

全国の工業集積地におけるエネルギー消費及び可燃性廃棄物排出からみた環境効率の分析

吉田登¹・若林俊輔²・金子泰純³・日下正基⁴

¹正会員 工博 和歌山大学助教授 システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

²工修 株式会社コール・トゥ・ウェブ (〒171-0022 東京都豊島区南池袋2-49-7池袋パークビル)

³正会員 工博 和歌山大学助教授 システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

⁴正会員 工博 和歌山大学教授 システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

本研究では、地域の工業集積地におけるエネルギー消費及び可燃性廃棄物排出からみた環境効率を、統計データをもとに分析した。各都道府県、各業種ごとに、分子に製造品出荷額、分母にエネルギー消費量及び熱量換算された可燃性廃棄物排出排出量を適用して環境効率を算定し、これをもとに25%分位点及び中央値レベルの環境効率に満たない地域の業種が、これらのレベルまで環境効率を改善すると仮定した場合に、改善の可能性のあるエネルギー量を各業種、工業地区ごとに推計した。分析の結果、業種ごとに環境効率の異なる分布が確認された。また、エネルギー消費や可燃性廃棄物排出量からみた環境効率が改善されると仮定した場合に現状からの変化が大きい工業地区を抽出し、その集積業種等について考察した。

Key Words : *environmental efficiency, manufacturing industries, industrial district, energy consumption, combustible waste*

1. はじめに

製造時の燃料消費や設備動力の削減を図り、また生産過程で排出される廃棄物から利用可能なエネルギーを回収し有効利用する、いわゆる工場の産業エコロジ化により、地球温暖化防止や省資源化を図っていくという取り組みが、様々な業種で行われてきている。熱電併給によるエネルギー利用の総合効率を高める取り組みは、民生部門と比較して規模の大きい製造部門ではより効果的である。また廃棄物の中でも、産業廃棄物は、排出される規模が大きいために一定のエネルギー量を確保することができることから、地域に腑存する新エネルギーの1つとして注目されている。このように製造業のもつエネルギー有効利用のポテンシャルは大きい。今後、このような取り組みを各地域で展開していくためには、これまでのような経済的な生産性だけでなく、環境面からみた生産性の指標から、各工業集積地区の状況を把握することは有効であると考えられる。そこで、本研究では、このような工業集積地における生産活動の統計である工業統計(工業地区編)とエネルギー消費の実態を示す石油等消費構造統計、さらに各都道府県に照会して入手した産業廃棄物排出量

データをもとに、分子に製造品出荷額、分母にエネルギー消費量及び熱量換算された可燃性廃棄物排出排出量を適用して環境効率を算定して、エネルギー利用の改善の可能性について分析をおこなった。

2. 製造工場におけるエネルギー有効利用に関する研究および実務の動向

わが国では、戦後、工場立地を誘導するために公共の関与が積極的におこなわれてきており、その一連は産業政策(industrial policy)または産業立地政策(industrial site development policy)と総称されてきた。産業政策が全国的なレベルで国策として展開されたのが日本の特徴であり、工場団地などの工業集積地区の開発は、広義の産業政策であると捉えられている。しかし、環境や公害の問題が十分に取り込まれてこなかったこれまでの産業政策に対して、資源循環などの観点から環境調和型の立地誘導、再編を図ろうとするなどの質的な変化が国レベル、そして地域レベルで表れてきた。国レベルでは、エコタウンなどの政策であり、地域レベルでは、内発的発展論などのように、「地域活動に根ざ

した産業を機軸に、環境の保全やエコロジーなどの重要性も強調しつつ、産業開発や地域社会のあり方を考える立場」として表れてきた¹⁾。

製造工場におけるエネルギー有効利用は古くて新しい課題である。これまでも、オイルショック以降、昭和50年代という早期に、熱電併給システムを中心とした企業間でのエネルギー共同利用などの研究が行われてきた²⁾。その後、1997年の地球温暖化防止条約京都会議などを契機に地球温暖化防止が社会の重要な課題となり、エネルギーの使用の合理化に関する法律に基づいて、工場・事業場におけるエネルギー使用合理化の徹底が求められてきた。ヒートポンプやコジェネレーションなど分散型の熱利用技術の開発が進む中で、近年、具体的な導入事例の増加とともに、これらをシステムとして評価する研究³⁾、⁴⁾が行われてきた。このようなミクロの物質・エネルギー代謝の改善がおこなわれてくる一方で、持続可能な産業社会形成に向けて、自然、社会環境の中での物質やエネルギーを定量的に把握するためのマテリアルフロー分析⁵⁾が進展してきた。生産活動がもたらす付加価値と資源消費に代表される環境負荷とを対比させる環境効率性の指標が導入されてきた。資源生産性などがその代表例である。資源生産性をマクロに分析する研究⁶⁾、⁷⁾が多く展開される一方、エネルギー消費や廃棄物回収について都道府県など地域レベルで分析した研究は少ない。

実務レベルでは、製造業においてこのような環境調和型の産業活動の再編を、廃棄物からのエネルギー回収を含め、エネルギー利用効率の改善を軸に促進していくとする政策が多く適用されてきた。3Rや4Rの視点からより上位の循環の輪を構築することが原則であるが、最終的には付加価値の低くなった廃棄物をエネルギーとして有効活用していくことが欠かせない。そのために例えばエコタウン事業、経済産業省の環境調和型エネルギーコミュニティ事業や新エネルギー対策導入促進事業⁸⁾、バイオマス資源を対象とした農林水産省の食品リサイクルモデル整備事業など、全国的に展開を図るためのモデルとなる事業を立ち上げるために、様々な補助の枠組みが用意されてきた。現在は、エコタウンなどの点在する事例を、線や面へ繋げ展開してゆくことが課題となっている（例えば、エネルギー資源学会、2003）。事業所や企業レベルでは、エネルギーも含めた環境効率性を指標に事業経営を評価する取り組みが多くなってきている。他方、地方自治体では、環境関連の部署が、地域に物質フローや資源生産性指標の適用することを検討し始めた段階である。近

年、空洞化現象が見られていた工業地帯にも、最近再び産業立地が増加しつつある。これらを所管する企業庁や産業振興の部局には、環境共生をコンセプトにした産業立地支援をおこなう試みも見られるが、その現状を評価するための、地域の工業集積地区の環境効率性などの基礎的な情報は整っていない。

3. 製造業及び工業地区におけるエネルギーからみた環境効率の分析

(1) 分析の方法

図1に分析のフローを示す。分析の基礎となる情報は、各製造業のエネルギー消費量と産業廃棄物排出量の熱量換算値である。エネルギー消費量については、経済産業省が毎年調査、公表している指定統計である、石油等消費構造統計⁹⁾を用いる。ここでいうエネルギー消費量は、原料用（燃料を目的とせず他の製品を生産するための原料として使用されたもの）を除く全ての燃料消費量及び電力消費量を熱量換算したものを指す。産業廃棄物排出量については、全国の都道府県に照会して入手した、各都道府県ごとに集計された製造業の業種別種類の産業廃棄物排出量である。ここでいう排出量とは、事業所内減量化や有価物販売、リサイクル分を除いたものであり、現状で焼却などの中間処理の対象になっているものをさす。本分析では、工業地区を単位として、その中でのエネルギーと廃棄物のバランスを考える。ここでいう工業地区とは工業統計¹⁰⁾で用いられている集計区分であり、工場適地調査をもとに設定される事業所数200以上の工業集積地で、23区、政令市のほか複数市町村を含む規模で設定されている。都道府県を越えるような広域の移動ではないが、

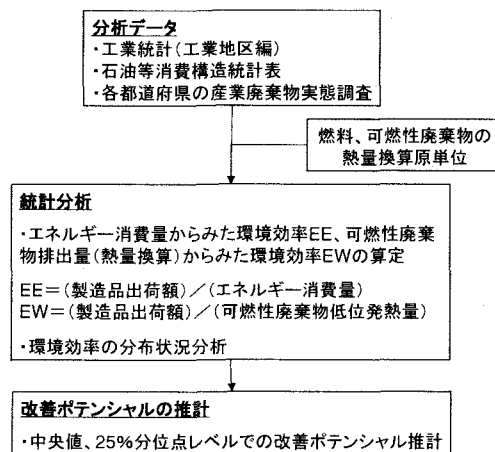


図1 分析フロー

事業所周辺のようなオンサイトでの有効利用を越えて、隣接する工業集積内の事業所間をも移動しての廃棄物の移動を想定しうる工業集積規模を分析単位として考えている。汚泥などの湿潤系の廃棄物はこのような移動に適さないで、ここでは水分含有率の低い可燃性廃棄物（廃プラ、紙くず、木くず、繊維くず）を分析対象とした。非集計レベルの個別の廃棄物種類別の発熱量（低位）は、一般には同じ種類であっても原料成分や水分含有によって異なる。ここでは集計された統計データを用いた分析であるため代表値を与えることとし、都市ゴミ処理施設整備の指針資料を参考に、湿基準の低位発熱量をカロリー換算で与えた。データ年は、石油等消費構造統計については1999年度の値を用いた。産業廃棄物の排出量については調査年度が1998年～2000年度の間で異なったため、1999年度の実績値についてはそのまま用いることとし、99年度以外の年度のデータについては、当該都道府県の各製造業種での年度間の製造品出荷額の比によって、99年度の値に補正したものをを用いた。なお、鉄鋼業、石油・石炭、皮革の3業種は工業地区において秘匿データが多いため、分析の対象から外した。

本研究における環境効率は、以下の式(1)、(2)により定義される。

$$EE_{ij} = P_{ij} / E_{ij} \quad (1)$$

$$EW_{ij} = P_{ij} / W_{ij} \quad (2)$$

ただし、

EE_{ij} ：都道府県*i*、業種（産業中分類）*j*におけるエネルギー消費量（燃料、電力）からみた環境効率率（百万円/Gcal）

EW_{ij} ：都道府県*i*、業種*j*におけるにおける可燃性産業廃棄物排出量（熱量換算）からみた環境効率率（百万円/Gcal）

P_{ij} ：業種*ij*の製造品出荷額（百万円）

E_{ij} ：業種*ij*の原料用途を除くエネルギー消費量（燃料、電力）（Gcal）

W_{ij} ：可燃性産業廃棄物排出量（廃プラスチック、紙くず、木くず、繊維くず）の低位発熱量による熱量換算値（Gcal）

本分析ではまず、各製造業のエネルギー消費量と、産業廃棄物排出量をもつ熱量規模が、国全体ではどのような割合になっているかを比較する。次に、上述の環境効率率を用いて、各都道府県の環境効率 EE_{ij} 、

EW_{ij} を製造品出荷額で加重平均して求めた全国平均の環境効率 EE_{ij} 、 EW_{ij} を業種ごとに比較して、業種ごとの環境効率の基本的な傾向をみる。

さらに、四分位法を用いて、25%分位点（データを小さい順に並べたときの、小さい方から25%目の値）及び中央値（データを小さい順に並べたときの、小さい方から50%目の値）を取り出して、都道府県*i*、業種*j*の環境効率が25%分位点あるいは中央値に満たない場合に、仮にその環境効率が、これらのレベルまで改善すると仮定した場合に、削減或いは有効利用可能なエネルギー量を、式(3)～(6)により求める。これを、改善量と定義する。もとのエネルギー消費量や廃棄物排出熱量の、この改善量に対する比率を改善率と定義する。例えば、都道府県*i*、業種*j*のエネルギー消費を対象にした場合、25%分位点までの改善量は $E25_{ij}$ 、そのときの改善率は $E25_{ij} / E_{ij}$ により求めることができる。これらを各業種、各工業地区ごとに集計して考察を行う。

$$E25_{ij} = E_{ij} - P_{ij} / EE25_j \quad (3)$$

$$E50_{ij} = E_{ij} - P_{ij} / EE50_j \quad (4)$$

$$W25_{ij} = W_{ij} - P_{ij} / EW25_j \quad (5)$$

$$W50_{ij} = W_{ij} - P_{ij} / EW50_j \quad (6)$$

ただし、

$E25_{ij}$ ：都道府県*i*、業種*j*においてエネルギー消費からみた環境効率が25%分位点レベルへ改善した場合の改善量（Gcal）

$E50_{ij}$ ：都道府県*i*、業種*j*においてエネルギー消費からみた環境効率が中央値レベルへ改善した場合の改善量（Gcal）

$W25_{ij}$ ：都道府県*i*、業種*j*において廃棄物排出熱量からみた環境効率が25%分位点レベルへ改善した場合の改善量（Gcal）

$W50_{ij}$ ：都道府県*i*、業種*j*において廃棄物排出熱量からみた環境効率が中央値レベルへ改善した場合の改善量（Gcal）

$EE25_j$ ：業種*j*の環境効率 EE_{ij} （ $i=1 \sim n$ ）の25%分位点

$EE50_j$ ：業種*j*の環境効率 EE_{ij} （ $i=1 \sim n$ ）の中央値

$EW25_j$ ：業種*j*の環境効率 EW_{ij} （ $i=1 \sim n$ ）の25%分位点

$EW50_j$ ：業種*j*の環境効率 EW_{ij} （ $i=1 \sim n$ ）の中央値

これにより得られる、改善量や改善率はあくまでポテンシャルであり、実際に改善可能な量ではなく、

可能性のある規模を示す目安となる量であることに留意する必要がある。

(2) 全国の製造業におけるエネルギー消費量と可燃性産業廃棄物排出量の熱量換算値の比較

1999年度における全国の製造業の、原料利用を除く全エネルギー（燃料・電力）の消費量は、原油換算1億6602万キロリットル、カロリー換算で15.4億Gcal（Gcal=10億cal）である（石油等消費構造統計, 1999）。これに対して、水分含有率の低い、乾燥系の可燃性廃棄物（廃プラ、紙くず、木くず、繊維くず）排出量を低位発熱量でカロリー換算すると、約72百万Gcalである。これは製造業の全エネルギー消費量の4.7%に相当する。さらにバイオマスニッポン総合戦略で示される、廃棄物系バイオマスの賦存量は、原油換算約2,400万キロリットル、これをカロリー換算すると2.22億Gcalであり、これは製造業の全エネルギー消費量の約14.4%に相当する。これには一般廃棄物等や湿潤系の産業廃棄物も含まれる。このように、製造業が消費するエネルギーは大きいとともに、廃棄物全体のもつエネルギー量も相当規模あることが分かる。しかし、例えば湿潤系では輸送が困難であること、メタン発酵など熱利用のための資源転換プロセスが必要になるなど、簡易な利用は難しい。一方で熱転換可能な乾燥系の可燃性廃棄物に限るとその規模は小さくなる。本研究では、輸送等が相対的に容易である、可燃性産業廃棄物を分析の対象とする。

(3) エネルギー消費量と可燃性廃棄物排出量からみた製造業種別の環境効率

各都道府県のエネルギー消費量と可燃性廃棄物排出量のデータを合計して、全国平均で、エネルギー消費量と可燃性廃棄物排出量からみた環境効率を求めた結果を図2に示す。図2では、原点に近いほど、

環境効率が低い。つまり、同じ製品出荷額を生み出すために、そこに投入されるエネルギーや排出される廃棄物の量が多い業種であることを示す。これに該当するのは、パルプ・紙・紙加工品製造業、繊維工業、化学工業、非鉄金属製造業、ゴム製品製造業、プラスチック製品製造業、食料品製造業である。このように、一般的には素材製造に近い業種より、加工、組立など、より加工度や付加価値率の高い業種になるにつれ、このような環境効率性の値は大きくなる。製品や財ごとに与える機能が違うので、一概にこの値をもって業種の環境パフォーマンスを評価することはできない。なお、この分析では、乾燥系の可燃性廃棄物に対象を絞っているため、汚泥など湿潤系を含め全ての可燃性廃棄物を含めた場合にはプロットの位置が異なってくる。

(4) 業種別の環境効率の都道府県間でのばらつき

同じ製造業であっても、工場立地の時期が異なったり、立地する事業所の規模が異なることは容易に考えられる。これらは、基本的には個々の製造事業所が過去に行ってきた企業立地が要因であり、事業所の規模やプラント等の種類、設置年など個々の要因により影響される。地域単位で集計した環境効率が異なる要因は、地域の属性よりはむしろ、前述したような個々の事業所の要因を積み重ねた結果であるといえる。つまり、環境効率の低い地域では、他の地域と比較して、相対的に、環境効率を低くする要因をもった事業所の集積が多いことを示している。実際にエネルギー消費の削減や廃棄物を熱源に有効利用するには、同様に個別の制約条件があるため、環境効率が低いからといって、この効率を実際に高めることが可能かどうかは別の議論になる。しかし、これまで産業立地政策を考える基礎になってきた情報は、都道府県の県民経済計算などから得られる付加価値生産性や労働生産性など経済的な効率性であ

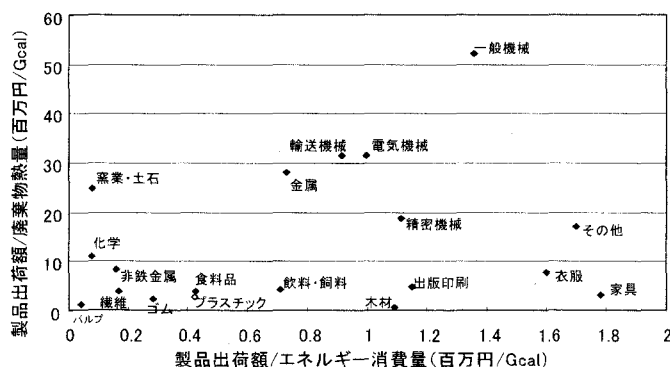


図2 全国レベルでのエネルギー消費量と可燃性廃棄物排出量（熱量換算）からみた環境効率

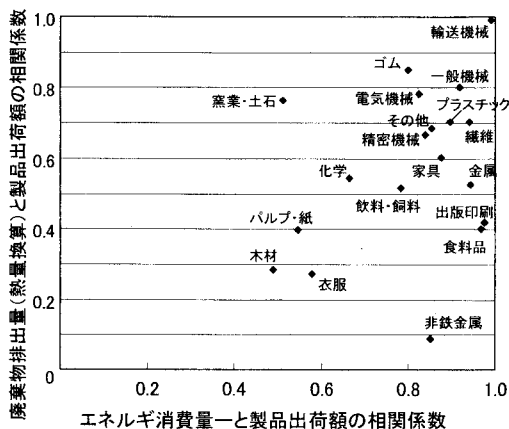


図3 製造品出荷額とエネルギー消費量、廃棄物排出量（熱量換算）との相関関係

った。しかし、地方分権社会への移行に伴い、産業廃棄物税など、環境が地域経営に内部化される政策的要素が増えつつある。その意味で今後は、産業の誘致を担う、地方自治体など地域経営主体は、当該地域の産業集積における環境からみた効率性が、経済的な効率性からみてどの位置にあるかを把握しておくことが重要になると考えられる。

図3には、都道府県別のデータを用いて、製造品出荷額とエネルギー消費量との相関関係、製造品出荷額と廃棄物排出量（熱量換算）との相関関係を調

べた結果を示す。図では、概ね右上がりの分布を示している。つまり、一般的には出荷額とエネルギーとの相関が高いものは出荷額と廃棄物との相関も高い結果となっている。この中で、相関係数が高いものは機械系の産業などである。相関係数が共に低いものは、木材・木製品、衣服・その他繊維製品、パルプ・紙・紙製品製造業などである。図2と比較してみて、これらの業種では環境効率性の低い産業との重なりが大きいことが分かる。一方で、多くのプロットが、グラフの対角線よりも右下に位置することから、エネルギー消費よりはむしろ廃棄物排出量に対して同業種での都道府県間での格差が大きいことが分かる。これらの産業では、一つには業種の多様化という理由が考えられる。紙であってもダンボールと特殊紙では生産様式が大きく異なるように、同じ業種であっても、付加価値の異なる製品をつくる事業所では互いに出荷額とエネルギー消費や廃棄物排出との関係は異なってくる。しかし、この値は地域という単位での集計値であり、そのような異なった種類の事業所が混在した値であると考えられる。そうであれば、多様化だけの要因では地域間でそれほど大きな異なりは出てこないはずである。その中で、かなりのばらつきが見られる業種では、地域によっては、何らかの改善の可能性が示唆されていると考えることも可能と思われる。

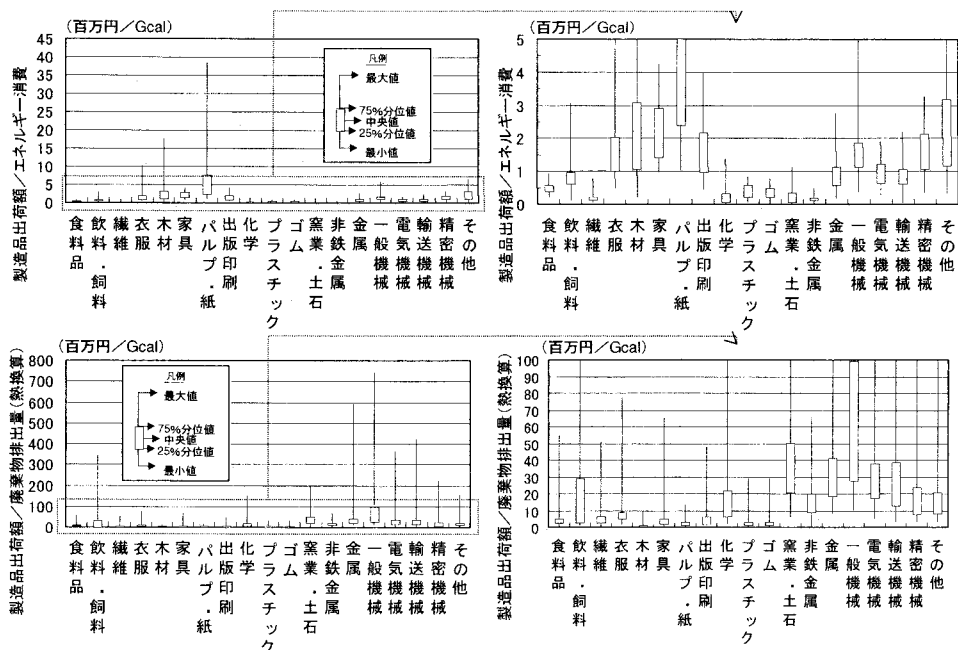


図4 エネルギー消費量及び可燃性産業廃棄物熱量からみた業種別環境効率の都道府県値の分布（四分位数）

図4には、このばらつきの程度をより詳細に見るため、四分位数を計算して、エネルギー消費量及び廃棄物排出量でみた業種別環境効率の都道府県間でのばらつきを調べた結果を示す。多くの業種において、分布は最小値側に寄っている。鉄鋼以外でエネルギー多消費の素材業種である化学、製紙、窯業・土石において、製造品出荷額の最も大きい都道府県を挙げると、化学は神奈川県、製紙は静岡県、窯業・土石は愛知県である。これらの県において当該業種のエネルギー消費からみた環境効率をみると、神奈川県の化学での0.095（百万円/Gcal）は中央値近く、静岡県の製紙での15.38（百万円/Gcal）は、75%分位点と最大値の間、愛知の窯業・土石での0.15（百万円/Gcal）はほぼ中央値の位置にあり、中央値付近かそれより上位に分布していることが分かる。環境効率の最大値側に位置する都道府県を各業種ごとにみると、製紙業の静岡などは別にして、むしろ出荷額のシェアが低い地域が相対的に多いことが分かった。出荷額シェアの高い地域では、素材も含めて製造の中心的な工程を担う事業所が多いと考えられるのに対して、そのような出荷額シェアの低い地域では、むしろそれらの地域から基礎製品を移入するなどしてエネルギー消費の少ない加工などの工程を担う事業所などが立地することが考えられ、そのため見かけ上、環境効率の値が高くなることなどが、

その理由として考えられる。環境効率の最小値側に位置する都道府県については、産業集積との関わりはあまりみられなかった。可燃性廃棄物排出量の多い業種である、製紙、食料品、木材、飲料・飼料において、製造品出荷額の最も大きい都道府県を挙げると、製紙は静岡、食料品は愛知、木材は愛知、飲料・飼料は静岡である。これらの県において当該業種の可燃性廃棄物排出量（熱量換算）からみた環境効率をみると、静岡県の製紙での1.65（百万円/Gcal）は中央値近く、愛知県の食料品での3.70（百万円/Gcal）は、中央値近く、愛知県の木材での1.44（百万円/Gcal）は中央値と75%分位点の間、静岡県の飲料・飼料での8.29（百万円/Gcal）は中央値と75%分位点の間であり、廃棄物熱量からみた環境効率の場合でも産業集積地域での値は中央値付近かそれより上位に分布していることが分かる。

(5) 業種及び地域での改善ポテンシャル

前節での分析結果から、相対的に優良な環境効率として、産業集積地域で維持されているレベルとみられる中央値の値を適用する。また、そこへ向けてまず業種での底上げを図るべき、当面の努力目標ともいべき環境効率の目安として中央値の半分である25%分位点の値を適用する。図5には、仮に、これら25%分位点、あるいは中央値に満たない都道府

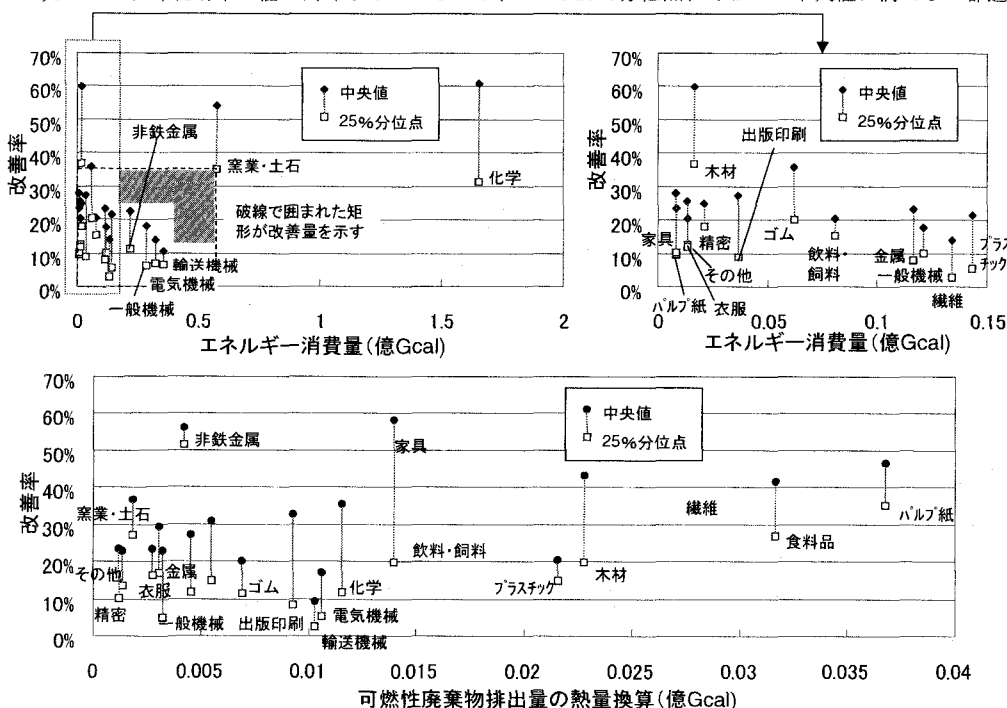


図5 環境効率が25%分位点及び中央値に満たない地域が同効率レベルへ改善した場合の熱有効活用ポテンシャル

県での環境効率が、これらの値に高まると仮定した場合、どの程度のエネルギー削減や、廃棄物有効利用が見込まれるのかを推計した結果を示す。図中の改善率は、個々の業種において元のエネルギー消費量、可燃性廃棄物熱量に対するエネルギー削減量、廃棄物熱利用可能量の割合として定義されるものである。改善率はエネルギー消費の場合は、25%分位点では20%までの改善率が大半であるが、エネルギー多消費の化学や窯業・土石では30%台と多くの改善ポテンシャルが見込まれ、中央値ではさらに60%に達する。可燃性廃棄物排出熱量の場合もほぼ同様の改善率を示すが、25%分位点でのエネルギー多消費業種の改善率はエネルギー消費の場合より若干低く、パルプ・紙のみ30%台を示す。これらの各プロットと原点とを対角として囲まれる矩形の面積が改善量であり、これらを合計すると、エネルギー消費の場合では、25%分位点迄改善する場合、合計で0.88億Gcal、中央値まで改善する場合では合計で1.67億Gcalの規模のポテンシャルとなった。廃棄物の熱源利用を考える場合には、25%分位点で0.04億Gcal、中央値までの改善で0.07億Gcalとなった。これにより、各地域で集積している産業が、どのような環境効率の改善の可能性をポテンシャルとしてもっているかを把握することができる。

同様の分析を地域に対して試みる。つまり、環境効率が25%分位点や中央値レベルに満たない産業が多く集積する都道府県や工業地区では、それらが現在、消費しているエネルギー量や可燃性廃棄物排出熱量に対して改善の度合いが高いことになる。分析の結果を図6に示す。省エネや熱の有効利用などによりエネルギー消費量を削減する、改善量のポテンシャルの高い工業地区は、大分（化学、繊維）、紀北臨海（化学）、横浜・川崎・横須賀（プラ）、名古屋（プラ）、周南（化学、窯業・土石）、桑名・四日市（化学）、宇部・小野田（窯業・土石）、新潟・新発田・中条（化学）、上越・糸魚川・頸城（化学、電気機械）などであり、基本的には化学、窯業・土石などのエネルギー多消費産業の集積が工業地区でのエネルギー改善量のポテンシャルの規模に影響を与えている。廃棄物排出熱量に対する改善量のポテンシャルの大きい工業地区をみると、福井（紙、繊維）、武生・鯖江（紙、繊維）、下関（化学、窯業・土石、非鉄）、八戸（非鉄、窯業・土石）などの集積との関わりが伺われる。25%分位点までの改善を例にとると、エネルギー消費量で、この改善量のポテンシャルが百万Gcal以上あるのは28工業地区あり、28地区合計で2億Gcalの規模になる。廃棄物排出熱量では、10万Gcal以上の有効利用等に

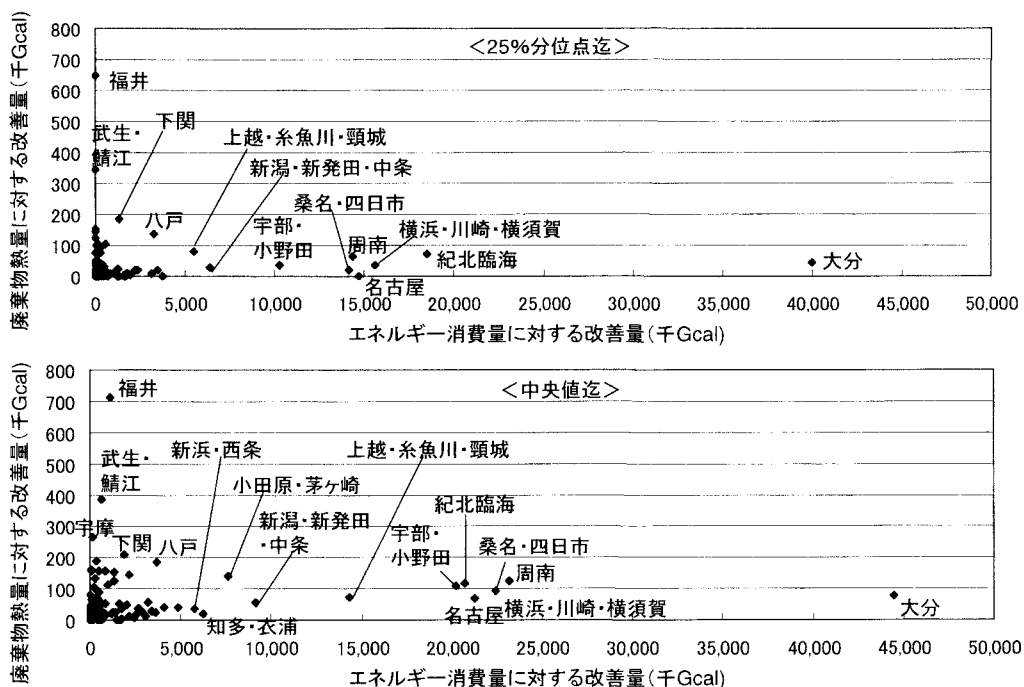


図6 工業地区におけるエネルギー改善のポテンシャル

よる改善量の規模をもつ工業地区は9つあり、9地区合計で0.02億Gcalの規模をもつ。

4. 結論及び今後の課題

本研究では、業種ごとに、エネルギー消費量・廃棄物熱量と製造品出荷額からみた環境効率について都道府県間での格差を分析し、素材などエネルギー多消費型産業での産業集積の大きい地域の実績をもとに改善の目安となる基準を設定して、各業種や各工業地区でのエネルギー消費や廃棄物排出熱量の有効利用に関する改善のポテンシャルについて考察をおこなった。今後の課題として、ポテンシャルとして大きい、汚泥などの湿潤系の廃棄物などを含めた有効利用のポテンシャルの推計などが挙げられるが、具体的にエネルギーの有効利用を考えるには、個々の事業所での事例分析へと進め、必要なエネルギーと利用可能なエネルギーの質のマッチングなどの解析を行うことが必須である。

参考文献

- 1) 盛岡ら：社会実験地での循環複合体のシステム構築と環境調和技術の開発・第2編 産業工場での循環複合体の構築, pp.1 - 168, 2001.
- 2) 総合研究開発機構(NIRA)：企業間エネルギー共同利用に関する研究, NIRA報告書, pp.187, 1983.
- 3) 島崎洋一・秋澤淳・柏木孝夫：ゼロエミッションを目指した工業団地のヒートカスケディング、環境科学会誌, Vol.13(1), pp.23-32, 2000.
- 4) 森俊介・村上忠興：物質フローと環境負荷のモデル化による省エネルギー・環境対策の評価、環境科学会誌 13(5), pp.602-610, 2000.
- 5) 森口祐一：マテリアルフロー分析からみた人間活動と環境負荷、環境システム研究, Vol.25, pp.557-568, 1997.
- 6) 天野耕二・戸辺勝俊・長谷川聖洋：日本全国の都道府県における物質循環評価手法に関する研究、環境システム研究論文集, Vol.29, pp.215-223, 2001.
- 7) 藤江幸一、胡洪宮、迫田章義、金谷健、後藤尚弘：地域ゼロエミッションをめざした物質収支の解析と物質循環モデル、環境科学会誌, Vol.11(2), pp.246-247, 1998.
- 8) 特集・地方自治体のエネルギービジョンとその現況、エネルギー・資源, Vol.25, No.2, pp.10-42, 2004.
- 9) 通商産業省大臣官房調査統計部：平成11年工業統計表工業地区編, 2001.
- 10) 通商産業省大臣官房調査統計部：平成11年石油等消費構造統計表, 2001.

AN ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL EFFICIENCY FOR DOMESTIC INDUSTRIAL SECTORS AND SITES IN ENERGY CONSUMPTION AND COMBUSTIBLE WASTE GENERATION

Noboru YOSHIDA, Syunsuke WAKABAYASHI, Yasuzumi KANEKO
and Masaki KUSAKA

In this paper, an attempt was made to analyze the environmental efficiencies for domestic industrial sectors and industrial sites in terms of energy consumption and combustible waste generation by using energy and waste statistics. By using these data, first, volume of the energy utilization potential was estimated for industrial sectors and sites providing that the manufacturing sectors which give lower environmental efficiencies can improve their environmental efficiencies up to their median or the first quartile levels among prefectural data. Secondly, the domestic industrial sites which have comparatively greater potential in energy utilization were extracted.