

石炭火力発電と原発の早期フェーズ アウトの2050年まで日本経済と電源構 成及び二酸化炭素排出影響分析

－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)

平田仁子(気候ネットワーク)・

Unnada Chewpreecha(Cambridge Econometrics)

CONTENTS

1

本研究の目的と背景

2

E3MEモデルの概要

3

石炭火力・原発早期フェーズアウトシナリオの設定

4

石炭火力・原発早期フェーズアウトの経済・電源
・二酸化炭素排出影響

5

結論

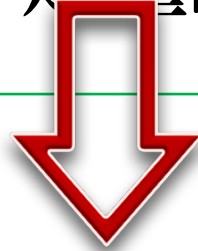
本研究は、京都大学大学院経済学研究科再エネ講座と気候ネットワークの共同研究の成果である。

本研究の目的と背景



本研究部門の目的

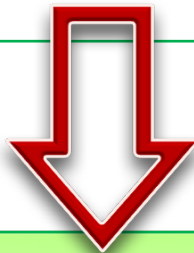
- 日本の発電部門に石炭火力発電と原発が2030～2040年までにフェーズアウトになると、2050年までに経済と電源構成、そして二酸化炭素排出にどのような影響を与えるのかをE3モデルにより定量的に推定



- 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。

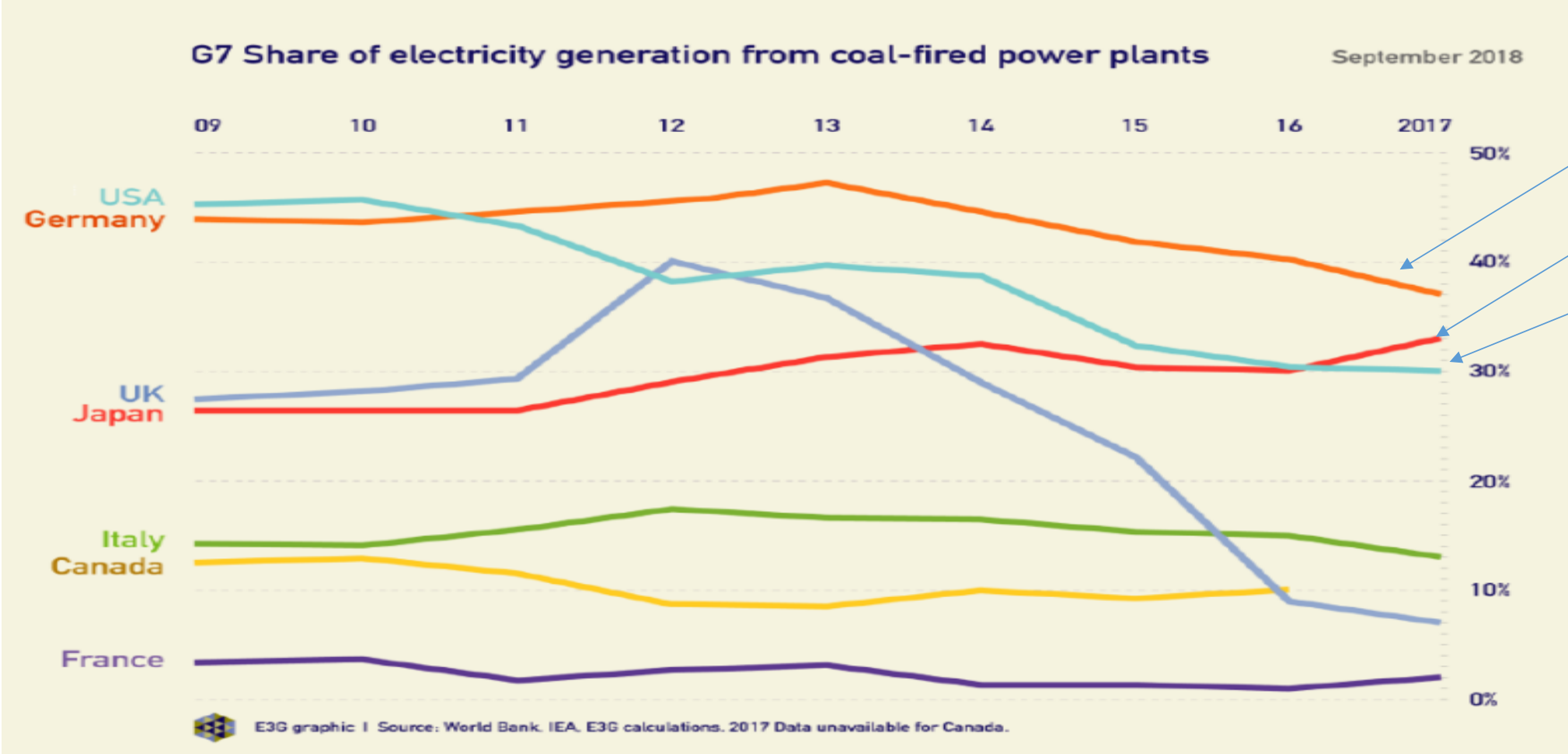
⇒原発2040年フェーズアウトを基本政策シナリオとして設定したうえ、石炭火力の2030年、2040年フェーズアウト、の2つの政策シナリオを設定し、それぞれのシナリオの2050年までの日本のGDP、雇用、貿易などマクロ経済への影響と、電源構成そして二酸化炭素排出の影響を推定する。

世界の脱石炭火力発電の状況



- 2017年のCOP23で、イギリス政府とカナダ政府のイニシアティブにより**脱石炭同盟(PPCA: Powering Past Coal Alliance)**が発足
⇒先進国に対しては 2030 年までに石炭火力発電を停止することを求めている。
⇒2018年4月の28カ国、8 地方政府、24企業・組織から、
2020年8月末に**33カ国政府、28地方政府、43企業・組織**へと加盟が拡大
- 2019年9月には、先進国の中では石炭火力に最も大きく依存していた**ドイツ(2018年石炭火力の割合38%)**が**最短2035年までに脱石炭宣言**
- 2015年に世界銀行グループが石炭火力建設への金融支援を原則行わない方針を表明
⇒それ以降石炭・化石燃料関連事業からの**ダイベストメント(投資撤回)**の動きも世界的に広がっている

図表 1 G7国家の総発電量に占める石炭火力の推移



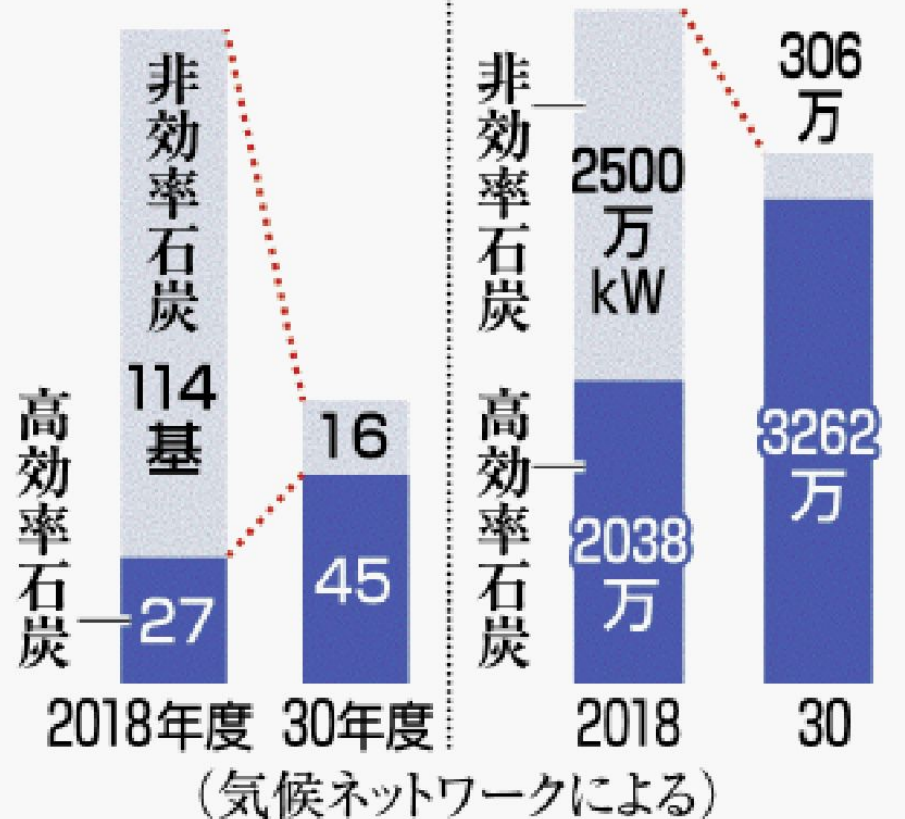
ドイツ
日本
アメリカ

出所： Chris Littlecott et al.(2018)から転載

図表2 日本の最近の石炭火力廃止の動き

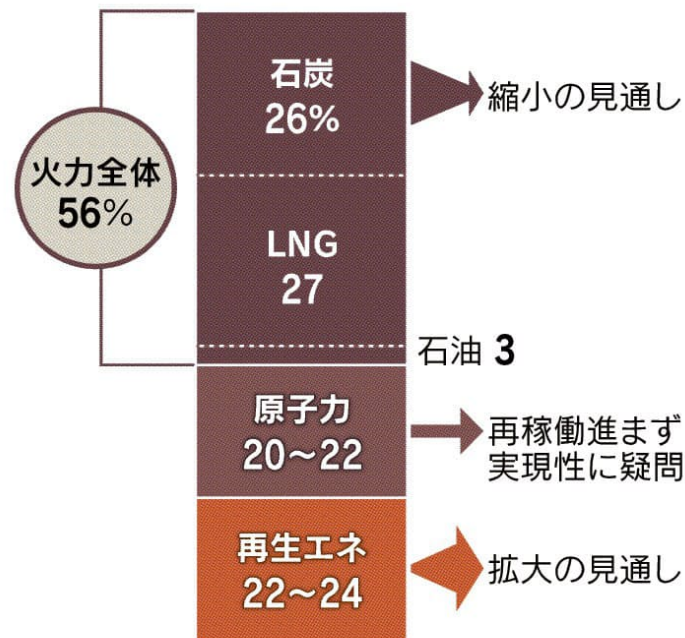
石炭火力発電所休廃止のイメージ

基数	設備容量
非効率の100基程度を休廃止	全体では約2割減にとどまる

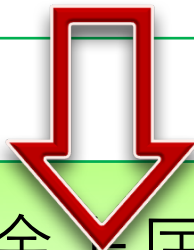


経済産業省によれば(2020年7月3日)、2030年までに約140基の石炭火力の中で、非効率のものを114基廃止するという。

政府がめざす30年度の電源構成



世界の原子力発電の状況



- 中国やロシアと一部途上国を除けば、原発においても、**世界は漸減・縮小の流れ**にある。
- ドイツ、イタリア、スイスは脱原発を宣言しており、原発の電源割合が70%を超えている**フランスも2035年に50%まで縮小を宣言**している。
- 原発推進国のイギリスでは、ヒンクリポイント原発建設の高騰、そしてウィルファ原発の建設コスト急増により**日立製作所が事実上撤退宣言**をするなど、推進動力が失われつつある。

アジアの原子力発電の状況



●ただし、日中韓を中心としたアジアでは原発維持・拡大の傾向にある。

⇒現在中国で進められている原発の建設が計画通り進めば、2030年にアジア地域では**日本・中国・韓国・台湾**だけで世界全体原発の約30%を保有することとなり、原発の密集度の最も高い地域になる

図表3 世界の地域別・国別原発保有・建設・計画状況
(2020年1月末基準)

地域		国家名(保有・建設・計画基数)	基数			割合 ¹ (%)
			保有	建設	計画	
アジア	日・中・韓・台湾	中国(47・11・43)、日本(33・3・6)、韓国(24・4・0)、台湾(4・2・0)	108	20	49	29.3
	その他	インド(22・7・14)、パキスタン(5・2・1)、イラン(1・1・1)、アラブ首長国連邦(0・4・0)、バングラデシュ(0・2・0)、トルコ(0・1・3)、ウズベキスタン(0・0・2)、	28	17	21	10.9
ヨーロッパ	西欧	フランス(58・1・0)、イギリス(15・1・3)、スウェーデン(7・0・0)、スペイン(7・0・0)、ドイツ(6・0・0)、ベルギー(7・0・0)、スイス(4・0・0)、フィンランド(4・1・1)、オランダ(1・0・0)	109	3	4	19.2
	東欧ほか	チェコ(6・0・2)、スロバキア(4・2・0)、ハンガリー(4・0・2)、ルーマニア(2・0・2)、ブルガリア(2・0・1)、スロベニア(1・0・0)、アルメニア(1・0・0)	20	2	7	4.8
ロシア及び周辺国	ロシア	ロシア(38・4・24)	38	4	24	10.9
	周辺国	ウクライナ(15・0・2)、ベラルーシ(0・2・0)、	15	2	2	3.1
アメリカ	北米	米国(96・2・3)、カナダ(19・0・0)	115	2	3	19.9
	南米	メキシコ(2・0・0)、ブラジル(2・1・0)、アルゼンチン(3・1・1)	7	2	1	1.7
アフリカ		南アフリカ(2・0・0)、エジプト(0・0・4)	2	0	4	1.0
世界計			442	52	110	100

注1:割合は、保有・建設・計画の全体で占める割合である。

出所:日本原子力産業協会(2020)を基に作成



E3ME-FTTモデル概要

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。

E3MEとCGEモデルのEUの経済 影響比較

- The scenarios show different ways of meeting the EU's 2050 decarbonization targets
- Two models were run – the macro-econometric E3ME model and the CGE GEM-E3 model
 - S1 – High energy efficiency
 - S2 – Diversified energy supply
 - S3 – High renewables
 - S4 – Delayed CCS
 - S5 – Low nuclear

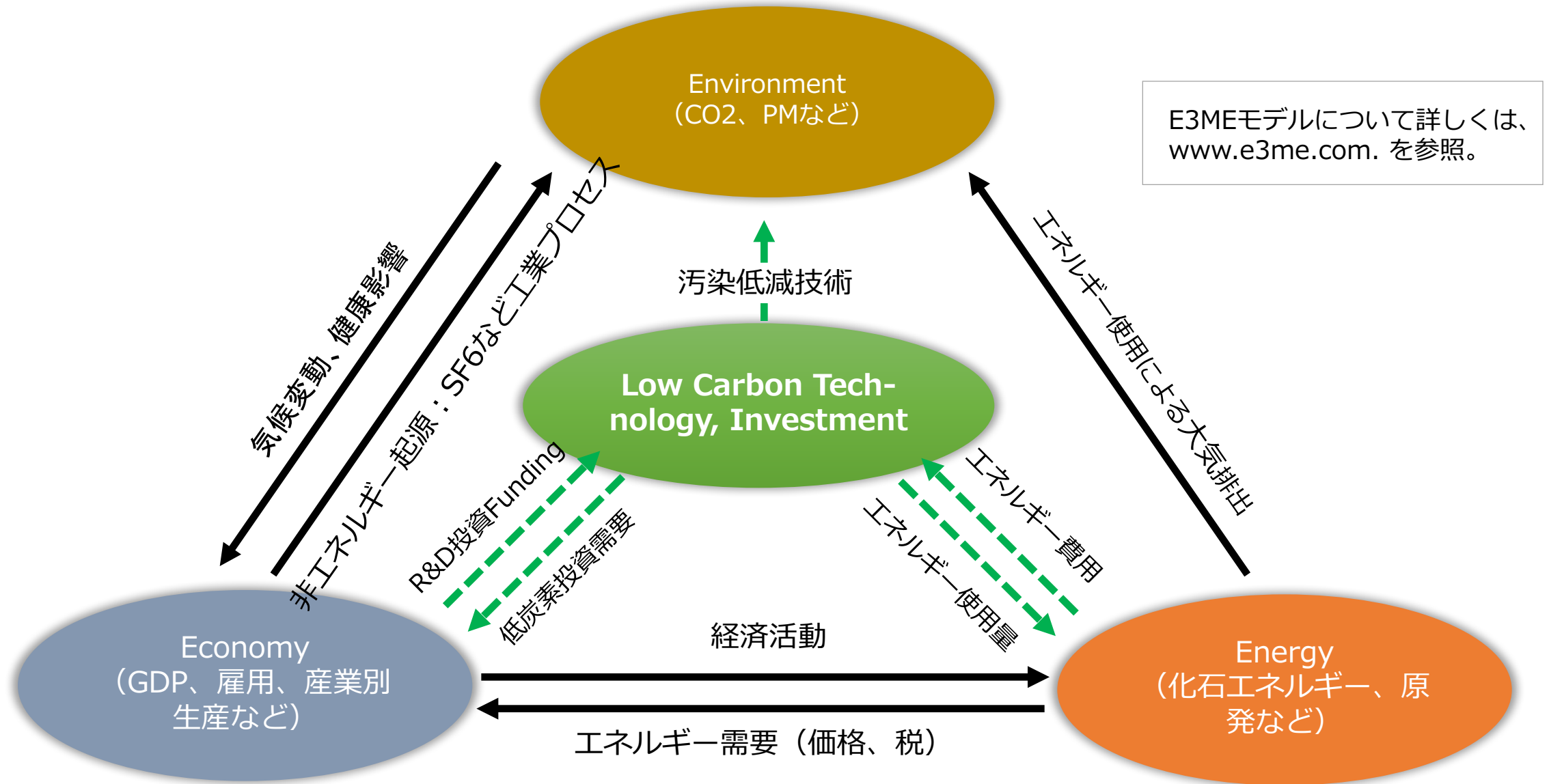


Comparison of the two models' results for the impacts on GDP in the scenarios

	S1	S2	S3	S4	S5
	% difference in GDP from CPI baseline in 2050				
E3ME	2.9	2.3	2.0	2.2	2.2
GEM-E3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.9	-0.7
Sources: E3ME and GEM-E3 models.					

Source: Employment Effects of the Energy Roadmap, Cambridge Econometrics et al (2013)

図表4 E3MEモデルの基本構造とメカニズム



E3MEモデル : Dimensions

- Econometric model
 - **cover world 59 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

FTT: Power Link between E3ME and FTT

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

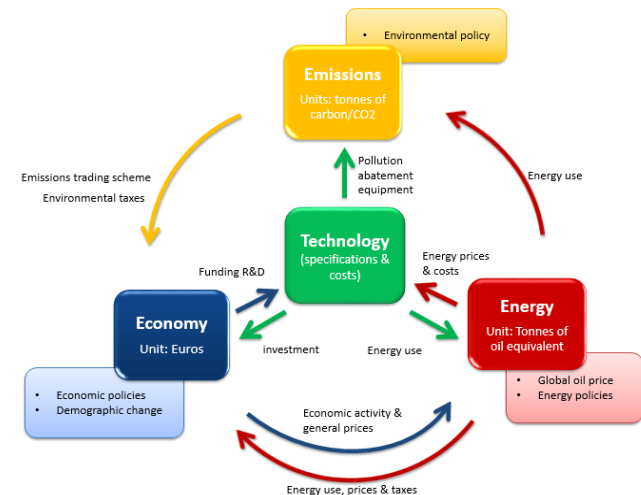
FTT:Power⇒24つの電源
 FTT:Industry⇒26つの製鉄技術
 FTT:Transport⇒26つの自動車
 FTT:Heat⇒13つの空調技術

Post-Keynesian,

E3ME

- CO2 emission
- Investment spill over
- GDP, Employment

==



発電部門と交通部門のFTT Technologies

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

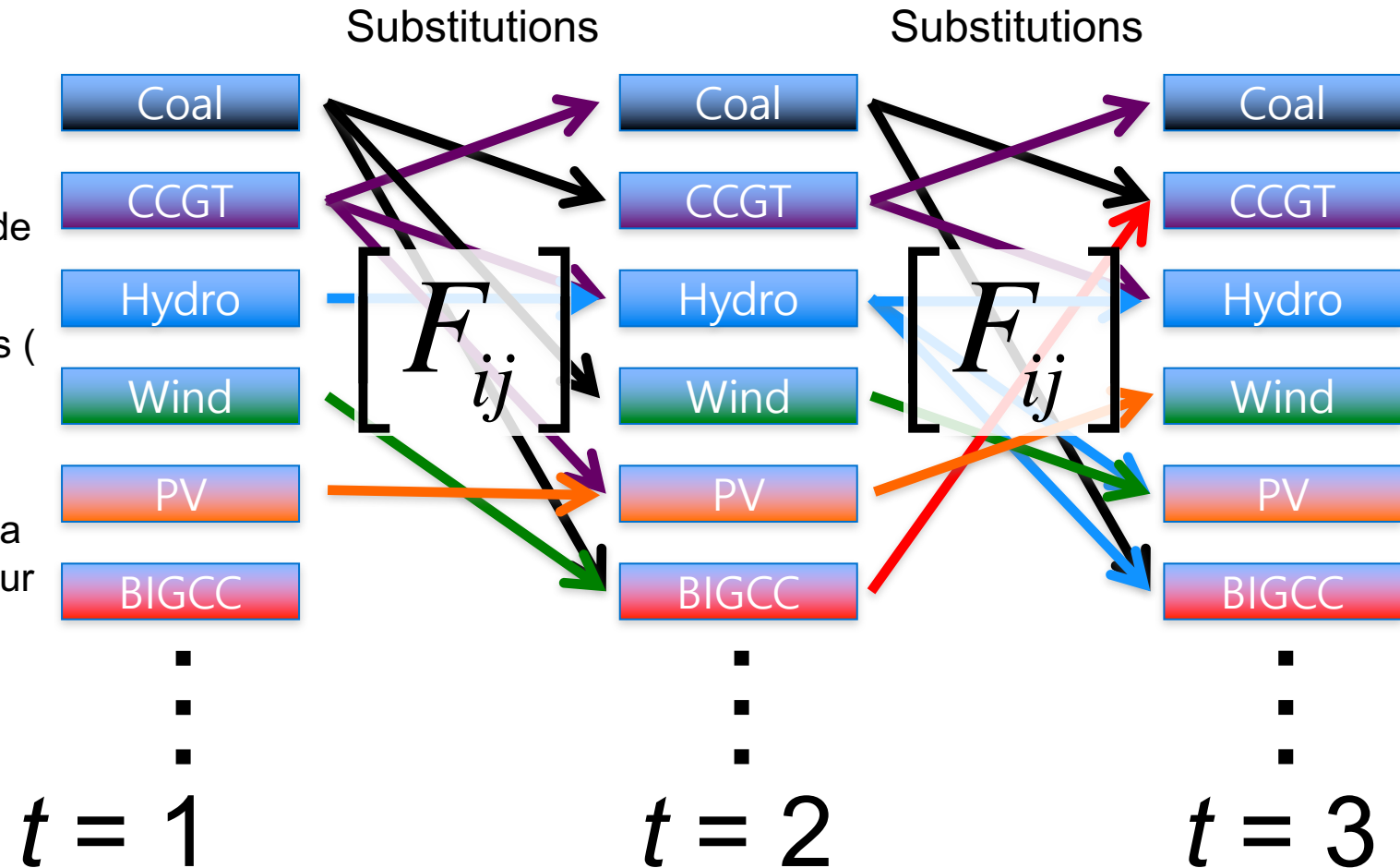
24 CHP

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)



E3MEモデルを活用した 東アジアの低炭素経済分析

Routledge Studies in Sustainability

ENERGY, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SUSTAINABILITY IN EAST ASIA

POLICIES AND INSTITUTIONAL REFORMS

Edited by

Soocheol Lee, Hector Pollitt and Kiyoshi Fujikawa

1st Edition

Soo-Cheol Lee, Hector Pollitt, Kiyoshi

Fujikawa

Routledge

Published August 8, 2019

Reference - 288 Pages - 66 B/W Illustrations

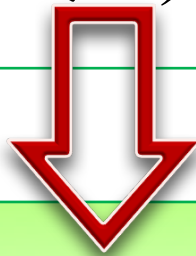
ISBN 9781138500068 - CAT# K375032





ベースラインおよび政策 シナリオの設定

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2019年版の**エネルギー展望のレファレンスケース**(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、レファレンスケースで2017年6兆1680億ドル(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7兆7870億ドルになることを予測

⇒**最終エネルギー消費**は2017年の293(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2017年の**1061TWh**から2050年には**1069TWh**へ微増

⇒**二酸化炭素排出量**は、2050年には2017年対比**33.9%減少**

図表5 ベースラインシナリオ上の主要指標の見通し

	2017	2030	2040	2050
GDP (10億US\$,2010年価格)	6158	6762	7291	7787
最終エネルギー消費 (百万 toe)	293	266	245	224
電力供給 (TWh)	1061	1072	1077	1069
二酸化炭素排出量 (百万CO ₂ t)	1122	953	861	742

出所： IEEJ OUTLOOK 2020(2019)

政策シナリオの設定



1) 石炭火力2030年フェーズアウト(S1)

⇒石炭火力は新規の建設は行わずに、2020年までに効率の悪く古い発電所から段階的に縮小し、2030年には石炭火力発電がゼロになるように設定

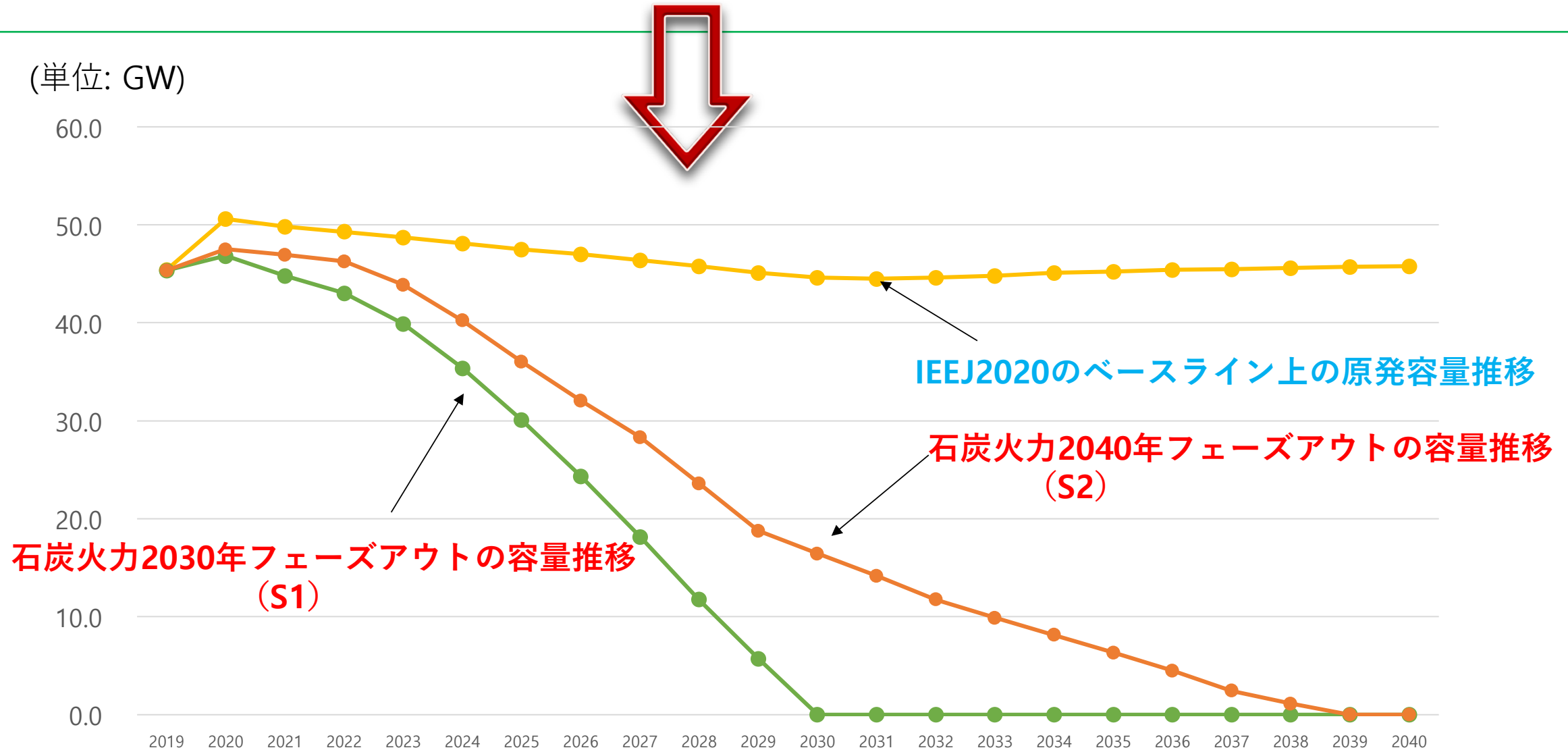
2) 石炭火力2040年フェーズアウト(S2)

⇒石炭火力は新規の建設は行わずに、2020年までに効率の悪く古い発電所から段階的に縮小し、2040年には石炭火力発電がゼロになるように設定

3) 原発のフェーズアウト

⇒2025年までに稼働中の9基と規制委員会許可中の7基、合計16基が稼働し、それ以降は稼働歴40年に達する原発は廃止するように設定（2040年に原発ゼロとなる）

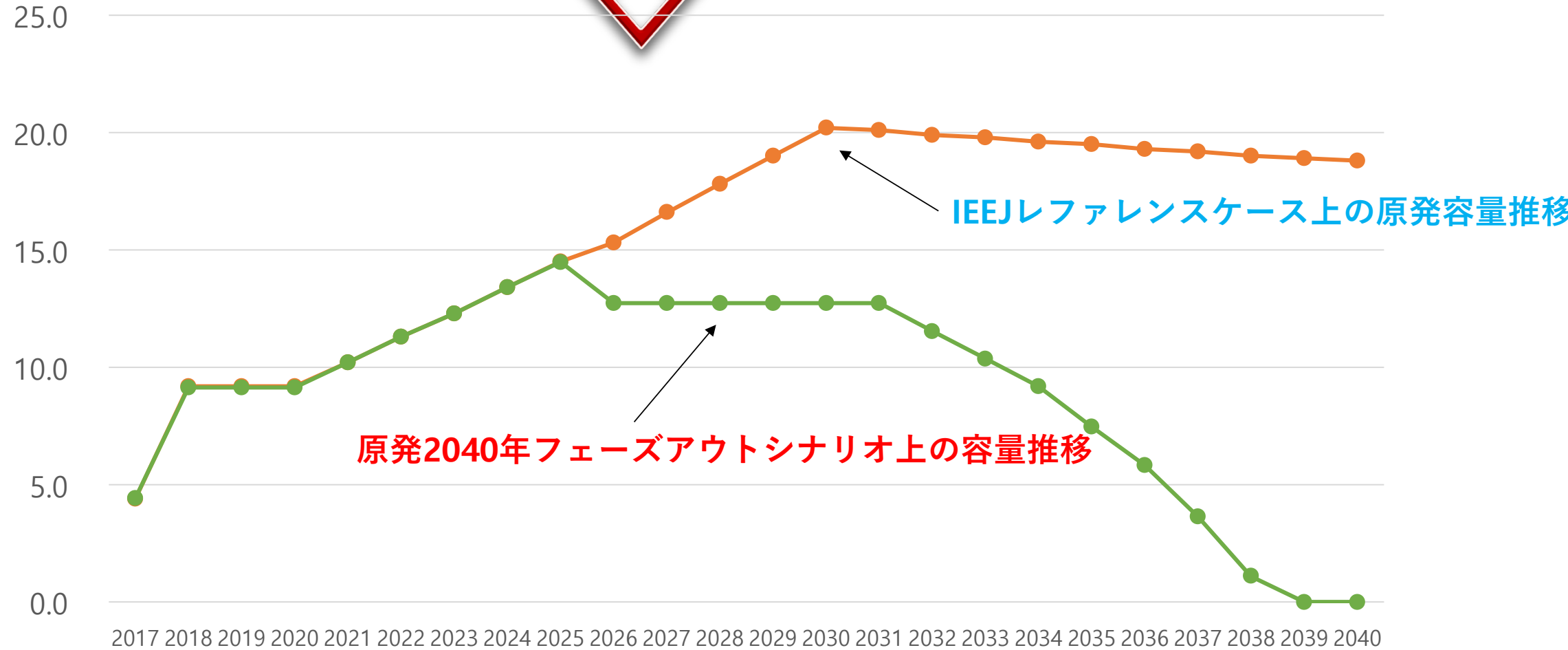
図表6 2030年及び2040年石炭火力フェーズアウトの経路



出所：本研究による設定

図表7 原発2040年フェーズアウトの政策シナリオ設定

(単位:GW)



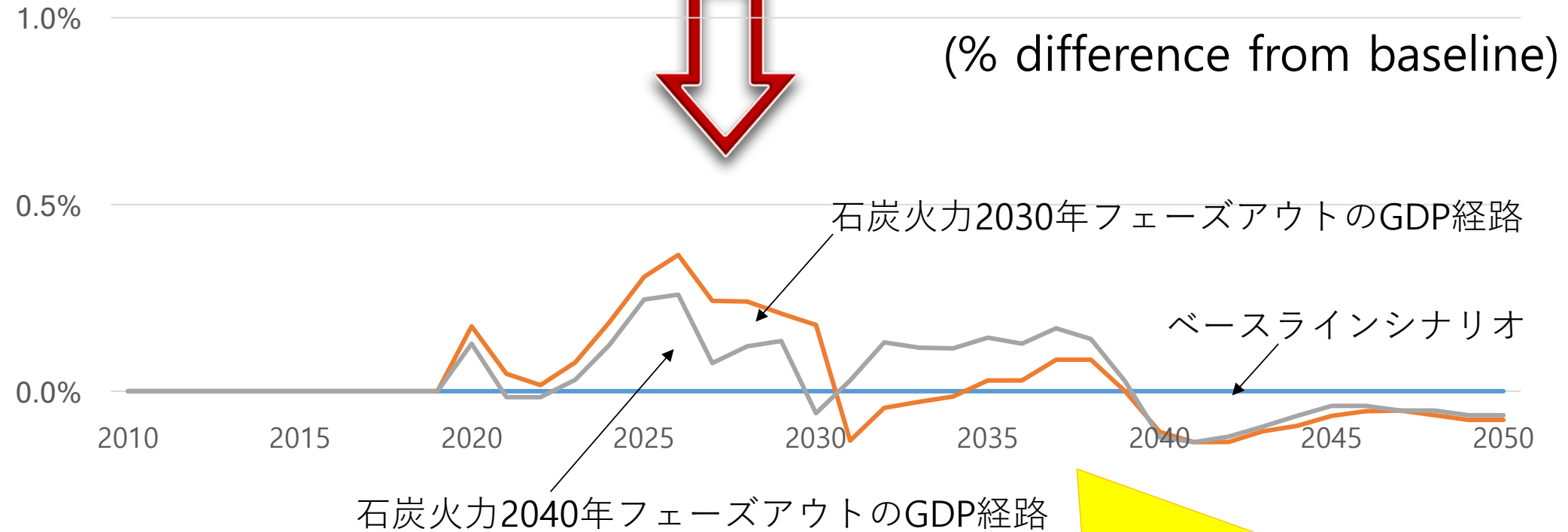
出所：本研究による設定



石炭火力と原発の早期 フェーズアウトの経済・電 源・二酸化炭素排出影響

図表8 石炭及び原発フェーズアウトのGDP影響

響



石炭火力及び原発の早期フェーズアウトは経済にほとんど影響を与えていないことが示された。2050年まで考えた時にどちらかという経済へのプラスの影響の方が大きかった。その要因として、石炭火力及び原発を代替する再エネ投資需要効果が経済を支えており、再エネ価格の下落にもあることが示された。

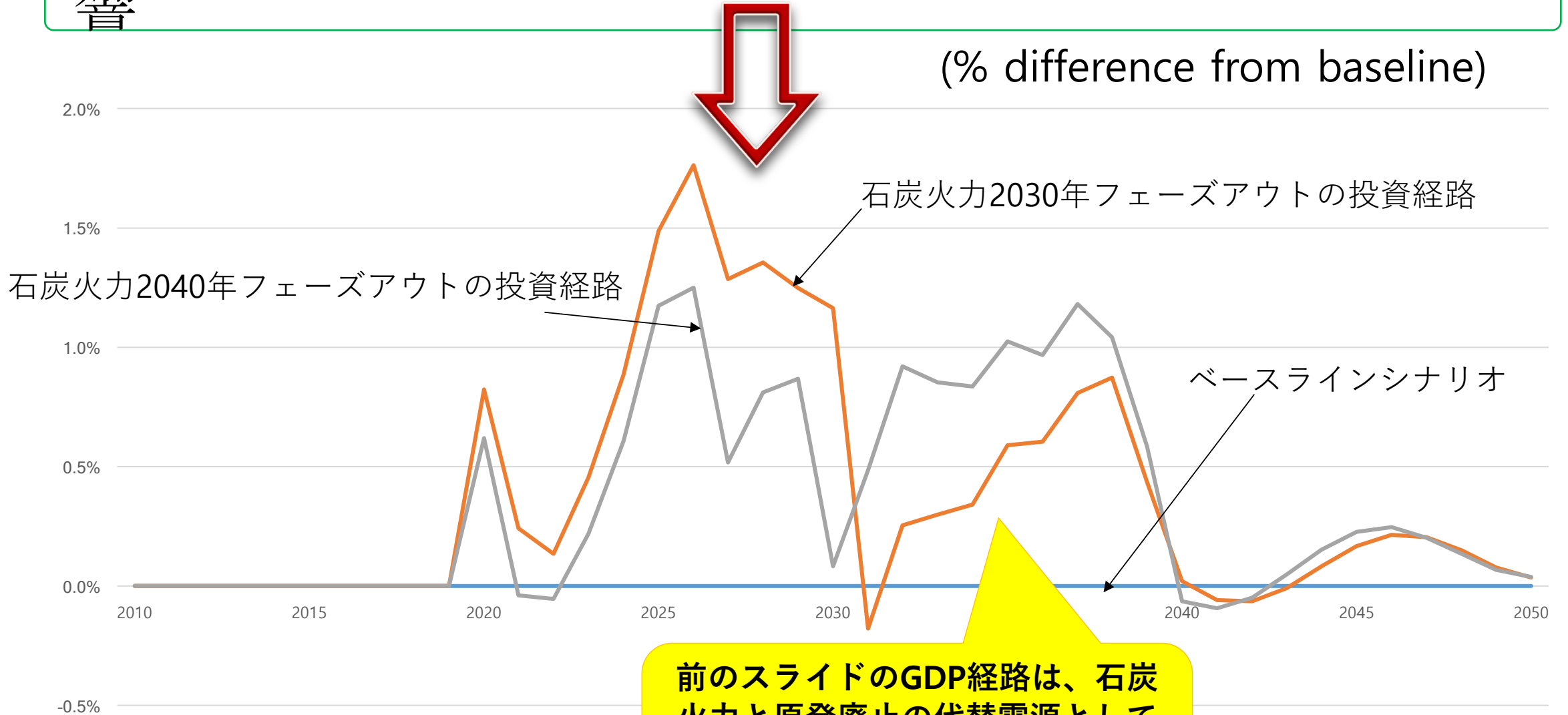
出所：本研究による推定

—BA —S1 —S2

図表9 石炭及び原発フェーズアウトの投資影響

響

(% difference from baseline)



出所：本研究による推定

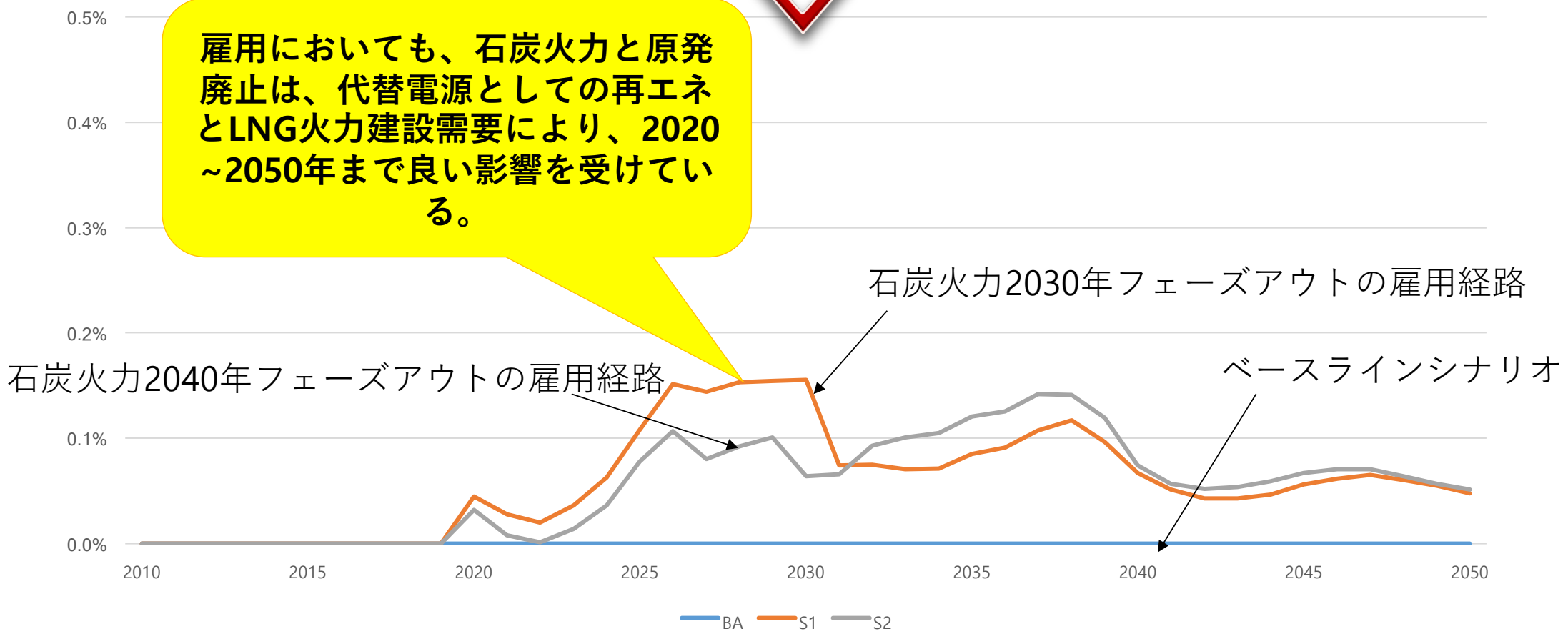
前のスライドのGDP経路は、石炭火力と原発廃止の代替電源としての再エネとLNG火力建設需要による影響を受けている。

図表10 石炭及び原発フェーズアウトの雇用影響

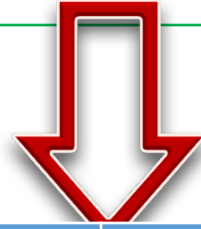
(% difference from baseline)



雇用においても、石炭火力と原発廃止は、代替電源としての再エネとLNG火力建設需要により、2020~2050年まで良い影響を受けている。



図表11 石炭火力および原発フェーズアウトの主要経済指標への影響



(% difference from baseline)

	2030年		2040年		2050年	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
GDP	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
消費	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
投資	1.2	0.1	0	-0.1	0.0	0.0
輸出	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0
輸入	1.0	0.7	1.2	1.2	1.1	1.1
雇用	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
消費者物価	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0
発電コスト	6.4	5.5	2.8	3.7	1.9	2.8

出所：本研究による推定

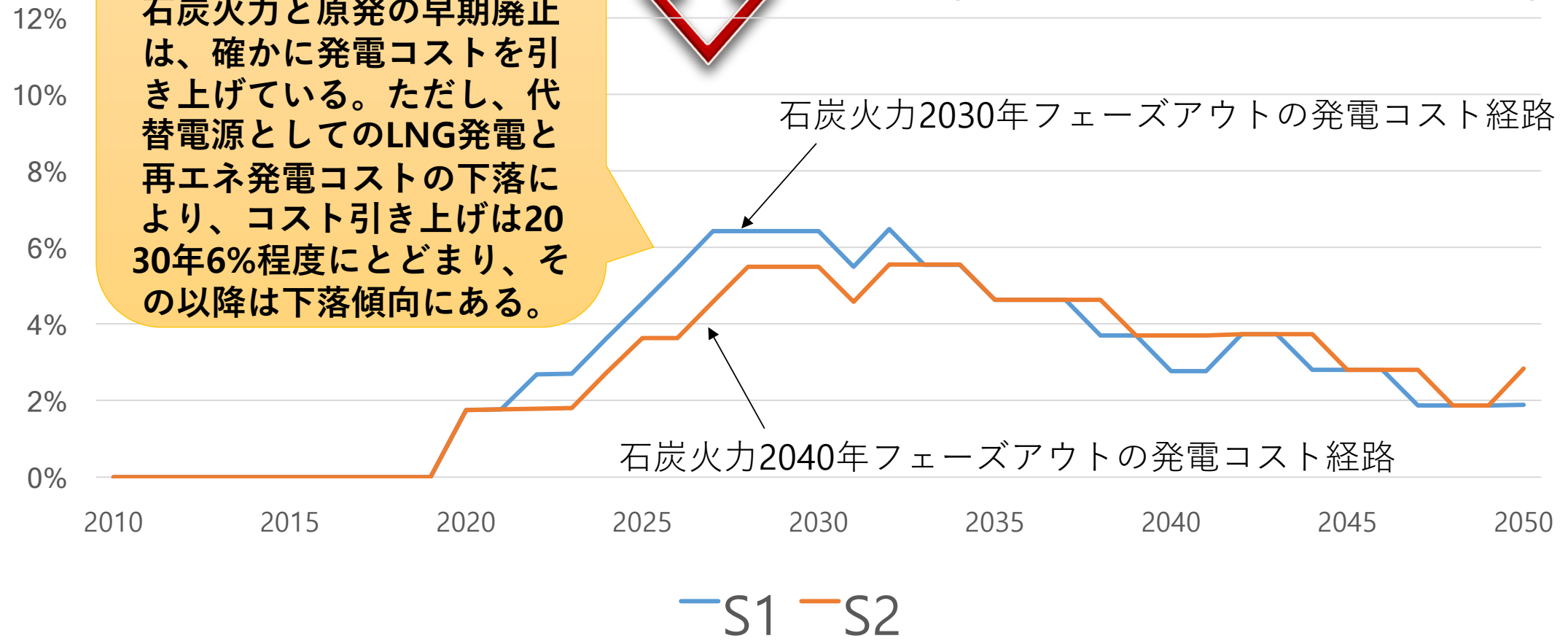
図表12 石炭火力2030年及び2040年フェーズアウトの発電コスト

影響

減価償却の終わっていない石炭火力と原発の早期廃止は、確かに発電コストを引き上げている。ただし、代替電源としてのLNG発電と再エネ発電コストの下落により、コスト引き上げは2030年6%程度にとどまり、その以降は下落傾向にある。

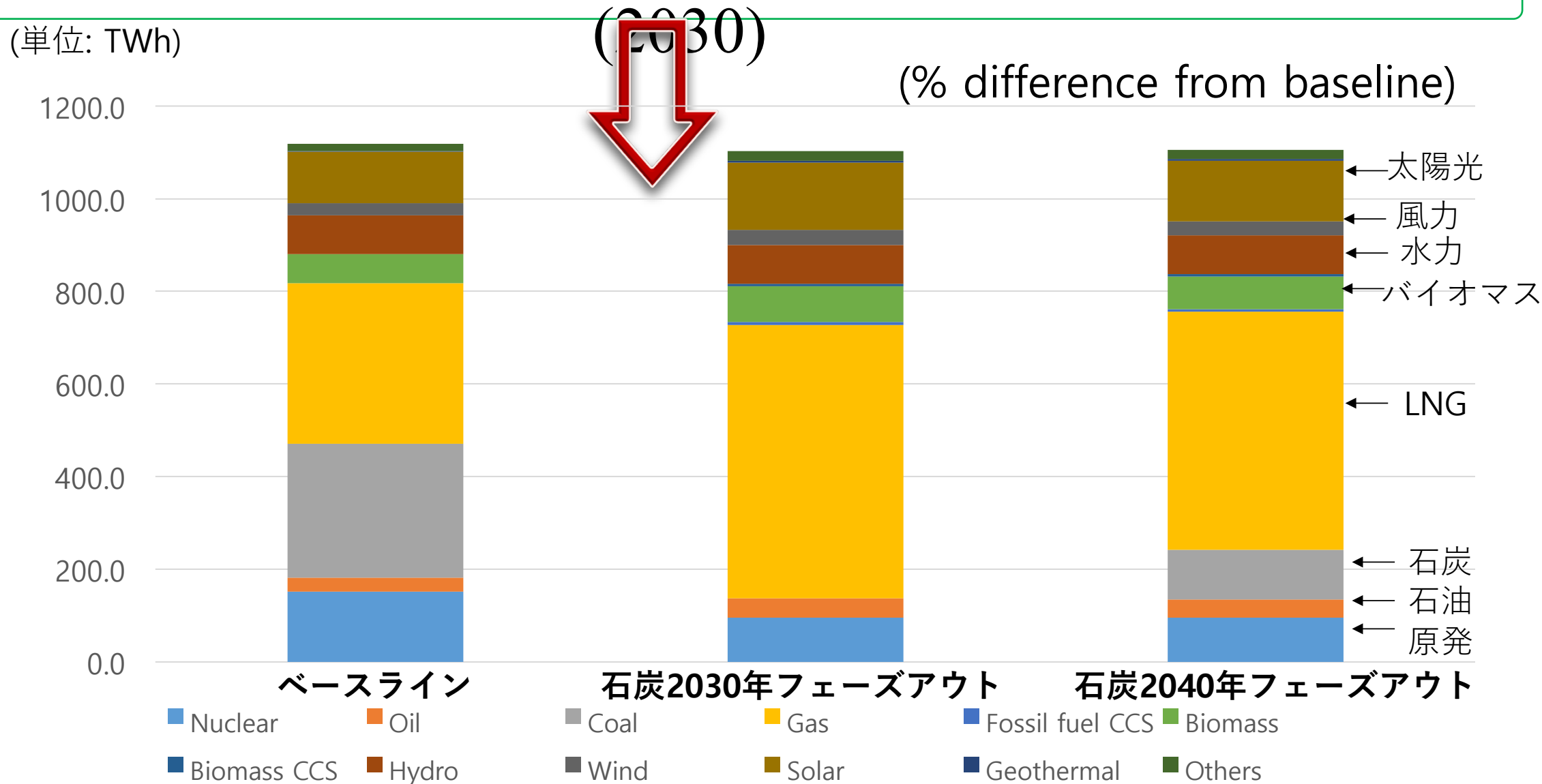


(% difference from baseline)



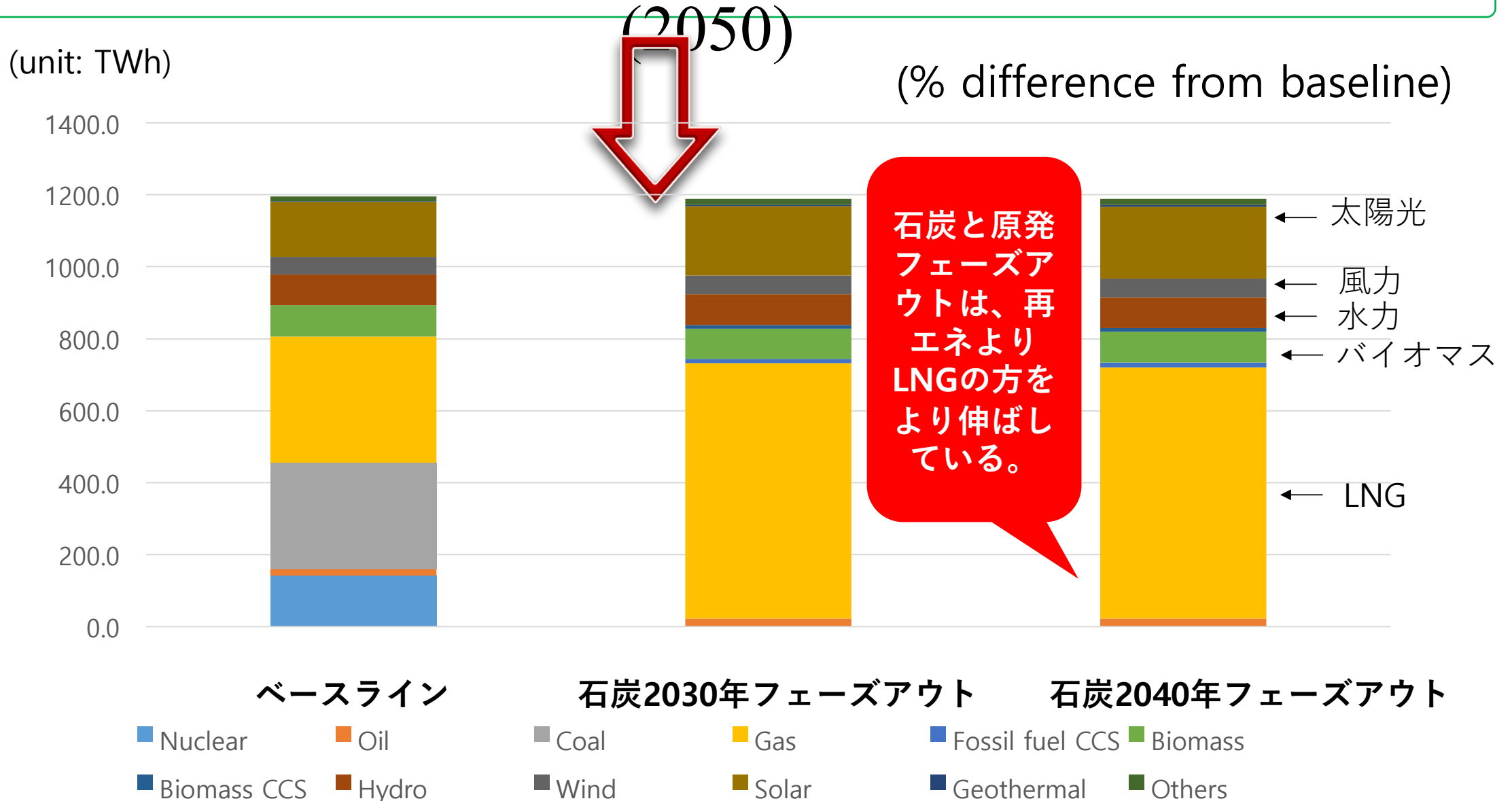
出所：本研究による推定

図表13 石炭火力及び原発フェーズアウトの電源構成(1)



出所：本研究による推定

図表14 石炭火力及び原発フェーズアウトの電源構成

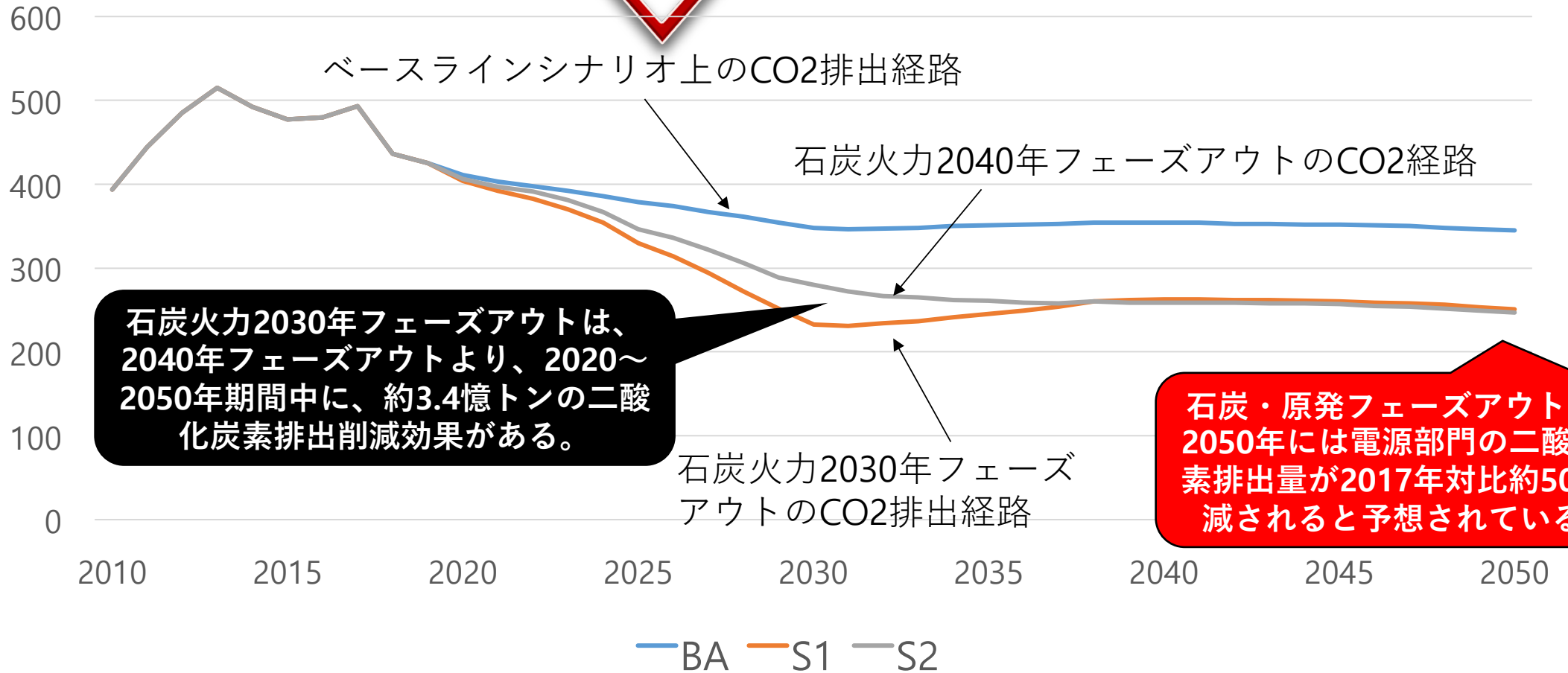


出所：本研究による推定

図表15 石炭火力及び原発フェーズアウトのCO2排出削減の二酸化炭素排出

影響

(単位: Mt・CO₂)





結 論

●2050年までの長期を想定する場合、石炭火力と原発の同時早期フェーズアウトいずれのシナリオでも**経済に悪い影響は殆ど与えないことが確認**された。
⇒その要因として、**再エネなど代替エネルギー建設需要拡大と再エネ発電コストの持続的**下落が挙げられる。

●ただし、石炭火力と原発の早期フェーズアウトは、電源部門の二酸化炭素排出量を2050年に約40%削減するだけで、**日本の2050年の温室効果ガス(二酸化炭素)削減目標には大きく及ばないことが示**された。
⇒その要因として石炭火力と原発の早期フェーズアウトは、**再エネよりはLNG火力のシェア**を伸ばしているためである。

●電源部門の脱炭素化のためには、**少なくとも2030年までには再エネへのFITなどの支援やカーボンプライシングが必要**である。
⇒LNG火力が2030年までに拡大されるとその後再エネの発電コストがLNG以上に下落しても**ロックイン効果により、再エネのシェア拡大が難しくなるため**である。

Thank you for your kind attention



緊急停止した関西電力高浜原発4号機=福井県高浜町で2016年
2月29日午後4時37分、本社ヘリから見塚太一撮影

