

第33回エネルギー・資源学会研究発表会 特別セッション  
2014年6月10日

# 環境自主行動計画の下での 排出削減実績の定量的な分析・評価

(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、徳重功子、小田潤一郎、  
佐野史典、本間隆嗣、和田謙一



# はじめに

- ◆ 温室効果ガスの排出削減にあたっては、世界各国やそれぞれの業種等において、条件に差異がある中で同じようなレベルの削減努力を行うことが重要
- ◆ 温室効果ガス排出削減への取り組みの努力や進展の度合いは、例えば基準年比での排出量の削減率といった指標で単純に測れるようなものではない。
- ◆ 日本は、京都議定書第1約束期間の排出削減目標である基準年比 ▲6%を超える▲8.4%を達成
- ◆ 本研究では、経団連を中心とした自主行動計画の評価に主要な焦点を当てつつ、京都議定書第1約束期間における日本の温室効果ガス排出削減の取り組みが定量的にどう評価し得るのかについて、様々な視点から分析・評価を実施
- ◆ なお、コペンハーゲン合意以降、国際的な次期将来枠組みも、プレッジ・アンド・レビューの方向にあり、日本の自主行動計画の評価は、次期枠組みにおける排出削減目標のレビューと実施のレビューにも参考になると考えられる。

# 実施した定量的な分析・調査の概要

## 1. 海外主要国との比較からの評価(自主行動計画を含む日本の対策評価)

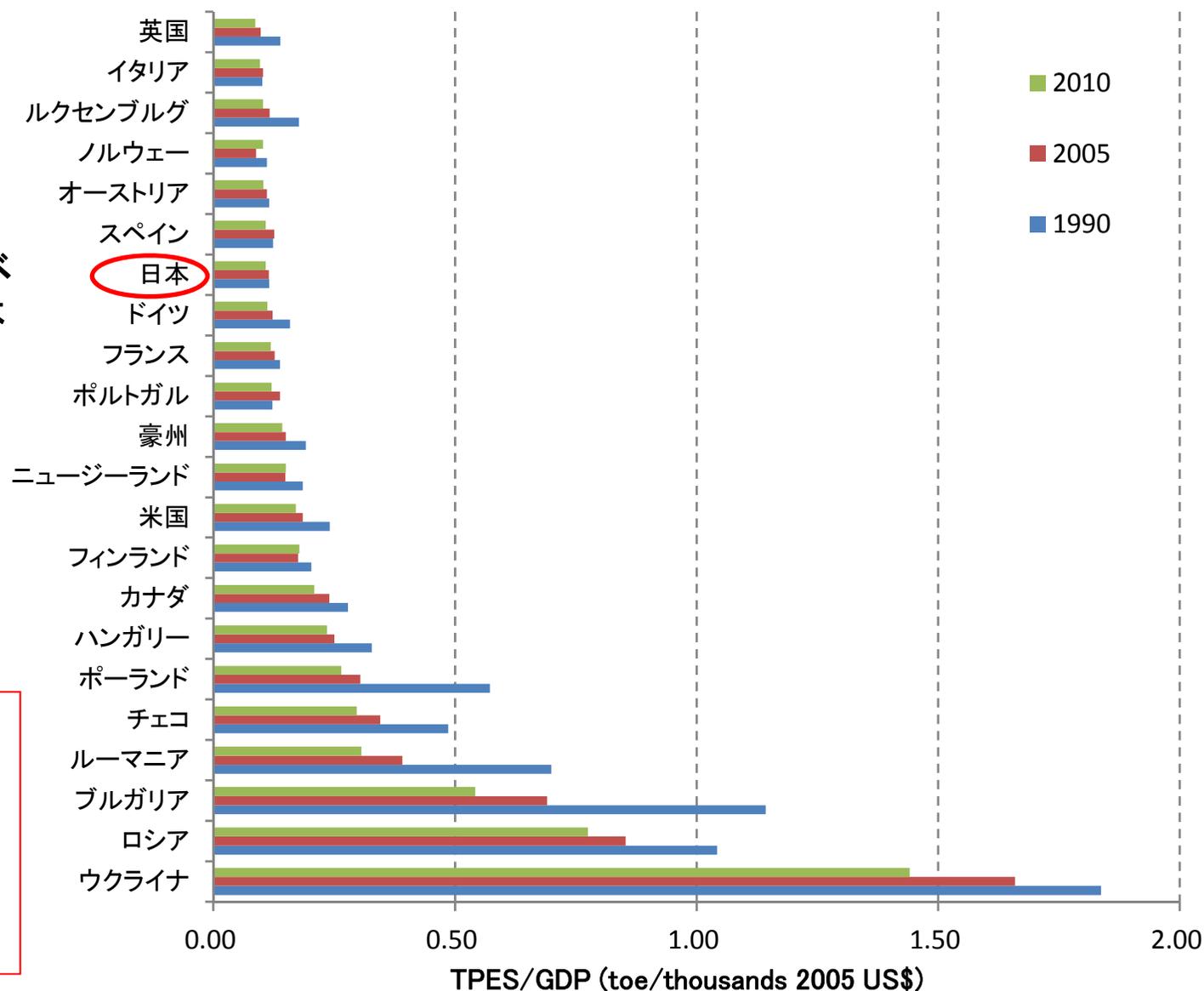
- 1) マクロのエネルギー原単位、CO<sub>2</sub>排出原単位の比較評価 →産業構造等に影響される
- 2) マクロのエネルギー原単位等の改善率を比較評価 →過去既に大きく改善し、改善余地が小さい場合、改善率が小さくなりやすい。また、経済成長が大きかった国はマクロのエネルギー原単位改善率が良くなる傾向あり。逆も同様
- 3) 経済指標変化の原単位変化による説明性を評価。これにより経済指標とは関係なく、改善対策がとられた可能性を評価 →ただし評価の不確実性は大きい
- 4) 主要部門(発電、鉄鋼、セメント等)のエネルギー効率を評価 →多くの部門の評価は困難
- 5) 主要国の限界削減費用、およびGDP影響をモデル分析で評価 →分析の不確実性は大きい

## 2. 自主行動計画の評価

- 1) ベースラインを推計し、ベースラインからの削減率を評価 →ベースラインの推計には大きな不確実性があり、一義に決めることが困難
- 2) 自主行動計画参加業種毎のエネルギー原単位等の改善率を評価 →過去既に大きく改善し、改善余地が小さい場合、改善率が小さくなりやすい。また、経済指標が良かった業種はエネルギー原単位改善率が良くなる傾向あり。逆も同様
- 3) 自主行動参加業種毎に経済指標変化の原単位変化による説明性を評価。これにより経済指標とは関係なく、改善対策がとられた可能性を評価 →ただし評価の不確実性は大きい
- 4) 自主行動参加、不参加の比較分析 →分析に利用可能なデータ種の違いにより分析困難
- 5) 東京都の排出量取引制度での対策との比較評価 →東京都の制度評価もこれからであること、排出権の取引も行われていないこと等から、分析に限界あり
- 6) 個別対策の対策費用の評価 →費用推計に必要なデータが揃っていない事例は多くない。

# エネルギー原単位 (GDPあたり一次E供給量) の国際比較

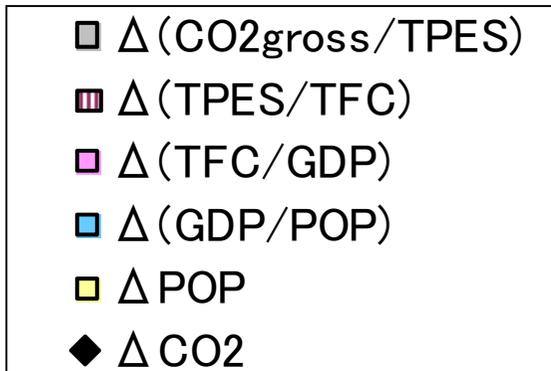
- 概ね改善が進んでいるが、ロシア、東欧諸国は未だGDPあたりE消費量が高い。
- 日本のエネルギー原単位はかなり良いレベルにあるものの、日本より良い国もいくつか見られる。



マクロのGDPあたりで見るとエネルギー原単位は、為替の影響、産業構造等に大きく影響されるため、評価には注意が必要。

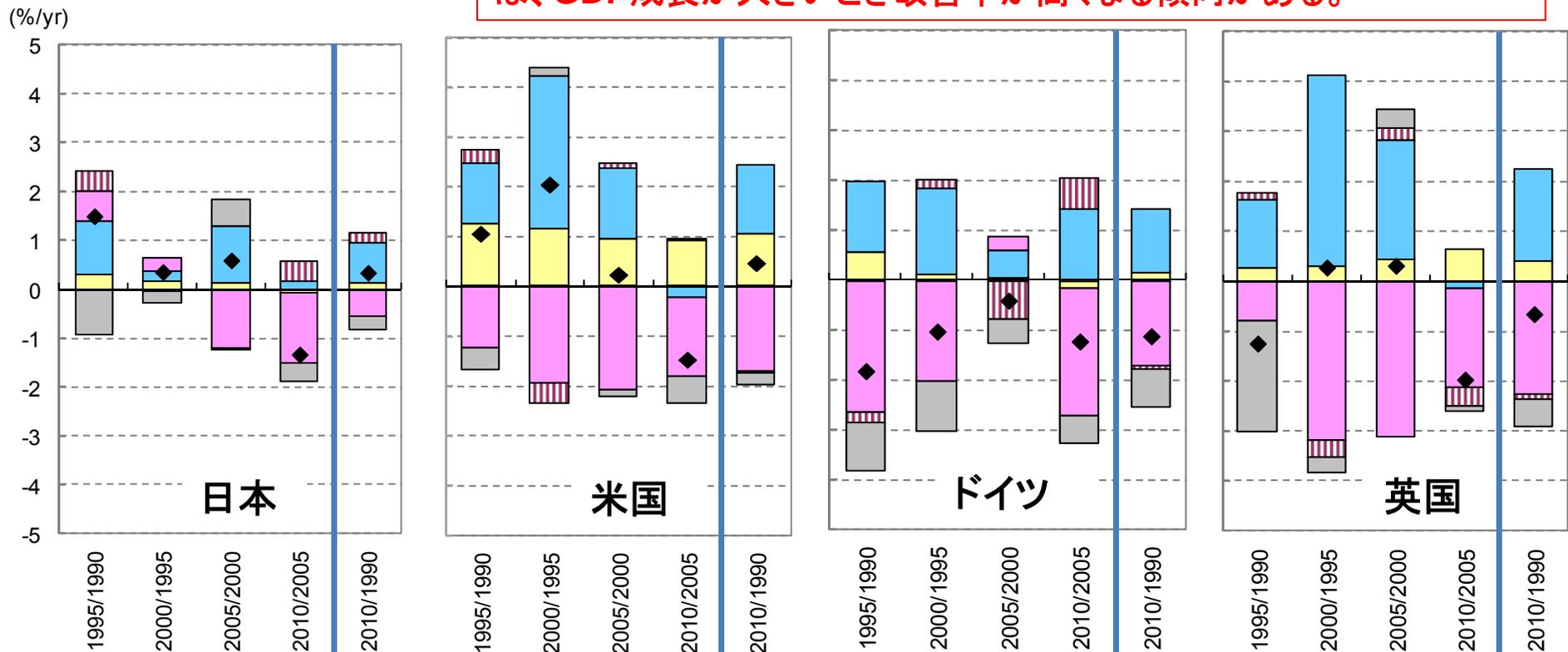
# CO<sub>2</sub>排出量変化の要因分析(1990-2010年)

## —主要国の比較—



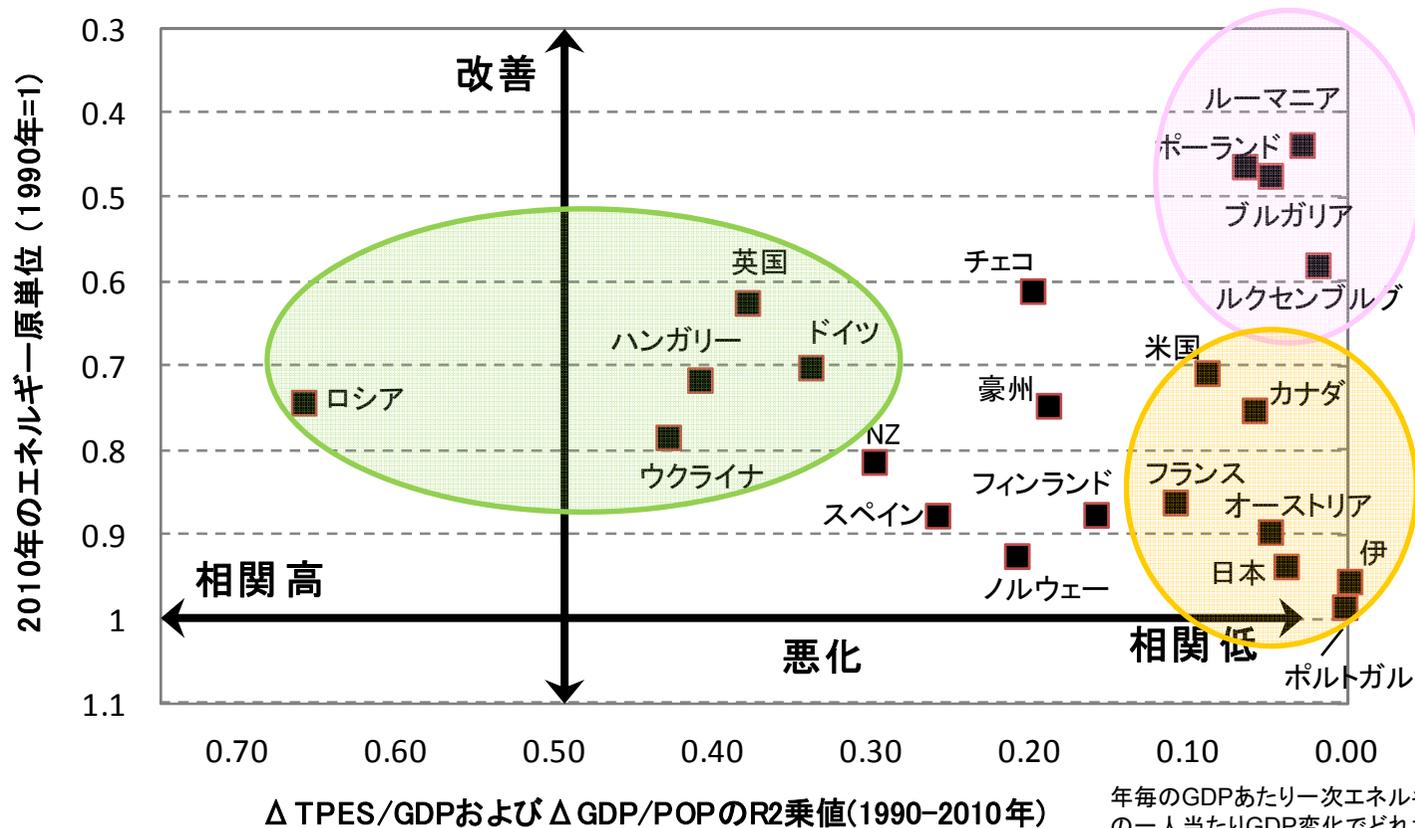
- 20年間のGDP成長はいずれの国もプラスで推移。2005-2010年の5年間は経済危機の影響あり(ドイツ除く)、また連動してCO<sub>2</sub>排出量はマイナスに変動。
- エネルギー原単位は、概ね改善が見られる(日本、ドイツの一部期間除く)。

しかしながら、エネルギー原単位、CO<sub>2</sub>排出原単位(CO<sub>2</sub>/GDP)改善は、GDP成長が大きいとき改善率が高くなる傾向がある。

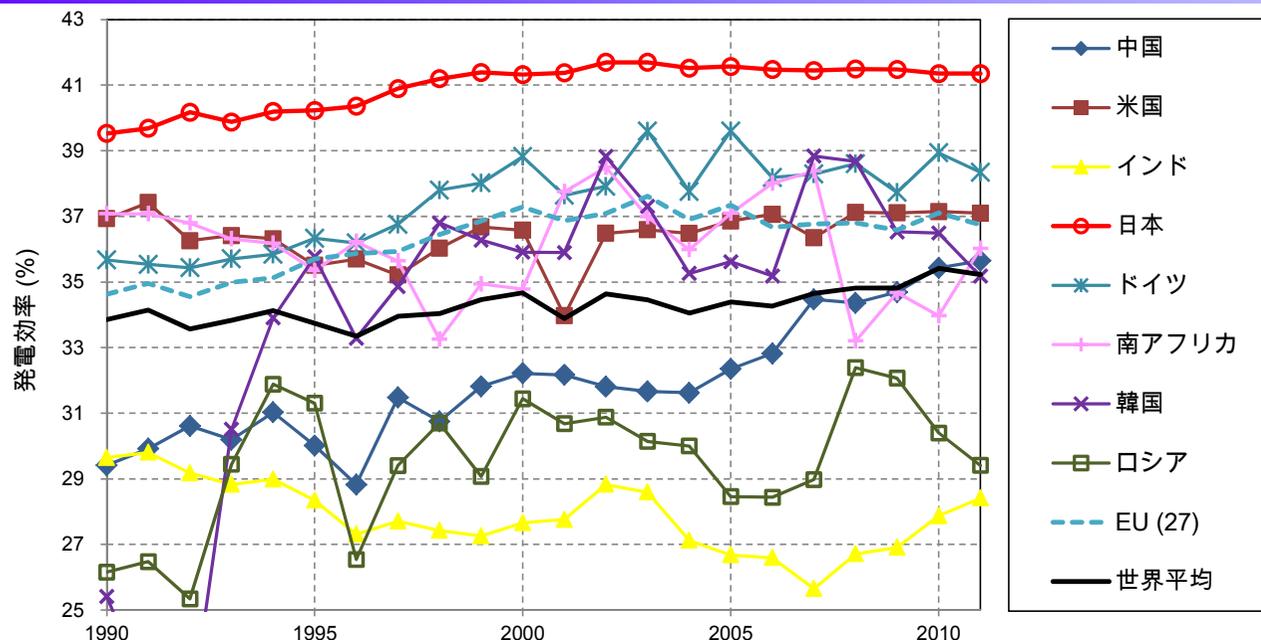


# 経済成長によるエネルギー原単位改善の説明性(R<sup>2</sup>乗値) (1990-2010年)

- 原単位改善(大)、経済成長による説明性(低): 原単位改善も大きく、実態としての温暖化対策も進んだ可能性あり⇒ ルーマニア、ポーランド等
- 原単位改善(小)、経済成長による説明性(低): 原単位改善は小さかったが、温暖化対策がとられてきた可能性あり ⇒ 日本、イタリア、米国、カナダ等
- 京都議定書の枠外にいる原単位改善(中)、経済成長による説明性(中～高): 経済活動量変化の影響が比較的大きかった可能性あり ⇒ ロシア、ウクライナ、英国、ドイツ等

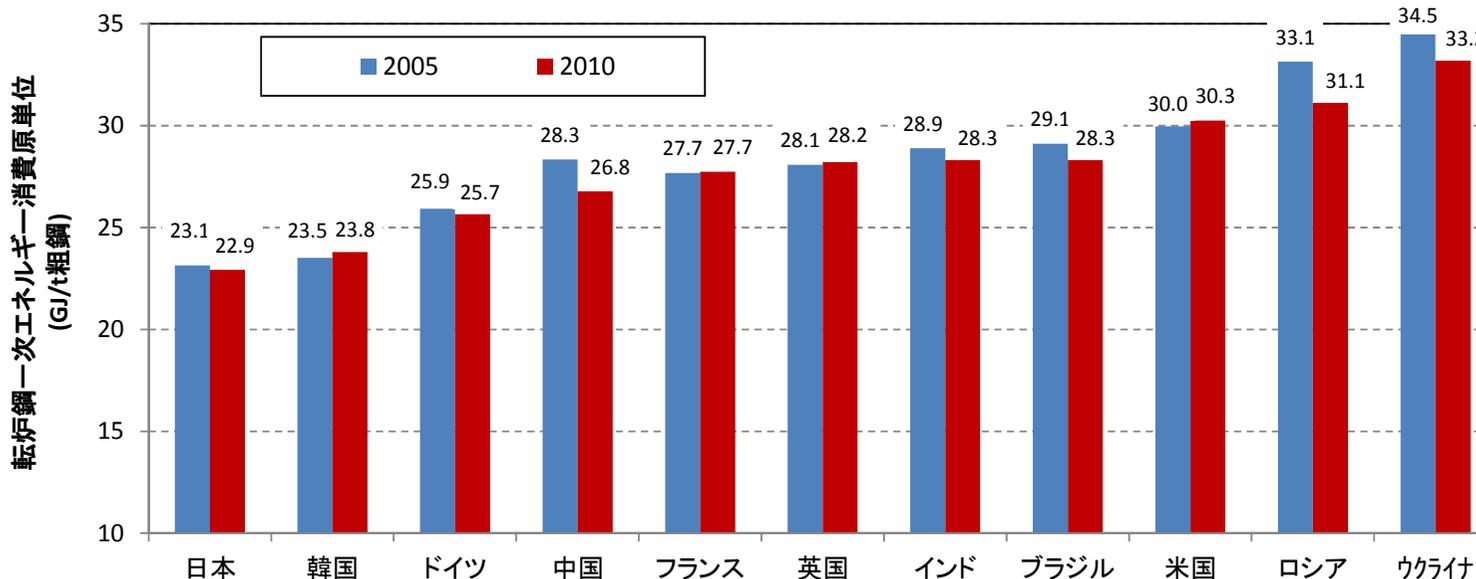


# 主要部門別のエネルギー効率の国際比較 (1/2)



## 石炭発電

部門別に見ると、多くの主要部門において、日本のエネルギー効率が低いことはわかる。



## 鉄鋼 (転炉鋼)

# 主要部門別のエネルギー効率の国際比較 (2/2)

## セメント

注) 地域・時点により「代替燃料」の含水率は大きく異なる。代替原燃料の乾燥処理や細かく裁断するために、追加のエネルギーが必要となる。日本の原単位の増加は代替燃料を増やしたことが主要因と考えられる。

出典) WBCSD/CSIなどを基にRITE仮試算

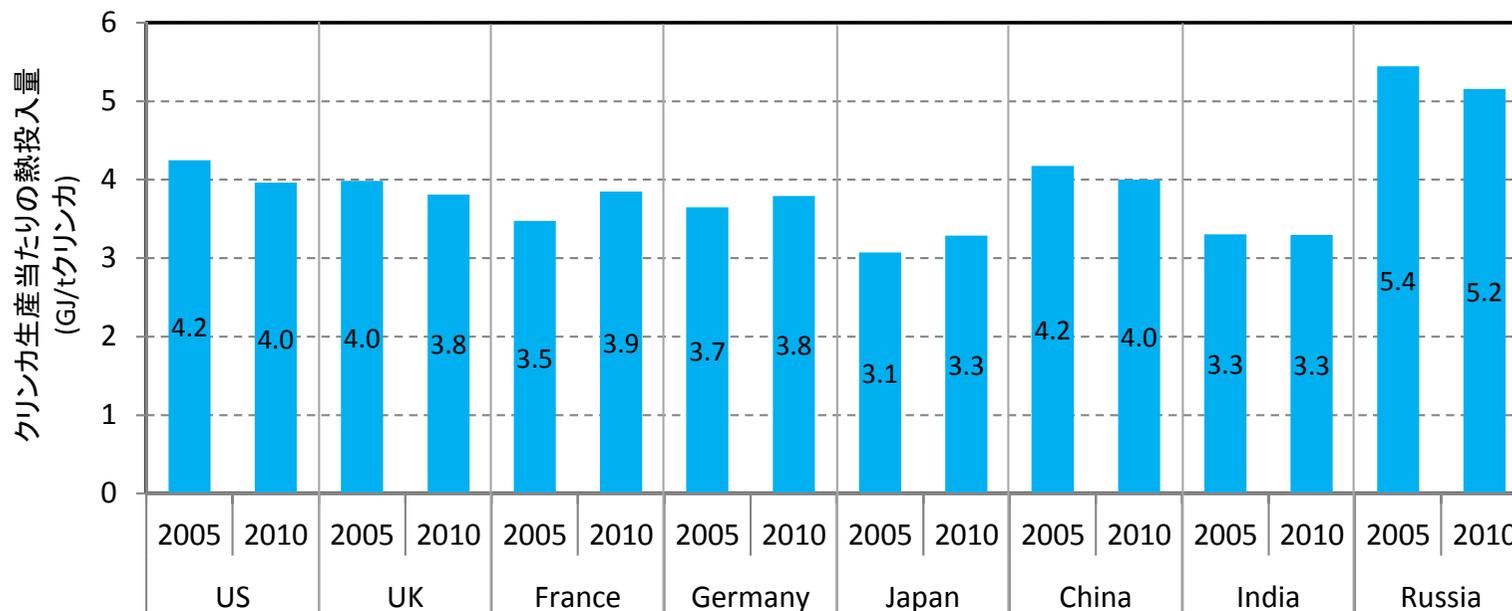
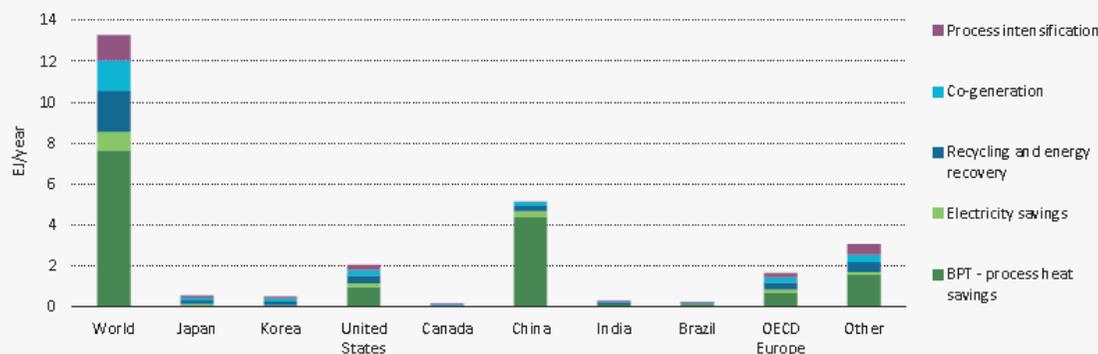


Figure 12.15

Current energy savings potential for chemicals and petrochemicals, based on best practice technologies



### Key point

The chemical and petrochemical sector holds the potential for more than 13 EJ in energy savings.

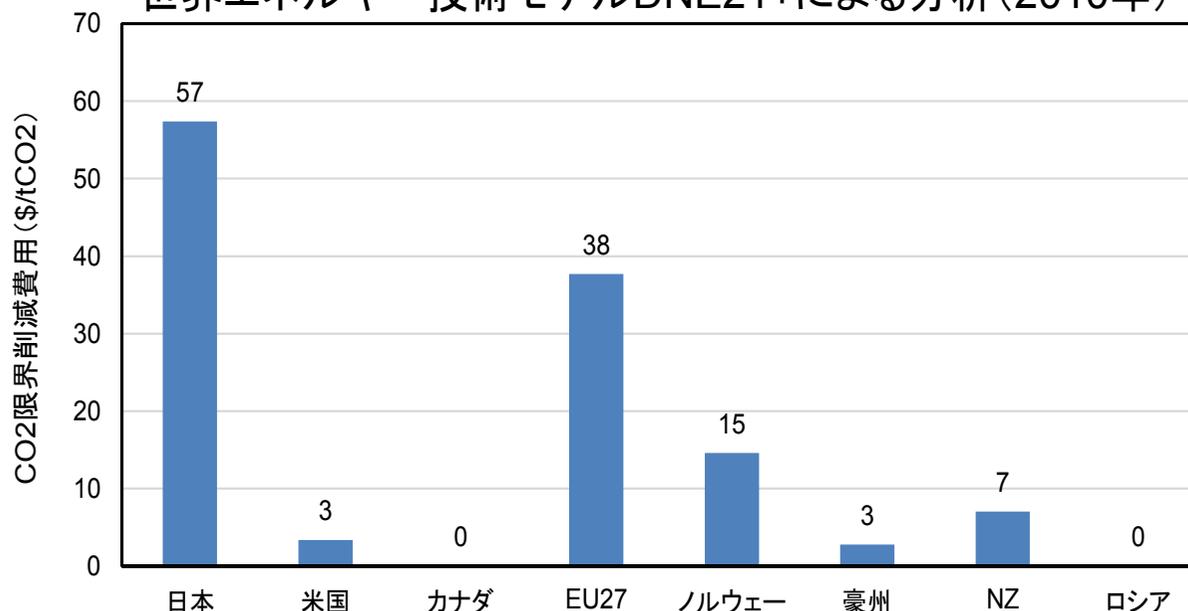
## 化学・石油化学

出典) IEA, ETP2012

# 技術積み上げの世界エネルギーモデルによる 2010年の限界削減費用推計

排出削減努力は、潜在的な経済成長等に伴うベースラインの違い、それ以前に実施した省エネ努力の違い、各国の再エネを含めたエネルギー資源の利用可能性など、様々に影響するので、一つの指標での評価は容易ではない。ただ、その中でも限界削減費用は、削減努力を表す指標として一つの有力な指標と考えられる。2020年時点の附属書I国各国の実績排出量から、限界削減費用を推計

世界エネルギー技術モデルDNE21+による分析(2010年)



注1)ただし、EU27は国別の実績値をモデルの排出上限値として分析。グラフ中の数字は其中最も高い費用の国(ドイツ)の数字を表示。英国17\$/tCO2、フランス16\$/tCO2、イタリア8\$/tCO2等と推計された。

注2)太陽光、風力の導入については、FITなどの制度により費用対効果と大きく異なって導入が行われているため、別途、導入実績量でモデル上制約をおいた上で分析した。よって、これらの限界費用は、グラフの限界削減費用の外にある。

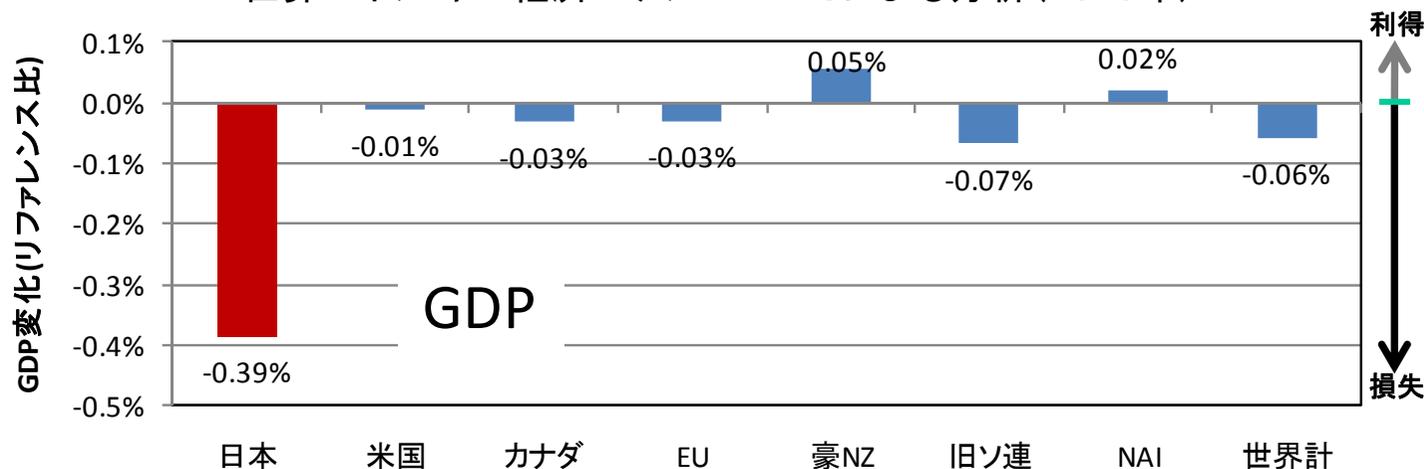
モデルを用いた費用の分析のため、分析結果の不確実性は比較的大きいと考えられるものの、この分析結果からは、自主行動計画を中心とした日本の対策は他国よりも大きな削減努力を有したものと評価できる。

# 経済モデルによる経済全体への影響評価(2010年)

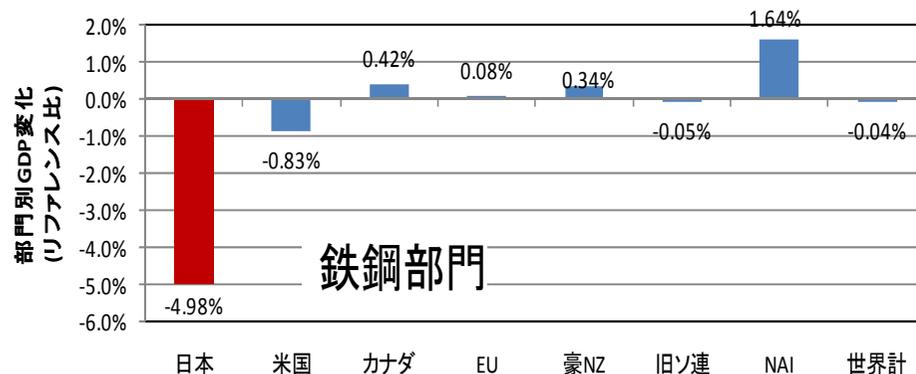
技術モデルで推計した限界削減費用を経済モデルDEARSに外生条件として付与し、経済全体への影響を評価

## (1) GDP

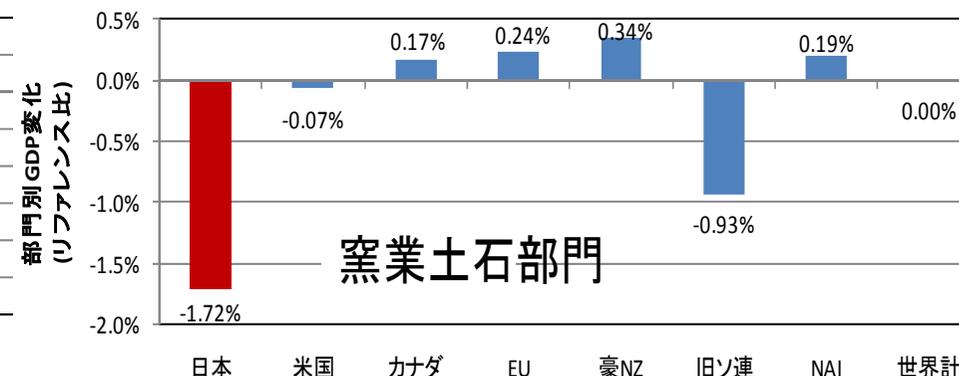
世界エネルギー経済モデルDEARSによる分析(2010年)



## (2) 鉄鋼部門

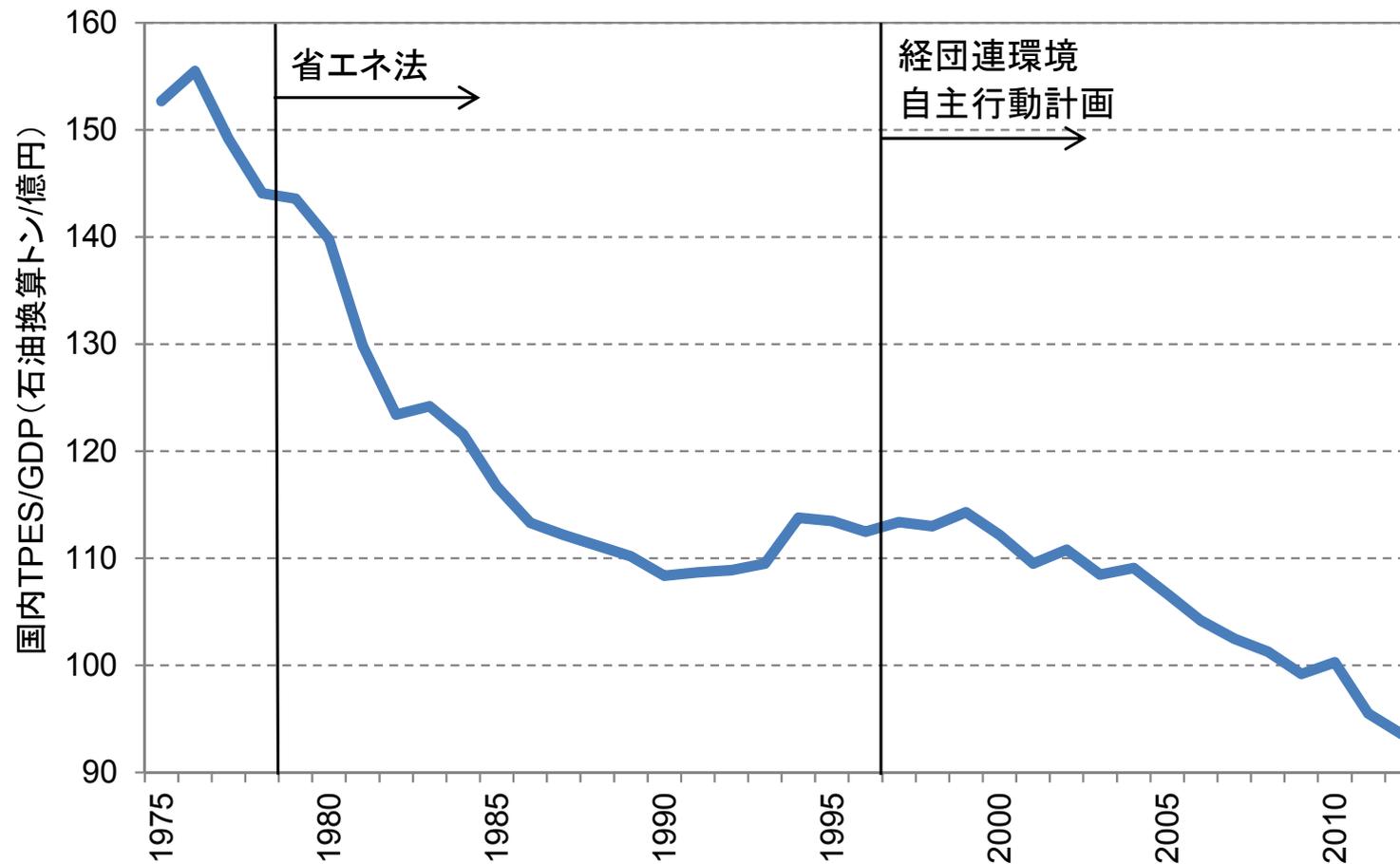


## (3) 窯業土石部門(セメント)



**GDPや部門別付加価値額への影響では、日本はより大きな経済影響が推計される。**  
**なお、国間の経済影響は、消費の減少が他国の生産に影響を及ぼすなど、分析結果は複雑である。**

# 日本のエネルギー原単位の推移



出典)EDMC エネルギー・経済統計要覧 2013年版

経団連環境自主行動計画開始の1997年以前に既に相当なエネルギー原単位改善が進んできた。

# ベースライン比の削減率の分析

エネルギー原単位、CO2排出原単位共に1997年実績値固定と想定し、生産活動量は実績値を利用し、それをベースラインとしたとき(ベースライン=1.0)からの、目標値、実績値

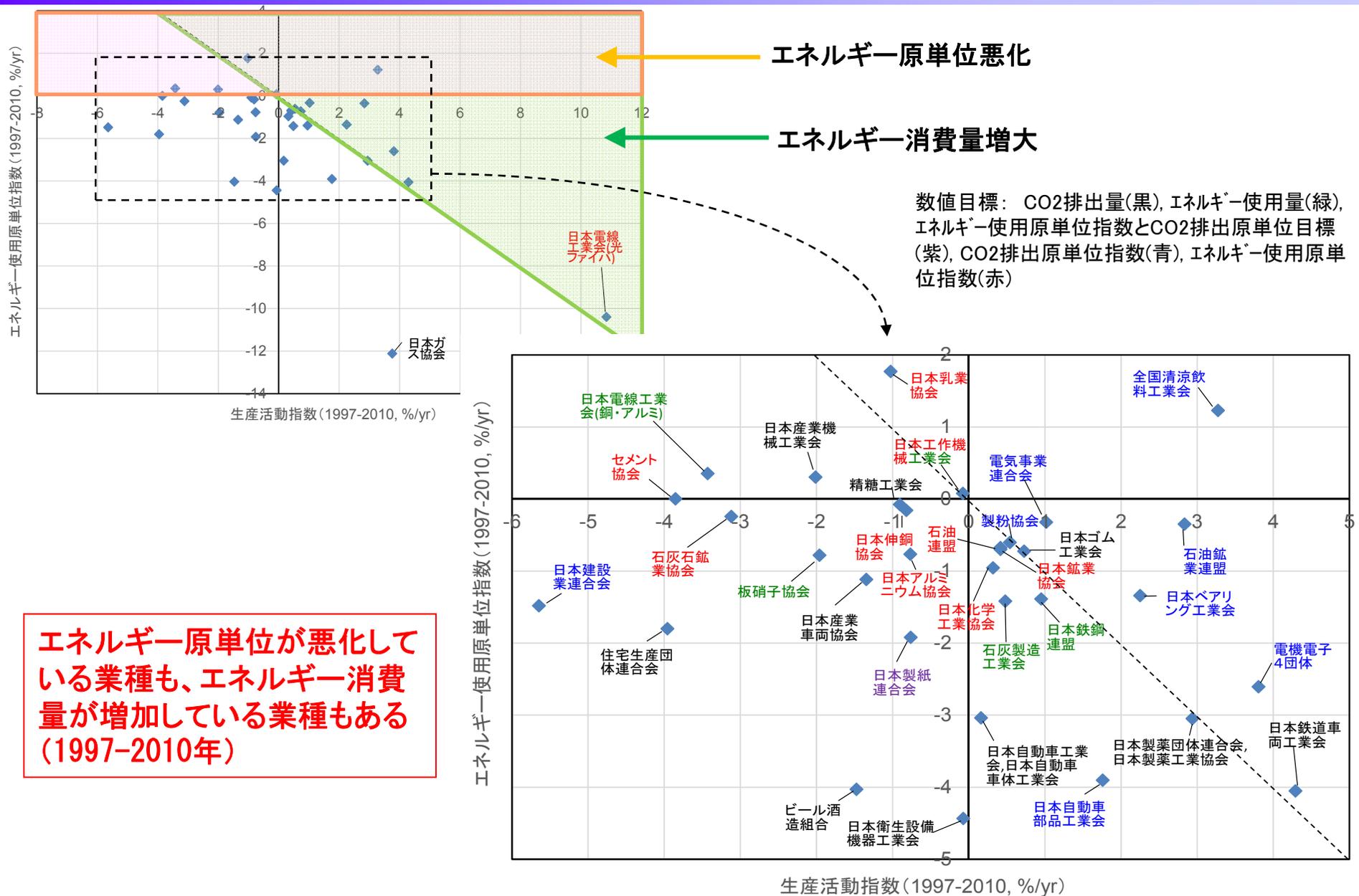
	エネ原単位	エネルギー消費量	CO2原単位	CO2排出量
電気事業連合会	0.96	0.96	[0.91] 1.05(1.04)	1.05(1.04)
日本鉄鋼連盟	0.84	[0.85] 0.84	0.85(0.84)	0.85(0.84)
セメント協会	[1.00] 1.00	1.00	1.03(1.02)	1.03(1.02)
日本化学工業協会	[0.93] 0.90	0.90	0.92(0.90)	0.92(0.90)
日本自動車工業会・日本自動車車体工業会	0.66	0.66	0.72(0.67)	[0.84] 0.72(0.67)
電機電子4団体	0.71	0.71	[0.83] 0.86(0.76)	0.86(0.76)
日本工作機械工業会	[0.94] 1.11	[0.97] 1.11	1.23(1.11)	1.23(1.11)

上段[]内(赤字)は目標値、下段は実績値(クレジットなし)、()内はクレジットあり

- ほぼすべての業種で、目標値はここで定義・推計したベースラインよりも厳しい値となっている。一部の業種の実績値は、ここで定義・推計したベースラインよりも悪化しているものの、大部分はベースラインよりも改善している。
- 必ずしも削減率が高いと見えない業界でも、1997年以前に高いエネルギー効率を達成してしまっており、改善余地が小さいことが原因と考えられることは多いので、この数字の大小だけで判断すべきではない。
- ただし、ベースラインの定義は、特に業種別、企業別などの場合、詳細なコストデータ等が必要であり、現実的には推計困難。ベースラインを明確に定義することが難しいことから、自主行動のような方法が適していると考えられる。

# 日本の自主行動計画の業種別評価(1997-2010年)

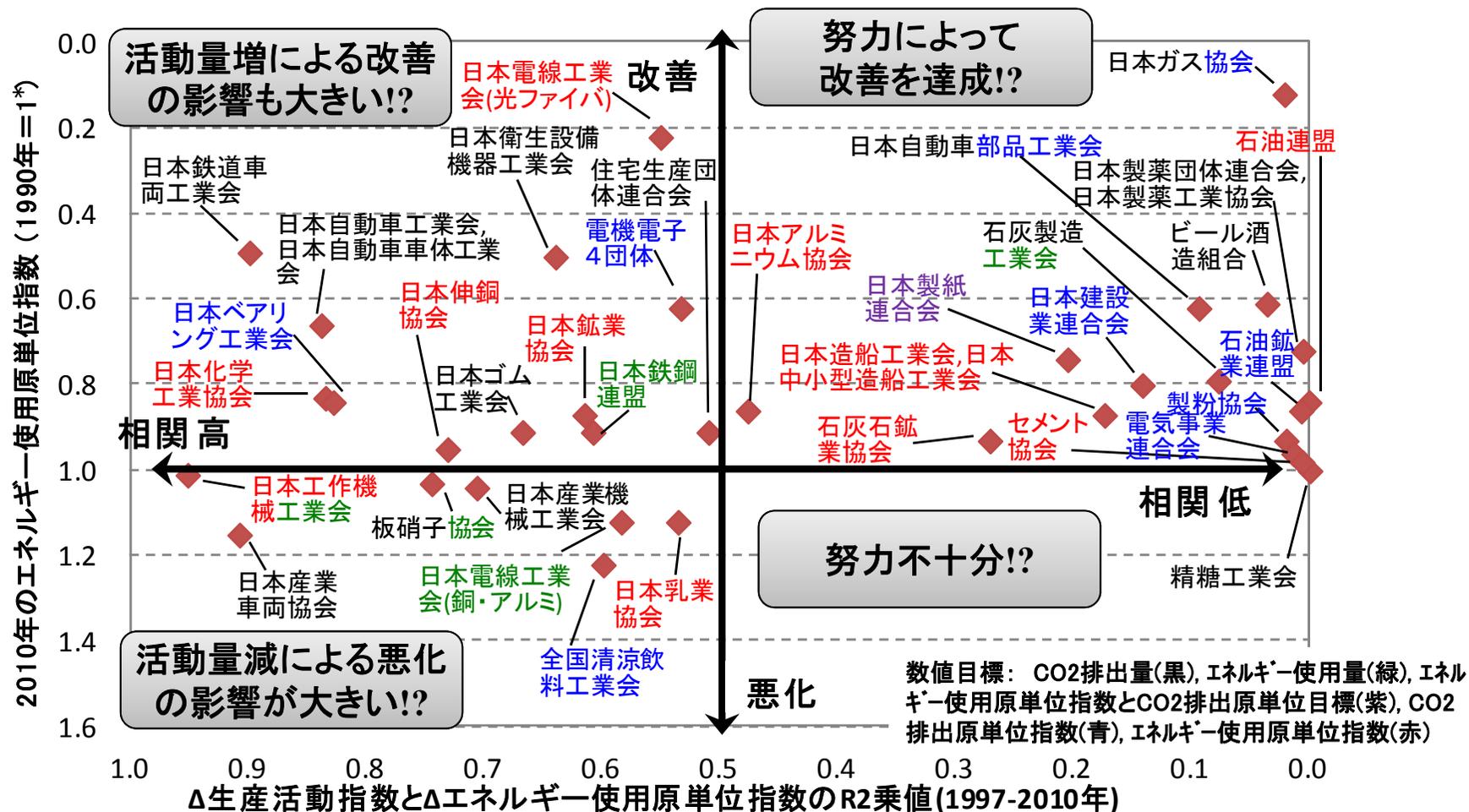
## 生産活動指数の変化とエネルギー使用原単位指数変化



エネルギー原単位が悪化している業種も、エネルギー消費量が増加している業種もある(1997-2010年)

# 日本の自主行動計画の業種別評価(1997-2010年)

## 生産活動指数年変化によるE使用原単位指数変化の説明性 14

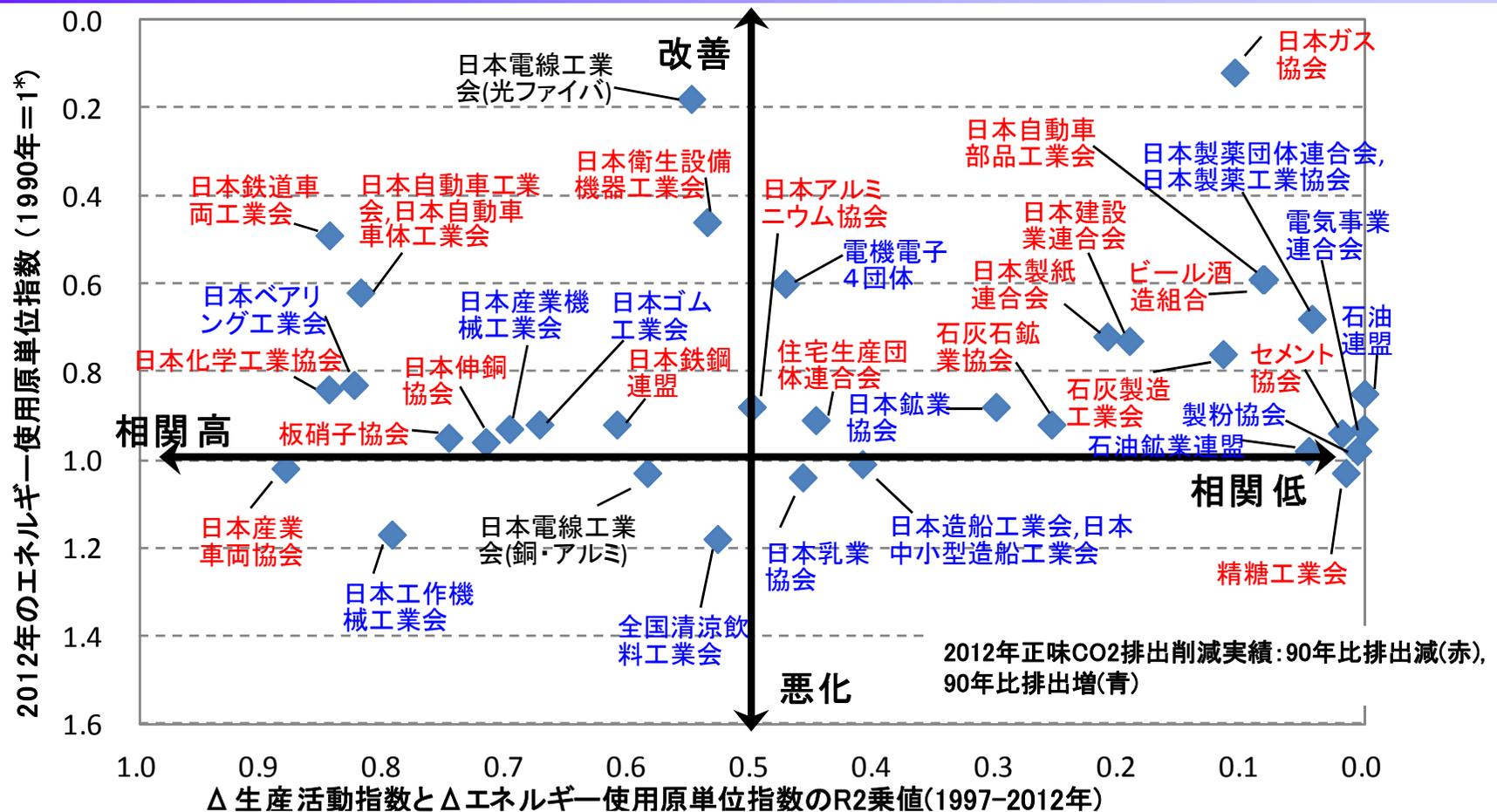


\*: エネルギー使用原単位指数は、日本アルミニウム協会、日本伸銅協会は1995年度、日本産業機械工業会、日本ベアリング工業会、日本工作機械工業会は1997年度、日本乳業協会は2000年度が基準年

- 各業種のグラフ上の位置づけについて、目標の種類(エネルギー使用量、エネルギー原単位目標、CO2排出量目標、CO2原単位目標)の違いによる規則性は確認できない。
- 原単位悪化が経済活動低下での説明性が小さい業種はほとんど見られない。

# 日本の自主行動計画の業種別評価(1997-2012年)

## 生産活動指数年変化によるE使用原単位指数変化の説明性 15



-どの象限にも2012年のCO2排出量が増加している業種(青字)が位置しており、排出量の増減のみでは削減努力の評価は困難

-震災は、設備稼働率の低下、自家発電施設の利用増加等の影響をもたらしており、震災後の期間を含めた評価は特に注意が必要と考えられる。

# リーマンショックや震災等による景気後退の影響 (経済産業省41業種)

## 総量目標達成業種の分析結果

	業界名	目標値	実績値	推計値	達成率
1	日本ガス協会	0.26	0.24	0.24	103%
2	日本鉄鋼連盟	0.90	0.893	0.93	70%
3	日本自動車工業会 ・日本自動車車体工業会	0.75	0.60	0.61	156%
4	日本自動車部品工業会	0.93	0.765	0.75	357%
5	石灰製造工業会(エネルギー)	0.90	0.718	0.82	180%
	(CO2)	0.90	0.691	0.78	220%
6	日本ゴム工業会	0.90	0.70	0.77	230%
7	板硝子協会(エネルギー)	0.79	0.62	0.67	157%
	(CO2)	0.78	0.63	0.66	155%
8	日本電線工業会(銅・アルミ)	0.71	0.62	0.64	124%
9	日本産業機械工業会	0.878	0.856	1.03	-25%
10	日本衛生設備機器工業会	0.75	0.497	0.53	188%
11	日本産業車両協会	0.90	0.766	0.85	150%
	日本染色協会(エネルギー)	0.45	0.391	0.40	109%
12	(CO2)	0.38	0.337	0.34	106%
	日本ガラスびん協会(エネルギー)	0.70	0.585	0.57	143%
13	(CO2)	0.60	0.466	0.45	138%
	日本貿易会	0.59	0.53	0.53	115%

## 原単位目標未達成業種の分析結果

	業界名	目標値	実績値	推計値	達成率
1	日本伸銅協会	0.9095	1.0081	0.88	133%
2	日本工作機械工業会	0.94	0.99	0.73	450%
3	日本フランチャイズチェーン協会	0.77	0.782	0.75	109%
4	石灰石鉱業協会	0.90	0.921	0.84	160%

注1)

電力CO2排出原単位を電気事業連合会の目標水準に固定するため、同団体は分析対象から除外。

注2)

推計値は、1990-2006年度平均の生産活動量の変化率を用いて2006年以降の生産活動量を外挿し、生産活動量の変化に対するエネルギー原単位の変化も考慮した。ただし、基準年が1990年よりも新しい年に設定されている業種については基準年以降の生産活動量の変化率を利用している。

また、震災によるCO2排出原単位への影響を除去するため、2008-2012年の電力CO2排出原単位は電気事業連合会の目標達成ケースである3.05t-CO2/万kWhに固定した。

注3)

目標達成率は基準年比からの削減率を過不足なく達成した場合が100%となるように、次式で推計

$$\text{達成率} = \frac{1 - \text{景気後退影響補正推計値}}{1 - \text{目標値}}$$

- 総量目標を達成した14業種のうち12業種は、リーマンショックや震災等による生産活動量の減少がない場合でも目標を達成した可能性があり。
- 生産活動量の減少による原単位の悪化がなかった場合、原単位目標を未達成の4業種のうち全業種が目標を達成していた可能性があり。

# 自主行動計画と東京都排出取引制度の比較

比較項目	自主行動 (不動産協会)	東京都制度 (事務所)
主な目標	床面積あたり エネ消費量	基準比CO2排出 -8%/-6%
対象	エネ原単位	エネルギー起源 CO2
制度期間	1997-2012	第一:2010-2014 第二:2015-2019
2010→2011 の変化率	(エネ原単位) -11.0%	(CO2排出) -11.5%
目標遵守 期間	各年	5年間
対象単位	業界団体	事業者 (EUETSは設備)
クレジット	京メカクレジット 利用可	国内クレジット のみ

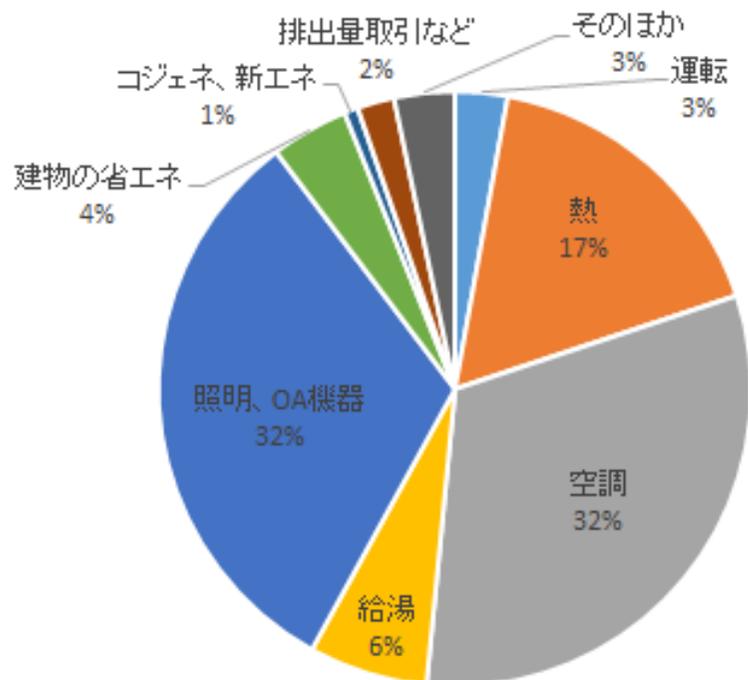
東京都排出量取引制度(規制的、経済的手法)との比較を通して、自主行動計画の位置づけを評価

ただし、

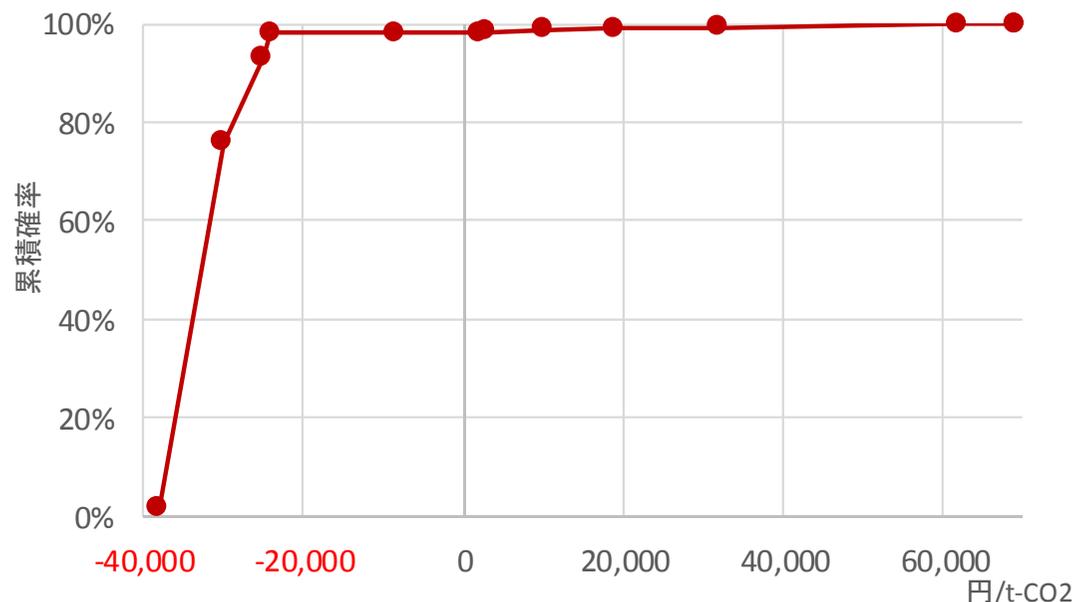
- 自主行動計画はエネルギー集約産業が多く関与しているが、東京都制度は大規模ビルなどが中心
  - 利用可能、比較可能なデータに制約あり
- 業務部門の対策について比較
- 両者でアプローチに大きな違いがあるものの、実際に実施された対策メニューを比較すると(次頁参照)、クレジットの利用も含め、両者ほぼ同等。

# 東京都排出取引制度の特徴

東京都制度(事務所)における  
対策の種類



対策コスト別の累積実施件数分布



注) 対策コストの推計には大きな幅があるが、ここでは、基本的に「民生部門の低炭素化に係る対策コストと間接的便益(NEB)を考慮した費用対便益(B/C)の評価」(2009年)による対策オプション毎の対策コストを用いた。不足する情報を西尾ほか(2011年)による「業務部門における省エネルギー対策の費用対効果と阻害要因」や東京都環境局(2013年)「総量削減義務と排出量取引制度取引価格の査定結果について」で補った。

- 東京都制度の対策は安価な対策がほとんどで、0円以下の対策が全体の98.1%。排出量取引制度だからといって、厳しい対策がとられているとは言えない。
- 省エネ障壁を除去するため、きめ細かな行政対応。そのため行政側も事業者側も別途相当なコスト負担がある。
- 排出取引は活発化しておらず、クレジットの購入目的のほとんどはCSR的なグリーン電力証書の購入

## 事例1. 共同火力におけるコンバインドサイクルへの更新

- 将来の鉄鋼需要見通しに若干の不確実性がある中、既存の汽力発電設備を「コンバインドサイクル」へリプレースする事例が観察される。
- 運転の柔軟性が高い汽力発電設備へ更新する場合と比較し、「コンバインドサイクル」への投資は**2700円/tCO<sub>2</sub>**程度の負担。（これは投資回収年数を5年と見なした場合。）

## 事例2. コークス炉への廃プラ投入

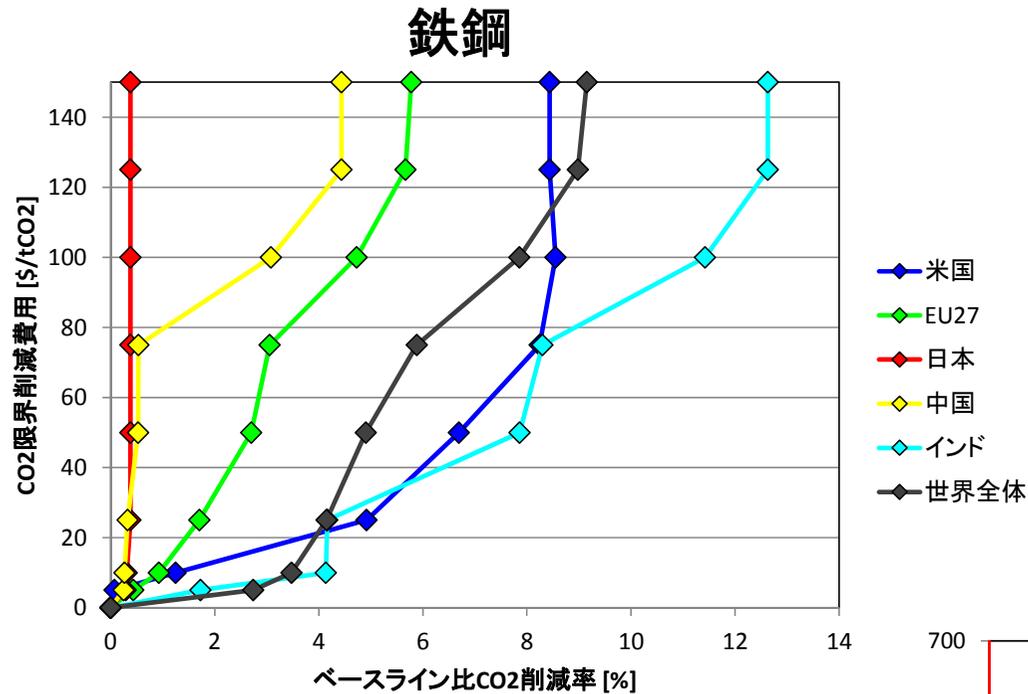
- 廃プラの利用はCO<sub>2</sub>削減のための数少ない選択肢の一つであり、2000年あたりから急拡大。
- ただし2008年に廃プラ投入設備への投資を行った場合、**13000円/tCO<sub>2</sub>**程度の負担。（同じく投資回収年数を5年と見なした場合。）
- 実際には2005年以降、廃プラ投入設備への投資を回避する傾向にある。

自主行動計画の下、ある一定の負担を厭わずCO<sub>2</sub>削減のため努力してきている。その一方、費用対効果に劣る投資は回避する合理的な意思決定がなされている可能性が示唆される。

- ◆ 各国、各業種は様々な環境下にあり、まして自主行動計画の下で、CO2排出削減努力が十分なされたか否かを評価することは、簡単ではない。本調査研究では、様々なアプローチを総合的に実施することによって、その評価を行った。
- ◆ 国際的な比較からの日本の取り組みについての分析、評価からは、GDP当たりのエネルギー効率は日本は大変高いものの、必ずしも世界一ではない(産業構造の違いや為替換算の影響あり)。また、京都議定書基準年の1990年から第1約束期間に至る期間の改善率も必ずしも良いわけではない(それ以前の改善が大きかったことや製造業を維持していることなどから)。しかし、エネルギー原単位改善が、高い経済成長によって説明できるような国も見られ、エネルギー原単位等の改善率の大小で削減努力の優劣は評価できない。主要部門別の原単位の国際比較や、モデルを用いた限界削減費用やGDP損失の推計とも合わせて評価すると、日本の排出削減努力は相当に高かったと推察できる。
- ◆ 自主行動計画参加企業の業種別の実績に基づく分析からは、この間、いくつかの業種ではエネルギー原単位が悪化したり、エネルギー消費量が増大したりしたものもある。しかしながら、経済活動量との説明性の分析からは、それらについてもほぼすべての業種が、経済活動量悪化と連動する形で、原単位悪化が起こった可能性が高いと推察された。また、自主行動計画の具体的な対策でも、相応の削減費用を要する対策も実施されており、自主行動計画の下でも排出削減対策がしっかりと進められたと言える。

# 付録

# 技術積み上げモデルによる 2010年の限界削減費用推計（主要部門）



高いエネルギー効率を実現している日本の鉄鋼、セメントの限界削減費用は高く、削減余地は小さい。

電力排出原単位は各国の2010年実績を用いた場合

