

京都大学再エネ講座公開研究会

2021年9月27日

日本の2050年カーボンニュートラルに向けた脱炭素政策デザインと経済及び電源構成への影響

-E3MEマクロ計量経済モデルを用いた分析-

李 秀澈 (名城大学)

slee@meijo-u.ac.jp

何彦旻(追手門学院大学)・昔宣希(長崎大学)・諸富徹(京都大学)

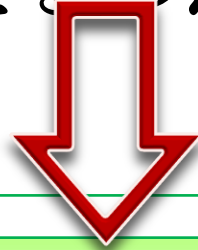
Unnada Chewpreecha(Cambridge Econometrics)

本報告の概要と背景



本報告の概要

- 日本の2050年カーボンニュートラル達成のために必要な**政策パッケージの設定**と、その政策パッケージが現実の政策として実施された場合**日本マクロ経済と電源構成にどのような影響**を与えるのかをマクロ計量経済モデルにより定量的に推定



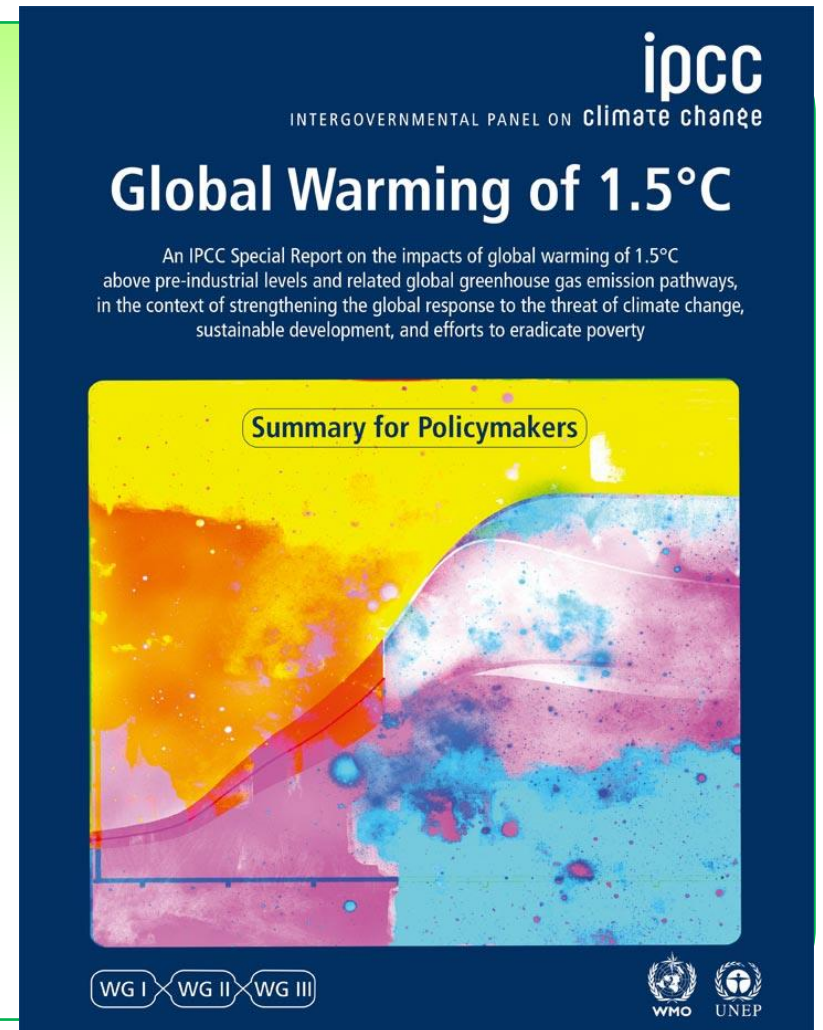
- 定量的に推定するためのツールとして、本研究では**E3ME (Energy-Environment-Economy Macro Econometrics) モデル**を用いる。

⇒2050年カーボンニュートラル達成に必要な政策手段、すなわち、カーボンプライシング・規制・補助金の政策パッケージを**基本政策シナリオとして設定し**、その政策シナリオが実施された場合、2050年までの日本のGDP、雇用、貿易などマクロ経済への影響と、電源構成に与える影響を推定する。

IPCC(2018)の「1.5°C特別報告書」



- 世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して、2°C未満に抑えるためには、2075年頃には脱炭素化する必要があり、さらに努力目標である**1.5°Cに抑えるためには、2050年に脱炭素化が必要**である。



世界のカーボンニュートラルの状況



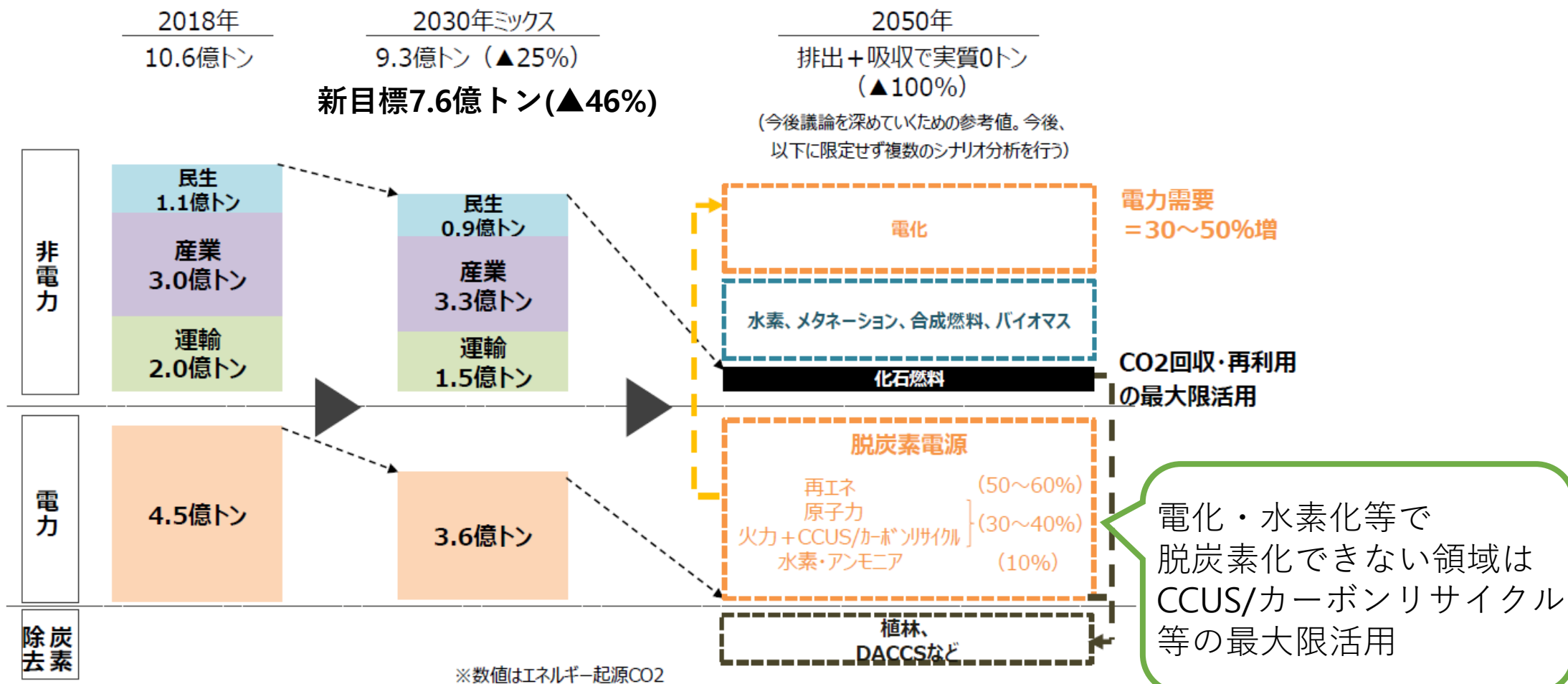
- Climate Ambition Allianceによれば2021年8月末基準で、**世界の121カ国・31地域、733自治体**が2050年に二酸化炭素の排出分と吸収分が同量になる「**カーボンニュートラル (Carbon Neutral)**」を宣言。
- EUは、2019年12月に「欧州グリーンディール (European Green Deal)」を公表し、2050年までにカーボンニュートラルを達成するためのロードマップを示し、さらに2020年3月に長期戦略を提出し「**2050年までに気候中立 (Climate Neutrality) 達成**」を明確化。
- イギリスは、**気候変動法 (2019年6月改正)**の中で、2050年カーボンニュートラルを規定。
- アメリカのバイデン大統領も、2035年の電力脱炭素の達成、2050年以前のネット排出ゼロを表明。

日中韓のカーボンニュートラル表明



- **中国の習近平主席**は、2020年9月の国連総会の演説で、2060年までにカーボンニュートラルを目指すと表明。
- **日本の菅義偉総理**は、10月26日就任後の所信表明演説で「2050年までに温室効果ガスの排出実質ゼロ（カーボンニュートラル）を目指す」と宣言。
- **韓国の文在寅大統領**も10月28日の国会施政方針演説で「2050年に国内の温室効果ガス排出をゼロにする目標を挙げる」と表明。

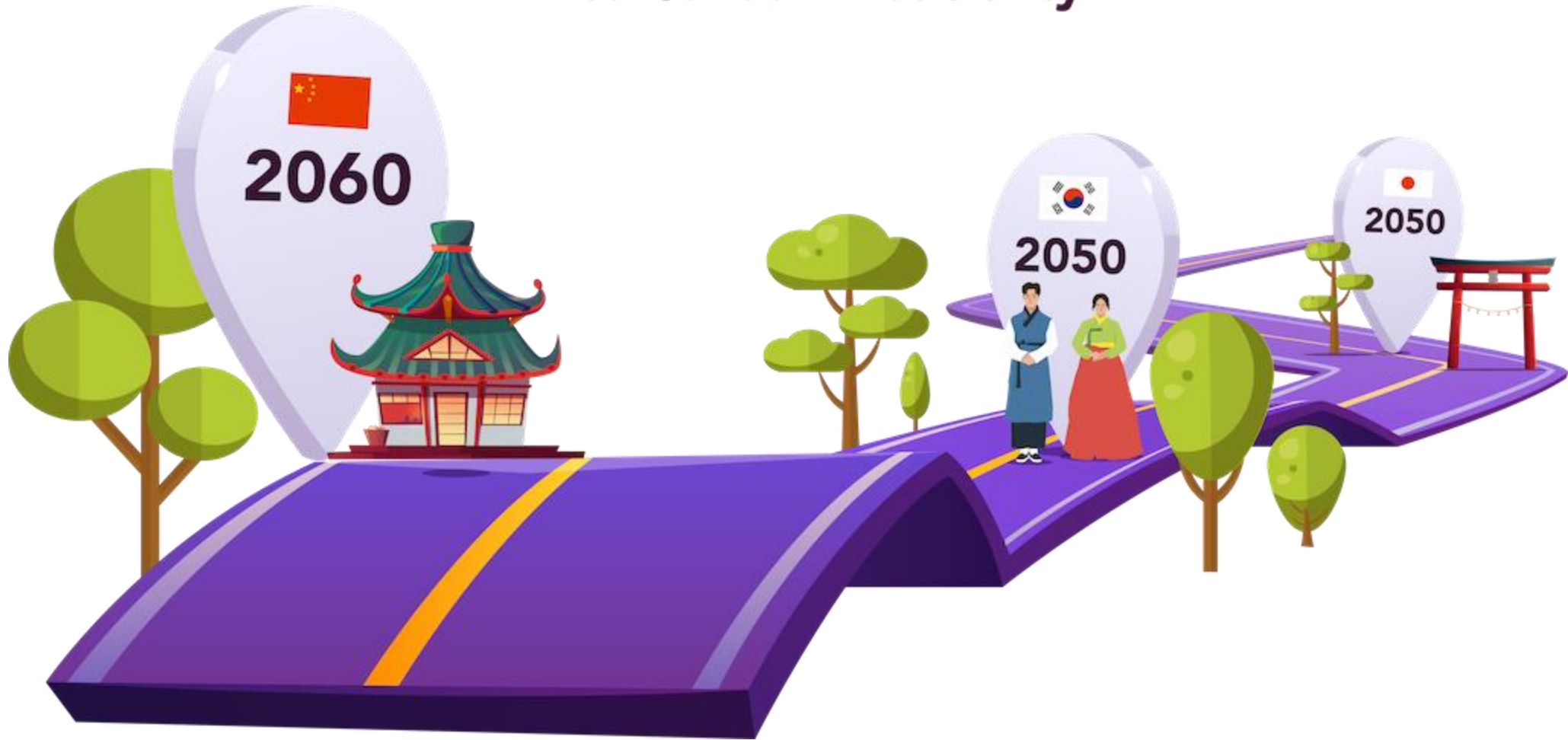
図表1.1 日本政府の「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」における部門別2050年カーボンニュートラルの勘定



注：数値はエネルギー起源二酸化炭素排出量

出所：内閣官房/成長戦略会議（2020）

East Asia's Race to Carbon Neutrality



Source: <https://futureneutral.com/south-korea-joins-china-japan-in-pledge-to-be-carbon-neutral/>



E3ME-FTTモデル

E3MEモデルの概要と特徴

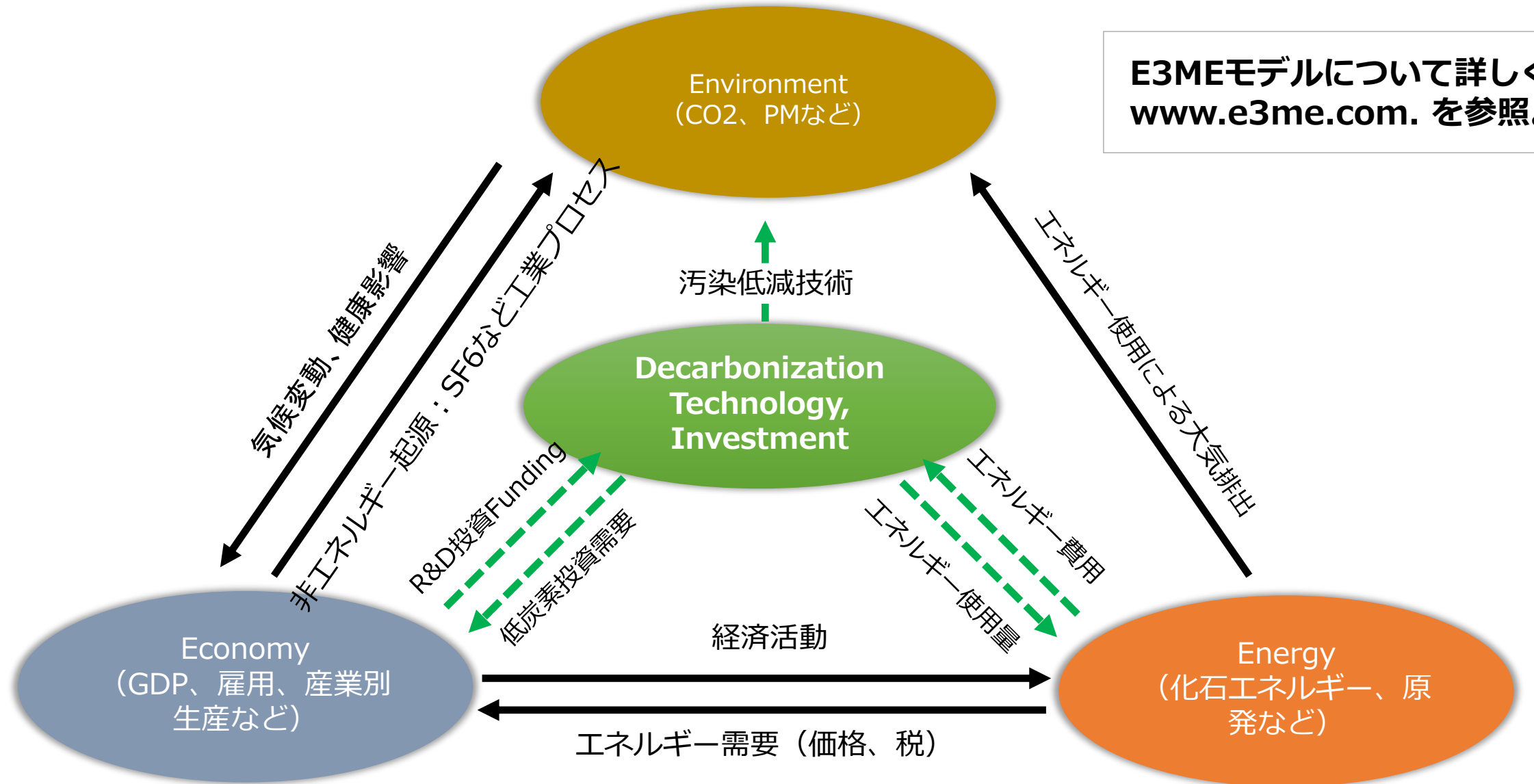
E3MEモデル（Energy-Environment-Economy Macro Econometrics Model : E3MGモデルの新バージョン）は、1970年代にケンブリッジ大学とケンブリッジエコノメトリックス研究所が開発したコンピュータベースの大規模グローバル計量経済モデルである。



- E3MEモデルは、**EU委員会**や**イギリス政府**などの**エネルギー・気候変動政策策定**に重用されてきたモデルであり、特に**IPCCの第4次報告書**では、マクロ計量経済モデルとしては唯一分析に採用されたモデルでもある。
- 2012年から日本の**東アジア環境政策研究会（www.reeps.org）**と共同開発により、アジアでも分析できるようになり、多数の論文、単行本が発表されている。
- E3MEモデルは、一般均衡モデル（CGE）などとは異なる経済理論に基づいており（たとえば、財政赤字、不完全雇用などが一般的であることと想定）、炭素税などカーボンプライシングにより炭素費用が上昇すると、**経済主体の低炭素技術革新や関連投資が経済に与える効果**が良く反映される特徴を有している。

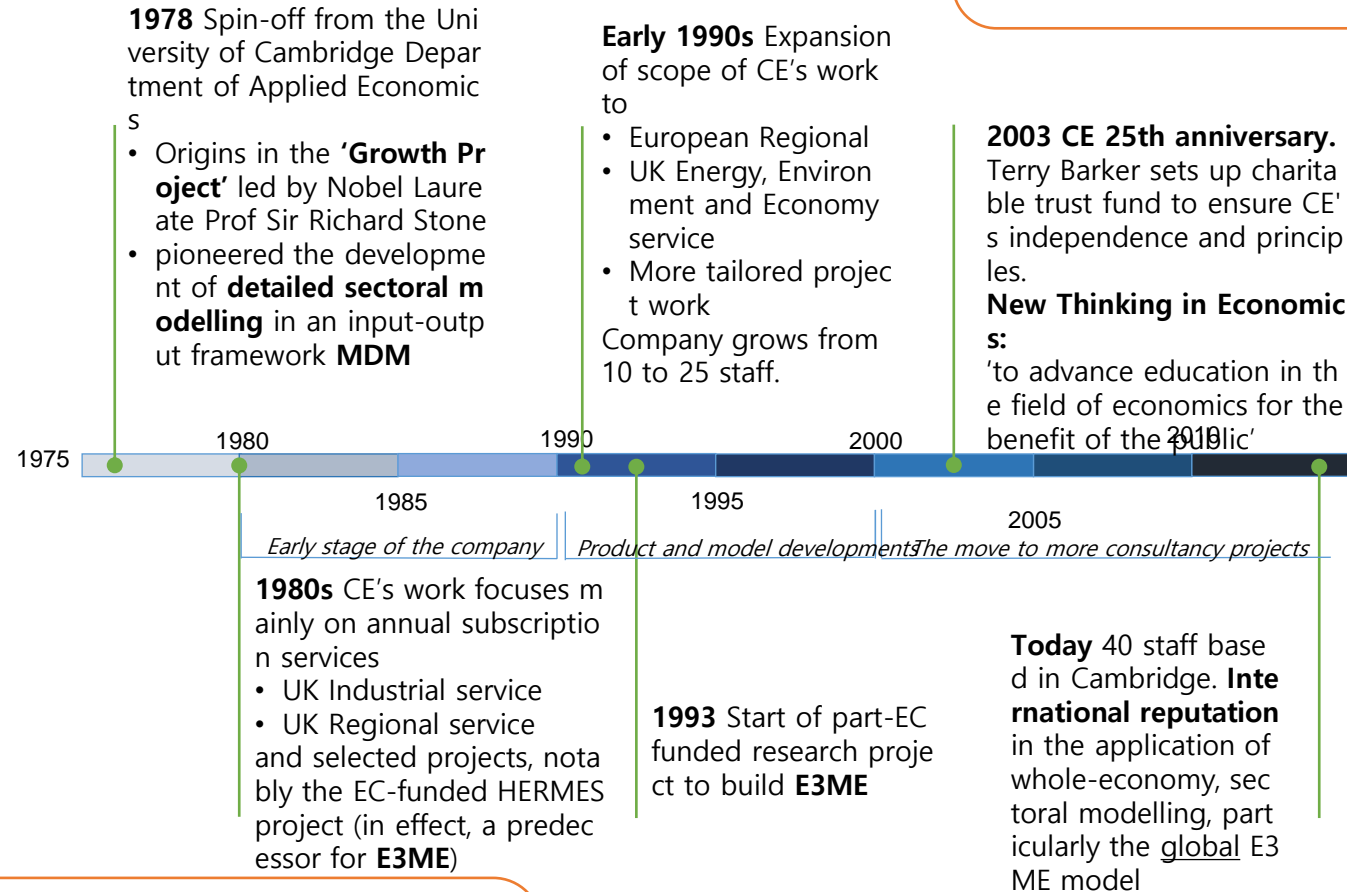
図表2.1 E3MEモデルの基本構造とメカニズム

E3MEモデルについて詳しくは、www.e3me.com. を参照。



History of E3ME

The E3ME model and its predecessors have been around since 1970s and it is one of the most well-known econometric models in Europe and recently globally.

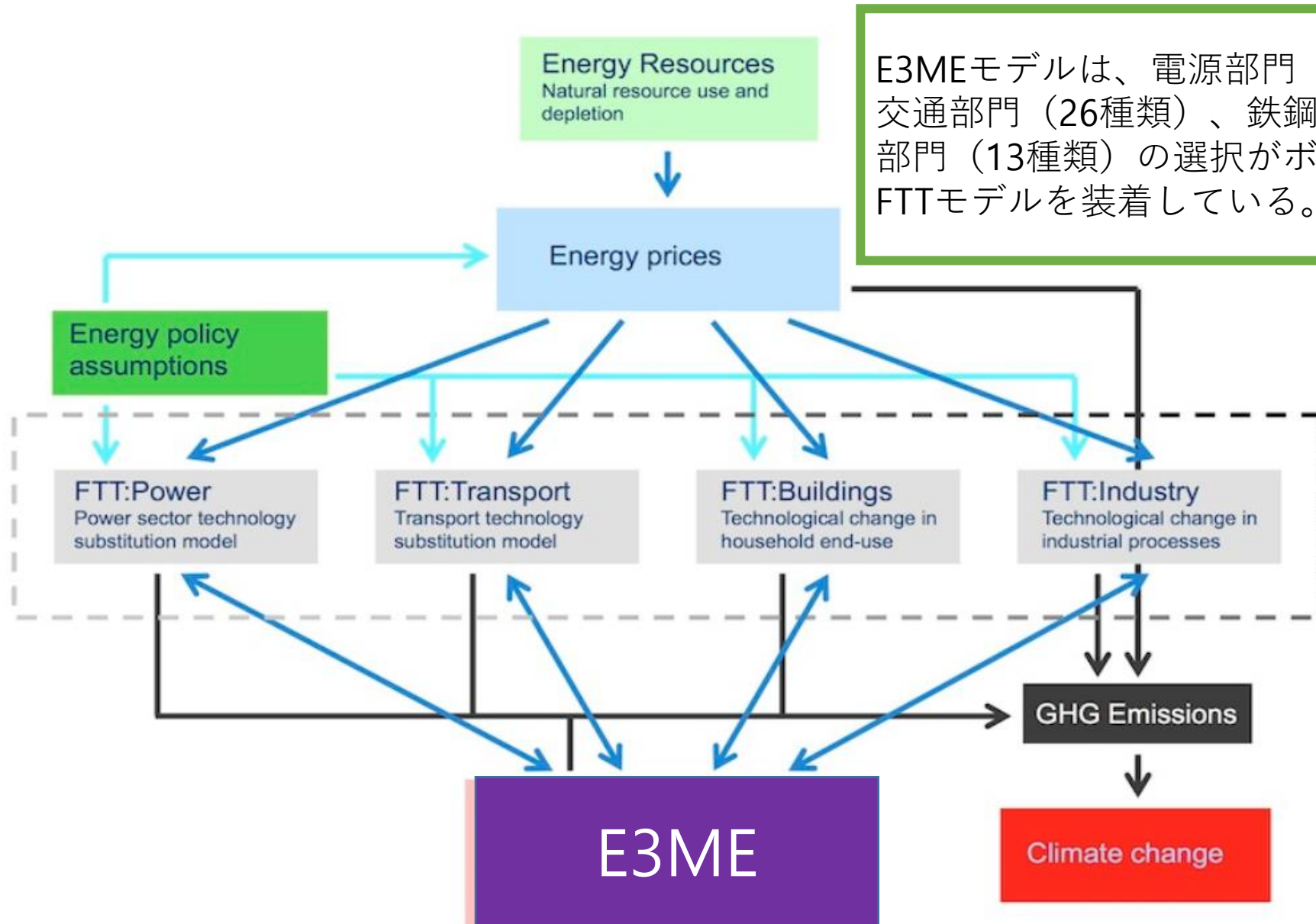


It is used for official analysis for the European Commission (including the recent Clean Energy Package and Climate and Energy Framework 2030).

E3MEモデル : Dimensions

- Econometric model
 - **cover world 62 regions**, including explicit representation of all G20 countries and all EU Member States. The model has recently been expanded to cover many **East Asia and South East Asia regions explicitly including Japan, China, Korea, Taiwan and Indonesia**. Other ASEAN countries are grouped together.
 - based on the system of national accounts
 - includes intermediate and all components of final demand
 - detailed treatment of the labor market
 - **22 stochastic equation sets**, also covering energy and prices
 - large sectoral disaggregation: **42 industries, 28 consumption** categories
 - **12 different fuel types**, and **22 separate fuel user groups**
 - **14 atmospheric emissions**
 - long and short-term specification
 - annual solutions to 2050
- For more details see www.e3memodel.com

図表2.2 The FTT family of E3ME

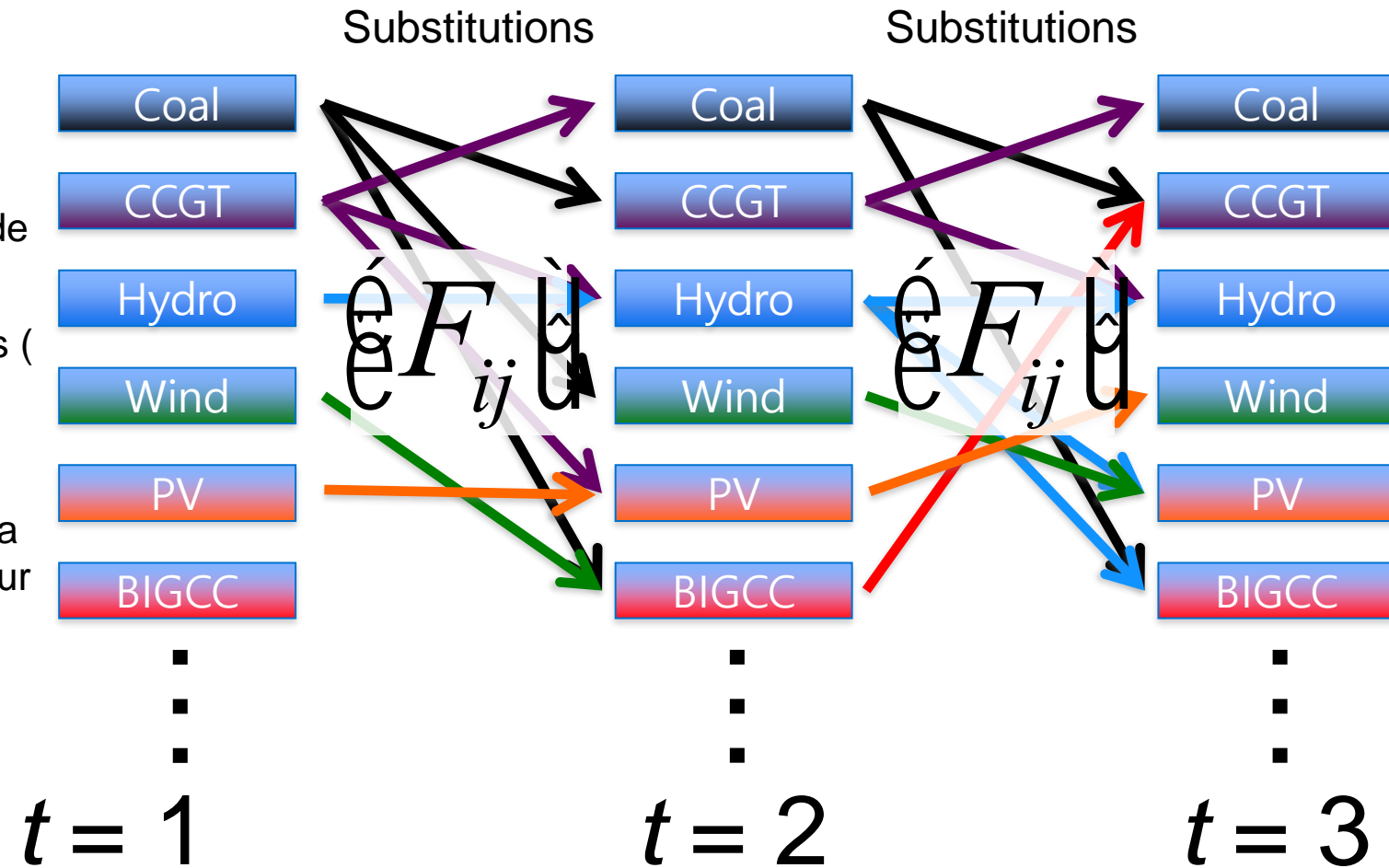


E3MEモデルは、電源部門（24technologies(種類)）、交通部門（26種類）、鉄鋼部門（26種類）、空調部門（13種類）の選択がボトムアップで決定されるFTTモデルを装着している。

图表2.3 FTT: Power Modeling technology substitution

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/generation)



图表2.4 Data input in FTT-Power (LCOE – IEA 2016)

From: IEA Projected costs of generating electricity

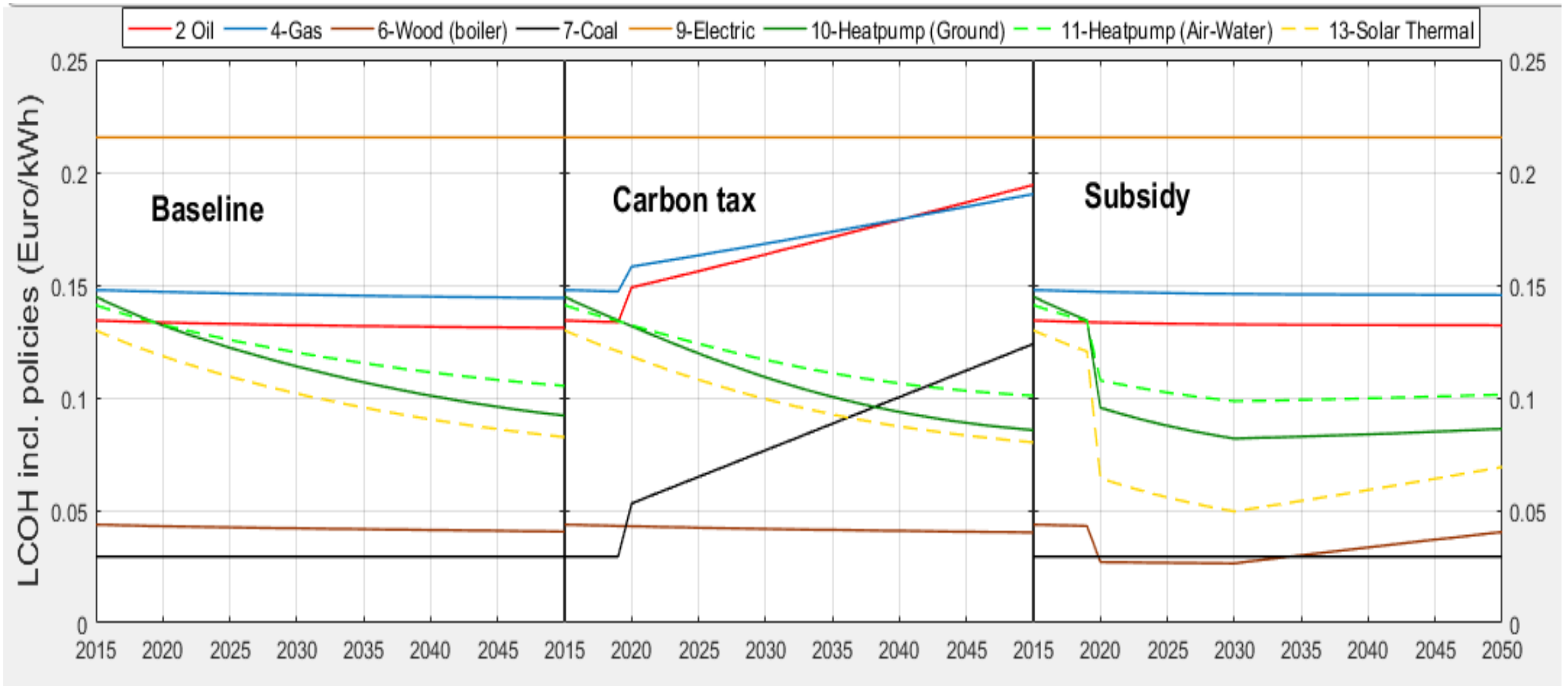
	p.103		p. 62-63				p.43													
	Discount rate		Rate increase price of carbon				Starting price of carbon (\$/t)				dD/D	15% Es/D:		1% Upeak/Utot		30% Us/Utot		1% Negative all		
	Carbon Costs	std	Overnight	std	Fuel	std	O&M	std	Lifetime	Lead Time	Load Factor	Type	LCOE	std	Fuel CO2	Efficiency	Emissions	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		
Solid 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		
Biogas	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		
Biogas + 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		
Small Hydro	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		
Small Hydro + 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		
Large 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 + CCS	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		
Wind SP	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		
HP	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		

Frequency Matrix $A_{ij} = 10/\text{lifetime} * 10/\text{BuildTime}$

1 GWh = 3600 GJ

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

図表2.5 Effect of policies on the levelized cost of the technologies

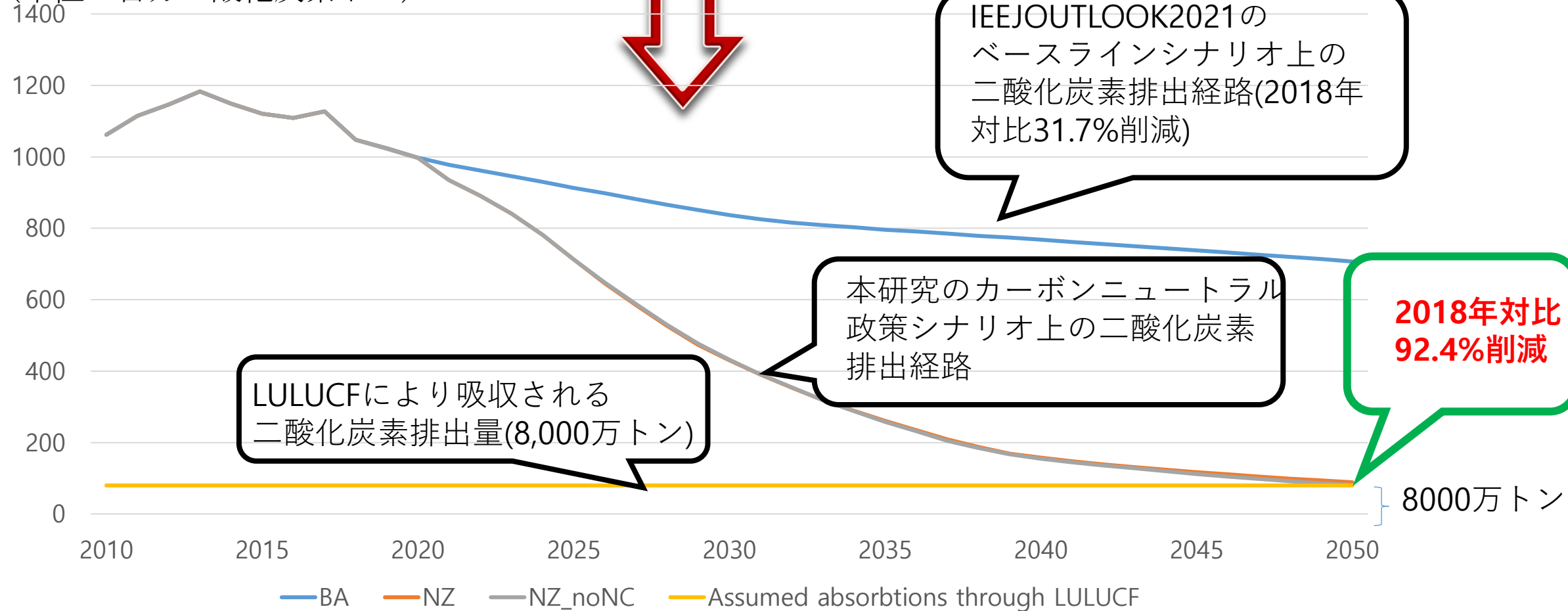




カーボンニュートラルに向けた脱炭素政策パッケージの設定

Step 1: Set the pathway of CO2 emission by 2040 to achieve carbon neutral

(単位：百万二酸化炭素トン)



注：BAはベースライン、NZは原発あり政策シナリオ、NZ_noNZは原発あり政策シナリオを意味。

出所：本研究による推定

Step 2: Define Baseline Scenarios and assumptions

- **Baseline – E3ME existing baseline (IEEJOUTLOOK2021)**
- Net Zero Scenario by 2050 with nuclear(13% share by IEEJOUTLOOK)
- Net Zero Scenario by 2050 without nuclear

Assumptions

- Include energy + processed CO2 emissions only
- Assuming remaining emissions can be absorbed by LULUCF
- No action in Rest of World
- Net Zero can be achieved via combination of decarbonization policies based on existing technologies in E3ME
- Allow for Biomass plus CCS technology
- Revenue neutrality (including policy costs and revenues), remaining amount used to reduce income tax, VAT, and social security contribution

ベースラインシナリオの設定(BA)



- 日本エネルギー経済研究所(IEEJ)の2020年版のOUTLOOK2021のレファレンスシナリオ(現在の政策基調などが維持された場合のケース)を採用
 - ➡日本の**GDP**は、2018年6兆1900億ドル(2010年不変価格)から**2050年までに年平均0.8%成長**し、2050年には7兆7440億ドルになることを予測
 - ➡**最終エネルギー消費**は2018年の283(石油換算Mt)から2050年には224(石油換算Mt)へ、**年平均0.8%減少**
 - ➡**電力消費**は2018年の**1050TWh**から2050年には**1082TWh**へ微増
 - ➡**再エネ発電**の割合は2018年**18.8%**から2050年には**34.4%**へ増大
 - ➡**二酸化炭素排出量**は、2050年には2018年対比**31.7%減少**

図表3.1 ベースラインシナリオ上の主要指標の見通し

指標	2018年	2030年	2040年	2050年
GDP(10億US\$,2010年価格)	6,190	6,693	7,234	7,744
最終エネルギー消費(百万toe)	283	263	244	224
発電量(TWh)	1,050	1,079	1,093	1,082(100.0)
(原発)	65	157	141	141(13.0)
(再エネ発電)	154	202	241.7	372(34.4)
(石炭火力)	339	291	289	262(24.2)
(ガス火力)	378	329	330	288(26.6)
二酸化炭素排出量(百万CO ₂ t)	1,081	940	852	738

出所： IEEJ OUTLOOK 2021(2020)

Step 3: Define Decarbonization Policies

●カーボンニュートラルは、経済主体（**発電部門・産業部門・交通部門・ビル・家庭部門**）の脱炭素行動や技術革新を効果的に誘導できる多様な脱炭素政策のポリシーミックスとしての施行が必要不可欠

⇒ **カーボンプライシング**

（炭素税）

⇒ **低・脱炭素補助金**

（カーボンプライシングの税収活用）

⇒ **規制・基準**

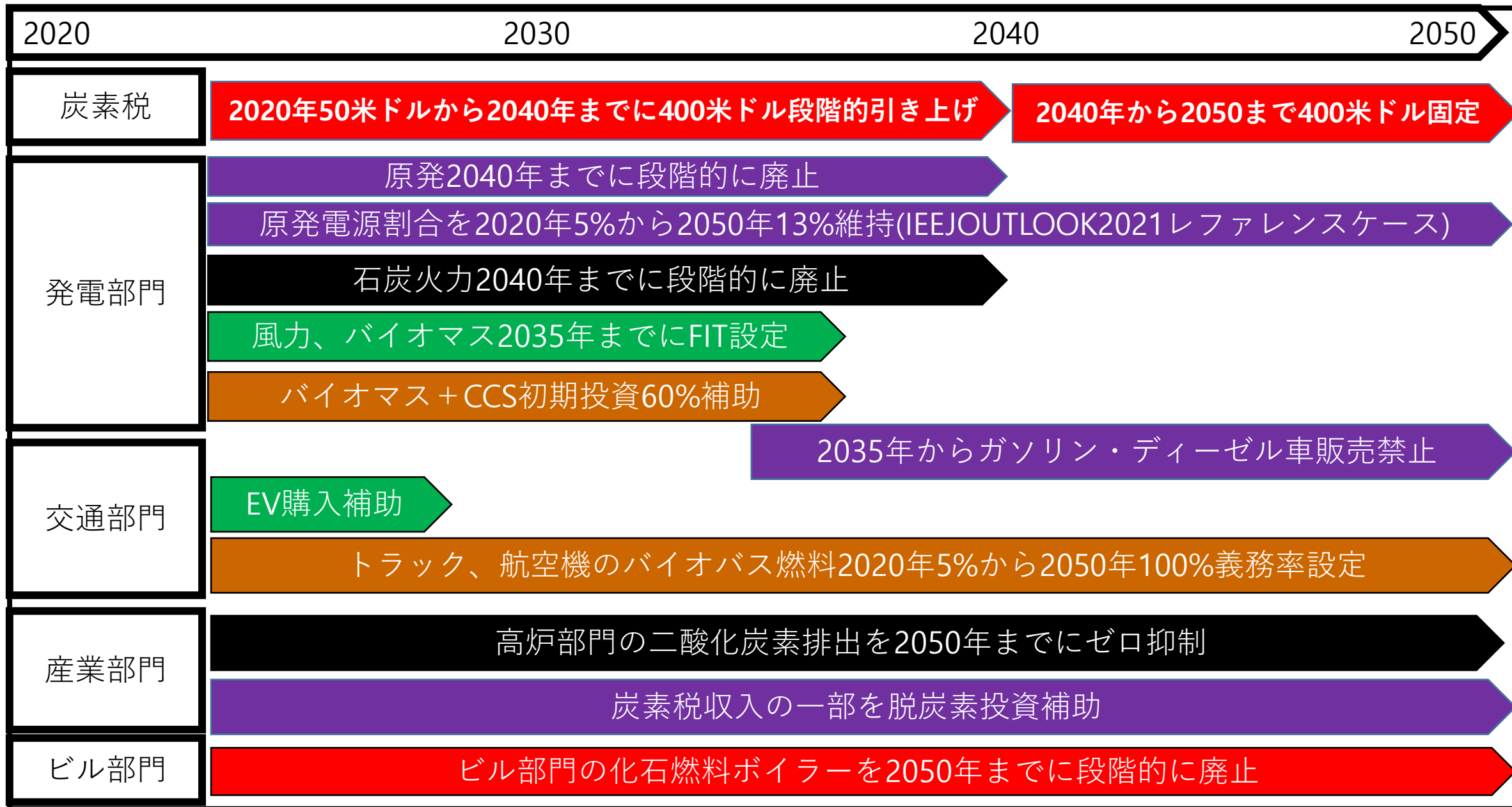
（石炭火力の廃止、内燃機関自動車販売規制・biofuel mandate）

図表3.2 政策パッケージ設定の詳細

設定項目		シナリオ設定内容	備考
炭素税 Carbon tax		○税率は2021年に50米ドル/CO ₂ ・tから比例的に増加し、2040年には400米ドル/CO ₂ ・tになるように設定。2041年から2050年までには、400米ドル/CO ₂ ・tを維持。	○炭素税収は、税収中立に基づき、低炭素投資、FIT、火力発電フェーズアウトに伴う費用に充当
発電部門 Power	原子力発電	○OUTLOOK2021のレファレンスシナリオ ○2040年フェーズアウト	○2050年電源割合：13% ○2040年電源割合：ゼロ
	石炭火力	○2040年にフェーズアウト	○2040年電源割合：ゼロ
	再エネ発電	○2021年～2035年に、風力、バイオマス発電にFITを適用 ○バイオマス+CCSは、スタートアップ電源として補助政策を採用	○太陽光はFITを設定しない ○2030年までに初期投資の60%を補助
交通部門 Transport	乗用車販売	○2035年からガソリン・ディーゼル車販売規制	○ハイブリッド車は販売維持
	EV補助金	○2025年までに車両購入補助金維持	○蓄電容量ベースに8,000～13,000米ドルを補助
	Bio-fuel mandate	○貨物自動車と航空機の燃料にバイオ燃料義務率を設定	○2021年に5%から徐々に増やし、2050年に100%を設定
産業部門（鉄鋼）		○2050年までに高炉からの排出をゼロとする	●1.55億トン(産業の40%)
ビルのボイラーboiler		○2050年までに化石燃料のボイラーをフェーズアウトする	

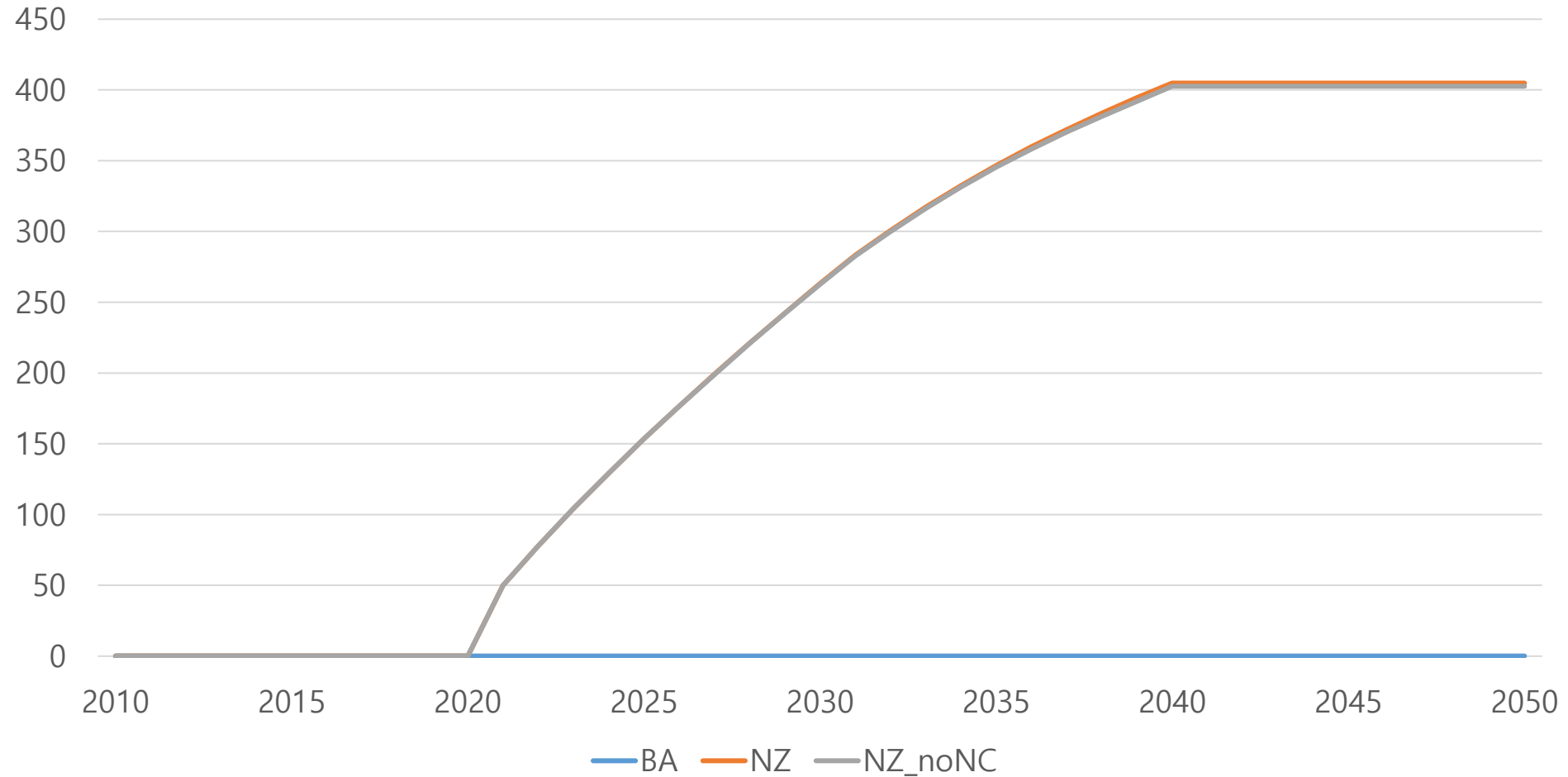
出所：本研究の設定による

図表3.3 カーボンニュートラルに向けた脱炭素政策パッケージ設定



図表3.4 炭素税の設定

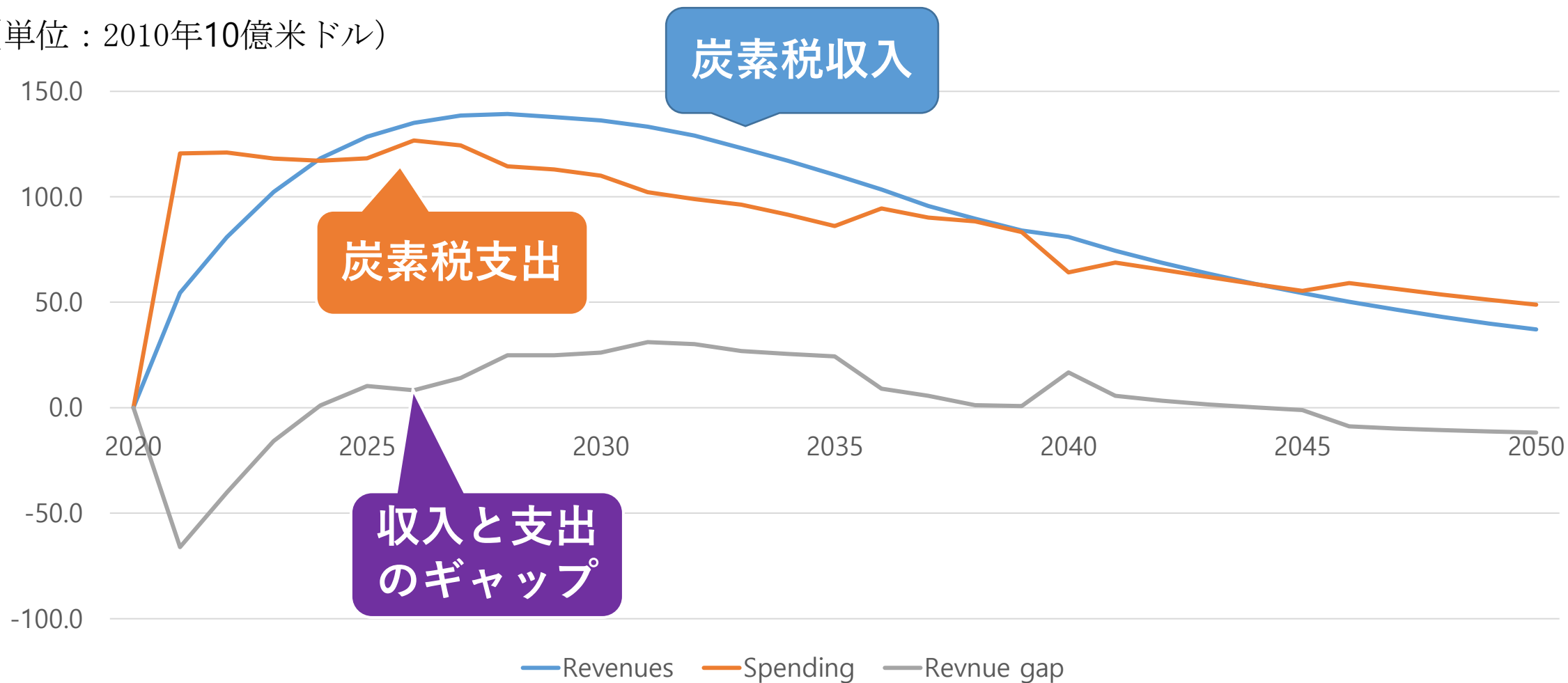
(単位：2010年米ドル)



出所：本研究のE3MEの推定による

図表3.5 炭素税収入と支出のシミュレーション

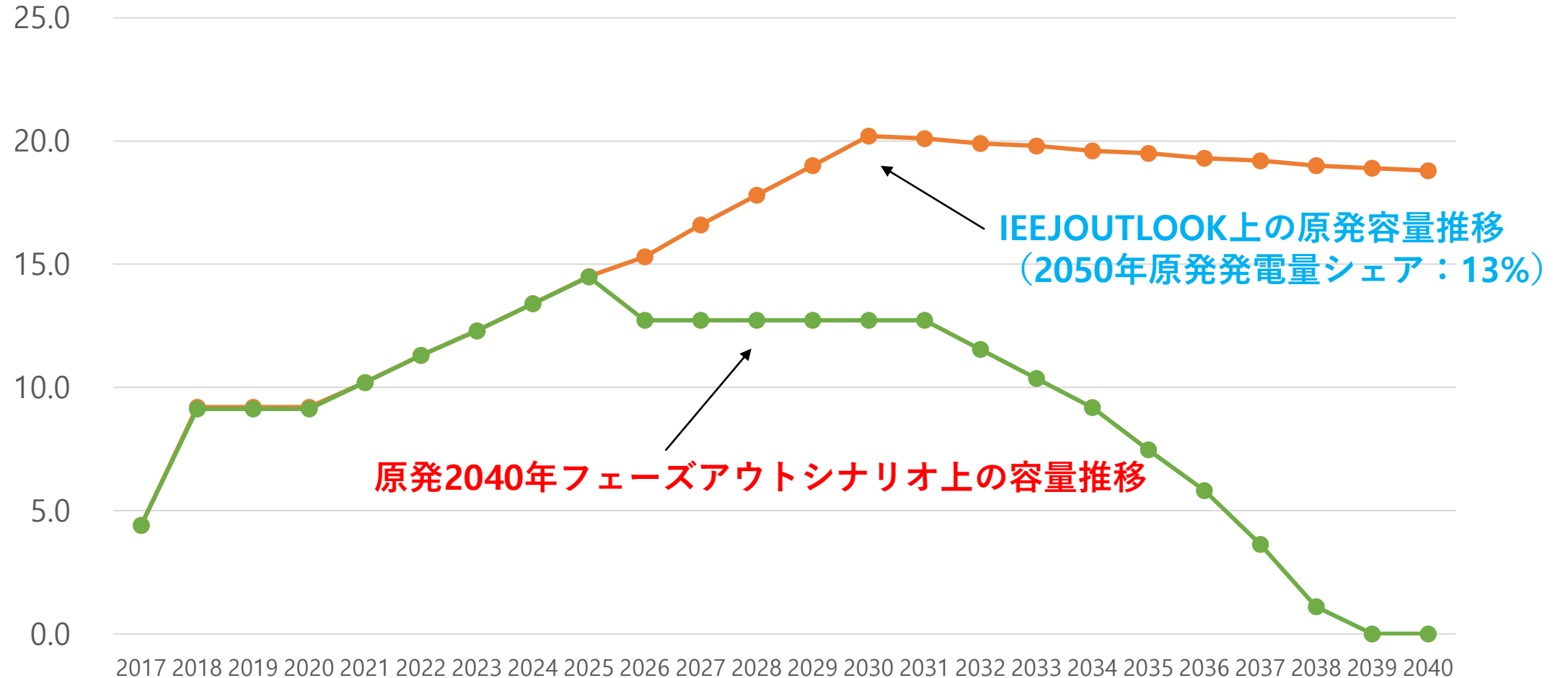
(単位：2010年10億米ドル)



出所：本研究のE3MEの推定による

図表3.6 原発の政策シナリオ設定

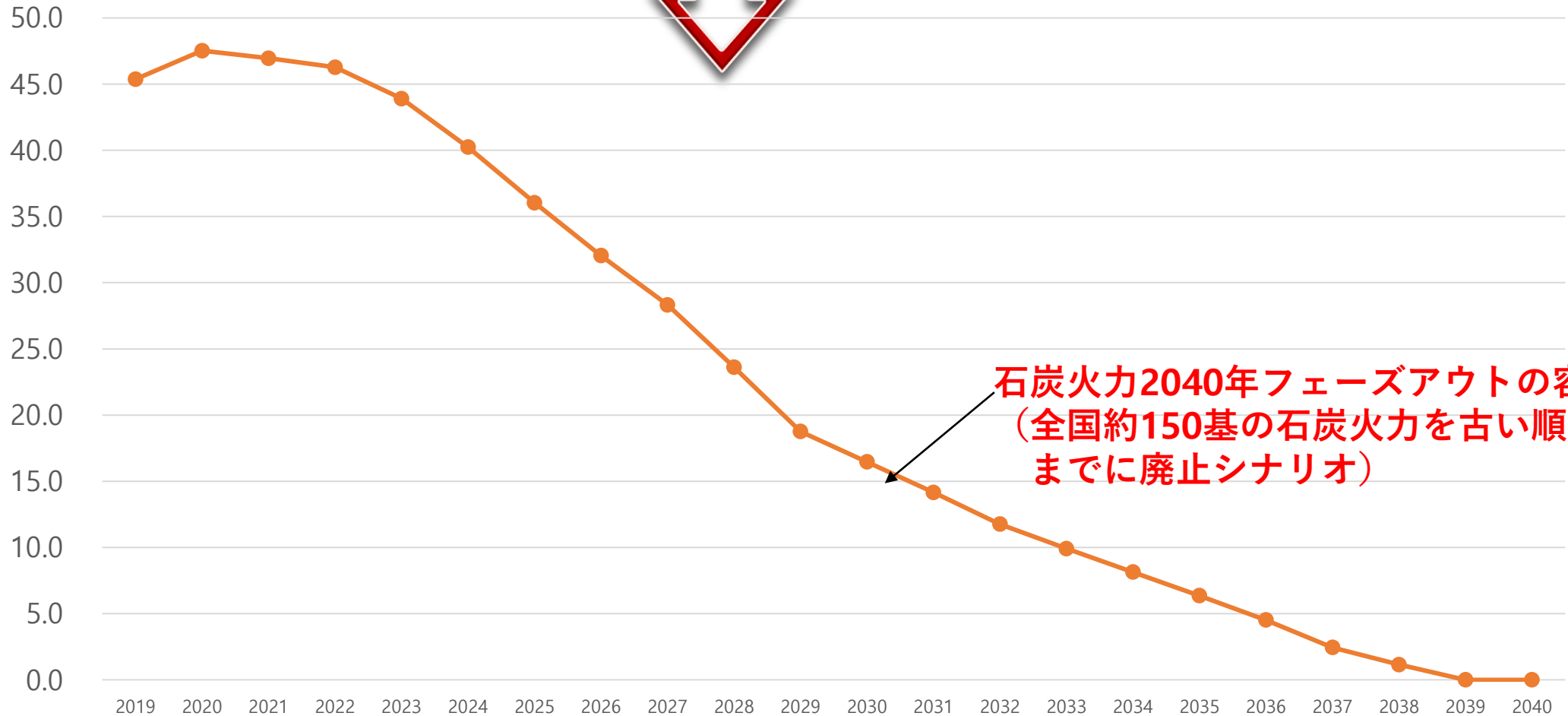
(単位:GW)



出所：本研究による設定

図表3.7 2040年石炭火力フェーズアウトの経路

(単位: GW)



出所：本研究による設定

Step 4: Calibrate E3ME Baseline for Japan to IEEJOUTLOOK2021

付表



付表24 | 日本[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2018	2030	2040	2050	1990/2018	2018/2030	2030/2050	1990/2018	2018/2030	2030/2050	
合計 ¹	345	439	518	426	406	377	347	100	100	100	-0.1	-0.4	-0.8	-0.6
石炭	60	77	97	114	98	90	76	17	27	22	1.4	-1.3	-1.2	-1.3
石油	234	250	255	166	137	118	104	57	39	30	-1.5	-1.6	-1.4	-1.5
天然ガス	21	44	66	97	89	85	74	10	23	21	2.9	-0.7	-0.9	-0.9
原子力	22	53	84	17	41	37	37	12	4.0	11	-4.0	7.6	-0.6	2.4
水力	7.6	7.6	7.2	7.0	7.8	8.1	8.1	1.7	1.6	2.3	-0.3	1.0	0.2	0.5
地熱	0.8	1.6	3.1	2.3	5.3	8.4	11	0.4	0.5	3.1	1.4	7.2	3.7	5.0
太陽光・風力等	-	1.2	0.8	6.3	9.2	12	16	0.3	1.5	4.7	6.2	3.2	2.9	3.0
バイオマス・廃棄物	-	4.6	5.4	16	19	20	20	1.0	3.7	5.9	4.6	1.3	0.5	0.8

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2018	2030	2040	2050	1990/2018	2018/2030	2030/2050	1990/2018	2018/2030	2030/2050	
合計	236	292	337	283	263	244	224	100	100	100	-0.1	-0.6	-0.8	-0.7
産業	91	108	104	82	77	71	64	37	29	28	-1.0	-0.6	-0.9	-0.8
運輸	54	72	89	71	60	52	46	25	25	20	-0.1	-1.4	-1.3	-1.3
住宅・農業他	58	78	108	96	94	89	84	27	34	37	0.7	-0.2	-0.6	-0.4
非エネルギー消費	32	34	37	34	33	32	31	12	12	14	0.0	-0.3	-0.4	0.3
石炭	25	27	21	21	19	16	14	9.3	7.5	6.1	-0.9	-1.0	-1.5	-1.3
石油	160	182	207	144	123	107	95	62	51	42	-0.8	-1.3	-1.3	-1.3
天然ガス	5.8	14	21	29	31	29	26	4.7	10	11	2.7	6.4	-0.9	-0.4
電力	44	66	84	81	84	85	84	22	29	38	0.8	0.2	0.0	0.1
熱	0.1	0.2	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1	3.6	-1.3	-1.8	-1.6
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-100	n.a.
再生可能	-	3.9	4.3	6.6	6.5	6.0	5.5	1.3	2.3	2.4	1.9	-0.2	-0.8	-0.6

発電量

	(TWh)							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1980	1990	2000	2018	2030	2040	2050	1990/2018	2018/2030	2030/2050	1990/2018	2018/2030	2030/2050	
合計	573	862	1,055	1,050	1,079	1,093	1,082	100	100	100	0.7	0.2	-0.0	0.1
石炭	55	123	223	339	291	289	262	14	32	24	3.7	-1.3	-0.5	-0.8
石油	265	250	134	52	21	2.0	-	29	4.9	-	-5.5	-7.3	-100	-100
天然ガス	81	168	258	378	329	330	288	20	36	27	2.9	-1.1	-0.7	-0.8
原子力	83	202	322	65	157	141	141	23	6.2	13	-4.0	7.6	-0.6	2.4
水力	88	88	84	81	91	94	94	10	7.7	8.7	-0.3	1.0	0.2	0.5
地熱	0.9	1.7	3.3	2.5	6.0	9.7	13	0.2	0.2	1.2	1.3	7.5	3.7	5.1
太陽光	-	0.1	0.4	6.3	8.7	10.6	12.3	0.0	6.0	11	27.7	2.8	1.7	2.1
風力	-	-	-	0.1	1.8	3.2	6.4	-	0.7	5.9	n.a.	7.5	6.6	6.9
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	8.7	9.9	44	60	70	78	1.0	4.2	7.2	6.0	2.6	1.3	1.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	20	30	19	19	19	19	2.3	1.8	1.8	-0.1	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1980	1990	2000	2018	2030	2040	2050	1990/2018	2018/2030	2030/2050
GDP (2010年価格10億ドル)	3,019	4,704	5,349	6,190	6,693	7,234	7,744	1.0	0.7	0.7
人口(100万人)	117	124	127	127	120	113	105	0.1	-0.4	-0.7
エネルギー起源CO ₂ 排出(100万t)	904	1,058	1,161	1,081	940	852	738	0.1	-1.2	-1.2
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	26	38	42	49	56	64	74	0.9	1.1	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(1toe/人)	3.0	3.6	4.1	3.4	3.4	3.3	3.3	0.2	0.0	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費 ²	114	93	97	69	61	52	45	-1.1	-1.0	-1.5
GDPあたりCO ₂ 排出量 ³	299	225	217	175	140	118	95	-0.9	-1.8	-1.9
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出(t/toe)	2.6	2.4	2.2	2.5	2.3	2.3	2.1	0.2	-0.8	-0.4

*1 電力、熱、水素の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。

*2 toe/2010年価格100万ドル。*3 t/2010年価格100万ドル

Final energy demand

Power mix

Economic (GDP components and sectors) and demographic

- Process to E3ME classification
- Interpolate between years
- Using RAS to obtain fuel users by fuels
- Using shift/share (based on historical and trends) apply growth rates while matching totals
- Create consistent projections for other variables e.g. GDP components, energy sector outlooks
- Save numbers on databank
- Run the model to create residuals
- Apply residuals to endogenous solutions (baseline and scenarios)

Step 6: Run Baseline, Policy Scenarios and Solve for Solutions

Command Prompt - run

```
2046100 57 2.0 2.0 2.1 2.1 2.1 2.6 2.4 2.9 2.9 2.5 0.0 1.7 7.3
2047100 57 2.0 2.0 2.1 2.1 2.2 2.6 2.4 2.9 2.9 2.5 0.0 1.7 7.3
2048100 57 2.1 2.0 2.0 2.2 2.2 2.6 2.4 2.9 2.9 2.5 0.0 1.6 7.3
2049100 58 2.1 2.1 2.1 2.2 2.2 2.6 2.4 2.9 2.9 2.5 0.0 1.6 7.3
2050100 58 2.1 2.1 2.0 2.2 2.2 2.6 2.4 3.0 2.9 2.5 0.0 1.6 7.3
Time taken (minutes): 108.09
```

```
e:\Kyoto2021_JapanNZ>e3mer In dRep Asns\Assumptions Scenarios\B_ETS Databank Output\ Rep_ba
Time taken (minutes): 0.00
E3ME data analysis: please wait until completed.
```

```
e:\Kyoto2021_JapanNZ>e3mer In Dan1 Asns\Assumptions Scenarios\B_ETS Databank Output\ Dan_ba
Time taken (minutes): 0.01
E3ME data analysis: please wait until completed.
```

```
e:\Kyoto2021_JapanNZ>e3mer In EnJapanNZ Asns\Assumptions Scenarios\B_ETS Databank Output\ E
E3ME60 SUMMARY SOLUTION FOR EACH YEAR
```

Last iteration for 61 region(s) as % change (D) previous year:

DATE	IT	GHG	DGDP	DSC	DSV	DSX	DSM	DPSH	DPCE	DPSX	DPSM	DAW	BTRA	PBRA	UNRA
2011	11	54	3.1	2.7	5.0	6.7	7.6	4.2	2.1	4.2	4.7	4.0	0.0	2.6	6.3
2012	9	55	2.5	2.6	3.9	2.5	2.2	3.9	4.9	2.0	1.7	9.3	0.0	2.3	6.2
2013	10	55	2.7	2.6	3.4	2.7	2.3	0.5	-0.4	-0.1	-0.3	-3.0	0.0	1.4	6.2
2014	9	56	2.9	2.8	3.5	3.5	3.3	-0.5	-2.2	1.0	-0.3	0.9	0.0	1.6	6.2
2015	50	56	2.1	2.4	-0.4	1.2	0.8	1.7	12.2	7.8	7.8	13.1	-0.0	1.7	6.1
2016	57	56	2.0	2.4	1.7	1.8	1.9	-3.0	-5.3	-4.5	-5.5	-0.5	-0.0	1.8	7.6
2017	86	56	2.4	2.1	3.0	3.1	3.0	3.4	3.4	4.5	4.8	2.6	-0.0	1.8	7.4
2018	48	55	4.0	2.9	6.9	3.3	3.1	3.4	3.3	5.5	5.7	3.3	-0.0	1.7	7.2
2019	42	55	3.2	2.8	4.0	3.7	3.6	2.9	2.7	2.5	2.5	3.3	-0.0	1.7	7.1
2020	42	55	2.7	2.5	3.1	3.4	3.4	3.0	2.9	2.5	2.5	2.9	-0.0	1.7	6.9

- Each scenario takes about 30 mins to run!
- Solution can become unstable / crash
- Fixes are added and re run again



2050年カーボンニュートラルの日本の電源構成とマクロ経済に与える影響

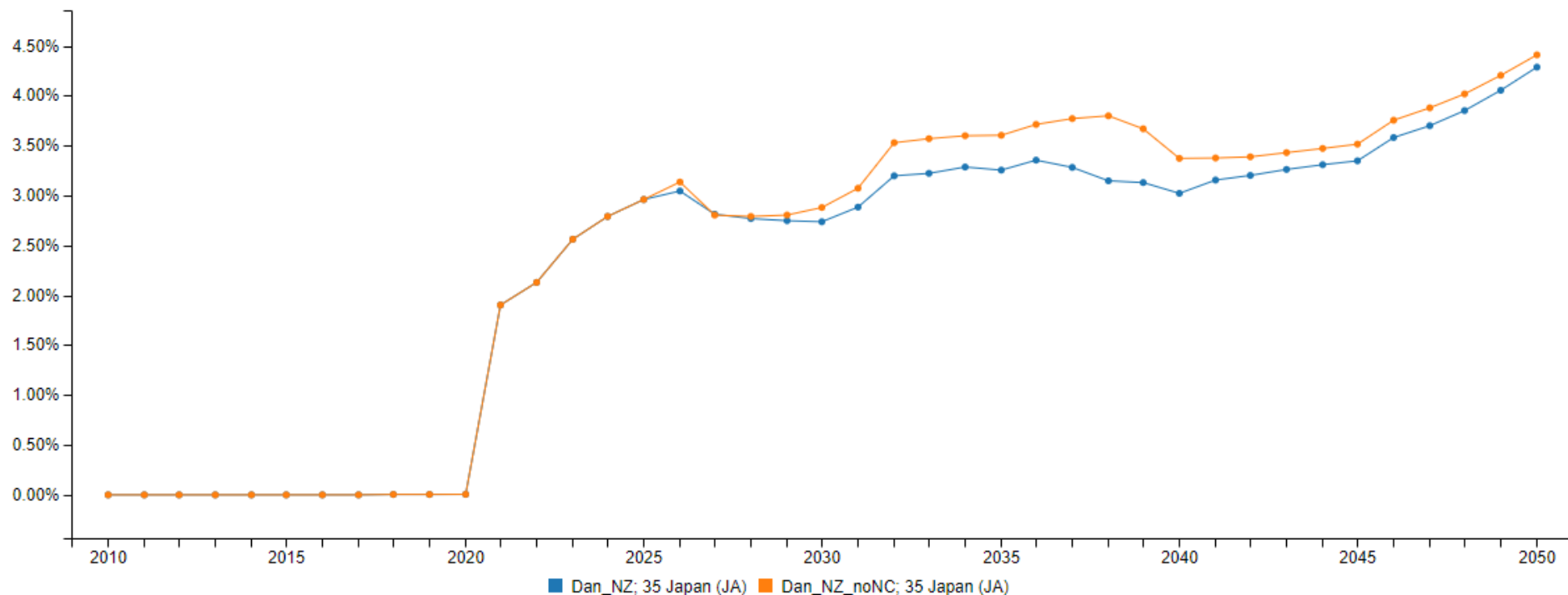
Final Step 1: Inspect Model Results using E3ME FrontEnd

E3ME : Kyoto2021_JapanNZ Introduction Model/Scenario inputs ▾ Variables Running the model Model results

RGDP - GDP expenditure measure at market prices (RSC+RSG+RSK+RSS+RSX-RSM)

Scenarios: Dan_ba, Dan_NZ, Dan_NZ_noNC

Baseline: Dan_ba



Scenario Settings

Variable Selection

Chart Settings

Reload data

Download as CSV

Variable

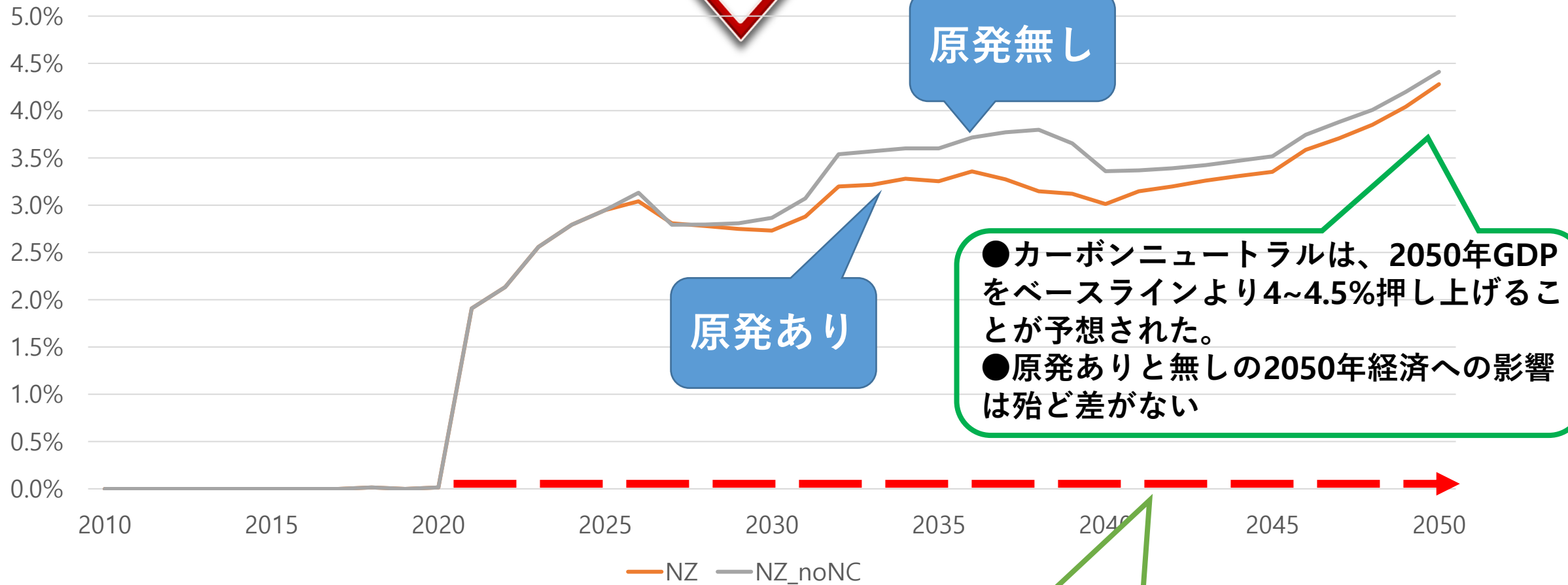
Dimension 1

Dimension 2

All dimensions

図表4.1 カーボンニュートラル政策シナリオによるGDP予測

(ベースライン対比、%)

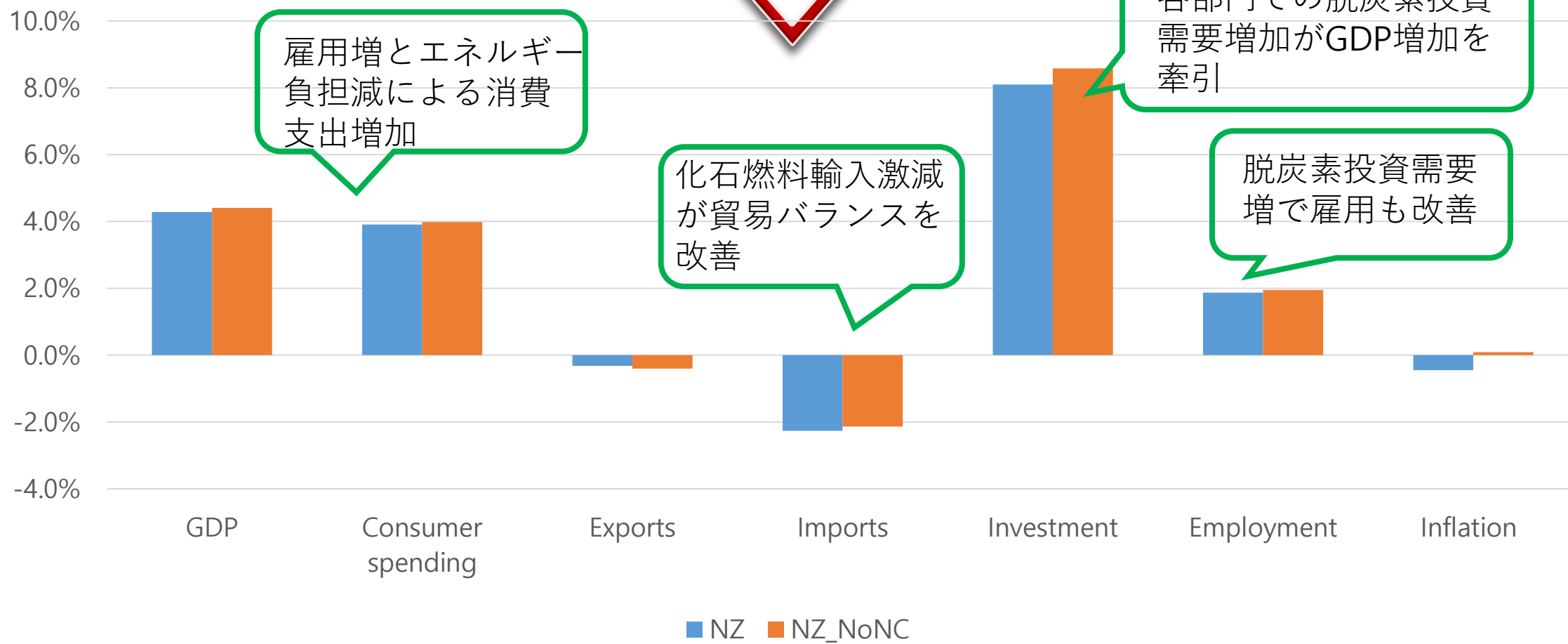


ベースライン

出所：本研究による推定

図表4.2 カーボンニュートラル政策シナリオによる部門別経済予測

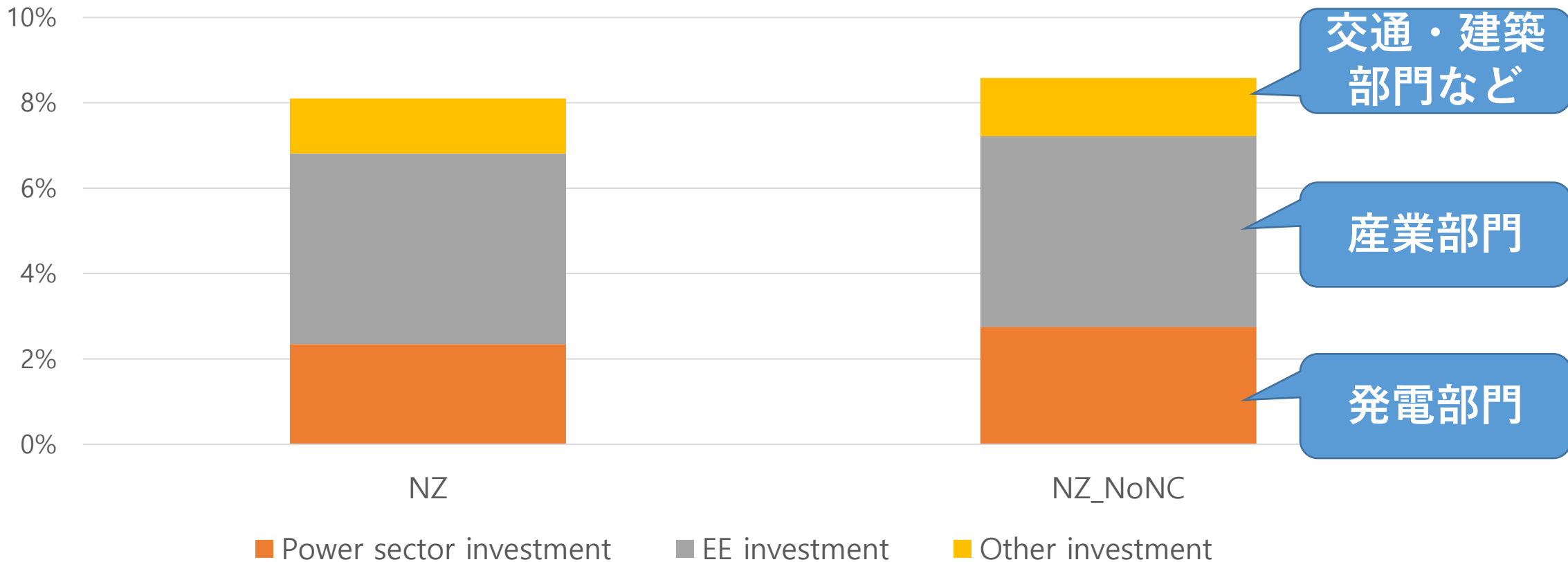
(ベースライン対比、%)



出所：本研究による推定

図表4.3 カーボンニュートラル政策シナリオによる部門別低・脱炭素投資需要予測

(ベースライン対比、%)



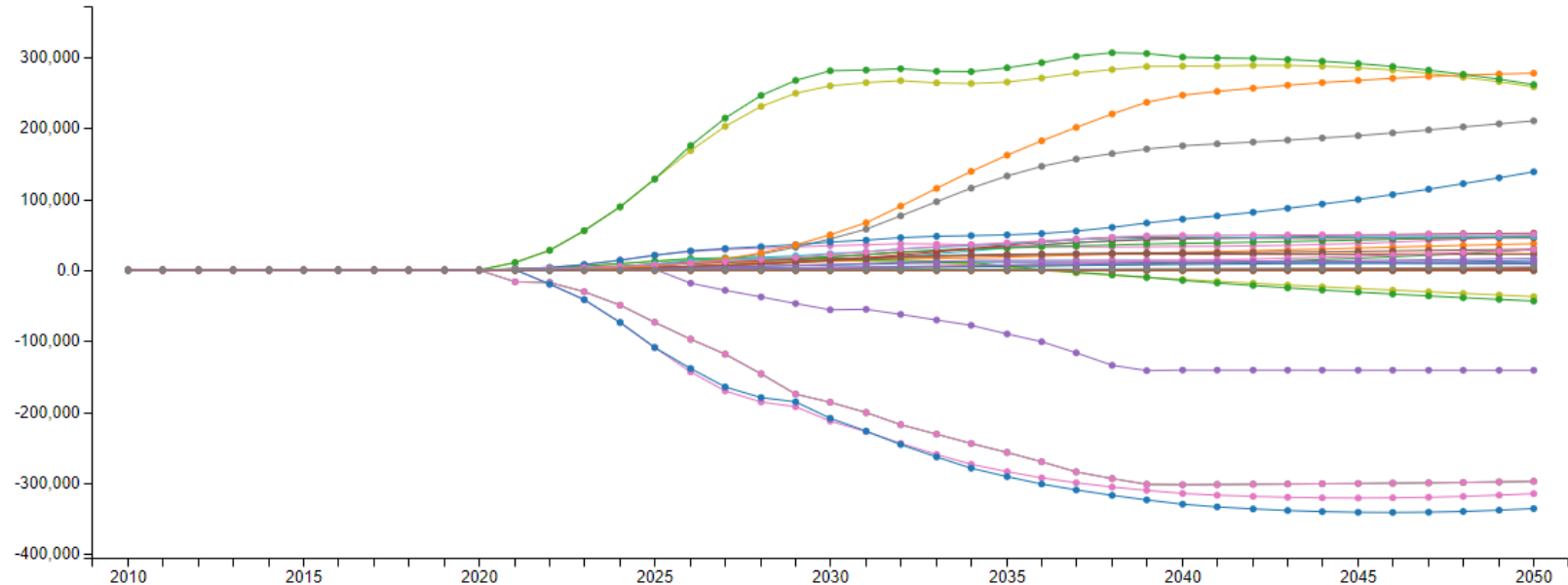
出所：本研究による推定

Final Step2: Present Key Findings in Power Generation

MEWG - Electricity Generation by technology (GWh/y)

Scenarios: Dan_ba, Dan_NZ, Dan_NZ_noNC

Baseline: Dan_ba



Scenario Settings Variable Selection Chart Settings Reload data Download as CSV

Variable
MEWG - Electricity Generation by technology

Transformation

- Levels
- Year over year growth
- Absolute differences from baseline
- Relative differences from baseline

Dimension 1

- 35 Japan (JA)
- 36 Canada (CA)
- 37 Australia (AU)
- 38 New Zealand (NZ)
- 39 Russian Fed. (RS)
- 40 Rest of Annex I (RA)
- 41 China (CN)
- 42 India (IN)

EU28 Sum these

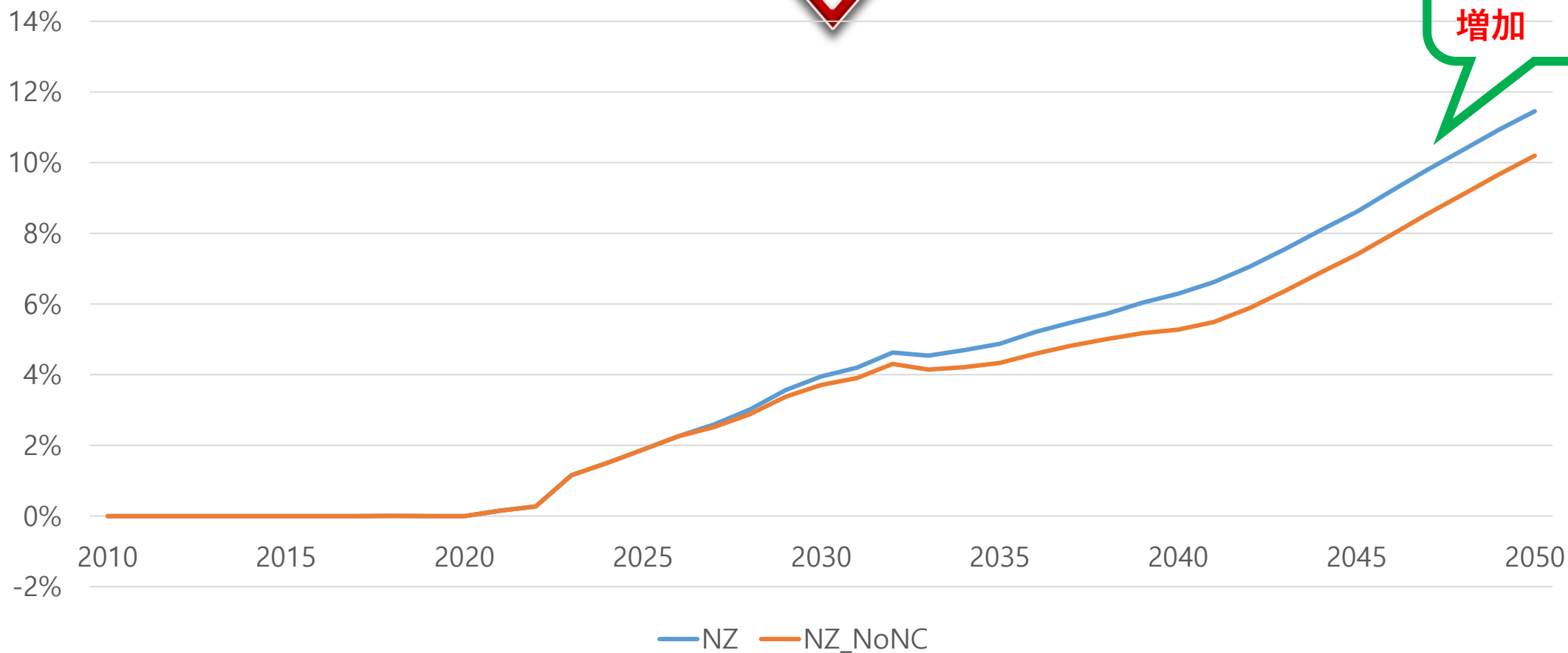
Dimension 2

- All sectors
- 1 Nuclear
- 2 Oil
- 3 Coal
- 4 Coal + CCS
- 5 IGCC
- 6 IGCC + CCS
- 7 CCGT

Sum these

図表4.4 カーボンニュートラル政策シナリオによる電力需要予測

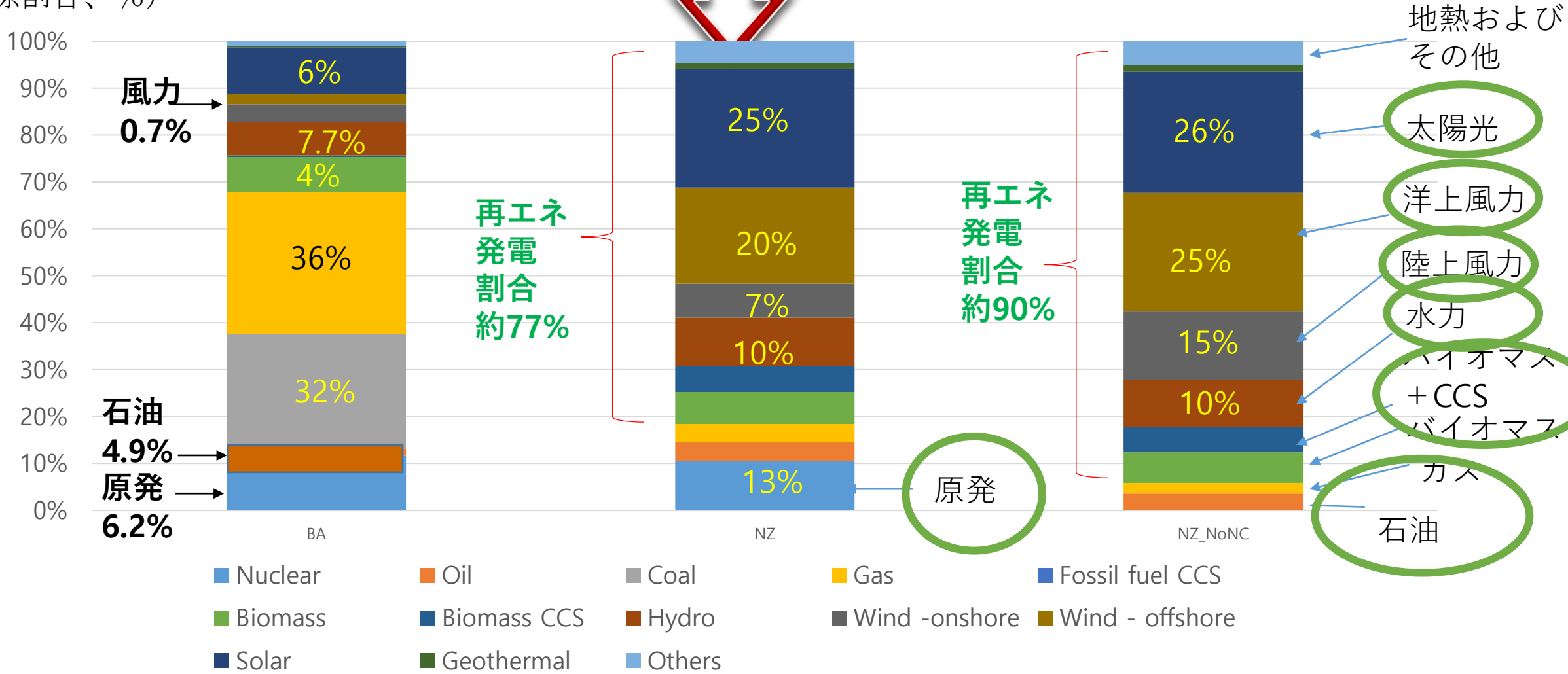
(ベースライン対比、%)



出所：本研究による推定

図表4.5 カーボンニュートラル政策シナリオによる2050年電源構成予測

(電源割合、%)



出所：本研究による推定

図表4.6 カーボンニュートラル政策シナリオによる2050年電源構成予測

TWh	2018年	2050年		
		BA	政策シナリオ I	政策シナリオ II
石炭火力	339(32)	262(24)	-	-
石油火力	52(4.9)	-	55(4.1)	47(3.5)
LNG火力	378(36)	288(27)	51(3.8)	30(2.3)
原発	65(6.2)	141(13)	140(10.5)	-
再エネ発電	198(18.8)	372(34.4)	1029(77.0)	1181(89.1%)
水力	81(7.7)	94(8.7)	138(10.3)	133(10.0)
地熱	2.5(0.2)	13(1.2)	16(1.2)	19(1.4)
太陽光PV	63(6.0)	123(11)	339(25.4)	342(25.8)
風力	7.5(0.7)	64(5.9)	371(27.7)	528(39.8)
バイオマス	44(4.2)	78(7.2)	91(6.8)	87(6.6)
バイオマス+CCS	-	-	74(5.5)	72(5.4)
その他	19(1.8)	19(1.8)	62(4.7)	67(5.2)
合計	1050(100.0)	1082(100.0)	1337(100.0)	1325(100.0)

出所：本研究による推定

今後の課題



結論

●本研究では、日本が2050年にカーボンニュートラルを達成させるための炭素税をはじめ多様な低・脱炭素政策の組み合わせの政策シナリオが、現実の政策として実施されることを想定したE3MEモデルシミュレーション

➡2050年までのエネルギー構成の変化と日本のマクロ経済に与える影響について予測

●その結果、脱炭素政策シナリオは2050年にカーボンニュートラルの達成と経済良好の両立が可能

●その主な要因として、発電部門の再生可能エネルギー投資拡大とともに経済各部門で多様な低・脱炭素投資需要の拡大、雇用増大による民間消費需要の増加、化石エネルギー輸入の大幅な縮小による貿易バランスの向上が挙げられる。

●カーボンニュートラル達成のための政策は、カーボンプライシング、補助金、規制の多様なポリシーミックスが必要であり、炭素税の導入も不可欠であることが示された。

今後の課題

(1) 多様な低・脱炭素技術に関するFTTモデルの設定問題

●本研究における低・脱炭素技術革新のスピードをボトムアップで決めるFTTモデルでの、**技術革新スピードの設定は標準ケースの学習曲線に従っている。**

➡FTT:Steelにおいて水素還元技術、FTT:Transportにおいて燃料電池自動車やe-fuelなど、今後技術革新のスピードが速まることが予想される脱炭素技術についても、**学習曲線の調整による低・脱炭素技術革新効果の適正な反映**などが今後の課題

(2) 原子力発電コスト問題

●本研究では、原発無しでも、経済を損なうことなく、2050年カーボンニュートラル達成が可能であることを示したが、日本政府は原発を依然と主要電源として位置づけている。

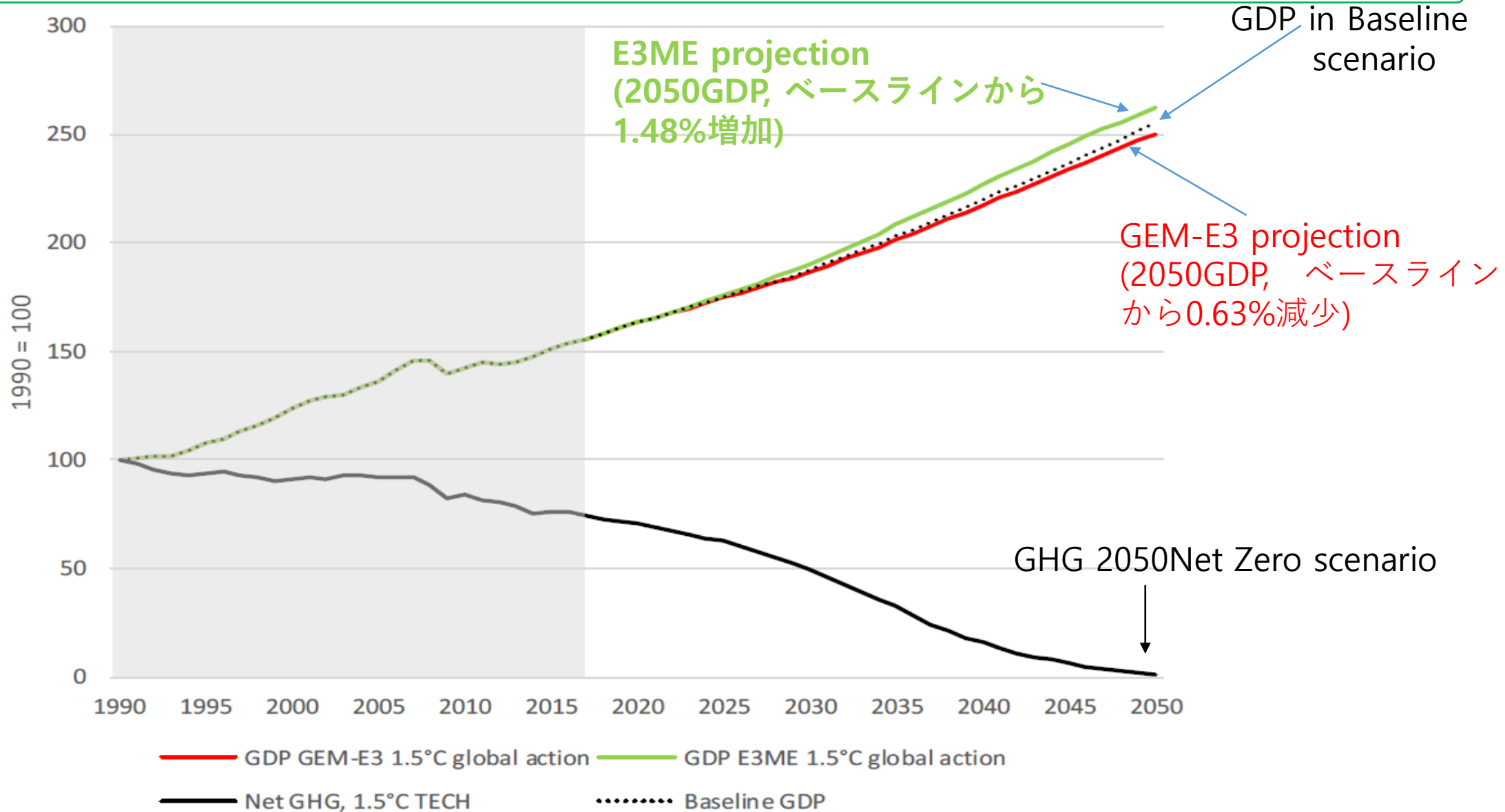
➡ただし原発のコストは安全対策費など今後も上昇することが予想されており、**原発の将来のコストを如何にモデルに適正に反映するかが課題**となる。

(3) 東アジアレベルでの共同炭素市場構築

●本研究のE3MEモデルの設定では、**日本が2050年カーボンニュートラルを達成することを前提**としたが、日本以外の国は現状の政策を維持することを想定

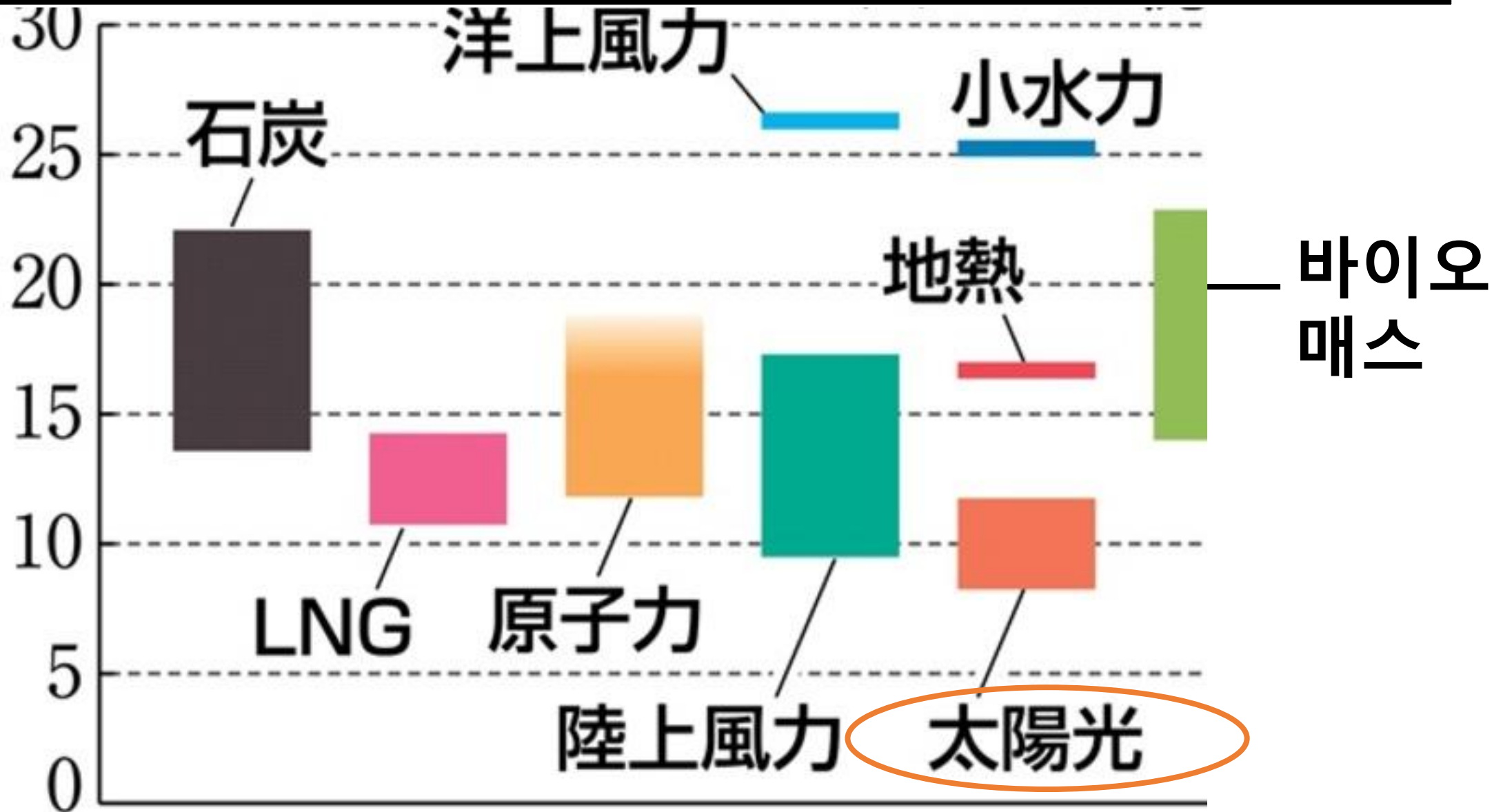
➡日中韓を中心とした共同炭素市場が構築される場合、**脱炭素技術革新の加速化と炭素コストの軽減により域外との脱炭素競争力の強化に資する。**

Appendix EU Commission(2018) Report on Carbon Neutral in 2050

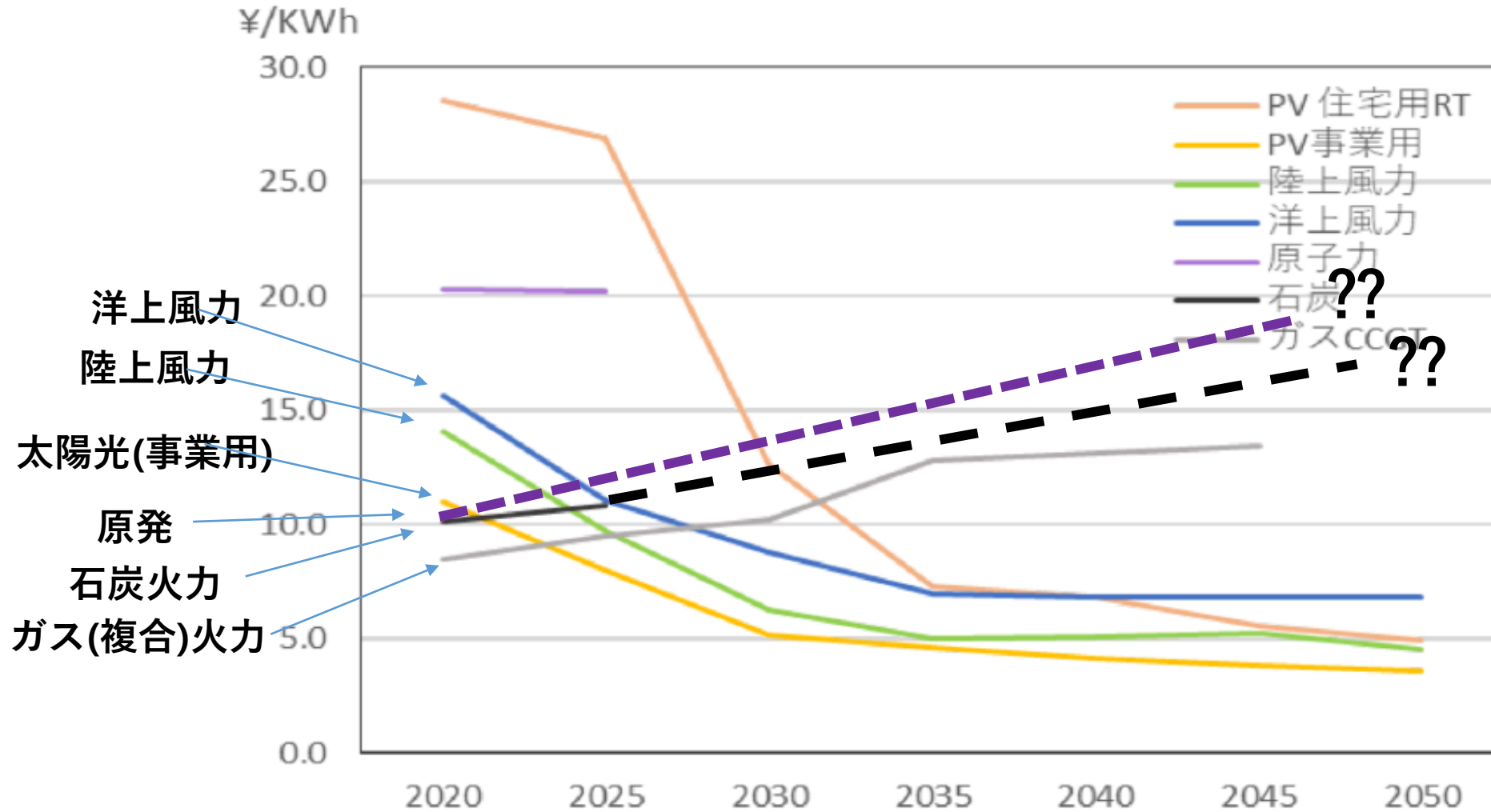


Source: European Commission(2018)A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy

経済産業省の2030年までの発電コスト(円/kWh)試算
(2021年7月12日発表)



発電コスト推移 (LCOE)



※カーボンプライスを含む、またガスは2035年以降CCSコスト含む

出所：自然エネルギー財団(2020年12月「総合資源エネルギー調査会基本政策分科会」提出資料)

2050年カーボンニュートラルへの提案－自然エネルギー100%の将来像

Thank you for your kind attention

