



欧州と原子力：今後の課題

ジャン・ポール・ポンセレ
FORATOM
事務局長



欧州と原子力：今後の課題

- **FORATOM**とは

会員フォーラム



Belgium Nuclear Forum
info@nuclearforum.be
www.nuclearforum.be/



Bulgarian Atomic Forum
info@bulatom-bg.org
www.bulatom-bg.org



Dutch Atomic Forum
info@nrg.eu
http://www.nrg.eu (clo)



Finnish Energy Industries
info@energia.fi
www.energia.fi



French Atomic Forum
forum.atomique.francais@sfn.fr
www.sfn.org/



German Atomic Forum
info@kernenergie.de
www.kernenergie.de



Hungarian Nuclear Forum
atomforum@atomforum.hu
www.atomforum.hu



Italian Nuclear Association
info@assonucleare.it
www.assonucleare.it

Nuclear Industry Association
info@niauk.org
www.niauk.org/



Romanian Atomic Forum
office@nuclearelectrica.ro
www.nuclearelectrica.ro/



Slovak Nuclear Forum
sjforum@sjforum.sk
www.sjforum.sk/



Slovenian Nuclear Forum
info@gen-energija.si
www.gen-energija.si



Spanish Nuclear Industry Forum
correo@foronuclear.org
www.foronuclear.org/



Swedish Atomic Forum
info@svenskenergi.se
www.svenskenergi.se



Swiss Nuclear Forum
info@nuklearforum.ch
www.nuklearforum.ch



Ukrainian Nuclear Forum Association
atomforum@atomforum.org.ua
www.atomforum.org.ua



16以上の協会
800社以上の企業
90万口以上の雇用
年間700億ユーロ

[出典:FORATOM, PwC]



FORATOM

最高水準にある欧州の原子力



HITACHI

FENNOVOIMA



ŠKODA JS a.s.

ureenco

Fortum



Rolls-Royce®

azpo

gasNatural
fenosa

FORATOM

欧州と原子力：今後の課題

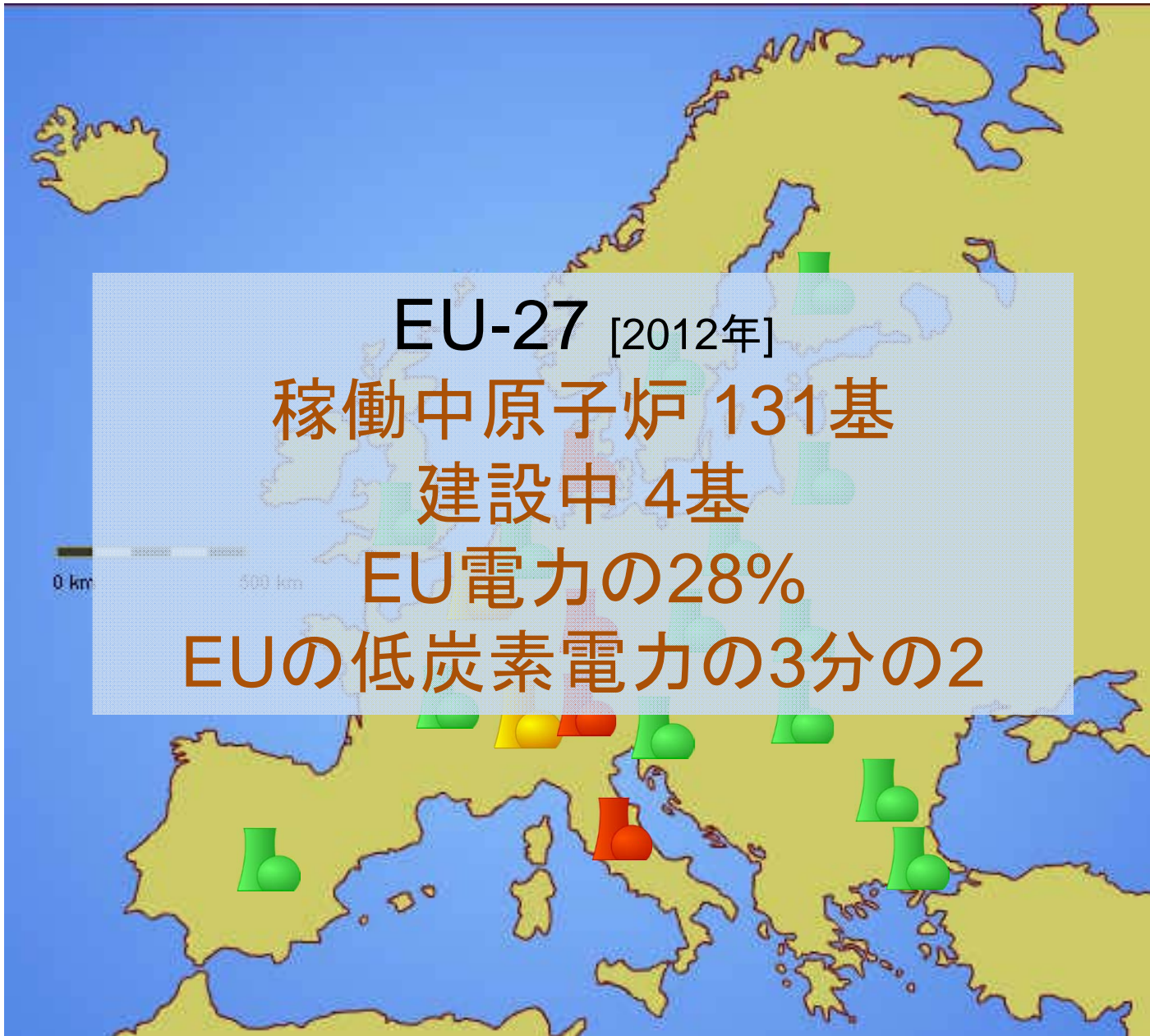
- FORATOMとは
- **EU：多岐にわたるエネルギー政策**

ビジョン: EURATOM



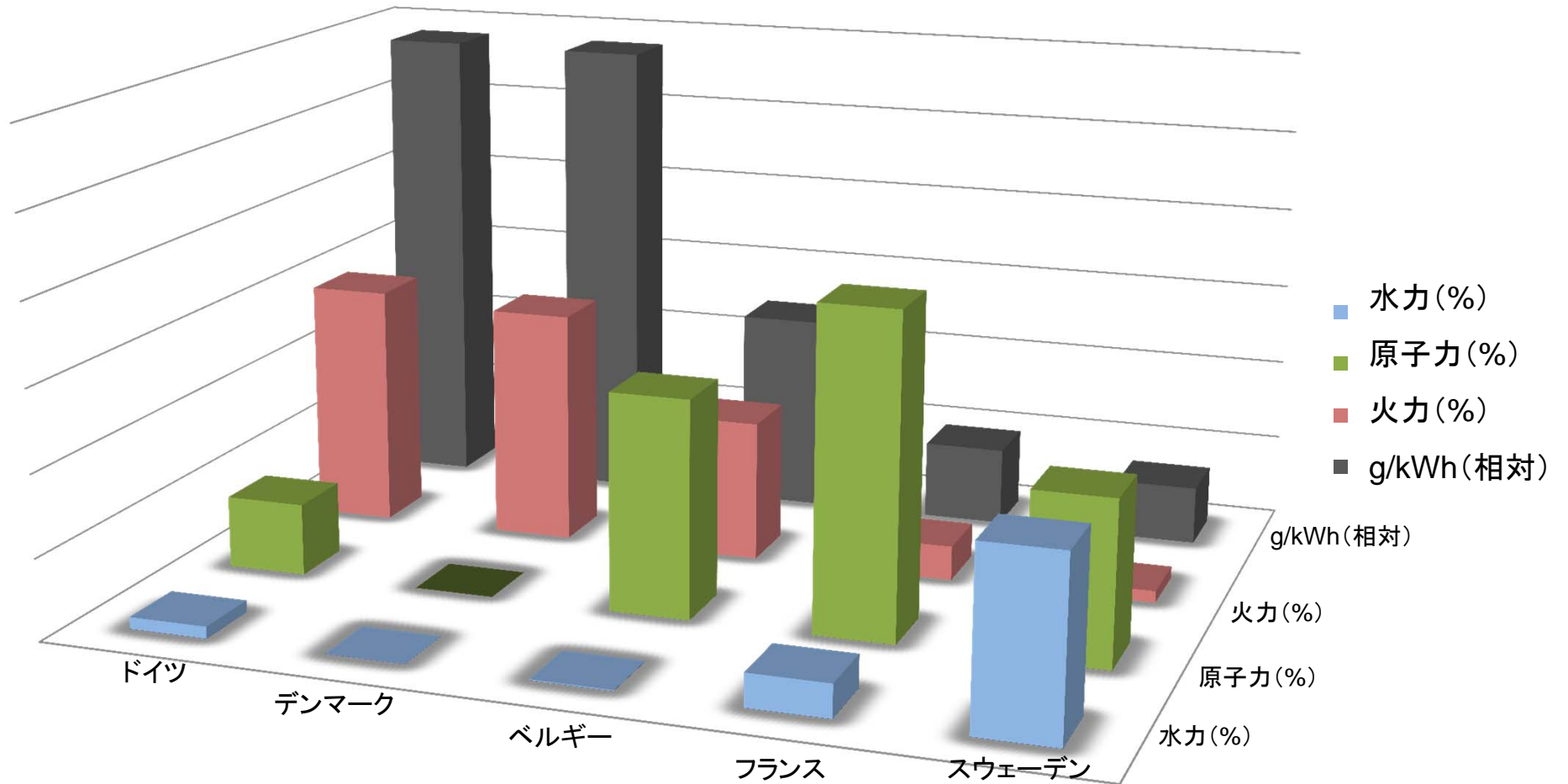
豊富にあって質の高い太陽エネルギーの役割には期待せざるを得ないが、その技術的実装はようやく始まったばかりであるため、原子力エネルギーは、究極の解決策であるとは言わないが、未来のエネルギーソリューションの1つであることに疑いの余地はない。

ルイ・アルマン、EURATOMと欧州のエネルギー問題(1958年)



EU-27 [2012年]
稼働中原子炉 131基
建設中 4基
EU電力の28%
EUの低炭素電力の3分の2

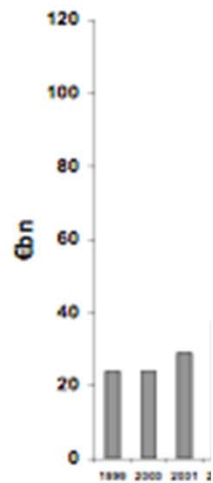
電力ミックスとGHG



総発電量CO2換算排出量(2011年)

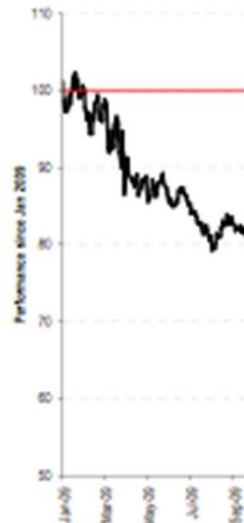
市場構造と組織

Annual Capex – actual and required



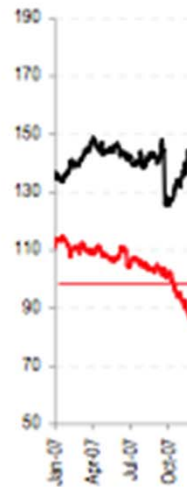
Source: Citigroup Investment Research

European Utility Sector has been de-rated



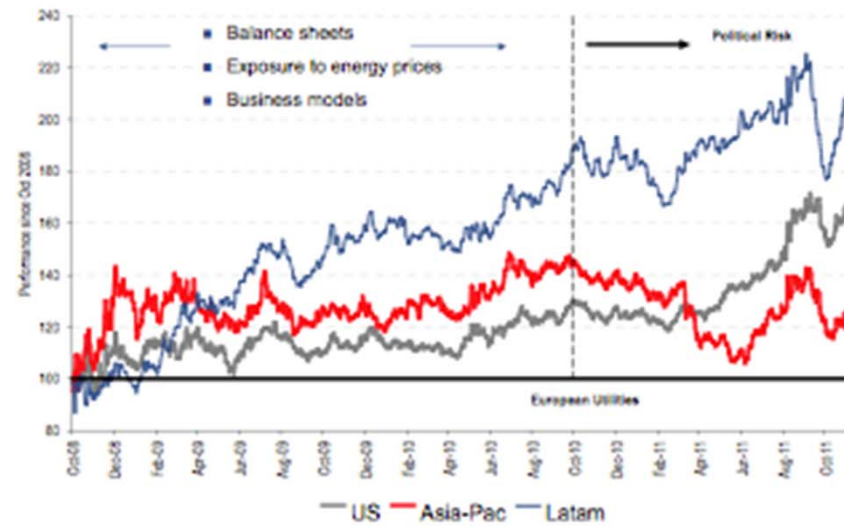
Source: Bloomberg, Citigroup Investment Research

Yield Relative and P/E Moving in Wrong Direction



Source: Datastream, CMA

Europe De-rated Relative to ROW



Source: Datastream, CMA



出典：P. Hatherton、
EURELECTRIC、2012年2月

10人のCEO:「欧州のエネルギー政策を再構築する」

Magritte Club、ブリュッセル、2013年10月

競争の失敗: 過去4年間に、エネルギー料金が17~21%上昇した
安定供給の失敗: 51 GWの設備能力が非稼働に(ベルギー、チェコ、ポルトガル)
気候変動の失敗: CO₂排出量が2.4%増加した(2011年~2012年)

以下によってEU政策を軌道に戻す

成熟した再生可能エネルギーの標準市場への統合を進める

新規建設に補助金を支給するよりも、
競争力のある既存の発電設備能力の活用を優先する

欧州炭素市場を根本から強化する

欧州と原子力：今後の課題

- FORATOMとは
- EU：多岐にわたるエネルギー政策
- **EUのロードマップ2050と課題**

EUのエネルギー・ロードマップ2050

COM(2011) 885 final, 2011年12月15日

- 2050年までに、経済全体のGHG排出量を80～95%削減する(1990年比)
- 今後の構造的変化: 電力、再生可能エネルギー、ガス、原子力(「低炭素発電の主な源泉」)への依存度上昇; 投資と費用; 市場構造
- 原子力は2.5%(「原子力低比率」)から19%(「CO2回収貯留遅延」)まで及ぶ
- **最低:**
ユニットが耐用年数終了時に段階的に廃止される
代替なし
建設中の4基が完成(フィンランド、フランス、スロバキア)
- **最高:**
2050年までに、約140 GWeの原子力設備能力(100基の新規ユニット)



2050年の原子力高比率と世界経済

期間	活動	投資(10億ユーロ/年)	雇用
2012-2020	安全性アップグレード LTO(第一段階)	10.0	10,000
2015-2035	LTO	4.5	50,000
2025-2045	新規建設	25.0	250,000
2012-2050	廃炉	3.0	20,000
	燃料/廃棄物管理	5.0	10,000

[内部分析—原子力比率20%]

2050年のEU: 目標達成方法

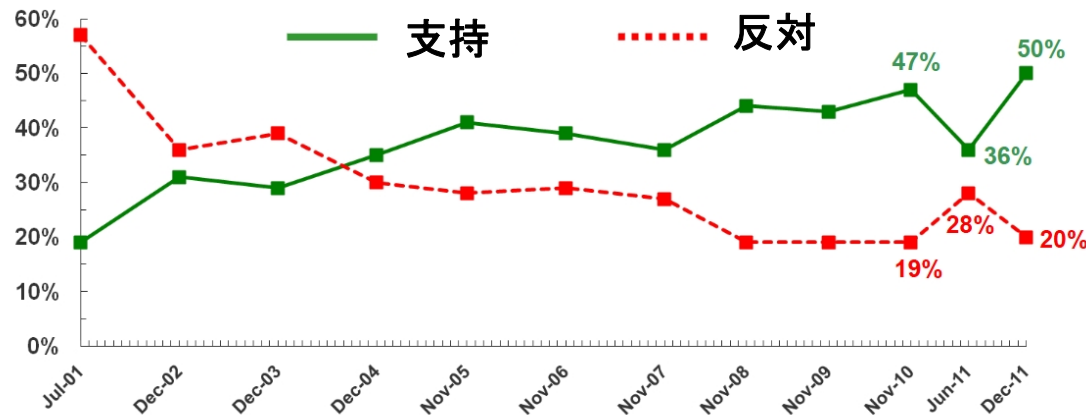
- **国民の理解/受容/支持**
安全性、廃棄物管理、拡散:「原子力は民主主義で生き残ることができるか？」
- **規制: 国内か、EU全域か?**
調和に向けて、ピアレビュー、一貫性と有効性を確保する方法
- **資金調達の方法(および対象)**
長期投資を支える仕組み(固定価格買取制度、差額契約、「マンカラ」モデル、長期供給契約など)か、EUの単一市場競争規則か
- **外国への依存度**
ロシアの場合: ウラン、燃料、技術

公衆：どこまで安全なら十分安全か？

- 2011年3月まで：

EU住民の56%が原子力エネルギーを維持または増やすことを望んでいた
[原子力安全に関するEurobarometer、2010年4月]

- 英国、オランダ、スペイン、スイス、フランスでは、原子力に対する公衆の支持は、事故直後に落ち込んだ後、回復している



英国：原子力の
新規建設を支持
出典：Ipsos MORI、2012年

EU:原子力安全指令

- **理事会指令**(2009年6月25日):原子力施設の安全性に関する共同体の枠組み [2009/71/EURATOM]
- 2013年6月13日:ECの指令改正提案(福島第一原子力発電所事故以降)
- 2013年10月17日:最終提案、EP、理事会の決定
- 2014年6月(予定):欧州理事会の取りまとめ
- **問題点**:時期尚早か? / 詳細な規定が多すぎる / ピアレビューは強力であり維持すべきだが、付加価値を生み出すには管理下に置くべき
- 結局のところ、誰が規制するのか?

EU:バックエンド

理事会指令2011/70/EURATOM(2011年7月)

使用済燃料と放射性廃棄物の責任ある安全な管理に関する共同体の枠組み

加盟国の責任:

「加盟国は、国内法規制と組織的枠組みを確立および維持する」

「加盟国は以下を保証する」

- 規制当局
- 財源
- 透明性
- 報告

2015年8月23日に初回報告、
その後は3年に1回

「現時点では、高レベル廃棄物および廃棄物と見なされる使用済燃料の管理の終点として、深地層処分が最も安全で最適な選択肢であることは、技術レベルで広く受け入れられている」

指令2011/70/EURATOM(説明条項23)

EU: 規制を担う第三者の責任

- シビアアクシデント (INES 6~7) : EUには事例が1つもない
- パリ条約(1960年)あるいはウィーン条約(1963年)のいずれかを、原子力発電所を運営する全EU加盟国が遵守する
被害者が賠償を請求でき、獲得できるようにする
事業者の責任の最低限度を定め、原子力エネルギーが継続して利用されるようにする
- 厳格責任: 欠陥や過失を立証する必要がない
集中責任: 事業者のみにかかる
有限責任: 時間と金額に関して、保険または金融的保証によって全額が保証されるようにする
- = 妥当な原則の組み合わせ:
しっかりとした規制制度、事業者による継続的改善
被害者への十分な賠償の準備
投資に関する確固たる基盤、安定供給への堅実な貢献

英国の原子力ケース: ヒンクリー・ポイントC

ヒンクリー・ポイントC: 統計

英国の電力の**7%**を供給し、500万世帯以上をまかなう

建設ピーク時に地元経済に毎年**1億ポンド**貢献し、プロジェクト終了までに総額20億ポンド貢献する

毎年、自動車約200万台相当の(約)**900万トン**のCO2を削減

1995

英国で原子力発電所が最後に新規稼働した年

3.2ギガワット
(原子炉2基)の発電所

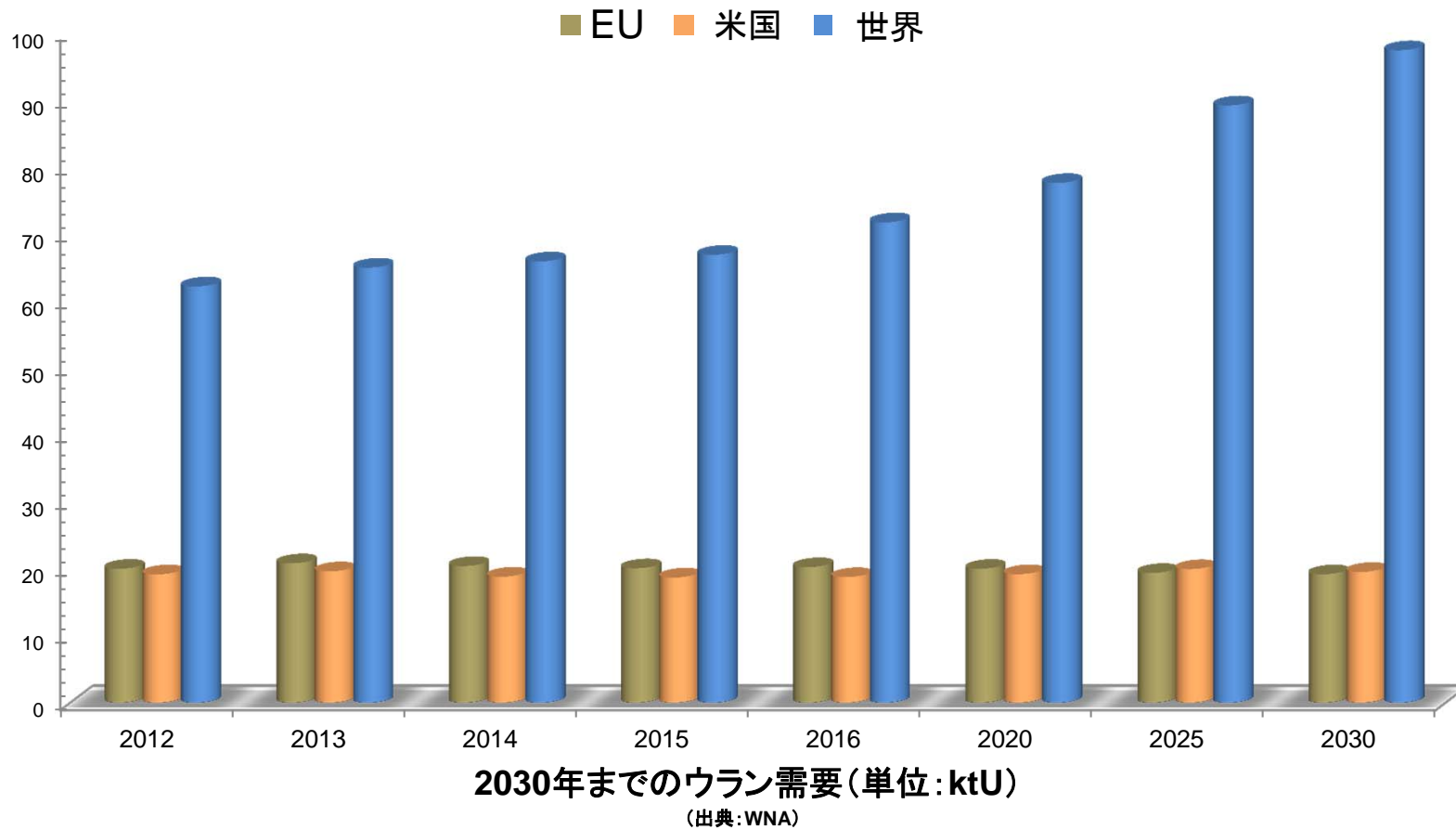
25,000人の雇用機会を建設中に創出



<https://www.gov.uk/government/news/hinkley-point-c>

FORATOM

ウラン需要：EUと世界の比較



EU:濃縮能力

濃縮能力 +			
開発計画 (kSW)			
事業者	2011年末	最大目標[1]	シェア(%)
AREVA(フランス)	12050	8200	
URENCO(ドイツ、英国、オランダ)	14200	15700	
欧州	26250	23900	27
AREVA(米国)	0	3300	
URENCO(米国)	400	5700	
USEC	6000	3800	
米国	6400	12800	15
CNCC	2250	8000	
GLE	0	3000	
TVEL/TENEX	27600	37100	
その他	76	2250	
世界	62576	87050	100

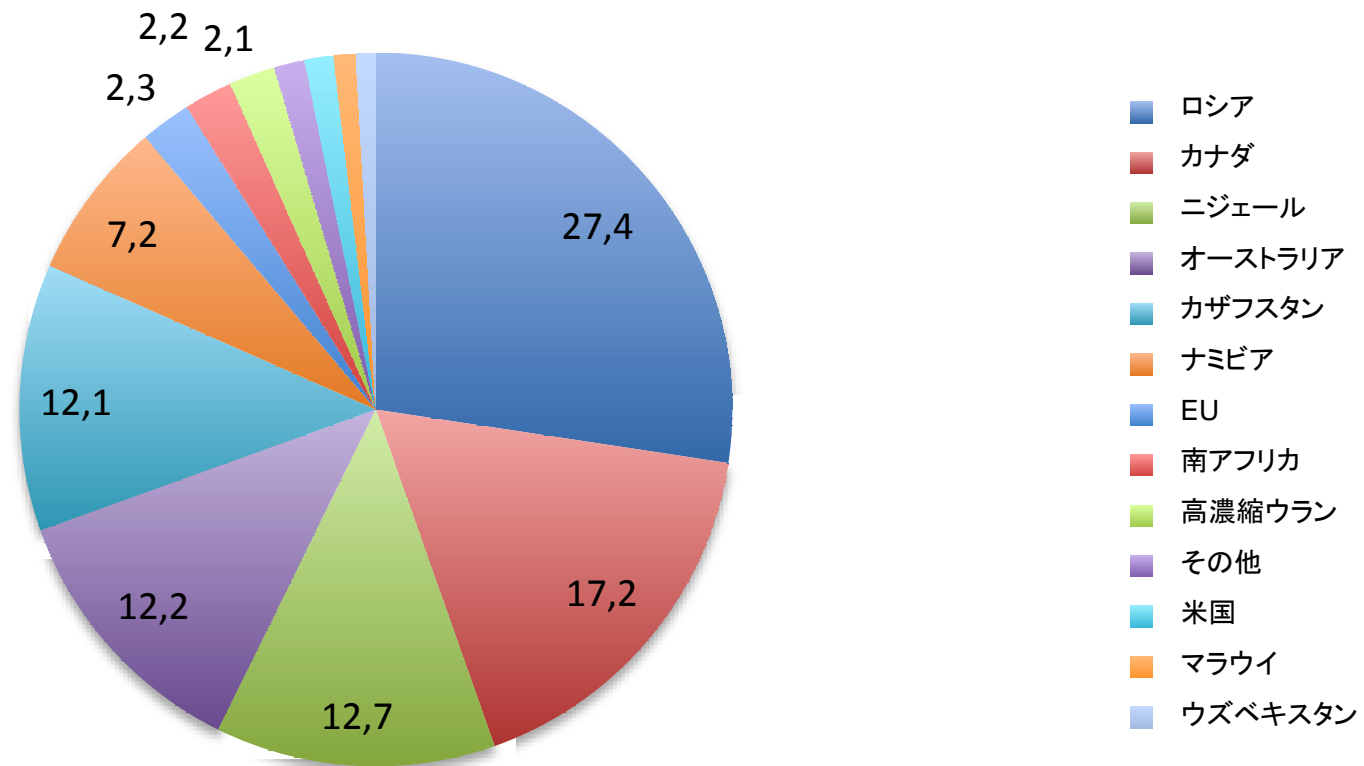
[1] 2022年まで
[出典:WNA]

EU: 燃料加工

LWR燃料加工能力(tHM/年)							
国	加工業者	転換		ペレット化		燃料棒・集合体	
フランス	AREVA	1800		1400		1400	
ドイツ	AREVA	800		650		650	
スペイン	ENUSA	0		500		500	
スウェーデン	Westinghouse AB	600		600		600	
英国	Westinghouse [1]	950		600		860	
欧州		4150	30	3750	26	4010	31
米国	AREVA Inc	1200		1200		1200	
米国	GNF	1200		1000		1000	
米国	Westinghouse	1500		1500		1500	
米国		3900	28	3700	26	3700	29
世界		13708	100	14418	100	12772	100

AGR原子炉用の200 tHMを含む
[出典: WNA]

EUに供給されるウランの原産国(%)



source: ESA 2012

EUとロシアの技術比較

欧州のロシア製原子炉			
国	発電所	タイプ	(MWe)
ブルガリア	コズロドイ5号機	VVER V-320	953
	コズロドイ6号機		953
チェコ共和国	デュコヴァニー1号機	VVER V-213	468
	デュコヴァニー2号機		471
	デュコヴァニー3号機		468
	デュコヴァニー4号機		471
	テメリン1号機	VVER V-320	1003
	テメリン2号機		1003
フィンランド	ロヴィーサ1号機	VVER V-213	496
	ロヴィーサ2号機		496
	ピュハヨキ	VVER-1200	1200
ハンガリー	パクシュ1号機	VVER V-213	470
	パクシュ2号機		473
	パクシュ3号機		473
	パクシュ4号機		473
スロバキア	ボフニチェ3号機	VVER V-213	472
	ボフニチェ4号機		471
	モホフチェ1号機		436
	モホフチェ2号機		436
	モホフチェ3号機		440
	モホフチェ4号機		440
合計			12566

source: PRIS data base (IAEA)

欧州と原子力：今後の課題

- FORATOMとは
- EU：多岐にわたるエネルギー政策
- EUのロードマップ2050と課題
- **ドイツ方式**

ドイツ: Energiewendeの優先事項

- 観念: 原子力の段階的廃止
- 商用: エネルギー輸入の削減 + 外国依存度の引き下げ
- 工業: 新技術の開発 - 再工業化 - 雇用創出
- 環境: 温室効果ガス排出量の削減
- 地政学: ドイツを世界のモデルとして、成功事例を輸出する

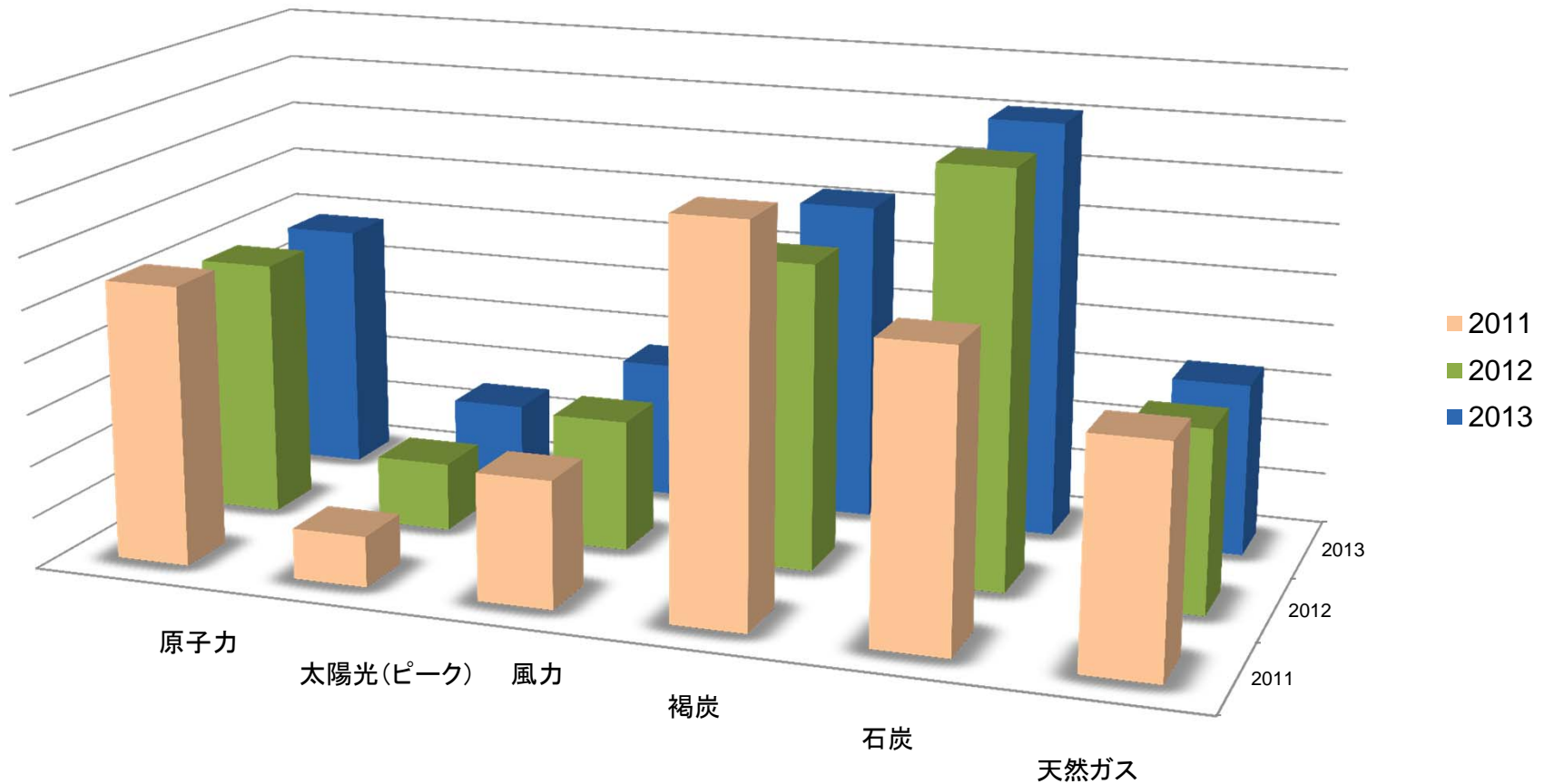
出典: ドイツ副首相、ベルリン・エネルギー会議、2014年2月10日

電力賦課金: 52.8ユーロ/MWh(2013年)、62.4ユーロ/MWh(2014年)

総費用: 132億ユーロ(2011年)、236億ユーロ(2014年)

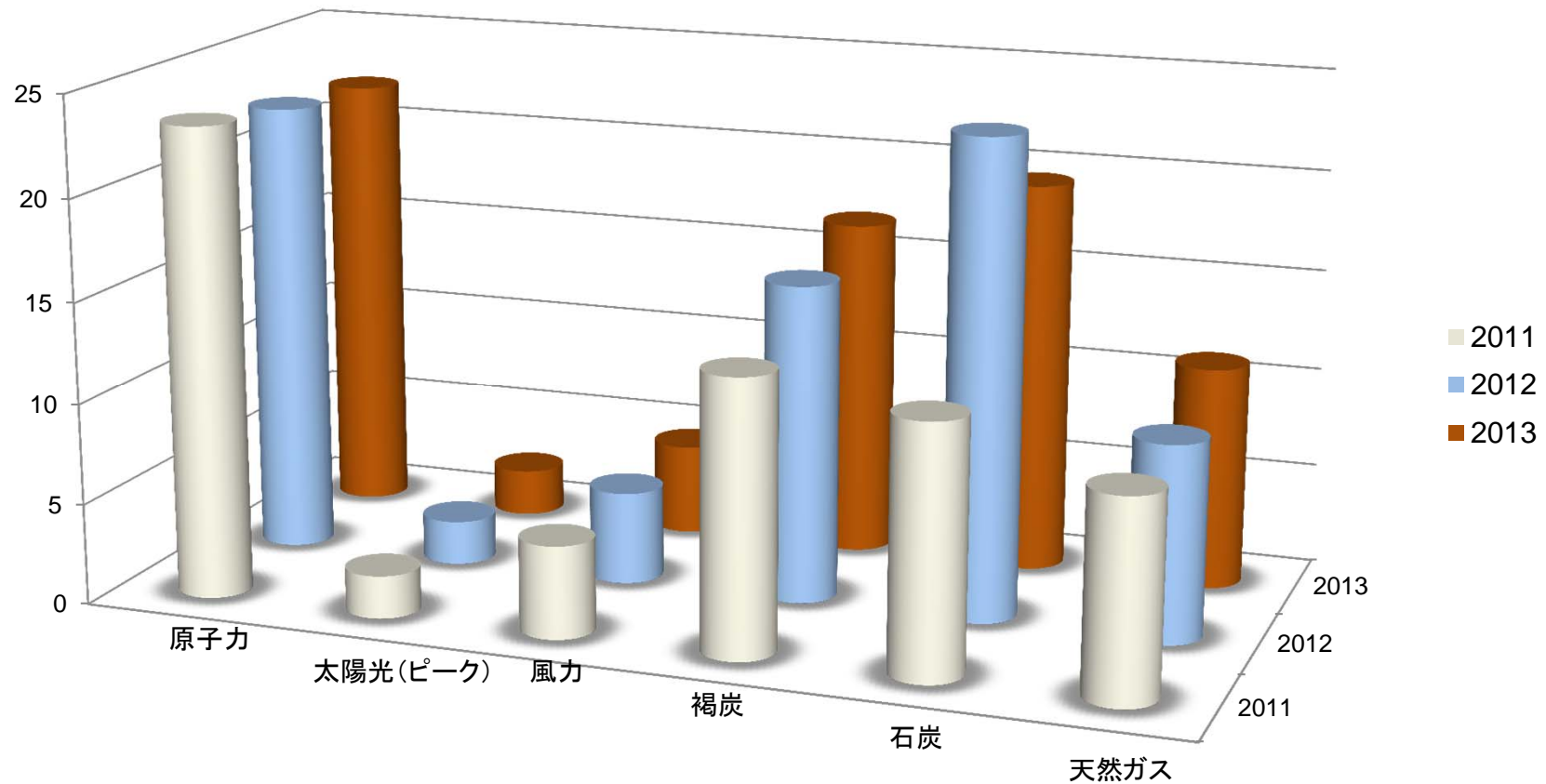
温室効果ガス排出量: 1.2%増(2011~2012年)

ドイツ: 電力生産量



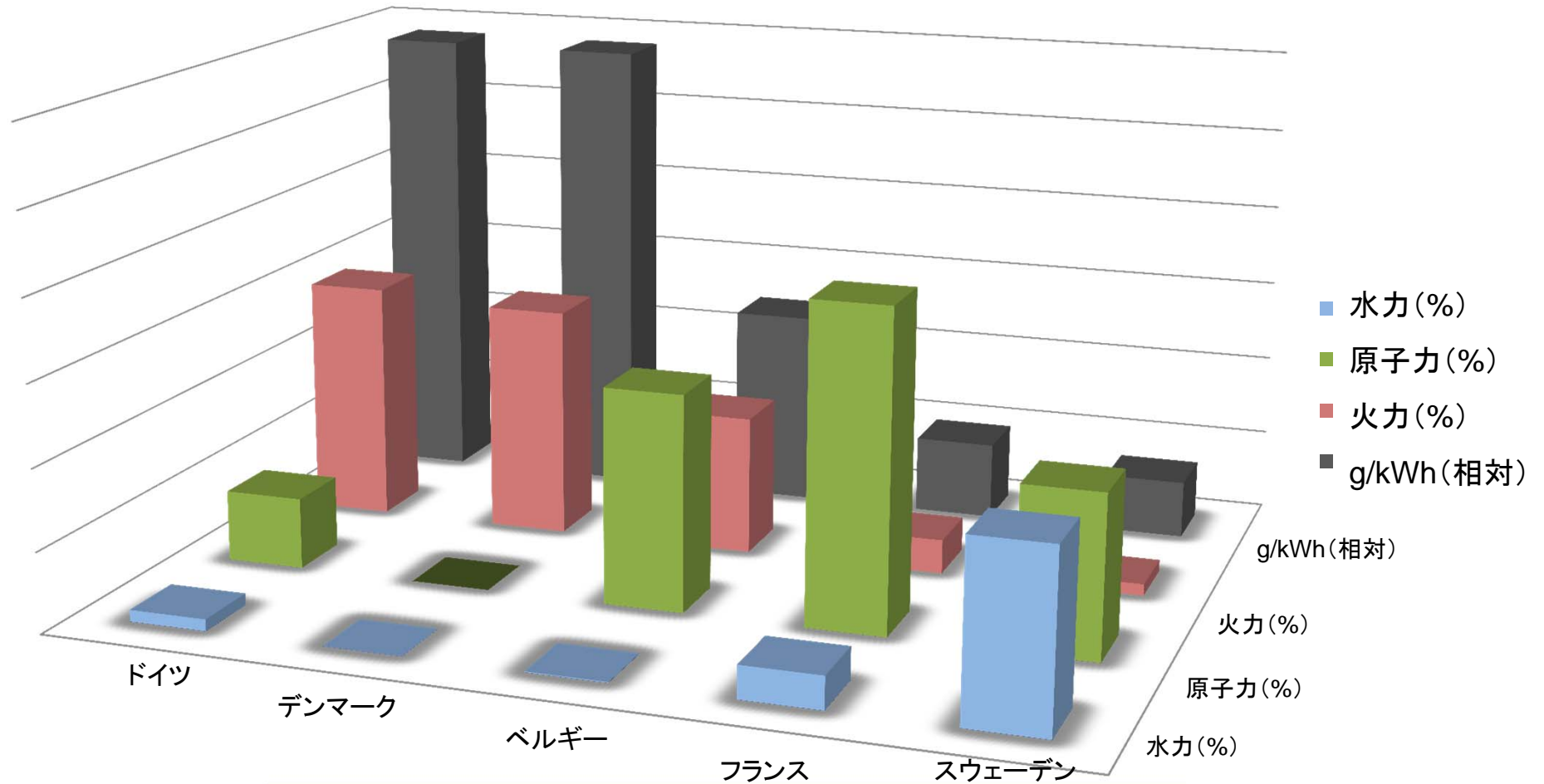
エネルギー源別の電力生産量(相対)、2011~2013年

ドイツ:エネルギー源の「稼働率」



エネルギー源別の相当全電力利用(1日当たりの時間)、2011~2013年

電力とGHG



総発電量CO₂換算排出量(2011年)

欧州と原子力：今後の課題

- FORATOMとは
- EU：多岐にわたるエネルギー政策
- EUのロードマップ2050と課題
- ドイツ方式
- **科学、研究開発、技術**

最高水準にある欧州の科学

物理学から始まった



1911年



1927年

ソルベー会議
(ベルギー・ブリュッセル)

最高水準にある欧州の科学

物理学と技術が進歩した



2013年ノーベル物理学賞
フランソワ・アングレールとピーター・ヒッグス



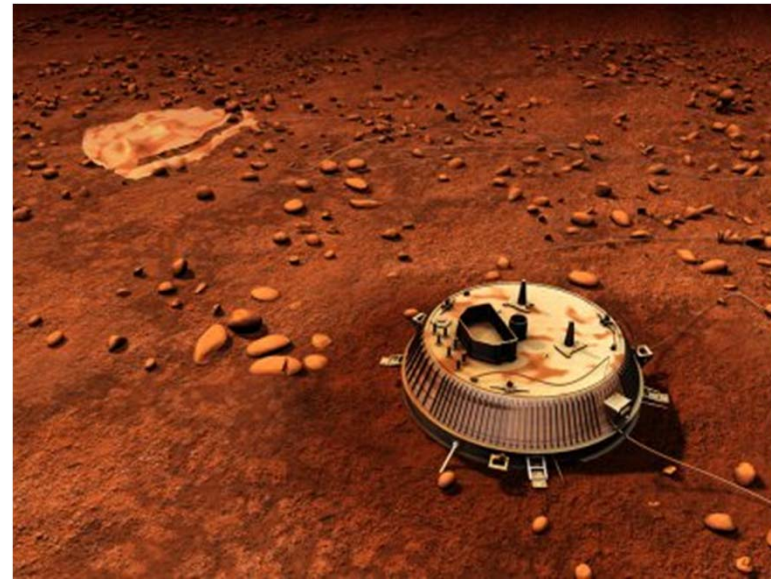
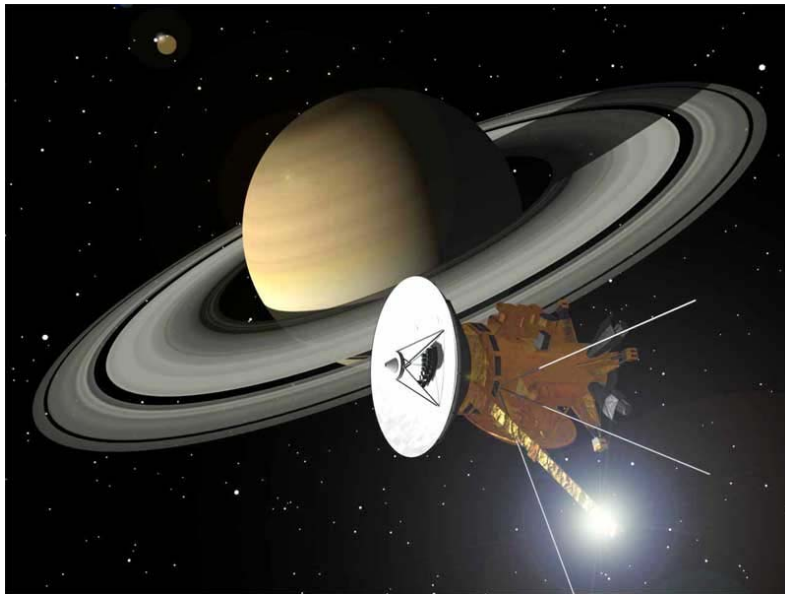
最高水準にある欧州の研究開発

宇宙へ飛び立つ

カッシーニ・ホイヘンス

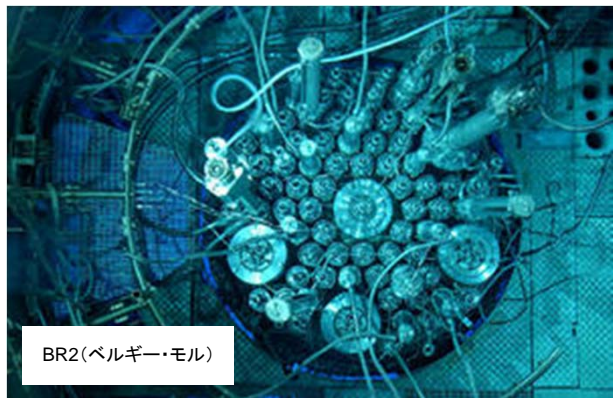
(NASA/ESA/ASI)

プルトニウム²³⁸を動力源とし、
土星最大の衛星、タイタンに向かう



最高水準にある欧州の研究開発

診断と治療に応用される



^{99m}Tc
1万以上の病院で利用
年間4,000万件



FORATOM

EU: 科学、研究開発、技術

そして、現在？

- GEN-IV原子炉、SMR、新概念(モジュール方式)？
- アクチニド分離、工業規模での変換？
- 核融合: 依然として夢の技術なのか？
- 再生可能エネルギーの躍進(人工光合成、CO₂クラッキング、バッテリー技術、PV材料など)？

FORATOM

www.foratom.org

avenue des Arts 56

B-1000 Bruxelles

FORATOM