

省エネルギー — 熱の有効利用 —

中 村 理

1. はじめに

今日、“省エネルギー”という言葉はいろいろな方面で使われているが、その意味するところはさまざまであり、さらに、エネルギー保存則によれば世の中のエネルギーの総量は変化するはずがないものであるから、“省”エネルギーなどはありませんという考え方もある。その意味では、省エネルギーは、単にエネルギーを節約するのではなく、われわれが利用することのできる有効なエネルギーをいかに効率よく使っていくかという問題であるといえよう。

図1はわが国におけるエネルギーの流れを示しているが、石油をはじめとする1次エネルギーが、いろいろな形に変換されながら使われ、あるいは捨てられていく仮定がわかる。エネルギー保存則の通り、全エネルギーは減ったり増えたりしないで常に一定である。ところが物理的には同量の kcal を持つエネルギーであってもわれわれにとってはその有効性はかなり異なるのである。たとえば、電気形であれば、物を動かすこともできるし、照明をつけることもできる

なかむら おさむ 三菱総合研究所 社会システム部第2社会システム室

し、冷暖房その他の器具さえあればあらゆるものに使えるし、そのうえ電線によって簡単にかつ損失がきわめて少なく他所に移すことができる。ところが、熱という形だと、たとえば90℃の熱湯は、お茶を入れたり、風呂に使ったり熱としての利用はもちろんでできるが、移動するのはかなり大変だし、ましてや、照明をつけたりモーターを回したりすることは無理である。すなわち、エネルギーの中には電気のように質の高いものから熱のように質の低いものまでいろいろあり、省エネルギーとは、この中で質の高いエネルギーをいかに節約するかということになる。

熱を機械的なエネルギーに変えるには、熱力学でいわれる通りかなりのムダを要する。理想的なカルノーサイクルを用いても熱効率（発生する機械エネルギー/投入した熱エネルギー） η は、

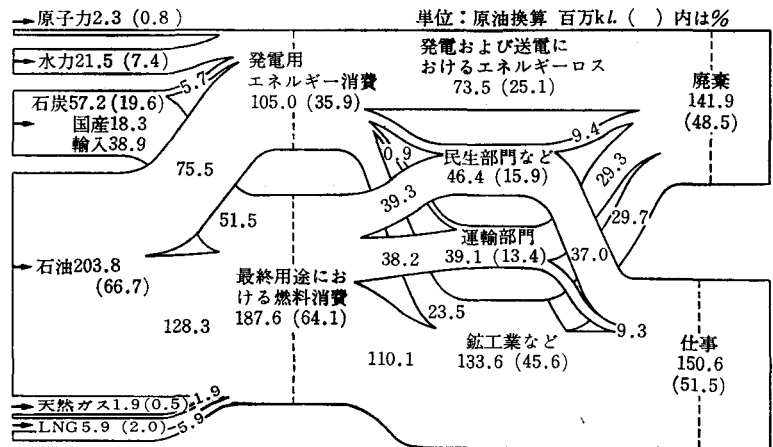


図1 わが国におけるエネルギーフロー

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad (1)$$

であり、すべてを有効に変換できるわけではない。ここに T_2 は高熱源、 T_1 は常温の絶対温度である。たとえば、火力発電というエネルギー変換システムでは、重油、石炭等を燃焼させ 500°C 以上の熱(蒸気)を発生し、それをタービンを回すのに用いてさらに発電機を回して電気を作るという過程になっているが、最大の技術力をもってしても燃料の有するエネルギーの40%弱が電気になるにすぎない。図2は、エネルギーの流れの一例を示すが、ほぼ半分のエネルギーが復水器を通じて海水冷却水によって捨てられていることがわかる。この計算でいくと、わが国全体で約4000万トン、輸入石油の13%が単に海を温める(約 7°C)ためだけに使われていることになる。

同じようなロス他システムでも見られることであって、これは技術面だけでなく理論的にも避けられないものである。したがって、質の高い電気を使って質の低い熱を発生させることはかなりの反省エネルギー行為であると言わざるを得ない。特に質の低い $50\sim 100^{\circ}\text{C}$ 程度の熱は、ボイラー等から直接取り出すのが望ましいし、それよりもさらに低い $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 前後の熱は、工場や発電所から排熱として捨てられるものを利用するというような方法が必要なのである。

そこで本稿は、そのような比較的温度的低い熱

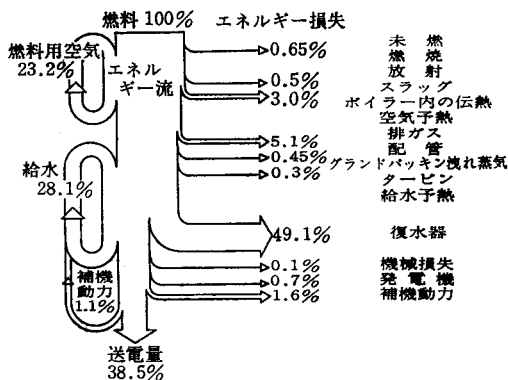


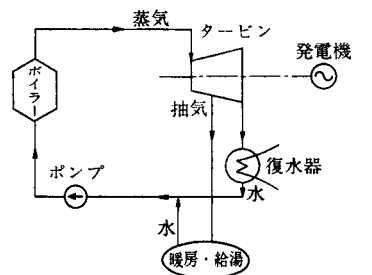
図2 火力発電におけるエネルギーフローの例
(出典：蒸気の上手な使い方)

の利用システムを検討し、熱の有効利用という面からの省エネルギー策を考えるものである。

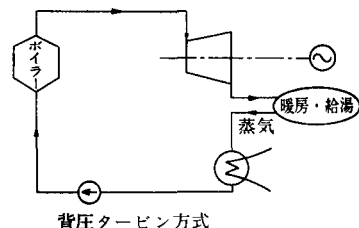
2. 熱併給発電システム

2.1 民生エネルギーと熱併給発電

いわゆる民生用エネルギーとして家庭で消費されるエネルギーのうち、50%以上は暖房用または給湯用として熱の形で用いられている。したがって、これらに使われる熱は電力によらずに直接発電所の蒸気から取り出すのが効率的である。すなわち、蒸気タービンの中途段階で蒸気を取り出したり(抽気タービン方式)、タービンの排気を利用したり(背圧タービン方式)して熱を取り出せば(図3)、電力というある意味ではムダの多いものを通らずに熱エネルギーを使うことができ、トータルに見たときには省エネルギーになるのである。このシステムは熱併給発電と呼ばれ、わが国ではまだなじみの少ないものであるが、欧米においては早くから広く実施されているものである。わが国においては、火力発電所が巨大化していること、それにともなって、都市から離れた地点に



抽気タービン方式



背圧タービン方式

図3 抽気タービン方式と背圧タービン方式

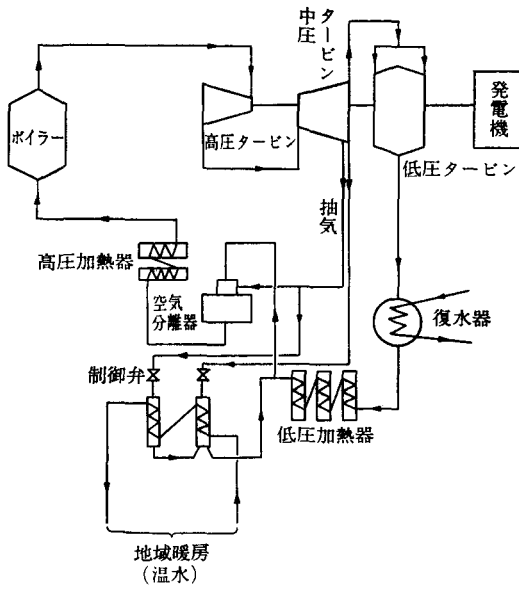


図4 抽気タービン方式熱併給発電の例

立地しているのので周囲に大きな熱需要が発生しないことなどの理由で実施例が少ないものと思われる。たしかに、発電という目的だけを考えれば、大きな発電機を回して大量の燃料を燃やし大量の電気を発生させるのが効率的かも知れないが、エネルギーのトータルな消費という面では、むしろ、小さな発電所を都市の近傍に設置し、熱の需要は熱そのものによってまかない、照明、動力等のエネルギーは電気でもかなうというシステムのほうが効率的であるかも知れないのである。

たとえば、図4は抽気タービン方式による熱併給発電の原理を示すが、熱需要の大小によって抽気量を加減することができるシステムとなっている。一般に、熱併給発電は、数千kWから十数万kWの比較的小規模の発電所の場合が適当であるといわれるが、ニューヨークでは70万kWあまりの大規模発電所で熱併給システムが実施されており、必ずしも小規模発電でなければならないとはいえない。図5は、非常に荒っぽい試算例であるが、熱併給発電によってトータルなエネルギーのムダが減ることを示したものである。熱併給発電の場合、発電としては効率が下がる反面、ムダに捨てられる熱を有効に用いることできて、ト

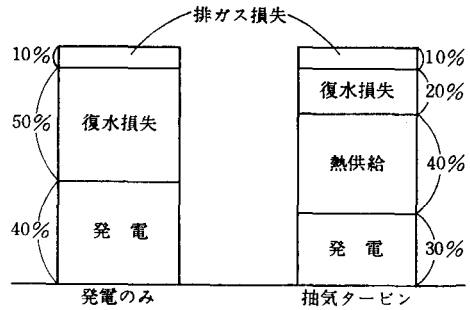


図5 熱効率の比較

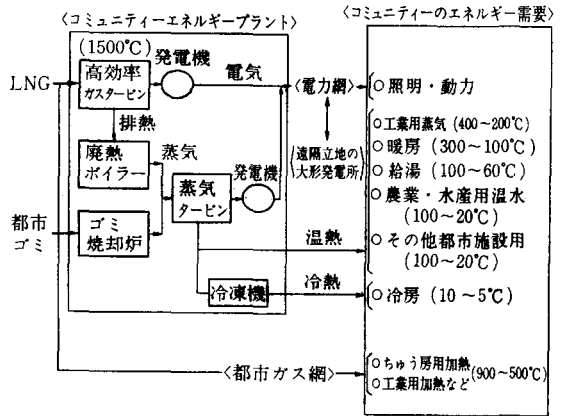


図6 コミュニティーエネルギーシステム概念図

タルでは70%(30%はやはりムダになってしまう)が有効に使われ、ムダがほぼ半分になることを示している。

2.2 コミュニティーエネルギーシステム

さらに、熱併給発電システムを発展させたものとして、コミュニティエネルギーシステム(CES)と呼ばれるものが考えられている。これは、地域社会(コミュニティ)の各種エネルギー需要に対応して、できるだけ効率よくエネルギーを供給するトータルシステムである。システム概念は図6に示すが、高効率ガスタービン、蒸気タービンを組合わせた発電システムにゴミ焼却熱を利用し、さらに、抽気または背圧方式によって熱を取り出して地域暖冷房、給湯に利用しようとするものである。発電量は10万kW程度が想定されているが、トータルの熱効率は図7に示す通り状況によっては80%にも達すると試算されてお

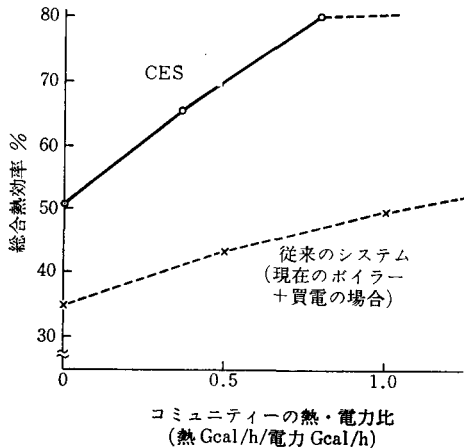


図 7 CES と従来のエネルギー供給システムの総合熱効率 (1次エネルギー換算) の比較

り、エネルギーのロス、大規模発電所によるロス (60%以上) の3分の1になるのである。

2.3 システムの実現の課題

以上に述べた熱併給発電システムは欧米でかなり前から実現されていることでわかる通り、技術的には実施が可能である。問題は、コストの面と制度的な面で、特に、わが国では電力、ガス、熱供給、ゴミ処理等の事業主体が縦割りになっているという点で制度面の解決が重要である。真に省エネルギー策を考えるのであれば、熱併給発電システムの意義は大きい。だから、関連事業間の協調体制や法的な面での制約の解消が必要である。

3. 農業における産業排熱の利用

3.1 施設園芸における利用のシステム

2に述べた省エネ策は、発電の効率を落とすシステムであるが、もし、完全に捨てられる熱を有効に利用することができれば、非常に有効な省エネルギー方策になる。

ムダに捨てられている例は、工場や火力発電所などから冷却水を通じて捨てられる産業排熱である。ここでは、

この産業の温排水を施設園芸に利用するシステムについて検討してみよう。

産業温排水の利用といっても、人が捨てたものを使おうというのであるから従来と同じ暖房方式に利用することは困難である。そこで、産業排水を利用する固有の温室加温システムの研究が行なわれている。加温システムは、大きく分けて湿式と乾式とがある。湿式は、産業排水とハウス内空気との熱交換を伝熱面を通さずに直接行なうもので、ハウス内の空気が排水に直接触れるシステムである。図8にその一例を示すが、熱交換率は大きいという反面、湿度が高くなったり空気中の塩分濃度が上昇 (排水が冷却海水のときなど) したりして、作物に影響を与える恐れがあるという欠点を持つ。乾式は、熱交換器による方法と、温室の屋根に排水を散布する方法とがある。図9は熱交換器を用いた加温システムの一例を示すが、湿式とは反対に熱交換率は悪くなる反面、湿度、塩分濃度の問題はないという特色を持つ。

3.2 作物の選定

産業排水利用温室に適する作物は以下の点より検討を行なった。

①温度……冬期夜間の最低気温が最も重要である。熱交換システムとして湿式を用いる場合には排水温度に近い室温が得られ、乾式を用いる場合には、外気温の高低にもよるが、排水温度より5~10℃低い室温が得られるという実験例がある。

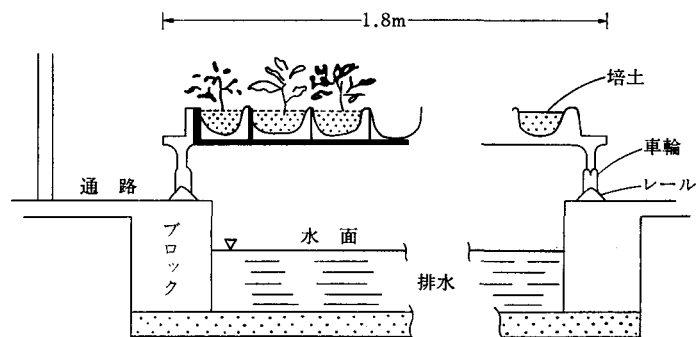
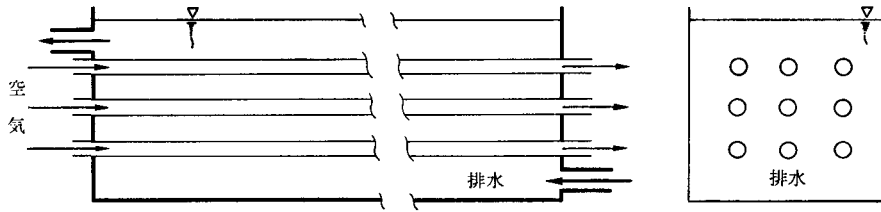


図 8 湿式加温システムの例 (出典: 温排水利用に関する国内、国外の文献および実施例調査)

○熱交換器



○温室

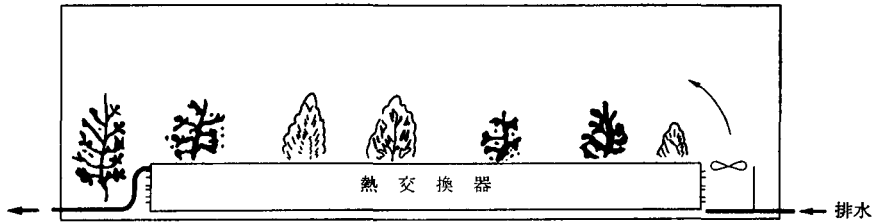


図 9 乾式加温システムの例

冬期夜間の外気温を寒冷地で -10°C 、温暖地で 0°C と仮定すると室温は少なくとも以下の室温は確保されると思われる。

寒冷地	湿式	10°C	乾式	5°C
	温暖地	湿式	20°C	乾式

②湿度……湿式では湿度が 100% に達することもあるので、湿度を嫌う作物は栽培することができない。乾式システムでは湿度の問題はない。

③市場性……配管、ポンプ等の施設コストがかなり高くなるので、高収益をあげ得る品目であることが必要である。大都市地域から離れた地点での栽培となる場合には遠距離の輸送に適するか否かの検討も必要であろう。

④栽培技術……産業排水が利用できる地点は必ずしも農業の先進地であるとは限らない。したがって、高度な栽培技術を要する品目では、他の条件に適合しても必ずしも地元で受け入れられるわけではない。そこで、そのような品目についてはまず実験栽培を行なって技術的に可能であることを示し、その後に農家に普及させるという方策が有効である。

以上のような点から、排水利用温室での栽培に

適すると思われる品目を列挙すると以下のようになる。

- { 湿式……キュウリ、ピーマン、ナス、セロリー
- { 乾式……キュウリ、トマト、イチゴ、セロリー、キク、カーネーション、ストック

3.3 経済性からみた実現可能性

温室栽培に産業排水を利用することの利点は、加温のためのエネルギー（重油や電力）が節約されるということである。施設園芸における野菜、花き類のうち、光熱費の割合が大きいものは、キュウリ、ピーマン、トマト、ナス、カーネーションなどであり（「野菜生産費」「花き統計」より）、これらの作物では、排水利用の効果がかなりあると考えられよう。

農家の経営においては、損益分岐点を理解することがきわめて重要であり、本稿においても上記品目について、その考え方から産業排水利用温室の実現性を検討してみる。損益分岐点を算定する方法はいろいろあるが、一般的なものは次の算出公式で表わされるものである。

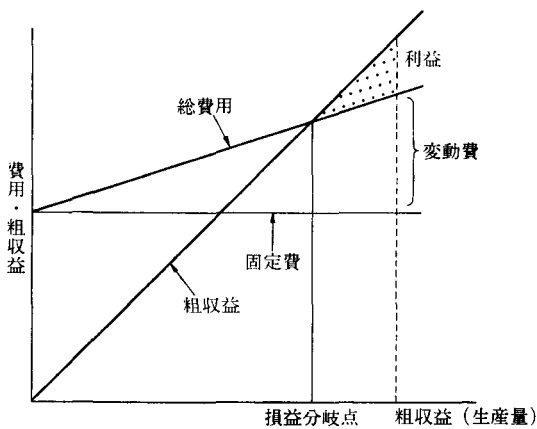


図 10 損益分岐点

$$X = F / \left(1 - \frac{V}{S}\right) \quad (1)$$

ここに、 X が損益分岐点、 F は固定費、 V は変動費、 S は粗収益である。固定費には、施設費、農具費、労働費、地代など、変動費には、種苗費、肥料費、諸材料費、薬剂量、光熱費などが含まれる。農林水産省「農産物生産費調査」をもとにして、各作物について損益分岐点を算出すると表1のようになる。産業排水を暖房用に用いる場合は、変動費のうち光熱費が減少し（ただし、排水ポンプ、換気扇の動力費は余分にかかるが、これは重油節約分よりかなり少ないであろう）、固定費のうち施設費が増加する。それぞれの変化がどのようになるかについては、具体的条件の設定が必要であるが、ここでは以下のように経済面からの実現性を検討した。

加温施設による固定費増加を ΔF 、加温重油の節約とポンプ等の動力増加の差による変動費の減少を ΔV とすると、産業排水利用の場合の各作物の損益分岐点は次のようになる。

$$X' = (F + \Delta F) / \left(1 - \frac{V - \Delta V}{S}\right) \quad (2)$$

損益分岐点が下がれば経済的に見て実現可能性があると考えられるので、 $X > X'$ が温排水利用実現の必要条件である。逆にいえば $X = X'$ になるような ΔF 、 ΔV が限界点であり、これは(1)、(2)より、

表 1 作物別損益分岐点

10 a 当り 単位：千円

作物	固定費 F	変動費 V	粗収益 S	損益分岐点 X
キュウリ	1,525	461	1,406	2,268
トマト	990	241	903	1,351
ナス	1,512	260	1,720	1,781
ピーマン	1,526	861	2,326	2,424
カーネーション	2,906	896	4,061	3,729

「農産物生産費調査」より算定
注) 昭52の値。ただしカーネーションは昭51

$$\frac{\Delta F}{\Delta V} = \frac{F}{S - V} \quad (3)$$

と表わされる。この式は、温排水配管、熱交換器等の施設コスト上昇が光熱費節約の何割以内であれば実現可能（経済的）かを示したものであると考えることができる。作物別に表2の値を用いて計算すると、キュウリ1.61、トマト1.50、ナス1.04、ピーマン1.04、カーネーション0.92となる。加温用重油費は前記調査資料より推定するとキュウリ198千円、トマト52千円、ナス44千円、ピーマン571千円、カーネーション608千円（いずれも10a当り）であるが、このうちの80%が温排水利用によって節約されるとすると、施設コスト増加の上限値はキュウリ255千円、トマト63千円、ナス37千円、ピーマン475千円、カーネーション486千円となる。既存の施設コストに対する割合は表2に示す通りであり、キュウリ、ピーマン、カーネーションにおいて、産業排水利用の可能性が高いことを示している。

以上の分析は、重油価格が変動しないことを前提としているが、現在の状況から判断すると重油価格が増加した場合の検討も必要であると思われる。重油価格の増加による光熱費の増加を $\Delta V'$ とすると、既存の施設園芸における損益分岐点は、

$$X'' = F / \left(1 - \frac{V + \Delta V'}{S}\right) \quad (4)$$

に変わる。(3)式と同様に産業排水利用可能の限界点である $X' = X''$ になる ΔV 、 $\Delta V'$ 、 ΔF の

表 2 温排水利用が可能な施設コスト増加の上限値

作物	重油節約費	$\Delta F/\Delta V$ の上限	施設コスト増加の上限	既存の施設コスト A	施設コスト B	A/B
キュウリ	158千円	1.61	255千円	343千円	498千円	0.74
トマト	42	1.50	63	472	514	0.13
ナス	35	1.04	37	355	392	0.10
ピーマン	457	1.04	475	437	912	1.09
カーネーション	486	0.92	447	534	981	0.84

(注) 既存の施設コストは農林水産省「農産物生産費調査」より

関係を求めると、

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta V' + \Delta V}{S - V - \Delta V'} \quad (5)$$

となる。表3と同じようにして施設コスト増加の上限値を計算すると図11のグラフのようになる。重油の昭和52年価格を30円/ℓと仮定すると、重油価格が1.5倍の45円になったとき、温排水利用温室の施設コストがピーマンでは3倍、カーネーション、キュウリでは2.3~2.5倍になっても経済的には実現可能であることを示している。

3.4 省エネルギー性の検討

温室加温用のエネルギーとしては、重油、灯油、ガス、電力などさまざまなものがあるが、ここでは、重油を用いる場合を想定して産業排水利用の省エネルギー性を検討してみよう。

施設コストの上限

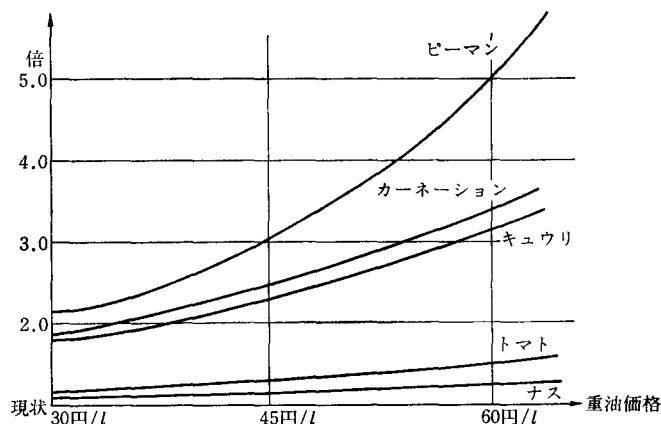


図 11 重油価格の上昇と施設コスト増加の上限

図12に示すような50坪 (165m²) のモデル温室を想定して、熱量損失を計算する。簡易計算式は、

$$E = (t_{in} - t_{out}) (C \cdot V \cdot n + D\eta_D + A\eta_A) \quad (5)$$

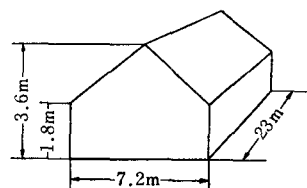
で表わされる。ここに、 t_{in} , t_{out} はハウス内気温と外気温、 C は空気熱容量、 n は換気回数、 η_D , η_A は伝熱係数、 V , D , A はハウスの容量、放熱表面積、底面積である。二重覆いのビニール温室を仮定すると $\eta_D=3.0$, $\eta_A=1.5$ (「ハウス温室園芸栽培ハンドブック」より) であり、外気温2℃、室温12℃と仮定し、換気回数を1.5回/時にすると、

$$E = (12 - 2) \times (0.3 \times 447 \times 1.5 + 305 \times 3 + 165 \times 1.5) = 1万3776 \text{ kcal/時} \quad (6)$$

となる。重油を用いる場合のエネルギー消費量 E_1 はボイラー効率70% (小型) とすると、

$$E_1 = E \div 0.7 = 1万9680 \text{ kcal/時} \quad (7)$$

である。一方、産業排水を利用する場合は、乾式熱交換器内での排水の温度低下を0.3℃ (電力中央研究所の実験例では常に0.5℃以内である) とすると、排水1kg 当り0.3 kcal の熱エネルギーを得ることができるから、1時間当り



面積 165m² (50坪)
屋根勾配 0.5
放熱表面積 D 305m²
内容量 V 447m³

図 12 エネルギー計算温室

$$1 \text{ 万}3776 \div 0.3 = 4 \text{ 万}5920 \text{ kg} \\ \approx 46 \text{ m}^3 \quad (8)$$

の産業排水が必要となる。熱交換器内のポンプ揚程を仮りに 50cm とすると、ポンプ効率 80% と考えればポンプ動力は、

$$46 \times 0.5 \times 9.8 \div 3600 \div 0.8 \\ \approx 0.08 \text{ kW} \quad (9)$$

となる。これに 0.07 kW の換気扇の動力を加えると、熱交換器に投入される電気エネルギーは 0.15 kW となる。電力の受電端効率を約 35% とすると、1kWh 当り 2450 kcal が投入されるので、

$$E_2 = 0.15 \times 2450 \approx 368 \text{ kcal} \quad (10)$$

が 1 時間当りのエネルギー消費量となる。

重油加温に比べて 50 分の 1 以下のエネルギー（第 1 次エネルギー換算）ですむことになる。

以上の計算は、温室内のみでのエネルギー消費量の比較であるので、工場等から温室まで送水するポンプのエネルギーを考慮しなければならない。そこで、排水送水用ポンプの揚程を h メートルとすると、投入されるエネルギーは 1 時間当り、

$$E_3 = 46 \times h \times 9.8 \div 3600 \div 0.8 \times 2450 \\ = 383 \times h \text{ kcal} \quad (11)$$

となる。産業排水利用が重油加温より省エネルギーとなるための条件は $E_1 > E_2 + E_3$ であるから、

$$19680 > 368 + 383h \quad (12)$$

であり、 h の上限値は約 50.4 メートルになる。したがって、ポンプ揚程が 50 メートル未満で送水できる地点では産業排水利用のほうが省エネルギーである。なお、送水による、排水の水温低下は小さく、1°C 程度である（たとえば「火力原子力発電」Vol.25）とされている。

4. 海水淡水化における熱利用（多段フラッシュ蒸発法装置）

4.1 海水淡水化手法

海水淡水化の手法は、蒸発法、膜法、冷凍法な

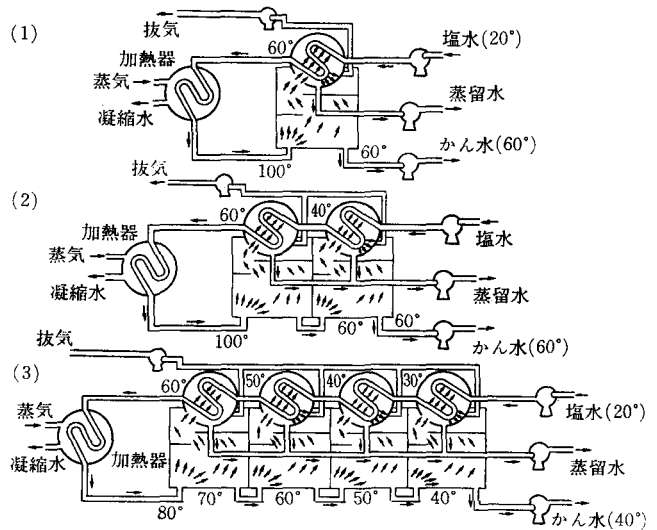


図 13 フラッシュ蒸発法の原理（出典：飲水の危機）

どいくつかのものがあるが、その中では、蒸発法における多段フラッシュ蒸発法、膜法における逆浸透法が有力なものとされている。

多段フラッシュ蒸発法は、低気圧下で海水を沸点未満の温度で蒸発させ（フラッシュ蒸発）その蒸気を凝縮して淡水を得る方法をいくつもつなげた方法である。図13にその原理図を示すが、この手法は、海水淡水化の本命として工業技術院等において研究が進められたものである。国内国外における実施例も多くはこの多段フラッシュ蒸発法を用いている。

フラッシュ蒸発法は海水の温度をあまり高くしなくても淡水を得ることができるので、工場や発電所の（排）熱を利用するのに適している。工業技術院で検討された大型海水淡水化装置（10万 m³/日）の試設計も、火力発電からの熱の供給を受けるシステムを想定している。

海水淡水化の本格的な実用化については、コストの関係でまだ難しく、離島など特殊な地域に設置されているにすぎない。しかし将来の水需給を考えれば検討の必要があると思われるので、ここでは省エネルギーの面から各種法の比較を行なってみよう。

表3 海水淡水化 投入エネルギーの比較

(造水1m³当り)

方式 エネルギー	温排水利用	重油加温	火力発電 二重目的 プラント	逆浸透法	電気透析法	冷凍法
	電力 kWh	6.98	2.5	2.5	8~8.4	16.5
エネルギー投入量 kcal	17,101	6,125	6,125	19,600 ~20,580	40,425	34,300
蒸気	11,269	43,300	19,900	10,000	—	—
エネルギー投入量 kcal	12,662	48,652	22,360	11,236	—	—
エネルギー投入量の合計 kcal	29,763	54,777	28,485	30,836 ~31,816	40,425	34,300

注) エネルギー投入量は1次エネルギー換算で、電力は2450kcal/kWh、蒸気はボイラー効率89%として計算

4.2 省エネルギー性の比較

ここで比較の対象とする淡水化手法は、発電所の温排水を利用する低温度の多段フラッシュ法、重油加温による多段フラッシュ法、火力発電所の蒸気を抽気して加温用に用いる多段フラッシュ法(二重目的プラントと呼び、2節の熱併給発電と同様のシステムである)、逆浸透法、電気透析法、冷凍法である。

(1) 1次エネルギー投入量

温排水利用多段フラッシュ法においては、前節の施設園芸における排水利用と同様に捨てられる熱を利用するので、熱エネルギーは不要であるが、大量の温排水と海水を送水するためのポンプ動力と、減圧用エゼクター蒸気が必要である。東京工業試験所の試設計では、造水1m³当り電力が6.98kWh、蒸気が17kg必要であるとされている[6]。電力における1次エネルギー投入量を2450kcal/kWh、蒸気のエンタルピーを663kcal/kg、ボイラー効率を89%とすると、造水1m³当り投入される1次エネルギーは約3万kcalである。

重油加温による方法では、造水1m³当りの送水用ポンプ動力が2.5kWh、必要な熱エネルギー(蒸気)が4万3300kcal、また火力発電との二重目的プラントでは、同じくポンプ動力が2.5kWh、発電量が減少することによる損失が蒸気換算で1万9900kcalとされている[6]。他の方法による造水1m³当りのエネルギー投入量は、逆浸透法

で電力8.0~8.4kWh、温度調節用蒸気1万kcal、電気透析法で電力16.5kWh、冷凍法で14.0kWhである[7]。

以上の結果をまとめると表3のようになる。1次エネルギー換算では、二重目的プラントと温排水利用プラントが最も省エネルギーとなるが、他のシステムとの差はあまり大きくない。

(2) エクセルギー投入量

同じ1000kcalの熱エネルギーでも25℃の水100kgと65℃の水20kgとでは後者のほうが明らかに有用である(15℃を基準として)。また、電力と熱とでは等しいエネルギーを有していても電力のほうがはるかに有効である。このように、エネルギーはその形態によって質が異なり、省エネルギーとは質の良い役に立つエネルギーを節約することであるのは初めに述べた通りである。そこで、“有効”なエネルギー量を計る尺度として、エクセルギーという概念が登場した。エクセルギーは理論的に機械仕事に変換し得るエネルギー量であり、熱源の場合は次式で計算される。

$$W = CM \left(T - T_0 - T_0 \ln \frac{T}{T_0} \right)$$

C : 比熱, M : 質量, T : 熱源の絶対温度,
 T_0 : 常温(絶対温度)

熱以外のエネルギーでは、たとえば電力はすべてエクセルギーである。

以下、海水淡水化の省エネルギー性をエクセルギーによって比較してみよう。なお、計算は必ず

表4 エクセルギー投入量の比較

(造水 1 m³ 当り)

方式	温排水利用	重油加温	火力発電 二重目的 プラント	逆浸透法	電気透析法	冷凍法
エクセルギー 電気によるエクセルギー 投入量 kcal	6,003	2,150	2,150	6,880 ~7,224	14,190	12,040
蒸気によるエクセルギー 投入量 kcal	4,200	26,383	12,125	6,142	—	—
その他エクセルギー 投入量 kcal	22,638	—	—	—	—	—
エクセルギー投入量 の合計 kcal	32,841	28,533	14,275	13,022 ~13,366	14,190	12,040

れも造水 1 m³ 当り, 常温は 288°K (15°C) とした。

温排水利用では, 電力が 6.98 kWh でエクセルギーは 860 kcal/kWh とすれば 6003 kcal, エゼクター用蒸気が 170°C 17kg でエクセルギーは約 4200 kcal, これに, 温排水そのものの有するエクセルギーが 2万 2638 kcal 投入されるので計 3万 2841 kcal の有効なエネルギーが消費されることになる。他のシステムも同じようにしてエクセルギーを計算すると表 4 のようになる。比較すると, 温排水利用が最も反省エクセルギーになっているが, 温排水の持つエクセルギーはもともと無駄になるもので“有効”なものとして計算するのは適当でないとする, エクセルギー投入量はポンプ動力とエゼクター蒸気の合計 1万 203kcal となり, 最も省エクセルギーの淡水化システムとなる。

5. おわりに

以上のシステムのほかに, 熱の有効利用としては, 低温度差発電システム, ヒートポンプを利用したシステム, 太陽熱利用との併用システムなどさまざまなものがある。また, 排熱の有効利用としては, 発電所の温排水を養殖漁業に利用する研究が進められており, 実用化されて企業ベースにのっているところもある。

本稿ではそれらのシステムを紹介することはできなかったが, 熱の有効利用という観点からの省エネルギー策は, あらゆる方面で研究されているのである。その中には, 技術的には実現可能で省エネルギー効果の大きいものもあり, 経済的, 社会的条件さえ整えば実用化されると思われるシ

テムも少なくない。

また, 個々のプラント, 建物, 器具における省エネルギー技術だけでなく, 光, 熱, 動力などエネルギーの形態に合わせた供給システム, 都市, 地域レベルにおける省エネルギー方策の検討も必要であり, 総合的な省エネルギー策を考えなければならぬ状況にあるといえよう。

なお, 本研究をまとめるに当っては, 東京大学平田賢教授をはじめ多数の方々から多大なご教示をいただきました。ここに紙面をかりて感謝する次第であります。

参考文献

- [1] 「地域冷暖房」, 空気調和・衛生工学会編
- [2] 「地域冷暖房計画」, 早川一也
- [3] 鴻巣斌ほか, “コミュニティーエネルギーシステム” 日本機械学会誌, 第83巻, 第736号, 1980
- [4] 「温排水利用のための間接熱交換方式による温室暖房の検討」, 電力中央研究所
- [5] 「温室=ビニールハウス園芸ハンドブック」, 横木清太郎ほか
- [6] 外山茂樹ほか, “排熱利用海水淡水化多段フラッシュ蒸発装置とその省エネルギー性の評価”, 東京工業試験所報告, 第73巻, 第7号, 1978
- [7] 外山茂樹, “淡水化のエネルギー” 化学と工業, 第31巻, 第1号, 1978
- [8] 「低温度差エネルギーの有効利用に関する研究成果報告書 I」, 日本機械学会
- [9] 「温排水利用に関する国内, 国外の文献および実施調査」, 日本システム開発研究所