

平成17年度 環境技術実証モデル事業
ヒートアイランド対策技術分野（空冷室外機から発生する顕熱抑制技術）

メーカー：高砂熱学工業株式会社
技術名：ビル用マルチ冷媒サブクールシステム
実証機関：大阪府
実証番号：050-0502

実証試験結果報告書

平成17年度環境技術実証モデル事業 ヒートアイランド対策技術分野実証試験結果報告書について、平成18年3月3日付けで承認しました。

本モデル事業は、普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者機関（実証機関）が客観的に実証する事業をモデル的に実施することにより、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的としたものです。

本報告書における技術実証の結果は、環境技術の性能を保証するものではなく、一定の条件下における環境技術の環境保全効果のデータを提供するものです。

平成18年3月

環境省 

平成 17 年度環境省委託事業
大阪府技術実証委員会承認

平成 17 年度環境技術実証モデル事業

ヒートアイランド対策技術 (空冷室外機から発生する顕熱抑制技術)

実証試験結果報告書

実証機関 : 大阪府環境情報センター

環境技術開発者 : 高砂熱学工業株式会社

技術・製品の名称 : ビル用マルチ冷媒サブクールシステム

はじめに

環境技術実証モデル事業は、既に適用が可能な段階にありながら、環境保全効果等について客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業をモデル的に実施することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とするものである。

本実証試験は、平成17年4月20日 環境省環境管理局(当時)が策定した「ヒートアイランド対策技術(空冷室外機から発生する顕熱抑制技術)実証試験要領 第2版」(以下、「実証試験要領」という。)に基づいて選定された実証対象技術について、実証試験要領に準拠して実証試験を実施することで、以下に示す環境保全効果等を客観的に実証するものである。

なお、本実証対象技術の実証試験のうち、冷却塔から発生する顕熱・潜熱などの実証試験項目については、実証試験を行わず、環境開発者から提出された情報(学術論文や実証データに基づく試験条件毎のモデル計算結果など)を評価し、客観的なデータとして示すことが適当と判断される内容を参考情報として本報告書に記載した。

(実証項目)

環境技術開発者が定める技術仕様の範囲内での、実際の使用状況下における環境保全効果(顕熱抑制性能)
運転による環境への影響
運転に必要なエネルギー及び物質
運転及び維持管理にかかる労力等

本報告書は、その結果を取りまとめたものである。

- 目 次 -

実証試験結果の概要	1
本 編	5
1 . 実証対象技術及び実証対象機器の概要	5
1.1 実証対象機器の原理及びシステム構成	5
1.2 実証対象機器の仕様	6
2 . 実証試験実施場所の概要	9
2.1 実証試験設備・機器の概要	9
2.2 実証試験の条件設定と配置	11
3 . 実証試験の手続きと手法	12
3.1 実証試験期間	12
3.2 実証対象機器の設定と立ち上げ	12
3.3 顕熱抑制性能実証項目の実証試験	13
3.4 運転及び維持管理実証項目の実証試験	16
4 . 実証試験結果と検討	17
4.1 顕熱抑制性能実証項目	17
4.2 運転及び維持管理実証項目	19
5 . 冷却塔に関するモデル計算結果	20
5.1 計算根拠及び参考文献結果	21
5.2 モデル計算結果	21
6 . データの品質管理	22
7 . 監査	22
8 . その他	23
9 . 付録	24

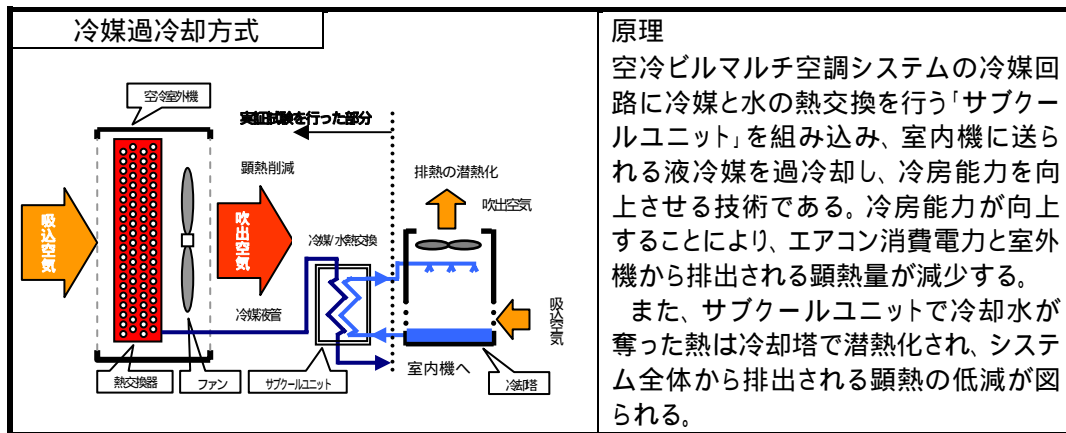
実証試験結果の概要

実証試験結果要約(実証試験結果報告書 概要フォーム)

実証対象技術 / 環境技術開発者	ビル用マルチ冷媒サブクールシステム / 高砂熱学工業株式会社
実証機関	大阪府環境情報センター・(財)電気安全環境研究所関西事業所
実証試験期間	平成 17 年 10 月 11 日 ~ 10 月 28 日

本実証試験は、下図のエアコンディショナ及びサブクールユニットのみを対象に実施し、冷却塔に関する情報は環境技術開発者から提出されたモデル計算結果の概要を参考情報として掲載した。

1. 実証対象技術の概要



2. 実証試験の概要

実証対象機器の仕様

項目	仕様及び処理能力
型式	STK - HE280A
サイズ, 重量	サブクールユニット: W180 mm × D240 mm × H425 mm
対応エアコン能力	冷房能力 1.6 ~ 4.5kW(ビルマルチ空調システムの室外機能力)
制御機能の内容	なし

実証試験条件設定

		試験条件		
		試験条件1 (JISB8615-1T1条件)	試験条件2 (夏季一般条件)	試験条件3 (高温環境下での過負荷運転時)
室内側	入口空気乾球温度	27.00	27.00	27.00
	入口空気湿球温度	18.96	18.98	18.97
室外側	入口空気乾球温度	34.94	29.96	39.96
	入口空気湿球温度	23.92	24.94	26.95
冷却水温度		27.7	29.2	31.1
実証対象機器の運転モード		設定なし		

サブクールユニットには、一般的な冷却塔の設計に準拠して、室外側入口空気湿球温度より5℃高い冷却水が供給されるよう、水温を制御する冷却水供給システムを設置して試験した。

実証試験使用エアコン

項目	仕様及び処理能力
定格冷房能力	10.5 kW
定格消費電力	4.28 kW
定格COP	2.45
運転制御方式	圧縮機ステップ制御方式(今回はステップ数固定運転)

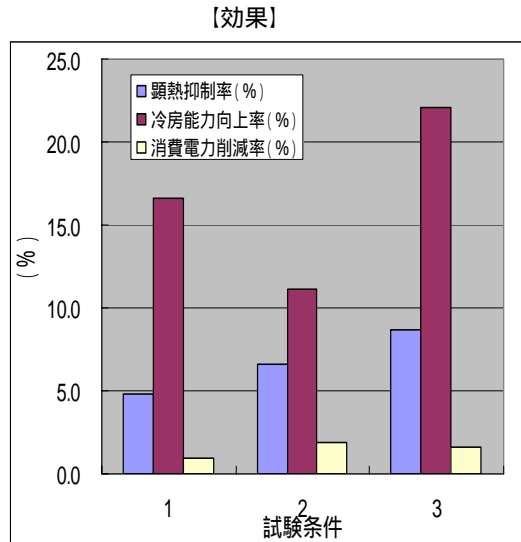
3. 実証試験結果

顕熱抑制性能実証項目

作動条件	試験条件		
	1	2	3
顕熱抑制率	4.8%	6.6%	8.7%
冷房能力向上率	16.6%	11.1%	22.0%
消費電力削減率	1.0%	1.8%	1.6%

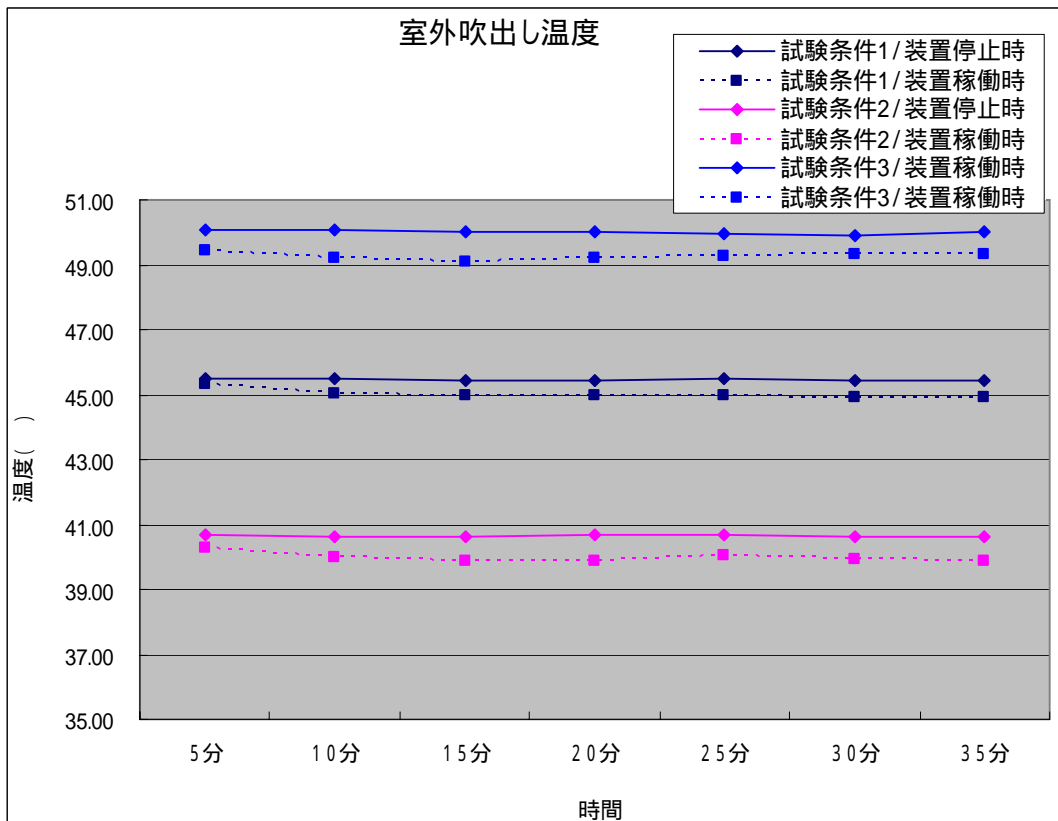
【参考値】

作動条件	試験条件		
	1	2	3
冷房 COP 向上率 1	17.8%	13.2%	24.0%
潜熱化率 2	実証試験は行っていない。		
水への熱移行率 2	実証試験は行っていない。		



- 1 冷房 COP: 冷房能力を冷房消費電力で除した値。高いほどエネルギー効率がよい。
- 2 冷却塔で発生する項目については実証試験の対象外

【室外側吹き出し空気の温度変化】



運転及び維持管理実証項目

項目	試験条件1		試験条件2		試験条件3	
	装置停止時	装置稼働時	装置停止時	装置稼働時	装置停止時	装置稼働時
環境負荷物質排出量		実証対象外		実証対象外		実証対象外
消費電力量(Wh/h)		実証対象外		実証対象外		実証対象外
水消費量(kg/h)		実証対象外		実証対象外		実証対象外
その他反応剤等消費量		実証対象外		実証対象外		実証対象外
消費電力削減量(Wh/h)		43		78		75

冷却塔で消費される項目については実証対象外。

(定性的所見)

項目	所見
有害菌類対策	実証試験は行っていない。
機器運転・維持管理に必要な人員数・技能	一人で操作が可能。通常の運転であれば特殊な技能は必要ない。
メンテナンスの効果及び容易性	運転及び維持管理マニュアルにおいて、日常運転及びメンテナンス、サブクールユニットの洗浄などの方法が記載されている。
運転及び維持管理マニュアルの評価	実証対象機器の取り付け、冷却水配管、運転方法、メンテナンス方法などが簡潔に掲載されている。

【参考情報】 冷却塔に関するモデル計算結果

環境技術開発者から提出された冷却塔に関するモデル計算について、参考情報として掲載することが適切と判断し、以下にその概要を示した。
(詳細については、実証試験結果報告書【本編】を参照ください。)

空冷室外機及び冷却塔からの排熱

冷却塔で潜熱化せずに顕熱で排出される熱量は、試験条件2で全排熱の2.2%(表中*印を乗じた%)であるが、他の条件では顕熱の排出は無視できる程度と考えられる。

		試験条件1	試験条件2	試験条件3
空冷室外機からの排熱の割合 (内訳)	顕熱	84.2%	82.6%	73.6%
	潜熱	100%	100%	100%
冷却塔からの排熱の割合 (内訳)	顕熱	15.8%	17.4%*	26.4%
	潜熱	0.9%	12.4%*	-2.2%
		99.1%	87.6%	102.2%

本試験条件におけるランニングコスト

ビル規模別の電力消費量、補給水量、運転諸経費の概算値を示す。

マルチ エアコン	空調対象面積	m ²	1,000			4,000		
	定格冷房能力	kW	101			403		
試験条件	試験条件		1	2	3	1	2	3
消費電力	サブクールしない場合の圧縮機動力	kW	44.1	37.0	48.3	176.3	147.9	193.1
	圧縮機動力	kW	37.3	32.5	38.8	149.2	130.2	155.0
	室外機ファン動力	kW	0.90	0.90	0.90	3.60	3.60	3.60
	冷却水ポンプ電力	kW	0.48	0.48	0.84	1.68	1.80	3.24
	冷却塔ファン電力	kW	0.10	0.10	0.20	0.40	0.40	0.75
	消費電力削減量(補機類も考慮)	kW	6.2	3.8	8.5	25.1	15.5	34.1
補給水	蒸発水量	L/min	0.63	0.59	1.10	2.52	2.36	4.38
	補給水量	L/min	0.89	0.86	1.52	3.53	3.44	6.09
運転 諸経費	電気代	円/h	12.8	12.8	22.9	45.8	48.4	87.8
	水道代	円/h	12.1	11.8	20.8	48.3	47.0	83.3
	薬剤費	円/h	11.1	10.8	19.1	44.3	43.1	76.3
	合計	円/h	36.0	35.3	62.8	138.4	138.5	247.4

運転経費は、電気代：22円/kWh、水道代：228円/m³、薬剤費：4180円/kgとして計算。
薬剤使用量(殺菌剤、スケール除去剤など)は、補給水1Lあたり50mg使用として計算。

(参考情報)

このページに示された情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

製品データ

項目		環境技術開発者 記入欄	
名称 / 型式		サブクールユニット STK-HE280A	
製造(販売)企業名		開発・販売 : 高砂熱学工業(株)、 製造 : 三洋電機(株)	
対応エアコン能力		16 ~ 45kW	
連絡先	TEL / FAX	高砂熱学工業(株)技術本部 (03)5256 - 7442 / (03)5256-7443	
	Web アドレス	http://www.tte-net.co.jp	
	E-mail	-	
サイズ / 質量		180 W x 240 D x 425 H (mm) 11kg (運転時 13kg)	
電源		不要 (ポンプおよび冷却水熱源の運転に要する電源は別途必要)	
設置制約条件	対応できるエアコンディショナ種類・形状	・室内機に膨張弁を持つもの (主にビル用マルチ) ・内部サブクール機能を停止できること 注)内部サブクール機能とは、冷房運転時に室外機で凝縮させた冷媒の一部を室外機で蒸発させ、残りの冷媒を過冷却し、冷媒配管の圧損を減らす機能のこと。 ・冷却水熱源、循環ポンプ、冷却水配管・冷媒配管工事が必要。	
	必要水圧	0.015 ~ 0.05MPa	
	推奨使用条件等	・10 < 冷却水温 < 室外機吸込空気温度 (冷却塔で製造可能)。 ・未利用冷熱である井水・上水・工水等も使用可能。 ・冷却水質は日冷工 JRA-GL02(冷凍空調機器用水質ガイドライン)に準じる。	
	設置場所制約	冷媒液管の主管の近傍、冷却水配管の近傍が望ましい。	
エアコンの冷房性能・寿命への影響		冷房能力が増加し冷房動力が減少し、圧縮機の寿命延長に貢献する。特にインバータ機において顕著である。	
機器の信頼性		機械的動作部・電装品を含まないため、故障の可能性は極めて低い。	
トラブルからの復帰方法		サブクールユニットにスケールが付着した場合は、薬剤による循環洗浄を行う。	
その他		氷点下になる環境に設置する場合は、水抜き等の凍結防止策が必要。	
実証対象機器寿命		20年	
コスト概算		イニシャルコスト	
ランニングコストは前頁に掲載しています。	サブクールユニット	5400	円 / 冷房能力[kW]
	冷却塔・循環ポンプ	800	同上
	冷却水配管	1600	同上
	冷媒配管(追加分)	1200	同上
	合計	9000	同上

その他メーカーからの情報

当システムは室外機に水噴霧する方式と原理が異なり、室外機で凝縮した高温冷媒と冷却水を別置き熱交換器で顕熱交換させるため、以下の長所と短所があります。

長所 冷房能力向上効果、冷房動力削減効果が大きい。
室外機熱交換器の腐食やスケール付着、藻の発生等が生じない。
により長時間連続運転可能で、低負荷・低外気温度条件でも省エネ効果がある。

短所 冷却水系統が別途必要。
小規模なシステム(20馬力以下)や、パッケージエアコンでは適用が困難。
冷却塔を使用する場合は、冷却水質管理や冷却塔のメンテナンスが必要。

当システムについて更に知りたい方は、下記文献をご参照ください。

建築設備と配管工事(2005年11月号)p.38~39「冷媒を水で更に冷やすビル用マルチ冷媒サブクールシステム」

空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 D-63(2005)「ビル用マルチ冷媒サブクールシステムの開発」

冷凍(2006年2月号)p.42~46 新技術紹介「ビル用マルチ冷媒サブクールシステム」

本 編

1. 実証対象技術及び実証対象施設の概要

1.1 実証対象技術の原理、前処理 / 後処理を含むシステム構成

この技術は、空冷ビルマルチ空調システムの冷媒回路に、冷媒と水を熱交換する「サブクールユニット」を組み込み、室内機に送られる液冷媒を過冷却（サブクール）し、冷却水が奪った熱量だけ冷房能力を向上させるものである。冷房能力が向上することにより、エアコン消費電力と室外機から排出される顕熱量が減少する。また、冷却水が奪った熱は冷却塔で潜熱化され、システム全体から排出される顕熱の低減が図られる。

なお、本実証試験では実証試験要領で規定された環境測定室において冷却塔の試験が実施できないことから、サブクールユニットについてのみ実証試験を行い、冷却塔に関する情報は学术论文や実測データに基づくモデル計算結果を環境技術開発者から提出を求めることとした。

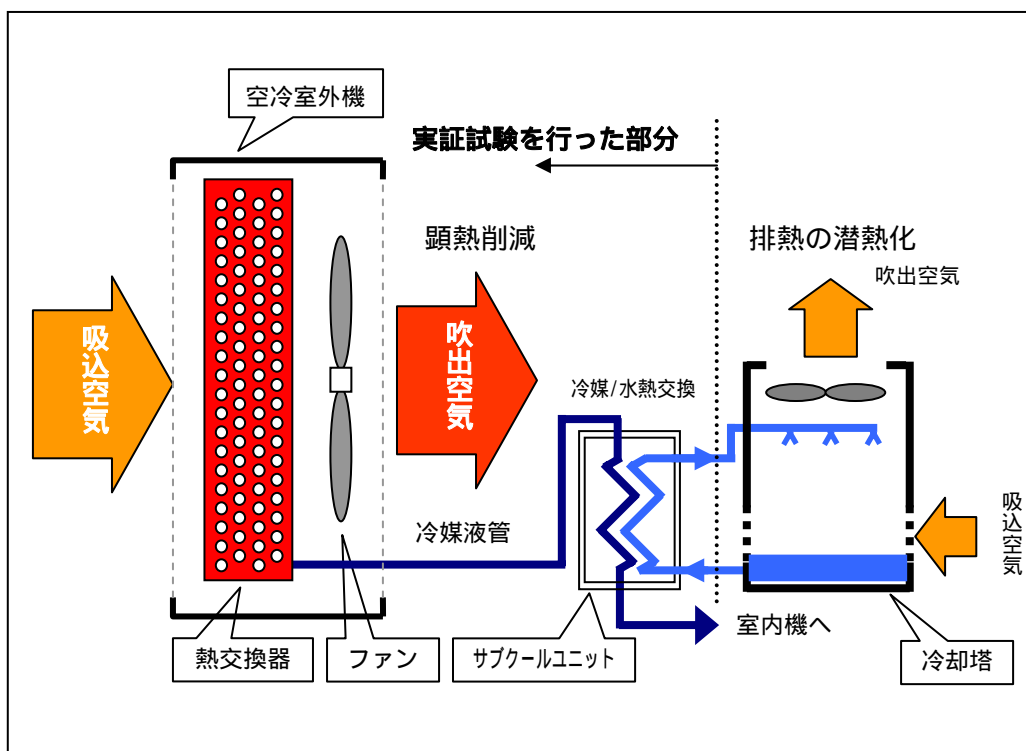


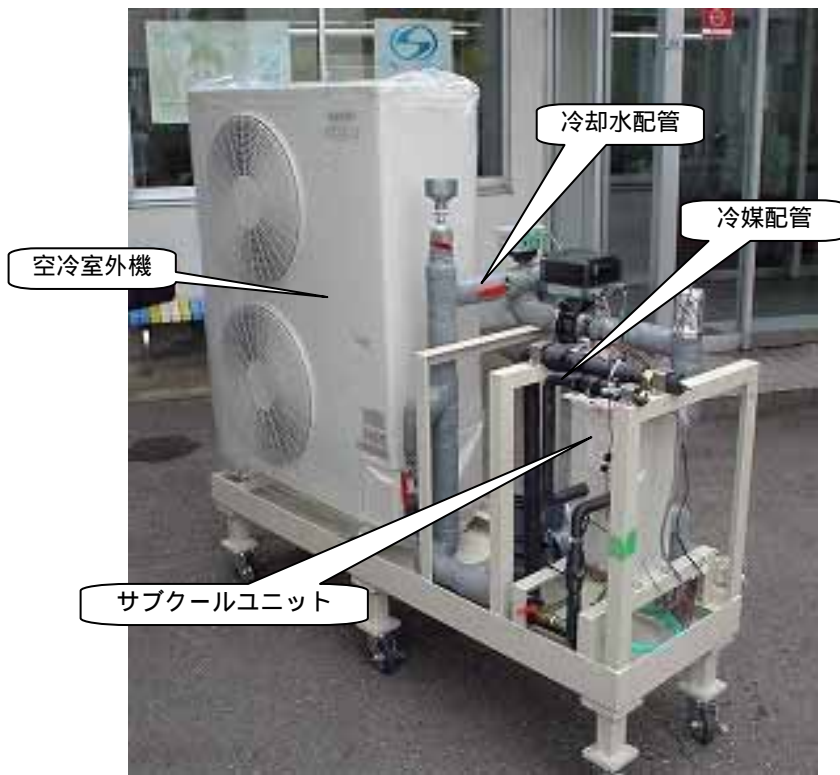
図 1 - 1 実証対象技術のシステム構成

1.2 実証対象機器の仕様

実証対象機器の仕様を表1-1に示すとともに、実証試験においてエアコンディショナに取り付けた対象機器の写真を図1-2、図1-3に示す。

表1-1 実証対象機器の仕様

実証対象機器名		サブクールユニット
型番		STK-HE280A
対応エアコンディショナ能力		冷房能力 16～45kW (6～16馬力)
製造企業名		開発・販売：高砂熱学工業(株) 製造：三洋電機(株)
サイズ	W (mm)	180
	D (mm)	240
	H (mm)	425
質量 (kg)		11 (運転時は冷却水を通水により 13kg)
電源 (相、V、Hz)		不要(ポンプ及び冷却塔の運転に要する電源は別途必要)
制御機能の内容 (温度センサー、マイコン制御、 選択モード設定など)		なし(冷房シーズン以外は、手動で冷却水を停止)
設置 制約条件	対応できるエアコンディショナの制約条件	<ul style="list-style-type: none"> ・室内機に膨張弁をもつもの ・内部サブクール機能を停止できること 注) 内部サブクール機能とは、冷房運転時に室外機で凝縮させた冷媒の一部を室外機で蒸発させ、残りの冷媒を過冷却し、液管の圧損を減らす機能のこと
	必要水圧の条件	0.015～0.05MPa
	推奨使用条件、または供給水質、大気環境に関する条件・留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・室外機吸込空気温度 > 冷却水温度 ・10 < 冷却水温 < 35 ・冷却水質は、日冷工「冷凍空調機器用水質ガイドライン」JRA-GL02に順ずる。
	その他設置場所等の制約条件	冷媒液管の主管の近傍、冷却水配管の近傍が望ましい。
メンテナンスの必要性		あり <ul style="list-style-type: none"> ・フィン腐食対策：不要(室外機に水を掛けない) ・スケール付着対策： サブクールユニットの冷却水量や熱交換量が設置当初より大幅に減少した場合は、薬剤による熱交換器の循環洗浄を行う。 ・その他： 冷却水配管系のストレーナを定期的に洗浄する。 サブクールユニット周囲温度が暖房シーズンに氷点下になる可能性がある場合は、冷房シーズン終了後に冷却水を水抜きする。
有害菌類の繁殖の可能性とその対策		冷却塔の水を使用する場合は、適当なブローまたは薬注を行う。
フィン腐食・スケール付着等の発生の可能性とその対策(上記メンテナンス欄での記載事項は省略可)		室外機に水を掛けないので、室外機に対する対策は不要。
その他		付帯設備として、冷却水配管系及び冷却塔が必要。ただし冷却水として、井水やボイラ補給水(上水)などを利用する場合は、冷却塔は不要。

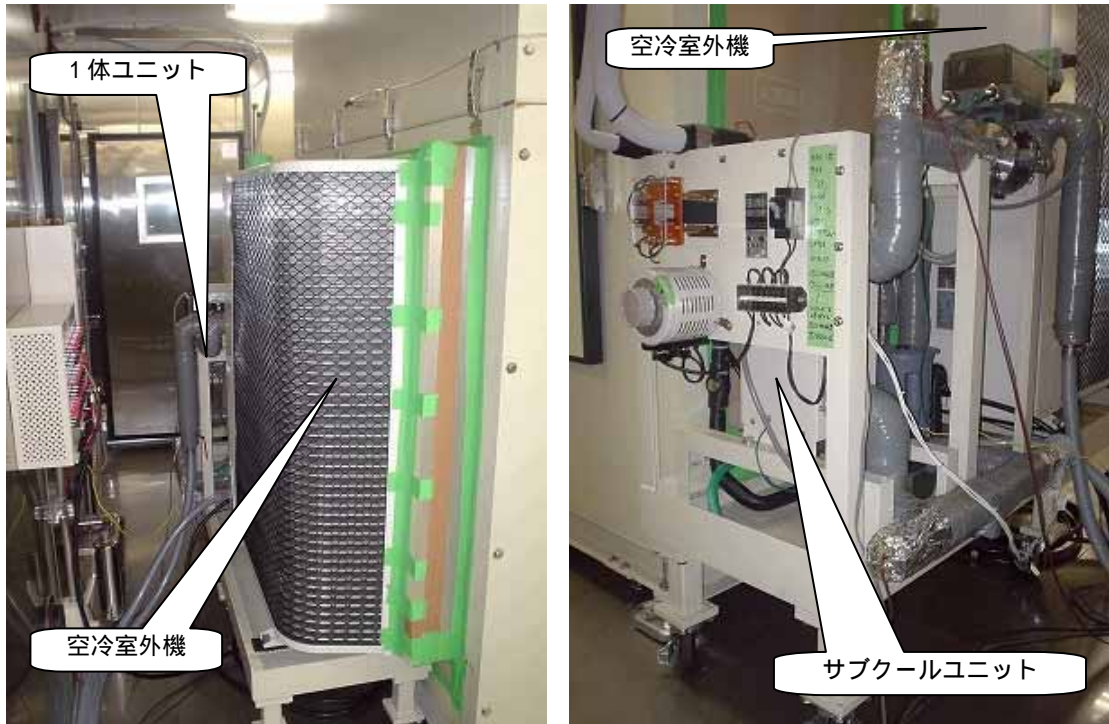


空冷室外機、サブクールユニット、冷却水供給部の1体ユニット



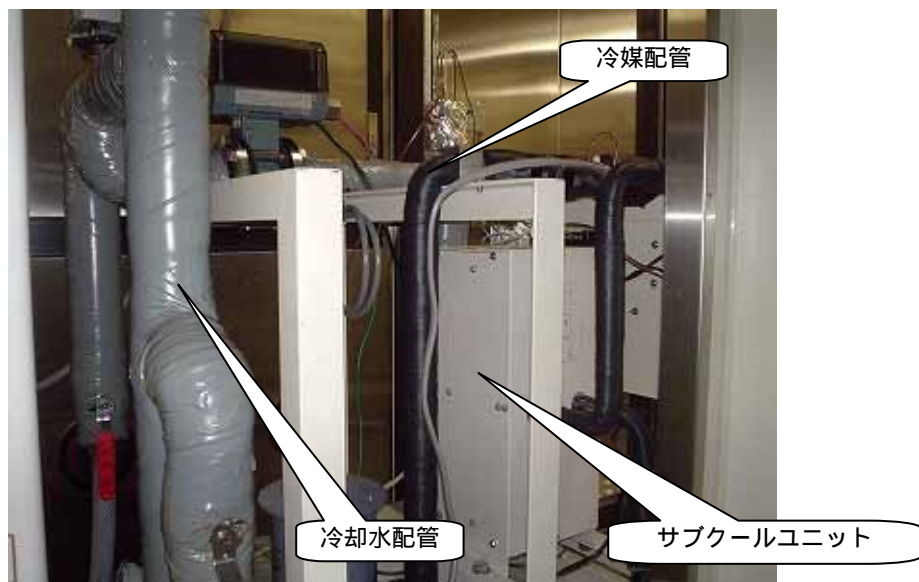
冷却水循環装置、バッファー水槽

図1 - 2 実証対象機器及び冷却水供給システム



1体ユニット取り付け状況(前部から)

1体ユニット取り付け状況(後部から)



1体ユニット組立前のサブクールユニット

図1 - 3 実証対象機器等の設置状況

2. 実証試験実施場所の概要

2.1 実証試験設備・機器の概要

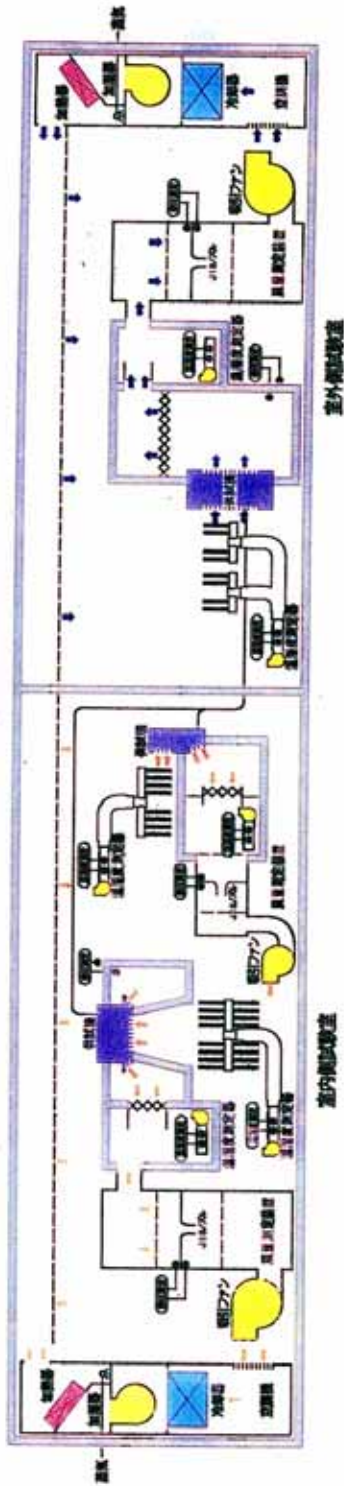
この実証試験は、財団法人電気安全環境研究所関西事業所(兵庫県尼崎市若王子3丁目9番1号)が保有する空気エンタルピー法測定装置(以下、「測定環境室」という。)を使用して実施した。この測定環境室は JIS B8615-1 (エアコンディショナ - 第1部:直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ - 定格性能及び運転性能試験方法)の「4.冷房試験」による冷房能力を測定する施設であり、その概要を図2-1に示す。

また、電気測定、温度測定、水量測定等には、表2-1に示す機器を使用した。

表2-1 実証試験で使用した機器の概要

機器の名称	製造者名及び形式	仕様(概略)
定電圧装置	エヌエフ回路設計 EP06000M	単相 / 3相 AC 0~300V 6kVA
デジタル パワーメーター	H I O K I 3 3 3 1	150~600V 0.5~50A
記録温度計	Y O K O G A W A DR424-00-00-1W	ハイブリッド式
記録温度計	Y O K O G A W A DR231-00-31-1M	ハイブリッド式
風速計	日本カノマックス株式会社 6631PA	風速 0.1~50m/秒 風温 0~100 静圧 0~±5kPa
ガラス温度計	三須計量器	0~70 目盛 0.1 -20~70 目盛 0.1
測温抵抗体	C H I N O	-10~50
回転計	Y O K O G A W A 3 6 3 2	60~19999rpm
大型精密秤量計	島津製作所 IPS-150KG	150kg (最小表示 1g)
直尺	シンワ測定器	1000mm

(財) 電気安全環境研究所 関西事業所 恒温室
(冷房能力試験・暖房能力試験)



設備概要

1. 試験室の構造及び寸法

- (1) 構造 プレハブ式保温/保冷部内立て構造
- (2) 外法寸法 W1. 680×D6. 300×H3. 035
- (3) 室内部寸法 W 5. 958×D6. 216×H2. 500 (有効)
- (4) 室外部寸法 W 5. 530×D6. 150×H2. 500 (有効)

2. 試験条件

- (1) 試験規格 JIS C9612 : 1999
- JIS B8615-1 : 1999
- IEC 335-2-40:1995

(2) 試験条件

温度条件	
温度範囲°C	湿度範囲%
室内部試験室 10 ~ 55±1.0	40.0~90.0 (DP≧8°C) ±WB: 1.0°C
室外部試験室 -10 ~ 55±1.0	40.0~90.0 (DP≧8°C) ±WB: 1.0°C

3. 試験機 機種及び能力範囲

- (1) 機種 セパレート空冷式エアコン
※室内マルチタイプは、1:2まで、
・製氷付型
・天井吊り型
・天井埋め込み型
・床置き型
- (2) 能力範囲
容 量 1 ~ 7.5HP
冷房能力 2.5~18.0kW (連続運転時24kW)
暖房能力 3.0~20.0kW (連続運転時22kW)
室内機 最大 75m³/min
室外機 最大 180m³/min

4. 試験機 電力測定回路

- (1) 交流化電源 3φ3W 0~500V 50/60Hz
1φ2W 0~300V 50/60Hz 6kVA
3φ3W 0~260V 50/60Hz 50A (s.t.200V)
- (2) 電圧調整器

5. 試験機 流量測定範囲

- 室内側流量測定 (1) 30~350m³/min
(2) 30~750m³/min
- 室外側流量測定 120~1800 m³/min

図 2 - 1 測定環境室の概要

2.2 実証試験の条件設定と配置

本実証試験においては、サブクールユニットを設置した空冷室外機に関する実証試験を実施することとし、冷却塔で潜熱化せず排出される顕熱、冷却塔の補機(循環ポンプ、ファン)の消費電力、水・薬剤使用量などについての情報は、環境技術開発者から提出されたモデル計算結果を評価することとした。

(1) 空気温湿度に係る試験条件

実証試験は、実証試験要領に規定された試験条件1 (JIS B8615 のT1条件)、試験条件2 (夏季における一般的条件)、及び環境技術開発者から多数の空冷室外機が密集配置されるなどして吸込温度が外気乾球温度より高い温度に設置された場合を想定して提案された試験条件3で実施した。また、サブクールユニットの冷却水温度について、一般的な冷却塔では冷却塔出口水温が外気湿球温度より5 程度高く設計されていることから、室外側吸込空気の湿球温度より5 高い温度を設定した。各試験条件の測定環境室の室内側、室外側の温湿度、及び冷却水温を表2 - 2に示す。

表2 - 2 空気温湿度に係る試験条件

項目	試験条件1	試験条件2	試験条件3
室外側吸込空気温度			
乾球温度	3.5	3.0	4.0
湿球温度	2.4	2.5	2.7
室内側吸込空気温度			
乾球温度		2.7	
湿球温度		1.9	
冷却水温度	2.9	3.0	3.2

(2) 実証試験用エアコンディショナ

本実証対象技術は、マルチエアコンディショナを対象としたもので、表1 - 1に示す設置制約条件として、室内機に膨張弁をもち、内部サブクール機能を停止できることがあげられており、環境測定室に設置可能なものとして、環境技術開発者が準備したエアコンディショナは、相当馬力が5馬力のもので、冷房能力14kW、冷房時消費電力5.77kW、COP2.43の圧縮機ステップ制御方式であった。

このエアコンディショナの運転条件について、最高能力を発揮するステ

ップ数で運転するとサブクールユニットで過冷却された冷媒により室内機側で防霜保護回路が働き運転が停止する可能性があることから、75%の能力で運転することとし、定格能力が冷房能力 10.5kW、消費電力 4.28kW、COP2.45 となる状態で使用した。

3. 実証試験の手続きと手法

3.1 実証試験期間

本技術の実証試験のために平成17年10月12日から10月28日の間の12日間を設定し、この期間中に機器搬入、設置、試運転・調整等の立ち上げ作業、顕熱抑制性能項目に関する試験及び検証、サブクールユニット出入口水温の測定を行った。

3.2 実証対象機器の設定と立ち上げ

(1) 実証対象機器の設定

環境技術開発者が実証試験で使用するエアコンディショナを環境測定室内に設置し、配管、圧縮機ステップ数固定作業等を行い、室外機に実証対象機器及び図3-1に示す冷却水供給システムを取り付けた。

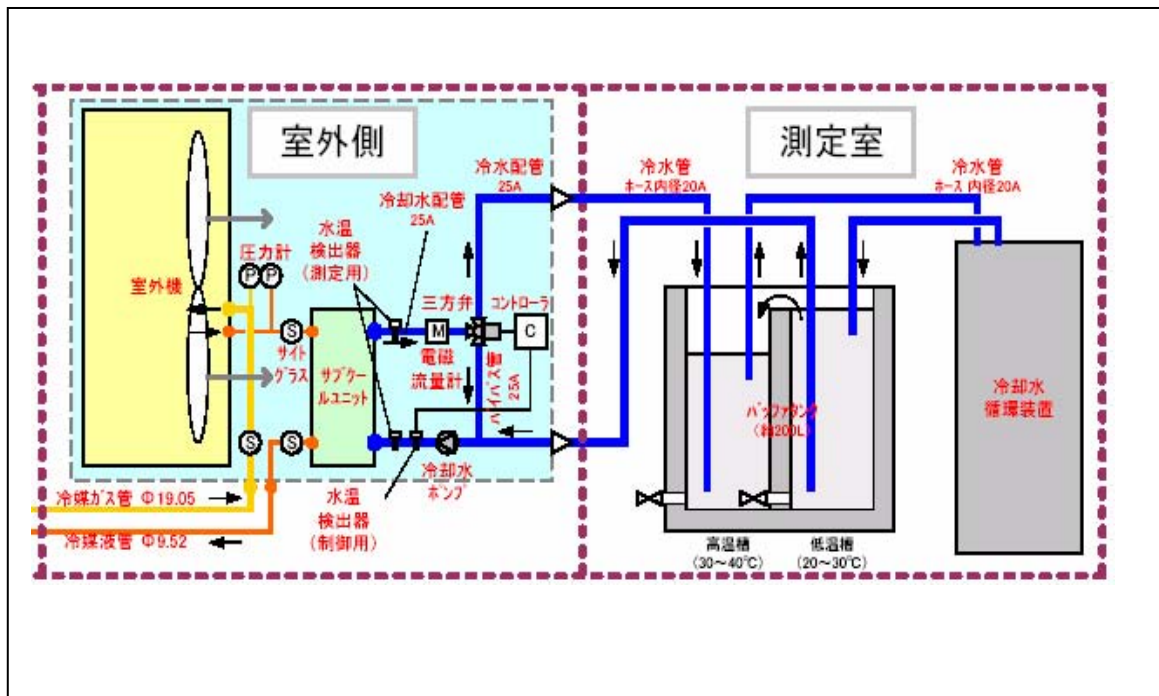


図3-1 サブクールユニットへの冷却水供給システム

(2) 立ち上げ方法

立ち上げは以下の順序に従って行った。

運転準備前に、測定環境室の湿度調整用ウイックを新品に交換した。

湿度測定用水タンクに蒸留水を補給した。

測定室加湿用水タンクに食塩を規定量添加した。

環境技術開発者が、測定環境室内に取り付けた実証対象機器等と測定環境室外(測定室)に設置した冷却水循環との配管を行い、冷却水供給システムの動作を確認した。

室内側及び室外側の温度及び湿度を実証試験要領に規定された条件に設定した。

環境技術開発者の立会いの下、試運転を行い、その結果を環境技術開発者に報告し、疑義がないことを確認した上で、本試験に移行した。

(3) 運転及び維持管理方法

測定環境室の室内側試験室及び室外側試験室の温湿度が所定の試験条件になったことを確認し、運転を開始した。運転開始後1時間以上を経過した後で、測定環境室により安定運転が確認された時点から実証試験を開始した。

実証対象機器の運転・維持管理については、環境技術開発者から提供された「運転及び維持管理マニュアル」に従い実施した。

3.3 顕熱抑制性能実証項目の実証試験

実証対象機器の運転時における顕熱抑制性能の実証を行うために、表3-1の項目を測定した。

顕熱実証項目の参考測定データとして、冷房COP向上率のみを測定し、潜熱化率及び水への熱移行率については、本実証対象技術のうち冷却塔で発生するものであることから、実証試験は行っていない。

空冷室外機からの顕熱発生量、エアコンディショナの冷房能力及び消費電力量を算出するため、測定環境室(空気エンタルピー法測定装置、消費電力計、熱電温度計等)を使用して表3-2に示す試験を行った。

また、試験は実証試験要領により、安定後5分ごとに7回の試験を行うこととなっており、本試験においては、安定後10秒毎にデータを収集することとし、その6データの平均値を1分間値とし、さらに1分間値の5データの平均値を1試験データとし、連続した7試験データの平均値を試験結果とした。

表 3 - 1 顕熱抑制性能実証項目の測定方法

試験項目	内 容
顕熱抑制率	<p>顕熱抑制機器停止時及び運転時における室外機吹出空気の内顕熱発生量を測定した。停止時及び運転時の顕熱発生量の差から顕熱抑制量を求めた。吹出空気の内顕熱発生量は、JIS B8615-1 に示されている室外側空気エンタルピー法により測定した。</p> <p>顕熱制御率は、顕熱抑制量を停止時における空冷室外機の内顕熱発生量で除して求めた。</p>
冷房能力向上率	<p>顕熱抑制機器停止時及び運転時における冷房能力を、JIS B8615-1 に準拠して室内側空気エンタルピー法で測定した。</p> <p>冷房能力向上率は、運転時における冷房能力と停止時における冷房能力の差を停止時における冷房能力で除して求めた。</p>
消費電力削減率	<p>顕熱抑制機器停止時及び運転時における消費電力を消費電力計によって求めた。消費電力削減率は、停止時における消費電力量と運転時における消費電力利用の差を停止時における消費電力量で除して求めた。</p>
(参考測定データ) 冷房COP向上率	<p>冷房COP(エネルギー消費効率)は冷房能力を消費電力で除して求めるもので、向上率は、運転時における冷房COPを停止時における冷房COPで除して求めた。</p>

表 3 - 2 顕熱抑制性能に関する試験項目

試験項目	単位	内 容
電源周波数	Hz	冷房機及び顕熱抑制装置に供給される電源周波数
電源電圧	V	冷房機及び顕熱抑制装置に供給される電源電圧
運転電流	A	冷房機及び顕熱抑制装置が消費する電流
消費電力	kW	冷房機及び顕熱抑制装置が消費する電力
力率	%	消費電力 / 運転電流
冷房能力 (室内側計測)	kW	室内から単位時間あたりに除去できる熱量
冷房能力 (室外側計測)	kW	室外に単位時間あたりに加えることができる熱量
室内側受風室差圧	Pa	静圧モニター
室内側ノズル 前後差圧	Pa	風量測定用
室内側風量	m ³ /min	室内機吹出空気量
室外側受風室差圧	Pa	静圧モニター
室外側ノズル 前後差圧	Pa	風量測定用
室外側風量	m ³ /min	室外機吹出空気量
室内側吸込空気 乾球温度		室内側環境管理及び能力測定用
室内側吸込空気 湿球温度		室内側環境管理及び能力測定用
室外側吸込空気 乾球温度		室外側環境管理及び能力測定用
室外側吸込空気 湿球温度		室外側環境管理及び能力測定用
室内側吹出空気 乾球温度		能力測定用
室内側吹出空気 湿球温度		能力測定用
室外側吹出空気 乾球温度		能力測定用
室外側吹出空気 湿球温度		能力測定用

3.4 運転及び維持管理実証項目の実証試験

(1) 環境負荷物質排出量

サブクールユニットでの水垢や無機塩類のスケール除去、有害菌類の繁殖防止のために薬剤が使用されるが、いずれも常時連続的に使用されるものでないことから、実証試験は行わず、環境技術開発者から提出された情報の評価を行った。

(2) 有害菌類対策

冷却塔での対策になることから評価は行っていない。

(3) 消費電力量、水消費量、その他の反応剤等消費量

本実証対象技術では、電力は冷却塔ファン、循環ポンプで消費され、使用する水は冷却塔で消費され、また循環水の有害菌対策などのための薬剤は冷却塔で注入される。そのため、これらの運転に必要なエネルギーと物質は、環境技術開発者でから提出されたモデル計算結果を評価することとした。

(4) その他の運転及び維持管理実証項目

運転及び維持管理実証性能に関する以下の項目について、実証試験時の運転結果、及び環境技術開発者から提出された運転及び維持管理マニュアル、技術仕様書等により評価を行った。

- ・実証対象機器の運転・維持管理に必要な人員数と技能
- ・メンテナンスの効果及び容易性
- ・運転及び維持管理マニュアルの評価

また、実証試験要領において、参考事項として報告書に記載すべき項目とされている、エアコンディショナの冷房性能・寿命への影響可能性、実証対象機器の信頼性、トラブルからの復帰方法について、環境技術開発者から提出された申請書などの書類や技術資料の内容を確認した。

4. 実証試験結果と検討

4.1 顕熱抑制性能実証項目

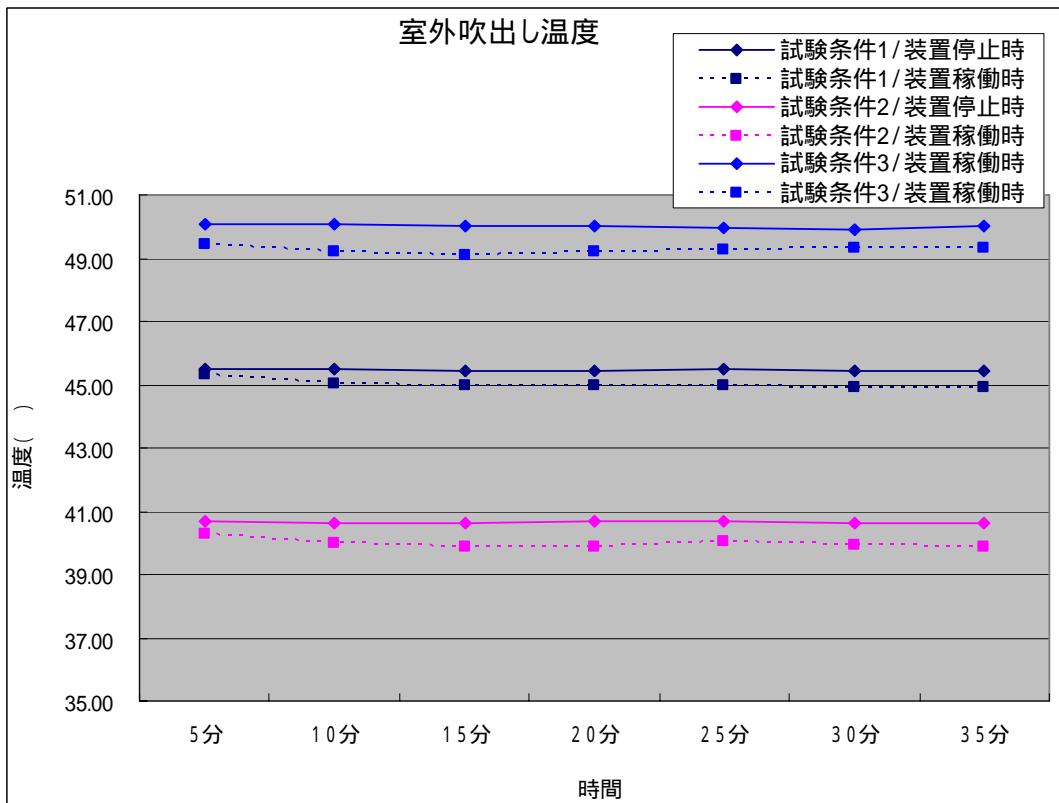
本実証対象技術のうちサブクールユニットに対する試験結果を表4-1に、室外機吹出空気の温度変化を図4-1にそれぞれ示した。なお、顕熱抑制性能の計算は、実証試験要領に示された計算方法により行った。

表4-1 各試験条件における試験結果

項目		単位	測定値等			
			試験条件1	試験条件2	試験条件3	
試験条件	室内側	入口空気乾球温度		27.00	27.00	27.00
		入口空気湿球温度		18.96	18.98	18.97
	室外側	入口空気乾球温度		34.94	29.96	39.96
		入口空気湿球温度		23.92	24.94	26.95
	サブクールユニット入口水温			27.7	29.2	31.1
	循環水量(設定最大量)		kg/h	1,194	1,194	1,194
	運転モード		-	循環水温度制御		
試験結果	停止時	吹出し空気乾球温度		45.46	40.65	50.01
		吹出し空気湿球温度		26.44	27.36	29.11
		吹出し風量	m ³ /min	74.54	74.42	73.98
		顕熱発生量	kW	14.38	14.77	13.41
		冷房能力	kW	10.085	11.232	9.707
		消費電力	kW	4.500	4.220	4.735
		冷房COP	-	2.241	2.662	2.050
	運転時	吹出し空気乾球温度		45.00	39.97	49.26
		吹出し空気湿球温度		26.27	27.20	28.89
		吹出し風量	m ³ /min	74.33	73.91	72.73
		サブクールユニット出口水温		28.6	30.1	32.6
		顕熱発生量	kW	13.70	13.79	12.25
		冷房能力	kW	11.762	12.482	11.847
		消費電力	kW	4.457	4.142	4.660
		冷房COP	-	2.639	3.014	2.542
	参考値	熱交換量	kW	2.52	2.83	4.26
	機器性能	顕熱抑制率	%	4.8	6.6	8.7
		冷房能力向上率	%	16.6	11.1	22.0
		消費電力削減率	%	1.0	1.8	1.6
		参考値	冷房COP向上率	%	17.8	13.2

) 熱交換量はサブクールユニットで冷却水に移行する熱量を下記の計算で求めた。
〔熱交換量 = 冷房能力 + 消費電力 - 顕熱発生量〕

注) 図1-1に示すエアコンディショナ及びサブクールユニットのみの実証試験結果であり、冷却塔から排出される顕熱の増減などについては、5.冷却塔に関するモデル計算結果(20~21頁)に記載しています。



試験条件によっては、冷却塔からも顕熱の排出がありますが、21頁の「表 5-2 モデル計算結果による空冷室外機及び冷却塔からの排熱」を参照ください。

図 4 - 1 室外機吹出空気の温度変化

本実証対象技術は、サブクールユニットで室内機に戻る高温冷媒を過冷却するもので、温湿度が一定の測定環境室内で、エアコンディショナを圧縮機ステップ数を固定して試験した結果、その効果のほとんどが表 4 - 1 に示すように冷房能力の向上に影響したものと考えられる。

なお、表 4 - 1 で示した循環水量(設定最大量)は、実証試験で使用した冷却水供給システムから必要な水温の冷却水を得るためサブクールユニット側で冷却水量を変流量制御した結果、20 秒程度の周期で 20 L /分を上限に ± 25% 程度変化することを電磁流量計で確認したことから、実証試験で用いた冷却水供給システムによる最大供給量を参考値として掲載した。

4.2 運転及び維持管理実証項目

本実証対象技術のうちサブクールユニットに対する実証試験時の運転結果、及び環境技術開発者から提出された運転及び維持管理マニュアル、技術仕様書等から評価した定性的所見を表4 - 2に示す。

表4 - 2 運転及び維持管理項目の定性的所見

項目	所見
実証対象機器の運転・維持管理に必要な人員数と技能	一人で操作が可能。通常の運転であれば特殊な技能は必要ない。
メンテナンスの効果及び容易性	運転及び維持管理マニュアルにおいて、日常運転及びメンテナンス、サブクールユニットの洗浄などの方法が記載されている。
運転及び維持管理マニュアルの評価	実証対象機器の取り付け、冷却水配管、運転方法メンテナンス方法などが簡潔に掲載されている。

その他の運転及び維持管理性能について、本実証対象技術は空冷室外機の熱交換器フィンの腐食等の原因となるものでなく、エアコンディショナの冷房性能・寿命への影響はないと考えられる。

5. 冷却塔に関するモデル計算結果

環境技術開発者から提出された、実証対象技術の冷却塔から排出される排熱の顕熱・潜熱比、冷却水ポンプなどの補機類の消費電力や運転経費に関するモデル計算結果について、その内容を評価した結果、本報告書で参考情報として掲載することが適切と判断し、その資料を付録 9.3「ビル用マルチ冷媒サブクールシステムの補機類のモデル計算について」として本報告書に添付するとともに、その要約を下記に示した。

5.1 計算根拠及び参考文献

モデル計算（付録 9.3 参照）では、冷却塔から排出される排熱の顕熱排熱量について、冷却塔から排出される排熱の顕熱・潜熱比の計算に関する学術論文^{1) 2)}を根拠に、解析誤差の少ない方法として、冷却塔内の気液接触により空気の状態が冷却水還り水温と等温の飽和空気に近づくと仮定して計算が行われている。このモデル計算の結果は実測調査³⁾やシミュレーション⁴⁾を行った学術論文において発表された冷却塔からの顕熱・潜熱比と同様の傾向を示しており、本実証対象技術の顕熱抑制効果の参考情報として掲載することとした。

また、消費電力及び運転経費の計算については、本実証試験での実証試験結果、環境技術開発者の社内実測結果から導き出しており、参考情報として提供する概算値としては妥当であると考えられた。

参考文献

- 1) 西村浩一、中村泰人;「冷却塔の水分蒸発量と放熱特性」 日本建築学会計画系論文集 第 484 号, p.53~62, (1996)
- 2) 渡辺浩文、尾島俊雄;「河川水熱利用地域冷暖房施設の大気の熱的影響に関する研究」 日本建築学会計画系論文集 第 460 号, p.61~69, (1994)
- 3) 田中規敏、鳴海大典、他;「空調屋外機周辺の熱環境実態に関する実測調査」 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, (2005.8.9~11 (札幌))
- 4) 西村浩一、中村泰人;「空調システムによる暖冷房負荷の外気への放熱特性」 日本建築学会計画系論文集 第 498 号, p.81~88, (1997)

5.2 モデル計算結果

本実証対象技術はビル用マルチエアコンディショナを対象としてのものであり、モデル計算では空調対象面積が 1,000 m²から 7,000 m²までの事務所ビルに導入した際の試験条件毎の冷却塔からの排熱の状況、運転経費などがシミュレーションされている。排熱量に関するモデル計算結果を表 5 - 1 に示し、それを元に空冷室外機及び冷却塔からの排熱の顕熱・潜熱の比率を表 5 - 2 に示した。これによると、試験条件 2 の場合に、冷却塔で全排熱の 15.2%が潜熱化され、2.2%が顕熱として排出される（表 5 - 2 中の * 印を乗じた%）が、他の試験条件では冷却塔からの顕熱の排出は無視できると考えられる。

また、冷却塔の運転による消費電力量、補給水量、殺菌剤やスケール除去剤などの薬品消費量、及びそれらの所要経費について表5 - 3 に示した。

表5 - 1 環境技術者による排熱量に関するモデル計算結果

大項目	小項目	単位	36 馬力			144 馬力			252 馬力			
ビル用マルチ	定格冷房能力	kW	101			403			706			
	一般的な事務所の空調面積	m ²	1000			4000			7000			
試験条件	No.		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	室外側乾球温度		35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0	
	室外側湿球温度	WB	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0	
	冷却水温		29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0	
熱交換量等	サブクールエント熱交換量	kW	21.6	22.9	36.3	86.3	91.5	145.2	151.0	160.2	254.0	
	ポンプ軸動力	kW	0.48	0.48	0.84	1.68	1.80	3.24	2.88	3.24	5.76	
	冷却塔風量	kg/s	0.89	1.03	1.57	2.95	4.13	5.51	5.51	5.51	8.26	
排熱量	サブクールしない場合の排熱量合計	kW	146	139	150	583	555	600	1020	971	1050	
	サブクールした場合の排熱量合計		140	135	141	558	539	566	977	944	990	
	空気顕熱合計		118	114	103	470	457	414	823	800	724	
	空気顕熱(室外機分)		117	111	104	470	445	417	822	780	729	
	空気顕熱(冷却塔分)		0.2	2.9	-0.8	0.8	11.6	-3.1	1.4	20.4	-5.6	
	水潜熱(冷却塔分)		22.0	20.5	38.1	87.6	82.1	152.2	153.2	143.7	266.5	
	空気顕熱排熱量の削減比		%	19.3	17.6	31.1	19.3	17.6	31.1	19.3	17.6	31.1
	冷却塔排熱の潜熱比		%	99.1	87.6	102.0	99.1	87.6	102.1	99.1	87.6	102.2

表5 - 2 モデル計算結果による空冷室外機及び冷却塔からの排熱

	試験条件 1	試験条件 2	試験条件 3
空冷室外機からの排熱 (内訳)	84.2%	82.6%	73.6%
顕熱	100%	100%	100%
潜熱			
冷却塔からの排熱 (内訳)	15.8%	17.4%*	26.4%
顕熱	0.9%	12.4%*	-2.2%
潜熱	99.1%	87.6%*	102.2%

) 試験条件 3 (外気 40 DB、27 WB)において、冷却塔吸込み空気が循環水の蒸発により冷却されることによって空気顕熱が潜熱化されるものと考えられる

表5 - 3 環境技術開発者による運転経費等に関するモデル計算結果

大項目	小項目	単位	36 馬力			144 馬力			252 馬力		
ビル用マルチ	定格冷房能力	kW	101			403			706		
	一般的な事務所の空調面積	m ²	1000			4000			7000		
試験条件	No.		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	室外側乾球温度		35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0
	室外側湿球温度	WB	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0
	冷却水温		29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0
消費電力	サブクールしない場合の圧縮機動力	kW	44.1	37.0	48.3	176.3	147.9	193.1	308.6	258.8	337.9
	圧縮機動力	kW	37.3	32.5	38.8	149.2	130.2	155.0	261.1	227.8	271.3
	室外機ファン動力	kW	0.90	0.90	0.90	3.60	3.60	3.60	6.30	6.30	6.30
	冷却水ポンプ消費電力	kW	0.48	0.48	0.84	1.68	1.80	3.24	2.88	3.24	5.76
	冷却塔ファン消費電力	kW	0.10	0.10	0.20	0.40	0.40	0.75	0.75	0.75	1.10
	消費電力削減量(補機類も考慮)	kW	6.2	3.8	8.5	25.1	15.5	34.1	43.9	27.0	59.8
補給水	蒸発水量	L/min	0.63	0.59	1.10	2.52	2.36	4.38	4.41	4.14	7.67
	補給水量	L/min	0.89	0.86	1.52	3.53	3.44	6.09	6.18	6.01	10.66
補機類の 運転経費	電気代 22[円/kWh]	円/h	12.8	12.8	22.9	45.8	48.4	87.8	79.9	87.8	150.9
	水道代 228[円/m ³]	円/h	12.1	11.8	20.8	48.3	47.0	83.3	84.5	82.3	145.8
	薬剤費 4180[円/kg]	円/h	11.1	10.8	19.1	44.3	43.1	76.3	77.5	75.4	133.6
	合計	円/h	36.0	35.3	62.8	138.4	138.5	247.4	241.9	245.5	430.3

6. データの品質管理

本実証試験を実施するにあたりデータの品質管理は、大阪府環境情報センター及び(財)電気安全環境研究所が定める品質マニュアルに従って実施した。

(1) 試験結果の精度管理

本実証試験の精度管理のために、実証試験終了後に改めて検証のための試験を行った。その結果、空気温度の差異は、試験条件2及び3の実証対象機器運転時の室内側吹出し空気乾球・湿球温度が1.38～1.00であったが、その他の測定値の差異は僅かであり、試験条件2の実証対象機器停止時の室外側吹出し空気乾球温度の0.45を除き0.3以下であった。水温度では、サブクールユニット出入口の水温差が0.2以下であり、空気流量ではいずれも2%を下回っていた。なお、本実証試験では冷房能力向上率が高かったものを採用することとし、試験条件1では実証時の結果を、試験条件2及び3では検証時の結果を採用した。

(2) 実証試験設備・機器の検定・校正

本実証試験で使用した主要な設備・機器の検定・校正については、年1回の頻度でその適格性について検証を実施している。JIS B 8615-1, 試験条件1(T1条件)及び試験条件2で要求される測定精度を充分満足するものである。なお、校正品目が多数に及ぶため付録「試験手順書」にその詳細を記載する。

7. 監査

本実証試験で得られた品質監査は、大阪府環境情報センター及び(財)電気安全環境研究所が定める品質マニュアルに従って行った。

実証試験が適切に行われていることを確認するために実証試験の期間中に試験状況を確認するとともに、終了後に実証試験計画書、作業手順書及び試験結果について内部監査を行った。

この内部監査は、本実証試験から独立している大阪府環境情報センター環境科学室長を内部監査員として任命して実施した。

その結果、実証試験は品質マニュアルに基づく品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていることが確認された。

内部監査員は内部監査の結果を品質管理責任者及び大阪府環境情報センター所長に報告した。

内部監査の結果は別途業務報告書に示す。

8. その他

環境技術開発者から提出された、実証対象技術に関する製品データ及び参考情報を以下に示す。

製品データ

項目		環境技術開発者 記入欄	
名称 / 型式		サブクールユニット STK-HE280A	
製造(販売)企業名		開発・販売 : 高砂熱学工業(株)、 製造 : 三洋電機(株)	
対応エアコン能力		16 ~ 45kW	
連絡先	TEL / FAX	高砂熱学工業(株)技術本部 (03)5256 - 7442 / (03)5256-7443	
	Web アドレス	http://www.tte-net.co.jp	
	E-mail	-	
サイズ / 質量		180 W x 240 D x 425 H (mm) 11kg (運転時 13kg)	
電源		不要 (ポンプおよび冷却水熱源の運転に要する電源は別途必要)	
設置制約条件	対応できるエアコンディショナ種類・形状	<ul style="list-style-type: none"> ・室内機に膨張弁を持つもの (主にビル用マルチ) ・内部サブクール機能を停止できること 注)内部サブクール機能とは、冷房運転時に室外機で凝縮させた冷媒の一部を室外機で蒸発させ、残りの冷媒を過冷却し、冷媒配管の圧損を減らす機能のこと。 <ul style="list-style-type: none"> ・冷却水熱源、循環ポンプ、冷却水配管・冷媒配管工事が必要。 	
	必要水圧	0.015 ~ 0.05MPa	
	推奨使用条件等	<ul style="list-style-type: none"> ・10 < 冷却水温 < 室外機吸込空気温度 (冷却塔で製造可能)。 ・未利用冷熱である井水・上水・工水等も使用可能。 ・冷却水質は日冷工 JRA-GL02(冷凍空調機器用水質ガイドライン)に準じる。 	
	設置場所制約	冷媒液管の主管の近傍、冷却水配管の近傍が望ましい。	
エアコンの冷房性能・寿命への影響	冷房能力が増加し冷房動力が減少し、圧縮機の寿命延長に貢献する。特にインバータ機において顕著である。		
機器の信頼性	機械的動作部・電装品を含まないため、故障の可能性は極めて低い。		
トラブルからの復帰方法	サブクールユニットにスケールが付着した場合は、薬剤による循環洗浄を行う。		
その他	氷点下になる環境に設置する場合は、水抜き等の凍結防止策が必要。		
実証対象機器寿命	20年		
コスト概算 ランニングコストは前頁に掲載しています。	イニシャルコスト		
	サブクールユニット	5400	円 / 冷房能力[kW]
	冷却塔・循環ポンプ	800	同上
	冷却水配管	1600	同上
	冷媒配管(追加分)	1200	同上
	合計	9000	同上

その他メーカーからの情報

当システムは室外機に水噴霧する方式と原理が異なり、室外機で凝縮した高温冷媒と冷却水を別置き熱交換器で顕熱交換させるため、以下の長所と短所があります。

長所 冷房能力向上効果、冷房動力削減効果が大きい。
 室外機熱交換器の腐食やスケール付着、藻の発生等が生じない。
 により長時間連続運転可能で、低負荷・低外気温度条件でも省エネ効果がある。

短所 冷却水系統が別途必要。
 小規模なシステム(20馬力以下)や、パッケージエアコンでは適用が困難。
 冷却塔を使用する場合は、冷却水質管理や冷却塔のメンテナンスが必要。

当システムについて更に知りたい方は、下記文献をご参照ください。

建築設備と配管工事(2005年11月号)p.38~39「冷媒を水で更に冷やすビル用マルチ冷媒サブクールシステム」
 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 D-63(2005)「ビル用マルチ冷媒サブクールシステムの開発」
 冷凍(2006年2月号) p.42~46 新技術紹介「ビル用マルチ冷媒サブクールシステム」

9 . 付録

9.1 実証試験手順書

9.2 実証試験データ記録表

9.3 ビル用マルチ冷媒サブクールシステムの補機類のモデル計算について

9.3 ビル用マルチサブクールシステムの補機類のモデル計算について

この資料は、環境技術開発者（高砂熱学工業株）から実証機関（大阪府環境情報センター）に提出されたもので、参考情報として本報告書に添付しています。

ビル用マルチ冷媒サブクールシステムの排熱量と運転経費のモデル計算

H18.2/6 高砂熱学工業(株)総合研究所

ビル用マルチ冷媒サブクールシステム(「冷媒サブクールシステム」)のヒートアイランド現象抑制効果と運転経費の推測にあたり、実験で確認できない冷却塔からの顕熱排熱量および補機類の運転経費を、システムをモデル化して計算した。以下にその計算方法と計算結果を述べる。

1. 冷却塔からの顕熱排熱量

冷却塔からの顕熱排熱量は、まずシステムの排熱量を室外機と冷却塔に分けて求め、続いて冷却塔の排熱量における顕熱分の割合を求めて計算した。排熱量と各機器の消費電力の関係を(1)に、冷却塔の吸排気間を(2)に示す。空調面積が 1000・4000・7000[m²]の一般的な事務所ビルを冷媒サブクールシステムで空調した場合の排熱量の計算結果を表3に、冷房負荷と排熱量の相関を図3-1~3-3に示す。

(1) 排熱量と各機器の消費電力の関係

従来のビル用マルチ空調システムと、冷媒サブクールシステムの、各機器の消費電力と排熱の相関式を表1に、その模式図を図1に示す。なお厳密には、室外機電装部動力と、冷却水配管系からの熱口スを考慮する必要があるが、絶対量が少ないことから無視する。

表1 各機器の消費電力と排熱の相関式

従来システムの排熱量の関係	記号表
$Q_o = Q_i + E_c + E_f$	E_c : 圧縮機動力 [kW]
顕熱排熱量 = Q_o	E_f : 室外機ファン動力 [kW]
潜熱排熱量 = 0	E_p : 冷却水ポンプ動力 [kW]
冷媒サブクールシステムの排熱量の関係	E_t : 冷却塔ファン動力 [kW]
$Q_o = Q_i + E_c + E_f - q$	Q_c : 室外機熱交換器放熱量 [kW]
$Q_{t1} + Q_{t2} = q + E_p + E_t$	Q_o : 室外機排熱量 [kW]
顕熱排熱量 = $Q_o + Q_{t1}$	Q_i : 室内機吸熱量 [kW]
潜熱排熱量 = Q_{t1}	Q_{t1} : 冷却塔排熱量(水潜熱分) [kW]
	Q_{t2} : 冷却塔排熱量(空気顕熱分) [kW]
	q : サブクールユニット熱交換量 [kW]

(2) 冷却塔の吸排気間の関係

冷却塔内の気液接触により、空気の状態が冷却水還り水温と等温の飽和空気に近づくという仮定を用いる(下記の参考文献を参照)。冷却塔の潜熱排熱量の算出式を表2に、気液接触による空気状態変化を図2の空気線図に示す。なお冷却塔吸込み空気状態は、室外機吸込空気の状態と同等と仮定する。

表2 冷却塔の潜熱排熱量の算出式

気液接触後の空気比エンタルピの算出	記号表
$q + E_p = V(h_B - h_A)$	ρ : 空気密度 [kg/m ³]
気液接触後の空気温度と絶対湿度の算出	V : 風量 [m ³ /s]
$(h_B - h_A) / (h_C - h_A)$	h : 空気比エンタルピ [kJ/kg]
= $(t_B - t_A) / (t_C - t_A)$	t : 空気温度 []
= $(x_B - x_A) / (x_C - x_A)$	x : 空気絶対湿度 [kg/kg]
気液接触による潜熱排熱量の算出	r : 水の蒸発熱[kJ/kg]
$Q_{t1} = Vr(x_B - x_A)$	添字A : 冷却塔吸込空気
	添字B : 気液接触後の空気
	添字C : 冷却水還り水温と等温の飽和空気

参考文献

- ・西村浩一,中村隼人 ; 「冷却塔の水分蒸発量と放熱特性」日本建築学会計画系論文集 第484号,p.53~62(1996)
- ・渡辺浩文,尾島俊雄 ; 「河川水熱利用地域冷暖房施設の大气への熱的影響に関する研究」日本建築学会計画系論文集 第460号,p.61~69(1994)

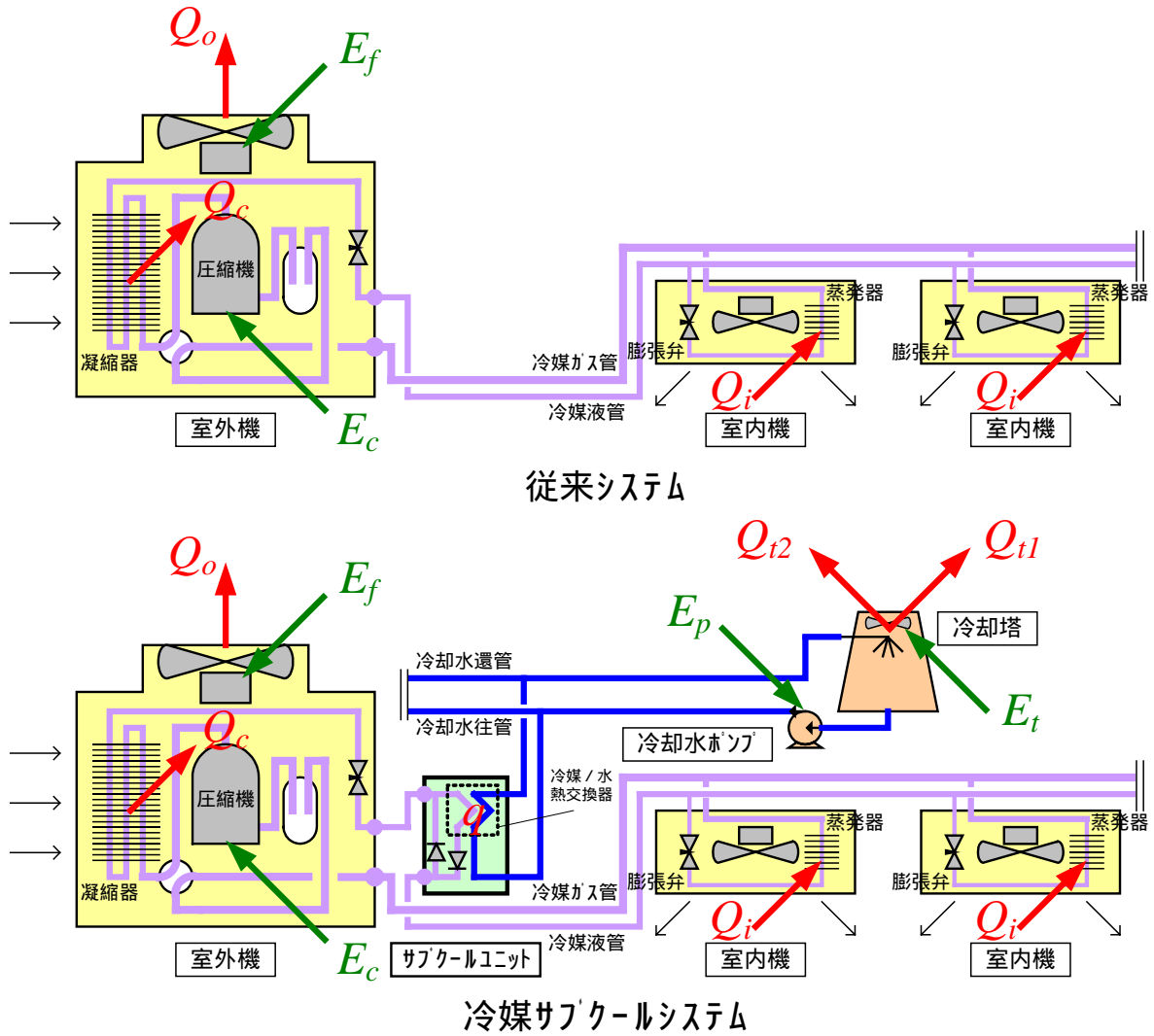


図1 各機器の消費電力と排熱の模式図

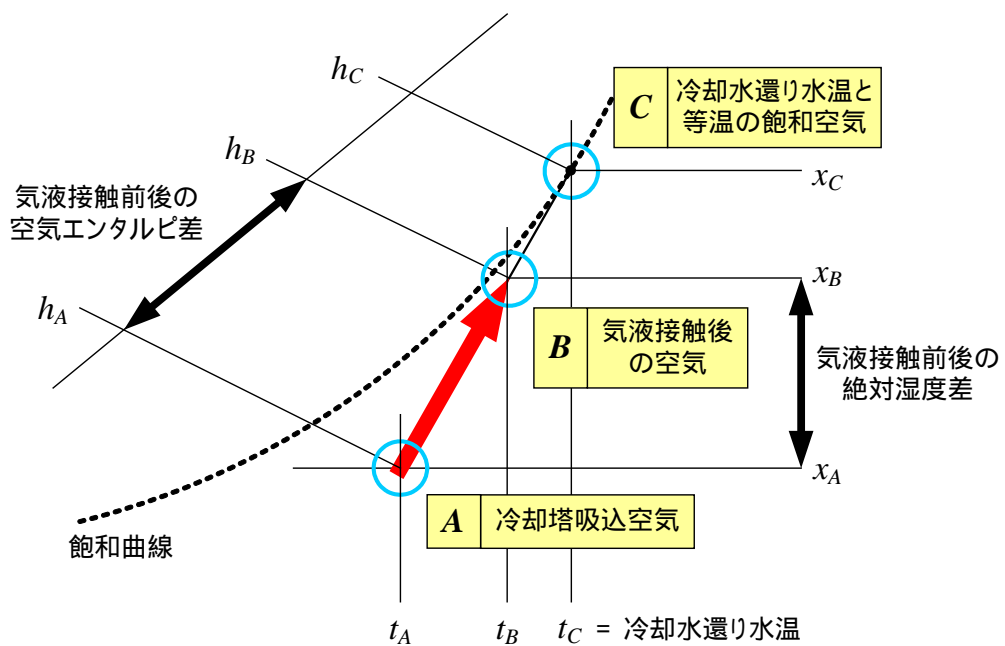


図2 気液接触による空気状態変化

2. 消費電力削減量と補機類の運転経費

冷媒サブクールシステムの消費電力削減量の計算手順を(1)に、補機類の運転経費の計算手順を(2)に示す。空調面積が 1000・4000・7000[m²] の一般的な事務所ビルを冷媒サブクールシステムで空調した場合の消費電力削減量と補機類の運転経費を表 4 に、冷房負荷と補機類の運転経費の相関を図 4-1～4-3 に示す。

(1) 消費電力削減量

消費電力削減量は、圧縮機動力削減量からポンプおよび冷却塔ファン動力を差し引いて求めた。なお計算式中の赤字は実証試験結果から、青字は弊社の実測結果（ただしビル用マルチはインバータ機を使用）から求めた数字である。

・ 圧縮機動力削減量の算出

$$\text{従来システムの } E_c = \text{冷房負荷} / \text{各条件の停止時の冷房COP} - E_f$$

$$\text{冷媒サブクールシステムの } E_c = \text{冷房負荷} / \text{各条件の運転時の冷房COP} - E_f$$

$$\text{圧縮機動力削減量} = \text{従来システムの } E_c - \text{冷媒サブクールシステムの } E_c$$

注 1) 実証試験結果の COP には室内機ファン動力が含まれるが、室外機に比べて微小なので無視した。

・ ポンプ動力 E_p および冷却塔ファン動力 E_f の算出

$$q = \text{冷房負荷} \times \text{各条件の熱交換量} / \text{各条件の冷房能力}$$

$$\text{サブクールユニット台数} = q / \text{サブクールユニット 1 台あたりの熱交換量}^{2)}$$

$$\text{冷却水循環量} = \text{サブクールユニット台数} \times \text{サブクールユニット 1 台当りの冷却水循環量}^{3)}$$

$$E_p = \text{冷却水循環量} \times \text{揚程}^{4)} \times \text{水密度} / \text{ポンプ効率}^{5)}$$

$$\text{冷却塔必要放熱量} = q + E_p$$

注 2) サブクールユニット 1 台あたりの熱交換量は、冷却水温から算出した。

注 3) サブクールユニット 1 台あたりの冷却水量は、熱交換器の伝熱特性から 20[L/min]とした。

注 4) 揚程は 200[kPa]と仮定した。

注 5) ポンプ効率は、JIS B 8313 の B 効率より、0.55 と仮定した。

注 6) 冷却塔ファン動力 E_f は、冷却塔必要放熱量を上回る機種ファン動力を、カタログより求めた。

(2) 補機類の運転経費

補機類の運転経費は、水道代・電気代・薬剤費より構成される。以下に各項目の算出方法を示す。

・ 水道代の算出

$$\text{冷却塔循環水量} = (q + E_p) / (\text{水密度} \times \text{水比熱} \times \text{レンジ}^{7)})$$

$$\text{飛散損失} = \text{冷却塔循環水量} \times 0.001^{8)}$$

$$\text{廃棄水量} = \text{冷却塔循環水量} \times 0.003^{8)}$$

$$\text{蒸発水量} = Q_{H} / (r \times \text{水密度})$$

$$\text{冷却塔の補給水量} = \text{蒸発水量} + \text{飛散損失} + \text{廃棄水量}$$

$$\text{水道代} = \text{冷却塔の補給水量} \times \text{原単位} (228[\text{円}/\text{m}^3])$$

注 7) 冷却水の往還温度差(レンジ)は、一般的な設計条件である 5 とする。

注 8) 空気調和・衛生工学便覧 第 13 版 第 4 編 p.480 を参照した。

・ 電気代(従量料金)の算出

$$\text{電気代} = (E_p + E_f) \times \text{原単位} (22[\text{円}/\text{kWh}])$$

・ 薬剤費の算出

$$\text{薬剤費} = \text{冷却塔の補給水量} \times 50[\text{mg}/\text{L}] \times \text{薬剤単価} (4180[\text{円}/\text{kg}])$$

表3 冷媒サブクールシステムの排熱量

大項目	小項目	記号	単位	36馬力			144馬力			252馬力		
ビル用マルチ	定格冷房能力		kW	101			403			706		
	一般的な事務所の空調面積		m ²	1000			4000			7000		
試験条件	No.			1	2	3	1	2	3	1	2	3
	室外側乾球温度			35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0
	室外側湿球温度		WB	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0
	冷却水温			29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0
	サブクールユニット熱交換量	q	kW	21.6	22.9	36.3	86.3	91.5	145.2	151.0	160.2	254.0
	ポンプ軸動力	E_p	kW	0.48	0.48	0.84	1.68	1.80	3.24	2.88	3.24	5.76
	冷却塔風量	V	kg/s	0.89	1.03	1.57	2.95	4.13	5.51	5.51	5.51	8.26
乾球温度	冷却塔吸込空気	t_A		35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0
	気液接触後の空気	t_B		34.5	32.2	38.8	34.4	32.2	38.6	34.4	32.8	38.4
	冷却水還り水温	t_C		34.0	35.0	37.0	34.0	35.0	37.0	34.0	35.0	37.0
絶対湿度	冷却塔吸込空気	x_A	g/kg'	14.2	17.9	17.2	14.2	17.9	17.2	14.2	17.9	17.2
	気液接触後の空気	x_B		24.1	25.9	26.8	26.1	25.9	28.2	25.4	28.4	30.1
	冷却水還り水温の飽和空気	x_C		34.5	36.6	41.1	34.5	36.6	41.1	34.5	36.6	41.1
比エンタルピ	冷却塔吸込空気	h_A	kJ/kg	71.7	76.0	84.4	71.7	76.0	84.4	71.7	76.0	84.4
	気液接触後の空気	h_B		96.6	98.7	108.0	101.5	98.6	111.3	99.6	105.7	115.8
	冷却水還り水温の飽和空気	h_C		122.5	128.9	142.7	122.5	128.9	142.7	122.5	128.9	142.7
排熱量	サブクールしない場合の排熱量合計		kW	146	139	150	583	555	600	1020	971	1050
	サブクールした場合の排熱量合計			140	135	141	558	539	566	977	944	990
	空気顕熱合計			118	114	103	470	457	414	823	800	724
	空気顕熱(室外機分)			117	111	104	470	445	417	822	780	729
	空気顕熱(冷却塔分)			0.2	2.9	-0.8	0.8	11.6	-3.1	1.4	20.4	-5.6
	水潜熱(冷却塔分)			22.0	20.5	38.1	87.6	82.1	152.2	153.2	143.7	266.5
	空気顕熱排熱量の削減比		%	19.3	17.6	31.1	19.3	17.6	31.1	19.3	17.6	31.1
冷却塔排熱の潜熱比			99.1	87.6	102.0	99.1	87.6	102.1	99.1	87.6	102.2	

表4 冷媒サブクールシステムの消費電力削減量と補機類の運転経費

大項目	小項目	記号	単位	36馬力			144馬力			252馬力		
ビル用マルチ	定格冷房能力		kW	101			403			706		
	一般的な事務所の空調面積		m ²	1000			4000			7000		
試験条件	No.			1	2	3	1	2	3	1	2	3
	室外側乾球温度			35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0	35.0	30.0	40.0
	室外側湿球温度		WB	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0	24.0	25.0	27.0
	冷却水温			29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0	29.0	30.0	32.0
消費電力	サブクールしない場合の圧縮機動力	E_c	kW	44.1	37.0	48.3	176.3	147.9	193.1	308.6	258.8	337.9
	圧縮機動力	E_c	kW	37.3	32.5	38.8	149.2	130.2	155.0	261.1	227.8	271.3
	室外機ファン動力	E_f	kW	0.90	0.90	0.90	3.60	3.60	3.60	6.30	6.30	6.30
	冷却水ポンプ消費電力	E_p	kW	0.48	0.48	0.84	1.68	1.80	3.24	2.88	3.24	5.76
	冷却塔ファン消費電力	E_t	kW	0.10	0.10	0.20	0.40	0.40	0.75	0.75	0.75	1.10
	消費電力削減量(補機類も考慮)		kW	6.2	3.8	8.5	25.1	15.5	34.1	43.9	27.0	59.8
補給水	蒸発水量		L/min	0.63	0.59	1.10	2.52	2.36	4.38	4.41	4.14	7.67
	補給水量		L/min	0.89	0.86	1.52	3.53	3.44	6.09	6.18	6.01	10.66
補機類の 運転経費	電気代 22[円/kWh]		円/h	12.8	12.8	22.9	45.8	48.4	87.8	79.9	87.8	150.9
	水道代 228[円/m ³]		円/h	12.1	11.8	20.8	48.3	47.0	83.3	84.5	82.3	145.8
	薬剤費 4180[円/kg]		円/h	11.1	10.8	19.1	44.3	43.1	76.3	77.5	75.4	133.6
	合計		円/h	36.0	35.3	62.8	138.4	138.5	247.4	241.9	245.5	430.3

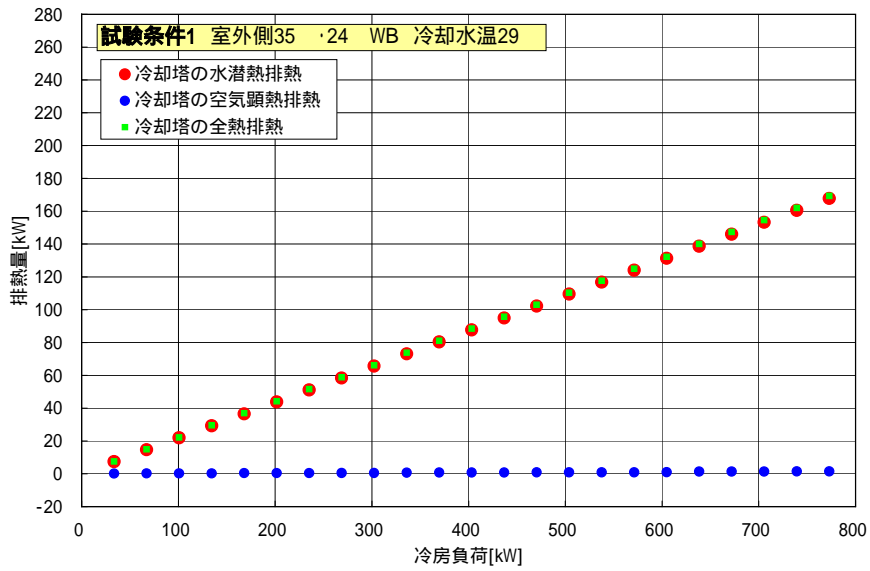


図 3-1 冷房負荷と排熱量の相関 (試験条件 1)

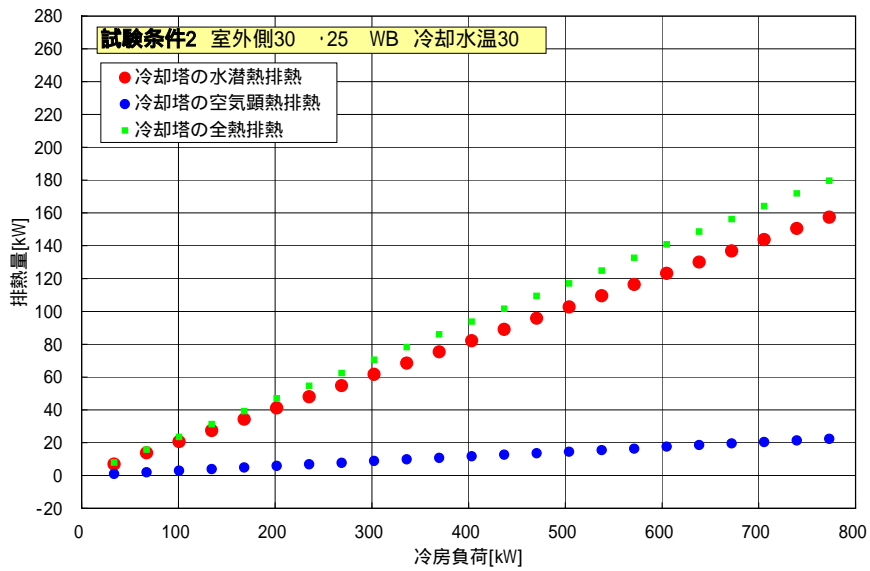


図 3-2 冷房負荷と排熱量の相関 (試験条件 2)

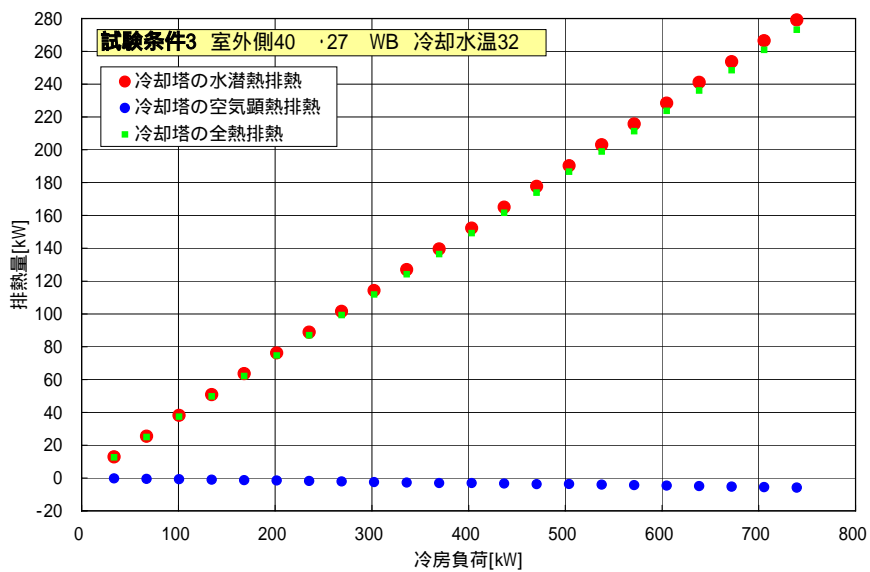


図 3-3 冷房負荷と排熱量の相関 (試験条件 3)

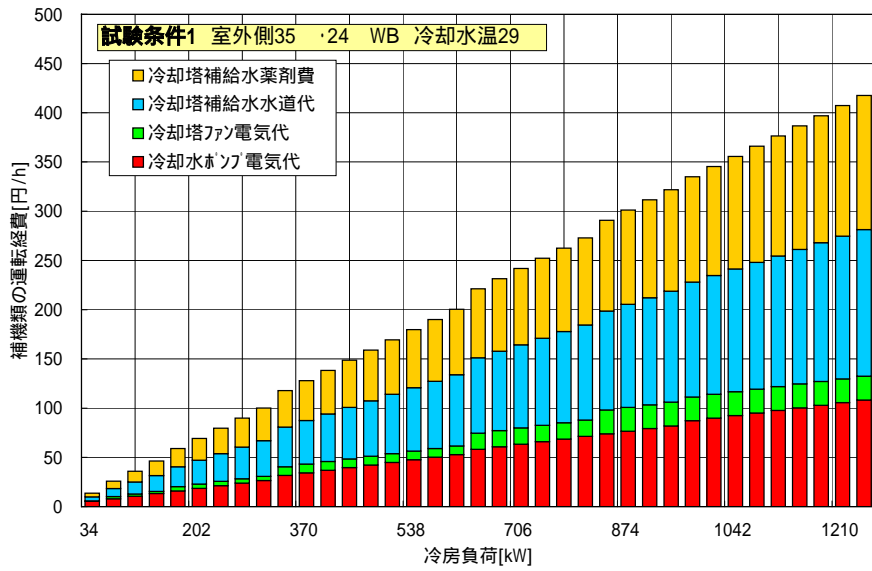


図 4-1 冷房負荷と補機類の運転経費の相関（試験条件 1）

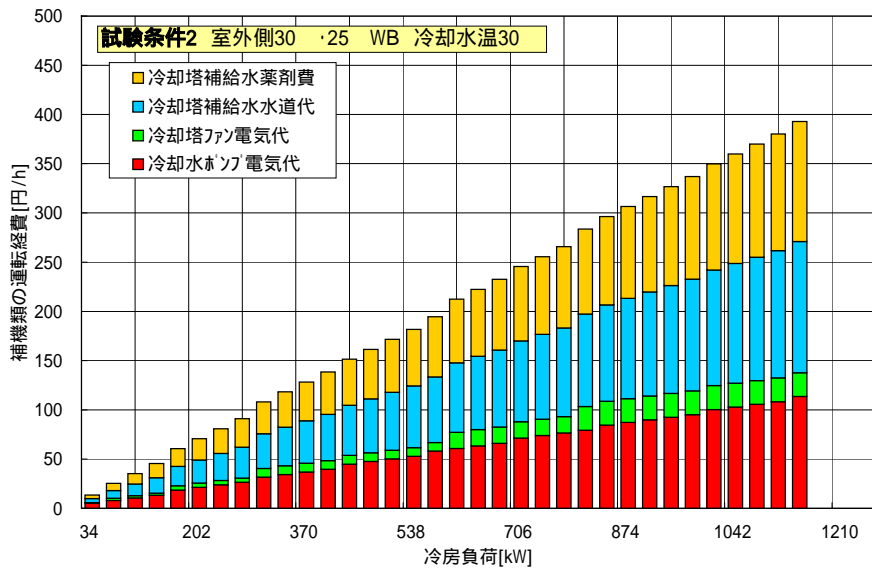


図 4-2 冷房負荷と補機類の運転経費の相関（試験条件 2）

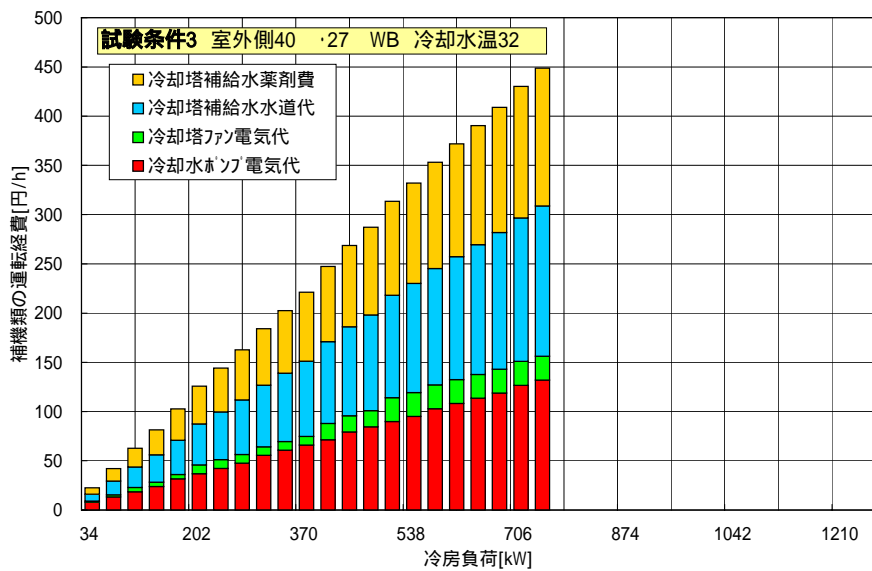


図 4-3 冷房負荷と補機類の運転経費の相関（試験条件 3）