

(補論 9)

エネルギー起源炭素排出係数の改訂について

1. 評価分析の背景と方法論

(1) エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定精度向上

1) エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定精度

エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定は、エネルギー量で表現した活動量に、エネルギー単位当炭素排出量(炭素排出係数)を乗じ、さらに酸化係数(日本では 1.00)、換算係数(44/12、炭素表記を二酸化炭素表記に換算する係数)を乗じて行われている。

当該算定方法から明らかなように、算定されたエネルギー起源二酸化炭素排出量の精度は活動量の精度と炭素排出係数の精度の合成値で決定されるため、エネルギー源別活動量とエネルギー源別炭素排出係数の両方の精度を向上させていくことが必要であることが理解される。

[式補 9-1. エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定方法]

$$CDEi = ACLi * CEFi * COFi * 44/12 \quad \dots \text{式 9-1)}$$

$$ACLi = ACUi * GCVi * 1000 \quad \dots \text{式 9-2)}$$

i	エネルギー源の種類(一般炭、ガソリン…)
CDEi	エネルギー源別二酸化炭素排出量 (t-CO ₂)
ACLi	エネルギー源別エネルギー単位活動量 (GJ) 但し非エネルギー利用は除く
ACUi	エネルギー源別固有単位活動量(t, kl, m ³ …) 但し非エネルギー利用は除く
GCVi	エネルギー源別固有単位総発熱量(MJ/kg, MJ/l, MJ/m ³ …)
CEFi	エネルギー源別炭素排出係数 (tC/GJ)
COFi	エネルギー源別酸化係数 (= 1.00)

2) エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定精度向上の経緯

a. 第 1 期 1992 ~ 1998 年

エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定については、1970 年代から経済産業省資源エネルギー庁による「旧・総合エネルギー統計」によって活動量のみが判明していた状態から、1992 年環境庁地球環境部(当時)「二酸化炭素排出量調査報告書」によって公式に炭素排出係数が与えられ、算定が開始された。

当該「旧・総合エネルギー統計」と「1992 年炭素排出係数」を用いて 1994 年に「気候変動に関する国際連合枠組条約に基づく日本国政府報告書(第 1 回)」、1997 年に同第 2 回報告書が作成・提出されている。

しかし、当時の「旧・総合エネルギー統計」は精度が低く、全体のエネルギー収支精度で ± 3 %、部門別エネルギー収支精度では ± 10 % 以上の誤差が存在し、またその算定根拠が明示されていないものがあるという問題があった。

b. 第 2 期 1999 年 ~ 2002 年

1998 年の気候変動枠組条約京都議定書の署名と、これに付随する温室効果ガス排出量の算定報告制度の国際交渉結果を受けて、エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定についての精度向上のための取組みが開始された。

具体的には、活動量については、経済産業省資源エネルギー庁による 2000 年度標準発熱量の改訂、2001 年度「新・総合エネルギー統計」の策定などの措置が講じられた。

炭素排出係数については、環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会エネルギー・工業プロセス分科会により、2002 年度に「エネルギー・工業プロセス分科会報告書(燃料)」が

炭素排出係数の再実測を行ったが、「旧・総合エネルギー統計」を基礎として評価が行われていたことなどから採用されず、引続き「1992年炭素排出係数」が使用されて現在に至っている。

この結果、2002年度の「気候変動に関する国際連合枠組条約に基づく日本国政府報告書(第3回)」は、「新・総合エネルギー統計」と「1992年炭素排出係数」が用いられている。

c. 第3期 2003年～現在

「新・総合エネルギー統計」においては、全体のエネルギー収支精度の±1%水準への向上、算定根拠の明示などの進歩はあったものの、各部門別に見た場合には石油製品・石炭製品のエネルギー収支・炭素収支が十分な精度が確保されておらず、供給側のレファレンス・アプローチと消費側(需要側)の算定結果が大きく乖離しているという問題点が残っていた。

2003年度の国連気候変動枠組条約下における日本国審査と前後して、上述の石油製品・石炭製品のエネルギー収支・炭素収支が問題となり、環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会インベントリWGにより、当該問題の抜本的改善策を講じるべきことが決定された。

当該決定を受け、新・総合エネルギー統計の石油精製・石炭製品製造などの部門の全面改定、エネルギー源別発熱量の毎年度算定化などの措置を講じ、総合エネルギー統計の部門精度も±1%水準へ向上させることによって問題を解決し、2004年度版(2005年度中に算定公表予定)から「一訂・総合エネルギー統計」とすることが既に決定している。

[表補 9-1. エネルギー起源二酸化炭素排出量の算定精度向上の経緯]

主要事象	炭素排出係数	活動量		誤差水準	
		標準総発熱量	エネルギー統計	全体	部門
～	(未知)	75 標準熱量	旧型統計	--	
1992年 環境省排出係数調査	<u>92 排出係数</u>	75 標準熱量	旧型統計	3%	>10%
～					
1994年 日本国第1回報告	92 排出係数	75 標準熱量	旧型統計	3%	>10%
～					
1997年 日本国第2回報告	92 排出係数	75 標準熱量	旧型統計	3%	>10%
～ 京都議定書制定・署名					
2000年 資工庁標準熱量改訂	92 排出係数	<u>00 標準熱量</u>	旧型統計	<u>3%</u>	>10%
2001年 資工庁エネ統計改訂	92 排出係数	00 標準熱量	<u>新型統計</u>	1%	<u><10%</u>
2002年 (環境省排出係数調査)	(不採用)	—		1%	<10%
日本国第3回報告	92 排出係数	00 標準熱量	新型統計	1%	<10%
2003年 UNFCCC対日審査	92 排出係数	00 標準熱量	新型統計	1%	<10%
2004年 資工庁エネ統計改訂	92 排出係数	00 標準熱量	新型統計	1%	<5%
2005年 現在	<u>92 排出係数</u>	<u>年度別熱量</u>	<u>一訂型統計</u>	1%	<5%
		年度別熱量	一訂型統計		

表注) ある年度の総合エネルギー統計が策定公表されるのは、当該年度の約1年後であることに注意。

3) エネルギー源別炭素排出係数の論点と対策

1998年からの一連の措置により、活動量の基礎となる総合エネルギー統計は全体・部分とも±1%水準の高精度が実現し、またその算定根拠が情報公開され、2003年度の国連気候

変動枠組条約下における日本国審査時の状態からさらに進歩が見られているところである。

しかし、炭素排出係数については、1992年調査値から改訂されておらず、以下のような問題点が指摘されているところである。

- 1992年調査値は算定から10年以上が経過している
- 1992年調査値には算定根拠が明示されていないものがある
- 1992年調査値には1996年IPCCインベントリガイドライン標準値から乖離しているものがある

このため、活動量側の精度の向上を活かした形で、1992年炭素排出係数を再度評価分析し、これらの問題点に対応する方法を検討することが必要である。

(2) 炭素排出係数の評価分析についての方法論

1) エネルギー源別炭素排出係数の評価分析方法

エネルギー源別炭素排出係数の妥当性の評価分析の方法としては、以下の3つの方法が考えられる。

- 理論上限値・下限値との比較による評価分析
- 1996年IPCCガイドライン標準値などとの比較による評価分析
- 総合エネルギー統計を用いた炭素収支による評価分析

a. 理論上限値・下限値との比較による評価分析

炭素排出係数の評価を必要とするエネルギー源の大部分は若干の不純物を含んだ炭化水素であり、純粋な炭化水素の標準総発熱量と炭素排出係数の間には物理化学的な対応関係が存在していることから、係数の妥当性をある程度評価することができる。

従って、水素、メタン、一酸化炭素などの純粋物質の0.1気圧の標準状態での標準生成エンタルピーなどから算定される炭素排出係数と、評価対象であるエネルギー源の炭素排出係数などを比較することにより、炭素排出係数の妥当性を大まかに判断することが可能である。

b. 1996年IPCCガイドライン標準値(換算値)などとの比較による評価分析

1996年IPCCガイドライン標準値や、2006年改訂予定のIPCCガイドライン試算値とその統計的な信頼性(不確実性)情報を利用して、エネルギー源別の炭素排出係数¹⁾の妥当性を判断することが可能である。

この際、1992年炭素排出係数は総発熱量(Gross Calorific Value: GCV)と固有単位を用いて算定されており、'96、'06-IPCCガイドライン標準値は真発熱量(Net Calorific Value: NCV²⁾)のみを用いて算定されているため、換算が必要である。

2000年IPCC Good Practice Guidanceでは、炭素排出係数策定時には1996年IPCCガイドライン標準値に信頼性(不確実性)情報が与えられていないため、絶対値の $\pm 2\%$ を判断尺度として乖離を評価することとしている。

但し、IPCCガイドラインが想定する平均的なエネルギー源の性状と、日本が固有に利用するエネルギー源の性状は必ずしも同一ではないため、数値が乖離している場合であっても当該乖離を説明する正当な根拠が存在する場合³⁾、後述する「群評価分析」などの統計

*1 2006年IPCCガイドラインから、従来の炭素排出係数(Carbon Emission Factor)に代えて、炭素含有係数(Carbon Content Factor)に名称変更される予定である。

*2 総発熱量(GCV)は高位発熱量(HHV)、真発熱量(NCV)は低位発熱量(LHV)と呼ばれることがある。

*3 乖離の正当性を説明する具体的な例としては、揮発油等品質確保法による品質規制、輸入形態の相違、国際調達相手国の偏差、実測値や技術的情報の存在など具体的事実関係を示すことができる場合が挙げられる。

的な検討・検証を加えた上、適切な判断を行い炭素排出係数を決定する。

c. 総合エネルギー統計を用いた炭素収支による「群評価分析」

エネルギー源別炭素排出係数のうち、石油製品、石炭製品の係数群の一部については、一訂版総合エネルギー統計を用いてその妥当性を評価することが可能である。

現状の一訂版総合エネルギー統計付表の炭素収支表においては、1992年炭素排出係数を用いて精度確認が行われているが、一訂版総合エネルギー統計の統計値自体を与件として、仮に炭素排出係数群を交換した場合に当該精度が向上するか否かを以て炭素排出係数(群)の精度を評価することが可能である。

但し、当該方法では個々のエネルギー源の炭素排出係数の妥当性を評価することは原理的に困難である。このため、本手法については、a.,b.の方法でエネルギー源別に個別評価・分析を行った後、石炭・石炭製品や原油・石油製品全体として群評価を行うこととする。

2) エネルギー源別炭素排出係数の評価分析手順

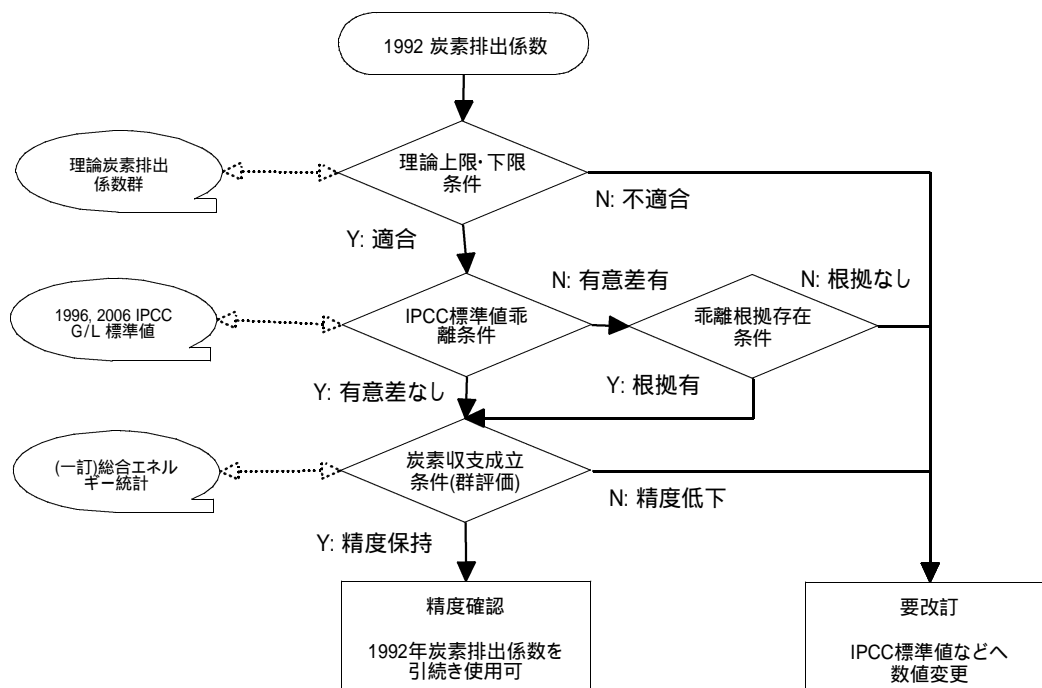
1) におけるエネルギー源別炭素排出係数の妥当性評価の方法については、以下の手順でこれを1992年炭素排出係数に適用し、評価分析を行うものとする。

1992年炭素排出係数については、算定から10年以上の時間が経過している、算定根拠が明らかでないなどの問題点が指摘されているが、仮に当該評価分析手順を経て妥当性が確認された場合、引続き使用に耐えるものと判断して差支えないと考えられる。

一方、1992年炭素排出係数が妥当性がないと評価され、IPCC標準値を換算した値を採択した方がより妥当性があると評価された場合には、当該エネルギー源については1992年炭素排出係数をIPCC標準値を換算した炭素排出係数に取替えることが必要であると考えられる。

[図補 9-1. エネルギー源別炭素排出係数の評価分析手順]

1992年炭素排出係数の評価分析手順



3) エネルギー源別炭素排出係数の表記単位・評価精度

エネルギー源別炭素排出係数の妥当性の評価に用いる表記単位については、特に断らない限り総発熱量当炭素量(tC/TJ)に換算した数値を使用する。

真発熱量から総発熱量への換算、液体・気体の密度換算などについては、「新・総合エネルギー統計」に準拠し、2006年IPCC試算値の策定に用いた換算方法を用いる。

エネルギー源別炭素排出係数の妥当性を統計的に検定する必要がある場合の評価精度については、一般的な統計検定などで使用されている「95%」を用いるものとする。

当該評価精度は、総合エネルギー統計における標準発熱量の評価精度(有効数字の考え方)に等しく、現在検討中の2006年IPCC標準値の信頼性(不確実性)の評価精度と等しい。

2. 石炭・石炭製品の炭素排出係数の評価分析

(1) 石炭・石炭製品の個別評価

1) コークス用原料炭

a. 1992年炭素排出係数 23.6 tC/TJ ('92JP) / 31.8(~'99), 29.1 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、純炭素、コークスなどの上限値基準を満たしている。

上限値: 純炭素 30.5 tC/TJ (理論) / 32.7 TJ/kt

コークス 29.4 tC/TJ ('92係数) / 30.1 TJ/kt

29.5 tC/TJ ('96IPCC) / NA

29.5 tC/TJ ('06IPCC) / 28.2 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して -3.5%相対的に値が小さい結果が観察される。'06-IPCC試算値のサンプル数・標準偏差などを用いたt検定においても95%有意差の存在が確認される。

1996年標準値 Coking Coal 24.5 tC/TJ (1992年係数が -3.5%小) / NA

2006年試算値 Coking Coal 24.5 tC/TJ (1992年係数が -3.5%小) / 29.7 TJ/kt

日本で使われているコークス原料炭については、コスト低減のため、単価の高い強粘結炭に、相対的に廉価な弱粘結炭とオイルコークスやアスファルト抽出物を配合してコークス原料として使用することが広く行われており、諸外国でコークス原料として使用されている強粘結炭とはコークス用原料炭の性状が異なっている可能性がある。

(日本貿易統計)	1990年度	1995年度	2000年度
原料炭総輸入量 (Mt; a)	60.87	58.61	57.60
強粘結炭 (Mt)	45.58	36.12	27.03
弱粘結炭 (Mt; b)	15.28	22.50	30.57
(弱粘結炭構成比; b/a)	25.10%	38.38%	53.07%

表注) 原料炭のうち弱粘結炭の一部は一般炭として通関する場合があります、日本貿易統計が必ずしも全部の原料炭を網羅していないことに注意。

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、サンプル数が14(PCI除く)と非常に少ない、発熱量などの物性が「無水有灰」基準⁴で計測されておりその代表性が確認できない、c. で述べた

*4 日本の通関統計、電力調査統計などの統計調査における石炭消費量・投入量は、「有水有灰」基準で統一されていること、石炭の水分量は5~15%とばらつきが大きいことから、「無水有灰」基準での活動量を正確に知ることは不可能である。総発熱量のエネルギー当炭素排出係数は原理的に水分量の影響を受けないが、現実には「有水有灰」基準での総発熱量が判明しなければサンプルの妥当性を評価できない、測定のための乾燥中に揮発分の組成が変化・減少してしまうなどの問題を生じるおそれがある。

ような技術的特性があるにもかかわらずIPCC標準値を上回る値を示しているなどの問題があり、参考とすることが困難である。

2002年調査値 24.7 tC/TJ (1992年係数が -4.3%小) / 32.1 TJ/kt(無水有灰)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値に対して -3.5%小さい結果となっているが、コークス製造に関する技術的情報からその差異を説明する正当な根拠が存在すると考えられる。

このため、総合エネルギー統計を用いてコークス・コークス炉ガスなどの群評価を行った上で、現行の炭素排出係数を用いるか、IPCC標準値を採択するかを判断することが妥当と考えられる。

2) 吹込用原料炭

a. 1992年炭素排出係数 23.7 tC/TJ ('92JP) / 31.8(~'99), 28.2 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、純炭素、コークスなどの上限値基準を満たしている。

上限値: 純炭素 30.5 tC/TJ (理論) / 32.7 TJ/kt

コークス 29.4 tC/TJ ('92係数) / 30.1 TJ/kt

29.5 tC/TJ ('96IPCC) / NA

29.5 tC/TJ ('06IPCC) / 28.2 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

'96,'06-IPCC標準値・試算値とも、エネルギー源の区分においては吹込用原料炭に該当する石炭種はなく、コークス用原料炭以外は性状区分(瀝青炭、亜瀝青炭など)で標準値が示されているため、単純な比較はできない。

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、サンプル数が3と非常に少ない、発熱量などの物性が「無水有灰」基準で計測されておりその代表性が確認できないなどの問題があり、参考とすることが困難である。

2002年調査値 24.4 tC/TJ (1992年係数が -3.1%小) / 31.0 TJ/kt(無水有灰)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、これに該当するIPCC標準値が存在しないため、その用途にかんがみコークス用原料炭と同じ炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

3) 輸入一般炭

a. 1992年炭素排出係数 24.7 tC/TJ ('92JP) / 26.0(~'99), 26.6 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、純炭素、コークスなどの上限値基準を満たしている。

上限値: 純炭素 30.5 tC/TJ (理論) / 32.7 TJ/kt

コークス 29.4 tC/TJ ('92係数) / 30.1 TJ/kt

29.5 tC/TJ ('96IPCC) / NA

29.5 tC/TJ ('06IPCC) / 28.2 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値(Other Bit. Coal)と比較して +1.7%炭素排出係数が多いが、その差は2%以内であり、ほぼ同様の水準であるという結果が観察される。

このような一致が見られる理由は、日本で使われている輸入一般炭については、瀝青炭が多いことから、瀝青炭のIPCC標準値と高い一致が見られるものと考えられる。

1996年標準値 Other Bit. Coal 24.5 tC/TJ (1992年係数が +1.7%大) / NA
2006年試算値 Other Bit. Coal 24.5 tC/TJ (1992年係数が +1.7%大) / 27.2 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、サンプル数が20しかない、総発熱量などの物性が「無水有灰」基準で計測されておりその代表性が確認できないなどの問題があり、参考とすることは困難であるが、炭素排出係数自体は1992年炭素排出係数と高い一致が見られる。

2002年調査値 24.6 tC/TJ (1992年係数が +0.6%大) / 29.7 TJ/kt(無水有灰)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と概ね一致することが確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

4) 国産一般炭

a. 1992年炭素排出係数 24.9 tC/TJ ('92JP) / 24.3(~'99), 22.5 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、純炭素、コークスなどの上限値基準を満たしている。

上限値: 純炭素 30.5 tC/TJ (理論) / 32.7 TJ/kt

コークス 29.4 tC/TJ ('92JP) / 30.1 TJ/kt

29.5 tC/TJ ('96IP) / NA

29.5 tC/TJ ('06IP) / 28.2 TJ./kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値(Sub-Bit. Coal)とほぼ完全に一致しているという結果が観察される。

このような一致が見られる理由は、国内で産出する国産一般炭の大部分は亜瀝青炭であることから、亜瀝青炭のIPCC標準値と高い一致が見られるものと考えられる。

1996年標準値 Sub-Bit. Coal 24.9 tC/TJ (1992年係数が +0.0%大) / NA

2006年試算値 Sub-Bit. Coal 24.9 tC/TJ (1992年係数が +0.0%大) / 19.9 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、サンプル数が17しかない、総発熱量などの物性が「無水有灰」基準で計測されておりその代表性が確認できないなどの問題があり、参考とすることは困難である。

さらに、2002年調査と前後して国内炭鉱は相次いで出炭停止・閉山が続いており、こうした変動の大きな期間での実測値の採用については大きな問題があると考えられる。

2002年調査値 23.9 tC/TJ (1992年調査値が +4.3%大) / 24.5 TJ/kt(無水有灰)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と高い一致性が確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

5) 輸入無煙炭

a. 1992年炭素排出係数 24.7 tC/TJ ('92JP) / 27.2(~'99), 27.2 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、純炭素、コークスなどの上限値基準を満たしている。

上限値: 純炭素 30.5 tC/TJ (理論) / 32.7 TJ/kt

コークス 29.4 tC/TJ ('92JP) / 30.1 TJ/kt

29.5 tC/TJ ('96IP) / NA

29.5 tC/TJ ('06IP) / 28.2 TJ./kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96、'06-IPCC標準値・試算値(Anturacite)と比較して -2.9% 相対的に値が小さい結果が観察される。'06-IPCC試算値のサンプル数・標準偏差などを用いたt検定においても95%有意差の存在が確認される。

1992年炭素排出係数は輸入一般炭の数値を基準に定められているが、これは総合エネルギー統計において「無煙炭」の統計項目には亜炭・泥炭などの低品位炭が含まれており、純粋な無煙炭の量を必ずしも表していなかったことによるものと考えられる。

現状において、エネルギー効率の向上や大気汚染防止などの見地から、水分・灰分が多く微粉炭にできない亜炭・泥炭などの低品位炭がエネルギー源として利用されることは殆どないため、無煙炭の項目に輸入一般炭の炭素排出係数を適用することは不適当と考えられる。

1996年標準値 Anturacite 25.5 tC/TJ (1992年係数が -2.9%小) / NA

2006年試算値 Anturacite 25.5 tC/TJ (1992年係数が -2.9%小) / 28.1 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、1992年炭素排出係数の考え方を踏襲し、輸入一般炭の数値をそのまま用いている。3)で述べたとおり、当該取扱いは不適当であると考えられる。

2002年調査値 24.6 tC/TJ (1992年係数が +0.6%大) / 29.7 TJ/kt(無水有灰)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と比較して -2.9%の差異が存在するが、当該差異を説明する正当な根拠がないため、IPCC標準値を用いることが妥当と考えられる。

6) コークス

a. 1992年炭素排出係数 29.4 tC/TJ ('92JP) / 30.1 (~'99), 30.1 TJ/kt

但し、実際のインベントリでは毎年度炭素製品全体の平均炭素収支により算定。

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、純炭素の上限値基準を満たしている。

上限値: 純炭素 30.5 tC/TJ (理論) / 32.7 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96、'06-IPCC標準値・試算値(Coal Coke)とほぼ一致しているという結果が観察される。

このような一致が見られる理由は、コークスが高炉製鋼に適した性状に最適化されて製造された「炭素の塊」であり、灰分を除いて考えればその性状が非常に安定しているためであると考えられる。

1996年標準値 Coal Coke 29.5 tC/TJ (1992年係数が -0.4%小) / NA

2006年試算値 Coal Coke 29.5 tC/TJ (1992年係数が -0.4%小) / 28.2 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値は存在しない。

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と高い一致性が確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

7) コークス炉ガス

a. 1992年炭素排出係数 29.4 tC/TJ ('92JP) / 20.1 (~'99), 21.1 TJ/Mm³N

但し、実際のインベントリでは毎年度炭素製品全体の平均炭素収支により算定。

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、コークスの炭素排出係数を基準に定められているが、気体炭化水素の上限値を超える異常に大きな値となっていること、コークス炉ガスに一酸化炭素は10%程度しか含まれておらず、その組成の大部分は水素・メタンが占めていることから、当該数値の設定は不適切であると考えられる。

(参考値)	一酸化炭素	42.4 tC/TJ (理論) / 12.6 TJ/Mm ³ N
	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論) / 99.1 TJ/Mm ³ N (気体炭化水素の上限)
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論) / 129.1 TJ/Mm ³ N
	メタン	13.5 tC/TJ (理論) / 39.8 TJ/Mm ³ N
	水素	0.0 tC/TJ (理論) / 12.8 TJ/Mm ³ N

コークス炉ガスの組成例 (JFE21世紀財団資料による)

H₂ 50.0%, CH₄ 30.0%, CO 10.0%, N₂ 5.6%, 他 4.4%

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96/'06-IPCC標準値・試算値と比較して100%以上値が大きい結果が観察され、1)の結果を裏付けている。

1996年標準値	Coke Oven Gas	11.8 tC/TJ (1992年係数が +149%大) / NA
2006年試算値	Coke Oven Gas	11.0 tC/TJ (1992年係数が +164%大) / 21.1TJ/Mm ³ N

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、日本鉄鋼連盟提供の実測値5例による平均値を採っており、1992年炭素排出係数とは異なるが、IPCC標準値とほぼ同じ値となっている。

2002年調査値 11.0 tC/TJ (1992年係数が +167%大) / 21.1 TJ/Mm³N

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と大きく異なり、乖離を説明する合理的な根拠がないため、IPCC試算値(2002年環境省調査値)を用いることが妥当と考えられる。

8) 高炉ガス(BFG)・転炉ガス(OSG)

- a. 1992年炭素排出係数 BFG: 29.4 tC/TJ ('92JP) / 3.35(～'99), 3.41 TJ/Mm³N
 OSG: 29.4 tC/TJ ('92JP) / 8.37(～'99), 8.41 TJ/Mm³N

但し、実際のインベントリでは毎年度炭素製品全体の平均炭素収支により算定。

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、高炉ガス・転炉ガスともコークスの炭素排出係数を基準に定められているが、高炉ガスや転炉ガスの組成中、可燃分の大部分を一酸化炭素が占め水素や炭化水素は少量であるため、当該数値の設定は不適切であると考えられる。

(参考値)	一酸化炭素	42.4 tC/TJ (理論) / 12.6 TJ/Mm ³ N
	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論) / 99.1 TJ/Mm ³ N
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論) / 129.1 TJ/Mm ³ N
	メタン	13.5 tC/TJ (理論) / 39.8 TJ/Mm ³ N
	水素	0.0 tC/TJ (理論) / 12.8 TJ/Mm ³ N

高炉ガス・転炉ガスの組成例 (JFE21世紀財団資料による)

BFG: N₂ 55.0%, CO₂ 20.0%, CO 20.0%, H₂ 4.0%, 他 1.0%
 OSG: CO 70.0%, CO₂ 15.0%, N₂ 10.0%, O₂ 2.5%, H₂ 2.5%

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、高炉ガス・転炉ガス内に含まれている二酸化炭素の炭素分を除いた可燃炭素法での炭素排出係数であるため、総炭素法による'06-IPCC試算値の算定基礎となった、可燃炭素法による参考値の炭素排出係数と比較すると、高炉ガスで-19.5%、転炉ガスで-23.6%小さい結果が観察され、1)の結果を裏付けている。

2006年参考値 BFG(可燃炭素) 36.5 tC/TJ (1992年係数が -19.5%小) / 3.73TJ/Mm³N

(2006 年試算値 BFG(総炭素) 69.0 tC/TJ)
 2006 年参考値 OSG(可燃炭素) 38.4 tC/TJ (1992 年係数が -23.6%小) / 9.16TJ/Mm³N
 (2006 年試算値 OSG(総炭素) 49.6 tC/TJ)

d. 2002 年環境省調査値について

2002 年環境省調査値については、日本鉄鋼連盟提供の実測値による平均値となっているが、IPCC標準値同様に総炭素法⁵による排出係数を算定してしまっているため、これを直接の参考とすることは困難である。

2002 年調査値 BFG: 70.3 tC/TJ (1992 年係数が - 58.2 %小) / 3.31 TJ/Mm³N
 OSG: 49.7 tC/TJ (1992 年係数が - 40.9 %小) / 8.72 TJ/Mm³N

e. 評 価

高炉ガス・転炉ガスとも、1992 年炭素排出係数は、IPCC参考値(可燃炭素法)と大きく異なるため不適切であると考えられ、'06-IPCC参考値(可燃炭素法)を採択することが考えられる。

このため、総合エネルギー統計を用いてコークスなどとの群評価を行った上で、IPCC参考値(可燃炭素法)採択の是非を判断することが妥当と考えられる。

9) コールタール

a. 1992 年炭素排出係数 (該当なし) / (該当なし)(~'99), 37.3 TJ/kt

b. 理論値との比較 (比較不能)

c. 換算IPCC標準値との比較

'06-IPCC試算値と日本の標準発熱量を比較すると日本の標準発熱量が+ 27 %大きいという結果が観察される。

日本における「コールタール」では、水分・硫黄分・アンモニア分などの副生成成分を含まない精製後のコールタールが計量されているが、IPCCにおけるコールタールでは、発熱量の大きさから考えて、こうした副生成成分を含んだ「コークス炉から産出した未精製の副生液体製品一般」を表している可能性がある。

2006 年試算値 Coal Tar 20.9 tC/TJ (--) / 29.5 TJ/kt (日本発熱量が+27.3%大)

(参考)	Bitumen	('06 IPCC)	41.9 TJ/kt
	Petroleum Coke	('06 IPCC)	33.3 TJ/kt
	Coal Coke	('06 IPCC)	28.2 TJ/kt

d. 2002 年環境省調査値について (該当なし)

e. 評 価

コールタールについては、1992 年炭素排出係数が存在しないが、新・総合エネルギー統計において活動量が計上されているため、炭素排出係数についてIPCC標準値を採択することが考えられる。

このため、総合エネルギー統計を用いて原料炭・コークスなどとの群評価を行った上で、IPCC試算値採択の是非を判断することが妥当と考えられる。

(2) 石炭・石炭製品の群評価

1) 石炭・石炭製品のエネルギー収支・炭素収支

*5 総炭素法を用いるのは、炭素排出は排出地点で「直接排出法」により計算する場合であり、高炉へ投入した炭素(コークス、PCI炭、石灰石、ドロマイト)から、高炉ガス・転炉ガスとして燃焼後排出される炭素分を控除することとなり、還元剤としてのエネルギー源の消費や石灰石など炭酸塩起源の排出があるにもかかわらず、高炉自体からの炭素排出はゼロとして計算することとなる。

従来の日本のインベントリでは、炭素排出をエネルギー消費寄与度に応じ按分して考える「間接排出法」により計算している。

石炭・石炭製品のうち、コークス用原料炭、吹込用原料炭、コークス炉ガス、高炉ガス・転炉ガス、コールドタールなどについては、鉄鋼業における製鋼過程に沿って以下の3つの工程でエネルギー転換される関係にある。

これらのエネルギー転換においては、炭素収支が成立していなければならないことから、新・総合エネルギー統計の時系列での統計値を用いてこれらの炭素排出係数群の妥当性を評価することができる。

a. コークス炉工程

$$\begin{aligned} \text{CCCL} + \text{COCX} &= \text{CCCC} + \text{CCRT} + \text{CCOG} && \text{式 9-3)} \\ \text{Cccl} * \text{Eccl} + \text{Cocx} * \text{Eocx} &= \text{Cccc} * \text{Eccc} + \text{Ccrt} * \text{Ecrt} + \text{Ccog} * \text{Ecrt} \end{aligned}$$

投入側:	CCCL	コークス用原料炭中炭素	Cccc: 排出係数	Eccc: エネルギー量
	COCX	オイルコークス中炭素	Ccrt: 排出係数	Ecrt: エネルギー量
産出側:	CCCC	コークス中炭素	Cccc: 排出係数	Eccc: エネルギー量
	CCRT	コールドタール中炭素	Ccrt: 排出係数	Ecrt: エネルギー量
	CCOG	コークス炉ガス中炭素	Ccog: 排出係数	Ecog: エネルギー量

b. 高炉工程

$$\begin{aligned} \text{CPCI} + \text{CCCC} &= \text{CBFG} + \text{CPIM} \\ \text{Cpci} * \text{Epci} + \text{Cccc} * \text{Eccc} &= \text{Cbf} * \text{Ebf} + \text{Cpim} * \text{Ipim} && \text{式 9-4)} \end{aligned}$$

投入側 ⁶ :	CPCI	吹込用原料炭中炭素	Cpci: 排出係数	Epci: エネルギー量
	CCCC	コークス中炭素	Cccc: 排出係数	Eccc: エネルギー量
産出側:	CBFG	高炉ガス中炭素	Cbf: 排出係数	Ebf: エネルギー量
	CPIM	銑鉄中溶解炭素	Cpim: 炭素濃度	Ipim: 銑鉄量

c. 転炉工程

$$\begin{aligned} \text{CPIM} &= \text{COSF} \\ \text{Cpim} * \text{Ipim} &= \text{Cosf} * \text{Eosf} && \text{式 9-5)} \end{aligned}$$

投入側:	CPIM	銑鉄中溶解炭素	Cpim: 炭素濃度	Ipim: 銑鉄量
産出側 ⁷ :	COSF	転炉ガス中炭素	Cosf: 排出係数	Eosf: エネルギー量

2) 石炭・石炭製品の炭素排出係数精度と評価対象群

エネルギー源のうち、コークス、転炉ガスについては原理的に物理化学的性状が安定していると考えられるため、これらの数値については、コークスは1992年炭素排出係数、転炉ガスは2006年IPCC標準値である旨仮定して差支えないと考えられる。また、コールドタール、オイルコークスなどは量が少ないためIPCC標準値や1992年炭素排出係数を用いても精度上問題がないと考えられる。

当該仮定により、式9-5)から転炉工程の炭素収支に従い直ちに銑鉄中炭素溶解炭素量と炭素濃度が確定する。

さらに、高炉でのコークス、銑鉄中溶解炭素が確定することから、式9-4)により吹込用原料炭と高炉ガスの炭素排出係数の妥当性を誤差の大小により群評価することができる。

また、コークス、オイルコークスなどの値を固定して考えれば、式9-3)によりコークス用原料炭、コークス炉ガスの炭素排出係数の妥当性を誤差の大小により評価することができる。

こうした視点から、コークス炉と、高炉・転炉に関する炭素収支を、以下の2組の炭素排出係数群について試算し、総合エネルギー統計のエネルギー収支の値を基礎に、1990～2003年度における炭素収支精度を比較して炭素排出係数の妥当性を評価することとした。

*6 ここでは、エネルギー起源炭素の収支を考察しているため、高炉に直接投入される石灰石・ドロマイトなどの非エネルギー由来炭素分は別途工業プロセス分野において算定されていると仮定し、算定から除外する。

*7 厳密には製鋼製品中炭素分を考慮する必要があるが、通常鋼中の炭素分は重量の0.05%以下であり、炭素分は製品別に大きく異なることから、ここでは捨象して誤差として取扱う。

a. 1992年炭素排出係数-改

原則 1992年炭素排出係数とするが、IPCC標準値と±2%以上乖離しているが当該乖離を説明する固有事情がない排出係数のみをIPCC標準値に置換えたもの。

b. '96,'06-IPCC標準値・試算値完全準拠

1992年炭素排出係数のうち、IPCC標準値・試算値と±2%以上乖離するものを全部IPCC標準値・試算値に置換えたもの。

[表補 9-2. 石炭・石炭製品の炭素排出係数の個別評価のまとめ]

エネルギー源	'92 排出係数 (tC/TJ)	IPCC標準値との比較		固有背景 判定	評 価	代替案 (tC/TJ)
		96 標準値	06 試算値			
石 炭						
コークス用原料炭	23.7	-3.5%	-3.5%	×	存在	炭素収支で評価 24.5
吹込用原料炭	23.7	--	--		存在	'92 係数が妥当 --
輸入一般炭	24.7	+1.7%	+1.7%		--	'92 係数が妥当 --
国産一般炭	24.9	+0.0%	+0.0%		--	'92 係数が妥当 --
輸入無煙炭	24.7	-2.9%	-2.9%	×	--	× '96,'06IPCCに変更 25.5
石炭製品						
コークス	29.4*	-0.4%	-0.4%		--	'92 係数が妥当 --
コークス炉ガス	29.4*	+149%	+164%	×	--	× '96,'06IPCCに変更 11.0
高炉ガス	29.4*	--	-19.5%	×	--	× 炭素収支で評価 36.5
転炉ガス	29.4*	--	-23.6%	×	--	× '96,'06IPCCに変更 38.4
コークス	--	--	--	×	--	× '96,'06IPCCに変更 20.9

表注) *印部分は毎年度のインベントリにおいては炭素製品全体の収支から再計算されている。

3) 石炭・石炭製品の群評価結果

a. コークス炉工程

コークス炉に関する炭素収支については、コークス用原料炭の炭素排出係数について、「1992年炭素排出係数-改」よりも、「'96,'06-IPCC標準値・試算値完全準拠」の方が精度が高いという結果が得られた。

但し、「'96,'06-IPCC標準値・試算値完全準拠」の炭素排出係数群を用いた場合であっても、平均値の精度は高いものの、毎年度の精度においては±3~5%のばらつきが存在していることが観察され、また、わずかながら炭素収支偏時性⁸が産出側で「湧出し」の傾向が見られるなど、問題の多い結果となっている。

現在の本項目での算定方法は、コークス用原料炭について 1992年炭素排出係数を使用し、炭素収支の計算結果が産出側で「湧出し」となっているものを強制的に一律の係数を乗じて調整して合わせてしまうものであるが、このような取扱いを廃止し、コークス用原料炭について「'96,'06-IPCC標準値・試算値完全準拠」方式の炭素排出係数を算定して直接計算する方法を採用し、乖離の本質的原因であるエネルギー収支の精度改善を目指すべきであると考えられる。

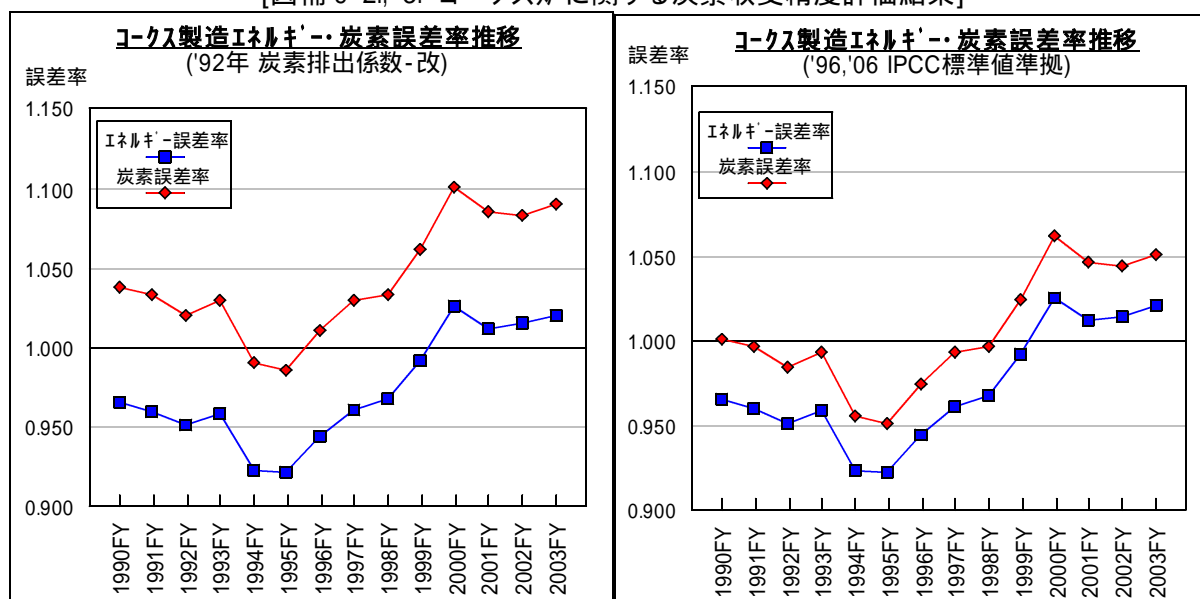
[表補 9-3. コークス炉に関する炭素収支精度評価結果]

*8 偏時性とは、1990年度を1とし毎年度1づつ増加する整数の時系列に対して最小自乗法による回帰を行った場合の係数であり、1年経過する毎に平均的にどの程度炭素収支精度が悪化/改善するかを示す。

偏時性が1%/年である場合、10年間で10%の誤差を生じる計算になり、仮に許容誤差を5%とするのであれば、5年程度の期間毎に試算方法を見直し精度更正を行わなければならないことを意味している。

		1992 炭素排出係数改	'96,'06-IPCC標準準拠
炭素排出係数 (tC/TJ)			
投入側	コークス用原料炭	23.7	24.5
	輸入一般炭	24.7	24.7
	オイルコークス	25.4	25.4
産出側	コークス	29.4	29.4
	コークス炉ガス	11.0	11.0
	コールタール	20.9	20.9
炭素収支精度平均値		1.0423	1.0054
炭素収支精度標準偏差		0.0350	0.0339
炭素収支偏時性		+0.0074	+0.0060

[図補 9-2,-3. コークス炉に関する炭素収支精度評価結果]



b. 高炉・転炉工程

高炉・転炉に関する炭素収支については、「1992年炭素排出係数-改」、「'96,'06-IPCC標準値完全準拠」のいずれについても、炭素が産出側で「湧出し」となる方向に過大な誤差を生じる結果となった。

各投入・産出側のエネルギー源の物性などを考慮すると、転炉ガスに関する炭素排出係数やコークス・吹込用原料炭の炭素排出係数は相対的に安定していると考えられるため、高炉ガスの炭素排出係数が過大評価⁹となっているものと考えられる。

仮に、当該「湧出し」が解消するように高炉ガスの炭素排出係数を補正した場合、高炉ガスの炭素排出係数は 26 ~ 27 tC/TJ程度となり、高炉ガス中の可燃分の化学組成で考えれば IPCC標準値が想定する CO 20%、H₂ 4%に対して、CO 15%、H₂ 4%程度(残余はN₂、CO₂などの不活性ガス)の組成であったこととなるが、エネルギー起源以外の石灰石・ドロマイト起源の二酸化炭素の存在を考えれば、この程度の格差の存在は不自然ではないと考えられる。

従って、高炉に関する炭素収支や、高炉ガスの化学成分の不安定性・操業依存性など

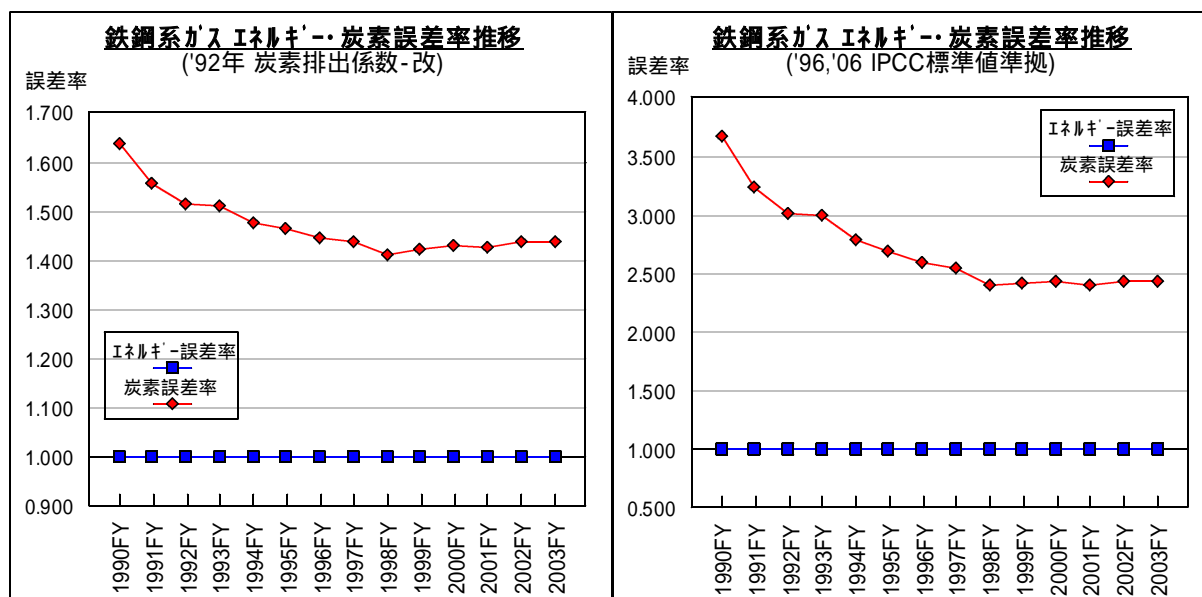
⁹ '06-IPCC試算値の高炉ガスの炭素排出係数は、日本の数値例(32.4tC/TJ)とイギリスの数値例(42.4tC/TJ)を平均して算定されており、さらに日本の数値例も特定の高炉での計測値でしかないことから、日本国内の高炉ガスの炭素排出係数の平均値が IPCC標準値を大きく下回る値(26 ~ 27 tC/TJ)であっても不思議ではないと考えられる。

から考察すれば、現状の石炭製品全体での一律の調整方式を改め、高炉・転炉での炭素収支を基礎に、高炉ガスの炭素排出係数を毎年度高炉・転炉に関する炭素収支から推計・算定することが妥当であると考えられる。

[表補 9-4. 高炉・転炉に関する炭素収支精度評価結果]

	1992 炭素排出係数改	'96,'06-IPCC標準準拠
炭素排出係数 (tC/TJ)		
投入側 コークス	29.4	29.4
吹込用原料炭	23.7	23.7
産出側 高炉ガス	29.4	36.4
転炉ガス	38.4	38.4
炭素収支精度平均値	1.4719	2.7195
炭素収支精度標準偏差	0.0612	0.3708
炭素収支偏時性	-0.0126	-0.0816

[図補 9-4.,-5. 高炉・転炉に関する炭素収支精度評価結果]



[表補 9-5. 高炉・転炉の炭素収支から算定した高炉ガスの炭素排出係数の推移]

(tC/TJ)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
高炉ガス	27.3	27.2	27.1	27.1	27.0	26.9	26.9	26.8	26.7	26.6	26.6	26.5	26.5	26.5

3. 原油・石油製品・天然ガスの炭素排出係数の評価分析

(1) 原油・天然ガスの個別評価

1) 原油(精製用・発電用)

a. 1992 年炭素排出係数 18.7 tC/TJ ('92JP) / 38.7(~'99), 38.2 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992 年炭素排出係数は、上限値(残渣燃料油)、下限値(n-ブタン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値: 残渣燃料油 20.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 41.5 TJ/MI

下限値:	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論)	/ (99.1 TJ/Mm ³ N)
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論)	/ (129.1 TJ/Mm ³ N)

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して -1.8%小さい結果が観察される。

日本の精製用原油については諸外国と比較して軽質原油の輸入が多いことが知られていること、当該乖離は、IPCC Good Practice Guidance の判定基準(± 2%)を満たしていることなどから、1992年炭素排出係数の値は妥当であると考えられる。

1996年標準値	Crude Oil	19.0 tC/TJ (1992年係数が -1.8%小)	/ NA
2006年試算値	Crude Oil	19.0 tC/TJ (1992年係数が -1.8%小)	/ 38.3 TJ/MI

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、代表的油種銘柄別の15サンプルの実測値による加重平均によって算定されているが、サンプル数が極めて少ない、日本で使われていない重量当発熱量が測定されており代表性が確認できないなどの問題点がある。

当該調査値は、総平均とした場合であっても加重平均とした場合であっても1992年炭素排出係数と有意な差はなく、IPCC標準値ともほぼ同じ値となっている。

2002年調査値	18.8 tC/TJ (1992年係数が -0.9%小)	/ 38.7 TJ/MI (総平均)
----------	------------------------------	--------------------

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と概ね一致していることが確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

2) NGL・コンデンセート

a. 1992年炭素排出係数 18.7 tC/TJ ('92JP) / 33.9 (~ '99), 35.3 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(残渣燃料油)、下限値(n-ブタン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	残渣燃料油	20.1 tC/TJ ('06 IPCC)	/ 41.5 TJ/MI
下限値:	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論)	/ (99.1 TJ/Mm ³ N)
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論)	/ (129.1 TJ/Mm ³ N)

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、原油と同じ値が設定されているため、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して +14%以上大きい結果が観察される。

NGL・コンデンセートは、一般にガソリンやナフサに近い性状を持っていることが知られており、原油と同じであると仮定している現在の数値は妥当ではないと考えられる。

一方、日本に輸入されているNGL・コンデンセートは、化学原料や発電所燃料としてナフサの代替物として使用される重質NGL・コンデンセートが多いが、諸外国では天然ガス精製中に液化したプロパン以上の分子量の液体炭化水素成分全部を包括して(軽質)NGL・コンデンセートと呼称しており、発熱量の乖離から考えて両者が指しているエネルギー源が根本的に異なったものであることが予想される。

1996年標準値	NGL	16.3 tC/TJ (1992年係数が +14.2%大)	/ NA
2006年試算値	NGL	16.3 tC/TJ (1992年係数が +14.2%大)	/ 37.2 TJ/MI

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、電気事業者提供値の4サンプルの実測値による平

均によって算定されているが、サンプル数が極めて少ない、発熱量が標準発熱量^{*10}から乖離しており代表性に疑問があるなどの問題点がある。

また、当該実測値はIPCC標準値からかなり大きく乖離している。

2002年調査値 18.4 tC/TJ (1992年係数が +1.4%大) / 36.2 TJ/MI (総平均)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、原油と同じ値であること、IPCC標準値と大きく異なることなどから不適切であると考えられるが、日本固有のNGL・コンデンセートの使用形態に伴う偏差が存在するものと考えられ、2002年環境省調査値を採択することが考えられる。

このため、総合エネルギー統計を用いて原油・石油製品との群評価を行った上で、2002年環境省調査値採択の是非を判断することが妥当と考えられる。

3) 瀝青質混合物("Orimulsion")

a. 1992年炭素排出係数 (該当なし) / (該当なし)(~'99), 29.8 TJ/kt

b. 理論値との比較 (比較不能)

c. 換算IPCC標準値との比較

'96,'06-IPCC標準値・試算値の標準発熱量は、日本の標準発熱量とほぼ同じ値となっている。日本で使用されている瀝青質混合物は Orimulsion であることから、'06-IPCC試算値を用いることが考えられる。

1996年標準値 Orimulsion 20.9 tC/TJ (-) / NA

2006年試算値 Orimulsion 20.0 tC/TJ (-) / 29.3 TJ/kt (日本発熱量が-1.8%小)

d. 2002年環境省調査値について (該当なし)

e. 評価

瀝青質混合物については、1992年炭素排出係数が存在しないが、新・総合エネルギー統計において活動量が計上されているため、炭素排出係数についてIPCC試算値を採択することが妥当と考えられる。

4) 輸入天然ガス(LNG)

a. 1992年炭素排出係数 13.5 tC/TJ ('92JP) / 54.4(~'99), 54.5 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(プロパン)、下限値(メタン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論)	/	49.8 TJ/kt
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論)	/	50.4 TJ/kt
	エタン	15.4 tC/TJ (理論)	/	51.9 TJ/kt
下限値:	メタン	13.5 tC/TJ (理論)	/	55.5 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値と比較して -3.2%小さい結果が観察される。

北米・欧州などでは、各地域で産出する天然ガスを脱硫・脱水・LPG回収などの簡易処理後パイプラインなどで直接配送し利用することが広く行われており、ガス中にはエタン(C2)からブタン(C4)程度迄の炭化水素がかなり多く残留・混在している。

実際に、IPCC標準値の標準発熱量は、メタンよりもエタンに近い値となっている。

*10 総合エネルギー統計におけるNGL・コンデンセートの標準発熱量は、これを使用する国内14の火力発電所で入荷毎に実測された総発熱量の値を加重平均した値となっており、ここでの「実測値」と比較してサンプル数が2桁程度異なっている。

一方、日本においては、海外から液化天然ガス(LNG)を輸入している関係上、低温液化分離過程でプロパン以上の炭化水素の大部分が除去^{*11}されている特殊事情がある。

このため、日本の天然ガスの輸入・利用形態の相違から、1992年炭素排出係数がIPC C標準値と乖離しているものと考えられる。

1996年標準値 Natural Gas 13.9 tC/TJ (1992年係数が -3.2%小) / NA
 2006年試算値 Natural Gas 13.9 tC/TJ (1992年係数が -3.2%小) / 52.8 TJ/kt

[表補 9-6. 日本に輸入されている代表的なLNGの物性値]

産出国・ガス田	総発熱量		沸 点 ()	融 点 ()	化学組成		理論炭素係数 (tC/TJ)
	(TJ/Mm ³ N)	(TJ/kt)			メタン	エタン+	
USA Alaska-Kenai	39.9	--	< -162	--	0.997	0.001	13.49 (13.49)
Bornei Rumut	45.2	--	< -162	--	0.897	0.102	13.69 (13.77)
Indonesia Badak	44.1	--	< -162	--	0.907	0.093	13.67 (13.75)
Indonesia Aln	44.0	--	< -162	--	0.891	0.109	13.70 (13.79)
Malaysia Bintul	44.0	--	< -162	--	0.917	0.081	13.65 (13.71)
Australia NS	44.9	--	< -162	--	0.886	0.113	13.71 (13.80)
メタン (理論)	39.8	55.5	-162	-183	1.000	-	13.49
エタン (理論)	69.6	51.9	-89	-183	-	1.000	15.40
プロパン (理論)	99.1	50.4	-42	-181	-	1.000	16.23
n-ブタン (理論)	129.1	50.0	-1	-139	-	1.000	16.61

出典: 理化学辞典・ガス事業便覧(各年度版)他

理論炭素係数は、メタン以外の炭化水素が全部エタン(全部プロパン)であった場合の炭素排出係数
 メタン-エタン構成比は、天然ガス井の構成やLNGプラントでのエタンの回収率などに依存するため、
 上記化学組成と炭素排出係数は安定的でないと考えられる。

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、電気事業者・ガス事業者の8サンプルの提供値による平均から算定されているが、発熱量・炭素排出係数などの数値が示されておらず詳細が不明である、サンプル数が極めて少ないなどの問題点がある。

さらに、当該実測値はIPCC標準値と極めて近い値となっているが、発熱量が示されていないためサンプルの代表性や標準組成からみた妥当性の判断ができない、日本に輸入されているLNGの代表組成から計算した理論値よりかなり大きな値となっているなどの問題点があり、参考とはならないものと考えられる。

2002年調査値 13.8 tC/TJ (1992年係数が -2.5%小) / (発熱量不明)

e. 評 価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と有意に異なっており、メタンの理論値に近い値となっているが、パイプライン供給がなく全量をLNGにより供給されている日本の輸入天然ガスの利用形態にかんがみれば、当該数値は妥当性を有しているものと考えられる。

従って、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

5) 国産天然ガス

*11 天然ガスからLNGを製造する際、ブタンより分子量の大きい炭化水素成分は融点がメタンの液化点(-162)より高く、残留していると配管やタンク内で氷結・析出して液化プラント作業の障害となり危険であるため、LNG製造工程では作業保安の観点からプロパン以上の分子量の炭化水素は、予冷工程(-50 ~ -60)を設けて検出限界以下迄除去される。

また、近年ではエタン～ブタン留分はナフサを代替する石油化学原料として使用すべくLNG製造工程で積極的に回収される傾向にあり、プロパン・ブタン留分は勿論、今後LNG中のエタン留分も減少の方向に向かうものと考えられる。

a. 1992年炭素排出係数 13.5 tC/TJ ('92JP) / 41.0(~'99), 40.9 TJ/Mm³N

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(プロパン)、下限値(メタン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論)	/	99.1 TJ/Mm ³ N
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論)	/	129.1 TJ/Mm ³ N
	エタン	15.4 tC/TJ (理論)	/	69.6 TJ/Mm ³ N
下限値:	メタン	13.5 tC/TJ (理論)	/	39.8 TJ/Mm ³ N

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、輸入天然ガス(LNG)と同じ値が使われており、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して -3.2%小さい結果が観察される。

国産天然ガスは、北米・欧州など諸外国と同様に、主に新潟県・秋田県などの地域で産出する天然ガスを国内パイプラインで直接配送して利用しており、輸入天然ガス(LNG)と異なり低温液化分離が行われていないことから、ガス中にはメタン(C1)からブタン(C4)程度迄の気体炭化水素が混在していると考えられる。

従って、国産天然ガスの産状と利用形態から考えて、1992年炭素排出係数は妥当ではなく、'96,'06-IPCC標準値・試算値を採用することが妥当であると考えられる。

1996年標準値	Natural Gas	13.9 tC/TJ (1992年係数が -3.2%小)	/	NA
2006年試算値	Natural Gas	13.9 tC/TJ (1992年係数が -3.2%小)	/	41.0 TJ/Mm ³ N

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、天然ガス鉱業会提供資料による23サンプルの平均から算定されている。当該炭素排出係数の平均値は、'96-'06-IPCC標準値・試算値とほぼ同じである。

ところが、当該調査値は発熱量がIPCC標準値より+5%以上大きいという問題があり、参考とすることに問題があると考えられる。

2002年調査値	13.9 tC/TJ (1992年係数が -3.2%小)	/	43.4 TJ/Mm ³ N
----------	------------------------------	---	---------------------------

e. 評価

1992年炭素排出係数は、輸入天然ガス(LNG)の値が用いられているが、パイプライン供給による国産天然ガスの利用形態にかんがみれば、当該数値は妥当ではなく、'96,'06-IPCC標準値を用いることが適切と考えられる。

(2) 石油製品の個別評価

1) ガソリン

a. 1992年炭素排出係数 18.3 tC/TJ ('92JP) / 35.2(~'99), 34.6 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(灯油)、下限値(n-ブタン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	灯油	18.7 tC/TJ ('06 IPCC)	/	36.9 TJ/MI
下限値:	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論)	/	(99.1 TJ/Mm ³ N)
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論)	/	(129.1 TJ/Mm ³ N)

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して +1.8% ~ +0.6%とほぼ同等であるという結果が観察される。

ガソリンについては、1990年代以降先進国では自動車による大気汚染防止の観点からその品質を規制するなど、品質が統一される方向にあるためと考えられる。

従って、1992年炭素排出係数の値は妥当であると考えられる。

1996年標準値 Gasoline 18.0 tC/TJ (1992年係数が +1.8%大) / NA
2006年試算値 Gasoline 18.2 tC/TJ (1992年係数が +0.6%大) / 35.0 TJ/MI,
46.7 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、5サンプルの実測値をさらに補正して算定されているが、サンプル数が極めて少ない、日本で使われていない重量当発熱量が測定されており代表性が確認できない、炭素排出係数がIPCC標準値と大きく異なり灯油より大きな値となっているなどの問題点があり、参考とすることに問題があると考えられる。

2002年調査値 18.8 tC/TJ (1992年係数が -2.5%小) / 46.1 TJ/kt (総平均)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と概ね一致することが確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

2) ジェット燃料油

a. 1992年炭素排出係数 18.3 tC/TJ ('92JP) / 36.4(~'99), 36.7 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(軽油)、下限値(ガソリン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値: 軽油 19.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 38.5 TJ/MI
下限値: ガソリン 18.2 tC/TJ ('06 IPCC) / 35.0 TJ/MI

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値と比較して -1.2% ~ -1.9%とほぼ同等であるという結果が観察される。

ジェット燃料油については、事故防止の観点から各国毎に規格が定められており、製法も灯油を基材とするなど類似していることから、品質が統一される方向にあるためと考えられる。

従って、1992年炭素排出係数の値は妥当であると考えられる。

1996年標準値 Jet Kerosene 18.5 tC/TJ (1992年係数が -1.2%小) / NA
2006年試算値 Jet Kerosene 18.7 tC/TJ (1992年係数が -1.9%小) / 37.1 TJ/MI

d. 2002年環境省調査値について (該当なし)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と概ね一致することが確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

3) 灯油

a. 1992年炭素排出係数 18.5 tC/TJ ('92JP) / 37.3(~'99), 36.7 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(軽油)、下限値(ガソリン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値: 軽油 19.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 38.5 TJ/MI
下限値: ガソリン 18.2 tC/TJ ('06 IPCC) / 35.0 TJ/MI

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して -0.6% ~ -1.0%とほぼ同等であるという結果が観察される。

灯油については、各国共通に原油を常圧蒸留した際の沸点範囲 150 ~ 300 の留分

として製造されるため、性状が類似しているためと考えられる。

従って、1992年炭素排出係数の値は妥当であると考えられる。

1996年標準値 Other Kerosene 18.6 tC/TJ (1992年係数が -0.6%小) / NA

2006年試算値 Other Kerosene 18.7 tC/TJ (1992年係数が -1.0%小) / 36.9 TJ/MI
46.1 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、5サンプルの実測値をさらに補正して算定されているが、サンプル数が極めて少ない、日本で使われていない重量当発熱量が測定されており代表性が確認できないなどの問題点があるが、炭素排出係数・標準発熱量がIPCC標準値とほぼ同等の値となっている。

2002年調査値 18.7 tC/TJ (1992年係数が -0.9%小) / 46.1 TJ/kt (総平均)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と概ね一致することが確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

4) 軽油

a. 1992年炭素排出係数 18.7 tC/TJ ('92JP) / 38.5(~'99), 38.2 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(残渣燃料油)、下限値(ガソリン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値: 残渣燃料油 20.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 41.5 TJ/MI

下限値: ガソリン 18.2 tC/TJ ('06 IPCC) / 35.0 TJ/MI

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して -2.4% ~ -2.0%小さいという結果が観察される。

軽油については、日本では自動車による大気汚染防止の観点からその品質が揮発油等品質確保法により規制され、諸外国と比較して深度脱硫などの高度な処理を経て生産されていることから、品質がわずかに異なっているものと考えられる。

従って、1992年炭素排出係数の値はIPCC標準値とわずかに異なるが、性状が異なっている正当な理由があるものと考えられる。

1996年標準値 Gas/Diesel Oil 19.2 tC/TJ (1992年係数が -2.4%小) / NA

2006年試算値 Gas/Diesel Oil 19.1 tC/TJ (1992年係数が -2.0%小) / 38.5 TJ/MI
45.3 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、5サンプルの実測値をさらに補正して算定されているが、サンプル数が極めて少ない、日本で使われていない重量当発熱量が測定されており代表性が確認できないなどの問題点があるが、炭素排出係数・標準発熱量ともにIPCC標準値とほぼ同等の値となっている。

2002年調査値 18.9 tC/TJ (1992年係数が -1.1%小) / 45.7 TJ/kt (総平均)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値とわずかに(-2.0 ~ -2.4%)異なっているが、軽油の品質に関する規制の存在からその差異を説明する正当な根拠が存在する。

従って、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

5) A重油

a. 1992年炭素排出係数 18.9 tC/TJ ('92JP) / 38.9(~'99), 39.1 TJ/MI

b. 理論値との比較

A重油は、残渣燃料油と軽油をほぼ 3:7 で混合したものである。

1992 年炭素排出係数は、上限値(残渣燃料油)、下限値(軽油('92JP))の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	残渣燃料油	20.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 41.5 TJ/MI
		42.6 TJ/kt
下限値:	軽油	18.7 tC/TJ ('92 JP) / 38.5 TJ/MI(~ '99), 38.2 TJ/MI
	軽油	19.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 38.5 TJ/MI
		45.3 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

A重油に対応する石油製品はIPCC標準値に存在しない。

1992 年炭素排出係数は、'06-IPCCの残渣燃料油と軽油の間にはなく軽油側に外れているが、日本の軽油の炭素排出係数を用いた場合、両者の混合物であることと整合的な結果が得られることが観察される。

d. 2002 年環境省調査値について

2002 年環境省調査値については、5 サンプルの実測値をさらに補正して算定されているが、サンプル数が極めて少ない、日本で使われていない重量当発熱量が測定されており代表性が確認できないなどの問題点がある。

さらに、当該炭素排出係数の数値は C重油に関する 2002 年環境省調査値と同じであり、いずれかの値が大きな誤差を含んでいるものと考えられる。

2002 年調査値 19.5 tC/TJ (1992 年係数が -3.2 %小) / 44.8 TJ/kt (総平均)

e. 評価

1992 年炭素排出係数は、IPCC標準値に対応する石油製品がないが、軽油・残渣燃料油との相対的な関係は理論値と整合的な結果が得られている。

このため、現行数値を引続き使用することが妥当と考えられる。

6) B重油

a. 1992 年炭素排出係数 19.2 tC/TJ ('92JP) / 40.2(~ '99), 40.4 TJ/MI

b. 理論値との比較

B重油は、残渣燃料油と軽油をほぼ 5:5 で混合したものである。

1992 年炭素排出係数は、上限値(残渣燃料油)、下限値(軽油('92JP))の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	残渣燃料油	20.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 41.5 TJ/MI
		42.6 TJ/kt
下限値:	軽油	18.7 tC/TJ ('92 JP) / 38.5 TJ/MI(~ '99), 38.2 TJ/MI
	軽油	19.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 38.5 TJ/MI
		45.3 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

B重油に対応する石油製品はIPCC標準値に存在しない。

1992 年炭素排出係数は、'06-IPCCの残渣燃料油と軽油の間にあり、混合物であることと整合的な結果が得られることが観察される。

d. 2002 年環境省調査値について

2002 年環境省調査値については、A重油とC重油を平均してB重油の炭素排出係数を評価しているが、A重油とC重油の炭素排出係数が同じであるため、参考とすることに問題がある。

2002 年調査値 19.5 tC/TJ (1992 年係数が -2.1 %小) / (発熱量不明)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値に対応する石油製品がないが、軽油・残渣燃料油との相対的な関係は理論値と整合的な結果が得られている。

このため、現行数値を引続き使用することが妥当と考えられる。

7) C重油

a. 1992年炭素排出係数 19.5 tC/TJ ('92JP) / 41.0(~'99), 41.7 TJ/MI

b. 理論値との比較

C重油は、残渣燃料油を脱硫・混合などの処理をして製品化したものである。

1992年炭素排出係数は、上限値(残渣燃料油)、下限値(軽油('92JP))の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	残渣燃料油	20.1 tC/TJ ('06 IPCC)	/	41.5 TJ/MI 42.6 TJ/kt
下限値:	軽油	18.7 tC/TJ ('92 JP)	/	38.5 TJ/MI(~'99), 38.2 TJ/MI
	軽油	19.1 tC/TJ ('06 IPCC)	/	38.5 TJ/MI 45.3 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

C重油に対応する石油製品はIPCC標準値に存在しない。

最も性状の近い残渣燃料油と比較した場合、C重油が -2.5%小さい結果が観察される。

1996年標準値	Residual Fuel Oil	20.1 tC/TJ (1992年係数が -2.5%小)	/	NA
2006年試算値	Residual Fuel Oil	20.1 tC/TJ (1992年係数が -2.5%小)	/	41.5 TJ/MI 42.6 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、電気事業連合会による関係者提供値55サンプルを平均して算定されているが、当該結果は1992年炭素排出係数とほぼ同じ値となっている。

但し、当該炭素排出係数はA重油に関する2002年環境省調査値と同じであり、いずれかの値が大きな誤差を含んでいるものと考えられる。

2002年調査値	19.5 tC/TJ (1992年係数が -2.1%小)	/	41.4 TJ/MI
----------	------------------------------	---	------------

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値に対応する石油製品がないが、軽油・残渣燃料油との相対的な関係は理論値と整合的な結果が得られている。

このため、総合エネルギー統計を用いて原油・石油製品との群評価を行った上で、現行数値採択の是非を判断することが妥当と考えられる。

8) LPG

a. 1992年炭素排出係数 16.3 tC/TJ ('92JP) / 50.2(~'99), 50.2 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(n-ブタン)、下限値(プロパン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論)	/	49.8 TJ/kt
下限値:	プロパン	16.2 tC/TJ (理論)	/	50.4 TJ/kt
(参考値)	エタン	15.4 tC/TJ (理論)	/	51.2 TJ/kt
	メタン	13.5 tC/TJ (理論)	/	55.5 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値と比較して +2.1% ~ +1.1%大きいという結果が観察される。

IPCC標準値の標準発熱量は、プロパンの理論発熱量を若干上回っており、エタン・メタンなどを含んだ炭素排出係数の小さい低純度のLPGの数値を示していると考えられる。

1996年標準値 LPG 16.0 tC/TJ (1992年係数が +2.1%大) / NA
 2006年試算値 LPG 16.2 tC/TJ (1992年係数が +1.1%大) / 50.5 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、プロパン・ブタン別に1サンプルの海事検定資料から加重平均して算定されているが、サンプルが各1つしかない、理論値と測定値が矛盾している(プロパンの方がブタンより重量当発熱量の測定値が小さい、測定された発熱量がエタンより大きく(過大である)などの問題があり、参考とすることに問題があると考えられる。

2002年調査値 16.0 tC/TJ (1992年係数が +2.0 %大) / 51.7 TJ/kt

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値とわずかに(+2.1 ~ +1.1 %)異なっているが、発熱量から見たLPGの品質に関する相違からその差異を説明する正当な根拠が存在すると考えられる。従って、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

9) ナフサ

a. 1992年炭素排出係数 18.2 tC/TJ ('92JP) / 33.5(~'99), 34.1 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(灯油)、下限値(n-ブタン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	灯油	18.7 tC/TJ ('06 IPCC) / 36.9 TJ/MI
下限値:	ブタン(n-)	16.6 tC/TJ (理論) / (99.1 TJ/Mm ³ N)
	プロパン	16.2 tC/TJ (理論) / (129.1 TJ/Mm ³ N)
(参考値)	ガソリン	18.3 tC/TJ ('92JP) / 35.2(~'99), 34.6 TJ/MI

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して -4.4 ~ -3.6 %小さいという結果が観察される。また、標準発熱量も -3.0 %小さいという結果が観察される。

日本で使用されているナフサは、エチレン生産用の軽質ナフサが多く^{*12}、BTX生産用の重質ナフサと6:4程度の構成比であるため、このような結果となっているものと考えられる。

ナフサの性状は各国の石油化学工業の設備構成や生産品目に左右されること、ナフサの呼称の下、かなり広範な揮発成分や改質生成油などが各国固有の事情に応じて取引されていることなどから、日本の炭素排出係数が乖離を持っていることには正当な根拠があるものと考えられる。

1996年標準値 Naphtha 19.0 tC/TJ (1992年係数が -4.4%小) / NA
 2006年試算値 Naphtha 18.8 tC/TJ (1992年係数が -3.6%小) / 35.2 TJ/MI

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、電気事業者提供の3サンプルを平均して算定されているが、サンプル数が極めて少ないなど、参考とすることに問題があると考えられる。

また、当該数値はIPCC標準値からかなり大きく乖離している。

2002年調査値 17.8 tC/TJ (1992年係数が +2.1 %大) / 34.2 TJ/kt

*12 日本でエチレン生産用の軽質ナフサの利用が多い理由は、諸外国では国産天然ガスから豊富・廉価に得られるLPG成分を石油化学原料としナフサからエチレンを作るとは殆どないのに対し、日本では国産天然ガスが殆ど産出せずLPGは稀少・高価であるためナフサからエチレンを生産しているためである。

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と大きく(-4.4 ~ -3.6%)異なっているが、石油化学原料の使用形態の特性に関する相違からその差異を説明する正当な根拠が存在すると考えられる。

このため、総合エネルギー統計を用いて原油・石油製品との群評価を行った上で、現行数値採択の是非を判断することが妥当と考えられる。

10) 潤滑油

a. 1992年炭素排出係数 19.2 tC/TJ ('92JP) / 40.2(~'99), 40.2 TJ/MI

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(残渣燃料油)、下限値(灯油)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	残渣燃料油	20.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 41.5 TJ/MI
下限値:	灯油	18.7 tC/TJ ('06 IPCC) / 36.9 TJ/MI

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値とほぼ一致しているという結果が観察される。

潤滑油需給の大部分を占める自動車用潤滑油については、国際規格や自動車会社規格などが存在し、国際的に品質が統一される方向にあるためと考えられる。

1996年標準値 Lubricants	19.1 tC/TJ (1992年係数が +0.9%大) / NA
2006年試算値 Lubricants	19.0 tC/TJ (1992年係数が +1.2%大) / 39.9 TJ/MI

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、B重油と同じ値(=A.C重油の平均値)を用いるとしているが、A.C重油の炭素排出係数のサンプル数が極めて少ない、矛盾した結果が得られている(A重油とC重油の炭素排出係数が同じ)など、参考とすることに問題があると考えられる。また、当該数値はIPCC標準値からかなり大きく乖離している。

2002年調査値 19.5 tC/TJ (1992年係数が -1.6%小) / (発熱量不明)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と概ね一致しており、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

11) オイルコークス

a. 1992年炭素排出係数 25.4 tC/TJ ('92JP) / 35.6(~'99), 35.6 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(純炭素)、下限値(残渣燃料油)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値:	純炭素	30.5 tC/TJ (理論) / 32.7 TJ/kt
下限値:	残渣燃料油	20.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 41.5 TJ/MI

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値・試算値と比較して -5.4 ~ -2.6%小さい結果が観察される。

オイルコークスには、生産工程により熱分解コークスと接触分解コークスに分けられ、また生製品(Green Coke)、弱～強仮焼製品(Calcined Coke)などに分類される。

日本では、石油精製において熱分解設備が殆ど用いられていないため諸外国と比較してオイルコークスの産出量が少なく、主として燃料に使用するためアメリカなどから熱分解コークスが輸入されている。輸入の際には、海上輸送に有利な高発熱量・低灰分となるよ

う、灰分の少ない熱分解コークスが選択的に輸入されている。

一方、諸外国では熱分解コークスに限らず接触分解コークスなど多様なコークスが使用されているため、このような結果となるものと考えられる。

1996年標準値 Petr. Coke 26.8 tC/TJ (1992年係数が^a -5.4%小) / NA

2006年試算値 Petr. Coke 26.0 tC/TJ (1992年係数が^a -2.6%小) / 33.0 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、石油連盟提供値19サンプルの平均から算定されている。当該数値はIPCC標準値からかなり大きく乖離しているが、1992年炭素排出係数とほぼ一致する結果が観察される。

2002年調査値 25.5 tC/TJ (1992年係数が^a -0.4%小) / 35.1 TJ/kt

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と大きく(-5.4 ~ -2.6%)異なっているが、オイルコークスの品質や利用形態に関する相違からその差異を説明する正当な根拠が存在すると考えられる。

このため、総合エネルギー統計を用いて原油・石油製品との群評価を行った上で、現行数値採択の是非を判断することが妥当であると考えられる。

12) 他(重質)石油製品

a. 1992年炭素排出係数 20.8 tC/TJ ('92JP) / 42.3(~'99), 42.3 TJ/kt

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(純炭素)、下限値(残渣燃料油)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値: オイルコークス 26.0 tC/TJ ('06 IPCC) / 36.0 TJ/kt

下限値: 残渣燃料油 20.1 tC/TJ ('06 IPCC) / 41.5 TJ/kt

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値(Bitumen)とほぼ完全に一致する結果が観察される。

1996年標準値 Bitumen 20.9 tC/TJ (1992年係数が^a -0.6%小) / NA

2006年試算値 Bitumen 20.9 tC/TJ (1992年係数が^a -0.6%小) / 41.9 TJ/kt

d. 2002年環境省調査値について (該当なし)

e. 評価

1992年炭素排出係数は、IPCC標準値と高い一致性が確認されたため、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

13) 製油所ガス

a. 1992年炭素排出係数 14.2 tC/TJ ('92JP) / 39.3(~'99), 44.9 TJ/Mm³N

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数は、上限値(プロパン)、下限値(メタン)の炭素排出係数の範囲内にあり、両方の基準を満たしている。

上限値: プロパン 16.2 tC/TJ (理論) / 129.1 TJ/Mm³N

(参考値) エタン 15.4 tC/TJ (理論) / 69.6 TJ/Mm³N

下限値: メタン 13.5 tC/TJ (理論) / 39.8 TJ/Mm³N

(参考値) 水素 0.0 tC/TJ (理論) / 12.8 TJ/Mm³N

c. 換算IPCC標準値との比較

1992年炭素排出係数は、'96,'06-IPCC標準値・試算値と比較して -14.4 ~ -1.0%小さい結果が観察される。

IPCC標準値・試算値のうち '96 標準値は 18.2 tC/TJn (= 16.5 tC/TJ) とされているが、天然に産出する飽和炭化水素のうち常温常圧で気体である限界のブタンの値(17.9 tC/TJn)を上回っている点で異常であると考えられ、エチレン(25.7 tC/TJn)など不飽和炭化水素を含む石油化学工業の原料用副生ガスの数値を誤って計上したものと考えられる。

一方、1992 年炭素排出係数は、'06-IPCC試算値とは概ね一致しており、石油精製の副生ガスとして妥当な値であると考えられる。

1996 年標準値 Refinery Gas 16.5 tC/TJ (1992 年係数が -14.4%小) / NA
 2006 年試算値 Refinery Gas 14.3 tC/TJ (1992 年係数が -1.0%小) / 56.0 TJ/Mm³N

d. 2002 年環境省調査値について

2002 年環境省調査値については、国内 4 施設のモニタリングデータの 115 サンプルの平均から算定されている。

当該数値は炭素排出係数がIPCC標準値のいずれとも異なっている。

2002 年調査値 14.6 tC/TJ (1992 年係数が -3.3 %小) / 56.6 TJ/Mm³N

e. 評価

1992 年炭素排出係数は、IPCC標準値のうち '06-IPCC試算値と概ね一致しており、現行の炭素排出係数を用いることが妥当と考えられる。

(3) 原油・石油製品の群評価

1) 原油・石油製品のエネルギー収支・炭素収支

原油・石油製品のうち、原油、NGL・コンデンセート、ガソリン～製油所ガスの各石油製品については、石油精製業における精製過程に沿ってエネルギー転換される関係にある。

石油精製のエネルギー転換^{*13}においては、炭素収支が成立していなければならないことから、新・総合エネルギー統計の時系列での統計値を用いてこれらの炭素排出係数群の妥当性を評価することができる。

$$\begin{aligned} \text{CCRD} + \text{CNGL} &= \sum_i \text{CPPRi} && \text{式 9-6)} \\ \text{Ccrd} * \text{Ecrd} + \text{Cngl} * \text{Engl} &= \sum_i (\text{CpPri} * \text{Eppri}) \end{aligned}$$

投入側:	CCRD	原油中炭素	Ccrd: 排出係数	Ecrd: エネルギー量
	CNGL	NGL・コンデンセート中炭素	Cngl: 排出係数	Engl: エネルギー量
産出側:	CPPRi	各石油製品中炭素 (ガソリン～製油所ガス)	CpPri: 排出係数	Eppri: エネルギー量

2) 原油・石油製品の炭素排出係数精度と評価対象群

原油・石油製品のうち、原油、ガソリン～軽油の炭素排出係数は確定していると考えられるので、NGL・コンデンセート、C重油、ナフサ、オイルコークスの各石油製品について、式 9-6) に従い、誤差の大小関係により 1992 年炭素排出係数と'06-IPCC炭素排出係数の妥当性を群評価することができる。こうした視点から、石炭・石炭製品同様に、「1992 年炭素排出係数-改」'96、'06-IPCC標準値・試算値完全準拠」について、総合エネルギー統計のエネルギー収支の値を基礎に、1990～2003 年度における炭素収支精度を比較して炭素排出係数の妥当性を評価することとした。

*13 新・総合エネルギー統計の精度向上方策においては、石油精製のエネルギー収支を 5 段階に分けて評価することを行っているが、原油・石油製品のうち IPCC標準値からの乖離が大きいなど妥当性を評価する必要があるものが限られていること、粗揮発油・精製混合原料油など半製品は発熱量が判明しているが炭素排出係数が判明していないことなどの理由から、石油精製全体での評価を行うこととする。

[表補 9-7. 原油・石油製品の炭素排出係数の個別評価のまとめ]

エネルギー源	'92 排出係数 (tC/TJ)	IPCC標準値との比較			固有背景	評 価	代替案 (tC/TJ)
		96 標準値	06 試算値	判定			
石 油							
原 油	18.7	-1.8%	-1.8%		存在	'92 係数が妥当	--
NGL・コンデンセート	18.7	+14.2%	+14.2%	×	存在	炭素収支で評価	18.4
瀝青質混合物	--	--	--	×	--	× '96,'06IPCCに変更	20.0
石油製品							
ガソリン	18.3	+1.8%	+0.6%		存在	'92 係数が妥当	--
ジェット燃料油	18.3	-1.2%	-1.9%		--	'92 係数が妥当	--
灯 油	18.5	-0.6%	-1.0%		--	'92 係数が妥当	--
軽 油	18.7	-2.4%	-2.0%		存在	'92 係数が妥当	--
A重油	18.9	--	--		存在	'92 係数が妥当	--
B重油	19.2	--	--		存在	'92 係数が妥当	--
C重油	19.5	-2.5%	-2.5%	×	存在	炭素収支で評価	20.1
LPG	16.3	+2.1%	+1.1%		存在	'92 係数が妥当	--
ナフサ	18.2	-4.4%	-3.6%	×	存在	炭素収支で評価	18.8
潤滑油	19.2	+0.9%	+1.2%		--	'92 係数が妥当	--
オイルコークス	25.4	-5.4%	-2.6%	×	存在	炭素収支で評価	26.0
他重質石油製品	20.8	-0.6%	-0.6%		--	'92 係数が妥当	--
製油所ガス	14.2	-14.4%	-1.0%		存在	'92 係数が妥当	--

[表補 9-8. 天然ガスの炭素排出係数の個別評価のまとめ (参考)]

エネルギー源	'92 排出係数 (tC/TJ)	IPCC標準値との比較			固有背景	評 価	代替案 (tC/TJ)
		96 標準値	06 試算値	判定			
天然ガス							
輸入天然ガス(LNG)	13.5	-3.2%	-3.2%	×	存在	'92 係数が妥当	--
国産天然ガス	13.5	-3.2%	-3.2%	×	--	× '96,'06IPCCに変更	13.9

3) 原油・石油製品の群評価結果

原油・石炭製品の炭素排出係数について、石炭・石炭製品同様、「1992年炭素排出係数-改」、「'96,'06-IPCC標準値・試算値完全準拠」の2つの炭素排出係数群に対して評価を行った結果、「1992年炭素排出係数-改」の方が精度が高い結果となった。

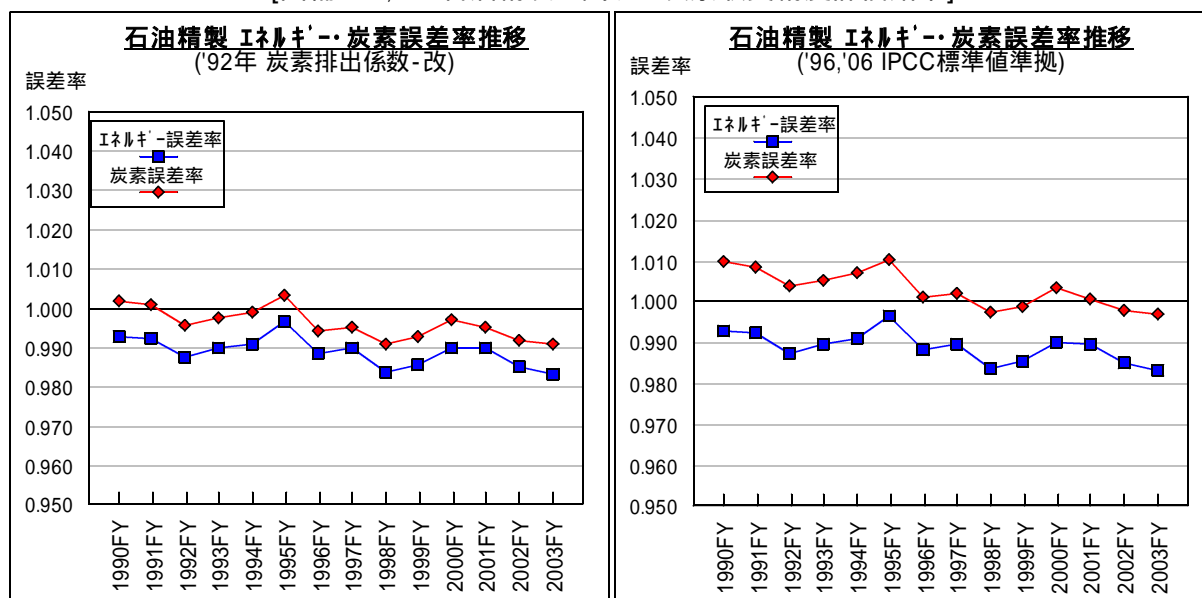
当該結果は、「1992年炭素排出係数-改」の状態に既に炭素収支がほぼ成立した状態になっているのに対して、「'96,'06-IPCC標準値・試算値完全準拠」では相対的に投入側のNGL・コンデンセートの炭素排出係数が引下げられ、産出側のC重油・ナフサ・オイルコークスなどの炭素排出係数が引上げられることになるため、「'96,'06-IPCC標準値・試算値完全準拠」を採用すると産出側の炭素量が過大で「湧出し」となってしまうためと考えられる。

[表補 9-9. 石油精製に関する炭素収支精度評価結果]

		1992 炭素排出係数改	'96,'06-IPCC標準準拠
炭素排出係数 (tC/TJ)			
投入側	精製用原油	18.7	18.7
	NGLコンデンセート	18.7	18.4
産出側	ガソリン	18.3	18.3
	ジェット燃料油	18.3	18.3
	灯 油	18.5	18.5
	軽 油	18.7	18.7
	A重油	18.9	18.9
	B重油	19.2	19.2

C重油	19.5	20.1
LPG	16.3	16.3
ナフサ	18.2	18.8
潤滑油	19.2	19.2
オイルコークス	25.4	26.0
他重質石油製品	20.8	20.8
製油所ガス	14.2	14.2
炭素収支精度平均値	0.9962	1.0031
炭素収支精度標準偏差	0.0039	0.0044
炭素収支偏時性	-0.0007	-0.0009

[図補 9-6,-7. 石油精製に関する炭素収支精度評価結果]



4. 特殊な炭素排出係数についての評価分析

(1) 一般ガス

1) 一般ガス

- a. 1992 年炭素排出係数 炭素排出係数は炭素収支に従い加重平均により算定。
- b. 理論値との比較

日本の一般ガスについては、輸入天然ガス(LNG)にLPGを混合した 13Aから、製油所ガス・鉄鋼ガスなどを利用した 4A ~ 6Cなど極めて多くの種類のガス種が存在している。

しかし、現在日本で使用されている一般ガスの大部分は、単に原材料を混合・空気希釈しただけのものであり、その発熱量・炭素排出係数は、使用された原材料のエネルギー量の加重平均で構成されていると推定して差支えないと考えられる。

従って、1992 年の一般ガスに関する炭素排出係数の考え方は引続き有効と考えられる。

$$\begin{aligned}
 j \text{ CGMTi} &= \text{CTGA} && \text{式 9-7)} \\
 j (\text{Cgmtj} * \text{Egmtj}) &= \text{Ctga} * \text{Etga}
 \end{aligned}$$

投入側: CGMTj 一般ガス原材料 j 中炭素 Cgmtj:排出係数 Egmtj:エネルギー量 (LNG ~ 鉄鋼ガス)

産出側: CTGA 一般ガス中炭素 Ctga: 排出係数 Etga: エネルギー量

c. 換算IPCC標準値との比較 (該当なし)

d. 2002年環境省調査値について

2002年環境省調査値については、一般ガス全体の約92%(当時)を占める一般ガス13A・12Aのみの炭素排出係数を加重平均した値から算定されている。

しかし、現実に他のエネルギー源からの一般ガス製造が存在することから、このような取扱いは、供給側と消費側の乖離を招き、日本全体の炭素排出量の算定精度を下げてしまうものと考えられる。

2002年調査値 14.0 tC/TJ (--)

e. 評価

現行の1992年炭素排出係数の考え方をい用い、毎年度加重平均により算定することが妥当であると考えられる。

[表補9-10. 一般ガス製造の炭素収支から算定した一般ガスの炭素排出係数の推移]

(tC/TJ)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
一般ガス	14.0	14.1	14.0	14.0	14.0	14.0	13.9	13.9	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.7

(2) バイオマス・廃棄物エネルギー利用

1) バイオマスとバイオマス由来の廃棄物エネルギー利用

a. 1992年炭素排出係数 0 tC/TJ

バイオマスとバイオマス由来の廃棄物エネルギー利用については、光合成により大気中から固定され循環している炭素であり、炭素排出を計上しないこととしている。

b. 理論値との比較

1992年炭素排出係数の考え方(バイオマス由来の炭素排出はエネルギー起源炭素排出として計上しない)は、'96,'06-IPCC GHG Inventory Guideline の考え方と整合的である。

c. 換算IPCC標準値との比較

IPCC標準値・試算値(換算値)を示す。いずれも参考値であり、エネルギー起源炭素排出を計上せよという趣旨ではないことに留意ありたい。

[表補9-11. バイオマス関係炭素排出係数]

エネルギー源	/ 換算炭素排出係数 (tC/TJ)	'96-IPCC	'06-IPCC試算
固体バイオマス			
薪・木材		32.3	33.2
黒液		--	33.2
木炭		--	33.2
他固体バイオマス・廃棄物		--	29.6
液体バイオマス			
バイオ燃料(メタノール分)		--*	12.5
バイオ燃料(エタノール分)		--	14.2
気体バイオマス			
バイオガス(メタン分)		--**	13.5

表注) * '96-IPCCの液体バイオマス燃料の排出係数(20.0 tC/TJn)は、化学成分が示されていないため換算できない。

** '96-IPCCのバイオガスメタンの排出係数には、メタン発酵時の副生CO₂分が含まれており、不適切である。

d. 2002 年環境省調査値について (該当なし)

e. 評 価

バイオマスとバイオマス由来の廃棄物エネルギー利用についての炭素排出の考え方については従来通りエネルギー起源炭素排出として計上しないものとする。

2) 化石燃料由来の廃棄物エネルギー利用

a. 1992 年炭素排出係数 0 tC/TJ

化石燃料由来の廃棄物エネルギー利用については、利用量が判明しない、バイオマスとプラスチックなどの化石燃料由来成分の構成比が明らかでない、現状での廃棄物のエネルギー利用の大部分は未活用エネルギーの回収と見なすことが妥当である、仮に廃棄物全部の炭素排出係数を計上すると廃棄物発電などでは炭素原単位が過大な値となってしまうなどの理由から、炭素排出係数を計上しないこととしている。

b. 理論値との比較 (比較不能)

c. 換算IPCC標準値との比較

現在の廃棄物エネルギー利用に関する炭素排出の考え方は、'96,'06-IPCC GHG Inventory Guideline の考え方と整合しておらず、エネルギー利用した廃棄物についての炭素排出はエネルギー部門で計上することが考えられる。

d. 2002 年環境省調査値について (該当なし)

e. 評 価

廃棄物についての炭素排出寄与を直接的に算定することは困難であり、また廃棄物のエネルギー利用に伴う各種の論点についてはなお議論が尽くされていない状況にある。従って、当面の間、廃棄物のエネルギー利用についてはエネルギー部門では扱わないことが妥当である。

5. 結 論

[表補 9-12. 2005 年改訂エネルギー起源炭素排出係数一覧]

エネルギー源	2005 排出係数 (tC/TJ)	設定根拠	IPCC標準値との比較		1992 排出係数 (tC/TJ)
			'96 標準値	'06 試算値	
石 炭					
コークス用原料炭	24.5	'06 年IPCC試算値に改訂	(--	+0.0%)	23.7
吹込用原料炭	24.5	コークス用原料炭の値を適用	--	--	23.7
輸入一般炭	24.7	('92 年炭素排出係数)	+1.7%	+1.7%	24.7
国産一般炭	24.9	('92 年炭素排出係数)	+0.0%	+0.0%	24.9
輸入無煙炭	25.5	'06 年IPCC試算値に改訂	(--	+0.0%)	24.7
石炭製品					
コークス	29.4	('92 年炭素排出係数)	-0.4%	-0.4%	29.4/CA
コークス炉ガス	11.0	'06 年IPCC試算値に改訂	(--	+0.0%)	29.4/CA
高炉ガス	CA	高炉・転炉炭素収支で算定	--	--	29.4/CA
転炉ガス	38.4	'06 年IPCC参考値に改訂	(--	+0.0%)	29.4/CA
コールタール	20.9	'06 年IPCC参考値に改訂	(--	+0.0%)	--
石 油					
原 油	18.7	('92 年炭素排出係数)	-1.8%	-1.8%	18.7
NGL・コンデンセート	18.4	'02 年環境省調査値に改訂	+12.9%	+12.9%	18.7
瀝青質混合物	20.0	'06 年IPCC試算値に改訂	(--	+0.0%)	--
石油製品					
ガソリン	18.3	('92 年炭素排出係数)	+1.8%	+0.6%	18.3
ジェット燃料油	18.3	('92 年炭素排出係数)	-1.2%	-1.9%	18.3
灯 油	18.5	('92 年炭素排出係数)	-0.6%	-1.0%	18.5
軽 油	18.7	('92 年炭素排出係数)	-2.4%	-2.0%	18.7
A重油	18.9	('92 年炭素排出係数)	--	--	18.9
B重油	19.2	('92 年炭素排出係数)	--	--	19.2
C重油	19.5	('92 年炭素排出係数)	-2.5%	-2.5%	19.5
LPG	16.3	('92 年炭素排出係数)	+2.1%	+1.1%	16.3
ナフサ	18.2	('92 年炭素排出係数)	-4.4%	-3.6%	18.2
潤滑油	19.2	('92 年炭素排出係数)	+0.9%	+1.2%	19.2
オイルコークス	25.4	('92 年炭素排出係数)	-5.4%	-2.6%	25.4
他重質石油製品	20.8	('92 年炭素排出係数)	-0.6%	-0.6%	20.8
製油所ガス	14.2	('92 年炭素排出係数)	-14.4%	-1.0%	14.2
天然ガス					
輸入天然ガス(LNG)	13.5	('92 年炭素排出係数)	-3.2%	-3.2%	13.5
国産天然ガス	13.9	'06 年IPCC試算値に改訂	(--	+0.0%)	13.5
廃棄物(化石燃料由来)					
一般ガス	CA	一般ガス製造炭素収支で算定	--	--	CA
電 力	EA	全電源平均炭素原単位で算定	--	--	EA
熱	EA	全熱源平均炭素原単位で算定	--	--	EA

表注) CAは毎年度炭素収支計算により推計するもの、EAはエネルギー炭素原単位計算により推計するものを示す。