蓄熱システムのライフサイクル最適化の技術及び性能検証のマニュアル体系

2015.9.17

- 中原信生(環境システック中原研究処)
- 射場本忠彦(東京電機大学)
- 南島正範(ヒートポンプ・蓄熱センター)

NESTEC

(一般財団法人)ヒートポンプ・蓄熱センター

- **組織の来歴**
  - 1986年設立:(財)ヒートポンプ技術開発センター」
  - 1997年改組(財)ヒートポンプ・蓄熱センター
  - 2012年移行(一財)ヒートポンプ・蓄熱センター
- **事業内容**
  - ヒートポンプ・蓄熱システム等の普及啓発・技術支援・研究開発
  - ヒートポンプ・蓄熱システム等に関する国際交流
- **蓄熱技術基準策定・研修活動**
  - 蓄熱専門委員会
  - 国際部---IEA(TES & HP), ISO その他国際交流活動
  - 蓄熱技術部---蓄熱分科会体制(2012年度まで)
    - グループ1(氷蓄熱 /射場本主査)
    - グループ2(水蓄熱 /中原主査)

NESTEC

蓄熱システムの利点

- 経済性
- 省エネルギー性
- 地域・地球環境性(低CO_2)
- 負荷平準化(電力・空調)
  - ピークカット、ピークシフト
- フレキシビリティー(負荷対応性)
- エネルギーセキュリティー
- 用水利用性(防災活用)

NESTEC

利点実現の前提
－高蓄熱槽効率の確保－

- 正しい制御の適用
- 正しい設計
  - 大温度差の確保
  - 変水量システムの採用
- 適切な保守管理
- 故障検知診断の知識

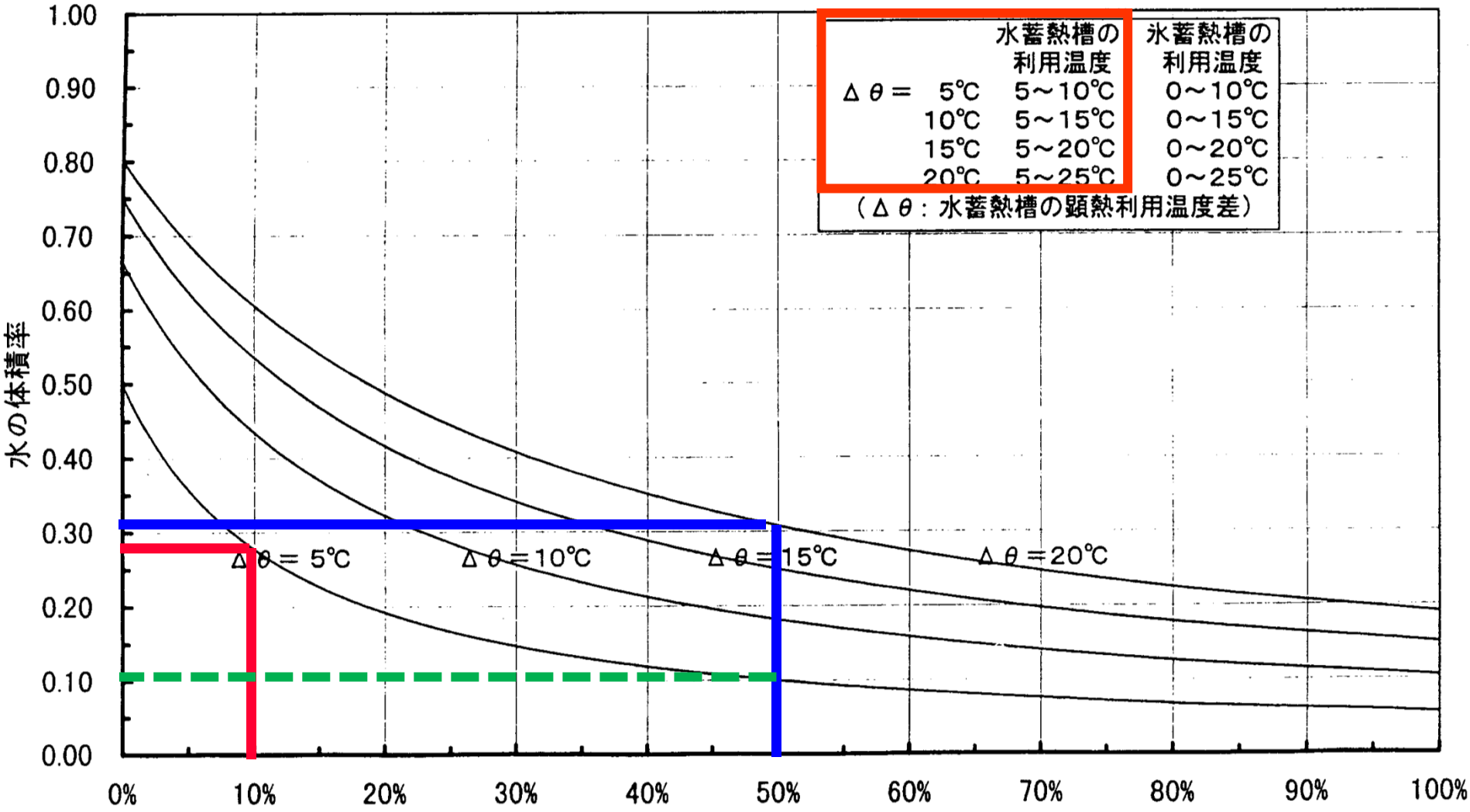
NESTEC

対象とする蓄熱システム

- パッシブ蓄熱(躯体自然蓄熱)
- アクティブ蓄熱(システム蓄熱)
  - 顕熱蓄熱
    - ＊水蓄熱槽
    - ＊固体蓄熱槽
    - ＊躯体蓄熱
    - ＊地盤蓄熱、滞水槽蓄熱
  - 氷(水)蓄熱槽
  - 潜熱蓄熱（各種PCM)
  - 化学蓄熱

NESTEC

水蓄熱と氷蓄熱、容積比較



水温換算増加温度差

5℃+ 0℃ 8℃ 16℃ 24℃ 32℃ 40℃ 48℃ 56℃ 64℃ 72℃

(b)　氷蓄熱槽の顕熱利用温度差：Δθ＋5の場合

NESTEC

蓄熱槽基本計算式

熱源容量　$$G=\frac{Q_t}{T\cdot\varepsilon}(1+\alpha)$$

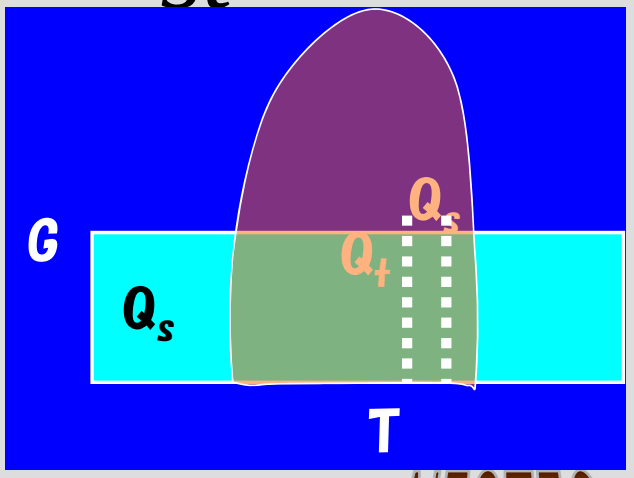
蓄熱槽容量　$$V=\frac{Q_S}{\Delta\theta_o\cdot\eta_{st}}$$

α ： 熱損失率

ε ： 熱源負荷率

η_{st} ：蓄熱槽効率

$\Delta\theta\cdot\eta_{st}$ ：有効温度差



NESTEC

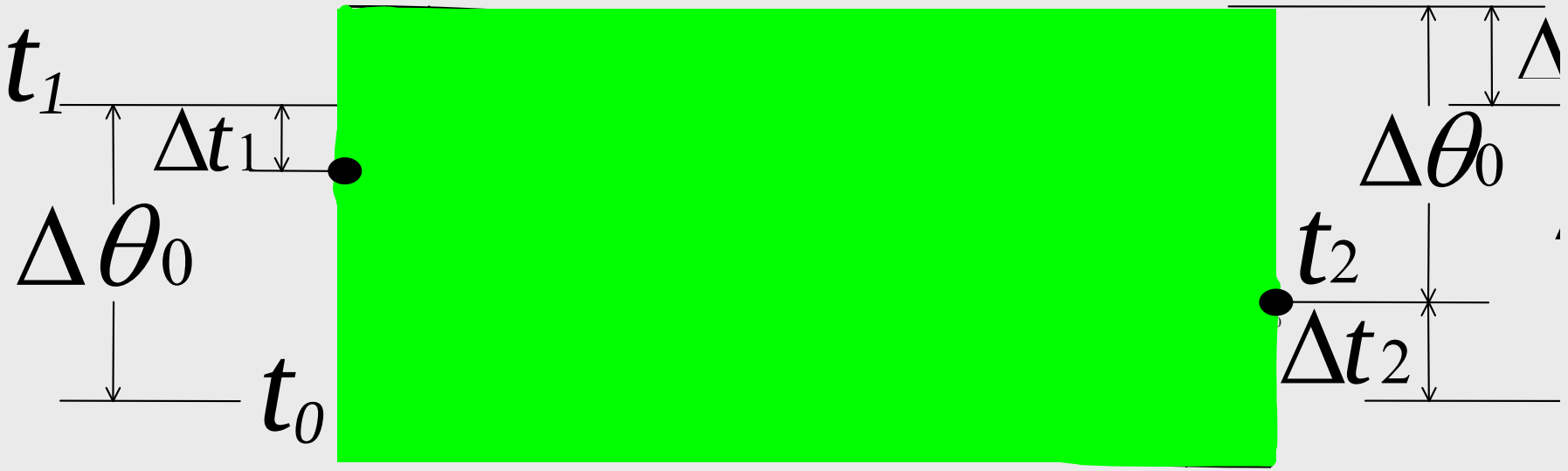
蓄熱槽効率の定義

$$\frac{\Delta t_1}{\Delta\theta_0} = \left(\frac{\Delta t}{\Delta\theta}\right)_1$$

限界温度差比

1次側　　**2次側**

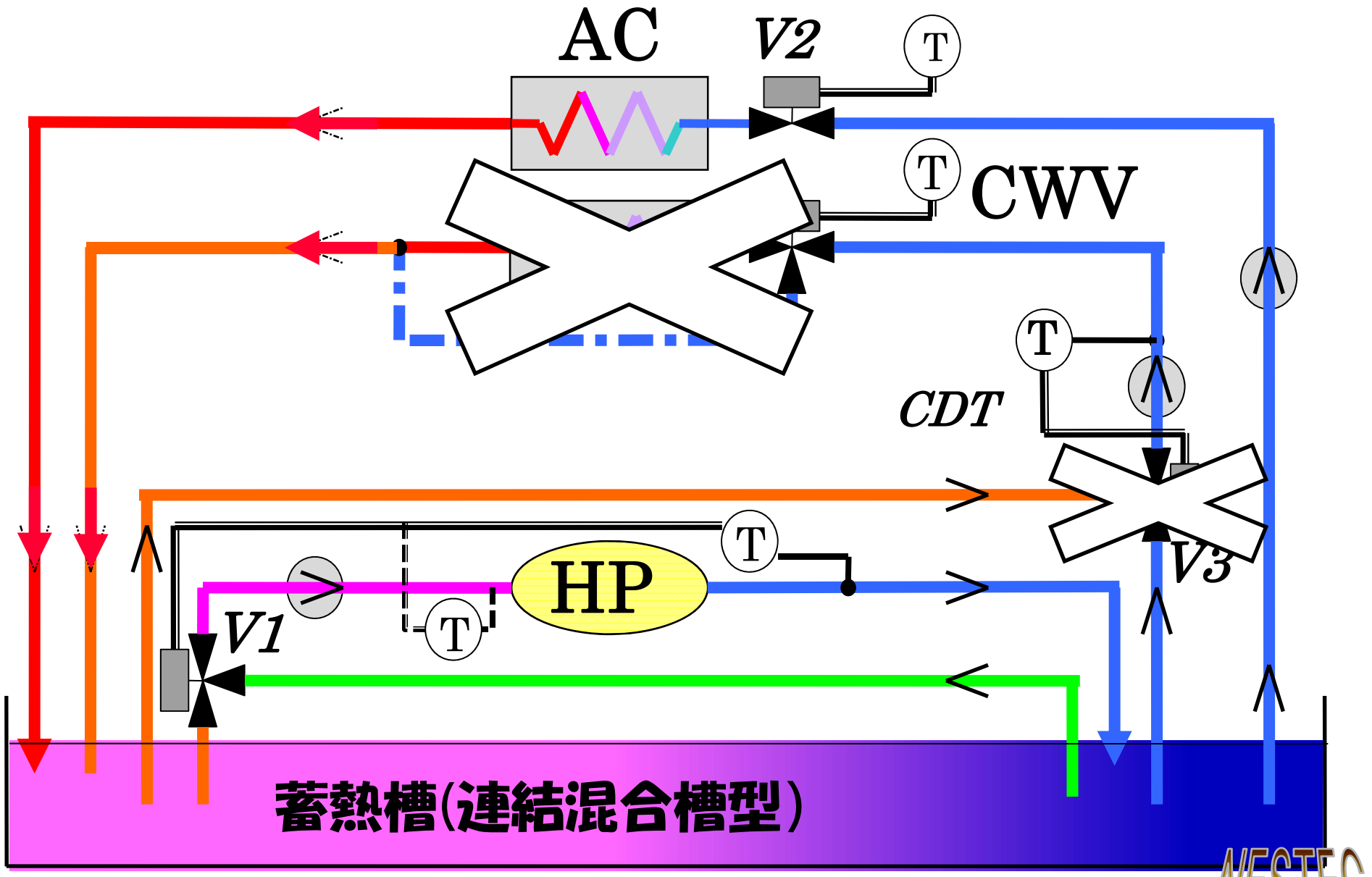
$$\frac{\Delta t_2}{\Delta\theta_0} = \left(\frac{\Delta t}{\Delta\theta}\right)_2$$



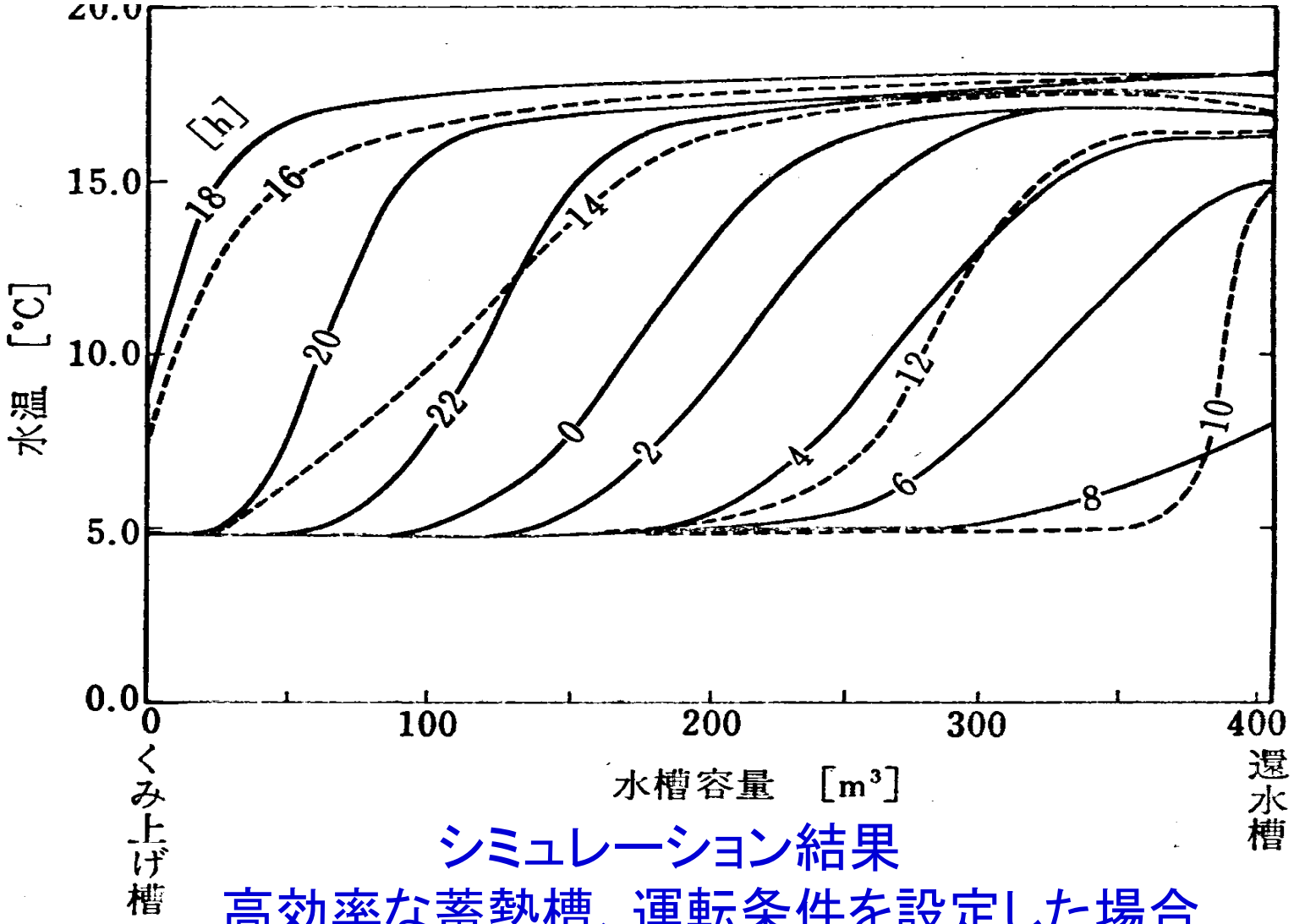
$$\eta_s = \frac{\text{蓄熱槽内の実際の熱量}}{\text{蓄熱槽内の理想的な熱量}}$$

NESTEC

蓄熱システムの基本構成



高効率の例



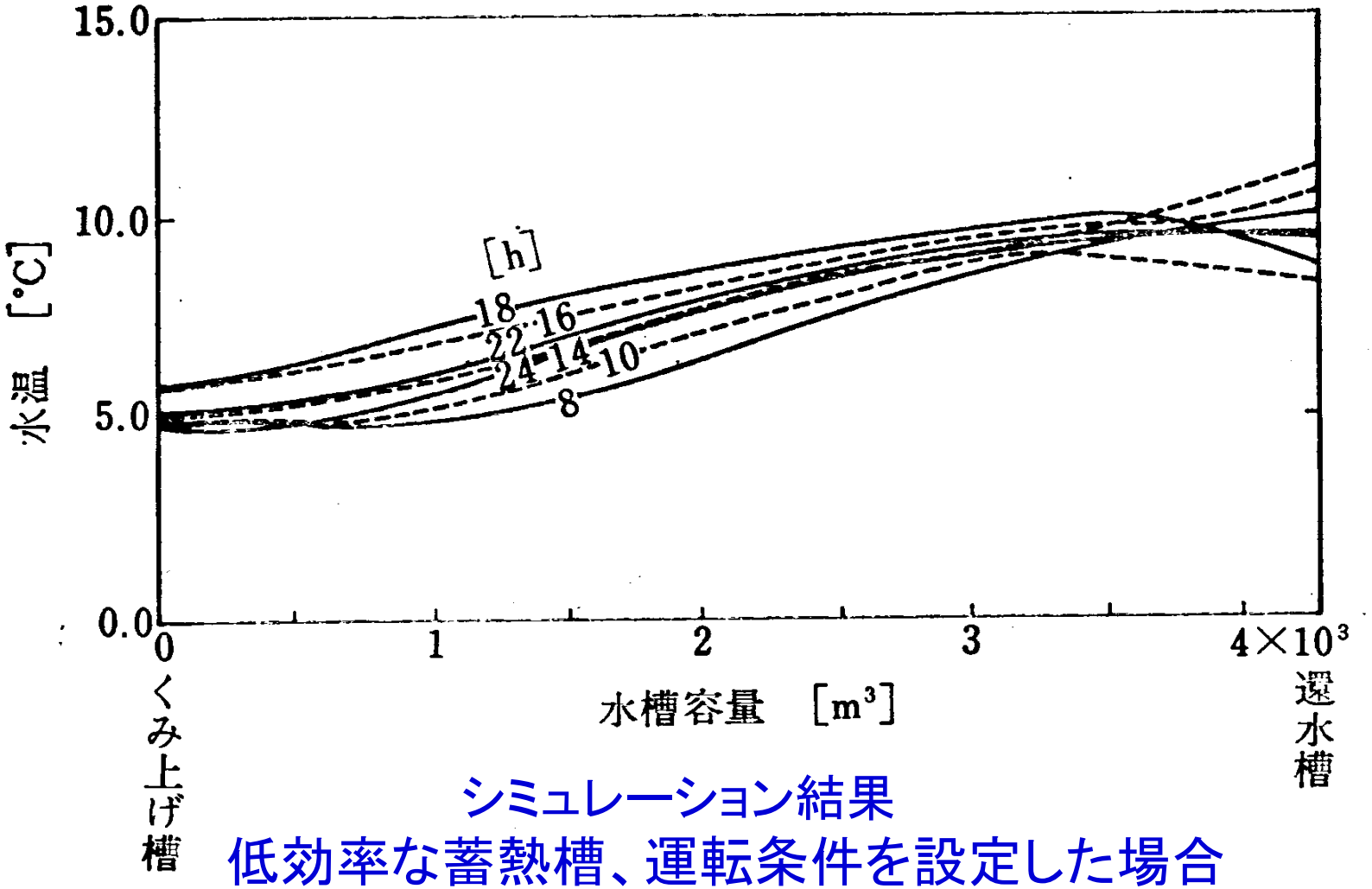
シミュレーション結果

高効率な蓄熱槽、運転条件を設定した場合

全負荷 7 200 000 kcal/d　　定流量 1 440 000 kcal/d
変流量 5 760 000 kcal/d　　槽数 40
熱源出入口温度(定格) 9～5°C　　熱源限界入口温度 7.4°C
最高還水温度(設計) 21.8°C　　送水限界温度 9.8°C
〔計算結果〕
蓄熱槽効率 0.985　　槽容量 411.0 m³

NESTEC

低効率の例



シミュレーション結果

低効率な蓄熱槽、運転条件を設定した場合

全負荷 7 200 000 kcal/d　　定流量 5 760 000 kcal/d
変流量 1 440 000 kcal/d　　槽数 10
熱源出入口温度(定格) 10～5°C　　熱源限界入口温度 8.6°C
最高還水温度(設計) 12.2°C　　送水限界温度 6.2°C
〔計算結果〕
蓄熱槽効率 0.159　　槽容量 4 292 m³

NESTEC

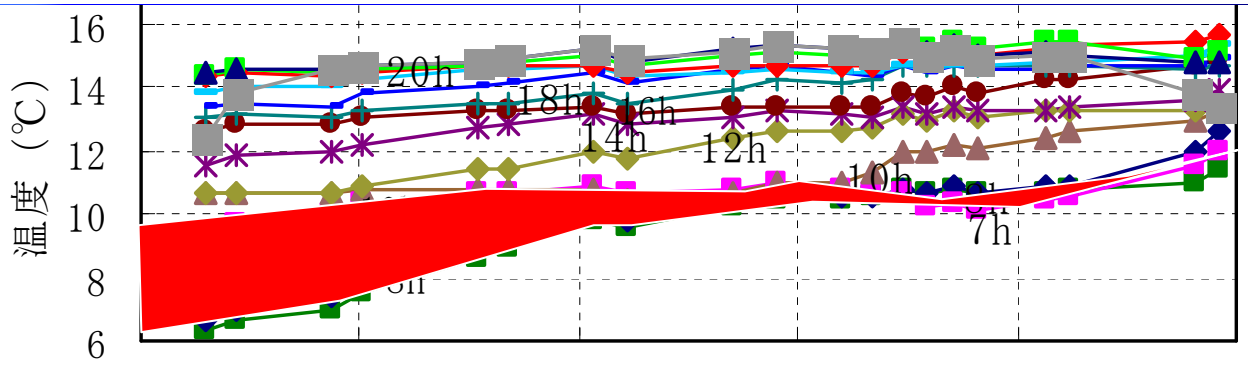


図 2.1　B 事務所ビル
1976 年竣工、連結完全混合槽型、HEX 無
（Δte≒1.5℃
2 次側：AHU(VWV)+FCU(CWV)

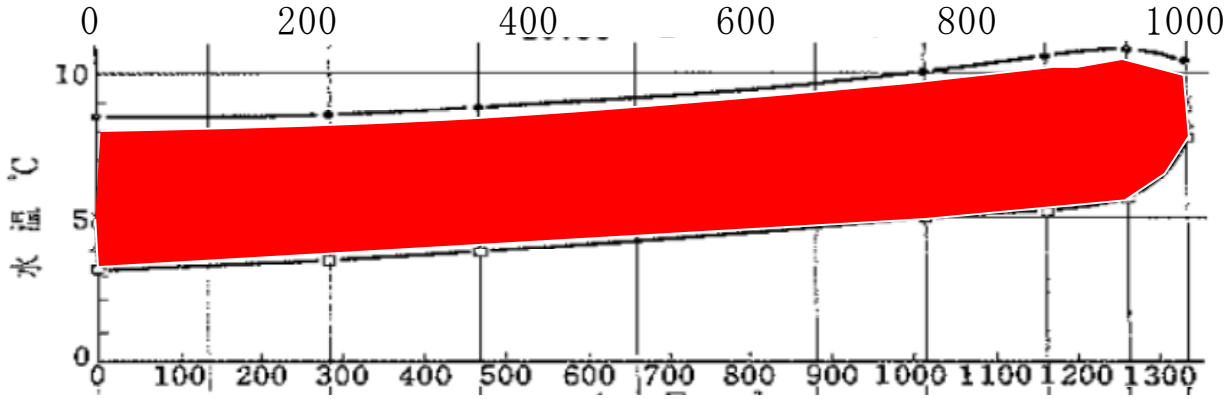


図 2.2 旧大阪放送会館
1963 年竣工、連結完全混合槽型、HEX 無
（Δte≒5℃）
2 次側：AHU+FCU
ブリードイン(擬似)VWV

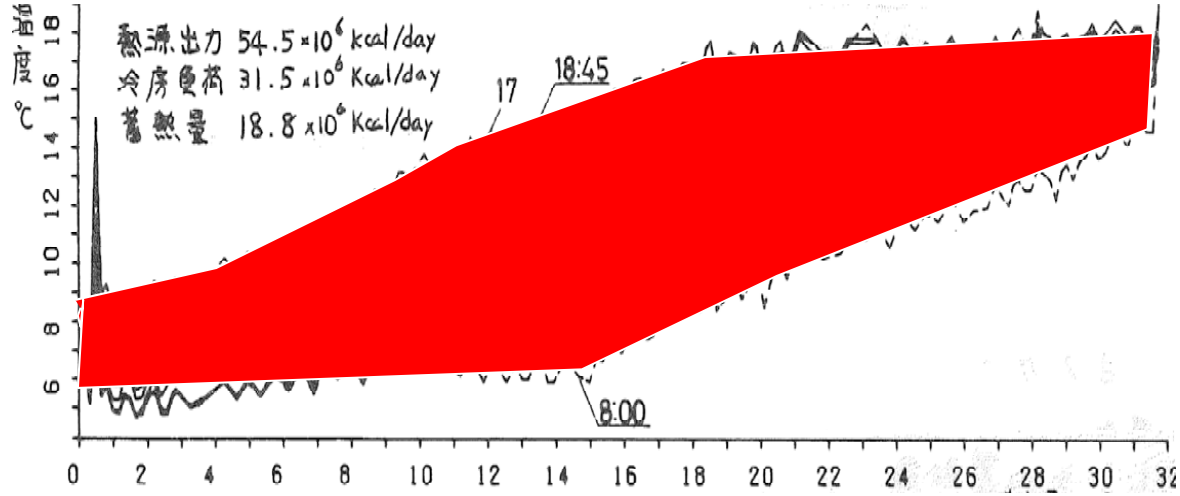


図 2.3 大阪大林ビル
1973 年竣工、連結完全混合槽型、HEX 無
（Δte≒8℃）
2 次側：AHU(VWV)+BC(I,ブースターコイル，on−off 2 方弁)＋FCU（P,on−off 2 方

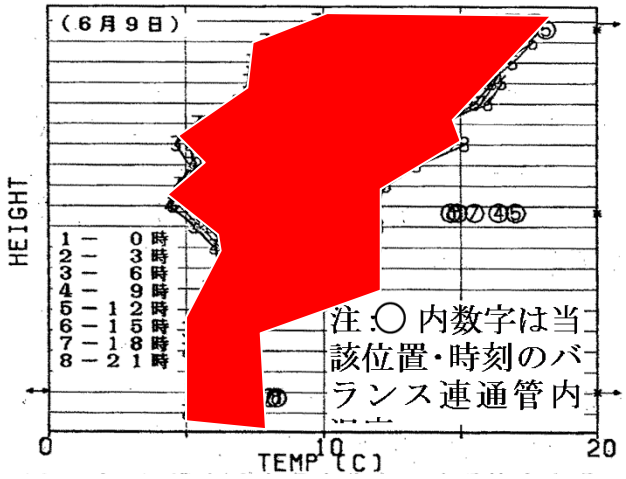


図 2.4 知多市民病院
1984 年竣工、並列バランス温度成層型、HEX 無
(Δte≒8℃)
2 次側:AHU(VWV、但し外来系と病室系は井水冷却カサバー利用で蓄熱冷温水は不使用)
+BC(ブースターコイル on-off2 方弁)

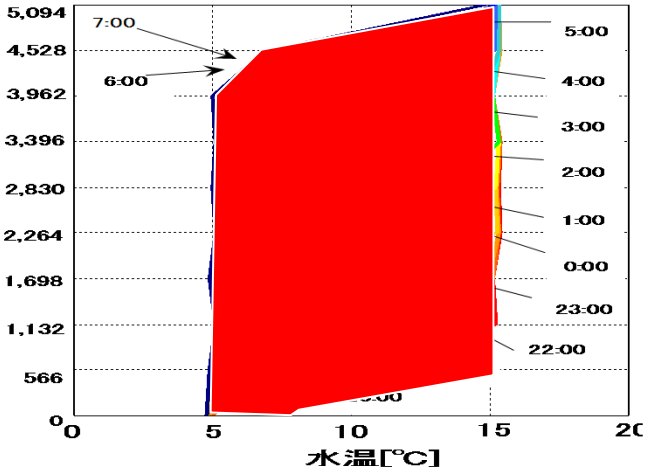


図 2.5 晴海トリトン DHC
2001 年竣工、並列温度成層型)、HEX 有
(Δte≒9℃)
2 次側:AHU(VWV) +FCU(on-off 二方弁と想定)

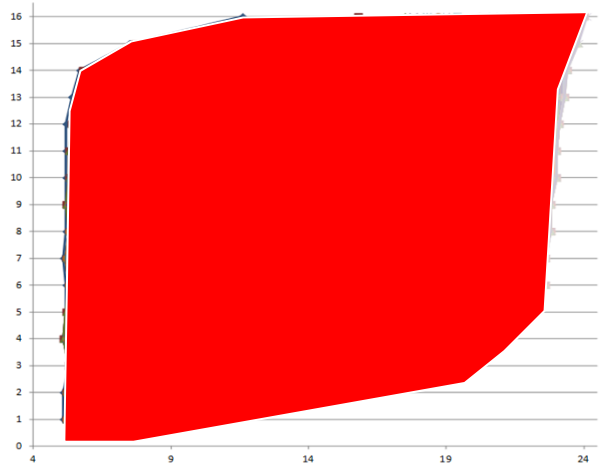


図 2.6 名大 CKK 棟
2013 年竣工、並列温度成層型、HEX 有
(Δte≒17℃)
2 次側 FCU(大温度差確保制御弁付き)のみ

蓄熱システムマニュアルの構成

コミッショニングプロセス（建築のライフサイクル）	Stage	生産段階 (Production Stage)							運転保守管理段階(O&M Stage)	
	Phase	企画フェーズ (Program Phase) (Pre-Design Phase)		設計フェーズ (Design Phase)		工事発注フェーズ(Elaboration Phase)	施工フェーズ (Construction Phase)		運転フェーズ (Operation Phase) (Occupancy and Operations Phase)	
	Step	企画段階 (Program Step)	計画段階 (Plannning Step)	基本設計段階 (Preliminary Design Step)	実施設計段階 (Working Design Step)	工事発注段階 (Elaboration Step)	施工段階 (Construction Step)	受渡し段階 (Acceptance Step)	受渡し後段階 (Post-Acceptannce Step)	定常運転段階 (Post Post-Acceptance Step)
	コミッショニング区切り事象(Main Event)		CA発注	設計発注	設計図書	建設図書	施工発注 工事監理発注	機能性能試	竣工受渡 空調の場合一年間 (one year for HVAC)	最終性能検証報告書
蓄熱技術基準マニュアル運用ガイドブック										
コミッショニング(Cx)	新築建物の蓄熱Cxガイドブック									
	既設建物の蓄熱Cxガイドブック									
	プロセス管理ツール/MQC蓄熱版									
設計・制御マニュアル										
設計ハンドブック	東京版									
	仙台版									
蓄熱2次側空調システム設計マニュアル										
センサーの基礎と保守ガイド										
蓄熱最適制御設計マニュアル										
設計例	複合熱源蓄熱最適設計運用マニュアル									
	①老健施設、②中小規模病院、③高層オフィス、④大規模店舗、⑤寒冷地庁舎									
施工	施工マニュアル									
	試運転調整(TAS)マニュアル									
機能性能試験(FPT)	試験マニュアル(TASマニュアルに含む)									
	制御シーケンスに基づくFPTマニュアル									
	プロセスマニュアル(Cxに含む)									
保全診断	運用保全マニュアル									
	異常診断・性能評価マニュアル									
	リニューアルマニュアル									
不具合検知診断ツール	C/E表（中原モデル）									
	不具合原因検索ツール(マクロモデル)									
	診断ツール運用ガイド									
計算ソフト	MicroHASP/TES/Win（負荷計算）									
	TESEP-W（水蓄熱最適設計）									
	BEST/TES(水・氷)									
	TES_ECO（3E性能評価ツール）									
氷蓄熱設計マニュアル等	計画・設計編									
	現場築造型設計編									
	設計例編 事務所ビル(新設・リニューアル)									
	データ集 （事例図集、メーカーラインアップ）									
	ソフト									
低温送風空調システム										
騒音対策マニュアル										
水質対策マニュアル										
初級蓄熱研修会テキスト	初級マニュアル（水蓄熱）									
	初級マニュアル（氷蓄熱）									
「建築設備設計基準(茶本)」蓄熱技術セミナーテキスト										
ウェブサイト	蓄熱機器カタログ									
	蓄熱技術WEB講座									
	Q&A									
資料	氷蓄熱運転実態調査(第一期)									
	氷蓄熱運転実態調査(第二期)									
	異常診断データベース									
	用語集									

蓄熱技術基準マニュアル運用ガイドブック	
コミッショニング（Cx）	新築建物の蓄熱Cxガイドブック
	既設建物の蓄熱Cxガイドブック
	プロセス管理ツール／MQC蓄熱版
設計・制御マニュアル	
設計ハンドブック	東京版
	仙台版
蓄熱2次側空調システム設計マニュアル	
センサーの基礎と保守ガイド	
蓄熱最適制御設計マニュアル	
設計例	複合熱源蓄熱最適設計運用マニュアル
	①老健施設、②中小規模病院、③高層オフィス、④大規模店舗、⑤寒冷地庁舎
施工	施工マニュアル
	試運転調整（TAS）マニュアル
機能性能試験（FPT）	試験マニュアル（TASマニュアルに含む）
	制御シーケンスに基づくFPTマニュアル
	プロセスマニュアル（Cxに含む）
保全診断	運用保全マニュアル
	異常診断・性能評価マニュアル
	リニューアルマニュアル
不具合検知診断ツール	C/E表（中原モデル）
	不具合原因検索ツール（マクロモデル）
	診断ツール運用ガイド

NESTEC

計算ソフト	MicroHASP/TES/Win（負荷計算）
	TESEP-W（水蓄熱最適設計）
	BEST/TES(水・氷)
	TES_ECO（3E性能評価ツール）
氷蓄熱設計マニュアル等	計画・設計編
	現場築造型設計編
	設計例編 事務所ビル(新設・リニューアル)
	データ集 （事例図集、メーカーラインアップ）
	ソフト
低温送風空調システム	
騒音対策マニュアル	
水質対策マニュアル	
初級蓄熱研修会テキスト	初級マニュアル（水蓄熱）
	初級マニュアル（氷蓄熱）
「建築設備設計基準(茶本)」蓄熱技術セミナーテキスト	
ウェブサイト	蓄熱機器カタログ
	蓄熱技術WEB講座
	Q&A
資料	氷蓄熱運転実態調査(第一期)
	氷蓄熱運転実態調査(第二期)
	異常診断データベース
	用語集

NESTEC

設計・保全用のソフト・ツール

- **シミュレーションツール**
  - 水蓄熱槽最適設計プログラム(TESEP-W)
  - 蓄熱システム経済・エネルギー比較プログラム(TES_ECO、設計・制御マニュアル準拠)
  - 動的負荷計算プログラム(MicroHasp/TES_Window)
- **設計補助ツール**
  - システムダイアグラム作成ツール
- **コミッショニングツール**
  - コミッショニングプロジェクト管理、データベース(MQC)
  - 不具合検知診断ツール(C/E表、マクロモデル)
  - 温度プロフィル解析動的グラフ

NESTEC

蓄熱システム設計の大略フロー

負荷計算(HASP/TES)

↓

冷房・暖房／時間ピーク負荷→非蓄熱／熱源・AHU系装置容量

↓

冷房・暖房／日ピーク負荷＋運転モード→蓄熱／熱源装置容量

↓

空調機負荷・温度条件・制御方式、熱源運転条件(温度条件等)
→蓄熱槽容量(TESEP－W)

↓

年間負荷＋比較対象熱源方式ごと機器仕様決定・価格見積

↓

年間エネルギー・CO2計算　(手計算、TES_ECO)

↓

方式決定、詳細設計

NESTEC

蓄熱システムへの招待

- 蓄熱槽には一次・二次空調システム運転の適正性の情報集約点となり、温度プロフィル上に可視化されます。
- 蓄熱技術マニュアルには熱源のみならず、空調最適設計への情報を満載しています。
- 空調技術の持つ本来の技術的興趣を復活し、その社会的役割が再認識されます。

- 諸兄の活用を期待します！