電に偏っている。

再生可能エネルギー電源の設備容量の推移



再生可能エネルギーによる発電電力量の推移



変動型再エネ・太陽光と風力の特性

- 発電量：太陽光は夜間ゼロ、太陽光、風力とも天候次第
 - 需要に応じた発電ができない
 - バックアップ電源が必要
 - 安定電源 火力 ⇒ CO2低減にならない
 - 貯蔵 バッテリー 揚水発電など
 - このような構造的要因により高コスト化（FITでカバー）
- 変動型再エネの特徴
 - 発電時は一斉に同じように発電・重複、余剰が生ずる「共喰い現象」
 - 設備容量が需要容量を超えると発電量が過剰になる
 - 間欠発電からの供給を優先すると、バックアップ電源の経済性が低下
- 2050年に向け経済的に自立化した主力電源化必須

課題解決方針（2050年に向けて）/第5次エネルギー基本計画

- ・国内の再生可能エネルギー価格を国際水準並みに引き下げる。
- ・FIT制度による補助からの早期自立。
- ・既存送電網の開放を徹底。
- ・補完電源としての火力容量維持の仕組みを整える。

以上と並行して、**自立した主力電源化に向けて技術革新によるブレークスルーに取り組むべき課題**

- ・発電効率の抜本的向上
- ・高性能の低価格蓄電池、水素システムの開発
- ・需給調整を精緻に行なうデジタル技術の開発
- ・再エネの分布に応じた送電網の増強
- ・分散型ネットワークシステムの開発

今日お話をしたいこと(2/2)

○我が国のエネルギー政策

エネルギー基本計画、エネルギー資源の選択（S + 3 E）、
第5次エネルギー基本計画

○再生可能エネルギー

現状、太陽光と風力の特性、課題解決

○原子力

現状、震災後の電源構成・需給構造・温室効果ガス排出量
・貿易収支、原子力発電は何故必要か

○北海道胆振東部地震に伴う北海道大停電

原子力発電所の現状

**再稼働
9基**

稼働中 9基、停止中 0基 (起動日)

**設置変更許可
6基**

(許可日)

**新規制基準
審査中
12基**

(申請日)

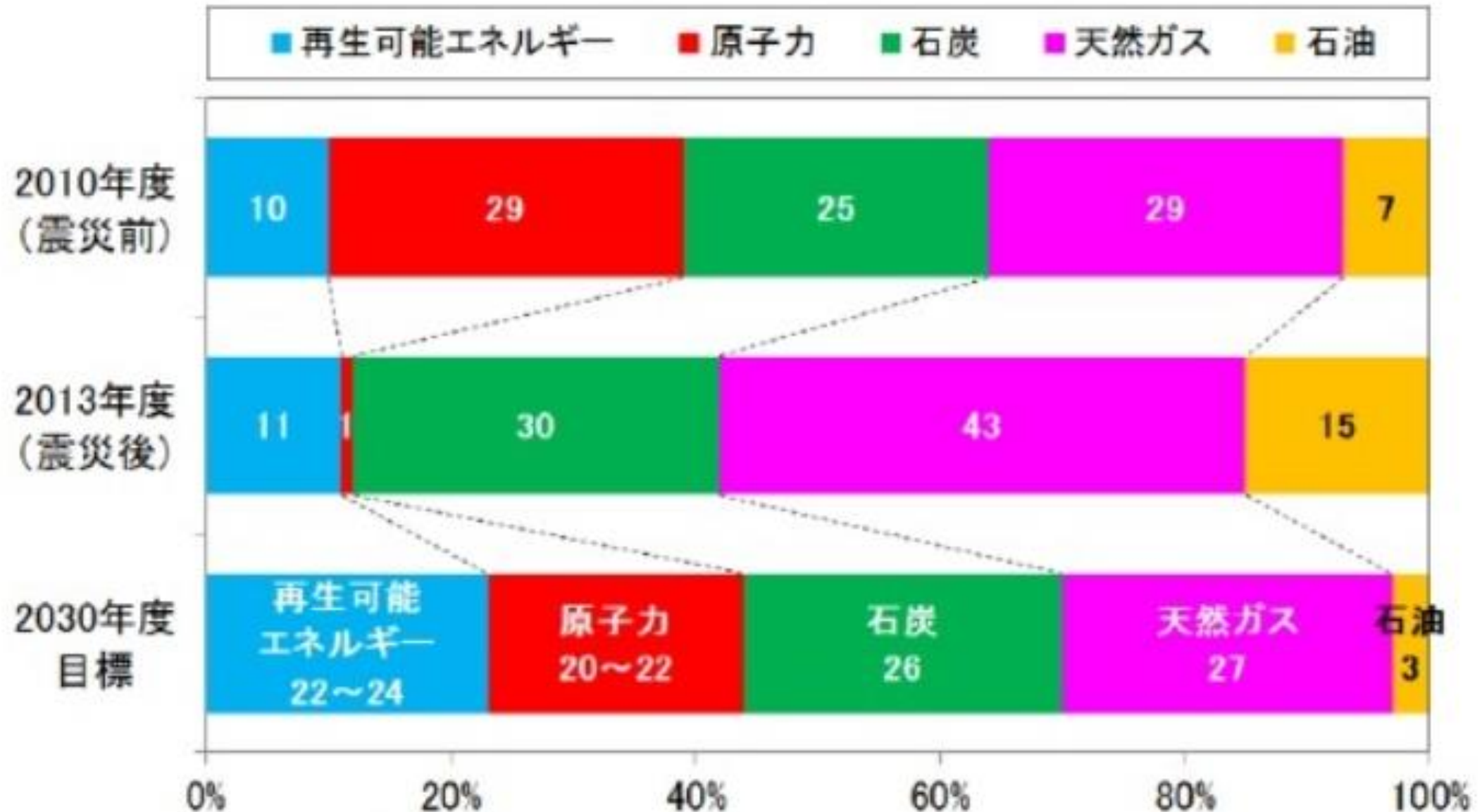
**未申請
10基**

**廃炉
決定済・検討中
23基**



**1基再稼働により、燃料コスト350～630億円/年、CO₂排出量260～490万トン/年削減
(100万kWe 稼働率80%、LNGもしくは石炭火力代替)**

日本の電源構成の推移



(資料) 経済産業省

原子力発電所が停止し、化石燃料による発電に依存していることから、二酸化炭素の排出量は増加に転じています。

図11 温室効果ガス排出量の推移 (2010～2012年度)

出典：日本の温室効果ガス排出実績（環境省）、電気事業者協会「電気事業における環境行動計画」を基に作成

- 震災以降、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス排出量は増加しており、2012年度の排出量は1990年度比+6.5%増加。
- 電力部門のCO₂排出量(※)以外では排出量が若干削減(2010年度比▲0.25億トン)されているものの、電力部門のCO₂排出量は原発代替のための火力発電の焼き増しにより、2010年度比+1.12億トンの増加。

(※)「電力部門のCO₂排出量」は、一般電気事業者によるエネルギー起源CO₂排出量

温室効果ガス：大気を構成する気体であって、赤外線を吸収し再放出する気体。京都議定書では、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、パーフルオロカーボン、六ふっ化硫黄の6物質が温室効果ガスとして排出削減対象となっています。

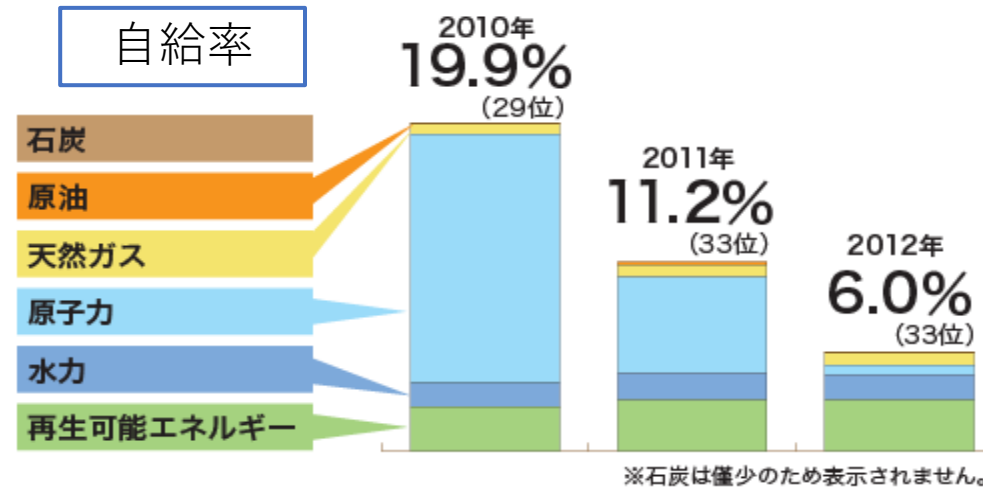
[環境省のホームページ](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg.html)

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg.html>

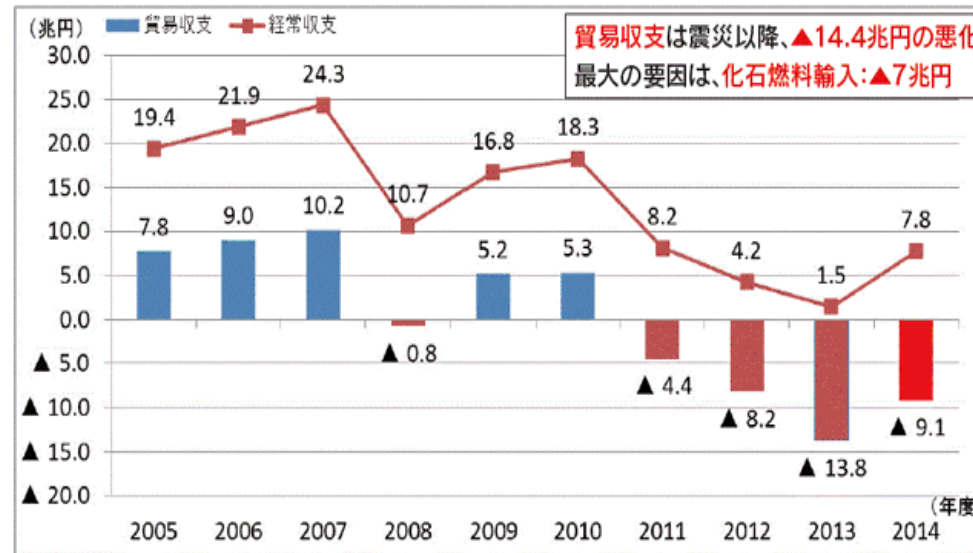


震災後のエネルギー需給構造の変化

- 震災後一次エネルギーの自給率が約1/3に低下
- 貿易収支値が赤字転落、経常収支も大幅に低下
- この傾向は現在も継続



貿易収支と経常収支



出展：経済産業省資料「日本のエネルギーのいま」、エネルギー白書

原子力発電はなぜ必要か(1)

1. わが国は資源小国であり、準国産エネルギーである原子力は**エネルギー自給率向上**のために欠かせない。

エネルギー自給率は先進国最下位で**8.4%**であるが、福島第一発電所事故前は**約20%の自給率**であった。

化石燃料は、世界各国から輸入

- 国内エネルギー需要の42%は輸入原油に依存
- 世界輸出入総量の12.1%にあたる990億m³の天然ガスを輸入
- 世界輸出入総量の20%にあたる187Mt（世界最多）の石炭を輸入

主要国のエネルギー自給率（2015年）



原子力発電はなぜ必要か(2)

2. **温暖化防止に寄与する安定電源**として原子力は欠かせない。

・再エネで安定電源は、バイオマス、地熱、水力

3. 発電コストが**もっとも安価**である。

・化石燃料は、価格の大きな変動、輸入、資源の枯渇等の不安

	エネルギーの安定供給	環境保全 (1kWhあたりのCO ₂ 排出量)	経済性 (1kWhあたりのコスト)			安全性など
			2014年 キロワット時	2014年時点 での燃料費	2030年 キロワット時	
原子力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域が世界に広く分布 資源性に優れる 燃料をリサイクルできる 	19	10.1円~ (8.8円~)	1.5円	10.3円~ (8.8円~)	<ul style="list-style-type: none"> 徹底した安全確保、厳重な放射線管理、廃棄物の適切な処理、処分が必要
太陽光 (住宅用)		38	29.4円 (27.3円)	0円	12.5円~16.4円 (12.3円~16.2円)	<ul style="list-style-type: none"> 広い土地が必要
風力 (陸上)	<ul style="list-style-type: none"> 資源が枯渇するおそれがない 自然条件に左右される 	25	21.6円 (15.6円)	0円	13.6円~21.5円 (9.6円~15.6円)	
水力 (一般)		11	11.0円 (10.8円)	0円	11.0円 (10.8円)	
石炭火力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域に偏りがなく、世界に広く分布 	79	12.3円 (12.2円)	5.5円	12.9円 (12.9円)	<ul style="list-style-type: none"> 世界的な資源価格の変動により、発電コストが大きく左右される
天然ガス (LNG) 火力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域の偏りが大きい 	123	13.7円 (13.7円)	10.8円	13.4円 (13.4円)	
石油火力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域が中東に偏っている 	43	30.6円~43.4円 (30.6円~43.3円)	21.7円	28.9円~41.7円 (28.9円~41.6円)	

単位: g-CO₂/kWh

()内は、政策経費を除いたコスト

御清聴誠に有難う御座いました