

■ 研究論文 ■

ヒートカスケディング導入促進に対する 排熱のエクセルギーを考慮した経済的インセンティブの効果

Effect of Economic Incentive Considering Quality of Energy Use for Promoting Cascade Use of Waste Energy in Industrial Sector

若園芳嗣*・加藤丈佳***・横水康伸****

Yoshitsugu Wakazono Takeyoshi Kato Yasunobu Yokomizu

早川直樹**・岡本達希*****・鈴置保雄*****

Naoki Hayakawa Tatsuki Okamoto Yasuo Suzuoki

(原稿受付日1999年6月16日, 受理日2000年2月9日)

Abstract

This paper discusses economic incentive that can make energy-saving and cost-saving potentials of the heat cascading in industrial sector compatible. Firstly, we evaluate the effect of energy tax and exergy tax on the reduction of oil consumption and exergy loss, respectively. The heat cascading and energy saving are promoted in the combinat optimized from the viewpoint of cost saving when these economic incentives are introduced. The exergy tax promotes the introduction of heat cascading more economically than the energy tax, because the exergy tax considers the quality of energy use. The idea of exergy tax can be implemental in a form of energy tax refund based on exergy efficiency.

1. はじめに

近年の環境・資源問題への関心の高まりの中で、未利用エネルギーの有効活用による地域エネルギーシステムの効率化は、新たな省エネルギー化方策として、その積極的な導入が期待されている。筆者らは、産業分野での省エネルギー方策として、エネルギー多消費型産業を対象とし、コンビナート化による産業排熱の多段階利用（ヒートカスケディング）導入の有効性を省エネルギー性・経済性の両面から評価してきた¹⁾²⁾。その結果、ヒートカスケディングが省エネルギー性の観点から有効であることを明らかにした。しかし、現状ではコンビナート内部の熱輸送コストが高く、ヒートカスケディングの導入は進んでいない。筆者らはこれまでに、ヒートカスケディングの導

入促進のための経済的インセンティブとして炭素税を想定し、その有効性評価を行ってきた³⁾。炭素税には、燃料転換を推進する効果があるが、燃料転換が不可能な状態においても、エネルギー消費量自身を削減する効果がある。しかし、炭素税は投入された燃料エネルギー消費量に対して課税されるものであり、エネルギーの利用工程を考慮しておらず、エネルギー利用の量的な面のみを考慮した経済的インセンティブといえる。そこで本論文では、ヒートカスケディング導入の経済的インセンティブとして、エネルギー利用の質的な面、すなわちエクセルギー効率に着目し、その具体例として「エクセルギー税」を検討した。さらに、エネルギー税の一部がエクセルギー効率に応じて還付される「報奨金」制度の有効性についても検討を行った。

本論文では、産業分野を対象としたヒートカスケディング導入の有効性を省エネルギー性および経済性の両面から評価した。次に、エクセルギー税および報奨金の評価方法を示すとともに、これらと従来の経済的インセンティブの効果を比較した。

* 名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程後期課程3年

** " " " " 助教授

*** " 理工科学総合研究センター助手

**** " " " 助教授

***** " " " 教授

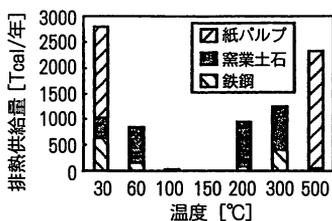
2. ヒートカスケードの経済性・省エネルギー性

2.1 評価モデル

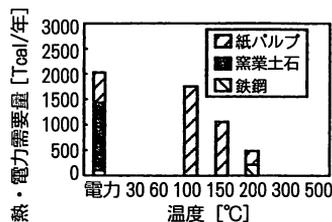
(1) エネルギー需給

本研究では、産業部門におけるヒートカスケード導入効果を評価するために、鉄鋼3.5km²、窯業土石5km²、紙パルプ1.5km²の3業種からなる10km²のコンビナートを想定した。なお、従来までの最適化計算では、高温排熱供給が多い化学工業を中核としたヒートコンビナートを形成した場合に、大きな省エネルギー効果が得られた¹⁾。しかし、化学工業を中核とした場合、省エネルギー性・経済性のいずれを目的関数とした場合も、高温排熱の使用が促進される結果となり、目的関数の違いによる計算結果の差が小さい。そこで本研究では、インセンティブの効果を評価しやすいように、上述のような業種構成を設定し、最適化計算を行っている。モデル内のエネルギー需給状況を図1に示す。モデル内では、エネルギー需給を7温度帯(500℃, 300℃, 200℃, 150℃, 100℃, 60℃, 30℃)および電力需要に区分して取り扱っている。エネルギー需給については、単位生産量あたりのエネルギー需給⁴⁾と単位生産量あたりの工場敷地面積⁵⁾との相関および各業種の敷地面積より算定した。

本論文で想定した業種はいずれも素材型産業である。そこで、モデルでは、各業種は連続で一定の操作を行



(a) 排熱供給量



(b) 熱・電力需要量

図1 コンビナート内部の排熱供給量および熱・電力需要量

い、時間的に一定のエネルギー需給があると想定し、1年間を1つの時間帯とするモデルで表現した。実際には、操業パターンの変動にともなって、エネルギー需給に時間変動が存在すると考えられるが、大部分のベース的なエネルギー需給がヒートカスケードの対象となるものと想定した。よって、本モデルでは、操業パターンの変動による熱供給不足は発生しないものとし、これに対応するためのバックアップ設備は考慮していない。

(2) 目的関数, 制約条件の定式化

コンビナート内の熱利用設備としては、将来技術を含めてスーパーヒートポンプ (SHP), 背圧タービン, 復水タービン, ガスタービン, 減圧器, 蒸気・温水回収設備を想定した。さらに、熱供給・電力供給の不足分を補うために500℃の蒸気を発生する重油焼きボイラをモデルに組み込んだ。

本モデルの定式化で用いた記号を以下に示す。

E : 燃料(重油)消費量 [Tcal/年]

C : 総コスト [円/年]

k : 熱利用設備 (bt : 背圧タービン,

ct : 復水タービン, shp : SHP,

re : 減圧器, gt : ガスタービン)

$e(k, i, T_1, j, T_2)$: 熱利用設備 k を経て、業種 i の温度帯 T_1 から、業種 j の温度帯 T_2 へ移動する排熱量 [Tcal/年]

$f_h(j, T_2)$: 熱供給の不足分に対するボイラ投入エネルギー量 [Tcal/年]

$f_{bt}(j, T_2)$: 熱・電力供給の不足分に対する背圧タービン投入エネルギー量 [Tcal/年]

$f_{ct}(j)$: 電力供給の不足分に対する復水タービン投入エネルギー量 [Tcal/年]

$f_{gt}(j, T_2)$: 熱・電力供給の不足分に対するガスタービン投入エネルギー量 [Tcal/年]

$E_s(i, T_1)$: 業種 i の温度帯 T_1 での排熱供給量 [Tcal/年]

$E_d(j, T_2)$: 業種 j の温度帯 T_2 での熱需要量 [Tcal/年]

$E_e(j)$: 業種 j の温度帯 T_2 での電力需要量 [Tcal/年]

α_{bo} : ボイラの燃焼効率 (=0.9)

α_{gt} : ガスタービンの燃焼効率 (=0.99)

$\beta_{bt}(T_1, T_2)$: 背圧タービンの熱回収効率

β_{gt} : ガスタービンの熱回収効率 (=0.5)

γ : 熱輸送損失率 (=10%)

$\delta_{re}(T_1, T_2)$: 減圧器効率

$\delta_{shp}(T_1, T_2)$: SHP入出力エネルギー比
(COPに基づいて算定)

$\eta_{bt}(T_1, T_2)$: 背圧タービンの発電効率

$\eta_{ct}(T_1)$: 復水タービンの発電効率

η_{gt} : ガスタービンの発電効率 (=0.3)

$B(k, T_1, T_2)$: 温度帯別・熱利用設備別コストの
単価 [円/(Tcal/年)]

B_{bo} : ボイラ設備コストの単価
[円/(Tcal/年)]

B_{gt} : ガスタービン設備コストの単価
[円/(Tcal/年)]

$H(T_1)$: 温度帯 T_1 の熱輸送コストの単価
[円/(Tcal/年)/km]

$L(i, j)$: 業種 i, j 間の熱輸送距離 [km]

p : 燃料単価 [円/Tcal]

目的関数として、以下の二通りを想定した。

• 燃料消費量最小化

$$E = \sum_j \left(\sum_{T_1} (f_h(j, T_2) + f_{bt}(j, T_2) + f_{gt}(j, T_2)) + f_{ct}(j) \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

• 総コスト最小化

$$C = \sum_k \sum_i \sum_{T_1} \sum_j \sum_{T_2} e(k, i, T_1, j, T_2) \times \{B(k, T_1, T_2) + H(T_1) \times L(i, j)\} + B_{bo} \sum_j \left(\sum_{T_1} (f_h(j, T_2) + f_{bt}(j, T_2) + f_{ct}(j)) \right) + B_{gt} \sum_j \sum_{T_1} f_{gt}(j, T_2) + pE \rightarrow \min \quad (2)$$

本モデル内で設定した主な制約条件を以下に示す。

• 熱需要

$$E_d(j, T_2) = \sum_i \sum_{T_1} \beta_{bt}(T_1, T_2) \times \gamma e("bt", i, T_1, j, T_2) + \beta_{bt}("500^\circ C", T_2) \alpha_{bof_{bt}}(j, T_2) + \sum_i \sum_{T_1} \delta_{shp}(T_1, T_2) \times \gamma e("shp", i, T_1, j, T_2) + \sum_i \sum_{T_1} \delta_{re}(T_1, T_2) \times \gamma e("re", i, T_1, j, T_2) + \alpha_{ct} f_h(j, T_2) + \beta_{gt} \alpha_{gt} f_{gt}(j, T_2) \quad (3)$$

• 排熱供給

$$E_e(i, T_1) \geq \sum_k \sum_j \sum_{T_2} e(k, i, T_1, j, T_2) \quad (4)$$

• 電力需要

$$E_e(j) = \sum_i \sum_{T_1} \sum_{T_2} \eta_{bt}(T_1, T_2) \times \gamma e("bt", i, T_1, j, T_2) + \sum \eta_{bt}("500^\circ C", T_2) \alpha_{bof_{bt}}(j, T_2) + \sum_i \sum_{T_1} \sum_{T_2} \eta_{ct}(T_1) \times \gamma e("ct", i, T_1, j, T_2) + \eta_{ct}("500^\circ C") \alpha_{bof_{ct}}(j) + \sum_{T_1} \eta_{gt} \alpha_{gt} f_{gt}(j, T_2) \quad (5)$$

本モデル内で用いた各機器の効率を表1~4に示す⁴⁾⁶⁾⁷⁾。総コストは、各種熱利用設備機器コスト、燃料(重油)コスト⁴⁾⁶⁾および熱輸送コストの和として算定した。熱輸送コストは、過去の地域熱供給導入計画における熱輸送経費の試算、年経費率、各温度

表1 背圧タービンの熱回収率 $\beta_{bt}(T_1, T_2)$ ・発電効率 $\eta_{bt}(T_1, T_2)$

利用温度帯 ($T_1 \rightarrow T_2$)	β_{bt}	η_{bt}
500°C → 300°C	0.81	0.09
500°C → 200°C	0.76	0.14
500°C → 150°C	0.743	0.157
500°C → 100°C	0.719	0.181
300°C → 200°C	0.843	0.057
300°C → 150°C	0.825	0.075
300°C → 100°C	0.798	0.102

表2 減圧器効率 $\delta_{re}(T_1, T_2)$

利用温度帯 ($T_1 \rightarrow T_2$)	効率
200°C → 150°C	0.97
200°C → 100°C	0.94
150°C → 100°C	0.97

表3 SHPのCOP ($\delta_{shp}(T_1, T_2)$)

利用温度帯	COP
30°C → 60°C	8.0
60°C → 100°C	8.0
60°C → 150°C	3.0
100°C → 150°C	5.0
150°C → 300°C	3.0
200°C → 300°C	6.0

表4 復水タービン発電効率 $\eta_{ct}(T_1)$

入力温度帯 (T_1)	効率
500°C	0.338
300°C	0.275

帯における蒸気・温水の比熱から、熱輸送コストの単価 H の値を温度帯別に算定した。輸送距離 $L(i, j)$ は、両業種の敷地形状を円形とみなし、各業種の半径の和とした。工場間での熱輸送は、 30°C および 60°C の熱エネルギーは温水で、 100°C ~ 500°C の熱エネルギーは蒸気の形態で行われるものと想定した。また、温水や 200°C 以下の蒸気は、SHPによって昇温して利用できると想定した。

熱輸送損失に関しては、以前に、業種間の距離に関わらず一律に生じる場合や、各業種間の距離に比例する場合を想定して検討を行った。その結果、本論文のヒートコンビナートで想定される熱配管の規模では、近似の違いによらず、得られた結果は同様の傾向を示した¹⁾。本論文では、モデルの簡単化のため熱輸送損失は熱輸送を行う業種間の距離等に関わらず輸送熱量に対して一定の割合で生じるものとして、モデル内において損失パラメータ γ を導入した。本研究では、地域熱供給配管における熱輸送損失の実例を考慮して、 $\gamma = 10\%$ と設定した。この値には、ドレン等の発生を防ぎ、配管出口においても入口と同温・同圧の熱エネルギーを得るものとして、その補償用エネルギーも含まれているものとする。

本論文の目的である「経済的インセンティブ間の比較」を行うためには、経済的インセンティブの違いによって、ヒートコンビナート内部の熱利用形態がどのように変化するかを議論できる必要がある。そこで、本論文では、7つの排熱温度帯を想定し、それぞれに応じた可能な熱利用機器を将来技術を含めて想定し、その組み合わせがどのように変化するかを明らかにできることを重点としたモデル構成としている。このため、熱輸送損失や個別の機器の効率を簡略化して取り扱っている。ただし、例えば熱輸送損失については、文献1)において、距離に比例して発生する場合や距離に関わらず輸送熱量に対して一律で発生する場合等を想定して検討を行い、ヒートカスケーディングの評価には影響しないことを確認している。このように、論文中のモデルは、本論文の目的に対しては有効であると考えられる。

また、コンビナート内でのエクセルギー効率²⁾は、供給エネルギーのもつエクセルギー EX_s と需要エネルギーのもつエクセルギー EX_d を用いて、以下のように定義した。

$$\text{エクセルギー効率} = \frac{EX_d}{EX_s} \quad (6)$$

ただし、

$$EX_s = \sum_i \sum_{T_1} \lambda(T_1) E_s(i, T_1) + \lambda_f E_f$$

$$EX_d = \sum_j \sum_{T_2} \lambda(T_2) E_d(j, T_2) + \sum_j E_e(j)$$

ここで、 $\lambda(T)$ は温度帯 T における熱エネルギーの有効比、 λ_f は燃料(重油)のエクセルギー換算係数(0.975)である。

2.2 省エネルギー性・経済性を目的関数とした場合

図2は、評価モデルとしたヒートコンビナートにおいて、燃料消費量最小化またはコスト最小化を目的とした場合のヒートコンビナート内部の燃料消費量および総コストを示したものである。表5に、各々の目的関数の場合にコンビナートで達成される総コスト、燃料消費量、エクセルギー効率を示す。また、表6、表

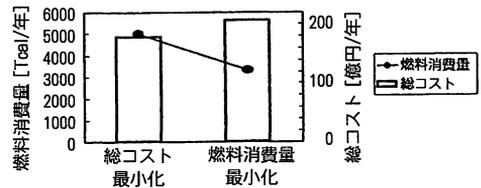


図2 ヒートコンビナートにおける燃料消費量および総コスト

表5 最適化を行った場合のエクセルギー効率

目的	総コスト [10^6円/年]	燃料消費量 [Tcal/年]	エクセルギー効率 [%]
燃料消費量最小化	206.0	3342	56.1
総コスト最小化	178.1	4993	42.3

表6 最適化コンビナートにおける主なエネルギーフロー、配管径(燃料消費量最小化の場合)

業種 i	温度帯 T_1 [$^{\circ}\text{C}$]	業種 j	年間エネルギー輸送量 [Tcal/年]	配管径 (概略値) [A]
窯業土石	200	鉄鋼	166	250
窯業土石	200	紙パルプ	313	300
窯業土石	200	紙パルプ	396	350

表7 最適化コンビナートにおける主なエネルギーフロー、配管径(総コスト最小化の場合)

業種 i	温度帯 T_1 [$^{\circ}\text{C}$]	業種 j	年間エネルギー輸送量 [Tcal/年]	配管径 (概略値) [A]
窯業土石	200	鉄鋼	166	250
窯業土石	200	紙パルプ	313	300

7にヒートコンビナート内部の熱輸送に必要な配管径を示す。ここで、配管径は、年間一定操業を想定し、200℃蒸気の圧力を1.4MPa、配管内の蒸気の流速を30m/s⁸⁾と想定した場合の概略値である。

ヒートコンビナート内部では、燃料消費量最小化を目的とした場合には、発電効率の高いガスタービンが導入され、ヒートポンプによる排熱エネルギーの利用が促進される。その結果、効率的なエネルギー利用が促進され、エクセルギー効率は56.1%に達する。しかし、ガスタービンは復水・背圧式の蒸気タービンと比べ高価であるため、コスト最小化を目的とした場合と比較して総コストは高くなる。一方、コスト最小化を目的とした場合には、安価な復水・背圧式の蒸気タービンの導入が促進される。その結果、総コストは燃料消費量最小化の場合と比較して14% (28億円/年)程度安くなるものの、燃料消費量は49%増加する。上述のように、本モデルでは、燃料消費量最小化の場合と総コスト最小化の場合を比較すると、省エネルギー性は大きく異なるものの、経済性の違いは小さい。そのため、総コスト最小化の場合よりも、燃料消費量最小化の場合の方が、経済性と省エネルギー性が両立する可能性が高いと考えられる。すなわち、燃料消費量最小化を目的として行動した場合には、総コスト最小化を目的とした場合とほぼ同程度の経済性を維持しつつ省エネルギー性を向上させることができる可能性がある。しかし、実際の産業では、総コスト最小化を目的として行動することが多い。そこで、次章において、省エネルギー性を向上させるための経済的インセンティブについて検討を行う。

3. 経済的インセンティブによるヒートカスケディング導入促進効果

本論文では、総コスト最小化を目的とするコンビナートにおいて、省エネルギー化を促進するための経済的インセンティブとして、エネルギー税とエクセルギー税とを想定し、経済性と省エネルギー性との両立の可能性について検討する。また、エネルギー税が課税された状態において、エネルギー税の一部をエクセルギー効率を反映させた報奨金として還付することによる経済的なインセンティブを検討した。

3.1 エネルギー税・エクセルギー税を考慮した経済性評価

本節では、経済的インセンティブとしてエネルギー税またはエクセルギー税の導入を想定する。

エネルギー税はコンビナート全体で消費される燃料消費量に対して課税されるものとする。エネルギー税率を tax_1 とすると、コンビナート全体でのエネルギー税の総額は次式で表わされる。

$$\text{エネルギー税の総額} = tax_1 \times E \quad (7)$$

本研究では、燃料として重油のみを想定している。よって、エネルギー税の課税は炭素税の課税と等価である。

次に、エネルギー利用の質を考慮した経済的インセンティブとしてエクセルギー税を想定する。本研究では、エクセルギー税を各工程において有効に活用されずに失われたエクセルギー、すなわちエクセルギー損失に対して課すものとする。工場でのエクセルギー損失を正確に決定するためには、各エネルギー利用プロセス内における不可逆過程でのエクセルギー損失を考慮しなければならない。しかし、本研究では1次エネルギー供給レベルでのエネルギーおよびエクセルギー効率の改善を目的としており、各エネルギー利用プロセスでの効率の改善を目的としていない。そこで、モデル内では供給エネルギーのもつエクセルギー EX_s と需要エネルギーのもつエクセルギー EX_d の差をエクセルギー損失とした。エクセルギー税率を tax_2 とした場合、コンビナート全体でのエクセルギー税の総額は次式で表わされる。

$$\text{エクセルギー税の総額} = tax_2 \times (EX_s - EX_d) \quad (8)$$

エネルギー税またはエクセルギー税を含む総コストの最小化を目的として最適化評価を行った。エネルギー税率およびエクセルギー税率をパラメータとして、それぞれ0円/Mcalから3.0円/Mcalまで、0.1円/Mcalずつ変化させた場合の燃料消費量とコンビナートの総コストの関係を評価した結果を図3に示す。図から、エネルギー税：2.6円/Mcal、エクセルギー税：2.7円/Mcalとした場合に、燃料消費量は3347Tcal/年となり、省エネルギー化を達成できることがわかる。また、エクセルギー税を導入した場合は、エネルギー税と比較して全体的に低コストで燃料消費量の削

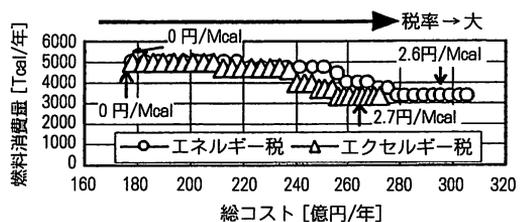


図3 エネルギー税・エクセルギー税による燃料消費量および総コストの推移

減を実現していることがわかる。すなわち、エネルギー利用の質を考慮するエクセルギー税の導入は、エネルギー税と比較して経済的な省エネルギー施策であるといえる。なお、本検討では、燃料転換の効果が経済的インセンティブの評価に影響しないように、燃料を重油の1種類に限定した。その結果、エクセルギー税の有効性が明確に表れるような評価が得られた。

3.2 報奨金の導入による省エネルギー促進効果

前節ではエネルギー利用の質を考慮した経済的インセンティブとしてエクセルギー税を想定し、エネルギー税との比較を行った。しかし、課税を行う行政側が各工場のエクセルギー効率を把握することは実質的に不可能である。そこで、本節ではエネルギー利用の質を考慮し、かつ各工場に対して積極的な省エネルギー化、すなわち排熱の有効利用によるエクセルギー効率の向上を促進する経済的インセンティブとして報奨金制度を想定した。報奨金制度は、まず燃料消費量に応じて一律にエネルギー税を課税し、次に各コンビナートから申告されたエクセルギー効率に応じて課税額の一部を報奨金として還付するものである。本論文では、コンビナート内のエクセルギー効率が設定された基準値より優れている場合に、その度合に応じて報奨金が支払われるものと想定した。そこで、報奨金として還付されることになるエネルギー税額は、徴収されたエネルギー税額に以下の式に示す還付率を乗じて算定されるものとした。

$$\begin{aligned} & \text{エネルギー税の還付率} \\ & = \begin{cases} a \times (\varepsilon - \varepsilon_0) & (\varepsilon \geq \varepsilon_0) \\ 0 & (\varepsilon < \varepsilon_0) \end{cases} \quad (9) \end{aligned}$$

ここで、 a は還付率の大きさを変化させるパラメータ、 ε はコンビナートのエクセルギー効率、 ε_0 は報奨金支給の基準となるエクセルギー効率を表す。上式からわかるように、コンビナートのエクセルギー効率が ε_0 以上の場合には、エクセルギー効率の向上とともに、エネルギー税の還付率は上昇することになる。

図4に、エネルギー税額を0円/Mcalから2.0円/Mcalまで、0.2円/Mcalずつ変化させた場合におけるコンビナート内での総コストとエネルギー消費量の関係を示す。なお、比較のため、前節のエクセルギー税を想定した場合の計算結果も併せて示した。本論文では、 ε_0 は45%および55%とし、図4(a)では $a=1$ 、図4(b)では $a=5$ とした。図からわかるように、エネルギー税、エクセルギー税の場合と同様に、報奨金はヒートカスケードの導入に対して経済

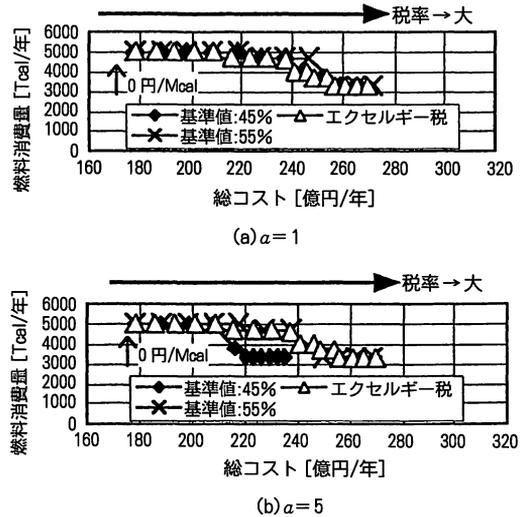


図4 総コストと燃料消費量の関係（エネルギー税+報奨金）

的インセンティブを与えることがわかる。また、図4(b)に示すように、 ε_0 と a の値を適切に設定することにより、エクセルギー税よりも経済的にヒートカスケードを導入できる可能性がある。これは、コンビナート内で同じエクセルギー効率を達成した場合においても、 ε_0 が小さく、 a が大きいくほど、エネルギー税の還付率が大きくなり、報奨金支給額が増加するためである。例えば、図4(b)において、燃料消費量最小化を目的とする場合と同程度の燃料消費量(3347Tcal/年)を達成するための最小のコストは、エクセルギー税の場合265.2億円/年、報奨金制度の場合223.4億円/年($\varepsilon_0=45\%$)である。エクセルギー税の場合、総コストに占めるエクセルギー税の総額は59.8億円/年である。一方、報奨金制度の場合、エネルギー税の総額40.2億円/年に対して22.2億円/年が報奨金として還付され、正味の税の総額は18.0億円/年となり、エクセルギー税よりも経済的にヒートカスケードを導入できる。

ところで、本論文で想定したエネルギー税を、各々の工場内の効率改善を促進するために徴収する「供託金」として位置づけることも可能である。このような、効率改善を促進するための「供託金」的な位置づけでの「エネルギー税」および「報奨金制度」の導入は、産業分野をはじめとしたエネルギーシステムにおける効率化に対して有効な経済的施策であると考えられる。このように、エクセルギー的な視点を考慮することにより、エネルギーのカスケード利用を積極的に促進す

ることが可能となる。

4. まとめ

筆者らは、未利用エネルギーの有効利用による省エネルギー化を促進する方策の一つとして、産業排熱を対象としたヒートカスケディングに着目している。本研究では、ヒートカスケディングの導入促進に対する経済的インセンティブの効果を評価した。特に、エネルギー利用の質を考慮した経済的インセンティブとしてエクセルギー税、およびエクセルギー効率に応じて支給される報奨金を提案し、その効果について評価した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) エネルギー税・エクセルギー税のような経済的インセンティブの導入を行うことにより、ヒートカスケディングの導入が促進され、コンビナート内部でエネルギーの効率的な利用が行われる。
- (2) 経済的インセンティブとしてエクセルギー税、および報奨金を導入した場合、エネルギー利用の質を考慮しているため、エネルギー税と比較して安価にヒートカスケディングの導入を実現できる。

今後は、産業排熱以外の様々な未利用エネルギーを含めたエネルギーシステムに対して、エクセルギー効率を考慮した報奨金制度を適用し、未利用エネルギーの利用促進に対する経済的インセンティブの効果について評価を行う方針である。

最後に、本研究を進める上で御討論頂いた慶應義塾大学教授茅陽一氏（元名古屋大学理工科学総合研究セ

ンター客員教授）に感謝致します。また、本研究を進める上で貴重な助言を頂いた東京ガス(株)岡本洋三氏（元名古屋大学理工科学総合研究センター客員教授）に感謝致します。なお、本研究は平成10年度文部省科学研究費補助金基盤研究（C）（No.10680481）、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「アジア地域の環境保全」の補助を受けている。

文 献

- 1) 若園 他；産業排熱のカスケード利用による地域エネルギーシステムの効率化，エネルギー・資源学会第14回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，(1998)，157-162.
- 2) 若園 他；省エネルギー性および経済性からみた異業種間ヒートカスケディングの評価，平成10年電気学会全国大会講演論文集，7，(1998)，357-358.
- 3) 若園 他；地域エネルギーシステムにおける産業排熱カスケード利用の有効性評価，'98大連・中国第2回持続可能な発展戦略国際シンポジウム講演論文集，(1998)，58-65.
- 4) 中田，茅；ヒートコンビナートモデルによるエネルギー多消費型産業の省エネルギーの基礎的な評価，電学論B，115巻，2号，(1995)，149-155.
- 5) 日本経済新聞社編；会社年鑑（1996年版），(1996)，日本経済新聞社.
- 6) 若園 他；排熱のエクセルギーを考慮したヒートカスケディング導入インセンティブ，エネルギー・資源学会第15回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，(1999)，633-638.
- 7) 産業技術審議会・省エネルギー技術開発部会評価分科会；スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム研究開発最終評価報告書，(1993).
- 8) 竹内他；火力発電便覧，(1968)，407-414，オーム社.

協賛行事ごあんない

NEDO「環境低負荷形新絶縁・消弧媒体の開発と電力機器への適用」ワークショップ

日 時：2000年10月3日（火）13：00～17：00
 会 場：学士会館（東京都千代田区神田錦町3-28）
 主 催：NEDO「環境低負荷形新絶縁・
 消弧媒体の開発と電力機器への適用」
 ワークショップ実行委員会
 （総括代表者：名古屋大学・大久保仁）

参加費：無料

参加申込期限：2000年9月25日（月）
 連絡先：名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻
 早川直樹
 Tel：052-789-3325，Fax：052-789-3143
 E-mail：nhayakaw@nuee.nagoya-u.
 ac.jp