

# 経済モデル分析について

# 目 次

- I 経済モデル分析の試算結果について(事務局資料)
- II モデルの概要と試算結果(大阪大学伴教授提出資料)
- III AIM/CGEによる2030年の分析(国立環境研究所提出資料)
- IV RITEエネルギー・経済モデルによる2030年の経済・CO2影響分析  
(地球環境産業技術研究機構提出資料)
- V 環境・エネルギー政策の選択と経済・産業への影響試算  
(日本経済研究センター提出資料)
- VI 原発依存度低減・低炭素化推進の中でのグリーン成長について  
(大阪大学伴教授提出資料)
- VII グリーン成長に関する試算について(国立環境研究所提出資料)

# 経済モデル分析の試算結果について

※本資料は、平成24年5月28日第107回地球環境部会・第20回2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会合同会合の資料1-1を基に、報告書本文の記述に合わせ、加筆・修正を行ったもの。

# 1. 分析対象のケース設定等

---

## 地球温暖化対策の選択肢の原案策定に 当たっての経済モデル分析の方針

- エネルギー・環境会議の基本方針(参考1)及び2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会の検討方針(参考2)に基づき、選択肢の原案毎に、国民生活や経済への効果・影響などについて分析を行い、試算結果を提示する。
- 経済モデル分析に当たっては、応用一般均衡モデルによる分析の実績を有する、
  - ①国立環境研究所(AIM/CGEモデル)
  - ②地球環境産業技術研究機構(DEARSモデル)
  - ③大阪大学伴教授(伴モデル)の3研究機関・研究者に試算の依頼を行った。  
(なお、日本経済研究センターは、中央環境審議会や総合資源エネルギー調査会からの依頼とは独立して試算を実施しており、その試算結果を参考として紹介。)
- 試算の依頼に当たっては、各モデルにインプットする前提条件を極力揃えるべく、マクロフレームに関する情報、各選択肢の原案に係る技術モデル(AIMプロジェクトチームの技術モデル)の試算結果等の資料を提供した。
- 経済モデル分析による試算結果については、各選択肢の原案についての判断材料として活用することとする。

# 経済モデル分析の対象とするケース

- 経済モデルによる分析を依頼する研究機関・研究者から、作業量には限界があり、分析の対象とするケースの絞込みを行うべきとの御意見あり。
- このため、事務局より、地球環境部会及び小委員会の委員に対し、経済モデル分析の対象とすべきケースについて意見照会を実施。その意見照会の結果を踏まえて、小委員会(5月9日第17回)において議論いただき、分析対象を以下の6ケースに絞込み、経済モデル分析の研究機関に試算の依頼を行った。(黄色着色部分が分析対象。)

## 2030年の温室効果ガス排出量(基準年総排出量比)

		発電電力量に占める原子力発電の割合(2030年)				
		35%	25%	20%	15%(参考)	0%
省エネ・再エネ等の 対策・施策の強度	高位	▲40%	▲36%	▲34%	② ▲32%	① ▲25%
	中位	▲35%	▲30%	④ ▲28%	③ ▲26%	▲19%
	低位	⑥ ▲25%	⑤ ▲20%	▲18%	▲16%	▲9%

(注1) 作業量の面での制約から経済モデル分析の対象とするケースの絞込みを行ったものであることに留意が必要。

(注2) 各ケースの排出量等の数値は、第17回小委員会(5月9日)において国立環境研究所AIMプロジェクトチームから示された試算値(第17回参考資料2)であり、これを経済モデル分析を行う研究機関・研究者に提示し、試算を依頼した。なお、国立環境研究所AIMプロジェクトチームの技術モデルの試算については部会及び小委員会の議論等を踏まえ、随時見直しが行われており、CO2排出量などに若干違いがあるが、分析結果の傾向に大きく影響を与えるものではない(最新の試算結果については参考資料1参照)。

# 各ケースの電源構成及び排出量の設定

		参照ケース (BAU)	ケース① (対策高位 ・原発0%)	ケース② (対策高位 ・原発15%)	ケース③ (対策中位 ・原発15%)	ケース④ (対策中位 ・原発20%)	ケース⑤ (対策低位 ・原発25%)	ケース⑥ (対策低位 ・原発35%)
電源構成 (2030年)	原子力	24%	0%	15%	15%	20%	25%	35%
	火力	65%	50%	35%	39%	34%	38%	28%
	コジェネ		15%	15%	15%	15%	15%	15%
	再エネ	10%	35%	35%	31%	31%	22%	22%
	太陽光	0.3%	11%	11%	10%	10%	7%	7%
	風力	0.4%	7%	7%	6%	6%	4%	4%
	水力	7.8%	11%	11%	9%	9%	7%	7%
	地熱	0.2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	廃棄物/バイオマス	1.3%	4%	4%	3%	3%	2%	2%
	海洋エネルギー	-	1%	1%	1%	1%	1%	1%
エネルギー起源 CO2排出量 (2030年)	▲6%	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%	

# (参考)総合エネ調における経済モデル分析のケース設定との比較

- 総合資源エネルギー調査会における経済モデル分析(5月9日に試算結果提示のケース設定と比較すると、電源構成に関しては、ケース①は選択肢Bに、ケース③は参考に、ケース④は選択肢Cに、ケース⑤は選択肢Dに、ケース⑥は選択肢Eにそれぞれ近い。ただし、再エネの内訳が異なり(中環審は太陽光の割合が高く、総合エネ調は風力の割合が高い)、それに伴う系統対策費用も異なる(総合エネ調の方が系統対策費用を高く見込んでいる。)。また、火力発電の内訳については、中環審ではモデルで内生としている一方、総合エネ調では、内訳を固定している。詳細は参考資料3参照。
- エネルギー起源CO2排出量は、電源構成が比較的近いケース間において、中環審(AIMプロジェクトチームの技術モデルによる試算結果)の方が排出量が少ない。

## 中環審のケース設定

	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネルギー起源CO2排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

(参考)総合エネ調のケース設定(選択肢の名称は、5月9日時点のもの。)

※「火力」には「コジェネ」含む。

	選択肢B	—	参考	選択肢C	選択肢D	選択肢E
電源構成	原発0% 火力63% 再エネ37%	—	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力48% 再エネ27%	原発35% 火力38% 再エネ27%
エネルギー起源CO2排出量	▲16%	—	▲20%	▲23%	▲23%	▲28%

## 2. 試算結果の見方について

---

# 試算結果の見方①

問1 モデルの中では、CO<sub>2</sub>削減をどのように達成することとしているのか。

- 各WGでの議論の通り、CO<sub>2</sub>削減は、規制や普及啓発などを含め様々な施策により実行されることとなっている。
- しかし、経済モデルでは、そのままそうした施策による経済影響を分析することはできず、炭素価格(炭素税率や排出量取引の排出枠価格)を組み込み、エネルギー価格に炭素価格を上乗せすることにより、エネルギーと資本の代替等を通じ(※1)、CO<sub>2</sub>削減が進むと取り扱い、こうした炭素価格を導入することの経済影響をCO<sub>2</sub>削減の影響としている。(全ての施策が炭素価格として表現される。)
- その際、一定のCO<sub>2</sub>削減を達成するための炭素価格が限界削減費用(※2)となる。経済モデルにより算出される限界削減費用は、家庭や事業者に求められる排出削減努力の程度を表す指標の一つとして理解することができる。
- 炭素価格を上げるに従い、どの程度CO<sub>2</sub>削減が進むと見込むかがモデルによって異なるため、同じケースであっても、モデルによって限界削減費用が異なる。

(※1) AIM/CGEでは、代替のメカニズムを「省エネ投資→エネルギー効率の改善→省エネの実現」と表現している。

(※2) 今回の試算の限界削減費用は、ケース及びモデルによって幅があるが、6,160～94,139円/t-CO<sub>2</sub>。

一方、本年10月から施行される地球温暖化対策のための税の税率は、289円/t-CO<sub>2</sub>(完全施行時)。

問2 同じケースについて、モデル間でGDP等への影響が異なるのはなぜか。

- 経済モデル上、一定のCO<sub>2</sub>を削減するために炭素価格を課すこととしているが、どの程度炭素価格を課す必要があると考えるかは、モデルにより異なる。
- 限界削減費用の高いモデルでは、高い炭素価格を課すことになり、GDPへの影響も大きくなる。なお、炭素価格収入が何に使用されるかによっても差が出うる。

## 試算結果の見方②

問3 現実には、電力価格はこれほどまでに上がるのか。

- 経済モデル上、CO<sub>2</sub>削減の施策は、原則、削減量に応じた炭素価格として取り扱われるが、現実には、WGでの検討のとおり、規制や普及啓発などの様々な手段が講じられるため、現実の炭素価格がモデルで示される限界削減費用の水準まで上昇するようなことは起こらないことに留意が必要である。(講じられる普及啓発等により、限界削減費用は下がりうる。)
- また、モデルから得られる電力価格は、モデル上の限界削減費用が上乗せされたものであり、上述の通り、全ての施策が炭素価格として表現されていることや、講じられる施策によって限界削減費用は変わりうることから、現実にはこのような電力価格になるという意味ではないことに留意が必要である。

問4 世界モデルと一国モデルの違いはどのように影響しているのか。一国モデルでは、海外との関係は描かれないのか。

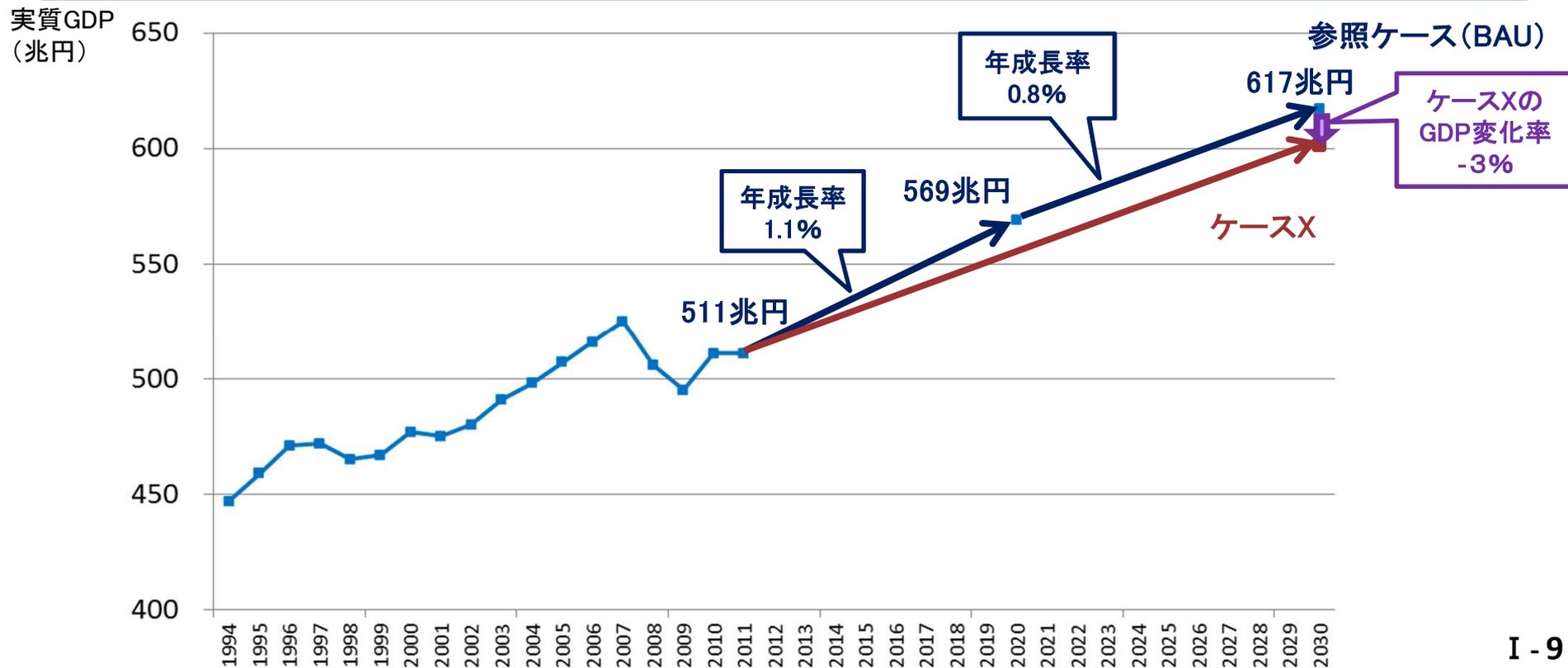
- 世界モデルは、世界を複数の地域に分割し、各地域の産業構造を描いた上で、地域ごとのCO<sub>2</sub>排出目標を設定できるという特徴を有する。特定の地域の政策変更による地域間の輸出入の変化、国際的な資本移転をより詳しく分析することが可能。他地域のCO<sub>2</sub>排出目標をどの水準に設定するかによって試算結果に影響がある。
- 一方、一国モデルであっても、海外部門が設けられており、国際価格と国内価格の差による国内財と輸入財の代替という形で国内生産に影響したり、貿易収支の変化や為替レートの変化として経済への影響が現れることとなる。(閉鎖経済を想定しているわけではない。)
- モデル間の経済影響の現れ方の差異は、世界モデルか、一国モデルかによって現れるのではなく、それぞれのモデルの詳細設定(他国のCO<sub>2</sub>排出目標の設定水準、炭素価格収入の扱い、価格弾力性、代替弾力性の想定の違いなど)によって現れるものである。

# 参照ケースと各ケースの関係

○ 経済モデルにおいて、参照ケース(BAU)の現状からの変化は、試算の前提条件(事務局が提示した想定)に大きく依存する。このため、試算結果は、いずれも参照ケース(BAU)と比較で示している。例えば、実質GDPについては、参照ケースにおいて2010年511兆円から2030年617兆円と想定した上で、各ケースにおける2030年時点のGDPの参照ケースからの変化率(-○%)を示している。

家計消費出、電力価格等も同様に、参照ケースからの変化率を示している。

○ 下図のとおり、参照ケースからの変化率として示されるケースXのGDPの値(例えば、▲3%)は、GDP成長率ではない(成長率が3%下落するという意味ではない)こと、あるいは、現時点(2010年度)の値からの変化ではない(GDPが現状比3%下落するという意味ではない)ことに留意が必要。



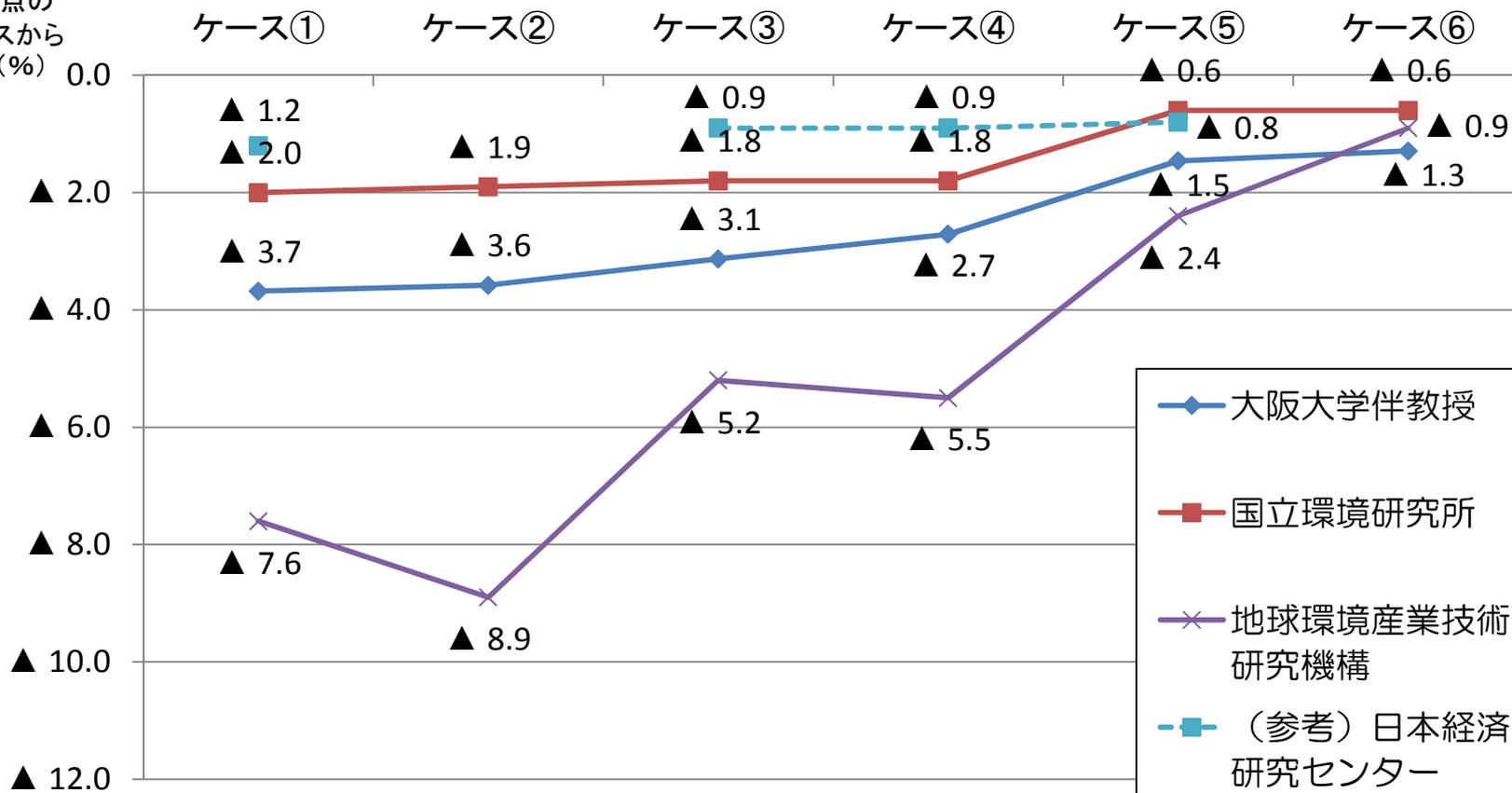
# 3. 試算結果

---

※ 日本経済研究センターは、中央環境審議会や総合資源エネルギー調査会からの依頼とは独立して試算を実施しており、その試算結果を参考として紹介、原発比率及び再エネ比率が近いものを各ケースの欄に対応させているが、火力発電及び再生可能エネルギーの内訳並びに系統対策費用は総合資源エネルギー調査会の分析の前提を用いており、他の研究機関とはケース設定が異なる。このため、単純な比較はできないことに留意が必要。

# 試算結果① ー実質GDP (2030年時点の参照ケースからの変化率)

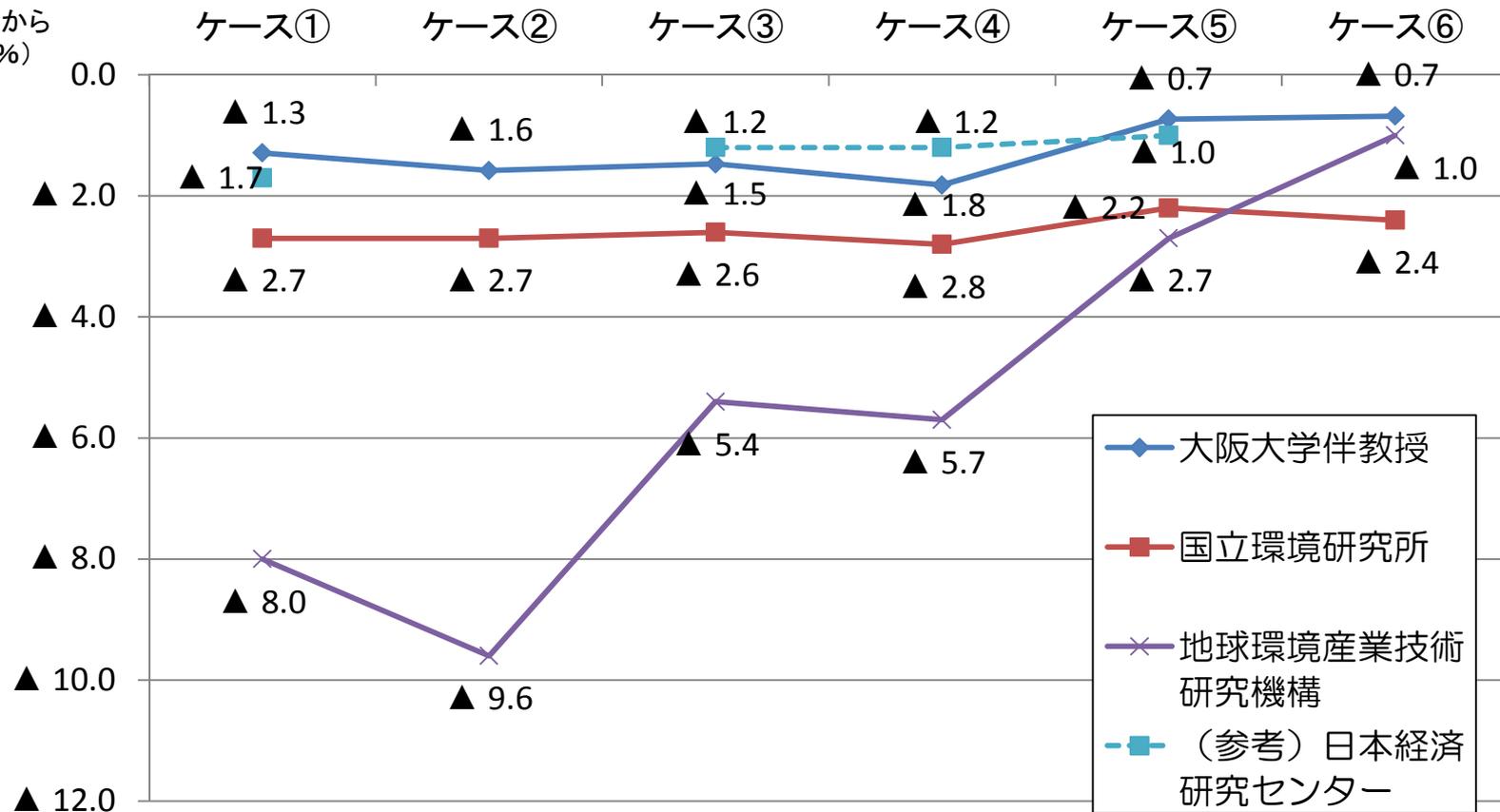
2030年時点の  
参照ケースから  
の変化率(%)



	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO2排出量	▲ 24%	▲ 32%	▲ 27%	▲ 29%	▲ 20%	▲ 25%

# 試算結果② 一家計消費支出(実質) (2030年時点の参照ケースからの変化率)

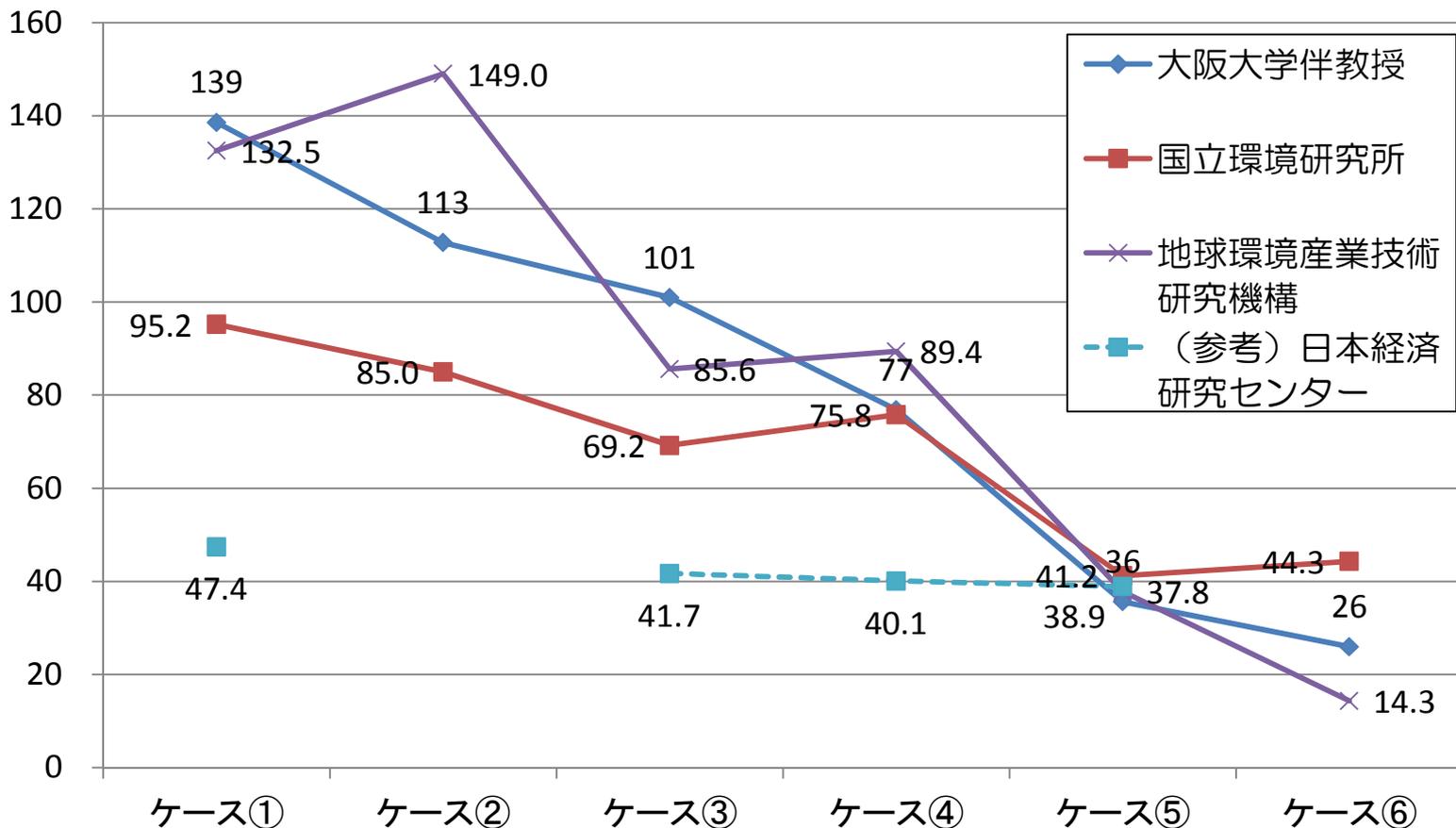
2030年時点の  
参照ケースから  
の変化率(%)



	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO2排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

# 試算結果③ ー 電力価格(名目) (2030年時点の参照ケースからの変化率)

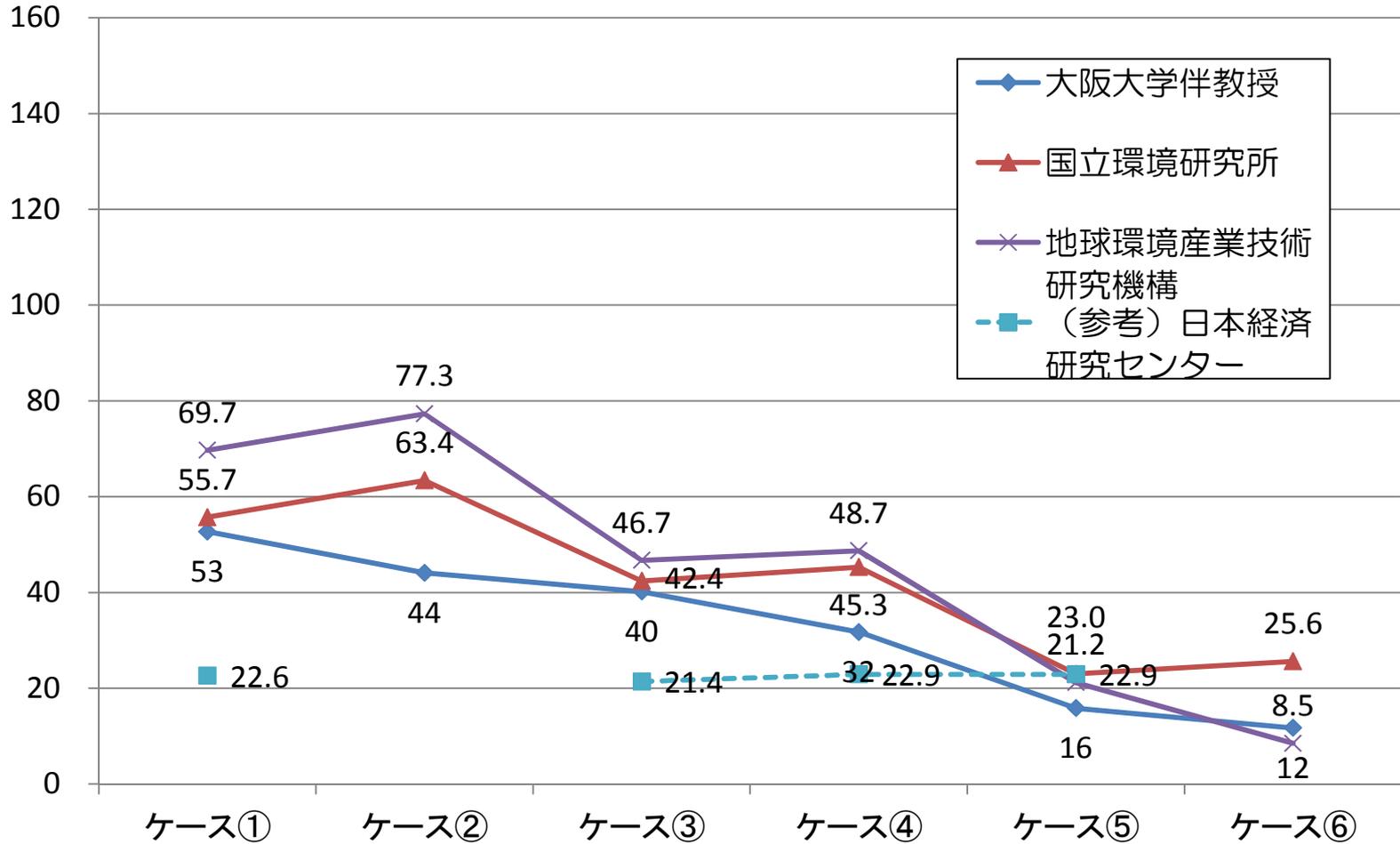
2030年時点の参照ケースからの変化率(%)



	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO2排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

# 試算結果④ 一光熱費(名目) (2030年時点の参照ケースからの変化率)

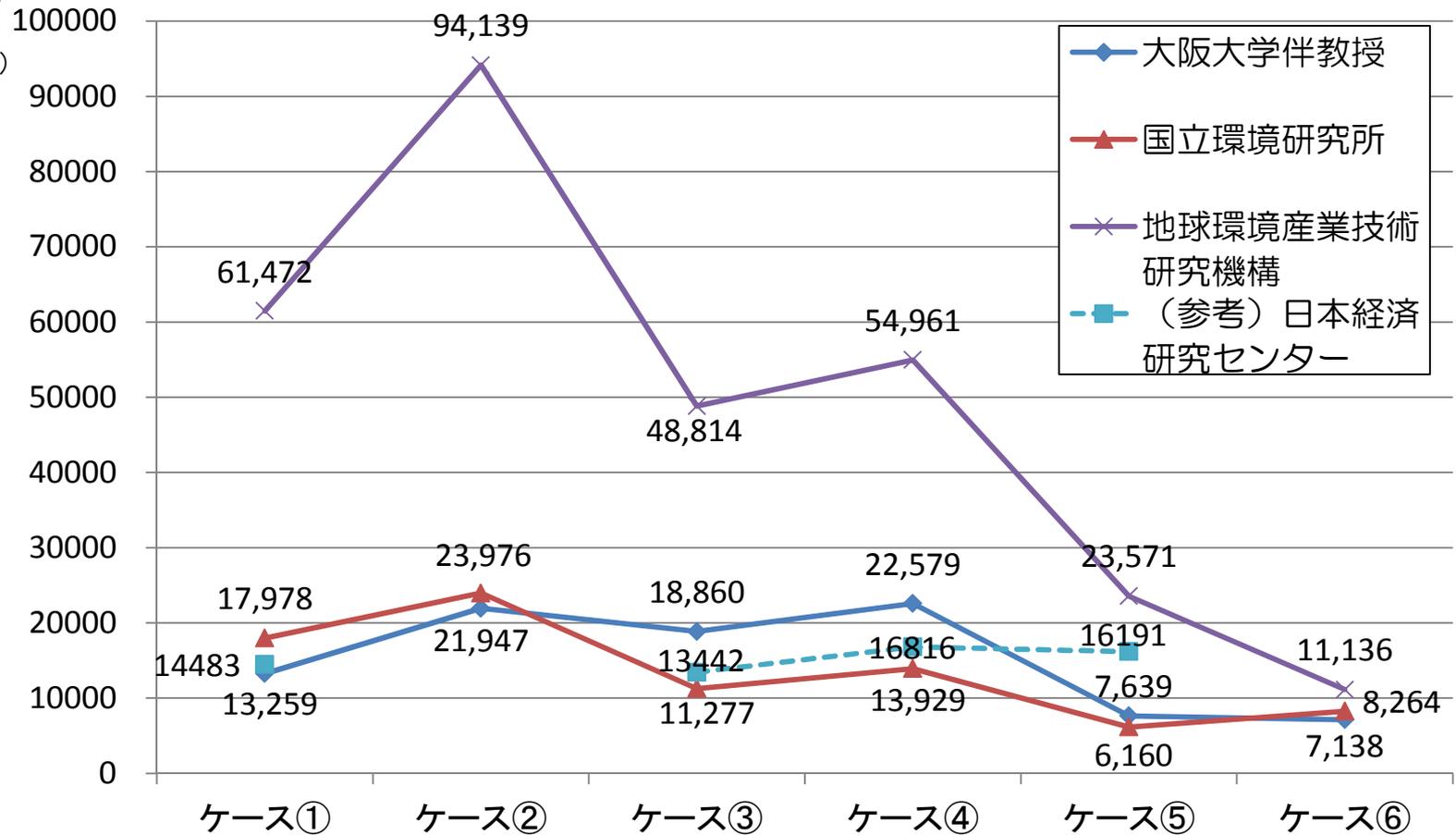
2030年時点の参照ケースからの変化率(%)



	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO2排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

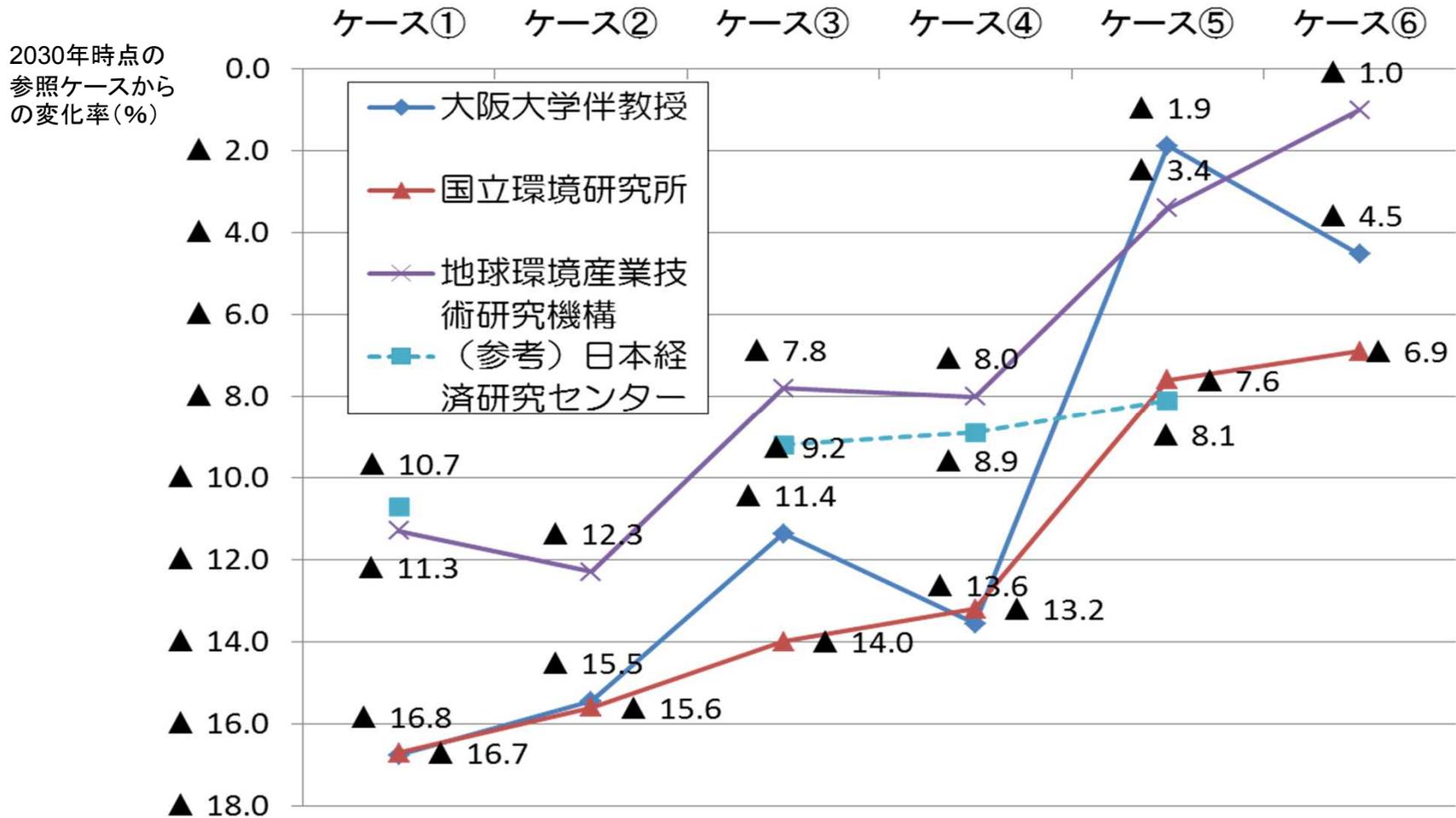
# 試算結果⑤ 一限界削減費用 (2030年時点)

2030年時点の  
限界削減費用  
(円/t-CO<sub>2</sub>)



	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO <sub>2</sub> 排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

# 試算結果⑥ ー 発電電力量 (2030年時点の参照ケースからの変化率)



	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO2排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

## 試算結果⑦ ー 火力発電の内訳 (2030年時点)

○ 本試算においては、火力発電の内訳をモデルで内生としているため、LNG、石炭、石油の発電割合は、各ケース間(CO2制約の違いによる)、各モデル間で異なる。

### 2030年時点の石炭発電量を1としたときのLNG発電量

	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
大阪大学伴教授	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
国立環境研究所	2.2	2.6	2.0	1.6	1.0	1.0
地球環境産業技術研究機構	6.7	4.8	5.6	4.9	5.8	4.6

	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO2排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

# 試算結果⑧ — その他の主な項目 (2030年時点)

※いずれも2030年時点の参照ケースからの変化率(%)

	大阪大学伴教授						国立環境研究所						地球環境産業技術研究機構						(参考) 日本経済研究センター			
	①	②	③	④	⑤	⑥	①	②	③	④	⑤	⑥	①	②	③	④	⑤	⑥	B	参考	C	D
民間設備投資	▲10.2	▲10.6	▲9.2	▲8.0	▲4.0	▲3.6	0.4	0.6	0.7	0.8	0.5	0.6	▲5.7	▲5.8	▲4.4	▲4.1	▲0.8	▲0.2	▲0.7	▲0.4	▲0.5	▲0.4
粗生産(全産業)	▲5.0	▲5.3	▲4.6	▲5.3	▲2.1	▲2.1	▲2.7	▲2.9	▲2.6	▲2.7	▲2.1	▲2.2	▲7.7	▲9.0	▲5.2	▲5.5	▲2.5	▲1.1	▲1.7	▲1.4	▲1.5	▲1.3
粗生産(製造業)	▲6.9	▲7.6	▲6.6	▲7.6	▲3.2	▲3.2	▲1.4	▲1.5	▲1.5	▲1.5	▲1.3	▲1.4	▲12.8	▲17.0	▲8.9	▲10.2	▲5.1	▲1.5	▲2.0	▲1.8	▲1.9	▲1.8
粗生産(エネルギー多消費産業)	▲8.3	▲9.6	▲8.4	▲9.6	▲4.3	▲4.3	▲1.1	▲1.2	▲1.2	▲1.2	▲1.2	▲1.2	▲25.7	▲28.0	▲15.2	▲15.9	▲11.2	▲6.9	▲3.0	▲2.7	▲3.0	▲2.8
粗生産(資本財製造業)	▲6.6	▲7.2	▲6.1	▲7.2	▲2.9	▲3.0	0.2	0.2	▲0.1	0.0	0.2	0.1	▲4.6	▲4.2	▲2.4	▲3.1	▲3.1	▲1.8	▲1.5	▲1.5	▲1.7	▲1.6
就業者数	▲0.4	▲0.4	▲0.3	▲0.2	▲0.1	▲0.1	▲0.2	▲0.2	▲0.2	▲0.2	▲0.2	▲0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
輸出	▲7.4	▲8.9	▲7.7	▲8.0	▲4.1	▲4.5	▲2.2	▲2.4	▲1.8	▲1.9	▲1.6	▲1.7	▲19.2	▲21.9	▲13.8	▲14.1	▲7.1	▲2.7	▲2.3	▲2.3	▲2.6	▲2.5
輸入	▲7.6	▲9.2	▲7.9	▲8.2	▲4.2	▲4.7	▲3.5	▲4.8	▲4.3	▲4.9	▲3.4	▲4.3	▲23.8	▲27.1	▲17.2	▲17.5	▲8.9	▲3.4	▲1.8	▲1.7	▲1.9	▲1.8

	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
電源構成	原発0% 火力65% 再エネ35%	原発15% 火力50% 再エネ35%	原発15% 火力54% 再エネ31%	原発20% 火力49% 再エネ31%	原発25% 火力53% 再エネ22%	原発35% 火力43% 再エネ22%
エネ起源CO2排出量	▲24%	▲32%	▲27%	▲29%	▲20%	▲25%

# 4. 試算の前提等

---

# 試算の前提①

- 総合エネ調における分析との比較可能性を担保するため、参照ケース(各モデルのBAU)については、総合エネ調の分析において用いられた慎重シナリオ(2010年代で実質GDPが年率1.1%、2020年代で年率0.8%)と同一のものとした。(なお、電源構成は2010ほぼ横ばいと想定。4ページ参照。)

慎重シナリオ		実績		見通し		2010→2020 の伸び率	2020→2030 の伸び率
		2010	2020	2020	2030		
<b>マクロ経済指標</b>							
実質GDP (期間平均伸び率)	05年連鎖価格兆円	511.0 (3.1%)	569.4 (1.0%)	617.1 (0.7%)		1.1%	0.8%
<b>物価・財政</b>							
為替レート	¥/\$	82.0	85.75	85.75		0.4%	0.0%
<b>人口・世帯数</b>							
総人口	万人	12,765	12,410	11,662		-0.3%	-0.6%
世帯数	万世帯	5,232	5,460	5,344		0.4%	-0.2%
業務床面積	百万m <sup>2</sup>	1,834	1,943	1,902		0.6%	-0.2%
<b>各産業の生産指標</b>							
粗鋼	万トン	11,079	12,022	11,979		0.8%	0.0%
エチレン	万トン	700	642	581		-0.9%	-1.0%
化学	IIP(2005=100)	99	104	106		0.5%	0.2%
うち非石油化学	IIP(2005=100)	102	111	117		0.9%	0.5%
セメント	万トン	5,605	5,621	5,173		0.0%	-0.8%
紙・板紙	万トン	2,734	2,741	2,602		0.0%	-0.5%
<b>燃料費</b>							
原油価格	\$/bbl	84.2	114.7	123.4		3.1%	0.7%
LNG価格	\$/t	584.4	682.7	734.4		1.6%	0.7%
石炭価格	\$/t	113.9	121.0	124.0		0.6%	0.2%
<b>交通需要など</b>							
貨物輸送量	億トンキロ	5,356	5,785	5,832		0.8%	0.1%
旅客輸送量	億人キロ	12,640	12,052	11,411		-0.5%	-0.5%

## 試算の前提②

○ 各選択肢毎、あるいは各選択肢共通の以下の条件についても、総合エネ調における分析との比較可能性を担保するため、同一のものを用了。

### ①各電源の資本費(建設費、設備の廃棄費用等)、燃料費、運転維持費

各電源について、コスト等検証委員会においてそれぞれ代表例とされた稼働年数、稼働率における単価を使用。

### ②原子力の追加安全対策費用

各選択肢共通で、コスト等検証委員会報告書で示された「モデルプラント一基(120万kW)につき194億円の追加費用」から算出されるkW当たり単価を原子力発電の発電コスト(資本費)に追加。

### ③原子力の事故リスク費用

各選択肢共通で0.5円/kWhを原子力発電の発電コストに追加。(なお、コスト等検証委員会報告書において、事故リスク対応費用の0.5円/kWhは「現時点で得られる最大限の情報を基に」、「下限値として提示」されている。)

### ④原子力発電所を早期廃炉にすることに伴うコスト

2030年度に原子力発電比率がゼロになるケースでは、既存の原子力発電所の稼働年数が40年より短くなるため、資本費のうち回収できない分を未回収コストとして、0.3兆円/年を発電コストに追加。

## 試算の前提③（系統対策費用）

- 各ケース毎の系統対策費用については、総合エネ調で示された系統対策費用の考え方を頂いた上で、各ケースの再生可能エネルギーの内訳に応じ、以下の通り設定。
- なお、総合資源エネルギー調査会における試算とは、再生可能エネルギーの内訳が異なるため、それに伴う系統対策費用も異なる（総合エネ調の方が風力発電の割合が高く、それに伴い、連系線増強等の系統対策費用を高く見込んでいる。）。

	2030年までの累積額
ケース① (対策高位・原発0%)	2.7兆円
ケース② (対策高位・原発15%)	2.7兆円
ケース③ (対策中位・原発15%)	2.6兆円
ケース④ (対策中位・原発20%)	2.6兆円
ケース⑤ (対策低位・原発25%)	1.6兆円
ケース⑥ (対策低位・原発35%)	1.6兆円

(注) 系統対策費用については、総合資源エネルギー調査会基本問題委員会と整合をとり、**資本費を耐用年数で平準化し、経済モデルの中で毎年の資本費として取り扱うよう、経済モデル分析を行う研究機関・研究者に提示し**、試算を依頼した。このため、国立環境研究所AIMプロジェクトチームが示す「省エネ・再エネのための追加投資額の内訳」とは値が一致しない（国立環境研究所AIMプロジェクトチームの計算では取得額一括計上を行っているため）。

# (参考①) 系統対策費用の試算結果

- 太陽光発電および風力発電の大量導入の実現に必要なとなる系統対策費用を簡易試算した。対策オプションの違いによる負担影響を把握するため、本需給調整分析の想定に基づくケースと、既往検討に基づくケースを設定し比較した。
- **同一ブロック内での系統一体運用の実施、需要能動化、出力抑制の必要に応じた実施**を通じ、定置用蓄電池等の導入時期を更に導入が進んだ段階まで遅らせることにより、**系統対策費用を大幅に抑制**することが可能。

## 系統対策費用の試算条件

		既往検討に基づくケース	本分析に基づくケース
コンセプト		■ 太陽光、風力のそれぞれ一方のみの大規模導入を想定した2つの独立したシナリオ	■ 太陽光、風力の両者の大規模導入を想定し、対策の相乗効果等を考慮したシナリオ
シナリオ	太陽光	■ 次世代送配電ネットワーク研究会(資源エネルギー庁、2009年度)による「出力抑制+需要創出・活用+系統側蓄電池シナリオ」に対して、シナリオの継続延長、年次展開を想定	■ <b>同一ブロック内での系統一体運用の実施、需要能動化、出力抑制の必要に応じた実施</b> を通じ、定置用蓄電池の導入時期を後ろ倒し (自動車用市場の先行等による蓄電池価格の低減により、定置用蓄電池の導入に要する社会費用の抑制が期待される)
	風力	■ 日本風力発電協会・風力発電事業者懇話会による投資額試算(2009年)の既設連系統利用シナリオに対して、同シナリオの年次展開を想定	■ 系統シナリオ定量分析結果に基づき、2030年時点においては、左記ケースに対して <b>蓄電池、揚水新設を不要化する一方、電圧変動対策としてSVCを増強</b> 。
費用項目	太陽光	■ 配電対策(柱上変圧器、配電系統用SVC)、 <b>蓄電池</b> 、太陽光発電・需要制御装置、火力調整運転	■ 配電対策(柱上変圧器、配電系統用SVC)、太陽光発電・需要制御装置、火力調整運転、 <b>送電系統用SVC</b> 、地域間連系統線、気象予測等活用系統運用システム
	風力	■ 風力関連: <b>蓄電池</b> 、地域間連系統線、 <b>揚水発電新規建設</b> 、気象予測等活用系統運用システム	

## 系統対策費用の試算結果

	既往検討に基づくケース		本分析に基づくケース	
	2012~2030年	2012~2030年	2012~2020年	2012~2030年
低位	1.5兆円(1,660億円/年) うち蓄電池0.8兆円(880億円/年)	9.1兆円(4,800億円/年) うち蓄電池5.7兆円(3,010億円/年)	1.6兆円(1,770億円/年)	3.1兆円(1,640億円/年)
中位	2.7兆円(3,000億円/年) うち蓄電池1.6兆円(1,800億円/年)	17.2兆円(9,050億円/年) うち蓄電池11.9兆円(6,270億円/年)	1.9兆円(2,130億円/年)	4.9兆円(2,560億円/年)
高位	5.6兆円(6,200億円/年) うち蓄電池4.1兆円(4,520億円/年)	19.3兆円(10,170億円/年) うち蓄電池13.0兆円(6,850億円/年)	2.3兆円(2,530億円/年)	5.0兆円(2,650億円/年)

## (参考②) 系統対策費用の内訳

### 系統対策費用の試算結果(2012~2020年)

		既往検討に基づくケース			本分析に基づくケース		
		低位	中位	高位	低位	中位	高位
太陽光	配電対策 (柱上変圧器、 配電系統用SVC)	0.2兆円 (260億円/年)	0.4兆円 (400億円/年)	0.5兆円 (570億円/年)	0.2兆円 (260億円/年)	0.4兆円 (400億円/年)	0.5兆円 (570億円/年)
	太陽光発電・ 需要制御装置	0.3兆円 (360億円/年)	0.5兆円 (550億円/年)	0.7兆円 (770億円/年)	0.3兆円 (360億円/年)	0.5兆円 (550億円/年)	0.7兆円 (770億円/年)
風力	送電系統用SVC	—	—	—	0.03兆円 (32億円/年)	0.04兆円 (40億円/年)	0.04兆円 (42億円/年)
共通	蓄電池	0.8兆円 (880億円/年)	1.6兆円 (1,800億円/年)	4.1兆円 (4,520億円/年)	—	—	—
	火力調整運転	0.1兆円 (120億円/年)	0.2兆円 (190億円/年)	0.2兆円 (260億円/年)	0.02兆円 (24億円/年)	0.03兆円 (36億円/年)	0.05兆円 (51億円/年)
	揚水発電 新設	0.02兆円 (18億円/年)	0.04兆円 (40億円/年)	0.04兆円 (45億円/年)	—	—	—
	地域間連系統線・ 地域内系統増強	—	0.004兆円 (4億円/年)	0.004兆円 (5億円/年)	0.9兆円 (1,080億円/年)	0.9兆円 (1,080億円/年)	0.9兆円 (1,080億円/年)
	気象予測等活用 系統運用システム	0.02兆円 (18億円/年)	0.02兆円 (20億円/年)	0.02兆円 (20億円/年)	0.02兆円 (18億円/年)	0.02兆円 (20億円/年)	0.02兆円 (20億円/年)
合計		1.5兆円 (1,660億円/年)	2.7兆円 (3,000億円/年)	5.6兆円 (6,200億円/年)	1.6兆円 (1,740億円/年)	1.8兆円 (2,040億円/年)	2.1兆円 (2,350億円/年)

注) 四捨五入の関係で必ずしも合計値と一致しない

# (参考③) 系統対策費用の内訳

## 系統対策費用の試算結果(2012～2030年)

		既往検討に基づくケース			本分析に基づくケース		
		低位	中位	高位	低位	中位	高位
太陽光	配電対策 (柱上変圧器、 配電系統用SVC)	0.6兆円 (320億円/年)	1.0兆円 (540億円/年)	1.1兆円 (560億円/年)	0.6兆円 (320億円/年)	1.0兆円 (540億円/年)	1.1兆円 (560億円/年)
	太陽光発電・ 需要制御装置	0.8兆円 (450億円/年)	1.4兆円 (750億円/年)	1.5兆円 (760億円/年)	0.8兆円 (450億円/年)	1.4兆円 (750億円/年)	1.5兆円 (760億円/年)
風力	送電系統用SVC	—	—	—	0.1兆円 (44億円/年)	0.1兆円 (61億円/年)	0.1兆円 (69億円/年)
共通	蓄電池	5.7兆円 (3,010億円/年)	11.9兆円 (6,270億円/年)	13.0兆円 (6,850億円/年)	—	—	—
	火力調整運転	0.3兆円 (150億円/年)	0.5兆円 (250億円/年)	0.5兆円 (260億円/年)	0.1兆円 (29億円/年)	0.1兆円 (49億円/年)	0.1兆円 (51億円/年)
	揚水発電 新設	0.4兆円 (230億円/年)	0.9兆円 (490億円/年)	1.3兆円 (710億円/年)	—	—	—
	地域間連系線・ 地域内系統増強	1.2兆円 (620億円/年)	1.4兆円 (740億円/年)	1.9兆円 (1,020億円/年)	1.5兆円 (780億円/年)	2.2兆円 (1,140億円/年)	2.3兆円 (1,180億円/年)
	気象予測等活用 系統運用システム	0.03兆円 (16億円/年)	0.04兆円 (19億円/年)	0.04兆円 (21億円/年)	0.03兆円 (16億円/年)	0.04兆円 (19億円/年)	0.04兆円 (21億円/年)
合計		9.1兆円 (4,800億円/年)	17.2兆円 (9,050億円/年)	19.3兆円 (10,170億円/年)	3.1兆円 (1,640億円/年)	4.9兆円 (2,560億円/年)	5.0兆円 (2,650億円/年)

注) 四捨五入の関係で必ずしも合計値と一致しない

# (参考④) 系統対策費用の試算の前提

		既往検討に基づくケース	本分析に基づくケース
太陽光	配電対策 (柱上変圧器、 配電系統用SVC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 柱上変圧器(20万円/台)を住宅用太陽光発電5~8軒ごとに設置。</li> <li>■ SVC(1,500万円/台)をバンクあたり1台設置。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 同左</li> </ul>
	太陽光発電・ 需要制御装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 太陽光1,000万kW導入時点から出力抑制機能付パワーコンディショナ(コスト増分0.5万円/台)を設置。</li> <li>■ 自律制御用インターフェース(3万円/台)を太陽光導入住宅の約6割に設置。</li> <li>■ 制御システムを構築。必要対策量は太陽光の導入量に比例すると仮定。単価(1.1万円/kW)は既往検討より簡易推計(太陽光2,800万kW導入時0.30兆円)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 同左</li> </ul>
風力	送電系統用SVC	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 対策量は風力の導入量に比例すると仮定。風力容量あたり対策費(4.5百万円/MW)は新エネ部会資料より簡易推計(風力300万kW導入時135億円)。</li> </ul>
共通	蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 太陽光1,000万kW導入時点からLFC容量対策用としての蓄電池を導入開始(必要対策量:0.8kWh/kW)。2,900万kW導入時点から余剰電力対策用として蓄電池の追加導入を開始(必要対策量:3,350万kW以前は0.4kWh/kW、3,350万kW以降は4kWh/kW)。PV追加容量あたり電池必要追加量は既往検討より簡易推計。蓄電池単価は4万円/kWhで一定。</li> <li>■ 風力に蓄電池(出力容量:風力容量の20%、蓄電容量:1時間分)を併設。風車容量あたり対策費は50百万円/MW。</li> </ul>	—
	火力調整運転	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 対策量は太陽光の導入量に比例すると仮定。太陽光容量あたり対策費(0.53万円/kW)は既往検討より簡易推計(太陽光2,800万kW導入時0.15兆円)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 対策量は太陽光の導入量に比例すると仮定。太陽光容量あたり対策費(0.10万円/kW)はコスト等検証委員会より設定。</li> </ul>
	揚水発電 新設	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 揚水(200百万円/MW)を風力の導入量に応じて新設。対策量は既往検討(系統設備容量に対する比率等による推計)を踏襲。</li> </ul>	—
	地域間連系線・ 地域内系統増強	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 地域間連系線(直流300百万円/MW、交流400百万円/MW)を風力の導入量に応じて増強。対策量は既往検討(系統設備容量に対する比率等による推計)を踏襲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 地域間連系線を風力の地域間潮流に応じて増強。地域間潮流は、風力の地域別導入量と、系統容量比から仮定した風力の地域別受電量との差より推計。ただし東西周波数変換所を跨いだ融通は想定せず。</li> <li>■ 地内送電線を風力の導入量に応じて増強。</li> <li>■ いずれも、単価は地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会より設定。</li> </ul>
	気象予測等活用 系統運用システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 対策費用は風力の導入量に関係すると仮定。風力容量あたり対策費は既往検討(100百万円/MW)を踏襲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 同左</li> </ul>

# 5. 參考資料

---

## (参考1)エネルギー・環境会議の基本方針 (平成23年12月21日)関連部分抜粋

### ③地球温暖化対策の選択肢提示に向けた基本方針

～長期的な将来のあるべき姿等を踏まえ、世界の排出削減に貢献する形で地球温暖化対策の選択肢を提示する

地球温暖化対策は、科学的知見に基づき、国際的な協調の下で、我が国として率先的に取り組んでいく必要がある。同時に、地球温暖化対策の国内対策は、我が国のエネルギー構造や産業構造、国民生活の現状や長期的な将来のあるべき姿等を踏まえて組み立てていく必要がある。

原発への依存度低減のシナリオを具体化する中で検討される省エネ、再生可能エネルギー、化石燃料のクリーン化は、エネルギー起源CO<sub>2</sub>の削減にも寄与するものであり、また、需要家が主体となった分散型エネルギーシステムへの転換も温暖化対策として有効である。エネルギーミックスの選択肢と表裏一体となる形で、地球温暖化対策に関する複数の選択肢を提示する。

選択肢の提示に当たっては、幅広く関係会議体の協力を要請し、従来の対策・施策の進捗状況や効果を踏まえて、国内対策の中期目標、必要な対策・施策、国民生活や経済への効果・影響なども合わせて提示する。また、これからは、国内における排出削減や吸収源対策、適応策とともに、日本の技術を活かして海外での排出削減に貢献し、世界の地球温暖化問題を解決していくという視点が重要になる。このため、二国間オフセット・クレジット制度の活用をはじめとする国際的な地球温暖化対策の在り方も明らかにする。

## (参考2)2013年以降の対策・施策に関する小委員会の検討方針 (平成24年2月22日)関連部分抜粋

### (1) 検討内容

- 小委員会では、地球温暖化対策のうち、国内排出削減対策についての選択肢の原案、評価案等を策定し、地球環境部会に報告を行う。その後、地球環境部会での議論を経て、エネルギー・環境会議に報告を行う。
- 小委員会での選択肢の原案の策定に当たっては、まず、これまで行ってきた対策・施策の進捗状況や効果を評価・分析する。その上で、国内対策の中期の数値目標、必要な対策・施策、国民生活や経済への効果・影響などを選択肢の原案毎に提示する。その際、選択肢の原案に対する小委員会としての評価案についても併せて提示する。
- 特に、原発への依存度低減のシナリオを具体化する中で検討される省エネ、再生可能エネルギー、化石燃料のクリーン化、需要家が主体となった分散型エネルギーシステムへの転換について、地球温暖化対策の観点から、その効果を可能な限り定量的に評価・分析する。
- 検討に当たっては、中長期ロードマップ(別添3)、昨年からの地球環境部会及び本小委員会における議論、エネルギー・環境会議の基本方針、及び平成24年1月30日の第100回地球環境部会において細野環境大臣から示された「2013年以降の地球温暖化対策の検討のポイント」(別添4)を踏まえることとする。

## (参考3) 試算を行った経済モデルの概要

	モデルの分類	成り立ち	雇用想定	経済主体の投資行動	個別の詳細設定等
AIMモデル (国立環境研究所)	一般均衡モデル 原子力発電や再生可能エネルギーの導入量などに応じて経済が到達する均衡状態の姿を描く。	エネルギーの効率改善と その際に生じる追加費用 について、対策技術を積 み上げたボトムアップ型の AIM技術モデルと整合。	需給ギャップ や失業率を 想定してい ない	家計・企業は1期間(1年)単位で の効用・利潤の最大化を考慮して 行動。	エネルギー効率改善とそ の費用については技術別 に設定。温暖化対策のため の追加費用を投資の一部 として計上するか、政府 が補助するか等によっ て異なる結果となる。
DEARSモデル (地球環境産業技 術研究機構)		国際産業連関表を扱った 静学的な多地域・多部門 一般均衡モデルである GTAPモデル及びそのデー タベースに基づき作成され たモデル。	需給ギャップ や失業率を 想定してい ない	1年単位ではなく、全期間を通じて 全世界の効用最大化が実現する ように各年の消費、投資、生 産、GDPを内生的に決定。将来消費効 用が高まると判断されれば、手前 の時点で消費を減らしてでも投資 を実行する。 (Forward looking 型動学モデル)	世界多地域の国際産業 連関を有したモデルを統 合しているため、温暖化 対策による産業部門間の 連関や国際産業移転を含 めた包括的な評価が可能。
伴モデル (大阪大学・伴教 授)		日経モデルをForward looking 型動学的最適化モ デルに拡張したモデル。	需給ギャップ や失業率を 想定してい ない	1年単位ではなく、全期間を通じて 効用最大化が実現するように各 年の消費、投資を決定。 将来消費効用が高まると判断され れば、手前の時点で消費を減らし てでも投資を実行する。 (Forward looking 型動学モデル)	任意の技術を持つアク ティビティを個別に追加可 能。 消費者の低炭素型消費 財への嗜好の変化を外生 的に決定し見込むことが できる。
JCERモデル (日本経済研究セ ンター) (注)		MITの温暖化対策分析用 の一般均衡モデルである EPPAモデルを参考にして 作成。	需給ギャップ や失業率を 想定してい ない	家計・企業は1期間(1年)単位で の効用・利潤の最大化を考慮して 行動。	産業の資本ストックにヴィ ンテージを仮定し、既投資 分の資本ストックは当該 産業から動かず、産業構 造の変化が徐々に進む 姿を描いている。同様に 産業間の労働移動も徐々 に進むようになっている。

(注) 日本経済研究センターは、中央環境審議会や総合資源エネルギー調査会からの依頼とは独立して試算を実施しており、その試算結果を参考として紹介。

## (参考4) 経済モデルの有用性

- 経済モデルは、経済全体の相互関係(例:生産要素と生産物の関係や貯蓄と投資の関係)を論理的、整合的、定量的に描く方程式群。
- 各経済主体が経済合理的な行動(家計は効用最大化、企業は利潤最大化)を取ることを想定し、その結果として需要と供給が導き出され、価格メカニズムを通じて市場均衡が達成される姿を描写。
- 一旦、基準となる前提条件でのモデル(BAU)が出来上がると、様々な前提条件の異なった均衡(政策導入ケース)を描写し、異なる均衡解の間を比較することにより、政策が経済全体に与える影響を分析。
- 今回の分析に用いる応用一般均衡モデルは、いずれも多部門モデルであり、政策によって産業構造がどのように変化するか(どの部門にプラスの影響があり、どの部門にマイナスの影響があるか)といったことを分析することが可能。
- また、今回の分析に用いる応用一般均衡モデルは、いずれも動学モデルであり、時系列で経済が変化していく姿を描くことが可能。

## (参考5) 複数の経済モデルの主な相違点

### < 動学化の方法 >

- 今回の分析に用いる応用一般均衡モデルは、いずれも動学モデルであるが、動学化の手法として、①逐次動学型と②異時点間動学最適化型に大別される。
  - 逐次動学型では、每期毎期の各経済主体の最適化(効用最大化、利潤最大化)が前提であるのに対し、異時点間動学最適化型は、全期間を通じた最適化が前提となる。前者は貯蓄率が一定であるのに対し、後者は貯蓄率が可変。
- ⇒ 異時点間動学最適化型は将来を見越した投資水準の決定が描かれることになり、試算結果として、政策導入に伴う資源配分の調整が相対的に早く行われる。

### < 税収の還流方法 >

- CO<sub>2</sub>制約下での分析を行う際、モデル上では、炭素価格(現実の政策としては炭素税又は排出量取引のオークションに相当)が発生する。モデルによって、この収入の扱いが異なり、家計への一括還流や家計・企業の省エネ投資への充当を描くモデルがある一方、金融的要素をモデルに組み込んだ上で、税収を国債償還に回す(その結果として金利が低下する)想定を置くことができるモデルがある。この点は、応用一般均衡モデルに金融的要素を取り込んでいるか否かに依存する。
- ⇒ 試算結果として、温暖化対策投資を促進するような政策導入ケースの影響が正負逆の方向に働く場合がある。

## (参考6)結果の提示に当たっての留意点

中央環境審議会第90回地球環境部会 資料2より

- ・ 分析結果は、前提条件次第で大きく変わり得るものであることから、結果の数値そのものを過大評価すべきではない。
- ・ 感度分析により、政策の有無に伴う経済への効果・影響をおおまかに把握することは重要。
- ・ 分析結果の数値がひとり歩きする傾向にあることから、モデルの構造や前提条件を十分に理解した上で結果を提示すべき。その際、単一の解ではなく、定性的あるいは幅をもった形で結果を捉えることも重要。
- ・ 個々の政策を評価する手段として活用すべきだが、経済モデルの予測能力に鑑み、慎重に行うべき。

# モデルの概要と試算結果

大阪大学大学院経済学研究科

伴 金美

2012年5月23日

# エネルギー・環境経済モデルで重要となる視点

## 1. 技術選択

- 技術情報に基づくボトムアップ型モデル
- 価格と需要に依存するトップダウン型モデル
- 両者のハイブリッド型モデル
- 技術進歩モデル(LBD、R&D投資)

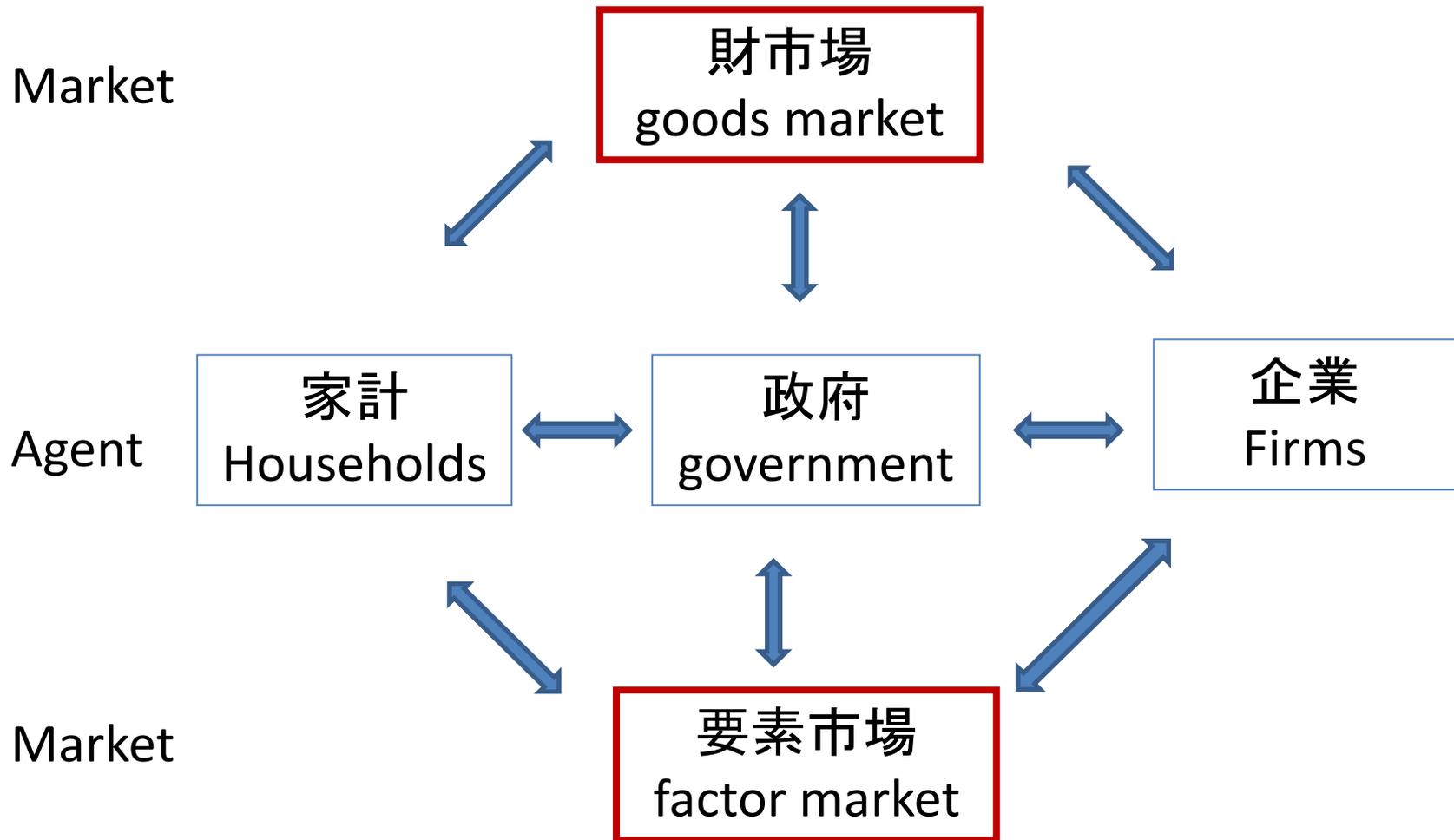
## 2. 市場モデル

- 資源制約、技術制約、予算制約
- プライスマカニズム
- 相補問題

## 3. 動学的資源配分

- 貯蓄・投資を通じた異時点間の資源配分
- 持続可能性(Sustainability)の視点

# CGE(Computable General Equilibrium)モデルの枠組み



# 財・サービス(40) 産業(40)

財・サービス分類			産業分類		
1	agr	農林水産業	1	agr	農林水産業
2	coal	石炭	2	f.f	石炭・原油・天然ガス
3	oil	原油	3	fdp	食料品・飲料
4	gas	天然ガス	4	tex	繊維製品
5	fdp	食料品・飲料	5	wpp	パルプ・紙・木製品
6	tex	繊維製品	6	chm	化学製品
7	wpp	パルプ・紙・木製品	7	p.p	石油製品
8	chm	化学製品	8	c.p	石炭製品
9	o_gas	ガソリン・軽油	9	plr	プラスチック・ゴム
10	o_ker	灯油	10	gsc	窯業・土石
11	o_lpg	LPG	11	i.s	鉄鋼
12	o_hev	その他石油製品	12	mtl	非鉄金属・金属製品
13	c.p	石炭製品	13	ome	一般機械
14	plr	プラスチック・ゴム	14	ele	電気機械
15	gsc	窯業・土石	15	trn	輸送機械
16	i.s	鉄鋼	16	omf	その他製造業
17	mtl	非鉄金属・金属製品	17	cns	建設
18	ome	一般機械	18	e.f	火力発電
19	ele	電気機械	19	e.n	原子力発電
20	trn	輸送機械	20	e.h	水力・その他発電
21	omf	その他製造業	21	g.h	ガス・熱供給
22	cns	建設	22	wts	水道
23	ely	電力	23	wst	廃棄物処理
24	g.h	ガス・熱供給	24	trd	卸売・小売
25	wts	水道	25	fin	金融・保健
26	wst	廃棄物処理	26	ttp	鉄道輸送
27	trd	卸売・小売	27	rtp	道路輸送
28	fin	金融・保健	28	otp	自家輸送
29	ttp	鉄道輸送	29	wtp	水運
30	rtp	道路輸送	30	atp	航空輸送
31	otp	自家輸送	31	ots	その他輸送サービス
32	wtp	水運	32	cmn	通信・放送・情報サービス
33	atp	航空輸送	33	e.r	教育・研究
34	ots	その他輸送サービス	34	mhs	医療・保健・福祉
35	cmn	通信・放送・情報サービス	35	bsrv	対事業所サービス
36	e.r	教育・研究	36	psrv	対個人サービス
37	mhs	医療・保健・福祉	37	gsrv	政府サービス
38	bsrv	対事業所サービス	38	solar	太陽光発電
39	psrv	対個人サービス	39	wind	風力発電
40	gsrv	政府サービス	40	ccs	二酸化炭素回収・貯留

新たな産業も投入  
産出構造が分かれば、容易に追加することが可能。CCSも追加しているが、2030年時点でも採算がとれず、採択されない。早くても2035年以降と予想している。

# 動学的資源配分メカニズム

## Ramsey型最適成長モデル

$$\max_{C_t} \sum_{t=0}^{\infty} \left( \frac{1}{1+\rho} \right)^t u(C_t)$$

$$Y_t = f(K_t, L_t)$$

$$I_t = Y_t - C_t$$

$$K_{t+1} = I_t + (1+\delta)K_t$$

$$L_t = (1+n)^t L_0$$

$Y_t$  所得       $C_t$  消費       $I_t$  投資

$K_t$  資本       $L_t$  労働

$\rho$  割引率       $\delta$  減耗率

$n$  労働増加率

## 動学的最適条件

$$P_t = \left( \frac{1}{1+\rho} \right)^t \frac{\partial u(C_t)}{\partial C_t}$$

$$PK_t = (1-\delta)PK_{t+1} + P_t \frac{\partial f(K_t, L_t)}{\partial K_t} = (1-\delta)PK_{t+1} + RK_t$$

$$P_t = PK_{t+1}$$

$P_t$  生産物価格

$PK_t$  資本価格

$RK_t$  資本収益率

# 動学的CGEモデルの構成

## ゼロ利潤条件



動学部分

生産費用の回収できない生産は行われぬ。

$$c(RK_t, W_t) \geq P_t \perp Y_t \geq 0$$

$$P_t \geq PK_{t+1} \perp I_t \geq 0$$

$$PK_t \geq (1-\delta)PK_{t+1} + RK_t \perp K_t \geq 0$$

$$c(RK_t, W_t) = P_t \Rightarrow Y_t > 0$$

$$c(RK_t, W_t) > P_t \Rightarrow Y_t = 0$$

$c(RK_t, W_t)$  単位生産費用  
 $RK_t$  資本収益率  
 $W_t$  賃金

## 需給均衡条件

$$Y_t \geq C_t + I_t \perp P_t \geq 0$$

$$K_t \geq \frac{\partial c(RK_t, W_t)}{\partial RK_t} \perp RK_t \geq 0$$

$$L_t \geq \frac{\partial c(RK_t, W_t)}{\partial W_t} \perp W_t \geq 0$$

$$P_t = PK_t = \sum_{j=1}^{\infty} (1-\delta)^j R_{t+j} \Rightarrow I_t > 0$$

$$P_t > PK_t = \sum_{j=1}^{\infty} (1-\delta)^j R_{t+j} \Rightarrow I_t = 0$$

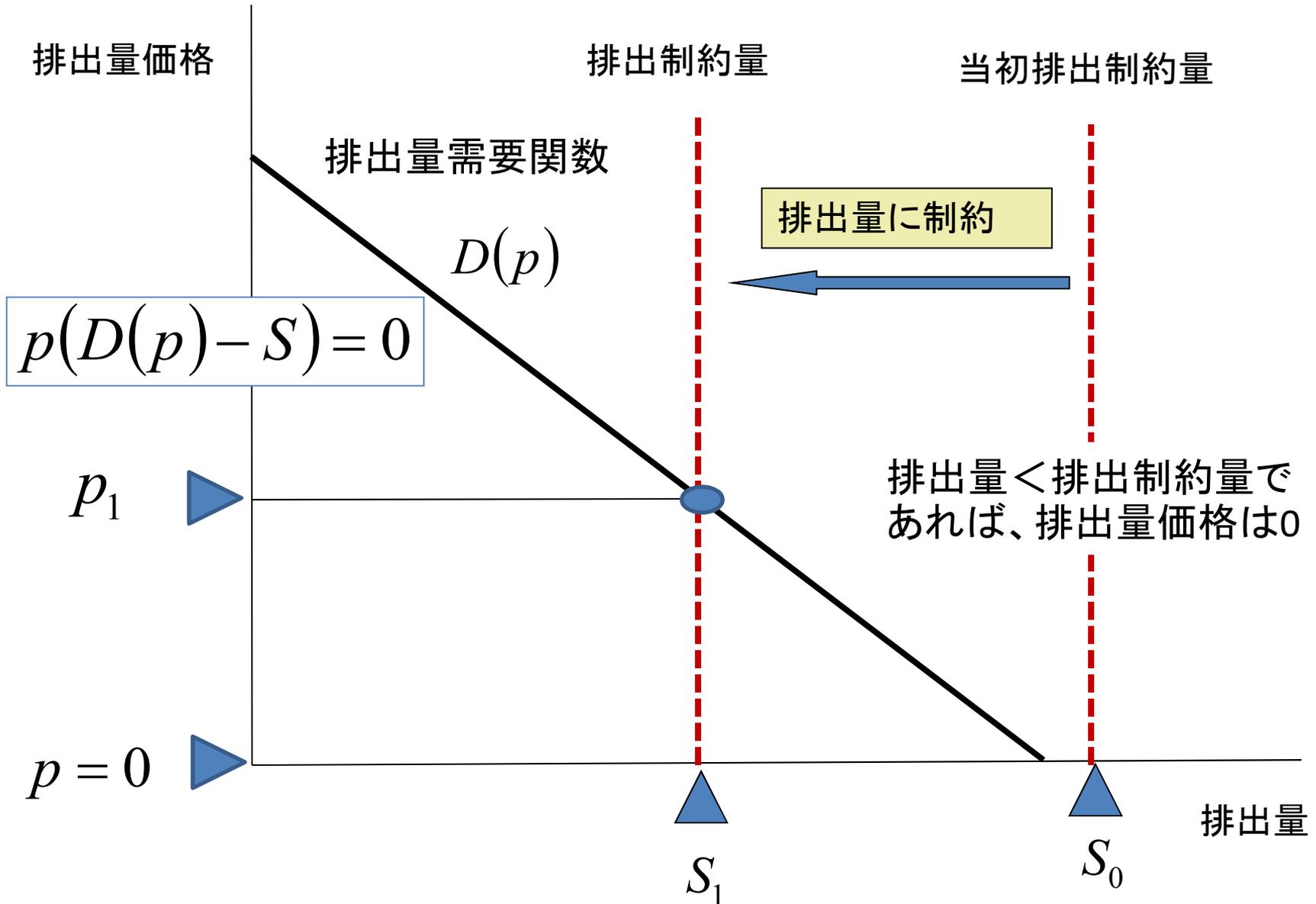
投資費用の回収出来ない投資は行われぬ。

## 所得定義式(動学的予算制約)

$$M_t = PK_0 K_0 + \sum_{t=0}^{\infty} W_t L_t$$

$M_t$  生涯所得

# 相補問題としての排出量取引市場のモデル化



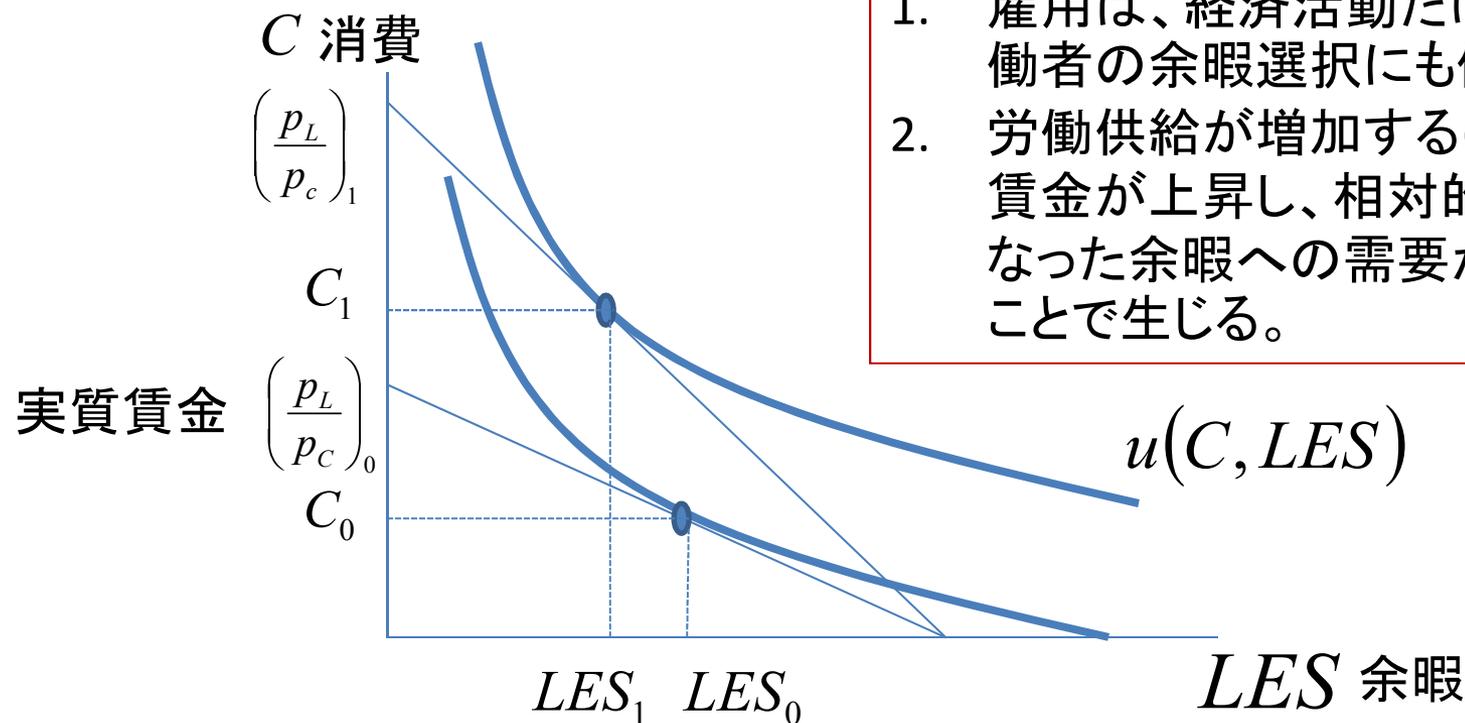
# 労働供給の内生化(余暇と労働の選択)

$$\max_{C,L} u(C, LES)$$

$$s.t. \quad p_C C = p_L L = p_L (LUP - LES)$$

$$\rightarrow p_C C + p_L LES = p_L LUP$$

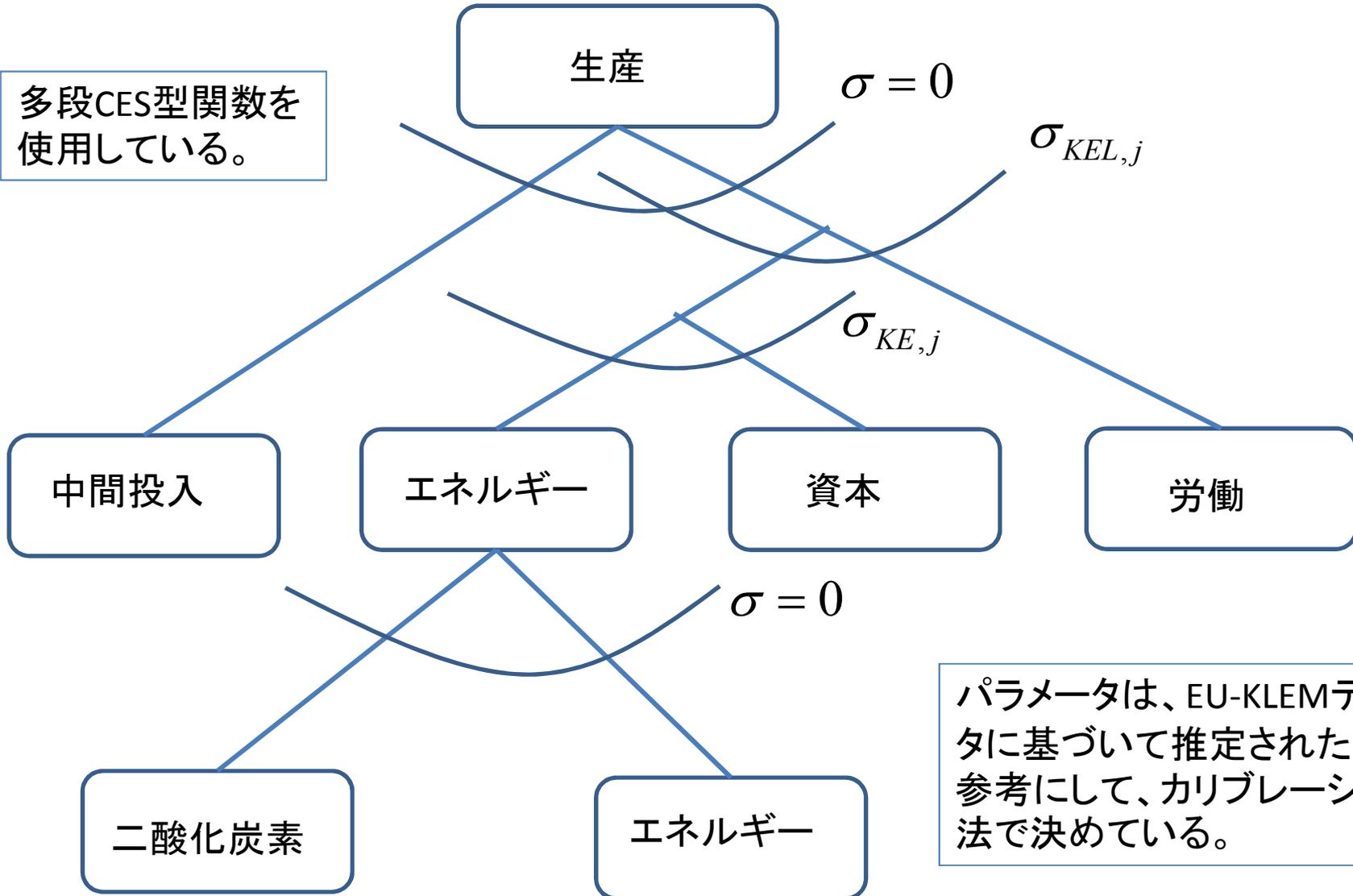
$LUP$  労働供給可能量  
 $LES$  余暇  
 $L$  労働供給



1. 雇用は、経済活動だけでなく、労働者の余暇選択にも依存する。
2. 労働供給が増加するのは、実質賃金が上昇し、相対的に高価となった余暇への需要が減少することで生じる。

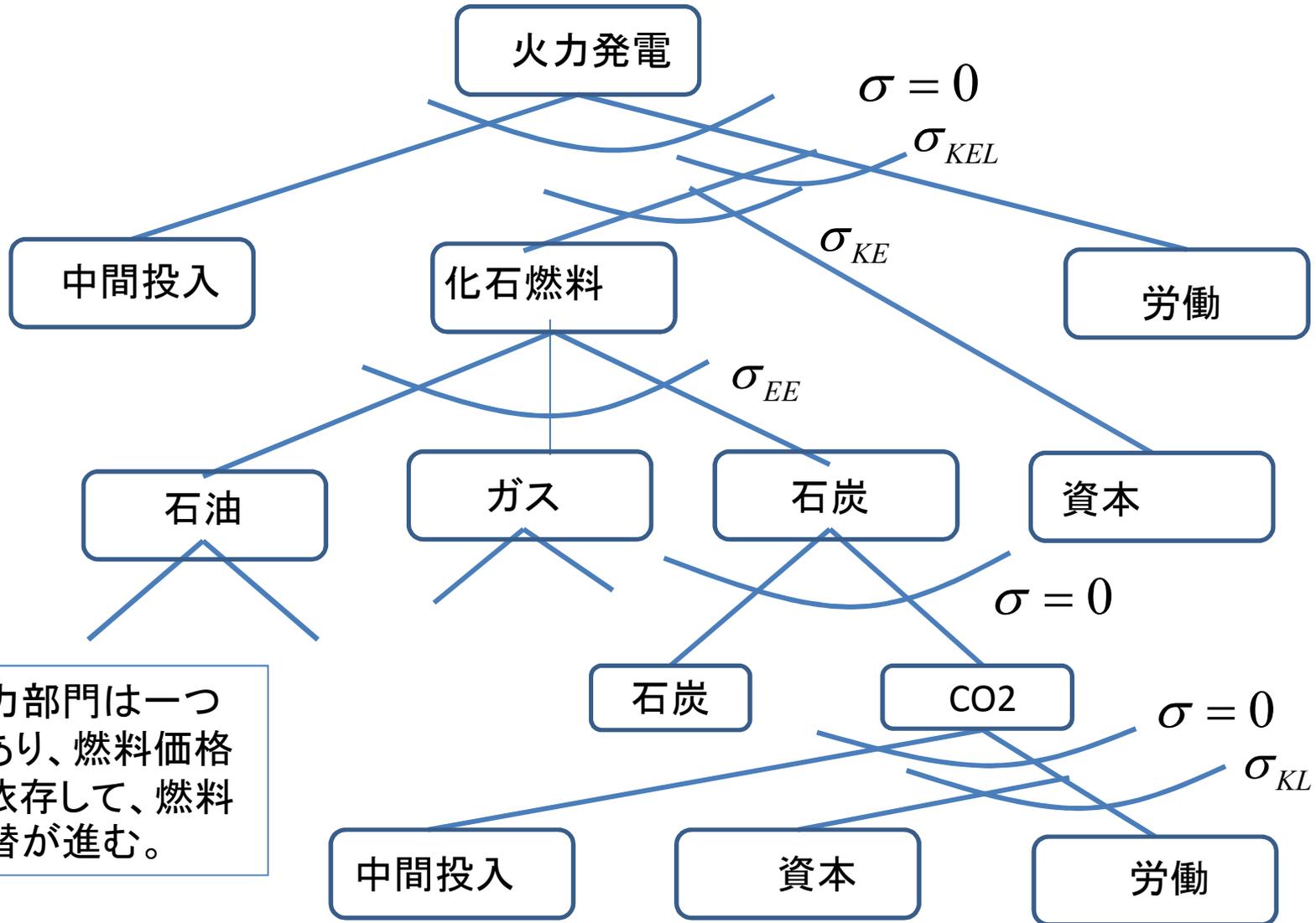
# 非電力生産技術

多段CES型関数を使用している。



パラメータは、EU-KLEMデータに基づいて推定された値を参考にして、カリブレーション法で決めている。

# 火力発電とCCS(Carbon Capture and Storage)技術



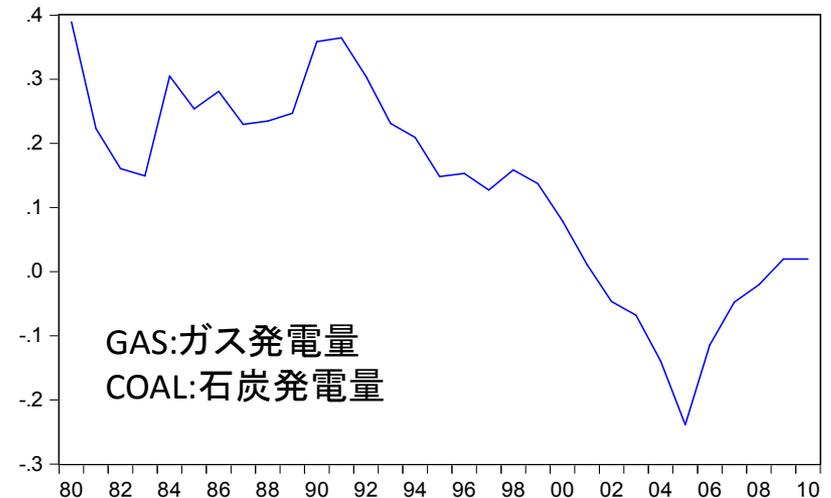
火力部門は一つであり、燃料価格に依存して、燃料代替が進む。

# 火力発電における石炭とガス

LOG(PGAS/PCOAL)



LOG(GAS/COAL)



Dependent Variable: LOG(GAS/COAL) Method: Least Squares Sample: 1980 2010

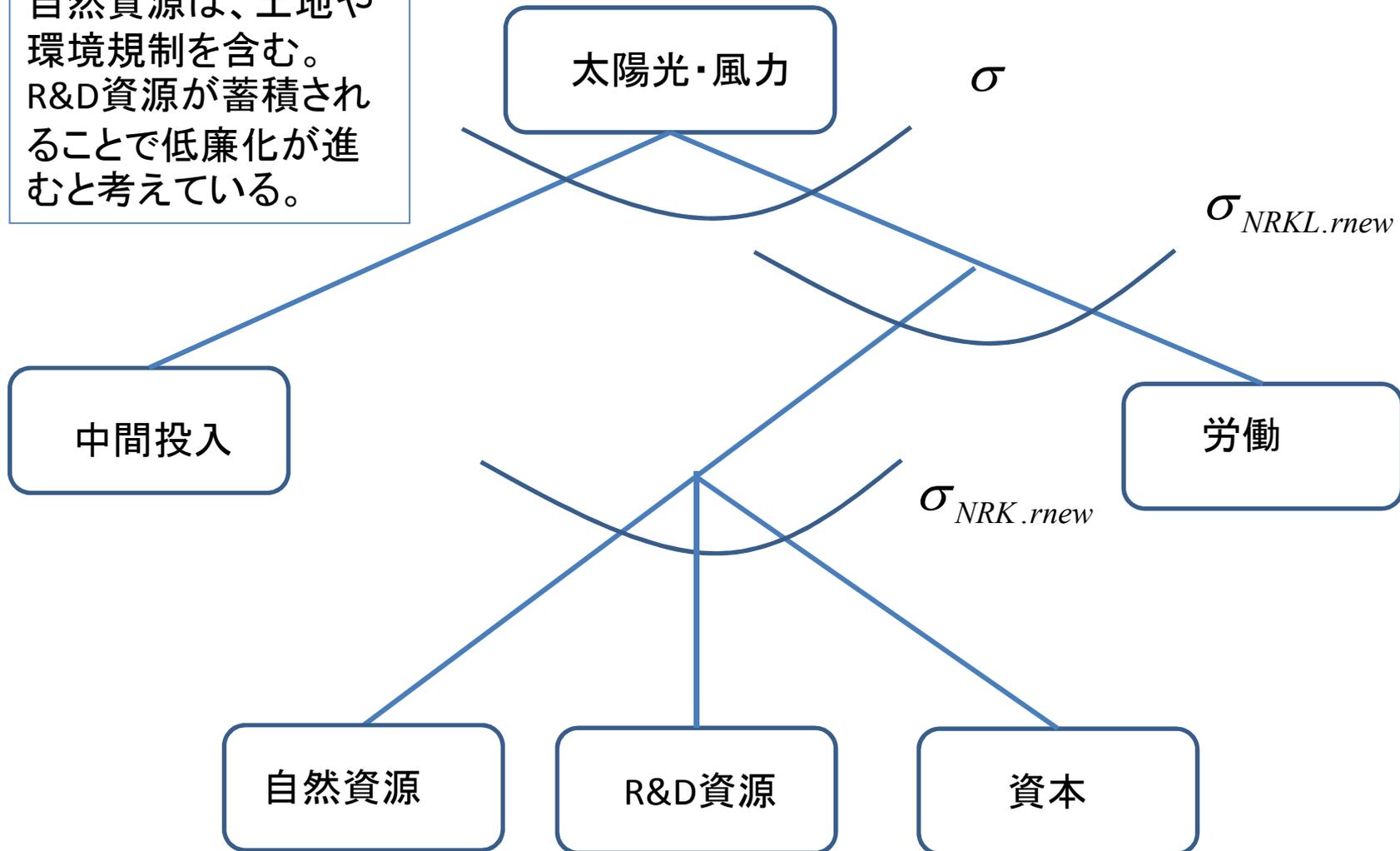
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.189813	0.097097	1.954882	0.0606
LOG(PGAS/PCOAL)	-0.124326	0.064258	-1.934776	0.0632
LOG(GAS(-1)/COAL(-1))	0.819765	0.079237	10.34569	0.0000

R-squared	0.856023	Mean dependent var	0.132924
Adjusted R-squared	0.845739	S.D. dependent var	0.160336
S.E. of regression	0.062974	Sum squared resid	0.111039
F-statistic	83.23791	Durbin-Watson stat	1.836287

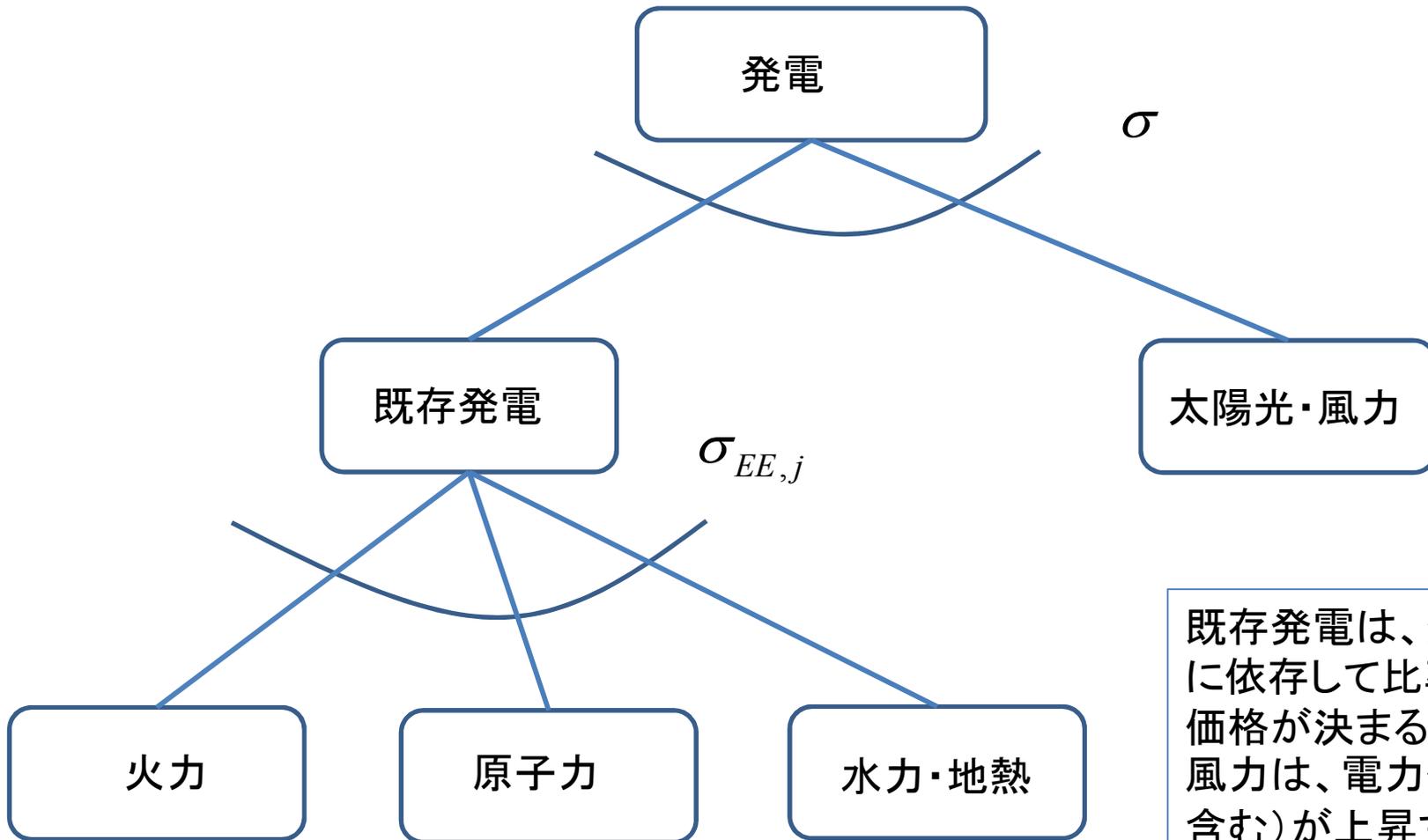
ガス価格が石炭価格に比して低廉になっても瞬間的なガスシフトは生じない。

# 再生可能エネルギー技術

自然資源は、土地や環境規制を含む。R&D資源が蓄積されることで低廉化が進むと考えている。



# 発電技術



既存発電は、発電コストに依存して比率と電力価格が決まる。太陽光風力は、電力価格(FITを含む)が上昇すれば普及が進む。

# 構築されたモデルのバックボーン

## モデリング言語

T. F. Rutherford, 1999, Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax, Computational Economics 14, 1-46.

## 動学モデル

M. I. Lau, A. Pahlke, T. F. Rutherford, 2002, Approximating Infinite-horizon Models in a Complementarity Format: A Primer in Dynamic General Equilibrium Analysis, Journal of Economic Dynamics & Control 26, 577-609.

S. Paltsev, 2004, Moving from Static to Dynamic General Equilibrium Economic Models (Notes for a beginner in MPSGE), Technical Note 4, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.

Babiker, M., A. Gurgel, S. Paltsev, J. Reilly, 2009, Forward-Looking Versus Recursive-Dynamic Modeling in Climate Policy Analysis: A Comparison, Economic Modelling, 26, 1341-1354.

## 技術モデル

C. Bohringer and T. F. Rutherford, 2008, Combining Bottom-up and Top-down, Energy Economics 30, 574-596.

# 利用したデータと計算期間

## モデル構築に利用したデータ

- 産業連関表2005年表(総務省)
- 国民経済計算(内閣府経済社会総合研究所)
- 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)2005年版(国立環境研究所)

## パラメータ

- 割引率は2%
- 代替弾力性は、EU KLEMプロジェクトの推定値を参考にし、カリブレーション法により最終決定

## 計算期間

- 2005年～2030年(26期間)

## 終端条件

- 2030年以降、年率0.8%の均衡成長が確保されることを条件に設定。

# 試算の枠組み

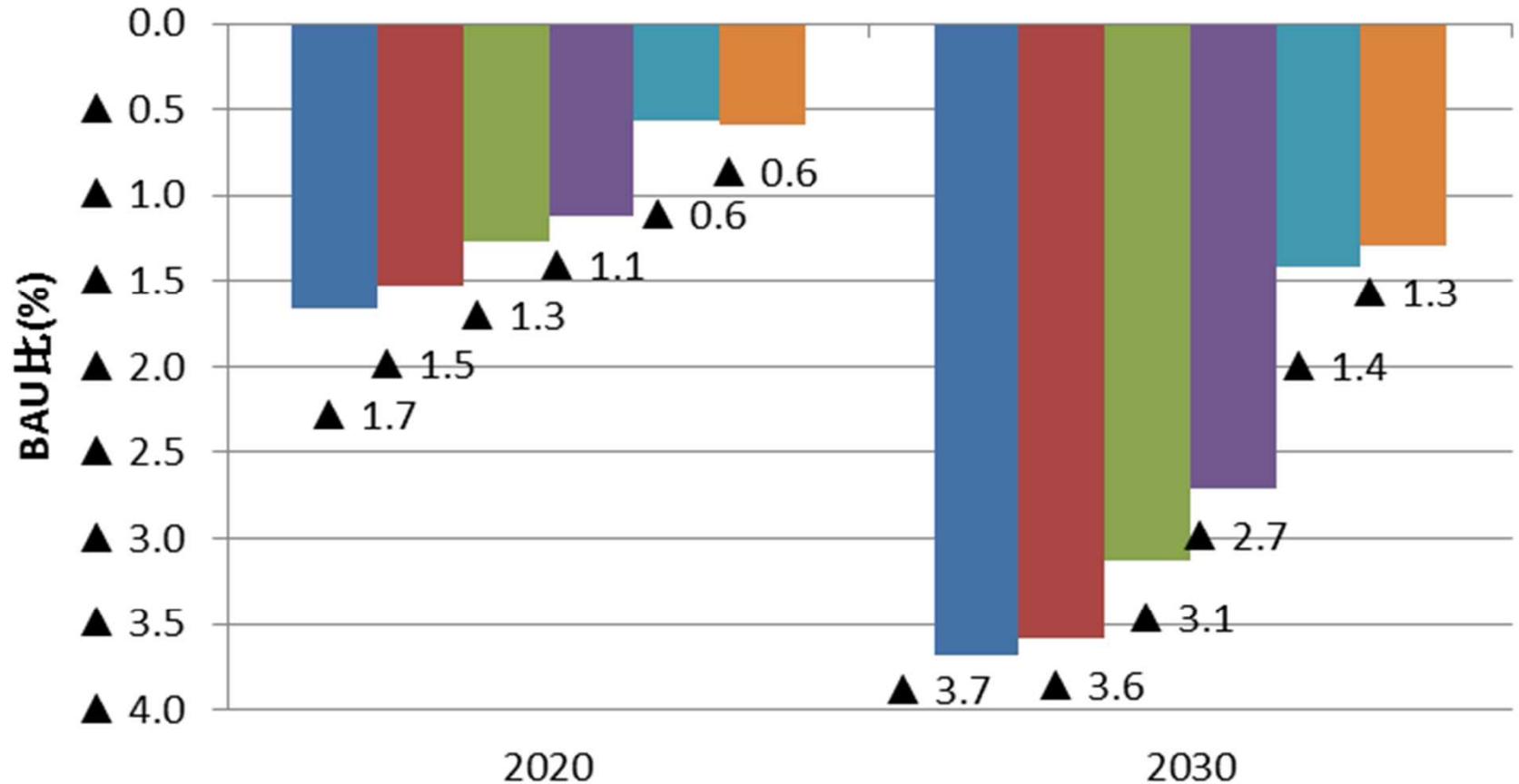
## BAUシナリオ(モデル間で同じとなるように調整)

		2010	2015	2020	2025	2030
GDP	兆円	511.0	541.8	569.4	594.6	617.1
CO2	百万トン	1,127	1,113	1,076	1,028	999
最終エネルギー消費	万KL	34,172	33,531	32,895	32,099	31,319
発電電力量	億kWh	10,908	11,091	11,179	11,236	11,240
石炭価格	\$/t	114	118	121	123	124
LNG価格	\$/t	584	646	683	709	734
原油価格	\$/bbl	84	108	115	120	123
就業者数	万人	6,712	6,666	6,620	6,572	6,523

## ケース毎に異なる想定

2030年時点		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
火力	%	65	50	54	49	53	43
原子力	%	0	15	15	20	25	35
再エネ	%	35	35	31	31	22	22
エネ起源CO2排出量	百万トン	803	721	776	747	847	789
1990年比削減率	%	▲ 24	▲ 32	▲ 27	▲ 29	▲ 20	▲ 25
前倒し廃炉費用	円/kWh	0.3	0	0	0	0	0
系統対策費	円/kWh	0.26	0.26	0.25	0.25	0.16	0.16
事故リスク費用	円/kWh	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

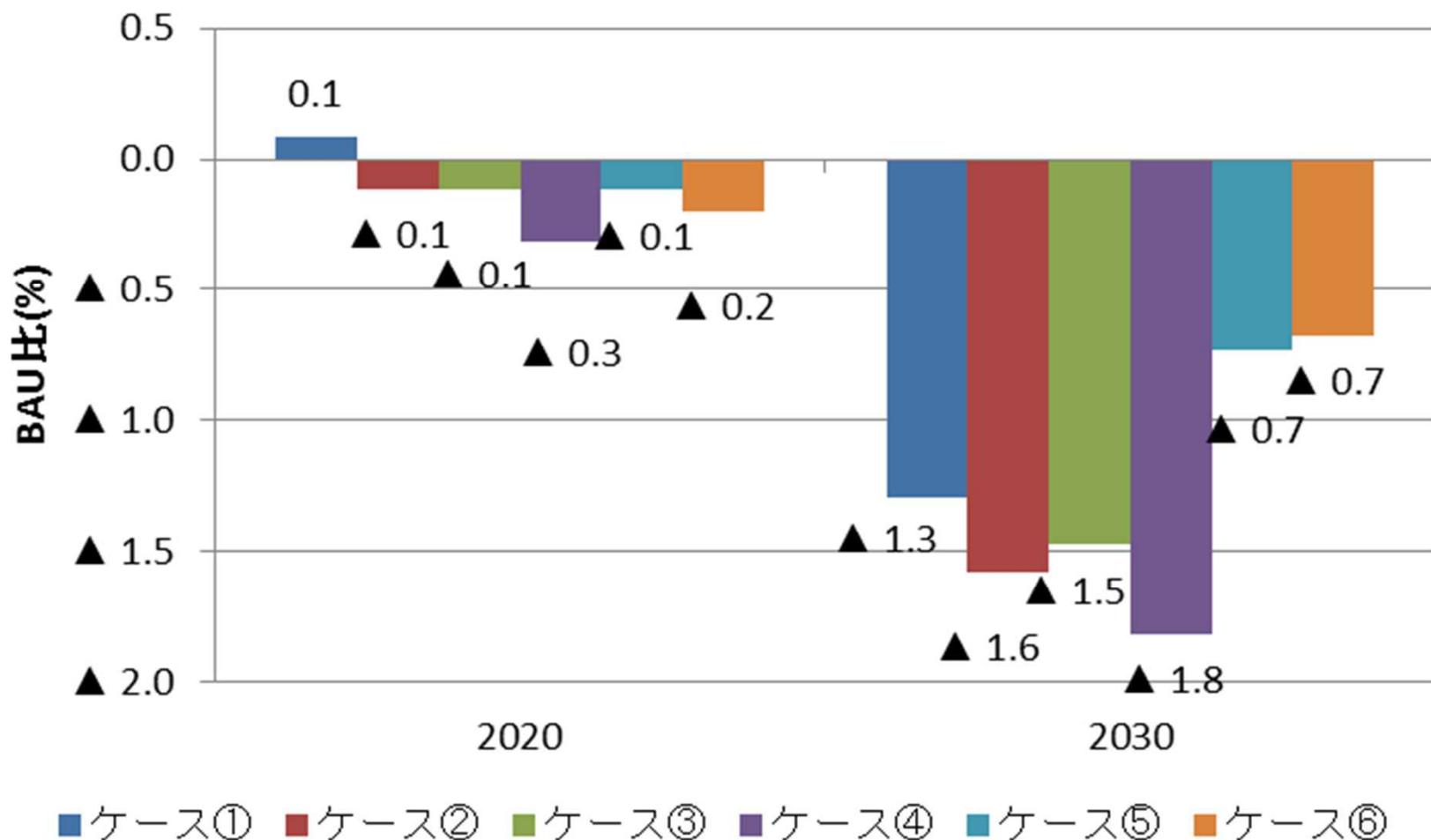
# GDP



■ ケース① ■ ケース② ■ ケース③ ■ ケース④ ■ ケース⑤ ■ ケース⑥

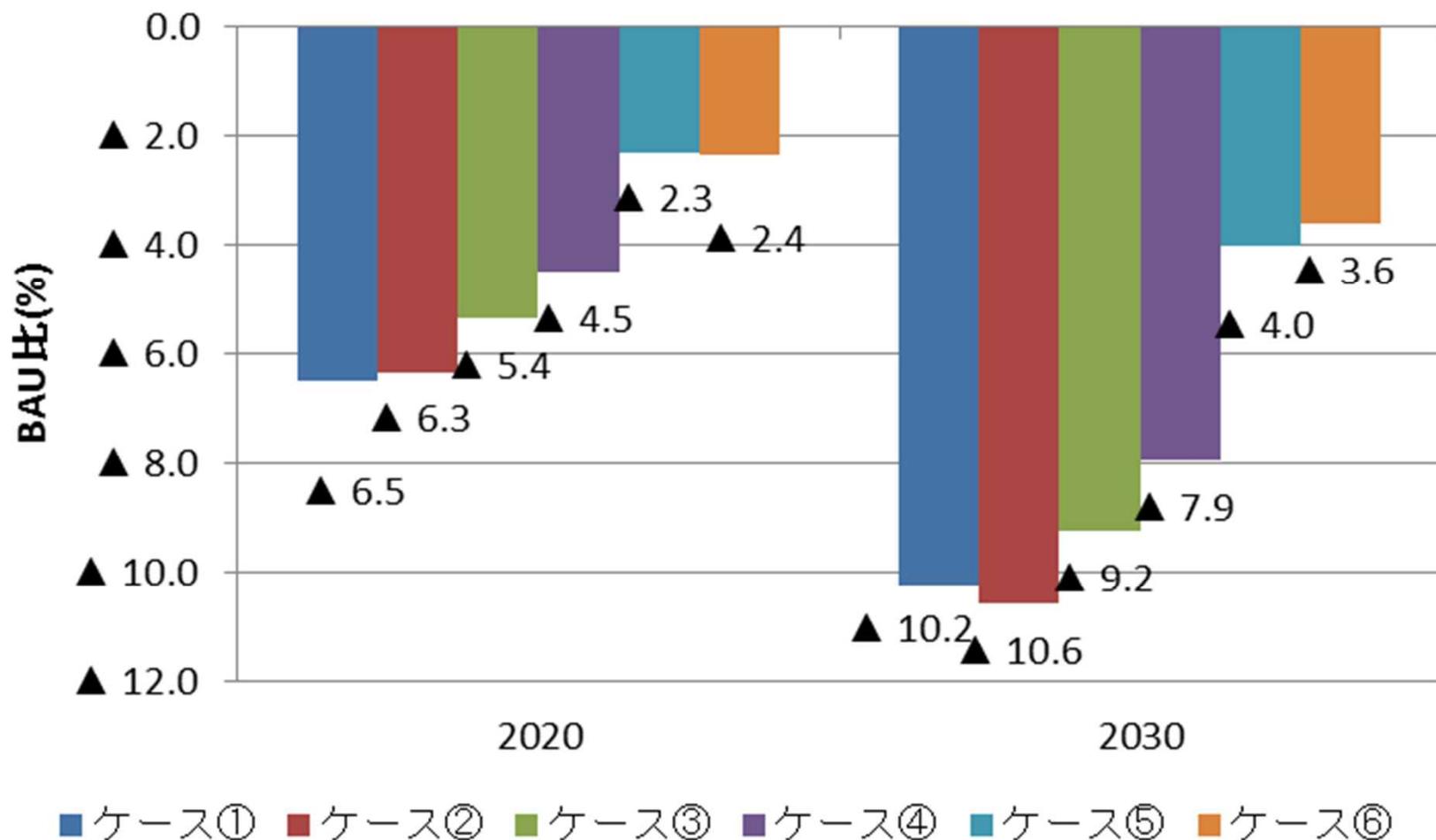
2030年GDPは、1.3%～3.7%低下する。成長率で言えば、  
年率0.06%～0.18%低下する。

# 民間消費支出



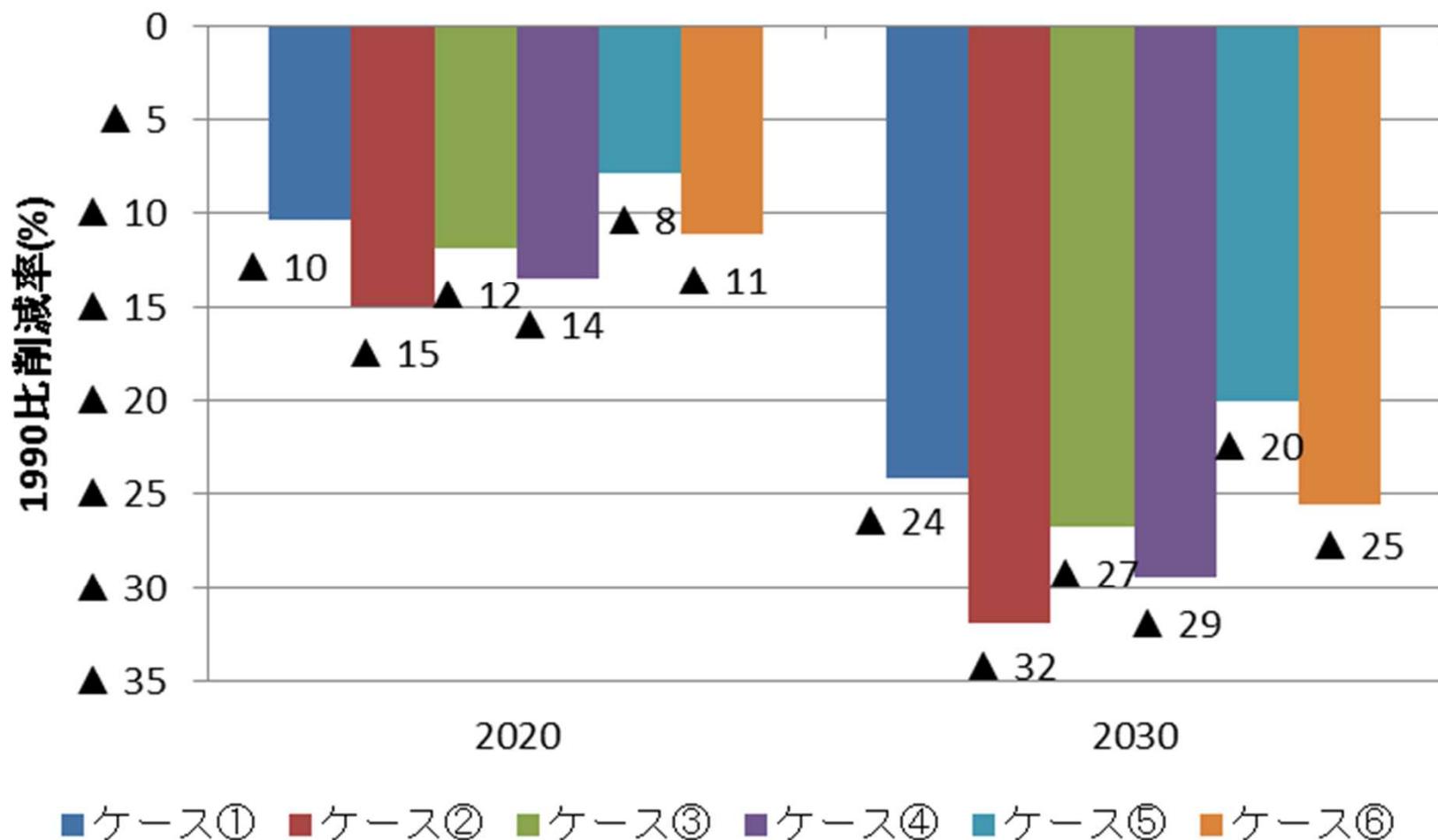
投資へのインセンティブが低下することで消費を減らして貯蓄・投資を増加する傾向が見られず、消費支出はGDPの低下ほどには低下しない。

# 総固定資本形成(粗投資)



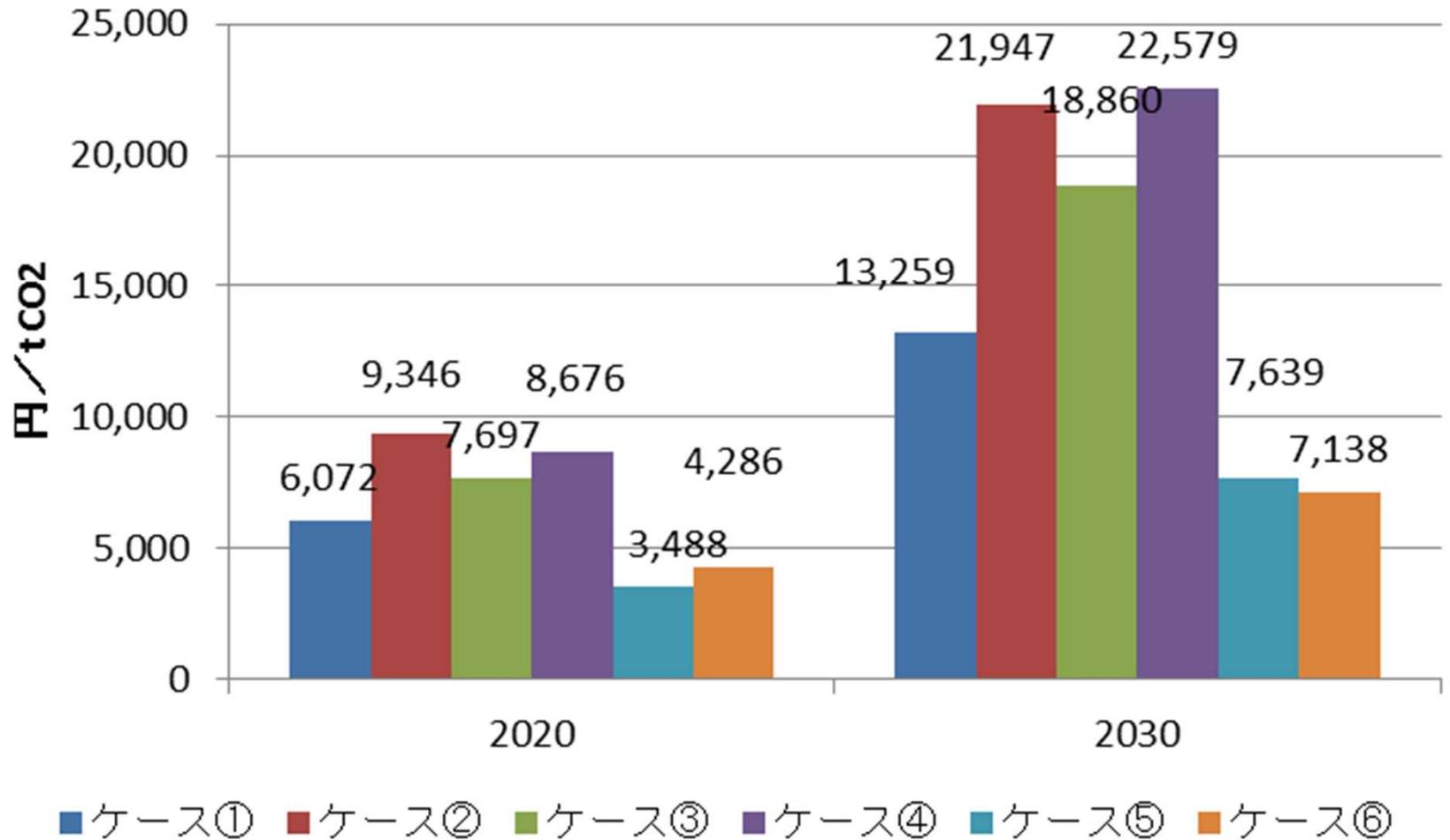
再エネ投資が活発化するものの、資本収益率が低下することで、粗投資全体は大幅に低下する。

# 二酸化炭素削減量



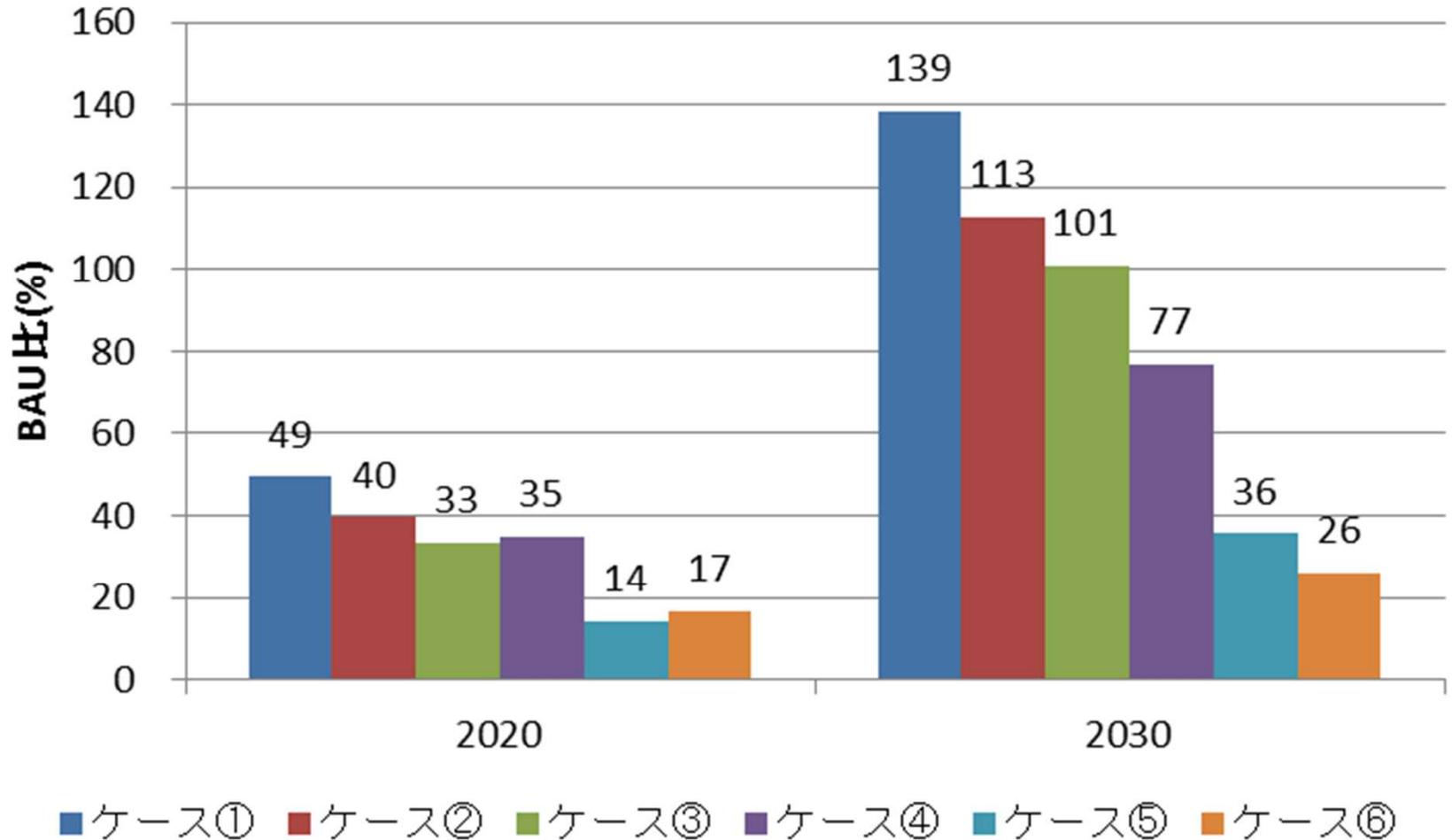
2020年の二酸化炭素削減率は、ケース②で最大15%の減少にとどまる。

# 二酸化炭素価格



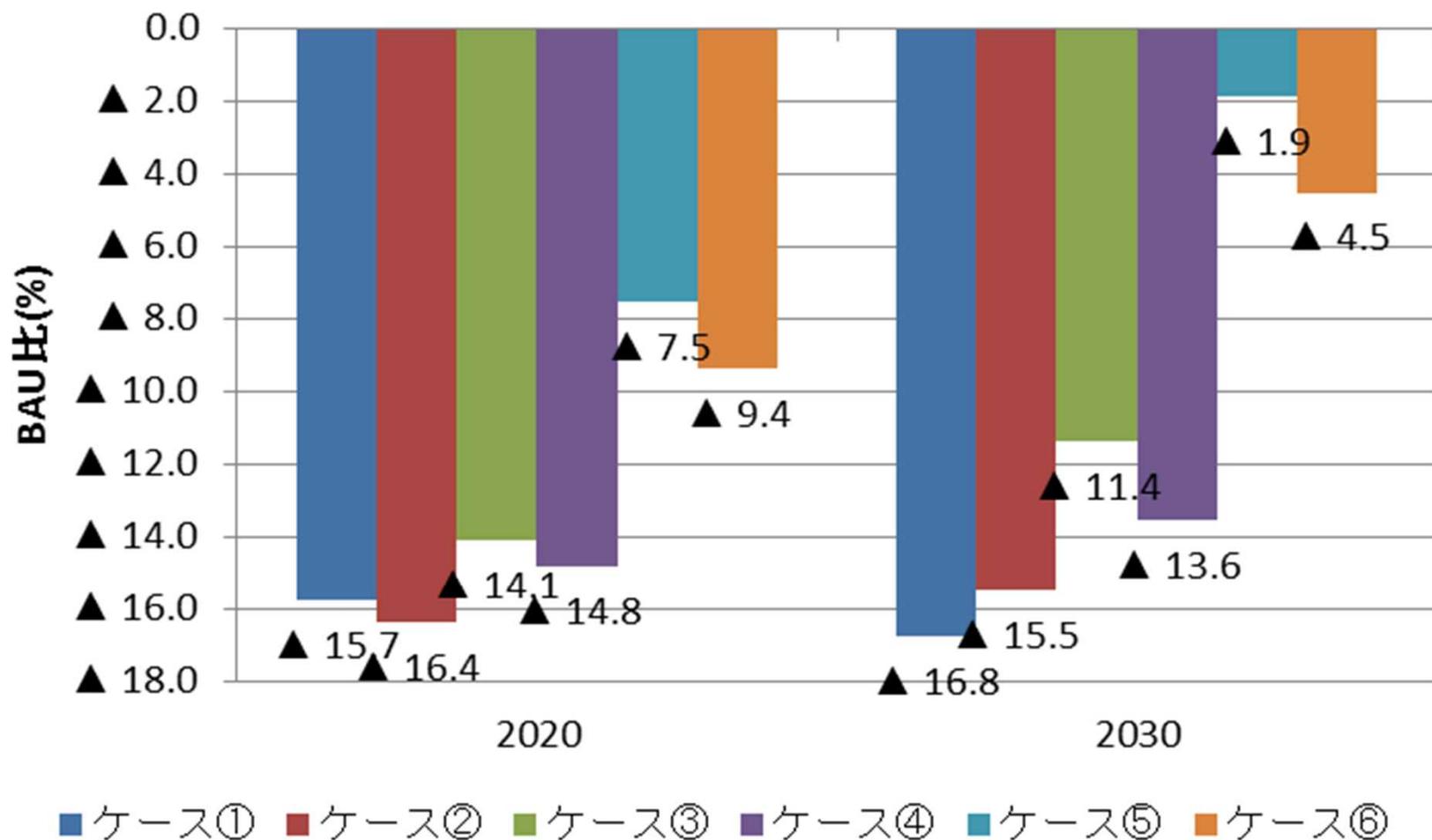
二酸化炭素価格は、二酸化炭素削減率・原子力比率・火力発電比率に依存する。

# 電力価格(名目)



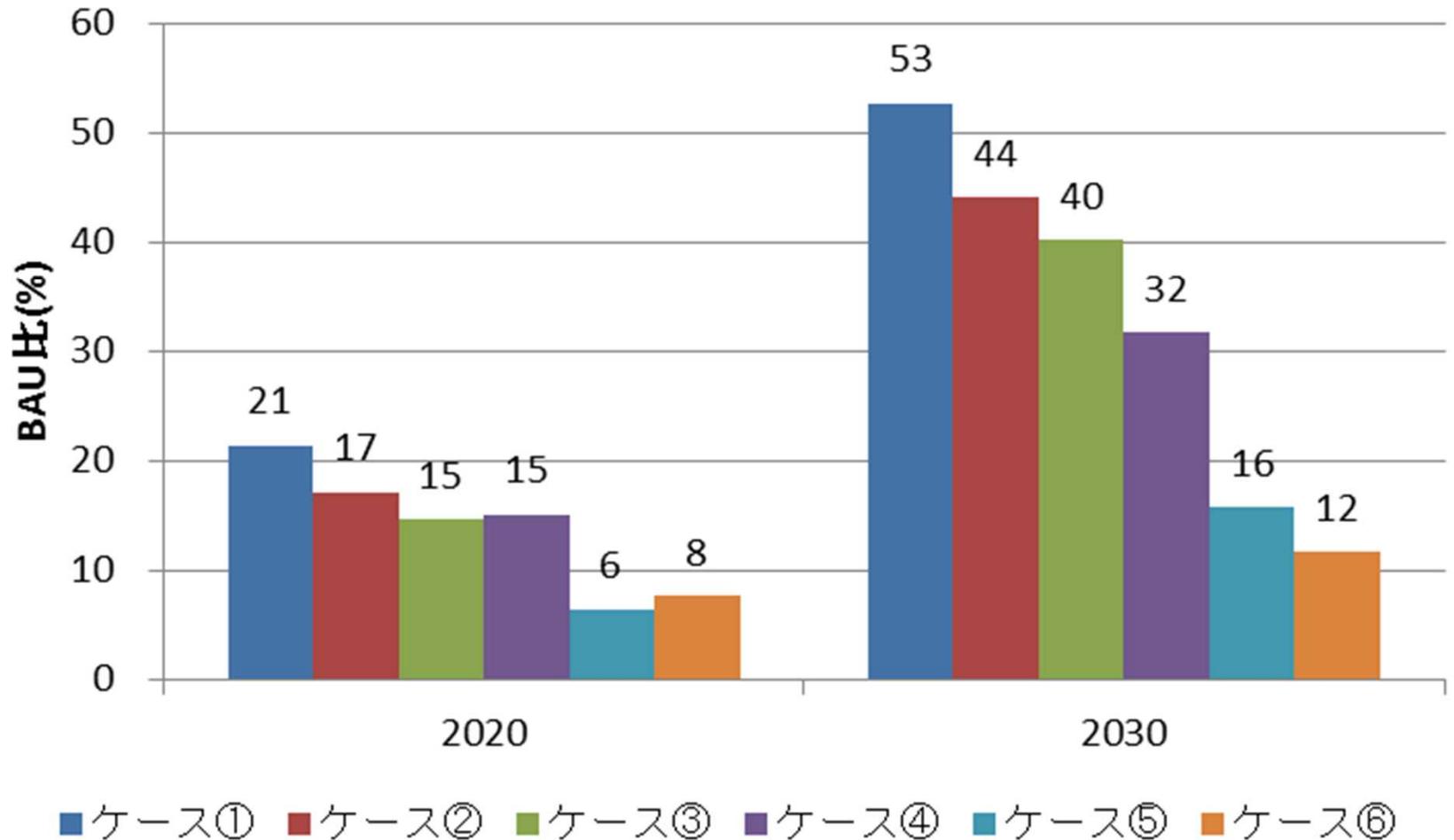
電力価格は、原子力比率・再生可能エネルギー比率・二酸化炭素価格に依存する。

# 発電電力量への影響



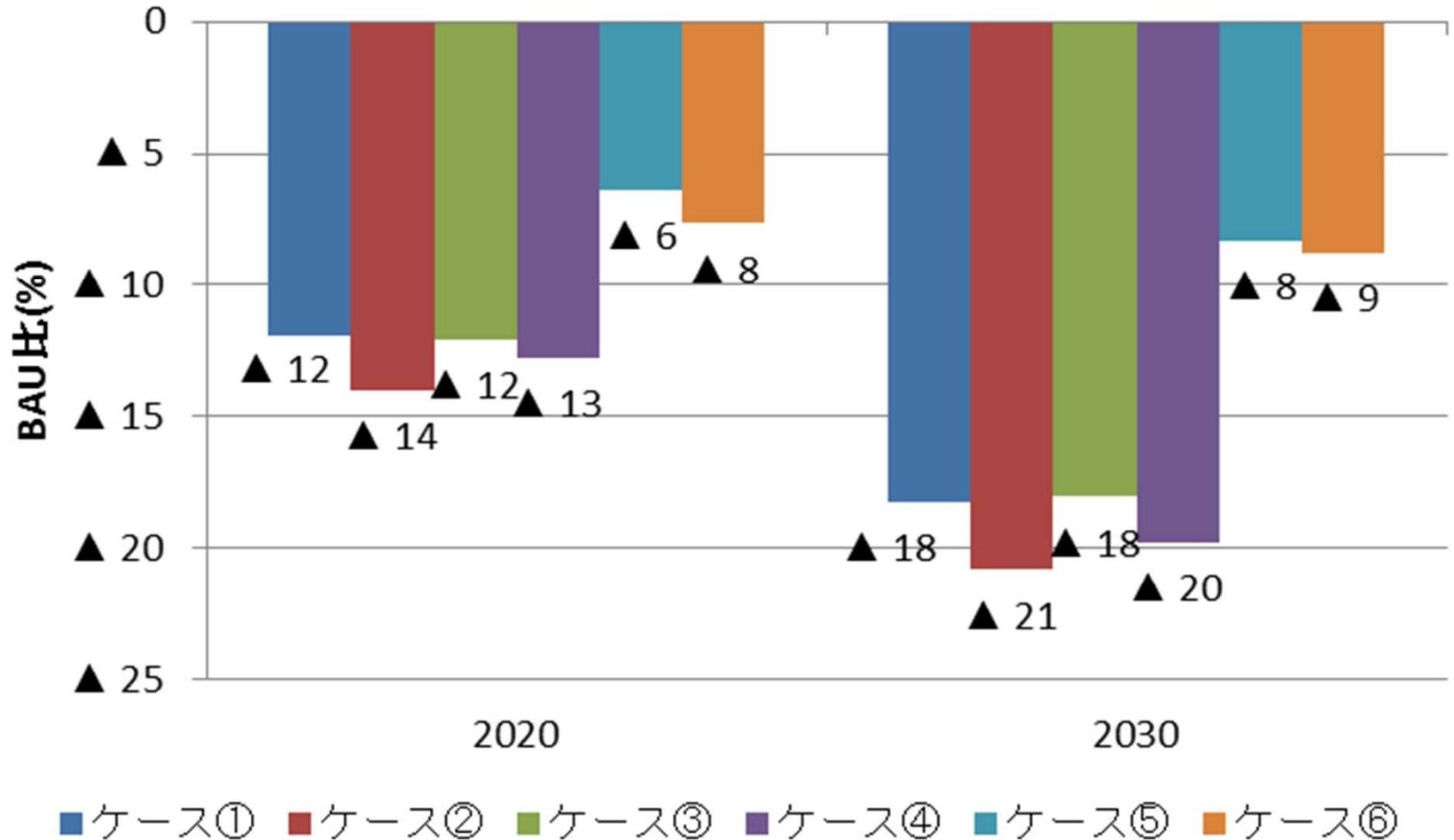
発電電力量は、電力価格が高ければ節電により減少する。  
減少幅は、2020年と2030年で大きな差が見られない。

# 光熱費(名目)への影響



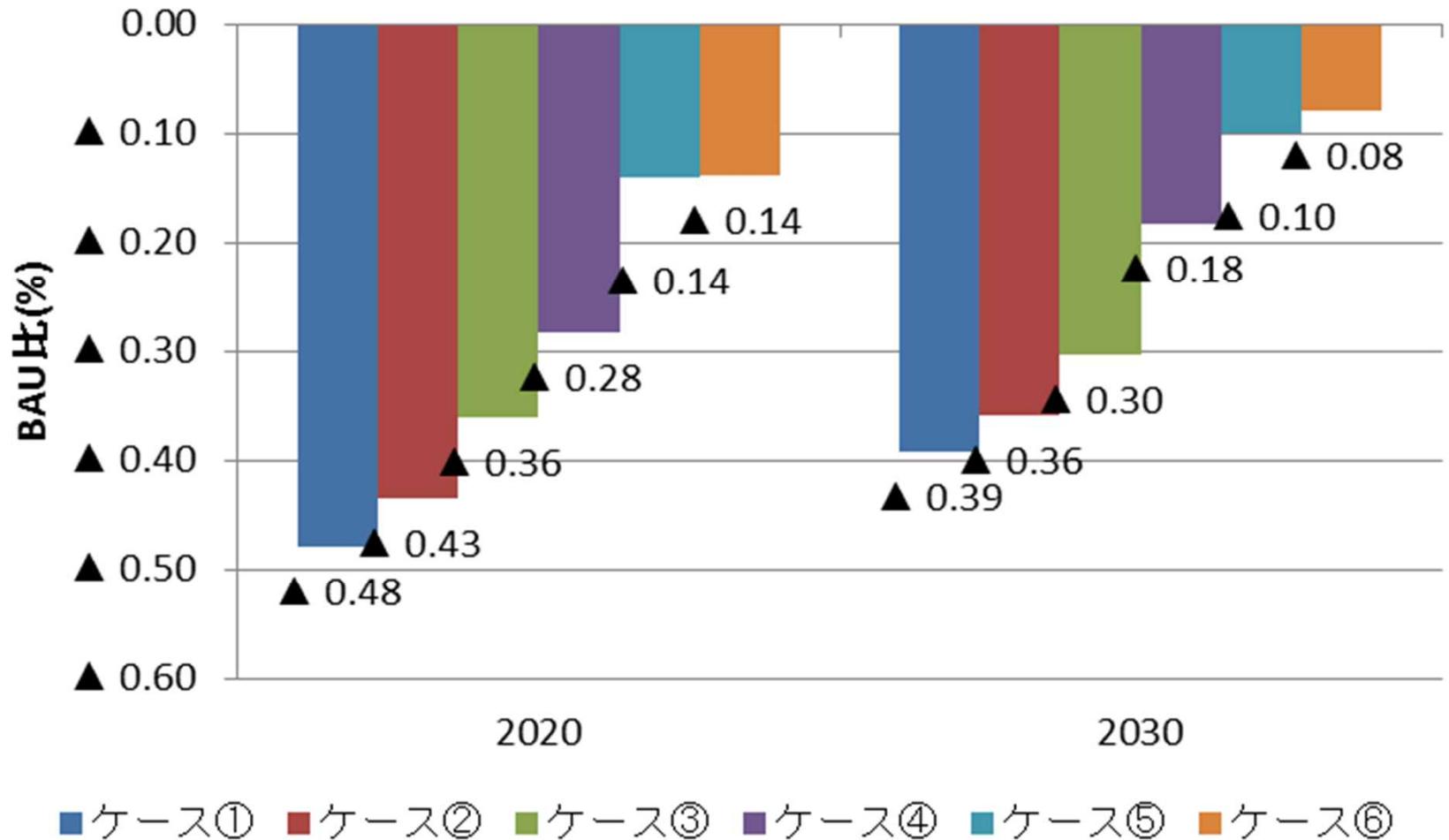
光熱費は電力価格に依存する。

# 最終エネルギー消費



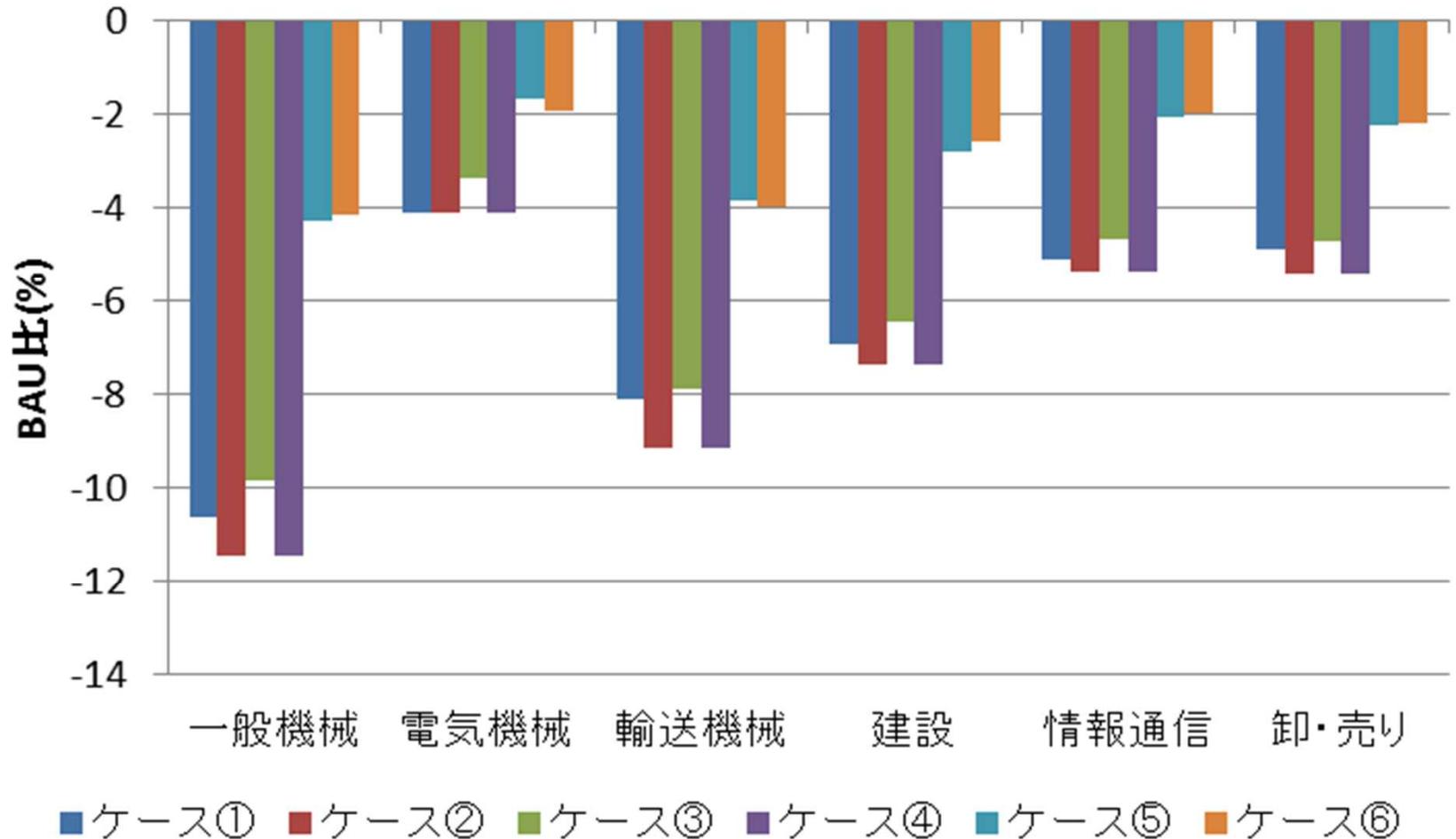
最終エネルギー消費は、二酸化炭素価格・原子力比率に依存する。

# 雇用への影響



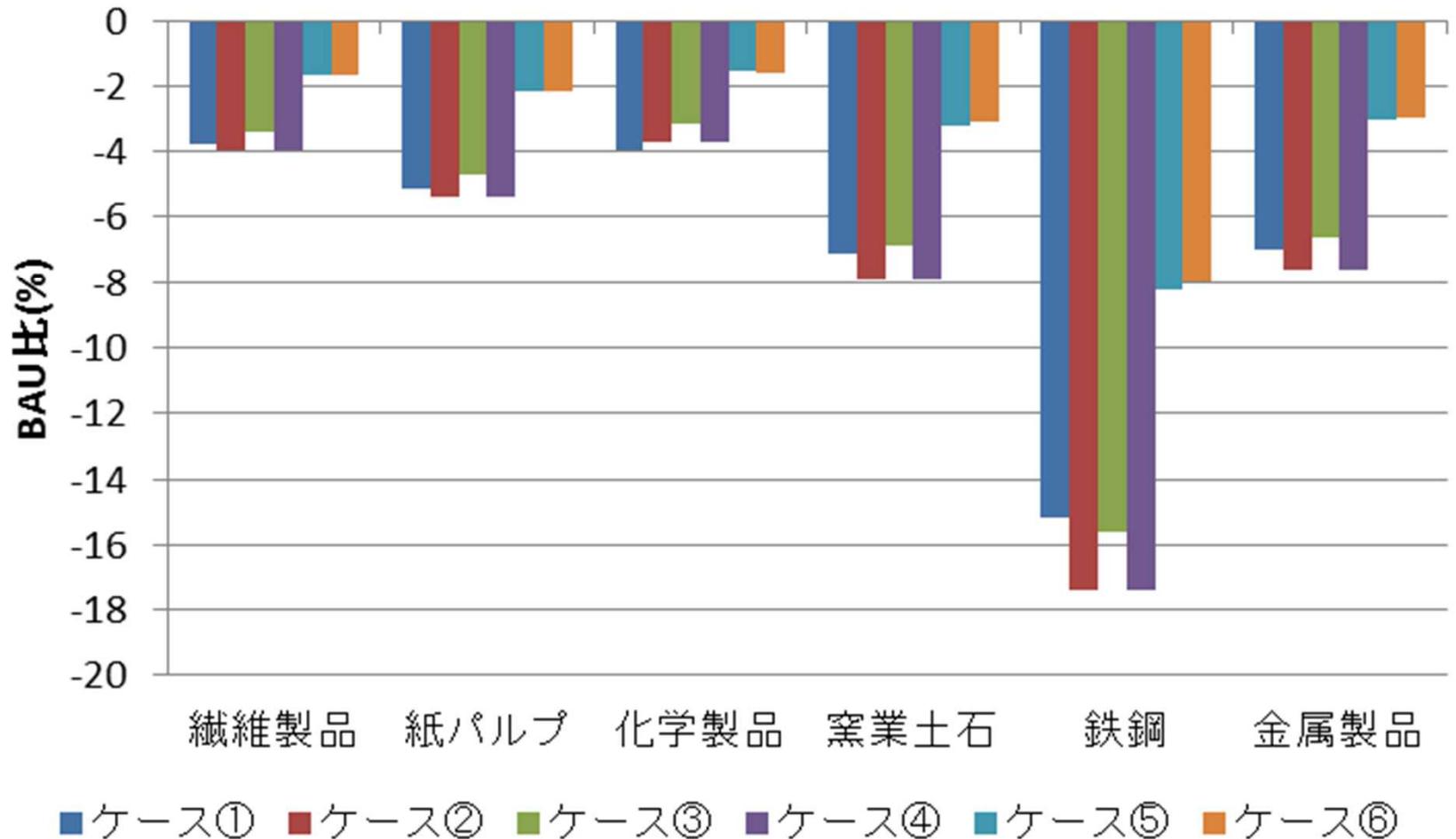
資本から労働への代替が進むことで、雇用はGDPの低下ほどには低下しない。

# 総固定資本形成関連産業への影響



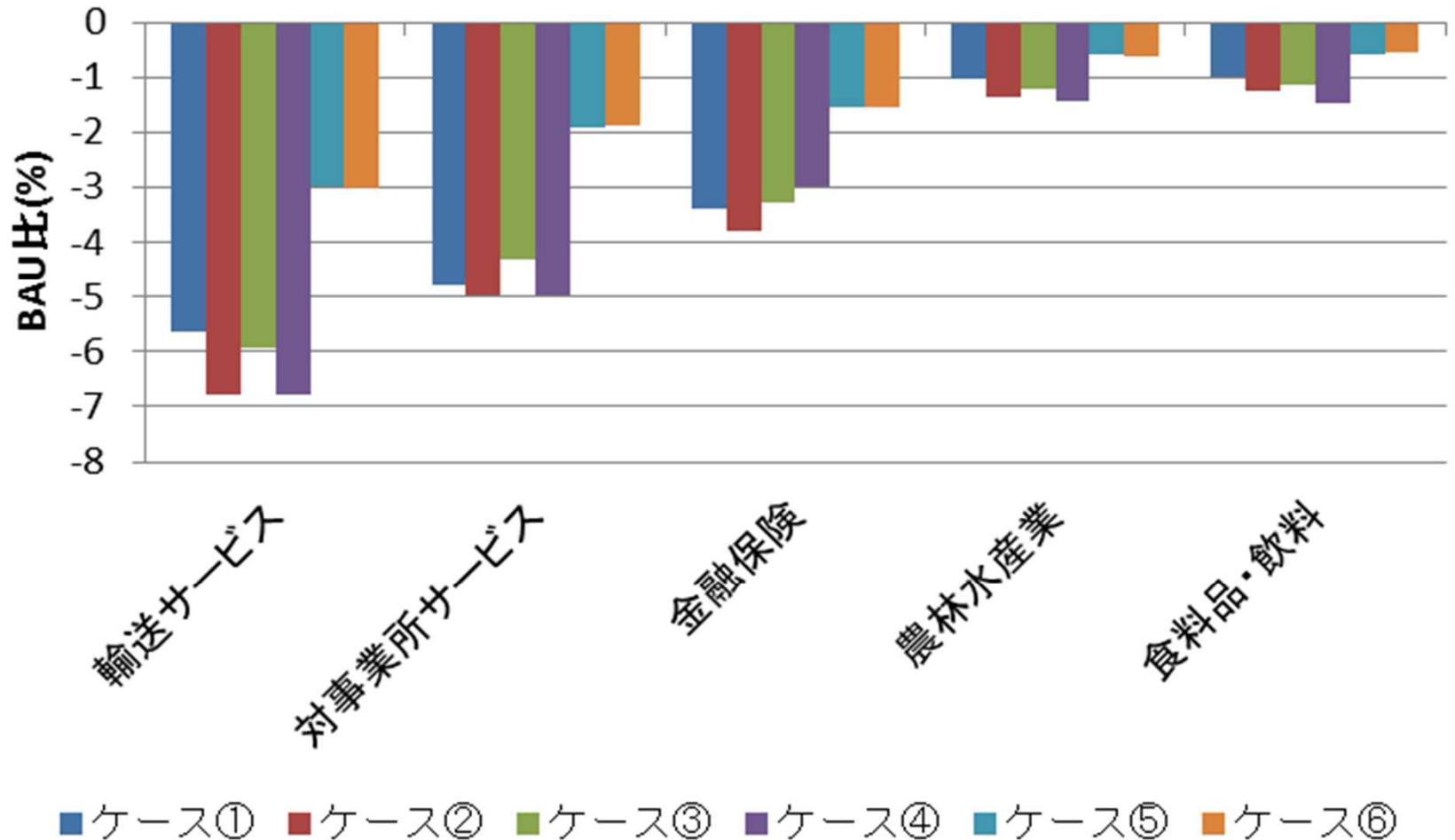
総固定資本形成に依存する産業の生産の低下が大きい。

# 素材産業への影響



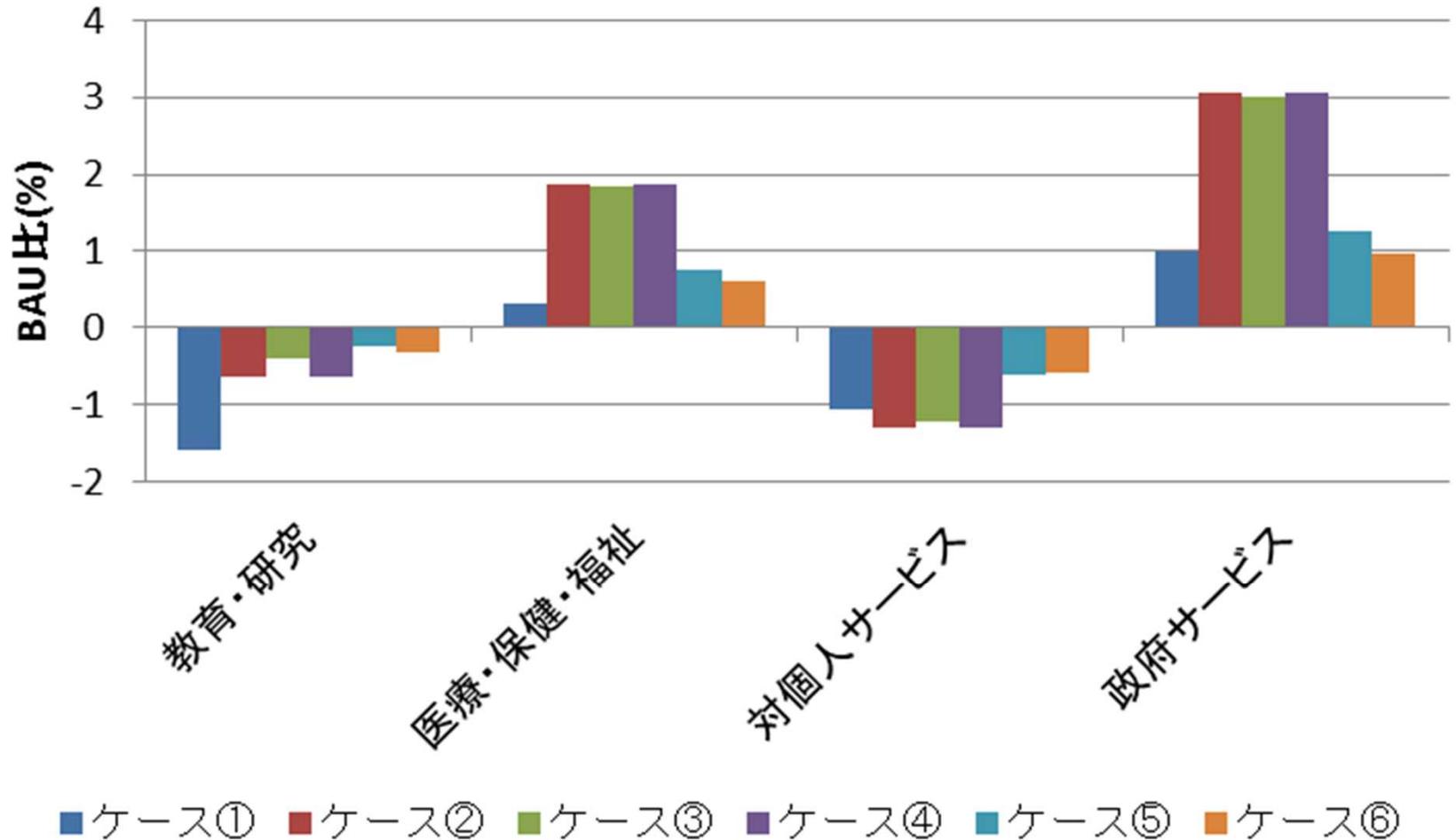
炭素集約型の産業の減少幅が大きい。特に、鉄鋼生産の減少幅が大きい。

# 輸送・対事業所、金融保険・農林水産業



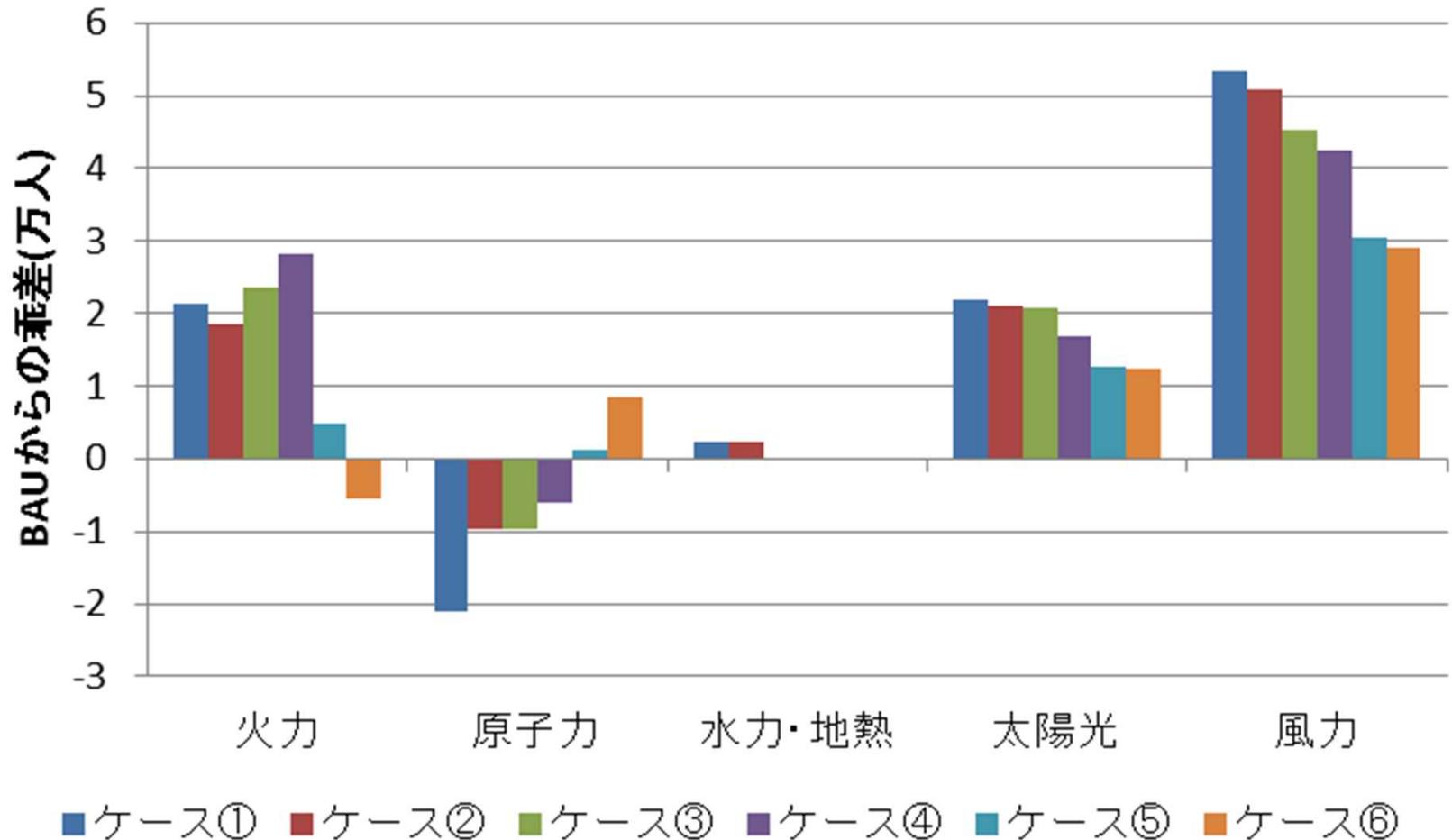
企業向け比重の大きなサービスは減少幅が大きい  
のに対して、食に関わる産業の低下幅は小さい。

# その他サービス産業への影響



人に関わる産業の低下幅は小さく、医療・保険・福祉サービスと政府サービスは増加する。

# 電力事業での雇用喪失・創出



火力・太陽光・風力の雇用創出効果があるものの、原子力での雇用損失が大きい。

# 原子力比率・対策強度の経済的影響 (1)

		0%	15%	20%	25%
GDP BAUからの乖離率 %	高位	▲ 3.68	▲ 3.58	▲ 3.25	▲ 2.95
	中位	▲ 3.13	▲ 3.13	▲ 2.71	▲ 2.14
	低位	▲ 2.26	▲ 2.07	▲ 1.64	▲ 1.46

		0%	15%	20%	25%
CO2排出量 百万トン (1990比削減率)	高位	803(▲24)	721(▲32)	699(▲34)	678(▲36)
	中位	858(▲19)	776(▲27)	747(▲29)	741(▲30)
	低位	964(▲9)	890(▲16)	868(▲18)	847(▲20)

		0%	15%	20%	25%
CO2価格 円/t-CO2	高位	13,259	21,947	26,899	18,550
	中位	9,045	18,860	22,579	11,783
	低位	2,933	11,990	12,768	7,639

ケース①

ケース②

ケース③

ケース④

ケース⑤

# 原子力比率・対策強度の経済的影響 (2)

		0%	15%	20%	25%
電力価格(名目) BAUからの乖離率 %	高位	139	113	92	76
	中位	108	101	77	49
	低位	71	67	42	34

		0%	15%	20%	25%
光熱費(名目) BAUからの乖離率 %	高位	53	44	37	32
	中位	44	40	32	22
	低位	31	29	18	16

		0%	15%	20%	25%
最終エネルギー消費 BAUからの乖離率 %	高位	▲ 18	▲ 21	▲ 23	▲ 19
	中位	▲ 14	▲ 18	▲ 20	▲ 13
	低位	▲ 6	▲ 11	▲ 12	▲ 8

ケース①

ケース②

ケース③

ケース④

ケース⑤

# 試算結果のまとめ

1. 原子力依存の低減は、電力価格を引き上げ、光熱費支出を増加させ、GDPを低下させる。
2. 二酸化炭素の削減は、二酸化炭素価格を引き上げ、エネルギー価格や電力価格を引き上げ、光熱費支出を増加させ、さらに、GDPを低下させる。
3. 再生可能エネルギー比率の上昇は、FITなどで電力価格を引き上げることで実現される。
4. 再生可能エネルギー比率の上昇は、発電部門での投資や雇用の増加をもたらすが、他の分野での投資や雇用の減少を食い止めることは難しい。
5. 原子力依存度の低下と低炭素社会への移行は、資本収益率を低下させることから、消費を減らしてまで投資を行うことインセンティブが働かない。その結果、消費の減少は小さいが、粗投資は大きく減少し、投資に依存する産業の生産を減少させる。
6. 原子力依存度の低下と低炭素社会への移行は、製造業を中心とした産業構造から、農業・食料品産業、医療・保険・福祉、教育・研究、対政府サービスなどの人を中心とする産業構造への転換を促す。
7. その意味で、原子力依存度の低下と低炭素社会への移行は、「物づくりを中心とする社会」から、「人に対するサービス社会」、または「分かち合い社会」への移行を促す可能性が高い。

# AIM/CGEによる2030年の分析

国立環境研究所  
AIMプロジェクトチーム

2012年5月28日

# 報告概要

- 要旨
- AIM/CGEによる分析の枠組み
- 分析における前提条件
  - 将来の技術選択(AIM/Enduseとの連携)
- 主な結果
  - 参照ケースと各ケースの経年変化
  - 電源構成、二酸化炭素排出量と限界削減費用
  - 産業部門への影響
  - GDP、消費、投資への影響
- AIM/CGEの概要・特徴【参考】

# 要旨

- 国立環境研究所の経済モデル(AIM/CGE)に対して、技術選択モデルであるAIM/Enduseの結果として得られる将来の省エネ技術等の情報(エネルギー効率改善、追加投資額)を反映した上で、2030年の温暖化対策目標のケースの違いによる経済活動への影響を分析した。
- CO<sub>2</sub>排出削減目標の設定により、CO<sub>2</sub>削減のための限界削減費用が生じ、GDPをはじめとする経済活動に影響が生じる。なお、限界削減費用や経済活動への影響は、排出削減目標(対策高位～低位)により変化するが、発電部門における非化石燃料電源のシェアの影響も受ける。
  - CO<sub>2</sub>削減にかかる限界削減費用が最も高いケースは、ケース②(原子力15%、対策高位)で24,000円/tCO<sub>2</sub>となった。
  - GDPへの影響が最も大きいケースは、ケース①(原子力0%、対策高位)で、参照ケース比-2.0%となった。
- CO<sub>2</sub>排出削減目標の設定により、CO<sub>2</sub>削減のための限界削減費用が生じ、限界削減費用の高い対策中位から高位の各ケースにおいては、ガス火力のシェアが相対的に高まる。参照ケースでは石炭火力に対するガス火力の比率は1.1倍であるのに対して、ケース②(原子力15%、対策高位)では同2.6倍となる。
- 対策高位～中位の各ケースにおける省エネ投資や再エネ投資の増加は、高効率給湯器(金属製品)やハイブリッド自動車(電気機器)、太陽光パネル(化学、金属製品、機械、建築より構成)等の需要をもたらし、これらの財を構成する素材も含めた関連産業の生産を誘発し、新たな市場創出の可能性を示唆する結果となった。

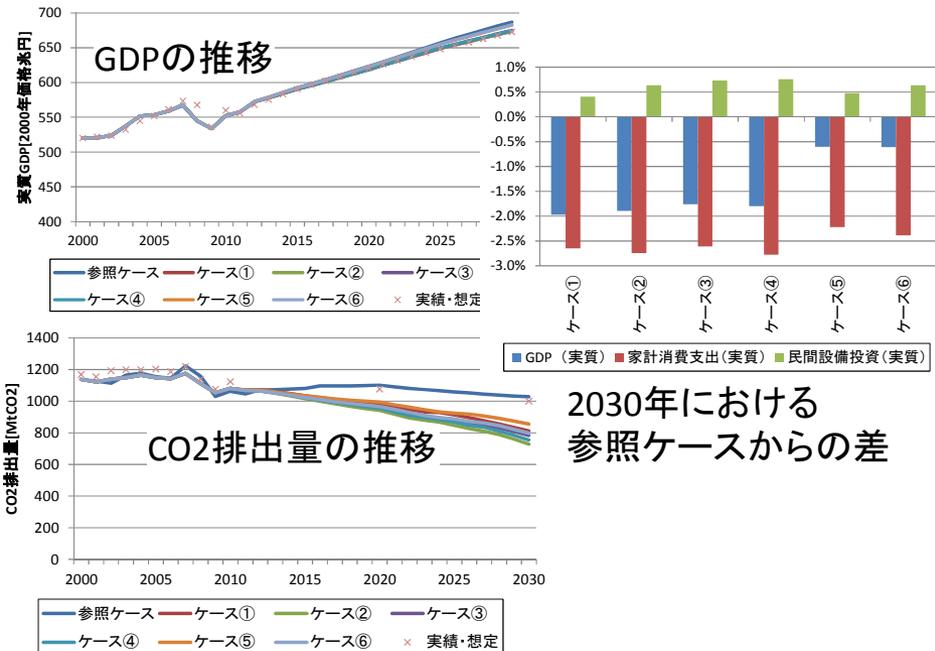
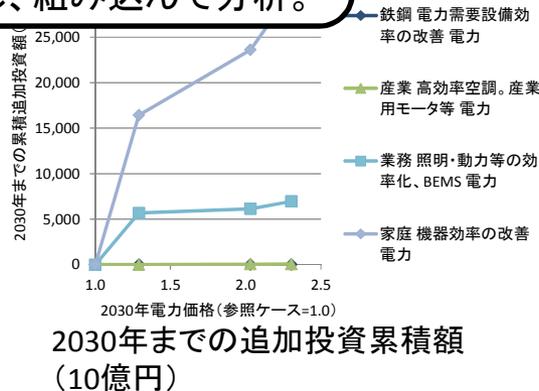
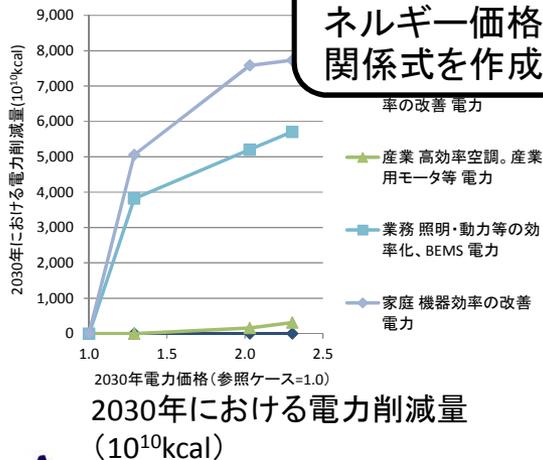
# 本モデルの特徴と 技術選択モデルも含めた大きな枠組み

CO2削減目標

## 本モデル(AIM/CGE)

- 日本を対象とした応用一般均衡モデル
- 逐次均衡
- 技術進歩を前提条件に、様々な施策導入の効果、影響について統合的な解を探索する。

中環審で提示された対策高位～低位の省エネ投資と省エネ効果をエネルギー価格によって関連づけた関係式を作成し、組み込んで分析。



## 技術選択モデル

- 日本を対象とした温暖化対策技術の評価モデル
- マクロ経済活動を前提条件に、効果的な温暖化対策を実現する技術の組み合わせを探索する。

# 分析における前提(1)

- 想定した将来のケース設定は、以下の通り。
  - 参照ケース: 事務局で設定された想定値を再現したもの(総合エネ調で使用したのと同じ)。
  - ケース①: 対策高位、発電電力量に占める原子力発電の比率は0%
  - ケース②: 対策高位、発電電力量に占める原子力発電の比率は15%
  - ケース③: 対策中位、発電電力量に占める原子力発電の比率は15%
  - ケース④: 対策中位、発電電力量に占める原子力発電の比率は20%
  - ケース⑤: 対策低位、発電電力量に占める原子力発電の比率は25%
  - ケース⑥: 対策低位、発電電力量に占める原子力発電の比率は35%

## 分析における前提(2)

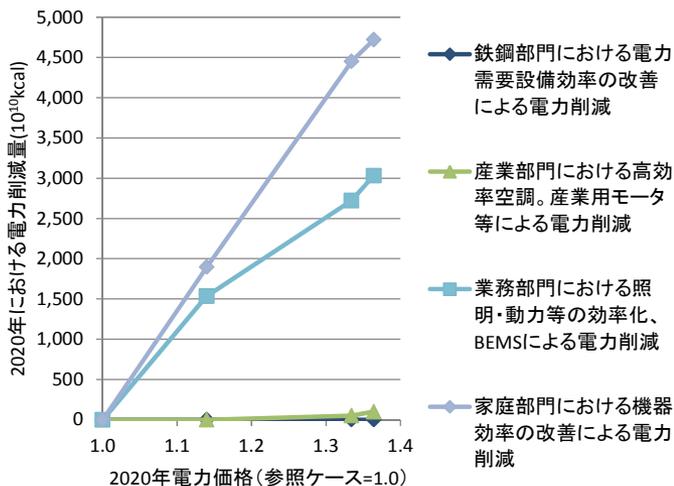
- 将来の経済成長率、電源構成(火力の個々の電源を除く)、化石燃料の国際価格の想定は事務局想定値を使用。また、化石燃料の国内価格については、国内市場における需給で決まる内生変数であり、国際価格と同じ変化をするわけではない。なお、モデル基準年で値が異なる項目もある。
- 原発事故リスク費用、原発未回収コスト、系統対策費用については、事務局想定値を使用。
- コスト等検証委員会で示された発電コストを、各電源における将来の投入産出構造に反映している。なお、電力価格については電力市場における需給によって内生的に計算される。
- エネルギー効率改善については、技術モデルであるAIM/Enduseモデルの結果をもとに、エネルギー価格の変化によって省エネ投資が誘発され、省エネが実現されるという構成となっている(エネルギーと資本の代替関係を、省エネ投資の導入を介して実現するように定義)。省エネ導入に要する追加投資は、導入する各部門が負担するとした(グリーン成長シナリオとして、追加投資分を温暖化対策税の税收でまかなうように想定することも可能)。

# エネルギー価格変化と対策技術導入量の推定結果 (本モデルとAIM/Enduseの連結について)

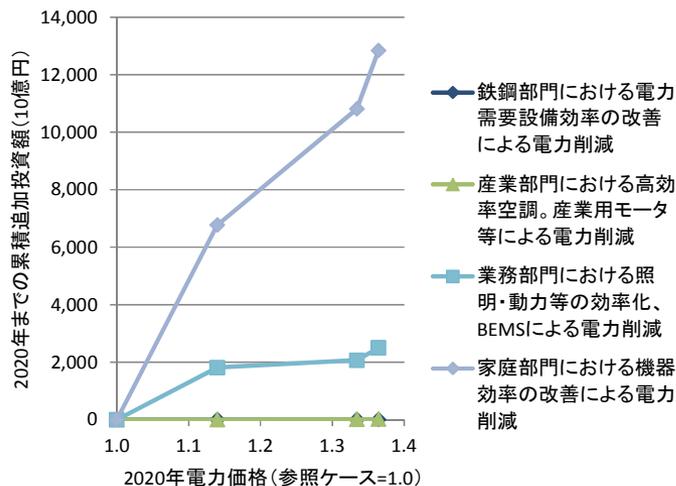
- 技術モデルであるAIM/Enduseモデルでは、様々な省エネ対策の導入の可能性とそれに必要な追加投資額が示されている。本モデルでは、そうした関係を考慮することで、追加投資による省エネ効果、生産部門への波及効果を分析している。
- 各年におけるエネルギー価格の参照ケースからの変化により、省エネを目的とした追加投資が起こるとみなし、各期の計算に先だって、エネルギー種毎に将来導入される機器の効率を選択する(追加投資を決定する)。
- なお、個々の技術に対して、技術選択モデルで示されている最大の追加投資額、省エネ導入量を超えては導入されないとする。

# 省エネのための追加投資、エネルギー削減量の例 (電力の削減を目的とした対策技術)

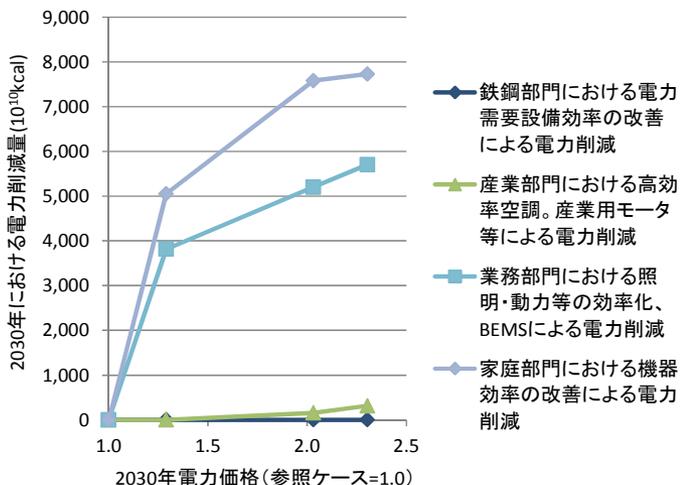
横軸は電力価格(参照ケース比) 縦軸は、電力削減量もしくは追加投資累積額をそれぞれ示す



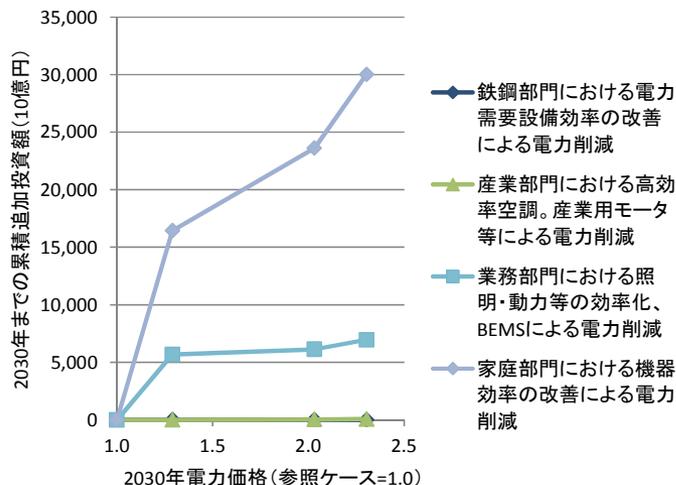
2020年における電力削減量(10<sup>10</sup>kcal)



2020年までの追加投資累積額(10億円)

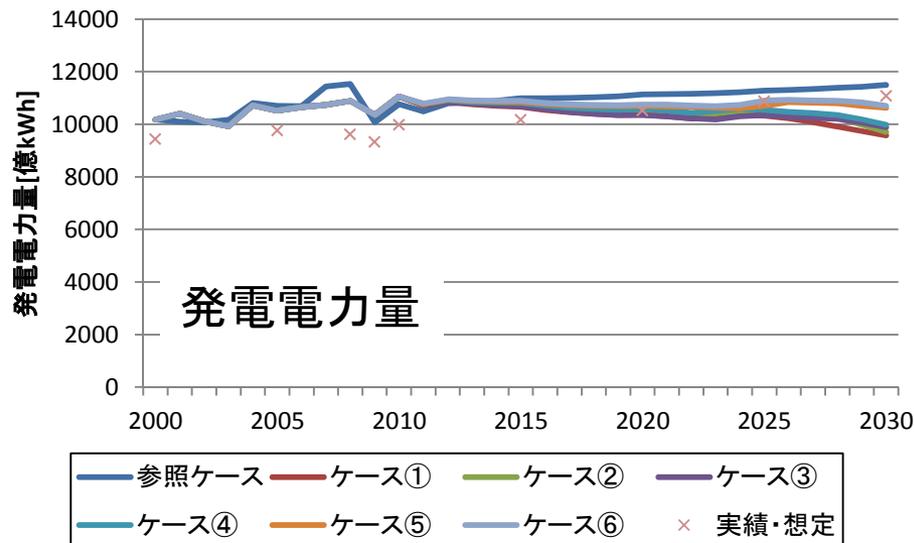
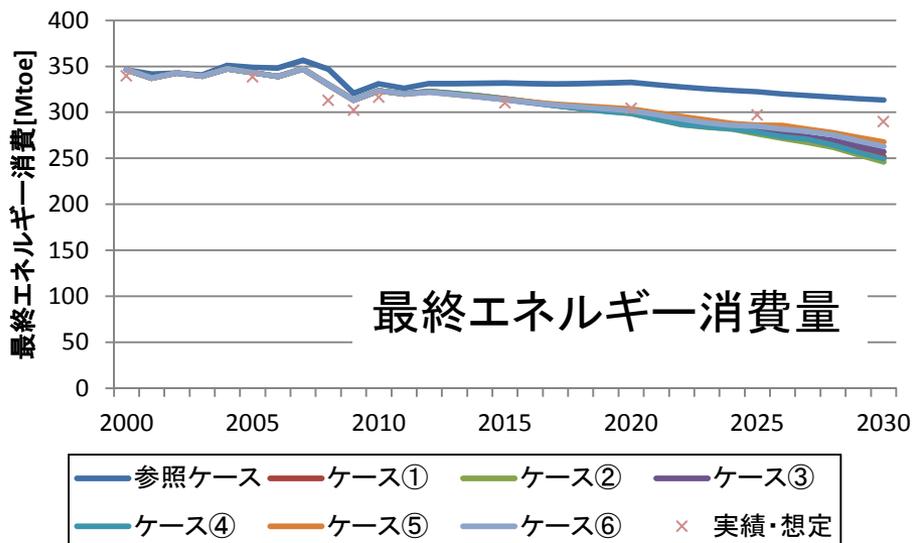
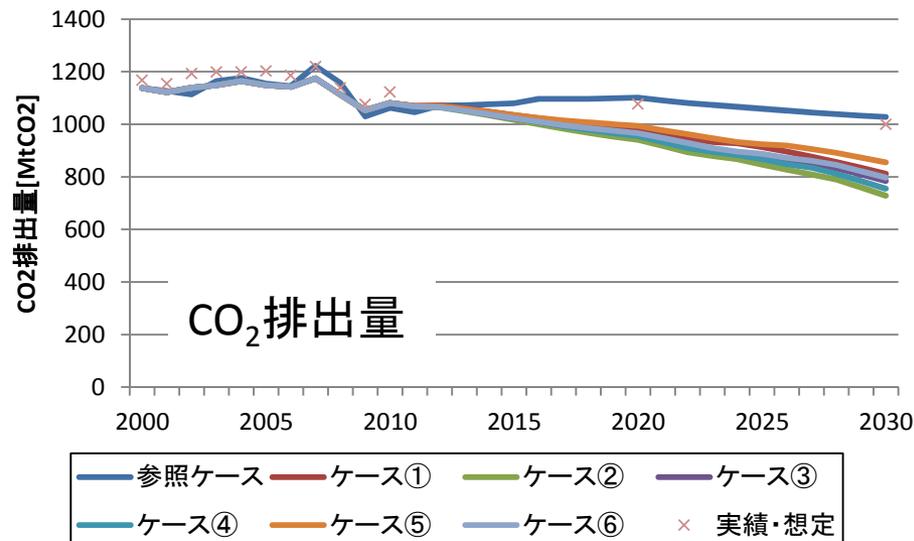
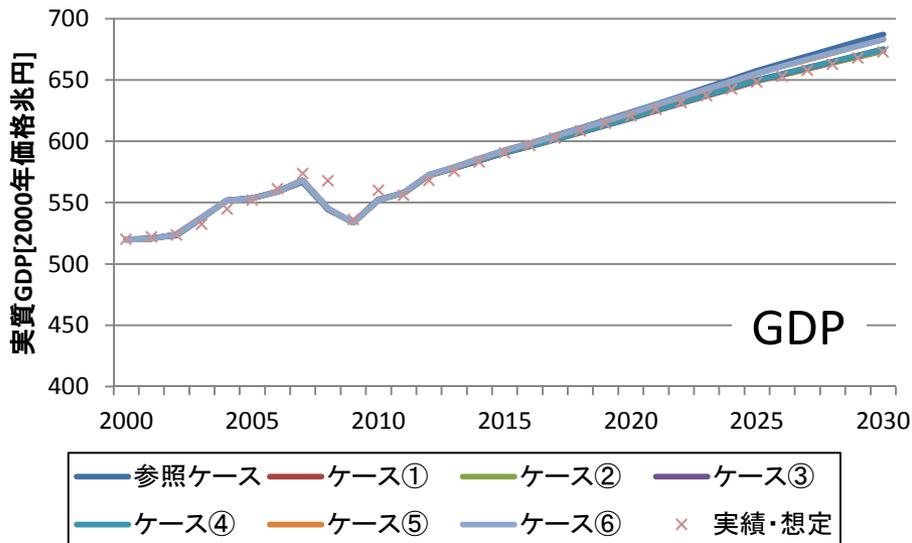


2030年における電力削減量(10<sup>10</sup>kcal)



2030年までの追加投資累積額(10億円)

# 参照ケースと各ケースの概要

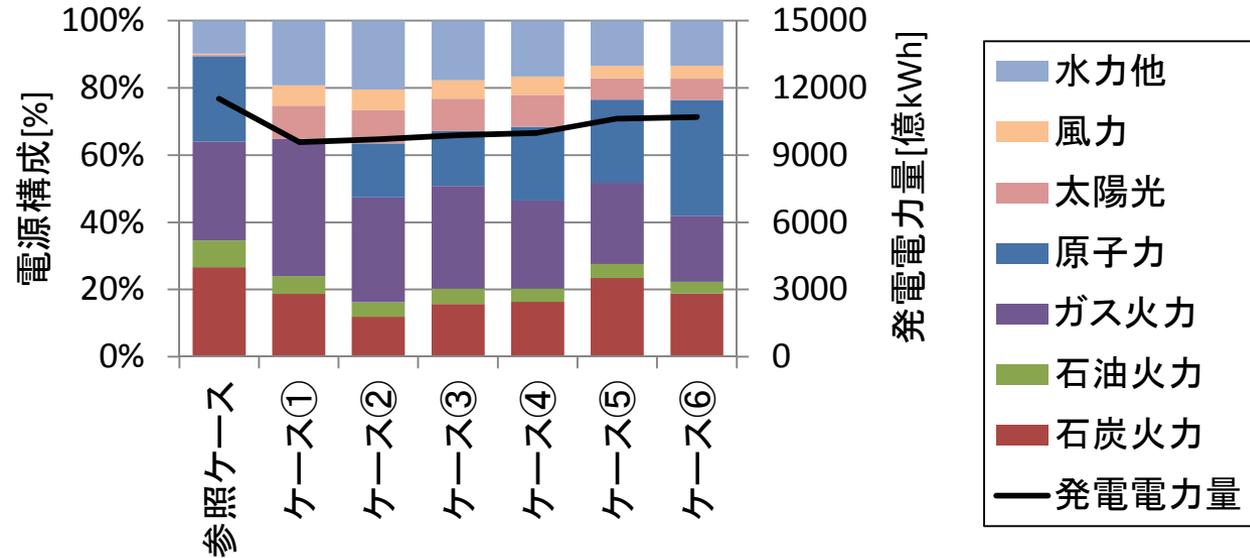


# 各ケースの姿(1)

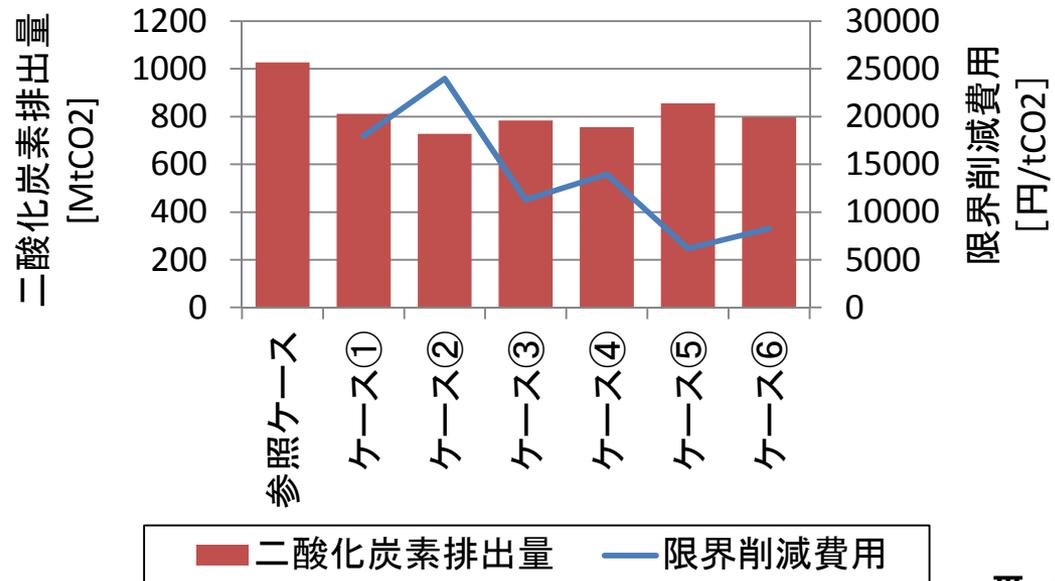
項目	単位	参照 ケース	ケース① 原発0% 対策高位	ケース② 原発15% 対策高位	ケース③ 原発15% 対策中位	ケース④ 原発20% 対策中位	ケース⑤ 原発25% 対策低位	ケース⑥ 原発35% 対策低位
GDP(実質)	%(参照ケース比)	2.1%	-2.0%	-1.9%	-1.8%	-1.8%	-0.6%	-0.6%
家計消費支出(実質)	%(参照ケース比)	3.7%	-2.7%	-2.7%	-2.6%	-2.8%	-2.2%	-2.4%
民間設備投資(実質)	%(参照ケース比)	1.1%	0.4%	0.6%	0.7%	0.8%	0.5%	0.6%
輸出(実質)	%(参照ケース比)	3.8%	-2.2%	-2.4%	-1.8%	-1.9%	-1.6%	-1.7%
輸入(実質)	%(参照ケース比)	26.6%	-3.5%	-4.8%	-4.3%	-4.9%	-3.4%	-4.3%
電力価格(名目)	%(参照ケース比)	-	95.2%	85.0%	69.2%	75.8%	41.2%	44.3%
電力価格(実質)	%(参照ケース比)	-	101.8%	91.7%	73.0%	80.5%	42.7%	46.0%
光熱費(名目)	%(参照ケース比)	-	55.7%	63.4%	42.4%	45.3%	23.0%	25.6%
光熱費(実質)	%(参照ケース比)	-	-20.0%	-24.8%	-16.1%	-20.2%	-6.0%	-10.9%
最終エネルギー消費(実質)	%(参照ケース比)	-	-19.6%	-21.5%	-17.9%	-20.3%	-14.9%	-16.0%
発電電力量	億kWh	11,498	9,577	9,709	9,886	9,985	10,624	10,701
	%(参照ケース比)	-0.3%	-16.7%	-15.6%	-14.0%	-13.2%	-7.6%	-6.9%
限界削減費用(実質)	円	-	17,978	23,976	11,277	13,929	6,160	8,264
CO2排出量	百万t-CO2	1,027	811	728	783	755	855	797
	%(参照ケース比)	5.5%	-21.0%	-29.1%	-23.8%	-26.5%	-16.8%	-22.4%
石炭発電量	%(総発電量に 占める割合)	26.6%	18.7%	11.9%	15.6%	16.3%	23.4%	18.8%
石油発電量	%(総発電量に 占める割合)	8.0%	5.3%	4.3%	4.6%	3.9%	4.2%	3.5%
LNG発電量	%(総発電量に 占める割合)	29.4%	40.9%	31.2%	30.6%	26.3%	24.2%	19.7%

## 各ケースの姿(2)

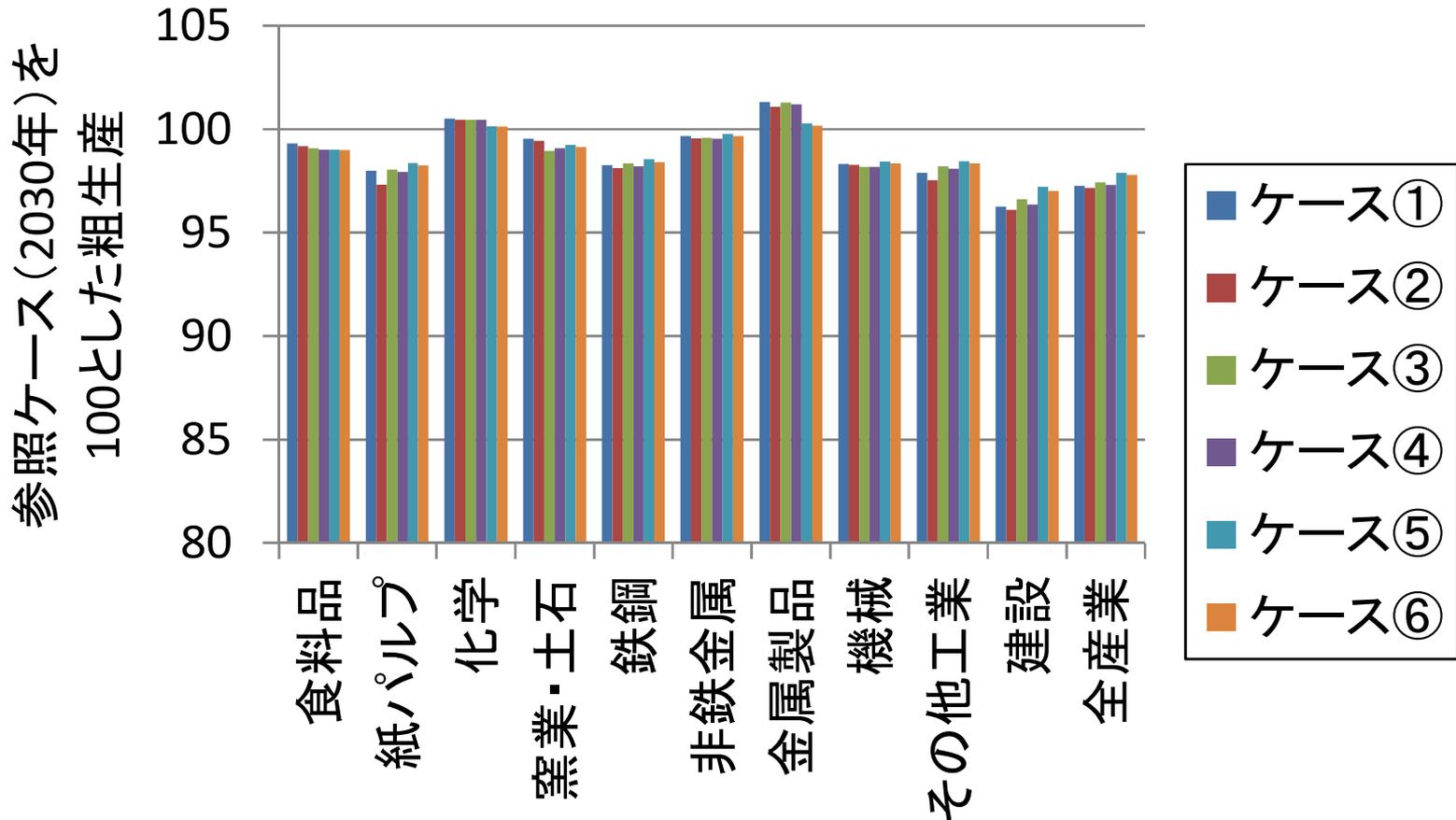
- ケース①～④(対策高位～中位)では、火力発電に占めるガス火力のシェアが高まる。ケース⑤、⑥(対策低位)は参照ケースと同程度



- 二酸化炭素排出量の削減目標に向けて、二酸化炭素1トンあたり6,160円～23,976円に相当する対策の導入が必要となる。

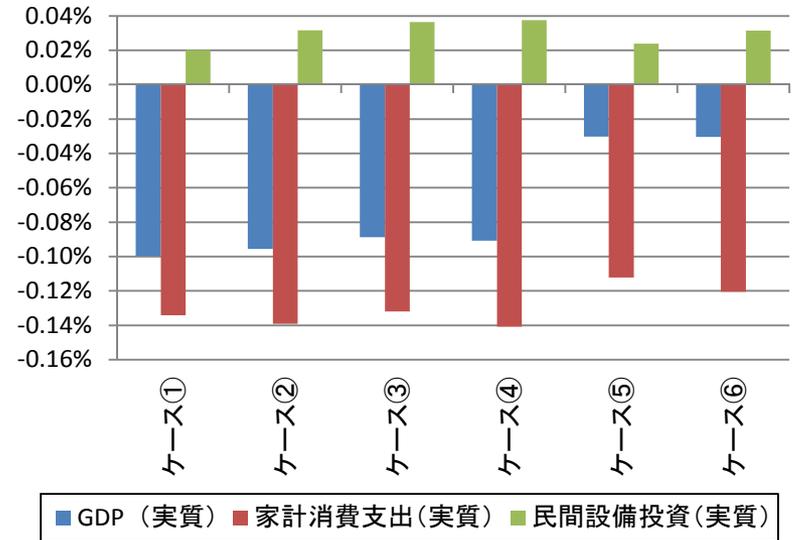
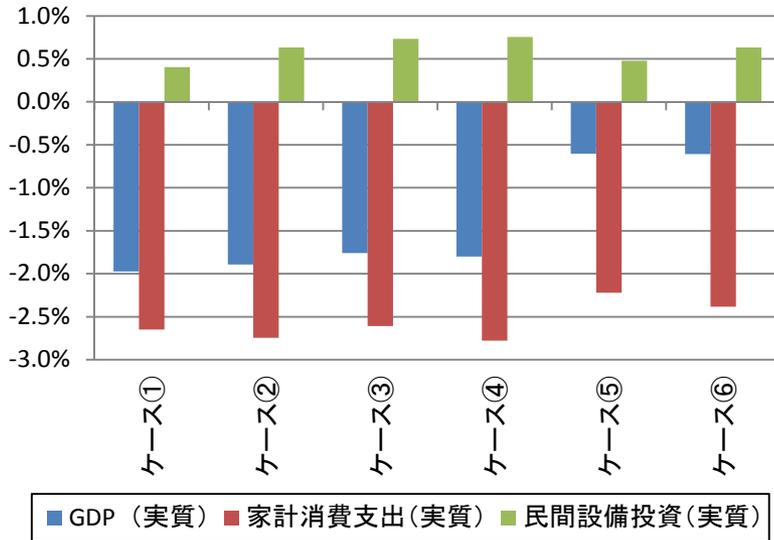


## 各ケースの姿(3)



- 全産業で見ると、全ケースで参照ケースと比較して減少するが、産業部門間で影響は異なる。
- 省エネ投資、再エネ投資の導入により、これらの財の生産に関わる部門では、参照ケースと比較して粗生産が増大したり、他の部門と比較して落ち込みが軽減される。

## 各ケースの姿(4)



### 2030年における参照ケースからの変化

### 2030年の参照ケースに対する 変化の年率換算

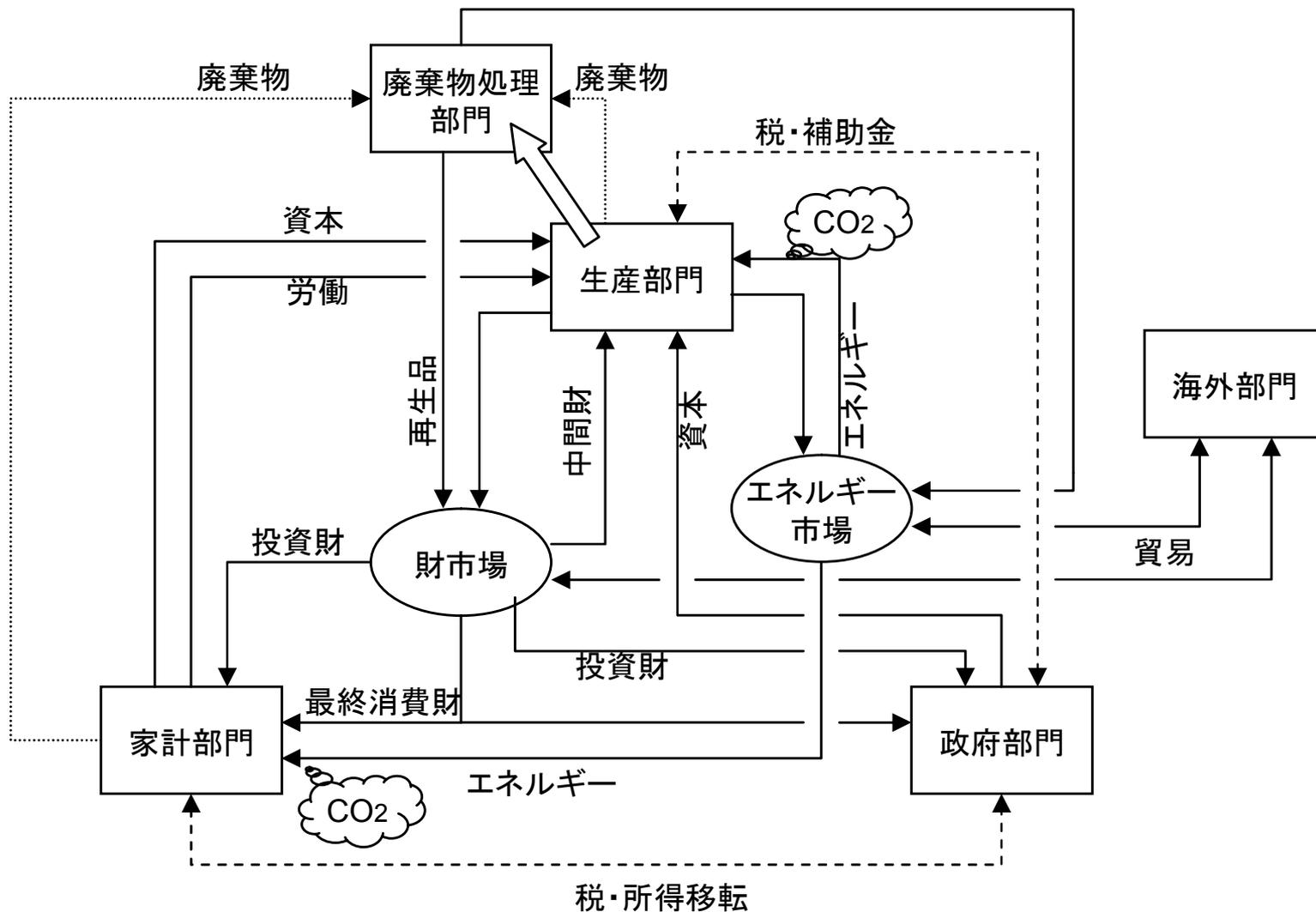
注：設備投資は、省エネ投資、再エネ投資に必要な投資財の購入が含まれる。  
家計消費支出のマイナス分には、家計で購入される太陽光パネルや省エネ投資増加の影響が含まれている。

- 2030年の参照ケースに対するGDP減少は、最大でケース①の2%にとどまる。
- GDPの減少は、年率に換算すると、最大で0.1%となる。
- GDPの経年変化は9枚目に示したとおりで、現状からマイナス成長になるという意味ではない。

# 【参考】AIM/CGEの概要・特徴

- 日本を対象とした応用一般均衡モデル。
- 基準は2000年産業連関表(IO表)をもとに、U表(投入表)とV表(産出表)を区分する。IO表では統合されている太陽光発電、風力発電を分析可能なように1つの部門と設定する。
- 化石燃料をはじめとする各財の国際価格は外生と仮定。
- 1期1年とした逐次均衡型のモデル。国全体の粗投資は、モデルで計算された当該年までのGDPと資本と、想定される将来の経済成長率に基づいて計算され、前年の各部門の資本収益率の結果に基づいて各部門に配分される。家計は、所得から貯蓄を差し引いたものを、効用最大化に基づいて最終消費財を選好する。
- 各生産部門では、資本と労働を生産要素として、他の中間財(原材料、エネルギー)も投入しつつ財を産出する。IO表の産出表をもとに、結合生産を想定。
- モデルでは、短期(1年)と長期(それ以上)については明確に区分。短期では技術の組み合わせが決まっており、各部門内でのエネルギーの代替は起こらないが、期を超えた活動については導入される投資・技術によってエネルギー効率改善や燃料代替が起こるとする。
- 将来のエネルギー効率改善については、技術モデルであるAIM/Enduseとの連携を重視したモデル。通常モデルでは、エネルギー間の代替関係、エネルギーと資本との代替関係を組み入れてモデル化するが、本モデルでは、省エネ対策の導入により、設備費用がかかるが、エネルギー投入量が節約できる、エネルギーの代替が生じる過程を再現している。また、省エネの実現に必要な機器の需要も明示。
- なお、今回の試算に当たっては、AIM/Enduseと本モデルの結果を用いて対策毎に、参照ケースからのエネルギー価格の変化に対応する対策導入量、効果としての省エネ量の関係をあらかじめ組み込み、本モデル内で各期の計算に先だて、省エネ投資量が決められるとした。
- 発電部門については、設備容量(資本)と稼働率をあらかじめ設定するとともに、石油火力を除いて各部門における資本は他の要素と代替しないと仮定している。石油火力によって電力の需給が調整される。

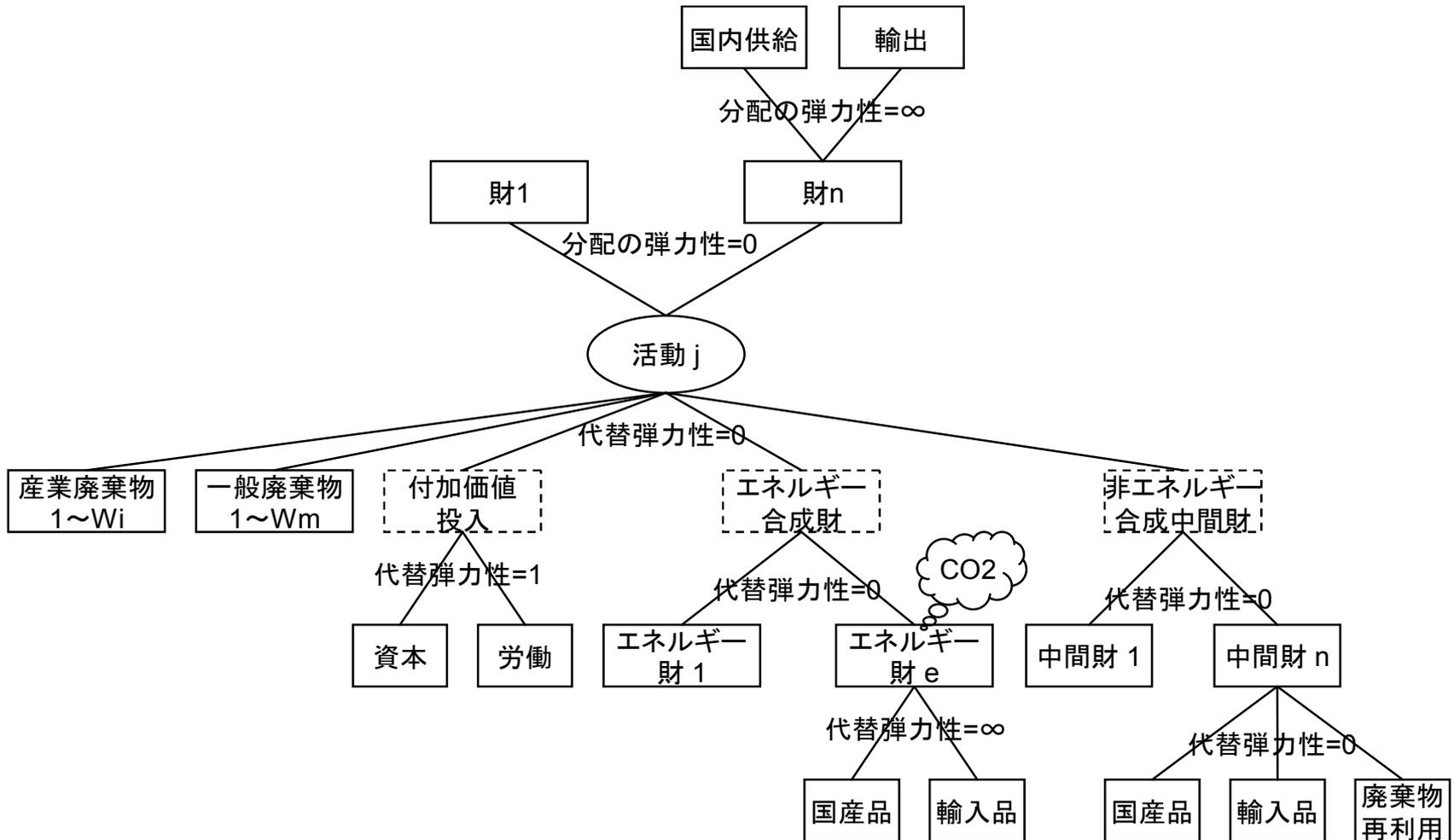
# 【参考】モデルの全体構造



# 【参考】モデルにおける部門・財の分類

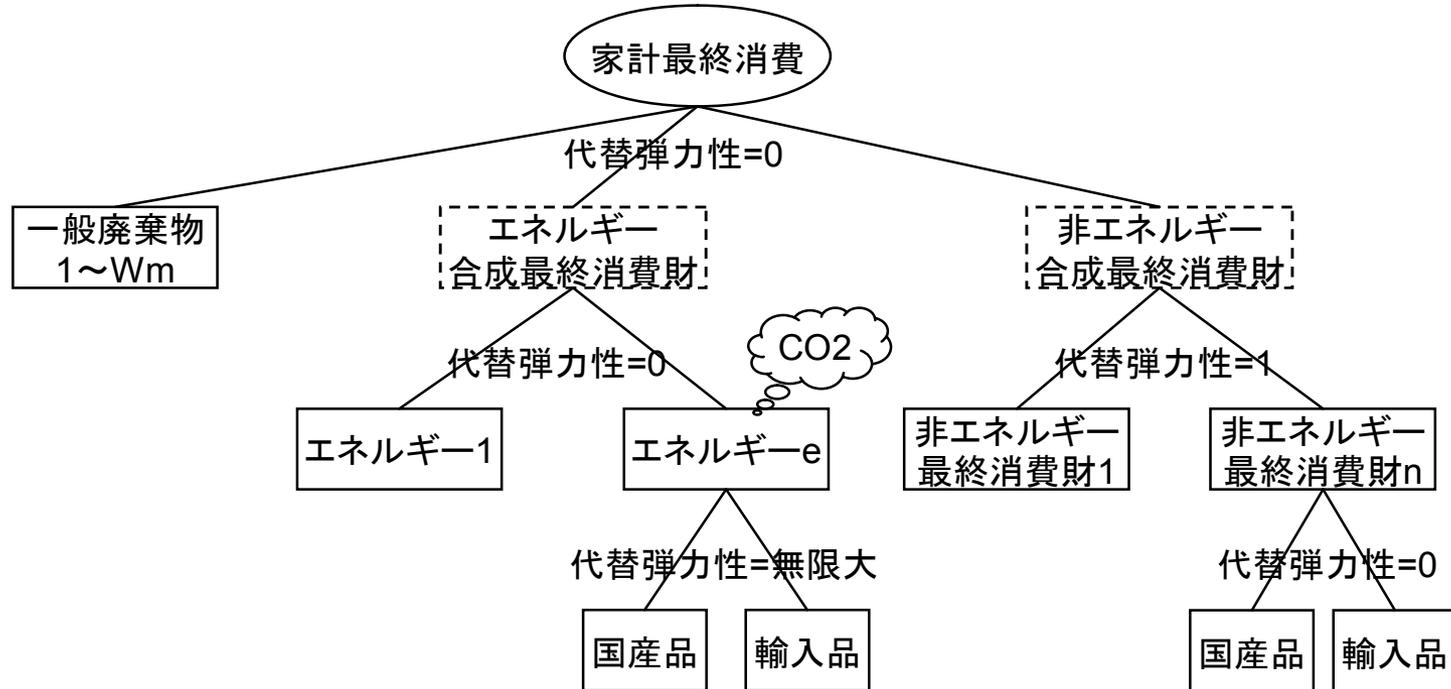
耕種農業	石油製品	ガソリン	事務用・サービス用機器	金融・保険
畜産		ジェット燃料油	民生用電子・電気機器	不動産仲介及び賃貸
農業サービス		灯油	電子計算機・同付属装置	住宅賃貸料(帰属家賃含む)
林業		軽油	通信機械	鉄道輸送
漁業		A重油	電子応用装置・電気計測機	道路輸送
金属鉱物		B重油・C重油	半導体素子・集積回路	自家輸送
非金属鉱物		ナフサ	電子部品	水運
石炭		液化石油ガス	重電機器	航空輸送
原油		その他の石油製品	その他の電気機器	貨物運送取扱
天然ガス		石炭製品	コークス	乗用車
食料品	その他の石炭製品		その他の自動車	運輸付帯サービス
飲料	舗装材料		船舶・同修理	通信
飼料・有機質肥料(除別掲)	プラスチック製品	その他の輸送機械・同修理	放送	
たばこ	ゴム製品	精密機械	公務	
繊維工業製品	なめし革・毛皮・同製品	その他の製造工業製品	教育	
衣服・その他の繊維既製品	ガラス・ガラス製品	再生資源回収・加工処理	研究	
製材・木製品	セメント・セメント製品	建築	医療・保健	
家具・装備品	陶磁器	建設補修	社会保障	
パルプ・紙・板紙・加工紙	その他の窯業・土石製品	土木建設	介護	
紙加工品	銑鉄・粗鋼	原子力発電	電力	その他の公共サービス
出版・印刷	鋼材	石炭火力		広告・調査・情報サービス
化学肥料	鋳鍛造品	石油火力		物品賃貸サービス
無機化学基礎製品	その他の鉄鋼製品	ガス火力		自動車・機械修理
有機化学基礎製品	非鉄金属製錬・精製	水力・地熱等		その他の対事業所サービス
有機化学製品	非鉄金属加工製品	太陽光		娯楽サービス
合成樹脂	建設・建築用金属製品	風力		飲食店
化学繊維	その他の金属製品	ガス・熱供給		旅館・その他の宿泊所
医薬品	一般産業機械	水道		その他の対個人サービス
化学最終製品(除医薬品)	特殊産業機械	廃棄物処理	事務用品	
	その他の一般機器	商業	分類不明	

# 【参考】生産関数の想定



生産関数: 資本と労働間はコブダグラス型、その他はレオンチェフ型の入れ子構造。  
労働力は部門間の移動が可能であるが、資本については部門間の移動はない。

# 【参考】家計における消費構造

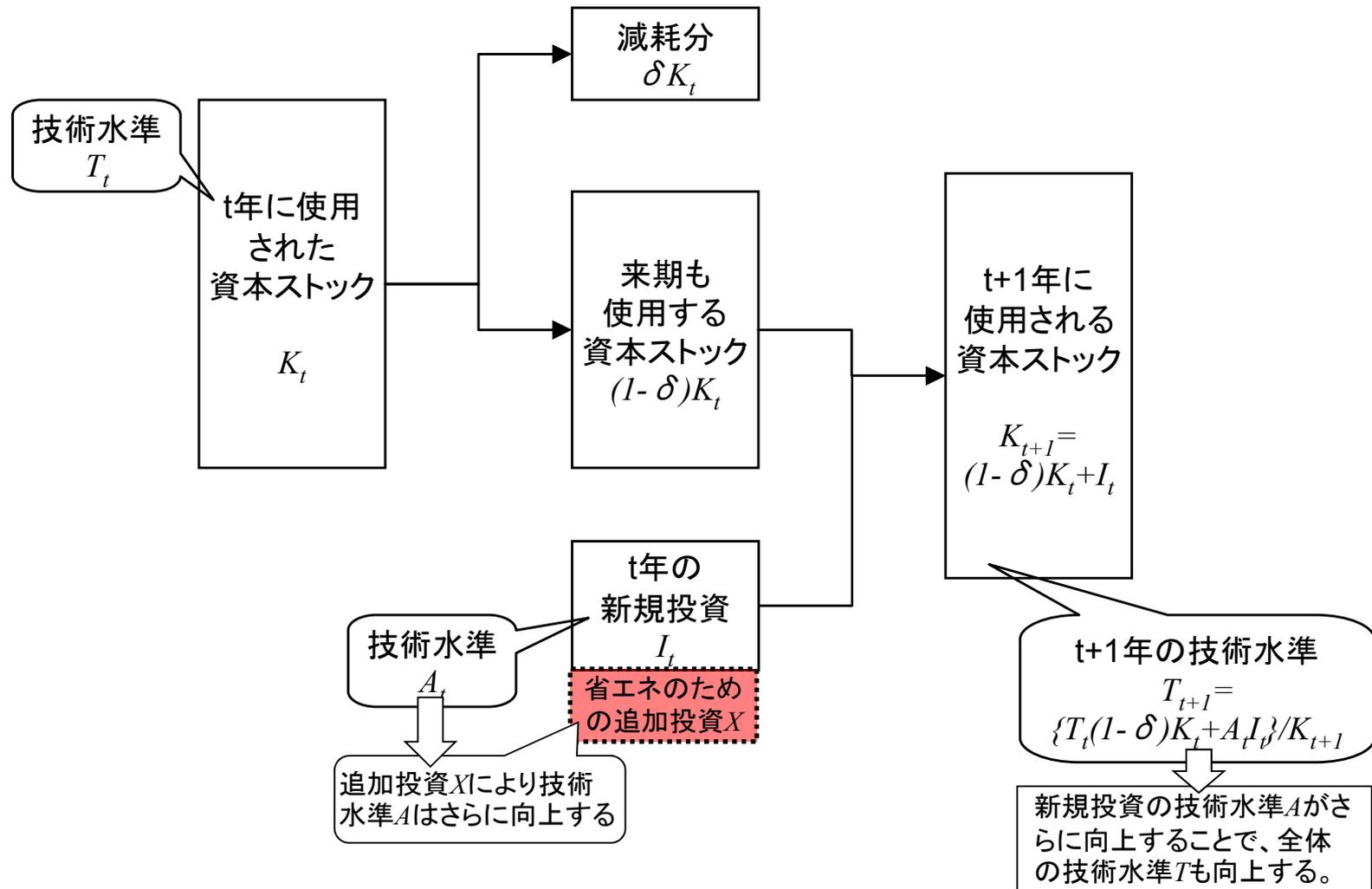


家計は資本と労働力を保有し、生産部門に提供することで得る所得制約の下、効用最大化により最終消費を決定。

需要関数は非エネルギー財はコブダグラス型、エネルギー財はレオンチェフ型。

貯蓄(投資)は、モデルで計算された当該年までのGDPと資本と、想定される将来の経済成長率に基づいて計算され、所得から差し引かれる。

# 【参考】エネルギー効率改善のための追加投資



AIM/Enduse[Japan]の結果から、追加投資  $X$  を行うことで、エネルギー効率がさらに改善する。ただし、 $X$  はエネルギー効率改善のための追加費用であり、次期の資本ストックの増加には寄与しない。追加投資の負担については、様々な方法が考えられ、負担の方法により経済影響が異なる。

2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会

2012年5月28日

---

# RITEエネルギー・経済モデルによる2030年の経済・CO<sub>2</sub>影響分析

---

(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)

システム研究グループ

秋元圭吾、本間隆嗣、佐野史典



# モデル分析結果の概要

# RITE DEARSモデルの概要

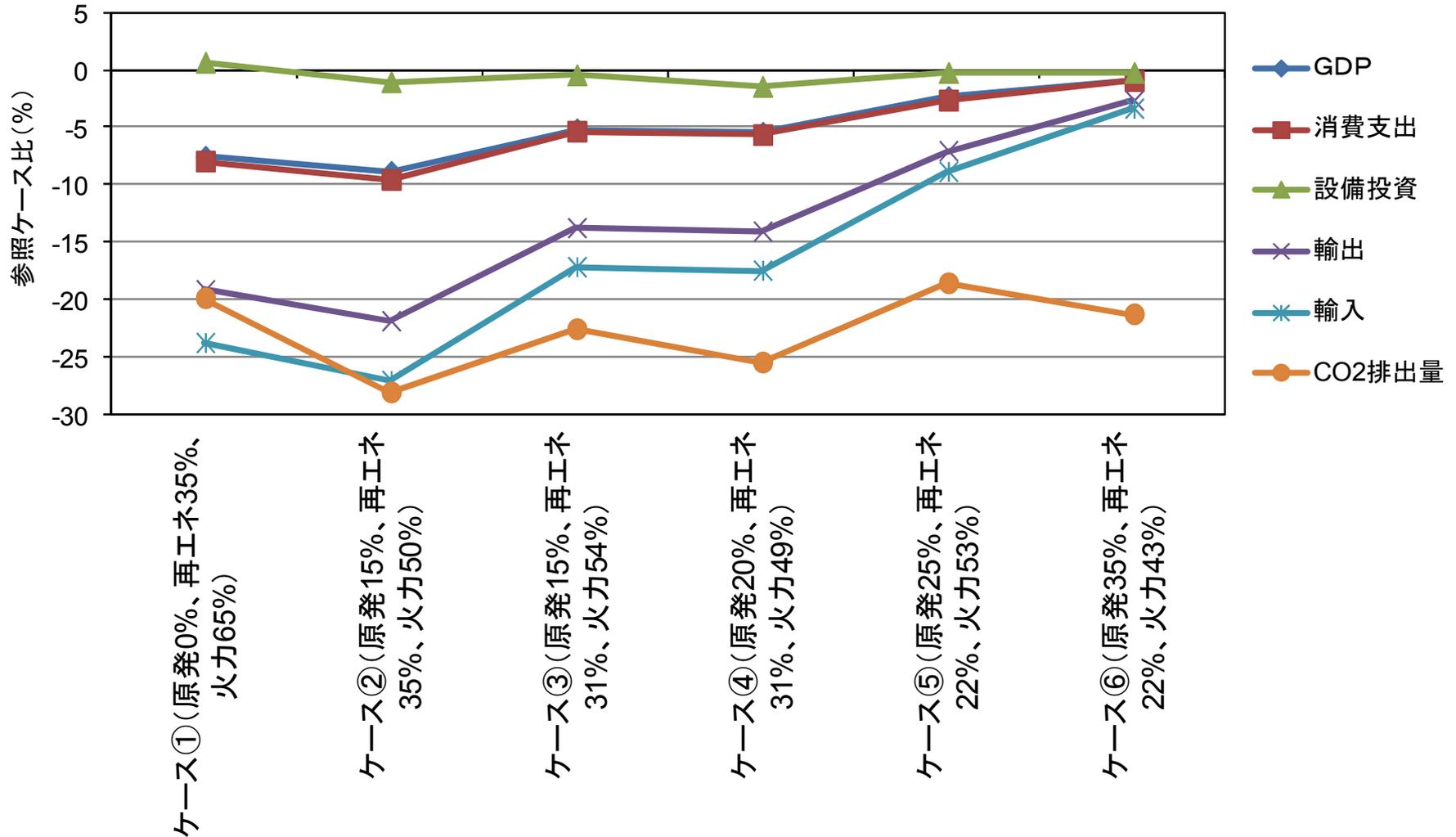
(Dynamic Energy-economic Analysis model with multi-Regions and multi-Sectors)

- ◆ トップダウン型経済モジュールとボトムアップ型エネルギーシステムモジュールの統合モデル
- ◆ 動的非線形最適化モデル（世界全体の消費効用最大化）
- ◆ モデル対象期間：21世紀中頃まで（最適化時点間隔 10年）
- ◆ 世界地域分割：18地域分割
- ◆ 非エネルギー産業分類：18産業分類
- ◆ エネルギー産業分類：一次エネルギー8種、二次エネルギー4種
- ◆ GTAP (Global Trade Analysis Project) モデル・データベースに基づく産業関連構造を明示した経済モジュール
- ◆ 簡略化ながら、ボトムアップ化したエネルギーシステムモジュール
  - ✓ ボトムアップ的にエネルギー供給技術（発電技術等）、CO<sub>2</sub>回収・貯留技術をモデル化
  - ✓ 一次エネルギー供給：8種類をモデル化（石炭、原油、天然ガス、水力・地熱、風力、太陽光、バイオマス、原子力）
  - ✓ トップダウン的にエネルギー需要サイドをモデル化（家計：エネルギー価格・所得弾性、産業・運輸：エネルギー価格弾性、これらはすべて経済モジュールとリンク）
  - ✓ 最終エネルギー消費：4種類をモデル化（固体燃料、液体燃料、気体燃料、電力）

# RITE DEARSモデルの特長

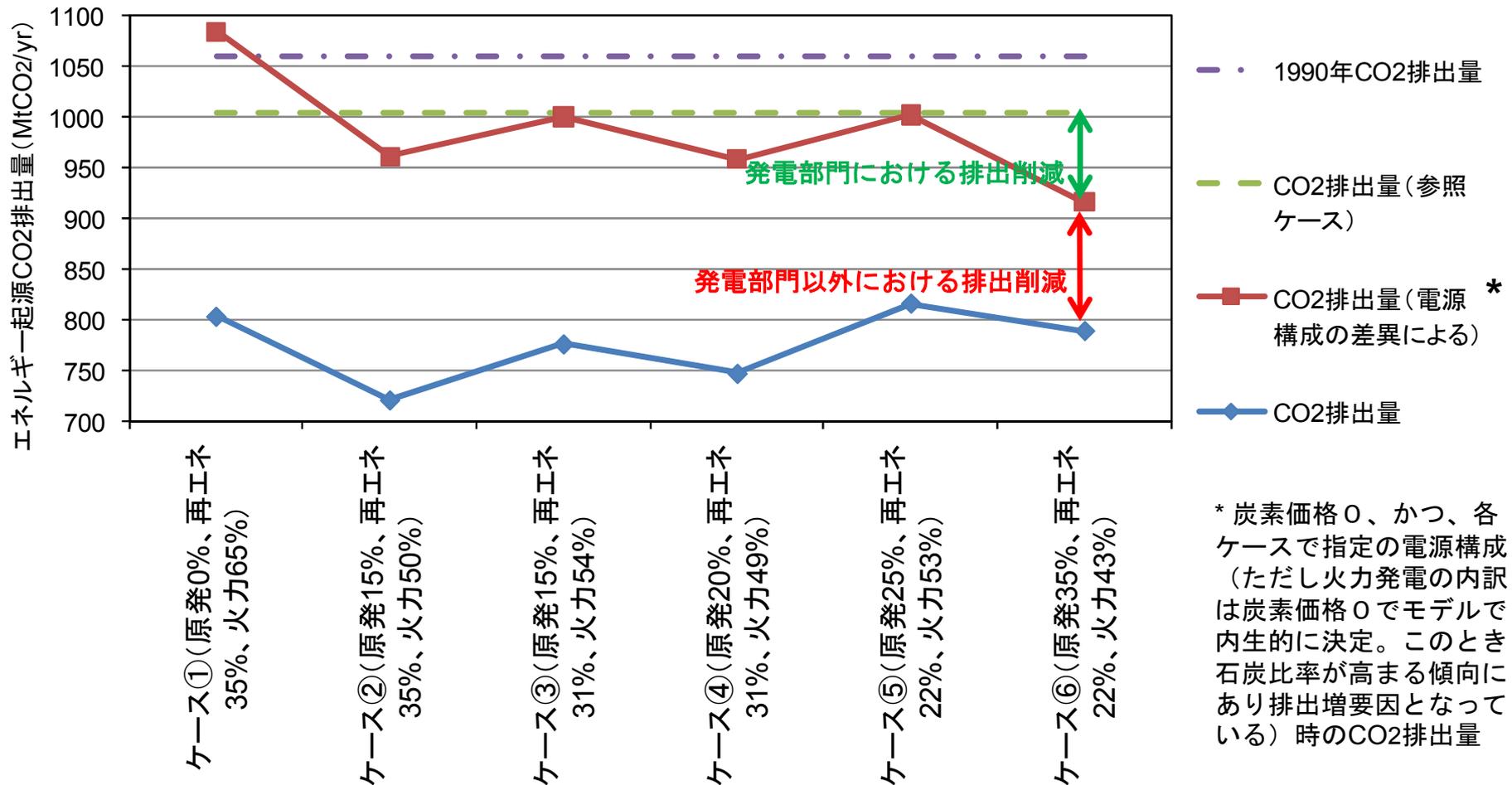
- ◆ エネルギー供給、発電部門については、産業連関表の情報では不十分であるため、技術別にボトムアップ的なモデル化を行うとともに、IEA統計等と整合性を持つようにデータの調整を行っている。これによって、エネルギー・経済の統合的な分析・評価が可能となっている。また、これにより、「コスト等検証委員会」の電源別発電コスト、および選択肢毎の発電構成を前提条件とした経済分析が可能となっている。
- ◆ 21世紀半ば（2047年）までの期間の動学的最適化を行っている（Forward-looking型モデル）。例えば、2030年頃までの対応を考えた上で、2020年の最適な対応が導出される。
- ◆ 産業連関表は国際的なCGEモデル分析で広く利用されているGTAPに基づいており、産業の国際移転（産業のリーケージ）を含めた分析が可能である。（GTAPモデルは静学的モデルであるが、DEARSは動学的モデルとしている。）

# 2030年のGDP、消費、投資、輸出入への影響



ケース①では、投資は若干大きくなるものの、消費、輸出、輸入ともに低下し、GDPも参照ケース比で7.6%程度の低減が見込まれる。ケース②では更に大きく、8.9%減

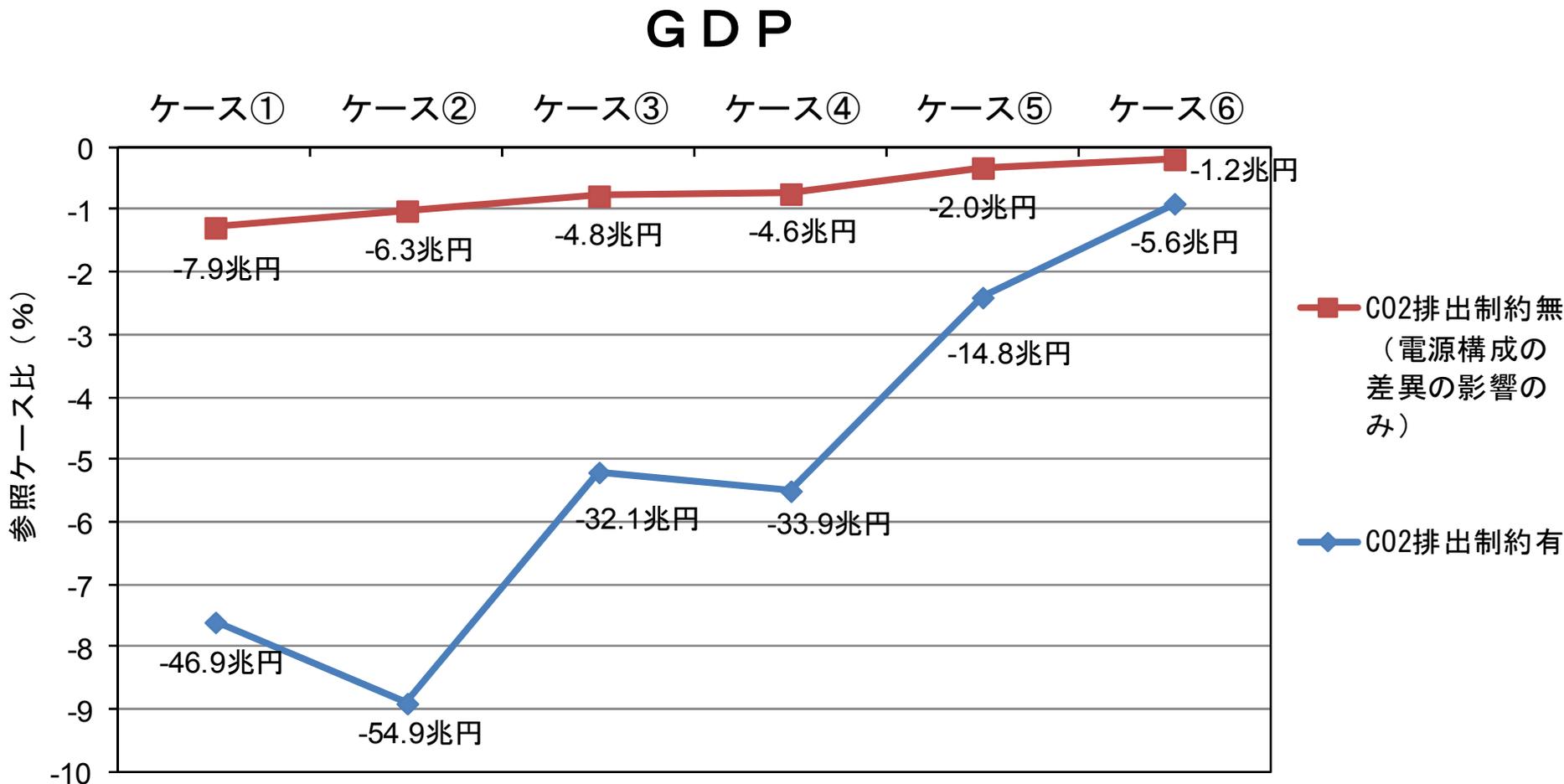
# 各ケースのCO<sub>2</sub>排出量



発電部門以外における排出削減は、総合資源エネルギー調査会・基本問題委員会の選択肢は、選択肢に依らず、70 MtCO<sub>2</sub>程度であるが、2013年以降小委のケースは130~280 MtCO<sub>2</sub>程度。

# 2030年のGDPへの影響

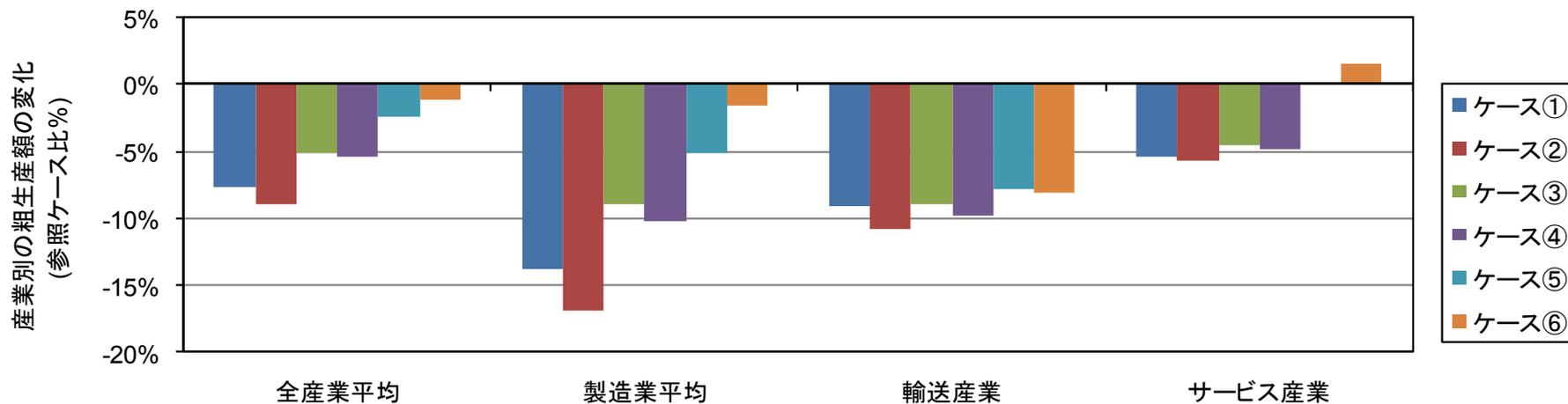
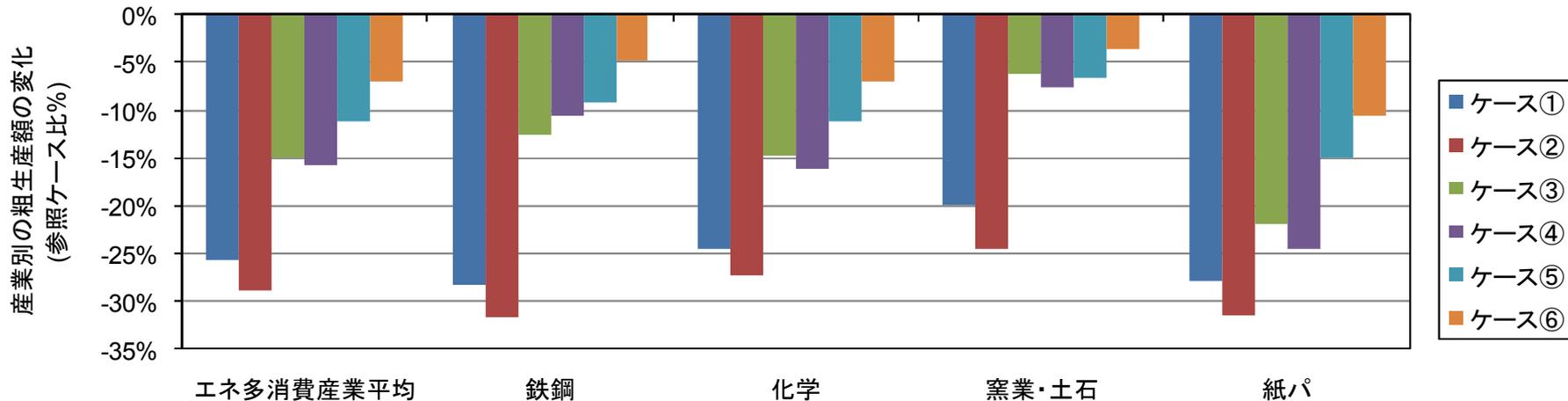
## —電源構成の影響とCO2制約込の影響—



**CO2制約の影響の方が大きいですが、電源構成の違いによっても、ケース①とケース⑥の間で1.1ポイント程度（年間6.7兆円）の差異が推計される。**

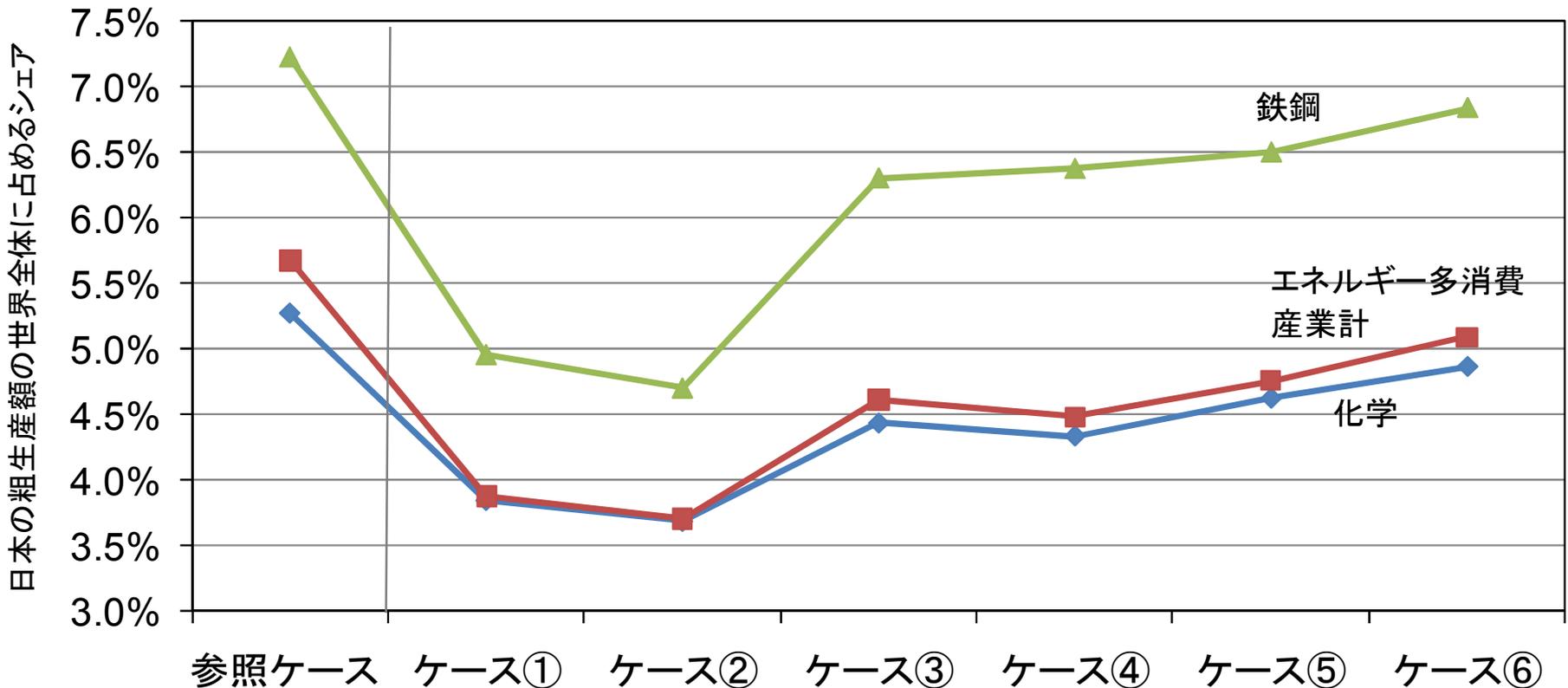
# 産業部門別影響

## 2030年



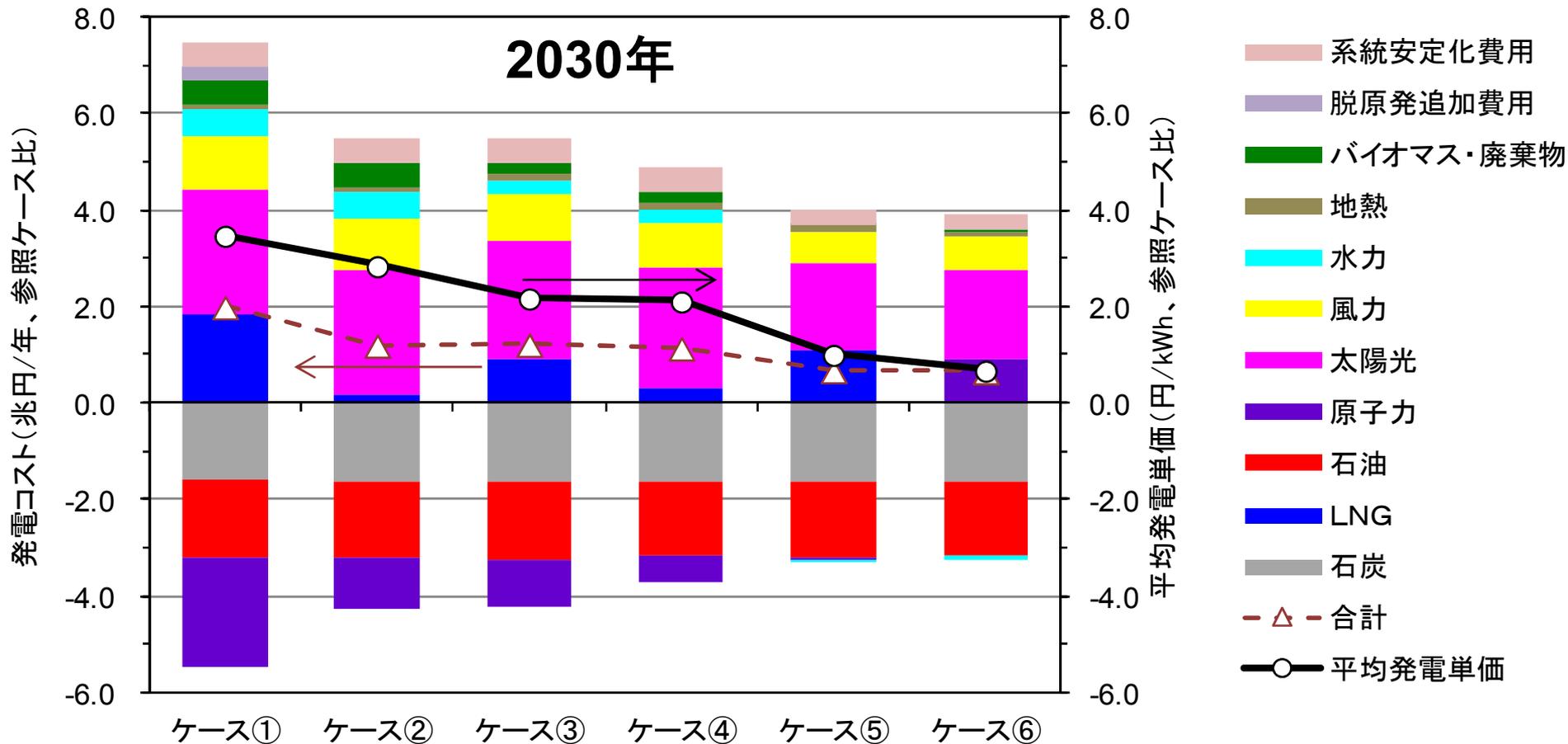
# 産業リーケージに関する分析

## 日本の各部門の世界における生産額シェア



特にケース①、②では、日本のエネルギー多消費産業の世界におけるシェアは大幅に低下すると推計される。

# 発電コストの変化

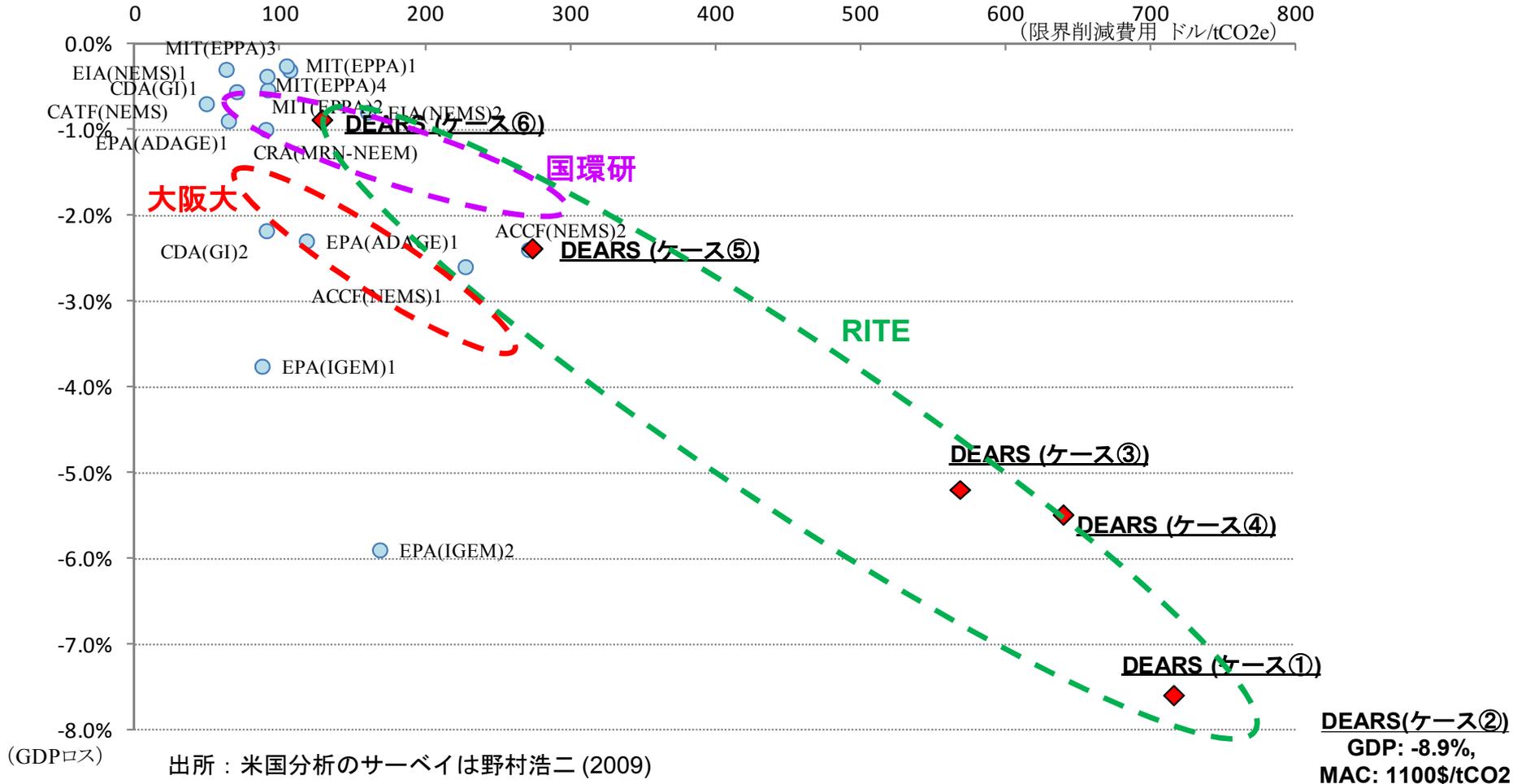


平均発電単価 (参照ケース比)	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
	+3.5 円/kWh	+2.8 円/kWh	+2.2 円/kWh	+2.1 円/kWh	+1.0 円/kWh	+0.7 円/kWh
電力価格 (参照ケース比)	+33%	+24%	+20%	+18%	+7%	+2%
	+133%	+149%	+86%	+89%	+38%	+14%

炭素税を含まない額

炭素税を含む額

# CO<sub>2</sub>限界削減費用とGDP損失の関係 —米国分析（2030年）との比較—

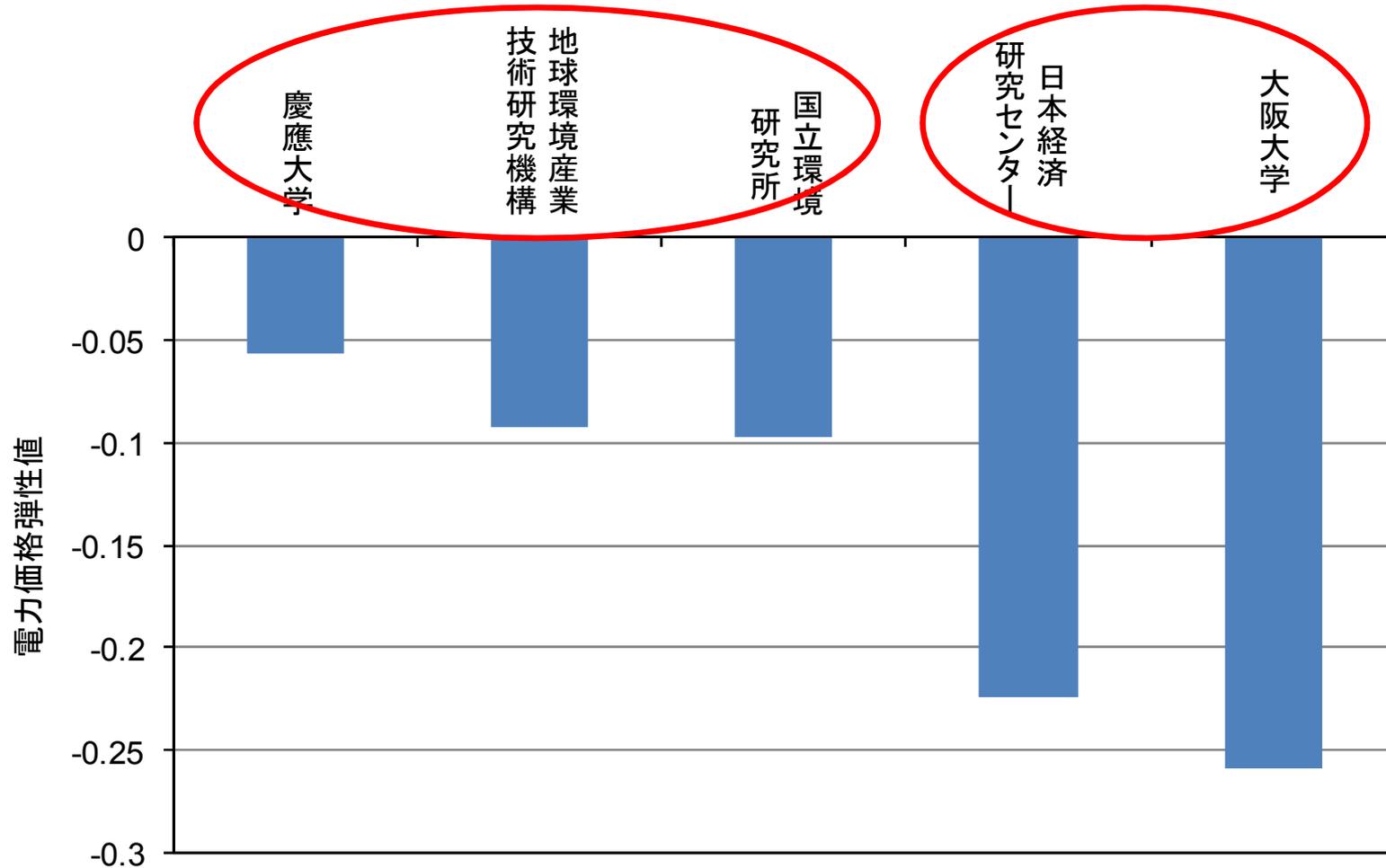


RITE DEARSの分析結果は、他モデルの結果に比べGDPロスが大きめではあるが、米国における経済モデル分析結果と比較すると、限界削減費用とGDP損失との関係で必ずしも大きいことはない（むしろGDP損失は安価なほう）。電力の価格弾性の違い（次頁に掲載）が、CO<sub>2</sub>限界削減費用の違いに比較的大きく影響していると見られる。（RITE DEARSでは、炭素税は一括還流を想定）

# 電力の価格弾性

価格弾性が相対的に低め

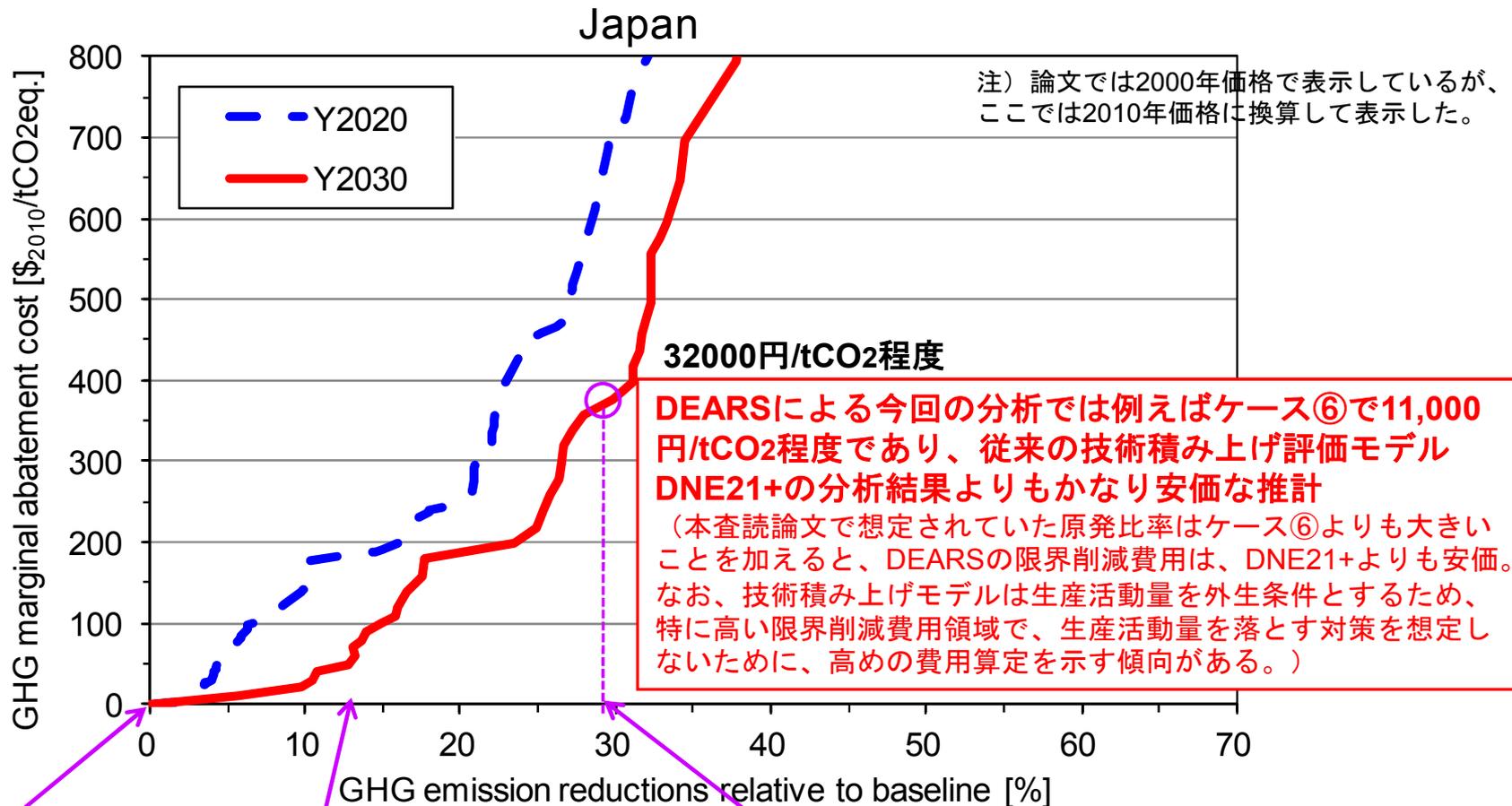
価格弾性が相対的に高め



注) 省電力現状比▲10% (参照ケース比約▲13%) の電力価格感度より

# DEARSモデルのCO2限界削減費用 —技術積み上げモデルDNE21+との比較—

DNE21+モデルによる限界削減費用推計（原発事故以前の推計：原発通常拡大を想定）



2030年DNE21+ベースライン排出量：1990年比 +7%  
(2020年ベースライン排出量：1990年比 +8%)

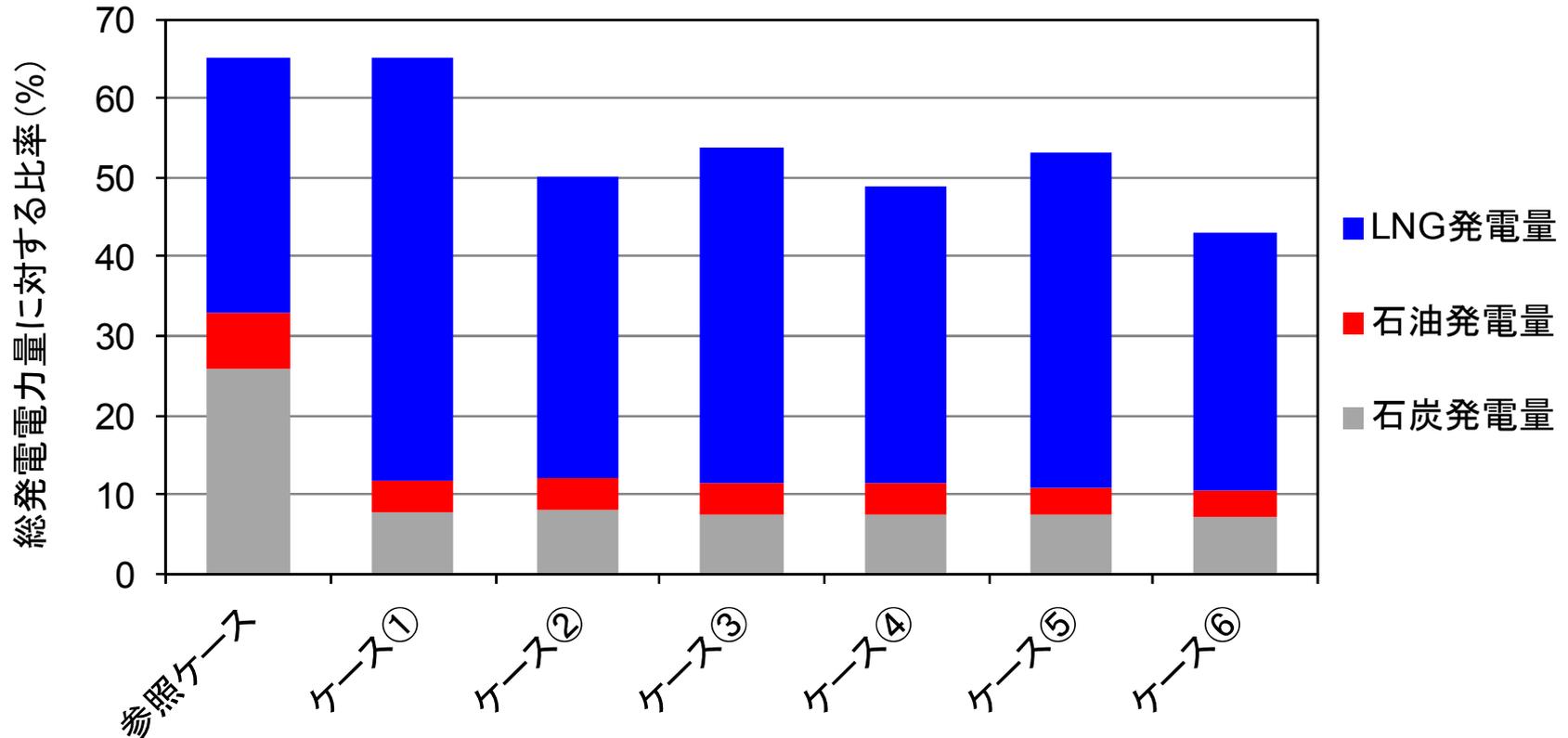
出所：Akimoto et al., Sustainability Science (2012)

ケース⑥相当 (GHG換算で1990年比 ▲24%)

今回分析のベースライン排出量 (事務局想定：発電部門に3400円/tCO<sub>2</sub>の炭素価格を想定)

# 火力発電の内訳

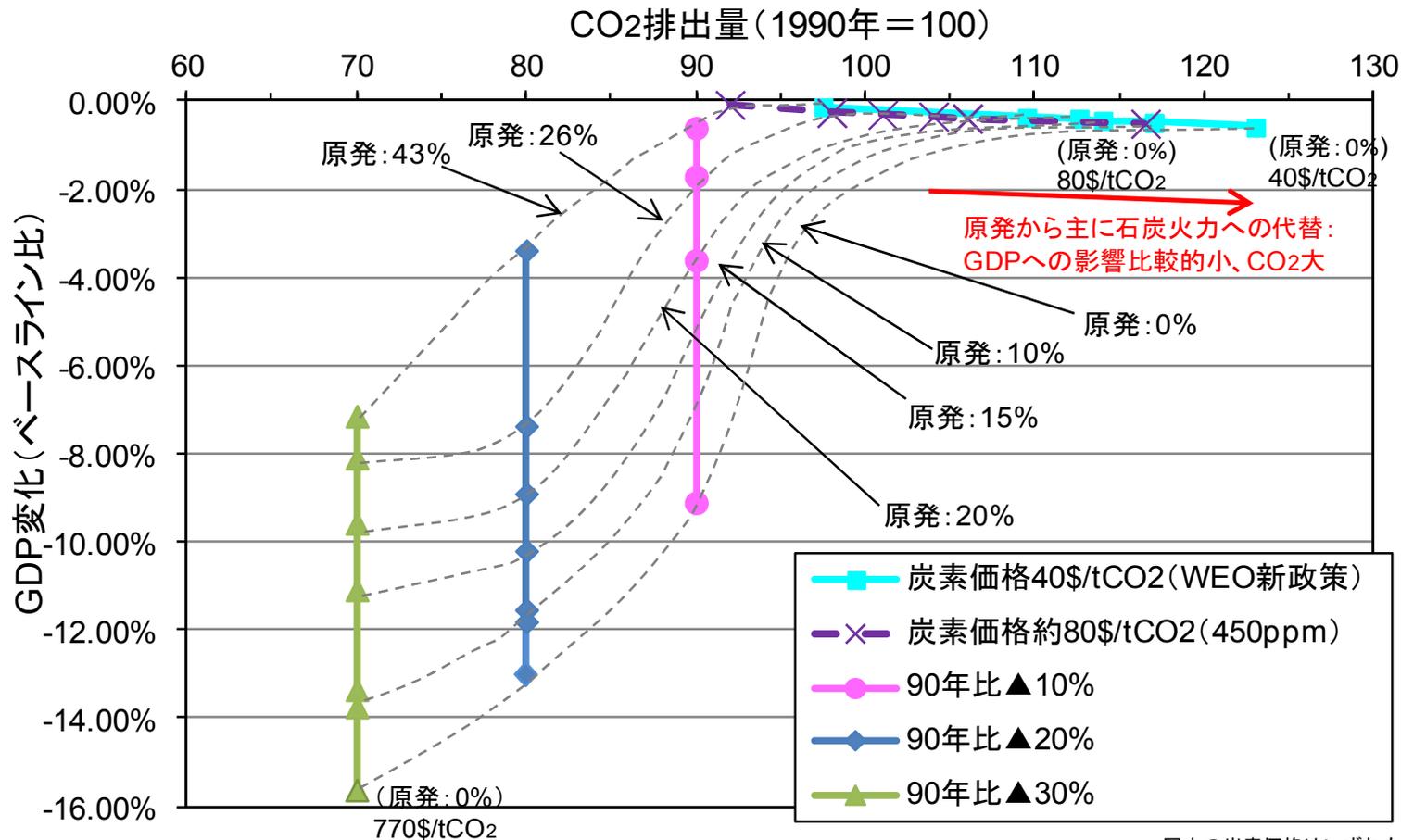
2013年以降小委の分析は、火力発電の内訳は、内生的に決定される炭素価格の下で、モデルで内生的に決定するように、課題設定された。



DEARモデルの計算では、限界削減費用（炭素価格）は、11,000円/tCO<sub>2</sub>（ケース⑥）～94,000円/tCO<sub>2</sub>（ケース②）であり、この炭素価格の場合、天然ガス発電がコスト効率的となる。ただし、モデルは、エネルギーセキュリティなどを考慮していないこと、次頁以降で述べるように炭素価格の国際的な相場観と各ケースの炭素価格には大きなギャップがあることを理解した上で、本結果を解釈すべき（現実的な炭素価格下では石炭の優位性有）。

# 国際的な炭素価格水準に沿った コスト効率的な対策およびエネルギー ・経済・CO<sub>2</sub>のトレードオフに関して

# 2030年における日本のCO2排出量、 原発電力量シェア、GDP変化の関係



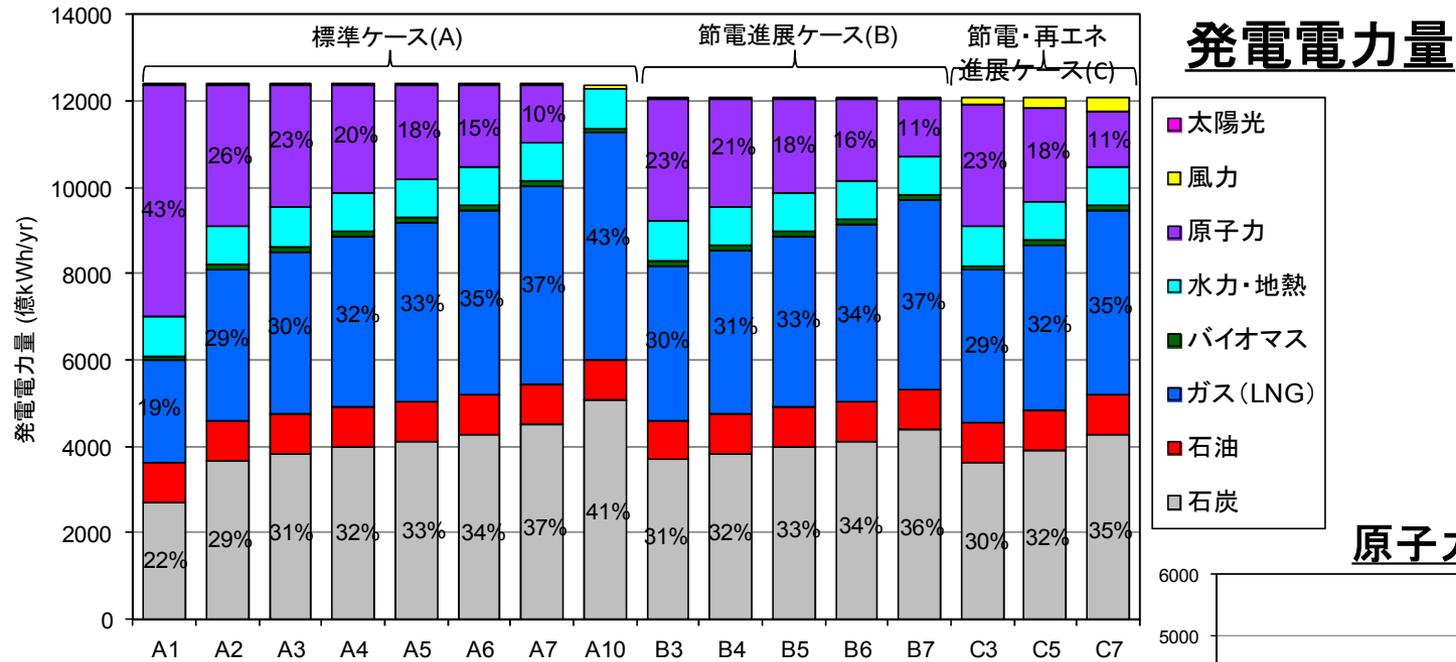
図中の炭素価格はいずれも2010年価格

注) 本分析のマクロフレームはRITE独自のもので、今回の基本問題委、2013年以降小委の想定と合致していない。GDPは、2010-20年：1.7%/年、2020-30年：0.8%/年と今回のマクロフレーム想定よりも少し高い。今回の想定に従えば、全体的にCO2排出量は小さい方向に、GDP損失も小さい方向となる。その他、発電コスト想定も今回の委員会想定と若干乖離がある(今回の委員会での分析以前のRITE独自の研究成果を基に作成した図であるため)。ただし、全体の傾向の把握はこのグラフで可能である。

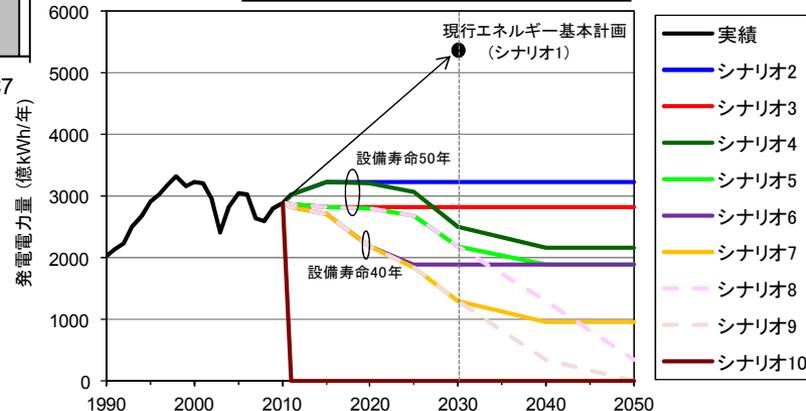
・ 国際的な炭素価格を想定し、電源間のコスト効率的な選択を許容した場合、原発比率が小さくなると、原発と大きなコスト差がない石炭発電が選択。結果、CO2排出量は大幅増。原発比率、経済影響、CO2排出の間にトレードオフが存在。

# 2030年における各ケースの発電構成

## WEO2011新政策シナリオ (2030年40\$/tCO<sub>2</sub>)



### 原子力外生シナリオ



注) 技術モデルDNE21+による分析結果。原発比率は外生的に与え、他の電源については、想定炭素価格の下でコスト最小化条件で解いたもの。  
ここで試算している原発シナリオは、今回の委員会向けシナリオとは直接的には関係していない。シナリオ8, 9は、グラフには表示していない(2030年断面では他のシナリオの比率と同じため)。

出所) 以下のアドレスに、前頁の分析を含め、より詳細な報告書を掲載している。  
[http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/system-midandlongterm\\_energy\\_CO2analysis.html](http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/system-midandlongterm_energy_CO2analysis.html)

**国際的な炭素価格の相場感に近い40\$/tCO<sub>2</sub>程度の炭素価格の場合、原発比率が下がると、石炭およびガスで代替することがコスト効率的。再エネの導入は限定的。前頁で見られるようにCO<sub>2</sub>は大幅増**

# 海外の限界削減費用から見た今回のケース

## 海外の炭素価格（限界削減費用）の相場観

### コペンハーゲン合意 (2020年、DNE21+推計)

注) 米国など、実現がほぼ不可能とみなされている目標も多い

	限界削減費用 (US\$ <sub>2010</sub> /tCO <sub>2</sub> )
カナダ	151
EU	99
米国	90
豪州	75
韓国	49
中国	0~18
ロシア	0
インド	0

### IEA WEO 2011 新政策シナリオ(2030年)

40 US\$<sub>2010</sub>/tCO<sub>2</sub>

### EU 2011

2050年に向けたロードマップにおける2030年

36~61 €/tCO<sub>2</sub>

### 2013年以降小委 ケース①~⑥

経済モデルDEARSによる推計

130~1,100 US\$<sub>2010</sub>/tCO<sub>2</sub>程度

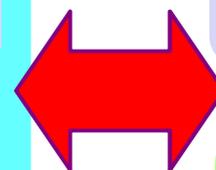
### 基本問題委員会 選択肢B~E

経済モデルDEARSによる推計

270~390 US\$<sub>2010</sub>/tCO<sub>2</sub>程度

技術モデルDNE21+による推計

660~770 US\$<sub>2010</sub>/tCO<sub>2</sub>程度



限界削減費用に極めて大きなギャップ

# おわりに

- ◆ 現時点では、450 ppm CO<sub>2</sub>-eq目標の実現は相当困難との認識は強い。現実的には、例えば、IEA WEO 2011の新政策シナリオケースの40 \$/tCO<sub>2</sub>（2030年時点）程度の炭素価格は、国際的な炭素価格の上限としての認識に近いような価格（コスト等検証委員会もこの炭素価格を採用）
- ◆ 今回の経済分析を行ったケース①～⑥のCO<sub>2</sub>限界削減費用（炭素価格）は、11,000～94,000円/tCO<sub>2</sub>（130～1,100 \$/tCO<sub>2</sub>）と推計され、国際的炭素価格水準とに大きなギャップが存在（RITEよりも安価な推計の国環研、大阪大伴教授分析でもケース⑤、⑥を除けば11,000円/tCO<sub>2</sub>を超える大きなギャップ）
- ◆ RITEの限界削減費用推計は、今回参加の他のモデル分析よりも高いものの（慶応大野村准教授が基本問題委員会に提供した分析は、RITEとほぼ同等）、別途、RITEで技術積み上げ評価モデル（DNE21+）による推計からみると、むしろ、今回のRITE経済モデル（DEARS）分析は安価な推計と見られるほどであり、決して保守的な推計とはなっていない（他のモデルの推計は楽観的にすぎる感がある）。
- ◆ 厳しすぎる排出削減目標を取ると、国際的な炭素価格水準と日本の限界削減費用が大きく乖離することとなる。これを国内対策で実現しようとする、産業リーケージ・炭素リーケージを誘発する。また、海外で削減しようすると、国内対策よりは安価にはできるものの、大きな国富の流出が生じる。いかにバランスのとれた削減レベルを目指すかが極めて重要

# 參考資料

# DEARSモデルの詳細

## ◆ 目的関数（消費効用最大化）

$$\sum_t \sum_r d_t \cdot L_r \cdot \sum_i \theta_{i,r,t} \cdot \log \frac{C_{i,r,t}}{L_{r,t}} \rightarrow \max.$$

$C_{i,r,t}$  : t期 r 地域 i 部門の消費額(内生)

$L_{r,t}$  : t期 r 地域の人口(外生)

$d_t$  : t期の割引係数(外生) (割引率=5%/年)

$\theta_{i,r,t}$  : t期 r 地域 i 部門の消費効用ウェイト\*(外生)

\*将来の消費構造を反映するように想定

## ◆ 資本蓄積関数

$$K_{r,t} = (1 - \text{dep}_{r,t})K_{r,t-1} + \sum_i I_{r,i,t}$$

$I_{r,i,t}$  : t期 r 地域 i 部門の投資額(内生)

$K_{r,t}$  : t期 r 地域の資本ストック(内生)

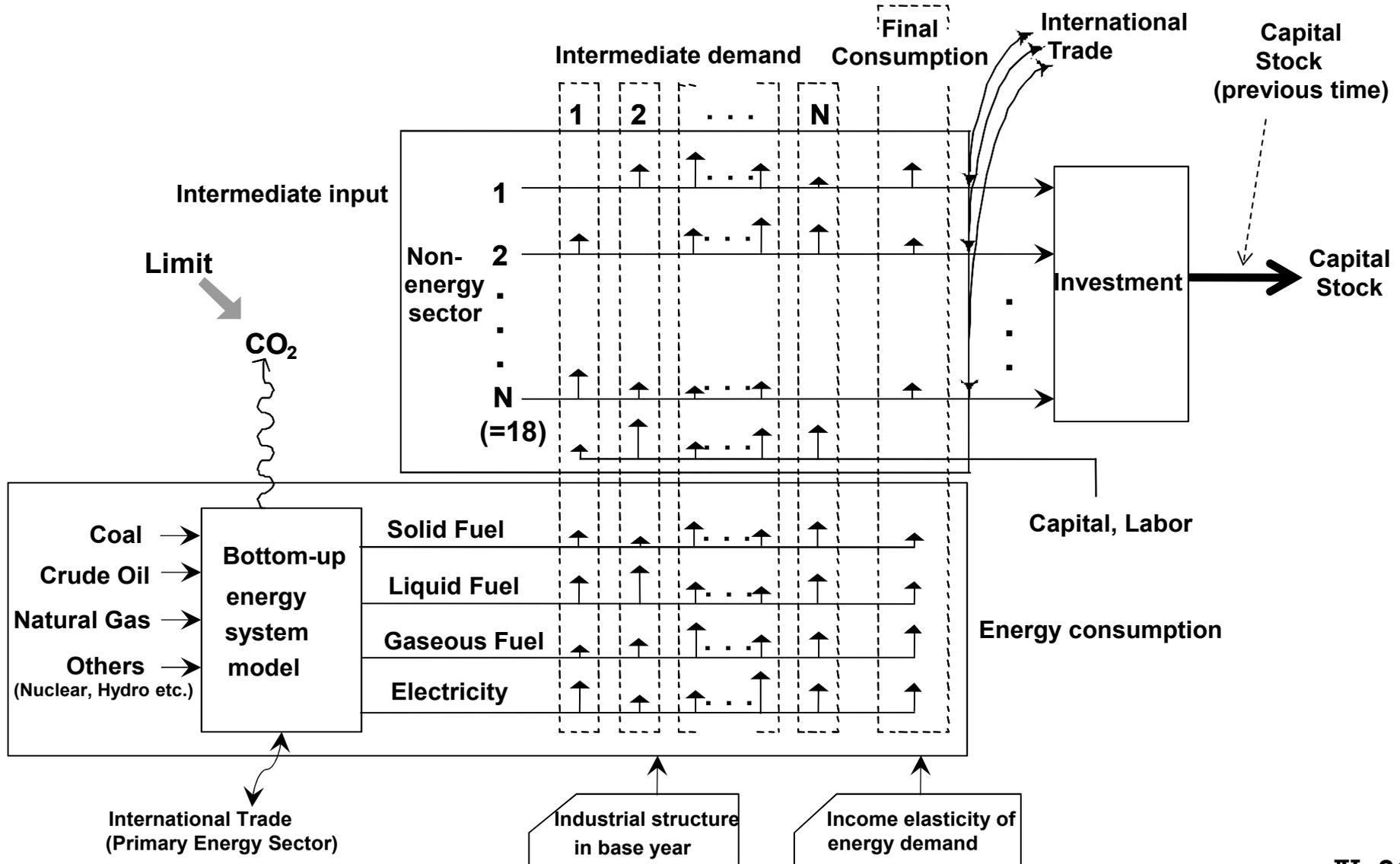
$\text{dep}_{r,t}$  : t期 r 地域の資本減耗率(外生)=5%/年

## ◆ 非エネルギー部門の生産のモデル化

消費効用最大化のもとで、産業連関構造の中で生産関数を仮定し、財の生産効率のよい地域で生産・輸出がされる構造となっている。ただし、農業・食料品の生産及び消費に関しては、工業製品やサービス部門のような生産・消費とは異なる性質であることを考慮するために、食料に関する需要・生産シナリオを制約式として利用し、変動が小さくなるようにモデル化している。

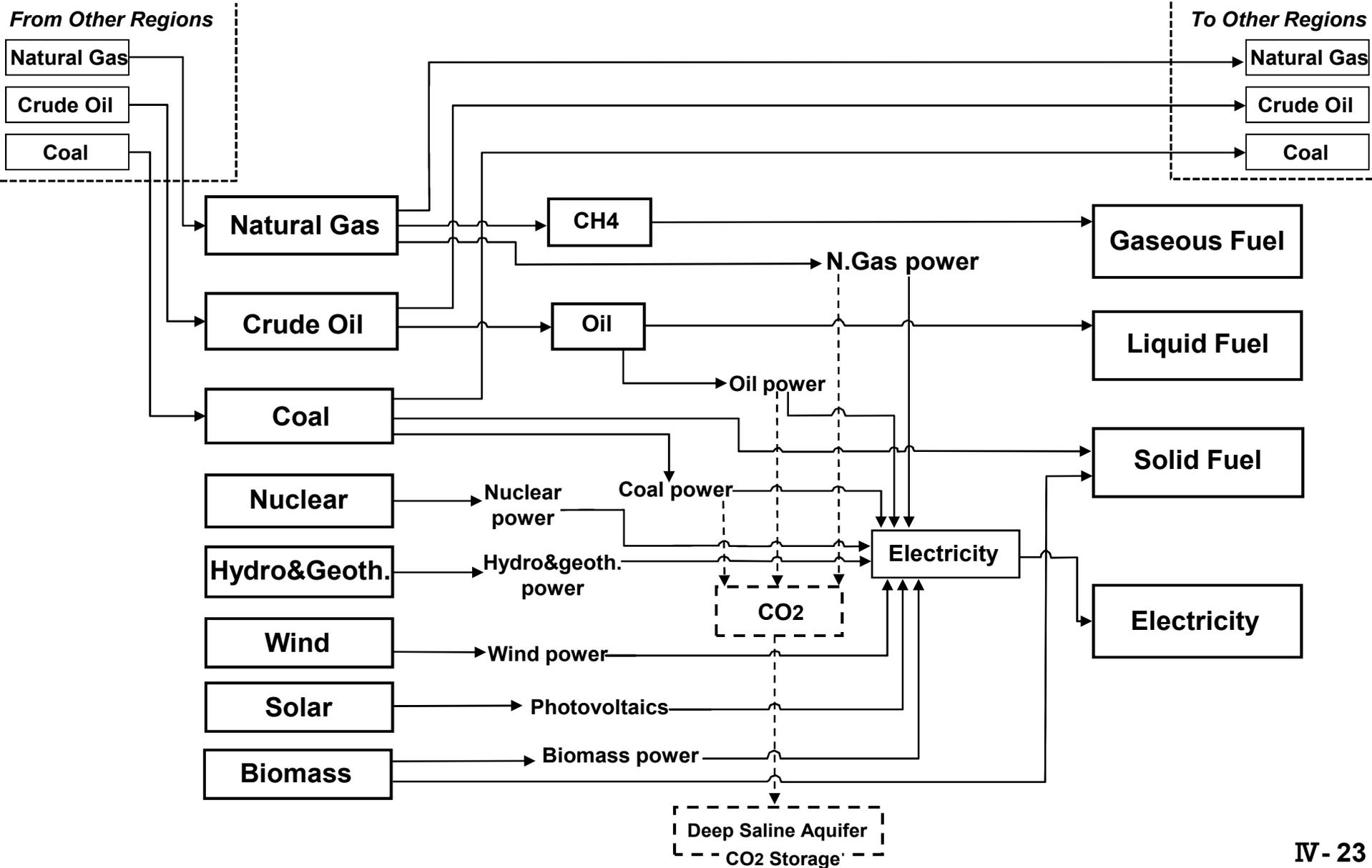
# DEARSにおける産業連関のモデル化

## —エネルギー部門と非エネルギー部門の統合—





# DEARSのエネルギー転換プロセスの想定



# 参照ケースの調整

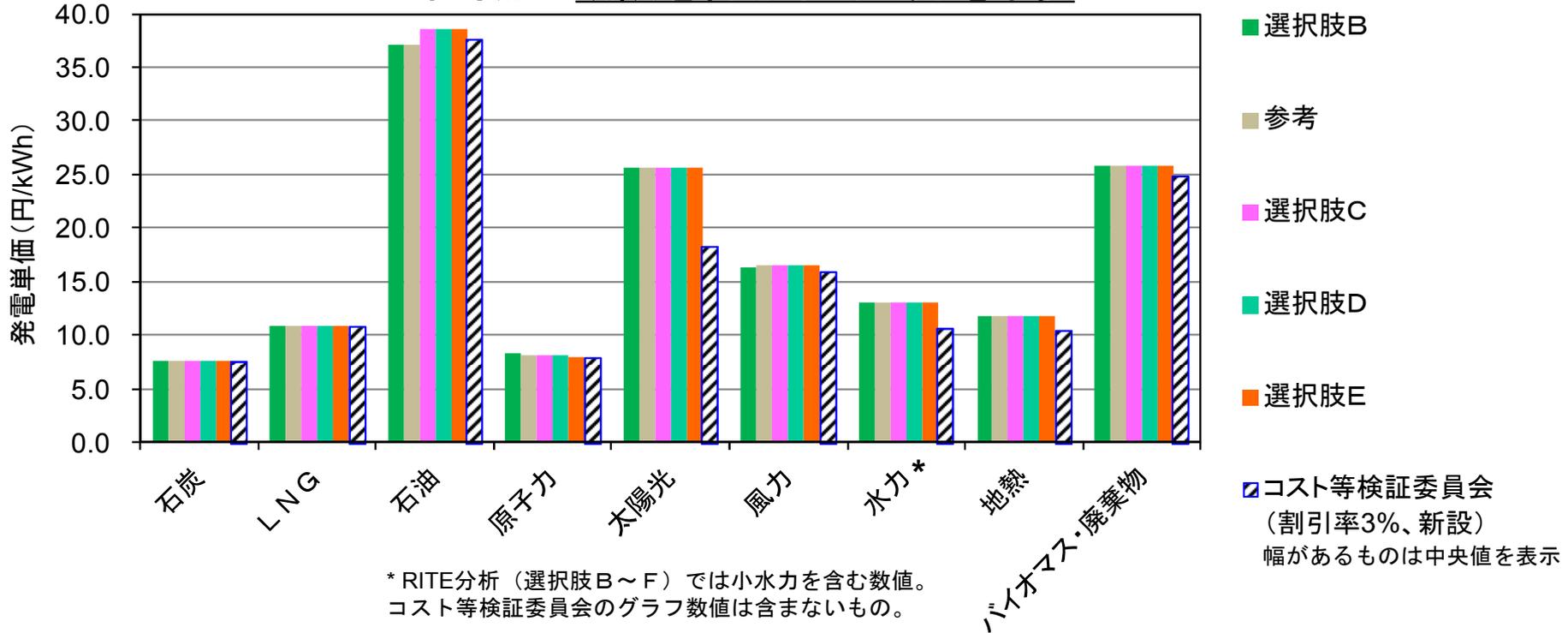
- ◆ 事務局想定にモデルの参照ケースを合わせ調整を行った。
- ◆ DEARSモデルでは、GDP、輸出入額、発電電力量、CO<sub>2</sub>排出量などは、すべて内生的に決定される。
- ◆ そのため、それら内生的に決定される値が、外生的な想定値と合致するように、モデルの別の前提条件の値（例えば、全要素生産性向上率、自律的エネルギー効率向上率など）を調整
- ◆ 完全に調整することは不可能であり、以下の程度の差異は残っていることに注意されたい。

	「努力継続ケース」とのギャップ
GDP	▲1.2%
家計消費支出	+3.5%
輸出	▲22%
輸入	▲25%
発電電力量	+1.1%
エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出量	+0.4%

# DEARSモデルで想定した発電単価

「コスト等検証委員会」推定の2010年、2030年新設の場合の発電単価（設備費、運転維持費・人件費等、燃料費（一次エネルギー供給コスト、発電効率））をモデル前提条件として利用

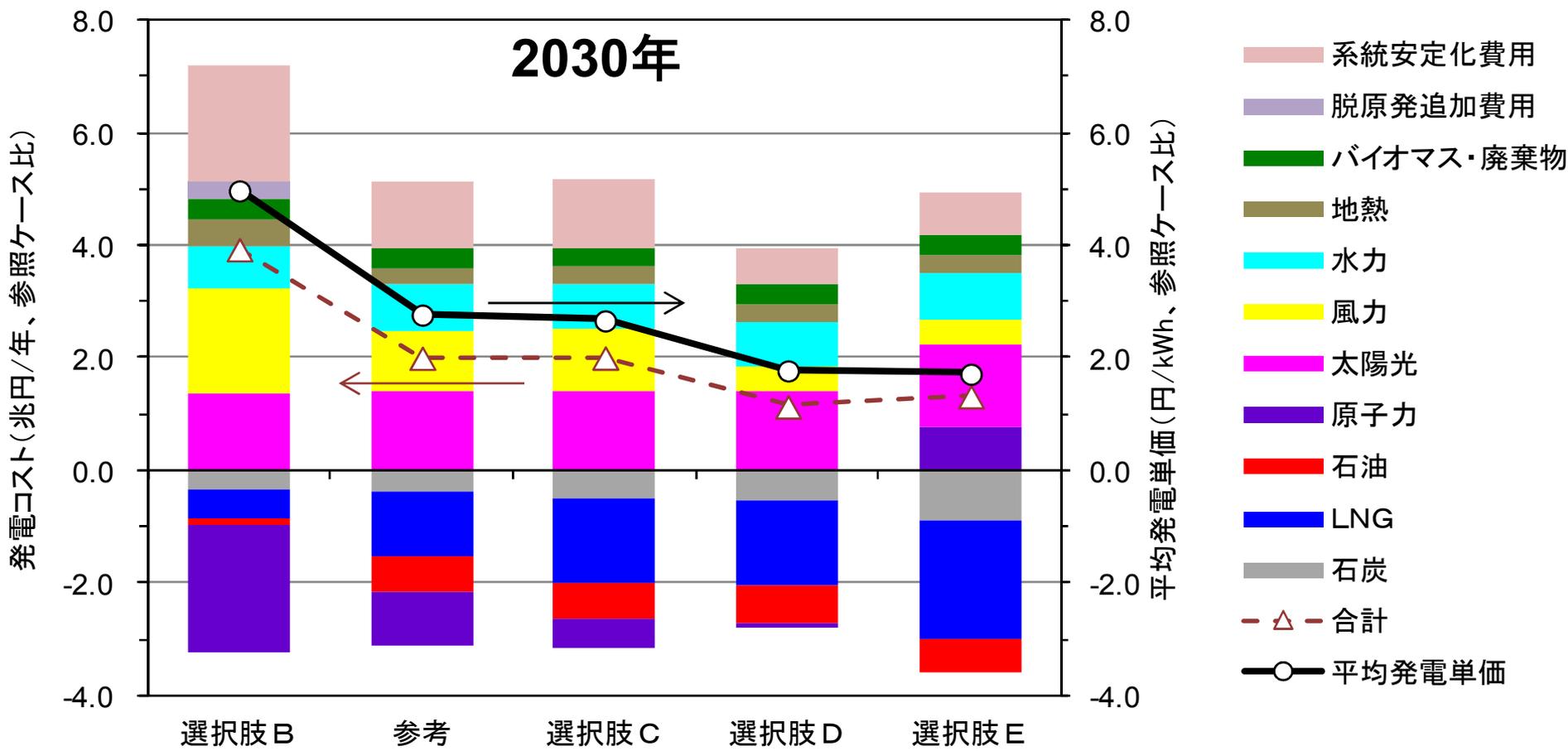
## 2030年時点の既設を含む平均の発電単価



注1) グラフ中、原子力には事故リスク費用0.5円/kWhを含む。政策経費は含まず（電源立地交付金は、経済モデル上は移転であり、マクロ経済的な影響は変わらないため。各電源の政府による技術開発費を合理的に想定することは不可能なため、技術開発費も含めていない）。グラフ中には炭素価格は含めていない（別途考慮）。

注2) 別途、選択肢Bについては、事務局指示値の脱原発の追加費用をモデルでは考慮しているが、グラフには含めていない。また、各選択肢で系統安定化のための追加費用を考慮しているが、各電源に割り振ることができないため、グラフには含めていない。

# 発電コストの変化（総合エネ調・基本問題委の分析）

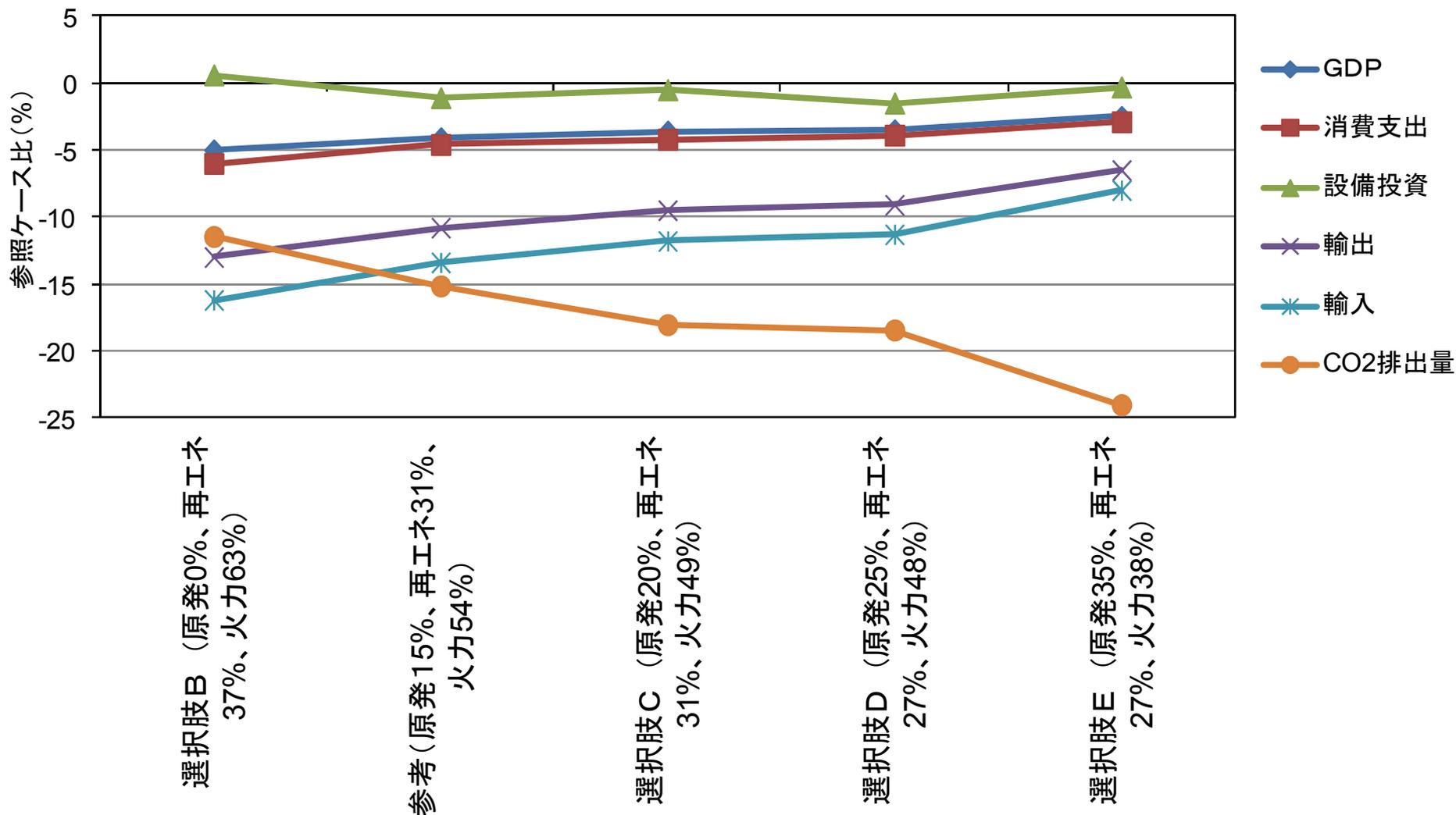


平均発電単価 (参照ケース比)	+5.0 円/kWh	+2.8 円/kWh	+2.7 円/kWh	+1.8 円/kWh	+1.7 円/kWh
電力価格 (参照ケース比)	+35.6%	+20.4%	+19.1%	+14.0%	+10.8%
	+99.9%	+72.0%	+64.2%	+58.4%	+39.2%

炭素税を含まない額

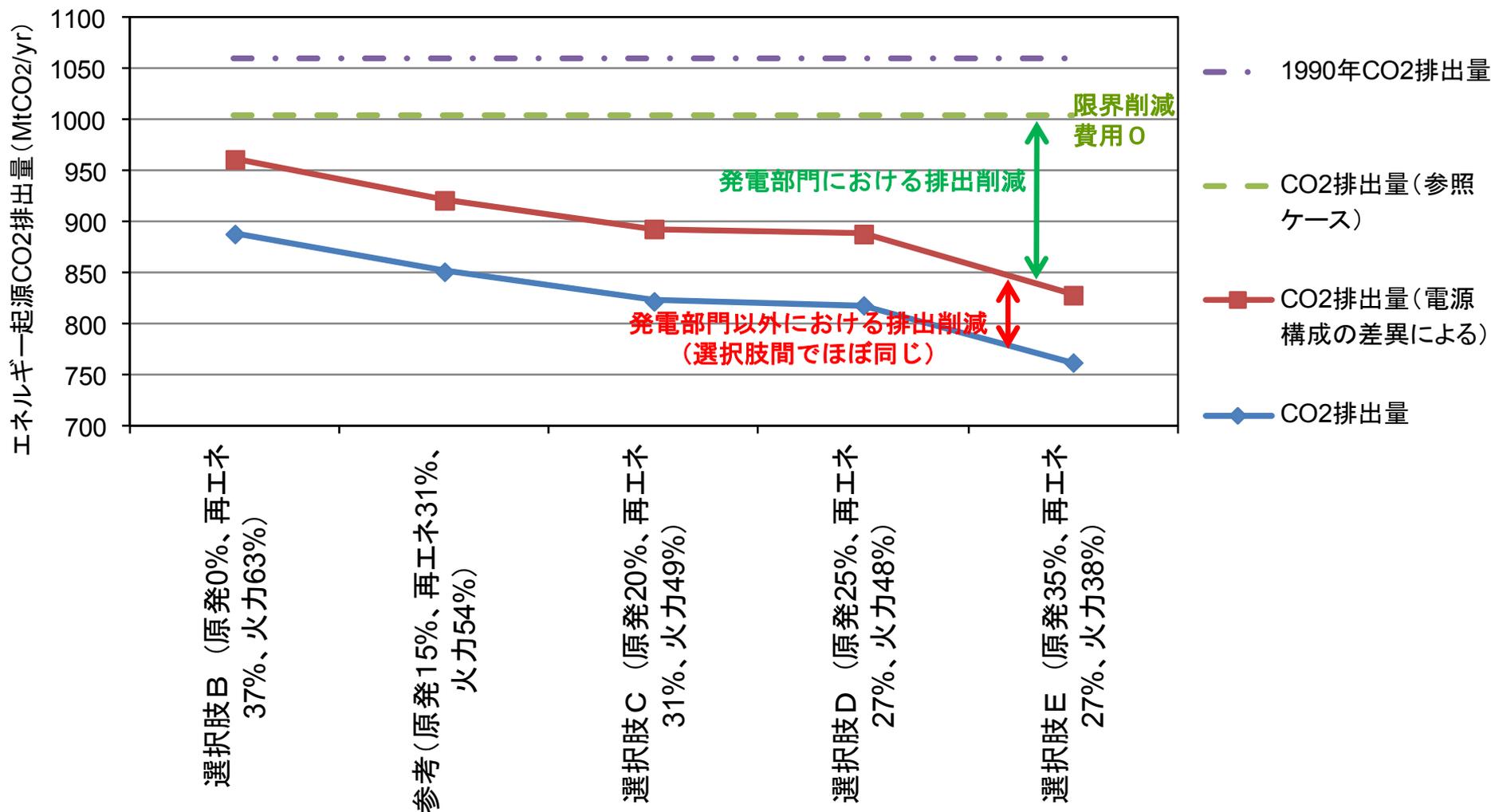
炭素税を含む額

# 2030年のGDP、消費、投資、輸出入への影響 (総合エネ調・基本問題委の分析)



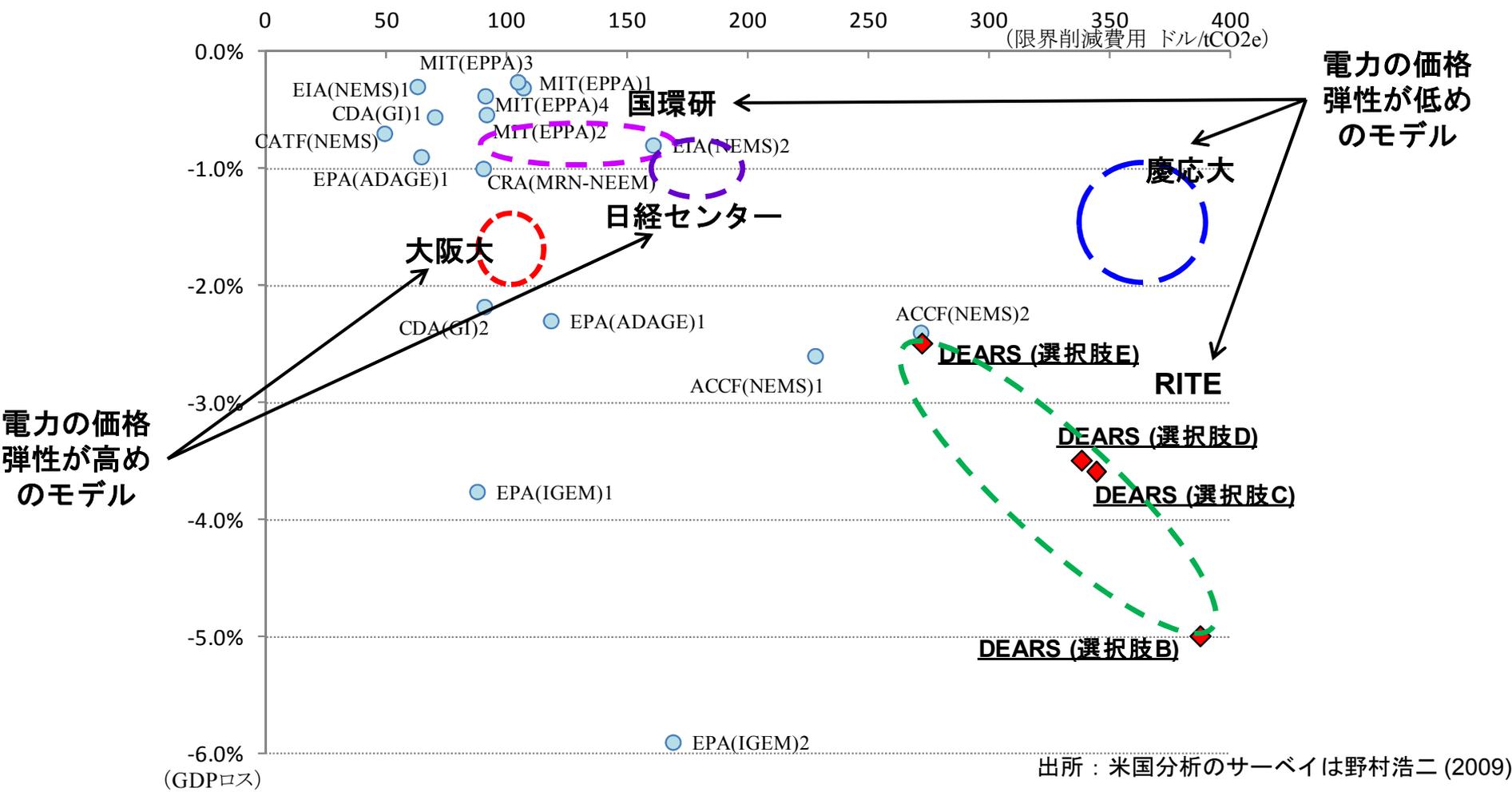
選択肢Bでは、投資は若干大きくなるものの、消費、輸出、輸入ともに低下し、GDPも参照ケース比で5%程度の低減が見込まれる。

# 各選択肢のCO<sub>2</sub>排出量（基本問題委）



選択肢間で発電部門以外における排出削減量はほぼ同じ。ただし、発電部門のCO<sub>2</sub>原単位の違い等によって、限界削減費用は選択肢によって差異が生じる。

# CO<sub>2</sub>限界削減費用とGDP損失の関係（基本問題委） — 米国の分析（2030年）との比較 —



出所：米国分析のサーベイは野村浩二 (2009)

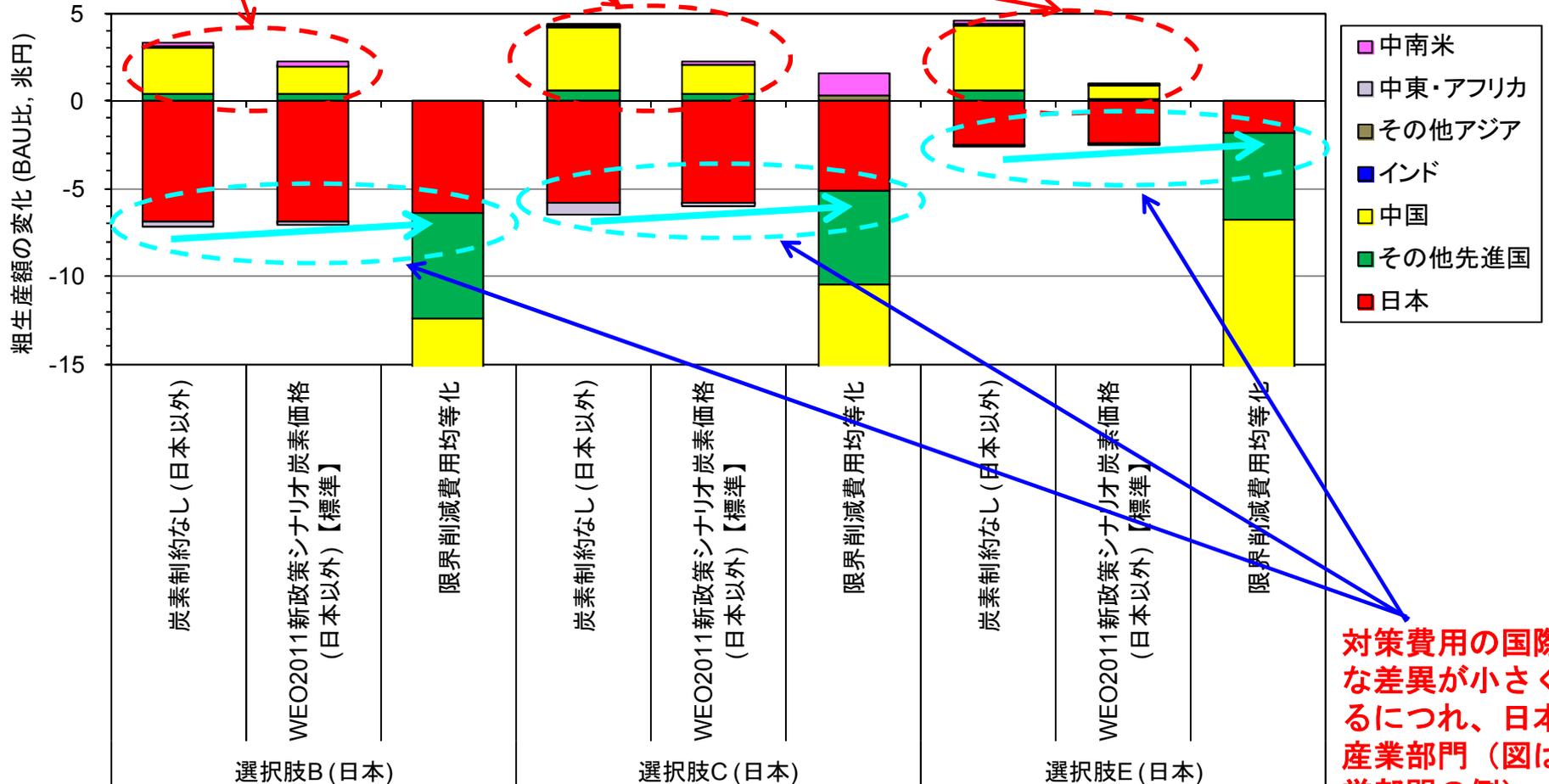
RITE DEARSの分析結果は、他モデルの結果に比べGDPロスが大きめではあるが、米国における経済モデル分析結果と比較すると、限界削減費用とGDP損失との関係で必ずしも大きいことはない（むしろGDP損失は安価なほう）。電力の価格弾性の違いが、CO<sub>2</sub>限界削減費用の違いに比較的大きく影響している可能性も（国環研は少し例外的）

# 産業リーケージに関する分析（基本問題委）

## 化学部門における例

日本の対策費用が高いことによる産業リーケージ

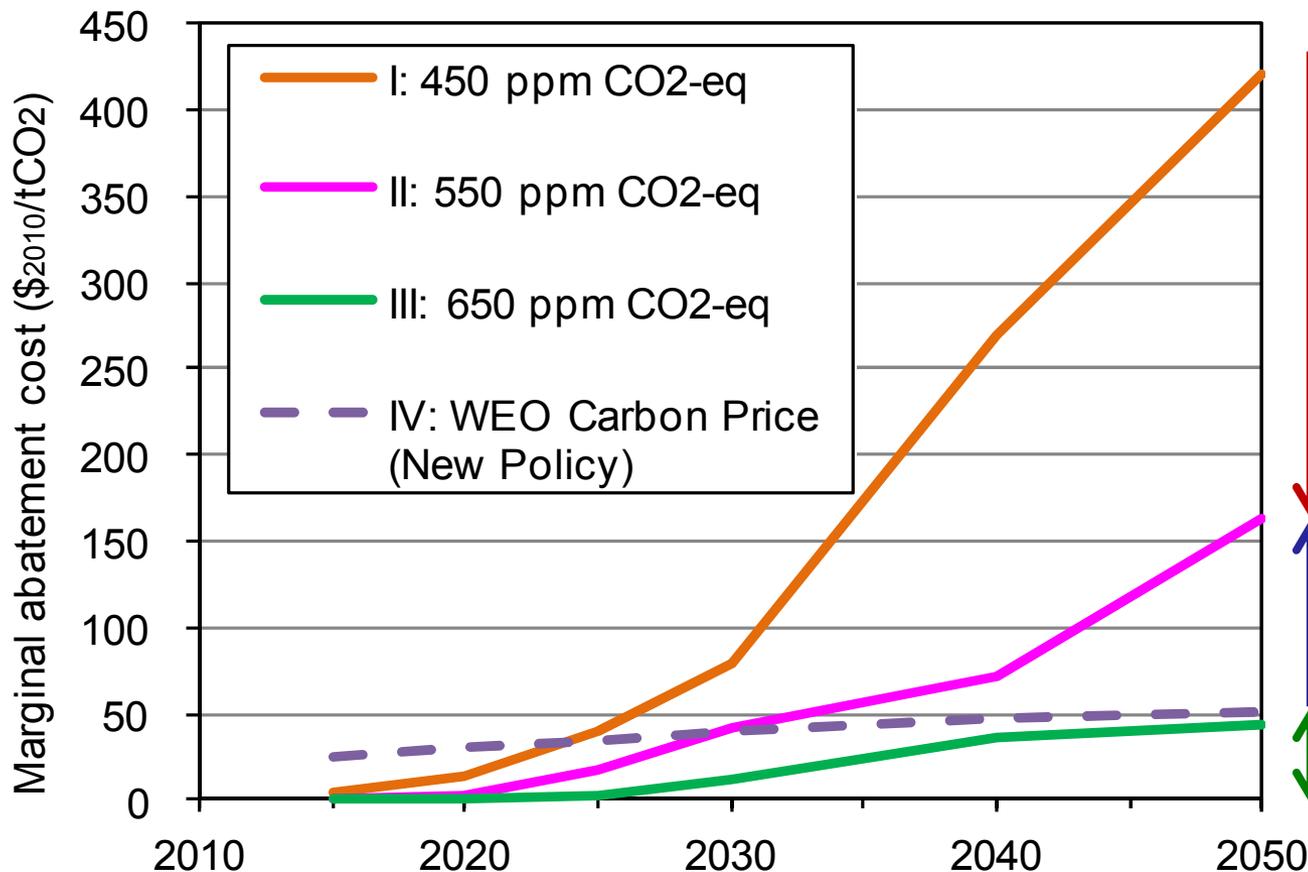
同じ選択肢でも海外の対策強度（エネルギー価格）によって日本の経済影響も異なってくる。



対策費用の国際的な差異が小さくなるにつれ、日本の産業部門（図は化学部門の例）への影響は小さめになる傾向有り

なお、世界各国の炭素価格が強まることによって、世界各国での需要減による影響も上記には含まれており、「産業リーケージ」分の低減としては、グラフで示されるよりも大きな効果があると考えられる。

# 限界削減費用（炭素価格）とCO<sub>2</sub>削減目標



①排出削減目標レベルをもう少し引き下げて対応する（適応策などを含めて対応する）。

②現在想像できていないような革新的技術開発を行い、その動向を踏まえながら、削減費用の引き下げに応じて、削減目標の引き上げを考えて行く。

③国際的に温暖化対策の重要性認識の共有化をはかり、国際的な許容レベルを引き上げて行く。

国際的に現実的にはぎりぎり許容可能と見られているような炭素価格レベル

I, II, IIIの限界削減費用はRITE DNE21+モデル推計値。世界で限界削減費用が均等化する場合の最小の限界削減費用を推計したもので、現実には実現が難しく、より大きな削減費用が必要となる可能性が大きい。

## 【重要なこと ーバランスが重要ー】

- ・ 国際的な炭素価格レベルを認識すること。日本だけがかけ離れた炭素価格レベルとなる排出削減目標をとることは、日本の経済を大きく損ねる（世界のCO<sub>2</sub>削減にとっても効果小）。
- ・ 一方で、温暖化問題において、国際社会で日本が果たすべき責務は強く認識すべき。

# 2030年における排出クレジット必要購入額

## 2030年にCO2排出量が1990年比▲20%の場合

	IEA WEO新政策シナリオ 炭素価格:40\$/tCO <sub>2</sub>		RITE 450 ppm CO <sub>2</sub> eq.シナリオ 炭素価格:80\$/tCO <sub>2</sub>	
	購入量* (MtCO <sub>2</sub> /yr)	購入額 (兆円/年)	購入量* (MtCO <sub>2</sub> /yr)	購入額 (兆円/年)
原発比率:43%	185	0.6	127	0.9
原発比率:26%	292	1.0	191	1.3
原発比率:20%	329	1.1	222	1.5
原発比率:15%	360	1.2	254	1.7
原発比率:10%	389	1.3	275	1.9
原発比率:0%	453	1.6	387	2.7

\* 炭素価格が40\$/tCO<sub>2</sub>, 80\$/tCO<sub>2</sub>でそれぞれ世界均等化するときの日本のCO<sub>2</sub>排出量見通し (p.10参照) と90年比▲20%の差分  
 注) 450 ppm CO<sub>2</sub>eq.の達成は現実的には相当困難との見方は多い。

- ・ 排出クレジットを海外から購入する場合、国内のみでの削減よりも安価な費用で排出削減目標を達成可能
- ・ ただし、排出削減目標と、(海外の炭素価格との均等化による合理的な対策の下での) 国内排出量との差が大きい場合、クレジット購入額は相当な金額になることも認識する必要有り

# 温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

- ◆ 各種エネルギー・CO<sub>2</sub>削減技術のシステムの体系的なコスト評価が可能なモデル（ただしDEARSモデルのように経済全体を評価対象とはしていない。）
- ◆ 線形計画モデル（エネルギーシステム総コスト最小化）
- ◆ モデル評価対象期間：2000～2050年
- ◆ 世界地域分割：54地域分割
- ◆ 地域間輸送：石炭、石油、天然ガス、電力、エタノール、水素
- ◆ エネルギー供給（発電部門等）、CO<sub>2</sub>回収貯留技術を、ボトムアップ的に（個別技術を積み上げて）モデル化（300程度の技術を具体的にモデル化）
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ それ以外についてはトップダウン的モデル化（長期価格弾性値を用いて省エネ効果を推定）

# 環境・エネルギー政策の選択と経済・産業への影響試算

2012年5月28日(月)

中央環境審議会地球環境部会

公益社団法人 日本経済研究センター

小林辰男、落合勝昭、舘祐太

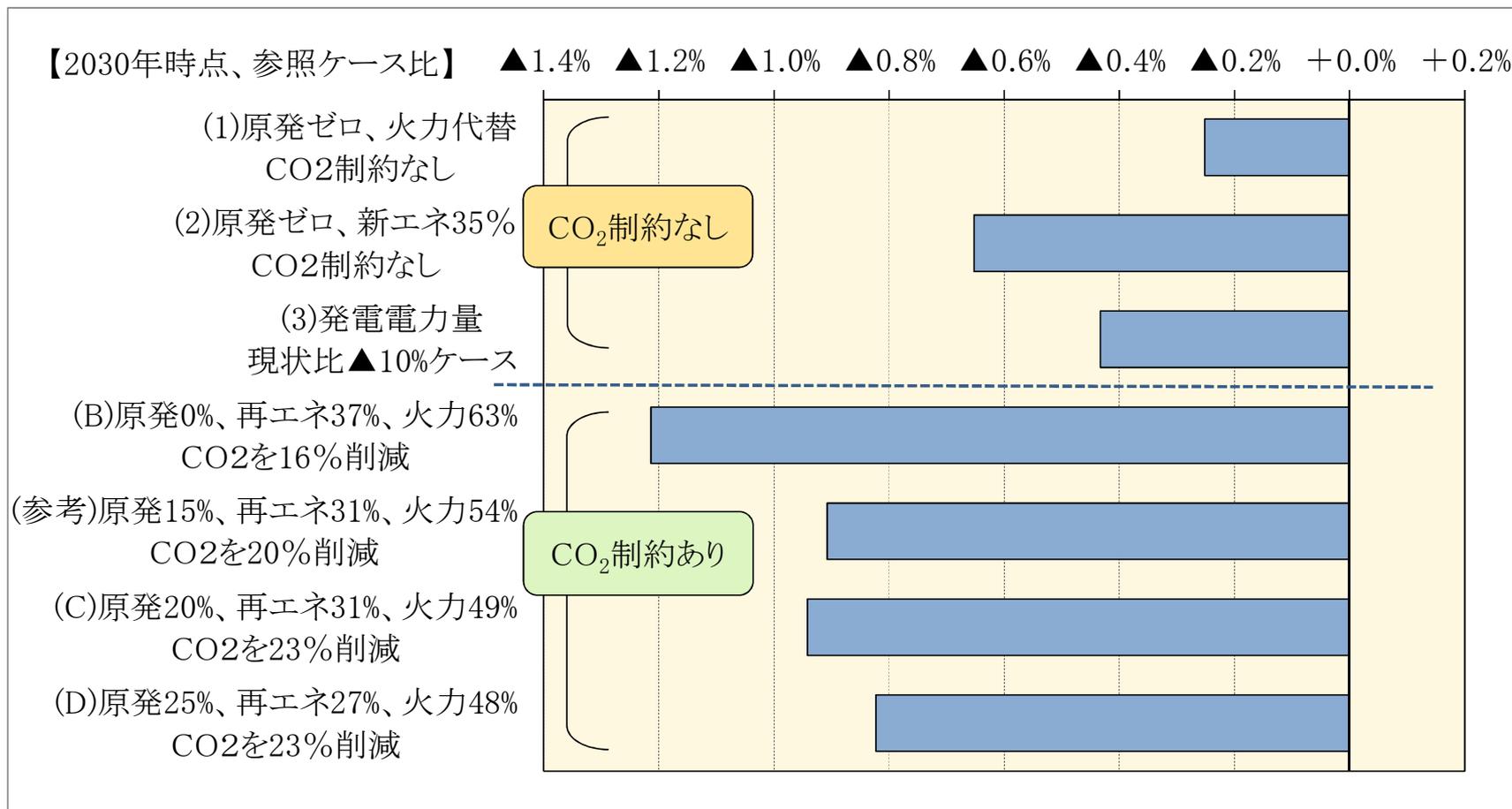
## 今回の試算の意味

- 今回の経済モデルを使った試算は、原発の存廃、CO<sub>2</sub>制約による長期的な経済影響をシミュレーション

→ 結果は、短期的な影響ではない。

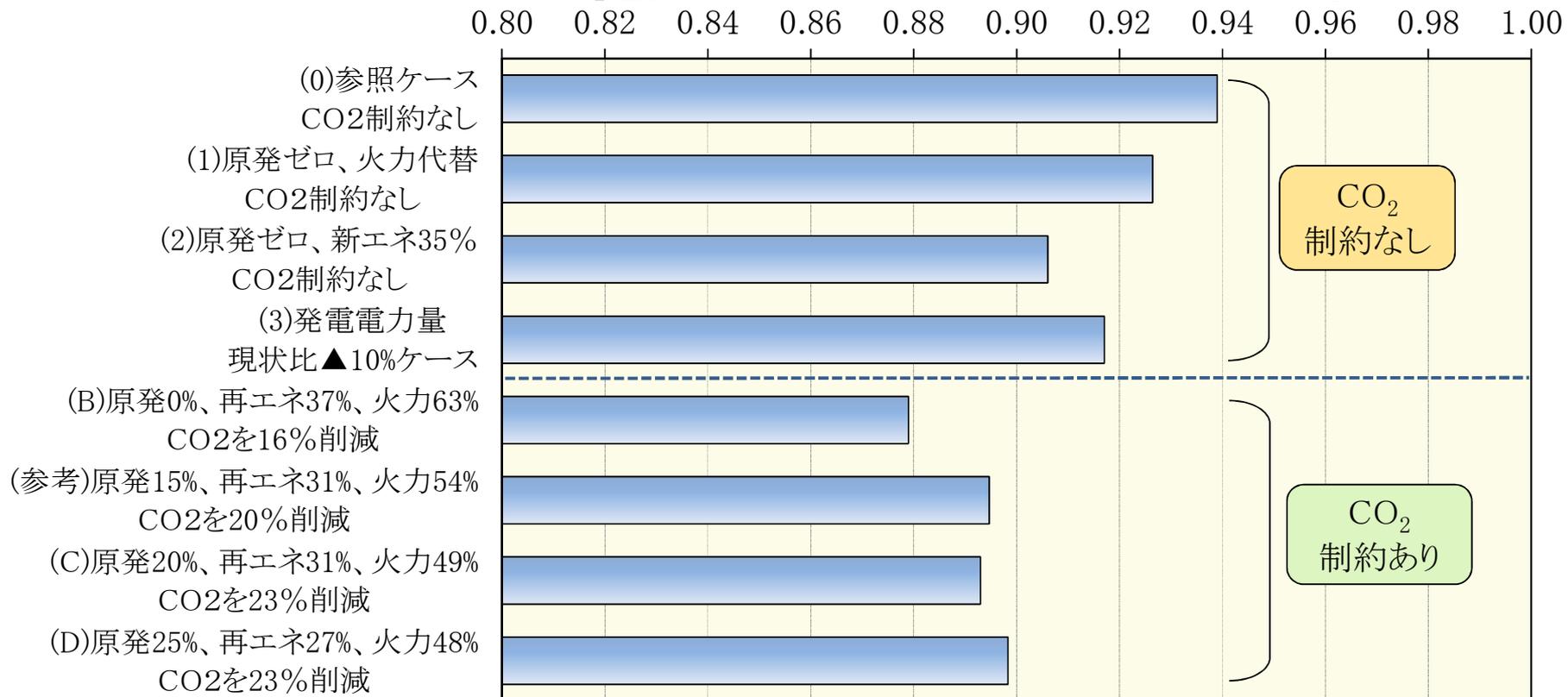
(あくまで2030年にどのような姿になるかであり、短期的に化石燃料輸入が増える、減るという影響などを試算したものではない。例えば、化石燃料輸入の増加によるコスト上昇で競争力が低下した場合、長期的には為替レートなどで調整され、経常収支はバランスすることが前提条件)

# 図1 環境・エネルギー選択による経済成長への影響 (2030年での低下率)



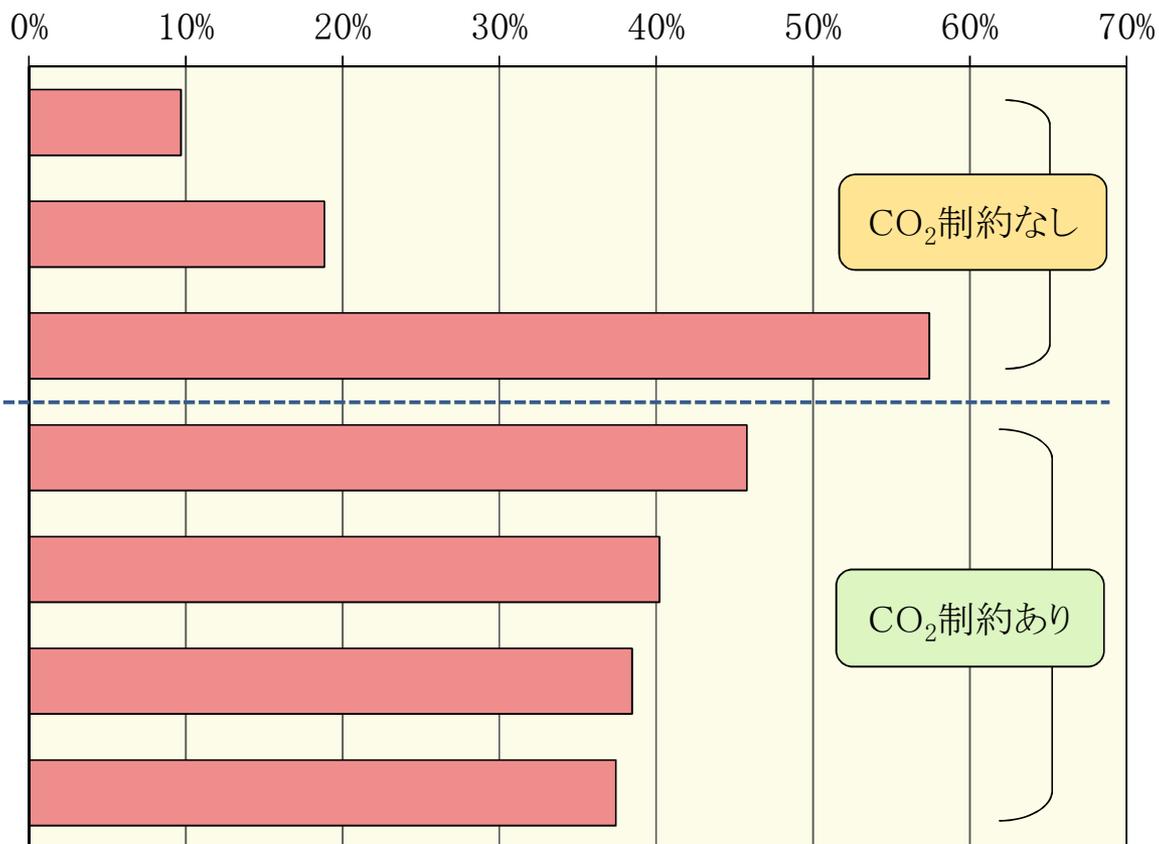
# 図2 経済成長率でみた場合の影響

【経済成長率(2011年-30年の単純平均、年率%)】

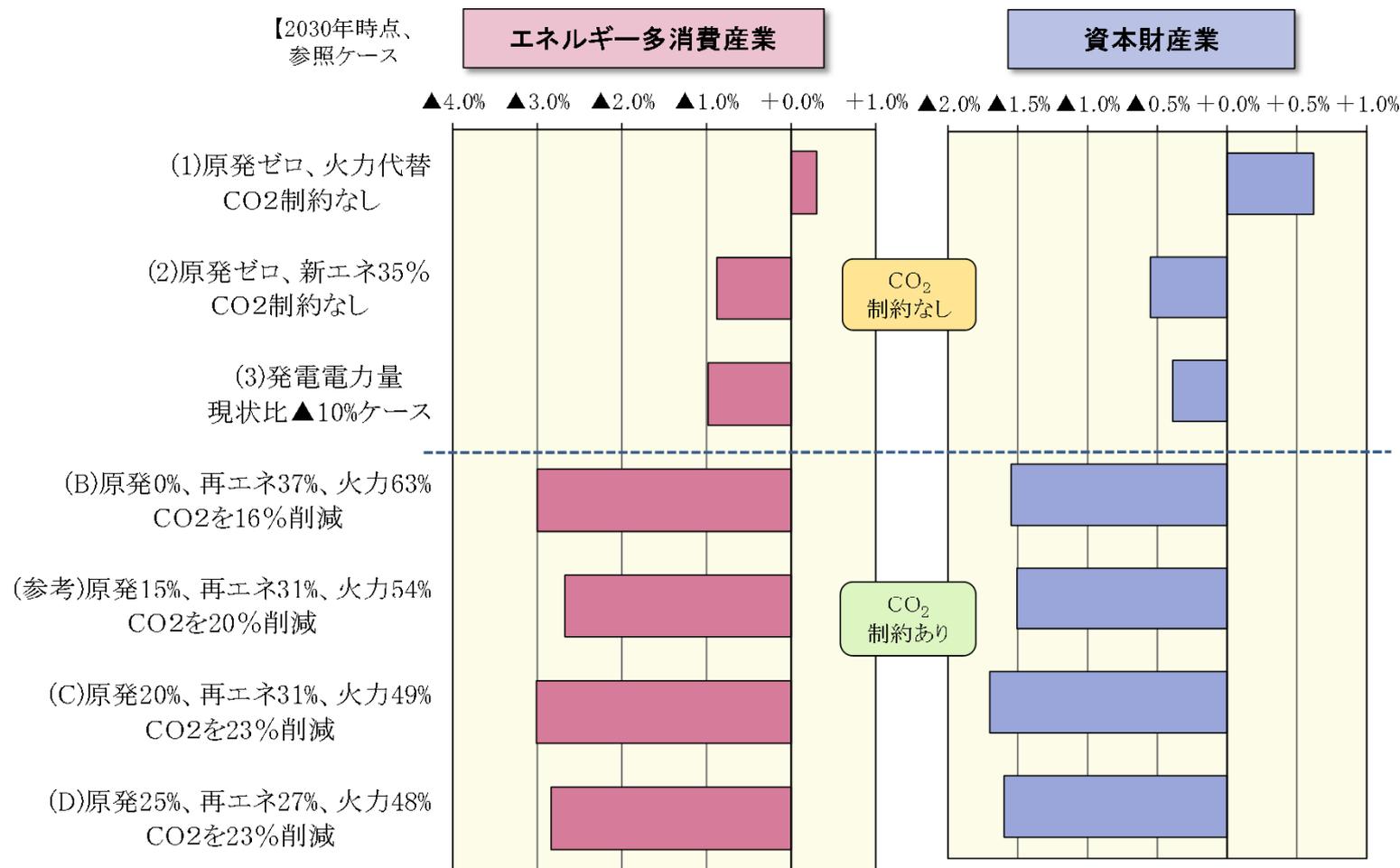


# 図3 電気料金への影響

【2030年時点、参照ケース比】



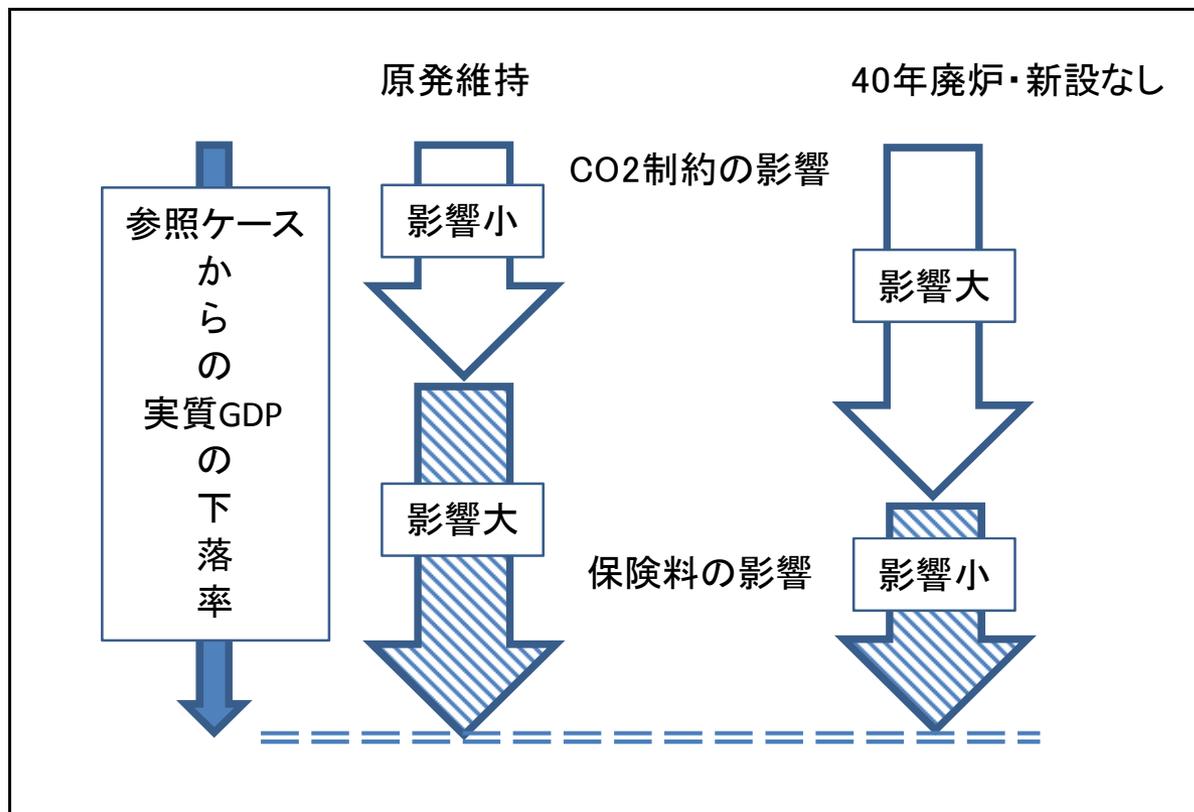
# 図4 産業への影響



- ただし再生可能エネルギーの産業波及効果は正確には考慮できていない  
(注) エネ多消費は鉄鋼、化学など、資本財産業は一般機械、輸送機械など

# 原発の事故リスク対応費用(保険料)によって異なる経済性の試算

図5 試算のイメージ



保険料は原発の発電量に比例し増えるが、CO<sub>2</sub>制約下では発電量に応じて経済への影響が緩和される。

## 図6 原発事故リスクへの対応の違いによる経済影響

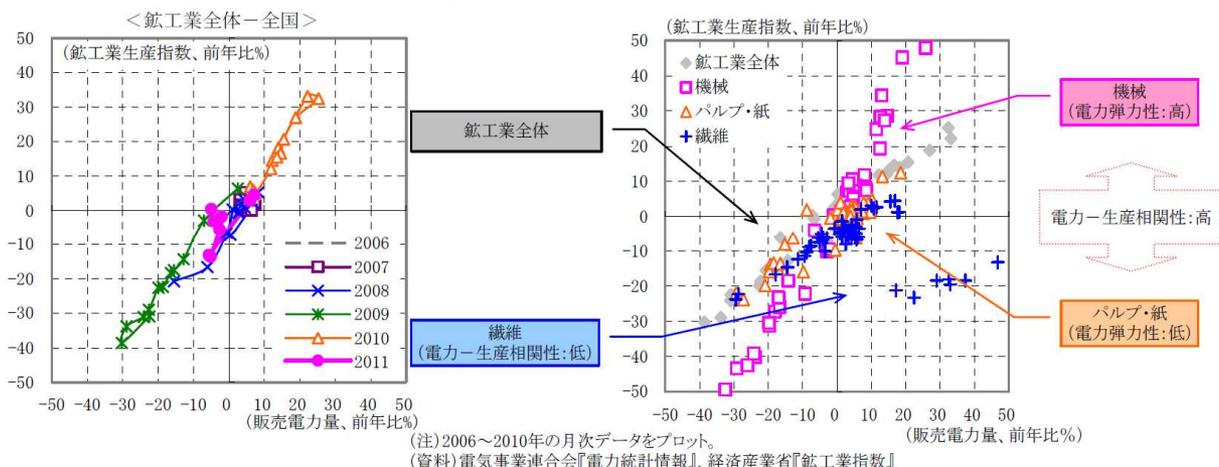
今後、原発を40年廃炉し、新設しない(いわゆる脱原発依存)方が経済的に有利になる事故リスク対応費用は？

	事故リスク対応費用(保険料)
CO <sub>2</sub> 制約なし	12兆円(現状は6兆円)
CO <sub>2</sub> 制約あり (2030年で1990年比20%削減、再生可能エネ比率は10%)	120兆円
CO <sub>2</sub> 制約あり、再エネ活用 (2030年で1990年比20%削減、再生可能エネ比率は30%)	60兆円

- 経済影響は20%削減で参照ケース比▲1.2%、再エネを活用した場合(原発コスト上昇によって再エネの導入が可能になる)は、▲0.9%程度に縮小する(2030年時点、▲はマイナス、原発比率は現状が25%→40年廃炉ケースが15%)。
- CO<sub>2</sub>制約なしの場合は、コストが安価な石炭火力で代替でき、経済にはほとんど影響なし。制約なしのケースでも石炭火力のコストにはCO<sub>2</sub>対策費は含むベースで試算(それでもCO<sub>2</sub>排出量は参照ケースに比べて増える)。
- ただし、推計金額は幅をもってみる必要がある。

# 電力の価格弾力性と経済への影響

図7 生産と電力の相関関係

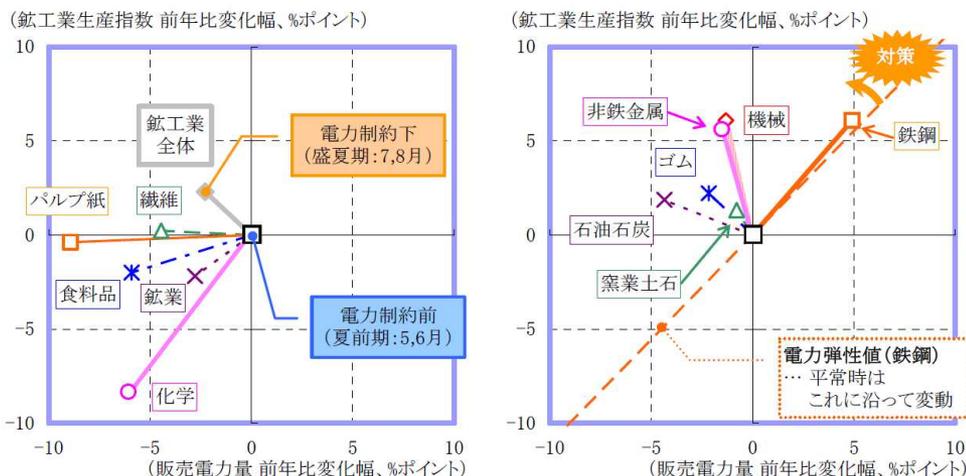


JCERモデルの電力需要の価格弾力性は実証分析の結果を踏まえ0.2程度になるように設定している。

価格弾力性を高くすると、価格の上昇により電力を使わなくなるだけでは無く、電力から他のエネルギーなどへの代替が進みやすくなるため、電力価格の上昇による経済への影響は小さくなる。

0.2という弾力性は、昨夏の経験や2030年が目標ということ考えると、高い値ではないと考えている。

図8 昨夏の減産幅の縮小ペースと節電



図は「節電下の増産、今夏は難しく—原発停止で燃料費増大へ—」2012年1月、日本経済研究センター。

昨夏は節電下で産出量があまり減少していませんことがわかります。

(注) 右図中の破線は、図5で求めた鉄鋼の電力弾力性値。

(資料) 経済産業省『鉦工業指数』、電気事業連合会『電力統計情報』

## まとめ

- 温暖化防止対策を考慮しなければ、原発を火力発電で代替しても、経済にほとんど影響はない。  
→ 温暖化への対応策をどのように選択するかで、大きく経済影響が異なる。
- 温暖化ガスの排出削減の経済影響は、再生可能エネルギーを活用しても、原発を活用しても避けられない。
- 今回の試算（原発の事故リスク対応費用6兆円）では原発が有利だが、CO<sub>2</sub>制約がなければ対応費用が2倍強に膨らむとエネルギー源として経済的に有利と言いきくなる。
- 2030年の長期の分析という点を考慮すると、目標の提示により産業界が対応し、より少ない影響ですむ可能性もある。

# 原発依存度低減・低炭素化推進の 中でのグリーン成長について

大阪大学大学院経済学研究科

伴 金美

2012年6月8日

# グリーン成長の可能性

## 原発依存度の低減と低炭素化推進の経済的影響の緩和

### 1. 基本シナリオ:5月23日報告のシナリオ

二酸化炭素排出量取引市場で発生する所得は、50%が家計、50%が政府に配分され、家計は消費・貯蓄に充当し、政府は政府消費に充当すると仮定される。

### 2. 促進シナリオ I

二酸化炭素排出量取引市場で発生する所得は、50%が家計、50%が政府に配分され、家計は消費・貯蓄に充当し、政府は全額を法人税減税に充当する。

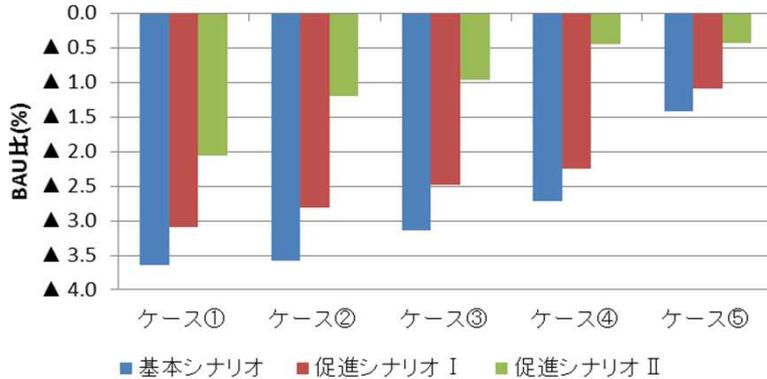
### 3. 促進シナリオ II

二酸化炭素排出量取引市場で発生する所得は、100%が政府に配分され、政府は全額を法人税減税に充当する。

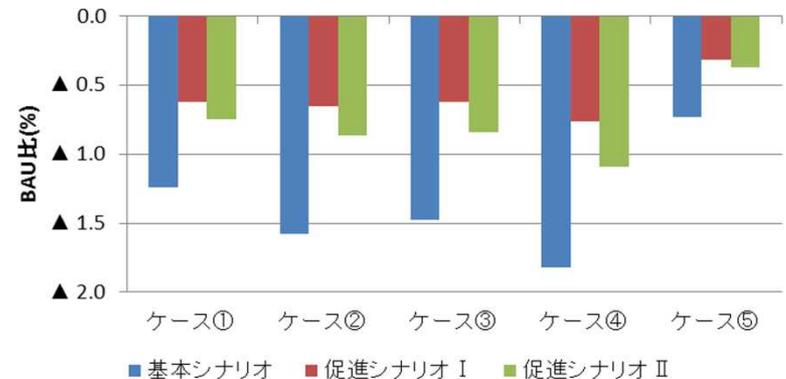
法人税を減税すれば、資本収益率が上昇することで、総固定資本形成(粗投資)が増加し、資本が蓄積することで成長を促進する。

# マクロ経済への影響

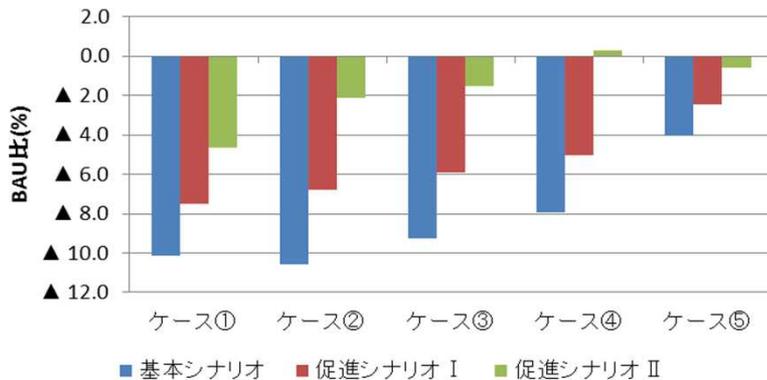
## GDPへの影響



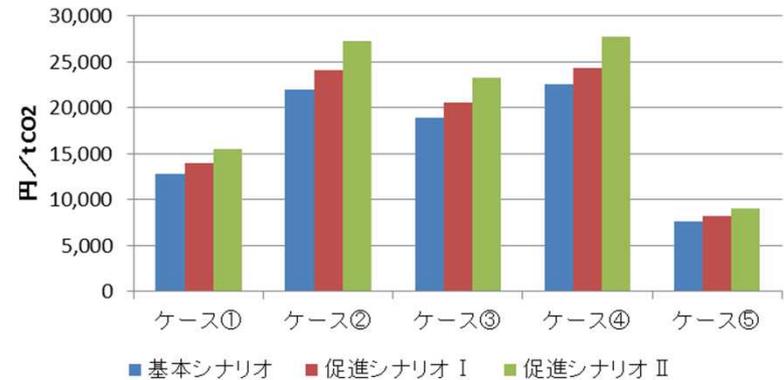
## 消費支出への影響



## 総固定資本形成への影響



## 限界削減費用



# 法人税減税のマクロ経済効果

1. 二酸化炭素排出に価格付けし、それから生じる排出量取引収入を法人税減税に充当すれば、資本収益率が改善することで総固定資本形成(粗投資)が改善し、原発依存度の低減と低炭素化の推進によるGDPに対する押し下げ圧力を低減することができる。
2. 基本シナリオでは、2030年のGDPの減少幅は、ケースによって1.4%~3.6%減少するが、促進シナリオ I では1.1%~3.1%、促進シナリオ II では0.4%~2.1%の減少にとどめることができる。
3. 促進シナリオ II では、二酸化炭素排出量取引収入の家計への配分をゼロとしても、家計の消費支出は改善する。すなわち、法人税減税は、粗投資を増加させ、GDPを増加させ、その結果として所得が増加することで、消費を増加させる効果のあることが分かる。

# 産業別生産への影響 (1)

		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤
鉄鋼	基本シナリオ	▲ 15.0	▲ 17.4	▲ 15.6	▲ 15.8	▲ 8.2
	促進シナリオ I	▲ 13.5	▲ 15.3	▲ 13.7	▲ 14.1	▲ 7.3
	促進シナリオ II	▲ 12.1	▲ 13.0	▲ 11.6	▲ 11.6	▲ 6.4
一般機械	基本シナリオ	▲ 10.5	▲ 11.5	▲ 9.8	▲ 8.6	▲ 4.3
	促進シナリオ I	▲ 7.5	▲ 7.1	▲ 6.0	▲ 5.2	▲ 2.5
	促進シナリオ II	▲ 4.1	▲ 1.7	▲ 0.9	0.9	▲ 0.3
電気機械	基本シナリオ	▲ 4.1	▲ 4.1	▲ 3.4	▲ 2.9	▲ 1.7
	促進シナリオ I	▲ 2.7	▲ 2.0	▲ 1.5	▲ 1.1	▲ 0.8
	促進シナリオ II	▲ 1.3	0.3	0.6	1.4	0.1
輸送機械	基本シナリオ	▲ 8.0	▲ 9.2	▲ 7.9	▲ 7.9	▲ 3.9
	促進シナリオ I	▲ 6.8	▲ 7.4	▲ 6.3	▲ 6.5	▲ 3.1
	促進シナリオ II	▲ 5.7	▲ 5.6	▲ 4.6	▲ 4.4	▲ 2.3

1. 素材産業である鉄鋼業と、化石燃料を動力源とする自動車を生産する輸送機械の生産についても改善が認められる。
2. 総固定資本形成に関連する一般機械と電気機械の生産の改善が著しい。シナリオ II では、電気機械の生産はプラスに転じる。

# 産業別生産への影響 (2)

		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤
建設業	基本シナリオ	▲ 6.8	▲ 7.4	▲ 6.5	▲ 5.7	▲ 2.8
	促進シナリオ I	▲ 4.7	▲ 4.3	▲ 3.7	▲ 3.2	▲ 1.6
	促進シナリオ II	▲ 2.7	▲ 1.1	▲ 0.7	0.4	▲ 0.2
輸送サービス	基本シナリオ	▲ 5.5	▲ 6.8	▲ 5.9	▲ 6.0	▲ 3.0
	促進シナリオ I	▲ 4.9	▲ 5.8	▲ 5.1	▲ 5.2	▲ 2.6
	促進シナリオ II	▲ 4.1	▲ 4.5	▲ 3.9	▲ 3.9	▲ 2.0
農林水産業	基本シナリオ	▲ 1.0	▲ 1.3	▲ 1.2	▲ 1.4	▲ 0.6
	促進シナリオ I	▲ 0.4	▲ 0.4	▲ 0.4	▲ 0.5	▲ 0.2
	促進シナリオ II	▲ 0.2	▲ 0.2	▲ 0.1	▲ 0.3	▲ 0.0
医療・福祉	基本シナリオ	0.3	1.9	1.8	2.5	0.7
	促進シナリオ I	▲ 2.2	▲ 1.9	▲ 1.7	▲ 1.6	▲ 0.8
	促進シナリオ II	▲ 1.2	▲ 0.5	▲ 0.4	▲ 0.1	▲ 0.3

1. 総固定資本形成に関連する建設業の改善幅が著しい。
2. 輸送サービスは炭素制約が変わらないことが改善幅は小さい。
3. 農林水産業は改善するものの、影響は小さい。
4. 医療・福祉は、製造業に人的資源を割かれることから、生産が減少する。

# まとめ

1. グリーン成長には、総固定資本形成(粗投資)の増加が必要不可欠であるが、法人税減税は、資本収益率を改善させることでそのための有効な政策手段となる。
2. 法人税減税の原資として、二酸化炭素排出に価格付けすることで生じる収入を充当することができる。
3. 法人税減税は、投資の増加による資本の蓄積を通じ、生産増を促す。生産増は、限界削減費用を上昇させ、炭素集約型産業の生産減要因となるが、法人税減税による生産増の効果が上回り、GDPは法人税減税前より改善する。
4. 原発依存度の低減と低炭素化の推進は、投資刺激策を採らない限り、日本を「サービスブランド社会」あるいは「分かち合い社会」に向かう可能性が高い。
5. 原発依存度の低減と低炭素化を推進しても、投資刺激策を採れば、日本が「ものづくり統括拠点社会又はメイドインジャパン社会」に向かう可能性のあることを示唆している。

# グリーン成長に関する試算について

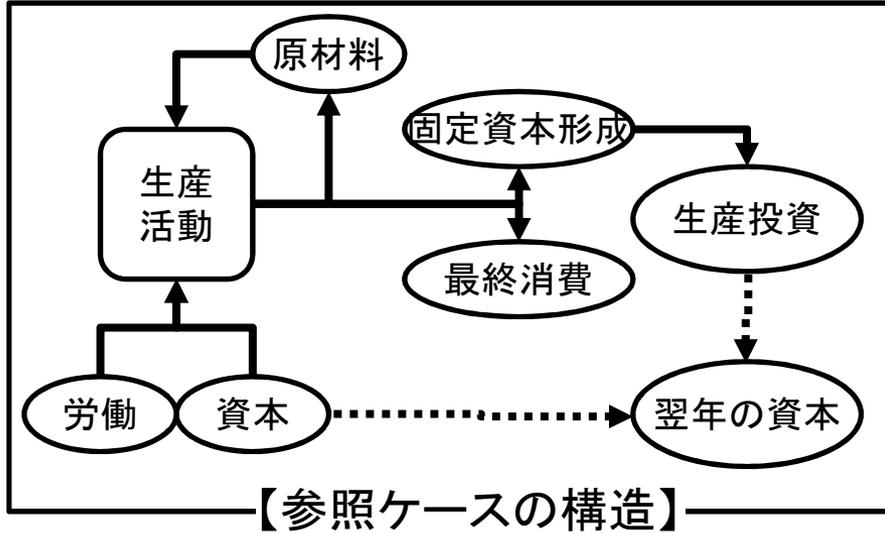
国立環境研究所  
AIMプロジェクトチーム

2012年6月8日

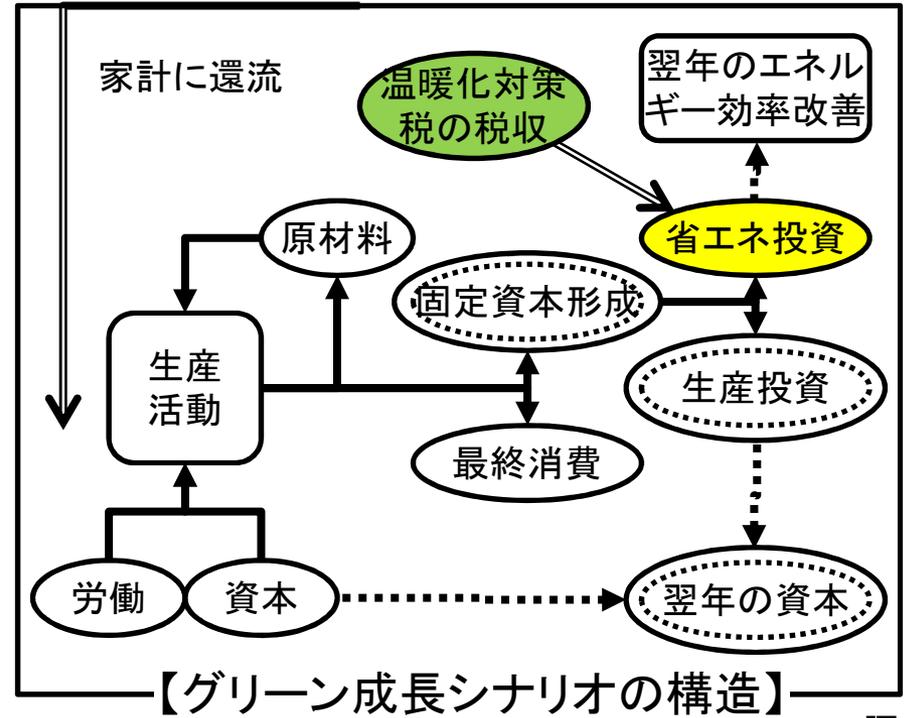
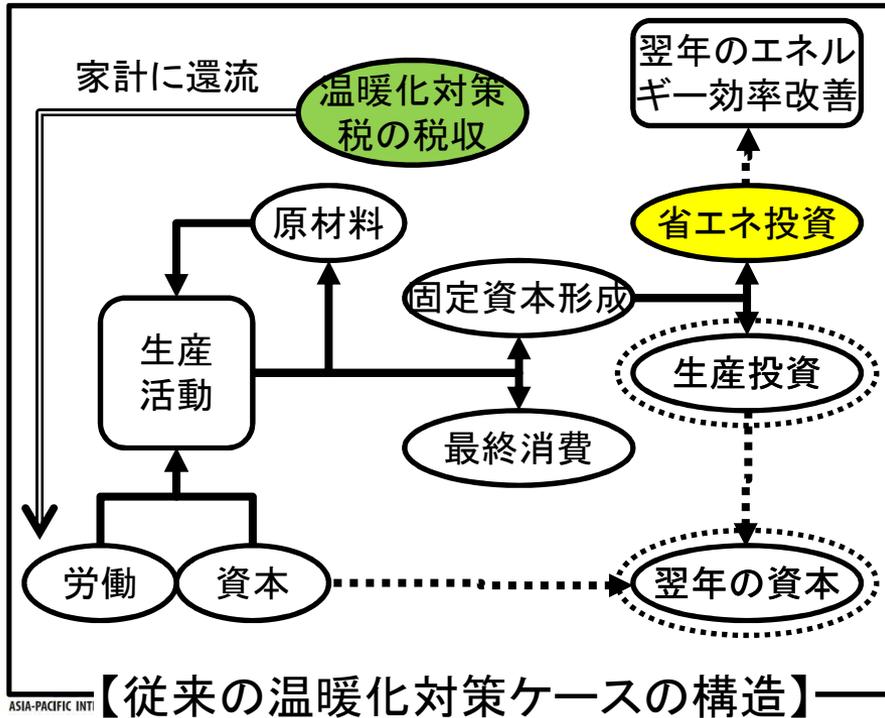
## 分析方法と主な結果

- グリーン成長シナリオとして、温暖化対策費用(省エネ投資)の一部を温暖化対策税の税収で支出すると想定。
  - これまでは温暖化対策税の税収はすべて家計還流されていたものを、省エネ投資の一部が税収で支援(税収の残りは家計に還流)されるように変更。
  - 上記の変更により、各部門が負担していた省エネ投資分が生産投資として利用可能となり、生産投資の回復を通じて資本ストックが回復。
  - 税収を活用した省エネ投資支援により、省エネ投資の水準は維持され、エネルギー効率改善も実現。
- その他の前提については変更しない。
- 2030年のGDPは、各ケースともに約0.5%回復する。
- 全体的に各部門の活動水準が回復する。特に資本財を生産する部門の活動が回復する。
- 活動水準の回復に伴い、潜在的なCO<sub>2</sub>排出量が増大し、二酸化炭素の価格(限界費用)そのものは上昇する。

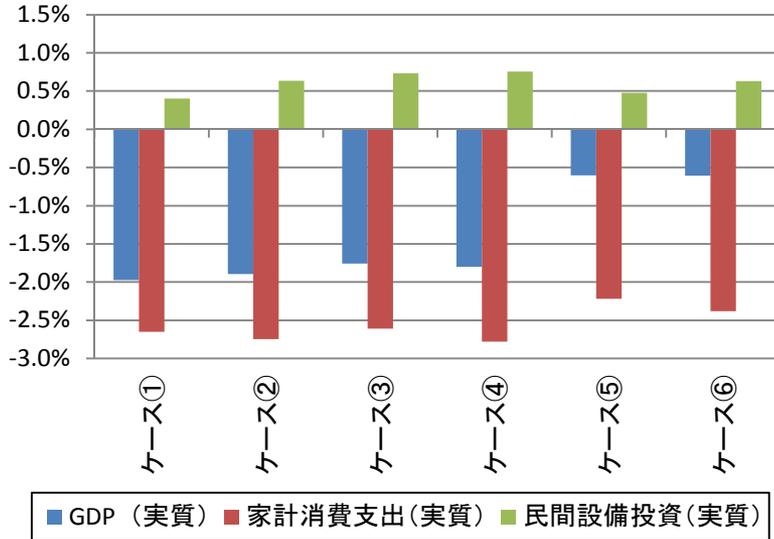
# 各ケースのモデル構造



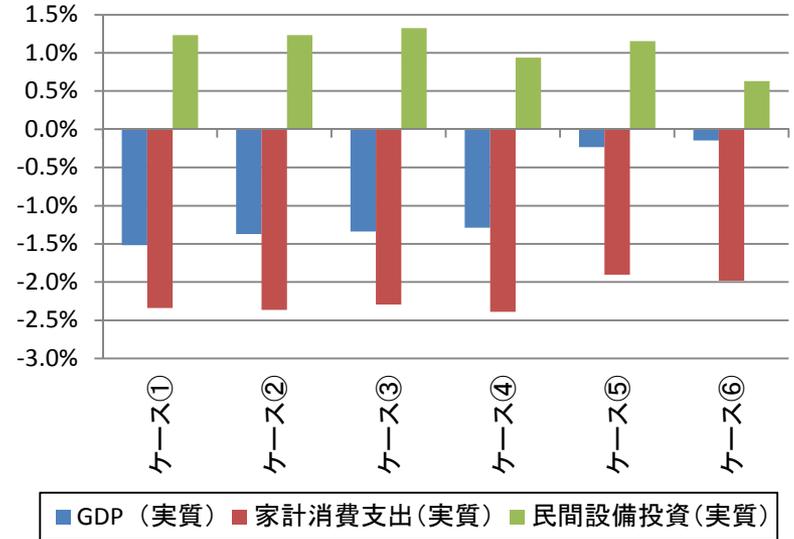
※ 本スライドはモデルを簡略化して示したものであり、実際のモデル構造とは異なる部分がある。



# GDPへの影響



従来の試算結果

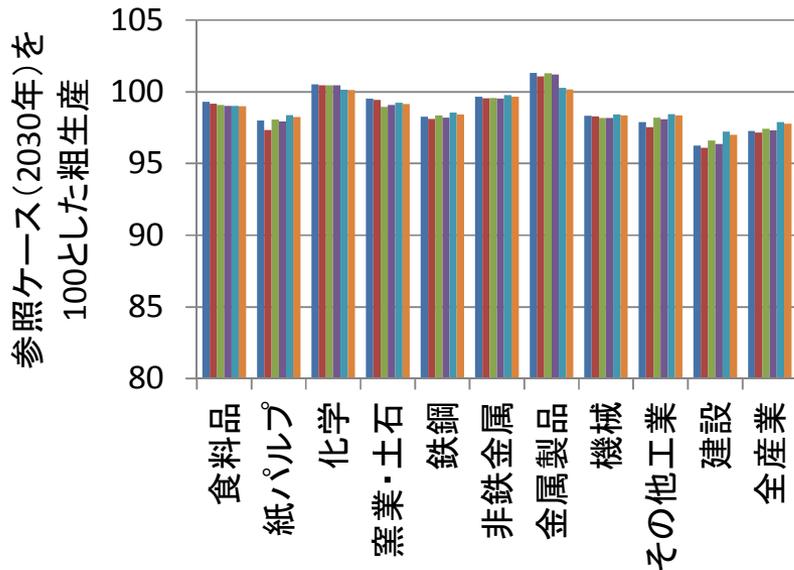


今回の試算結果  
(グリーン成長シナリオ)

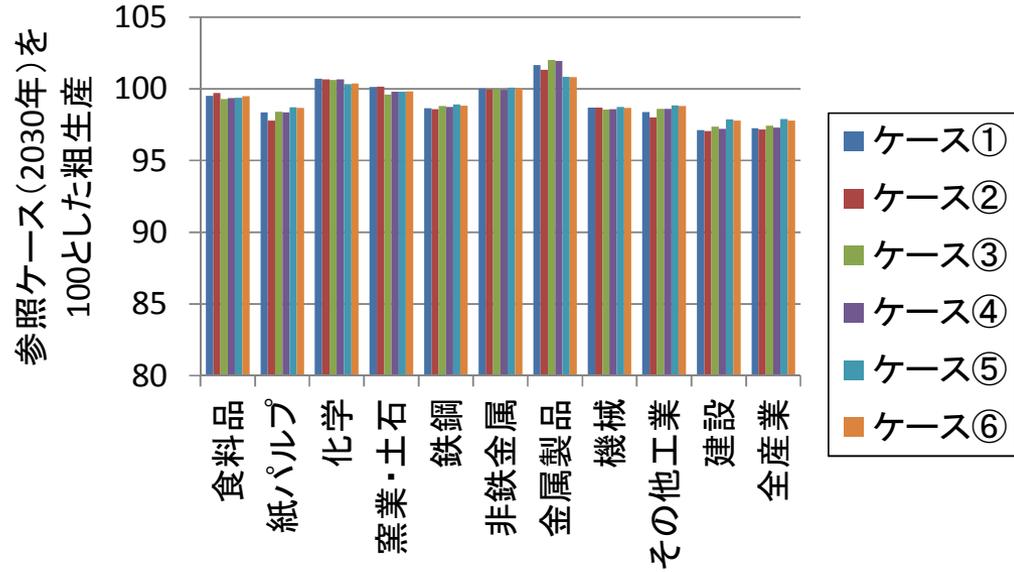
注：設備投資は、省エネ投資、再エネ投資に必要な投資財の購入が含まれる。  
家計消費支出のマイナス分には、家計で購入される太陽光パネルや省エネ投資増加の影響が含まれている。

- 2030年の参照ケースに対するGDP減少は、各ケースともに0.5%ポイント程度改善する。
- 年率換算では、参照ケースに対して、0.08%~0.01%の低下にとどまる。

# 部門別粗生産への影響



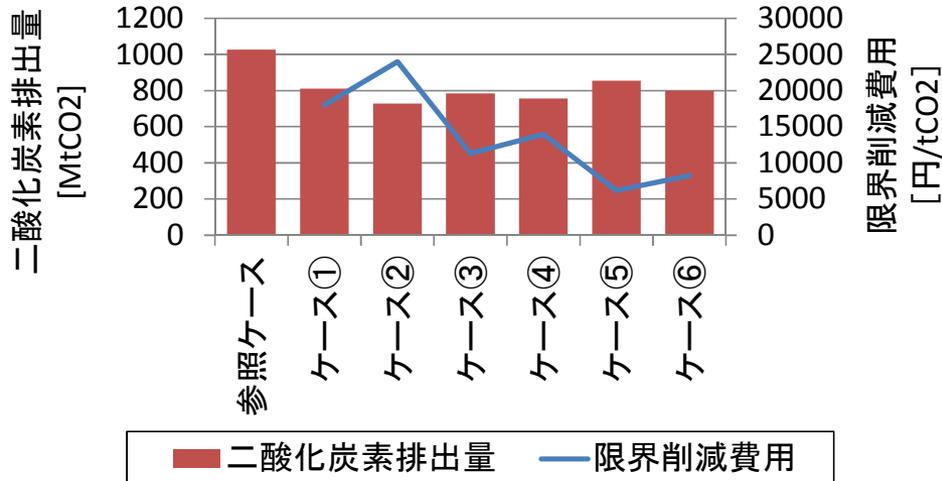
従来の試算結果



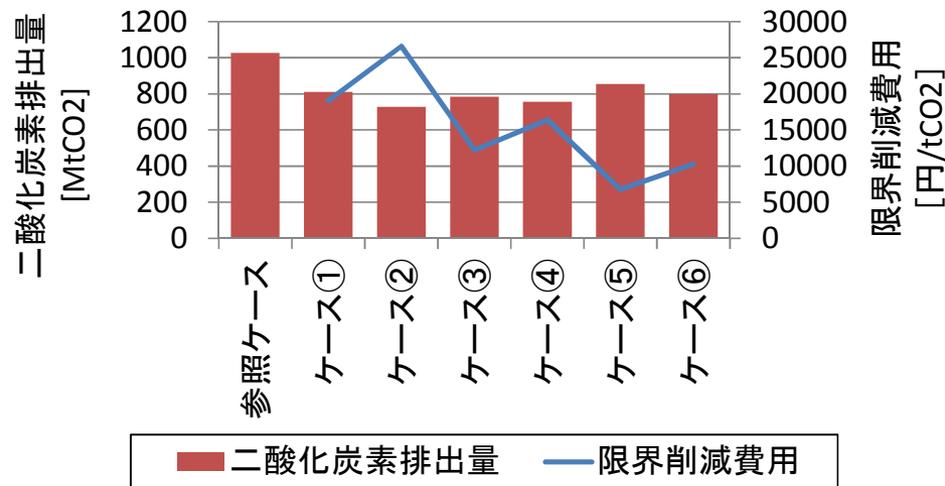
今回の試算結果  
(グリーン成長シナリオ)

- 全体的に増加する傾向にあるが、特に資本ストックを構成する財を生産する部門の活動が改善する。

# 二酸化炭素排出削減費用への影響



従来の試算結果



今回の試算結果  
(グリーン成長シナリオ)

- 二酸化炭素排出量そのものについては、制約(上限)として想定しているため、変化はない。
- 活動水準の回復によって、潜在的なCO2排出量は増加するため、限界費用は600~2600円/tCO2上昇する。