

ゼロエミッション企業の経営戦略について

平成29年12月8日
資源エネルギー庁

目次

前回、前々回の要点整理	.....p.2
主要企業の立ち位置	.....p.4
電力市場の変遷	.....p.8
欧州各国・米国各州のCO2排出	.....p.14
(参考)電力事業環境の比較	.....p.17

前回・前々回の発言ポイント

第2回、平成29年9月29日（金）

ポール・スティーブンス氏（英国王立国際問題研究所特別上席フェロー）

- 石油の長期需要は過大評価されている。炭化水素から電気へのエネルギー転換はより加速していく。転換の理由は、気候変動と技術革新（再エネ価格低減、EV）。
- トランプ政権による不確実性に加え、世界の中東依存度の低下傾向とこれを背景とした中東各国の財政不安などを受け、中東は不安定性が高まる可能性が高い。

アダム・シミンスキー氏（米国戦略国際問題研究所エネルギー地政学議長）

- 世界の一次エネルギー消費は新興国が牽引。
- 石炭の需要は横ばい（減少の可能性も）、再エネと天然ガスが急伸。原子力遡増。
- 日本の自給率の低さや火力依存は安全保障の観点から深刻。エネルギー源を分散させ、多様性を高めることが重要。
- 米国は京都議定書に署名せずとも大幅にCO₂を削減してきた。パリ協定離脱は大きな問題ではない。

前回・前々回の発言ポイント

第3回、平成29年11月13日（月）

マイケル・シェンバーガー氏（米国 エンバイロンメンタル・プログレス代表）

- エネルギー選択のメгатレンドは高密度化（木材⇒石炭⇒石油⇒ウラン）。
- 原発の社会受容性は非常に重要。技術革新（事故耐性燃料等）によって社会受容性が高まる。
- 原発・水力と異なり、太陽光・風力はC O 2 排出原単位との相関が薄い。
(導入がC O 2 削減に繋がっていない)
- ドイツは石炭依存が続き、2020年▲40%達成は困難だろう。

ジム・スキー（英国 インペリアル・カレッジ・ロンドン持続可能エネルギー担当教授）

- 英国は、石炭火力のガスシフトで大幅削減を実現したが、20年半ば以降の削減目標（23～27年▲51%）の達成は現時点では難しい状況。達成のためにはイノベーション（水素・CCS等）が重要。
- 一つの技術に決め打ちせず、「技術間競争」を促すことが大事。
- 英国政府は、国プロで次世代の小型原子炉（SMRs）の研究開発プログラムを民間から提案を募り、支援している。
- ドイツは再エネに必要以上に支援しており、効率化が必要。

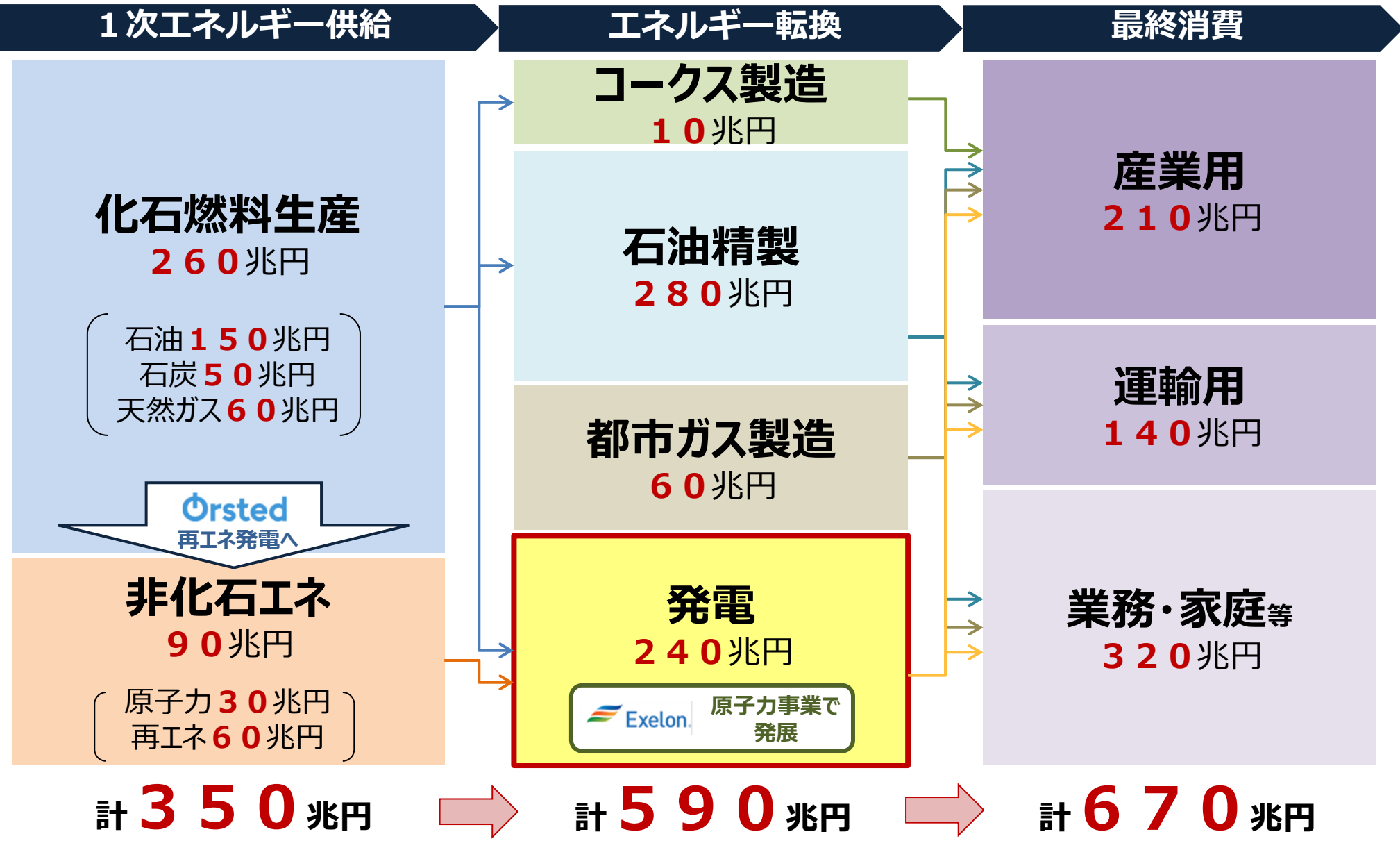
※クラウディア・ケンフェルト氏（独国 経済研究所エネルギー・運輸・環境部長）

（資料提出のみ、当日は欠席）

- C O 2 大幅削減に必要なのは省エネ、再エネ、E Vへの投資。
- 再エネ100%のエネルギーシステムは実現可能。
- 余剰電力の水素変換など、分野の垣根を越えた効率化が重要。

主要企業の立ち位置

世界のエネルギー市場規模の概算 (2015年)



※1次エネルギー供給・転換には非エネ利用を含み、最終消費は非エネ利用を除く。転換は主なもののみ記載。

※金額はエネルギー需給量に対して一定の単価（発電10円/kWh, 産業用電力15円/kWh等）を掛け合わせた概数。

(出所) IEA World Energy Balances等より作成

主要企業の概要・電源構成 (2015年)

	欧米					日本	
--	----	--	--	--	--	----	--

	Engie (フランス)	EDF (フランス)	Enel (イタリア)	Ørsted (デンマーク)	Exelon (米国)	東京電力	九州電力
--	-----------------	---------------	----------------	-------------------	----------------	------	------

売上高

売上高	9.4兆円	10.1兆円	10.2兆円	1.5兆円	3.6兆円	6.1兆円	1.8兆円
	海外比率:64% 電力比率:不明	海外比率:47% 電力比率:不明	海外比率:48% 電力比率:77%	海外比率:75% 電力比率:34%	海外比率:不明 電力比率:85%	海外比率:2% 電力比率:95%	海外比率:不明 電力比率:92%

※電力は小売のみの比率

事業範囲 (自国のみ) ※子会社等を含む

事業範囲	発電 小売	発電 送配電 小売	発電 配電 小売	発電 配電 小売	発電 送配電 小売	発電 送配電 小売	発電 送配電 小売
------	----------	-----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------

電源構成	再エネ	19% (水力:15%)	6% (水力:6%)	31% (水力:23%)	45% (風力:45%)	3% (内訳不明)	5% (水力:5%)	10% (水力:8%)
	原子力	6%	81%	14%	0%	89%	0%	14%
	火力	75% (ガス:58%)	12% (内訳不明)	55% (石炭:30%)	55% (石炭:36%)	8% (内訳不明)	95% (ガス:72%)	76% (石炭:42%)

※ Ørstedの石炭比率は電気・熱用途の化石燃料使用量の割合から推計
 ※ 東京電力、九州電力の火力内訳は平成28年度供給計画のエリア別電源構成から推計した値

(参考) 低炭素化のターゲット

		2015年 CO2排出量 (単位: 億トン)			(参考) 日本
		世界	先進国	新興国	
合計	合計	323	124	199	11.5
	電力	127	45	82	5.0
	運輸	77	41	36	2.0
	自動車 (旅客乗用車、貨物トラック輸送等)	58	31	27	1.9
	自動車以外 (航空、船舶等)	19	10	9	0.2
	産業	83	23	61	3.2
	鉄鋼 (コークス製造等を含まない)	19	3	16	1.4
	化学 (石油化学、石油製品等を含む)	9	3	6	0.7
	熱 (業務・家庭)	35	14	21	1.3

※先進国はOECD、新興国は非OECDの値

※IEAと総合エネルギー統計の業種別データは定義が完全に一致していない場合がある。

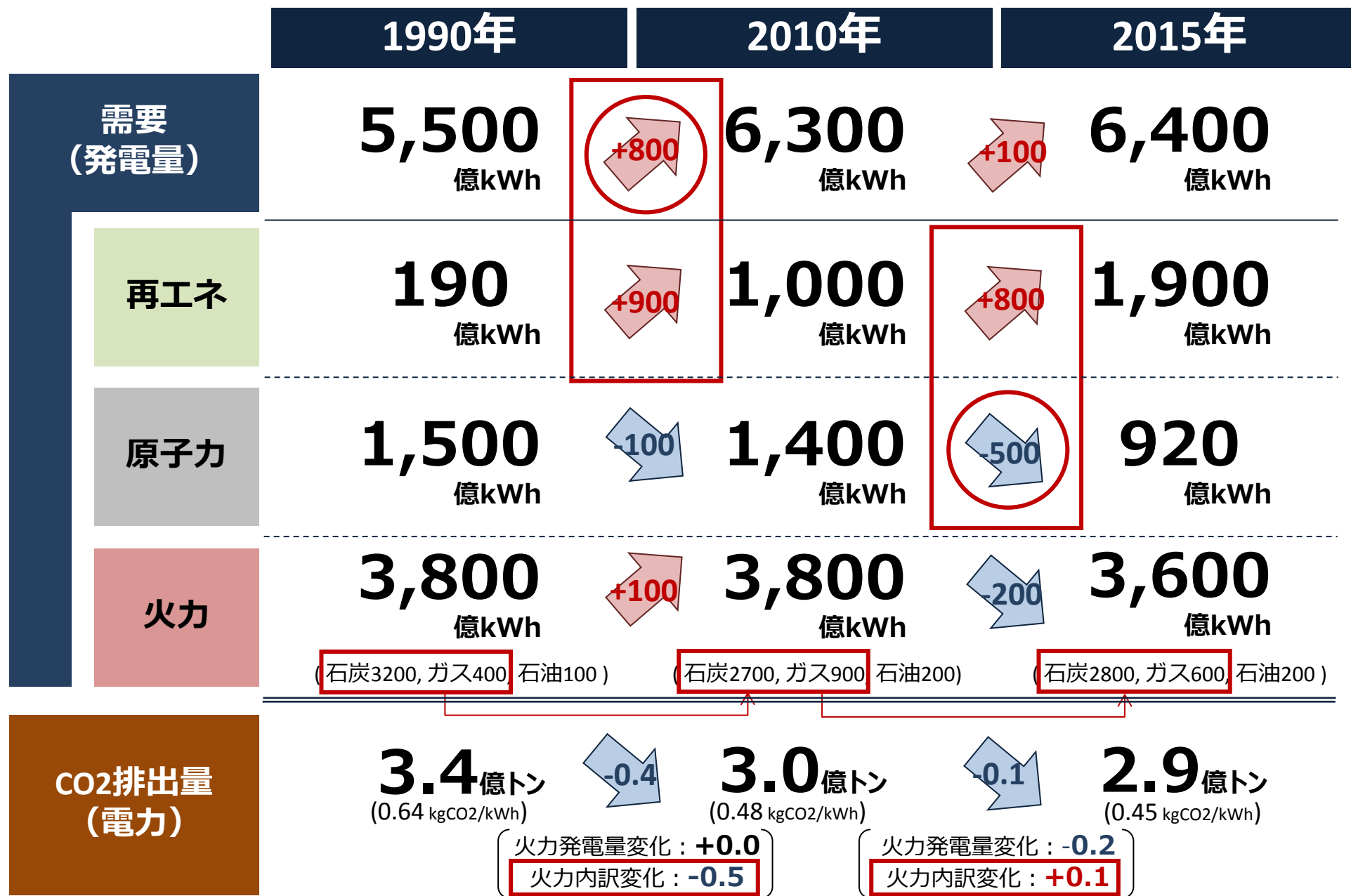
※運輸の国際輸送分は排出量に応じてOECD・非OECDに按分

(出所) IEA CO2 Emissions from Fuel Combustion, 総合エネルギー統計を基に作成

電力市場の変遷

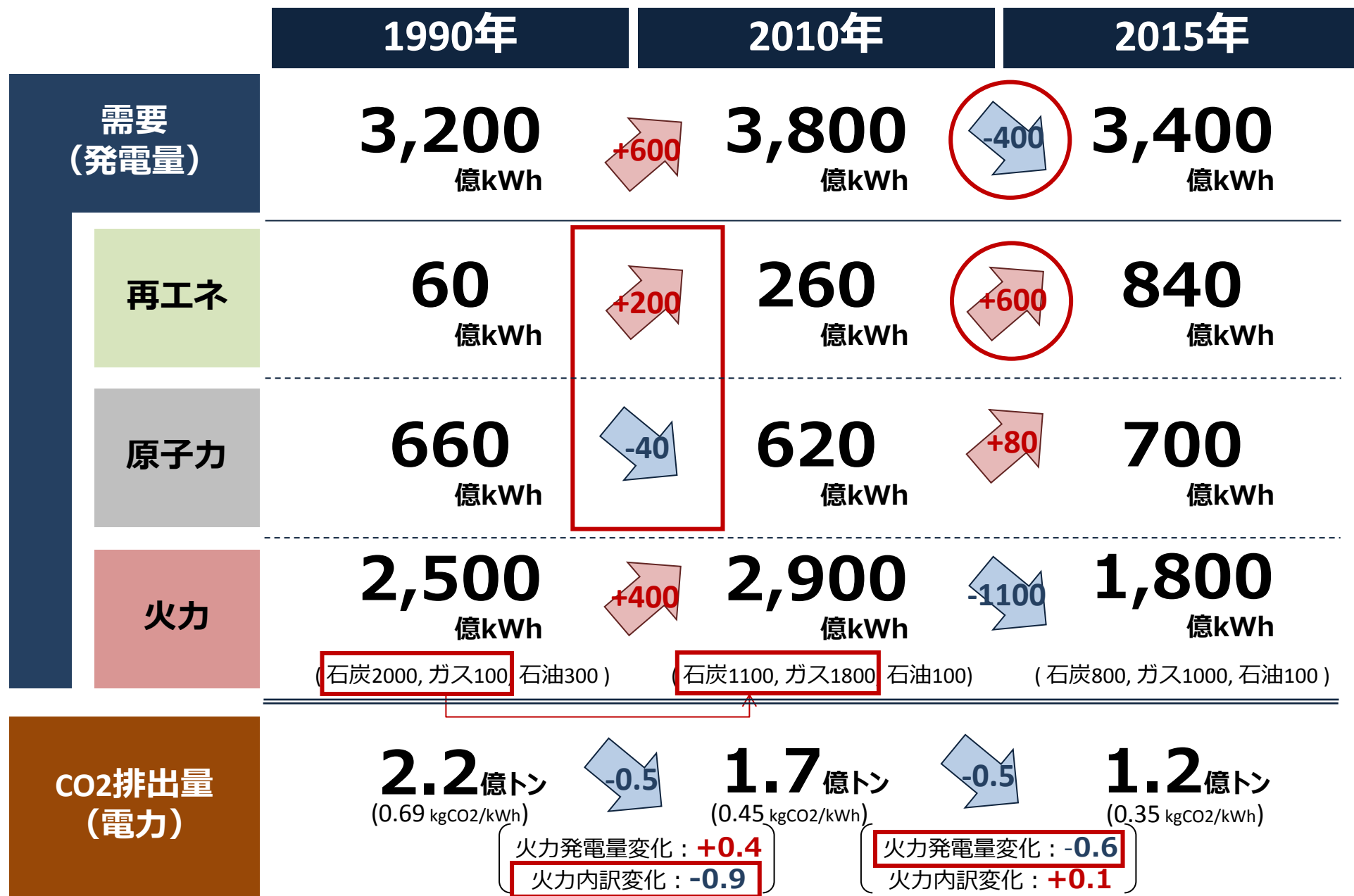
(1990年⇒2010年⇒2015年)

ドイツの電力由来CO2排出量の推移



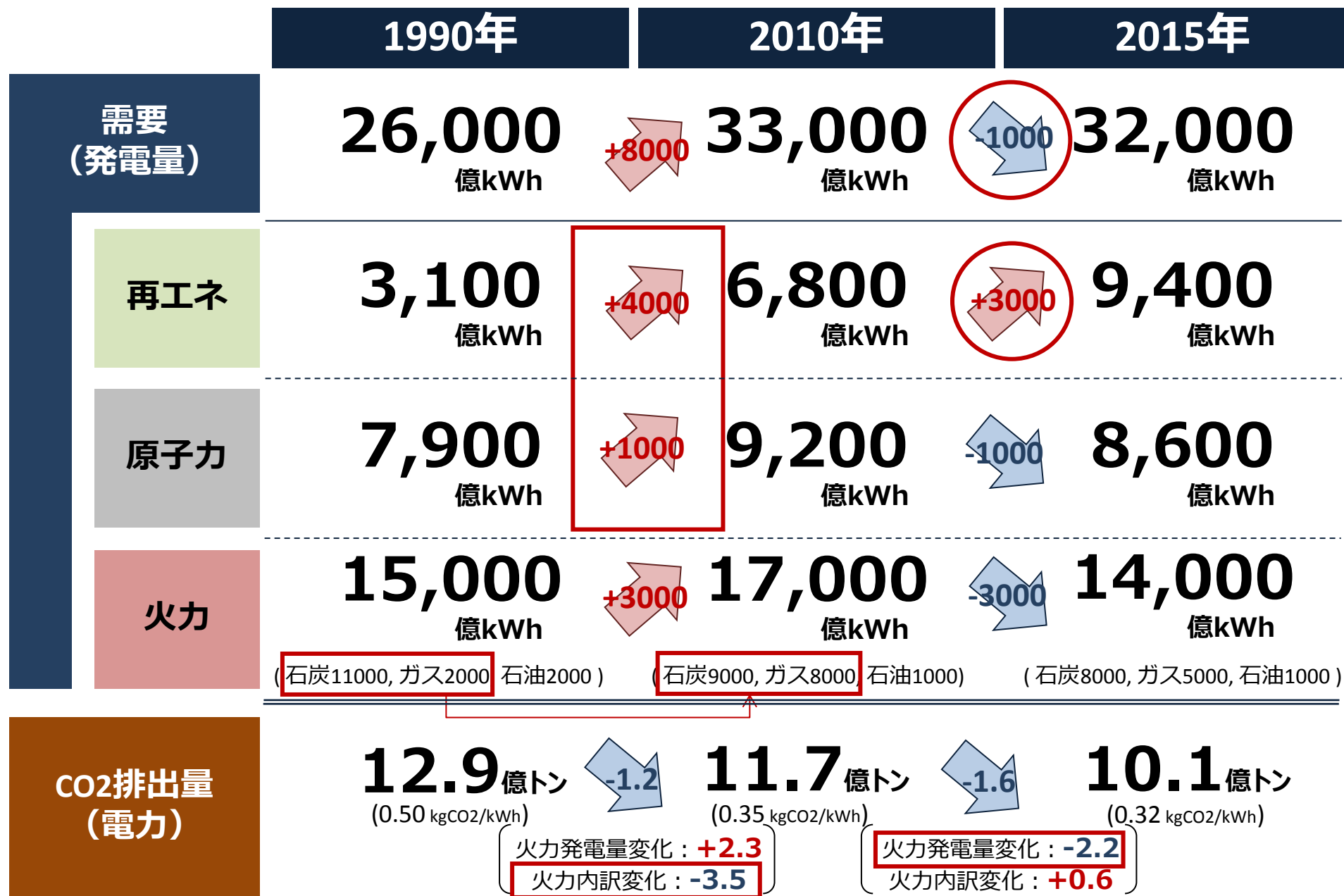
※数字は概数。四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。 (出所) IEA Energy Balances, CO2 Emissions from Fuel Combustionより作成

英国の電力由来CO2排出量の推移



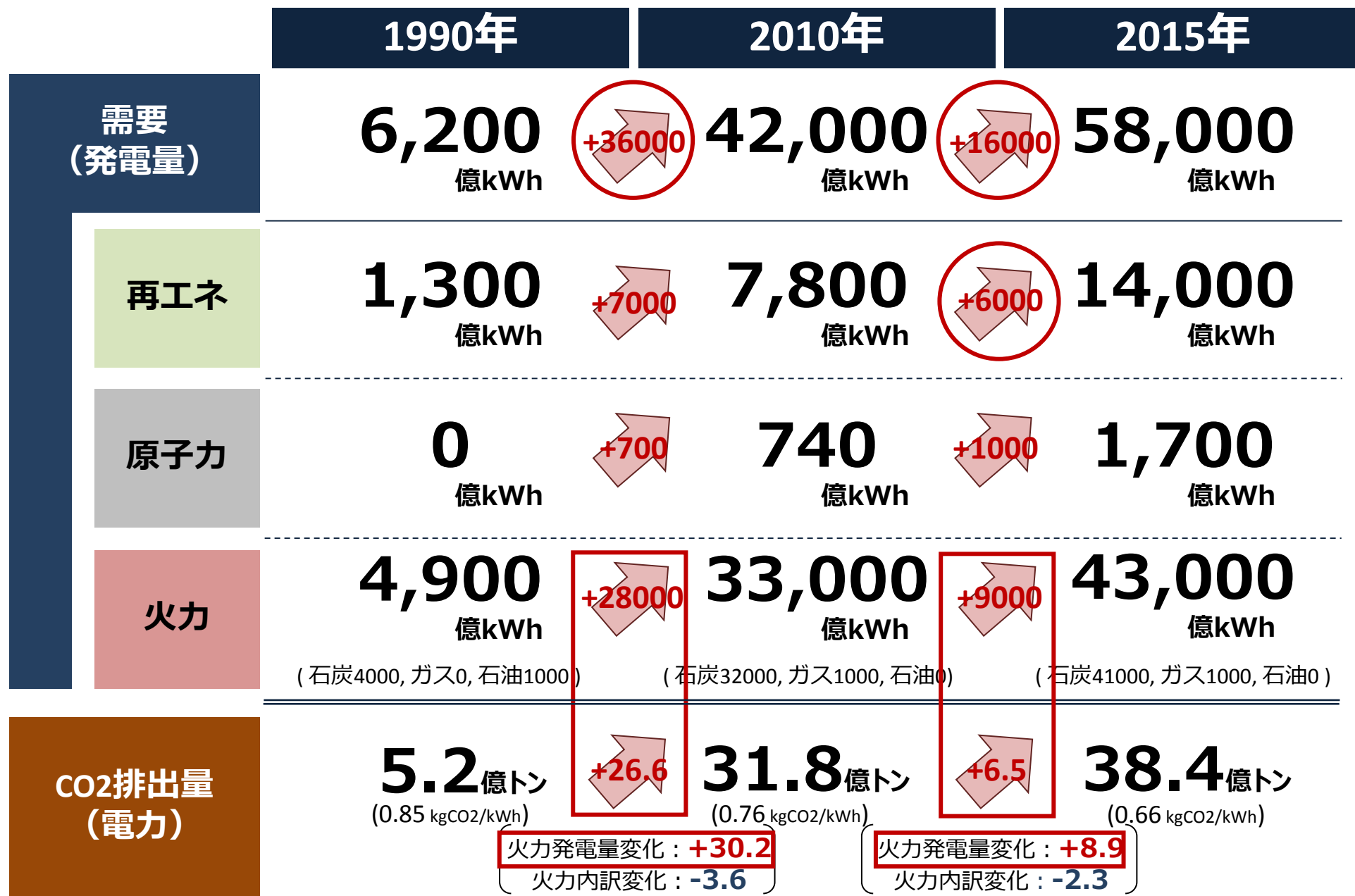
※数字は概数。四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。 (出所) IEA Energy Balances, CO2 Emissions from Fuel Combustionより作成

EUの電力由来CO2排出量の推移



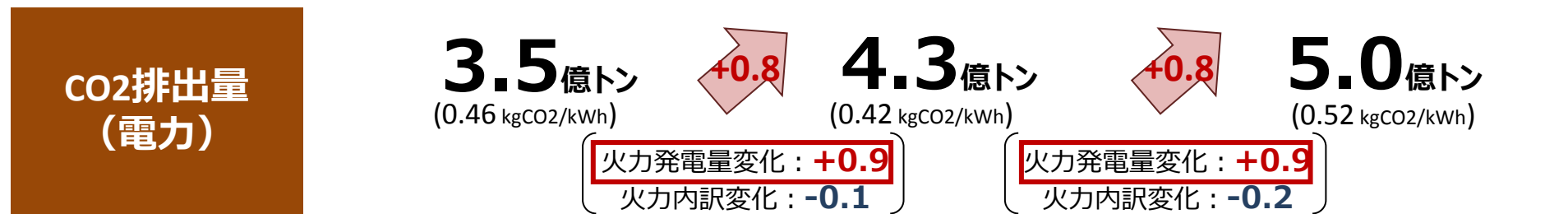
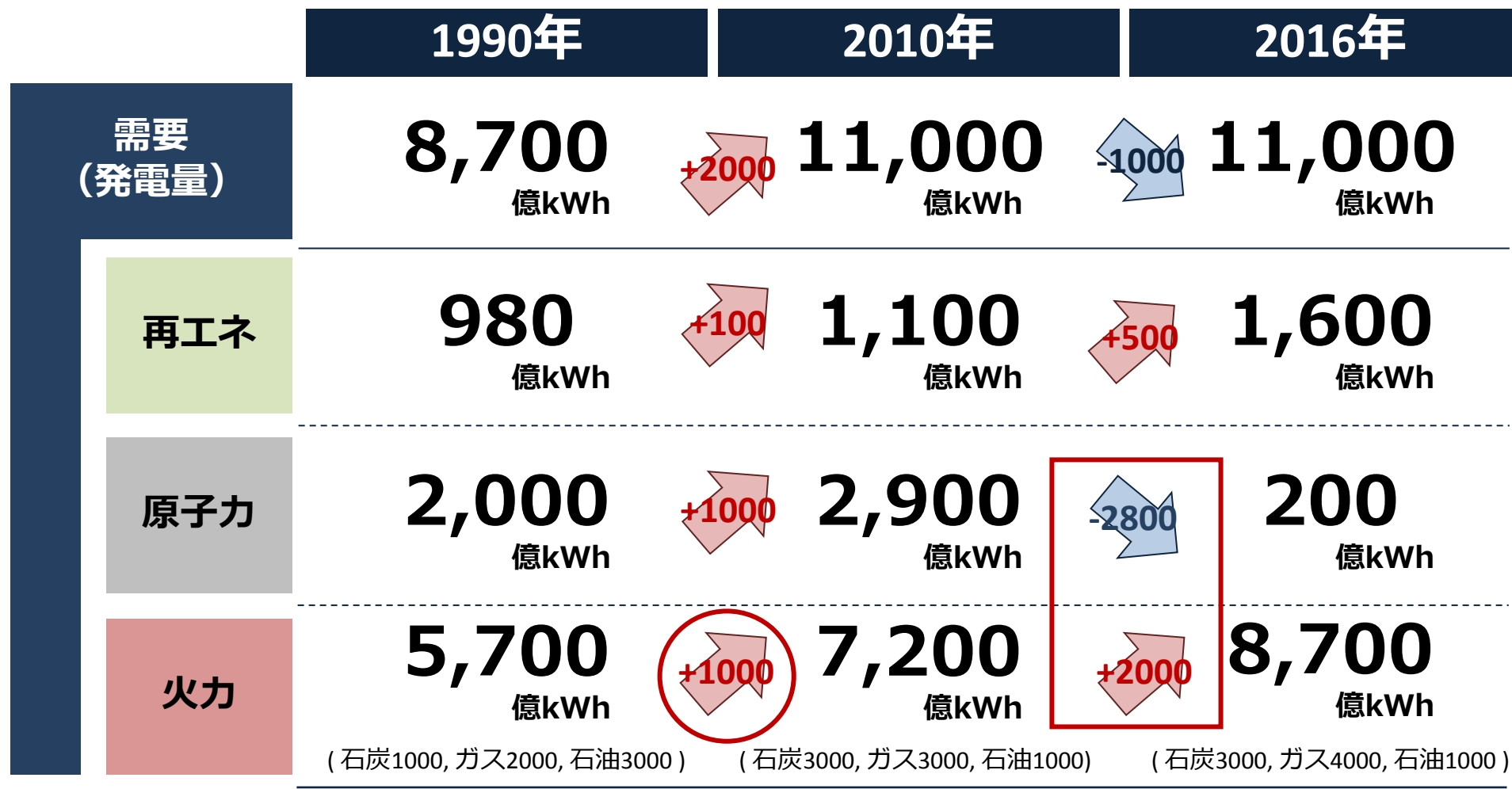
※数字は概数。四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。 (出所) IEA Energy Balances, CO2 Emissions from Fuel Combustionより作成

中国の電力由来CO2排出量の推移



※数字は概数。四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。(出所) IEA Energy Balances, CO2 Emissions from Fuel Combustionより作成

日本の電力由来CO2排出量の推移



※数字は概数。四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。
 ※ 排出係数は総合エネルギー統計ベースでありIEAの定義とは異なる。

欧州各国・米国各州のCO2排出 (2015年)

欧州各国の排出係数と電源構成

EU主要国・日本のCO2排出係数と発電構成 (2015年)

スウェーデン	フランス	デンマーク	スペイン	EU平均※	ドイツ	日本
11gCO2/kWh	46gCO2/kWh	174gCO2/kWh	293gCO2/kWh	315gCO2/kWh	450gCO2/kWh	540gCO2/kWh

安定 ゼロエミ

88%	88%	15%	33%	43%	25%	12%
安定再エネ: 53% 原子力: 35%	安定再エネ: 11% 原子力: 78%	安定再エネ: 15% 原子力: 0%	安定再エネ: 12% 原子力: 21%	安定再エネ: 16% 原子力: 27%	安定再エネ: 11% 原子力: 14%	安定再エネ: 11% 原子力: 1%

変動 ゼロエミ

10%	5%	51%	23%	13%	18%	4%
太陽光: 0% 風力: 10%	太陽光: 1% 風力: 4%	太陽光: 2% 風力: 49%	太陽光: 3% 風力: 18%	太陽光: 3% 風力: 10%	太陽光: 6% 風力: 12%	太陽光: 3% 風力: 1%

火力

2%	7%	34%	44%	44%	56%	85%
石炭: 1% ガス: 0% 石油: 1%	石炭: 2% ガス: 4% 石油: 1%	石炭: 25% ガス: 6% 石油: 4%	石炭: 19% ガス: 19% 石油: 7%	石炭: 26% ガス: 15% 石油: 3%	石炭: 44% ガス: 10% 石油: 2%	石炭: 34% ガス: 41% 石油: 10%

※EU28か国

米国各州の排出係数と電源構成

米国主要州のCO2排出係数と発電構成 (2015年)

ワシントン	ニューハンプシャー	ニューヨーク	カリフォルニア	イリノイ	米国全体	テキサス
106gCO2/kWh	183gCO2/kWh	235gCO2/kWh	282gCO2/kWh	435gCO2/kWh	498gCO2/kWh	541gCO2/kWh

安定 ゼロエミ

76%	62%	52%	26%	50%	27%	9%
安定再エネ: 69% 原子力: 7%	安定再エネ: 14% 原子力: 47%	安定再エネ: 20% 原子力: 32%	安定再エネ: 16% 原子力: 9%	安定再エネ: 0% 原子力: 50%	安定再エネ: 8% 原子力: 19%	安定再エネ: 1% 原子力: 9%

変動 ゼロエミ

6%	2%	3%	14%	6%	5%	10%
太陽光: 0% 風力: 6%	太陽光: 0% 風力: 2%	太陽光: 0% 風力: 3%	太陽光: 8% 風力: 6%	太陽光: 0% 風力: 6%	太陽光: 1% 風力: 4%	太陽光: 0% 風力: 10%

火力

17%	36%	45%	60%	44%	67%	81%
石炭: 5% ガス: 12% 石油: 0%	石炭: 5% ガス: 30% 石油: 1%	石炭: 2% ガス: 41% 石油: 2%	石炭: 1% ガス: 59% 石油: 0%	石炭: 38% ガス: 6% 石油: 0%	石炭: 34% ガス: 32% 石油: 1%	石炭: 28% ガス: 53% 石油: 0%

参考：電力事業環境の比較

(米国・欧州・日本)

(参考) 日欧米の電力事業環境の比較 (2015年)

	米国	欧州	日本
市場概要	市場規模 (電力需要) 3.8兆kWh (TX:3900億kWh NY:1500億kWh CA:2600億kWh IL:1400億kWh)	3.0兆kWh (独:5700億kWh 英:3300億kWh 仏:4700億kWh 丁:300億kWh ※デンマーク)	1.0兆kWh
	ゼロエミ 比率 ※日本は2016年 33% (原子力: 19% 風力: 4% 太陽光: 1% 水力: 6%)	56% (原子力: 27% 風力: 9% 太陽光: 3% 水力: 11%)	17% (原子力: 2% 風力: 1% 太陽光: 5% 水力: 8%)
事業環境	小売 自由化 州によって異なる ※2000年頃から自由化の動き活発化 (全面自由化: 13州※1+ワシントンDC 部分自由化: 6州※2 ※1: ニューヨーク、イリノイ、テキサスなど ※2: カリフォルニア、ネバダなど)	全面自由化 (1996年:第1次電力指令(部分自由化) 2003年:第2次電力指令(全面自由化))	全面自由化 (2000年:部分自由化(大規模工場等) 2004年:部分自由化(中規模工場等) 2005年:部分自由化(小規模工場等) 2016年:全面自由化)
	発送電 分離 (送電運用者) 州によって異なる (1996年: FERC オーダー888で独立系統運用者 (ISO)の設立推奨 1999年: FERC オーダー2000で地域送電機関 (RTO)の設立要請)	法的分離※3 or 所有権分離 (1996年: 会計分離(第1次電力指令) 2003年: 法的分離(第2次電力指令) 2009年: 法的分離or所有権分離 (第3次電力指令))	垂直統合 ⇒法的分離 ※2020年予定 (東京電力は先行実施)
	主な ゼロエミ 関連施策 州によって異なる (連邦政府としては税制措置などを実施)	国によって異なる (EU再エネ目標: 2030年に27% (最終消費ベース))	FIT 高度化法等

※3 「①送電系統運用を独立系統運用者に委ねる」、「②独立送電運用者として送電系統運用機能の独立性を確保する」の2つの選択肢が存在

(参考) 米国の電力事業環境 (2015年)

		米国			
		テキサス州	カリフォルニア州	ニューヨーク州	イリノイ州
市場概要	市場規模 (電力需要)	3,900億kWh	2,600億kWh	1,500億kWh	1,400億kWh
	ゼロエミ 比率	19% (原子力: 9% 風力: 11% 太陽光: 0.1% 水力: 0.2%)	40% (原子力: 9% 風力: 6% 太陽光: 8% 水力: 7%)	55% (原子力: 32% 風力: 3% 太陽光: 0.1% 水力: 19%)	56% (原子力: 50% 風力: 6% 太陽光: 0% 水力: 0%)
事業環境	小売 自由化	全面自由化 (1999年:州電力再編法 (発電・送配電・小売の分離) 2002年:小売自由化開始)	部分自由化 ※家庭部門以外が自由化 (1998年:全面自由化開始 2001年:電力危機 ⇒自由化中断 2010年:部分自由化再開)	全面自由化 (1998~2000年: 電力会社毎に自由化開始)	全面自由化 (2002年:全面自由化開始 2006年:価格上限規制終了)
	発送電 分離 (送電運用者)	独立系統運用者 (ISO) (ERCOT 1996年設立)	独立系統運用者 (ISO) (CAISO 1998年設立)	独立系統運用者 (ISO) (NYISO 1999年設立)	地域送電機関 (RTO) (MISO 1996年設立 2001年RTO承認)
	主な ゼロエミ 関連施策	RPS (1999年~) ※RECの購入で調達可能	RPS (2002年~) ※RECの購入で調達可能 ZEV規制(2012年~) ※販売台数の一定割合を ZEVとすることを義務付け	ゼロエミクレジット (2017年~) ※REC, ZECの調達が 求められる	RPS(2008年~) ※RECの購入で調達可能 ゼロエミクレジット (2017年~) ※ZECの調達が求められる

※REC: Renewable Energy Credit ZEC: Zero Emission Credits ZEV: Zero Emission Vehicle

(参考) 欧州の電力事業環境 (2015年)

		欧州			
		ドイツ	フランス	英国	デンマーク
市場概要	市場規模 (電力需要)	5,700億kWh	4,700億kWh	3,300億kWh	300億kWh
	ゼロエミ 比率	44% (原子力: 14% 風力: 12% 太陽光: 6% 水力: 3%)	93% (原子力: 78% 風力: 4% 太陽光: 1% 水力: 10%)	46% (原子力: 21% 風力: 12% 太陽光: 2% 水力: 2%)	66% (原子力: 0% 風力: 49% 太陽光: 2% 水力: 0%)
事業環境	小売 自由化	EU電力指令の下で全面自由化 (1996年:第1次電力指令(部分自由化) 2003年:第2次電力指令(全面自由化))			
	発送電 分離 (送電運用者)	独立送電運用者 (ITO) (Amprion(RWE資本) TenneT(蘭政府資本) 50Hertz(Elia資本) TransnetBW(EnBW資本))	独立送電運用者 (ITO) (RTE (EDF資本))	民間送電事業者 (NGET (National Grid資本))	国営送電事業者 (Energinet.dk (国営))
	主な ゼロエミ 関連施策	FIT, FIP (1991年~)(2012年~)	FIT (2005年~)	RPS, FIT-CfD (2002年~) (2014年~) ※FIT-CfDは大規模電源が対象	FIT, FIP (1984年~)(2009年~) ※洋上風力は別途入札を実施
		排出権取引 (EU-ETS, 2005年~)			

Management Strategies of Companies based on Zero-Emission Power Generation

December 8, 2017

Agency for Natural Resources and Energy

Contents

Review of previous sessions	.....	p.2
Current status of major companies	.....	p.4
Transition of electricity market	.....	p.8
CO2 emissions of EU and U.S.	.....	p.14
(Ref.) Comparison of the power business environment	.....	p.17

Review of statements from previous sessions

2nd Session - Friday, September 29th, 2017

Dr. Paul Stevens, Distinguished Fellow, The Royal Institute for International Affairs, UK

- The long-term demand for petroleum is overrated. The energy transition from hydrocarbon to electricity will accelerate. The reasons for the transition are climate change and technological innovation (cost reduction of renewable energy, EV).
- There is a high possibility that instability will increase in the Middle East based on the financial instability of the various Middle Eastern countries in the context of a decreasing global dependence on the region, in addition to the uncertainty caused by the Trump regime.

Mr. Adam Siminski, Chair for Energy and Geopolitics, Center for Strategic and International Studies, US

- Emerging nations drive primary energy consumption worldwide.
- Demand for coal will remain unchanged (possibility of decline), there will be rapid growth in renewable energy and natural gas. Gradual increase in nuclear energy.
- Japan's low energy self-sufficiency and dependence on thermal power are severe issues from a national security viewpoint. Diversifying energy sources to increase diversity is critical.
- The U.S. greatly reduced CO2 emissions without ratifying the Kyoto Protocol. Its withdrawal from the Paris Agreement is not a major problem.

Review of statements from previous sessions

3rd session - Monday, November 13rd, 2017

Mr. Michael Shellenberger (CEO of Environmental Progress, U.S.)

- Increasing density is the megatrend of energy choices (Wood -> Coal -> Oil -> Uranium)
- The social acceptability of nuclear power is critical. Social acceptability will increase through innovative technologies (accident resistant fuel, etc.).
- Unlike nuclear and hydro power, solar and wind power have weak correlation to CO2 emission intensity. (Introduction is not linked to CO2 reduction)
- Germany's dependence on coal continues, and achieving ▲40% by 2020 is likely to be difficult.

Jim Skea (Professor of Sustainable Energy, Imperial College London, UK)

- The UK realized a substantial reduction by shifting from coal-fired to gas, but achieving the reduction targets of the latter half of the 2020s (▲51% from 2023 - 2027) currently appears difficult. Innovation (hydrogen, CCS, etc.) is critical to achieve the goal.
- Rather than focusing on a single technology, it is important to promote "competition between technologies."
- The UK government is soliciting and supporting research program proposals for next-generation small modular reactors (SMRs) from the private sector as a national project.
- Germany is providing excessive support for renewable energy, and it must be made more effective.

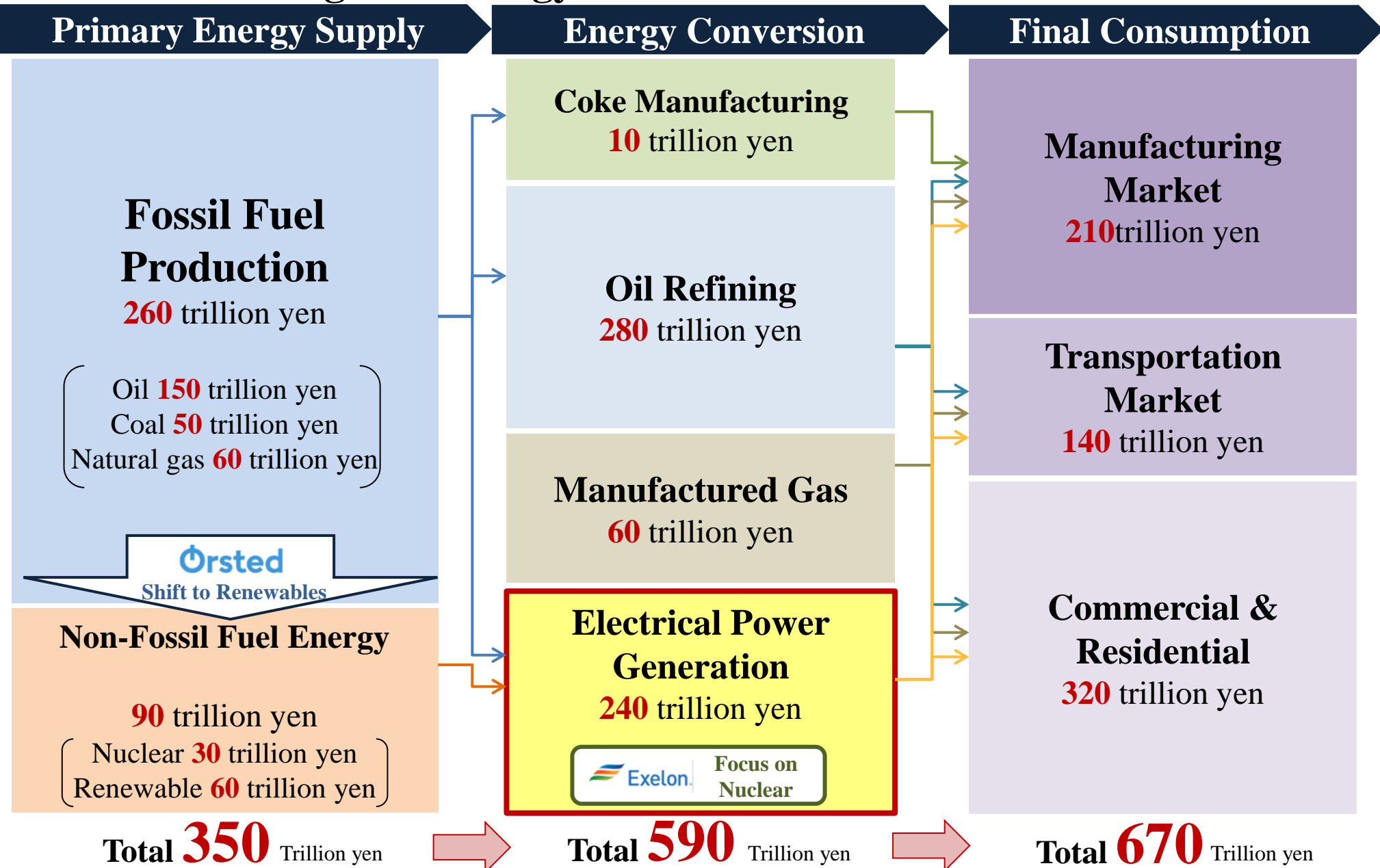
*** Dr. Claudia Kemfert (Head of Energy, Transportation, and Environment, German Institute for Economic Research, Germany)**

(Only materials provided, not attending on the day)

- Investment in low-energy, renewable energy, and EV is necessary for a major reduction in CO2 emissions.
- It is possible to realize a 100% renewable energy system.
- Energy efficiency that crosses sectors is necessary, such as using excess electricity for hydrogen conversion.

Current status of major companies

Estimation of the global energy market size (2015)



* Primary energy supply & conversion includes non-energy uses. Final consumption excludes non-energy uses. Energy conversion shows only major categories.

* Market size represents approximate figures of energy balance multiplied by assumed unit price.

(ex. Electricity generation: 10 yen/kWh. Electricity for industry: 15 yen/kWh)

Source: IEA World Energy Balance etc.

Overview and power source composition of major enterprises

		Europe / North America					Japan	
		Engie (France)	EDF (France)	Enel (Italy)	Ørsted (Denmark)	Exelon (U.S.)	Tokyo Electric Power Co.	Kyushu Electric Power
Sales (Units: trillion yen)		9.4	10.1	10.2	1.5	3.6	6.1	1.8
		Overseas: 64% Pow. gen.: NA	Overseas: 47% Pow. gen.: NA	Overseas: 48% Pow. gen.: 77%	Overseas: 75% Pow. gen.: 34% <small>* Only sales of power</small>	Overseas: NA Pow. gen.: 85%	Overseas: 2% Pow. gen.: 95%	Overseas: NA Pow. gen.: 92%
Business area (Only in home country)		Generation Retail	Generation Transmission Distribution Retail	Generation Distribution Retail	Generation Distribution Retail	Generation Transmission Distribution Retail	Generation Transmission Distribution Retail	Generation Transmission Distribution Retail
Power generation mix	Renew-able	19% (Hydro: 15%)	6% (Hydro: 6%)	31% (Hydro: 23%)	45% (Wind: 45%)	3% (NA)	5% (Hydro: 5%)	10% (Hydro: 8%)
	Nuclear	6%	81%	14%	0%	89%	0%	14%
	Thermal	75% (Gas: 58%)	12% (NA)	55% (Coal: 30%)	55% (Coal: 36%)	8% (NA)	95% (Gas: 72%)	76% (Coal: 42%)

* Ratio of coal for Ørsted is estimated from the fossil fuel mix including heat

* Breakdown of thermal power for Japanese companies are estimated from "Electric Supply Plan 2016"

(Reference) Carbon Reduction Targets

		CO ₂ emission in 2015 (100 million tons)			
		World	Developed countries	Emerging countries	Japan
Total		323	124	199	11.5
	Electricity	127	45	82	5.0
	Transport	77	41	36	2.0
	Automobiles (Passenger vehicle, freight automobile, ect)	58	31	27	1.9
	Others (Aircraft, ships, etc)	19	10	9	0.2
	Industry	83	23	61	3.2
	Steal and Iron (Not includes cokes production)	19	3	16	1.4
	Petrochemicals (Includes petroleum products)	9	3	6	0.7
	Heat (commercial & residential sectors)	35	14	21	1.3

* Developed countries: OECD, Emerging countries: Non-OECD

* Definitions in IEA and METI data may be different.

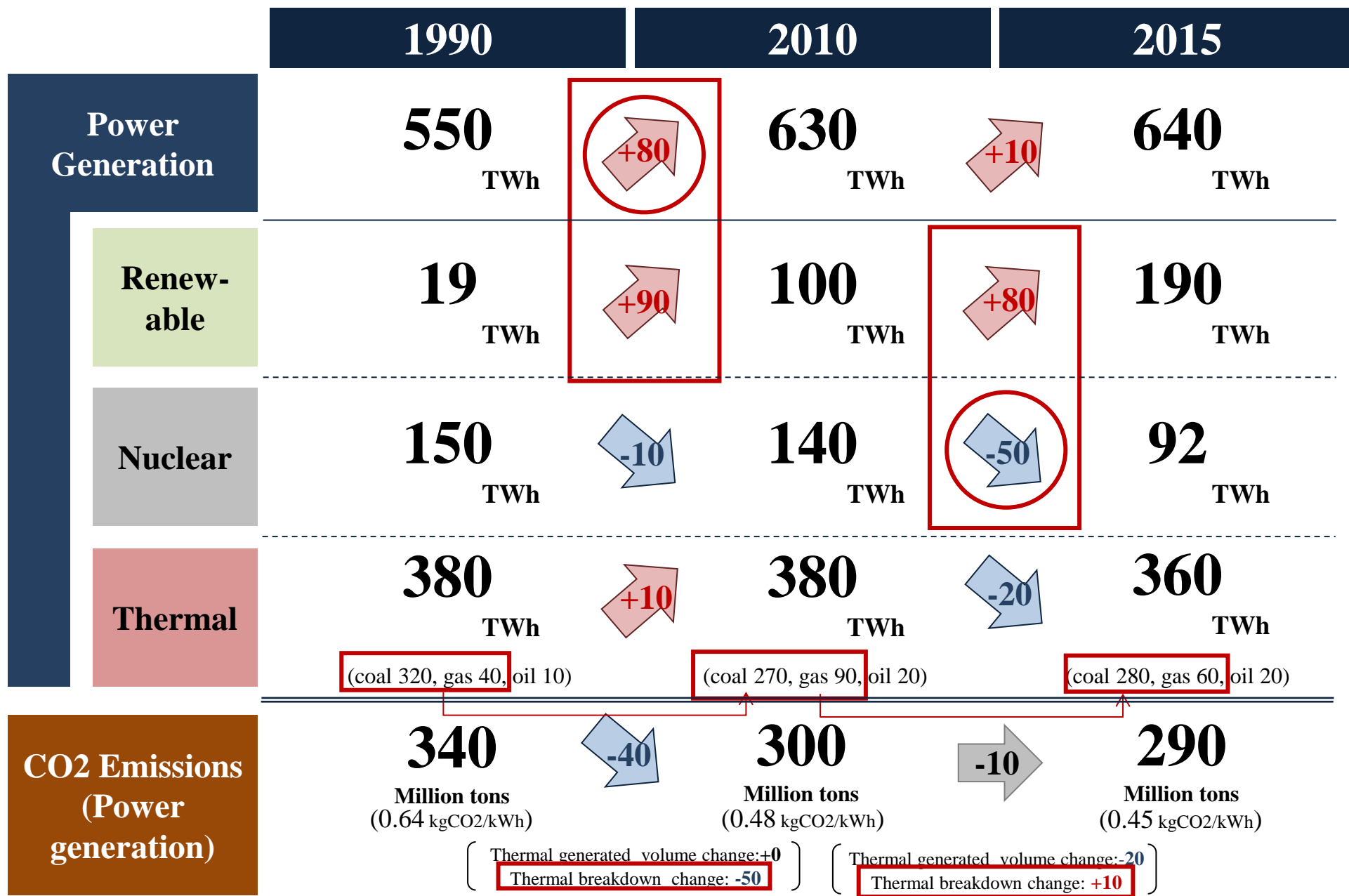
* CO₂ emissions from international marine/aviation bunkers are allocated to OECD and non-OECD

Source: IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion, METI statistics 7

Transition of electricity market

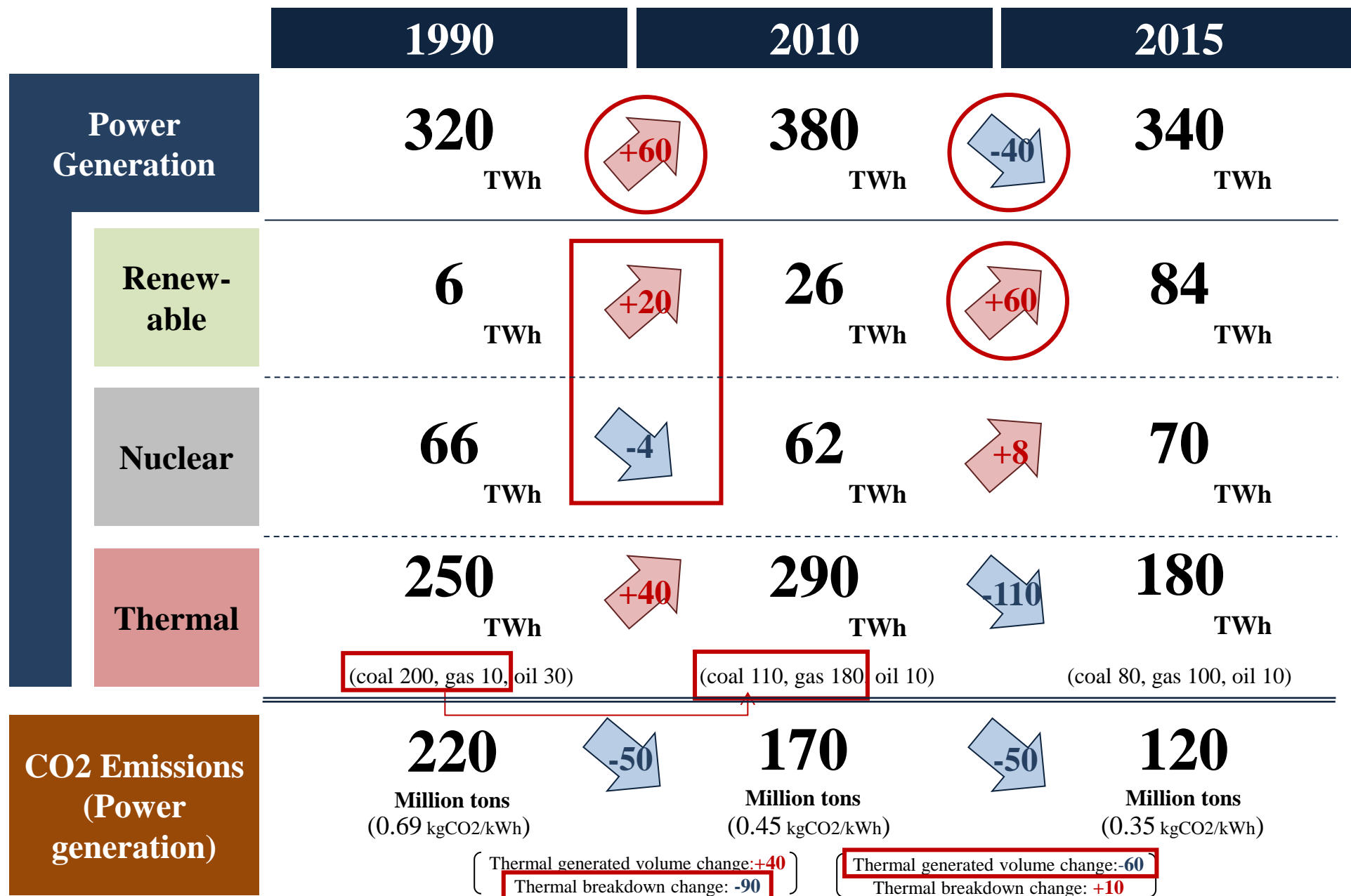
(1990 -> 2010 -> 2015)

Transition of Germany's CO2 emissions from power generation



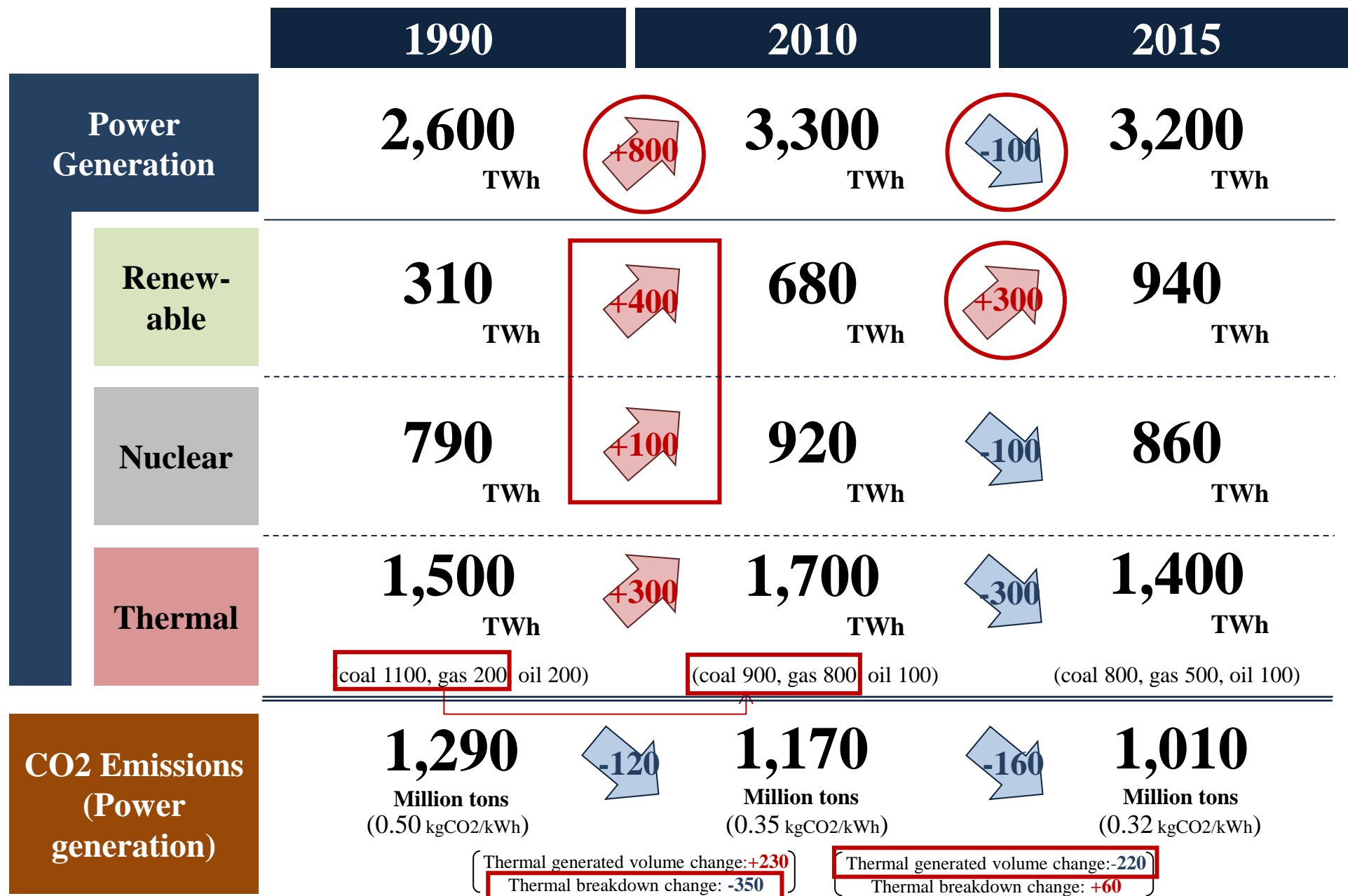
*Numbers are rounded. Totals may not match due to rounding errors.

Transition of the UK's CO2 emissions from power generation













*Numbers are rounded. Totals may not match due to rounding errors.

Transition of the EU's CO2 emissions from power generation



*Numbers are rounded. Totals may not match due to rounding errors.

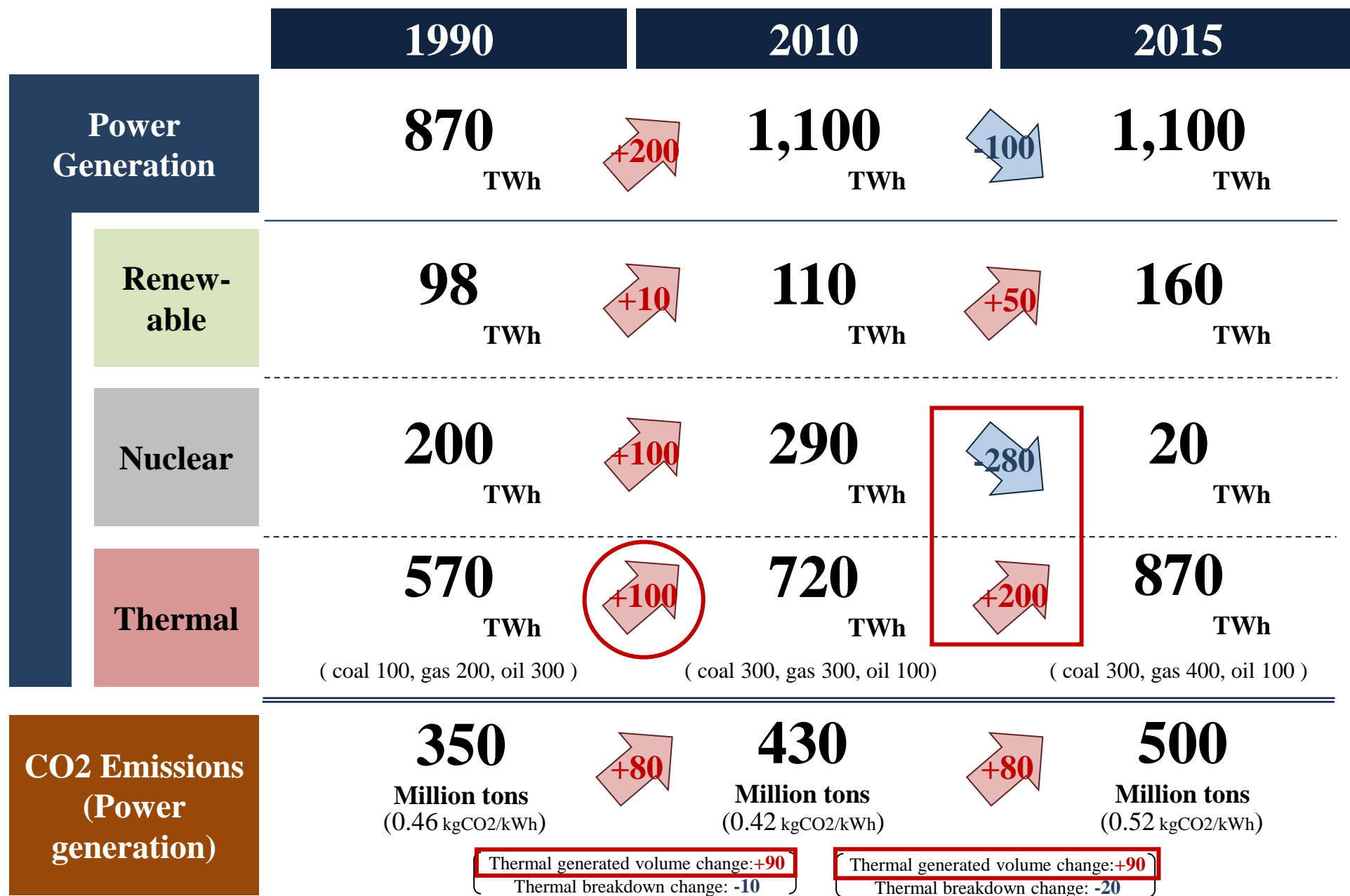
Transition of the China's CO2 emissions from power generation

	1990		2010		2015
Power Generation	620 TWh		4,200 TWh		5,800 TWh
Renew-able	130 TWh		780 TWh		1,400 TWh
Nuclear	0 TWh		74 TWh		170 TWh
Thermal	490 TWh (coal 400, gas 0, oil 100)		3,300 TWh (coal 3200, gas 100, oil 0)		4,300 TWh (coal 4100, gas 100, oil 0)
CO2 Emissions (Power generation)	520 Million tons (0.85 kgCO2/kWh)		3,180 Million tons (0.76 kgCO2/kWh)		3,840 Million tons (0.66 kgCO2/kWh)
	Thermal generated volume change: +3020 Thermal breakdown change: -360		Thermal generated volume change: +890 Thermal breakdown change: -230		

*Numbers are rounded. Totals may not match due to rounding errors.

Source: Produced from IEA Energy Balances, CO2 Emissions from Fuel Combustion 12

Transition of the Japan's CO2 emissions from power generation



* Numbers are rounded. Totals may not match due to rounding errors.

* Definition of kgCO2/kWh in METI and IEA may be different.

Source: METI statistics, IEA Energy Balances etc.

CO2 emissions of EU and U.S.

(2015)

Emission coefficient and the electrical power generation mix of each country

CO2 Emission per kWh and Composition of Electricity Sources for Major EU Members and Japan (2015)

Sweden	France	Denmark	Spain	EU Average*	Germany	Japan
11gCO2/kWh	46gCO2/kWh	174gCO2/kWh	293gCO2/kWh	315gCO2/kWh	450gCO2/kWh	540gCO2/kWh

Stable Zero Emission

88%	88%	15%	33%	43%	25%	12%
Stable RE: 53% Nuclear : 35%	Stable RE: 11% Nuclear : 78%	Stable RE: 15% Nuclear : 0%	Stable RE: 12% Nuclear : 21%	Stable RE: 16% Nuclear : 27%	Stable RE: 11% Nuclear : 14%	Stable RE: 11% Nuclear : 1%

Variable Renewable Energy

10%	5%	51%	23%	13%	18%	4%
PV : 0% Wind : 10%	PV : 1% Wind : 4%	PV : 2% Wind : 49%	PV : 3% Wind : 18%	PV : 3% Wind : 10%	PV : 6% Wind : 12%	PV : 3% Wind : 1%

Thermal Power

2%	7%	34%	44%	44%	56%	85%
Coal : 1% Gas : 0% Oil : 1%	Coal : 2% Gas : 4% Oil : 1%	Coal : 25% Gas : 6% Oil : 4%	Coal : 19% Gas : 19% Oil : 7%	Coal : 26% Gas : 15% Oil : 3%	Coal : 44% Gas : 10% Oil : 2%	Coal : 34% Gas : 41% Oil : 10%

Emission coefficient and the electrical power generation mix of US states

CO2 Emission per kWh and Composition of Electricity Sources for Major US states (2015)

	Washington	New Hampshire	New York	California	Illinois	US average	Texas
	106 gCO ₂ /kWh	183 gCO ₂ /kWh	235 gCO ₂ /kWh	282 gCO ₂ /kWh	435 gCO ₂ /kWh	498 gCO ₂ /kWh	541 gCO ₂ /kWh
Stable Zero Emission	76%	62%	52%	26%	50%	27%	9%
	Stable RE: 69% Nuclear : 7%	Stable RE: 14% Nuclear : 47%	Stable RE: 20% Nuclear : 32%	Stable RE: 16% Nuclear : 9%	Stable RE: 0% Nuclear : 50%	Stable RE: 8% Nuclear : 19%	Stable RE: 1% Nuclear : 9%
Variable Renewable Energy	6%	2%	3%	14%	6%	5%	10%
	PV : 0% Wind : 6%	PV : 0% Wind : 2%	PV : 0% Wind : 3%	PV : 8% Wind : 6%	PV : 0% Wind : 6%	PV : 1% Wind : 4%	PV : 0% Wind : 10%
Thermal Power	17%	36%	45%	60%	44%	67%	81%
	Coal : 5% Gas : 12% Oil : 0%	Coal : 5% Gas : 30% Oil : 1%	Coal : 2% Gas : 41% Oil : 2%	Coal : 1% Gas : 59% Oil : 0%	Coal : 38% Gas : 6% Oil : 0%	Coal : 34% Gas : 32% Oil : 1%	Coal : 28% Gas : 53% Oil : 0%

**(Ref.) Comparison of the power business environment
(U.S., EU, Japan)**

(Reference) Comparison of the power business environments between Japan, Europe and the U.S.

		U.S.	Europe	Japan
Market overview	Market scale (Power Demand)	3,800 TWh TX:390 NY:150 CA:260 IL:140 (TWh)	3,000 TWh Germany:570 UK:330 France:470 Denmark:30 (TWh)	1,000 TWh
	Zero-emission Proportion	33% Nuclear: 19% Wind: 4% PV: 1% Hydro: 6%	56% Nuclear: 27% Wind: 9% PV: 3% Hydro: 11%	17% Nuclear: 2% Wind: 1% PV: 5% Hydro: 8%
Business environment	Retail Liberalization	Varies by state * Liberalization started in earnest from 2000 Entirely liberalized: 13 states *1 + Washington DC Partially liberalized: 6 states *2 * 1: New York, Illinois, Texas, etc. * 2: California, Nevada, etc.	Entirely liberalized 1996: First Energy Directive (Partial liberalization) 2003: Second Energy Directive (Complete liberalization)	Entirely liberalized 2000: Partial liberalization (Large scale factories, etc.) 2004: Partial liberalization (Medium scale factories, etc.) 2005: Partial liberalization (Small scale factories, etc.) 2016: Complete liberalization
	Generation/ Transmission Separation (System Operators)	Varies by state 1996: FERC Order 888: Recommended establishment of Independent System Operators (ISO) 1999: FERC Order 2000: Requested establishment of Regional Transmission Organizations (RTO)	Legal separation *3 or Separation of property rights 1996: Separation of accounting (First Energy Directive) 2003: Legal separation (Second Energy Directive) 2009: Legal separation or separation of property rights (Third Energy Directive)	Vertical integration -> Legal separation * Planned for 2020 (TEPCO conducted in advance)
	Key zero emission related policies	Varies by state Implementation of tax measures, etc. by the federal government	Varies by country EU Goal: Raise renewable energy comprise 27% of final consumption by 2030	FIT Sophisticated Methods of Energy Supply Structures Act, etc.

*3 Two options exist: "1. Entrust power grid operation to an independent system operator," or "2. Secure the independence of the power system operation function through an independent power transmission operator"

(Reference) Electrical power business environment of the U.S.

		U.S.			
		Texas	California	New York	Illinois
Market overview	Market scale (Power Demand)	390 TWh	260 TWh	150 TWh	140 TWh
	Zero-emission Proportion	19% (Nuclear: 9% Wind: 11% PV: 0.1% Hydro: 0.2%)	40% (Nuclear: 9% Wind: 6% PV: 8% Hydro: 7%)	55% (Nuclear: 32% Wind: 3% PV: 0.1% Hydro: 19%)	56% (Nuclear: 50% Wind: 6% PV: 0% Hydro: 0%)
Business environment	Retail Liberalization	Entirely liberalized (1999: Act to restructure state power operators (Separation of generation, transmission/distribution, retail) 2002: Start of retail liberalization)	Partially liberalized * Non-home use liberalized (1998: Start of complete liberalization 2001: Power crisis -> Halt to liberalization 2010: Restart of partial liberalization)	Entirely liberalized (1998 - 2000: Start of liberalization at each power company)	Entirely liberalized (2002: Start of complete liberalization 2005: End of upper price limit regulation)
	Generation/Transmission Separation (System Operators)	Independent System Operator (ISO) ERCOT Established 1996	Independent System Operator (ISO) CAISO Established 1998	Independent System Operator (ISO) NYISO Established 1999	Regional Transmission Operator (RTO) MISO Established 1996 Certified RTO 2001
	Key zero emission related policies	RPS (1999~) * RECs can be purchased	RPS (2002~) * RECs can be purchased ZEV regulation (2012~) * Constant rate of total car sales is required to be sales of ZEVs	Zero Emission Credits (2017~) * Utilities are required to procure REC and ZEC	RPS (2008~) * RECs can be purchased Zero Emission Credits (2017~) * Utilities are required to procure ZEC

※REC: Renewable Energy Credit ZEC:Zero Emission Credits ZEV: Zero Emission Vehicle

(Reference) Electrical power business environment of Europe

		Europe			
		Germany	France	UK	Denmark
Market overview	Market scale (Power Demand)	570 TWh	470 TWh	330 TWh	30 TWh
	Zero-emission Proportion	44% (Nuclear: 14% Wind: 12% PV: 6% Hydro: 3%)	93% (Nuclear: 78% Wind: 4% PV: 1% Hydro: 10%)	46% (Nuclear: 21% Wind: 12% PV: 2% Hydro: 2%)	66% (Nuclear: 0% Wind: 49% PV: 2% Hydro: 0%)
Business environment	Retail Liberalization	<p>Entirely liberalized by the EU Energy Directive</p> <p>(1996: First Energy Directive (Partial liberalization) 2003: Second Energy Directive (Complete liberalization))</p>			
	Generation/ Transmission Separation (System Operators)	Independent Transmission Operator (ITO) (Amprion TransnetBW 50Hertz TenneT)	Independent Transmission Operator (ITO) (RTE (EDF subsidiary))	Private company (NGET (NGC subsidiary))	National company (Energinet.dk (Government operated))
	Key zero emission related policies	FIT, FIP (1991~) (2012~)	FIT (2005~)	RPS, FIT-CfD (2002~) (2014~)	FIT, FIP (1984~) (2009~)
		EU-ETS (2005~)			