国際シンポジウム
東アジアの持続可能な未来に向けた
エネルギー，資源，土地利用の大転換と制度改革
—電源・産業・交通部門—

1. 開催の意義

東アジアでは，気候変動問題とともに，大量消費と廃棄による資源枯渇の問題，水資源の不足と利用の偏在性の問題が顕在化しており，農業の土地生産性低下の問題も浮上しています．これらの問題は，資源ナショナリズムを生むなど東アジアの持続可能な未来を大きく脅かしており，各国の国境を超えた地域レベルの取組みが喫緊の課題となっています．これらの問題は，相互密接な関連を持っており，東アジアレベルでのエネルギー，資源，環境など総合的な視点からの問題把握と解決への処方箋が欠かせない状況であります．

本シンポジウムは，東アジア環境政策研究会の科研研究プロジェクト（基盤研究（A）「東アジアの持続可能な未来に向けたエネルギー，資源，土地利用の大転換と制度改革」研究代表者：李秀澈名城大学教授）研究成果の中間報告として開催されます．今回のシンポジウムでは，東アジアにおける持続可能な未来に向けたエネルギー・産業・交通・建築部門の脱炭素への方向性を明らかにしたいと考えています．本シンポジウムは，研究者の方以外に，環境問題に関心のある学生，地域住民の方を対象にしています．東アジアの環境問題を身近な問題としてとらえていただき，議論に参加していただければ幸いです．

2. 開催日時，開催場所

日時：2017 年 12 月 23 日（土）13:00～18:00
場所：名古屋大学国際開発研究科(8 階多目的オーディトリアム)
参加登録：お名前・ご所属を記入の上，以下の連絡先にメールでお申込みください．
連絡先：李秀澈(名城大学) slee@meijo-u.ac.jp および
藤川清史(名古屋大学） fujikawa@gsid.nagoya-u.ac.jp

主催：東アジア環境政策研究会(REEPS)
共催：名城大学経済学部，
名古屋大学国際開発研究科(GSID)，
名古屋大学アジア共創教育研究機構(ASSIA)
国際開発学会東海支部（JASID-Tokai）

3. プログラム

司会　　藤川清史(名古屋大学)

開会の言葉

13:00～13:20　シンポジウムの趣旨説明　　李秀澈(名城大学)

第 1 部　東アジアの持続可能な発展に向けた電力部門の低炭素ビジョン

13:20～13:45　原発および石炭火力の規制と 2050 年の持続可能な電源ミックスビジョン
松本健一(長崎大学)
東愛子(尚絅学院大学)

13:45～14:10　東アジアの持続可能な電源ミックスビジョンの経済効果
李秀澈(名城大学)
Unnada Chewpreecha(Cambridge Econometrics)

14:10～14:35　炭素税および固定価格買取制度と 2050 年の電源ミックスビジョン
李態妍(龍谷大学)
Unnada Chewpreecha(Cambridge Econometrics)

14:35～14:50　休憩

第 2 部　東アジアの持続可能な発展に向けた産業・交通・ビル部門の脱炭素化

14:50～15:15　東アジアの持続可能な 2050 年における産業部門の脱炭素化
昔宣希(地球環境戦略研究機関, IGES)
Hector Pollitt(Cambridge Econometrics)

15:15～15:40　東アジアの持続可能な 2050 年における交通部門の脱炭素化
Aileen Lam(Macao University)
李秀澈(名城大学)

15:40～16:05　東アジアの持続可能な 2050 年におけるビル部門の脱炭素化
Florian Knobloch(Cambridge Centre for Environment, Energy and Natural Resource Governance)
Unnada Chewpreecha(Cambridge Econometrics)

16:15~16:30　休憩

第 3 部　東アジア各国の制度改革

16:30～18:00　パネルディスカッション
東アジアの脱炭素社会に向けての各国の制度改革
パネリスト:
(中国)周瑋生（立命館大学）,　(日本)高村ゆかり(名古屋大学),
(韓国)羅星仁（広島修道大学）,　(台湾)陳禮俊(山口大学),
(総括)李秀澈(名城大学)
パネリストの報告の後に, 参加者との質疑応答

閉会の挨拶

18:00　　李秀澈(名城大学)

講演者のプロフィール

開催挨拶

李秀澈 (名城大学経済学部教授)
ソウル大学農学部を卒業．京都大学大学院経済学研究科博士後期課程修了．博士(経済学)．韓国全経連経済調査チームリーダー，名古屋学院大学助教授を経て，2005 年から現職．専門は環境経済学，環境政策学.
http://www.profile-ac.jp/lee/

司会

藤川清史(名古屋大学アジア共創教育研究機構教授)
神戸大学大学院経済学研究科博士後期課程修了．博士(経済学)．国連統計局，甲南大学などを経て，2007 年より名古屋大学大学院国際開発研究科，2017 年より現職．専門は，計量経済学，環境経済学.
http://www.gsid.nagoya-u.ac.jp/fujikawa/index.html

講演者

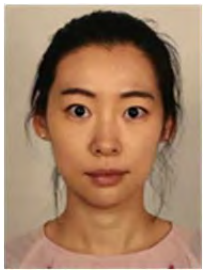
松本健一(長崎大学大学院水産･環境科学総合研究科准教授)
早稲田大学修士課程修了．修士(工学)．関西学院大学大学院総合政策研究科修了．博士(総合政策)．国立環境研究所，滋賀県立大学を経て，2016 年より現職．専門は環境経済学，環境・エネルギー政策.
https://www.matsumoto-lab.net/

東愛子(尚絅学院大学総合人間科学部環境構想学科准教授)
京都大学大学院経済学研究科博士後期課程修了．博士(経済学)．北海道大学公共政策大学院博士研究員を経て，2014 年より現職.
専門は，環境経済学，環境エネルギー政策.
http://www.shokei.jp/faculty/university/environment_planning/professor_profile.php?p=11

李態妍(龍谷大学経済学部教授)
大阪市立大学大学院経済学研究科後期博士後期課程修了．博士(経済学)．北九州大学経済学部助教授，龍谷大学経済学部准教授を経て，2013 年より現職．専門は，環境経済学，公共経済学
http://www.econ.ryukoku.ac.jp/~tlee/

昔宣希(地球環境戦略研究機関(IGES)研究員)
東京大学工学研究科修士課程修了．修士(都市環境工学)．UNESCAP 環境コンサルタント，2010 年より地球環境戦略研究機関(IGES) 関西研究センター政策研究員，2017 年より現職．研究分野は，東アジアの環境・エネルギー・気候変動政策

Hector Pollitt (ヘクター・ポリット，ケンブリッジ･エコノメトリクス　ディレクタ)　ケンブリッジ大学で修士号を所得後，現在，ケンブリッジ･エコノメトリクスでのグローバル E3ME モデルの管理責任者．EU の 2020 年 GHG ターゲットの策定や UNFCCC のモデルインベントリーにも参加．ケンブリッジ大学，C-EENRG(ケンブリッジ環境･エネルギー･天然資源管理研究センター)の研究員を兼任
https://www.camecon.com/who/meet-the-team/our-staff/
https://www.ceenrg.landecon.cam.ac.uk/people/hector-pollitt



Aileen Lam (アイリーン・ラム　マカオ大学研究員)
ケンブリッジ大学で博士号を取得後，2017 年より現職．現在は，マカオ大学にて，世界の輸送部門の技術変革に関する FTT モデル（Future Technology Transition Model）の利用と拡張に従事．専門は，エネルギー経済論，特に輸送部門のエネルギー利用と二酸化炭素排出量.

Unnada Chewpreecha (ウナンダ・チュプリーチャ，ケンブリッジ･エコノメトリクス　主任研究員)　E3ME モデルの利用と開発を担当，インド，ブラジル，コソボ，イギリスの国別モデル開発を担当．また韓国環境省での炭素税改革の経済評価モデルの開発支援や日本の環境省の日本の温室効果ガス削減自主目標(Intended Nationally Determined Contribution : INDC)達成に関する炭素税改革モデルの開発支援に参加
https://www.camecon.com/who/meet-the-team/our-staff/

Florian Knobloch (フローリアン･ノブロック，C-EENRG*(ケンブリッジ環境･エネルギー･天然資源管理研究センター)研究員)　ケンブリッジ大学で修士号を取得後，現在，ナイメーヘン・ラドバウド大学(オランダ)の博士課程に在学中．同時に C-EENR にて，グリーンテクノロジーの普及に関する動学モデルの開発に従事.
https://www.ceenrg.landecon.cam.ac.uk/people/florian-knobloch
*Cambridge Centre for Environment, Energy and Natural Resource Governance

パネルディスカション・パネリストのプロフィール

周瑋生(立命館大学政策科学部教授)
京都大学大学院物理工学研究科博士課程修了．博士(工学)．新エネルギー･産業技術総合開発機構(NEDO)産業技術研究員，地球環境産業技術研究機構(RITE)主任研究員を経て，1999 年立命館大学法学部准教授，2000 年同大学政策科学部准教授，2002 年より現職．専門はエネルギー･環境政策学.
http://www.ritsumei.ac.jp/ps/introduce/professor/detail.html/?id=13

高村ゆかり(名古屋大学大学院環境学研究科教授)
京都大学法学部卒．一橋大学大学院法学研究科博士後期課程単位修得退学．静岡大学助教授，龍谷大学教授などを経て，2011 年より現職．専門は国際環境法.
http://www.social.env.nagoya-u.ac.jp/norm/takamura

羅星仁(広島修道大学環境学部教授)
京都大学大学院経済学研究科博士後期課程修了．博士(経済学).
広島修道大学環境学部助教授を経て，2007 年より現職．専門は環境経済学，環境政策学.

陳禮俊(山口大学経済学部教授)
京都大学大学院経済学研科修士課程修了，同大学院エネルギー科学研究科博士後期課程単位取得退学．山口大学経済学部専任講師，助教授・准教授を経て，2010 年より現職．専門は，環境経済学，環境・財政政策分析，エコツーリズム論.

東アジアの持続可能な未来に向けた
エネルギー，資源，土地利用の大転換と制度改革
—電源・産業・交通部門—

李秀澈
（名城大学）

1.開催の背景（1）

- 東アジアでは，気候変動や大気汚染など環境問題とともに，大量消費と廃棄による資源枯渇の問題，水資源の不足と利用の偏在性の問題，原発と放射性リスク問題が顕在化しており，農業の土地生産性低下の問題も浮上しています．
- これらの問題は，責任所在の不明瞭化，資源ナショナリズムを生むなど東アジアの持続可能な未来を大きく脅かしており，各国の国境を超えた地域レベルの取組みが喫緊の課題となっています．

1.開催の背景（2）

●そしてこれらの問題は，相互密接な関連を持っており，環境共同体というべく東アジアレベルでのエネルギー，資源，環境など総合的な視点からの問題把握と解決への処方箋が欠かせない状況であります．

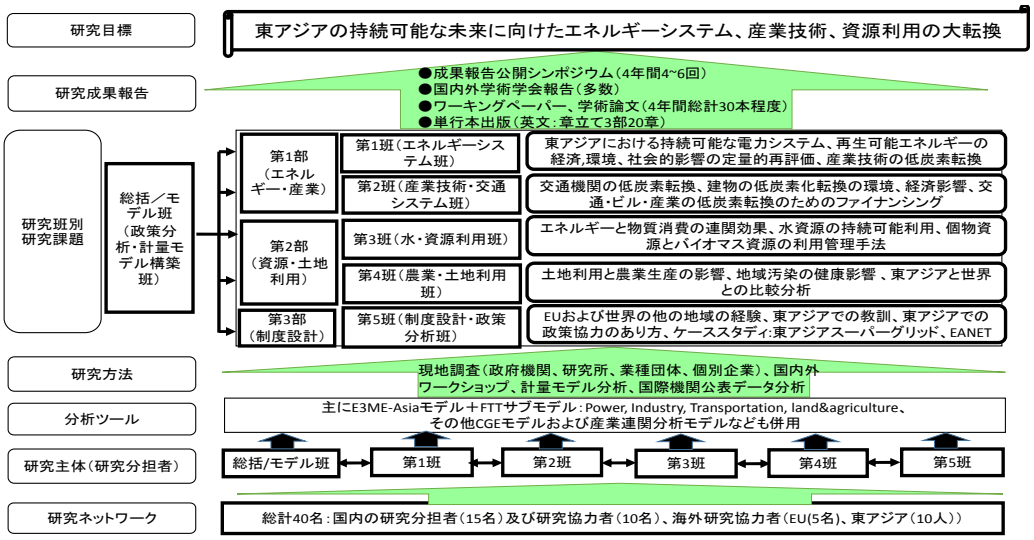
●今回のシンポジウムでは，東アジアにおける持続可能な未来に向けたエネルギー・産業・交通・建築部門の中長期ビジョンを示したいと考えています．そしてその際に，東アジアで抱えているこれらの諸問題の解決ために必要な関連制度改革，政策協力のあり方について知恵を絞ってみたいと思います．

1.開催の背景（3）

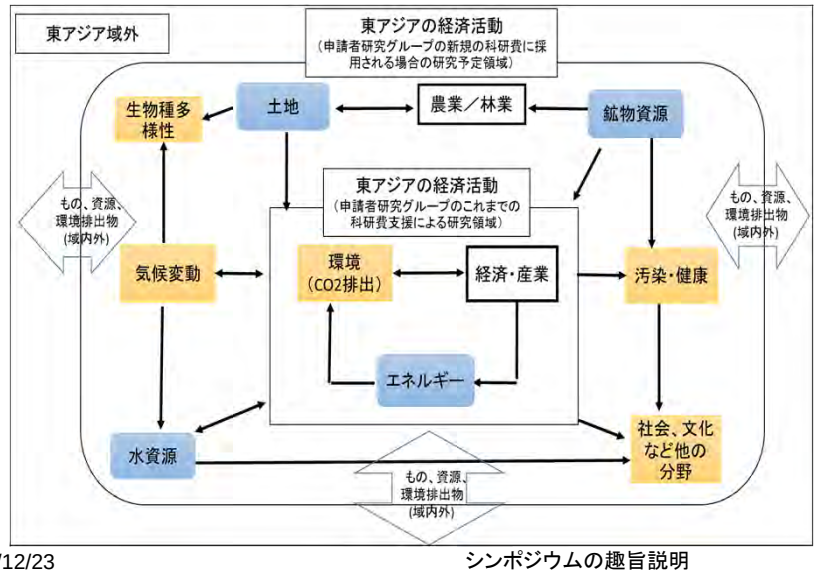
●本研究では，東アジアでの持続可能な低炭素社会の長期ビジョンを計量的に示すために，ケンブリッジ大学とケンブリッジエコノメトリックスが開発したE3MEマクロ計量モデルを採用しておりました．東アジア環境政策研究会は，科研費（基盤（A））の支援により，これらの研究所とここ5年間，計量モデルによる長期ビジョンを示すための共同研究を進めています．

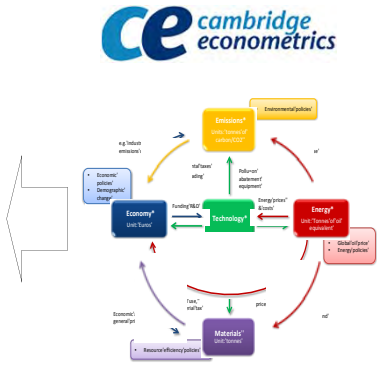
●本シンポジウムは，研究者の方以外に，環境問題に関心のある学生，地域住民の方を対象にしています．東アジアの環境問題を身近な問題としてとらえていただき，議論に参加していただければ幸いです．

2.本研究の体制



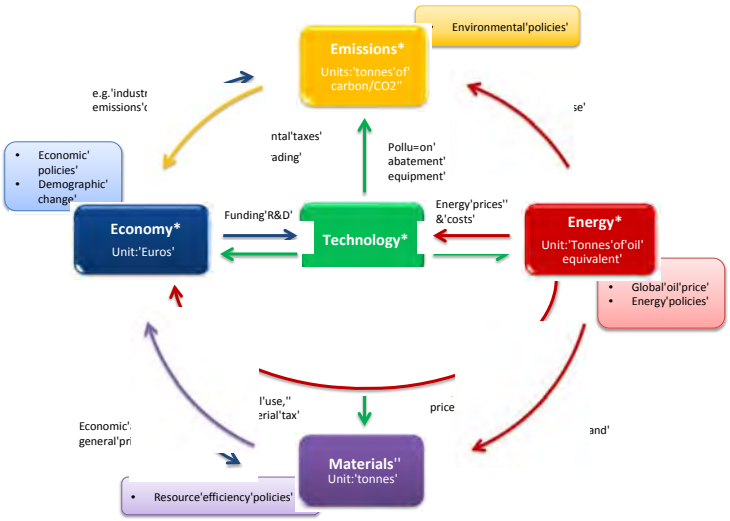
2.1 エネルギー・資源消費と汚染物質排出の環境・社会影響関係





注：　　は経済活動に投入される資源，　　は経済活動の結果が及ぼす影響を指す．

3.本研究の計量分析モデル（E3ME-Asia:FTT）



www.e3memodel.com

3.1 E3MEモデル概要

- E3ME（Cambridge Econometrics開発）
  - 地域・国：59
  - 産業部門：42
  - 消費カテゴリー：28
  - 燃料種類：12
  - 燃料利用グループ：19
  - 大気汚染：14
- マクロ計量モデル
  - 過去40年のデータで推定，2050年までシミュレーション
  - No equilibrium, Non optimization
- FTT(Future Technology Transformation)：E3ME+FTT（技術選択）
  電力部門(24つの技術選択)，交通部門（25つの技術選択），
  建物部門(熱供給)(13つの技術選択)，産業部門（構築中）
- E3ME-Asia Model
  - アジア部門：東アジア環境政策研究会と共同開発

3.2 E3MEと FTTとの関係

FTT is a **micro-model of technology choice and substitution**, given economic/policy context

Post-Schumpeterian (evolutionary)

FTT

- Electricity demand
- Fuel demand

- Fuel consumption
- Investment in new power source
- Electricity price

Post-Keynesian

E3ME

- CO_2 emission
- Investment spill over
- GDP, Employment

3.3 FTT-Power (LCOE – IEA 2016)

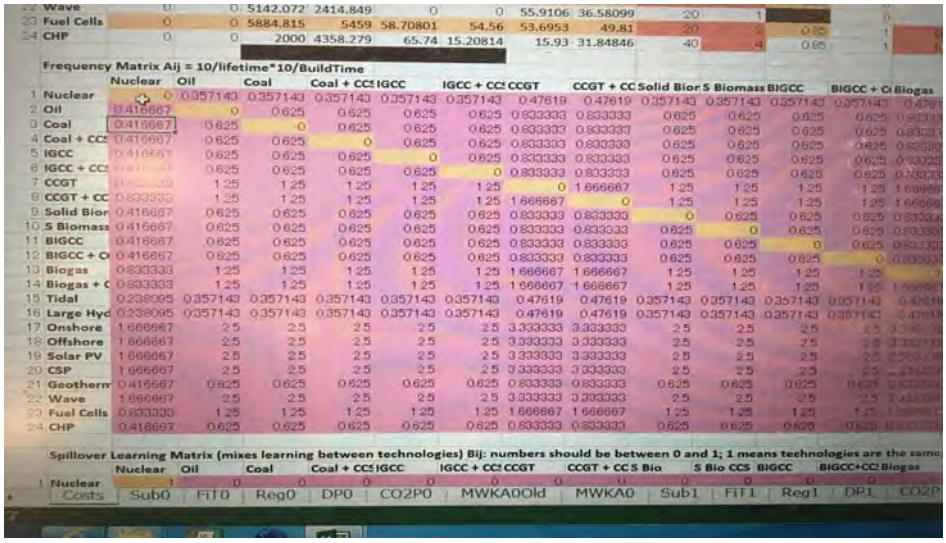
0 From: IEA Projected costs of generating electricity

	p.103	p. 62-63							p.43									
	Discount rate	10%	Rate increase price of carbon		1%	Starting price of carbon ($/t)			22.10	dD/D	15%	Es/D:	1%	Upeak/Utot	30%	Us/Utot	1%	Negative all
	Carbon Costs	std	Overnight	std	Fuel	std	O&M	std	Lifetime	Lead Time	Load Facto	Type	LCOE	std	Fuel CO2	Efficiency	Emissions	Learning rat
	$/MWh	$/MWh	$/kW	$/MWh	$/MWh	$/MWh	$/MWh	$/MWh	years	years		0,1,2,3	$/MWh	$/MWh	kgCO2/GJ	%	tCO2/GWh	b
Nuclear	0	0	4896.00	1525.05	9.60	2.33	11.00	6.15	60	7	85%	1	109.95	34.41	0.0	100%	0.0	-0.086
Oil	0	0	1227.84	1033.63	223.66	239.52	22.13	5.69	40	4	85%	1	265.34	256.04	73.3	45%	586.4	-0.014
Coal	0	0	2292.95	775.01	25.62	11.23	7.41	6.02	40	4	85%	1	69.54	25.08	99.4	43%	832.2	-0.044
Coal + CCS	0	0	4224.69	1172.55	22.43	10.23	15.02	4.55	40	4	85%	1	104.72	29.87	99.4	37%	96.7	-0.074
IGCC	0	0	3829.06	1705.94	20.05	1.57	10.09	1.51	40	4	85%	1	91.11	29.34	99.4	42%	852.0	-0.044
IGCC + CCS	0	0	4521.14	1523.05	19.96	7.50	12.87	0.52	40	4	85%	1	104.83	31.77	99.4	37%	96.7	-0.074
CCGT	0	0	1067.00	336.75	66.46	16.52	5.82	2.80	30	2	85%	1	88.23	21.79	56.1	57%	354.3	-0.059
CCGT + CCS	0	0	2446.53	520.63	71.20	1.47	6.42	0.40	30	2	85%	1	114.19	9.31	56.1	47%	43.0	-0.074
Solid Biomass	0	0	4007.00	2587.47	93.24	72.94	18.55	26.53	40	4	85%	2	175.59	118.82	0.0	43%	0.0	-0.074
Biomass CCS	0	0	5938.74	2985.00	93.24	72.94	18.55	26.53	40	4	85%	2	206.35	125.15	-112.0	37%	-980.8	-0.105
BIGCC	0	0	3829.06	1705.94	93.24	72.94	10.09	1.51	40	4	85%	2	164.30	100.12	0.0	42%	0.0	-0.074
BIGCC + CCS	0	0	4521.14	1523.05	93.24	72.94	12.87	0.52	40	4	85%	2	178.10	97.19	-112.0	37%	-980.8	-0.105
Biogas	0	0	3733.00	3519.63	0.00	36.62	60.52	5.84	30	2	85%	2	116.32	89.69	0.0	57%	0.0	-0.074
Biogas + CCS	0	0	5112.53	3703.50	0.00	36.62	60.52	5.84	30	2	85%	2	136.94	92.44	-54.6	47%	-376.4	-0.105
Small Hydro	0	0	2782.50	3538.98	0.00	0.00	38.40	6.45	80	7	85%	3	89.04	70.86	0.0	100%	0.0	-0.020
Large Hydro	0	0	2492.50	2499.96	0.00	0.00	9.86	10.43	80	7	85%	3	55.21	55.92	0.0	100%	0.0	-0.020
Onshore	0	0	1841.00	443.49	0.00	0.00	21.38	8.67	25	1	30%	0	98.50	27.25	0.0	100%	0.0	-0.105
Offshore	0	0	5000.00	579.58	0.00	0.00	40.71	19.82	25	1	42%	0	190.32	37.17	0.0	100%	0.0	-0.136
Solar PV	0	0	1833.50	552.90	0.00	0.00	22.80	15.57	25	1	14%	0	187.39	65.20	0.0	100%	0.0	-0.269
CSP	0	0	4901.00	1859.10	0.00	0.00	17.38	22.10	25	1	55%	0	129.37	64.58	0.0	100%	0.0	-0.152
Geothermal	0	0	5822.50	2036.63	0.00	0.00	17.28	34.10	40	4	85%	3	109.99	66.53	0.0	100%	0.0	-0.074
Wave	0	0	5142.07	2414.85	0.00	0.00	55.91	36.58	20	1	46%	0	207.34	107.70	0.0	100%	0.0	-0.218
Fuel Cells	0	0	5884.82	5459.00	58.71	54.56	53.70	49.81	20	2	85%	1	205.17	159.93	15.3	80%	68.9	-0.234
CHP	0	0	2000.00	4358.28	65.74	15.21	15.93	31.85	40	2	85%	1	76.82	124.79	15.3	80%	68.9	-0.044
																	1 GWh = 3600 GJ	

Frequency Matrix Aij = 10/lifetime*10/BuildTime

	Nuclear	Oil	Coal	Coal + CCS	IGCC	IGCC + CCS	CCGT	CCGT + CCS	Solid Biom	Biomass	BIGCC	BIGCC + CCS	Biogas	Biogas + CCS	Small Hydro	Large Hydro	Onshore	Offshore

3.3.1 FTT Power
Frequency Matrix Aij = 10/lifetime*10/Build Time



Frequency Matrix Aij = 10/lifetime*10/BuildTime

	Nuclear	Oil	Coal	Coal + CCS	IGCC	IGCC + CCS	CCGT	CCGT + CC	Solid Bior	S Biomass	BIGCC	BIGCC + C	Biogas
1 Nuclear	0	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.47619	0.47619	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.47619
2 Oil	0.416667	0	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333
3 Coal	0.416667	0.625	0	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333
4 Coal + CCS	0.416667	0.625	0.625	0	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333
5 IGCC	0.416667	0.625	0.625	0.625	0	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333
6 IGCC + CCS	[illegible]	0.625	0.625	0.625	0.625	0	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333
7 CCGT	[illegible]	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0	1.666667	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667
8 CCGT + CC	0.833333	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667	0	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667
9 Solid Bior	0.416667	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0	0.625	0.625	0.625	0.833333
10 S Biomass	0.416667	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0	0.625	0.625	0.833333
11 BIGCC	0.416667	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0	0.625	0.833333
12 BIGCC + C	0.416667	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0	0.833333
13 Biogas	0.833333	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667	1.666667	1.25	1.25	1.25	1.25	0
14 Biogas + C	0.833333	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667	1.666667	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667
15 Tidal	0.238095	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.47619	0.47619	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.47619
16 Large Hyd	0.238095	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.47619	0.47619	0.357143	0.357143	0.357143	0.357143	0.47619
17 Onshore	1.666667	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333	3.333333	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333
18 Offshore	1.666667	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333	3.333333	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333
19 Solar PV	1.666667	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333	3.333333	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333
20 CSP	1.666667	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333	3.333333	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333
21 Geotherm	0.416667	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333
22 Wave	1.666667	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333	3.333333	2.5	2.5	2.5	2.5	3.333333
23 Fuel Cells	0.833333	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667	1.666667	1.25	1.25	1.25	1.25	1.666667
24 CHP	0.416667	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333	0.833333	0.625	0.625	0.625	0.625	0.833333

Spillover Learning Matrix (mixes learning between technologies) Bij: numbers should be between 0 and 1; 1 means technologies are the same

	Nuclear	Oil	Coal	Coal + CCS	IGCC	IGCC + CCS	CCGT	CCGT + CC	S Bio	S Bio CCS	BIGCC	BIGCC+CC	Biogas
1 Nuclear	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Costs | Sub0 | FiT0 | Reg0 | DP0 | CO2P0 | MWKA0Old | MWKA0 | Sub1 | FiT1 | Reg1 | DP1 | CO2P

3.3.2 FTT: Power

Technology shares determined by Aggregating every choices

$$\Delta S_i = \sum_j S_i S_j \left(A_{ij} F_{ij} - A_{ji} F_{ji} \right) \Delta t$$

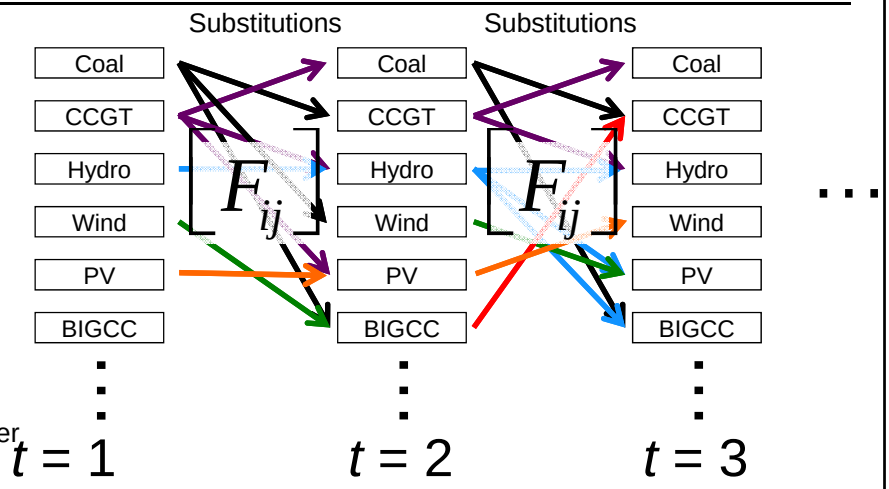
J.-F. Mercure, Energy Policy 48, 799-811 (2012)

Si : Share of technology i
Aij : Life time of technology i and lead time of technology j
Fij : Probability that technology i would be chosen between i and j
t : time

3.3 FTT: Powerでの技術選択

Simulates:

- The future replacement and diffusion
- Of power technologies
- By power generation sectors worldwide (59 world regions)
- Based on dynamical shares equations (the FTT method – no optimisation)
- Useful energy demand by country as an exogenous driver (depending on future levels of construction/gereration)

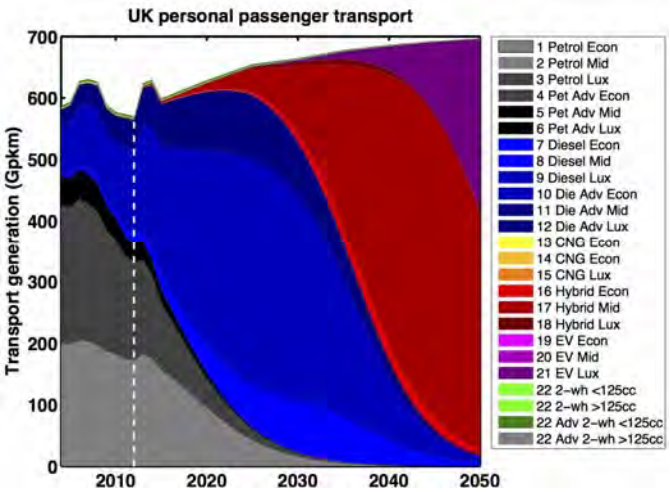


J.-F. Mercure, Energy Policy 48, 799-811 (2012)

3.4 FTT :Transportationでの技術選択

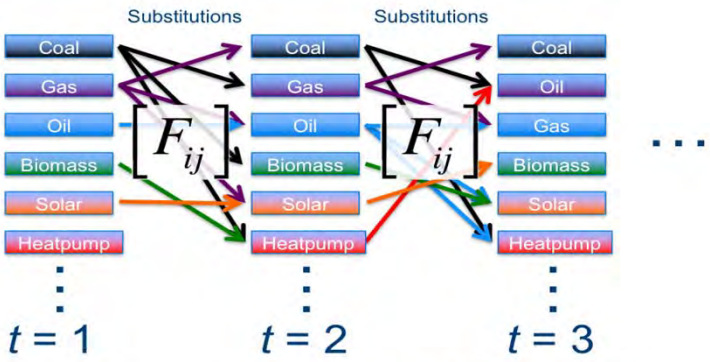
53 regions, 25 technologies

15.$JK	Prices'of'cars'(Std'of'price"	fuel'cost'(USDstd'fuel'cost	O&M'costs'(UO&M'costs'(s	Discount'rate	lifetime	energy'us
Petrol$con	18683.00	4396.00	0.095	0.013	0.038	0.020	15%	12	1.5
Petrol$Mid	32185.00	8164.00	0.123	0.014	0.051	0.030	15%	12	2.(
Petrol$Lux	99538.00	49455.00	0.202	0.057	0.064	0.030	15%	12	3.3
Advance$Petrol$con	18683.00	4396.00	0.076	0.013	0.038	0.020	15%	12	1.4
Advance$Petrol$Mid	32185.00	8164.00	0.110	0.014	0.051	0.030	15%	12	1.8
Advance$Petrol$Lux	99538.00	49455.00	0.161	0.057	0.064	0.030	15%	12	3.(
Diesel$con	22608.00	3297.00	0.069	0.010	0.038	0.020	15%	12	1.3
DieselMid	33755.00	7065.00	0.077	0.015	0.051	0.030	15%	12	1.5
Diesel$arge	54793.00	14601.00	0.118	0.025	0.064	0.040	15%	12	2.1
Advance$Diesel$con	22608.00	3297.00	0.084	0.010	0.038	0.000	15%	12	1.2
Advance$Diesel$Mid$	33755.00	7065.00	0.095	0.015	0.051	0.000	15%	12	1.4
Advance$Diesel$arge	54793.00	14601.00	0.095	0.025	0.064	0.000	15%	12	1.8
CNG$Econ	21485.45	1000.00	0.048	0.055	0.039	0.020	15%	12	1.5
CNG$Mid	37012.75	3000.00	0.071	0.069	0.056	0.030	15%	12	2.2
CNG$arge	114468.70	5000.00	0.082	0.076	0.066	0.040	15%	12	2.5
Hybrid$con	29202.00	2826.00	0.084	0.003	0.039	0.030	15%	12	1.4
Hybrid$Mid	34540.00	6594.00	0.073	0.009	0.056	0.040	15%	12	1.1
HybridLux	78343.00	9263.00	0.124	0.017	0.066	0.040	15%	12	2.(
EV$Econ	10990.00	157.00	0.000	0.000	0.046	0.040	15%	12	0.1
EV$Mid	44745.00	1256.00	0.000	0.000	0.065	0.050	15%	12	0.5
EV$Lux	89961.00	2355.00	0.000	0.000	0.080	0.060	15%	12	0.5
2$Wheelers$Motorcyclecon	3808.00	1326.00	0.040	0.003	0.030	0.030	15%	7	0.6
2$Wheelers$MotorcycleLux>	14932.00	5760.00	0.127	0.039	0.030	0.030	15%	7	2.124	6052	0.55	3328.6	0.906978	147.159745	2	R0.0144996
Adv$Mot	3808.00	1326.00	0.040	0.095	0.030	0.030	15%	7	0.676	6052	0.55	3328.6	2.2693	46.8324621	2	R0.0144996
AdvMot	14932.00	5760.00	0.095	0.095	0.030	0.030	15%	7	2.124	6052	0.55	3328.6	0.906978	147.159745	2	R0.0144996



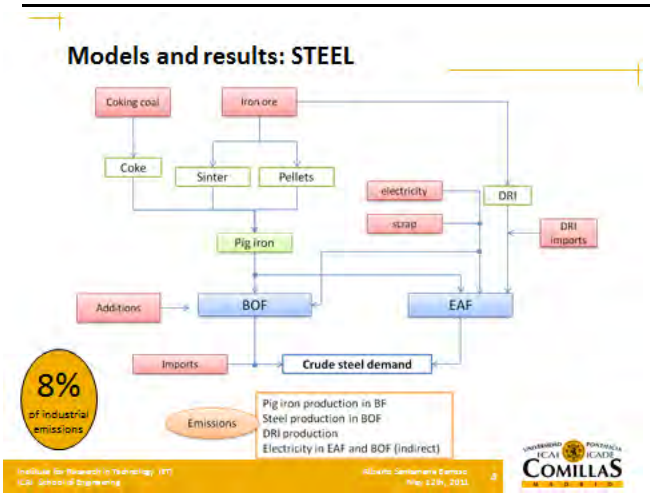
Mercure & Lam, *In preparation* (2016)

3.5 FTT :Building（Heat）での技術選択



J.-F. Mercure, Energy Policy 48, 799-811 (2012)

3.6 FTT：Industryでの技術選択



© Xi'an Abundance Electric Technology Co.,Ltd

高炉の鉄鋼1トンの製造時に生じる二酸化炭素）は単純計算では約2.0kg，電気炉の鉄鋼は約0.5kgになるので，二酸化炭素排出量は電気炉のほうが高炉より約1/4節約可能となる

Santamaria and Linares (2011) http://www.iit.upcomillas.es/docs/IIT-11-090A.pdf

参考資料

FTT電源および交通部門においての技術

電源

1 Nuclear
2 Oil
3 Coal
4 Coal + CCS
5 IGCC
6 IGCC + CCS
7 CCGT
8 CCGT + CCS
9 Solid Biomass
10 S Biomass CCS
11 BIGCC
12 BIGCC + CCS
13 Biogas
14 Biogas + CCS
15 Tidal
16 Large Hydro
17 Onshore
18 Offshore
19 Solar PV
20 CSP
21 Geothermal
22 Wave
23 Fuel Cells
24 CHP

交通

1 Petrol Econ
2 Petrol Mid
3 Petrol Lux
4 Adv Petrol Econ
5 Adv Petrol Mid
6 Adv Petrol Lux
7 Diesel Econ
8 Diesel Mid
9 Diesel Lux
10 Adv Diesel Econ
11 Adv Diesel Mid
12 Adv Diesel Lux
13 LPG Econ
14 LPG Mid
15 LPG Lux
16 Hybrid Econ
17 Hybrid Mid
18 Hybrid Lux
19 Electric Econ
20 Electric Mid
21 Electric Lux
22 motorcycles Econ
23 motorcycles Lux
24 Adv motorcycles Econ
25 Adv motorcycles Lux

原発および石炭火力の規制と2050年の持続可能な電源ミックスビジョン

発表者：松本健一（長崎大学）

共著者：東愛子（尚絅学院大学）、Unnada Chewpreecha (Cambridge Econometrics)、羅星仁（広島修道大学）、陳禮俊（山口大学）、何彦旻（京都大学）、李秀ちょる（名城大学）

本研究の概要

■Purpose

Investigate the impact of nuclear/coal thermal regulation on

- ●future power generation structure
- ●CO2 emissions from the power sector

■Model: E3ME-Asia model coupled with Future Technology Transformations (FTT): Power

→The outline of this model will be presented at the next presentation.

本研究の概要

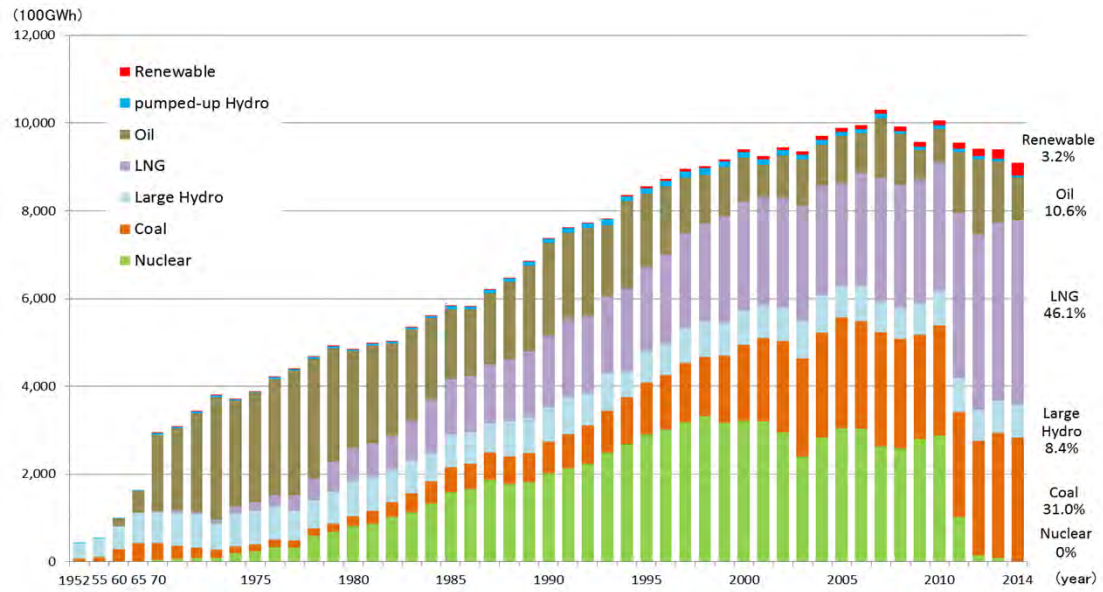
■Target countries: China, Japan, Korea, Taiwan

■Period: 2017-2050

■Difference from Reference Scenario of Asia/World Energy Outlook (AEO2016) by IEEJ

- Simulation period: 2017-2050
- Policy regulation: ambitious reduction of coal and nuclear

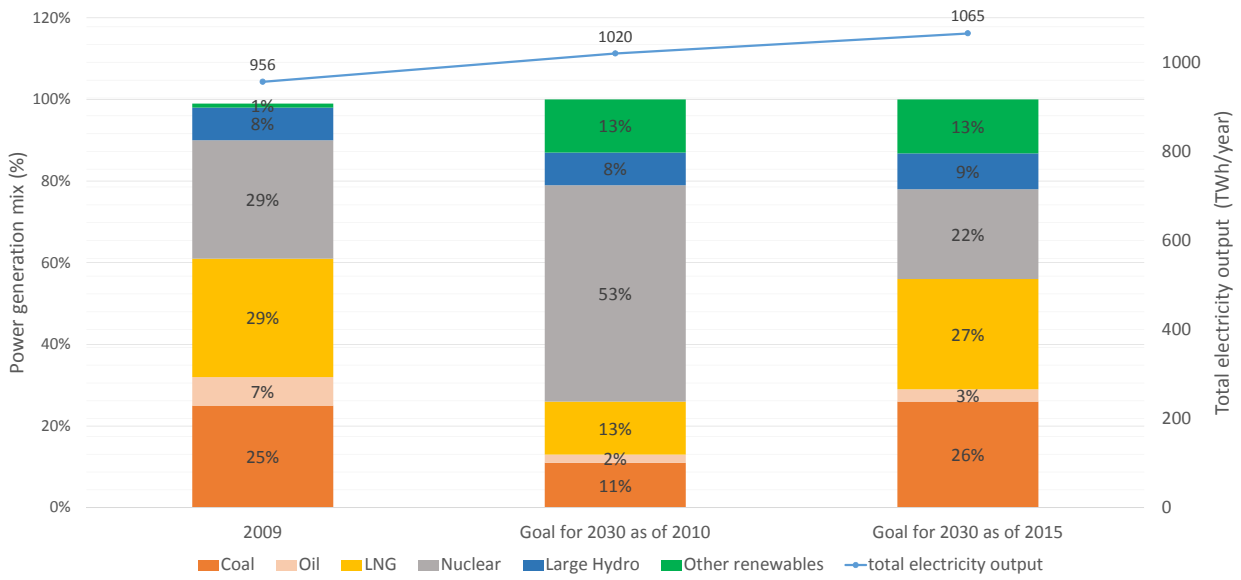
■ Japan (power generation structure)



■ Japan (current status of nuclear power)

<table>
<tr><td colspan="3">Application for reactor installation is submitted (as of 2016)</td><td>Application for reactor installation is not submitted yet</td><td>Decided decommissioning after 2011</td><td>Total</td></tr>
<tr><td colspan="3">25</td><td rowspan="4">15</td><td rowspan="4">14</td><td rowspan="4">54</td></tr>
<tr><td colspan="2">Amendment of reactor installation license was permitted by NRA</td><td>Application for reactor installation is under review by NRA</td></tr>
<tr><td colspan="2">12</td><td rowspan="3">13</td></tr>
<tr><td>Already in operaton</td><td>Not yet in operation</td></tr>
<tr><td>5</td><td>7</td><td></td></tr>
</table>

■ Japan (future goal of the share of power generation) GHG reduction goal: 23% from 2013 level by 2030



■ China (current status of installed capacity & future goal)
GHG reduction goal: 60-65% per GDP from 2005 level by 2030

	2015 achievements	Electricity 13FYP (Targets by 2020)		2050 Road Map (Targets by 2050)	
		Installed capacity	Share of Primary energy consumption	Installed capacity	Share of Primary energy consumption
Hydropower	320 GW	380 GW		554GW	
Nuclear	27GW	58GW	15%	100GW	
Wind	131 GW	210 GW		2396GW	60%
Solar PV	43 GW	110 GW		2696GW	
Bioenergy	10.3 GW	15 GW		133GW	
Geothermal	0.03 GW	N/A		11GW	
Coal	900GW	<1100GW		886GW	
Gas	66GW	110GW		220GW	

■ Korea (current status & future goal)
GHG reduction goal: 37% from BAU projected level by 2030

-	2014 Achievements		7th Basic Plan for Electlicity supply and demand by 2029 (as of 2015)	
	Installed capacity (%)	Share of power generation (%)	Installed capacity (%)	Generation mix by 2035 under 4th Basic plan renewable energies(%)
Nuclear	22.2	31	23.7	
Coal	28.2	64	26.7	
LNG	28.7		20.5	
New and Renewable Energy	6.7	5	20.0	13.4
Others	14.2		9.1	

■ Taiwan (current status & future goal)
GHG reduction goal: 20% from 2005 level by 2030

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2">2015 Achievements</td><td colspan="2">Energy transformation goal by 2030</td></tr>
<tr><td colspan="2">Share of power generation (%)</td><td>Installed capacity (MW)</td><td>Share of power generation(%)</td></tr>
<tr><td>Nuclear</td><td colspan="2">14.1%</td><td>Phase out</td><td>0%</td></tr>
<tr><td>Thermal</td><td colspan="2">80.6%</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Large hydro</td><td>2089MW</td><td rowspan="5">4.1%</td><td>2200</td><td rowspan="5">20.0%</td></tr>
<tr><td>Wind</td><td>737MW</td><td>5200</td></tr>
<tr><td>Solar</td><td>842MW</td><td>8700</td></tr>
<tr><td>Biomass</td><td>741MW</td><td>950</td></tr>
<tr><td>Geothermal</td><td>0MW</td><td>200</td></tr>
</table>

シナリオ

- ■Baseline
- ■S1: Nuclear power regulation
- ■S2: Coal power regulation
- ■S3: S1+S2 (Nuclear & Coal regulation)
- ✓In all scenarios, <u>no CO2 restriction</u>

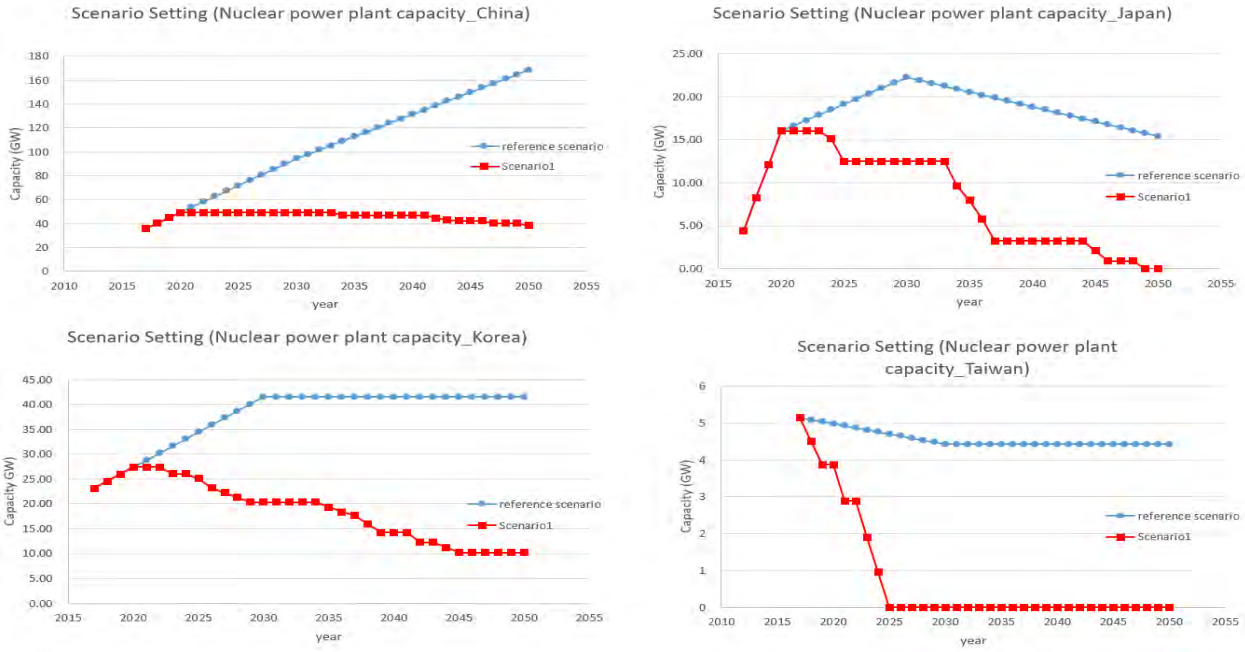
■ Baseline

(GW)

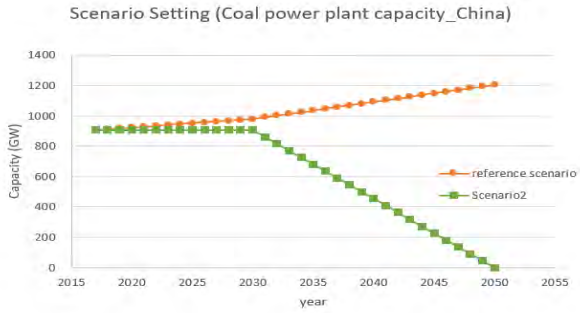
year		2017	2020	2030	2040	2050
China	Nuclear	35.8		94.2	131.3	168.4
	Coal	906.4		979.3	1091.9	1204.5
Japan	Nuclear	4.4	16.0	22.3	18.8	15.4
	Coal	45.8		53.0	50.2	47.5
Korea	Nuclear	23.1		41.5	41.5	41.5
	Coal	25.7		43.5	46.5	49.4
Taiwan	Nuclear	5.1		4.4	4.4	4.4
	Coal	14.5		19.2	18.4	17.6

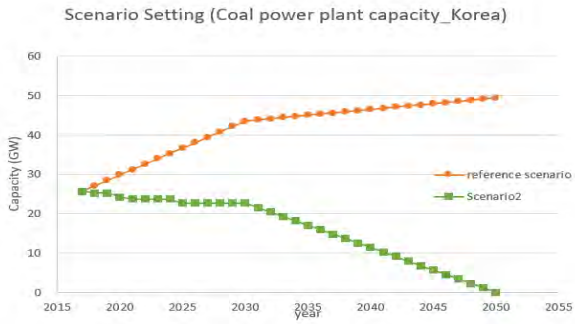
Actual data **IEEJ(2016)** **Extended trend**

原子力発電の設備容量の比較

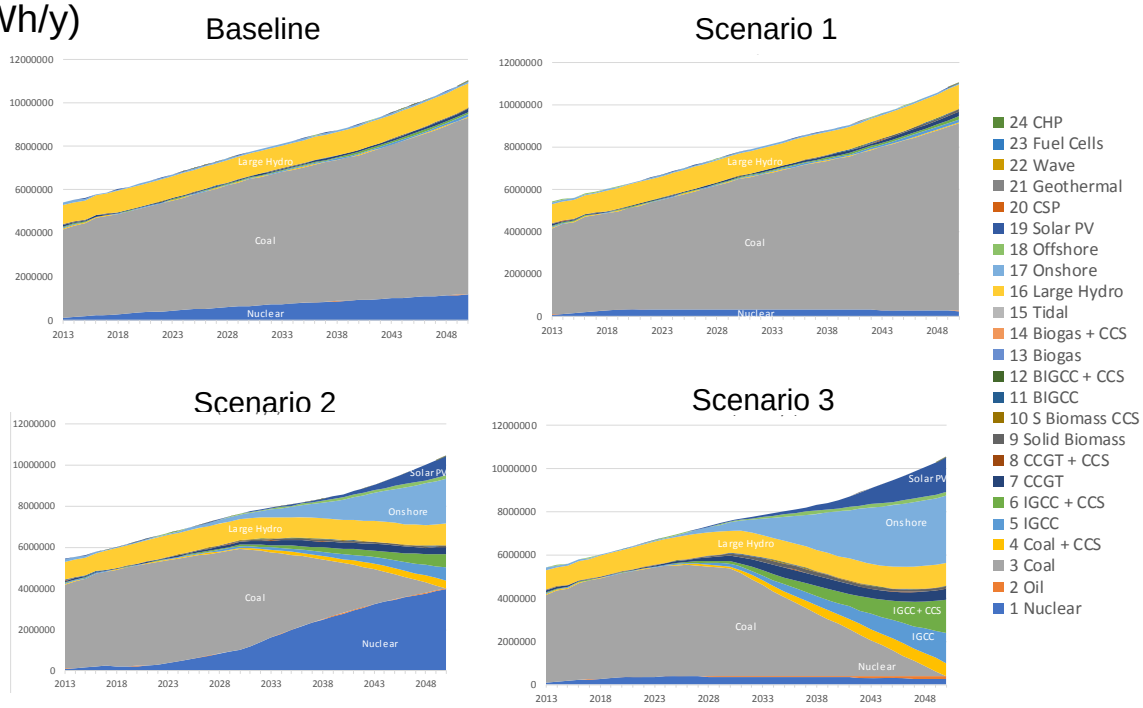


石炭火力発電の設備容量の比較





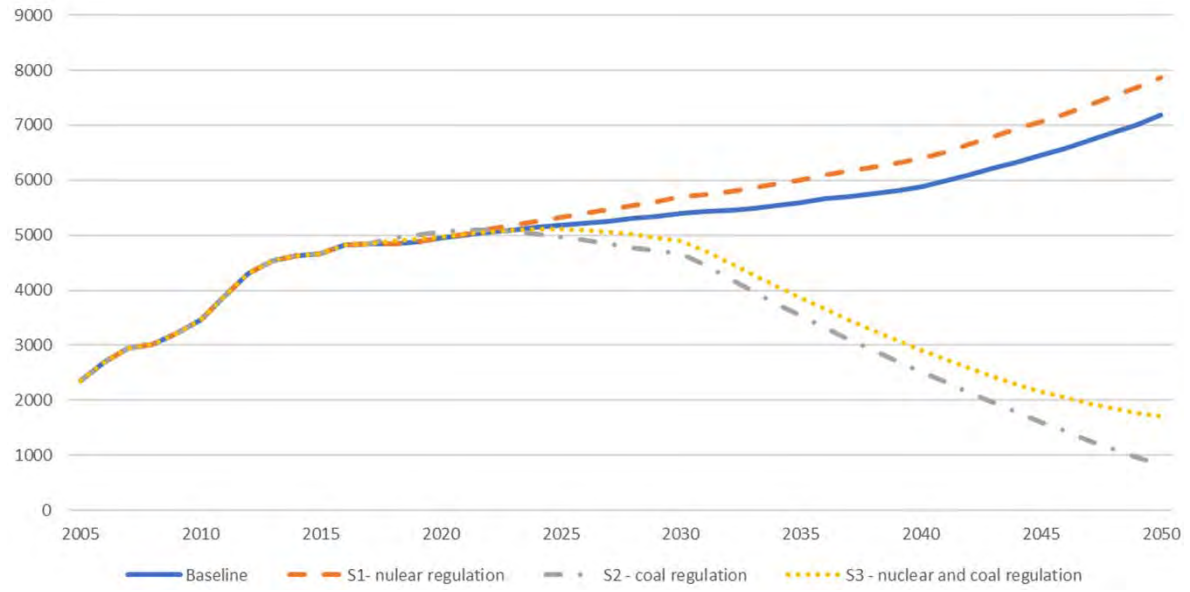
中国(GWh/y)



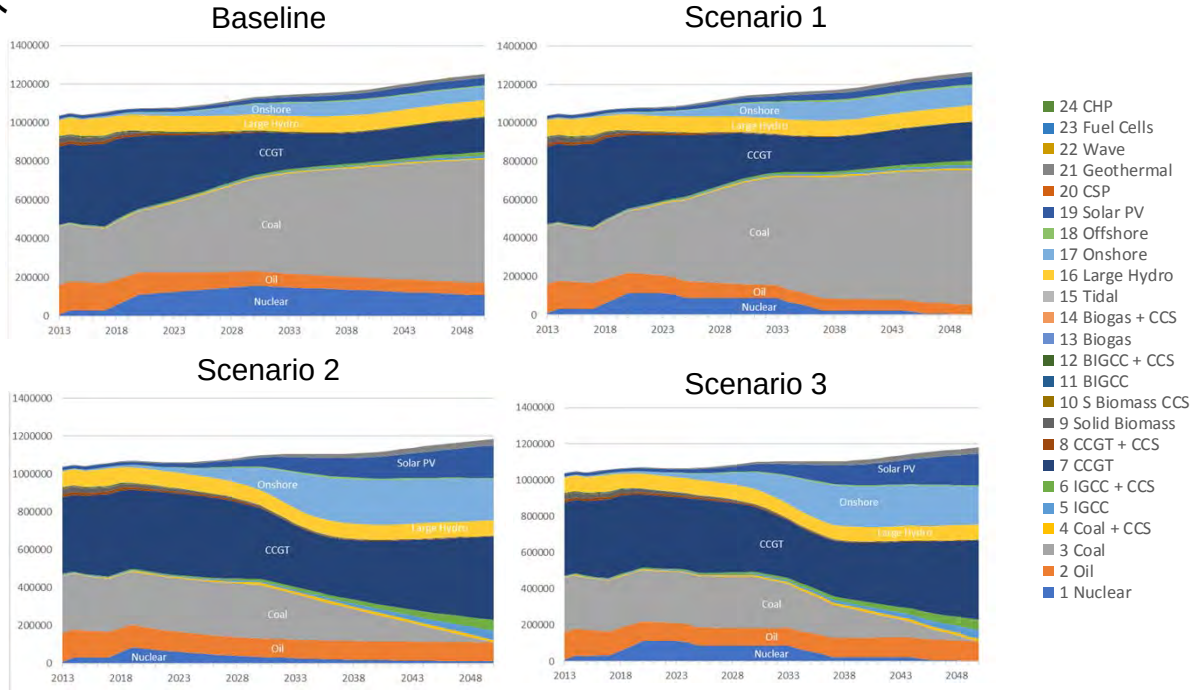
中国の電源構成（%）

	Baseline	S1	S2	S3
Nuclear	10.8	2.5	38.0	2.6
Fossil fuels	76.2	83.4	9.6	18.7
Renewables	13.0	14.2	52.3	78.7
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

中国のCO2排出量(MtCO2)



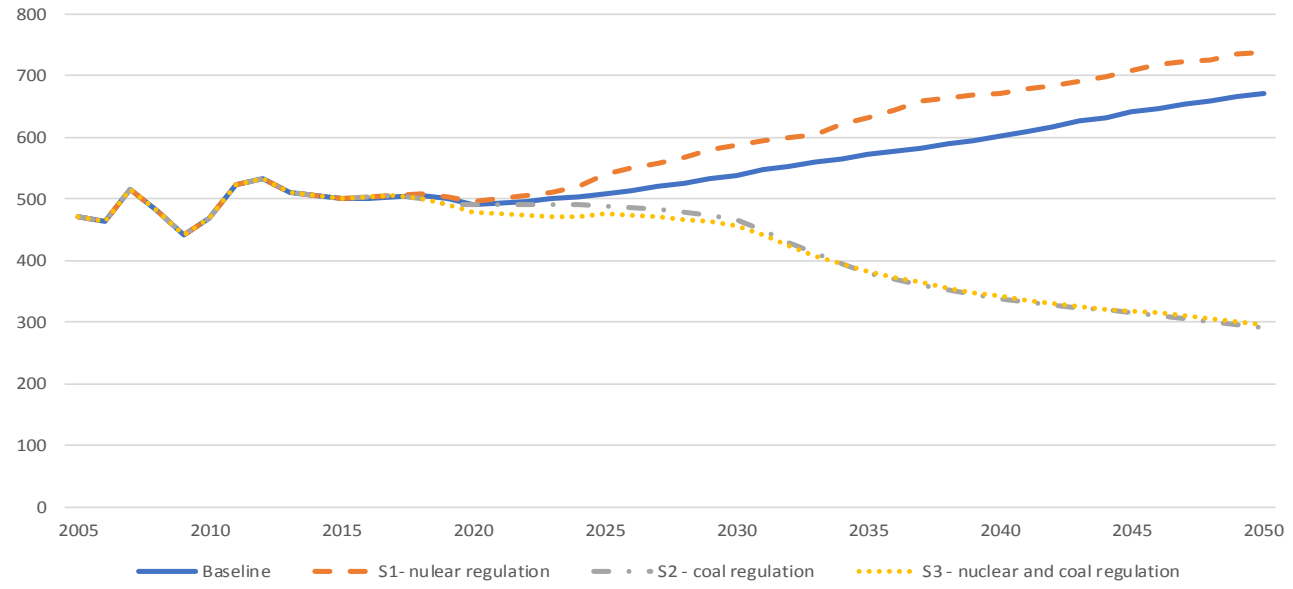
日本



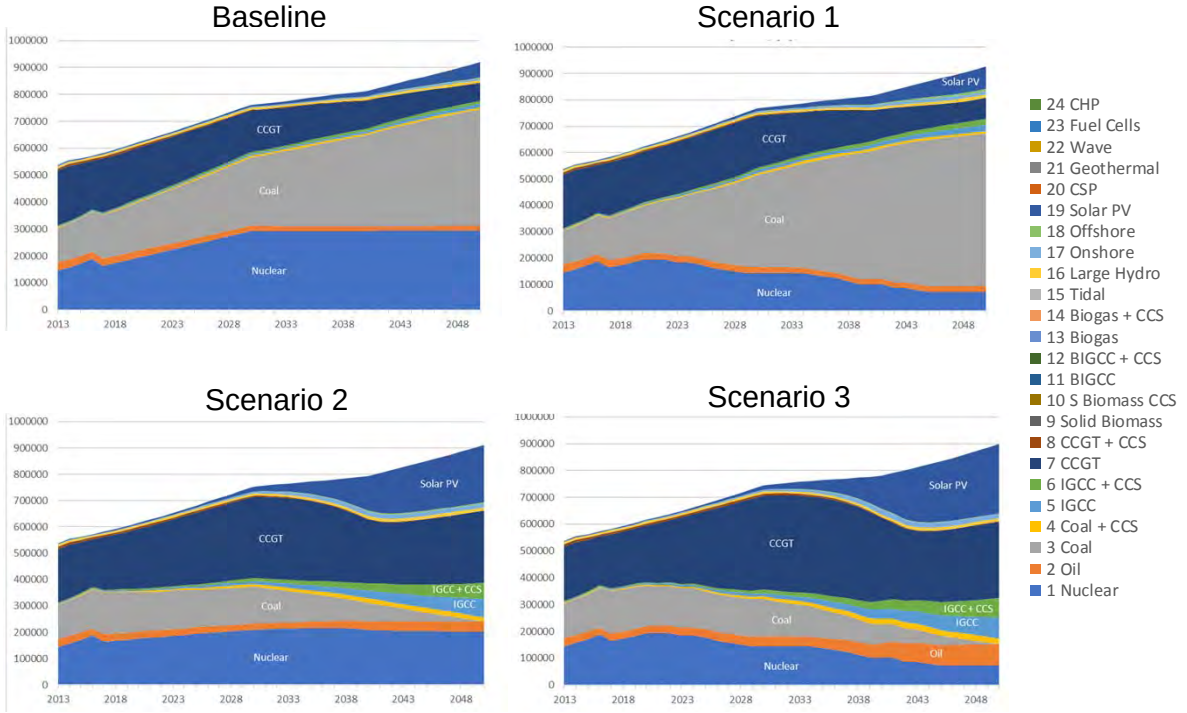
日本の電源構成（%）

	Baseline		S1	S2	S3
	2017	2050	2050	2050	2050
Nuclear	3	8.6	0.0	0.9	0.0
Fossil fuels	86	71.2	77.1	49.5	50.3
Renewables	11	20.1	22.9	49.6	49.7
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

日本のCO2排出量



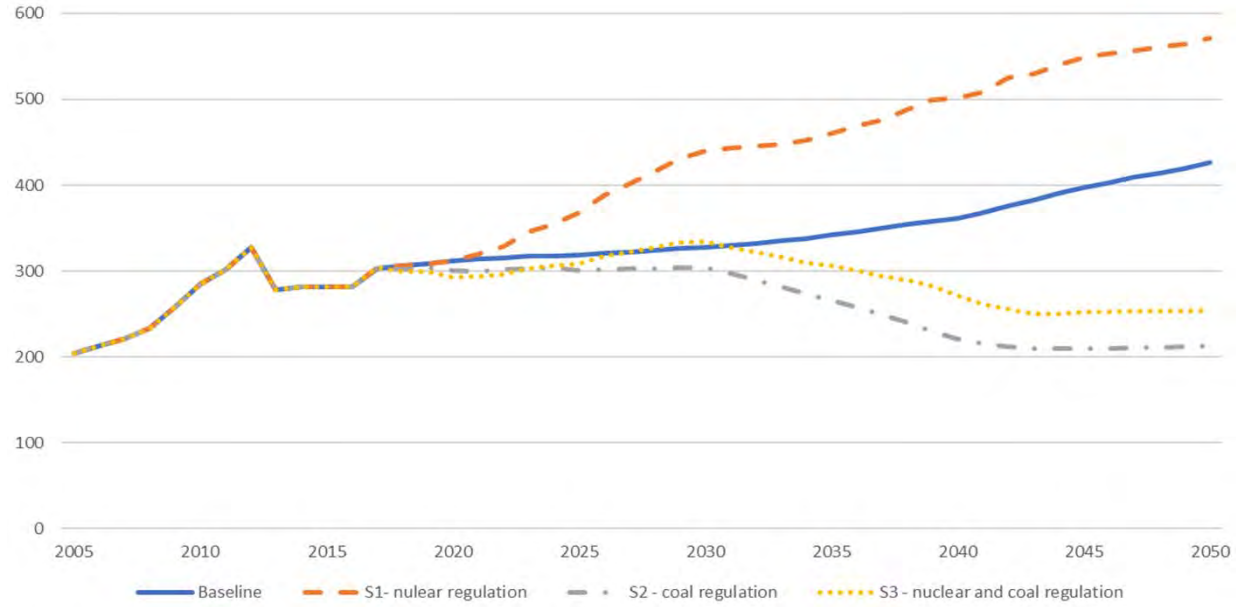
韓国



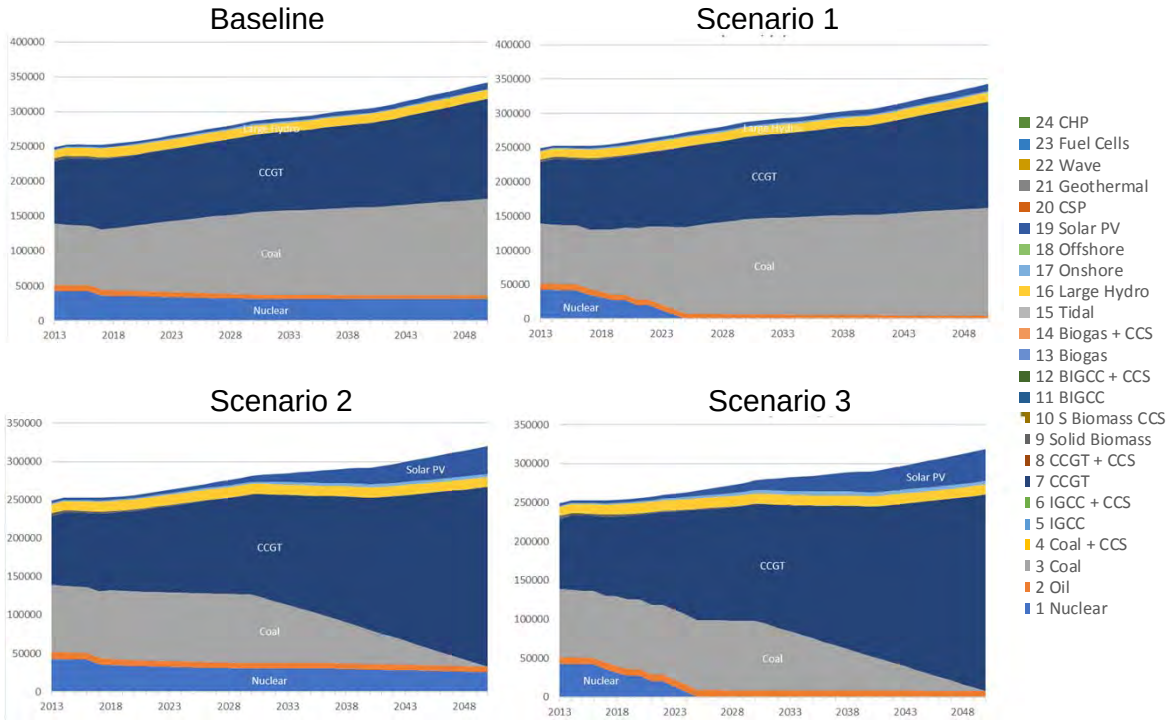
韓国の電源構成（%）

	Baseline	S1	S2	S3
Nuclear	31.9	7.8	22.2	8.0
Fossil fuels	57.5	75.9	41.7	49.4
Renewables	10.6	16.3	36.1	42.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

韓国のCO2排出量



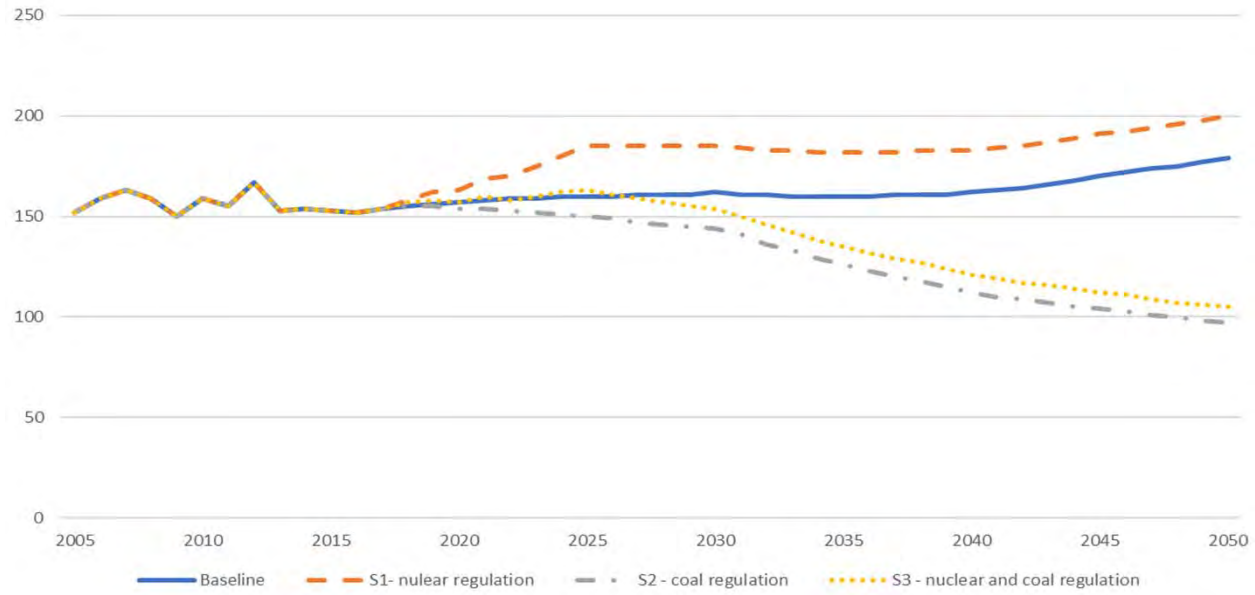
台湾



台湾の電源構成（%）

	Baseline	S1	S2	S3
Nuclear	9.1	0.0	7.8	0.0
Fossil fuels	84.1	92.5	75.4	81.6
Renewables	6.8	7.5	16.7	18.4
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

台湾のCO2排出量



結論

■From S1 (phasing out of nuclear power)

- Increases in electricity generation from coal power
- Limited contribution to the diffusion of renewable energy

■From S2 (phasing out of coal power)

- Increases in electricity generation from gas-thermal and some renewables (PV and onshore wind)
- Nuclear power increased in China but not the other countries

結論

■From S3 (a phasing out of nuclear & coal power)

- Similar patterns with S2 except for nuclear power
- Decrease in nuclear power is compensated by increase in gas-thermal power

■Conclusion

- Coal-power regulation can increase renewable energy sources, but the contribution of nuclear-power regulation is limited.
- Such regulation is not enough to increase renewable energy sources and to reduce CO2 emissions for sustainable development.

東アジアにおける2050年の電源ミックスビジョンの経済効果

李秀澈
（名城大学）

共著
Unnada Chewpreecha(Cambridge Econometrics)
Hector Pollitt(Cambridge Econometrics)
知足章宏(フェリス女学院大学)
姜美松（名城大学アジア研究センター）

目次

1. 研究概要
2. モデル
3. 政策シナリオ
4. モデルシミュレーション結果
5. まとめと結論

1. 研究概要

●東アジア4か国における持続可能な低炭素社会の実現に向けて

●原発と石炭火力規制シナリオによる2050年電源ミックスビジョン

1. 原発のみ規制→再エネ追加普及なしで、石炭火力の大幅な増加によるCO_2排出増大
2. 原発と石炭火力の同時規制⇒一定規模の再エネ普及拡大が実現

第1報告と同一

2050電源ミックス⇒経済効果？

●電力部門：持続可能な低炭素社会に向けた電力構成の経済効果

1. 原発のみ規制
2. 石炭火力のみ規制
3. 原発と石炭火力の同時規制

電源コストの変化
電源投資需要の変化

GDP？雇用？
産業生産？
産業競争力（貿易）？
その他？

2.モデル

●E3ME-Asia Model（Cambridge Econometrics開発）

●アジア部門：東アジア環境政策研究会と共同開発

- ●地域・国：59
- ●産業部門：42
- ●消費カテゴリー：28
- ●燃料種類：12
- ●燃料利用グループ：19
- ●大気汚染：14

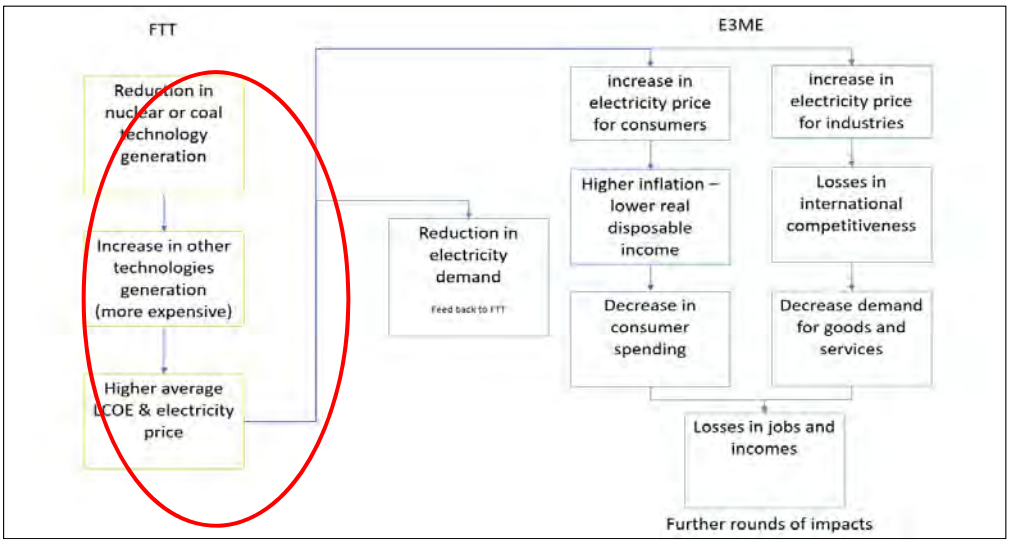
●マクロ計量モデル

- ● 過去40年のデータで推定 、OECD/IEA予測
- ●No equilibrium, Non optimization

●電力部門：E3ME+FTT（技術選択）

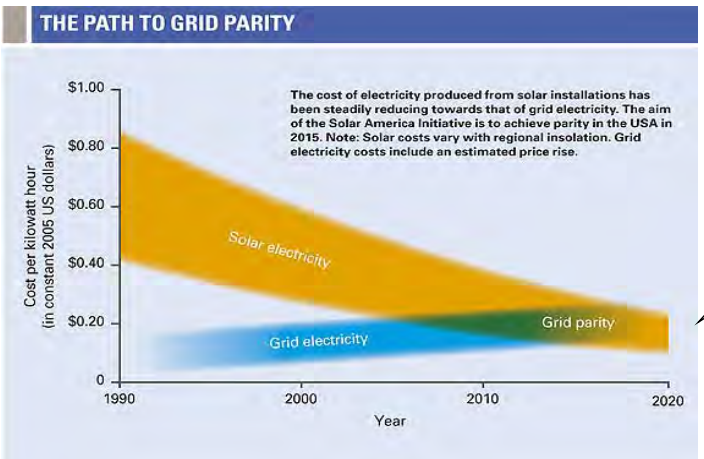
図表1 電源費用変化の E3ME-FTT:Powerへのフィードバック

政策シナリオ(原発・石炭火力規制)の経済への影響は、大きく電源コストの変化によるものと、電源構成の変化による電源関連投資需要発生によるもので分けられる。



図表2 電源コストの長期予測

原発や石炭火力規制による電源コスト上昇の経済への影響は、短期中にはマイナス要因となるが、中長期的には、再エネコストの低下に伴い、さほど影響を与えられなくなる

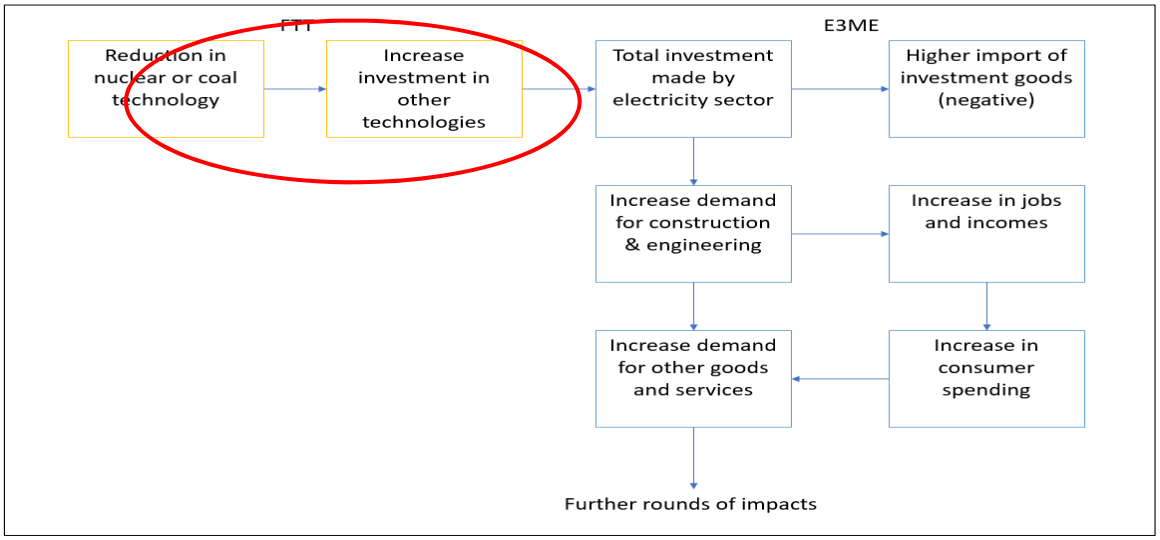


E3ME-FTTモデルでは、再エネの技術革新による電源コストの低下傾向が良く反映されている。

Sourced by Green Convergence Solar(2017)

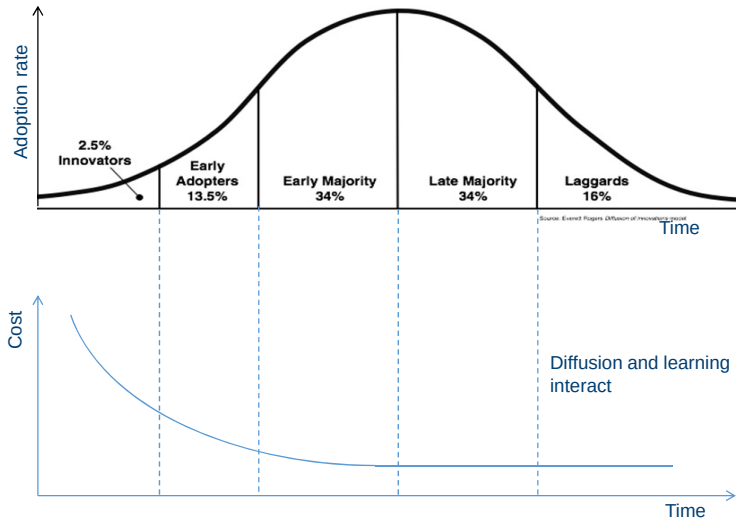
図表3 電源投資需要変化の E3ME-FTT:Powerへのフィードバック

原発や石炭火力の規制は、再生可能エネルギーの拡大へつながり、関連投資需要（設備、建設）、雇用増大は経済へ乗数的プラス影響を与える。

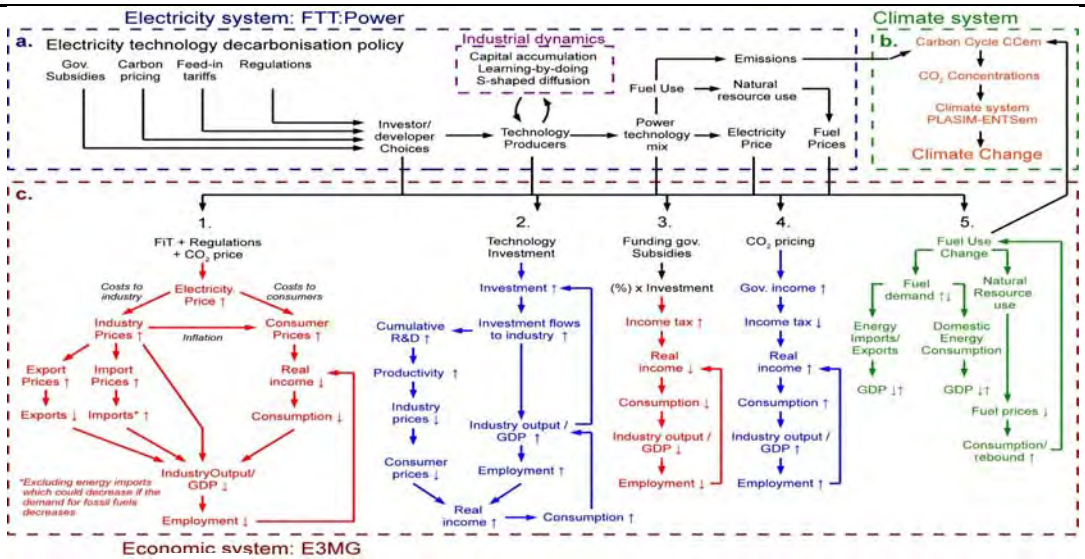


図表4 FTT: Power

Technological learning within FTT



図表5 Bottom-up Schumpeterian meeting Top-down Post-Keynesian: the E3ME model



3.シナリオ⇒第1報告と同一

- ●ベースラインシナリオ（Bau）
  - ●エネルギー経済研究所のAsia/World Outlookのレファレンスシナリオを採用
- ●政策シナリオ
  - ●2050年までに東アジアで脱原発、脱石炭火力を目指す
  - ●電力部門で取り組み
    - ●石炭規制、原子力規制
- ● シナリオ
  - ●S1:原子力規制
  - ●S2: 石炭火力規制
  - ●S3: S1 + S2（原発と石炭火力の同時規制）

4. 結果

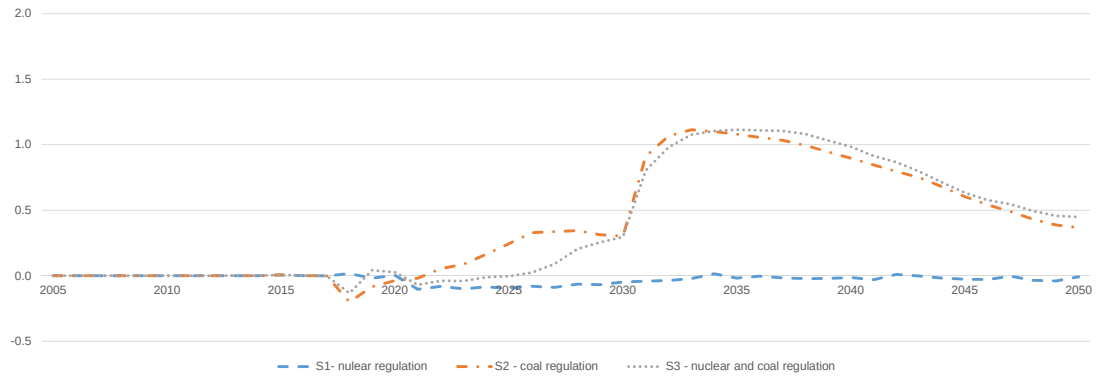
●経済への影響

- ●GDP、雇用
- ●消費、投資、貿易収支
- ●物価、電力価格
- ●産業生産

図表6 GDP for China, % difference from the baseline

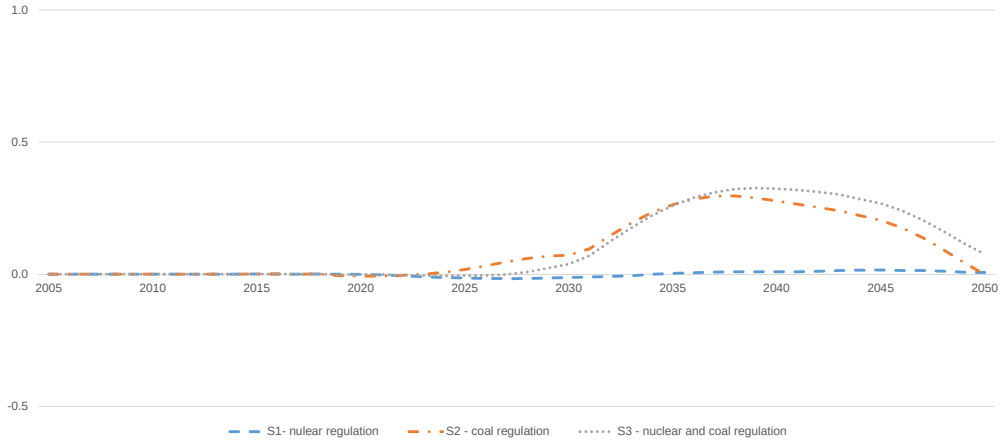
- 原発規制シナリオ（S1）は、経済への影響はあまりない（小さな原発シェアと石炭火力の稼働率上昇）
- 石炭規制（S2およびS3）は、短期的には経済へマイナス影響であるが、中長期的には再エネ投資と再エネ価格下落に伴い、大きくプラス影響となる。

⇒中国では、脱原発・脱石炭火力は、中長期的に経済へのプラス影響となる



図表7 Employment for China, % difference from the baseline

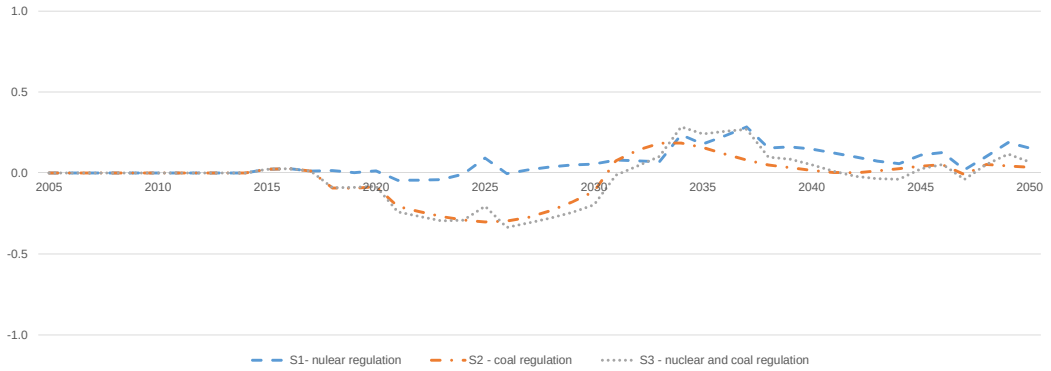
- 雇用への影響は、基本的にGDPへの影響と軌をともにする。



図表8 GDP for Japan, % difference from the baseline

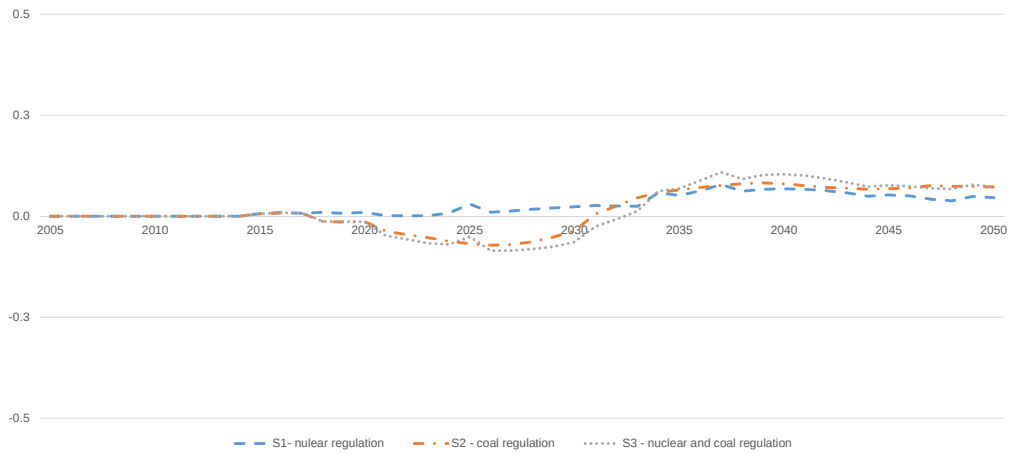
- 原発規制シナリオ（S1）は、経済への影響はあまりない（石炭およびLNG火力の稼働率上昇）
- 石炭規制（S2およびS3）は、中短期的には経済へマイナス影響であるが、長期的には規制による電源コスト増を再エネ投資と再エネ価格下落がカバーすることになり、経済への影響はほとんどなくなる。

⇒長期的には経済への影響なしに、脱原発・脱石炭火力が可能となる。



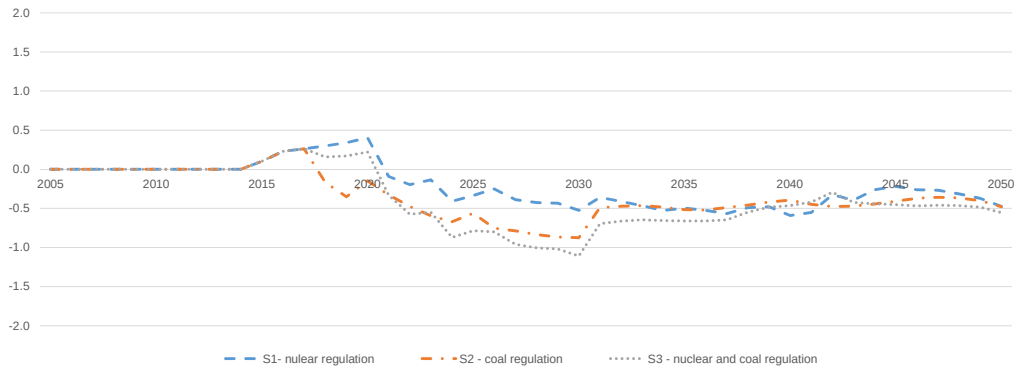
図表9 Employment for Japan, % difference from the baseline

- 雇用への影響は、基本的にGDPへの影響と軌をともにする。



図表10 GDP for Korea, % difference from the baseline

- 原発規制シナリオ（S1）は、経済への影響は大きくはない（石炭およびLNG火力の稼働率上昇）
- ただし石炭および原発・石炭同時規制（S2,S3）は、中短期的には経済へマイナス影響であるが、長期的には規制による電源コスト増を再エネ投資と再エネ価格下落がカバーすることになり、経済への影響はほとんどなくなる。
  ⇒長期的には経済への影響なしに、脱原発・脱石炭火力が可能となる。



図表11　GDP for Taiwan, % difference from the baseline

- 2025年までの急激な原発規制シナリオ（S1）は、追加的な電源投資需要の不安定性により、経済へ不規則な影響を与えるが、原発ゼロが実現されてからはベースラインを維持することになる。
- 石炭規制（S2およびS3）は、中期的に経済へマイナス影響であるが、影響幅は無視できるほど小さい 2030年以降は再エネ投資の急上昇による経済へのプラス影響も出るようになる。

⇒長期的にはほとんど経済への影響なしに、脱原発・脱石炭火力が可能となる。

5.1　まとめ：電源ミックス変化とCO2 排出

- 原発規制（S1）
  - 既存火力に代替され経済影響は少ないが、CO2排出は大きくなる
    ⇒持続可能な低炭素電源とは程遠くなる
- 石炭火力規制（S2、S3）
  - 再エネ普及が伸びることになり、CO2排出も大きく削減可能となる
    ⇒持続可能な低炭素電源に進展があるが、石炭火力の多くは、LNG火力に代替されることになり、低炭素電源の十分な進展はみられない
    ⇒持続可能な低炭素電源にふさわしい再エネのさらなる進展のためにはカーボンプライシングの強化、再エネのグリッドペリティ達成期間までに支援策の補強が必要
    ⇒本シンポジウム第3番目の報告

5.2 まとめ：経済への影響

- GDP
  - 原発規制（S1）：原発は、ほとんど石炭やLNG火力に代替され、どの国においても経済への影響は無視できるほど小さい
  - 石炭規制（S2、S3）：短期的には電源コスト増により経済へマイナス影響を与えるが中長期的には再エネ投資増加と電源コスト低下のより回復に向かう
    - ⇒中国：再エネ潜在量の豊富な中国では、再エネ投資効果により経済は大きくプラスとなる
      - ⇒中国国家発展改革委員会では、再エネ普及拡大ケースで、2050電源を80%まで見通している。
    - ⇒日本：石炭火力規制による短期経済影響が最も大きいほうである
    - ⇒韓国：再エネ投資変動による経済変動も大きくなるが、±1%以内で留まる
    - ⇒台湾：急速な脱原発シナリオにより経済の変動も多少変化が見られるが、せいぜい±0.2%で留まる
- 雇用
  - おおむねGDPの推移に従う

結論

- 東アジアでは、経済への影響がさほどなく、中長期的には経済への影響なし、もしくはプラス影響の下で、2050年脱原発・脱石炭火力の電源構成の達成が可能となる。
- その要因として、
  - ⇒再生エネ電源の中長期的にグリッドペリティの達成
  - ⇒ 再エネ投資需要の経済促進効果
  - ⇒ 化石エネルギー輸入源による貿易バランス改善効果
- 原発・石炭火力規制が東アジアで同時に行われる場合
  - ⇒経済へのプラス影響が増加される見通し
  - ⇒電源コスト増加による製造コスト負担が緩和される（貿易競争緩和効果）
  - ⇒再エネ技術のスピルオーバー効果⇒東アジアスーパーグリッドへ

炭素税および固定価格買取制度と2050年の電源ミックスビジョン

李態妍
（龍谷大学）

共著
Unnada Chewpreecha(Cambridge Econometrics)
羅星仁(広島修道大学)
Yanmin He(Kyoto University)
陳禮俊(山口大学)
松本健一(長崎大学)

目次

1. 研究概要
2. モデル
3. シナリオ
4. 結果
5. まとめ

1. 研究概要

●東アジア4か国における持続可能な低炭素社会の実現に向けて

●温暖化対策：2030年INDC、2050年 2℃ターゲット

1. 温室効果ガス排出量を削減
2. 持続可能な低炭素社会⇒エネルギー自給率、経済、他の環境問題も考慮

部門ごとに努力⇒炭素税の低減？

●電力部門：持続可能な低炭素社会に向けた電力構成？

1. 電力部門での温室効果ガスの低減
   - ●化石燃料利用：減らす（規制、税）
2. 他の外部性も考慮
   - ●原子力利用：制限（規制）

再生可能エネルギー
増やす
例）固定買取制度
(Feed-in-Tariff: FIT)

2. モデル

●E3ME（Cambridge Econometrics開発）

- ●地域・国：59
- ●産業部門：42
- ●消費カテゴリー：28
- ●燃料種類：12
- ●燃料利用グループ：19
- ●大気汚染：14

●マクロ計量モデル

- ●過去40年のデータで推定 、OECD/IEA予測
- ●No equilibrium, Non optimization

●電力部門：E3ME+FTT（技術選択）

●E3ME-Asia Model

●アジア部門：東アジア環境政策研究会と共同開発

Figure 1: Economic impacts of a Feed-in-tariff in E3ME-FTT model

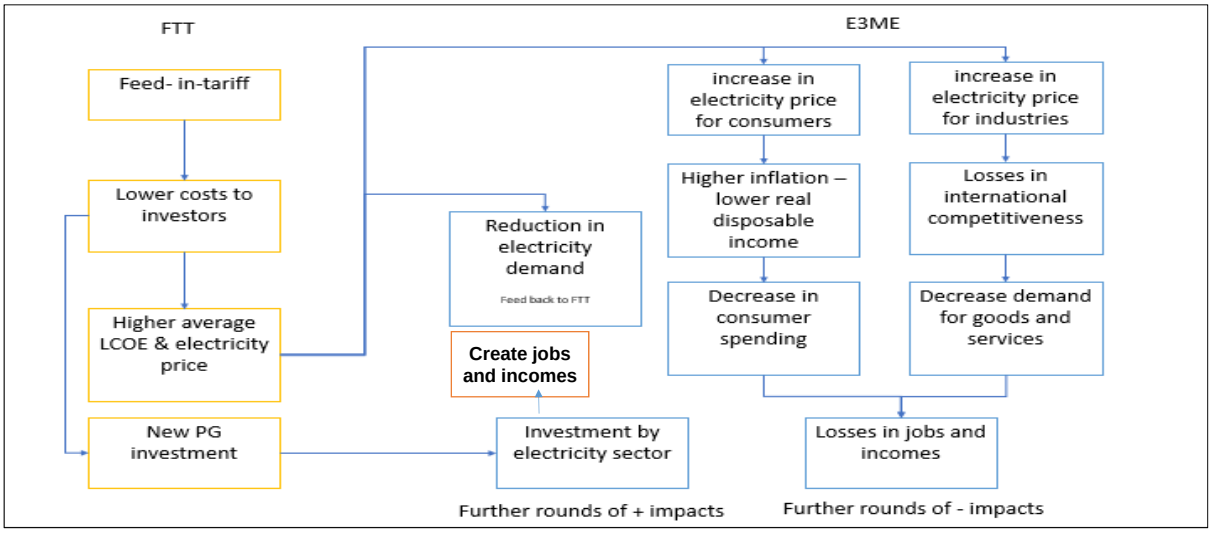
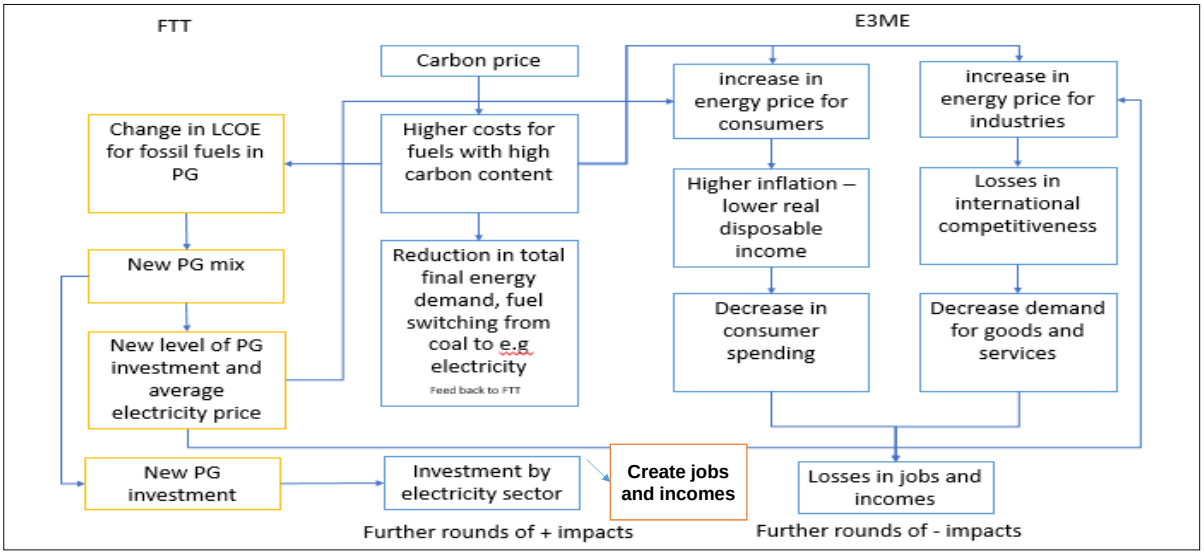


Figure 2: Economic impacts of a carbon tax in the E3ME-FTT model



3. シナリオ

- ●ベースラインシナリオ（Bau）
- ●政策シナリオ
  - ●2030年、2050年目標を達成するため、炭素税導入
  - ●電力部門で取り組み
    - ●固定買取制度（ FIT）
    - ●石炭規制、原子力規制
- ●シナリオ

S1: Feed-in-Tariff

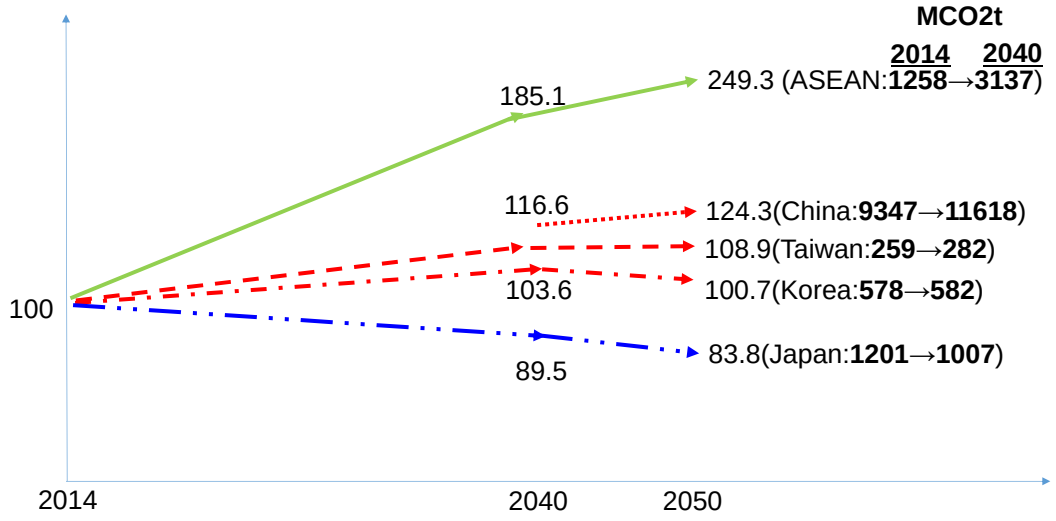
S2: FIT +石炭火力規制 ＋原子力規制（発表1：S3）

S3: S1 + 炭素税（目標達成排出量-S1での削減分：不足分に対して）

⇒ポリシー・ミックス：電力部門での取り組み（炭素規制＋原子力規制）＋炭素税

S4:Carbon tax only to meet both NDC and 2℃ target

Figure 3 : CO2 in the Reference Scenario, Asia/World Energy Outlook 2016



Source(s):Asia/World Energy Outlook 2016 (IEEJ 2016).

FIT：再生可能エネルギー普及をサポート

- ●ターゲット技術
  - ●各国の政策
- ●サポートスキーム
  - China：FIT with bidding
  - Japan：FIT
  - Korea：Renewable portfolio standard (RPS)
  - Taiwan：FIT

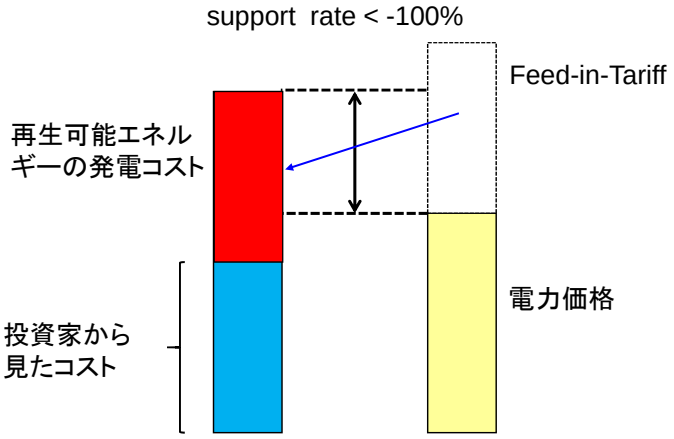


Table 1: Overview on FIT system in East Asia country

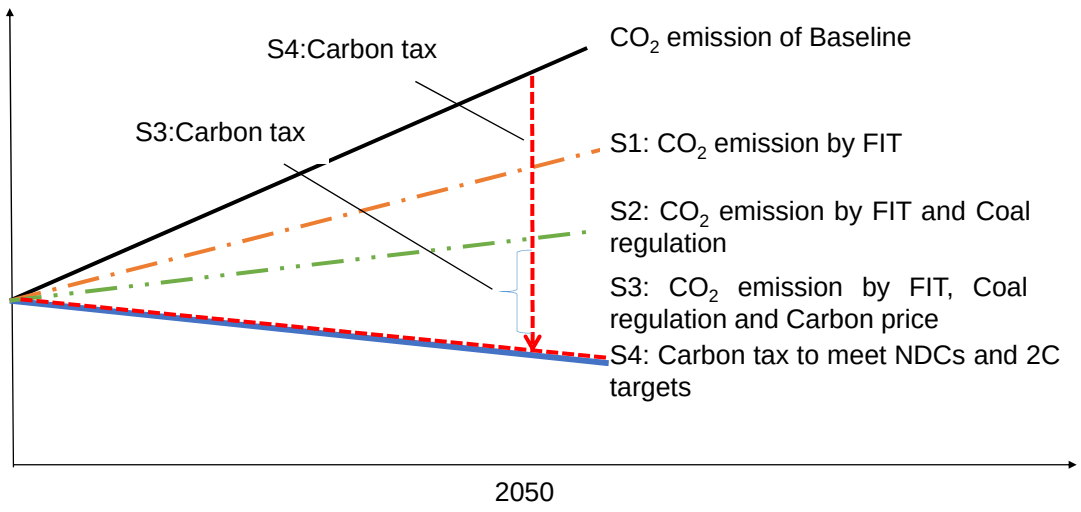
	China CNY/kwh	Japan JPY/kwh	Korea KRW/kwh	Taiwan US ¢/kWh
Photovoltaic power	0.65-1.05	27-35	85-177 (*RPS: System marginal price (SMP) and the price of the renewable energy certificate (REC))	15.33-21.52
Land-based wind power	0.40-0.57	22-55		8.78-27.12
Offshore wind power		36		18.52
Geothermal power		26-40		15.91
Small and medium hydropower		14-34		8.5
Biomass	0.65-0.75	13-40		8.50-10.90
Others				8.50-9.11

Table 1: Overview on FIT system in East Asia country

1 CNY=17.2 Jpy, 1 KRW=0.104 JPY, 1 USD= 113 JPY

	China JPY/kwh	Japan JPY/kwh	Korea JPY/kwh	Taiwan JPY/kWh
Photovoltaic power	11.19-18.07	27-35	8.9-18.6 (*RPS: System marginal price (SMP) and the price of the renewable energy certificate (REC))	17.3-24.9
Land-based wind power	6.89-9.81	22-55		9.1-30.6
Offshore wind power	12.9-14.62	36		21
Geothermal power		26-40		18
Small and medium hydropower		14-34		9.6
Biomass	11.19-12.9	13-40		9.6-12.32
Others				9.6-10.3

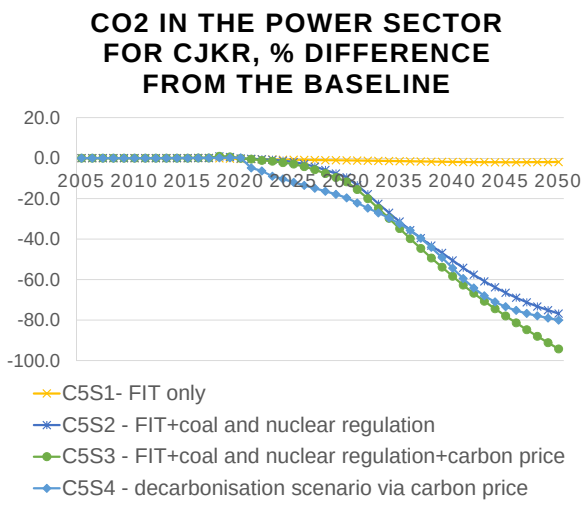
Figure 3: Total CO_2 emissions, schematic of BAU, target and scenarios



4. 結果

- ●電力構成
  - ●再生可能エネルギーのシェア
- ●環境への影響
  - ●CO2排出量
- ●経済への影響
  - ●GDP
  - ●消費、投資、雇用
  - ●貿易収支
  - ●物価、電力価格

Figure 5: CO2 排出量の BAUとの差（%、CJKT）



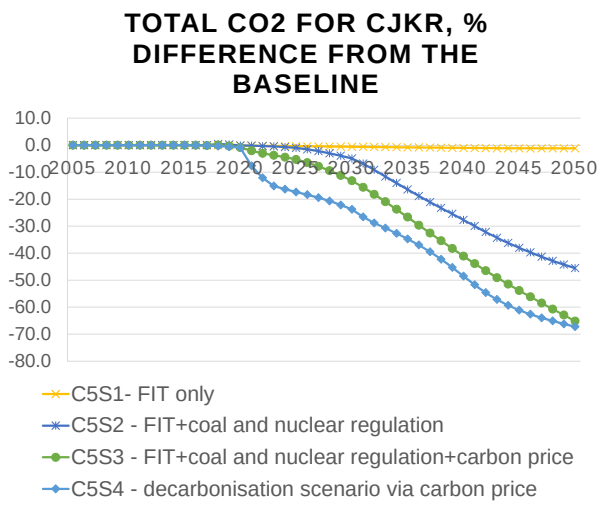


Table 2: 電力部門における再生可能エネルギーの割合（2050年）

	中国					日本				
	Bau	S1	S2	S3	S4	Bau	S1	S2	S3	S4
原子力	10.8	10.8	2.6	2.6	13.0	8.6	8.7	0.0	0.0	10.4
化石燃料	76.2	76.0	16.8	6.0	21.7	71.2	68.3	49.5	37.5	32.2
再生可能エネルギー	13.0	13.2	80.5	91.4	65.3	20.1	23.0	50.5	62.5	57.4
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	韓国					台湾				
	Bau	S1	S2	S3	S4	Bau	S1	S2	S3	S4
原子力	31.9	34.0	8.2	8.1	38.8	9.1	9.4	0.0	0.0	13.2
化石燃料	57.5	54.1	49.3	38.0	29.5	84.1	78.9	79.3	77.4	66.6
再生可能エネルギー	10.6	11.9	42.5	53.9	31.7	6.8	11.7	20.7	22.6	20.1
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

4.1 中国

Figure 6: 発電構成 (中国、TWh/yr)

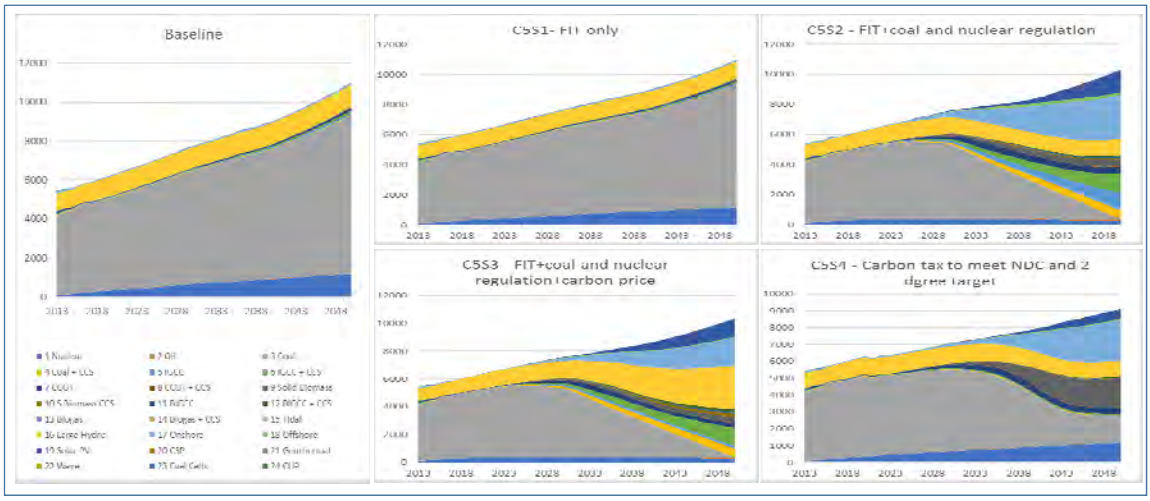
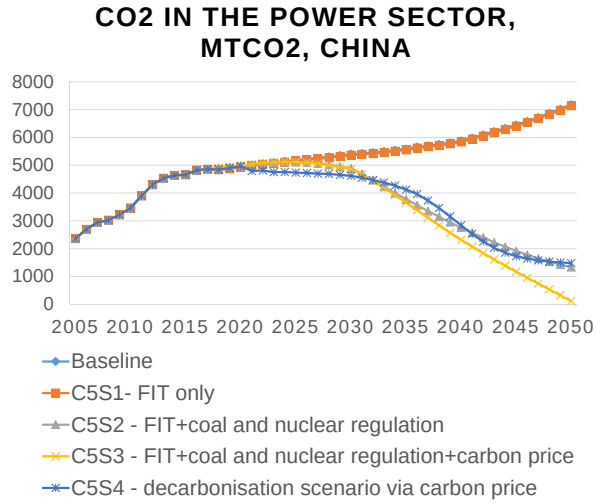


Figure 7: CO2 排出量（中国）



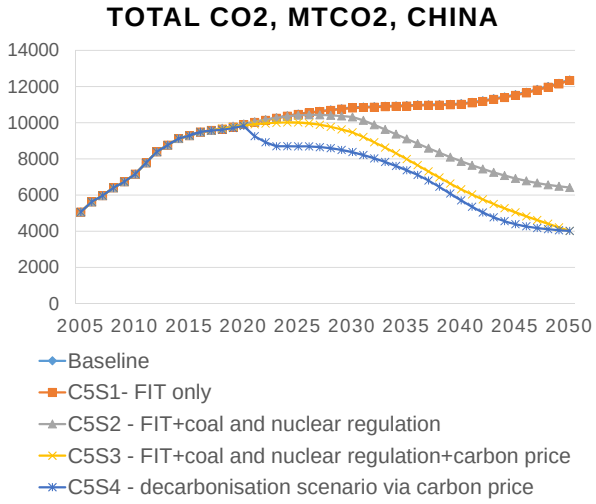


Table 3: BAUとの差（%）2030 and 2050（中国）

China	2030				2050			
from baseline (%)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
電力部門におけるCO2排出量	-0.6	-9.5	-10.0	-14.4	-0.6	-81.4	-98.4	-79.4
総CO2排出量	-0.3	-4.9	-12.7	-22.8	-0.3	-48.2	-67.5	-67.5
GDP	0.0	0.3	-0.1	0.2	0.0	0.4	-0.1	-1.0
雇用	-0.1	0.3	-1.2	-1.0	-0.1	-0.1	-1.1	-2.6
消費者支出	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.3
輸出	0.0	0.1	-0.1	-0.3	0.0	0.1	0.0	-0.9
輸入	0.0	0.5	0.5	0.7	0.0	0.9	0.6	-0.7
投資	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.8
消費者物価	0.0	0.1	1.2	1.0	0.0	0.3	0.8	0.8
電力価格	0.5	8.9	9.9	5.7	0.3	42.9	41.2	56.7
炭素価格(2010USD/tCO2)	-	-	34.7	153.9	-	-	62.7	862.6

4.2 日本

Figure 8: 発電構成 (日本、TWh/yr)

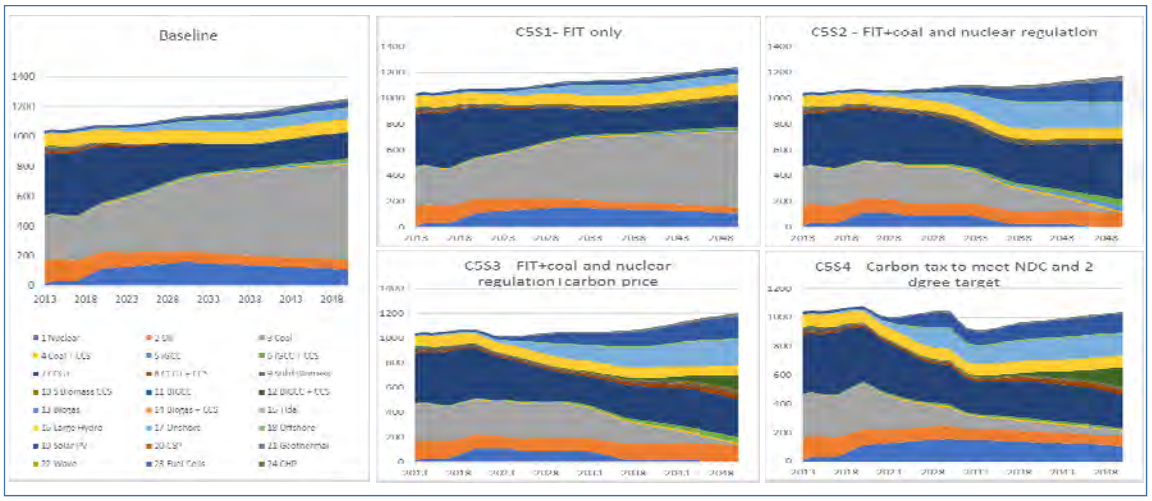


Figure 9: CO2 排出量（日本）

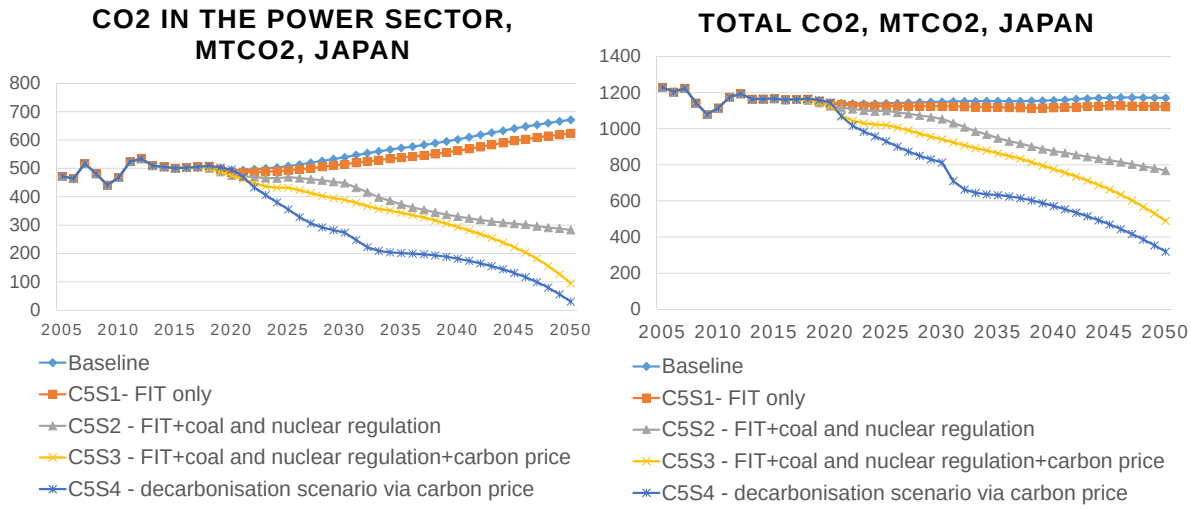


Table 4: BAUとの差（%）2030 and 2050（日本）

Japan	2030				2050			
from baseline (%)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
電力部門におけるCO2排出量	-4.6	-16.9	-27.8	-49.4	-7.0	-57.8	-86.0	-95.5
総CO2排出量	-2.2	-8.3	-18.0	-29.2	-4.1	-34.4	-58.1	-72.7
GDP	0.0	-0.3	-0.5	-0.4	0.0	0.1	0.4	-2.5
雇用	0.0	-0.3	-0.9	-0.8	0.0	-0.3	-0.1	-4.5
消費者支出	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.1	-0.5
輸出	0.0	0.4	-0.8	-0.7	0.0	0.4	-1.0	-5.5
輸入	0.1	-0.2	-0.7	-0.4	0.0	1.4	1.8	-2.7
投資	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.1	-0.9
消費者物価	0.0	0.3	1.1	1.1	0.1	0.5	0.4	5.6
電力価格	1.3	12.3	13.6	15.3	2.6	28.6	43.9	43.8
炭素価格(2010USD/tCO2)	-	-	35.5	46.2	-	-	62.7	862.6

4.3 韓国

Figure 10: 発電構成 (韓国、TWh/yr)

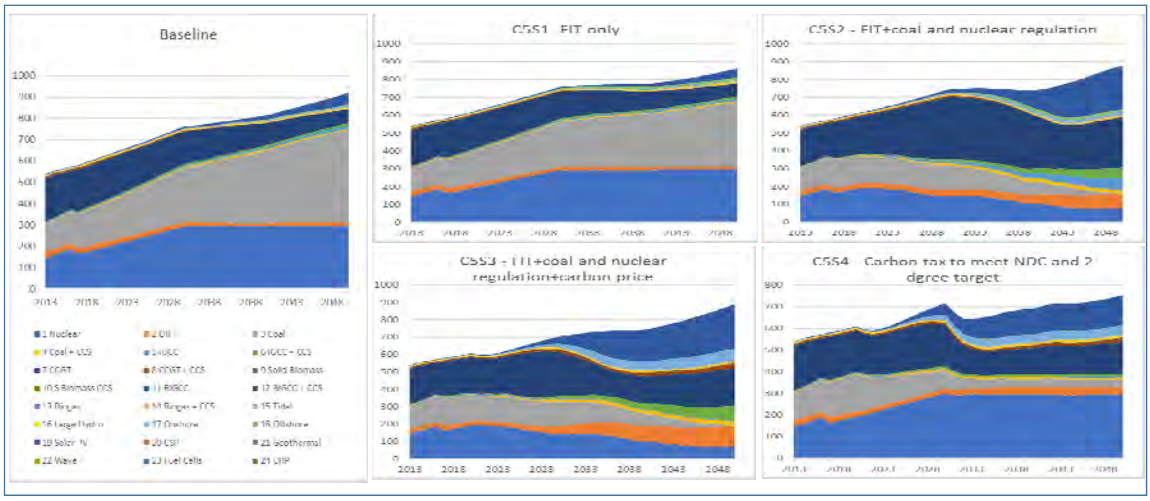
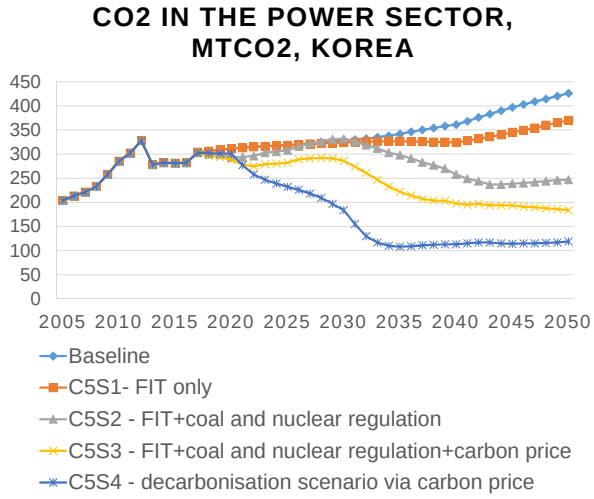


Figure 11: CO2 排出量（韓国）



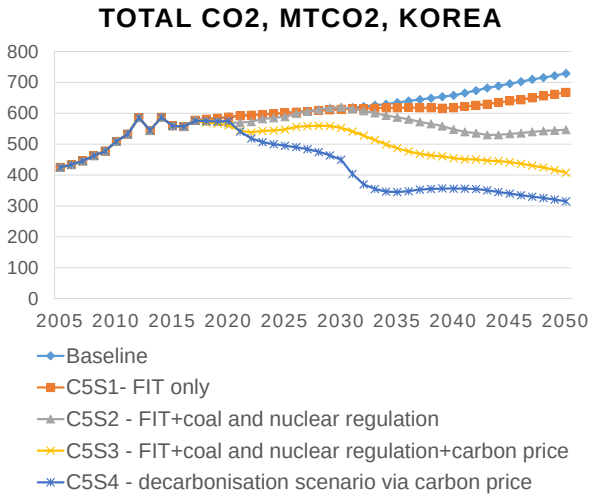


Table 5: BAUとの差（%）2030 and 2050（韓国）

Korea	2030				2050			
from baseline (%)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
電力部門におけるCO2排出量	-1.2	1.2	-12.8	-43.9	-13.1	-42.0	56.8	-72.1
総CO2排出量	-0.6	0.5	-10.4	-27.1	-8.4	-25.0	-44.0	-56.8
GDP	0.0	0.4	0.6	0.3	0.3	0.9	0.6	-0.5
雇用	0.0	0.5	-0.4	-0.8	0.6	1.4	1.2	-1.2
消費者支出	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	-0.4
輸出	0.1	0.1	-0.3	0.0	0.2	1.2	1.1	-0.8
輸入	0.2	0.3	2.3	3.0	1.3	6.2	4.6	-1.4
投資	0.0	0.5	0.1	-0.2	0.5	1.6	1.2	-2.3
消費者物価	0.0	0.4	2.2	2.2	1.6	2.8	2.2	12.1
電力価格	0.6	11.3	14.0	9.1	39.4	39.5	31.4	29.1
炭素価格(2010USD/tCO2)	-	-	35.5	46.2	-	-	62.7	862.6

4.4 台湾

Figure 12: 発電構成 (台湾、TWh/yr)

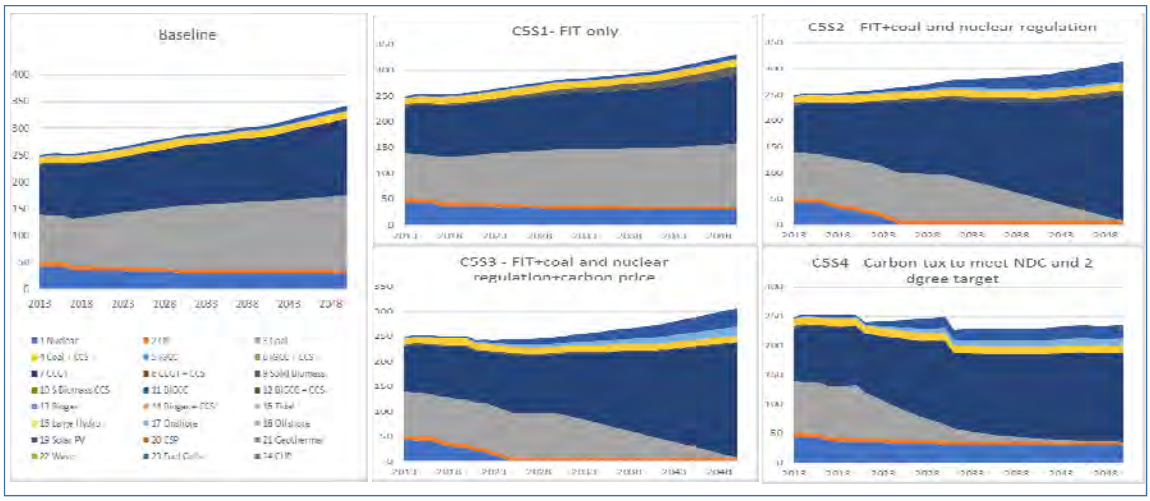
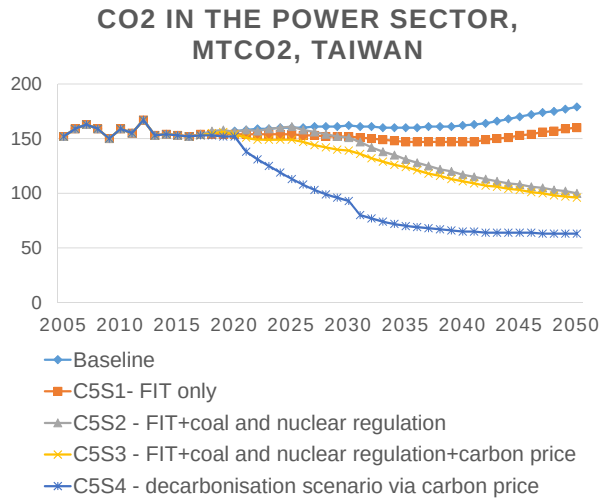


Figure 13: CO2 排出量（台湾）



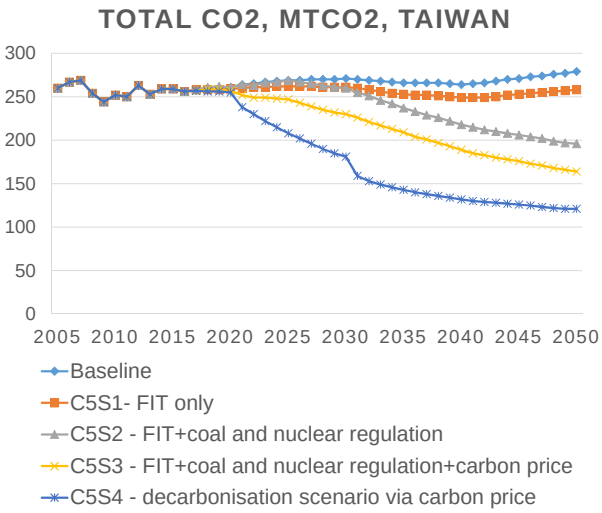


Table 6: BAUとの差（%）2030 and 2050（台湾）

Taiwan	2030				2050			
from baseline (%)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
電力部門におけるCO2排出量	-6.2	-6.8	-14.2	-42.6	-10.6	-44.1	-46.4	-64.8
総CO2排出量	-3.7	-4.1	-15.1	-33.2	-7.5	-29.7	-41.2	-56.6
GDP	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	-1.2
雇用	-0.1	0.1	-1.0	-0.9	-0.2	0.1	-0.8	-6.5
消費者支出	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	-0.3
輸出	0.0	0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.5	0.3	-0.4
輸入	-0.2	0.4	-0.8	1.1	-0.1	1.3	1.5	-1.2
投資	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6
消費者物価	0.1	0.3	1.7	1.6	0.2	0.4	1.3	8.9
電力価格	4.6	9.8	8.0	14.4	8.6	22.4	19.8	24.3
炭素価格(2010USD/tCO2)	-	-	35.5	46.2	-	-	62.7	862.6

5. まとめ：環境

- 再生可能エネルギーの普及
  - S1（FIT）：効果、小さい
  - S3（FIT＋石炭・原子力規制＋炭素税）：最も高い
    - 中国：S3（91%）＞S2（81%）＞S4（65%）
    - 日本：S3（63%）＞S4（57%）＞S2（51%）
- 炭素税（2050年、$2010/tCO2）
  - S3：62.7 ＜ S4：862.6 ⇒約14倍
- CO2排出量：Bauとの差（%）
  - S3、S4：同じ
  - 中：-68%、日：-58%＜-73%、韓：-44%＜57%、台：41%＜57%

  ⇒S3の場合、S4と同じ目標：中国を除く3か国では一律税率では達成できず、中国より高い税率の採用が必要

まとめ：経済

ポリシー・ミックス（S3）の方が
炭素税のみ（S4）より、有効
・経済への負の影響が小さいか、プラス
・再生可能エネルギー普及も可能

- ●経済への影響
  - ●GDP
    - ●S4：4か国すべてマイナス
    - ●S3：日本と韓国はプラス、中国・台湾の場合でもS4より減少分が小さい
    - ●中国：S2のみプラス、台湾：S1のみ変化なし、すべてマイナス
    - ●日本：S4のみマイナス、減少分が一番大きい（-2.5%）
    - ●韓国：S4のみマイナス、減少分はそれほど大きくない（-0.5%）
    - ◆S3：経済への影響が小さい。一部の国ではプラス
  - ●雇用
    - ●中国：S3,4でマイナス、 他の3国：S4でのみマイナス ⇒S1-S3で雇用が増える
  - ●電力価格
    - ●S4で、最も増加
    - ●台湾24%から中国約57%と増加。日本はS3,S4で約44%増

A study on the impacts of decarbonisation by the technology innovation and carbon pricing into industry transition and GHG reduction in the East Asia

Sunhee Suk (Institute for Global Environmental Strategies, Japan)

Co-authored by
Unnada Chewpreecha (Cambridge Econometrics, UK)
Jean-Francois Mercure (University, the Netherlands),
Hector Pollitt (Cambridge Econometrics, UK),
Lee Soocheol (Meijo University, Japan),
Alistair Smith (Cambridge Econometrics, UK)

Contents

1. Introduction
2. Study objectives
3. Concept framework
4. Method: Policy Scenarios and Methodology
5. Analysis results
6. Summary

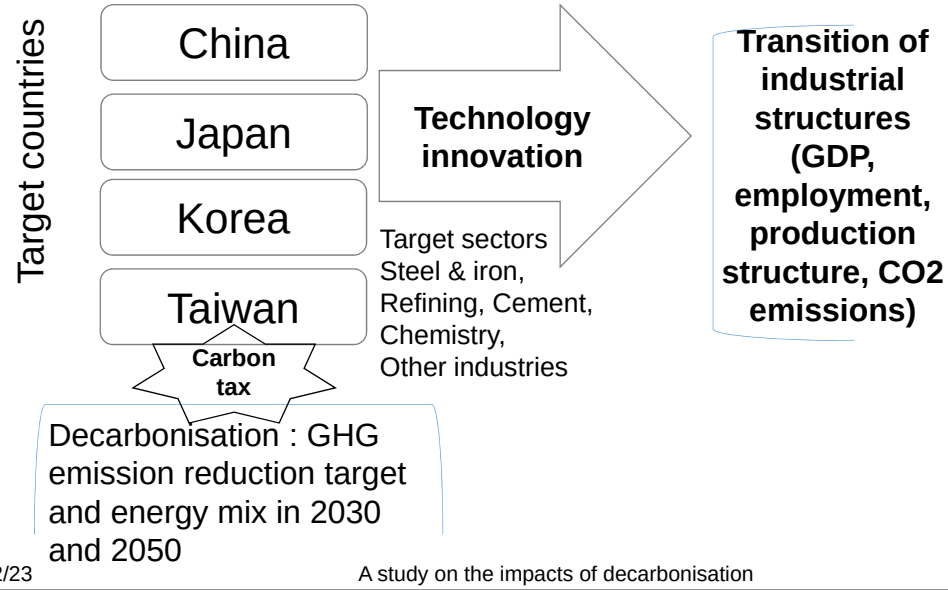
1. Introduction

- The low-carbon technology innovation attracts increasing attention from both entrepreneurs and policymakers (IEA2016), since the accelerated technology development may reduce the costs for achieving the stringent climate goals (McJeon et al. 2011).
- Carbon pricing is focused as a key measure. The pricing of carbon emission would induce the profit-oriented business to adopt low carbon technology (Tran, 2012).

2. Study objectives and concept framework

- To investigate the transition of industrial structures under decarbonisation for GHG emission reduction target and energy mix in 2030, 2050 and CO2 emission thereby focusing on the main polluters (metals, cement, refineries, chemicals, paper & pulp etc.).
- To analyse the influence of carbon tax in policy scenarios with different revenue recycling

3. Concept framework



4. Method

4.1 Policy Scenarios

4.2 Methodology

4.1 Policy Scenarios

Scenario	Description
Baseline	Technology development at the same rate as the past (reference scenario of IEEJ2016*)
Scenario 1	• Carbon tax to be imposed to meet 2030 INDCs and 2℃ in 2050 (WEO 450PPM values) • All carbon tax revenues are recycled via lump sum payment to households
Scenario 2	• Carbon tax to be imposed to meet 2030 INDCs and 2℃ in 2050 (WEO 450PPM values) • 10% of carbon tax revenues are recycled to energy efficient (EE) investment in industries and 90% of carbon tax revenues are recycled to lump sum payment to households

*IEEJ: The Institute of Energy Economics

4.1.1 Imposed carbon tax rates (unit: US$/t-CO2)

The carbon tax rate is the rate required to meet NDC targets by 2030.

Common carbon taxes were set and estimated to approximate for the achievement of the 2C degree target by 2050.

Year	Scenarios	China	Japan	Korea	Taiwan
2030	S1	102	35	42	74
	S2	70	25	30	50
2050	S1	1032	1032	1032	1032
	S2	400	400	400	400

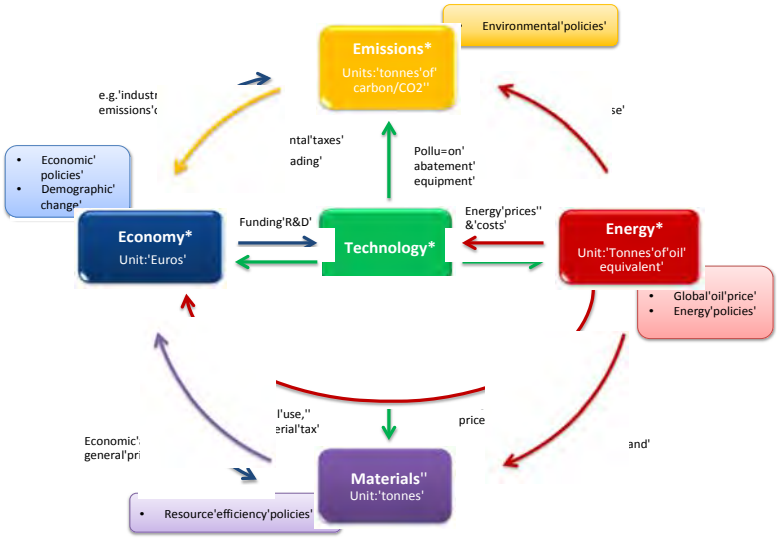
4.2 Methodology

- The **E3ME model**, a computer-based model of the world's economic and energy systems and the environment, is employed.
- E3ME stands for "Energy, Environment and Economy Model"
- See www.e3me.com

4.2.1 E3ME (version 6.0)

- The model is based on **post-Keynesian economic theory**, with an input-output core supported by econometric equations for final demand, prices, the labor market, energy demand and materials demand.
- The basic economic structure of E3ME is based on the system of national accounts. Input-output ratios determine linkages between sectors and bilateral trade data provide links between regions.
- There are further linkages to energy demand and environmental emissions through matching economic and physical data sets. The labor market is also covered in detail, including both voluntary and involuntary unemployment.
- In total there **are 33 sets of econometrically estimated equations**, also including the components of GDP (consumption, investment, and international trade), prices, energy demand and materials demand. Each equation set is disaggregated by the 59 countries and 43 sectors.
- The model is usually applied for scenario-based policy analysis.
- The current version of E3ME can be described as top-down in its energy modelling, with a bottom-up sub-model of the electricity supply sector.

4.2.2 E3ME-FTT Industry Linkages



UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

The Open University

cambridge econometrics

5. Analysis results

5.1 Impact on the industrial structure by country

5.2 GDP and employment

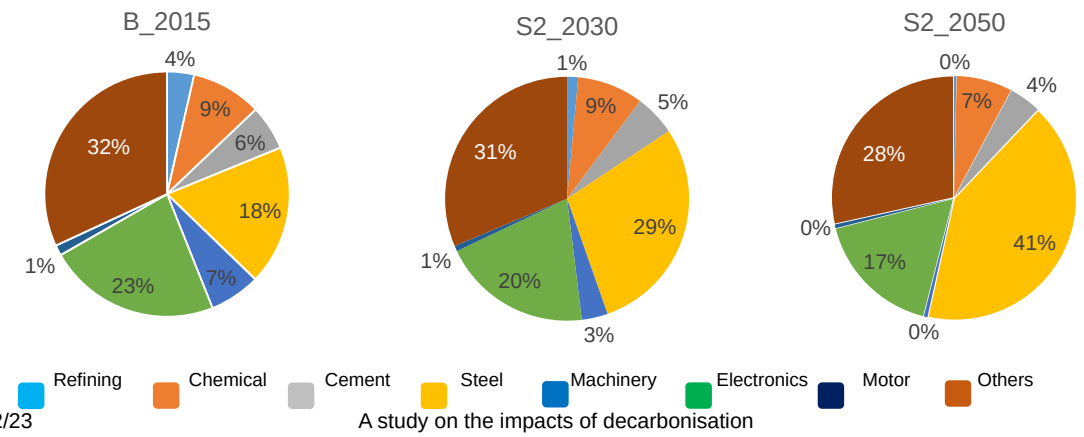
5.3 Impact on CO_2

5.1 Impact on the industrial structure change

(1) China
(2) Japan
(3) Korea
(4) Taiwan

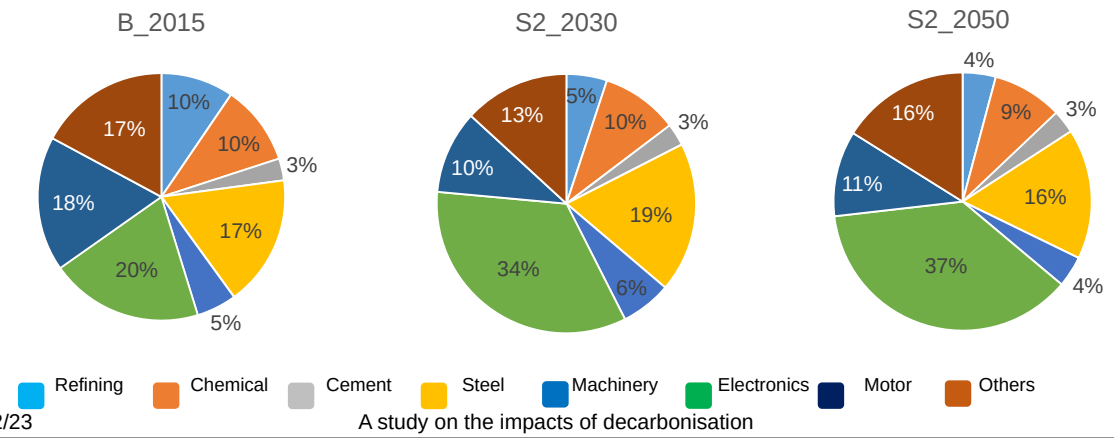
5.1 Impact on the industrial structure change (1) China

In the scenarios, China shows while other sectors decrease their share of total, only the production of steel & iron will be increased largely up to 40% in 2050⇒This will be mainly caused by the decrease of steel industry production in Japan and Korea.



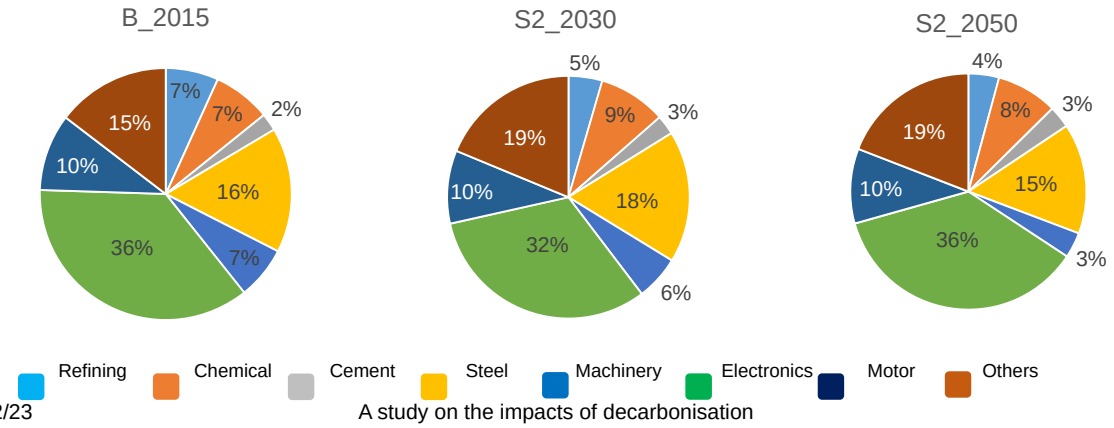
(2) Japan

In Japan, by recycling the carbon tax revenue for EE, most the share of production by energy intensity sectors will shrink but that of Electronics will take over the place in 2050.



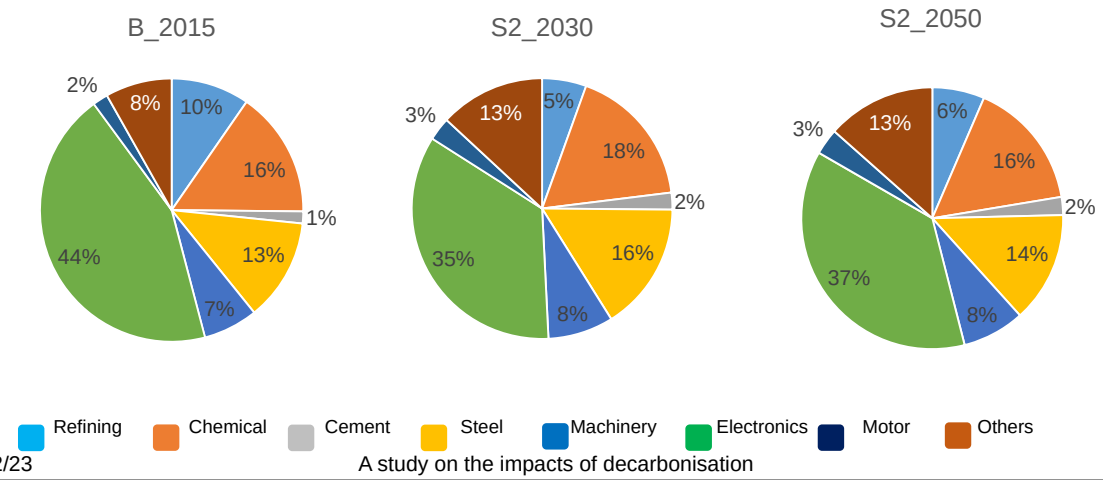
(3) Korea

The most changes of industry production among the sectors are from Refining and Machinery in Korea while other sectors will experience little changes comparing 2015 under the S2.



(4) Taiwan

Different from Japan, the share of Electronics sector in 2050 will be decreased.



5.2 GDP and employment
(1) GDP

Both scenarios show small GDP increases in 2030 (due to the energy-efficient investment stimulus) but impacts are negative by 2050.⇒Relatively low carbon taxation to meet NDC target and much higher carbon taxation to meet WEO450 target.

(% difference from baseline)

	China		Japan		Korea		Taiwan		CJKT	
Year	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
S1	0.3	-1.5	0.3	-0.5	0.0	-1.4	0.5	-0.6	0.2	-1.3
S2	0.6	-1.5	0.3	-0.7	-0.1	-1.4	0.6	-0.4	0.5	-1.3

(2) Employment

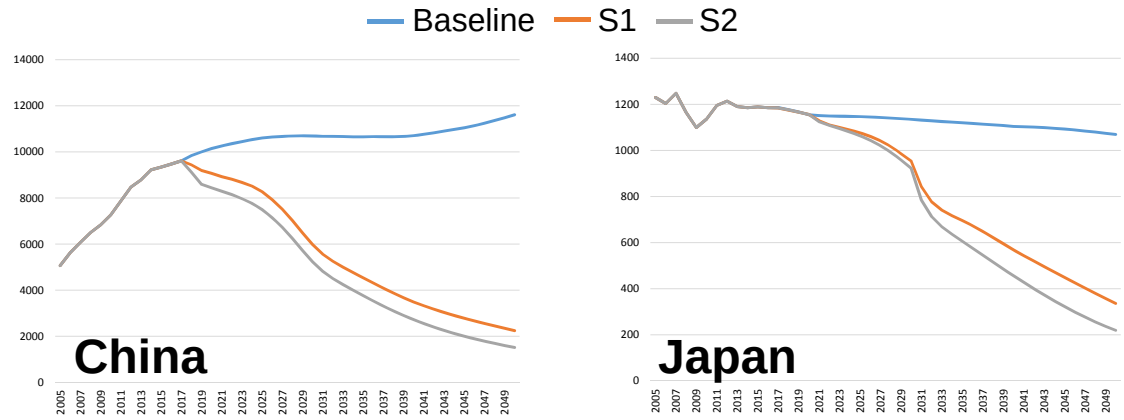
The impact on employment varies by country but is negative by 2050.⇒Same trend with GDP

(% difference from baseline)

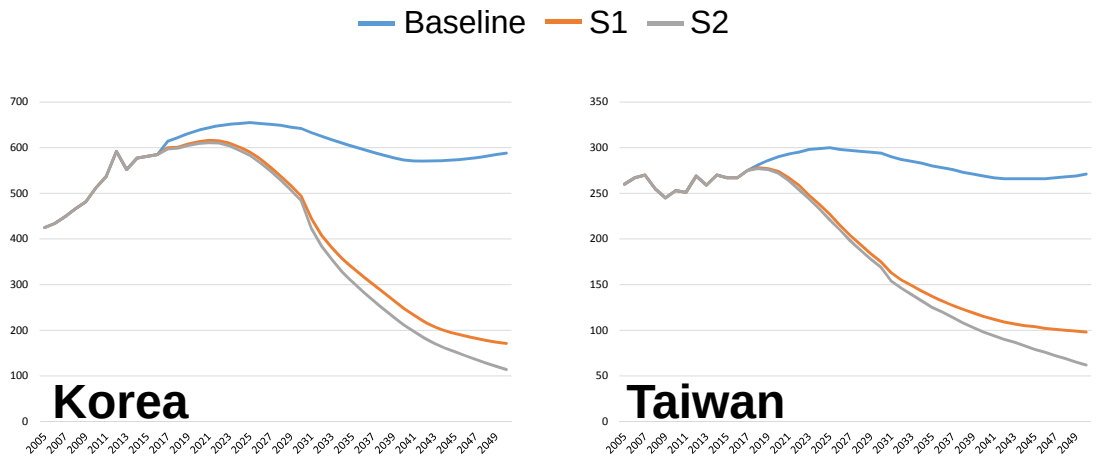
	China		Japan		Korea		Taiwan		CJKT	
Year	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
S1	-0.09	-1.12	0.03	-0.37	-0.31	-2.64	0.08	-0.49	-0.09	-1.08
S2	-0.12	-1.12	0.01	-0.56	-0.50	-2.92	0.09	-0.54	-0.12	-1.12

5.3 Impact on CO_2
(1) CO_2 (Mt-CO_2): China and Japan

The CO_2 emissions show a bigger decrease with EE investment (S2) from these decarbonisation scenarios.



(1) CO_2 (Mt-CO_2): Korea and Taiwan



(2) CO_2 by sector (Mt-CO_2)

10% of revenues to increase EE in industries can almost result in 100% decarbonisation of several industries.
⇒Mostly CCS and Renewables

(% diff from baseline)

Fuel user	S1		S2	
	2030	2050	2030	2050
Iron & steel	-47%	-74%	-82%	-99%
Non-ferrous metals	-32%	-69%	-57%	-100%
Chemicals	-21%	-67%	-31%	-93%
Non-metallics	-37%	-66%	-44%	-86%
Paper & pulp	-38%	-80%	-46%	-96%
Engineering etc.	-27%	-62%	-42%	-89%
Other industry	-40%	-81%	-42%	-84%

6. Summaries

- This study quantitatively analyzed the trends of industrial structure and CO_2 emissions in the major industries in four East Asian countries by 2050 under the assumption that carbon taxes introduced to achieve the 2030 NDC and 2050 2C scenarios.
- As an analytical method in this study, E3ME is used to assess the impacts of carbon taxes on East Asian industries and how different the impacts are if some carbon tax revenues are used to invest in industries' low carbon technology measures.
- A good mix of policies must therefore be included to make sure the power sector continues to invest in renewable technologies despite reduction in electricity demand.

- This research has several challenges. Our approach is simplistic as it used existing top-down estimates of amount of energy savings per dollar as exogenous assumption to E3ME and we assume that only the carbon price is used to achieve the NDC and WEO 450 targets.
- In this paper, we did not include policies such as production taxes, subsidies, regulations, and many more to promote decarbonization in other sectors. In an upcoming paper, we will look at all sectors in parallel to produce the most comprehensive analysis of decarbonization policies in East Asia to date.
- In the near future, a Future Technology Transformation (FTT) model for energy intensive industries will be available. The FTT: industry model will provide a bottom-up approach to take ups of new technologies in industries.

- While most existing models reflect the potential for breakthroughs in low-carbon technology innovation by 2050 by an extension of past technological innovations (by default), the FTT model reflects the endogenous estimation of the progress of possible future technological innovations. In other words, this model can infer the future industrial structure under decarbonization policy more realistically.
- The carbon tax rate applied in this study was estimated based on the premise that low carbon technology innovation is underestimated and there is no other capacity, but if the FTT model is used, the more realistic carbon tax rate will be estimated by reflecting the endogenous low carbon technology innovation of the model.

Policies and predictions for a low-carbon transition by 2050 in passenger vehicles in East Asia: Base on the analysis using E3ME-FTT model

Aileen Lam

Coauthored by

Soocheol Lee, Jean-François Mercure, Yongsung Cho, Chunhsu Lin, Hector Pollitt, Unnada Chewpreecha, Sohpie Billington

Background

- East Asian countries, including China, Japan and Korea and Taiwan were responsible for CO2 emissions totalling approximately 12% in 1980 and 18% in 2013 of global levels from consumption of petroleum.
- Decarbonization of the transport sector is critical in order to increase our probability of staying within 2℃ target of the Paris Agreement.
- The diffusion of zero emissions vehicles into the marketplace determine technological trajectories that are critical in emissions reductions.
- It is important to determine the relationship between policy instruments and the rate of adoptions for low emissions vehicles.

Gap in the existing literature

- Most existing studies feature a few policy instruments, for one particular country. It is not possible for these studies to compare the effectiveness of different instruments across countries.
- Most studies have not used an Integrated Assessment Model (IAM) to study the transport policies and therefore, cannot be used to understand the impact of policies on global climate change.
- The existing studies have either taken one particular car model or use a representative agent to examine the response of agents to a set of policy incentives, while in the real world, consumers are diverse and they do not respond to policy incentives collectively.

Research goal

- The main objective for this research is model of technological diffusion, called the FTT:Transport, to study the possible future technological transitions in the passenger car sector and motorcycles in China, Taiwan, Japan, Korea.
- The FTT-Transport is able to model the effect of different forms of policy incentives in the passenger transport sector, including fuel tax, vehicle tax/subsidies, annual tax, fuel economy standards, technology mandate and biofuel mandate for the East Asian countries
- We performed four policy scenario analysis for the four East Asian countries in order to find a set of policy incentives that will lead to significant emissions reductions

E3ME-FTT-Transport

- The FTT-Transport model is a sub-module of the E3ME-FTT-GENIE.
- E3ME is a non-equilibrium macroeconometric simulation model based on a demand-led Post-Keynesian structure.
- FTT-Transport model (Future Technology Transformation)
- Uses Lotka-Volterra equations to model technology substitution and diffusion.
- Reproduces typical S-shape technology diffusion curves.
- Models consumer decision with discrete choice theory.

E3ME

- E3ME model is an out-of-equilibrium macro- econometric model of the global economy.
- Used for economic evaluation of environmental policy.
- E3ME key strength
- Two-way linkages between economy, energy (and material) inputs and environmental systems
- Detailed sectoral disaggregation
- A strong empirical grounding
- Short and long-term econometric specification

Technological diffusion in the FTT model

- The FTT framework models technological diffusion by a set of differential equations of the Lotka-Volterra family. The flow of market shares from technology *j* to technology *i* is

$$\Delta S_{j\to i} = S_i S_j A_{ij} F_{ij} \Delta t$$

And the flow of market shares from technology *i* to technology *j* is

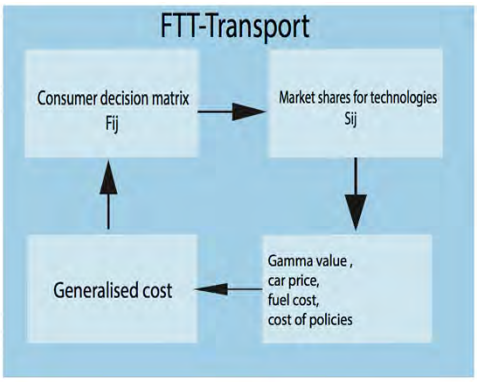
$$\Delta S_{i\to j} = S_j S_i A_{ji} F_{ji} \Delta t$$

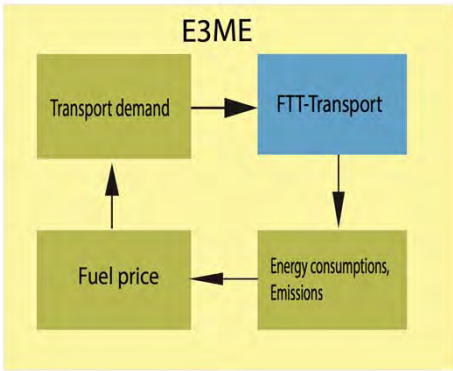
The market shares for technology *i* as a result of flow of market shares is

$$\Delta S_i(t) = \sum_{j=1}^{N} (F_{ij} - F_{ji})\, S_i S_j \frac{1}{\tau} \Delta t,$$

Where *Fij* is the consumer choice matrix, *Si* is the shares for technology *i* , Sj is the shares for technology j, τ is the relative technological turnover rate.

Framework





The model structure of the E3ME-FTT-Transport model. Tax policies are simulated in the model to influence the cost component. New car sales will eventually impact on global energy use and emissions from passenger transport.

Policy assumptions

- Examine the effectiveness of seven policy instruments in cutting CO2 emissions by 50%, 80% and 90% across six countries.

Policy incentives	Model representation	Examples of the real-world policy
Vehicle tax	Added/subtracted to the capital cost at the time of car purchases	Acquisition tax, EV rebates
Annual registration tax	Added to the annual costs summed to get the LCOT	Road tax
Carbon tax	Same as vehicle tax, this is a tax on expected (not yet emitted) CO_2 emissions. The tax is proportional to fuel economy in the unit of USD/(gCO_2/km).	Acquisition tax based on fuel economy
Fuel tax	Added to the fuel cost	Fuel tax (e.g. petrol tax, diesel tax)
Biofuel mandate	Biofuel is a certain percentage of liquid fuels	Biofuel mandate
Phase out regulation	The sale of lower efficiency liquid fuel vehicles is banned	Fuel economy standards
Kick-start program	A certain percentage of EV are bought by someone or some institution (e.g. public or private institutions) as a policy or strategy.	Government-financed purchases

Policy assumptions(China, Japan)

China	Vehicle tax (USD)	EV subsidies	Registration tax	Fuel tax (USD/litre)	Carbon tax ($/(gCO2/km))	Regulation	Kick-start program	Biofuel mandate
Baseline scenario	0	0	0	0	0	N/A	N/A	N/A
Scenario 2	Up to 1200	Up to 9000 USD	Up to 300	1.2	20	N/A	0.3%	N/A
Scenario 3	Up to 1200	Up to 12000 USD	Up to 300	1.2	40	20km/L	1.5%	N/A
Scenario 4	Up to 1200	Up to 15000 USD	Up to 300	1.2	40	20km/L	3%	20%

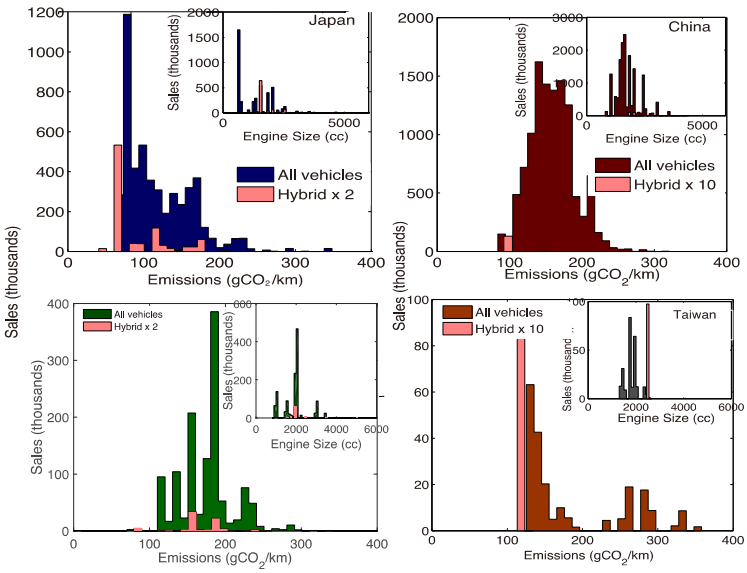
Japan	Vehicle tax (USD)	EV subsidies	Registration tax	Fuel tax (USD/litre)	Carbon tax ($/(gCO2/km))	Regulation	Kick-start program	Biofuel mandate
Baseline scenario	0	0	0	0	0	N/A	N/A	N/A
Scenario 2	Up to 1200	Up to 9000 USD	Up to 300	1.2	10	N/A	0.3%	N/A
Scenario 3	Up to 1200	Up to 12000 USD	Up to 300	1.2	20	20km/L	1.5%	N/A
Scenario 4	Up to 1200	Up to 12000USD	Up to 300	1.2	20	20km/L	3%	25%

Policy assumptions(Korea, Taiwan)

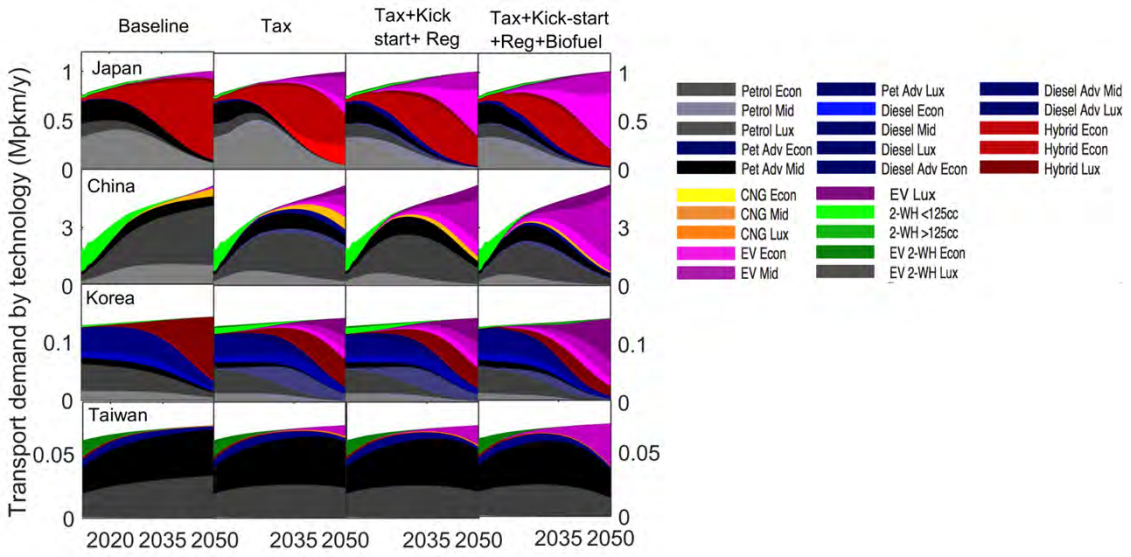
Korea	Vehicle tax (USD)	EV subsidies	Registration tax	Fuel tax (USD/litre)	Carbon tax ($/(gCO2/km))	Regulation	Kick-start program	Biofuel mandate
Baseline scenario	0	0	0	0	0	N/A	N/A	N/A
Scenario 2	Up to 1200	Up to 9000 USD	Up to 300	1.2	20	N/A	0.3%	N/A
Scenario 3	Up to 1200	Up to 12000 USD	Up to 300	1.2	40	17km/L	1/5%	N/A
Scenario 4	Up to 1200	Up to 15000 USD	Up to 300	1.2	40	17km/L	3%	20%

Taiwan	Vehicle tax (USD)	EV subsidies	Registration tax	Fuel tax (USD/litre)	Carbon tax ($/(gCO2/km))	Regulation	Kick-start program	Biofuel mandate
Baseline scenario	0	0	0	0	0	N/A	N/A	N/A
Scenario 2	Up to 1200	Up to 9000 USD	Up to 300	1.2	20	N/A	0.3%	N/A
Scenario 3	Up to 1200	Up to 12000 USD	Up to 300	1.2	40	20km/L	1.5%	N/A
Scenario 4	Up to 1200	Up to 15000 USD	Up to 300	1.2	40	20km/L	3%	20%

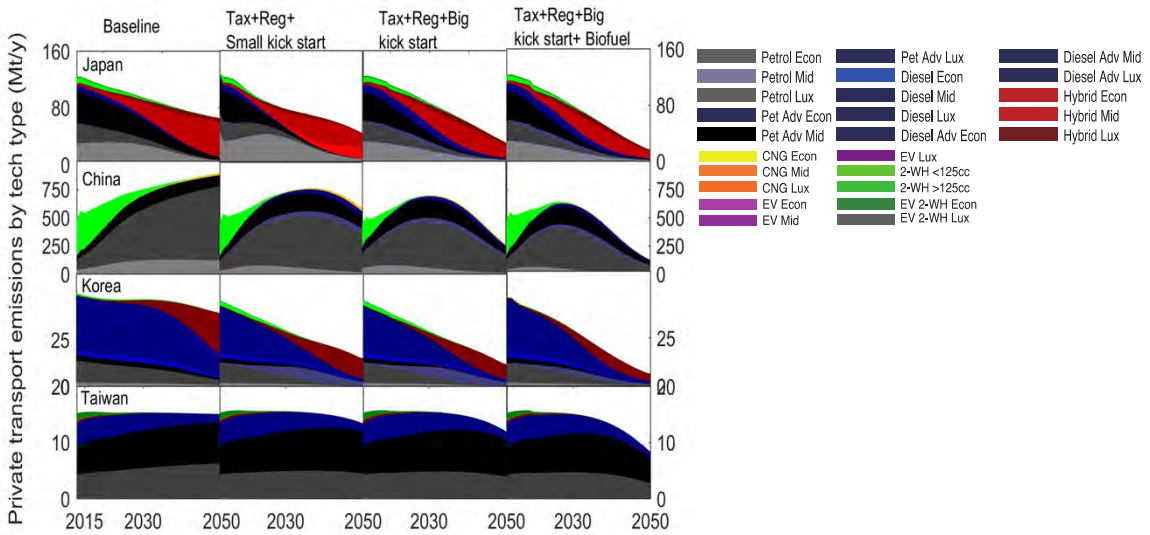
Data overview



Results



Emissions



Results**(China)**

- In the baseline scenario, we find that the share for EV is increasing very slowly, reaching below 10% of the market share in the 2050.
- To cut emissions significantly and encourage the diffusion of EV, we have to impose both tax incentives, regulations and a *kick-start program* to facilitate the diffusion of zero emissions vehicles.
- We assumed that there are additional 2,000,000 EV on road by 2020 as a result of the kick start program.

Results **(Japan)**

- We find that in the baseline scenario that passenger car emissions fall by more than 40% below the 2005 emissions level
- it is possible to cut emissions by 50% below the 2005 levels by introducing various tax incentives and subsidies that encourage the diffusion of EV.
- To cut emissions by 90% below the 2005 levels, a biofuel mandate is introduced in additional to tax incentives, fuel economy standards, a kick-start program and a biofuel mandate.

Results**(Korea)**

- In the baseline scenario, luxury diesel cars and petrol cars have a large market share before the year 2030. After 2030, luxury hybrid cars start to take off from 2030 onwards
- However, the penetration of hybrid cars is not sufficient to cut emissions in Korea. Emissions continue to increase in the baseline scenario, as a result of rapid rise of vehicle numbers in Korea.
- Assuming that there is an increase in fuel tax by $1.2 USD/litre and that there is an increase in petrol car taxation by up to USD 1200 for petrol cars. We assume that the numbers for EV increase by 180,000 on road by 2020. The shares for EV reach over 80% by 2050.

Results**(Taiwan)**

- In the baseline scenario, there is a large number of motorcycles on road by 2050, as a result of the large motorcycle market in Taiwan historically.
- Unlike the other countries (e.g. Japan and South Korea), the shares for hybrid cars and EV remain very small in Taiwan.
- When various tax incentives are added (as shown in scenario 1), we observe that emissions fall slightly
- In order to cut emissions by 50% below the 2005 levels, it is necessary to introduce zero emissions vehicles and the biofuel mandate in Taiwan.

Conclusions

- It is possible for Japan to achieve over 50% emission reductions without any policy incentives.
- An integrated approach (combine tax incentives, subsidies and kick start program) will lead to more than 80% EV shares in China by 2050.
- We performed four scenario analysis to examine the interactive effect of the policy incentives in the four East Asian countries.
- We find that the tax incentives are not sufficient to cut emissions significantly for all countries
- The diffusion of hybrid cars in Korea will not lead to a significant emissions reduction in Korea. It is important to encourage the diffusion of EV in Korea by a kick-start program with an integrated set
- In the case of Taiwan, without a kick-start program and fuel economy regulation, emissions from passenger cars in Taiwan will not be cut significantly.

Simulating the deep decarbonisation of residential heating in East Asia

Florian Knobloch

Dept. of Environmental Science, Radboud University Nijmegen, NL

Co-authored by

J.-F. Mercure*, *H. Pollitt, U. Chewpreecha, R. Lewney, Seonghee Kim

A short introduction of FTT:Heat

E3ME-FTT-GENIE

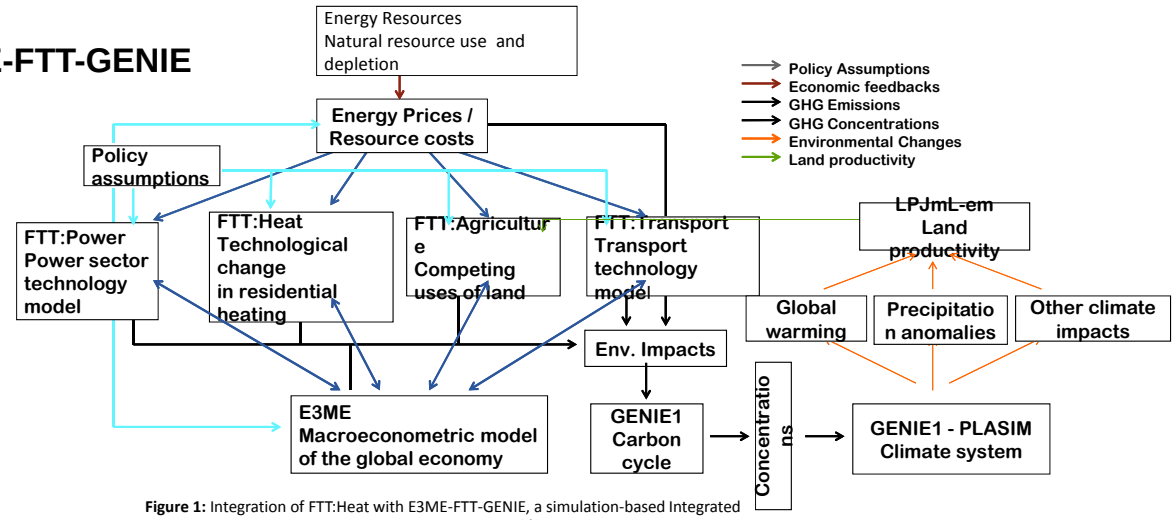
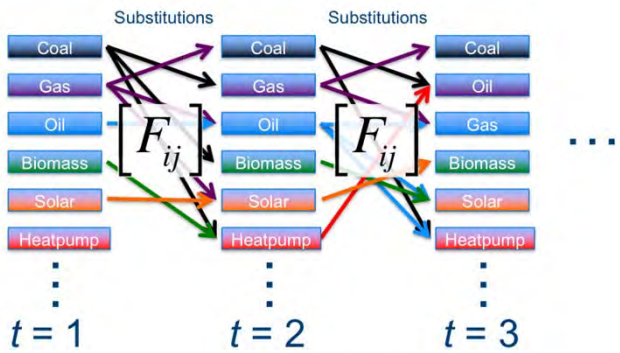


Figure 1: Integration of FTT:Heat with E3ME-FTT-GENIE, a simulation-based Integrated Assessment Model for climate change policy research.[1,2]

A short introduction of FTT:Heat

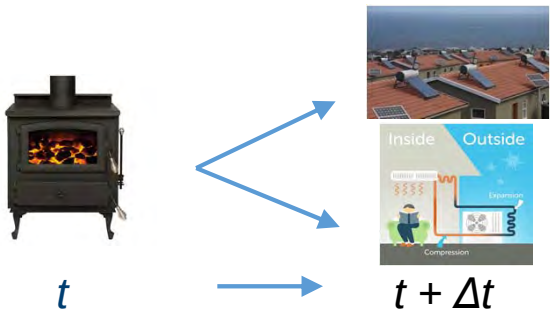
- **Simulates:**
- The future replacement and diffusion
- Of heating technologies (combined for space- and water heating)
- By households worldwide (59 world regions)
- Based on dynamical shares equations (the FTT method – no optimisation)
- Useful energy demand by country as an exogenous driver (depending on future levels of construction/renovation)
- **NOT simulated:** building renovation, fuel mix in district heating

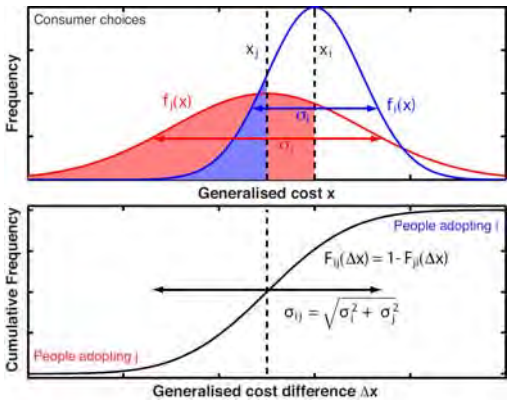
FTT:Heat is a **micro-model of technology choice and substitution**, given economic/policy context



J.-F. Mercure, Energy Policy 48, 799-811 (2012)

A short introduction of FTT:Heat

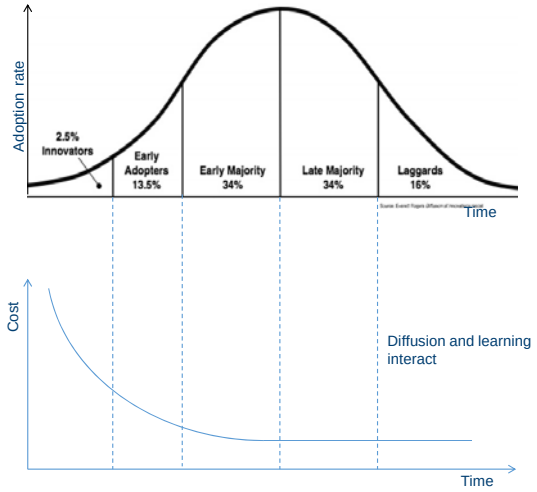


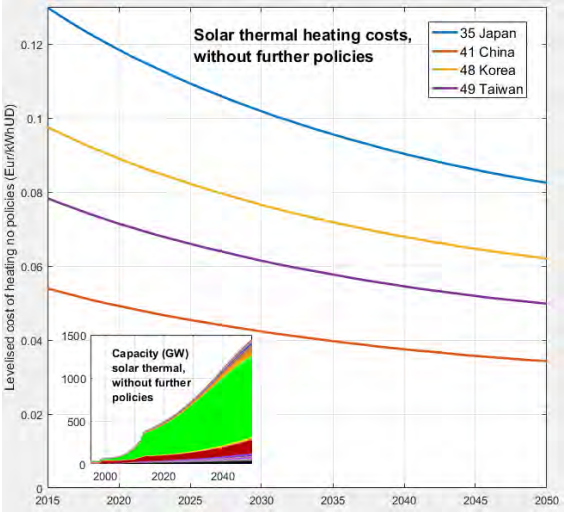


- Households replace their heating systems in time intervals related to technical lifetimes
- Choices are based on **Levelised Costs of Heating (LCOH):** combined measure of investment costs, fuel costs, and maintenance costs
- Calibration of these costs to observed preferences and trends : accounts for different comfort levels, local variations, existing policies etc.
- Behavioural assumptions: no switching back to less comfortable technologies

A short introduction of FTT:Heat

Technological learning within FTT:Heat
(same principle as in FTT:Power and FTT:Transport)

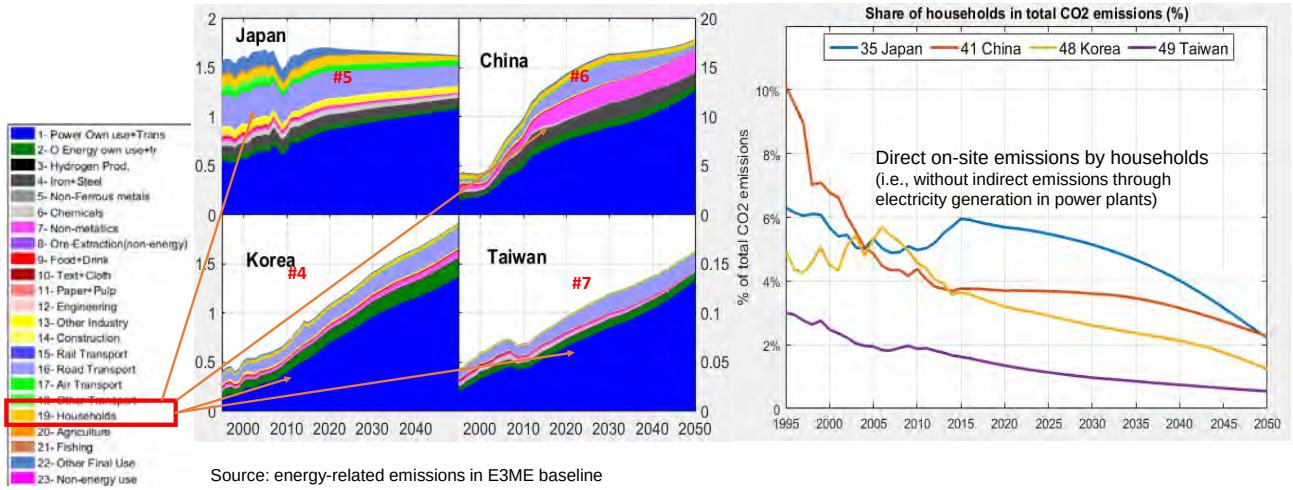




FTT:Heat simulation of future solar thermal heating costs, by country (assuming a continuation of current policies).

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

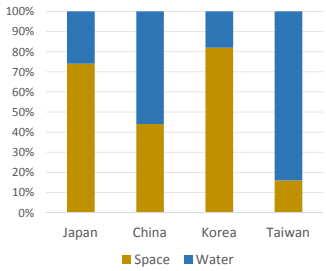
CO2 emissions by households



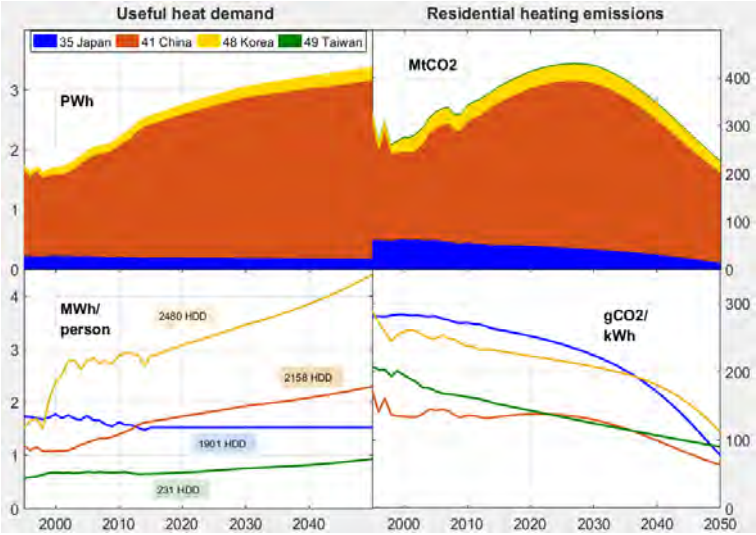
Source: energy-related emissions in E3ME baseline

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

Heat demand and emissions



Source: China from IEA ETP 2013, others approximated based on available data. Mainly relevant as capacity limit for solar thermal heating.



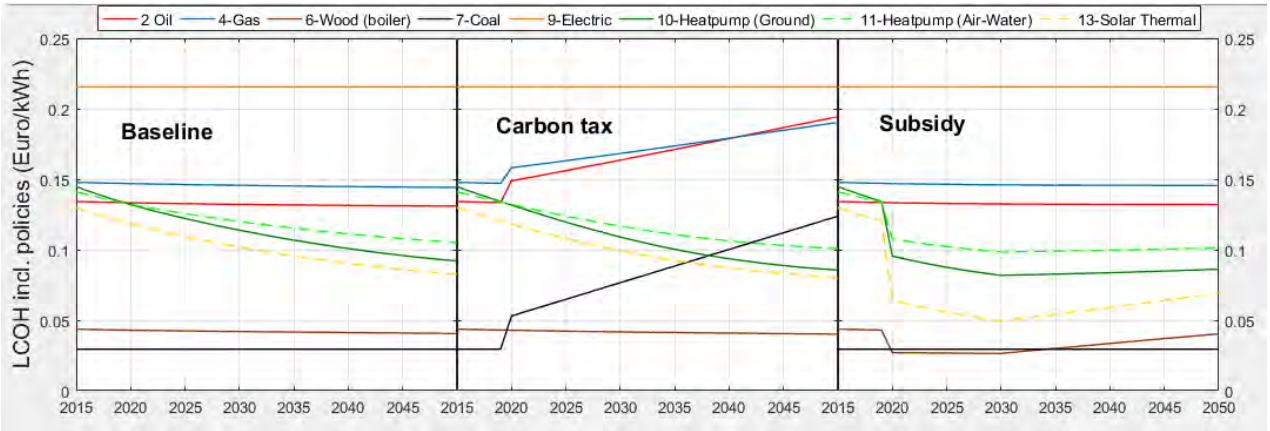
Source: heat demand and emissions calculated by FTT:Heat (baseline), future heat demand is an exogenous assumption (based on historic trends)

Policy scenarios

- **Scenario simulations extracted from a global decarbonisation study** (Knobloch et al. 2017b, forthcoming)
- In new model runs, we can also simulate lower tax and subsidy rates for Asia.
- **Scenario a: Current technology and policy trends scenario (baseline)**
- **Scenario b: Residential carbon tax** (independent of other sectors)
  - **carbon tax** of 50 €/tCO2 on the residential use of coal, oil and gas (linear increase by 10% p.a.)
- **Scenario c: Subsidy on renewable technologies**
  - -50% **capital subsidy** on renewable technologies (heat pumps, solar thermal, modern biomass) (until 2030, linear phase-out afterwards)
- **Scenario d: Residential carbon tax + subsidy on renewable technologies**
  - **carbon tax** of 50 €/tCO2 on the residential use of coal, oil and gas (linear increase by 10% p.a.)
  - -50% **capital subsidy** on renewable technologies (until 2030, linear phase-out afterwards)

Policy effects on heating costs

Japan



Technological learning mainly reduces cost of solar thermal, heat pumps and modern biomass.

The carbon tax increases the cost of coal, oil and gas-bases heating.

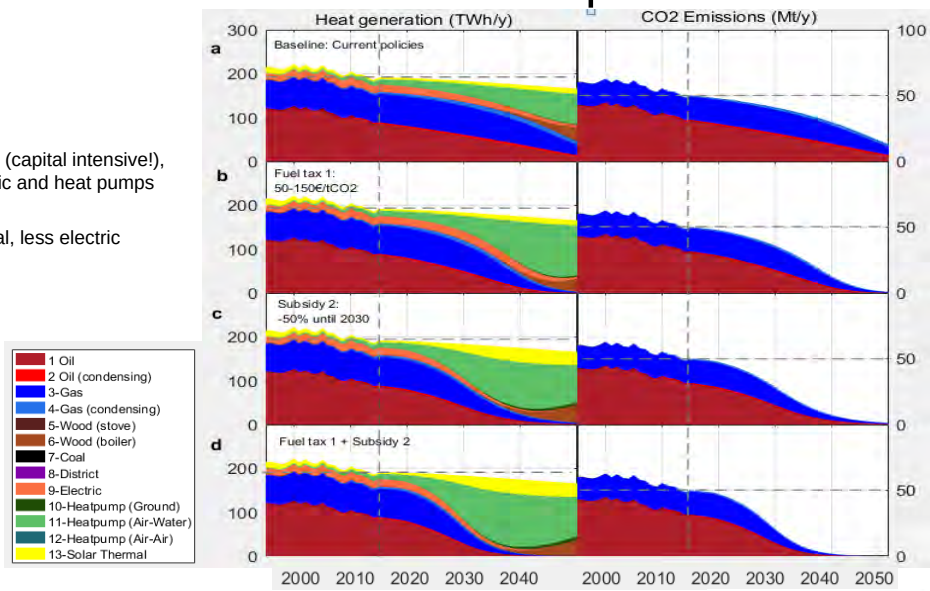
The subsidy decreases the cost of renewables. Although it is phased out after 2030, costs remain at a much lower level, due to technological learning in the meantime.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

Results: Japan

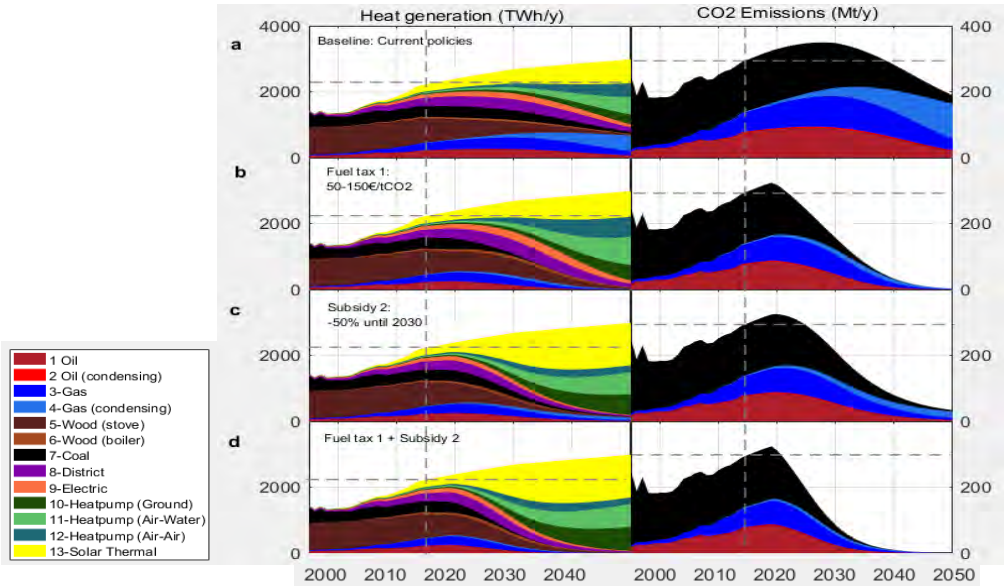
Carbon tax only:
less solar thermal (capital intensive!), more direct electric and heat pumps

Subsidy only:
more solar thermal, less electric



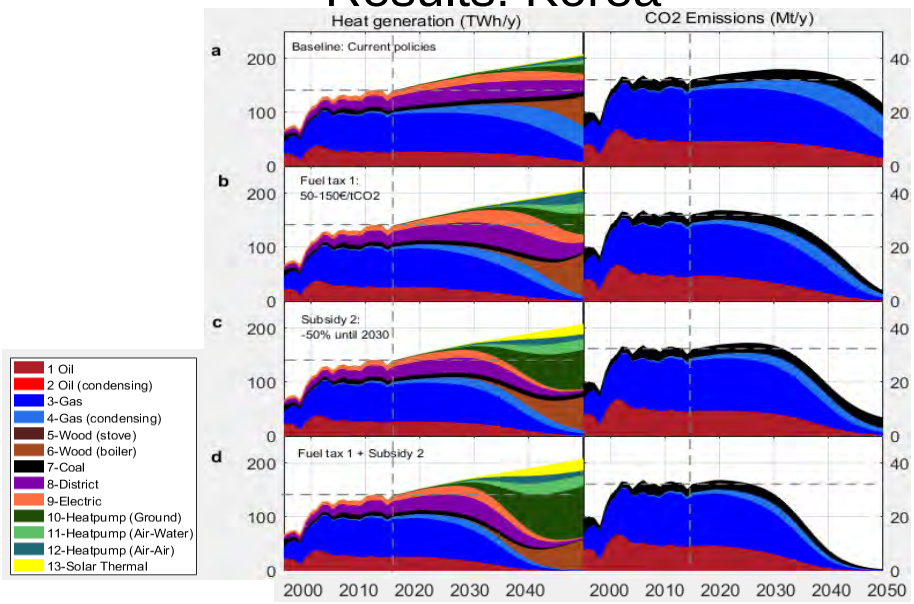
UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

Results: China



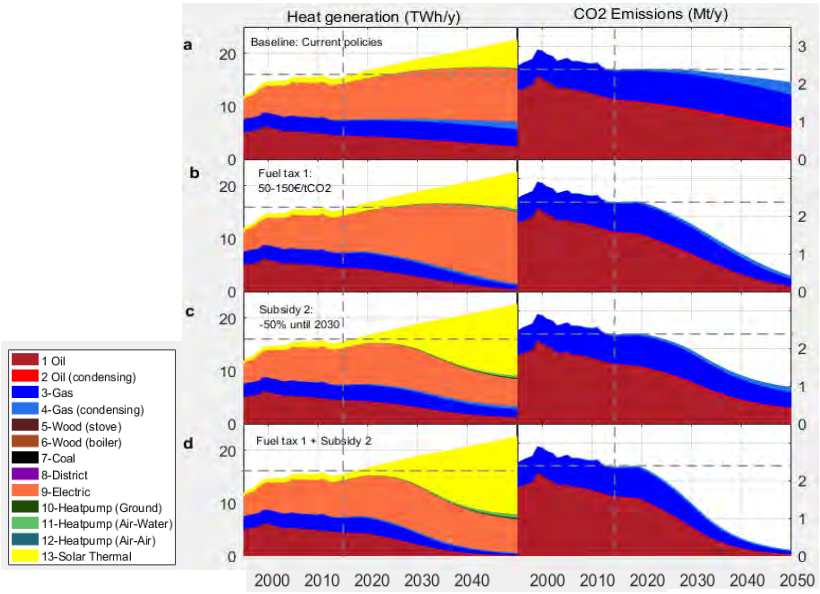
UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

Results: Korea



UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

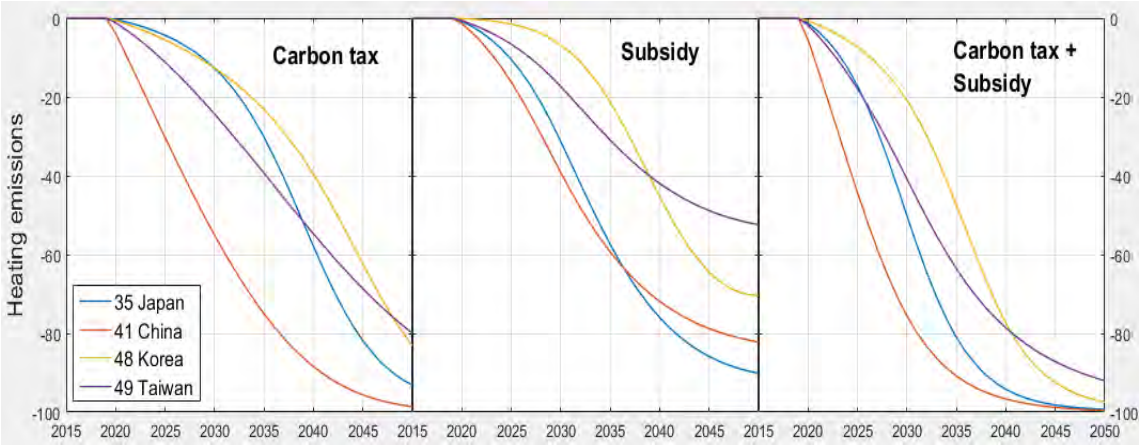
Results: Taiwan



UNIVERSITY OF CAMBRIDGE cambridge econometrics Radboud University Nijmegen

Direct emission reductions (%)

Change in heating emissions relative to baseline trend, in %

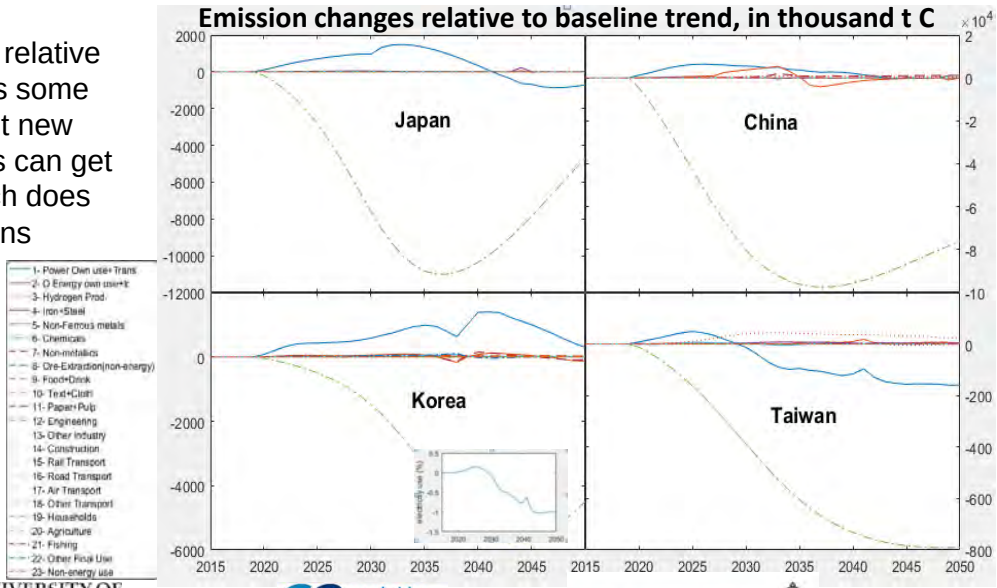


UNIVERSITY OF CAMBRIDGE cambridge econometrics Radboud University Nijmegen

Emission changes by sector

Scenario (d)

All changes are shown relative to baseline. As there is some decarbonisation without new policies, these changes can get smaller over time (which does not mean that emissions increase).



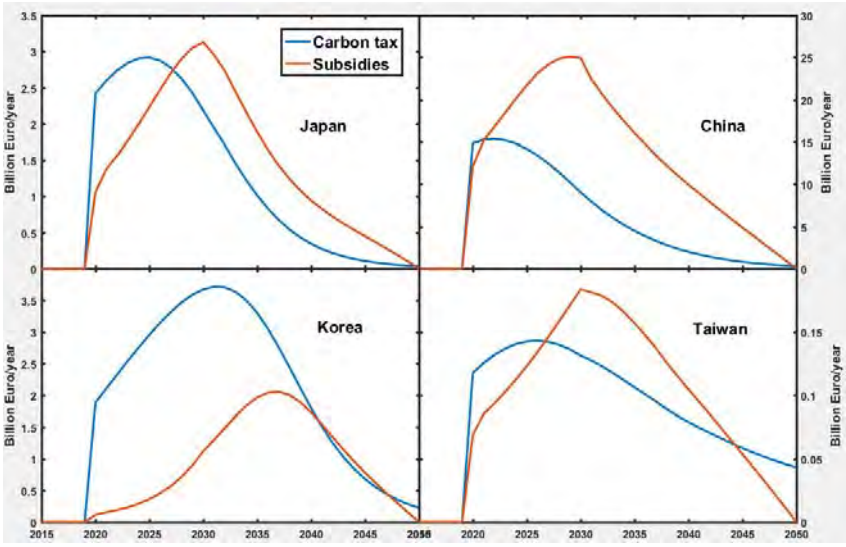
UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

Tax revenues and subsidy payments

Scenario (d)

It is assumed that subsidies are financed by carbon tax revenues.

If carbon tax > subsidies:
difference used to lower other taxes
If subsidies > carbon tax:
difference paid by increase in other tax



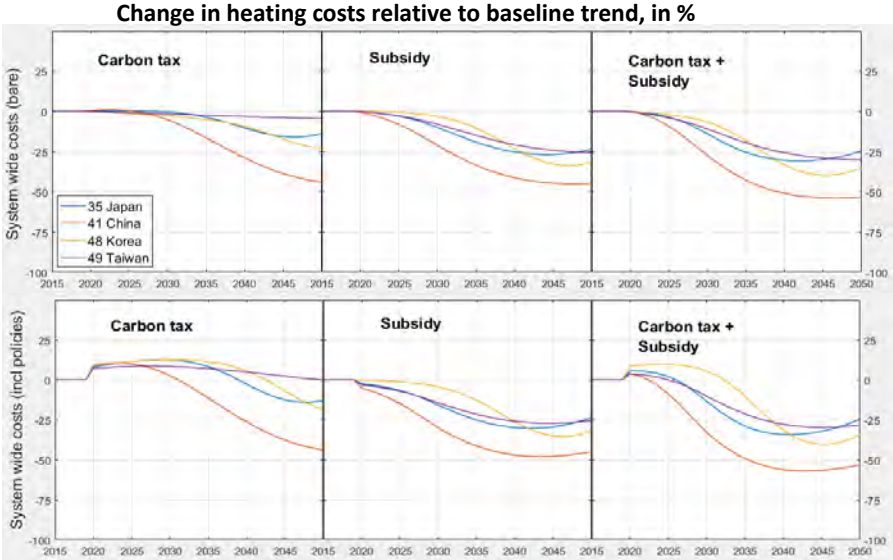
UNIVERSITY OF CAMBRIDGE · cambridge econometrics · Radboud University Nijmegen

Levelised heating costs

Upper panels:
relative change in system wide costs (compared to baseline), excluding new tax and subsidy payments (only reflecting efficiency gains due to technological change)

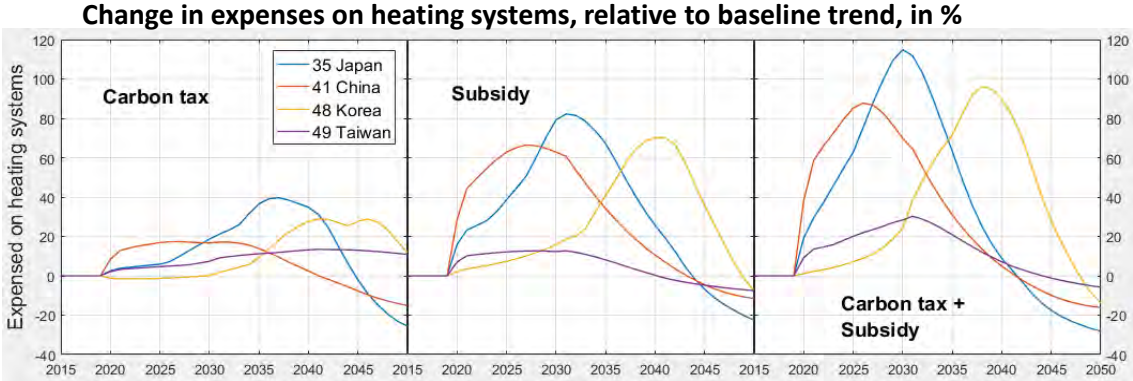
Lower panels:
relative change in system wide costs (compared to baseline), including new tax and subsidy payments
(therefore showing cost increases if a carbon tax is simulated)

Change in heating costs relative to baseline trend, in %



Expenses on heating appliances

Change in expenses on heating systems, relative to baseline trend, in %



The simulated policies incentivise households to buy new, less carbon-intensive heating systems. These are typically more capital-intensive than fossil fuel systems, leading to an increase in household expenditures on heating systems.Also, some households decide to replace their systems earlier in time, leading to a temporal shift in expenses (which partly explains the lower expenses between 2040-2050, in addition to technological learning).

Thanks for your attention!
Questions?
Remarks?

Florian Knobloch, M.Sc. M.Phil. (Cantab.)

Department of Environmental Science
Faculty of Science
Radboud University Nijmegen
PO Box 9010, NL-6500 GL Nijmegen, The Netherlands
+31 (0)24 - 356 23 93
f.knobloch@science.ru.nl

http://www.ru.nl/environmentalscience/staff/individual-staff/knobloch/
https://www.ceenrg.landecon.cam.ac.uk/people/florian-knobloch

References

- Knobloch, F., Mercure, J.-F., Pollitt, H., Chewpreecha, U., & Lewney, R. (2017). FTT:Heat - A simulation model for technological change in the residential heating sector. European Commission, DG Energy (forthcoming). Available under:https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/energy-modelling/macroeconomic-modelling
- Knobloch, F., Pollitt, H., Chewpreecha, U., & Mercure, J. F. (2017). Simulating the deep decarbonisation of residential heating for limiting global warming to 1.5 C. *arXiv preprint arXiv:1710.11019*. Available under: https://arxiv.org/abs/1710.11019
- Mercure, J. F., Pollitt, H., Edwards, N. R., Holden, P. B., Chewpreecha, U., Salas, P., Lam, A., Knobloch, F., & Vinuales, J. (2017). Environmental impact assessment for climate change policy with the simulation-based integrated assessment model E3ME-FTT-GENIE. *arXiv preprint arXiv:1707.04870*. Availbe under: https://arxiv.org/abs/1707.04870

中国の脱炭素社会に向けての制度改革

周瑋生
立命館大学政策科学部

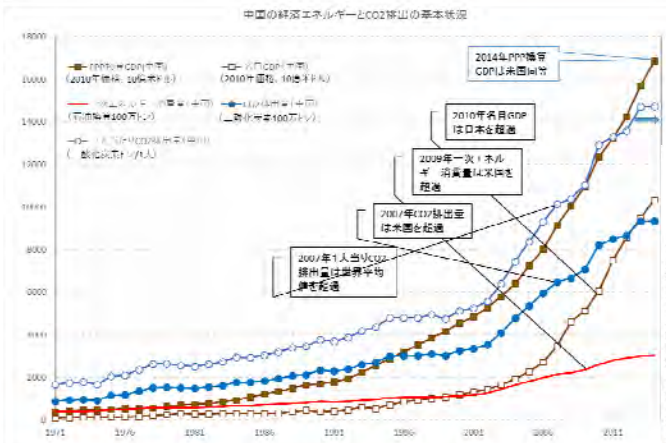
中国の気候枠組みにおける歩み

第1段階:「観察段階」(－1997年COP3京都会議まで)
第2段階:「学習段階」(1997－2005年京都議定書発効まで)
第3段階:「協力段階」(2005－2013年第1約束期間終了まで)
第4段階:「牽引段階」(2014年－途上国の代表として牽引)
(米国をとってかわるのではなく)

グローバルサスティナビリティの必要条件

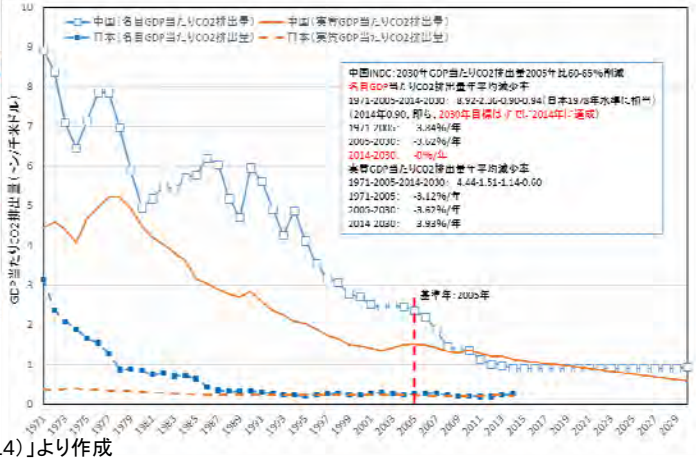
➢Herman Daly 3原則
①再生可能な資源の消費量＜再生力
②非再生可能資源の消費量＜再生可能資源開発力
③汚染物質排出量＜環境吸収力
➢G-SUS 5原則
循環:資源利用の最大化
低碳:環境負荷の最小化
生態:人と自然の調和
安全:安全安心の社会づくり
智慧:社会経済技術系統の最適化
(コストの最小化、効用の最大化)

中国の気候枠組みにおける位置づけ



総量　大
強度　大
人均　小

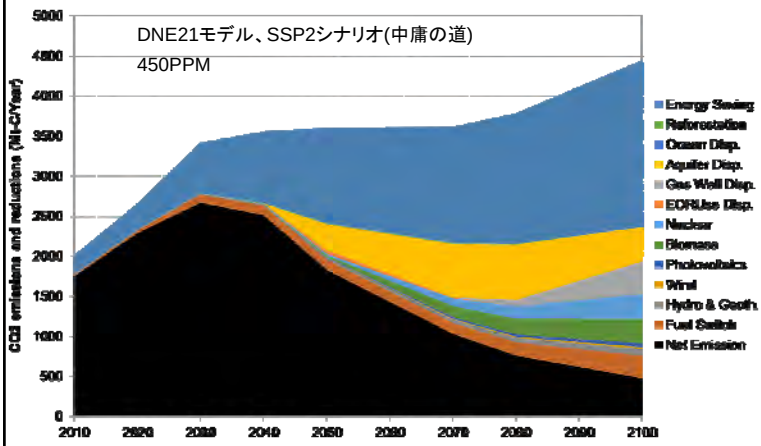
総量　大
強度　大？
人均　大？

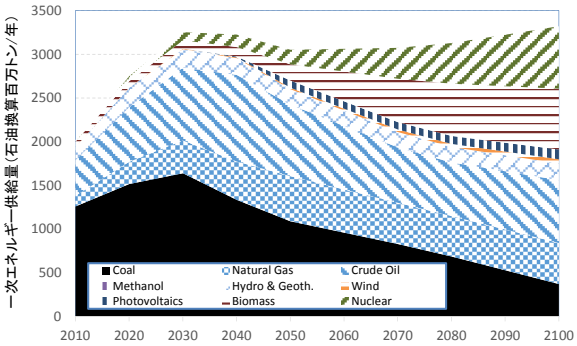


パリ協定は途上国も削減目標を持ったことが特徴であり、それを可能にしたのは米国と中国の協力だった。

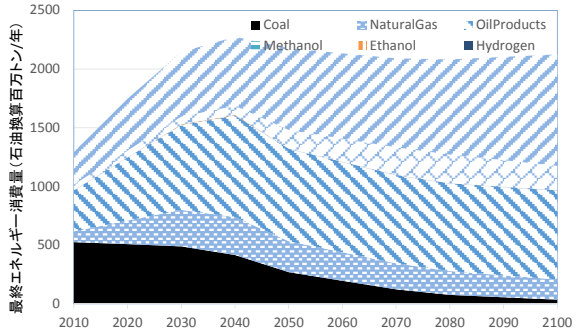
出典：EDMC「2017年度版EDMC/エネルギー・経済統計要覧(1971-20014)」より作成

中国の2025年ピークアウトロードマップ





中国一次エネルギー供給量（450ppm）



中国最終エネルギー消費量（450ppm）

中国の脱炭素社会に向けての制度改革の基本

●国内：経済発展（貧困克服）、ローカル環境保全（公害克服）とグローバル環境（温暖化防止）に同時に寄与できる制度の構築

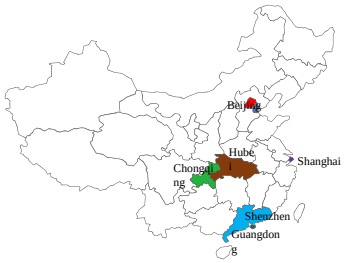
① 低炭素投資、技術、社会、経済、産業
② 環境規制強化（史上最も厳しい環境保護法を改定施行など）
③ 経済メカニズム（国内ETS、国内版CDM）
④ 技術革新（投入、人材、国際協力）新エネ風力、太陽光、EV世界一

●国際：互恵、強調、人類運命共同体

① EA-LCC、EA-ETS、他国ETSとのリンク、原子力安全、GRS
② EUとリンク、韓国とリンク　一帯一路と排出量取引制度（ルール作り）

国内ETS

●パイロット事業（北京、上海、天津、重慶、深圳、広東省と湖北省）
●C&T方式
●2011年着手、13年制度設計完成、15年取引開始、2017全国統一市場予定

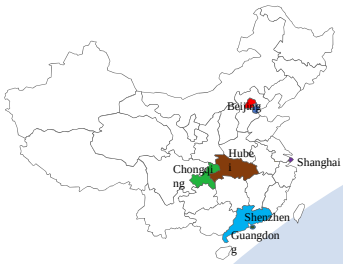


現状：

課題：

出典：中国炭素交易網http://www.tanjiaoyi.com/ccerより作成

中国排出権取引制度の歩みとロードマップ



2011年10月
北京市、上海市、天津市、重慶市、深圳市、広東省と湖北省でパイロット炭素排出権取引市場設立を決定

2011年6月7つのパイロット取引市場で取引開始。2017年9月まで、合計取引量1.97億t-CO2e、取引金額45億元

2017年12月19日中国排出権取引制度（中国ETS）開始を発表、電力業界1700社超が対象で、排出量は30億トンを超える。欧州連合（EU）の規模を上回り、世界最大の排出量取引市場に。

2018年
インフラ整備：約1年間かけて報告、登録、取引、取引決算

4つのシステムを完成

2019年
システムテスト：約1年間かけて電力部門排出枠の取引テストを通じて、取引システムの安全性と安定性を検証し、リスクマネジメントや制度・システム構築に関するノウハウを蓄積

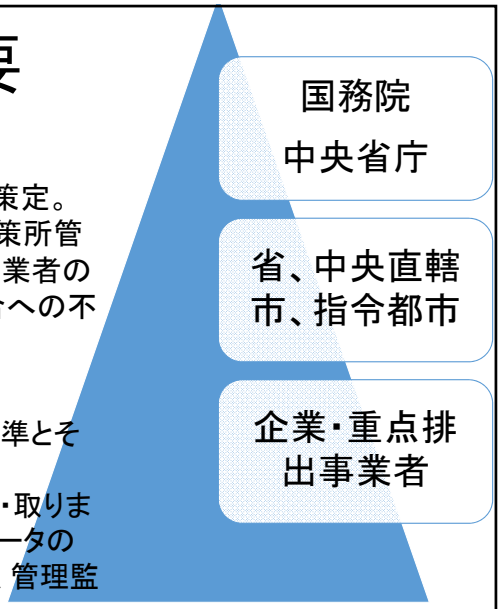
2020年以後
システム完全化、全国取引開始

全国ETS概要

- ●ETS対象事業者：重点排出事業者
  - ●年間排出量2.6万tCO2e／年（1万石炭換算t／年のエネルギー消費量に相当）以上
  - ●発電設備を所有する事業者（電力事業者に限らない）で、年間排出量2.6万t CO2e／年以上の事業者
- ●取引主体、取引目的制限
  - ●初期の取引主体は、電力部門重点排出事業者に限る。条件が揃い次第、その他エネルギーを大量に消費する、または環境汚染リスクが高い業種、あるいは資源開発・加工部門に拡げる。また、適宜、その他の機関・団体や個人にも取引主体としての資格を与える。
  - ●初期取引方針初期取引方針：対象となった電力部門の事業者間において割当量の現物取引だけに限る。条件が揃い次第、CCERや他の取引対象を増やす。可能な限り早めにCCERが全国ETSで取引できる環境を整備する。
  - ●取引の目的は削減義務の達成にかぎる。余剰となる排出枠は、取引可能。

全国ETS概要

- 監督機関
  - 国家発展改革委員会が割当方法論の基準と運用ルールを策定。
  - 地方省級政府と計画単列市（政令指定都市）の気候変動政策所管部署がその基準と運用ルールに基づき、所管区域の対象事業者の割当量を決定する。また、法令に基づき、義務不履行の場合への不利益処分や全国信用情報データーベースへの登録を行う。
- 測定・報告・検証制度
  - 国（国家発展改革委員会と業種ごとの主務監督庁）が関連基準とその運営ルールを策定
  - 地方省級政府等の気候変動政策所管部署は、データの認定・取りまとめと国への提出、それぞれ所管区域における報告・検証データの認定、割当量の配分、重点排出事業者の義務履行について、管理監督を行う。



出典：全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/gfxwj/201712/W020171220566893899825.pdf

全国ETS概要

- 第三者検証機関
  - 国の設立許可を得た第三者検証機関は、国が定めた基準に沿って、独立した検証報告を作成・提出し、検証内容の信憑性を確保。
- 発電部門の割当量の配分方法等
  - 割当配分方法論等：国家発展改革委員会とエネルギー関連主務官庁と共に、割当方法論や配分方法について決定（別途発表）
  - 義務履行方法：対象事業者は該当地域の省級政府または特別政令市に対し、所定期限内において実際の排出量に相当する割当量を提出することによって義務を果たす。余剰分はETS市場にて売ることができ、不足分は市場から購入。

出典：全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）
http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/gfxwj/201712/W020171220566893899825.pdf

全国ETS概要

- ●ETS運用基盤システム
  - ●報告システム、登録システム、取引システム、取引決算システム。報告システム：データ測定・収集・報告、現在構築中の国家エネルギー消費量モニタリングシステムとの接続も検討中、見える化を図る。
- ●パイロットETSとの関係
  - ●パイロットETS（分野：電力、熱力、セメント、石油化学、その他工業とサービス業等）と全国ETS（当面は電力のみ）は当面並行して運用する。条件が整い次第、全国システムへの移行を実現。

出典：全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/gfxwj/201712/W020171220566893899825.pdf
参考：https://www.iges.or.jp/files/announcement/20171221/20171221.pdf（IGES金振）

全国ETS概要（今後の課題）

①カバー範囲の違い

各地域の炭素排出権取引市場は炭素排出権取引総量の目標とカバーする範囲を明確にし、炭素排出権取引市場の発展を促進している。しかし、各地域の炭素排出権取引市場は実情と特徴に合わせ、最も適切な範囲を決めている。各地域のカバーする範囲が違い、地方区域炭素排出権取引市場の発展に対しては非常に良いが、全国統一の炭素排出権取引市場の構築に対してなかなか難しい。

区域炭素排出権取引市場は主に大規模な工業企業を中心に取引事業を展開している。深圳、上海と広州しか非工業領域もカバーしていない。その以外、同じ業界に対しても、地域によって炭素排出権取引市場の管理標準も違い、全国統一的な炭素排出権取引市場の構築が難しい。

各パイロット事業の取引カバー範囲

	対象業界	対象基準	対象企業
北京	電力、熱力、セメント、石油化学、その他工業とサービス業	年間CO_2排出量が1万トン以上の企業	490社(全市排出量の40%)
上海	工業業界：電力、鋼鉄、石油化学、有色、建材、紡績、製紙、ゴム、化学繊維 非工業業界：航空、空港、港、ショッピングセンター、ホテル、オフィスと駅	①年間CO_2排出量を2万トン以上排出した製造業企業 ②年間CO_2排出量を1万トン以上排出した製造業企業	191社(全市排出量の45%)
広東	電力、セメント、石油化学、鋼鉄	化石燃料の年間消費量が1万トン以上に達する企業又は年間CO_2排出量を2万トン以上排出した企業	202社(全市排出量の50%)
深圳	工業(電力、上下水道、製造業等)と建物(オフィス)	①任意1年の排出量が3000トン以上の企業 ②建築面積が2万m^2以上の大型公共建築1万m^2以上の国家機関の建築	①工業：635社 ②建築：197大型建築物 (全市排出量の40%)
天津	電力、熱力、セメント、石油化学、鋼鉄、石油開発	化石燃料の年間消費量が2万トン以上に達する企業	114社(全市排出量の60%)
湖北省	電力、鋼鉄、セメント、化学工業、自動車製造、ガラス等12種の業界	年間CO_2排出量を6万トン以上排出する企業	138社(全市排出量の35%)
重慶	セメント、鋼鉄等6種のエネルギー消耗の多い業界	化石燃料の年間消費量が2万トン以上に達する	254社(全市排出量の60%)

出典：各資料より作成

全国ETS概要（今後の課題）

②割当方法の違い
　パイロット地域の炭素排出権取引市場の割当方法は主に歴史法、工業基準線法に基づき企業に分配している。手段として、無償割当法と有償割当法の二つ手段を使い、参加企業に一括または年度によって炭素排出権割当量を分配し、賞罰制度も設定する。パイロット地域の炭素排出権取引市場の割当方法は以下の通りになる。

パイロット地域の炭素排出権取引市場の割当方法

炭素排出権取引市場	割当計算方法	割当分配方法	周期
北京市	歴史法、業界基準線法	無償	1年
天津市	歴史法(電力業界)と業界基準線法	無償	1年
上海市	業界基準線法(電力、航空、港と空港)と歴史法	無償	3年
広東省	歴史法(電力、セメント)	無償97% 有償3%	1年
深圳市	歴史法	無償	1年
湖北省	歴史法80%、炭素濃度成果奨励法20%	無償	1年
重慶市	歴史法と業界基準線法	無償	1年

出典：各資料より作成

東アジア炭素排出量取引制度（EA-ETS）

- EU－中国
- 韓国－中国
- 日本－中国

- 東アジア炭素排出量取引制度（EA-ETS）：
  - EU-ETS型：
    課題：
  - 制度リンク型：
    課題：

低炭素経済の産業チェーン

低炭素経済の誘導産物：排出権取引・炭素税・ESCO

化石燃料（高碳）
- 石油
- 天然ガス
- 石炭等

転換

ネットワーク
- ●スマートグリッド
- ●スマート設備

- ● 工業省エネ
- ● 建築省エネ
- ● 照明省エネ

クリーンエネルギー（低碳化）
- クリーン石炭
- 水力
- 太陽光・風力・原子力
- バイオマス・地下熱等

蓄エネ：電池・揚水発電

消費：スマートメータ・新エネルギー自動車

産業チェーン → 一次エネルギー → 生産、貯蔵、運送、分配 → 消費 →

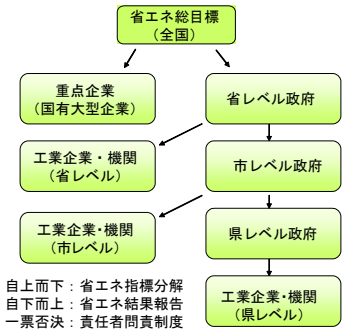
2017/12/23 15

省エネ産業の戦略

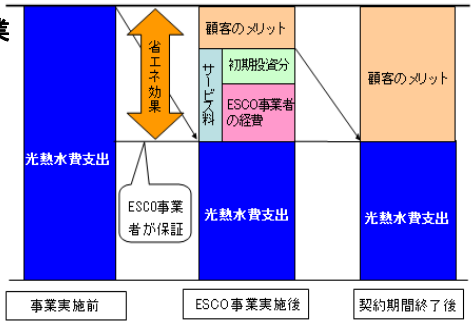
重点省エネルギーPJ 2010年：833億元

	石炭燃焼ボイラ	集中式熱供給	廃熱利用	石油代替エネルギー	モーター省エネ	エネルギーシステム最適化	グリーン照明	建築省エネ
省エネ目標（トンC）	1460		3000	8000	20.0	814-839	10000	1400
排出削減（万トン）	220 (SO2)					1998-2037 (CO2)		730 (CO2)
市場規模（億元）	1670	5000 (万kW)	450	4000	200	218.4- 237.9	33360	22

行政



市場：ESCO事業



2017/12/23 16

省エネ産業の戦略—建築省エネルギー

- 都市計画：合理的な全体計画
- 建築設計：持続可能な選地　建築空間の削減　自然設計と受動的設計

計画

- 都市再開発
- 土地再開発
- 撤去技術
- リサイクル

廃棄

生産

- 建築材料：
  再生可能な材料、省エネ材料、
  ローカル材料，保湿構造
- 建築設備
- 生産方法：　工業化住宅

都市・建築のLC

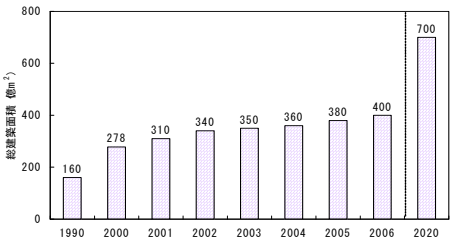
維持

- 改造とリニュー：
  空調　電力供給
  給排水システム
  照明　建築構造　制御システム
- 再開発

運営

- 空調：天然ガス空調
- 電力供給：再生可能エネルギー　CGS
- 排水システム
- 照明：省エネ照明器具
- 制御システム：BEMS

コンサルティング、サービスと教育等のビジネスチャンス：
計画、広告設計、不動産管理と設備管理、エネルギー消耗監測と評価、能力建設、エネルギーコンサルティング



新建築（2020年）15000-30000億元

既存建築改造 26000 - 80000億元

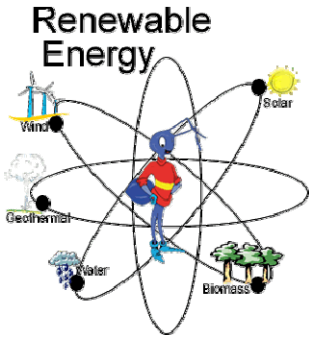
エネルギーシステム運転 2000 - 3000億元

市場規模 数万億ー数十万億元

中国低炭素建築の実践				
推進者	建築用途	市場目標	発展トレンド	ケース
不動産会社	住宅	高級住宅	成熟化	鋒尚の国際マンション
		中級住宅	大規模普及中	万科工業化住宅 沿海グリーン家園
ユーザ	商用建築	自社 改造	モデル	ノキアBDAビル 北京京燕ホテル 深セン市建築科学研究院ビル 上海浦江チリ谷ビジネス園
	公共建築	政府PJ	大規模普及中	科学技術部ACCORD21モデルビル 北京オリンピック村 清華大学超低エネルギー消耗モデルビル 広東省中山図書館
設備会社	全部建築	個別技術	独立開発	皇明太陽エネルギー 遠大空調 江森自動制御

新エネルギー発電産業の戦略

技術	現状		再生可能エネルギー中長期発展計画		新エネギー産業計（作成中）
	2007	2008	2010	2020	2020
水力（億kW）	1.45	1.72	1.9	3	
風力（万kW）	604	1217	500	3000	15000
太陽光発電（万kW）	10	15	30	180	2000
太陽熱温水器（億m2）	1.1	1.25	1.5	3	
バイオ発電（万kW）	300	315	550	3000	
バイオ燃料エタノール（万トン）	120	160	200	1000	
原子力（万kW）				4000	7000



新エネルギー発電産業の戦略—グリーン石炭

IGGC発電所段階

- 容量2000t/日気化ストーブの開発
- 250MW IGCC石炭電化コージェネレーション
- グリーン石炭技術実験室の建設

2006－2009年

IGCC石炭電化コージェネレーション技術の完備
グリーン石炭発電核心技術研究段階

- IGCC石炭電化コージェネレーション技術の完備化
- 400MW IGCC発電所建設
- 気化ストーブの最適化
- H2とCO2分離技術の開発
- グリーン石炭発電モデル事業の初期準備

2010－2012年

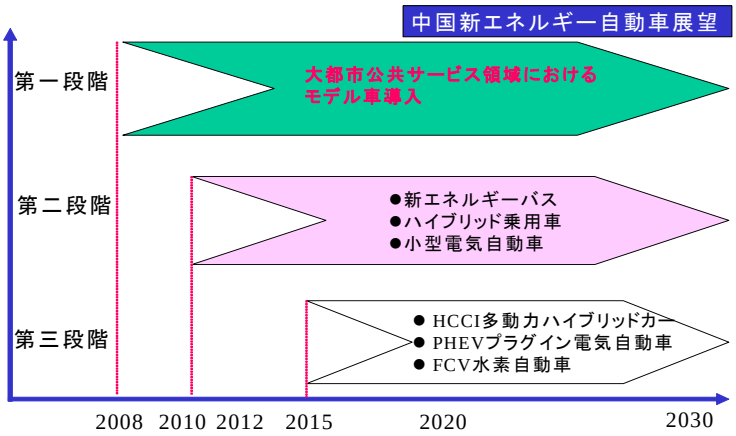
グリーン石炭発電モデル事業の実施

- 400MW 石炭製造水素、水素発電とCO2分離モデル事業
- ゼロエミッション石炭発電所の運転
- 経済性検討
- 商業化準備

2013－2015年

新エネルギー自動車産業の戦略

2009 「新エネ自動車産業計画」(作成中)
5都市の乗用車に補助金
200億元に新エネカー核心技術開発
13都市の公共用新エネカーに補助金
2008 「十城千両」計画
「自動車産業振興計画」100億元
2007 「新エネ自動車生産許可管理規則」
2004 「自動車産業発展政策」
2001 「863計画」電気自動車10億元投入
1998 「電気自動車標準体制」制定
1970 ナトリウム硫黄電池自動車開発成功



スマートグリッド産業の戦略

2020

革新昇格

統一的なスマートグリッドを全面的に完成し、技術と設備は世界トップレベルに達成する

2016

2015

全面建設

高圧電力網と都市・農村電力網を加速建設し、スマートグリッドの運転制御とインタラクティブなサービス体系を形成し、核心技術と装備の重大突破を実現と広範使用する

2011

2010

2009

計画試験

スマートグリッド発展計画の作成、技術と管理基準の確定、核心技術と設備の研究と試験

脱炭素化に向けた日本の制度改革

東アジア環境政策研究会

2017年12月23日

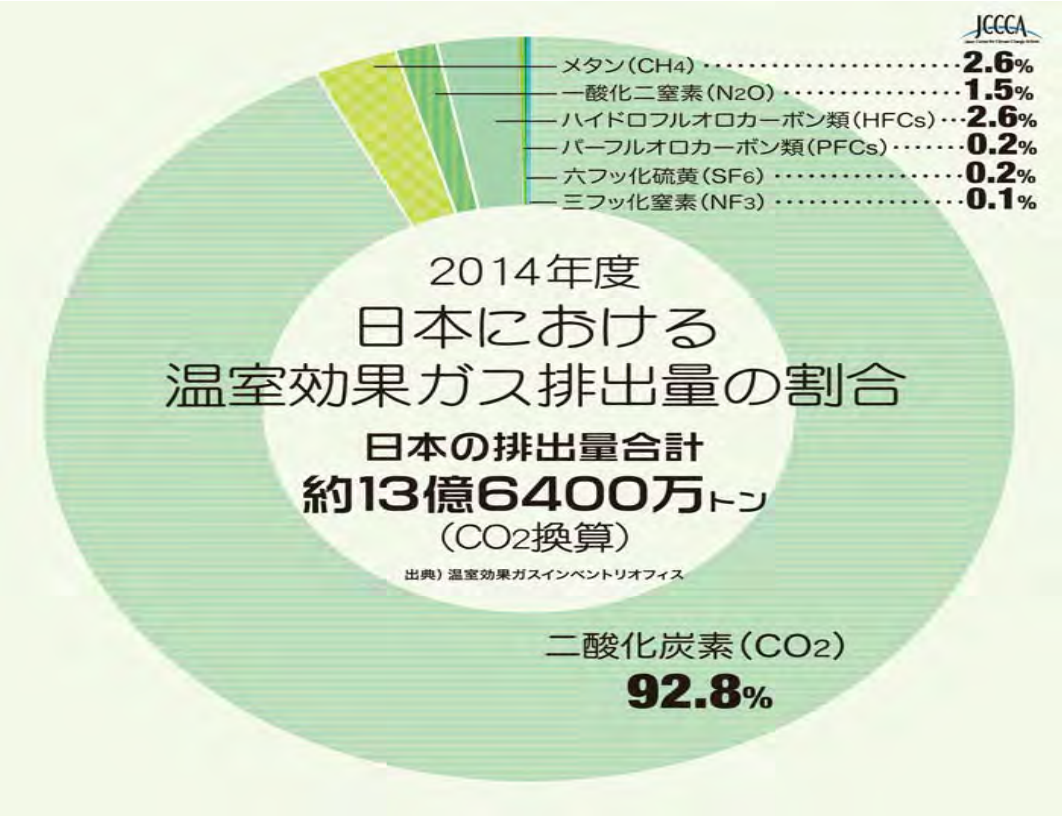
高村　ゆかり（名古屋大学）

E-mail: takamura.yukari@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

1

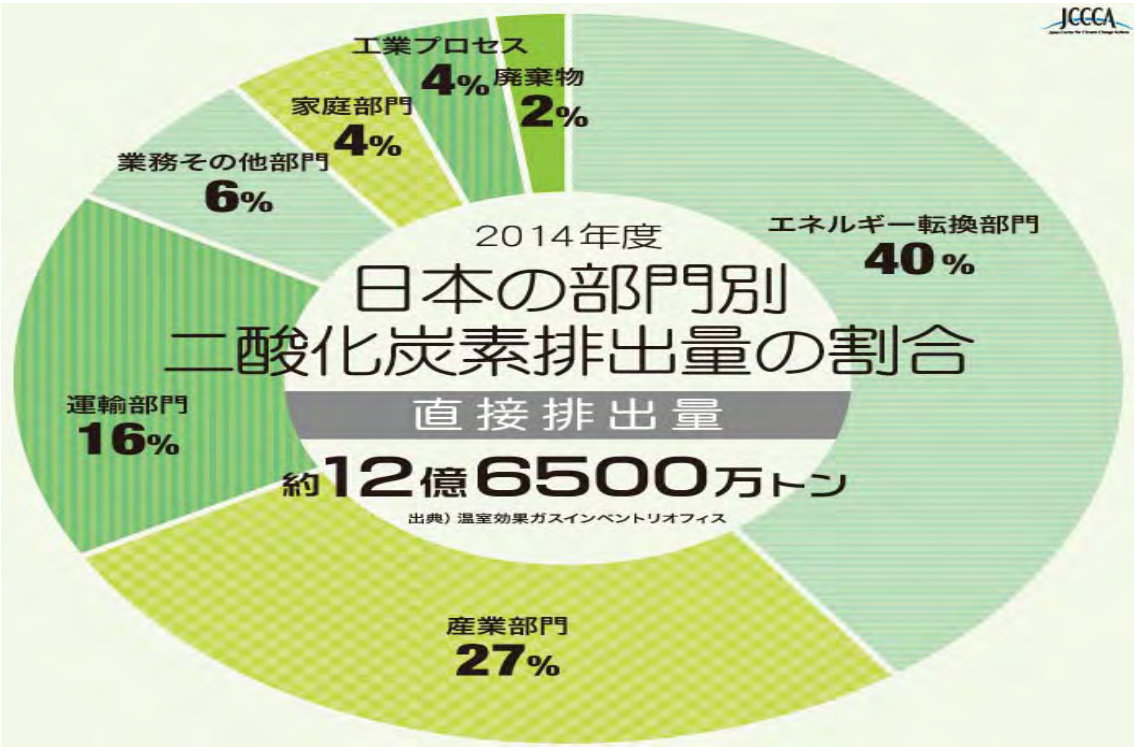
- 日本のエネルギー・排出量のトレンド
- 2030年、2050年に向けた課題

日本における温室効果ガス別排出量（2014年度）



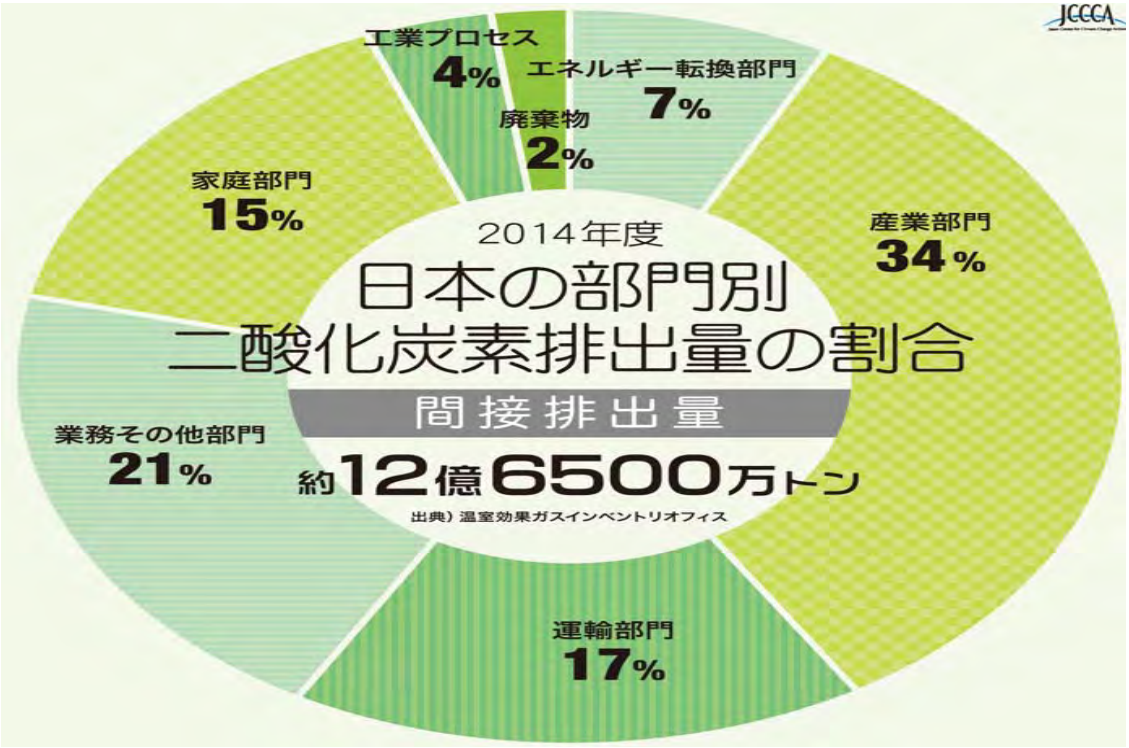
出典：JCCCA

日本の二酸化炭素排出量（直接排出量・2014年度）



出典：総合資源エネルギー調査会長期需給見通し小委資料

日本の二酸化炭素排出量（間接排出量・2014年度）



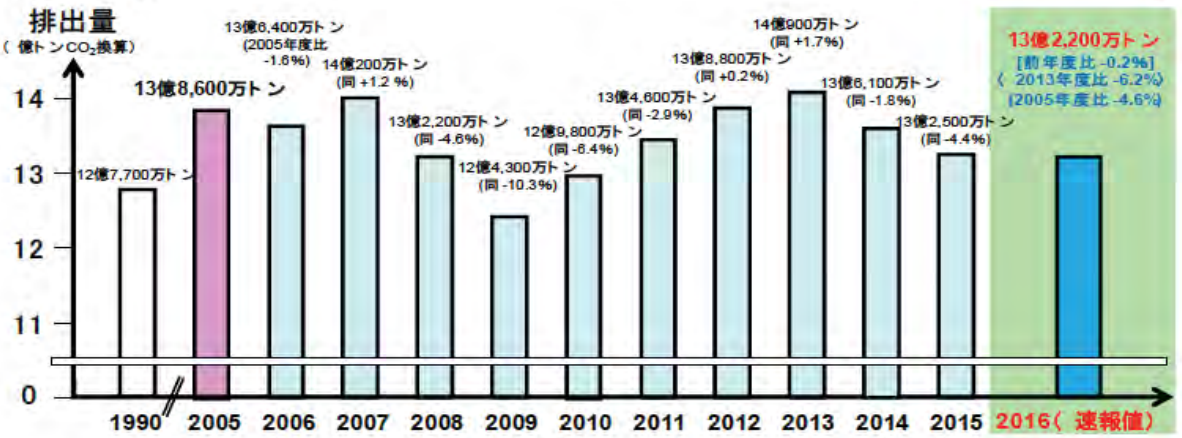
出典：総合資源エネルギー調査会長期需給見通し小委資料

日本の温室効果ガス排出量

○ 2016年度（速報値）の総排出量は13億2,200万トン（前年度比 −0.2%、2013年度比−6.2% 、2005年度比 −4.6%）

○ 前年度／2013年度と比べて排出量が減少した要因としては、オゾン層破壊物質からの代替に伴い、冷媒分野においてハイドロフルオロカーボン類（HFCs）の排出量が増加した一方で、再生可能エネルギーの導入拡大や原発の再稼働等により、エネルギー起源のCO_2排出量が減少したことなどが挙げられる。

○ 2005年度と比べて排出量が減少した要因としては、オゾン層破壊物質からの代替に伴い、冷媒分野においてハイドロフルオロカーボン類（HFCs）の排出量が増加した一方で、産業部門や運輸部門におけるエネルギー起源のCO_2排出量が減少したことなどが挙げられる。

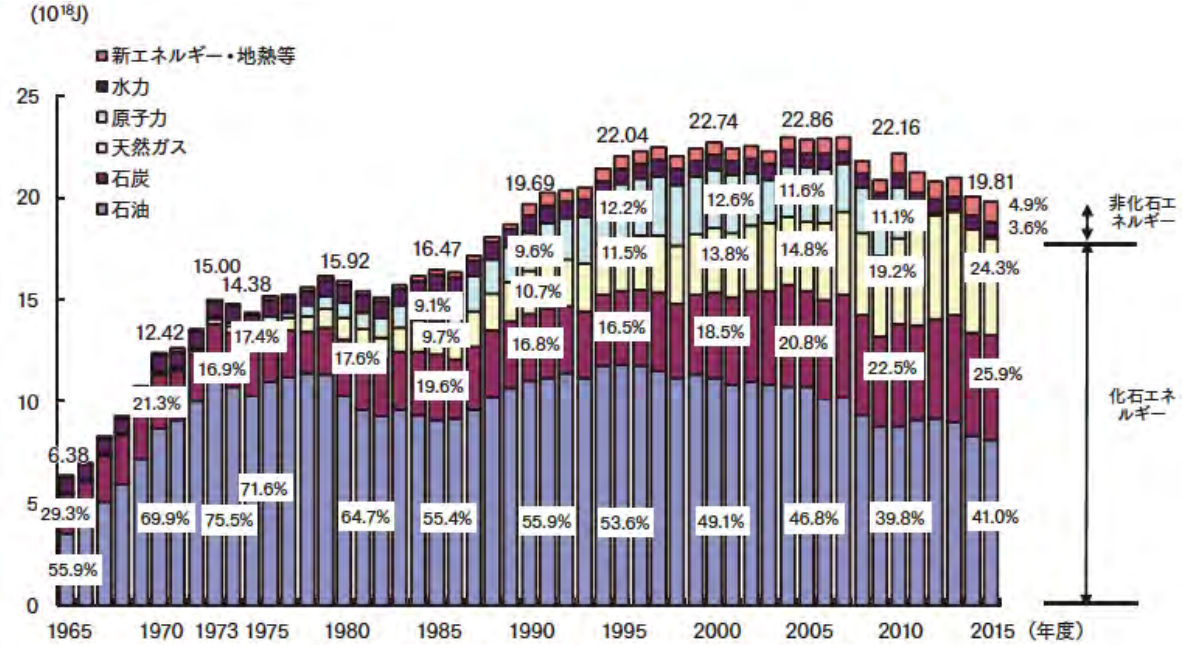


注1 2016年度速報値の算定に用いた各種統計等の年報値について、速報値の算定時点で2016年度の値が未公表のものは2015年度の値を代用している。また、一部の算定方法については、より正確に排出量を算定できるよう見直しを行っている。このため、今回とりまとめた2016年度速報値と、来年4月に公表予定の2016年度確報値との間で差異が生じる可能性がある。なお、確報値では、森林等による吸収量についても算定、公表する予定である。

注2 各年度の排出量及び過年度からの増減割合（「2005年度比」等）には、京都議定書に基づく吸収源活動による吸収量は加味していない。

出典：環境省、2017年

日本の一次エネルギー供給

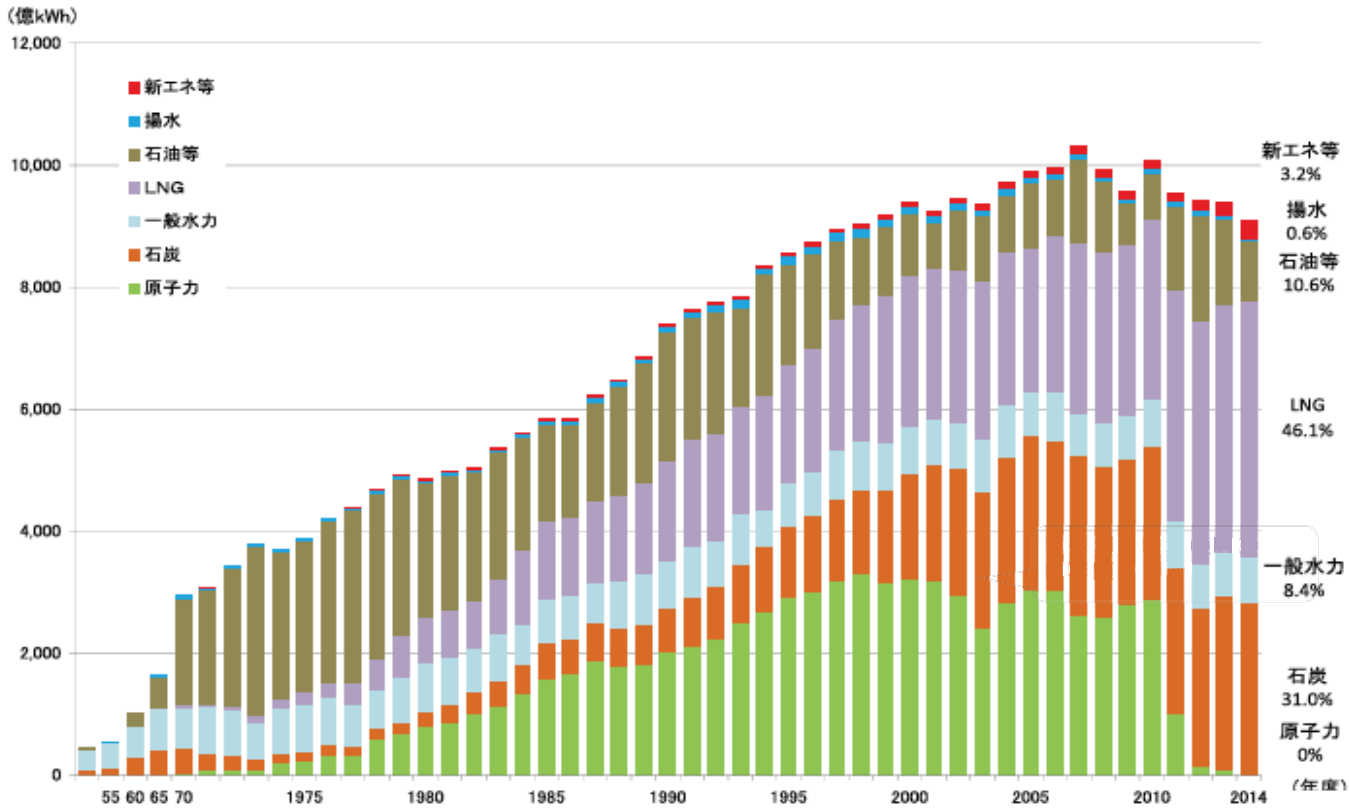


(注1)「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている。
(注2)「新エネルギー・地熱等」とは、太陽光、風力、バイオマス、地熱などのこと(以下同様)。

出典：資源エネルギー庁、2017年

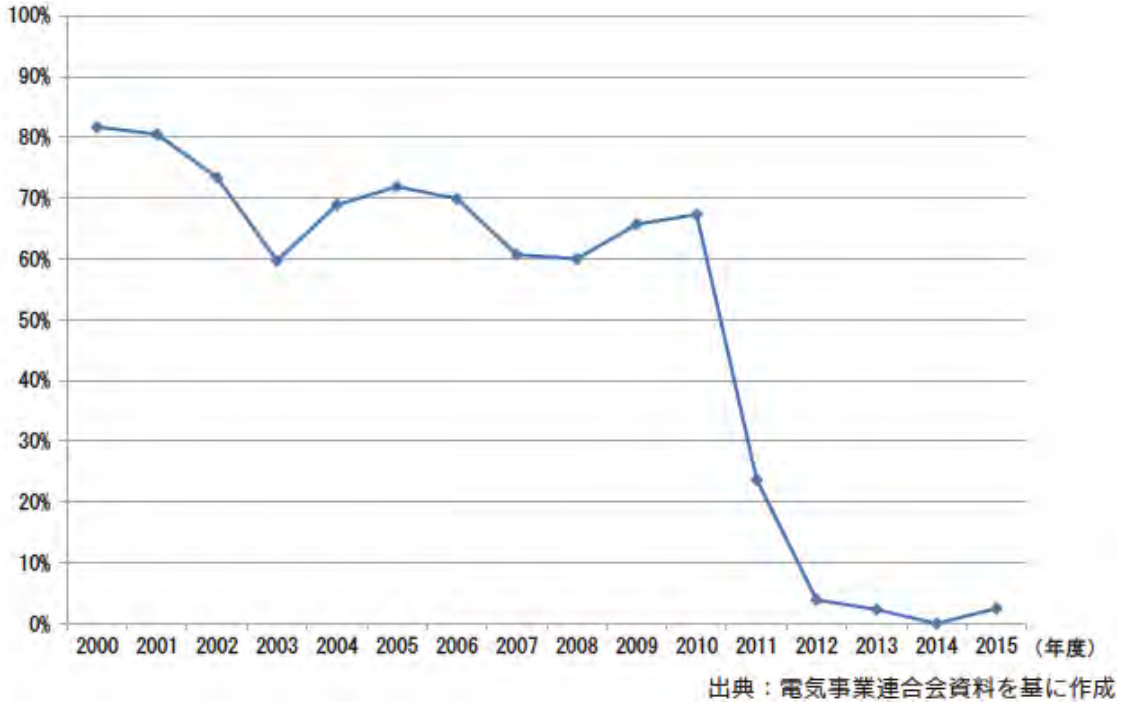
7

発受電電力量の推移(一般電気事業用)



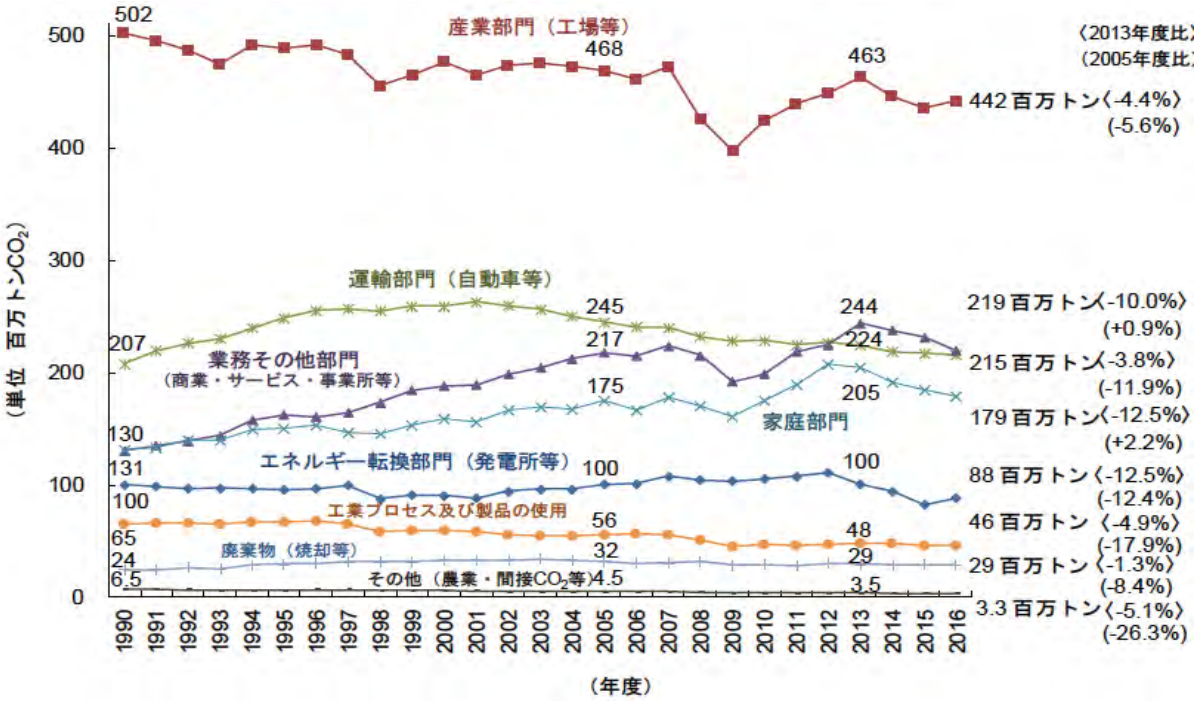
出典：資源エネルギー庁「エネルギー白書2016年」

日本の原発設備利用率



出典：資源エネルギー庁、2017年

日本のCO2部門別排出量の推移



出典：環境省、2017年

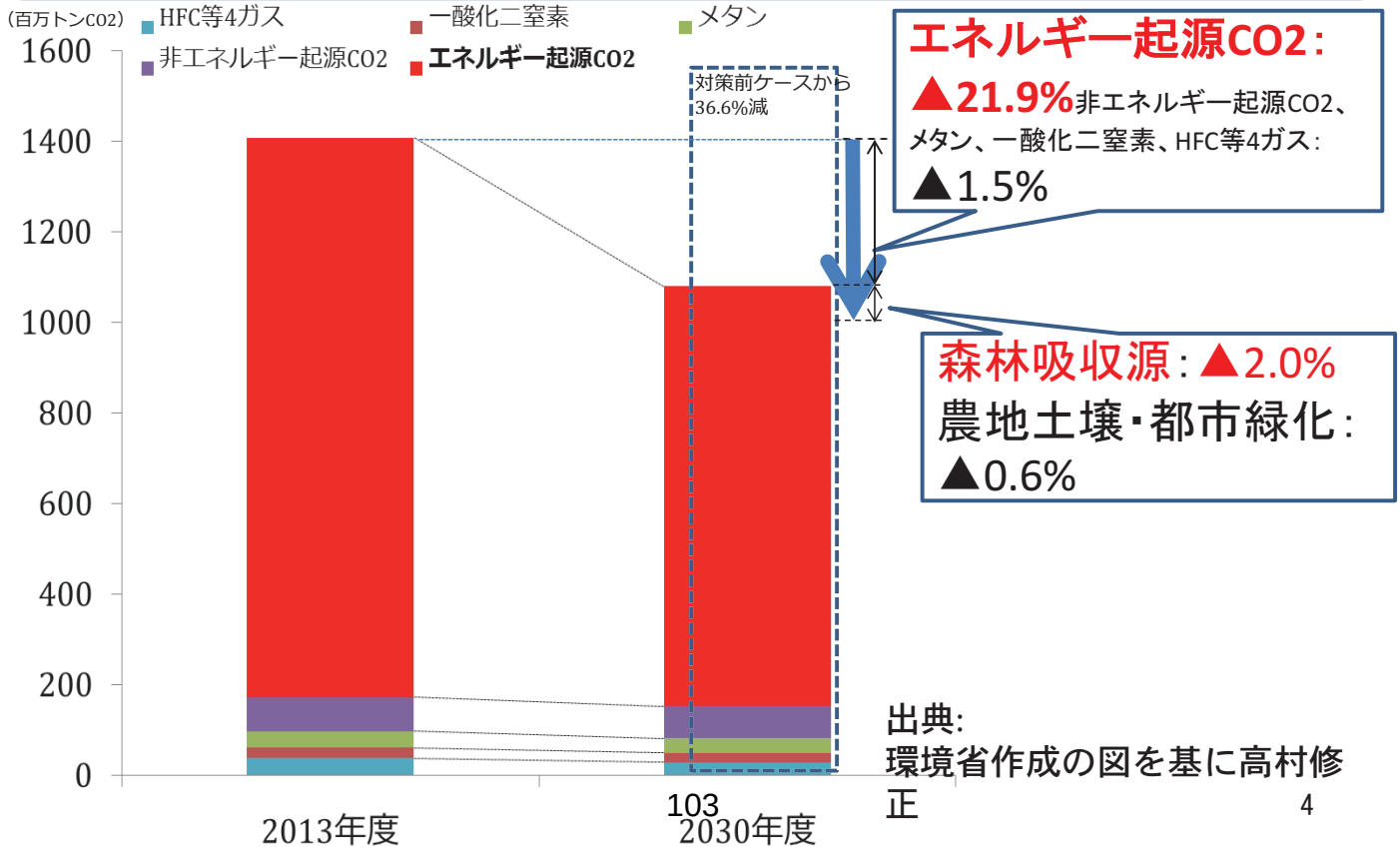
日本の2030年目標

- 2030年目標
  - 「2020年以降の温室効果ガス削減に向けた我が国の約束草案は、エネルギーミックスと整合的なものとなるよう、技術的制約、コスト面の課題などを十分に考慮した裏付けのある対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標として、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度に2013年度比▲26.0%（2005年度比▲25.4%）の水準（約10億4,200万t-CO2）にすることとする。」
  - JCMについては、温室効果ガス削減目標積み上げの基礎としていないが、日本として獲得した排出削減・吸収量を日本の削減として適切にカウントする
- 2030年目標達成のための政府の行動計画の策定
  - 2050年80%削減の長期目標
  - 2020年までに2005年比3.8%以上の削減

日本の2030年削減目標

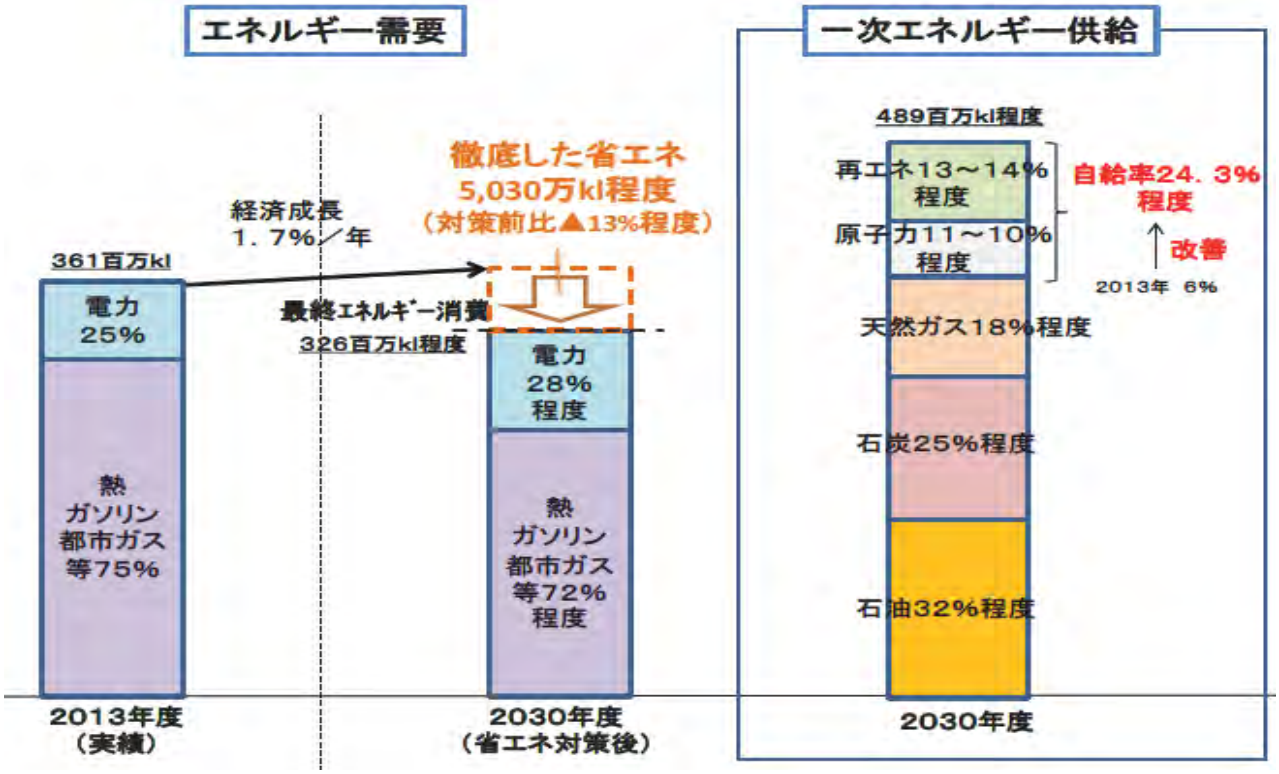
◆ 201年7月に日本の約束草案（2030年削減目標案）を国連気候変動枠組条約事務局に提出

◆ 2030年度に**2013年度比26%減（2005年度比25．4%減）**（対策前ケースと比較すると36．6%減）の削減目標を提出



出典:
環境省作成の図を基に高村修正

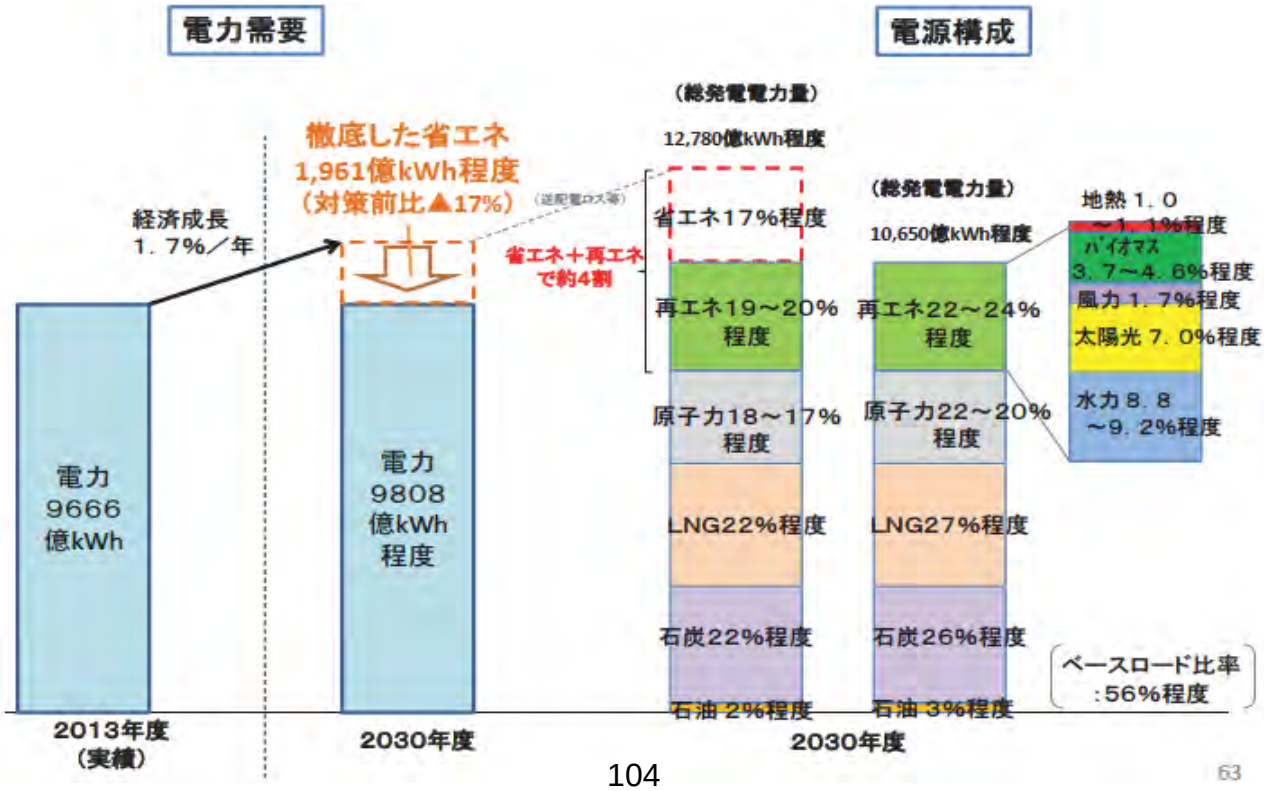
2030年のエネルギーミックス（1）



13

出典：総合資源エネルギー調査会長期需給見通し小委資料

2030年のエネルギーミックス（電源構成）（2）



63

出典：総合資源エネルギー調査会長期需給見通し小委資料

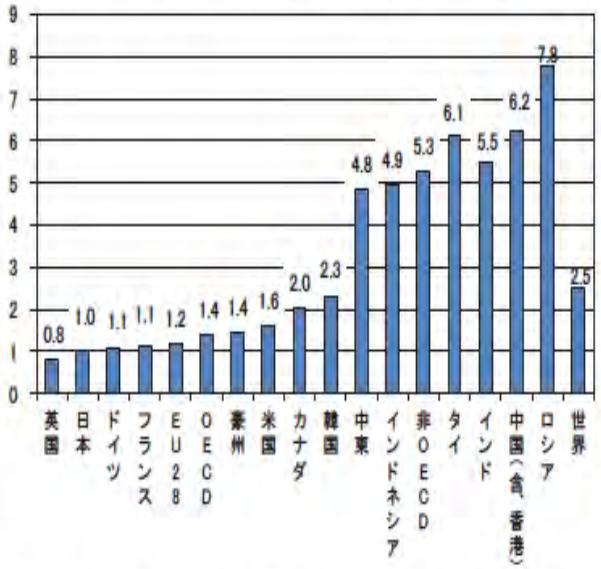
日本のエネルギー・温暖化政策（1）

- 2030年目標達成のための政府の行動計画の注目点と課題
  - 「1.5℃」「2℃」「2050年80%削減」といった長期目標達成にはあらゆる対策をとることが必要
  - CO2が日本の排出量の90%以上を占める。特にエネルギー起源のCO2が約90%（2016年度86.5%）を占める。省エネとエネルギーの低炭素化が鍵
  - 排出トレンド、見通しからは、HFC対策も鍵を握る

日本のエネルギー・温暖化政策（2）

- この間の追加的省エネ対策
  - 省エネ法の強化
  - 建築物省エネ法
  - 都市の低炭素化の促進に関する法律（エコまち法）
- 再エネ・省エネ一体型の施策の推進（例えば、ZEB、ZEH）
  - エネルギー基本計画（2014 年）:「建築物については、2020 年までに新築公共建築物等で、2030 年までに新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す」
    - 2015年12月に経産省でとりまとめられたZEBロードマップ検討会とりまとめ http://www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217002/20151217002-1.pdf
  - エネルギー基本計画（2014年）:「住宅については、2020 年までに標準的な新築住宅で、2030年までに新築住宅の平均でZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の実現を目指す」
    - ZEHロードマップ検討会とりまとめ http://www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217003/20151217003-1.pdf
- 産業部門:「絞ったぞうきん」か。事業者ごとの差
  - 省エネ法ベンチマークの達成

エネルギー効率の改善



出典：IEA「Energy Balances of OECD Countries 2014 Edition」、「Energy Balances of Non-OECD Countries 2014 Edition」、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」を基に作成
（注）一次エネルギー供給（石油換算トン）/実質GDPを日本＝1として換算。

（注）
1. 原単位は、製造業IIP（付加価値ウェイト）一単位当たりの最終エネルギー消費量で、1973年度を100とした場合の指数である。
2.このグラフでは完全に評価されていないが、製造業では廃熱回収等の省エネルギー努力も行われている。
3.「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。
（出所）（一財）日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、経済産業省「鉱工業指数」を基に作成

17

省エネ法ベンチマークの達成状況（平成25年度報告分）

<平成26年度定期報告書（平成25年度実績）におけるベンチマーク報告結果>

事業		目指すべき水準		平均値		報告事業者数	達成事業者数	達成率	達成事業者
1A	高炉による製鉄業	0.531	kl/t以下	0.588	kl/t	3	0	0%	なし
1B	電炉による普通鋼製造業	0.143	kl/t以下	0.173	kl/t	32	5	15.5%	(株)トーカイ、(株)城南製鋼所、山口鋼業(株)、岸和田製鋼(株)、関東スチール(株)
1C	電炉による特殊鋼製造業	0.36	kl/t以下	0.57	kl/t	19	5	26.3%	アイシン新和(株)、愛知製鋼(株)、山陽特殊製鋼(株)、新東工業(株)、他１社
2	電力供給業	100.3	%以上	99.0	%	11	0	0%	なし
3	セメント製造業	3,891	MJ/t以下	4190	MJ/t	17	5	29.4%	麻生ｾﾒﾝﾄ(株)、住友大阪ｾﾒﾝﾄ(株)、太平洋ｾﾒﾝﾄ(株)、(株)ﾃﾞｲ･ｼｨ、電気化学工業(株)
4A	洋紙製造業	8,532	MJ/t以下	14083	MJ/t	20	4	20.0%	(株)ｴﾇﾍﾟｰﾊﾟｰJP、王子製紙(株)、北越紀州製紙(株)、中越パルプ工業(株)
4B	板紙製造業	4,944	MJ/t以下	8549	MJ/t	31	5	16.1%	いわき大王製紙(株)、(株)ｴﾇﾍﾟｰﾊﾟｰJP、(株)岡山製紙、大豊製紙(株)、特種東海製紙(株)
5	石油精製業	0.876	以下	0.913		13	4	30.8%	極東石油工業(同)、昭和四日市石油(株)、東亜石油(株)、東燃ｾﾞﾈﾗﾙ石油(株)
6A	石油化学系基礎製品製造業	11.9	GJ/t以下	12.5	GJ/t	10	1	10.0%	東燃化学(同)
6B	ソーダ工業	3.45	GJ/t以下	3.45	GJ/t	22	8	36.4%	鹿島電解(株)、(株)ｶﾈｶ、関東電化工業(株)、住友化学(株)、東北東ｿｰ化学(株)、(株)ﾄｸﾔﾏ、日本軽金属(株)、日本曹達(株)

18

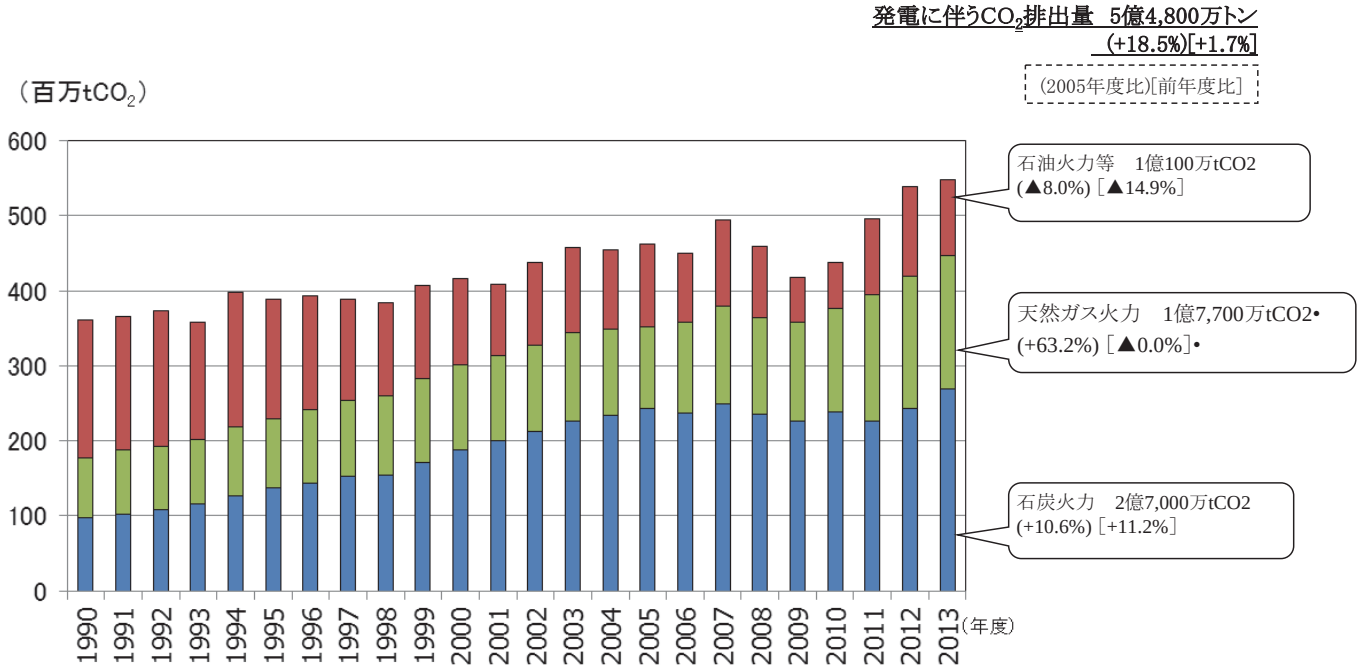
出典：資源エネルギー庁

日本のエネルギー・温暖化政策(3)

- エネルギーの低炭素化
  - 原子力20-22%は相当に「野心的」。厳格な安全基準を満たし、地元の同意が前提。想定通り稼働しない場合に備え、化石燃料を焚き増すしかないという事態にならない方策(省エネ・再エネ推進策)をあらかじめとっておく
  - 相当数の石炭火力の建設計画
    - 温室効果ガス排出増の懸念。将来にわたって需要家のコストとなる
    - 2030年の電源構成の26%を上回らぬようコントロールする施策が必要
    - 将来の事業リスク(投資リスク)
    - 省エネ法とエネルギー供給構造高度化法による規制の評価
      - 小売事業者に非化石電源44%の調達を求める
      - 非化石価値証書とその取引市場

19

発電に伴うCO2排出量(自家発電含)



出典:総合エネルギー統計(資源エネルギー庁)をもとに環境省作成

エネルギー供給構造高度化法

エネルギー供給構造高度化法（高度化法）の概要

（平成21年7月1日成立、8月28日施行）

○エネルギー供給事業者（電気、ガス、石油事業者等）による①非化石エネルギーの利用及び②化石燃料の有効利用を促進。

○石油精製業者は、判断基準（大臣告示）に基づき、投入する原油一単位あたりの、ガソリン等石油製品得率の向上（原油の有効利用）に必要な措置が求められる。

＜法律のスキーム＞

基本方針 ・・・経済産業大臣が策定

判断基準 ・・・経済産業大臣が策定

特定のエネルギー供給事業者に対し、①非化石エネルギーの利用、②化石燃料の有効利用を義務づけ

非化石エネルギーの利用	化石燃料の有効利用
【対象】電気事業者、ガス事業者、石油事業者	【対象】ガス事業者、石油事業者

判断基準に基づく計画の作成・届出・実施

→ 判断基準に照らし取組の状況が著しく不十分な場合、経済産業大臣は当該事業者に対し、勧告・命令の措置を講ずることができ、事業者は命令に違反した場合、罰則（１００万円以下の罰金）を受ける。

高度化法による石炭規制

①電力の自主的枠組みの強化を、②省エネ法と③高度化法などによる措置で支え、「実効性」と「透明性」を確保。

排出係数0.37kg-CO2/kWh(2030年度)の達成を実現

①【電気事業者の自主的な枠組】

0.37kg-CO2/kWh(2030年度)というエネルギーミックスと整合的な目標を設定（販売電力の99%超をカバー）

新たなフォローアップの仕組みの創設

「電気事業低炭素社会協議会」を創設 → 個社の実施状況を毎年確認し、必要に応じ個社の計画を見直し

②【支える仕組み】（発電段階）

○省エネ法によるルール整備

・発電事業者に火力発電の高効率化を求める
- 新設時の設備単位での効率基準を設定（石炭:USC並, LNG:コンバインドサイクル並）
- 既設含めた事業者単位の効率基準を設定（エネルギーミックスと整合的な発電効率）

③【支える仕組み】（小売段階）

○高度化法によるルール整備

・小売事業者に低炭素な電源の調達を求める
- 全小売事業者
- 2030年度に非化石電源44%（省エネ法とあわせて0.37kg-CO2/kWh相当）
- 非化石電源比率に加え、CO２も報告対象に含める
- 共同での目標達成

実績を踏まえ、経産大臣が、指導・助言、勧告、命令。[実効性と透明性を確保]

【支える仕組み】（市場設計）

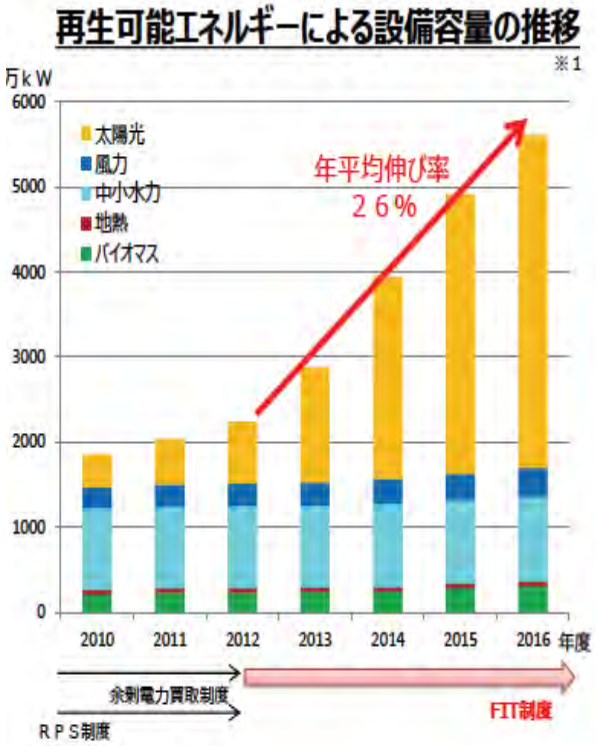
自由化と整合的なエネルギー市場設計：小売営業ガイドライン等

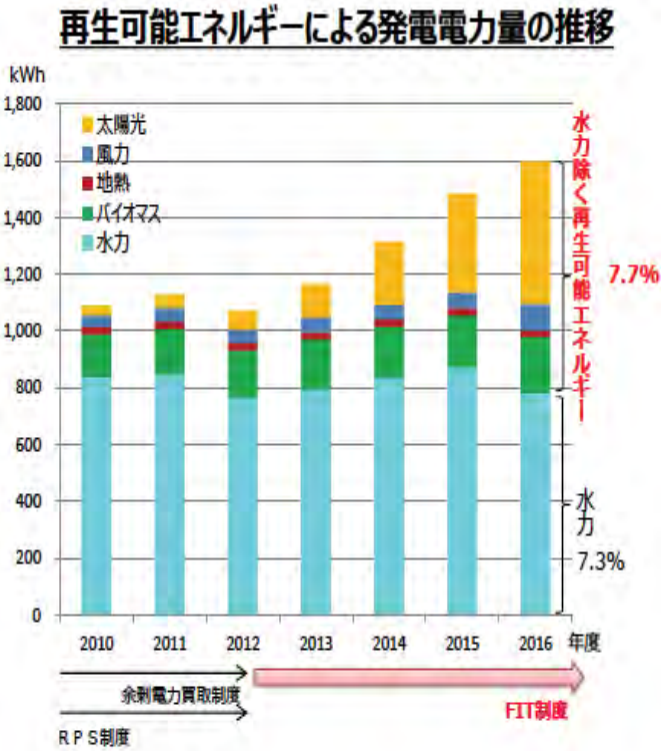
7

・非化石価値証書と非化石価値取引市場の導入

再生可能エネルギー導入の現状

- 2012年7月から開始した再生可能エネルギー固定価格買い取り制度（FIT）によるこれまでにない飛躍的な導入拡大
- 「あてにならない」電源？
  - 2016年5月4日の九州電力エリアの電力需給
    - 日電力量における再エネ比率38%
    - 13時には需要の66%を太陽光と風力がまかなう
  - 稼働費が安価な純国産電源
    - 海外からの化石燃料輸入抑制
    - 安価で、外在的要因により価格が変動しない電源となるポテンシャル
  - もたらす地域の経済効果
    - 地域の資源を活用してエネルギーコストを抑える。地域からの富の流出を抑える
    - 再エネが生み出す雇用
    - 再エネ資源が豊富な「地方」に広く効果をもたらす
  - 効果的な温暖化対策：経済成長と温室効果ガス排出量の「デカップリング」





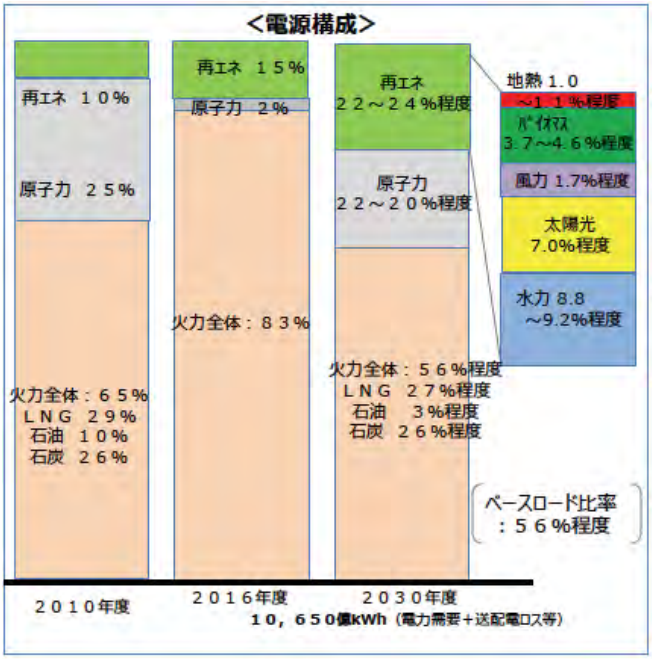
※1 大規模水力は除く

（JPEA出荷統計、NEDOの風力発電設備実績統計、包蔵水力調査、地熱発電の現状と動向、RPS制度・固定価格買取制度認定実績等より資源エネルギー庁作成）

※2016年度は推計値

出典：総合エネルギー統計等より資源エネルギー庁作成

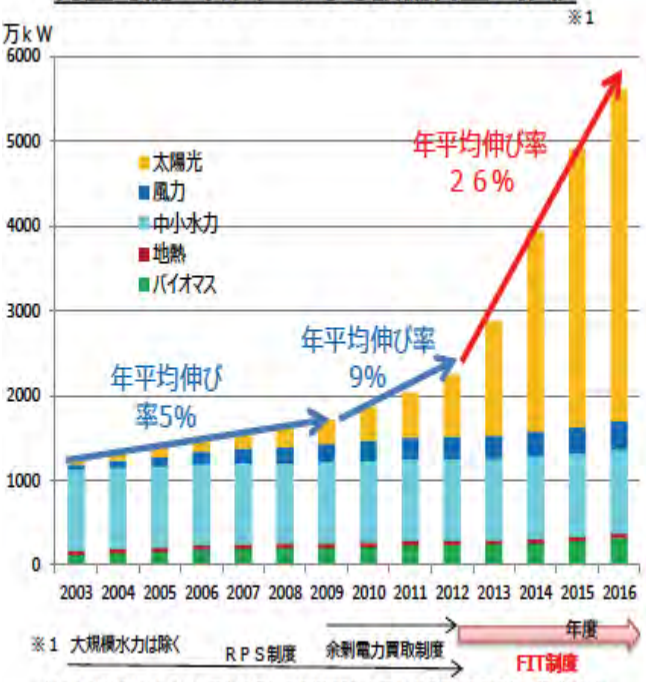
2030年のエネルギーミックス



(kW)	導入水準 (17年3月)	FIT認定量 (注) (17年3月)	ミックス (2030年度)	ミックス/導入水準
太陽光	3910万	8454万 (+461万)	6400万	約1.6倍
風力	339万	697万 (+413万)	1000万 (うち洋上 82万)	約2.9倍
地熱	52万	9万 (+1万)	140～155万	約2.8倍
水力	4812万	112万 (+34万) (中小水力)	4847～4931万	約1.0倍
バイオ	315万	1242万 (+872万)	602～728万 (うち一般木質 274～400万)	約2.1倍

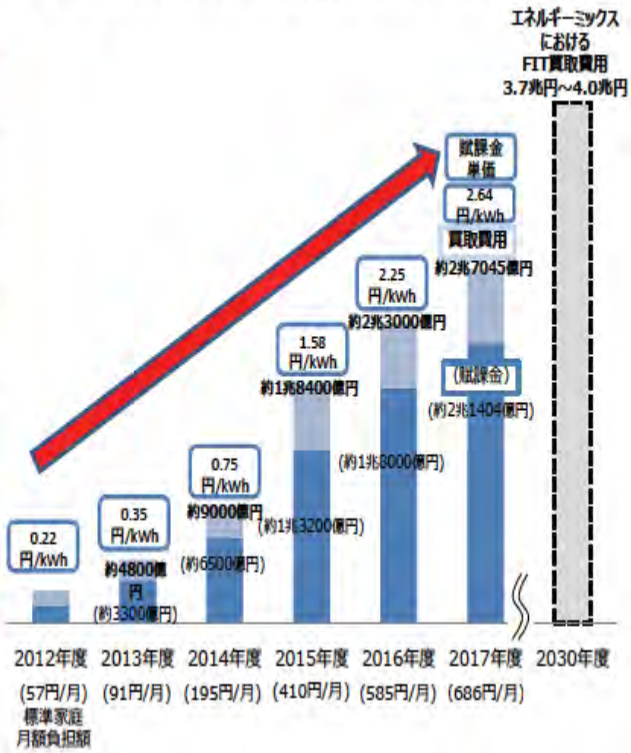
注：2017年４月以降の失効分及び経過措置の対象で今後失効する可能性があるものを含む
※固定価格買取制度における認定量等より作成
※ＦＩＴ認定量の下段括弧は、前年度末からの増加量
※地熱、水力、バイオのミックス/導入水準については、ミックスの中央値により算出

再生可能エネルギーによる設備容量の推移

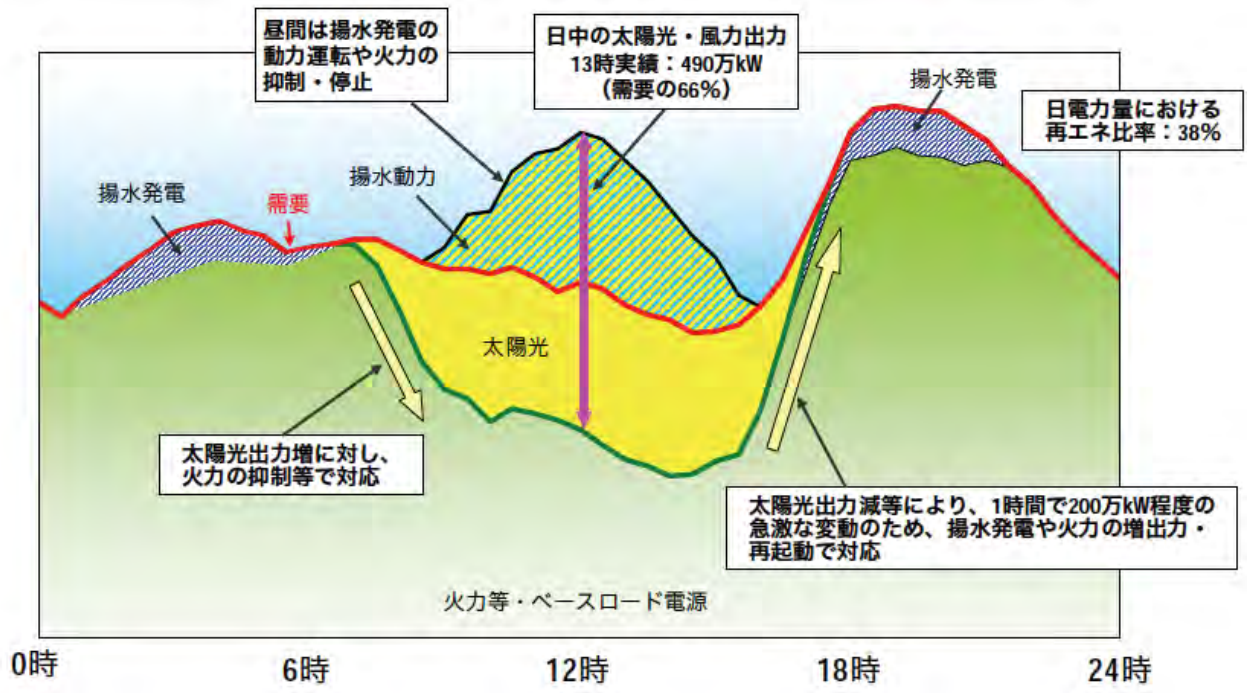


（JPEA出荷統計、NEDOの風力発電設備実績統計、包蔵水力調査、地熱発電の現状と動向、RPS制度・固定価格買取制度認定実績等より資源エネルギー庁作成）

固定価格買取制度導入後の賦課金等の推移



九州電力の電力需給（2016年5月4日）



出典：九州電力

再エネ特措法改正のポイント

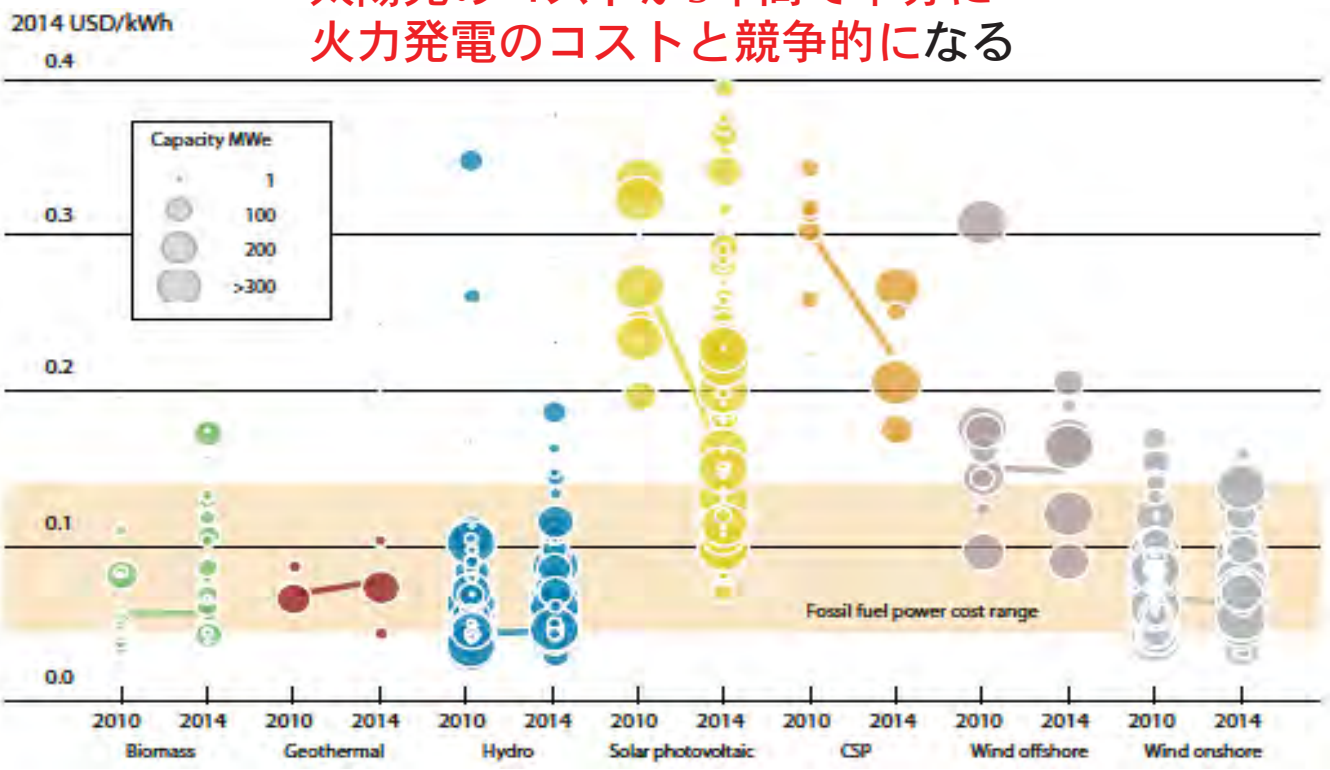
- 認定制度の見直し（改正後のFIT法第9条～第15条）
- 買取価格の設定方法
  - 再エネの効率的な利用を促進するため誘導すべき「価格の水準に関する目標（価格目標）」の設定（第3条12）
    - 設定された価格目標は、調達価格設定の際の考慮事項となる（同法案第3条4）
  - 風力、小水力、地熱などリードタイムの長い電源は、数年先の認定案件の買取価格を設定が可能（第3条2）
    - 数年先の価格が「見える」ことで投資回収の予見性を高め、投資を促す
  - 入札手続の導入（第4条～第8条）
- 買取義務者を小売事業者から送配電事業者へ（第17条、第18条）
- 減免制度（第37条）

法改正の評価

- 4年の運用の中で課題と認識された問題に対処する必要な法制度改革
  - ただし、現行制度での認定の失効、新制度の遡及的適用など大きな制度変更でもある。FITの中核が、事業・投資リスクを低減することでの投資の促進にあるので、制度の安定性を確保する対応が必要
  - 制度改革の弊害がないか、制度の運用をしっかり見ていくことが必要
- 系統運用の中立性や適正な卸電力市場の形成が、再エネ導入促進の前提となる
  - 電力システム改革を前提とした制度設計
  - 系統運用ルールなどの既存のルールの変更が必要

2010-2014年の再エネのコスト

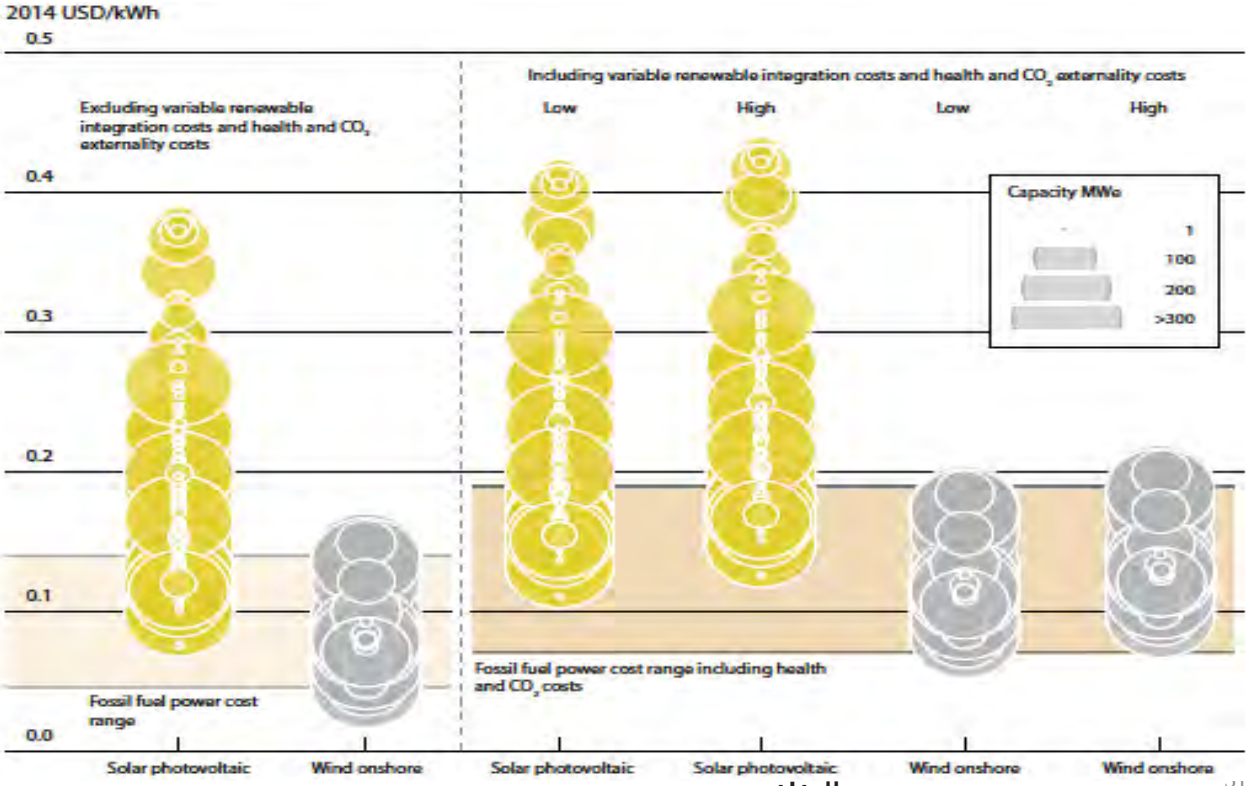
太陽光のコストが5年間で半分に
火力発電のコストと競争的になる



出典：IRENA, 2015

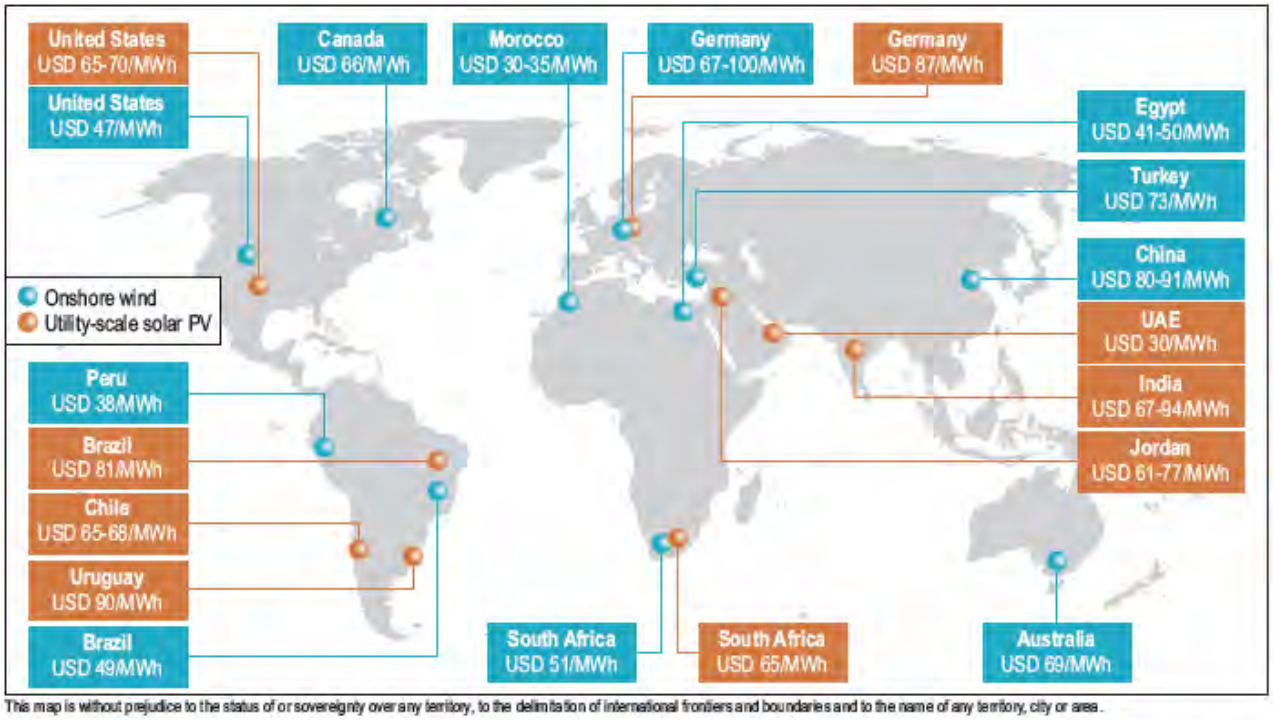
太陽光・風力と火力発電のコスト

炭素のコストと大気汚染対策コストを考慮すると再エネは一層競争的になる



出典：IRENA, 2015

再エネの発電コスト



This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Notes: Values reported in nominal USD include preferred bidders, power purchase agreements (PPAs) and feed-in tariffs (FITs); US values are calculated excluding tax credits; Delivery date and costs may be different than those reported at the time of the auction.

Source: Adapted from IEA (2015a), Medium-Term Renewable Energy Market Report 2015.

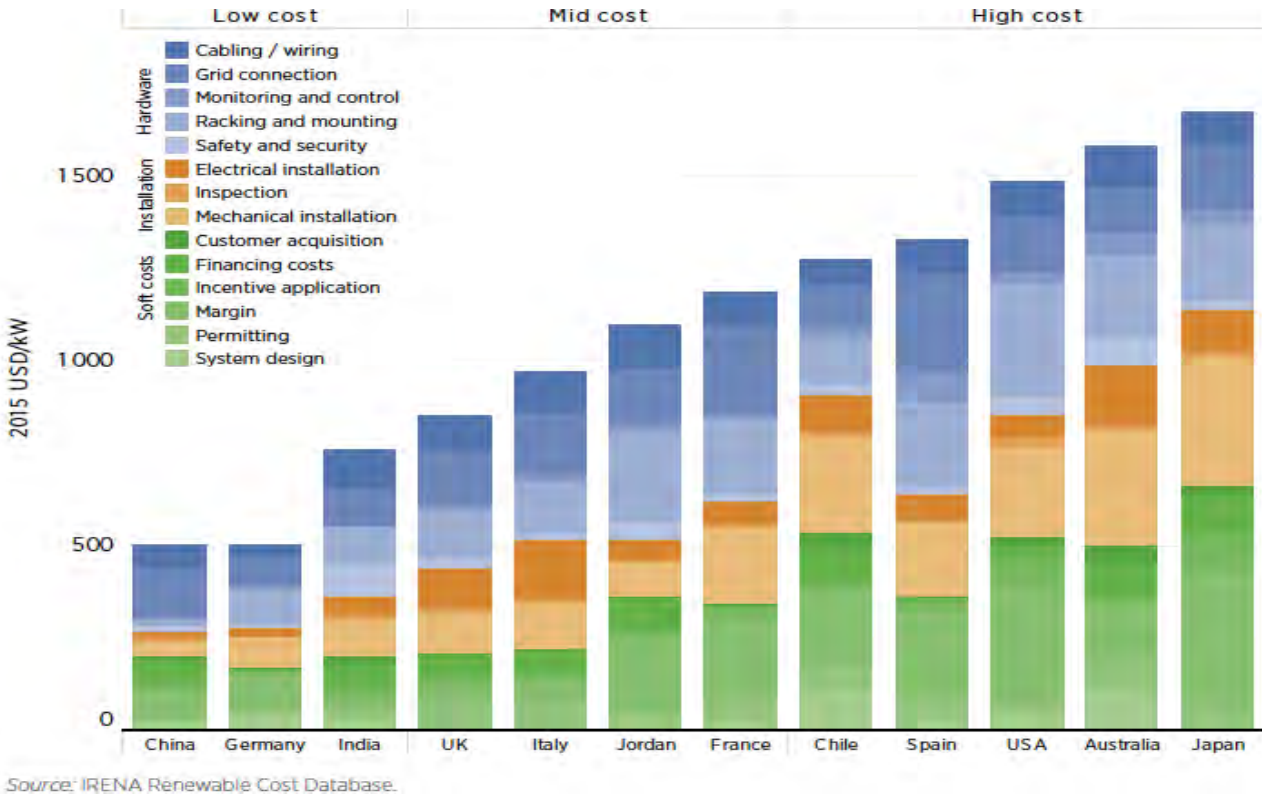
欧州の洋上風力のコスト

入札時期	国	サイト名	規模	価格
2015. 2	デンマーク	Horns Reef 3 (Vattenfall)	406 MW	104 EUR/MWh
2016.2	オランダ	Borssele 1+2 (DONG)	350MW × 2	72.7 EUR/MWh
2016.9	デンマーク	Danish Nearshore (Vattenfall)	350MW	63.7 EUR/MWh
2016.11	デンマーク	Kriegers Flak (Vattenfall)	600MW	49.9 EUR/MWh
2016.12	オランダ	Borssele 3+4 (Shell, Van Oord, Eneco, 三菱商事)	350MW × 2	54.5 EUR/MWh
2017.4	ドイツ	Gode Wind III (DONG)	110MW	60.0 EUR/MWh
	ドイツ	Borkum Riffgrund West II + OWP West (DONG)	240MW + 240MW	市場価格（補助金ゼロ）
	ドイツ	He Dreiht (EnBW)	900MW	市場価格（補助金ゼロ）

（出典）MHI Vestas社調査

出典：調達価格等算定委員会、2017年

太陽光のコスト



出典：IRENA, 2016

さらなる導入のための課題(1)

- 2030年に再エネは日本の「主力電源」になる
  - 日本にとっては、エネルギー安全保障(自給率の向上)と燃料費負担の軽減(電力料金の軽減、国富の流出回避)となる
  - 地域の自然資源を生かし、地域の再生・創生、雇用創出に資する
  - 日本企業がその技術力を活かし、世界市場での競争を支援する安定的な国内市場
  - 再エネの新たな価値
    - エネルギーコストを低減し、国際競争力を高める
    - 産業立地としての魅力
  - 「発電コストの低下」はこれを実現する鍵の1つ
    - みなに使える(available)電源にすることで、2030年を超えて拡大する電源にする
    - 諸外国は再エネを軸にエネルギーコストを低減し、自給率を高める

35

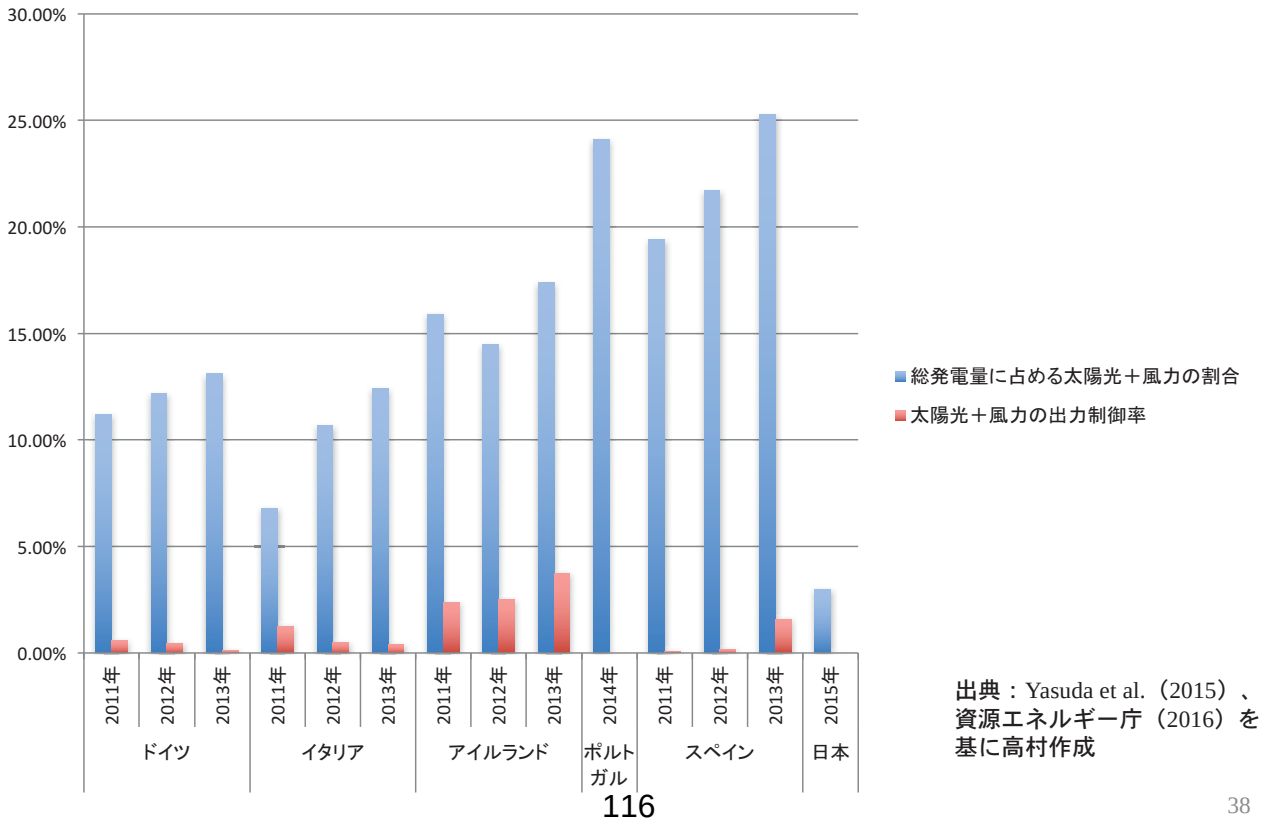
さらなる導入のための課題(2)

- 再エネのさらなる導入、発電コストの低下のためには、制度上の障壁を取り除き、安定的な投資環境を保証するための政策導入・強化が必要
  - FIT制度の適切な運用とその改善に加えて…
  - 2030年を超える再エネ導入のビジョン、見通し
  - 系統対策(次のスライド)
  - 市場の適正なルールづくりと運営
  - 地域に根ざしたエネルギー源となるために

系統対策の重要性・必要性

- ローカルな系統制約
  - 入札方式の活用。「エンドレスループ？」
  - 系統情報公開の重要性
  - Connect & Manageのルール検討
- 系統接続の費用負担
  - 費用負担ガイドライン（発電設備の設置に伴う電力系統の増強及び事業者の費用負担等の在り方に関する指針）
    - 上位2系統の増強については一般負担（託送料にのせる）
    - ただし、電源ごとの稼働率を根拠とした一般負担の上限の設定の妥当性
- 変動する電源の系統受け入れの方策（Flexibility）
  - 広域運用、揚水などの活用、需要側の対応、気象予測技術を用いた需給双方の予測など
  - 広域運用のための従来ルールの見直し。2018年から地域間連系線の間接オークションへ
- 出力制御の最小化と公正な出力制御のルール
  - 関連情報公開の必要性。一定の前進。しかし・・・
- 計画的な広域系統整備
- 「系統への戦略的な公共投資」

太陽光＋風力の出力制御の国際比較

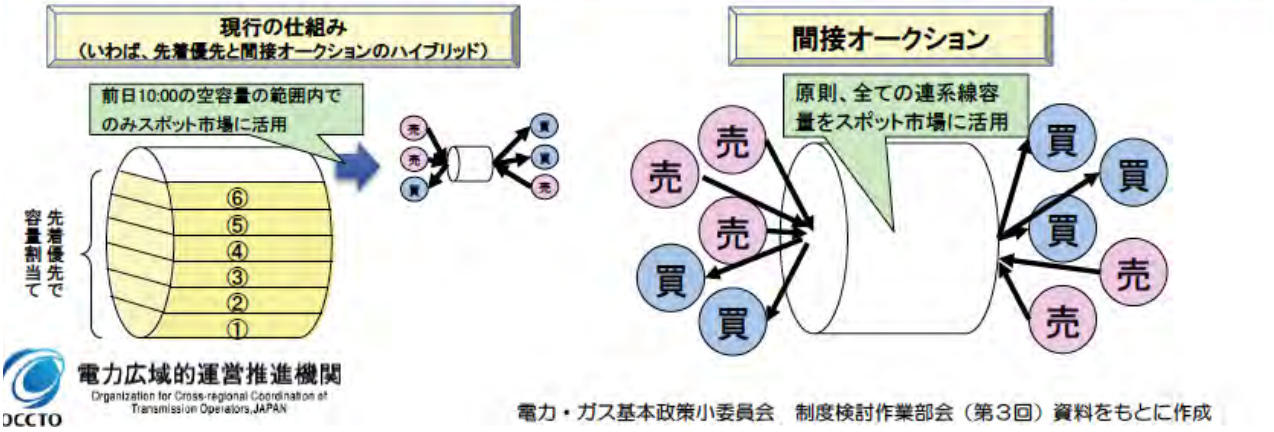


出典：Yasuda et al.（2015）、資源エネルギー庁（2016）を基に高村作成

間接オークション

- 「直接オークション」が、直接的に“連系線を利用する地位又は権利”をオークションにより割り当てる仕組みであるのに対し、「間接オークション」は、こうした地位又は権利の割当てを直接的に行わず、全ての連系線利用を、エネルギー市場（日本でいえばJEPXにおける市場）を介して行う仕組み。
- 具体的には、現行ルールでは、先着優先での容量割当を積み重ねた上、前日10時の段階で、なお空容量となっている部分を活用して、前日スポット取引が行われているところ、変更後ルールでは、原則、全ての連系線容量（マージン分は控除）を前日スポット取引市場に割り当てる仕組みと考えることができる（※）。

  （※）我が国の前日スポット取引市場は現在でも全国市場であるため、連系線の全ての容量（マージン分は控除）を前日スポット取引市場に割り当てることが、すなわち、間接オークションと同義となる。また、前日スポット取引約定後は、１時間前取引市場を介して、割り当てる仕組みとなる。
- よって、現行の「先着優先」に基づく連系線への容量登録を停止すれば、実質的に間接オークションが実現。



電力・ガス基本政策小委員会　制度検討作業部会（第３回）資料をもとに作成

39

さらなる導入のための課題(3)

- 地域に根ざしたエネルギー源となるために
  - 地域主導(主体)の導入の促進
  - 地域における合意形成
  - 地方自治体、地元企業との協力、連携の重要性
- 環境アセスメントの役割と課題
- 他の土地・空間利用との調整
  - ゾーニング(cf.「導入促進地域」)
  - 「セントラル方式」
- 再生可能エネルギー熱
  - ヒートマップ
  - 発電に伴う熱の利用の促進

さらなる導入のための課題(4)

- 需要側の対策
  - 環境配慮契約法の下での政府・自治体による電力調達
  - 建築物省エネ法
  - 企業の再エネ調達の促進
- FIT電気の「価値」
  - エネルギー供給構造高度化法の「非化石44%」
  - 「非化石価値」の取引
- 2030年を超える再エネ目標・ビジョンを明確に

41

Science Based Targets (SBT)

- CDP、国連グローバル・コンパクト、WRI、WWFによる共同イニシアチブ。世界の平均気温の上昇を「2度未満」に抑えるために、企業に対して、科学的な知見と整合した削減目標を設定することを推奨。
- 目標が科学と整合(2℃目標に整合)と認定されている企業は86社（2017年12月20日現在）。

（出所）http://sciencebasedtargets.org/companies-taking-action/

【目標が科学と整合と認定されている企業　全86社】

Adobe, AMD, AstraZeneca, Atos, Auckland Airport, Autodesk, Biogen, BT, Capgenini Group, Capgemini UK, Carlsberg Group, CEWE Stiftung & Co. KGaA, Coca Cola European Partners, Coca-Cola HBC, Colgate-Palmolive Company, CTT – Correios de Portugal, Daiichi Sankyo, Danone, Dell, Dentsu, Diageo, DONG Energy, EDP - Energias de Portugal, Eneco, Enel, EVRY, Farmer Bros., Ferrovial, Fujifilm Holdings, Fujitsu, Gecina, General Mills, Givaudan, Hewlett Packard Enterprise, HK Electric Investments (HKEI), Host Hotels & Resorts Inc., HP, HUBER+SUHNER Group, Husqvarna, Ingersoll-Rand, International Post Corporation (IPC), Kawasaki Kisen Kaisha (K Line), Kellogg Company, Kering, Kesko Corporation, Kirin Holdings, Komatsu, Konica Minolta, Koninklijke KPN NV (Royal KPN), Landsec, Las Vegas Sands, Level 3 Communication, LIXIL, Lundbeck, Marks & Spencer, Mars, Muntons, Nabtesco Corporation, Nestlé, Nokia, NRG Energy, Osterreichische Post, Panalpina Welttransport Holding, Panasonic, PepsiCo, Pfizer, Philip Morris International, PostNord, Procter & Gamble Company, Proximus, Ricoh, SAP SE, Singapore Telecommunications (Singtel), Sony, Sopra Steria Group, Swisscom, Symrise, Telefonica, Tesco, Tetra Pak, Thalys, TODA Corporation, UBM plc, Unilever, Verbund, Wal-mart Stores

認定された日本企業（1）（17年12月20日時点）

- 第一三共（2016年9月）
  - 2030年度に事業活動からの温室効果ガスの排出量を2015年度35%削減。買入価額で90 %の主要サプライヤーが2020年度までに温室効果ガスの削減目標を設定することを約
- 電通（2017年4月）
  - 2030年までに2014年比でスコープ1とスコープ2の温室効果ガス排出量を24%削減。2015年から2050年の間で従業員の業務出張からの排出を25%削減
- 富士フイルム（2017年11月）
  - 2013年比で、2030年までにバリューチェーン全体（スコープ1、2、3）からの絶対排出量を30%削減
- 富士通（2017年7月）
  - 2013年比で、スコープ1とスコープ2の温室効果ガス排出量を、2030年までに33%、2050年までに80%削減。2030年までに、2013年比でスコープ3（購入する財とサービス、販売品の使用）からの排出量を30%削減
- 川崎汽船（2017年2月）
  - 2030年までに2011年を基準年に海洋を航行する船舶の1トンマイルあたりのスコープ1排出量を25%削減。長期目標として、2050年までに同排出量を50%削減

43

認定された日本企業（2）（17年12月20日時点）

- キリン（2017年3月）
  - 2030年までに2015年比でスコープ1とスコープ2の温室効果ガスの絶対排出量を30%削減。スコープ3の排出量も30%削減
- コマツ（2017年4月）
  - 2030年までに2010年比でスコープ1とスコープ2の原単位排出量を49%削減。2012年比でスコープ3の絶対排出量を46%削減
- コニカミノルタ（2017年3月）
  - 2030年に、2005年比で、バリューチェーンからの温室効果ガスの絶対排出量（スコープ1、2、3）を60%削減。スコープ3の削減は、買い入れる商品・サービス、輸送と流通、販売製品の使用からの排出量を対象
- LIXIL（2017年11月）
  - 2030年までに、2015年比で、スコープ1、スコープ2からの絶対排出量を30%削減。製品使用からのスコープ3排出量を15%削減
- ナブテスコ（2017年7月）
  - 2030年までに2015年比でスコープ1とスコープ2の温室効果ガスの絶対排出量を30%削減。2015年から2050年に80%削減。スコープ3の排出量削減のため、購買総額でトップ70%のサプライヤーが2025年までに削減目標を持ち、2030年までにSBTを設定することをめざす

44

認定された日本企業（3）（17年12月20日時点）

- パナソニック（2017年10月）
  - 2030年までに、2013年比でスコープ1、スコープ2の排出量を30%削減、2050年までに排出ゼロ。2030年までに、2013年比で販売した製品使用からのスコープ3の排出量を30%削減
- リコー（2017年7月）
  - 2050年までに排出実質ゼロを達成することをめざし、2030年までに2015年比でスコープ1とスコープ2の温室効果ガスの絶対排出量を30%削減。購入する財とサービス、輸送、製品使用からのスコープ3の排出量を2030年までに2015年比で15%削減
- ソニー（2015年11月）
  - 2020年度に、2000年度比で事業活動からの温室効果ガス排出量を42%削減。2050年までに環境フットプリントをゼロにするという長期ビジョン。2050年までに2008年比で排出量（スコープ1、2、3）を90%削減
- 戸田建設（2017年8月）
  - 2010年から2030年にスコープ1とスコープ2の二酸化炭素の絶対排出量を35%削減（年平均2.1%削減）。2050年に2010年比で57%削減をめざす。2010年から2030年に建設する製品のスコープ3排出原単位を55%削減

Science Based Targets作成を約束している企業（2017年12月20日時点）

- すでに認定された86社に加えて、247社が作成を約束
- 作成中の247社のうちの日本企業（28社）
  - アサヒグループホールディングズ、アシックス、大日本印刷、ダイキン、大東建託、日立建機、日立、本田、花王、KDDI、MS & AD保険、NEC、日産、野村総研、NTTドコモ、セイコーエプソン、積水ハウス、清水建設、住友林業、サントリー、大成建設、武田薬品、トヨタ、UK-NSI（日本精機）、ユニ・チャーム、YKK AP、横浜ゴム、日本ゼオン

RE 100

- 「再エネ100%」(RE100)の取り組み
  - 119社が約束（2017年12月20日現在）
  - http://there100.org/companies
  - BMWグループ：自社発電、地域の再エネ調達により事業全体を100%再エネ
  - Google：再エネ100%をめざして2025年までに再エネの調達を3倍に
  - IKEA：2020年に再エネ100%
  - Microsoft：2014年以降再エネ100%を実践
  - Johnson & Johnson：2050年までに再エネ100%
  - Philips: 2020年までに再エネ100%
  - Unilever: 欧米ですでに100%、2030年までに再エネ100%
  - GM：2050年までに59カ国350の事業所で再エネ100%
  - HP, Nike, Nestle, Wal-mart, Starbucks, TATA motors, Coca cola…

47

日本企業のRE100

- リコー
  - RE100に日本企業として初めて参加（2017年4月21日）
  - 2050年までに再エネ電気100%調達、その中間目標として2030年までに少なくとも30%を調達
- 積水ハウス
  - 日本最大の住宅メーカーが参加（2017年10月20日）
  - 2040年までに再エネ電気100%調達、その中間目標として2030年までに50%調達
- アスクル（2017年11月）
  - 2030年までに再エネ電気100%調達、その中間目標として2025年までに80%調達
- イビデン
  - アップルは部品や設備のメーカーに再エネの利用を促す
  - イビデンがアップル向けの製造活動のすべてを再エネでまかなうことを決定したと発表（2017年3月8日）
    - 20カ所以上の再エネによる発電所に投資し、2018年末までに太陽光で1万2000kW以上を発電できるようにする計画

日本企業のRE100

- リコー
  - RE100に日本企業として初めて参加（2017年4月21日）
  - 2050年までに再エネ電気100%調達、その中間目標として2030年までに少なくとも30%を調達
- 積水ハウス
  - 日本最大の住宅メーカーが参加（2017年10月20日）
  - 2040年までに再エネ電気100%調達、その中間目標として2030年までに50%調達
- アスクル（2017年11月）
  - 2030年までに再エネ電気100%調達、その中間目標として2025年までに80%調達
- イビデン
  - アップルは部品や設備のメーカーに再エネの利用を促す
  - イビデンがアップル向けの製造活動のすべてを再エネでまかなうことを決定したと発表（2017年3月8日）
    - 20カ所以上の再エネによる発電所に投資し、2018年末までに太陽光で1万2000kW以上を発電できるようにする計画

自動車のゼロエミッション

- 自動車業界はゼロエミッションへの動きが加速
  - トヨタ自動車「トヨタ環境チャレンジ2050」
    - 2050年にトヨタが世界で販売する新車の走行時CO2排出量（平均）を10年比で90%削減
    - 工場からのCO2排出量をゼロ
    - 素材製造から廃棄までライフサイクルCO2ゼロ
    - http://www.toyota.co.jp/jpn/sustainability/environment/challenge2050/
  - 日産自動車　ゼロ・エミッションモビリティなど長期目標とロードマップ
    - http://www.nissan-global.com/JP/ZEROEMISSION/
  - Volvo　2019年から販売する新車をすべて電気自動車とハイブリッド車に（2017年7月5日）
  - BMWに続いてGM、TATA motorsもRE100に参加
  - 取引先への広がり
    - Ex.　トヨタ紡織「2050年環境ビジョン」（2016年5月）
- 各国もゼロエミッション車への動きを加速
  - ドイツの議会Bundesrat：「遅くとも2030年に、ゼロ・エミッション乗用車のみが」EUの道路で使用できるよう確保する指令の採択を求める（2016年10月）
  - ゴヤル・インド・エネルギー大臣：「30年までに販売する車をすべてEVにする」（2017年3月）
  - フランス環境大臣：ガソリン車、ディーゼル車を2040年までに全廃する計画を発表（2017年7月6日）
  - 英国・大気汚染戦略：2040年までにガソリン車、ディーゼル車の新車販売を全廃（2017年7月26日）
  - ノルウェー：2025年までにガソリン車を段階的廃止
  - 中国：2019年から自動車メーカーが販売・輸入する乗用車の一定割合をEVや燃料電池車などの新エネルギー車にすることを義務づけ（2017年10月）

EV100

- EV100の取り組み
  - 16社が約束（2017年12月20日現在）
  - https://www.theclimategroup.org/project/ev100
  - 世界のエネルギー起源の温室効果ガスの23%が交通部門からの排出に起因
  - EVへの移行を加速し、2030年までに電気自動車を「当たり前（normal）」のものにする
  - 日本からは2社
  - イオンモール
    - 顧客によるEV利用を支援して、152のそれぞれのショッピングモールに充電スタンド設置
    - すでに135のモールに751の充電スタンド設置。2018年までに143のモールに設置
    - 中国で、6モールに348の充電スタンド設置
  - アスクル
    - 2030年までにガソリン車200台をEVに
    - RE100とEV100に同時に参加している世界初の会社

日本の温暖化対策税

- 全化石燃料に対してCO2排出量に応じた税率（289円/CO2トン）を上乗せ
- 平成24年10月から施行し、３年半かけて税率を段階的に引上げ(平成28年４月に最終段階に到達)
- 石油石炭税の特例として、歳入をエネルギー特会に繰り入れ、我が国の温室効果ガスの９割を占めるエネルギー起源CO2排出抑制対策に充当。

CO2排出量1トン当たりの税率

段階施行

課税物件	本則税率	H24年10/1～	H26年4/1～	H28年4/1～
原油・石油製品 [1kℓ当たり]	(2,040円)	+250円 (2,290円)	+250円 (2,540円)	+260円 (2,800円)
ガス状炭化水素 [1t当たり]	(1,080円)	+260円 (1,340円)	+260円 (1600円)	+260円 (1,860円)
石炭 [1ｔ当たり]	(700円)	+220円 (920円)	+220円 (1,140円)	+230円 (1,370円)

（注）例えば、ガソリンの増税分760円を1ℓあたりで換算すると0.76円相当（平成28年4月～）となる。

税 収　H25年度：約900億円 / H26・H27年度：約1,700億円 / H28年度以降（平年）：約2,600億円

➡ 再生可能エネルギー大幅導入、省エネ対策の抜本強化等に活用　19

実効炭素価格の国際比較

- 日本の実効炭素価格をみると、道路輸送部門では諸外国と比べて中位程度であるが、産業部門では低い水準にある。

(注) 税及びETSそれぞれ課税対象が異なる国が複数あるが、ここではすべてを合計した最も高い実効炭素価格を採用している。図の値は国レベルの価格のみを表み、地方レベルの価格は含まない。
(出典) OECD (2016) 「Effective Carbon Rates」よりみずほ情報総研作成。

26

53

ご清聴ありがとうございました。
Thank you so much for your attention.

高村ゆかり（Yukari TAKAMURA）
e-mail：takamura.yukari@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

韓国の脱炭素社会に向けての制度

広島修道大学
羅星仁

温室効果ガス排出関連指標(1990-2013)

	1990	2000	2010	2011	2012	2013	1990年比 増減率（%）	2012比 増減率（%）
総排出量 （百万トンCO2）	292.3	498.8	653.1	680.6	684.3	694.5	137.6	1.5
GDP （千億WON）	3,690	6,946	10,437	10,821	11,042	11,349	207.6	2.8
人口 （千名）	42,869	47,008	49,410	49,779	50,004	50,220	17.1	0.4
一人当たり総排出量 （トンCO2/人）	6.8	10.6	13.2	13.7	13.7	13.8	102.9	1.1
GDP当たり総排出量 （トンCO2/10億 WON）	792.1	718.1	625.7	629.0	619.7	612.0	-22.7	-1.2

出所：温室効果ガス総合情報センター（2015）「2015年国家温室効果ガスインベントリー報告書」

輸入依存度：95.7%（2013年）
石油依存度：25.2%（2013年）
エネルギー消費量の年平均増加率：7.82%（1980-2000）、2.74%（2000-2013）

2017/12/23 2

部門別温室効果ガス排出量

- 産業部門
  - 42%（1990）から54%（2012）へと増加
  - 年平均（1990-2012）5.2%増加：製造業の成長
  - 直接排出（年平均4.3%）よりも間接排出量（年平均8.3%）の増加：電気・電子、自動車など組立産業の成長にともなう電力消費の増加
- 発電部門
  - 年平均9.1%増加：低い電気料金、産業構造の変化など
  - 石炭発電の増加

脱炭素社会へ向けての動き

1.2030温室効果ガス削減基本ロードマップ（2016）

2.気候変動対応のための基本計画（2016）

3.2050長期低炭素発展戦略（2018）

1.2030年温室効果ガス削減基本ロードマップ

	排出量（百万トン）	削減量（百万トン）	削減率（%）	
			部門BAU比	国家BAU比
発電	333	64.5	19.4	7.6
産業	481	56.4	11.7	6.6
建物	197.2	35.8	18.1	4.2
エネルギー新産業	-	28.2	-	3.3
運輸	105.2	25.9	24.6	3.0
公共・その他	21	3.6	17.3	0.4
廃棄物	15.5	3.6	23.0	0.4
農業・畜産	20.7	1	4.8	0.1
国内削減	851	219	25.7	
国外削減	851	96	11.3%	

2.気候変動対応のための基本計画（2016）

- 推進戦略および方向
  - エネルギー多消費から低炭素経済体制への転換
  - 気候変動対策から新産業の育成を通じて国際競争力の強化、新再生可能エネルギーの普及、エネルギー新産業の育成、エネルギー効率向上、吸収源の拡大、炭素市場の活用などの経済的な手段の活用、気候変動防止のための技術開発
  - 気候変動ガバナンスの構築（中央政府と地方政府、政府と企業、国民の参加など）
  - 温室効果ガス削減だけではなく、適応への取り組みの重要性など

韓国の温室ガス削減対策（産業部門）

- 温室効果ガスエネルギー目標管理制度（2010年～）
  - エネルギー多消費業者の中でETSに参加していない企業が対象
  - 年間2万トン以上排出業者
  - 2016年基準で346業者が対象
- 排出権取引制度（ETS、2015年～）
  - 直近3年間の年平均温室効果ガス排出量が125千トン以上の業者、または25千トン以上の事業所を保有する業者が対象
  - 23業種、566業者が対象

韓国の温室ガス削減対策（非産業部門）

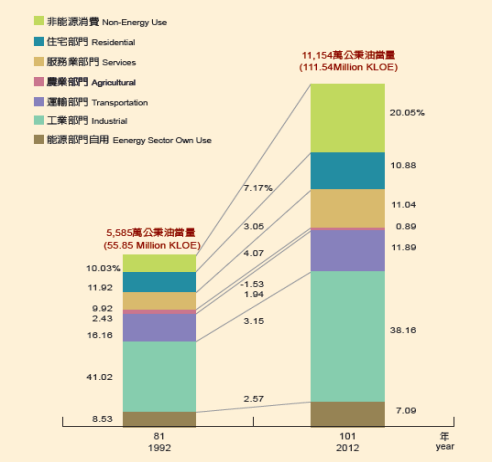
- 運輸部門
  - 自動車燃費および温室効果ガス規制
    - 140g(CO2)/km以下、17Km/L以上
    - 10人以下乗用車
    - 2012年から2015年まで段階的に適用
    - 2012年から製造メーカーへの罰金制度
- 家庭・商業部門
  - グリーン建物等級制度
    - 床面積500m^2以上の建物が対象
  - 家電製品の省エネ目標
  - グリーンホーム供給（200万）
  - 炭素ポイント制度

課題

- 2030年目標の設定
- エネルギー供給から需要管理へ
- 電力市場および価額の問題
- 温室効果ガス削減対策と経済政策の調和
- 気候変動への適応

台湾の脱炭素社会に向けての制度改革

陳 禮俊
山口大学経済学部
Tel/Fax: +81-933-5526
lichun@yamaguchi-u.ac.jp



要旨

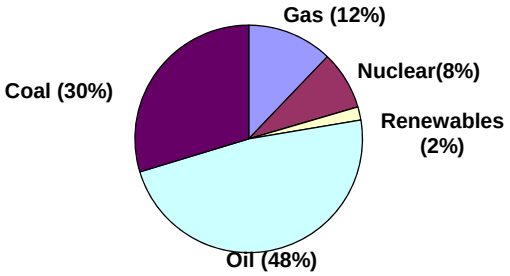
- エネルギー概況
- エネルギー政策
- 再生可能なエネルギー概況
- グリーン・エネルギー発展
- 低炭素技術応用
- 要約

エネルギー供給

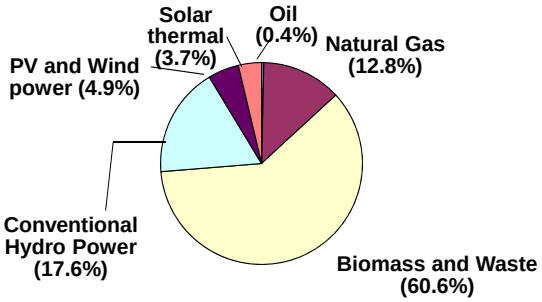
輸入に高く依存する

- エネルギーの約98% は輸入に依存し、化石燃料は高い割合を占めている。
- 国内産エネルギーの約87%は再生可能なエネルギーである。

Total Primary Energy Supply (2015)
145 Million KLOE



Indigenous Energy Supply (2015)
3 Million KLOE

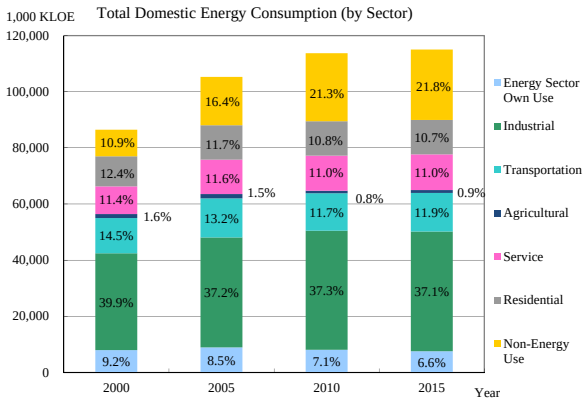


•Source: Bureau of Energy MOEA (2016) "*Energy Statistics Handbook* ".

エネルギー消費

- 2015年度のエネルギー消費は115 MKLOE（百万石油換算トン）で, 工業部門は 37% , 輸送部門は12% を占めている。
- サービス部門と潤沢部門のエネルギー消費は年々増え、両部門はともに11%を占めている。
- 非エネルギー消費は22%を占めている。

Energy Consumption by Sector (2015)



Source: Bureau of Energy MOEA (2016) "*Energy Statistics Handbook* ".

台湾のエネルギー政策

- 台湾は1973年にエネルギー政策を公表し執行してきた。1990年に3回目の改正、初めて国内石油市場の自由化を実施した。
- 1998年と2005年にエネルギー政策白書を、2007年にエネルギー技術研究開発白書を、2008年に持続可能なエネルギー技術計画をそれぞれ公表したほか、2010年と2012年に、エネルギー産業技術白書を頒布した。
- 2016年5月に政権交代（DPP政権）を受け、脱原発を宣言し、2005年をベースラインに温室効果ガスを20%削減する目標を掲げている。
- 現在の電源構成の内、約16%の原子力発電をすべて廃止、20GW の再生可能なエネルギーの設備投資をもって、電源構成の20%を再生可能なエネルギーで代替する。

再生可能なエネルギー概況

- 2015年の再生可能エネルギー設備導入量は4,409 MW である。
- 2030年の再生可能エネルギー設備導入量の目標17,250 MWである。

台湾の再生可能なエネルギー政策（MW）

	2015年	2020年	2025年	2030年
水力	2,089	2,100	2,150	2,200
風力	737	1,720	3,200	5,200
太陽光	842	3,615	6,200	8,700
バイオマス	741	768	813	950
地熱		100	150	200
合　計	4,409	8,303	12,513	17,250

Source: Bureau of Energy MOEA (2016) "Energy Statistics Handbook ".

FIT（Feed-in Tariffs）のメカニズム

- 再生可能なエネルギーの購入価格は、技術発展、費用変動及び目標達成度等の要素に基づき、毎年に直す。
- 再生可能なエネルギーの購入価格は、国内石油火力発電の平均費用を上回らなければならない。
- 太陽光発電の電力の購入価格の算出は装置導入完成日に基づき、その他は電力購入協定（ Purchasing Agreement (PPA) ）の署名日に基づく（20年間契約）。
- エネルギー局（BOE）は毎年太陽光発電のクオータを公表する。設備導入規模 > 30 kWは競売で購入価格を決める。より競争的な価格を提示できる業者は優先的に購入する。

FIT の購入価格 (2015)

- 20年間有効で（太陽光発電を除く）
- 2015年1月1日～ 2015年12月31日

Unit: US ¢/kWh

Item	Type	Capacity (kW)	Period 1	Period 2
PV	Roof type	≧1 ~ <20	22.14	21.52
		≧ 20 ~ < 100	18.51	17.99
		≧ 100 ~ < 500	17.30	16.82
		≧ 500	16.75	16.30
	Ground type	≧1	15.76	15.33
風力	Onshore	≧ 1 ~ < 10	27.12	
		≧ 10	8.78 (with LVRT)	
	Offshore		18.52	
水力	Stream-Type		8.50	
地熱			15.91	
バイオマス	No biogas eqip.		8.50	
	With biogas eqip.		10.90	
RDF			9.11	
その他			8.50	

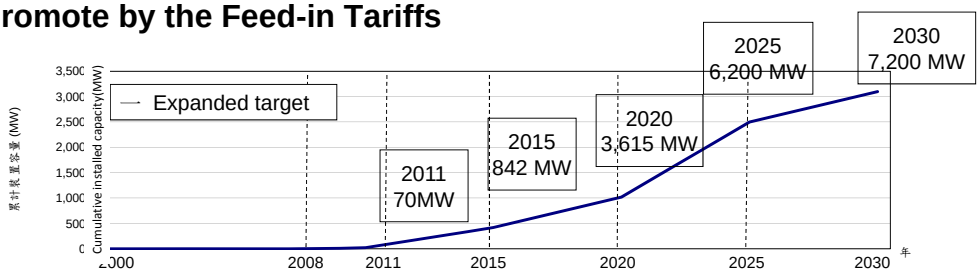
Exchange rate: USD 1 = NTD 31

Source: Bureau of Energy MOEA (2015) "*Renewable Energy Promotion Policies in Taiwan*"

「Million Solar Roofs 」プログラム

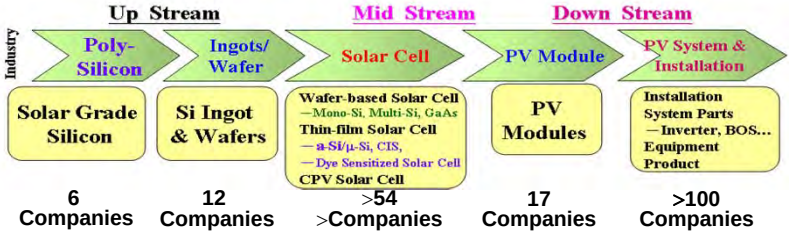
- 目標 – 2030年までに太陽光発電設備 7,200 MW を導入する。
  - **屋上タイプ（6,900 MW）**：Million unit solar roof (per 3 kW) ；3.3 million ×3 kW = 6,900 MW.
  - **地上タイプ（300 MW）**：Installing the capacity of about 300MW.
- 戦略 - slow to fast / ground after roof
  - **Promote by the Feed-in Tariffs**

Tainan Tzu primary and secondary solar roof



太陽光発電産業の発展

- Technology R&D: Si Base, DSSC, CIGS, CZTS /BOE, MOEA Programs
- Establish Solar Cell Calibration and Characterization Laboratory, SCCL
- Industry Incubator: Open-lab, Technology Training/Transfer, Spin-off/Spin-in
- 1/3 CEO/Top Manager/ Chief Engineer are from ITRI.



- Developing high-efficiency with low-cost technology is the key strategy to Increase our competitiveness

「Thousand Wind Turbines」プログラム

- 目標 –2030年までに風力発電設備 5,200 MW を導入する。
  - 陸上: Develop excellent wind farms first, and then develop secondary wind farms before 2020
    - Install 1,150 MW before 2020, develop 500 MW secondary wind farms after 2015, there will be total 2,800 MW in 2030 (about 1,050 wind turbines).
  - 洋上: Develop shallow-water area first, and then develop deep-water area before 2020
    - Complete the first demonstration offshore wind farm of Taiwan before 2015; develop 600 MW shallow-water wind farms in 2020 (120 wind turbines).
    - Develop wind farm in business scale during 2021-2030 (total 2,400 MW, about 720 wind turbines in 10 years).
- 戦略
  - Demonstration Incentives for offshore wind power systems.
  - To establish inter-ministerial coordination mechanism.

Dayuan Guanyin wind farm

Simulated image of an offshore wind farm

洋上風力発電産業の推進体制

- Execute BOE R&D and Demo Program
- Seek ICP international Cooperation
- Promote Alliance Industry

Offshore Wind Power

Short-term (Pilot/Demonstration) Technology Transfer → **Mid-term** Co-development and co-construction → **Long-term** Taiwan industry

International Collaboration

ex. MECAL and DWD
- Off-shore wind turbine design
- Key components
- Integrated system and control

ex. ECN (Holland)
-Typhoon-resisted design turbine
-Cost analysis

ITRI's Development :
- Wind turbine system development
- Winder farm evaluation
- Grid/Storage

Industry Alliance
TECO (System)
CSC (Steel Plate)
CSMC (Tower)
TECO (Generator)
FHI (Gear Box)

Tai-Power Grid

要約

- 本報告は台湾のエネルギー及び再生可能なエネルギー政策の概要をまとめた持続可能の発展の目標を達成するため、台湾は厳しいエネルギー変換に迫られている。
- 再生可能なエネルギー政策の目標を達成するため、エネルギー・電源構成を積極的に変換し、“Thousand Wind Turbines”プログラム、“Million Solar Roofs”プログラム及びその他の再生可能なエネルギー産業・技術の発展を支援する。2030年までに17,250 MW の設備導入、そして電源構成に再生可能なエネルギーは20%を占める目標である。
- 台湾の低炭素技術はまたまた発展の可能性があると思われている。

References

- Bureau of Energy Ministry of Economic Affairs (2015) “Renewable Energy Promotion Policies in Taiwan”.
- Ching-Ter Chang & Hsing-Chen Lee (2016) “Taiwan's renewable energy strategy and energy-intensive industrial policy”, Renewable and Sustainable Energy Reviews , Vol.64, pp.456–465, Elsevier.
- Clean Energy Solutions Center (2015) “The Next Generation of Renewable Electricity Policy How Rapid Change is Breaking Down Conventional Policy Categories”.
- Dinçer F. (2011) “The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy”, .Renewable and Sustainable Energy Review, Vol.15, pp713–20, Elsevier .
- Lin Y. J. (2009) “New opportunities for biomass utilization in Taiwan”, USA: World Forest Institute.
- Jenn Jiang Hwang (2010) “Promotional policy for renewable energy development in Taiwan”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 14, pp.1079–1087, Elsevier.
- RENT 21 (2017) “Renewables 2017 Global Status Report”.