

進め！！
再生可能エネルギー
アンサンブル！！



特定非営利活動法人 再生可能エネルギー協議会

理事長 黒川 浩 助

東京農工大学 名誉教授; 新エネルギー財団評議員



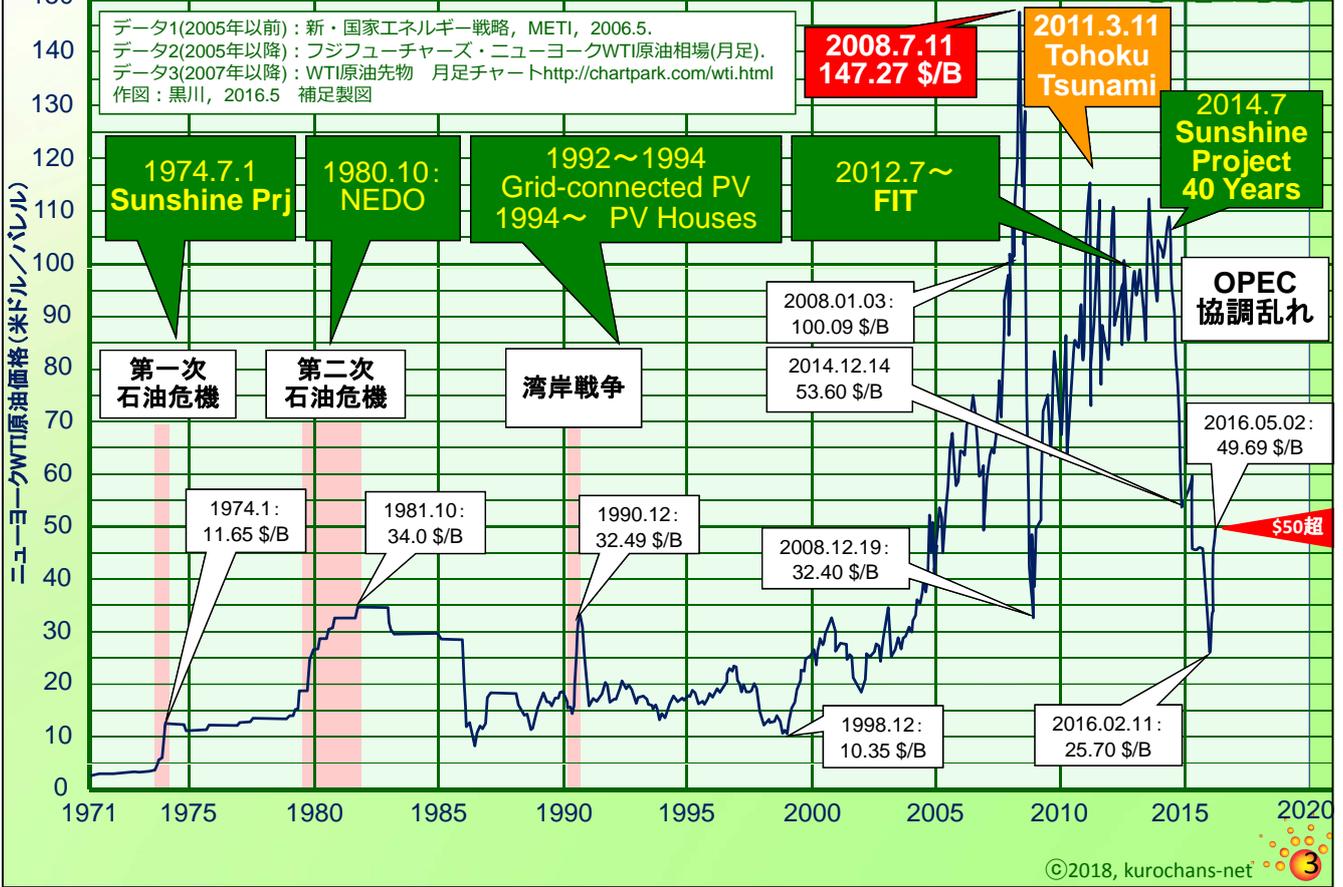
進め！！
再生可能エネルギー
アンサンブル！！

- 再生可能エネルギー：真の価値
 - ・多くは太陽エネルギー起源：
地球環境持続性の意味
 - ・フットプリントとバイオキャパシティ
- 再生可能エネルギーアンサンブル・考え方
- 来たれ再エネルギーアンサンブル時代！！

World Oil Market Price and JP's Sunshine Project

(USD/Barrel)

6 Mar. 2018



最高値
 2008.7.11 \$147.27 \$/B

リアルタイムチャート

6 Mar. 2018

<https://nikkei225jp.com/oil/>

WTI原油チャート 原油価格

1分足 3分足 5分足 15分足 日足 週足 月足

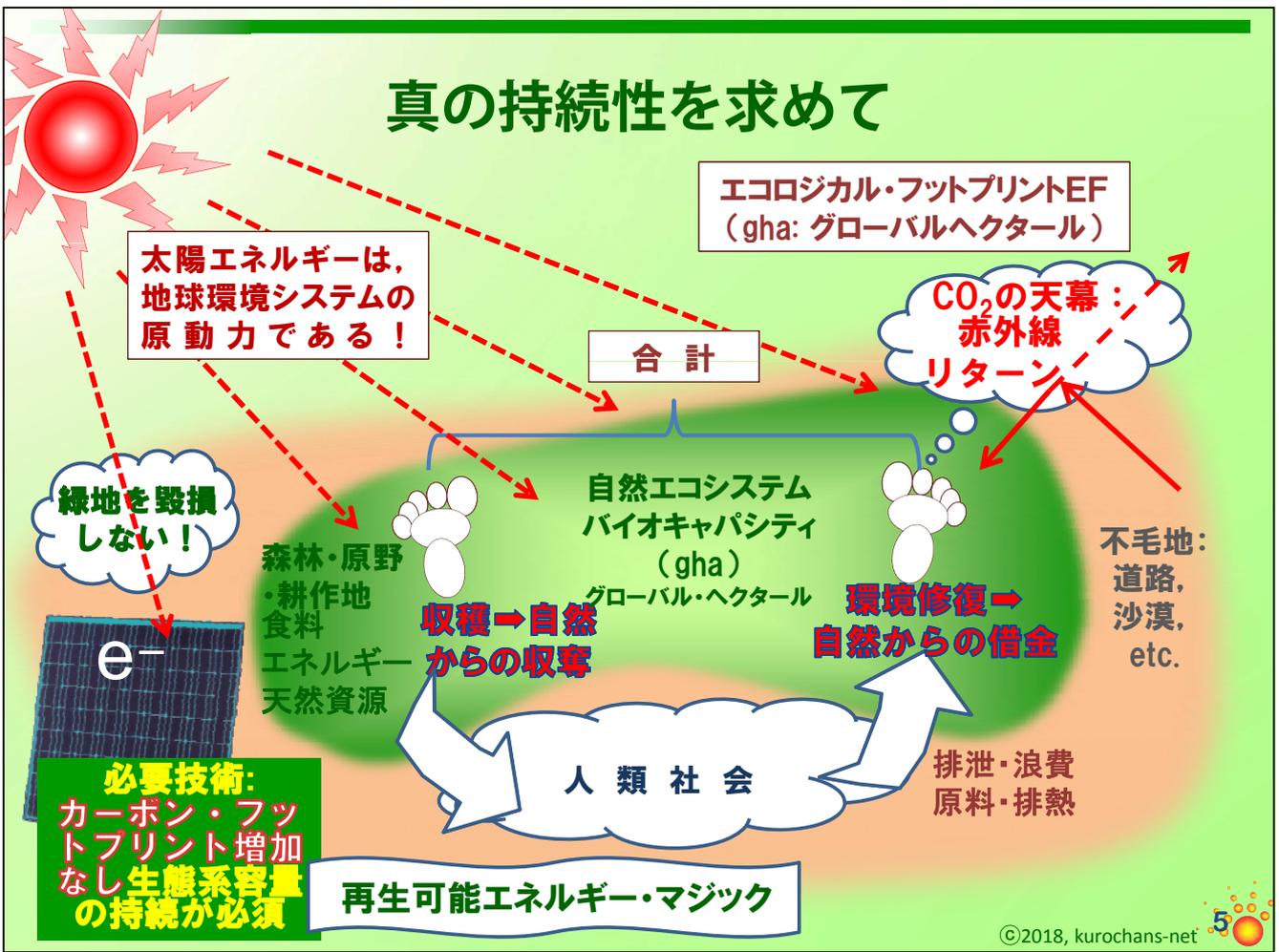


限月	現在値	変化	前日	始値	高値	安値	出来高	時間
CME 2018/02	61.59	-0.42	62.01	61.90	62.04	61.09	546,178	07:38
CME 2018/03	61.55	-0.35	61.90	61.80	61.96	61.07	183,700	07:37
CME 2018/04	61.43	-0.30	61.73	61.64	61.80	60.97	76,937	07:38
CME 2018/05	61.27	-0.25	61.52	61.42	61.55	60.82	44,192	07:38
CME 2018/06	61.05	-0.18	61.23	61.19	61.28	60.58	66,739	07:38
CME 2018/07	60.70	-0.17	60.87	60.84	60.84	60.28	18,318	07:37

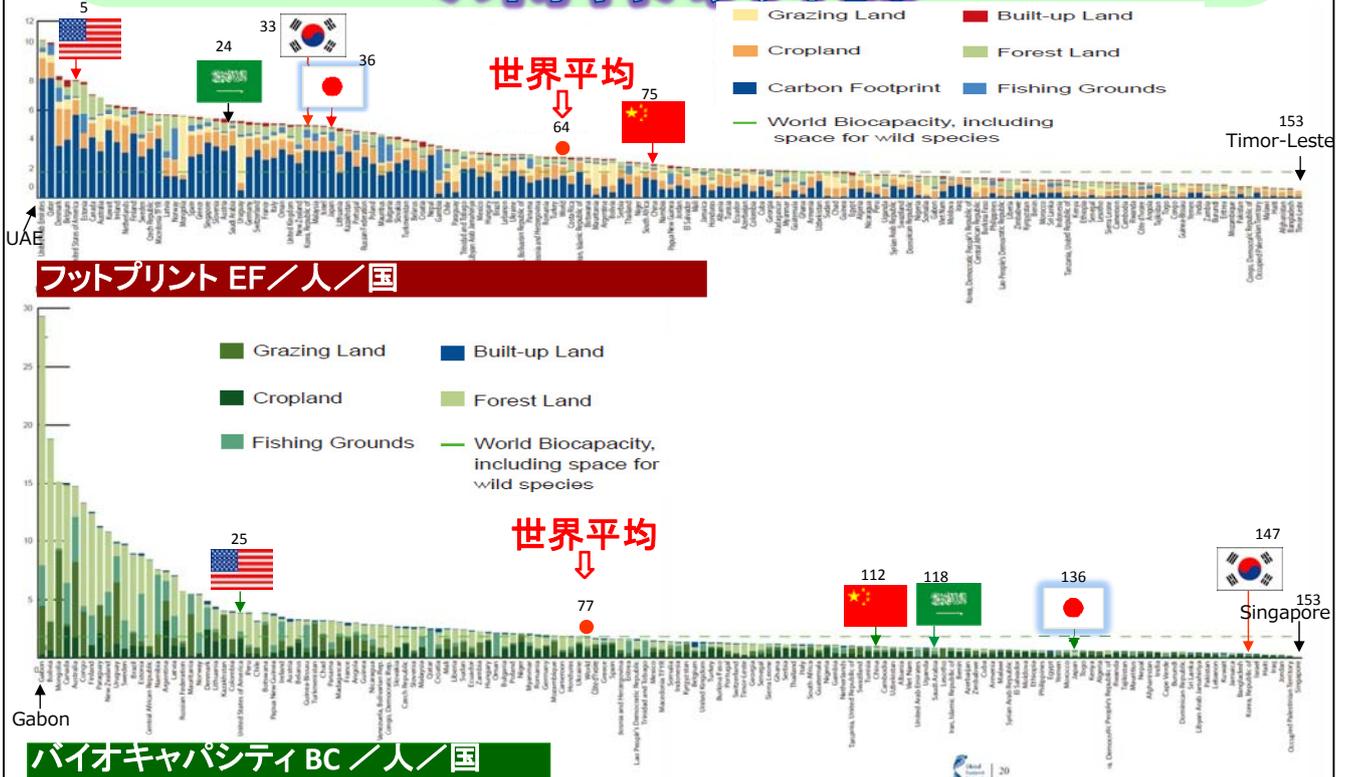
2018/3/6

ニューヨークWTI原油価格(米ドル/バレル)

真の持続性を求めて

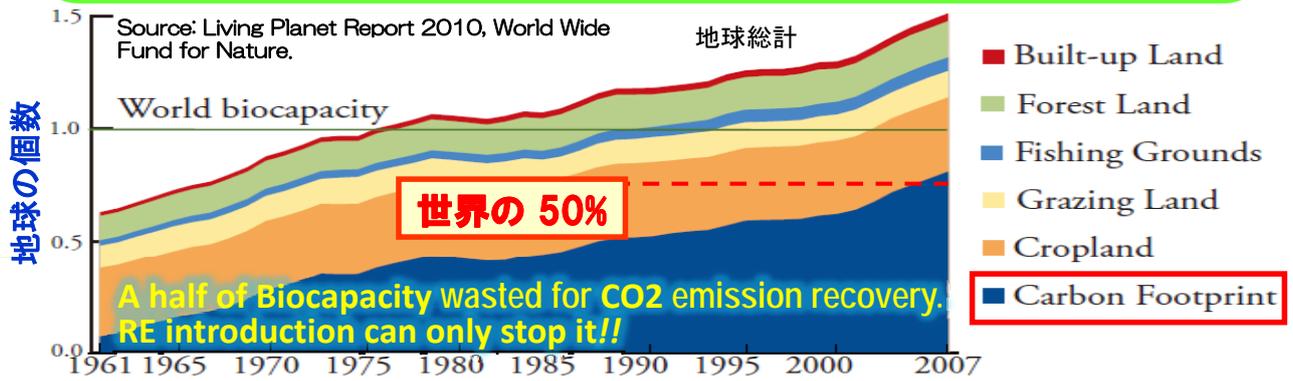


国別：エコロジカル・フットプリント EF バイオキャパシティ BC

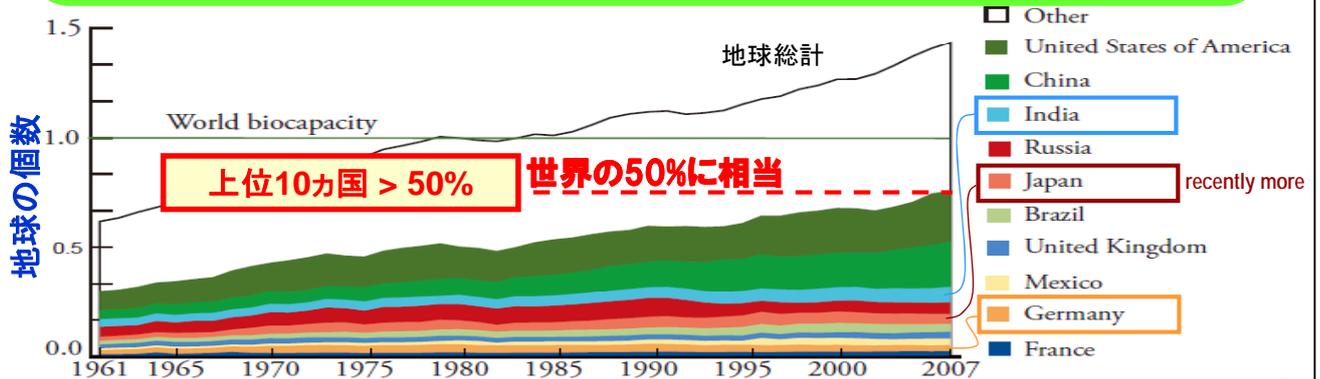


Source: ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS 2010
<http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological%20Footprint%20Atlas%202010.pdf>

要因別エコロジカル・フットプリント 1961-2007



国別エコロジカル・フットプリント 1961-2007



7

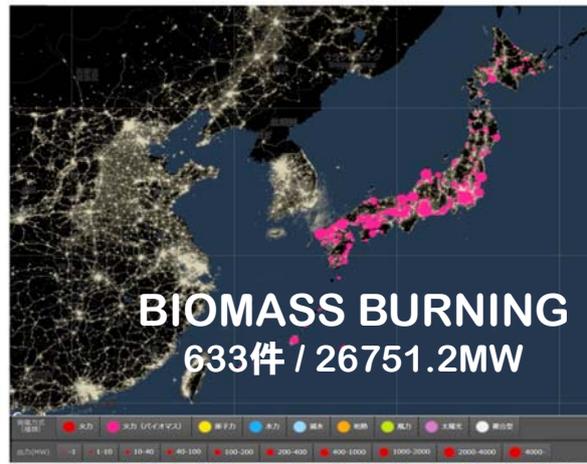
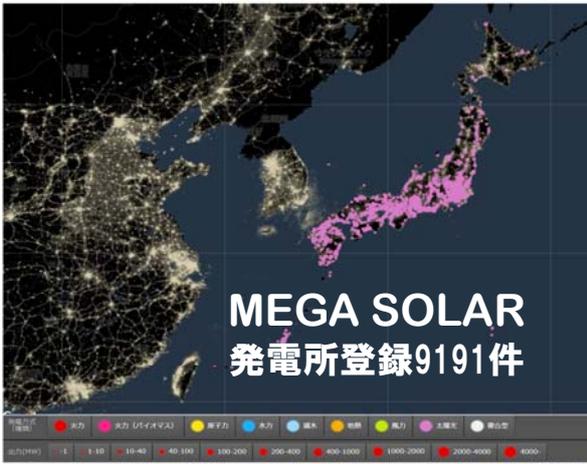
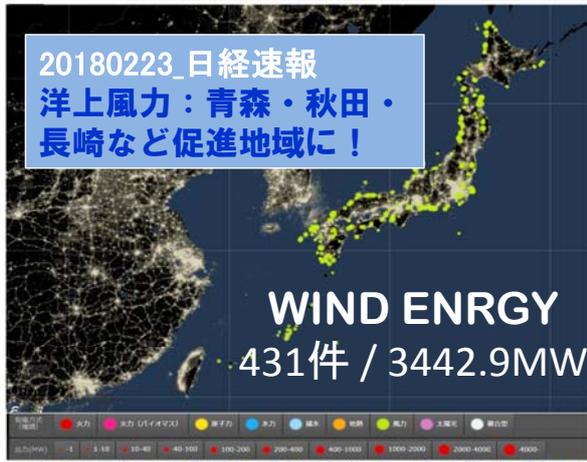
第20回STEPPS研究発表会

18 Mar. 2018

進め！！ 再生可能エネルギー アンサンブル！！

- 再生可能エネルギー：真の価値
 - ・多くは太陽エネルギー起源：地球環境持続性の意味
 - ・フットプリントとバイオキャパシティ
- 再生可能エネルギーアンサンブル・考え方
- 来たれ再エネルギーアンサンブル時代！！

20180223_日経速報
洋上風力：青森・秋田・
長崎など促進地域に！



再生可能エネルギー・アンサンブル (1)

種類	国内資源分布・立地容易性	変動性	他の特徴・課題
太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> ポテンシャル大 年間日射量国内地域差：ほぼ±10%程度 どこでもほぼ利用可 年平均1000時間程度稼働 	<ul style="list-style-type: none"> 昼間・正弦波半波状 脈動：快晴・晴・薄曇り・曇天・雨天 日射強度に比例した出力 	<ul style="list-style-type: none"> コスト低減が急速に進行中
太陽熱利用	<ul style="list-style-type: none"> 低温利用有利 日本の太陽熱発電：直達分少なく不利 	<ul style="list-style-type: none"> 昼間・正弦波半波状 日射強度に非線形な出力 (低日射・変動で不利) 温水貯蔵が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 家庭給湯などに好適 80万台/1980年度販売ピーク；現状5万台/年程度 最近は見直しの機運あり
地上風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 適地であれば2000時間/年～稼働 地域によって、資源量差大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 昼間・夜間に稼働 脈動率が大(瞬間最大風速と平均風速の比) 	<ul style="list-style-type: none"> 立地環境規制
洋上風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 海洋国：ポテンシャル大 陸上より風況は良好 建設工法開発進行中 	<ul style="list-style-type: none"> 陸上に比較し、脈動小 	<ul style="list-style-type: none"> 遠浅海岸が少なく浮上型の開発に力 海底ケーブル網必要 漁業権問題

再生可能エネルギー・アンサンブル (2)

種類	国内資源分布・立地容易性	変動性	その他の特徴・課題
バイオマス発電	・森林国：ポテンシャル大 ・森林と消費地の距離	・燃料調整により需給調整運転可能	・林業の衰退が現状のネック
中小水力発電	・未利用水力はある	・24時間定出力 ・流域降水雨量依存 ・季節差あり	・水利権問題
空気熱ヒートポンプ	・どこにでもある ・省エネルギー空調の選択肢として 633件 / 26751.2MW	・熱源24時間利用可能	・太陽光発電と併設→貯湯(昼→夕・夜へピークシフト) ・深夜電力も利用可能
地中熱ヒートポンプ	・どこにでもある ・ZEB/ZEH*での選択肢	・熱源24時間利用可能	・基礎工事工法の開発進展が重要
地熱発電	・世界3位のポテンシャル	・24時間定出力	・立地環境規制 ・温泉業界との共存→バイナリー・サイクル有望
電力貯蔵(水素貯蔵)	・EV産業発展→低コスト化 ・HEMS/BEMS**用蓄電池の普及 ・新型蓄電池登場・大容量化 ・ベース系統には揚水発電	・変動調整 ・ピークシフト ・需給調整	・地域内でのある程度の需給安定化でコスト・メリット ・電力自由取引に期待

注*) ZEB / ZE H: Zero Energy Building; Zero Energy House

注**) HEMS / BEMS: Home / Building Energy Management System

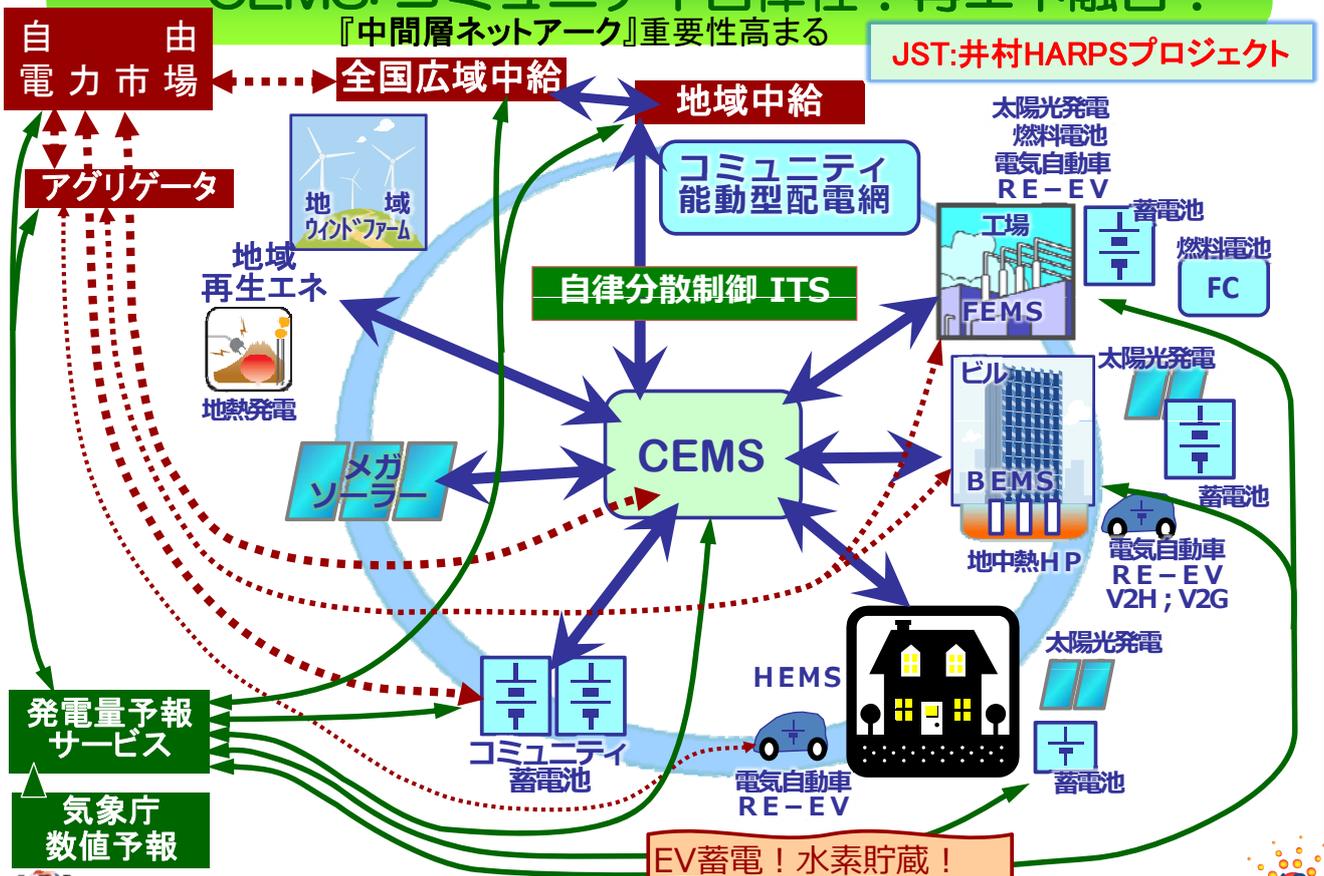
©2018, kurochans-net



CEMS: コミュニティ自律性！再エネ融合！

『中間層ネットワーク』重要性高まる

JST:井村HARPSプロジェクト



進め！！ 再生可能エネルギー アンサンブル！！

- 再生可能エネルギー：真の価値
 - ・多くは太陽エネルギー起源：
地球環境持続性の意味
 - ・フットプリントとバイオキャパシティ
- 再生可能エネルギーアンサンブル・考え方
- 来たれ再エネルギーアンサンブル時代！！

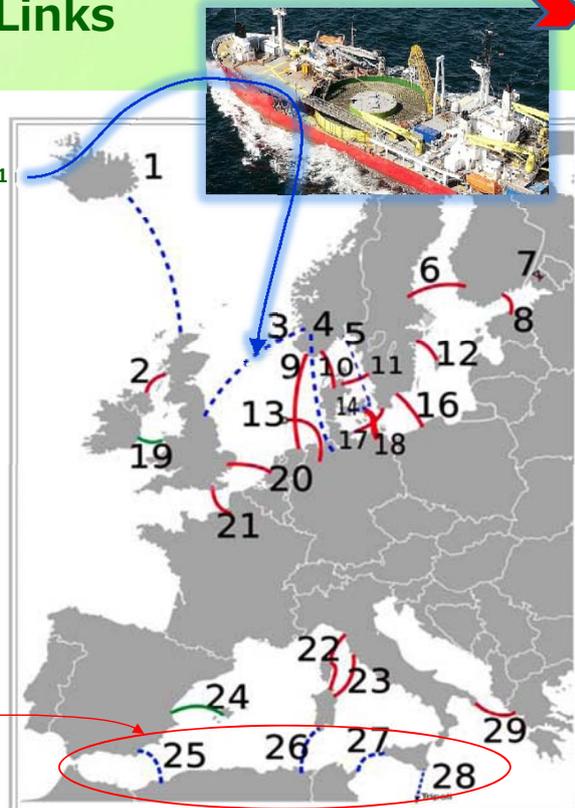
参考

European HVDC Links (Point to Point)

Europe

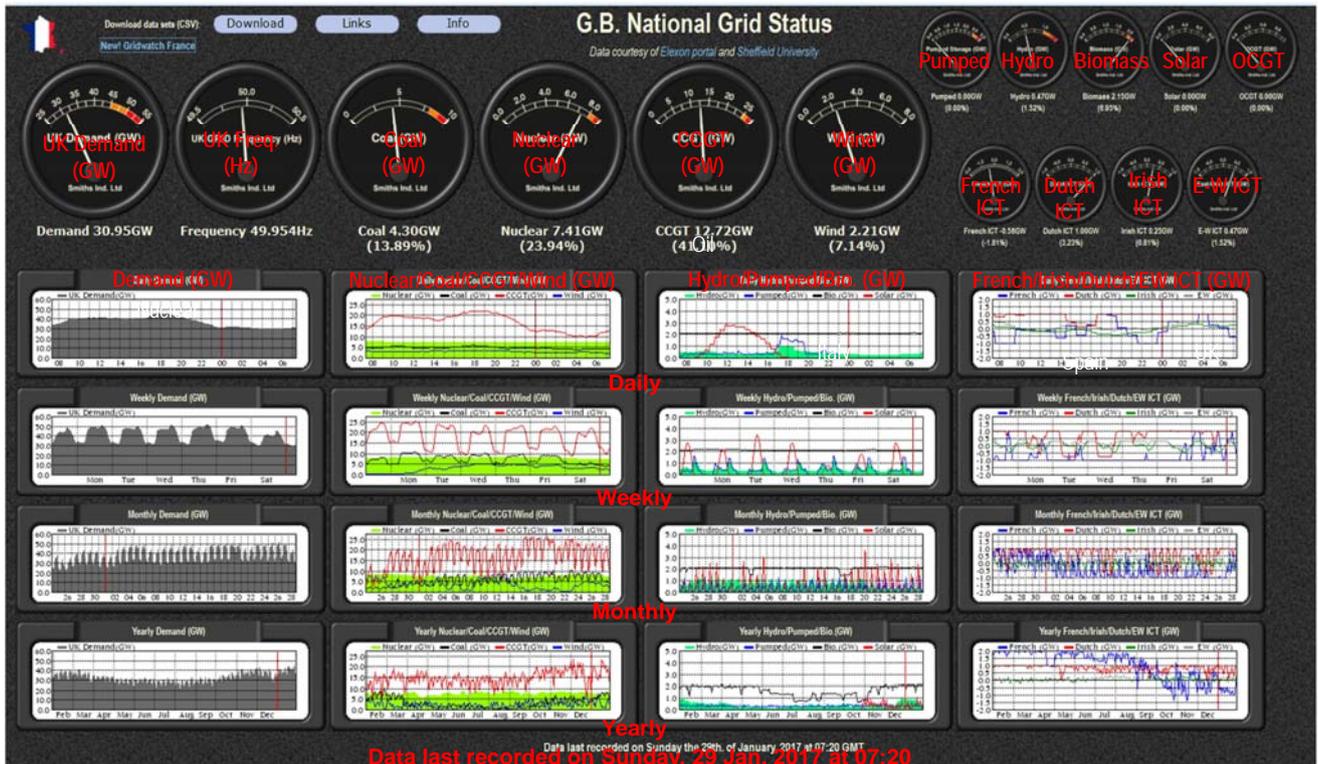
1. Iceland – UK (option), 1.1 GW
 2. Moyle: Auchencrosh, UK – Ballycroyan More, Northern Ireland, UK
 3. NSN Norway Kvitidal – UK Blyth, 1.4 GW under construction by ABB till 2021
 4. Viking cable (option): Germany – Norway, 600 MW but NORD.LINK 1.4 GW under construction
 5. Kattegat (option): Norway – Zealand, Denmark; or Norway – southern Sweden
 6. Fenno-Skan: Rauma, Finland – Dannebo, Sweden
 7. Vyborg
 8. Estlink: Harku, Estonia – Espoo, Finland
 9. NorNed: Fedaa, Norway – Eemshaven, Netherlands
 10. Skagerrak 1, 2, 3, and 4: Tjele, Denmark – Kristiansand, Norway
 11. Konti-Skan 1 and 2: VesterHassing, Denmark – Stenkullen, Sweden
 12. Gotland: Västervik, Sweden – Ygne, Sweden
 13. NordE.ON 1: Diele, Germany – Borkum 2 platform, Germany
 14. StoreBælt: Fyn, Denmark – Zealand, Denmark
 15. (purposely left blank)
 16. SwePol: Stårnø, Sweden – Wierzbiczin (Slupsk), Poland
 17. Baltic Cable: Lübeck- Herrenwyk, Germany – Kruseberg, Sweden
 18. Kontek: Bjæverskov, Denmark – Bentwisch, Germany
 19. East West Interconnector: Leinster, Ireland – Anglesey, Wales, UK. Operational since 2012
 20. BritNed: UK – Netherlands. Operational since April 2011.
 21. HVDC Cross-Channel: Les Mandarins, France – Sellindge, UK
 22. HVDC Italy-Corsica-Sardinia: "SACOI" – Codrongianos, Sardinia, Italy – Lucciana, Corsica, France – Suvereto, Italy (mainland)
 23. Sapei, Sardinia – Italian mainland
 24. Cometa: Valencia, Spain – Mallorca, Spain
- 25 – 28 EuroMed options:
- 25. Algeria – Spain
 - 26. Algeria – Sardinia
 - 27. Tunis – Sicily
 - 28. Tripoli – Sicily
29. HVDC Italy-Greece: Arachthos, Greece – Galatina, Italy

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_HVDC_projects



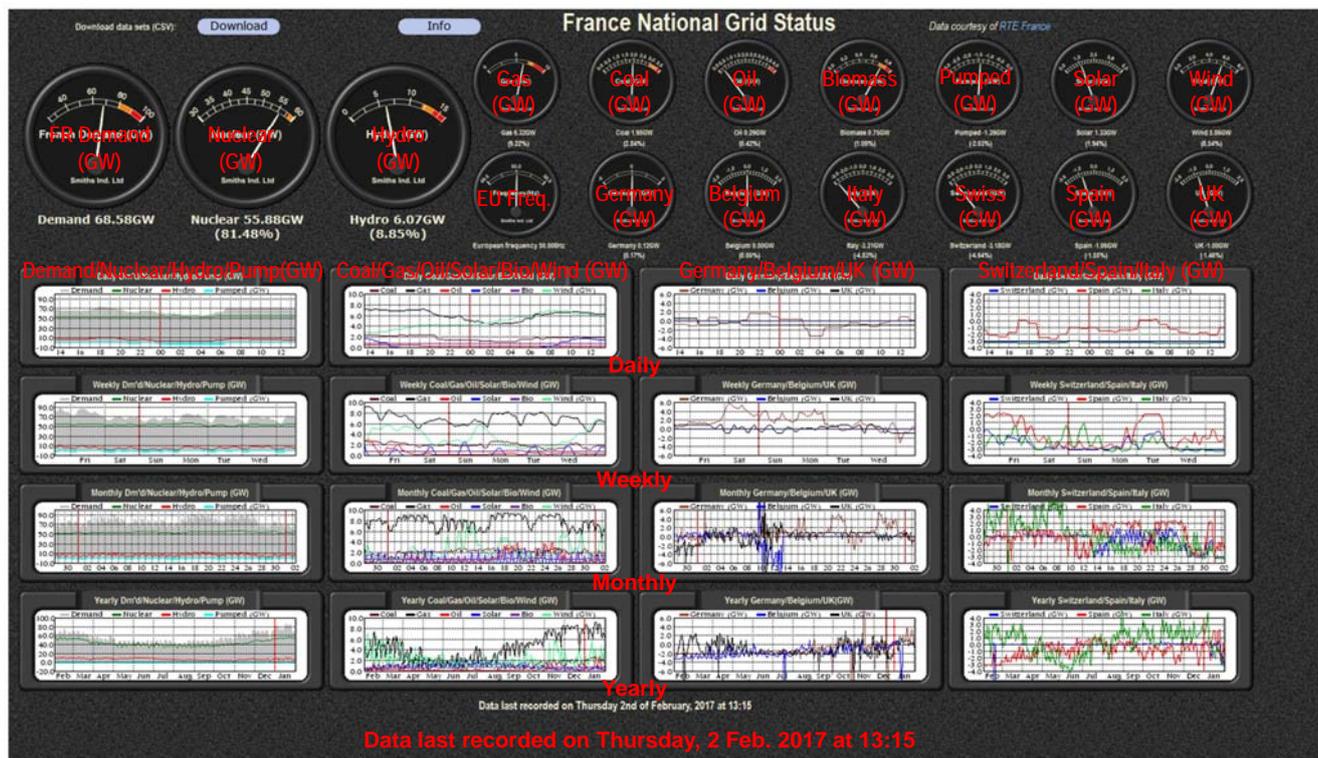
- 他に、多端子網構成が可能な電圧源パワコン(VSC) (HVDC^{Light} と HVDC^{PLUS})
北海の洋上風力発電の集電網で実用化 voltage source converter

Great Britain National Grid Status



29 Jan 2017, 07:20 GMT (every 5 minutes) <http://www.gridwatch.templar.co.uk/france/>

France National Grid Status



02 Feb 2017, 13:15 CET (every 5 minutes) <http://www.gridwatch.templar.co.uk/france/>

時代が求める分散調和型へ向かって 「再生可能エネルギー時代」：インフラの移行

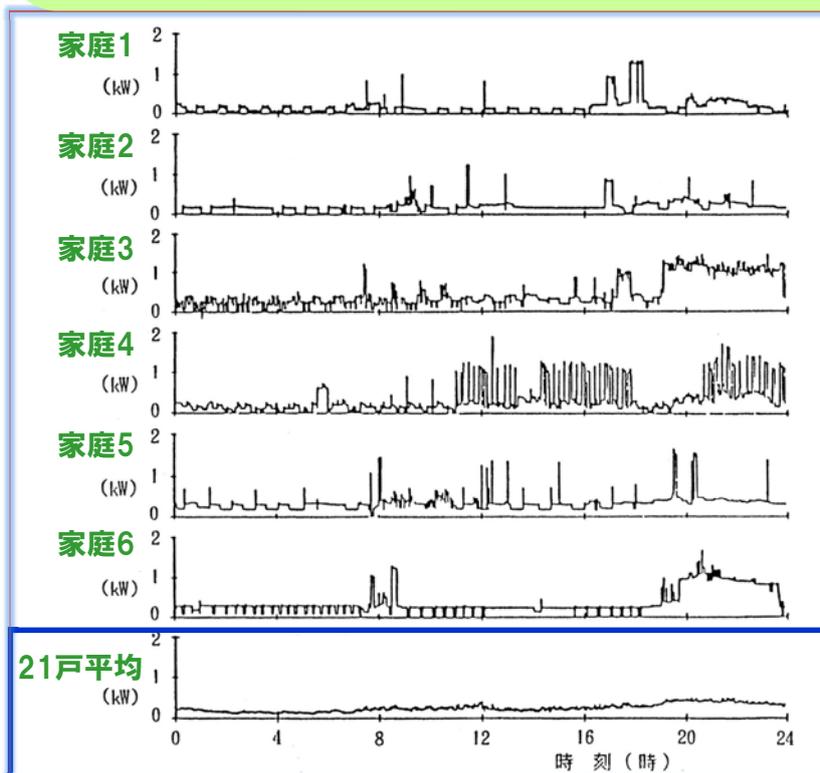
(参考) 流通設備効率の向上に向けた当面の取り組み 20180124_OCCTO 9

第26回広域系統整備委員会資料より

■ 今後、コネクト&マネージに関する以下の取組について検討を進めていく。

取組	想定潮流の合理化	コネクト&マネージ	
		N-1 電制 (N-1 故障時瞬時電源制限)	ノンファーム型接続 〔平常時出力抑制条件付き〕 電源接続
運用制約	原則、マネージなし	N-1 故障 (電力設備の単一故障) 発生時に電源制限	平常時の運用容量超過で電源抑制
設備形成	<ul style="list-style-type: none"> 接続前に空容量に基づき接続可否を検討 想定潮流が運用容量を超過で増強 		<ul style="list-style-type: none"> 事前の空容量に係わらず、新規接続電源の出力抑制を前提に接続 主に費用対便益評価に基づき増強を判断
取組内容	想定潮流の合理化・精度向上 ・電源稼働の蓋然性評価 ・自然変動電源の出力評価	N-1 故障発生時に、リレーシステムにて瞬時に電源制限を行うことで運用容量を拡大	系統制約時の出力抑制に合意した新規発電事業者は設備増強せずに接続
混雑発生	(平常時) なし	(平常時) なし	(平常時) あり
	(故障時) あり ⇒電源抑制※1で対応	(故障時) あり ⇒電源制限※2で対応	(故障時) あり

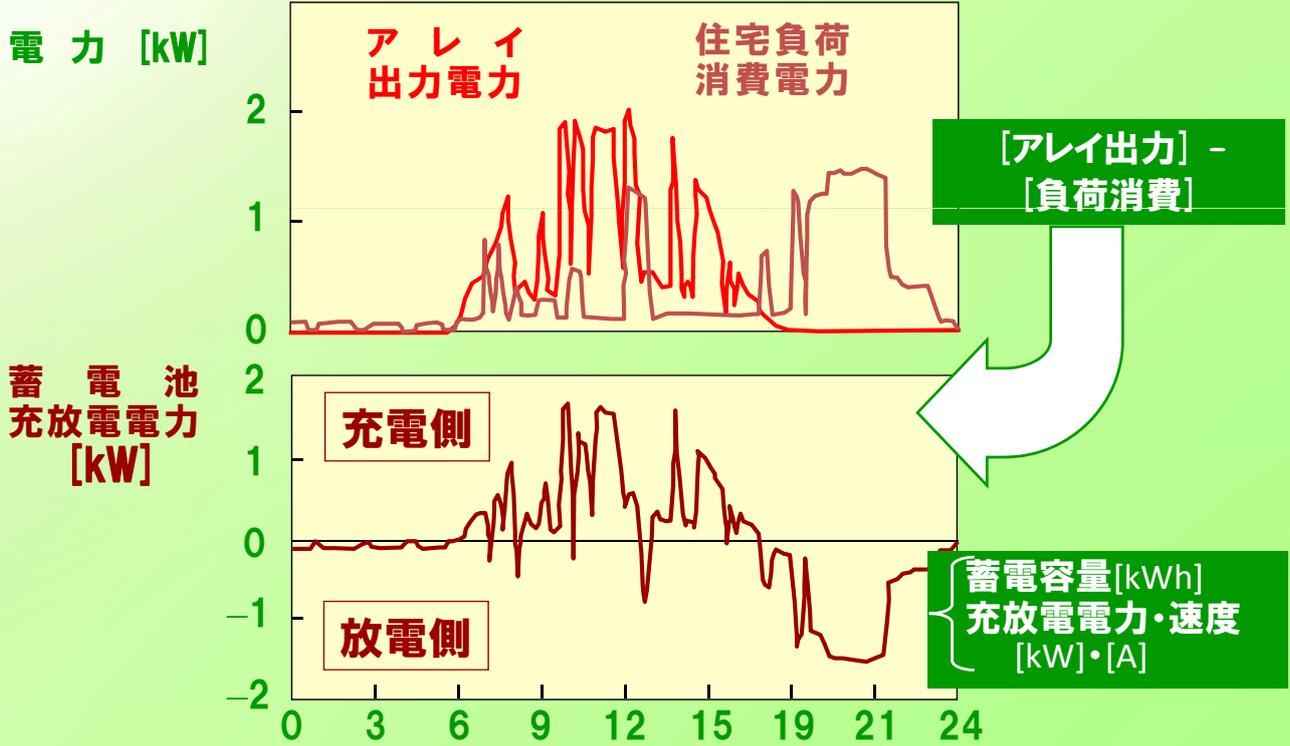
家庭消費パターン 複数負荷による均等化



集合住宅での実測例

各家庭の瞬時的なピークはランダムに現れるので、同時に起こる確率は低い。その結果21戸の平均負荷パターンは平準化されている。

PVエネルギー貯蔵ニーズ 実例パターン

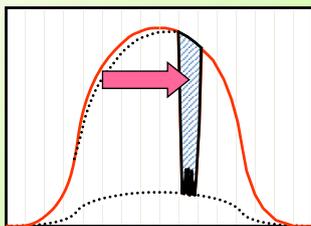


©2018, kurochans-net

19

エネルギー貯蔵ニーズ 基本パターン

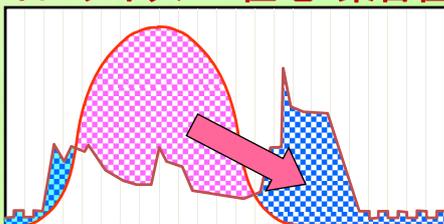
① 短時間調整(数分~2時間)



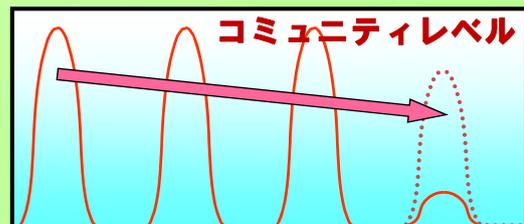
高時間率
充放電
個人住宅



② 昼夜調整(8時間程度) 1日1サイクル 住宅・集合住宅



③ 晴雨調整(数日間) 団地レベル



1週間1サイクル程度
~1ヶ月に3日程度

④ 雨期調整(1ヶ月) } 1年1サイクル ⑤ 季節調整(3ヶ月) } 最上位系統 春→夏; 秋→冬 } 広域南北連系線

⑥ 国際東西連系(昼夜調整)

©2018, kurochans-net

20

電力系統用蓄電施設 実施例

経産省：大型蓄電システム緊急実証事業

西仙台変電所 2万kWh
リチウムイオン電池



みなみはやきた
南早来変電所 6万kWh
レドックスフロー電池
(バナジウム系)



<http://www.sei.co.jp/company/press/2015/12/prs098.html>

©2018, kurochans-net



参考情報

経産省：大型蓄電システム緊急実証事業

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1308/02/news015.html>

テーマ	事業者	種類	規模	設置場所
(1)実証テーマA 周波数変動対策	東北電力	リチウムイオン電池	2万 kWh	西仙台変電所
(2)実証テーマB 下げしろ対策＋周波数変動対策	北海道電力 住友電気工業 (共同申請)	レドックスフロー電池	6万 kWh	南早来変電所 みなみはやきた

図1 「大型蓄電システム緊急実証事業」の実施概要。出典：経済産業省

注：実証目的

- (1) テーマA: 周波数変動対策
- (2) テーマB: 周波数変動対策に加えて、出力が減少した場合の下げしろ対策
「リーフ」搭載リチウムイオン電池の容量は24kWh、北海道の変電所に導入する
レドックスフロー電池はリーフ2500台分に相当

【メモ1】 METI/NEPCプロジェクト

系統調整用：(1) 100億円；(2) 200億円
概略換算設備コスト：(1) 50万円/kWh；(2) 17万円/kWh
出力：(1) 20MW × 1時間 or 40MW × 30分；(2) 15MW × 4時間

【メモ2】 追加情報(適用ケースは違うが!) ↓

●IRENA情報:ドイツの場合:
(2013) PV: 30 E-cent/kWh PV+Bt: 40 E-cent/kWh
(2016) PV: 20 E-cent/kWh PV+Bt: 30 E-cent/kWh
ストレージ+のグリッド・パリティに近い!!

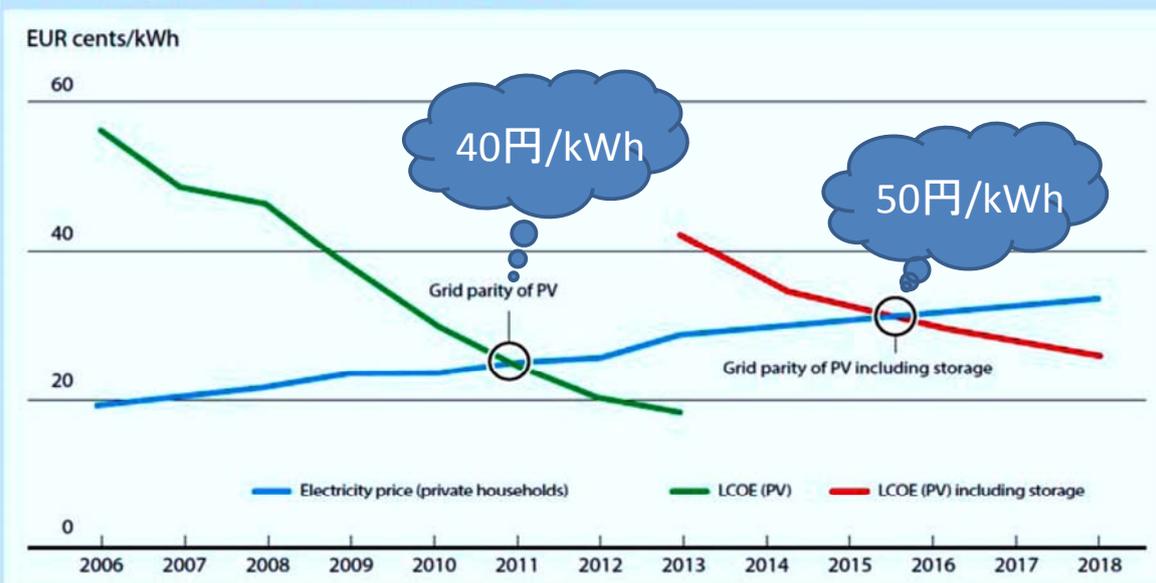
©2018, kurochans-net



欧州では、太陽光発電は2011年にグリッドパリティ; 蓄電付は2016年に!と伝えている!!(住宅用:IRENA推計情報:2013)

IRENAによる再生可能エネルギー蓄電の概要 | Energy Democracy

FIGURE 5.17: GRID PARITY OF PV-STORAGE IN GERMANY



Source: EuPD Research/ BDEW 2013.

IRENA

©2018, kurochans-net



Innovation Roadmap 2030

フィンテック 社会一変

金融サービス 安く便利に

ニッポンの革新力

身近になるデジタル通貨

- 銀行口座の預金の分だけ発行される兌換デジタル通貨の誕生
- デジタル通貨で貯蓄も可能に
- 銀行側がAPIではなくブロックチェーンでデータを共有
- カードが不要なATMの普及
- ICO(仮想通貨技術を使った資金調達)ルール整備へ
- コンビニでも仮想通貨の決済が可能に



信用の担保は量子コンピューターの時代へ

お財布から現金が消える?

- 世界統一の仮想通貨が誕生
- 紙幣を全面廃止
- 保険会社・個人の健康データや運転技術などに保険料率を個別に設定
- 仮想通貨サービスもほぼ全てがウェブ完結可能に



2018年

2030

2019年

2027

認証は自分の体で

- 身体の特徴による生体認証と、行動パターンによる認証を組み合わせた完全手ぶら認証



2021

2026

支払いで並んだこともあったな

- 日本のコンビニがレジなしに
- まずはフィンテックグループ、AIなどで業務量を減らし従業員数も1.9万人削減し6万人に



2022

2025

ファンドマネジャーはAI

- AIが完全運用する投資信託が登場



2024

2025

お会計

- 病院や郵便局で仮想通貨支払いが可能に



2023

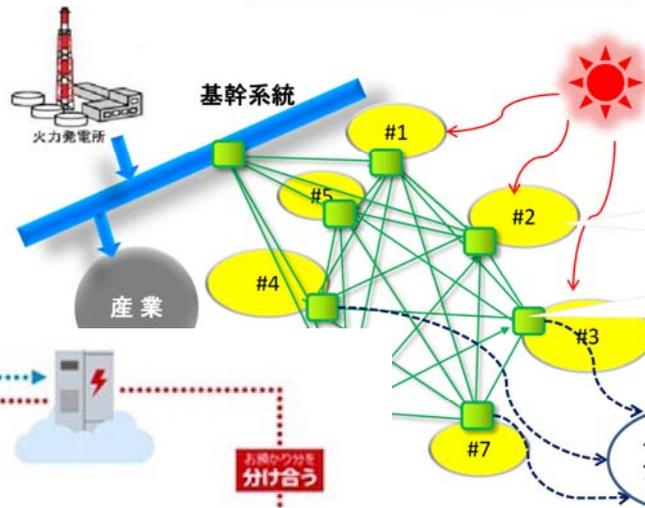
- AIが好みの商品を自動的に購入
- 証券取引システムをブロックチェーンに置き換え
- 三菱東京UFJ銀行、業務量の3割、9500人分を削減



【注】インフォメーションシステム統合コンソーシアムグループ、野村総合研究所の協力など事業に日本経済新聞が積極的に参加

新しい電力供給システム ~デジタルグリッド~

エネルギー本位経済の基盤



太い幹と豊かな葉:
自然エネルギーの変動波及や連鎖停電事故を抑制

セルグリッド:
発電と貯蔵を持ち、周波数のずれを許容する独立性の強いグリッド

デジタルグリッド
ルーター:
電力制御ルーターによる拡張性のある接続

【オマケ】
20180223

ある会社の広告?



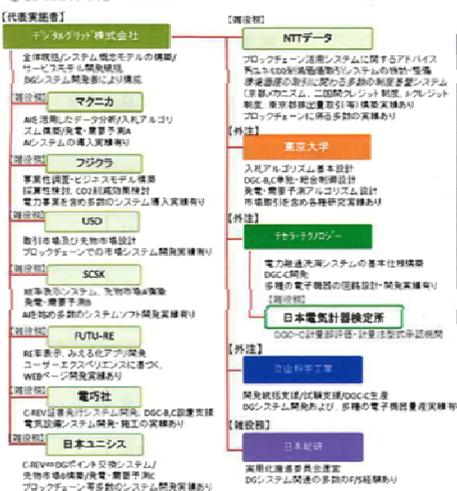
東京電力エナジーパートナー: 電気のお預かりサービス

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1802/23/news044.html>

簡単そうに見えるけれど最低限のデジタル情報システムが必要か?

(2)事業の実施方法・計画

③【実施体制】



⑤【実用化推進協議会の参加者の調整状況】

担当者・所属が記載されているメンバーは実用化推進協議会への参加が調整済み。

参加メンバー	担当	所属	参加メンバー	担当	所属
1 デジタルグリッド	副会長	専業代表者	15 サミットエナジー	藤井大介	営業第二部
2 イオンデライト	小森雅弘	WEエネルギー事業推進本部	16 マルニカ	桐野博	事業推進室
3 イオン	上田健隆	BCM推進グループ	17 SCSK	敬原昭雄	R&Dセンター
4 セブン&アイ	木之下康夫	経営推進部	18 日本ユニシス	三枝浩典	公共第一事業部
5 フジクラ	竹下勲	新規事業推進センター	19 日本電気計測検定所	加藤利久夫	株定管理部長
6 USD	上原正士	代表取締役	20 シナノン	藤井雄也	電力事業部
7 FUTU-FE	福井洋彦	代表取締役	21 京セラ	池田一博	エネルギー事業推進室
8 電巧社	丸沼保司	推進本部施設整備部	22 ofrex	松尾豪	営業部
9 立山科学工業	岡本健治	技術本部	23 エナリス	松田進人	経営戦略部
10 日本総研	松井英策	コミュニティインフラデジタルグループ	24 東京ガス	高橋淳史	技術本部 技術企画部
11 宇セラテクノロジーズ	宮本洋	システム開発部 推進部	25 自然電力	藤野 謙	代表取締役
12 フォリシモ	三浦浩也	IoT 事業部	26 みんな電力	眞野秀次	新電力事業部
13 北電	若木洋介	企画開発室	27 PIV-NET	野尻 謙	代表取締役
14 NTT Data	泉牧真生	金融事業推進部	28 JEPX	藤松一夫	企画開発部

協議会は、5月、6月、8月に丸の内ビルディング8Fでの実施を予定。以降は隔月に1回程度を予定。環境価値決済に伴う現行の法整備・システム・政策、グリーン電力証書・Jクレジット等既存ビジネスとの整合性等を確認し、日本版RE100立ち上げのための基礎を構築する。

⑥【実施計画】

※10,000箇所での実証を前提

	H30年度				H31年度				H32年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
(1) 手順書および入札システムの確立	設計・プロトタイプ構築				検証・検証				検証・検証			
	63,543千円				218,120千円				228,370千円			
(2) DGCの開発と普及	検証・検証				検証・検証				検証・検証			
	189千円				5000台生産				5000台生産			
(3) 取引量Webサイトの一般公開	設計・プロトタイプ構築				検証・検証				検証・検証			
	36,293千円				279,076千円				256,126千円			
(4) 大規模実証試験による効果検証	準備				1000台実証				1000台実証			
	41,137千円				236,033千円				562,413千円			
(5) 日本版RE100の立ち上げ	協議会毎月開催				協議会毎月開催				協議会毎月開催			
	42,837千円				58,783千円				118,783千円			
(6) 再エネCO2削減目標を達成	設計・プロトタイプ構築				検証・検証				検証・検証			
	53,327千円				188,120千円				245,370千円			
継続費合計	295,435千円				1,643,652千円				1,878,652千円			

④【実証に係る協力事業者・フィールド提供者・地域等の合意等の状況】

下記9団体からは、本事業実施における実施場所提供書面を受領している。

実証協力団体	推薦者	所属
さいたま市	清水 勇人	市長
イオン	上田 奈穂子	グループ総務部BCM推進グループマネージャー
イオンデライト	相馬 勝	取締役 兼 専務執行役員
PIV-NET	都筑 建	代表取締役
東京ガス	高世 厚史	技術本部 技術企画部 部長
シナノン	長谷川 淳	電力事業部長
サミットエナジー	藤井 大介	常務取締役 営業第二部長
横浜市	宮本 薫	温暖化対策統括本部 企画調整部 調整課長
丸紅	飯島 渉	国内電力プロジェクト部長
セブン&アイ (調整中)	木之下 康夫	経営推進部オフィサー



Report from IEA PVPS Task 8 :
Study on Very Large Scale
Photovoltaic Power Generation Systems

<http://www.iea-pvps.org/products/download/Energy%20from%20the%20Desert%20Summary09.pdf>

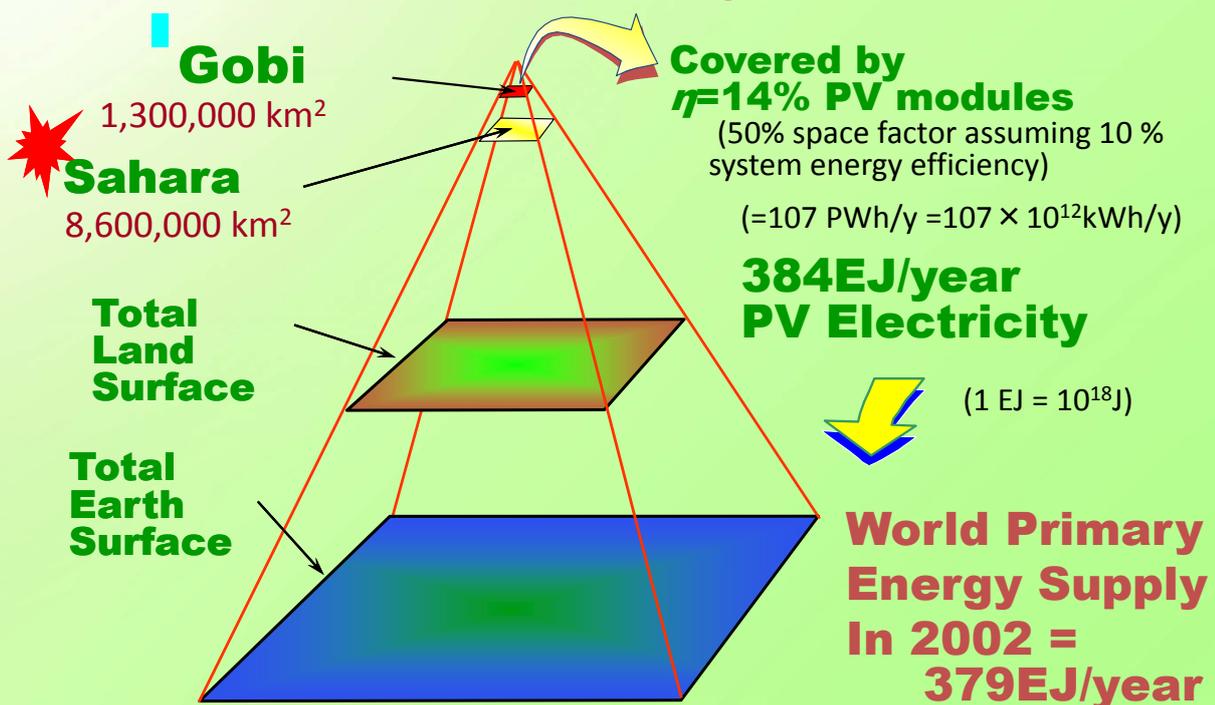
ENERGY FROM THE DESERT



Task 8 OA (up to 2008)
Prof. Kosuke KUROKAWA
Tokyo Institute of Technology

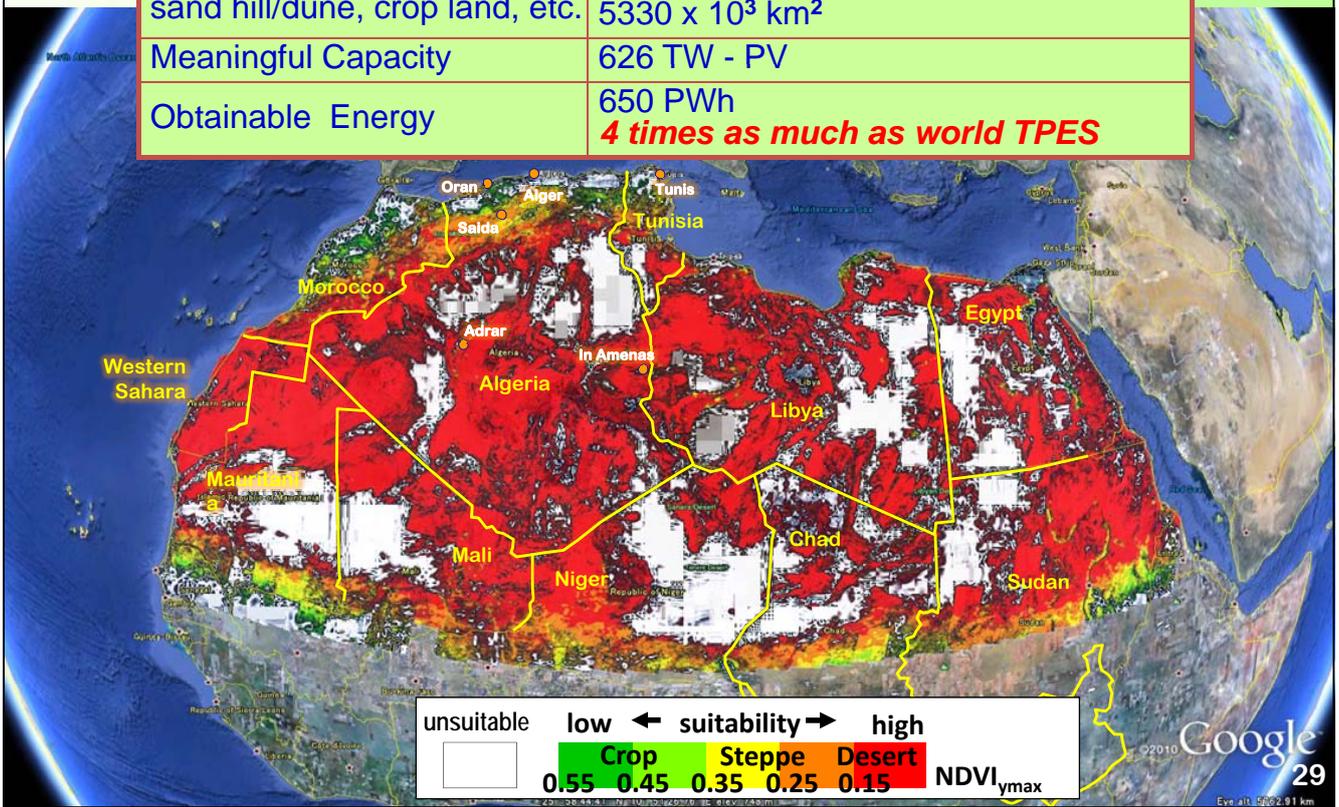
27

Solar Pyramid: PV Systems for 21st Century



Suitable, Stable Area on the Sahara for PV

Suitable Area excluding sand hill/dune, crop land, etc.	43 %
Meaningful Capacity	5330 x 10 ³ km ²
Obtainable Energy	626 TW - PV 4 times as much as world TPES



Our Dream Team for 21st Century Energy

All distributed by EarthScan UK

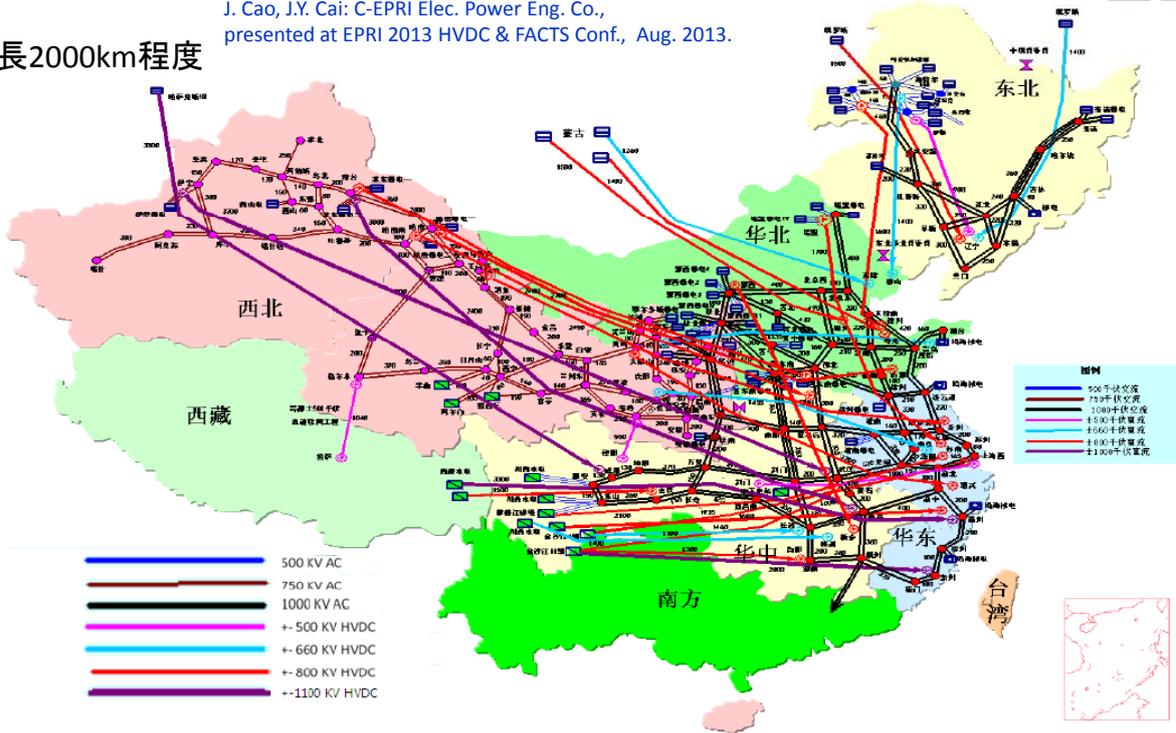
10 countries + 2 observers
 Japan (OA), Canada, Germany, Israel, Italy, Korea, the Netherlands, Spain, U.S.A., Australia, Mongolia (obs.), China (tentative. obs.).

2007.9 IEA PVPS Task 8 Milan Meeting

China Transmission Grid 2020

J. Cao, J.Y. Cai: C-EPRI Elec. Power Eng. Co.,
presented at EPRI 2013 HVDC & FACTS Conf., Aug. 2013.

最長2000km程度



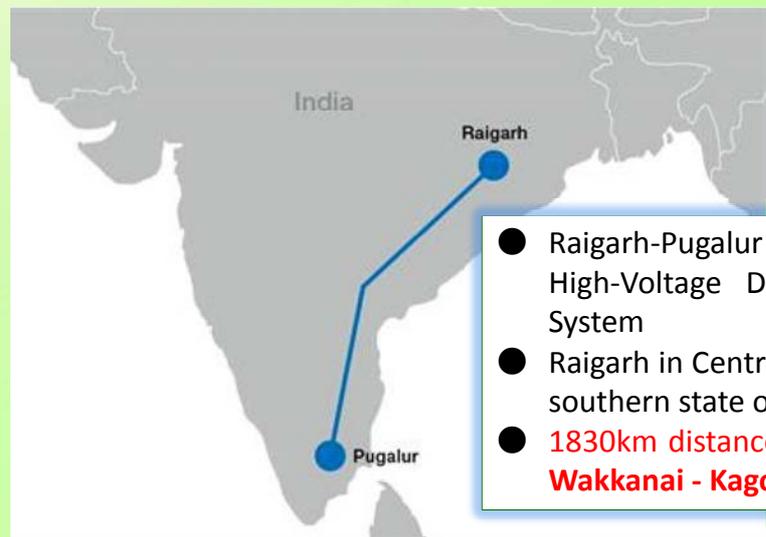
New Constructions by 2015	+800kV HVDC: 13 lines	Total HVDC (approx.): 30,000 km, 50 HVDC lines
	+1100kV HVDC: 1 line	

参考

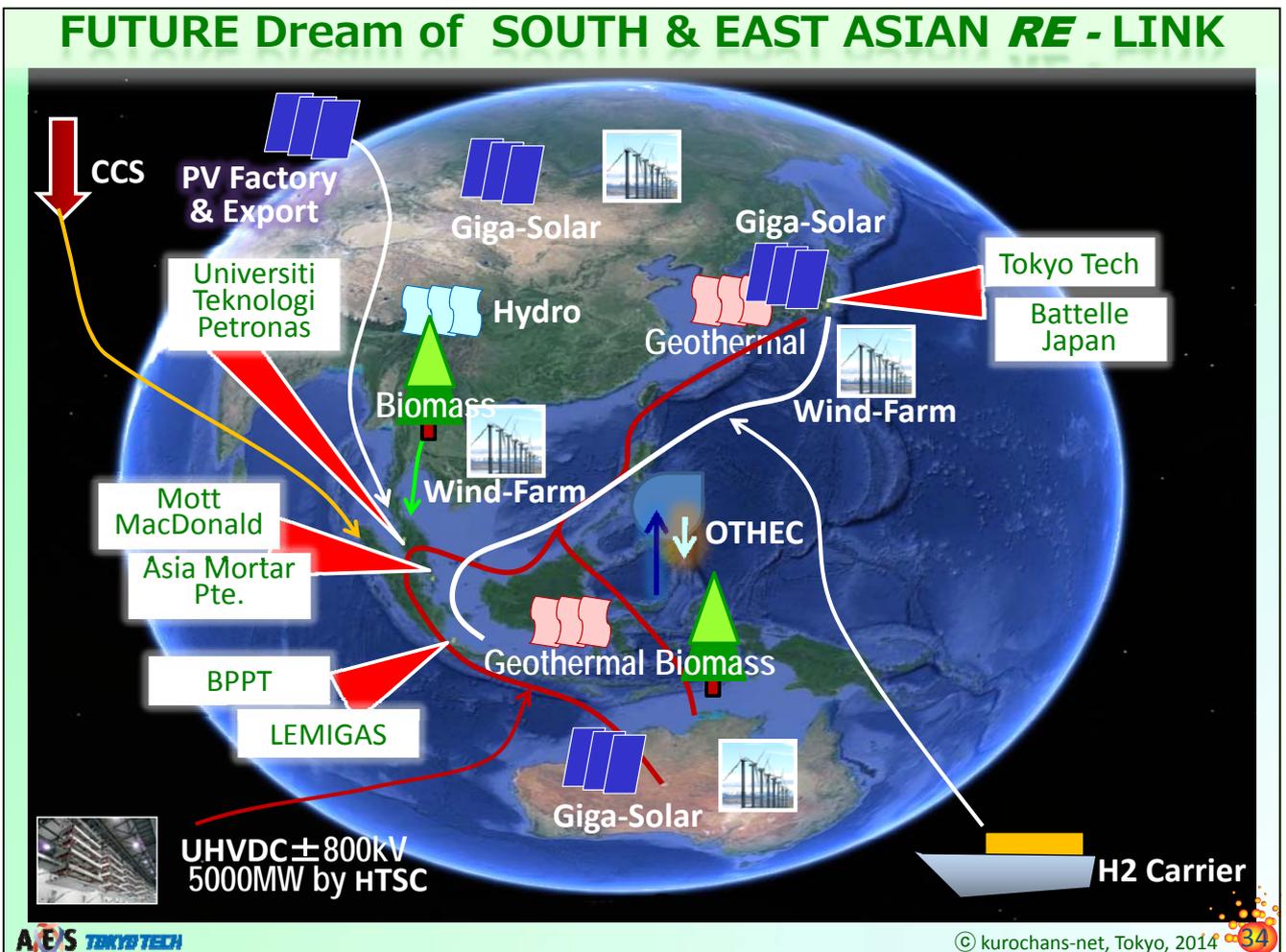
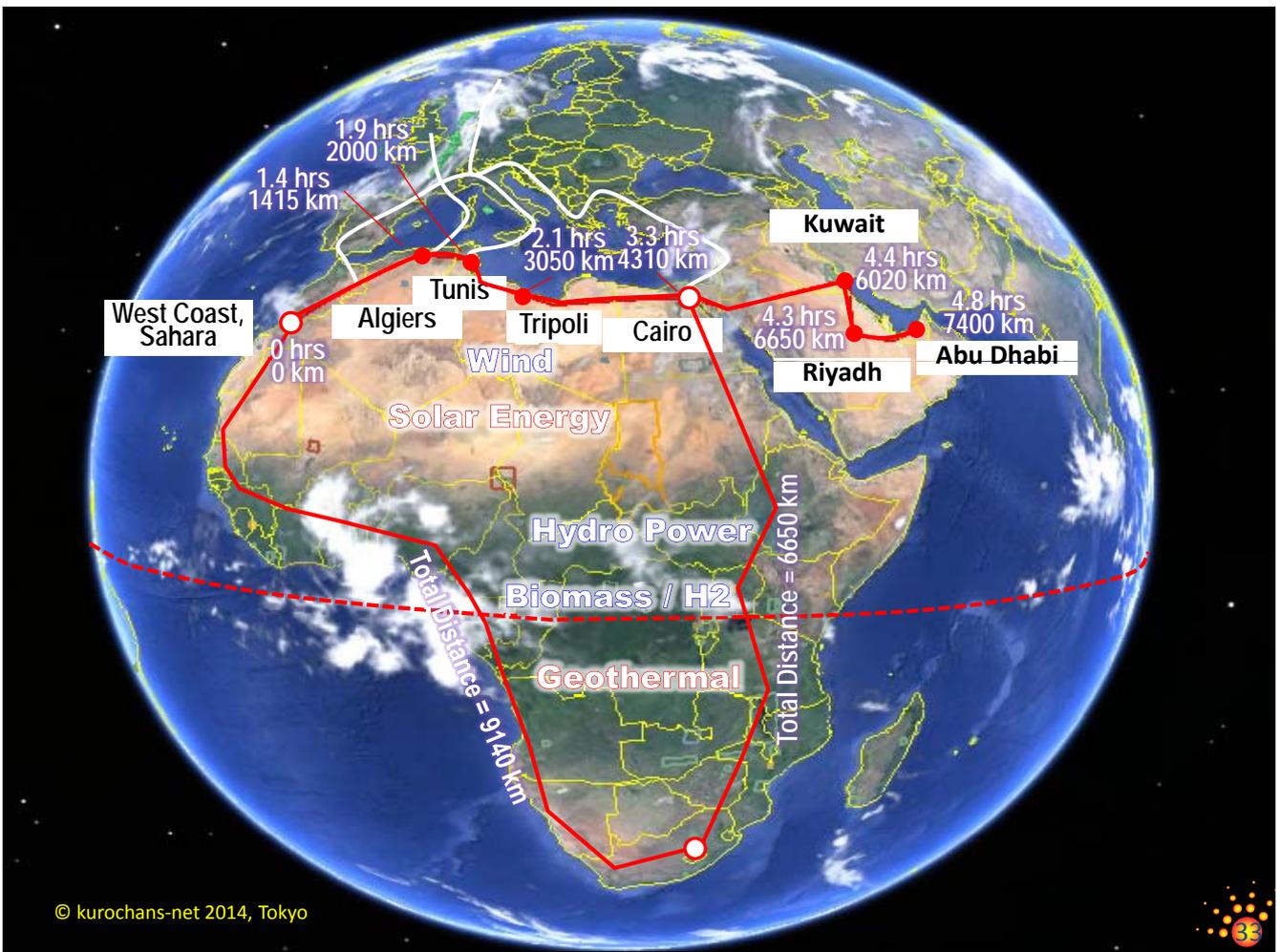
new Indian HVDC Links

ADB's Green Energy Corridor and Grid Strengthening Project (RRP IND 44426)

Indian POWERGRID to be completed till 2019
800kV, 1830km HVDC Project – World Longest at the moment
Raigarh – Pugalur HVDC Project in the state of Tamil Nadu
 to be constructed by **ADB/ABB**



- Raigarh-Pugalur 800 kilovolt (kV) Ultra-High-Voltage Direct Current (UHVDC) System
- Raigarh in Central India to Pugalur in the southern state of Tamil Nadu
- 1830km distance almost the same as to **Wakkanai - Kagoshima**



時代が求める分散調和型 「再生可能エネルギー・アンサンブル」

● 2014年：太陽光発電や風力発電では、「系統接続保留問題」が大きく取り上げられた。これを契機として、再生可能エネルギーは地域分散型システムの特徴を活かした「利口なシステム」へ向かおうとしている。複数の地域再生可能エネルギー源をうまく組み合わせ、パワエレによる高速高精度制御、エネルギー貯蔵機能の追加、地域最適化を優先した制御ロジック。中間階層スマート化の機は熟している。

● COP21以降、一時関心が薄れていた地球温暖化対策について、内外でも再び関心は高まりつつある。「再エネ」は、本質的に持続可能であるという基本認識を忘れないで欲しい。再エネ時代の再来を待ちたい。(注目：経産・環境・農水・総務・国交・内閣府・・・)

● 再エネが長期的な地球存続の絶対的な条件である！！

● 再エネ産業は、太陽光発電のように、地域型のバリューチェーン構成！装置産業だけでなく、多様な需要形態や立地の多様性、建設・運転・保守など。また、発電エネルギー価値の地域還元をすすめて、地域の価値を高めたい。

● 再エネはシステム自身が本質的に地域型：中間層システムの自律性重要(→JSTプロジェクト；環境省新プロジェクトなど)；メリットの最大化が可能に！！
時代は地域新規参入事業の展開などへ、地域に根ざした幅広いバリューチェーン形成・拡大・展開の機運が高まりつつある！！

第20回STEPPS研究発表会

18 Mar. 2018

進め！！ 再生可能エネルギー アンサンブル！！

- 再生可能エネルギー：真の価値
 - ・多くは太陽エネルギー起源：地球環境持続性の意味
 - ・フットプリントとバイオキャパシティ
- 再生可能エネルギーアンサンブル・考え方
- 来たれ再エネルギーアンサンブル時代！！

Renewable Energy Ensembles

