

発電所熱利用システムの調査

〔N 地域大型エネルギー基地計画調査報告書一部抜粋〕

水無瀬 綱一 平野 睦弘

〔要旨〕

この報告は通産省よりの委託研究「N地域大型エネルギー基地計画調査」の第2年度報告書の一部抜粋第3章である。本調査全体の目的は「N地域を対象とし日本海沿岸海域に原子力または火力発電所等の大型エネルギー基地を建設し、その熱エネルギーを融雪等に利用することにより生活環境条件を改善して地域開発を推進すると共に、電力需要に円滑に対処するための技術的可能性・開発効果に関して調査検討を行うこと」である。

この発電所熱利用システムの調査では技術的、経済的検討を行なうため M. A. 及び B の3地点をモデルに選びケーススタディを行なった。

具体的にはパワープラント、輸送パイプ、サブステーション、熱需要の設計を地域の実態に即して行い、経済性、システムの運用管理の方法、信頼性などについて検討した。

モデルシステムの発電プラントからの熱の抽出は、プロセス蒸気 (20 kg/cm²)、低温水 (40°C)、高温水 (150°C) の3種類を考え、その抽出技術を検討した結果在来システムのわづかな手直して出来るため、既存の火力発電所にも適用可能であろう。とくに淡水、海水併用の復水器については、低温水の部分負荷にも対処出来るもので、世界的にも設置例がない。今回、検討した復水器は細管流路を数分割し、手操作によって海水及び、淡水をコントロールするようにしたもので、真空度の保持、弁操作等が在来のものに比べて多少面倒になるが、技術的には対処可能である。

また、システムの経済性については、計算諸元や在来システムの種類によってかなりの巾があり、一義的には云えないが、おおむね、モデルシステムの方が割高となっている。しかし、48年10月以降燃料価格が著しく高騰して来たため、固定費分の大きなこの方式の方が有利となるケースや、不利な点が縮少するケースが見られる。勿論経済性の評価は、表面に現われたコスト差だけで云々すべきでなく、エネルギー資源の有効利用 (省資源効果)、熱供給の長期安定性、地域の産業基盤の確立、生活条件の改善などの観点から総合的な検討評価を行なうべきである。

今回考えられる様な熱供給は、それを必要とする自然条件や、それを可能とする技術的問題の解決だけで成立するのではない。それを要請する国民生活的背景および、それを支える経済的、政治的条件が満足されることが必要であろう。

はしがき

1. 基本システム

2. ケーススタディのためのモデルの選定

2.1 はじめに

2.2 エネルギープラント

2.3 熱需要の想定

2.4 温水の配分と輸送

3. 経済性の検討

3.1 熱コストの想定

(1) 取水コスト

(2) 熱源コスト

(3) 輸送コスト

(4) サブステーションコスト

(5) 需要端熱コスト

- 3.2 熱の有効利用と経済性
 - (1) 2管方式の経済性
 - (2) 冷却塔の排熱コスト
 - (3) フロンタービンの経済性
- 3.3 モデルシステムの経済性評価
 - (1) 経済性の比較

- (2) 所要投資額と開発効果
 - (3) 燃料価格とモデルシステムの経済性
 - 4. トータルシステムの運用管理
 - 4.1 計測, 総括制御システム
 - 4.2 保安対策, 保護方式
- おわりに

はしがき

この調査は、国土総合開発事業調整費によるN地域大型エネルギー基地計画調査の昭和48年度報告書の一部抜粋である。

本調査全体の目的は、

N地域を対象とし、日本海沿岸海域に原子力または火力発電所等の大型エネルギー基地を建設し、その熱エネルギーを融雪等に利用することにより生活環境条件を改善して地域開発を推進すると共に、電力需要に円滑に対処するための技術的可能性・開発効果に関して、調査検討を行うものである。

以上の目的のもとに昭和48年度においては

- (1) 発電所熱エネルギー利用の技術的検討
- (2) 発電所熱利用システムの調査
- (3) 発電所周辺整備の調査

の調査分析を行った。ここではこの3項目中(2)項目についてのみ説明することとした。その調査目的、内容は次の如くである。

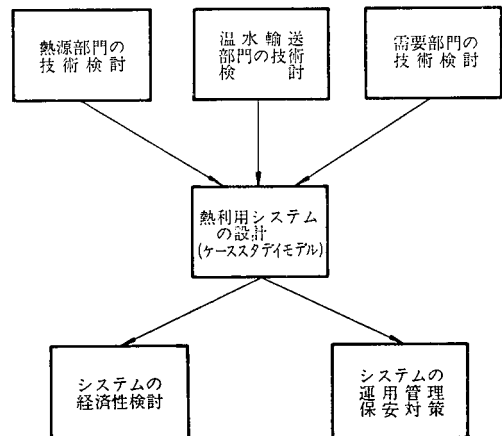
| 調査項目 | 目的 | 内容 |
|-------------------|--|---|
| (2) 発電所熱利用システムの調査 | 発電所から供給する熱の年間の有効利用を図るため、融雪ほか住民福祉産業振興等への利用システムを開発し経済効果等を調査する。 | 1. 熱利用トータルシステムの開発 2. 熱利用トータルシステムの経済性および経済効果の調査 |

本報告書は調査委員会にて作成されたものであるが、ここで述べる部分については、前後の関係が分る様に、前半は水無瀬綱一(技術経済研究部)、後半は平野陸弘(同)が適宜書き改めた。その文責は兩人にある。

なお、本報告書の作成には当研究所内外の多くの方々の御協力を得たが、特にこの抜粋部分については佐藤宗雄氏(日立)に多くの御援助を頂いた。

調査の方法としては先づ基本的な各種の温水利用システム案を検討し、一方、調査対象地域の自然条件および社会条件、熱需要などの調査を行い、ケーススタディのためのモデルをM, A, Bの3通りについて設計し、その経済性の検討、運用管理の方法などについての計画調査を行った調査のためのフローシートは図0.1に示すとおりである。

図 0.1 調査のためのフローシート



1. 基本システム

熱源プラントより排出される熱エネルギーの利用システムとしては色々考えられよう。大規模なシステム程、地域の社会、経済ならびに自然環境に対しての影響の配慮が必要であり、又種々の技術上の進歩、新しい温水利用の需要の開発如何で、新しいシステムへの考え方も変わる事であろう。しかし今回は単純化したモデルにて一応の試算を行ない、大凡その見当をつけるという意味で後に述べる様なモデルを考え、検討を行った。

先づ、図 1.1 に示す様に熱源よりの温水がクローズトサイクルを画けるならば理想的であるが、現在の技術水準、需要構造としてはこれを十分満足させるには至って居らない。即ち温水需要として高温水より常温迄、段階的に、年間連続して利用出来る様な需要の開発が必要であろう。

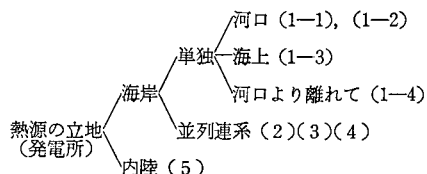
この例では最後に造水を考えて居るがN地域では不適當であり別の用途を考える必要があろう。

ここでトータルシステムを考えるにあたり次のような仮定を置いた。

- ① 発電所から供給される熱は、夏・冬を通して 150°C、40°C の温度であるとした。
- ② 高温水、低温水の量的なものより、温度を主体に考えた。
- ③ 現在の技術によって可能なもので、かつコスト的にもペイすると思われるプロセスを考えた。
- ④ 月々の利用法ではなく、夏季・冬季というグロスの見方をした。
- ⑤ 最低利用温度は外気温付近とした。
- ⑥ 融雪以外の熱利用はすべて熱交換によっ

てなされるものとした。

発電所の熱利用システムについては熱源の立地点、システムの連系、河川の取水方法、冷却方式などによって図 1.2 (1)~(3) に示す様にいろいろ考えられる。今回は内陸立地は考慮せず、且つ、なるべく淡水の取水が容易である様な地点に立地するケースをモデルに選ぶ事とした。



2. ケーススタディのためのモデルの選定

2.1 はじめに

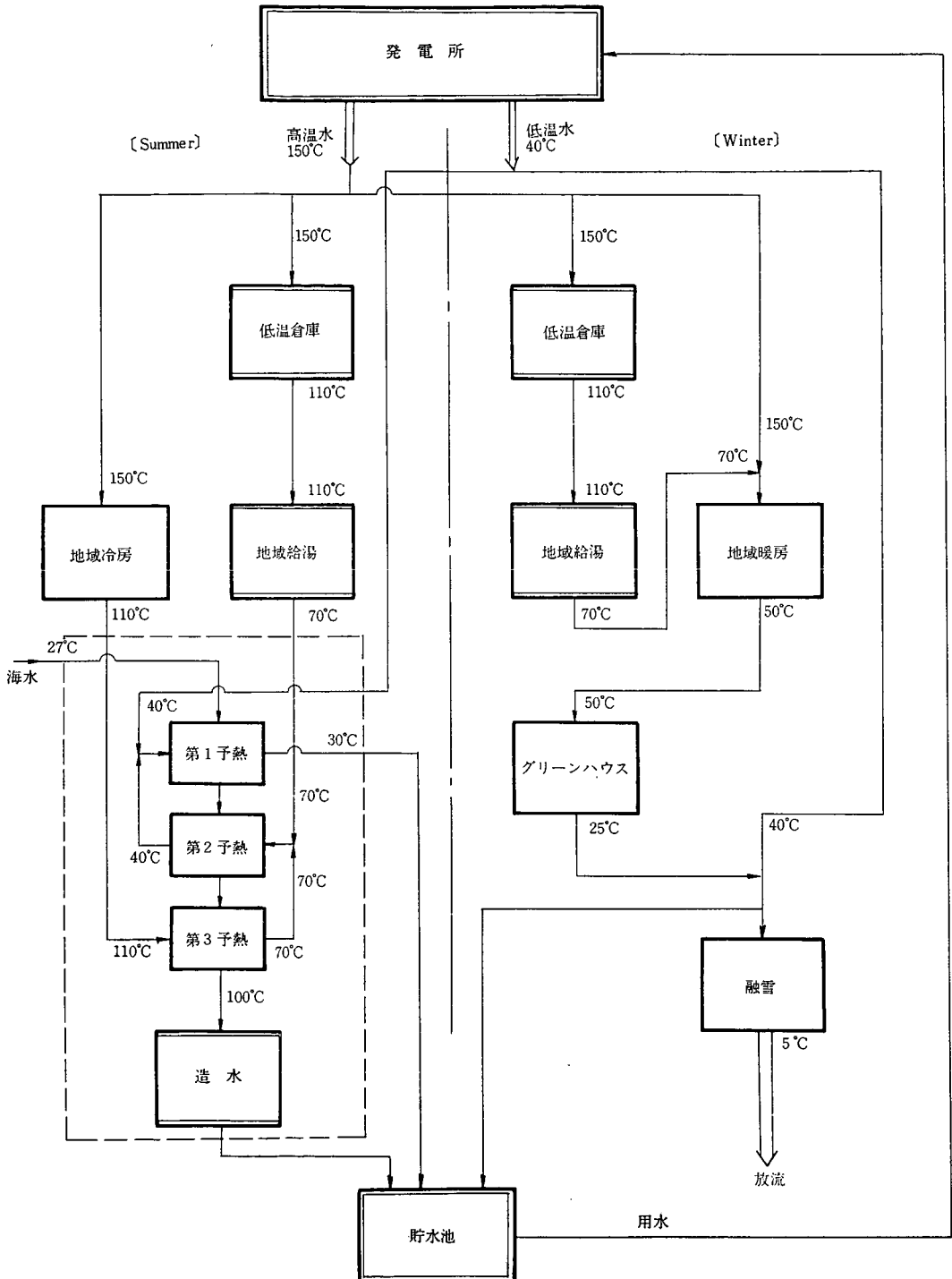
具体的なケーススタディのためのモデルを M, A, B の3地点に選び夫々のパワープラント、輸送パイプ、サブステーション、熱需要の設計を行い経済性の検討を行った。又同時に、このシステムについての運用管理の方法、信頼性などについても検討を行った。

ケース・スタディ地点として M 地点 (350 MW×2), A 地点 (1,000 MW×2), B 地点 (1,000 MW×6) の3臨海地点を考え、このほか沖合立地 (X 地点 1,000 MW×6) についても考察した。この場合3臨海地点はいづれも重油専焼火力とするが、B地点は原子力の場合も考慮した。

モデルの設計に際しては主として 47 年度調査資料を更に検討し、次の諸点を考慮の上、きめた。

- ① 土地利用状況 (隣接地域)
- ② 冷却用水 (海水淡水) 取水の可能性
- ③ 各地域の開発計画

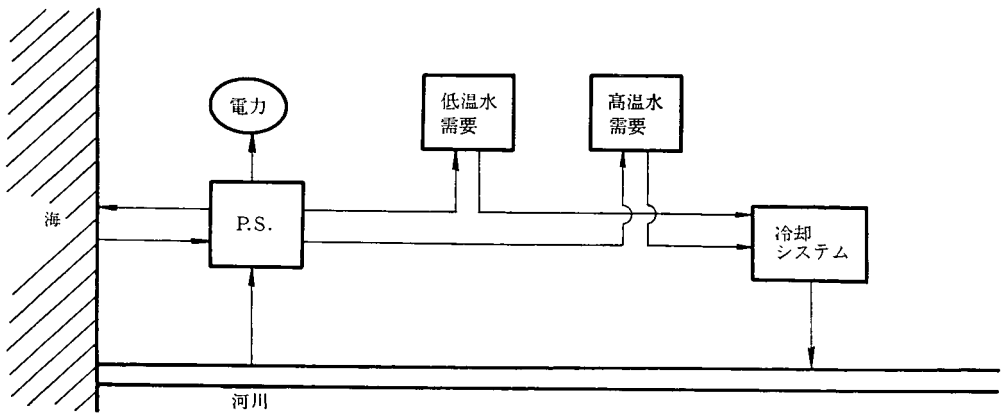
図 1.1 段階的熱利用の一例



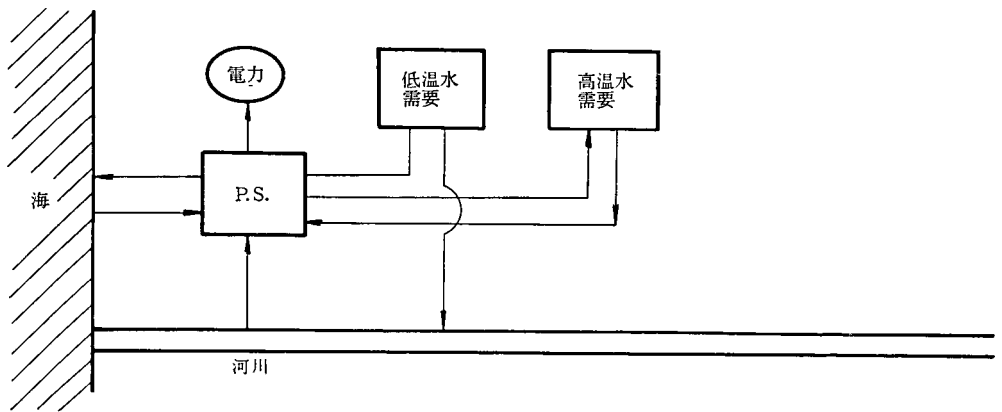
(1) 単独立地 (海岸立地)

図 1.2 (1) 排熱利用システム

(1-1) 河口立地



(1-2) 河口立地 (高温水クローズド)



(1-3) 海上立地

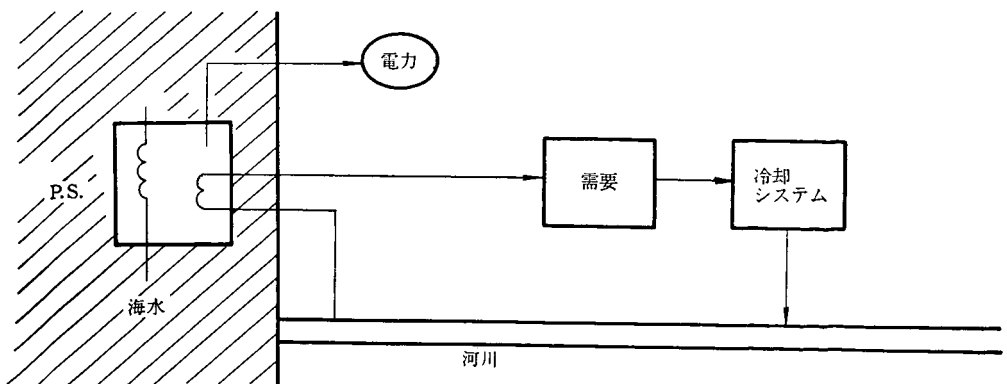
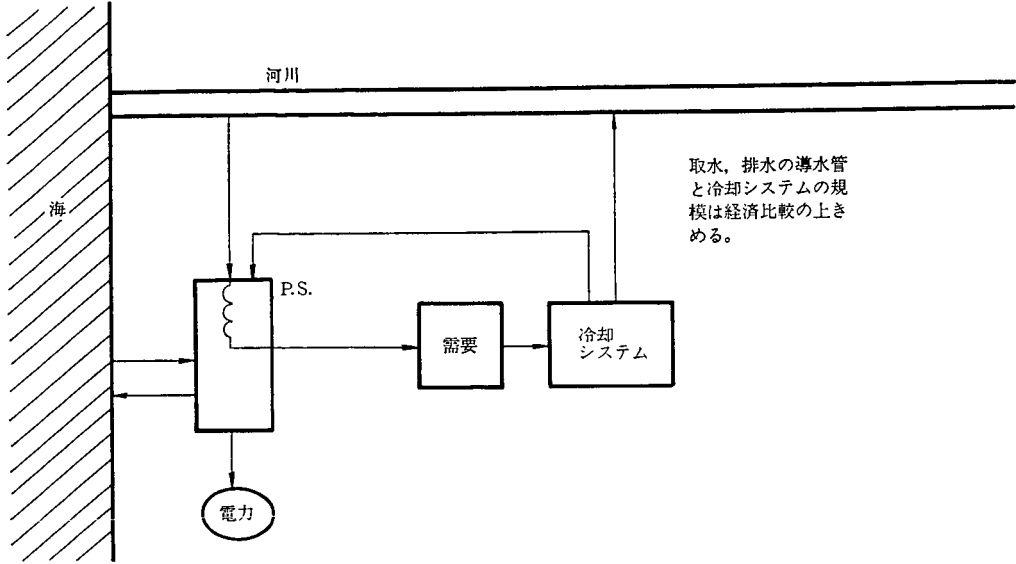


図 1.2 (2) 排熱利用システム

(1-4) 河口より遠隔立地



(2) 並列立地 (海岸立地)

温排水パイプ連系の場合

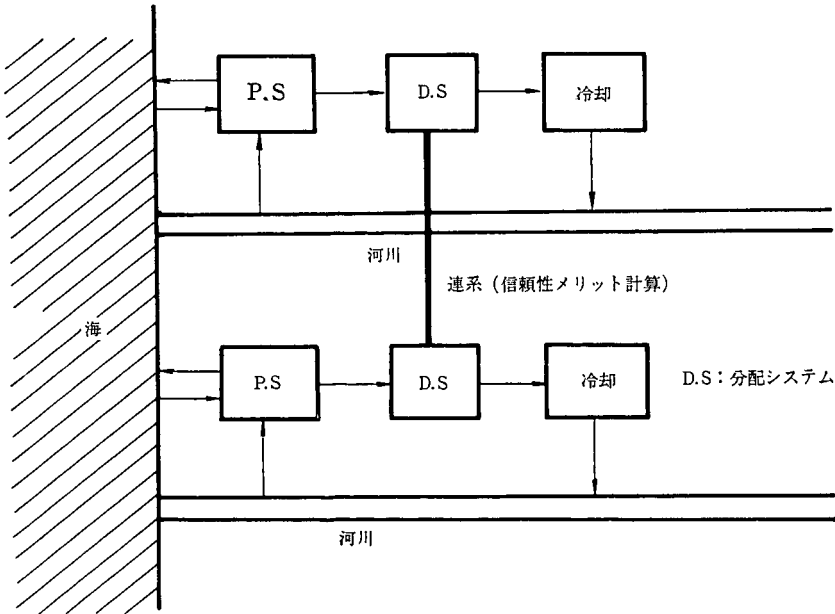
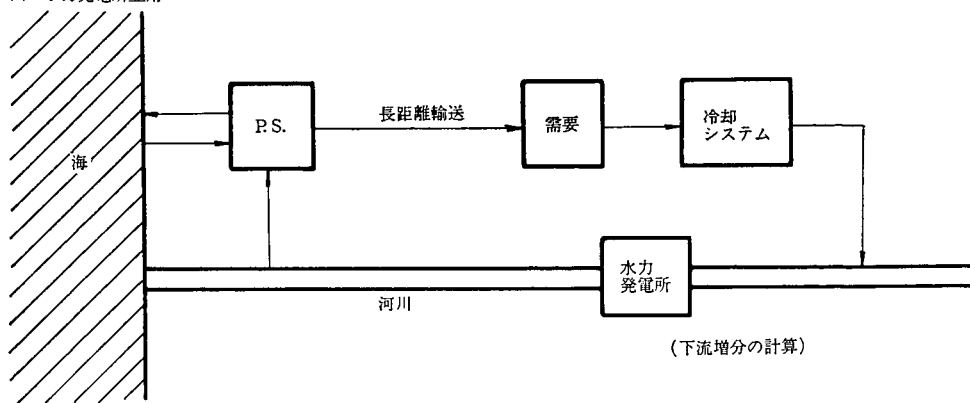
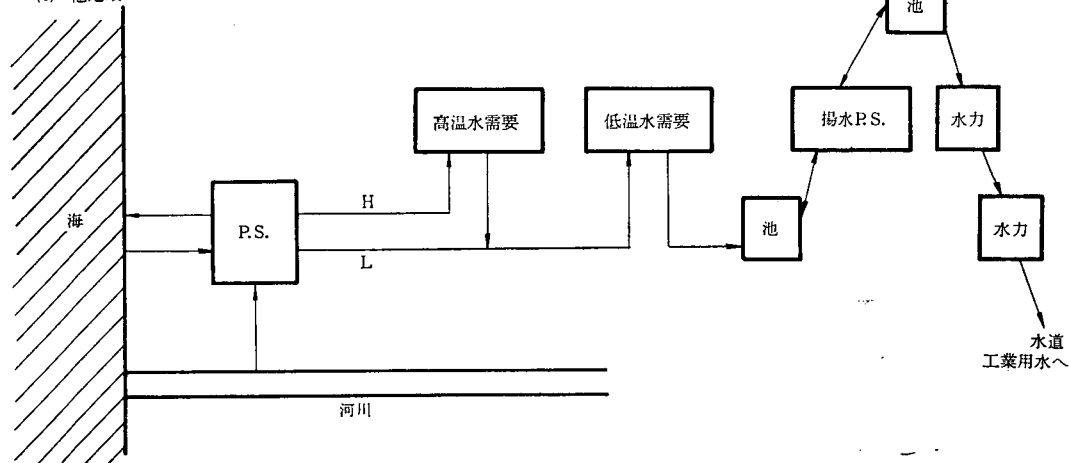


図 1.2 (3) 排熱利用システム

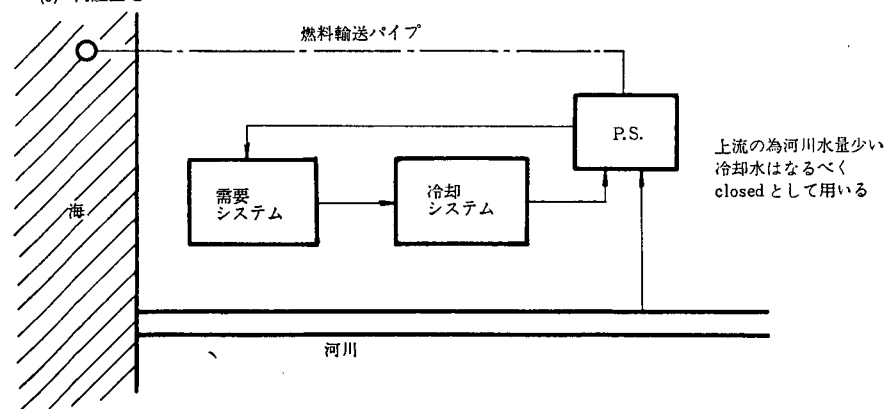
(3) 水力発電所並用



(4) 他地域へ



(5) 内陸立地



- ④ 各種輸送状況
 - ⑤ 気象条件
 - ⑥ 自然環境に対する配慮
 - ⑦ 温水利用の可能性
- など。

2.2 エネルギープラント

(1) プラントの概要

エネルギープラントを構成するものとして、熱源を供給するパワーステーション及び供給された熱源を需要家設備に適した条件で配分するためのサブステーションがある。

是等のシステムを概念的に図 2.1 に示す。

即ち、パワーステーションは熱源供給源として工業用プロセス蒸気、給湯、冷暖房用としての高温水、そして、融雪、グリーンハウス用を目的とした低温水を供給する。プロセス蒸気は、タービンの抽気を直接送気する。低温水

は、タービン復水器による排熱を利用することに主眼を置き、復水器の一部に淡水を送水し、温水を直接利用するシステムとする。又、高温水は復水器排熱をそのまま利用するシステムでは、温度的に限界があり、本計画では、低温水の一部を更に適切なタービン抽気で加熱することにより、所定の温度の温水を得ることとした。

プロセス蒸気の圧力は、需要家側のシステムの具体的検討と兼合せ、最も経済的な圧力温度条件を採用すべきであるが、今回の検討では最も普遍的な値として送気端にて 20 atg の過熱蒸気とした。

低温水の温度は、前年度報告の通り復水器排熱の回収という目的よりその温度に制限があり、40°C を計画値とした。高温水は需要家側の使用条件及び輸送の経済性より決定されるべ

図 2.1 エネルギープラント機能図

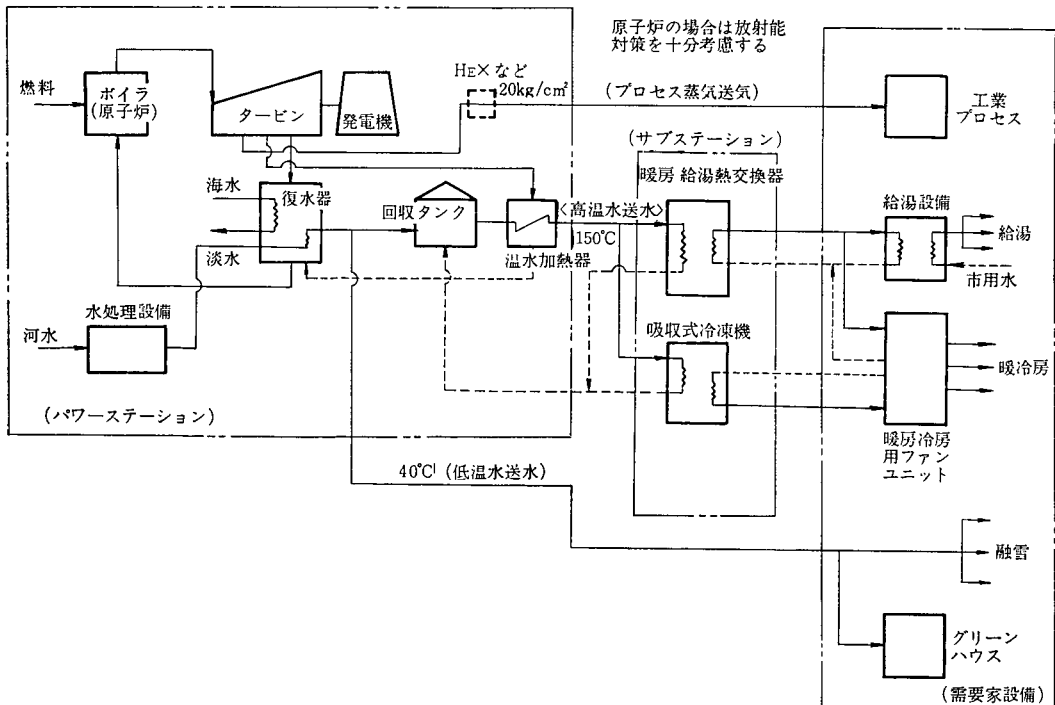


表 2.1 パワーステーション設備容量

| 地 点 | ユニット容量 | プロセス蒸気 (20 kg/cm ²) | 高温水 (150°C) | 低温水 (40°C) |
|------|------------|------------------------------------|-------------|--------------|
| M 地点 | 350 MW×2 | 10 T/H×2 | 1,000 T/H×2 | 7,000 T/H×2 |
| A 地点 | 1,000 MW×2 | 50 T/H×2 | 1,400 T/H×2 | 24,200 T/H×2 |
| B 地点 | 1,000 MW×6 | 50 T/H×2 | 1,400 T/H×6 | 24,200 T/H×6 |

きであり、今回は、大型吸収式冷凍機の必要熱源温度の面より 150°C と定めた。

パワーステーションの容量、熱供給量は電力、熱負荷との密接な関係に於て十分検討を行うべきものであり、是等エネルギー基地計画上最も重要な検討項目である。本計画に於ても、今後の詳細検討にともない再確認されるべきであるが、現段階に於ては表 2.1 の如く定めた。

即ち、パワーステーションを構成する発電プラントの単機容量は 350 MW、1,000 MW の 2 種とし、熱源需要とのバランスは、ユニット台数で調整することとなる。

パワーステーションを構成する機器としては、従来の火力発電所（又は原子力発電所）がその主体となるが、エネルギー基地として適用する場合の計画上のポイントとしては、

- 1) プロセス蒸気及び高温水加熱用蒸気をタービンより抽気するための蒸気タービンの設計上の配慮。
- 2) 低温水供給のため、復水器排熱回収を行なう際の復水器設計上の配慮。
- 3) 低温水をタービン抽気により加熱し、高温水として送気するための熱交換設備及びその制御方式の追加。
- 4) 各種熱源需要とパワーステーション本来の目的の一つである電力発生量とのバランス制御。

等が上げられる。パワーステーションについては、是等のポイントを中心に以下検討を進める

こととする。

次に、パワーステーションより供給された熱源の内プロセス蒸気及び低温水は、表 2.1 に示す如く、その温度、圧力条件で直接需要家設備に受入れられるべきものであるが、高温水は冷暖房、給湯等その使用条件が多岐に亘るため、更には等に見合った熱配分制御が要求される。このため、パワーステーションと需要家設備の中間システムとしてサブステーションを計画する。

サブステーションを構成する機器としては、暖房、給湯の熱供給を担当する熱交換器と冷房のための熱吸収を目的とする吸収式冷凍機サイクルを設置する。

サブステーションは、本来経済性の面からも需要家設備に近接し、その運転制御も末端の熱

表 2.2 各サブステーションに於ける必要熱量

| 地 点 | サブステーションユニット数 | 各ユニットに於ける必要高温水量 |
|------|---------------|-----------------|
| M 地点 | 3 | ① 71.5 T/H |
| | | ② 248 T/H |
| | | ③ 1,560 T/H |
| A 地点 | 4 | ① 296 T/H |
| | | ② 750 T/H |
| | | ③ 750 T/H |
| | | ④ 1,004 T/H |
| B 地点 | 7 | ① 341 T/H |
| | | ② 778 T/H |
| | | ③ 1,392 T/H |
| | | ④ 2,461 T/H |
| | | ⑤ 1,999 T/H |
| | | ⑥ 1,115 T/H |
| | | ⑦ 1,115 T/H |

表 2.3 パワーステーション構成機器主計画仕様

| | 350 MW 火力プラント | | 1,000 MW 火力プラント | | 1,100 MW 原子力プラント | |
|------------------------------|--------------------------|---------|------------------------------|---------|-----------------------|-----------|
| | プラント定格時 | 熱供給時 | プラント定格時 | 熱供給時 | プラント定格時 | 熱供給時 |
| エネルギー供給量 | | | | | | |
| 電力量 kW | 350,000 | 287,000 | 1,100,000 | 900,000 | 1,000,000 | 1,049,000 |
| プロセス蒸気量 T/H | — | 10 | — | 50 | — | 50 |
| 高温水量 T/H | — | 1,000 | — | 1,400 | — | 1,400 |
| 低温水量 T/H | — | 7,000 | — | 24,200 | — | 24,200 |
| ボイラ(又は原子炉) | | | | | | |
| 型式 | 自然循環式単胴放射型ボイラ | | 起臨昇圧貫流屋外型 | | 沸騰水型軽水炉 | |
| 容量 T/H | 1,150 | | 3,110 | | 6,420 | |
| 過熱器出口圧力 kg/cm ² g | 175.5 | | 255 | | 70.7 | |
| 過熱器出口温度 °C | 571 | | 543 | | 286 | |
| 再熱器出口温度 °C | 541 | | 568 | | — | |
| 燃焼方式 | 重油専焼方式 | | 重油専焼方式 | | | |
| 蒸気タービン | | | | | | |
| 型式 | 衝動再熱式串型タービン (TC4F-26) | | 衝動再熱式クロスコンパウンド 型(CC4F-41) | | 衝動非再熱復水式6流排気型 | |
| 温水用背圧タービン | 有り | | 有り | | 無し | |
| 車室数 | 4 | | 5 | | 4 | |
| 主蒸気圧力 kg/cm ² g | 169 | | 246 | | 66.9 | |
| 主蒸気温度 °C | 566 | | 538 | | 282 | |
| 再熱蒸気温度 °C | 538 | | 566 | | — | |
| 回転数 rpm | 3,000 | | 3,000/1,500 | | 1,500 | |
| 抽気段数 | 8 | | 8 | | 6 | |
| 真空度 mmHg | 722 680 | | 722 680 | | 722 680 | |
| 発電機 | | | | | | |
| 型式 | 全閉固定子直接水冷回転子直接 水素冷却型 | | 全閉固定子直接水冷回転子直接 水素冷却型 | | 全閉固定子直接水冷回転子水素 冷却型 | |
| 定格容量 kVA | 408,000 | | 634,800 | | 1,300,000 | |
| 力率 | 0.9 | | 0.9 | | 0.9 | |
| 水素圧力 kg/cm ² g | 3.0 | | 3.0 | | 5.3 | |
| 電圧 V | 20,000 | | 20,000 | | 19,000 | |
| 回転数 rpm | 3,000 | | 3,000/1,500 | | 1,500 | |
| 復水器 | | | | | | |
| 型式 | 表面接触式海水淡水両用型 | | 表面接触式海水淡水両用型 | | 表面接触式海水淡水両用型 | |
| 冷却水温度(海水) °C | 15 | | 15 | | 15 | |
| " (淡水) °C | 5 | | 5 | | 5 | |
| 冷却管材質 | アルミニウムプラス | | アルミニウムプラス | | アルミニウムプラス | |
| 循環水ポンプ | | | | | | |
| 型式 | 屋外型電動縦軸斜流ポンプ | | 屋外型電動縦軸斜流ポンプ | | 屋外型電動縦軸斜流ポンプ | |
| 台数 | | | | | | |
| 海水 | 50% × 2台 | | 50% × 2台 | | 50% × 2台 | |
| 淡水 | 100% × 1台 | | 100% × 1台 | | 100% × 1台 | |
| 高温水加熱器 | | | | | | |
| 型式 | 表面接触式横置熱交換器 | | 表面接触式横置熱交換器 | | 表面接触式横置熱交換器 | |
| 台数 | 50% × 2台 | | 50% × 2台 | | 50% × 2台 | |
| 高温水流量 T/H | 500 × 2 | | 700 × 2 | | 700 × 2 | |
| 高温水温度 °C | 150 | | 150 | | 150 | |
| 加熱入口低温水温度 °C | 40 | | 40 | | 40 | |
| 加熱蒸気流量 T/H | 155 | | 215 | | 278 | |
| " 圧力 kg/cm ² g | 67 | | 67 | | 12 | |
| " ドレン温度 °C | 50 | | 50 | | 50 | |

需要条件に密着して行なわなければならない、その設置ユニット数、容量、設置場所等に十分考慮を払う必要がある。本検討に於ける各モデルの必要熱量は、下記表 2.2 の如く、地点毎の概算値に大巾な差異が認められる。

従って、サブステーションの容量としては、高温水使用量にて最大 2,500 T/H 程度まで検討する必要がある。

(2) パワーステーション構成機器仕様について

パワーステーションを構成する各機の仕様容量については、前年度調査結果と差異はないが、その主計画仕様は表 2.3 の通りである。

(3) パワーステーションの熱供給特性

パワーステーションに要求される各エネルギー需要は、季節的な要因も含めて大巾に変動するため、パワーステーションの電力、熱供給量は一義的ではない。従って、プラントの容量としては下記表 2.4 の如く、電力量を定格値とし、プラント入力一定として熱供給量と電力量の相互関係を定めた。

供給時のヒートバランス及び供給量ケーパビ

表 2.4 パワーステーションエネルギー供給可能量

| 供給エネルギー | 電力供給の場合 | 定格熱量併給の場合 |
|--------------------|-----------|-----------|
| 1 350 MW プラント | | |
| 電力量 kW | 350,000 | 287,000 |
| プロセス蒸気量 T/H | — | 10 |
| 高温水量 T/H | — | 1,000 |
| 低温水量 T/H | — | 7,000 |
| 2 1,000 MW プラント | | |
| 電力量 kW | 1,000,000 | 900,000 |
| プロセス蒸気量 T/H | — | 50 |
| 高温水量 T/H | — | 1,400 |
| 低温水量 T/H | — | 24,200 |
| 3 1,100 MW 原子力プラント | | |
| 電力量 kW | 1,100,000 | 1,049,000 |
| プロセス蒸気量 T/H | — | 50 |
| 高温水量 T/H | — | 1,400 |
| 低温水量 T/H | — | 24,200 |

リティ線図を図 2.2~図 2.7 に示す。

図 2.2 350 MW タービン流量線図

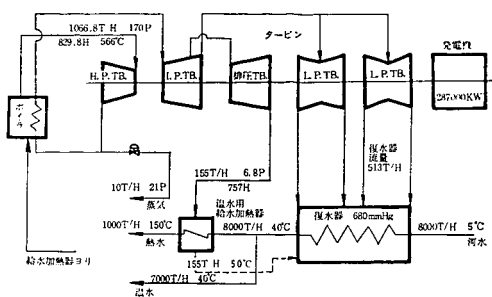


図 2.3 1,000 MW タービン流量線図

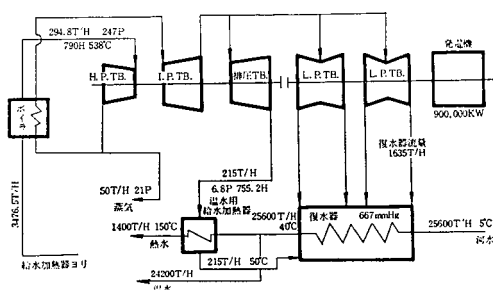


図 2.4 1,100 MW 原子力タービン流量線図

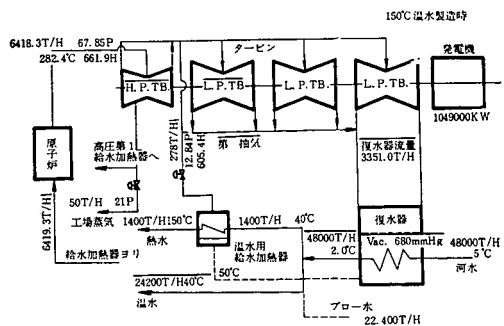


図 2.5 温水及蒸気量と電気出力 (350 MW 火力プラント)

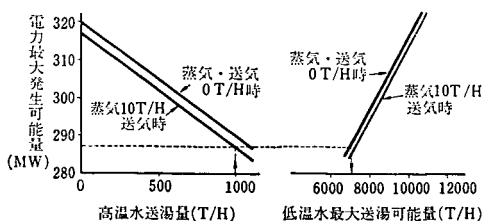


図 2.6 温水及蒸気量と電気出力
(1,000 MW 火力プラント)

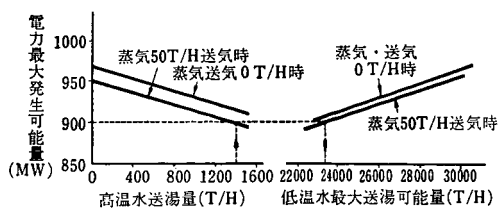
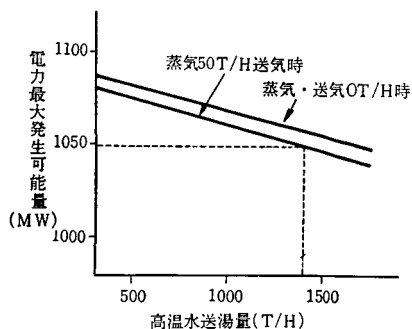


図 2.7 温水及蒸気量と電気出力
(1,100 MW 原子力プラント)



(4) 復水器排熱利用のための淡水、海水併用復水器について

従来型の復水器は通常海水を使用し、排熱回収を目的としていないため、その設計は発電所効率の面より冷却水量、復水器に於ける冷却水の温度上昇等は決定されており、温度上昇は一般的に7~10°C程度である。この復水器を使用する場合、冬期融雪等で低温水の大量需要が見込まれる季節の海水温度を5°C程度と仮定すると、低温水の可能最高温度は高々15°C程度となり、有効利用の面から検討を要求されるポイントとなる。従って、前年度報告に於て冬期は、復水器内の折流数を増加させることにより、冷却水量を減少させ、復水器出口低温水温度を40°C程度まで高める方策を概念的に提案したか、本対策を詳細に検討し報告することが本項の目的である。

1) 構造上の検討

復水器は、その設計上の諸条件から従来形と同様に海水通水時の復水器に於ける温度上昇を高々10°C程度に定めるのが経済的である。従って、冬期の低温水を使用する場合の冷却水(淡水)の温度が5°C程度のとき、出口温度を40°Cにするためには、 $10^{\circ}\text{C}/(40^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C})=0.3$ 即ち、海水通水時の約30%まで冷却水量を減少させて運転する必要がある。

復水器の冷却能力は、冷却水量と冷却管内流速(0.5乗に比例)に左右されるので、冬期に於て通常の運転方式で冷却水量を減少させた場合、冷却水(淡水)温度が低下していることを考え合せても、復水器真空度の許容限度以下への低下によりタービンの運転上支障をきたすことはさげられない。

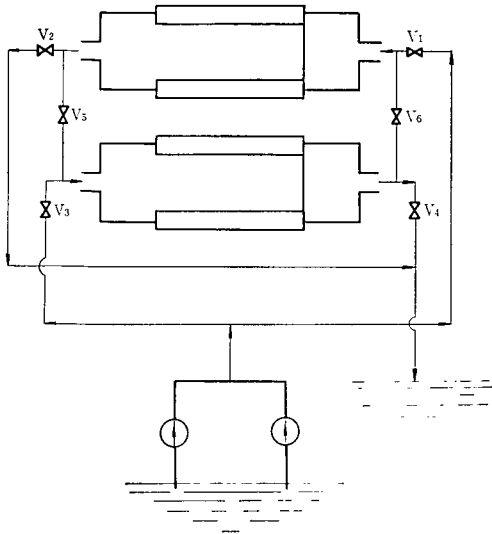
冷却水の出口温度が決定されれば、タービン出力が一定の場合、冷却水量は自から決定されるので、この水量で出来るかぎり高い真空度を得るには、復水器冷却管管内流速を出来るだけ高くしてやるのが唯一の方法である。そこで、復水器の水室を最適に区分し弁を設けることにより、冷却水の折流数を夏期と冬期で変化させることが出来る様な構造を計画する必要がある。

2) 淡水、海水併用復水器の系統

図 2.8 は、従来型復水器の系統を示す。即ち、 $V_1 \sim V_4$ の4個の出入口弁と V_5, V_6 の逆洗用連絡弁の合計6ヶよりなり、通常運転時又は逆洗時、片肺運転時等全ての場合、冷却水は一折流にて運転される。

図 2.9 は、併用型復水器の系統を示す。本系統では、復水器は従来型復水器の弁 ($V_1 \sim V_6$) と2分された水室の仕切板に設けられた $V_7 \sim V_{10}$ の水室内蔵型弁の合計10個により運転される。本図(a)は夏期の海水使用時の場合で

図 2.8 従来型復水器の運転系統



あり、冷却水は従来型と同様一折流で運転される。又 (b) (c) は冬期淡水を使用する場合の二折流、四折流の運転を示す。即ち、淡水運転時 (c) 図の如く四折流運転を行なえば、夏期に於ける一折流運転に対して 4 倍の流速となり、冷却水量が 30% 程度の少ない冬期に於ても高い流速を得ることが出来る。

ε) 淡水・海水併用復水器の性能

図 2.10 に併用型復水器の性能曲線の一例を示す。本性能は 350 MW 出力をベースとして下記設計条件海水使用時の基に試算したものである。

| | |
|---------|---------------------------|
| 復水器真空度 | 728 mm Hg |
| 交換熱量 | 3.53×10^8 kcal/H |
| 冷却水量 | 45,100 m ³ /H |
| 冷却水温度 | 16°C |
| 冷却水温度上昇 | 8.0°C |

冷却水量 45,100 m³/H, 冷却水温度 16°C, 真空度 728 mm Hg で設計された復水器に冬期冷却水温度 5°C で冷却水量を変化させた場合の真空度と復水器出口冷却水温度の関係を示して

図 2.9 (a) 淡水・海水併用型復水器運転系統 (海水時一折流)

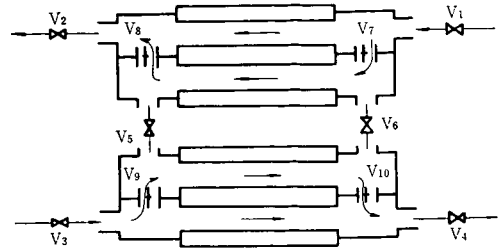


図 2.9 (b) 淡水・海水併用型復水器運転系統 (淡水時二折流)

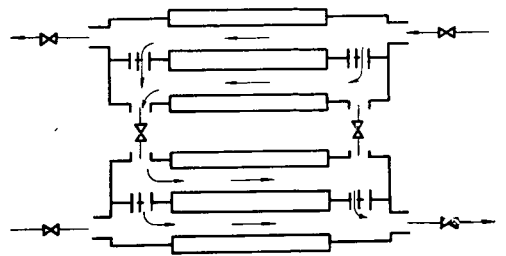
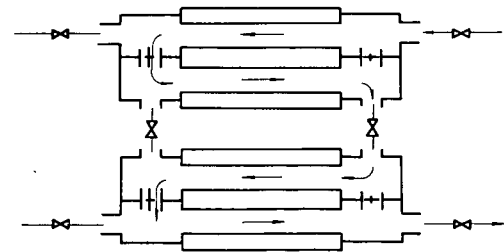


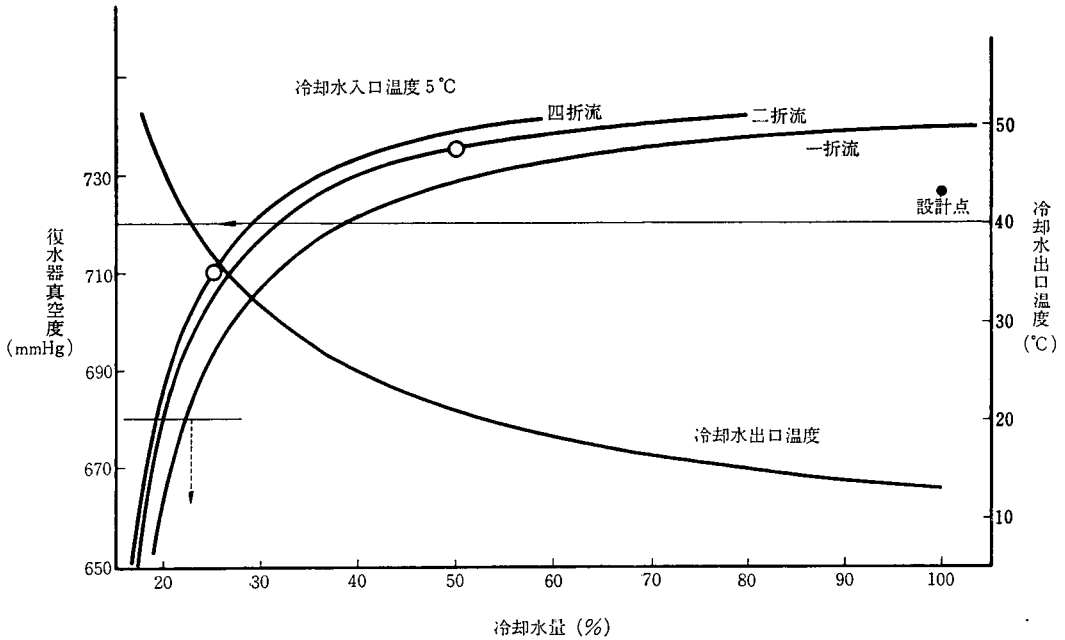
図 2.9 (c) 淡水・海水併用型復水器運転系統 (淡水時四折流)



おり、冬期冷却水出口温度を 40°C とした場合、冷却水量は定格の 23.8% となり、従来型 (一折流) 運転では 683 mm Hg の真空度が二折流では 697 mm Hg, 四折流では 702 mm Hg と従来型に比して高い真空度が得られる。

プラントの運転上からは、復水器の真空度が高い程効率が良く、又、本図で示された如く冷却水量が少ない場合は、冷却水量の変化に対する真空度の変化が急激であるため水量調整誤差のための真空度低下の裕度も十分考慮しておく

図 2.10 淡水・海水併用復水器性能曲線



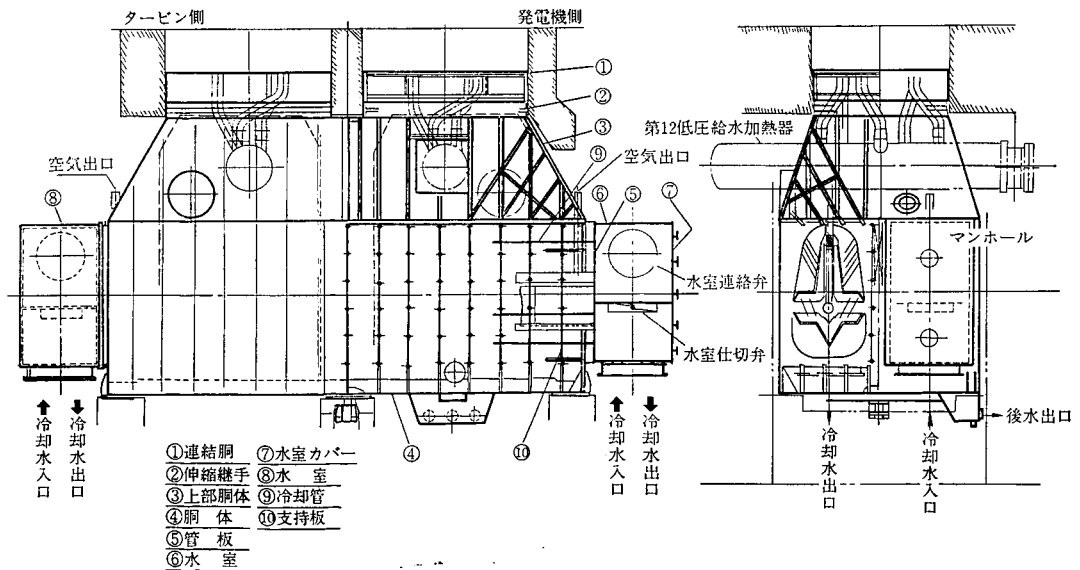
ことが重要であり、併用復水器に於ける二折流又は四折流の運転は十分にその目的を満すものである。

目標としているが、従来形復水器と同様な設計即ち、海水を夏期冷却水として使用する場合に要求される各諸元を満足していれば特に問題はない。

4) 使用条件相違による復水器材質上の検討
冬期運転時の冷却水(淡水) 出口温度は 40°C

従って、従来型と同様、

図 2.11 淡水・海水併用復水器構造図



- 冷却管材質 アルミニウムプラス
- 管板材質 ネーバルプラス
- 水室 鋼板+内面ネオブレンライニング

として電気防食装置を設置することになる。図 2.11 は淡水、海水併用復水器の構造図である。

5) パワーステーションのレイアウトについて

地元福祉型、パワーステーションのレイアウトについては、従来のレイアウトの経験を生かし、且つ熱供給プラントとしての特殊性を考え計画を進めねばならないが、これらは地点の条件並に詳細な調査検討を要する。

今回のプラントに於ては海岸立地とし、ユーティリティ負荷を考え、需要家側のほぼ中央とし

た各プラントのなかで、火力発電設備に就いては、河水処理設備と排煙脱硫設備の位置を所要スペースとの関連に於て特に考慮した。

又、原子力設備に於ては、許容放射能、保守等から考え2基を単位として、6基設置したが、この様な大規模パワーステーションは例がなく、具体化にあたっては放射能、温排水の問題等、更に詳細な検討を要する。

各地点の具体的なレイアウトに就いては、附図に示す通りである。

- M地点 350 MW×2 図 2.12
- A地点 1,000 MW×2 図 2.13
- B地点 1,000 MW×6 図 2.14
- B地点 1,100 MW×6 図 2.15

図 2.12 全体配置図 (350 MW 火力×2)

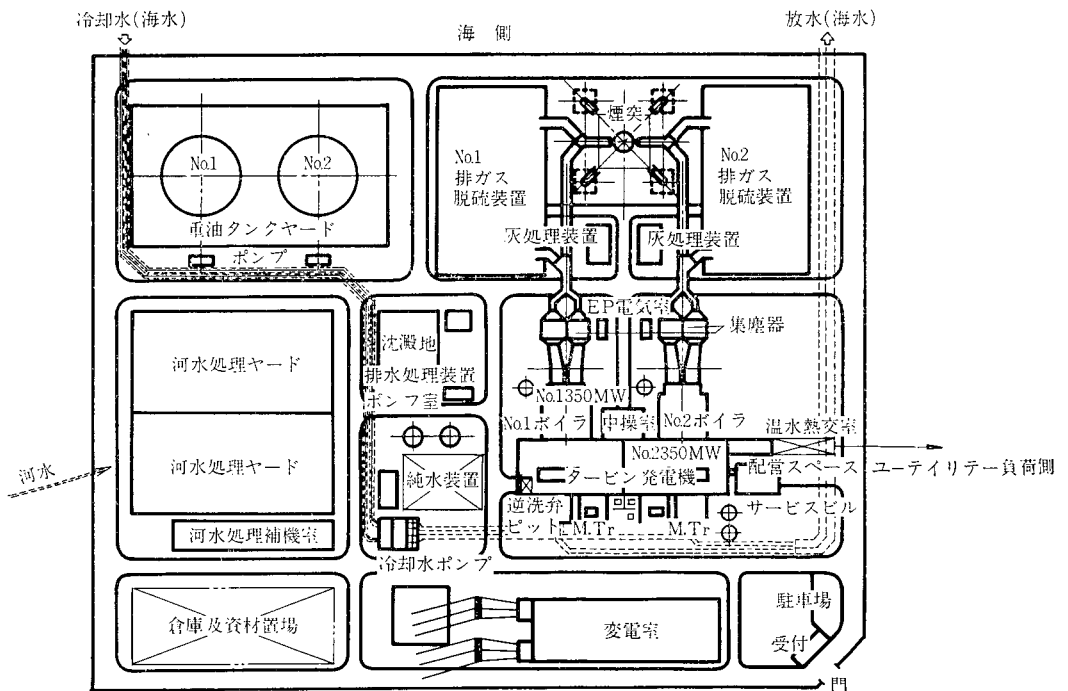


図 2.13 全体配置図 (1,000 MW 火力×2)

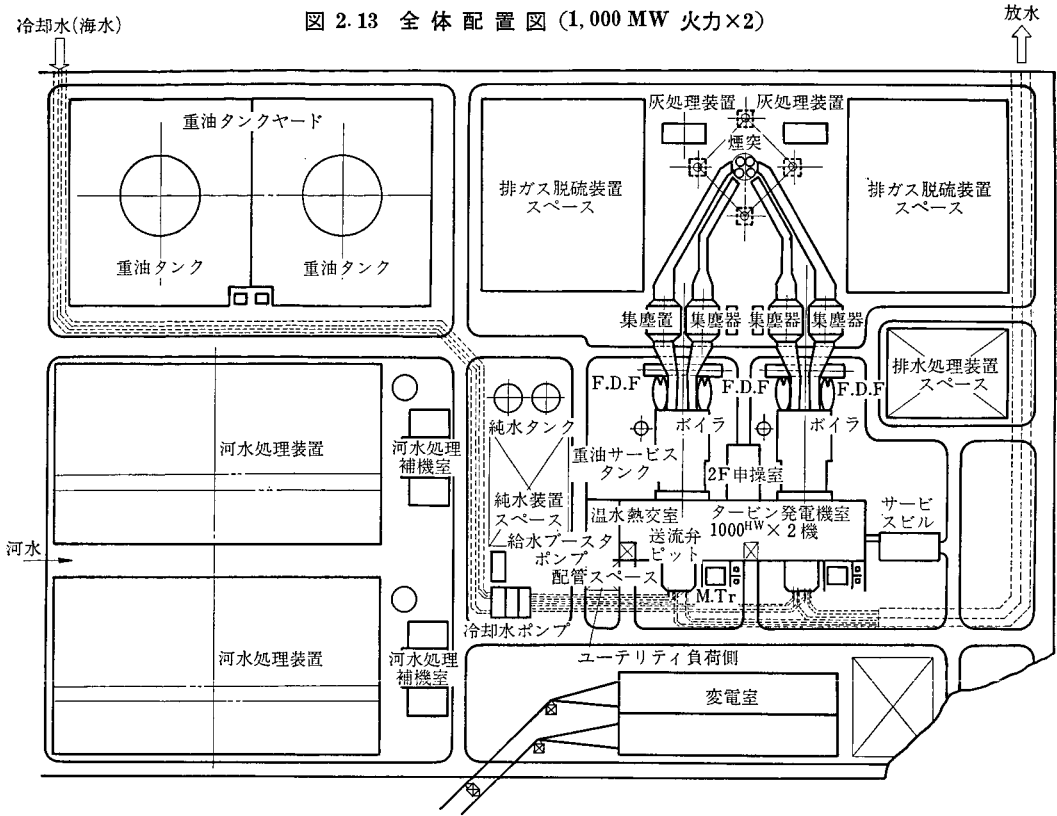


図 2.14 全体配置図 (1,000 MW 火力×6)

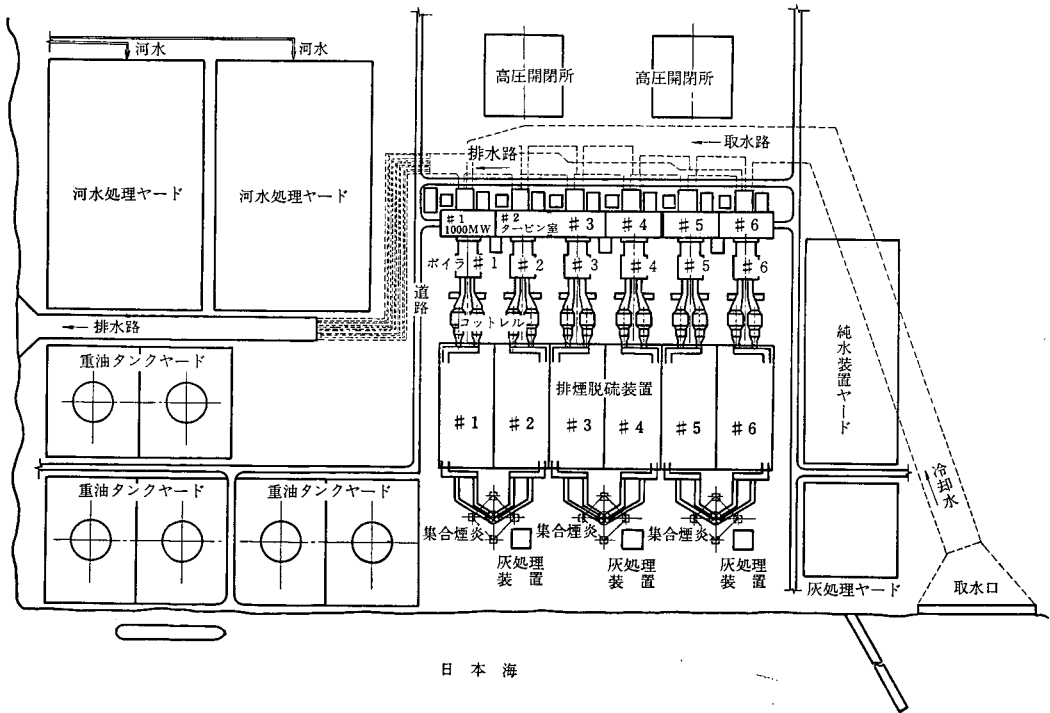
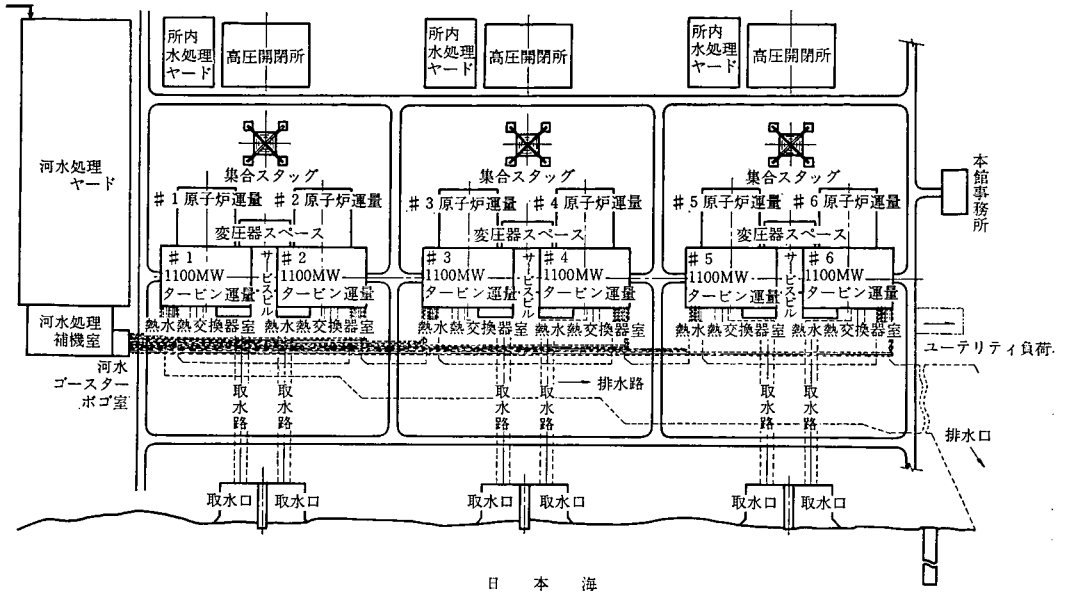


図 2.15 全体配置図 (1,100 MW 原子力×6)



日 本 海

2.3 熱需要の想定

熱を有効に無駄なく利用するシステムとしては高温から低温の需要へと段階的利用の方法が、量の問題、使用時間の問題なども考慮の上、解決され、そして熱の変換効率を向上し輸送損失を生ぜしめない様にシステムを組立てる必要がある。今回、熱需要として考えたシステムは図 2.16 の通りである。発電所から供給される温水の温度としては高温水で 150°C、低温水で 40°C で夏冬一定とし、外気温附近までを利用範囲と考えた。熱需要の量としては確定して居るもの、今後増加するもの、不確定なもの等があるので、夫々に応じてその供給設備の将

図 2.16 熱 需 要

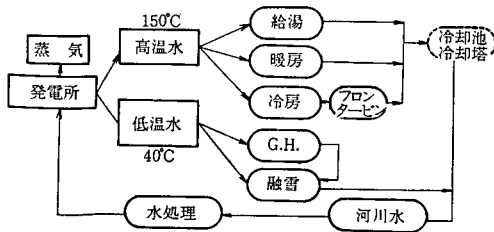


図 2.17 熱需要想定フローシート

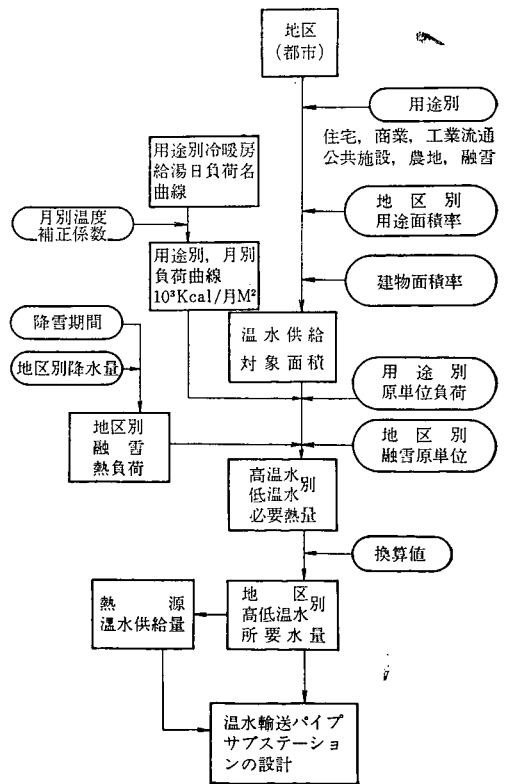


表 2.5 温水の需要量と年間利用率

| モデル | 需要地 | Ht/h | 利用率% | Lt/h | 利用率% | モデル | 需要地 | Ht/h | 利用率% | Lt/h | 利用率% | | | | |
|-----|----------|-------|------|--------|------|-------|----------|------|----------|-------|------|--------|------|--------|------|
| M | M-1 | 72 | 28.3 | 1,455 | 9.6 | B | B-1 | 341 | 28.8 | 6,988 | 9.6 | | | | |
| | M-2 | 368 | 53.2 | | | | B-2 | 778 | 23.7 | | | | | | |
| | M-3 | 1,560 | 29.8 | | | | 4,288 | 13.7 | B-3 | | | 1,392 | 30.1 | 4,501 | 13.7 |
| | M-4(GH) | | | | | | 3,360 | 9.6 | B-4 | | | 2,461 | 30.1 | 10,223 | 13.7 |
| | M-5(GH) | | | | | | 3,360 | 9.6 | B-5 | | | 1,199 | 30.9 | 5,104 | 14.0 |
| | M-6(GH) | | | | | | 1,537 | 9.5 | B-6 | | | 2,229 | 29.8 | 70,775 | 13.3 |
| | 計 | 2,000 | 34.0 | 14,000 | 10.9 | | B-7 | | | | | 20,577 | 18.2 | | |
| A | A-1 | 296 | 22.3 | 6,428 | 13.7 | | B-10(GH) | | | | | 3,360 | 9.6 | | |
| | A-2 | 1,004 | 30.9 | | | | B-11(GH) | | | | | 3,360 | 9.6 | | |
| | A-3 | | | | | | 1,932 | 13.6 | B-12(GH) | | | | | 3,595 | 10.4 |
| | A-4 | | | | | | 4,823 | 13.7 | B-8 | | | | | 9,003 | 14.1 |
| | A-5 | | | | | | 7,286 | 14.1 | B-9 | | | | | 7,714 | 16.5 |
| | A-6 | | | | | | 4,831 | 14.0 | 計 | | | 8,400 | 29.5 | 45,200 | 13.8 |
| | A-7(GH) | | | | | | 3,360 | 9.6 | | | | | | | |
| | A-8(GH) | | | | | 3,360 | 9.6 | | | | | | | | |
| | A-9(GH) | | | | | 3,360 | 9.6 | | | | | | | | |
| | A-10(GH) | | | | | 2,940 | 9.6 | | | | | | | | |
| | A-11(GH) | | | | | 3,360 | 9.6 | | | | | | | | |
| | A-12(GH) | | | | | 3,360 | 9.6 | | | | | | | | |
| | A-13(GH) | | | | | 3,360 | 9.6 | | | | | | | | |
| | A-14 | 1,500 | 29.8 | | | | | | | | | | | | |
| | 計 | 2,800 | 30.2 | 48,400 | 11.8 | | | | | | | | | | |

GH: 大規模グリーンハウス H: 高温水 L: 低温水

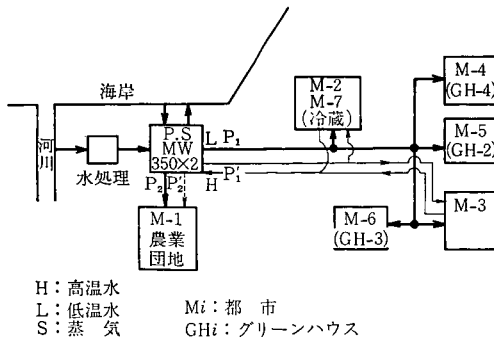
来計画が考えられねばならない。ケーススタディモデルについての熱需要の想定は図 2.17 の様に行なった。

温水の需要量および年間利用率の計算結果は表 2.5 に示す通りである。

2.4 温水の配分と輸送

熱の配分は、まず発電所周辺整備用（農業団地、工業団地）として先取りし、残りを最寄り各都市に配分した。配分は高温水、低温水需要別に農業団地、工業団地、各都市毎に熱需要

図 2.18 モデル概略図 (M 地点)



温水量 低温 3,889 m³/S
高温 0,625 m³/S

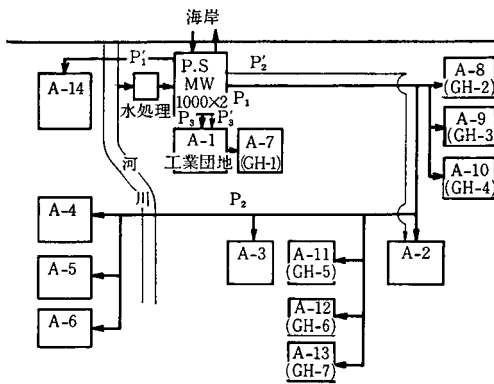
配管重量 低温部 3,873 TON
高温部 2,764 TON

ポンプ動力
低温用 高温用
P1 1,580KW P1 550 KW
P2 25KW P2 5.2 KW

概算工事費 (パイプライン関係)

配管工事費 3,479,000,000 円
土木工事費 2,222,000,000 円
ポンプ工事費 215,500,000 円
河川取水工事費 494,000,000 円

図 2.19 モデル概略図 (A 地点)



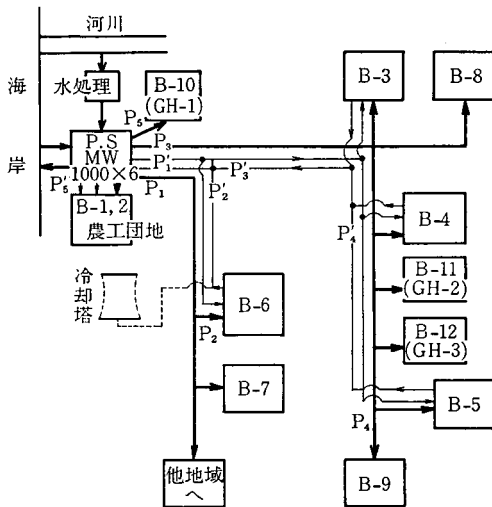
温水量 低温 13.44 m³/S
 高温 0.78 m³/S

配管重量 低温部 63,698 TON
 高温部 6,396 TON

ポンプ動力
 低温用 高温用
 P₁ 13,900 KW P₁' 430 KW
 P₂ 5,300 KW P₂' 592 KW
 P₃ 45 KW P₃' 14 KW

概算工事費 (パイプライン関係)
 配管工事費 34,426,000,000 円
 土木工事費 15,722,000,000 円
 河川取水工事費 1,710,000,000 円
 ポンプ工事費 1,936,000,000 円

図 2.20 モデル概略図 (B 地点)



温水量 低温 40.33 m³/S
 高温 2.33 m³/S

配管重量 低温部 160,588 TON
 高温部 36,674 TON

ポンプ動力
 低温用 高温用
 P₁ 25,200 KW P₁' 1,500 KW
 P₂ 5,900 KW P₂' 880 KW
 P₃ 16,510 KW P₃' 2,360 KW
 P₄ 2,300 KW P₄' 400 KW
 P₅ 39 KW P₅' 20 KW
 P₆ 135 KW P₆' 60 KW

概算工事費 (パイプライン関係)
 配管工事費 96,257,000,000 円
 土木工事費 26,846,000,000 円
 ポンプ工事費 5,130,000,000 円
 河川取水工事費 5,266,000,000 円

量を算定し、これと熱供給量と見合うように行なった。なお蒸気については、周辺の農・工業団地のみに供給することとした。

熱の輸送については、高温水は2管式(往管と復管)、低温水は単管式(往管のみ)とする。ただし、高温水の長距離輸送を行なう特定都市については、単管式の場合も検討した。

各モデルの概略図、諸元、概算工事費は図 2.18~図 2.20 に示す通りである。

3. 経済性の検討

経済性の検討は、前述の M、A 及び B の 3 つのモデル地点について行なった。周知のようにこの種のシステムのコストは、需要特性ななく利用率に大きく左右されるので、熱需要の開発と分析に特に力を入れ、コストの算定諸元はできるだけ現実から遊離しないように努めた。具体的には、需要都市の特性、規模、気象

条件等について多角的に検討を行なって地域の実態に即した需要地点別の熱コストを想定し、在来の熱利用システムと比較するとともに、熱利用システム全体の経済性、開発効果等について総合的に検討した。

なお、経済性の検討には建設費、燃料費等の計算諸元が極めて大きなウェイトを占めるが、昭和48年秋のオイルショック以降これらは著しく流動的なので、48年初頭の数値を採用し

た。今日のように経済が不安定な時には、諸元の設定如何によって有利なものも不利になるおそれがあるので、その評価に当っては十分注意する必要がある。

3.1 熱コストの想定

熱コストの想定は、モデルシステムの設備別の熱コストを算出し、これを熱需要地点別に積上げた。算定に使用したモデルシステムの設備別の建設費及び算定諸元は表3.1～5及び6の

表 3.1 熱供給設備別総工事費 (単位: 10³円)

| 設備名 モデル名 | 取水設備 | 熱源設備 | 輸送設備 | サブステーション設備 | 計 |
|-------------|-----------|----------------------------|-------------|------------|------------------------------|
| M | 494,000 | 1,500,000 | 5,916,500 | 2,899,980 | 10,810,480 |
| A | 1,710,000 | 4,600,000 | 52,084,000 | 4,186,470 | 62,580,470 |
| B | 5,130,000 | 13,800,000 (9,300,000) | 128,369,000 | 12,065,270 | 159,364,270 (154,864,270) |
| 計 | 7,334,000 | 19,900,000 (15,400,000) | 186,369,500 | 19,151,720 | 232,755,220 (228,255,220) |

(注) 1, 取水設備及び熱源設備は増分工事費(淡水取水, 排圧タービン等)を示す。なお, 取水設備には河口堰及び水処理の設備費を含まない。

2, () は, 原子力

表 3.2 M地点—区間別工事費 (単位: 10³円)

| 区 間 | 配 管 | 断 熱 | 土 木 工 事 | | | | | ポンプ | 計 |
|---------|--------------------|---------|--------------|--------|--------------|------------|---------|-------------------|-----------|
| | | | 掘 削 | 橋 梁 | 工事用道路 | 鉄道道路 貫通 | 河川取水 | | |
| PS—1 | 215,000 172,000 | 23,000 | 190,000 — | — | 31,000 — | — | 494,000 | 150,000 54,000 | 1,327,000 |
| 1—(M—2) | 30,000 | — | 24,000 | — | 23,000 | 12,000 | — | 10,000 | 99,000 |
| 1—2 | 860,000 744,000 | 90,000 | 760,000 — | 71,000 | 124,000 — | 59,000 | — | — | 2,708,000 |
| 2—3 | 100,000 93,000 | 11,000 | 80,000 — | — | 15,000 — | — | — | — | 299,000 |
| 3—(M—3) | 236,000 372,000 | 45,000 | 285,000 — | — | 62,000 — | 24,000 | — | — | 1,024,000 |
| 2—GH1 | 170,000 | — | 89,000 | — | 31,000 | — | — | — | 290,000 |
| GH1—GH2 | 118,000 | — | 83,000 | — | 31,000 | — | — | — | 232,000 |
| 3—GH3 | 118,000 | — | 83,000 | — | 31,000 | — | — | — | 232,000 |
| PS—M 地点 | 58,000 18,000 | 6,000 | 83,000 — | — | 31,000 — | — | — | 3,000 500 | 199,500 |
| 計 | 3,304,000 | 175,000 | 1,677,000 | 71,000 | 379,000 | 95,000 | 494,000 | 215,500 | 6,410,500 |

(下段は高温水配管のみ。高温水配管は往路のみ断熱とする)

(—は低温水配管と共用)

通りである。

需要端熱コスト=取水コスト+熱源コスト+
輸送コスト+サブステーションコスト(含む
配熱コスト) (単位:円/t)

(1) 取水コスト

取水コストの算定は、まず河川取水に伴う増
分工事費を各熱需要地点の所要温水量で按分
し、次に年経費から単位温水量当りの価格を算

定した。計算結果は、表 3.7~14 の通りで、
低温水及び高温水のコストはともに最高 4.40
円/t(利用率 10%)程度であり、全体の熱コ
ストに占める取水コストの割合は僅少である。

(2) 熱源コスト

熱源コストは、熱の抽出により生じた電気出
力の減少分及び排圧タービン等の増分経費を全
額熱側で補てん及び負担することにより生じる

表 3.3 A地点一区间別工事費

(単位:10⁸円)

| 配管 | 配管 | 断熱 | 土木工事 | | | | | ポンプ | 計 |
|-------------|------------------------|---------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|---------------------|------------|
| | | | 掘削 | 橋梁 | 工事用道路 | 鉄道道路 貫通 | 河川取水 | | |
| PS-(A-14) | 1,376,000 | 178,000 | 713,000 | 950,000 | 247,000 | 83,000 | | 41,000 | 3,588,000 |
| PS-1 | 9,935,000 1,075,000 | 168,000 | 2,245,000 | | 278,000 | | 1,710,000 | 1,330,000 56,000 | 16,797,000 |
| 1-(A-2) | 4,481,000 597,000 | 93,000 | 1,188,000 | | 154,000 | 83,000 | | | 6,596,000 |
| 1-2 | 1,339,000 | | 535,000 | 178,000 | 154,000 | 83,000 | | | 2,289,000 |
| 2-GH4 | 296,000 | | 223,000 | | 77,000 | | | | 596,000 |
| 2-GH2 | 171,000 | | 89,000 | | 31,000 | | | | 291,000 |
| GH2-GH3 | 177,000 | | 134,000 | | 46,000 | | | | 357,000 |
| (A-2)-3 | 2,628,000 | | 594,000 | | 124,000 | 237,000 | | | 3,583,000 |
| 3-GH5 | 400,000 | | 160,000 | | 46,000 | | | | 606,000 |
| GH5-GH6 | 342,000 | | 178,000 | | 62,000 | | | | 582,000 |
| GH6-GH7 | 177,000 | | 134,000 | | 46,000 | | | | 357,000 |
| 3-(A-3) | 5,162,000 | | 1,639,000 | | 370,000 | 119,000 | | | 7,290,000 |
| (A-3)-(A-4) | 2,926,000 | | 1,093,000 | 1,140,000 | 247,000 | 71,000 | | 503,000 | 5,980,000 |
| (A-4)-(A-5) | 2,150,000 | | 802,000 | | 232,000 | 178,000 | | | 3,362,000 |
| (A-5)-(A-6) | 574,000 | | 356,000 | | 124,000 | 119,000 | | | 1,173,000 |
| PS-GH1 | 119,000 | | 89,000 | | 31,000 | | | 4,000 | 243,000 |
| PS-A 地点 | 50,000 | 12,000 | 40,000 | | | | | 2,000 | 104,000 |
| 計 | 33,975,000 | 451,000 | 10,212,000 | 2,268,000 | 2,269,000 | 973,000 | 1,710,000 | 1,936,000 | 53,794,000 |

必要経費をもとに算定した。熱コスト算定のベースとなる電力単価は表 3.6 に示す通りで、この単価をもとにタービン入力一定の場合の低温水、高温水及び蒸気の各熱源コストを求めた。

これによると、1,000 MW の火力発電所では、低温水コストは 3.46 円/t (一定)、高温水コストは利用率 30% の場合 152 円/t で、特に高温水コストは全熱コスト中最大のウェイトを占めている。高温水コストは、350 MW の

方が 1,000 MW より安くなっているが、これは 350 MW タービンの方が設計上熱抽出の裕度が大きいためである。

なお、熱源コストの算定に用いた電気出力と熱抽出可能量の関係(表 2.5~7 参照)については、低温水の抽出に伴う電気出力の減少はある限度以は一定と考え、高温水については需要分析による冷暖房の想定利用率から還流量及び温度を求めて電気力出の減少を算定した。又、

表 3.4 B地点一区間別工事費

(単位: 10³ 円)

| 区 間 | 配 管 | 断 熱 | 土 木 工 事 | | | | | ポンプ | 計 |
|-------------------|-------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|----------------------|-------------|
| | | | 堀 削 | 橋 梁 | 工事用道路 | 鉄道道路 貫通 | 河川取水 | | |
| PS-1 (PS-1&1') | 8,364,000 3,286,000 | 205,000 | 1,782,000 | | 154,000 | | 5,130,000 | 2,399,000 143,000 | 21,463,000 |
| 1-(B-6) | 31,782,000 5,809,000 | 567,000 | 5,710,000 | 2,340,000 | 586,000 | 72,000 | | 83,000 | 46,949,000 |
| (B-6)-(B-7) | 9,468,000 | | 2,523,000 | 356,000 | 556,000 | 72,000 | | 560,000 | 13,535,000 |
| PS-GH1 | 177,000 | | 134,000 | | 46,000 | | | 4,000 | 361,000 |
| PS-1' | 7,746,000 | | | | | | | 1,568,000 | 9,314,000 |
| 1'-2 | 7,746,000 4,300,000 | 335,000 | 1,568,000 | 2,376,000 | 185,000 | 118,000 | | 223,000 | 16,851,000 |
| 2-(B-3) | 574,000 689,000 | 89,000 | 594,000 | 164,000 | 124,000 | | | | 2,234,000 |
| 2-(B-4) | 3,388,000 1,071,000 | 105,000 | 956,000 | | 108,000 | | | | 5,628,000 |
| (B-4)-(B-8) | 2,330,000 | | 1,045,000 | 200,000 | 309,000 | 237,000 | | | 4,121,000 |
| (B-4)-3 | 860,000 344,000 | 45,000 | 404,000 | | 62,000 | | | 38,000 | 1,753,000 |
| 3-GH2 | 118,000 | | 89,000 | | 31,000 | | | | 238,000 |
| 3-4 | 689,000 344,000 | 45,000 | 380,000 | | 62,000 | | | | 1,520,000 |
| 4-GH3 | 118,000 | | 89,000 | | 31,000 | | | | 238,000 |
| 4-(B-5) | 1,725,000 1,550,000 | 202,000 | 1,657,000 | 94,000 | 278,000 | 36,000 | | | 5,542,000 |
| (B-5)-(B-9) | 1,607,000 | | 808,000 | 107,000 | 247,000 | 36,000 | | 219,000 | 3,024,000 |
| PS-B 地点 | 171,000 382,000 | 26,000 | 89,000 | | 31,000 | | | 13,000 16,000 | 728,000 |
| 計 | 94,638,000 | 1,619,000 | 17,828,000 | 5,637,000 | 2,810,000 | 571,000 | 5,130,000 | 5,266,000 | 133,499,000 |

表 3.5 サブステーション建設工事費

| モデル名 | サブステーション数 | 設置場所 | 最大負荷 (t/h) | 建設費 (10 ⁸ 円) | モデル名 | サブステーション数 | 設置場所 | 最大負荷 (t/h) | 建設費 (10 ⁸ 円) |
|------|-----------|------|------------|-------------------------|------|-----------|------|------------|-------------------------|
| M | 3 | M-1 | 71.5 | 208,270 | B | 8 | B-1 | 341 | 586,360 |
| | | M-2 | 248 | 476,510 | | | B-2 | 778 | 1,136,140 |
| | | M-3 | 1,560 | 2,215,200 | | | B-3 | 1,392 | 1,976,380 |
| A | 4 | A-1 | 296 | 521,240 | | | B-4 | 1,231 | 1,747,890 |
| | | A-2 | 1,004 | 1,445,230 | | | " | 1,231 | 1,747,890 |
| | | A-14 | 750 | 1,095,000 | | | B-5 | 1,199 | 1,702,710 |
| | | " | 750 | 1,095,000 | | | B-6 | 1,115 | 1,583,950 |
| | | | | | | | | | " |

表 3.6 熱コストの計算諸元一覧

| | |
|--|--|
| <p>熱コストの算定に使用した計算諸元は 48 年初頭の数値をベースにしたが、このような設備はあまり前例がないので、一部大胆な推定も加えた。</p> <p>1. 取水設備</p> <p>金利及び償却期間：6% 15年(事業の公共性による)</p> <p>人件費：0.6% 修繕費：0.8% その他諸経費：0.6%</p> <p>設備保険料：1.0%</p> <p>年経費：11.5%</p> <p>動力費：ポンプ使用電力量×電力料金単価(5円/kWh)</p> <p>2. 熱源設備 (本体設備)</p> <p>金利及び償却期間：7.5% 15年(私企業ベース)</p> <p>人件費：0.67% 修繕費：1.84%</p> <p>一般管理及びその他経費：0.71%</p> <p>固定資産税：0.33% 事業税：0.0152%</p> <p>建設単価：40,000円/kW(350 MW)</p> <p>36,000円/kW(1,000 MW)</p> <p>85,000円/kW(1,100 MW 原子力)</p> <p>熱効率：38.5%(350 MW) 39.6%(1,000 MW)</p> <p>33.0%(1,100 MW 原子力)</p> <p>利用率：70%</p> <p>燃料単価：80銭/10⁸ kcal</p> <p>所内ロス率：2.8%</p> | <p>(排煙脱硫設置)</p> <p>金利及び償却期間：7.5% 7年(私企業ベース)</p> <p>建設単価：10,000円/kW</p> <p>所内ロス率：1.6%</p> <p>その他は本体設備の計算諸元と同じ。</p> <p>(注) 1. 本体設備の計算諸元は基準火力をベースにした。</p> <p>2. 排煙脱硫装置を含む発電コストは次のようになる。</p> <p>350 MW 3.32円/kWh (2.86円/kWh 排脱なし)</p> <p>1,000 MW 3.19円/kWh (2.74円/kWh 排脱なし)</p> <p>3. 輸送設備 取水設備と同じ。</p> <p>4. サブステーション設備</p> <p>金利及び償却期間：6% 15年(事業の公共性による)</p> <p>人件費：0.6% 修繕費：1.2% その他経費：0.6%</p> <p>諸税保険料：1.0%</p> <p>年経費：11.9%</p> <p>動力費：ポンプ使用電力量×電力料金単価(5円/kWh)</p> <p>5. 需要家設備</p> <p>年経費：14.1%(金利8% 償却期間15年を含む)</p> <p>燃料費：12円/l(灯油, 在来方式)</p> |
|--|--|

表 3.7 需要端別・設備別熱コスト

M地点L温水

(単位：円/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | 計 | 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | 計 |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-------|-------|-------|-------|
| 0.1 | M-1 | 4.07 | 9.48 | 13.38 | 26.93 | 0.5 | M-1 | 0.81 | 9.48 | 2.75 | 13.04 |
| | M-3 | 4.05 | 9.48 | 35.90 | 49.43 | | M-3 | 0.81 | 9.48 | 7.68 | 17.97 |
| | GH-1 | 4.05 | 9.48 | 26.31 | 39.84 | | GH-1 | 0.81 | 9.48 | 5.77 | 16.06 |
| | GH-2 | 4.05 | 9.48 | 35.38 | 48.91 | | GH-2 | 0.81 | 9.48 | 7.58 | 17.87 |
| | GH-3 | 4.05 | 9.48 | 43.96 | 57.49 | | GH-3 | 0.81 | 9.48 | 9.29 | 19.58 |
| 0.3 | M-1 | 1.36 | 9.48 | 4.52 | 15.36 | 0.7 | M-1 | 0.58 | 9.48 | 1.99 | 12.05 |
| | M-3 | 1.35 | 9.48 | 12.39 | 23.22 | | M-3 | 0.58 | 9.48 | 5.67 | 15.73 |
| | GH-1 | 1.35 | 9.48 | 9.19 | 20.02 | | GH-1 | 0.58 | 9.48 | 4.30 | 14.36 |
| | GH-2 | 1.35 | 9.48 | 12.21 | 23.04 | | GH-2 | 0.58 | 9.48 | 5.30 | 15.36 |
| | GH-3 | 1.35 | 9.48 | 15.07 | 25.90 | | GH-3 | 0.58 | 9.48 | 6.82 | 16.88 |

表 3.8 需要端別・設備別熱コスト

M地点H温水 (単位: 円/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | サブステーションコスト | 計 |
|-----|-----|-------|--------|--------|-------------|--------|
| 0.1 | M-1 | 3.99 | 181.75 | 195.25 | 402.55 | 783.54 |
| | M-2 | 4.08 | 181.75 | 60.30 | 259.97 | 506.10 |
| | M-3 | 4.05 | 181.75 | 199.04 | 209.05 | 593.89 |
| | 冷蔵庫 | 4.08 | 181.75 | 60.30 | — | 246.13 |
| 0.3 | M-1 | 1.18 | 96.74 | 65.26 | 148.40 | 311.53 |
| | M-2 | 1.36 | 96.74 | 21.03 | 108.64 | 227.77 |
| | M-3 | 1.35 | 96.74 | 67.33 | 83.59 | 249.01 |
| | 冷蔵庫 | 1.36 | 96.74 | 21.03 | — | 119.13 |
| 0.5 | M-1 | 0.80 | 79.73 | 39.34 | 97.57 | 217.44 |
| | M-2 | 0.82 | 79.73 | 13.19 | 72.77 | 166.51 |
| | M-3 | 0.81 | 79.73 | 40.96 | 58.50 | 180.00 |
| | 冷蔵庫 | 0.82 | 79.73 | 13.19 | — | 93.74 |
| 0.7 | M-1 | 0.57 | 72.45 | 28.22 | 75.78 | 177.02 |
| | M-2 | 0.58 | 72.45 | 9.83 | 58.83 | 141.69 |
| | M-3 | 0.58 | 72.45 | 29.68 | 47.74 | 150.45 |
| | 冷蔵庫 | 0.58 | 72.45 | 9.83 | — | 82.86 |

表 3.10 需要端別・設備別熱コスト

A地点L温水 (2) (単位: 円/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | 計 | |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.5 | A-2 | 0.88 | 3.46 | 13.70 | 18.04 | |
| | A-3 | 0.88 | 3.46 | 27.09 | 31.43 | |
| | A-4 | 0.88 | 3.46 | 37.92 | 42.26 | |
| | A-5 | 0.88 | 3.46 | 45.21 | 49.55 | |
| | A-6 | 0.88 | 3.46 | 51.59 | 55.93 | |
| | GH-1 | 0.88 | 3.46 | 1.97 | 6.31 | |
| | " 2 | 0.88 | 3.46 | 16.80 | 21.14 | |
| | " 3 | 0.88 | 3.46 | 19.59 | 23.93 | |
| | " 4 | 0.88 | 3.46 | 20.98 | 25.52 | |
| | " 5 | 0.88 | 3.46 | 18.53 | 22.87 | |
| | " 6 | 0.08 | 3.46 | 20.80 | 25.14 | |
| | " 7 | 0.88 | 3.46 | 23.59 | 27.93 | |
| | 0.7 | A-2 | 0.63 | 3.46 | 10.22 | 14.31 |
| | | A-3 | 0.63 | 3.46 | 19.78 | 23.87 |
| A-4 | | 0.63 | 3.46 | 27.96 | 32.05 | |
| A-5 | | 0.63 | 3.46 | 33.17 | 37.26 | |
| A-6 | | 0.63 | 3.46 | 37.72 | 41.81 | |
| GH-1 | | 0.63 | 3.46 | 1.42 | 5.76 | |
| " 2 | | 0.63 | 3.46 | 12.43 | 16.77 | |
| " 3 | | 0.63 | 3.49 | 14.42 | 18.76 | |
| " 4 | | 0.63 | 3.46 | 15.42 | 19.51 | |
| " 5 | | 0.63 | 3.46 | 13.67 | 17.76 | |
| " 6 | | 0.63 | 3.46 | 15.30 | 19.39 | |
| " 7 | | 0.63 | 3.46 | 17.29 | 21.38 | |

表 3.9 需要端別・設備別熱コスト

A地点L温水 (1) (単位: 円/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | 計 | |
|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|
| 0.1 | A-2 | 4.39 | 3.46 | 62.30 | 70.15 | |
| | A-3 | 4.38 | 3.46 | 129.25 | 137.09 | |
| | A-4 | 4.38 | 3.46 | 177.16 | 185.00 | |
| | A-5 | 4.39 | 3.46 | 213.59 | 221.44 | |
| | A-6 | 4.38 | 3.46 | 245.47 | 253.31 | |
| | GH-1 | 4.38 | 3.46 | 9.56 | 17.40 | |
| | " 2 | 4.38 | 3.46 | 77.80 | 85.64 | |
| | " 3 | 4.38 | 3.46 | 91.75 | 99.59 | |
| | " 4 | 4.38 | 3.46 | 98.74 | 106.58 | |
| | " 5 | 4.38 | 3.46 | 86.44 | 94.28 | |
| | " 6 | 4.38 | 3.46 | 97.81 | 105.65 | |
| | " 7 | 4.39 | 3.46 | 111.76 | 119.60 | |
| | 0.3 | A-2 | 1.46 | 3.46 | 21.80 | 26.72 |
| | | A-3 | 1.46 | 3.46 | 44.12 | 49.04 |
| A-4 | | 1.46 | 3.46 | 61.13 | 66.05 | |
| A-5 | | 1.46 | 3.46 | 73.27 | 78.19 | |
| A-6 | | 1.46 | 3.46 | 83.89 | 88.81 | |
| GH-1 | | 1.46 | 3.46 | 3.23 | 8.15 | |
| " 2 | | 1.46 | 3.46 | 26.96 | 31.88 | |
| " 3 | | 1.46 | 3.46 | 31.61 | 36.53 | |
| " 4 | | 1.46 | 3.46 | 33.94 | 38.86 | |
| " 5 | | 1.46 | 3.46 | 29.85 | 34.77 | |
| " 6 | | 1.46 | 3.46 | 33.64 | 38.56 | |
| " 7 | | 1.46 | 3.46 | 38.29 | 43.21 | |

表 3.11 需要端別・設備別熱コスト

A地点H温水 (単位: 円/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | サブステーションコスト | 計 |
|-----|------|-------|--------|--------|-------------|--------|
| 0.1 | A-1 | 3.34 | 338.58 | 46.41 | 259.97 | 648.30 |
| | A-2 | 4.36 | 338.58 | 317.00 | 209.05 | 868.99 |
| | A-14 | 4.40 | 338.58 | 315.45 | 219.05 | 877.48 |
| 0.3 | A-1 | 1.11 | 152.35 | 15.61 | 108.64 | 277.71 |
| | A-2 | 1.45 | 152.35 | 107.68 | 83.59 | 345.07 |
| | A-14 | 1.47 | 152.35 | 106.11 | 87.59 | 347.52 |
| 0.5 | A-1 | 0.67 | 115.11 | 9.46 | 72.77 | 198.01 |
| | A-2 | 0.87 | 115.11 | 65.79 | 58.50 | 240.27 |
| | A-3 | 0.88 | 115.11 | 64.24 | 61.50 | 241.73 |
| 0.7 | A-1 | 0.48 | 99.14 | 6.83 | 58.83 | 165.28 |
| | A-2 | 0.62 | 99.14 | 47.83 | 47.74 | 195.33 |
| | A-3 | 0.63 | 99.14 | 46.29 | 49.74 | 195.80 |

表 3.12 需要端別・設備別熱コスト

B地点L温水(1) (単位:円/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | 計 |
|------|------|-------|-------|--------|--------|
| 0.1 | B-1 | 4.39 | 3.46 | 4.25 | 12.1 |
| | B-3 | 4.39 | 3.46 | 92.64 | 100.48 |
| | B-4 | 4.39 | 3.46 | 78.32 | 86.16 |
| | B-5 | 4.39 | 3.46 | 125.29 | 133.13 |
| | B-6 | 4.39 | 3.46 | 74.45 | 82.29 |
| | B-7 | 4.39 | 3.46 | 162.24 | 170.09 |
| | B-8 | 4.39 | 3.46 | 138.41 | 146.26 |
| | B-9 | 4.39 | 3.46 | 178.25 | 186.10 |
| | GH-1 | 4.39 | 3.46 | 14.16 | 22.01 |
| " 2 | | 4.39 | 3.46 | 95.54 | 103.38 |
| | " 3 | 4.39 | 3.46 | 102.79 | 110.63 |
| | 0.3 | B-1 | 1.46 | 3.46 | 1.48 |
| B-3 | | 1.46 | 3.46 | 32.14 | 37.06 |
| B-4 | | 1.46 | 3.46 | 27.37 | 32.29 |
| B-5 | | 1.46 | 3.46 | 43.03 | 47.95 |
| B-6 | | 1.46 | 3.46 | 25.74 | 30.66 |
| B-7 | | 1.46 | 3.46 | 55.96 | 60.88 |
| B-8 | | 1.46 | 3.46 | 47.40 | 52.32 |
| B-9 | | 1.46 | 3.46 | 61.68 | 66.6 |
| GH-1 | | 1.46 | 3.46 | 4.76 | 9.68 |
| " 2 | | 1.46 | 3.46 | 33.11 | 38.03 |
| | " 3 | 1.46 | 3.46 | 35.52 | 40.44 |

表 3.14 需要端別・設備別熱コスト

B地点H温水 (単位円:/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | サブステーションコスト | 計 |
|-----|-----|-------|--------|--------|-------------|---------|
| 0.1 | B-1 | 4.34 | 338.58 | 64.62 | 259.97 | 667.51 |
| | B-2 | 4.41 | 338.58 | 74.49 | 219.05 | 636.53 |
| | B-3 | 4.40 | 338.58 | 353.91 | 209.05 | 905.94 |
| | B-4 | 4.38 | 338.58 | 286.49 | 209.05 | 838.50 |
| | B-5 | 4.38 | 338.58 | 681.54 | 209.05 | 1233.55 |
| | B-6 | 4.38 | 338.58 | 534.80 | 209.05 | 1086.81 |
| 0.3 | B-1 | 1.45 | 152.35 | 21.76 | 108.64 | 284.20 |
| | B-2 | 1.47 | 152.35 | 25.10 | 87.59 | 266.51 |
| | B-3 | 1.47 | 152.35 | 120.21 | 83.59 | 357.62 |
| | B-4 | 1.46 | 152.35 | 97.74 | 83.59 | 335.14 |
| | B-5 | 1.46 | 152.35 | 230.50 | 83.59 | 467.90 |
| | B-6 | 1.46 | 152.35 | 180.30 | 83.59 | 417.70 |
| 0.5 | B-1 | 0.87 | 115.11 | 13.17 | 72.77 | 201.92 |
| | B-2 | 0.88 | 115.11 | 15.22 | 61.50 | 192.71 |
| | B-3 | 0.88 | 115.11 | 73.47 | 58.05 | 247.51 |
| | B-4 | 0.88 | 115.11 | 59.99 | 58.05 | 234.03 |
| | B-5 | 0.88 | 115.11 | 140.31 | 58.05 | 314.35 |
| | B-6 | 0.88 | 115.11 | 109.38 | 38.05 | 283.42 |
| 0.7 | B-1 | 0.62 | 99.14 | 9.49 | 58.83 | 168.08 |
| | B-2 | 0.63 | 99.14 | 10.98 | 49.74 | 160.49 |
| | B-3 | 0.63 | 99.14 | 53.43 | 47.74 | 200.94 |
| | B-4 | 0.63 | 99.14 | 43.81 | 47.74 | 191.32 |
| | B-5 | 0.63 | 99.14 | 101.68 | 47.74 | 249.17 |
| | B-6 | 0.63 | 99.14 | 78.98 | 47.74 | 226.49 |

表 3.13 需要端別・設備別熱コスト

B地点L温水(2) (単位:円/t)

| 利用率 | 需要点 | 取水コスト | 熱源コスト | 輸送コスト | 計 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 0.5 | B-1 | 0.88 | 3.46 | 0.93 | 5.27 |
| | B-3 | 0.88 | 3.46 | 20.04 | 24.38 |
| | B-4 | 0.88 | 3.46 | 17.17 | 21.51 |
| | B-5 | 0.88 | 3.46 | 26.57 | 30.91 |
| | B-6 | 0.88 | 3.46 | 15.99 | 20.33 |
| | B-7 | 0.88 | 3.46 | 34.69 | 39.03 |
| | B-8 | 0.88 | 3.46 | 29.19 | 33.54 |
| | B-9 | 0.88 | 3.46 | 38.35 | 42.69 |
| | GH-1 | 0.88 | 3.46 | 2.88 | 7.22 |
| " 2 | | 0.88 | 3.46 | 20.62 | 24.96 |
| | " 3 | 0.88 | 3.46 | 22.07 | 26.41 |
| | 0.7 | B-1 | 0.63 | 3.46 | 0.69 |
| B-3 | | 0.63 | 3.46 | 14.85 | 18.94 |
| B-4 | | 0.63 | 3.46 | 12.81 | 19.90 |
| B-5 | | 0.63 | 3.46 | 19.52 | 23.61 |
| B-6 | | 0.63 | 3.46 | 11.82 | 15.91 |
| B-7 | | 0.63 | 3.46 | 25.59 | 29.68 |
| B-8 | | 0.63 | 3.46 | 21.40 | 25.49 |
| B-9 | | 0.63 | 3.46 | 28.36 | 32.45 |
| GH-1 | | 0.63 | 3.46 | 2.07 | 6.16 |
| " 2 | | 0.63 | 3.46 | 15.27 | 19.36 |
| | " 3 | 0.63 | 3.46 | 16.30 | 20.39 |

蒸気については熱需要の関係から一定とした。

(3) 輸送コスト

輸送コストは、具体的に設定した輸送ルート
の建設に要した工事費(表 3.2~4 参照)を低
温水、高温水別、区間別に算出し、各区間の年
経費及び利用率からそれぞれの区間の輸送コ
ストを求め、これをベースにして発電所から各熱
需要地点までの輸送コストを算定した。

計算結果は表 3.7~14 の通りであるが、需
要分析から実際に予想される利用率(表 2.5 参
照)は、低温水は約 10%、高温水は約 30% 程
度になるので、最遠距離地点における輸送コ
ストは低温水は最高 245 円/t、高温水は同じく
681 円/t になる。輸送コストは総体的に全熱コ
ストに占める割合が大きく、特に低温水では最

大のウェイトを占めている。

又、輸送距離と単価との関係は、図 3.1 及び 3.2 (例、B地点モデル) の通りで、当然であ

図 3.1 輸送距離と温水単価

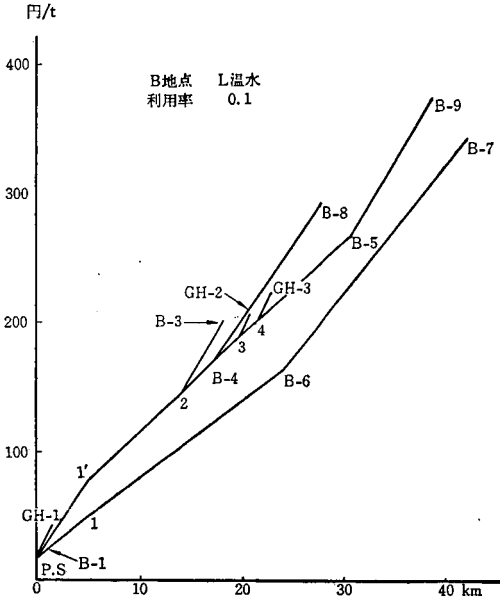
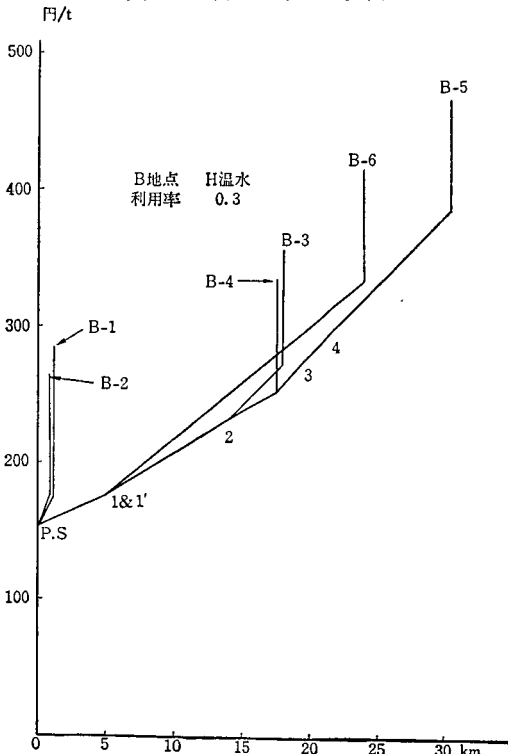


図 3.2 輸送距離と温水単価

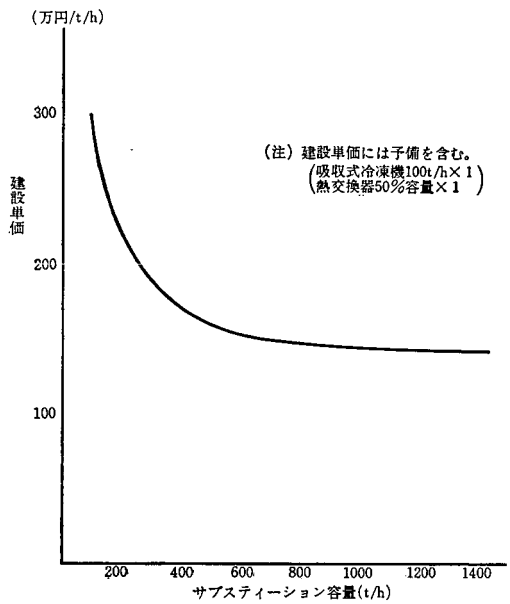


るが、単価は輸送距離に大きく支配されている。

(4) サブステーションコスト (含む配熱コスト)

サブステーションコストは、具体的な設計仕様 (100 t/h, 500 t/h 及び 1,400 t/h) に基づく建設費 (図 3.3 参照) から算定した。サブステーションコストには、各需要家への配熱コス

図 3.3 サブステーションの建設単価



ト (2次側輸送コスト) を含むが、これについては、サブステーションから平均配熱距離を 1,000 m とし、これに要する建設費から配熱コストを求めて加算した。

サブステーションコストは図 3.4 の通りで、ユニット容量によってかなり異なるが、利用率 30% で大型ユニットの場合 85~90 円/t で、熱源コストや輸送コストに匹敵する値になっている。

(5) 需要端熱コスト

需要端の熱コストは以上 (1)~(4) を積上げたもので、表 3.7~14 及び図 3.5~10 に示

図 3.4 サブステーションコスト

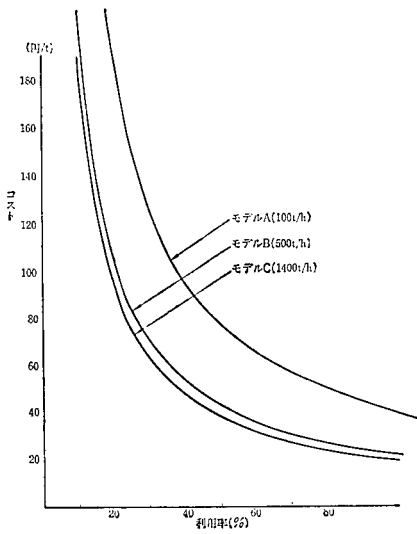


図 3.6 需要端熱コスト

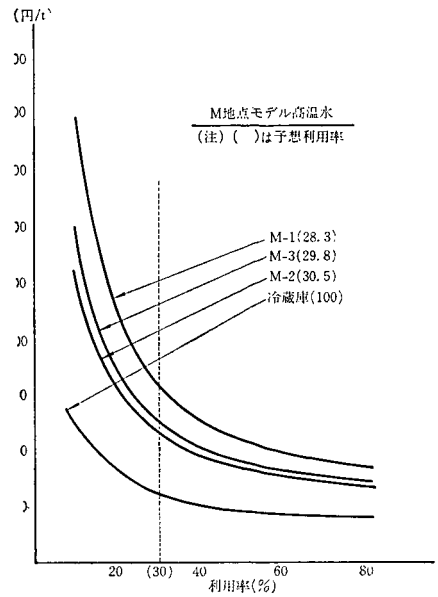


図 3.5 需要端熱コスト

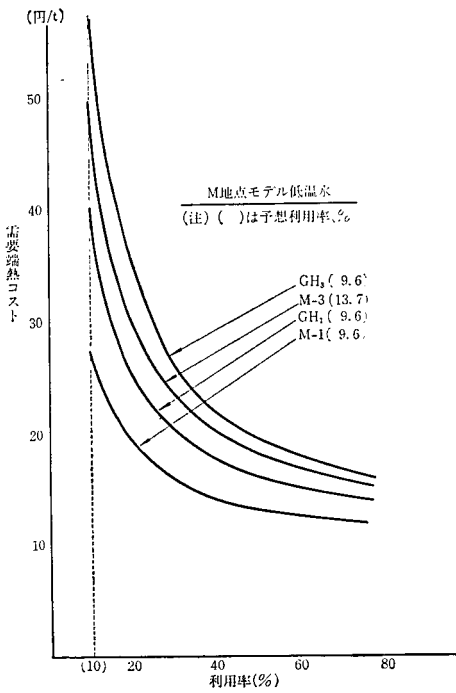


図 3.7 需要端熱コスト

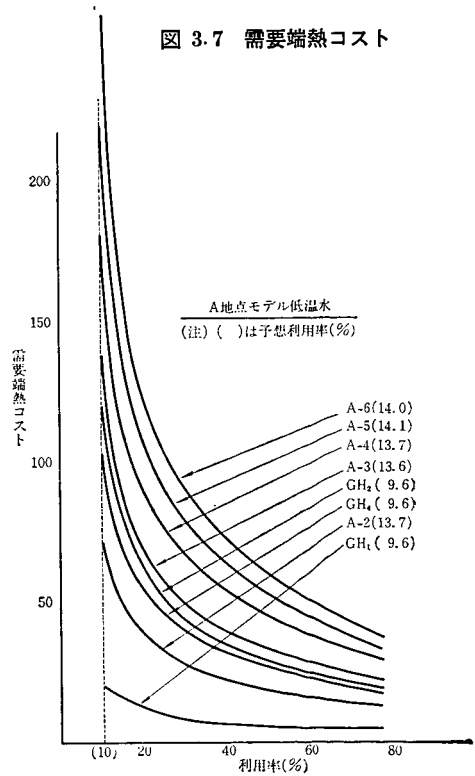


図 3.8 需要端熱コスト

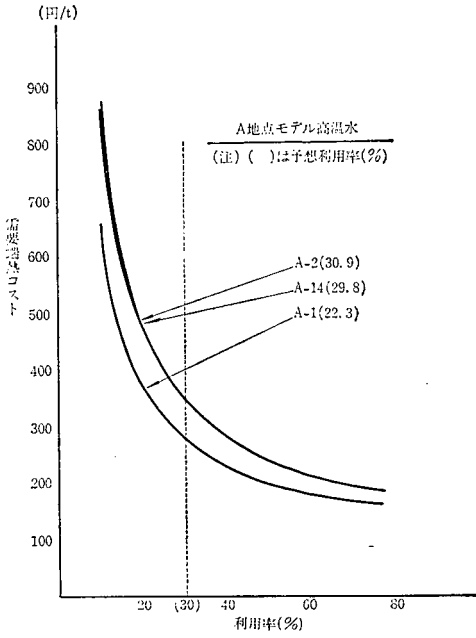


図 3.10 需要端熱コスト

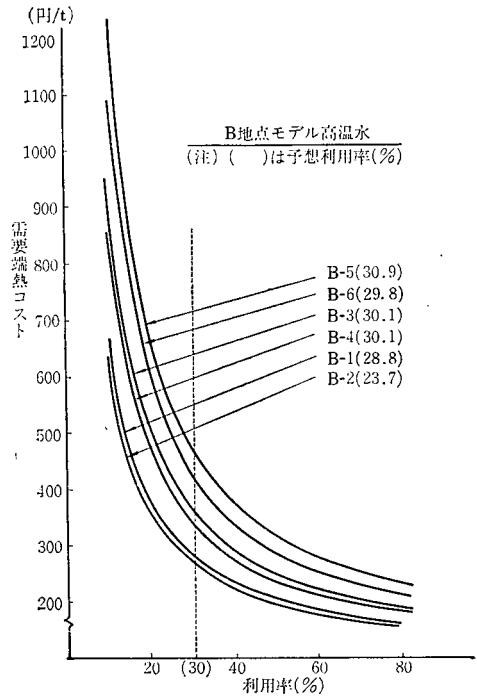


図 3.9 需要端熱コスト

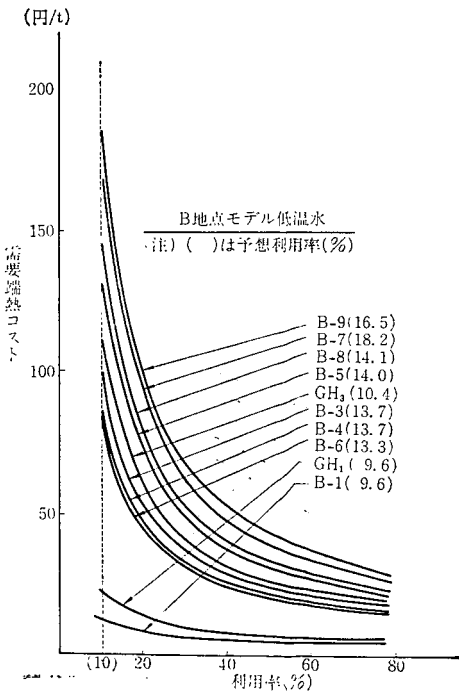


図 5.11 需要端熱コスト内訳 (低温水)

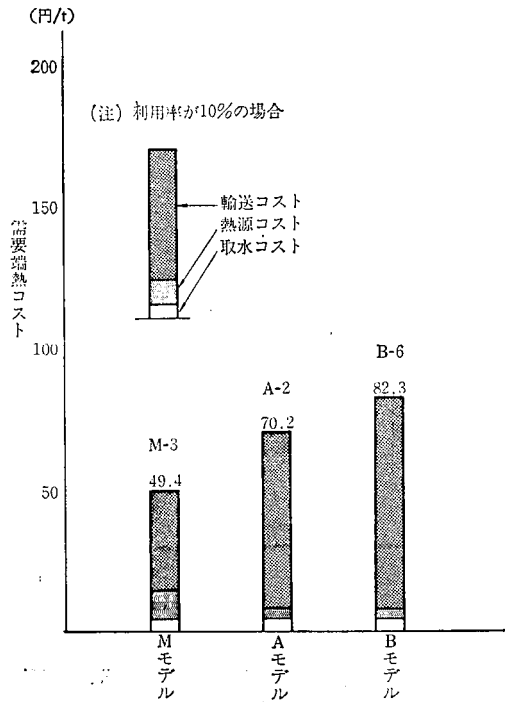
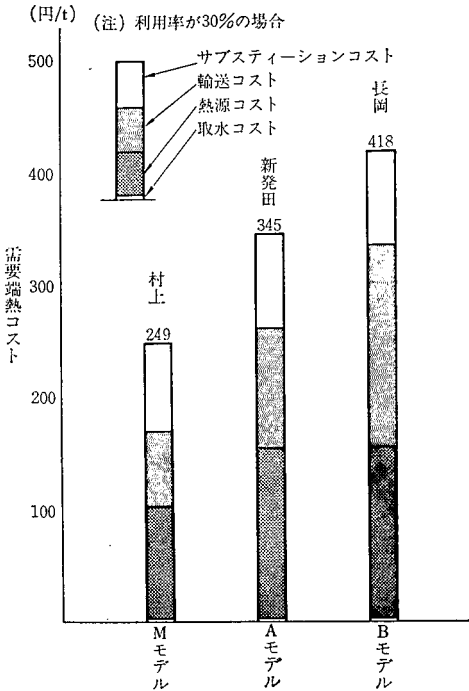


図 3.12 需要端熱コスト (高温水)



す通りである。

今回の熱コストの想定において対象にしたモデルシステムは、いづれも前例のない大規模なシステムであるため、需要端の熱コストは相当広範囲に分布している。熱コストを構成要素別にみると、低温水では図 3.11 に示すように輸送コストが支配的である。又、高温水については、本来利用率によって大巾に異なるので一概にいえないが、図 3.12 に示すように熱源コストがいづれのモデルにおいても相対的に大きなウェイトを占めており、サブステーションコストも相当に大きい。

熱コストの算定結果は以上の通りで、後述の在来システムに比べて相当に厳しいコストになっている。しかし、大規模な発電所熱利用ターナルシステムは、単に熱供給という面だけでな

く広く地域社会に根ざした総合的な経済性と開発効果を期待することができるので、表面的な熱コストだけで評価することは適当でない。

3.2 熱の有効利用と経済性

発電所熱利用システムを設計するに当たっては、エネルギー資源の有効利用の観点から可能なかぎり熱エネルギーの合理的使用に努める必要がある。石油をはじめ資源全般にわたって厳しい情勢にある今日においては、低レベルの熱エネルギーも極力回収し、段階的利用を図る等キメの細かい創意と工夫がとりわけ必要である。

(1) 2管方式の経済性

今回設計したモデルシステムは、低温水は使用後そのまま河川等に放流する単管方式をとっているが、高温水は使用後も相当に余熱（冷房時約 110°C、暖房時約 70°C）があるので、発電所に還流させるいわゆる 2 管方式をとり熱の回収を図っている。

しかし、発電所に使用済の温水を戻すためには、各モデル地点とも平均 10 万円/t/h·km 前後の相当に大きな増分工事費が必要である。発電所から離れた場所では、熱回収を図るよりもむしろ河川等に放流した方が経済的な場合もある。図 3.13~15 は発電所に還流するために必要な経費と熱回収によって得られる便益の関係を示したもので、M 地点モデルでは発電所までの還流距離が 10 km 以上になると還流コストが熱回収便益を上回り、河川等に放流した方が有利になる。しかし、還流しない場合には後述の冷却塔の排熱コストを考慮しなければならないので、還流する場合としない場合の交点すなわち経済的に成り立ちうる還流距離は、約 12 km となる。

従って、配管方式の選択に当たっては、熱回収

図 3.13 熱回収の経済性 (M地点モデル)

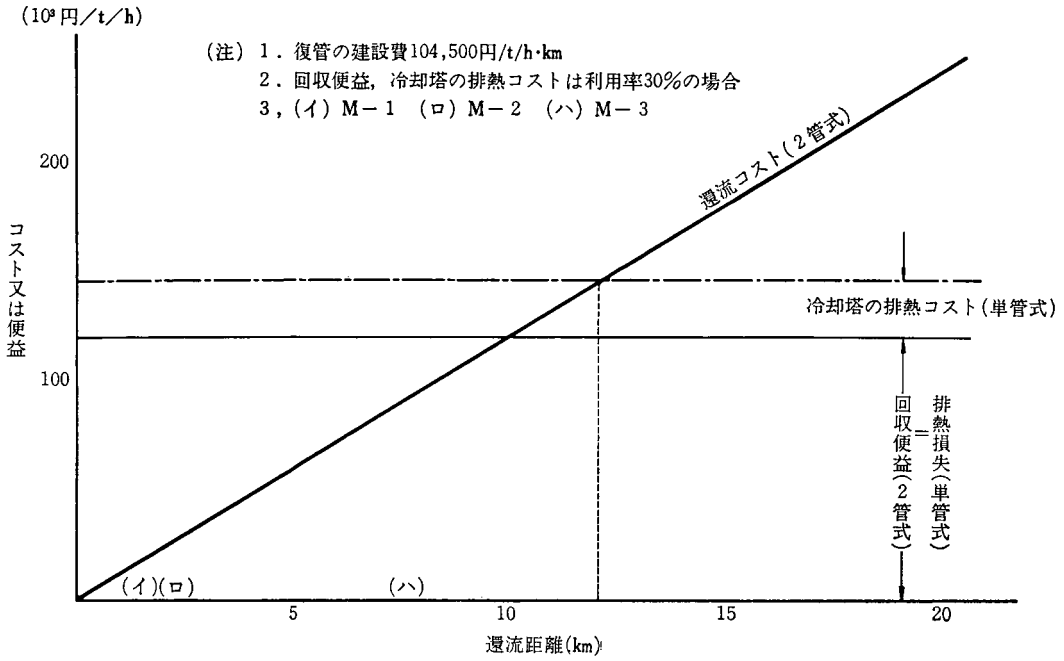


図 3.14 熱回収の経済性 (A地点モデル)

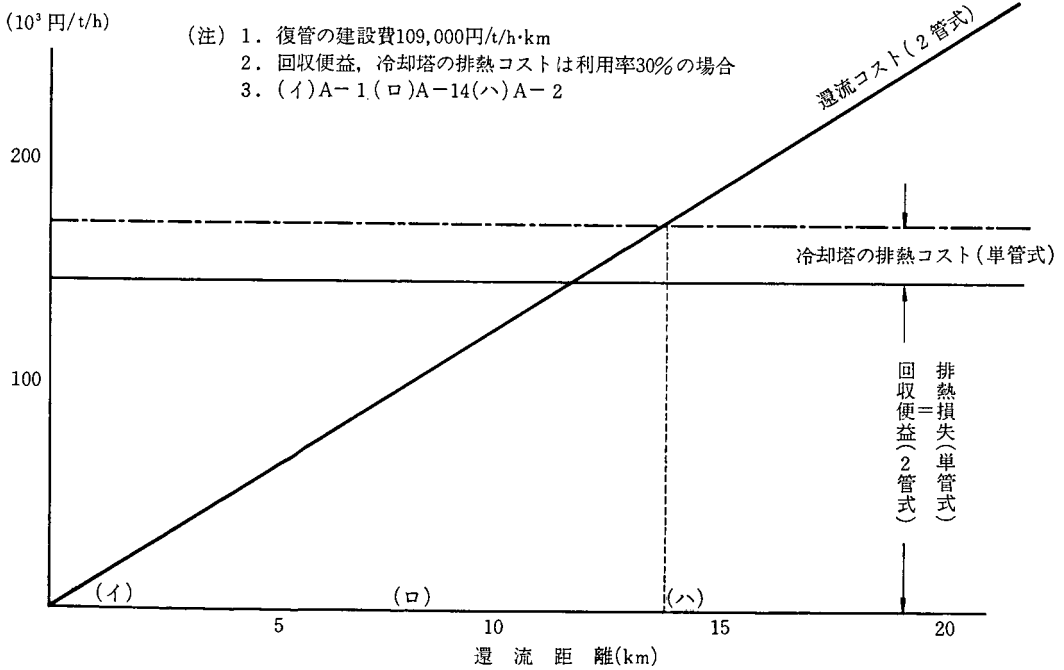


図 3.15 熱回収の経済性 (B地点モデル)

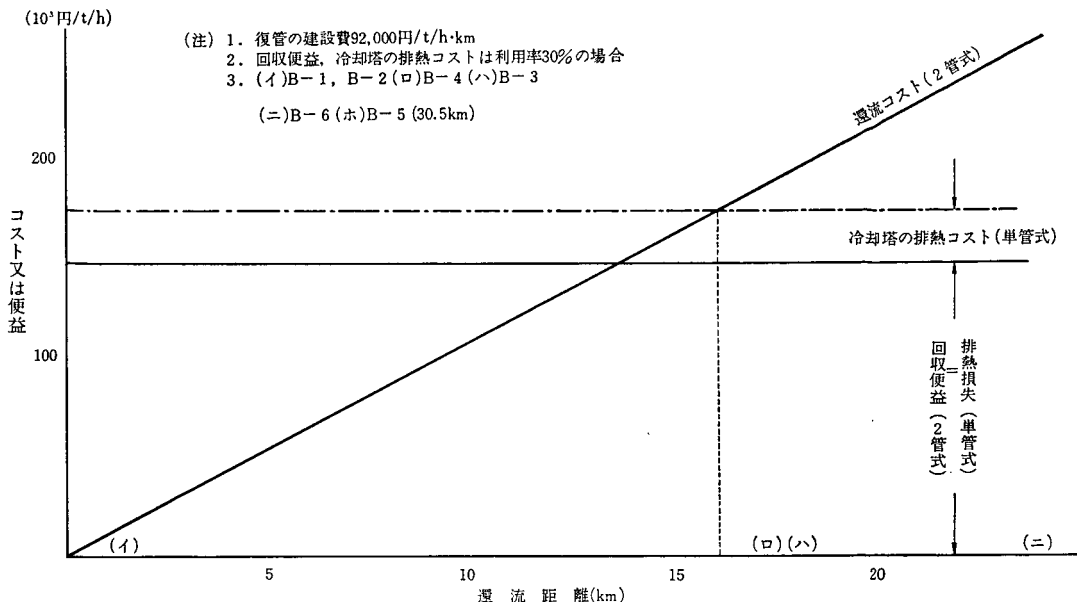
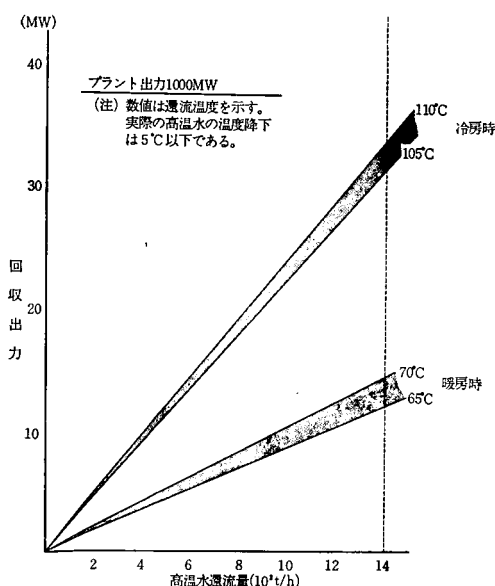


図 3.16 還流量と回収出力の関係



便益、還流コスト、冷却塔の排熱コスト等の関係を総合的に検討する必要がある。なお、還流コスト及び熱回収便益の考え方、算定法は次の通りである。

(イ) 還流コスト

還流コストは一般のコストと同様に固定費と可変費に分けられるが、固定費のウェイトが圧倒的に大きいので、可変費(ポンプの動力費)は無視し固定費のみとした。固定費は、各モデルシステムの単位当りの平均工事費に年経費率を乗じた。

(ロ) 熱回収便益

熱回収便益については、使用済の温水を還流すれば電気出力の減分が少なくなる、すなわち回収出力となるのでこれを便益と考え、電力単価を乗じた。kWh 当りの電力単価は、熱源コストの算定に用いた単価と同じ単価を用いた。(図 3.16 参照)

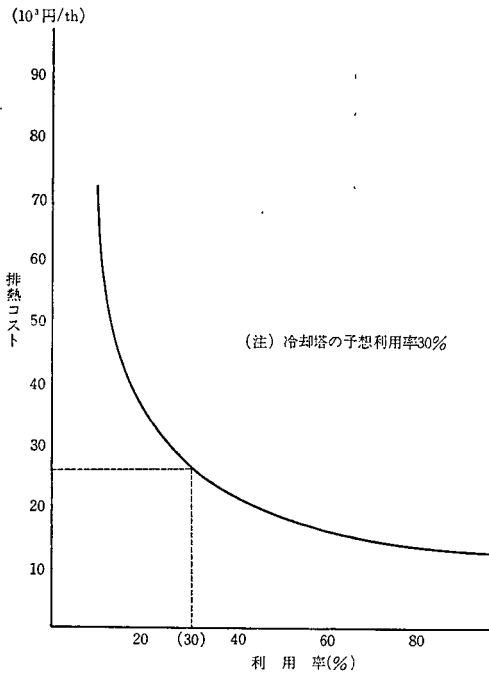
(2) 冷却塔の排熱コスト

発電所から離れた場所では、前述のように発電所への還流は経済的でない、河川等に放流(排熱損失となる)しなければならないが、使用済の温水はまだ相当に高い温度を有しているので、環境保全の観点からそのまま河川等に放流することはできない。このため冷却塔を通

して環流水温とほぼ同程度にする必要がある。

図 3.17 は冷却塔の排熱コストと利用率の関係を示したもので、利用率が 30% の場合、約 25,000 円/t/h 程度のコストがかかる。従って、還流しない場合のコストは、排熱損失（機会損失）に冷却塔の排熱コストを加算したものになる。

図 3.17 冷却塔の排熱コスト



なお、冷却塔の排熱コストの算定は設計仕様 (2,300 t/h) に基づく建設費から試算した。冷却塔のスケールメリットについてはあまり期待できないので、大容量のものもほぼ同程度になるものと思われる。

(3) フロンタービンの経済性

今回設計した熱利用システムは、主として冷暖房及び給湯に使用されるが、使用後もまだ相当の余熱がある。とりわけ夏季冷房時には、吸収式冷凍機を使用する関係から 110°C もの高温水が排出される。しかし、このような 100°C 前

後の低レベルの熱エネルギーの利用技術は確立されてないので、発電所へ経済的に還流できる場所以外は河川や大気に放散させざるを得ない現状にあるが、最近の技術進歩に伴いこの種の熱エネルギーを有効に回収することができる技術としてフロンタービンがある。

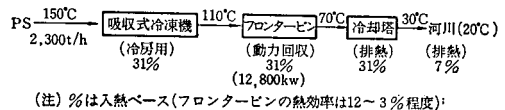
フロンタービンは、作動媒体として水蒸気の代りにガス化しやすいフロンを利用するもので、エネルギー資源の有効利用の観点から今後大いに発展が期待されている。フロンタービンのこのような特性を利用すれば、吸収式冷凍機からの排熱も十分回収することができるばかりでなく、回収動力はそのままターボ式冷凍機の動力源として使用することも可能である。

フロンタービンは排熱（燃料費=0）を利用するタービンであるので、その経済性は建設費でほとんど決まる。フロンタービンはわが国に 2 台の実施例があるだけで、技術的困難を克服してようやく出現したいわば幼年期の状態にあり、建設費は極めて把握しにくいが実施例から推定すると 10 万円/kW 程度と見込まれる。これをもとにフロンタービンによる発電コストを試算すると、年間 30% 稼働できる高温水の排熱が得られるならば約 6 円/kWh になる。

実際にフロンタービンを設置した場合どの程度の利用率になるかについては詳細に検討しなければならないが、需要分析によると夏季 4 か月間（6～9 月）に期待できる 100°C 前後の温排水による利用率は 10% 未満である。従って、この場合、発電コストは相当に割高になる。

既に述べたようにフロンタービンの設置に当

図 3.18 フロンタービンによる熱回収



(注) %は入熱ベース(フロンタービンの熱効率はい2～3%程度)

っては、特に利用できる排熱の質と量について十分検討する必要がある。本熱利用システムでは、100°C 前後の排熱利用ができるのは、夏季冷房時だけに限定されること、しかも排熱量が冷房需要に応じて変動すること等フロンタービンの熱源としては、化学プラントのプロセス排熱等に比べてかなり条件が悪い。しかし、これまでロスとして放出していた貴重なエネルギー資源を回収できる意義は極めて大きく、今後の条件次第では発電所熱利用システムの中に十分組入れることができるものと思われる。

なお、フロンタービンの発電コストの算定に用いた主な計算諸元は次の通りである。

| | |
|--------|---------------------------------------|
| 建設単価 | 10 万円/kW (表 3.15 参照) |
| 金利及び償料 | 7.5%, 15 年間 |
| 燃料費 | 0 |
| 可変費 | 5,900円/kW (利用率 100%時, 動力費, フロン補給費を含む) |

表 3.15 フロンタービン発電設備費の構成

| | |
|---------------------------------------|------|
| フロンガス発生器関係 (ケトル型フロンガス予熱器を含む) | 15 |
| フロンタービン (単段ラジアル型)*1 | 5 |
| フロン凝縮関係 (エバポレータコンデンサ, 水ポンプ, ファンを含む)*2 | 27 |
| フロンポンプ (堅型ピヤレスポンプ) | 9 |
| 発電機関係 (附属機器を含む) | 14 |
| 計 製 関 係 | 5 |
| 調速装置 (ウッドワードガバナー) | 2 |
| 減速装置 (マーズギヤ) | 2 |
| 弁類 (調速弁, 緊急遮断弁を含む) | 1 |
| 配管工事費 | 10 |
| フロン装荷費 (R-11, 25 kg/kW 推定) | 5 |
| そ の 他 | 5 |
| 合 計 | 100% |

- (注) 1. 実施例による。
 2. *1 フロンタービンは特別価格。従って実際にはもっと割高になるろう。
 3. *2 海水冷却の場合はこれより相当比率が低下するものと思われる。
 4. 所内動力, 水, 潤滑油, フロン等の比例費は全年経費の 30% 弱程度 (固定費の年経費が 15% で利用率 100% の場合)。

3.3 モデルシステムの経済性評価

発電所を核とする熱利用トータルシステムの評価は、あらゆる角度からその影響も含めて総合的に行なう必要があるが、なかんずく経済性はキーポイントである。モデルシステムが経済的に成立するためには在来システムに比べてコスト的に十分対抗できることが必要である。

しかし、このような目に見える経済性評価もさることながら、地域の産業基盤, 生活水準等の諸条件の改善, 燃供給の安定性, 省資源効果等目に見えないあるいは定量化しがたいものに対する経済性評価も又極めて重要である。

(1) 経済性の比較

新しいシステムが経済的に成立するためには、在来のシステムに比べて身近なかたちでどれだけ有利か。すなわち金額にしてどれだけ得になるかが大きな決め手になる。

表 3.16~18 は、各モデルシステムの代表的な熱需要地点における熱コスト (円/10⁸ kcal) と在来システムの熱コストを比較したもので、比較のベースとなる在来システムとして集中冷暖房方式の標準的需要モデル設備を考えた。モデルシステムの経済性は、それ自体の熱コストの算定条件のほか、比較する在来システムのレベル (冷暖房等の質) によっても大巾に異なり一概にいえないが、モデルシステムの仕上り熱コストは 6.42~9.23円/10⁸ kcal (木造住宅) であり、在来システムの 5.16円/10⁸ kcal に比べて割高であるが対抗できないほどの差はない。

又、高負荷率が期待できる冷蔵 (倉) 庫や発電所に近い M モデルのケースには在来のものより割安のものもある。

図 3.19~26 は、モデルシステムの輸送距離と用途別熱コストの関係を示したもので、モデ

表 3.16 経済性の比較

Mモデル (M-3)

(単位: 円/m², 円/m²・年, kcal/m²・年)

| 項 目 | 設備費 | 固定費 | 温水費又は 燃料費 | 動力費 | 合 計 | 熱消費量 | 10 ³ kcal 当りの 価 | 備 考 | |
|--------------------|-----------|--------|--------------|-------|-------|--------|----------------------------------|-------|--|
| 発電所熱利用 トータルシステム | 独立住宅 (木造) | 5,430 | 766 | 1,428 | 15 | 2,209 | 344,000 | 6.42 | ・年経費率 0.141 ・燃料単価 12円/l ・燃料使用量 (灯油) 独立住宅 43 l/m ² ・年 公民館 34 " 工場 16 " スーパー マーケット 33 " グリーンハウス 46 " 冷蔵庫 25 " ・発熱量 8,000 kcal/l (ボイラ効率を考慮) |
| | 公 民 館 | 3,140 | 443 | 1,129 | 9 | 1,581 | 272,000 | 5.81 | |
| | 工 場 | 3,430 | 484 | 531 | 14 | 1,029 | 128,000 | 8.04 | |
| | スーパーマーケット | 3,480 | 491 | 1,096 | 34 | 1,621 | 264,000 | 6.14 | |
| | グリーンハウス | 3,300 | 465 | 520 | 242 | 1,226 | 368,000 | 3.33 | |
| | 冷 蔵 庫 | 85,600 | 12,070 | 510 | 1,609 | 14,189 | 200,000 | 70.95 | |
| | 融 雪 | 4,800 | 677 | 155 | — | 832 | 109,500 | 7.59 | |
| 在来方式 (集中冷暖房方式) | 独 立 宅 住 | 8,200 | 1,156 | 516 | 104 | 1,776 | 344,000 | 5.16 | |
| | 公 民 館 | 7,540 | 1,063 | 408 | 343 | 1,814 | 272,000 | 6.67 | |
| | 工 場 | 4,500 | 635 | 192 | 33 | 860 | 128,000 | 6.72 | |
| | スーパーマーケット | 4,800 | 677 | 396 | 245 | 1,318 | 264,000 | 4.99 | |
| | グリーンハウス | 2,500 | 353 | 552 | 246 | 1,151 | 368,000 | 2.13 | |
| | 冷 蔵 庫 | 90,400 | 12,746 | 300 | 1,975 | 15,021 | 200,000 | 75.11 | |
| | 融 雪 | 6,000 | 846 | — | 7 | 853 | 109,300 | 7.79 | |

表 3.17 経済性の比較

Aモデル (A-2)

(単位: 円/m², 円/m²・年, kcal/m²・年)

| 項 目 | 設備費 | 固定費 | 温水費又は 燃料費 | 動力費 | 合 計 | 熱消費量 | 10 ³ kcal 当りの 価 | 備 考 | |
|--------------------|-----------|--------|--------------|-------|-------|--------|----------------------------------|-------|--|
| 発電所熱利用 トータルシステム | 独立住宅 (木造) | 5,430 | 766 | 1,978 | 15 | 2,759 | 344,000 | 8.02 | ・年経費率 0.141 ・燃料単価 12円/l ・燃料使用量 (灯油) 独立住宅 43 l/m ² ・年 公民館 34 " 工場 16 " スーパー マーケット 33 " グリーンハウス 46 " 冷蔵庫 25 " ・発熱量 8,000 kcal/l (ボイラ効率を考慮) |
| | 公 民 館 | 3,140 | 443 | 1,564 | 9 | 2,016 | 272,000 | 7.41 | |
| | 工 場 | 3,430 | 484 | 736 | 14 | 1,234 | 128,000 | 9.64 | |
| | スーパーマーケット | 3,480 | 491 | 1,518 | 34 | 2,043 | 264,000 | 7.74 | |
| | グリーンハウス | 3,300 | 465 | 738 | 242 | 1,445 | 368,000 | 3.93 | |
| | 冷 蔵 庫 | 85,600 | 12,070 | 735 | 1,609 | 14,414 | 200,000 | 72.09 | |
| | 融 雪 | 4,800 | 677 | 219 | — | 896 | 109,500 | 8.18 | |
| 在来方式 (集中冷暖房方式) | 独 立 住 宅 | 8,200 | 1,156 | 516 | 104 | 1,776 | 344,000 | 5.16 | |
| | 公 民 館 | 7,540 | 1,063 | 408 | 343 | 1,814 | 272,000 | 6.68 | |
| | 工 場 | 4,500 | 635 | 192 | 33 | 860 | 128,000 | 6.72 | |
| | スーパーマーケット | 4,800 | 677 | 396 | 245 | 1,318 | 264,000 | 4.99 | |
| | グリーンハウス | 2,500 | 353 | 552 | 246 | 1,151 | 368,000 | 3.13 | |
| | 冷 蔵 庫 | 90,400 | 12,746 | 300 | 1,975 | 15,021 | 200,000 | 75.11 | |
| | 融 雪 | 6,000 | 846 | — | 7 | 853 | 109,500 | 7.79 | |

表 3.18 経済性の比較

Bモデル (B-6)

(単位: 円/m², 円/m²・年, kcal/m²・年)

| 項 目 | 設備費 | 固定費 | 温水費又は 燃料費 | 動力費 | 合 計 | 熱消費量 | 10 ³ kcal 当りの 単 価 | 備 考 | |
|------------------------|-----------|-------------------|----------------|-------|-------|------------------|------------------------------------|----------------|--|
| 発電所熱利用 トータル システム | 独立住宅 (木造) | 5,430 | 766 | 2,395 | 15 | 3,176 | 344,000 | 9.23 | <ul style="list-style-type: none"> ・年経費率 0.141 ・燃料単価 12円/l ・燃料使用量 (灯油) 独立住宅 43 l/m²・年 公民館 34 " 工場 16 " スーパーマーケット 33 " グリーンハウス 46 " 冷蔵庫 25 " ・発熱量 8,000 kcal/l (ボイラ効率を考慮) ・融雪の () は設備費が原単位負荷に関係なく一定とした場合 |
| | 公 民 館 | 3,140 | 443 | 1,894 | 9 | 2,346 | 272,000 | 8.63 | |
| | 工 場 | 3,430 | 484 | 891 | 14 | 1,389 | 128,000 | 10.85 | |
| | スーパーマーケット | 3,480 | 491 | 1,838 | 34 | 2,363 | 264,000 | 8.95 | |
| | グリーンハウス | 3,300 | 465 | 865 | 242 | 1,572 | 368,000 | 4.27 | |
| | 冷 蔵 庫 | 85,600 | 12,070 | 890 | 1,609 | 14,569 | 200,000 | 72.85 | |
| | 融 雪 | 14,400 (4,800) | 2,031 (677) | 772 | — | 2,083 (1,449) | 328,500 | 8.53 (4.41) | |
| 在来方式 (集中冷暖房方式) | 独 立 住 宅 | 8,200 | 1,156 | 516 | 104 | 1,776 | 344,000 | 5.16 | <ul style="list-style-type: none"> ・発熱量 8,000 kcal/l (ボイラ効率を考慮) ・融雪の () は設備費が原単位負荷に関係なく一定とした場合 |
| | 公 民 館 | 7,540 | 1,063 | 408 | 343 | 1,814 | 272,000 | 6.67 | |
| | 工 場 | 4,500 | 635 | 192 | 33 | 860 | 128,000 | 6.72 | |
| | スーパーマーケット | 4,800 | 677 | 396 | 245 | 1,318 | 264,000 | 4.99 | |
| | グリーンハウス | 2,500 | 353 | 552 | 246 | 1,151 | 368,000 | 3.13 | |
| | 冷 蔵 庫 | 90,400 | 12,746 | 300 | 1,975 | 15,021 | 200,000 | 75.11 | |
| | 融 雪 | 18,000 (6,000) | 2,538 (846) | — | 21 | 2,559 (867) | 328,500 | 7.79 (2.64) | |

ルシステムには、発電所から相当離れた場所でも在来の個別システムに遜色なく太刀打ちできるケースもある。例えば、グリーンハウスでは5~6 km まで、公共施設では約 10 km まで在来システムに十分対抗することができ、経済的に成立しうるものと思われる。

モデルシステムは在来のシステムに比べて固定費の割合が極めて大きいので、熱コストは利用率によって大巾に変化する。従って、冷夏暖冬のような場合には利用率が低下し、在来システムに比べて割高になるおそれも十分大きい。今後生活水準の向上に伴って熱の高度利用が進展すれば熱コストの大巾な低減を期待することも可能である。

なお、高温水の経済性を比較検討するための在来システムとして集中冷暖房方式を選んだが、これは近時わが国の生活水準がとみに向上し、石油ストーブやユニットクーラーから集中

冷暖房方式に向いつつある現状を踏えたためであり、N地域大型エネルギー基地計画の実施に当たっても当然考慮されるべき目標レベルであろう。

次に、融雪の経済性については、今回調査したモデルシステムは前例のない大がかりなものであり、質的に在来の小規模な地不水による融雪システムと異なるので、単純な比較は適当でないが、モデルの融雪システムでは図 3.25 に示すように 7.59~13.42 円/10³ kcal で、在来システムの 7.79 円/10³ kcal に比べ発電所に最も近い所を除き他はいづれも割高になっている。

一般に設備費は原単位負荷に応じて変化するが、融雪の場合は実応的にさほど相違が認められないので、設備費を原単位負荷に関係なく一定とした場合についてみると図 3.26 に示すようにモデルシステムでは 4.41~11.47 円/10³ kcal,

図 3.19 在来システムとの熱コストの比較

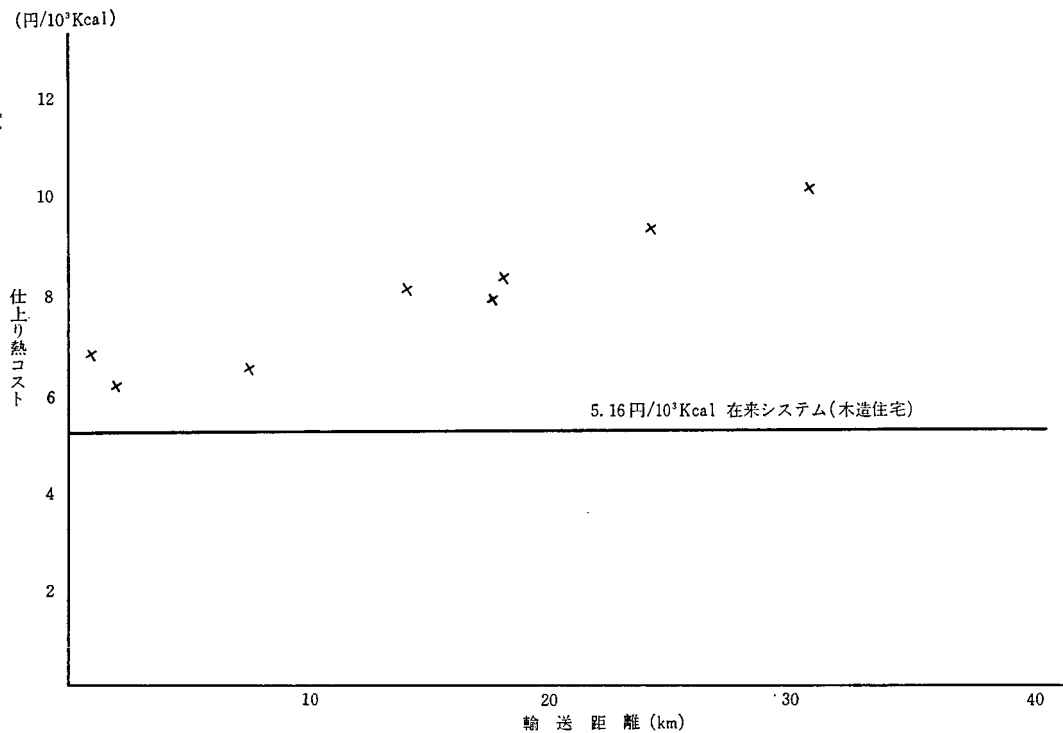


図 3.20 在来システムとの熱コストの比較

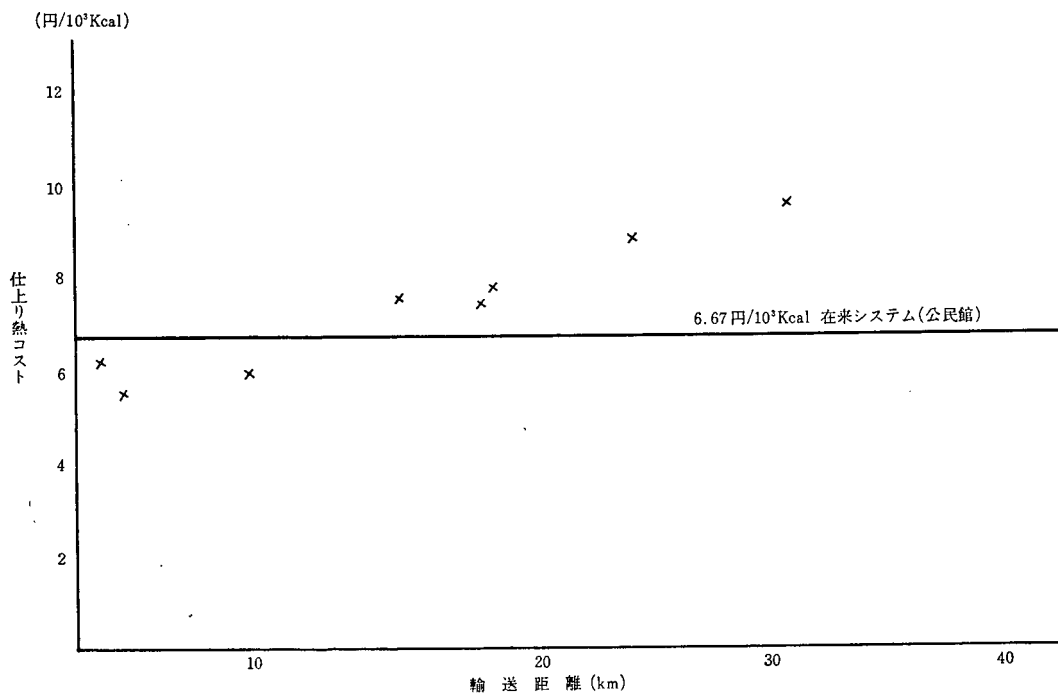


図 3.21 在来システムとの熱コストの比較

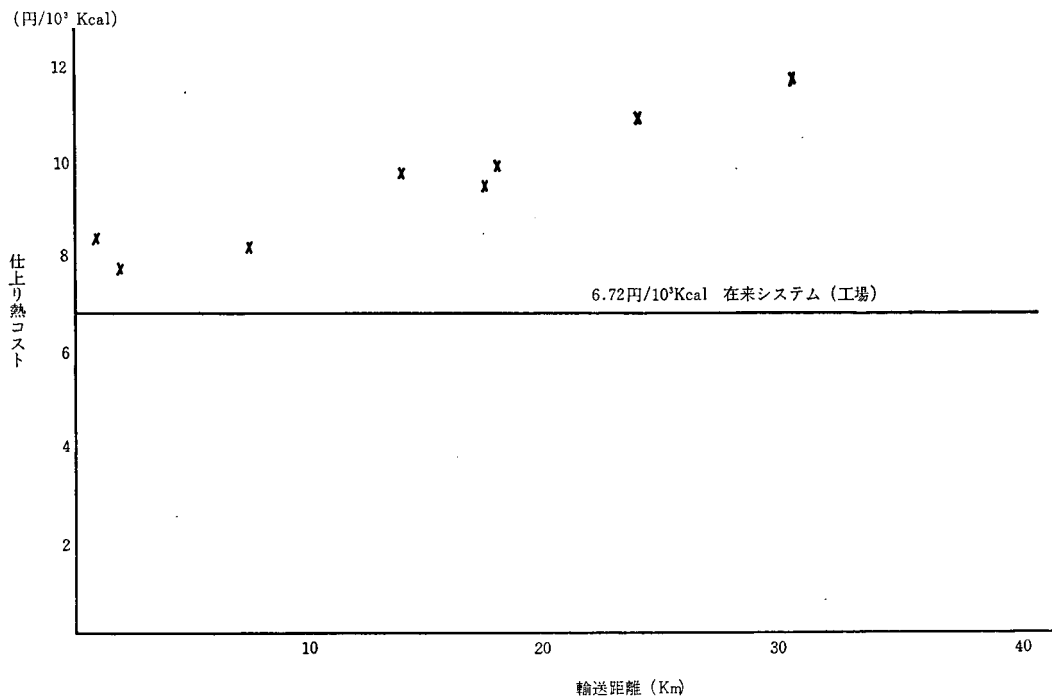


図 3.22 在来システムとの熱コストの比較

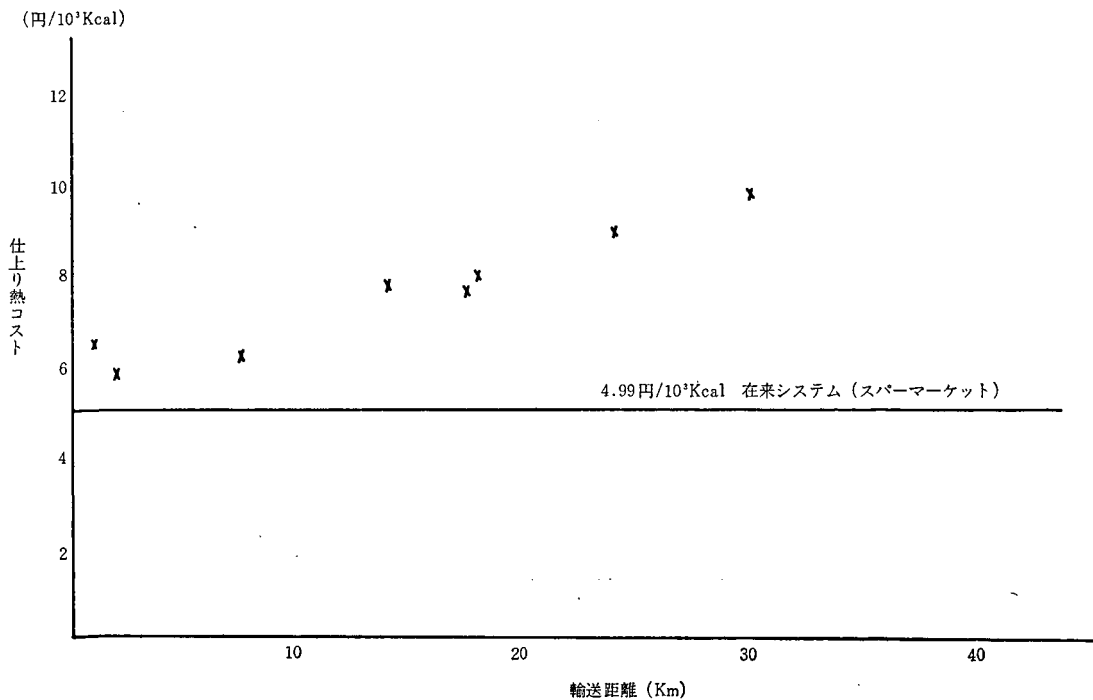


図 3.23 在来システムとの熱コストの比較

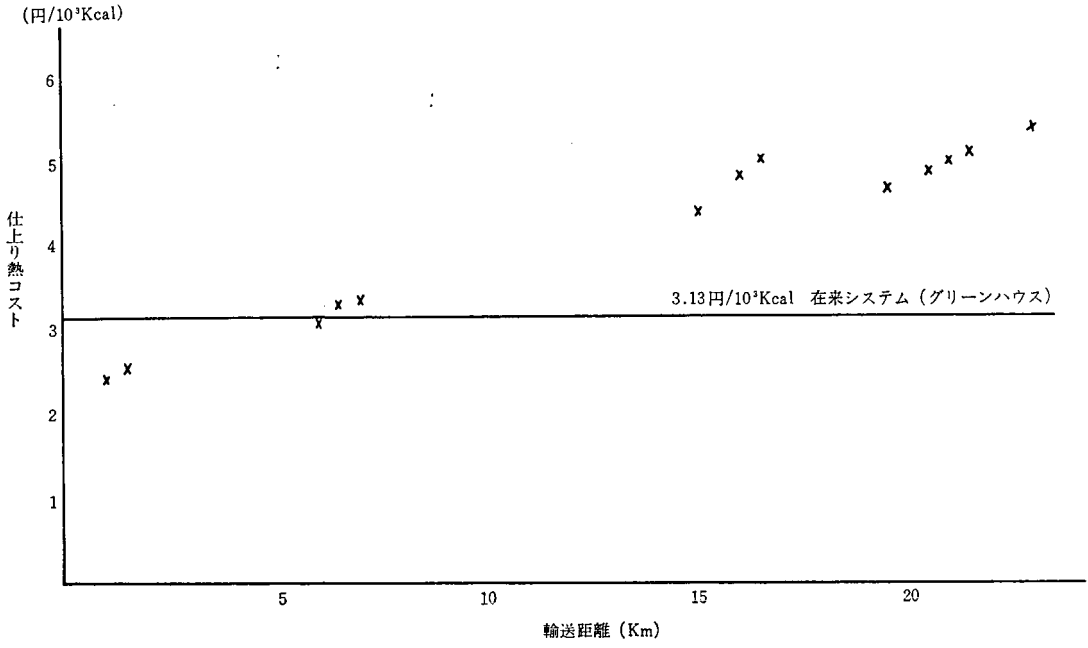


図 3.24 在来システムとの熱コストの比較

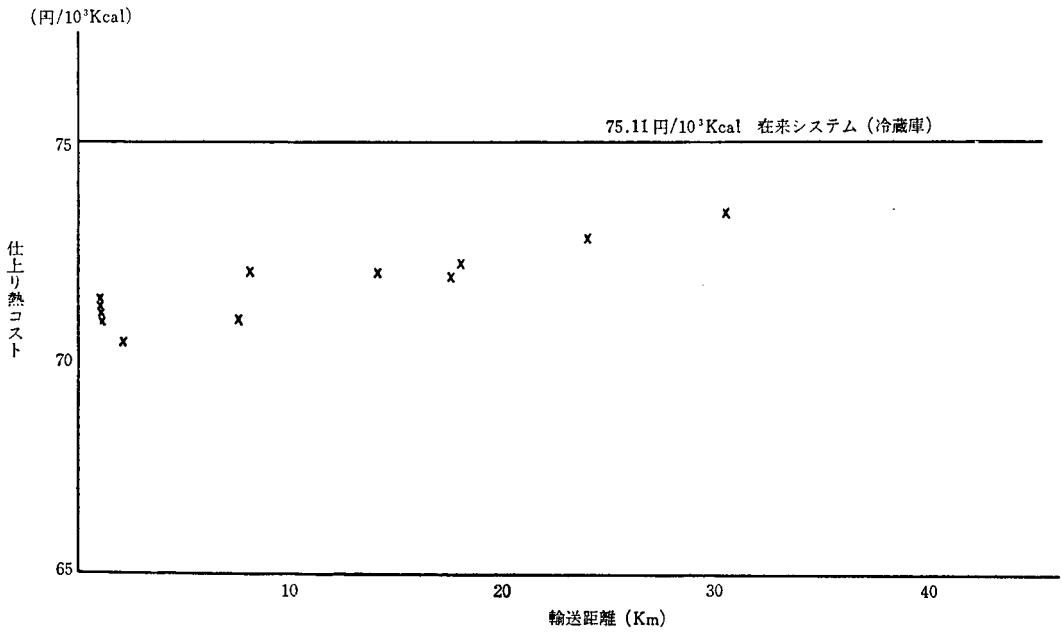


図 3.25 在来システムとの熱コストの比較

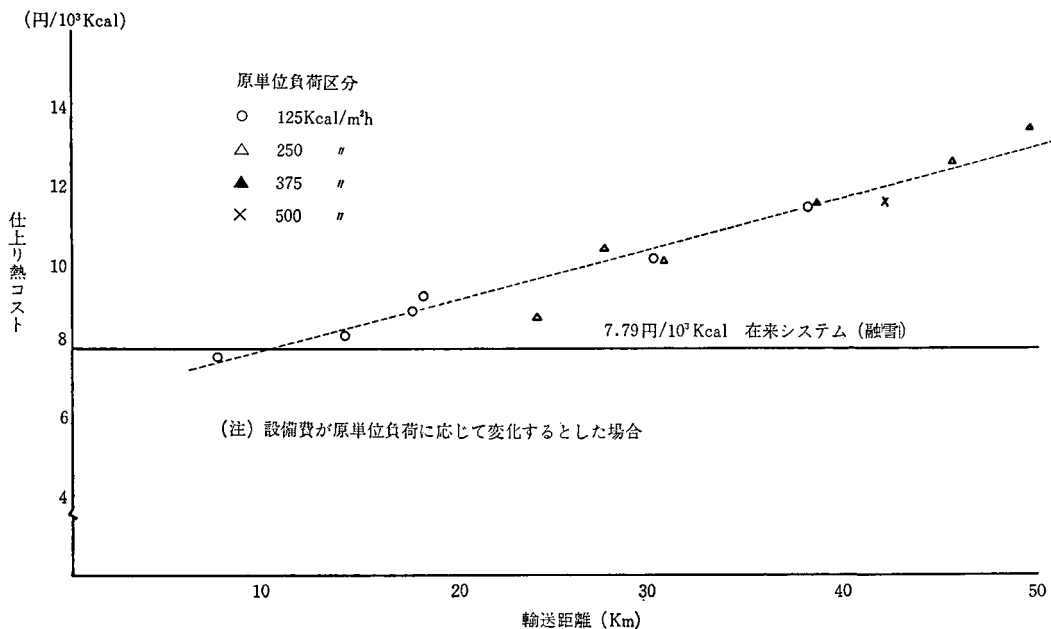
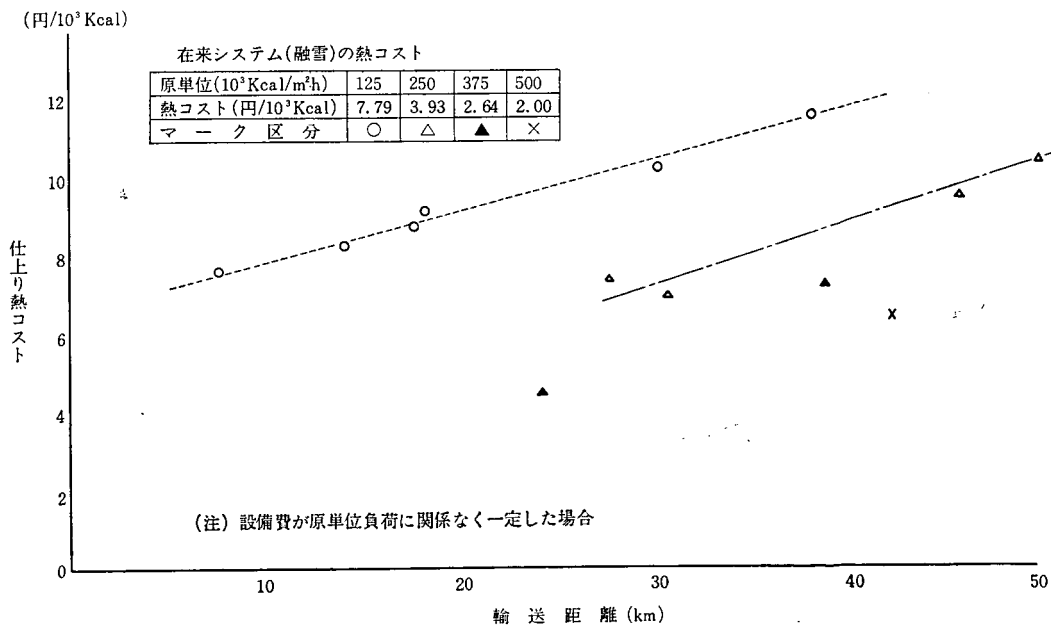


図 3.26 在来システムとの熱コストの比較



在来システムでは 2.00~7.79 円/10³ kcal となり前述と同様の傾向がみられるが、コスト差は相対的に開いている。低温水のコストは輸送コストにほとんど支配されるので、発電所から離れた所では不利をまぬがれないが、融雪においては相当遠距離の場合でも原単位負荷の大きい所（B-6, B-7 等）では小さい所に比べ相対的に割安になっている。

モデルの融雪システムには各地で問題になっているような地下水に対する懸念がなく、カロリー、供給の安定性、広域性等在来システムに期待できない様々な利点がある。従って、表面に現われた単純なコストの差だけで融雪システムの経済性を云々すべきでなく、あらゆる角度から総合的に検討する必要がある。

(2) 所要投資額と開発効果

経済性の検討に当っては、前述のような表面に現われた直接的な経済性の評価ばかりでなく、資源の有効利用、熱供給の安定性、地域の産業基盤の確立、生活条件の改善等の基本的かつ長期的な展望に立脚した総合的な検討評価が必要である。産業基盤の確立や生活改善等の効果の具体的な説明については別稿にゆづることにし、ここでは主としてモデルシステムの開発に必要な所要投資額及びその効果について簡単に述べる。

(イ) 所要投資額

今回、N地域大型エネルギー基地計画調査の一環として設計したモデルシステムは、世界的にも例のないような大規模なものである。このような大がかりなシステムを実現していくためには当該地域社会のコンセンサスや受容条件を十分に満すことはもちろんであるが、これと平行してぼう大な開発資金を用意する必要がある。

表 3.19 は各モデルシステムに必要な総所要投資額を示したもので、3つのモデルシステムに要する投資総額は、7,625 億円にのぼる。この内訳は熱源設備が最も多く全体の 56% を占め、次いで輸送設備 24%、熱需要設備 17% となっている。ただし、この投資額には、電気事業者が受持つ発電設備を含み、又受益者が受持つべき熱需要設備も含むので、結局これらのモデルシステムを実現するために必要な純投資総額すなわち第3セクターのような実行組織が準備する資金としては合計 2,328 億円程度となる。

なお、表 3.20 は熱需要設備所要投資額を在来型（集中冷暖房方式）と対比したもので、在来型熱需要設備にはボイラや冷凍機がそれぞれ

表 3.19 総所要投資額
(単位: 億円)

| 設備名 モデル名 | 取水設備 | 熱源設備 | 輸送設備 | サブステーション設備 | 熱供給設備計 | 熱需要設備 | 合計 |
|-------------|------|------------------|-------|------------|------------------|-------|------------------|
| M | 5 | 365 | 59 | 29 | 458 | 134 | 592 |
| A | 17 | 966 | 521 | 42 | 1,546 | 339 | 1,885 |
| B | 51 | 2,898 (2,898) | 1,284 | 121 | 4,354 (4,354) | 794 | 5,148 (5,148) |
| 計 | 73 | 4,229 (4,229) | 1,864 | 192 | 6,358 (6,358) | 1,267 | 7,625 (7,625) |
| 比率 (%) | 1.0 | 55.5 | 24.4 | 2.5 | 83.4 | 16.6 | 100.0 |

- (注) 1. 熱源設備には(本体設備)発電設備に要する投資額(4,029 億円)を含む。従って、本システム分は200 億円である。
2. ()は原子力 3,300 MW の場合。

表 3.20 熱需要設備所要投資額比較
(単位: 億円)

| 種別 モデル名 | モデル熱需要設備 (a) | 在来型熱需要設備 (b) | 差 引 (b)-(a) |
|------------|--------------|--------------|-------------|
| M | 134 | 173 | 39 |
| A | 339 | 425 | 86 |
| B | 794 | 1,060 | 266 |
| 計 | 1,267 | 1,658 | 591 |

- (注) 在来型熱需要設備は集中冷暖房方式による熱需要家設備(表 3.21 参照)

表 3.21 熱需要設備所要投資額 (モデル)

(単位: 万円)

| 用途別 需要地点 | 住 宅 | | | 商 業 | | | 工 業 流 通 | | | 公 共 用 地 | | | 道 路 | 農 地 | GH | 合 計 |
|-------------|-----------|-----------|----|---------|---------|----|---------|-----------|----|---------|---------|----------|-----|---------|---------|-------------|
| | 暖給 | 房湯 | 融雪 | 暖給 | 房湯 | 融雪 | 暖給 | 房湯 | 融雪 | 暖給 | 房湯 | 融雪 | 融雪 | 暖房 | | |
| M-1 | 15,747 | | | 2,088 | | | 2,058 | | | 2,512 | | | | 56,472 | | 78,877 |
| 2 | 73,305 | | | 3,828 | | | 2,401 | | | 5,024 | | | | | | 84,558 |
| 3 | 427,884 | 181,980 | | 26,100 | 20,520 | | 34,300 | 162,000 | | 35,482 | 81,000 | 17,137.5 | | | | 986,403.5 |
| GH-1 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | 35,970 | 35,970 |
| 合 計 | 516,936 | 181,980 | | 32,016 | 20,520 | | 38,759 | 162,000 | | 43,018 | 81,000 | 17,137.5 | | 56,472 | 194,370 | 1,344,208.5 |
| A-1 | 41,881 | | | 6,264 | | | 39,102 | | | 2,826 | | | | | | 90,003 |
| 2 | 297,564 | 356,400 | | 14,964 | 32,400 | | 9,947 | 129,600 | | 20,096 | 129,600 | 27,420 | | | | 1,017,991 |
| 3 | | 106,920 | | | 9,720 | | | 38,880 | | | 38,880 | 8,226 | | | | 202,626 |
| 4 | | 267,300 | | | 24,300 | | | 97,200 | | | 97,200 | 20,565 | | | | 506,565 |
| 5 | | 113,400 | | | 16,200 | | | 194,400 | | | 64,800 | 13,710 | | | | 402,510 |
| 6 | | 133,920 | | | 12,420 | | | 48,600 | | | 48,600 | 10,282.5 | | | | 253,822.5 |
| 14 | | | | | | | | | | 376,800 | | | | | | 376,800 |
| GH-1 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | 69,300 | 69,300 |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 合 計 | 339,375 | 977,940 | | 21,228 | 95,040 | | 49,049 | 508,680 | | 399,722 | 379,080 | 80,203.5 | | | 544,500 | 3,394,817.5 |
| B-1 | 76,563 | | | 10,440 | | | 10,290 | | | 11,932 | | | | 270,957 | | 380,182 |
| 2 | 95,025 | | | 16,704 | | | 120,736 | | | 7,536 | | | | | | 240,001 |
| 3 | 285,075 | 121,500 | | 31,320 | 24,300 | | 82,320 | 194,400 | | 42,390 | 97,200 | 20,565 | | | | 899,070 |
| 4 | 503,904 | 214,380 | | 55,332 | 43,200 | | 145,432 | 686,880 | | 75,046 | 171,720 | 36,331.5 | | | | 1,932,225.5 |
| 5 | 355,665 | 151,200 | | 17,748 | 14,040 | | 11,662 | 27,540 | | 24,178 | 55,080 | 11,653.5 | | | | 668,766.5 |
| 6 | 617,934 | 809,460 | | 32,016 | 90,180 | | 49,735 | 719,280 | | 50,868 | 359,640 | 76,090.5 | | | | 2,805,203.5 |
| 7 | | | | | 2,700 | | | 281,880 | | | 93,960 | 19,879.5 | | | | 398,419.5 |
| 8 | | | | | 24,500 | | | 48,600 | | | 97,200 | 20,565 | | | | 190,665 |
| 9 | | | | | 12,960 | | | 103,680 | | | 51,840 | 10,968 | | | | 179,448 |
| GH-1 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | 79,200 | 79,200 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | 84,810 | 84,810 |
| 合 計 | 1,934,166 | 1,296,540 | | 163,560 | 211,680 | | 420,175 | 2,062,260 | | 211,950 | 926,640 | 196,053 | | 270,957 | 243,210 | 7,937,191 |

(注) 含む冷房

必要であるが、モデルの熱利用トータルシステムでは簡単なファンコイル及び付帯設備が設けられるだけなので、差引3つのモデル合計で391億円の投資額が熱需要設備として軽減できる。このことは、熱需要家が負担する初期投資が少なくてすむということであり、発電所熱利用トータルシステムの導入の手助けになるものとみられる(表3.21参照)。

(ロ) 省資源効果

モデルシステムは、基本的にはこれまで利用されずに海や大気中に放出されていた熱エネルギーの有効利用したものであり、昨今のようにエネルギー事情が極めて厳しい情勢下においては、省資源の問題はとりわけ重要な国家的課題である。

表3.22はモデルシステムのエネルギートータルバランスを示したもので、在来の発電専用プラントに比べてエネルギーの利用効率(熱効率)を5~6%程度上昇できる。全体としてわづか数%の利用効率の改善とわいえこれまでロスとして海等へ放出していた貴重なエネルギー

資源をこのシステムによって回収できる意義は極めて大きい。このシステムにより重油換算でモデル合計76万klのエネルギー資源を回収できる勘定になる。

一方、熱需要サイドでは使用していた灯軽油や重油が不用になるので、他の有効な用途に振り向けることができる。この3つのモデルシステムによって熱需要サイドで節減できるエネルギーを試算すると約119万klとなる。これは100万kWの重油専焼火力発電所が年間60%以上の稼働率で運転できる燃料に匹敵するぼう大な量であり、仮に重油の価格を1万円/klとすると120億円になる。又、これは熱供給設備関係の総所要投資額の5.2%に相当する。

(ハ) 無公害化、熱供給の安定性等の効果

モデルシステムは、前述のようなメリットのほかに、次のような種々の具象化できないあるいは定量化しがたい開発効果を挙げることができる。

- ① クリーンエネルギーシステムであること。
熱需要側にボイラ等の汚染源がなく極めてク

表3.22 エネルギートータルバランス(省資源効果)

(単位: 10³kl, %, 億円)

| モデル名 区分 | | Mモデル | | Aモデル | | Bモデル | | 計 | |
|------------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|--------|------|
| | | 重油換算量 | 比率 | 重油換算量 | 比率 | 重油換算量 | 比率 | 重油換算量 | 比率 |
| プラント入熱 | | 978 | 100 | 2,718 | 100 | 8,154 | 100 | 11,850 | 100 |
| 熱利用システム | 電力 | 319 | 32.7 | 941 | 34.6 | 2,824 | 34.6 | 4,084 | 34.4 |
| | 高温水 | 39 | 3.9 | 54 | 2.0 | 171 | 2.1 | 264 | 2.2 |
| | 低温水 | 36 | 3.7 | 159 | 5.9 | 599 | 7.4 | 794 | 6.7 |
| | 蒸気 | 8 | 0.8 | 42 | 1.5 | 42 | 0.5 | 92 | 0.8 |
| | ロス | 576 | 58.9 | 1,522 | 56.0 | 4,518 | 55.4 | 6,616 | 55.8 |
| 在来 | 電力 | 361 | 36.9 | 1,029 | 37.9 | 3,087 | 37.9 | 4,477 | 37.8 |
| | ロス | 617 | 63.1 | 1,689 | 62.1 | 5,067 | 62.1 | 7,373 | 62.2 |
| 差引重油回収量 | | 41 | 4.2 | 167 | 6.1 | 549 | 6.7 | 757 | 6.4 |
| 熱需要側節減量 | | 84 | 8.6 | 240 | 8.8 | 867 | 10.6 | 1,191 | 10.1 |
| 同上価格換算値 | | 8.4 | — | 24.0 | — | 86.9 | — | 119.1 | — |

- (注) 1. 熱需要側節減量は別途積算した(表3.23参照)。
2. 重油換算量は重油の発熱量9,800kcal/lとした。
3. 重油量の価格換算値は単価を1万円/klと仮定した。

表 3.23 用途別燃料必要量

(單位: kJ)

| 用途別 需要地点 | 住 宅 | | 商 業 | | 工 業 流 通 | | 公 共 用 地 | | 道 路 | 農 地 | GH | 計 |
|-------------|---------|----------|--------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|--------|--------|---------|
| | 暖給 | 房湯 融雪 | 暖給 | 房湯 融雪 | 暖給 | 房湯 融雪 | 暖給 | 房湯 融雪 | 融雪 | 暖房 | | |
| M-1 | 977 | | 147 | | 73 | | 236 | | | | 3,530 | 4,963 |
| 2 | 4,552 | | 269 | | 85 | | 476 | | | | | 5,378 |
| 3 | 26,596 | 5,788 | 1,837 | 653 | 1,211 | 5,153 | 3,337 | 2,576 | 6,441 | | | 53,592 |
| GH-1 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 2 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 3 | | | | | | | | | | | 3,665 | 3,665 |
| 合 計 | 32,125 | 5,788 | 2,253 | 653 | 1,369 | 5,153 | 4,045 | 2,576 | 6,441 | 3,530 | 19,955 | 83,888 |
| A-1 | 2,778 | | 441 | | 2,762 | | 266 | | | | | 6,247 |
| 2 | 18,469 | 11,336 | 1,053 | 1,031 | 703 | 4,122 | 1,889 | 4,122 | 10,305 | | | 53,030 |
| 3 | | 3,401 | | 309 | | 1,237 | | 1,237 | 3,092 | | | 9,276 |
| 4 | | 8,502 | | 773 | | 3,092 | | 3,092 | 7,729 | | | 23,188 |
| 5 | | 7,421 | | 1,060 | | 12,722 | | 4,241 | 10,602 | | | 36,046 |
| 6 | | 8,764 | | 813 | | 3,180 | 32,165 | 3,180 | 7,951 | | | 23,888 |
| 14 | | | | | | | | | | | | 32,165 |
| GH-1 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 2 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 3 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 4 | | | | | | | | | | | 7,127 | 8,145 |
| 5 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 6 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 7 | | | | | | | | | | | 8,145 | 7,127 |
| 合 計 | 21,247 | 39,424 | 1,494 | 3,986 | 3,465 | 24,353 | 34,320 | 15,872 | 39,679 | | 55,997 | 239,837 |
| B-1 | 4,751 | | 735 | | 363 | | 1,122 | | | 16,935 | | 23,906 |
| 2 | 6,438 | | 1,176 | | 4,264 | | 708 | | | | | 12,586 |
| 3 | 17,852 | 3,865 | 2,204 | 773 | 5,814 | 6,183 | 3,985 | 3,092 | 7,729 | | | 51,497 |
| 4 | 31,555 | 6,819 | 3,894 | 1,374 | 10,271 | 21,848 | 7,055 | 5,462 | 13,655 | | | 101,933 |
| 5 | 22,070 | 9,895 | 1,265 | 919 | 824 | 1,802 | 2,273 | 3,604 | 9,011 | | | 51,663 |
| 6 | 38,386 | 93,244 | 2,253 | 10,388 | 1,756 | 82,856 | 4,782 | 41,428 | 103,570 | | | 378,663 |
| 7 | | 27,979 | | 458 | | 47,885 | | 15,962 | 39,904 | | | 132,188 |
| 8 | | 17,493 | | 1,590 | | 3,180 | | 6,361 | 15,902 | | | 44,526 |
| 9 | | 10,450 | | 1,493 | | 11,943 | | 5,972 | 14,929 | | | 44,787 |
| GH-1 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 2 | | | | | | | | | | | 8,145 | 8,145 |
| 3 | | | | | | | | | | | 8,756 | 8,756 |
| 合 計 | 121,052 | 169,745 | 11,527 | 16,995 | 23,292 | 175,697 | 19,925 | 81,881 | 204,700 | 16,935 | 25,046 | 866,795 |

リーンな形で熱供給を行なうことができるので、安全衛生、防災等の点で優れている。又、在来方式よりも設備が簡単になるので、使いやすく保守点検も容易である。

② 熱の供給を長期的に安定かつ豊富に確保することができること。

地域的なネットワークを設けて熱を供給するので、熱を電気や水道と同様にいつでも必要なだけ熱の供給を行なうことができるばかりでなく、燃料費が相対的に少ないので最近のようなエネルギー事情下ではコスト的にも安定性がある。

なお、発電所熱利用トータルシステムは、熱供給を需要に応じて間断なく行なうサービスシステムであり、電気やガスとほぼ同等の信頼性を確保することについて細かい配慮がなされており、在来のこれらのサービスシステムと同程度の信頼性の確保は技術的にさほど困難はないものと考えられる。

③ 地域の産業基盤の確立や生活条件の改善に寄与できること。

熱利用トータルシステムは、町ぐるみ、地域ぐるみの熱供給であり、特に融雪システムのような大規模な技術システムの地域社会に与えるインパクトには計りしれないものがある。例えば線から面への融雪は、従来必要最少限度とにどまっていた交通や産業活動を飛躍的に拡大させるばかりでなく、当該地域の冬場の閉鎖的の空気を一掃することができる。

(3) 燃料価格とモデルシステムの経済性

これまで述べてきたモデルシステムの経済性評価は、昭和 48 年初頭の建設単価及び燃料価格に基づいたものであるが、オイルショック以降これらの計算諸元は極めて流動的であり、特に燃料価格は表 3.24 に示すように著しく高騰

表 3.24 原油輸入価格の推移

| 年 月 | CIF 価格 (ドル/ バレル) | CIF 価格 (円/キロ リットル) | 比率 (%) |
|--------|------------------------|--------------------------|--------|
| 48年 1月 | 2.58 | 4,993 | 100.0 |
| 2月 | 2.71 | 4,986 | 99.9 |
| 3月 | 2.76 | 4,625 | 92.6 |
| 4月 | 2.82 | 4,701 | 94.2 |
| 5月 | 3.02 | 5,037 | 100.9 |
| 6月 | 3.09 | 5,146 | 103.1 |
| 7月 | 3.18 | 5,297 | 106.1 |
| 8月 | 3.25 | 5,419 | 108.5 |
| 9月 | 3.31 | 5,519 | 110.5 |
| 10月 | 3.46 | 5,778 | 115.7 |
| 11月 | 4.09 | 6,984 | 139.9 |
| 12月 | 5.02 | 8,840 | 177.0 |
| 49年 1月 | 6.06 | 11,067 | 221.7 |
| 2月 | 9.90 | 18,520 | 370.9 |

(備考) 1. CIF 価格は通関ベースで平均価格。
2. 2～4月にドル/バレルでは上昇しているが円/キロリットルで低下しているのは替為レートの関係による。

しているのでこれまでの評価をそのまま受け入れることはできない。とわいえ、コストの算定に用いた諸元の動向を詳細にフォローアップすることは到底不可能なので、以下大胆な仮定のもとに燃料価格の高騰がモデルシステムの経済性に与える影響について想定を試みた。

図 3.27 燃料価格と卸売物価の推移

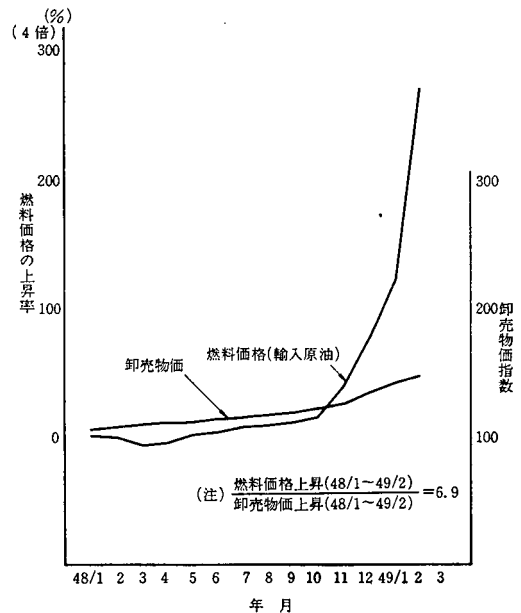


図 3.27 は、燃料価格と卸売物価の過去 1 年間（48 年 1 月～49 年 2 月）における推移を対比したもので、卸売物価も相当に高騰しているが、それにも増して燃料価格の高騰が顕著（卸売物価の約 7 倍）である。従って、熱コストの中に占める燃料費の割合の大きい在来システムの方が燃料価格の影響を受ける度合いが大きい。

熱コスト中に占める燃料費の割合は、モデルシステムでは高温水は 11～16%（冷庫を除く）、低温水は 2～8% であるが、在来システムではそれぞれ 20～30%、20～50% にもなっており、これを前述の燃料価格及び卸売物価の上昇率で外挿すると図 3.28～31 のようになる（燃料費以外の部分は、卸売物価に単純に比例して上昇するものとし、上昇率は実績から燃料費の 15% と仮定した）。これによると、例えば M 地点モデル住宅用（M-3）についてみると現状（オイルショック以前）では在来システムより割高

であるが、燃料価格の高騰によって逆に割安になることがうかがえる。

しかし、B 地点モデル住宅用（B-6）では、在来システムとの値差が大きく、資本費等の割合も著しく大きいので、ある一定の限度（燃料費の増分コストと資本費等の燃料費以外の増分コストが等しくなる点）を越えると逆に熱コストが開く傾向がみえる。

従って、モデルシステムの熱コストは、前提はあるが、今回のオイルショックによって相対的に安くなり、発電所に比較的近い熱需要場所すなわち資本費等の増分コストが限界以下のところでは、在来システムに十分対抗できるコストになっているものと想定される。

いづれにせよ、モデルシステムの経済性は計算諸元の設定如何によって有利にも、又不利にもなるので、その評価に当っては十分注意する必要がある。今日のように経済情勢が全般にわ

図 3.28 熱コストと燃料価格の関係

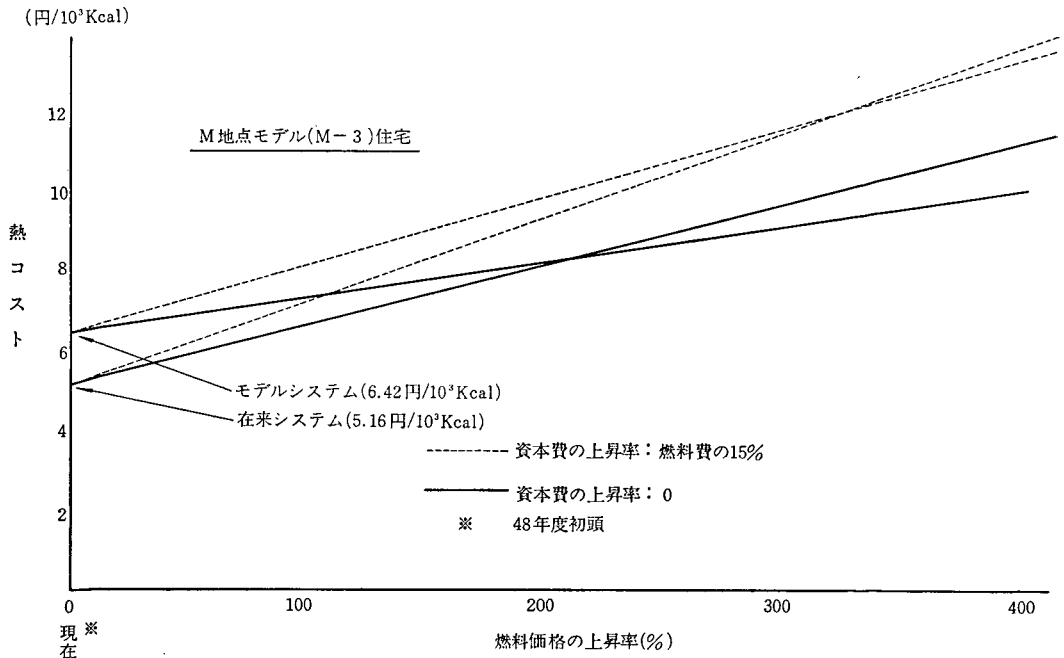


図 3.29 熱コストと燃料価格の関係

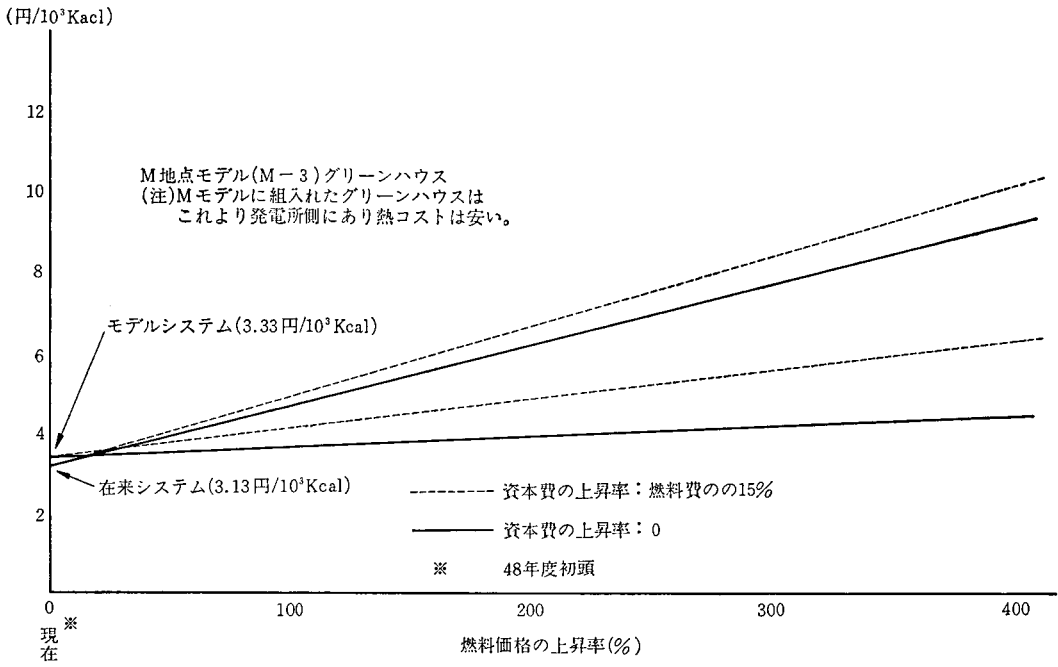


図 3.30 熱コストと燃料価格の関係

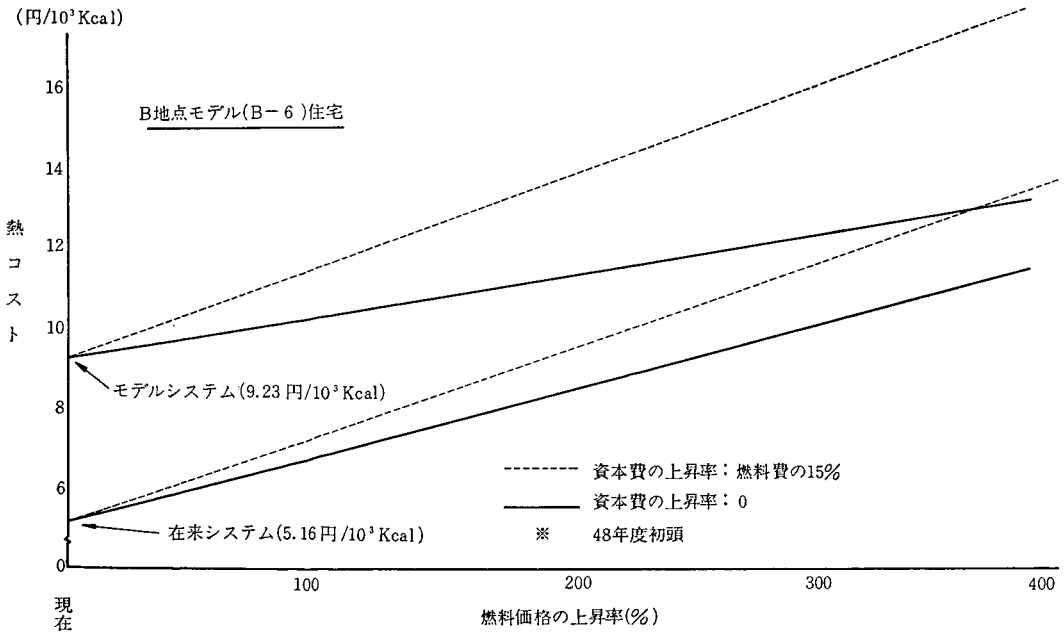
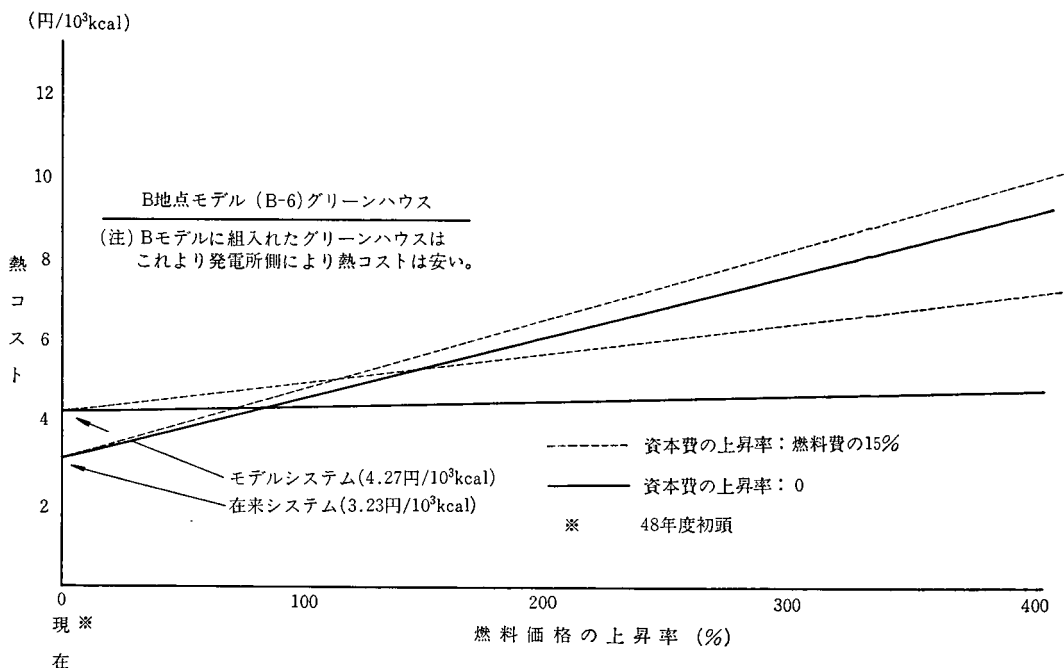


図 3.31 熱コストと燃料価格の関係



たって流動的で不安定の時には、とりわけ周到的な配慮が望まれる。

4. トータルシステムの運用管理

4.1 計測, 総括制御システム

熱供給システムの中心を構成するエネルギープラントとしてパワーステーション及びサブステーションの運用は相互関連を密にして総括的に制御する必要があり、その重要度は全併給システムの成否を左右する。

図 4.1 に制御系の概念図を示す。即ち制御系の基本値としては電力量、各熱併給需要元であるプロセス蒸気量、給湯冷暖房熱量、融雪等の低温熱量の 4 項目があり、是等の需要量及びその変化量に十分適応する制御系が要求される。この制御系は下記の制御系より構成され、

- (1) プロセス蒸気制御系
- (2) 高温水制御系

(3) 低温水制御系

(4) 発電所制御系

前者(1)~(3)項の制御系は最終的に(4)項の発電所制御系に帰着総括されることは図 4.1 に示す通りである。

(1) プロセス蒸気制御系

プロセス蒸気はパワーステーション近傍の工業設備で必要とする熱源を蒸気供給の形態で供給するもので需要家側としてはその圧力、温度が一定に制御された状態で必要な変化量に適応して供給される必要がある反面発電所側としては蒸気源をタービンよりの抽気により行なうためその蒸気源は発電所の運転状況特に負荷変化により圧力温度条件が変化する。従ってその制御の基本としては図 4.2 の如く圧力、温度制御を行なう必要がある。

プロセス蒸気源としてはタービンプラントの経済性より各抽気中最も適した抽気点を採用す

図 4.1 システム制御概念図

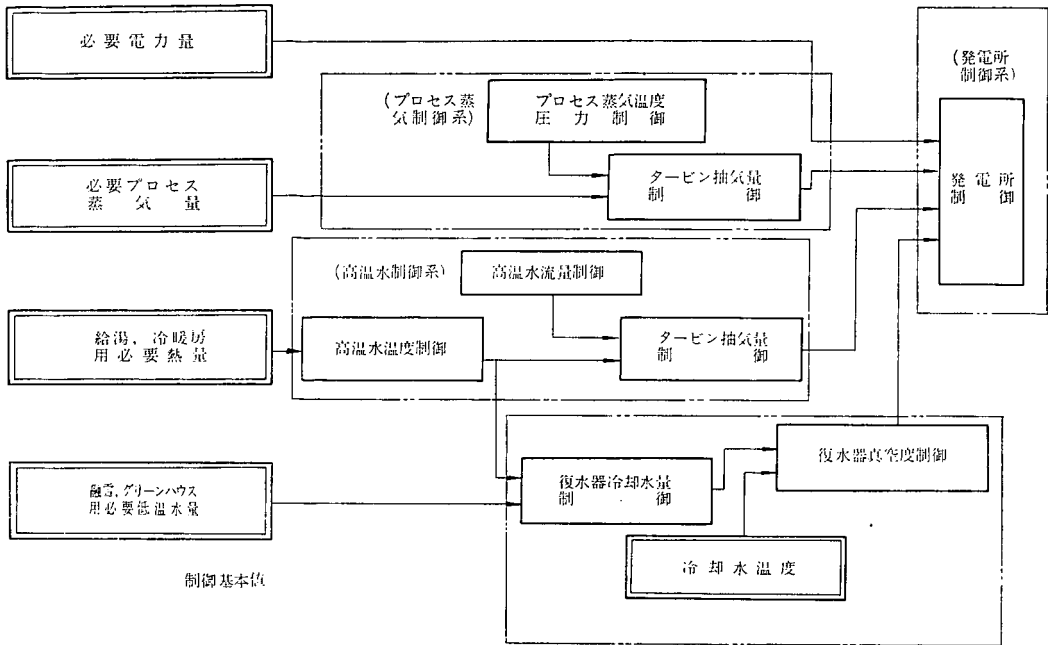


図 4.2 プロセス制御系

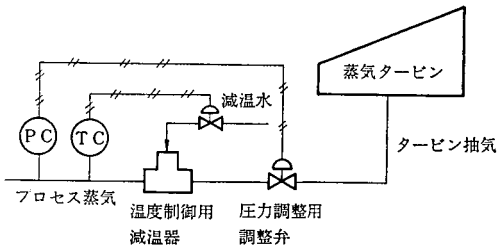
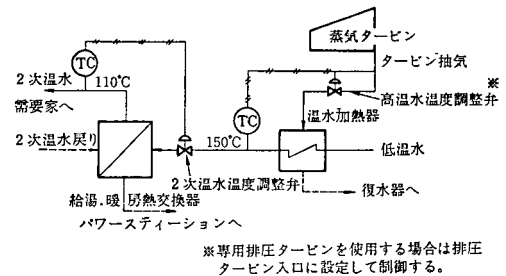


図 4.3 高温水制御系



※専用排圧タービンを使用する場合は排圧タービン入口に設定して制御する。

る必要がある。

(2) 高温水制御系

高温水の需要量、変化量は需要元の理由より季節的にも全システム中最も大きく変動し十分な制御を要求される系である。本系は図 4.3 に示す如く、高温水の温度一定制御を先行させ需要量変動に適応したタービン抽気量制御を行なうことを制御の基本とする。

本制御は特に流量の変化巾が大きいと予想されるため詳細設計に当っては各調整弁のレンジ

アビリティに十分留意する必要がある。

(3) 低温水制御系

低温水システムで外的条件より定められる基本値は、

- (a) 低温水必要量→降雪状況等により変化
- (b) 復水器冷却水温度→外的条件により変動

であり、エネルギープラントとして制御すべき項目としては

- (c) 低温水温度→40°C 程度に保持

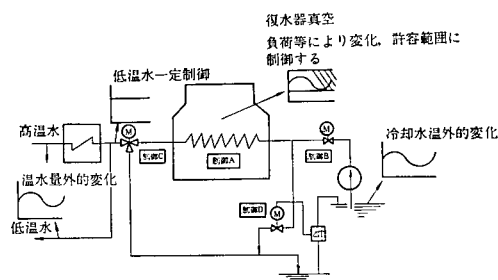
- (d) タービン真空度→タービン負荷変化にともなう真空度変化も含めて可能なかぎり経済的な真空を保持するとともに最悪の場合でタービン許容真空度範囲内に納める必要がある

これらの要素を満足すべく制御する制御項目は

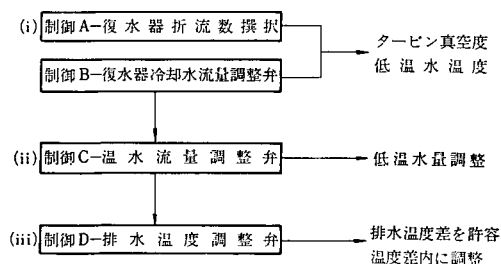
- (e) 復水器冷却水量
- (f) 復水器の折流数の選択

となる(図 4.4 参照)。

図 4.4 低温水制御系



従って本統系の制御は下記の如く3段階の運転を行なう。



低温水需要量が極度に少なく且つ発電量が大きい場合等に於てはタービン運転上要求される復水器冷却水量が低温水量より多くなる場合が有得るので余分の冷却水を河に戻す排水ラインが必要となる(具体的には夏期運転用として設置する海水排水ラインを利用することも可能と考えられるが)がこの排水ラインの温排水対策

の一例として上記制御Dが考えられる。

(4) 発電所制御系

上記(1)~(3)の制御系を従来の発電所制御システムに結合することにより総括制御を行なうことは困難なことではない。

4.2 保安対策、保護方式

本システムを大別するとエネルギーシステムとしての熱供給側と熱の供給を受ける需要家側に大別される。従って本項の検討項目としては

- (a) システム全体の高信頼性化
- (b) 供給側のトラブルに対する需要家側の対策、保護
- (c) 需要家側のトラブルに対する供給側の対策、保護

に大別されるが、基本的には本計画の如き大規模は供給システムに於ては先づシステム全体の高信頼化、安定化が要求され、次に個別の各構成機器の他系よりの影響よりの保護を合せて検討すべきである。

(1) システムの高信頼性化

従来より発電所は最重要エネルギーである電力の供給源として社会生活の安定上極めて高い信頼性を要求され、安定供給設備として認められていることは周知の通りである。その背景としては高度の材料面での開発、製作技術の向上、細心の保守等の積上げがあり、是等が本計画の如き、多岐なシステム化に於ても十分反映されなければならない。

又、本システムは全シーズンの熱供給を対象としており、冬期、夏期とシステムの運用が異なり、長期間停止後の高負荷運転等の厳しい運転条件となること、又はシステムが距離的に広範囲に渡ること等システムの保守の面が最大のポイントとなる。従って是等システムの完全な保守体制を確立することがシステムの高信頼化

に最も大切な事項となる。具体的なアプローチとしては全シーズンを通しての各設備の定期的点検のスケジュール化が先づ大切であり、次に運転中の保守としてトラブルの早期発見、対策のための設計上の配慮であり、是れは適切な予備機の配置、異常個所の明確な把握のための設備の設置等に反映されることになる。

本システムが上記の如く地域的に広範囲に渡り自然現象にさらされる部分も多く長期運用に於て自然劣化の現象はある程度避け得ない環境にあると考えられるので是等保守の完備は重要視されるべきである。

(2) 供給源の安定性について

熱併給システムの面から供給源であるパワーステーションの安定性は先づ第一に要求されるのは当然であるが、各種熱源はそれぞれ需要元の状況により、その安定化の内容は異なる。

先づプロセス蒸気については需要元の形体により種々異なるが、共通点として

- ① 熱源としての蒸気の圧力、温度等の条件に高い精度が要求されること
- ② 非常時に於ても一定最少限度の熱源は確保されること

等極めて高い信頼性が要求される。

高温水については対象が一般地域福祉を目的としており、当然安全供給は要求されるが、例えば短時間の一時的な供給量の減少等は設容される性格を持っており、且つサブステーションの性格から高温水の温度変化の度合は熱量さえ確保出来れば多少の変化巾は許容される事情にある。

又低温水については目的が融雪、グリーンハウス用であり、温度条件、流量の減少（一時的な停止を含めて）については大きな許容巾を持つと云い得る。

上記需要側の事情に対し供給側のパワーステーションとしては発電所事故による停止時の熱供給は下記の状態にある。

- ① プロセス蒸気—発電所停止時に於ても短時間（供給量による）はボイラ残熱により供給可能
- ② 高温水—①と同様短時間の送温はボイラ残熱により供給可能
- ③ 低温水—タービン停止により送水は不可能となる

従って需要家側の要求と供給元である発電所の機構面から発電所停止時でも短時間の間は供給機能を持続することは可能と考えられるが、長時を考えた場合は発電所の停止は当然併給システムとしては問題となる。

次に、発電所の停止するケースを考えた場合

- ① 電力需要が無くなり発電所を停止する場合
- ② 発電所定期検査、点検等により停止する場合
- ③ 送電系事故等により発電所を停止させる場合
- ④ 発電所自体の事故により停止する場合

等のケースが考えられる。①は本計画に於ては検討外とすべきである、②は定期に行なう必要がある、③、④は発電所高信頼化にともない、その頻度は極めて少ないが検討上無視することは出来ない。

停止の形体としては②はスケジュールに合せ1ユニットづつ行なうため2ユニット以上の重複は無いと考えて妥当である。③は送電系が共通の場合数ユニット同時停止の可能性を残す。④は高信化にともない数ユニット重複することはないとして妥当である。

以上の理由により②と④の重複化を考えた場

合2ユニット停止のケースが考えられ、発電所としてはその場合でも熱供給可能とするためユニット数は3台以上が望ましい。又④のケースを考えた場合は送電事故時のプラントの所内負荷運転又は早期再起動により対処する必要がある。

以上の発電所側の対策に加えて各送熱系、機器に適切な予備材を配した場合供給システムの安定を確保出来ると判断される。

おわりに

生活水準の向上とともに、生活施設の装置化が進展し、熱供給についても次第に広域化して都市を結ぶ高温水パイプラインの発達を見る事であろう。現在では経済性について問題が残るが長期的にみれば負荷率や燃料費の上昇とともに問題が変わって行くであろう。

今回、検討された大規模電源による熱利用システムについてトータルシステムの運営管理や長距離のパイプライン敷設、大量の淡水を得るための河口堰の建設など現在の技術で難しいものはない。ただ、水質管理の問題についてはさ

らに検討を必要とする点が残っている。熱供給はそれを必要とする自然条件や、それを可能とする技術的問題の解決だけで成立するのではなく、それを要請する国民生活的背景および、それを支える経済的、政治的条件が満足されねばならない。

今回の調査がエネルギーの海外依存度、環境問題などから見て、国のエネルギー政策や発電所周辺整備の充実に対して、参考になる事を期待するものである。

<注記事項>

最後に次の各事項についておことわりして置く。

- 1) 本報告書中に用いられた各モデルはケーススタディのためのものであって、単にその地域の地理的、社会的条件を借用したものであり具体的な計画ではない。
- 2) 経済性検討に用いた各設備工事費、燃料費などの価格は特に断らない限り昭和48年初頭の価格であって、石油急騰以前の価格である。
- 3) 本調査の結果、発電所の熱利用、周辺地域整備については将来の計画設計の資料となるであろうが、実際具体化には更に技術、経済、社会等各分野に亘る関連調査を行い、技術事前評価(T. A)を行う必要がある。

(みなせ こういち, ひらの むつひろ)
技術経済研究部