

令和元年度 建築基準整備促進事業 E11 新設熱供給プラントの 一次エネルギー換算係数に関する検討

令和2年3月

日本環境技研株式会社
株式会社日建設計総合研究所
株式会社三菱地所設計
株式会社日本設計
一般社団法人日本熱供給事業協会

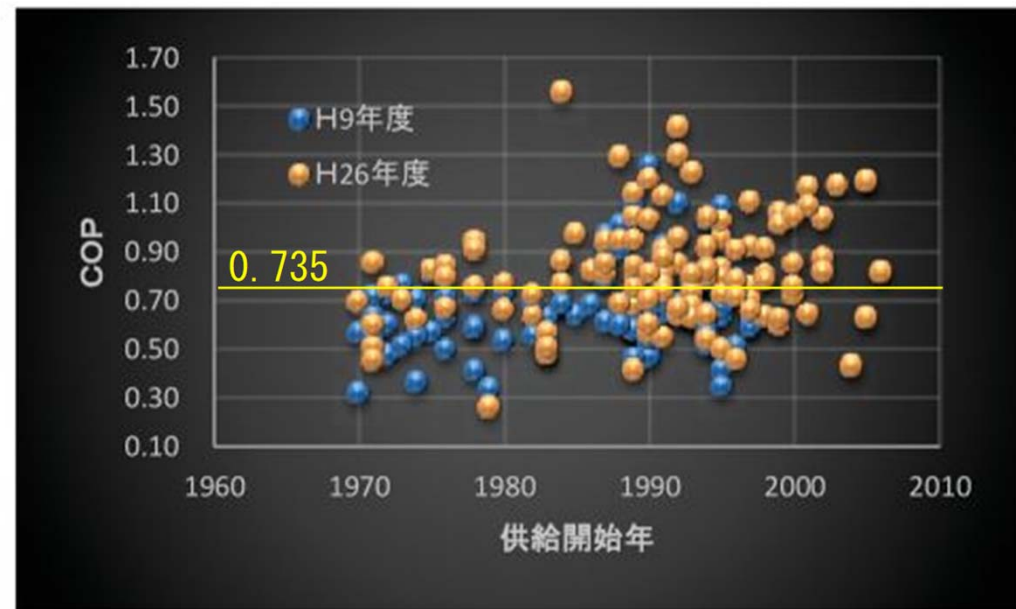
【目次】

1. 検討概要
2. 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明
3. 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

1. 検討概要

(1) 背景・目的

- 一定規模以上の建築物が新設または増改築を行う際に、省エネルギー適合判定を受けることが義務付けられている。この際、建築物が熱供給プラント等から熱を受ける場合は、熱源の一次エネルギー消費量は、一次エネルギー換算係数のデフォルト値1.36（一次エネルギー効率0.735）を用いて算出することとされている。
- しかし、近年新設される地域冷暖房の一次エネルギー効率は1.0以上（一次エネルギー換算係数1.0以下）のものが多く、1.3（一次エネルギー換算係数0.77以下）を超えるものもみられる。
- 地域冷暖房稼動2年目以降は、運転実績に応じた一次エネルギー換算係数を使用することができるが、新設のプラントについては実績がまだないため、デフォルト値である1.36kJ/kJを一次エネルギー換算係数として使用せざるをえない。



全国の地域冷暖房効率
(H9年度, H26年度時点の比較)

1. 検討概要

(1) 背景・目的

- したがって、本来は強みである、地域冷暖房の省エネルギー性能が適切に評価されず、地域冷暖房の需要家にとっては、受けるべきメリットが小さくなり、地域冷暖房の評価が低下し、普及促進の障害になる可能性がある。
- こうした課題を解決するために、熱供給事業者等が個別に申請を行うことによって、デフォルト値ではなく一次エネルギー換算係数の計算値を使用できるようにするための手法を開発することを、本検討の目的とする。

1. 検討概要

(2) 検討フロー

1. 検討概要

- ・調査の背景・目的、調査項目等を整理する。

2. 地域熱供給プラント等の実態と本検討の対象の特定

- ・新設熱供給プラントの一次エネルギー換算係数算定方法の適用対象のボリューム（ニーズ）を確認する。
- ・ガイドラインの適用対象範囲を特定する。

3. 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

3.1 一次エネルギー消費量換算係数実態値の把握

- ・近年の熱供給プラントのエネルギー効率向上を再確認し、一次エネルギー換算係数算出方法開発ニーズをデータで裏付ける。

3.2 検討対象プラントの概要

- ・熱源機器・制御システムの特性、地域導管の熱損失実測を行う熱供給プラントの設備の概要と運転状況を整理する。

3.3 熱源機器・制御システムの特性把握

- ・既存プラントの熱源機器運転データから機器性能曲線を作成。新設熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定に使用する既往の機器性能曲線を検証し、改定に向けた基礎データを得る。

3.4 地域導管の熱損失の把握

- ・新設熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定において必要となる地域導管の熱損失について、実測により実態を把握し、算定方法を開発する。

- ・本検討では、地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数算定のためのガイドラインを作成することが大きな目的である。
- ・そのため、熱源機器の性能特性や地域導管の熱損失のデータベースの整理、実プラントの運転実績を基にしたデータ整理・分析を行う。
- ・また、ガイドラインを策定するために、一次エネルギー換算係数の算定および検証の方針整理を行った上で、既存の一次エネルギー算出プログラムを用いて、計算に用いる諸条件の妥当性や計算過程のチェック・審査方法等の検討を行う。

4. 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

4.1 一次エネルギー換算係数算定方法開発方針の検討

- ・一次エネルギー換算係数の算定および検証の方針、一次エネルギー換算係数の算出点順を整理する。

4.2 他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数に関する任意評定ガイドライン草案

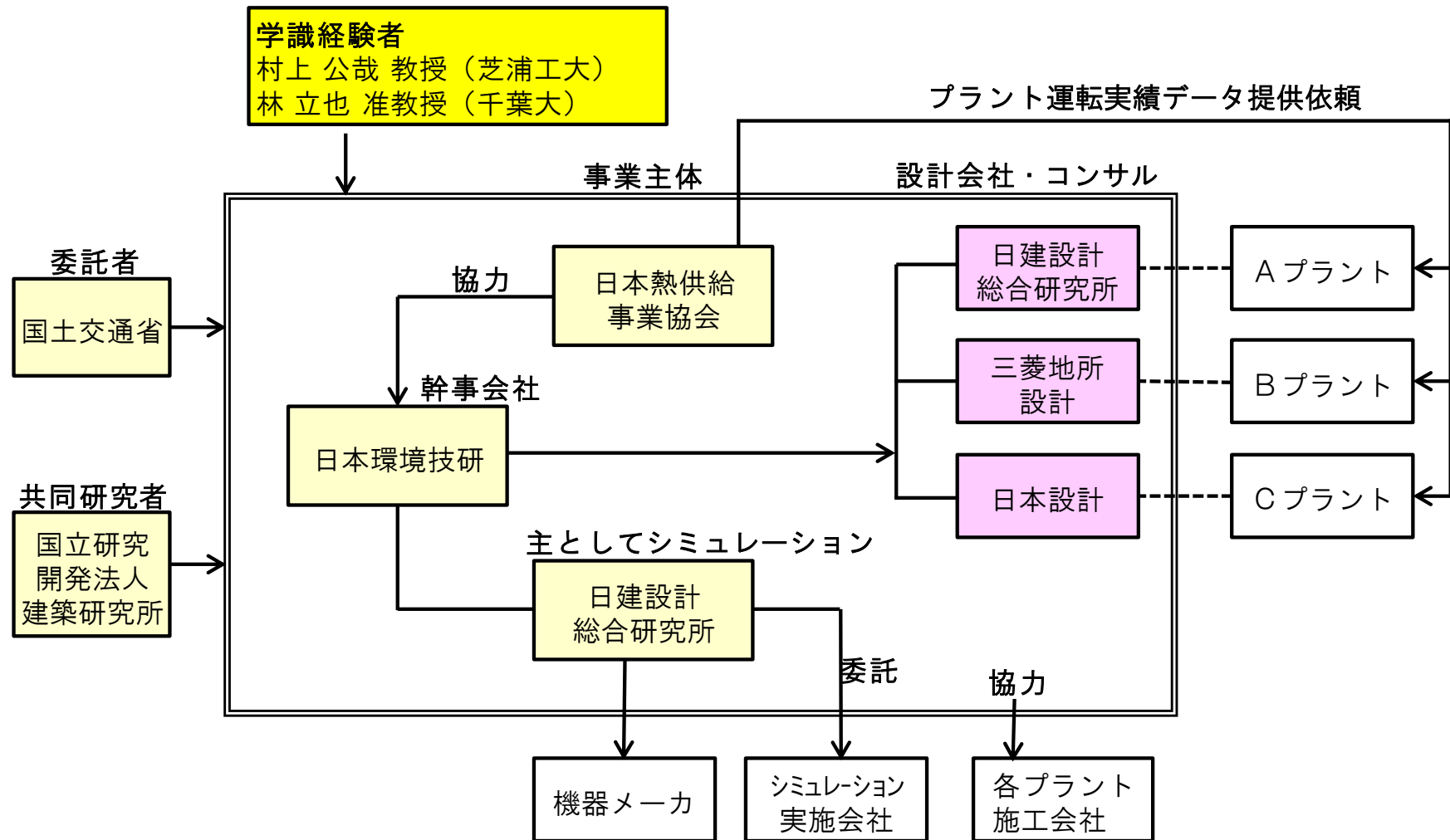
- ・既存の熱源一次エネルギー算出プログラムを用いて、既存熱供給プラントにおける一次エネルギー換算係数を算出し、計算に用いる諸条件の妥当性や計算過程のチェック・審査方法等の検討を行い、ガイドラインに反映させる。
- ・上記検討を踏まえて、ガイドラインの草案を作成する。

5. 検討結果のまとめ

- ・ガイドライン適用上の課題等を整理する。

1. 検討概要

(3) 検討体制



1. 検討概要

(4) 検討スケジュール

	平成30年度												令和元年度											
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
1. 検討方針整理	■																							
2. 地域熱供給プラント等の実態と本検討の対象の整理	■																							
3. 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明																								
(1) 一次エネルギー消費量換算係数実態の把握			■																					
(2) 検討対象プラントの概要整理			■																					
(3) 熱源機器・制御システムの特性把握																								
① 熱源機器特性把握			■																					
② 制御システム特性把握			■																					
③ ガイドラインへの反映																								
(4) 地域導管の熱損失の把握																								
① 実測計画		■																						
② 準備・実測				■																				
③ 分析・評価																								
④ ガイドラインへの反映																								
4. 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発																								
(1) 一次エネルギー消費量換算係数算定方法開発方針の検討		■																						
(2) 一次エネルギー換算係数の試行																								
① Aプラント検討																								
② Cプラント検討																								
(3) ガイドライン素案の検討																								
① 素案の検討																								
② 審査チェックリスト作成																								
③ 評価方法検討																								
5. 検討結果のまとめ																								

1. 検討概要

(5) 本検討の対象とする地域熱供給プラント

- ・本検討の対象とする地域熱供給では、計画時点での申請及び運転実績の報告についての制度的保障が必要。
- ・したがって、下表の①熱供給事業法に基づく熱供給事業、②東京都地域におけるエネルギーの有効利用計画制度による地域冷暖房地域を検討の対象とする。



本検討の対象とする地域熱供給

地域熱供給の類型別件数等

類型	導入地域の要件等	地域数（概括）		エネルギー消費実績の確認	備考
		全数	最近10-20年		
① 熱供給事業法に基づく熱供給事業地域	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の一般需要家対象 ・加熱能力21GJ/時以上 	133地域 (H28年度末)	(H11-29年度)27地域 (1.4地域/年)	製造・販売熱量届出、公表	H.21-29は3地域
② 東京都地域におけるエネルギーの有効利用計画制度による地域冷暖房地域	<ul style="list-style-type: none"> ・5万m²以上開発地域の1万m²以上新築建物対象 ・加熱能力21GJ/時以上 	約80地域 (H28年度末)	(H11-29年度)28地域 (1.5地域/年) (内訳) 熱事業地域：13 非熱事業地域：15	エネルギー効率等記載の実績報告書を提出、公表	大阪府、名古屋市、横浜市他にも地域冷暖房指導要綱あり
(参考)③ 省CO2先導事業、サステナブル建築物先導事業によるエネルギー面的供給地域	面積、加熱能力等の要件なし	(事業はH21年度以降)	(H20-29年度)30地域 (3.3地域/年) (内訳) 熱事業地域：6 非熱事業地域：24	事業後3年間、運用時のエネルギー使用量を実績報告	各件数は出典報告書からの類推値
(参考)④ その他の地点熱供給地域	面積、加熱能力等の要件なし	約195地域 (H25調査)	不明	特になし	

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(1) 目的

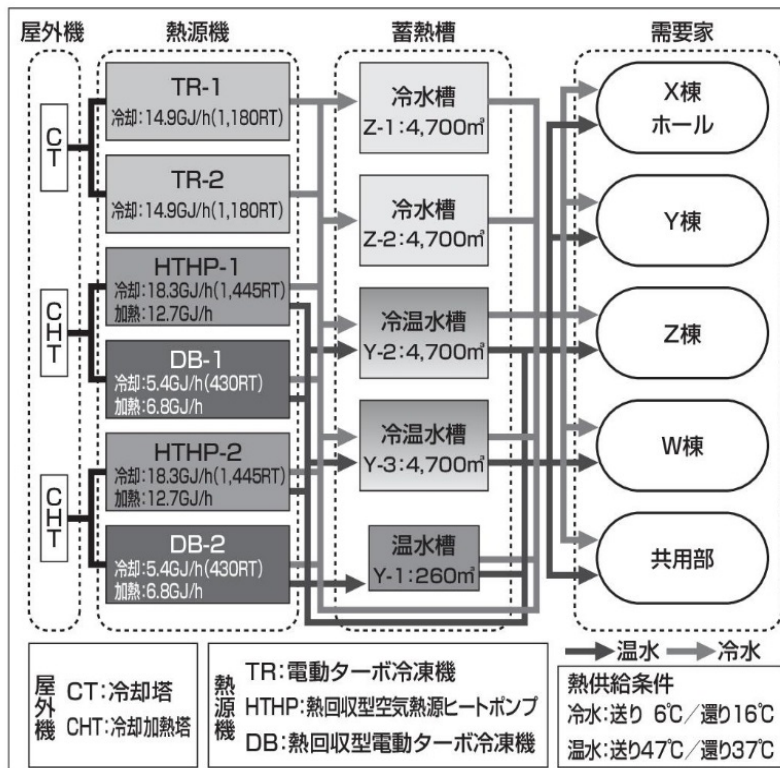
- ・新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定のための基礎情報を得ることを目的として、地域熱供給の運転実態、熱源機器・制御システムの特性、地域導管の熱損失状況の実態を把握する。
- ・地域熱供給プラントを代表するプラントとして、3種類の熱源方式による熱供給プラントを選定し、実態を把握する。

選定プラントの概要

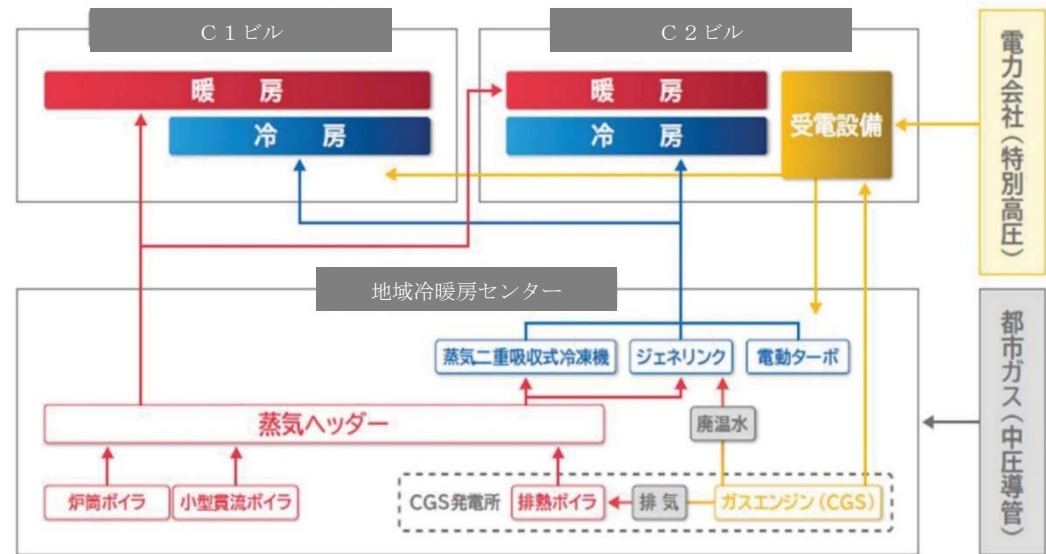
プラント	熱源方式	プラント特徴
Aプラント	電気熱源方式	・電気熱源(ターボ・熱回収HP等) ・大規模水蓄熱槽。 ・蓄熱槽を災害時の消防・生活用水として活用
Bプラント	電気・ガス併用熱源方式	・B1プラントの熱源機器はボイラーのみ。需要家およびB2サブプラントに蒸気供給。 ・B2サブプラントの熱源機器はターボ冷凍機と蒸気吸収式冷凍機。需要家に冷水を供給。 ・B3サブプラントの熱源機器はターボ冷凍機のみ。需要家に冷水を供給。
Cプラント	ガス熱源方式	・ガスエンジンCGS設置。防災対策を推進する企業や自治体のニーズを踏まえて設備やシステムのリニューアルを行い、行政や企業のBCP（事業継続計画）に貢献

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明 (2) 選定プラントの概要

- ・ 選定プラントのエネルギーシステムの概要を以下に示す。

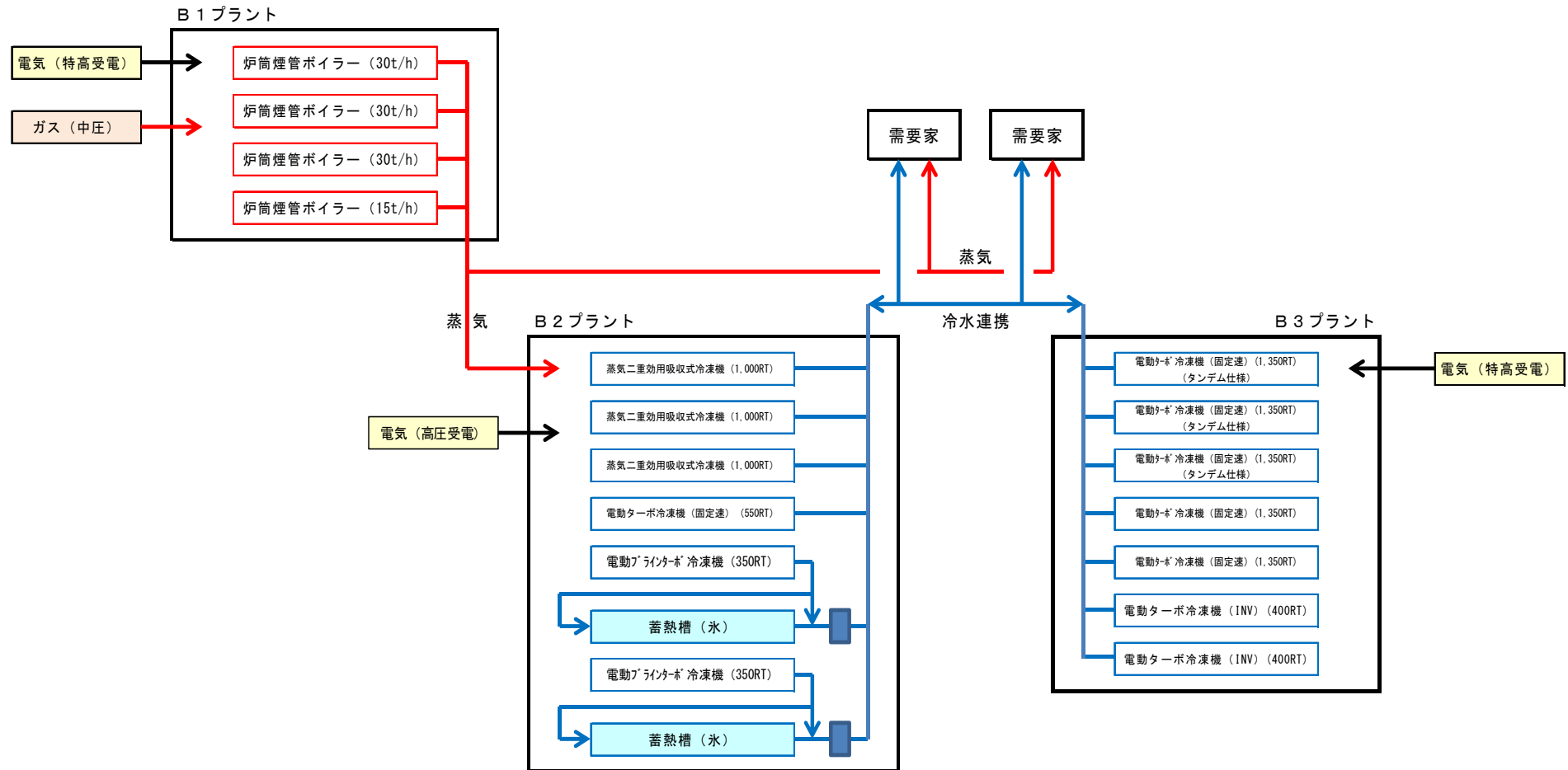


Aプラント (電気熱源方式)



Cプラント (ガス熱源方式)

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明 (2) 選定プラントの概要



Bプラント (電気・ガス熱源方式)

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

1) 目的

- 既存プラントの熱源機器運転データから機器性能曲線を作成し、新設熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定に使用する既往の機器性能曲線※の妥当性検証し、改定に向けた基礎データを得ることを目的とする。

※「省エネルギー基準に準拠した算定方法及び解説」（以下、緑本という）に記載されている。

2) 検討対象熱源機器

- 以下に示す3プラントの既設熱源機器を検討対象とする。

機器名称		WEB プログラム 対応状況	対象3プラント			その他
			A	B	C	
ターボ冷凍機	固定速ターボ冷凍機	○	●	●	●	—
	インバーターターボ冷凍機	○	—	●	●	—
ヒーティングタワーヒートポンプ		—	●	—	—	—
熱回収ヒートポンプ		—	●	—	—	—
吸収式冷凍機	蒸気吸収式(二重効用)	○	—	—	●	—
	蒸気焚ジェネリンク	○	—	—	●	—
ボイラ	炉筒煙管ボイラ	○	—	●	●	—
	貫流ボイラ	○	—	—	●	—
再エネ・未利用	木質バイオマスボイラ	—	—	—	—	●

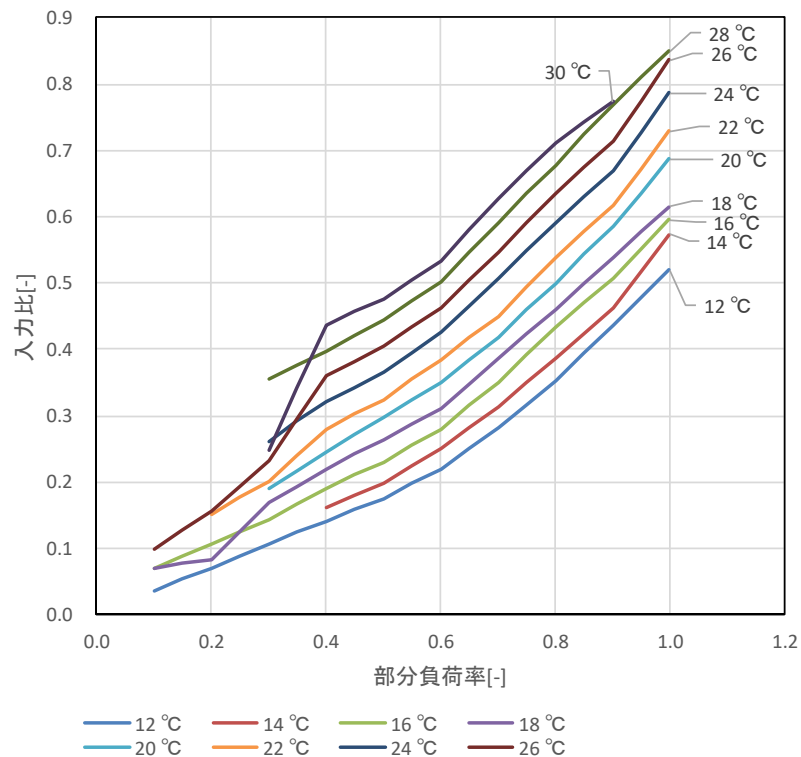
2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

3)熱源機器のエネルギー消費性能の分析

①INVターボ冷凍機 (Bプラント 400RT)

- 冷却水流量制御を行っているが、冷却水流量100%のデータを選別して性能曲線を作成。冷却水温度が低くなるほど、入力比が小さくなる（効率が上がる）傾向が明確に示された。



運転実績データの分布

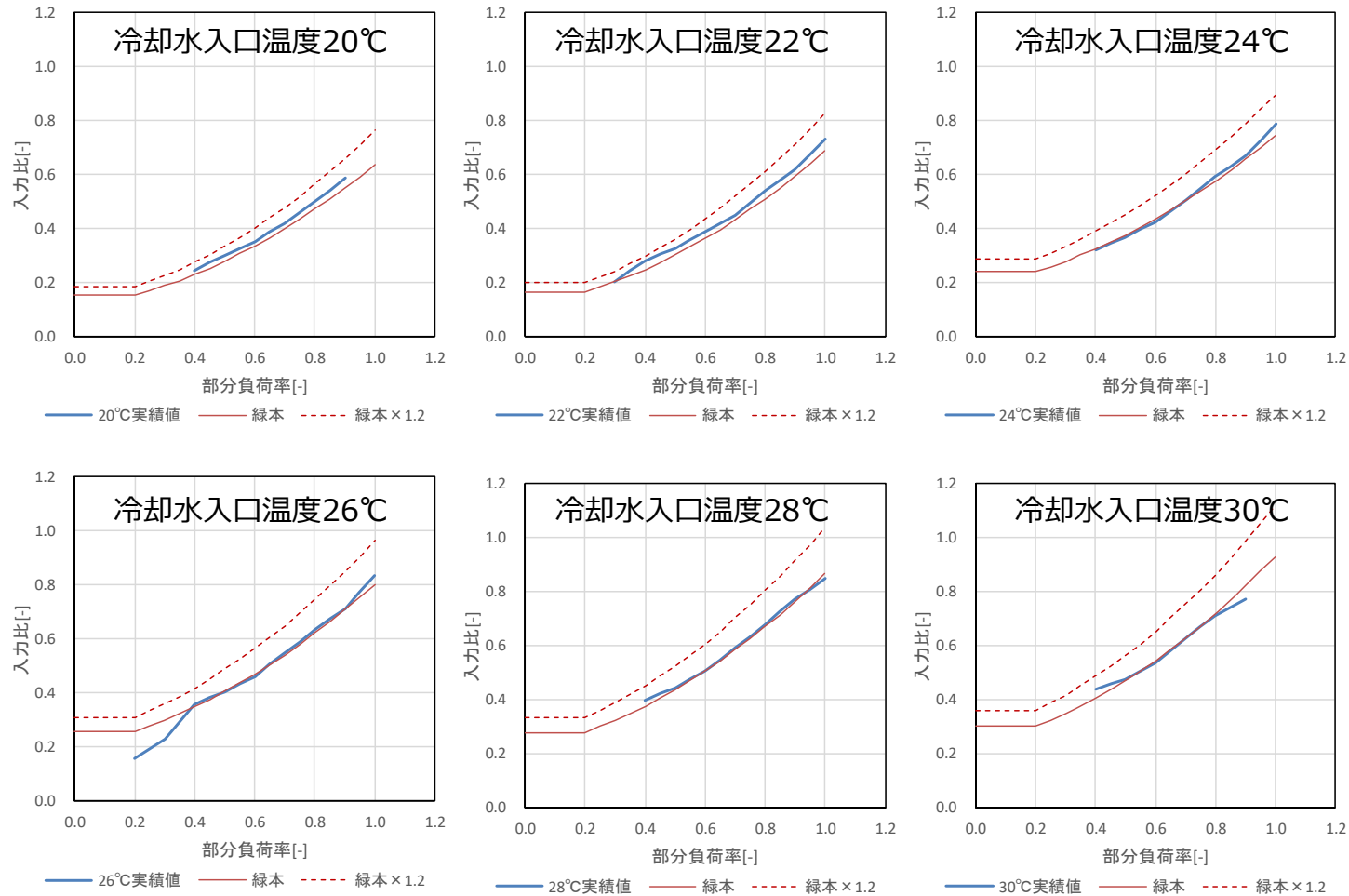
		冷却水温度 (流量: 100%)										合計		
		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C		32 °C	
部分負荷率	0.0													0
	0.1	1		1	2	4		2	4					14
	0.2	2	2	3	3		4		5					19
	0.3	3		6	4	6	6	3	2	1	1			32
	0.4	286	33	42	41	40	41	33	50	37	7			610
	0.5	270	56	66	58	110	104	139	232	151	41			1,227
	0.6	169	60	51	87	85	123	171	207	240	80			1,273
	0.7	63	35	46	79	91	104	160	145	179	40			942
	0.8	17	29	37	37	56	42	100	86	101	19			524
	0.9	10	10	18	21	29	22	52	38	42	4			246
	1.0	10	8	11	10	10	4	11	6	7				77
	1.1	5	1	2	6	1		1	3					19
合計	836	234	283	348	432	450	672	778	758	192	0		4,983	

冷却水温度別部分負荷特性

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明 (3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

①INVターボ冷凍機 (Bプラント 400RT)

- ・実績値と緑本性能曲線がおおむね一致していることがわかった。

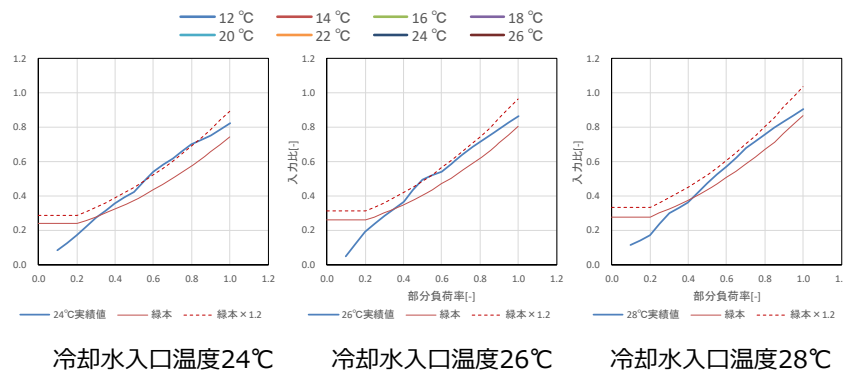
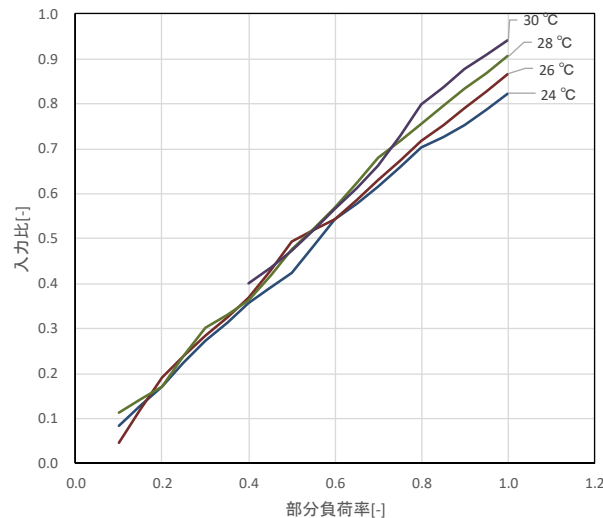


2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

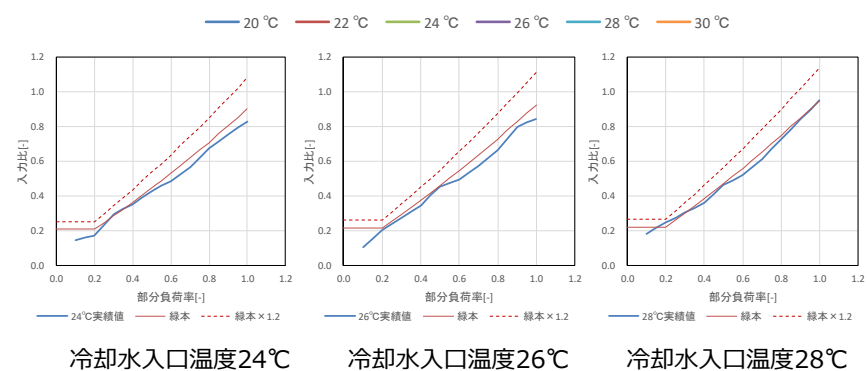
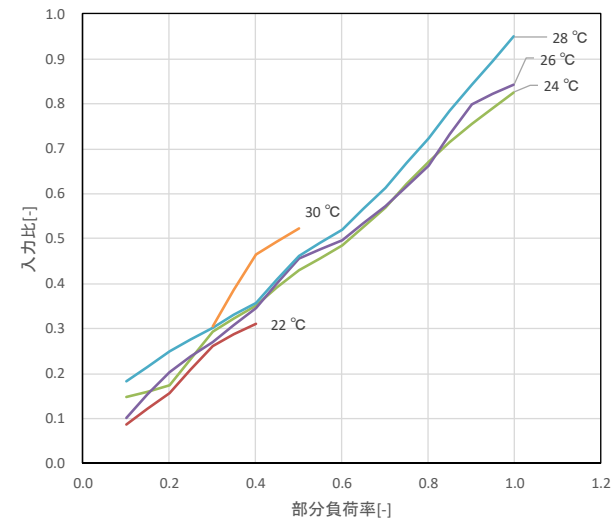
②固定速冷凍機 (Bプラント 1350RT)

- 入力比について、実績が緑本 (赤線) を上回るところもあるが、緑本×1.2 (赤点線) の範囲内にはおおむねおさまっている。



③蒸気吸収式冷凍機 (Cプラント 1300RT)

- 入力比について、実績が緑本 (赤線) を下回っている。

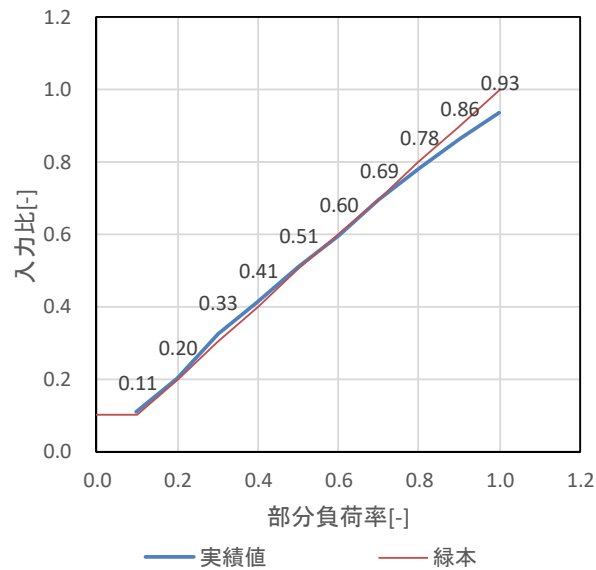


2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

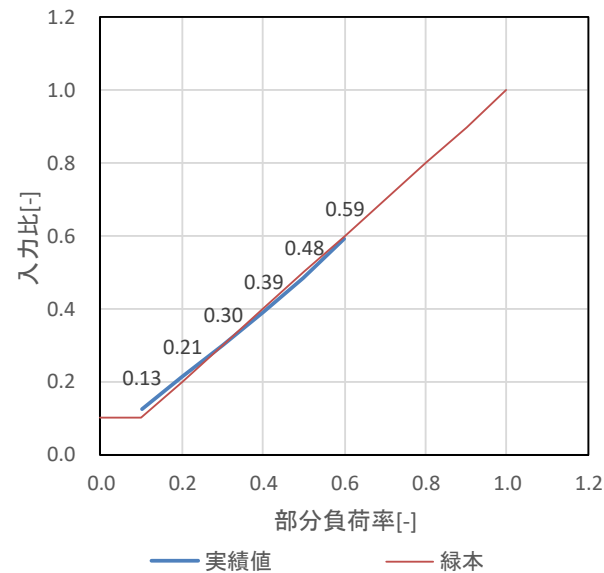
(3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

④ 蒸気ボイラ

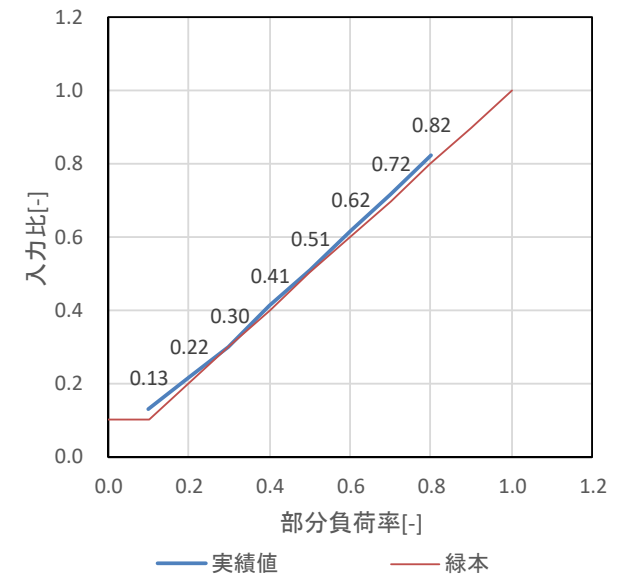
- ・ 炉筒煙管ボイラ (Bプラント) は、入力比について、実績と緑本とで大きな差はないが、高負荷率帯において実績値の方が入力比が小さくなっている。
- ・ 炉筒煙管ボイラ (Cプラント) は、入力比について、実績値と緑本とでほとんど差異はない。
- ・ 貫流ボイラ (Cプラント) は、入力比について、実績値と緑本とでほとんど差異はない。



炉筒煙管ボイラ (Bプラント 30t/h)



炉筒煙管ボイラ (Cプラント 9.6t/h)



貫流ボイラ (Cプラント 0.548t/h)

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

- ・INVターボ冷凍機、固定速ターボ冷凍機、蒸気吸収式冷凍機については、おおむね既往機器性能曲線が適正な範囲で設定されていることが確認できた。

既往機器性能曲線改定に向けた方針のまとめ（冷熱源機器）

区分	プラント	熱源機器種類	設備容量	分析結果	既往機器性能曲線改定に向けて
冷熱源	A	固定速ターボ冷凍機	1,180RT	・冷却水流量制御を行っていることも影響し、既往性能曲線に比べて、部分負荷性能が良くない。	・冷却水流量制御を行っていることから、既往の機器性能曲線の改定の材料としては適切ではない。
	A	熱回収ヒートポンプ	430RT	・蓄熱運転を行っており、大部分の時間帯において負荷率90%以上の運転となっている。おおむね定格の効率で運転されていることが確認できた。	・大部分の時間帯において負荷率90%以上の運転となっていることから、実測値をもって部分負荷性能曲線を新たに作成することは困難。
	A	ヒーティングタワーヒートポンプ	1,445RT	・蓄熱システムであることから高負荷運転となっている。 ・既往機器性能曲線（固定速ターボ冷凍機）に比べて部分負荷性能が良くない傾向があるが、基整促係数を乗じた曲線よりはおおむね部分負荷性能が良い。	・新たにヒーティングタワーヒートポンプの性能曲線を追加するには、データが不足している。
	B	固定速ターボ冷凍機	1,350RT	・実績値と既往性能曲線とを比較すると、実績値の方が低負荷部分で性能が良く、高負荷部分で性能が悪い傾向が見られる。特に負荷率0.2以下においても、入力比は一定にならず部分負荷率の低減に応じて入力比も低減している。	・既往の機器性能曲線では、負荷率0.2を下限として、それ以下では一定の入力比になるとしているが、例えば曲線の変化の下限値を負荷率0.1に改定する可能性が考えられる。ただし、低負荷時のデータ数が少なく、実際に改定を行うためにはサンプル数を増やす必要がある。
	B	インバーターターボ冷凍機	400RT	・冷却水流量制御を行っているが、冷却水流量が定格値付近のデータのみを選別して分析した。 ・おおむね既往の機器性能曲線に近い結果となっている。	・既往のインバーターターボ冷凍機の性能曲線がおおむね適正であることが検証された。当面既往性能曲線の改訂の必要はないと判断される。
	C	インバーターターボ冷凍機	600RT	・既往の機器性能曲線に比べて部分負荷性能が良くないが、基整促係数1.2を乗じた曲線よりは部分負荷性能が良い。	・おおむね基整促係数1.2を乗じた性能曲線よりも性能は良く、当面既往性能曲線の改訂の必要はないと判断される。
	C	蒸気吸収式冷凍機	1,300RT	・冷却水温度の違いによらず、全体的に、既往の機器性能曲線よりも部分負荷性能が良い傾向にある。	・全体的に既往の機器性能曲線よりも部分負荷性能が高い傾向があるが、大幅に異なるものではない。当面既往性能曲線の改訂の必要はないと判断される。
	C	蒸気焚ジェネリック	600RT	・冷却水入口温度の変化によって、温水排熱投入可能熱量が変化することを確認した。 ・温水排熱投入可能率の実績値が（冷却水温度32℃付近）既往性能曲線におおむね一致することを確認した。	・冷却水入口温度の変化による温水排熱投入可能率の変化を改定に盛り込むことが考えられる。

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

- ・INVターボ冷凍機、固定速ターボ冷凍機、蒸気吸収式冷凍機については、おおむね既往機器性能曲線が適正な範囲で設定されていることが確認できた。

既往機器性能曲線改定に向けた方針のまとめ（温熱源機器）

区分	プラント	熱源機器種類	設備容量	分析結果	既往機器性能曲線改定に向けて
温熱源	A	ヒーティングタワー ヒートポンプ	12.6GJ/h	・蓄熱システムであることから高負荷運転となっている。	・新たにヒーティングタワーヒートポンプの性能曲線を追加するには、データが不足している。
	B	炉筒煙管ボイラ	30t/h×3 15t/h×1	・4台ともに、低負荷時には既往性能曲線に比べて部分負荷性能が悪く、高負荷時には良くなる傾向がある。	・既往性能曲線とほぼ同等の性能が確保されていることが検証できた。既往性能曲線を改定する必要は無いと判断される。
	C	炉筒煙管ボイラ	9.6t/h×2	・2台ともに、負荷率0.6以下の低負荷運転となっている。既往性能曲線とほぼ一致している。	
	C	貫流ボイラ	0.548t/h×1	・負荷率0.8以下の運転となっている。既往性能曲線とほぼ一致している。	
	他	木質ペレット バイオマスボイラ	90kW	・燃料購入量[kg]から算定した見かけのボイラ効率に季節的な変動の傾向はみられなかった。	—
	他	木質チップ バイオマスボイラ	90kW	・燃料購入量[kg]から算定した見かけ上のボイラ効率に季節的な変動の傾向はみられなかった。 ・燃料の含水率が高まると運転効率が低くなる傾向がみられるが、含水率の季節的な変動の傾向はみられなかった。	—

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(4) 地域導管の熱損失の検討

1) 目的

- ・ 地域熱導管の熱損失量について、地域熱供給プラントの運転実態を踏まえて、熱供給プラント一次エネルギー換算係数算定に反映することを目的とする。
- ・ 本検討では、既存知見等を整理して、「①熱損失率による計算方法」を精査するのに加えて、地域導管延長や断熱仕様の違いを反映できる「②配管断面モデルによる計算方法」を検討する。
- ・ Cプラントは地域導管延長が短く、計測に適した箇所が見当たらなかったことから、Dプラント、Eプラントを追加した。

2) ガイドラインにおける計算方法

①熱損失率による計算方法

- ・ 熱損失量は熱媒種類に応じて、下表に示す熱損失率を用いて算定する。
(熱損失率は既往調査の実績等に基づき設定)

熱損失率 q_{loss}

供給熱媒	熱損失率 q_{loss}
冷水	3.0% + $q_{ac,pump,heat}$
温水	5.0%
蒸気	10.0%

$$Q_{ref} = Q_{ac} - Q_{loss}$$

$$Q_{loss} = \frac{q_{loss}}{1 - q_{loss}} \cdot Q_{ac}$$

$$q_{loss} = \frac{Q_{loss}}{1 - Q_{ref}}$$

$$q_{ac,pump,heat} = \frac{Q_{ac,pump,heat}}{Q_{ref}}$$

Q_{ref} : 熱源製造熱量[MJ]

Q_{ac} : 需要家熱負荷[MJ]

Q_{loss} : 地域熱導管熱損失[MJ]

q_{loss} : 熱損失率[-]

(既往調査の実績等に基づき設定)

$Q_{ac,pump,heat}$: 冷水ポンプ入熱量[MJ]

$q_{ac,pump,heat}$: 熱損失率(ポンプ入熱分)[-]

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(4) 地域導管の熱損失の検討

②配管断面熱収支モデルによる単位長さあたりの熱損失の計算方法

- 単位長さあたりの熱損失量 Q [W/m]については、熱媒ごとに下記に示すように最大口径部における断面モデルを設定し、計算する。

$$Q_{\text{loss,時刻別}} = Q \times L_{\text{地域導管}} \times K_{\text{地域導管}} \times 3.6$$

$$Q_{\text{loss,年間}} = Q_{\text{loss,時刻別}} \times 365 \text{ 日/年} \times 24 \text{ h/日}$$

$Q_{\text{loss,年間}}$: 地域導管熱損失 (年間) [MJ/年]

$Q_{\text{loss,時刻別}}$: 地域導管熱損失 (時刻別) [MJ/h]

Q : 地域導管単位長さあたりの熱損失[W/m]

$L_{\text{地域導管}}$: 地域導管配管延長[m]

$K_{\text{地域導管}}$: 補正係数[-]

- 単位長さあたりの熱損失量 Q [W/m]については、熱媒ごとに下記に示すように最大口径部における断面モデルを設定し、計算する。

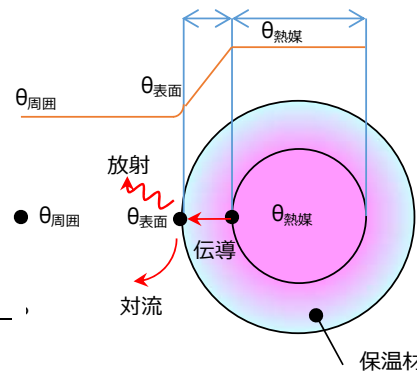
<配管断面熱収支モデルの設定>

$$Q_{\text{伝導}} = \frac{2\pi}{\ln \left(\frac{D+2t}{D} \right)} \cdot \lambda \cdot (\theta_{\text{熱媒}} - \theta_{\text{表面}})$$

$$Q_{\text{総合}} = \pi(D+2t) \cdot \alpha_{\text{総合}} \cdot (\theta_{\text{表面}} - \theta_{\text{周囲}})$$

$$Q = Q_{\text{伝導}} = Q_{\text{総合}}$$

$$Q = \frac{2\pi(\theta_{\text{熱媒}} - \theta_{\text{周囲}})}{(2/(D+2t)/\alpha_{\text{総合}}) + (1/\lambda) \ln \left(\frac{D+2t}{D} \right)}$$



$Q_{\text{伝導}}$: 熱伝導による放熱量[W/m]

$Q_{\text{対流}}$: 対流熱伝達による放熱量[W/m]

$Q_{\text{放射}}$: 放射熱伝達による放熱量[W/m]

$\theta_{\text{熱媒}}$: 熱媒の温度[°C]

$\theta_{\text{表面}}$: 保温材表面の温度[°C]

$\theta_{\text{周囲}}$: 周囲空気温度[°C]

λ : 保温材の熱伝導[W/mK]

$\alpha_{\text{対流}}$: 対流熱伝達率[W/m²K]

ε : 放射率

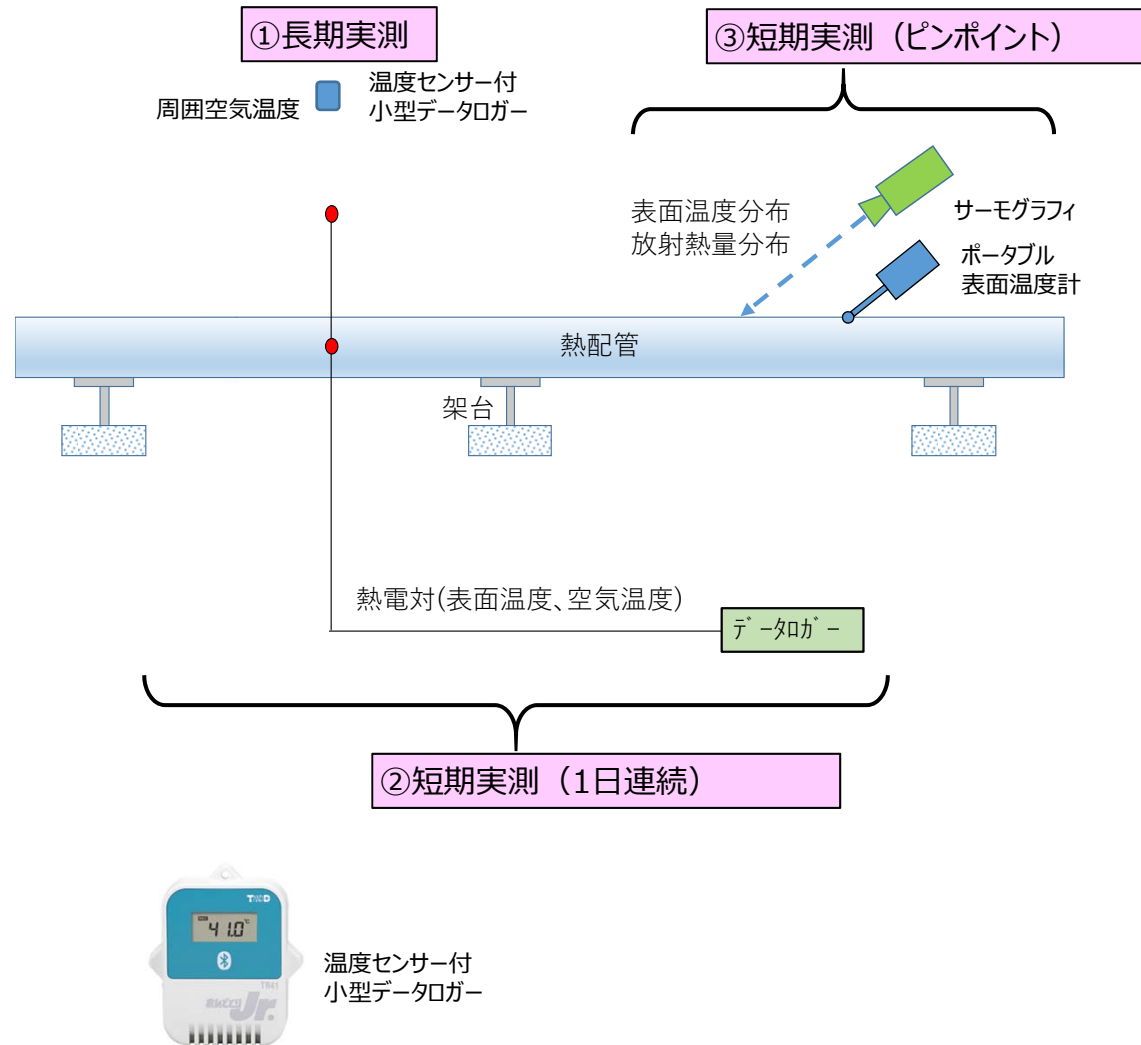
D : 配管の外形

t : 保温材の厚さ

σ : シュテファンボルツマン定数

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明 (4) 地域導管の熱損失の把握

3) 測定方法



サーモグラフィ



接触型温度計

測定機器 (例)

サーモグラフィ測定例 (都内地域熱供給)



蒸気配管温度分布



配管固定部からの熱損失

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(4) 地域導管の熱損失の検討

4) 測定結果

①表面温度時測定結果

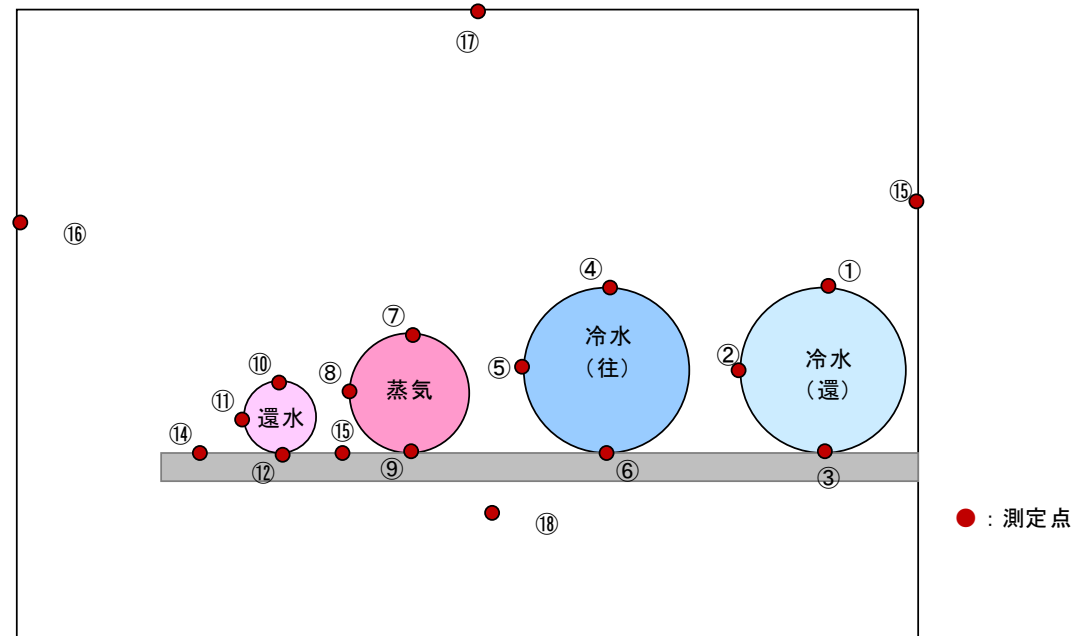
- 熱バランスモデルによる熱損失の算出を行うために地域導管の表面温度等の測定を実施。

(例) Dプラント 地域導管表面温度測定結果

表面温度計による測定

測定日：2018年9月10日（月）13：30～14：10

測定点	表面温度 (°C)
① 冷水（還）：上	—
② 冷水（還）：中	29.8
③ 冷水（還）：下	29.2
④ 冷水（往）：上	30.8
⑤ 冷水（往）：中	30.3
⑥ 冷水（往）：下	29.2
⑦ 蒸気：上	42.1
⑧ 蒸気：中	39.8
⑨ 蒸気：下	38.4
⑩ 還水：上	36.1
⑪ 還水：中	35.1
⑫ 還水：下	34.7
⑬ 架台(1)	34.7
⑭ 架台(2)	34.5
⑮ 壁体（冷水側）	32.2
⑯ 壁体（還水側）	32.7
⑰ 壁体（上面）	33.0
⑱ 周辺空気（おんどとり）	32.1



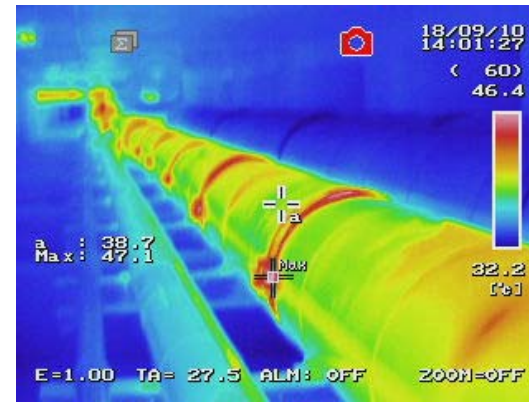
配管 概要図

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(4) 地域導管の熱損失の検討

②サーモグラフィ撮影

- サーモグラフィにより地域導管表面からの放射量を測定し、表面温度計による測定結果と合わせて、地域導管の温度状況を把握。



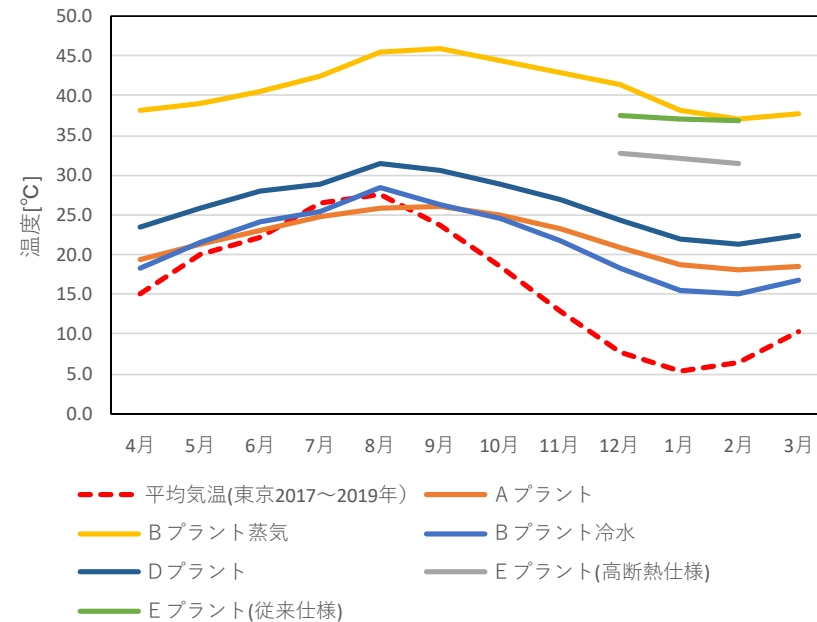
還水管

蒸気管

洞道内地域導管のサーモグラフィ撮影結果 (Dプラント)

③洞道内空気温度の長期測定

- 各プラントとも、洞道内空気温度は外気温度に対して高い温度で推移しており、特に冬期に温度が高くなる傾向がある。
- 年間の平均温度は、蒸気系統配管のみが収容されるBプラントが41.1℃と高く、次に冷水と蒸気が収容されるDプラント、冷水と温水が収容されるAプラントと続いている。



洞道内空気温度の測定結果 (外気温度との比較)

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(4) 地域導管の熱損失の検討

5) 配管断面モデルによる計算方法のための分析

＜熱量計による熱損失（実測値）と配管断面熱収支モデルによる計算値との比較＞

- 実測値と計算値との間に大きな乖離がみられた。計算値と比較して実測値は冷水の場合で平均5.71倍、温水が2.46倍、蒸気が2.10倍となった。

熱損失実測値・計算値の比較

		熱損失率 全体	熱損失率 地域導管分 ＜実測値＞	熱損失率 地域導管分 ＜計算値＞	実測値÷ 計算値	補正係数	地域導管 熱損失率 補正係数適用	地域導管延長
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
Aプラント	冷水	9.7%	3.8%	0.5%	6.96	—	3.3%	531m×2
	温水	6.7%	3.1%	1.3%	2.46	—	3.2%	540m×2
Bプラント	冷水	3.8%	1.2%	0.1%	9.61	—	0.8%	222m×2
Dプラント	冷水	3.6%	1.9%	0.6%	3.07	—	3.7%	521m×2
	蒸気	10.6%	8.0%	3.7%	2.14	—	9.4%	蒸気533m/還水521m
Eプラント	冷水	5.8%	4.0%	1.2%	3.20	—	7.4%	1,838m×2
	蒸気	17.7%	16.2%	7.9%	2.06	—	19.8%	蒸気1,668m/還水1,669m
平均 (単純平均)	冷水	5.7%	2.7%	0.5%	5.71	6.00	4.8%	—
	温水	6.7%	3.1%	1.3%	2.46	2.50	3.2%	—
	蒸気	14.1%	12.1%	5.8%	2.10	2.50	14.6%	—

(a) 製造熱量－販売熱量

(b) 冷水：(a)から冷水ポンプ入熱分を除き、地域導管分を配管延長比で案分して抽出

温水・蒸気：(a)から地域導管分を配管延長比で案分して抽出

(c) 最大口径部における配管断面モデルより算定

(d) = (b) ÷ (c)

(e) 単純平均値を丸めて適用

2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

(5) まとめと課題

- WEBプログラムに適用している機器特性（既往機器特性）の拡充、改定に向けた基礎データを得るために、既存プラントの熱源機器の運転実績データを収集・整理し、既往機器特性との比較を行った結果、総じて運転実績データと既往性能特性との差異が小さいことが確認できた。
- 地域導管熱損失については、熱供給プラント一次エネルギー換算係数算定に反映することを目的として、既往知見等を踏まえて熱損失率による計算方法を整理するとともに、配管断面モデルによる計算方法の試案を作成した。
- 検討の中で以下のような課題が抽出された。
 - ① 熱源機器既往機器特性改定のためのサンプルの充実
 - 熱源機器を個別にみていくと、既往機器特性と異なる傾向を示すものも見られたが、あくまで個別の一事例に過ぎず、この結果のみに基づいて既往機器特性を改定するにはサンプル数が不足している。
 - ② 地域導管熱損失計算方法の精度について
 - 今回の検討により、熱量計による熱損失の実測値（製造熱量－販売熱量）と配管断面熱収支モデルから計算した計算値とが大きく異なることが判明した。このことから本計算方法のガイドラインへの記載は控えた。この乖離については、既往論文等でも指摘されており、現時点では解明できていない。
 - ③ 単体建物との比較について
 - 熱損失率による計算方法で計算される地域導管熱損失には、プラントで発生する熱損失が含まれている。その一方で、現状WEBプログラムにおいて単体建物の一次エネルギー消費量を計算する際には、熱源機械室（熱供給のプラントに相当）で発生する熱損失を計上していない。比較する際は条件をそろえる必要があり、将来的にはWEBプログラムにおいて熱源機械室における熱損失を計上する改定がなされることが望ましい。

3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発 (1) 検討の目的と対象施設及び運用方法

1) 検討の目的

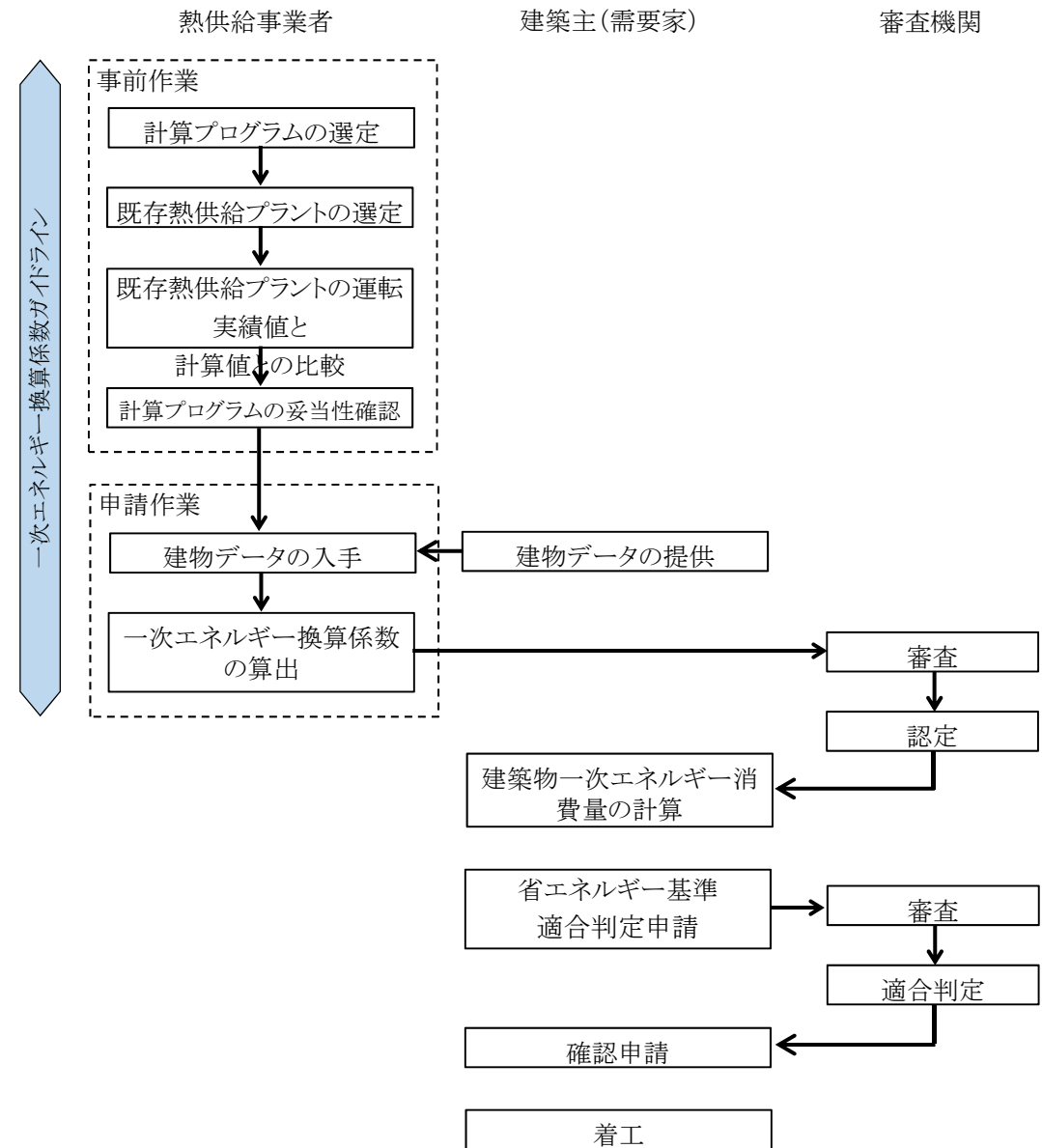
- 熱供給プラントの一次エネルギー換算係数を算出する手順についてまとめ、その妥当性を客観的に評価するためのガイドラインを作成する。

2) 対象施設

- 新設の熱供給プラント及び大規模改修により明らかな効率向上が見込まれる熱供給プラントを対象とする。

3) 運用方法

- 一次エネルギー換算係数の申請を行う熱供給事業者等は、ガイドラインに沿って書類を作成し、第三者による評価・審査等を受ける。
- ガイドライン運用の手順を右図に示す。

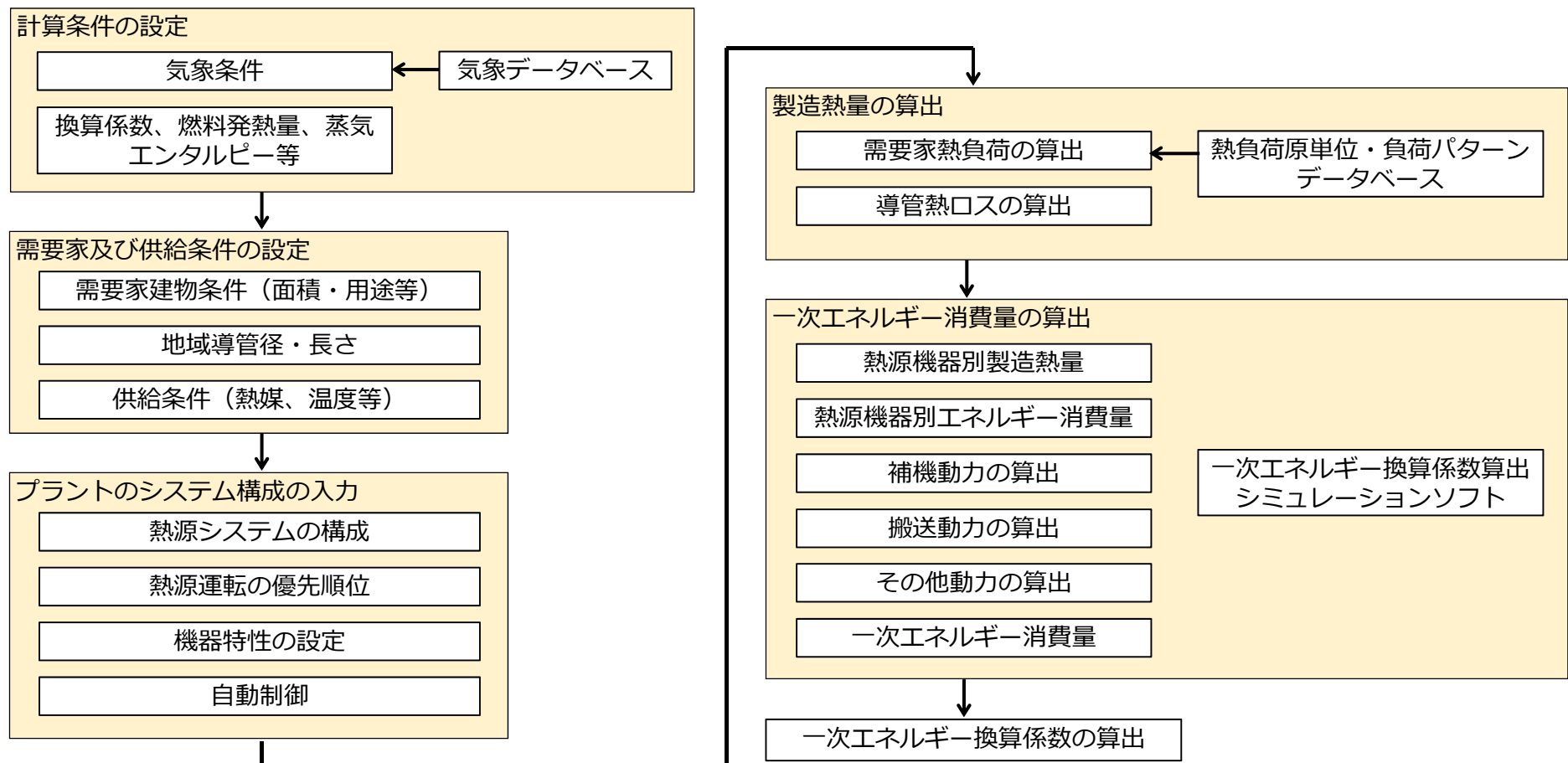


3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

1) 一次エネルギー換算係数の計算手順

- ガイドライン作成にあたり、まず既存の熱供給プラント一次エネルギー算出プログラムを用いて、既存熱供給プラントにおける一次エネルギー換算係数を算出する。
- 一次エネルギー換算係数の算出手順を以下に示す。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

2) 計算条件の設定

① 気象条件

- 省エネルギー基準における地域区分（1～8地域）別に、該当プラント所在地の気象データを使用する。

② 電力・ガスの一次エネルギー換算係数

- 電力：9.76MJ/kWh、都市ガス：45MJ/Nm³の値を使用する。

③ 燃料等の発熱量

- 省エネ法で定められた一次エネルギー換算係数（高位発熱量ベース）を用いる。機器カタログなどに低位発熱量ベースで効率が記載された場合、高位発熱量ベースに換算を行う。

④ 蒸気のエンタルピー

- 飽和蒸気のエンタルピーを使用する。

3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

3) 需要家及び供給条件の設定

① 需要家建物条件

- 供給対象の需要家について、名称、延床面積、用途別床面積等の情報をまとめる。

名称	竣工年月	任意評定対象施設	延べ面積(m ²)	用途別床面積(m ²)						
				事務所	商業	宿泊	病院	官公庁	ホール	
A銀行ビル	2020.04	○	120,000	120,000						
B会館	2020.06	○	90,000	20,000	10,000			10,000	50,000	
C不動産ビル	2022.12	○	150,000	100,000	20,000	30,000				
D生命ビル	2024.04		100,000	80,000	15,000		5,000			
合計			360,000	240,000	30,000	30,000	0	10,000	50,000	

② 地域導管径・長さ

- 地域導管の径と長さを、熱供給事業申請書の配管図から集計し、熱損失を算出するための材料とする。

③ 供給条件

- 熱媒の種類（冷水・温水・蒸気等）、供給温度（往温度）及び供給圧力は、熱供給規程に記載された、もしくは記載予定のものを用いる。

3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

4) プラントのシステム構成の入力

① 熱源システムの構成

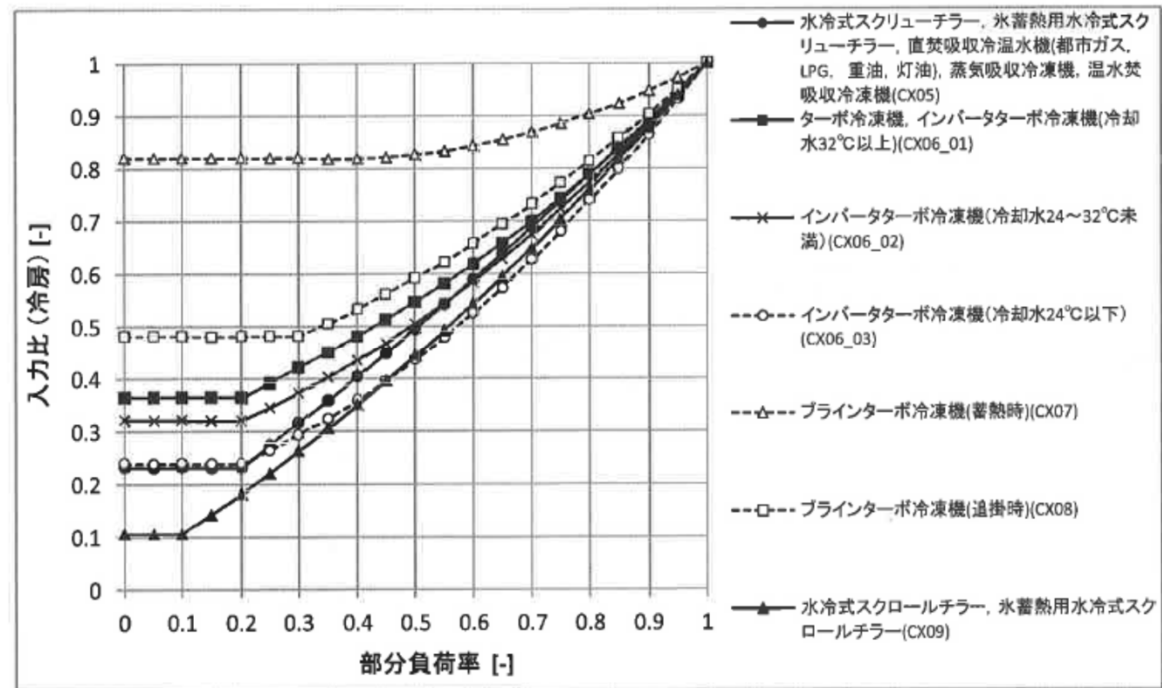
- 設計図書等より、機器構成及び系統を明らかにする。

② 自動制御

- 冷却塔ファン制御やポンプ変流量制御等の自動制御を採用する場合、その制御ロジックがわかる図面等を添付する。

③ 熱源機器特性

- 熱源等の機器特性は、原則として国土交通省監修「平成28年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」に記載された機器特性を用いる。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

5) 熱源製造熱量の算出

① 需要家熱負荷の算出

- 需要家熱負荷（冷熱・温熱）は、建物用途別原単位に建物用途別面積を乗じて求める。
- 建物用途別原単位は、「エネルギーシステムの設計情報データベース」に記載された値を用いる。

	年間熱負荷原単位				
	事務所	官公庁	商業	宿泊	病院
冷房負荷 [MJ/m ² y]	301.7	159.8	471.8	323.5	260.7
温熱負荷 [MJ/m ² y]	84.2	132.7	48.7	420.9	127.6
電力負荷 [kWh/m ² y]	175.4	106.6	149.9	153.2	212.5

	ピーク熱負荷原単位				
	事務所	官公庁	商業	宿泊	病院
冷房負荷 [W/m ²]	61.9	47.1	80.7	49.7	47.9
温熱負荷 [W/m ²]	31.8	40.4	13.1	42.5	30.7
電力負荷 [Wh/m ²]	37.7	22.1	34.5	28.5	52.7

② 導管熱損失・蓄熱槽放熱損失

- 地域導管の熱損失の検討で定める導管熱損失算定方法を用いる。改修熱供給施設で実績値が利用できる場合は実績値を採用してもよい。

③ 熱源製造熱量

- 需要家熱負荷と導管熱損失の合計とする。

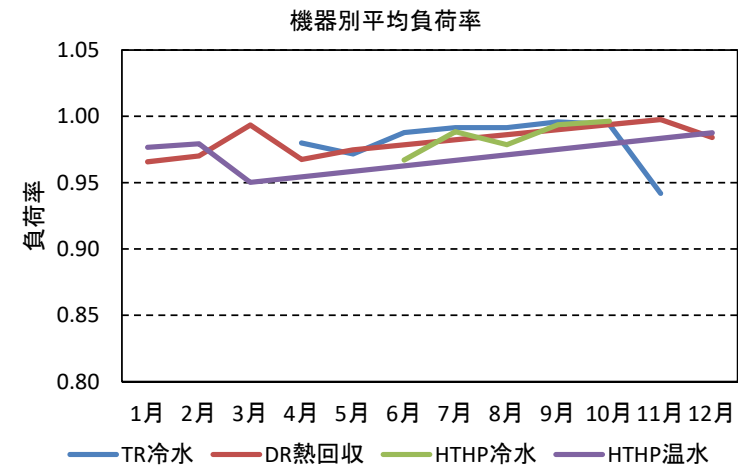
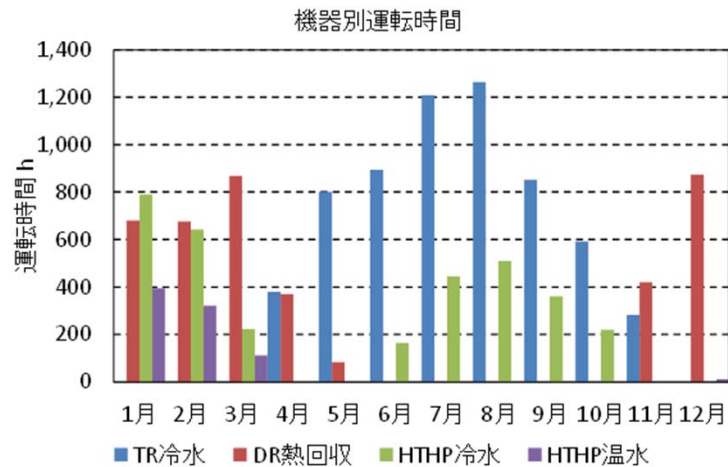
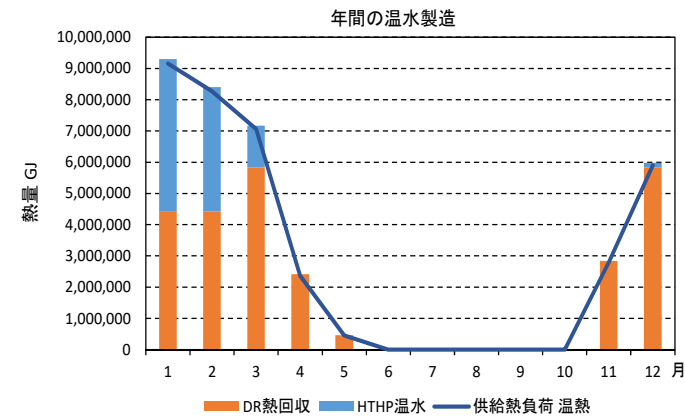
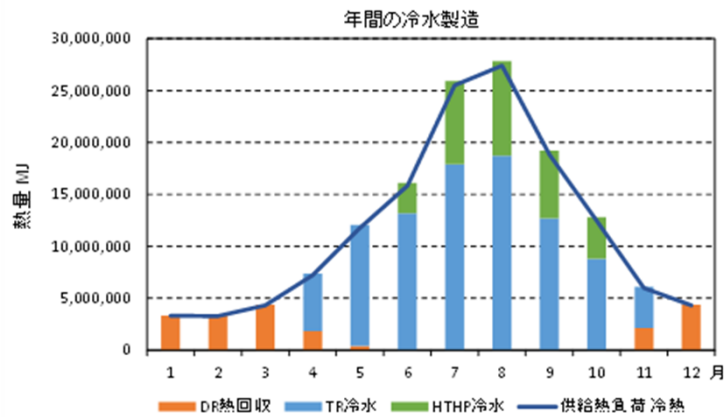
3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

6) 一次エネルギー消費量の算出

① 熱源機器別製造熱量の算出

- 時刻別または日別に、製造すべき熱量及び熱源機器の冷却・加熱能力から、運転すべき熱源の機種と台数を求める。



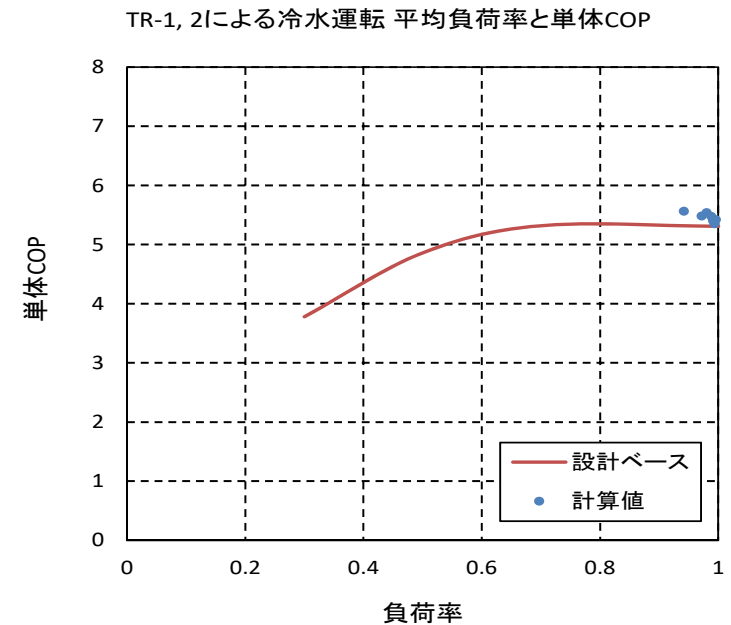
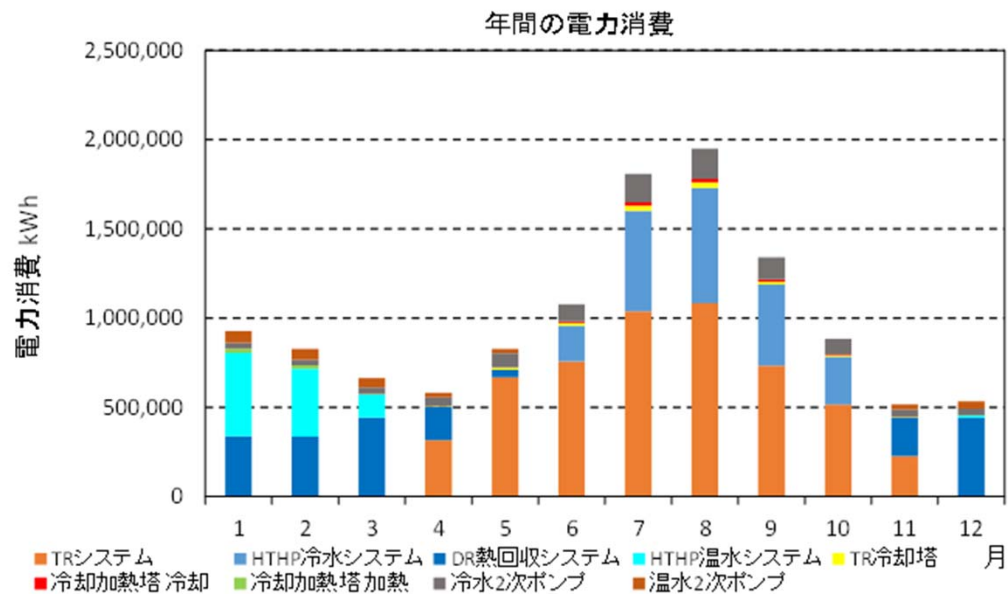
3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

6) 一次エネルギー消費量の算出

② 熱源機器別エネルギー消費量

- 時刻別または日別に、各機器エネルギー消費量（電力・ガス等の使用量）を求める。
- 各機器の平均負荷率とCOPを算出し、機器特性値との比較を行う。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

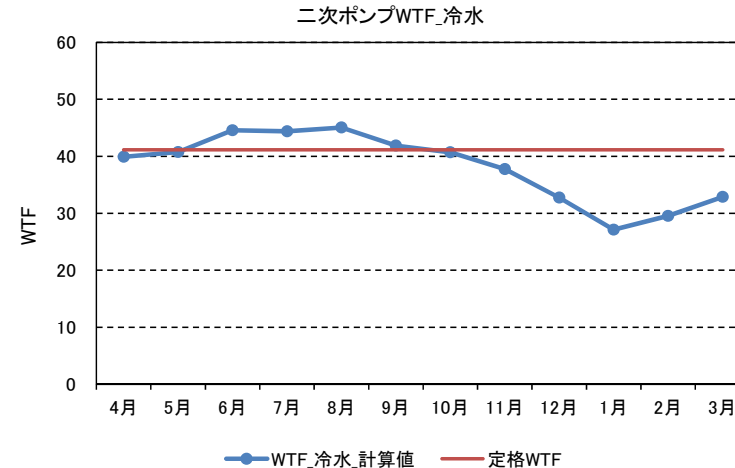
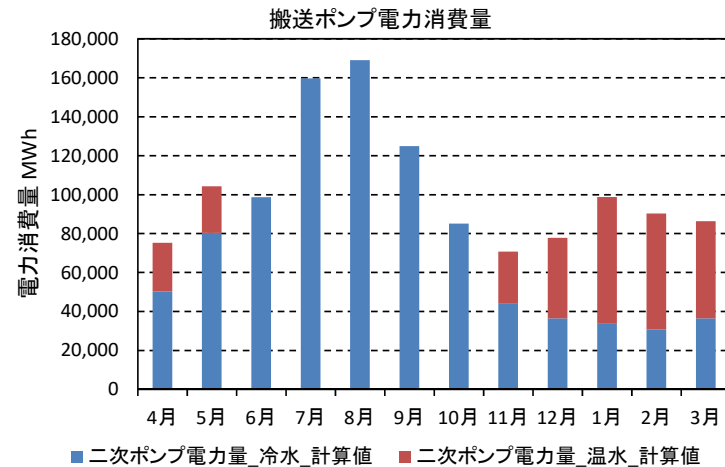
6) 一次エネルギー消費量の算出

③ 補機動力の算出

- 冷却塔、冷却水ポンプ、冷水・温水一次ポンプ等の補機動力を集計する。
- 冷却塔制御・冷却水ポンプ変流量制御等の自動制御を用いる場合は、制御フローや計算式を示した制御アルゴリズムを記載する。

④ 搬送動力の算出

- 冷水・温水二次ポンプ等の搬送動力及び搬送効率（WTF）を集計する。



⑤ その他電力の算出

- 当該熱供給施設の一次エネルギー消費量に対して、3%の消費電力量を加算する。

3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

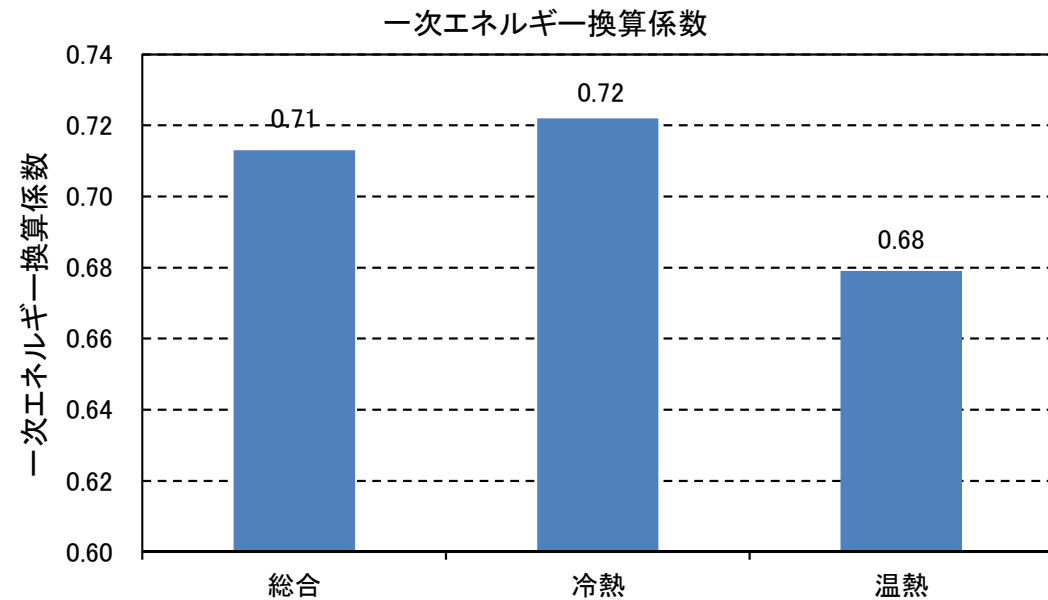
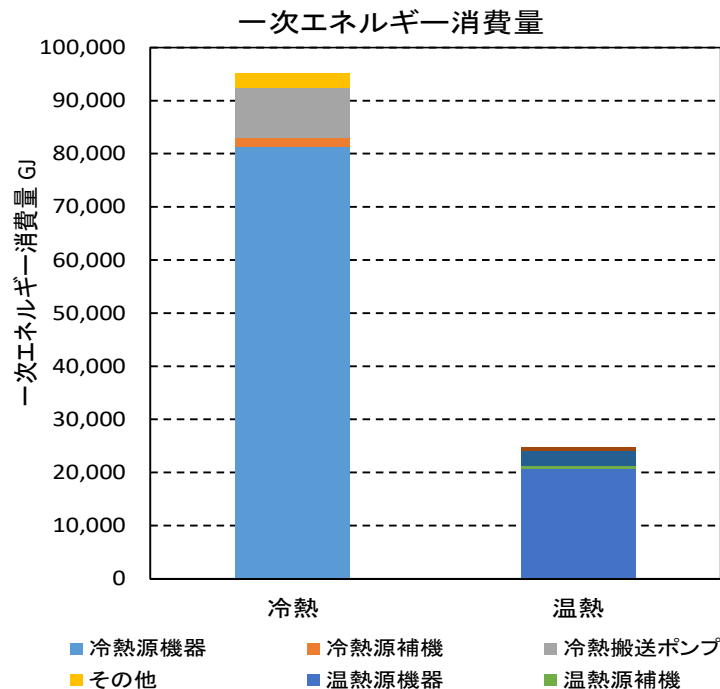
6) 一次エネルギー消費量の算出

⑥ 一次エネルギー消費量の集計

- 冷熱・温熱別に、年間一次エネルギー消費量を集計する。

⑦ 一次エネルギー換算係数の算出

- 冷熱・温熱別に、一次エネルギー換算係数を求める。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発 (2) ガイドライン素案の検討

7) 評価に要する資料

- 任意評価のために必要な提出資料は、以下のとおりとする。

① 評価対象とする熱供給施設及び対象需要家の範囲

- 検討範囲及び対象需要家の条件（プラント概要、供給範囲、需要家一覧）
- 地域導管（径、長さ、保温仕様）
- 供給条件（熱媒、供給温度）
- 熱源システムの構成（機器表、系統図、自動制御図など）

② 一次エネルギー換算係数の算出に必要な入力項目

- 地域及び需要家の熱負荷（気象条件、熱負荷原単位、需要家熱負荷）
- 対象となる熱源システム（機器特性、運転順位、自動制御）

③ 一次エネルギー換算係数の算出過程及び結果

- 月別熱負荷、製造熱量（冷熱・温熱）
- 熱源機器別製造熱量、エネルギー消費量、運転時間、補機エネルギー消費量
- 熱源機器別一次エネルギーCOP（単体COP・システムCOP）
- 搬送ポンプ電力消費量、搬送効率（WTF）
- 一次エネルギー消費量（冷熱・温熱）
- 一次エネルギー換算係数（冷熱・温熱・総合）

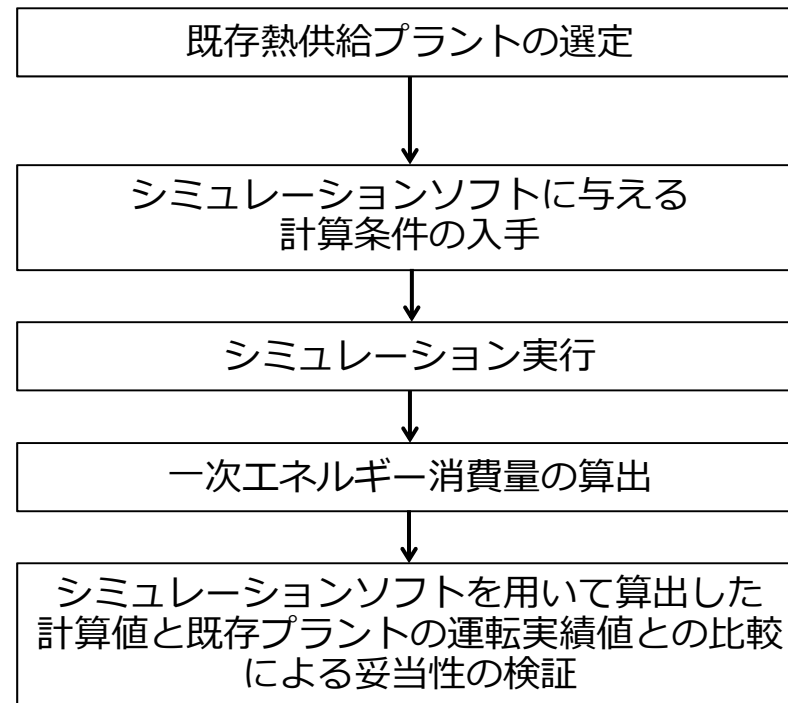
3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

8) 計算プログラムの妥当性の検証

① 妥当性の検討手順

- 一次エネルギー換算係数の計算に用いるプログラムの妥当性を検証するために、実際に運転している熱供給プラントの負荷データをもとに、あらかじめ本計算プログラムの計算結果と運転実績データの比較検証を行う。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

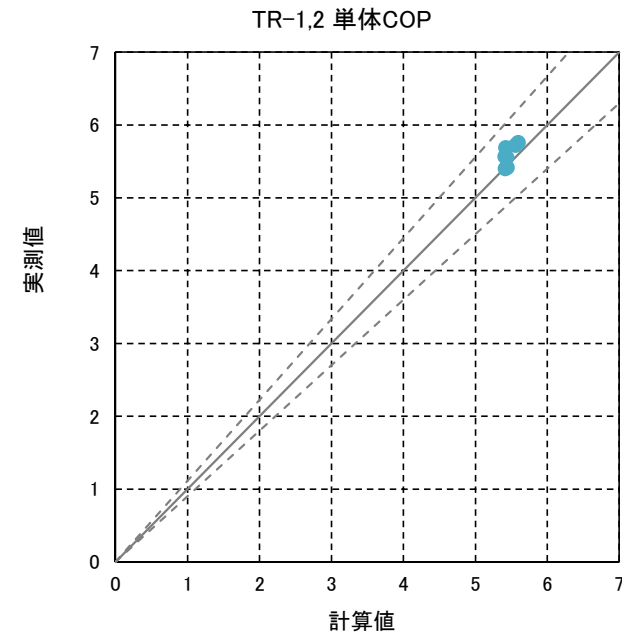
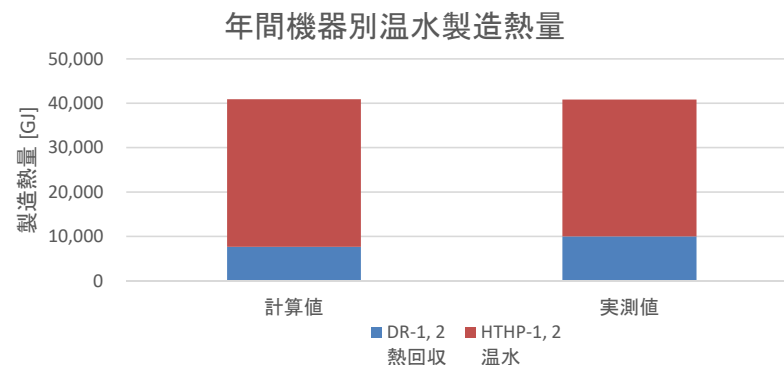
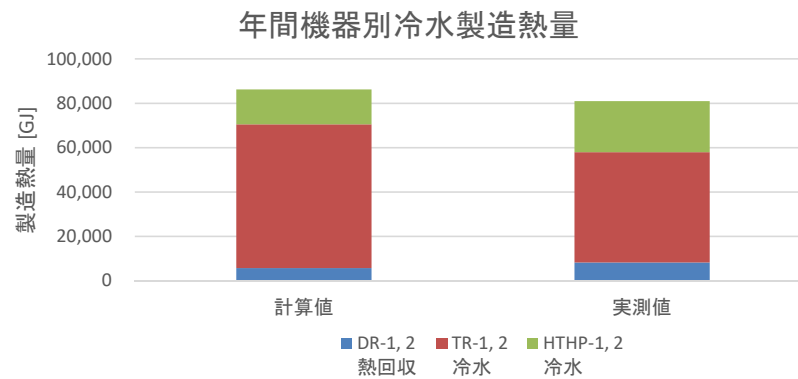
8) 計算プログラムの妥当性の検証

② 年間製造熱量

- 熱源機器の年間製造熱量の計算値と実績値との比較を行う。

③ 熱源機器別エネルギー効率

- 熱源機器の単体COPの計算値と実績値との比較を行う。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(2) ガイドライン素案の検討

8) 計算プログラムの妥当性の検証

④ 冷却塔の性能

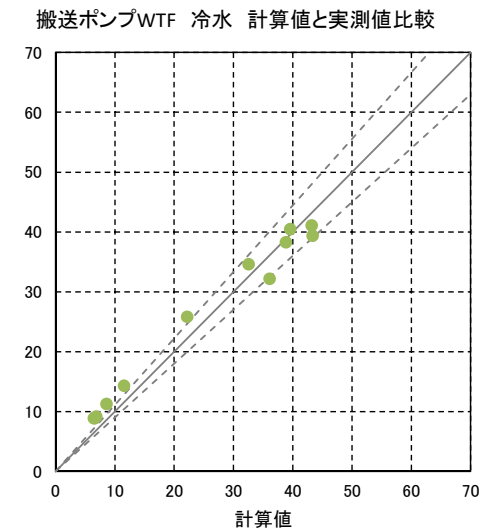
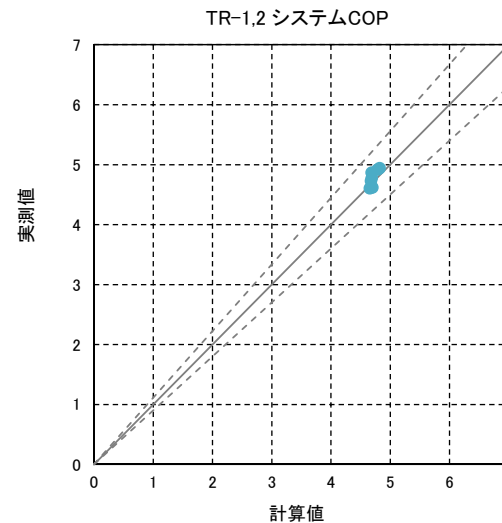
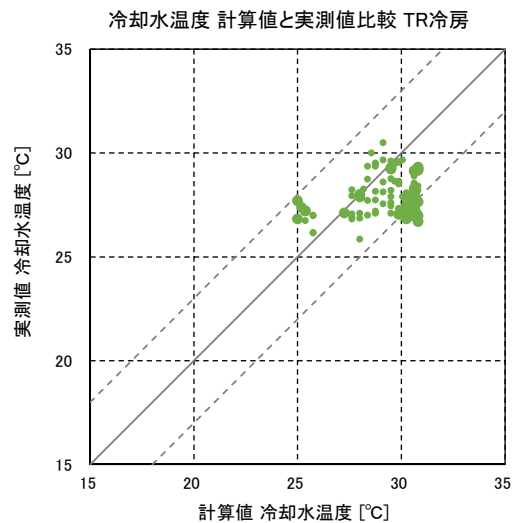
- 冷却塔の冷却水出口温度の計算値と実績値との比較を行う。

⑤ 熱源システム別エネルギー効率

- 熱源機器のシステムCOPの計算値と実績値の比較を行う。

⑥ 搬送動力のエネルギー消費量

- 搬送ポンプのWTFの計算値と実績値の比較を行う。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発 (2) ガイドライン素案の検討

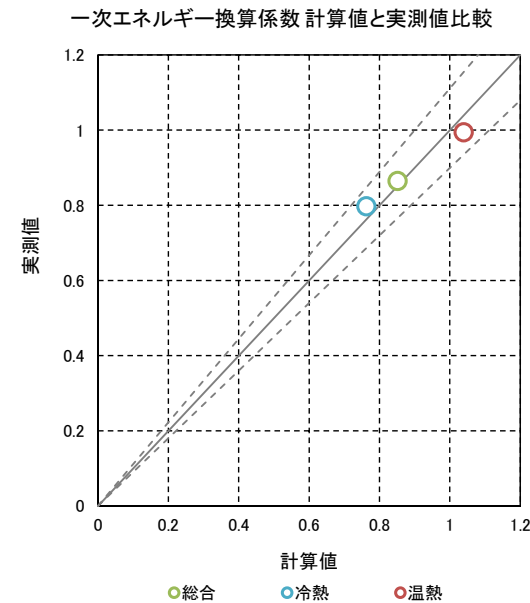
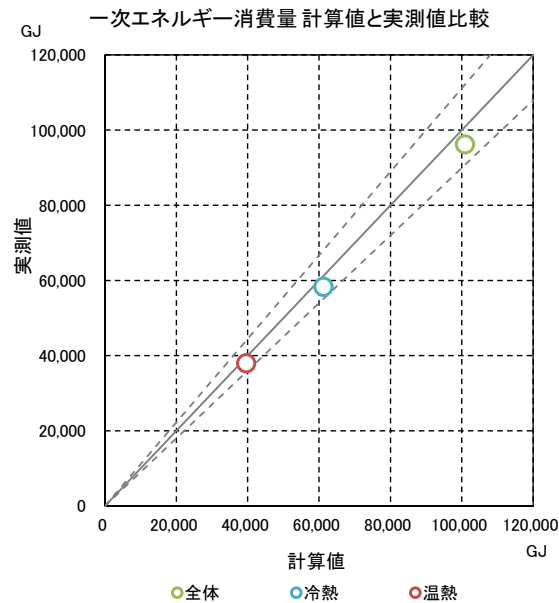
8) 計算プログラムの妥当性の検証

⑦ 一次エネルギー消費量

- 一次エネルギー消費量の計算値と実績値の比較を行う。

⑧ 一次エネルギー換算係数

- 一次エネルギー換算係数の計算値と実績値の比較を行う。



3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

(3) まとめと課題

- 建築物の省エネルギー基準への適合性判定の際に、熱供給事業者等が任意の一次エネルギー換算係数を使用できるように、計算方法や計算手順を明らかにした。
- さらに、算出した一次エネルギー換算係数の妥当性を第三者が評価するためのガイドライン素案を作成した。
- ガイドラインの適用事例として、二つの既存熱供給プラントの運転実績データを入力し、一次エネルギー換算係数の算出シミュレーションとの比較検証を行った。
- 検討の中で以下のような課題が抽出された。
 - ① 熱負荷の原単位と実態とのかい離
 - 検討時の原単位と実態の運用は必ずしも一致していないため、かい離が発生する。運用に合わせた熱負荷原単位や負荷パターンに補正を行うことも検討が必要。
 - ② さまざまな自動制御システムの評価方法
 - 申請者が計算上の制御のアルゴリズムを提示することとしているが、想定していない特殊な制御の場合は、エネルギー算出が安全側で計算されるような検討が必要。
 - ③ シミュレーションソフトの妥当性検証方法
 - 妥当性の判断基準としてどの程度の精度を求める必要があるか、今後検証データが集まる中で適宜見直しを行っていくことが望ましい。