

# 「未利用エネルギー高度活用負荷平準化冷暖房技術開発」研究成果総括

神奈川大学教授 / 未利用エネルギー技術委員会委員長  
中原信生

## 1. はじめに

未利用エネルギー活用の背景には省エネルギーと地域・地球環境保全の大テーマがある。本プロジェクトが発足した1991年の時点は、総合エネルギー調査会の中間報告に基づいて策定された諸種の新たな省エネルギー対策・新エネルギー開発政策の立ち上がりの時期であるとともに、地球温暖化防止のための気候変動枠組条約交渉会議が頻繁に開催された年でもあり、1992年に同枠組条約なるものが姿を現し署名され、1994年3月に発効すると言う、ある種際どい時期であった。そして周知の通りその枠組が定まったのが、奇しくも本プロジェクトが収束する直前の昨年12月の第三回気候変動枠組条約締約国会議(COP3)京都會議であった。このことは、この未利用エネルギー活用に関するプロジェクトの7年間の研究開発が、省エネルギー問題が地球温暖化防止の世界的公約という重い衣を纏って再登場するプロセスに寄り添うように展開してきたのであり、この開発成果をまさに有効に活用して国の内外に啓蒙普及して行くべき役割を負わねばならないことを強く意識させられるのである。

さて、合意されたこの日本の削減目標に従えば、既に我が国では二酸化炭素排出量(炭素換算百万トン基準)が1990年(287.2)より1996年(314.2)までに9.4%、年率にして1.5%(1995年から1996年の一年間では1.2%)増大させている。1997年度も実績として前年同様1.2%の伸びを示すと仮定し、現行エネルギー需要予測に基づく2010年の排出量(347)を基準とすれば実に残り13年間に1990年度基準で27%の削減を、1997年基準で換算すれば、1998年より12年間に互り年率1.25%の割合で削減して行かねばならないこととなる。言うまでもなくこの中で最大の温暖化物質は二酸化炭素であり、これはエネルギー資源問題、エネルギー消費と直接の関係が有る。

通産省が一昨年公表したエネルギー需給の超長期シナリオに基づくシミュレーション結果によれば二酸化炭素排出量の削減の大きな要素として原子力発電施設の倍增計画が含まれているが、たとえそれが可能としても2010年までの中長期での100%の効果発現は期待出来ない。とすればこの削減はその大部分が省エネルギーによって賄われねばならないのであって、民生業務部門に有っては個別ビルの省エネルギー対策と共に、新エネルギーを含む未利用エネルギーを高度に活用した熱供給システムの高効率化がその役割の一端を強力に背負わなければならない。

熱供給システムまたは地域冷暖房システムは、将来的には民生用エネルギーのうち70%近く、言い換えれば全エネルギー消費の20%弱を占めることになるかと推定される暖冷房給湯エネルギーを、社会システムの一環として居住者の幸福利便性の向上に貢献しつつ省エネルギーを実現することの出来るものと位置づけられており、それを真実のものとするためには未利用エネルギー活用と負荷平準化技術の地域レベルから草の根レベルに互って普及啓蒙の展開は極めて重要であり、政策課題として大きくクローズアップされねばならない。開発に当たられた各企業は厳しい競争に耐え抜いてこの開発成果物を普及させるのに努力して頂きたいし、公共団体・私的事業者を問わず、知識を広めて未来に生きるシステム選択をして頂きたいし、また、NEDO及びヒートポンプ・蓄熱センターにおいても啓蒙・普及の役割を積極的に背負って行く姿勢を示し新たな活動を開始すべきものとする。

## 2. 未利用エネルギー概要と本プロジェクトの開発対象

未利用エネルギーとは都市内部における生活・業務・生産活動の結果として生じ、そのままか、あるいは殆ど有効に回収されることなく環境中に放出されている各種温度レベルの熱エネルギー、ならびに自然に豊富に存在するものでその活用が都市環境に生態学的に有意な影響を与えないと思われる自然エネルギーを言う。

これらの未利用エネルギーの特徴は一般に、広く希薄に分布する、時間的変動が大きい、需要地との距離が離れている、ものが多い。但し、発電廃熱のように局所集中的に存在するもの、ビルの冷房廃熱と暖房負荷のように同一場所に存在しかつ季節によって熱需要の質が逆転するものがある。そしてこれらの活用にあたっては、未利用であった原因ないし制約としての、従来常識から見れば非常識と思われるレベルでの熱の回収・貯蔵・輸送面における技術開発、社会資本投資と行政的対応が必要となった。

上述の定義に基づけば太陽および風力エネルギーもまた大きな未利用エネルギー源であるがこれは国の別の長期プロジェクトの範疇に含まれており、本プロジェクトにおいては主として都市廃熱と環境温度差エネルギーがターゲットとされた。図1はそのイメージ図である。

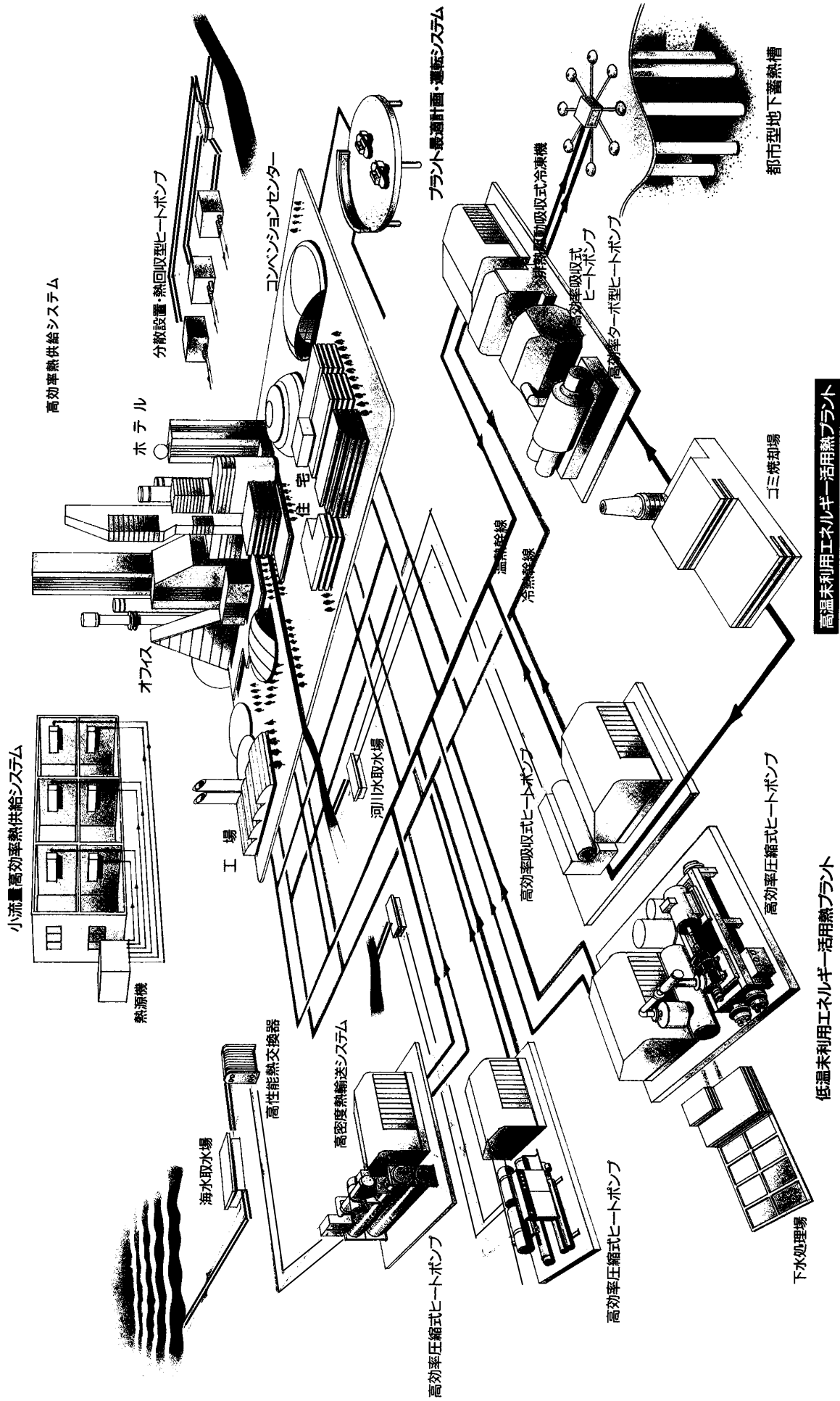
## 3. 開発テーマの概要と経過

### 3.1 開発テーマ概要

未利用(正しくは低活用)の都市廃熱(変電所・地下鉄・下水等の都市インフラ施設)と環境水温度差(海水・河川水等)エネルギー、及び高温の都市廃熱(主としてごみ処理廃熱、これに類するものに適用可能)を効率的・省エネルギー的に活用するための開発要素技術ならびに調査課題として、熱交換器(2課題)、機械圧縮式ヒートポンプ(4課題)、吸収ヒートポンプ(3課題)、熱輸送・蓄熱(4課題)、最適計画プログラム(2課題)が設立された。開発期間を通して用いられた課題名称・区分、担当企業を表1に示す。

表1 開発課題と開発企業

開発課題	No	開発企業	開発のキーワード
低温未利用エネルギー活用熱プラントの要素技術開発			[ 低温温度差熱対応 ]
1. 未利用熱源対応熱交換器			(低質水対応メンテフリー)
1) 自然熱源対応熱交換器		日阪製作所	海水・河川水対応、大NTU
2) 都市廃熱対応熱交換器		住友精密工業	排気・排水対応2種、コンパクト化
2. 高密度熱輸送システム		中部電力・三菱重工業	氷水・PCM輸送
3. 低温未利用熱源対応ヒートポンプシステム			(高効率化・高ヘッド・効率的容量制御)
1) 熱源負荷対応ヒートポンプシステム		関西電力・前川製作所	直接接触型蓄氷
2) 低温熱源対応ヒートポンプシステム		三菱電機	海水直接投入・メンテフリー
高温未利用エネルギー活用熱プラントの要素技術開発			[ 高温廃熱駆動 ]
1. タービン駆動ターボ型ヒートポンプシステム			(高効率化・効率的容量制御)
1) 熱源負荷対応同時取り出しヒートポンプシステム		三菱重工業	高ヘッド 5/70°C 冷温同時取り出し
2) 熱源負荷対応高効率ヒートポンプシステム		日立製作所	最高効率、冷温同時取り出し可
2. 高効率吸収式ヒートポンプシステム			(新型吸収サイクル)
1) 自然熱源対応吸収式ヒートポンプシステム		東京ガス・三洋電機	低温熱源水対応デュアルサイクル
2) 都市廃熱対応吸収式ヒートポンプシステム		大阪ガス・日立造船	三重効用 最高COP
3. 廃熱駆動吸収式冷凍機		東邦ガス・矢崎総業	60°C低温水駆動
4. 都市型地下蓄熱槽		日揮・清水建設・新日鉄	大深度温度成層型、冷温同時蓄熱可
高効率熱供給システム開発			[ 高効率熱輸送 ]
1. 小流量高効率熱供給システム		荏原製作所	大温度差水搬送・蓄熱
2. 分散型未利用エネルギー活用システム		ダイキン工業	熱源水搬送分散熱回収ヒートポンプ
プラント最適計画・運転システム開発			[ ソフトウェア ]
1. プラント最適計画・運転技術調査研究		ヒートポンプセンター	技術調査と評価
2. プラント最適計画システム		清水建設	最適計画期間の短縮、プレゼン活用性
3. プラント最適運転システム		東芝	確実な運転経済性実現



高温未利用エネルギー活用熱プラント

低温未利用エネルギー活用熱プラント

図 1 未利用エネルギー高度活用システムのイメージ

### 3.2 開発目標値

表2に各テーマの開発目標値と適用分野の概要を載せる。

表2 研究開発目標値と適用分野

#### ■研究開発目標と適用分野

要素技術		研究開発目標				主な開発技術の適用分野	
高性能 熱交換技術	自然熱源対応熱交換器	熱通過率 <b>5.815W/m<sup>2</sup>K</b> 、熱移動単位係数 (NTU) <b>8</b>				海水を熱源とするプラント用熱交換器	
	都市排熱対応熱交換器	空気熱源	設置面積・容積低減率 約 <b>38%</b> 耐圧性向上率 約 <b>25%</b>			地下鉄、地下街、変電所等の排熱回収用熱交換器	
		生下水熱源	設置面積・容積低減率 約 <b>40%</b> 耐圧性向上率 約 <b>20%</b>			下水幹線、下水処理場・ポンプ場の生下水からの排熱回収用熱交換器	
高効率冷・温熱 製造技術	熱源負荷対応ヒートポンプシステム		COP	熱源水・冷却水温度	取出口温度	地域冷暖房や産業用施設の冷暖房用熱源機	
		加熱	<b>3.8</b>	10℃	45℃		
		製氷	<b>3.4</b>	25℃			
	低温熱源対応ヒートポンプシステム		COP	海水出入口温度	取出口温度	海水熱源の地域冷暖房、ビル、工場等の高温給湯用熱源機	
		加熱	<b>3.0</b>	5/2℃	60℃		
	熱源負荷対応冷温同時取出ヒートポンプシステム		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機	
		加熱	<b>3.2</b>	12/5℃	50/70℃		
	冷却	<b>5.0</b>	27/37℃	12/5℃			
高密度熱輸送技術	熱源負荷対応高効率ヒートポンプシステム		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機	
		加熱	<b>3.8</b>	15/10℃	55/60℃		
		冷却	<b>6.0</b>	25/30℃	12/7℃		
	自然熱源対応吸収式ヒートポンプシステム		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機	
	加熱	<b>1.4</b>	7℃	42/47℃	155℃		
	冷却	<b>1.3</b>	25℃	12/7℃	158℃		
	都市排熱対応吸収式ヒートポンプシステム		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機	
	加熱	<b>1.8</b>	15℃	42/47℃			
	冷却	<b>1.5</b>	25℃	12/7℃			
	排熱駆動吸収式冷凍機		COP	熱源水温度	冷却水温度	取出口温度	ごみ焼却排熱、ソーラーシステム等からの低温水を活用した冷水製造
	・冷却	<b>0.53</b>		60℃	25℃	7℃	
大規模都市型蓄熱技術	高密度熱輸送システム	冷熱輸送	IPF= <b>15%</b> 以上、出入口温度7/14℃に対して熱輸送密度 <b>3.3</b> 倍以上			地域冷暖房・プロセス用設備の冷熱、温熱、未利用エネルギーの輸送	
		温熱、未利用熱輸送用	潜熱カプセル <b>34.89Wh/L</b> 以上、PF= <b>15%</b> 以上、熱輸送密度 <b>1.8</b> 倍以上(Δt=5℃顕熱に対して)				
高効率熱供給技術	都市型地下蓄熱槽	熱損失率(熱損失量/蓄熱量) <b>5%</b> 以下(断熱防水なし) 容積効率 <b>90%</b> 以上				都市部における地域冷暖房用の蓄熱装置、都市防災対策設備との兼用	
プラント最適計画・最適運転技術	小流量高効率熱供給システム	年間一次エネルギー消費量 <b>15%</b> 以上削減				地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機	
	分散型未利用エネルギー活用システム	冷温水搬送方式	年間一次エネルギー消費量 <b>30%</b> 程度削減			ホテルや集合住宅の冷暖房・給湯用熱源機	
		冷媒搬送方式	年間一次エネルギー消費量 <b>23%</b> 程度削減			個別住宅や小規模施設の冷暖房・給湯用熱源機	
実証試験	プラント最適計画システム	評価作業時間の短縮(従来方式の <b>1/7</b> 程度)				地域冷暖房や個別建物に対する未利用エネルギー活用システムの事前評価	
	プラント最適運転システム	総合経済効率(熱の製造コストと販売費の比) <b>20%</b> 以上向上				地域冷暖房、上下水道プラント、製造プロセスの最適運転管理	

### 3.3 開発経過

#### (1) 全体スケジュール

表3に本プロジェクトの年度ごとの研究開発経過を示す。なお、「調査」が全期間に延びているのは調査分科会の作業を示している。

表3 研究開発スケジュール

開発項目	平成3年度	平成4年度	平成5年度	平成6年度	平成7年度	平成8年度	平成9年度	
調査								
要素技術開発	設計			中間評価			最終評価	
	製作・試験							
実証試験	設計製作							
	実証運転							
	評価作業							

(2) 実証試験

実証試験は表4に示すように、全国3個所の地域熱供給プラント、2個所の下水処理場、海沿いの発電所・ビル各一個所、工場実証に適するテーマについては4個所の事業所において遂行された。

表4 実証試験サイトと実証施設の概要

実証サイト	東京臨海副都心			埼玉県荒川左岸北部流域下水道元荒川終末処理場	関西電力南港発電所	神戸市垂水下水処理場	福岡シーサイドもち地区	工場実証
	有明南プラント	青海南プラント	晴海客船ターミナル					
サイト機関	東京臨海熱供給(株)	東京臨海熱供給(株)	東京都	埼玉県	関西電力(株)	神戸市	(株)福岡エネルギーサービス	—
未利用エネルギー	清掃工場排熱	排気ダクト排熱	海水	下水処理水	海水	下水処理水	海水	—
実証システム概要	有明南熱供給プラントの機械室に実証設備を設置し、熱を供給します	テレコムセンターの地下室に実証機を設置し、作業員室、休憩室の冷暖房給湯を行います	客船ターミナル内に実証機を設置し、冷温水の供給を行います	元荒川処理センターの敷地内に実証機を設置し、管理棟の冷暖房を行います	発電所敷地内に実証機を設置し、事務所棟の冷暖房を行います	垂水下水処理場の敷地内に実証機を設置し、管理棟の冷暖房を行います	第一熱源センタープラント内に実証機を設置し、冷温水の供給を行います	—
実証テーマ	性能評価、トッピングシステムの有効性評価	・熱源機省エネルギー性評価、負荷追従性の確認 ・熱交換器熱交換排熱回収状態の評価	・熱源機性能評価、海洋生物付着防止性能の確認 ・熱交換器性能評価、防汚効果の確認	・熱源機性能評価、負荷追従性の確認 ・都市型蓄熱槽性能評価、槽本体の健全性確認 ・運転管理システム最適性の把握	性能評価、負荷追従性の確認	性能評価、クリーニングシステムの性能確認	・熱源機性能評価、負荷追従性の確認 ・熱交換器性能評価、防塵効果の確認	(開発テーマ) ・高密度熱輸送システム ・小流量高効率熱供給システム ・分散型未利用エネルギー活用システム ・プラント最適計画システム

4. 開発成果とその評価、適用性

4.1 熱交換器

(1) 概要

熱交換器は低温未利用エネルギー活用に欠かせないもので、低質水(海水・河川水・生下水・処理下水)と換気排気を対象とし、コンパクト化・高効率化・メンテナンスフリー化を開発目標としている。

(2) 成果概況

プレート式熱交換器(日阪製作所)

NTU=8、すなわち1次、2次両側の水温レンジを同一とした場合にレンジとアプローチの比率が8であることを目標とした。言い換えれば5°C差に対しては2次側水温が0.5°Cまで1次側水温に近づく、ということである。また、水質に応じて温水方式かオゾン方式かの何れかの防汚方式を採用し、適切な間隔(とくに水質の悪い晴海客船ターミナルサイトの例でオゾン防汚処理頻度38時間/回)を保つことによって性能低下を初期性能(熱交換性能と圧力損失)の6%以下に抑えることが出来ることが確認された。設計に当たってはこれを考慮する必要がある。

-A 空気熱交換器(住友精密)

高密度フィンの開発により20%以上のコンパクト化とコストダウンを達成。コンパクト化は空間節約による経済効果も生じるので有効である。換気排気は汚染度は比較的少なく、対目詰まり性の向上によりメンテナンスも容易。

#### -B 流下式下水熱交換器(住友精密)

目標値の40%以上のコンパクト化とコストダウンを達成、200ppm人工下水に対して非接触高圧ジェット洗浄を最大2回/日行うことによって低メンテナンスにて性能を保持できることが実証された。

### 4.2 機械圧縮式ヒートポンプ

#### (1) 概要

今回のヒートポンプのテーマはSHP(スーパーヒートポンプ)開発の教訓に従い、高性能化の目標値としてはチャンピオン性能を求めるとだけでなく、経済的にも十分に保証される範囲で開発完了則実用化の可能な水準が狙われた。けだし、これは穏当な考え方であり、システム総合性能の向上と言う観点からは、徒に定格値の一点性能を高めるよりは、

- ・年間の熱源温度変動と負荷変動に効率よく対応できる要素機器の制御性能の向上
- ・同じく、システム全体の制御性能の向上
- ・低質な未利用ヒートシンク・ヒートソースに対し経年的に確実な性能保持

がむしろ重要である、という点に着目されたと言うことであろう。従って要素機器開発に対応して最適設計計画、最適運転管理計画のソフト開発が同時に視野に含まれている。

一方、時代の要請により、地球環境問題を視野に置いた開発が底流に有る。すなわち、機械圧縮式ヒートポンプにおいては脱CFC/HCFC化を徹底し、また吸収ヒートポンプに対しては未利用エネルギーの温度範囲に対応した適用性の拡大を行い、総体として、需要と未利用エネルギーのローカルな適用条件のバリエーションに対してケースバイケースで最適システムが組めるように配慮されたと言える。

#### (2) 目標値と適用性の分布

表1, 2のテーマ名称はそれぞれ微妙に似通っていて判別し難いので、図2に各ヒートポンプの熱源温度、出力温度の対応範囲と目標COPを示す。

#### (3) 成果概況

##### 熱源負荷対応・アイスメーカースクリュウヒートポンプ(前川製作所)

直接接触式製氷に伴う潤滑油の混入、クラスレート化の防止などに対してR318冷媒の採用、オイルフリー型スクリュウ圧縮機の開発を行い解決し、氷蓄熱・氷搬送による高密度熱輸送と蒸発温度を高くしてCOPの向上を実現した。しかしながら同一冷媒にて暖房時に運転は出来ず、非共沸混合冷媒を用いて運転可能なるも、冷媒を入れ替えるのは非現実的であり、低温空調など冷房専用を用いるのが好ましい。

##### 低温熱源対応・海水直接投入型高温出力スクリュウヒートポンプ(三菱電機)

熱交換器を不要とし3°C程度までの低温熱源を最高度に活用するために、オゾン防汚式海水直接投入型高温(給湯)出力スクリュウヒートポンプを開発した。完全にメンテナンスフリーであり、オゾン処理に伴うオキシダントも完全に除去するシステムである。年間効率を高めるために圧縮容積可変としている。適用温水範囲はフレキシブルである。

##### 熱源負荷対応冷温同時取出し・高温出力ターボヒートポンプ(三菱重工)

4段圧縮ターボを用いて70°Cの高温出力を高いCOPで実現、暖房・給湯とともに冷房出力も取出す冷温同時取出しとすれば実質COPが更に向上する。容量制御には特に留意して熱源温度と付加変動に高効率に対応する。従って熱交換器と組み合わせて各種の低温熱減衰に対応可能である。温水適用範囲はフレキシブル、駆動源には高温廃熱蒸気駆動タービン、或いは電動でも良い。

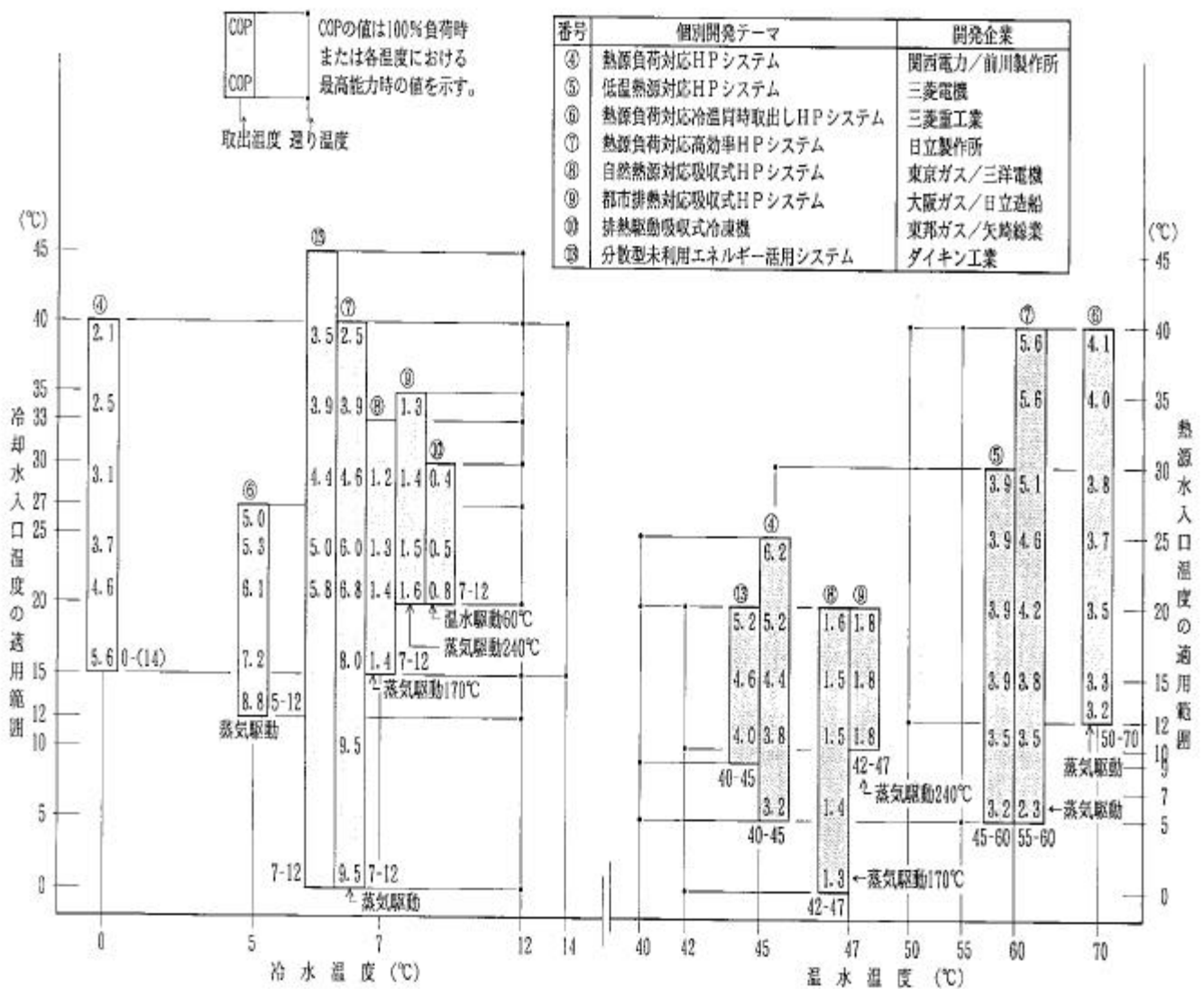


図2 開発ヒートポンプの熱源水・出力水温度範囲と目標COP

熱源負荷対応高効率・高温出力ターボヒートポンプ(日立製作所)

熱源温度変動・負荷変動に特に留意し、極低負荷でも高効率で作動するように各種容量制御組み合わせ、夏、冬とも従来より大幅に高いCOPで運転。経済性も十分。COP、環境負荷とも35%低減の実績を上げた。温水適用範囲、駆動源ともにフレキシブルである。

#### 4.3 吸収式ヒートポンプ

##### (1) 概要

吸収式ヒートポンプ(冷凍機)は冷媒が水であることから脱フロン効果が大であり、また廃熱や太陽熱利用によって有効な仕事、即ち冷凍出力を得ることが出来るから80°C以上の中・高温未利用エネルギーの活用のための重要なツールである。しかし熱力学的制約からCOPが小さくまた冷媒そのものの特性から低温熱源を利用できないと言う欠点があった。この間の制約を突破するための技術開発が今回行われ、

- ・高温廃熱によって最大のCOPを発揮させる 三重効用
- ・低温熱源からの再熱を可能とする デュアルサイクル
- ・中低温廃熱からの仕事=冷凍出力を得る ダブルリフトサイクル

の技術が確立された。何れも経済性を確立するための更なる展開が必要であるが、これまでに無い新しいコンセプトの機械が実現したことの意義は大きい。

##### (2) 目標値と適用性の分布

図1を参照されたい。

##### (3) 成果概況

自然熱源対応・デュアルサイクルヒートポンプ(東京ガス・三洋電機)

海水・河川水など、利用可能な表水の利用温度は4°C程度が下限であるとしてそのような低温から再熱可能な吸収サイクルとして、低温域にTFE/NMP系サイクルを付加したデュアルループの二重効用サイクルが開発され、所定の目標値を達成した。

都市廃熱対応・三重効用吸収ヒートポンプ(大阪ガス・日立造船)

ごみ処理廃熱或いはその他の産業排熱で250°Cレベルの廃熱が得られるとき、従来の二重効用ではエクセルギー(仕事を発生する能力)を十二分に発揮させることが出来ず無駄に廃熱を消費していることになる。そこで高温部の吸収液に硝酸塩混合物を用いて三重効用化し、240°C以上で1.5以上の冷凍COP、熱源水15°C、47°C出湯で1.8以上のヒートポンプCOPを可能とした。ただし三重効用形成までの時間が無視できず、高温廃熱利用のベースロード用として特に有効である。

低温廃熱駆動吸収冷凍機(東邦ガス・矢崎総業)

従来の吸収冷凍機では安定的な運転を得るためには駆動熱源に理論的には低くとも75°C以上の温度が必要であった。しかし産業排熱の中には60°Cレベルの廃熱を多量に出すプロセスもあり、また太陽熱利用冷房では低温化することにより集熱器価格の低減、集熱効率の向上を果たすことが出来るなど、従来無駄に捨てられてきた熱エネルギーを一転して資源化することが可能となる。本開発は広範囲の熱源温度に対して0.6以上のCOPを得ることを可能とした。未利用エネルギーシステムの中では数段直列して用いる必要性が生じるので、可変温度差型大温度差向きの要素開発も必要となろう。

#### 4.4 熱輸送・蓄熱

##### (1) 概要

熱的システムにおけるシステムの効率阻害要因は、熱損失とこれによる熱エネルギーの低質化(低温化、低エクセルギー化)、ならびに熱需給のアンバランスによる利用率の低下があ



る。これを全体として熱輸送の課題として把握できるが、さらにこれを熱搬送と蓄熱とに区分する。

都市の未利用エネルギー活用地域熱供給システム構築の観点からは、熱供給導管の小サイズ化或いは無断熱化、蓄熱槽の所要面積の低減が課題である。前者に対しては大温度差利用・潜熱利用による小サイズ化、土中温度にほぼ等しい熱源水配管が有効、後者に対しては大深度化の方向がある。なお、熱源水配管は無断熱の故に周辺地盤を蓄熱体と見ることも出来る。

## (2) 成果概況

### 高密度水スラリー・PCM潜熱輸送システム(中部電力・三菱重工)

輸送対象は冷水・温水・未利用熱源水とする。媒体であるアイススラリー及びPCM搬送に関しては、輸送管の管路抵抗、払出し装置の小型化、熱計量、空調機の制御性、PCMカプセルの耐久性・温度範囲、高密度化等の課題が有る。このうち、管路抵抗係数の同定、熱計量とPCMの耐久性については満足できる結果を得たが、他については課題を残している。とくに未利用熱源水への適用は温度を確定し難い難点がある。高密度化はスラリーで23.8kcal/l、温水PCMで16.6kcal/lの熱密度を実証し得た。

### 小流量高効率(大温度差)熱供給システム(荏原製作所)

高密度搬送のオプションは冷温水を大温度差で利用することであり、輸送技術としては単純でしかも、搬送動力の低減、熱源COPの向上、蓄熱槽容量の低減など、大きな省エネルギー効果が得られる。このテーマでは温水系28°C、冷水系13°Cの温度差を用い15%の一次エネルギー節減を目標とした。課題としては小流量であるがために負荷制御や温風吹出し時の空気分布に考慮を払う必要があり、実証試験に基づいて適切な設計マニュアルを必要とする。

### 分散型熱源水配管方式熱回収システム(ダイキン)

A:冷温水搬送式(ビル用)、B:冷媒搬送式(住宅用)

熱源水搬送は配管断熱不要、地盤熱をバッファーとして活用できる、地域配管をヒートバランスの媒体と見なして地域熱回収を行う、などの省エネルギー利点があるが、その効果は第一義的に各建物内で熱回収を完成させることが重要である。そのための適切な中・小規模の(大規模のものは従来からダブルバンドルターボとして存在した)熱回収ヒートポンプのプロトタイプが開発が行われた。実証試験はその効果を確認した。

### 都市型大深度地下蓄熱槽(日揮・清水建設・新日鉄)

地域システムに負荷平準化目的で蓄熱槽を設ける時は、蓄熱槽平面積が十分に確保できないので媒体の高密度化の有無に拘らず、かなりの深さを必要とする。直径6mで深さ100~400mとすれば敷地面積の節約としては十分である。大深度水蓄熱は温度成層効果の増大、上下に冷温水同時蓄熱が可能、また水を防災用としインフラとしても活用できるなど、多面的な活用性も有る。開発内容は工法・性能予測手法、システム化技術等であり、実証により所定の評価を得た。

## 4.4 プラント最適計画・運転プログラム

### (1) 概況

地域熱供給の汎用的計画プログラムは未だ日本に存在しないし、特定ユーザーのものであっても未利用エネルギー活用に十分に最適化の効果を発揮する計画プログラムはどこにも存在せず開発意義は大きい。一方、真の省エネルギーは完成後の運転制御・保守管理の最適性、きめの細かさ、状況変化に的確に対応できる学習・予測により成就するのであるが、これまた汎用化されていない。今回のプロジェクトで開発された要素機器をシステム化するに当たって、機器や未利用熱源、エネルギー料金その他の評価用データベースを整えて、開発完了後直ちに应用され普及されねばならない、との観点から2種のソフトが開発された。

ソフトウェアには各種のメンテナンスが必要であり、一般ユーザーがそれを為し得るのは非常に困難である。ここに要素機器とは異なった立場で評価されるべきであり、また今後の課題を捉えねばならないであろう。

## (2) 成果概要

### プラント最適計画プログラム

上記に基づき、従来2週間以上の期間を有するのが常識である計画期間を2日程度で完了させるのを目標とし、データベースの完備と操作性の良さ、出力情報の加工の柔軟性を十分に考慮した操作性に優れたプログラム開発が行われた。後章のプラントシステムモデルによる評価はこのプログラムを用いて為されたものである。汎用性という点においては、

- ・使用OS (WindowsではなくてNextstep)。しかし一部のDOS/V機PCでも動作可能である。
- ・一般のシステム評価への利用拡張の可能性(プログラム増強の便利性)
- ・未利用の特徴たるべきカスケード方式メニューの不足

が気になる所であるが、これは実用化に当たっての責任ある保守と啓蒙のあり方によってはそれほど問題ではなくなる。

### プラント最適運転システム

熱供給プラントは安定供給性、省エネルギー・負荷平準化性を保証するために高度の運転技術と予防保全技術が求められるが、これまではそのようなソフトは存在しなかった。ここでの開発は、熱需要や未利用エネルギーの発生の精度良い予測と、最適運転方案の作成、シミュレーターによる確認、予防保全とエネルギー性能診断などを含むものである。

このプログラムはシステム構築については客先のシステムに適合した構築が必要であるので本来特注では有るが、予測・最適化の技術は共通の汎用のものである。とくに負荷予測制度については別途公開の場でのテストに参加して行われ、好成績を得た。

## 4.5 未利用エネルギー活用技術とその評価法に関する調査研究

この研究は財団法人 ヒートポンプ技術開発センター(現、ヒートポンプ・蓄熱センター)によって行われたものである。同センターの調査研究活動は調査分科会の活動に併行し、またその助言の下に行われてきた。以下にその概要を示す。

### (1) 未利用エネルギー源に関する調査(1991年度)

#### 1) 全国主要河川・海域の水温・水質に関するデータ集

国立環境研究所・環境情報センター・全国公共用水域水質データファイル(1989)を情報源として整理されたもので、千葉・東京・神奈川・愛知・三重・大阪・兵庫・福岡の8都府県の河川・海域の配置、水温・水量・水質について季節変動を含めて図表化されている。

#### 2) 未利用エネルギー賦存量関連データ(1992年度)

河川・港湾・湖沼・下水処理場、ならびにごみ処理場について計画に必要な統計的定量データを集めたほか、熱供給プラントと未利用エネルギー地理的位置解析を行った。建設省河川局監修の水質年表・水量年表(1990まで)をもとに全国各地河川の各地点における最高・最低・平均水温、平均・最小・長期間最小流量の月変動について纏めた。同じく湖沼・港湾海域における温度変動を公共用水域データファイル(1990まで)により整理した。

さらに全国の下水处理場施設の統計データ(下水道統計、1990)、札幌・千葉・東京・横浜・名古屋・京都・大阪・神戸・広島・北九州の主要下水処理場についてアンケートに基づく下水量と水温データを整理している。ごみ処理施設についてもアンケート調査に基づいて施設規模焼却量・発熱量等について月変動を整理した。

そしてこれら未利用エネルギーの既存熱供給プラントへの導入可能性調査として、全国のプラントについて近傍の未利用エネルギー賦存量と距離関係を纏めた。

## (2) 未利用エネルギー活用方法に関する調査

### 1) 海水利用方法に関する調査(1994年度)

海水利用に当たっては水質・水温等について漁業等関連各方面との調整が重要である。本調査では熱供給事業での活用のための参考とするために、海水利用に当たっての各種の制約事項の調査、発電所・水族館等の海水利用事例の環境対策・メンテナンス状況の調査を行った。

### 2) 海外における海水の熱供給への活用事例調査(1995年度)

海外では北欧や香港において海水利用が盛んに行われている。これまで余り調査が行われていないアジア地域における活用事例を、とくに冷房に多く利用されている香港の事例を詳細に調査した結果、比較的手軽に利用されていることが判った。

### 3) 熱源別未利用エネルギー活用方法に関する研究(1996年度、NEDO/HPTC)

開発中の未利用エネルギー高度活用技術を実際の熱供給システムに導入して行くに当たって、各種未利用エネルギー源の種類と特性について総括し、その活用に関する開発技術の位置づけを行い、活用事例を参考として計画と事業家のプロセスを明らかにし、普及に向けての課題を整理したものである。

### 3) 調査研究報告等文献データベースの作成(1995,1996年度)

未利用エネルギー活用に関しては、行政各部署、財団、事業協会等と共に学協会における調査研究活動も活発である。本調査は調査分科会各委員の情報源に加え、JICST(日本科学技術情報センター)、NACSIS(学術情報センター)などの情報検索システムを活用して文献調査を行い、アブストラクト集を作成し、文献検索ソフトを完成した。これにより産官学各方面における主要な研究調査情報は網羅されたことになる。ただし情報追加のメンテナンス体制の整備が必要となろう

## (3) 未利用エネルギー活用への公共部門の取組み状況調査

### 1) 未利用エネルギー等の活用に関する中央省庁・地方自治体の施策・取組み状況調査(1995年度)

### 2) 未利用エネルギー活用に関する地方自治体の動向調査(1996年度)

未利用エネルギー活用に関する動向は、環境問題・省エネルギー問題・都市計画見地等からの各地方自治体における地域冷暖房導入促進政策の展開、未利用エネルギー活用に関する調査事業に対する通産省補助金によるNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)、NEF(新エネルギー財団)等を通しての各地における計画調査、地球温暖化防止に関する環境庁の施策に沿った地方自治体におけるモデル調査事業の推進、さらには新エネルギーの地域展開のための通産省補助金政策による地方自治体のビジョン作り、などが活発に行われて貴重な情報源を提供している。

また、本プロジェクト終了後の全国展開に向けての活動を推進するためにも地方自治体を中心とする活動状況をデータベース化する必要があり、2年度に亘って纏められた。

## (4) 未利用エネルギー活用に関する海外調査

### 1) 欧州における地域冷暖房技術・未利用エネルギー活用技術文献調査(1993年度)

### 2) 北米・カナダ・香港における地域冷暖房技術・未利用エネルギー活用技術文献調査(1994年度)

未利用エネルギーの活用は、表現こそ違え世界的な傾向である。そして我が国の各種団体・事業者・技術者の旺盛な学習意欲に基づいて数多くの調査団が派遣され、その都度報告書が纏められている。かかる報告書は出来る限り情報を共有するのがお互いのためであり、新しい調査を行うに当たっても事前情報を把握することがより効率的であるし、相手方に対する礼儀でも有る。かかる趣旨に基づいて、地域冷暖房・未利用エネルギー活用・新エネルギーに関する調査報告書から施設対象の概要シート集を作成した。

### 3) 欧州の未利用エネルギー活用に関する現地調査(1996,1997年度)

欧州は未利用エネルギー活用に関しては先輩国であり、多くの調査団が訪れているが、我が国の未利用エネルギー活用推進に当たっては、これらの施設のその後の状況をフォローすることが必要である。また、視察に当たってはギブアンドテークの精神が重要で当方の技術や政策に関する紹介とPRも行うことも大事である。

そのような観点から、1996年度は主として技術的観点からの調査と技術交流を、1997年度は主として政策的観点からの調査を行った。環境に豊かな中・北欧地域での環境に配慮したエネルギー利用政策、日本からのヒートポンプ技術も活用された全方位的な取組み姿勢、安価な地域配管とトンネル掘削技術、市場原理に任せたエネルギー流通の中に有っての地域熱供給事業の立場、その立場を強化するためのEUを通じての情報・技術統括機関の設立、など最新で示唆に富んだ情報が得られた。

#### (5) 開発要素技術の評価

ヒートポンプ技術開発センター(旧称)は本プロジェクトの研究主体として開発技術の進行管理の中で要素技術の性能評価を行い、必要に応じてメーカーに適切な助言を行う必要があった。そこで開発技術の省エネルギー効果・環境汚染防止効果についての性能評価を絶えず実施し、実証の方法についての企画・推進を行った。これは平成4年度以降の調査分科会の主要な作業であった。

##### 1) 開発目標値による省エネルギー効果のモデル評価(1992年度)

三種類の負荷モデルを想定し、開発テーマ毎に評価に適した負荷モデルを選んで開発要素(或いはシステム)の導入による省エネルギー効果をシミュレーションにより算定した。さらに開発機器を組み合わせた、低温未利用エネルギーシステムと高温未利用エネルギーシステムの評価をも行い、トータルとして前者は約35%、後者は約45%の省エネルギー効果が予測された。

##### 2) 実証試験システムの事前評価(1993年度)

実証のサイトと組み合わせを選定するために、想定される候補サイトに対して開発機器(或いはシステム)の組み合わせでシステムを構成し、モデル化した負荷を適用して上記と同じ手法を用いて省エネルギー効果の試算を行った。その結果サイトと組み合わせによって異なるが10~30%の省エネルギー効果が得られる見通しを得た。このスタディーは実証地と実証システムを実際に決定するために極めて有効であった。

##### 3) 実証試験実施計画書の作成(1994, 1995年度)

平成8年度(1996年度)からのオンサイト実証に向けてのサイト選びが行われ、実証機器の組み合わせを確定し、実証計画を行い、設計図に纏められた。一部サイトの変更が生じて1995年度に設計変更を行っている。

##### 4) 開発性能に基づく省エネルギー・環境汚染防止及び経済効果のモデル評価(1997年度)

実証試験の結果を踏まえてシミュレーション用の機器性能を入れ替えるとともに、新たに目標コストに基づいた経済評価と汚染物質排出量を求めて環境汚染防止効果のシミュレーションを行った。手法は基本的に1993年度を踏襲している。

なお、この間に開発テーマによるシミュレーションとの比較も行い、それぞれのシミュレーション手法の相互比較評価も行った。

#### 4.6 開発技術のモデル負荷による評価

以下に上記4)による最終モデル評価の結果を示す。なお、開発機器単独の効果を抽出するためにやや非現実的な条件、構成を与えているものもある。原則として開発テーマ機器のみを在来機器と入れ替えることによって省エネルギー評価を行う。熱交換器のようにそれ単独ではエネルギー消費を伴わない場合には、温度条件の変動などに伴う熱源機器や搬送機器のエネルギー消費量への効果と言う計算を行っている。

## (1) 評価の基本的な考え方

### 1) 熱供給システム全体で評価する

機器単体だけで評価するのではなく熱供給システム全体として評価する。

他の周辺機器への影響を含めてシステム全体で評価する。

熱交換器の性能と熱搬送エネルギー、熱源機器の性能が相互に関係する。

### 2) 在来システムとの比較で評価する

未利用エネルギーを活用する熱供給モデルを想定し、この熱供給モデルに開発対象テーマである機器を組み入れた開発システムと、在来の機器を組み入れた在来システムが、同じ熱供給条件となるようにシステムの条件を揃える。

### 3) 機器の特性値は、各開発テーマの目標達成値および在来機器・在来システムの特性値を用いる。実証試験結果に基づく目標達成値を用いて年間の所要エネルギー量を算定。

### 4) 年間の所要エネルギー量で評価する

地域熱負荷モデルと未利用エネルギーモデルを想定し、熱源機器・熱源水搬送・地域熱搬送の各要素の年間の所要エネルギー量を算定する。

### 5) エネルギー量に置き換えて評価する。

全て所要エネルギーに置き換えて評価する。例えば、熱搬送では、配管サイズと搬送エネルギーの2つの要素があるが、配管サイズは在来システムと同一条件とし、全て熱搬送エネルギーに置き換えて評価する。

### 6) 1次エネルギーに換算して評価する

電力量については、1kWh当たり2450kcal/hで換算する。高温未利用エネルギーとしての排熱蒸気は、そのまま1次エネルギー量として評価する。

### 7) 環境性はTEWI（総合等価温暖化係数）で評価する

電力からのCO<sub>2</sub>排出分に冷凍機の排出冷媒分を加算してTEWIを算出する。冷媒のCO<sub>2</sub>換算係数GWPには100年値を使用する。その他、CO<sub>2</sub>排出量(冷媒を含まない値)、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)排出量、SO<sub>x</sub>(硫黄酸化物)排出量、ピーク電力値を算出する。

### 8) 経済性は単純償却年数で評価する

メーカーより提出された目標コストによりイニシャルコストを算出する。シミュレーション結果から求めたエネルギーコストと、メーカーより提出されたメンテコストにより、在来システムとのランニングコストの差額を求める。イニシャルコストの差額とランニングコストの差額より、単純償却年数を求める。

## (2) 負荷モデル

熱負荷モデルとして以下のA、B、Cの3種類の地域熱負荷タイプを想定する。熱負荷モデルの出典は、関西地区の数種類の建物における実績値である。

Aモデル：業務施設中心の冷房負荷が主体のモデル
Bモデル：冷温負荷均衡地区または寒冷地業務地区モデル
Cモデル：宿泊施設中心の暖房と給湯負荷が大きなモデル

建物種類としては、業務施設（事務所ビル）、商業施設（百貨店）、宿泊施設（ホテル）の3種類である。熱供給規模として総延床面積40万m<sup>2</sup>と想定する。A、B、Cの3種類の熱負荷モデルは、総延床面積を一定として、業務施設、商業施設、宿泊施設の床面積比率を以下のように按分した。

Aモデル - - > 業務施設：商業施設：宿泊施設 = 3：1：0

Bモデル - - > Aモデルに対して冷房負荷を1/2、暖房と給湯負荷を2倍と想定

Cモデル - - > 業務施設：商業施設：宿泊施設 = 1：1：2

地域の特徴が分かり易いように負荷計算結果を表5に示す。

表5 地域熱負荷モデル

Aモデル (業務施設中心型)									
月	月積算負荷 単位：[Gcal/M]			日ピーク負荷 単位：[Gcal/日]			時間ピーク負荷 単位：[Mcal/h]		
	冷房	暖房	給湯	冷房	暖房	給湯	冷房	暖房	給湯
1	457	2,084	273	18	84	11	2,857	10,440	1,275
2	684	1,672	248	30	69	10	3,459	8,570	1,209
3	436	1,485	287	20	60	11	2,813	6,242	1,350
4	963	287	264	45	13	11	5,471	2,266	1,309
5	2,719	0	272	109	0	11	12,355	0	1,293
6	4,469	0	237	191	0	10	19,004	0	1,150
7	6,894	0	252	249	0	10	23,272	0	1,182
8	7,595	0	224	280	0	9	26,756	0	981
9	5,645	0	212	224	0	8	21,758	0	999
10	2,525	0	237	101	0	9	12,017	0	1,073
11	966	218	239	37	9	9	4,904	1,551	1,149
12	743	777	286	34	28	10	4,084	3,596	1,224
合計	34,096	6,523	3,031	1,339	266	118	138,751	32,666	14,194

Bモデル (冷温負荷均衡地区または寒冷地業務地区モデル)									
月	月積算負荷 単位：[Gcal/M]			日ピーク負荷 単位：[Gcal/日]			時間ピーク負荷 単位：[Mcal/h]		
	冷房	暖房	給湯	冷房	暖房	給湯	冷房	暖房	給湯
1	228	4,168	547	9	168	21	1,429	20,881	2,549
2	342	3,343	496	15	139	21	1,730	17,141	2,418
3	218	2,971	574	10	121	22	1,407	12,484	2,700
4	481	574	529	23	26	22	2,735	4,533	2,617
5	1,360	0	545	55	1	21	6,177	0	2,586
6	2,234	0	473	96	1	20	9,502	0	2,300
7	3,447	0	504	125	1	19	11,636	0	2,364
8	3,798	0	447	140	1	17	13,378	0	1,962
9	2,823	0	424	112	1	17	10,879	0	1,997
10	1,262	0	474	50	0	18	6,009	0	2,147
11	483	436	477	18	18	19	2,452	3,102	2,298
12	372	1,554	572	17	56	21	2,042	7,192	2,449
合計	17,048	13,047	6,063	669	532	237	69,375	65,332	28,387

Cモデル (宿泊施設中心型)									
月	月積算負荷 単位：[Gcal/M]			日ピーク負荷 単位：[Gcal/日]			時間ピーク負荷 単位：[Mcal/h]		
	冷房	暖房	給湯	冷房	暖房	給湯	冷房	暖房	給湯
1	349	4,609	1,829	14	158	60	1,909	12,312	4,096
2	406	3,912	1,650	18	146	60	2,025	10,896	4,072
3	615	3,124	1,774	23	105	58	2,492	7,022	4,044
4	1,614	1,335	1,623	60	46	55	6,123	3,341	3,834
5	3,934	196	1,591	161	7	56	12,607	708	3,923
6	6,117	0	1,515	226	0	52	18,439	0	4,066
7	9,406	0	1,418	318	0	47	25,918	0	3,474
8	10,470	0	1,387	357	0	46	28,782	0	3,531
9	7,414	0	1,491	267	0	56	22,391	0	3,718
10	3,626	0	1,425	123	0	48	10,840	0	3,547
11	1,256	1,265	1,599	45	45	54	4,894	3,074	3,720
12	492	3,814	1,789	22	125	58	2,577	8,091	3,952
合計	45,699	18,255	19,091	1,634	633	650	138,997	45,444	45,977

(3) 個別開発テーマの評価結果

個別テーマの評価結果を表6、表7に載せる。表6は各要素機器の省エネルギー効果を熱源エネルギー・熱源水搬送・地域熱搬送の三分類に分けて示し、最終欄にトータルの値を記す。表7はトータル省エネルギー効果に併記して環境効果、電力平準化効果を並べて示したものである。計算における各種仮定、計算結果の考察については別冊評価報告書によらるたい。

表6 個別開発テーマの省エネルギー効果の評価結果

テーマ	在来システムに対する省エネルギー比率(%)				主な省エネルギー効果
	熱源機器	熱源水搬送	地域熱搬送	システム トータル	
	イ (口 ハ)	イ (口 ハ)	イ (口 ハ)	二	
	100 (74 74)	43 (15 7)	100 (11 11)	9 1	熱交換器の性能向上(レヅの拡大)による熱搬送効率の向上
-W	90 (77 70)	98 (11 11)	100 (12 12)	9 2	熱交換器の性能向上による熱源機性能の向上
-A	97 (92 89)	- (0 0)	100 (8 8)	9 7	同上
	100 (76 76)	100 (15 15)	16 (9 1)	9 3	潜熱搬送(氷スラリー・PCMカパル)を利用した高密度熱搬送による熱搬送効率の向上
	88 (80 71)	98 (13 13)	100 (7 7)	9 0	熱源機性能の向上と氷スラリー搬送による冷熱搬送効率の向上
	58 (88 51)	*1 106 (7 7)	100 (5 5)	6 3	熱源機性能の向上と温水の高温取り出し、熱源水の直接通水
	86 (93 80)	100 (3 3)	74 (4 3)	8 6	熱源機性能(冷却・加熱・熱回収)の向上
	79 (89 71)	101 (6 6)	100 (5 5)	8 2	熱源機性能(冷却・加熱)の向上
	89 (83 74)	*2 121 (10 12)	79 (7 6)	9 2	熱源機性能(加熱)の向上
	78 (81 63)	63 (12 8)	100 (7 7)	7 8	熱源機性能(冷却・加熱)の向上および、熱源水の直接通水による搬送動力の削減
	46 (85 39)	*3 108 (10 11)	100 (4 4)	5 5	低温排熱の利用温度限界の低下および熱源機性能(冷却)の向上
	96 (88 85)	76 (6 5)	100 (6 6)	9 5	蓄熱を利用した熱回収効果、在来システムは非蓄熱で熱回収なし
	93 (79 73)	92 (11 10)	11 (11 1)	8 4	蓄熱を利用した熱回収効果および小流量熱搬送による熱搬送効率の向上
-1	78 (77 60)	61 (12 8)	100 (10 10)	7 8	熱源機性能(冷却・加熱・熱回収)の向上、熱源水の直接通水による熱源機性能の低下防止および搬送動力の削減
1A	50 (92 46)	- (0 6)	100 (8 8)	6 0	-1Aは空気熱源ヒートポンプとの比較
-2	74(100 74)	- (0 4)	- (0 0)	7 8	熱源機性能(冷却・加熱)の向上 -2は空気熱源ヒートポンプとの比較

凡例) イ: 開発システムの所要エネルギーの比率 (在来システムの項目別所要エネルギーを100)

口: 在来システムの項目別所要エネルギーの比率 (在来システムのトータル所要エネルギーを100)

ハ: 開発システムの項目別所要エネルギーの比率 (在来システムのトータル所要エネルギーを100)

二: 開発システムのトータル所要エネルギーの比率 (在来システムのトータル所要エネルギーを100)

上段 最終評価結果 下段 (事前評価結果)

イ口ハの関係:  $イ \cdot 口 / 100 = ハ$ ,  $\{口\} = 100$ ,  $\{ハ\} = 二$

ただし、表中の省エネルギー比率の数値は各々で四捨五入した結果のため、

表の数値から計算しても、必ずしも完全に一致するとは限らない。

\*1) 在来システムでは、ボイラによる昇温相当部分が熱源水搬送を必要としないため。

\*2) 在来システムは<蒸気-温水>熱交換器によるため温熱供給時に熱搬送エネルギーが発生しない。一方、開発システムのヒートポンプシステムでは、未利用エネルギーから採熱するため熱搬送エネルギーが発生する。

\*3) 開発システムの熱源水温度60のCOPが、在来システムの熱源水温度75のCOPより低いため。

表7 個別開発テーマの環境性評価結果

テーマ	在来システムに対する比率(%)						主な環境性評価項目への効果
	省エネルギー	TEWI	CO <sub>2</sub> 排出量	NO <sub>x</sub> 排出量	SO <sub>x</sub> 排出量	電力ピーク値	
	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	
	91	(91) *1	91	91	91	91	熱交換器の性能向上(レジの拡大)による熱搬送効率の向上
-W	92	(92) *1	92	92	92	91	熱交換器の性能向上(アローチの縮小)による熱源機性能の向上
-A	97	(97) *1	97	97	97	94	同上
	93	(93) *1	93	93	93	92	潜熱搬送(氷スリ-PCMスリ-)を利用した高密度熱輸送による熱搬送効率の向上
	90	93	90	90	90	89	熱源機性能(冷却・加熱)の向上
	63	69	63	63	63	79	熱源機性能の向上と温水の高温取り出し、熱源水の直接通水による搬送動力の削減
	86	88	86	86	86	89	熱源機性能(冷却・加熱・熱回収)の向上
	82	61	87	87	87	89	熱源機性能(冷却・加熱)の向上
	92	96 *2	96	96	96	96	熱源機性能(冷却・加熱)の向上および、冷水の低温取り出し
	78	77 *2	77	77	77	77	熱源機性能(冷却・加熱)の向上および、熱源水の直接通水による搬送動力の削減
	55	72 *2	72	72	72	73	低温排熱の利用温度限界の低下および、熱源機性能(冷却)の向上
	95	(90) *3	95	95	95	50	蓄熱を利用した熱回収効果、電力ピークの低減在来システムは非蓄熱で熱回収なし
	84	(84) *3	84	84	84	80	蓄熱を利用した熱回収効果および小流量熱搬送による熱搬送効率の向上
-1	78	99 *4	78	78	78	83	熱源機性能(冷却・加熱・熱回収)の向上熱源水の直接通水による熱源機性能の低下防
1A	60	80 *4	60	60	60	58	止および搬送動力の削減 -1Aは空気熱源ヒートポンプとの比較
-2	78	81	78	78	78	74	熱源機性能(冷却・加熱)の向上 -2は空気熱源ヒートポンプとの比較

凡例)イ：開発システムのトータル所要エネルギーの比率 (在来システムのトータル所要エネルギーを100)  
 ロ：開発システムのTEWI(総合等価温暖化係数)の比率 (在来システムのTEWIを100)  
 ハ：開発システムのCO<sub>2</sub>(二酸化炭素)排出量の比率 (在来システムのCO<sub>2</sub>排出量を100)  
 ニ：開発システムのNO<sub>x</sub>(窒素酸化物)排出量の比率 (在来システムのNO<sub>x</sub>排出量を100)  
 ホ：開発システムのSO<sub>x</sub>(硫黄酸化物)排出量の比率 (在来システムのSO<sub>x</sub>排出量を100)  
 ヘ：開発システムの電力ピーク値の比率 (在来システムの電力ピーク値を100)

\*1) 熱源機の機種および冷媒の種類が特定されないシステムにつき、熱源機の冷媒の影響は含まない。

\*2) 熱源機が吸収式のシステム。

\*3) 蓄熱システムは熱源容量に差が出るため、冷媒の影響を含めた値とした。

\*4) 熱回収運転時の熱源機性能の向上をめざし、冷媒量を在来機より増加しているため。

各数値は省エネルギー効果の計算結果(トータル所要エネルギー)から算出した。

TEWIの冷媒排出量は各開発企業のデータに基づいて算出した。

テーマ , , , , は熱源機動力に高温未利用エネルギーを利用してしているため、ハ,ニ,ホ,ヘの数値は搬送動力のみで決まる。



(3) 組み合わせシステムの評価結果

本開発プロジェクトは個別テーマを組み合わせた組み合わせシステム、さらには高温廃熱利用の場合にはカスケードシステムを適用することによって効果は更に高まる。ここでは低温未利用エネルギー組み合わせシステムと高温未利用エネルギー組み合わせシステムの二つについての評価結果を示す。負荷モデルは前者には冷熱負荷の大きいA型負荷、後者には温熱負荷の大きいC型負荷を組み合わせた。

評価結果を表8と図3に載せる。なお、システムフロー図を図4、図5に示す

表8 組み合わせシステムの省エネルギー評価

	在来システムBに対する所要エネルギー比率(%)					
	熱源機器		熱源水搬送		地域熱搬送	システム トータル ニ
	イ	(ロ ハ)	イ	(ロ ハ)	イ (ロ ハ)	
<b>&lt;低温未利用エネルギー活用システム&gt;</b>						
開発システム : 未利用高度活用	69	(94 65)	-	(0 5)	16 (6 1)	71
在来システムA : 未利用活用	78	(94 73)	-	(0 12)	100 (6 6)	92
在来システムB : 空気熱源ヒートポンプ	100	(94 94)	-	(0 0)	100 (6 6)	100
参考) 在来システムAに対する	88	(80 71)	42	(13 5)	16 (7 1)	77
開発システムの所要エネルギー比率	100	(80 80)	100	(13 13)	100 (7 7)	100
<b>&lt;高温未利用エネルギー活用システム&gt;</b>						
開発システム : 未利用高度活用	53	(87 46)	131	(6 8)	76 (6 5)	59
在来システムA : 未利用活用	63	(87 55)	104	(6 7)	99 (6 6)	68
在来システムB : ボイラ+吸収式冷凍機	100	(87 87)	100	(6 6)	100 (6 6)	100
参考) 在来システムAに対する	83	(81 67)	126	(10 12)	77 (9 7)	87
開発システムの所要エネルギー比率	100	(81 81)	100	(10 10)	100 (9 9)	100

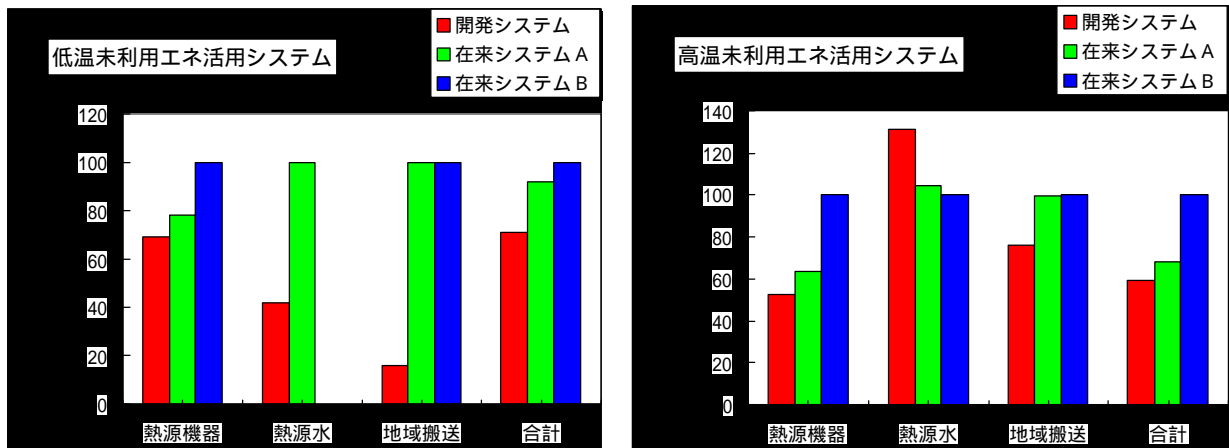


図3 組み合わせシステムの省エネルギー効果

計算結果は、低温未利用においては開発機器の省エネルギー効果が大きく、高温未利用では未利用エネ活用と開発機器性能との相乗効果で大きな効果が生まれている事が分かる。なお、このシミュレーションでは台数分割によるヒートポンプの部分付加特性の影響の差を抹殺する形になっており、それが勘案されれば熱源部の省エネルギーが割り増しされる。

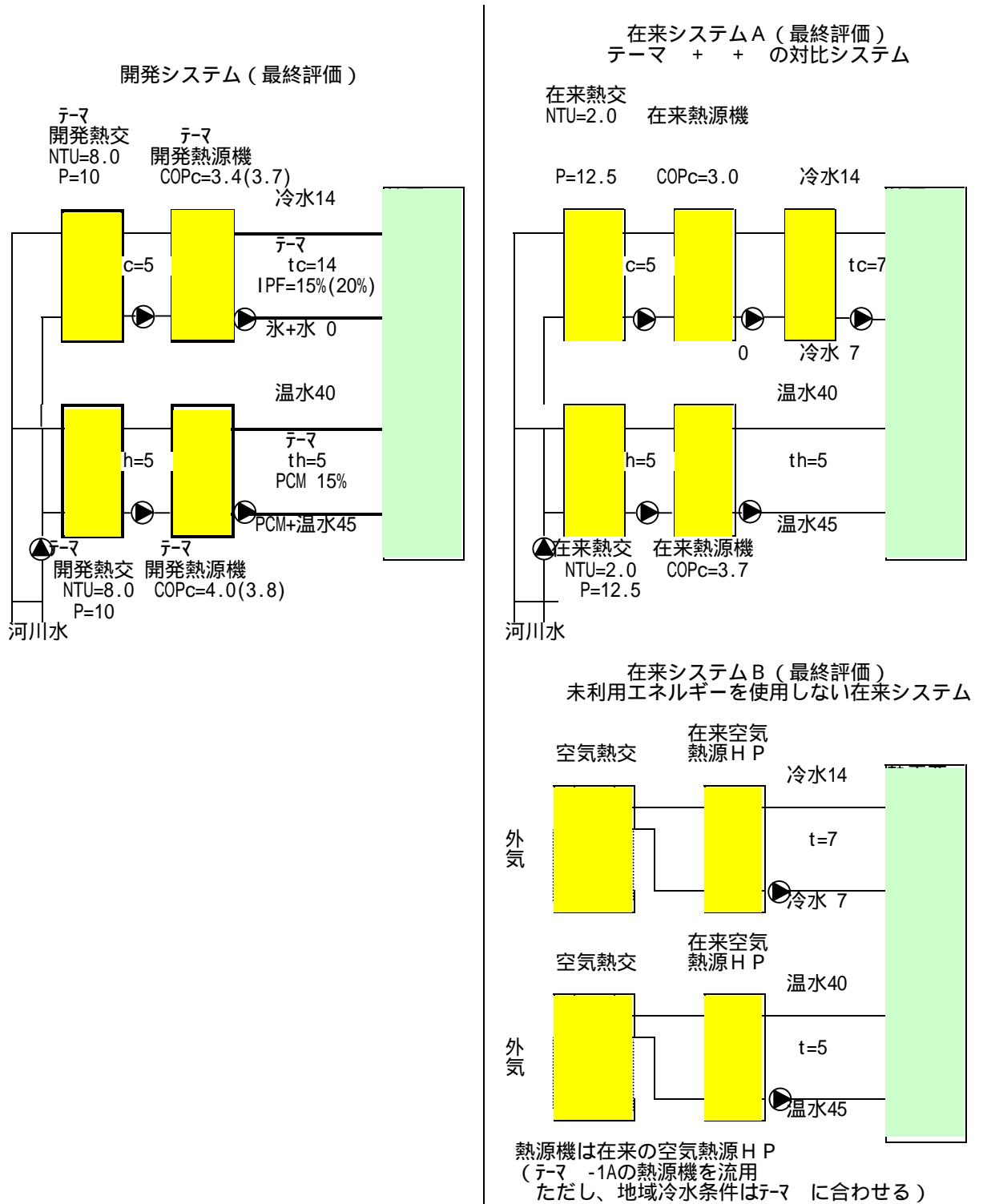
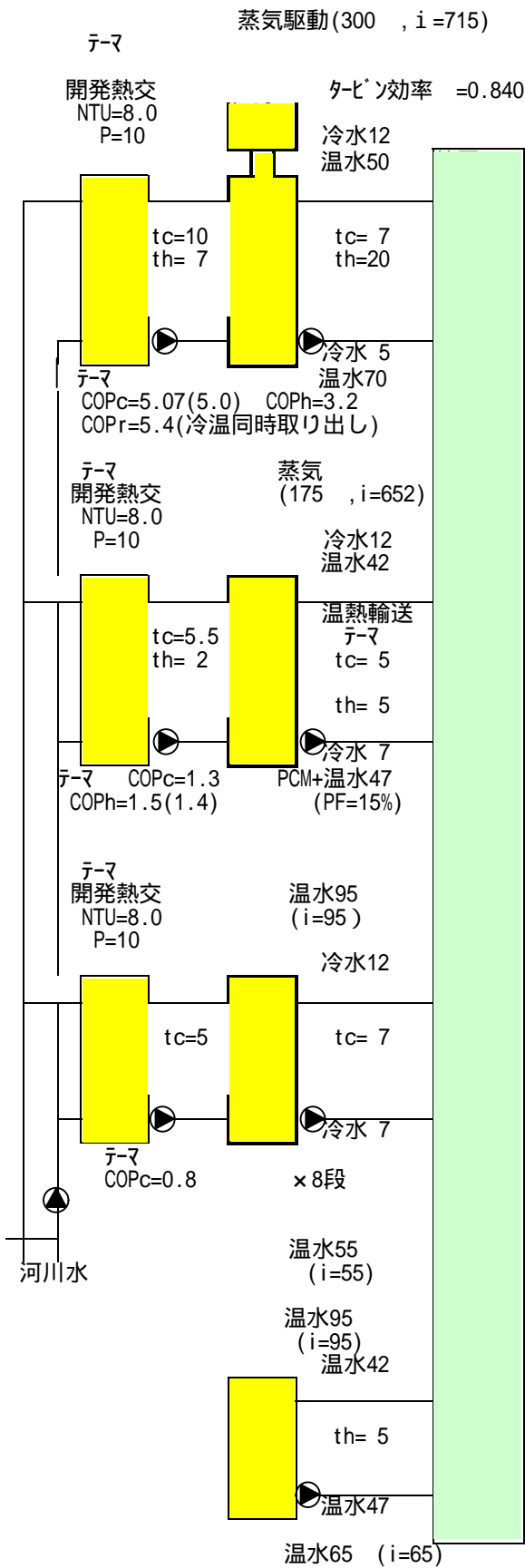
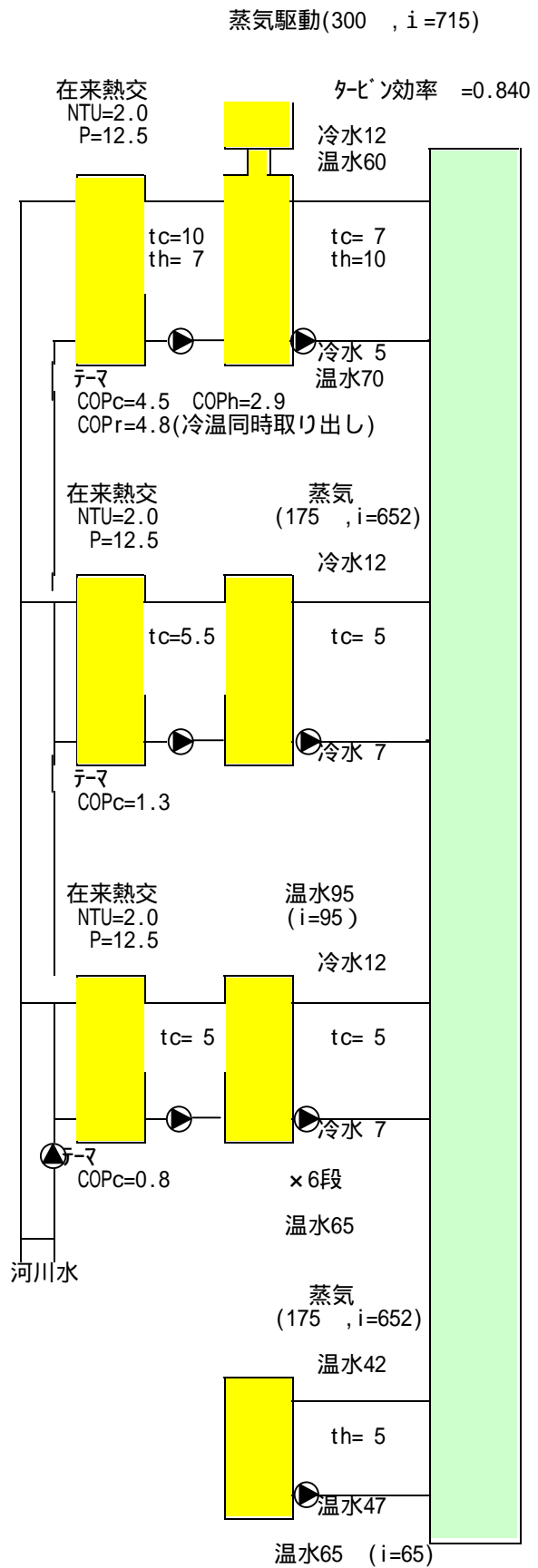


図4 組み合わせシステム / 低温未利用エネルギー活用システム テーマ + +

開発システム（最終評価）



在来システムA（最終評価）  
テーマ + + + + の対比システム



開発システムの排温水の65～55 は一次I初年\* -に算入しない。

図5 組み合わせシステム / 高温未利用エネルギー活用システムテーマ + + + +

## 5 . おわりに - 啓蒙普及へ向けて

以上で7年間に亘って継続した「未利用エネルギー高度活用負荷平準化冷暖房技術開発」の総括成果報告を終える。各テーマごとの詳細は、以下の各企業からの成果報告概要に開発目的・開発内容・実証試験概要・開発成果の自己評価・活用のあり方とキーワードと言う形で報告されているのでご覧頂きたい。

さて、現在の社会情勢は、経済活動の逼塞状態にあるように見えるが、それでも日本社会の尊厳にかけてもアジア地域経済社会のリーダーとしての役割を堅持し、再び世界経済の牽引車とならなければならない。その一つの契機がCOP3の地球温暖化防止の枠組であり、痛みを伴う社会の大きな変革を乗り越えてそれを全うする努力の中にこそ日本の将来が在るのである。

始めに述べたように、ちょうどそのタイミングに本開発プロジェクトが完了し、民生業務部門における省エネルギー社会の建設へ向けていよいよ未利用エネルギーの活用を、環境と調和する形で推進して行かねばならない。決してそれが本来の目的に対して逆効果になってはならない。そのためにはあらゆる面でこの開発に携わった企業の責任あるフォローアップが重要であると同時にユーザー側の賢明かつ大局的見地からの判断と選択が必要である。

私見を述べさせて頂くならば、本プロジェクトの共同研究機関であったNEDO及びヒートポンプ・蓄熱センターにおいてはその役割を積極的に背負って行く姿勢を示すと共に、引き続いて直ちに以下のような活動を開始すべきであると思われる。すなわち、

- 1) NEDO及びヒートポンプ・蓄熱センターの体制整備の中で未利用エネルギー部門の位置づけを明確に致すべき。
- 2) 各地のヒートポンプ普及ブロック会議の拡大活用を図るべき、
- 3) 自治体・ユーザーの教育啓蒙を行うべき、
- 4) 設計・工事業者の教育・啓蒙を行うべき、
- 5) 開発ソフトウェアの販売・メンテナンスの窓口としての役割を果たすべき、
- 6) 未利用エネルギー活用技術ハンドブックの作成、資料集の更新・保守を図るべき、
- 7) 熱事業の国際交流窓口としての機能を果たすべき

であろう。

この際忘れてならないのは、未利用エネルギー活用技術に関するこのような将来活動は、地球温暖化防止のための開発途上国向けの技術供与活動として評価されることになるであろうし、日本が先進国と開発途上国との橋渡しを行う格好の一つの課題であると思う。