

自然エネルギー白書をひもとく会2017

国内外の自然エネルギー最新動向

認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所

松原弘直

2017年12月23日



認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所

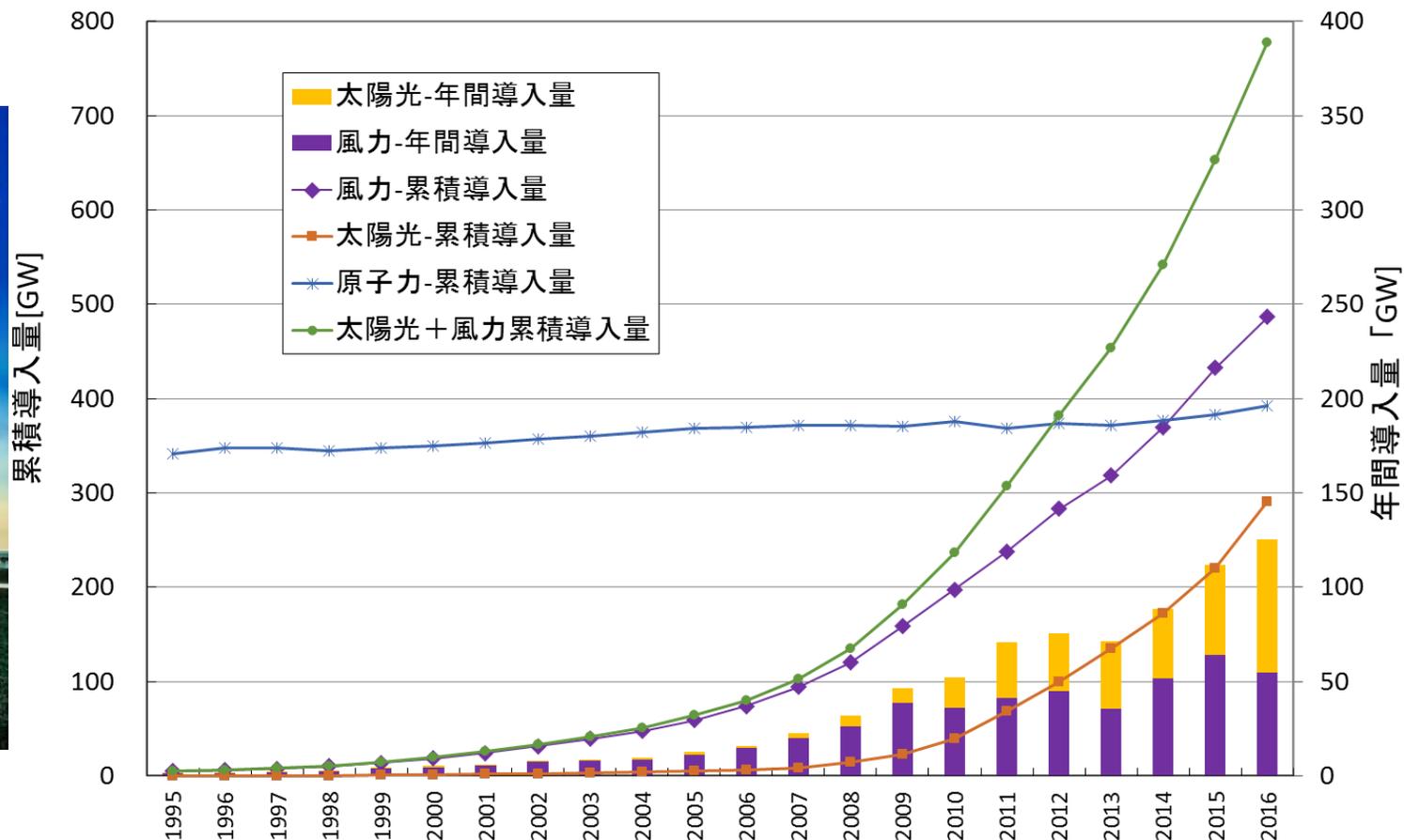
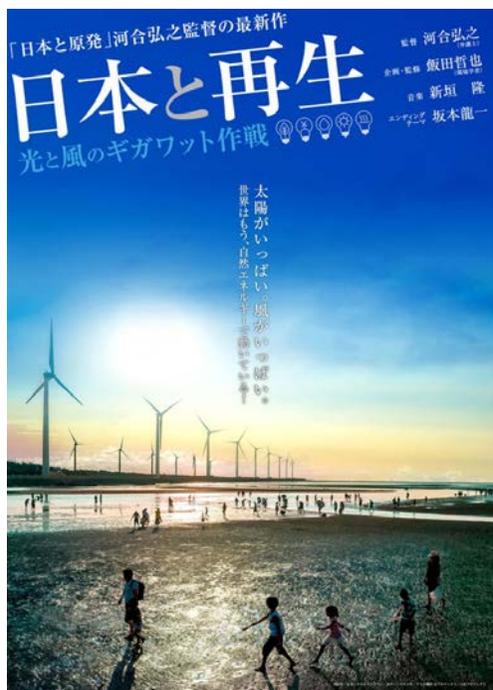
東京都新宿区三栄町3-9

Tel 03-3355-2200 Fax 03-3355-2205

<http://www.isep.or.jp/>

世界の風力発電と太陽光発電の推移(原発との比較)

- 2016年末までに風力発電の累積導入量が5億kW近くに達し、太陽光と合わせて8億kW近くで原発の約2倍に。
- 風力発電の年間導入量が5500万kW、太陽光発電が7千万kWと合計1億2千万kWで過去最高に

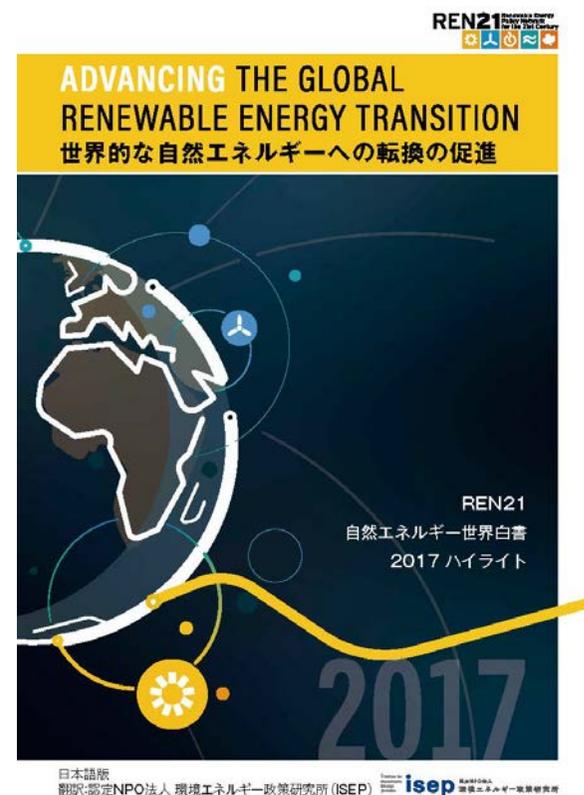


出典：ISEP 「自然エネルギー・データ集」 <http://www.isep.or.jp/archives/library/9570>

REN21 "Renewables 2017 Global Status Report" 自然エネルギー世界白書2017ハイライト日本語版

自然エネルギーの新たな記録が生まれた2016年: GSR2017 <http://www.ren21.net/gsr>
より少ない費用でより多くの自然エネルギーが導入

- 自然エネルギー発電は世界全体で161GW(1億6100万kW)という記録的な拡大にも関わらず、投資金額(2416億米ドル)は23%も減少
- 世界全体の自然エネルギーの累積の発電設備容量は2015年末から約9%増加し、2,017GW(20億1700万kW)近くに達している。
- 自然エネルギーは最も発電コストが安い選択肢となってきた。
- 「ベースロード」電源の必要性は、もはや神話に過ぎない。例えば、2016年にはデンマークは140%、ドイツは86.3%という電力需要に対する自然エネルギー比率のピークをうまく運用することができた。
- 世界では新規の自然エネルギー発電設備とバイオ燃料生産設備への投資額は化石燃料の発電設備への投資額のほぼ2倍であった



GSR2017ハイライト日本語翻訳(2017年11月)

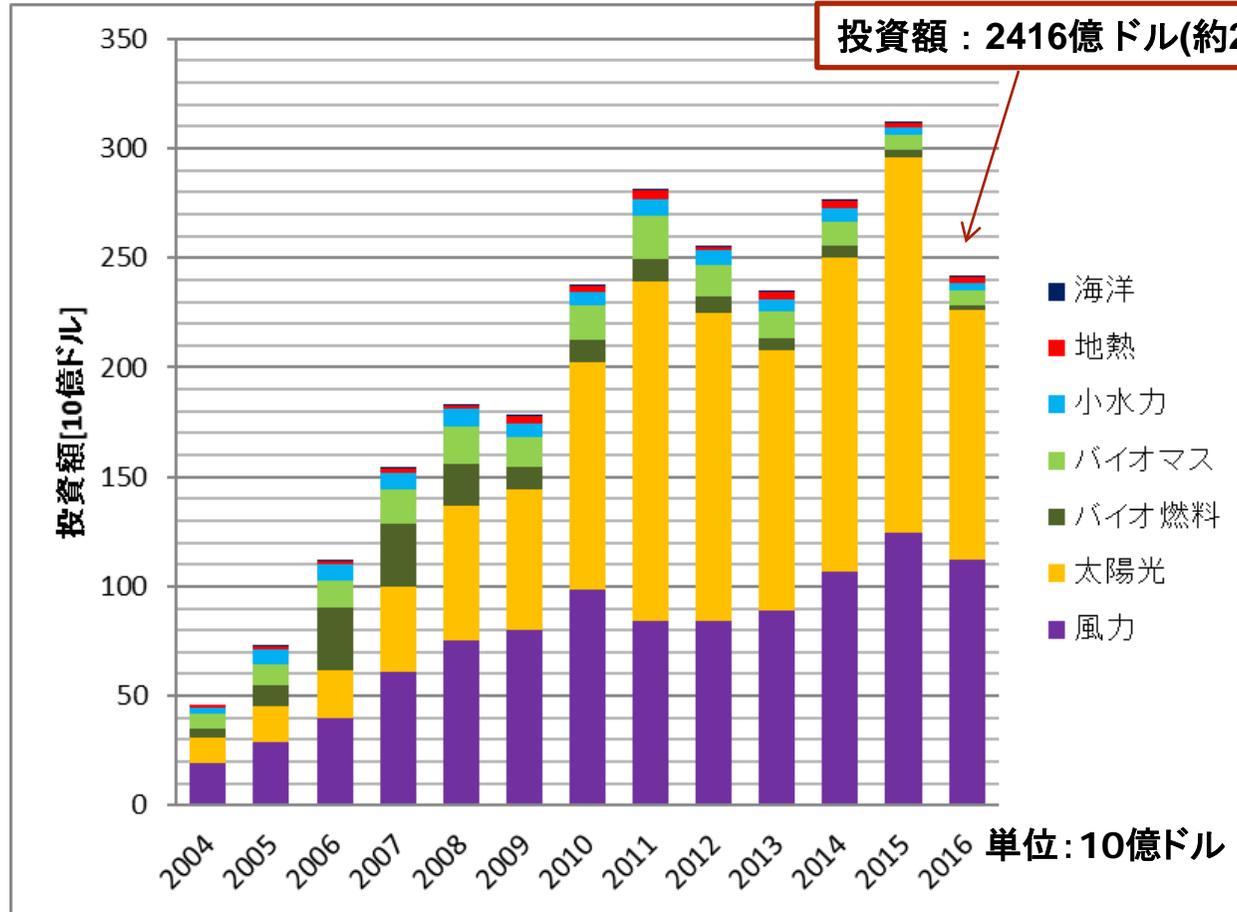
<http://www.isep.or.jp/archives/library/10572>

特集「自然エネルギー世界白書」

⇒ <http://www.isep.or.jp/library/1959>

自然エネルギー市場は安定成長へ

2016年の投資額は、太陽光発電のコスト低下により前年比2割以上も減少

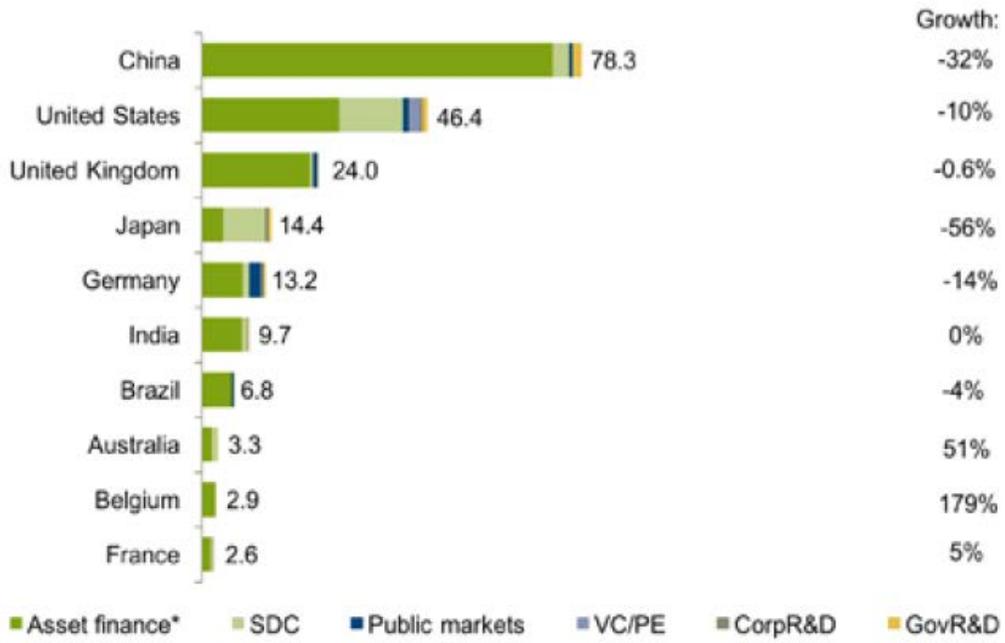


出典：UNEP/BNEF, Global Trends in Renewable Energy Investment 2017

世界の自然エネルギーへの投資(国別)

- 日本市場の投資額は第4位で、前年比56%の減少(2016年)
- 日本市場は太陽光発電市場がピークを過ぎて1.6兆円規模

[億ドル]



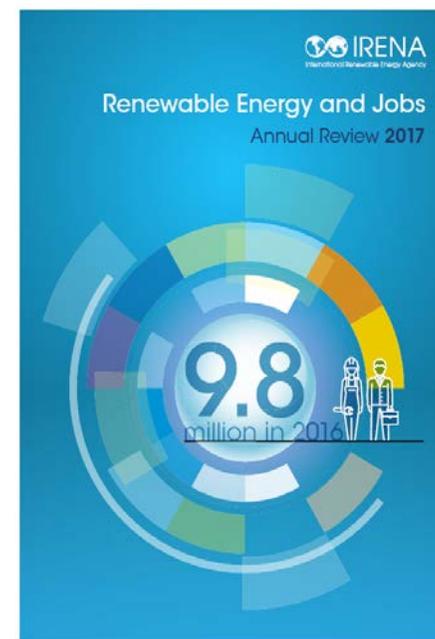
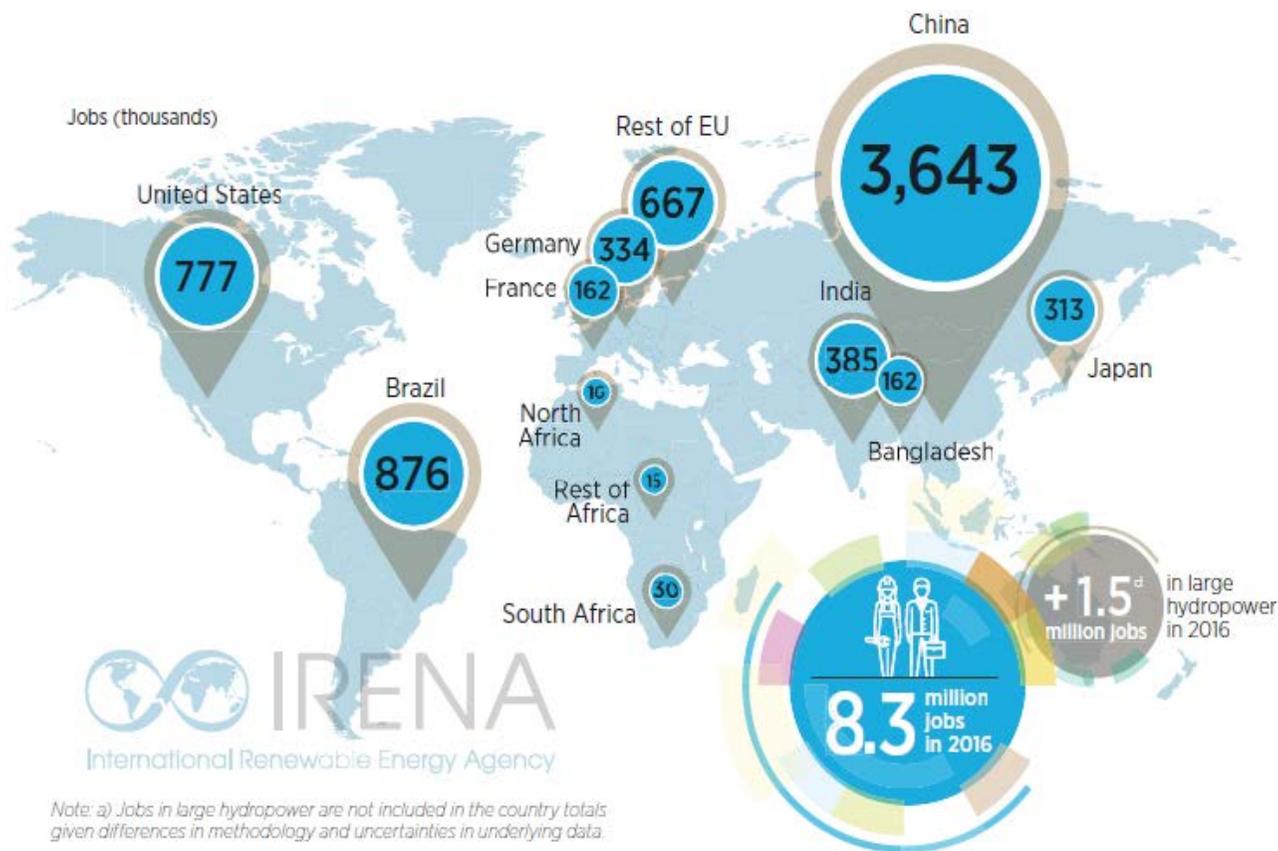
	国	2016年	成長率
1	中国	783	-32%
2	米国	464	-10%
3	英国	240	-0.6%
4	日本	144	-56%
5	ドイツ	132	-14%
6	インド	97	0%
7	ブラジル	68	-4%
8	オーストラリア	33	51%
9	ベルギー	29	179%
10	フランス	26	5%
	世界全体	2,416	-23%

Top 10 countries. *Asset finance volume adjusts for re-invested equity. Includes corporate and government R&D
 Source: UN Environment, Bloomberg New Energy Finance

出典 : UNEP/BNEF, Global Trends in Renewable Energy Investment 2016

世界の自然エネルギーによる雇用

- 世界の自然エネルギーによる雇用は980万人(2016年)大規模水力含む
- 日本の自然エネルギーによる雇用は約31万人(2016年)← 39万人(2015年)

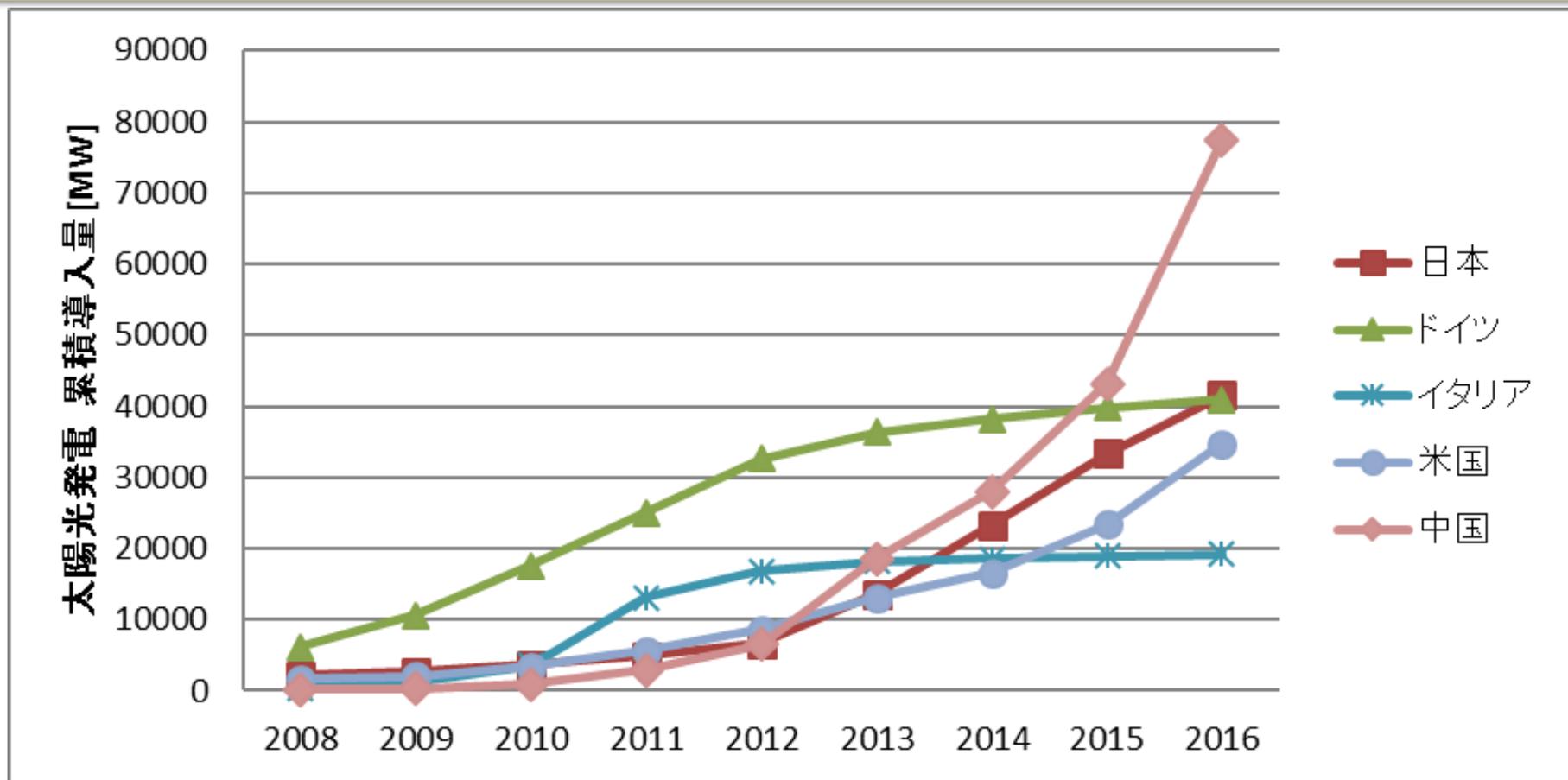


IRENA:
“Renewable Energy and Jobs
Annual Review 2017”
<http://www.irena.org/>

太陽光発電の累積導入量の国別比較

○ 中国が2015年にドイツを抜いて累積も新規導入量も世界第1位に(日本は累積で世界第二位に)

○ 2012年からのFIT制度により2013年以降に急成長し、新規導入量は世界第三位に(2016年)



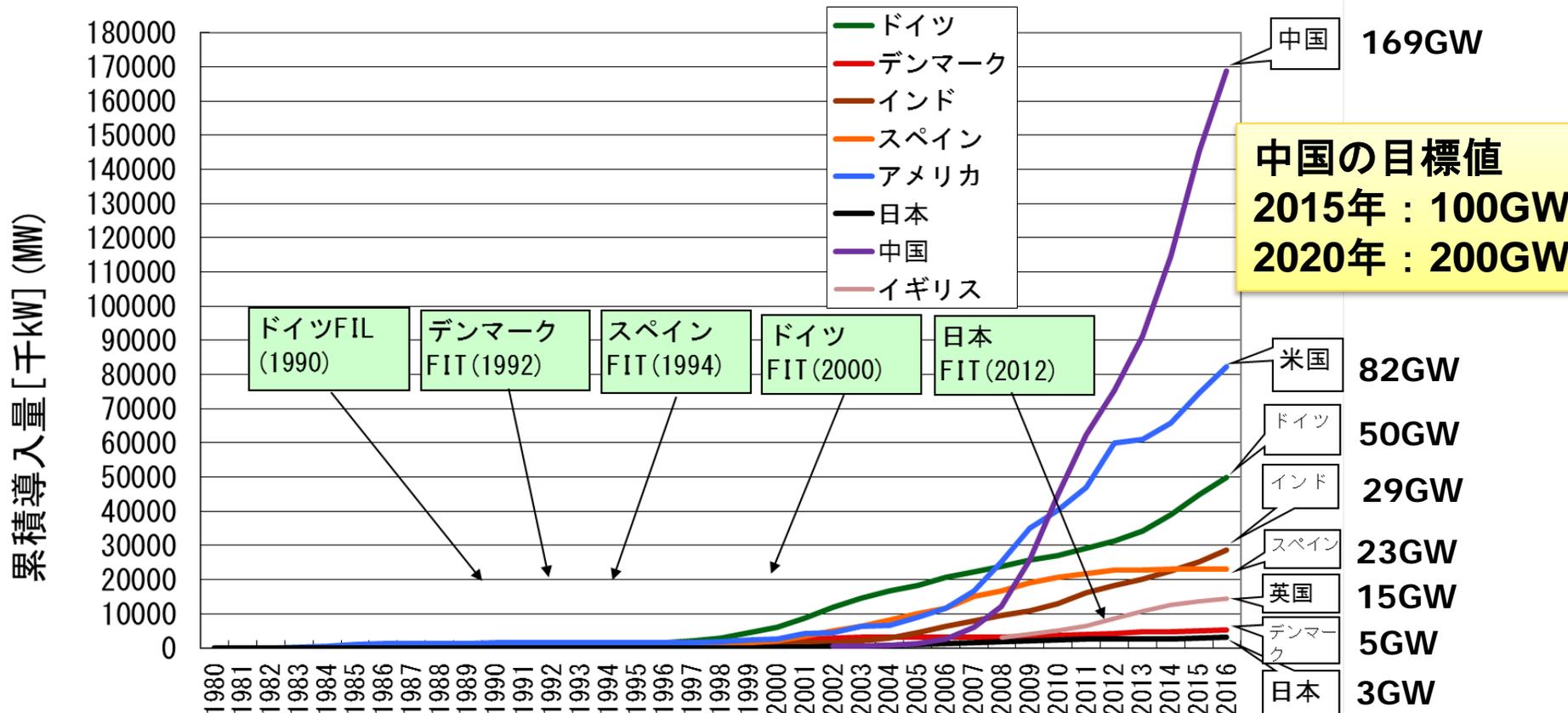
出典: IRENAデータからISEP作成

世界の再生可能エネルギーの動向：風力発電

20世紀での自動車産業の役割を、21世紀は自然エネルギーが果たす

- 風力発電5大国：ドイツの成功、世界一の中国、後を追う米国、スペイン、インドなど
- 中国と米国の急成長、欧州各国の安定成長

風力発電の隆盛が自然エネルギーの本流化を導いた



出典：GWECデータよりISEP作成

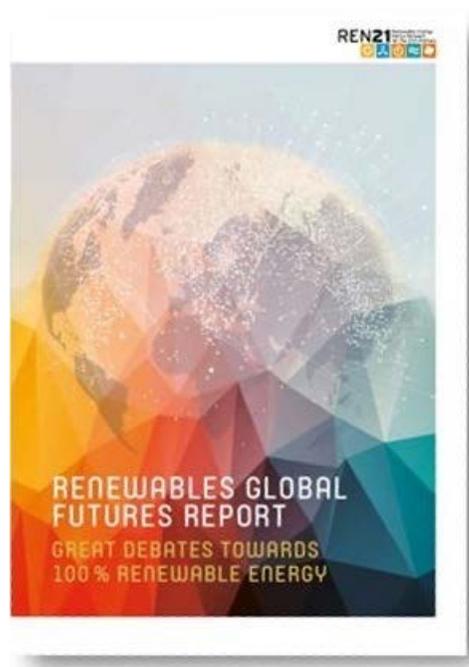
世界自然エネルギー未来白書 REN21 "Renewables Global Futures Report"

- 世界の自然エネルギーの可能性を集めた未来ビジョン・レポート
- 2013年版: REN21/ISEP共同で2013年1月16日に発表
- 2017年版: REN21が2017年4月に発表



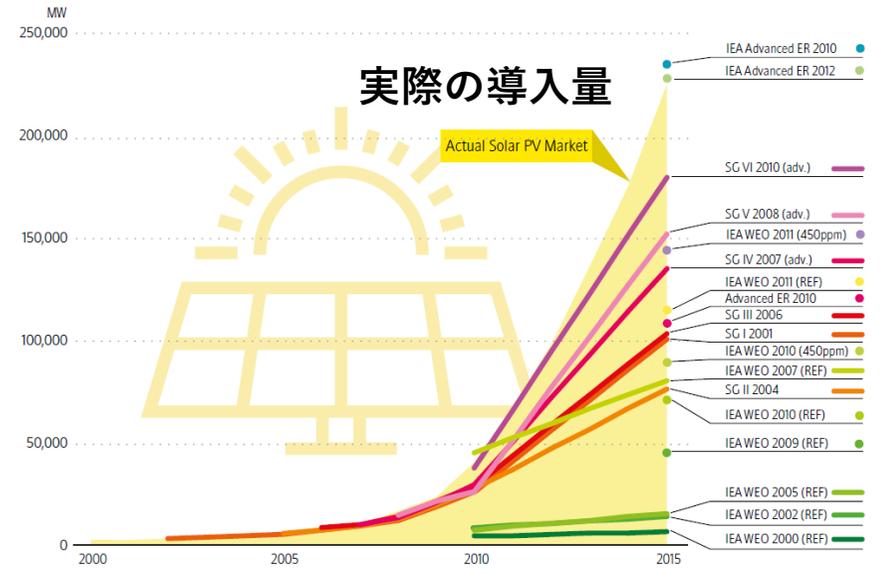
<http://www.isep.or.jp/gfr>

日本語翻訳版も発行(2013年2月)



REN21, 2017, Renewables Global Futures Report

<http://www.ren21.net/gfr>



太陽光発電の導入予測

世界の太陽光発電の発電コスト(LCOE)の推移・予測

※LCOE(Levelised Cost of Electricity)

太陽光発電(大規模)の
発電コスト(2010年) :
平均値 0.3USD/kWh
(33円/kWh)

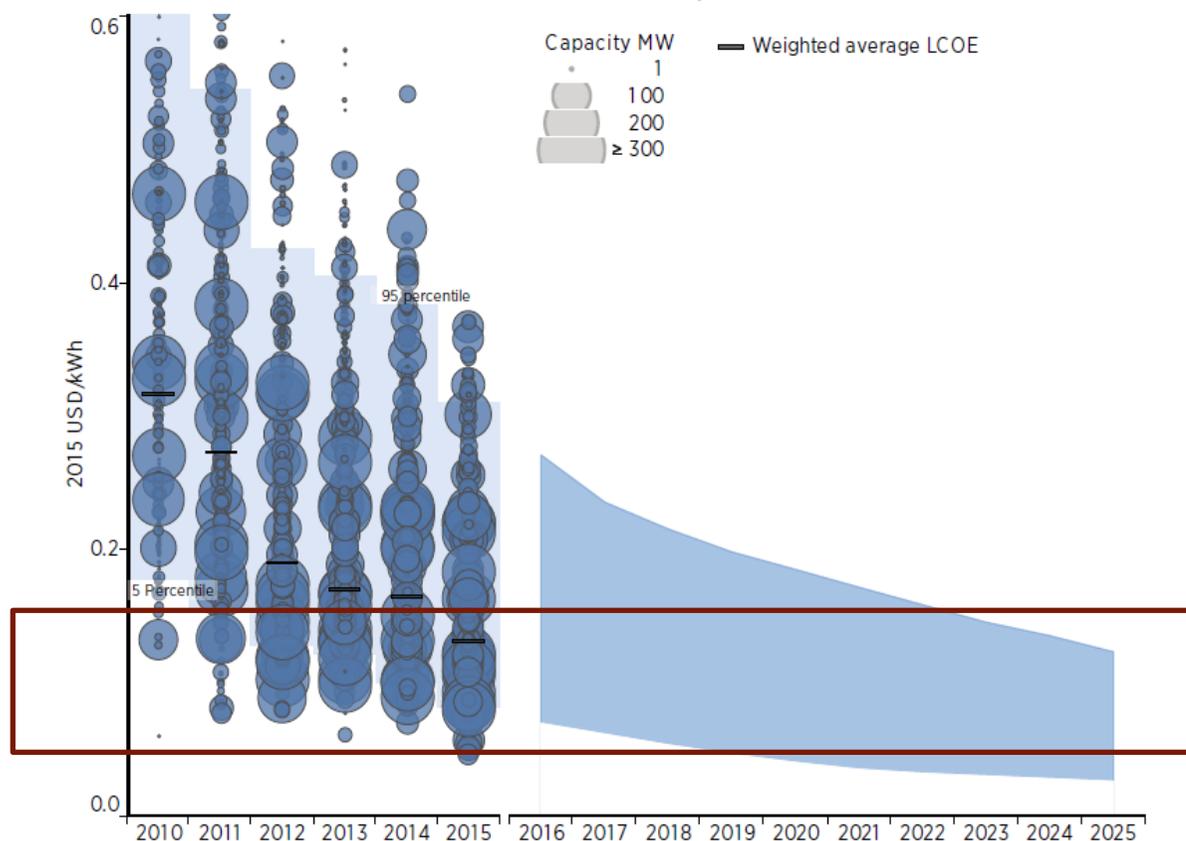
太陽光発電(大規模)の
発電コスト(2015年) :
平均値 0.12USD/kWh
(13円/kWh)

化石燃料による
発電コスト
0.05~0.14 USD/kWh
(6~15円/kWh) ※1USD=110円

出典：IRENA(2016)

“The Power to Change: Solar
and Wind Cost Reduction
Potential to 2025”

FIGURE ES 2: GLOBAL UTILITY-SCALE SOLAR PV LCOE RANGES BY PROJECT, 2010-2025



Note: Circles represent individual projects in the IRENA Renewable Cost Database, the centre of the circle the value for the Y axis and the diameter of the circle the size of the project.

デンマーク: 100%自然エネルギーシナリオ(CEESA)

電力・熱・運輸の各セクターの統合(セクターカップリング)が必要

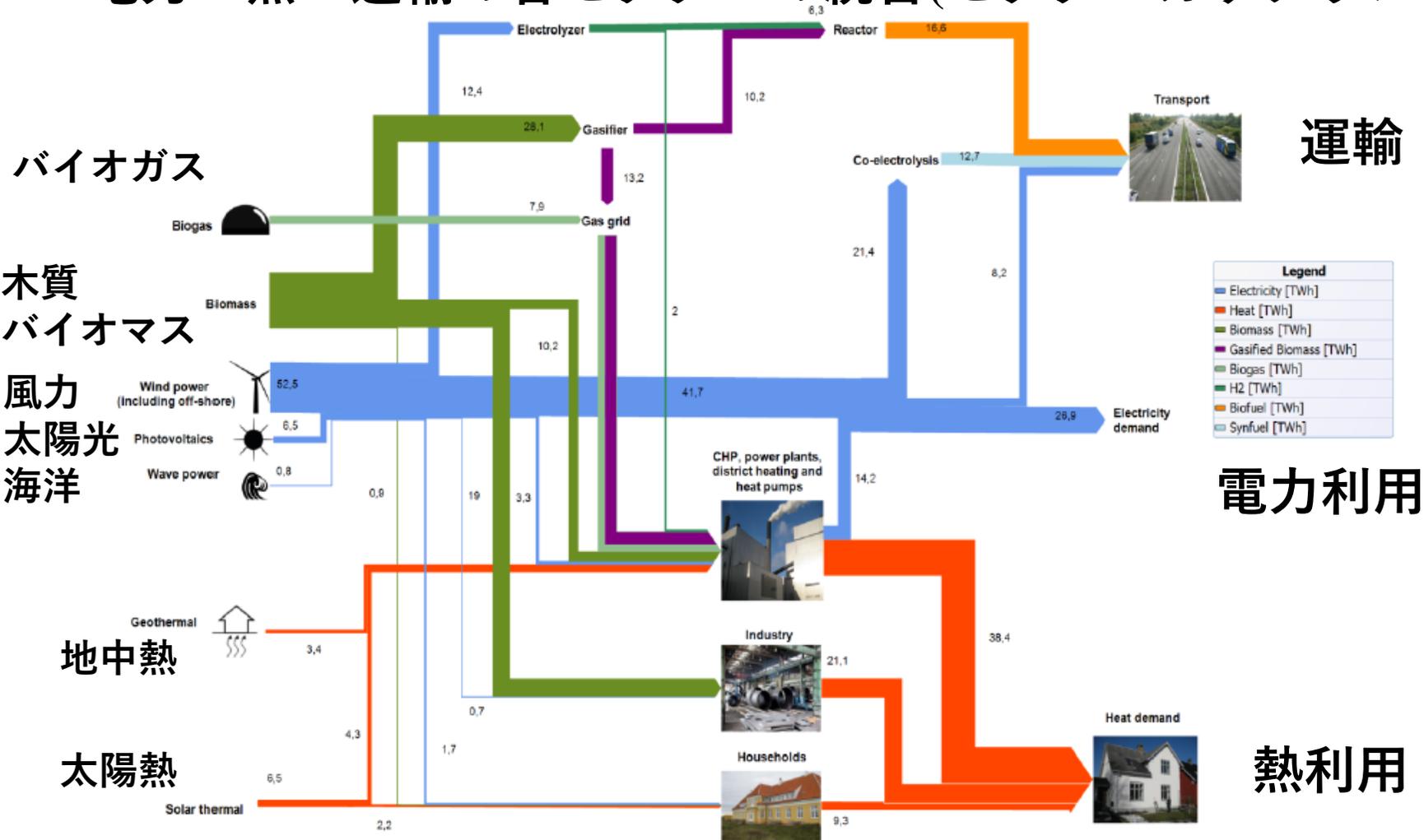


Figure 3.13, Sankey diagram of the CEESA 2050 100% renewable energy scenario.

デンマークの第4世代地域熱供給(4DH)

- 管理のしやすさコスト削減のため、熱供給システムの温度を下げている、低温熱源の利用や地中熱利用などが可能となっている(第4世代地域熱供給)。

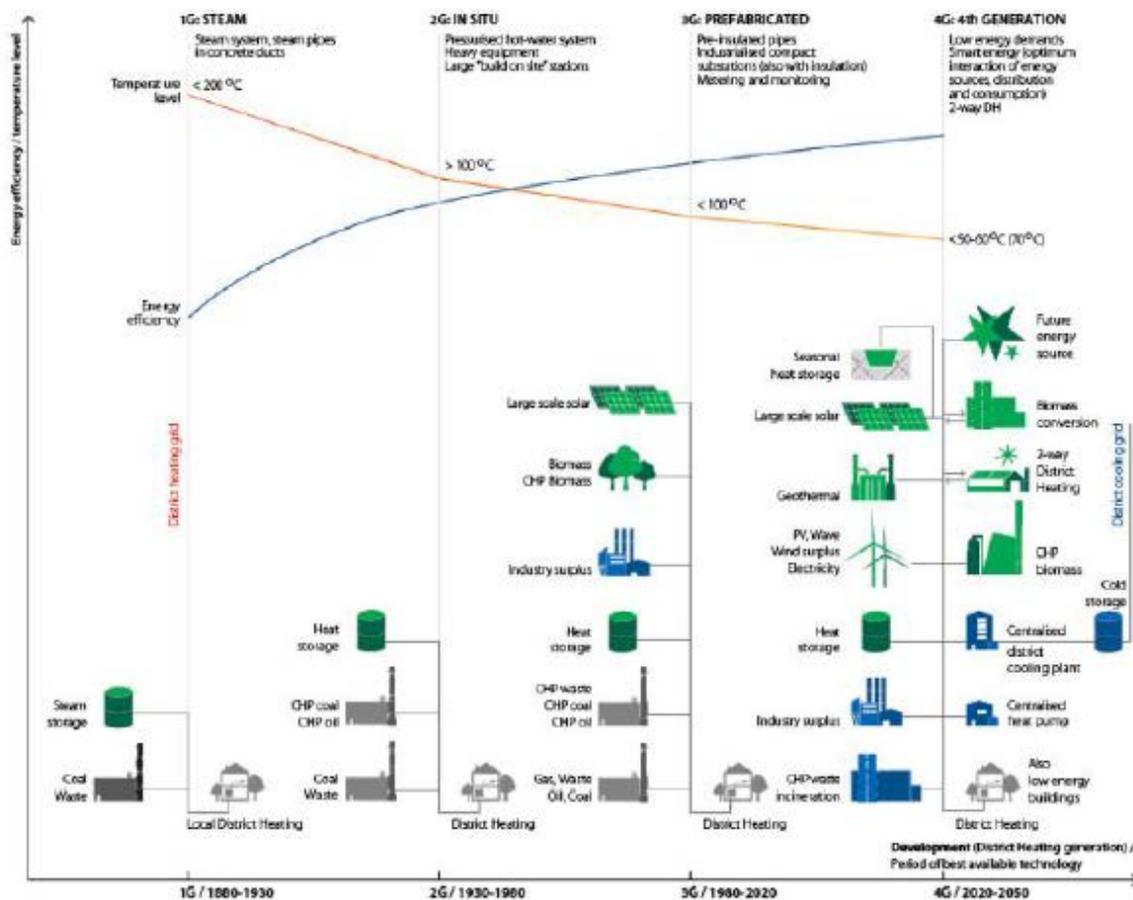
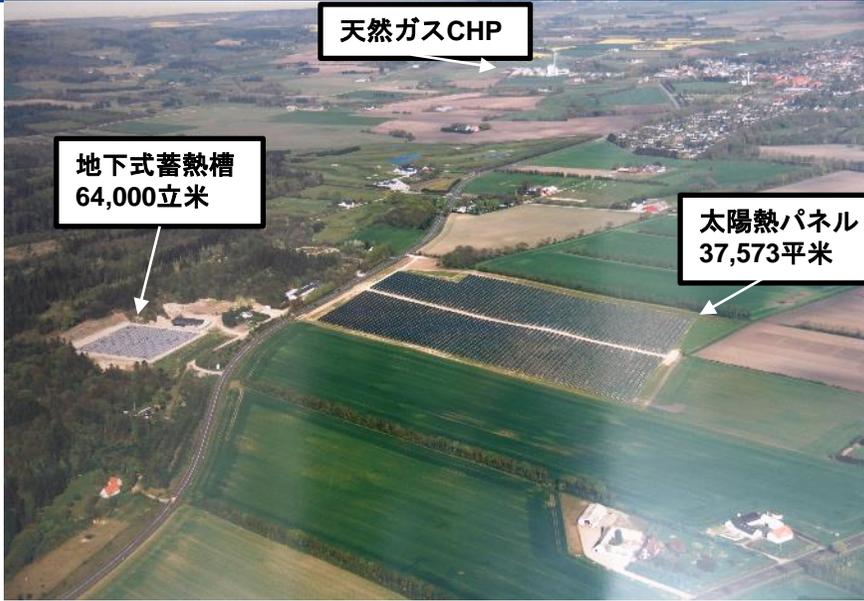


Fig. 2. Illustration of the concept of 4th Generation District Heating in comparison to the previous three generations.

- 第1世代：蒸気(<math>< 200^{\circ}\text{C}</math>)
- 第2世代：高温水(>100°C)
- 第3世代：温水(<math>< 100^{\circ}\text{C}</math>)
- 第4世代：低温水(<math>< 50^{\circ}\text{C}</math>)

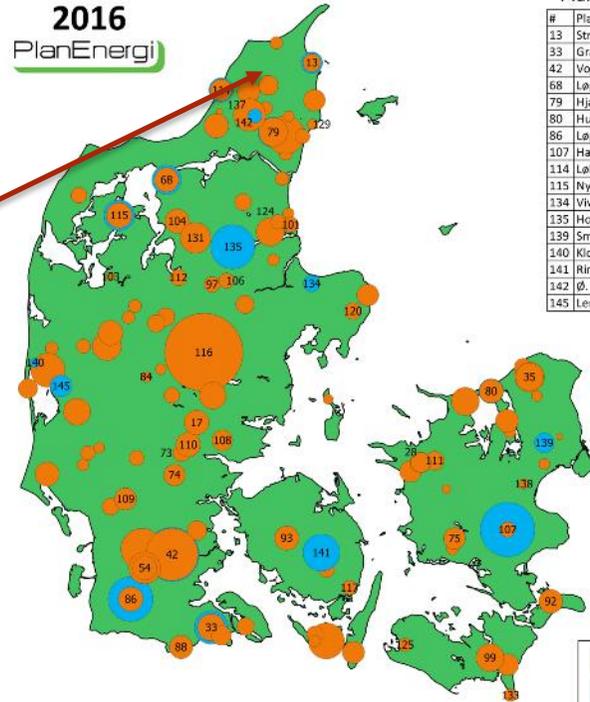
出所：Henrik Lund, et. al “4th Generation District Heating(4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy system” Energy 68(2014) 1-11

太陽熱地域熱供給(SDH)システム Dronninglund村(デンマーク北部)



デンマーク国内で100以上のSDHが稼働

2016
PlanEnergi



**Dronninglund村(1300世帯)の太陽熱地域熱供給
 運転開始: 2014年
 太陽熱パネル: 37,573平米
 地下式蓄熱槽: 64,000立米
 化石燃料削減率: 40%(目標50%)**

世界100%自然エネルギープラットフォーム設立(2017年5月) "Global 100% Renewable Energy Platform"



<http://www.go100re.net/>



2017年5月8日、ボン(ドイツ)において設立イベントと署名式



EREF
European Renewable Energies Federation



全国ご当地エネルギー協会
～地域でつくる、地域のエネルギー～

メンバー(2017年11月現在)

ICLEI “100% Renewable Energy Cities & Regions Network”



100%再生可能エネルギーを目指す都市・地域ネットワーク
(2015年発足) <http://www.iclei.org/lowcarboncity/100RE>

- 地域の100%再生エネルギーを野心的に進める自治体の取組を国際的に発信
- 参加自治体による情報交換・連携を推進

加盟都市(2017年3月現在)

- アспен, アメリカ
- オーストラリアの首都圏
- ベクショー, スウェーデン
- バンクーバー, カナダ
- Tshwane, 南アフリカ
- Saanich, カナダ
- Byron Shire, オーストラリア
- 済州島, 韓国
- マルメ, Sweden
- Inje County, 韓国
- Pingtung County, 台湾



100%自然エネルギー「積み木」実践ツール “100% RE Building Blocks”



1. 地域資源の活用
2. 100%自然エネルギーのビジョン
3. 目的と機能の明確化
4. 省エネルギーと効率化の推進
5. 部門間を連携した自然エネルギーの統合
6. 資金調達(ファイナンス)の明確化
7. 分散化と一体化の支援
8. 垂直および水平的な協力および統合の支援
9. 知識生産と人材育成の推進
10. ネットワークの確立

自然エネルギー100%プラットフォーム 国内キャンペーン



日本語Webサイト <http://go100re.jp/>



世界100%自然エネルギープラット
フォームと連携して、
日本国内での自然エネルギー100%プ
ラットフォームは、CAN-Japanが運営
(事務局：環境エネルギー政策研究所・
気候ネットワーク)

参加方法：

- 自然エネルギー100%を宣言する
 - 自然エネルギー100%に取り組む団体(自治体、企業、NGO、教育機関等)
 - 登録の審査項目(目標年、対象分野、範囲、方法、進捗把握)
- 賛同団体になる
 - 活動を支持する団体を登録
- まわりに広める
- 勉強会をひらく
- 上映会をひらく
- 視察する

100%RE宣言団体(2017年11月現在)：
自治体：福島県、長野県、宝塚市
教育機関：千葉商科大学
ほか

RE100: 自然エネルギー100%へ向かうことを宣言する企業

RE

100

全世界110以上の RE100 企業が100%
自然エネルギーに向かうことを宣言

<http://there100.org/companies>



Adobe

BMW
GROUP



PHILIPS

Bloomberg

Coca-Cola Enterprises

RICOH



Nestle

Google

Goldman
Sachs



Microsoft

認定条件：電力で100%自然エネルギーを目指すことを宣言する企業

- 自然エネルギーの電気を発電事業者や電力市場から調達(グリーン電力を含む)
- 自然エネルギーによる発電事業を行う(オンサイト、オフサイト)

EP 100 エネルギー効率を2倍に

EV 100 電気自動車への転換

BROUGHT TO YOU BY

THE CLIMATE GROUP

IN PARTNERSHIP WITH



AS PART OF

WE MEAN BUSINESS

ドイツ「100%自然エネルギー地域」



ドイツの「100%自然エネルギー地域」



日独自治体
連携

二地域連携

実施主体: IdE(分散型エネルギー技術研究所、カッセル)

目的: 地域やコミュニティがエネルギー需要を自然エネルギーで賄うことを目指すことをサポート

手段: 自然エネルギー100%マップの作成
会議、コンサルティング、研修などでノウハウの提供

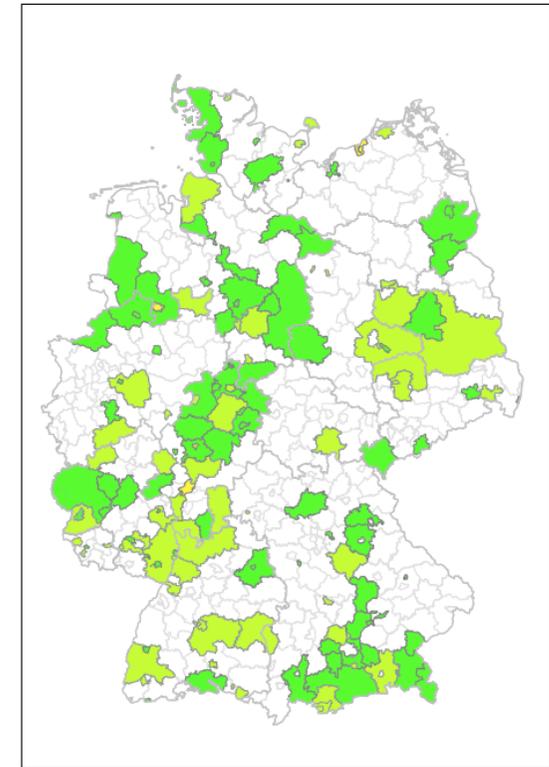
協賛: ドイツ連邦環境省(BMU), ドイツ連邦環境局(UBA)



100% Erneuerbare-Energie-Regionen
Stand: Juli 2017

自然エネルギー100%地域: 92
自然エネルギー100%準備地域: 58
自然エネルギー100%都市: 3
合計: 153 (2017年7月現在)

面積: 127,000平方km (約35%)
人口: 2500万人 (約30%)



100ee-Regionen
100ee-Startregionen
100ee-urban
Andere Regionstypen oder unzureichende Datenlage

0 25 50 100 150 200 250 300 km

- 自然エネルギー100%地域のネットワーク化
- 欧州(EU)各国への展開: 100% RES Communities

出典: deENet(IdE, Germany) <http://100ee.deenet.org>

ドイツ国内事例視察(1):ライン・フンスリュック郡

- ドイツ中西部のラインラント・プファルツ州に位置する人口10万人、面積991平方kmの田園地域(45%が森林で、42%が農地)
- 75万kWの風車(268基)ですでに郡の年間電力需要の約300%に相当(州全体には330万kWの風車があり、州の電力需要の約半分に相当し、2030年に100%を目指す)
- 風力発電事業(全国のStadt Werkeが出資)からの収益を地域の施設整備や地域活動などに還元
- 地域の森林バイオマス資源を活用した地域熱供給を数力所で地域公営団体に運営



ドイツ国内事例視察(2): Marburg-Biedenkopf郡



Klimaschutz
Gemeinsam

- 地域エネルギー開発会社が公共施設の駐車場に太陽光発電施設(屋根型)を設置(他に200カ所以上の事例)



2050年100%自然エネルギーのマスタープランを自治体として作成(2013年)



連載「100%自然エネルギー地域をゆく」～新エネルギー新聞

夕陽ヶ丘ウィンドファーム「風来望」(筆者撮影)

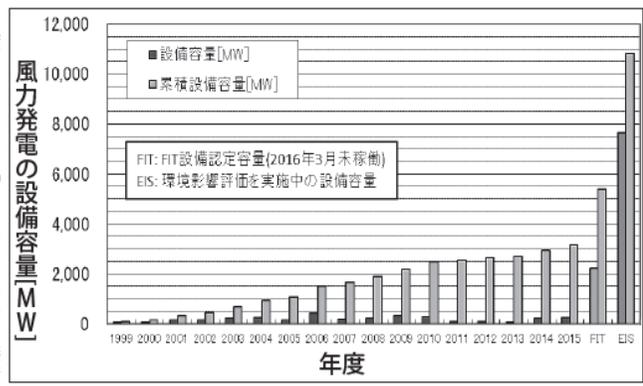


自然エネルギーによる年間の発電量が電力の需要量(民生および農林水産部門)を超えて計算上、電力自給率が100%以上になっている自治体が全国でちょうど100市町村あることが永続地帯研究会による2014年度の推計で明らかになりました。これらの自治体のうち、風力による発電量だけで電力自給率が100%を超える自治体が20市町村あります。この中で、自治体としても風力発電事業に取り組んでいるところや有名地域として、北海道の苫前町や寿都町、岩手県の葛巻町などがあつきます。一方で、青森県東通村

連載
100%自然エネルギー地域をゆく②

風力発電による国内の100%自然エネルギー地域
北海道苫前町
認定NPO法人環境エネルギー政策研究所
理事・主席研究員 松原弘直

のよりに、外部資本の大規模な民間事業者のウィンドファームを誘致している自治体も存在しており、青森県六ヶ所村や愛媛県伊方町のように再処理工場や原発など原子力関連施設と共に風力発電が積極的に導入されている地域もあります。これらの地域でも、2012年以降、新たな固定価格買取制度(FIT)制度のスタートと共に、地域での経済効果を見込むことができた地元資本による風力発電事業も少しずつ増え始めています。



が、この地域特有の強い風を活かして100%自然エネルギー地域を実現しています。2000年代後半には、山形県庄内町(旧庄内町)や旧上川町(旧上川町)等の幾つかの先進的な自治体と同様に自治体自ら率先して風力発電事業に乗り出しました。2000年には、3基で2200結の「夕陽ヶ丘ウィンドファーム・風来望」が完成しています。2010年代後半には、民間事業者による設備容量で5万5000結(3万世帯分の電力)以上、合計39基の風車が立ち並び、当時としては国内最大級のウィンドファームが町内の牧場に建設されました。その結果、風力発電による年間発電量は、町の電力需要の7倍以上になりました。熱も含むエネルギー・永続地帯としての評価でもエネルギー自給率は380%に達している点で累積導入量が約24万

3基で2200結の「夕陽ヶ丘ウィンドファーム・風来望」が完成しています。一方で、農業も盛んで食料自給率も800%を超えており、エネルギーと食料を合わせて100%自給が可能で「永続地帯」となっています。さらに風力発電に取り組む全国の自治体のネットワーク組織「風力発電推進市町村全国協議会」の事務局を運営し、地域発の自然エネルギーの普及にも積極的に取り組んできました。

3000万結を超えた段階です。しかし、日本国内では北海道を中心に陸上だけでなく、洋上を含めて風力発電の大きな導入ポテンシャルがあります。日本国内での風力発電に対する長期的な導入目標の見直しと共に、環境アセスメントの手續や電力系統の拡充、電力システム改革などが課題となっていますが、今後の成長が期待されています。国内の風力発電の導入が伸び悩む中、風力発電の大きな導入ポテンシャルがある北海道では、多くの風力発電事業の計画があります。苫前町が位置する北海道北西部でも30万結、60万結の導入ポテンシャルがあると考えられています。しかし、この地域では新たな発電設備のための電力系統の容量がほとんど無い状況になっており、この日本海に面した北海道の北西部地域の電力系統の整備が当面の課題となっています。

*1: 永続地帯研究会(千葉大学倉庫研究室/ISEP)「永続地帯2015年度報告書」
<http://www.sustainable-zone.org/>
*2: 「風車の町」北海道苫前町(自治体単独、民間事業者との協働事業など)
<http://www.town.tomamae.lg.jp/category/lg6iib0000000k0k.html#i0>
*3: 風力発電推進市町村全国協議会
<http://www.town.tomamae.lg.jp/section/kikakushinko/lg6iib0000000d7.html>
*4: 日本風力発電協会(JWPA)2016年1月21日
<http://log.jwpa.jp/content/0000289449.html>

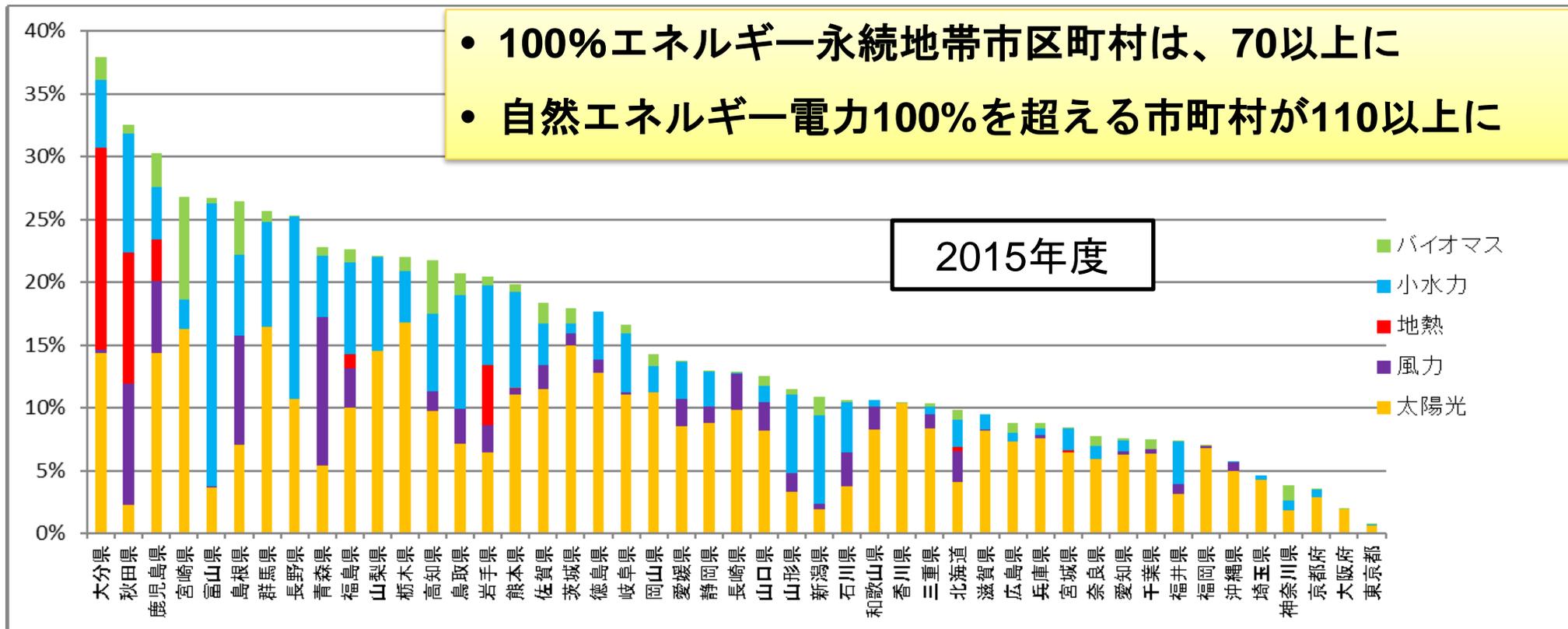
1. 永続地帯
2. 苫前町(風力)
3. 福島県
4. ドイツ
5. 柳津町(地熱)
6. RE100企業
7. ご当地エネルギー会議
8. 中之条町
9. 葛巻町(風力)
10. 栄村(小水力)
11. 鹿角市(秋田県)
12. 電力需給
13. 永続地帯(2016)
14. 100%RE市町村
15. 九州地方
16. 100%REプラットフォーム
17. EU各国

<http://www.newenergy-news.com/?cat=16>

エネルギー永続地帯 都道府県別の自然エネルギー電力の供給割合 (2011年度～2015年度の実績を推計)

- 15県で再生可能エネルギー電力供給が域内の民生+農水用電力需要の20%を超えている。

自然エネルギー供給率(都道府県別:電力)



出典: 永続地帯研究会(千葉大倉阪研+ISEP)

永続地帯2016年度版報告書(2017年3月リリース予定)

<http://www.sustainable-zone.org/>

アジア8カ国エネルギー政策比較研究

各国の自然エネルギー導入目標および現状(電力)

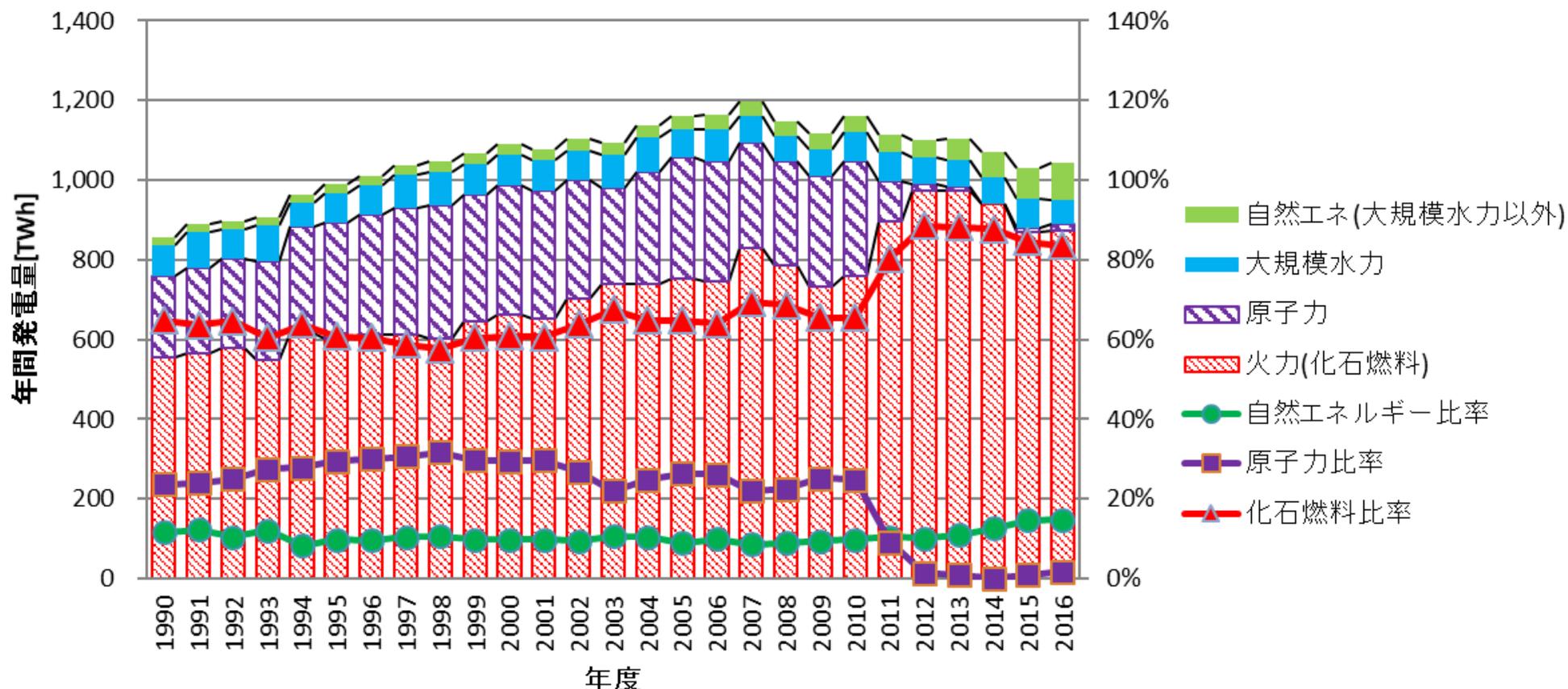
国	RE導入目標	RE比率	太陽光 [GW]	風力 [GW]	バイオ [GW]	地熱 [GW]	水力 (揚水)	RE合計 [GW]
日本	22- 24%(2030)	15%(2016)	42	3	4	0.5	49(27)	146
中国	27%(2020)	24%(2015)	78	149	12	0.03	334(27)	1372
韓国	6%(2020) 10%(2024) 20%(2030)	5%(2016)	5	1	2	0	6(5)	16
フィリピン	40%(2020)	29%	0.8	0.4	0.5	2	4(1)	7
タイ	20%(2036)	13%	2	0.5	3	0	4(1)	9
インドネシア	26%(2025)		0.1	0.01	2	2	5	31
ベトナム	5%(2020)		0.01	0.2	0.3	0	18	18
インド	40%(2030)	16%(2016)	10	29	9	0	48(5)	210
合計			138	183	33	5	468(66)	
世界(合計)		25%(2015)	291	467	109	13	1245 (160)	2008

出所:ワークショップ資料(Miranda Schreurs)他

日本の電力供給構造の推移

自然エネルギーの発電量の比率は10%前後で停滞してきたが、15%程度まで増加(2016年度)

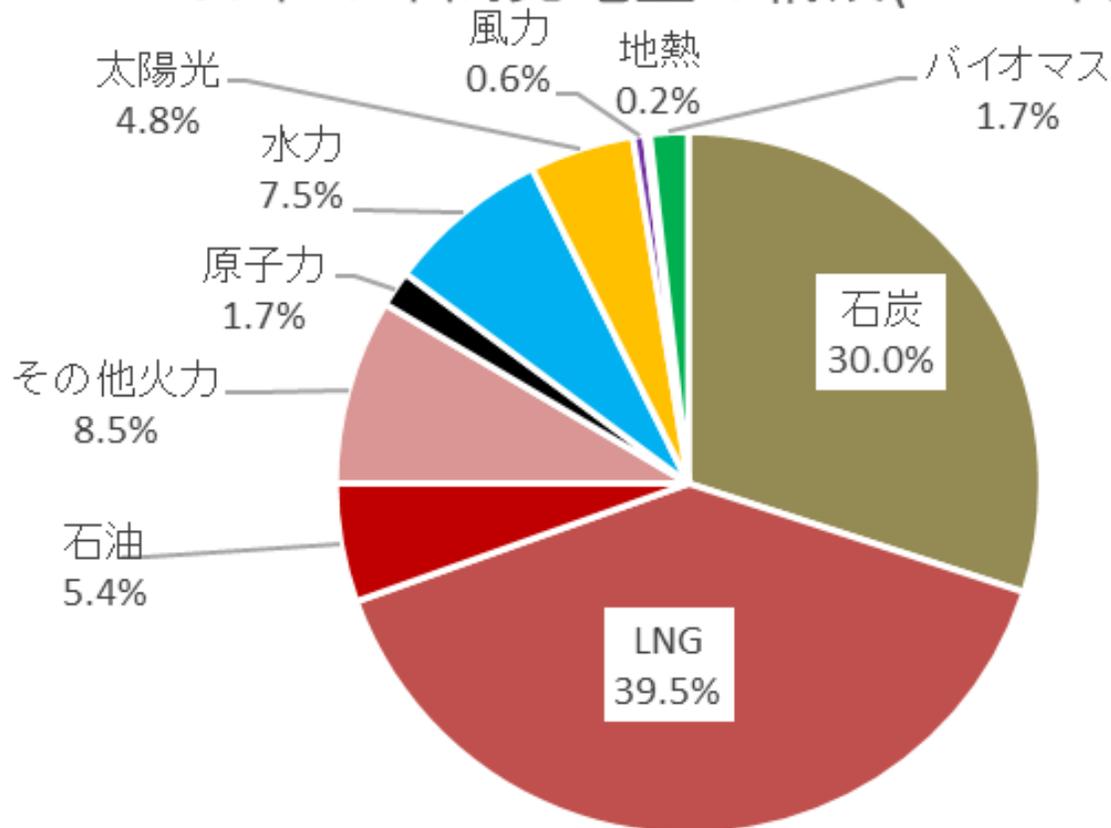
日本の電源構成(発電量)の推移



日本の2016年度の電源構成

- 日本全体の2016年の自然エネルギー発電量の比率は14.8%に
- 太陽光が4.8%で、自然エネルギー発電量の約3割に。

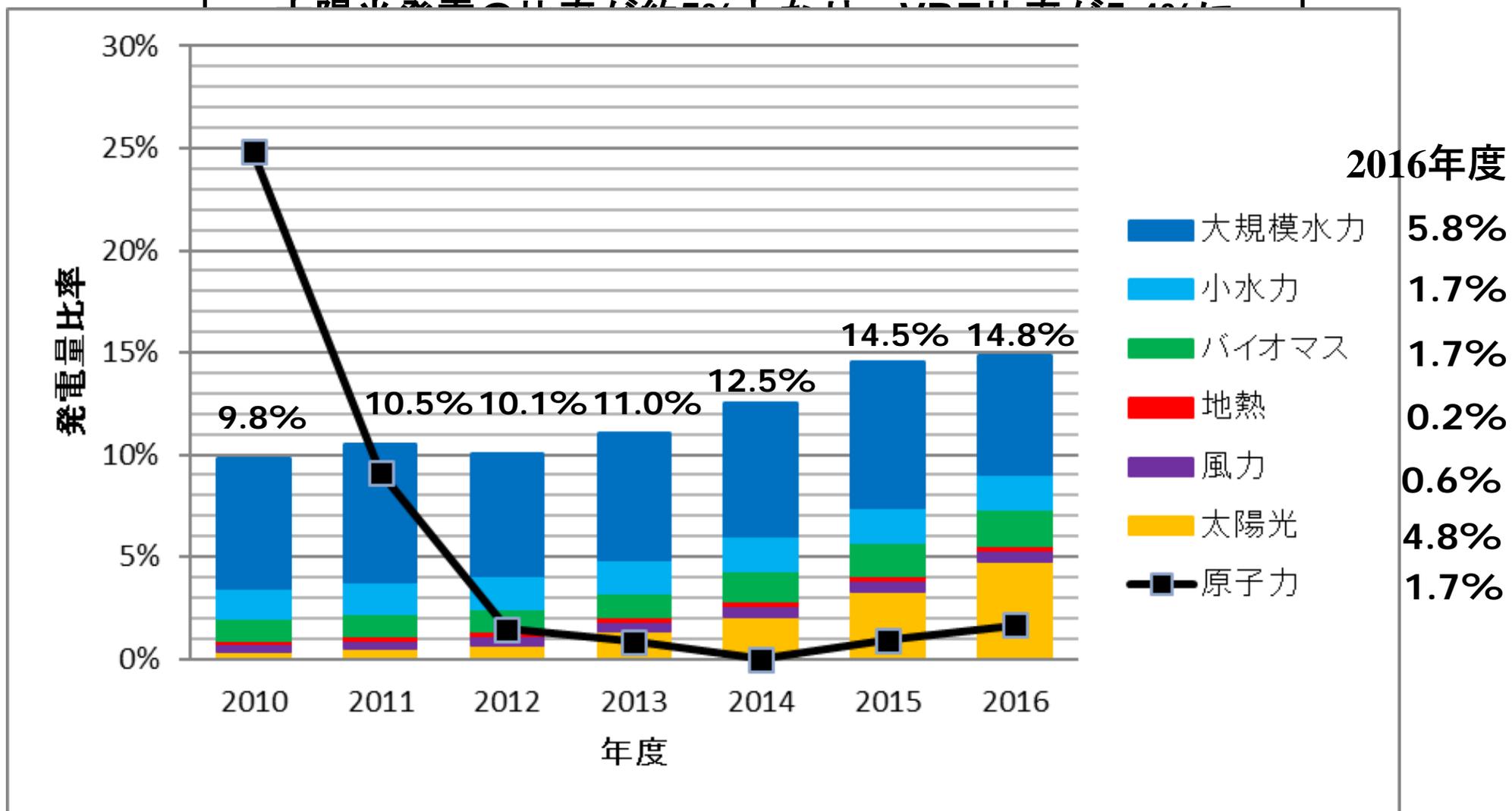
日本の年間発電量の構成(2016年度)



※自家発電の自家消費を含む

日本国内の自然エネルギー(発電量)と原発の比率の推移

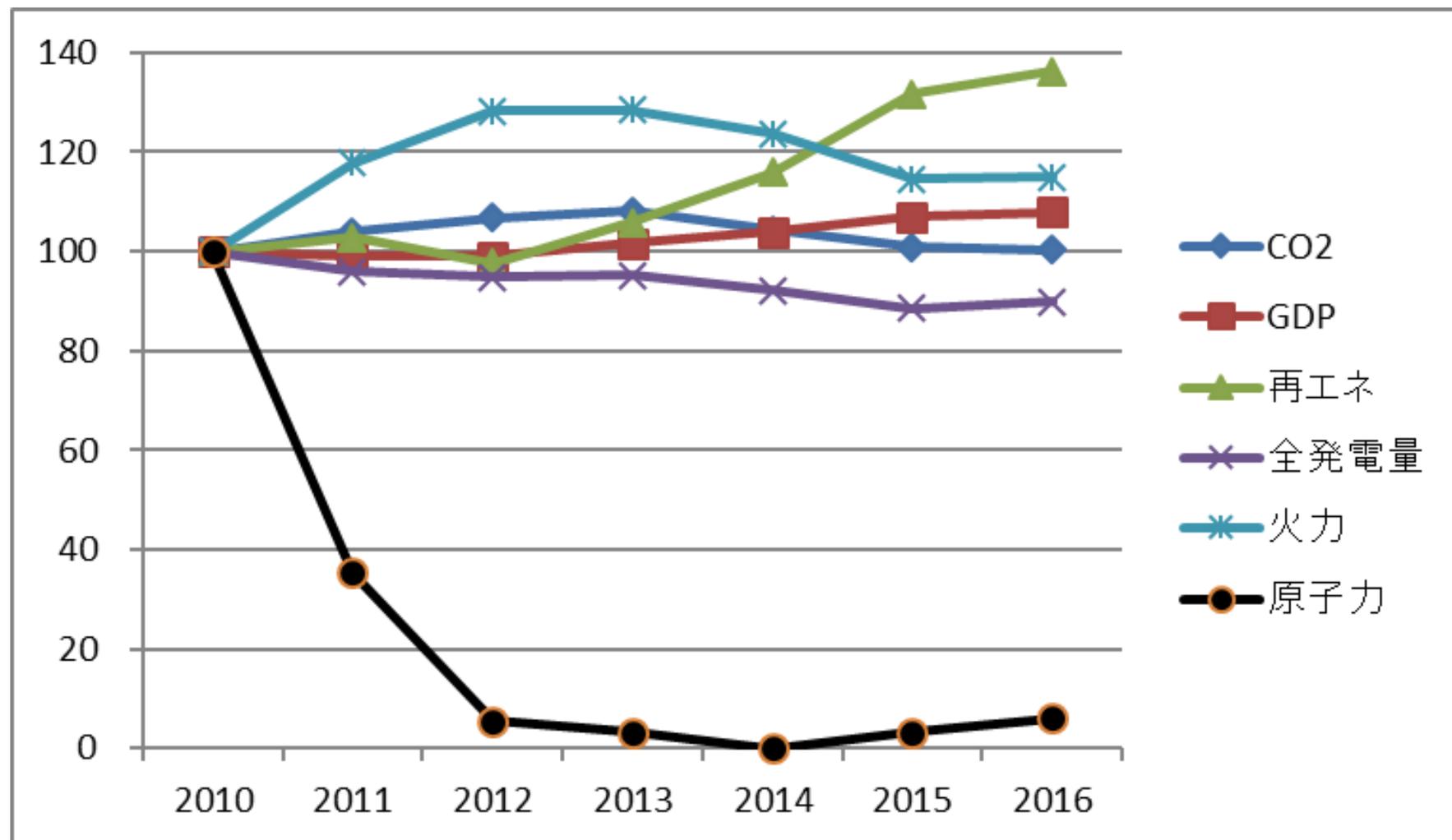
• 2016年度の自然エネルギーの比率は14.8%



出所:資源エネルギー庁データよりISEP調査

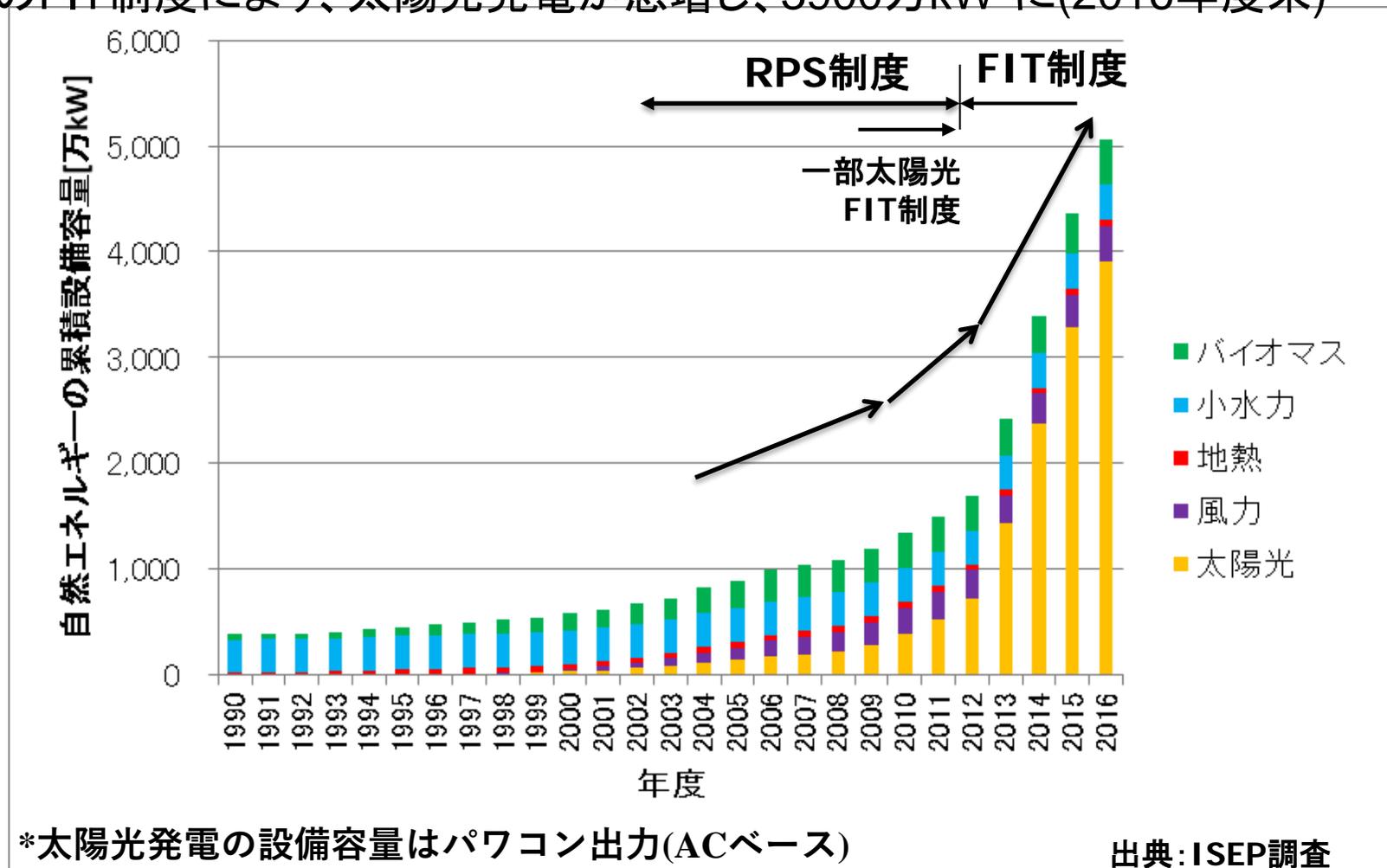
日本でも進み始めたデカップリング

2011年度以降の日本国内の各種指標の推移(2010年度=100)



日本国内の自然エネルギーによる設備容量の推移

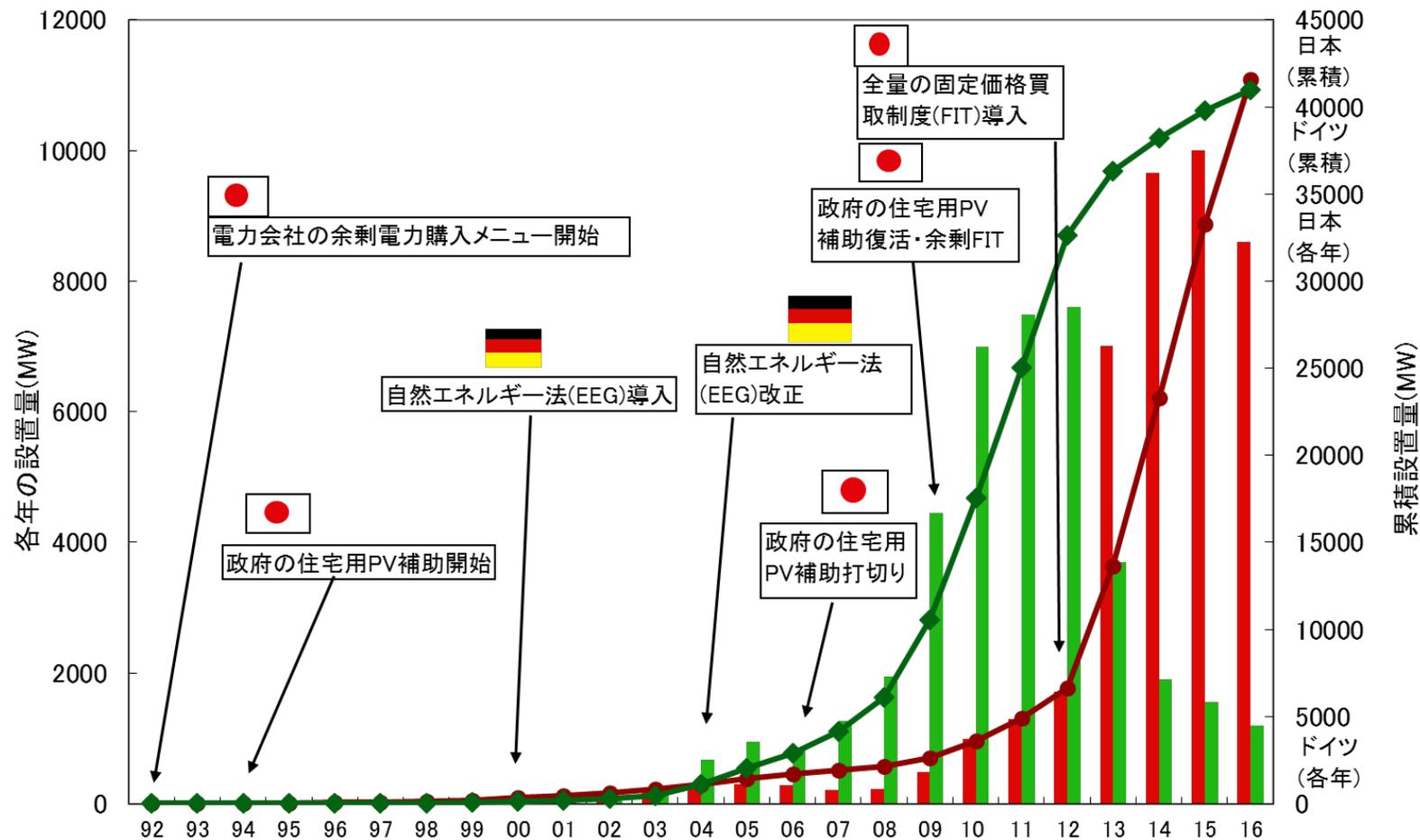
- 自然エネルギー(大規模水力以外)による設備容量は5000万kW (2016年度末)
- 2012年からのFIT制度により、太陽光発電が急増し、3900万kW*に(2016年度末)



太陽光発電の日独比較

太陽光発電の導入拡大～停滞と復活

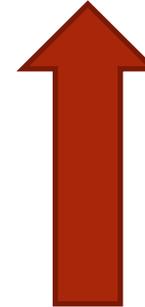
- 2016年に日本は累積導入量でドイツを抜き、世界第二位に。
- 2012年からのFIT制度により2013年以降に急成長し、新規導入量は世界第三位に(2016年)。



2030年
1億200万kW



2020年
6570万kW

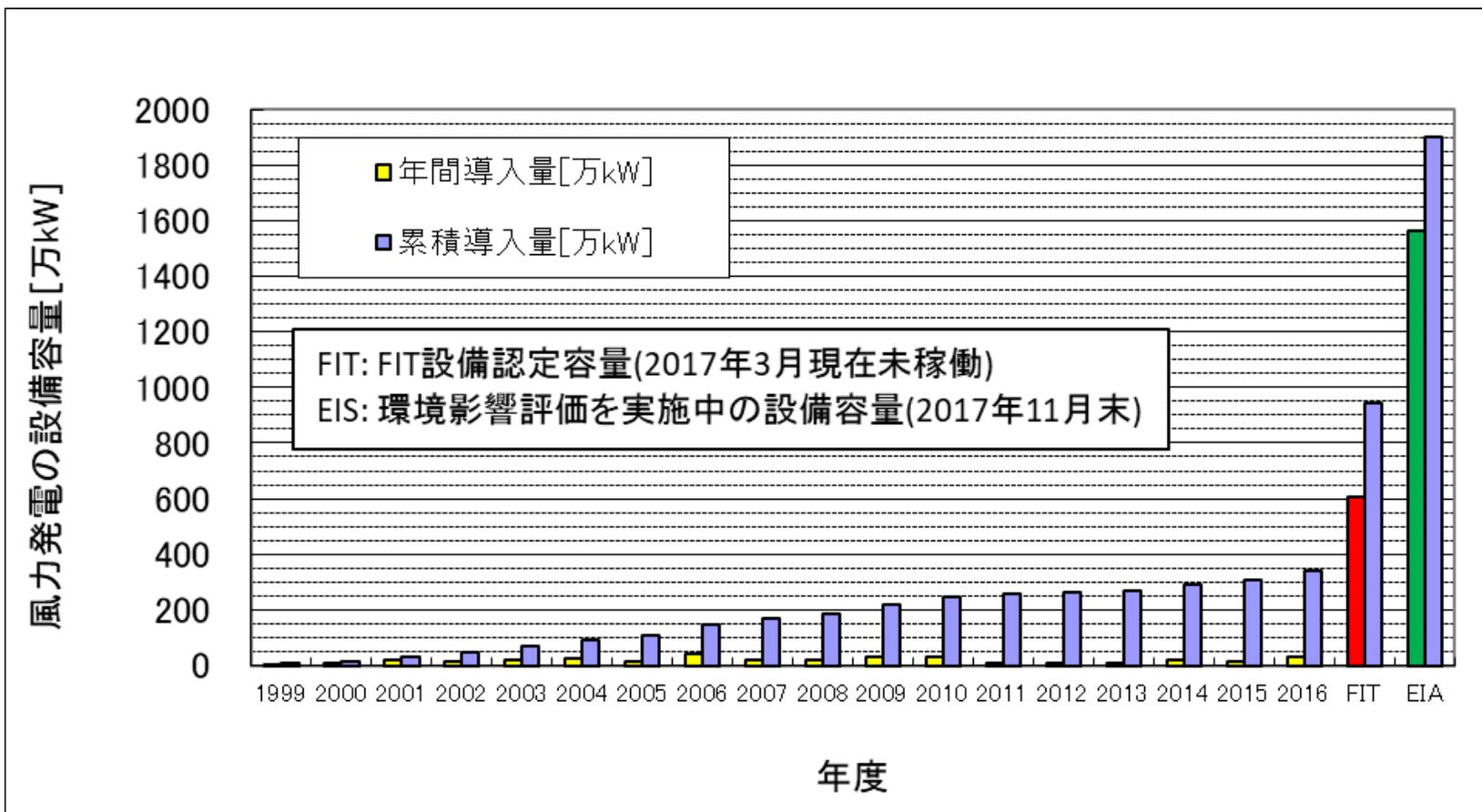


2016年
4200万kW

JPEA PV
OUTLOOK 2030
(2015年3月)

国内の風力発電： 導入量と新規プロジェクトの推移

- 累積の導入量が340万kW(2016年度末)と低迷している。FIT制度による認定量が600万kWを超え、環境影響評価制度で1500万kW以上の新規プロジェクトが手続き中。

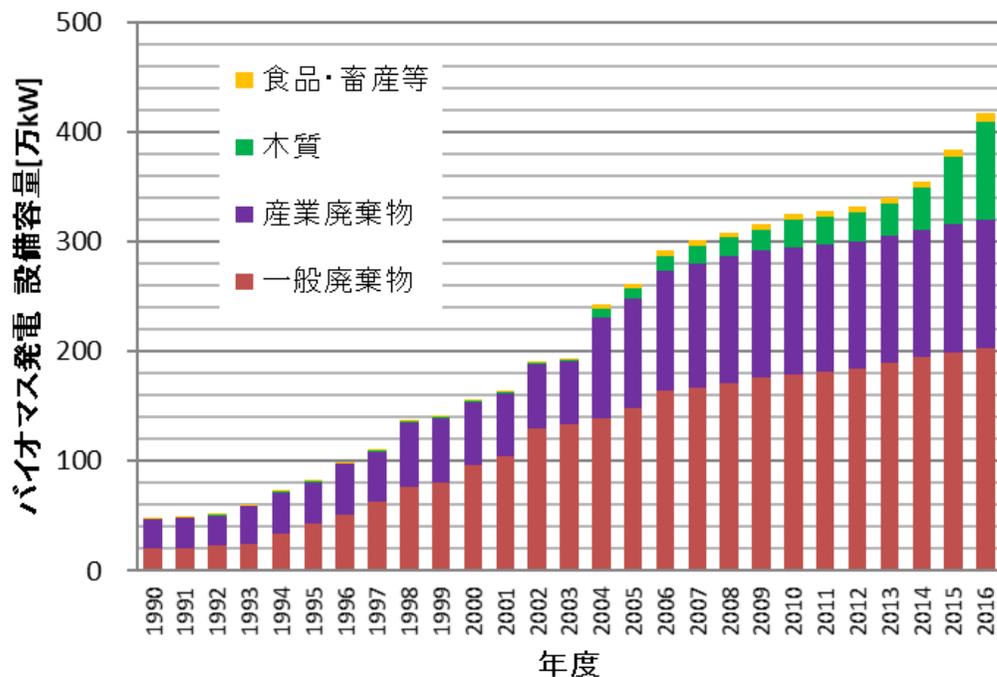


環境影響評価
手続き中
約1500万kW
以上

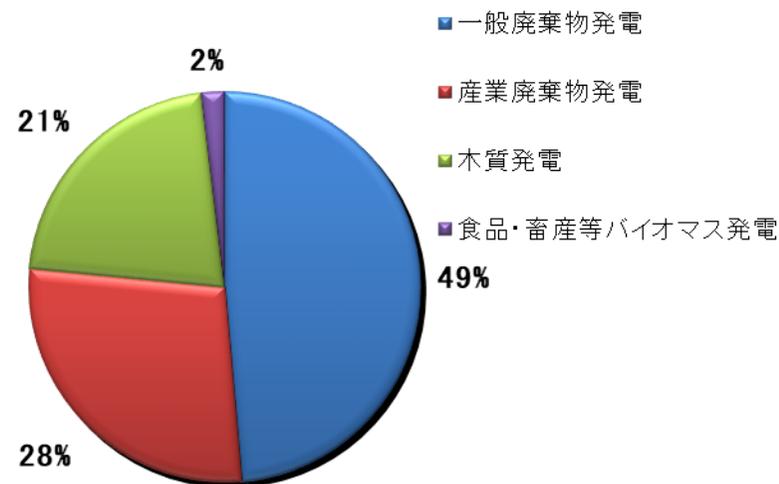
FIT制度
設備認定
(未稼働)
約600万kW

バイオマス発電の導入状況

- ・廃棄物系のバイオマス発電が90%近くを占める。
- ・近年、木質バイオマスの発電所が増え始めたが...
- ・燃料の調達コストや運用費用の高騰が課題
- ・林業の復興、熱利用の重要性などが課題
- ・輸入バイオマスの合法性・持続可能性



バイオマス発電出力比率(2017年3月末時点)

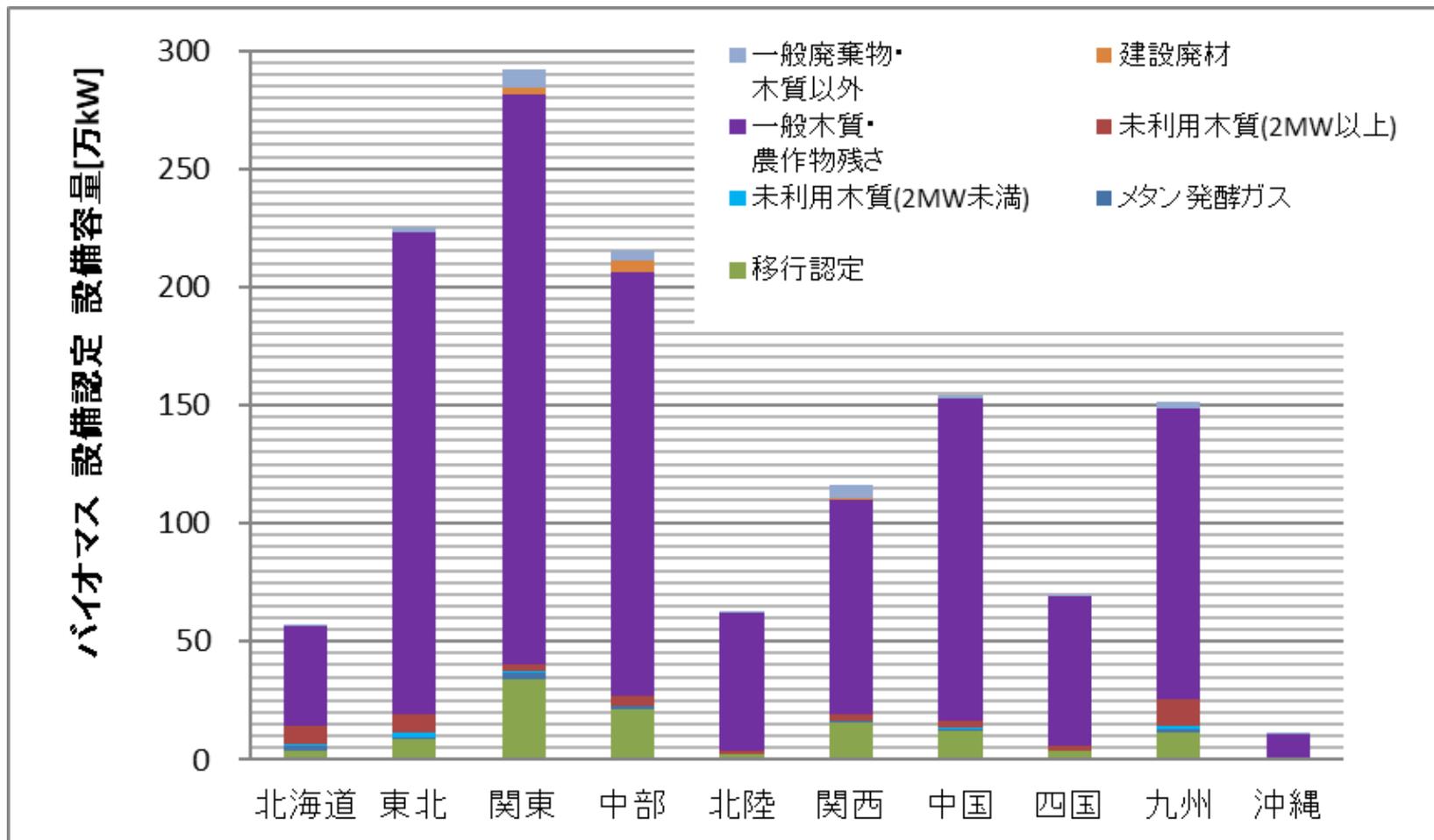


出典：ISEPによる調査

固定価格買取制度(FIT制度)

バイオマス発電 設備認定・運転開始実績(2016年3月末)

- FIT制度で新たに1240万kWが設備認定され、一般木質・農作物残さで92%を占める。
- 新規の運転開始は、約85万kW(開始率7%)に留まる(移行分を含め198万kW)。

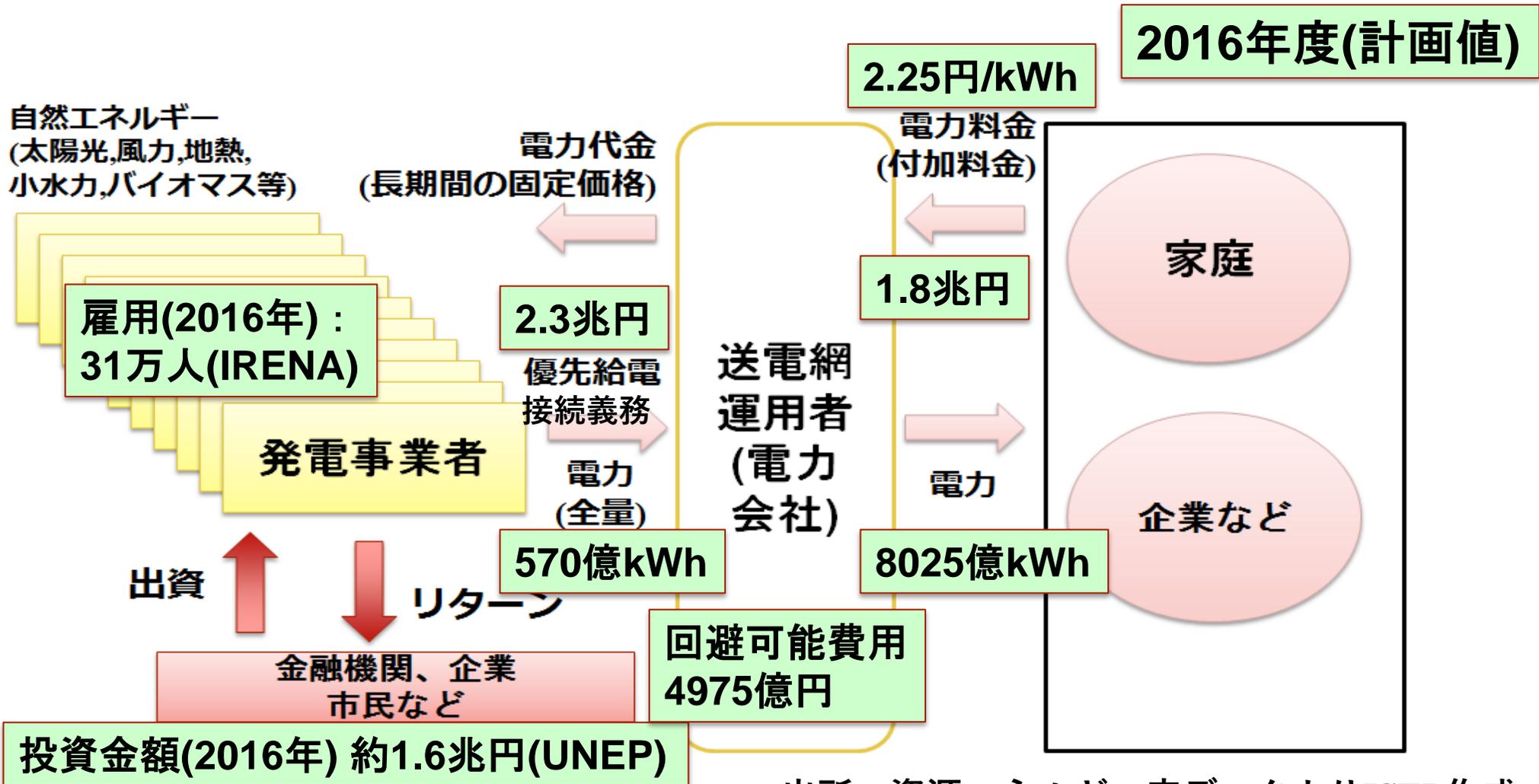


一般木質・農作物残さのうち約4割がパーム油、PKSを含む設備が約4割



輸入燃料の合法性や持続可能性

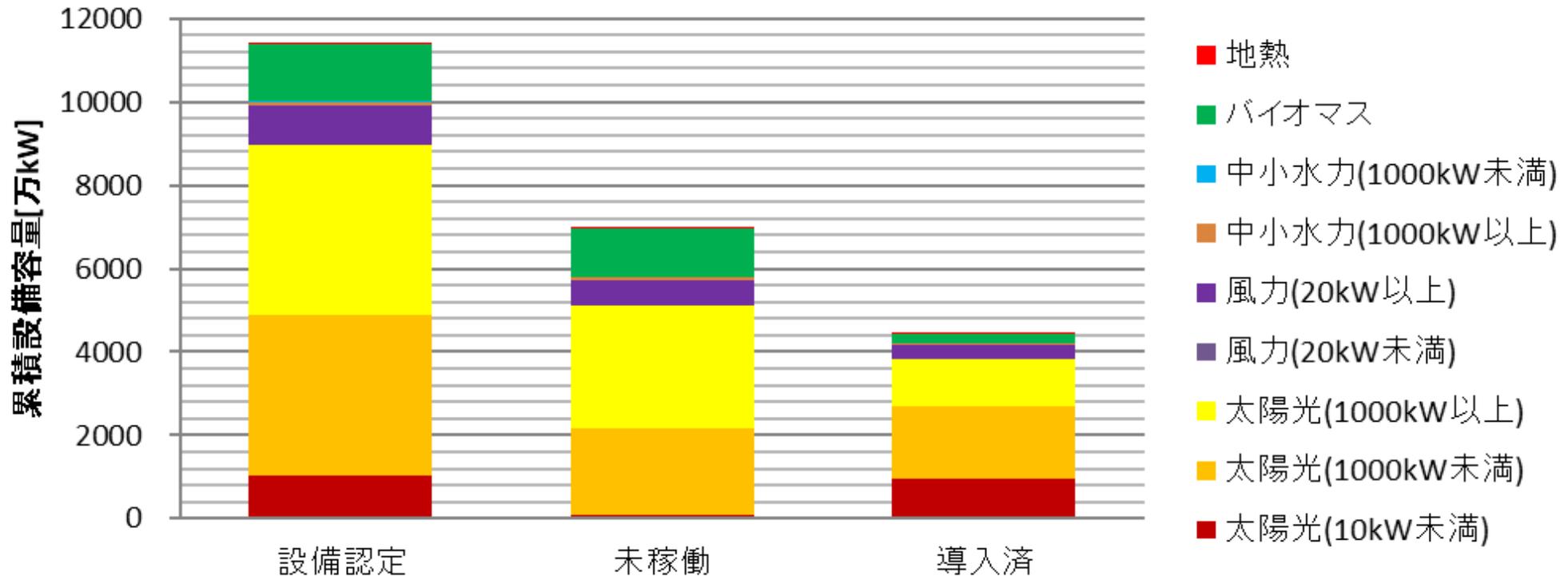
自然エネルギー電気の固定価格買取制度(日本国内)



出所：資源エネルギー庁データよりISEP作成

固定価格買取制度(FIT制度) 設備認定・運転開始実績(2017年3月末)

- 設備認定が約1億1400万kW (太陽光が約79%)移行認定含む
- 導入済が約4400万kW(設備認定の約39%)太陽光が87%
- 未稼働が約6900万kW(設備認定の約61%)太陽光が73%

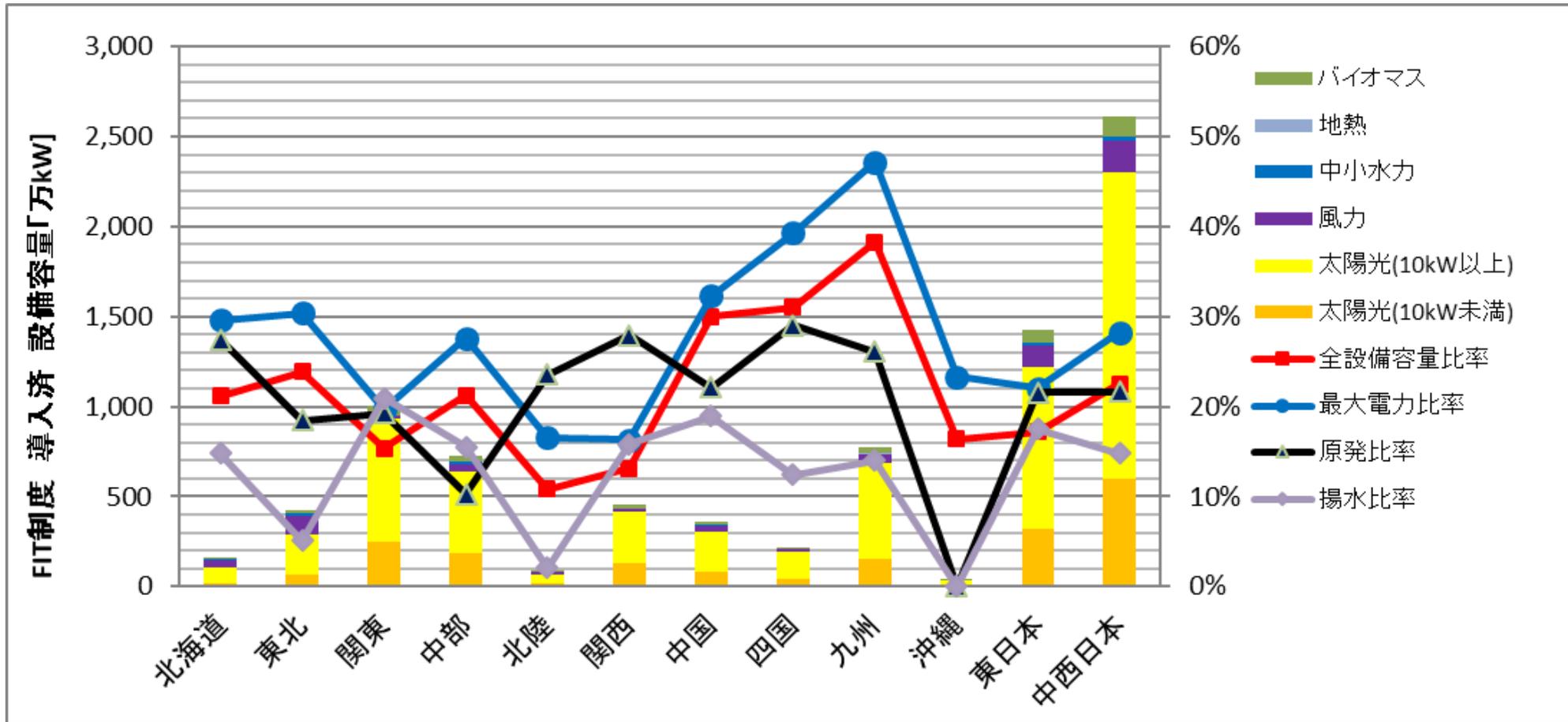


・移行認定を含む

出典:資源エネルギー庁データからISEP作成

固定価格買取制度(FIT制度) 地域別の発電設備の導入状況(2017年3月末現在)

- 九州では、最大電力の45%以上に達する導入量に。西日本の導入比率が大きい。
- 東北では30%程度で風力が約3割。原発の設備容量を上回る導入量(東京、北陸、関西以外)。



出所:資源エネルギー庁データからISEP作成

※移行認定を含む

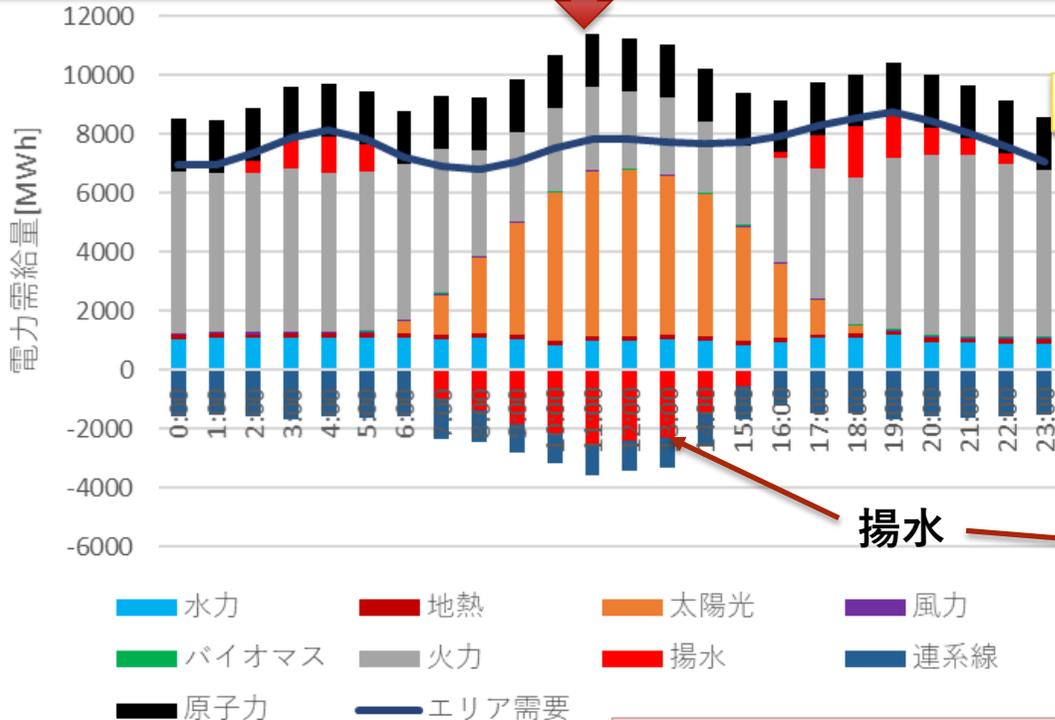
日本国内の系統電力需給実績(2017年度第1四半期)

九州電力エリアの自然エネルギーが電力需要の最大87%に(1時間値)

九州電力エリア電力需給(2017年5月14日)

日本全国の自然エネルギーが系統電力需要の最大52%に(1時間値)

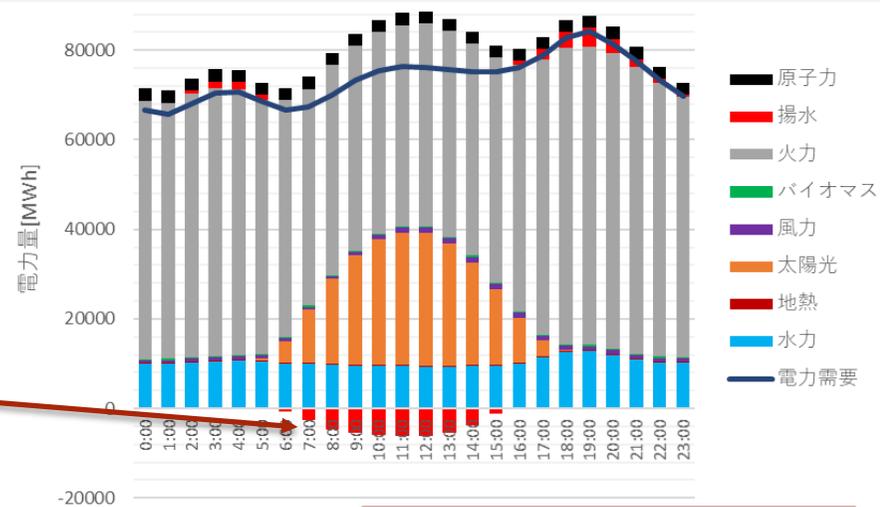
RE87%(太陽光72%,水力13%,地熱2%,風力0.4%,バイオマス0.3%)



2016年5月14日(日)
再エネ比率:39%

全国の系統電力需給(2017年4月30日)

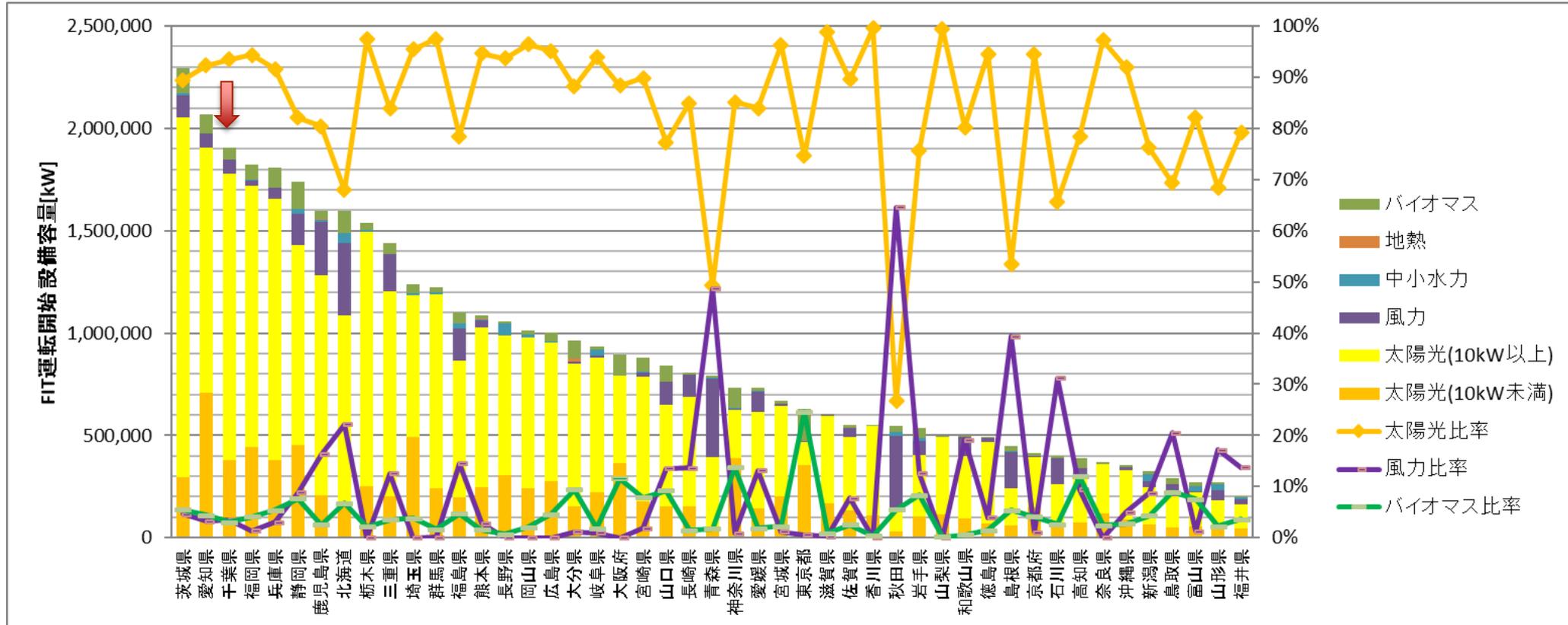
RE52%(太陽光38%,水力12%,地熱0.3%,風力1%,バイオマス0.4%)



2017年4月30日(祝)
再エネ比率:28%

固定価格買取制度(FIT制度) 都道府県別の発電設備の導入量ランキング(2017年3月末現在)

- 全般的に太陽光の比率が高いが、風力の比率が高い県も



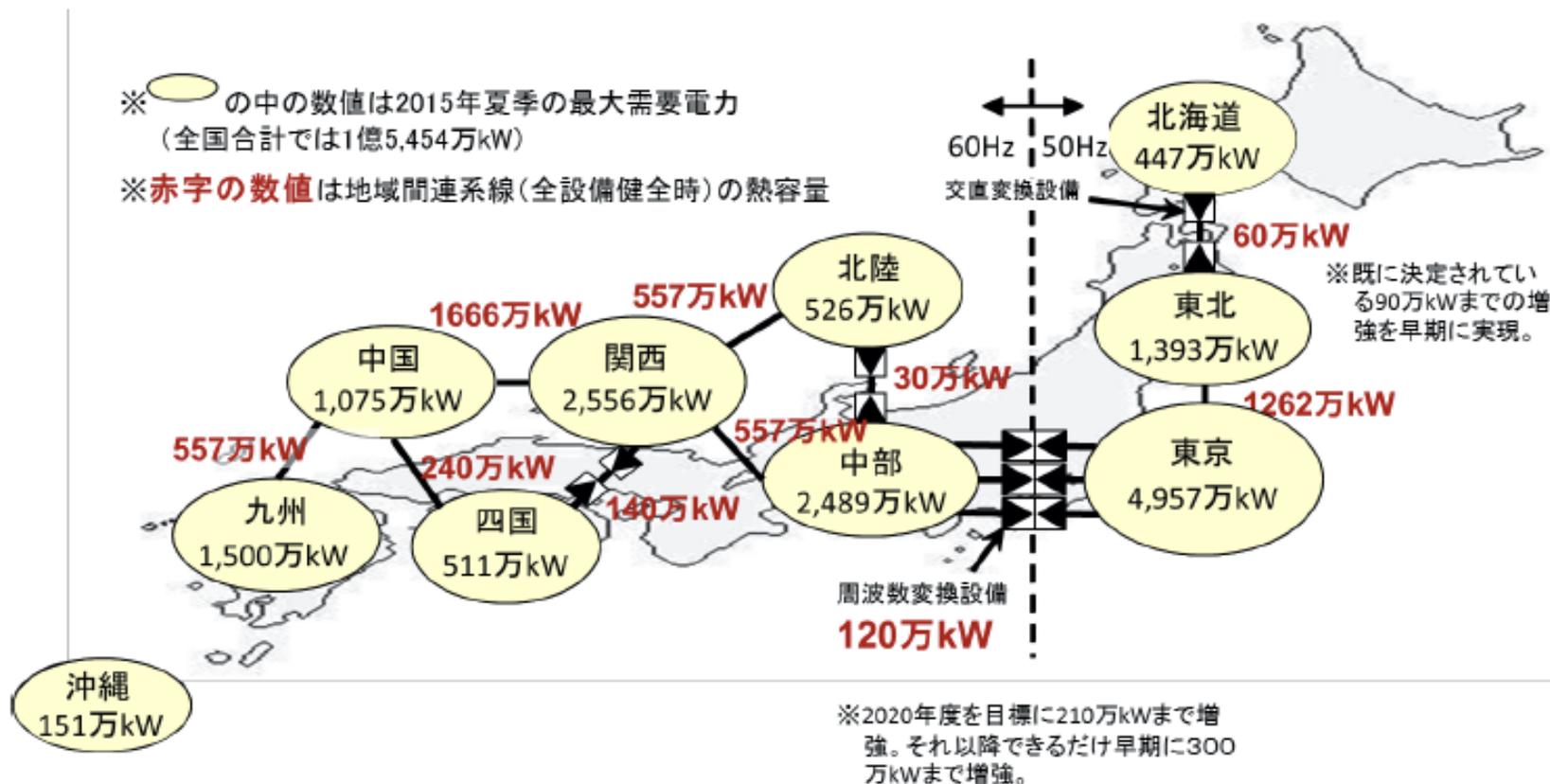
出典: 資源エネルギー庁データからISEP作成

・移行認定を含む

再生可能エネルギーへの転換の課題

(1) 再生可能エネルギーが電力系統に接続できない

- ① 電力系統への接続に壁 → 「空き容量ゼロ」 「接続可能量」
- ② 接続義務から優先接続への課題 → 「連系工事費負担金」
- ③ 日本の発送電分離は進むのか？ → OCCTOの果たす役割



系統接続の空容量ゼロ問題

- 東北北部(北部3県(青森、岩手、秋田)及び宮城北部)の系統の空き容量がゼロに
- 発電事業者の共同負担スキーム(電源接続案件募集プロセス)による系統の増強

東北北部エリアの系統状況

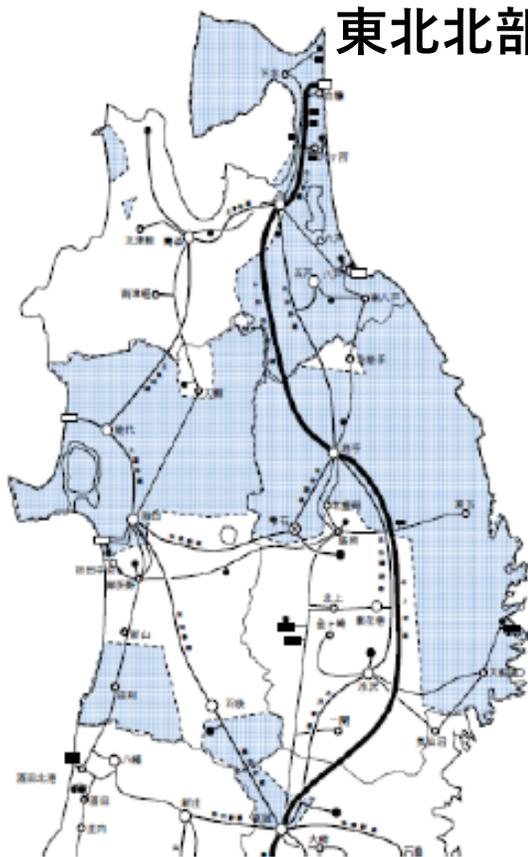


図1 平成28年4月28日付公表

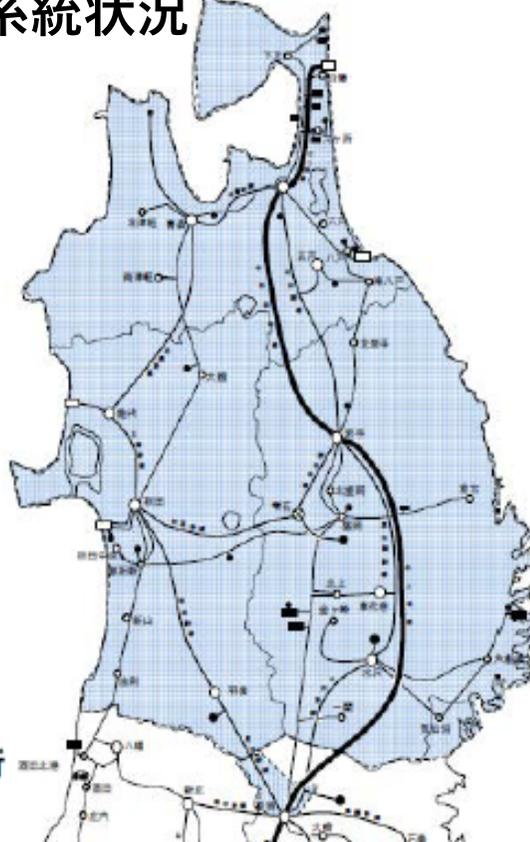


図2 平成28年5月31日付公表