

0. 委員会の活動

日本環境学会委員会名：「温室効果ガス排出実態の分析委員会」

ご挨拶

京都議定書で約束した温室効果ガスの削減について、2008年から第一約束期間がスタートしました。国が6%を削減する目標達成計画では、当初から予定されている1.6%分の京都メカニズム（国外からのクレジット取得）を含んでほぼ達成することになってはいますが、まだまだ課題が山積しているようです。また、これに続く期間の大きな目標が設定されつつあります。国内の削減実態、産業界の自主行動計画の実態、など多岐に渡る情報が交錯しており、国全体の実態を掴むのはなかなか容易ではありません。

そこで、本委員会は、わが国の実態を「大雑把だけど的確」に把握するため、さまざまな公開データを分析して解り易く発信する目的で設立されました。今回は2回目の報告になりますが、これからも分析の対象となる項目や内容について議論を重ねていき、学会のホームページの場を借りて分析結果を発信していきます。

ご意見などがございましたら、ご遠慮なくお寄せいただければ幸いです。

日本環境学会・温室効果ガス排出実態の分析委員会・委員長 小杉昌幸

委員会構成委員（あいうえお順）

上園昌武（幹事）	島根大学法文学部
歌川 学（幹事）	産業技術総合研究所エネルギー技術部門
近江貴治	日通総合研究所物流技術環境部
大島堅一	立命館大学国際関係学部
小杉昌幸（委員長）	産業技術総合研究所エネルギー技術部門
佐藤 輝	フェリス女学院大学国際交流学部
杉山利夫	ミツワ電機株式会社・顧問
田浦健朗	気候ネットワーク・事務局長
高木史人	千葉商科大学・非常勤講師
永野敏隆	三菱UFJリース株式会社環境事業部
西川栄一	元・神戸商船大学
平野 喬	地球人間環境フォーラム
向井征二	日本環境取引機構・代表
山岸尚之	WWF ジャパン気候変動プログラムリーダー
和田 武	元・立命館大学産業社会学部

日本環境学会委員会名：「温室効果ガス排出実態の分析委員会」

委員会設立の趣意書：

日本は京都議定書で1990年を基準として6%削減を義務付けられているが、温室効果ガス排出量が2005年時点で7.8%（CO₂のみでは13.1%）増加している。国を挙げて対策を強化するに当たっては、全体像が把握できる的確な実態分析が必要になっている。

そのため、本委員会では、国の既存統計、審議会報告データを用い、新たな切り口で分析を行い、的確な実態把握に資することを目的として研究を行う。

本委員会の実態分析は以下の項目について行う。

(1) CO₂ 排出実態の分析

- 1) 総量、国レベル部門別、直接・配分の統計
- 2) 原単位、活動量
- 3) 燃料構成分析

(2) 業種別（業界報告）の分析

- 1) CO₂ 排出総量、エネルギー消費総量
- 2) 活動量、原単位、省エネ法との比較

(3) 対策コスト

- 1) 投資回収年
- 2) 対策導入の経済手段（ESCO、自主設備投資）
- 3) CDM（Clean Development Mechanism）との比較

リンク

日本環境学会 HP トップページ

URL : <http://www.jaes.sakura.ne.jp>

国立環境研究所インベントリーオフィス HP

URL : <http://www-gio.nies.go.jp/index-j.html>

産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門 HP

URL : <http://unit.aist.go.jp/energy/safety/>

WWF ジャパン HP

URL : <http://www.wwf.or.jp>

気候ネットワーク HP

URL : <http://www.kiconet.org>

1. 温室効果ガス

温室効果ガスは、二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、一酸化二窒素 (N₂O)、フロン類 (クロロフルオロカーボン CFC、ハイドロクロロフルオロカーボン HCFC など)、代替フロン類 (ハイドロフルオロカーボン HFC、パーフルオロカーボン PFC、六フッ化硫黄 SF₆ など) などがある。京都議定書ではこの中の 6 種類 (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) を対象にしている。

日本が排出している温室効果ガスの排出総量は、CO₂以外の 5 種ガスの排出量を CO₂に換算した後の合計値として表される。なお、この換算では CO₂と他のガスによる温室効果の比 (地球温暖化係数、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の 1995 年報告の数値を京都議定書で採用し、国際間でも共通に利用している) を掛けて計算している。議定書の約束は国ごとの排出総量で点検されるルールになっている。

日本が排出している温室効果ガスの排出総量の推移は、**図 1-1** のグラフで表される。推移グラフで示したように、2007 年度の温室効果ガスの排出総量は基準年 (1990 年度、但し代替フロンは 1995 年度) に比べて約 9%増加している¹。

図 1-1 ガス種別排出量推移 (1990～2007)

表 1-1 ガス種別排出量推移 (1990～2007)

(国立環境研究所インベントリーオフィスの「日本の温室効果ガス排出量データ」から作成。

URL : www-gio.nies.go.jp/index-j.html)

基準年からの排出量推移を CO₂とその他の 5 ガス合計に分類して比較すると、**図 1-2** のように表される。CO₂は温室効果ガスの大半を占めており、基準年と比較して約 160 百万 t-CO₂、14%増えている。これに対して、他の 5 ガスは合計で約 47 百万 t-CO₂、基準年比 43%減少している。

図 1-2 ガス種別排出量比較 (基準年、2007)

次に、温室効果ガスの比率構成 (2007) は**図 1-3** の円グラフで表される。円グラフで示したように、日本の温室効果ガスの排出量の約 95%は CO₂が占めている。

図 1-3 ガス種比率円グラフ (2007)

(国立環境研究所インベントリーオフィスの「日本の温室効果ガス排出量データ」から作成。

URL : www-gio.nies.go.jp/index-j.html)

¹ この後発表された 2008 年度排出量速報値は 2007 年比 7%減となった。2008 年度後半の不況で産業部門を中心に生産量などの活動量が大きく低下した。

このような背景から、わが国で温室効果ガスを取り扱う場合は、CO₂に注目して統計管理している場合が多く、削減対策ではCO₂単独の統計を取っていることも多い。

以下では、CO₂のみの排出量について統計分析した結果を紹介する。

2. CO₂ 排出総量

CO₂排出量の統計では、発電に伴うCO₂排出量を供給側と消費側のどちらの排出としてカウントするかで二通りの統計がある。供給側つまり発電所でCO₂排出をカウントするのを「直接排出統計」、消費側つまり電気を使用した工場、オフィス、家庭などでCO₂排出をカウントするのを「間接排出（電力配分後）統計」としている。

2-1 直接排出総量統計

定義：発電時のCO₂排出量は発電事業者(電力供給者)の排出として集計する。このため、消費側である他の部門では消費電力に相当するCO₂排出分がカウントされない。

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のガイドライン、京都議定書のガイドライン（報告先国際機関：気候変動枠組条約事務局）は、この方法を採用している。各国政府はこのガイドラインに従って国内の統計をとって条約事務局に報告し、条約事務局はこの統計方法に従って部門などの排出量統計を公表している。また、この統計は議定書に基づく対策などの点検にも利用されている。

わが国が条約事務局に報告している部門別の直接排出量は図2-1のグラフのように表される。この部門分類はIPCC統計の方法にほぼ従っており、ここでは日本の排出インベントリーにおける分類を利用し、産業部門を製造業と非製造業（鉱業、建設業、農林水産業など）に、運輸部門を旅客と貨物に大まかに分類して表している。図に示されるように、エネルギー転換部門が約34%、産業部門（製造業と非製造業）が約30%、両者で約64%を占めている。

図2-1 CO₂直接排出量の部門別割合（2007）

表2-1 CO₂排出量の推移(直接統計、1990-2007)

基準年から2007年度に至る部門別直接排出量の推移を図2-2に、排出指数の推移を図2-3にそれぞれ示す。図2-2では、部門別に分類しても全体的に排出量は増加あるいは現状維持の傾向を示し、とりわけエネルギー転換部門は総量、比率ともに増加が認められる。図2-3では、排出割合の大きいものを太い線で表しており、部門別の排出割合が大きい中（太線表示）では、エネルギー転換、運輸（旅客）の各部門が全体の排出指数の推移曲線より上回り、産業、業務、家庭、運輸貨物は下回っている。

図 2-2 部門別 CO₂ 直接排出量の推移 (1990~2007)

図 2-3 部門別 CO₂ 直接排出指数の推移 (1990~2007)

2-2 間接排出（電力配分後）総量統計

定義：発電時の CO₂ 排出量は電力消費者の排出として集計する。

正式には、経済産業省の総合エネルギー統計に基づいて環境省が評価し、先の直接排出の統計と併記して環境省から「日本の温室効果ガス排出インベントリー」として公表されている。

欧州の排出インベントリーではこの統計方法は利用されておらず、アメリカでは、国の排出インベントリーにまとめの数値が併記されているが、部門の排出については主に直接排出統計が用いられている。

政府の政策（京都議定書目標達成計画など）では、この統計を引用して部門別目標を議論しており、政府発表の部門別の間接排出量は図 2-4 のグラフのように表される。ここでは、エネルギー転換部門が直接統計の約 34%から約 6%に激減しており、その差の約 28%は電力を消費している部門に配分されている。このため、製造業では全体割合で約 6%、家庭では約 9%、業務では約 11%、それぞれ増加した割合を示している。

図 2-4 CO₂ 間接排出量の部門別割合 (2007)

表 2-2 CO₂ 排出量の推移(間接統計、1990-2007)

基準年から 2007 年度に至る部門別間接排出量の推移を図 2-5 に、排出指数（基準年を 1 として指数化した排出量）の推移を図 2-6 にそれぞれ示す。図 2-5 では、電力消費の多い業務と家庭の部門で排出量の増加傾向が認められる。図 2-6 では、同様に排出割合の大きいものを太い線で表しており、部門別の排出割合が大きい中（太線表示）では業務（民生）、旅客（運輸）、家庭（民生）、エネルギー転換の各部門が全体の排出指数の推移曲線より上回っており、図 2-3 と比較するとこの傾向は電力配分の間接排出統計による影響が大きいことが解る。

図 2-5 部門別 CO₂ 間接排出量の推移 (1990~2007)

図 2-6 部門別 CO₂ 間接排出指数の推移 (1990~2007)

2-3 両統計の割合比較

直接排出統計と間接排出（電力配分後）統計の部門別割合を比較すると、図 2-7 に示すように表される。ここで、エネルギー転換部門が直接統計の 33.8%から間接（電力配分）統計では 6.4%に

激減し、購入による電力消費が少ない旅客、貨物の運輸部門はほとんど変化が無いことが解る。

図 2-7 両統計における部門別排出割合の比較 (2007)

次に、発電時の CO₂ 排出が消費側でどのように配分されているかは、直接と間接の部門別統計二重円グラフで図 2-8 に示すように表される。ここで、エネルギー転換部門の両統計の差 27.4%が、電力消費側の排出としてカウントする間接統計において製造業 6.4%、家庭 9.0%、業務 11.4% (合計約 26.8%) などに配分されていることになる。

図 2-8 電力供給側と電力消費側の CO₂ 部門別割合の比較 (2007)

2-4 両統計の比較

総排出量と各部門の排出量を基準年と 2007 年度で比較すると図 2-9 に示すように表される。ここでは、総量の統計には CO₂ など温室効果ガス 6 種の合計排出量を用い、部門別の比較では CO₂ 排出量の統計値を用いている。また、政府の政策 (京都議定書目標達成計画など) の目標に用いている間接排出 (電力配分後) 統計を青の棒グラフで表し、その隣に直接排出統計の値を緑の棒グラフで表している。橙の棒グラフは 2010 年度の政府目標の間接排出 (電力配分後) 統計値を示している。部門別の比較においては、排出総量の規模比較を解り易くするため、縦軸のスケールを統一して表している。

部門別の基準年と 2007 年度の排出量比較では、間接排出 (電力配分後) 統計に着目した場合 (図中の青の棒グラフ)、業務と家庭部門の顕著な増加が認められる。他方、直接排出統計で見ると (図中の緑の棒グラフ)、エネルギー転換部門の CO₂ 排出量の増加 (棒グラフの差) が顕著であり、増加率 (棒グラフを繋ぐ矢印の傾き) も大きいことが解る。

図 2-9 直接・間接両統計における部門別排出量の基準年と 2007 年度との比較

同様に、産業部門を製造業部門と非製造業部門に分けて排出量を基準年と 2007 年度で比較すると図 2-10 のように表される。ここでは、製造業部門の間接排出 (電力配分後) 統計の基準年比較で排出量の減少が認められるが、直接排出統計ではほぼ現状維持の傾向が示されている。

図 2-10 産業部門内における両統計排出量の比較 (基準年と 2007 年度)

3. 活動量と CO₂ 排出原単位

活動量は、経済活動の大きさを部門や業種単位で統計する場合に用いる指標であり、エネルギー消費量やCO₂排出量に密接に関連している。例えば、削減対策が進まない状態で活動量が増加すれば、エネルギー消費量やCO₂排出量も増加することになる。

3-1 部門別活動量

活動量の指標としては、エネルギー転換部門では発電量、産業部門では生産高や生産量、運輸部門では輸送量、家庭部門では世帯数、業務部門では床面積、がおもに用いられている。これらの指標には国などの統計を用いており、部門別の活動量と統計の種類をまとめて表3-1に示す。

表3-1 部門ごとの活動量と統計の種類

部門	活動量	統計の種類	占有率 ^{注1}
エネルギー転換部門	発電量	資源エネルギー庁 「総合エネルギー統計」	93%
非製造業（産業部門）	農林生産指数	農林水産省「農林水産統計」	60%
製造業（産業部門）	鉱工業生産指数	経済産業省「鉱工業生産指数」	ほぼ100%
旅客（運輸部門）	旅客輸送量(人 km)	国土交通省「交通経済統計要覧」	ほぼ100%
貨物（運輸部門）	貨物輸送量(t km)	国土交通省「交通経済統計要覧」	ほぼ100%
家庭（民生部門）	世帯数	総務省統計局「人口推計報告」	ほぼ100%
業務（民生部門）	床面積	日本エネルギー経済研究所 「エネルギー経済統計要覧」	ほぼ100%

注1：CO₂排出ベース

ここでは、エネルギー転換部門の活動量を発電量としており、発電総量を供給分と自家消費分の合計に相当するケース（直接排出）と自家消費分のみで相当するケース（電力配分後＝間接排出）の二通りがあり、ここでは前者（直接排出統計）を用いて活動量としている。

1990年度から2007年度に至る部門別活動量の推移を図3-1に示す。ここでは、業務部門、エネルギー転換部門、家庭部門の順で活動量が増えており、今後も増え続ける傾向がうかがえる。運輸旅客、運輸貨物、製造業（産業部門）は、活動量がやや増加している。非製造業（産業部門）は活動量の減少傾向を示している。

図3-1 部門別の活動量推移（1990～2007）

表3-2 部門別の活動量推移（1990～2007）

3-2 部門別原単位

原単位には活動量当りのエネルギー消費量を表す「エネルギー原単位」と活動量当りのCO₂排出量を表す「CO₂排出原単位」がある。以下では「CO₂排出原単位」に関する分析を示している。

CO₂排出原単位は、活動量あたりのCO₂排出量を表し、CO₂排出量の二種類の統計にあわせて「CO₂直接排出原単位」と「CO₂間接排出（電力配分後）原単位」が定義されている。

まず、1990～2007年度のCO₂直接排出原単位の推移を部門別に図3-2に示す。ここでは、運輸旅客部門の原単位つまり効率の悪化が顕著に表われ、エネルギー転換部門も悪化している。他の、製造業、業務、家庭、貨物の各部門はほぼ横ばいの傾向を示している。

図3-2 部門別のCO₂直接排出原単位推移（1990～2007）

次に、1990～2007年度のCO₂間接排出（電力配分後）原単位の推移を部門別に図3-3に示す。ここでは、運輸旅客部門の原単位の悪化が前図と同様に顕著であるが、家庭、業務の各部門もやや悪化する傾向が表われ、他のエネルギー転換、製造業、運輸貨物の各部門はほぼ横ばいとなっている。

図3-3 部門別のCO₂間接排出原単位推移（1990～2007）

3-3 燃料別CO₂排出係数

エネルギー量あたりのCO₂排出量は、燃料種により異なる。図3-4に燃料別のエネルギー量あたりのCO₂排出量（CO₂排出係数）を示す。エネルギー原単位の変化とCO₂原単位の変化の傾向が異なる際には、当該部門や主体における燃料構成の変化があるものと考えられる。

参考のため、電気についても同図にあわせて示す。なお、電気については、年度ごとに大きく変動している。

図3-4 燃料種別のCO₂排出係数の比較（電気は2008年度データ）

3-4 部門毎の比較（活動量、総量、原単位）

各部門の活動量、CO₂排出量（直接および間接統計）、CO₂排出原単位（直接および間接統計）の推移を比較して図3-5に示す。

まず、ここでは、直接排出量と間接排出（電力配分後）量の違いが大きい部門に着目すると、エネルギー転換部門、業務部門、家庭部門である。

エネルギー転換部門は、直接排出量と電力配分後の間接排出量に大きな差があり、とりわけ2002年度以降にその差が顕著になっている。この部門では、1994年度から2001年度までに活動量の増加に対する排出量（赤実線：直接排出量、緑実線：間接排出量）がともに伸びが小さく、その結果、

排出原単位（赤破線：直接原単位、緑破線：間接原単位）の緩やかな向上傾向（図中ではやや下向き）に結びつく傾向を表している。2002年度以降には排出量とりわけ直接排出量が急増し、直接原単位は悪化して1990年度レベル付近まで戻っている。一方、間接排出（電力配分後）量が2002年度以降の直接排出量との差が開いた影響により間接排出原単位はほぼ一定にとどまり、2007年度には1990年度より改善している傾向を表した。

電力消費の割合が大きく両統計の差の影響を受けやすい業務部門と家庭部門では、直接排出量（赤実線）は2002年度以降は減少傾向にあり、直接排出原単位（赤破線）も低下傾向を示しているが、間接排出（電力配分後）量（緑実線）と間接排出（電力配分後）原単位（緑破線）はともに2002年度以降に増加する傾向が表われ、エネルギー転換部門の推移と類似の差が大きい傾向を示している。

電力消費の割合が小さく両統計の差の影響が小さい製造業部門、旅客運輸部門、貨物運輸部門では、排出量と原単位ともに直接排出と間接排出（電力配分後）の差が小さい傾向が認められる。

次に、活動量の増減に着目し、排出量、排出原単位をあわせてみると、排出量の増減が活動量増減つまり経済の拡大縮小によるものか、削減対策による原単位の向上悪化によるものかの推察をし易くなる。

活動量（太い実線）の増加が著しい業務部門と家庭部門の直接排出統計（図中の赤線）では、CO₂排出量は増加しているが、活動量（床面積、世帯数）も大きく増加し、CO₂排出原単位（直接排出）は横ばい傾向を示している。

製造業部門の直接排出統計（図中の赤線）では、活動量（鉱工業生産指数）、CO₂排出量、CO₂排出原単位ともほぼ横ばい傾向を示し、2007年度には1990年度レベルとなっている。

旅客運輸部門、貨物運輸部門では、ともに活動量がやや増加する傾向を表しており、旅客運輸部門では活動量（輸送量）の増加に比べてCO₂排出量が大きく増加し、CO₂排出原単位が悪化しているが、貨物運輸部門ではCO₂排出原単位がやや改善している。

図3-5 部門毎の活動量、排出総量・原単位の推移（1990～2007）

4. 業種別の排出量統計（2007）

業種別のエネルギー消費量、CO₂排出量および原単位について以下に紹介する。

日本経団連は、「環境自主行動計画」を1997年に策定し、2010年度までにエネルギー転換部門および産業部門の参加業界のエネルギー起源CO₂及び工業プロセス起源CO₂を1990年度レベルに抑制することを目標に掲げている。このうち、経済産業省所管の40業界（日本経団連の目標に含まれない15業界を含む）については、産業構造審議会および中央環境審議会に生産量を含むデータが報告されており、ここでは、これらについて分析および整理した結果を紹介する。

なお、業界発表データは独自で取りまとめられて検証ができないため、例えば活動量などについては政府統計を優先させて採用し、原単位評価に用いている。また、排出量はCO₂のみが集計され

ており、その統計方式は、電力業界（電気事業連合会）のみが直接排出で、他の業界は間接排出（電力配分後）統計を用いている。

4-1 業種別実績（原単位、業界統計）と省エネ法目標

エネルギー転換部門の排出量の大部分を占める電力業界（発電、直接排出統計）、製造業（24 業界の合計。2 区分ある電線工業会は2 業界とカウント）、小売業など（10 業界の合計）について、活動量（生産指数）、エネルギー原単位、CO₂排出原単位（間接排出統計）、省エネ法における原単位目標を比較して図 4-1 に示す。

直接排出統計における発電（エネルギー転換部門）の推移では、生産指数（発電量）が 1990 年度より 2007 年度までに 40%以上増加を示し、この期間にエネルギー原単位が 5%程度改善されているが、CO₂排出原単位は 9%悪化した。この2つの原単位を比較すると、2002 年度以降に CO₂排出原単位の悪化が表われており、これはエネルギー消費量あたりの CO₂排出量が相対的に大きい化石燃料（石炭）を用いた発電の増加や、運転時に CO₂排出のない原子力発電所の停止などの影響とが考えられる。

発電の CO₂排出原単位の推移はエネルギー原単位の推移から乖離する傾向を示しており、この傾向は電力消費の大きな部門の間接排出（電力配分後）統計における傾向にも影響を及ぼしている。とりわけ、電力消費による CO₂排出の割合が大きい業務、家庭部門では、直接排出統計と電力消費を組み込んだ間接排出統計の CO₂排出原単位の推移における乖離傾向として現れている（図 3-4 参照）。

製造業の推移では、生産指数（鉱工業）がやや増加傾向を示し、エネルギー原単位と CO₂原単位は共にやや改善している。また、エネルギー消費に占める電力消費の割合が小さいため（図 2-8）、エネルギー原単位と CO₂原単位は双方が同じように推移する傾向を示している。ただし、エネルギー原単位は 2007 年度までに 1990 年度比で約 5%改善しているものの、省エネ法の努力目標（毎年 1%エネルギー原単位を改善）には至っていない。

業務部門の一部を構成する小売業については、生産指数（床面積）が 1990 年度より 2007 年度までに増加したが、エネルギー消費量や CO₂排出量がそれ以上に増加しており、エネルギー原単位、CO₂排出原単位ともに悪化する傾向を示している。小売業（業務部門の一部）は電力消費の割合が大きく（図 2-8）、エネルギー原単位と CO₂排出原単位の推移が乖離する傾向を示し、エネルギー転換部門における傾向の影響が顕著に表われている。

図 4-1 業種大分類別の原単位実績と省エネ法目標の比較

次に、製造業の中で CO₂排出量の大きい鉄鋼、化学工業、石油精製の各業界の生産指数、原単位の推移と省エネ法目標を比較して図 4-2 に示す。

製造業の CO₂排出量（間接排出で約 34%）の半分近く（15.5%）を占める鉄鋼業界では、生産指

数が1990年度から2007年度にやや増加、エネルギー原単位とCO₂排出原単位は10%程度改善しており、省エネ法の努力目標に近い値を示している。鉄鋼業界はエネルギー消費に占める購入電力の割合が小さいため、エネルギー原単位とCO₂排出原単位が同じ推移を示している。

化学工業については、業界発表の生産指数（図中の点線）、経済産業省統計の生産指数（図中の実線）を用いて、両者による原単位を併記した。経済産業省統計の生産指数は微増しており、エネルギー原単位とCO₂排出原単位はやや改善しているものの、省エネ法の努力目標には至っていない。

石油精製業界については、経済産業省統計の生産量（精製業者原油処理量）から生産指数を求め、原単位を評価した。生産指数、エネルギー原単位、CO₂排出原単位ともに増加しており、省エネ法の努力目標からはかけ離れている。石油精製業界は、原油処理量ではなく、独自の換算指標である「換算通油量」を生産量指標として用いている。

図4-2 業種別の原単位実績と省エネ法目標の比較1

さらに、機械（8業種）、洋紙製造、セメント、他の素材（11業種）の各業界の生産指数、原単位の推移と省エネ法目標を比較して図4-3に示す。

機械（8業種）とは、電機電子、自動車・自動車車体、自動車部品、産業機械、工作機械、ベアリング、建設機械、産業車両の各業界であり、国全体の排出量に占める割合は2.8%と比較的小さい。ここでは、生産指数は大きく増加しており、エネルギー原単位とCO₂排出原単位はやや改善しているものの、省エネ法の努力目標には至っていない。

洋紙製造業は、生産指数はやや増加し、エネルギー原単位とCO₂排出原単位は省エネ法の努力目標に近い改善を示している。

セメント製造業は、生産指数が低下し、エネルギー原単位とCO₂排出原単位はともによこばいで推移しているが、CO₂排出原単位の方がやや悪化しており、原因としてはエネルギー消費量あたりのCO₂排出量の大きな燃料（石炭）の増加が考えられる。

他の素材（11業種）とは、非鉄金属製錬や加工の各業界（非鉄金属製錬、アルミ圧延、伸銅、電線、光ファイバー）、板ガラス製造など非金属素材の業界など（板硝子、ガラス容器、ゴム製品、石灰、衛生陶器、染色整理）で構成される。ここでは両原単位ともに悪化傾向を示していたが、2006年度と2007年度には生産指数の改善とともに原単位が改善しているが、省エネ法の努力目標には至っていない。

図4-3 業種別の原単位実績と省エネ法目標の比較2

4-2 自主行動計画の目標

各業界は、1996年以降に順次削減目標を設定し、「環境自主行動計画」として発表してきた。経済産業省所管業界のこの計画は1998年より産業構造審議会でレビューを受け、2005年には一部の

業界が目標未達成分について京都メカニズムのクレジット取得で補完することを約束している。なお、2006年度からは産業構造審議会と環境省の中央環境審議会の合同でレビューを受けている。

以下に、排出量の大きい電気事業連合会（以下、電事連）と日本鉄鋼連盟の2業界について排出量と削減目標の比較について分析・整理した結果を紹介する。

電事連の排出量は直接排出統計で報告され、削減目標は1990年度比でCO₂排出原単位の20%改善を設定している。

電事連におけるCO₂排出原単位と削減目標を比較して図4-4に示す。2001年度まではCO₂原単位にやや改善が見られたが、2002年度以降は1990年度レベルで推移している。このため、図中に棒グラフの網掛けで示すように、2007年度には1990年度比29%分が目標超過となっている。

図4-4 電事連のCO₂排出原単位と削減目標の比較（1990～2007）

次に、鉄鋼連盟の排出量は間接排出（電力配分後）統計で報告され、削減目標は1990年比でエネルギー消費総量の10%削減を設定している。またCO₂排出量は9%削減を想定している。鉄鋼生産では燃料構成にほとんど変化が見られないので、エネルギー消費量の総量目標をCO₂排出量におきかえて整理している。

鉄鋼連盟におけるCO₂排出量と削減目標を比較して図4-5に示す。2001年度には目標を達成したものの、2002年度以降はやや増加傾向を示し、2007年度は、図中に棒グラフの網掛けで示すように、1990年度比約7%分が目標超過となっている。

図4-5 鉄鋼連盟のCO₂排出量と削減目標の比較（1990～2007）

次に、両業界の削減目標未達成分のCO₂排出総量推移を図4-6に、両業界の未達成分と日本全体の目標未達成分との比較を図4-7にそれぞれ示す。

図4-6に示されるように、電事連の目標未達成分は2002年度以降、6000～8000万トンで推移し、2007年度には1億トンを超えている。また、鉄鋼連盟の目標未達成分は2002年以降増加傾向で、2007年度で約1500万トンとなっている。

また、両者の未達成分を合算して国全体の目標未達成分（京都議定書の義務6%目標から森林管理3.8%を引いた2.2%削減に対する未達成分）と比較すると、図4-7に示されるように、電事連の目標未達成分が2007年度では国全体の80.0%、鉄鋼連盟は10.8%に相当している。

審議会における約束では、ここに相当する分を京都メカニズムのクレジット取得で補完することになっている。実際、この後2008年度に電事連は約6400万トン分のクレジットを取得・償却した。ただし、この未達成分は今後の削減対策の進展によって大いに減少する可能性が期待されている。

図4-6 電事連、鉄鋼連盟の自主行動計画目標未達成分の推移

図4-7 電事連、鉄鋼連盟の自主行動計画目標未達成分と国未達成分との比較

4-3 電力の原単位の分析

他の業種でも見られることだが、発電所ごとに発電効率（エネルギー原単位）と CO₂ 排出原単位に大きなバラツキがある。

CO₂ 排出に関連の深い火力発電所における発電効率の分布を燃料別に示して図 4-8 に示す。

図 4-8 燃料別火力発電所の発電効率（エネルギー原単位）分布

発電所ごとの発電効率は 2003 年度のものである。

ここで、火力発電所の平均発電効率は約 40.7%を示しており、火力発電所全体の効率の分布は 50%から 32%の範囲となっている（注：2007 年度では最高 53%）。LNG（天然ガス）を主燃料とする火力発電所では、比較的効率が良く、平均発電効率は 42.2%を示している。石炭を主燃料とする火力発電所では平均発電効率が 39.5%、石油火力発電所では平均発電効率が 37.9%をそれぞれ示している。

先に示した火力発電所の発電効率分布を用い、効率が平均以下である発電所が平均効率まで改善する余地を有すると仮定した場合の改善余地分析の結果を図 4-9 に、燃料別の火力発電所がそのトップ効率まで改善する余地を想定した場合の改善余地分析の結果を図 4-10 にそれぞれ示す。

図 4-9 平均発電効率（エネルギー原単位）までの改善余地分析

図 4-10 トップ発電効率（エネルギー原単位）までの改善余地分析

図 4-9 に示す通り、この場合には平均が 42.0%程度まで改善する削減可能性が認められる。また、この削減効率改善に伴い、CO₂ 削減量が 1,100 万 t-CO₂ と 3.0%の CO₂ 削減率が同時に達成される。

図 4-10 に示す通り、LNG（天然ガス）を主燃料とする火力発電所がトップ発電効率の 53%まで、石炭火力発電所がトップの 43.0%まで、石油火力発電所がトップの 39.6%までそれぞれ改善した場合、改善後の火力発電所全体の平均発電効率は 46.7%までになる余地が認められる。また、この削減効率改善に伴い、CO₂ 削減量が 4,000 万 t-CO₂ と 10.9%の CO₂ 削減率が同時に達成される。

次に、火力発電所の発電所ごとの CO₂ 原単位の分布を図 4-11 に示す。

図 4-11 燃料別火力発電所の CO₂ 原単位の分布

ここでは、火力発電を燃料種で LNG 火力、石油火力、石炭火力に分類して示している。電事連から報告されている原子力、水力を含む全ての発電所の CO₂ 排出原単位は 2003 年度で 0.433 kg-CO₂/kWh、2007 年度で 0.453kg-CO₂/kWh であるが、火力発電所平均では 0.64kg-CO₂/kWh（2003 年度）を示し、燃料種別平均では LNG 火力 0.43、石油火力 0.66、石炭火力 0.86 となっている。

火力発電所全体の CO₂ 排出原単位の幅は約 0.35 から 1.05 の広い範囲にわたっており、今後の設備更新による原単位改善が大きく期待される。

火力発電所の CO₂ 排出原単位の分布を用い、石炭火力発電所の原単位がそれ以外の火力発電所の平均まで改善する場合、その結果は図 4-12 に示される。

図 4-12 火力発電所の CO₂ 原単位の改善可能性

この場合には、火力発電所全体の 26.1% (9,600 万 t-CO₂) の削減可能性が認められる。

また、全火力発電所が、最高効率の LNG 火力発電所のレベルまで改善する場合を図 4-13 に示す。この場合、火力発電所全体の 47.4% (1 億 7,400 万 t-CO₂) の削減可能性が認められる。

図 4-13 火力発電所の CO₂ 原単位の改善可能性 (トップランナー化)

次に、電力 1kWh あたりの CO₂ 排出量 (電力 CO₂ 排出係数) の推移に注目する。排出係数には火力発電所だけの「火力平均」と、火力・水力・原子力などをカバーした「全電源平均」がある。ここでは電事連が毎年値を発表している「全電源平均」を用いる。

図 4-14 に、電力 CO₂ 排出係数、国全体の CO₂ 排出量 (総量)、石炭火力発電所からの CO₂ 排出量 (総量) を示す。また、図 4-15 に、電力 CO₂ 排出係数、および、石炭火力発電所、石油火力発電所、LNG 火力発電所の CO₂ 排出量 (総量) を示す。また、図 4-16 に、電力 CO₂ 排出係数と火力発電所の燃料構成を示す。石炭火力発電所の増加、構成比の増加にともない、全電源平均も悪化している。

図 4-14 国全体および火力発電の CO₂ 排出量と電力の CO₂ 排出係数 (全電源平均)

図 4-15 火力発電燃料別 CO₂ 排出量と電力の CO₂ 排出係数 (全電源平均)

図 4-16 火力発電燃料構成と電力の CO₂ 排出係数 (全電源平均)

4-4 産業の原単位の分析

産業の中で、排出量の多い鉄鋼とセメントの工場ごとの原単位分布を示す。

まず、鉄鋼の排出の多くを占める高炉製鉄所のエネルギー原単位分布を図 4-17 に示す。横軸はエネルギー原単位 (銑鉄生産量あたりの石炭 (原料炭)・コークス消費量)、縦軸は当該原単位の製鉄所の銑鉄生産量を積み上げたものである。工場ごとに原単位にばらつきがある。この分布から、全工場がトップランナー工場レベルまで改善すると、高炉部分のエネルギー原単位は 4%改善される。この他、自家発電設備と産業用蒸気設備での省エネや燃料転換もあれば更なる削減も期待される。

次に、セメント工場の CO₂ 原単位分布を図 4-18 に示す。横軸は CO₂ 原単位 (クリンカ生産量あたりの CO₂ 排出量。クリンカはセメント製造工程の中間生成物)、縦軸は当該原単位の工場のクリ

ンカ生産量を積み上げたものである。工場ごとに原単位にばらつきがある。今後、全工場がトップランナー工場レベルまで改善すると、CO₂原単位は14%改善され、燃料転換を含めれば更なる削減も期待される。

図4-17 高炉製鉄所のエネルギー原単位分布 (2007)

(石炭年鑑)

図4-18 セメント工場のCO₂原単位分布 (2007)

(地球温暖化対策推進法による排出量算定・報告・公表制度データ、セメント年鑑)

次に、業務部門の事業所のCO₂原単位分布を、百貨店・スーパー(業種J)、病院・医療施設(業種N)、庁舎・公的施設(業種R)、民間事務施設(業種Rp)について図4-19に示す。横軸はCO₂原単位(床面積あたりCO₂排出量)をあらわし、平均値で弾き、標準偏差で割って標準化している。縦軸は当該CO₂原単位をもつ施設数である。CO₂原単位は各施設間でかなりのばらつきを有する。

また、各業種の施設の分布のうち、平均値より標準偏差分だけCO₂が原単位が小さい施設を基準に、そのレベルより原単位の大きな施設が全て当該標準まで原単位を改善した場合の改善率を試算すると3割前後のCO₂原単位改善が見込まれる。これを業務部門他業種も含め図4-20に示す。横軸は、各業種の原単位改善率ではなく、下から2番目にある民間事務施設の原単位改善を1として正規化、当該業種で期待される原単位改善の大きさを、他業種と比較可能にしている。「平均改善」は、CO₂原単位が平均値より大きな施設が全て平均値まで原単位を改善した場合、「σ改善」とは、平均値より標準偏差分だけCO₂が原単位が小さい施設を基準に、そのレベルより原単位の大きな施設が全て当該標準まで原単位を改善した場合である。エネルギー多消費の業種で効果が大きく、とりわけデータ施設のように原単位の大きな施設は他業種との相対比較で削減可能性が大きい。

図4-19 業務施設のCO₂原単位分布

図4-20 業務施設のCO₂原単位改善可能性(民間事務施設平均原単位で正規化)

5. 排出構成、エネルギー構成の国際比較

5-1 人口あたり排出量の国際比較

先進各国が気候変動枠組条約事務局へ通報したデータにより、2007年の人口あたりの温室効果ガス排出量とCO₂排出量を図5-1に示す。アメリカ、オーストラリア、カナダの3国と、日本、EU諸国にはやや差がある。日本は温室効果ガス排出量でEU諸国とほぼ同じ、CO₂排出量ではやや多い。

図 5-1 主な先進国の人口あたり温室効果ガス及び CO₂ 排出量(2007 年)

各国から気候変動枠組条約への通報データ

5-2 排出割合の国際排出量比較

主な先進国の 2007 年の CO₂ の部門別排出割合（直接排出）を比較し、図 5-2 に示す。フランスを除いて、日本、EU、ドイツ、イギリス、イタリア、アメリカと共に、エネルギー転換部門と産業部門の和が 5 割を超えている。日本はこの中でもエネルギー転換部門と産業部門をあわせた割合が高く、とりわけ産業部門の割合が高くなっている。

図 5-2 主な先進国の CO₂ の部門別排出割合（直接排出, 2007 年）

各国から気候変動枠組条約への通報データ

5-3 エネルギー割合の国際比較

主な先進国の 2007 年の一次エネルギー構成を比較し、図 5-3 に示す。フランスを除いて、日本、EU、ドイツ、イギリス、イタリア、アメリカは共に、石炭と石油の和が 5 割を超えている。日本はこの中でも、石炭と石油の和でもっとも高く、石炭についてもドイツ、アメリカに次いで高い。逆に天然ガスの割合はイギリスやイタリアの半分、EU15 カ国平均、ドイツやアメリカよりも低い。

図 5-3 主な先進国の一次エネルギー構成(2007 年)

IEA(国際エネルギー機関): "Energy Balances of OECD Countries, 2009edition"

次に、主な先進国の 2007 年の産業部門のエネルギー構成を比較し、図 5-4 に示す。日本、EU、ドイツ、イギリス、フランス、イタリア、アメリカの中では、日本以外の国は化石燃料の中で天然ガスが半分またはそれ以上を占め、日本だけは石炭と石油が多くを占めている。

図 5-4 主な先進国の産業部門エネルギー構成(2007 年)

IEA(国際エネルギー機関): "Energy Balances of OECD Countries, 2009edition"

次に、主な先進国の 2007 年の電源構成を比較し、図 5-5 に示す。フランスを除いて、いずれも火力発電の割合が 5 割を超える。発電量あたり排出量の大きい石炭の割合は、アメリカ、ドイツなどが大きい。日本の石炭火発割合は、アメリカ、ドイツ、イギリスより低いが、EU15 カ国全体より大きい。化石燃料の中では発電量あたり排出量の小さい天然ガスは、イギリス、イタリアなどで割合が高い。日本は EU15 カ国全体やアメリカ等と同じ程度である。水力と再生可能エネルギーをあわせた割合は、日本はアメリカと同程度で、EU15 カ国、ドイツ、イタリアなどより小さい。

図 5-5 主な先進国の電源構成(2007 年)

IEA(国際エネルギー機関):"Energy Balances of OECD Countries, 2009edition "

5-4 再生可能エネルギー導入の国際比較

再生可能エネルギーは、通常のエネルギー利用を続ける限り枯渇せず（ストック切り崩し型のエネルギーでなく、フロー型のエネルギー）、CO₂ 排出などの環境負荷が小さいものをいう。表 5-1 に、再生可能エネルギーとして考えられるものを挙げる。

表 5-1 再生可能エネルギーの種類

	非燃焼系	燃焼系
電力むけ	風力発電、太陽光発電、大規模水力発電、小規模水力発電、地熱発電、波力発電、潮汐発電、潮流発電、海洋温度差発電、など	バイオマス
熱利用	太陽熱利用、地熱利用、雪氷熱利用など	バイオマス

※廃棄物発電、廃棄物熱利用（いずれもバイオマス分のみ。プラスチックや廃油の燃焼などは除く）を加えることがある。

上表に挙げた各要素の構成比を、OECD 加盟国全体の 2007 年実績について図 5-6 に示す。なお、再生可能エネルギー合計が、一次エネルギーに占める割合は約 7%、電力に占める割合は約 15%である。国によって構成比は大きく異なるが、OECD 加盟国全体では、一次エネルギー供給において比較的割合の大きい再生可能エネルギーはバイオマスである。また、電力において比較的割合の大きい再生可能エネルギーは水力発電であり、水力以外ではバイオマス発電や風力発電である。

なお、ここではデータの充実している OECD 諸国のみについて述べたが、データの信頼性には問題があるものの、非 OECD 諸国について得られている統計では一次エネルギー供給に占めるバイオマスの割合が高く、非 OECD 諸国全体で約 15%、中国を除くアジアで 25%、アフリカでは 50%、後発途上国のうちエチオピアやコンゴ民主共和国などでは 90%以上を占める。

図 5-6 OECD 諸国の一次エネルギー供給および電力に占める再生可能エネルギー割合(2007 年)
IEA "Renewable information 2009 edition"

再生可能エネルギーは、温暖化対策のためにその供給量は増加傾向にある。

図 5-7 に、一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギー割合の推移を示す。OECD 全体として最近増加傾向にあり、アメリカは横ばい、日本は横ばいから減少、欧州は増加傾向にある。なお、供給量自体はアメリカ、日本も増加している。

図 5-7 一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギー割合推移（1990-2008）
IEA "Renewable information 2009 edition"

図 5-8 に、電力に占める再生可能エネルギー割合の推移を示す。OECD 全体では割合は微減、日本とアメリカは割合を減らした。欧州は電力量、割合ともに増加傾向にある。

ところで、再生可能エネルギー電力の多くは大規模水力発電であったが、OECD 全体でも 1990 年から 1995 年に 1 割増加したものの、1995 年以降はほとんど増減がなく、最近の再生可能エネルギー電力量の増加は大規模水力発電以外で占められている。そこで、図 5-9 に、電力に占める、水力発電を除く再生可能エネルギー割合の推移を示す。同割合は OECD 全体で大きく増加、とりわけ欧州で大きな増加が見られる。1990 年代に減少したアメリカでも同割合は増加に転じている。

図 5-8 電力に占める再生可能エネルギー割合推移 (1990-2008)

IEA "Renewable information 2009 edition"

図 5-9 電力に占める再生可能エネルギー (除く大規模水力) 割合推移 (1990-2008)

IEA "Renewable information 2009 edition"

次に、再生可能エネルギー電力のうち、再生可能エネルギー全体で利用量が最大であるバイオマスの熱利用量及び発電量、増加量が最大である風力発電、増加率が最大である太陽光発電について最近の傾向を OECD 全体及び国別に示す。

図 5-10 に、風力発電の設備容量の国別推移を示す。1990 年代に導入が先行していたのはアメリカとデンマークで、ドイツとスペインが 1990 年代後半から導入量を大きく伸ばし、それらを追い越した。2000 年以降はアメリカとインドが、2005 年以降は中国が導入量を大きく伸ばし、2008 年にはアメリカが再び設備容量世界一になった。日本の設備容量も増えてはいるが、2003 年には設備容量で世界第 8 位だったが、2008 年には世界 12 位である。

図 5-10 風力発電の設備容量の国別推移 (1990-2008)

Global Wind Energy Council

図 5-11 に、太陽光発電の設備容量の国別推移を示す。1990 年代に太陽光発電設備容量で先行していたのは日本だが、ドイツとスペインが 2000 年以降導入量を大きく伸ばし、日本を追い越している。

図 5-11 太陽光発電の設備容量の国別推移 (1990-2008)

図 5-12 にバイオマス熱利用量、図 5-13 にバイオマス発電量の国別推移をそれぞれ示す。

図 5-12 の通り、OECD 全体のバイオマス熱利用は 1990 年から 2008 年までに 1.6 倍に増加した。全体の 4 割をアメリカが占め、1990 年から 2008 年までに 35% 増加させた。1990 年当初からバイオマス熱利用の多かったスウェーデン、フィンランドでは同熱利用量を 1990 年以降 2008 年までに

2倍に増加、1990年当時はバイオマス熱利用量の少なかったドイツ、イタリア、イギリスは同熱利用量を5〜7倍に増加させた。

また、図5-13の通り、OECD全体のバイオマス発電量は1990年以降2008年までに1.8倍に増加した。全体の3分の1をアメリカが占める。アメリカのバイオマス発電量は最近増加傾向に戻ったものの、1990年比では減少した。1990年当初からバイオマス発電量の多かったフィンランドは同発電量を1990年以降2008年までに2倍、スウェーデンは5倍に増加、1990年当時はバイオマス発電量の少なかったドイツは同発電量を16倍に増加させた。日本のバイオマス発電量は1990年以降2008年までに1.7倍に増加した。

なお、上記のバイオマス区分は、IEAの統計では都市廃棄物の再生可能分、固体バイオマス、液体バイオマス、各種バイオガスをカウントし、産業廃棄物と、都市廃棄物の非再生可能分は除いた。バイオマス統計は、都市廃棄物のうち非再生資源との区分が不明確な国があるなど、他の統計より不確実性の要素が大きいことに留意する必要がある。

図5-12 バイオマス熱利用量の国別推移（1990-2008）

図5-13 バイオマス発電量の国別推移（1990-2008）

IEA "Renewable information 2009 edition"

【大項目ごとの出典リスト】

1. 2.

- ・国立環境研究所インベントリーオフィスの「日本の温室効果ガス排出量データ」(2008)、
URL : www-gio.nies.go.jp/index-j.html

3.

- ・資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」(2008)、
URL : <http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyuu/index.htm>
- ・農林水産省「農林水産統計」(2009)
- ・経済産業省「鉱工業生産指数」(2009)、
URL : <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/iip/result-2.html>
- ・国土交通省「交通経済統計要覧」(2009)
- ・総務省統計局「人口推計報告」(2009)
URL : <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/index.htm>
- ・日本エネルギー経済研究所「エネルギー経済統計要覧」(2009)

4.

- ・日本経団連「環境自主行動計画」(2008)
URL : <http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2008/085/index.html>
- ・産業構造審議会/環境部会・中央環境審議会/地球環境部会「業界自主計画フォローアップ資料」(2008)
URL : http://www.meti.go.jp/committee/gizi_1/14.html
- ・資源エネルギー庁「電力需給の概要」(2004)
- ・東京電力報道発表資料「川崎火力発電所の営業運転開始について」(2007)
URL : <http://www.tepco.co.jp/cc/press/07061502-j.html>

5.

- ・気候変動枠組条約への各国通報
URL : http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4771.php
- ・IEA(国際エネルギー機関):"Energy Balances of OECD Countries 2009 edition"
IEA "Renewable information 2009 edition"
Global Wind Energy Council