

# **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**

---

**2019年4月25日**

**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**

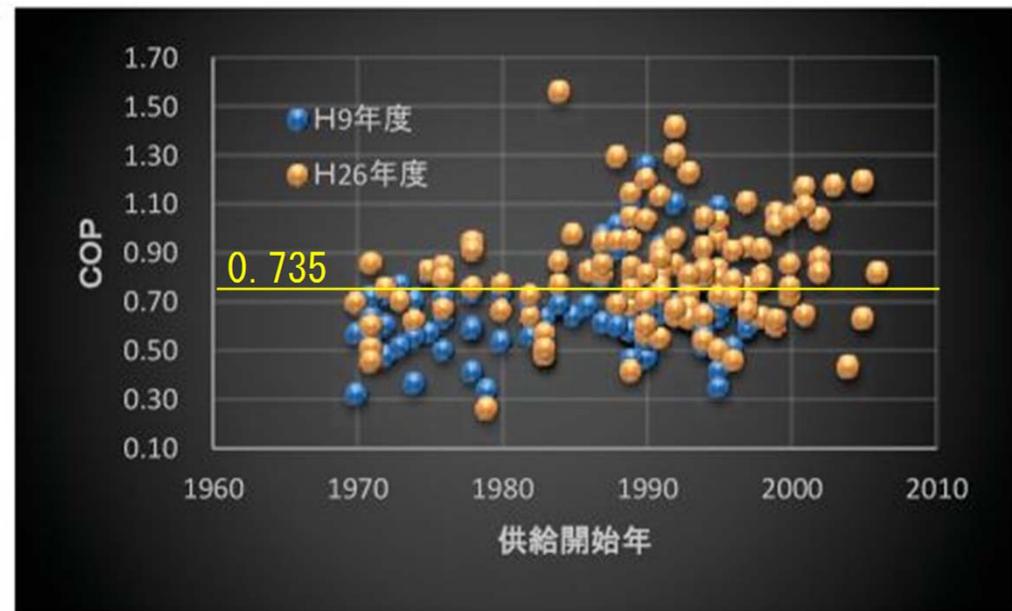
## 【目次】

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が必要となり、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 一次エネルギー換算係数算定の試行**

- ・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。

**4.3 ガイドライン素案の検討**

- ・4.1、4.2にもとづきガイドラインの素案を作成する。

**5. 検討結果のまとめ**

- ・検討結果と次年度調査に向けた課題を整理する。



# 1. 検討概要

## (4) 検討スケジュール

	2018年度												2019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. 複数建物の熱負荷合成方法の検討			■	■	■	■																		
2. 最新の熱源機器の特性把握																								
①提供データ整理			■	■	■									■	■									
②データ整理・分析・まとめ					■	■	■									■	■							
3. 最新の制御システムの特性把握																								
①提供データ整理				■	■	■											■	■						
②データ整理・分析・まとめ						■	■	■										■	■					
4. 地域熱導管の熱損失把握																								
①原単位の考え方整理	■	■																						
②現地事前調査			■	■																				
③実測計画		■	■	■	■																			
④実測				■	■	■	■	■	■	■														
⑤原単位作成・まとめ								■	■															
5. 認定評価ガイドライン検討												■	■											
①素案作成						■	■	■	■	■	■	■	■											
②成案作成													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
6. プログラム試算																								
①計算条件・入力条件の整理								■	■	■	■	■	■											
②計算再委託内容の調整									■	■	■	■	■											
③計算施行(今年度1地区・次年度2地区程度)										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
④分析・評価											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
7. 将来の大規模建築物への展開方策検討																					■	■		
8. 報告書とりまとめ														■	■								■	

# 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"> <li>・複数の一般需要家対象</li> <li>・加熱能力21GJ/時以上</li> </ul>	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"> <li>・5万m<sup>2</sup>以上開発地域の1万m<sup>2</sup>以上新築建物対象</li> <li>・加熱能力21GJ/時以上</li> </ul>	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

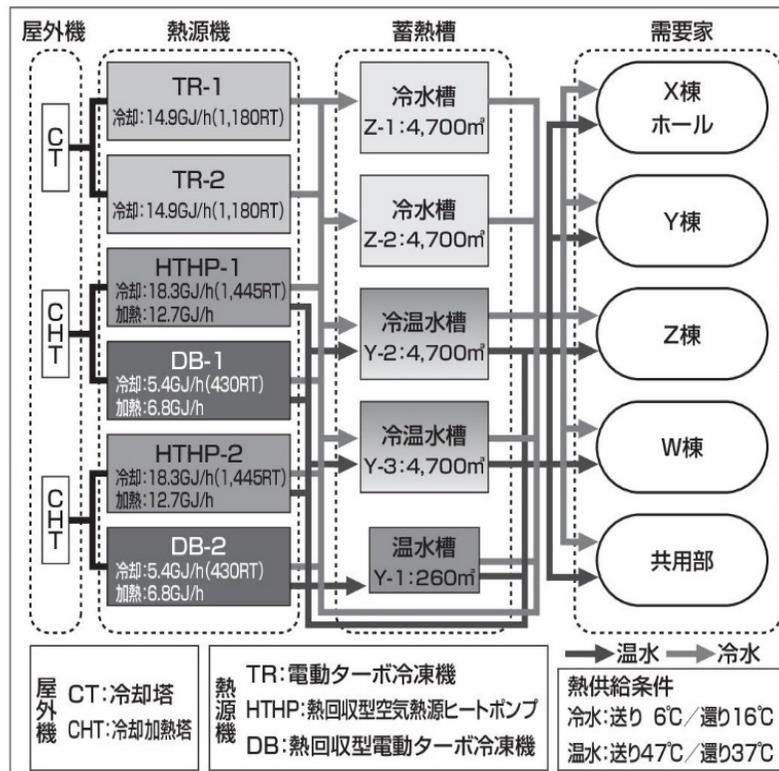
- ・新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定のための基礎情報を得ることを目的として、地域熱供給の運転実態、熱源機器・制御システムの特性、地域導管の熱損失状況の実態を把握する。
- ・地域熱供給プラントを代表するプラントとして、3種類の熱源方式による熱供給プラントを選定し、実態を把握する。

### 選定プラントの概要

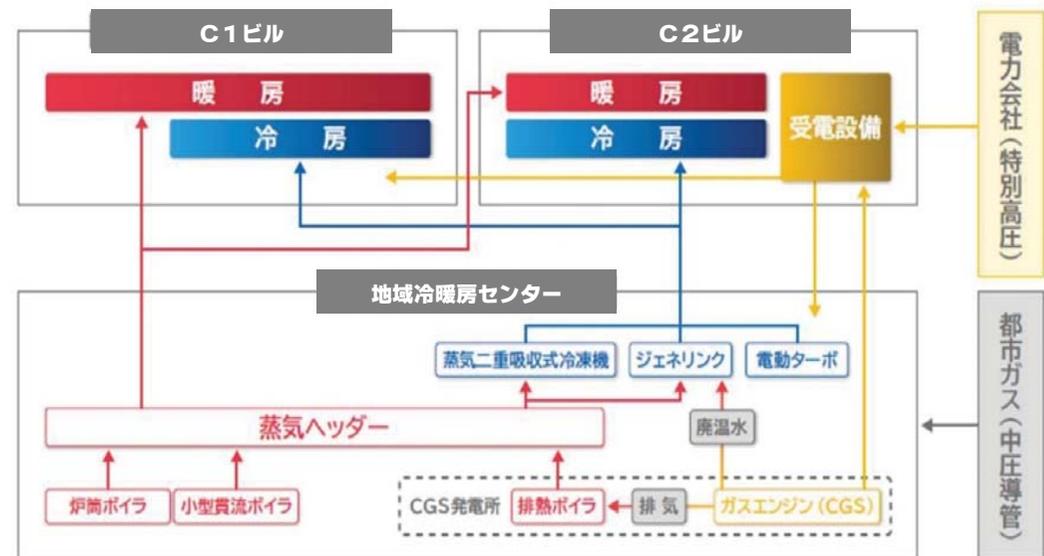
プラント	熱源方式	プラント特徴
プラントA	電気熱源方式	・電気熱源(ターボ・熱回収HP等) ・国内最大級の蓄熱槽。 ・現在も国内トップレベルの一次エネルギー効率を維持 ・蓄熱槽を災害時の消防・生活用水として活用
プラントB	電気・ガス併用熱源方式	・再開発に合わせてプラント（B2、B3プラント）を新設。最新のB3プラントとB2プラントで冷水連携運用を実施。 ・B1プラントと隣接する地域で蒸気連携運用を実施。
プラントC	ガス熱源方式	・ガスインジンCGS設置。防災対策を推進する企業や自治体のニーズを踏まえて設備やシステムのリニューアルを行い、行政や企業のBCP（事業継続計画）に貢献
(プラントD)	ガス熱源方式	※プラントC（ガス熱源方式）の地域導管の延長が短く、地域導管熱損失の実測に適していないことから選定。

## 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。

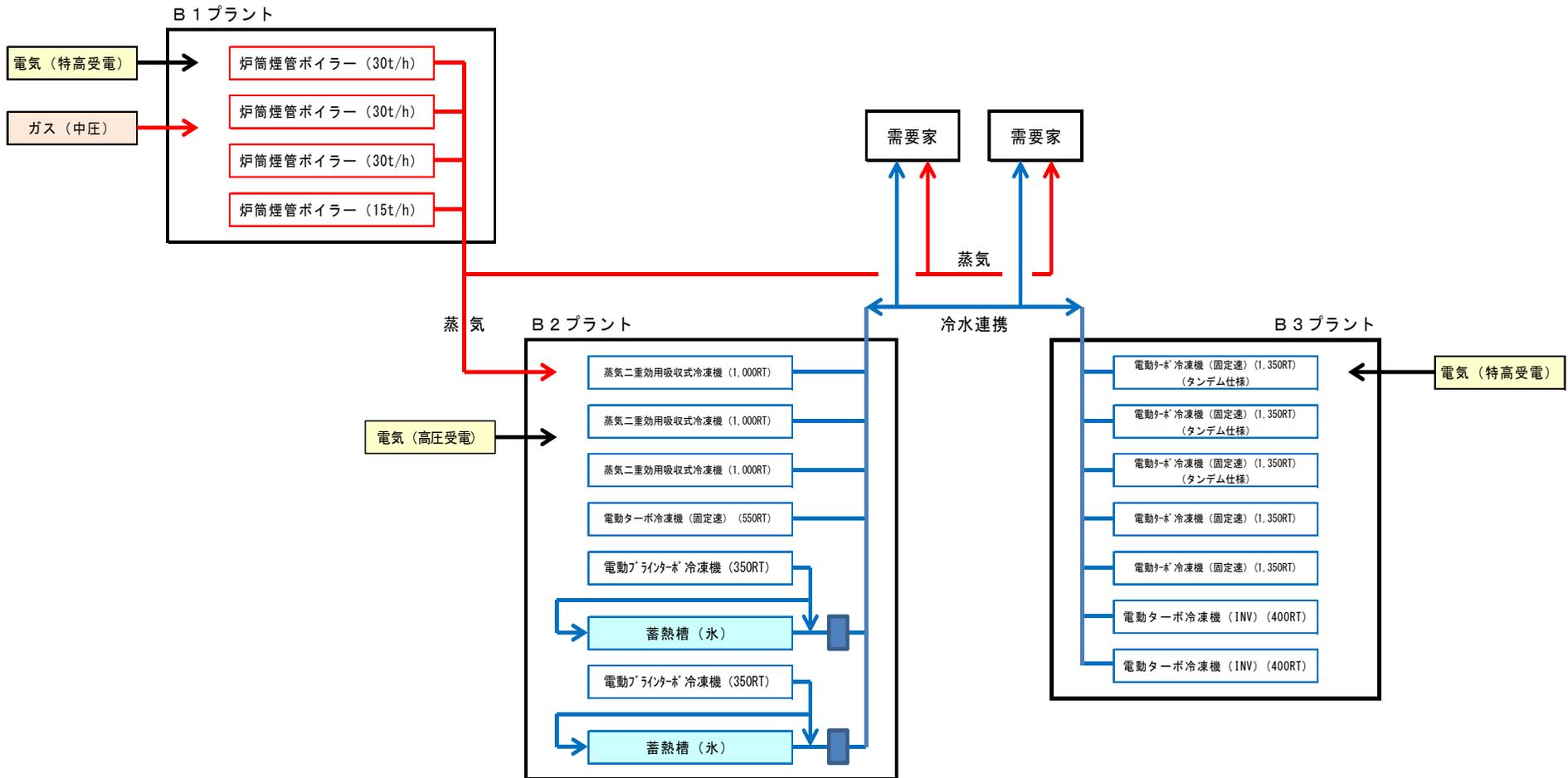


Aプラント (電気熱源方式)



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取得す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		現状WEB 対応	導入（3プラント）		
			A	B	C
ターボ 冷凍機	定速ターボ	○	●	●	
	ブライントーボ	○			
	インバータターボ	○		●	●
	熱回収ターボ	—	◇		
スクリーン冷凍機		○			
ヒーティングタワーヒートポンプ		—	● 冷熱のみ		
吸収式 冷凍機	温水吸収式(単効用)	○			
	蒸気吸収式(二重効用)	○			●
	吸収式(一重・二重併用)	○			
	直焚ガス冷温水機	○			
	ジェネリンク(温水)	△			
	蒸気ジェネリンク	△			◇
ボイラー	炉筒煙管	○		●	●
	貫流	○			●
	温水	○			

●…今回分析済み  
◇…未分析

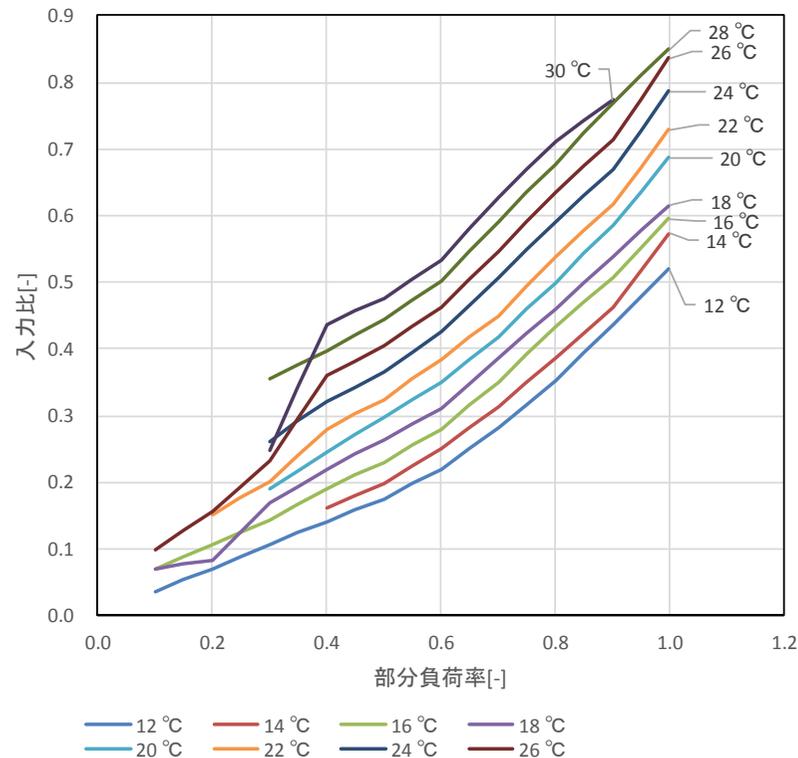
## 2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

### (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	

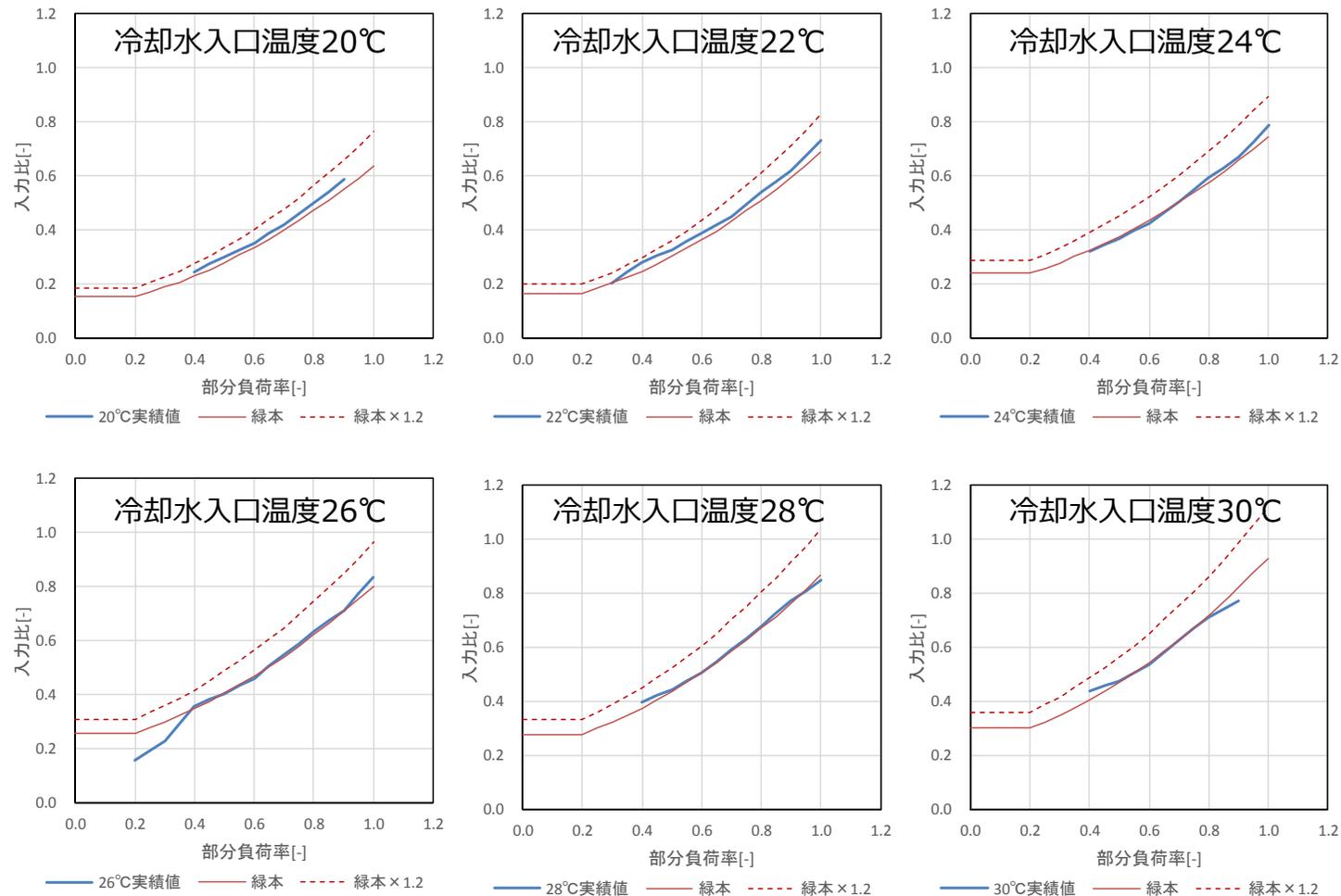
冷却水温度別部分負荷特性

## 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

### 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。



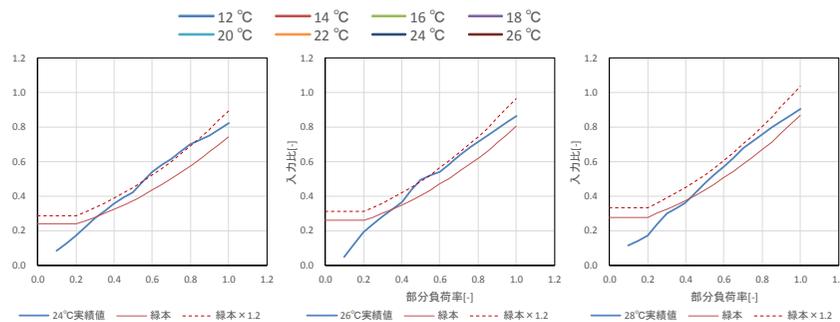
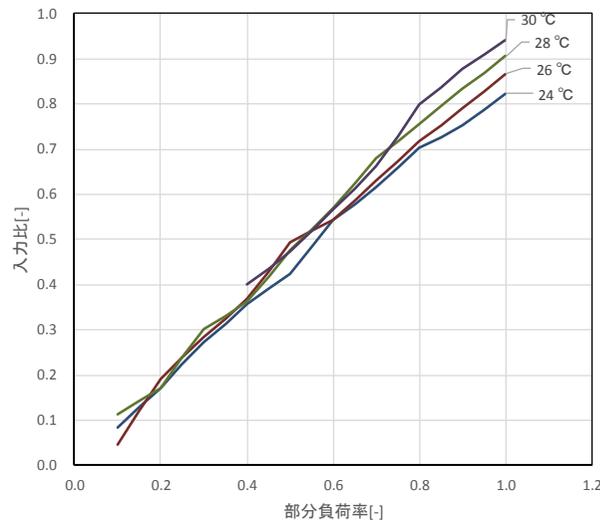
## 2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

### (3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

#### 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。



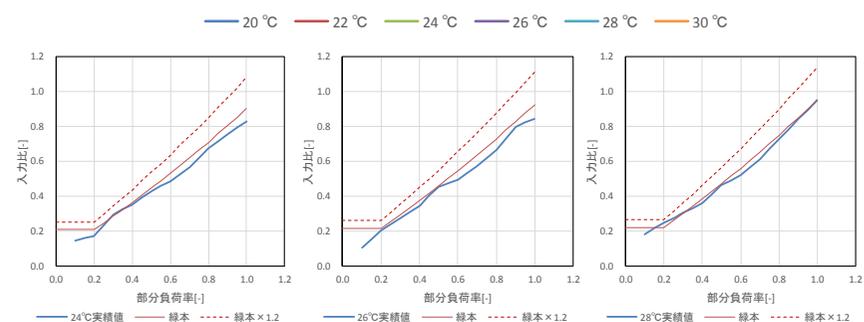
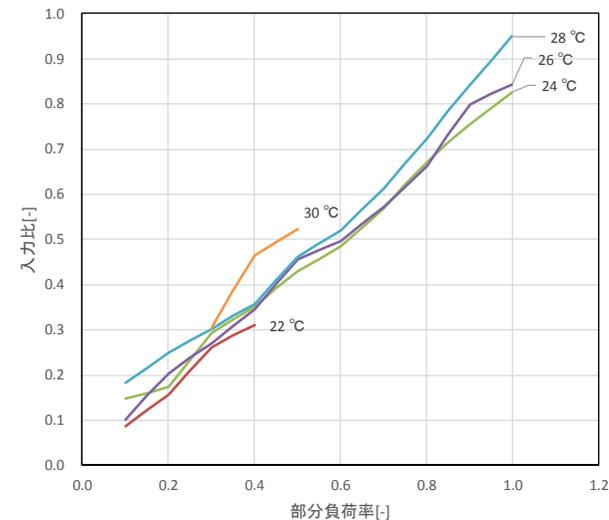
冷却水入口温度24℃

冷却水入口温度26℃

冷却水入口温度28℃

##### 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。



冷却水入口温度24℃

冷却水入口温度26℃

冷却水入口温度28℃

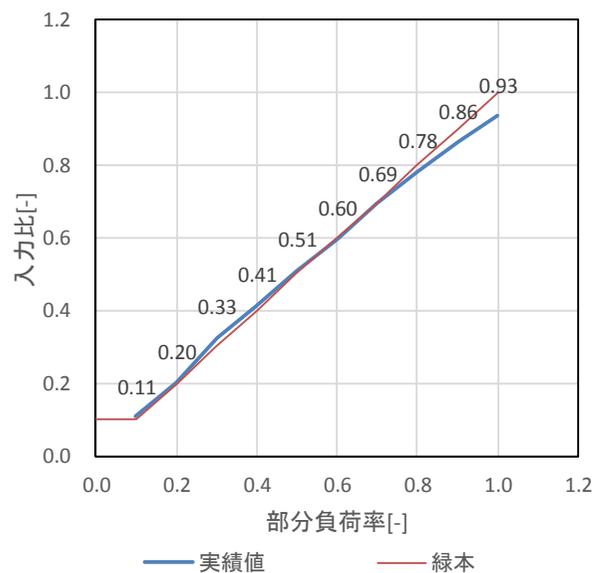
## 2.地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

### (3) 熱源機器のエネルギー消費性能の分析

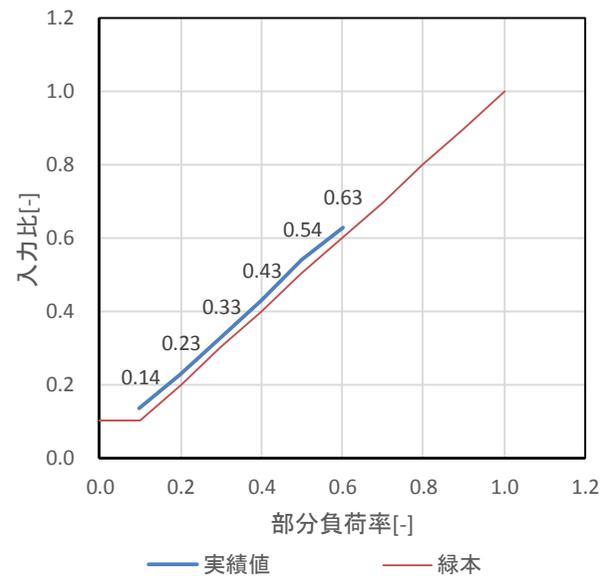
#### 3)熱源機器のエネルギー消費性能の分析

##### ④蒸気ボイラ

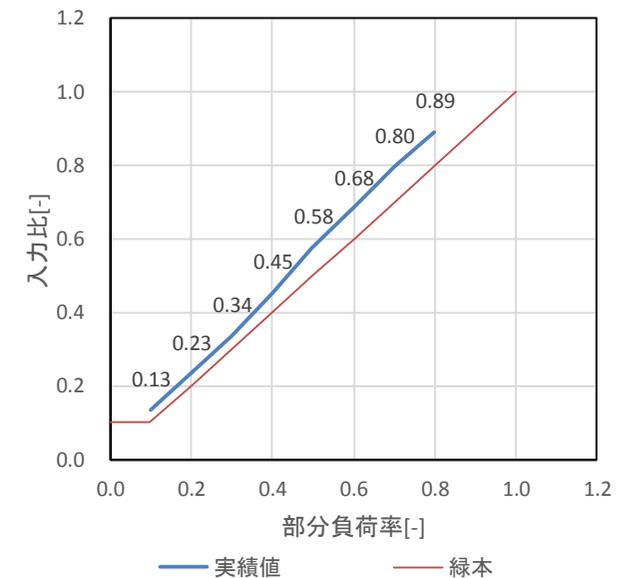
- ・ 炉筒煙管ボイラ (Bプラント) は、入力比について、実績と緑本とで大きな差はないが、高負荷率帯において実績値の方が入力比が小さくなっている。
- ・ 炉筒煙管ボイラ (Cプラント) は、入力比について、実績値が緑本を若干上回っている。
- ・ 貫流ボイラ (Cプラント) は、入力比について、実績値が緑本を1割程度上回っている。経年劣化等の影響が考えられる。



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

#### 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

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	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	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、低負荷率のデータが不足している。  <b>蓄熱システムのため低負荷運転データが不足</b>
	B	INV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。	・実績値が、既往の機器性能曲線とおおむね一致しており、既往の機器性能曲線が適正な範囲で設定されていると判断できる。
	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、例えば曲線的变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、本機以外の固定速ターボの実測データ分析等を実施し、同様の傾向があることを確認する必要がある。
	C	INV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。	・実測値は、既往機器性能曲線より性能が悪いが、既往機器性能曲線×1.2の範囲でおおむねおさまっており、既往機器性能曲線および補正係数がおおむね適正に設定されていると判断できる。
	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。既往機器性能曲線を改定するには、本機以外でも同様の傾向があることを確認する必要がある。
冷熱源	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。	・BプラントとCプラントと違う傾向となっているが、Cプラントの部分負荷性能の悪化が経年劣化の影響だと考えると、新築・改築の熱供給プラントはこれに該当しない。よって、この結果だけにもとづき、既往性能曲線を改定すること適当ではない。来年度以降、経年劣化の影響が少ないボイラのデータ入手の可能性を検討する。
	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が、既往性能曲線に比べて部分負荷性能が悪くなっている。ボイラの設置から20年近く経過しており、経年劣化等による効率低下が考えられる。	
	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が、既往性能曲線に比べて部分負荷性能が悪くなっている。ボイラの設置から20年近く経過しており、経年劣化等による効率低下が考えられる。	

## 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

### (4) 地域導管の熱損失の把握

#### 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。
- ・ 導管の工法、熱媒の種類、口径等による導管長さ当たりの熱損失原単位を作成し、実測や実績データの分析で、それらの妥当性を確認する。結果は、既設条件等を踏まえ、長さ当たり熱損失 W/m等に表示する。

#### 2) 実測対象

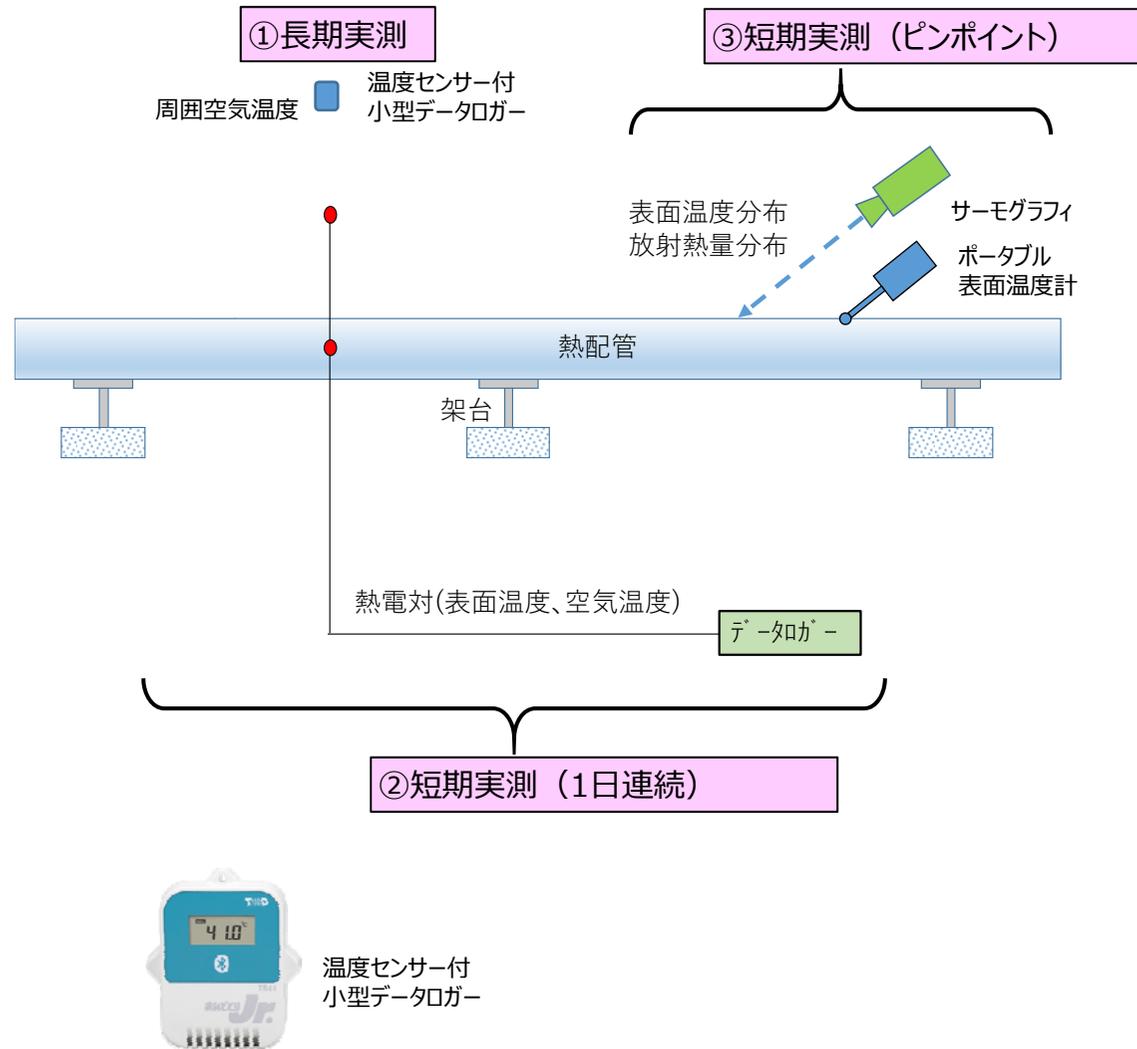
- ・ 今回の実測調査は架空配管の表面温度や周囲温度等を計測しモデル計算を行う。

工法	部位	計算方法
架空(共同構内・洞道等)	直管	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 導管・断熱材・周囲環境を考慮した熱伝達モデルを作成し、熱損失量を計算</li> <li>○ 熱損失は、放射成分と対流成分を考慮</li> <li>○ 断熱材種類・厚さは熱媒・配管径よりデフォルト値を用意</li> <li>○ モデル計算を基に、実測結果も考慮して、原単位を作成（熱媒温度、長さ、口径 等）</li> </ul>
	架台	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 架台の形状、表面積、周囲温度・配管との接触状況等と熱損失との関係を検討</li> <li>○ 原単位は架台1個当たりで作成</li> </ul>
直埋設	直管 (エアスペース有)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 導管・断熱材・埋設深さ等を考慮した熱伝達モデルを作成し、熱損失量計算</li> <li>○ 断熱材種類・厚さは熱媒・配管径よりデフォルト値を用意</li> <li>○ エアスペース（中空層）考慮(厚さ1cmを境に条件分け)</li> <li>○ モデル計算を基に、原単位を作成（熱媒温度、長さ、口径 等）</li> </ul>
	直管 (エアスペース無)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 導管・断熱材・埋設深さ等を考慮した熱伝達モデルを作成し、熱損失量計算</li> <li>○ 断熱材種類・厚さは熱媒・配管径よりデフォルト値を用意</li> <li>○ モデル計算を基に、原単位を作成（熱媒温度、長さ、口径 等）</li> </ul>

実測対象

## 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把握

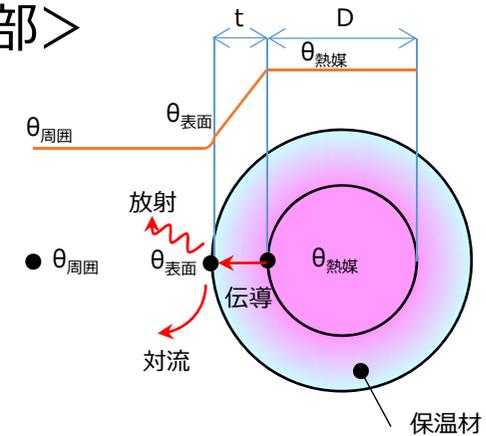
#### 4) 熱バランスモデルの構築 <地域熱導管（架空方式）直管部>

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

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

$$Q_{放射} = \pi(D+2t) \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot \{(\theta_{表面} + 273.15)^4 - (\theta_{周囲} + 273.15)^4\}$$

$$\text{熱損失} = Q_{伝導} + Q_{対流} + Q_{放射}$$



$Q_{伝導}$ : 熱伝導による放熱量[W/m]	$\theta_{熱媒}$ : 熱媒の温度[°C]	$\lambda$ : 保温材の熱伝導[W/mK]	D : 配管の外形
$Q_{対流}$ : 対流熱伝達による放熱量[W/m]	$\theta_{表面}$ : 保温材表面の温度[°C]	$\alpha_{対流}$ : 対流熱伝達率[W/m <sup>2</sup> K]	t : 保温材の厚さ
$Q_{放射}$ : 放射熱伝達による放熱量[W/m]	$\theta_{周囲}$ : 周囲空気温度[°C]	$\varepsilon$ : 放射率	$\sigma$ : シュテファンボルツマン定数

#### 5) 実測による熱バランスモデルの検証、熱損失の評価

- $\theta_{表面}$  を未知、他の変数を既知として上記方程式より  $\theta_{表面}$  を数値処理で求め、熱損失を算定することができる。
- $\lambda$  は（劣化の可能性はあるものの）保温材の材質により決まるのに対して、 $\varepsilon$ 、 $\alpha_{対流}$  は表面の材質・性状や設置状況によって変化するものであり、適切な想定が難しい。
- そこで、短期実測では、 $\theta_{表面}$  と  $\theta_{周囲}$  および配管表面の放射量を計測し、熱バランスモデルにあてはめて、 $\varepsilon$ 、 $\alpha_{対流}$  を想定する。
- 想定した  $\varepsilon$ 、 $\alpha_{対流}$  と長期実測（おんどとり）で得られる  $\theta_{周囲}$  を用いて、直管モデル（架台等考慮しない）における年間の熱損失量を算定する。これと、熱量計実測データによる熱損失（プラント販売熱量－プラント供給熱量）を比較し、その差を架台等による熱損失と考えて評価する。

## 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

### (4) 地域導管の熱損失の把握

#### 6) 測定方法

- ①長期実測（年間）は計測器を洞道内等に長期設置し、2月おきにデータを回収。
- ②短期実測（1日連続）は夏期のみ、③短期実測（ピンポイント）については、夏期と冬期に実施。

#### 実測スケジュール

		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
Aプラント	①長期実測（年間）		[長期実測期間]							
	②短期実測（1日連続）		夏期実測					冬期実測		
	③短期実測（ピンポイント）		▮ 9/12					▮ 1/29		
Bプラント	①長期実測（年間）		[長期実測期間]							
	②短期実測（1日連続）		▮ 9/11 (蒸気系統) ▮ 9/13 (冷水系統)							
	③短期実測（ピンポイント）		▮					▮ 1/30		
Dプラント	①長期実測（年間）		[長期実測期間]							
	②短期実測（1日連続）									
	③短期実測（ピンポイント）		▮ 9/10					▮ 1/29		

## 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

### 7) 測定結果

#### ①表面温度時測定結果

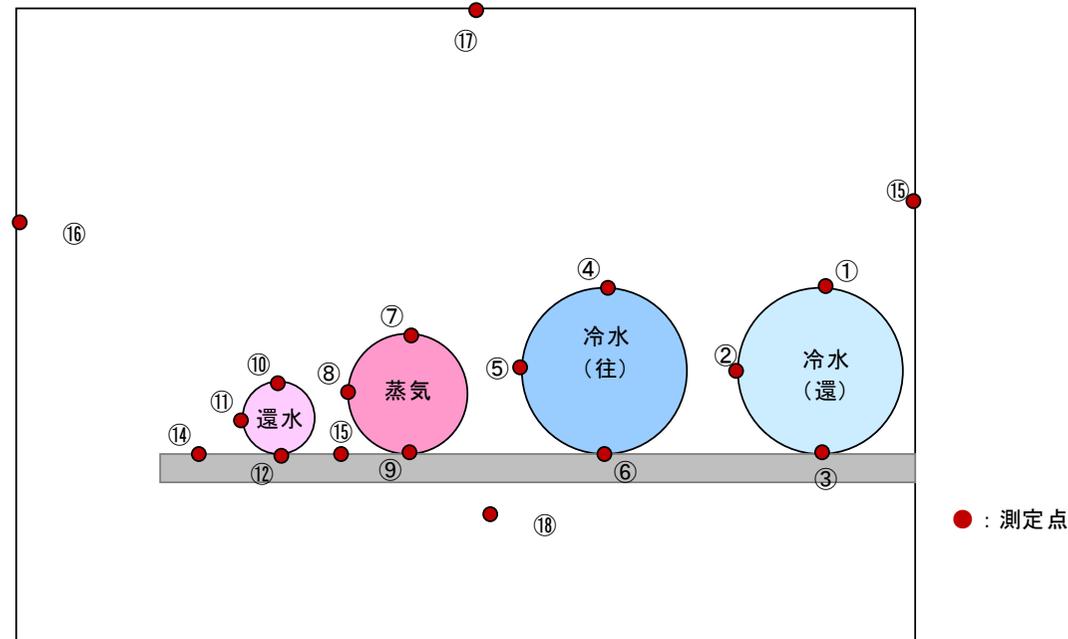
- 熱バランスモデルによる熱損失の算出を行うために地域導管の表面温度等の測定を実施。

#### (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把握

#### 7) 測定結果

##### 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 $\varepsilon$ を想定する。



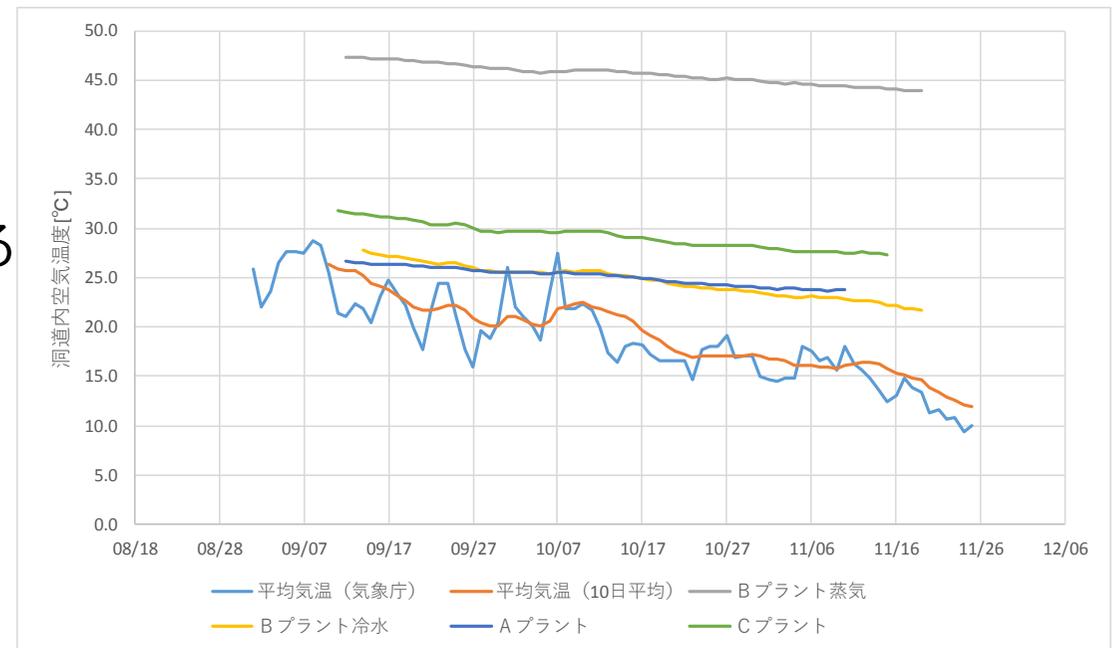
還水管

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

- A・B・Dプラントの洞道内空気温度は、熱媒の違い等によって異なるが、外気温度の変化におおむね追従していることがわかった。



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把握

#### 8) 測定結果の分析

＜熱量計による熱損失と熱バランスモデル試算との比較＞

- Dプラントの実測データを使用して、代表断面において、簡易的な熱収支モデルにより、配管からの熱損失[W/m]を試算。
- 熱量計による熱損失（プラント内の熱損失を含む）は直管部における熱バランスモデルから算出した熱損失量と比較して、蒸気系統では2.64倍、冷水系統では1.46倍の熱損失があると計算された。

#### 熱量計による熱損失と熱バランスモデル試算との比較

熱媒種類	配管延長 [m]	実測結果による熱バランスモデル試算 (a)										熱量計による熱損失量 製造熱量－ 販売熱量 (b)	(b) ÷ (a)
		口径 [mm]	保温材料	保温厚さ [mm]	熱伝導率 [W/(m·K)]	配管温度 [°C]	風洞内温度 [°C]	保温材表面温度 [°C]	集中計測時 熱損失計算値 [W/m]	月間値換算 [MWh/月]	合計 [MWh/月]		
蒸気管	533	250	珪酸カルシウム	100	0.054	170	32.1	39.8	104	40	55	146	2.64
還水管	521	100	珪酸カルシウム	75	0.054	60	32.1	35.1	42	16			
冷水管(往)	475	550	ホリスチレンフォーム	50	0.04	7	32.1	30.3	34	12	22	32	1.46
冷水管(還)	475	550	ホリスチレンフォーム	50	0.04	14	32.1	30.3	30	10			

※製造熱量－販売熱量：プラント内の熱損失を含むことに留意が必要

## 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

### (5) まとめと課題

- INVターボ冷凍機、固定速ターボ冷凍機、蒸気吸収式冷凍機の緑本の機器性能曲線は、今回、実績値から求めた機器性能曲線と大きく異なるものではなく、おおむね適正に設定されていることが確認できた。
- Dプラントにおける地域導管の熱損失の分析から、熱量計による熱損失（プラント内の熱損失を含む）は直管部における熱バランスモデルから算出した熱損失量と比較して、蒸気系統では2.64倍、冷水系統では1.46倍の熱損失があると計算された。
- 来年度は、以下のような課題について検討を行う。
  - ① 熱源機器・制御システムの特性把握
    - 検討対象3プラントの熱源機器で分析を行っていない蒸気ジェネリンク、ヒーティングタワーヒートポンプ、熱回収ヒートポンプについて分析を進める。また、経年劣化の影響が少ない熱源機器のデータ入手の可能性について検討する。
    - 今後の熱供給プラントにおいて導入が期待される再生可能エネルギー、未利用エネルギーを活用した熱源機器の特性把握を行う。
  - ② 地域導管の熱損失の把握
    - 検討対象3プラントについて、実測結果の整理を行い、熱供給システム全体での熱損失における導管部分の熱損失を位置づけた上で、直管部熱バランスモデルに対する割増係数等の設定が可能かどうか、分析を進める。
    - また、高断熱仕様の地域導管を有した熱供給プラントについて、分析を行う予定である。加えて、小規模地点供給への対応に関連して、地方都市での熱導管の実態把握について検討する。

### 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 (1) 検討の目的と対象施設及び運用方法

#### 1) 検討の目的

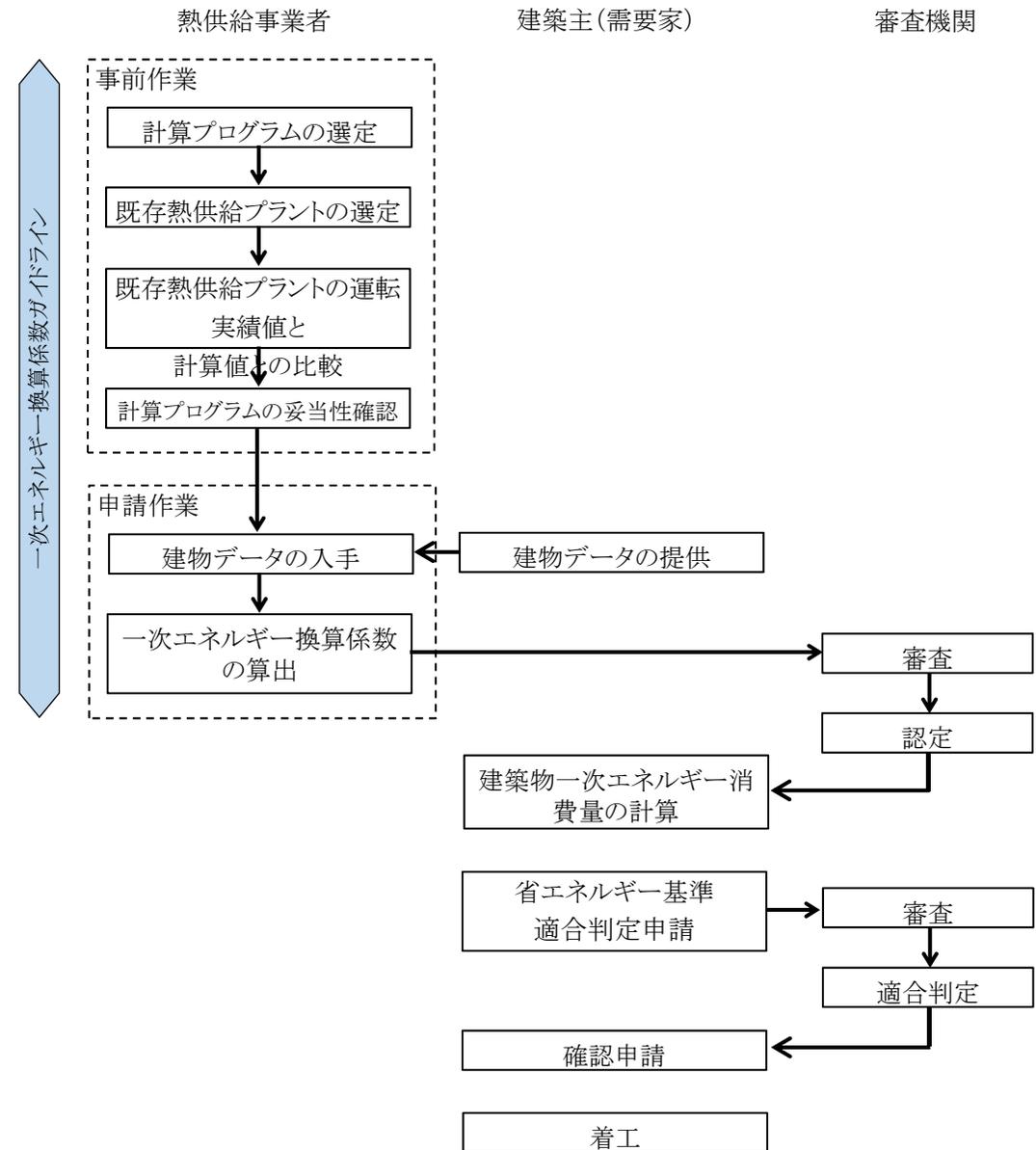
- 熱供給プラントの一次エネルギー換算係数を算出する手順についてまとめ、その妥当性を客観的に評価するためのガイドラインを作成する。

#### 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。

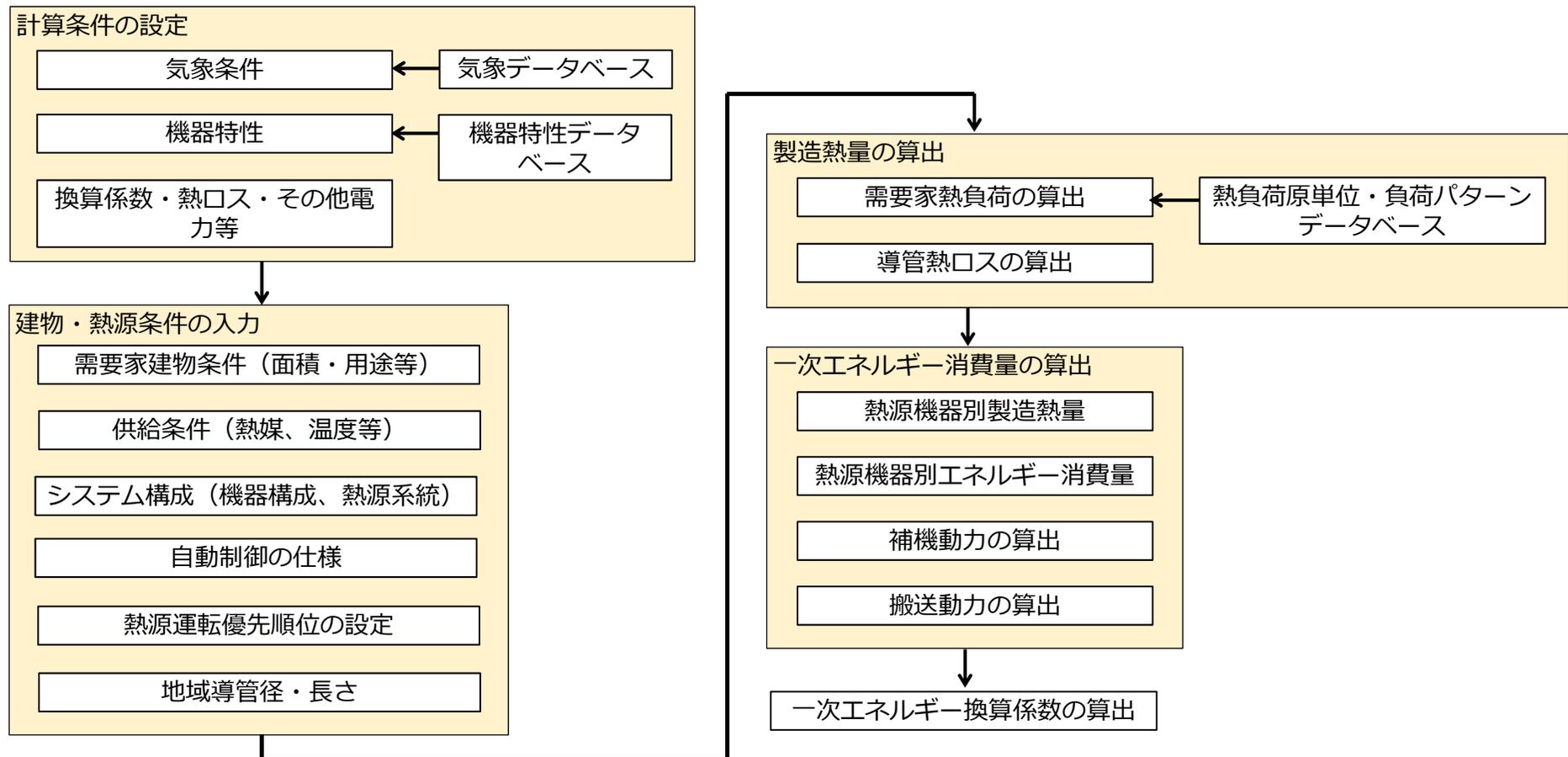


### 3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

#### (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

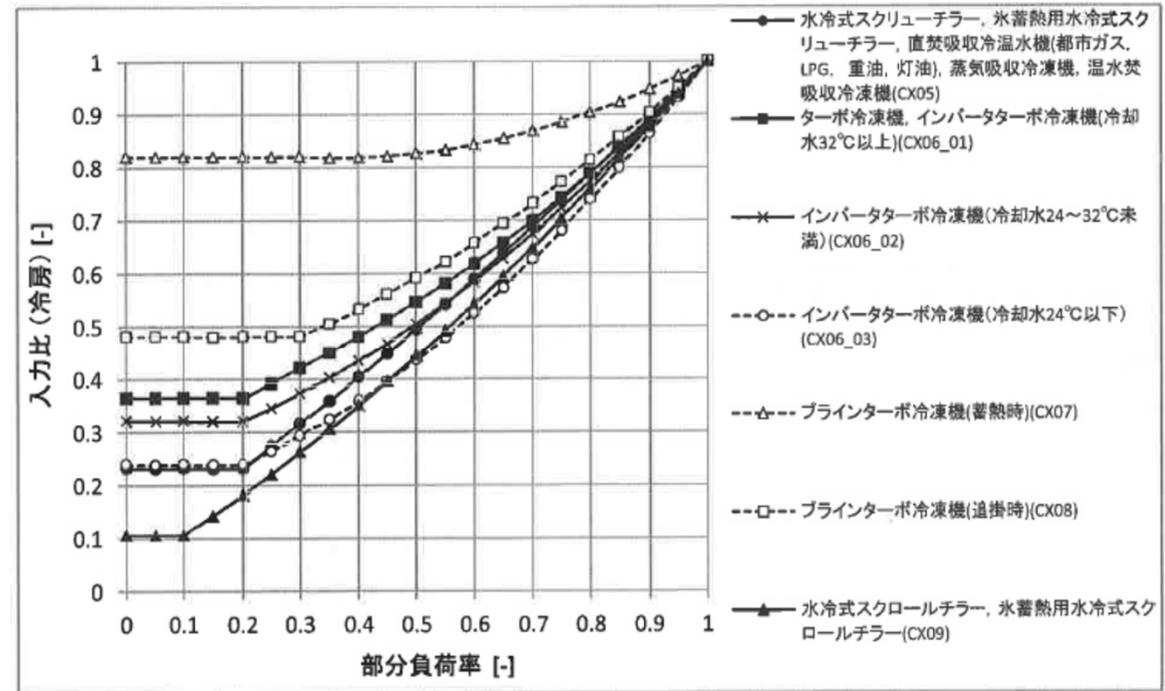
##### 2) 計算条件

###### 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、モデル建物法で用いている気温等のデータを使用する。

###### ② 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

#### 3) 建物・熱源条件の入力

##### 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	計算対象施設	延床面積 (㎡)	用途別床面積 (㎡)						
				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			
E不動産ビル	未定		50,000	50,000						
合計			360,000	240,000	30,000	30,000	0	10,000	50,000	0

##### ② 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 熱源システム構成

- 機器構成及び系統は、設計図書等に記載されたものを用いる。
- 熱源機器の製造熱量及びエネルギー（電力・ガス等）消費量は、JIS等の規格に基づき規定された値もしくはメーカーがJIS規格等に準拠して測定した値を用いる。

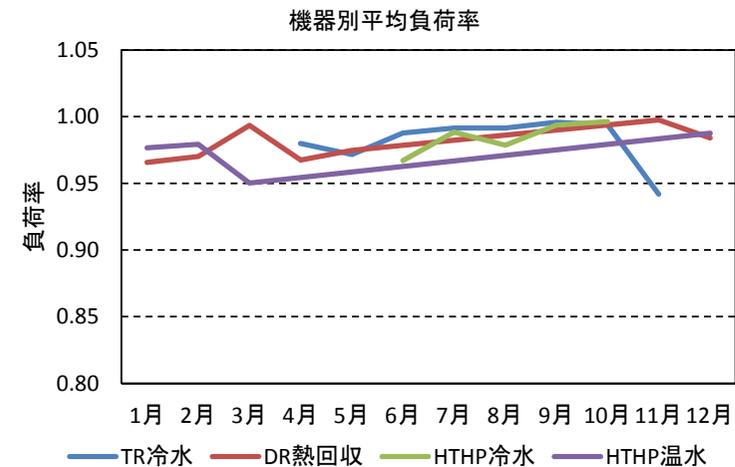
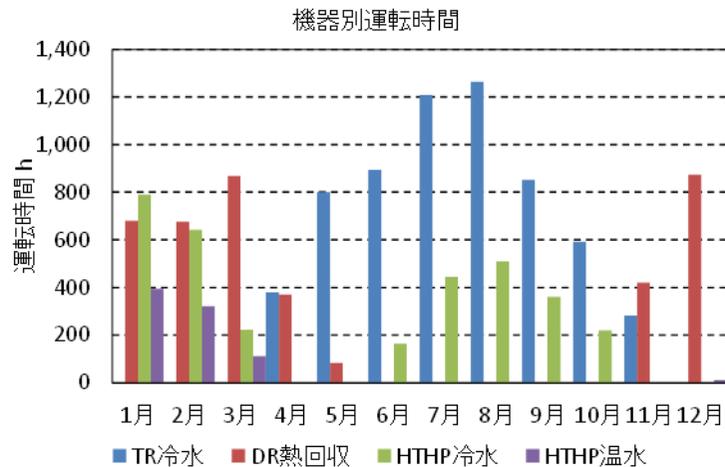
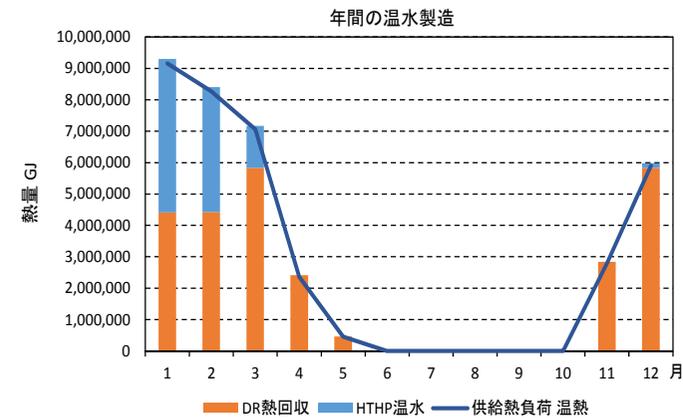
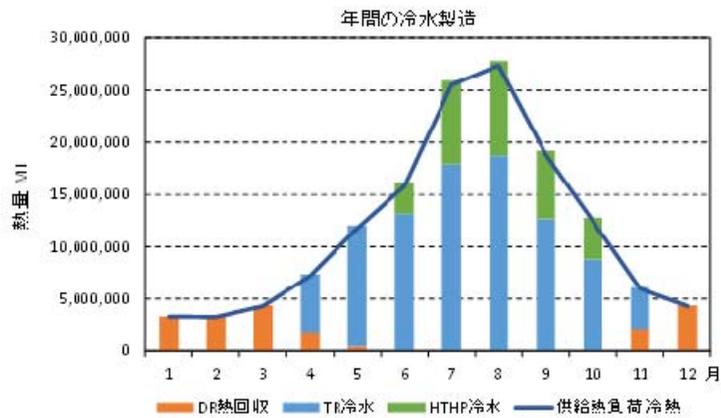
### 3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

#### (2) ガイドライン素案の検討

#### 4) 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。



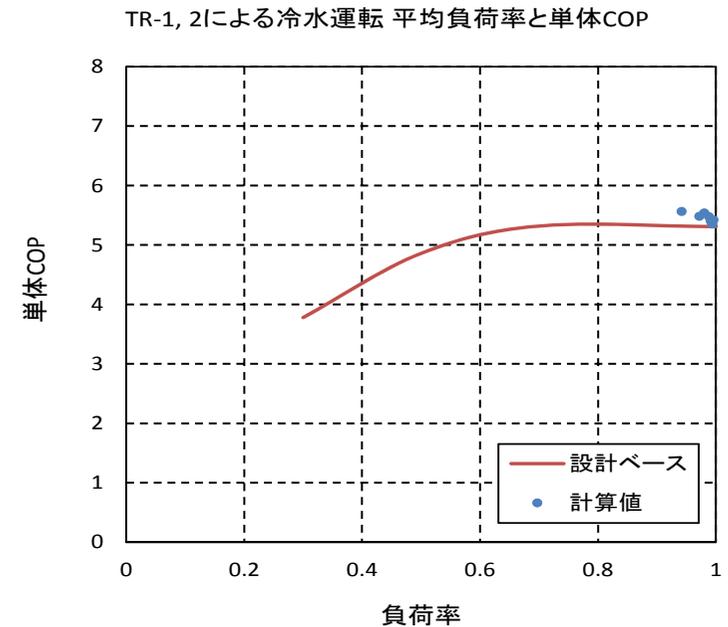
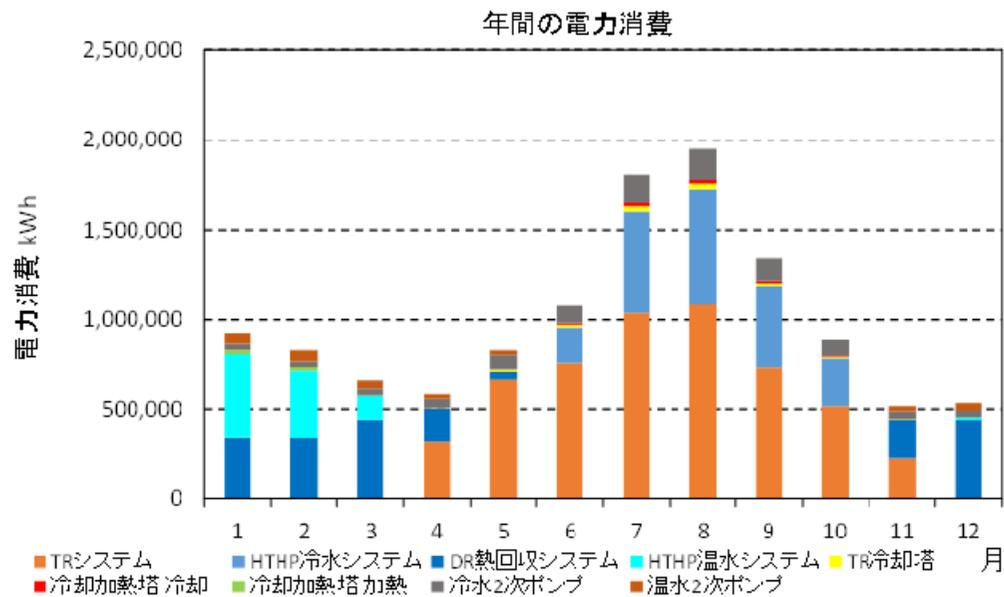
### 3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

#### (2) ガイドライン素案の検討

#### 4) 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

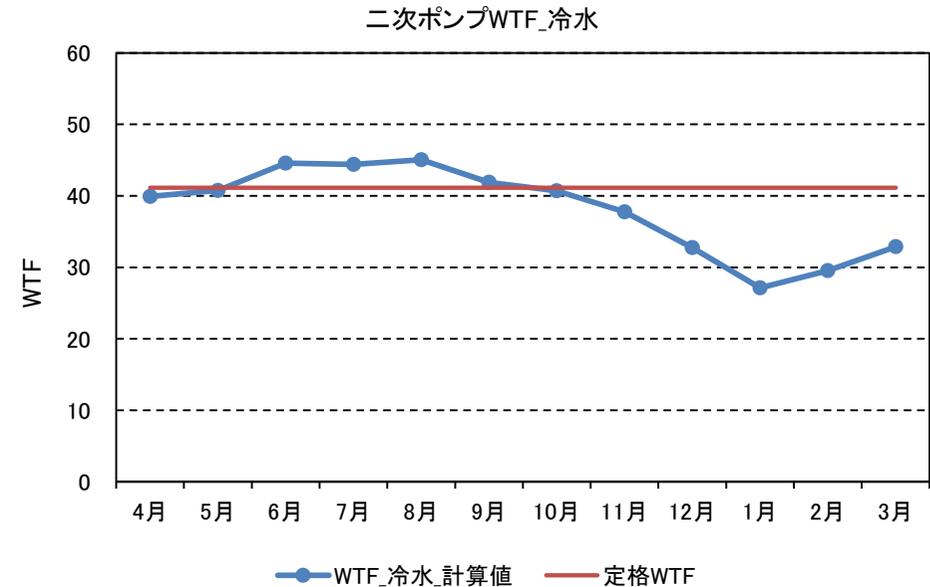
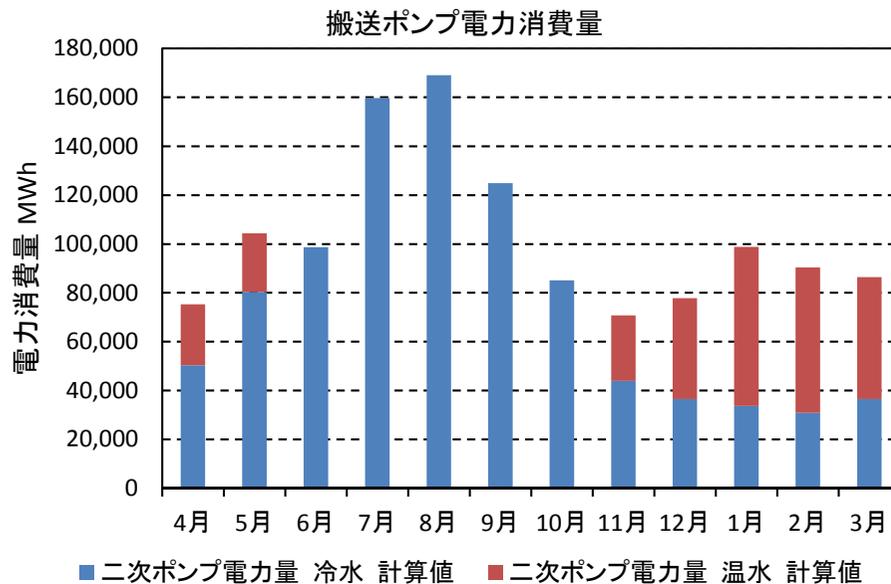
#### 4) 一次エネルギー消費量の算出

##### 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。



### 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

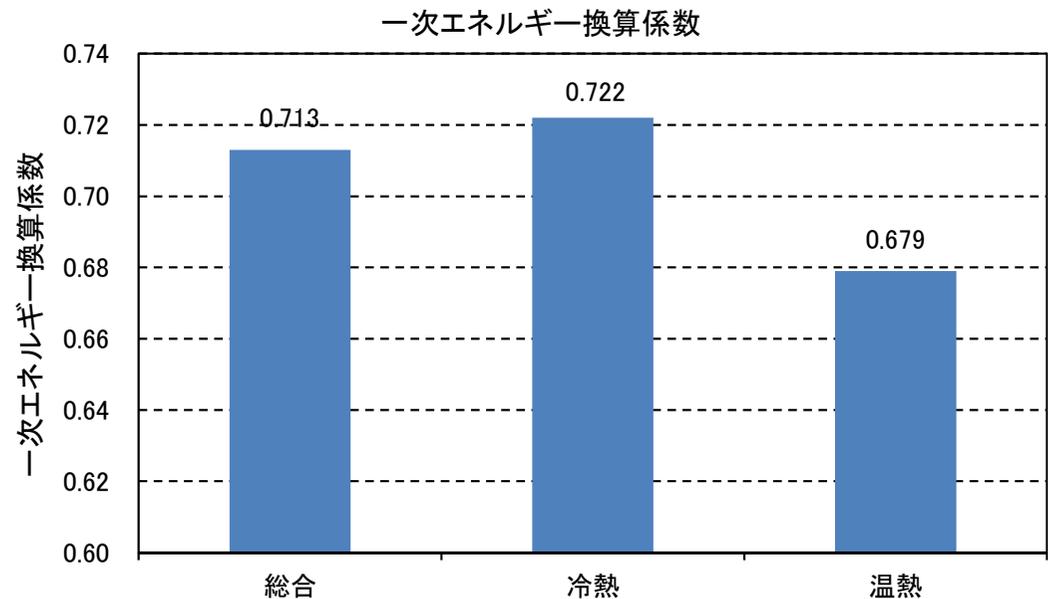
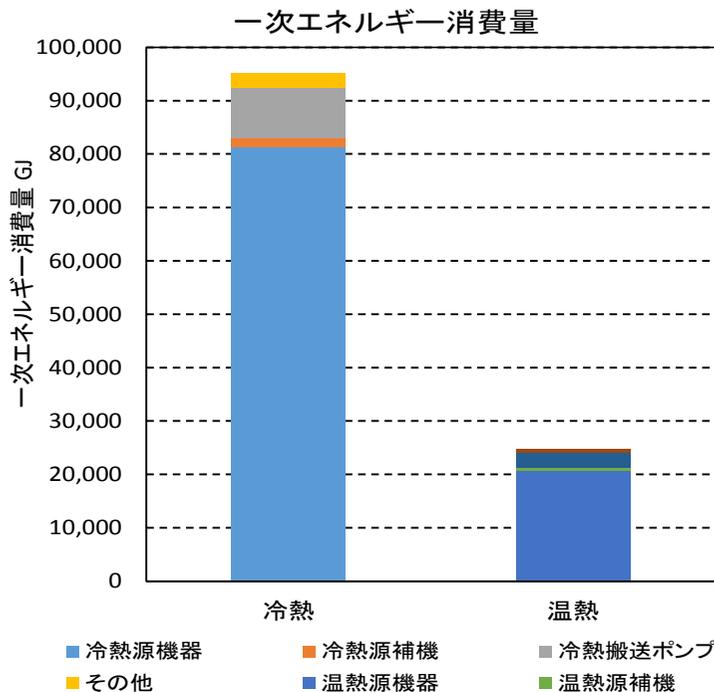
#### 4) 一次エネルギー消費量の算出

#### ⑤ 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。

#### 5) 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

##### 6) 計算結果の提示

- 計算した結果をまとめ、以下の資料を作成する。

#### ① 基本情報

- 熱供給プラントの概要（熱供給事業登録申請書等）
- 対象需要家（配置図、需要家一覧表）
- 熱供給設備（機器表、系統図、自動制御図等）

#### ② 計算条件、計算結果

- 計算に用いた機器の入力データ（能力、エネルギー消費量、COP、温度条件等）
- 地域区分、月別平均気温
- 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）
- 自動制御の種類、制御アルゴリズム
- 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）

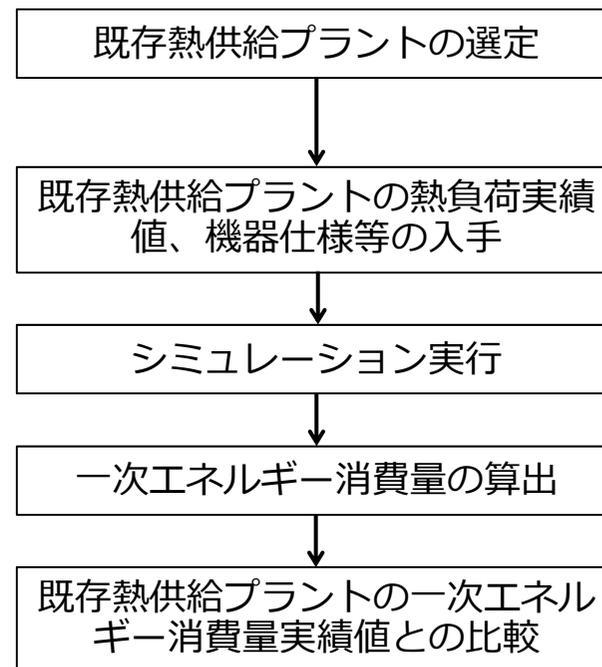
### 3.地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

#### (2) ガイドライン素案の検討

##### 7) 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

#### 7) 計算プログラムの妥当性の検証

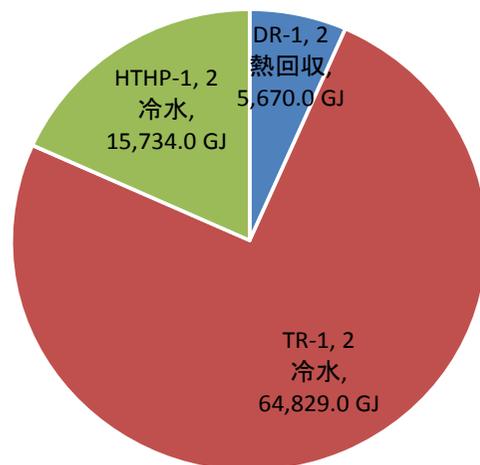
##### ② 熱源機器別製造熱量

- 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。

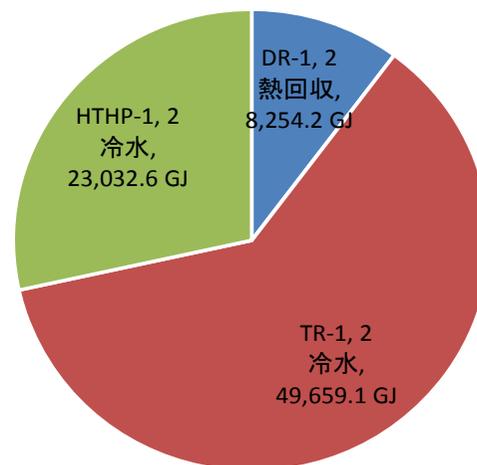
##### ③ 熱源機器別エネルギー消費量

- 熱源機器の単体COPの計算値と実績値との比較を行う。

年間冷水製造熱量\_機器別\_計算値



年間冷水製造熱量\_機器別\_実測値



TR-1, 2による冷水運転の単体COP



### 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) 計算プログラムの妥当性の検証

###### ④ 補機動力のエネルギー消費量

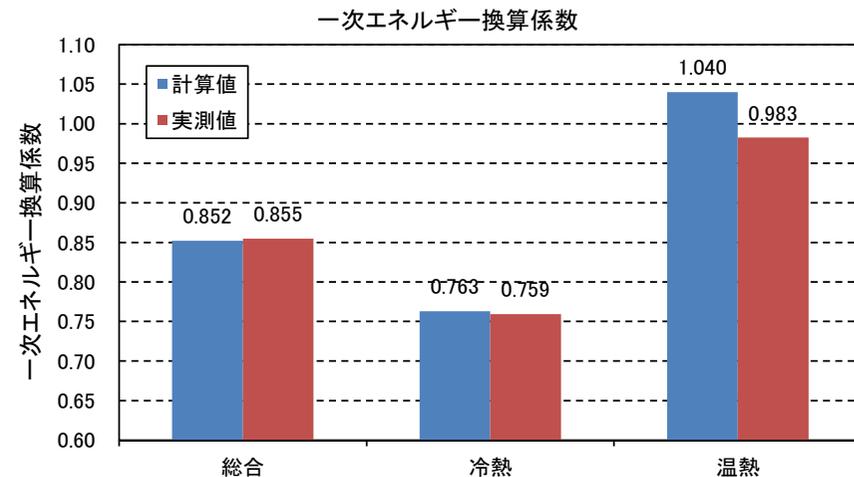
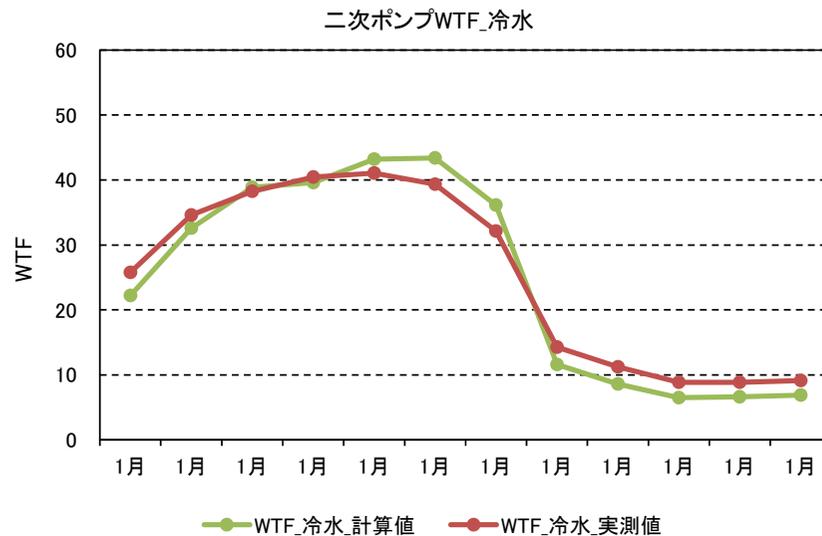
- 熱源機器のシステムCOPの計算値と実績値との比較を行う。

###### ⑤ 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。

###### ⑥ 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。
- 来年度は、以下のような課題について検討を行う。
  - ① 熱負荷の原単位と実態とのかい離
    - 熱負荷原単位と実際の熱負荷とのかい離を解明するため、文献等をもとにした実態調査を行う。
  - ② 蓄熱システム・CGSシステムの評価方法
    - 今年度の検討結果を深度化するため、蓄熱システム及びCGSシステムの計算手順、チェックすべきポイント等を実施する。
  - ③ さまざまな自動制御システムの評価方法
    - 熱供給プラントにおける代表的な制御システムとして、搬送ポンプ制御を取り上げ、より詳細に検討する。
  - ④ 審査チェックリストの作成
    - ガイドライン素案をもとに、審査の際にチェックすべき項目をまとめたチェックリストを作成し、Aプラントでの申請書例を用いて試行する。