

総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会

2012年5月9日

RITEエネルギー・経済モデルに よる2030年の経済影響分析

(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



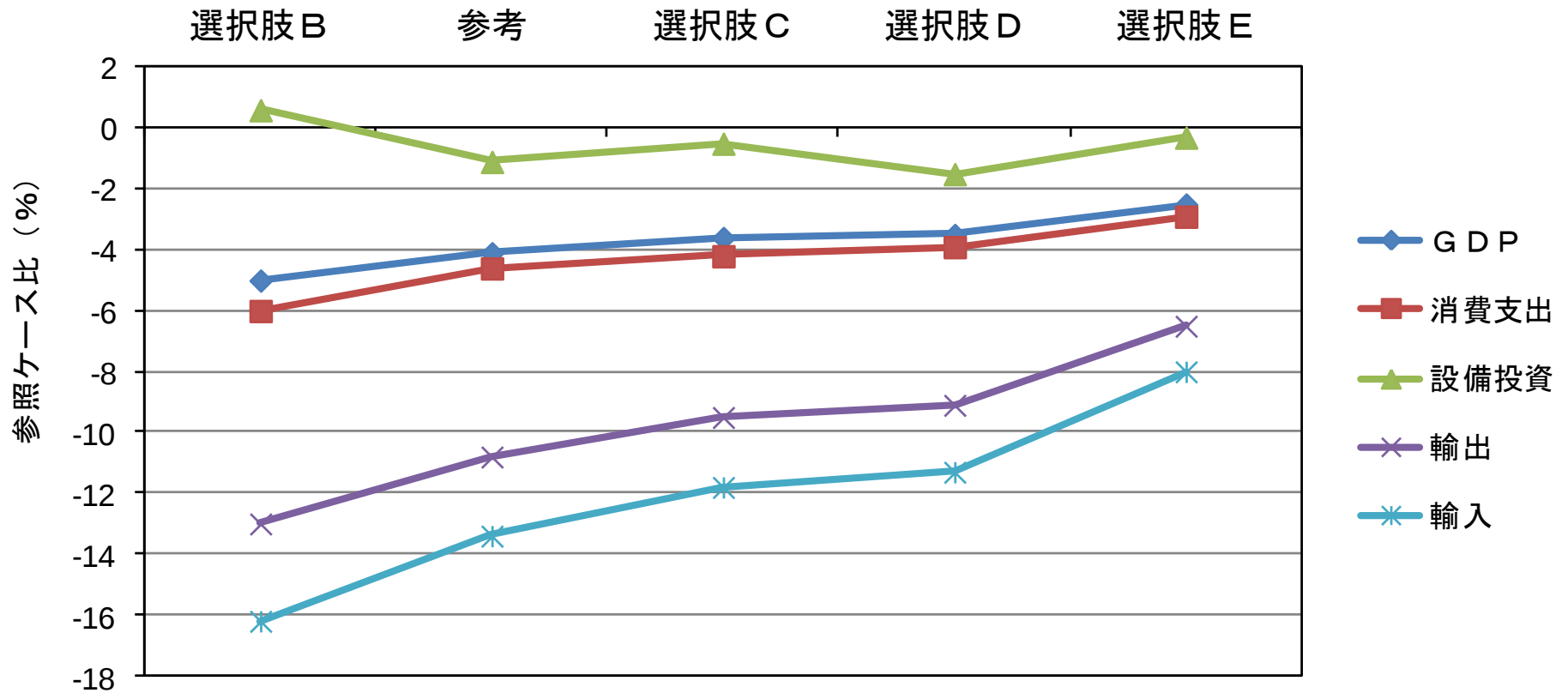
RITE DEARSモデルの概要

(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連関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）、CO₂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）

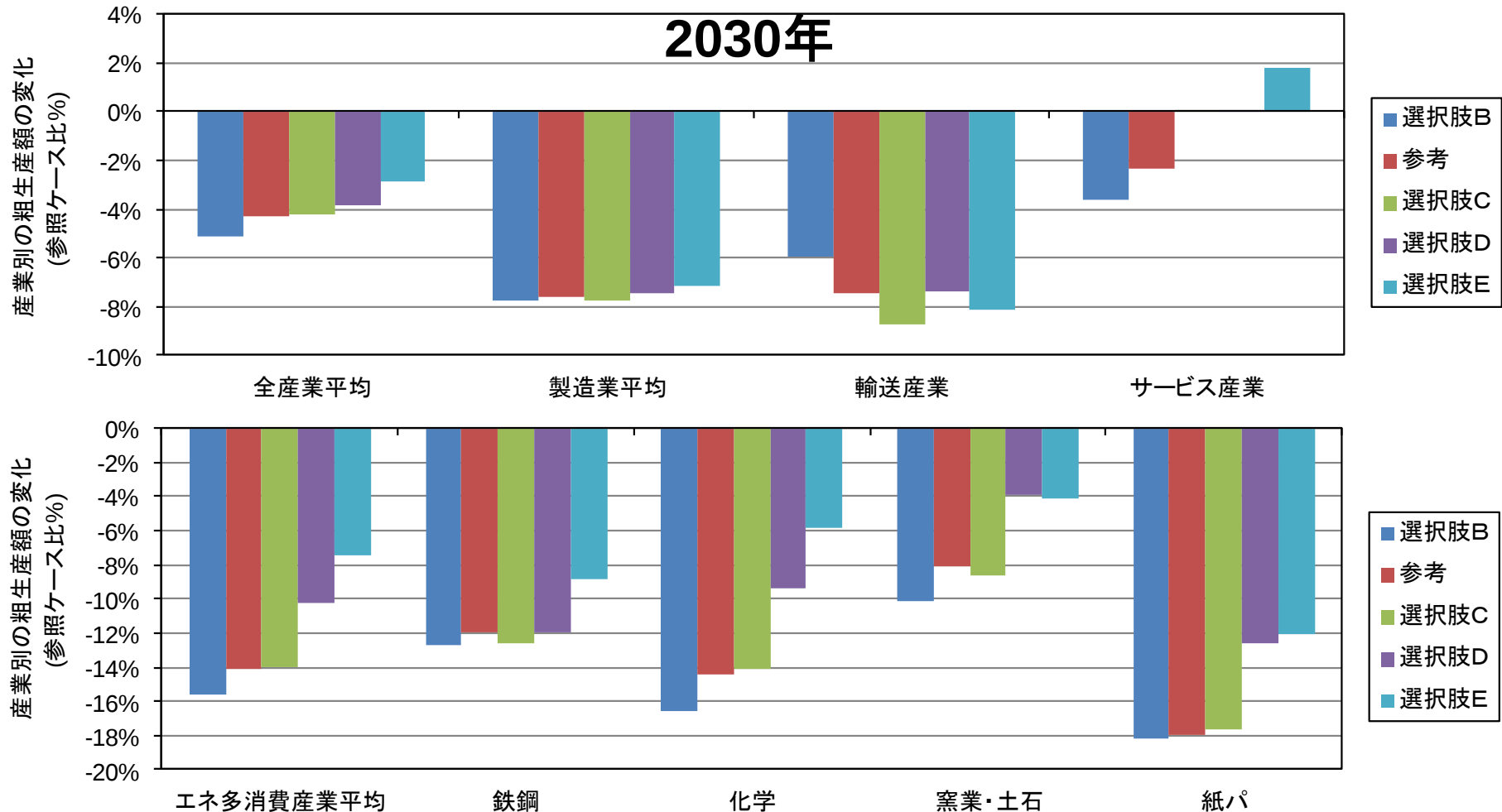
- ◆ エネルギー供給、発電部門については、産業連関表の情報では不十分であるため、技術別にボトムアップ的なモデル化を行うとともに、IEA統計等と整合性を持つようにデータの調整を行っている。これによって、エネルギー・経済の統合的な分析・評価が可能となっている。また、これにより、「コスト等検証委員会」の電源別発電コスト、および選択肢毎の発電構成を前提条件とした経済分析が可能となっている。
- ◆ 21世紀半ば（2047年）までの期間の動学的最適化を行っている（Forward-looking型モデル）。例えば、2030年頃までの対応を考えた上で、2020年の最適な対応が導出される。
- ◆ 産業連関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



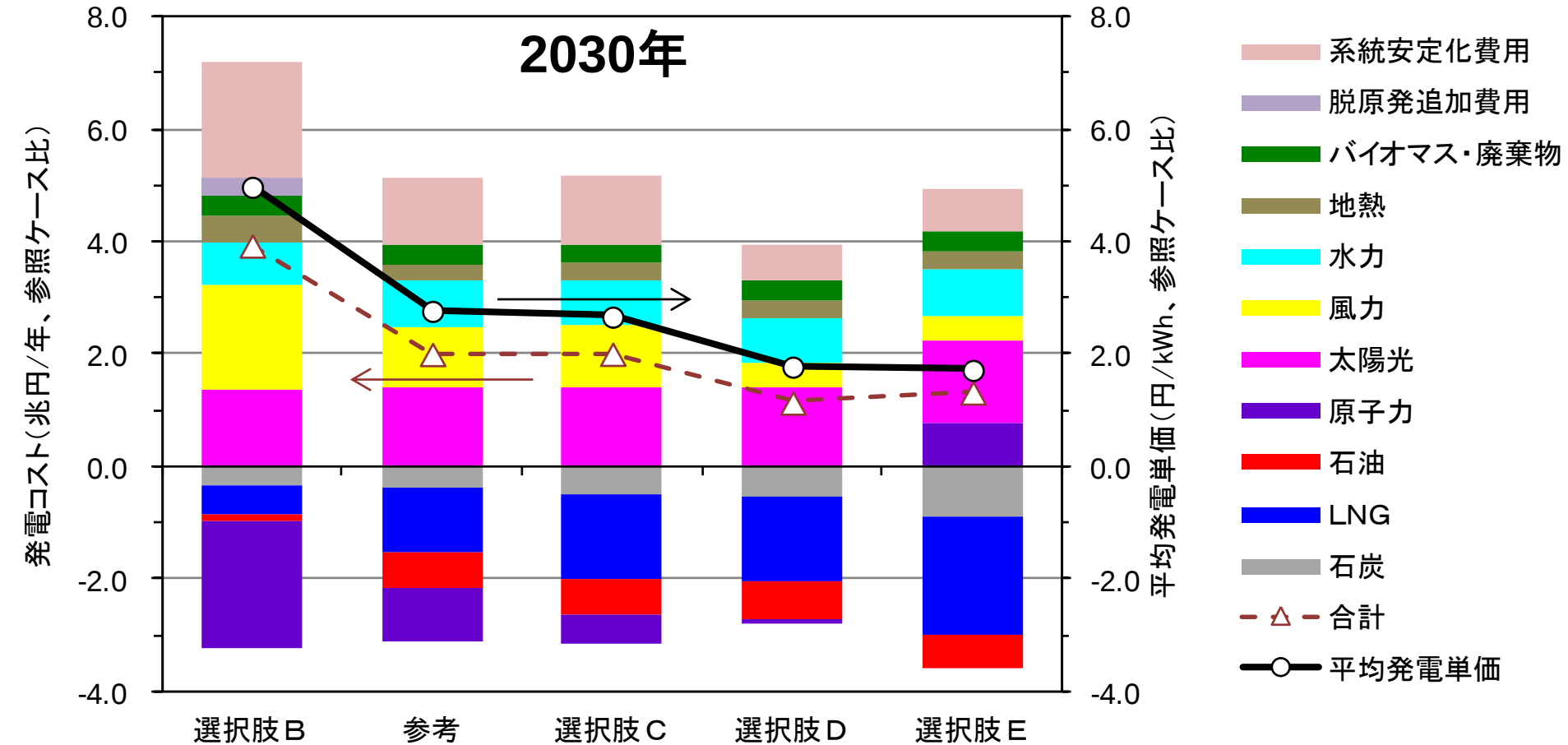
選択肢Bでは、投資は若干大きくなるものの、消費、輸出、輸入ともに低下し、GDPも参照ケース比で5%程度の低減が見込まれる。

産業部門別影響



発電部門以外での必要CO2削減量は、選択肢によらず概ね一定と想定されているが、発電部門でのCO2原単位の違い（選択肢B＞選択肢E）により、必要な省電力量、電力以外での必要CO2削減量の違いとなり、部門別の影響度合いも異なる。

発電コストの変化

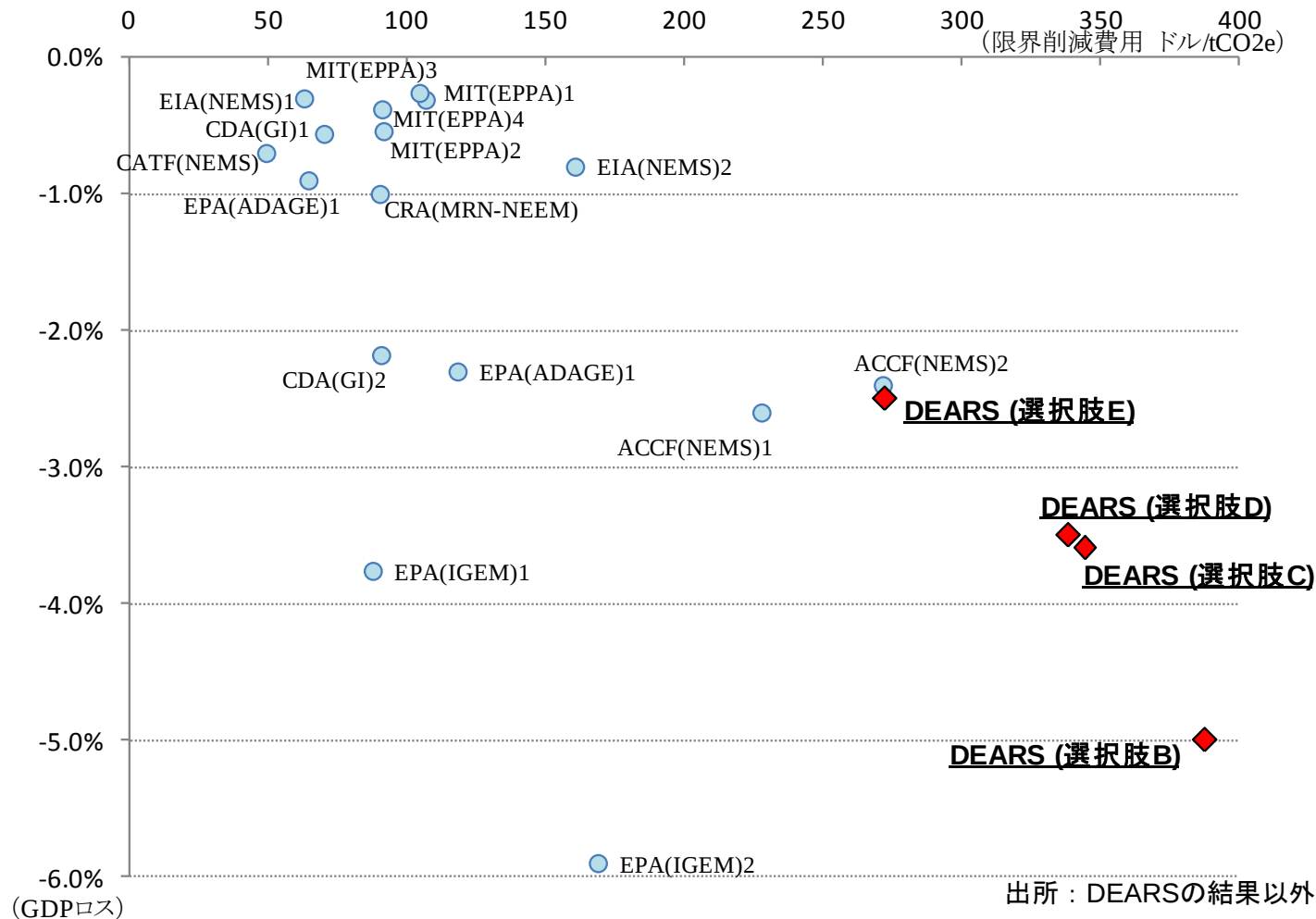


平均発電単価 (参照ケース比)	+5.0 円/kWh	+2.8 円/kWh	+2.7 円/kWh	+1.8 円/kWh	+1.7 円/kWh
電力価格 (参照ケース比)	+35.6%	+20.4%	+19.1%	+14.0%	+10.8%
	+99.9%	+72.0%	+64.2%	+58.4%	+39.2%

炭素税を含まない額

炭素税を含む額

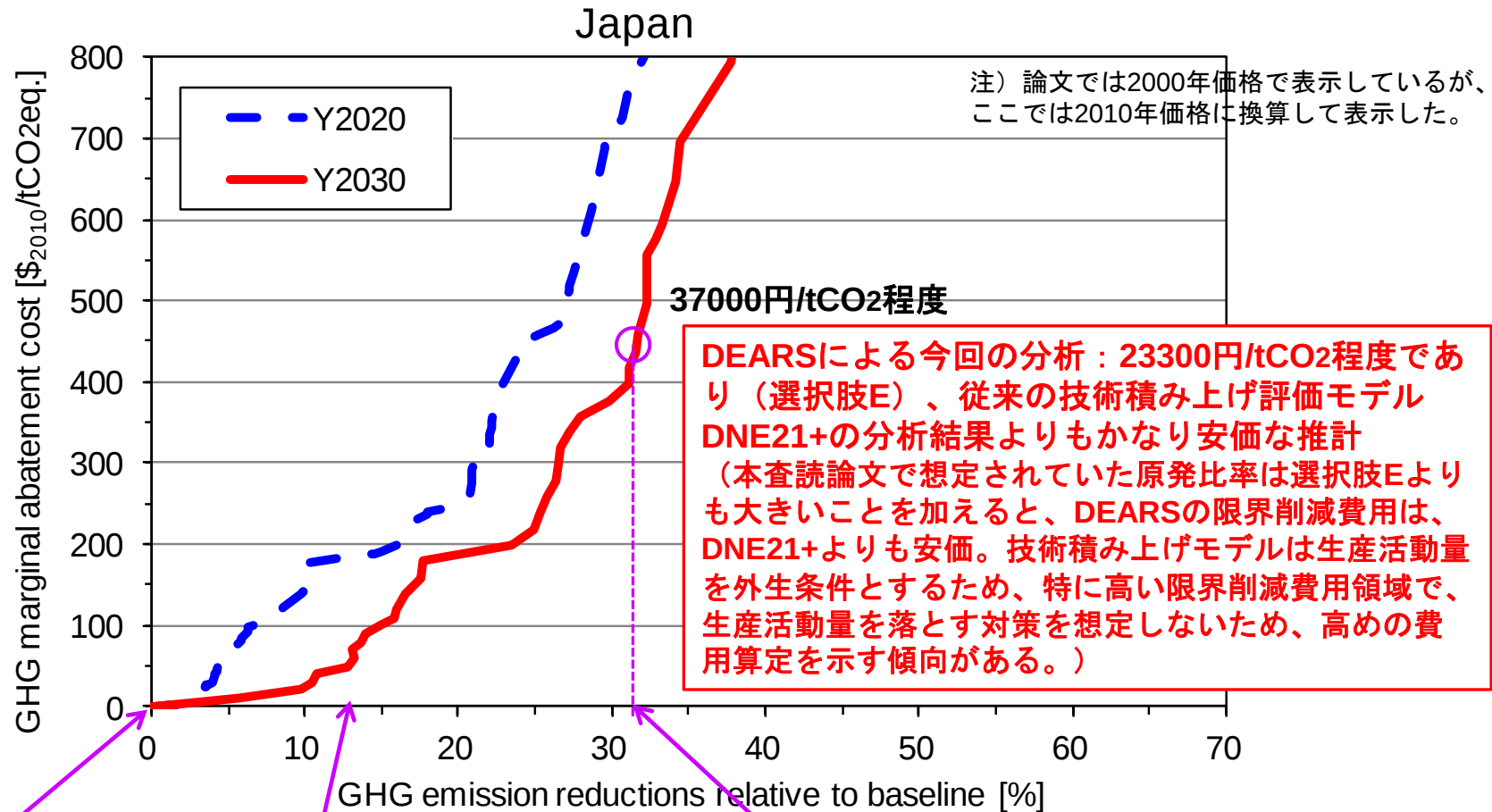
CO₂限界削減費用とGDP損失の関係 —米国分析（2030年）との比較—



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）。

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）



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

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%）

選択枝E相当（GHG換算で1990年比 ▲27%）

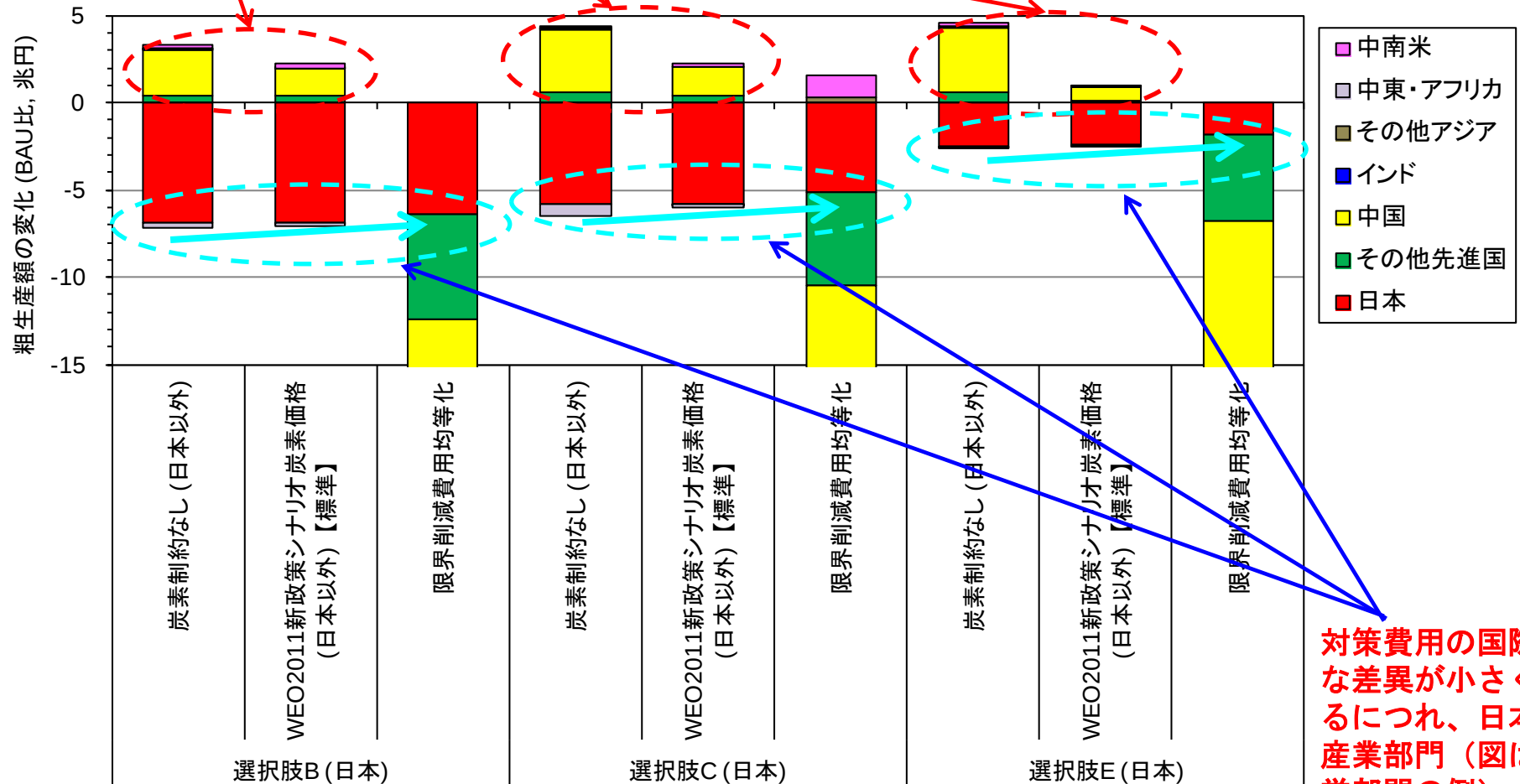
今回分析のベースライン排出量（事務局想定：発電部門に3400円/tCO₂の炭素価格を想定）

産業リーケージに関する分析

化学部門における例

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。

日本の対策費用が高いことによる産業リーケージ



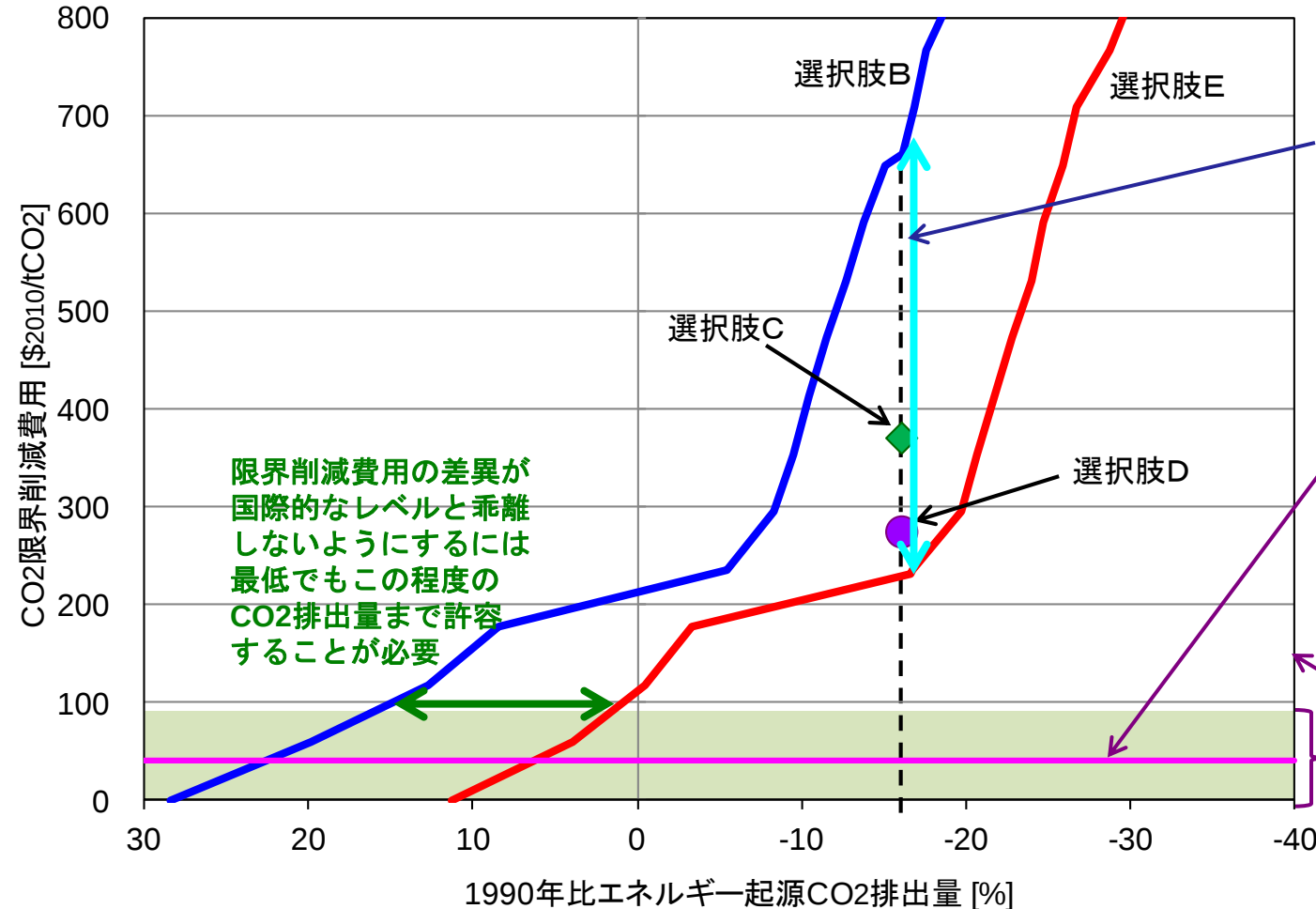
対策費用の国際的な差異が小さくなるにつれ、日本の産業部門（図は化学部門の例）への影響は小さめになる傾向有り

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。

海外の限界削減費用から見た選択肢

DNE21+モデルによる限界削減費用推計（2030年）

各選択肢の分析は、原発電電力量のみを選択肢に合致させ、他の構成はモデル最適化計算の結果として限界削減費用推計を行ったもの（経済モデルDEARSの分析条件と異なることに注意）



仮に選択肢B並みのCO₂排出量をすべての選択肢に適用したとしても、国際的な限界削減費用水準よりも相当高い限界削減費用が推計される。

（技術モデルのため、経済活動量の縮減は想定しておらず、限界削減費用は高めに算定される傾向はある。ただし国際比較としての整合性は確保されている。）

IEA WEO 2011

新政策シナリオ(2030年)

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\$2010/tCO ₂)
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

注1）RITEのこれまでの限界削減費用分析は2000年価格での表示が多いが、本グラフはWEO2011シナリオと揃えるために、2010年価格に換算して表示していることに注意

注2）DNE21+の分析は今回の参照ケースのCO₂排出量と合致させるように調整を行ったものではない。

参考資料

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)

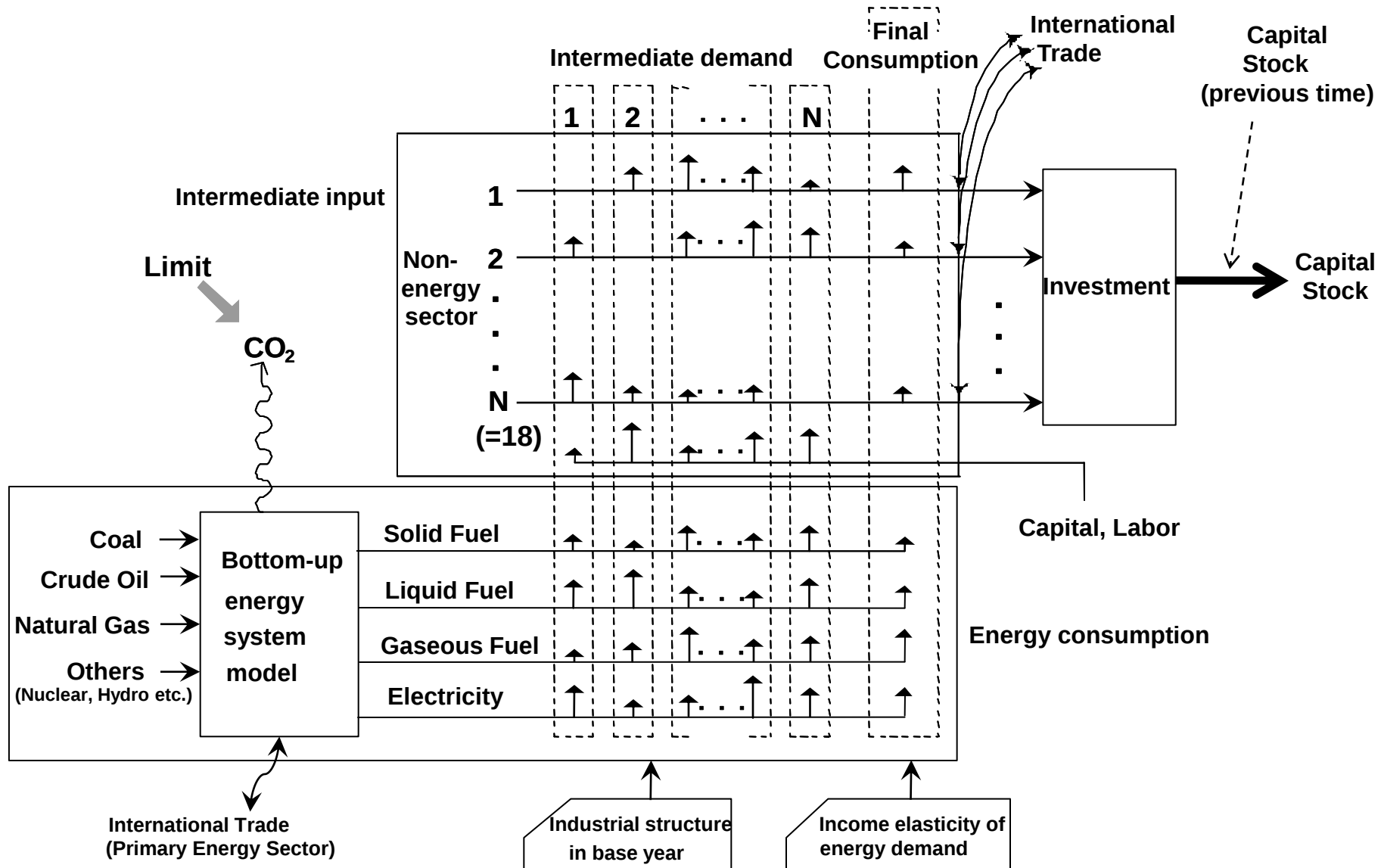
$\text{dep}_{r,t}$: t 期 r 地域の資本減耗率(外生)=5%/年

◆ 非エネルギー部門の生産のモデル化

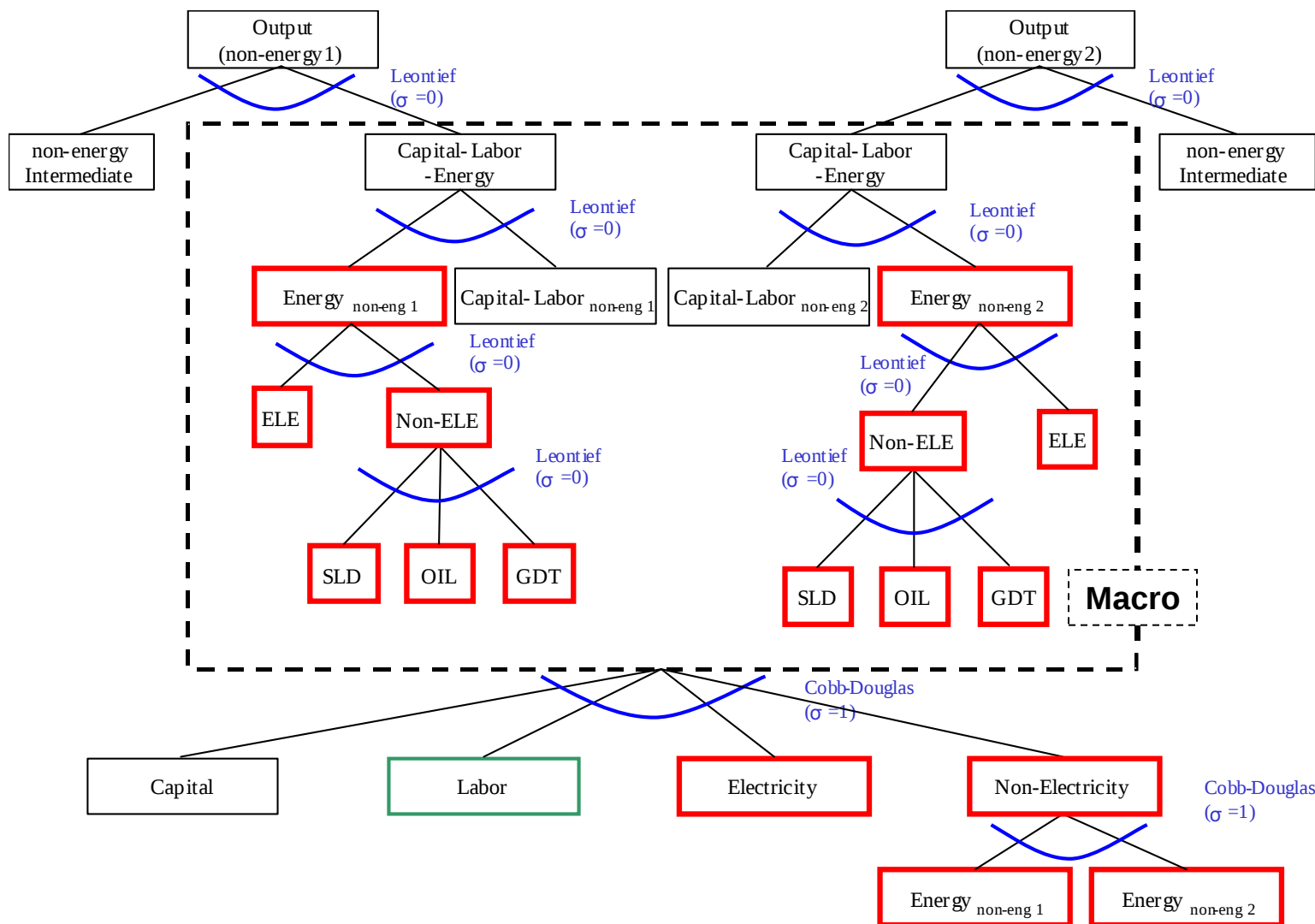
消費効用最大化のもとで、産業連関構造の中で生産関数を仮定し、財の生産効率のよい地域で生産・輸出がされる構造となっている。ただし、農業・食料品の生産及び消費に関しては、工業製品やサービス部門のような生産・消費とは異なる性質であることを考慮するために、食料に関する需要・生産シナリオを制約式として利用し、変動が小さくなるようにモデル化している。

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—

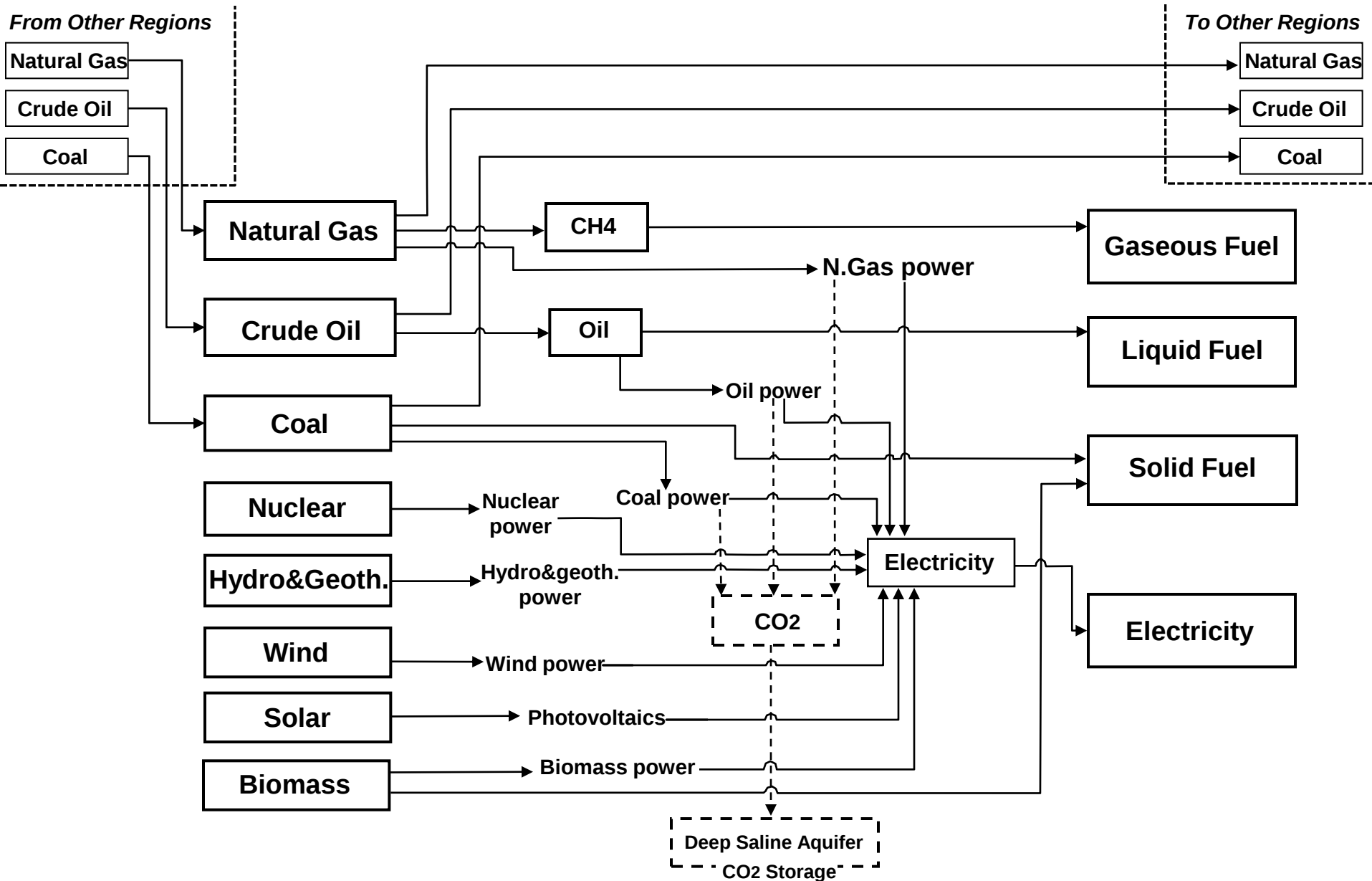


DEARSの経済モジュールの構造



* 図は簡略化のため、産業部門数が2の場合を示している。(実際には18産業部門分割でモデル化)

DEARSのエネルギー転換プロセスの想定



参照ケースの調整

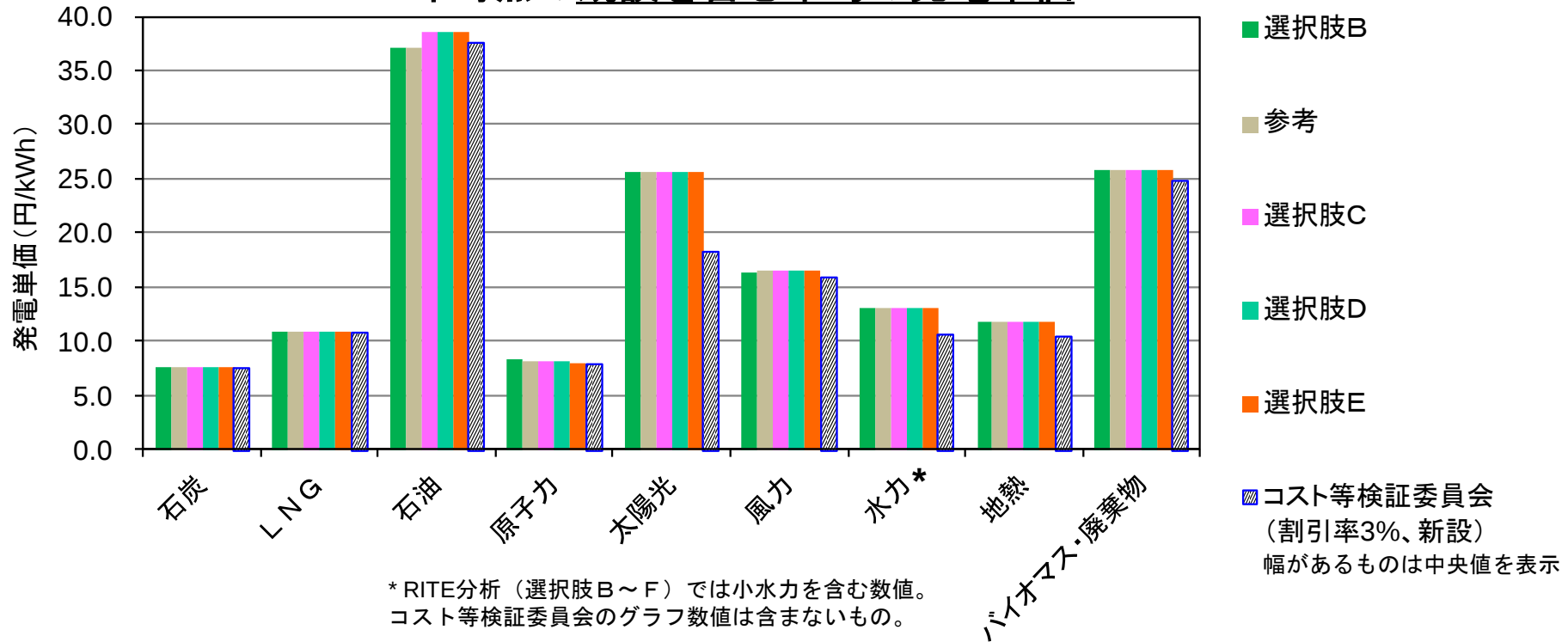
- ◆ 事務局想定にモデルの参照ケースを合わせ調整を行った。
- ◆ DEARSモデルでは、GDP、輸出入額、発電電力量、CO₂排出量などは、すべて内生的に決定される。
- ◆ そのため、それら内生的に決定される値が、外生的な想定値と合致するように、モデルの別の前提条件の値（例えば、全要素生産性向上率、自律的エネルギー効率向上率など）を調整
- ◆ 完全に調整することは不可能であり、以下の程度の差異は残っていることに注意されたい。

	「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 ₂ 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。

温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

- ◆ 各種エネルギー・CO₂削減技術のシステムの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）、CO₂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）