

平成24年度建築基準整備促進事業
35.エネルギー消費量推定に必要な設備・機器の
性能指標の要件と活用方法の検討

「設備・機器のエネルギー消費量推定の
検討に資する調査および実験」

平成25年4月15日(月)
場所:三田共用会議所 1階講堂

- **東京大学大学院(工学系研究科建築学専攻准教授 前 真之)**
株式会社住環境計画研究所(取締役副所長 村越千春)
株式会社藤原環境科学研究所(代表取締役 藤原陽三)

※ ○は事業主体における代表事業者

調査の背景と流れ

今後も省エネ効率の高い優れた機器が市場に登場

設備機器ごとに逐一評価を行っていても、年間のエネルギー消費量の評価方法を決定するまでに多大な時間を要し、迅速な対応が難しい

年間のエネルギー性能を評価するにあたり、エネルギー性能に影響を与えるパラメータ等の試験方法と試験結果を活用する一定のルールの検討が必要

〈年間のエネルギー消費量に影響を与える性能値〉
どのような試験に基づき？
どのように担保されているか？
公的に認められた性能値であるか？

- ① 既往の実験結果の活用
- ② 既往文献ならびに有識者へのヒアリングによる試験方法等の調査
- ③ エネルギー消費に影響を与えるパラメータを特定するための実験
- ④ 利用者に対するアンケート調査や有識者へのヒアリング調査による実態の把握

調査結果を基に、試験方法とその試験結果を年間エネルギー性能の評価にどのように活用するかを検討

事業の目的

住宅および建築物における設備・機器のエネルギー性能評価手法の整備に資することを目的に、エネルギー消費に影響を与える性能値について、「エネルギー性能の評価に用いる指標としては不十分なもの」「そもそも指標がないもの」の観点から既往の試験方法および試験条件等を整理し、年間のエネルギー性能を評価するにあたっての性能値の試験方法および試験結果の活用方法について検討を行う。

<報告書の構成>

第1章. 事業の目的と概要

第2章. 暖房設備・機器の試験方法作成のための実験および調査

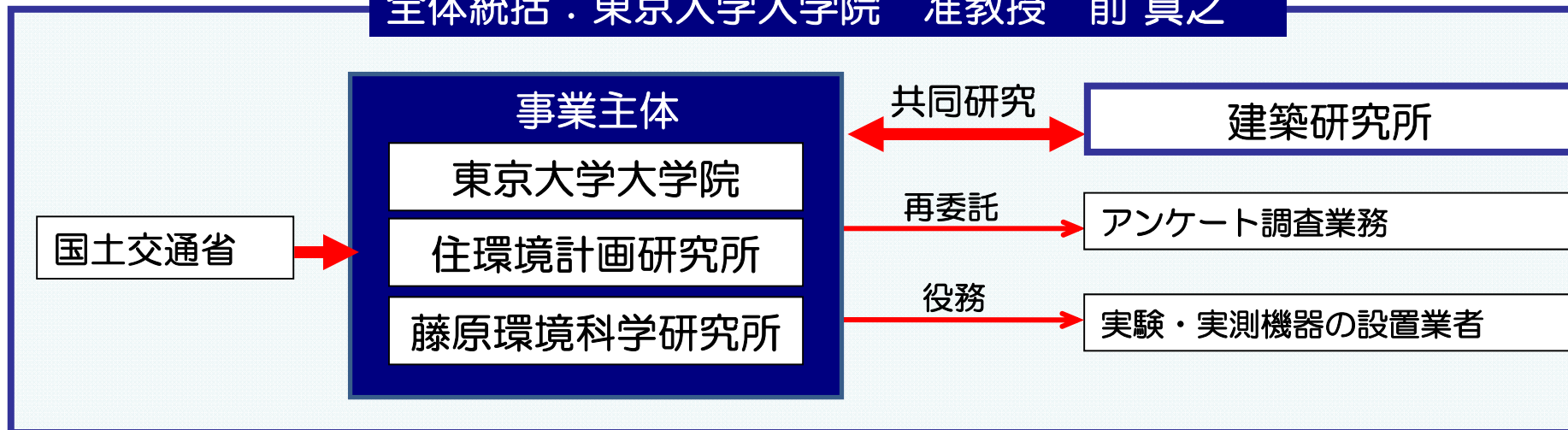
- 2.1 ガス熱源機
- 2.2 石油熱源機
- 2.3 ヒートポンプ式セントラル空調システム
- 2.4 床暖房パネル

第3章. 給湯設備・機器の試験方法作成のための実験および調査

- 3.1 給湯設備・機器の使い方調査
- 3.2 節湯型水栓
- 3.3 太陽熱利用設備

事業実施体制

全体統括：東京大学大学院 准教授 前 真之



調査内容と分担業務の内容	東大	住環研	藤原研
1. 設備・機器の試験方法作成のための実験および調査	●	●	●
2. エネルギー性能の評価に十分な試験基準としての要求事項とその活用方法の作成	●	●	●
・暖冷房設備に係る調査		○	○
・給湯設備に係る調査	○		
3. 取り纏め	●	●	●

調査フロー：

(イ) 設備・機器の試験方法作成のための実験および調査
＜調査対象設備＞住宅の暖冷房設備及び給湯機器等

既往実験※並びに追加的実験の結果を解析し、エネルギー性能に影響を与える要因等を特定
※平成23年度の実験結果等

実験結果を基に、年間エネルギー消費量を推定するためのモデル式の構築や精度の検証を実施

年間エネルギー消費量の評価方法を提案

↓ 結果の反映

(ロ) エネルギー性能の評価に十分な試験基準としての要求事項とその活用方法の作成

上記(イ)の結果を基に、性能値の特定方法を検討し、
既存試験基準の修正案や新たな試験基準、また、性能値の簡易推定方法などを検討

試験基準としての要求事項等を整理・検討

住宅設備・機器のエネルギー性能評価手法の整備に資する資料として取り纏め

暖房設備・機器の調査:ガス熱源機

既往試験データを用いてエネルギー性能等に影響を与える要因やガス熱源機のモデル化の検討を行い、年間エネルギー消費量の評価方法及び、年間エネルギー消費量を求めるために必要な効率曲線を導出するための試験方法の検討を行った。

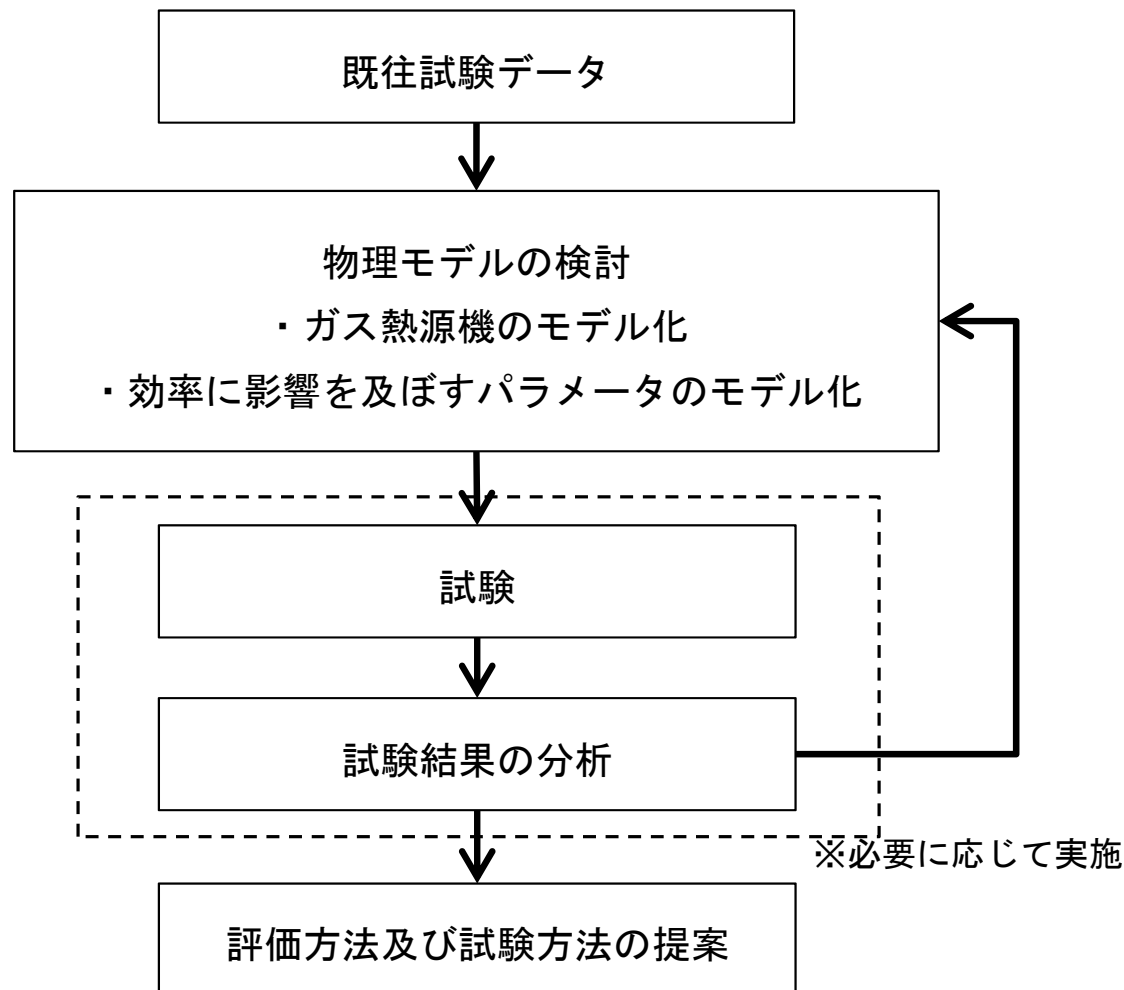


図. 調査検討フロー

暖房設備・機器の調査:ガス熱源機

ガス熱源機の熱収支モデルからガス消費量と暖房出力の関係式を構築した。実験結果で求めた傾きは熱交換効率 (η_{ex})、切片は筐体放熱ロス (Q_{body}) に相当すると考えられる。

実験結果からガス消費量と暖房出力は一次式で近似可能なことが分かる。

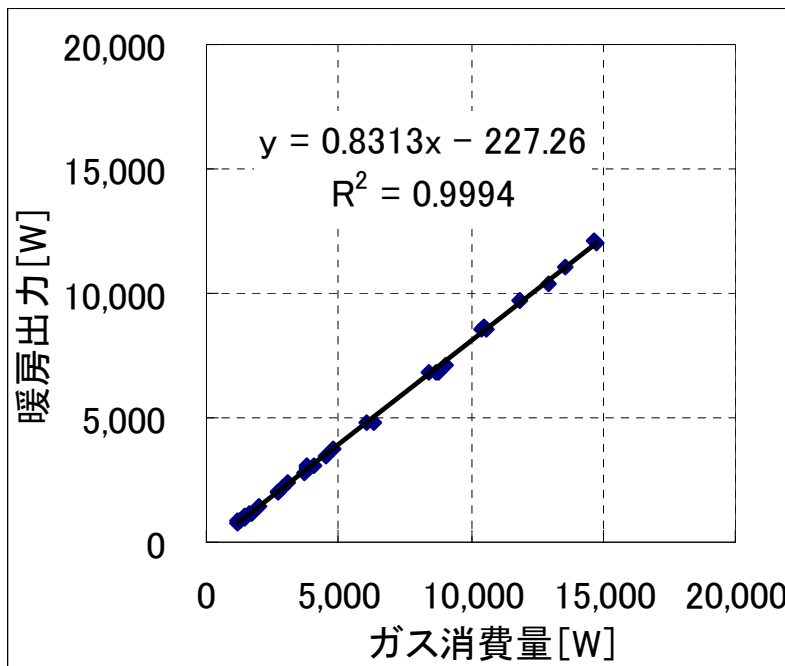


図. 実験結果 (ガス消費量と暖房出力の関係)
※従来型ガス熱源機、雰囲気温度8℃

$$Q_{out} = Q_{in} - Q_{exhaust} - Q_{body}$$



$$Q_{out} = Q_{in} \times \eta_{ex} - Q_{body}$$

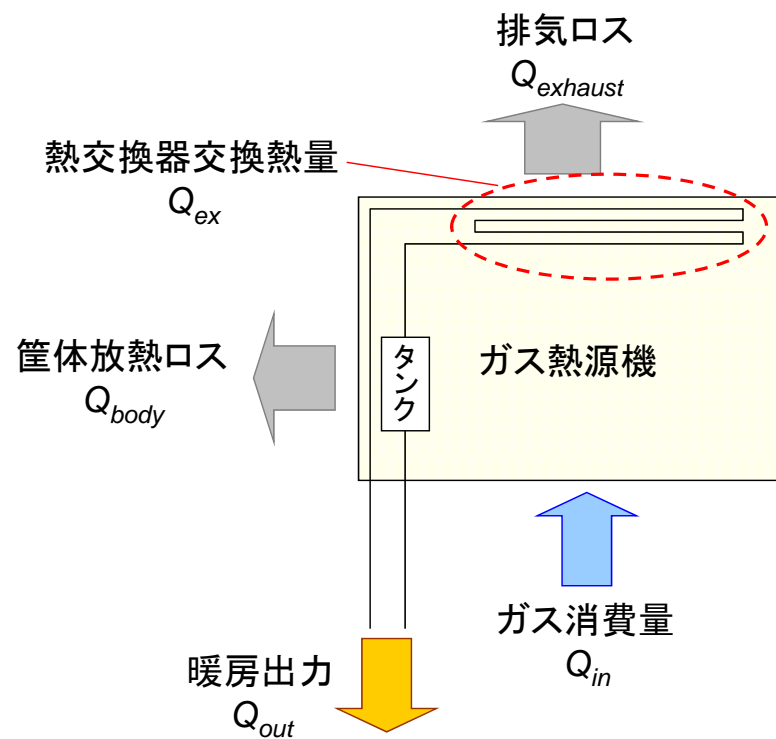


図. ガス熱源機の熱収支モデル

暖房設備・機器の調査:ガス熱源機

筐体放熱ロス (Q_{body}) を求める試験方法の検討を行う。ポイントは下記のとおり。

- ・電気ヒータの電力消費量を計測
- ・筐体外からの放熱を除くための校正を行う (バイパス試験の実施)
- ・排気ロスを含まない

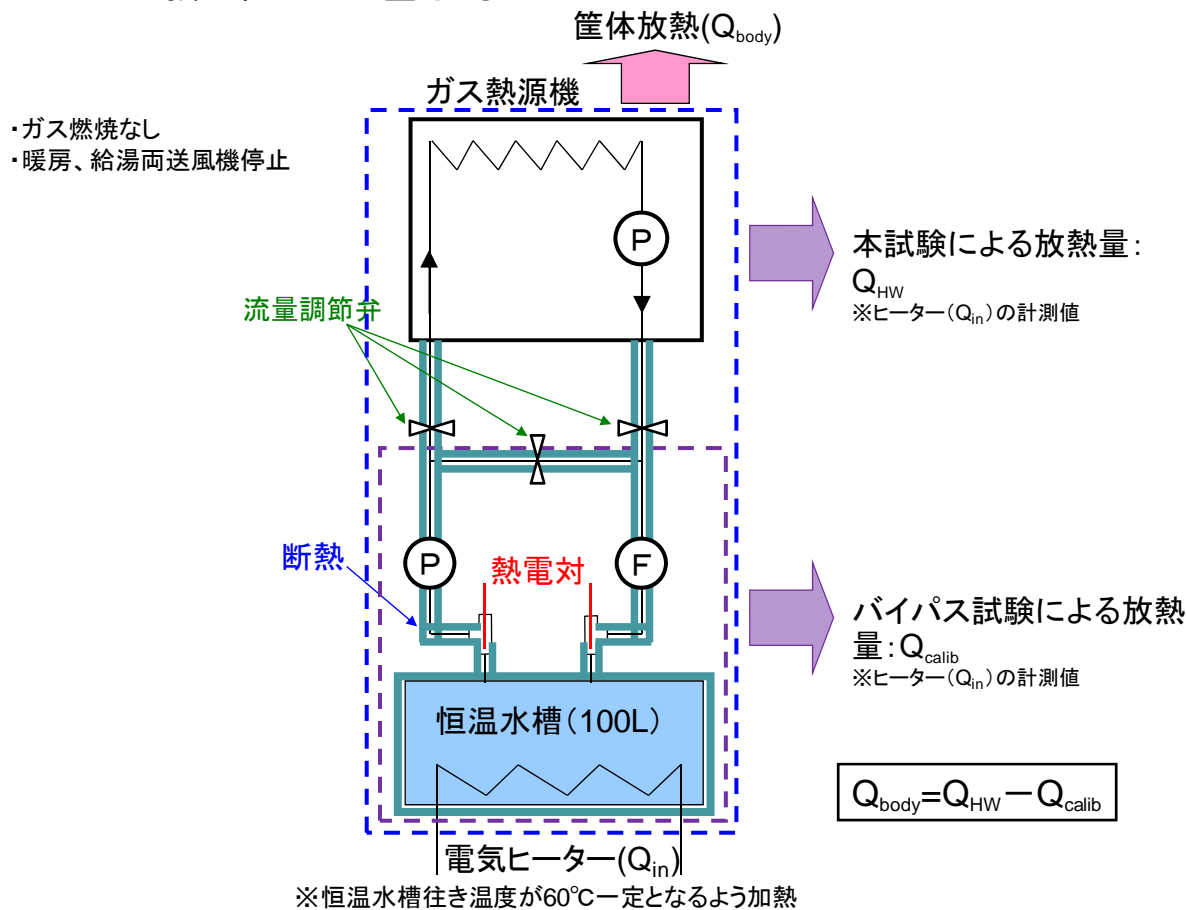


図. 筐体放熱試験概要

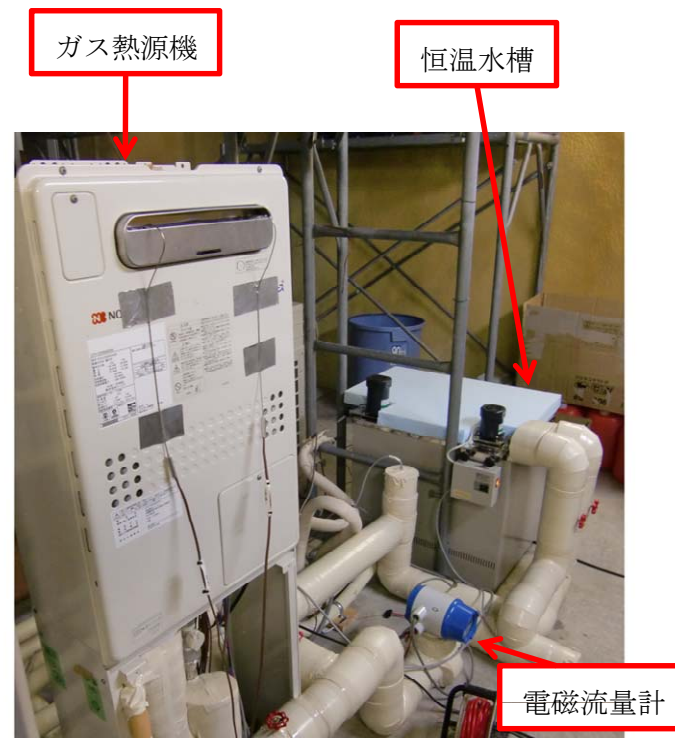


図. 筐体放熱試験写真

暖房設備・機器の調査:ガス熱源機

表. 筐体放熱試験の試験結果 (実験10)

	バイパス試験	本試験
恒温水槽_ヒーター+攪拌機 [W]	438	562
筐体周辺温度 [°C]	8.0	8.0
筐体周辺相対湿度 [°C]	42.3	45.1
冷媒流量 [L/min]	3.0	3.0
攪拌機電流値 [A]	0.72	0.74
恒温水槽戻り冷媒温度 [°C]	60.1	59.5
恒温水槽行き冷媒温度 [°C]	60.4	60.3

筐体放熱ロス (Q_{body})

$$\begin{aligned}
 &= \text{本試験の消費電力[W]} - \text{バイパス試験の消費電力[W]} \\
 &= 562\text{W} - 438\text{W} \\
 &= 124\text{W}
 \end{aligned}$$

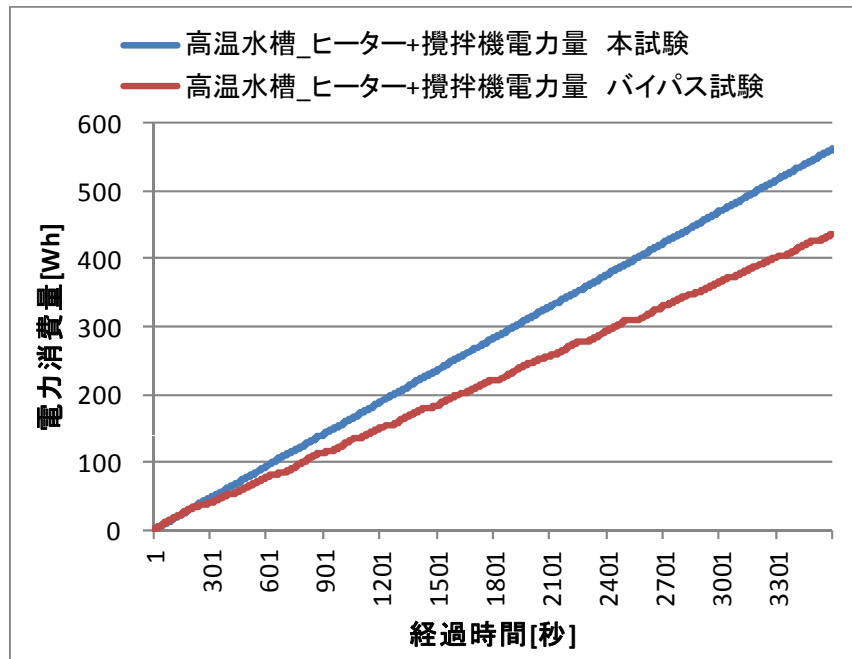


図. 試験結果 (電力量)

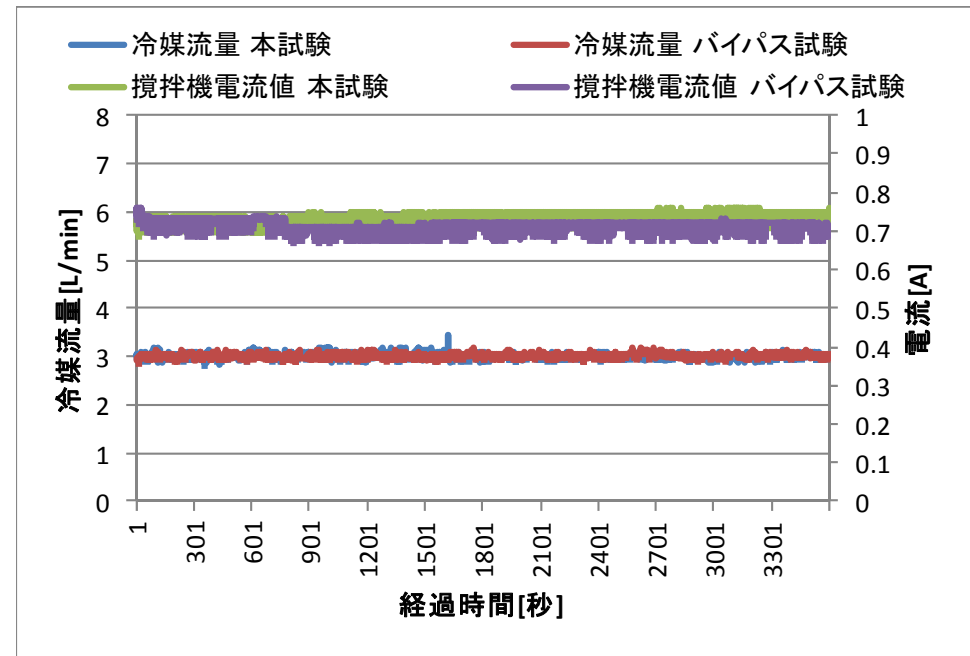


図. 試験結果 (筐体周辺温度及び相対湿度)

暖房設備・機器の調査:ガス熱源機

従来型ガス熱源機、潜熱回収型ガス熱源機の2機種について試験を行った。

表. 筐体放熱試験の試験結果まとめ

従来型ガス熱源機

実験番号	実験種類	試験条件						試験結果					筐体放熱(W)
		雰囲気温度	出湯温度	流量 (l/min)	内部循環ポンプ	リモコン目盛り	温水供給運転率	雰囲気温度(°C)	恒温水槽往き温度(°C)	流量 (l/min)	攪拌機電流値(A)	恒温水槽消費電力(W)	
1	0 バイパス試験	8	60	7	ON	9	1.000	8.0	60.4	6.9	0.73	445	58
	8.2							60.4	7.0	0.73	503		
3	0 バイパス試験	8	60	3	ON	9	1.000	7.7	60.3	2.9	0.73	425	76
	7.7							60.3	2.9	0.71	501		
4	0 バイパス試験	8	60	3	OFF	9	1.000	7.7	60.3	2.9	0.73	425	97
	7.8							60.3	3.1	0.75	522		
5	0 バイパス試験	20	60	7	ON	9	1.000	20.1	60.3	6.9	0.75	370	24
	20.1							60.3	7.0	0.74	394		

潜熱回収型ガス熱源機

7	0 バイパス試験	8	60	7	ON	9	1.000	8.1	60.4	6.9	0.73	438	63
	8.1							60.4	6.9	0.73	501		
9	0 バイパス試験	8	60	3	ON	9	1.000	8.0	60.4	3.0	0.72	438	56
	8.0							60.4	3.0	0.73	494		
10	0 バイパス試験	8	60	3	OFF	9	1.000	8.0	60.4	3.0	0.73	438	124
	8.1							60.3	3.0	0.73	562		
11	0 バイパス試験	20	60	7	ON	9	1.000	20.1	60.3	7.0	0.74	366	19
	20.2							60.3	7.0	0.72	385		

※黄色の背景色は同じ試験値を使用。

「筐体放熱試験による筐体放熱」が「効率試験の実験結果から回帰式で求めた筐体放熱（スライド7.左グラフ）」に比べて低いのは、ガス熱源機内部の送風機ファンが停止し熱伝達率が低くなっている影響と考えられ、今後の検討課題である。

暖房設備・機器の調査:ガス熱源機

現行の効率試験と新たに提案する筐体放熱試験を用いることで、ガス消費量と出力の関係式を求め、出力に応じたエネルギー消費量の推定が可能となる。

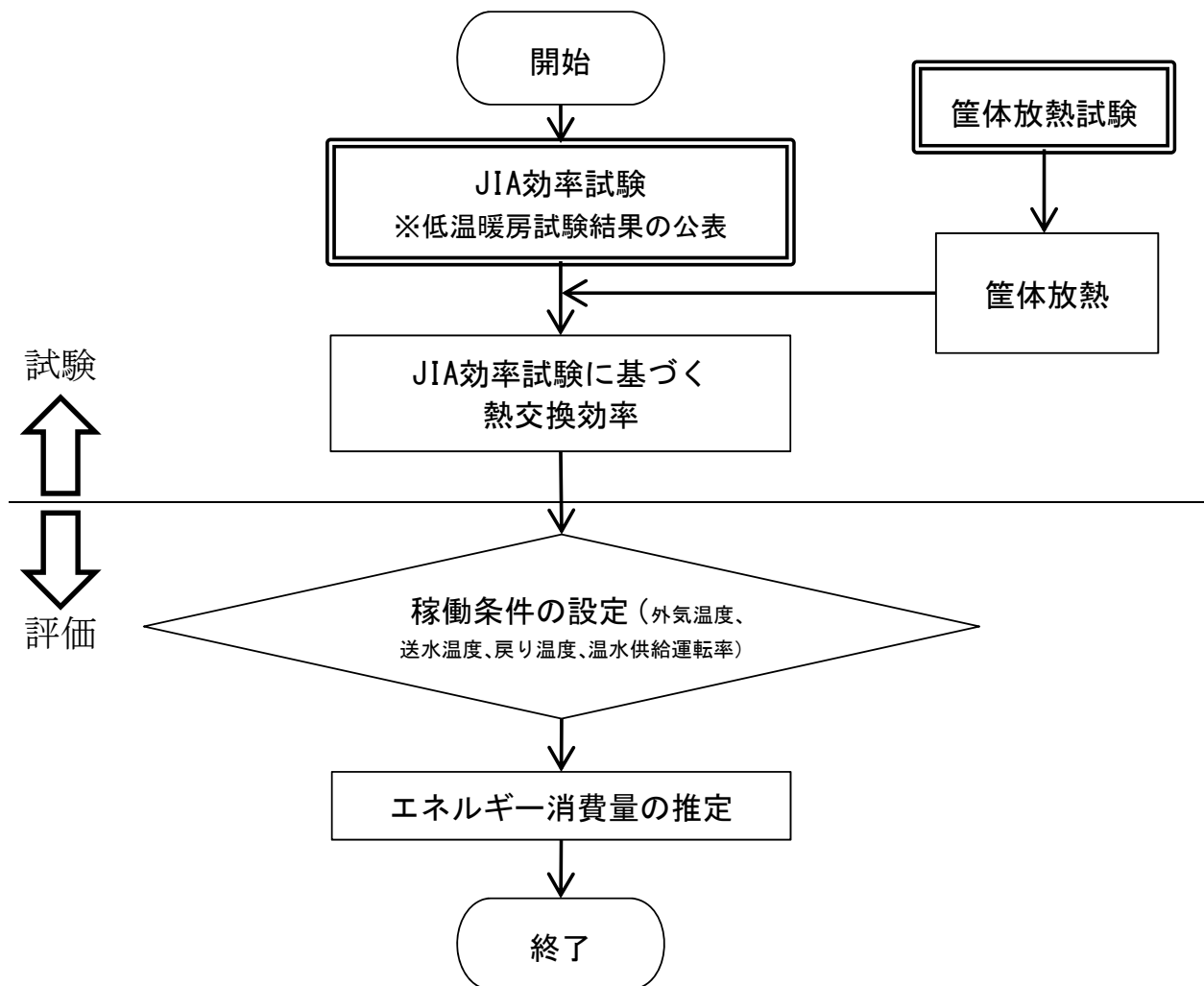


図. エネルギー消費量推定のための同定フロー

注) 図中の二重枠は試験を示す。

石油熱源機（株）藤原環境科学研究所

既往試験データを用いてエネルギー性能等に影響を与える要因や石油熱源機のモデル化の検討を行い、また、検討結果に基づき、追加の筐体放熱量測定試験を実施し、得られた結果から、年間エネルギー消費量を求めるために必要な効率曲線を導出するための試験方法の検討を行った。

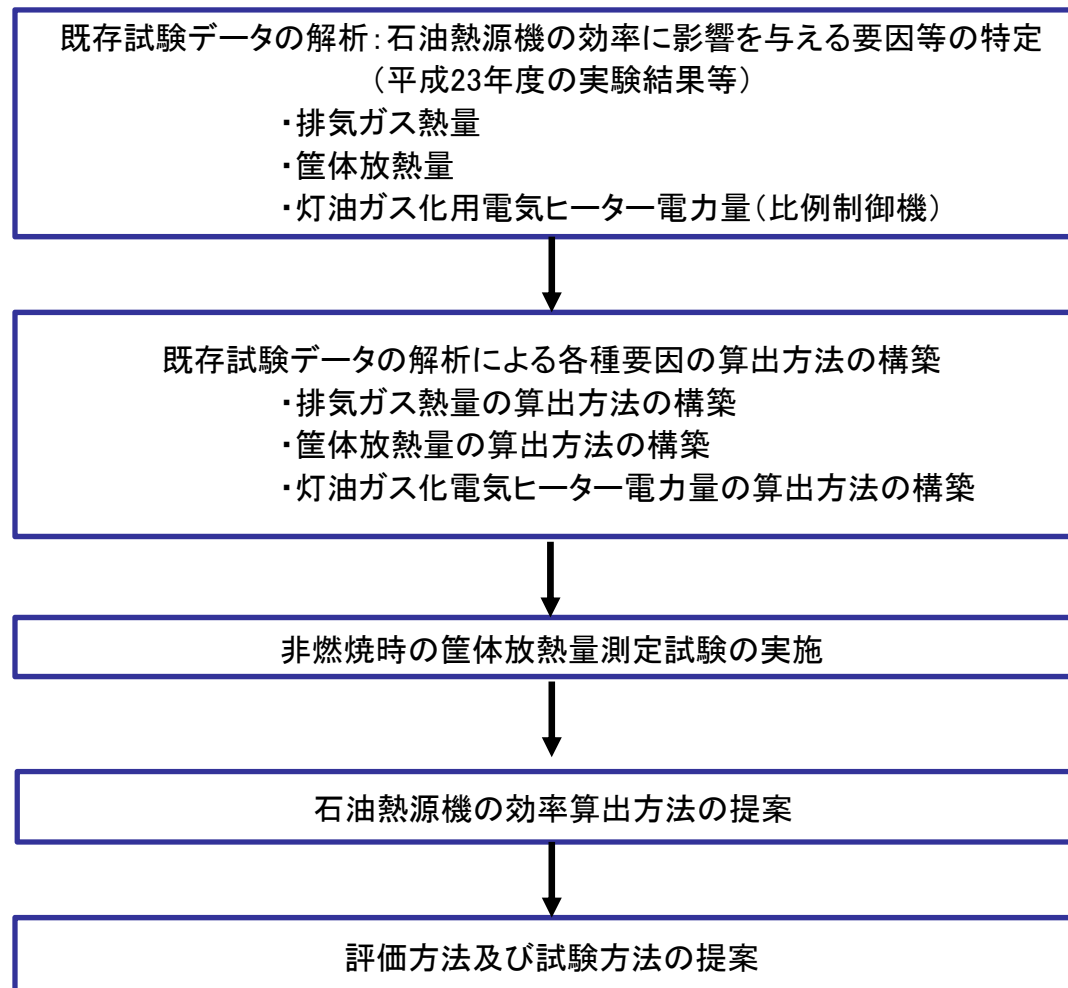
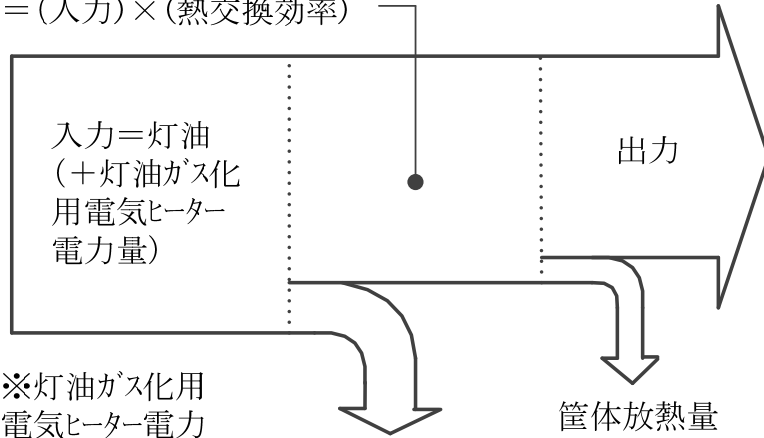


図. 調査検討フロー

暖房設備・機器の調査:石油熱源機

1. 2機種詳細試験における筐体放熱量と排気ガス熱量

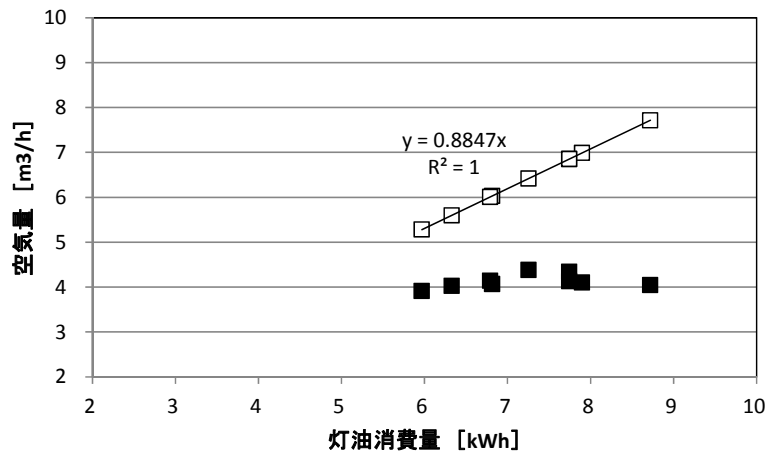
$$\begin{aligned} & (\text{入力}) - (\text{排ガス損失熱量}) \\ & = (\text{入力}) \times (\text{熱交換効率}) \end{aligned}$$



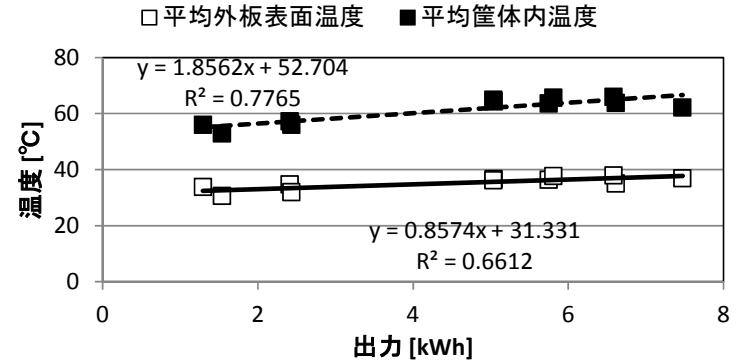
※灯油ガス化用
電気ヒーター電力
量は気化式、回
転霧化式のみ

No.1(気化式)

□理論空気量 ■過剰空気量



No.1(気化式) 送水温度60℃



試験出力が低下するにつれ平均筐体
空気温度及び平均外板表面温度とも
に低下している。

No.5(圧力噴霧式)

□理論空気量 ■過剰空気量

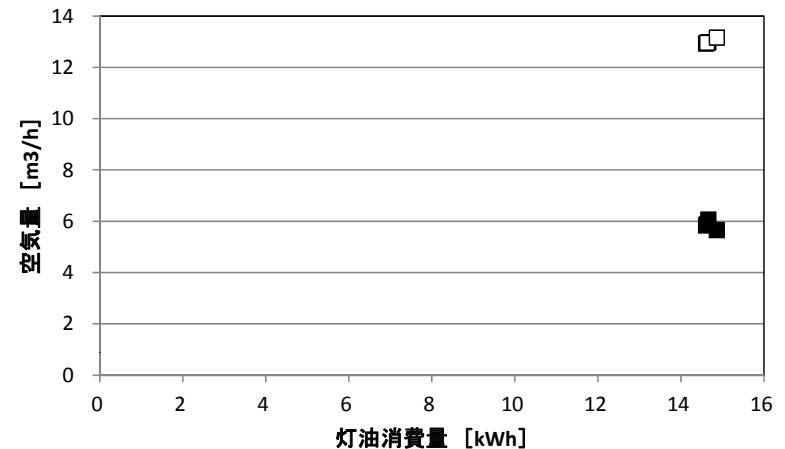


図. 灯油消費量と理論空気量及び過剰空気量の関係

暖房設備・機器の調査：石油熱源機

$$q_{in} = q_{touyu} + q_{heater}$$

$$q_{in} = q_{out} + q_{ex} + q_{body}$$

$$q_{body} = q_{touyu} + q_{heater} - (q_{out} + q_{ex})$$

q_{in} : 入力 [kW] q_{body} : 筐体放熱量 [kW]

q_{touyu} : 灯油消費量 [kW]

q_{heater} : 電気ヒーター電力量(灯油ガス化用) [kW]

q_{out} : 出力 [kW] q_{ex} : 排気ガス熱量 [kW]

- 排気ガス熱量と筐体放熱量ともに、温水流量の違いによる顕著な違いはみられないが、送水温度が高い方が排気ガス熱量、筐体放熱量ともに大きくなる。
- 出力の高いところでは、筐体放熱量よりも排気ガス熱量の方が大きく、出力の低いところでは、筐体放熱量が大きくなっている。

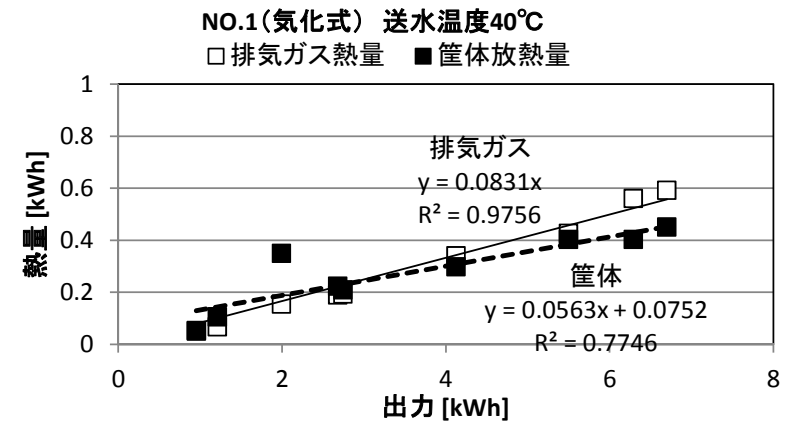
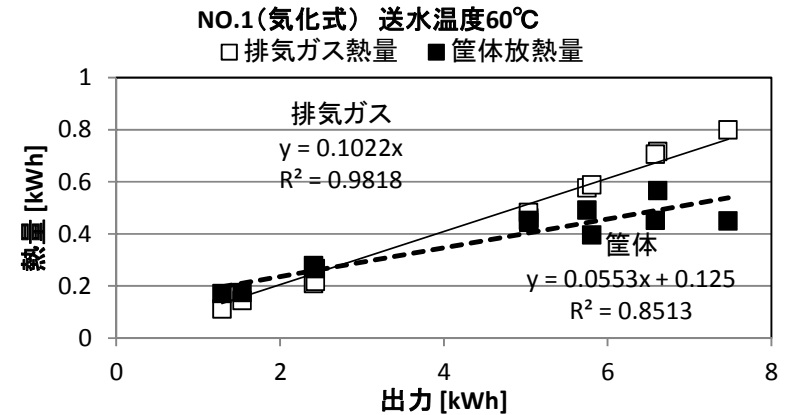


図 熱源機出力に対する排気ガス熱量と筐体放熱量の関係

暖房設備・機器の調査:石油熱源機

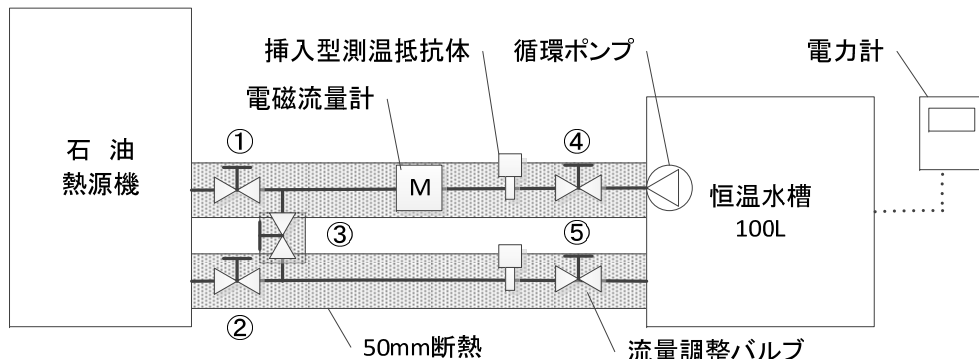
2. 非燃焼時の筐体放熱量測定試験

バルブ操作

○熱源機筐体熱損失測定時 開:①、②、④、⑤ 閉:③

○配管部熱損失測定時 開:②、③、④、⑤ 閉:①

※流量調整は、④のバルブで行う。



No.1_目標流量10.65L/min_目標周辺温度15℃

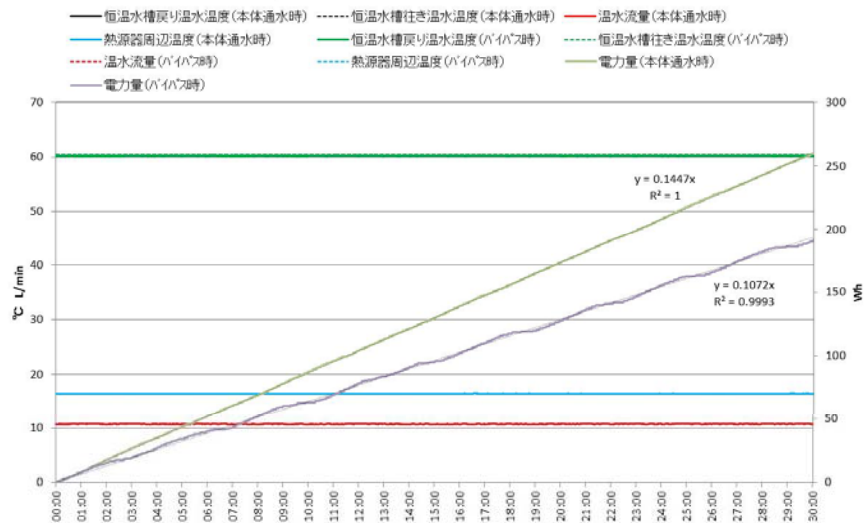
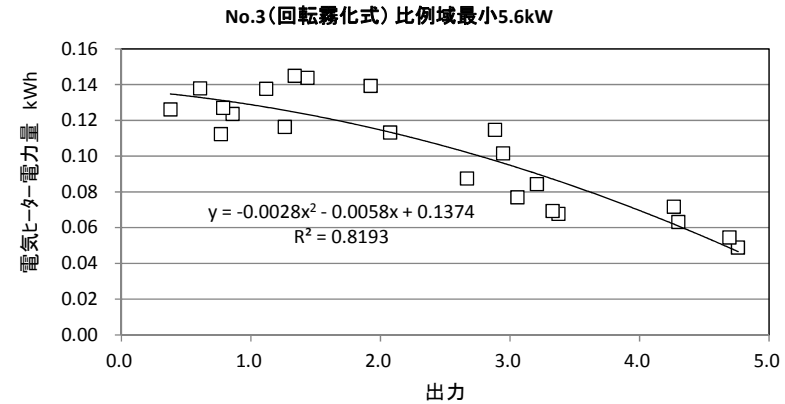
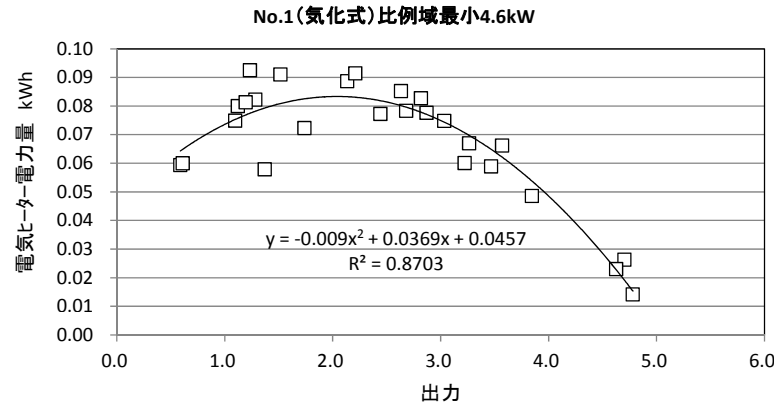


表 非燃焼時の筐体放熱量測定試験結果

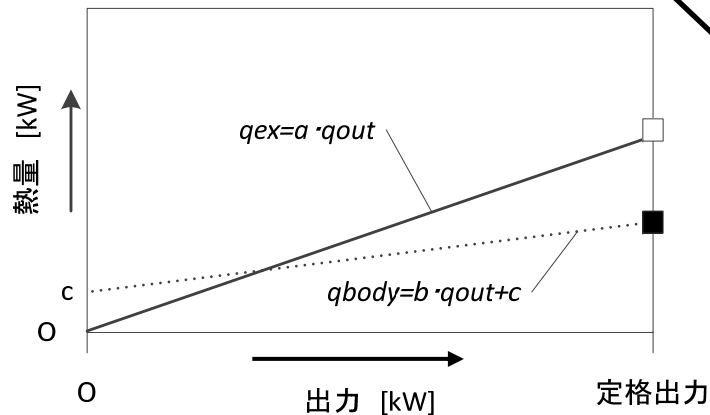
試験機 番号	定格 能力	温水温 度	流量	周囲温度	筐体 放熱量
	kW	℃	L/min	℃	Wh
1	7.43	60.40	10.67	16.57	135.00
		60.11	5.29	16.88	144.00
		60.43	10.68	6.82	163.08
		60.39	5.32	6.89	160.56
2	11.6	60.41	12.36	15.02	151.56
		60.40	6.19	15.92	149.40
		60.46	12.35	6.45	183.60
		60.40	6.13	6.27	171.00
3	11.6	60.25	12.01	16.27	113.04
		60.10	5.77	17.42	119.52
		60.17	11.65	7.26	117.00
		60.14	5.81	6.98	135.36
5	13.4	60.39	14.09	16.38	165.60
		60.38	9.60	16.29	184.68
		60.43	14.10	6.82	229.32
		60.36	9.59	7.20	176.04
6	10.8	60.38	13.22	18.02	164.88
		60.32	6.59	18.11	157.68
		60.45	13.24	7.30	178.56
		60.40	6.61	6.87	193.32
7	17.4	60.41	14.45	15.48	165.60
		60.33	8.33	16.45	153.72
		60.48	14.47	6.37	185.40
		60.35	8.26	6.24	205.92

3. 電気ヒーター用電力量と出力との関係

$$q_{heater} = a2 \cdot q_{out}^2 + b2 \cdot q_{out} + c2$$



4. 排気ガス熱量と筐体放熱量



- a：定格運転時の排気ガス熱量と原点を結んだ近似直線の傾き
- b：定格出力時の筐体放熱量と非燃焼時の筐体放熱量の点を結ぶ近似線の傾き
- c：非燃焼時の筐体放熱量 [kWh]

係数 $a2$ 、 $b2$ 、 $c2$ は、機器による固有値であるため、比例制御機のON-OFF域内の3点程度（目安として75%、50%、25%程度の出力）の実験値によって決定する。

$$a = \frac{q_{ex-rtd}}{q_{out-rtd}} \quad q_{ex} = \frac{q_{ex-rtd}}{q_{out-rtd}} \cdot q_{out}$$

q_{ex-rtd} ：定格出力時の排気ガス熱量 [kW]

$q_{out-rtd}$ ：定格出力 [kW]

$$q_{body} = a1 \cdot q_{out} + b1$$

係数 $a1$ 、 $b1$ は、石油熱源機の定格出力時とその他の3～4点の出力時における筐体放熱量と出力の関係から実験的に求められる。

$b1=c$ は、非燃焼時の筐体放熱量測定試験で得られる。

5. 石油熱源機の効率算出

一次換算効率： e_{hs-1}

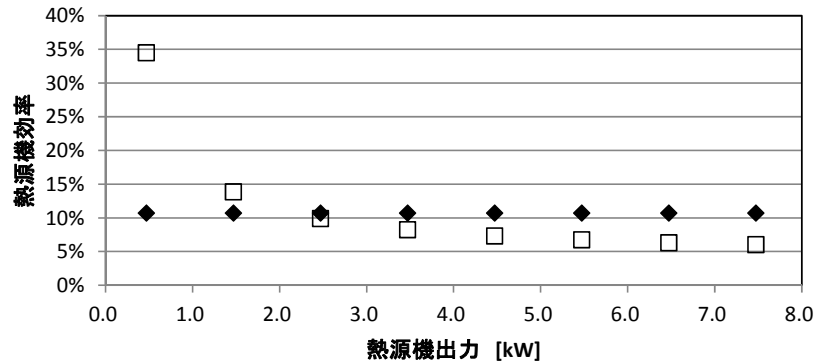
$$e_{hs-1} = \frac{q_{out} \times 3,600}{q_{touyu} \times 3,600 + q_{heater} \times 9,760} \times 100$$

二次換算効率： e_{hs-2}

$$e_{hs-2} = \frac{q_{out}}{q_{touyu} + q_{heater}} \times 100$$

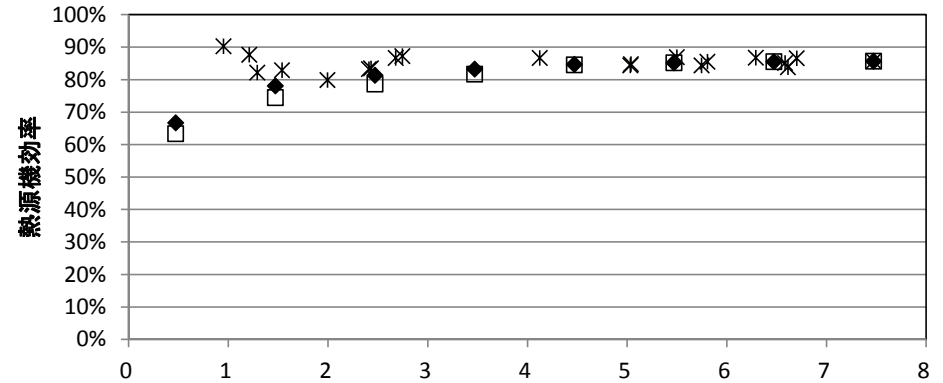
No.1(気化式)

◆ 出力に対する排気ガス熱量の比 □ 出力に対する筐体放熱量の比

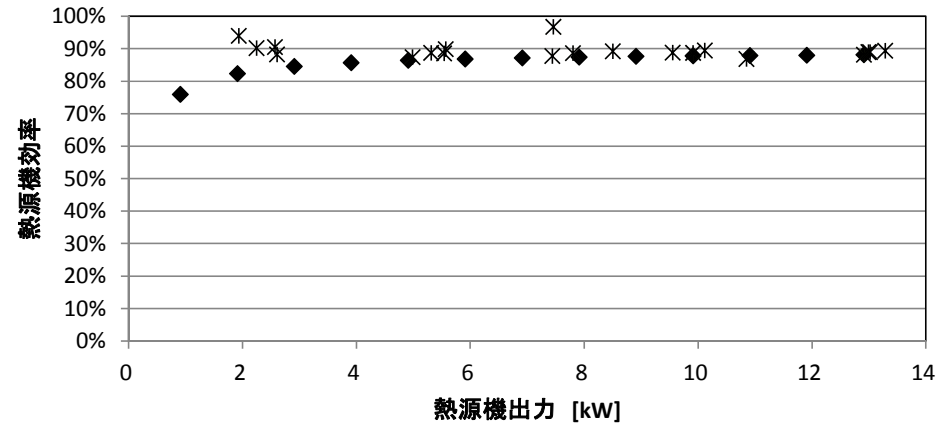


石油熱源機の効率を向上させるためには、筐体放熱量を抑えることが重要である

◆ No.1(近似式：電気ヒーター二次換算) □ No.1(近似式：電気ヒーター一次換算)
* No.1(2機種詳細試験)



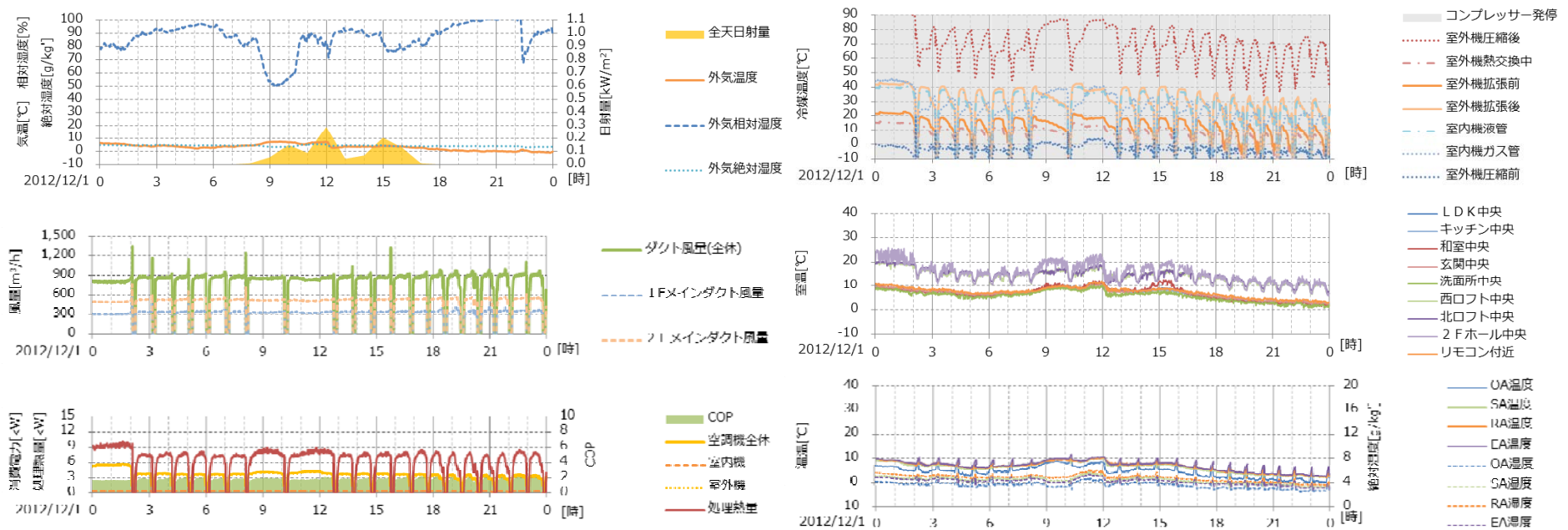
◆ No.5(近似式) * No.5(2機種詳細試験)



暖房設備・機器の調査:ヒートポンプ式セントラル空調システム

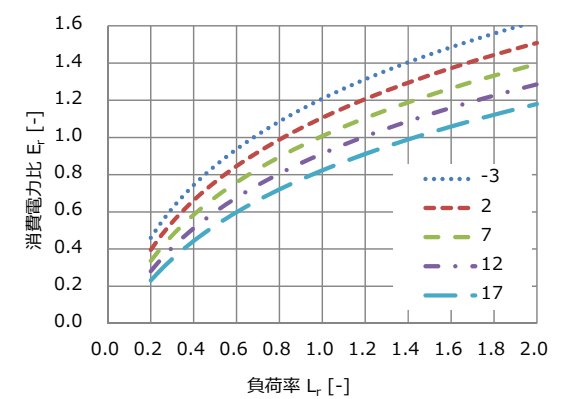
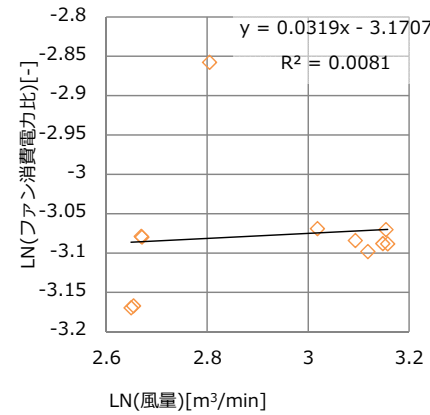
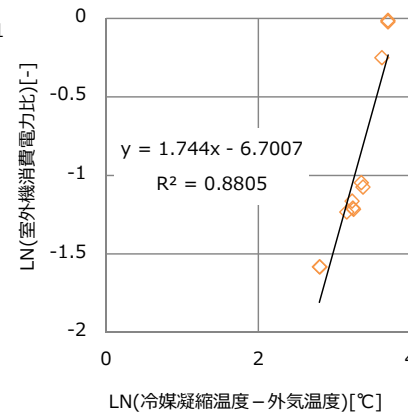
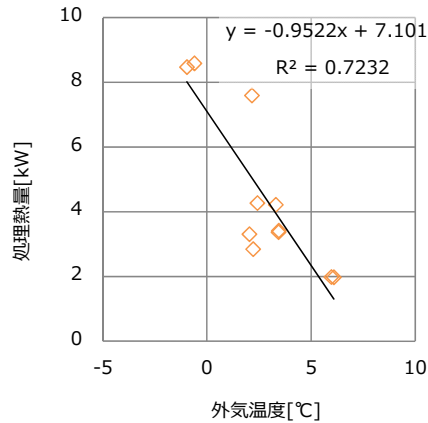
■ 検討内容 ■

- 実測データを基に外気温度、外気湿度（冷房時）、負荷率、冷媒温度の関係から室外機と送風機の消費電力を予測し、それらを合算し空調機器全体の消費電力を予測した。
- 空調システムの圧力損失が空調の能力に与える影響を検討した。

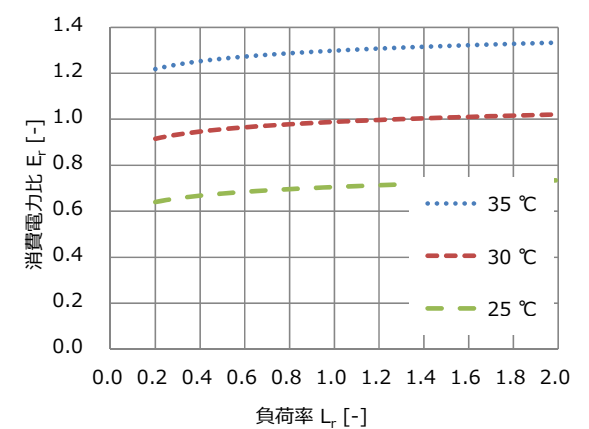
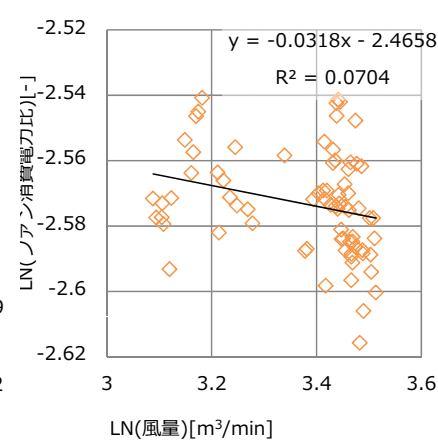
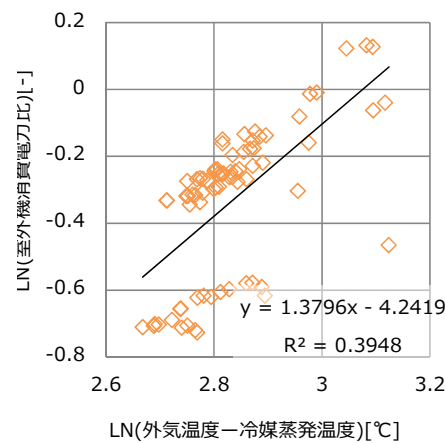
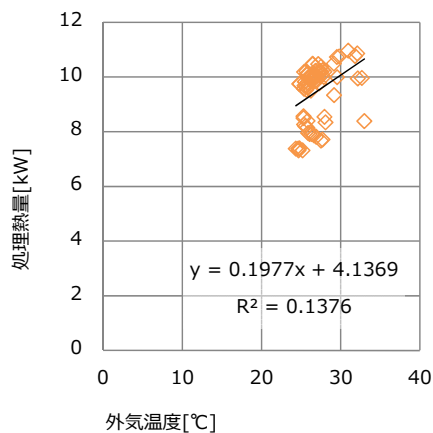


〈暖房期の計測データ例〉

■暖房■



■冷房■



〈外気温度と処理熱量
の関係〉

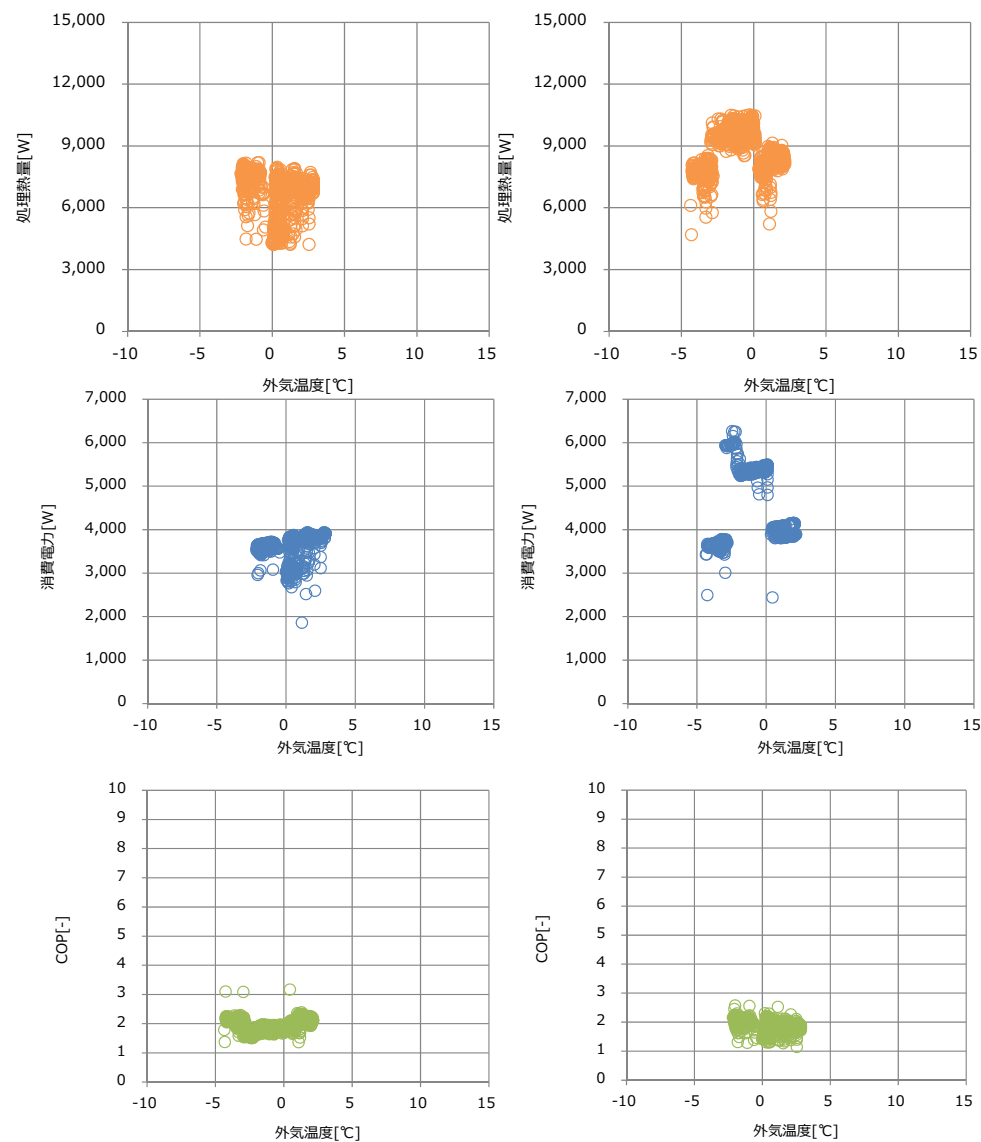
〈冷媒温度、外気温度と
室外機消費電力の関係〉

〈風量と送風機消費電力
の関係〉

〈消費電力比の予測〉

■ 圧力損失の空調機器への影響 ■

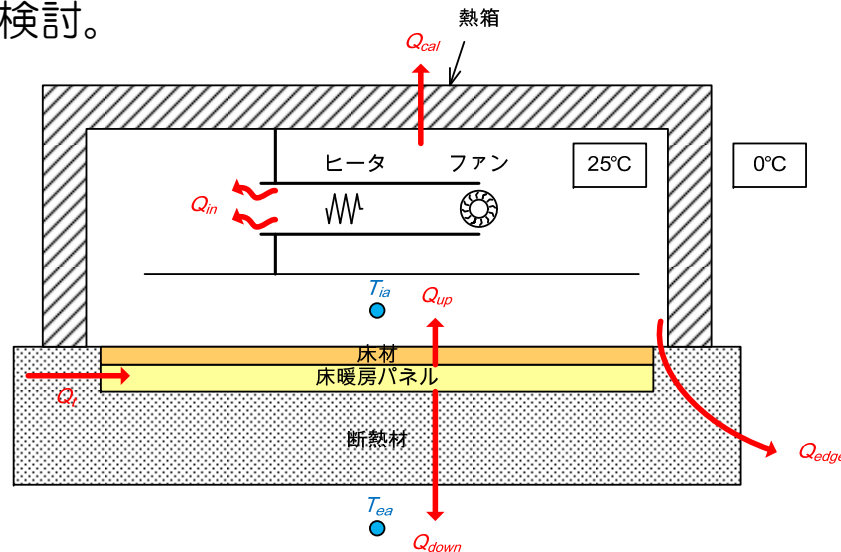
- 外気温度0℃付近の処理熱量と消費電力を圧力損失別で比較すると、圧力損失大の条件で大きくなっている。これは圧力損失が大きくなったことにより風量が低下したため、冷媒温度を上げるために室外機の運転を多くしたためと考えられる。
- 圧力損失の大小は循環風量に影響するが、今回の試験結果の様に負荷率が6割程度の場合には循環風量の低下は室外機の運転によって補うことができるため、COPへの顕著な影響は見られなかった。
- より高負荷時においては処理熱量の頭打ちが発生するため圧力損失の影響が大きくなると想定される。



〈外気温度と処理熱量、消費電力、COPの関係〉
(右：圧力損失小 左：圧力損失大)

暖房設備・機器の調査：床暖房パネル

既存の試験方法は、熱流計を放熱器上面の全面に張り付ける測定方法であるが、張り付けた熱流計が放熱特性に影響する可能性もある。本提案では、熱流計を使用しない放熱特性試験方法を検討。



$$Q_{up} = Q_{cal} + Q_{edge} - Q_{in} \quad [1]$$

$$q_{up} = \frac{Q_{up}}{A_{panel}} \quad [2]$$

$$a_{up} = \frac{Q_{up}}{Q_t} \quad [3]$$

ここに、 Q_{up} : 床上放熱量 (W)

Q_{cal} : 熱箱損失熱量 (W)

Q_{edge} : 熱箱端部損失熱量 (W)

Q_{in} : 熱箱内供給熱量 (W)

q_{up} : 単位面積当たりの床上放熱量 (W/m^2)

A_{panel} : 床暖房パネル面積 (m^2)

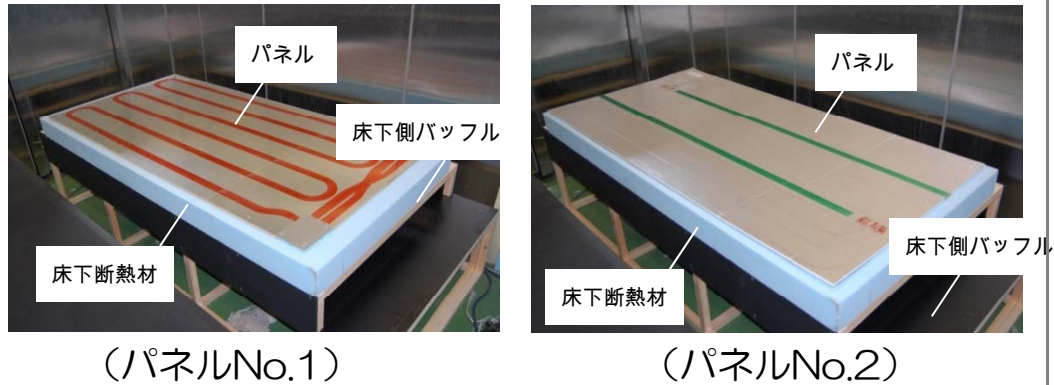
a_{up} : 床上放熱率 (-)

Q_t : 床暖房パネルへの総投入熱量 (W)

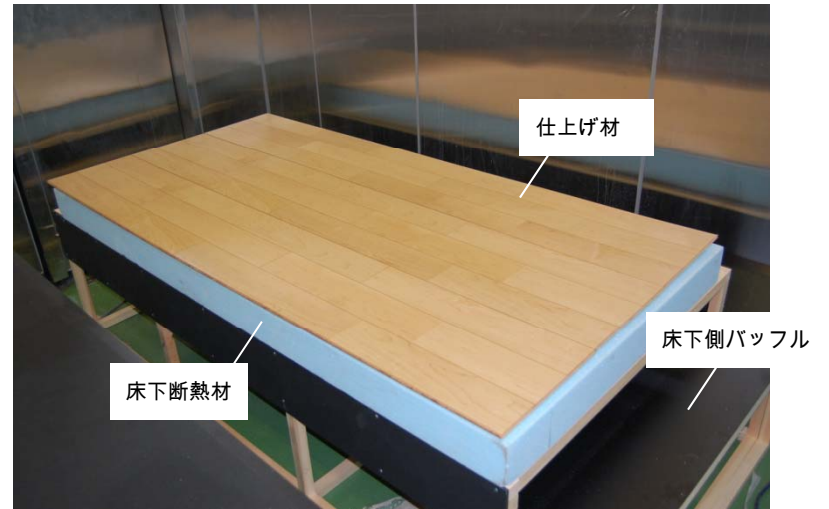
定常状態における熱箱内外の熱移動の模式図

- JIS A 1420の附属書Bに準じ、熱箱の校正を行う。上図の床暖房パネル設置位置に熱抵抗既知の校正板を設置して、定常状態の下での熱箱内発生熱量と校正板の内外表面温度を測定する。
- 提案する試験方法では、床上放熱量を熱箱の校正熱量（熱箱の損失熱量及び熱箱端部からの損失熱量）から熱箱内供給熱量の差として求める。
- 床上放熱率は床上放熱量と床暖房パネルへの投入熱量の比で求めるため、試験結果には各熱量の測定精度が大きく影響する。以下、各熱量の測定方法を検討した。
 - ＜熱箱の校正方法＞
 - A法 JIS A 1420附属書Bに従った方法
 - B法 熱箱の損失熱量を直接測定する方法
 - ＜床暖房パネルの放熱量の測定方法＞
 - C法 床暖房パネルの温水流量と出入口の温度差から求める方法
 - D法 恒温水槽への投入熱量から求める方法

＜試験体と試験状況の様子＞



写真① パネル施工状況



写真② 仕上げ材（フローリング）施工状況

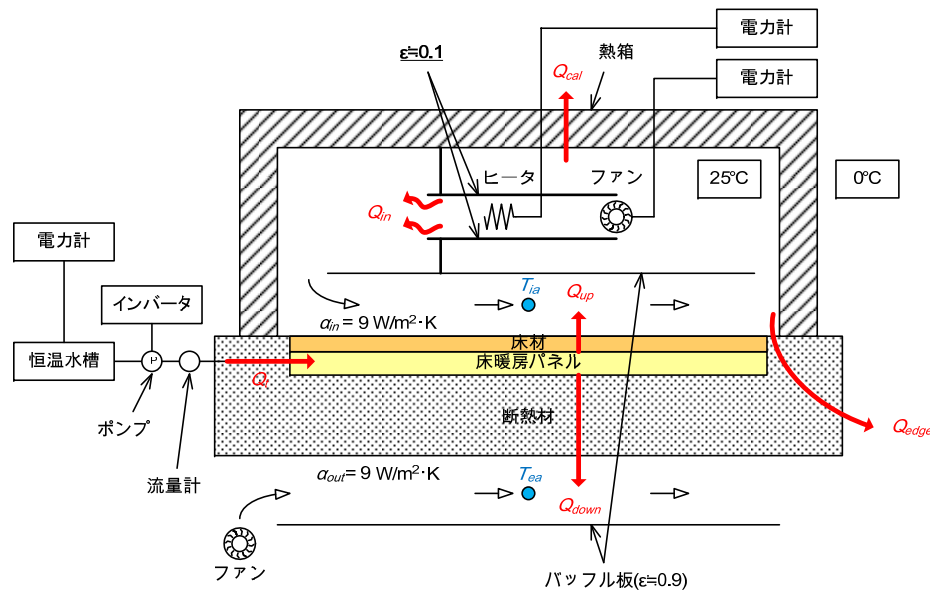
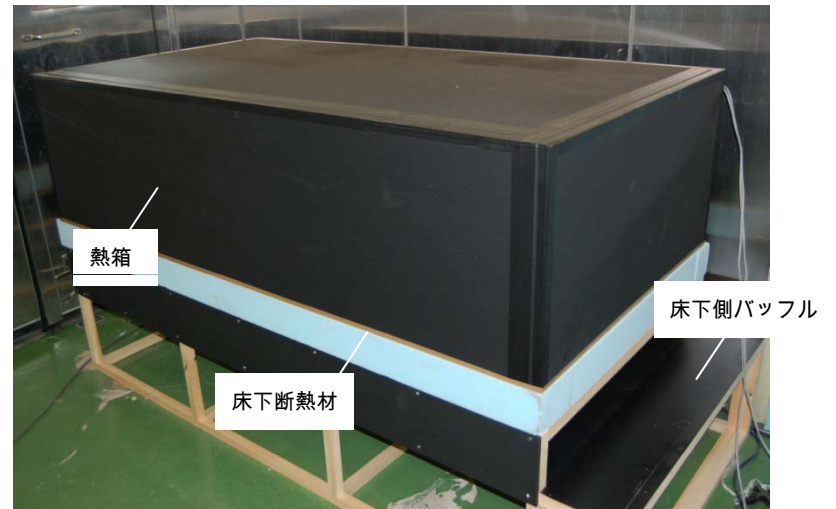


図 測定装置概要



写真③ 試験状況

＜試験条件、試験結果＞

	試験条件
仕上げ材の種類	フローリング6mm (R=0.06 m ² ·K/W) フローリング12mm (R=0.12m ² ·K/W)
床下側の断熱材の種類	押出法ポリスチレンフォーム75mm (R=2.63m ² ·K/W)
熱箱内空気温度	25℃
床下側空気温度	0℃
送水温度	40℃、60℃
送水流量	0.5L/min, 1.0L/min, 1.5L/min, 2.0L/min,
熱箱内空気温度	9 W/m ² ·K
床下側空気温度	9 W/m ² ·K

- 熱箱の校正方法：A法及びB法の結果は、いずれの条件においても校正熱量は1%前後で一致。A法による校正方法の妥当性を確認できた。
- 床暖房パネルの放熱量の測定方法：C法では、床上放熱率が100%を超える結果もあり、放熱量が小さめに測定されていると考えられ、出入口の温度差が小さい事、流量の測定精度がさほど高くない事等が影響していると考えられる。本検討ではD法による測定結果を用い、C法による結果は参考値とした。
- その他検討課題：校正熱量の測定精度向上や低減方法、熱箱端部での熱移動の有無



実証試験結果の検討結果を受けて、床暖房パネルの放熱特性試験方法（案）を提案

（適用範囲、引用規格、用語の定義、試験体、試験体装置、熱箱の校正方法、試験方法、床上放熱率、結果の算出等を提案）

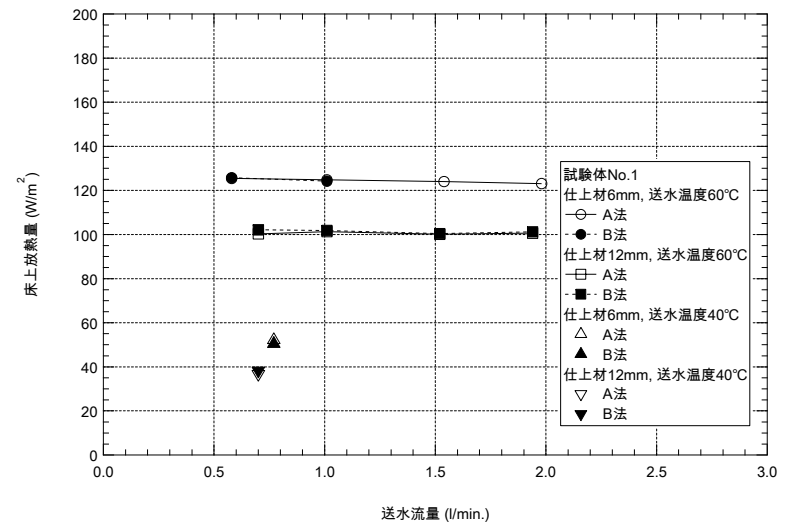


図 送水流量と床上放熱量の関係（試験体No.1）

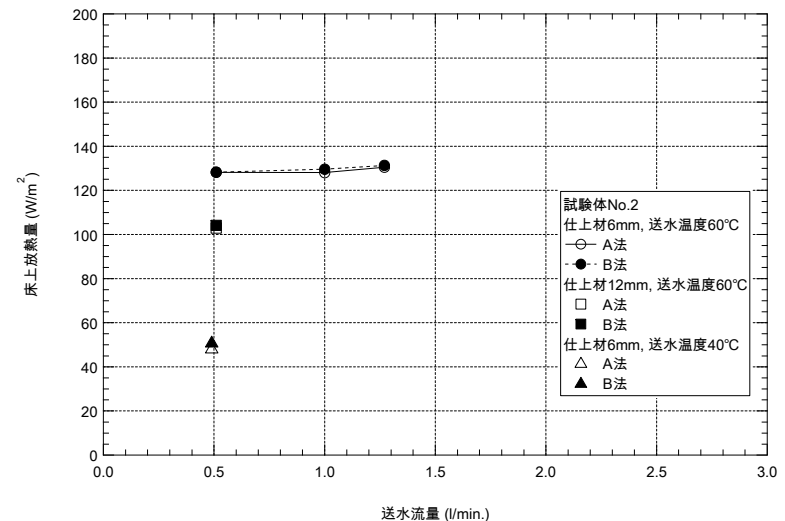


図 送水流量と床上放熱量の関係（試験体No.2）

給湯設備・機器の調査：給湯エネルギー消費の実態調査 調査の概要

給湯の1次エネ評価は進捗 消費エネルギー実態に関する最新情報の不足

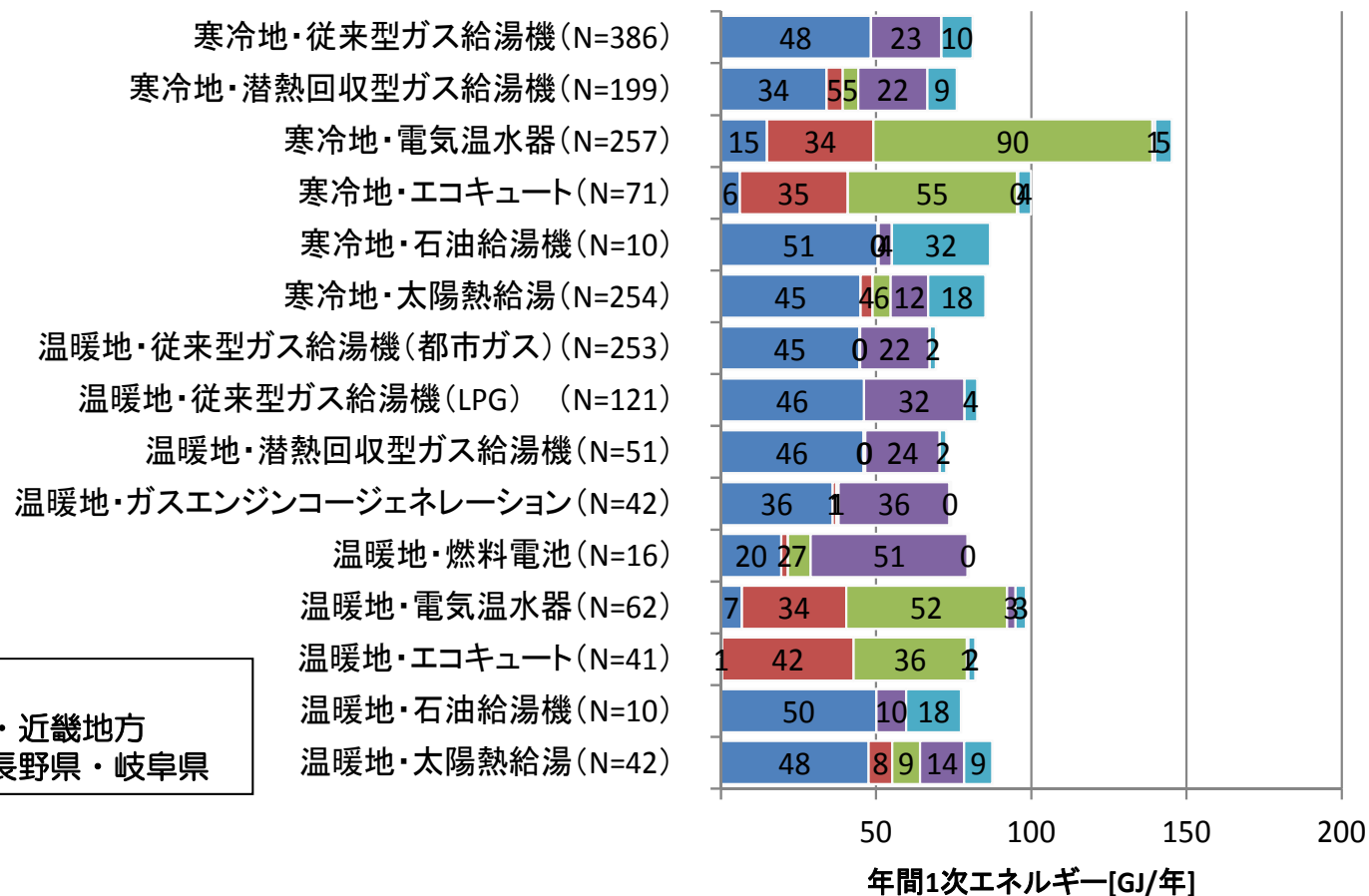


WEBアンケートにより2000住戸の燃料・水道の月別検針値を把握 給湯機種別に整理
エネルギー消費量の季節変動を利用した用途分解により、給湯分のエネルギーを推定

調査期間	スクリーニング調査：2012年10月、本調査：2012年10月	
回収件数	事前調査：40000件、本調査：2067件	
調査対象	住居形態：	一戸建て
	契約している電気事業者：	東北電力、東京電力、中部電力、関西電力
	都道府県：	埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、愛知県、三重県、大阪府、京都府、兵庫県、和歌山県、奈良県、滋賀県、静岡県、岐阜県、長野県、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、新潟県
	使用する給湯設備：	ガス給湯機(リモコンがあるもの、従来型、暖房機能付も含む) 高効率ガス給湯機(エコジョーズ) ガス発電・給湯暖房システム(エコウィル) 家庭用燃料電池(エネファーム) 電気温水器・CO2冷媒ヒートポンプ給湯機(エコキュート) 太陽熱給湯
	同居人数：	二人以上
設問項目	光熱費：	電気・ガス・灯油の月別の金額・使用量、電気の契約形態
	世帯情報：	世帯構成、世帯人数、職業、睡眠時間、外出時間、年収
	建物情報：	築年数、延床面積、間取り、リビングの広さ、照明器具、床仕様
	冷暖房情報：	主暖房、冷暖房時間・時期、主暖房の選定理由、
	給湯情報：	湯はり日数、給湯温度、給湯器の選定理由、満足度、食洗機に関して、給湯箇所、入浴頻度

給湯設備・機器の調査:給湯エネルギー消費の実態調査 給湯機別1次エネルギー総量

■ 電気(全日) ■ 電気(昼間) ■ 電気(夜間) ■ ガス ■ 灯油

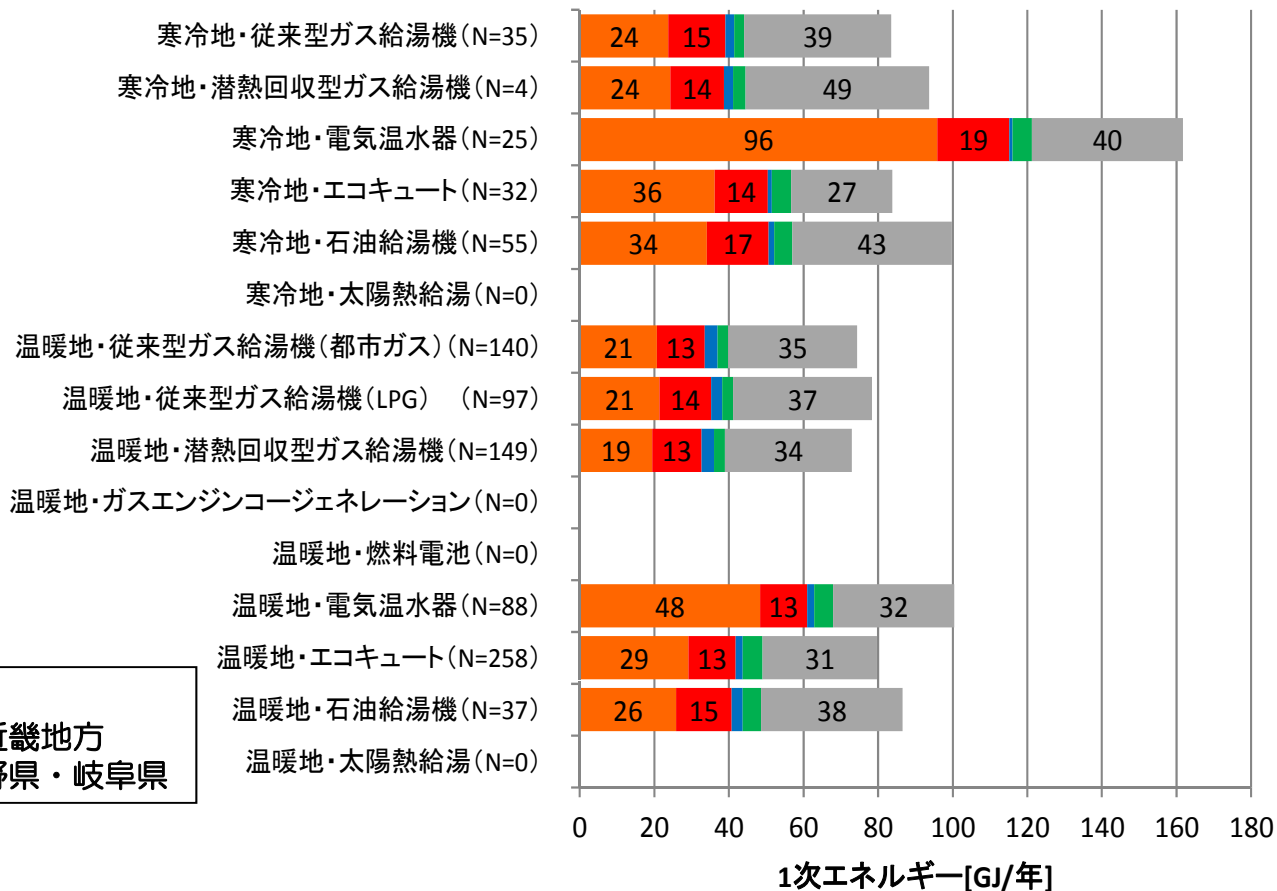


但し、
 温暖地：関東・東海・近畿地方
 寒冷地：東北地方・長野県・岐阜県

(給湯機ごとに家族構成などの大きな差異は見られない。築年数は新型給湯機では新しい傾向)
 温暖地では電気温水器を除いて給湯方式による1次エネルギー消費量の差は小さい。
 電気温水器はヒーター熱源のため、1次エネルギーが大きい。特に寒冷地で顕著。
 エコキュートは電気温水器よりは少なくなるが、他の給湯機と比べるとエネルギー総量は少くない。
 家庭用燃料電池は電気量が50%以下に減少する一方で、ガスの使用量は2.5倍に増加(ただしサンプル数少)

給湯設備・機器の調査：給湯エネルギー消費の実態調査 給湯機別1次エネ用途推定値

■ 給湯エネルギー ■ 暖房エネルギー ■ 冷房エネルギー ■ 厨房エネルギー ■ 家電・照明エネルギー



但し、
温暖地：関東・東海・近畿地方
寒冷地：東北地方・長野県・岐阜県

消費エネルギーの季節変動を利用して、用途分解。給湯の1次エネルギー消費量を比較。
給湯分の消費エネルギーは温暖地で暖房を大きく上回る。寒冷地でも給湯の値は大きい。
潜熱回収型ガスは従来型ガスの値を10%程度下回る。
電気温水器の値は非常に大きい。エコキュートの値がやや大きいのは古い機種が多いから？
↓
低炭素認定の1次エネルギー計算プログラムの値が概ね妥当であることを確認

給湯設備・機器の調査：節湯型水栓の検討 被験者実験および吐水力計測装置の概要

給湯の省エネにおいて、小流量で快適に利用できる節湯型水栓は非常に効果的
 ただし従来はどのような水栓が節湯になるのか、メカニズムが明確でなかった

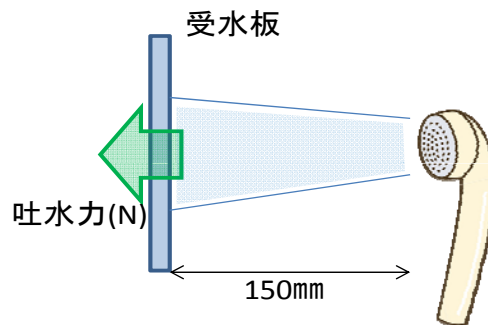
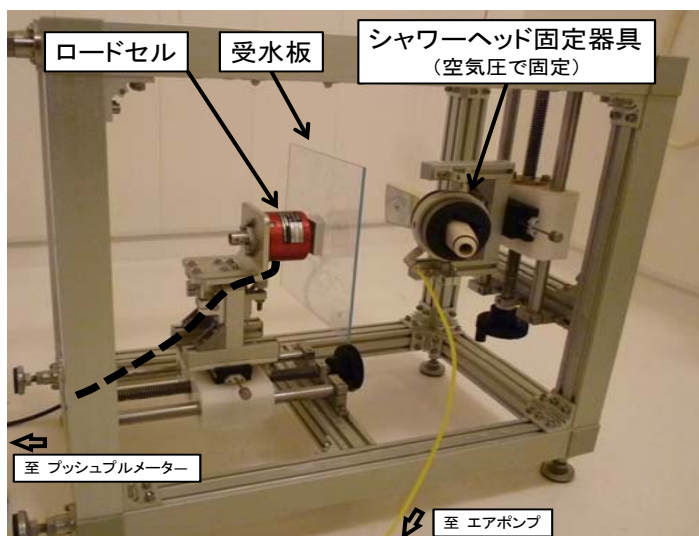


シャワーヘッドの被験者実験と物理性状（特に吐水力の分布）より、節湯型の特性を把握する

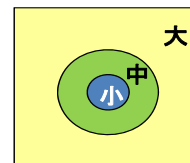
実施場所	東京大学人口環境実験室内浴室ユニット
実施期間	2012年10月～11月
被験者	20代男性・20代女性・50代男性各10人 計30人
使用シャワー	20代男性・女性：①～⑫の計12本 50代男性：①②⑥⑩の計4本 *シャワーヘッドの順番はランダムに設定
浴室温度	25℃
姿勢/持ち方	座位・手持ち
内容	胸・頭・全身において最適流量・適正上限流量・適正下限流量を調節。 1回の実験で4本のシャワーを使用、あわせて満足度を申告。



被験者実験により
 12本のシャワーヘッドの
 快適性や使用感を
 詳細に把握

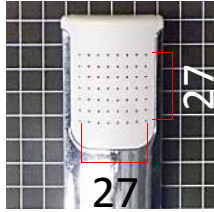

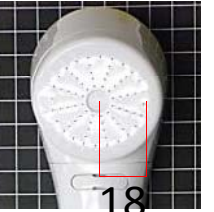
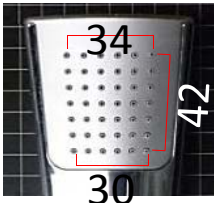

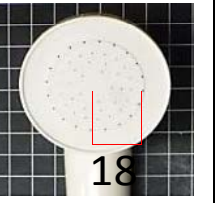


【受水板】
 大(200mm × 200mm□): 全吐水力
 中(直径49.5mm○)
 小(直径33mm○)



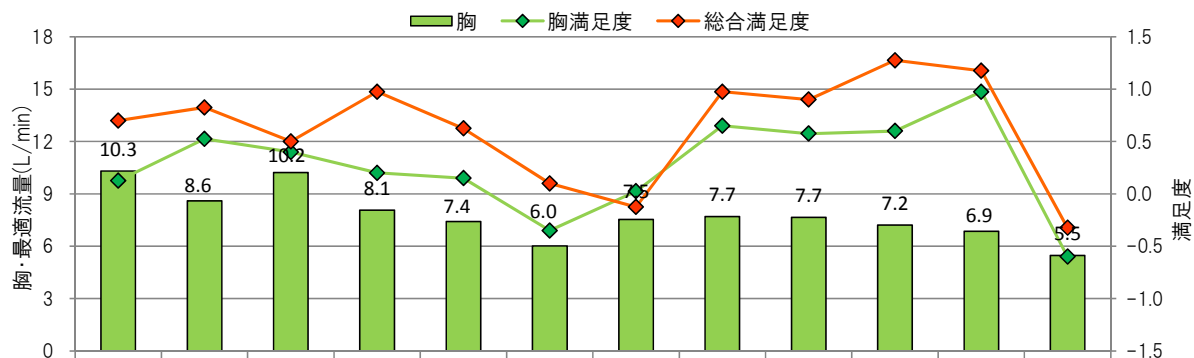
物理特性実験により
 受水版の大きさを変更しながら
 吐水力の合計値と
 分布性状を把握
 ↓
 被験者実験の結果と照合して
 快適に利用できる節湯型シャワーの
 物理特性を整理する

給湯設備・機器の調査：節湯型水栓の検討 実験時シャワーヘッドの概要 (最適流量はメーカー値)

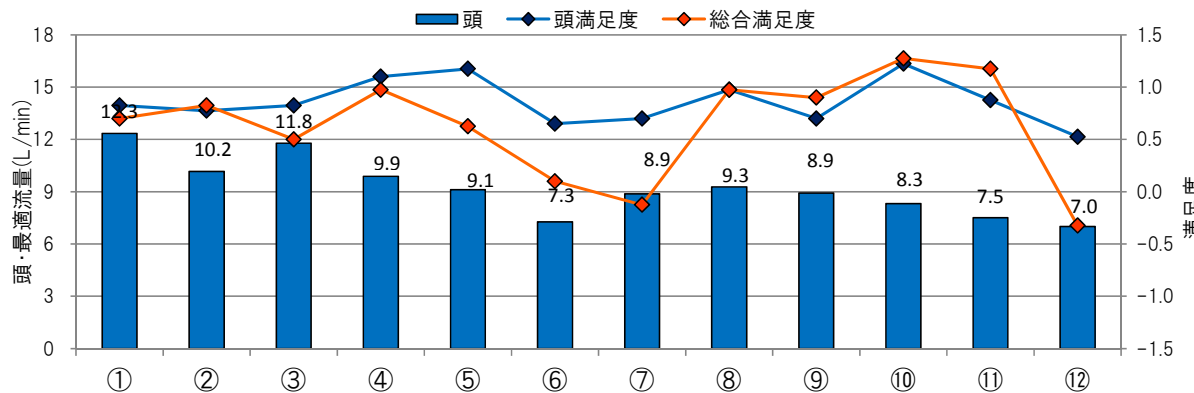
シャワーNo.	①	②	③	④	⑤	⑥
節湯型	従来	節湯	節湯	節湯	節湯	節湯
写真						
総開口面積(mm ²)	47.10	33.74	53.15	30.14	20.35	18.63
穴数	60	56	122	60	72	47
平均穴径(mm)	1.00	0.88	0.74	0.80	0.60	0.71
粒総面積(mm ²)	310.6	214.8	284.0	187.2	164.6	99.6
胸最適流量(メーカー値)	10.3	8.5	8.3	7.8	7.0	6.8
シャワーNo.	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
節湯型	節湯	節湯	節湯	節湯	節湯	節湯
写真						
総開口面積(mm ²)	21.48	38.00	39.89	23.61	16.90	14.12
穴数	76	40	42	47	236	53
平均穴径(mm)	0.60	1.10	1.10	0.80	0.30	0.58
粒総面積(mm ²)	154.5	335.5	421.3	121.9		67.4
胸最適流量(メーカー値)	6.5	6.5	6.2	5.8		
特徴	散水板が小さいが広がる	水に空気を含ませることで、水の一粒子一粒を大粒化		羽根車を内蔵	小さい吐水穴が多数	

給湯設備・機器の調査：節湯型水栓の検討

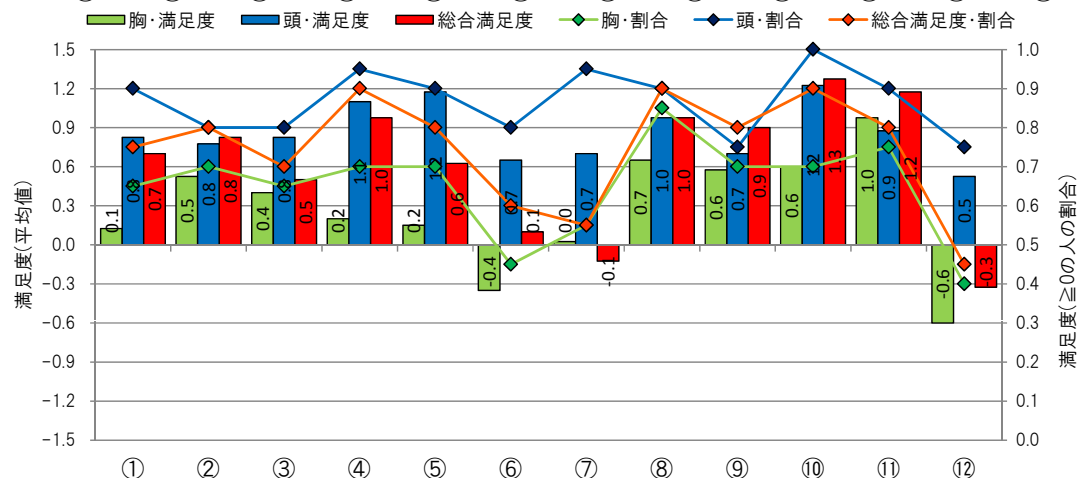
被験者実験におけるシャワーごとの最適流量と満足度



胸の最適流量と満足度。
最適流量は概ねメーカー値に近いが満足度が顕著に低いものがある。



頭の最適流量と満足度。
最適流量は胸と比べて大きい。満足度の違いは小さい傾向

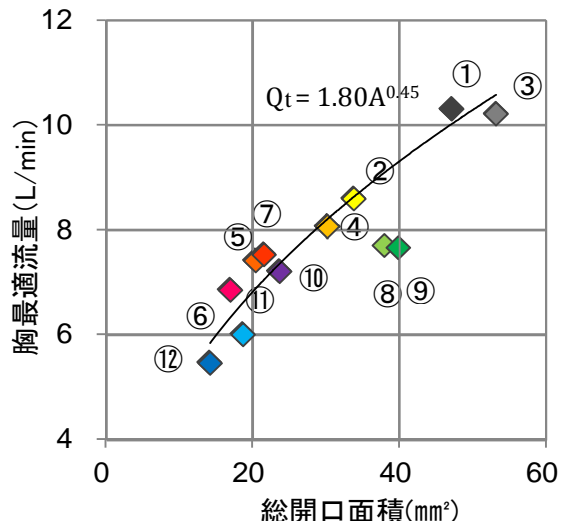


各部位満足度と満足度 ≥ 0 の人の割合
多くのシャワーヘッドが満足度7割程度
ただし顕著に不満が多いヘッドもあり

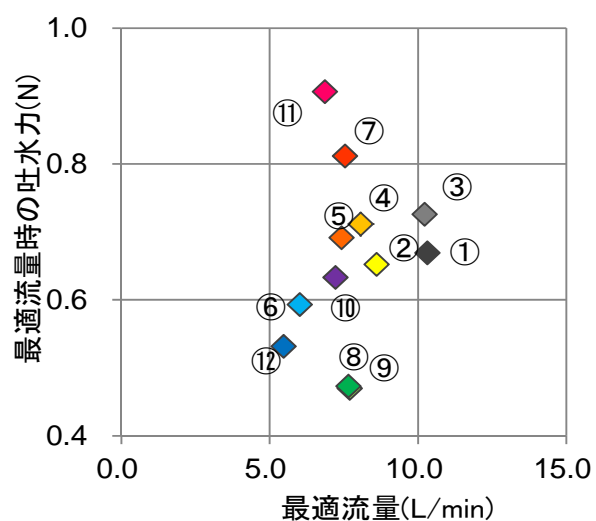
注：本結果は最大30名程度の被験者実験に基づいており、最適流量の最適値は最終的なものでないことは要注意

給湯設備・機器の調査：節湯型水栓の検討 実験結果および節湯B1水栓の定義

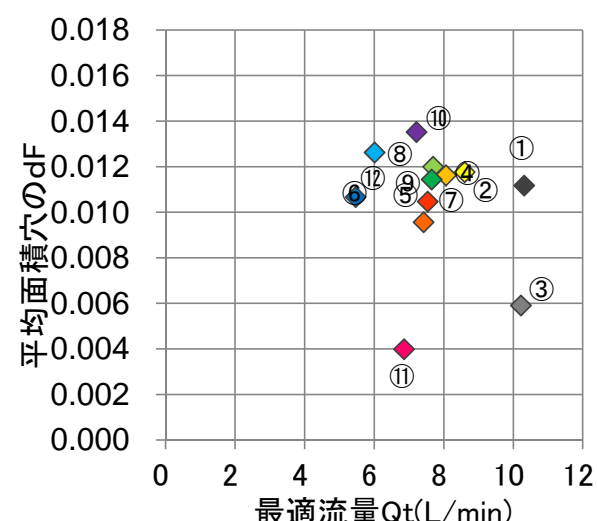
◆① ◆② ◆③ ◆④ ◆⑤ ◆⑥ ◆⑦ ◆⑧ ◆⑨ ◆⑩ ◆⑪ ◆⑫



最適流量 $Q_t=1.80A^{0.45}$ というように、総開口面積で表されることが示された。しかし、エアイン(⑧⑨)は数式から外れるため、他の要素で検討が必要。



最適流量と全吐水力Fの関係。あまり相関が見られない。最適流量は、全吐水力のみからは決定されていないことが示された。



最適流量と1穴の吐水力dFの関係。最適流量に関わらず、多くのシャワーで0.010~0.012Nの値をとっていることがわかる。

最適流量は全吐水力Fと1穴の吐水力dFより決まる→節湯型シャワーの分類が可能に

(1)最適流量と吐水力による検討

①流量8.5L/minを切るシャワーヘッド

$$\min\{ \text{全吐水力}F\text{による推定最適流量}、\text{1穴の吐水力}dF\text{による推定最適流量} \} < 8.5\text{L/min}$$

②一定以上の吐水力があるシャワー

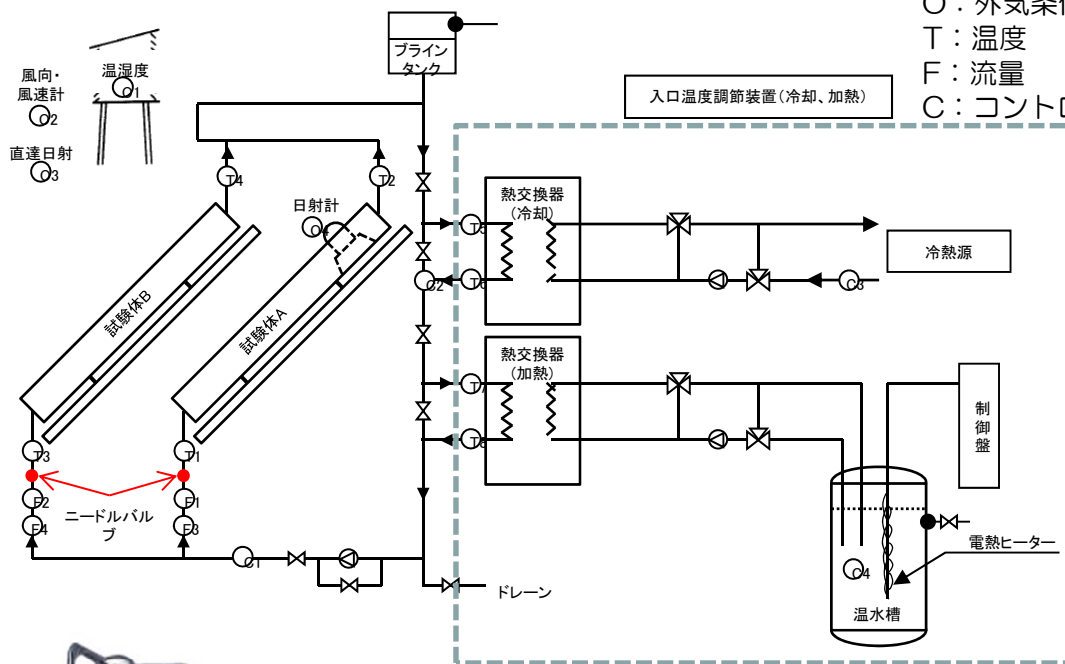
$$dF=0.01(N)\text{の時の推定吐水力} > 0.4(N)$$

給湯設備・機器の調査：太陽熱集熱器性能 実験の概要

海外での太陽熱集熱器の機種多様化が急速に進む
一方で国内における集熱器の性能評価の進捗に遅れ



海外で主流の真空管式を含めた集熱効率の評価方法を検討することが重要



- ：外気条件
- T：温度
- F：流量
- C：コントロールパネル制御用温度



3軸 超音波
風向風速計



直達日射計



直達日射計



傾斜面日射



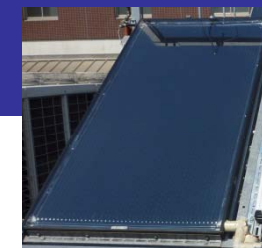
ニードルバルブ 31

実験Case

入口温度[°C]	流量[kg/s・m ²]	集熱器
40°C	0.01	基準Case(平板型集熱器) Case1(真空管型) Case2(真空管型)
60°C	0.02	Case3(真空管型) Case4(真空管型CPC)

実験集熱器

Case	集熱方式	外形寸法[mm] 試験期間	質量[kg]	備考
基準	平板型	1002×2002×60(2.01m ²) 2012年9月14日 ～2013年2月3日	37	
1	真空管	1980×980×140(1.94m ²) 2012年9月14日 ～10月30日	53	55mm細い真空管×12個
2	真空管	2825×866×179(2.45m ²) 2012年11月1日 ～12月2日	60	115mm太い真空管×6個
3	真空管	2130×856×116(1.82m ²) 2012年12月4日 ～2013年1月6日	30	出入口が下に位置×10個
4	真空管 (CPC: 集光板)	1390×1640×120(2.28m ²) 2013年1月8日～2月3日	37	真空管後ろに集光板



基準ケース（平板型）



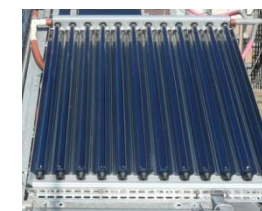
ケース1（真空管）



ケース2（真空管）



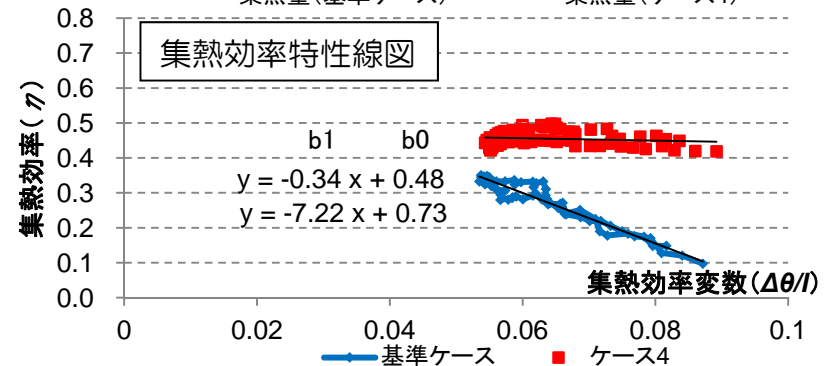
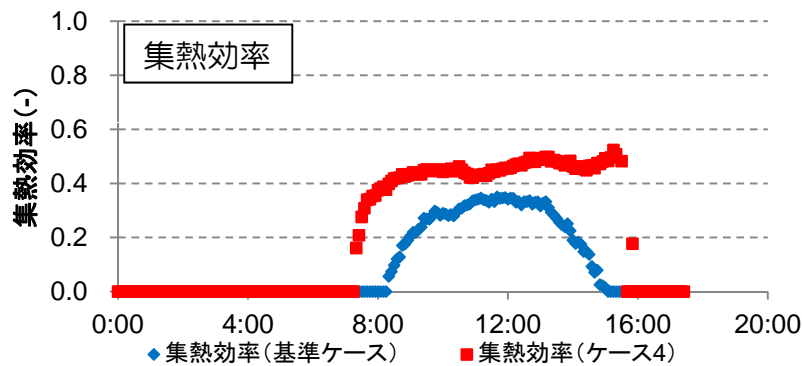
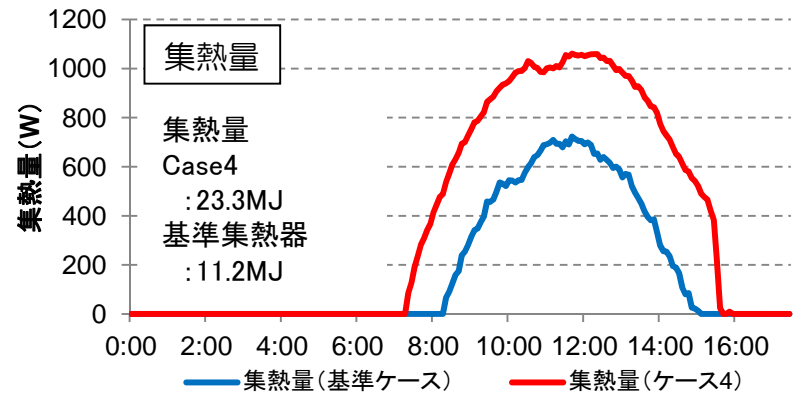
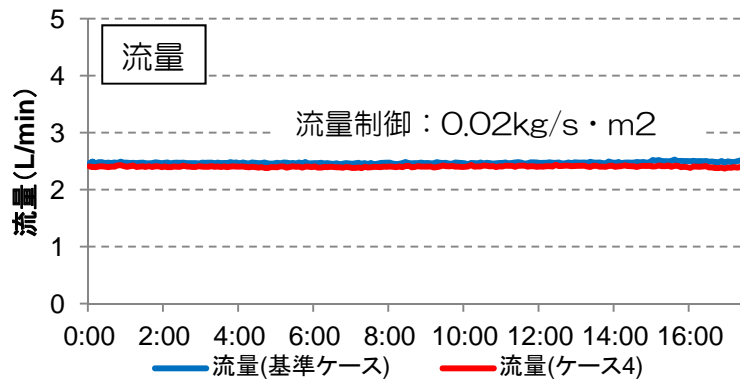
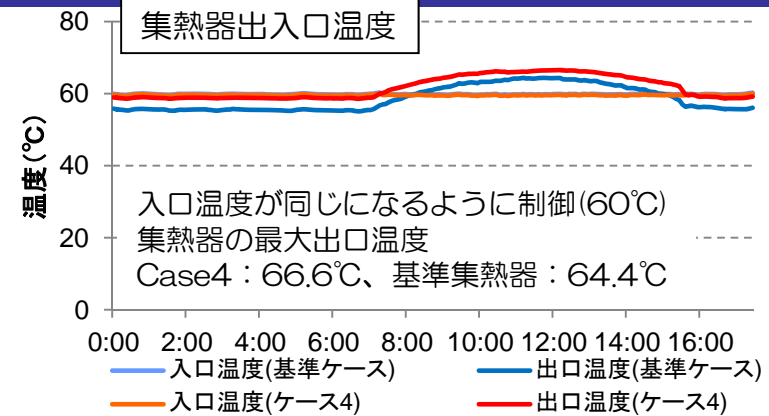
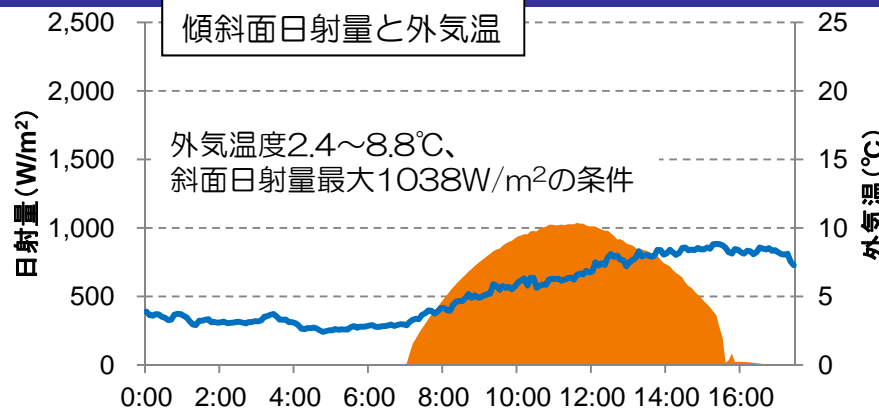
ケース3（真空管）



ケース4（真空管CPC）

給湯設備・機器の調査：太陽熱集熱器性能 実験結果

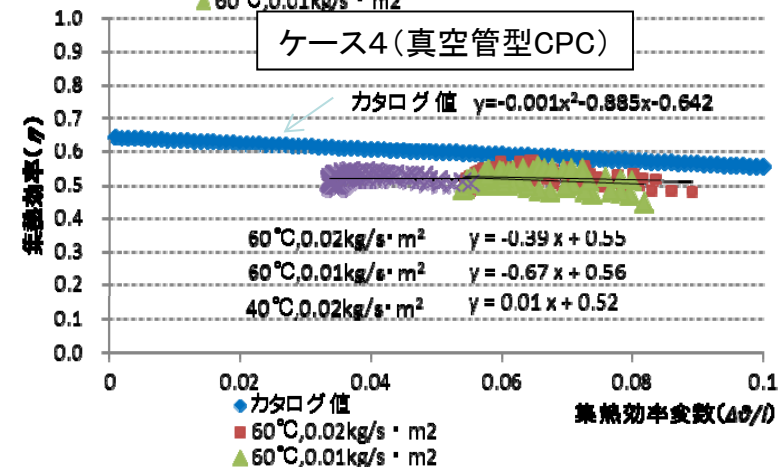
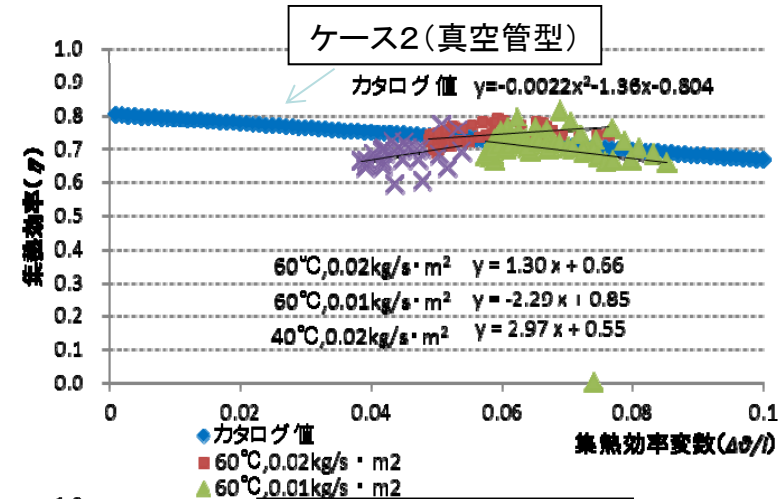
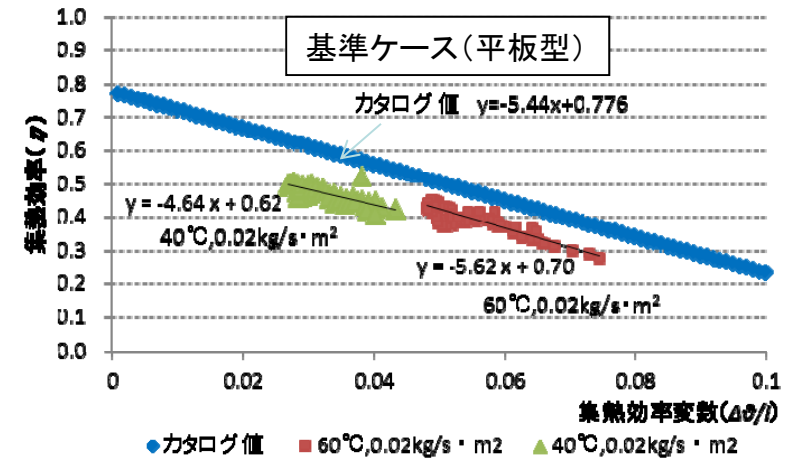
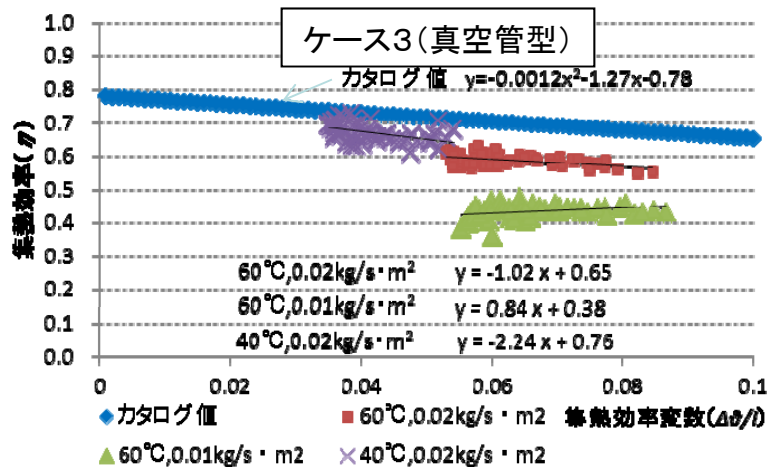
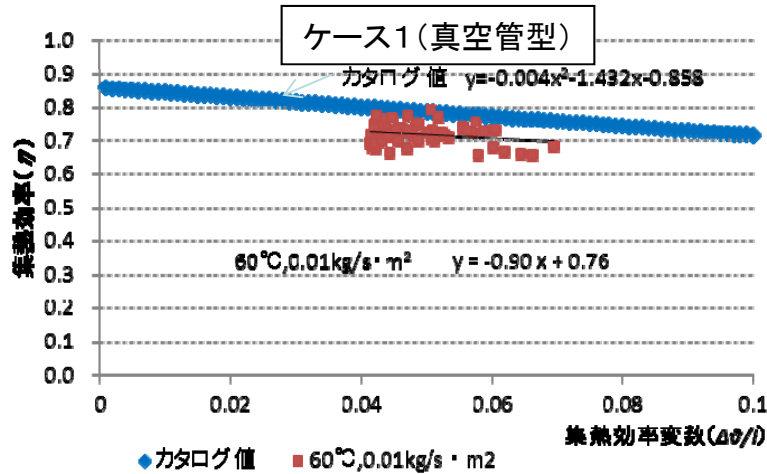
(基準ケース：平板式、ケース4：真空管式)



Case 1 の平板式に比べてCase4の真空管式は、非常に高い集熱効率を示している。
特に、集熱温度が上昇した場合や太陽高度が低い時間帯での効率低下が小さい

給湯設備・機器の調査： 太陽熱集熱器性能 実験値とカタログ値

- ・基準ケース（平板型）：
実験結果とカタログ値が10%以上の差が発生
- ・ケース1～4（真空管型）：
実験結果とカタログ値の差が基準集熱器のより減少
- ・集熱器のガラス面に到達する直達日射の入射角による透過率の変化を示す**入射角特性を考慮**する必要がある



事業成果まとめ

本事業により、各調査項目において以下の結果が得られた。

- 暖冷房設備（ガス熱源機・石油熱源機・ヒートポンプ式セントラル空調システム）のエネルギー評価方法を検討するにあたり、実稼働時の挙動を実験データを解析することによって確認し、エネルギー消費量推計のための熱源機等のモデル化を行った。また、年間エネルギー消費量の評価方法及び、年間エネルギー消費量を求めるために必要な効率曲線を導出するための試験方法の検討を行った。
- 床暖房パネルの放熱量特性の実験方法を提案し、実験により試験方法の妥当性を確認しつつ、床上放熱量を特定するための試験方法案を提案した。
- 東北、関東、中部、関西を対象として、高効率給湯機を使用する世帯の給湯使用特性やエネルギー消費量、光熱費などに関するWebを用いた使用実態調査を行った。給湯機のエネルギー源や形式ごとのエネルギー消費実態が明らかとなり、また省エネ基準や低炭素認定制度で想定している使用実態や計算された1次エネルギー消費量が概ね妥当であることが確認された。
- 節湯型シャワーヘッドの物理量の閾値を定めるための規格化案を示した。また、シャワーの満足度はおおよそボリューム感・広がり感・勢い感の要素が関係しており、流量を削減しながらも満足に使用するシャワーヘッドはそれらのバランスが重要であることを示した。また、より小流量で適正に浴びれるシャワーについては、今後節水効果の測定等含めて判断基準の詳細を精査する必要がある。
- 太陽熱利用機器について、実験で得られた集熱特性の結果とメーカーが提供するカタログ値を比較した結果、平板型集熱器において実験結果がカタログ値より10%以上集熱効率が低いことがわかった。日射の入射が集熱面に垂直に測定されるカタログ値と、集熱面を固定し太陽の位置が変化する今回の測定との測定方法差による結果であると判断され、集熱面のガラスの入射角特性を考慮した試験方法が必要であることを提案した。