

「エネルギー研究クラスター」発足シンポジウム  
2019年2月28日 東京コンベンションホール

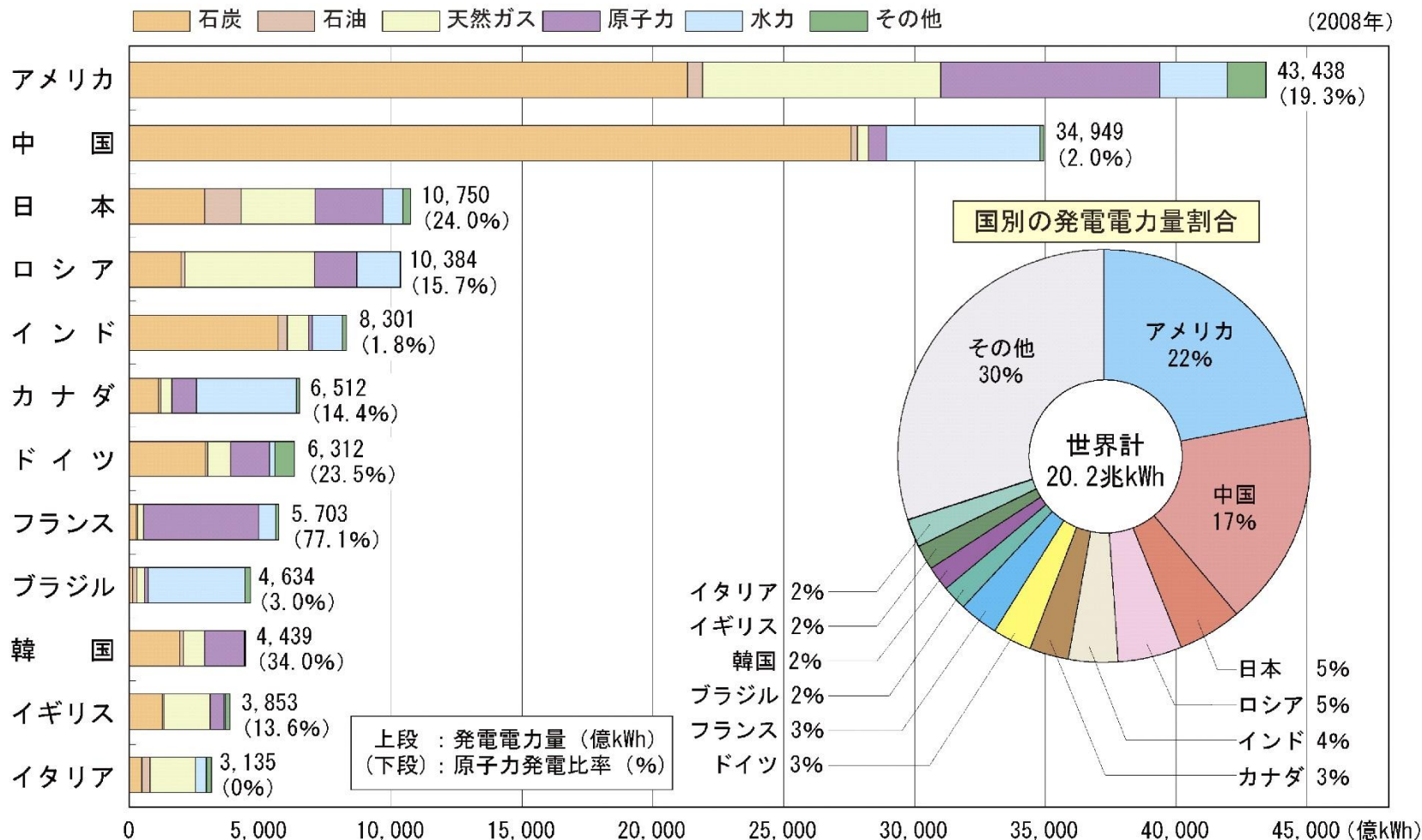
# エネルギーミックスと原子力エネルギー

2019年2月28日

岡本孝司

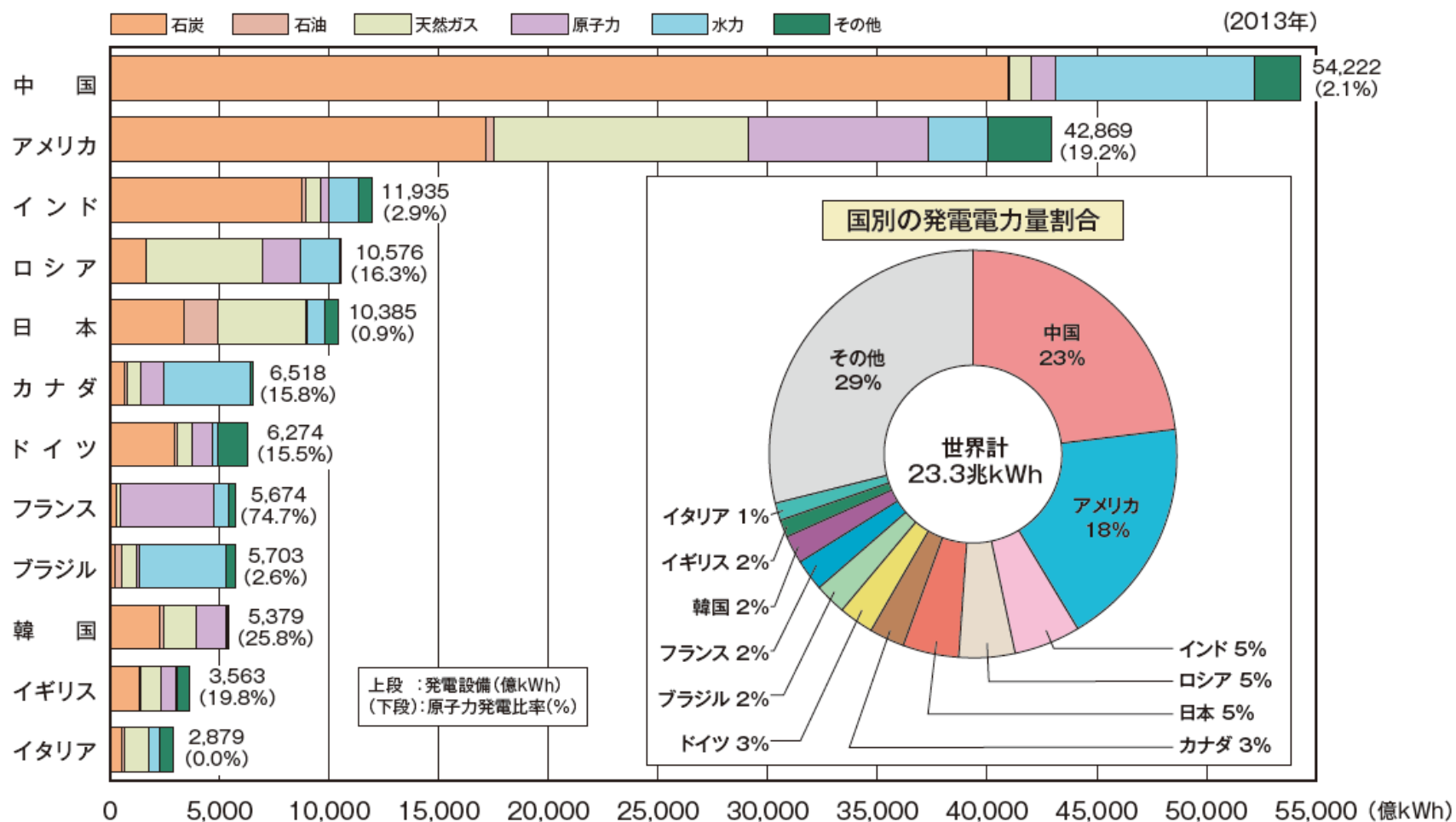
東京大学大学院工学系研究科原子力専攻  
okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

# 主要国の発電電力量と原子力発電の割合



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

# 主要国の発電電力量と原子力発電の割合



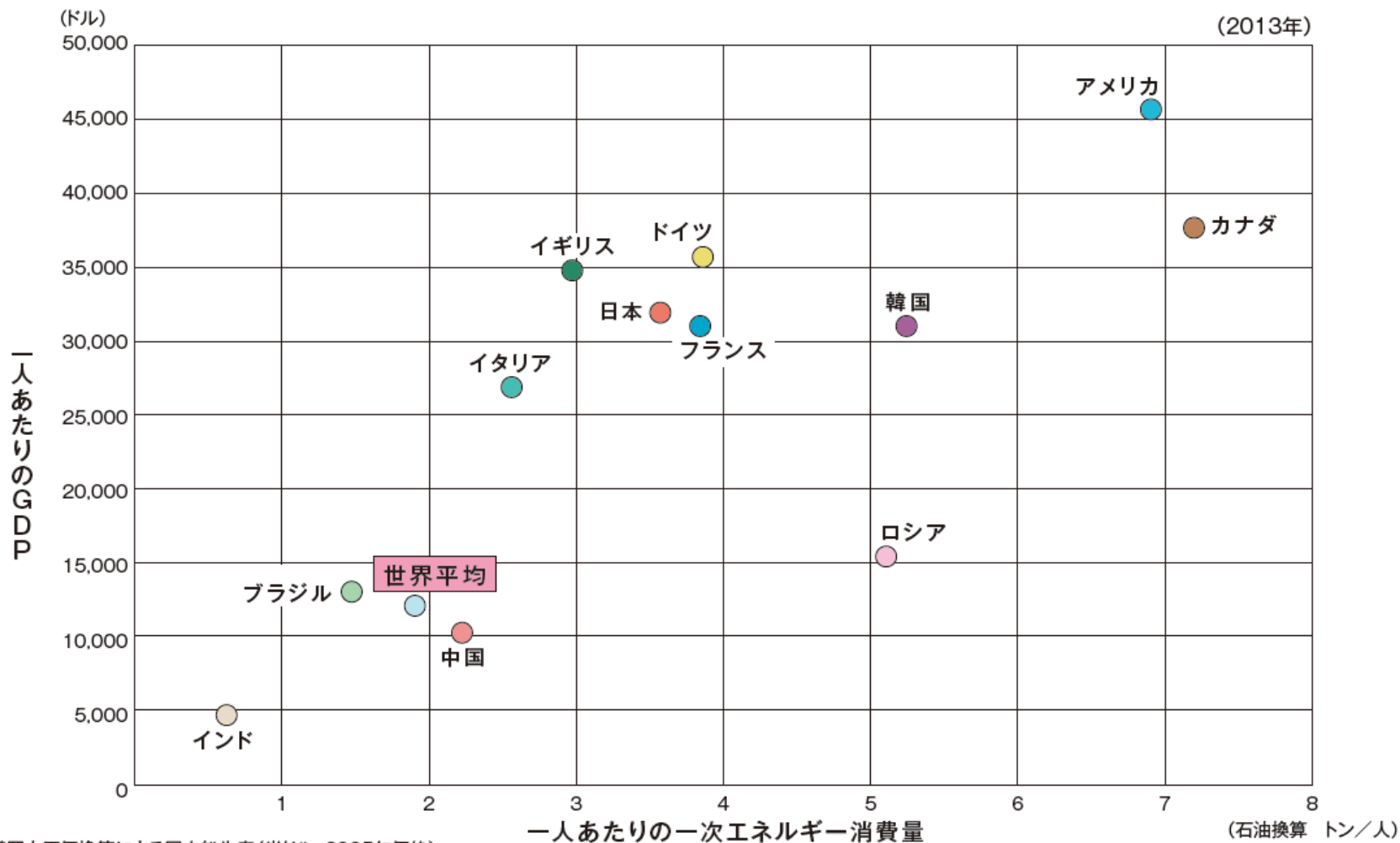
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

4-2-3

出典：IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES (2015 Edition)」/「ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES (2015 Edition)」より作成

原子力・エネルギー図面集 2016

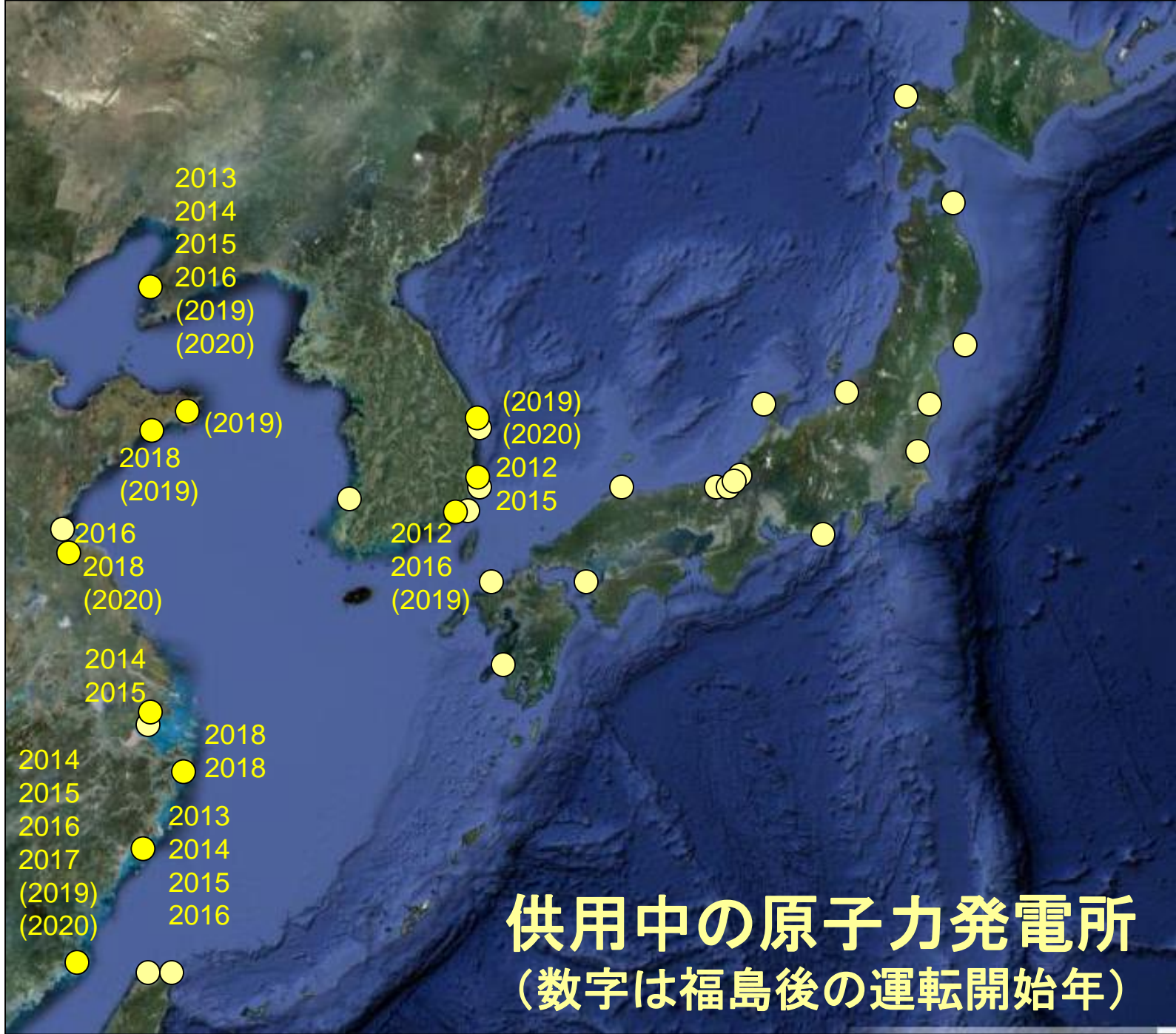
# 一人あたりのGDPと一次エネルギー消費量



1-1-5

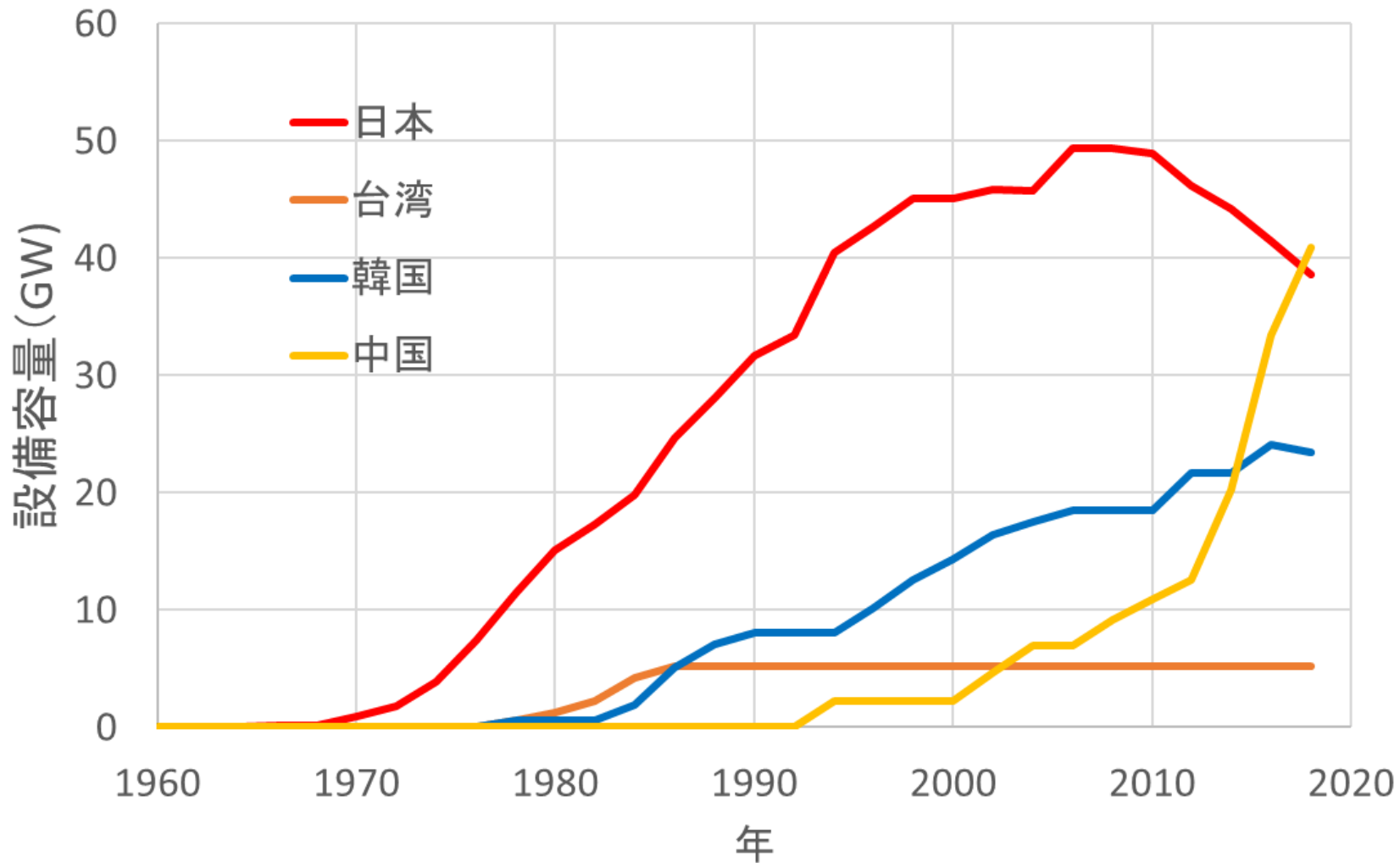
出典: IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES (2015 Edition)」/「ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES (2015 Edition)」より作成

原子力・エネルギー図面集 2016



**供用中の原子力発電所**  
**(数字は福島後の運転開始年)**

# 東アジア地区の原子力発電所の歴史



IAEAデータベースより作成

# 日本のエネルギーの特徴

## 地理的特性

- エネルギー資源が乏しい(自給率~7%)
- 島国であり、隣国と電気ケーブルやガスパイプラインなどが繋がっていない
- 基本的に資源の形で輸入(海上輸送)に頼らざるをえない

## 社会的特性

- 産業を中心とした省エネの推進 (2012年のエネルギー消費は、1973年に比べて1.3倍にしかになっていない)
- 福島第一原子力発電所事故による、原子力への不信

## 世界情勢

- 新興国エネルギー需要拡大による資源供給の不安定化
- 地球温暖化ガス増加(京都議定書、パリ協定)

# 望ましいエネルギーの形

- 自国内で自給自足できること
- 輸入する場合でも長期間稼働できる備蓄ができること  
また、長期的に安定して輸入ができること
- 電力エネルギーは、安定的に供給ができる事。  
産業にとっては電圧や周波数の不安定化は死活問題
- 高効率のエネルギー利用ができること
- 環境に与える負荷を最小限とする事
- 安全性を損なわないこと

様々なオプションを、将来の日本人が  
選択できるようにしておくこと



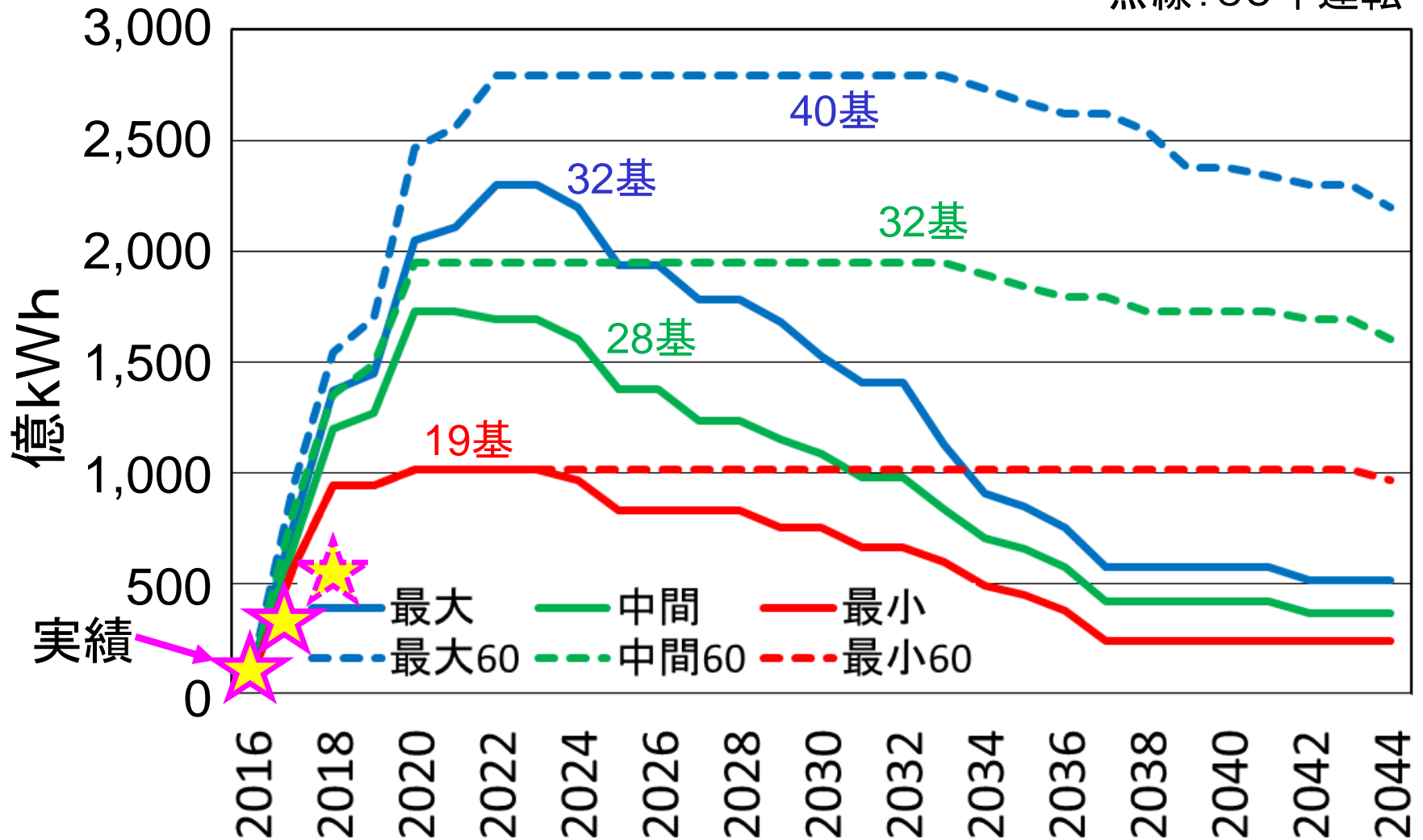
# エネルギー基本計画

(2018年7月3日閣議決定)

- エネルギー源のベストミックス
  - 石炭、石油、天然ガス、LPガス、原子力、水力、再生可能エネルギー(太陽光、風力、バイオマス、地熱..)
  - 3E+S 安全性(Safety),  
安定供給[資源自給率](Energy security),  
経済性(Economic efficiency)  
環境(Environment)
  - 2030年ベストミックスを目指す  
資源自給率を原子力を入れて24%へ(現在8%)
  - 2050年イノベーションに期待(宝くじを買いましょう)

# 原子力発電電力量の予測

実線: 40年寿命  
点線: 60年運転



電力消費量  
~1兆kWh

岡本「2030年のエネルギーミックスを斬る」

エネルギーレビュー 2016年7月号に追記 10

# 特徴を生かしたベストミックス

	安全性	安定供給	経済性	環境
石炭火力発電所	△	◎	◎	▲
天然ガス火力発電所	○	○	○	△
水力発電所	○	○	◎	○
原子力発電所	△	◎	◎	○
太陽光・風力発電所	○	×	○	○
太陽光発電所＋蓄電池	○	○	×	○
地熱発電所	○	◎	○	○

◎×は筆者による

# 原子力発電のメリット・デメリット

- 核反応(核分裂)は化学反応(燃焼)の100万倍大きなエネルギーを出す。
  - 少ない燃料で大量のエネルギー。備蓄が容易。
  - 燃えかす(廃棄物)の量が相対的に少ない
  - 二酸化炭素を出さない
  - 発電とともに、新たな燃料(プルトニウム)を生成
- 廃棄物(放射性物質)の危険性が高い
  - 「閉じ込める」の徹底が重要
  - 地層処分で地球(40億年)に任せる方策
  - 社会との関係が重要

# 日本における原子力エネルギーの課題

- 事故が起こると大きな影響を及ぼす
  - チェルノブイリ、福島の実験
- 社会的信頼性が大きく失われている現状
  - 原子力はリスクが非常に高いと認識
  - 政府、電力会社、専門家への信頼がない
- 科学的な説明責任を政府が忌避
  - 選挙で負けるリスクを取らない
  - 現状、何とかなっているという、危機意識の欠如
- 放射性廃棄物に対する現世代の責任先送り
  - 次世代に先送りすることで責任回避が可能
  - NIMBY(Not in my back yard)

# SMR(Small Modular Reactor)

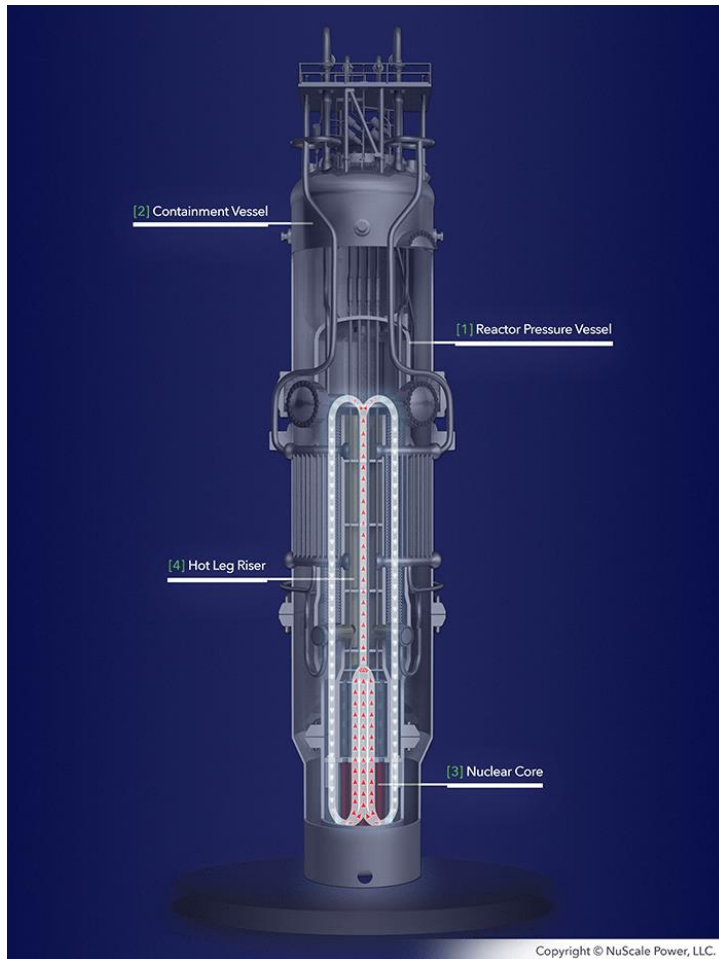
## 大型原子力発電所

- 投資額が暴騰
  - 数千億円/100万kW
  - 経済的リスク
- 放射性物質量大
  - 事故時の避難対策  
エリア増大
- 建設期間長期化
  - 機器大型化の限界
  - リスク源

## 小型原子力発電所

- 投資リスク低減
  - 数百億円/数万kW
  - 投資分散
- 放射性物質量少
  - 事故時の避難対策  
エリア限定的
- 建設期間短期
  - 投資の早期回収
  - 追設が容易

# NuScale



- 真空容器(魔法瓶)内の自然循環冷却PWR
- ヘリカルコイルSG
- 水中C/V(真空容器)
- 緊急弁を開ければ、プール水がC/Vに流入して冷却
- 200MWth / 60MWe
- 700ton ( $\phi$ 4.5m - L23m)
- 燃料 17x17-2m
- NRC審査中

# 多目的原子力システム（高温ガス炉）

電気、水素、熱利用、淡水化

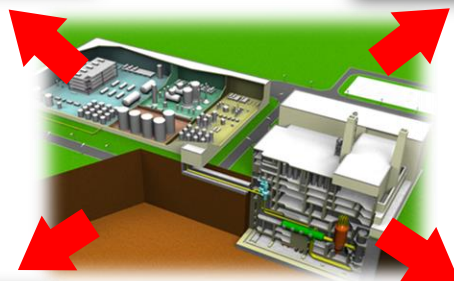
40,000t/day  
淡水化

高温ガス炉  
1基の出力

300MWe  
発電

Water

Power



産業への  
熱利用

Heat

GTHTR300

H<sub>2</sub>

60,000Nm<sup>3</sup>/day  
水素製造

熱出力: 600MW  
熱利用率: 80%



# 日本の二酸化炭素排出量

11.9 億トン (2010)

運輸 17%	製鉄 13%	石油 化学 8%	土木 13%	その他 23%	発電 26%
-----------	-----------	----------------	-----------	------------	-----------

二酸化炭素削減のためには、

脱化石燃料の発電だけでは不十分である

産業熱利用及び輸送における脱化石燃料が必須

原子力による熱供給と水素製造

# 高温ガス炉は原子力のデメリットを 解決できる原子力システムである

- 運転中の安全を物理現象で確保
  - 止める、冷やす、閉じ込めるを物理的に確保
- 高レベル廃棄物の安全性も確保
  - TRISO粒子の中で安定に長期間閉じ込め
- 多目的原子炉としてCO<sub>2</sub>削減に貢献
  - 電力、産業熱供給、水素製造、淡水化など
- ウラン・プルトニウム・トリウムの活用
- 技術力では日本が世界でトップクラス

# 2050年の原子力エネルギー

- 常に世界の中の日本であることを考える
- 福島第一の廃炉を日本の責任で完遂する
- 高レベル廃棄物を安全に廃棄する
  - 今まで原子力エネルギーを享受してきた現世代の使命
- 原子力技術を維持開発し、人類に貢献する
  - 安全な原子力発電所の維持と改善
  - 鉱山としての核燃料サイクルの確立
  - 超安全原子炉(高温ガス炉、SMR等)の実用化
  - 原子力ボイラなど発電以外の多目的化
  - 事故が起きる事を前提とした技術(レジリエンス)
  - 原子力技術の医療応用や産業応用開拓