

再生可能エネルギーの現状と課題

～あわじ環境未来島構想の現状について～

NPO法人低炭素未来都市づくりフォーラム
理事兼事務局長 真継 博

1 再生可能エネルギー導入目標

(1) 温暖化の現状と我国の対策

(2) 長期エネルギー需給見通し

2 再生可能エネルギーの現状と課題

(1) 太陽光発電

(2) 風力発電

(3) バイオマス発電

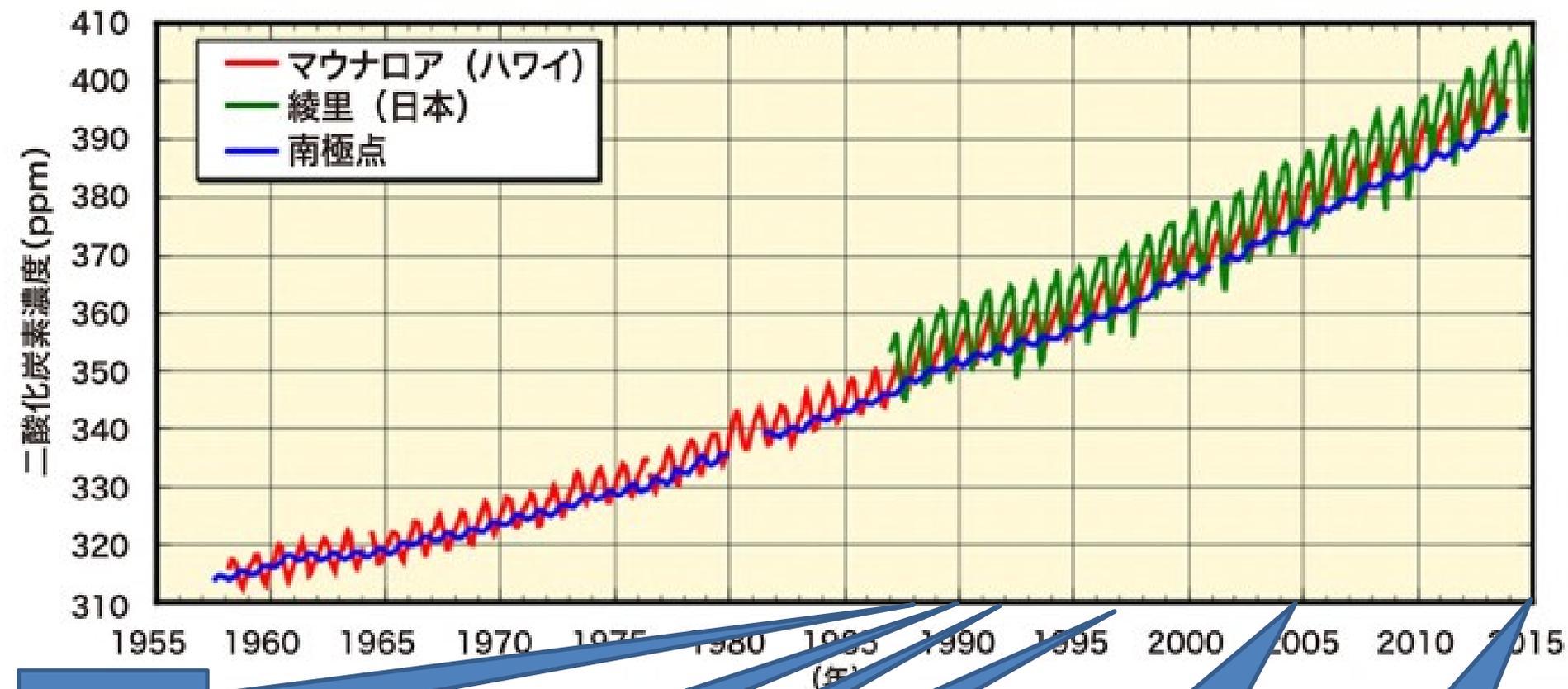
(4) その他(小水力発電、地熱発電)

3 あわじ環境未来島構想の現状と課題

再生可能エネルギーの導入目標

- ・CO2削減
- ・エネルギーの安定的確保

大気中の二酸化炭素濃度の経年変化



ハンセン
博士証言

兵庫県地球温
暖化対策元年
IPCC第1次評価報告書

地球サ
ミット

京都会議

京都議定書
発効

パリ協定

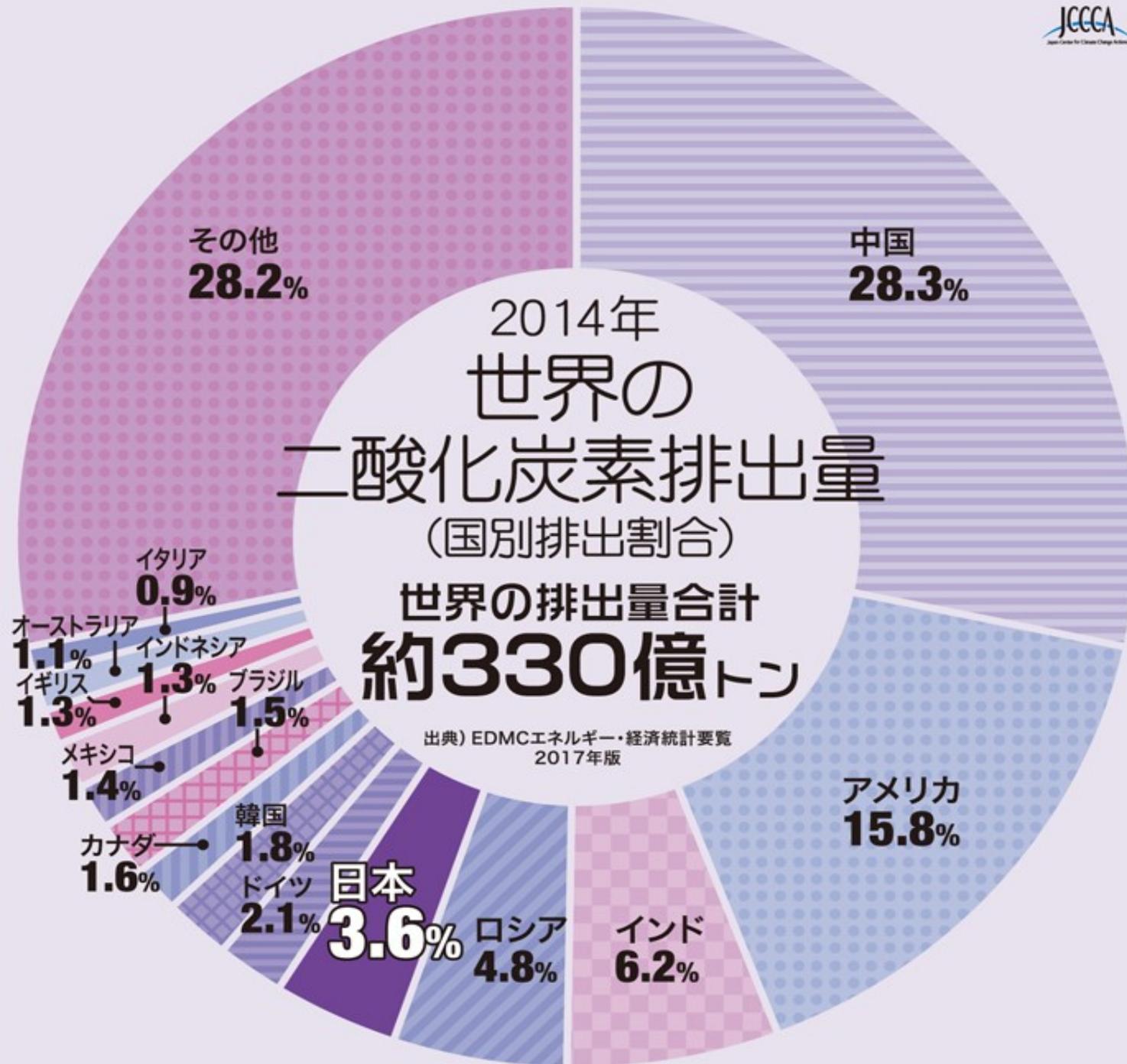
出典) 気候変動監視レポート2014

2014年 世界の 二酸化炭素排出量

(国別排出割合)

世界の排出量合計
約330億トン

出典) EDMCエネルギー・経済統計要覧
2017年版



2005年：京都議定書発効

米国：21.4%

中国：18.8%

ロシア：5.7%

日本：4.5%

インド：4.2%

ドイツ：3.0%

英国：2.0%

カナダ：2.0%

韓国1.7%

世界の二酸化炭素排出量に占める主要国の排出割合と 各国の一人当たりの排出量の比較(2014年)

国名	国別排出量比*	一人当たり排出量*	2005年
中国	28.3	6.9	3.5
アメリカ	15.8	16.4	19.0
インド	6.2	1.6	1.0
ロシア	4.8	11.0	11
日本	3.6	9.5	9.2
ドイツ	2.1	8.7	9.5
韓国	1.8	11.5	8.5
アフリカ合計	3.5	0.99	

出典) EDMC/エネルギー・経済統計要覧2017年版

*国別排出量比は世界全体の排出量に対する比で単位は[%]
排出量の単位は[トン/人-エネルギー起源の二酸化炭素(CO₂)]

各国の削減目標

国連気候変動枠組条約に提出された約束草案より抜粋

国名		削減目標	
	中国	GDP当たりのCO ₂ 排出を 2030 年までに 60 - 65 % 削減 ※2030年前後に、CO ₂ 排出量のピーク	2005年比
	EU	2030 年までに 40 % 削減	1990年比
	インド	GDP当たりのCO ₂ 排出を 2030 年までに 33 - 35 % 削減	2005年比
	日本	2030 年度までに 26 % 削減 ※2005年度比では25.4%削減	2013年度比
	ロシア	2030 年までに 70 - 75 % に抑制	1990年比
	アメリカ	2025 年までに 26 - 28 % 削減	2005年比

スターン・レビューの概要

(2006年12月英国議会に報告書提出)

- 気候変動の科学的根拠は否定しがたい。気候変動は地球全体に対する深刻な脅威。
- 気候変動は、飲料水、食糧生産、健康、環境など生活の基盤となる全てを脅かす。
- 気候変動がもたらす被害総額は、世界各地のGDPの5%、最大20%に及ぶ。
- 450～550ppmのレベルに抑えれば最悪の影響を減少する。
- 500～550ppmに抑える費用は世界のGDPの約1%と推定。

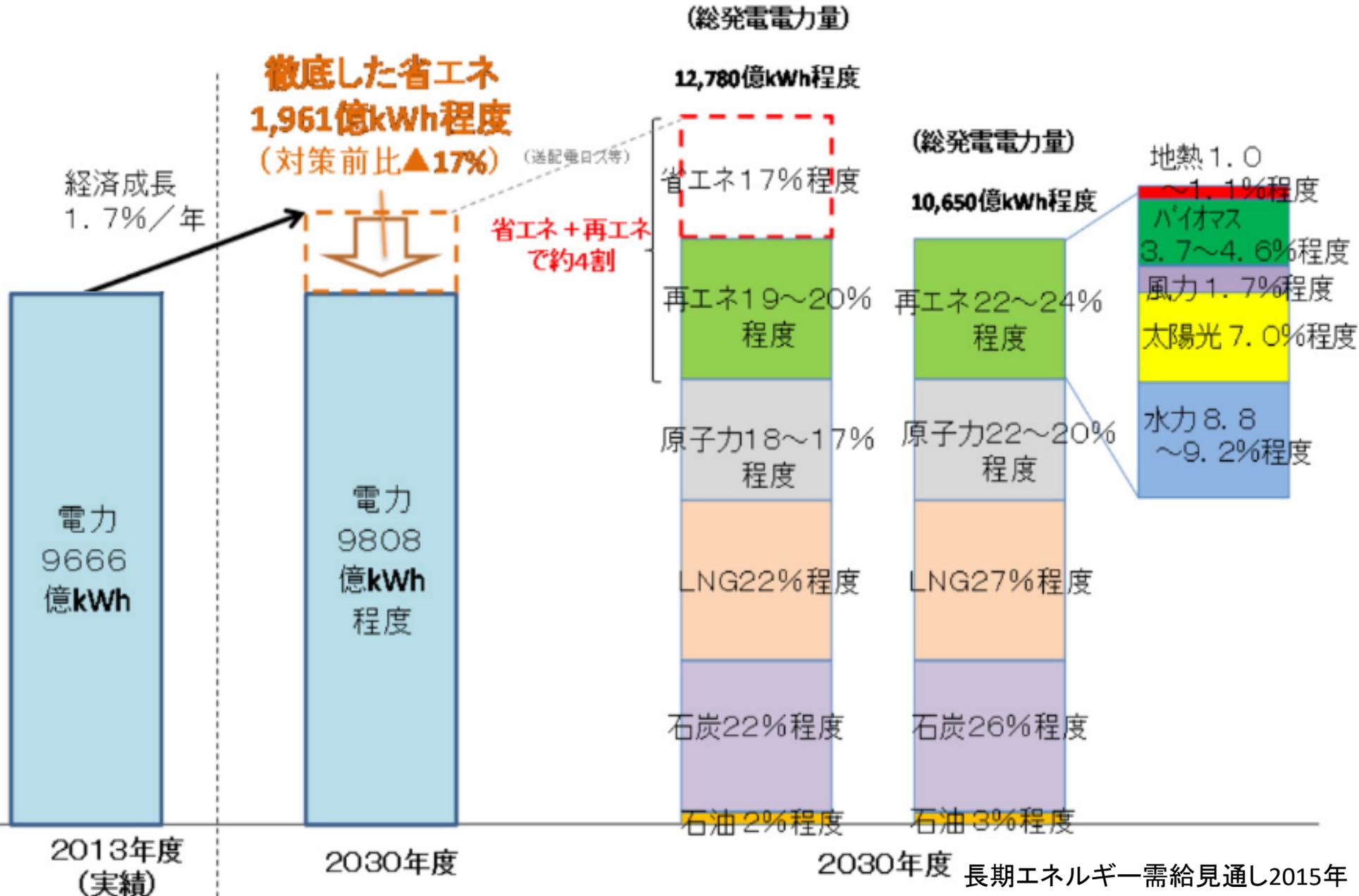
約束草案の達成に向けて

～2013年度比 温室効果ガス26%削減の各部門における内訳～

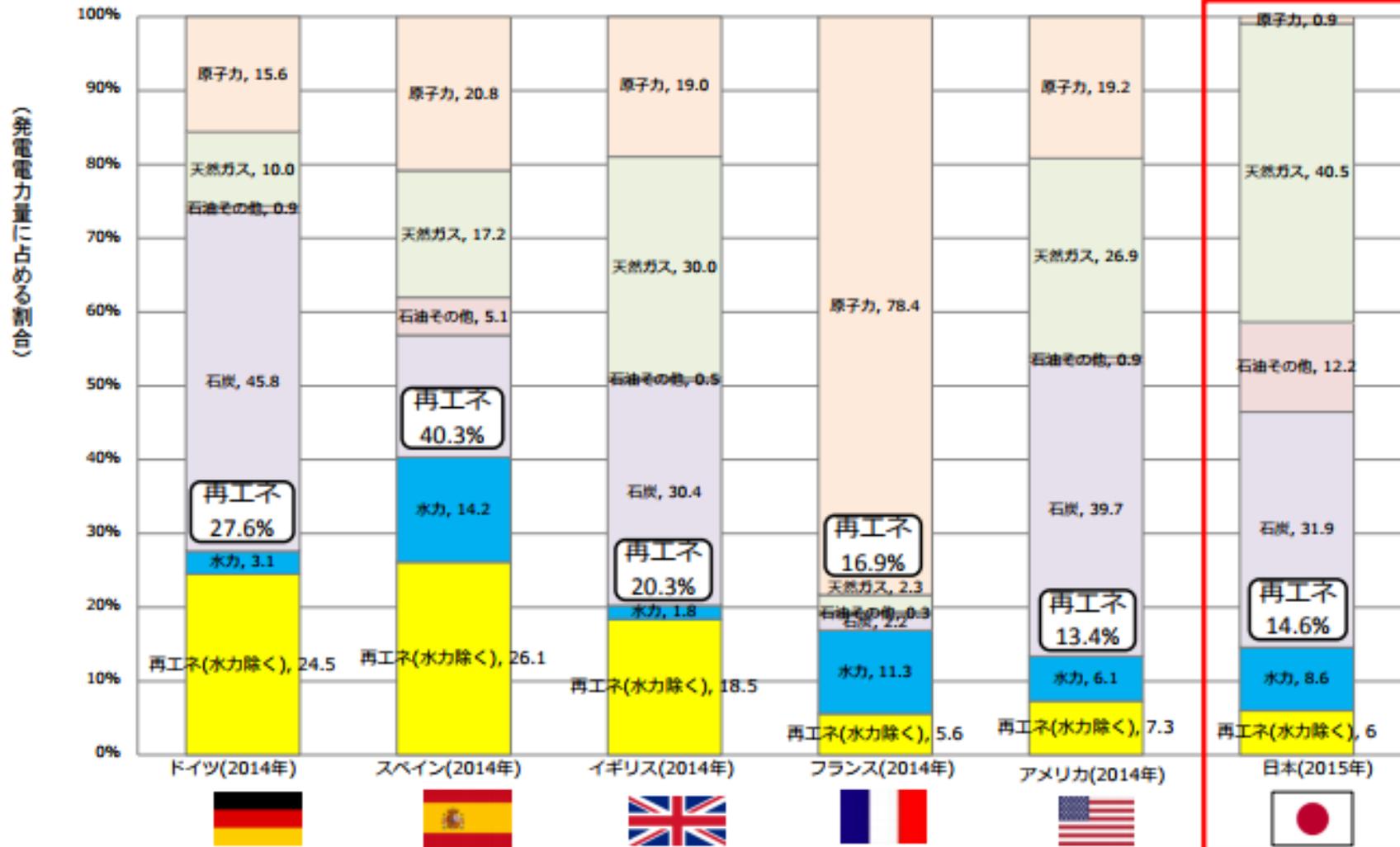
	2030年度CO ₂ 排出量の目安 (単位:百万t-CO ₂)		2013年度CO ₂ 排出量 (単位:百万t-CO ₂)
エネルギー起源CO ₂	927	2013年度比 約 25 %削減	1,235
産業部門	401	2013年度比 約 7 %削減	429
業務その他部門	168	2013年度比 約 40 %削減	279
家庭部門	122	2013年度比 約 40 %削減	201
運輸部門	163	2013年度比 約 28 %削減	225
エネルギー転換部門	73	2013年度比 約 28 %削減	101

電力需要

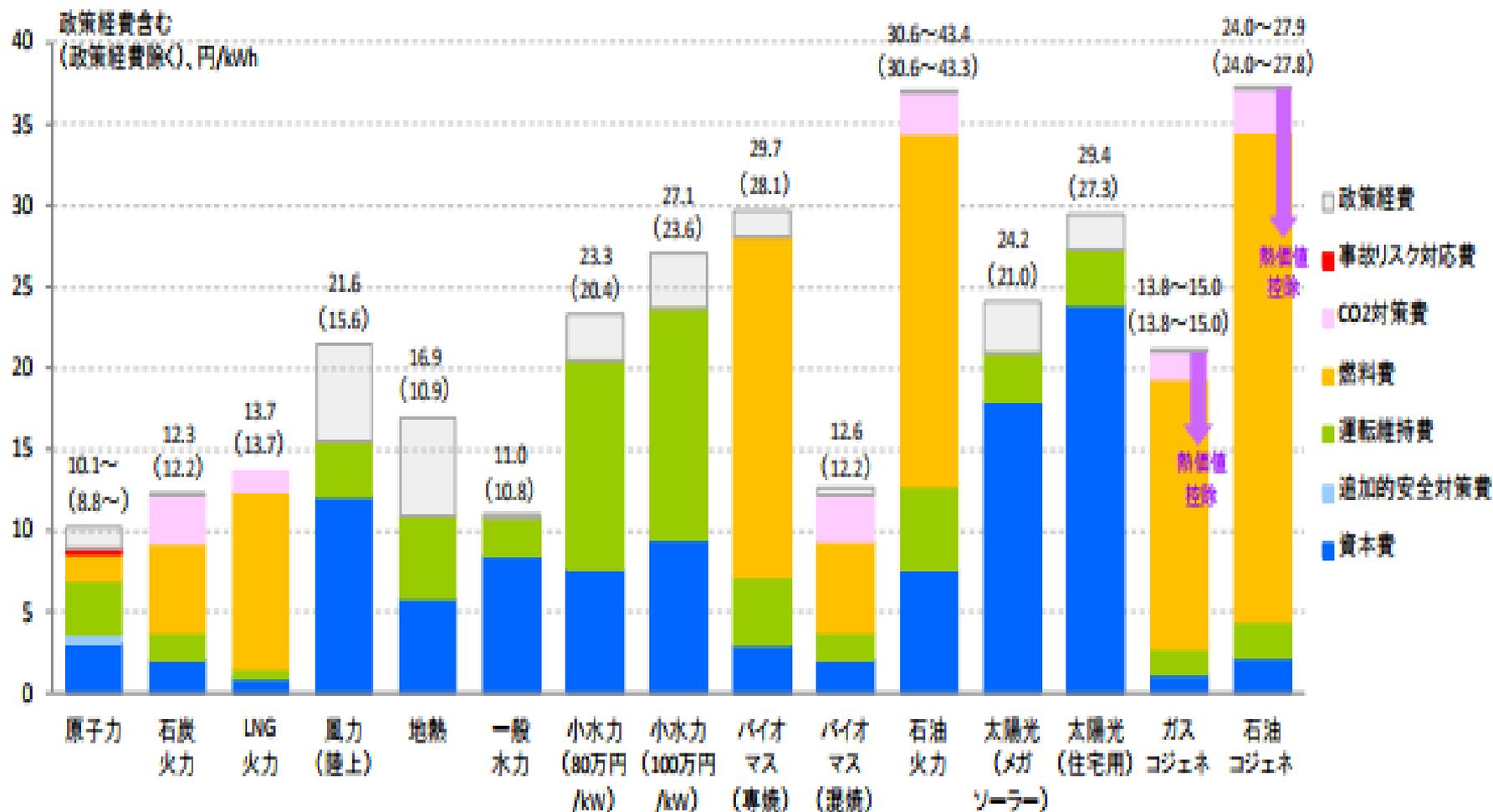
電源構成



主要国の再生可能エネルギーの発電比率



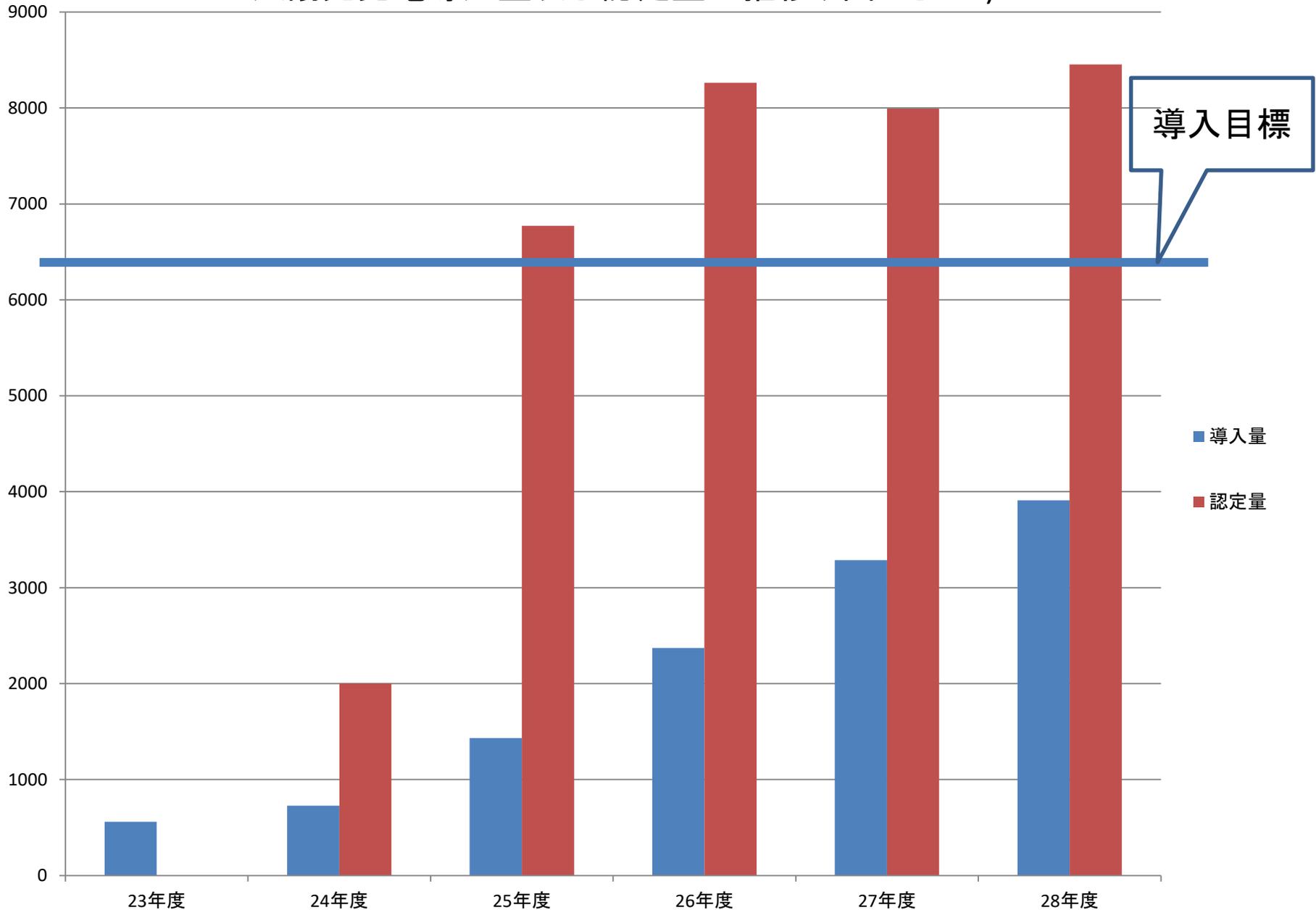
主要再エネ ※水力除く	風力9.2%	風力19.2%	風力9.5%	風力3.1%	風力4.2%	太陽光3.4%
目標年	2030年	2020年	2020年	2030年	2035年	2030年
再エネ導入 目標比率	50%以上 総電力比率	40% 総電力比率	31% 総電力比率	40% 総電力比率	80% クリーンエネルギー (原発含む) 総電力比率	22~24% 総電力比率



(出所) 発電コスト検証ワーキンググループ資料

図2-1 発電コスト試算結果例 (2014年モデルプラント)

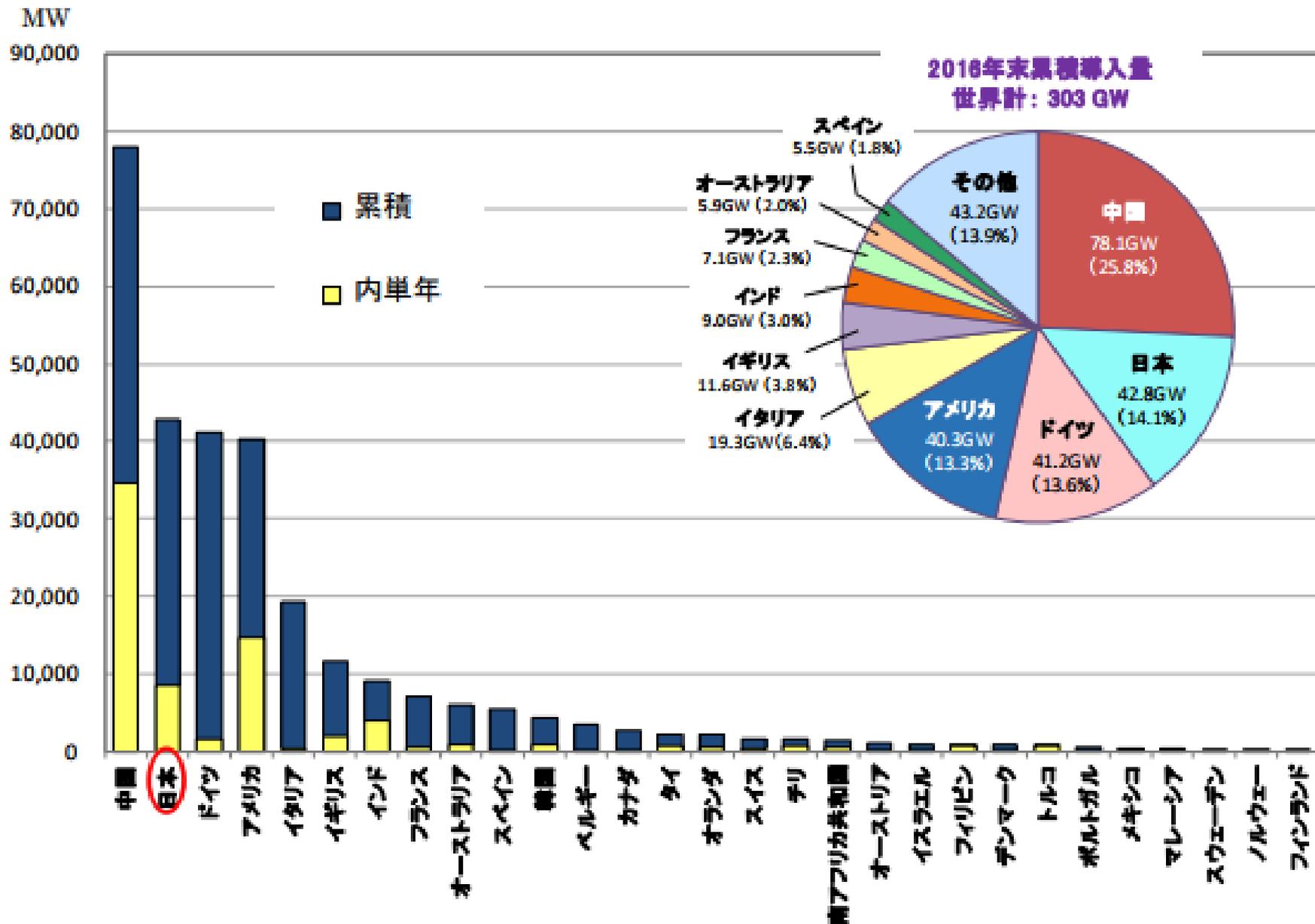
太陽光発電導入量及び認定量の推移(単位万kW)



導入目標

■ 導入量
■ 認定量

資源エネルギー庁データから推計



主要国別 2016 単年・累積設置量
自然エネルギー世界白書から

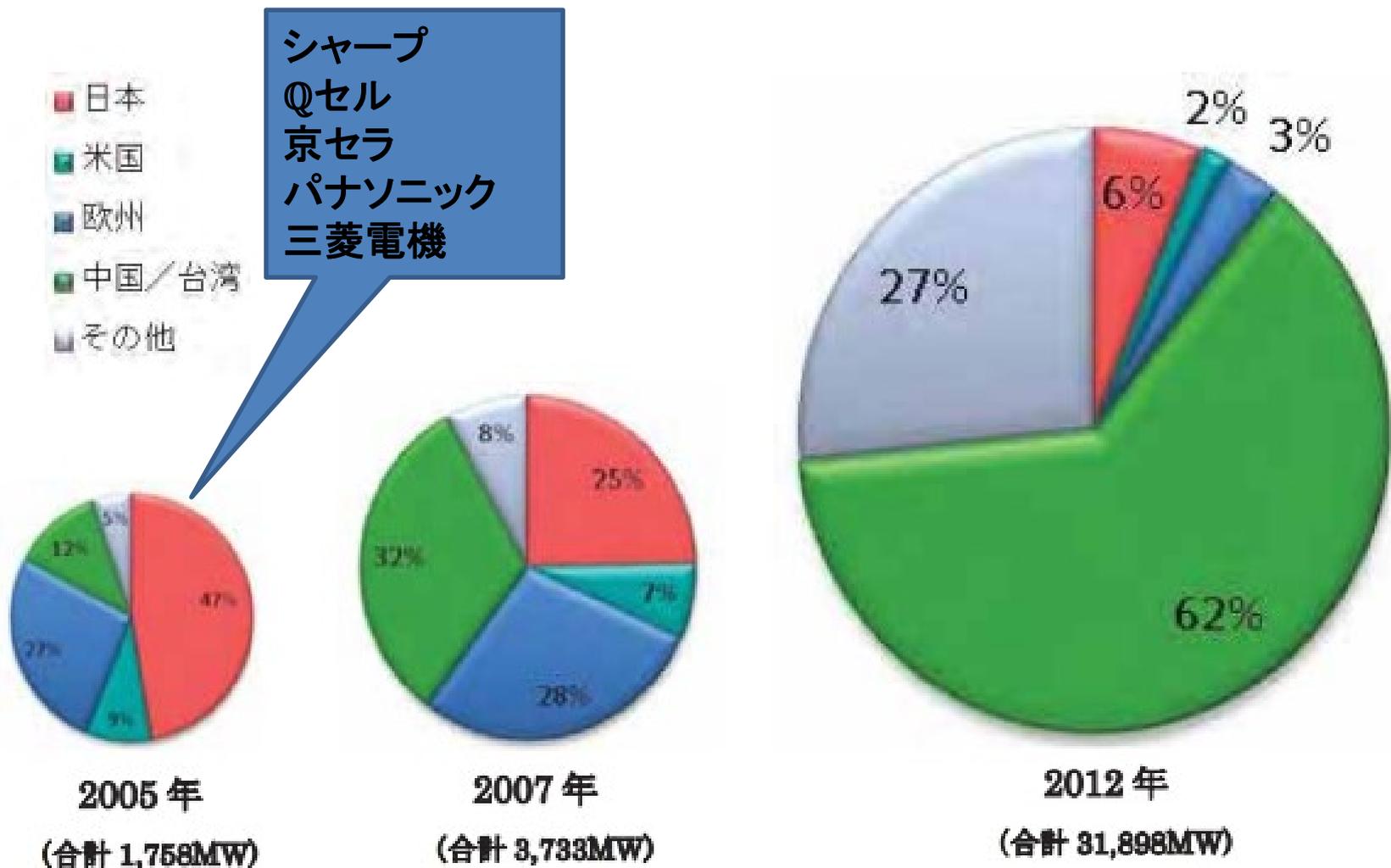


図 2-3 太陽電池セル生産量地域別シェアの推移

出典： PV News Volume 25, Number 4, April 2006、Volume 29, Number 5, May 2010、
Volume 30, Number 5, May 2011 をもとに NEDO 作成

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Suntech	Suntech	Yingli	Yingli	Trina	Trina
2	JA Solar	First Solar	First Solar	Trina Solar	JA Solar	JA Solar
3	First Solar	JA Solar	JA Solar	JA Solar	Hanwah Q-Cells	Hanwha Q-Cells
4	Yingli	Yingli	Suntech	Canadian Solar	Yingli	Canadian Solar
5	Q-Cell	Gintech	Trina	First Solar	NeoSolar	First Solar
6	Sharp	Trina	Canadian Solar	Hareon	Jinko Solar	Jinko Solar
7	Trina	Motech	Motech	Motech	Motech	Yingli
8	Motech	Canadian Solar	Gintech	NeoSolar	First Solar	Motech
9	Gintech	Sharp	Sharp	Jinko Solar	Canadian Solar	NeoSolar
10	Kyocera	Jinko Solar	NeoSolar	Gintech	Kyocera	Shungfeng-Suntech

出所:SPV Market Research

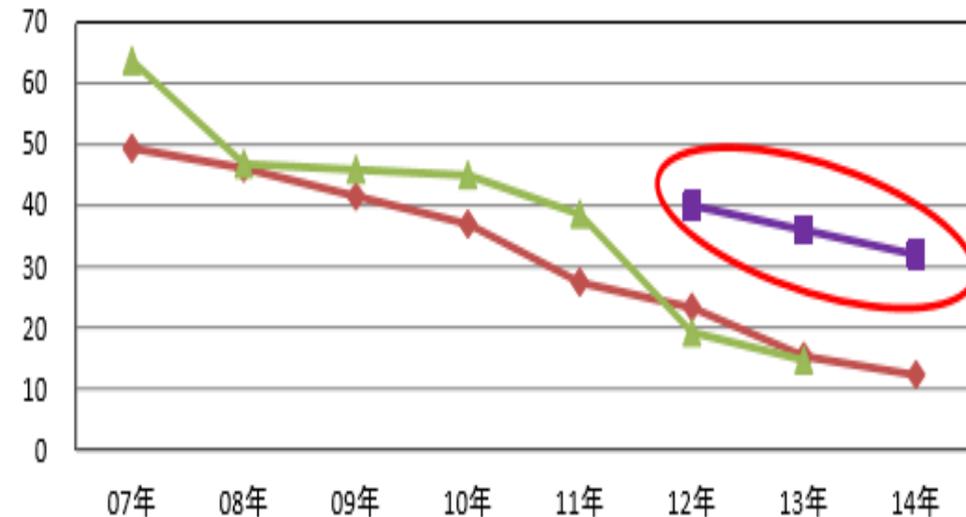
太陽電池セルの世界トップ10メーカー（2010～2015年）

【太陽光発電の発電コスト・買取価格の国際比較】

※2016	資本費 (\$/kW)	運転 維持費 (\$/kW/年)	設備利用 率 (%)	発電 コスト (\$/MWh)	FIT価格 (¢/kWh) ※2015年
ドイツ	1,000	32	11%	103	8.9 (入札価格)
フランス	1,050	32	14%	93	10.6 (入札価格)
英国	1,160	32	10%	130	16.5
スペイン	1,390	36	16%	148	- (FIT廃止)
トルコ	1,240	32	16%	122	13.3
米国	1,427	21	19%	87	-(RPS制度)
ブラジル	1,381	24	19%	111	7.8 (入札価格)
豪州	1,445	18	20%	85	-(RPS制度)
インド	898	17	19%	90	7.7-9.2
中国	1,181	12	16%	102	14.3-15.8
日本	2,205	68	14%	192	22.5

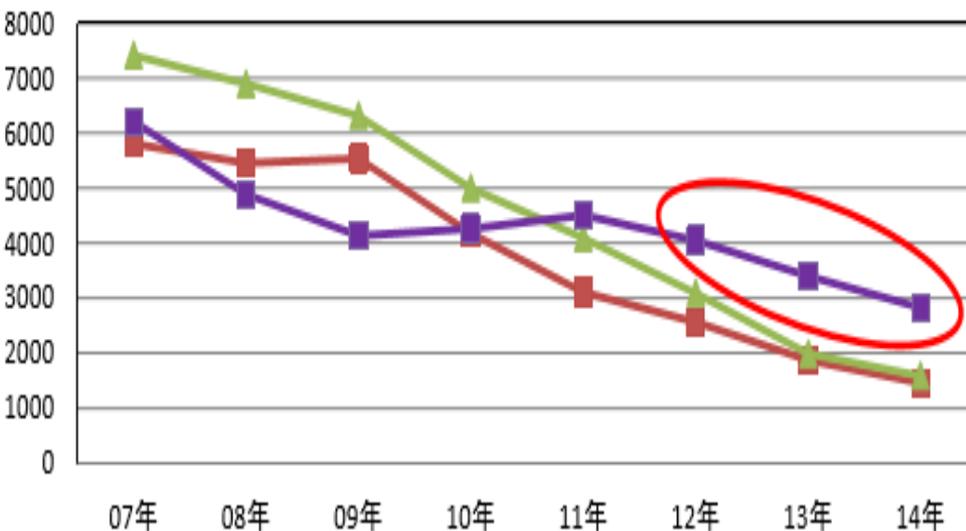
円/kWh

【ドイツ・イタリア・日本の買取価格推移】



ドル/kW

【ドイツ・イタリア・日本のシステム費用推移】



(出典)Bloomberg New Energy Finance資料より資源エネルギー庁作成、FIT価格は資源エネルギー庁調べ

電源毎の現状と課題 ① 太陽光発電

- FITにより10kW以上の非住宅用（事業用）を中心に急速に導入が拡大し、住宅用も着実に増加。
- 買取価格（発電コスト）もFIT導入後、着実に低下する一方、諸外国と比べて依然として高い水準。また、①高い価格での大量導入による国民負担の急増、②非住宅用50kW未満の小規模案件の増大、③不十分な設計・施工・メンテナンス、④立地地域とのトラブル等が課題。
- 今後、我が国においてどのようにコスト低減を図り、またコストが低減した電源をどのように有効活用することにより、自立化を達成していくか。2019年以降住宅用で順次発生するFIT切れ電源の扱いを含め、諸外国と比べても小規模案件が極めて多い状況下で、買取期間終了後も安定的に発電を継続するための環境整備をどのように行っていくか。太陽光発電が地域と調和した形で導入されるための環境をどのように整備していくべきか。

<導入量・認定量・ミックス水準>

<買取価格>

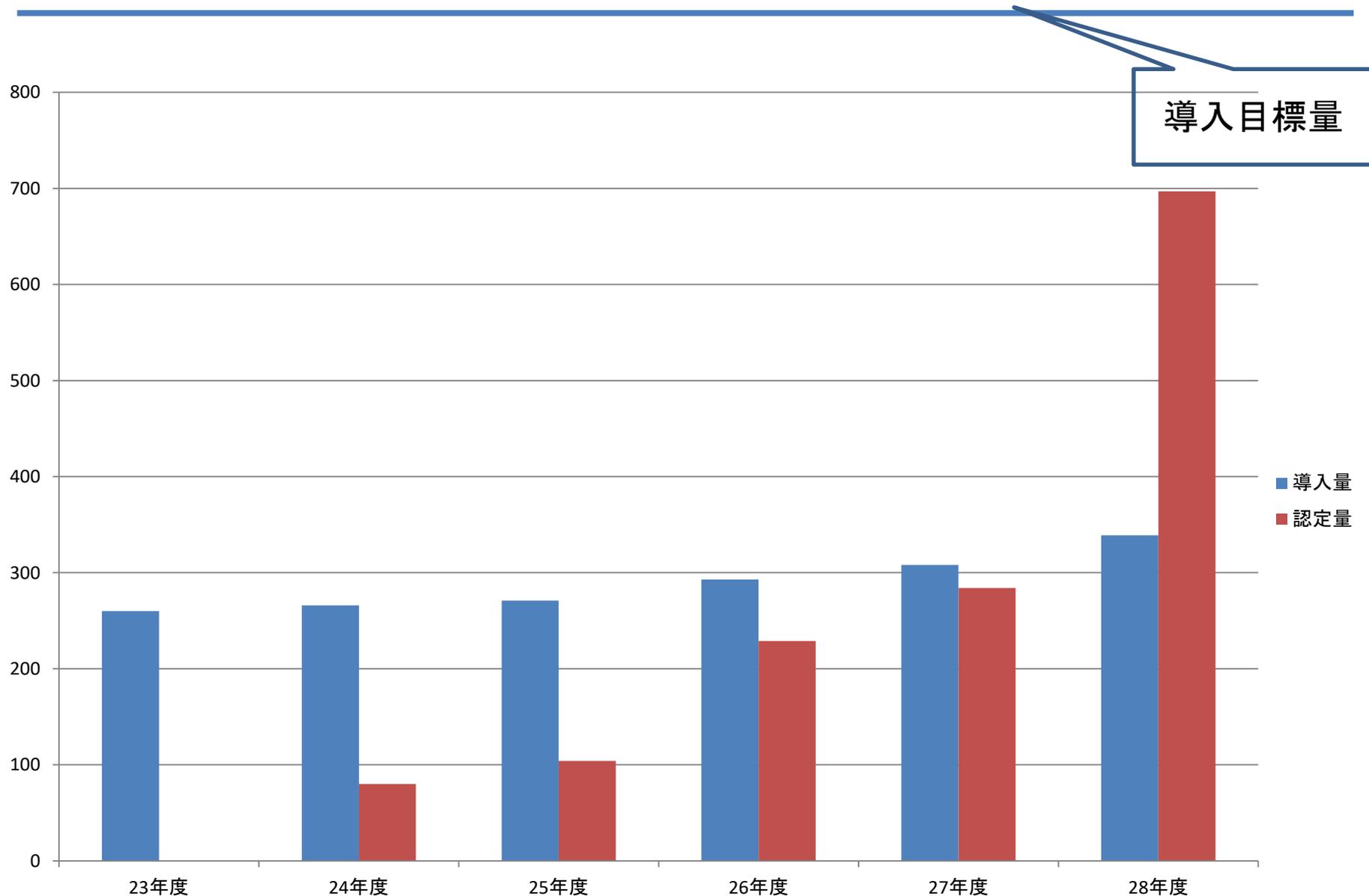
	FIT導入前	FIT後導入量 ※	認定量 ※	ミックス水準
住宅	470万kW	454.5万kW	530.8万kW	6400万kW
非住宅	90万kW	2746.5万kW 〔うち10kW-50kW 1040.5万kW (425,276件)〕	7552.5万kW 〔うち10kW-50kW 2704.2万kW (867,131件)〕	

	平成24年度	平成29年度
住宅	42円（税込）	28円（税込）
非住宅	40円	21円 ※ 2MW以上は入札

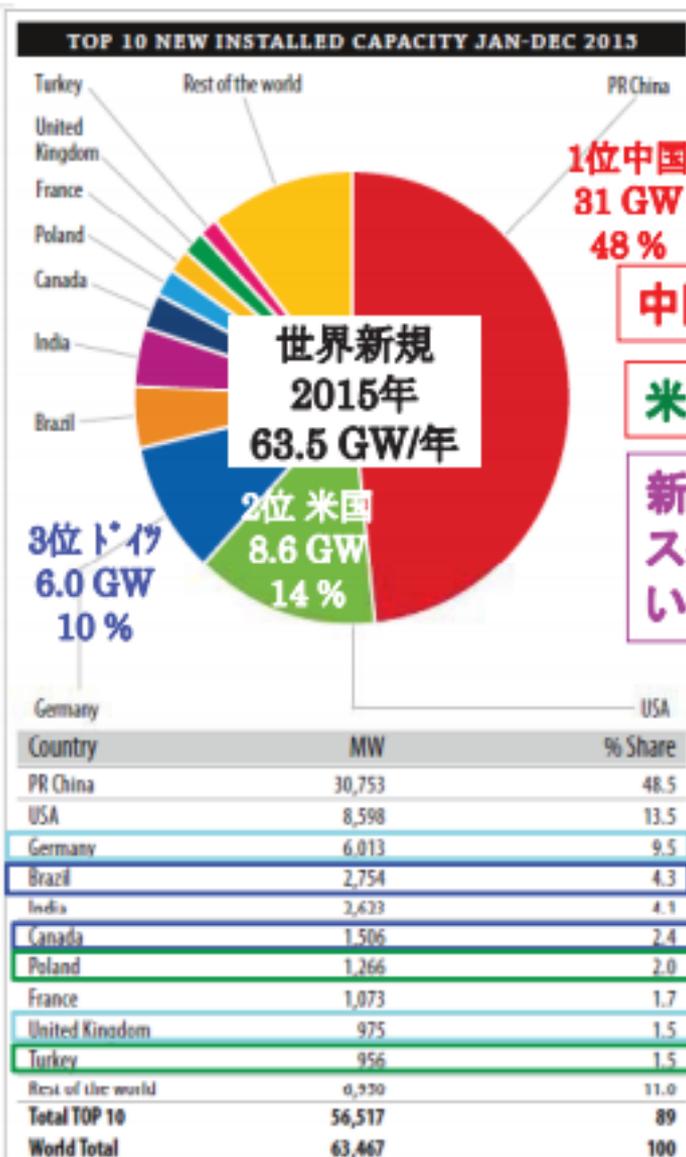
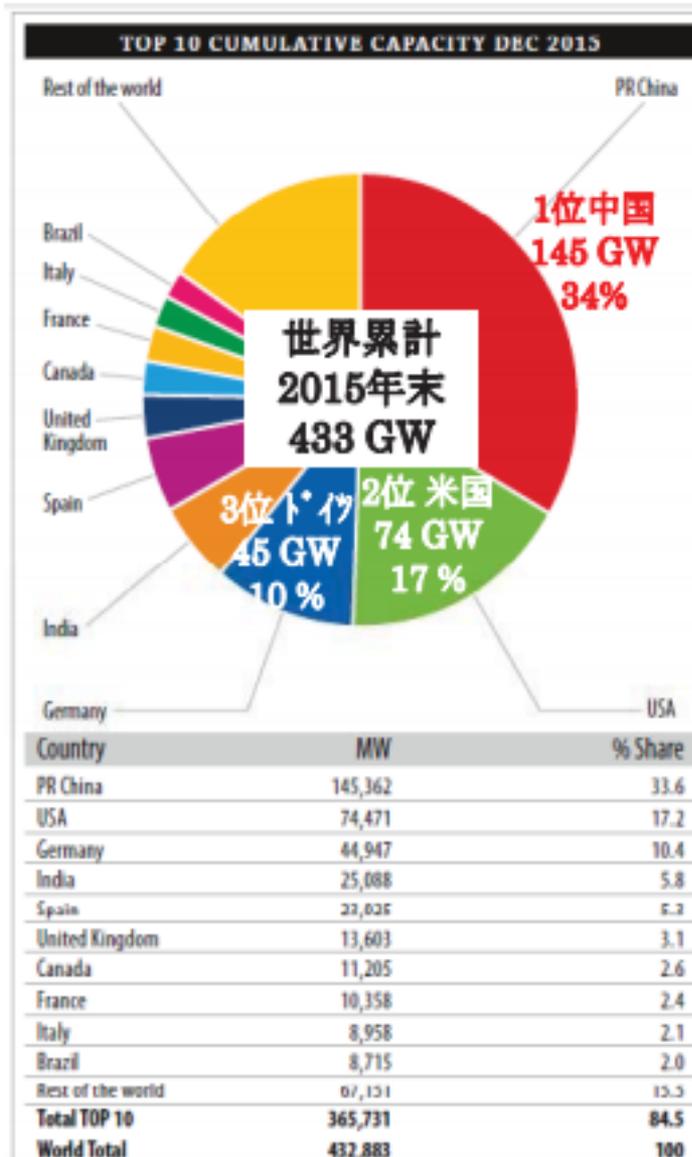
※平成28年12月時点

資源エネルギー庁資料

風力発電導入量及び認定量の推移(単位:万kW)



各国の風力発電の導入量：中国が1位



年1GWで
8位入賞！

中国が約半分

米国が復調

新規上位に
スペインが
いない！

新興市場

ドイツ洋上

南米&
北米カナダ

東欧
北海洋上
東欧

19位 日本

3,088MW

0.7%

20位 日本

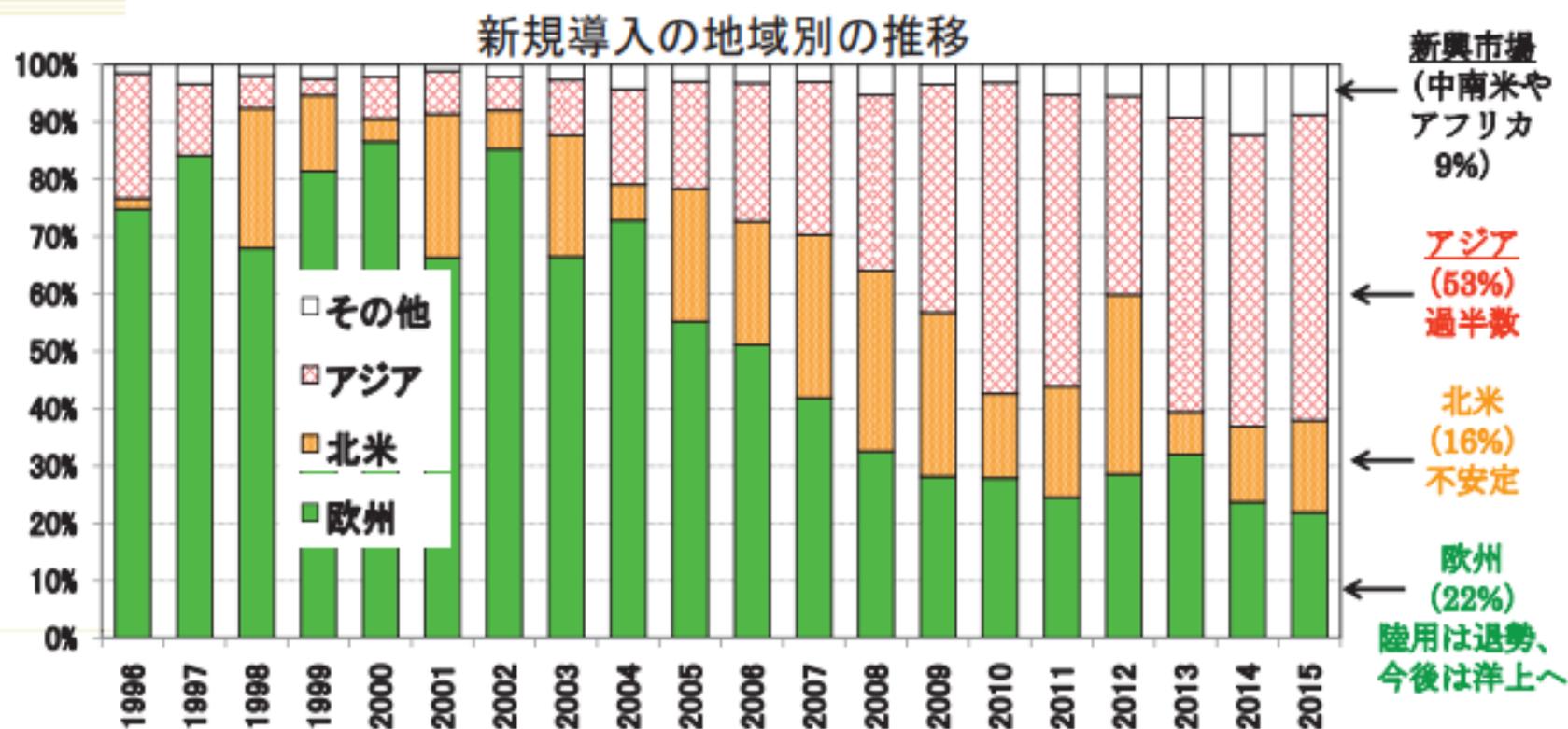
245MW/年

0.4%

出典：GWEC Global Wind Report 2015

主流市場は、欧州→米国→アジア→新興市場へ

- ・2002年までは約80%の風車が欧州に建っていましたが、1998年から北米(米国とカナダ)が伸び、更に最近ではアジア(中国とインド)が世界の半分を占めています。今は中南米(ブラジルとメキシコ)、今後はアフリカ等の新興市場に期待。

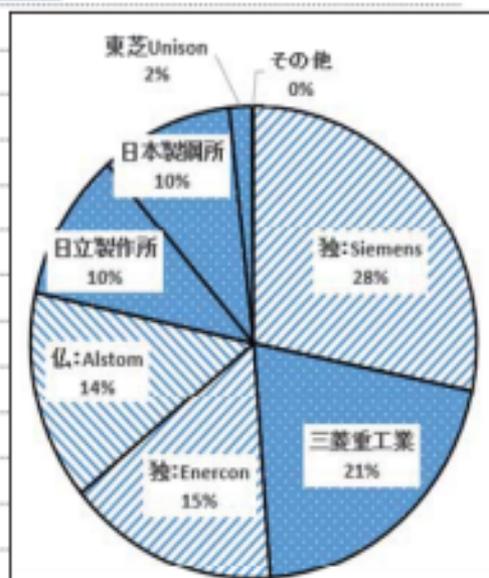


出典：Navigant/BTM, World Market Update 1997-2015

世界の代表的な風車メーカー (2015年の新規設置風車の世界順位)

以前は欧州(デンマーク、ドイツ、スペイン)の風車メーカーが強かったが、最近是中国の風車メーカーが自国市場を中心にシェアを伸ばしている。日本の風車メーカー(日立、日本製鋼所、三菱重工)は国内では強い。

中国	Goldwind	12.5%	7.88GW	
デンマーク	Vestas	11.8%	7.43GW	
米国	GE	9.5%	5.99GW	
ドイツ	Siemens	8.0%	5.04GW	
スペイン	Gamesa	5.4%	3.40GW	
ドイツ	Enercon	5.0%	3.15GW	
中国	United Power	4.9%	3.09GW	
中国	Ming Yang	4.1%	2.58GW	
中国	Envision	4.0%	2.52GW	
中国	CSIC Haixhuang	3.4%	2.14GW	
ドイツ	Senvion	3.3%	2.08GW	
中国	Sewind	3.1%	1.95GW	
ドイツ	Nordex	2.7%	1.70GW	
中国	XEMC	2.4%	1.51GW	
中国	Dongfang	2.3%	1.45GW	
インド	Suzlon	0.8%	500MW	(Estimate)
	Others	16.8%	10.60GW	



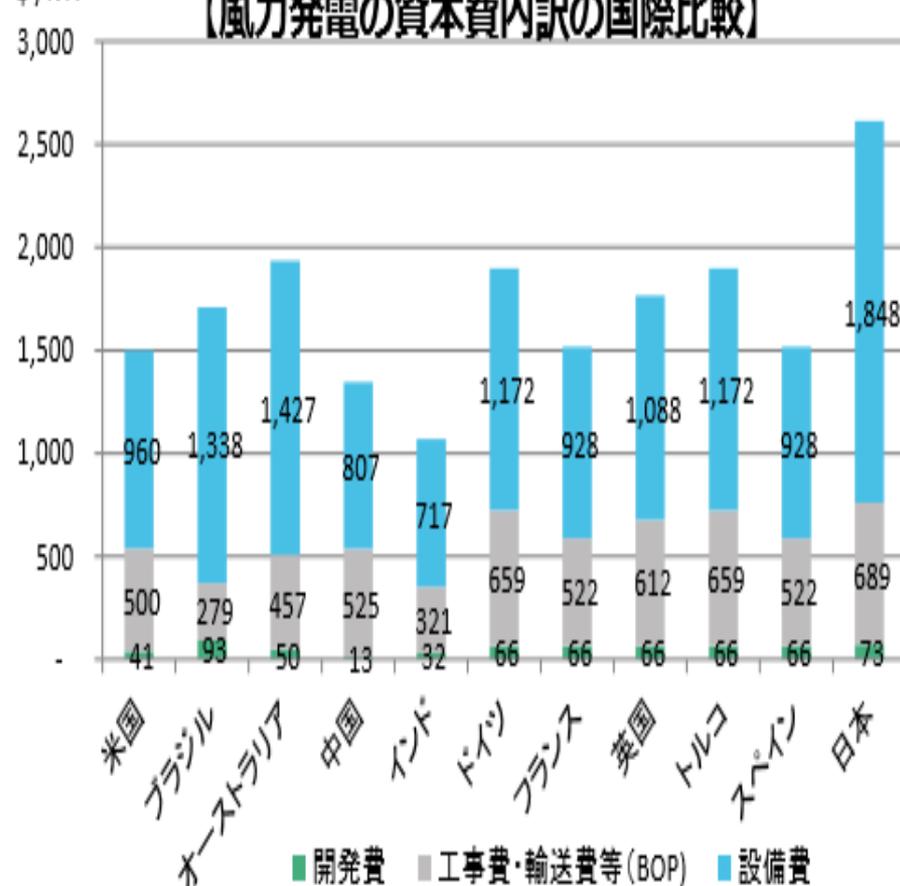
2015年新規の日本シェア
(出典: JWPA 調べ)

【風力発電の発電コスト・買取価格の国際比較】

※2016	資本費 (\$/kW)	運転 維持費 (\$/kW/年)	設備利用率 (%)	発電 コスト (\$/MWh)	FIT価格 (¢/kWh) ※2015
ドイツ	1,897	26	24%	79	9.7(一定期間後 5.3)
フランス	1,516	30	27%	80	9.2(11年以降 3.1~8.2)
英国	1,765	24	26%	85	12.2
スペイン	1,516	26	25%	91	- (FIT廃 止)
デンマーク	1,897	21	26%	91	7.2
米国	1,501	26	38%	65	-(RPS制度)
ブラジル	1,710	30	52%	67	4.7
豪州	1,934	24	38%	72	-(RPS制度)
インド	1,070	16	23%	77	6.3-10.1
中国	1,345	15	25%	76	7.8-9.7
日本	2,611	37	22%	156	18.3

\$/kW

【風力発電の資本費内訳の国際比較】



※2016

(出典)Bloomberg New Energy Finance資料より資源エネルギー庁作成、FIT価格は資源エネルギー庁調べ

＜日本風力発電協会のWind Visionで示された、コスト低減に必要な取組＞

- (1) ナセル軽量化、受風面積拡大
- (2) 風車の質量低減、ブレード分割輸送
- (3) CMSによる稼働率・設備利用率の向上
- (4) 風車の長寿命化
- (5) 撤去・建設の円滑化 等

資源エネルギー庁資料

電源毎の現状と課題 ② 風力発電

- 系統制約、環境アセスメントや地元調整等の開発段階での高い調整コストにより、FIT開始後も導入量は伸びていない。また、世界的にコストが低減する流れの中で、発電コストが高止まっている。
- このため、今般の改正FIT法において、①複数年度分の買取価格を決定し、②事業者のイノベーションを促すための中長期的な価格目標を設定したところ（2030年 発電コスト 8～9円/kWh）。
- 着実にコストを低減させていくためにどのような施策が有効か。また、地元調整の円滑化や、ポテンシャルの大きい洋上風力の推進のためには、どのような環境整備が必要か。また、小形風力（20kW未満）については、調整コスト等が低く導入が容易なため導入量・認定量が急増している一方で、安全上のトラブル等が発生していることをどのように考えるか。

<導入量・認定量・ミックス水準>

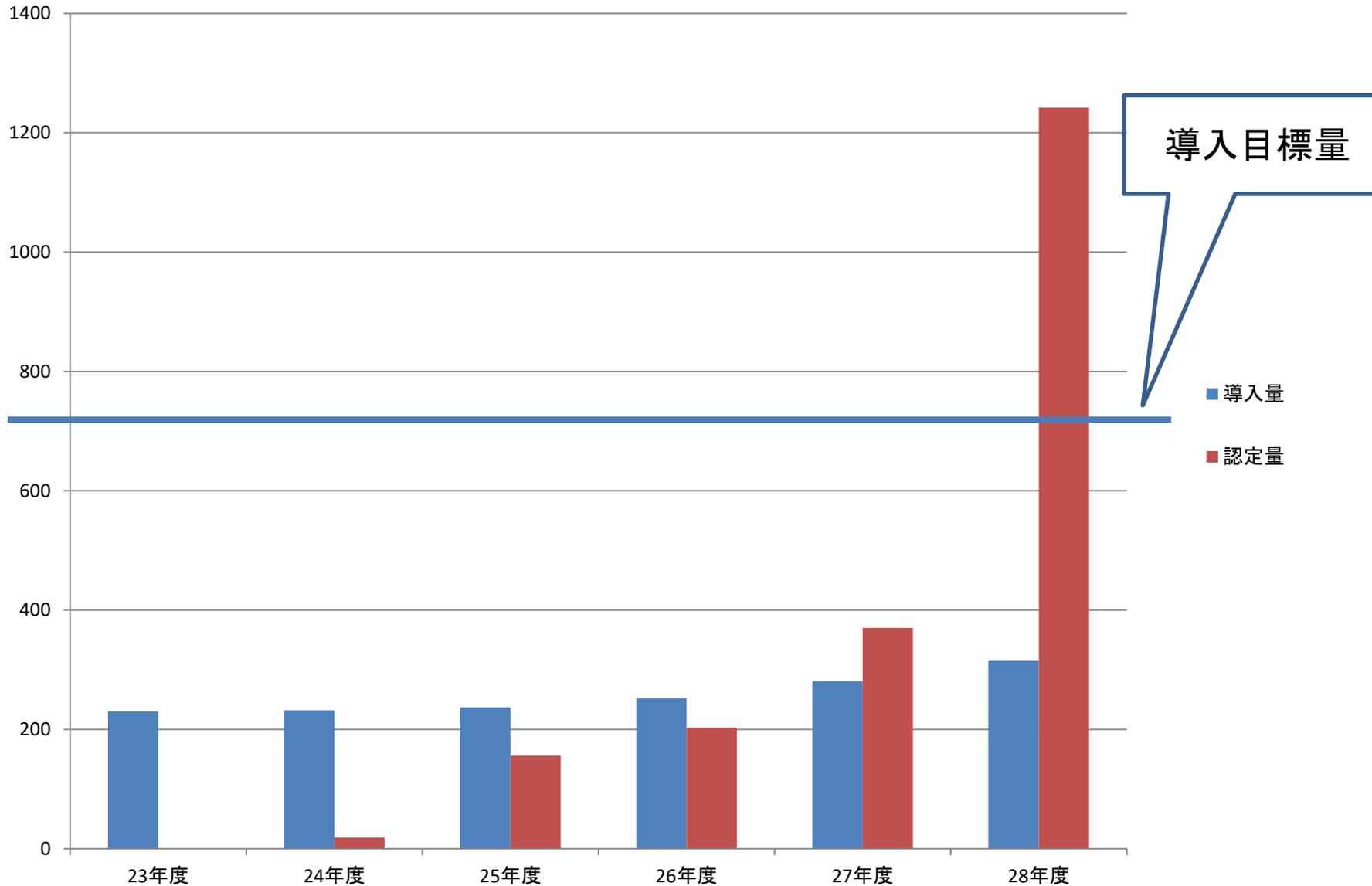
FIT導入前	FIT後 導入量 ※	認定量 ※	ミックス 水準
260万kW	64.2万kW 〔小形風力件数 115件〕	307.8万kW 〔小形風力件数 3483件〕	1000万kW

<買取価格>

	平成24年度	平成29年度
20kW以上	22円	22円/21円
20kW未満	55円	55円
洋上	—	36円

※平成28年12月時点

バイオマス発電の導入量及び認定量の推移(単位:万kW)



資源エネルギー庁データから作成

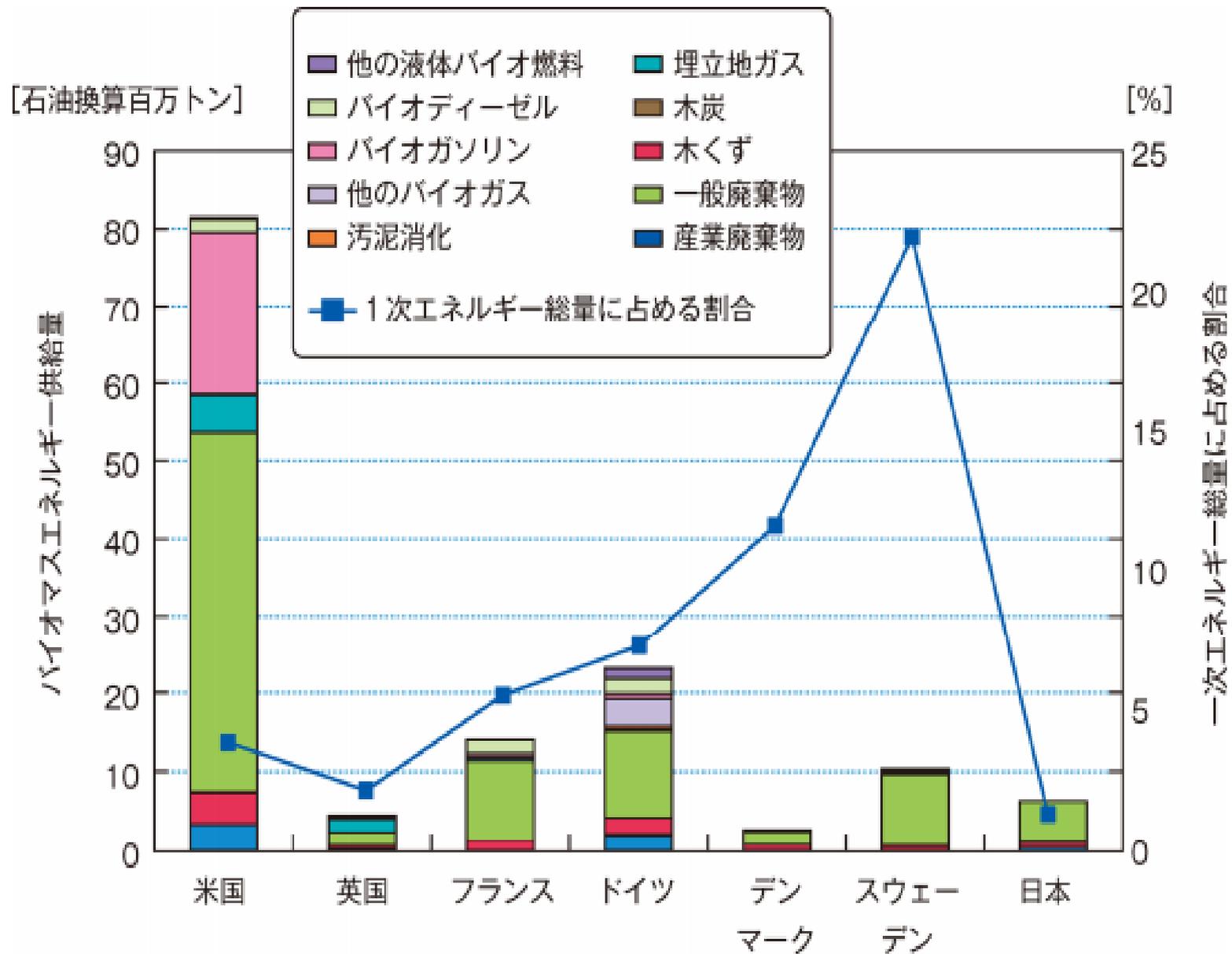


図 4-4 主要国のバイオマスエネルギー導入実績（一次エネルギーベース）

出典：“Renewables information”（2011, IEA）より NEDO 作成

電源毎の現状と課題 ③ バイオマス発電

- FIT開始後、輸入材を用いた大型案件を中心に導入が拡大する一方、メタンガス等、それ以外の電源の導入規模は限定的。また、全体的に高コスト。
- 買取期間終了後も安定的に発電が継続されるためには、木質バイオマスで全体コストの7割程度を占めると言われる燃料コストの低減や、安定的な燃料確保が大きな課題。コスト低減や自立化への道筋をどのようにつけていくか。また、導入が進んでいない木質バイオマス以外の電源が導入拡大していくために必要な条件は何か。さらに、木質バイオマスについては、輸入材の活用や石炭との混焼による発電について、エネルギーセキュリティや温暖化対策といった観点からどのように評価するか。

<導入量・認定量・ミックス水準>

	FIT 導入前	FIT後 導入量 ※	認定量 ※	ミックス 水準
未利用材	230万kW	28.4万kW	42.1万kW	602万～ 728万kW
一般材		27.4万kW	321.2万kW	
リサイクル材		0.9万kW	3.7万kW	
廃棄物		17.5万kW	25.1万kW	
メタンガス		2.6万kW	6.5万kW	
合計		76.8万kW	398.7万kW	

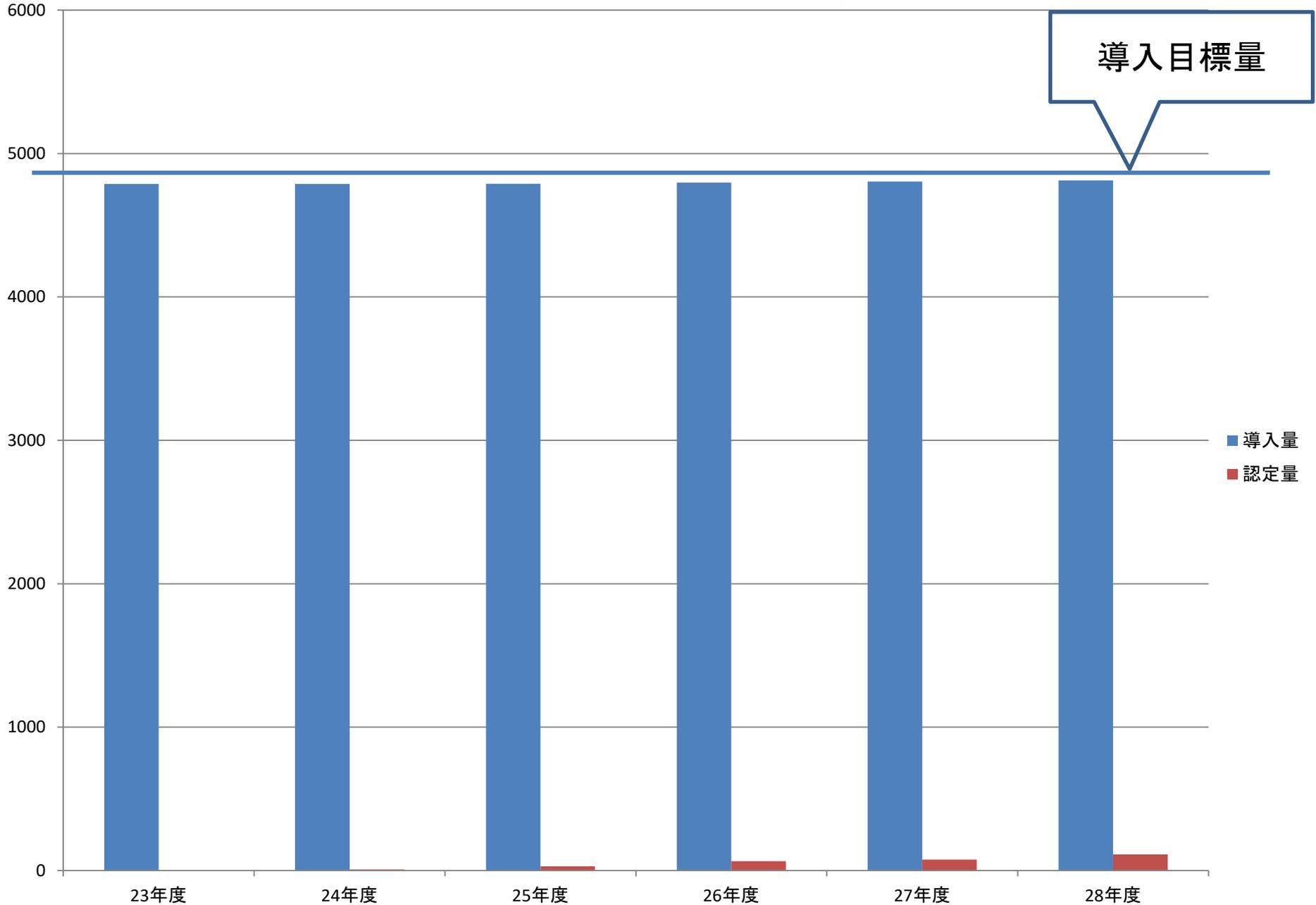
<買取価格>

	平成24年度	平成29年度
未利用材	32円	32円
一般材	24円	24円/21円 (2万kW以上) 24円 (2万kW未満)
リサイクル材	13円	13円
廃棄物	17円	17円
メタンガス	39円	39円

※平成28年12月時点

資源エネルギー庁資料

水力発電導入量及び認定量の推移(単位:万kW)



導入目標量

■ 導入量
■ 認定量

電源毎の現状と課題 ④ 中小水力発電

- FITにより導入が進展しつつあるが、初期リスクや建設コスト上の課題から、新規地点の開発が十分進んでいるとは言いがたい状況。
- 中小水力発電については、特に中規模の新規地点開発による量的な拡大を進めるとともに、リスクが低くコスト効率的なものについては、FITからの自立を図っていくことが重要ではないか。
- 地元調整の円滑化のためには、どのような環境整備が必要か。

<導入量・認定量・ミックス水準>

	FIT 導入前	FIT後 導入量 ※	認定量 ※	ミックス 水準
200kW未満	960万 kW	1.4万kW	2.7万kW	1084～ 1155万kW
200-1000kW未満		2.6万kW	6.8万kW	
1000-3万kW未満		18.9万kW	70.1万kW	
合計		22.9万kW	79.5万kW	

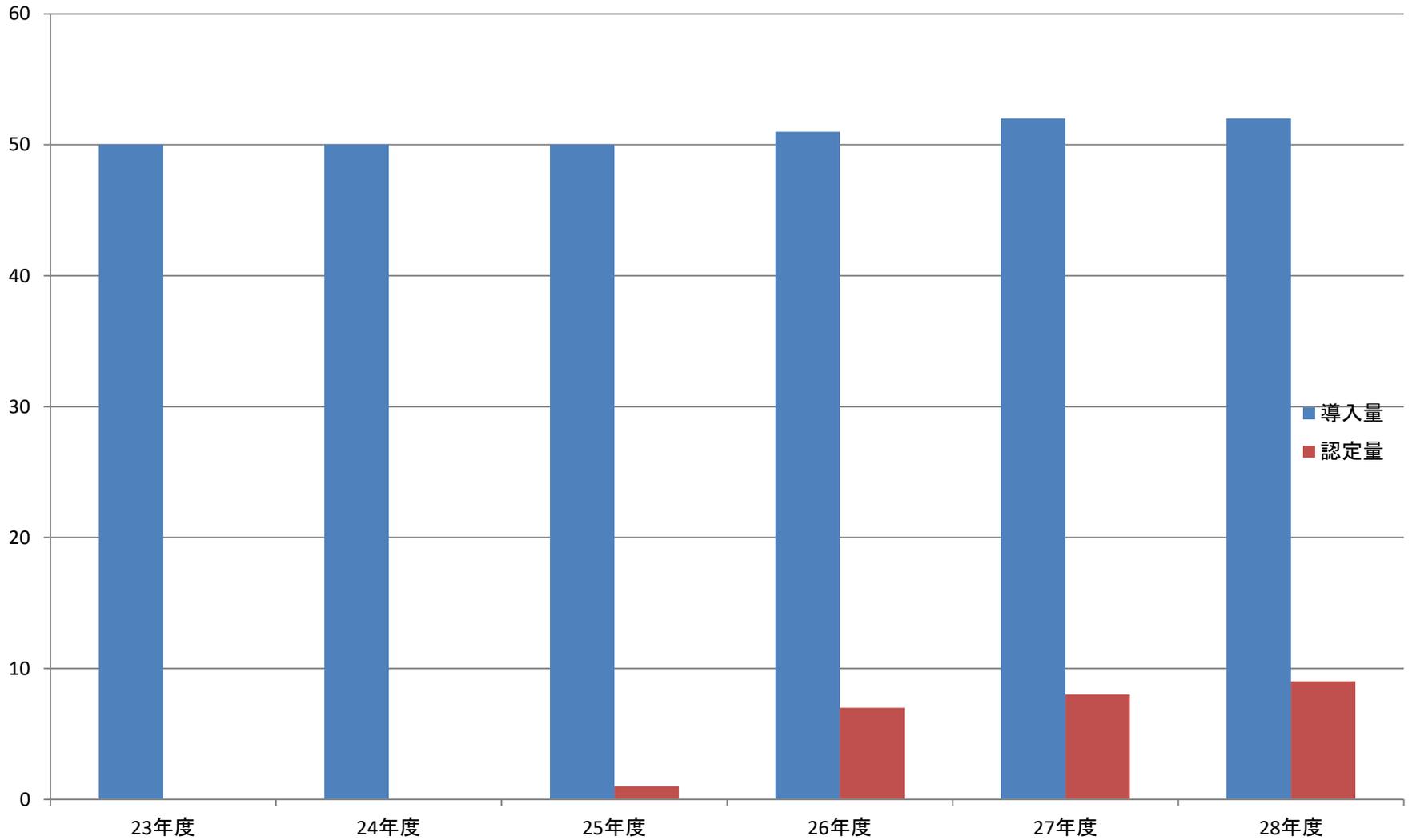
<買取価格>

	平成24年度	平成29年度
200kW未満	34円	34円
200-1000kW未満	29円	29円
1000-3万kW未満	24円	24円/20円 (5000-3万kW未満) 27円 (1000-5000kW未満)

※平成28年12月時点

地熱発電導入量及び認定量の推移（単位：万kW）

導入目標量（140
～155万）



資源エネルギー庁データから作成

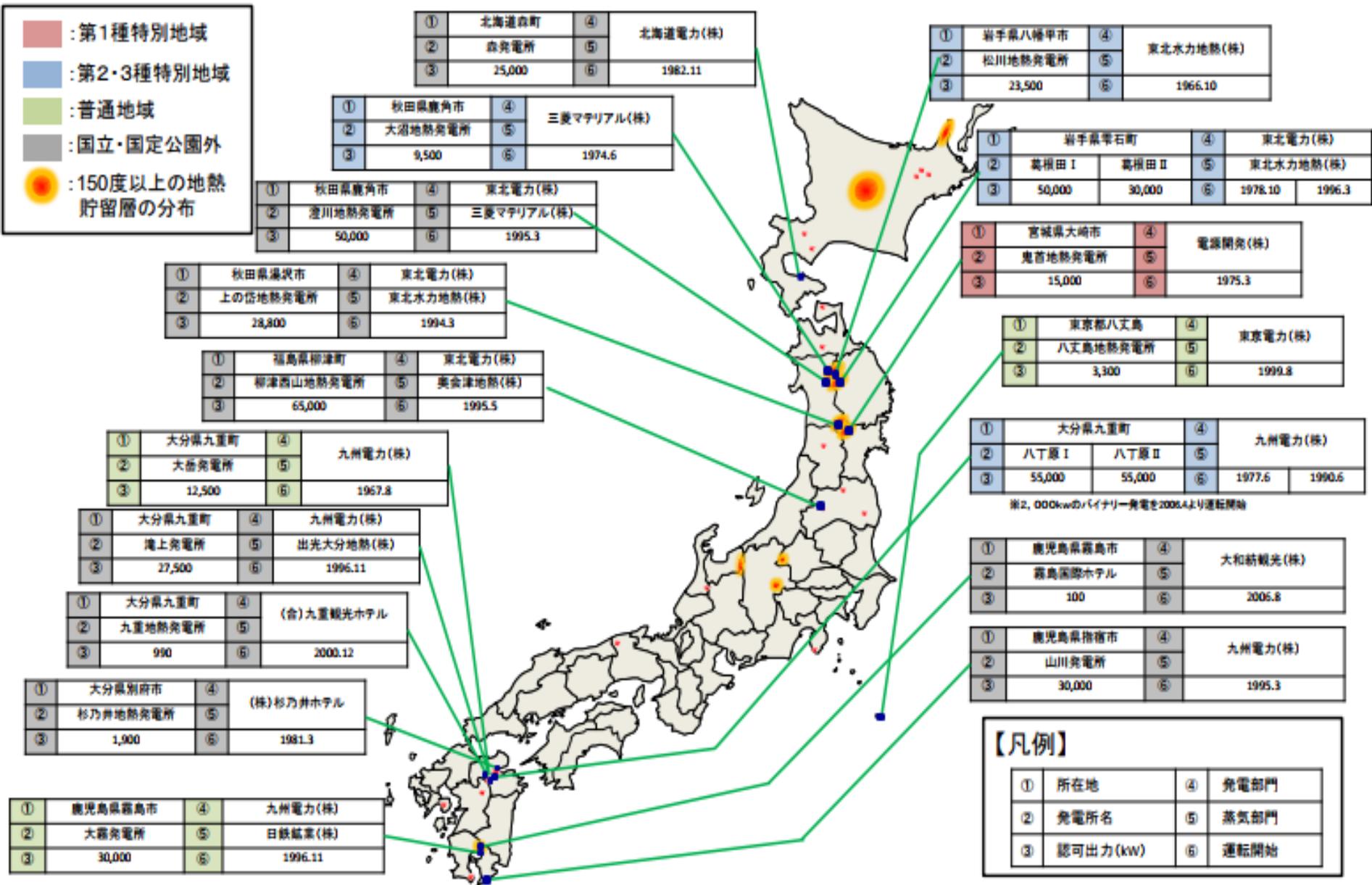
【主要国における地熱資源量及び地熱発電設備容量】

国名	地熱資源量 (万kW)	地熱発電設備容 量(万kW)
アメリカ合衆国	3,000	309
インドネシア	2,779	119
日本	2,347	52 (2014年ベース)
ケニア	700	16
フィリピン	600	190
メキシコ	600	95
アイスランド	580	57
ニュージーランド	365	62
イタリア	327	84
ペルー	300	0

＜出典＞JICA作成資料(平成22年)及び産業総合技術研究所作成資料(平成20年)等より抜粋して作成

FTT創設(H24.7)前に稼働した地熱発電所(17カ所、合計出力約52万kW)

: 第1種特別地域
 : 第2・3種特別地域
 : 普通地域
 : 国立・国定公園外
 : 150度以上の地熱貯留層の分布



【凡例】

①	所在地	④	発電部門
②	発電所名	⑤	蒸気部門
③	認可出力(kw)	⑥	運転開始

※昭和47年の通知(環境省と通産省の了解事項)により、国立・国定公園内の地熱発電の開発は、当面、大沼、松川、鬼首、八丁原、大岳及び葛根田の計6地点のみにすることとされていた。(6地点は、通知が発出された当時、既存や開発進捗中であった案件)
 ※また、平成6年の通知(環境省)により、国立・国定公園の普通地域内の開発については個別に調整することとされていた。

- FITにより開発案件が増加。比較的小規模な開発案件については、既に現時点でも運転を開始。
- 一方、大規模な開発案件については、①掘削成功率が低く、開発コストが高い、②リードタイムが長い、等の課題が存在し、現時点での導入量は限定的。また、立地制約が大きい電源であり、系統接続の問題や、環境アセスメントや地元調整などに時間がかかることも、開発にあたっての課題。
- 導入促進や将来的なFITからの自立を図っていくために、①掘削成功率の向上や、開発コストの低減に、どのように取り組んで行くべきか。また、②立地制約を踏まえた事業環境の整備をどのように図るべきか。地元調整の円滑化のために、地方自治体に期待される役割が大きくなってきているところ、どのような政策支援が有効か。

<導入量・認定量・ミックス水準>

FIT導入前	FIT後 導入量 ※	認定量 ※	ミックス水準
50万kW	1.0万kW	7.9万kW	140-155万kW

※平成28年12月時点

<買取価格>

	平成24年度	平成29年度
15000kW未満	40円	40円
15000kW以上	26円	26円

再生可能エネルギー導入状況総括表				
(kW)	導入水準	FIT認定量	ミックス	ミックス/
	(17年3月)	(17年3月)	2030年度	導入水準
太陽光	3910万	8454万	6400万	約1.6倍
		(+461)		
風力	339万	697万	1000万	約2.9倍
		(+413万)		
地熱	52万	9万	140～	約2.8倍
		(+1万)	155万	
水力	4812万	112万	4847～	約1.0倍
		(+34万)	4931万	
バイオマス	315万	1242万	602～	約2.1倍
		(+872万)	728万	

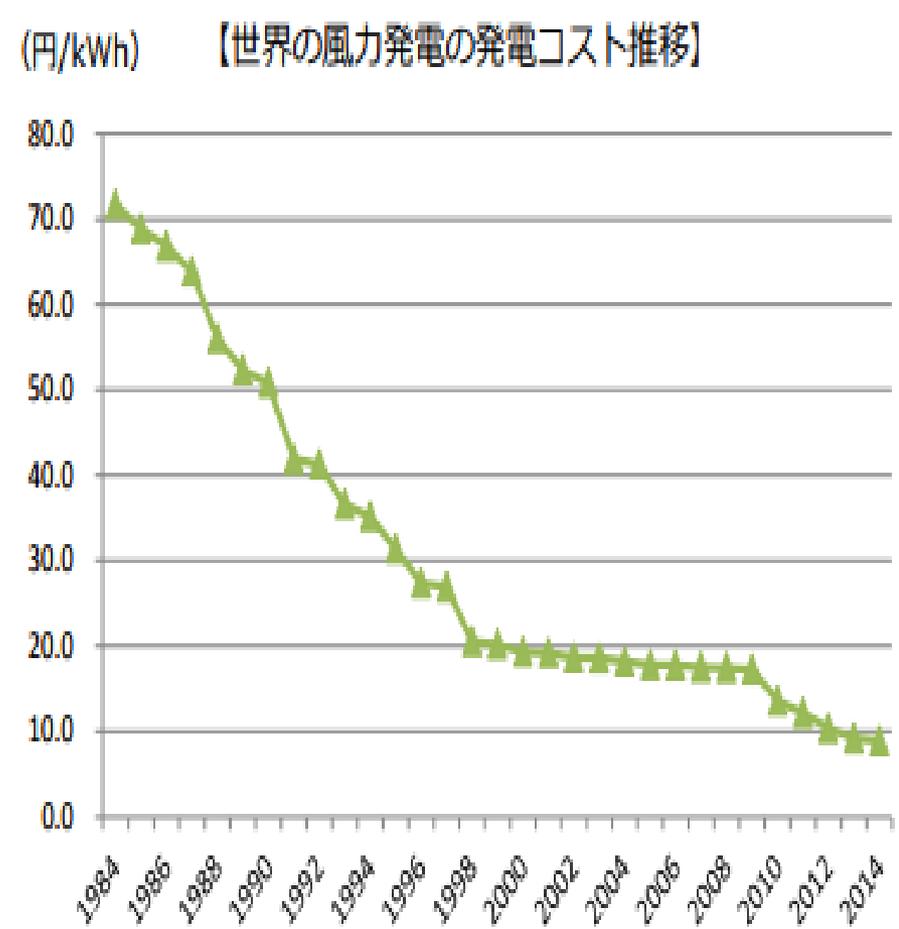
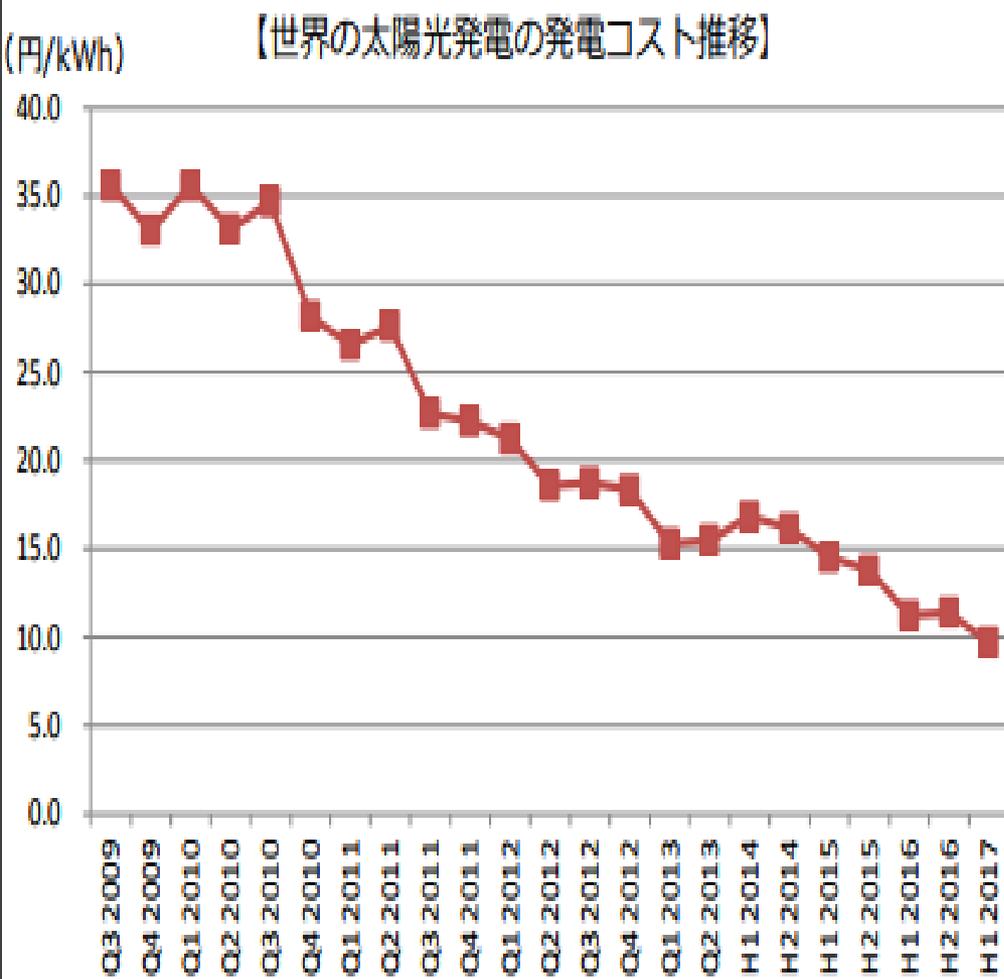
世界における再生可能エネルギー導入量(2016年、百万キロワット)

順位	太陽光発電	風力発電	水力発電	バイオマス
1	中国 34.2	中国 18.7	中国 12.6	中国 1.8
2	米国 14.8	米国 8.2	ブラジル 5.3	ブラジル 0.9
3	日本 7.9	ドイツ 4.3	エクアドル 1.8	デンマーク 0.9
4	インド 4.0	インド 3.6	エチオピア 1.7	インド 0.4
5	英国 2.4	ブラジル 2.5	ペルー 1.1	日本 0.3

●2016年の国別EV/PHV販売台数

出典：『Global EV Outlook2017 Two million and counting』(OECD/IEA 2017)

国名	EV	PHV
中国	257,000	79,000
アメリカ	86,731	72,885
ノルウェー	29,520	20,660
イギリス	10,509	27,403
フランス	21,758	7,749
日本	15,461	9,390
ドイツ	11,322	13,290
オランダ	3,737	20,740
スウェーデン	2,951	10,464
カナダ	5,220	6,360
デンマーク	1,218	182
韓国	5,099	164



出典：Bloomberg new energy financeより
 為替レート：日本銀行基準外国為替相場及び裁定外国為替相場
 (平成29年5月中において適用：1ドル=113円、1ユーロ=121円)