

ザ・ベスト・プログラム

the BEST Program

Building Energy Simulation Tool



BESTESTによる空調計算の検証

ANSI/ASHRAE Standard 140-2011で実施した 空調のテスト CEシリーズとHEシリーズ

- ① BESTESTの空調の概要
 - CE100～CE200
 - CE300～CE545
 - HE100～HE200
- ② 改造・機能追加
 - BESTESTの空調計算条件への対応
- ③ 計算結果
 - 他のシミュレーションツールによる計算結果との比較

本計算例は2015年の空気調和衛生工学会の大会で
外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発
その163BESTESTによる空調エネルギー計算の検証として報告したものである。

① 空調のテストケース

- ① CE100~CE200 (2月(1か月)の冷房)
- ① CE300~CE545 (年間冷房)
- ① HE100~HE200 (暖房)

① 外気の温湿度が一定

- ① 日射などは変動
- ① 外気導入は無し

① 冷房装置の機器特性表

- ① 顕熱と全熱の能力
- ① 乾きコイル状態と湿りコイル状態を分けて計算

① 1か月の冷房計算結果を評価する

① 年間を8期間に分け条件を変える

- ① 内部発熱(顕熱、潜熱) 4種類
- ① 設定温度 5種類(15,20,25,35,昼25夜35℃)
- ① 隙間風 3種類(0,5.8,11.6回/h)
- ① 外気量 4種類(0,1.7,5.8,11.6回/h)
- ① 外気冷房 5種類(温度,エンタルピー)

内部発熱スケジュール (CE300~CE545)

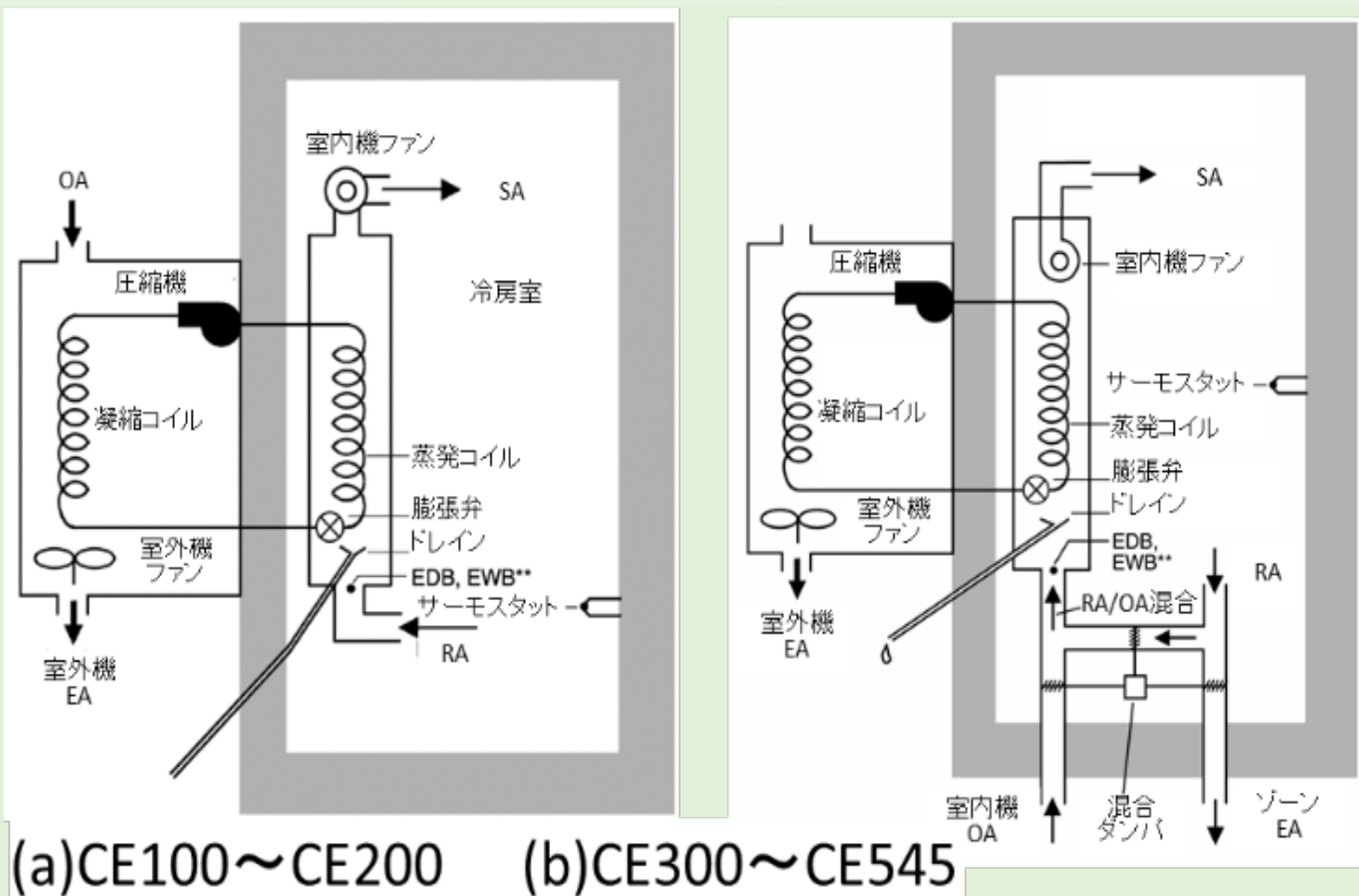
表3

期間 開始月日	時間帯 [時] [時]	CE300		CE310		CE360		CE500		CE510	
		顕熱[W]	潜熱[W]	顕熱[W]	潜熱[W]	顕熱[W]	潜熱[W]	顕熱[W]	潜熱[W]	顕熱[W]	潜熱[W]
1月1日	0 8	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
	8 20	2931	366	2931	1466	2931	366	0	0	0	0
	20 24	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
3月11日	0 9	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
	9 18	7034	1466	7034	7034	7034	1466	7034	2858	7034	2858
	18 24	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
4月11日	0 6	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
	8 20	2931	366	2931	1466	2931	366	0	0	0	0
	20 24	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
4月12日	0 8	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
	8 19	9379	1466	9379	7034	9379	1466	9379	3810	9379	3810
	19 24	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
4月21日	0 8	7034	0	7034	7034	29310	0	7034	2858	21103	8573
	8 12	9379	1466	9379	7034	29310	1466	9379	3810	21103	8573
	12 14	14069	1466	14069	9379	29310	1466	14069	5715	21103	8573
	14 16	18758	1466	18758	9379	29310	1466	18758	7621	21103	8573
	16 20	9379	1466	9379	7034	29310	1466	9379	3810	21103	8573
	20 24	7034	0	7034	7034	29310	0	7034	2858	21103	8573
10月13日	0 8	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
	8 16	9379	1466	9379	7034	9379	1466	9379	3810	9379	3810
	16 24	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
10月19日	0 8	2931	0	2931	1466	2931	0	0	0	0	0
	8 12	9379	1466	9379	7034	9379	1466	9379	3810	9379	3810
	12 14	14069	1466	14069	9379	14069	1466	14069	5715	14069	5715
	14 16	18758	1466	18758	9379	18758	1466	18758	7621	18758	7621
	16 20	9379	1466	9379	7034	9379	1466	9379	3810	9379	3810
	20 24	7034	0	7034	7034	7034	0	7034	2858	7034	2858
11月6日	0 8	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0
	8 20	2931	366	2931	1466	2931	366	0	0	0	0
	20 24	2931	0	2931	0	2931	0	0	0	0	0

* 期間開始月日の10月13日は、CE500とCE510では10月12日

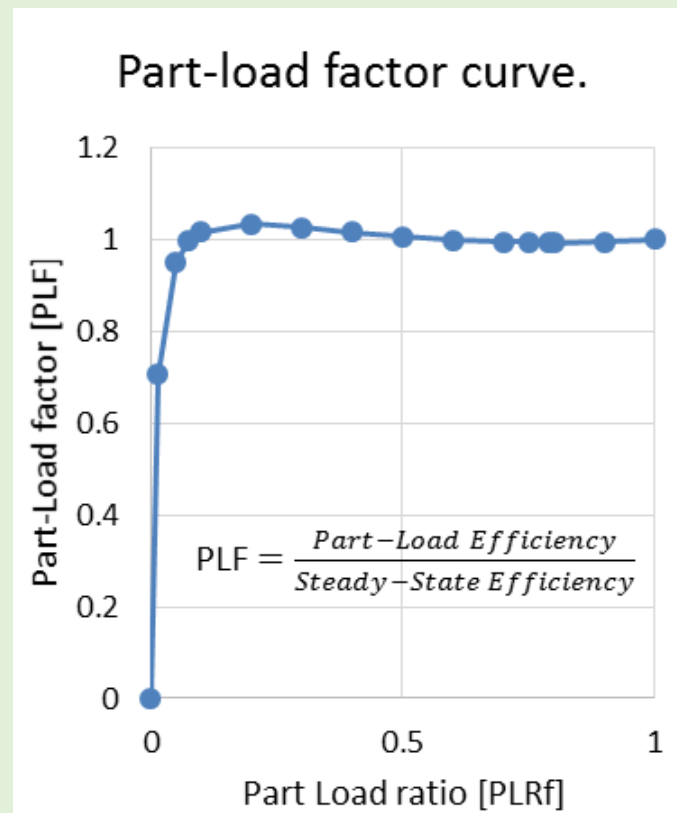
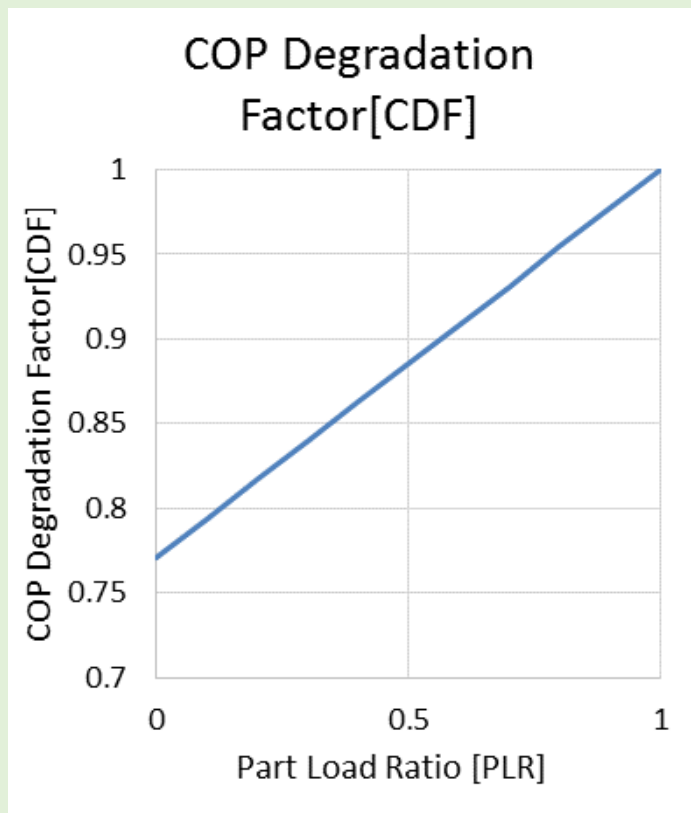
冷房装置の構成モデル

図1 冷房装置の構成モデル



冷暖房装置の部分負荷特性

図2 冷房装置(左)と暖房装置(右)の部分負荷特性



冷房機器特性(CE100~CE200)

表1

室外 乾球 温度 [°C]	入口 湿球 温度 [°C]	全熱 冷房 能力 [kW]	顕熱冷房能力 [kW]					消費 電力 [kW]	装置 露点 温度 [°C]
			入口乾球温度 [°C]						
			22.2	23.3	24.4	25.6	26.7		
29.4	15.0	7.19	6.31	6.87	7.28	7.48	7.66	1.62	8.9
	17.2	7.78	5.26	5.81	6.37	6.90	7.45	1.66	11.1
	19.4	8.42	4.11	4.67	5.23	5.75	6.31	1.71	13.4
	21.7	9.06	2.97	3.50	4.05	4.58	5.14	1.76	15.8
32.2	15.0	7.01	6.22	6.78	7.13	7.31	7.51	1.69	9.1
	17.2	7.57	5.20	5.72	6.28	6.81	7.37	1.74	11.3
	19.4	8.19	4.03	4.58	5.14	5.67	6.22	1.79	13.6
	21.7	8.80	2.85	3.41	3.97	4.49	5.05	1.84	15.9
35.0	15.0	6.81	6.16	6.69	6.98	7.16	7.34	1.77	9.3
	17.2	7.37	5.11	5.64	6.19	6.72	7.28	1.81	11.4
	19.4	7.95	3.94	4.49	5.05	5.58	6.14	1.86	13.8
	21.7	8.57	2.77	3.32	3.85	4.41	4.96	1.91	16.2
37.8	15.0	6.63	6.08	6.63	6.81	6.98	7.16	1.85	9.4
	17.2	7.16	5.02	5.55	6.11	6.63	7.16	1.89	11.6
	19.4	7.72	3.85	4.41	4.93	5.49	6.05	1.94	13.9
	21.7	8.27	2.68	3.24	3.76	4.32	4.85	1.98	16.3
40.6	15.0	6.43	5.99	6.49	6.63	6.81	6.98	1.94	9.6
	17.2	6.93	4.93	5.46	6.02	6.54	6.98	1.98	11.8
	19.4	7.45	3.76	4.32	4.85	5.40	5.93	2.02	14.2
	21.7	8.01	2.59	3.12	3.67	4.23	4.76	2.06	16.6
46.1	15.0	6.02	5.81	6.13	6.31	6.46	6.60	2.11	10.0
	17.2	6.49	4.76	5.29	5.84	6.37	6.60	2.14	12.2
	19.4	6.98	3.59	4.14	4.67	5.23	5.75	2.18	14.6
	21.7	7.48	2.41	2.94	3.50	4.03	4.58	2.21	16.9

室内機送風量 1530[m³/h], ファン消費電力 室内機230[W], 室外機108[W]

冷房機器特性(CE300~CE545)

外気DB35°Cの例

表2

ODB (°C)		35.00									
EWB (°C)		EDB (°C)									
		12.78	15.56	18.33	21.11	23.89	26.67	29.44	32.22	35.00	
7.22	TC	22.57	24.19	25.85							
	SHC	22.56	24.19	25.85							
	kW	8.6	8.5	8.8							
10.00	TC	24.42	24.56	25.85	27.56						
	SHC	17.66	23.20	25.85	27.56						
	kW	8.6	8.6	8.8	9.1						
12.78	TC	26.79	26.81	26.85	27.56	29.28					
	SHC	11.77	17.60	23.27	27.56	29.28					
	kW	9.0	9.0	9.0	9.1	9.4					
15.56	TC		29.32	29.37	29.39	29.72	31.05	32.82			
	SHC		11.68	17.46	23.15	28.33	31.05	32.82			
	kW		9.4	9.4	9.4	9.4	9.7	9.9			
18.33	TC			32.01	32.07	32.12	32.26	32.92	34.63		
	SHC			11.49	17.20	22.87	28.28	32.68	34.63		
	kW			9.8	9.8	9.8	9.9	10.0	10.2		
19.44*	TC						33.28				
	SHC						26.04				
	kW						10.0				
21.11	TC				34.82	34.94	35.02	35.05	35.41	36.45	
	SHC				11.22	16.87	22.48	27.96	32.97	36.45	
	kW				10.2	10.3	10.3	10.3	10.3	10.5	
23.89	TC					37.81	37.96	38.07	38.10	38.28	
	SHC					10.87	16.47	22.03	27.49	32.72	
	kW					10.7	10.7	10.7	10.7	10.8	
26.67	TC						40.96	41.15	41.29	41.33	
	SHC						10.48	16.02	21.52	26.95	
	kW						11.2	11.2	11.2	11.7	
29.44	TC							44.23	44.49	44.64	
	SHC							10.03	15.51	20.95	
	kW							11.7	11.7	11.7	
32.22	TC								47.66	47.92	
	SHC								9.54	14.95	
	kW								12.2	12.2	
35.00	TC									51.18	
	SHC									9.03	
	kW									12.7	

ODB(外気DB)、EWB(吸込WB)、EDB(吸込DB)、TC(全熱能力)、SHC(顕熱能力)、kW(圧縮機消費電力)

特性の扱い例(CE300~CE545)

EnergyPlus

Total cooling capacity modifier curve (function of temperature)

Form: Bi-quadratic curve

$$\text{curve} = a + b \cdot \text{EWB} + c \cdot \text{EWB}^2 + d \cdot \text{ODB} + e \cdot \text{ODB}^2 + f \cdot \text{EWB} \cdot \text{ODB}$$

Independent variables: wet-bulb temperature of the air entering (EWB) the cooling coil, and dry-bulb temperature of the air entering (ODB) the air-cooled condenser.

a = 0.953441251
b = -0.000938414
c = 0.000932679
d = -0.001299058
e = -2.67478E-05
f = -0.000306850

a = 0.952735372
b = -0.000932873
c = 0.000927172
d = -0.001291389
e = -2.65899E-05
f = -0.000305038

These values were revised in Round 3B.



HOT3000

$$\text{Total Cooling Capacity (kW)} = a1 + a2 \times Todb + a3 \times Todb^2 + a4 \times Tewb + a5 \times Tewb^2 + a6 \times Todb \times Tewb$$

a1 = 23.49707981
a2 = -0.1076915531
a3 = -0.001612289548
a4 = 0.8052200912
a5 = 0.008864708391
a6 = -0.004824135037

TRANSYS

$$\dot{Q}_{N,tot} = (A_1 \cdot \text{ODB} + A_2)(A_3 \cdot \text{EWB}^2 + A_4 \cdot \text{EWB} + A_5) + (A_6 \cdot \text{ODB} + A_7) \quad (1)$$

● 密閉型燃焼機器による暖房

● 3か月の計算結果で評価

● 計算条件

- 機器能力
- 外気温度
- 設定温度
- バーナーの運転方法
- 外気導入なし、屋根からの熱損失あり

① 以下の改造を行い計算条件に対応

- ① 3種（CE100,CE300,HE100）の機器特性に対応
 - ① 乾き・湿りコイル状態を分けた計算
 - ① 全熱能力、潜熱能力の取得
 - ① FF式暖房機モジュールの開発
- ① 内部発熱や運転スケジュール
 - ① 設定パターン数を無制限に
 - ① 目標温度や外気導入量を時刻スケジュールで変化させる

比較プログラムのBESTEST (CE300~CE545)

Before BESTESTing

ツール間の計算結果にバラつきがある

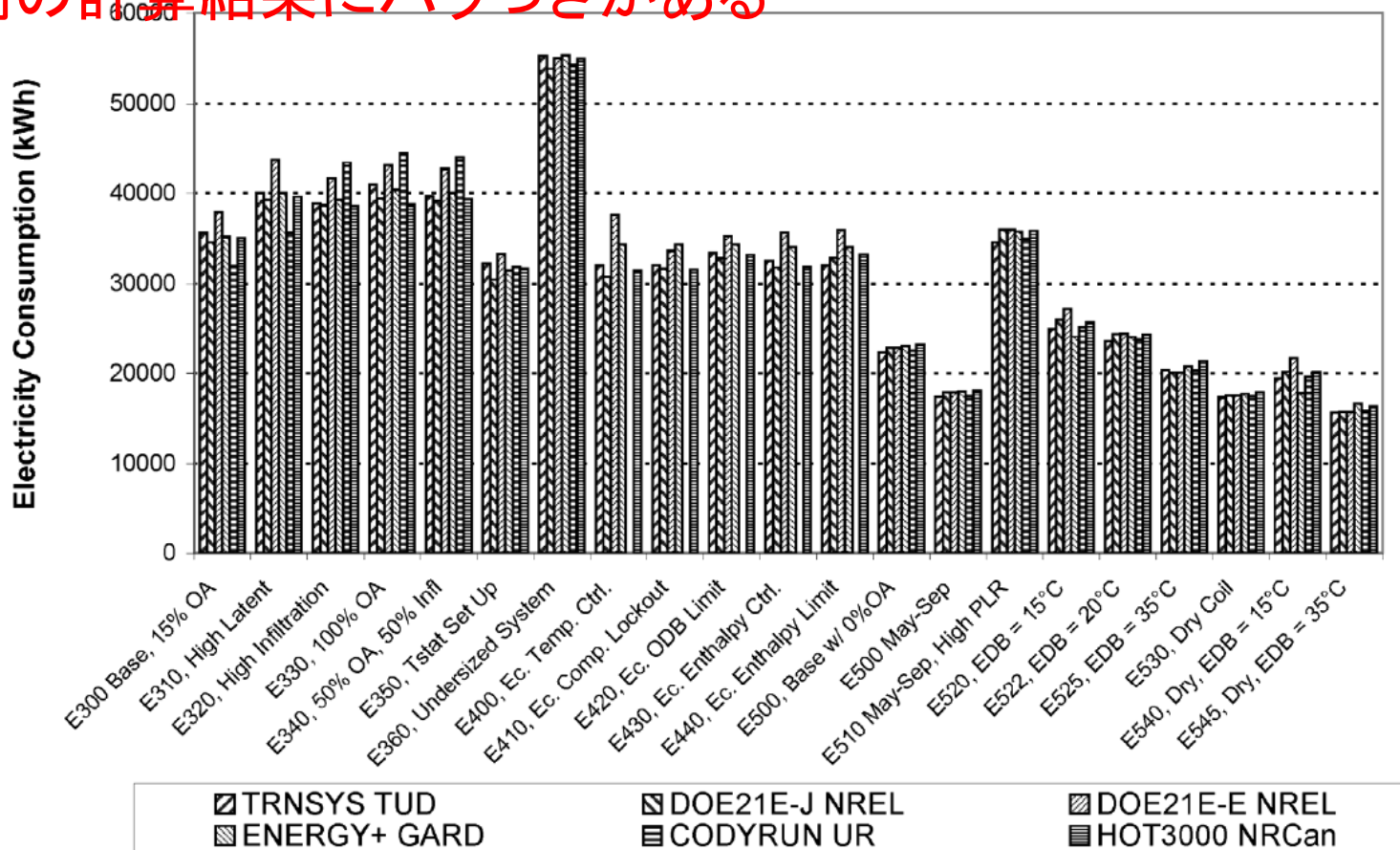


Figure 2-31. HVAC BESTEST E300–E545—total electricity consumption, before BESTESTing (Abbreviations along the x-axis are shorthand for the case descriptions; see Part I for full case descriptions.)

比較プログラムのBESTEST (CE300~CE545)

After BESTESTing

テストを実施したことでツールの修正等が行われ

各ツールの計算結果が同等となっている

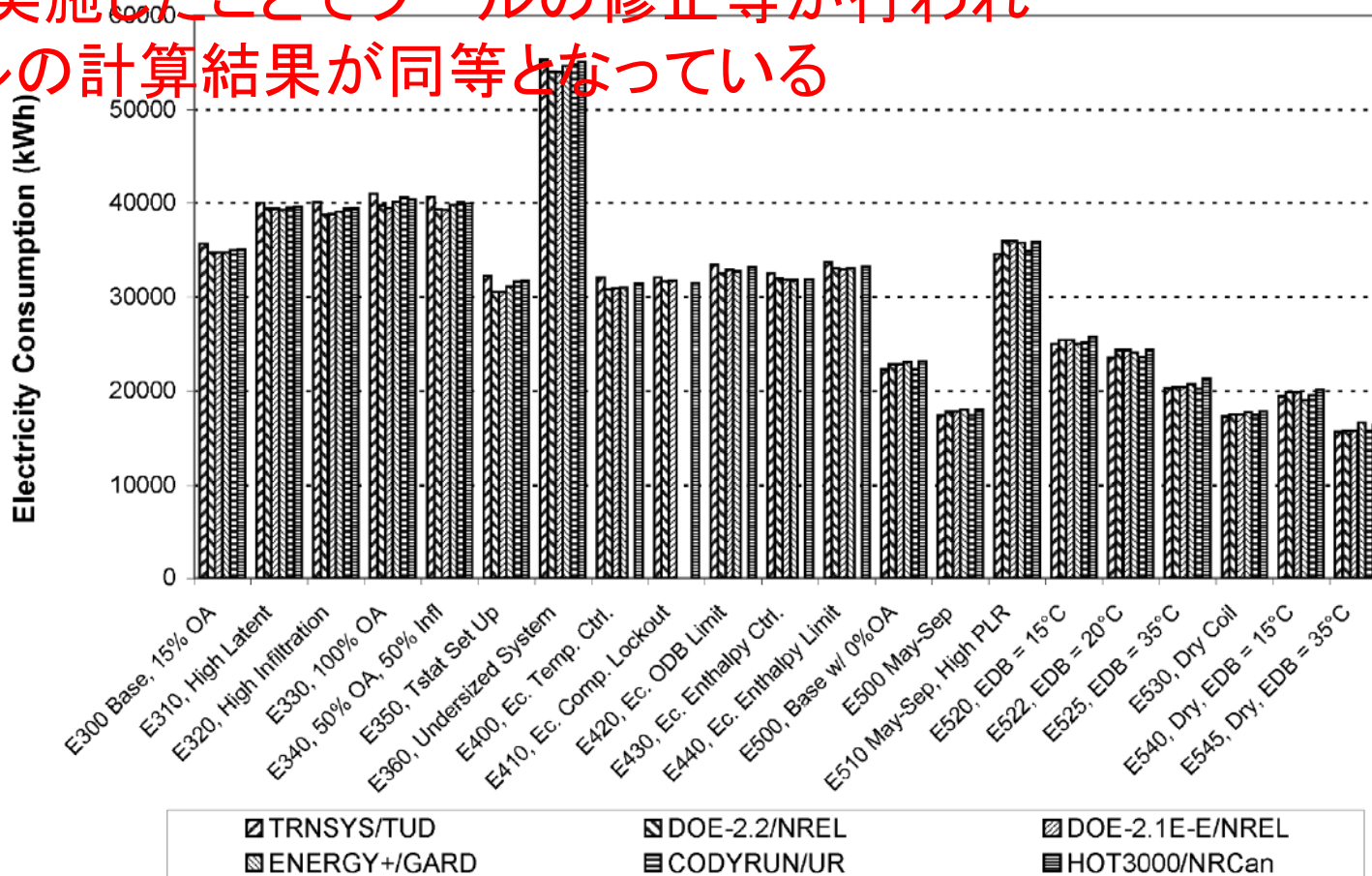


Figure 2-32. HVAC BESTEST E300–E545—total electricity consumption, after BESTESTing (Abbreviations along the x-axis are shorthand for the case descriptions; see Part I for full case descriptions.)

結果比較・プログラムリスト

比較用に11種のプログラム(CE100~CE200)
 の計算結果が用意されている

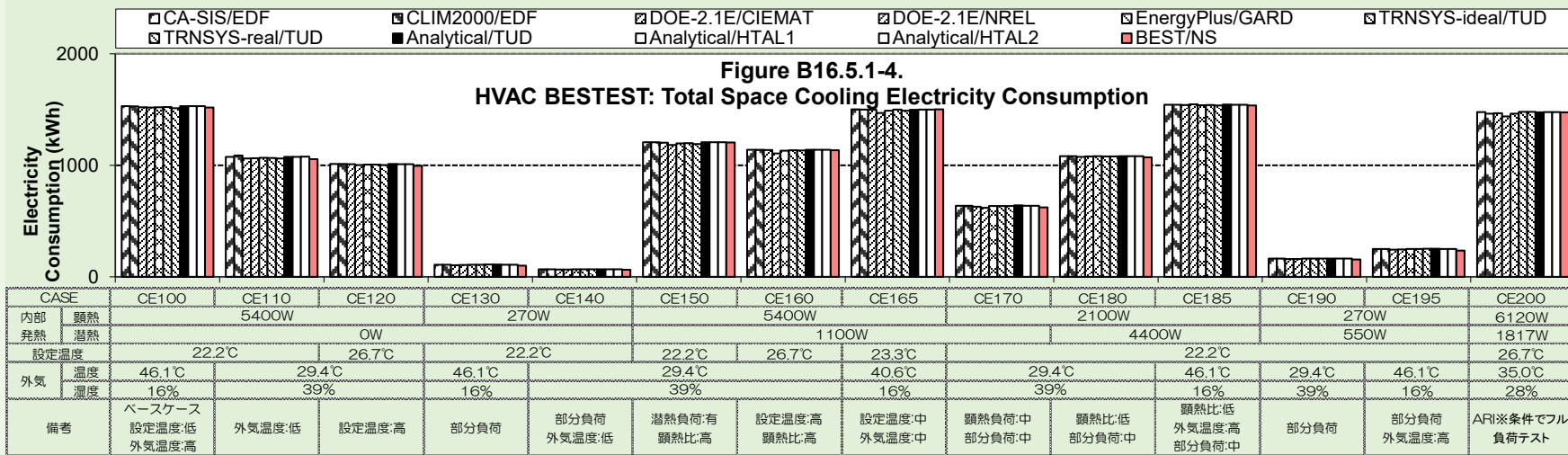
TABLE B17-1

Participating Organizations and Computer Programs

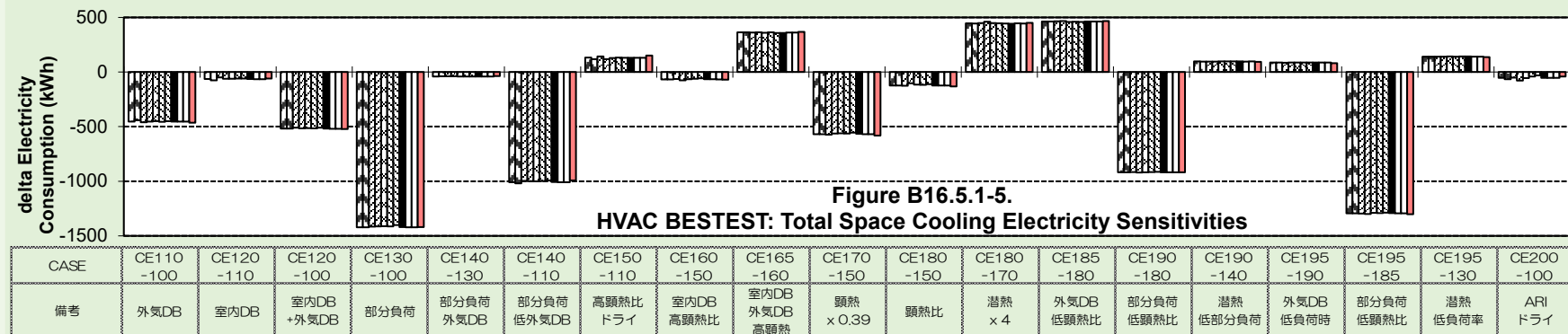
Model	Authoring Organization	Implemented By	Abbreviation
Quasi-Analytical solution with ideal controller model	Hochschule Technik & Architektur Luzern, Switzerland (HTAL)	Hochschule Technik & Architektur Luzern, Switzerland	HTAL1
Quasi-Analytical solution with realistic controller model	Hochschule Technik & Architektur Luzern, Switzerland	Hochschule Technik & Architektur Luzern, Switzerland	HTAL2
Quasi-Analytical Solution with ideal controller model	Technische Universität Dresden, Germany (TUD)	Technische Universität Dresden, Germany	TUD
CA-SIS V1	Electricité de France, France (EDF)	Electricité de France, France	CA-SIS
CLIM2000 2.1.6	Electricité de France, France	Electricité de France, France	CLM2000
DOE-2.1E-088	LANL/LBNL/ESTSC, ^{a,b,c} USA	CIEMAT, ^d Spain	DOE21E/CIEMAT DOE2.1-E/CIEMAT
DOE-2.1E-133	LANL/LBNL/JJH, ^{a,b,e} USA	NREL/JNA, ^f USA	DOE21E/NREL DOE2.1-E/NREL
ENERGYPLUS 1.0.0.023	LBNL/UIUC/CERL/OSU/GARD Analytics/FSEC/DOE-OBT, ^{a,g,h,i,j,k}	GARD Analytics, USA	E+ EnergyPlus
TRNSYS 14.2-TUD with ideal controller model	University of Wisconsin, USA; Technische Universität Dresden, Ger.	Technische Universität Dresden, Germany	TRN-id TRNSYS-ideal
TRNSYS 14.2-TUD with real controller model	University of Wisconsin, USA; Technische Universität Dresden, Ger.	Technische Universität Dresden, Germany	TRN-re TRNSYS-real

計算結果 CE100~CE200より

図5 CE100からCE200の消費電力量の比較
 (下段は2ケースの消費電力量の差による感度分析)



※ARI: Air-Conditioning and Refrigeration Institute



比較グラフ(CE100~CE200)

ASHRAE Standard 140-2011, Informative Annex B16, Section B16.5.1

Example Results for Section 5.3 - HVAC Equipment Performance Tests CE100-CE200

List of Figures

26種類の比較グラフが
 用意されており、
 各種結果項目のチェックが
 可能である

<i>Title</i>
HVAC BESTEST: Mean COP
HVAC BESTEST: (Maximum - Minimum)/Mean COP
HVAC BESTEST: Mean COP Sensitivities
HVAC BESTEST: Total Space Cooling Electricity Consumption
HVAC BESTEST: Total Space Cooling Electricity Sensitivities
HVAC BESTEST: Compressor Electricity Consumption
HVAC BESTEST: Total Compressor Electricity Sensitivities
HVAC BESTEST: Total Indoor (Supply) Fan Electricity Consumption
HVAC BESTEST: Indoor (Supply) Fan Electricity Sensitivities
HVAC BESTEST: Outdoor (Condenser) Fan Electricity Consumption
HVAC BESTEST: Outdoor (Condenser) Fan Electricity Sensitivities
HVAC BESTEST: Total Coil Load
HVAC BESTEST: Total Coil Load Sensitivities
HVAC BESTEST: Sensible Coil Load
HVAC BESTEST: Sensible Coil Load Sensitivities
HVAC BESTEST: Latent Coil Load
HVAC BESTEST: Latent Coil Load Sensitivities
HVAC BESTEST: Mean Indoor Drybulb Temperature
HVAC BESTEST: (Maximum - Minimum)/Mean Indoor Drybulb Temperature
HVAC BESTEST: Mean Indoor Humidity Ratio
HVAC BESTEST: (Maximum - Minimum)/Mean Indoor Humidity Ratio
HVAC BESTEST: Total Zone Load
HVAC BESTEST: Sensible Zone Load
HVAC BESTEST: Latent Zone Load
HVAC BESTEST: Sensible Coil Load - Zone Load (Fan Heat)
HVAC BESTEST: Latent Coil Load - Latent Zone Load (Should = 0)

結果比較・プログラムリスト (CE300~CE545)

6種のプログラム

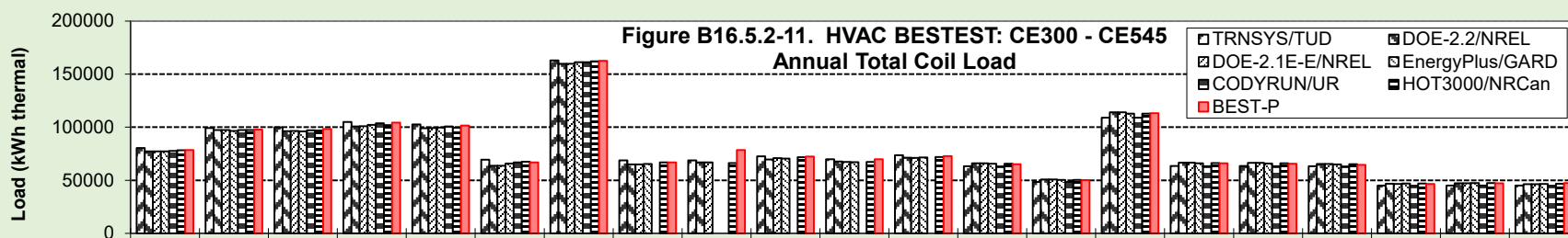
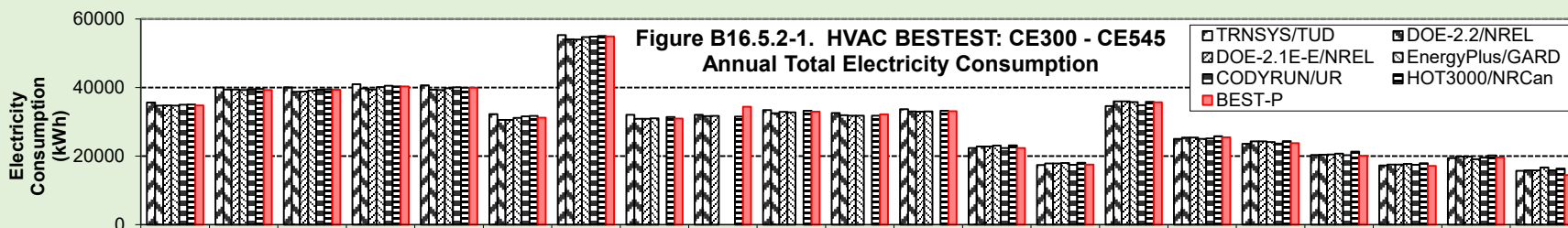
TABLE B17-2

Participating Organizations and Computer Programs

Model	Authoring Organization	Implemented By	Abbreviation
CODYRUN/LGIMAT	Universite de la Reunion Island, France	Universite de la Reunion Island, France	CODYRUN/UR
DOE-2.1E version 120 (ESTSC release)	LANL/LBNL/ESTSC/JJH, ^{a,b,c,d} United States	NREL/JNA, ^e United States	DOE-2.1E-E/NREL DOE21E-E
DOE-2.2 NT42j	LBNL/JJH, ^{b,d} United States	NREL/JNA, ^e United States	DOE-2.2/NREL
EnergyPlus 1.1.0.020	LBNL/UIUC/CERL/OSU/GARD Analytics/FSEC/DOE-BT, ^{b,f,g,h,i,j}	GARD Analytics, United States	EnergyPlus/GARD
HOT3000/ESP-r	CETC/ESRU, ^{k,l} Canada/United Kingdom	CETC, ^k Canada	HOT3000/NRCan
TRNSYS 14.2-TUD with real controller model	University of Wisconsin, USA; Technische Universität Dresden, Ger.	Technische Universität Dresden, Germany	TRNSYS/TUD

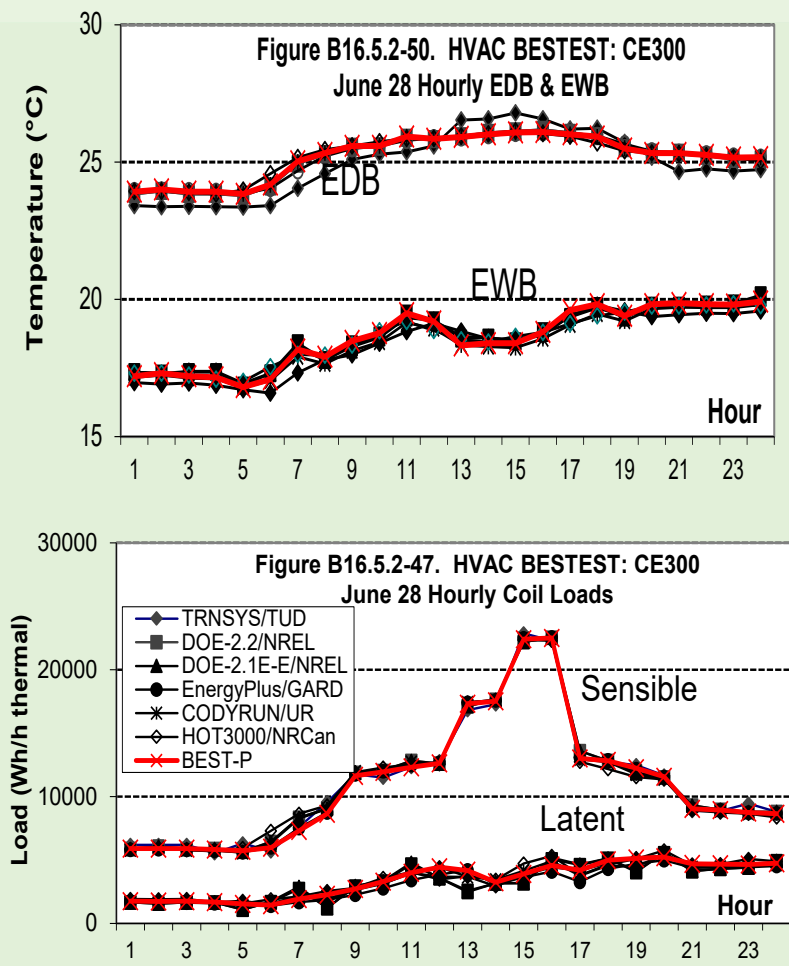
計算結果 CE300~CE545より

図6 CE300からCE545の
消費電力量とコイル負荷の結果



CASE	CE300	CE310	CE320	CE330	CE340	CE350	CE360	CE400	CE410	CE420	CE430	CE440	CE500	CE500*	CE510	CE520	CE522	CE525	CE530	CE540	CE545	
内部発熱	顕熱		中				高	中					中	中	高	中						
潜熱	中	高	中					中					中	中	高	中						
設定温度			25℃				25/35℃	25℃	25℃					25℃	25℃	高	15℃	20℃	35℃	25℃	15℃	35℃
隙間風	0回/h		11.6回/h		0回/h		5.8回/h		0回/h		0回/h											
外気量	1.7回/h		0回/h		11.6回/h		5.8回/h		1.7回/h		1.7回/h (最小)											
備考	ベース ケース 15%OA	潜熱負荷: 高	隙間風:有	外気量:多	隙間風、外 気の相互 作用	設定温度 変更	過負荷	外気冷房 (温度制御) 圧縮機協調	外気冷房 (温度制御) 協調なし	外気冷房 (温度制御) 20℃以下	外気冷房 (17/16℃) 制御	外気冷房 (17/16℃) 制御	ベース ケース	ベース ケース May-Sep	顕熱、潜熱 負荷:高 May-Sep	設定温度: 低(15℃)	設定温度: 低(20℃)	設定温度: 高(35℃)	ドライバルブ 設定温度: 低	ドライバルブ 設定温度: 高	ドライバルブ 設定温度: 高	

図7 CE300室DB・WBと負荷



比較グラフ(CE300~CE545)

ASHRAE Standard 140-2011, Informative Annex B16, Section B16.5.2

Example Results for Section 5.3 - HVAC Equipment Performance Tests CE300-CE545

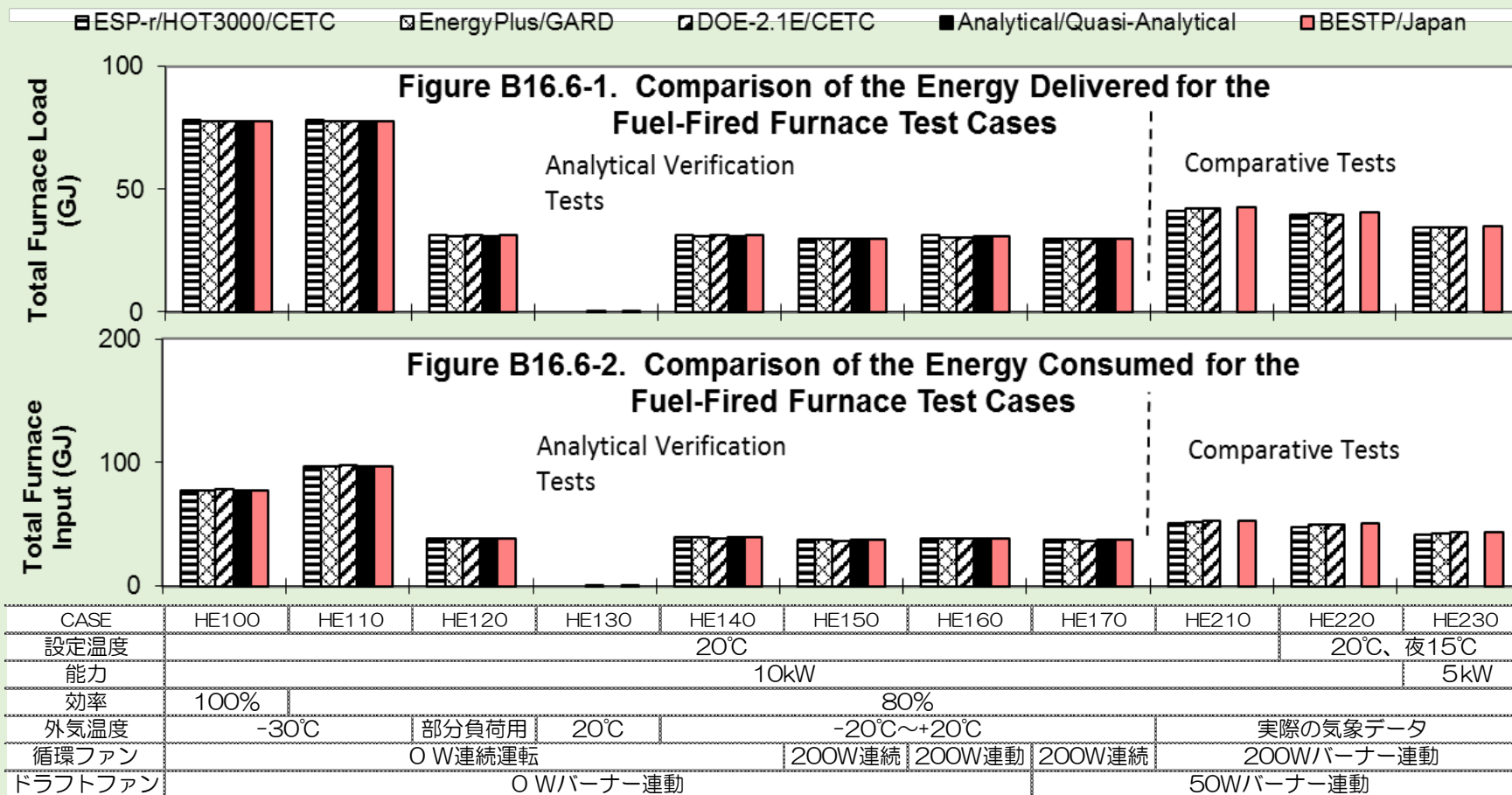
52種類の比較グラフ

List of Figures

Title
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Total Electricity Consumption
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Total Space Cooling Electricity Consumption Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Peak Hour Total Electricity Consumption
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Total Space Cooling Consumption Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Compressor Electricity Consumption
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Compressor Electricity Consumption Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Indoor (Supply) Fan Electricity Consumption
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Indoor (Supply) Fan Electricity Consumption Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Outdoor (Condenser) Fan Electricity Consumption
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Outdoor (Condenser) Fan Electricity Consumption Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Total Coil Load
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Peak Hour Total Coil Load
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Total Coil Load Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Sensible Coil Load
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Sensible Cooling Load Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Peak Hour Sensible Coil Load
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Latent Coil Load
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Latent Cooling Load Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Peak Hour Latent Coil Load
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Latent Coil Load Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean COP2
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean COP2 Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum COP2
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum COP2 Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Minimum COP2
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Minimum COP2 Sensitivities

HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean Indoor Dry-Bulb Temperature
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean IDB Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Indoor Dry-Bulb Temperature
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum IDB Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Minimum Indoor Dry-Bulb Temperature
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean Zone Humidity Ratio
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean Humidity Ratio Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Zone Humidity Ratio
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Humidity Ratio Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Minimum Zone Humidity Ratio
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean Relative Humidity
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Annual Mean Relative Humidity Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Zone Relative Humidity
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Maximum Relative Humidity Sensitivities
HVAC BESTEST: CE300 - CE545 Hourly Minimum Zone Relative Humidity
HVAC BESTEST: f(ODB) for CE500, CE530 Specific Day Electricity Consumptions
HVAC BESTEST: f(ODB) for CE500, CE530 Specific Day Coil Loads
HVAC BESTEST: f(ODB) for CE500, CE530 Specific Day COP2
HVAC BESTEST: f(ODB) for CE500, CE530 Specific Day Humidity Ratio
HVAC BESTEST: CE300 June 28 Hourly Electricity Consumption
HVAC BESTEST: CE300 June 28 Hourly Coil Loads
HVAC BESTEST: CE300 June 28 Hourly COP2
HVAC BESTEST: CE300 June 28 Hourly Zone Humidity Ratio
HVAC BESTEST: CE300 June 28 Hourly EDB & EWB
HVAC BESTEST: CE300 June 28 Hourly ODB
HVAC BESTEST: CE300 June 28 Hourly OHR

図8 HE100からHE230の負荷と入力の結果



- 空調のBESTESTをBESTツールに対して行った
- 計算結果は他のシミュレーションプログラムと同等であることを確認した
- 計算条件を満たすために改造・機能追加が必要であった
- BEST1506に実装されている

【参考文献】

1) ANSI/ASHRAE Standard 140-2011 :

Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs

2) 平林・村上・石野・郡・内海 :

建築エネルギー・環境シミュレーションツールBESTの開発

第15報BESTESTによる検証とケーススタディ,

日本建築学会大会学術講演梗概集{2009.8(東北)}