

特集

未利用エネルギー

# 未利用エネルギーの種類と特質, 賦存量とその省エネルギー効果

Estimation of Quantity of Unused Energy and Its Energy Saving Potential

朴炳植\*

Pyong Sik Pak

## 1. まえがき

化石燃料の大量消費による地球環境問題が顕在化し、貴重なエネルギー資源の利用効率化の推進は極めて重要な課題となっている。一方、快適な生活を実現するため、冷暖房用熱需要は急速に増大している。このため、海水、河川水、ごみの焼却熱など我々の身近に大量に存在する「未利用エネルギー」の活用に対する期待が大きくなっている<sup>1)</sup>。未利用エネルギーはその賦存量が地域によって異なる特性を有しており、これまで種々の原因によりその本格的な利用がなされずに今日に至っている。それでは、未利用エネルギーはどの程度賦存しており、その活用のポテンシャルはどの程度大きいのであろうか。また、未利用エネルギーの活用を推進するに当たった課題は何であらうか。本稿では、これらの疑問に答えることを主題として、まず2章で「未利用エネルギー」の種類と特質および活用の効果について述べ、3章では未利用エネルギーの賦存量および未利用エネルギー活用による省エネルギー効果の推計法について述べる。4章では、関西地区を地域の例に取って未利用エネルギーを活用した場合の省エネルギー効果を推計する。そして、その活用の効果が大きいと推定されることを示す。5章では、未利用エネルギーの活用を推進するに当たった課題について述べる。

## 2. 未利用エネルギーの種類と特質

未利用エネルギーの種類と特質について説明するに先立って、未利用エネルギーの活用システムにおいて重要な機器となるヒートポンプの特性についてまず簡単に説明する。図-1は水熱源および空気熱源のヒートポンプの成績係数(COP)の1例を示す<sup>2)</sup>。ここで、

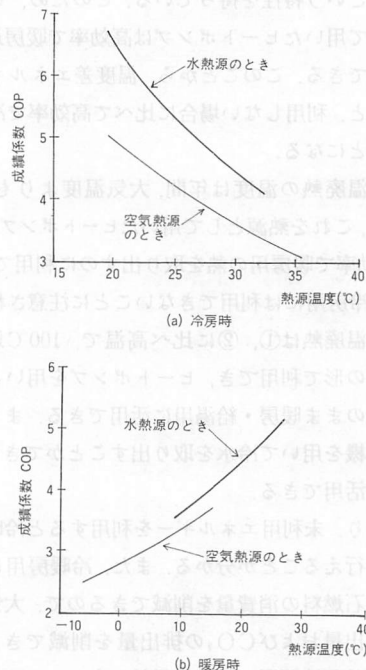


図-1 ヒートポンプの特性の1例

COPは、冷暖房用の発生温熱量あるいは除去冷熱量に対し、冷暖房を行なうために投入した電気エネルギー(その単位は熱量と同じとする)の比を表す。従って、冷暖房用熱需要が同じならCOPの値が大きいほど必要な電気エネルギーは少なくて済むことになるので、COPの値は冷暖房の効率の基本的指標となる。図-1のように、ヒートポンプのCOPの値は熱源温度が同じなら空気熱源の場合に比べて水熱源の場合の方が高い。さらに、冷房時には熱源温度が低いほどCOPが高く、暖房時には熱源温度が高いほどCOPが高いことが分かる。

さて、未利用エネルギーは、その活用の仕方によって大きく次の3つに分けられる<sup>2)</sup>。

\*大阪大学工学部電気工学科助教授  
〒565吹田市山田丘2-1

- ①温度差エネルギー：海水、湖水、河川水、下水処理水など
- ②低温廃熱：地下鉄廃熱、変電所廃熱、発電所温排水など
- ③高温廃熱：ごみ焼却熱、下水汚泥焼却熱など

①の温度差エネルギーの温度は、夏季には大気温度よりも低い。このため、これを熱源として用いたヒートポンプによって冷房すると、大気を熱源としたヒートポンプを用いた従来システムを利用する場合よりも高効率で冷房に利用できる。また、冬季には大気温度よりも高いという特性を持っている。このため、これを熱源として用いたヒートポンプは高効率で暖房運転することができる。このことから、温度差エネルギーを利用すると、利用しない場合に比べて高効率で冷暖房できることになる。

②の低温廃熱の温度は年間、大気温度よりも高い。このため、これを熱源として用いたヒートポンプを用いると、高効率で暖房用の熱を取り出すのに利用できる。ただし、冷房用には利用できないことに注意されたい。

③の高温廃熱は①、②に比べ高温で、100℃以上の蒸気などの形で利用でき、ヒートポンプを用いることなしにそのまま暖房・給湯用に活用できる。また、吸収式冷凍機を用いて冷水を取り出すことができるので冷房にも活用できる。

以上より、未利用エネルギーを利用すると冷暖房を効率よく行えることが分かる。また、冷暖房用に消費される化石燃料の消費量を削減できるので、大気汚染物質の排出量およびCO<sub>2</sub>の排出量を削減でき、都市および地球環境問題の解決に貢献できる。さらに、業務用など昼間に大きな冷暖房用の熱需要の何割かでも未利用エネルギーで代替できると、昼間の電力需要増加の抑制の対策としても効果があるので、最近問題となっている電力のロードカーブの改善にも役立つことになる。

以下では、未利用エネルギーの中で地域熱供給システムとして活用可能なもので、比較的公共的な面を持っているものを対象とすることとし、ビルの廃熱や工場廃熱などの民間企業の有するものは対象から除くことにする。これは、未利用エネルギー源は都市のインフラ設備であったり、公共的なものであることが多く、その利用は公益的な地域冷暖房の形で地域に還元することが望ましいこと、未利用エネルギーを有効に活用するためには、ある程度以上の熱需要規模を対象とする方が効率的であることなどの理由による<sup>1)・3)</sup>。従っ

て、ここで対象とする未利用エネルギーは、海水、湖水、河川水、下水処理水、地下鉄廃熱、変電所廃熱、発電所温排水、ごみ焼却熱および下水汚泥焼却熱とする。

### 3. 賦存熱量および一次換算省エネルギー量の推計法

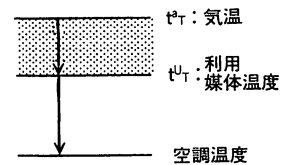
本章では、未利用エネルギーの賦存熱量および利用可能熱量の推計法について述べる。また、未利用エネルギー活用の直接的な目的は一次エネルギーの消費量を減らすことにあるので、未利用エネルギーの活用の効果を推定するには、賦存熱量だけではなく一次換算省エネルギー量も推定する必要があるため、本章ではこれについても説明する。

#### 3.1 未利用エネルギー賦存熱量の定義

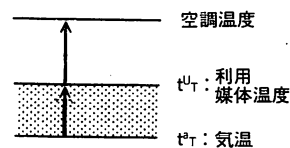
未利用エネルギーの賦存熱量の定義はあまり明解でない。3種の未利用エネルギーのうち、②、③は発熱した結果の廃熱であるので、廃熱量そのものを賦存熱量と考えることが出来る。しかし、①の温度差エネルギーは廃熱ではないので、賦存熱量の算定には工夫を要する。

##### (a)温度差エネルギー

温度差エネルギーは、冷房に利用する場合、図-2(a)のように大気との温度差分の温度だけ海水や河川水などの利用媒体の温度が既に下げられており、暖房に利用する場合には、図(b)のように大気との温度差分の温度だけ既に上げられていることになる。従って、冷房



(a) 冷房時



(b) 暖房時

図-2 温度差エネルギーを利用する冷暖房

に利用するか暖房に利用するかによって、温度差エネルギーの賦存熱量を次のように定義することが出来る。

・冷房用賦存熱量  $Q^u_c$  [kcal/年]  

$$Q^u_c = \sum_{\text{positive}} (t^a_T - t^u_T) \cdot C_p \cdot \gamma_T \cdot W^u_T \quad \dots(1)$$

・暖房用賦存熱量  $Q^u_H$  [kcal/年]  

$$Q^u_H = \sum_{\text{positive}} (t^u_T - t^a_T) \cdot C_p \cdot \gamma_T \cdot W^u_T \quad \dots(2)$$

ここで、 $t^a_T$ :気温 [°C]、 $t^u_T$ :海水、湖水などの利用媒体温度 [°C]、 $C_p$ :利用媒体比熱 [kcal/kg°C]、 $\gamma_T$ :利用媒体比重 [kg/m³]、 $W^u_T$ :媒体総流量 [m³/h] である。また、添字Tは時間の単位を表し、時間、日、月あるいは季節を表し、(1)、(2)式の  $\sum$  は各項の値がプラスとなる時間(日や月など) <sup>positive</sup> についての和を求めることを表す。

(b)低温廃熱

低温廃熱の賦存熱量 $Q^u$  [kcal/年] は $q_T$ を単位時間当り発熱量とすると

$$Q^u = \sum_{T \in H} q_T \quad \dots(3)$$

と定義することが出来る。ここで、 $\sum_{T \in H}$ は暖房期についての和を求めることを表す(以下、同じ)。

(c)高温廃熱

高温廃熱(ごみあるいは下水汚泥)の賦存熱量 $Q^u$  [kcal/年] はごみあるいは下水汚泥の焼却熱と等しいと考えて良いので、 $H_l$ をごみあるいは下水汚泥の低発熱量 [kcal/kg]、 $G_T$ をごみあるいは下水汚泥の総発生量 [kg/h] とすると、

$$Q^u = \sum_T H_l \cdot G_T \quad \dots(4)$$

と定義することが出来る。ここで、 $\sum_T$ は年間にわたって和を求めることを表す。

3.2 利用可能熱量  $Q^a$

①の温度差エネルギーでは自然に存在する海水や湖水などの全流量を利用できないのは明かである。また、利用可能な温度差にも技術的な限度がある。従って、利用可能な熱量は賦存熱量とは異なる。冷房用および暖房用に利用可能熱量 $Q^a_c$ および $Q^a_H$ は利用可能温度差を $\Delta t$ 、利用可能流量を $W^a_T$ とすると、それぞれ。

$$Q^a_c = \sum_{T \in c} \Delta t \cdot C_p \cdot \gamma_T \cdot W^a_T \quad \dots(5)$$

$$Q^a_H = \sum_{T \in H} \Delta t \cdot C_p \cdot \gamma_T \cdot W^a_T \quad \dots(6)$$

と表すことができる。ここで、 $\sum_{T \in c}$ は冷房期についての和を求めることを表す(以下、同じ)。利用可能な温度ならびに流量は、温度差エネルギー毎にその状況

から勘案する必要がある。利用可能温度差 $\Delta t$ としては利用システム技術から考えると $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ が現状では一般的である。従って、 $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ として温度差エネルギー毎に利用可能流量 $W^a_T$ を設定すればよいと考えられる。

これに対し、②の低温廃熱エネルギーは基本的に賦存熱量そのものを暖房用に利用することができ、

$$Q^a_H = Q^u \text{ とすることが出来る。}$$

③の高温廃熱では、冷暖房用の利用可能熱量を、それぞれ

$$Q^a_c = \sum_{T \in c} H_l \cdot G_T \quad \dots(7)$$

$$Q^a_H = \sum_{T \in H} H_l \cdot G_T \quad \dots(8)$$

とすることが出来る。

3.3 需要側利用可能熱量  $Q^D$

需要側が利用できる熱量は利用可能熱量とは異なる。

(a)温度差エネルギー

冷凍機あるいはヒートポンプを用いる必要があるので、図-3に示す関係から需要側利用可能熱量は利用可能熱量より次のようになる。

$$\text{冷房用: } Q_c = \frac{\text{COP}}{\text{COP} + 1} Q^a_c \quad \dots(9)$$

$$\text{暖房用: } Q_H = \frac{\text{COP}}{\text{COP} - 1} Q^a_H \quad \dots(10)$$

ここで、COPは未利用エネルギーを熱源として用いた冷凍機あるいはヒートポンプの成績係数である。

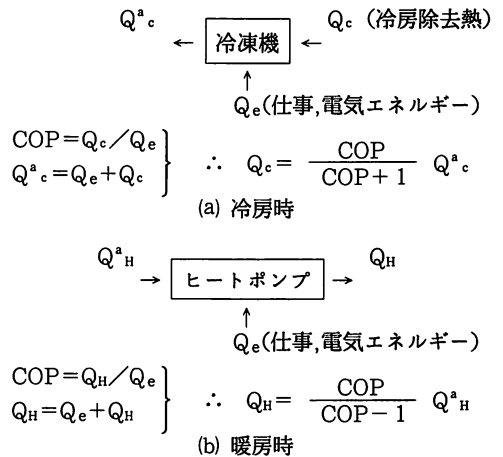


図-3 未利用エネルギーと需要側利用可能熱量との関係

## (b)低温廃熱

温度差エネルギーの場合と同じく

$$\text{暖房用: } Q_H = \frac{\text{COP}}{\text{COP} - 1} Q^a_H \quad \dots(11)$$

## (c)高温廃熱

冷房用は廃熱ボイラからとり出した蒸気にて吸収式冷凍機を用いるシステムとする

$$Q_C = \eta_B \cdot \eta_A \cdot Q^a_C \quad \dots(12)$$

ここで、 $\eta_B$ : 廃熱ボイラ効率、 $\eta_A$ : 吸収式冷凍機成績係数である。

暖房用は廃熱ボイラからの蒸気をそのまま利用できる

$$Q_H = \eta_B \cdot Q^a_H \quad \dots(13)$$

となる。

## 3.4 一次換算省エネルギー量 SE

①、②の未利用エネルギーと③の未利用エネルギーとはその活用の仕方が異なる。①、②の未利用エネルギーを活用するには、ほとんどの場合、冷凍機あるいはヒートポンプを用いる必要がある、このため電気エネルギーを投入する必要がある。

その一次換算省エネルギー量は

$$\text{SE} = (Q^0_e - Q_e) / 0.351 \quad \dots(14)$$

と表せる。ここで、 $Q^0_e$ は未利用エネルギーを活用しない場合の消費電力量、 $Q_e$ は活用する場合の消費電力量で、 $0.351 = 860 / 2450$ は電力消費量の一次エネルギー（発電所へのエネルギー投入量）換算係数である。

図-3に示す関係から、

$$\text{SE} = Q^D \times (1 / \text{COP}^0 - 1 / \text{COP}) / 0.351 \quad \dots(15)$$

となる。ここで、 $Q^D$ は冷房の時 $Q^D = Q_C$ であり、暖房の時 $Q^D = Q_H$ である。また、 $\text{COP}^0$ は空気熱源ヒートポンプの成績係数である。このように、①、②の未利用エネルギー活用による一次換算省エネルギー量は、活用しない場合の従来システムとの差（ヒートポンプのCOPの差）により推定される。

これに対し、③の未利用エネルギーの場合、需要側利用可能熱量を発生するのに必要なエネルギー量を省エネルギーとみなすことができるので、冷暖房を効率 $\eta_c$ のガス直焚吸収式冷温水機を用いて行うものとすると、 $Q^D$ の熱量を除去あるいは発生するのに必要な都市ガス熱量は $Q^D / \eta_c$ となるので、一次換算省エネルギー量は

$$\text{SE} = Q^D / \eta_c \quad \dots(16)$$

となる。なお、 $\eta_c$ の値は冷房時と暖房時では異なることに注意する必要がある。

## 4. 関西地区における未利用エネルギーの賦存熱量等の調査結果

## 4.1 調査の前提

関西地区における未利用エネルギーの賦存熱量、利用可能熱量、需要側利用可能熱量および一次換算省エネルギー量（以下、賦存熱量等という）を前章で述べた推定法にもとづいて、現実的な活用可能性の可否には関わりなく、賦存するものについて推定した。ここで、関西地区は、福井、滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山の2府5県を指し、基本的に府県別に推定することにした。入手データが十分でないものも多く、概数を把握することに主眼をおき、次のような基本条件の基で推定した。

- ・推定に当たって時間の単位は月とした。
- ・冷房期間は5～9月の5ヶ月、暖房期間は12～3月の4ヶ月とした。
- ・温度差エネルギーおよび低温廃熱の活用には必要となるヒートポンプのCOP特性としては図-1に示す特性を用いた\*。気温は大阪の平年における毎月の平均気温を用いた。

各未利用エネルギー毎に設定した条件については次節に述べる。

なお、生態系への影響については検討していないので、別途検討を加える必要があることはいうまでもない。

## 4.2 未利用エネルギーの種類別賦存熱量等推定に当たった設定条件

## (1)温度差エネルギー

賦存熱量等を推定するに当たって、海水の $C_p$ は0.939、 $\gamma_T$ は1010～1050より、 $C_p \cdot \gamma_T = 970$ の一定とした。河川水、湖水、下水処理水の $C_p$ は0.998、 $\gamma_T$ は998.2より、 $C_p \cdot \gamma_T = 1000$ の一定とした。

なお、需要側冷暖房用の利用可能熱量を推定するに当たっては、特に断らない限り1日24時間の内10時間の利用率（全負荷運転相当10時間稼働）として推定した。各温度差エネルギーの種類毎の設定条件は以下に述べるとおりである。

## (a)海水

\*COPの値は、採用するヒートポンプの機種および機器のタイプにより差があるので、採用されるヒートポンプにより一次換算省エネルギー量の算定量が変化するという問題点がある。しかし、COPの値の差は大きく異なることはないので概数としては十分精度よく把握できる。

海水自体の賦存量はほぼ無尽蔵とされることもあるが、冷暖房に利用できる海水量は次式のように海岸線距離に比例すると考えることが出来る。従って、ここでは以下の設定条件のもとで試算した値であることに注意されたい。

海水量 $W^u_T = [ \text{海岸線距離} ] \times$   
 $[ \text{海岸線単位距離当り利用水量} ]$   
 海岸線単位距離当り利用水量としては、1ヶ月当たり深さ10m、沖合い1kmまでの全海水を利用できるものと仮定し、 $10^4 \text{ m}^3 / \text{m} / \text{月}$ とした。

利用可能海水量 $W^a_T$ としては1日10時間の利用率からは $W^u_T$ の $10/24=0.417$ 倍となるが、海水の温度上昇の影響を考慮して、 $W^a_T=0.1 \times W^u_T$ とした。

これは1ヶ月間に全海水を1回利用し、温度差を $0.5^\circ\text{C}$ 利用することに相当する。

海水温は大阪湾6点(表層)の昭和54年~63年の10年間の各月の平均値を用いた。

#### (b)河川水

賦存熱量を計算するための $W^u_T$ には河川の平均流量を、利用可能熱量のための $W^a_T$ には日流量の月別最小値の $1/5$ とした。これは、日流量の月別最小値すべてを利用したとき、温度差 $1^\circ\text{C}$ を利用することに相当する。なお、日流量とは毎時各水位に対応する流量の平均値、平均流量とは日流量の平均値のことである。

流量のデータとしては一級河川以外入手できないこと、および河川の流域は府県にまたがるので、府県別の推定ではなく関西地区全体で推計することとし、全河川の流量は、

$$\text{全河川流量} = \frac{\text{全河川流域面積}}{\text{一級河川最下流観測地点流域面積}} \times [ \text{一級河川最下流観測地点流量} ]$$

の式を用いて推定した。比流量は河川毎に異なるので、一級河川の流量でもって全河川の流量を算出すると誤差が生じるが、ここではこれを考慮していない。

河川水温度としては、淀川枚方観測所では各月毎に水温が詳しく測定されているので、これで代表させて用いることにした(1980年から88年の9年間の各月の平均値)。但し、この水温データは表層の値であること、流量により気温との相関関係が変化することに注意を要する。

#### (c)湖水

関西地区の面積 $4 \text{ km}^2$ 以上の湖沼には、琵琶湖のほか、久美浜湾、阿蘇海などがあるが、湖水の流水を考慮すると、結果的には河川水で算定したものに含まれ

ていると考えられる。従って、ここでは湖水の賦存熱量等は河川水の中に含まれるものとした。

#### (d)下水処理水

関西地区における下水処理場は計122ヶ所あり、その年間処理水量は約 $2.3 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{年}$ (1988年)、日平均処理水量 $6.4 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{日}$ であるが、雨水との合流方式となっている処理場もあるので、晴天日の平均処理水量(流入水量)は $5.8 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{日}$ である。

賦存熱量および利用可能熱量を推定するのに日平均処理水量および晴天日平均流入水量をそれぞれ用いた。

下水処理水の水温として公表されているデータは季節毎であるので、海水、河川水のように月別の推定ができない。そこで、ここでは大阪市の守口処理場の水温データ(昭和56年~61年の平均水温)を用いて代表させることにした。

#### (2)低温廃熱

低温廃熱では暖房時における発熱量をどのようにに推定するかが基本となる。

##### (a)地下鉄廃熱

大阪市、神戸市、京都市の市営地下鉄について調査した(私鉄の地下鉄道は調査していない)。地下鉄の廃熱としては、電車によるもの、照明によるもの、人体によるものがあり、他方放熱としては土中あるいは地下水に放熱されるものがある。放熱量を求める理論はまだ確立されていない状況なので、ここでは発熱側にのみ注目し、地中への放熱量は無視した。従って、ここでの推定量は大きめの値になることに注意されたい。

各駅毎ではなく地下鉄全体での発生熱量を把握することとし、電車による電力消費量(電車内照明などを含む)と付帯用(駅部の照明および換気用動力などに消費されるもの)の電力消費量の合計値を各地下鉄ごとに調査した。人体からの発生熱量は

$$[ \text{単位時間1人当りの発熱量 (kcal/h} \cdot \text{人)} ]$$

$$\times [ \text{1人平均滞留時間} ] \times [ \text{乗降客数} ]$$

から算定した。単位時間1人当りの発熱量は状況により相当違うが、ここでは軽作業時の $65 \text{ kcal/h} \cdot \text{人}$ (顕熱のみ)を用いた。1人平均滞留時間は出入口からホームまでの平均距離(120mとした)、歩行速度( $60 \text{ m/分}$ とした)および電車運転平均間隔などから推計した<sup>2)</sup>。

##### (b)変電所廃熱

関西地区の変電所の変圧器の総容量は $112,731 \times 10^3 \text{ kVA}$ である。その発熱損失量は約 $250 \times 10^3 \text{ kW}$ と推定

される。変電所の変圧器の廃熱回収方法には空冷式と水冷式とがあるが現状はほとんど水冷式であるので、ここでは水冷式による廃熱回収可能量を推定した。また、推定に当たっては地域冷暖房プラントで熱回収形のヒートポンプを用いて冷水と温水を同時につくり、冷水を変電所へ、温水を需要家へ送るものとした。

### (c) 発電所温排水

関西電力の火力発電所の総容量は、ピーク用のガスタービンを除くと平成2年3月現在16,381kWであり、設備利用率は年間平均で36%である。従って、平均発電効率を38%、復水器冷却水への損失率を45%とすると、復水器冷却水への損失量は7,000kWと推定される。なお、需要側利用可能熱量を推定するに当たっては、この内10/24だけ利用可能とした。

### (3) 高温廃熱

高温廃熱では総発生量 $G_T$ と低発熱量 $H_L$ の値を推定することがまず必要となる。これについて以下に述べる。なお、需要側利用可能熱量等を推定するに当たって必要となる廃熱ポイラ効率 $\eta_B$ の値としては80%、吸収式冷凍機成績係数 $\eta_A$ の値としては1.15とした。また、ガス直焚吸収式冷温水機の冷房効率は1.05、暖房効率は0.85とした。

### (a) ごみ焼却熱

処理ごみ量の内、1985年度の全国実績では、約70%

が焼却され、残りの約30%は直接埋立等で処理されている。しかし、推計に当たっては関西地区の処理ごみ量 $9.107 \times 10^6 \text{ ton/年}$  (1987年値)が、すべて焼却処理されるものとした。

ごみ焼却熱は、大規模処理施設では発電に利用されているものがかなり多い。関西地区のごみ処理施設の中で発電設備を設置してエネルギー回収の行われているものは、現在20ヶ所(焼却能力8,747ton/日)あり、そこではエネルギー回収が行われている。さらに、大阪市の森ノ宮清掃工場のように既に廃熱利用されている施設もある。これらの活用分を除いたもので廃熱となっているものを賦存熱量とすべきであるが、ここではそれらを含めている。そして、簡単のためすべてが熱利用される場合と発電利用される場合の2ケースについて試算した。熱利用する場合は、熱の利用効率(廃熱ポイラ効率)は高いものの夜間あるいは中間期の熱需要が少ない時期には焼却熱を捨てることになる。発電の場合には発電の効率は低いものの(約15%程)年間終日利用できる利点がある、という特徴があることに注意されたい。ここでは前者の場合のみについて述べる。

賦存熱量の算定に当たってはごみ焼却熱の処理施設内利用分(15%と想定)を差し引いた。ごみの低発熱量 $H_L$ の値としては2,000kcal/kgとした。

表1 関西地区における未利用エネルギー賦存熱量等の試算値\* [単位]:  $10^3 \text{ Tcal/年}$

用途	未利用エネルギー	賦存熱量	利用可能熱量	需要側利用可能熱量	一次換算省エネルギー量	
冷房	①	海水	179.3	56.75	48.23	7.23
		河川水	15.1	2.58	2.19	0.34
		下水処理水	0.2	1.78	1.50	0.19
	③	ごみ焼却熱	15.5	6.45	2.49	2.72
		汚泥焼却熱	0.4	0.17	0.14	0.15
	計		210.5	67.73	54.55	10.63
暖房	①	海水	635.8	45.40	62.30	11.60
		河川水	16.6	2.08	2.88	0.47
		下水処理水	10.2	1.41	1.88	0.46
	②	地下鉄廃熱	0.4	0.13	0.19	0.02
		変電所廃熱	1.9	0.62	0.87	0.20
		変電所温排水	52.7	17.49	10.09	2.33
	③	ごみ焼却熱	15.5	5.16	1.99	2.34
		汚泥焼却熱	0.4	0.14	0.11	0.13
	計		733.5	72.43	80.31	17.55

\* : 湖水は流水利用の観点から河川水に含まれるものとし、表には計上していない。

需要側利用可能熱量算定に当たっては、利用可能時間を考慮した。燃焼方式には、バッチ式と連続式とがあり、バッチ式の場合は利用可能時間を考慮する必要はないが、連続式の場合には利用可能時間を1日24時間のうちの10時間とした。施設規模と実際のごみ処理量とは必ずしも一致しないが、ここでは、連続式とバッチ式のごみ処理量は、全ごみ処理量を施設規模で配分し、これを燃焼方式別の想定ごみ処理量とした。

(b)下水汚泥焼却熱

汚泥をエネルギー化する方法には、(イ)嫌気性消化により発生させた消化ガスを用いるバイオエネルギーシステムと(ロ)汚泥の焼却による廃熱利用システムの2つがある。両システムについて試算したが、ここでは後者の場合のみについて述べる。

関西地区の処理水量(1988年)は $2.35 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{年}$ であるので、污水处理により発生する乾燥汚泥量を $290 \text{ g}/\text{m}^3$ 、発生脱水ケーキ(下水処理により発生した汚泥をある程度脱水したもの)の含水率を85%とすると、発生脱水ケーキ量は $4.54 \times 10^9 \text{ kg}/\text{年}$ と推計される。発生脱水ケーキの低発熱量は $90 \text{ kcal}/\text{kg}$ とした。

4.3 推定結果と検討

以上に述べた想定に基づいて一次換算省エネルギー量を試算した。結果を表1に示す。

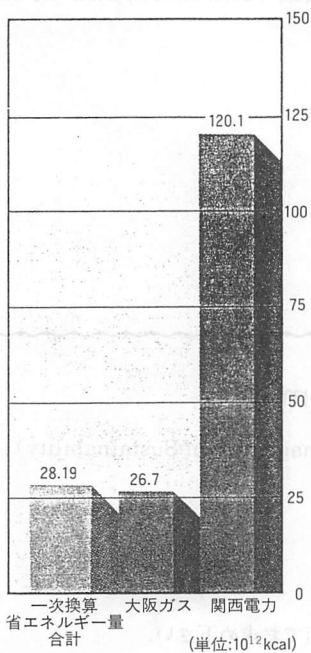


図-4 電力・ガスの消費量(平成元年度民生用)との比較

表から、海水の賦存熱量および一次換算省エネルギー量が最も大きいことが分かる。一次換算省エネルギー量が次いで大きいのはごみ焼却熱で、発電所温排水は三番目に大きいと推定されている。地下鉄廃熱の一次換算省エネルギー量は $0.02 \times 10^3 \text{ Tcal}/\text{年}$ で、関西地区では対象とした未利用エネルギーの中で最も小さいと推定されている、ことなどが分かる。

図-4は未利用エネルギー活用による一次換算省エネルギー量の試算値の大きさの目安を示すため、関西電力および大阪ガスの民生用の販売量(平成元年度)と比較した図である。ここで、電力1kWhは2450kcalと一次エネルギー換算している。関西電力および大阪ガスの販売量が関西地区の民生用の全エネルギー消費でない(油、プロパン、大阪ガス以外のガス会社分が含まれていない)こと、関西電力の販売区域と未利用エネルギー賦存調査地区とがずれていることなどより比較には注意を要するが、一次換算省エネルギー量の試算値は大阪ガスの民生用の販売量よりも大きく、電力の23.5%にも当たることが分かる。なお、関西電力および大阪ガスの販売量全量と比較するとそれぞれ10.3%および71.5%となる。

5. 未利用エネルギー活用推進のための課題

前章に示したように、未利用エネルギー活用による省エネルギー効果は大きく、未利用エネルギーの活用により我国ならびに関西地区のエネルギー需給問題の緩和、環境改善に貢献できる。しかしながら、種々の克服すべき課題があり、未利用エネルギー活用の事例は現状では少ない。従って、一つ一つ課題を克服し、積極的に未利用エネルギー活用を図ってゆく必要がある。

未利用エネルギーを活用した地域熱供給システムの事例が少ない要因には種々のものがある。その事業化を推進するには、阻害要因を一つずつ克服してゆかなければならず、

- ①理解・認識を得るための啓蒙
- ②組織・体制づくり
- ③早期の計画立案
- ④法・制度面での対応
- ⑤市場経済性成立のための方策
- ⑥技術開発

などを図ってゆく必要がある。

未利用エネルギー活用地域熱供給システムの推進における最大の課題は市場経済性である。未利用エネル

ギーを活用するためにイニシャルコストが増加し、その結果、事業採算性が劣ったり、熱需要者の負担増となったりすると推進を阻害する。また、地域熱供給システムには、建物個別熱源システムと比較し、スケールメリットがある反面、熱供給する地域導管の建設費の増加というデメリットがあり、熱需要量（密度）が低いとイニシャルコスト分の償却が長くなる、といった弱点がある。

未利用エネルギーを活用した地域熱供給システムの事業化推進のための対応策としては、いくつかの対応策が考えられている。

- ①標準化、量産化によるコストダウン（但し、これは普及度に関連する）
- ②技術開発によるコストダウン（技術開発費はかかる）
- ③補助金、低利融資制度など
- ④税制面での優遇措置
- ⑤公的資金での都市基盤の一環としての整備

これらの内、平成3年度からは未利用エネルギーを活用した熱供給事業への助成が始まっている。

## 6. おわりに

関西地区を例に取って未利用エネルギーを最大限活用した場合を想定して、省エネルギー量を推定し、未利用エネルギー活用の省エネルギー効果は大きいと推

定されることを示した。他の地区でも推定可能なように、本稿ではできるだけ推定の考え方、前提を明らかにすることに努めた。

日本における未利用エネルギーの利用は欧米とくにヨーロッパに比べると立ち後れていた。未利用エネルギーの活用に対する課題が解決され、我国におけるエネルギーの有効利用を一層推進する上で大きく寄与することを期待している。

おわりに、本稿はロードカーブ改善のため新エネルギー・産業技術総合開発機構が㈱日建設計に調査委託し、これを受けて設けられた「関西地区未利用エネルギー活用調査委員会」において調査研究された内容の一部を、同委員会の幹事会幹事長をつとめた筆者がとりまとめたものである。ここに、委員長として御指導を頂いた大阪大学鈴木胖教授をはじめ、熱心な御協力を頂いた委員、幹事ならびに事務局の各位に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 通産省資源エネルギー庁：21世紀を目指す未利用エネルギー活用システム，通産政策広報社，平成2年6月
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：関西地区未利用エネルギー活用地域熱供給システム導入調査，平3年3月
- 3) 黒本：未利用エネルギーの地域冷暖房への応用，エネルギー・資源，Vol.12, No. 5, pp.486/490 (1991).

### 図書案内

## Ecological Economics

1. 書 / 誌名：Ecological Economics (The Science and Management of Sustainability)
2. 著者/編者：Robert Costanza
3. 価 格：\$57.00 (概価 ¥7,400)
4. 発行所：Columbia University Press, New York.
5. サ イ ズ：26.0×18.5cm

(注) お近くの洋書店でお求め下さい。