



ガイドライン説明会（東京／オンライン） 2023/07/31
“SHASE-G 0023-2022 建物エネルギーシミュレーション
ツールの評価手法に関するガイドライン”

6章 空調システムシミュレーションツールのテスト

6.2 単体機器テスト

宮田翔平（東京大学）

<目的>

- 設備機器が与条件として与えた機器特性を精度よくモデル化できているかどうかを確認する

<テスト条件>

- ガイドラインにより入力条件が指定される
- ツールによっては本ガイドラインが指定するテスト条件を直接的に満たすような入力条件が作れないことがある。この場合には、本テストが指定する入力条件に近い入力条件を作りだす工夫などをしてよい

<検証・評価>

- 与条件として与えた入力条件をもとにシミュレーションし、結果を指定したテンプレートに記載して評価する。
- メーカーが提供する規定の特性が得られることを検証する

※単体機器：エネルギーシミュレーションツールが一つの機器モデルとして扱うような機器

6.2 単体機器テスト

6.2.1 テストの目的と解説

6.2.2 テスト方法の概要と注意事項

6.2.3 搬送機器

6.2.3.1 ポンプ

6.2.4 熱源機器

6.2.4.1 空気熱源ヒートポンプ

6.2.4.2 吸収冷温水機

6.2.5 熱交換機器

6.2.5.1 冷却塔

6.2.5.2 プレート熱交換器

6.2.5.3 冷温水コイル

6.2.5.4 全熱交換器

6.2.6 蓄熱槽

6.2.6.1 連結完全混合型水蓄熱槽

- 時間の都合上赤文字の4種について説明（配布資料はすべての機器について記載）

6.2.3. 搬送機器

6.2.3.1. ポンプ

6.2.3.1.1. ポンプのテスト方法

<目的>

6. ポンプの機器モデルをテストし、規定の特性が得られることを検証しツールを評価する。
7. ポンプ性能に影響する変数（回転数、流量、揚程、ポンプ効率、軸動力）のうち、テストでは流量および揚程を入力とし、回転数比率、ポンプ効率、軸動力、消費電力を求める。
8. ケース E-PMP100 は定格条件である。
9. ケース E-PMP101 から E-PMP103 までは回転数一定の条件で流量を減じたときの運転状態が計算できることを検証しツールを評価する。
10. ケース E-PMP110 から E-PMP113 は、いずれも回転数が 75%の揚程曲線上の変化が計算できることを検証しツールを評価する。
11. ケース E-PMP120 から E-PMP124 は、同様に回転数が 50%での揚程曲線上の変化が計算できることを検証しツールを評価する。

<テスト方法>

1. ポンプの機器仕様は表 6.2.3.1_1 の通りである。

<対象機器仕様・特性>

表 6.2.3.1_1 ポンプ 仕様

1. 機種情報

型式	渦巻
周波数 [Hz]	50
電動機 極数	4P
電動機 同期速度 [rpm]	1,500
電動機 出力 [kW]	11

2. 定格条件

流量 [L/min]	1,077
消費電力 [kW]	7.49
揚程 [kPa]	245.1
軸動力 [kW]	6.55
モータ効率 [-]	0.92
インバータ効率 [-]	0.95

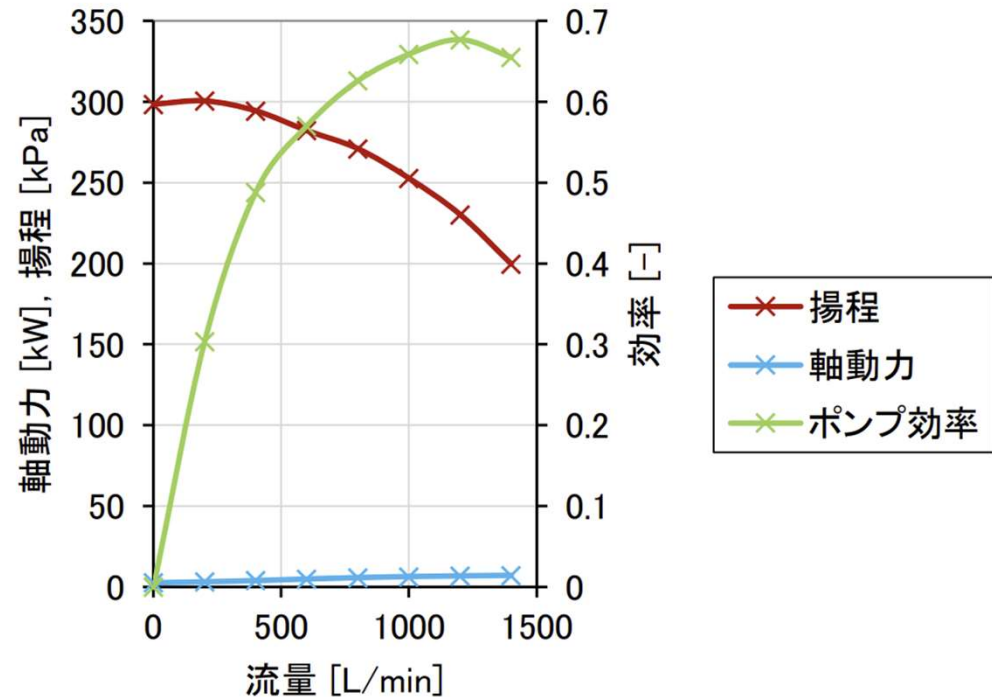


図 6.2.3.1_1 ポンプ特性曲線

➤ 特性値はAppendix B ポンプデータ.xlsxに記載

<テスト方法>

- ポンプの機器仕様は表6.2.3.1_1の通りである。
 - 図6.2.3.1_1にポンプ特性曲線を、表6.2.3.1_2に計算条件を示す。
 - これらに基づいてモデルパラメータを得てモデルを作成する。
 - モータとインバータの部分負荷効率 は表6.2.3.1_2の規定値とすることを原則とするが、入力できなければ各ツールのデフォルト値によってもよい。
 - テストは定常な入力により行う。
 - 各テストケースにおける出力を規定した機器特性と比較することにより評価を行う。
- 規定された仕様となるようモデルを作成すること、定常な入力により行うことなどは他の単体機器テストでも同様

<テストケース>

表 6. 2. 3. 1_2 ポンプ単体機器テスト条件

Case No.	入力		出力(参考)			
	流量 [%]	揚程 [kPa]	回転数 [%]	ポンプ効率 [%]	軸動力 [kW]	消費電力 [kW]
E-PMP100	100	245.1	100	67	6.55	7.49
E-PMP101	75	268.6	100	65	5.57	6.37
E-PMP102	50	284.3	100	56	4.55	5.26
E-PMP103	25	299	100	38	3.52	4.12
E-PMP110	75	138.2	75	65	2.86	3.57
E-PMP111	56.25	152	75	59.7	2.56	3.23
E-PMP112	37.5	159.8	75	49.5	2.17	2.77
E-PMP113	18.75	168.6	75	32.1	1.76	2.25
E-PMP120	50	61.8	50	56	0.99	1.57
E-PMP121	37.5	67.6	50	49.5	0.92	1.48
E-PMP122	25	71.6	50	38	0.84	1.35
E-PMP123	12.5	74.5	50	22	0.76	1.24

※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている。

<テストケース>

表 6.2.3.1_2 ポンプ単体機器テスト条件

Case No.	入力		出力(参考)					
	流量 [%]	揚程 [kPa]	回転数 [%]	ポンプ率 [%]	定格条件 [kW]	消費電力 [kW]		
E-PMP100	100	245.1	100	67	6.55	7.49		
E-PMP101	75	268.6	100	65	回転数一定の条件で 流量を減じたケース			
E-PMP102	50	284.3	100	50				
E-PMP103	25	299	100	38			3.52	4.12
E-PMP110	75	138.2	75	65	回転数が 75%の揚程曲線 上の変化が計算できることを 検証			
E-PMP111	56.25	152	75	59.7				
E-PMP112	37.5	159.8	75	49.5				
E-PMP113	18.75	168.6	75	32.1			1.76	2.25
E-PMP120	50	61.8	50	56	回転数が 50%の揚程曲線 上の変化が計算できることを 検証			
E-PMP121	37.5	67.6	50	49.5				
E-PMP122	25	71.6	50	38				
E-PMP123	12.5	74.5	50	22			0.76	1.24

※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている。

<評価>

- 各ケースにおける結果を付属電子ファイル【Appendix C 6.2.3.1_単体機器テスト(ポンプ).xlsx】に転記する。
- 他のツールとの比較結果がグラフシートに自動的に作成される。

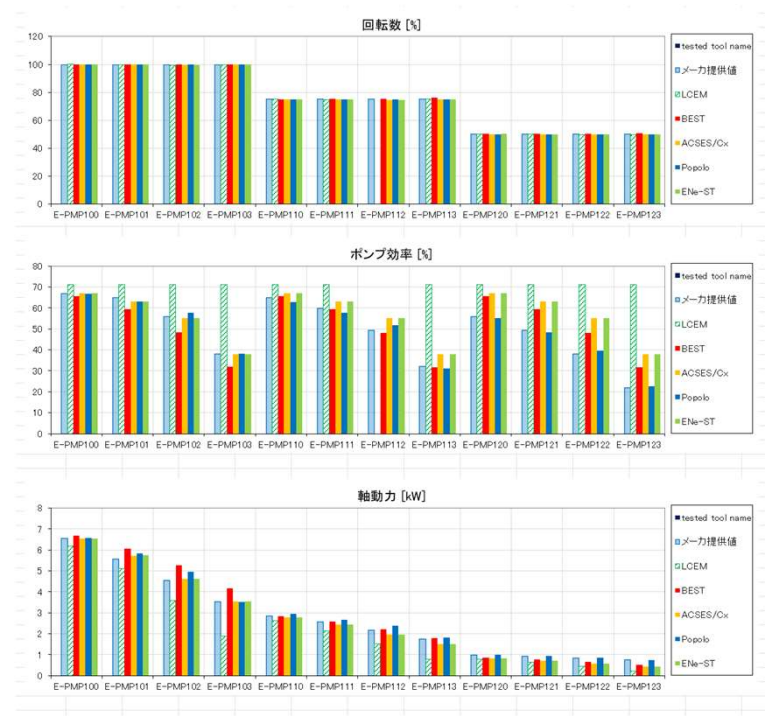
他の単体機器も同様に評価

計算結果入力シート

以下の黄色セルにツール名称等の基本情報および計算結果を入力してください。入力するとグラフシートのグラフに計算結果が自動的に反映されます。

ツールの名称	tested tool name
ツールのバージョン	
試行者	
実施日	

Case No.	入力		計算結果				特性値	
	流量 [%]	揚程 [kPa]	回転数 [%]	ポンプ効率 [%]	軸動力 [kW]	消費電力 [kW]	モータ効率 [%]	インバータ効率 [%]
E-PMP100	100	245.1					92	95
E-PMP101	75	268.6					92	95
E-PMP102	50	284.3					91	95
E-PMP103	25	299					90	95
E-PMP110	75	138.2					89	90
E-PMP111	56.25	152					88	90
E-PMP112	37.5	159.8					87	90
E-PMP113	18.75	168.6					87	90
E-PMP120	50	61.8					74	85
E-PMP121	37.5	67.6					73	85
E-PMP122	25	71.6					73	85
E-PMP123	12.5	74.5					72	85



入力シート
 Appendix_C_計算結果入力ファイル (単体機器テスト(ポンプ))

グラフシート



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>

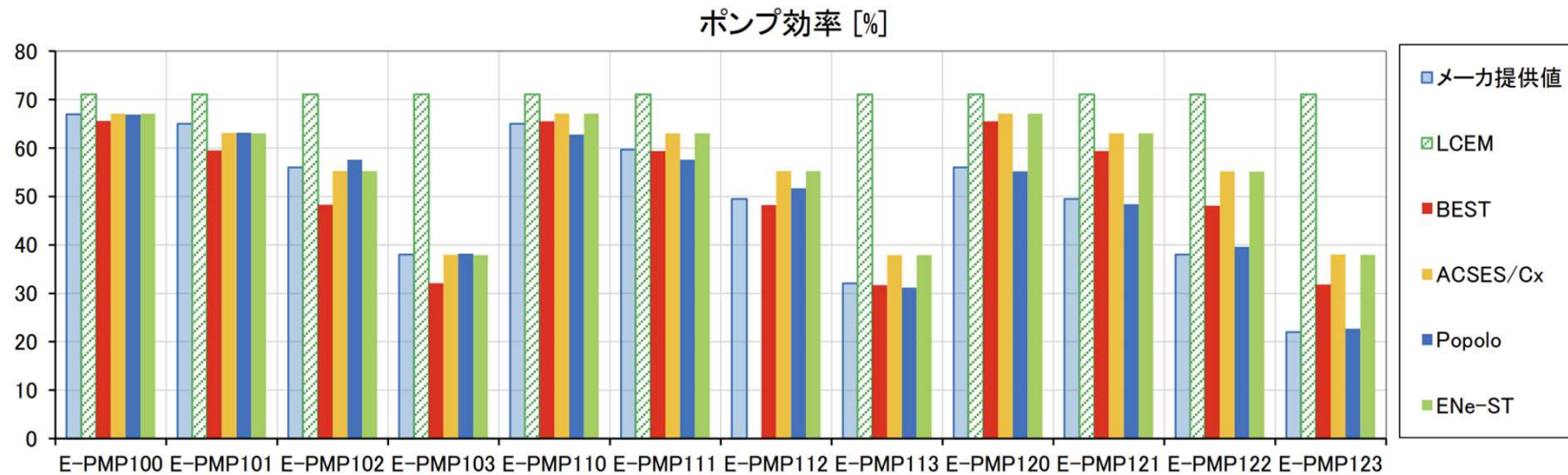


図 6. 2. 3. 1_3 ポンプテスト間比較：ポンプ効率

- 回転数（図省略）はどのツールもほぼ同じ値であったが、ポンプ効率は差が見られた。
- ポンプ効率は低流量時に低下する値のため、ケースE-PMP103などでツール間の差が大きい。

<評価例>

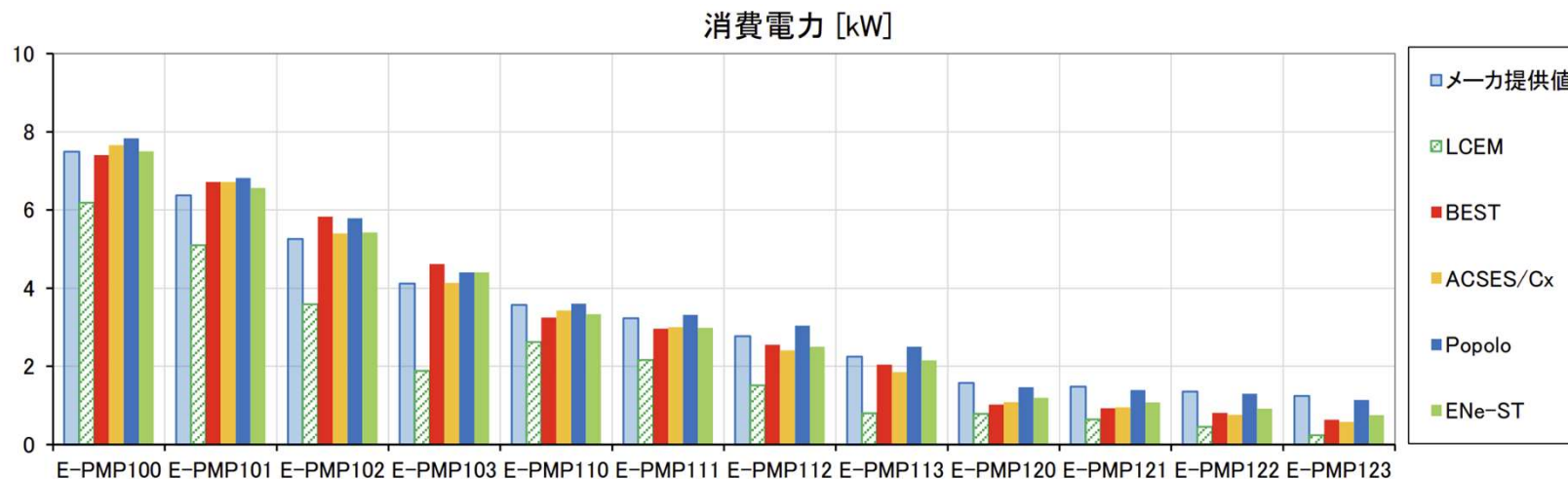


図 6.2.3.1_5 ポンプテスト間比較：消費電力

- 消費電力のばらつきは低負荷時に比較のみられるが、絶対値としては大きくない。
- モータ効率・インバーター効率の部分負荷運転時の特性がガイドラインで提供されていない（メーカーから提供されていない）ことにも留意する必要がある。

6.2.4. 熱源機器

6.2.4.1. 空気熱源ヒートポンプ

6.2.4.1.1. 空気熱源ヒートポンプのテスト方法

<目的>

1. 冷却と加熱、それぞれ複数のケースについて機器モデルをテストし規定の特性が得られることを検証しツールを評価する。
2. 冷熱のケース E-AHP100-c から E-AHP102-c では、冷水流量は定格値のままで、負荷率を徐々に小さくして部分負荷の変化に対する性能を検証しツールを評価する。
3. ケース E-AHP110-c と E-AHP111-c では、冷水出口温度を変え、これによる出力変化を検証しツールを評価する。
4. 温熱も同様の考え方で複数のケースを設定している。

<テスト方法>

1. 規定した機器特性を用いて熱源機器のシミュレーションモデルを作成する。
2. モデル作成のための機器仕様を表 6.2.4.1_1 に、部分負荷特性を図 6.2.4.1_1、図 6.2.4.1_2 に示す。
3. モデル作成には付属電子ファイル【Appendix B 空気熱源ヒートポンプデータ.xlsx】に記された値を正として用いること。なお、負荷率とは定格能力に対する処理熱量の比（処理熱量／定格能

<対象機器仕様・特性>

1. 機種情報

形式	空冷ヒートポンプチラー
電源	3相 200 V 50 Hz
圧縮機 形式	全密閉スクロール

2. 定格条件

冷却能力 [kW]	300	外気温度: 35°CDB
冷却消費電力 [kW]	99.6	
冷水流量 [L/min]	860	
冷水温度 [°C]	12→7	
冷水圧力損失 [kPa]	46	
加熱能力 [kW]	300	外気温度: 7°CDB, 5.9°CWB
加熱消費電力 [kW]	100	
温水流量 [L/min]	860	
温水温度 [°C]	40→45	
温水圧力損失 [kPa]	46	

部分負荷特性(冷却)

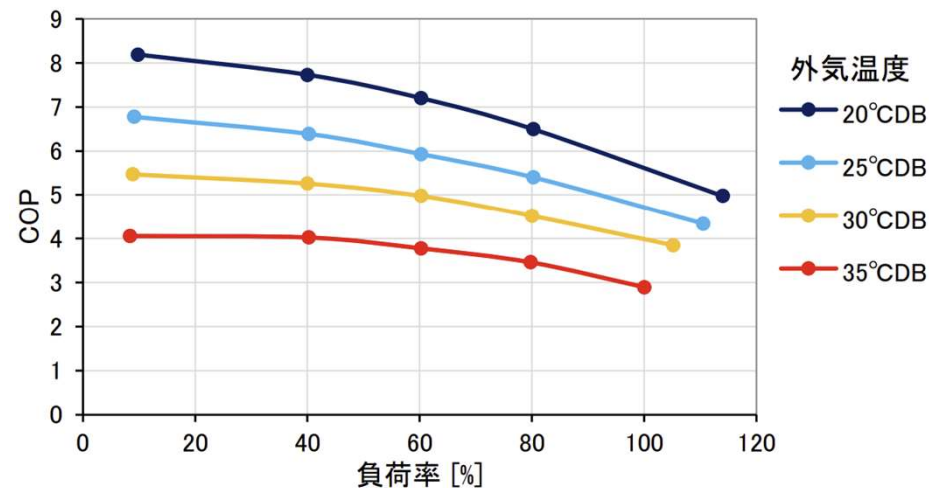


図 6.2.4.1_1 空気熱源ヒートポンプ 部分負荷特性 (冷却)

※出口温度 7°C、冷水流量定格時の性能

➤ 特性値はAppendix B 空気熱源ヒートポンプデータ.xlsxに記載

<テストケース>

Case NO.	入力		制御目標値	環境条件	出力			
	冷温水 流量 [%]	冷温水入口 温度 [°C]	冷温水出口 温度 [°C]	外気温度 [°C]	負荷率 [%]	能力 [kW]	消費電力 [kW]	
冷熱	E-AHP100-c	100	12.0	7	35°CDB	100	300	99.6
	E-AHP101-c	100	10.8	7	30°CDB	75	225	47.8
	E-AHP102-c	100	9.5	7	25°CDB	50	150	24.2
	E-AHP110-c	100	9.5	5	35°CDB	90	270	97.4
	E-AHP111-c	100	14.4	9	35°CDB	109	326	101.6
温熱	E-AHP100-h	100	45.8	50	0.9°CDB, 0°CWB	85	254.2	112.2
	E-AHP101-h	100	46.8	50	6.1°CDB, 5°CWB	64	190.6	67.2
	E-AHP102-h	100	47.9	50	11.3°CDB, 10°CWB	42	127.2	35.2
	E-AHP110-h	100	51.9	55	0.9°CDB, 0°CWB	62	186.4	91.2
	E-AHP111-h	100	40.6	45	0.9°CDB, 0°CWB	88	265.4	101.4

※外気温度は冷熱時は乾球、温熱時は乾球温度と湿球温度の両方を示す。

<テストケース>

Case NO.	入力		制御目標値	環境条件	負荷 [%]	定格条件	
	冷温水 流量 [%]	冷温水入口 温度 [°C]	冷温水出口 温度 [°C]	外気温度 [°C]		[kW]	消費電力 [kW]
冷熱	E-AHP100-c	100	12.0	7	35°CDB	100	流量定格条件 で負荷率を減じ たケース
	E-AHP101-c	100	10.8	7	30°CDB	75	
	E-AHP102-c	100	9.5	7	25°CDB	50	
	E-AHP110-c	100	9.5	5	35°CDB	90	出口温度を 変えたケース
	E-AHP111-c	100	14.4	9	35°CDB	109	
温熱	E-AHP100-h	100	45.8	50	0.9°CDB, 0°CWB	85	冷熱と同じ考え で設定
	E-AHP101-h	100	46.8	50	6.1°CDB, 5°CWB	64	
	E-AHP102-h	100	47.9	50	11.3°CDB, 10°CWB	42	
	E-AHP110-h	100	51.9	55	0.9°CDB, 0°CWB	62	
	E-AHP111-h	100	40.6	45	0.9°CDB, 0°CWB	88	265.4

※外気温度は冷熱時は乾球、温熱時は乾球温度と湿球温度の両方を示す。



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>

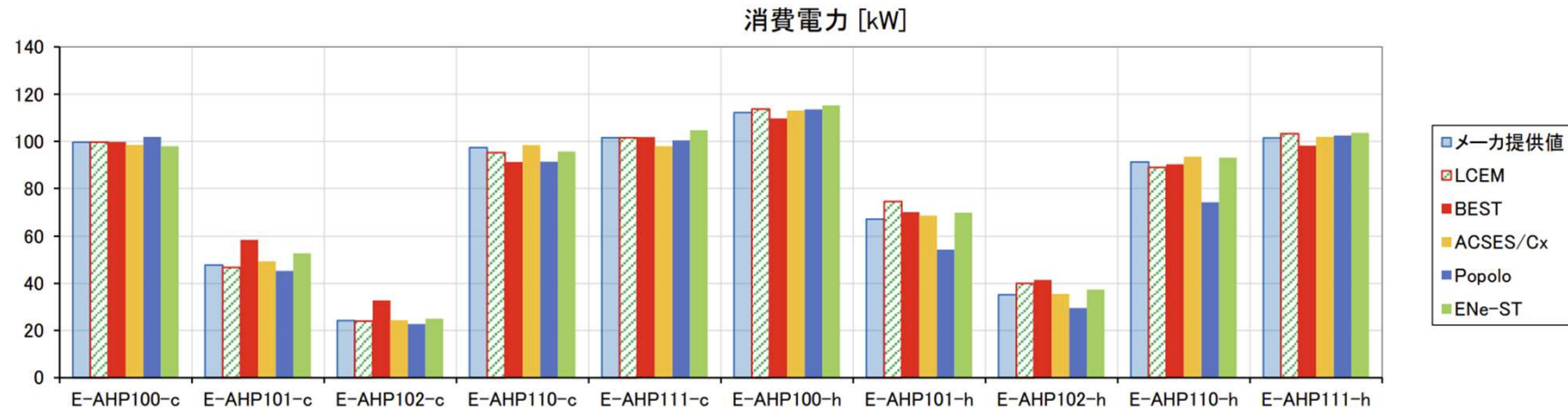


図 6.2.4.1_4 空気熱源ヒートポンプテスト間比較：消費電力

- 負荷率が小さい場合に消費電力のばらつきが大きい傾向がみられた。
- 特に低負荷かつ外気温度が低い（冷房）／高い（暖房）ケースであるE-AHP102-cが-6%~35%、E-AHP102-hが-16%~18%と他のケースに比べてツール間のばらつきが大きかった。
- BESTとPopoloは定格条件のみをモデルに与え機器特性はツール内蔵のものを使用するため、運転条件が定格条件と大きく異なるケースでは差が大きくなり得る。

6.2.4.2. 吸収冷温水機

6.2.4.2.1. 吸収冷温水機のテスト方法

<目的>

1. 吸収冷温水機のモデルをテストし、メーカーが提供する規定の特性が得られることを検証しツールを評価する。
2. ケース E-AR100 から E-AR102 までは、冷水・冷却水流量が定格値のままで徐々に負荷率を小さくし、冷却水温度も低下させた場合の出力を検証するためのテストである。
3. ケース E-AR110 と E-AR111 は、冷水・冷却水がともに変流量の場合に冷却水・冷水温度が変化した場合の出力を検証するためのテストである。
4. ケース E-AR120 は冷水・冷却水流量が定格値の時に冷水出口温度を変更した場合の出力を検証するためのテストである。

<テスト方法>

1. 規定した機器特性を用いて熱源機器のシミュレーションモデルを作成する。
2. モデル作成のための機器仕様を表 6.2.4.2_1 に、部分負荷特性を図 6.2.4.2_1、図 6.2.4.2_2 に示すが、モデル作成には付属電子ファイル【Appendix B 吸収冷温水機データ.xlsx】に記された値を正として用いること。なお、負荷率とは定格能力に対する処理熱量の比（処理熱量／定格能力）を意味する。

<対象機器仕様・特性>

2. 定格条件

冷水系	能力 [kW]	527
	冷水流量 [L/min]	1,512
	冷水入口温度 [°C]	12
	冷水出口温度 [°C]	7
	ガス使用量 [Nm ³ /h]	32.4
	最大燃焼量 [kW]	405
	消費電力 [kW]	5.1
	機内水頭損失 [kPa]	47.6
	温水系	能力 [kW]
温水流量 [L/min]		1,512
温水入口温度 [°C]		45
温水出口温度 [°C]		50
ガス使用量 [Nm ³ /h]		48.4
最大燃焼量 [kW]		605
消費電力 [kW]		4.3
機内水頭損失 [kPa]		47.6
冷却水系		冷却水流量 [L/min]
	冷却水入口温度 [°C]	32
	冷却水出口温度 [°C]	37
	機内水頭損失 [kPa]	57.8

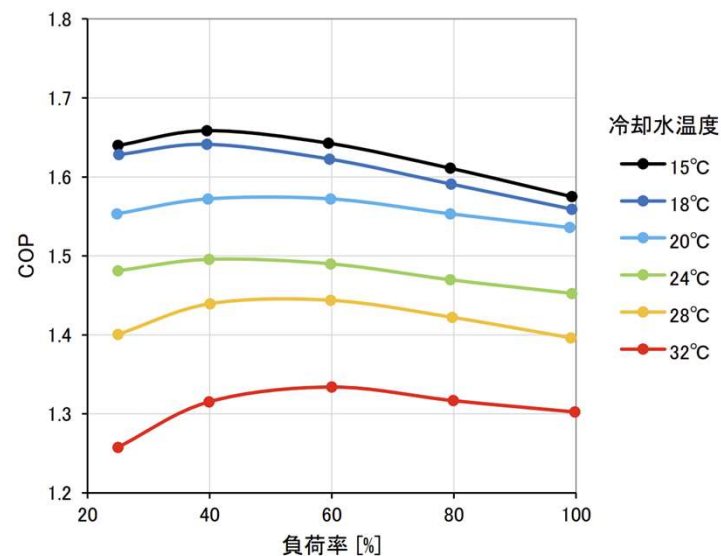


図 6.2.4.2_1 吸収冷温水機 機器特性 (冷水、冷却水ともに定格流量で一定の場合)

➤ 特性値はAppendix B 吸収冷温水機データ.xlsxに記載

<テストケース>

表 6.2.4.2_2 吸収冷温水機単体機器テスト条件

Case No.	入力				制御目標値	出力(参考)			
	冷水入口温度 [°C]	冷水流量 [%]	冷却水入口温度 [°C]	冷却水流量 [%]		冷水出口温度 [°C]	冷却水出口温度 [°C]	能力 [kW]	ガス消費量 [m ³ /h]
E-AR100	12.00	100	32	100	7	37	527	32.4	5.1
E-AR101	10.75	100	27	100	7	30.6	395	22.1	2.9
E-AR102	9.50	100	22	100	7	24.4	264	13.8	1.8
E-AR110	12.00	75	27	75	7	31.9	395	22.6	2.9
E-AR111	10.00	86	32	86	5	37	453	28.6	5.1
E-AR120	14.00	100	32	100	9	37	527	31.3	5.1

※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている。

<テストケース>

表 6.2.4.2_2 吸収冷温水機単体機器テスト条件

Case No.	入力				制御目標値	定格条件	出力(参考)		
	冷水入口温度 [°C]	冷水流量 [%]	冷却水入口温度 [°C]	冷却水流量 [%]	冷水出口温度 [°C]	冷水出口温度 [°C]			
E-AR100	12.00	100	32	100	7	37			
E-AR101	10.75	100	27	100	7	35.0			
E-AR102	9.50	100	22	100	7	24.4			
E-AR110	12.00	75	27	75	7	31.9			
E-AR111	10.00	86	32	86	5	37			
E-AR120	14.00	100	32	100	9	37	527	31.3	5.1

冷水・冷却水流量が定格値のままで徐々に負荷率を小さくし、冷却水温度も低下させた場合

冷水・冷却水がともに変流量の場合に冷却水(AR110)・冷水温度(AR111)が変化した場合

冷水・冷却水流量が定格値の時に冷水出口温度を変更した場合

※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>

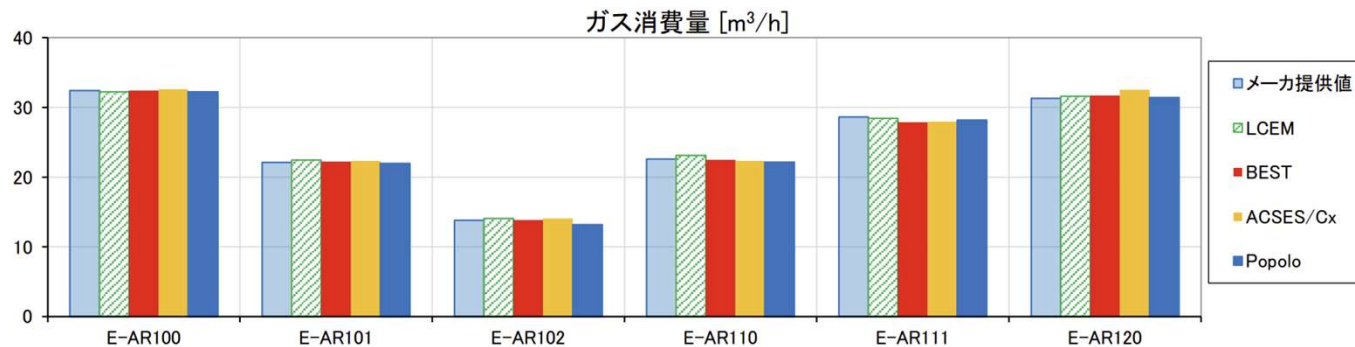


図 6.2.4.2_5 吸収冷温水機テスト間比較：ガス消費量

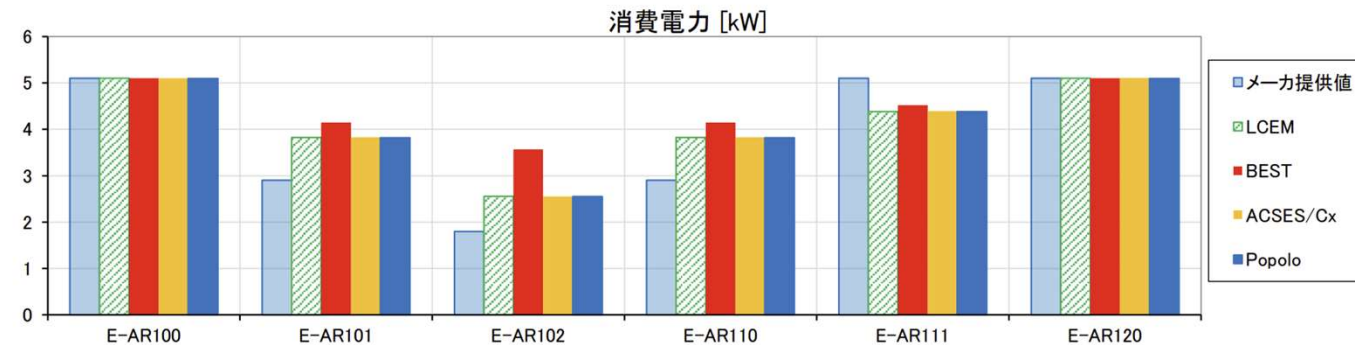


図 6.2.4.2_6 吸収冷温水機テスト間比較：消費電力

- ・ ガス消費量は各ケースにおける大小関係がメーカー提供値に従っており妥当
- ・ 消費電力は特性が提供されていないためばらつきが比較のみられたが、エネルギー消費への影響は限定的

6.2.5. 熱交換機器

6.2.5.1. 冷却塔

6.2.5.1.1. 冷却塔のテスト方法

<目的>

1. 冷却塔の機器モデルをテストし規定の特性が得られることを検証しツールを評価する。
2. ケース E-CT100 は定格条件である。
3. ケース E-CT101～103 では外気湿球温度および冷却水入口温度を下げた水量も低下させることで部分負荷時の応答をみるケースである。
4. ケース E-CT110・111 は、上記に加えて風量も下げた状態で運転し、風側と水側の両方が部分負荷となる状態での冷却水出口温度と風量変化によるファン消費電力の削減量を検証しツールを評価する。

<テスト方法>

1. テスト対象とする冷却塔（吸収冷温水機用）の仕様を表 6.2.5.1_1 に示す。同データは付属電子ファイル【Appendix B 冷却塔データ.xlsx】としても提示している。
2. テストは定常な入力により行う。
3. 表 6.2.5.1_1 に示す仕様をもとにシミュレーションモデルを作成し、表 6.2.5.1_2 に示す外気湿球温度、冷却水入口温度、風量、水量を入力として冷却水出口温度とファン消費電力を求める。

<対象機器仕様・特性>

表 6.2.5.1_1 冷却塔仕様の詳細

タイプ	開放式、クロスフロー
冷却能力 [kW]	939.4
冷却水入口温度 [°C]	37
冷却水出口温度 [°C]	32
外気湿球温度 [°C]	27
冷却水量 [L/min]	2,693
風量 [m ³ /min]	1,783
損失水頭 [kPa]	39.5
電動機出力	7.5kW × 1 台
モータ効率	0.92

<テストケース>

Case No.	入力			環境条件 外気湿球 温度 [°C]	出力 (参考)	
	冷却水入 口温度 [°C]	風量 [%]	水量 [%]		冷却水出 口温度 [°C]	ファン消 費電力 [kW]
E-CT100	37	100	100	27	32	8.14
E-CT101	33	100	75	23	28.1	8.14
E-CT102	29	100	50	19	23.8	8.14
E-CT103	25	100	25	15	19.2	8.14
E-CT110	29	75	50	19	24.4	3.41
E-CT111	25	50	25	15	20.5	1.01

<テストケース>

Case No.	入力			環境条件 外気湿球 温度 [°C]	定格条件 (参考)	
	冷却水入 口温度 [°C]	風量 [%]	水量 [%]		冷却水出	ファン消
E-CT100	37	100	100	27		
E-CT101	33	100	75	23		0.14
E-CT102	29	100	50	19		0.14
E-CT103	25	100	25	15		
E-CT110	29	75	50	19		3.41
E-CT111	25	50	25	15	20.5	1.01

定格条件

外気湿球温度・冷却水入口温度・水量を低下させて部分負荷時の応答をみる

CT102,103に加えて風量も下げた場合



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>

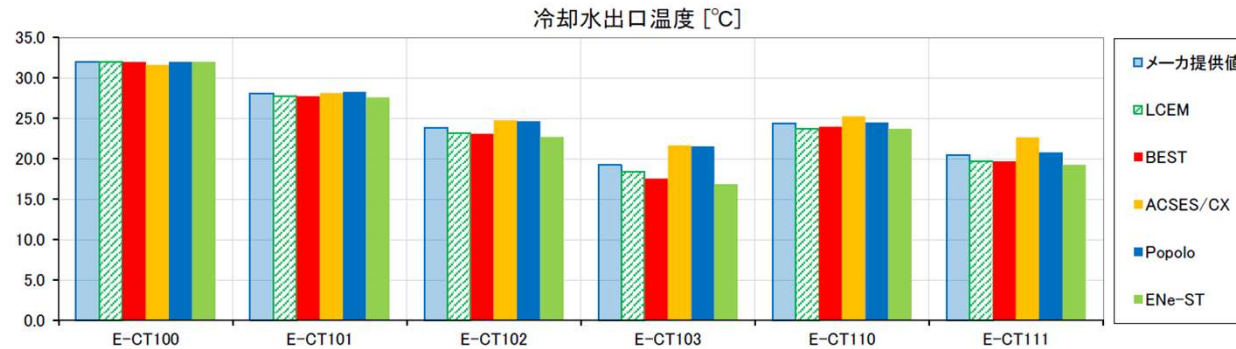


図 6.2.5.1_1 冷却塔テスト間比較：冷却水出口温度

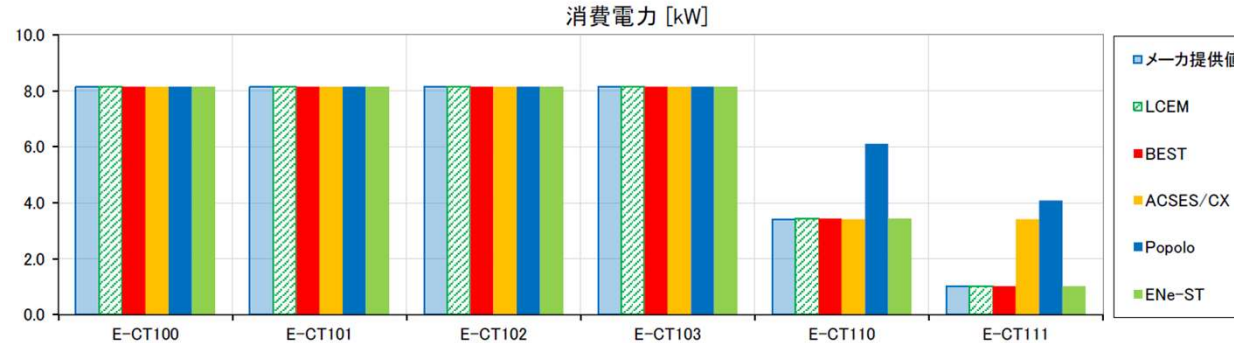


図 6.2.5.1_2 冷却塔テスト間比較：消費電力

- 出口温度：大小関係は良く表現されているものの、物理式ベースのツールが多いため定格条件と異なる運転条件では差がみられる
- 消費電力：LCEMは試行者が変風量に対応可能なようにモデルを改造

6.2.5.2. プレート熱交換器

6.2.5.2.1. プレート熱交換器のテスト方法

<目的>

1. プレート熱交換器ならびに熱交換サブシステム（2次側の出口温度を1次側の流量を制御して維持する）のモデルテストし、規定の特性が得られることを検証しツールを評価する。
2. ケース E-HEX100 は定格条件の入力であり、定格条件の出力値が得られることを検証しツールを評価する。
3. ケース E-HEX101・102 は流量が変化した場合のモデル特性を検証するためのテストである。
4. ケース E-HEX110 は2次側入口温度が高くなった場合の特性を検証するためのテストである。
5. ケース E-HEX120・121 は1次側入口温度が変化した場合のモデル特性を検証するためのテストである。なお、ケース E-HEX121 は1次側入口水温が定格値よりも高いケースであり、2次側出口温度が設定値の7°Cにできないことを検証する。

<テスト方法>

1. 指定する機器仕様をツールに組み込み、各ケースを計算する。テストの対象とするプレート熱交換器の仕様を表 6.2.5.2_1、熱交換サブシステムを図 6.2.5.2_1、テスト条件を表 6.2.5.2_2 に示す。
2. なお、モデルが1次側・2次側入口温度、1次側・2次側流量をもとに1次側・2次側出口温度を算出するような場合、テスト条件の入力値・設定値を満たすよう1次側流量を制御する必要があ

<対象機器仕様・特性>

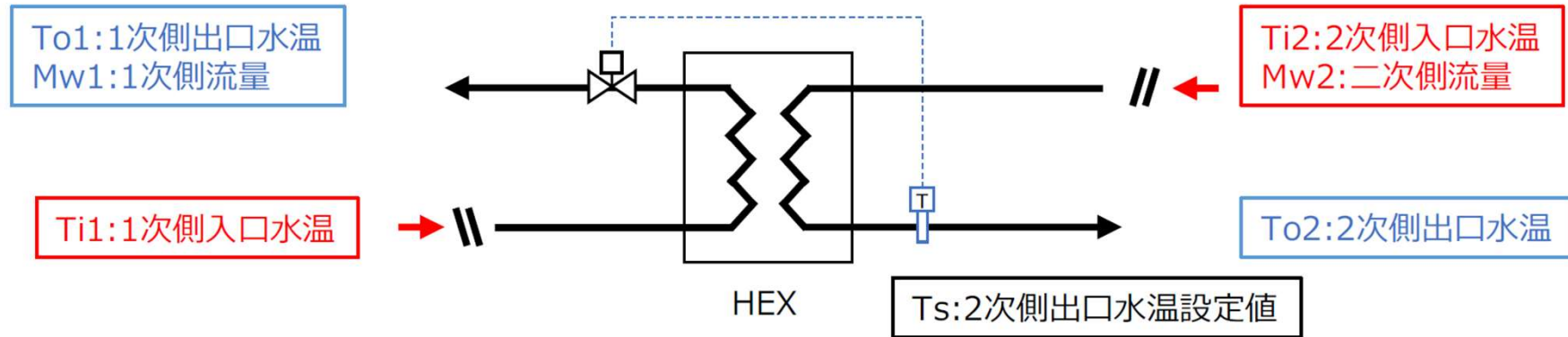


図 6.2.7.1_1 熱交換サブシステム

表 6.2.7.1_1 プレート熱交換器 仕様

項目	仕様
交換熱量 [kW]	1,127
伝熱面積 [m ²]	188.1
冷水温度(1 次側) [°C]	5→11
冷水温度(2 次側) [°C]	12→7
流量(1 次側) [L/min]	2,692.5
流量(2 次側) [L/min]	3,231
圧力損失(1 次側) [MPa]	0.1
圧力損失(2 次側) [MPa]	0.5

<テスト方法>

- モデルが1次側・2次側入口温度、1次側・2次側流量をもとに1次側・2次側出口温度を算出するような場合、**テスト条件の入力値・設定値を満たすよう1次側流量を制御する必要があります。**
- テストは定常な入力により行う。

<テストケース>

表 6.2.7.1_2 プレート熱交換器単体（サブシステム）テスト条件

Case No.	入力			制御目標値
	1次側入口 水温(Ti1) [°C]	2次側入口 水温(Ti2) [°C]	2次側流量 (Mw2) [L/min]	2次側出口 水温(Ts)[°C]
E-HEX100	5	12	3,231	7
E-HEX101	5	12	1,720	7
E-HEX102	5	12	860	7
E-HEX110	5	17	860	7
E-HEX120	6.8	12	1,720	7
E-HEX121	8	12	1,720	7

<テストケース>

表 6.2.7.1_2 プレート熱交換器単体（サブシステム）テスト条件

Case No.	入力			制御目標値
	1次側入口 水温 (Ti1) [°C]	2次側入口 水温 (Ti2) [°C]	2次側流量 (Mw2) [L/min]	2次側 水温 (Ts) [°C]
E-HEX100	5	12	3,231	2 定格条件
E-HEX101	5	12	1,720	
E-HEX102	5	12	860	
E-HEX110	5	17	860	7 流量を 変化
E-HEX120	6.8	12	1,720	
E-HEX121	8	12	1,720	7 2次側入口温 度が高い場合

- ・ **メーカー提供値が存在しない**ため、出力が本表に含まれない

1次側入口温度が定格値より高く、2次側出口温度が設定値を満たせない条件



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>

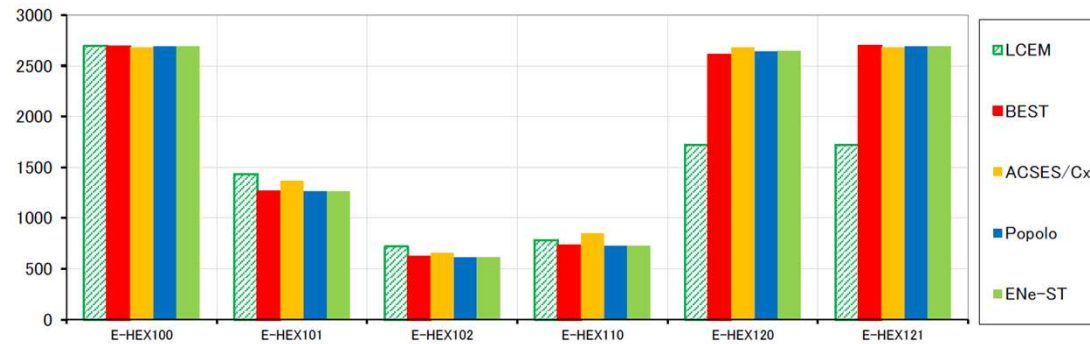


図 6.2.5.2_3 プレート熱交換器テスト間比較：1次側要求流量

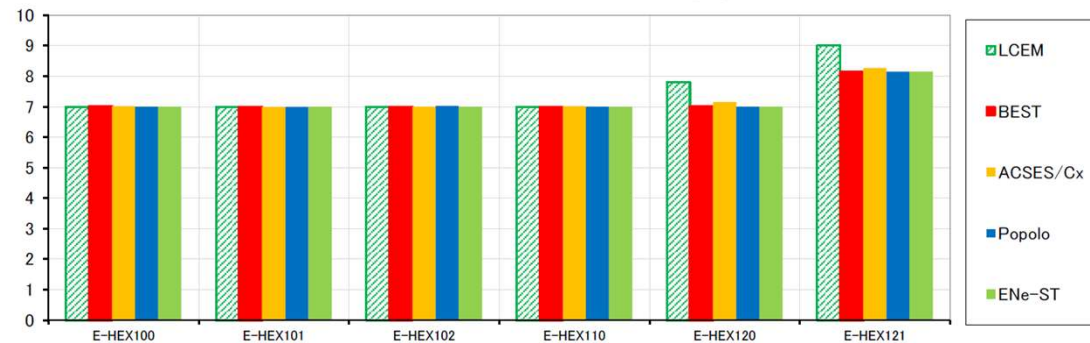


図 6.2.5.2_4 プレート熱交換器テスト間比較：2次側出口水温

- 本テストではメーカー提供値が存在しないため、分析は**ツール間での比較**
- LCEMには水-水プレート熱交換器モデルが存在しないため、外融式氷蓄熱システム用のブライン-水プレート熱交換器を代用
 - 1次側水温と2次側水温の温度差（アプローチ温度）を指定し、熱交換量のバランス計算を行う簡易計算モデル

6.2.5.3. 冷温水コイル

6.2.5.3.1. 冷温水コイルのテスト方法

<目的>

1. 冷温水コイルの機器モデルをテストし規定の特性が得られることを検証しツールを評価する。
2. 冷水コイルのケース E-C0100-c を定格条件とみなす。ケース E-C0101-c～ E-C0103-c は徐々に風量を減らしたケースであり、これによって変風量時のモデル精度を検証する。
3. ケース E-C0110-c ～CH112 は風量を定格に固定し、出口空気温度の設定値を徐々に上げたケースで、定風量時のモデル精度を検証する。
4. ケース E-C0120-c は入口空気温度を極めて高温にし、風量も極小として、出口空気温度も低下させる大温度差のテストケースである。
5. ケース E-C0130-c は冷水温度を設計条件の 7°C から 9°C に緩和するケースである。
6. ケース E-C0140-c 入口空気湿度が定格条件よりも低い状況を入力条件としてドライコイルのモデルが正しいかをテストするものである。
7. 温水コイルのケースも温水コイルと同様の考え方に基づいて設定している。ただし、温水コイルでは E-C0140-c に相当するケースは存在しない。

<テスト方法>

1. 規定した機器特性を用いてシミュレーションモデルを作成する。
2. モデル作成のための機器仕様を表 6.2.5.3_1 に示すが、モデル作成には付属電子ファイル【Appendix B 冷温水コイルデータ.xlsx】に記された値を正として用いること。なお、仕様を指定できないツールにおいては、下記仕様に一番近い仕様となるようにモデルを選定するか調整する。

<対象機器仕様・特性>

1. 冷水コイル仕様

タイプ	カウンターフロー	
材質	Cu管、Alフィン	
冷却能力 [kW]	49.55	
水量 [L/min]	127	
風量 [m ³ /h]	7476	
コイル前面積 [m ²]	0.748	
コイル仕様	列数	6
	チューブ数	24
	管長 [mm]	820
	管径 [mm]	15.88
	フィンピッチ [mm]	3.6mm(1インチ当たり7枚)
	サーキット	ハーフフロー
冷却除湿時の出口相対湿度 [%]	95	
冷却時SHF [-]	0.81	
設計条件	入口水温 [°C]	7
	出口水温 [°C]	12.6
	入口空気温度 [°CDB]	27.5
	入口空気温度 [°CWB]	20.4
	出口空気温度 [°CDB]	14.3
	出口空気温度 [°CWB]	13.8
	水速 [m/s]	0.98
	風速 [m/s]	2.78
	伝熱係数 [W/m ² K・Row]	845
	対数平均温度差 [K]	10.6
	濡れ面係数 [-]	1.3
	静圧損失 [Pa]	104
水側圧損 [kPa]	32.3	

2. 温水コイル仕様

タイプ	カウンターフロー	
材質	Cu管、Alフィン	
加熱能力 [kW]	46.7	
水量 [L/min]	105	
風量 [m ³ /h]	7476	
コイル前面積 [m ²]	0.748	
コイル仕様	列数	4
	チューブ数	24
	管長 [mm]	820
	管径 [mm]	15.88
	フィンピッチ [mm]	7
	サーキット	ハーフフロー
設計条件	入口水温 [°C]	50
	出口水温 [°C]	43.6
	入口空気温度 [°CDB]	17.5
	入口空気温度 [°CWB]	11
	出口空気温度 [°CDB]	36.1
	出口空気温度 [°CWB]	18
	水速 [m/s]	0.81
	風速 [m/s]	2.78
	伝熱係数 [W/m ² K・Row]	849
	対数平均温度差 [K]	19.3
	濡れ面係数 [-]	1
	静圧損失 [Pa]	64
水側圧損 [kPa]	19.3	

3. 加湿器仕様

タイプ	水気化式
有効加湿量 [kg/h]	15.5
給水量 [L/min]	0.57
通過面積 [m ²]	0.45
風速 [m/s]	2.49
静圧損失 [Pa]	21

4. フィルタ仕様

タイプ	ブレ+中性能
通過面積 [m ²]	1.116
風速 [m/s]	1.86
静圧損失 [Pa]	160

<テストケース>

表 6.2.5.3_2 冷温水コイル単体機器テスト条件

Case No.	入力					制御目標値	出力 (参考)			
	入口空気 温度 DB [°C]	入口空気 温度 WB [°C]	入口空気 湿度 [g/kg]	入口水温 [°C]	風量 [%]	出口空気温度 DB [°C]	出口空気 湿度 [g/kg]	出口水温 [°C]	水量 [L/min]	
冷水コイル	E-CO100-c	27.46	20.4	12.06	7	100	14.3	9.32	12.6	127
	E-CO101-c	27.46	20.4	12.06	7	75	13.5	9.13	13.1	95.25
	E-CO102-c	27.46	20.4	12.06	7	50	12.5	8.52	13.8	63.5
	E-CO103-c	27.46	20.4	12.06	7	25	11.1	7.74	14.8	31.75
	E-CO110-c	27.46	20.4	12.06	7	100	14.8	10.07	13.9	95.25
	E-CO111-c	27.46	20.4	12.06	7	100	15.8	10.65	15.8	63.5
	E-CO112-c	27.46	20.4	12.06	7	100	17.6	12.00	18.7	31.75
	E-CO120-c	33.3	25.6	17.6	7	20	13.0	8.82	19.1	25.4
	E-CO130-c	27.46	20.4	12.06	9	100	15.3	10.30	13.8	127
	E-CO140-c	27.46	19.0	10.2	7	100	13.5	9.13	11.8	127
温水コイル	E-CO100-h	17.46	11.0	5.54	50	100	36.1	5.45	43.6	105
	E-CO101-h	17.46	11.0	5.54	50	75	37.7	5.42	43.1	78.75
	E-CO102-h	17.46	11.0	5.54	50	50	39.8	5.32	42.4	52.5
	E-CO103-h	17.46	11.0	5.54	50	25	42.8	5.39	41.4	26.25
	E-CO110-h	17.46	11.0	5.54	50	100	35.3	5.42	41.9	78.75
	E-CO111-h	17.46	11.0	5.54	50	100	33.7	5.47	38.9	52.5
	E-CO112-h	17.46	11.0	5.54	50	100	30.4	5.43	32.3	26.25
	E-CO120-h	0.6	-3.2	1.4	50	21	40.2	1.46	36.6	22.05
	E-CO130-h	17.46	11.0	5.54	45	100	33.2	5.45	39.6	105

- 表6.2.5.3_2に示す入口空気温湿度、入口水温、風量を入力として出口空気温度が指定の数値になるように水量を調整し、出口空気の湿度、出口水温および水量の計算結果を算出する。

※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている。

<テストケース>

表 6.2.5.3_2 冷温水コイル単体機器テスト条件

Case No.	入力					制御目標値	出力(参考)			
	入口空気 温度 DB [°C]	入口空気 温度 WB [°C]	入口空気 湿度 [g/kg]	入口水温 [°C]	風量 [%]	出口空気温度 DB [°C]	出口空気 湿度 [g/kg]	出口水温 [°C]	水量 [L/min]	
冷水コイル	E-CO100-c	27.46	20.4	12.06	7	100	14.3	9.32	12.6	127
	E-CO101-c	27.46	20.4	12.06	7	75	13.5	9.13	13.1	95.25
	E-CO102-c	27.46	20.4	12.06	7	50	12.5	8.52	13.8	63.5
	E-CO103-c	27.46	20.4	12.06	7	25	11.1	7.74	14.8	31.75
	E-CO110-c	27.46	20.4	12.06	7	100	14.8	10.07	13.9	95.25
	E-CO111-c	27.46	20.4	12.06	7	100	15.8	10.65	15.8	63.5
	E-CO112-c	27.46	20.4	12.06	7	100	17.6	12.00	18.7	31.75
	E-CO120-c	33.3	25.6	17.6	7	20	13.0	8.82	19.1	25.4
	E-CO130-c	27.46	20.4	12.06	9	100	15.3	10.30	13.8	127
	E-CO140-c	27.46	19.0	10.2	7	100	13.5	9.13	11.8	127
温水コイル	E-CO100-h	17.46	11.0	5.54	50	100	36.1	5.45	43.6	105
	E-CO101-h	17.46	11.0	5.54	50	75	37.7	5.42	43.1	78.75
	E-CO102-h	17.46	11.0	5.54	50	50	39.8	5.32	42.4	52.5
	E-CO103-h	17.46	11.0	5.54	50	25	42.8	5.39	41.4	26.25
	E-CO110-h	17.46	11.0	5.54	50	100	35.3	5.42	41.9	78.75
	E-CO111-h	17.46	11.0	5.54	50	100	33.7	5.47	38.9	52.5
	E-CO112-h	17.46	11.0	5.54	50	100	30.4	5.43	32.3	26.25
	E-CO120-h	0.6	-3.2	1.4	50	21	40.2	1.46	36.6	22.05
E-CO130-h	17.46	11.0	5.54	45	100	33.2	5.45	39.6	105	

定格条件

風量を変化

風量を定格に固定
 出口空気温度設定値を上昇

大温度差条件

冷水温度を9°Cに緩和

入口空気湿度を下げて
 ドライコイルの検証

冷水コイルと同様の考え方

※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている。



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>

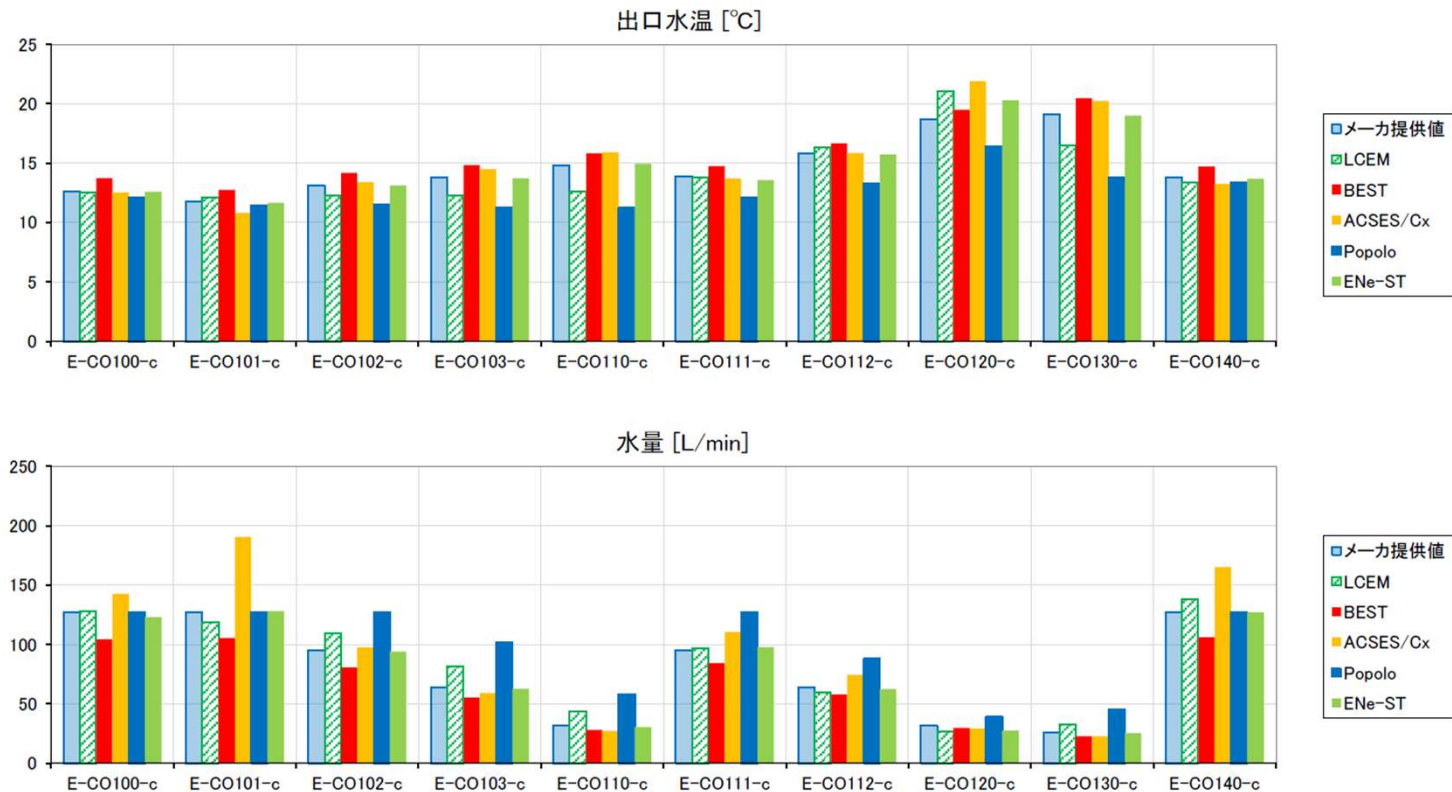


図 6.2.5.3_1 冷水コイルテスト間比較

- 各ケースで出口水温が低いツールは水量が大きい傾向がみられた
- コイルモデルは物理式をベースにモデリングされており、その計算アルゴリズムがツールごとに異なっていることが差の主要因と考えられる

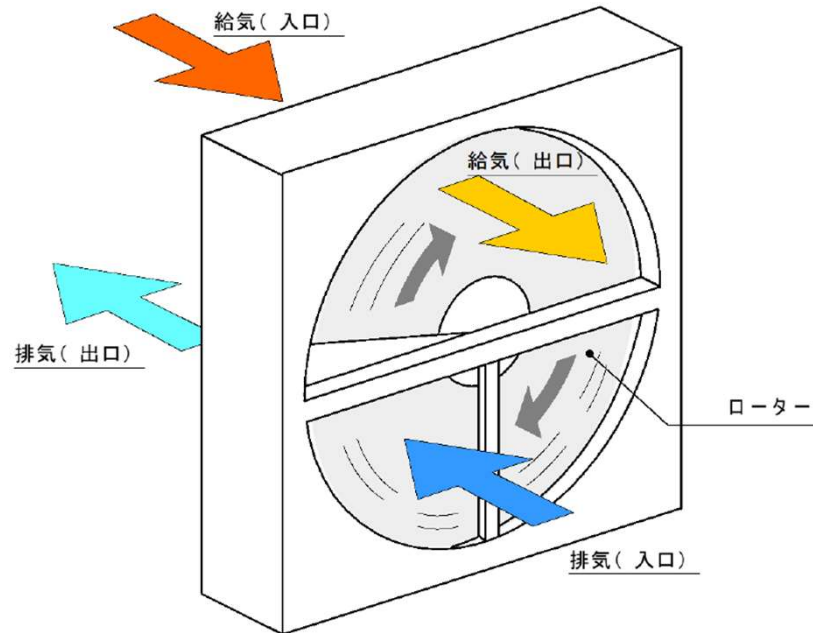
6.2.5.4. 全熱交換器

6.2.5.4.1. 全熱交換器のテスト方法

<目的>

1. 空気対空気の熱交換器としては回転型熱交換器と静止型熱交換器があり、顕熱交換のみを行うものと顕熱と潜熱の両方（全熱）の交換を行うものがあるが、本テストは回転型全熱交換器を対象とする。
2. 全熱交換器のモデルをテストし、メーカーが提供する規定の特性が得られることを検証しツールを評価する。
3. 全熱交換器の能力に影響をおよぼす主たる要素は入口空気の温湿度と流量である。これらの変化に対して出口空気状態が適切に求められることを検証しツールを評価する。
4. 以降、温湿度を調整して室に給気側を「給気側」、給気側から熱を奪うまたは熱を与える方を「排気側」と呼ぶ（図 6.2.6.1_1 参照）。また、給気側から熱を奪う運転を「冷却運転」、給気側に熱を与える運転を「加熱運転」と呼び、給気側と排気側の入口空気の温湿度条件ならびに風量条件を変え、冷却運転と加熱運転を行った場合に給気側出口空気が表 6.2.5.4_2 で規定した値になることを検証しツールを評価する。
5. ケース E-THE101-c、E-THE102-c はケース E-THE100-c に対して給気側入口、排気側入口空気の乾球温度・絶対湿度を変化させたケースである。
6. 流量が一定であるケース E-THE100-c、E-THE101-c、E-THE102-c では熱交換効率がほぼ一定となることを検証しツールを評価する。なお、空気の比熱の変化により熱交換効率が僅かに変化する場合がある。
7. ケース E-THE110-c では、給気風量が減少すると給気に対する排気の比率が大きくなるため、給気側の熱交換効率は増大することを検証しツールを評価する。

<対象機器仕様・特性>



- 回転型全熱交換器を対象

図 6.2.5.4_1 給気および排気の出入口

表 6.2.5.4_1 全熱交換器定格仕様

給気風量	1,513 m ³ /h	給気側入口温湿度	35.0°C, 19.5 g/kg
排気風量	1,513 m ³ /h	排気側入口温湿度	26.0°C, 10.5 g/kg
顕熱交換効率	76.7%	潜熱交換効率	78.9%
外形寸法	1,000 × 1,000 × 340 mm	ローター直径	730 mm
モータ消費電力	100 W		

<テストケース>

表 6.2.5.4_2 全熱交換器単体テスト条件

Case No.	入力						出力(参考)			
	給気側入口			排気側入口			給気側出口		顕熱交換 効率	潜熱交 換効率
	乾球温 度 [°C]	絶対湿度 [g/kg]	風量比	乾球温度 [°C]	絶対湿度 [g/kg]	風量比	乾球温度 [°C]	絶対湿度 [g/kg]		
E-THE100-c	35	19.5	100%	26	10.5	100%	28.1	12.4	76.67%	78.89%
E-THE101-c	30.5	15	100%	26	10.5	100%	27	11.3	77.78%	82.22%
E-THE102-c	35	19.5	100%	21.5	6	100%	24.6	9	77.04%	77.78%
E-THE110-c	35	19.5	50%	26	10.5	100%	26.3	10.6	96.67%	98.89%
E-THE120-c	35	19.5	100%	26	10.5	50%	30.6	14.9	48.89%	51.11%
E-THE100-h	2	1.4	100%	22	6.5	100%	17.3	5.2	76.50%	74.51%
E-THE101-h	7	2.7	100%	22	6.5	100%	18.5	5.5	76.67%	73.68%
E-THE102-h	2	1.4	100%	27	7.8	100%	21.2	6.1	76.80%	73.44%
E-THE110-h	2	1.4	50%	22	6.5	100%	21.3	6.2	96.50%	94.12%
E-THE120-h	2	1.4	100%	22	6.5	50%	11.8	3.8	49.00%	47.06%

※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている。

- 入口空気の温度と流量の変化に対して出口空気状態が適切に求められることを検証する

<テストケース>

表 6.2.5.4_2 全熱交換器単体テスト条件

Case No.	入力						出力(参考)			
	給気側入口			排気側入口			給気側出口		顕熱交換 効率	潜熱交 換効率
	乾球温 度 [°C]	絶対湿度 [g/kg]	風量比	乾球温度 [°C]	絶対湿度 [g/kg]	風量比	乾球温度 [°C]	絶対湿度 [g/kg]		
E-THE100-c	35	19.5	100%	26	10.5	100%	28.1	12.4	76.67%	78.89%
E-THE101-c	30.5	15	100%	26	10.5	100%	27	11.3	77.78%	82.22%
E-THE102-c	35	19.5	100%	21.5	6	100%	24.6	9	77.04%	77.78%
E-THE110-c	35	19.5	50%	26	10.5	100%	26.3	10.6	96.67%	98.89%
E-THE120-c	35	19.5	100%	26	10.5	50%	30.6	14.9	48.89%	51.11%
E-THE100-h	2	1.4	100%	22	6.5	100%	17.3	5.2	76.50%	74.51%
E-THE101-h	7	2.7	100%	22	6.5	100%	18.5	5.5	76.67%	73.68%
E-THE102-h	2	1.4	100%	27	7.8	100%	21.2	6.1	76.80%	73.44%
E-THE110-h	2	1.4	50%	22	6.5	100%	21.3	6.2	96.50%	94.12%
E-THE120-h	2	1.4	100%	22	6.5	50%	11.8	3.8	49.00%	47.06%

定格条件

入口空気の
 温湿度を变化

給気風量を減少

排気風量を減少

加熱運転時

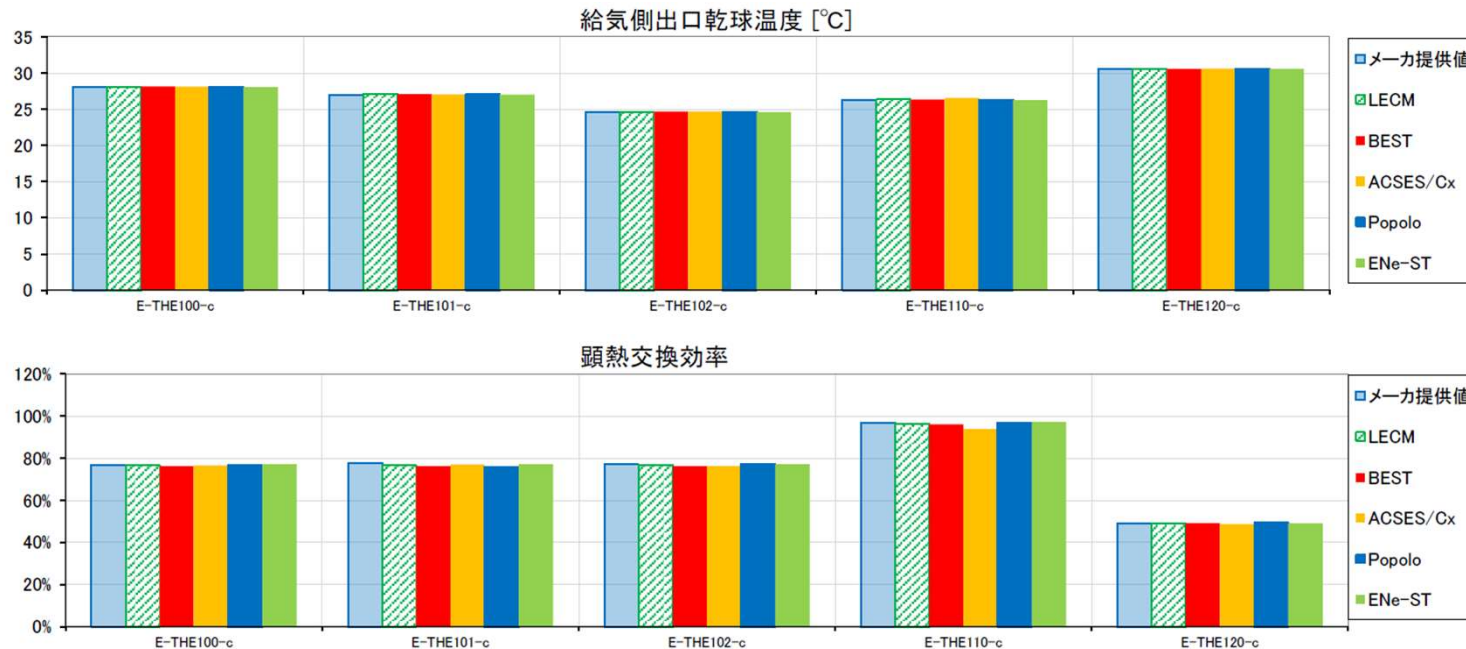
※本表における出力(参考)にはメーカー提供値が記載されている。



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>



- 各ツールにおいてケース間の大小関係は基本的に一致
- 熱交換効率は給排気の流量の大小関係が影響
 - 流量が一定であるケース100-c、101-c、102-cでは熱交換効率がほぼ一定
 - ケース110-cでは、給気風量が減少すると給気に対する排気の比率が大きくなるため、給気側の熱交換効率は増大
 - ケース120-cでは、排気風量が減少すると給気側熱交換効率は低下

6.2.6. 蓄熱槽

6.2.6.1. 連結完全混合型水蓄熱槽

6.2.6.1.1. 連結完全混合型水蓄熱槽のテスト方法

<目的>

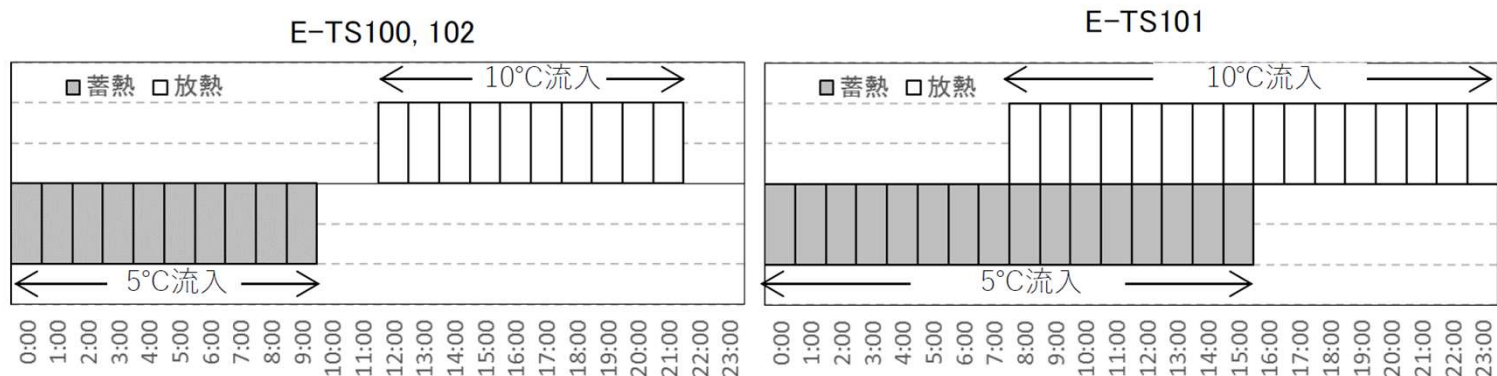
1. 冷水蓄熱槽（連結完全混合型）モデルを用いて蓄熱と放熱を行い、蓄放熱に伴う槽内温度および熱収支の状況からシミュレーションが適正であることを検証しツールを評価する。
2. 冷水蓄熱槽（連結完全混合型）は現場の一品生産品であり性能が規定された工業製品でないため機器性能を数式でモデル化するタイプBとなる。そのため、物理的に自明な結果が得られるようなシミュレーションを実行して検証する方法と、複数のツールに対し同じ入力条件を与えて得られる出力を相互比較する方法でツールを評価する。
3. テストは次の3ケースについて行う。
4. 完全断熱槽で蓄放熱を交互に行うケース（E-TS100）では、毎日蓄熱と放熱を時間的に重ならないように30日間繰り返すという周期定常の入力を行い、最終日の30日目に、一日の計算開始時の水温が定常（前日とほぼ同じ状態）となること、蓄熱量と放熱量が釣り合うことを検証する。
5. 完全断熱槽で蓄放熱が重なる時間帯のある運転を伴うケース（E-TS101）では、蓄熱と放熱が重なる時間帯を設けてE-TS101と同様30日間繰り返し、蓄放熱が同時に起きても正しくシミュレートできることを検証する。
6. 放熱損失のある槽で蓄放熱を交互に行うケース（E-TS102）では、E-TS100に放熱損失がある槽において上記同様30日間シミュレーションを繰り返し、放熱損失が適切にシミュレートされることを検証する。

<目的>

- 冷水蓄熱槽（連結完全混合型）モデルを用いて蓄熱と放熱を行い、蓄放熱に伴う槽内温度および熱収支の状況からシミュレーションが適正であることを検証しツールを評価する。
- 冷水蓄熱槽は現場の一品生産品であり性能が規定された工業製品でないため機器性能を数式でモデル化する。そのため、物理的に自明な結果が得られるようなシミュレーションを実行して検証する方法(解析テスト)と、複数のツールに対し同じ入力条件を与えて得られる出力を相互比較する方法(比較テスト)でツールを評価する。

<目的>

- E-TS100では、**完全断熱槽**で毎日蓄熱と放熱を時間的に重ならないように30日間繰り返すという**周期定常**の入力を行い、最終日の30日目に、一日の計算開始時の水温が定常（前日とほぼ同じ状態）となること、蓄熱量と放熱量が釣り合うことを検証する。
- E-TS101では、**完全断熱槽**で蓄熱と放熱が重なる時間帯を設けてE-TS100と同様30日間繰り返し、**蓄放熱が同時に起きても**正しくシミュレートできることを検証する。
- E-TS102では、E-TS100に**放熱損失**がある槽において上記同様30日間シミュレーションを繰り返し、放熱損失が適切にシミュレートされることを検証する。



<対象機器仕様>

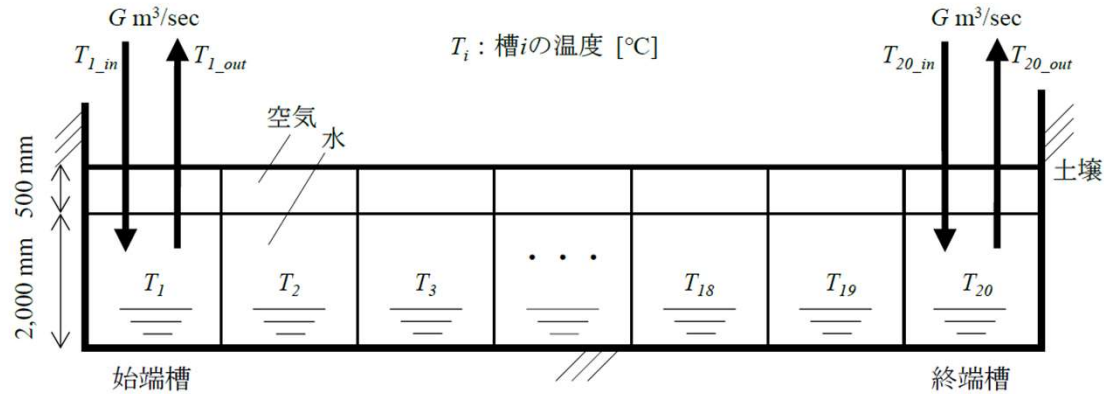


図 6.2.6.1_1 連結完全混合型水蓄熱槽モデルの断面イメージ

表 6.2.6.1_1 蓄熱槽仕様

水量・槽数	45m ³ × 20 槽
槽内寸/水深	槽内寸 W5,000 × L4,500 × H2,500mm/ 水深 2,000mm
有効容積率	1.0
蓄熱基準温度	10°C
槽のコンクリート厚さ	上面 150mm、その他 1,000mm
同上熱伝導率	1.4W/m・K
断熱厚さ	ポリスチレンフォーム 50mm による内断熱 ※簡単化のため上部空気層の熱抵抗はゼロとする。つまり、空気層部分の上と側面の内表面温度は水槽内と同じと考える。
同上熱伝導率	0.037W/m・K

<対象機器仕様・与条件>

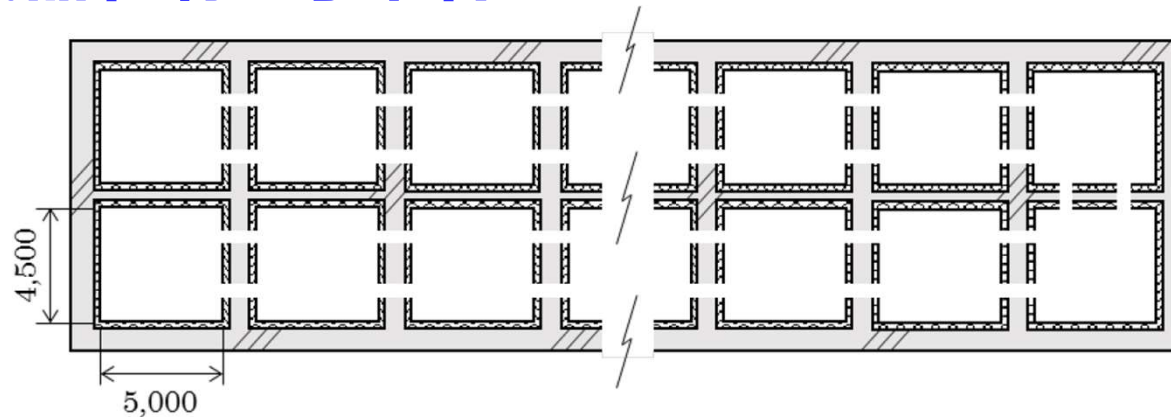


図 6.2.6.1_2 連結完全混合型水蓄熱槽 平面図

全ケースに対する与条件

- ・ 初期水温は全槽均一で10℃、槽周囲（側面、底面）の土壌の温度は1 m先を20℃に固定、上部は躯体外空気温度を20℃に固定する。
- ・ 槽間の隔壁の伝熱は無いと考えてよい。
- ・ 蓄熱運転時は、終端槽の冷水をくみ出しそれが5℃に冷却されて始端槽に環流し、放熱運転時は、逆に、始端槽の冷水をくみ出しそれが10℃に加熱（放熱）されて終端槽に環流するものとする。
- ・ 蓄熱運転時も放熱運転時も流量は1.5 m³/min (0.025 m³/sec)一定とする。
- ・ 水の比熱、密度はツールの標準値として良い。

<対象ケース>

- 1) E-TS100 : 完全断熱槽で蓄放熱を交互に行うケース
 - ・ 断熱材の熱伝導率を $0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ として完全断熱とする。
 - ・ 下図のように、蓄熱運転 10 時間 (0:00~10:00)、停止 2 時間 (10:00~12:00)、放熱運転 10 時間 (12:00~22:00)、停止 2 時間 (22:00~24:00) という周期定常運転サイクルを 30 日間繰り返す。
- 2) E-TS101 : 完全断熱槽で蓄放熱が重なる時間帯のある運転を伴うケース
 - ・ 下図のように E-TS100 の運転条件を蓄熱運転 16 時間 (0:00~16:00)、放熱運転 16 時間 (8:00~24:00) という周期定常運転サイクルとして 30 日間繰り返す。
- 3) E-TS102 : 放熱損失のある槽で蓄放熱を交互に行うケース
 - ・ E-TS100 の条件に以下の変更を加え、放熱損失がある結果の妥当性を確認する。
 - ・ 断熱材の熱伝導率を $0.037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ とする。

30日目の、

・ 毎正時 (1:00, 2:00, … 0:00) の各槽水温 [$^{\circ}\text{C}$]

・ 1時間ごと (0:00~1:00, 1:00~2:00, 23:00~0:00) の積算蓄熱量・放熱量 [MJ]

を出力する

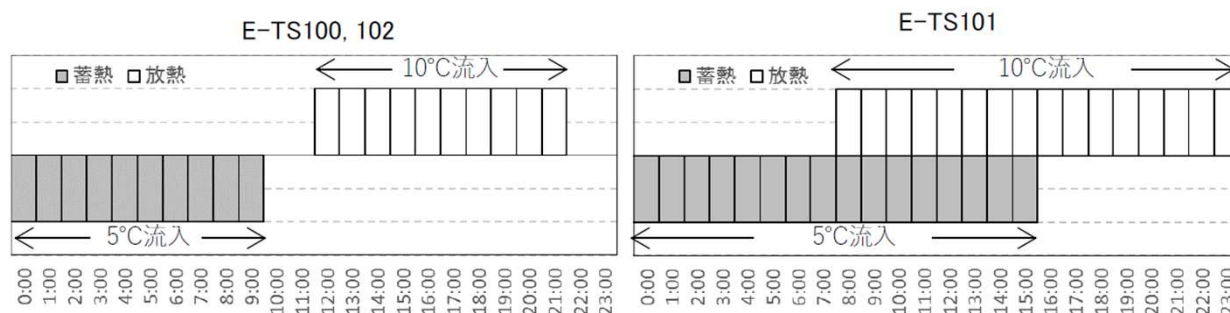


図 6.2.6.1_3 各ケースの運転スケジュール



評価例（テスト試行結果比較例）

注）評価例はガイドライン本文ではない。委員の判断で評価して例示したものである。

<評価例>

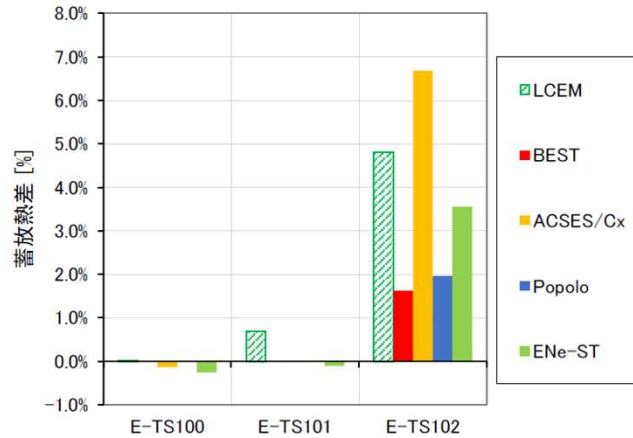


図 6.2.6.1_6 連結完全混合型水蓄熱槽テスト間比較：蓄放熱差

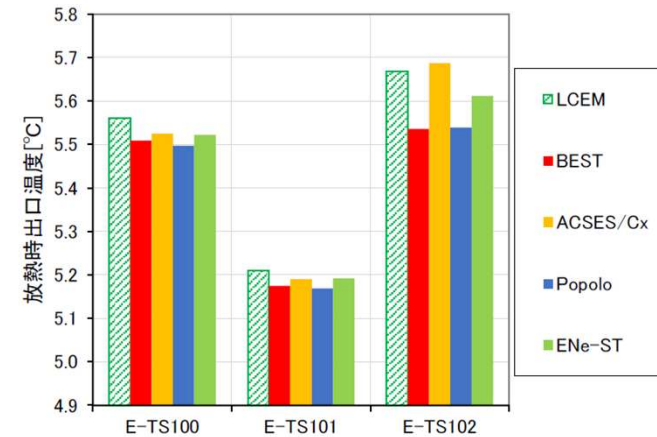
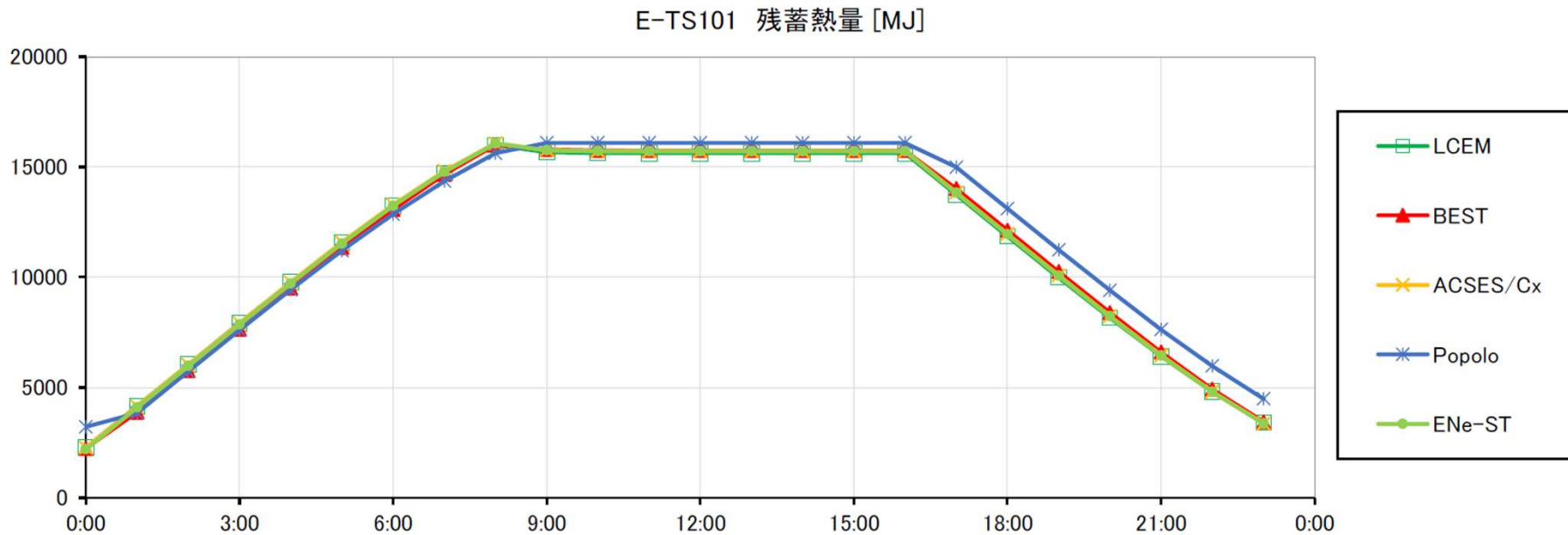


図 6.2.6.1_7 連結完全混合型水蓄熱槽テスト間比較：放熱時出口温度平均値

- 本テストはメーカー提供値が存在しないため、各ツールの平均値と比較して分析する
- Popoloでは蓄放熱量をヘッダーで集計する。蓄放熱同時運転をおこなうケースE-TS101の蓄熱量と放熱量は出力ができないため空欄
- E-TS102で他ケースよりも蓄放熱量の差が大きく、熱損失がモデル化されていることが確認
- 放熱時出口温度平均値も傾向が一致

<評価例>



- 残蓄熱量に関しては、Popoloが他ツールよりも緩やかな変動を示したが、蓄熱・放熱の開始と終了がすべてのツールで同じタイミングであることが確認
- 蓄放熱同時運転のモデル化方法の違いが結果に影響していることを確認