



キャノングローバル戦略研究所
The Canon Institute for Global Studies

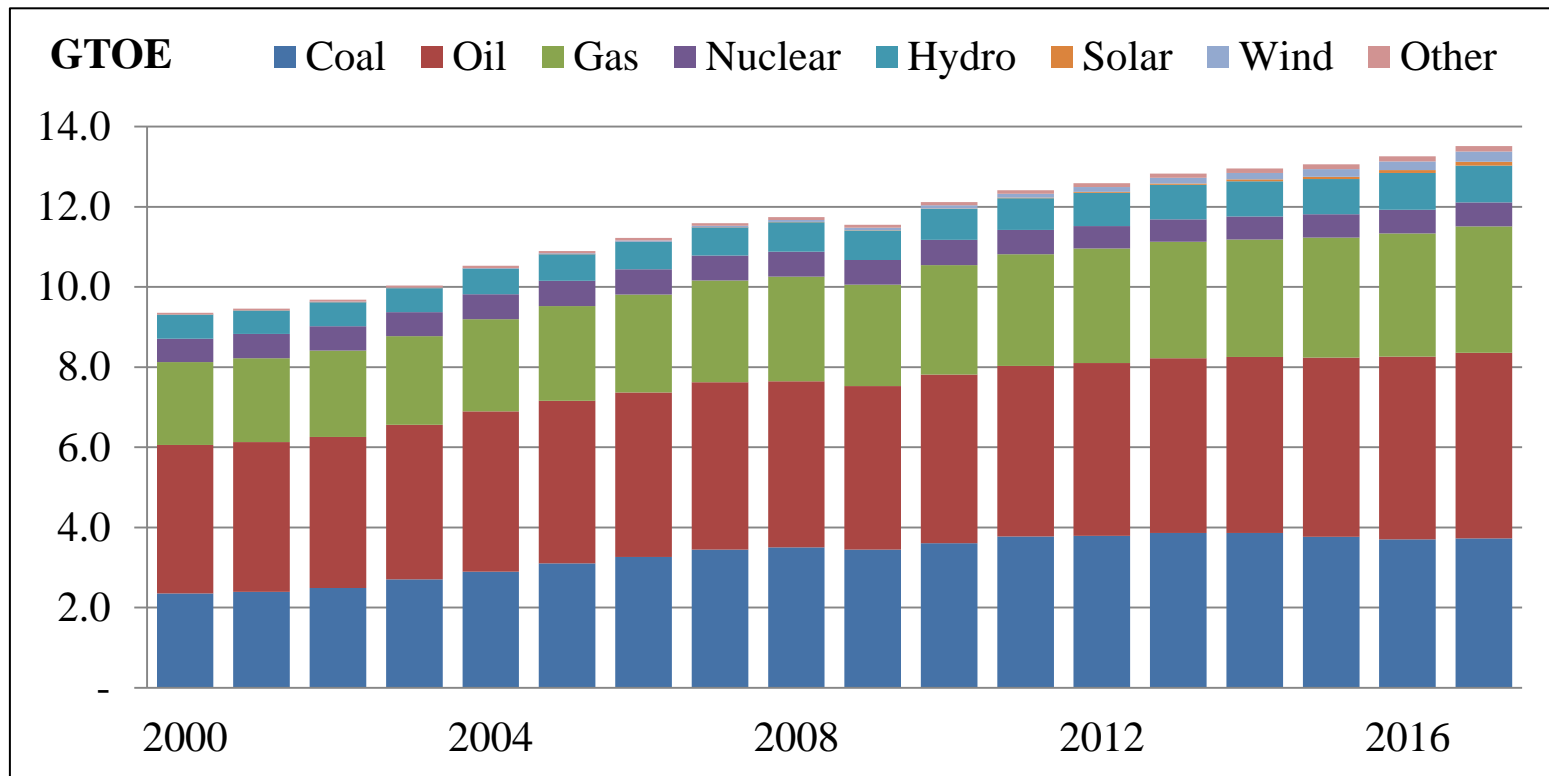
CIGSワークショップ
エネルギー、温暖化とイノベーション
2018年12月18日 東京

エネルギー政策、地球温暖化対策、イノベーション推進策
主要国における政策環境についての事例研究
とその含意

キャノングローバル戦略研究所
段 烽軍

地球温暖化とエネルギー

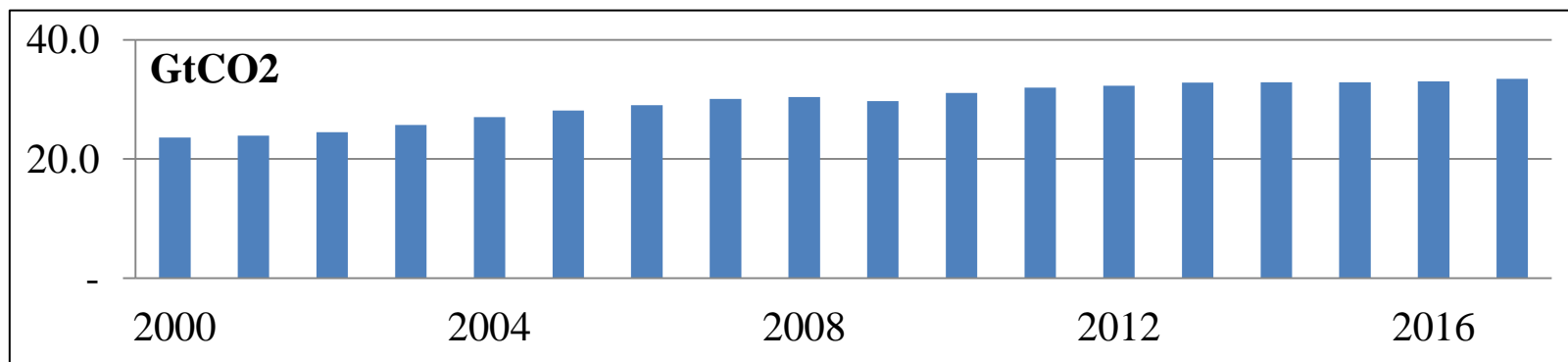
- 経済成長に伴い、世界のエネルギー消費が増加し、将来も増加していくと予測



Global Primary Energy Consumption (Based on BP data)

地球温暖化とエネルギー

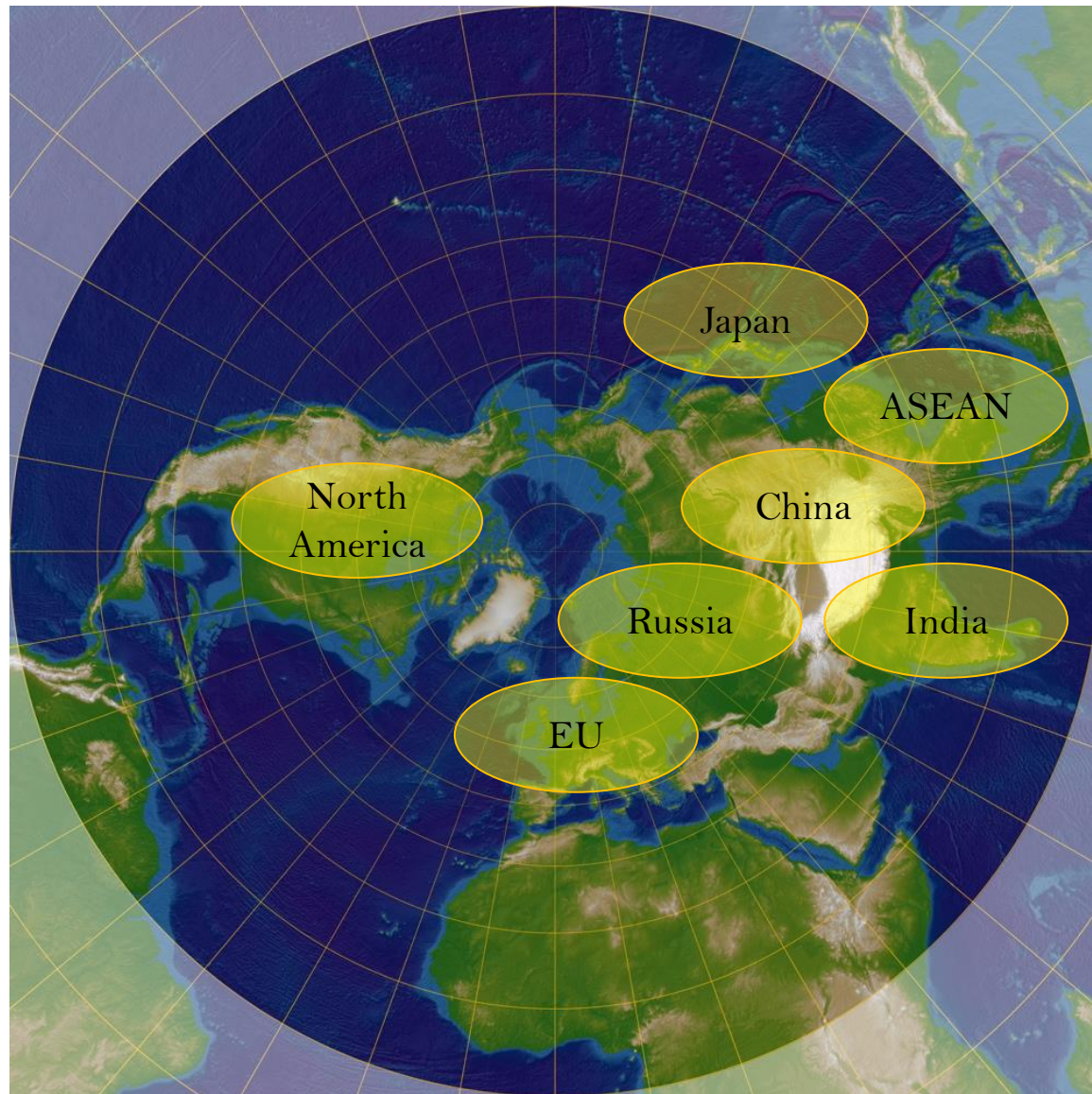
- エネルギー消費の増加に従い、CO2排出量も増加している



Global Energy Related CO₂ Emissions (Based on BP data)

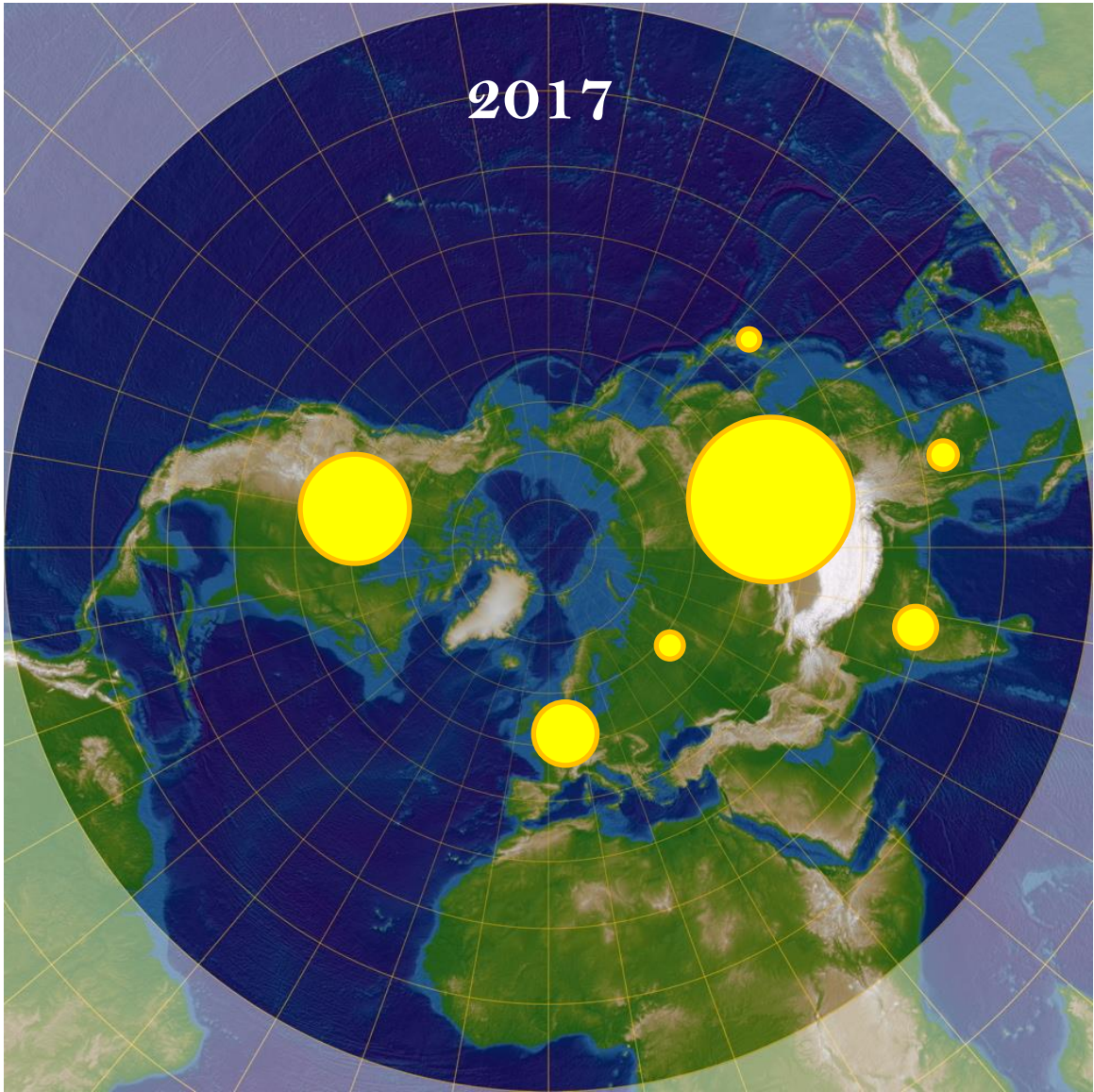
- 地球温暖化抑制するために、エネルギー消費の抑制、またCO2を出さないエネルギーの供給が必要
- IPCCやパリ協定では、既存技術の延長は足りなく、更なるイノベーションがカギ
- イノベーション創出のために、過去の事例(省エネ、原子力、再エネ、CCS)を考察

Map of the Northern Hemisphere



Changes of Energy Related CO₂ Emission

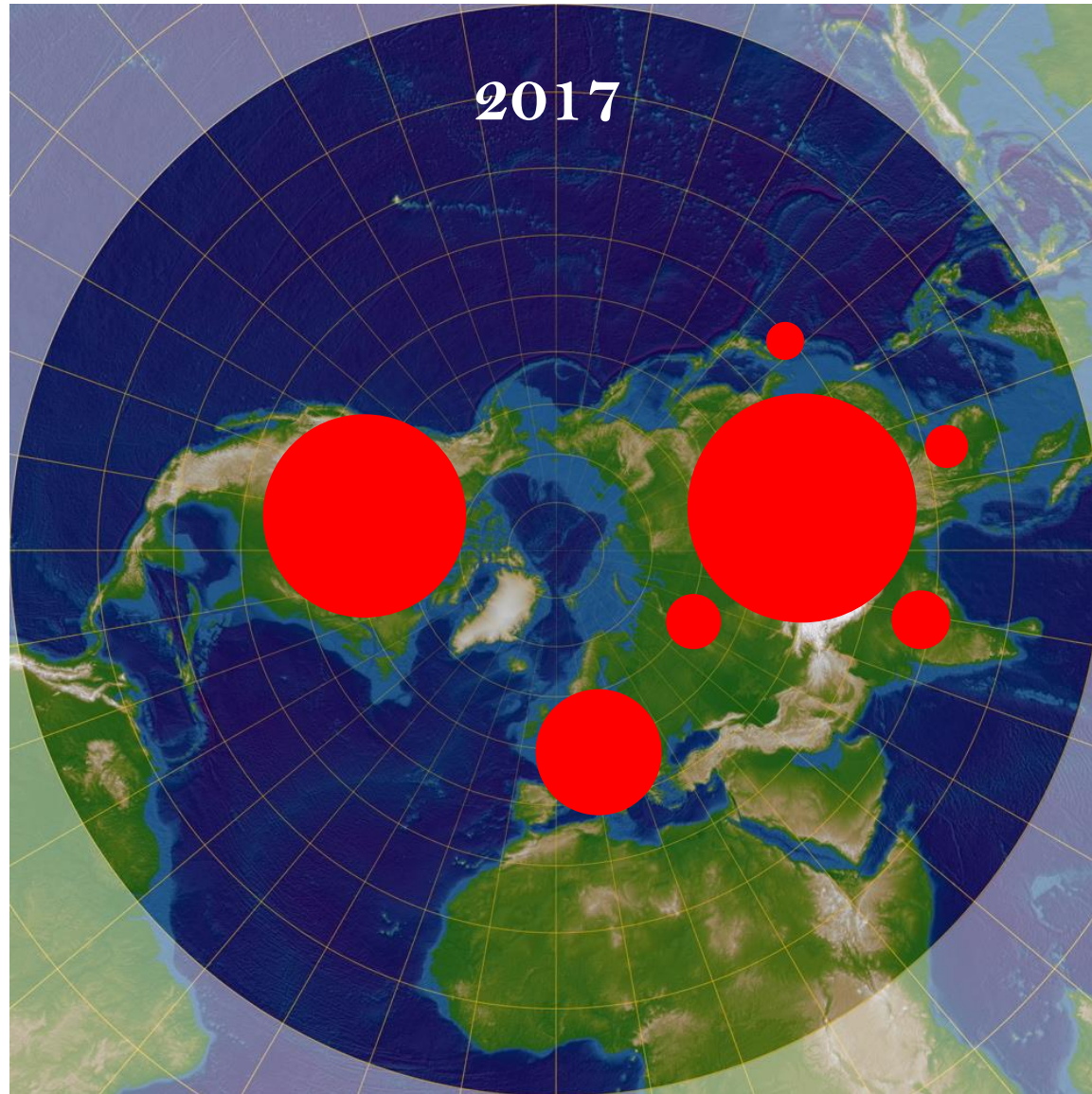
●
1 Billion
tone of
CO₂



Based on
BP data

Changes of Energy Consumption

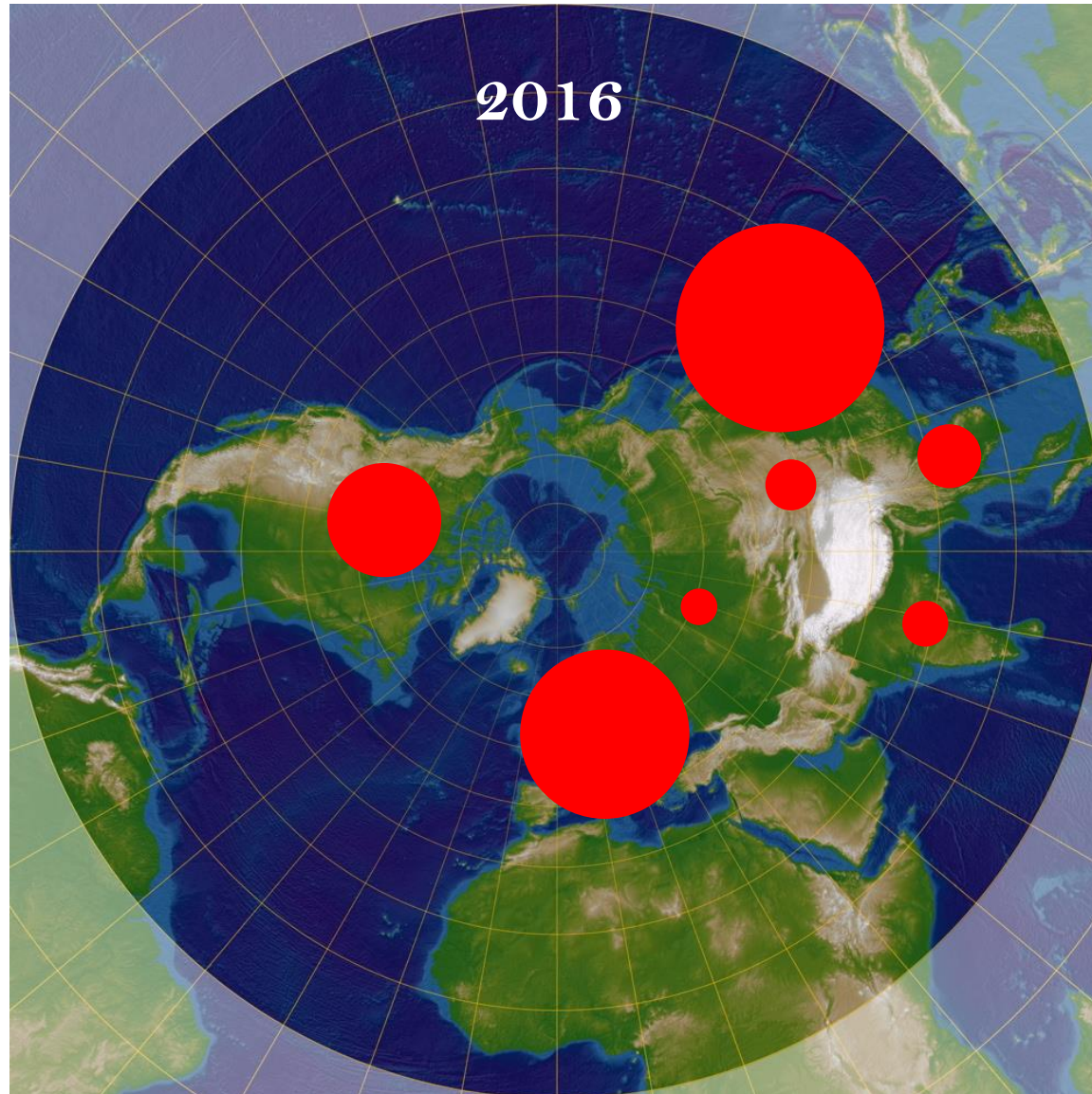
●
1 Billion
TOE



Based on
BP data

Changes of Energy Efficiency

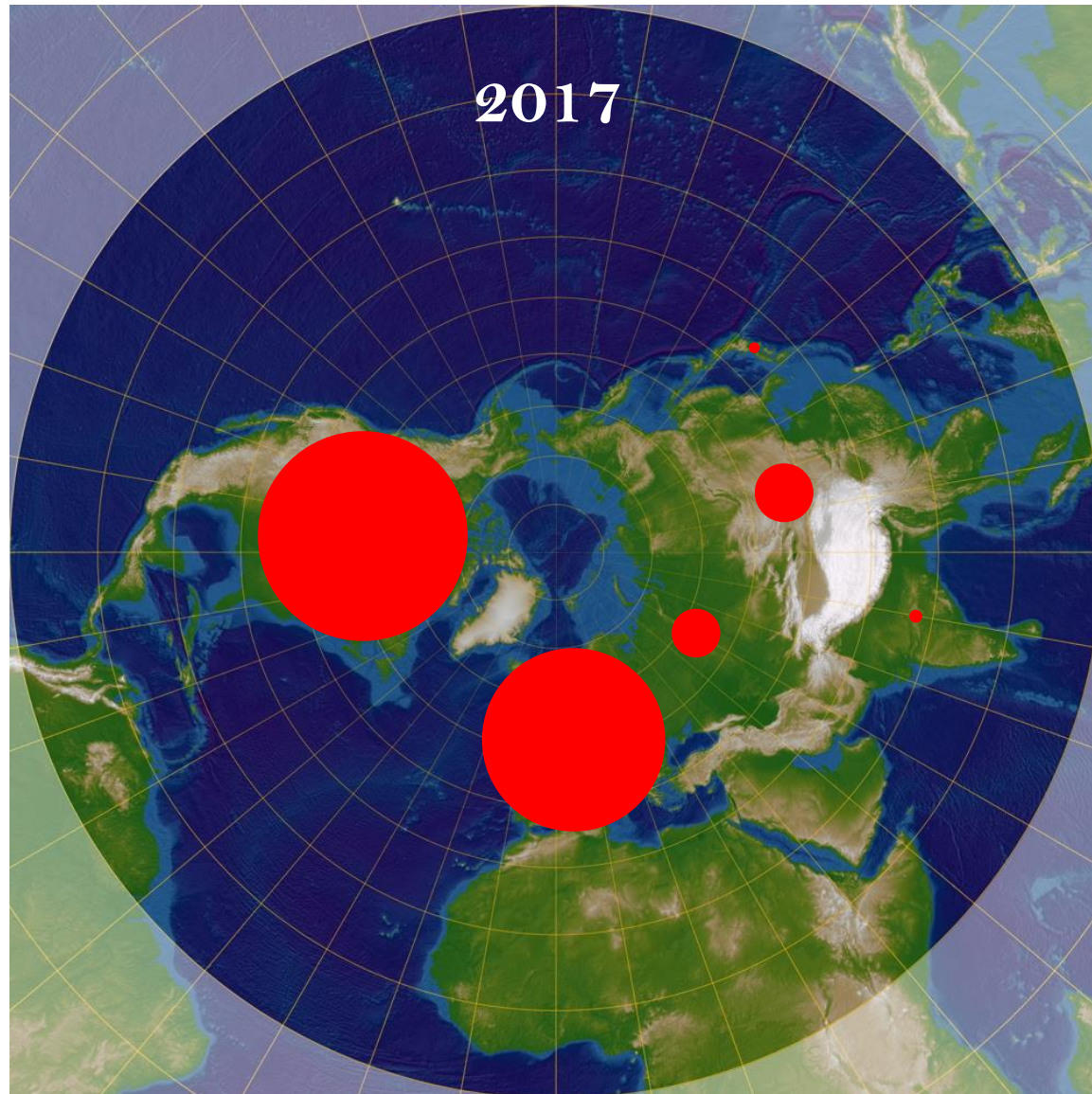
●
GDP
1000 USD/
TOE



Based on
IEA data

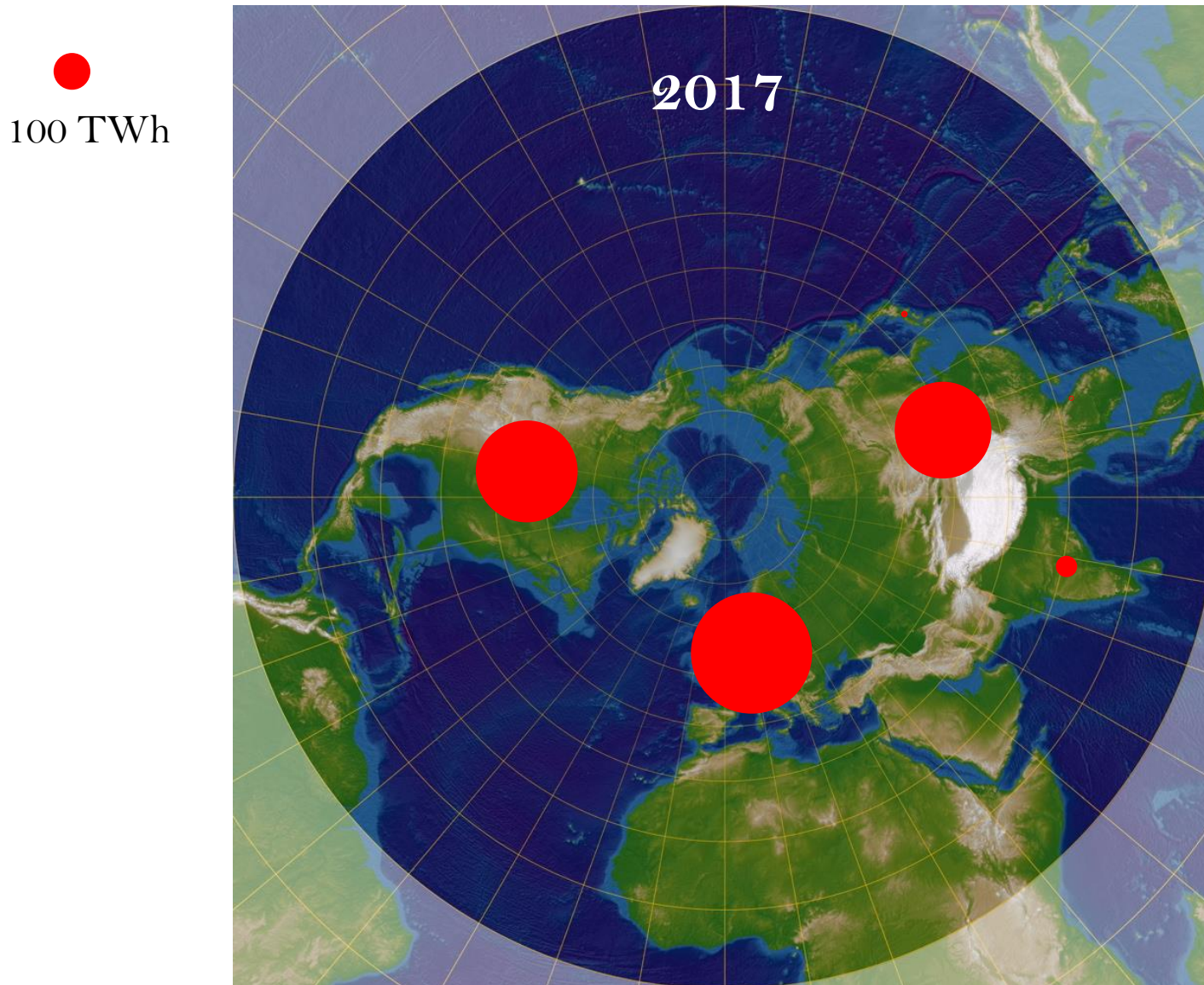
Changes of Nuclear Energy

●
100 TWh



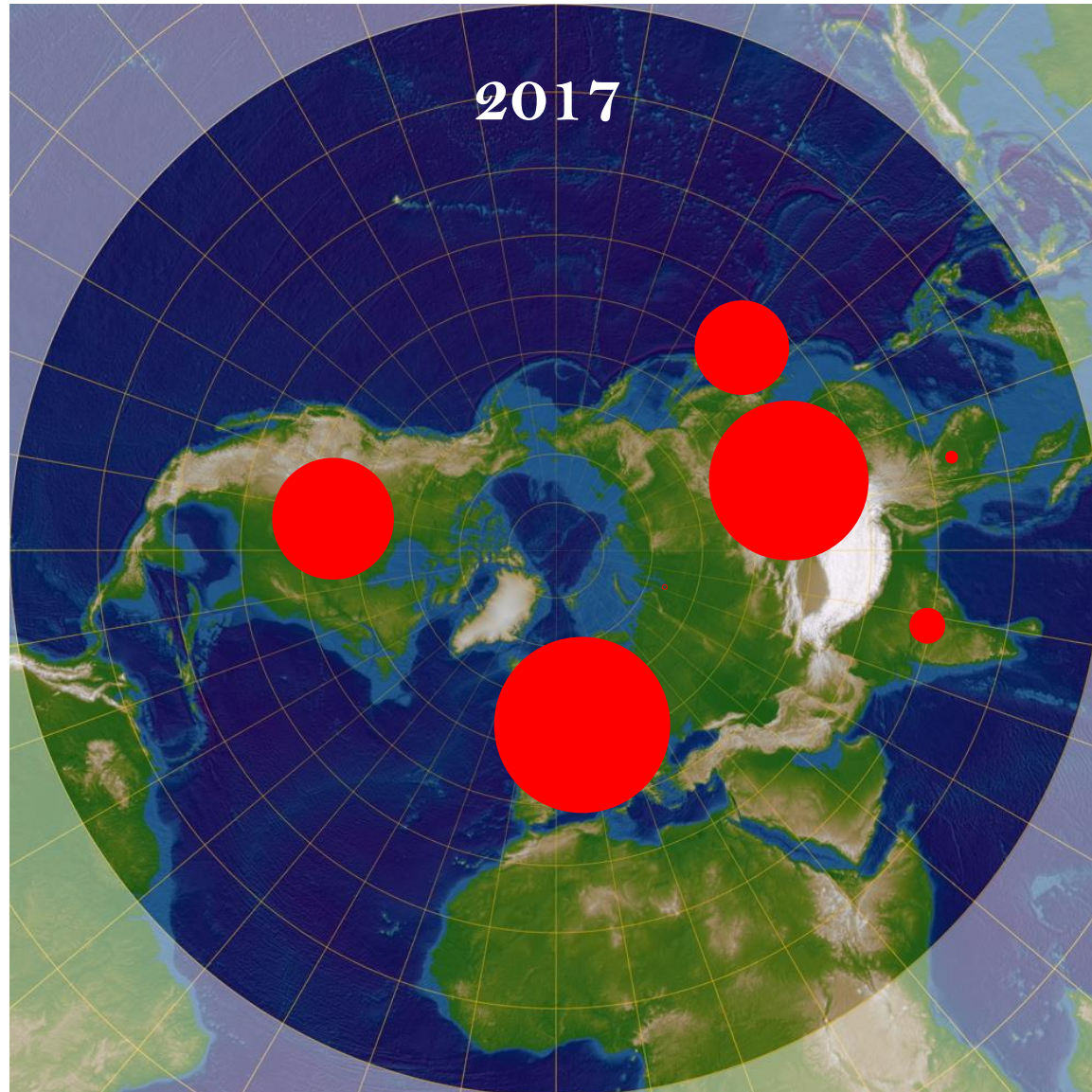
Based on
BP data

Changes of Wind Energy



Changes of PV

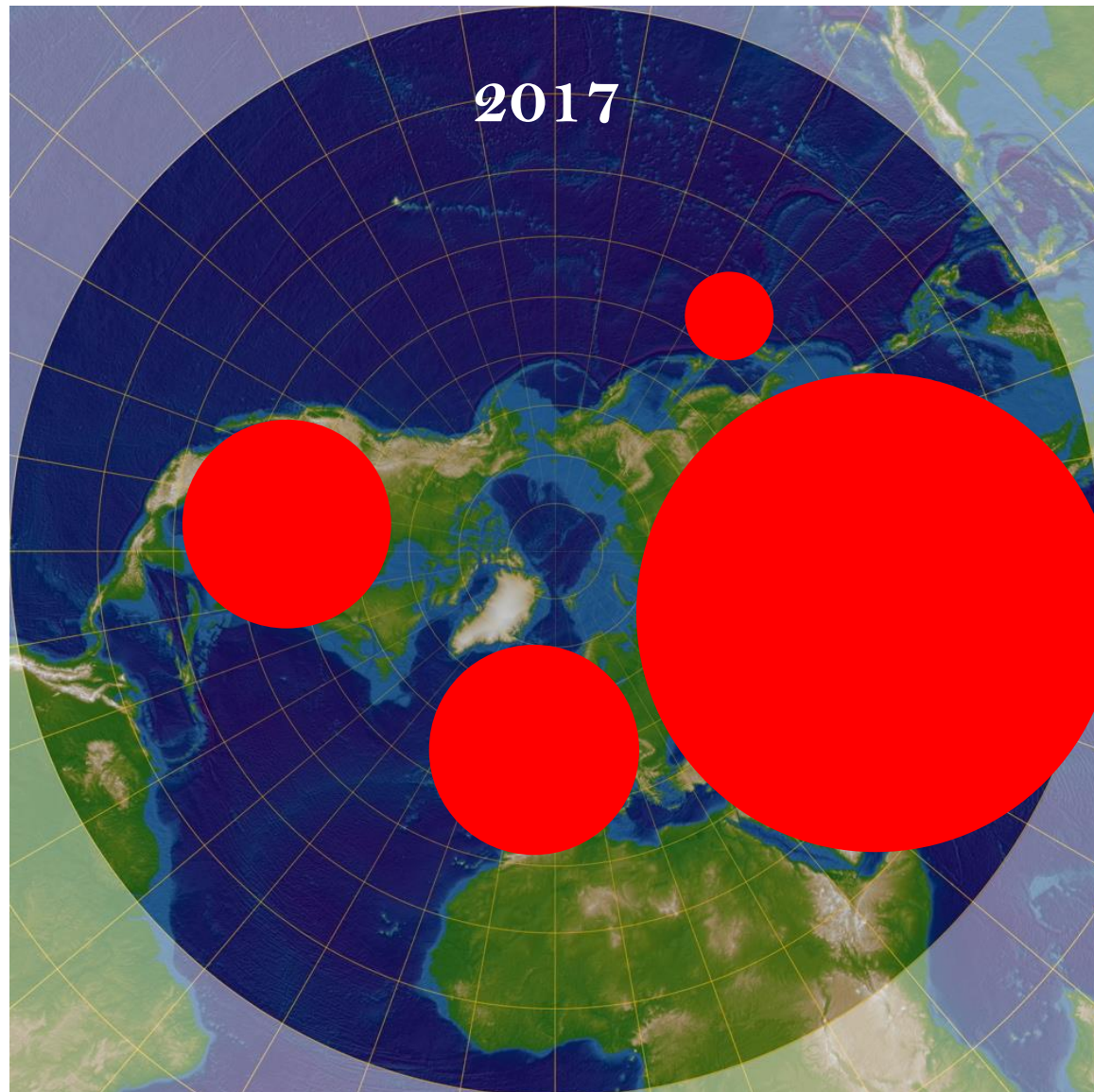
●
50 TWh



Based on
BP data

Clean Energy Investment

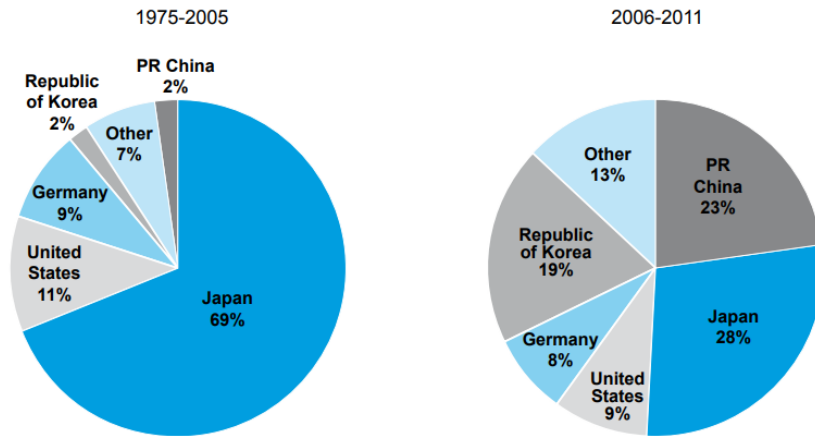
●
10 Billion
USD



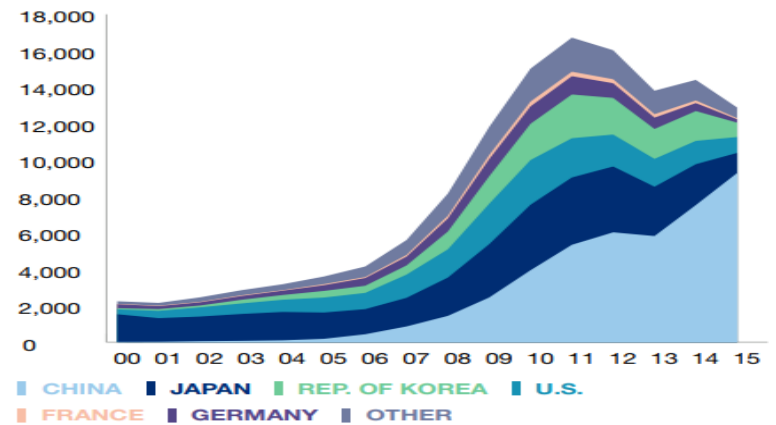
Based on
BNEF data

Clean Energy Technology Patent

Solar PV



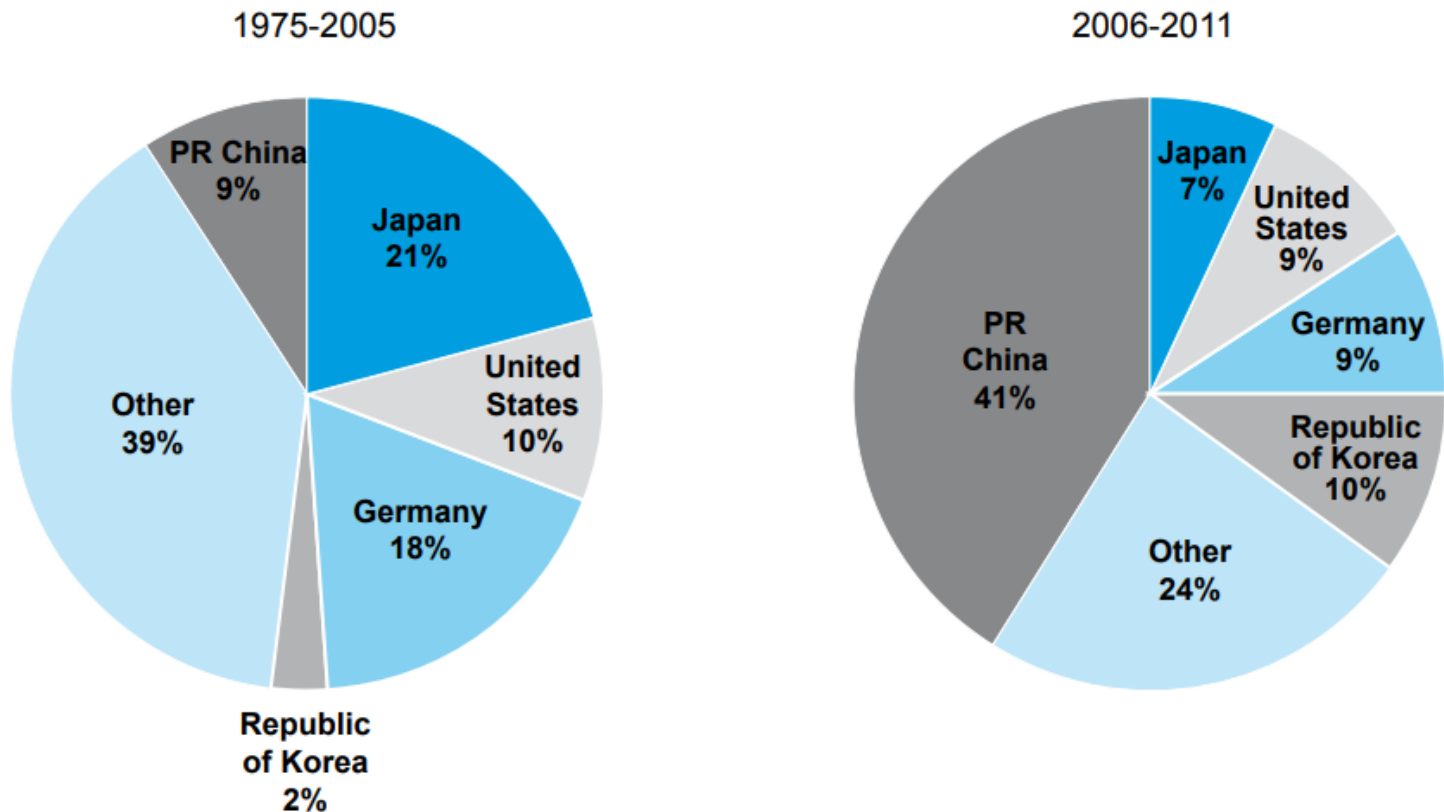
First filings of PV-related patents by origin, 2000-2015



Source: WIPO Global Challenges Report

Clean Energy Technology Patent

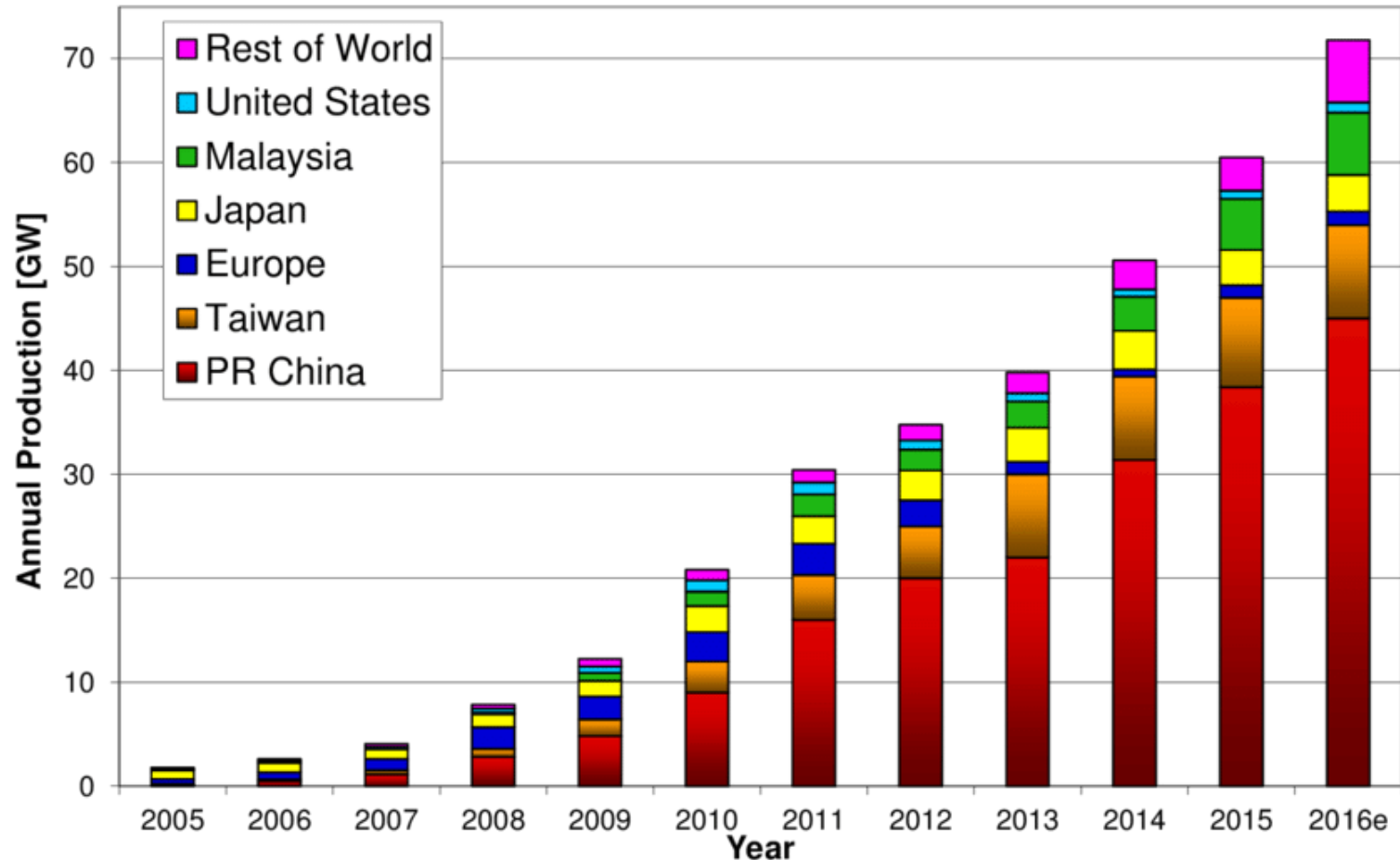
Wind Energy



Source: WIPO Global Challenges Report

Renewable Energy Industry

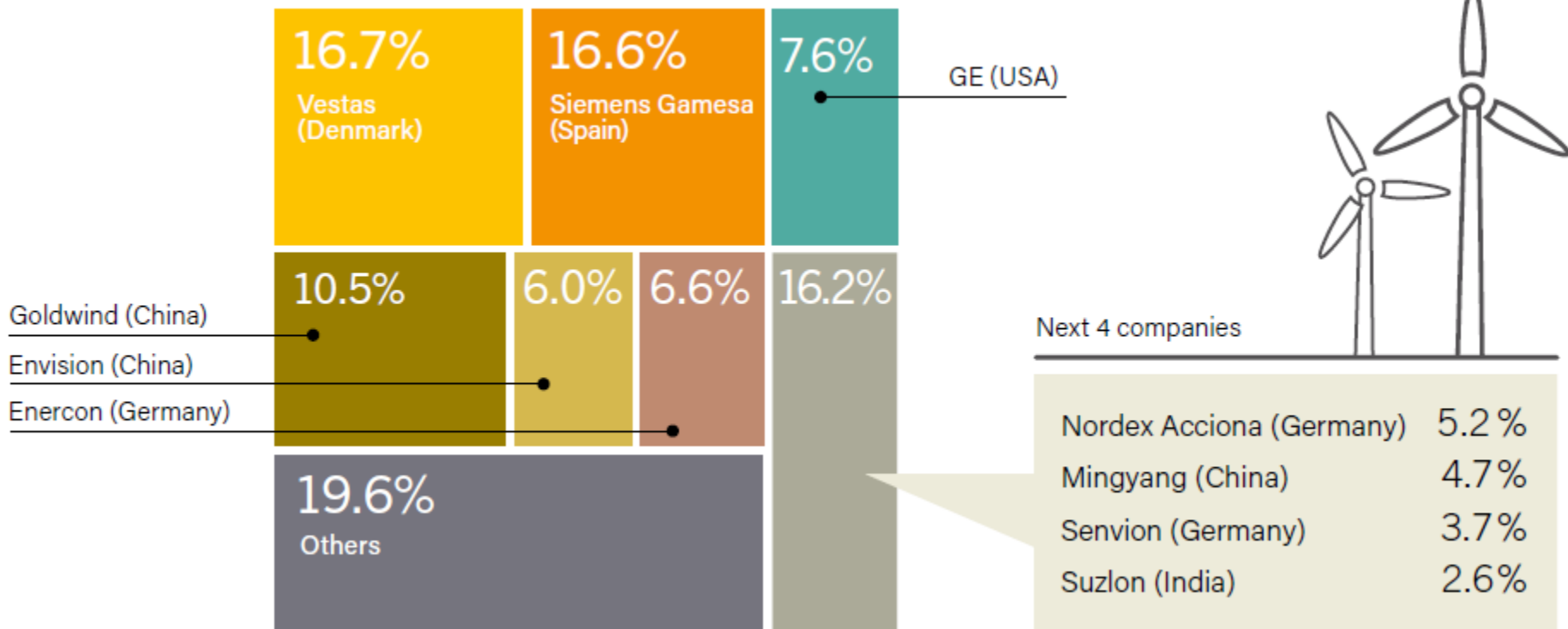
Solar PV Panel



Source: ResearchGate

Renewable Energy Industry

Wind Turbine



市場シェアの80%を占めるトップ10社

EU5社(48.8%)、中国3社(21.2%)、米国1社(7.6%)、インド1社(2.6%)

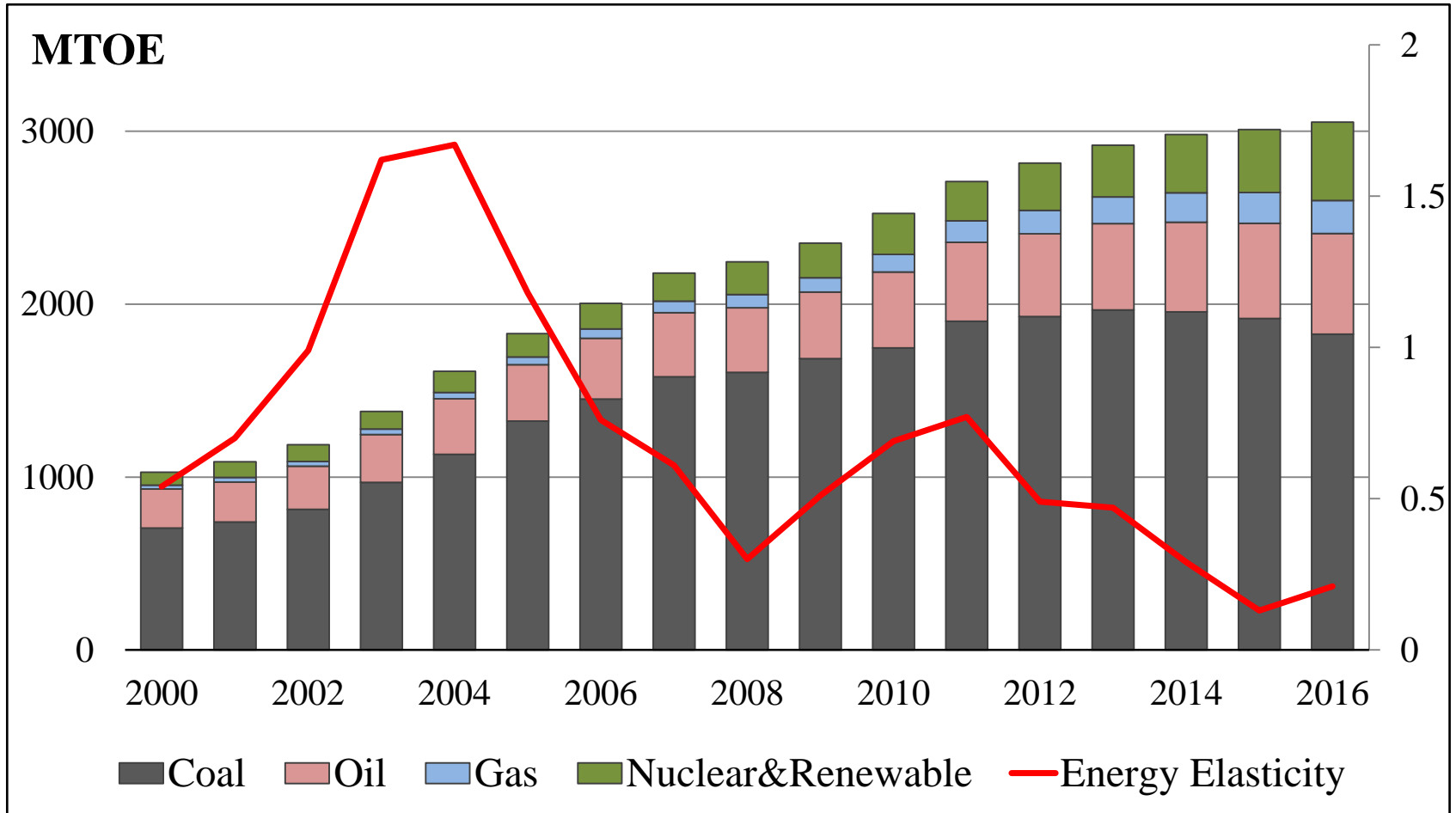
Source: Renewables 2018

地球温暖化と対策

- 大規模CO2排出削減策の実施状況
 - 省エネ：日本リード、EUキャッチアップ
 - 原子力：EU縮小、中国急拡大、米国維持
 - 風力発電：米中欧に集中
 - 太陽光発電：欧州先導、日中米急成長
- グリーンイノベーションと産業
 - 日米中欧のクリーンエネルギー投資は、世界の80%以上
 - 日米中ドイツのクリーンエネルギー技術開発は、世界の2/3以上
 - 太陽光パネルは中国、風力発電設備は欧中米が支配
- どうして、中国、米国、EUにイノベーションが起き、産業が育成され、大規模普及が実現しているのか

中国

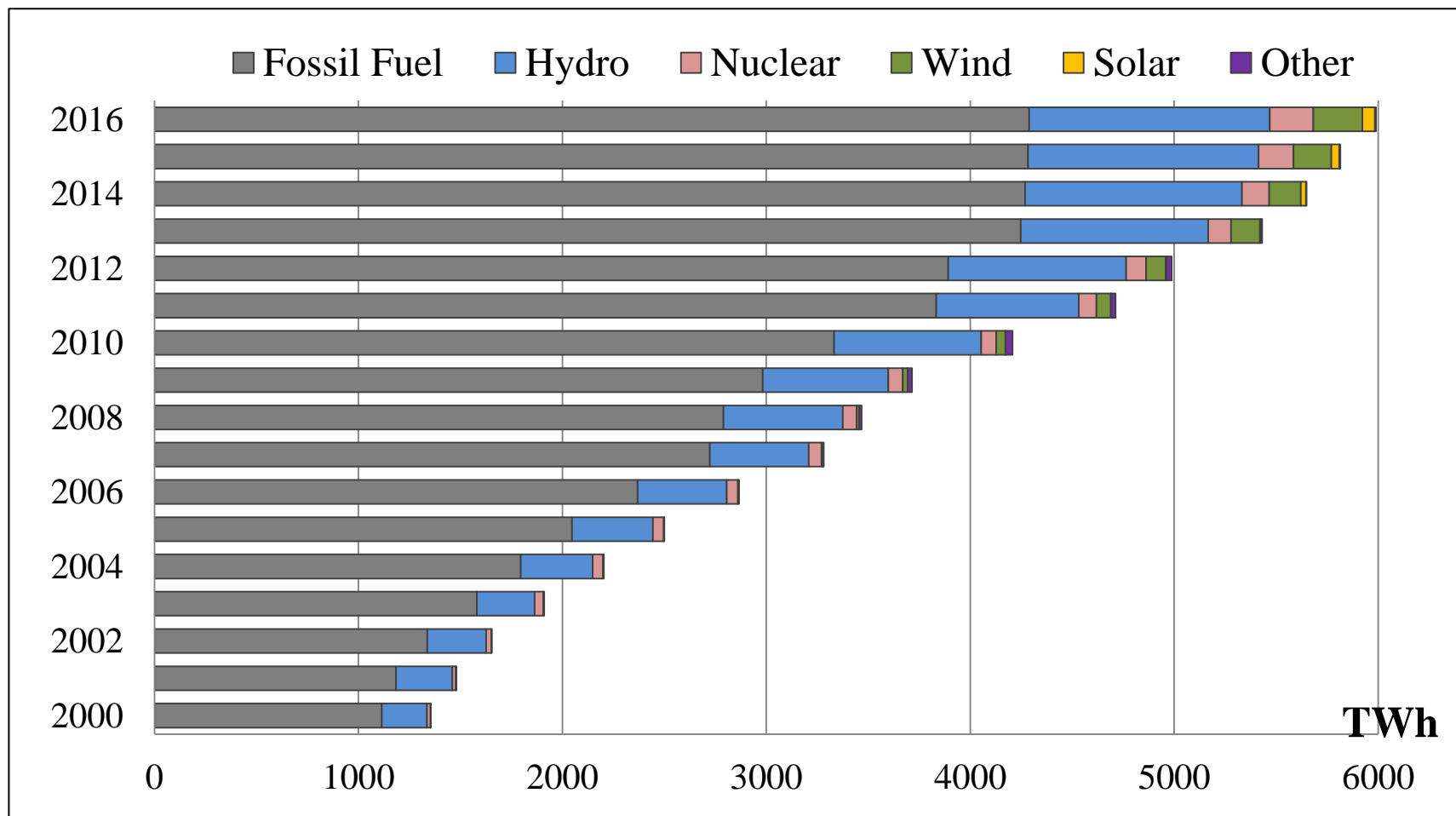
一次エネルギー消費



Data source: National Database

中国

発電構成

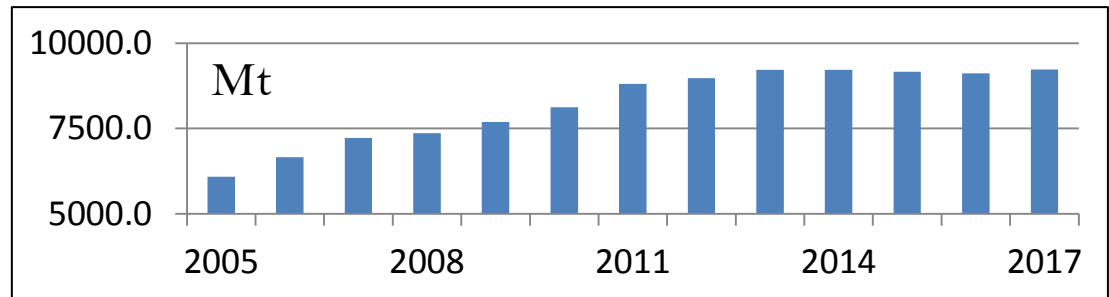


Data source: National Database

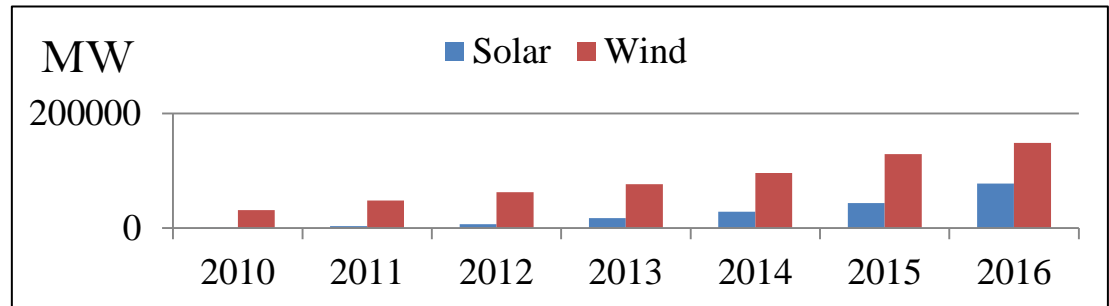
中国

CO₂排出とクリーンエネルギー

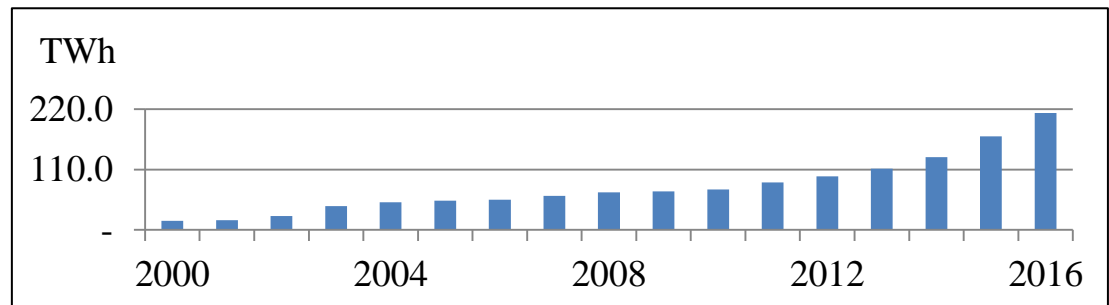
2014-16年、CO₂排出量は横ばいだが、2017年に前年比1.6%増加



2016年末まで、風力太陽光発電設備容量は、それぞれ世界の31.7%と25.9%を占める



原子力発電所を大規模に建設している。2015年と2016年にそれぞれ8基と5基が、商業運転



中国

- **2010年代**に入ってから、エネルギー構成や電源構成に大きな変化が見られ、急激に伸びてきたCO2排出量も横ばい状態になっている。

エネルギー効率の向上

石炭消費量の減少

再生可能エネルギーの普及

原子力発電の大規模建設

EVの導入

エネルギー政策の転換と地球温暖化対策の実施

中国

政策バックグラウンドと国家戦略

環境

PM2.5などの大
気汚染問題の顕
在化
地球温暖化抑制
の責任

エネルギー

急増する消費量
7割強の石炭依存
石油の輸入依存

経済

世界工場の限界
エネルギー依存
産業の限界

低炭素成長戦略(2011年第12次五か年計画)

環境問題の改善、CO₂排出量の抑制
エネルギーの安定供給、新成長産業の創出

中国

低炭素成長戦略と政策パッケージ

温暖化

省エネから低炭素化へ

原単位改善から総量規制へ

行政指導に市場原理

整理整頓からイノベーションへ

エネルギー

イノベーションが中心

省エネと低炭素化

国内資源をベースに、国際展開により安全供給確保

イノベーション

技術導入から自主開発へ

国家主導で基盤強化

産業界主導の推奨とサポート

国際協力の促進

新成長方式のキーワード(2016年第13次五か年計画)
イノベーション、協調、グリーン、開放、シェア

中国

政策アプローチと実施体制

- 中央政府主導のトップダウン方式
 - 戦略の制定:「五か年計画」
 - 法制度の制定、実施体制の確立
 - 政策目標
 - 具体策、基準の策定
 - 公的資金による推進
- 政府主導の市場形成
 - 炭素市場

中国

政策実施の主な体制

国務院

発展改革委員会

気候変動対策
局

温暖化対策

エネルギー局

エネルギー政策

科学技術部

イノベー
ション推進
策

中国

太陽光発電産業

- 第一段階: 世界のパネル工場 (~2010年)
海外技術、資金、市場による産業形成・拡大
2007年生産量が世界一 国内: 100MW (2007)
- 第二段階: 戦略性新興産業 (2010~)
産業政策とイノベーション推進策の結合
公的資金投入の拡大、技術進歩
海外市場に依存
- 第三段階: 新たなエネルギー産業 (2013~)
エネルギー政策と地球温暖化対策との結合
補助金政策
国内の大規模建設 国内: 130GW (2017)

中国

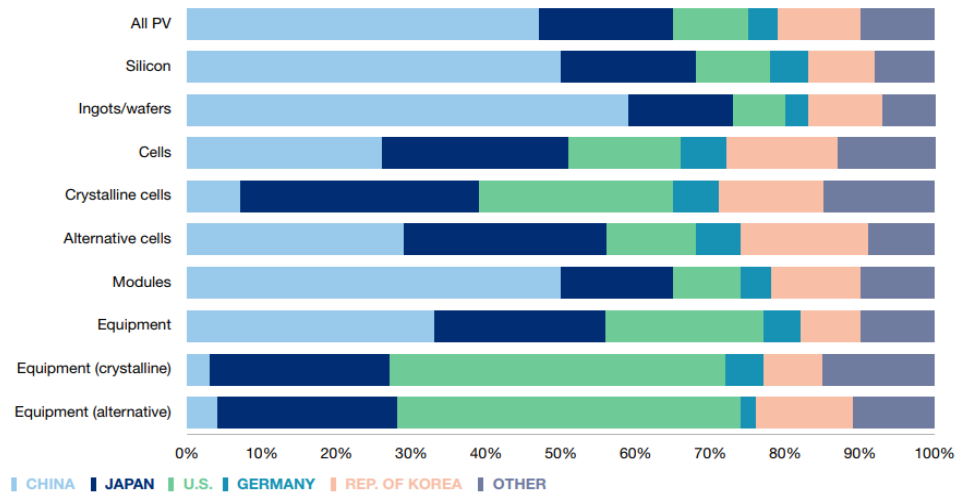
太陽光発電産業

- イノベーション

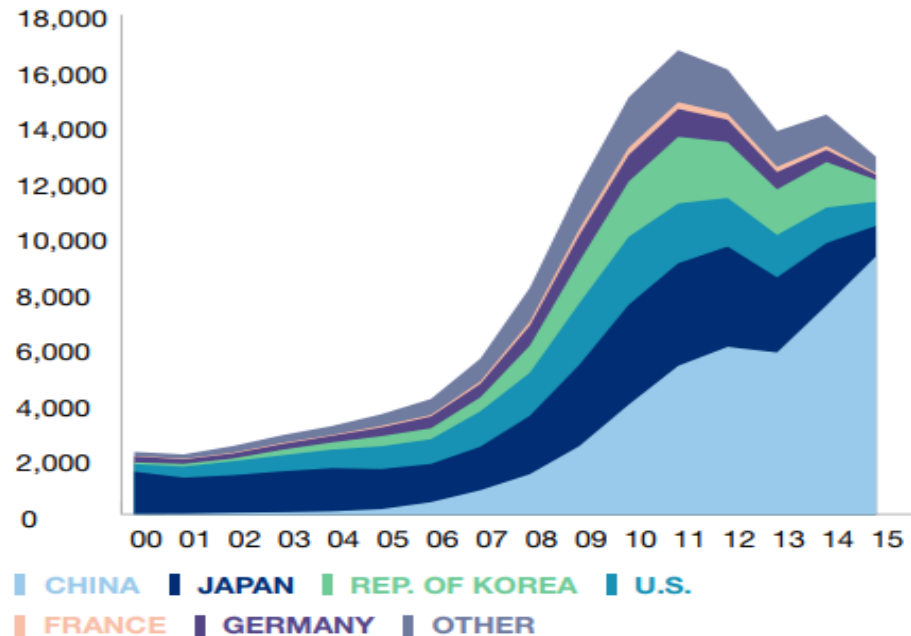
特許：2000年代後半から急増

多くの分野に、世界最大のシェア

Percentage distribution of PV-related patents by origin and value chain segment, 2011-2015



First filings of PV-related patents by origin, 2000-2015

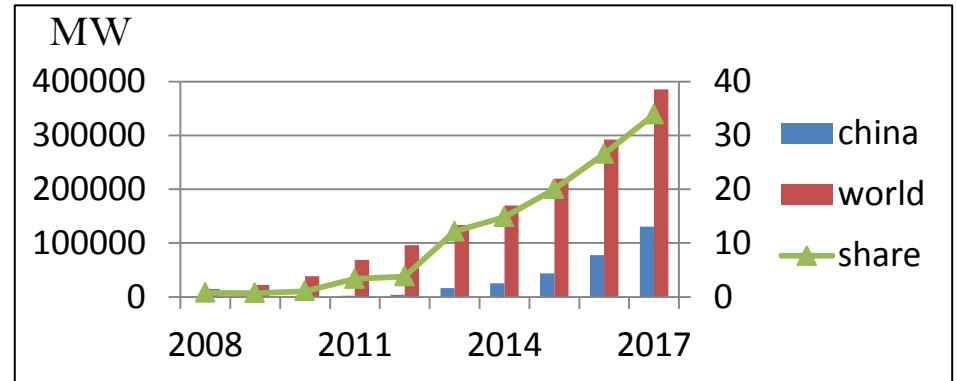


Source: WIPO Global Challenges Report

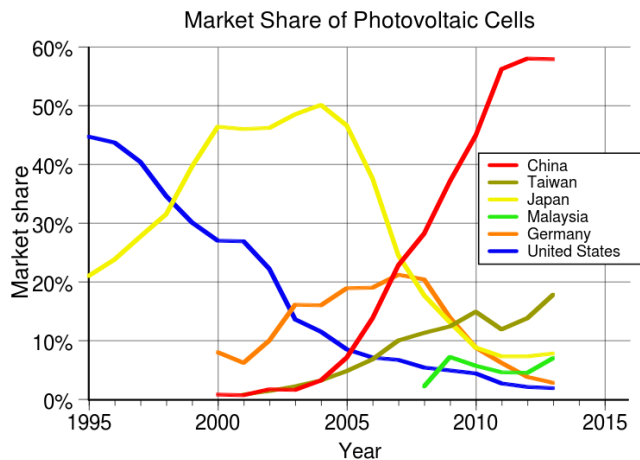
中国

太陽光発電産業

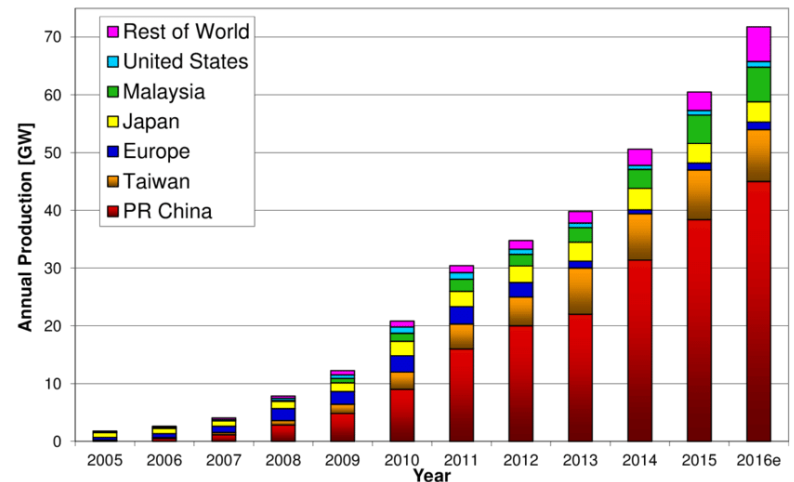
- 産業拡大
設備容量
太陽電池生産量
雇用 160万
うち80%製造業
総生産 3360億元(2016)



Data source: IRENA



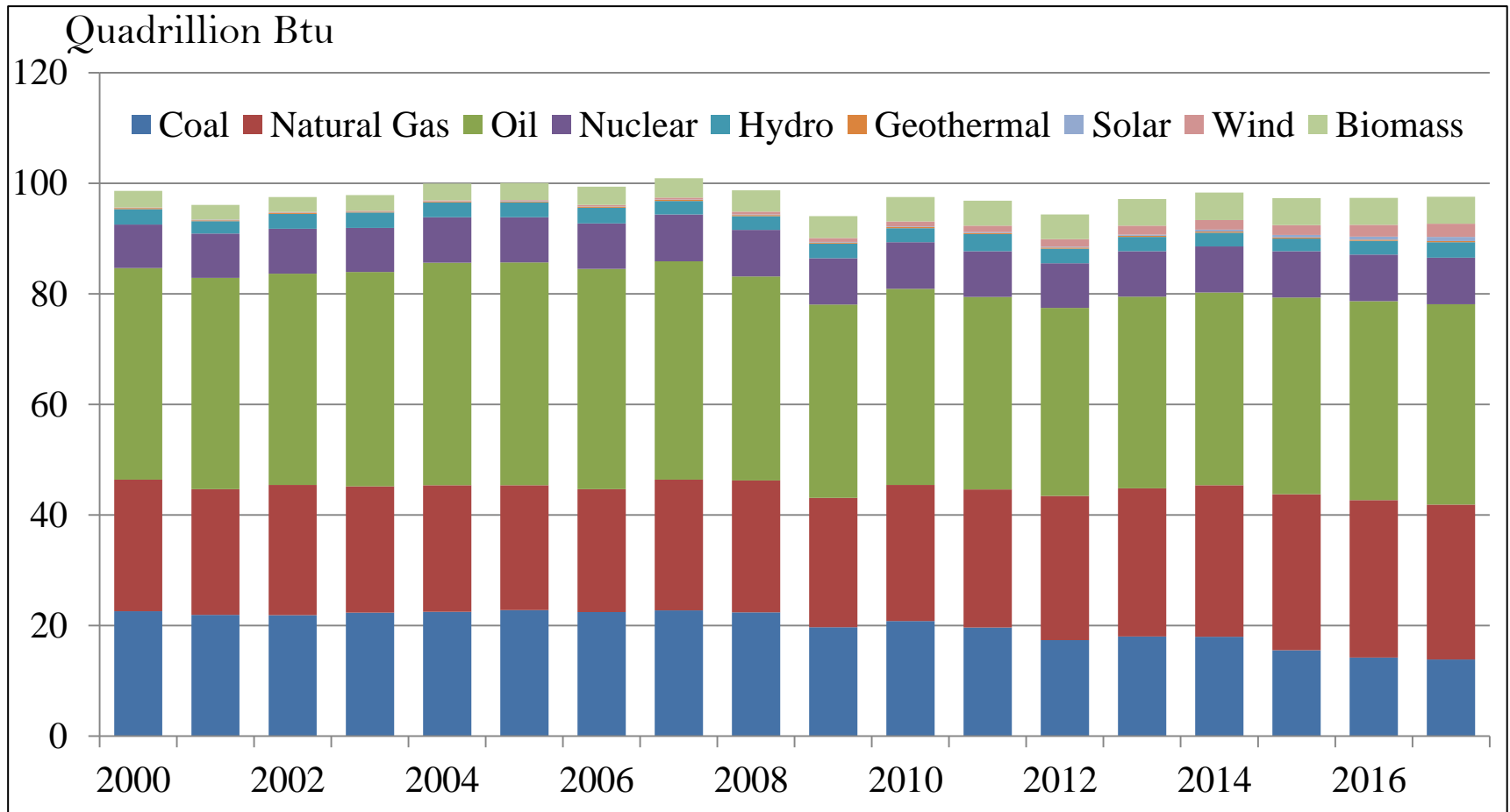
Source: Wikipedia



Source: ResearchGate

米国

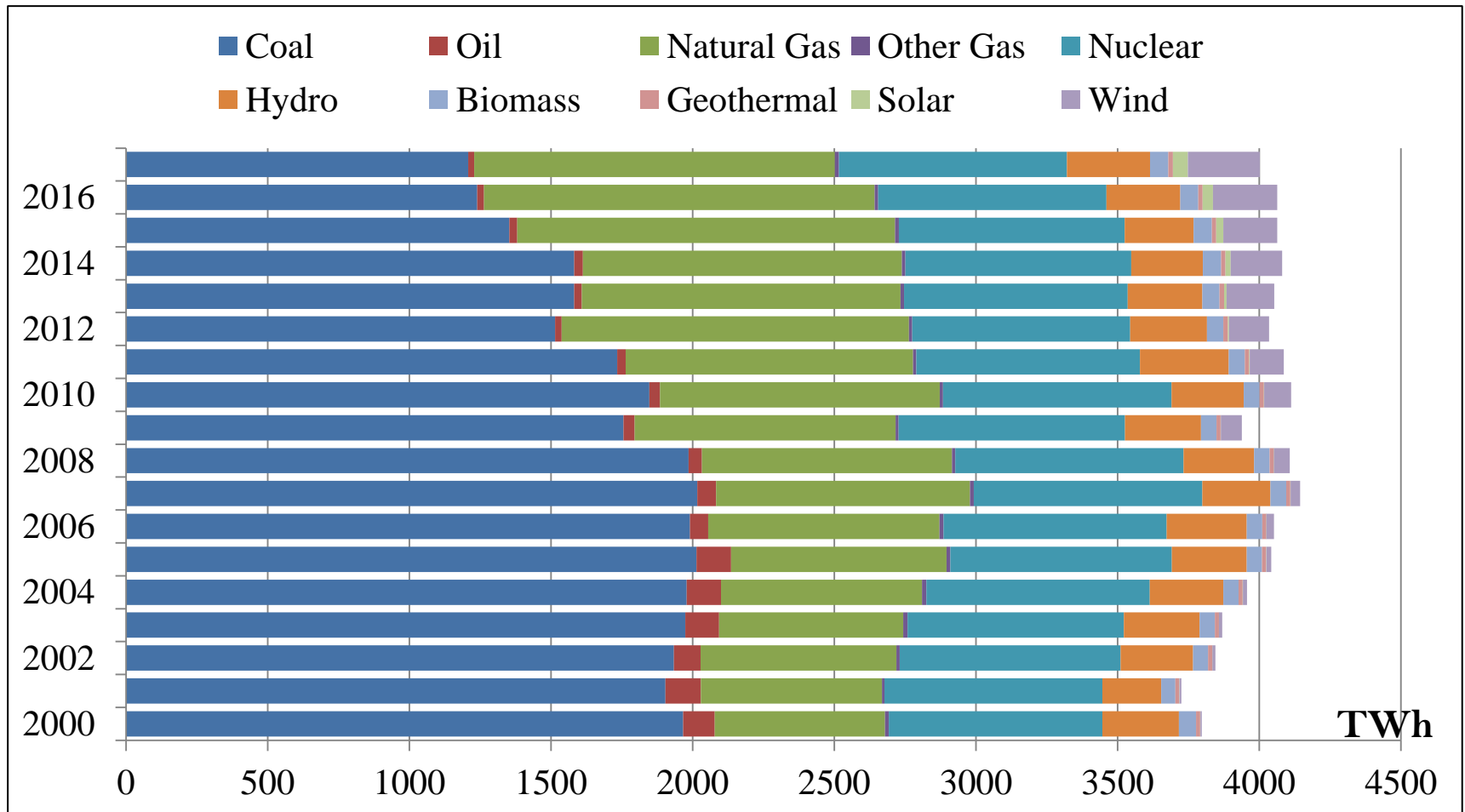
一次エネルギー消費



Data source: EIA

米国

電源構成の変化

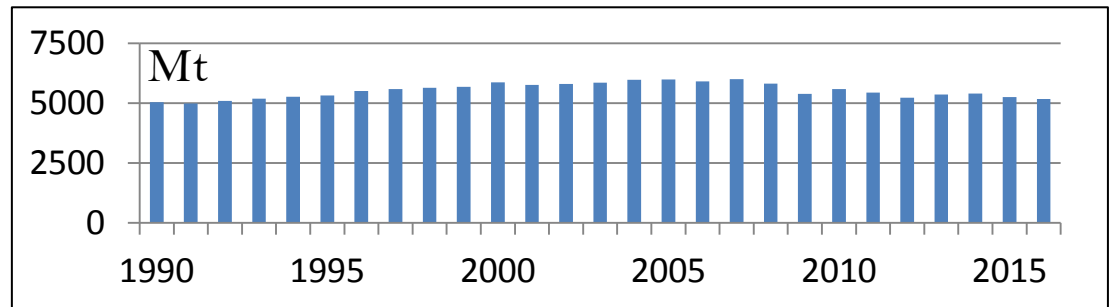


Data source: EIA

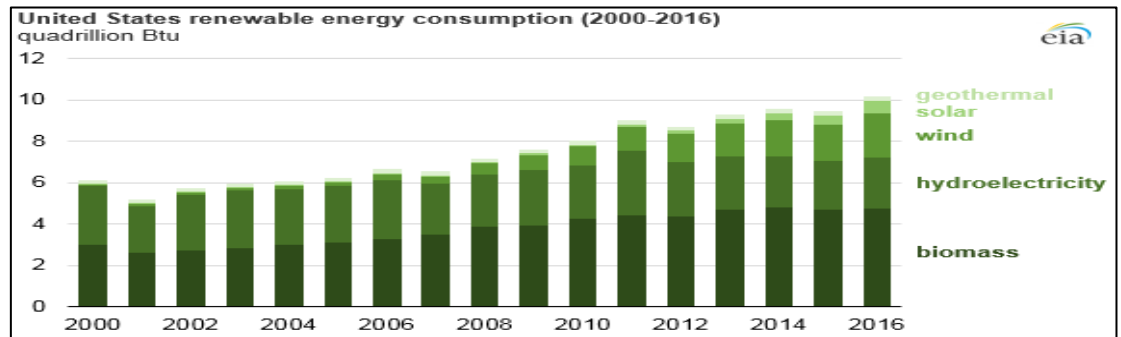
米国

CO₂排出とクリーンエネルギー

2000年代後半以降、減少傾向を続けている。2017年に前年比0.5%減少、世界最大の削減国となった。



再生可能エネルギーが大幅に拡大、2016年風力発電設備容量は、前年比で20%増加



原子力発電は、電源構成の20%程度を維持している。

Data source: EIA

米国

- 2000年代末より、エネルギー総消費量が横ばい状態にあり、電力消費量も伸びていないが、構成が大きく変わっている。

石炭消費量の減少

ガス消費量の拡大

再生可能エネルギー（風力と太陽光発電）の普及

原子力発電の維持

クリーンエネルギー転換

米国：連邦政府

政策バックグラウンドとオバマ新戦略

環境

異常気象事件の
頻発
地球温暖化抑制
の責任

エネルギー

高騰する石油価
格
シェール革命

経済

金融危機による
不況
製造業の衰退

グリーンニューディール(2009)
環境問題の改善、CO₂排出量の抑制
エネルギーの自給、新成長産業の創出

米国：連邦政府

グリーンニューディールの政策

American Recovery and Reinvestment Act (2009)
エネルギー分野：10年間1500億ドル投資、500万雇用

温暖化

CAP (2013)

CPP (2014)

エネルギー

Energy Strategic

Plan (2014)

イノベーションと 産業

ARPA-E (2007)

具体策

基準制定：省エネ、RE導入、自動車燃費など
財政支援：減税 (PTC・ITC)、債務保証、補助金など

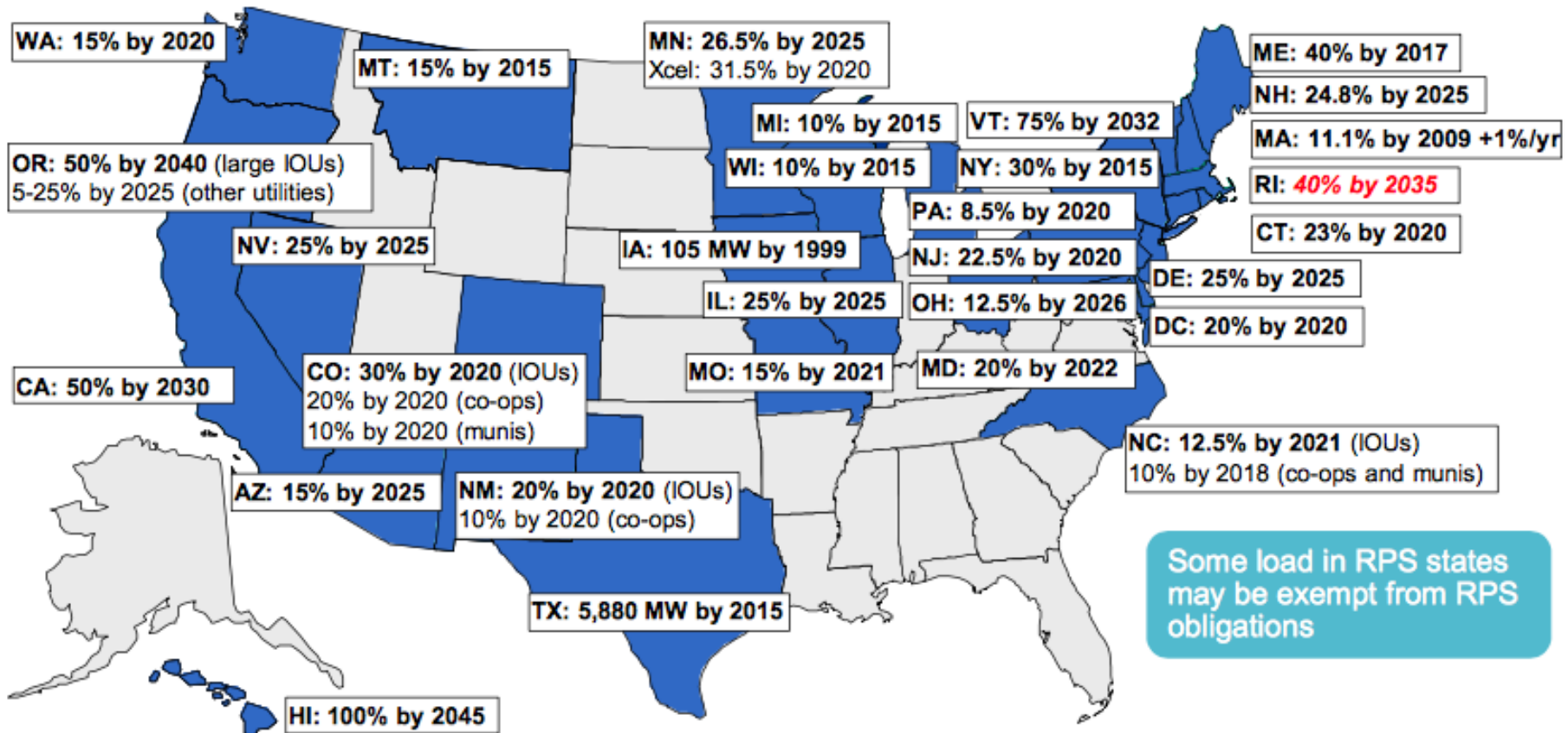
米国

政策アプローチと実施体制

- 議会による法整備
 - Clean Air Act
 - American Recovery and Reinvestment Act of 2009
 - Energy Independence and Security Act of 2007
 - Energy Policy Act of 2005
- 政府による行政指令
 - Clean Power Plan
- 司法による監督
- 州政府による独自の政策制定と実施

米国：州政府

政策の中心であるRPS



Some load in RPS states may be exempt from RPS obligations

Source: Berkeley Lab

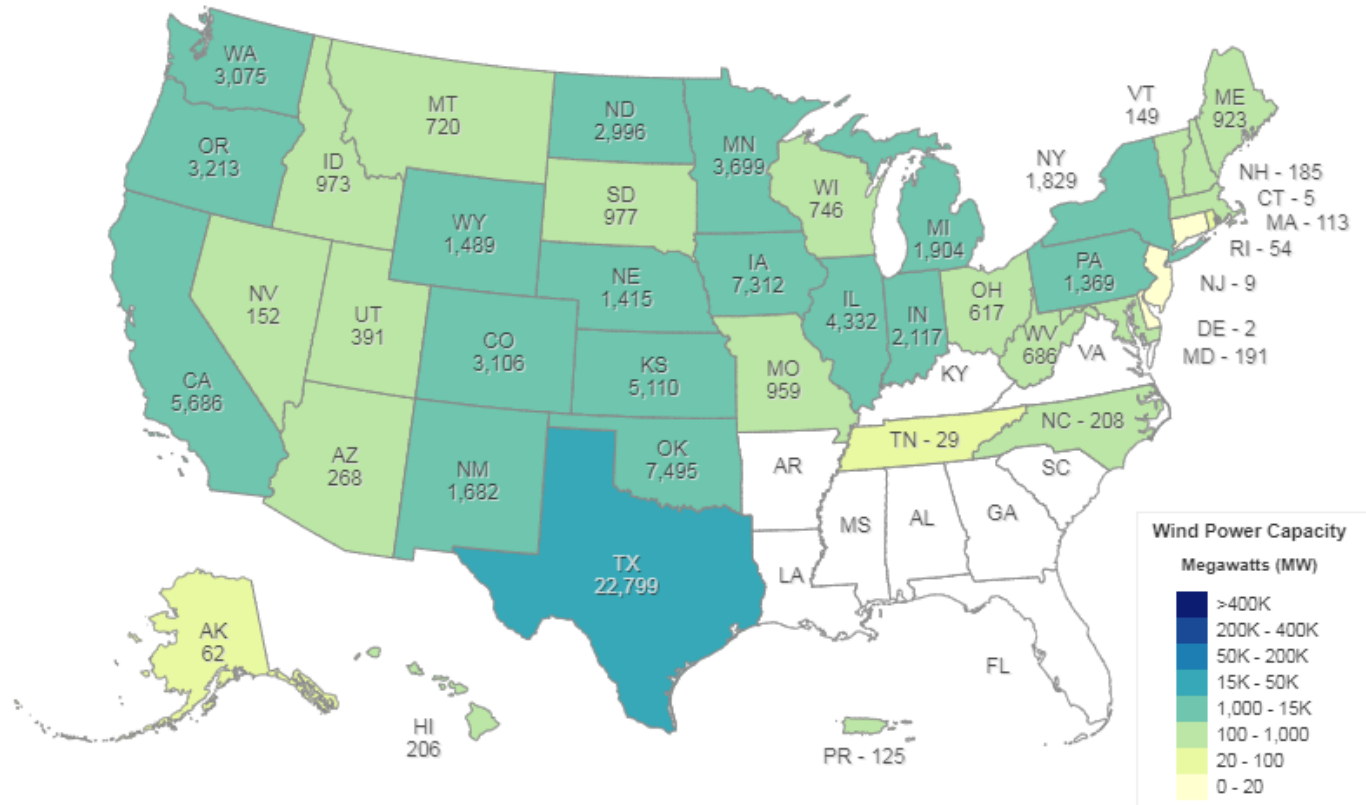
Notes: Estimated retail sales subject to RPS obligations accounts for any applicable exemptions. In addition to the RPS policies shown on this map, voluntary renewable energy goals exist in a number of U.S. states, and both mandatory RPS policies and non-binding goals exist among U.S. territories (American Samoa, Guam, Puerto Rico, US Virgin Islands).

Source: Berkeley Lab

米国

風力発電産業：設備容量

Q1 2018 Installed Wind Power Capacity (MW)

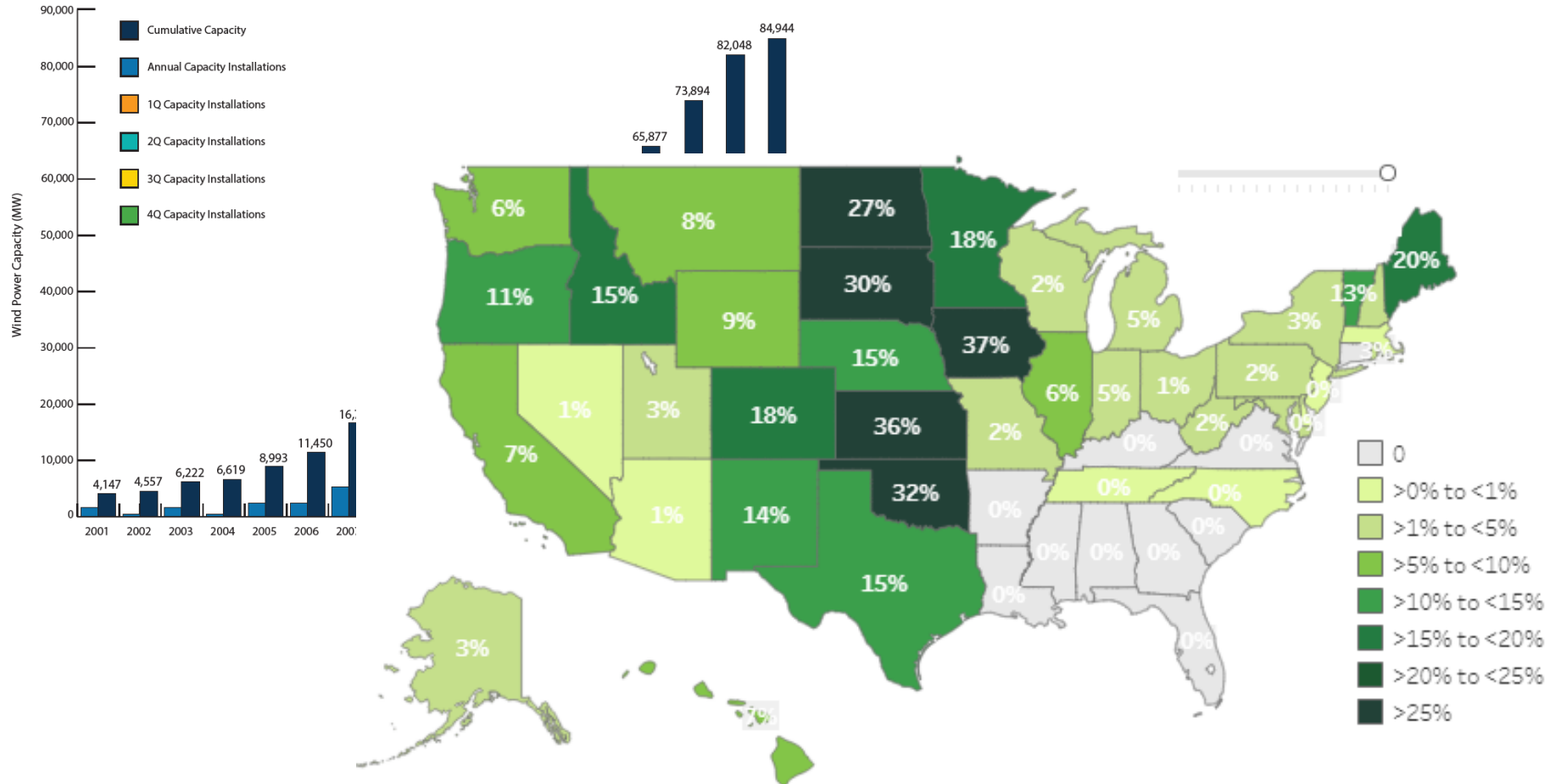


Total Installed Wind Capacity: 89,379 MW

Source: AWEA Market Report

米国

風力発電産業：電源割合



Source: AWEA

米国

風力発電産業：製造チェーン

Active Wind-related Manufacturing Facilities at End of 2016

生産拠点

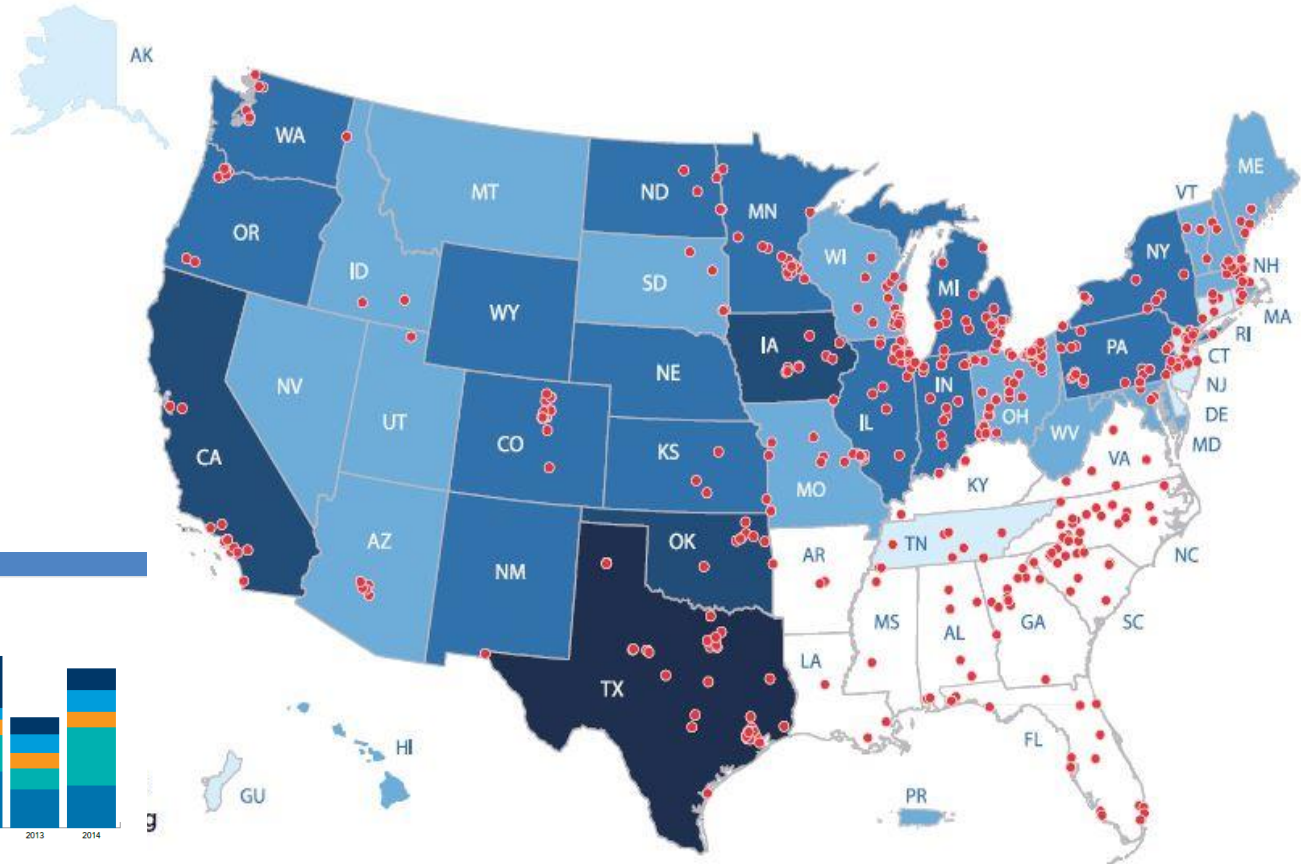
40→500+

設備国産率

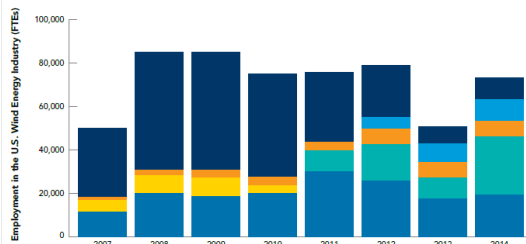
25%→80%+

雇用

5万→10万+



U.S. Wind Energy Industry Total Employment over Time



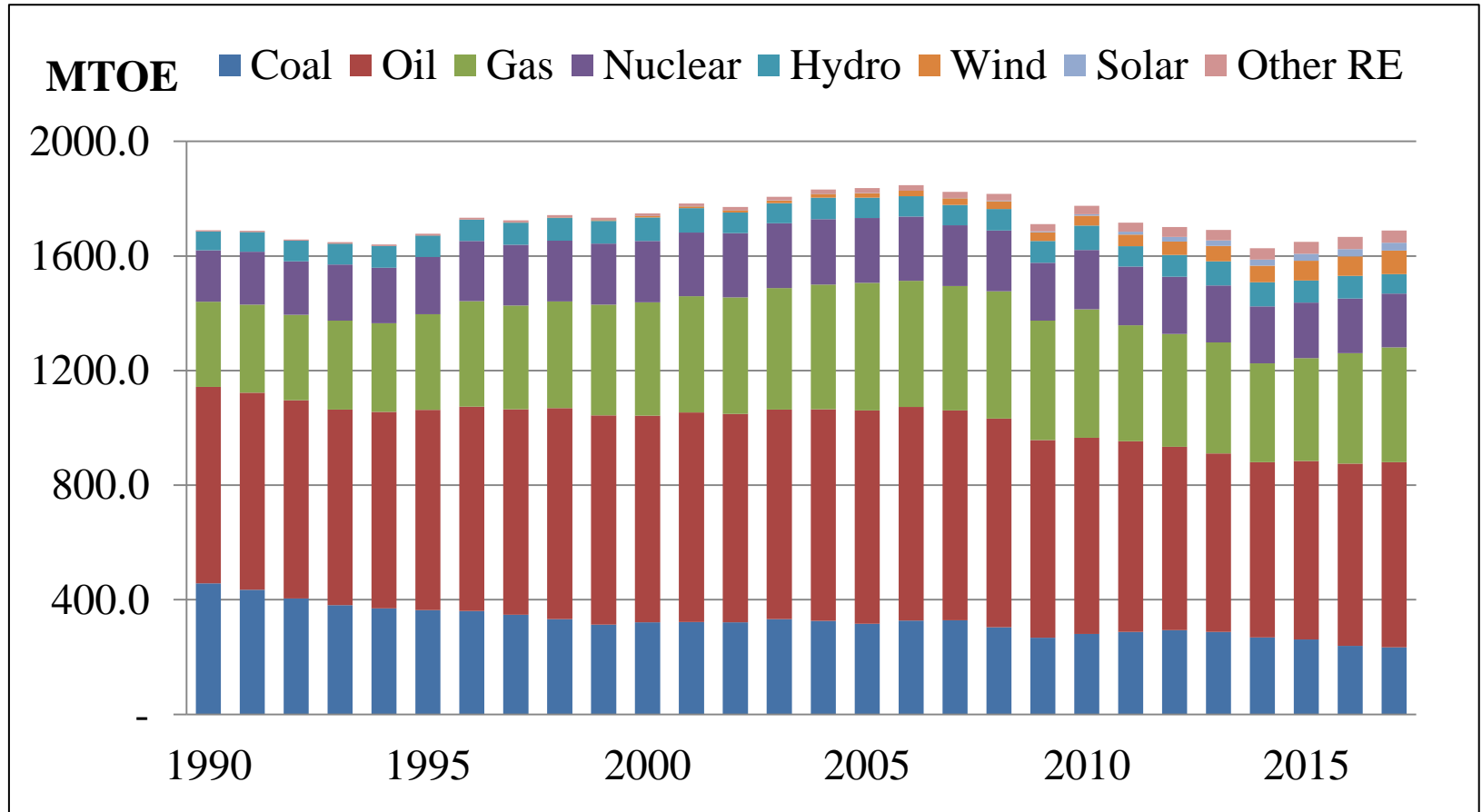
■ Manufacturing & Supply Chain
■ Construction, Development, Transportation
■ Construction
■ Operations: Wind Technicians
■ Operations: Other
■ Other Jobs

W ■ >100 MW to 1,000 MW ■ >1,000 MW to 5,000 MW ■ >5,000 MW to 10,000 MW ■ >10,000 MW

Source: AWEA U.S. Wind Industry Annual Market Report 2016

EU

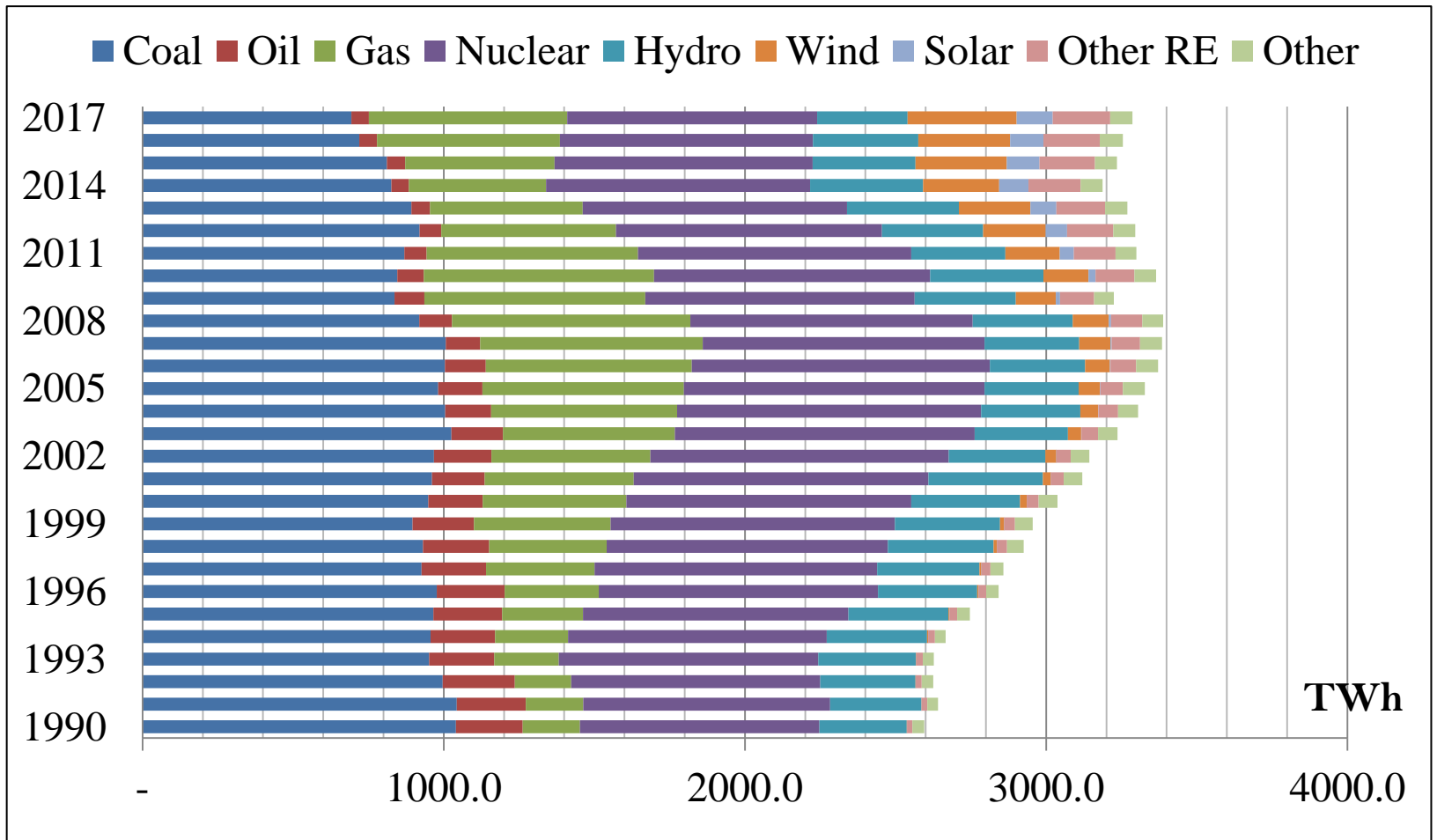
一次エネルギー消費



Data source: BP Statistics

EU

電源構成の変化



Data source: BP Statistics

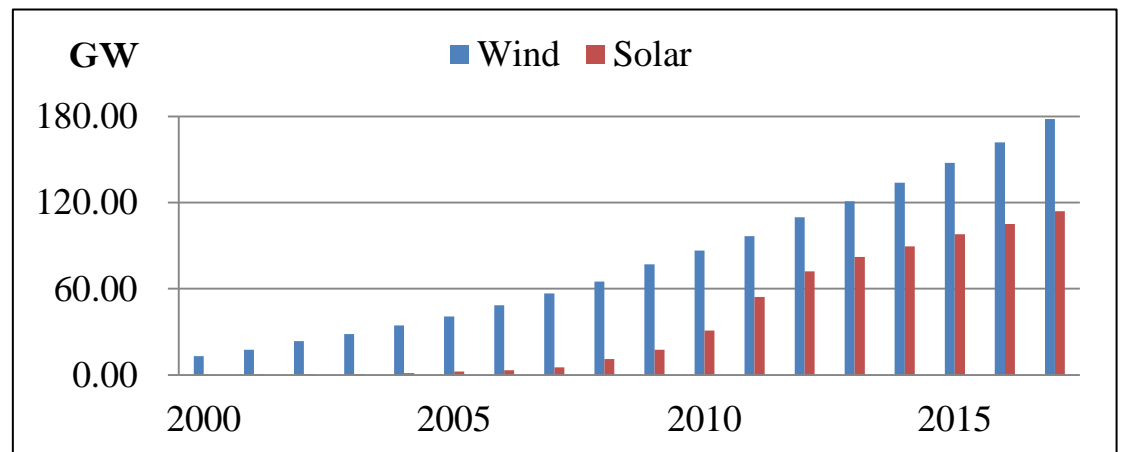
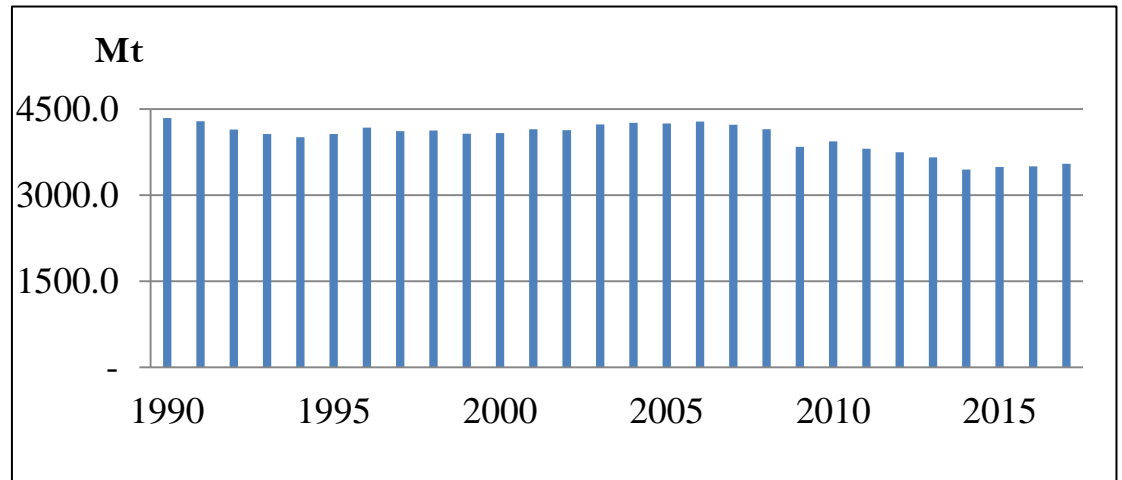
EU

CO₂排出とクリーンエネルギー

2000年代後半から顕著な減少傾向が続いていたが、直近の四年間には停滞、あるいは微増に転じている。

再生可能エネルギーが大幅に拡大、近年には太陽光発電の増加が減速しているかわりに、風力発電の増加は加速している。

原子力発電は、2000年代半ばから減少が続いてるが、依然電源構成の25%程度をキープしている



Data source: EIA

EU

- 2000年代半ばより、エネルギー総消費量が減少傾向に入ると同時に、エネルギー構成に変化が見られた。

石炭消費量の減少

ガス消費量の安定

再生可能エネルギーの普及

低炭素エネルギーシステムへの転換

EU

エネルギーと環境政策の背景

環境

地球温暖化影響
の懸念

エネルギー

輸入依存度の上
昇
エネルギーコスト
の上昇

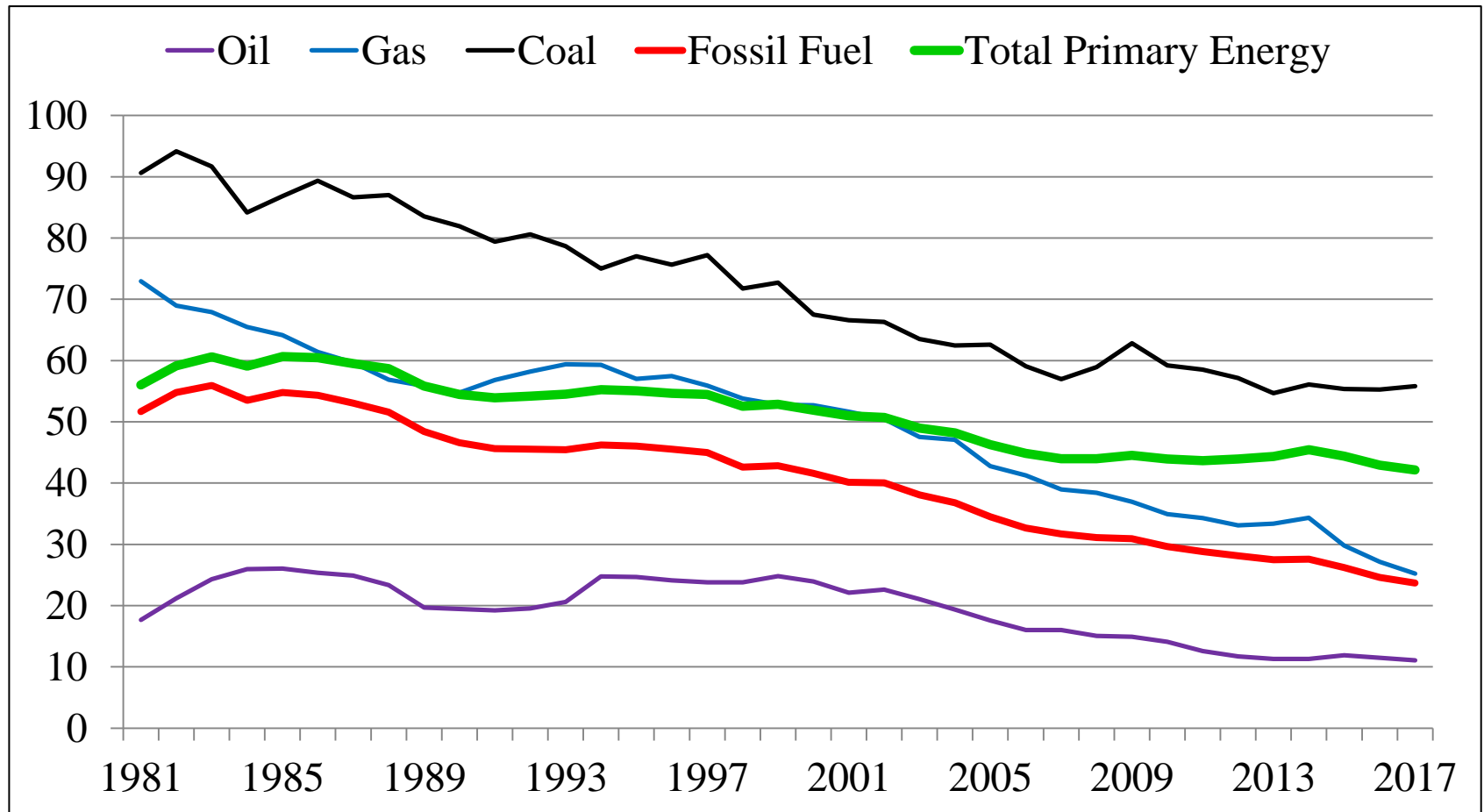
産業

競争力の向上
新産業の創出

改訂リスボン戦略、Europe 2020
低炭素経済移行戦略の確立

EU

エネルギー自給率



Data source: BP Statistics

EU

低炭素経済移行戦略

温暖化

削減目標の確立
炭素税
ETS

エネルギー

Energy 2020
効率行動計画
Energy Roadmap
2050

イノベーション

SET Plan
Integrated SET
Plan

具体策

加盟国ごとの再エネ導入目標、効率向上目標の制定
市場メカニズム(ETS)、投資促進策(ESG)

EU

政策アプローチと実施体制

- 欧州理事会と欧州議会によるトップダウンプロセス
総合戦略
エネルギー・気候変動政策パッケージ
政策目標
目標を加盟国に配分
- EU指令との形で加盟国の実施を促進
効率指令、再エネ指令、第三者による科学的評価プロセス
- 市場と金融などの手段で加盟国の実施を補助
ETSの構築、ESG投資の促進

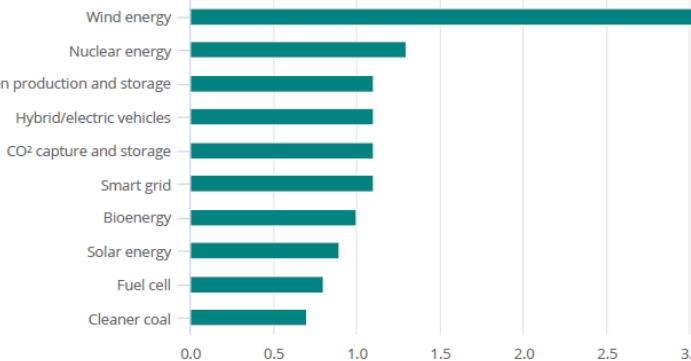
EU

洋上風力産業



洋上風力分布

Source: Europe – Offshore Wind Farm Projects

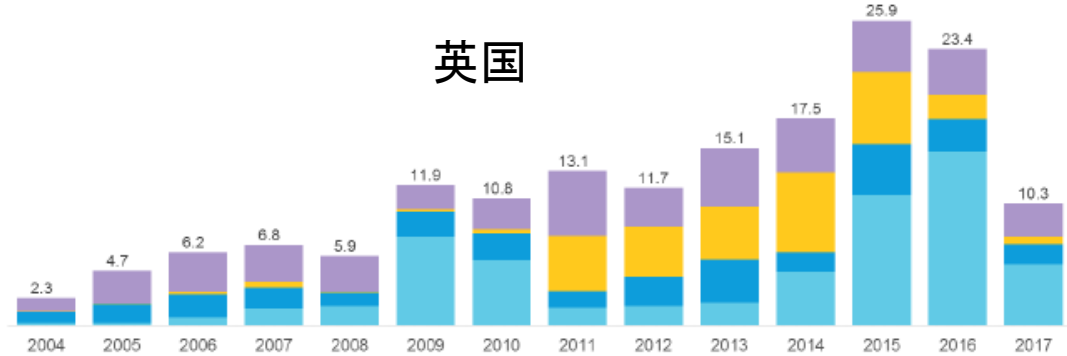


技術別イノベーション

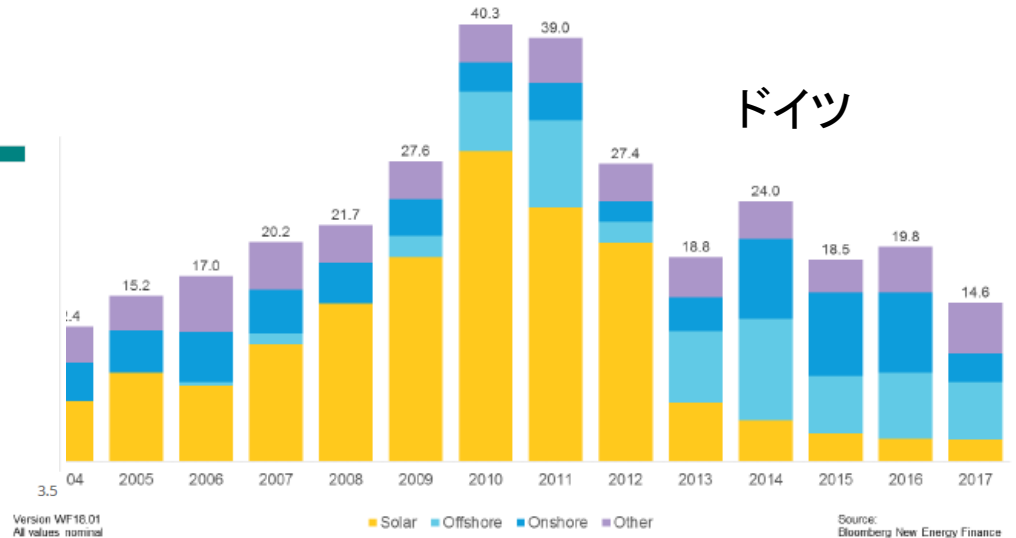
Source: SEI 2018

クリーンエネルギー投資

英国



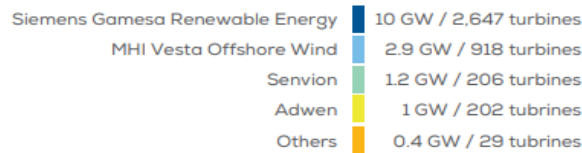
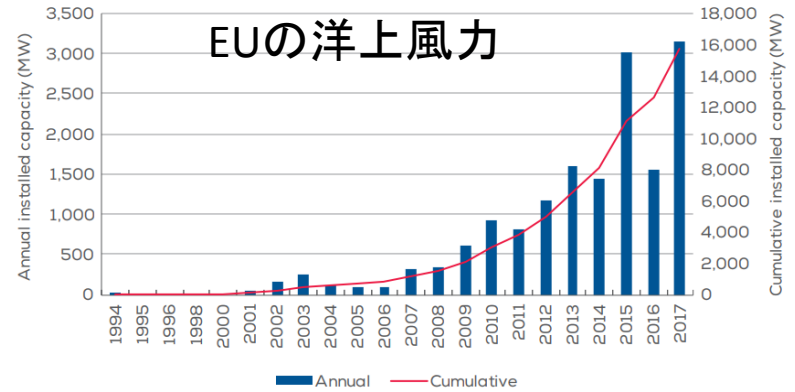
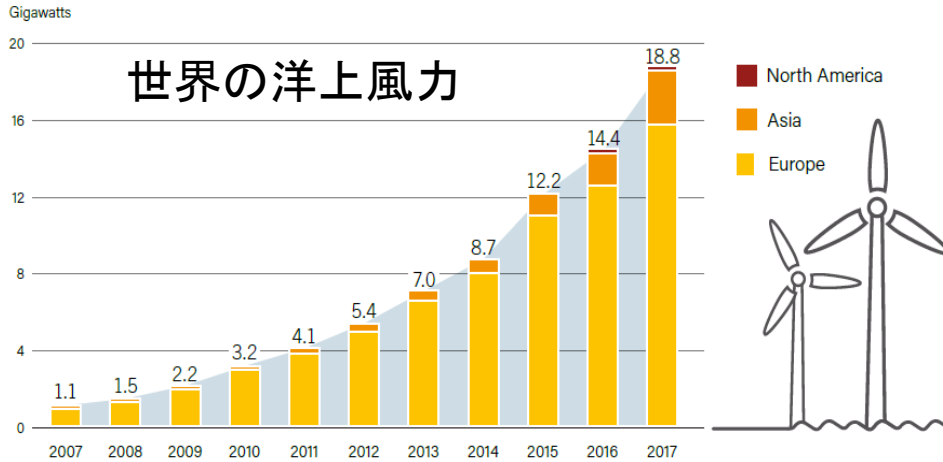
ドイツ



Source: BNEF Clean Energy Investment Trends, 2017

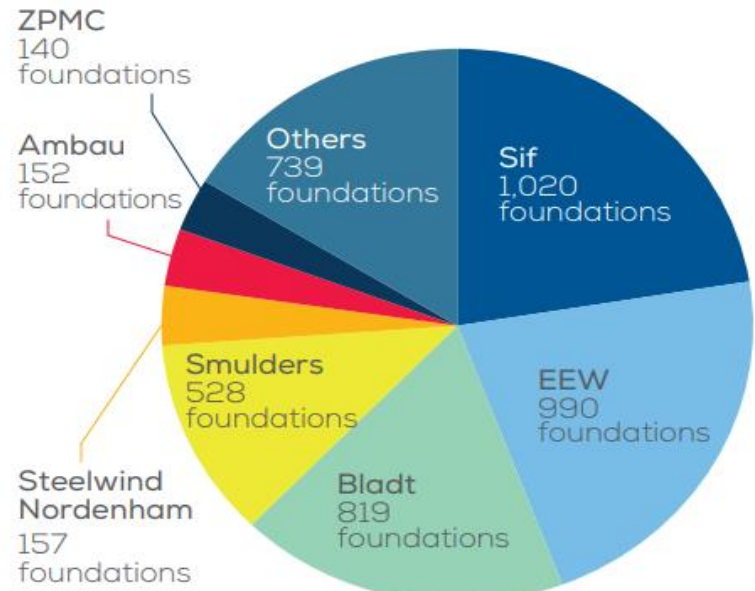
EU

洋上風力産業



発電設備メーカー
のシェア

TOP 4 REPRESENTS
96%
OF TURBINES
CONNECTED



ベース設備メーカーのシェア

事例研究まとめ(その一)

- 異なる政治制度、行政体制を持つ中国、米国、EUは、共通して言えることは

温暖化抑制だけのための温暖化対策はない

エネルギー政策だけでクリーンエネルギー転換は起きない

単にイノベーションを起こすための政策はない

独立した温暖化対策、エネルギー政策、イノベーション政策はない

事例研究まとめ(その二)

- 異なる分野の政策の融合のために

共通する政策目標を設定する

異なる分野をカバーする上位戦略やビジョンが存在する

共通する政策目標の達成に政府資源、社会資源を集中的に投入する

イノベーション創出、産業形成、エネルギーと温暖化課題の改善との好循環が生じる

事例研究まとめ(その三)

- タイムスパンの長いエネルギーと温暖化分野のビジョンと戦略を構築するために

トップダウンアプローチが必要

ビジョンとは

- 理想像、あるべき姿

- 時間軸

超長期 \rightleftarrows 長期 \rightleftarrows 中期 \rightleftarrows 短期

トップダウン

- 空間軸

世界 \rightleftarrows (地域) \rightleftarrows 国家 \rightleftarrows 地方 \rightleftarrows 企業

ボトムアップ

- 社会軸

総合 \rightleftarrows 分野別

事例研究まとめ(その三)

- タイムスパンの長いエネルギーと温暖化分野のビジョンと戦略を構築するために

トップダウンアプローチが必要

長期、超長期シナリオ研究が必要

ビジョン：持続可能性の追求



持続可能な社会→2°C目標→今世紀後半にネットゼロエミッション
→低炭素エネルギーシステム→省エネ・ゼロエミッション電源

事例研究まとめ(その三)

- タイムスパンの長いエネルギーと温暖化分野のビジョンと戦略を構築するために

トップダウンアプローチが必要

長期、超長期シナリオ研究が必要

特定の政府部門や産業から独立した研究機関の役割が大きい

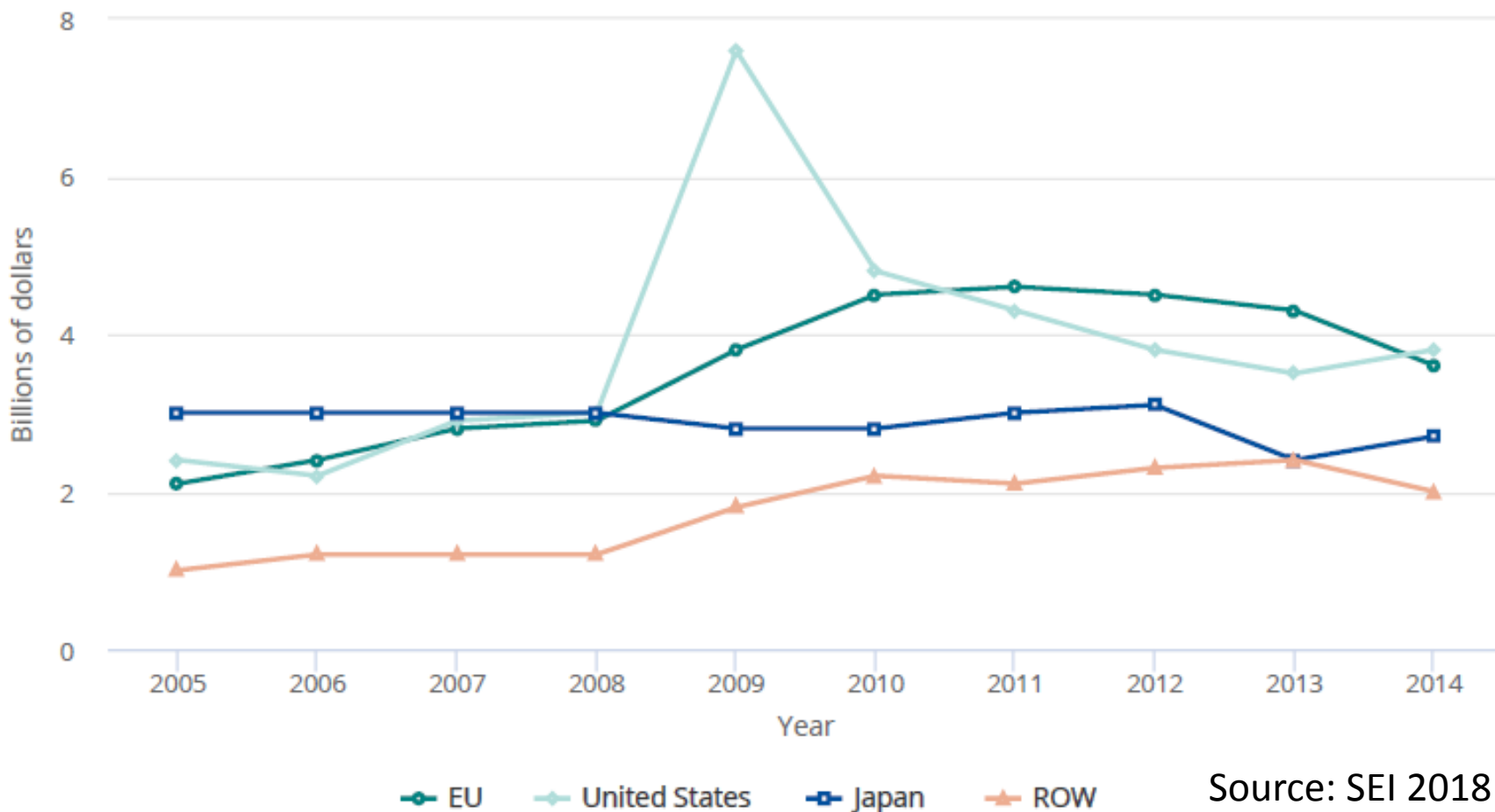
事例研究から日本への示唆

- 真の持続可能性を追求する国家戦略の策定
明確な将来像 (e.g. 経済の活性化、国際競争力の維持)
長期的、継続的
政治的リーダーシップ (関係者間の合意形成ではなく)
エビデンスベース
- 共通する政策目標を持つ部門別の政策制定
- イノベーション全プロセスをカバーする政策の実施

イノベーションのために (SEI2018により)

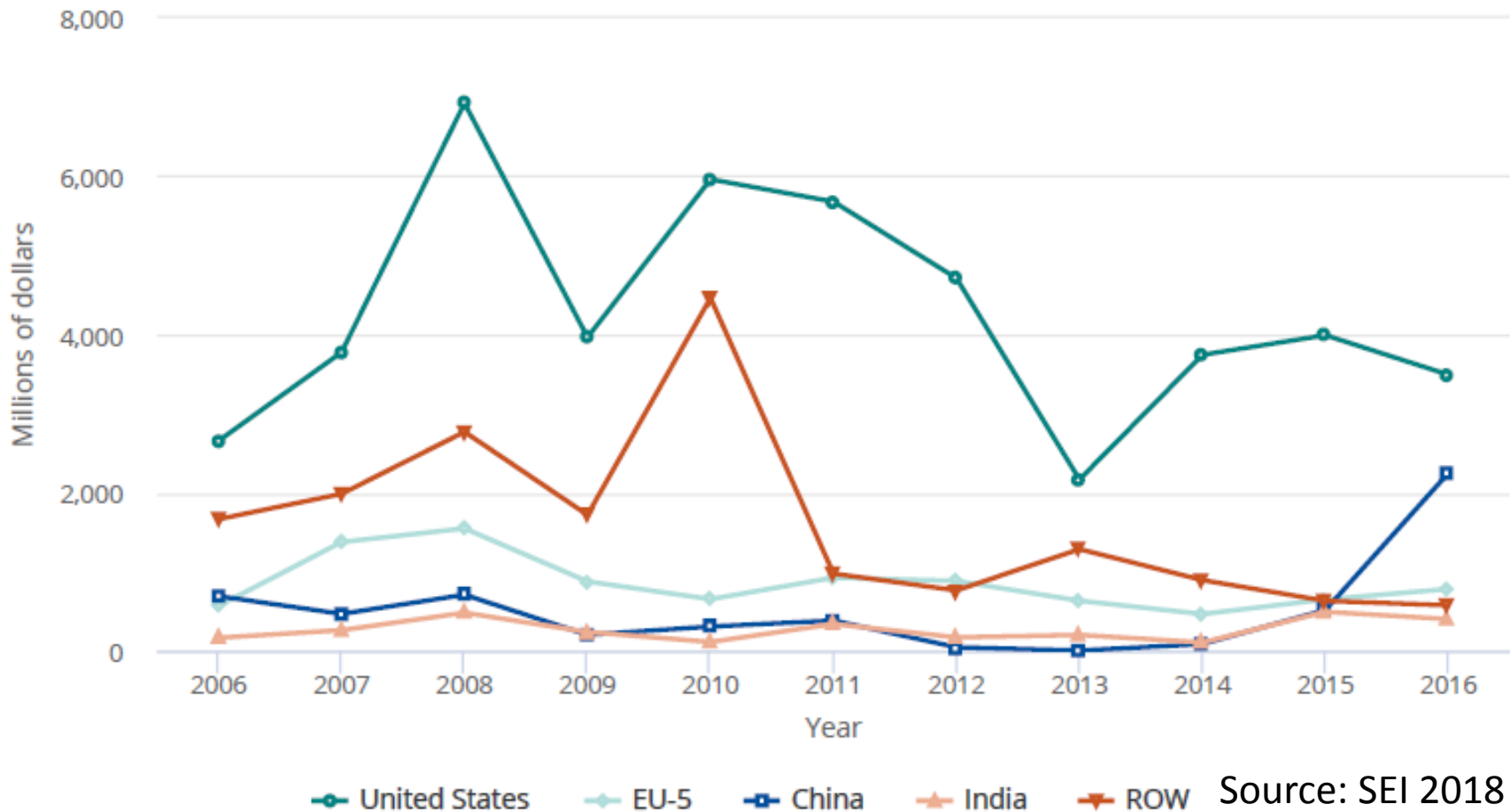
Government RD&D expenditures on sustainable energy technologies, by selected region, country, or economy: 2005-14

技術開発投資



イノベーションのために (SEI2018により)

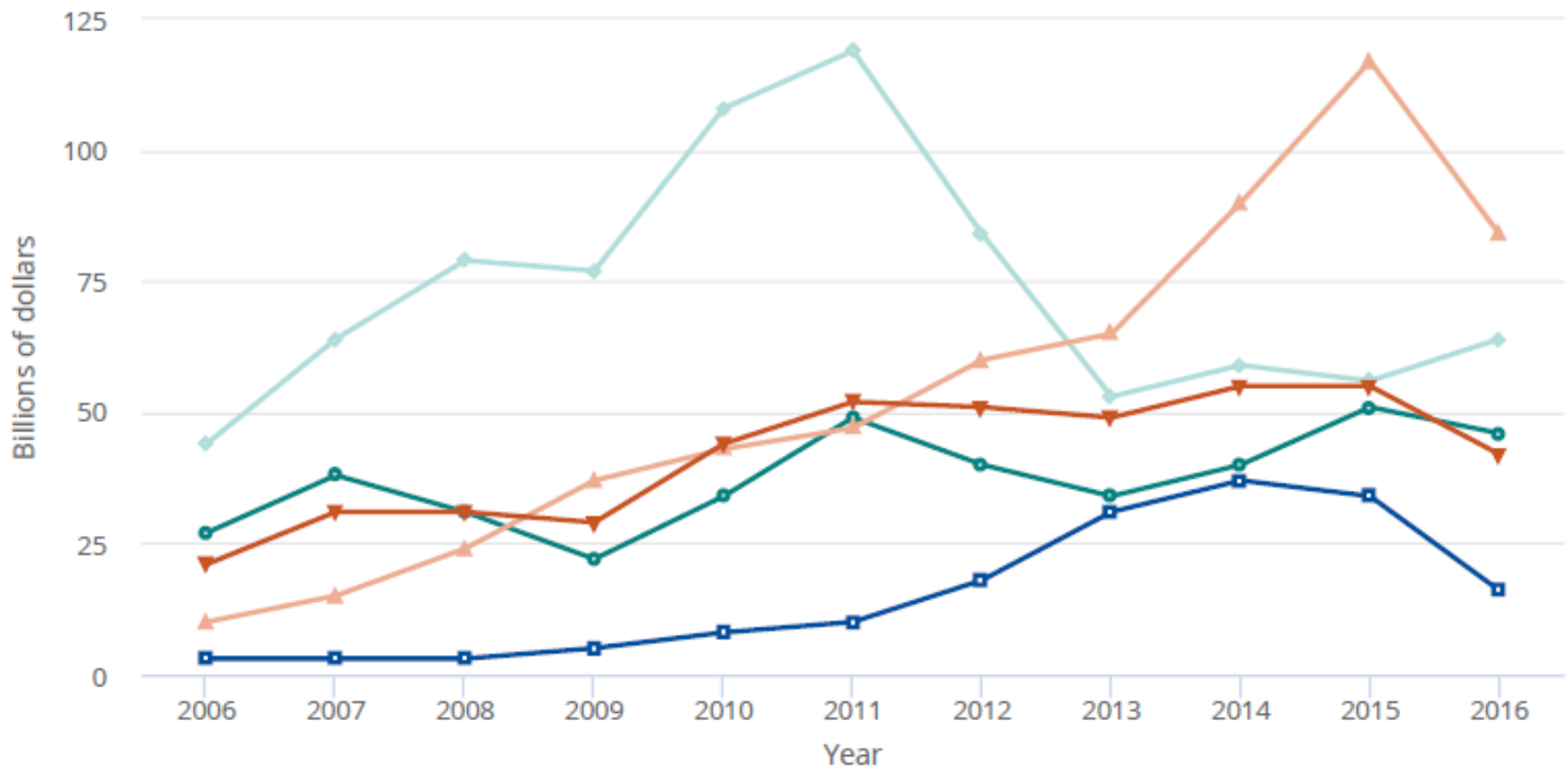
Global venture capital and private equity investment in sustainable energy technologies, by selected region or country: 2006-16 技術実証投資



イノベーションのために (SEI2018により)

Later-stage private investment in sustainable energy technologies, by selected region or country: 2006-16

技術普及投資



United States EU Japan China ROW Source: SEI 2018

今後の課題

- 政策事例研究
 - イノベーション促進の国際協力の考察
 - 実効性のある国際協力のあり方の検討
- 技術事例研究
 - 次世代原子力イノベーション

御静聴ありがとうございました！