

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

6.3 サブシステム

6.3.4. 冷却塔サブシステム

二宮博史（日建設計）

<対象システム>

- 吸収冷温水機、冷却塔、三方弁、冷却水ポンプで構成される冷却塔サブシステムを対象とする。
- 外気と吸収冷温水機の冷水入口の2次側システムとの接続は境界条件として与える。

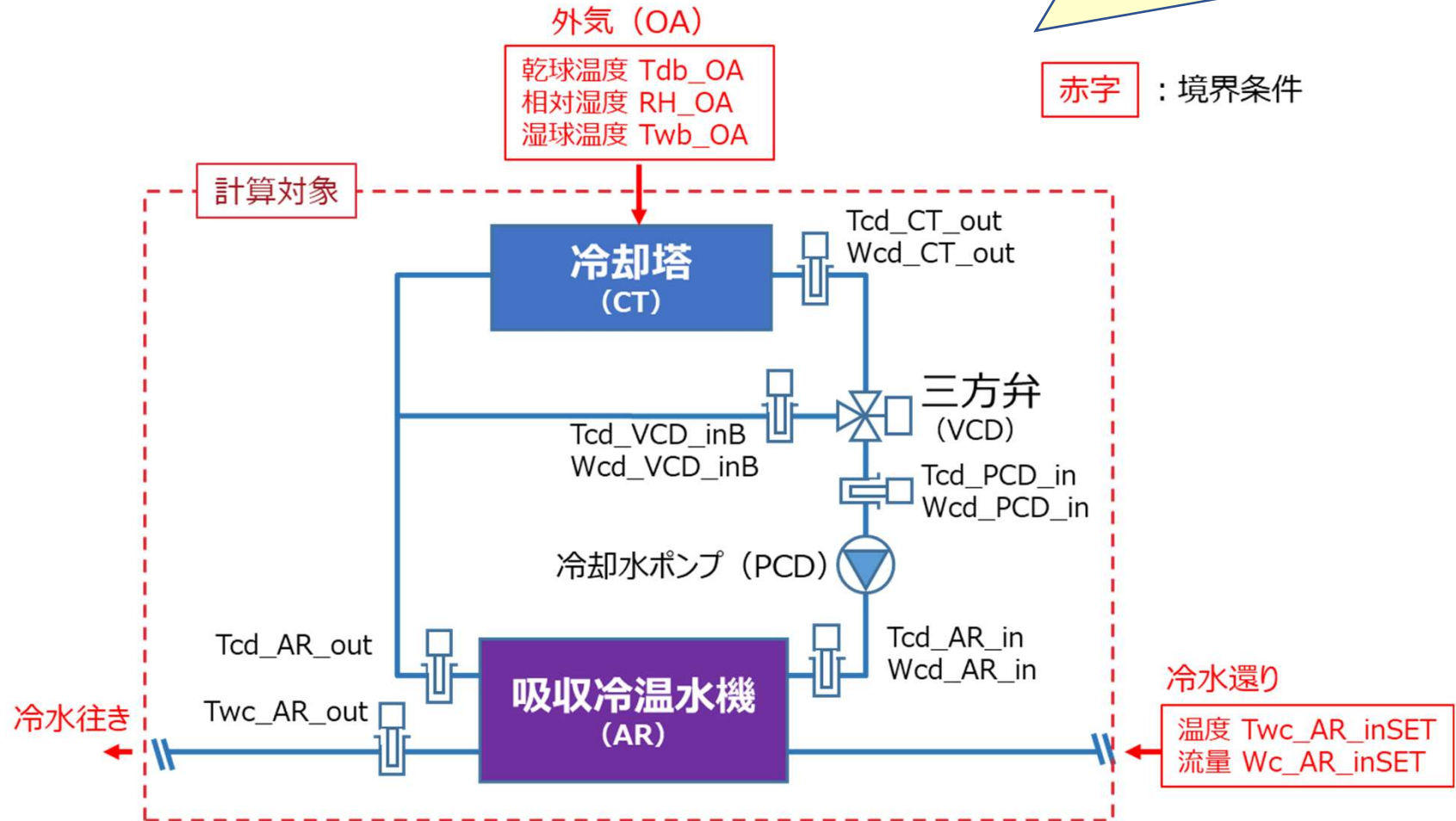


図6.3.4.1_1 計算対象の冷却塔サブシステムの構成

<目的>

冷却水系統に接続される吸収冷温水機、冷却塔、冷却水ポンプおよび三方弁を対象とし、複数ケースの定常状態の計算結果を基に、各機器の制御動作・性能が適切に計算されているどうかを検証しツールを評価する。

<テスト条件>

- 境界条件：外気温湿度、吸収冷温水機の入口冷水（処理熱負荷）
- 制御条件：冷却塔ファン制御の設定温度、三方弁制御設定温度など
- これらの条件を段階的に変える

<検証・評価>

- 冷却塔ファン制御、冷却水水温制御が適切に行われていること
- 冷却水系の熱収支が取れること
- エネルギー消費量、各所水温・水量等の妥当性

<テストケース>

・ 冷却塔サブシステムの全テストケース

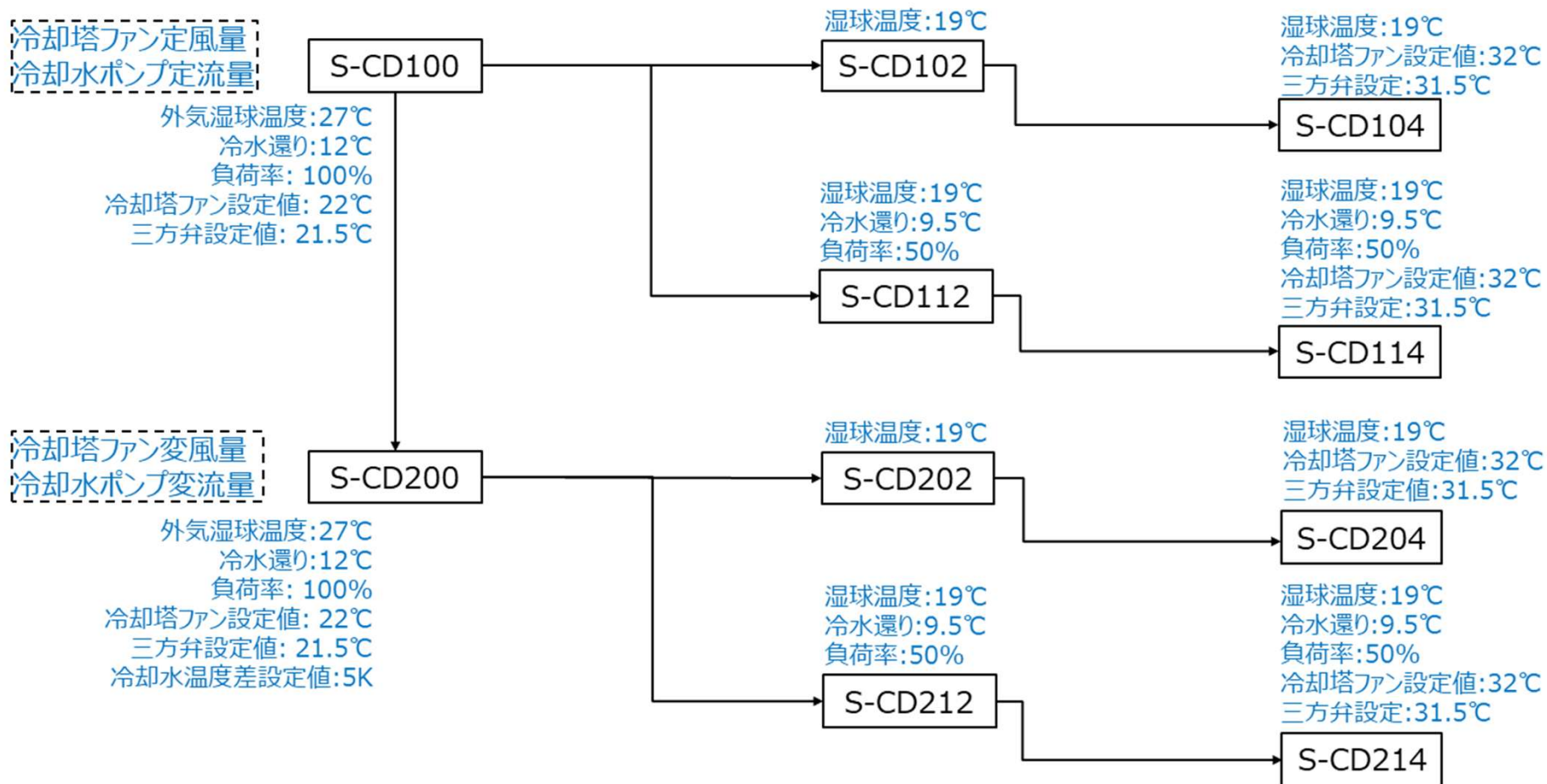


図6.3.4.1_2 冷却塔サブシステムテスト ケース構成

<テストケース>

・ S-CD100シリーズ（冷却塔ファン定風量、冷却水定流量）と S-CD200シリーズ（冷却塔ファン変風量、冷却水変流量）に大別

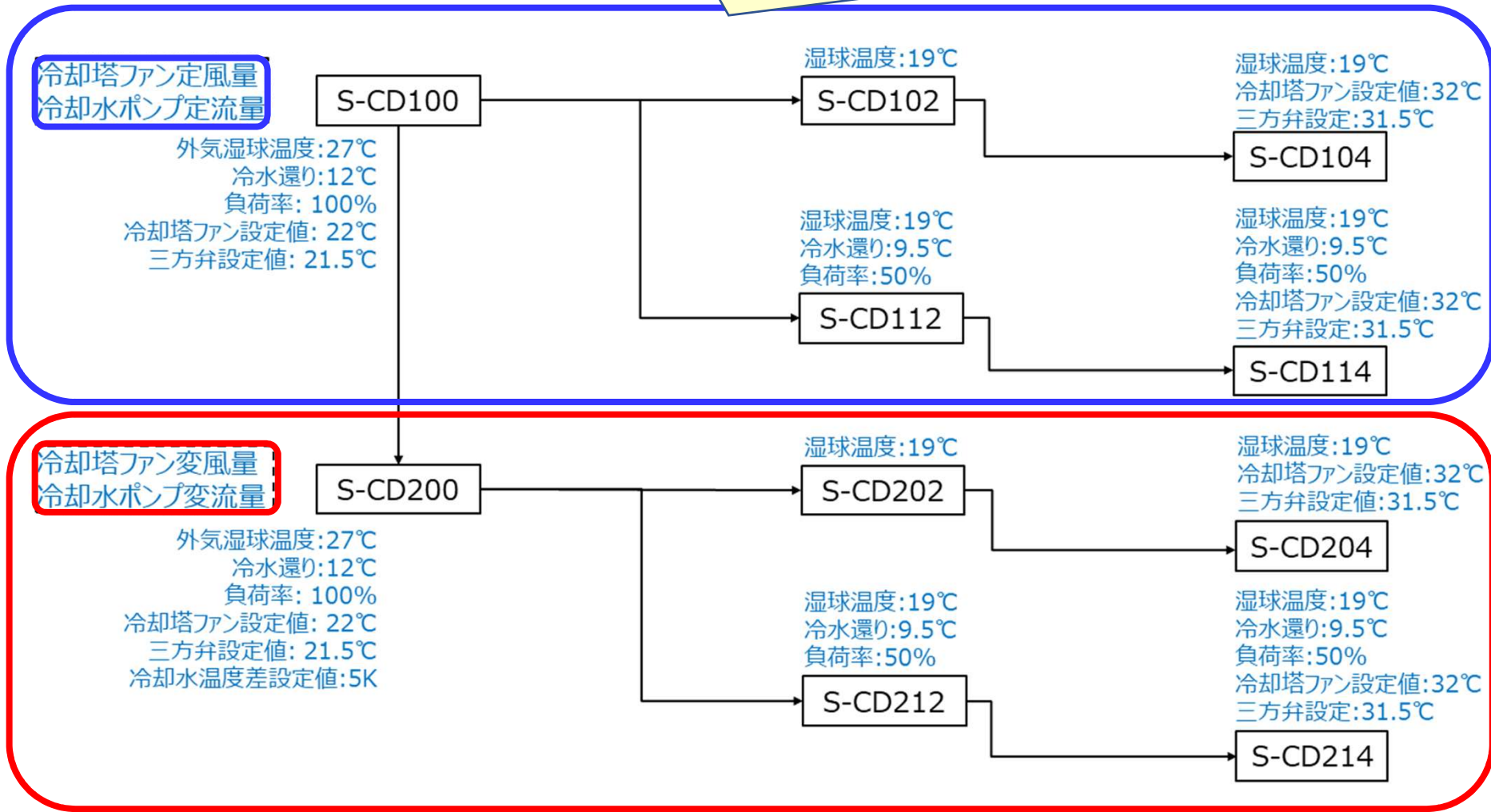


図6.3.4.1_2 冷却塔サブシステムテスト ケース構成

<テストケース>

・ 冷却塔サブシステムの**基本テストケース**

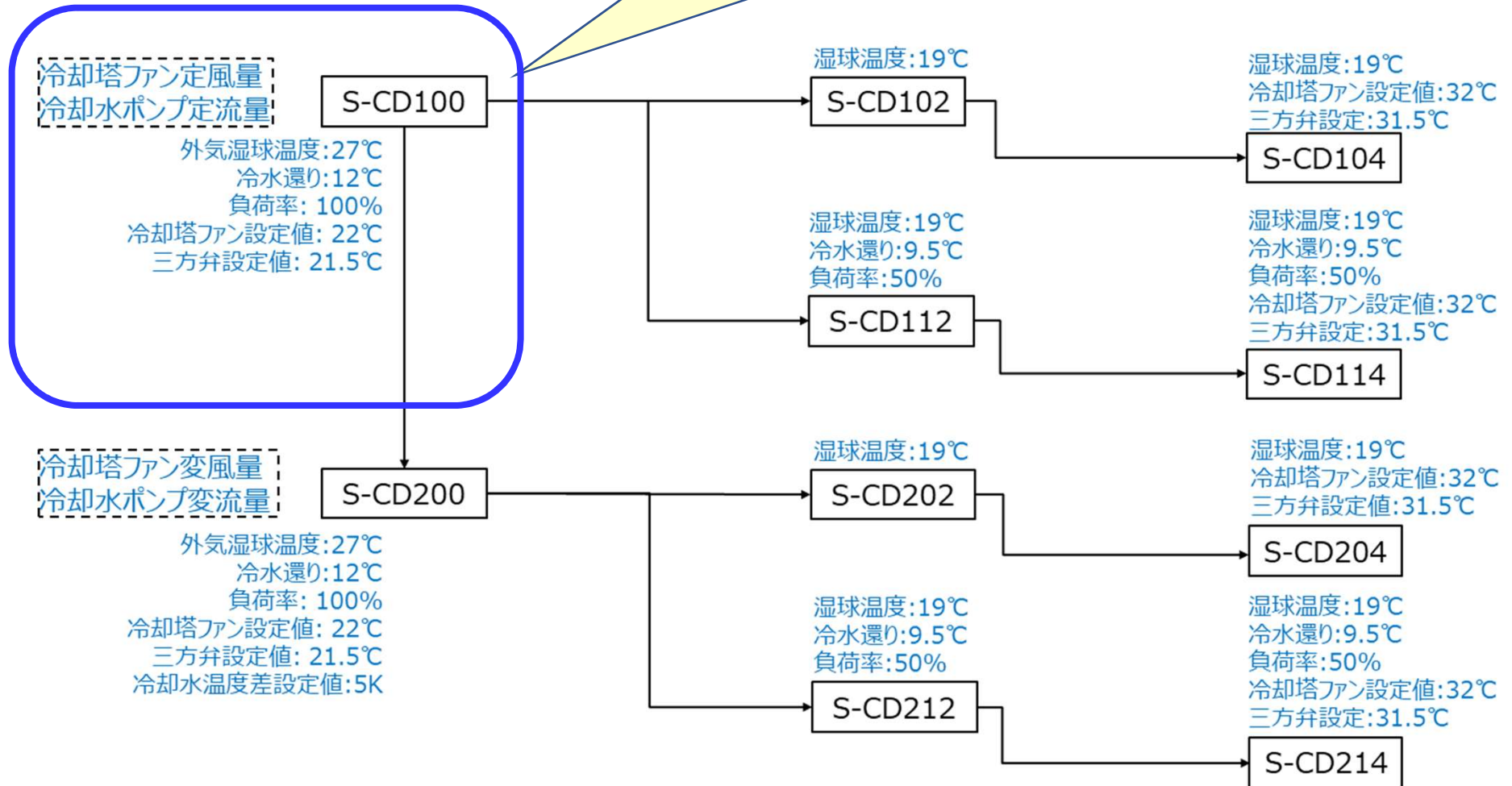


図6.3.4.1_2 冷却塔サブシステムテスト ケース構成

<テストケース>

・ 外気湿球温度 27℃ → 19℃

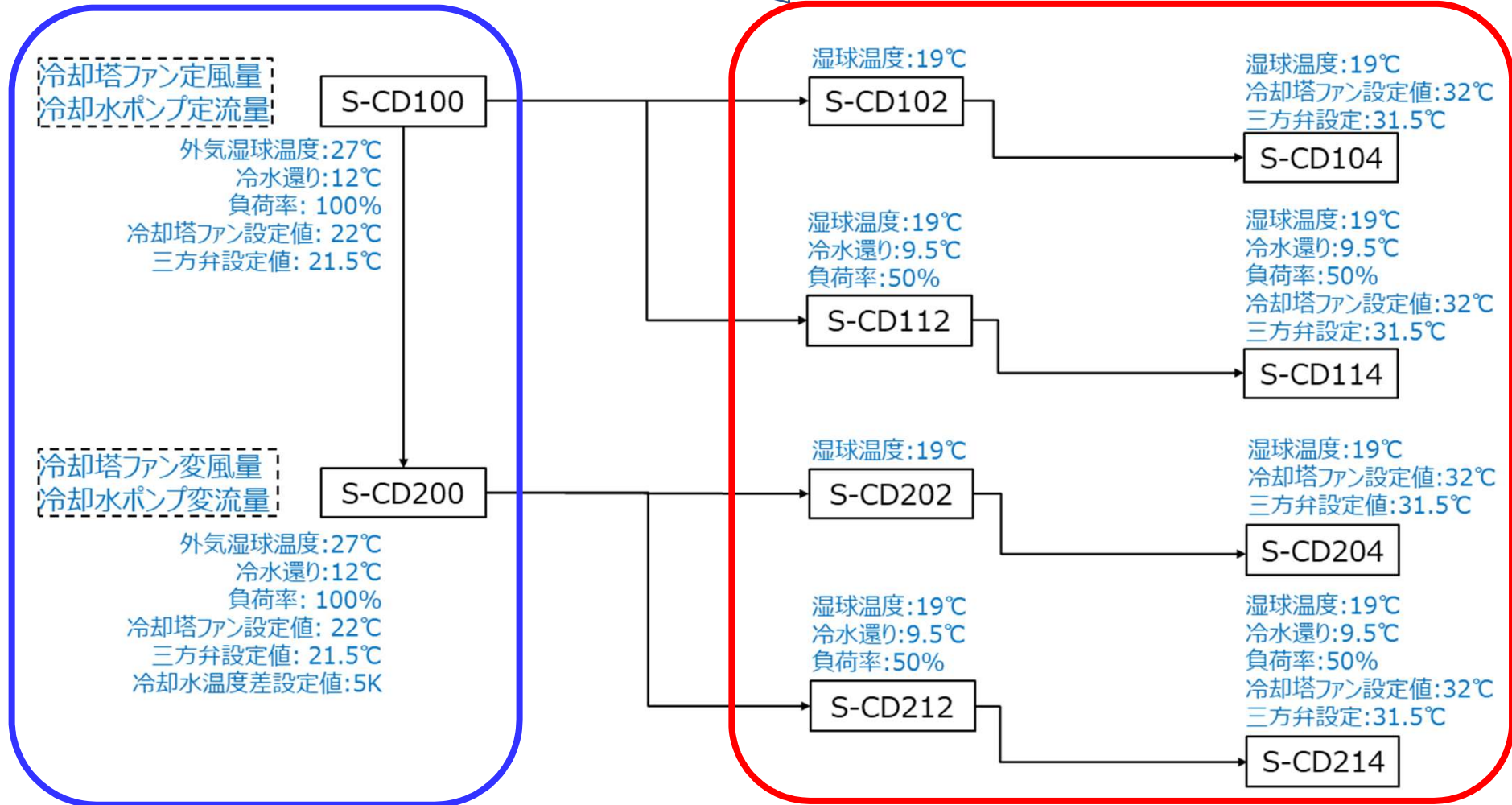


図6.3.4.1_2 冷却塔サブシステムテスト ケース構成

<テストケース>

・ 負荷率 100 % → 50 %

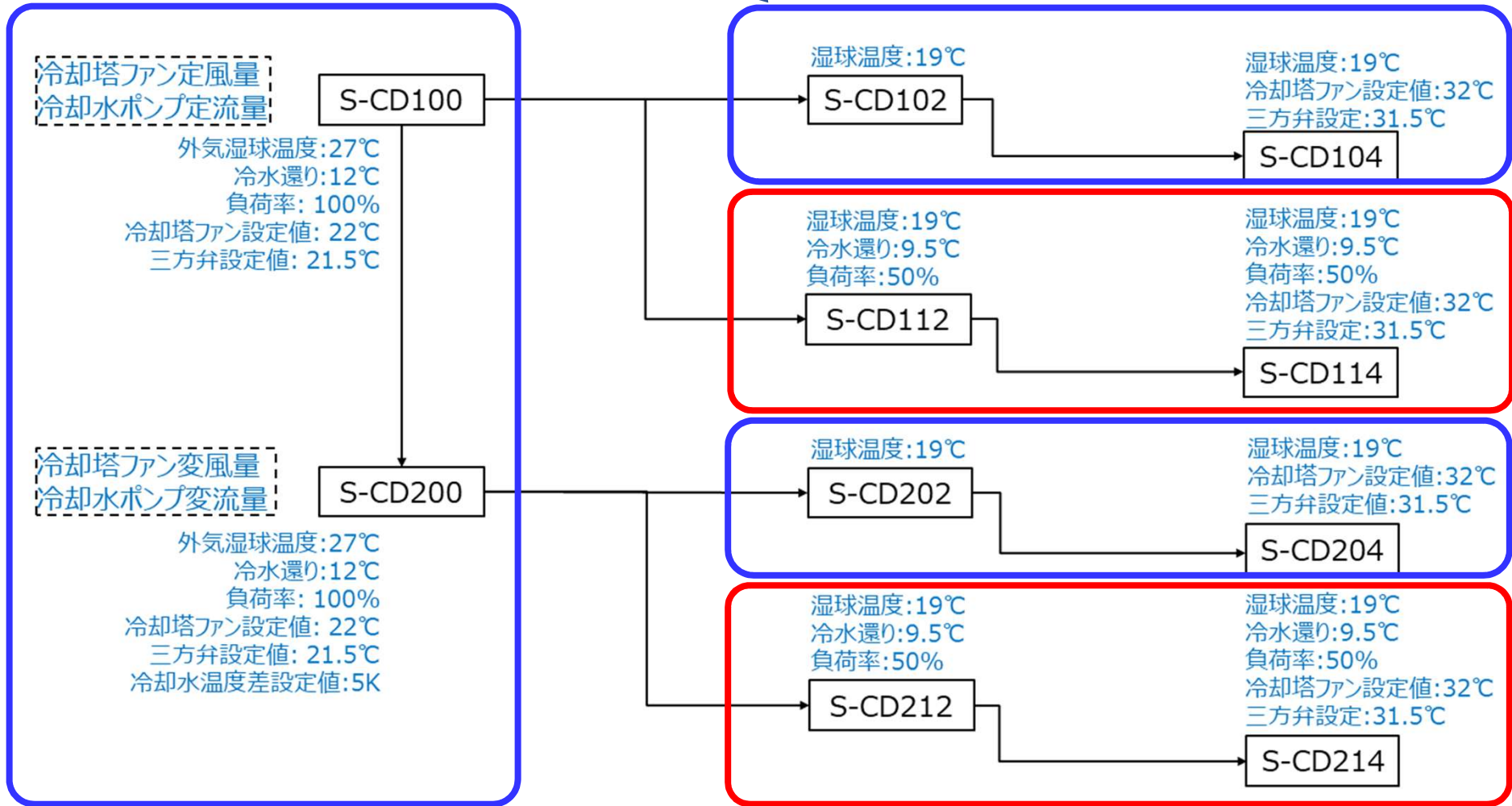


図6.3.4.1_2 冷却塔サブシステムテスト ケース構成

<テストケース>

- ・ 冷却塔ファン設定値 22 °C → 32 °C
- ・ 三方弁設定値 21.5°C → 31.5 °C

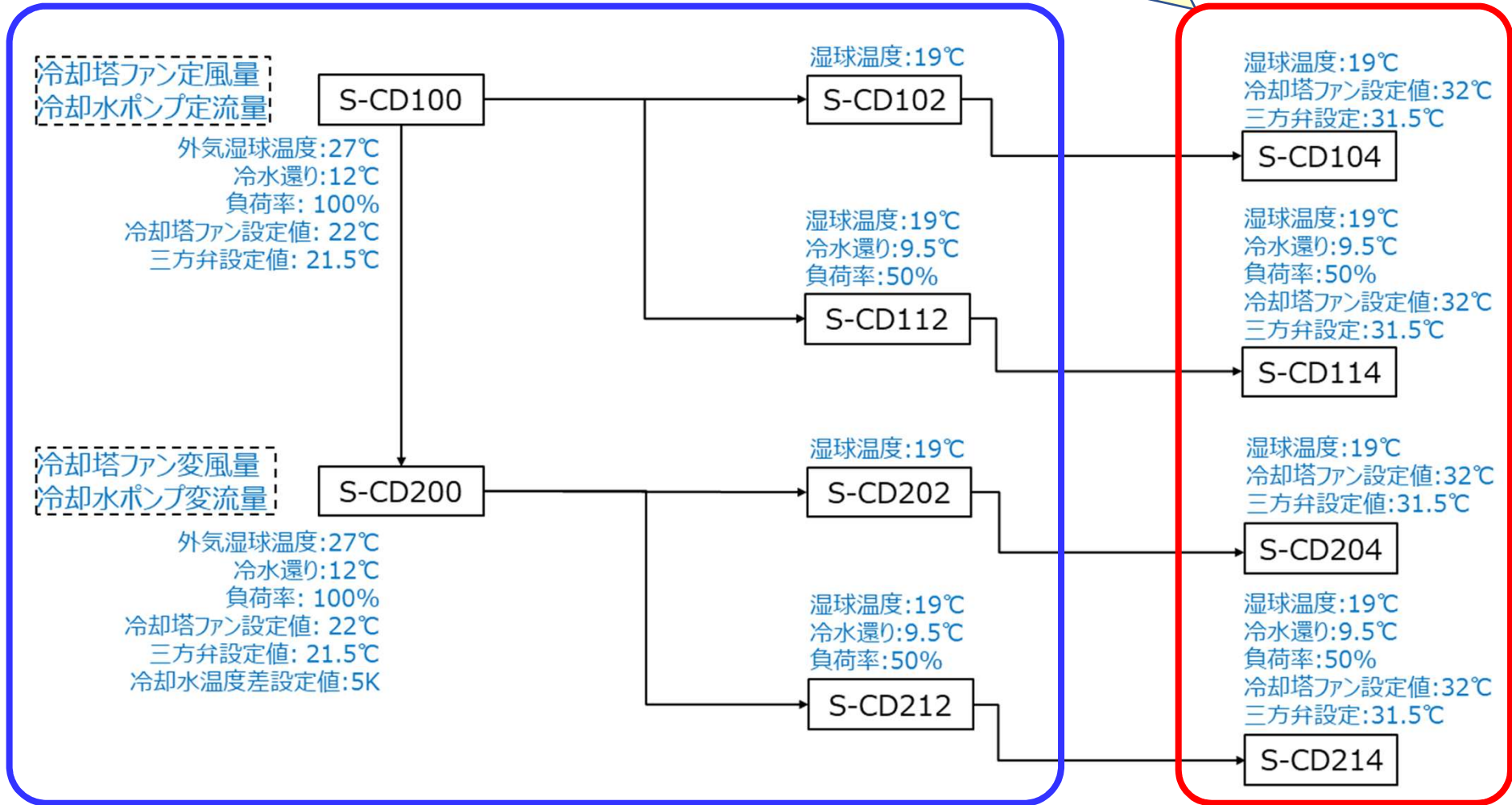


図6.3.4.1_2 冷却塔サブシステムテスト ケース構成

<テスト条件>

- ・計算対象の冷却塔サブシステムで冷却運転を行う。
- ・吸収冷温水機の冷水入口温度をテストケースにより変える。
- ・全ケースで冷水流量は定格流量、冷水の出口設定温度は7℃とする。
 - ・吸収冷温水機の冷水入口は与条件の冷水入口温度[℃] と 冷水流量[L/min] として与えているが、使用するツールの入力やモデル化の制限（例えば境界条件が設定できないなど）により与条件と異なる値で計算した場合は、その値を冷水入口温度[℃] 冷水流量[L/min] として出力する。
- ・冷却塔の計算において、対象ツールが補給水の温度入力を必要とする場合は15℃とする。
- ・テストは、
 - S-CD100シリーズ（冷却塔ファン定風量、冷却水定流量）と
 - S-CD200シリーズ（冷却塔ファン変風量、冷却水変流量）に大別される。

 詳細はガイドラインの記載を参照

<テスト条件>

- S-CD100シリーズ（冷却塔ファン定風量、冷却水定流量）のテストケースと与条件
- 冷却塔ファンも冷却水ポンプも定格の固定速運転とする。なお、冷却塔ファンは常に運転する。
以下はテストケースの構成図で説明したテスト条件の変更の手順をまとめたものである
- テストケースS-CD100 ケースS-CD102からS-CD114の基準ケース
外気湿球温度27℃（乾球温度36℃、相対湿度49.9%）、
吸収冷温水機の入口冷水温度12℃、三方弁の制御設定温度21.5℃とする。
- テストケースS-CD102 S-CD100をもとにして外気湿球温度を19℃に変える。
冷水負荷はS-CD100と同じく吸収冷温水機の定格能力に等しいとする。
- テストケースS-CD104 S-CD102をもとにして、
冷却塔ファン回転数の制御設定温度を32℃、三方弁の制御設定温度を31.5℃に変える。
- テストケースS-CD112 S-CD100をもとにして、
外気湿球温度を19℃に、吸収冷温水機の冷水入口温度を9.5℃に変える。
これは冷水負荷が吸収冷温水機の定格能力の50%に該当する。
- テストケースS-CD114 S-CD112をもとにして、
冷却塔ファン回転数の制御設定温度を32℃、三方弁の制御設定温度を31.5℃に変える。

👉 詳細はガイドラインの記載を参照

<テスト条件>

- S-CD200シリーズ（冷却塔ファン変風量、冷却水変流量）のテストケースと与条件
- 冷却塔ファンを変風量制御、冷却水を変流量制御とする。
S-CD200シリーズのケースのテスト条件の変更の手順はS-CD100シリーズと同じである
冷却塔ファン変風量、冷却水変流量の制御の方法は以下による
- 冷却水ポンプは、吸収冷温水機の冷却水の出入口温度差が5℃差となるように冷却水ポンプの回転数制御を行い、冷却水の変流量制御を行う。
- 冷却水の下限水量は冷却水定格水量の50%とする。
5℃差で求めた冷却水流量がこの下限水量未滿となる場合は、5℃差の条件を満たさなくてよいこととする。
- 冷却塔ファンは、出口温度が冷却塔ファンの制御設定値となるように回転数制御を行う。
下限回転数比は定格回転数の40%とする。
冷却塔ファンは常に運転するものとする。
- 冷却塔ファンが下限回転数となった場合、
吸収冷温水機の入口温度が制御設定値以上となるように三方弁によるバイパス制御を行う。

👉 詳細はガイドラインの記載を参照

<テスト条件> (テストケース 境界条件、制御条件)

Case No.	境界条件					制御条件	
	外気 (OA)			吸収冷温水機 (AR)		冷却塔 (CT)	三方弁 (VCD)
	乾球温度 Tdb_OA	湿球温度 Twb_OA	相対湿度 RH_OA	冷水入口温度 Twc_AR_inSET	冷却水変流量制御時の冷却水設定温度差 Tcd_AR_dSET	冷却塔ファン制御の設定温度 Tcd_CT_outSET	三方弁制御設定温度 Tcd_VCD_SET
	°C	°C	%	°C	K	°C	°C
S-CD100	36	27	49.9	12	-	-	21.5
S-CD102	26.3	19	49.9	12	-	-	21.5
S-CD104	26.3	19	49.9	12	-	-	31.5
S-CD112	26.3	19	49.9	9.5	-	-	21.5
S-CD114	26.3	19	49.9	9.5	-	-	31.5
S-CD200	36	27	49.9	12	5	22	21.5
S-CD202	26.3	19	49.9	12	5	22	21.5
S-CD204	26.3	19	49.9	12	5	32	31.5
S-CD212	26.3	19	49.9	9.5	5	22	21.5
S-CD214	26.3	19	49.9	9.5	5	32	31.5
共通条件	<ul style="list-style-type: none"> ・吸収冷温水機の冷水の入口設定流量 (Wc_AR_inSET) は定格流量とする。 ・吸収冷温水機の冷水の出口設定温度 (Twc_AR_outSET) は7°Cとする。 						

・S-CD100シリーズでは、1) 冷却塔ファンの回転数制御は行わない、2) 三方弁によるバイパス制御は行う、3) 冷却水ポンプの回転数制御は行わない。
 ・S-CD200シリーズでは、上記1)～3)の制御を全て行う。

<結果出力>

- ・ 検証・評価のために要求する出力項目は以下の通り。

■ 吸収冷温水機 (AR)

AR_ガス消費量[m³/h]

AR_消費電力[kW]

AR_冷水出口温度[°C] (Twc_AR_out)

AR_冷却水出口温度[°C] (Tcd_AR_out)

AR_冷却水流量[L/min] (Wcd_AR_in)

■ 冷却塔 (CT)

CT_冷却水出口温度[°C] (Tcd_CT_out)

CT_冷却水流量[L/min] (Wcd_CT_out)

CT_ファン消費電力[kW]

CT_ファン風量[m³/h]

CT_ファン回転数比[-]

■ 三方弁 (VCD)

VCD_入口B流量[L/min] (Wcd_VCD_inB)

VCD_出口流量[L/min] (Wcd_VCD_out)

VCD_混合後温度[°C] (Tcd_VCD_out)

■ 冷却水ポンプ (PCD)

PCD_消費電力[kW]

PCD_出口水温[°C] (Tcd_PCD_out)

PCD_出口流量[L/min] (Wcd_PCD_out)

PCD_揚程[kPa]

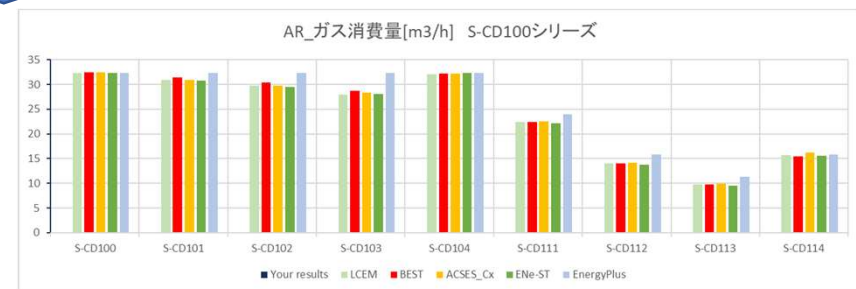
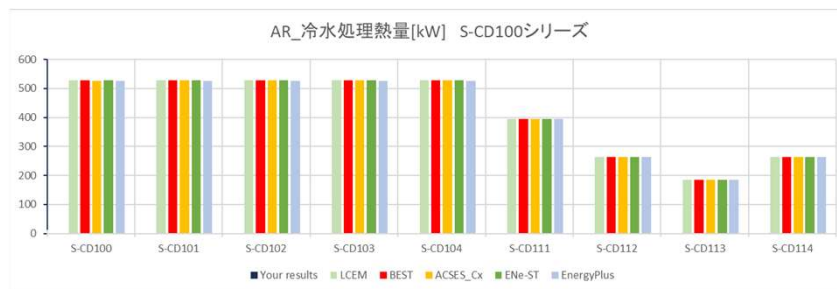
PCD_回転数比[-]

<評価>

- 各ケースにおける結果を付属電子ファイルに転記する。
 【Appendix C 6.3.4_サブシステムテスト(冷却塔サブシステム).xlsx】
- 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。

Case No.	境界条件・制御条件										吸収式冷水発生機 (AR)					
	外気 (OA)			還り冷水 (weR)		吸収式冷水発生機 (AR)		冷却塔 (CT)	三方弁 (V3W)	吸収式冷水発生機 (AR)						
	OA_乾球温度	OA_湿球温度	OA_相対湿度	wcR_冷水定格流量比	wcR_冷水入口温度	AR_冷水出口設定温度	AR_冷却水設定温度差	冷却塔ファン設定温度	三方弁設定温度	AR_ガス消費量	AR_消費電力	AR_冷水入口温度	AR_冷水出口温度	AR_冷水流量	AR_冷却水出口温度	AR_冷却水流量
	Tdb_OA	Twb_OA	RH_OA	ratioWwcR_SET	TwcR_SET	Twc_AR_outSET	Tcd_AR_dSET	Tcd_CT_outSET	Tcd_V3W_SET			Twc_AR_in	Twc_AR_out	Wwc_AR_in	Tcd_AR_out	Wcd_AR_in
°C	°C	°C	%	°C	°C	K	°C	°C	m3/h	kW	°C	°C	L/min	°C	L/min	
S-CD100	36	27	49.9	100	12	7	—	—	21.5			12.0		1512.0		
S-CD101	31.2	23	49.7	100	12	7	—	—	21.5			12.0		1512.0		
S-CD102	26.3	19	49.9	100	12	7	—	—	21.5			12.0		1512.0		

入力シート



グラフシート

Appendix_C_計算結果入力ファイル (冷却塔サブシステム用)



評価のポイントと評価例

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。

<評価のポイント>

S-CD100シリーズの評価

(1) テストケースS-CD102

外気湿球温度が低下したことによる吸収冷温水機への冷却水温度の低下、ARガス消費量の減少を検証・評価する。

(2) テストケースS-CD104 (S-CD102と比較)

三方弁が機能し、吸収冷温水機の冷却水入口温度が三方弁の制御設定温度となること、S-CD102に対して吸収冷温水機への冷却水温度が上昇することでガス消費量が増加することを検証・評価する。

(3) テストケースS-CD112

吸収冷温水機の処理熱量が設定負荷と一致していること、負荷に応じてガス消費量が減少していること、S-CD102に対して吸収冷温水機への冷却水温度が低下していることを検証・評価する。

(4) テストケースS-CD114 (S-CD112と比較)

三方弁が機能し、吸収冷温水機の冷却水入口温度が三方弁の制御設定温度となることを検証・評価する。

<評価のポイント>

S-CD200シリーズの評価

(1) テストケースS-CD202

外気湿球温度が低下したことによる吸収冷温水機への冷却水温度の低下、ARガス消費量の減少を検証・評価する。

(2) テストケースS-CD204 (S-CD202と比較)

三方弁が機能し、吸収冷温水機の冷却水入口温度が三方弁の制御設定温度となること、S-CD202に対して吸収冷温水機への冷却水温度が上昇することでガス消費量が増加することを検証・評価する。

(3) テストケースS-CD212

吸収冷温水機の処理熱量が設定負荷となっていること、負荷に応じてガス消費量が減少していること、S-CD202に対して吸収冷温水機への冷却水流量が減少し冷却水温度が低下していることを検証・評価する。

(4) テストケースS-CD214 (S-CD212と比較)

三方弁が機能し、吸収冷温水機の冷却水入口温度が三方弁の制御設定温度となることを検証・評価する。



<評価例>

・評価例はガイドライン本文（黒枠内）ではなく「解説」の部分であり、委員の判断で評価した例である

<評価例>

ケース間比較

図6.3.4.2_2は吸収冷温水機のガス消費量の比較である。

ケース間で各ツールのガス消費量は同様の傾向で同等の値となっている。

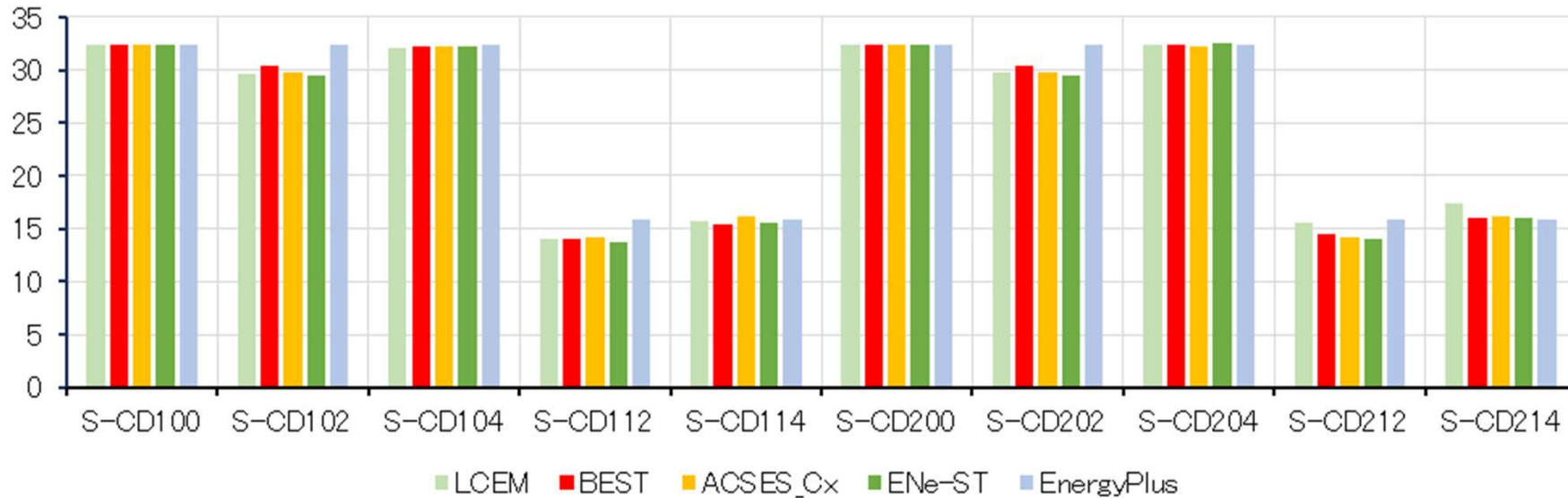


図6.3.4.2-2 吸収冷温水機 ガス消費量[m³/h]

<評価例>

ツール間比較

図6.3.4.2_2は吸収冷温水機のガス消費量の比較である。

S-CD100とS-CD102、S-CD200とS-CD202で EnergyPlusのAR_ガス消費量が同じ値となっているのは、EnergyPlusの吸収冷温水機モデルが冷却水温度変化にともなうCOP特性が反映されない（冷却水温度でCOPが変化しない）モデル特性のためと考えられる。

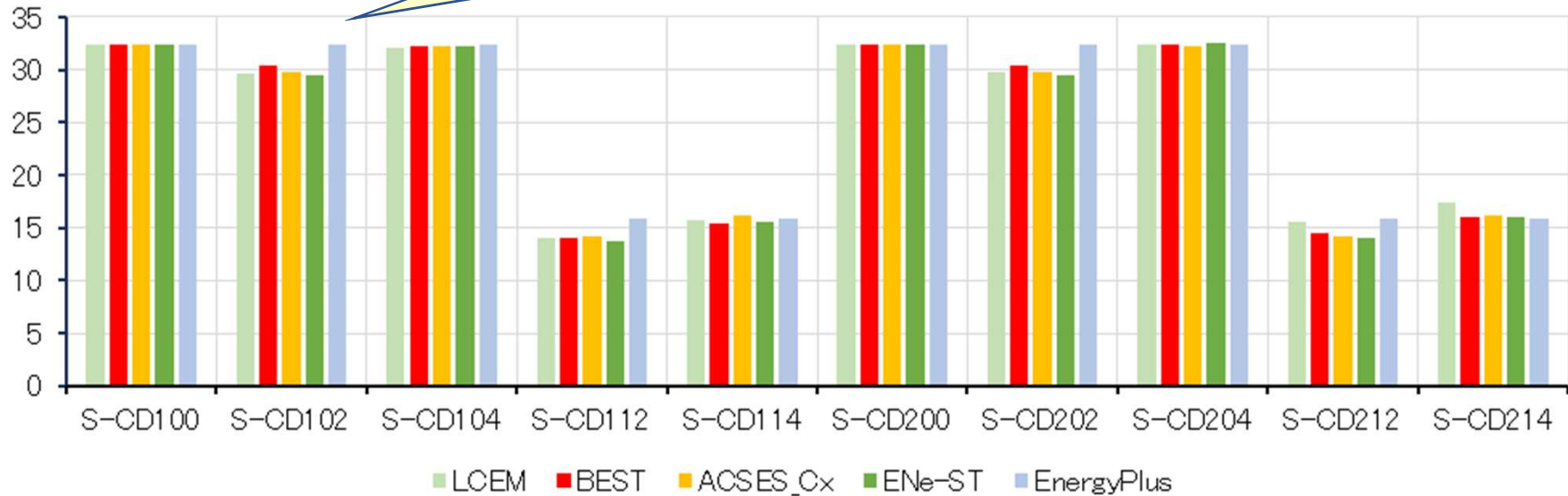


図6.3.4.2-2 吸収冷温水機 ガス消費量[m³/h]

<評価例>

ツール間比較

図6.3.4.2_3は吸収冷温水機の消費電力の比較である。

S-CD112、S-CD114、S-CD212、S-CD214の吸収冷温水機が部分負荷運転時の消費電力にツールによる違いがみられる。これは各ツールの吸収式冷温水機モデルの消費電力の計算方法の違いによるものと考えられる。吸収冷温水機の消費電力はガス消費エネルギーに対して1%程度と僅かであるので精度は問題にならないといえる。

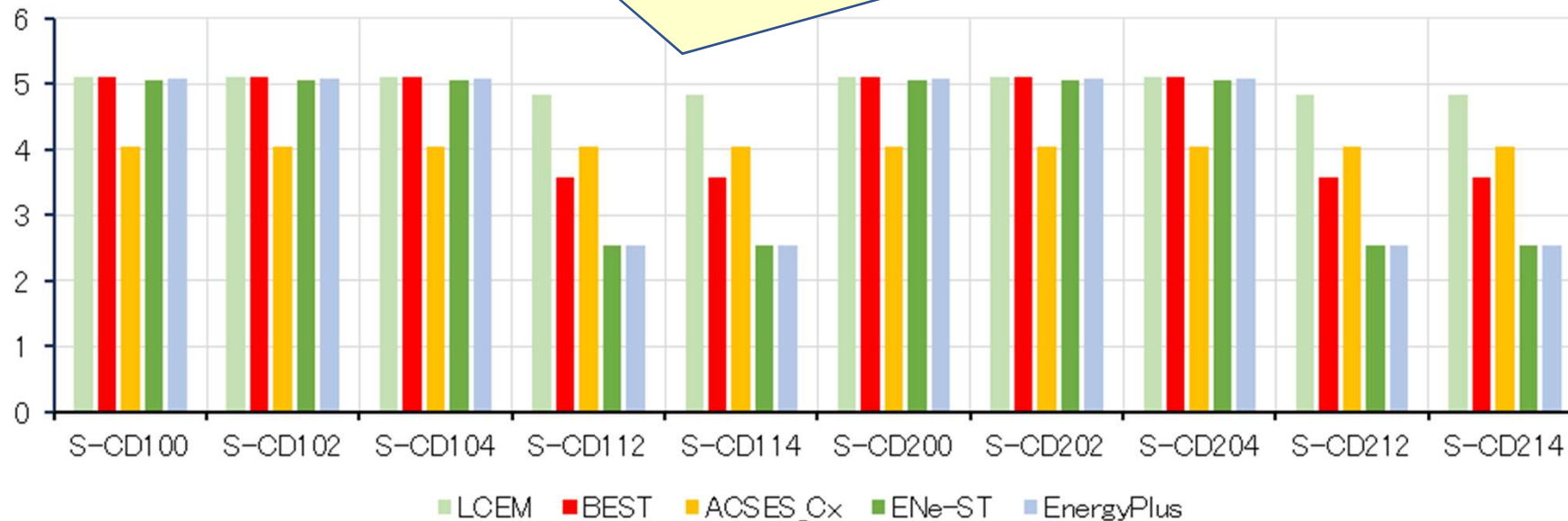


図6.3.4.2_3 吸収冷温水機 消費電力[kW]



6.3.4. 冷却塔サブシステム おわり