



RIETI Discussion Paper Series 14-J-047

エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数の改訂案について - 2013年度改訂標準発熱量・炭素排出係数表 -

戒能 一成
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

エネルギー別標準発熱量・炭素排出係数の改訂案について - 2013年度改訂標準発熱量・炭素排出係数表 -

戒能一成（経済産業研究所）*

要 旨

経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局からの依頼により、資源エネルギー庁・環境省地球環境局が関連諸団体の協力を得て収集した各種エネルギー源の2013年度における成分組成・物性値や発熱量の実測値を用いて、標準発熱量・炭素排出係数を算定した。

現行標準値と比較して今次の新たな算定値は以下の特徴を有するものである。

- 国内で使用されている各エネルギー源について、2013年度時点での成分組成・物性値や発熱量の実測値から試料出典及び算定根拠を明らかにした上で発熱量・炭素排出係数を網羅的に算定していること

- 発熱量と炭素排出係数が別々に算定された現行標準値と異なり、同一の実測試料群から総(高位)・真(低位)発熱量及びこれらに対応する炭素排出係数を整合的に算定していること

- 実測を行った主要エネルギー源について当該実測試料群を用いた補間・近似推計式を計測し、実測対象とならなかったエネルギー源の発熱量・炭素排出係数を推計により算定するとともに、今後の成分組成・物性値の変動について当該推計式を用いて補正可能としていること

当該算定の結果、現行標準値に対応するエネルギー源の大部分について高精度な実測値や推計値が得られ、IPCC 2006年改訂ガイドラインの値と比較して妥当であることが確認されたことから、新たな算定値の標準発熱量・炭素排出係数への採択を提言する。

さらに、近年のエネルギー需給状況変化への対応やエネルギー起源CO₂排出量算定精度向上の観点から、項目の改廃、毎年度算定できる発熱量・炭素排出係数の再算定化、原油の炭素量の銘柄別集計算定化、発熱量・炭素排出係数の補間・近似推計式の新設・改訂などエネルギー起源CO₂排出の算定方法に関する幾つかの改善案を提言する。

キーワード：化石燃料，標準発熱量，標準炭素排出係数

JEL classification: Q30, Q35, Q40

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

*本資料中の分析・試算結果等は筆者個人の見解を示すものであって、筆者が現在所属する独立行政法人経済産業研究所、国立大学法人東京大学公共政策大学院、UNFCCC-CDM 理事会などの組織の見解を示すものではないことに注意ありたい。

エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数の改訂案について

- 2013年度改訂標準発熱量・炭素排出係数表 -

- 目 次 -

要 旨

目 次

本 論

1. 現状と問題意識

- 1-1. 現行標準発熱量及び炭素排出係数の概要 - 1
- 1-2. 現行標準発熱量及び炭素排出係数の問題点と改訂の必要性 - 1

2. 改訂における方法論

- 2-1. 算定基準・算定手法及び比較検証手法 - 3
- 2-2. 算定対象及び適用すべき算定方法の選定 - 4
- 2-3. 発熱量・炭素排出係数の補間・近似推計式の計測 - 6

3. 結果(1) 石炭・石炭製品

- 3-1. 石 炭 - 8
- 3-2. 石炭製品 -16

4. 結果(2) 原油・石油製品

- 4-1. 原油及びNGL・コンデンセート -22
- 4-2. 石油製品 -28

5. 結果(3) 天然ガス 及び 再生可能・未活用エネルギー

- 5-1. 天然ガス -49
- 5-2. 再生可能・未活用エネルギー -53

6. 結論及び提言

- 6-1. 本結果などから間接的に算定される標準発熱量・炭素排出係数 -57
- 6-2. 結果整理 (2013年度改訂標準発熱量・炭素排出係数表(案)) -60
- 6-3. 提 言 -64

別掲図表 -66

補 論

- 補論1. 標準生成エンタルピーからの純物質の発熱量・炭素排出係数の算定について -82
- 補論2. 新たに算定した発熱量・炭素排出係数の現行標準値・IPCCガイドライン値との比較・検証手法について -85
- 補論3. 石炭の分類と乾炭・湿炭など測定基準の定義・相違点について -87
- 補論4. 高炉ガス・転炉ガスにおける炭素排出係数算定の特例について -89
- 補論5. 電力の消費時発生熱量及び一次換算投入熱量(発電端及び受電端)について -93

参考文献

謝 辞

2014年10月
戒能一成(C)

1. 現状と問題意識

1-1. 現行標準発熱量及び炭素排出係数の概要

1-1-1. 現行標準発熱量

現行のエネルギー源別標準発熱量は、経済産業省関係諸団体の協力により提供された実測値や文献調査による調査値などをとりまとめ、経済産業省資源エネルギー庁「2005年度 エネルギー源別標準発熱量表」において標準値として制定したものである。

当該標準発熱量表においては、本表 29種・参考値表 31種の合計 60種のエネルギー源について、各エネルギー源別に使用する固有単位と当該固有単位での総(高位)発熱量による標準発熱量を定めている。当該標準発熱量は過去概ね 5年毎に改訂されており、今後とも概ね 5年毎に改訂するものとされている。但し 2010年度は気候変動枠組条約京都議定書の第1約束期間(2008～2012年度)の途中であったため、その改訂は第1約束期間終了後の 2013年度(今次改訂)に延期されている。

また、石油製品など一部のエネルギー源につき各種調査報告を用いて毎年度発熱量を算定しているものがあり、当該毎年度の値は「実質発熱量」と呼称し区別されている。

1-1-2. 現行標準炭素排出係数

現行のエネルギー源別標準炭素排出係数は、1992年に環境庁地球環境部(当時)「二酸化炭素排出量調査報告書」において制定された炭素排出係数を基礎として 2006年に IPCC 2006年改訂ガイドライン^{*1}などの諸文献との比較検証により妥当性が確認された数値を、環境省地球環境局「温室効果ガス算定方法検討会報告/エネルギー源別排出係数表(1990～2004年度)」において標準値として制定したものである。

当該炭素排出係数表においては、石炭・石油・天然ガスなど化石燃料由来のエネルギー源について、標準発熱量表における分類と固有単位に従って総(高位)発熱量基準での標準炭素排出係数を定めている。当該炭素排出係数は、2006年の妥当性確認時に一部の数値が IPCC 2006年改訂ガイドラインなど^{*2}の数値を基礎として改訂・更新されているが、石油製品を中心にその大半の数値は 1992年当時の調査報告書の数値のままである。

当時標準炭素排出係数についての更新・改訂については何も定められていなかった。

1-1-3. エネルギー起源CO₂排出量算定と標準発熱量・炭素排出係数

日本の温室効果ガス排出量の大半を占めるエネルギー起源CO₂排出量の算定においては、エネルギー源別の固有単位での消費量に標準発熱量を乗じてエネルギー源別消費量を計算し、これに炭素排出係数と炭素-二酸化炭素換算係数を乗じて算定されている。

従って、エネルギー起源CO₂排出量の算定精度向上のためには、「総合エネルギー統計」など消費量に関する統計精度の向上と併せて、その算定基礎である標準発熱量・炭素排出係数の精度を網羅的・整合的に向上させていくことが必要である。

1-2. 現行標準発熱量及び炭素排出係数の問題点と改訂の必要性

1-2-1. 現行標準発熱量・炭素排出係数における問題点

上記 1-1. で述べた標準発熱量・炭素排出係数については、国際連合気候変動枠組条

*1 IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change, 当該ガイドラインについては 参考文献7. を参照ありたい。

*2 他に環境省地球環境局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報告」(2002) における炭素排出係数の数値を一部使用している。詳細については 参考文献4. を参照ありたい。

約事務局に毎年度提出する「日本国温室効果ガス排出量目録」の算定基礎や、地球温暖化防止法・省エネルギー法など各種国内制度上の標準値として用いられており、その正確性の保持については格段の注意が必要とされるものである。

ところが、現行の標準発熱量・炭素排出係数については、1-1. で述べたとおりそれぞれ個別に算定され、特に標準炭素排出係数の基礎となった 1992年の調査については基礎資料が委託先において既に処分されてしまっていたため、両者が整合しているか否かという点などについて確認・検証を行うことができない状況にある。

さらに、標準炭素排出係数については 1992年の調査当時から既に 20年以上が経過しその信頼性が低下している上、前述のとおり基礎資料が失われてしまっており再計算などの処理を行うこともできないため、過去の気候変動枠組条約訪問審査における専門家審査においても再調査を検討すべき旨の指摘を再三受けているところである。

1-2-2. 標準発熱量・炭素排出係数における本質的な改訂の必要性

エネルギー源の発熱量・炭素排出係数については、本質的に毎年度大きく変動するような性質の数値ではないものの、原油・石炭などエネルギー源の産出地域・形態別の構成比の変化や製品規格・仕様別の需給構成比の変化などに応じ時間とともに変化する可能性があり、標準発熱量・炭素排出係数を設定した場合その変化の程度や精度の状況について定期的に確認しておくことが必要である。

一方、標準発熱量・炭素排出係数は地球温暖化対策法や省エネルギー法などの法令において標準値として採用されており、これを頻繁に改訂することは関係する行政庁・企業などにとって煩瑣であり無用の混乱を生じる懸念があるため、無用な改訂を避け標準値として最低限度の安定度を保持させることが必要である。また、エネルギー源の多くについては発熱量・炭素含有量などの実測を要するが、実測には 1項目の計測につき数万円の費用負担が伴うため、改訂においては必然的に予算的制約が存在することとなる。

上記「経時変化による精度低下の可能性」と「標準値としての安定度の必要性及び予算的制約」は相反する課題であり、これを常時完全に両立させることは困難である。

従って、現実的な解決策として 5年程度の期間をおいて定期的に改訂するなど「一定周期での定期改訂」を行うことによってこれらの課題に対処することが考えられる。

1-2-3. 標準発熱量・炭素排出係数についての今次改訂調査の実施と本稿の目的

これらの問題点を背景に、経済産業省資源エネルギー庁及び環境省地球環境局においては、2013年度からの適用を念頭に標準発熱量・炭素排出係数を網羅的・整合的に調査し同時改訂を行う旨を決定し、2011・2012年度において関係諸団体の協力による物性値・実測値の提供や実測のための試料提供の可否などについて「プレ調査」を開始した。

2013年度においては、当該「プレ調査」の結果^{*3}を受けて、関係諸団体の協力による各種エネルギー源の物性値など実測値の提供や、提供された試料を用いた両省庁予算による物性値の実測などの「本調査」が実施されたところである。

本稿は、両省庁からの依頼に基づき、当該 2013年度の「本調査」により得られた各種エネルギー源に関する物性値を発熱量や炭素排出係数に換算・再整理して統計的に解析することにより、2013年度から適用すべき新たな標準発熱量・炭素排出係数を網羅的・整合的に算定することを目的とするものである。

*3 当該プレ調査の結果については、関連諸団体加盟企業の商業機密に属する内容が含まれることから非公開とされている。

2. 改訂における方法論

2-1. 算定基準・算定手法及び比較検証手法

2-1-1. 算定基準1: 固有単位当総(高位)発熱量・対応炭素排出係数本位制の継承

標準発熱量・炭素排出係数については、標準値としての継続性を保持するため、従来どおりエネルギー源毎に kg, l, m³ などの固有単位を指定し、当該固有単位当のエネルギー量を MJ で表記した総(高位)発熱量(GCV)^{*4}と、これに対応する単位エネルギー量当の炭素排出量 gC/MJ で表記した炭素排出係数(CEF-G)を標準値として用いる。

2-1-2. 算定基準2: 標準状態の「標準環境状態(SATP)」への統一

標準発熱量・炭素排出係数の算定における気体・液体などの状態基準については、特に指定しない限り「標準環境状態(SATP; 25℃(298.15K),10⁵Pa)」^{*5*6}を適用する。

2-1-3. 算定基準3: 測定基準の「有水・有灰」「湿炭」基準への統一

石炭・石炭製品など固体の算定における測定基準については、特に指定しない限り全ての水分・灰分を含んだ「有水・有灰」又は「湿炭」状態^{*7}を適用する。

2-1-4. 算定手法1: 「純成分加重平均法」と「熱量等直接測定法」

(1) 気体: 「純成分加重平均法」

気体などのエネルギー源においてガスクロマトグラフィーなどにより成分組成値が実測できる場合には、メタン・プロパンなど各成分組成値に関する純物質の理論発熱量・炭素排出係数を標準生成エンタルピーなど物性値から算定しておき、統計処理した成分組成値でこれを加重平均して標準発熱量・炭素排出係数を算定^{*8}する。

(2) 固体及び液体: 「熱量等直接測定法」

固体及び (1)の手法が適用できない液体のエネルギー源については、総(高位)発熱量と炭素含有率などの物性値を直接実測し、当該結果を統計処理して標準発熱量・炭素排出係数を算定^{*9}する。

2-1-5. 算定手法2: 参考値としての真(低位)発熱量・重量当発熱量・95%信頼区間の算定

標準発熱量・炭素排出係数の今次改訂において、現行標準値や IPCC 2006年改訂ガイドラインなどとの比較を容易にするため、参考値として以下の数値を算定する。

*4 総(高位)発熱量 及び 真(低位)発熱量 並びにこれらに対応する炭素排出係数の関係については、補論1. においてエタノールを具体例として解説しているのをこれを参照ありたい。

総(高位)発熱量: GCV Gross Calorific Value

真(低位)発熱量: NCV Net Calorific Value

炭素排出係数: CEF-G,-N Carbon Emission Factor, -Gross or -Net

*5 2005年度標準発熱量表において、標準状態はノルマル状態(0℃(273.15K), 1気圧)を用いているため、気体・液体の発熱量・炭素排出係数は当該基準変更の影響を受けることに注意ありたい。一般に標準環境状態(SATP)では基準となる温度がノルマル状態と比べて高いため、発熱量はわずかに小さくなり炭素排出係数は大きくなる傾向がある。

*6 標準状態として「標準環境状態(SATP)」を用いる理由は、現状において物理化学分野の諸定数の多くが当該「標準環境状態(SATP)」を用いて算定されておりこれに従うことが妥当と考えられるためである。例えば、現状の国立天文台編「理科年表」(参考文献1)に収録されている各種の物理化学定数はその大部分が標準状態を「標準環境状態(SATP)」としている。

*7 測定基準についての詳細は補論3. を参照ありたい。

*8 当該算定手法を以下「純成分加重平均法」と呼称する。ガスクロマトグラフィーによる成分組成分析は広範に使用されている分析手法であり、当該手法の適用により関係諸団体に成分分析値の提供を協力してもらうことによって実質的に有効試料数を大幅に増加させることが可能となり、結果として信頼性の向上が実現できる利点がある。補論1.を参照ありたい。

*9 当該算定手法を以下「熱量等直接測定法」と呼称する。具体的な実測対象項目や実測手法についてはエネルギー源により異なるため、3. 以下のエネルギー源別の各論の項目において詳細に解説する。

(1) 参考値としての真(低位)発熱量及び対応炭素排出係数の算定

算定が可能な全てのエネルギー源について真(低位)発熱量(NCV)及びこれに対応する炭素排出係数(CEF-N)を参考値として算定する。

(2) 参考値としての重量当発熱量の算定

固有単位が体積当(l or m³)であるエネルギー源については、参考値として総(高位)発熱量及び真(低位)発熱量での重量当発熱量(MJ/kg)を算定する。

(3) 95%信頼区間上限・下限値の算定

算定が可能な全てのエネルギー源について、総(高位)発熱量及び対応する炭素排出係数、真(低位)発熱量及び対応する炭素排出係数の4種類についてそれぞれ95%信頼区間の上限・下限値を算定する。

2-1-6. 比較・検証: 現行値 及び IPCC 2006年改訂ガイドラインとの比較・検証の実施

標準発熱量・炭素排出係数の今次改訂においては、算定結果の妥当性を確認するため、2-1-5. の結果が適用できる全てのエネルギー源について以下のとおり現行標準値 又は IPCC 2006年改訂ガイドラインとの比較・検証^{*10}を行う。

(1) 総(高位)発熱量 及び 対応炭素排出係数 (GCV, CEF-G)

新たに算定した総(高位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数については、それぞれ現行標準値や 2012年度実質発熱量などとの比較・検証を行う。

(2) 真(低位)発熱量 及び 対応炭素排出係数 (NCV, CEF-N)

新たに算定した真(低位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数については、それぞれ IPCC2006年改訂ガイドラインにおける国際標準値との比較・検証^{*11}を行う。

2-2. 算定対象及び適用すべき算定方法の選定

2-2-1. エネルギー源別の精度面から見た優先順位の考え方と定量化指標

現在総合エネルギー統計において実際に数値が計上され使用されているエネルギー源は電力・熱を除いて 39種類あるが、その標準発熱量・炭素排出係数における不確実性はエネルギー源毎に様々であり、また一次エネルギー総供給量や最終エネルギー消費量などエネルギー需給量もエネルギー源毎に大きく異なっている。

ここで、総合エネルギー統計及び日本国温室効果ガスインベントリへの精度上の影響という観点から見た場合、問題となるのは各エネルギー源の「需給量」と標準発熱量・炭素排出係数の「不確実性」の大きさの積であると考えられる。

当該考え方にに基づき、具体的に各エネルギー源別にエネルギー源別需給量 及び 不確実性を下記のとおり推計し、精度上の優先順位の定量化指標を下記のとおり設定した。

(エネルギー源別需給量 X_i)

エネルギー源別需給量として、総合エネルギー統計における各エネルギー源の一次エネルギー総供給・エネルギー転換生成量又は最終エネルギー消費のうち最も大きい値の 2006~2010年度の直近 5年平均値を需給量と見なす。

(エネルギー源別発熱量・炭素排出係数不確実性 U_{hi} , U_{ci})

*10 具体的な現行標準値・IPCC 2006年改訂ガイドラインとの比較・検証手法については、補論2. を参照ありたい。

*11 IPCC 2006年改訂ガイドラインにおける真(低位)発熱量及び対応炭素排出係数については、温度・圧力などの状態指定がなされておらず、暗黙裏に標準状態(0℃ 1気圧)での数値が設定されているなど、完全に基準を揃えた比較が困難であることに注意する必要がある。

エネルギー源別発熱量・炭素排出係数不確実性として、IPCC2006年改訂ガイドラインにおける国際標準発熱量・炭素排出係数の変動係数を戒能(2005)^{*12}から算定し、それぞれ不確実性指標と見なす。

上記文献において直接に数値が得られない場合、類似性状のエネルギー源の不確実性指標を用い、それも得られない場合には不確実性指標を 10%とする。

[式2-2-1. エネルギー源別の精度面から見た優先順位の定量化指標]

$$D_i = X_i * (U_{hi} * U_{Ci})^{0.5} \quad \dots \dots \text{(式 2-2-1)}$$

- D_i : エネルギー源 i に関する精度影響指標
- X_i : エネルギー源 i の年需給量 (TJ/年, 5年平均値)
- U_{hi} : エネルギー源 i の発熱量の不確実性 (-)
- U_{Ci} : エネルギー源 i の炭素排出係数の不確実性 (-)

2-2-2. エネルギー源別の精度面から見た優先順位の定量化指標の算定結果

実際に総合エネルギー統計の各年度分の数値を用いて 2-2-1. の定量化指標を算定した結果以下のとおり。

当該結果から、日本全体のエネルギー需給及び炭素排出への精度上の影響が最も大きいのは、単一のエネルギー源として国内での需給量が最も大きい精製用原油であることが理解される。一方、輸入無煙炭以下 14のエネルギー源については需給量が少ない又は不確実性が小さいことにより、精製用原油と比較して相対的に 5%未満の影響を持つに過ぎず、精度面から見て相対的に重要ではないことが観察される。

[表2-2-2-1. エネルギー源別の精度面から見た優先順位の定量化指標の算定結果]

エネルギー源	指数				相対指数	エネルギー源	指数				
	D _i	X _i (PJ)	U _{hi}	U _{Ci}			D _i	X _i (PJ)	U _{hi}	U _{Ci}	
精製用原油	140.8	8027	0.02	0.02	100	オイル	11.0	138	0.03	0.03	8
発電一般炭	104.0	2104	0.09	0.03	74	灯油	9.5	794	0.02	0.01	7
コーク原料炭	88.1	1649	0.07	0.04	63	ジェット燃料油	8.5	526	0.02	0.02	6
輸入LNG	72.6	3674	0.02	0.02	52	A重油	7.6	778	0.01	0.01	5
コーク	57.4	1238	0.04	0.05	41	他重質油製品	6.4	283	0.06	0.01	5
輸入一般炭	45.6	921	0.09	0.03	32	輸入無煙炭	5.5	148	0.09	0.02	4
ガソリン	35.3	2025	0.02	0.02	25	発電用原油	4.9	279	0.02	0.02	3
一般高炉ガス	34.0	315	0.09	0.13	24	発電用C重油	4.9	447	0.01	0.01	3
都市ガス	31.9	1615	0.02	0.02	23 *1	RPF	3.3	33	0.10	0.10	2 *2
ナフサ	20.9	880	0.02	0.02	15	国産天然ガス	3.1	158	0.02	0.02	2
黒液	19.8	198	0.10	0.10	14 *2	廃材	3.0	30	0.10	0.10	2 *2
NGLコンデナート	18.6	401	0.04	0.05	13	コーク	2.3	43	0.04	0.07	2
製油所ガス	15.4	675	0.05	0.01	11	潤滑油	2.0	102	0.04	0.01	1
軽油	14.6	1644	0.01	0.01	10	廃タイヤ	1.3	13	0.10	0.10	1 *2
吹込用原料炭	14.6	295	0.09	0.03	10	廃プラスチック	1.1	11	0.10	0.10	1 *2
LPG	14.4	710	0.03	0.02	10	転炉ガス	0.7	74	0.01	0.01	1
C重油	13.0	1197	0.01	0.01	9	B重油	0.1	2	0.01	0.01	0
発電用高炉ガス	12.9	119	0.09	0.13	9	(以下 参考値)					
アスファルト	11.5	260	0.03	0.06	8	(電力)	0.0	3517	0.00	0.00	0)
コーク炉ガス	11.5	364	0.03	0.03	8	(蒸気)	0.0	794	0.00	0.00	0)

(注) ※1 輸入天然ガス(LNG)の不確実性値を使用 ※2 実績値不明のため 10%と仮定

*12 参考文献8. を参照ありたい。

2-2-3. エネルギー源別の標準発熱量・炭素排出係数の算定方法の選択

1-2-3. で述べた経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局による「プレ調査」の結果及び 2-2-2. の精度面から見た優先順位についての定量化結果を念頭に、下記 4つの選択基準を適用し各エネルギー源別の標準発熱量・炭素排出係数についての算定方法を選択した。

選択基準(1) 理論値からの直接的算定可能性

選択基準(2) 関係諸団体による実測値提供・協力の可能性

選択基準(3) 他の主要エネルギー源の数値からの推計可能性

選択基準(4) 精度面から見た優先順位に基づく実測の必要性

当該選択基準の適用結果である個別エネルギー源の算定方法については、3. 以下のエネルギー源別各論の項目で詳細に解説する。

[図2-2-3-1. エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数の算定方法の選択基準]

選択基準(1) 理論値からの直接的算定可能性

当該エネルギー源の発熱量・炭素排出係数は、理論値などから直接的に算定可能か？

可能 → 分類Ⅰ：理論値や公式統計値から算定
(LPG, 輸入LNG, 電力, 蒸気)

困難 → (選択基準(2)へ進む)

選択基準(2) 関係諸団体による実測値提供・協力の可能性

当該エネルギー源につき「プレ調査」において関係諸団体から実測値提供の協力が得られる旨確認されたか？

確認 → 分類Ⅱ：経済産業省・環境省から協力を依頼し実測値の提供を受け算定
(原料炭, コークス, 一般炭, 製油所ガス, 国産天然ガス, 黒液他)

不詳 → (選択基準(3)へ進む)

選択基準(3) 他の主要エネルギー源の数値からの推計可能性

当該エネルギー源の発熱量・炭素排出係数は、他の主要なエネルギー源の数値やその加重平均・回帰分析式の適用などにより推計が可能か？

可能 → 分類Ⅳ：他エネルギー源の数値やその加重平均・回帰分析式から推計により算定
(都市ガス, 輸入無煙炭, ナフサ, B重油, アスファルト他)

困難 → (選択基準(4)へ進む)

選択基準(4) 精度面から見た優先順位に基づく実測の必要性

当該エネルギー源は 2-2-2. の精度面から見た優先順位の定量化指標において相対指数 5以上の「相対的に重要」なエネルギー源に該当するか？

該当 → 分類Ⅲ：経済産業省・環境省による実測調査を実施し算定
(精製用原油, ガソリン, 軽油他主要石油製品)

非該当 → 分類Ⅴ：文献調査実施、数値が得られる場合更新、得られない場合現行値を継続
(廃タイヤ・廃プラスチック, コールタール, RDF他)

2-3. 発熱量・炭素排出係数の補間・近似推計式の計測

2-3-1. 化学組成・物性値と発熱量・炭素排出係数の関係と補間・近似推計式計測

元来、ある一定の化学組成や物性値を持ったエネルギー源について、測定状態を標準環境状態と仮定しこれを完全燃焼させた場合に測定される発熱量・炭素排出係数は、測定場所や時点と無関係に一意に定まるものである。

しかし、現実の石炭や石油製品などのエネルギー源においては、上流側での資源事情や下流側での製品需給・品質規制など様々な要因の影響により化学組成・物性値やその構成比が時間とともに変化することがあり、従ってその平均値としてのエネルギー源別の標準発熱量・炭素排出係数もまた時間とともに緩慢に変化して推移している。

従って、各エネルギー源の化学組成・物性値と発熱量・炭素排出係数などの関係が正確に把握されているのであれば、今後エネルギー源の化学組成・物性値やその構成比が微妙に変化した場合において再度今次の様な大掛かりな実測作業を行う必要はなく、当該関係に従い補正值を再計算すれば足りることとなる。

また 2-2-3. で述べたとおり、今次の作業においても、仮に幾つかのエネルギー源について他の主要エネルギー源の数値から発熱量・炭素排出係数が推計できるのであれば、可能な限り精度を落とさずに実測を行う費用と労力を節減することが可能となる。

当該観点から、本稿においては代表的なエネルギー源について、化学組成・物性値と発熱量・炭素排出係数などの間の関係について回帰分析を用いて分析し、補間・近似推計式を計測^{*13}することとする。

2-3-2. 補間・近似推計式の計測対象

補間・近似推計式の計測対象については、2-1-3. で述べた「純成分加重平均法」が適用できるエネルギー源や、2-2-3. での選択基準(1) 理論値から直接的に算定可能に該当するエネルギー源においては、化学組成・物性値が判明していれば直ちに再計算が可能であり補間・近似推計式を設ける実益がないため計測対象から除外する。

また、化学組成値と発熱量・炭素排出係数などの補間・近似推計式を計測するためには、十分な数の実測による試料が得られていることが条件であり、本稿においては当該 2つの条件を満たす下記 3つのエネルギー源を計測対象とする。

- 輸入一般炭
- 精製用原油(NGLコンデンセートを含む)
- 主要石油製品

2-3-3. 補間・近似推計式の計測手法と比較・評価手法

補間・近似推計式の計測手法については、総(高位)・真(低位)での発熱量・炭素排出係数を被説明変数とし代表的な成分分析・物性値を説明変数とした回帰分析や、総(高位)・真(低位)での炭素排出係数を被説明変数としこれに対応する発熱量などを説明変数とした回帰分析を行う。

回帰分析の結果からさらに統計的な精度評価指標を算定・比較した上で、精度の高い補間・近似推計式^{*14}を選定し推計に使用する。

*13 既に原油・石油製品においては、JIS-K2279 など密度や硫黄分・水分・灰分などの物性値から発熱量を推計する標準式が存在しているが、他のエネルギー源や炭素排出係数については類似のものが存在しない。

*14 原油・石油製品については、JIS-K2279 と新たに測定した補間・近似推計式の精度比較が可能であるため、当該比較・検証を実施する。

3. 結果(1) 石炭・石炭製品

3-1. 石 炭

3-1-1. 輸入原料炭

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 コークス用原料炭及び吹込用原料炭算定値。

総合エネルギー統計 2008～2012年度版による各原料炭消費量。

算定方法 分類Ⅳ, コークス用原料炭及び吹込用原料炭の加重平均値。

(年 度)	2008	2009	2010	2011	2012	平 均
コークス用原料炭 a	1622.8	1532.6	1658.6	1567.2	1551.5	1586.5
吹込用原料炭 b	273.7	243.2	328.4	357.8	389.6	318.5
(a/(a+b))	0.856	0.863	0.835	0.814	0.799	0.833

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当せず)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
28.79	29.12 / 28.46	28.79	24.53	24.73 / 24.33
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/kg	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
26.52	26.85 / 26.19	26.52	26.63	26.84 / 26.42

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
29.00	28.79	-0.007	区間内	24.51	24.53	+0.001	区間内
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間

(IPCC 2006改訂ガイドラインに該当値なし)

(5) 評価・結論

- 新たな算定値は現行標準値と比較して妥当であり、新たな算定値に更新すべきである。
- 今後は固定した数値ではなく、毎年度各原料炭消費量の構成比に応じて発熱量・炭素排出係数を再計算することが妥当と考えられる。

3-1-2. コークス用原料炭

(1) 算定方法・試料出典

試料出典	(社)日本鉄鋼連盟, 実測値の提供。		
算定方法	分類Ⅱ, (社)日本鉄鋼連盟の協力による熱量等直接測定法。		
実測方法	総(高位)発熱量(無水)	各製鉄所における実測, JIS M8814 ^{*15}	
	成分分析値(炭素含有比)	各製鉄所における実測, JIS M8813	
補正処理	全水分 11.1%(無水) にて湿炭(有水・有灰)に補正 ^{*16} 。		
	全水分 11.1%・水素分 11.1%(無水) にて真(低位)発熱量など推計。		

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量		炭素含有比
	GCV MJ/kg (無水)	MJ/kg (湿炭)	(無水)
有効試料数	23	23	23
最大値	33.55	30.20	0.826
最小値	30.00	27.00	0.728
単純平均	32.16	28.94	0.786
標準偏差	0.821	0.739	0.026

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/kg	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
28.94	29.26 / 28.62	24.42 24.60 / 24.25
95%信頼区間		95%信頼区間
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/kg	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
26.68	27.00 / 26.36	26.50 26.69 / 26.31
95%信頼区間		95%信頼区間

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
29.10	28.94	-0.005	区間内	24.51	24.42	-0.004	区間内
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
28.18	26.68	-0.053	IPCC区間内	25.80	26.50	+0.027	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 新たな算定値は現行標準値と比較して概ね妥当であり、新たな算定値に更新すべきである。

*15 経済産業省資源エネルギー庁及び環境省地球環境局による今次調査においては、測定法・試験法は全て日本工業標準 (JIS)規格など公的規格に準拠した方法によって実測が行われている。

各測定法・試験法に関する規格の詳細については参考文献 9. に一括して掲載するので適宜参照ありたい。

*16 石炭の無水・乾炭・湿炭など測定基準については、補論3.を参照ありたい。

3-1-3. 吹込用原料炭 (PCI炭 : Pulverized Coal Injection Coal)

(1) 算定方法・試料出典

- 試料出典 (社)日本鉄鋼連盟, 実測値の提供。
 算定方法 分類Ⅱ, (社)日本鉄鋼連盟の協力による熱量等直接測定法。
 実測方法 総(高位)発熱量(無水) 各製鉄所における実測, JIS M8814
 成分分析値(炭素含有比) 各製鉄所における実測, JIS M8813
 補正処理 全水分 11.1%(無水) にて湿炭(有水・有灰)に補正。
 全水分 11.1%・水素分 11.1%(無水) にて真(低位)発熱量を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量		炭素含有比
	GCV MJ/kg (無水)	MJ/kg (湿炭)	(無水)
有効試料数	20	20	20
最大値	32.62	29.36	0.830
最小値	29.54	26.59	0.718
単純平均	31.12	28.01	0.780
標準偏差	0.916	0.824	0.037

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/kg	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
28.01	28.01	25.06
28.39 / 27.62		25.35 / 24.76
95%信頼区間		95%信頼区間
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/kg	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
25.74	25.74	27.27
26.13 / 25.35		27.57 / 26.96
95%信頼区間		95%信頼区間

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
28.20	28.01	-0.007	区間内	24.51	25.06	+0.022	区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
25.82	25.74	-0.003	IPCC区間内	25.80	27.27	+0.016	IPCC区間内
			新算定値区間内				新算定値区間外

注) IPCCの参照値は「Other Bituminous Coal」の値

(5) 評価・結論

- 現行の炭素排出係数はコークス用原料炭の値を類推適用したものであり、現行値が妥当でない可能性が大である。
- 新たな算定値は現行標準発熱量及び IPCC2006年改訂ガイドライン値と比較して概ね妥当であり、新たな算定値に更新すべきである。

3-1-4. 輸入一般炭

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 電気事業連合会, 実測値の提供による。

算定方法 分類Ⅱ, 電気事業連合会の協力による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量(乾炭・無水) 各電気事業者による測定, JIS M8814
成分分析値(固定炭素分,揮発分,全水分,灰分,炭素,水素,硫黄分他)
各電気事業者による測定, JIS M8812,13,19

補正処理 無水基準の数値は全水分により、乾炭基準の数値は付着水分により湿炭(有水・有灰)基準に補正。

発熱量・炭素排出係数とも各試料別の消費量で加重平均により算定。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/kg(乾炭)	炭素分 (無水)	水素分 (無水)	硫黄分 (無水)	窒素分 (無水)
有効試料数	721	721	721	721	721
最大値	31.41	84.59	6.90	2.53	2.36
最小値	21.15	60.90	3.34	0.00	0.63
単純平均	27.63	71.60	4.76	0.45	1.47
標準偏差	1.649	2.264	0.46	0.22	0.28
	固定炭素分 (乾炭)	揮発分 (乾炭)	灰分 (乾炭)	全水分 (乾炭)	付着水分 (乾炭)
有効試料数	704	711	721	721	721
最大値	64.80	54.50	17.10	37.95	23.40
最小値	36.00	23.00	2.70	6.50	2.80
単純平均	51.50	36.00	10.55	13.71	7.661
標準偏差	5.181	6.755	3.704	5.817	2.872

表注) 発熱量は乾炭基準, 成分分析・物性値は重量含有比, 全水分は包蔵水分・付着水分の合計

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV GCV MJ/kg	95%信頼区間	(重量当) GCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-G CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
25.97	26.10 / 25.83	25.97	24.42	24.46 / 24.38
真(低位)発熱量 (参考値) NCV NCV MJ/kg	95%信頼区間	(重量当) NCV MJ/kg	炭素排出係数 (参考値) CEF-N CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
24.66	24.80 / 24.52	24.66	25.68	25.74 / 25.63

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
25.70	25.97	+0.010	区間外	24.71	24.42	-0.012	区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
25.82	24.66	-0.045	IPCC区間内	25.80	25.68	-0.005	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値の

算定精度が非常に高く信頼区間幅が狭いこと、基準状態を標準環境状態に変更したこと、総(高位)発熱量・炭素排出係数とも現行標準値と±1%程度の範囲内にあることなどを総合的に考慮した場合、新たな算定値はほぼ妥当な数値を示しており、新たな算定値に更新すべきと考えられる。

- IPCC2006年改訂ガイドライン値と比較した場合についても、IPCCの発熱量は乾炭基準であることから、発熱量・炭素排出係数とも概ね妥当である。

(6) 補間・近似推計式の回帰分析結果 (()内は p値)

- 補間・近似推計式の回帰分析の結果、発熱量につき高精度な推計式が発見された。
- 炭素排出係数については一定精度の推計式が発見されたが、総(高位)発熱量よりも真(低位)発熱量に基づく炭素排出係数の推計精度の方が高くなっている。

$$\begin{aligned} \text{GCV} = & 0.0457 * \text{C} + -0.0254 * \text{V} + -0.3339 * \text{W} + -0.2057 * \text{A} + 0.8246 * \text{S} + 30.7137 \\ & (0.000) \quad (0.013) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 699, R^2 = 0.9038, \text{AIC} = 1109.525, \text{不均一分散推計} \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-1})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-G} = & 0.0394 * \text{C} + -0.0100 * \text{V} + 0.0777 * \text{W} + 0.0217 * \text{A} + -0.2612 * \text{S} + 21.6706 \\ & (0.000) \quad (0.199)x \quad (0.000) \quad (0.046) \quad (0.001) \quad (0.000) \\ n = & 699, R^2 = 0.5200, \text{AIC} = 547.400, \text{不均一分散推計} \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-2})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-G} = & -0.4178 * \text{GCV} + 0.0585 * \text{C} + -0.0206 * \text{V} + -0.0618 * \text{W} + -0.0643 * \text{A} \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.008) \quad (0.000) \\ & + 0.0834 * \text{S} + 34.5029 \quad n = 699, R^2 = 0.7073, \text{AIC} = 203.7489, \text{不均一分散推計} \\ & (0.156)x \quad (0.000) \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-3})$$

$$\begin{aligned} \text{NCV} = & 0.0555 * \text{C} + -0.0281 * \text{V} + -0.3469 * \text{W} + -0.1930 * \text{A} + 0.7601 * \text{S} + 29.1109 \\ & (0.000) \quad (0.006) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 698, R^2 = 0.9223, \text{AIC} = 1052.013, \text{不均一分散推計} \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-4})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-N} = & 0.0273 * \text{C} + -0.0076 * \text{V} + 0.1203 * \text{W} + 0.0224 * \text{A} + -0.2711 * \text{S} + 22.9118 \\ & (0.000) \quad (0.158)x \quad (0.000) \quad (0.012) \quad (0.001) \quad (0.000) \\ n = & 698, R^2 = 0.6876, \text{Adj-R}^2 = 0.6853, \text{AIC} = 668.6036 \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-5})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-N} = & -0.4712 * \text{NCV} + 0.0535 * \text{C} + -0.0209 * \text{V} + -0.0432 * \text{W} + -0.0685 * \text{A} \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.008) \quad (0.000) \\ & + 0.0870 * \text{S} + 36.6283 \quad n = 698, R^2 = 0.8077, \text{Adj-R}^2 = 0.8060, \text{AIC} = 331.815 \\ & (0.175)x \quad (0.000) \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-6})$$

$$\begin{aligned} \text{NCV} = & 1.0667 * \text{GCV} + -2.9884 \quad n = 698, R^2 = 0.9960, \text{Adj-R}^2 = 0.9960, \text{AIC} = -1024.158 \\ & (0.000) \quad (0.000) \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-7})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-N} = & 1.2584 * \text{CEF-G} - 5.0498 \quad n = 698, R^2 = 0.8668, \text{AIC} = 65.56, \text{不均一分散推計} \\ & (0.000) \quad (0.000) \end{aligned} \quad (\text{式3-1-4-8})$$

GCV	総(高位)発熱量	MJ/kg	NCV	真(低位)発熱量	MJ/kg
CEF-G	炭素排出係数(総(高位))	gC/MJ	CEF-N	炭素排出係数(真(低位))	gC/MJ
C	固定炭素分 (乾炭基準)	wt%	V	揮発分 (乾炭基準)	wt%
W	全水分 (乾炭基準)	wt%	A	灰分 (乾炭基準)	wt%
S	硫黄分 (乾炭基準)	wt%			

別掲図表; 図3-1-4-1. ~ 3-1-4-4. 輸入一般炭発熱量-炭素排出係数他相関 参照

3-1-5. 輸入無煙炭

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 石炭分類上の定義から無煙炭の代表的成分組成・物性値を仮定。

算定方法 分類IV, 輸入一般炭の補間・近似推計式を用いた推計値。

式3-1-4-1, -2, -4, -5 に下記代表的成分組成・物性値を代入・算定。

各補間・近似推計式の説明変数の係数に関する 95%信頼区間から、当該推計値の 95%信頼区間を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

一般に無煙炭とは燃料比が 4以上^{*17}、無水無灰基準での揮発分が 10%未満のものをいうことから、下記のとおり代表的な無煙炭の成分組成・物性値を仮定する。

wt%	無煙炭	(参考) 輸入一般炭平均(3-1-4. 参照)
固定炭素	80.00	51.50
揮発分	7.50	36.00
全水分	13.71	13.71
灰分	10.55	10.55
硫黄分	0.45	0.45

表注) 成分分析・物性値は乾炭基準, 全水分は包蔵水分・付着水分の合計

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
27.80	29.05 / 26.55	27.80	25.92	26.76 / 25.09
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/kg	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
26.89	28.09 / 25.68	26.89	26.80	29.41 / 24.52

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
26.90	27.80	+0.034	区間内	25.46	25.92	+0.018	区間内
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
26.68	26.89	+0.008	IPCC区間内	26.80	26.80	+0.000	IPCC区間内
			新算定値区間内				新算定値区間内

(5) 評価・結論

- 一般炭の補間・近似推計式と代表的化学組成・物性値からの推計値ではあるものの、特に IPCC 2006年改訂ガイドライン値と発熱量・炭素排出係数ともほぼ一致するなど良好な結果が得られたため、新たな算定値に更新すべきである。

*17 燃料比とは、固定炭素分と揮発分の比である。無煙炭の定義は、JIS-M1002(炭量計算基準) 参考文献9. 表2. 参照。

3-1-6. 国産一般炭 (参考値)

(1) 試料出典・算定方法 (3-1-4. 輸入一般炭に同じ、電気事業連合会の協力による)

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/kg(乾炭)	炭素分 (無水)	水素分 (無水)	硫黄分 (無水)	窒素分 (無水)
有効試料数	12	12	12	12	12
最大値	27.10	67.90	5.67	0.25	1.06
最小値	26.39	66.30	5.29	0.23	0.99
単純平均	26.79	67.12	5.55	0.24	1.02
標準偏差	0.224	0.613	0.11	0.01	0.02

	固定炭素分 (乾炭)	揮発分 (乾炭)	灰分 (乾炭)	全水分 (乾炭)	付着水分 (乾炭)
有効試料数	12	12	12	12	12
最大値	40.60	47.40	15.10	13.20	7.60
最小値	37.90	45.60	12.90	10.60	5.30
単純平均	39.08	46.78	14.15	11.90	6.39
標準偏差	0.826	0.567	0.722	0.916	0.777

表注) 発熱量は乾炭基準, 成分分析・物性値は重量含有比, 全水分は包蔵水分・付着水分の合計

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/kg	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
25.28	25.48 / 25.09	23.74
	95%信頼区間	23.80 / 23.68

真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/kg	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
23.90	24.09 / 23.71	25.12
	95%信頼区間	25.19 / 25.05

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
22.50	25.28	+0.124	区間外	24.90	23.74	-0.047	区間外

真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
25.82	23.90	-0.075	IPCC区間内	25.80	25.12	-0.026	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 国産一般炭の現行標準値は大規模炭鉱が稼働していた 2000年度以前の数値であり既に妥当ではないと考えられるため、新たな算定値に更新すべきである。
- 国産一般炭は、現状で発電用一般炭に占める消費量が 0.7%を占めるに過ぎず、試料数も 12しか得られていないため、参考値への移行が適当である。
- 同様の理由から、現行の参考値における坑内掘国産炭・露天掘国産炭の区分を廃止することが適当である。

3-1-7. 亜炭・褐炭 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 文献調査により亜炭・褐炭の代表的成分組成・物性値を仮定。

算定方法 分類IV, 輸入一般炭の補間・近似推計式を用いた推計値。

式3-1-4-1, -2, -4, -5 に下記代表的成分組成・物性値を代入・算定。

各補間・近似推計式の説明変数の係数に関する 95%信頼区間から、当該推計値の 95%信頼区間を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

豪州ビクトリア州産褐炭に関する成分組成・物性値例^{*18}から、下記のとおり亜炭・褐炭の代表的な成分組成・物性値を仮定する。

wt%	亜炭・褐炭	(参考) 輸入一般炭・無煙炭(3-1-4,-5 参照)	
固定炭素	38.00	51.50	80.00
揮発分	50.00	36.00	7.50
全水分	54.00	13.71	13.71
灰分	1.70	10.55	10.55
硫黄分	0.30	0.45	0.45

表注) 成分分析・物性値は乾炭基準, 全水分は包蔵水分・付着水分の合計

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
13.05	14.32 / 11.78	13.05	26.82	27.67 / 25.97
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/kg	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
10.98	12.20 / 9.76	10.98	30.02	32.65 / 27.72

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
17.20	13.75	-0.241	区間外	24.71	26.82	+0.085	区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
11.93	10.98	-0.080	IPCC区間内	27.60	30.02	+0.088	IPCC区間内
			新算定値区間内				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 現行標準値は既に国内で使用されていない国産褐炭(「亜炭」)に関するものであり、また炭素排出係数は輸入一般炭の数値を類推適用したものであるため、いずれも妥当でない可能性が大である。
- 一般炭の補間・近似推計式と代表的化学組成手物性値からの推計値ではあるものの、特に IPCC 2006年改訂ガイドライン値と比較して妥当な結果が得られたため、新たな算定値に更新すべきである。
- 項目分類名称を「亜炭」から「亜炭・褐炭」に変更すべきである。

*18 数値出典については A. Chaffee (2005), 参考文献 11. を参照ありたい。

3-2. 石炭製品

3-2-1. コークス

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 (社)日本鉄鋼連盟, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, (社)日本鉄鋼連盟の協力による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量(湿炭・乾炭) 各製鉄所における実測, JIS M8814
成分分析値(炭素含有比) 各製鉄所における実測, JIS M8813

補正処理 (該当なし)

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量		炭素含有比
	GCV MJ/kg (乾炭)	MJ/kg (湿炭)	(乾炭)
有効試料数	12	12	12
最大値	29.42	29.40	0.890
最小値	28.72	28.72	0.870
単純平均	29.18	29.18	0.882
標準偏差	0.195	0.193	0.008

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
29.18	29.30 / 29.06	29.18	30.22	30.45 / 29.99
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/kg	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
28.81	28.95 / 28.67	28.81	30.60	30.76 / 30.45

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
29.40	29.18	-0.007	区間外	29.38	30.22	+0.028	区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
28.20	28.81	+0.008	IPCC区間内	29.50	30.60	+0.037	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値は非常に高精度で信頼区間が極めて狭いこと、新たな算定値の数値自体はいずれも現行値と比べ 3%未満の増減であることなどから、発熱量・炭素排出係数とも新たな算定値に更新すべきである。

3-2-2. コークス炉ガス

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 (社)日本鉄鋼連盟, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, (社)日本鉄鋼連盟の協力による純成分加重平均法。

実測方法 成分分析値 各製鉄所における実測, JIS M8812準拠

補正処理 (該当なし)

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

(mol %)	水素	メタン	一酸化炭素	エチレン	二酸化炭素	エタン	プロピレン	プロパン
有効試料数	24	24	24	24	24	24	24	24
最大値	57.80	29.70	7.60	2.90	2.60	2.50	0.17	0.04
最小値	54.70	24.52	6.10	0.00	1.60	0.70	0.00	0.00
単純平均	56.04	26.92	6.76	1.93	2.24	1.23	0.10	0.02
標準偏差	0.863	1.759	0.52	1.15	0.30	0.71	0.06	0.02

表注) 他は窒素等不活性ガスである。

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	GCV MJ/kg
19.12	19.44 / 18.80	10.93
		11.01 / 10.85
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	NCV MJ/kg
15.21	15.48 / 14.93	13.74
		13.83 / 13.66

(4) 現行標準値との比較・検証 (表注: 現行標準発熱量値はSATP補正済値)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
19.33 19.12 -0.011 区間内	10.99 10.93 -0.006 区間内
19.01 19.12 +0.006 区間内 (2012年度実質発熱量)	
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
38.66 35.30 -0.087 IPCC区間内	12.09 13.74 +0.136 IPCC区間内
	新算定値区間外

表注) IPCC2006年改訂ガイドラインのコークス炉ガスの信頼区間は推計値であることに注意。

(5) 評価・結論

- 新たな算定値は標準環境状態(SATP)に補正した現行標準値と比較して概ね妥当であり、新たな算定値に更新すべきである。
- IPCC2006年改訂ガイドライン値との比較では、発熱量が小さくなり炭素排出係数が大きくなっているが、IPCC2006年改訂ガイドライン値は 2005年頃の文献調査によるコークス炉ガスの分析例からの推計値であり信頼区間は推計値であること、標準状態が異なっていると考えられることなどが乖離の原因と推察される。

3-2-3. 高炉ガス

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 (社)日本鉄鋼連盟, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, (社)日本鉄鋼連盟の協力による純成分加重平均法。

実測方法 成分分析値 各製鉄所における実測, JIS M8812準拠

補正処理 二酸化炭素(CO₂)分は炭素排出係数の算定から除外(「可燃炭素法^{*19})。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

(mol %)	窒素	一酸化炭素	二酸化炭素 (除外)	水素
有効試料数	30	30	30	30
最大値	51.50	25.95	24.20	5.15
最小値	46.70	21.58	20.10	3.85
単純平均	48.98	23.86	22.68	4.49
標準偏差	1.428	1.239	1.007	0.31

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	GCV MJ/kg
3.284	3.34 / 3.23	2.64
		35.65 35.85 / 35.46
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	NCV MJ/kg
3.13	2.56 / 2.47	2.52
		37.35 37.50 / 37.20

(4) 現行標準値との比較・検証 (表注: 現行標準発熱量値はSATP補正済値)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
3.12 3.28 +0.051 区間外	26.13 35.65 +0.364 区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
戒能('05) 新算定値 増減率 95%信頼区間	戒能('05) 新算定値 増減率 95%信頼区間
2.47 2.52 +0.018 (IPCC区間無)	37.40 37.35 -0.001 (IPCC区間無)
	新算定値区間 外 新算定値区間 内

表注) IPCC 2006年改訂ガイドライン値に代えて戒能(2005) 参考文献7 の可燃炭素法による数値と比較する。当該文献(戒能(2005)) には高炉ガスの信頼区間の情報なし。

(5) 評価・結論

- 現行標準値のうち発熱量は電力調査統計実測値からの推計、炭素排出係数は高炉のエネルギー収支から按分計算したものであり、いずれも推計値である。
- 新たな算定値は非常に安定しており信頼区間が狭いこと、現行標準値との差は標準状態の差と見なせることから、発熱量は新たな算定値に更新すべきである。
- 一方、高炉ガスの炭素排出係数については、従来に引続き「エネルギー消費量按分法」により鉄鋼・製鉄部門と発電など高炉ガス消費部門の炭素排出寄与を定めるべきである。

*19 「可燃炭素法」は高炉ガス・転炉ガス中に含まれる二酸化炭素を除外して炭素排出係数を算定する手法である。当該除外をしない算定法を「総炭素法」といい、IPCC2006年改訂ガイドライン値は「総炭素法」が用いられている。これらの算定法と高炉ガスにおける「エネルギー消費量按分法」の適用については 補論4. を参照ありたい。

3-2-4. 転炉ガス, 電気炉ガス(参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 (社)日本鉄鋼連盟, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, (社)日本鉄鋼連盟の協力による純成分加重平均法。

実測方法 成分分析値 各製鉄所における実測, JIS M8812準拠

補正処理 二酸化炭素(CO₂)分は炭素排出係数の算定から除外(「可燃炭素法」)。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

(mol %)	一酸化炭素	二酸化炭素 (除外)	窒素	水素
有効試料数	30	30	30	30
最大値	69.38	20.49	25.63	2.50
最小値	58.94	12.00	11.00	0.09
単純平均	64.92	15.87	18.10	1.12
標準偏差	3.162	2.615	4.085	0.80

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	GCV MJ/kg
7.640	7.78 / 7.50	6.18
		41.72
		41.92 / 41.52
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	NCV MJ/kg
7.603	7.74 / 7.47	6.15
		41.92
		42.06 / 41.77

(4) 現行標準値との比較・検証 (表注: 現行標準発熱量値はSATP補正済値)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
7.70 7.64 -0.008 区間内	38.44 41.72 +0.085 区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
戒能('05) 新算定値 増減率 95%信頼区間	戒能('05) 新算定値 増減率 95%信頼区間
7.06 6.15 -0.129 (IPCC区間無)	40.70 41.92 +0.030 (IPCC区間無)
	新算定値区間 外

表注) IPCC 2006年改訂ガイドライン値に代えて戒能(2005) 参考文献7 の可燃炭素法による数値と比較する。当該文献(戒能(2005))には転炉ガスの信頼区間の情報なし。

(5) 評価・結論

- 現行標準値のうち発熱量は 1998年度の日本鉄鋼連盟による実測値、炭素排出係数は IPCC 2006年改訂ガイドライン値の「可燃炭素法」による換算値であり、いずれも既に妥当でない可能性が大である。
- 新たな算定値は非常に高精度であり信頼区間が極めて狭いことから、発熱量は新たな算定値に、炭素排出係数も従来に引続き「可燃炭素法」に基づいた新たな算定値に更新すべきである^{*20}。
- 性状が類似する「電気炉ガス」について本項目の標準発熱量・炭素排出係数を適用し、参考値として項目を新設することが妥当と考えられる。

*20 転炉ガスにおける「可燃炭素法」の適用については、補論4. を参照ありたい。

3-2-5. コールタール (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - 現行標準値 (経済産業省石油等消費動態統計設定標準値)
炭素排出係数 - 現行標準値 (IPCC2006年改訂ガイドライン換算値)
算定方法 分類V, 現行標準値を据置。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (該当なし)

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- 現行標準値のとおり総(高位)発熱量は 37.3 MJ/kg, これに対応する炭素排出係数は 20.9 gC/MJ を用いる。
- 必要があれば IPCC2006年改訂ガイドラインに従い、真(低位)発熱量は 28.0 MJ/kg, これに対応する炭素排出係数は 22.0 gC/MJ を用いる。

3-2-6. 練豆炭 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - 現行標準値 (2000年度改訂以前からの継続値)
炭素排出係数 - 輸入無煙炭の炭素排出係数 (3-1-6. 参照)
算定方法 分類V, 発熱量につき現行標準値を据置、炭素排出係数は輸入無煙炭の数値に更新。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 23.90 MJ/kg, 炭素排出係数(総(高位)) 25.92 gC/MJ

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- 練豆炭は無煙炭などの石炭を粉末状にし、消石灰や少量の着火剤・成形剤を添加し圧着成形したものである。
- 現行標準値の総(高位)発熱量は 2000年度改訂以前からの継続値(5,700kcal/kg, 当時)であり、無煙炭に約 15%の灰分などの不純物を含んだ物質の発熱量に相当する数値となっている。
- 今次改訂においては、現行標準値のとおり総(高位)発熱量は 23.9 MJ/kg, これに対応する炭素排出係数は輸入無煙炭の数値^{*21} 25.9 gC/MJ を用いる。
- 必要があれば輸入無煙炭の数値の総(高位)発熱量・真(低位)発熱量比に従い真(低位)発熱量を 23.1 MJ/kg, これに対応する炭素排出係数は輸入無煙炭の値 26.8 gC/MJ を用いる。

*21 現行標準値において、練豆炭についてはコークスの炭素排出係数が適用されているが、これは筆者の事実誤認に基づくものであり約12%過大である。謹んで訂正するとともに関係各位に深く御詫びを申し上げます。

3-2-7. COM・CWM (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - COM・CWMとも現行標準値 (2005年度改訂からの継続値)

炭素排出係数 -

COM- 輸入一般炭・C重油の熱量按分比で計算される炭素排出係数

CWM- 輸入一般炭の炭素排出係数 (3-1-4. 参照)

算定方法 分類IV, 発熱量につき現行標準値を据置、炭素排出係数は輸入一般炭・C重油からの計算値に更新。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

COM 総(高位)発熱量 36.20 MJ/kg, 炭素排出係数(総(高位)) 21.88 gC/MJ

CWM 総(高位)発熱量 20.90 MJ/kg, 炭素排出係数(総(高位)) 24.42 gC/MJ

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- COM (Coal Oil Mixture) は石炭・重油の混合物、CWM (Coal Water Mixture)は石炭と水の混合物であり、いずれも発電・ボイラ用燃料として使用される。
- 現行標準値の総(高位)発熱量は 2000年度改訂以前からの継続値であり、電気事業者の発電施設において実際に使用されていた頃の実績値である。
- 近年において COM・CWMとも国内での使用実績はないため、現行標準値の発熱量を継続使用し、炭素排出係数について輸入一般炭・C重油の発熱量・炭素排出係数を用いて計算により更新する。
- 具体的には、COMについては発熱量から重量比で輸入一般炭 40.1%・C重油 59.9%の混合物と見なせるため、炭素排出係数を当該混合比で加重平均して算定する。CWMについては輸入一般炭と水の混合物と推定し炭素排出係数を輸入一般炭の数値に更新する。

4. 結果(2) 原油・石油製品

4-1. 原油及びNGL・コンデンセート

4-1-1. 精製用原油

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 石油連盟の測定用試料提供協力に基づき、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測。

算定方法 分類Ⅲ，経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量 委託先による測定, JIS K2279(実測)
成分組成・物性値(密度,硫黄分・灰分・水分)
委託先による測定, JIS K2249,41,72,75
(炭素,水素分)
委託先による測定, ASTM-D5291

補正処理 総(高位)発熱量については硫黄分補正(計測値-0.586*S*D)を適用。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	灰分 Awt%	水分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	163	163	163	163	163	163	163
最大値	40.31	0.940	3.78	0.07	0.70	87.00	14.70
最小値	36.16	0.780	0.02	0.00	0.00	83.00	11.10
単純平均	38.28	0.853	1.57	0.01	0.03	85.34	13.04
標準偏差	0.749	0.028	0.90	0.01	0.08	0.789	0.712

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/l	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
38.28	44.92	19.00
38.40 / 38.17		19.04 / 18.96
95%信頼区間		95%信頼区間
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/l	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
36.04	42.30	20.18
36.16 / 35.92		20.22 / 20.14
95%信頼区間		95%信頼区間

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
38.20 38.28 +0.002 区間内	18.66 19.00 +0.018 区間外
38.12 38.28 +0.004 区間外 (2012年度実質発熱量)	
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
42.35 42.30 -0.001 IPCC区間内	20.00 20.18 +0.009 IPCC区間内
新算定値区間内	新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 現行実質発熱量は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値の精度が高く信頼区間幅が狭いこと、総(高位)発熱量・炭素排出係数とも現行標準値と±2%程度の範囲内にあり、特に IPCC 2006年改訂ガイドライン値

と数値がほぼ一致し相互に 95%信頼区間内となっていることなどを総合的に考慮した場合、新たな算定値はほぼ妥当な数値を示しており、新たな算定値に更新すべきと考えられる。

- 原油の性状はその品質の差異を反映して灯油から C重油に相当する極めて広範囲に分布しており、現状のように原油として単一の炭素排出係数を用いるのではなく、次項の補間・近似推計式を用いた品質別・銘柄別の炭素排出係数を推計してこれを集計する方法に移行し、毎年度の輸入原油の品質・銘柄の変動を反映した高精度な炭素収支の推計方法に移行すべきと考えられる。

(6) 補間・近似推計式の回帰分析結果(()内は p値, 試料にNGL・コンデンセート含む)

- 補間・近似推計式の回帰分析の結果、総(高位)・真(低位)発熱量とも高精度な推計式が発見された。特に総(高位)発熱量の推計については現行の JIS-K2279より高精度な推計式(式4-1-1-1)の存在が確認された。
- 炭素排出係数についても総(高位)・真(低位)とも高精度な推計式が発見されたが、総(高位)の方が真(低位)より総じて精度が高いことが観察される。

$$\begin{aligned} \text{GCV-V} = & -23.0196 \cdot D^2 + 73.7305 \cdot D + -0.2740 \cdot S + -7.4694 \cdot A + -0.2384 \cdot W - 7.3339 \\ & (0.010) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.175) \quad (0.248)x \quad (0.190)x \\ n = & 184, R^2 = \underline{0.9815}, \text{Adj-R}^2 = 0.9810, \text{AIC} = -107.8968 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-1})$$

(参考)JIS-K2279推計式; $\text{GCV-V} = [(51.916 - 8.792 \cdot D^2) \cdot (1 - 0.01 \cdot (A + W + S)) + 0.09420S] \cdot D$
 $n = 184, R^2 = 0.9794$

$$\begin{aligned} D = & 0.0257 \cdot \text{GCV-V} + 0.0095 \cdot S + 0.3732 \cdot A + 0.0096 \cdot W + -0.1492 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.080)x \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = \underline{0.9877}, \text{Adj-R}^2 = 0.9875, \text{AIC} = -1442.303 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-2})$$

$$\begin{aligned} \text{GCV-W} = & -7.1261 \cdot D^2 + -0.3223 \cdot S + -8.4194 \cdot A + -0.2690 \cdot W + 50.6860 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.146)x \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = \underline{0.9229}, \text{AIC} = -42.24358, \text{不均一分散推計} \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-3})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-G} = & 3.9931 \cdot D^2 + 4.1492 \cdot A + 16.0591 \\ & (0.000) \quad (0.006) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = 0.7863, \text{Adj-R}^2 = 0.7840, \text{AIC} = -150.0491 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-4})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-G} = & -0.4490 \cdot \text{GCV-V} + 35.4841 \cdot D + -7.3198 \cdot D^2 + -0.1627 \cdot S + 11.5173 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.141)x \quad (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = 0.8433, \text{Adj-R}^2 = 0.8398, \text{AIC} = -203.0771 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-5})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-G} = & -0.5303 \cdot \text{GCV-W} + -0.1758 \cdot S + 43.0913 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = 0.8289, \text{Adj-R}^2 = 0.8270, \text{AIC} = -190.9302 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-6})$$

$$\begin{aligned} \text{NCV-V} = & 64.3577 \cdot D^{0.5} + -0.2611 \cdot S + -9.6032 \cdot A + -22.8929 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = \underline{0.9734}, \text{Adj-R}^2 = 0.9729, \text{AIC} = -46.89336 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-7})$$

$$\begin{aligned} \text{NCV-V} = & 0.9921 \cdot \text{GCV-V} + -1.9358 \\ & (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = \underline{0.9949}, \text{AIC} = -355.1951, \text{不均一分散推計} \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-8})$$

$$\begin{aligned} \text{NCV-W} = & -5.7267 \cdot D^2 + -0.2887 \cdot S + -8.7096 \cdot A + 46.9791 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.001) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = 0.8845, \text{Adj-R}^2 = 0.8825, \text{AIC} = 18.38078 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-9})$$

$$\begin{aligned} \text{NCV-W} = & 0.8577 \cdot \text{GCV-W} + 3.7570 \\ & (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = 0.9758, \text{Adj-R}^2 = 0.9757, \text{AIC} = -273.616 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-10})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-N} = & 12.2144 \cdot D^{0.5} + -0.0388 \cdot S + 4.6716 \cdot A + 0.0919 \cdot W + 8.9272 \\ & (0.000) \quad (0.043) \quad (0.002) \quad (0.585) \times \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = 0.7985, \text{Adj-R}^2 = 0.7940, \text{AIC} = -182.9881 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-11})$$

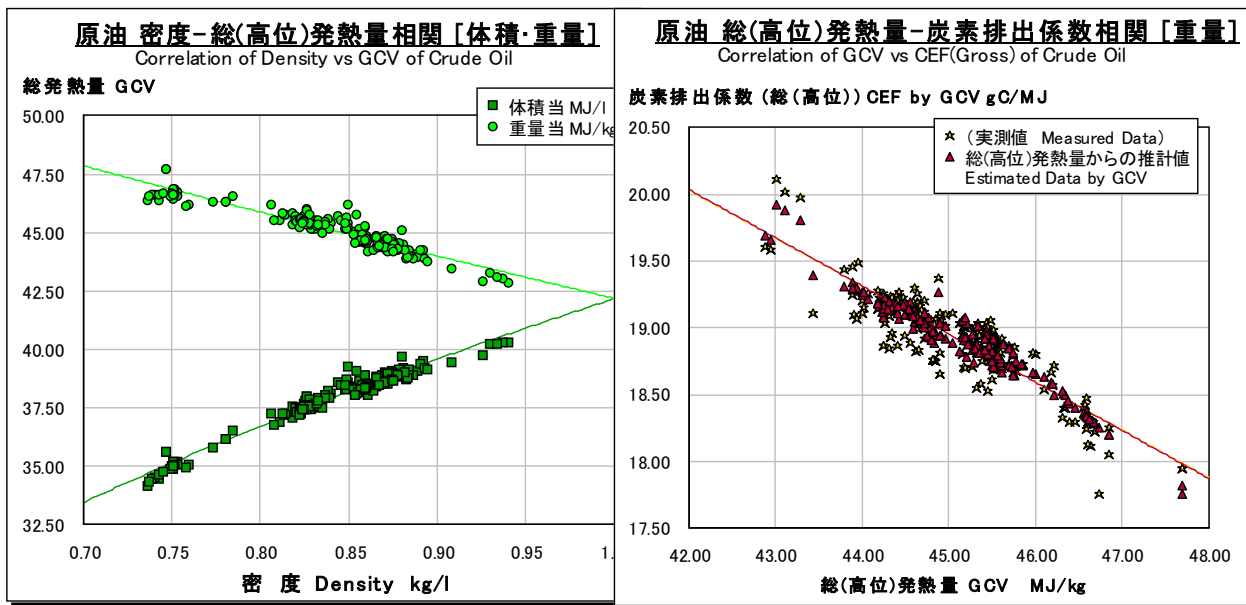
$$\begin{aligned} \text{CEF-N} = & -0.2762 \cdot \text{NCV-V} + 30.0430 \cdot D^{0.5} + 2.3748 \cdot A + -0.1125 \cdot S + 2.5568 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.072) \times \quad (0.000) \quad (0.048) \\ n = & 184, R^2 = 0.8304, \text{Adj-R}^2 = 0.8266, \text{AIC} = -213.0261 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-12})$$

$$\begin{aligned} \text{CEF-N} = & -0.4480 \cdot \text{NCV-W} + 3.6919 \cdot A + -0.0923 \cdot S + 39.2264 \\ & (0.000) \quad (0.016) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ n = & 184, R^2 = 0.7652, \text{Adj-R}^2 = 0.7613, \text{AIC} = -155.1064 \end{aligned} \quad (\text{式4-1-1-13})$$

GCV	総(高位)発熱量	-V MJ/l	-W MJ/kg	NCV	真(低位)発熱量	-l MJ/l	-W MJ/kg
CEF-G	炭素排出係数(総(高位))	gC/MJ		CEF-N	炭素排出係数(真(低位))	gC/MJ	
D	密度	--		A	灰分	wt%	
W	水分	wt%		S	硫黄分	wt%	

別掲図表; 図4-1-1-1. ~ 4-1-1-8. 原油・NGLコンデンセート発熱量-炭素排出係数他相関 参照

[(参考) 図4-1-1-1. 原油密度-総(高位)発熱量相関, -7 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関]



4-1-2. NGL・コンデンセート

(1) 試料出典・算定方法 (4-1-1. 精製用原油と同じ、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による)

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	灰分 Awt%	水分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	21	21	21	21	21	21	21
最大値	35.83	0.774	0.29	0.01	0.05	85.80	15.00
最小値	34.16	0.737	0.01	0.00	0.00	83.00	13.90
単純平均	34.93	0.749	0.21	0.00	0.00	85.13	14.50
標準偏差	0.400	0.008	0.08	0.00	0.01	0.630	0.319

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV GCV MJ/l	95%信頼区間	(重量当) GCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-G CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
34.93	35.11 / 34.74	46.61	18.26	18.35 / 18.18
真(低位)発熱量 (参考値) NCV NCV MJ/l	95%信頼区間	(重量当) NCV MJ/kg	炭素排出係数 (参考値) CEF-N CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
32.73	32.91 / 32.56	43.69	19.49	19.58 / 19.39

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
35.30	34.93	-0.011	区間外	18.40	18.26	-0.007	区間外
34.80	34.93	+0.004	区間内 (2012年度実質発熱量)				
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
44.15	43.69	-0.011	IPCC区間内	17.20	19.49	+0.133	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、両者の差はごくわずかであり妥当な結果と考えられるため、新たな算定値に更新すべきである。
- IPCC 2006年改訂ガイドラインと比較した結果、発熱量がほぼ同等で炭素排出係数が +13%と大きく乖離しているが、日本において輸入されているNGL・コンデンセート銘柄の多くが天然ガス田由来の重質コンデンセートであり油田由来の軽質コンデンセートと異なること、標準状態が異なっていることに起因した乖離であると推察される。

4-1-3. 発電用原油 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 電力調査統計による発電用原油の発熱量調査結果からの推定。

算定方法 分類IV, 精製用原油の補間・近似推計式を用いた推計値。

式4-1-1-2 に 2012年度の発電用原油の平均総(高位)発熱量 39.30 MJ/l を代入し推定密度(0.8766)を得、当該推定密度と上記平均総(高位)発熱量から下記の推計式を用いて推計。

- 総(高位)発熱量 重量当 式4-1-1-3,
- 炭素排出係数(総(高位)) 式4-1-1-6,
- 真(低位)発熱量 体積当 式4-1-1-8, 重量当 式4-1-1-10,
- 炭素排出係数(真(低位)) 式4-1-1-13

灰分・水分・硫黄分は精製用原油と同じと仮定。

各補間・近似推計式の説明変数の係数に関する 95%信頼区間から、当該推計値の 95%信頼区間を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/l	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間
39.30	44.69	19.14
--- / ---		21.44 / 16.85
真(低位)発熱量 (参考値) NCV (重量当) 炭素排出係数 (参考値) CEF-N		
NCV MJ/l	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間
37.05	42.09	20.27
37.40 / 36.70		23.24 / 17.29

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
39.40	39.30	-0.003	区間外	18.66	19.14	+0.026	区間内
39.30	39.30	---	(同一値)	(2012年度実質発熱量)			
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
42.35	42.09	-0.006	IPCC区間内	20.00	20.27	+0.013	IPCC区間内
新算定値区間内				新算定値区間内			

(5) 評価・結論

- 精製用原油の補間・近似推計式と平均総(高位)発熱量からの推計値ではあるものの、IPCC2006年改訂ガイドライン値と発熱量・炭素排出係数ともほぼ一致するなど良好な結果が得られたため、新たな算定値に更新すべきである。

4-1-4. 瀝青質混合物 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - 現行標準値 (電力調査統計による2005年度実測値)

炭素排出係数 - 現行標準値 (IPCC2006年改訂ガイドライン換算値)

算定方法 分類V, 現行標準値を据置。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (該当なし)

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- 瀝青質混合物については、IPCC 2006年改訂ガイドラインにおける南米ベネズエラ産 Orimulsion(R) に相当し、現行炭素排出係数(19.96 gC/MJ)は当該数値からの換算値である。
- 過去国内の電気事業者などにおいて発電用に利用されていた時期があり、現行総(高位)発熱量の標準値(22.44 MJ/kg)は 2005年度当時の実測値である。しかし、近年ベネズエラ政府の生産抑制方針^{*22}などを受けて国内では利用実績がない状況にあるため、現状標準値を据置くこととする。
- 真(低位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数については、必要があれば IPCC 2006年改訂ガイドラインの Orimulsion の値を使用する。

*22 近年の原油価格上昇を背景に、重質瀝青質をエマルジョン化加工するよりも、軽質原油に重質瀝青質抽出物を添加し中質原油として原油を増産する方が収益率が高いため、ベネズエラ政府は後者の生産を優先する政策を実施している。

4-2. 石油製品

4-2-1. L P G : Liquefied Petroleum Gas

純プロパン(参考値)・純ブタン(参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 プロパン・ブタンの理論発熱量・炭素排出係数。
資源エネルギー統計によるプロパン・ブタンの国内供給量構成比。

算定方法 分類 I, プロパン・ブタン理論値と資源エネルギー統計による国内生産・輸入量の合計国内供給量構成比を用いた成分組成加重平均法。

(年 度, 10 ³ t)		2008	2009	2010	2011	2012	平均
国内生産	プロパン	2373	2382	2238	2102	2200	2259
	ブタン	2153	2341	1891	1959	2016	2072
輸入量	プロパン	9454	8455	9349	9561	10023	9368
	ブタン	3787	3235	3155	3298	3307	3356
構成比	プロパン	0.666	0.660	0.697	0.689	0.697	0.682
	ブタン	0.334	0.340	0.303	0.311	0.303	0.318

補正処理 n-ブタン・i-ブタンの構成比(n-:i-)は 50:50 と仮定。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G		
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
50.06	50.07 / 50.04	50.06	16.38	16.39 / 16.37
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N		
NCV MJ/kg	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
46.43	46.44 / 46.41	46.43	17.66	17.67 / 17.66

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
50.80 50.06 -0.015 区間外	16.32 16.38 +0.004 区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
47.31 46.43 -0.019 IPCC区間 内	17.37 17.66 +0.017 IPCC区間 内
	新算定値区間 外

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、現行発熱量や IPCC2006年改訂ガイドライン値は新たな算定値同様プロパン・ブタンの理論発熱量・炭素排出係数から算定されたものであり、差異の大部分は基準状態の差異によるものと考えられる。従って新たな算定値に更新すべきである。
- 純プロパン, 純ブタン(n-:i-, 50:50)について、参考値として項目を新設するとともに、算定精度向上のため毎年度発熱量・炭素排出係数を算定すべきである。

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G			
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間	
純プロパン	50.35	---	50.35	16.23	---
純ブタン	49.43	---	49.43	16.72	---

4-2-2. ガソリン・ナフサ

プレミアムガソリン(参考値)・レギュラーガソリン(参考値)・改質生成油(参考値)

(1) 算定方法・試料出典

(ガソリン)

試料出典 プレミアムガソリン・レギュラーガソリンの発熱量・炭素排出係数。
資源エネルギー統計による各ガソリンの国内生産量構成比。

算定方法 分類Ⅳ, プレミアムガソリン・レギュラーガソリンの発熱量・炭素排出係数算定値と、資源エネルギー統計による各ガソリンの国内生産量による加重平均値。

(年 度, 10 ³ kl)	2008	2009	2010	2011	2012	平 均
プレミアムガソリン a	8479	8779	8822	8059	7217	8271
レギュラーガソリン b	48452	48571	49626	46509	46002	47832
(a/(a+b))	0.149	0.153	0.151	0.148	0.136	0.147

(プレミアムガソリン・レギュラーガソリン)

試料出典 石油連盟の測定用試料提供協力に基づき、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測。

算定方法 分類Ⅲ, 経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量 委託先による測定, JIS K2279(実測)
成分組成・物性値(密度,硫黄分・水分)
委託先による測定, JIS K2249,41,75
(炭素,水素分)
委託先による測定, ASTM-D5291

補正処理 総(高位)発熱量については硫黄分補正(計測値-0.586*S*D)を適用。

(ナフサ, 改質生成油)

算定方法 分類Ⅳ, ガソリンの発熱量・炭素排出係数からの推計。ナフサはレギュラーガソリン、改質生成油はプレミアムガソリンの数値を適用。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

(プレミアムガソリン)

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密 度 D	硫黄分 Swt%	水 分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	67	67	67	67	67	67
最大値	34.54	0.764	0.00	0.03	88.00	14.50
最小値	32.27	0.732	0.00	0.01	84.70	11.90
単純平均	33.75	0.748	0.00	0.01	86.90	12.94
標準偏差	0.465	0.008	0.00	0.01	0.739	0.586

(レギュラーガソリン)

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密 度 D	硫黄分 Swt%	水 分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	69	69	69	69	69	69
最大値	34.19	0.746	0.00	0.02	87.10	15.50
最小値	32.35	0.711	0.00	0.00	83.70	12.80
単純平均	33.31	0.724	0.00	0.01	85.72	14.10
標準偏差	0.352	0.008	0.00	0.00	0.680	0.523

(3) 算定結果

(ガソリン)

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
33.37	33.46 / 33.29	45.88	18.72	18.78 / 18.67
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
31.33	31.42 / 31.16	43.07	19.94	19.99 / 19.90

(プレミアムガソリン・改質生成油)

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
33.75	33.84 / 33.65	45.12	19.26	19.34 / 19.19
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
31.80	31.89 / 31.70	42.51	20.44	20.52 / 20.37

(レギュラーガソリン・ナフサ)

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
33.31	33.39 / 33.23	46.01	18.63	18.68 / 18.58
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
31.25	31.34 / 31.16	43.17	19.86	19.90 / 19.81

(4) 現行標準値との比較・検証

(ガソリン)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
34.60	33.37	-0.035	区間外	18.29	18.72	+0.024	区間外
34.56	33.37	-0.034	区間外 (2012年度実質発熱量)				
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
44.32	43.07	-0.030	IPCC区間 内	19.15	19.94	+0.041	IPCC区間 内
			新算定値区間 外				新算定値区間 外

(ナフサ)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
33.60	33.31	-0.009	区間外	18.17	18.63	+0.025	区間外
33.53	33.31	-0.007	区間外 (2012年度実質発熱量)				
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
44.52	43.17	-0.030	IPCC区間 内	19.83	19.86	+0.004	IPCC区間 内
			新算定値区間 外				新算定値区間 内

(プレミアムガソリン (参考値, IPCC 2006年改訂ガイドラインに対応数値なし))

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
35.10	33.75	-0.039	区間外	18.29	19.26	+0.053	区間外

(レギュラーガソリン (参考値, IPCC 2006年改訂ガイドラインに対応数値なし))

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
34.50	33.31	-0.035	区間外	18.29	18.63	+0.019	区間外

(5) 評価・結論

(ガソリン)

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値の算定精度が非常に高く信頼区間幅が狭いこと、現行発熱量は 2000年度時点での密度計測事例からの推計値であり実測値ではない上に既に相当の時間が経過してしまっていること、現行炭素排出係数の算定根拠は既に失われてしまっていることから、実測に基づくプレミアムガソリン・レギュラーガソリンの標準値を国内生産量で加重平均した新たな算定値に更新すべきである。
- 現状でガソリンの発熱量についてはプレミアムガソリン・レギュラーガソリンの標準値を国内生産量で加重平均し毎年度算定しているが、算定精度の向上を図るため炭素排出係数についても同様に毎年度算定すべきである。

(プレミアムガソリン・レギュラーガソリン (参考値))

- プレミアムガソリン・レギュラーガソリンについての現行標準発熱量は 2000年度時点での密度計測事例からの推計値であり実測値ではない上に既に相当の時間が経過してしまっていること、現行対応する炭素排出係数が存在しないことから、発熱量を実測に基づく新たな算定値に更新し炭素排出係数を新たに設定すべきである。

(ナフサ)

- ナフサの発熱量・炭素排出係数については、性状の類似するレギュラーガソリンの数値を適用することが妥当である。
- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値は現行標準値と±2%程度の範囲内にあり乖離の原因は標準状態の変更の影響であると推察される。現行発熱量は電力調査統計による少数の発電用ナフサの発熱量からの推計値であること、現行炭素排出係数の算定根拠は既に失われてしまっていることから、新たな算定値に更新すべきである。

(改質生成油 (参考値))

- 改質生成油については、石油精製・石油化学部門におけるエネルギー・炭素収支を算定する上でナフサと並び重要なエネルギー源であり、参考値として項目を新設すべきである。
- 改質生成油の発熱量・炭素排出係数については、性状の類似するプレミアムガソリンの数値を適用することが妥当である。

4-2-3. ジェット燃料油

ジェット燃料油(灯油型)(参考値)・ジェット燃料油(ガソリン型)(参考値)

(1) 算定方法・試料出典

(ジェット燃料油)

試料出典 ジェット燃料油(灯油型)・ジェット燃料油(ガソリン型)の発熱量・炭素排出係数。

総合エネルギー統計における部門別ジェット燃料油消費量構成比。

算定方法 分類Ⅳ, ジェット燃料油(灯油型)・ジェット燃料油(ガソリン型)の発熱量・炭素排出係数算定値と、総合エネルギー統計による部門別消費量による加重平均値。

運輸部門・製造業部門を灯油型の消費と見なし、他部門をガソリン型の消費と見なして推計。

(年 度, 10 ³ kl)	2008	2009	2010	2011	2012	平均
運輸部門等(灯油型) a	4521	4304	4134	4059	4297	4263
他部門(ガソリン型) b	747	837	923	999	1096	920
(a/(a+b))	0.858	0.837	0.818	0.802	0.797	0.822

(ジェット燃料油(灯油型)・ジェット燃料油(ガソリン型))

試料出典 石油連盟の測定用試料提供協力に基づき、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測。

灯油型は Jet-A-1, ガソリン型は JP-4 規格品を試料として使用。

算定方法 分類Ⅲ, 経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量 委託先による測定, JIS K2279(実測)
成分組成・物性値(密度, 硫黄分)

委託先による測定, JIS K2249,41
(炭素, 水素分)

委託先による測定, ASTM-D5291

補正処理 総(高位)発熱量については硫黄分補正(計測値-0.586*S*D)を適用。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

(ジェット燃料油(灯油型))

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	23	23	23	23	23
最大値	36.88	0.810	0.17	86.40	14.80
最小値	36.15	0.786	0.00	85.20	13.50
単純平均	36.54	0.794	0.02	85.88	14.06
標準偏差	0.164	0.005	0.04	0.331	0.356

(ジェット燃料油(ガソリン型))

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	14	14	14	14	14
最大値	36.13	0.775	0.01	85.90	14.70
最小値	35.09	0.753	0.00	84.90	14.00
単純平均	35.43	0.761	0.00	85.47	14.33
標準偏差	0.289	0.007	0.00	0.284	0.230

(3) 算定結果

(ジェット燃料油)

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
36.34	36.43 / 36.25	46.13	18.60	18.65 / 18.55

真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
34.10	34.19 / 34.01	43.29	19.82	19.87 / 19.77

(ジェット燃料油(灯油型))

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
36.54	36.61 / 36.47	46.04	18.66	18.70 / 18.61

真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
34.29	34.36 / 34.21	43.20	19.88	19.93 / 19.83

(ジェット燃料油(ガソリン型))

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
35.43	35.60 / 35.27	46.57	18.35	18.41 / 18.29

真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
33.23	33.40 / 33.07	43.68	19.57	19.63 / 19.50

(4) 現行標準値との比較・検証

(ジェット燃料油)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
36.70	36.34	-0.010	区間外	18.31	18.60	+0.016	区間外

真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
44.06	43.29	-0.018	IPCC区間内	19.65	19.82	+0.009	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(ジェット燃料油(灯油型) (参考値, IPCC2006年改訂ガイドライン値))

真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
44.06	43.20	-0.019	IPCC区間内	19.65	19.88	+0.012	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(ジェット燃料油(ガソリン型) (参考値, IPCC2006年改訂ガイドライン値))

真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
44.32	43.68	-0.014	IPCC区間内	19.15	19.57	+0.022	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(5) 評価・結論

(ジェット燃料油)

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値の精度が高く信頼区間幅が狭いこと、総(高位)発熱量・炭素排出係数とも現行標準値と±2%程度の範囲内にあり特に IPCC 2006年改訂ガイドライン値と数値がほぼ一致していることなどを総合的に考慮した場合、新たな算定値はほぼ妥当な数値を示しており、新たな算定値に更新すべきと考えられる。
- 現状でジェット燃料油については標準値を固定して使用しているが、算定精度の向上を図るため、ジェット燃料油(灯油型)・ジェット燃料油(ガソリン型)の加重平均により毎年度発熱量・炭素排出係数を算定すべきである。
(ジェット燃料油(灯油型)・ジェット燃料油(ガソリン型) (参考値))
- ジェット燃料油(灯油型)・ジェット燃料油(ガソリン型)について、参考値として項目を新設すべきである。

4-2-4. 灯 油

(1) 試料出典・算定方法

試料出典 石油連盟の測定用試料提供協力に基づき、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測。

算定方法 分類Ⅲ，経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量 委託先による測定, JIS K2279(実測)
成分組成・物性値(密度,硫黄分・灰分・水分)
委託先による測定, JIS K2249,41,72,75
(炭素,水素分)
委託先による測定, ASTM-D5291

補正処理 総(高位)発熱量については硫黄分補正(計測値-0.586*S*D)を適用。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	灰分 Awt%	水分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	23	23	23	23	23	23	23
最大値	36.98	0.803	0.01	0.00	0.00	86.50	14.20
最小値	35.96	0.788	0.00	0.00	0.00	85.70	13.40
単純平均	36.49	0.794	0.00	0.00	0.00	86.02	13.93
標準偏差	0.222	0.004	0.00	0.00	0.00	0.177	0.191

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/l	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
36.49	36.59 / 36.40	18.71
	95%信頼区間	95%信頼区間
	45.98	18.75 / 18.66
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/l	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
34.27	34.36 / 34.17	19.92
	95%信頼区間	95%信頼区間
	43.18	19.97 / 19.88

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
36.70 36.49 -0.006 区間外	18.51 18.71 +0.011 区間外
36.74 36.49 -0.007 区間外 (2012年度実質発熱量)	
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
43.82 43.18 -0.015 IPCC区間内	19.69 19.92 +0.012 IPCC区間内
	新算定値区間 外

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値の精度が高く信頼区間幅が狭いこと、総(高位)発熱量・炭素排出係数とも現行標準値と±2%程度の範囲内にあり特に IPCC 2006年改訂ガイドライン値と数値がほぼ一致していることなどを総合的に考慮した場合、新たな算定値はほぼ妥当な数値を示しており、新たな算定値に更新すべきと考えられる。

4-2-5. 軽油

(1) 試料出典・算定方法

試料出典 石油連盟の測定用試料提供協力に基づき、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測。

算定方法 分類Ⅲ，経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量 委託先による測定, JIS K2279(実測)
成分組成・物性値(密度,硫黄分・灰分・水分) 委託先による測定, JIS K2249,41,72,75
(炭素,水分) 委託先による測定, ASTM-D5291

補正処理 総(高位)発熱量については硫黄分補正(計測値-0.586*S*D)を適用。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	灰分 Awt%	水分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	69	69	69	69	69	69	69
最大値	38.77	0.844	0.00	0.00	0.00	86.90	14.10
最小値	37.05	0.808	0.00	0.00	0.00	85.80	13.00
単純平均	38.04	0.828	0.00	0.00	0.00	86.34	13.61
標準偏差	0.332	0.008	0.00	0.00	0.00	0.228	0.220

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/l	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
38.04	45.94	18.79
38.12 / 37.96		18.82 / 18.77
95%信頼区間		95%信頼区間
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/l	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
35.77	43.20	19.99
35.85 / 35.69		20.01 / 19.97
95%信頼区間		95%信頼区間

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
37.70	38.04	+0.009	区間外	18.73	18.79	+0.003	区間外
37.94	38.04	+0.003	区間内	(2012年度実質発熱量)			
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
42.98	43.20	+0.005	IPCC区間内	20.12	19.99	-0.006	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 現行標準値は実質発熱量が新たな算定値の95%信頼区間内であり、標準発熱量と炭素排出係数が区間外となっているが、新たな算定値の精度が高く信頼区間幅が狭いこと、標準発熱量・炭素排出係数とも現行標準値と±1%程度の範囲内にあり特に IPCC 2006年改訂ガイドライン値と数値がほぼ一致していることなどを総合的に考慮した場合、新たな算定値はほぼ妥当な数値を示しており、新たな算定値に更新すべきと考えられる。

4-2-6. A重油

(1) 試料出典・算定方法

試料出典 石油連盟の測定用試料提供協力に基づき、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測。

算定方法 分類Ⅲ，経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量 委託先による測定, JIS K2279(実測)
成分組成・物性値(密度,硫黄分・灰分・水分)
委託先による測定, JIS K2249,41,72,75
(炭素,水素分)
委託先による測定, ASTM-D5291

補正処理 総(高位)発熱量については硫黄分補正(計測値-0.586*S*D)を適用。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	灰分 Awt%	水分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	23	23	23	23	23	23	23
最大値	39.72	0.887	0.94	0.00	0.01	87.70	13.40
最小値	38.30	0.845	0.03	0.00	0.00	86.10	11.80
単純平均	38.90	0.864	0.39	0.00	0.01	86.99	12.46
標準偏差	0.370	0.012	0.34	0.00	0.01	0.429	0.410

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/l	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
38.90	45.02	19.32
39.06 / 38.74		19.42 / 19.22
95%信頼区間		95%信頼区間
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/l	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
36.73	42.51	20.46
36.90 / 36.56		20.56 / 20.37
95%信頼区間		95%信頼区間

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
39.10 38.90 -0.005 区間外	18.90 19.32 +0.022 区間外
39.76 38.90 -0.021 区間外 (2012年度実質発熱量)	

真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
(IPCC 2006改訂ガイドラインに該当値なし)	

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値の精度が高く信頼区間幅が狭いこと、総(高位)発熱量・炭素排出係数とも現行標準値と±2%程度の範囲内にあることから、新たな算定値はほぼ妥当な数値を示しており、新たな算定値に更新すべきと考えられる。

4-2-7. C重油

(1) 試料出典・算定方法

試料出典 石油連盟の測定用試料提供協力に基づき、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測。

算定方法 分類Ⅲ，経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量 委託先による測定, JIS K2279(実測)
成分組成・物性値(密度,硫黄分・灰分・水分) 委託先による測定, JIS K2249,41,72,75
(炭素,水素分) 委託先による測定, ASTM-D5291

補正処理 総(高位)発熱量については硫黄分補正(計測値-0.586*S*D)を適用。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/l(補正済)	密度 D	硫黄分 Swt%	灰分 Awt%	水分 Wwt%	炭素分 Cwt%	水素分 Hwt%
有効試料数	23	23	23	23	23	23	23
最大値	42.39	1.000	2.93	0.03	0.05	88.60	12.50
最小値	40.23	0.890	0.07	0.00	0.00	85.80	10.00
単純平均	41.78	0.971	2.10	0.01	0.02	86.84	10.76
標準偏差	0.442	0.024	0.74	0.01	0.03	0.655	0.607

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/l	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
41.78	43.05	20.17
41.97 / 41.59		20.33 / 20.02
95%信頼区間		95%信頼区間
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/l	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
39.67	40.88	21.24
39.89 / 39.46		21.40 / 21.09
95%信頼区間		95%信頼区間

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
41.90	41.78	-0.003	区間内	19.54	20.17	+0.032	区間外
42.92	41.78	-0.027	区間外	(2012年度実質発熱量)			
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
40.44	40.88	+0.011	IPCC区間内	21.10	21.24	+0.007	IPCC区間内
			新算定値区間外				新算定値区間内

注) IPCCの参照値は「Residual Fuel Oil」の値

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の95%信頼区間外となっているが、新たな算定値の精度が高く信頼区間幅が狭いこと、総(高位)発熱量・炭素排出係数とも現行標準値と±3%程度の範囲内にあること、IPCC 2006年改訂ガイドライン値と数値がほぼ一致していることから、新たな算定値は総合的に判断してほぼ妥当な数値を示しており、新たな算定値に更新すべきと考えられる。

4-2-8. 石油製品の補間・近似推計式

(1) 試料出典・算定方法

試料出典 4-2-2. ガソリン ～ 4-2-7. C重油の主要な石油製品において、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の委託調査により実測を行った下記の合計 311試料の成分組成・物性値及び発熱量・炭素排出係数。

- プレミアムガソリン	試料数 67
- レギュラーガソリン	試料数 69
- ジェット燃料油(灯油型)	試料数 23
- ジェット燃料油(ガソリン型)	試料数 14
- 灯油	試料数 23
- 軽油	試料数 69
- A重油	試料数 23
- C重油	試料数 23

試料出典 上記 311試料全体を用いた回帰分析を実施。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (該当なし)

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論 (該当なし)

(6) 補間・近似推計式の回帰分析結果(()内は p値)

- 補間・近似推計式の回帰分析の結果、原油同様石油製品についても総(高位)・真(低位)発熱量及び炭素排出係数に関する高精度な推計式が発見された。
- 総(高位)発熱量の推計において、軽油～C重油では JIS-K2279式は良好な近似を与えるが、灯油・ジェット燃料油など密度 0.8以下の軽質分については標準環境状態への変更の影響により JIS-K2279式は誤差が過大方向に偏差を持つことが観察され、推計に使用できないことが判明した。(図4-2-8-11,-12 参照)

$$\begin{aligned} \text{GCV-V} = & -26.746 \cdot D^2 + 85.6799 \cdot D + -0.7351 \cdot S + 34.4426 \cdot A + -22.8068 \cdot W \\ & (0.005) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ & - 14.8180 \quad n = 311, R^2 = 0.9821, \text{AIC} = 242.6674, \text{不均一分散推計} \\ & (0.000) \end{aligned} \quad \text{(式4-2-8-1)}$$

(参考)JIS-K2279推計式; $\text{GCV-V} = [(51.916 - 8.792 \cdot D^2) \cdot (1 - 0.01 \cdot (A + W + S)) + 0.09420S] \cdot D$
C重油のみ; $\text{GCV-V} = [(52.190 - 8.802 \cdot D^2) \cdot (1 - 0.01 \cdot (A + W + S)) + 0.09420S] \cdot D$
 $n = 311, R^2 = 0.3067$ (全試料) $n = 175, R^2 = 0.8983$ (ガソリン除く)

$$\begin{aligned} \text{GCV-V} = & -41.1651 \cdot D^2 + 95.5589 \cdot D + -1.8167 \cdot \text{DMGP} + -1.4167 \cdot \text{DMGR} \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ & + -0.4973 \cdot \text{DMJK} + -0.5659 \cdot \text{DMJG} + -0.5390 \cdot \text{DMKE} + 0.7054 \cdot \text{DMFC} - 12.8765 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ & n = 311, R^2 = 0.9936, \text{AIC} = -69.44979, \text{不均一分散推計} \end{aligned} \quad \text{(式4-2-8-2)}$$

$$\begin{aligned} D = & -0.0871 \cdot \text{GCV-V} + 0.0015 \cdot \text{GCV-V}^2 + 0.0117 \cdot S + -0.3490 \cdot A + 0.2212 \cdot W \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.110)x \quad (0.000) \\ & + -0.0177 \cdot \text{DMGR} + -0.0102 \cdot \text{DMJG} + 0.0074 \cdot \text{DMFA} + 1.9941 \\ & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\ & n = 311, R^2 = 0.9946, \text{AIC} = -2396.305, \text{不均一分散推計} \end{aligned} \quad \text{(式4-2-8-3)}$$

$$\begin{aligned}
 D = & -0.0130*GCV-W + 0.0137*S + 0.2345*W + -0.0930*DMGP + -0.1045*DMGR \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & + -0.0325*DMJK + -0.0581*DMJG + -0.0335*DMKE + 0.0186*DMFA + 0.0720*DMFC \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & +1.4264 \\
 & (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.9883, AIC = -1208.422, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GCV-W = & 145.2384*D^2 + -0.7664*S + 33.5608*A + -23.2827*W + 46.8254 \\
 & (0.002) \quad (0.148)x \quad (0.002) \quad (0.017) \quad (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.7370, Adj-R^2 = 0.7335 AIC = 406.4675 \quad (式4-2-8-5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GCV-W = & -11.3012*D^2 + -2.2485*DMGP + -1.7593*DMGR + -0.5389*DMJK + \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & + -0.5828*DMJG + -0.5917*DMKE + -0.2322*DMFA + 53.6945 \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.9058, AIC = 93.07465, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CEF-G = & 1.4449*D^2 + 0.4250*S + -27.6919*A + 19.1905*W + 17.8443 \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.244) \quad (0.006) \quad (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.6191, AIC = 152.6318, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CEF-G = & 15.0788*D + -0.1273*S + 1.6675*DMGP + 1.3978*DMGR + 0.3743*DMJK \\
 & (0.000) \quad (0.002) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & + 0.5651*DMJG + 0.4231*DMKE + -0.5109*DMFC + 6.3162 \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.8795, AIC = -197.1363, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-8)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CEF-G = & -0.5375*GCV-W + 0.0285*DMGP + -0.1252*DMGR + -0.0863*DMJK \\
 & (0.000) \quad (0.374)x \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & + -0.1020*DMJG + -0.0639*DMKE + 0.0354*DMFA + -0.1704*DMFC + 43.4857 \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.217)x \quad (0.039) \quad (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.9480, AIC = -458.7499, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NCV-V = & -24.1010*D^2 + 80.0996*D + -0.5697*S + 25.7882*A + -18.0709*W \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.004) \quad (0.011) \quad (0.000) \\
 & + -112.3685 \\
 & (0.000) \quad n = 311, R^2 = 0.9865, AIC = 137.22, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-10)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NCV-V = & 1.0076*GCV-V + 0.3531*DMGP + 0.2495*DMGR + 0.0330*DMJK \\
 & (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.141)x \\
 & + 0.0933*DMJG + 0.0549*DMKE + 0.0954*DMFA + 0.1393*DMFC + -2.5619 \\
 & (0.000) \quad (0.008) \quad (0.000) \quad (0.007) \quad (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.9995, AIC = -851.7056, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-11)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NCV-W = & -0.6941*D^2 + -0.8810*S + 28.9458*A + -25.5401*W + 43.6187 \\
 & (0.015) \quad (0.000) \quad (0.008) \quad (0.001) \quad (0.000) \\
 & n = 311, R^2 = 0.7094, AIC = 300.5065, \text{不均一分散推計} \quad (式4-2-8-12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NCV-W = & 0.8815*GCV-W + 0.0373*DMGP + -0.0915*DMGR + -0.0802*DMJK \\
 & (0.000) \quad (0.035) \quad (0.000) \quad (0.000) \\
 & + -0.0712*DMJG + -0.0592*DMKE + 0.1231*DMFA + 0.2319*DMFC + 2.6995 \\
 & (0.005) \quad (0.002) \quad (0.000) \quad (0.000) \quad (0.010) \\
 & n = 311, R^2 = 0.9877, Adj-R^2 = 0.9874, AIC = -675.8705 \quad (式4-2-8-13)
 \end{aligned}$$

$$\text{CEF-N} = 1.9552 \cdot \text{D} + 0.4006 \cdot \text{S} - 25.0852 \cdot \text{A} + 18.5655 \cdot \text{W} + 18.4066$$

(0.000) (0.000) (0.001) (0.000) (0.000)

n=311, R²= 0.5975, AIC= 118.192, 不均一分散推計 (式4-2-8-14)

$$\text{CEF-N} = 14.0119 \cdot \text{D} - 0.1388 \cdot \text{S} + 1.5724 \cdot \text{DMGP} + 1.3223 \cdot \text{DMGR} + 0.3708 \cdot \text{DMJK}$$

(0.000) (0.001) (0.000) (0.000) (0.000)

$$+ 0.5162 \cdot \text{DMJG} + 0.4117 \cdot \text{DMKE} - 0.4562 \cdot \text{DMFC} + 8.3913$$

(0.000) (0.000) (0.000) (0.000)

n= 311, R²= 0.8669, AIC= -217.9837, 不均一分散推計 (式4-2-8-15)

$$\text{CEF-N} = -0.5218 \cdot \text{NCV-W} + 0.0994 \cdot \text{DMGP} - 0.1452 \cdot \text{DMGR} - 0.1051 \cdot \text{DMJK}$$

(0.000) (0.001) (0.000) (0.000)

$$+ 0.1674 \cdot \text{DMJG} - 0.0753 \cdot \text{DMKE} + 0.1184 \cdot \text{DMFA} + 0.0505 \cdot \text{DMFC} + 42.5265$$

(0.000) (0.000) (0.000) (0.469)x (0.000)

n= 311, R²= 0.9229, AIC= -387.9062, 不均一分散推計 (式4-2-8-16)

$$\text{CEF-N} = 0.9562 \cdot \text{CEF-G} + 0.0221 \cdot \text{DMGR} + 0.0206 \cdot \text{DMJK} + 0.0152 \cdot \text{DMKE}$$

(0.000) (0.000) (0.002) (0.003)

$$- 0.0331 \cdot \text{DMFA} - 0.0673 \cdot \text{DMFC} + 2.0213$$

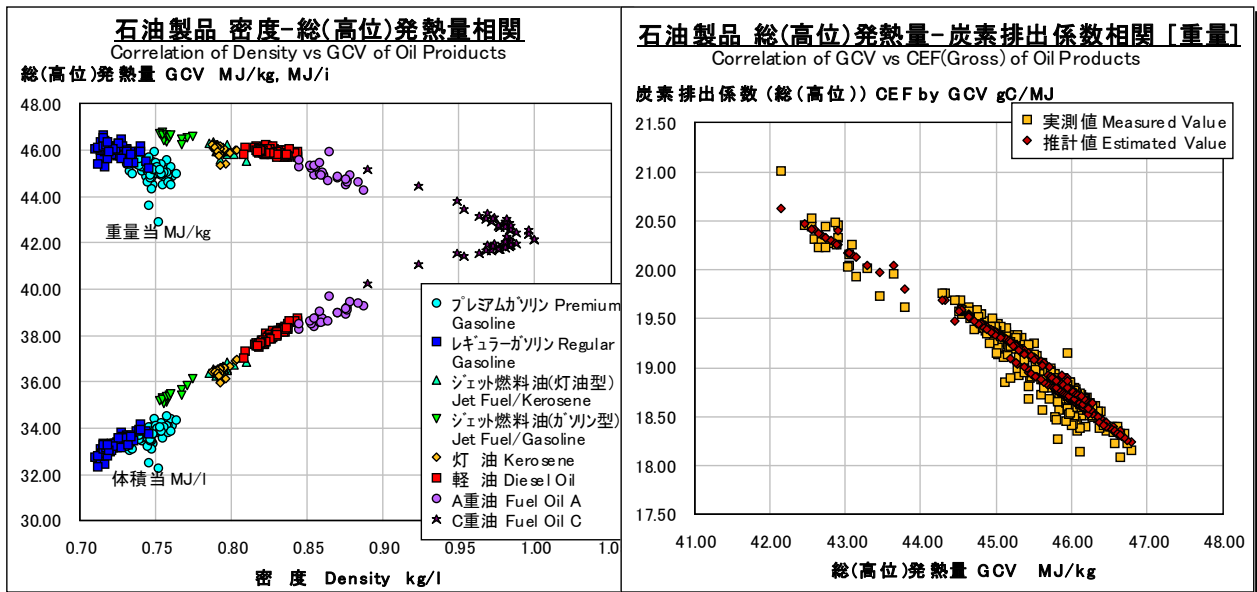
(0.000) (0.000) (0.000)

n= 311, R²= 0.9957, AIC= -1289.122, 不均一分散推計 (式4-2-8-17)

GCV	総(高位)発熱量 -V MJ/l -W MJ/kg	NCV	真(低位)発熱量 -l MJ/l -W MJ/kg
CEF-G	炭素排出係数(総(高位)) gC/MJ	CEF-N	炭素排出係数(真(低位)) gC/MJ
D	密度 --	A	灰分 wt%
W	水分 wt%	S	硫黄分 wt%
DMGP	プレミアムガソリンダミ-	DMGR	レギュラーガソリンダミ-
DMJG	ジェット燃料油(ガソリン型)ダミ-	DMJK	ジェット燃料油(灯油型)ダミ-
DMKE	灯油ダミ-	DMFA	A重油ダミ-
DMFC	C重油ダミ-		

別掲図表; 図4-2-8-1. ~ 4-2-8-10. 石油製品発熱量-炭素排出係数他相関 参照
 図4-2-8-11. JIS-K2279式による標準発熱量推計誤差率-密度相関
 図4-2-8-12. 新推計式による標準発熱量推計誤差率-密度相関

[(参考)図4-2-8-1. 石油製品密度-総(高位)発熱量相関,-8.総(高位)発熱量-炭素排出係数相関]



4-2-9. 潤滑油

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 現行標準発熱量からの推定。

現行標準発熱量は、1994年度に石油連盟が実測した密度の値などから JIS-K2279付属書の方法により推計した値などを参考に 1999年度以前からの数値を継続使用(40.20 MJ/l)。

算定方法 分類IV, 石油製品の補間・近似推計式を用いた推計値。

式4-2-8-3 に現行標準発熱量 40.20 MJ/l を代入し推定密度(0.9032)を得、当該推定密度と上記標準発熱量から下記の推計式を用いて推計。

- 総(高位)発熱量 重量当 式4-2-8-6,
- 炭素排出係数(総(高位)) 式4-2-8-8,
- 真(低位)発熱量 体積当 式4-2-8-11, 重量当 式4-2-8-13,
- 炭素排出係数(真(低位)) 式4-2-8-15

灰分・水分・硫黄分は今次 A重油実測値と同じと仮定。

上記各式において A重油ダミー (DMFA) がある場合には 1 を設定。

各補間・近似推計式の説明変数の係数に関する 95%信頼区間から、当該推計値の 95%信頼区間を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/l	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ
40.20	44.24	19.89
95%信頼区間 --- / ---		21.42 / 18.35
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/l	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ
37.94	41.70	20.99
95%信頼区間 38.92 / 36.97		22.50 / 19.48

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
40.20	40.20	---	(同一値)	19.22	19.89	+0.035	区間内
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
40.19	41.70	+0.038	IPCC区間 内	20.00	20.99	+0.050	IPCC区間 内
			新算定値区間 外				新算定値区間 内

(5) 評価・結論

- 石油製品の補間・近似推計式と現行標準発熱量からの推計値ではあるものの、現行炭素排出係数、IPCC 2006年改訂ガイドライン値と発熱量・炭素排出係数がいずれも95%信頼区間内となるなど、一定の精度で推計結果が得られたと考えられるため、新たな算定値に更新すべきである。

4-2-10. その他重質石油製品, アスファルト(参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 現行実質発熱量からの推定。

現行のその他重質製品・アスファルトの実質発熱量については、毎年度の常圧残油とC重油生産量のエネルギー収支から算定し、同一の値を適用。

算定方法 分類IV, 石油製品の補間・近似推計式を用いた推計値。

式4-2-8-4 に現行実質発熱量 41.87 MJ/kg を代入し推定密度(0.9861)を得、当該推定密度と上記標準発熱量から下記の推計式を用いて推計。

- 炭素排出係数(総(高位)) 式4-2-8-8,
- 真(低位)発熱量 重量当 式4-2-8-13,
- 炭素排出係数(真(低位)) 式4-2-8-15

灰分・水分・硫黄分は今次 C重油実測値と同じと仮定。

上記各式において C重油ダミ - (DMFC) がある場合には 1 を設定。

各補間・近似推計式の説明変数の係数に関する 95%信頼区間から、当該推計値の 95%信頼区間を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
41.87	--- / ---	41.87	20.41	22.08 / 18.73
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/kg	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
39.77	40.79 / 38.75	39.77	21.46	23.11 / 19.81

(4) 現行標準値との比較・検証 (IPCC 2006G/L値はアスファルトの値)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
40.90	41.87	+0.024	区間外	20.77	20.41	-0.017	区間内
41.87	41.87	---	(同一値)	(2012年度実質発熱量)			
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
40.19	39.77	-0.011	IPCC区間内	22.00	21.48	-0.025	IPCC区間内
			新算定値区間内				新算定値区間内

(5) 評価・結論

- 石油製品の補間・近似推計式と現行実質発熱量からの推計値ではあるものの、現行炭素排出係数、IPCC 2006年改訂ガイドライン値と発熱量・炭素排出係数が95%信頼区間内となるなど、一定の精度で推計結果が得られたと考えられるため、新たな算定値に更新すべきである。

4-2-11. B重油 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 現行標準発熱量からの推定。

現行標準発熱量は、1992～1996年度に石油連盟が実測した密度の値などから JIS-K2279付属書の方法により推計した値などを参考に1999年度以前からの数値を継続使用(40.40 MJ/l)。

算定方法 分類IV, 石油製品の補間・近似推計式を用いた推計値。

式4-2-8-3 に現行標準発熱量 40.40 MJ/l を代入し推定密度(0.9097)を得、当該推定密度と上記標準発熱量から下記の推計式を用いて推計。

- 総(高位)発熱量 重量当 式4-2-8-6,
- 炭素排出係数(総(高位)) 式4-2-8-8,
- 真(低位)発熱量 体積当 式4-2-8-11, 重量当 式4-2-8-13,
- 炭素排出係数(真(低位)) 式4-2-8-15

灰分・水分・硫黄分は今次 A重油実測値と同じと仮定。

上記各式において A重油ダミ – (DMFA) がある場合には 1 を設定。

各補間・近似推計式の説明変数の係数に関する 95%信頼区間から、当該推計値の 95%信頼区間を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
40.40	--- / ---	44.11	19.98	21.53 / 18.44
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
38.15	39.13 / 37.16	41.58	21.08	22.61 / 19.56

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
40.40	40.40	---	(同一値)	19.22	19.98	+0.040	区間内
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
(IPCC 2006改訂ガイドラインに該当値なし)							

(5) 評価・結論

- 石油製品の補間・近似推計式と現行標準発熱量からの推計値ではあるものの、現行炭素排出係数が 95%信頼区間内となるなど、一定の精度での推計結果が得られたと考えられるため、新たな算定値に更新すべきである。

4-2-12. 発電用C重油 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 現行実質発熱量からの推定。

発電用C重油の実質発熱量については、電力調査統計におけるC重油の発熱量の平均値から毎年度算定。

算定方法 分類IV, 石油製品の補間・近似推計式を用いた推計値。

式4-2-8-3 に現行実質発熱量 41.16 MJ/l を代入し推定密度(0.9474)を得、当該推定密度と上記標準発熱量から下記の推計式を用いて推計。

- 総(高位)発熱量 重量当 式4-2-8-6,
- 炭素排出係数(総(高位)) 式4-2-8-8,
- 真(低位)発熱量 体積当 式4-2-8-11, 重量当 式4-2-8-13,
- 炭素排出係数(真(低位)) 式4-2-8-15

灰分・水分・硫黄分は今次C重油実測値と同じと仮定。

上記各式においてC重油ダミ-(DMFC)がある場合には1を設定。

各補間・近似推計式の説明変数の係数に関する95%信頼区間から、当該推計値の95%信頼区間を推計。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/l	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
41.16	--- / ---	43.55	19.82	21.43 / 18.22
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/l	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
39.05	40.05 / 38.05	41.32	20.92	22.50 / 19.33

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
41.20	41.16	-0.001	---	19.54	19.82	+0.015	区間内
41.16	41.16	---	(同一値) (2012年度実質発熱量)				
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
40.44	41.55	+0.022	IPCC区間内	21.10	20.92	-0.009	IPCC区間内
			新算定値区間内				新算定値区間内

(5) 評価・結論

- 石油製品の補間・近似推計式と現行実質発熱量からの推計値ではあるものの、現行炭素排出係数、IPCC 2006年改訂ガイドライン値と発熱量・炭素排出係数が95%信頼区間内となるなど、一定の精度で推計結果が得られたと考えられるため、新たな算定値に更新すべきである。

4-2-13. オイルコークス

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 (社)日本化学工業会傘下の会員会社数社, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, 上記数社の協力による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量(無水) 実測, JIS-M8814 又は ASTM-D5865
成分組成分析(炭素含有比他) 実測, JIS-M8812, 8813 又は
ASTM-D5373, D3302, D4931

補正処理 全水分率により「湿炭(有水・有灰)」基準に補正。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/kg (無水)	炭素含有比 (無水)	水素含有比 (無水)	全水分 (無水)	灰分 (無水)
有効試料数	85	18	19	80	80
最大値	36.60	0.912	0.040	0.150	0.009
最小値	34.64	0.860	0.028	0.003	0.001
単純平均	35.93	0.887	0.035	0.076	0.003
標準偏差	0.422	0.015	0.003	0.031	0.002

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV GCV MJ/kg	95%信頼区間	(重量当) GCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-G CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
33.29	33.58 / 33.01	33.29	24.50	24.69 / 24.31
真(低位)発熱量 (参考値) NCV NCV MJ/kg	95%信頼区間	(重量当) NCV MJ/kg	炭素排出係数 (参考値) CEF-N CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
32.79	33.49 / 32.08	32.79	25.04	25.25 / 24.84

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
29.90	33.29	+0.113	区間外	25.35	24.50	-0.034	区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
32.48	32.79	+0.009	IPCC区間内	26.69	25.04	-0.062	IPCC区間内
			新算定値区間内				新算定値区間外

(5) 評価・結論

- 現行標準発熱量は 2005年度の(社)セメント協会の協力による 15試料の実測値であるが当時使用試料の全水分率が平均 12%であったため新たな算定値と比較して相対的に低めの数値が得られたものと考えられる。
- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値は非常に高精度で信頼区間が極めて狭いこと、新たな算定値は IPCC 2006年改訂ガイドラインの発熱量と良好に一致することから、発熱量・炭素排出係数とも新たな算定値に更新すべきである。

4-2-14. 製油所ガス

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 石油連盟, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, 石油連盟の協力による純成分加重平均法。

実測方法 成分分析値 各製油所における実測, JIS K2301準拠

補正処理 (該当なし)

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

(mol %)	水素	メタン	エタン	プロパン	n-ブタン	i-ブタン	エチレン	プロピレン
有効試料数	22	22	22	22	22	22	22	22
最大値	59.15	46.41	22.90	23.39	24.43	11.91	19.70	9.70
最小値	3.69	6.70	6.39	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
単純平均	33.67	20.48	12.81	8.19	6.24	3.40	4.05	3.93
標準偏差	14.65	10.07	3.69	5.21	5.08	3.75	4.92	2.80

(mol %)	n-ペンタン	一酸化炭素	二酸化炭素	窒素
有効試料数	22	22	22	22
最大値	15.80	2.01	1.30	11.94
最小値	0.00	0.00	0.00	0.00
単純平均	1.90	0.33	0.26	4.60
標準偏差	3.17	0.49	0.32	3.46

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/m ³ SATP 95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ 95%信頼区間
46.73 52.01 / 41.45	50.81	14.44 14.85 / 14.03
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/m ³ SATP 95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ 95%信頼区間
42.98 48.07 / 45.29	46.68	15.71 16.13 / 15.29

(4) 現行標準値との比較・検証 (表注: 現行標準発熱量値はSATP補正済値)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
41.14 46.73 +0.136 区間外	14.15 14.44 +0.021 区間内
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
49.52 46.68 -0.057 IPCC区間外	15.72 15.71 -0.001 IPCC区間内
	新算定値区間内

表注) IPCC 2006年改訂ガイドラインの製油所ガスの信頼区間は推計値であることに注意。

(5) 評価・結論

- 新たな算定値は標準環境状態(SATP)に補正した現行発熱量と比べ大幅に増加している。前回改訂時における石油連盟提供 17試料の平均値は 48.5 MJ/m³-N (44.4 MJ/m³@SATP) と現行値より増加傾向にあったが、信頼区間内であったため改訂しなかった経緯があり、今次の増加は妥当なものと推察される。
- 新たな算定値の炭素排出係数は現行標準値・IPCC 2006年改訂ガイドライン値と良好に一致しており、新たな算定値に更新すべきである。

4-2-15. 硫黄(回収硫黄) (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 硫黄の理論発熱量。

算定方法 分類 I , 硫黄の理論発熱量の計算値。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (総(高位)発熱量・真(低位)発熱量とも同じ)

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
9.256	---	9.26	0.00	---

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
9.29	9.26	-0.004	---	0.00	0.00	+0.000	---

(5) 評価・結論

- 現行の発熱量はノルマル(0℃ 1気圧)基準の数値であり、標準環境状態(SATP: 25℃ 10⁵Pa)基準の発熱量に更新すべきである。

5. 結果(3) 天然ガス 及び 再生可能・未活用エネルギー

5-1. 天然ガス

5-1-1. 輸入天然ガス(LNG: Liquefied Natural Gas, 液体)

輸入天然ガス(気化LNG) (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 (社)日本ガス協会編「ガス事業便覧」*23における産地別化学組成値。
日本貿易統計による輸入量構成比。

算定方法 分類 I, 化学組成から各産地別 LNG の理論発熱量・炭素排出係数を成分組成加重平均法で推計。
さらに日本貿易統計による国(産地)別輸入量でこれを加重平均し、発熱量・炭素排出係数を算定。
インドネシアについては産地が 2つ存在するため、東カリマンタン・北スマトラの構成比を 50:50 と仮定する。

(年 度, 10 ³ t)	2008	2009	2010	2011	2012	平 均
アメリカ	875	896	663	242	208	577
ブルネイ	7400	7276	6787	6176	5880	6704
インドネシア	11936	9848	11271	6946	5158	9368
オーストラリア	12424	11567	13590	13410	16740	13546
マレーシア	16671	15243	17216	15126	14425	15736
カタール	8632	7515	7961	14178	15252	10707
(小 計) a	57938	52343	57487	56078	57661	56301
総輸入量 b	68135	66354	70562	83183	86865	75020
構成比 a/b	0.850	0.789	0.815	0.674	0.664	0.750

補正処理 (該当なし)

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (「ガス事業便覧」から引用)

(mol %)	メタン	エタン	プロパン	n-ブタン	i-ブタン	n-ペンタン	窒 素
アラスカ	99.81	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120
ブルネイ	90.48	5.110	2.890	0.630	0.810	0.040	0.040
東カリマンタン	89.48	5.210	3.630	0.790	0.870	0.010	0.010
北スマトラ	89.61	8.030	1.550	0.340	0.400	0.030	0.040
オーストラリア	87.40	8.240	3.340	0.400	0.540	0.030	0.050
マレーシア	91.00	5.050	2.860	0.530	0.440	0.010	0.110
カタール	90.16	6.360	2.230	0.410	0.610	0.020	0.210
(単純平均値)	91.13	5.439	2.357	0.443	0.524	0.020	0.083

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G		
GCV MJ/kg	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
54.48	54.81 / 54.16	54.48	13.95	14.12 / 13.78
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N		
NCV MJ/kg	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
49.67	49.91 / 49.44	49.67	15.30	15.47 / 15.14

(4) 現行標準値との比較・検証

*23 参考文献 12. を参照ありたい。2016年1月に数値の基準が mol% である旨を確認し訂正を行った。

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ				
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	
54.60	54.48	-0.003	区間内	13.47	13.95	+0.036	区間外	
54.67	54.48	+0.002	区間内 (2012年度実質発熱量)					
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ				
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	
47.95	49.67	+0.036	IPCC区間内	15.30	15.30	+0.000	IPCC区間内	
			新算定値区間内				新算定値区間内	

(5) 評価・結論

- 現行発熱量標準値は新たな算定値の 95%信頼区間内となっている。
現行炭素排出係数は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値は非常に高精度で信頼区間が極めて狭いこと、新たな算定値は現行標準値や IPCC 2006年改訂ガイドラインの炭素排出係数と良好に一致することなどから、発熱量・炭素排出係数とも新たな算定値に更新すべきである。
- 産地別の輸入天然ガス(LNG)の発熱量・炭素排出係数の変動は非常に小さいと推察されるが、産地別の輸入量については比較的大きな変動が見られること、輸入量が非常に大きいため排出係数の変動が排出量に与える影響が無視できないこと、今後アラスカ産類似の化学組成を持ったシェールガス^{*24}の輸入量増加が見込まれることから、算定精度向上のため今後発熱量・炭素排出係数を毎年度加重平均して算定すべきである。
- さらに、当該数値を基礎として気化状態の輸入天然ガス(「気化LNG」)についての項目を参考値として新設すべきである。

(輸入天然ガス(気化LNG, 標準環境状態(SATP)における気体), 参考値)

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/m ³ @SATP	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
40.47	41.99 / 38.94	54.48	13.95	14.12 / 13.78
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/m ³ @SATP	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
36.90	38.33 / 35.46	49.67	15.30	15.47 / 15.14

[表5-1-1-1. 産地別LNG に関する総(高位)発熱量・炭素排出係数算定結果(参考値)]

	総(高位)発熱量 MJ/kg (平均からの乖離)		炭素排出係数(総(高位)) (乖離)	
アラスカ	55.38	+1.64%	13.49	-3.29%
ブルネイ	54.51	+0.04%	13.96	-0.07%
東カリマンタン	54.42	-0.12%	14.02	+0.48%
スマトラ	54.63	+0.26%	13.91	-0.33%
オーストラリア	54.38	-0.02%	14.03	+0.53%
マレーシア	54.54	+0.11%	13.91	-0.26%
カタール	54.45	-0.07%	13.92	-0.22%
(加重平均)	54.48	---	13.89	---

*24 液化天然ガス(LNG)の成分組成に最も大きな影響を与えるのは、液化冷媒の選択によるプロパン・ブタン分の回収度の差異であり、シェールガスを含め米国産液化天然ガスではエタン冷媒を使用してプロパン・ブタン分が積極的に回収されている状況にある。

5-1-2. 国産天然ガス

水溶性ガス田ガス (参考値), 油田随伴ガス・他ガス田ガス (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 天然ガス鉱業会, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, 天然ガス鉱業会の協力による純成分加重平均法。

実測方法 成分分析値 各鉱業所における実測, JIS K2301準拠

補正処理 (該当なし)

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

(国産天然ガス全試料)

(mol %)	メタン	エタン	プロパン	n-ブタン	i-ブタン	n-ペンタン	n-ヘキサン	二酸化炭素
有効試料数	289	277	226	226	226	226	226	220
最大値	99.34	13.60	10.38	3.32	1.59	1.45	1.41	3.75
最小値	68.80	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03
単純平均	88.20	5.67	3.63	0.96	0.66	0.47	0.47	1.22
標準偏差	7.57	3.61	2.33	0.71	5.08	0.33	4.92	0.85

(水溶性天然ガス)

(mol %)	メタン	エタン	プロパン	n-ブタン	i-ブタン	n-ペンタン	n-ヘキサン	二酸化炭素
有効試料数	69	57	6	6	6	6	6	6
最大値	99.34	0.17	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	3.75
最小値	95.64	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.57
単純平均	98.15	0.03	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	1.64
標準偏差	1.12	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96

(油田随伴・他ガス田ガス)

(mol %)	メタン	エタン	プロパン	n-ブタン	i-ブタン	n-ペンタン	n-ヘキサン	二酸化炭素
有効試料数	220	220	220	220	220	220	220	220
最大値	92.86	13.60	10.38	3.32	1.59	1.45	1.41	2.87
最小値	68.80	3.55	1.26	0.31	0.21	0.09	0.03	0.03
単純平均	85.07	7.14	3.72	0.99	0.68	0.49	0.26	1.03
標準偏差	5.83	2.45	2.29	0.70	0.33	0.32	0.26	0.71

表注) 他は窒素等不活性ガスである。

(3) 算定結果

(国産天然ガス全試料)

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/m ³ SATP 95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ 95%信頼区間
40.15 40.56 / 39.74	52.69	13.97 14.01 / 13.93
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/m ³ SATP 95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ 95%信頼区間
36.62 37.00 / 36.23	48.04	15.32 15.36 / 15.28

(4) 現行標準値との比較・検証 (表注: 現行標準発熱量値はSATP補正済値)

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
39.85	40.15	+0.007	区間内	13.90	13.97	+0.005	区間外
41.00	40.15	-0.021	区間外 (2012年度実質発熱量)				

真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
47.95	48.04	+0.002	IPCC区間内 新算定値区間 内	15.30	15.32	+0.001	IPCC区間内 新算定値区間 内

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値は非常に高精度で信頼区間が極めて狭いこと、新たな算定値は現行標準値や IPCC 2006年改訂ガイドラインの炭素排出係数と±1%以下で極めて良好に一致することから、発熱量・炭素排出係数とも新たな算定値に更新すべきである。
- 国産天然ガスについては、重量比 98%以上のほぼ純粋なメタンからなる水溶性ガス田ガスと、同 85%程度でエタン・プロパンなどを含む油田随伴ガス・他ガス田ガスで性状が異なっており、発熱量・炭素排出係数に差異が認められることから、新たに参考値としてこれらの項目を設けるべきである。

(水溶性天然ガス田ガス) (参考値)

総(高位)発熱量 GCV (重量当)			炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
35.74	35.84 / 35.64	52.93	13.49	13.49 / 13.49
真(低位)発熱量 (参考値) NCV (重量当)			炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
32.47	32.57 / 32.38	48.09	14.85	14.85 / 14.85

(油田随伴ガス・他天然ガス田ガス) (参考値)

総(高位)発熱量 GCV (重量当)			炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
41.53	41.92 / 41.15	52.61	14.12	14.15 / 14.08
真(低位)発熱量 (参考値) NCV (重量当)			炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
37.92	38.27 / 37.56	48.02	15.46	15.50 / 15.43

5-1-3. 炭鉱ガス (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - 現行標準値 (2000年度以前からの継続使用値)

炭素排出係数 - 現行標準値 (国産天然ガス炭素排出係数)

算定方法 分類V, 発熱量は現行標準値を据置、炭素排出係数は国産天然ガスのうち水溶性ガス田ガスの数値に更新。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (該当なし)

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- 現行標準値のとおり総(高位)発熱量は 15.3 MJ/kg を使用する。これに対応する炭素排出係数は性状が類似する水溶性ガス田ガスの 13.5 gC/MJ を用いる。

5-2. 再生可能・未活用エネルギー

5-2-1. 黒 液 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典	(社)日本製紙連合会, 実測値の提供。		
算定方法	分類Ⅱ, (社)日本製紙連合会の協力による熱量等直接測定法。		
実測方法	総(高位)発熱量(絶乾)	実測, JIS-M8814準拠	
	成分組成分析(炭素含有率)	実測, JIS-M8812, 8813準拠	
補正処理	従来どおり発熱量の測定基準として絶乾 ^{*25} 基準を用い、各試料の消費量で加重平均した値を標準値とする。		
	水素含有量 10.00%, 包蔵水分 37.50%, 灰分 20.00%と仮定して真(低位)発熱量(絶乾)を推計する。		

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/kg (絶乾)	炭素含有率 (無水)wt%
有効試料数	24	10
最大値	14.62	36.99
最小値	12.59	27.33
単純平均	13.77	32.38
標準偏差	0.627	3.357

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/kg(絶乾) 95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ 95%信頼区間
13.61 13.87 / 13.34	13.61	0.00 ---
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/kg(絶乾) 95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ 95%信頼区間
11.90 12.67 / 11.13	11.90	0.00 ---

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)				炭素排出係数 CEF-G gC/MJ			
現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間	現行値	新算定値	増減率	95%信頼区間
13.20	13.61	+0.031	区間外	0.00	0.00	---	---
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg				炭素排出係数 CEF-N gC/MJ			
IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間	IPCC	新算定値	増減率	95%信頼区間
11.77	11.90	+0.011	(IPCC区間無)	30.68	0.00	---	---
新算定値区間 内 (参考値 28.53, -0.070)							

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間外となっているが、新たな算定値は非常に高精度で信頼区間が極めて狭いこと、新たな算定値は IPCC 2006年改訂ガイドラインの発熱量と極めて良好に一致することなどから、発熱量を新たな算定値に更新すべきである。
- 再生可能エネルギーの通則に従い炭素排出係数は 0 とする。

*25 絶乾状態とは「絶対乾燥状態」の略であり、測定対象に 105±5℃の温度で蒸発する水分が存在しなくなるまで十分に乾燥した状態をいう。包蔵水分のうち結晶水などがなお残留するため「無水」状態と異なる。補論3. 参照。

5-2-2. 廃材 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 (社)日本製紙連合会, 実測値の提供。

算定方法 分類Ⅱ, (社)日本製紙連合会の協力による熱量等直接測定法。

実測方法 総(高位)発熱量(絶乾) 実測, JIS-M8814準拠
成分組成分析(炭素含有率) 実測, JIS-M8812, 8813準拠

補正処理 従来どおり発熱量の測定基準として絶乾基準を用い、各試料の消費量で加重平均した値を標準値とする。

水素含有量 7.25%, 包蔵水分 10.00%, 灰分 35.00%と仮定して真(低位)発熱量(絶乾)を推計する。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要

	総(高位)発熱量 GCV MJ/kg (絶乾)	炭素含有率 (無水)wt%
有効試料数	23	5
最大値	22.14	48.96
最小値	8.83	46.68
単純平均	17.24	47.75
標準偏差	2.748	1.048

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV GCV MJ/kg(絶乾) 95%信頼区間	(重量当) GCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-G CEF-G gC/MJ 95%信頼区間
17.06 18.25 / 15.87	17.06	0.00 ---
真(低位)発熱量 (参考値) NCV NCV MJ/kg(絶乾) 95%信頼区間	(重量当) NCV MJ/kg	炭素排出係数 (参考値) CEF-N CEF-N gC/MJ 95%信頼区間
15.34 19.58 / 11.10	15.34	0.00 ---

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位) 現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ 現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
16.30 17.06 +0.047 区間内	0.00 0.00 --- ---
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
15.60 15.34 -0.017 (IPCC区間無)	30.68 0.00 --- ---
新算定値区間内 (参考値 32.88, +0.072)	

(5) 評価・結論

- 現行標準値は新たな算定値の 95%信頼区間内であり、IPCC 2006年改訂ガイドラインの発熱量と新たな算定値は概ね一致することなどから、発熱量を新たな算定値に更新すべきである。
- 再生可能エネルギーの通則に従い炭素排出係数は 0 とする。

5-2-3. 廃タイヤ・廃プラスチック・RDF・RPF (いずれも参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - 現行標準値 (2005年度からの継続使用値)

炭素排出係数 - 0

算定方法 分類V, 発熱量は現行標準値を据置。

炭素排出係数は未活用エネルギーの通則に従い 0 とする。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (該当なし)

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- 現行標準値のとおり総(高位)発熱量を以下のとおりとする。

廃タイヤ 33.20 MJ/kg (有水・有灰)

廃プラスチック 29.30 MJ/kg (有水・有灰)

R D F : Refuse Derived Fuel 18.00 MJ/kg (有水・有灰)

R P F : Refuse Paper and Plastic Fuel 26.69 MJ/kg (有水・有灰)

- 未活用エネルギーの通則に従い、いずれのエネルギー源についてもエネルギー起源炭素排出係数は 0 とする。

5-2-4. 廃棄物ガス (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - 現行標準値 (2005年度からの継続使用値を換算)

炭素排出係数 - 0

算定方法 分類V, 発熱量は現行標準値を標準環境状態に換算。

炭素排出係数は未活用エネルギーの通則に従い 0 とする。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (該当なし)

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- 現行標準値(23.40 MJ/m³-N)を標準環境状態(SATP)に換算して 21.44 MJ/m³ @SATP とする。

- 未活用エネルギーの通則に従い、エネルギー起源炭素排出係数は 0 とする。

5-2-5. 固体バイオマス・液体バイオマス (いずれも参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 発熱量 - 固体 - 実質発熱量 (電力調査統計による実測平均値)

- 液体 - エタノールの総(高位)発熱量

炭素排出係数 - 0

算定方法 分類V, 発熱量は現行実質発熱量などを継続使用。

炭素排出係数は再生可能エネルギーの通則に従い 0 とする。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (該当なし)

(4) 現行標準値との比較・検証 (該当なし)

(5) 評価・結論

- 固体バイオマスについては、現行実質発熱量のとおり総(高位)発熱量を 17.79MJ/kg (有水・有灰) とする。
- 液体バイオマスについては、従前どおりエタノールの理論総(高位)発熱量 23.42 MJ/l とし、純度・組成などの異なる液体バイオマスについては当該数値を基準として数量側を換算して算定する。
- 再生可能エネルギーの通則に従い、炭素排出係数は 0 とする。

6. 結論及び提言

6-1. 本結果などから間接的に算定される標準発熱量・炭素排出係数

6-1-1. 都市ガス

12A・13A供給 (参考値), LPG直接供給 (参考値)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 LPG・国産天然ガス・輸入天然ガス(LNG) の発熱量・炭素排出係数^{*26}。
経済産業省「ガス事業生産動態統計調査」における年度別都市ガス(一般ガス)供給用原料消費量。

算定方法 分類IV, LPG・国産天然ガス・輸入天然ガス(LNG) の発熱量・炭素排出係数をガス事業年報における年度毎のこれらガスの都市ガス(一般ガス)供給用原料消費量に応じて加重平均して算定。

(年 度 / PJ)	2008	2009	2010	2011	2012	平 均	換算後平均*
LPG	42	43	48	53	54	48.2	51.1
国産天然ガス	131	127	115	128	121	124.5	121.9
輸入天然ガス(LNG)	1439	1424	1553	1591	1590	1519.3	1514.3

表注) 現行標準発熱量基準によるエネルギー量を新たな算定値による発熱量基準に換算

補正処理 都市ガスについては、送配ガスに必要なエネルギー消費・損失は都市ガス事業者の自家消費とするが、当該消費・損失が微少であるためガスの送ガス端・受ガス端の識別を行わない。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果

総(高位)発熱量 GCV	(重量当)	炭素排出係数 CEF-G
GCV MJ/m ³ SATP 95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ 95%信頼区間
42.18 43.59 / 40.77	54.22	14.03 14.17 / 13.89
真(低位)発熱量 (参考値) NCV	(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N
NCV MJ/m ³ SATP 95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ 95%信頼区間
38.50 39.83 / 37.18	49.46	15.37 15.53 / 15.22

(4) 現行標準値との比較・検証

総(高位)発熱量 GCV (固有単位)	炭素排出係数 CEF-G gC/MJ
現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間	現行値 新算定値 増減率 95%信頼区間
41.04 42.18 +0.028 区間内	13.65 14.03 +0.027 区間外
真(低位)発熱量 NCV MJ/kg	炭素排出係数 CEF-N gC/MJ
IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間	IPCC 新算定値 増減率 95%信頼区間
47.95 49.46 +0.031 IPCC区間内	15.30 15.37 +0.005 IPCC区間内
新算定値区間内	新算定値区間内

(5) 評価・結論

- 都市ガスについては、従来より原料消費量に応じた加重平均により発熱量・炭素排出係数を算定しており、当該算定の考え方に従い上記算定値に更新すべきである。

*26 LNGについての成分基準の確認に伴い、2016年1月に都市ガスの数値も改訂している。

- 現行標準発熱量表における参考値のうち、「4A～7C 供給」はガス事業者の熱量転換により国内に殆ど供給実態がない状態となったため廃止すべきである。
- 現行標準発熱量表における参考値のうち「12A・13A供給」については本項目「都市ガス」の数値と同じとする。「LPG直接供給」については、今次改訂によるLPGの数値を気体として換算したものを計上する。

(LPG直接供給)(参考値)

総(高位)発熱量 GCV		(重量当)	炭素排出係数 CEF-G	
GCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	GCV MJ/kg	CEF-G gC/MJ	95%信頼区間
97.73	98.20 / 97.25	50.06	16.38	16.39 / 16.37
真(低位)発熱量 (参考値) NCV		(重量当)	炭素排出係数 (参考値) CEF-N	
NCV MJ/m ³ SATP	95%信頼区間	NCV MJ/kg	CEF-N gC/MJ	95%信頼区間
90.64	91.09 / 90.19	46.43	17.66	17.67 / 17.66

6-1-2. 電力

送電端発熱量, 受電端発熱量

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 電力調査統計・総合エネルギー統計における発電損失・送変配電効率。

算定方法 分類 I 及び IV

消費時発熱量 定義^{*27}により 3.60 MJ/kWh とする。

発電端発熱量 電力調査統計・総合エネルギー統計における一般電気事業者の汽力発電効率から算定される汽力発電効率から算定。

受電端発熱量 電力調査統計・総合エネルギー統計における一般電気事業者の発電損失及び送変配電損失から算定される発電効率・送変配電効率から算定。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (総(高位)発熱量・真(低位)発熱量とも同じ)

(消費時発熱量) **3.60** MJ/kWh (定義)

(受電端発熱量) **9.48** MJ/kWh, 95%信頼区間 9.50 / 9.47 MJ/kWh

(発電端発熱量) **8.68** MJ/kWh, 95%信頼区間 8.74 / 8.63 MJ/kWh

(4) 現行標準値との比較

(受電端発熱量) 現行 9.63 MJ/kWh, 増減率 -0.014, 信頼区間外

(発電端発熱量) 現行 8.81 MJ/kWh, 増減率 -0.015, 信頼区間外

(5) 評価・結論

- 電力については、消費時発熱量・発電端発熱量・受電端発熱量を全て標準発熱量表本表に移行するとともに、毎年度算定すべきである。
- 電力の消費に関する炭素排出係数(二酸化炭素排出原単位)については、地球温暖化防止法に基づく経済産業省・環境省令に基づき毎年度別途事業者毎に算定・公表されており、また当該省令に該当しない場合でも個別に電力の供給に要したエネルギー源から算定すべきであり、従って標準値としての炭素排出係数は定めない。

*27 電力の発熱量の定義及び詳細な算定過程については、補論5. を参照ありたい。

6-1-3. 熱 (蒸気)

(1) 算定方法・試料出典

試料出典 国立天文台編「理科年表」, 水の潜熱及び比熱。

算定方法 分類 I, 100℃の飽和水蒸気 1kg の発生熱量を標準環境状態(SATP: 25℃・10⁵Pa)基準で算定。

(2) 成分分析・物性値及び実測値概要 (該当なし)

(3) 算定結果 (総(高位)発熱量)

100℃飽和水蒸気 **2.57** MJ/kg (標準環境状態基準)

(4) 現行標準値との比較

現行 2.68 MJ/kg (ノルマル状態 0℃ 1気圧 基準), 増減率 -0.040

(5) 評価・結論

- 熱(蒸気)については従来どおり 100℃飽和水蒸気を基準とするが、現行のノルマル状態基準を標準環境状態基準に換算した値に更新すべきである。
- 熱(蒸気)の消費に関する炭素排出係数については、電力同様に個別に熱(蒸気)の供給に要したエネルギー源から算定すべきであり、標準値としての炭素排出係数は定めない。

6-2. 結果整理 (2013年度改訂標準発熱量・炭素排出係数表(案))

6-2-1. 本 表

エネルギー源	標準総(高位)発熱量・固有単位	炭素排出係数(qC/MJ)	備 考
[石炭・石炭製品]			
輸入原料炭	28.79 MJ/kg	24.53	湿炭, 加重平均
コークス用原料炭	28.94 MJ/kg	24.42	湿炭
吹込用原料炭	28.01 MJ/kg	25.06	湿炭
輸入一般炭	25.97 MJ/kg	24.42	湿炭
輸入無煙炭	27.80 MJ/kg	25.92	湿炭
コークス	29.18 MJ/kg	30.22	有水・有灰
コークス炉ガス	19.12 MJ/m ³ @SATP	10.93	25℃・10 ⁵ Pa
高炉ガス	3.284 MJ/m ³ @SATP	(個別算定)	25℃・10 ⁵ Pa
転炉ガス	7.640 MJ/m ³ @SATP	41.72	25℃・10 ⁵ Pa
[石 油]			
精製用原油	38.28 MJ/l	19.00	25℃・10 ⁵ Pa
NGLコンデンセート	34.93 MJ/l	18.26	25℃・10 ⁵ Pa
L P G	50.06 MJ/kg	16.38	液体, 加重平均
ナフサ	33.31 MJ/l	18.63	25℃・10 ⁵ Pa
ガソリン	33.37 MJ/l	18.72	加重平均
ジェット燃料油	36.34 MJ/l	18.60	加重平均
灯 油	36.49 MJ/l	18.71	25℃・10 ⁵ Pa
軽 油	38.04 MJ/l	18.79	25℃・10 ⁵ Pa
A重油	38.90 MJ/l	19.32	25℃・10 ⁵ Pa
C重油	41.78 MJ/l	20.17	25℃・10 ⁵ Pa
潤滑油	40.20 MJ/l	19.89	25℃・10 ⁵ Pa
他重質石油製品	41.87 MJ/kg	20.41	有水・有灰
オイルコークス	33.29 MJ/kg	24.50	有水・有灰
製油所ガス	46.73 MJ/m ³ @SATP	14.44	25℃・10 ⁵ Pa
[天然ガス・都市ガス]			
輸入天然ガス(LNG)	54.48 MJ/kg	13.95	液体
国産天然ガス	40.15 MJ/m ³ @SATP	13.97	25℃・10 ⁵ Pa
都市ガス	42.18 MJ/m ³ @SATP	14.03	加重平均
[電力・熱]			
電力消費時発生熱量	3.600 MJ/kWh	(個別算定)	定義値
電力受電端発熱量	9.484 MJ/kWh	(個別算定)	計算値
電力発電端発熱量	8.683 MJ/kWh	(個別算定)	計算値
蒸気消費時発生熱量	2.571 MJ/kg@SATP	(個別算定)	100℃飽和蒸気

別掲図表 6-2-1-1. ~ 6-2-1-8. 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関図 (全体, 固体・液体・気体)

6-2-2. 参考値表

エネルギー源	標準総(高位)発熱量・固有単位		炭素排出係数(gC/MJ)	備考
(石炭・石油・天然ガス)				
国産一般炭	25.28	MJ/kg	23.74	湿炭
亜炭・褐炭	13.05	MJ/kg	26.82	湿炭
発電用輸入一般炭	25.97	MJ/kg	24.42	湿炭
練豆炭	23.90	MJ/kg	25.92	有水・有灰
C O M	36.20	MJ/kg	21.88	有水・有灰
C W M	20.90	MJ/kg	24.42	有水・有灰
コールタール	37.26	MJ/kg	20.90	有水・有灰
発電用高炉ガス	3.403	MJ/m ³ @SATP	(個別算定)	25℃・10 ⁵ Pa
発電用原油	39.30	MJ/l	19.14	25℃・10 ⁵ Pa
瀝青質混合物	22.44	MJ/kg	19.96	有水・有灰
純プロパン	50.35	MJ/kg	16.23	液体
純ブタン	49.43	MJ/kg	16.72	液体
プレミアムガソリン	33.75	MJ/l	19.26	25℃・10 ⁵ Pa
レギュラーガソリン	33.31	MJ/l	18.63	25℃・10 ⁵ Pa
改質生成油	33.75	MJ/l	19.26	25℃・10 ⁵ Pa
ジェット燃料(ガソリン型)	35.43	MJ/l	18.35	25℃・10 ⁵ Pa
ジェット燃料(灯油型)	36.54	MJ/l	18.66	25℃・10 ⁵ Pa
B重油	40.40	MJ/l	19.98	25℃・10 ⁵ Pa
発電用C重油	41.16	MJ/l	19.82	25℃・10 ⁵ Pa
アスファルト	41.87	MJ/kg	20.41	有水・有灰
電気炉ガス	7.640	MJ/m ³ @SATP	41.72	25℃・10 ⁵ Pa
硫黄	9.255	MJ/kg (無水)	0.00	純硫黄理論値
輸入天然ガス(気化LNG)	40.47	MJ/m ³ @SATP	13.95	25℃・10 ⁵ Pa
水溶性ガス田ガス	35.74	MJ/m ³ @SATP	13.49	25℃・10 ⁵ Pa
油田随伴ガス・他ガス	41.53	MJ/m ³ @SATP	14.12	25℃・10 ⁵ Pa
炭鉱ガス	15.30	MJ/m ³ @SATP	13.49	25℃・10 ⁵ Pa
都市ガス(12・13A供給)	42.18	MJ/m ³ @SATP	14.03	25℃・10 ⁵ Pa
都市ガス(LPG直接供給)	97.73	MJ/m ³ @SATP	16.38	25℃・10 ⁵ Pa
(再生可能・未活用エネルギー)				
黒液	13.61	MJ/kg (絶乾)	(0.00)	絶乾・有灰
廃材	17.06	MJ/kg (絶乾)	(0.00)	絶乾・有灰
固体バイオマス	17.79	MJ/kg (絶乾)	(0.00)	絶乾・有灰
液体バイオマス	23.42	MJ/l (無水)	(0.00)	純エタノール値
廃棄物ガス	21.44	MJ/m ³ @SATP	(0.00)	25℃・10 ⁵ Pa
廃タイヤ	33.20	MJ/kg	(0.00)	有水・有灰
廃プラスチック	29.30	MJ/kg	(0.00)	有水・有灰
R P F	26.69	MJ/kg	(0.00)	有水・有灰
R D F	18.00	MJ/kg	(0.00)	有水・有灰

6-2-3. 真(低位)発熱量表 (比較・参照用, 重量当真(低位)発熱量)

エネルギー源	真(低位)発熱量・固有単位		同炭素排出係数(qC/MJ)	備考
[石炭・石炭製品]				
輸入原料炭	26.52	MJ/kg NCV	26.63	湿炭, 加重平均
コークス用原料炭	26.68	MJ/kg NCV	26.50	湿炭
吹込用原料炭	25.74	MJ/kg NCV	27.27	湿炭
輸入一般炭	24.66	MJ/kg NCV	25.68	湿炭
輸入無煙炭	26.89	MJ/kg NCV	26.80	湿炭
コークス	28.81	MJ/kg NCV	30.60	有水・有灰
コークス炉ガス	35.30	MJ/kg NCV	13.74	25°C・10 ⁵ Pa
高炉ガス	2.517	MJ/kg NCV	(個別算定)	25°C・10 ⁵ Pa
転炉ガス	6.149	MJ/kg NCV	41.92	25°C・10 ⁵ Pa
[石 油]				
精製用原油	42.30	MJ/kg NCV	20.18	25°C・10 ⁵ Pa
NGLコンデンセート	43.69	MJ/kg NCV	19.49	25°C・10 ⁵ Pa
L P G	46.43	MJ/kg NCV	17.66	液体, 加重平均
ナフサ	43.17	MJ/kg NCV	19.86	25°C・10 ⁵ Pa
ガソリン	43.07	MJ/kg NCV	19.94	加重平均
ジェット燃料油	43.29	MJ/kg NCV	19.82	加重平均
灯 油	43.18	MJ/kg NCV	19.92	25°C・10 ⁵ Pa
軽 油	43.20	MJ/kg NCV	19.99	25°C・10 ⁵ Pa
A重油	42.51	MJ/kg NCV	20.46	25°C・10 ⁵ Pa
C重油	40.88	MJ/kg NCV	21.24	25°C・10 ⁵ Pa
潤滑油	41.70	MJ/kg NCV	20.99	25°C・10 ⁵ Pa
他重質石油製品	39.77	MJ/kg NCV	21.46	有水・有灰
オイルコークス	32.79	MJ/kg NCV	25.04	有水・有灰
製油所ガス	46.68	MJ/kg NCV	15.71	25°C・10 ⁵ Pa
[天然ガス・都市ガス]				
輸入天然ガス(LNG)	49.67	MJ/kg NCV	15.30	液体
国産天然ガス	48.04	MJ/kg NCV	15.32	25°C・10 ⁵ Pa
都市ガス	49.46	MJ/kg NCV	15.37	加重平均

表注) 表6-2-1-3, -4 の真(低位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数は、比較・参照用に作成したものであり、これらをエネルギー需給量やエネルギー起源CO₂排出量の算定に使用してはならない。

算定に使用すべき標準値は、表6-2-1, -2 の総(高位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数である。

6-2-4. 真(低位)発熱量参考値表 (比較・参照用, 全て重量当真(低位)発熱量)

エネルギー源	真(低位)発熱量・固有単位			同	炭素排出係数(gC/MJ)	備考
(石炭・石油・天然ガス)						
国産一般炭	23.90	MJ/kg	NCV		25.12	湿炭
亜炭・褐炭	10.98	MJ/kg	NCV		30.02	湿炭
発電用輸入一般炭	24.66	MJ/kg	NCV		25.68	湿炭
練豆炭	23.11	MJ/kg	NCV		26.80	有水・有灰
コールタール(IPCC値)	28.00	MJ/kg	NCV		22.00	有水・有灰
発電用高炉ガス	2.608	MJ/kg	NCV		(個別算定)	25℃・10 ⁵ Pa
発電用原油	42.09	MJ/kg	NCV		20.27	25℃・10 ⁵ Pa
瀝青質混合物(IPCC値)	27.50	MJ/kg	NCV		21.01	有水・有灰
純プロパン	46.66	MJ/kg	NCV		17.51	液体
純ブタン	45.94	MJ/kg	NCV		17.99	液体
プレミアムガソリン	42.51	MJ/kg	NCV		20.44	25℃・10 ⁵ Pa
レギュラーガソリン	43.17	MJ/kg	NCV		19.86	25℃・10 ⁵ Pa
改質生成油	42.51	MJ/kg	NCV		20.44	25℃・10 ⁵ Pa
ジェット燃料(ガソリン型)	43.68	MJ/kg	NCV		19.57	25℃・10 ⁵ Pa
ジェット燃料(灯油型)	43.20	MJ/kg	NCV		19.88	25℃・10 ⁵ Pa
B重油	41.58	MJ/kg	NCV		21.08	25℃・10 ⁵ Pa
発電用C重油	41.32	MJ/kg	NCV		20.92	25℃・10 ⁵ Pa
アスファルト	39.77	MJ/kg	NCV		21.46	有水・有灰
電気炉ガス	6.149	MJ/kg	NCV		41.92	25℃・10 ⁵ Pa
輸入天然ガス(気化LNG)	49.67	MJ/kg	NCV		15.30	25℃・10 ⁵ Pa
水溶性ガス田ガス	48.09	MJ/kg	NCV		14.85	25℃・10 ⁵ Pa
油田随伴ガス・他ガス	48.02	MJ/kg	NCV		15.46	25℃・10 ⁵ Pa
都市ガス(12・13A供給)	49.46	MJ/kg	NCV		15.37	25℃・10 ⁵ Pa
都市ガス(LPG直接供給)	46.43	MJ/kg	NCV		17.66	25℃・10 ⁵ Pa
(再生可能・未活用エネルギー)						
黒液	11.90	MJ/kg	NCV		(0.00)	絶乾・有灰
廃材	15.34	MJ/kg	NCV		(0.00)	絶乾・有灰
液体バイオマス	27.04	MJ/kg	NCV		(0.00)	純エタノール値

表注) 表6-2-1-3, -4 の真(低位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数は、比較・参照用に作成したものであり、これらをエネルギー需給量やエネルギー起源CO₂排出量の算定に使用してはならない。

算定に使用すべき標準値は、表6-2-1, -2 の総(高位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数である。

6-3. 提 言

6-3-1. 標準発熱量・炭素排出係数の改訂

(1) 本表・参考値表の項目の改廃

現行の標準発熱量・炭素排出係数表のうち、近年のエネルギー需給状況変化への対応やエネルギー起源CO₂排出量算定精度向上の観点から、下記のとおり項目を改廃することが適当であると考えられる。

(参考値表への新設)

- 純ブタン
- 改質生成油
- ジェット燃料油(灯油型), ジェット燃料油(ガソリン型)
- 電気炉ガス
- 輸入天然ガス(気化LNG)
- 水溶性ガス田ガス, 油田随伴ガス・他ガス田ガス

(参考値表から本表へ移行)

- 電力・受電端投入熱量

(本表から参考値表へ移行)

- 国産一般炭

(参考値表からの廃止)

- 坑内掘国産炭, 露天掘国産炭
- 都市ガス・4A~7C供給

(2) 本表・参考値表の数値更新

新たな標準発熱量・炭素排出係数表について、(1)の結果存続する本表・参考値表上の項目について、本稿において新たに算定した総(高位)発熱量による標準発熱量及びこれに対応する炭素排出係数に更新すべきである。

当該新たな算定値は、その多くが実測値から試料出典及び算定根拠を明らかにして網羅的に算定したものであり、同一の実測試料群から発熱量・炭素排出係数を総合的に算定されており、さらにその妥当性を現行標準値や IPCC 2006年改訂ガイドライン値などとの比較などにより確認したものであり、高い透明性・信頼性・正確性を有していると考えられる。

6-3-2. 一部の標準発熱量・炭素排出係数に関するエネルギー起源CO₂算定時の毎年度再算定化

現行の標準発熱量・炭素排出係数の多くが5年程度毎の間隔での更新とされているが、エネルギー起源CO₂排出量算定精度向上の観点から、各種公的統計値からその加重平均値が毎年度算定できる項目や、毎年度の成分組成・物性値から補間・近似推計式を用いて再算定可能な項目については、一般に固定的に標準値を用いることは可とするものの、エネルギー起源CO₂排出量の算定時においては可能な限り毎年度標準発熱量・炭素排出係数を再算定して用いる方向へ移行すべきである。

6-3-3. 原油の炭素量の銘柄別集計算定化

現行の原油の炭素量について、標準発熱量においては原油の銘柄別に算定をしているものの、炭素排出係数においては全ての原油について単一の数値を用いて算定している。

当該算定方法について、エネルギー起源CO₂排出量算定精度向上の観点から、各種公的統計値による銘柄別の比重など成分組成・物性値と本稿において測定した原油に関する補間・近似推計式を用いて、原油中の炭素量を銘柄別に集計して算定する方法へ移行すべきである。

6-3-4. 発熱量・炭素排出係数の補間・近似推計式の新設・改訂

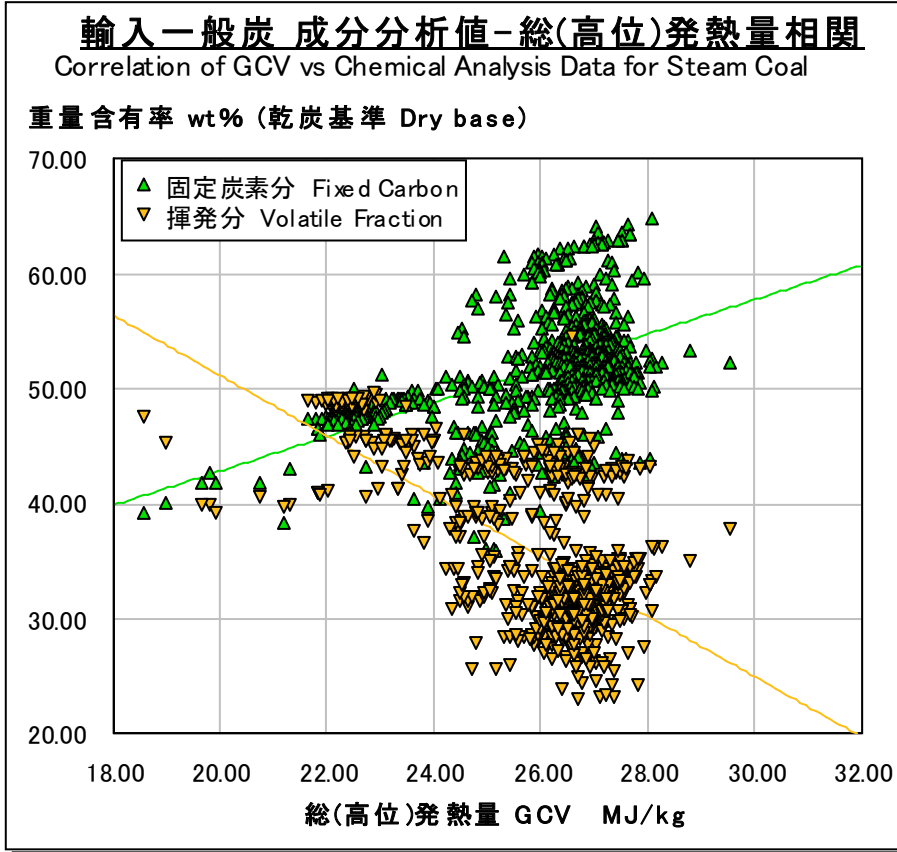
原油・石油製品に関する発熱量の補間・近似推計式としては JIS-K2279 に基づく推計式が現在使用されているが、本稿における実測試料を用いて比較・検証を行ったところ、密度 0.8 以下の灯油・ジェット燃料油などの石油製品において当該推計式では誤差増大や偏差発生が観察され、これを使用することは不適切であることが判明した。

また、炭素排出係数については現在適用可能な推計式が存在せず、さらに石炭については発熱量・炭素排出係数ともに適用可能な推計式が存在しない状況にある。

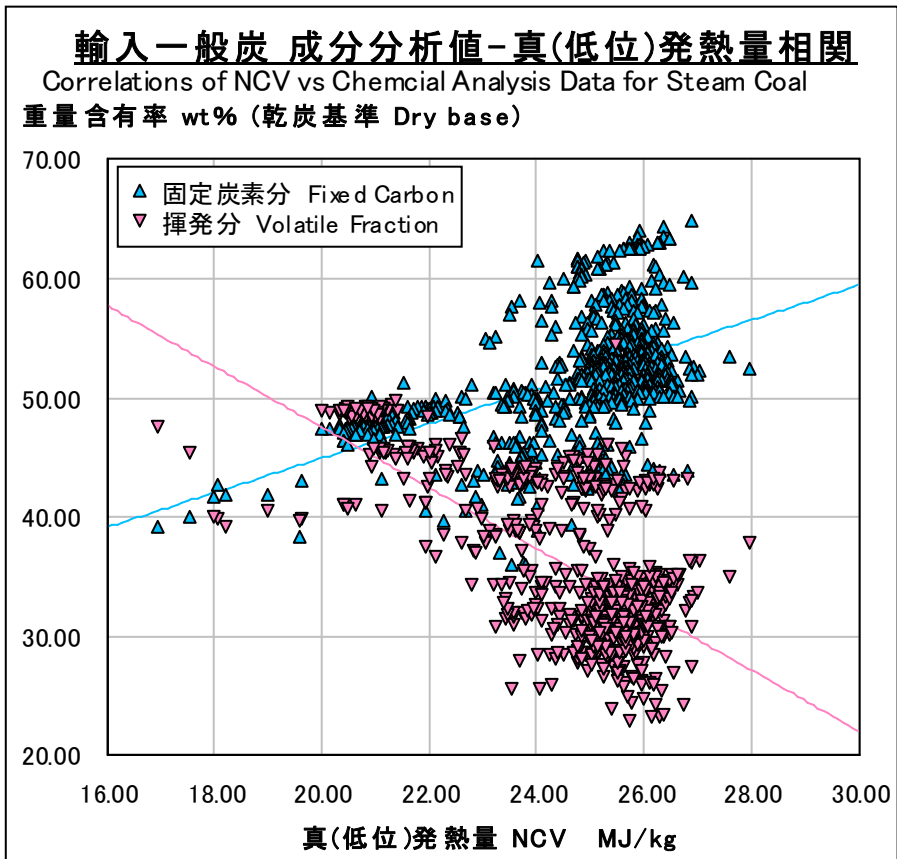
従って、輸入一般炭・原油及びNGLコンデンセート・石油製品(液体に限る)については、エネルギー起源CO₂排出量などの算定時において、本稿で新たに測定した補間・近似推計式のうち高精度な推計が可能なものを選択して使用すべきである。

別掲図表

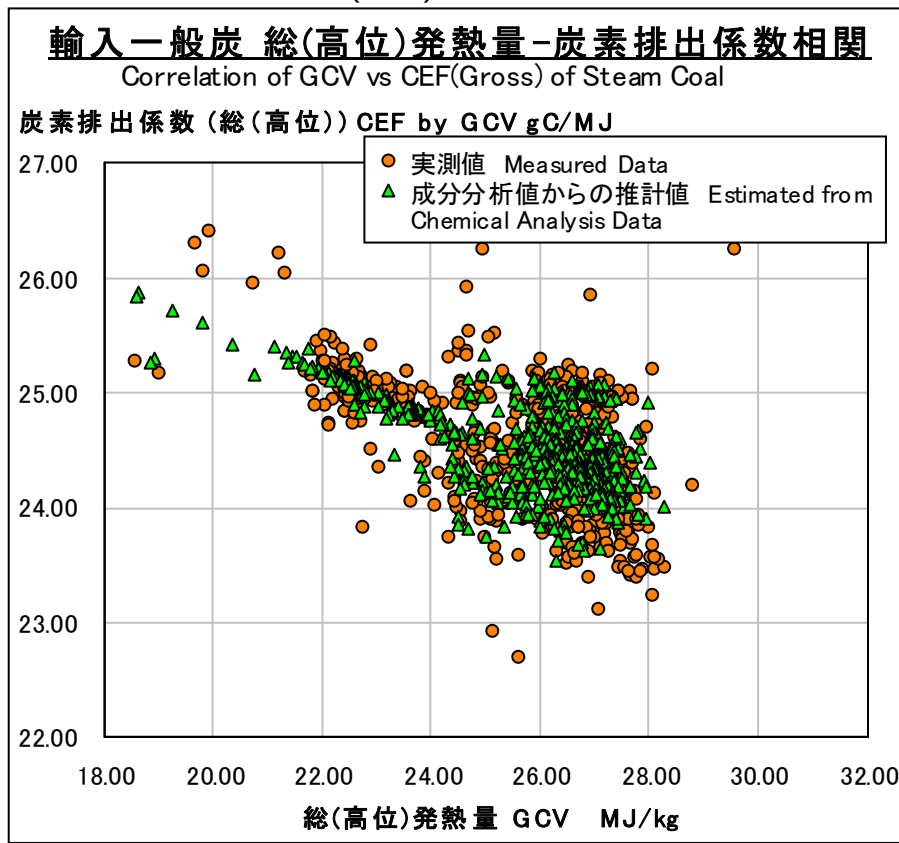
[図3-1-4-1. 輸入一般炭 総(高位)発熱量-成分分析・物性値相関]



[図3-1-4-2. 輸入一般炭 真(低位)発熱量-成分分析・物性値相関]

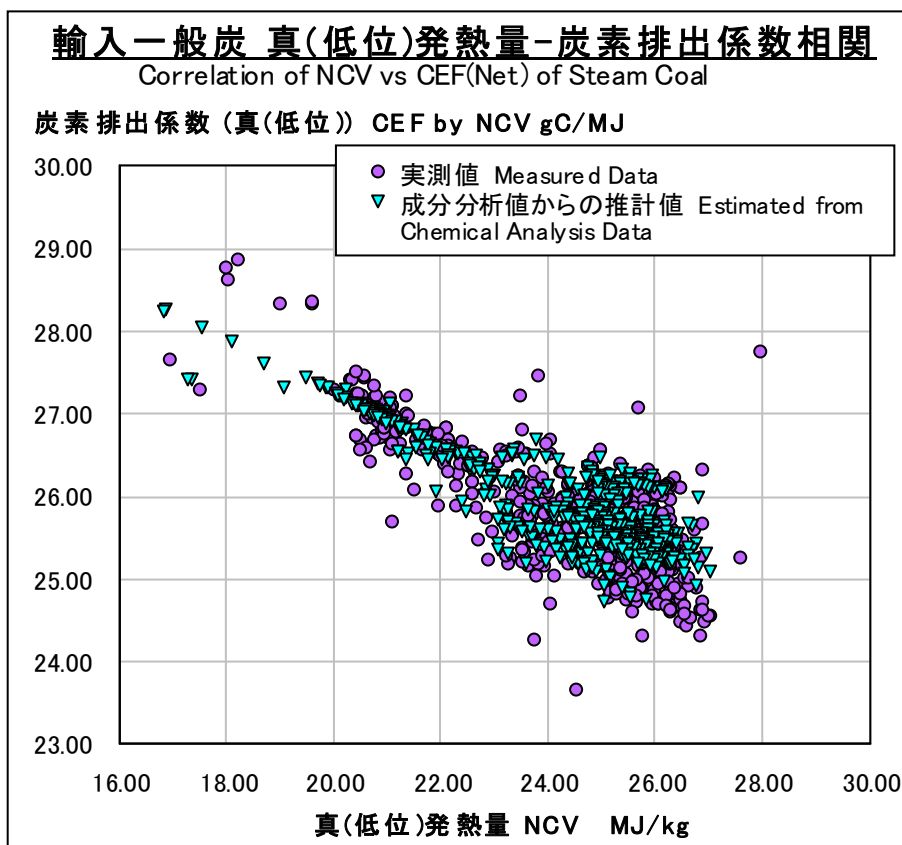


[図3-1-4-3. 輸入一般炭 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関・含推計値]



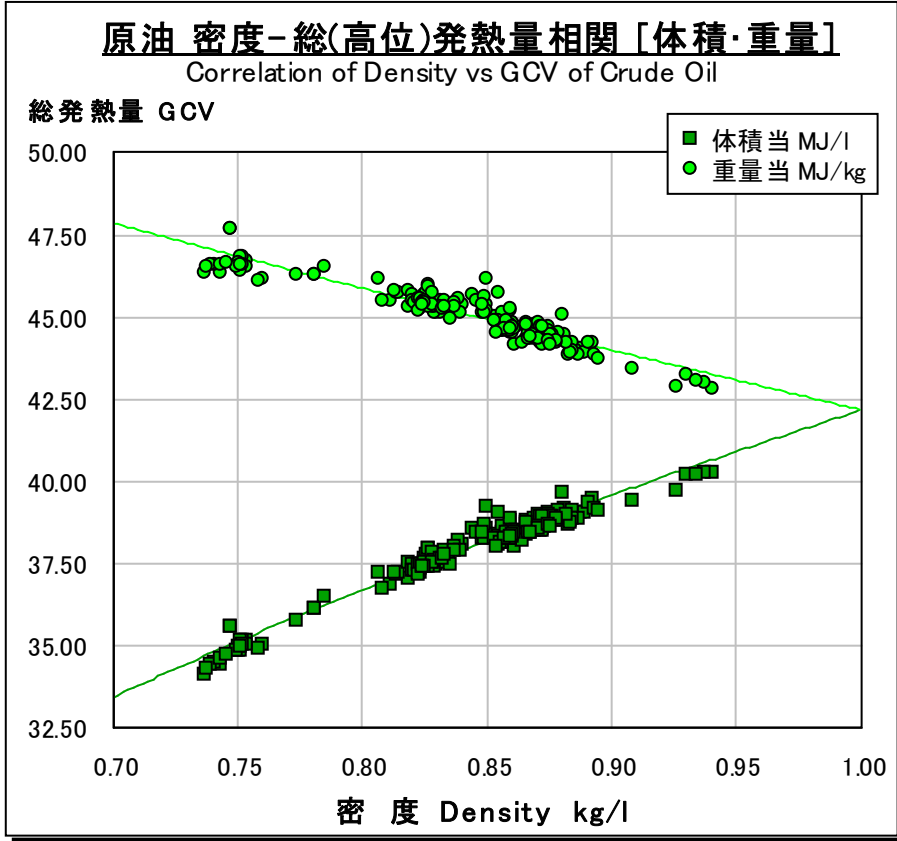
図注) 式3-1-4-1, -2 による推計結果を X-Y 表示

[図3-1-4-4. 輸入一般炭 真(低位)発熱量-炭素排出係数相関・含推計値]

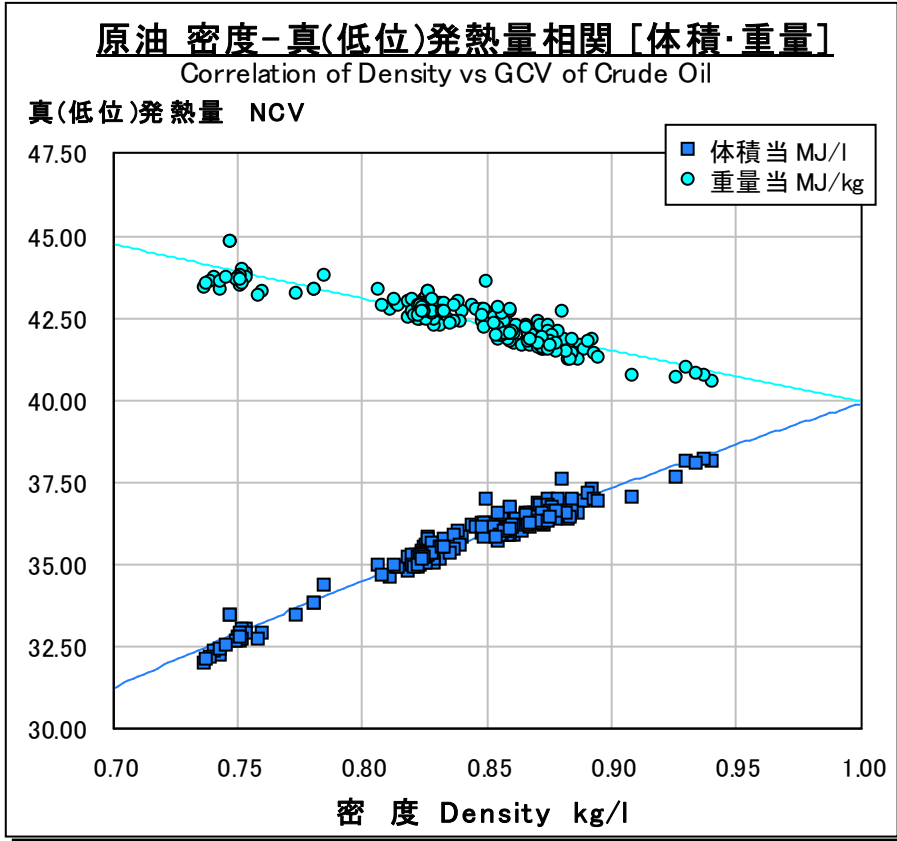


図注) 式3-1-4-4, -5 による推計結果を X-Y 表示

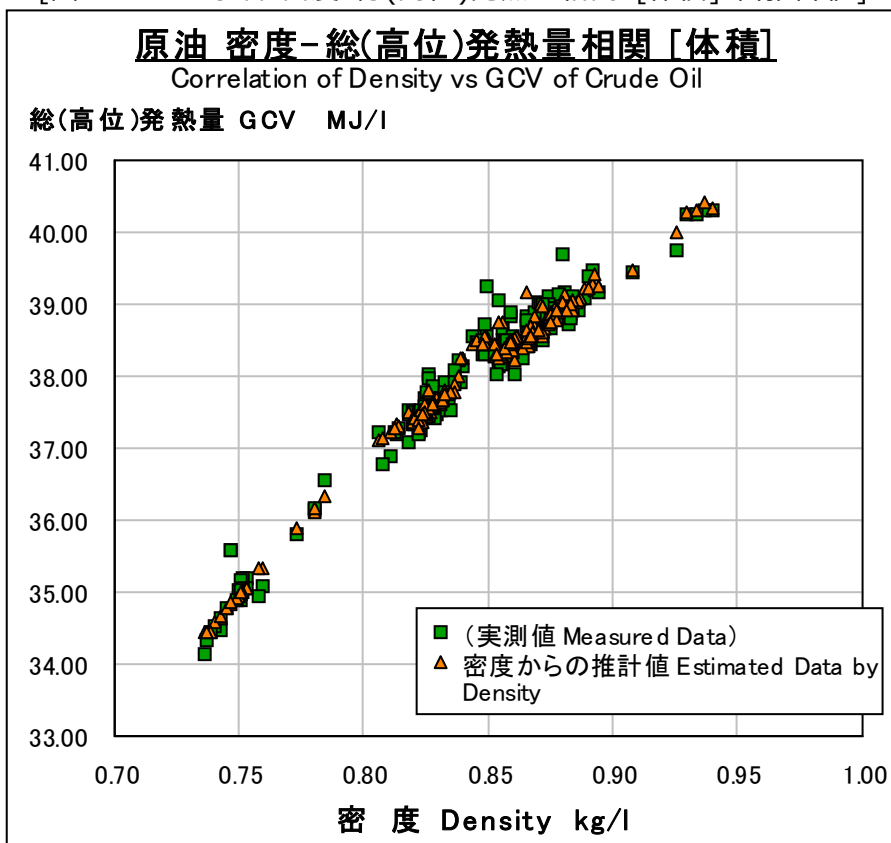
[図4-1-1-1. 原油 密度-総(高位)発熱量相関 [体積・重量]]



[図4-1-1-2. 原油 密度-真(低位)発熱量相関 [体積・重量]]

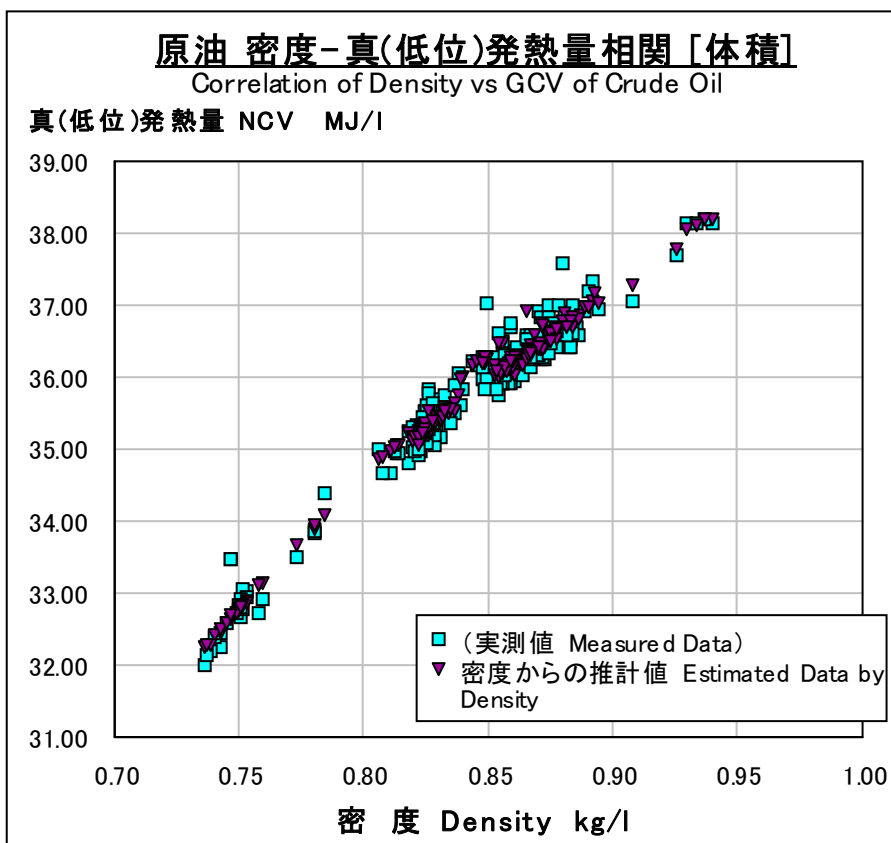


[図4-1-1-3. 原油 密度-総(高位)発熱量相関 [体積]・含推計値]



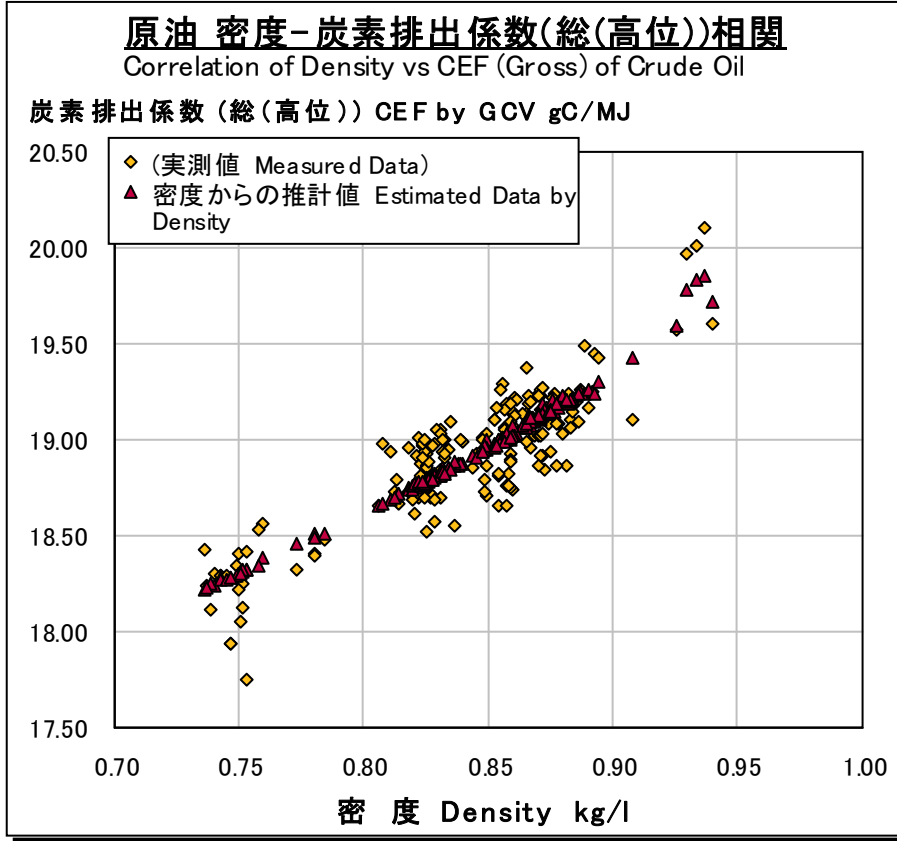
図注) 式4-1-1-1 による推計結果を表示

[図4-1-1-4. 原油 密度-真(低位)発熱量相関 [体積]・含推計値]



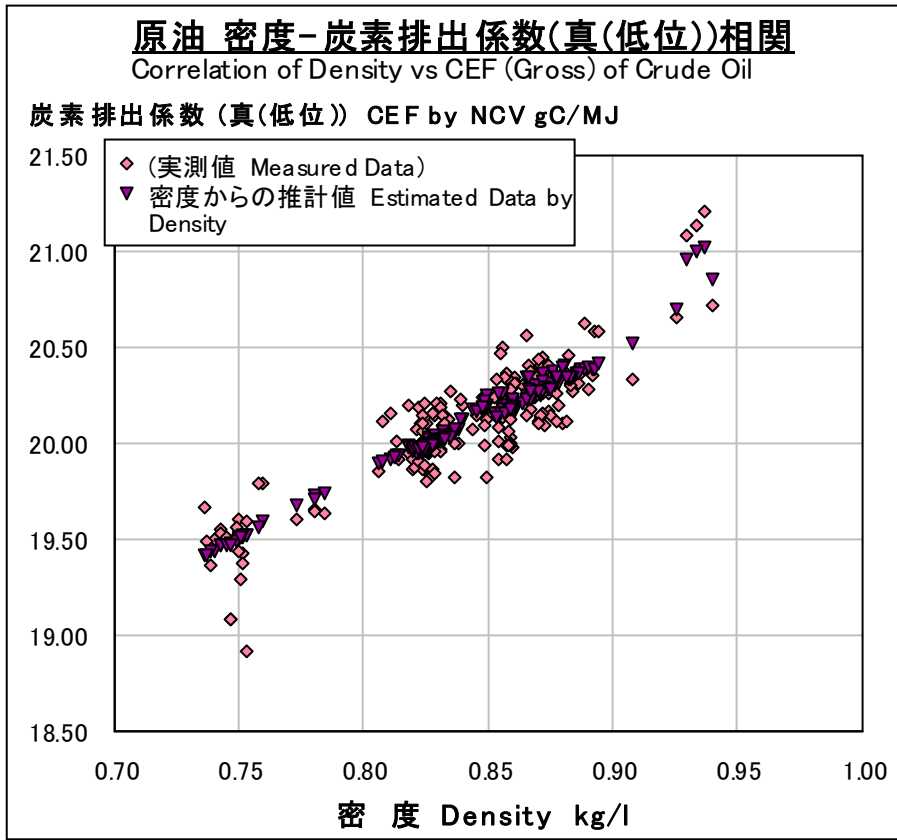
図注) 式4-1-1-7 による推計結果を表示

[図4-1-1-5. 原油 密度-炭素排出係数(総(高位))相関・含推計値]



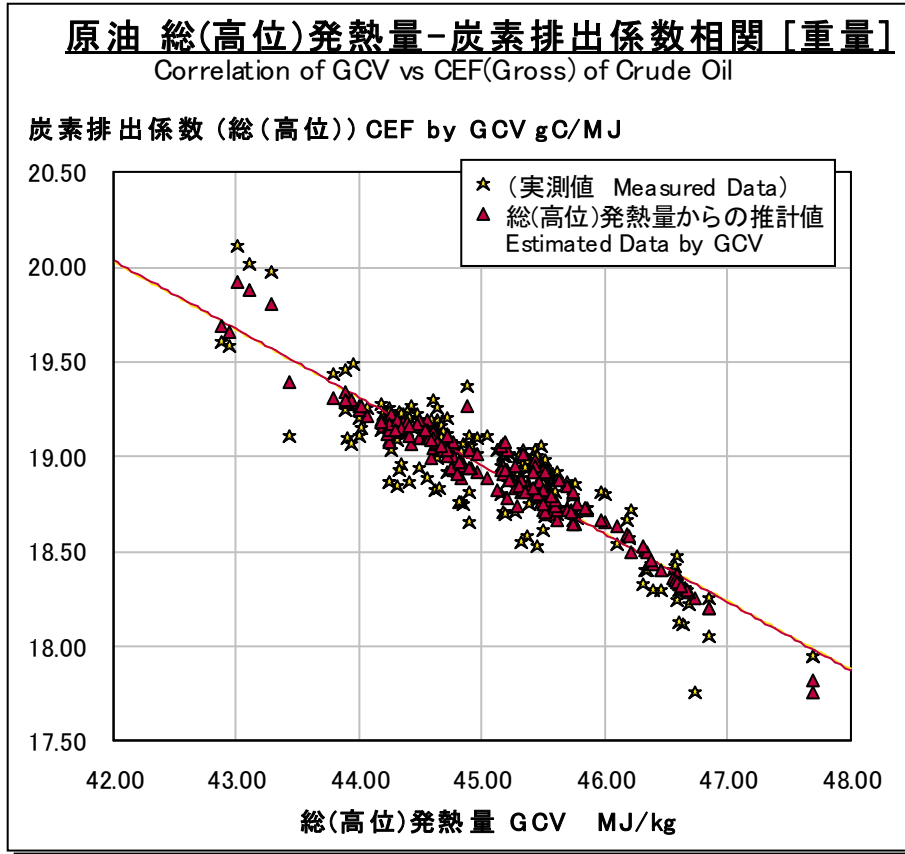
図注) 式4-1-1-4 による推計結果を表示

[図4-1-1-6. 原油 密度-炭素排出係数(真(低位))相関・含推計値]



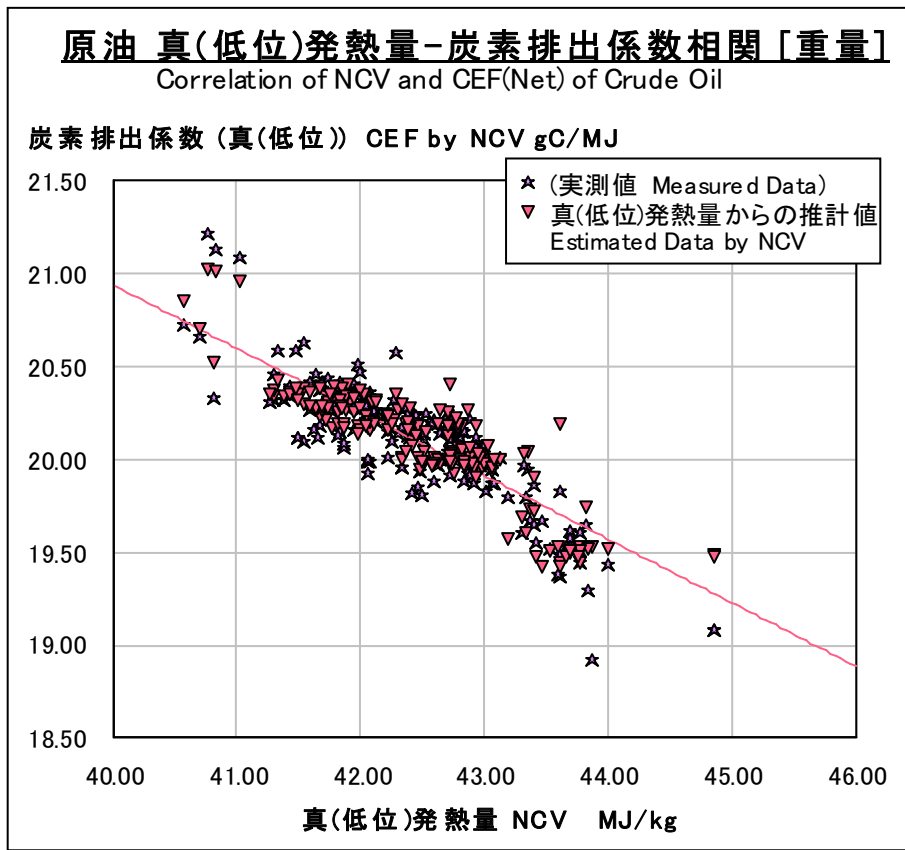
図注) 式4-1-1-11 による推計結果を表示

[図4-1-1-7. 原油 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量]・含推計値]



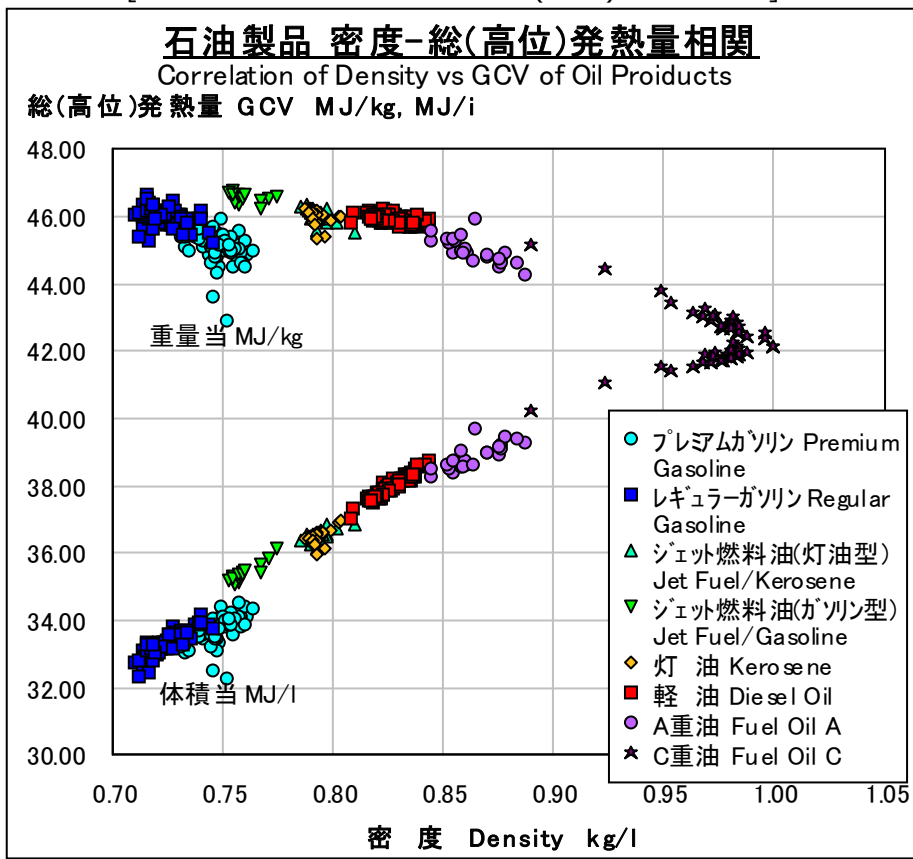
図注) 式4-1-1-6 による推計結果を表示

[図4-1-1-8. 原油 真(低位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量]・含推計値]

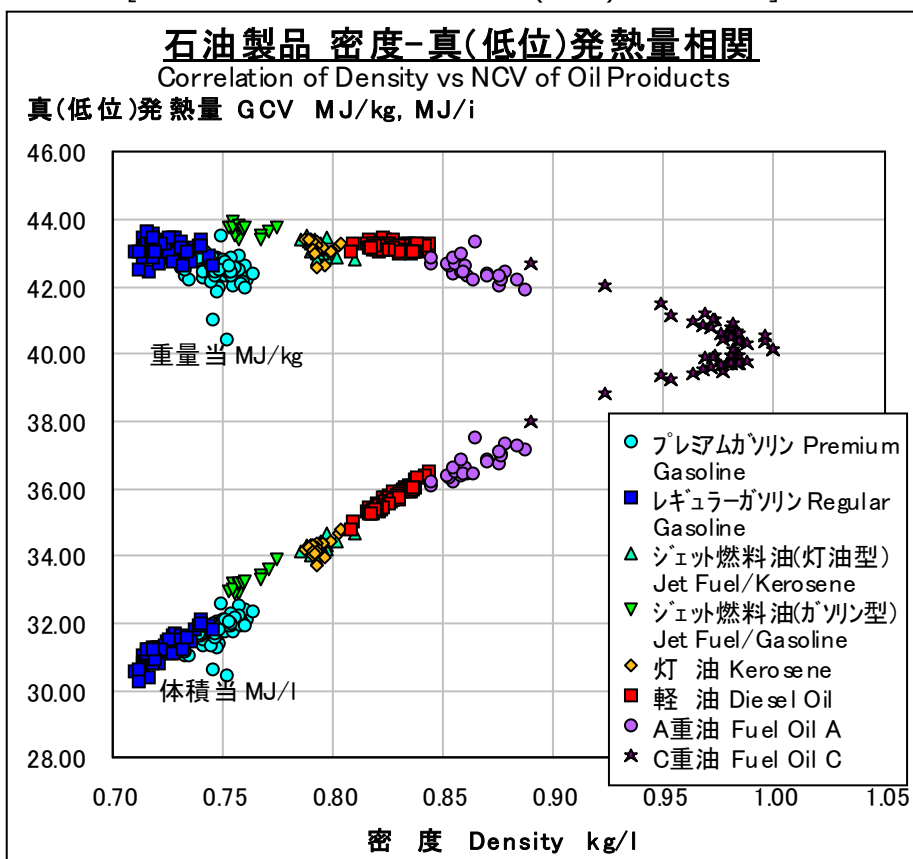


図注) 式4-1-1-13 による推計結果を表示

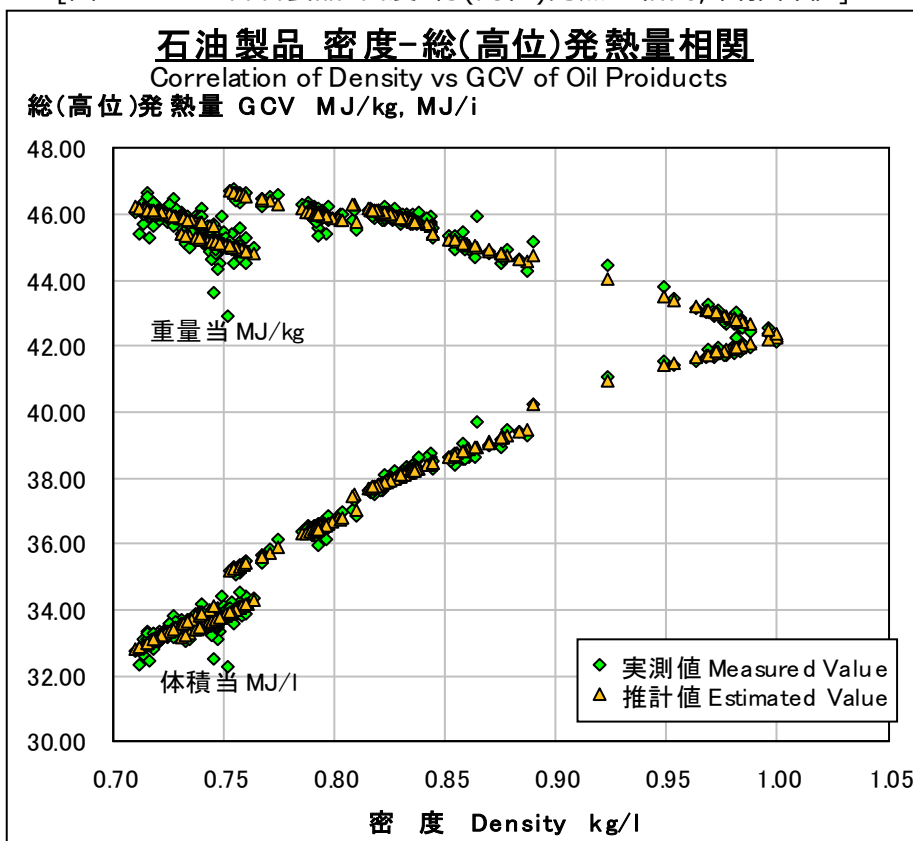
[図4-2-8-1. 石油製品 密度-総(高位)発熱量相関]



[図4-2-8-2. 石油製品 密度-真(低位)発熱量相関]

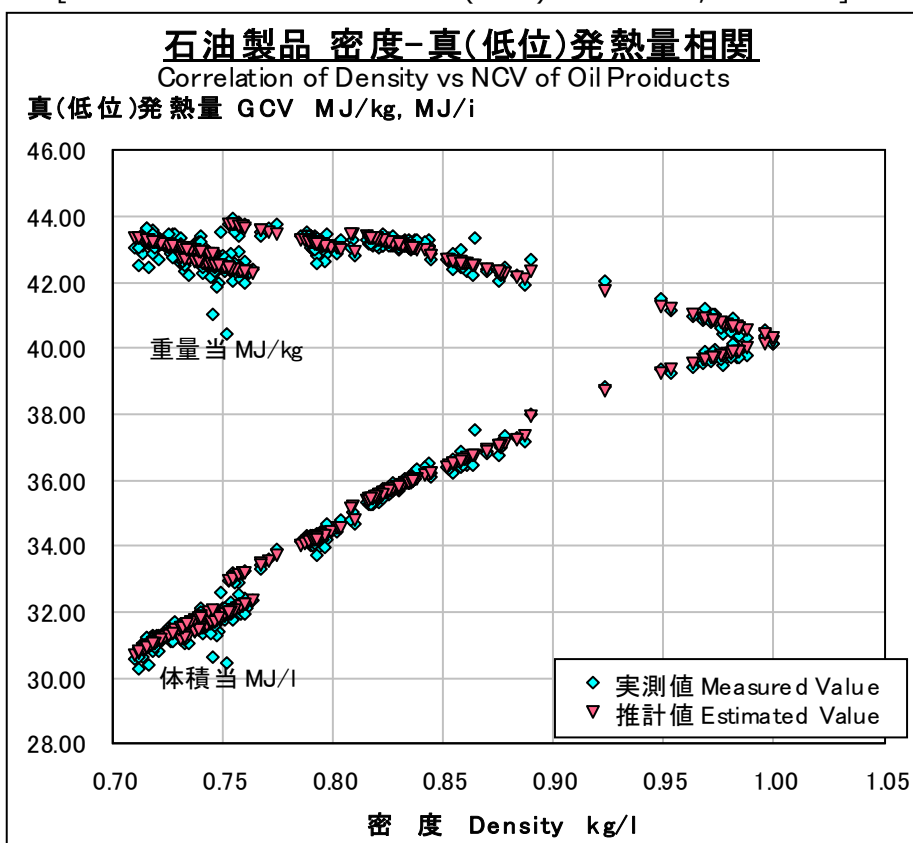


[図4-2-8-3. 石油製品 密度-総(高位)発熱量相関, 含推計値]



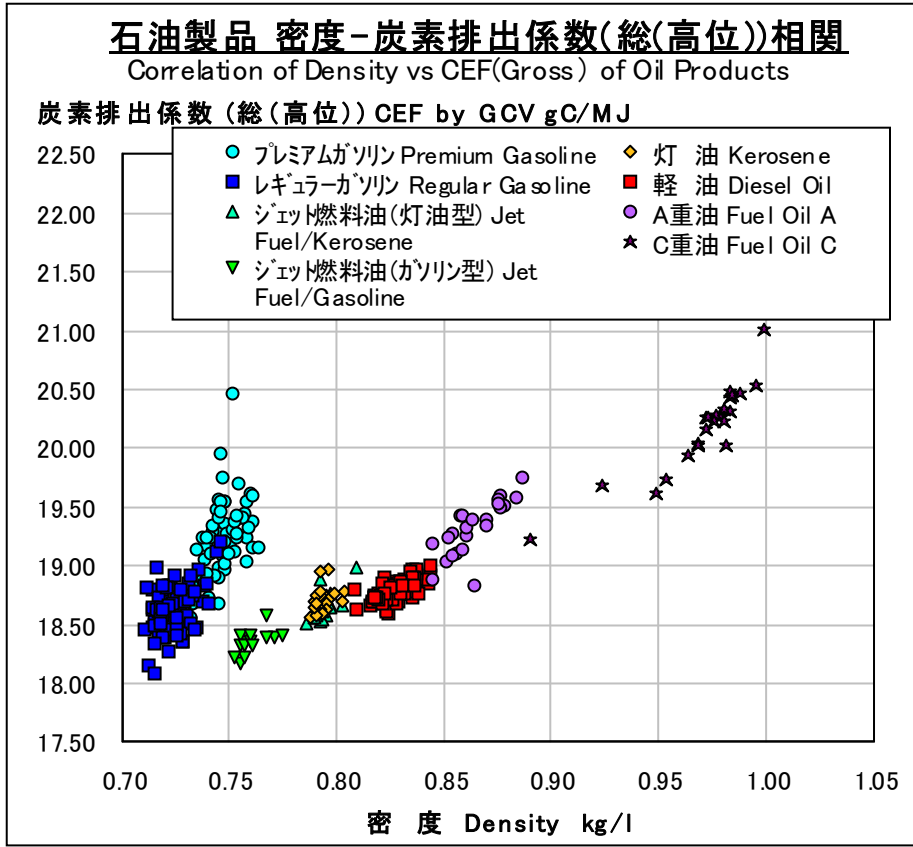
図注) 式4-2-8-2 (体積当), -6 (重量当) による推計値

[図4-2-8-4. 石油製品 密度-真(低位)発熱量相関, 含推計値]

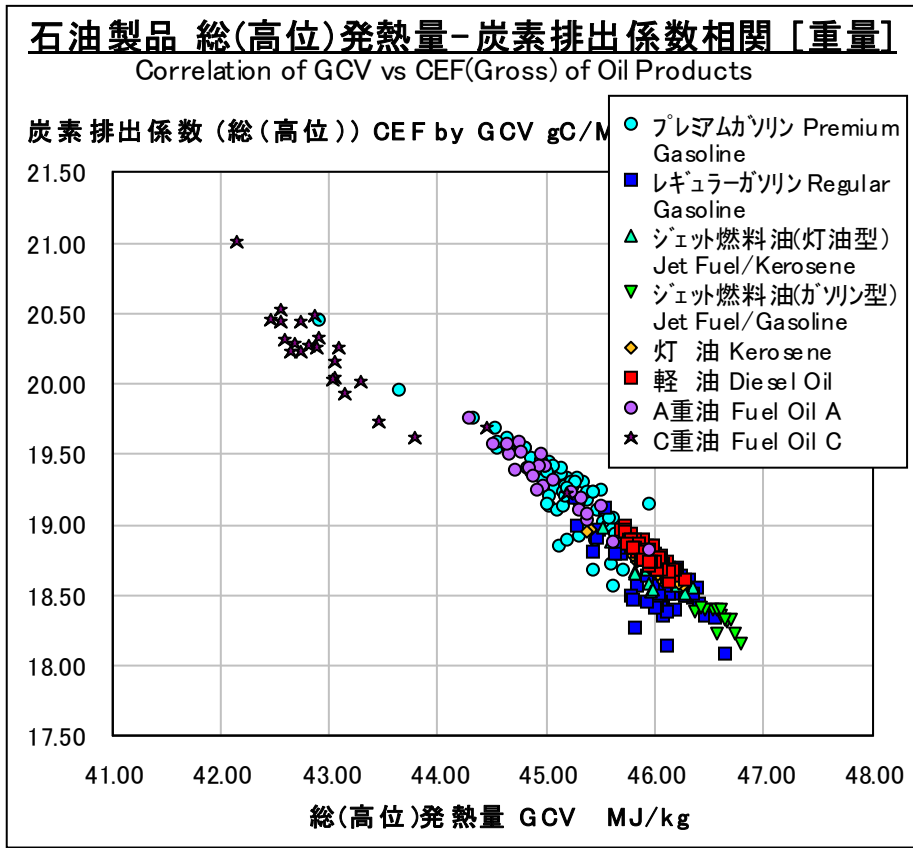


図注) 式4-2-8-11 (体積当), -13 (重量当) による推計値

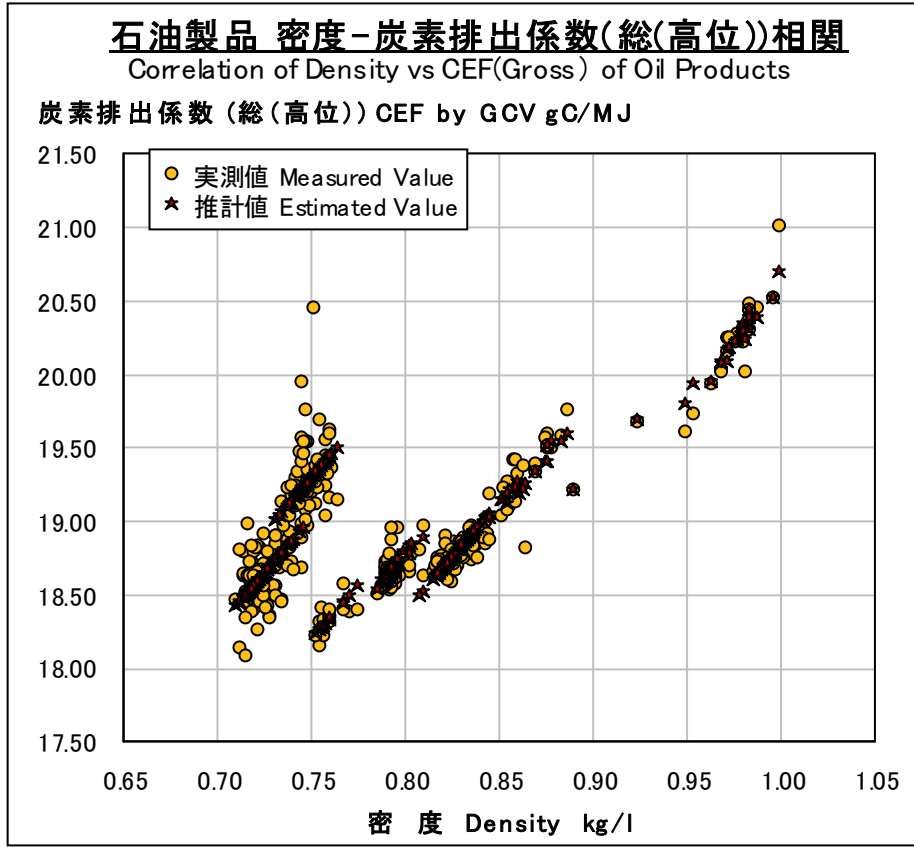
[図4-2-8-5. 石油製品 密度-炭素排出係数(総(高位))相関]



[図4-2-8-6. 石油製品 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量]]

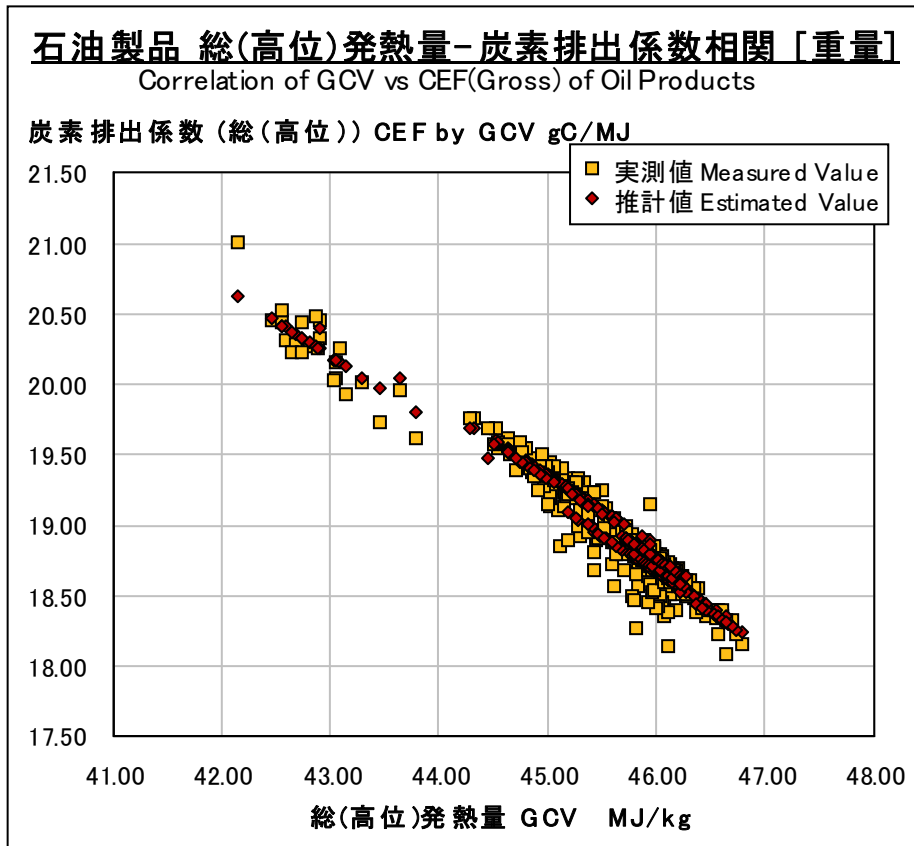


[図4-2-8-7. 石油製品 密度-炭素排出係数(総(高位)) 相関, 含推計値]



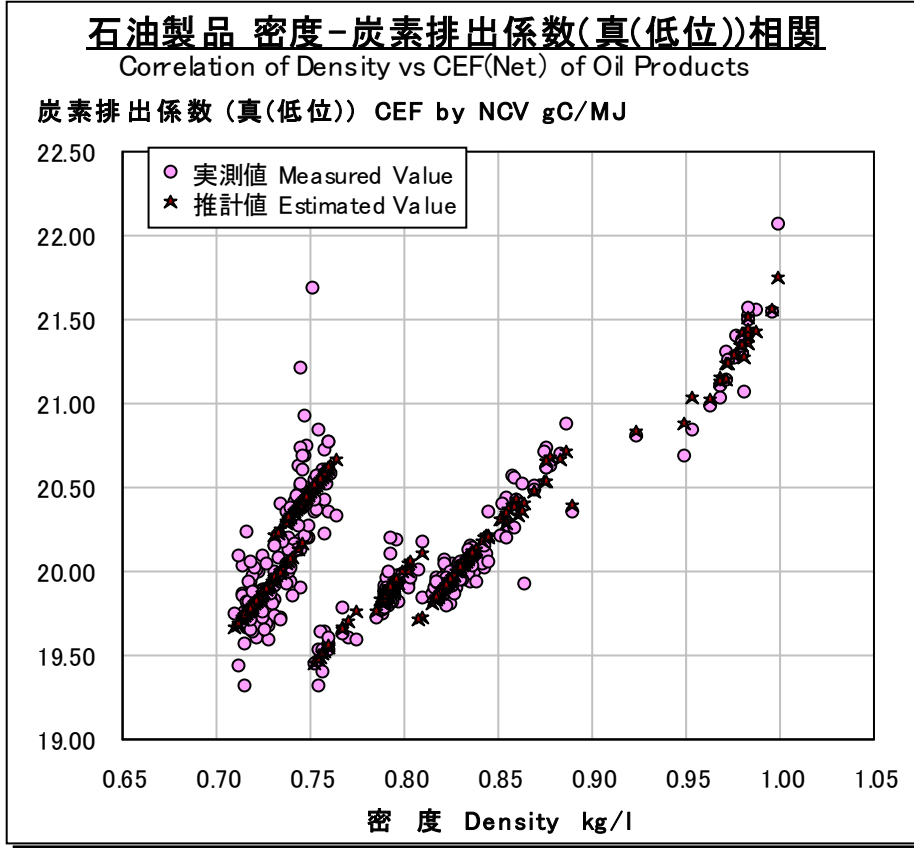
図注) 式 4-2-8-8 による推計値

[図4-2-8-8. 石油製品 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量], 含推計値]



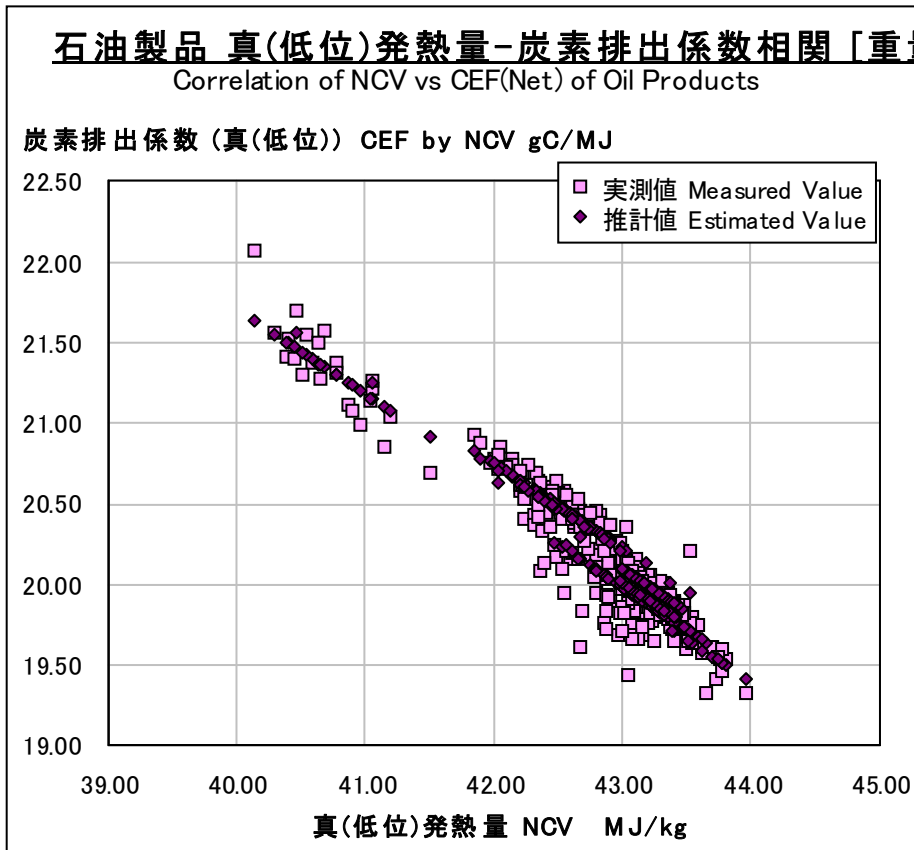
図注) 式 4-2-8-9 による推計値

[図4-2-8-9. 石油製品 密度-炭素排出係数(真(低位))相関, 含推計値]



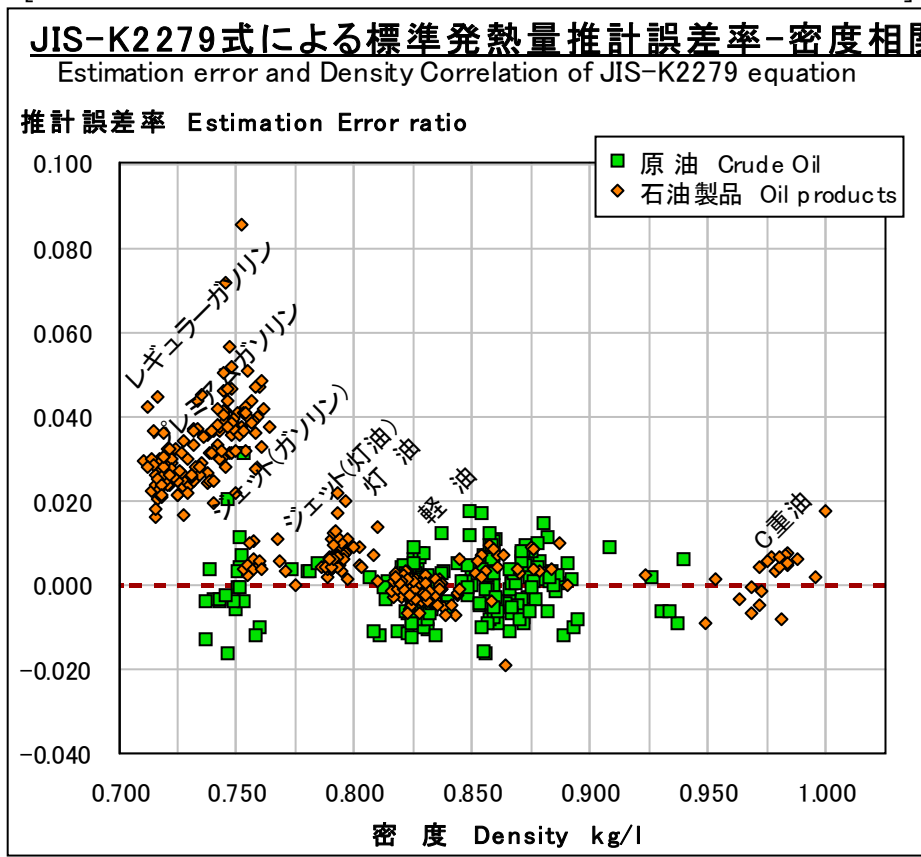
図注) 式 4-2-8-15 による推計値

[図4-2-8-10. 石油製品 真(低位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量], 含推計値]

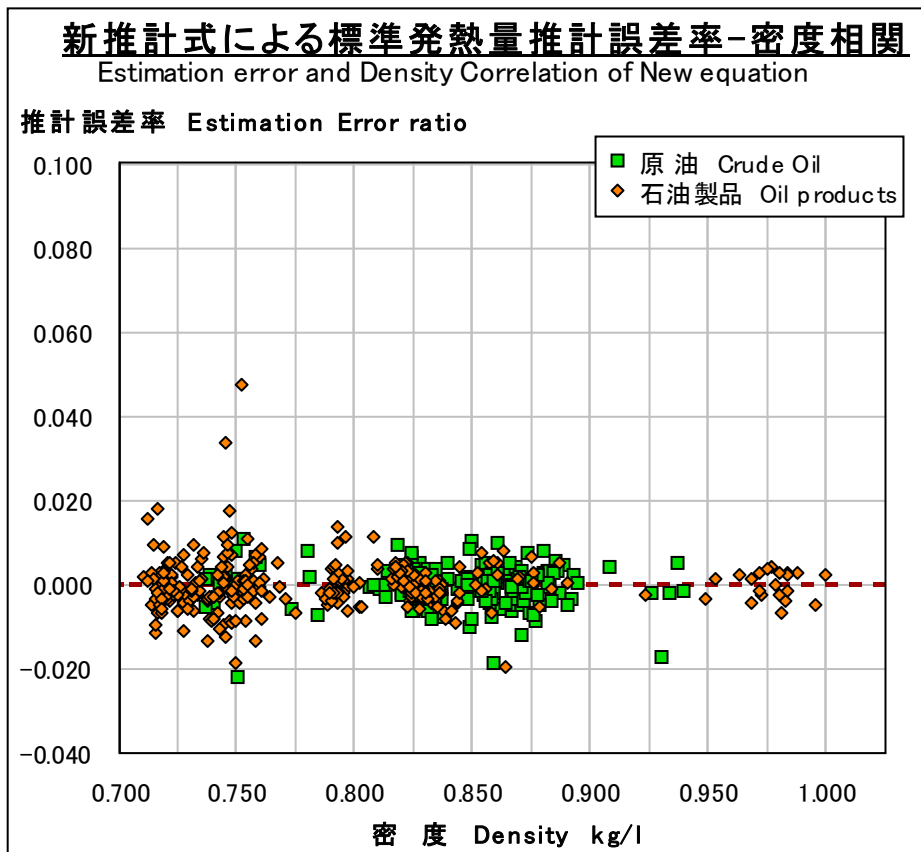


図注) 式 4-2-8-16 による推計値

[図4-2-8-11. JIS-K2279式による標準発熱量推計誤差率-密度相関]

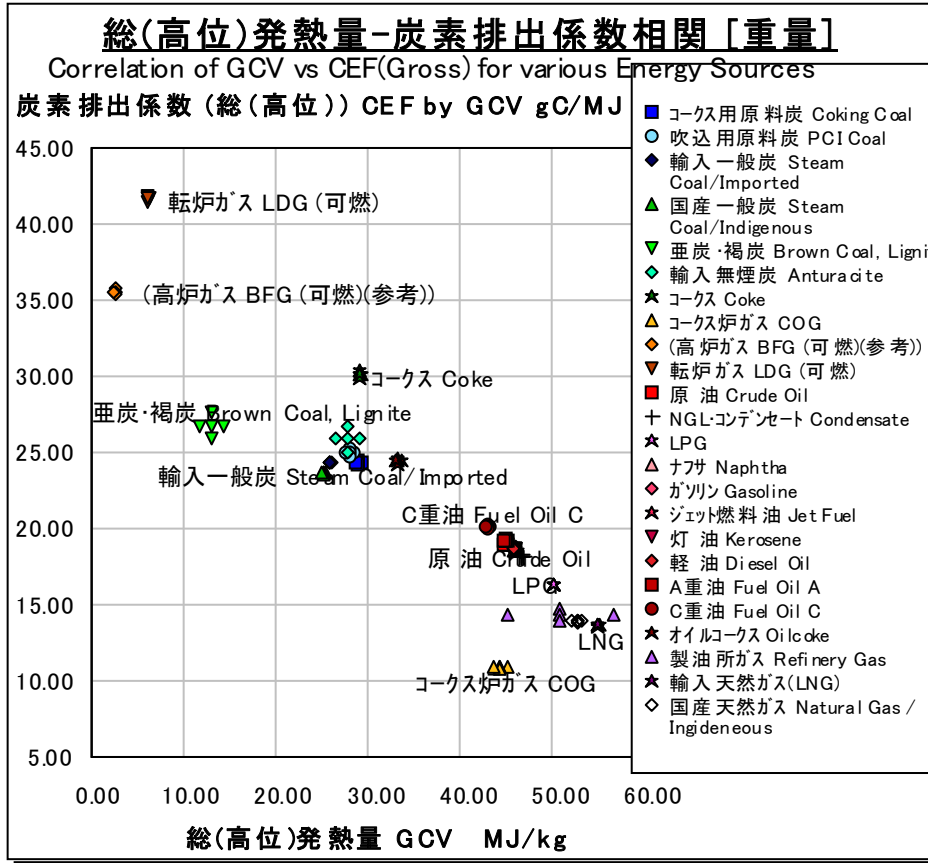


[図4-2-8-12. 新推計式による標準発熱量推計誤差率-密度相関]



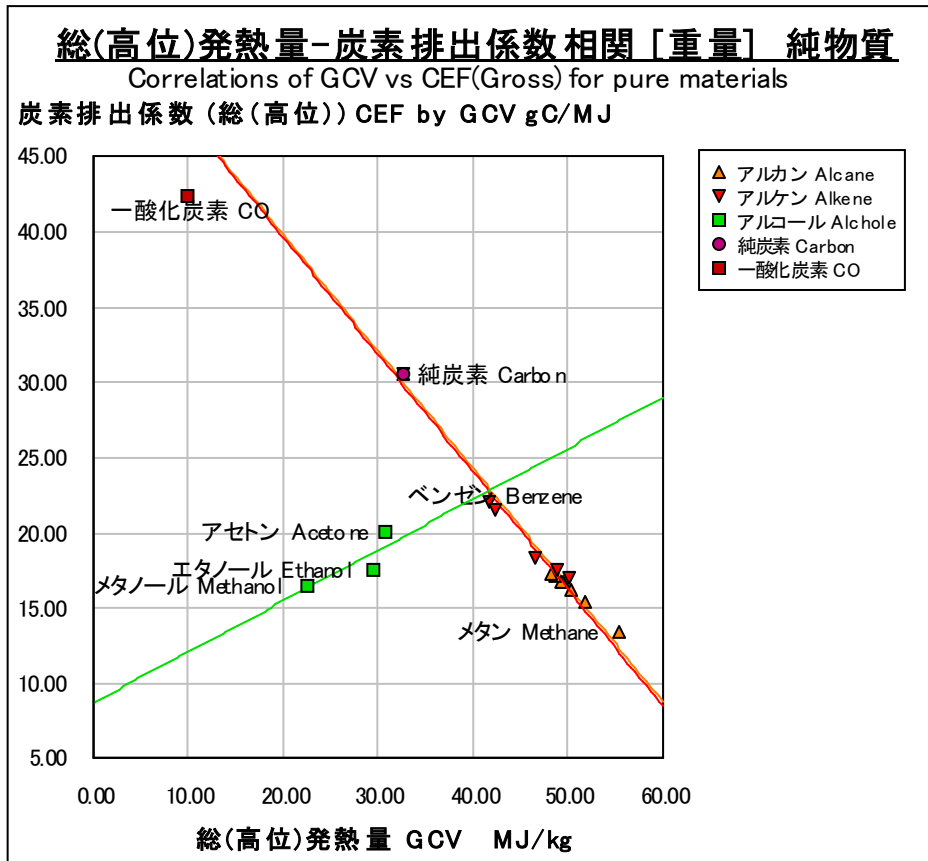
図注) 式 4-1-1-1, 4-2-8-1 による推計値と実測値の差を実測値で除して算定

[図6-2-1-1. 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量] (1) 全体]

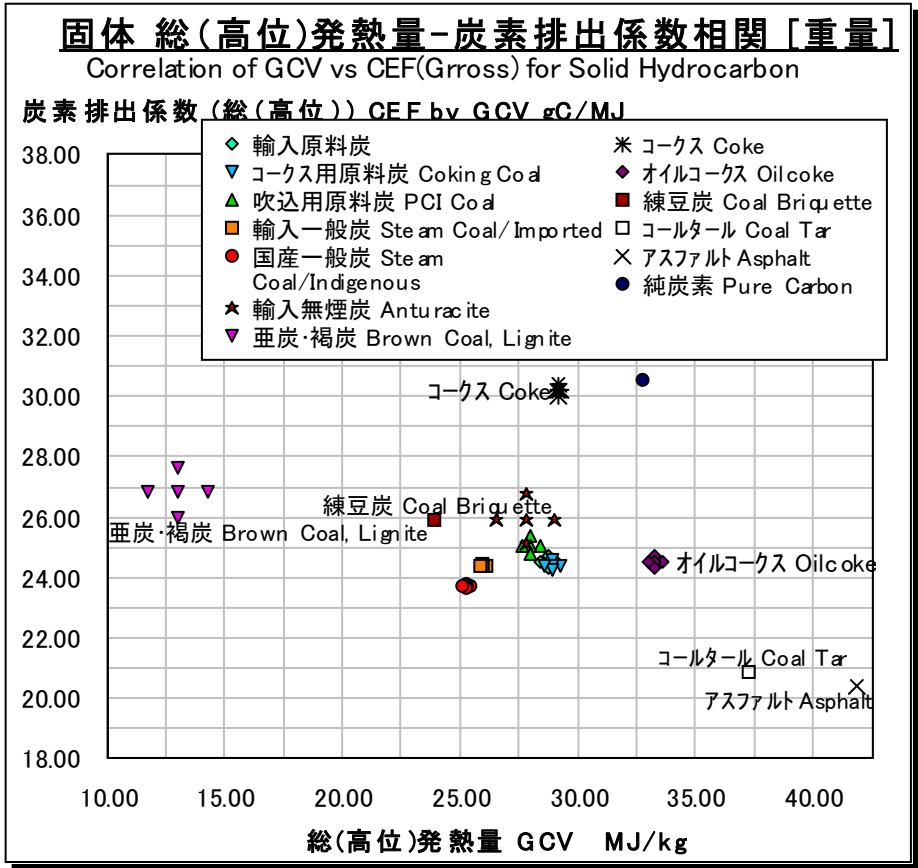


図注) 図中の 5点は総(高位)発熱量信頼区間上限下限, 平均値, 炭素排出係数上限下限を示す, 以下同様

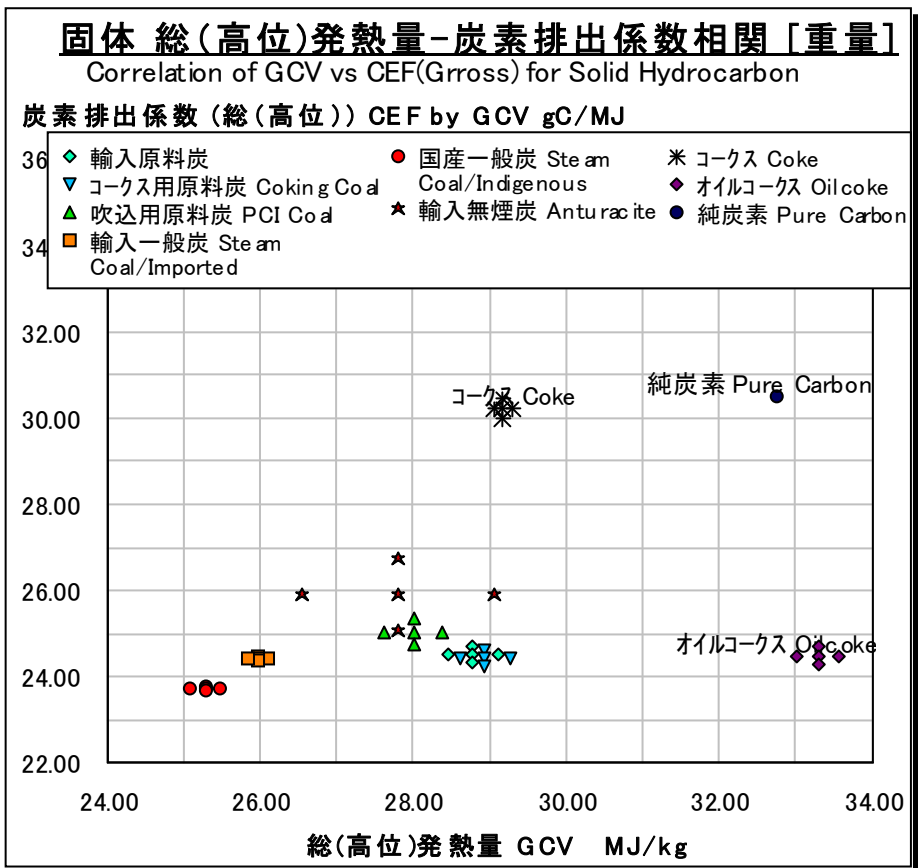
[図6-2-1-2. 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量] (2) 純物質]



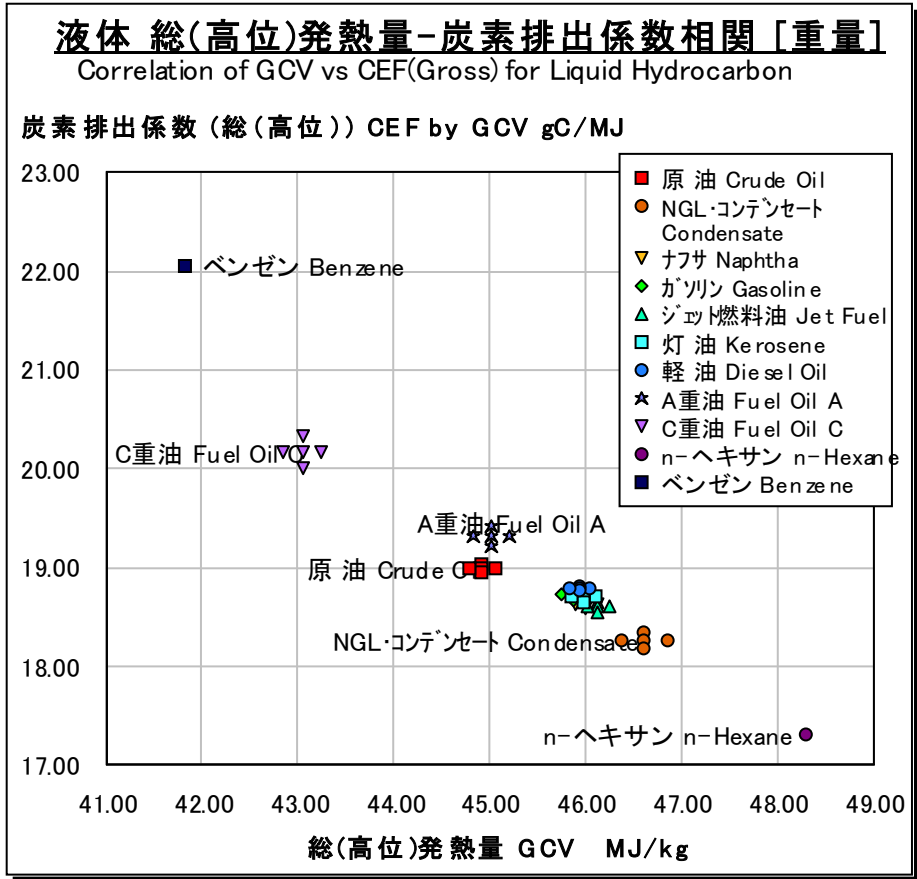
[図6-2-1-3. 固体 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量] (1) 全体]



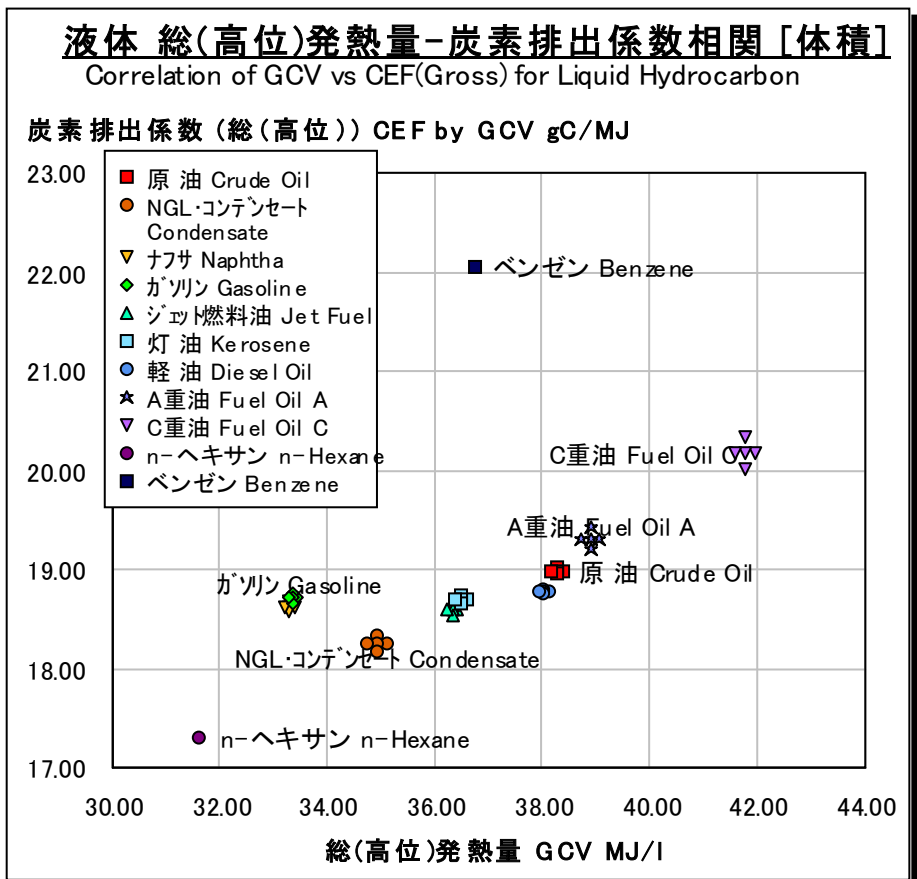
[図6-2-1-4. 固体 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量] (2) 主要部分]



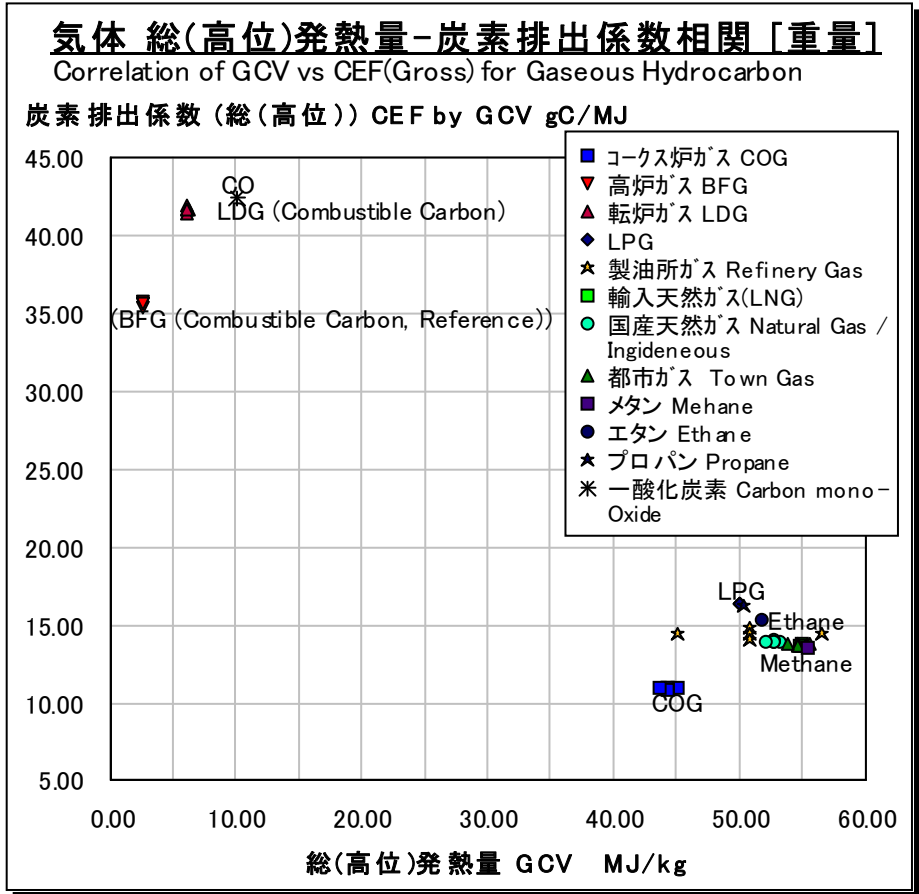
[図6-2-1-5. 液体 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量]]



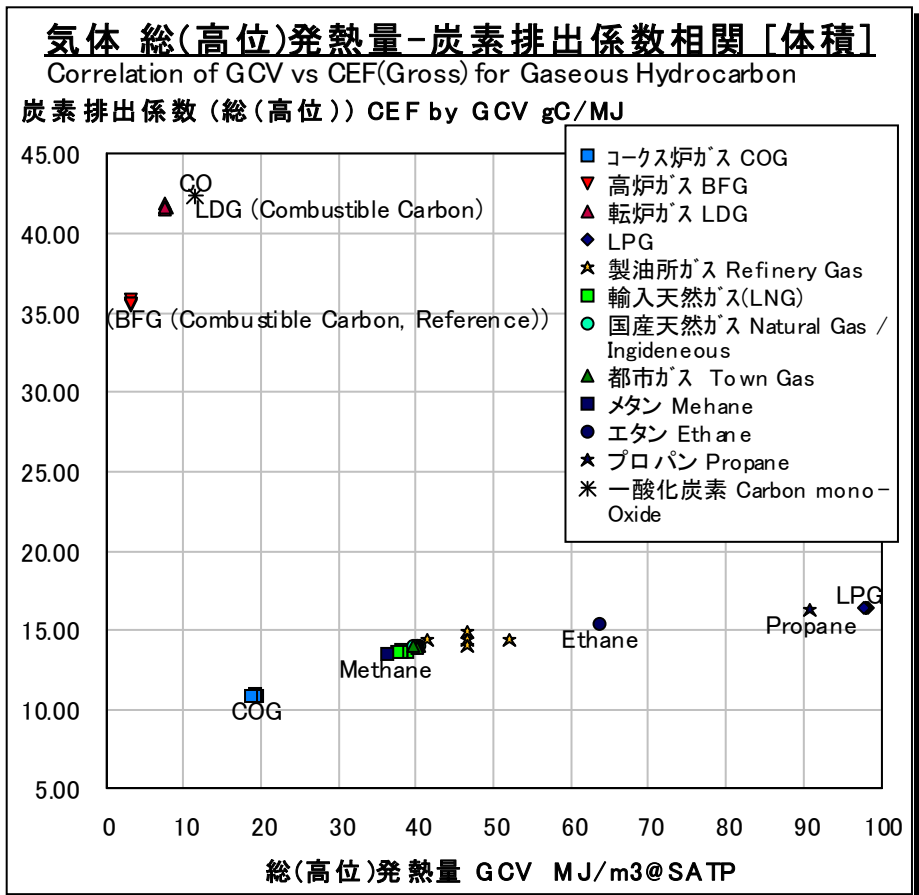
[図6-2-1-6. 液体 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [体積]]



[図6-2-1-7. 気体 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量]]



[図6-2-1-8. 気体 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [体積]]



補 論

補論1. 標準生成エンタルピーからの純物質の発熱量・炭素排出係数の算定について

1. 標準生成エンタルピーと発熱量

1-1. 標準生成エンタルピーとその意味

標準生成エンタルピー(Standard Enthalpy of Formation)とは、標準状態にある 1mol の物質が、同じく標準状態にある炭素・水素などその成分元素の単体から生成する際の反応熱の合計値を示す物理化学定数である。

当該反応熱は温度・圧力の関数であるため状態指定を行うことが必要であり、標準状態として通常 25℃ (298.15K), 10⁵ Pa の「標準環境状態(SATP: Standard Ambient Temperature and Pressure)」が使用される。

標準生成エンタルピーの単位は kJ・mol⁻¹ であり、 $\Delta_f H^\circ$ と表記される。

各種物質の標準環境状態条件での標準生成エンタルピーについては、国立天文台編理科年表各年度版の物理/化学部に収録^{*28}されており、本稿でも当該数値を使用している。

1-2. 標準生成エンタルピーの差からの発熱量推計 - 総(高位)発熱量 及び 真(低位)発熱量

発熱量とは、標準状態にある物質が完全に燃焼反応して燃焼生成物が標準状態に戻った際に放出される燃焼熱のことであり、従って物質の持つ 1mol当発熱量は、その物質と燃焼生成物の標準生成エンタルピーの合計値の燃焼反応前後での差に等しい。

この際、水素の燃焼生成物が水(液体)であるとして算定した結果が総(高位)発熱量、水蒸気(気体)であるとして算定した結果が真(低位)発熱量であり、両者の差は 100℃ の水が水蒸気となる際の潜熱(40.660 kJ/mol @100℃)である。

具体的に、エタノール(C₂H₆O) 1mol が完全燃焼した際には 2mol の二酸化炭素(CO₂) と 3mol の水又は水蒸気(H₂O)が生成することから、各物質の標準生成エンタルピーと分子量を用いてエタノールの標準状態(SATP)での理論的な総(高位)発熱量・真(低位)発熱量は以下のとおり算定される。

同様の手法による各種有機物での算定結果については表補1-1-2. を参照ありたい。

[表補1-1-1. 標準生成エンタルピーを用いたエタノール(C₂H₆O)の理論発熱量の算定]

@SATP	分子量 Mw(g・mol ⁻¹)	標準生成エンタルピー ^o - $\Delta_f H^\circ$ (kJ・mol ⁻¹)
エタノール(C ₂ H ₆ O)	46.068	-277.00
酸素(O ₂)	31.998	0 (単体元素化合物)
二酸化炭素(CO ₂)	44.010	-393.50
水 (液体・H ₂ O)	18.015	-285.83
水蒸気(気体・H ₂ O)	18.015	-245.17 (= -285.83+40.66)
$C_2H_6O + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O + Q$		
$-277.00 + 3*0 = 2*(-393.50) + 3*(-285.83) + \underline{1367.49} \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \text{ (水生成)}$		
$-277.00 + 3*0 = 2*(-393.50) + 3*(-245.17) + \underline{1245.54} \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \text{ (水蒸気生成)}$		

総(高位)発熱量 (GCV) 重量当 29.68 MJ/kg (=1367.49/46.068) 体積当 23.42 MJ/l (d^o=0.789)

真(低位)発熱量 (NCV) 重量当 27.04 MJ/kg (=1245.54/46.068) 体積当 21.33 MJ/l

*28 理科年表においては、標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ$ の他に標準生成ギブスエネルギー $\Delta_f G^\circ$ や標準エントロピー S° が収録されているが、発熱量の推計には標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ$ を使用する。

2. 炭素含有率と炭素排出係数

2-1. 炭素含有率と総(高位)及び真(低位)炭素排出係数

炭素含有率とは、物質に含まれる炭素の重量含有率である。

炭素排出係数は当該物質の固有単位での 1単位量に含まれる炭素を当該量が完全燃焼した際の発熱量で除した値として定義され、炭素含有率を重量当発熱量で除したものに等しい。炭素排出係数の意味は、当該物質 1kg (又は 1l, 1m³@SATP) を完全燃焼させた際に放出される発熱量当での生成二酸化炭素中の炭素量を示すものであり、gC/MJ で表される。

ここで、炭素排出係数においては発熱量の区分に従い、総(高位)及び真(低位)炭素排出係数が存在することに注意が必要である。具体的に、エタノール(C₂H₆O)においては、炭素含有率は 0.521 であるが炭素排出係数は下記のとおり 2通りに算定される。

通常、日本において使用されている発熱量は総(高位)発熱量であり固有単位は経済産業省資源エネルギー庁「標準発熱量表」によりエネルギー源毎に指定されているため、炭素排出係数は当該指定に従うものが使用されている。しかし、IPCC においては重量当の真(低位)発熱量及び炭素排出係数(真(低位))に統一されているなど様々な場合があり得るため、単に炭素排出係数の数値のみが示されている場合には特に注意が必要である。

[表補1-2-1. エタノール(C₂H₆O)の炭素排出係数と総(高位)・真(低位)の差異]

エタノール(C₂H₆O) 炭素含有率 0.521 (= 2*12.01/(2*12.01 + 6*1.008 + 1*15.999))

エタノール	発熱量 (MJ/kg or MJ/l)	炭素排出係数 (gC/MJ)	
総(高位)・重量	29.68 MJ/kg GCV	17.57	
総(高位)・体積	23.42 MJ/l GCV	17.57	> 総(高位) 炭素排出係数 CEF-G
真(低位)・重量	27.04 MJ/kg NCV	19.29	
真(低位)・体積	21.33 MJ/l NCV	19.29	> 真(低位) 炭素排出係数 CEF-N

2-2. 二酸化炭素排出量の算定

二酸化炭素排出量は、物質の消費(燃焼)量と標準発熱量及び炭素排出係数を用い、エネルギー消費量を經由して以下のとおり算定される。

当該結果は、単に当該物質の重量に炭素含有率を乗じたものと同じことであり、純物質についてはいずれの方法でも同じ結果が得られる。しかし、実用上は純物質の二酸化炭素排出量を算定することは稀であり、石炭やC重油など各種の不純物を含んだ混合物について算定を行うこととなるため、必要な補正や換算を行いエネルギー消費量を求めた後でこれに対応する二酸化炭素排出量を算定することとしている。

[式補1-2-1. 標準発熱量・炭素排出係数を用いた二酸化炭素排出量の算定]

$$EC = X * GCV$$

$$CDE = EC * CEF * 3.664$$

CDE	二酸化炭素排出量 (kg)
EC	エネルギー消費量(総(高位)) (MJ)
X	物質の消費(燃焼)量 (kg, l, m ³ @SATP)
GCV	標準発熱量(総(高位)) (MJ/kg or MJ/l or MJ/m ³ @SATP)
CEF	(当該標準発熱量に対応した)炭素排出係数 (gC/MJ)
"3.664"	炭素-二酸化炭素重量換算係数 (= 44.010/12.011, 両者の分子量比)

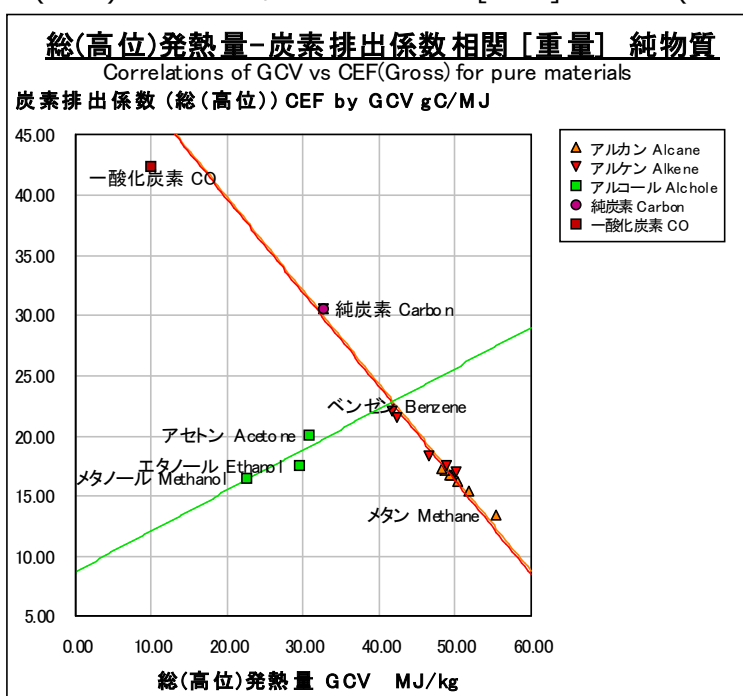
[表補1-1-2. 標準生成エンタルピーを用いて算定した各種有機物の理論発熱量・炭素排出係数]

物質 / 理論値 (単位)	総(高位)発熱量 GCV @SATP			同炭素排出係数 CEF-G	真(低位)発熱量 NCV @SATP			同炭素排出係数 CEF-N
	MJ/kg	MJ/l	MJ/m ³	gC/MJ(Gross)	MJ/kg	MJ/l	MJ/m ³	gC/MJ(Net)
メタン	55.50		36.39	13.49	50.43		33.07	14.85
エタン	51.87		63.76	15.40	47.82		58.77	16.71
プロパン	50.35		90.74	16.23	46.66		84.09	17.51
n-ブタン	49.51		117.62	16.70	46.01		109.31	17.96
i-ブタン	49.36		117.27	16.75	45.86		108.96	18.02
n-ペンタン	48.64		143.44	17.11	45.26		133.47	18.39
n-ヘキサン	48.31	31.63	170.16	17.31	45.01	29.47	158.53	18.58
エチレン	50.30		57.67	17.02	47.40		54.35	18.07
プロピレン	48.92		84.14	17.50	46.02		79.15	18.61
シクロヘキサン	46.58	36.28	160.22	18.38	43.68	34.02	150.25	19.60
ベンゼン	41.83	36.77	133.56	22.05	40.27	35.40	128.57	22.91
トルエン	42.43	36.79	159.81	21.50	40.67	35.26	153.16	22.44
アセトン	30.82	24.38	73.16	20.13	28.72	22.72	68.17	21.60
メタノール	22.68	17.98	29.70	16.53	20.14	15.97	26.37	18.61
エタノール	29.68	23.42	55.89	17.57	27.04	21.33	50.91	19.29
(参考値)								
水素	141.79		11.68	0.00	121.62		10.02	0.00
炭素(不定形)	32.76			30.52	32.76			30.52
一酸化炭素	10.10		11.57	42.44	10.10		11.57	42.44
硫化水素	16.50		22.98	0.00	15.30		21.32	0.00
硫黄	9.26			0.00	9.26			0.00

表注) 各物質の標準生成エンタルピー及び分子量から算定, 算定過程については 補論1. 1-2. 項参照。

表中の空欄は標準環境状態(SATP; 25°C(298.15K) 10⁵Pa)において当該物質が該当する状態(液体・気体)をとらないことを示す。

[図補1-1-1. 総(高位)発熱量-炭素排出係数相関 [重量] 純物質 (本論 図6-2-1-2)]



補論2. 新たに算定した発熱量・炭素排出係数の現行標準値・IPCCガイドライン値との比較・検証手法について

1. 比較・検証の基本的考え方と結果解釈

1-1. 95%信頼区間を用いた比較・検証の考え方

n個の試料からなる統計試料が平均値 $\bar{\mu}$ 、標準偏差 $\bar{\sigma}$ で分布しており、かつ当該試料の分布が正規性検定で棄却されず正規分布と見なせる場合において、当該試料の平均値 $\bar{\mu}$ の 95%信頼区間の上限・下限値は標準誤差 $\bar{\sigma} * n^{-0.5}$ と t分布の臨界値 $t_{0.05}$ を用いて下記のとおり算定できる。

$$\begin{aligned} 95\% \text{信頼区間上限} & \quad \bar{\mu} + t_{0.05} * \bar{\sigma} * n^{-0.5} \\ 95\% \text{信頼区間下限} & \quad \bar{\mu} - t_{0.05} * \bar{\sigma} * n^{-0.5} \\ t_{0.05} = \text{tinv}(0.05, n-1); \quad n \rightarrow \infty & \Rightarrow t_{0.05} = 1.960 \end{aligned}$$

当該 95%信頼区間上限・下限の意味は、試料から算定された平均値 $\bar{\mu}$ と誤差から見て母集団の本当の平均値 μ がとり得る値の範囲を推定していることに相当する。

従って、本稿において算定した新たな標準発熱量・炭素排出係数を $\bar{\mu}$ と見なせば、参照すべき発熱量・炭素排出係数の値が新たな標準発熱量・炭素排出係数の 95%信頼区間内にあるか否か、仮に区間外にある場合にどの程度外れているかなどを比較・確認することにより、ある程度の精度で新たな標準発熱量・炭素排出係数及び参照すべき発熱量・炭素排出係数の妥当性・整合性を検証することができる。

1-2. 95%信頼区間を用いた比較・検証における留意点

当該比較・検証においては、特に気体・液体について現行の標準発熱量及び炭素排出係数と新たな総(高位)発熱量及び対応する炭素排出係数では基準とする温度・圧力が異なっており、当該温度・圧力の差異に基づく乖離を考慮した評価とするか、あるいは可能であれば現行標準値側に適切な補正を行った上で比較・検証することが必要である。

1-3. 比較・検証において大きな乖離が認められた場合の結果解釈

当該比較・検証において、現行の標準発熱量及び炭素排出係数や IPCC 2006年改訂ガイドライン値の方が新たに算定した標準発熱量・炭素排出係数よりも本当の値に近い保障はないため、比較の結果大きな乖離があっても現行標準値と新たな算定値の「いずれか又は両方が妥当でない」可能性が示されているに過ぎないことに注意が必要である。

但し、少なくとも新たに算定した標準発熱量・炭素排出係数が、現行の標準発熱量・炭素排出係数と IPCC2006年改訂ガイドライン値の両方に対して過大側又は過小側の同一方向に大きく乖離している場合には、何らかの正当な理由がない限りは当該新たに算定した標準発熱量・炭素排出係数が妥当でない可能性が高いものと考えられる。

2. 総(高位)発熱量及び対応炭素排出係数

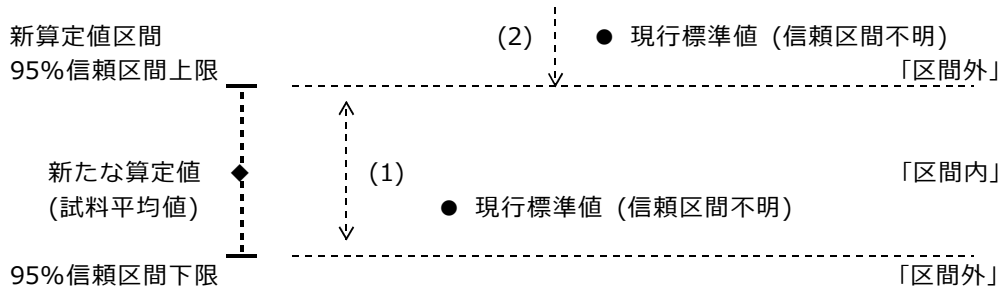
2-1. 総(高位)発熱量及び対応炭素排出係数と現行標準値の比較・検証

本稿において算定した新たな総(高位)発熱量及び対応する炭素排出係数については、それぞれ現行の標準発熱量・実質発熱量及び炭素排出係数と対応するものである。これら現行標準値についての 95%信頼区間は得られないため、現行標準値が新たな算定値の 95%信頼区間の上限・下限の範囲内にあるか否かを比較・検証する。

基本的に、現行標準値が新たな総(高位)発熱量及び対応する炭素排出係数の 95%信頼区間内にある場合には、両者は同等と見なすことができ かつ いずれの値もほぼ妥当

である可能性が高いものと考えられる。

[図補2-2-1. 総(高位)発熱量及び対応炭素排出係数と現行標準値の比較・検証の概念図]



- (1) 現行標準値が新たな算定値の 95%信頼区間内: いずれの値もほぼ妥当である可能性大
- (2) 現行標準値が新たな算定値の 95%信頼区間を外れている場合: いずれかの値が妥当でない可能性有

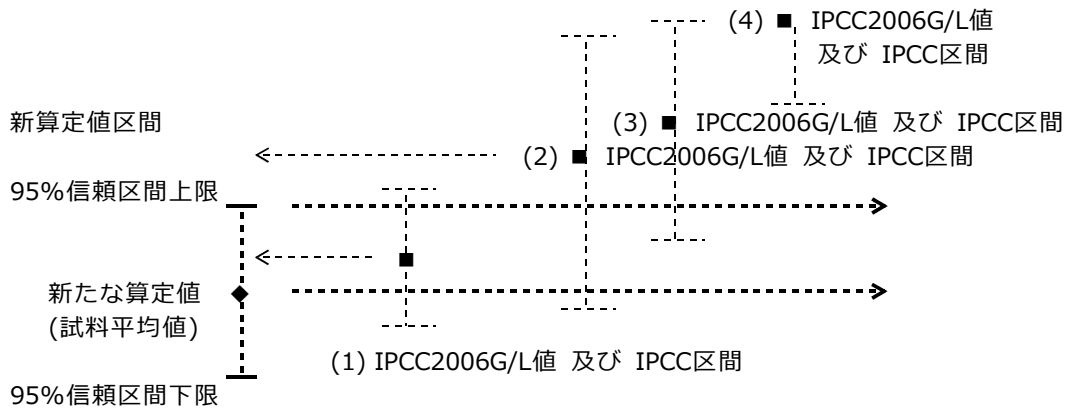
3. 真(低位)発熱量及び対応炭素排出係数

3-1. 真(低位)発熱量及び対応炭素排出係数とIPCC2006改訂ガイドライン値の比較・検証

本稿において算定した新たな真(低位)発熱量及び対応する炭素排出係数については、それぞれ IPCC2006年度改訂ガイドラインの値に対応するものである。IPCC 2006年改訂ガイドラインにおいては、主要なエネルギー源の大部分について 95%信頼区間が示されているため、IPCC 2006年改訂ガイドライン値と新たに算定した値が互いの 95%信頼区間の上限・下限の範囲内にあるか否か、95%信頼区間の重複があるか否かを比較・検証する。

基本的に、両者の値が互いの 95%信頼区間内にある場合など 95%信頼区間の大部分が重複している場合には、両者は同等と見なすことができ かつ いずれの値もほぼ妥当である可能性が高いものと考えられる。

[図補2-3-1. 真(低位)発熱量及び炭素排出係数とIPCC2006年改訂G/L値の比較・検証概念図]



- (1) IPCC2006G/L値と新たな算定値が互いの 95%信頼区間内: いずれの値もほぼ妥当である可能性大
→ IPCC区間 区間内, 新算定値区間 区間内
- (2) IPCC2006G/L値と新たな算定値の片方が 95%信頼区間内: いずれの値も妥当である可能性あり
→ IPCC区間 区間内, 新算定値区間 区間外 又は IPCC区間 区間外, 新算定値区間 区間内
- (3) いずれの値も 95%信頼区間外であるが信頼区間の重複有: いずれかの値が妥当でない可能性あり
→ IPCC区間 区間外, 新算定値区間 区間外, 区間重複有
- (4) いずれの値も 95%信頼区間外であり信頼区間の重複なし: いずれかの値が妥当でない可能性大
→ IPCC区間 区間外, 新算定値区間 区間外, 区間重複なし

補論3. 石炭の分類と乾炭・湿炭など測定基準の定義・相違点について

1. 石炭の分類(JIS-M1002)

1-1. 日本工業標準における石炭の分類

日本工業標準(JIS) M-1002 (1978) に定められた石炭の分類においては、石炭の無水無灰基準による発熱量、成分組成に基づく燃料比、粘結性の有無により石炭を 4種の大区分(A, B・C, D・E, F)と 9種の細区分(A1~F2)に分類している。

無水無灰基準による発熱量とは石炭から全ての水分と灰分を除いた部分の 1kg が発生する熱量(MJ)である。当該発熱量が総(高位)発熱量か真(低位)発熱量かは記載されていないが理由は不明である。

燃料比とは、石炭の成分組成のうち固定炭素分を揮発分で除した比率であり、工業分析により測定された固定炭素分・揮発分から算定される。

粘結性とは、石炭を強熱した際に溶解・流動して塊状に固結する性質であり、主として製鉄用原料炭としての適性を判断するために使用される。

[表補3-1-1. JIS-M1002 における石炭の分類(抄)]

	発熱量(補正無水無灰基)	燃料比	粘結性
無煙炭 A	A ---	4.0以上	非粘結
瀝青炭 B,C	B 35.16 MJ/kg以上	1.5以上	強粘結
	C 33.91~35.16	--	粘結
亜瀝青炭 D,E	D 32.65~33.91	--	弱粘結
	E 30.56~32.65	--	非粘結
褐炭 F	F 30.56 MJ/kg未満	--	非粘結

1-2. 標準発熱量・炭素排出係数における石炭の分類

標準発熱量・炭素排出係数においては、上記石炭の分類のうち他の炭種と著しく性状が異なる無煙炭と褐炭(亜炭・褐炭)については分類の考え方を踏襲している。

一方、瀝青炭・亜瀝青炭などについては発熱量を分類に用いることは自己循環定義となってしまうため、用途・産状分類によりコークス用原料炭・吹込用原料炭・輸入一般炭・国産一般炭に分類した上で発熱量・炭素排出係数を定めている。

2. 石炭の測定基準

2-1. 石炭の測定基準

石炭の測定基準としては、日本工業標準(JIS) M-8810 (1994) において湿炭、乾炭、無水、無水無灰、純炭の 5種類が定められている。

湿炭とは、石炭の固定炭素分・揮発分・灰分・全水分(付着水分・包蔵水分)を合計した状態に相当し、「湿炭(有水・有灰)」「到着(ベース)」「ぬれた到着炭」「ar; as received」などと呼称され、商取引において多用される測定基準である。

乾炭とは、JIS-M8812(気乾試料の調整方法) に従い乾燥させて湿炭から付着水分を除いた状態であり、固定炭素分・揮発分・灰分・包蔵水分を合計した状態に相当し、「気乾(ベース)」「風乾(ベース)」「乾炭(有水・有灰)」「ad; as dried, air dried, air dry」などと呼称され、工業分析において使用される測定基準である。

無水とは、乾炭から包蔵水分を測定・計算で除いた状態であり、固定炭素分・揮発分・

灰分を合計した状態に相当し、「無水ベース」「d: dry」と呼称され、元素分析において使用される測定基準である。

無水無灰とは、乾炭から包蔵水分・灰分を測定・計算で除いた状態であり、固定炭素分・揮発分を合計した状態に相当し、「無水無灰ベース」「無水無未燃物ベース」「daf; dry and ash free」と呼称される場合がある。

純炭とは、乾炭から包蔵水分・鉱物質分を測定・計算で除いた状態であり、固定炭素分・揮発分(鉱物質を含まない)を合計した状態に相当し、「dmmf; dry mineral matter free」と呼称される場合がある。

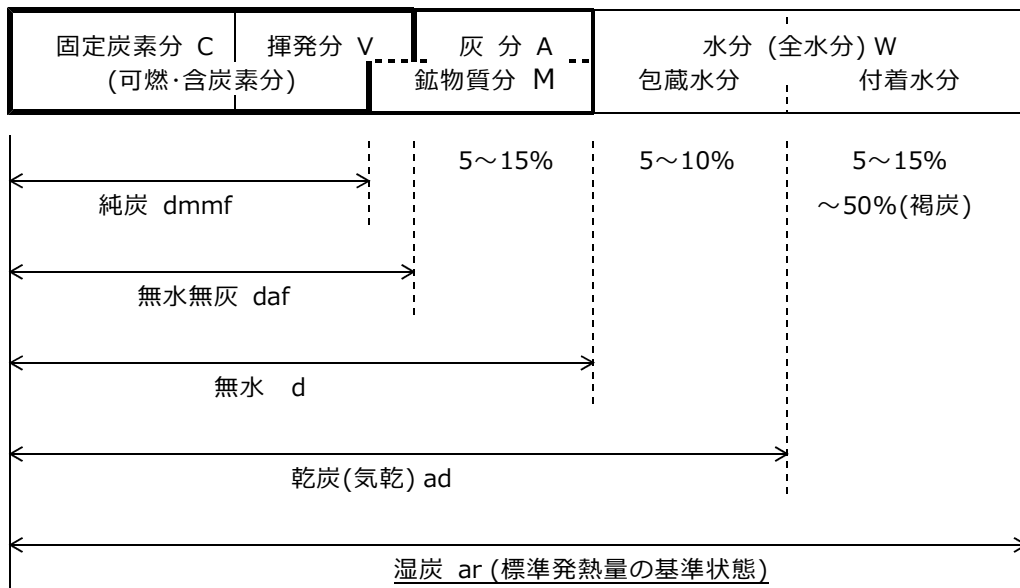
他にバイオマスや建築分野では 105±5℃で蒸発水分がなくなるまで乾燥させた「絶乾(bd: bone dry)」状態、米国ASTM(D-388, 1998)では乾炭から鉱物質分を除いた「有水純炭状態(mmmf; moist mineral matter free)」などが用いられている。

2-2. 測定基準と発熱量

石炭の化学組成のうち可燃分は固定炭素分と揮発分の一部であり、従って灰分・水分を多く含んだ測定基準で測定する程発熱量は小さくなるため、湿炭基準が最も小さな発熱量となる。特に真(低位)発熱量は水分による潜熱の影響を大きく受けるため、湿炭基準と無水基準の発熱量の差異は総(高位)発熱量に比べ相対的に大きくなる。

一方、灰分・水分は炭素も可燃分も含まないので炭素排出係数はどの基準でも同じである。

[図補3-2-1. 石炭の測定基準と化学組成から見た対象範囲の相違]



図注) 図は概念図であり厳密な定義については日本工業標準(JIS)の該当項目を参照。数値は乾炭基準であるが、包蔵水分については乾燥手法如何に結果が依存することに注意。

2-3. 標準発熱量・炭素排出係数における石炭の測定基準

標準発熱量・炭素排出係数においては、日本貿易統計や各種エネルギー統計における石炭の需給量が湿炭を基準としていることから、湿炭を測定基準として総(高位)発熱量及びこれに対応する炭素排出係数を算定している。

英語表記する場合 Gross and As Received; GAR が測定基準である。

補論4. 高炉ガス・転炉ガスにおける炭素排出係数算定の特例について

1. 高炉ガス・転炉ガスの発生過程とその特性 (図補4-1-1. 参照)

1-1. 高炉ガス

高炉ガスとは、鉄鋼プロセスのうち高炉における製鉄過程で副生するガスであり、高炉に投入されたコークス及び吹込用原料炭が部分酸化により鉄鉱石を還元する際に回収されるガスである。

高炉においては、炉頂部からコークスと焼結鉱が投入され、炉底部から吹込用原料炭と高温高圧空気が吹込まれて操業されるが、炉内においては炉頂部からのコークス由来の赤熱炭素と炉底部からの吹込用原料炭由来の一酸化炭素が焼結鉱中の酸化鉄を銑鉄に還元していることが知られている。

高炉ガスは、当該還元において余剰となった炭素分が一酸化炭素や二酸化炭素となり高温高圧空気に由来する窒素とともに炉頂部から回収されたものであり、その成分は窒素が約50%、一酸化炭素・二酸化炭素がそれぞれ約20~25%を占める。

高炉ガスは製鉄所内のエネルギー源として汎用燃料に利用される他、製鉄所内の火力発電所に送られ発電用燃料として使用されている。

高炉に投入されたコークス及び吹込用原料炭に由来する炭素の一部は、銑鉄中に3~5%溶解した状態で製鋼過程に送られ、その大部分は転炉において転炉ガスに転換される。

1-2. 転炉ガス

転炉ガスとは、鉄鋼プロセスのうち転炉における製鋼過程で副生するガスであり、銑鉄中に含まれる余剰の炭素が酸素吹込により除去される際に回収されるガスである。

転炉における製鋼工程は、溶解した銑鉄に酸素吹込(吹錬という)を行うことにより脱炭・加熱し、炭素分5.0~3.0%の銑鉄を2.1~0.02%の粗鋼にする工程である。

転炉ガスは当該銑鉄中の炭素が吹錬の酸素により一酸化炭素・二酸化炭素として除去されて回収されるものであり、その成分は一酸化炭素が約65%、二酸化炭素・窒素がそれぞれ約20%弱である。

転炉ガスは高炉ガス同様製鉄所内のエネルギー源として汎用燃料に利用される他、製鉄所内の火力発電所に送られ発電用燃料として使用されている。

高炉と異なり、転炉においては炉自体には何のエネルギー源も投入されず、銑鉄中の炭素と吹込まれた酸素の反応熱のみで工程の操業が維持される点が特徴である。

2. 高炉ガス・転炉ガスに関する炭素排出係数算定上の論点と3通りの算定方法

2-1. 高炉ガス・転炉ガスの炭素排出係数算定上の論点

高炉ガス・転炉ガスにおける炭素排出係数算定上の論点は、「鉄鋼プロセスからの副生ガス(高炉ガス・転炉ガス)において、最初からこれらの副生ガスに含まれている二酸化炭素やその前駆体である一酸化炭素に由来する排出をそもそも誰の排出として扱うべきか?」という点である。

当該問題への対処の考え方に従い、総炭素法・可燃炭素法・エネルギー消費量按分法の3通りの炭素排出係数の算定方法が成立つ。

2-2. 総炭素法

総炭素法とは、副生ガスに最初から含まれている二酸化炭素を始めその一切を最終使用者の排出として取扱う、という考え方に立った炭素排出係数の算定方法である。

総炭素法では、例えば副生ガスが鉄鋼会社から電気事業者に転売され発電に使用された場合、副生ガスに最初から含まれている分を含めて全部の二酸化炭素が電気事業者の排出として扱われることとなる。

総炭素法の利点としては、副生ガスの炭素分と数量さえ判明すれば簡単に算定ができるため、算定制度としては非常に単純明快であるという点が挙げられる。

当該利点から、国連気候変動枠組条約排出量目録(UNFCCC-GHGs Inventory)や IPCCの各種算定方法ガイドラインなどは全て総炭素法を前提としている^{*29}。

総炭素法の欠点としては、上記の例では電気事業者など最終使用者が自らは排出に関与し得ない「最初から含まれている二酸化炭素」などを排出寄与として計上され実質的な排出者である鉄鋼会社が一切の排出寄与の計上を免れる点が挙げられる。逆に高炉での新規設備投資で排出が減ってもそれは電気事業者の排出削減として計上されてしまう。

2-3. 可燃炭素法

可燃炭素法とは、副生ガスに最初から含まれている二酸化炭素についてはその初期使用者の排出として取扱い、可燃分(一酸化炭素・残留炭化水素)についてのみ最終使用者の排出とする、という考え方に立った算定方法である。

可燃炭素法では、例えば副生ガスが鉄鋼会社から電気事業者に転売され発電に使用された場合、副生ガスに最初から含まれている分の二酸化炭素は鉄鋼会社の排出とされ、副生ガス中の可燃分に起因する排出は電気事業者の排出として扱われる。

可燃炭素法の利点としては、電気事業者など最終使用者は副生ガスの燃焼エネルギーで利得を得た分のみ排出寄与が算定され、鉄鋼会社など初期使用者も自らが実質的に排出した二酸化炭素分については排出寄与が算定される点にある。

可燃炭素法の欠点としては、副生ガス中の二酸化炭素を区分算定して排出寄与を帰属させる必要があるため、総炭素法に比べて算定に必要な統計調査項目が多くなり算定が複雑になる点が挙げられる。

また、二酸化炭素の前駆体である一酸化炭素については、鉄鋼会社など初期使用者がその部分燃焼の際にエネルギーの利得を得ているにもかかわらず直接的に二酸化炭素を生成しないため、依然としてその全部が電気事業者など最終使用者の排出寄与として計上される点も指摘できる。

2-4. エネルギー消費量按分法

エネルギー消費量按分法とは、副生ガスに最初から含まれる二酸化炭素やその前駆体である一酸化炭素を含め、副生ガスの原料として初期投入されたエネルギー源に含まれる炭素量を、初期使用者のエネルギー消費量と最終使用者のエネルギー消費量で按分してそれぞれが排出したものと見なす、という考え方に立った算定方法である。

エネルギー消費量按分法では、例えば副生ガスが鉄鋼会社から電気事業者に転売され発電に使用された場合、当該副生ガスが生成する際の原料であるエネルギー源(コーク

*29 同様に、電力・熱に関する排出についても、UNFCCC・IPCCでは発電・発熱事業者に全ての排出寄与が計上されているが、日本の地球温暖化防止法では「他人から供給を受けた電力・熱については消費者の排出と見なす」旨が第2条第4項に明記されており、本問題同様に間接的な排出寄与についての算定の基本的な考え方が異なっているところである。

ス・吹込用原料炭など)中の炭素量が、鉄鋼会社と電気事業者の当該副生ガスを含めたエネルギー消費量の比で按分されそれぞれが一部分を排出したものと扱われる。

エネルギー消費量按分法の利点としては、可燃炭素法の利点に加えて前駆体である一酸化炭素分についてもエネルギー消費量に応じて最終使用者・初期使用者に排出寄与が割振られて計上されるという点が挙げられる。

エネルギー消費量按分法の欠点としては、可燃炭素法より更に算定に必要な統計調査項目が多くなり鉄鋼プロセス自体を算定の対象に含める必要があるため算定が極めて複雑になる点や、実際の炭素挙動と排出寄与が大幅に乖離する点などが挙げられる。

3. 高炉ガス・転炉ガスなどに関する炭素排出係数の算定方法とその具体的適用

3-1. 高炉ガスの炭素排出係数

高炉ガスに関する炭素排出係数としては、従来より「エネルギー消費量按分法」を適用し毎年度総合エネルギー統計上のエネルギー需給量から炭素排出係数を計算している。

高炉ガスについては、高炉に投入されたコークス及び吹込用原料炭から高炉ガスが生成するため、以下の手順で高炉のエネルギー・炭素収支から炭素排出係数を算定する。

- 1) 高炉ガスの成分組成・物性値から総(高位)発熱量を算定し、高炉ガスの年間総発生エネルギー量を算定する。
- 2) 高炉へのコークス・吹込用原料炭の投入比率から、1) での高炉ガスの年間総発生エネルギー量の生成に直接的に要したコークス・吹込用原料炭の量を推計する。
- 3) 2) での高炉ガスの生成に直接的に要したコークス・吹込用原料炭中に含まれる炭素量を算定し、これを高炉ガスの年間総発生エネルギー量で除して高炉ガスの炭素排出係数を算定する。

総合エネルギー統計においては、二重計算防止のため、上記高炉ガスの総発生エネルギー量の生成に直接的に要したコークス・吹込用原料炭のエネルギー・炭素量は高炉での消費・排出から控除され、それ以外の投入分は全て高炉での消費・排出として計上される。つまり高炉ガスに含まれる二酸化炭素は発生エネルギー量が 0 であるため全て高炉での消費・排出と見なされ、前駆体である一酸化炭素は相当するコークス・吹込用原料炭が発生エネルギー量で按分されて高炉と発電所での消費・排出として算定される。

3-2. 転炉ガスの炭素排出係数

転炉ガスに関する炭素排出係数としては、従来より「可燃炭素法」を適用した計算値を用いている。

転炉ガスについても、本来は高炉ガス同様「エネルギー消費量按分法」を用いるべきであるが、転炉においては高炉と異なり直接のエネルギー源の投入が存在しないこと、銑鉄や粗鋼・屑鉄中の炭素分についてエネルギー・炭素収支を計量することが非常に困難であることから、エネルギー・炭素収支に基づく「エネルギー消費量按分法」の適用ができないため、止むを得ず従来から「可燃炭素法」を用いている。

具体的には、転炉ガスの成分組成・物性値から二酸化炭素を除いた成分について総(高位)発熱量と固有単位量当炭素含有量を算定し、当該炭素含有量を総(高位)発熱量で除して炭素排出係数を算定する。

総合エネルギー統計においては、二重計算防止のため、転炉ガスの年間総発生エネルギー量・炭素量を算定し、高炉へのコークス・吹込用原料炭の投入比率から当該転炉ガス

の年間総発生エネルギー量・炭素量の生成に直接的に要したコークス・吹込用原料炭の量をそれぞれ推計し、高炉でのエネルギー消費・炭素排出量から控除している。

3-3. コークス炉ガス・製油所ガスの炭素排出係数（参考）

コークス炉ガス・製油所ガスに関する炭素排出係数としては、従来より「総炭素法」を使用した計算値を用いている。

総炭素法を使用する理由は、下記のとおり高炉ガス・転炉ガスと異なりこれらの副生ガスでは一酸化炭素・二酸化炭素の成分組成が相対的に少なく、わざわざ可燃炭素法やエネルギー消費量按分法を適用して複数の部門間での複雑な寄与計算を行う実益に乏しいためである。

- コークス炉ガス・製油所ガスは、高炉ガス・転炉ガスと異なり還元や加熱といったエネルギー利用を目的としない転換プロセスからの副生ガスであること
- コークス炉ガス・製油所ガス中に含まれる一酸化炭素・二酸化炭素は最大でも 6%、平均して 1~2%であり相対的にわずかであること
- 製油所ガスの場合その大部分が石油精製業で自家消費されていること

[表補4-3-1. 各算定法による高炉ガス・転炉ガス炭素排出係数の相違(下線が標準値)]

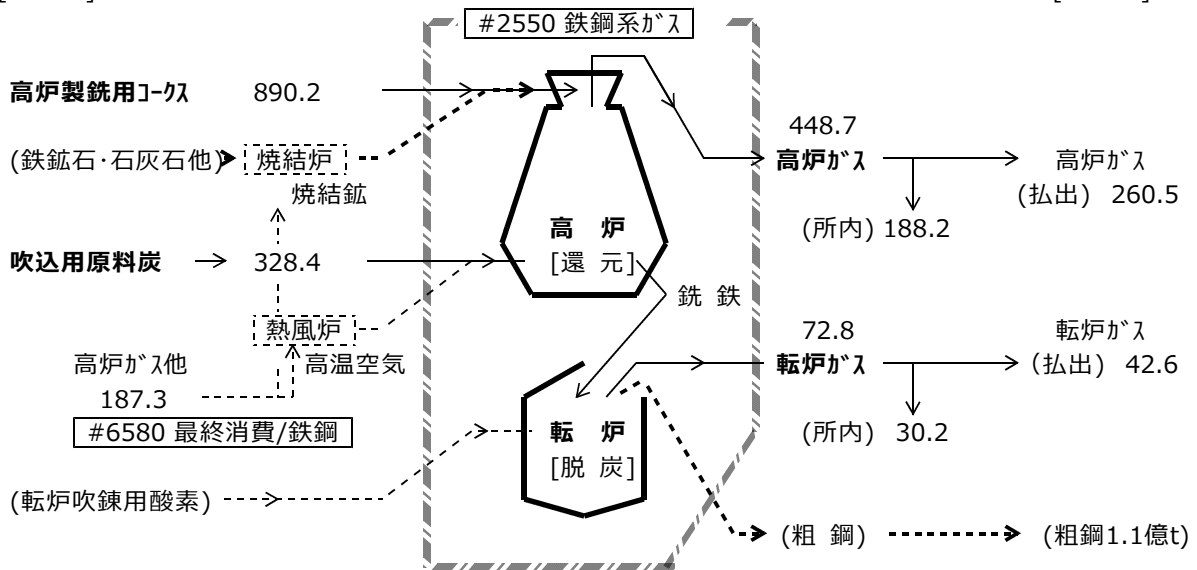
	発熱量(MJ/m ³ @SATP, MJ/kg)		炭素排出係数 (gC/MJ@SATP)							
	体積		重量		総炭素法		可燃炭素法		エネルギー消費量按分法	
	総(高位)	真(低位)	総(高位)	真(低位)	総(高位)	真(低位)	総(高位)	真(低位)	総(高位)	真(低位)
高炉ガス	<u>3.28</u>	3.14	2.64	2.52	71.31	74.71	35.66	37.35	<u>26.13</u>	27.37
転炉ガス	<u>7.64</u>	7.60	6.18	6.15	51.94	52.19	<u>41.72</u>	41.92		(算定困難)

[図補4-1-1. 高炉ガス・転炉ガスに関するエネルギー収支図]

(単位 PJ、総合エネルギー統計に基づく2010年度実績値)

[投入側]

[産出側]



※1. 詳細は戒能(2010)「総合エネルギー統計の解説」参考文献5. 補論3. 参照

※2. #記号付数値は総合エネルギー統計における分類番号

補論5. 電力の消費時発生熱量及び一次換算投入熱量(発電端及び受電端)について

1. 電力の消費時発生熱量

1-1. 電力の消費時発生熱量

電力 1kWh を消費する際に発生する熱量は、定義に従い 3.60 MJ である。

当該関係は、熱量の単位であるジュール (J) が「ワット(W)・秒⁻¹」と定義されることに基づいている。

$$1 \text{ J} \equiv 1 \text{ W/s}, \therefore 1 \text{ kWh} = 1000 * 1 \text{ (W/s)} * 3600 \text{ (s/h)} = 3.60 \text{ MJ}$$

従って、電力の消費時発生熱量に関する標準発熱量は、総(高位)発熱量・真(低位)発熱量とも 3.60 MJ/kWh である。

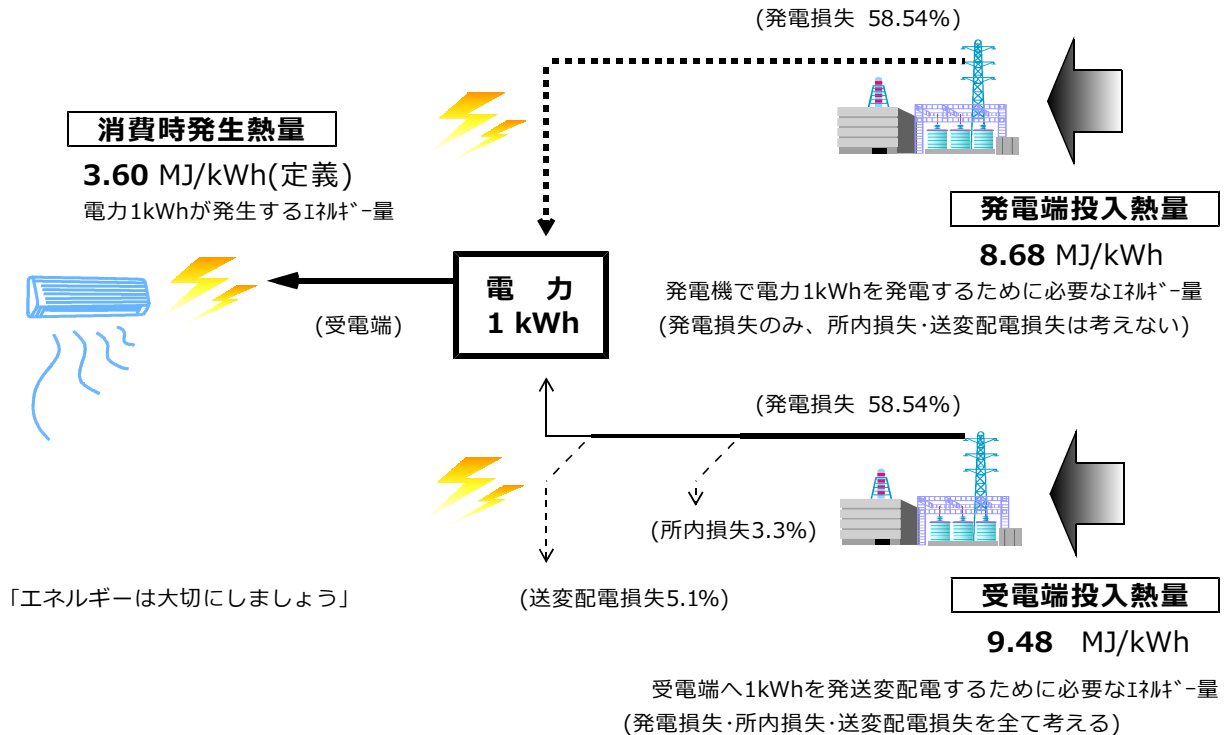
2. 電力の一次換算投入熱量

2-1. 電力の一次換算投入熱量の概念

電力において消費側へ電力 1kWh(= 3.60 MJ) を供給するためには、供給側では発電損失や発電所内損失・送変配電損失などを補うためにそれ以上のエネルギーを投入することが必要である。

当該供給側で投入しなければならないエネルギー量を考慮した電力の発熱量を「一次換算投入熱量」と称し、どの損失を考慮対象とするかにより「発電端(一次換算)投入熱量」と「受電端(一次換算)投入熱量」に分類される。

[図補5-2-1. 電力に関する発熱量の概念整理について]



注) 発電効率・損失率などは 2008～12FYの平均値

2-2. 電力の一次換算投入熱量(発電端及び受電端)の差異と適用

発電端投入熱量は、標準的な発電損失のみを考慮した一次換算投入熱量であり、消費側の近傍で自家発電により電力を供給する場合や何らかの理由で発電所内損失・送変配電損失が別途区分されており考慮する必要がない場合に用いられる。

受電端投入熱量は、標準的な発電損失や発電所内損失・送変配電損失などを全て考慮した一次換算熱量であり、一般的に電力会社から送変配電系統を経由して電力の供給を受ける場合に用いられる。

2-3. 電力の一次換算投入熱量の算定結果

当該発電損失や発電所内損失・送変配電損失については、電力調査統計に基づく一般電気事業者の平均火力発電損失及び(発電)所内損失・送変配電損失を用いて算定する。

当該電力調査統計による損失率に基づき算定された現行の発電端投入熱量は 8.81 MJ/kWh、受電端投入熱量は 9.68 MJ/kWh である。

今次改訂においては、2008～2012年度^{*30}の電力調査統計による損失率の平均値に基づき下記のとおり新たな発電端及び受電端投入熱量を算定した。

また 2008～2012年度の損失率の年次変動から標準偏差・標準誤差などの信頼性指標が推計できるため、当該時系列での年次変動を用いて発電端及び受電端投入熱量についての 95%信頼区間の上限値・下限値を算定した。

当該結果により、現行の発電端・受電端投入熱量のいずれについても新たに算定した数値の 95%信頼区間の上限値を外れることから、新たに算定した数値に従い、総(高位)発熱量・真(低位)発熱量とも 発電端投入熱量を 8.68 MJ/kWh、受電端投入熱量を 9.48 MJ/kWh に更新することが妥当である。

[表補5-2-3. 発電端一次換算投入熱量・受電端一次換算投入熱量の算定結果]

MJ/kWh, 年 度	2008	2009	2010	2011	2012	平 均	標準偏差	95%信頼区間
平均火力発電損失	0.413	0.418	0.416	0.414	0.413	0.415	0.002	0.417/0.412
発電端(一次換算)投入熱量	8.711	8.621	8.659	8.705	8.719	<u>8.683</u>	0.042	<u>8.735</u> /8.631
平均所内・送変配電損失	0.087	0.088	0.084	0.084	0.080	0.084	0.003	0.089/0.080
受電端(一次換算)投入熱量	9.542	9.454	9.448	9.503	9.473	<u>9.484</u>	0.039	<u>9.532</u> /9.436

*30 2005年度の標準発熱量改訂時においては、直近年度である 2004年度単年度の実績値を用いて算定が行われているが、今次改訂においては東日本大震災の影響などを考慮し 5年間の平均値を用いることとする。

参考文献

1. 経済産業省資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」, (各年度版)
2. 経済産業省資源エネルギー庁「2005年度 標準発熱量表」, (2007)
3. 環境庁地球環境部(当時)「二酸化炭素排出量調査報告書」, (1992)
4. 環境省地球環境局温室効果ガス排出量算定方法検討会「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果」, (2006), エネルギー・工業プロセス分科会報告書・エネルギー(燃料の燃焼)分野編
5. 戒能「総合エネルギー統計の解説 2010年度版」, (2011), (独)経済産業研究所 HP
6. 自然科学研究機構 国立天文台「理科年表」, (各年度版), 物理/化学部, 丸善(株)
7. Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) - "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" IPCC-NGGIP, (2006), IGES HP
8. 戒能(K. Kainou) "Revision of default Net Calorific Value, Carbon Content Factor and Carbon Oxidization Factor for various fuels in 2006 IPCC GHG Inventory Guideline" (2005), (独)経済産業研究所 HP
9. 経済産業省日本工業標準調査会 日本工業規格 (JIS)
「JIS-M 1002 炭量計算基準」(1978),
「JIS-M 8810 石炭類及びコークス類 -サンプリング・分析・試料調整通則」(1994),
「JIS-M 8811 石炭類及びコークス類 -サンプリング及び試料調整方法」(2000),
「JIS-M 8812 石炭類及びコークス類 -工業分析方法」(2006),
「JIS-M 8813 石炭類及びコークス類 -元素分析方法」(2006),
「JIS-M 8814 石炭類及びコークス類 -ボンブ熱量計による発熱量測定方法」(2003),
「JIS-M 8819 石炭類及びコークス類 -機器分析装置による元素分析方法」(1997),
「JIS-M 8820 石炭類及びコークス類 -ロットの全水分測定方法」(2000),
「JIS-K 2249 原油及び石油製品 -密度の求め方(第1部 振動法)」(2011),
「JIS-K 2272 原油及び石油製品 -灰分及び硫酸灰分試験方法」(1998),
「JIS-K 2275 原油及び石油製品 -水分試験方法」(1996),
「JIS-K 2279 原油及び石油製品 -発熱量試験方法及び計算による推定方法」(2003),
「JIS-K 2301 燃料ガス及び天然ガス -分析・試験方法」(2011),
「JIS-K 2541 原油及び石油製品 -硫黄分試験方法(第4部 放射線式励起法)」(2003),
10. American Society for Testing and Measurement; ASTM
「ASTM-D 388 Standard Classification of Coals by Rank」 (1998),
「ASTM-D 3302 Standard Test Method for Total Moisture in Coal」 (2007),
「ASTM-D 4931 Standard Test Method for Gross Moisture in Green Petroleum Coke」 (2011),
「ASTM-D 5291 Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Petroleum Products and Lubricants」 (2007),
「ASTM-D 5373 Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Laboratory Samples of Coal and Coke」 (1993),

「ASTM-D 5865 Standard Test Methods for Gross Calorific Values of Coal and Coke」(1998),

11. A. Chaffee「オーストラリアにおける褐炭の有効利用技術」(2005), 季報 エネルギー総合工学, Vol 27. No.4
12. (社)日本ガス協会編「ガス事業便覧」(各年度版), IVその他 -1 ガスの比重・熱量・成分

謝 辞

本稿における発熱量・炭素排出係数や補間・近似推計式の算定は、高精度な実測値なくしては全く実施不可能なものであり、経済産業省資源エネルギー庁・環境省地球環境局の依頼の下、実測調査に御協力頂いた関係諸団体及び傘下企業の各位に深く感謝を申し上げまするものである。(順不同)

(実測実施・試料提供)

(社)日本鉄鋼連盟

電気事業連合会

石油連盟

天然ガス鉱業会

(社)日本製紙連合会

(社)日本化学工業会傘下の会員会社

(文献協力)

自然科学研究機構 国立天文台

(社)日本ガス協会

また、経済産業省・資源エネルギー庁・環境省地球環境局の担当官各位、経済産業省資源エネルギー庁総合エネルギー統計検討会、環境省地球環境局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の各委員においては、上記実測調査への御協力並びに有益な御助言などを頂いたところであり、改めて感謝を申し上げまするものである。

