

# 既存技術普及によるCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

～ 将来枠組み検討への応用の可能性～



日本エネルギー経済研究所 第13回研究報告・討論会  
2005年10月27日(木)

地球環境ユニット研究員 田中加奈子

# 背景

- 京都議定書が今年2月に発効
- 議定書の問題点をふまえ、第一約束期間後の枠組みのあり方に関する検討が各所で開始
- 2013年以降の枠組みについては、2005年末(COP11)までに検討を開始
- 米は京都議定書からの脱退、途上国に対する具体的な排出量目標が設定されていないなど、議定書の実効性に対する問題意識あり
- 検討動向の内容について理解・分析を行うと同時に、具体的な枠組みのあり方についての提言を行う必要

# 目的

経済事情、政治・社会的構造、産業・技術力、資源賦存量、地理的特性の相違

国際交渉の場では利害が対立し、公平な取り決めを実現することが困難。将来枠組みの検討も容易でない可能性も。

各国間の事情を配慮しつつ将来枠組みの議論を前進させていくために、多種多様な情報がより正確に把握され、公平な取り決めのために活用される必要あり。

- 国際的により広い参加が見込まれ、かつ衡平性が保たれるような枠組みの構築に必要な評価指標について検討
- 指標に関しては、エネルギー消費技術に着目し、各国毎のデータの収集・分析を行い、国内における将来枠組みの検討に際して有用な情報の提供

# UNFCCCにおける将来枠組みの議論 と主要な国・地域の動き

- 2004年12月のCOP10において、将来に関する議論の開始タイミングについて紛糾
- 非公式なセミナーを2005年5月SB会合に先駆けて開催
- その前後、各国、各所から公式見解が発表
  - 日本、欧州、米国、ロシア、産業界、国際的組織など
- EUETSの運用開始(2005年1月より)
- G8の決定(2005年7月)
- アジア・太平洋パートナーシップ(2005年7月発表)

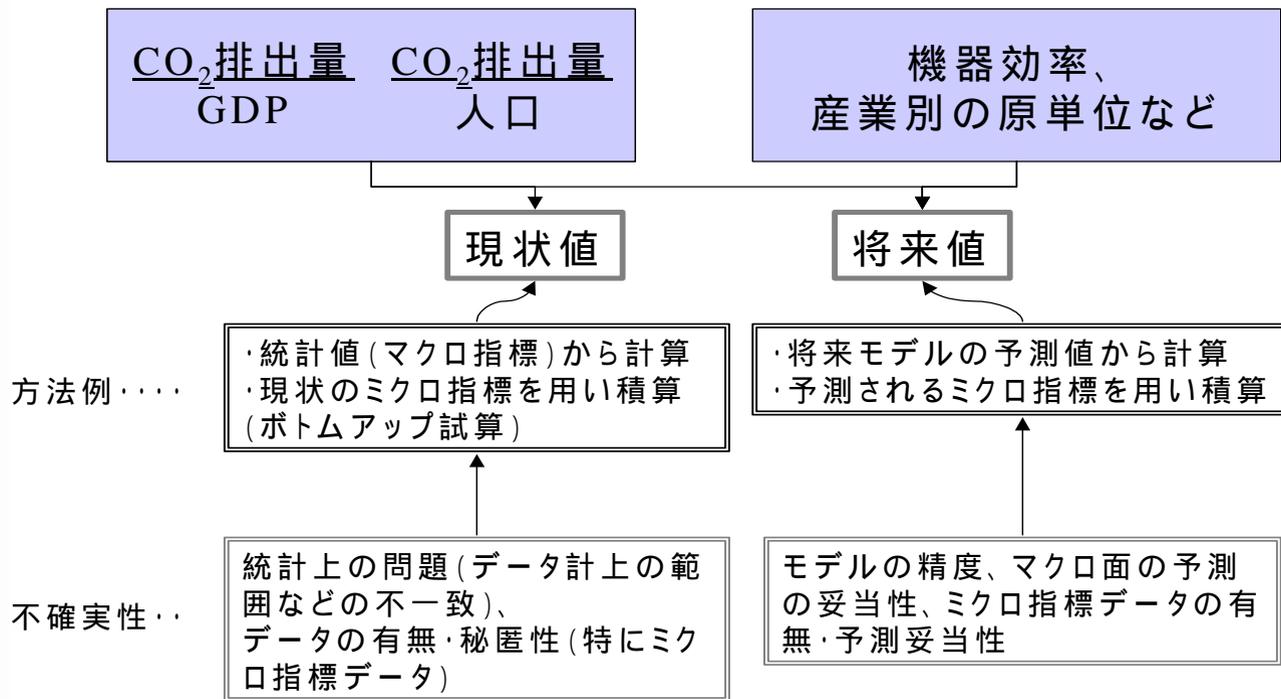
## 将来枠組みに関する検討課題として重要な点

- 途上国及び米国含む主要排出国の幅広い参加
- 実質的な排出抑制につながる取り組み
- 削減費用が低いあるいは負のコストが見込まれるような仕組み
- より限界削減費用が低い地域・部門で費用効率的な削減が可能であること
- 各国の経済事情、政治・社会的構造、産業・技術力、資源賦存量、地理特性等をふまえた上での削減努力を促すもの
- 国際交渉の場での利害の対立よりも、協調し、相乗効果（開発政策であったり、産業振興であったり、Win-Winの効果）を見込めるもの

# 指標イメージ

UNFCCCなどにおける  
国際交渉を視野に入れた指標

国内国際規模の企業・産業間自  
主協定など視野に入れた指標



- 各指標の現状値、将来予測値とも、具体的な値の算出にデータの収集方法は対象によって様々
- 不確実性は各所に存在

# 望まれる指標

— 効率的な技術を利用した場合の削減ポテンシャルに関する指標として、目指すべき点 -

気候変動枠組条約の将来取り決めに向けて

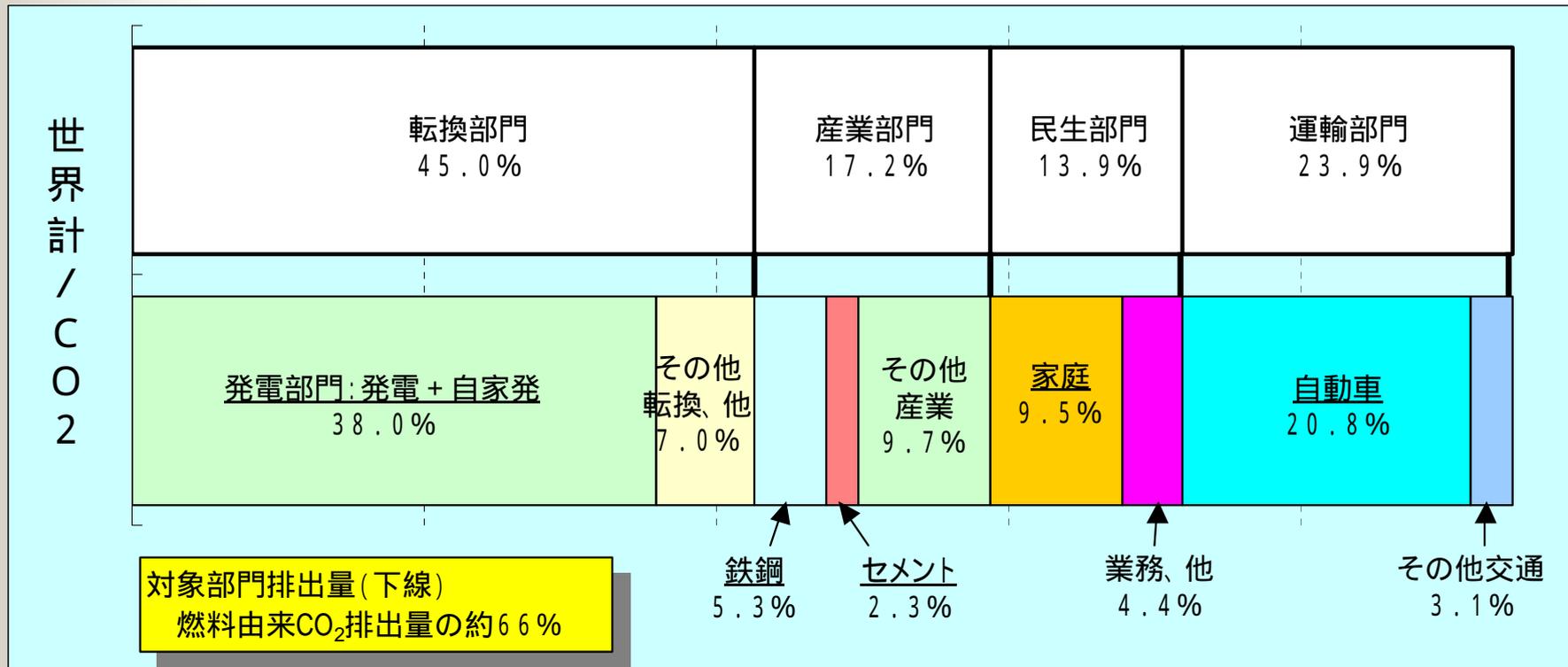
- 公平で実効性のある内容
- 日本の国益に通じる国際交渉
- 温暖化対策関連技術の途上国への移転、関連する資金援助、能力育成などに貢献できるような、
- バックグラウンドとなる定量的検討結果
- 汎用性のある温暖化対策技術の指標化手法
  - 各種の前提条件の変化、対象とする温暖化技術の変更、あるいは検討する時間枠の変化がある場合に柔軟に対応できるもの
  - 国や地域などでの評価バウンダリーの違いによる影響が定量的に把握しやすい、あるいは考慮に入れた評価が可能となるもの

を提供できること

こうした指標化のための方法論確立をめざし、部門・業種ごとに技術を用いたCO<sub>2</sub>削減可能量の定量化を具体的に行い、指標化における問題点を明確化

# セクター別の世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出割合

- 発電、鉄、セメント、自動車、電気機器で世界の6割強



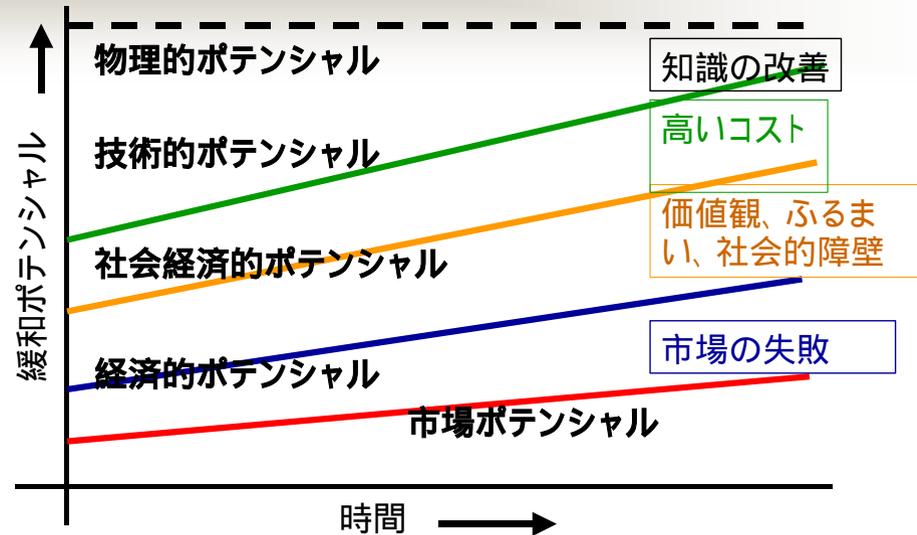
(注) 各部門排出量は直接排出量(電気は全て発電部門にカウント)。熱に関しては各部門の需要に応じて按分している。プロセス由来のCO<sub>2</sub>は含まれておらず、特にセメントは原料由来CO<sub>2</sub>排出量(燃料由来とほぼ同等)が含まれていないことに留意。その他転換には、統計誤差等が含まれる。

(出典) 平成17年産業構造審議会環境部会地球環境小委員会第10回将来枠組み検討専門委員会資料3より  
 (原典) IEA (2004), "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion", IEA(2005), "World Energy Statistics 2005"データより推計  
 (注) 部門毎の排出量は、一次エネルギー供給、ならびに各部門別エネルギー消費量と燃料別CO<sub>2</sub>排出量の実績より適宜推計

# 効率化技術によるCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル評価

- 指標化のための方法論検討
  - 部門・業種別のデータ制約や、そのために生じる各種方法論(マクロ評価、ボトムアップ評価)の限界などに関する課題の整理を行った上で、国際比較するためのより信頼性の高い評価結果を導く評価方法を検討
- 提案方法による具体的な対象技術導入による温室効果ガス排出削減ポテンシャルの計算結果
  - 産業部門(鉄鋼、セメント、紙・パルプ)、発電部門、運輸部門(自家用自動車)、家庭部門(エアコン、冷蔵庫、照明、断熱材)
  - 2020年時点で高効率化技術が導入される場合のCO<sub>2</sub>排出量の年間削減ポテンシャルを計算

# ポテンシャル の定義

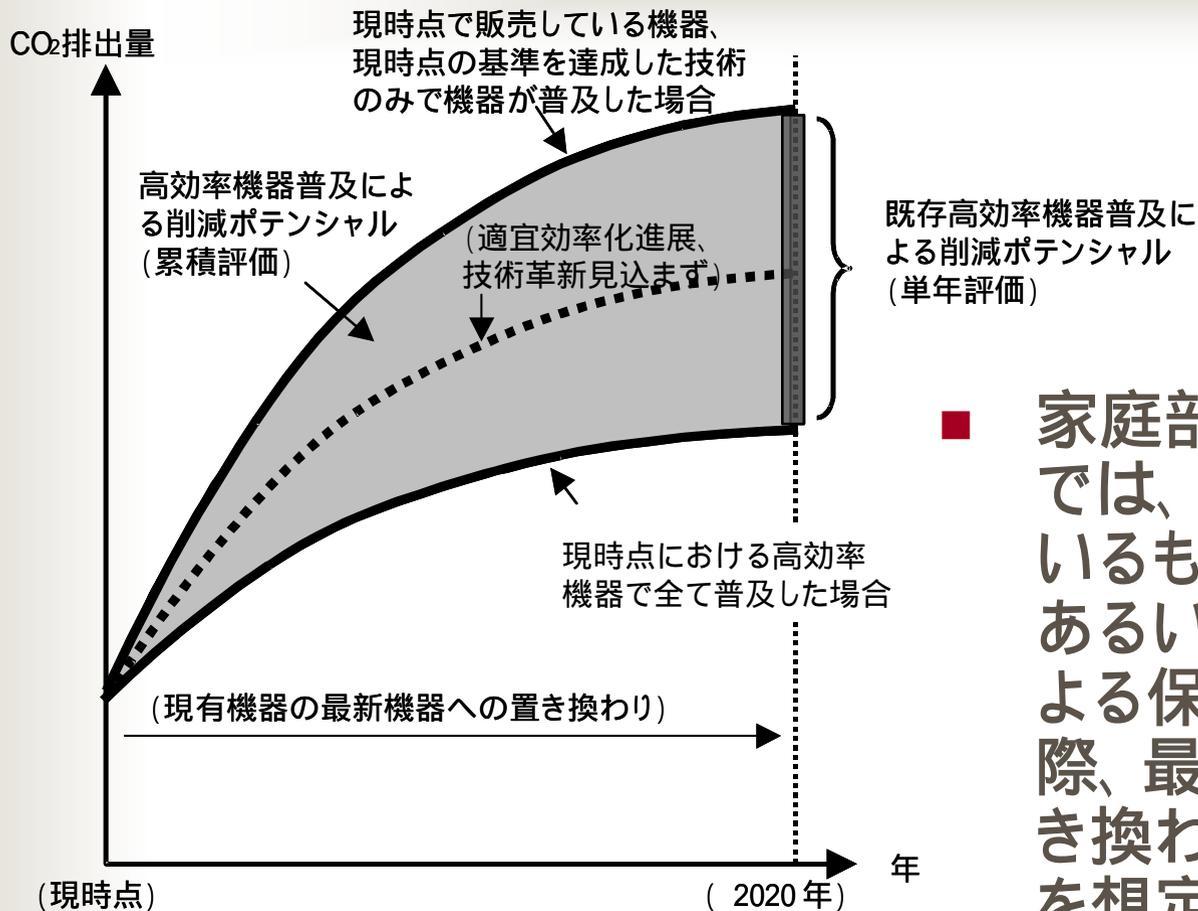


WG3 5章,SPM,SYRの図を簡素化

- 技術的ポテンシャルを試算
  - 社会的、経済的障壁を考慮したポテンシャルではない
- 例えば、
- 各国の社会的要因(規制、経済状況、パブリックアクセプタンスなど)
  - エネルギーの入手可能性の相違(エネルギー源、その価格)
  - 個々の設備の詳細な制約条件(気象、地理条件)
  - 製品需要の相違(産業部門であれば生産工程に影響し、民生部門であれば製品の種類が全く異なる可能性あり)
  - 文化による使い勝手の違い

## 部門、業種による評価方法の違い

- 産業部門では、データ制約の違いから業種ごとに異なる方法
  - 鉄鋼には省エネ可能量に着目した技術別ボトムアップ評価、紙・パルプ産業とセメント産業については、マクロ指標を用いた評価を行った。
- 発電所での効率化は発電設備全体の取替えとなり、そのサイクルはプラント寿命に相当する程度に長期となる。参考として設備の寿命を考慮したケースも試算。



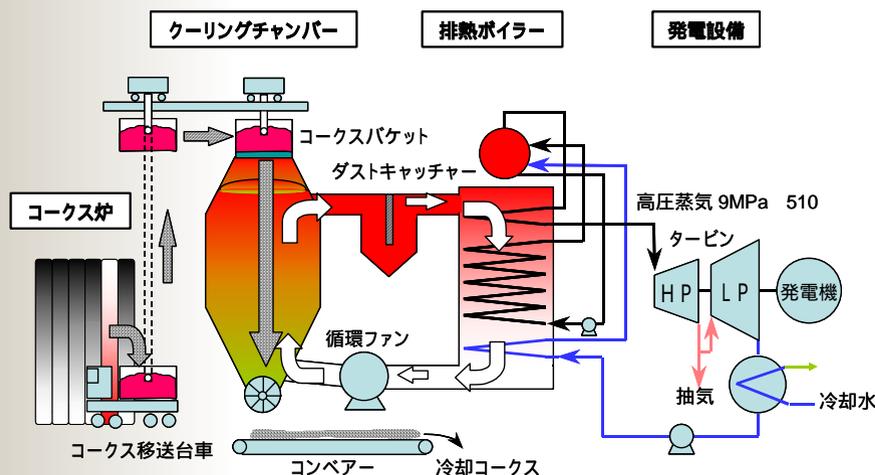
■ 家庭部門、運輸部門  
では、現在所有されて  
いるものの買い替え、  
あるいは新規需要に  
よる保有数の増加の  
際、最新機器への置  
き換わりが生じる場合  
を想定

- 現実的には、現状販売されている機器と最も効率の高い機器の効率との幅の中に、機器の平均効率は収まるものと考えられ、将来的に技術革新等で効率が更に向上されれば、削減ポテンシャルは拡大する

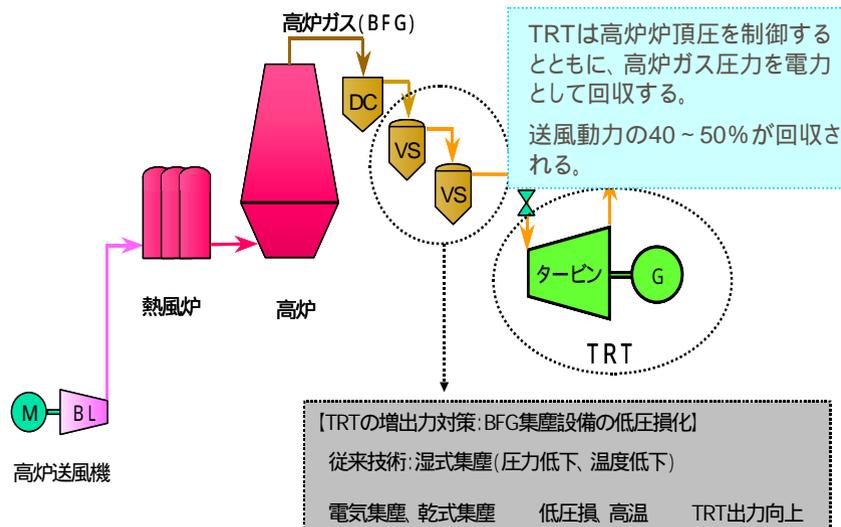
# 鉄鋼業のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル試算

- 高炉炉頂圧発電 (TRT)、コークス乾式消火 (CDQ)、連続鑄造、転炉ガス回収の4つの省エネルギー技術を対象
- それぞれ、工程毎の材料トンあたり150-300Mcalの省エネルギーが可能

## コークス乾式消火 (CDQ)



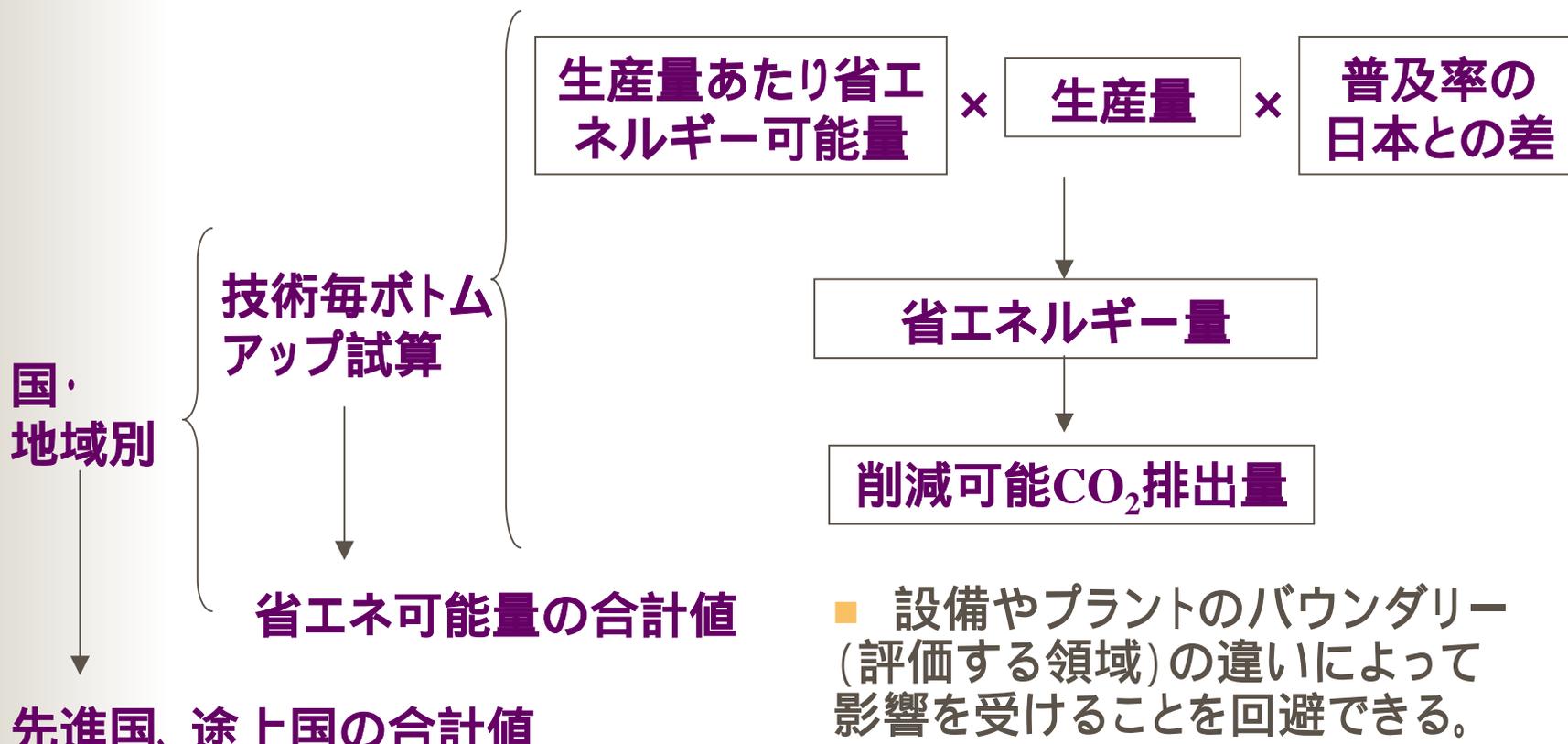
## 高炉炉頂圧発電 (TRT)



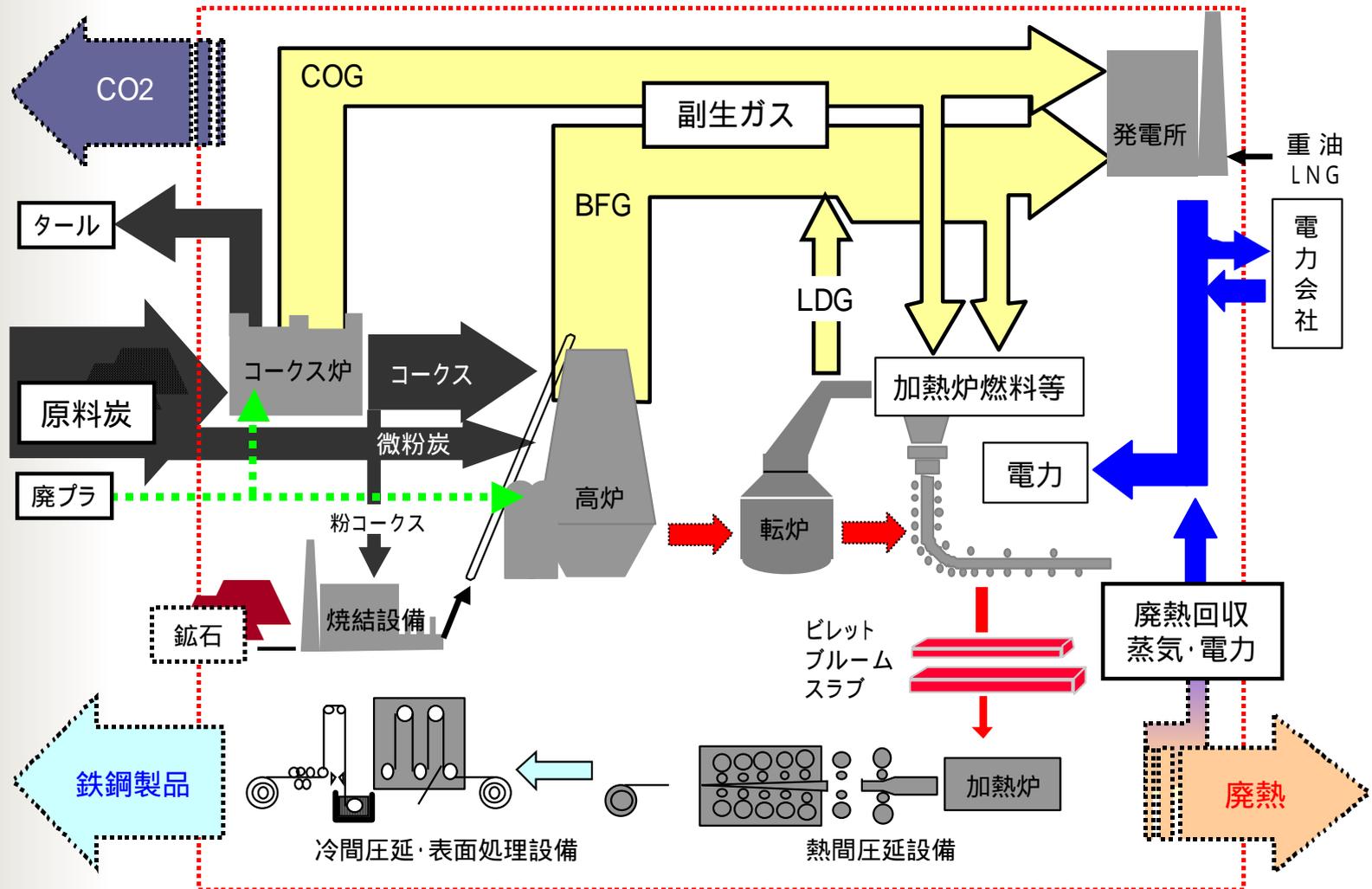
# 鉄鋼：技術ボトムアップアプローチ

## …省エネ原単位を利用

- 主要な省エネルギー可能技術の一部工程に取り入れることで、どの程度の削減が可能かを積み上げて計算 (= 各技術の生産量あたりエネルギー削減可能量と普及率を利用)



# 日本の鉄鋼プロセスにおけるエネルギーフロー

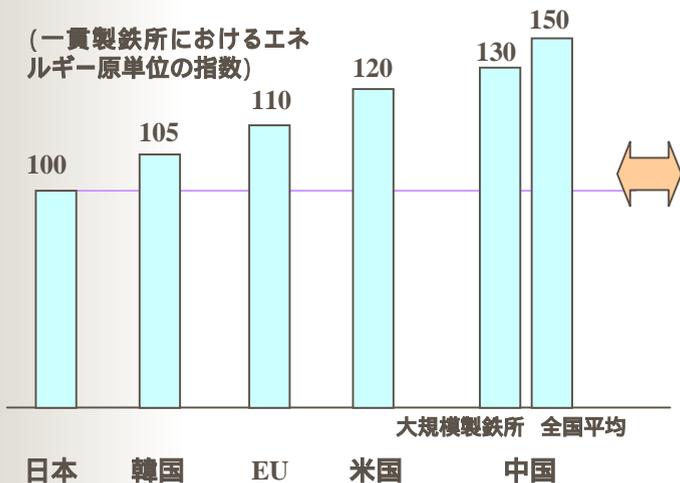


# 評価バウンダリーの違いによる原単位のばらつき

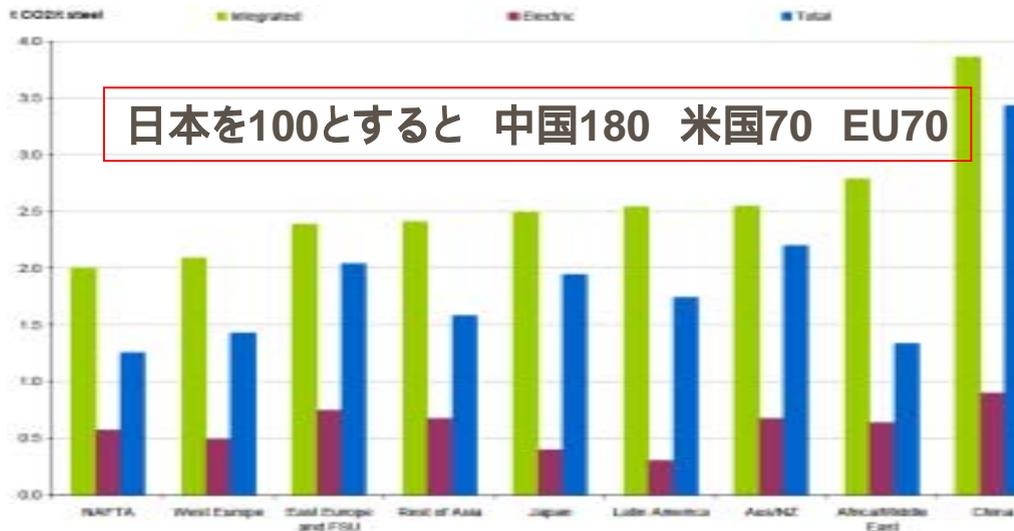
## エネルギー原単位の国際比較

## OECDが採用したMaestradによる推計(1995)

### 日本鉄鋼連盟推計



(原典) 日本鉄鋼連盟資料



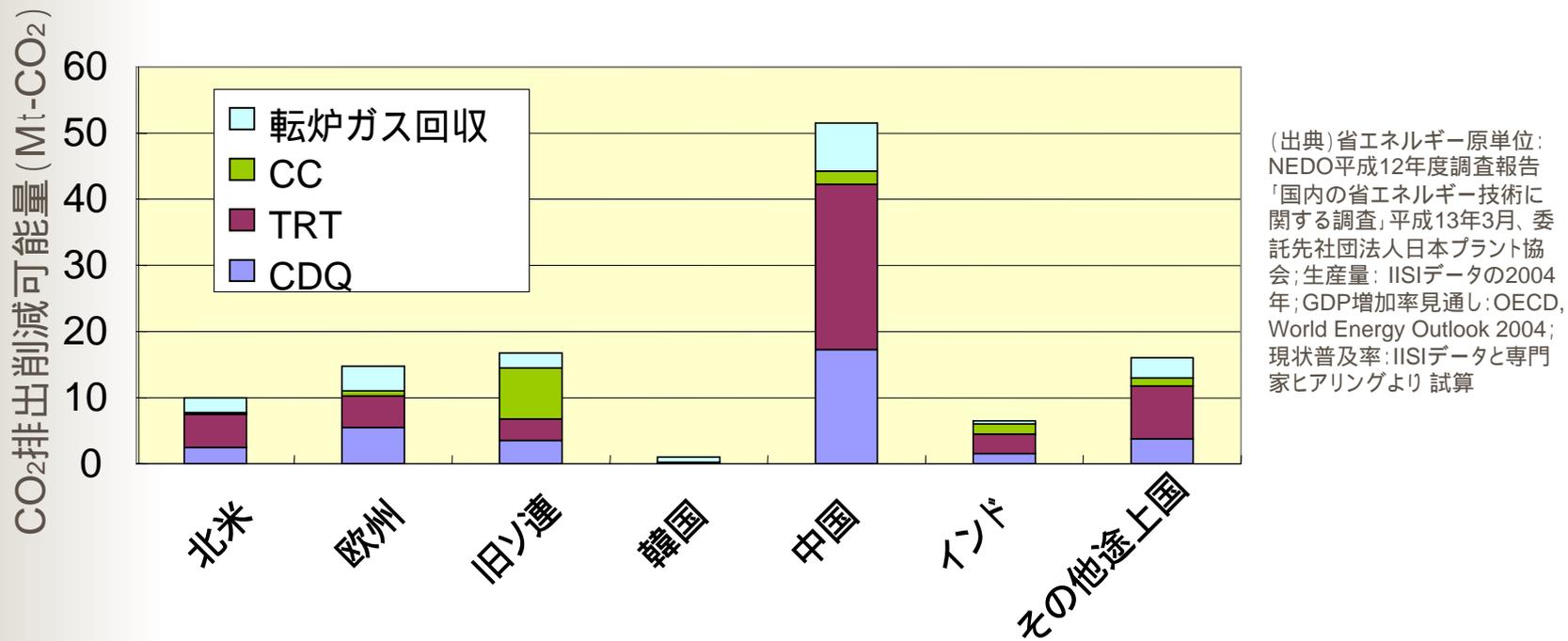
Source: International Iron and Steel Institute (2004) and Maestrad (2000)

(原典) OECD, Round Table on Sustainable Development, "Can Transnational Sectoral Agreements Help Reduce Greenhouse Gas Emissions?"

(出典) 平成17年産業構造審議会環境部会地球環境小委員会第10回将来枠組み検討専門委員会資料6より

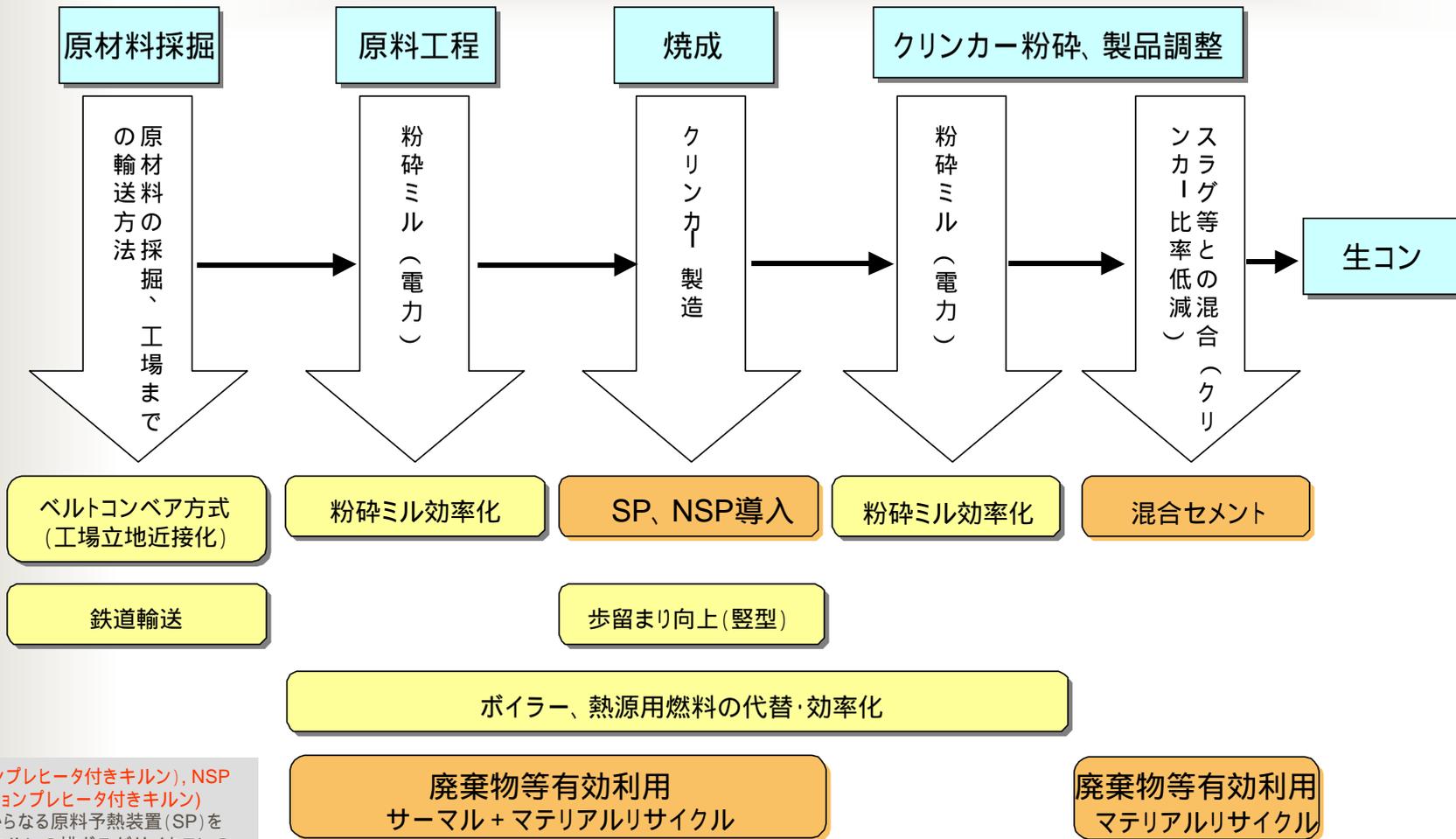
- 出典により、エネルギー消費原単位の推計結果に大きな差がある。
- 電気炉利用比率、燃料の違い
- 企業バウンダリーの違い(コークス炉、発電施設、酸素プラント、圧延設備の有無)
  - 廃熱利用ガスを発電に利用する場合電力利用分が過大評価 排ガス回収による電力消費分は控除すべきであり、国際比較の場合は、評価バウンダリー内の、発電所の有無を確認すること要
- 他業種との熱・製品・廃棄物など授受の違い
- プラントの最終製品の違い(熱間あるいは冷間圧延プロセスを経ず製品とする場合もある)

# BAT技術利用による 鉄鋼業のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(2020年)



- 仮に日本の普及率並みにCDQ、TRT、転炉排熱回収、連続鋳造技術が他国にも導入されれば、評価対象にいたった国で世界規模で年間約1.2億トン-CO<sub>2</sub>の排出量が削減可能(先進国で年0.4億トン-CO<sub>2</sub>、途上国では0.8億トン-CO<sub>2</sub>)
- 今後の生産量増加と現状の低普及率から中国でのポテンシャルが高いと試算され、その量は0.5億トン-CO<sub>2</sub>である。
- 材料トンあたり省エネ可能量で一番大きいのはCDQであるが、今後の普及の進展により、TRTによる効果が大い。

# セメント業のエネルギー消費・CO<sub>2</sub>削減技術

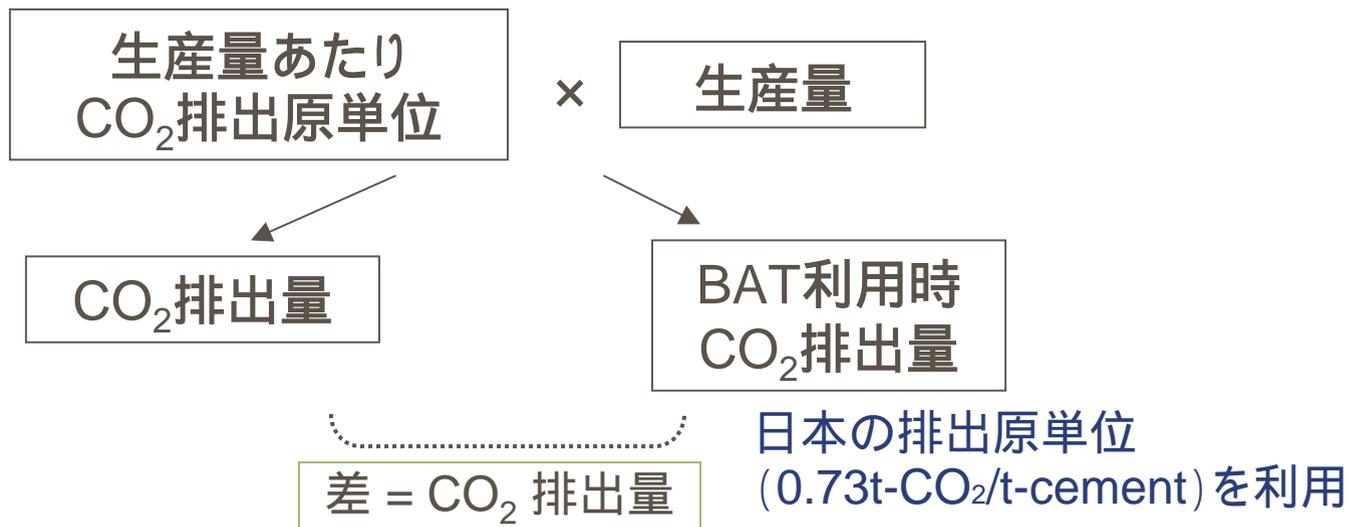


SP (サスペンションプレヒータ付きキルン), NSP (ニューサスペンションプレヒータ付きキルン) を属したキルン。キルンの排ガスがサイクロンの下段から上段に流される一方、原料粉末を上段から投入、各段で熱交換、捕集が繰返され予熱、一部が焼かれてキルンに入る。NSPはSPキルンの熱交換性の良さを生かし、SPとキルンとの間に補助燃焼炉(か焼炉)を設けたもの。その焼能力はSPキルンの約2倍に増大。

(出典) 平成17年産業構造審議会環境部会地球環境小委員会第10回将来枠組み検討専門委員会資料5より

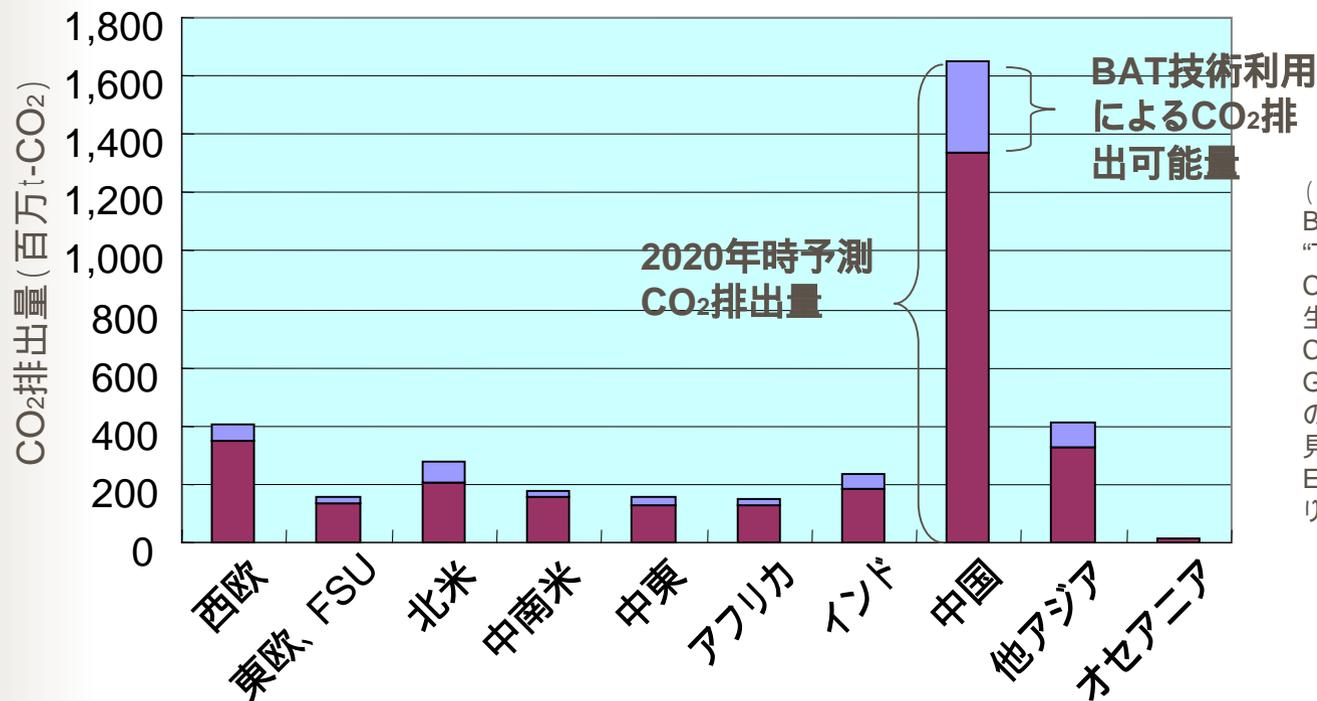
## ■ 代表的技術の世界の普及状況について データ制約あり

# セメント業のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル試算



- 既存資料中 (Battelle/WBCSD、2002) の生産量あたりCO<sub>2</sub>排出原単位を用いた評価
- 報告されたものを用いるため、現状(各国の状況の相違:例 廃棄物の燃料への利用率、混合セメント生産比率、キルン様式など)にあわせた再評価が困難。

# BAT技術利用による セメント業のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(2020年)



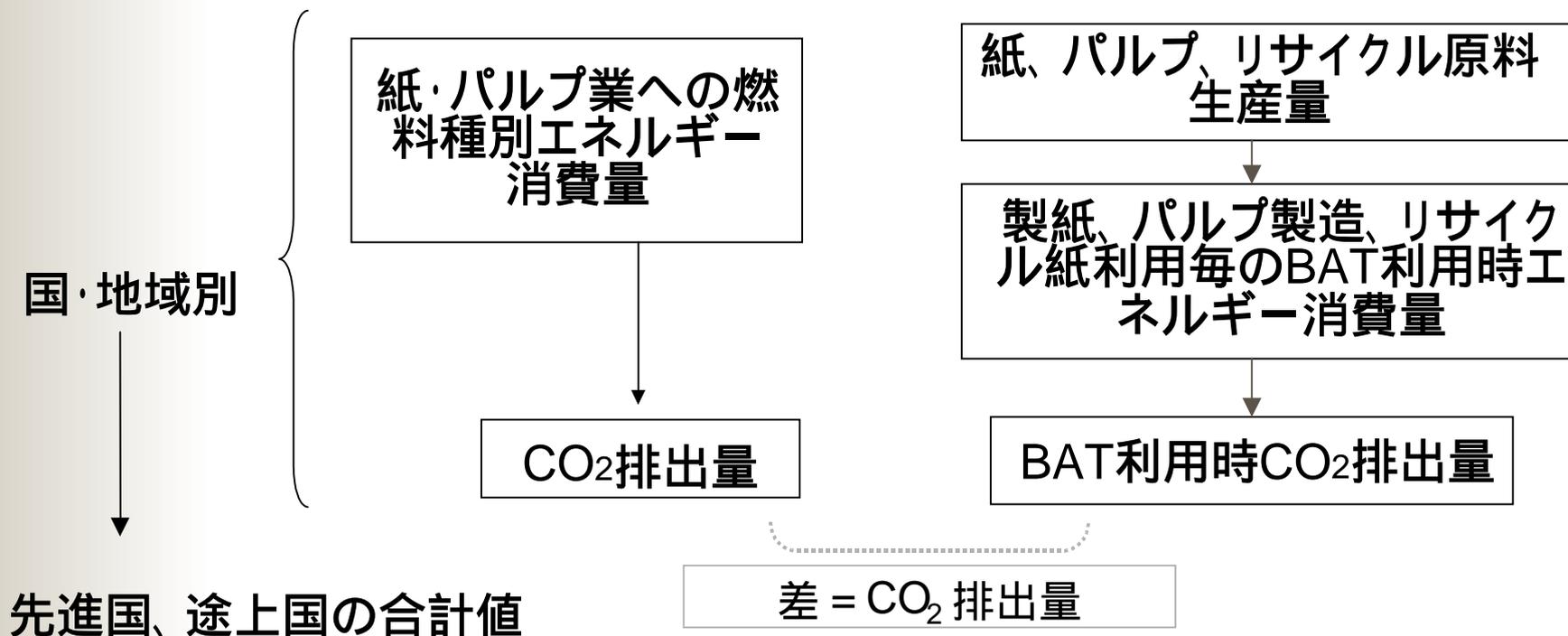
(出典) 排出原単位:  
Battelle/WBCSD  
"Toward a Sustainable  
Cement Industry", 2002;  
生産量: International  
Cement Review, The  
Global Cement Report  
の2004年; GDP増加率  
見通し: OECD, World  
Energy Outlook 2004, よ  
り

- 先進国で年1.7億トン-CO<sub>2</sub>、途上国では5.1億トン-CO<sub>2</sub>の削減。16%の削減となる。
- 生産量の大きい中国では削減量は3億トン-CO<sub>2</sub>であり、世界の排出削減可能量の5割を占める

# 紙・パルプ業の CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル試算

- 設備や適用される省エネルギー技術が多様で、現状の省エネルギー技術に関する普及率データの絞り込み・収集が難しく、技術のボトムアップ評価は困難
- 各国の紙・パルプ産業へのエネルギー投入量と生産量から各国のエネルギー利用原単位を求め、日本の原単位並に各国の原単位が下がった場合を想定

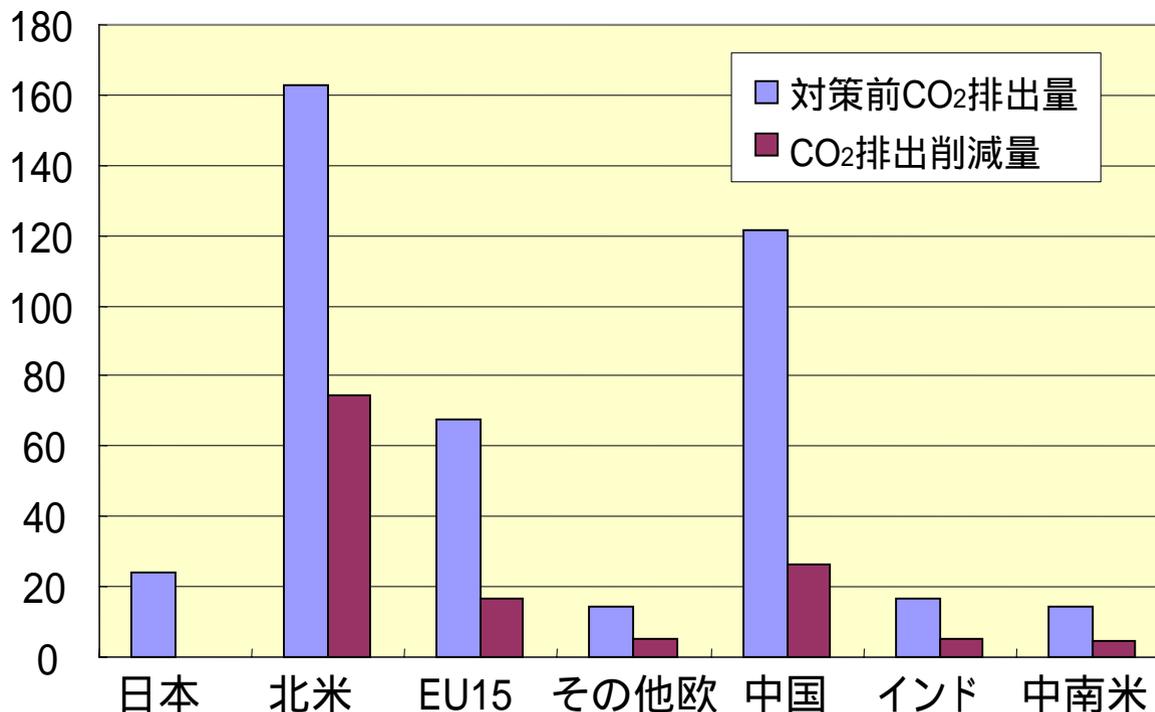
# 紙・パルプ:エネルギー消費量を利用



- 製紙、パルプ製造、リサイクル紙利用で、エネルギー消費原単位が異なるため、分けて評価。
- 各国の燃料構成は将来、BAT利用時に変化なしと仮定

# BAT技術利用による

## 紙・パルプ業のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(2020年)

(Mt-CO<sub>2</sub>)

(出典) 燃料別エネルギー消費量: IEA, Energy Balances ; 生産量: FAO ; GDP増加率見通し: OECD, World Energy Outlook 2004; 日本の原単位(パルプ): 日本製紙連合資料; BAT原単位(リサイクル紙): Farla, 1997(フィンランドデータ)より

- 先進国で年1億トン-CO<sub>2</sub>、途上国では0.4億トン-CO<sub>2</sub>の削減
- いくつかのデータ上の問題点: IEAのエネルギーデータは印刷業も含まれている; 自家発電部分への燃料投入が燃料転換部門に全部門合計という形で計上; FAOとIEAのデータの整合性が疑問; ロシアの現状原単位が低すぎるなど。

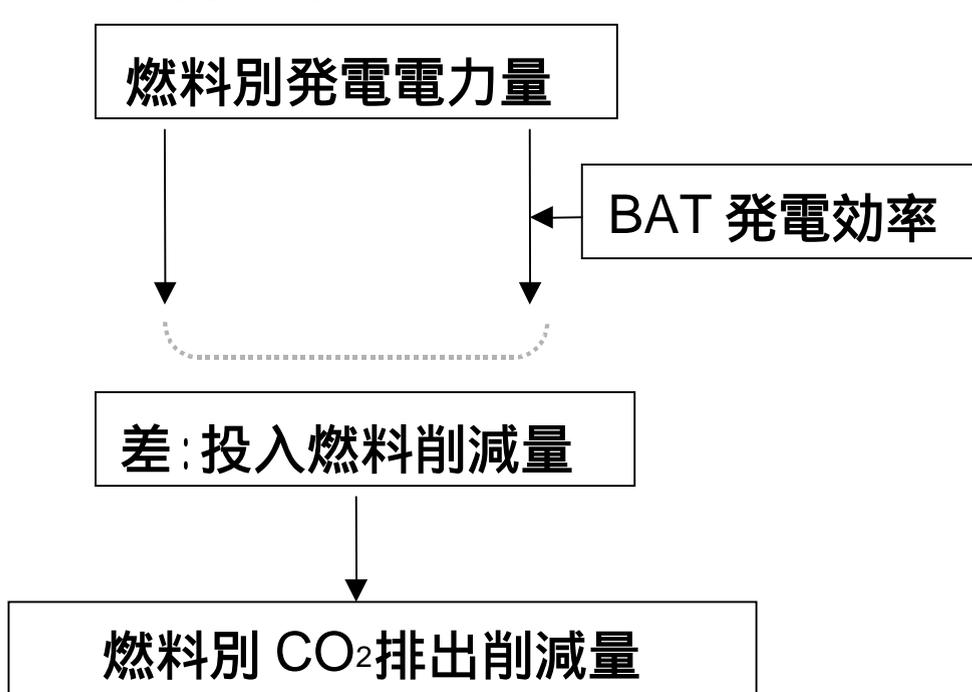
# 発電部門のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル試算

基本ケース

国・地域別



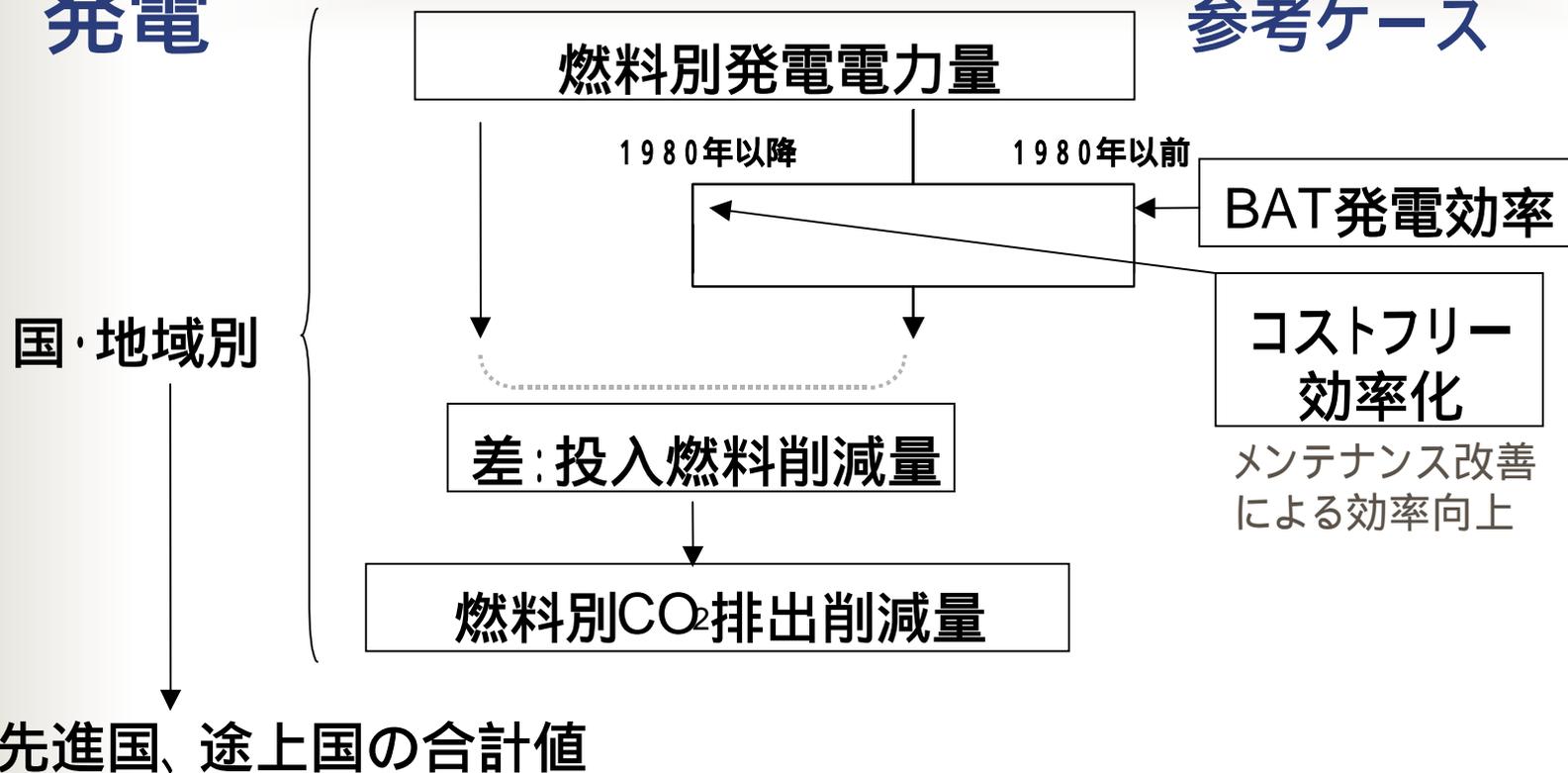
先進国、途上国の合計値



- 2020年時点に全ての施設が現状で最良の発電効率を有する施設となる、と想定

# 発電

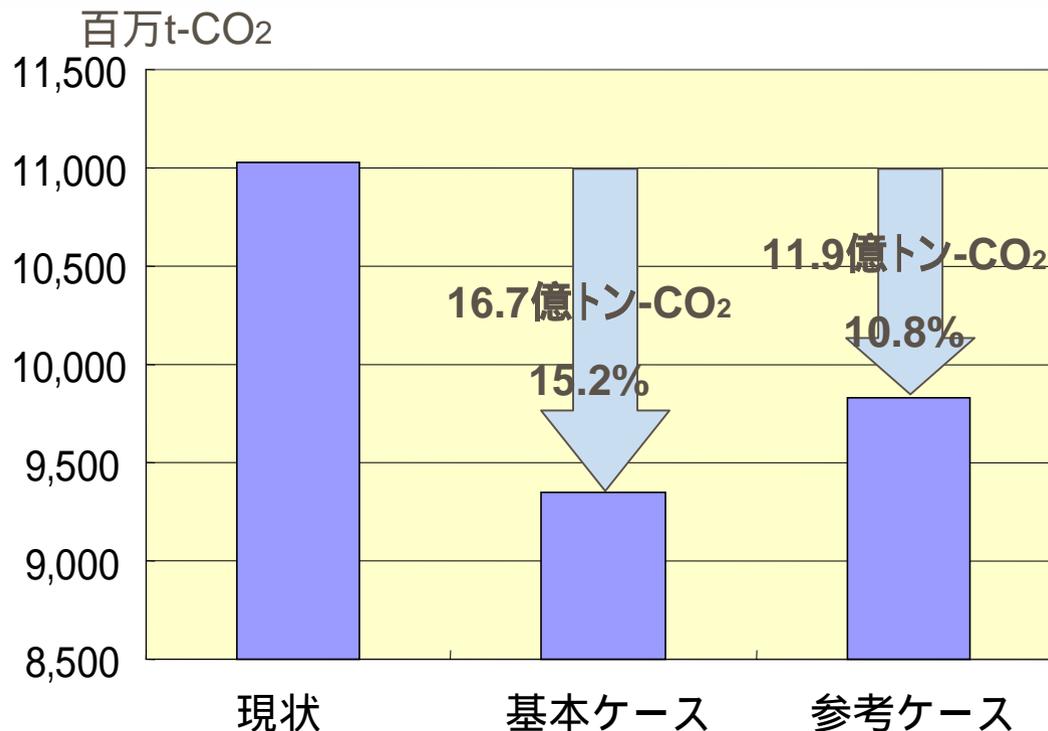
## 参考ケース



■40-50年の設備寿命を考慮した場合、全ての火力発電施設が2020年時に置き換わっているとするのは現実的ではない仮定 プラントの寿命を考慮した参考ケース

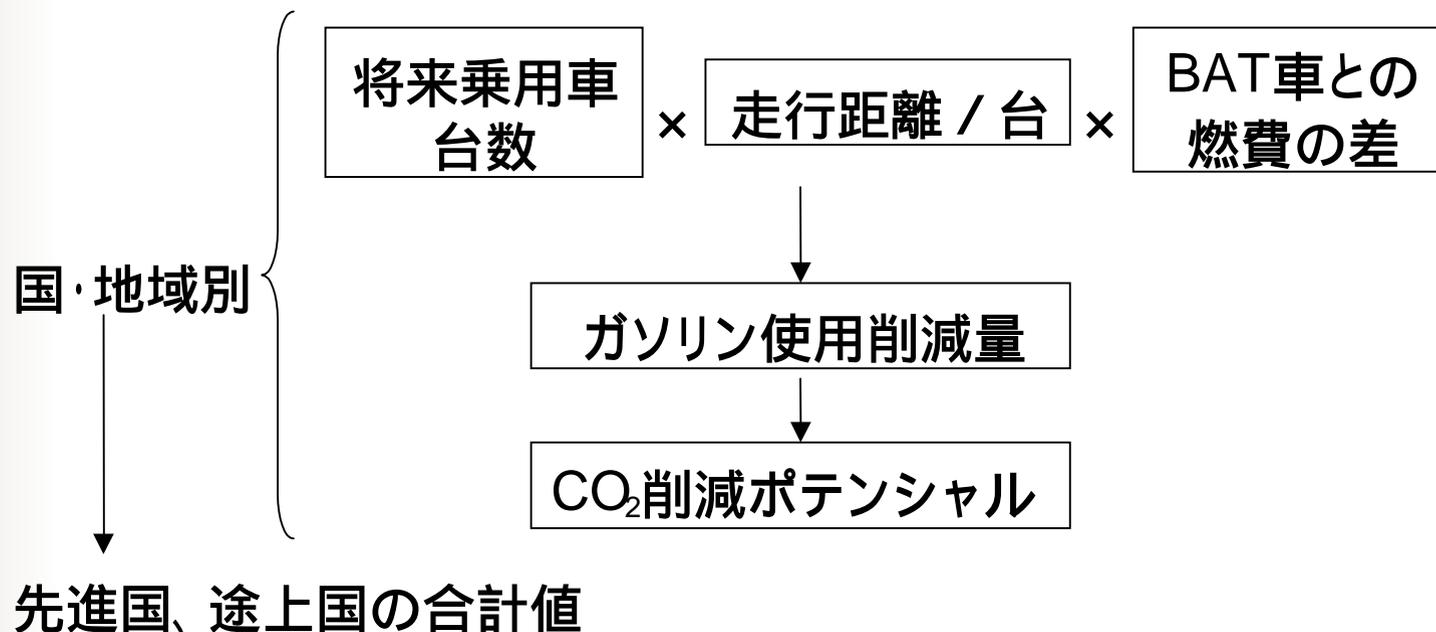
■1980年代以前に建設された設備がBATに置換され、残りの設備は1%の効率改善がなされたとしたケース

# BAT技術利用による 発電部門のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(2020年)



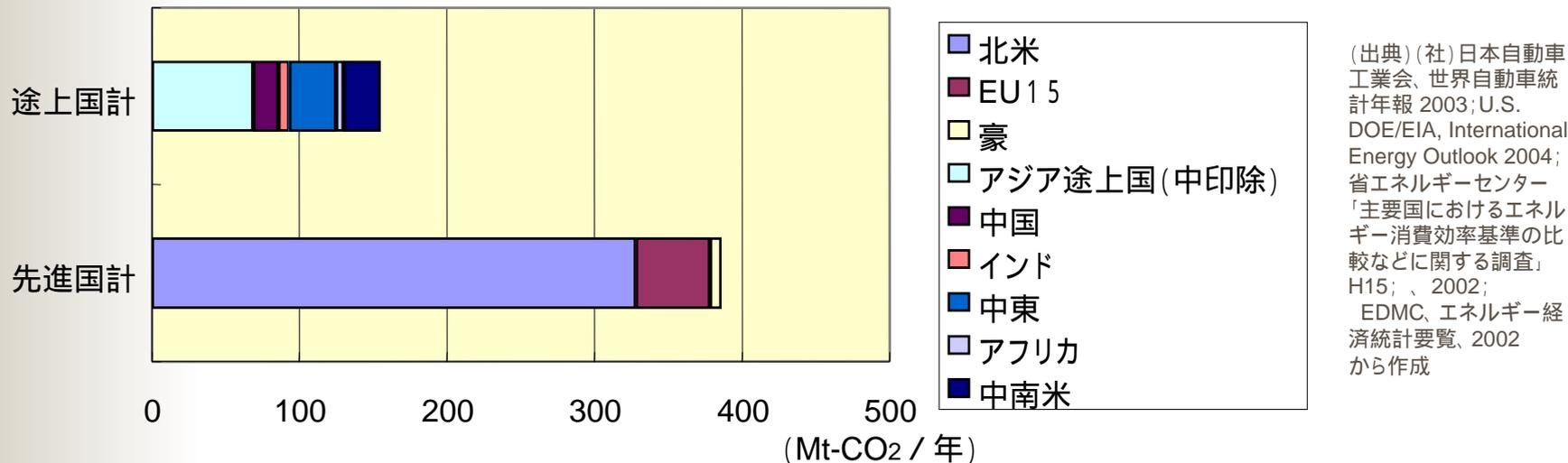
- 基本ケースでは、先進国で年6億トン-CO<sub>2</sub>、途上国では11億トン-CO<sub>2</sub>の削減ポテンシャル
- 参考ケースでは基本ケースの3分の2程度に効果が減少。設備更新に長期間を有する発電設備は、設備更新のタイミングが試算結果に大きく影響

# 運輸部門(自家用自動車)のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル試算



- 2020年には現在の乗用車はすべて買い換えられると仮定
- 2020年のストック乗用車の平均燃費が現在販売中の乗用車燃費と同じとした場合と BAT乗用車の燃費と同じとした場合の2ケースについてのガソリン消費量とCO<sub>2</sub>排出量の差分を削減ポテンシャル

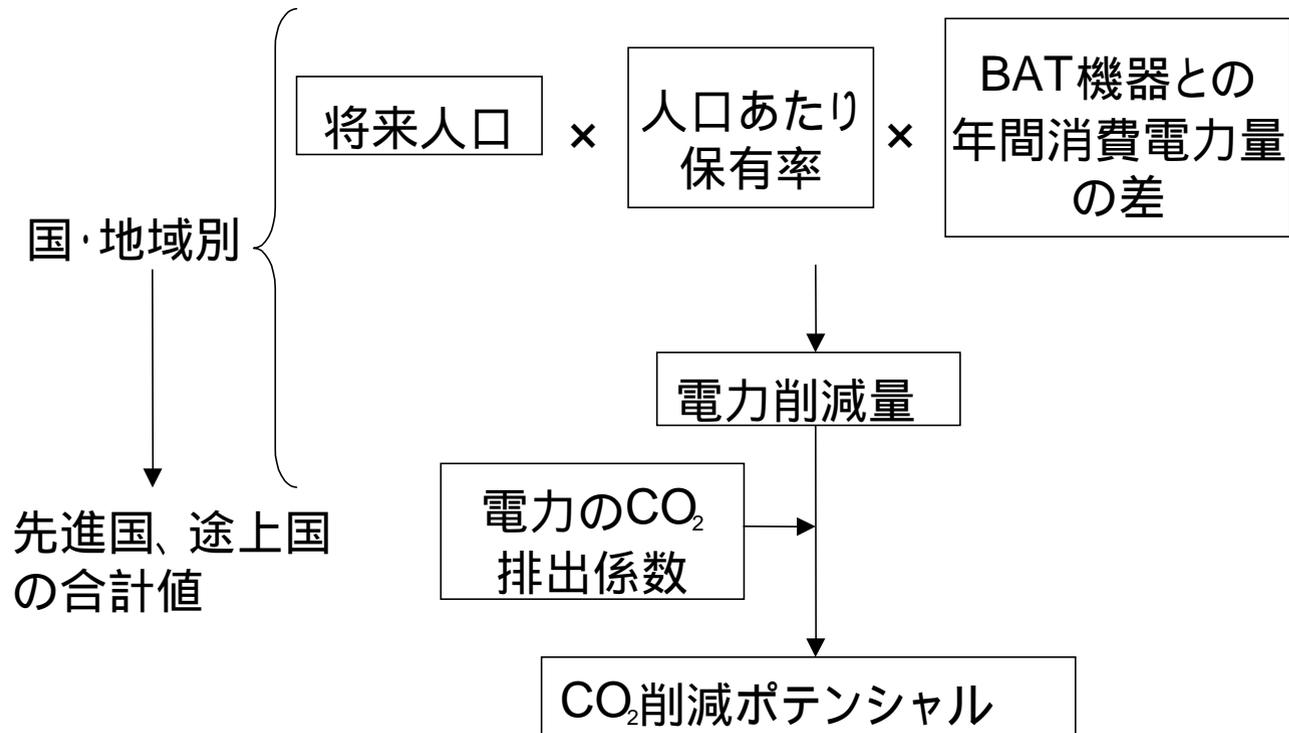
# BAT技術利用による運輸部門(自家用自動車)のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(2020年)



(出典) (社)日本自動車工業会、世界自動車統計年報 2003; U.S. DOE/EIA, International Energy Outlook 2004; 省エネルギーセンター「主要国におけるエネルギー消費効率基準の比較などに関する調査」H15、2002; EDMC、エネルギー経済統計要覧、2002から作成

- 高燃費自動車の導入による削減効果は、先進国で年3.8億トン-CO<sub>2</sub>、途上国では1.6億トン-CO<sub>2</sub>
- 米のポテンシャルが全世界の5割以上であり、途上国より高い結果
  - 乗用車の普及台数の多さ、1台あたり走行距離の長さ、保有されている乗用車の燃費が低いなど
- 途上国の自動車保有台数は高い伸び率にもかかわらず、現状の水準が相対的に低いために2020年の予測値は先進諸国と比べて低い
- 実際は途上国は燃費で劣る中古車利用が予想されるが、市場に出回る中古車の市場シェアは把握困難

# 家庭部門のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル試算 (冷蔵庫、エアコン)



- 2020年に向けて、現有機器は全て買い換えが行われると仮定し追加的に購入されるものも含め、
  - 現在販売機器に置き換わる
  - 現在のBAT機器に全て置き換わる
 という2ケースのCO<sub>2</sub>排出量の差を削減ポテンシャル

# 家庭部門(照明)

家庭の照明用電力消費量

先進国:  $\text{世帯数} \times \text{世帯あたり照明電力消費量}$

途上国:  $\text{電力消費量} \times \text{照明電力比率}$

$\times (\text{照明機器割合} \times \text{BAT照明による削減率})$

電力削減量

電力のCO<sub>2</sub>排出係数

CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

■ 2020年に向けて、現有機器は全て買い換えが行われると仮定し追加的に購入されるものも含め、

■ 家庭内の全ての白熱灯照明が電球型蛍光灯(CFL)に置き換わり、蛍光灯が高効率蛍光灯に置き換わる

■ 家庭内の全ての白熱灯照明および蛍光灯が高効率蛍光灯に置換わる

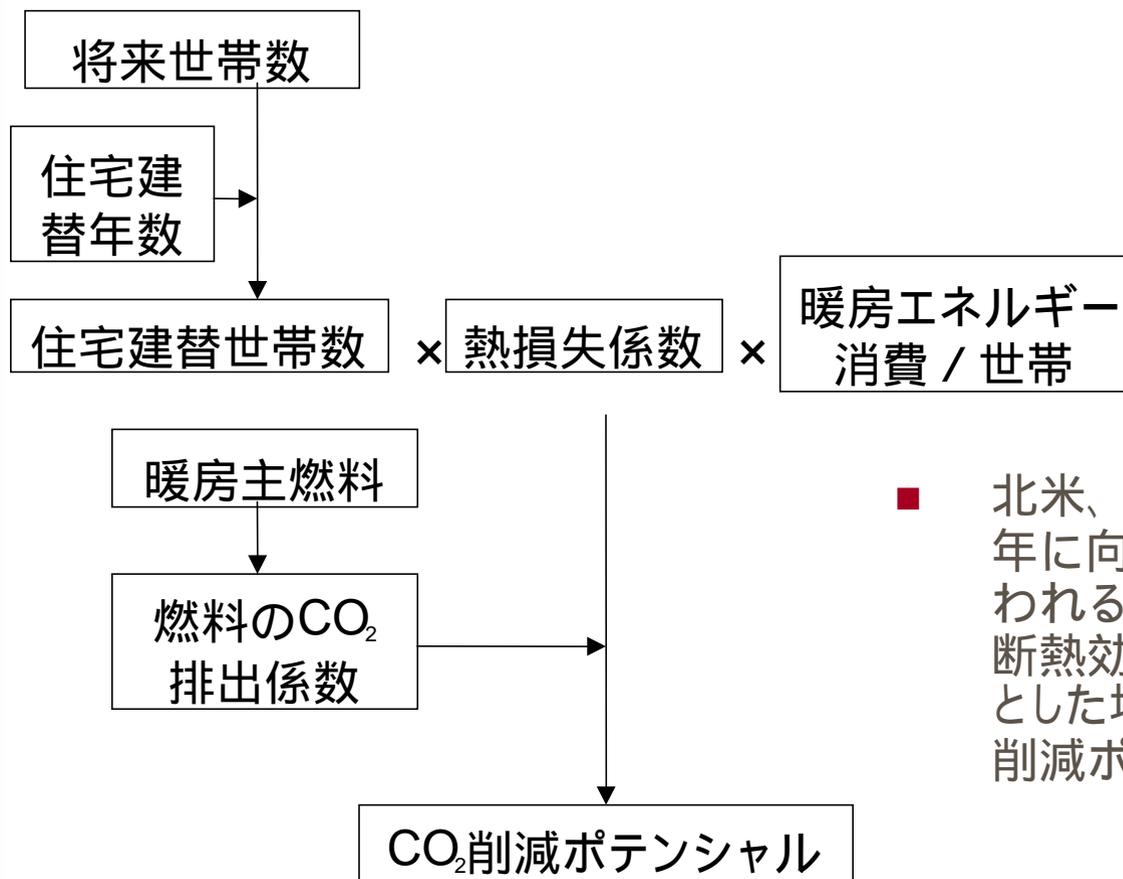
という2ケースを想定

国・地域別

先進国、途上国の合計値

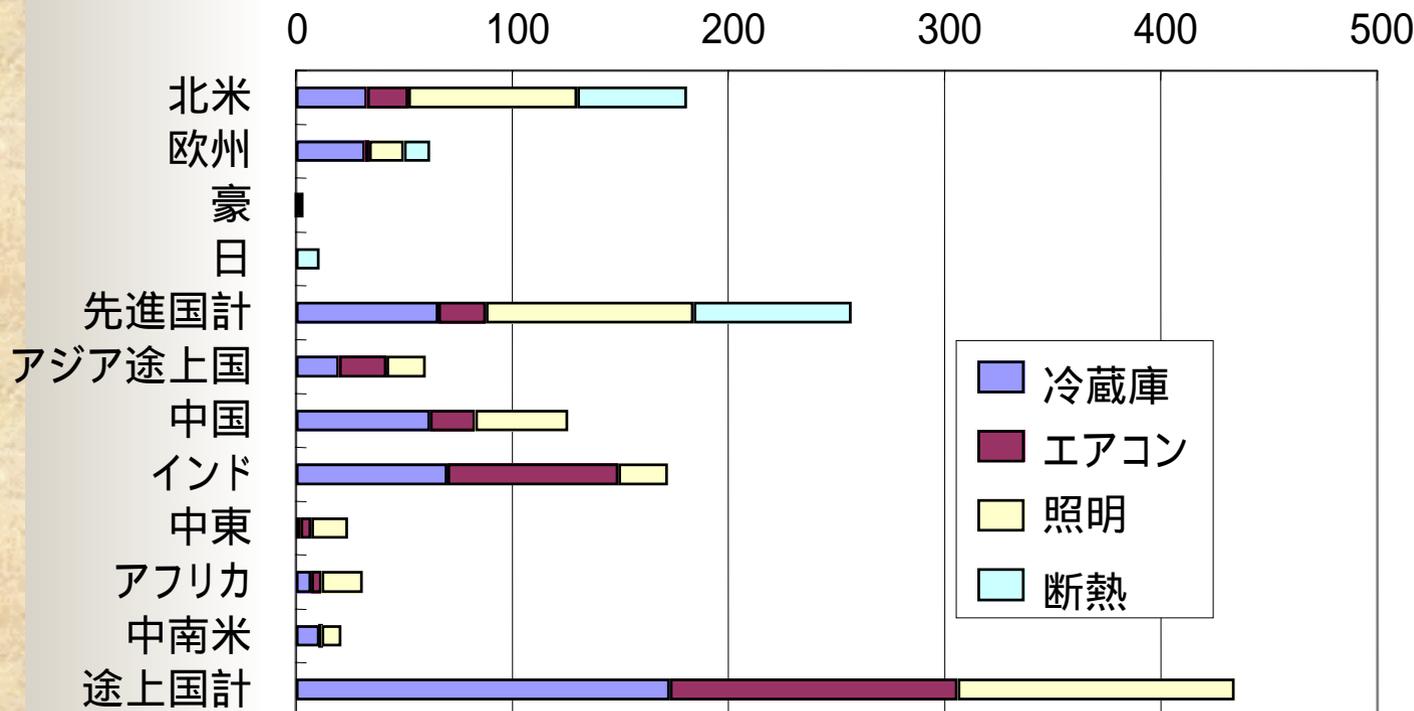
# 家庭部門(断熱)

各国・  
地域別



- 北米、日本、欧州の2020年に向けて建て替えが行われる世帯において、高い断熱効率に改善されるものとした場合のCO<sub>2</sub>排出量を削減ポテンシャル

# 家庭部門のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

(Mt-CO<sub>2</sub> / 年)

(出典)家電製品協会、家電産業ハンドブック、1995；日本電気工業会「白物家電製品の国際需給統計」1999年3月～2004年3月；省エネルギーセンター「省エネ性能カタログ 家庭用2004年冬」2004年12月；Department of the Environment and Heritage, Australian Greenhouse Office 資料、2005；日立製作所ヒアリング内容；日本冷凍空調工業会「世界のエアコン需要について」2004年3月；Collaborative Labeling and Appliance Standards Program Feb. 2001；EC資料、EERAC、1999 から作成

- 冷蔵庫、エアコン、照明の高効率機器の利用により、先進国で年1.9億トン-CO<sub>2</sub>、途上国では4.3億トン-CO<sub>2</sub>の削減が可能
- 先進国では、建物の断熱性能を最も断熱基準の高い国と同等とした場合、年0.7億トン-CO<sub>2</sub>の削減が可能

## 統計データ等利用したマクロ的評価

- 原単位などのベンチマークのような一種のまとまった指標を出すのが容易である
- 各国の産業内の構造的相違、評価バウンダリーの相違が含有されてしまっている
- どのようなカテゴリーで細分化した評価を行うかが問題(地域別、燃料別、設備の新旧別など)
- 技術ポテンシャル(not 社会 / 経済ポテンシャル)を見ている場合、過大評価になり易い
- 統計データそのものの信頼性が問題のケースもあり

# 技術ベースのボトムアップ評価

- 技術ごとの効率向上度合い(技術利用前後のエネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出量の差)に着目したもの(本試算では鉄鋼、自動車、家庭部門で採用)
- 技術による削減効果を定量的に明確化することが出来、経済的コストも把握しやすくなる
- 各国・地域で製造工程がある程度類似していても共通の評価バウンダリーの設定が困難である場合に有効
  - 対象技術の単位生産量あたり省エネルギー可能量(CO<sub>2</sub>削減量)や、技術の当該地域普及率のデータが必要
- データ制約のため、対象とする地域・国、あるいは技術が限定されることで過小評価になる

# 技術ベースのボトムアップ評価(つづき)

- 対象とする産業・部門への適性
  - 異なる方法採用の場合、整合性、将来枠組み検討情報として問題ないか
- 産業界との協力が不可欠(技術の質・量)
- データ収集・構築の仕組み
  - 国内の仕組みとの組み合わせ:日本のトップランナー制度、オランダベンチマークコブナントや、米・シンガポールなどのラベリング制度など

# 将来枠組みとして考えなければいけないこと

- 技術利用によるCO<sub>2</sub>排出削減に関する指標化をしたとして、それを用いて削減について何らかの約束をする場合
  - 目標のタイプ
    - ベンチマーク / 原単位目標？、技術の普及率？、技術協力に関する行動内容(資金)？部門ごとに異なる可能性も
  - 目標設定方法
    - 国際多国間交渉？、国内レベルあるいは地域横断的な産業という切り口での誓約・履行といったボトムアップ方式？
  - 目標の厳格性
    - 厳しい基準にするか(e.g. トップランナー)？その場合の支援あるいは審査スキームは？
  - 差異化の基準、方法、負担の分担
    - 先進国と途上国？地域ごとに異なる基準？部門ごと？

## まとめ

- 本評価は、将来枠組みの検討のための、いわば、基礎となる情報を提供しうる指標を取り上げ、その指標の明確化と定量化を行った
- 対象地域・部門合計で効率化技術利用により2020年時点で年間約38億トン-CO<sub>2</sub>の削減が可能(データの制約から全ての部門、適用可能技術、国・地域を網羅していない)
  - 先進国では約15億トン、途上国では約23億トン
  - 各部門における世界全体の1割から3割の削減に相当

## まとめ

- 地球規模の有効な温暖化対策として、あるいは、国間の技術を中心とした新しい国際協力として、高効率化技術利用による削減ポテンシャルを最大限に引き出す枠組みの検討の重要性が示唆される
- 部門、業種の特徴をふまえた検討、あるいはより一層の精度向上を目指し、データ整備、方法論の検討が重要
- 経済性の評価、あるいは社会的障壁の定量的な検討、時間枠を考慮した(動学的な)評価も重要

## 謝辞

本報告は、平成16年度に新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) より受託して実施した受託研究地球環境国際連携推進事業「地球温暖化の国際的な将来枠組み検討に関する基礎調査 - 新たな枠組みの検討動向と国・地域間衡平性の向上のための各種指標の分析 -」の一部を改訂したものです。関係者のご理解・ご協力に謝意を表します。また、本調査を実施するにあたり、ご意見、議論、データのご提供など多くの方にご協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。特に、新日本製鐵株式会社 岡崎氏、高松氏、小谷氏、小野氏、太平洋セメント株式会社 和泉氏、東京電力株式会社、日本製紙連合会、王子製紙株式会社 大澤氏、野間氏、社団法人日本電気工業会 齋藤氏、株式会社日立製作所 松川氏、UNICE/ICC(ARKEMA), Campbell氏、CEPI, Hyvarinen氏、ECOFYS, Worrell氏、Reinstein & Associates International, Reinstein氏に心より感謝致します。

ご静聴有難うございました。

## 参考：(METI報告書から)途上国の省エネルギーなどへのインセンティブとして新たなCDM制度設計

- 途上国による取組へのインセンティブ
  - 政府の法規制を遵守するための取組をCDMとして認める。
  - 先進国の協力なしで途上国自身が実施するCDMを認める。
- 省エネルギー・再生可能エネルギー技術の普及加速
  - 省エネルギー技術リストを作成し、該当技術を導入した場合はCDMとする。
  - ESCO事業による削減量をCERとする。
  - いわゆる「セクターCDM」を対象
- 実質的削減に向けた先進国の役割
  - 目標達成に利用できる量は、各プロジェクトによるCERの一定割合に。
- その他
  - 一定の投資回収年数(e.g.2年以上)のプロジェクトには追加性を認める。
  - 現状に対する排出削減をCERとする。

CDMとJIについては、「補足性」の原則があるが、将来の枠組みにおいては、国内対策に加え、CDMやJIによる国際的な排出削減を取組の主軸の1つとして位置づけるべき。

# 参考:(METI報告書から) 国境を越えたセクター別の原単位の向上

- 既存技術の普及を促すとともに、ホットエアの問題に対応する観点から、部門別・セクター別に、いわゆる「トップランナー方式」により、既存技術で実績のある世界最高水準のエネルギー効率又は排出原単位を目指すことが適当。
- 産業部門での対応
  - 各国が共有する産業競争力上の懸念、途上国へのリーケージへの対応を踏まえると、主要業種ごとに、世界最高のエネルギー効率又は排出原単位を目指すための措置を講ずることが特に重要。
- 民生・運輸部門での対応
  - 各国において、交通などの社会システムの改善を進めるとともに、高効率機器の導入が進むよう、省エネルギー基準を導入又は強化する。