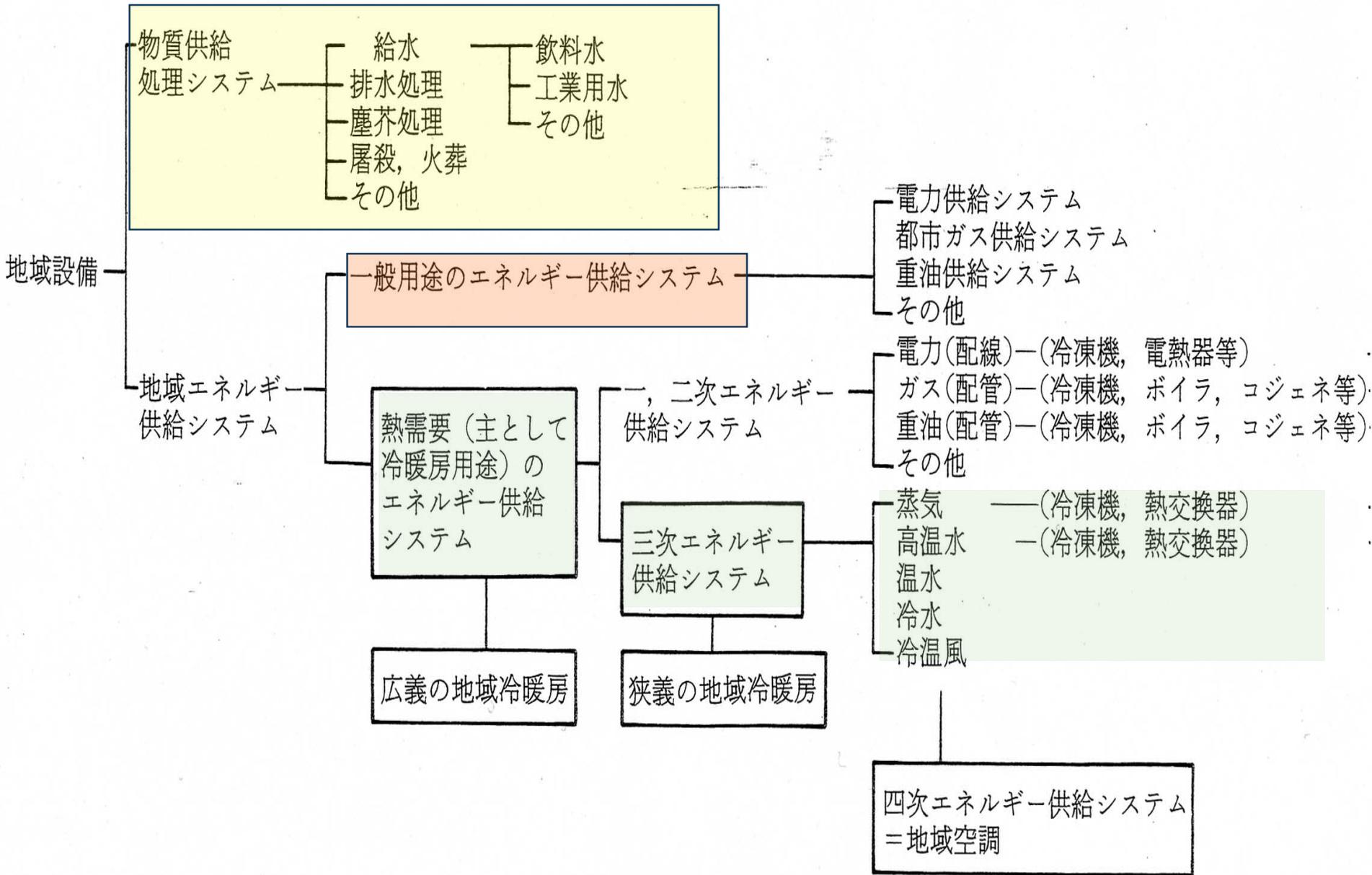


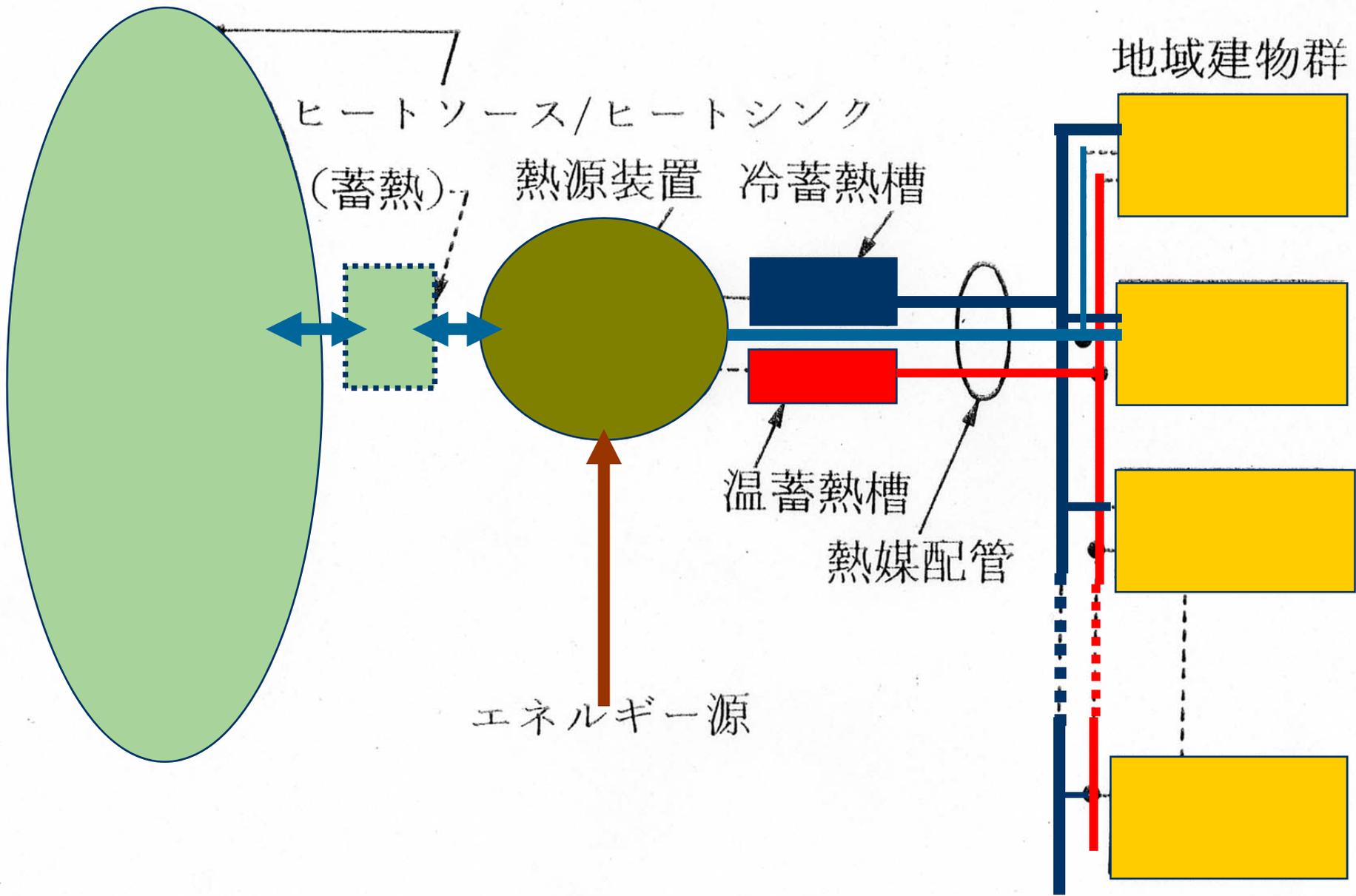
地域冷暖房と 未利用エネルギー活用

中原信生



地域冷暖房の地域設備における位置付け





地域冷暖房システムの構成

地域冷暖房システムの組み立て

配管方式

例：冷温水四管・蒸気冷水四管

熱源装置

例：ターボ冷凍機・ボイラ

蓄熱装置

例：温度成層型水蓄熱

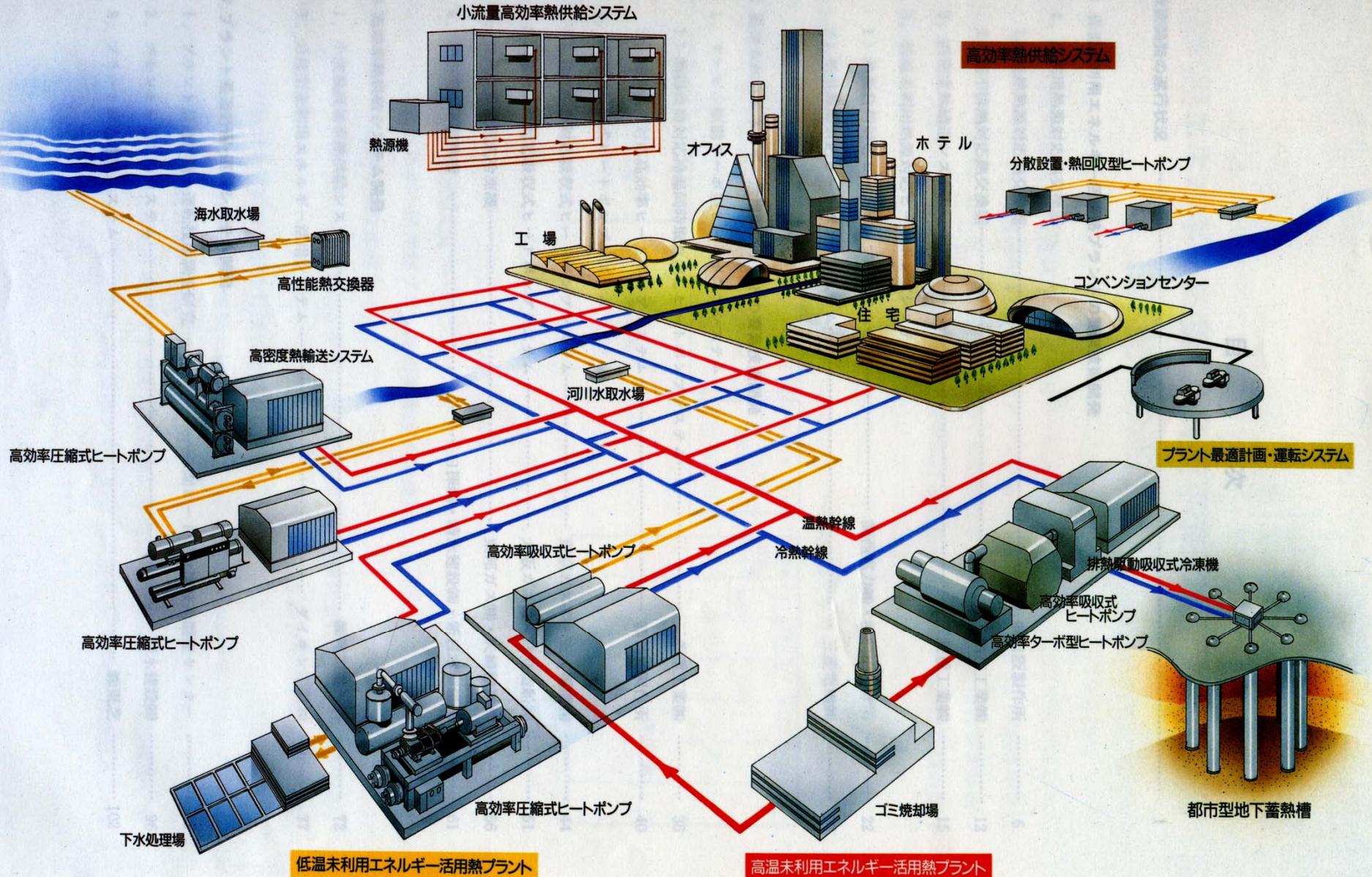
エネルギー源

例：商用電力・都市ガス・太陽熱

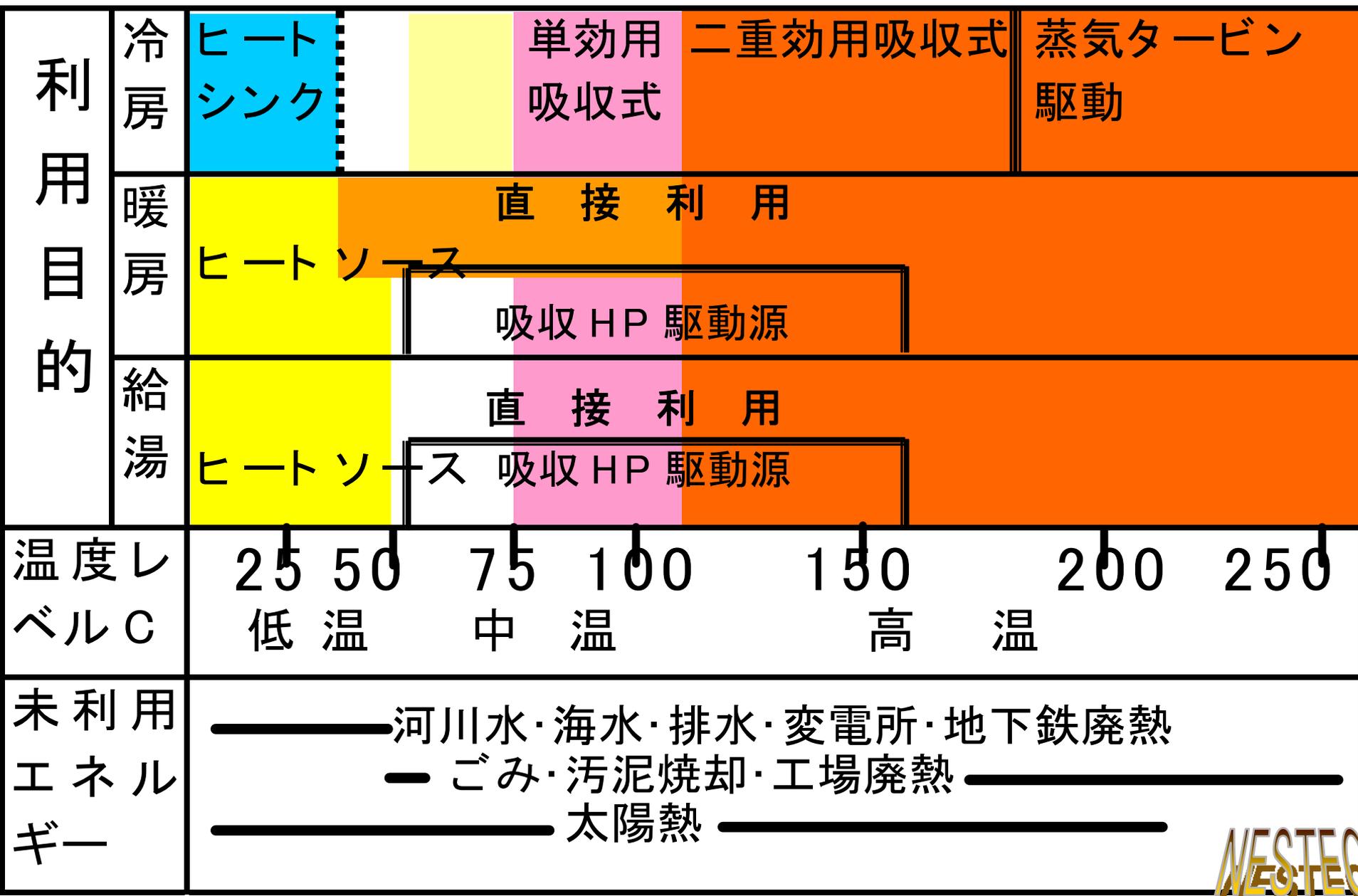
ヒートソース・ヒートシンク

例：河川水・大気・井水

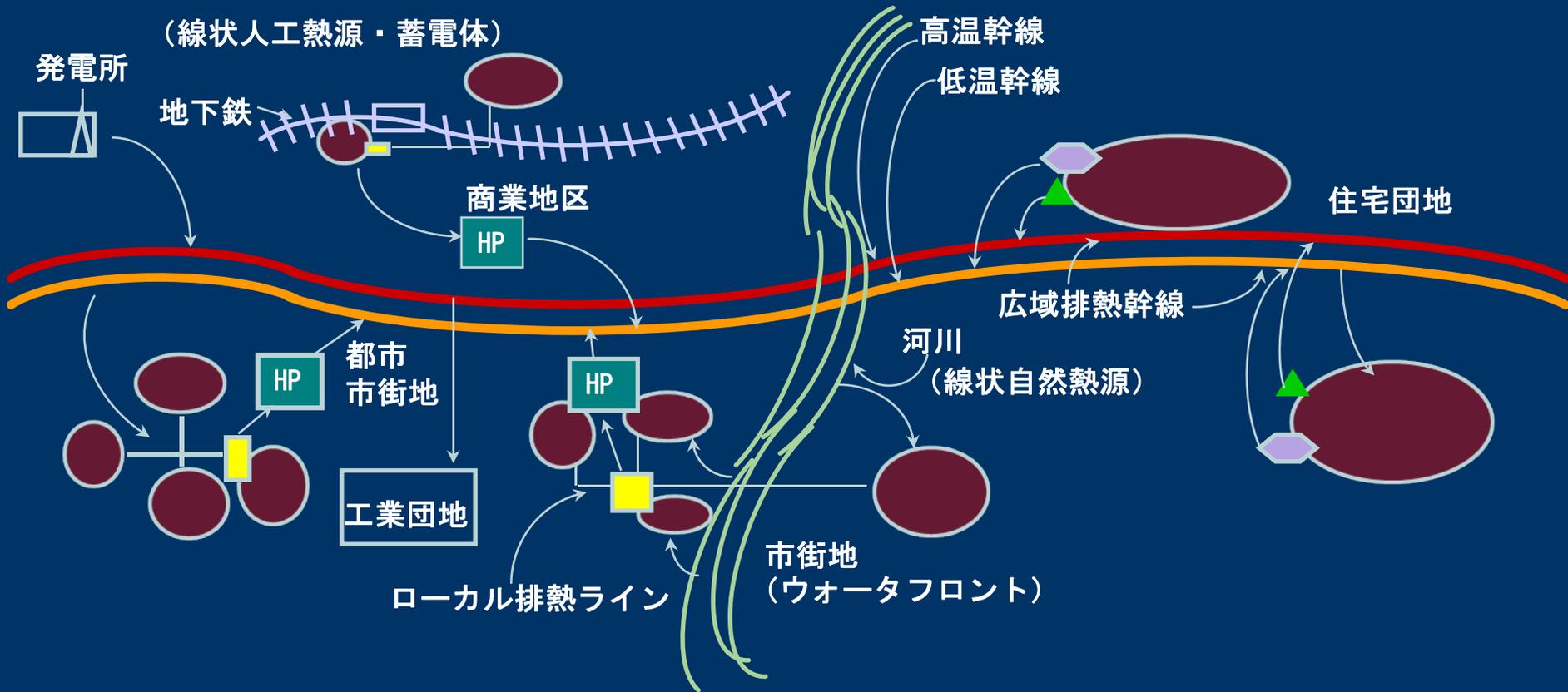
未利用エネルギー高度活用負荷平準化冷暖房技術開発



未利用エネルギーとは,その活用形態は



未利用エネルギー活用DHCシステムと 広域熱分配の概念

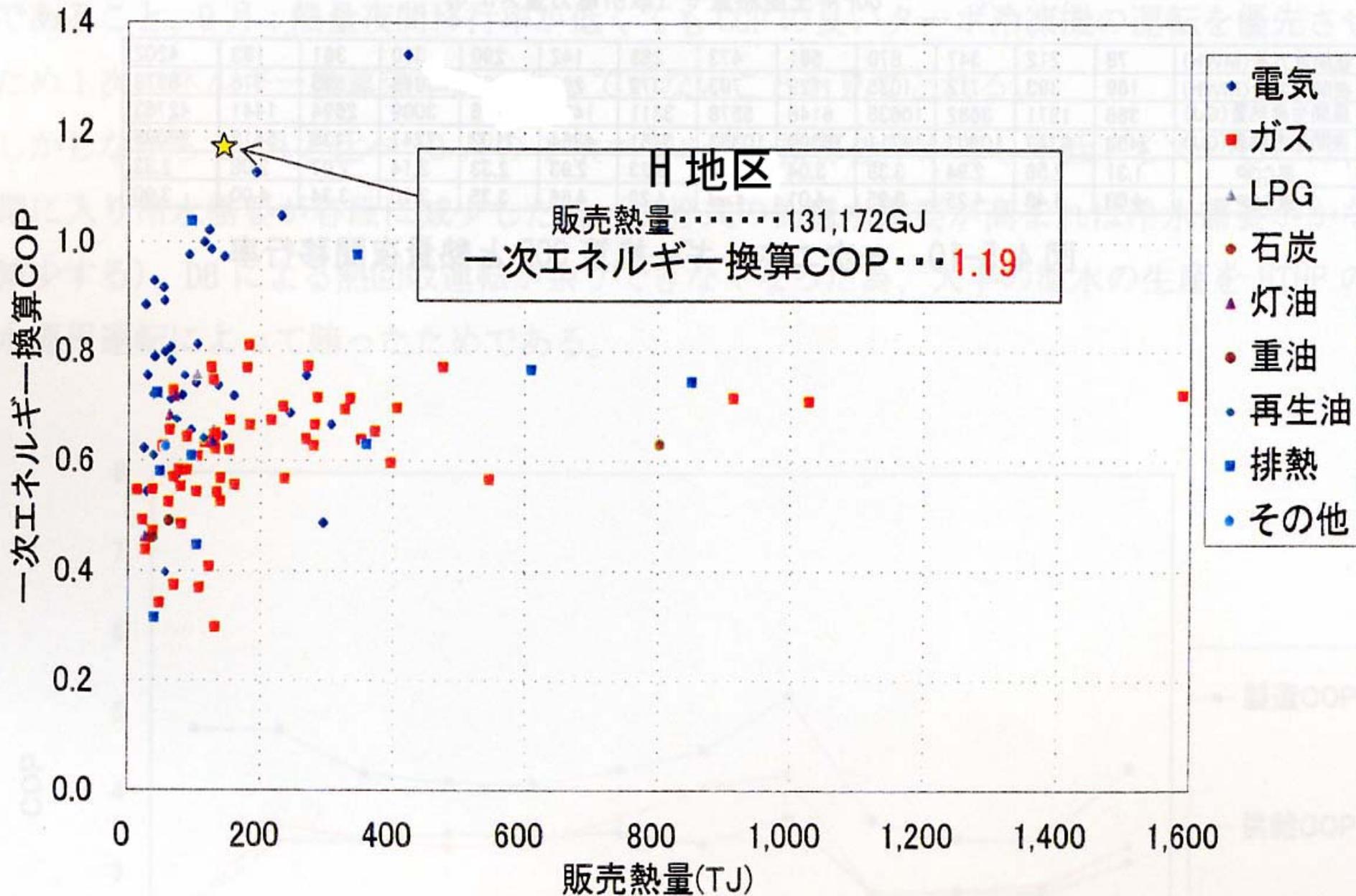


- DHC地区
- 拠点蓄熱槽 (大深度)
- ヒートポンプ
- 駅

- 下水処理場
- ごみ処理場

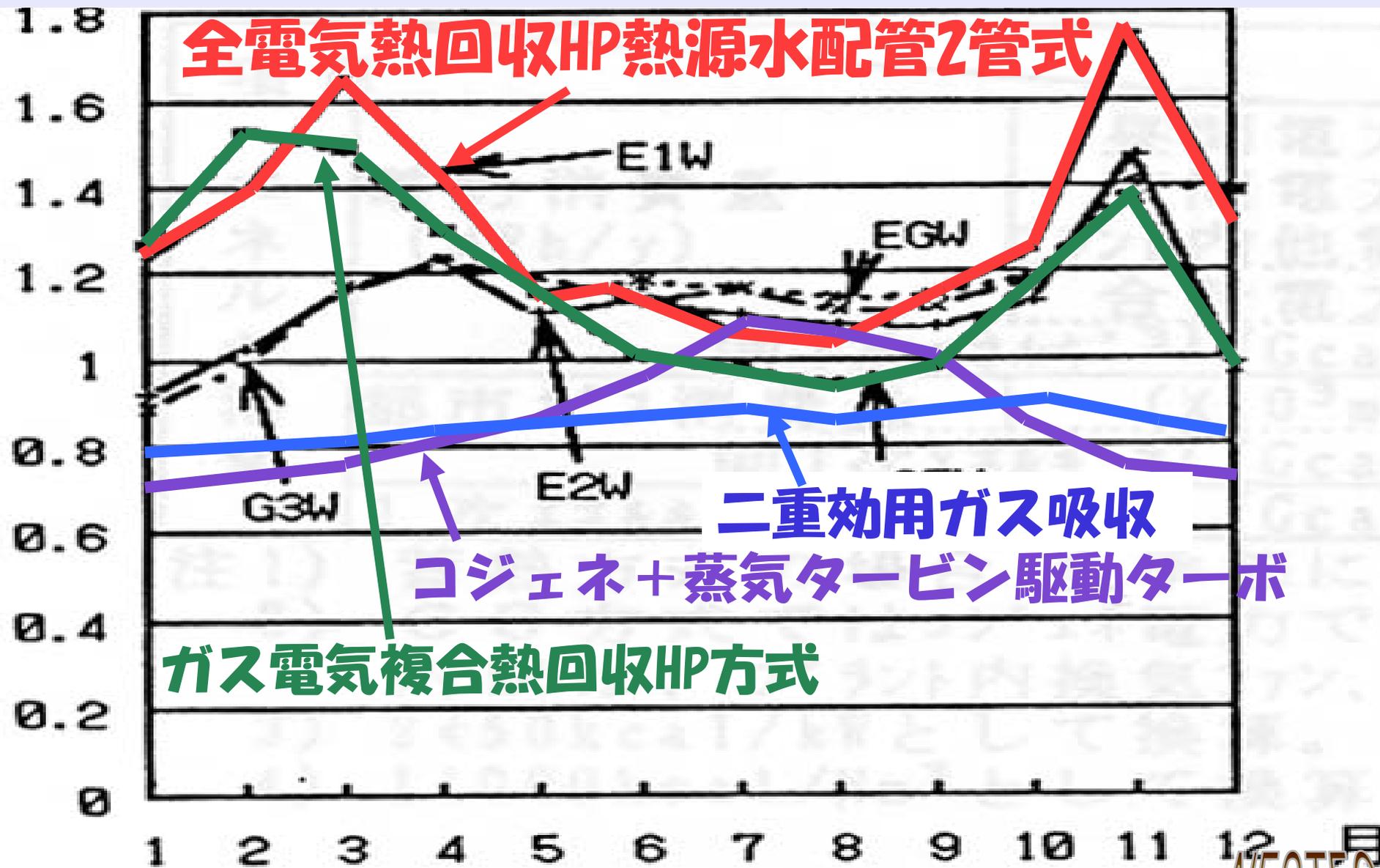
典型的な評価尺度

- 原単位(エネルギー、二酸化炭素等)
- 期間エネルギー(二酸化炭素、温暖化物質)
- 規模(面積、質量等)
- 効率的評価(エネルギー、目的とする効果量)
- 出力エネルギー(目的効果量)
- 入力エネルギー
- ライフサイクル評価(エネルギー・二酸化炭素)
 - ・ ライフサイクル量または年間換算(／寿命)

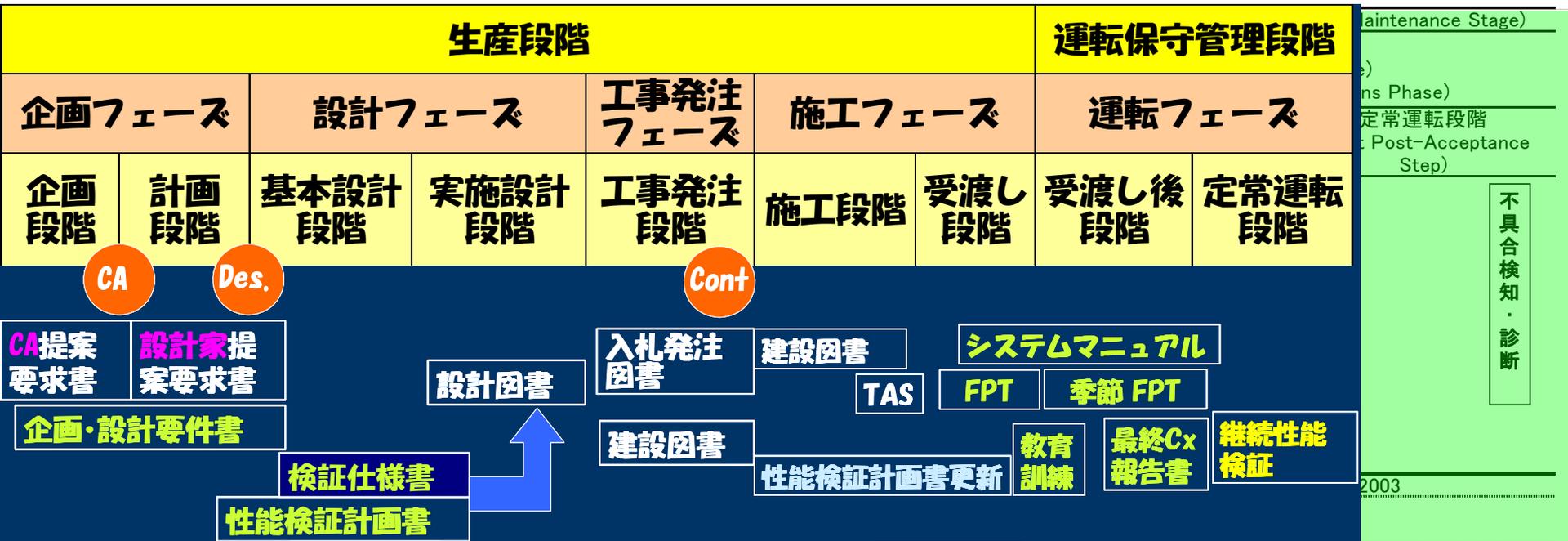


販売熱量と一次エネルギー換算 COP

シミュレーションに晴海地区(初期計画、B負荷) 1次エネルギーシステムCOP推定値



晴海地区コミッショニング的プロセス採用・モデルとの対比



	基本計画	基本設計	実施設計	施工			
再開発協議会 合による熱源シ ステムの検討	再開発組 システムの検討	DHC事業 者決定				DHC供給 開始	
熱源システム FS発注	基本計画 発注	基本設計 発注	実施設計 発注	施工発注	竣工受渡 し	竣工後性能 検証発注	再性能検証 発注
日本建築センター (地権者代表) 名大・中原教授	晴海コーポレーシ ョン 日建設計	東京電力 日建設計	東京電力 新日本製鐵		東京電力 新日本製鐵	東京電力 新日本製鐵	東京電力 日建設計
中原	中原(技術検討 委員会委員長)	(東京電力)	(東京電力)		(東京電力)	(東京電力)	射場本(評価委員会委員長)
熱源システムの基 本方針決定の ためのFS	熱源システムの詳 細検討	実施設計性能 発注図書の作 成	実施設計図書 の作成		機能性能試験 の実施	熱源・蓄熱槽・冷却加熱塔・ ポンプ等の性能検証	2年目・3年目の熱源・蓄熱 槽・冷却加熱塔・ポンプ等の 性能検証 不具合検知・診断 運転改善の提案
地域冷暖房方式 の比較検討 評価報告書	最適システム検討 報告書	購入仕様書	実施設計図書		竣工図書	評価委員会報告書	評価委員会報告書
企画・設計要件 書	基本計画書	基本設計書	設計図書		竣工図書	性能検証報告書	



地域冷暖房成功の秘訣・・・ハード面

- **偏りのない建築種別の組み合わせを**
 - 各種の熱電気併用 (CHP) システムの利用を可とする
 - 熱回収や排熱利用の効率を高めるのが鍵
- **ローカル未利用エネルギーの活用**
 - 地域エネルギー(省エネ・新エネ)ビジョンへの組み込み
 - 都市環境保全, 都市計画との結合により多効果を狙う
- **最高のCOP(成績係数・効率)機器を選定**
 - ライフサイクル設計に準拠して判断
 - 定格のみならず部分負荷特性, 温度変化特性に優れたものを採用する
 - 都市エネルギーラインの効果的活用とオンサイト方式の組み合わせ
- **地域配管の高効率化**
 - 最小の管径で最大の熱搬送を(大温度差, 潜熱搬送等)
 - 長期計画に基づき地域未利用エネルギー幹線を整備

地域冷暖房成功の秘訣・・・ソフト面

- 発注者側における、環境・エネルギー都市構築の確固たる意思決定と厳密公正な執行意思決定
- 適切なコンサルタントの選定
 - 公平な立場と的確な判断力
 - 過去の経験の積み上げと新技術への研鑽意欲
 - グローバルな判断基準に立つ説得力の強さ。
- コミッショニング(性能検証)組織化と過程の適用
 - 意思決定機関とコンサルタントチームからなる委員会組織による、的確な認識、綿密な検討と公平な判断
 - 適切なコミッショニング技術者(資格は今後の課題)の選定
 - 企画段階からの参画・公募
- 二次側システムとの協調
 - 変流量 (VWV)大温度差還水制御

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

中原信生

共同研究

新エネルギー
産業技術
総合開発機構
(NEDO)

ヒートポンプ
蓄熱センター
(HPTC)

通商産業省
資源エネルギー庁

未利用エネルギー
開発推進委員会

未利用エネルギー
開発
専門委員会
技術委員会
運営委員会

対象未利用エネルギー

◎ 低温都市廃熱

(都市インフラ施設よりの排熱)

- 変電所、地下鉄
- 下水（処理水、生下水）

◎ 環境水温度差

- 海水
- 河川水

◎ 高温都市排熱

- ゴミ処理焼却排熱
- 工場排熱

開発項目		H	H	H	H	H	H	H
		3	4	5	6	7	8	9
調査					中			最
要素技術開発	設計				間			終
	製作試験					評		
実証試験	設計製作							評
	実証運転							
評価作業					価			価

未利用エネルギー活用技術に関する調査 (ヒートポンプ技術開発センター)

- ■ 全国主要河川・海域の水温・水質データ集作成
- ■ 未利用エネルギー賦存量関連データ集作成
- ■ 海水の利用方法に関する事例(国内外)調査
- ■ 熱源別未利用エネ活用方法に関する研究
- ■ 調査研究報告等文献データベースの作成
 - 未利用エネ活用の公共部門の取組み状況調査
 - 未利用エネ活用に関する海外調査(文献・実態)

開発課題

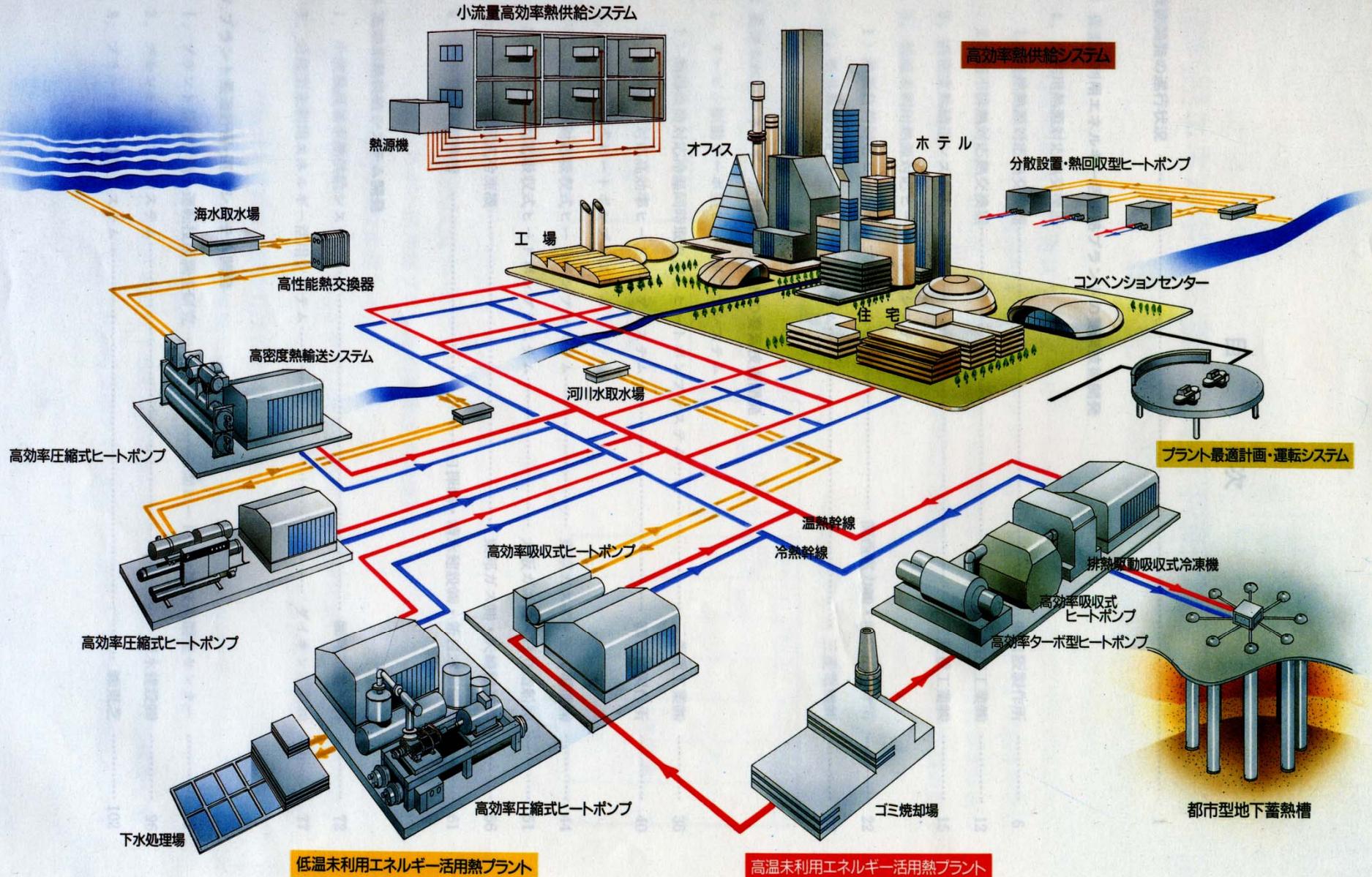
- ◎ 高効率、未利用熱源対応熱交換器
- ◎ 高効率、未利用熱源対応ヒートポンプ
 - ・ 圧縮式
 - ・ 吸収式
- ◎ 高効率熱輸送、蓄熱
- ◎ 都市規模蓄熱槽
- ◎ プラント最適化プログラム
 - ・ 最適設計
 - ・ 最適運用

開発課題	No	開発企業	開発のキーワード
I 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	①	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	②	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	③	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	④	関西電力・前川製作所	直接接触型製蓄氷
2) 低温熱源対応ヒートポンプシステム	⑤	三菱電機	海水直接投入・メンテフリー
II 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	⑥	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	⑦	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	⑧	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	⑨	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	⑩	東邦ガス・矢崎総業	60° C 低温水駆動
4. 都市型地下蓄熱槽	⑪	日揮・清水建設・新日鉄	大深度温度成層型、冷温同時蓄熱可
III 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	⑫	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	⑬	ダイキン工業	熱源水搬送分散熱回収ヒートポンプ
IV 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	⑭	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	⑮	東芝	確実な運転経済性実現

開発課題	No	開発企業
I 低温未利用エネルギー活用熱プラントの要素技術開発		
1. 未利用熱源対応熱交換器		
1) 自然熱源対応熱交換器	①	日阪製作所
2) 都市廃熱対応熱交換器	②	住友精密工業
2. 高密度熱輸送システム	③	中部電力・三菱重工業
3. 低温未利用熱源対応ヒートポンプシステム		
1) 熱源負荷対応ヒートポンプシステム	④	関西電力・前川製作所
2) 低温熱源対応ヒートポンプシステム	⑤	三菱電機
II 高温未利用エネルギー活用熱プラントの要素技術開発		
1. タービン駆動ターボ型ヒートポンプシステム		
1) 熱源負荷対応同時取り出しヒートポンプシステム	⑥	三菱重工業
2) 熱源負荷対応高効率ヒートポンプシステム	⑦	日立製作所

2. 高効率吸収式ヒートポンプシステム		
1) 自然熱源対応吸収式ヒートポンプシステム	⑧	東京ガス・三洋電機
2) 都市廃熱対応吸収式ヒートポンプシステム	⑨	大阪ガス・日立造船
3. 廃熱駆動吸収式冷凍機	⑩	東邦ガス・矢崎総業
4. 都市型地下蓄熱槽	⑪	日揮・清水建設・新日鉄
Ⅲ 高効率熱供給システム開発		
1. 小流量高効率熱供給システム	⑫	荏原製作所
2. 分散型未利用エネルギー活用システム	⑬	ダイキン工業
Ⅳ プラント最適計画・運転システム開発		
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
2. プラント最適計画システム	⑭	清水建設
3. プラント最適運転システム	⑮	東芝

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 5.815W/m²k 、熱移動単位係数 (NTU) 8		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 38% 耐圧性向上率 約 25%	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 40% 耐圧性向上率 約 20%	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	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>COP</td> <td>熱源水・冷却水温度</td> <td>取出温度</td> </tr> <tr> <td>加熱</td> <td>3.8</td> <td>10°C</td> <td>45°C</td> </tr> <tr> <td>製氷</td> <td>3.4</td> <td>25°C</td> <td>—</td> </tr> </table>		COP	熱源水・冷却水温度	取出温度	加熱	3.8	10°C	45°C	製氷	3.4	25°C	—	地域冷暖房や産業用施設の冷暖房用熱源機			
		COP	熱源水・冷却水温度	取出温度														
	加熱	3.8	10°C	45°C														
	製氷	3.4	25°C	—														
	低温熱源対応ヒートポンプシステム	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>COP</td> <td>海水出入口温度</td> <td>取出温度</td> </tr> <tr> <td>加熱</td> <td>3.0</td> <td>5/2°C</td> <td>60°C</td> </tr> </table>		COP	海水出入口温度	取出温度	加熱	3.0	5/2°C	60°C	海水熱源の地域冷暖房、ビル、工場等の高温給湯用熱源機							
		COP	海水出入口温度	取出温度														
	加熱	3.0	5/2°C	60°C														
熱源負荷対応冷温同時取出ヒートポンプシステム	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>COP</td> <td>熱源水・冷却水温度</td> <td>出入口温度</td> </tr> <tr> <td>加熱</td> <td>3.2</td> <td>12/5°C</td> <td>50/70°C</td> </tr> <tr> <td>冷却</td> <td>5.0</td> <td>27/37°C</td> <td>12/5°C</td> </tr> </table>		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	加熱	3.2	12/5°C	50/70°C	冷却	5.0	27/37°C	12/5°C	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機				
	COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度															
加熱	3.2	12/5°C	50/70°C															
冷却	5.0	27/37°C	12/5°C															
熱源負荷対応高効率ヒートポンプシステム	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>COP</td> <td>熱源水・冷却水温度</td> <td>出入口温度</td> </tr> <tr> <td>加熱</td> <td>3.8</td> <td>15/10°C</td> <td>55/60°C</td> </tr> <tr> <td>冷却</td> <td>6.0</td> <td>25/30°C</td> <td>12/7°C</td> </tr> </table>		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	加熱	3.8	15/10°C	55/60°C	冷却	6.0	25/30°C	12/7°C	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機				
	COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度															
加熱	3.8	15/10°C	55/60°C															
冷却	6.0	25/30°C	12/7°C															
自然熱源対応吸収式ヒートポンプシステム	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>COP</td> <td>熱源水・冷却水温度</td> <td>出入口温度</td> <td>駆動熱源温度</td> </tr> <tr> <td>加熱</td> <td>1.4</td> <td>7°C</td> <td>42/47°C</td> <td>155°C</td> </tr> <tr> <td>冷却</td> <td>1.3</td> <td>25°C</td> <td>12/7°C</td> <td>158°C</td> </tr> </table>		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	駆動熱源温度	加熱	1.4	7°C	42/47°C	155°C	冷却	1.3	25°C	12/7°C	158°C	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機	
	COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	駆動熱源温度														
加熱	1.4	7°C	42/47°C	155°C														
冷却	1.3	25°C	12/7°C	158°C														
都市排熱対応吸収式ヒートポンプシステム	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>COP</td> <td>熱源水・冷却水温度</td> <td>出入口温度</td> </tr> <tr> <td>加熱</td> <td>1.8</td> <td>15°C</td> <td>42/47°C</td> </tr> <tr> <td>冷却</td> <td>1.5</td> <td>25°C</td> <td>12/7°C</td> </tr> </table>		COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度	加熱	1.8	15°C	42/47°C	冷却	1.5	25°C	12/7°C	地域冷暖房やビルの冷暖房用熱源機				
	COP	熱源水・冷却水温度	出入口温度															
加熱	1.8	15°C	42/47°C															
冷却	1.5	25°C	12/7°C															
排熱駆動吸収式冷凍機	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>COP</td> <td>熱源水温度</td> <td>冷却水温度</td> <td>取出温度</td> </tr> <tr> <td>・冷却</td> <td>0.53</td> <td>60°C</td> <td>25°C</td> <td>7°C</td> </tr> </table>		COP	熱源水温度	冷却水温度	取出温度	・冷却	0.53	60°C	25°C	7°C	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						
	COP	熱源水温度	冷却水温度	取出温度														
・冷却	0.53	60°C	25°C	7°C														
高密度熱輸送技術	高密度熱輸送システム	<table border="1"> <tr> <td>冷熱輸送</td> <td>IPF=15%以上、出入口温度7/14°Cに対して熱輸送密度3.3倍以上</td> </tr> <tr> <td>温熱、未利用熱輸送用</td> <td>潜熱カプセル34.89Wh/L以上、PF=15%以上、熱輸送密度1.8倍以上(Δt=5°C顕熱に対して)</td> </tr> </table>	冷熱輸送	IPF= 15% 以上、出入口温度7/14°Cに対して熱輸送密度 3.3 倍以上	温熱、未利用熱輸送用	潜熱カプセル 34.89Wh/L 以上、PF= 15% 以上、熱輸送密度 1.8 倍以上(Δt=5°C顕熱に対して)	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											
冷熱輸送	IPF= 15% 以上、出入口温度7/14°Cに対して熱輸送密度 3.3 倍以上																	
温熱、未利用熱輸送用	潜熱カプセル 34.89Wh/L 以上、PF= 15% 以上、熱輸送密度 1.8 倍以上(Δt=5°C顕熱に対して)																	
大規模都市型蓄熱技術	都市型地下蓄熱槽	熱損失率(熱損失量/蓄熱量) 5% 以下(断熱防水なし) 容積効率 90% 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														
高効率熱供給技術	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 15% 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 30% 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 23% 程度削減	個別住宅や小規模施設の冷暖房・給湯用熱源機															
プラント最適計画・最適運転技術	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 1/7 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) 20% 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														

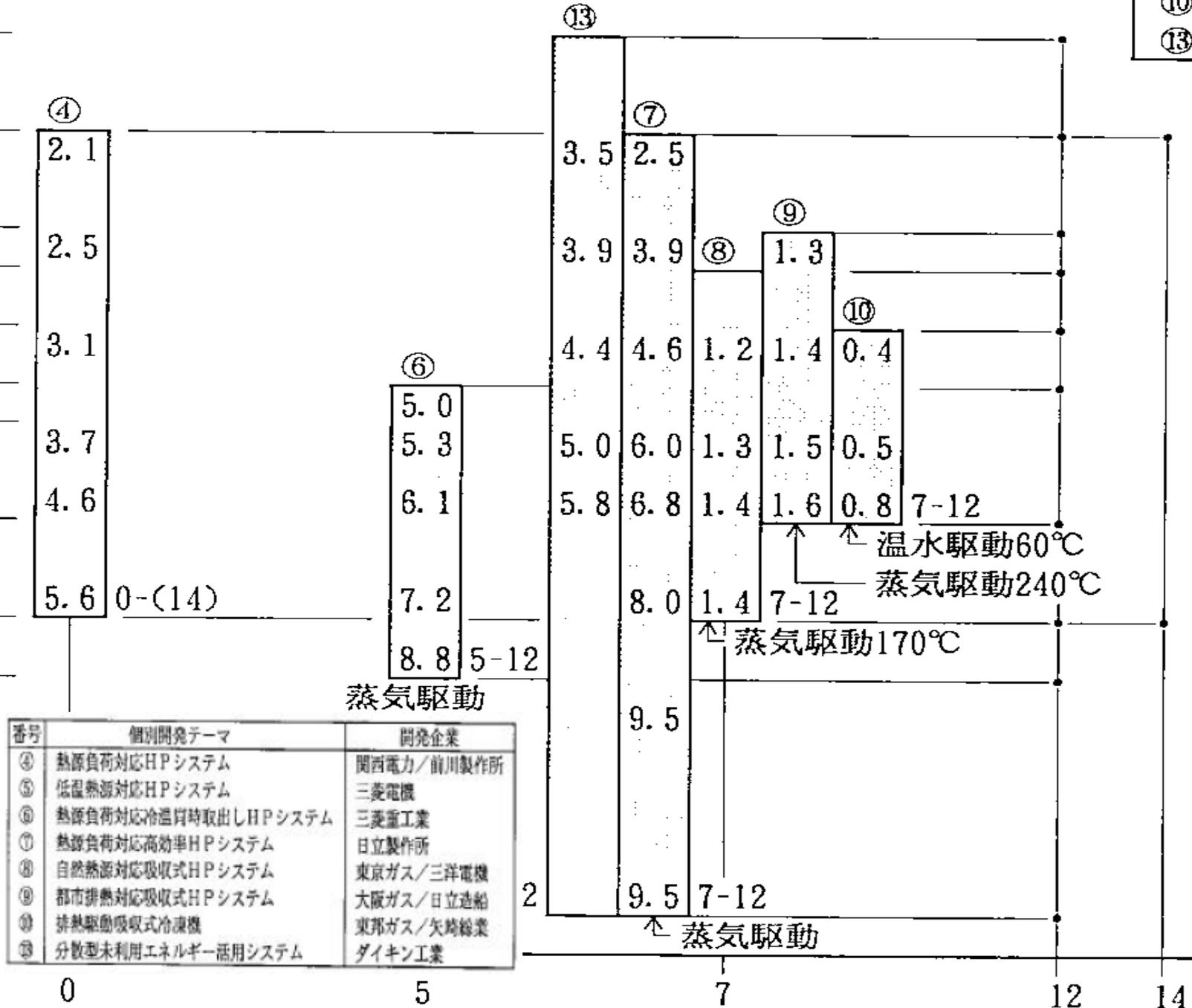
■ 研究開発目標と適用分野

要素技術		研究開発目標			
高性能 熱交換技術	自然熱源対応熱交換器	熱通過率 5,815W/m²k 、熱移動単位係数 (NTU) 8			
	都市排熱対応熱交換器	空気熱源	設置面積・容積低減率 約 38% 耐圧性向上率 約 25%		
		生下水熱源	設置面積・容積低減率 約 40% 耐圧性向上率 約 20%		
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	取出温度
		加熱	3.8	10°C	45°C
		製氷	3.4	25°C	—
	低温熱源対応ヒートポンプシステム		COP	海水出入口温度	取出温度
		加熱	3.0	5/2°C	60°C
	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
		加熱	3.2	12/5°C	50/70°C
	冷却	5.0	27/37°C	12/5°C	
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	
	加熱	3.8	15/10°C	55/60°C	
	冷却	6.0	25/30°C	12/7°C	
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	駆動熱源温度
	加熱	1.4	7°C	42/47°C	155°C
	冷却	1.3	25°C	12/7°C	158°C
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	
	加熱	1.8	15°C	42/47°C	
	冷却	1.5	25°C	12/7°C	
排熱駆動吸収式冷凍機		COP	熱源水温度	冷却水温度	取出温度
	・冷却	0.53	60°C	25°C	7°C

	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	駆動熱源温度
		加熱	1.4	7°C	42/47°C	155°C
		冷却	1.3	25°C	12/7°C	158°C
	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	
		加熱	1.8	15°C	42/47°C	
		冷却	1.5	25°C	12/7°C	
	排熱駆動吸収式冷凍機		COP	熱源水温度	冷却水温度	取出温度
		・冷却	0.53	60°C	25°C	7°C
高密度熱輸送技術	高密度熱輸送システム	冷熱輸送	IPF=15%以上、出入口温度7/14°Cに対して熱輸送密度 3.3 倍以上			
		温熱、未利用熱輸送用	潜熱カプセル 34.89Wh/L 以上、PF=15%以上、熱輸送密度 1.8 倍以上($\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ 顕熱に対して)			
大規模都市型蓄熱技術	都市型地下蓄熱槽	熱損失率(熱損失量/蓄熱量) 5% 以下(断熱防水なし) 容積効率 90% 以上				
高効率熱供給技術	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 15% 以上削減				
	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 30% 程度削減			
		冷媒搬送方式	年間一次エネルギー消費量 23% 程度削減			
プラント最適計画・最適運転技術	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 1/7 程度)				
	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) 20% 以上向上				

冷却水入口温度の適用範囲

(℃)
45
40
35
33
30
27
25
20
15
12
10
5
0



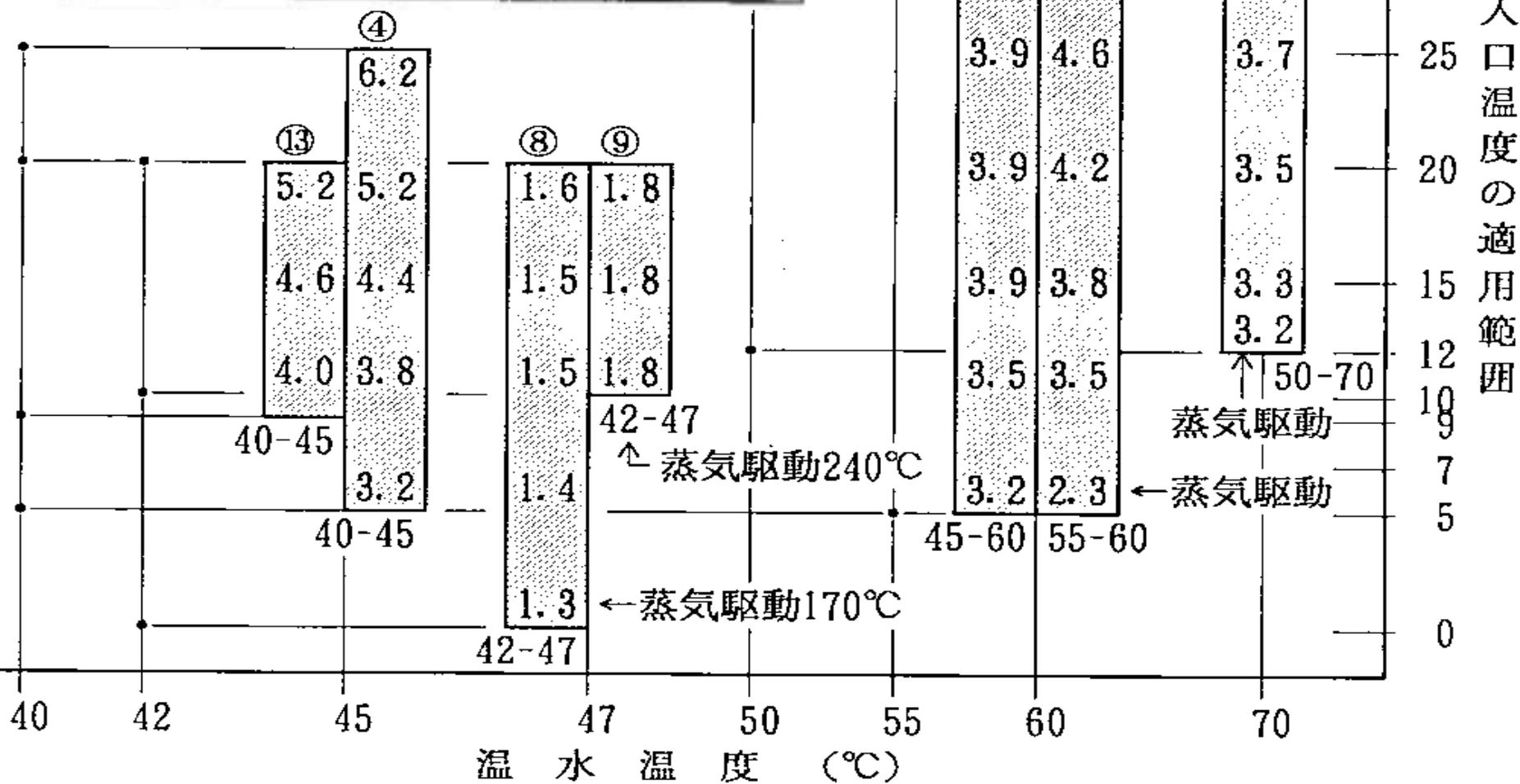
蒸気駆動

温水駆動60°C
蒸気駆動240°C
蒸気駆動170°C

番号	個別開発テーマ	開発企業
④	熱源負荷対応HPシステム	関西電力/前川製作所
⑤	低温熱源対応HPシステム	三菱電機
⑥	熱源負荷対応冷温同時取出しHPシステム	三菱重工業
⑦	熱源負荷対応高効率HPシステム	日立製作所
⑧	自然熱源対応吸収式HPシステム	東京ガス/三洋電機
⑨	都市排熱対応吸収式HPシステム	大阪ガス/日立造船
⑩	排熱駆動吸収式冷凍機	東邦ガス/矢崎総業
⑬	分散型未利用エネルギー活用システム	ダイキン工業

冷水温度(℃)

番号	個別開発テーマ	開発企業
④	熱源負荷対応HPシステム	関西電力/前川製作所
⑤	低温熱源対応HPシステム	三菱電機
⑥	熱源負荷対応冷温同時取出しHPシステム	三菱重工業
⑦	熱源負荷対応高効率HPシステム	日立製作所
⑧	自然熱源対応吸収式HPシステム	東京ガス/三洋電機
⑨	都市排熱対応吸収式HPシステム	大阪ガス/日立造船
⑩	排熱駆動吸収式冷凍機	東邦ガス/矢崎総業
⑬	分散型未利用エネルギー活用システム	ダイキン工業



④ 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
の開発を行って解決し、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C
OP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。

⑤ 低温熱源対応・海水直接投入型高温出力スクルーヒートポンプ(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)出力スクルー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。

⑥ 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負荷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。

⑦ 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。

⑧ 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。

⑨ 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。

⑩ 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る。

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	CO2 排出量	NOX 排出量	SOX 排出量	電力 ピーク値	
	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	
①	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
②-W	92	(92) *1	92	92	92	91	熱交換器の性能向上 (アフローの縮小) による 熱源機性能の向上
②-A	97	(97) *1	97	97	97	94	同上
③	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)
④	90	93	90	90	90	89	熱源機性能 (冷却・加熱) の向上
⑤	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
⑥	86	88	86	86	86	89	熱源機性能 (冷却・加熱・熱回収) の向上
⑦	82	61	87	87	87	89	熱源機性能 (冷却・加熱) の向上
⑧	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
⑨	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
⑩	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
⑪	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
⑫	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
⑬-1	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止
⑬1A	60	80 *4	60	60	60	58	止および搬送動力の削減 ⑬-1A は空気熱源ヒートポンプとの比較
⑬-2	78	81	78	78	78	74	熱源機性能 (冷却・加熱) の向上 ⑬-2 は空気熱源ヒートポンプとの比較

開発技術のモデル負荷による評価

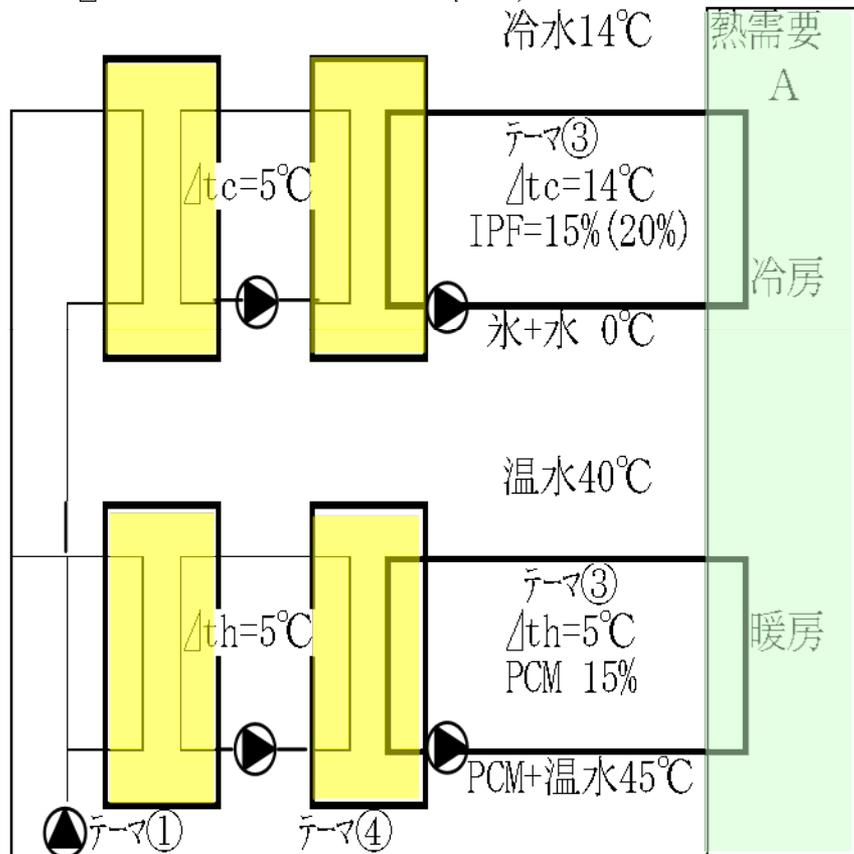
(ヒートポンプ技術開発センター、調査分科会)

- ■ 熱供給システムでの位置づけの下に評価
- ■ 在来機器・システムとの比較で評価
- ■ すべてをエネルギーに置き換えて評価
- ■ 年間値で評価(一次エネルギー、TEWI)
- ■ 負荷モデル3種を評価対象毎に選択適応
- ■ 負荷は事務所ビル・百貨店・ホテル3種類を想定

開発システム (最終評価)

テーマ①
開発熱交
NTU=8.0
 $\Delta P=10$

テーマ④
開発熱源機
COP_c=3.4(3.7)
冷水14°C



テーマ①
開発熱交
NTU=8.0
 $\Delta P=10$

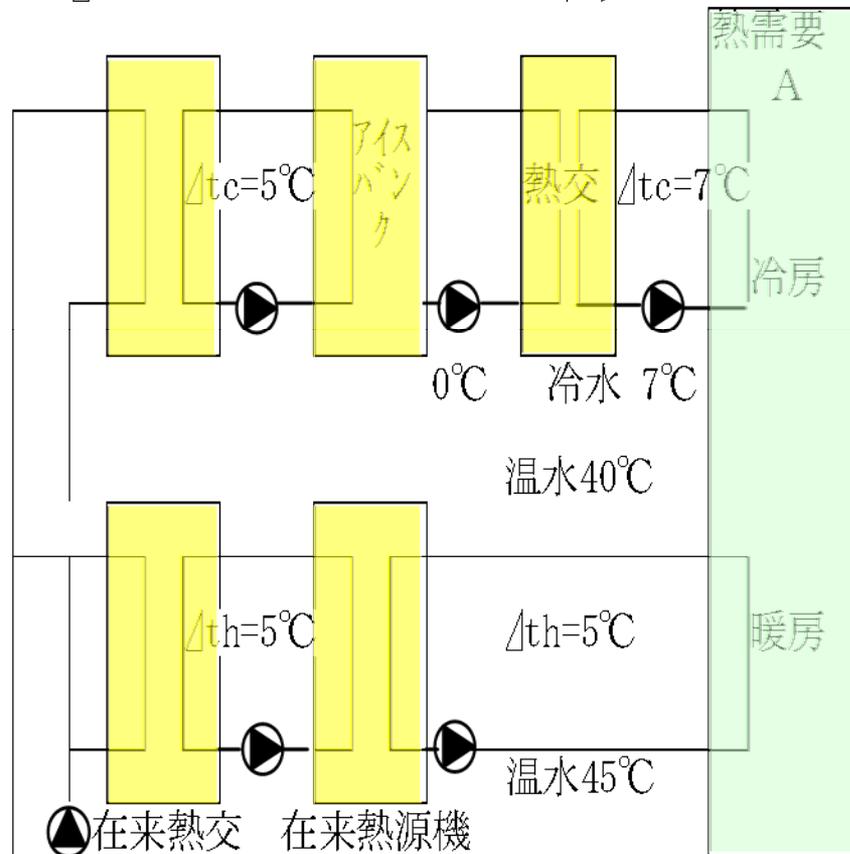
テーマ④
開発熱源機
COP_c=4.0(3.8)

河川水

在来システム A (最終評価) テーマ①+③+④の対比システム

在来熱交
NTU=2.0 在来熱源機

$\Delta P=12.5$ COP_c=3.0 冷水14°C

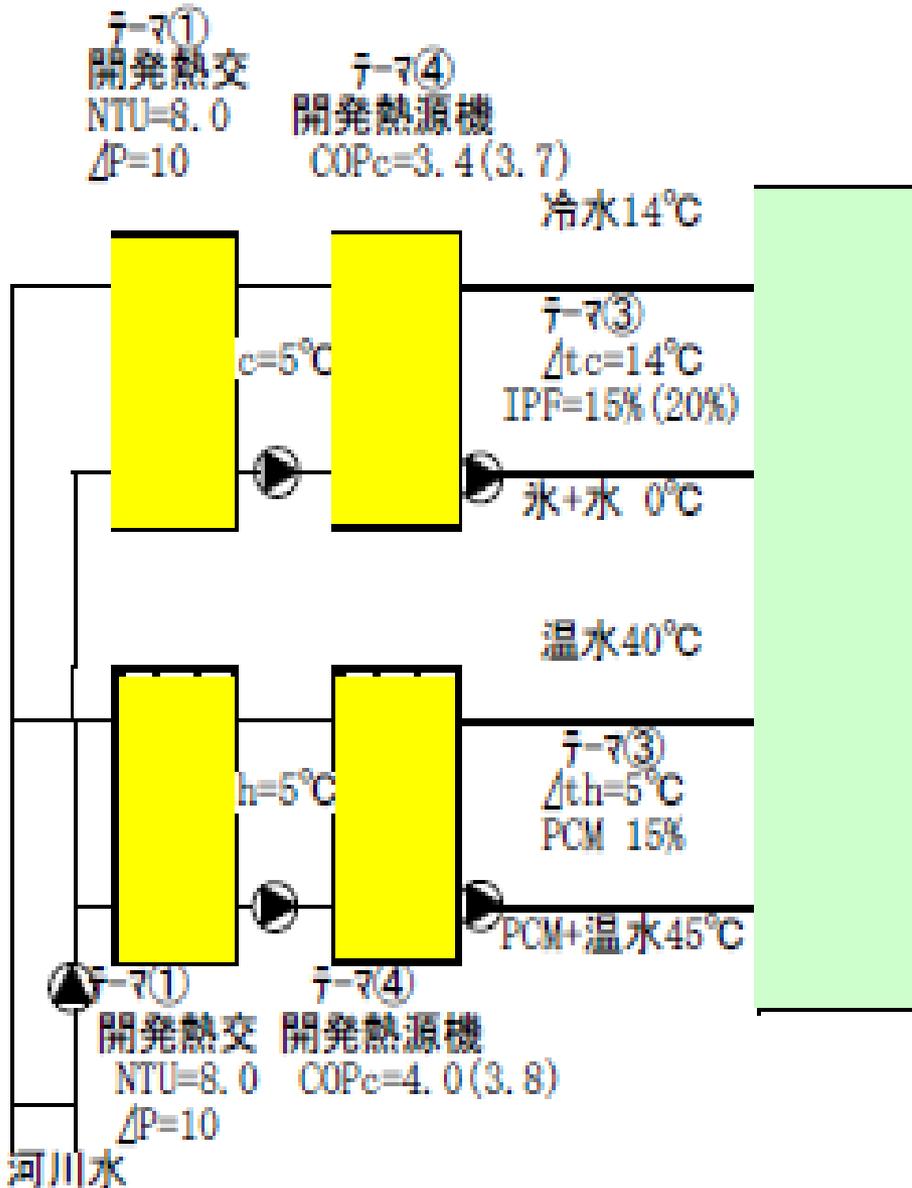


在来熱交
NTU=2.0
 $\Delta P=12.5$

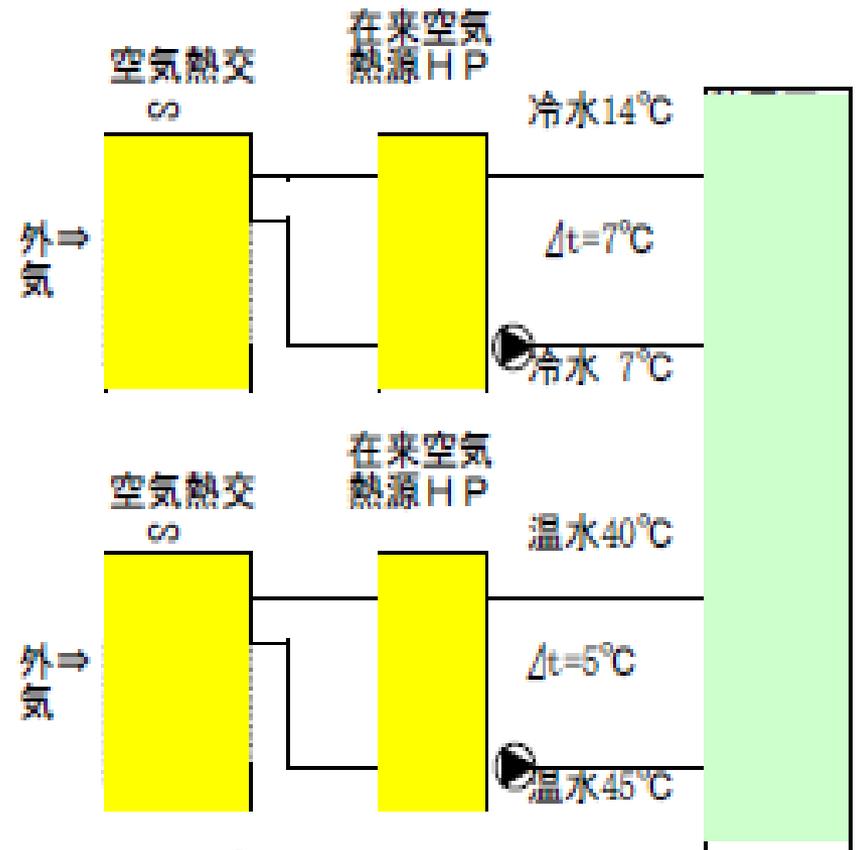
在来熱源機
COP_c=3.7

河川水

開発システム (最終評価)



在来システムB (最終評価) 未利用エネルギーを使用しない在来システム



熱源機は在来の空気熱源HP
 ($\bar{t}-r(3)-1A$ の熱源機を流用
 ただし、地域冷水条件は $\bar{t}-r(3)$ に合わせる)

低温未利用エネ活用システム

所要エネルギー比率

120

100

80

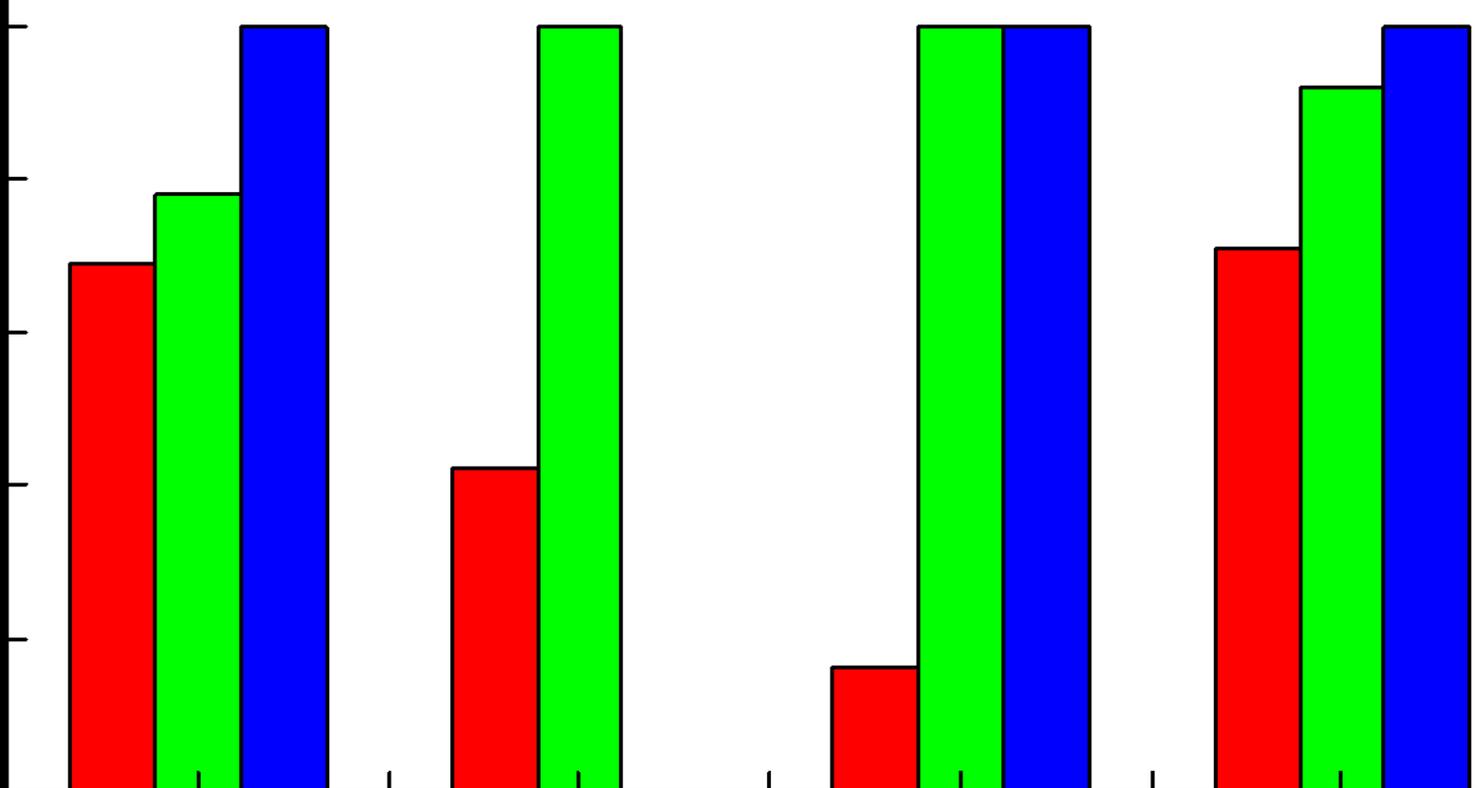
60

40

20

0

■ 開発システム ■ 在来システムA ■ 在来システムB



熱源機器

熱源水

地域搬送

合計

開発システム (最終評価)

蒸気駆動 (300°C, $i = 715$)

テーマ①

開発熱交
NTU=8.0
 $\Delta P = 10$

タービン効率 $\eta = 0.840$

冷水 12°C
温水 50°C

$\Delta t_c = 10^\circ\text{C}$
 $\Delta t_h = 7^\circ\text{C}$

$\Delta t_c = 7^\circ\text{C}$
 $\Delta t_h = 20^\circ\text{C}$

冷水 5°C
温水 70°C

テーマ⑥
COP_c = 5.07 (5.0) COP_h = 3.2
COP_r = 5.4 (冷温同時取り出し)

テーマ①
開発熱交
NTU=8.0
 $\Delta P = 10$

蒸気
(175°C, $i = 652$)

冷水 12°C
温水 42°C

$\Delta t_c = 5.5^\circ\text{C}$
 $\Delta t_h = 2^\circ\text{C}$

温熱輸送
テーマ③
 $\Delta t_c = 5^\circ\text{C}$
 $\Delta t_h = 5^\circ\text{C}$

冷水 7°C
PCM+温水 47°C

テーマ⑧ COP_c = 1.3
COP_h = 1.5 (1.4) PCM+温水 47°C (PF=15%)

在来システム A (最終評価) テーマ①+③+⑥+⑧+⑩の対比システム

蒸気駆動 (300°C, $i = 715$)

在来熱交
NTU=2.0
 $\Delta P = 12.5$

タービン効率 $\eta = 0.840$

冷水 12°C
温水 60°C

$\Delta t_c = 10^\circ\text{C}$
 $\Delta t_h = 7^\circ\text{C}$

$\Delta t_c = 7^\circ\text{C}$
 $\Delta t_h = 10^\circ\text{C}$

冷水 5°C
温水 70°C

テーマ⑥
COP_c = 4.5 COP_h = 2.9
COP_r = 4.8 (冷温同時取り出し)

在来熱交
NTU=2.0
 $\Delta P = 12.5$

蒸気
(175°C, $i = 652$)

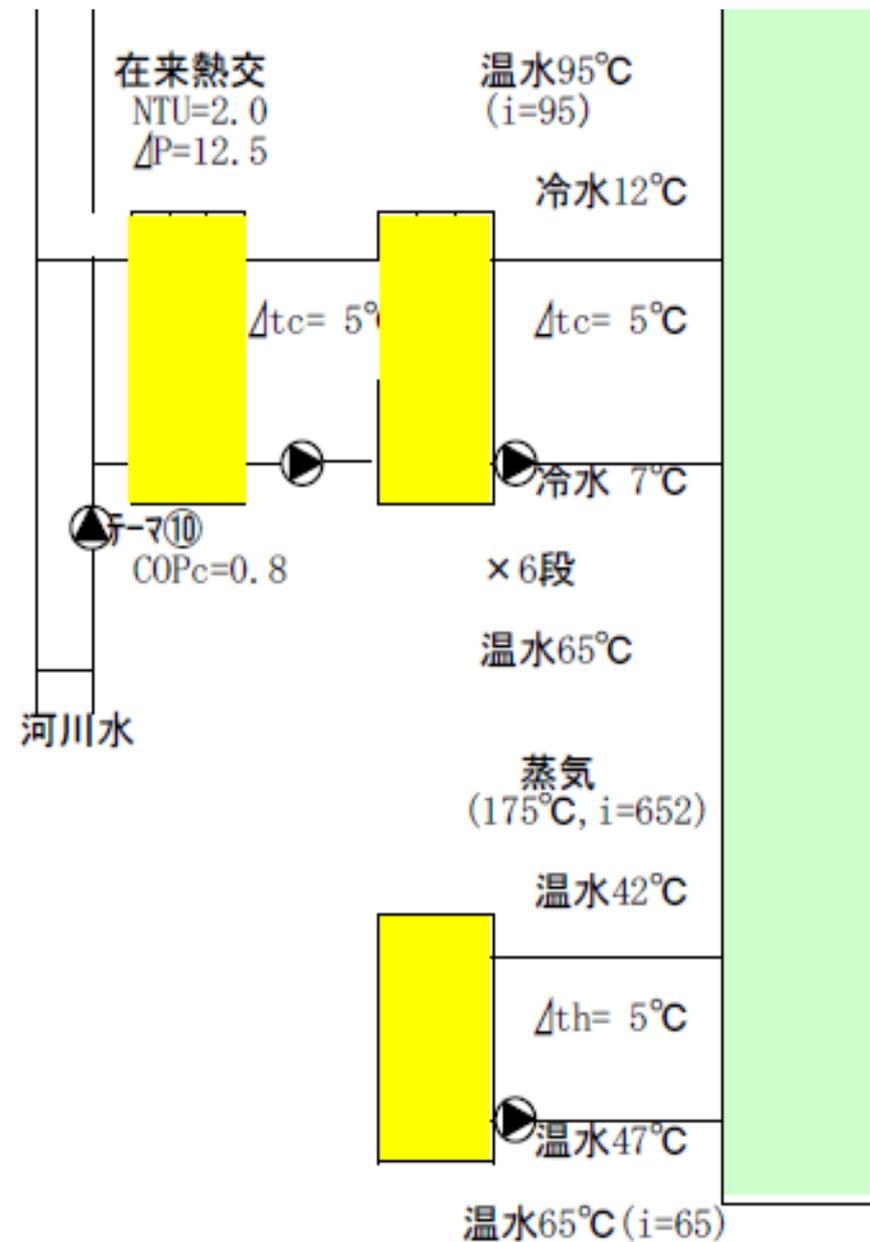
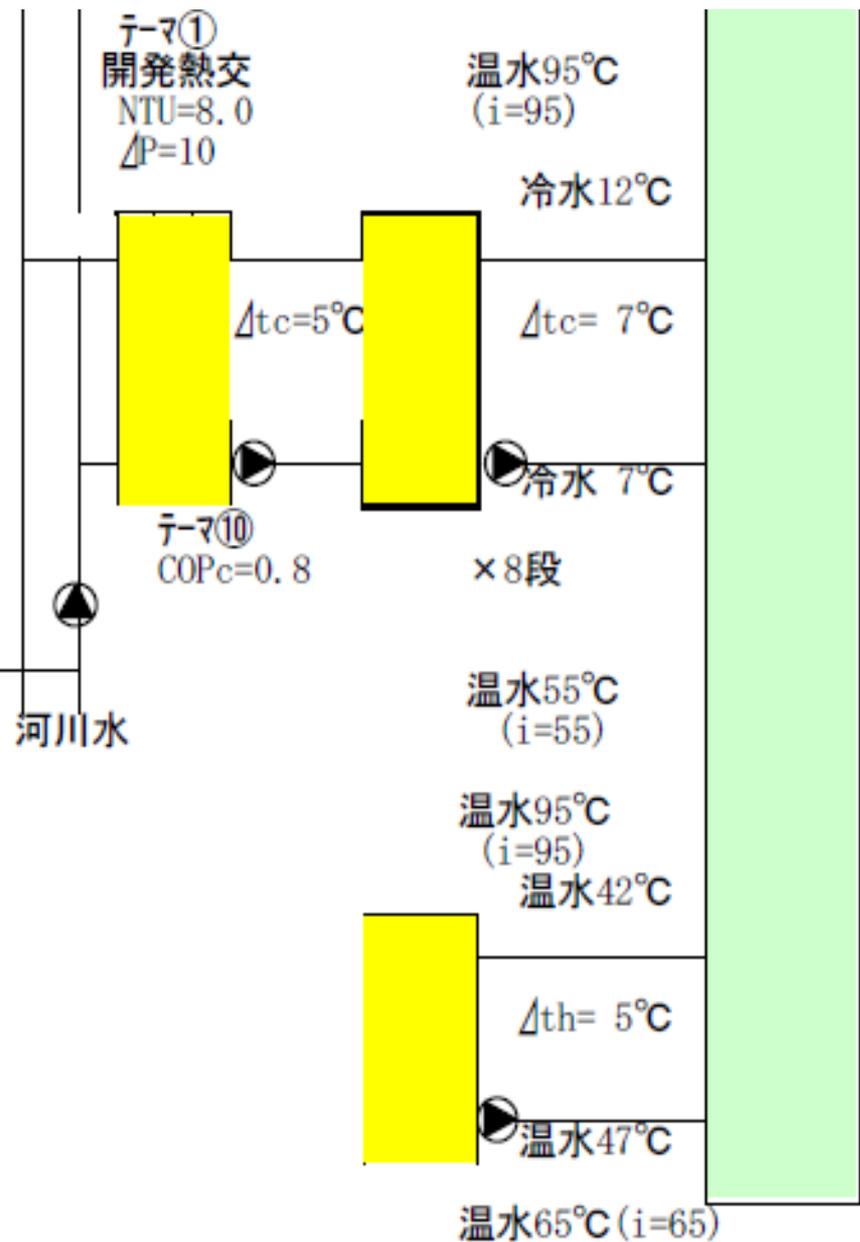
冷水 12°C

$\Delta t_c = 5.5^\circ\text{C}$

$\Delta t_c = 5^\circ\text{C}$

冷水 7°C

テーマ⑧
COP_c = 1.3



開発システムの排温水の65~55°Cは一次熱媒に算入しない。

高温未利用エネ活用システム

所要エネルギー比率

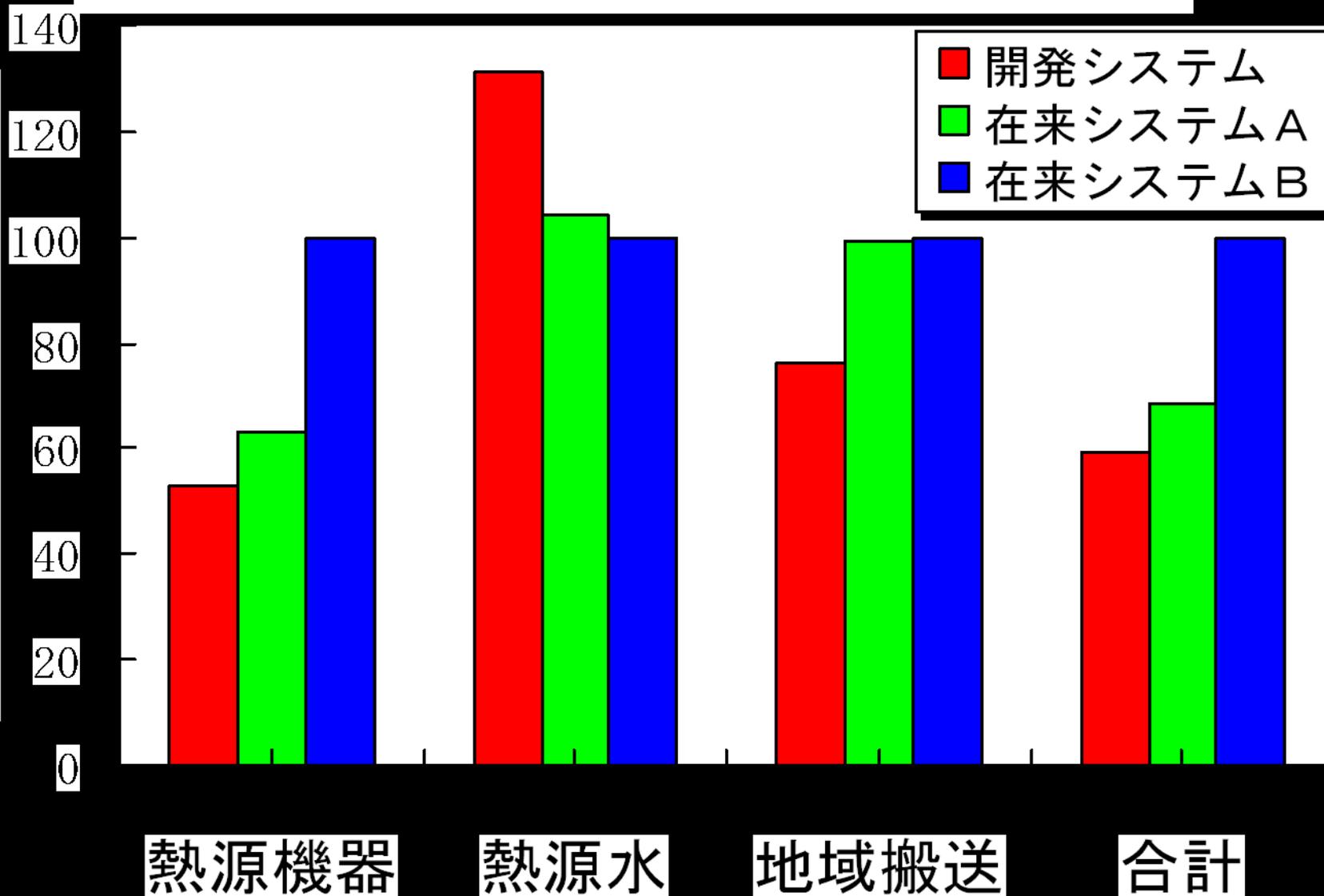


表8 組み合わせシステムの省エネルギー評価

	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
	イ (ロ → ハ)	イ (ロ → ハ)	イ (ロ → ハ)	ニ
〈低温未利用エネルギー活用システム〉				
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
〈高温未利用エネルギー活用システム〉				
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: 沸騰+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

高密度氷スラリー・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。

⑫ 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。

⑬ 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
バランスの媒介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。

⑪ 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た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。

⑭ 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も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を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。

⑮ 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、これまでに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精度の良い予測と、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。