



RIETI Discussion Paper Series 13-J-022

エネルギー消費統計の精度改善方策について

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/>

エネルギー消費統計の精度改善方策について

戒能一成(RIETI)*

要旨

2005年度から開始された現行エネルギー消費統計は、業種別・地域別エネルギー消費構造を精緻に把握すべく経済産業省資源エネルギー庁が開始した大規模な一般統計調査である。しかし、供給側の公的統計などを用いて2006～2010年度の精度を評価した結果、電力・都市ガス・A重油で20%程度の非常に大きな統計誤差が存在すると評価され、総合エネルギー統計などでの活用が困難な状況が続いている。

当該問題の原因を究明するため、エネルギー消費統計の調査個票を用いて主要エネルギー源・業種別の消費量分布を直接観察し誤差要因を分析した。その結果、当該統計が中小零細規模の第三次産業・製造業を主たる調査対象とすることに起因して3桁間違・4桁間違や部分記入漏などの異常値が毎年高濃度かつ不安定に含まれているが、「箱ひげ図法」など一般的な異常値排除処理でこれに対応していたため、異常値が不安定に残留し、部分記入された正常値が異常値と誤判定され排除されていることが判明した。当該誤差要因の分析結果に基づき、エネルギー消費統計における異常値排除処理を改善し異常値の残留や部分記入された正常値の誤排除防止の対策を行った結果、電力・都市ガス・A重油などの主要エネルギー源において2005～2009年度の平均で誤差5%以下、最大でも誤差7%程度で詳細な業種別消費量を推計できることが実証された。但し、当該対策の実施により推計できるエネルギー源種別の減少や、自家発電・蒸気発生 of 直接効率推計の困難化などの「副作用」が発生するため、今後とも実効回収率の向上や異常値排除法の高度化など更なる検討・改善が必要であると考えられる。

キーワード: エネルギー消費統計、統計精度、異常値排除

JEL Classification: Q40, C10, C46

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、(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、独立行政法人原子力損害賠償支援機構、国立大学法人東京大学公共政策大学院、慶應義塾大学産業研究所、国際連合気候変動枠組条約 CDM 理事会など組織の見解を示すものではないことに注意ありたい。

エネルギー消費統計の精度改善方策について

- 目 次 -

要 旨

目 次

本 文

1. 現行エネルギー消費統計の精度問題

- 1-1. 現行エネルギー消費統計の精度問題の背景・経緯
- 1-2. 現行エネルギー消費統計の精度評価

2. エネルギー消費統計の誤差要因分析

- 2-1. 現行エネルギー消費統計の作成過程と潜在的誤差要因
- 2-2. エネルギー消費統計の個票試料分布直接観察による誤差要因分析

3. エネルギー消費統計の精度改善方策

- 3-1. エネルギー消費統計の新たな精度改善方策の開発
- 3-2. エネルギー消費統計の新たな精度改善方策の適用結果
- 3-3. 考 察

4. 結 論 - 提言及び今後の課題 -

- 4-1. 提 言 - エネルギー消費統計の精度上の問題点と精度改善方策 -
- 4-2. 今後検討すべき課題

別掲図表

参考文献

注 記

本稿の成果の一部は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「エネルギー消費量・CO2排出量の地域分割に関する調査」(平成22年3月 資源エネルギー庁/経済産業研究所)の調査結果に基づくものである。

2013年 2月 戒能 一成 (C)

1. 現行エネルギー消費統計の精度問題

1-1. 現行エネルギー消費統計の精度問題の背景・経過

1-1-1. エネルギー消費統計の作成目的・経緯

経済産業省資源エネルギー庁によれば、エネルギー消費統計の作成目的は「我が国の産業部門・業務部門におけるエネルギー消費実態を産業別・都道府県別に把握するために統計調査を実施する」とされ、「現下の諸情勢をふまえたエネルギー・環境政策の企画・立案を図るためには、エネルギー消費の地域別、業種別等に把握し、エネルギー消費構造を精緻に分析できるような統計を早急に整備する必要^{*1}」に基づき実施されている統計調査である。

当該目的から、エネルギー消費統計は第三次産業及び中小製造業などの事業所を中心に全国約 19万事業所が調査対象として選定されており、調査回収率は約 67%に達する大規模かつ本格的な統計調査となっている。

エネルギー消費統計は、2004年度から 2度の試験調査が実施され、さらに 2006年度に予備調査を実施した上で 2007年度から本調査が実施されている。

2012年11月現在 2006～2010年度の 5年度分の統計調査値が公開されている。

(別掲図表 図1-1-1-1. エネルギー消費統計の調査対象概念図 参照)

1-1-2. エネルギー消費統計と総合エネルギー統計

現行の総合エネルギー統計では、第三次産業及び中小製造業などについて 5年毎に作成される産業連関表の中間投入額の業種別構成比からエネルギー源別に不均一価格物量表を作成し、さらに補間推計により各年度のエネルギー消費量を推計している。

当該推計手法は、過去の総合エネルギー統計で不明とされてきた第三次産業のエネルギー消費量の内訳を初めて推計したという意義はあるものの、当該手法による推計では 10～20%の非常に大きな統計誤差が存在すると評価されている^{*2}。

エネルギー消費統計は、このような現状の総合エネルギー統計での精度上の「弱点」とも言える第三次産業や中小製造業などの部分を対象とした本格的統計調査であり、総合エネルギー統計における当該「弱点」を補完しこれを代替することが期待された。

ところが 2007年度のエネルギー消費統計の本調査開始以降、毎年度の調査結果において電力をはじめとする多くのエネルギー源でエネルギー消費統計の調査結果が他の統計調査と全く整合しておらず、そのまま総合エネルギー統計に組込んでも精度向上は達成できないばかりか却って精度悪化を招くことが知られている。

このため、2011年度現在において総合エネルギー統計ではエネルギー消費統計の調査結果は使用しておらず、従来の手法による推計を継続している状況にある。

1-1-3. エネルギー消費統計のこれまでの精度改善対策

経済産業省資源エネルギー庁においては、当初「エネルギー消費統計自体の精度を予断するにはなお尚早」として調査票の部分的改善・記入ガイダンス添付などの対策を実施し推移を注視していたが、2回目の本調査である 2008年度調査の結果において

*1 経済産業省資源エネルギー庁エネルギー消費統計HPより原文をそのまま引用。
<http://www.enecho.meti.go.jp/info.statistics/energy/gaiyo.html>

*2 戒能「総合エネルギー統計の解説 / 2010年度改訂版」補論7 参照。

も問題の改善が見られないため、2009年度から以下の2つの根本的な精度改善対策を開始した。

- a. 統計個票の実査強化・精度管理強化など集計方策の変更・改善
(統計調査会社・集計会社(シンクタンク))
- b. 総合エネルギー統計などへの組込方策の基礎的調査研究
(経済産業研究所戒能研究室)

a. の対策においては、非常に精度が悪い調査結果であった2007年度分の調査結果の精度を事後的に改善するという成果があったが、なお総合エネルギー統計の精度改善が実施できる水準には達しておらず、抜本的な対策とはなっていない状況にある。

1-2. 現行エネルギー消費統計の精度評価

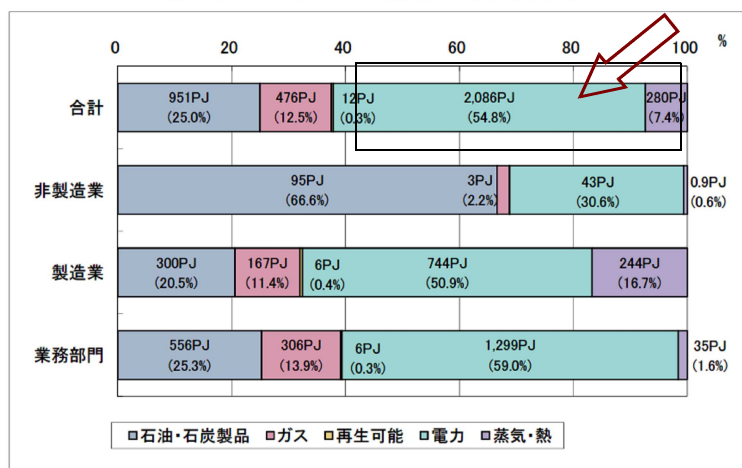
1-2-1. 現行エネルギー消費統計の精度評価

エネルギー消費統計の各年度の調査結果においては、第三次産業及び中小製造業などのエネルギー消費の50%以上が電力の消費であることが判明している。

仮に当該結果が正しいとすれば、エネルギー消費統計調査の精度評価においては、電力など主要エネルギー需給の精度を評価すればよいことが理解される。

[図1-2-1-1. エネルギー消費統計結果 / エネルギー源別エネルギー消費量]

第1図 エネルギー消費量 (燃料種別)



(出典: 資源エネルギー庁エネルギー消費統計HP, 平成22年度エネルギー消費統計結果概要)

1-2-2. 主要エネルギー需給に関する公的統計とエネルギー消費統計の精度比較評価指標

電力・都市ガス・石油製品についての供給側の包括的統計は「電力調査統計」「ガス事業統計」及び「資源エネルギー統計」であるが、これらの統計調査は電気事業者・ガス事業者及び石油元売業者に対する悉皆調査であり、また電源開発促進税・石油石炭税・石油諸税などの徴税基礎統計であることから、極めて精度が高いものと推定される。

需要側の統計調査のうち、大規模製造業を対象とした「石油等消費動態統計」における各事業者の電力・ガスや石油製品の購入量・消費量についても、統計法に基づく悉皆調査報告であることなどから、相応の精度を有しているものと推定される。

供給側統計の産業用・業務用販売量合計から、石油等消費動態統計の大規模製造業

各業種の購入量・消費量合計を除いた値である「第三次産業・中小製造業消費量」*3は、エネルギー消費統計(石油等消費動態統計除く)の調査対象業種の購入量・消費量に相当する値*4であり、これらの数値を比較することによりエネルギー消費統計における電力・都市ガス・石油製品などの購入量・消費量の精度を比較評価することが可能であると考えられる。

ここで、石油製品のうち灯油・LPGなどについては産業用・業務用販売量を家庭用販売量から識別することが困難であり、C重油については輸送用(船用)販売量から識別することが困難であることから、当該手法による評価が適用可能なものは家庭用需要が殆ど存在しないA重油などに限定される。

以上の結果から、本稿では電力(産業・業務用)、都市ガス(商業・工業他用)、A重油の3つのエネルギー源について比較評価を行うものとする。

[式1-2-2-1. 主要エネルギー源に関するエネルギー消費統計の精度の比較評価指標]

$$Eec(t) = Ess(t) - Edd(t) \quad [PJ] \quad \dots \text{式1)}$$

t 年度

Eec(t) 「第三次産業・中小製造業電力購入量」(エネルギー消費統計の比較評価指標)

Ess(t) 電力調査統計・ガス事業統計・資源エネルギー統計(石油製品)における産業用・業務用販売量合計

Edd(t) 石油等消費動態統計、大規模製造業各業種購入量(又は消費量)合計

※ いずれの数値もエネルギー消費統計同様電力は 1kWh = 3.6MJ として換算

1-2-3. 主要エネルギー源における現行エネルギー消費統計の精度比較評価結果

1-2-2. の方法論に従い、2006～10年度のエネルギー消費統計(石油等消費動態統計を除く)における電力・都市ガス・A重油の購入量・消費量と、供給側統計と石油等消費動態統計から推計した「第三次産業・中小製造業購入量・消費量」を比較した結果は以下のとおり。

いずれのエネルギー源についても両者は大きく乖離して推移しており、現行のエネルギー消費統計の精度は著しく低いことが理解される。

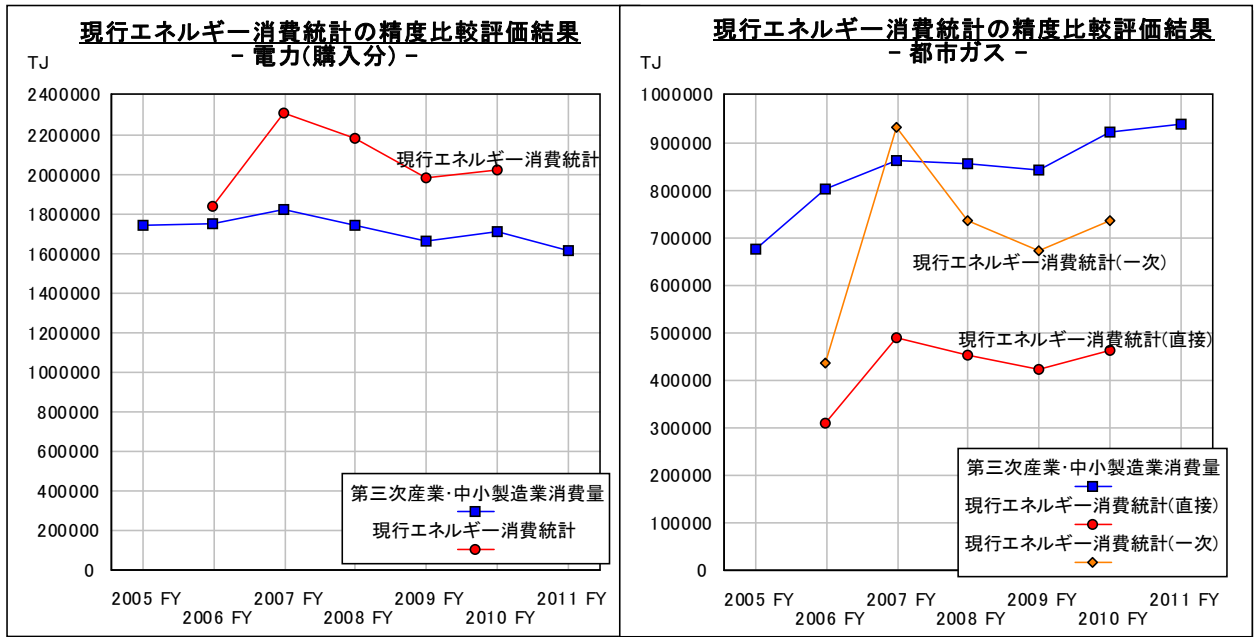
電力については、エネルギー消費統計の電力購入量は「第三次産業・中小製造業購入量」から過大側に 20%程度の誤差が存在し、また相対的に非常に大きな変動が観察される。一方、都市ガス消費量については過小側に 18%程度、A重油消費量についても過小側に 21%程度の誤差があり、エネルギー源によって「第三次産業・中小製造業購入量・消費量」との相対的関係も一定していないことが理解される。

(別掲図表 図1-2-3-1.～3. 電力・都市ガス・A重油におけるエネルギー消費統計の精度比較評価結果)

*3 当該数値は、総合エネルギー統計における第三次産業及び中小製造業などの電力消費量の推計値として用いられており、当該数値を産業連関表の電力の中間投入額に従って業種別分配を行うことにより業種別電力消費量を推計している。

*4 例えば電力の場合、他に第三次産業・中小製造業などへの自家発電からの(直接)電力供給が考えられるが、電力調査統計により一般電気事業者による供給量の 5%に満たないことが判明しているため、ここでは当該経路は捨象する。

[図1-2-3-1.-2. 電力・都市ガスにおける現行エネルギー消費統計の精度比較評価結果]



[表1-2-3-1. 電力・都市ガス・A重油における現行エネルギー消費統計の精度比較評価結果 (抄)]

項目 / 年度	2006	2007	2008	2009	2010	(平均, 標準偏差)
電力 (乖離率 %)	+ 4.8	+27.1	+25.3	+19.0	+18.2	+ 18.9 8.8
都市ガス(一次換算) (乖離率 %)	-45.5	+ 8.3	-13.7	-20.1	-20.2	- 17.9 19.2
A重油 (一次換算) (乖離率 %)	-32.2	-13.5	-10.8	-21.0	-28.4	- 21.4 9.2

1-2-4. 現行エネルギー消費統計の精度評価結果

1-2-3. の結果から、現状での2006～10年度のエネルギー消費統計(石油等消費動態統計を除く)における電力・都市ガス・A重油の購入量・消費量には 20%に達する非常に大きな誤差と変動があることが理解される。

従って現状のエネルギー消費統計をそのまま総合エネルギー統計に組込んで、精度向上は達成できず却って精度悪化を招く懸念があることが再度確認される。

2. エネルギー消費統計の誤差要因分析

2-1. 現行エネルギー消費統計の作成過程と潜在的誤差要因

2-1-1. エネルギー消費統計の統計処理過程

経済産業省資源エネルギー庁^{*5}によれば、現行エネルギー消費統計における調査結果の統計処理過程は概ね以下のとおりとされている。

1: 前処理

*5 平成19年度エネルギー消費状況調査「エネルギー諸費統計平成18年度予備調査の分析及び平成19年度調査の設計のための調査研究」(平成20年2月 資源エネルギー庁/三菱総合研究所)

- 業種(中分類)・従業者数(規模別9分類)別の区分
 - 金額回答のエネルギー量換算、熱量単位換算
(例えば 電力については約 40%が金額回答)
- 2: 異常値排除処理(1)
- エネルギー転換のある試料での収支確認(過大発生回収回答の排除)
 - 従業者数の事業所・企業統計調査からの乖離事業所の排除
 - 按分分離不能な複数事業処分合算値の排除 (4: 参照)
- 3: 異常値排除処理(2)
- 業種・従業者数区分毎での事業所当消費量における「箱ひげ図法」による異常値排除(エネルギー源毎・合計エネルギー消費・ビル別, 箱長 3倍)^{*6}
 - 但し業種・従業者数区分毎に回答数が 10以下の場合上記「箱ひげ図法」を適用しない
- 4: 事業所単位エネルギー消費量への按分処理 (複数事業所の集計回答の場合)
- 事業所毎の従業者数により按分
- 5: 拡大推計・集計
- 1:~4: の処理を経た試料について、業種・従業者数区分毎の事業所当エネルギー源別平均消費量(「事業所原単位」)を算定
 - 上記「事業所原単位」に事業所・企業統計調査の該当業種・従業者数区分毎の事業所数を乗じて拡大推計を行い、業種毎に集計

2-1-2. エネルギー消費統計の統計処理過程と潜在的誤差要因についての推察

2-1-1. における 5段階での統計処理過程について、それぞれ 1-2. で観察されたような電力などの消費量・購入量における大きな誤差をもたらす潜在的な要因となり得るかを推察する。

1: 前処理 の過程は単に数値を換算しているのみであり、また年度毎に換算方法を変更している訳ではないため、主たる誤差要因ではないと推定される。仮に前処理において何らかの誤った換算が行われた場合でも 3: の異常値排除処理(2)において試料自体が除かれてしまうはずである。

また、4: 複数事業所の按分処理は単に按分しているのみであり、5: 拡大推計・集計 の過程は標本調査においてごく普遍的な過程であるため、同様に誤差原因となるとは考えにくいものである。

従って、消去法により 2: 異常値排除処理(1) と 3: 異常値排除処理(2) において潜在的に何らかの問題があるものと推察される。

具体的には、異常値排除処理(1)におけるエネルギー転換のうち収支が確認できない資料の除外と、異常値排除処理(2)における箱ひげ図法による異常値排除(及び資料数 10以下の場合の除外)に問題があると推察される。

*6 「箱ひげ図」の計算アルゴリズムには何通りもの方法があるが、いずれの方法を用いたかが記載されておらず明らかではないため正確な再現や検証をすることができない。

2-2. エネルギー消費統計の個票試料分布直接観察による誤差要因分析

2-2-1. エネルギー消費統計の個票試料分布直接観察による誤差要因分析

経済産業研究所戒能研究室においては、経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業^{*7}により 2010年度においてエネルギー消費統計の個票を用いた誤差要因分析を実施した。

当該分析に用いた手法は、第三次産業・中小製造業などにおける代表的な業種・従業者数区分において、電力など代表的なエネルギー源の消費量についてエネルギー消費統計の個票の試料分布を直接的に経年観察し、1-2. で見たような消費量・購入量における大きな誤差が発生する要因を究明し、当該誤差要因に対し有効な対策を検討するというものである。

試料数が膨大であるため、以下のように代表的試料を抽出した上で分析を実施した。

- 対象年度：2005・2006年度(予備調査)、2007～09年度(本調査)
- 対象業種：産業中分類 98業種中下記 12業種 (総従業者数の 35%に相当)

[試行対象業種 (エネルギー消費統計調査主要12業種)]

E09 食料品製造業	M76 飲食店
E18 プラスチック製品製造業	N79 他生活サービス業
I57 織物衣料身回品小売業	N80 娯楽業
I58 飲食料品小売業	O81 学校教育
K69 不動産賃貸・管理業	P83 医療業
M75 宿泊業	R88 廃棄物処理業

- 対象従業者区分：従業者区分#6(50～99人, 悉皆調査の下限)
- 対象エネルギー源：電力・都市ガス・灯油・A重油・LPGの 5エネルギー源

以下当該個票試料分布直接観察の結果概要について説明する。

2-2-2. エネルギー消費統計の典型的個票試料分布の観察結果

2-2-1. の方法に従い、代表的な業種についてエネルギー消費統計の個票試料分布を直接的に観察した結果、以下のような事項が判明した。(図2-2-2-1.～18. 参照)

1- 試料数の不安定性

エネルギー消費統計における業種・従業者数・エネルギー源区分毎の個票試料数は年度により全く安定しておらず、年度によって試料数が 10以下となったり 11以上となったりする 경우가多数観察される。

2- 異常値の超広範囲性・高濃度性

エネルギー消費統計においては、どの区分においても 2～6桁間違いに相当する非常に広範囲の異常値が「高濃度」で含まれている。

区分によっては、異常値比率が25%に達する場合も観察される。

3- 異常値の濃度分布の不安定性

エネルギー消費統計における異常値のうち 2～6桁間違いの異常値の「濃度分布」は年度によりバラバラで全く安定していない。

また、2005・06年度に比べ 2008・09年度の方が異常値が多い・少ないなど特定の傾向は観察されず、改善の傾向にあるか否かは明確ではない。

4- エネルギー転換を伴う個票の不完全性

*7 エネルギー戦略総合調査 (エネルギー消費量・CO2排出量の地域分割に関する調査の一部) (平成22年度)

エネルギー消費統計における個票のうち、自家発電・蒸気発生など事業所内部でエネルギー転換が行われていると確認される個票では、投入したA重油や都市ガスなどのエネルギー源の量と区分だけが記載されているが、発生した自家発電電力量や熱(蒸気)量が記載されていない個票が数多く見られる。

2-2-3. 現行エネルギー消費統計の主たる誤差要因とその発生機構

2-2-2.の結果から、現行エネルギー消費統計における主たる誤差要因は「年度毎の異常値処理の不安定性・不適切性」にあるものと推定される。

2-1-1.での現行エネルギー消費統計における統計処理過程と上記事実を併せて考えれば、具体的な誤差要因の発生機構は以下のとおりと推察される。

1- 試料数の不安定性による異常値の「素通り」

業種別・エネルギー源別の試料数が安定せず、年度により試料数が10以下となったりならなかったりする結果、現行の異常値排除手法では試料数が10以下の年度の異常値排除が行われず2～6桁間違いに相当する異常値が年度により「素通り」してきてしまう。

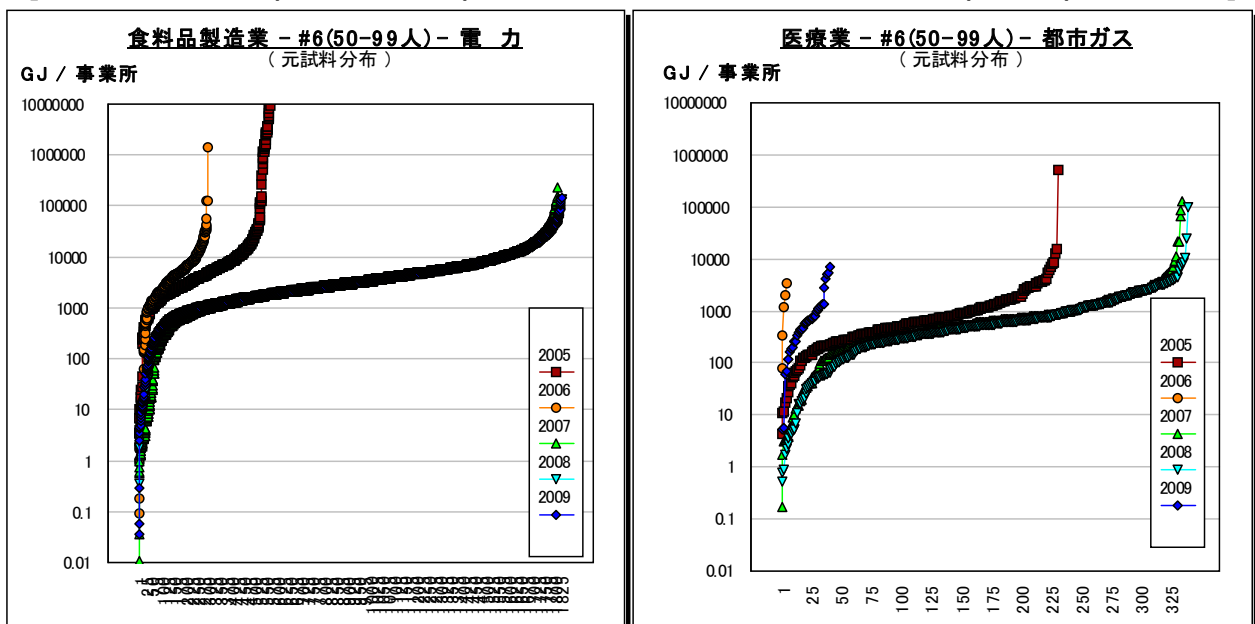
2- 異常値の超広範囲性・不安定性による異常値排除不良と「残留」

異常値が2～6桁の超広範囲に分布しており、かつその「濃度分布」も毎年度異なるため、現行の異常値排除手法では4～6桁間違いに相当する「大異常値」のみが排除され2～3桁間違いに相当する「小異常値」が不安定に「残留」してしまう。

3- エネルギー転換に関する異常値処理の「過厳格」性

自家発電・蒸気発生などエネルギー転換を伴う個票において、投入・発生のいずれかの記入が欠けていると「異常値」として当該個票は試料から排除されてしまう。

[図2-2-2-2. 電力(食料品製造業)個票分布例, 図2-2-2-11 都市ガス(医療業)個票分布例]



(別掲図表 図2-2-2-1.～18. エネルギー消費統計の典型的個票試料分布例(電力・都市ガス・A重油))

3. エネルギー消費統計の精度改善方策

3-1. エネルギー消費統計の新たな精度改善方策の開発

3-1-1. 誤差要因の発生機構への対策措置

2-2-3. での誤差要因とその発生機構の分析結果から、異常値排除処理において以下のような対策措置を講じることが考えられる。

1- 「試料数の不安定性による異常値の「素通り」への対策

- 試料数が 10以下でも異常値排除処理を行う
(- 試料数を増加させる^{*8})

2- 「異常値の超広範囲性・不安定性による異常値排除不良と「残留」対策

- 対数正規分布を当てはめ変動係数が十分小さくなる迄異常値排除を行う
- 異常値排除処理を多段階で行う

3- エネルギー転換に関する異常値排除処理の廃止

- 自家発電・蒸気発生などのエネルギー転換について、投入・産出のいずれか一方が記入されていれば可とし、当該個票を排除せず集計処理する

しかし、これらの対策措置を組合せた場合、試料の相当部分が「異常値」として排除されてしまい却って精度が低下したり、大部分のエネルギー源について統計値が作成不能となってしまう可能性も考えられたため、2-2-1. での試行対象業種での試料を用いて最適な対策措置の組合せについて試行錯誤を行った。

3-1-2. エネルギー消費統計における新たな精度改善方策案

3-1-1. での試行錯誤の結果から、エネルギー消費統計における統計処理において、2-1-1. 2: でのエネルギー転換に関する収支確認に基づく異常値排除処理(1)の方策については、都市ガス・A重油など自家発電・蒸気発生など主としてエネルギー転換に多く用いられているエネルギー源に関する比較結果から、これを廃止することが妥当であると判明した。

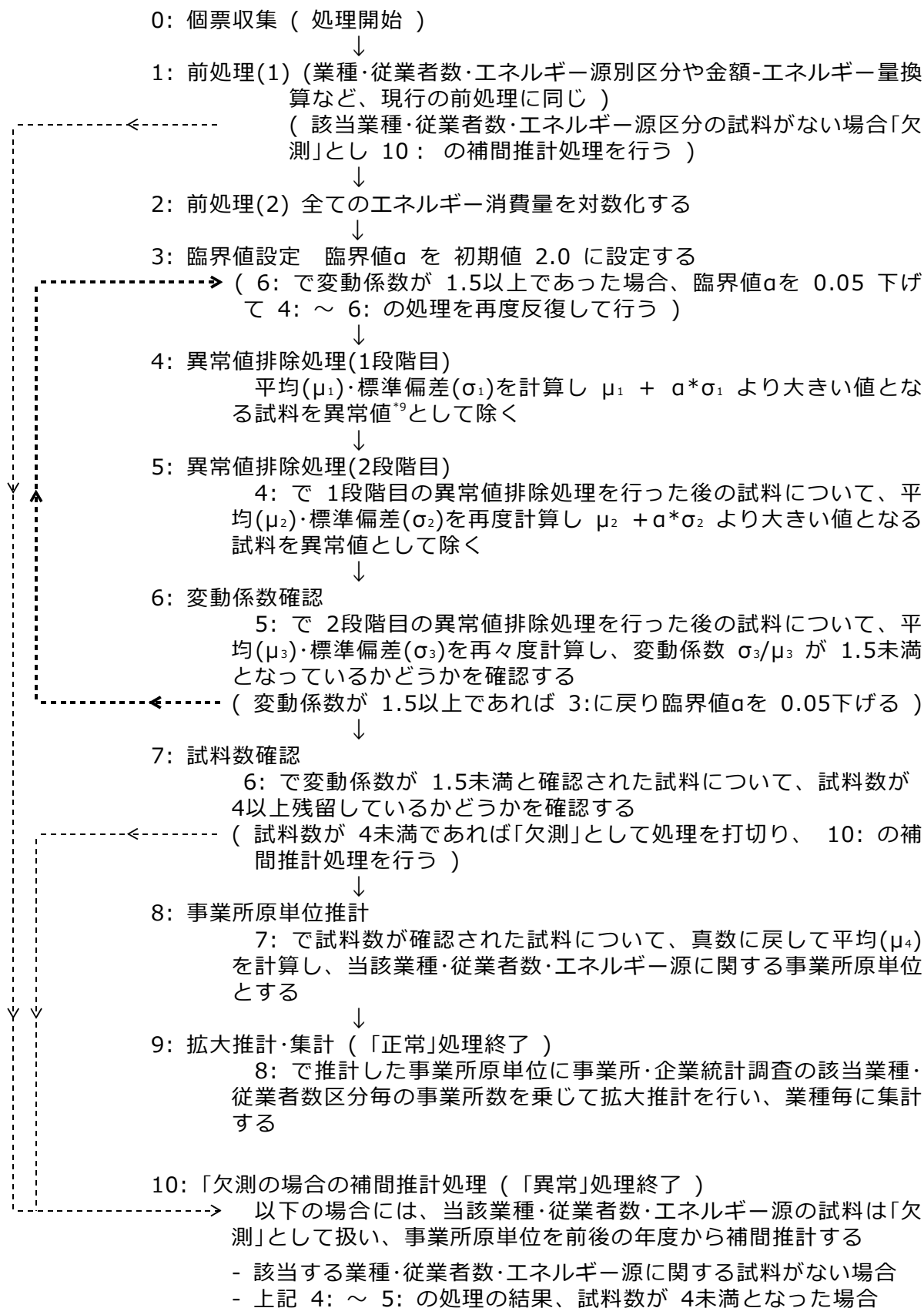
また、2-1-1. 3: での「箱ひげ図法」を用いた異常値排除処理(2)の方策に代えて、以下のような新たな方策を適用することが妥当であると判明した。

「全ての業種・従業者数・エネルギー源の区分について対数正規分布を仮定した上で、変動係数が 1.5未満になる迄徐々に臨界値を引下げて反復的に 2段階の異常値排除処理を適用することにより、最終的に安定度の高い事業所原単位を推計する」

(別掲図表 図3-1-2-1. エネルギー消費統計における新たな精度改善方策の具体的処理手順)

*8 目下のエネルギー消費統計を巡る予算的制約から見て実現可能性が低いため対策措置としての検討から除外する。

[図3-1-2-1. エネルギー消費統計における新たな精度改善方策の具体的処理手順]



*9 異常値排除処理において「 $\mu - \alpha \cdot \sigma$ 」の過小側の異常値排除を行わない理由は、実際に当該事業所において該当するエネルギー源の消費が極めて少ない場合が考えられ、過大側と異なり直ちに異常値とは断定できないためである。

3-1-3. 新たな精度改善方策案における問題点(副作用)と補完的措置

3-1-1. での試行錯誤の結果において、以下の 2点については良好な結果を得ることができなかったため、それぞれ下記のとおり補完的な措置を講じることとする。

これらの問題点(副作用)の大部分が試料数の過小性に基づくものであり、その対策としては業種・従業者数区分での試料を複数年度分プールして推計を行うことが考えられるが、現状では 5年分の試料が利用可能であるに過ぎず試料数の過小性が解消する見通しがないため、今後中長期的に改善していくべき課題であると考えられる。

1- 自家発電・自家熱発生効率の直接推計不能化の問題

3-1-2. の新たな異常値排除処理の結果、自家発電・自家熱発生でのエネルギーの投入・産出の関係が殆どの業種・従業者数区分で崩れてしまい、特にエネルギー源の投入があるにもかかわらず自家発電量・自家熱発生量が「欠測」となってしまう区分が続出した。

このため、エネルギー消費統計においては業種別の自家発電・自家熱発生用のエネルギー投入(発電ボイラー用・発電ディーゼル用など)を集計するに止めることとする必要がある。

自家発電・自家熱発生の収支を観察する必要がある場合には、当該エネルギー投入分が石油等消費動態統計において観察される該当年度の大規模製造業の該当する機器・設備の平均エネルギー転換効率により電力・熱に転換されているものと仮定するなどの補完的措置が必要である。

2- 試料数が過小なエネルギー源の「欠測」の問題

鉄鋼系ガスや再生可能・未活用エネルギーなどエネルギー消費統計においてそもそも試料数が少ないエネルギー源では、業種・従業者区分を細かくした場合大部分の年度^{*10}で「欠測」となってしまったため、こうしたエネルギー源についてはエネルギー消費統計からの推計を見送ることとした。

今時精度改善方策の下で安定的に推計が可能であったエネルギー源は以下の 10項目であるが、エネルギー消費統計の各年度の調査結果から見てこれらのエネルギー源による第三次産業・中小製造業などのエネルギー消費は 90%以上が捕捉されていることとなり、当該推計見送りによる精度上の問題は限定的であるものと推定される。

新たな精度改善方策を適用して2005～09年度を通じ安定的推計が可能であったものは、下記の 10エネルギー源である。

石炭・石炭製品:	一般炭・コークス
原油・石油製品:	灯油・軽油・A重油・C重油(BC重油)・LPG
天然ガス・都市ガス:	都市ガス
電力・熱:	電力・熱 (自家発電・自家熱発生含む)

*10 これらのエネルギー源について現行エネルギー消費統計では数値が計上されているが、現行エネルギー消費統計での異常値排除処理においては試料数が 10以下の場合には異常値排除処理が行われておらず、そもそもの数値の信頼性に問題があることを想起ありたい。

3-2. エネルギー消費統計の新たな精度改善方策の適用結果

3-2-1. 新たな精度改善方策の適用結果の精度評価方法

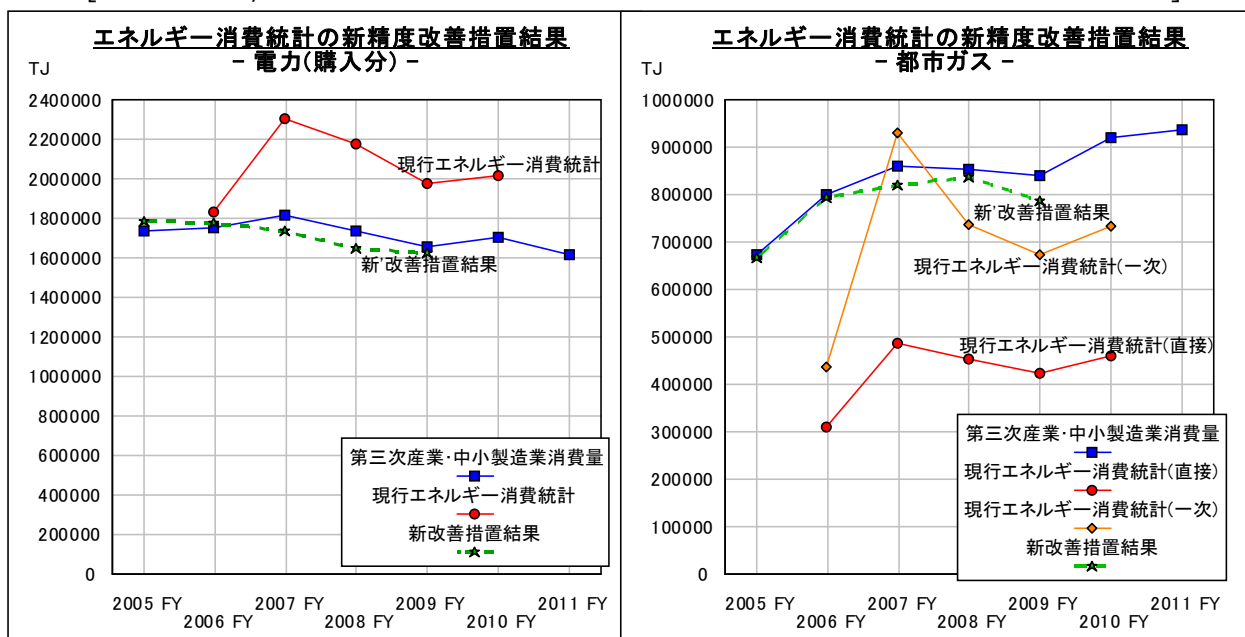
3-1. での新たな精度改善方策の適用結果の評価については、1-2. での現行エネルギー消費統計の精度評価の方法に倣い、電力・都市ガス・A重油の3つのエネルギー源について同様の評価を行い推計精度を比較することによりこれを評価する。

3-2-2. 電力・都市ガス・A重油における新たな精度改善方策の精度比較評価結果

3-1. での新たな精度改善方策を適用した結果による電力・都市ガス・A重油の購入量・消費量と、現行エネルギー消費統計(石油等消費動態統計を除く)及び電力調査統計・石油等消費動態統計などから推計した「第三次産業・中小製造業電力購入量」を比較した結果、新たな精度改善方策では誤差は大幅に縮小し、最大でも乖離は7%程度になっている。

本稿における比較評価手法自体にも誤差が存在すること、2010年度については未評価であること^{*11}などを考慮する必要があるものの、新たな精度改善方策は現行エネルギー消費統計(石油等消費動態統計を除く)の精度上の問題に対し一定程度の効果があるものと評価できる。

[図3-2-2-1,-2. 電力・都市ガスにおける新たな精度改善方策の精度比較評価結果]



[表3-2-2-1. 電力・都市ガス・A重油における新たな精度改善方策の精度比較評価結果 (抄)]

項目 / 年度	2005	2006	2007	2008	2009	(平均, 標準偏差)
電力 (乖離率 %)	+ 2.7	+ 1.4	- 4.4	- 5.1	- 2.0	- 1.5 3.4
都市ガス (乖離率 %)	- 1.1	- 1.1	- 4.7	- 2.0	- 6.5	- 3.1 2.4
A重油 (乖離率 %)	- 3.9	+ 5.3	+ 1.4	+ 5.1	- 5.3	+ 0.5 5.0

*11 2010年度については 経済産業研究所戒能研究室では分析を依頼されていないため評価不能である。

3-3. 考 察

3-3-1. 「高濃度」の異常値混在の根本原因

エネルギー消費統計が調査対象とする事業所は、第三次産業及び中小製造業などであり、その大部分が省エネルギー法や各種環境規制法において「裾切り措置」が講じられ規制対象を外れる従業者数10人未満の中小零細事業所である。

中小零細事業所においては、総務・管理部門は経営者やその親族が兼務するケースが多いため、エネルギー関連の支出額はともかく、記入者がエネルギーの消費単位や位取りの知識を有している保証はなく、また記入後は誰も確認しないまま個票が提出されているものと推察される。

一方、石油等消費動態統計が調査対象とする事業所は省エネルギー法・各種環境規制法などの規制対象であり、特に省エネルギー法においては「第一種エネルギー管理指定事業所」とされ公的資格試験に合格したエネルギー管理士などの資格者を置くことが義務づけられている。このため、記入者の大部分はエネルギーの消費単位や位取りの知識は当然に有していると考えられ、更に管理部門などに同様の資格者が在籍し記入内容が組織内で確認されていることも期待される。

従って、エネルギー消費統計においてはそもそも2～6桁間違いなどの異常値が混在する人的原因が根底にあり、かつこれを一朝一夕に解消できる見込みはないため、今後も「高濃度」で異常値が混在していることを前提とした調査設計や集計処理を行うことが必要であると考えられる。

3-3-2. 自家発電・蒸気発生などエネルギー転換での不完全回答の根本原因

中小零細事業所において使用される自家発電・蒸気発生については、小型の発電機や業務用ボイラーが使用されているが、小規模な機器においてはそもそも発電電力量や蒸気発生量を表示・記録する機能がないものも多い。

エネルギー消費統計の調査票では自家発電・蒸気発生について投入したエネルギー源の量と発生した電力・熱(蒸気)の両方を記入することを求めているが、こうした発電電力量などの表示・記録機能がない機器を利用している事業所では、誠実に調査協力をしていても投入したエネルギー源の量のみを記入するのが精一杯の対応であると推察される。

このような現状を考慮せず、現状のエネルギー消費統計では投入エネルギー源の量と発生電力・熱(蒸気)のエネルギー収支が成立していなければ単に異常値として当該個票を排除してしまっている。このため、自家発電・蒸気発生用のエネルギー源として多く用いられている都市ガスやA重油では、事業所当利用率が必要以上に低下しエネルギー消費量の推計結果が大幅に過小となっているものと考えられる。

3-3-3. エネルギー消費統計予備調査と分析・検証

1-1. で述べたとおり、経済産業省資源エネルギー庁においては、当初2005・2006年度予備調査の結果が他の統計などと整合しないことは認識していたが、「エネルギー消費統計自体の精度を予断するにはなお尚早」として調査票の部分的改善などの対策を実施し推移を注視していた。

つまり、調査票を工夫し記入ガイダンスを充実することにより3-3-1.で述べたような人的原因に基づく異常値混在が容易に克服し得ると予断したものと推察される。

事実、本稿で実施したような詳細な原因究明や対応方策の検討は実施された形跡は

無く、予備調査の個票分析などの検討は実施されないまま 2007年度本調査に移行している。

当初から異常値排除処理の強化による精度管理は考えられる対応策の 1つであったが、これを行うと本稿同様に自家発電・蒸気発生 of 直接推計不能化や試料数が過小なエネルギー源の「欠測」などの問題点(副作用)が発現し、エネルギー消費統計の価値を毀損すると考えられたため、積極的な対応を躊躇したものと推察される。

結果論であることを承知の上で敢えて言及するが、予備調査の結果は多大な費用と労力を掛けた貴重な資料であり、本調査開始後において問題を発生させないために、予備調査の段階において結論を予断することなく個票利用分析などの多面的で入念な分析を実施し、徹底的に問題点を解消しておくべきであったと考えられる。

4. 結 論 - 提言及び今後の課題 -

4-1. 提 言 - エネルギー消費統計の精度上の問題点と精度改善方策 -

4-1-1. 現行エネルギー消費統計の精度上の問題点

(1) 現行エネルギー消費統計の精度

現行のエネルギー消費統計は、第三次産業及び中小製造業などを対象とした大規模かつ本格的な統計調査であり、調査回収率は 67%に達するものではあるが、供給側統計などとの比較評価を行った結果その統計精度は著しく低く 20%程度の誤差が含まれているものと評価される。

(2) 現行エネルギー消費統計の低精度の原因

エネルギー消費統計の個票試料分布の直接観察などの結果から、現行エネルギー消費統計の精度が著しく低い原因は以下の 3つと推定され、現行の異常値排除処理手法などに問題があるものと推定される。

- 1- 試料数の不安定性による異常値の「素通り」
- 2- 異常値の超広範囲性・不安定性による異常値排除不良と「残留」
- 3- 自家発電などエネルギー転換での異常値排除処理の「過厳格性」

4-1-2. エネルギー消費統計の新たな精度改善方策案

(1) 新たな精度改善方策案 - 異常値排除処理の多段処理・反復処理化 -

現行のエネルギー消費統計では、「箱ひげ図法」により 1段階で異常値排除処理を行い、試料数が 10以下の場合には異常値排除処理を行わないこととしているが、当該手法では上記 4-1-1. (2) の問題発生を回避できないため、下記のような新たな精度改善方策に改める。

「全ての業種・従業者数・エネルギー源の区分について対数正規分布を仮定した上で、変動係数が 1.5未満になる迄徐々に臨界値を引下げて反復的に 2段階の異常値排除処理を適用することにより、最終的に安定度の高い事業所原単位を推計する」

また、エネルギー転換に関する収支確認に基づく異常値排除処理は廃止する。

(2) 新たな精度改善方策案による問題点(副作用)

(1)の新たな精度改善方策案を適用した場合、下記のような問題点(副作用)

が発現することに留意する必要がある。

1- 自家発電・自家熱発生効率の直接推計不能化の問題

2- 試料数が過小なエネルギー源の「欠測」の問題

(3) 新たな精度改善方策案の効果

(1)の新たな精度改善方策案を適用した場合、エネルギー消費統計の精度は大幅に改善することが確認された。

しかし、電力・都市ガス・A重油などエネルギー源別に見た場合には最大で7%程度の誤差が残留していると推定され、なお一層の精度改善が必要である。

4-2. 今後検討すべき課題

4-2-1. エネルギー消費統計の個票回収段階での改善

(1) 実効回収率の向上

現行のエネルギー消費統計では、全国約19万事業所が調査対象であり調査回収率は約67%に達するとされ、単純計算で試料数は12.7万程度となるはずであるが、白紙や空欄などの無効回答の存在により実際に観察される試料数は2005～2009年度の平均で約8万程度である。

従って「単純回収率」の向上に拘泥することは無意味であり、今後は事業者団体と協力した講習会の実施や記入ガイド資料の充実、謝礼の適正化など、「実効回収率」の向上対策を実施していくことが必要である。

(2) 「欠測」区分の回避

現行のエネルギー消費統計では、業種・従業者数・エネルギー源に区分すると試料数が過小で「欠測」となってしまう場合が無視できない頻度で見られる。特に従業者数1～4人、5～9人の区分においては電力などの主要エネルギー源でも「欠測」が見られるなど問題が深刻である。

(1)同様、個票試料の回収段階で督促措置の重点化など「欠測」を回避するための措置が必要である。

4-2-2. エネルギー消費統計の集計処理段階での改善

(1) 更なる異常値排除処理方策の研究開発

本稿では現行の単段階処理による異常値排除処理を、多段階・反復処理化することによる新たな精度改善方策案を提言するものであるが、最新の統計学的知識を応用した更なる改善の余地が存在すると考えられる。

従って、引続き更に高度な異常値排除処理方策の研究開発を進めていくことが必要と考えられる。

(2) 試料数過小に伴う問題点(副作用)への対策

本稿で提言した新たな精度改善方策案では、自家発電・自家熱発生の直接推計不能化や試料数が過小なエネルギー源の「欠測」など、試料数過小に伴う問題点(副作用)が発生する。

当該問題に対しては、業種・従業者数区分での試料を複数年度分プールして推計を行うことなどの対策が考えられ、今後中長期的に改善していくべき課題であると考えられる。

別掲図表

[図1-1-1-1. エネルギー諸費統計の調査対象概念図(資源エネルギー庁)]

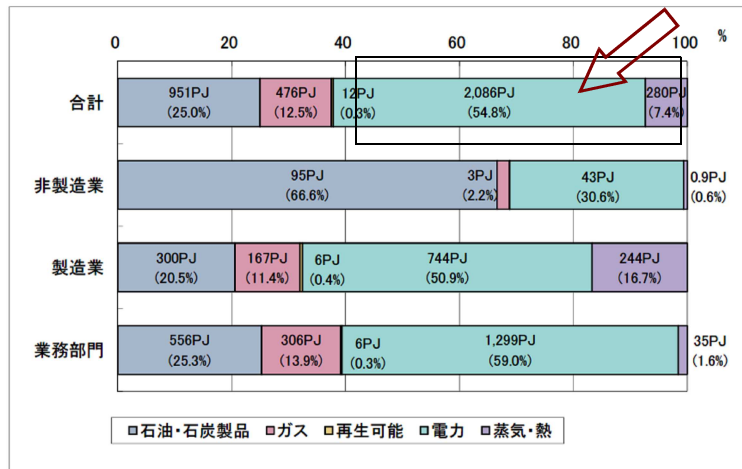
エネルギー消費統計(仮称)整備後の我が国の最終エネルギー消費の把握範囲



主. 試験調査、予備調査においては日本標準産業分類における大分類A「農業」については調査対象外

[図1-2-1-1. エネルギー消費統計結果 / エネルギー源別エネルギー消費量]

第1図 エネルギー消費量(燃料種別)



(出典: 資源エネルギー庁エネルギー消費統計HP, 平成22年度エネルギー消費統計結果概要)

[式1-2-2-1. 主要エネルギー源に関するエネルギー消費統計の精度の比較評価指標]

$$Eec(t) = Ess(t) - Edd(t) \quad [PJ] \quad \dots \text{式1)}$$

t 年度

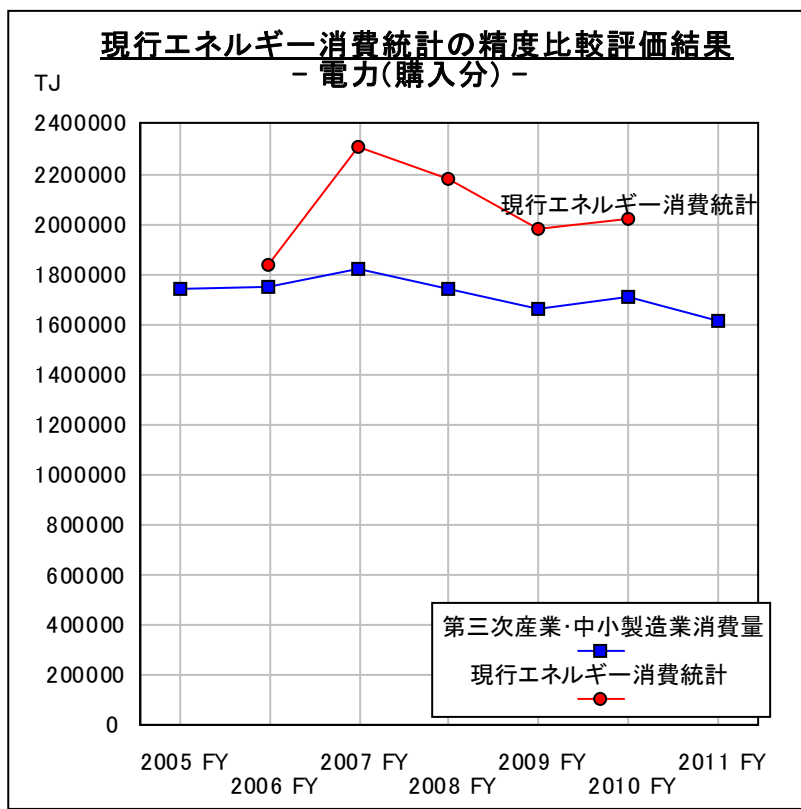
Eec(t) 「第三次産業・中小製造業電力購入量」(エネルギー消費統計の比較評価指標)

Ess(t) 電力調査統計・ガス事業統計・資源エネルギー統計(石油製品)における産業用・業務用販売量合計

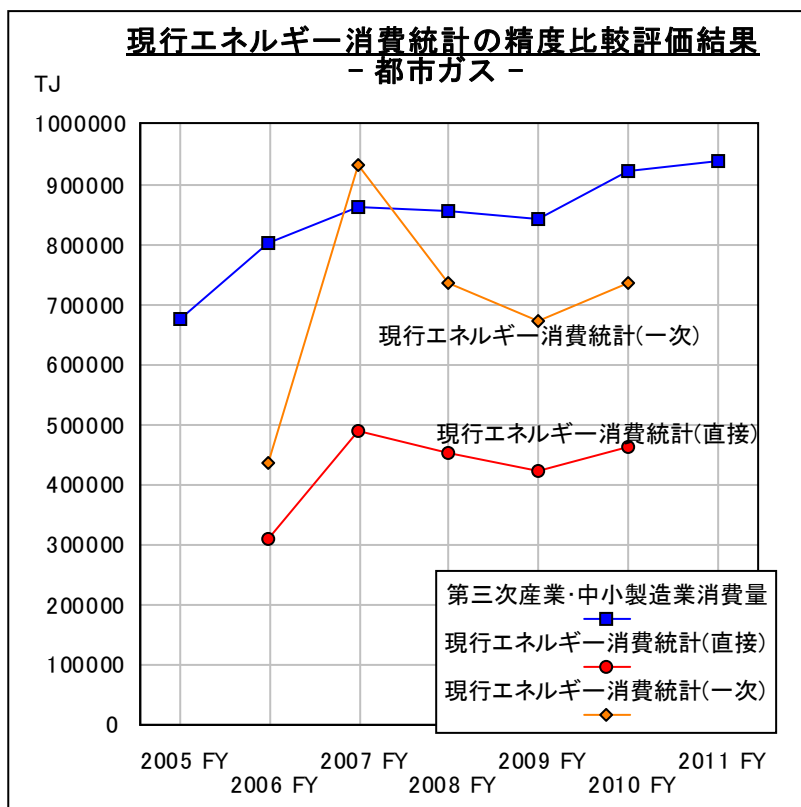
Edd(t) 石油等消費動態統計、大規模製造業各業種購入量(又は消費量)合計

※ いずれの数値もエネルギー消費統計同様電力は 1kWh = 3.6MJ として換算

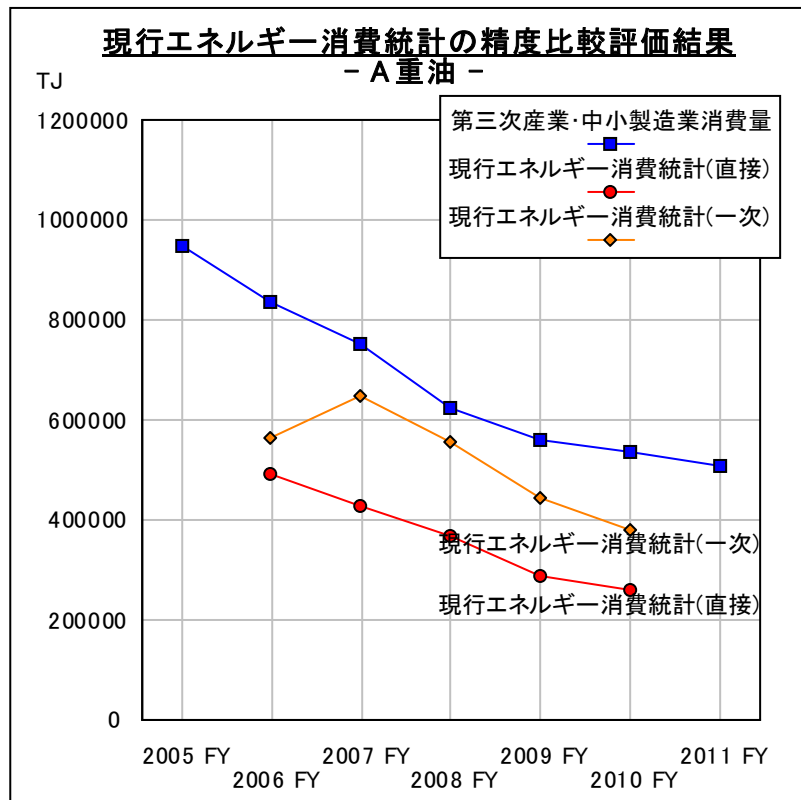
[図1-2-3-1. 電力(購入分)における現行エネルギー消費統計の精度比較評価結果]



[図1-2-3-2. 都市ガスにおける現行エネルギー消費統計の精度比較評価結果]



[図1-2-3-3. A重油における現行エネルギー消費統計の精度比較評価結果]



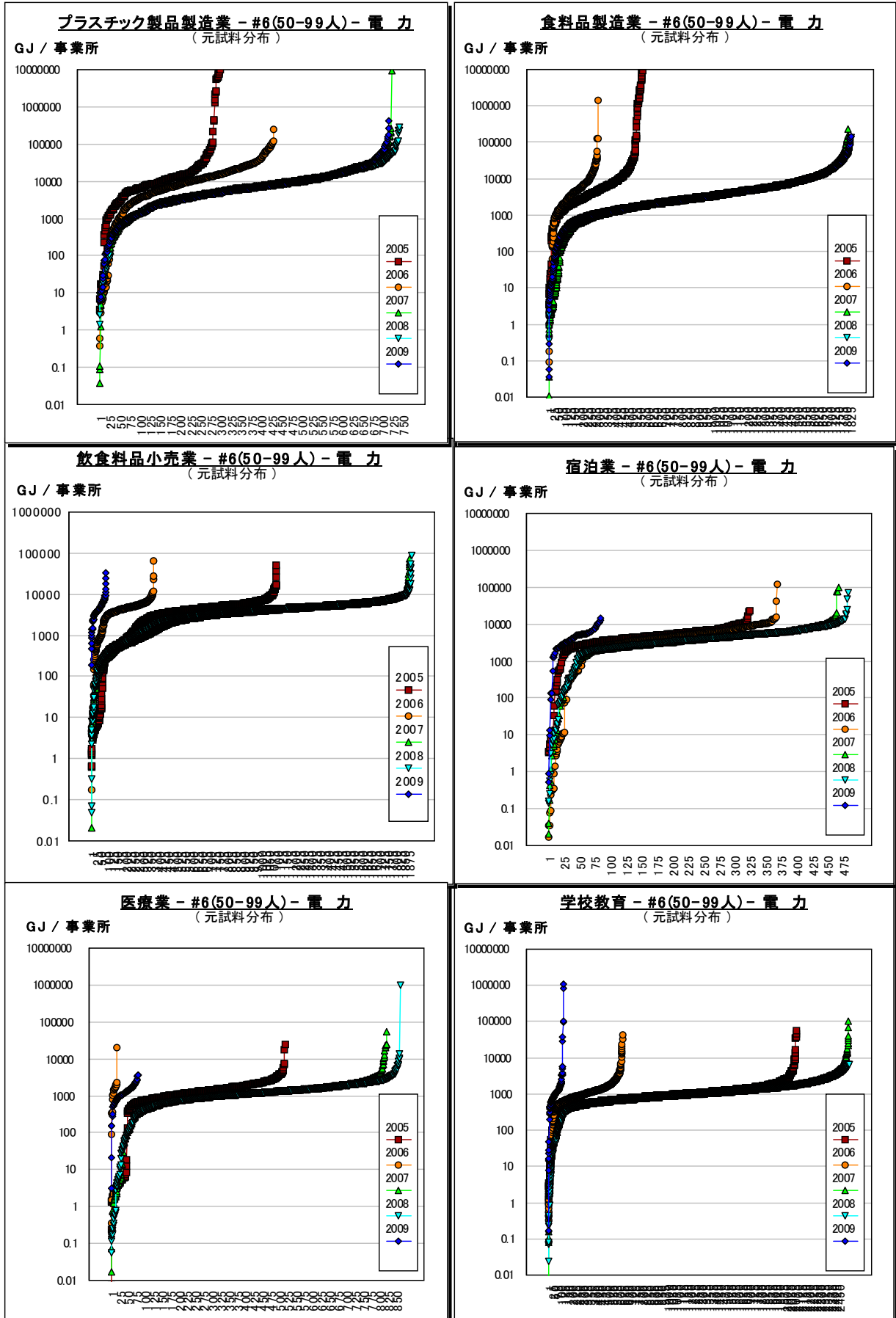
[表1-2-3-1. 電力・都市ガス・A重油におけるエネルギー消費統計の精度比較評価結果]

(単位 PJ) 項目 / 年度	2006	2007	2008	2009	2010	(平均, 標準偏差)
電力						
第三次産業・中小製造業購入量	1753	1818	1740	1664	1712	1737 57.0
エネルギー消費統計購入量	1837	2310	2181	1979	2023	2066 164.1
差 △	+ 84	+ 492	+ 441	+ 315	+ 312	+ 329 --
乖離率 %	+ 4.8	+27.1	+25.3	+19.0	+18.2	+18.9 8.8
都市ガス (一次換算)						
第三次産業・中小製造業消費量	803	861	854	843	922	857 43.0
エネルギー消費統計消費量	438	933	737	674	736	703 177.6
差 △	- 365	+ 72	- 117	-169	-186	-153 --
乖離率 %	-45.5	+ 8.3	-13.7	-20.1	-20.2	-17.9 19.2
A重油 (一次換算)						
第三次産業・中小製造業消費量	837	754	627	563	511	663 128.2
エネルギー消費統計消費量	567	652	559	445	384	521 106.4
差 △	- 270	- 108	- 68	- 118	- 152	- 142 --
乖離率 %	-32.2	-13.5	-10.8	-21.0	-28.4	-21.4 9.2

(表注)

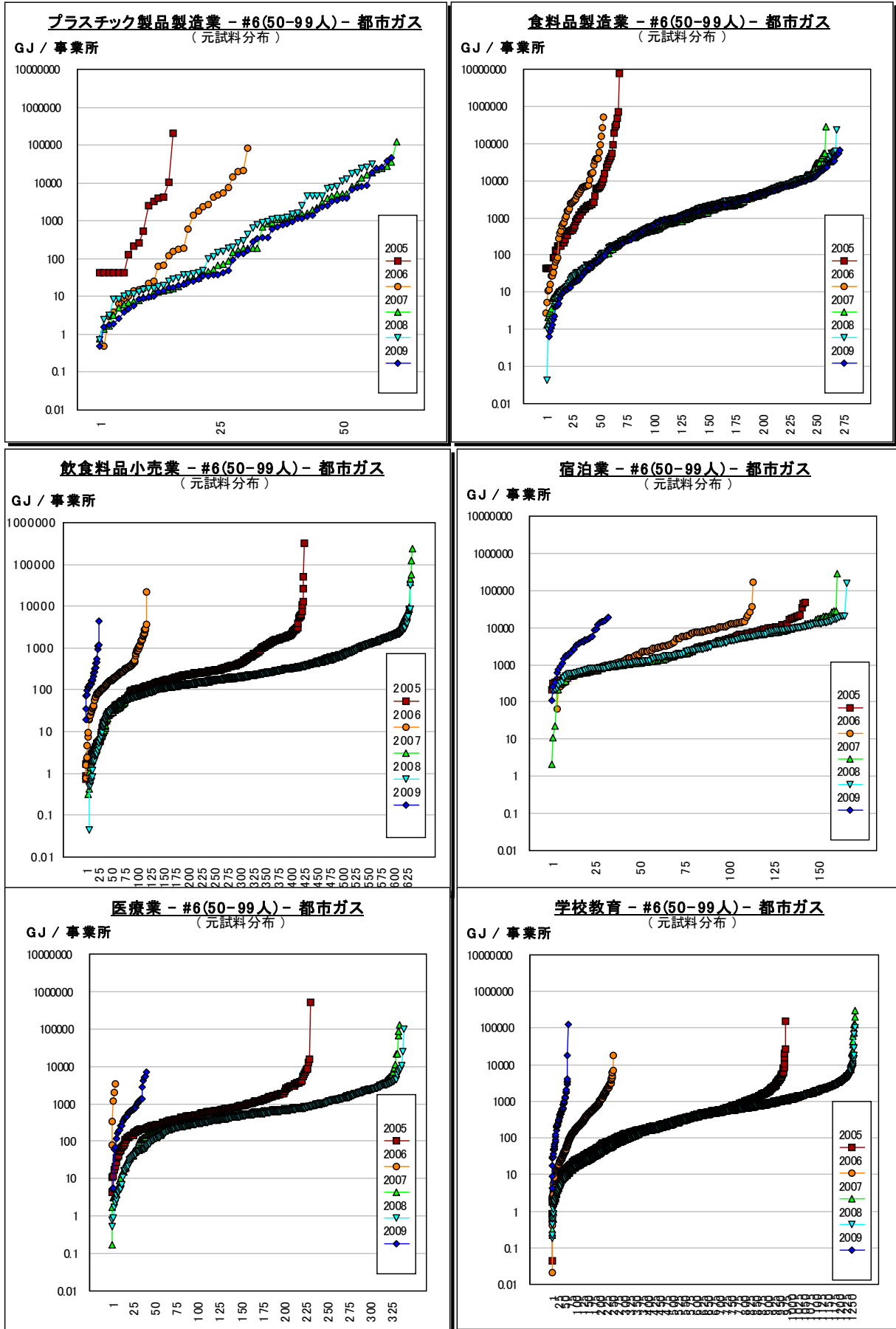
[差 △] ≡ [エネルギー消費統計調査消費量・購入量] - [第三次産業・中小製造業消費量・購入量]
 [乖離率 %] ≡ [差 △] / [第三次産業・中小製造業消費量・購入量] (%)

[図2-2-2-1.~6. エネルギー消費統計の典型的個票試料分布 (電 力)]

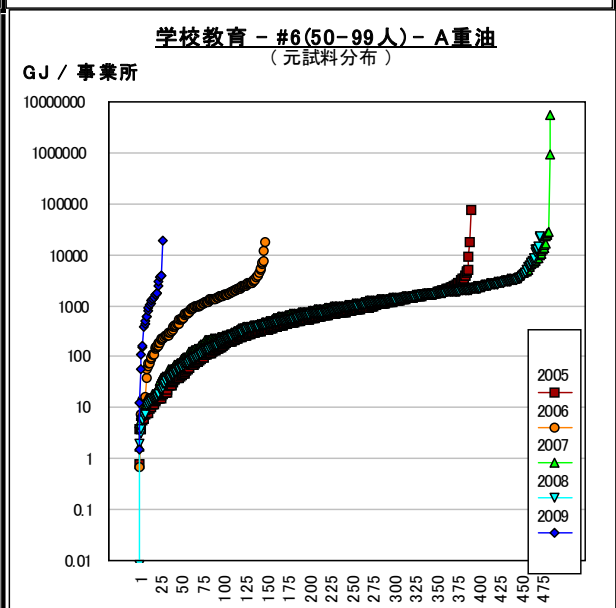
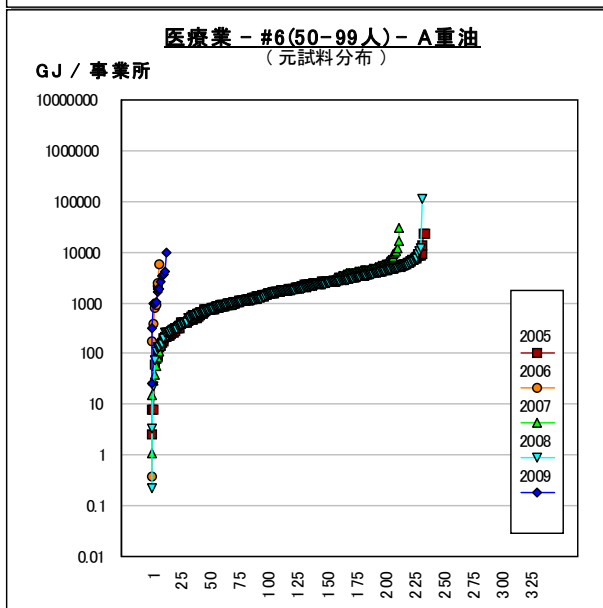
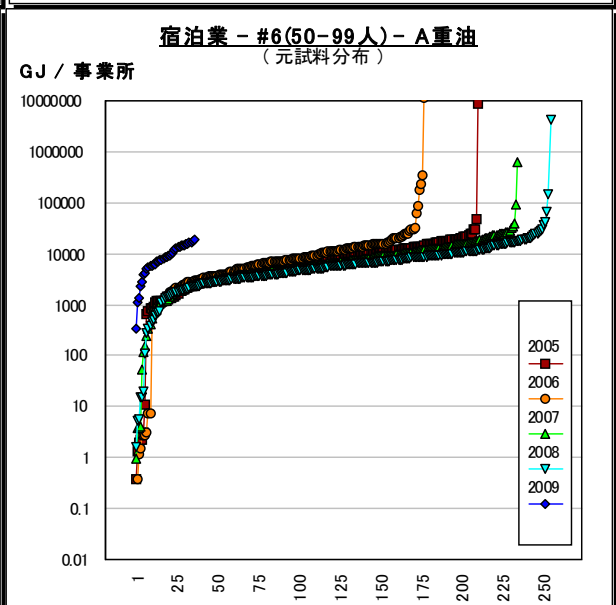
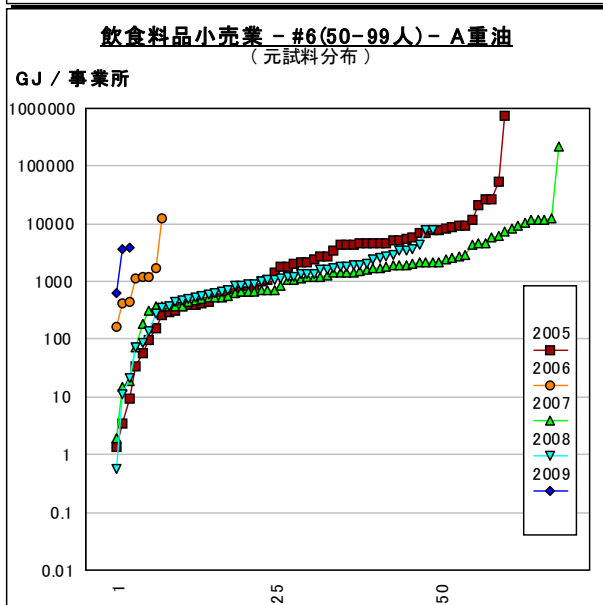
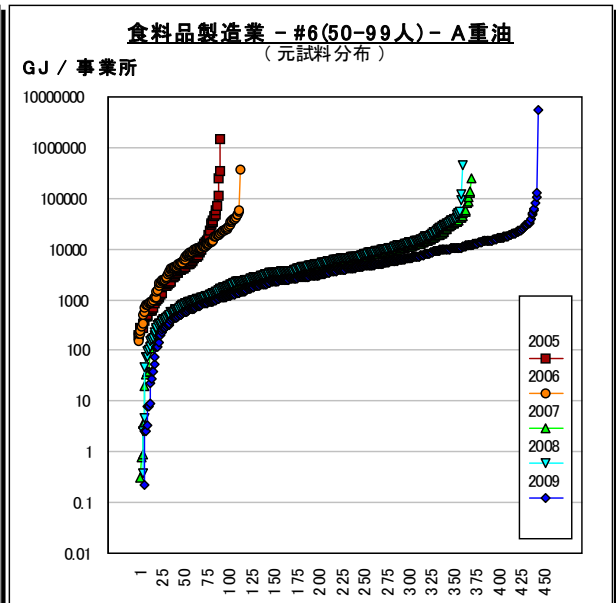
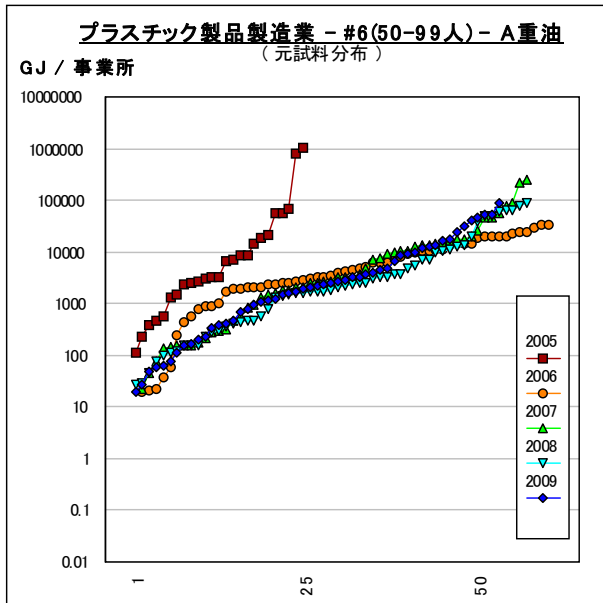


(図注) 図はエネルギー消費量小さい方から試料を横軸「右」方向へ順番に並べたものであり、数値は試料数に対応する

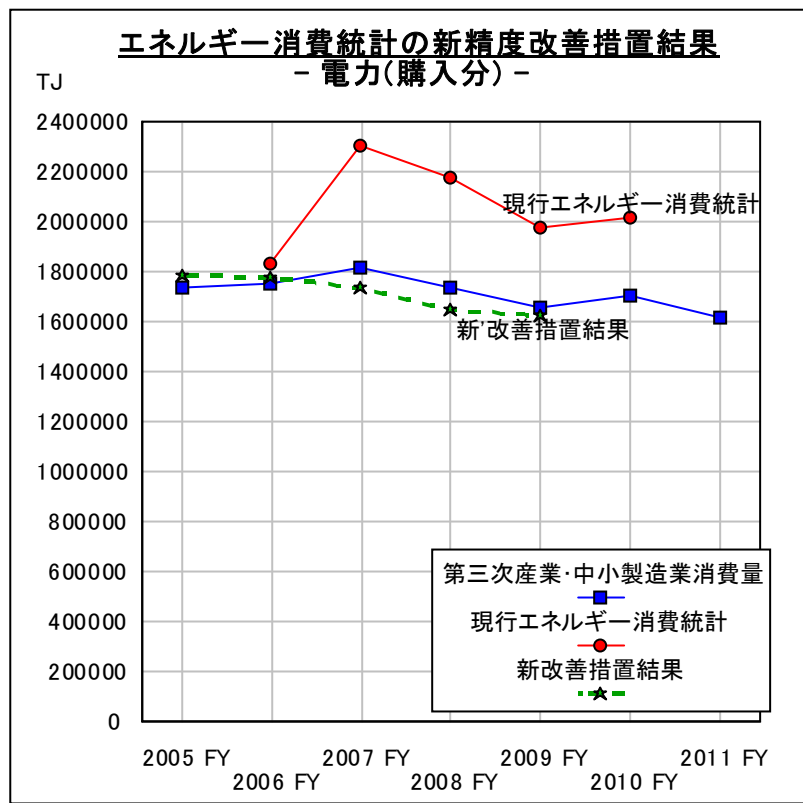
[図2-2-2-7.~12. エネルギー消費統計の典型的個票試料分布 (都市ガス)]



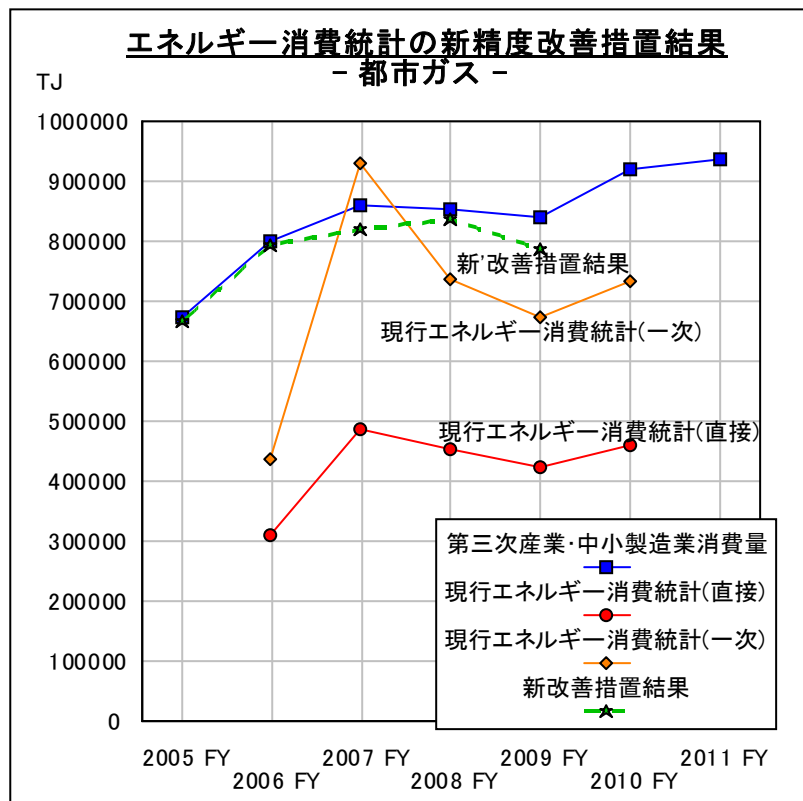
[図2-2-2-13.~18. エネルギー消費統計の典型的個票試料分布 (A重油)]



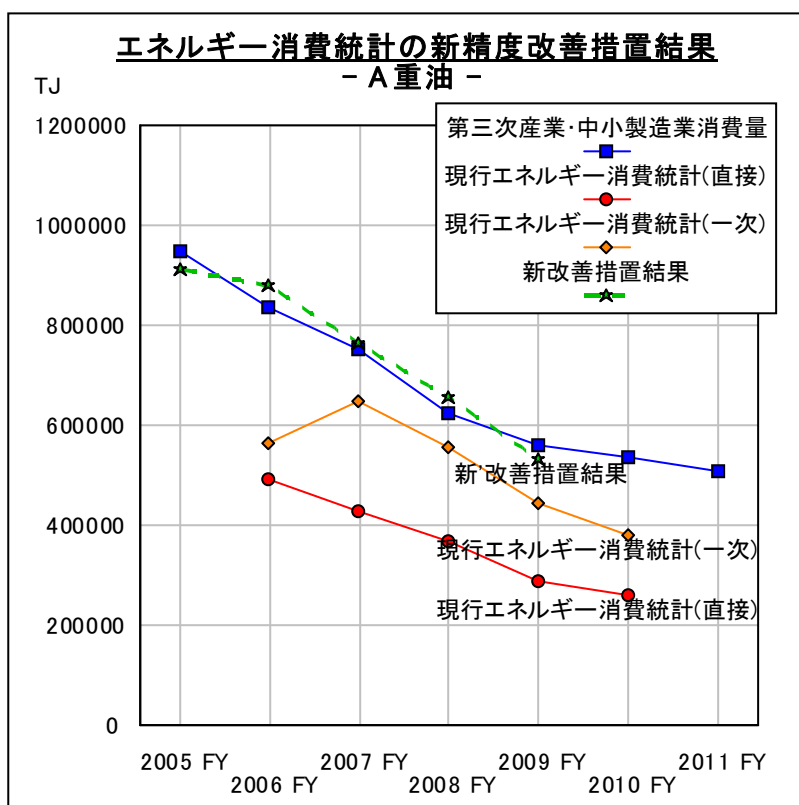
[図3-2-2-1. 電力における新たな精度改善方策の精度比較評価結果]



[図3-2-2-2. 都市ガスにおける新たな精度改善方策の精度比較評価結果]



[図3-2-2-3. A重油における新たな精度改善方策の精度比較評価結果]



[表3-2-2-1. 電力・都市ガス・A重油における新たな精度改善方策の精度比較評価結果]

(単位 PJ) 項目 / 年度	2005	2006	2007	2008	2009	(平均, 標準偏差)
電力						
第三次産業・中小製造業購入量	1743	1753	1818	1740	1664	1744 55.0
新精度改善方策(購入量)	1789	1777	1739	1652	1631	1718 72.3
差 △	+ 46	+ 24	- 79	- 88	- 33	- 26 --
乖離率 %	+ 2.7	+ 1.4	- 4.4	- 5.1	- 2.0	- 1.5 3.4
都市ガス						
第三次産業・中小製造業消費量	676	803	861	854	843	807 76.7
新精度改善方策(消費量)	669	794	821	837	788	782 66.1
差 △	- 7	- 8	- 40	- 17	- 55	- 26 --
乖離率 %	- 1.1	- 1.1	- 4.7	- 2.0	- 6.5	- 3.1 2.4
A重油						
第三次産業・中小製造業消費量	952	837	754	627	563	747 156.8
新精度改善方策(消費量)	915	882	764	659	533	751 158.0
差 △	- 37	+ 45	+ 11	+ 32	- 30	+ 4 --
乖離率 %	- 3.9	+ 5.3	+ 1.4	+ 5.1	- 5.3	+ 0.5 5.0

(表注) 表1-2-3-1. と比較対象年度が 1年ずれていることに注意

[差 △] ≡ [新精度改善方策消費量・購入量] - [第三次産業・中小製造業消費量・購入量]

[乖離率 %] ≡ [差 △] / [第三次産業・中小製造業消費量・購入量] (%)

参考文献

1. 経済産業省資源エネルギー庁 「エネルギー消費統計」(各年度版)
<http://www.enecho.meti.go.jp/info.statistics/energy/gaiyo.html>
2. 経済産業省資源エネルギー庁 平成19年度エネルギー消費状況調査「エネルギー諸費統計平成18年度予備調査の分析及び平成19年度調査の設計のための調査研究」
(平成20年2月 資源エネルギー庁/三菱総合研究所)
3. 経済産業省資源エネルギー庁 平成22年度エネルギー戦略総合調査「エネルギー消費量・CO2排出量の地域分割に関する調査」(平成22年3月 資源エネルギー庁/経済産業研究所)
4. 経済産業省「特定業種石油等消費統計調査(石油等消費動態統計調査)」, 経済産業省資源エネルギー庁「電力調査統計」(各年度版)
5. 戒能「総合エネルギー統計の解説 / 2010年度改訂版」(2012)
<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/download/>

注 記

本稿の成果の一部は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「エネルギー消費量・CO2排出量の地域分割に関する調査」(平成22年3月 資源エネルギー庁/経済産業研究所)の調査結果に基づくものである。