

博士 論文

異業種協業技術によるプラットフォーム  
マネジメントの開発とその適用

The development and application of platform management  
by different industries collaboration technology

東京農工大学 大学院工学府

応用化学専攻

長田 基幸

# 異業種協業技術によるプラットフォーム マネジメントの開発とその適用

## 博士論文要旨

東京農工大学 長田 基幸

本研究では、パーティション内蔵パーソナルエアコンの研究開発及びそのシミュレーションでの効果検証を実施した。

本研究におけるオリジナリティは、統合工学領域で取り扱う「研究開発管理」を対象とした新たな仕組みを、社会科学系の方法論を取り入れた点にある。具体的には、異業種の共同研究開発マネジメントツールとして、ロジックモデルとバランススコアカードを異業種の共同研究開発用に新たに作成し、実際に活用した。こうした方法論の提案は、既往の研究には存在しない。次に、オフィスビルの省エネ型空調にパーティションとデシカント方式除湿器と気化式冷却器を組み合わせたパーティションタイプの空調機を考案してその省エネルギー効果を評価した点である。

本研究の学術的価値は、異業種の共同研究開発に P2M のプラットフォームマネジメント理論を適用させ、異業種の共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードを作成して適用させた事で理論ではなく実用的な仕組みを提示した事である。

本研究の工学的価値は、メイソチェンコ型気化式冷却器のコア部をダウンサイズすることでパーティションに内蔵することが可能となり、更にデシカント空調の吸着剤を日単位で再生（脱着）するバッチ方式を採用することにより容量の小型化と軽量化を図った点である。

第1章「緒論」には、研究の主要な動機となる、環境とオフィスの省エネの問題を抽出した。具体的には、外部環境として温室効果ガスの総排出量、環境関連法について記した。次にその問題解決のため、あるべき姿としてオフィスの省エネ化のため、空調のエネルギー使用量を 28%→20%に削減するためパーティション内蔵パーソナルエアコンの開発目的について調査研究を行い、その重要性について考察した。

第2章「異業種の共同研究開発の P2M プラットフォームマネジメントの適用」では、オフィスビルにおける空調のエネルギー使用量を削減することを目的でパーティション内蔵パーソナルエアコンのスキームモデルを提示した。具体的には、パーティション内蔵パーソナルエアコンの開発を異業種間の協業で取り組む共通の場としてプラットフォームによるマネジメントの有効性を提示した。プラットフォームの仕組みで関係性を持つことに

より、プログラムの構想時にありたい姿と現実のギャップを考え、そこに課題を抽出してその課題をプロジェクト化して3Sモデルでスキーム、システム、サービスという3つの段階を想定してプロジェクトを構築していく。このような形で協業を行えばプラットフォーム内の各企業が構想段階からあるべき姿をイメージしてプロジェクトを進めていくため、合意形成が得られやすく、開発された製品の事業化の確率が高くなることが明らかになった。

長田 基幸、亀山 秀雄：「P2M理論による協業技術結合プラットフォームへの適用」、国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No. 1、pp167-177、2011

第3章「異業種共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードの開発」では、異業種の共同研究開発用に従来の研究企画の立案・評価を支援する仕組みである「ロジックモデル」と「バランススコアカード」をそのまま用いると開発された製品の事業化の確率が低くなるため、異業種の共同研究開発用にモデファイされた両ツールが必要である。具体的には、出口イメージ（顧客のメリット）に基づいて「ロジックモデル」と「バランススコアカード」を作成、運用することで開発された製品の事業化の確率の高くなる可能性高いことが明らかになった。

長田 基幸、亀山 秀雄：「プラットフォームマネジメントへのロジックモデルとバランススコアカード適用に関する考察—オフィスビルにおける空調の省エネ対策プロジェクト—」国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No.2、pp41-52、2012

第4章「デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討」では、事務所ビルの空調による消費エネルギーを削減するためデシカント方式を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムを用いて消費エネルギーを削減するシミュレーションの検討を行い、以下の結果を得た。メソ Cheney 型気化式冷却器のコア部を処理空気の流れ方向長さを250mm、幅を86mm、高さを300mmにダウンサイズすることでパーティションに内蔵することが可能であることが明らかになった。更に、パーソナル空調の吹出し口から在席人に向けられる空気空調負荷を処理し、在席者近傍の温度・湿度を目標値（26°C、10.5g/kgDA、50%）に維持するためのデシカント方式除湿器の吸着剤の最適条件として、メソポーラスシリカ 重量3.0kg、容量4.7ℓにできることが可能となった。これにより吸着剤を日単位で再生（脱着）するバッチ方式を採用することが可能となり、シミュレーション計算により、従来型空調とパーソナル空調を備えて在席空間の温度・湿度条件を両者で同一に維持することで空調全熱負荷の削減率は12%以上、消費電力の削減率は37%あるとの結果を得た。これは、オフィスの空調によるエネルギー削減の可能性を示唆している。

これらの知見を下記の学術論文に纏め、化学工学論文集に投稿した。

長田 基幸、亀山 秀雄、桜井 誠、渡辺 健次：「デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討」、化学工学論文集、第40巻、第4号、pp.313-319、2014

以上を纏めて第5章では、本研究で試みた異業種の共同研究開発マネジメントの方法論とツールが認められた成果を総括し、今後の発展性について議論する。本研究の成果は、これからの化学工学における、特に異業種の共同研究開発マネジメントの領域において、理論のみに留まらない、実用的な仕組みを提示している。また、シミュレーションの成果は、実用化への第一歩である。

1) 表1 本研究の構成

内容	章名称	オリジナリティ	関連論文
背景	1章：緒論	背景・目的定義、問題点の抽出、関連技術、問題解決手段、方法論の考察	—
方法論とマネジメントツールの作成	2章：異業種の共同研究開発のP2Mプラットフォームマネジメントの適用	異業種の共同研究開発にプラットフォームの考えをコンソーシアムに適用した。	「P2M理論による協業技術結合プラットフォームへの適用」、国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No. 1、pp167-177
	3章：異業種共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードの開発	異業種の共同研究開発に新しくロジックモデルとバランススコアカードをコンソーシアム用に提案した。	「プラットフォームマネジメントへのロジックモデルとバランススコアカード適用に関する考察—オフィスビルにおける空調の省エネ対策プロジェクト—」国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No. 2、pp41-52
性能評価	4章：デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討	オフィスビルの省エネ型空調用にパーティションとデシカント方式除湿器と気化式冷却器を組み合わせたパーティションタイプの空調機を考案してその省エネルギー効果を評価した。	「デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討」、化学工学論文集
結論	5章：結言	研究の総まとめと発展性の検討	—

# 本研究のオリジナリティ

異業種の共同研究開発にプラットフォームの考えをコンソーシアムに適用した。

異業種の共同研究開発に新しくロジックモデルとバランススコアカードをコンソーシアム用に提案した。

オフィス空調にパーティションとデシカントと気化式冷却器を組み合わせた空調機を考案してその省エネルギー効果を評価した。

## 学術的価値

異業種の共同研究開発にP2MのPfM理論を適用させ、異業種の共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードを作成して適用させた事で理論ではなく実用的な仕組みを提示した事。

図1 本研究のオリジナリティ

# 目次

第1章 諸論.....	9
1. 背景.....	9
1.1.1 外部環境.....	9
温室効果ガスの総排出量の状況.....	9
1.1.2 部門別 CO2 排出量.....	9
外部環境 2.....	10
環境関連法の要旨と解説.....	10
1.2.1.1 改正省エネ法.....	10
1.2.1.2 東京都環境確保条例.....	10
2. オフィスビルのエネルギー消費量.....	11
2.1 オフィスビルの部門別エネルギー消費量.....	11
2.2 オフィスビルの用途別エネルギー消費量.....	12
2.3 オフィスビルのエネルギー消費の相関関係.....	13
2.4 空調とエネルギーの相関について.....	13
3. 開発の目的.....	14
4. 工事区分.....	14
5. パーティション内蔵パーソナルエアコンの優位性.....	15
6. 吸着.....	16
6.1 吸着現象.....	16
6.2 脱着現象.....	17
6.3 吸着剤の種類.....	18
7. 冷凍サイクル.....	20
7.1 原理と基本構造.....	20
7.1.1 断熱膨張.....	21
7.1.2 断熱圧縮.....	21
7.2 冷凍サイクル.....	23
7.3 蒸気圧縮式冷凍サイクル.....	23
8. 空気調和.....	25
8.1 湿り空気線図.....	25
8.1.1 湿り空気線図の種類.....	25
8.2 湿り空気 h- $\chi$ 線図の構成図.....	27
9. メイソチェンコ型気化式冷却器の原理.....	28
9.1 はじめに.....	28
9.2 メイソチェンコ・サイクルの原理.....	28
10. デシカント空調の原理.....	30
11. シミュレーションの意義.....	30

12. 論文の構成.....	35
参考文献.....	37
第2章.....	38
概要.....	38
諸言.....	39
1. CO2削減規制の現状.....	39
1-1 事業所のCO2削減と企業の対応.....	40
1-2 事業者の取組み.....	40
2. P2Mプラットフォームマネジメントの論理.....	41
3. 協業の場としてのプラットフォーム.....	42
4. 協業技術結合プラットフォーム.....	44
4-1 協業技術結合プラットフォームのスキームモデル.....	44
4-2 モデルの設定.....	46
4-3 モデルの考察.....	49
4-4 協業技術結合プラットフォームのメカニズム.....	53
4-5 日本版P2M理論に内在する原理の抽出.....	54
結言.....	54
参考文献.....	55
第3章.....	56
概要.....	56
諸言.....	57
1. テーマの背景ーオフィスのCO2排出量.....	59
2. テーマの先行研究.....	60
3. ロジックモデルの適用.....	61
4. プロジェクトの取組みについて.....	62
4-1 プラットフォームのリーダーとステークホルダー.....	62
4-2 複数のステークホルダー間での合意形成.....	63
4-3 異業種協業におけるロジックモデル.....	64
5. バランススコアカードの適用.....	65
5-1 バランススコアカードの背景.....	65
5-2 プラットフォームのリーダーとステークホルダー.....	65
5-4 ロジックモデルと連動したバランススコアカード.....	67
結言.....	69
参考文献.....	70
第4章.....	72
要旨.....	72
緒言.....	73
1. 提案システムの構成.....	74
2. デシカント方式除湿器性能.....	76
3. 間接気化式冷却器の適用性.....	79
4. パーソナル空調による省エネルギー効果.....	81

5. 省エネルギー性能.....	89
結 言.....	94
参考文献.....	94
第 5 章 結言.....	96
5.1 本論文の結論.....	96
5.2 今後の展望.....	98
公表.....	98
謝辞.....	100



# 第1章 諸論

この章は、研究の主要動機となる、環境とオフィスの省エネの問題を抽出して既往の空調システムについて説明する。1.1 では外部環境として温室効果ガスの総排出量、1.2 では環境関連法についての解説、2 ではオフィスビルのエネルギー消費量について、3 ではパーティション内蔵パーソナルエアコンの開発目的について、4 では建築工事区分について、5 ではパーティション内蔵パーソナルエアコンの優位性について、6 ではパーソナルエアコンに使用する吸着剤の解説について、7 では冷凍サイクルについての解説、8 では空気線図について、9 ではメイスチェンコ型気化式冷却器の原理について、10 ではデシカント空調の原理について、11 ではシミュレーションの意義に説明する。

## 1. 背景

### 1.1.1 外部環境

#### 温室効果ガスの総排出量の状況

2009 年度の我国の温室効果ガスの総排出量は、12 億 900 万トンであり、京都議定書の規定による基準年（1990 年度）の総排出量から 4.1%の減少となっている。また、前年度と比べると 5.7%の減少となっている。前年度と比べて排出量が減少した原因としては、2008 年 10 月に発生した金融危機の影響による景気後退に伴う産業部門をはじめとする各部門のエネルギー需要の減少が 2009 年度も続いたこと、原子力発電所の設備利用率の上昇等に伴い電力排出原単位が改善したことなどが挙げられる<sup>1)</sup>。よって、持続可能な経済成長と CO2 排出量削減を可能とする具体的問題解決方法を構築することが必要である。

### 1.1.2 部門別 CO2 排出量

2009 年度の「業務その他部門」（商業・サービス・事業所等）の CO2 排出量は 2 億 2,000 万トンであり、基準年と比べると 33.6%（5,530 万 t-CO2）増加した。また、前年度と比べると 6.6%（1,540 万 t-CO2）減少した。基準年からの排出量の増加は、事務所や小売等の延床面積が増加したこと、それに伴う空調・照明設備の増加、そしてオフィスの OA 化の進展等により電力等のエネルギー消費が大きく増加したことによる。前年度からの排出量の減少は、電力排出原単位の改善による電力消費に伴う排出量及び石油製品（重油、LPG 等）の消費に伴う排出量が減少したこと等による。次に業務その他部門の総 CO2 排出量に対する割合は 19.2%、基準年（1990 年）比では+33.6%である。これは、部門別排出量の中で基準年比の増加率が最も大きい部門である。このことは、「業務その他部門」での CO2 削減が総 CO2 削減に大きな効果を持

つことを意味しており、オフィスの電力消費に伴う CO2 削減が実現できればエネルギー削減効果は非常に大きいと言える<sup>2)</sup>。

## 外部環境 2

### 環境関連法の要旨と解説

#### 1.2.1.1 改正省エネ法

現在、CO2 排出量削減を目的とした様々な法規制が制定されている。改正省エネ法は 2010 年 4 月 1 日に施行された。従来の省エネ法は、1979 年に制定され工場や建築物、機械・器具についての省エネ化を進め、効率的に使用するための法律であり、工場・事業所のエネルギー管理の仕組みや自動車の燃費基準や電気機器などの省エネ基準におけるトップランナー制度、運輸・建築分野での省エネ対策などを定めている。環境省が纏めた 2009 年度の国内二酸化炭素排出量では、「業務その他部門」が全排出量の 19.2%、「家庭部門」が 14.1% を占めている。基準年度（1990 年）比では、それぞれ 33.6%、26.9%増である。「産業部門」が 19.9%削減していることと比べると対策の遅れが目立つ。そのため国や自治体は建物に対する環境規制を強化した。その一つが改正省エネ法である。

今回の法改正により、これまでの工場・事業場単位のエネルギー管理から、事業者（企業）単位でのエネルギー管理に規制体系が変わった。つまり、会社がバウンダリーになったのである。したがって、事業者全体の 1 年間のエネルギー使用量が合計して原油換算値で 1,500 kℓ以上であれば、そのエネルギー使用量を事業者単位で国へ届け出て、特定事業者の指定を受けなければならない。また、エネルギー使用効率を毎年 1%以上改善する努力義務が定められている。今まで工場や大型のオフィスビルが削減の対象になっていたのが省エネ法の改正で企業単位となった。大きい事業所以外にも中規模事業所にも目を向けなければならない<sup>3)</sup>。企業は設備投資を伴わなければ省エネの効果を出せない。そこで後に説明をさせて頂く空調システムというのは、少ない投資額でオフィスビルの空調を、特に冷房の負荷を大きく下げる要素があるので有効である。

#### 1.2.1.2 東京都環境確保条例

東京都は、「2020 年までに東京の温室効果ガスの排出量を 2000 年度比で 25%削減する」という目標を掲げている。これを受けて 2008 年に「環境確保条例」が改正された。2010 年以降、大規模事業者には「温室効果ガスの総量削減」を義務化したことが大きなポイントである。未達成の事業者や命令違反には、罰則を科す厳しい内容になっている。都内約 1,400 事業所がこの制度の対象となるとみられる。年間エネルギー使用量が原油換算で 1,500 キロリットル以上の大規模事業所を対象に CO2 排出量の削減義務を設けている。オフィスビルの場合、基準値に対して 10 年度～14 年度に平均 8%、15～19 年度に 17%削減しなければならない。自力での達成が難しい場合は、他の事業者から排出枠を購入する必要がある。同様に埼玉県も排出枠規制を導入する。将来は、全国の自治体に広がる可能性がある<sup>4)</sup>。

## 2. オフィスビルのエネルギー消費量

### 2.1 オフィスビルの部門別エネルギー消費量

オフィスビルのエネルギー消費量の特徴として、部門別エネルギー消費量を調査した。オフィスビルは規模が大きくなるほど、店舗等の一般オフィス以外の面積比が大きくなり、形態が多様化している。図1は、35,000㎡程度のオフィスビルを例に、部門別面積割合と部門別エネルギー消費割合を示したものである。オフィスビルの形態を表す指標としてはレントابل比 [一般オフィス面積/延床面積]がある。このビルの例ではレントابل比は「オフィス専有」の52.6%となる。また、「オフィス共有」はオフィスフロアのエレベータホールやトイレなどを指しています<sup>5)</sup>。

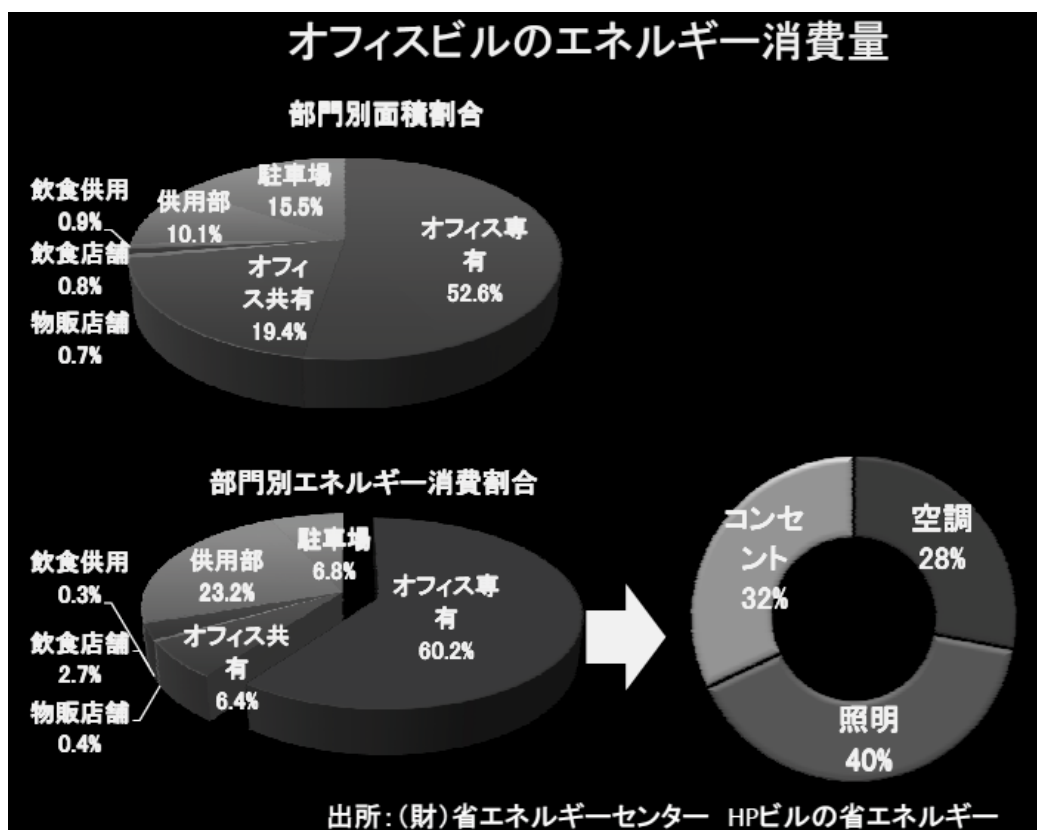


図1 オフィスビルのエネルギー消費量

部門別エネルギー消費におけるグラフの値は、空調負荷及び照明・コンセント・換気等で消費した燃料・熱・電気の一次エネルギーの割合を示す。小グラフは、この内、オフィス専有部門の消費先割合を示したものである。共用部のエネルギーとは受変電設備、熱搬送、倉庫、機械室で消費された一次エネルギーを表す。オフィス共有部のエネルギーはトイレ・エレベータ・会議室・休憩室・応接室等で消費された一次エネルギーを表す。

## 2.2 オフィスビルの用途別エネルギー消費量

ビルのエネルギー管理では、どこで・どのくらい消費されているかエネルギー消費実態を把握することが重要である。図2はエネルギー用途の区分を示したものであり。下のグラフは、レントブル比60%以上（熱源有）

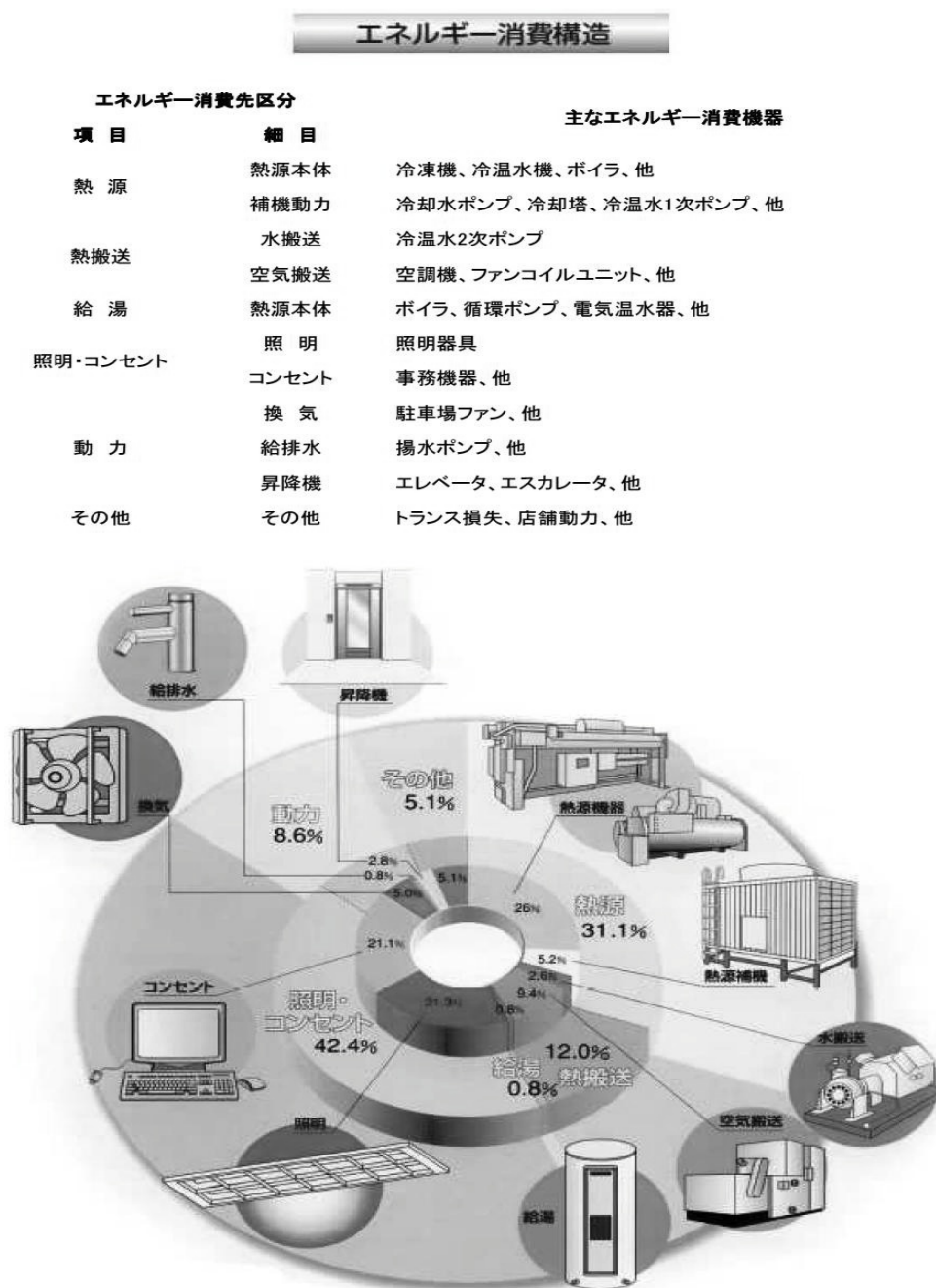


図2 エネルギー消費構造

のテナントビルを対象に表の項目と細目にしたがって分類したエネルギー消費割合を示したものである。図2のエネルギー消費構造を見ると熱源では、冷凍機、冷温水器、ボイラ等で31%になる。熱搬送では水の搬送動力、空気の搬送動力、給湯器などで12%になる。エネルギーの消費構造でみると、ほとんどが空調の熱源になっている。このようにオフィスビルのエネルギー消費量、CO2 排出量を削減するには空調のエネルギー消費量を削減することが効果のあることがわかる<sup>5)</sup>。

### 2.3 オフィスビルのエネルギー消費の相関関係

図3は、オフィスビルの調査データの内、レントブル比40%以上のテナントビルについて、延床面積と年間総エネルギー消費量の相関関係を表したものである。グラフより、延床面積と年間総エネルギー消費量は高い相関関係がみられる。また、相関関係は、熱源保有のビルよりDHC(地域熱供給)の方が高くなっている<sup>5)</sup>。

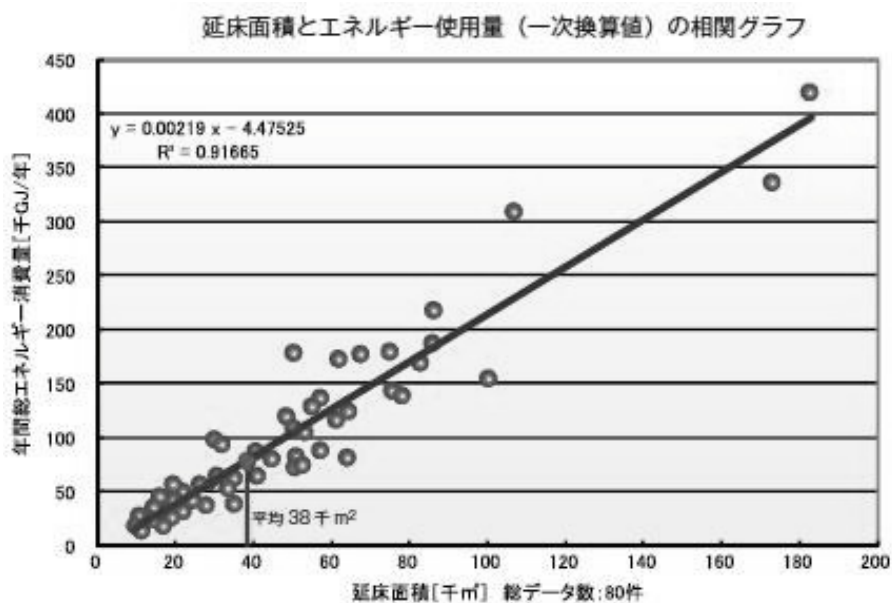


図3 床面積とエネルギー使用量（一次換算値）の相関グラフ

### 2.4 空調とエネルギーの相関について

空調エネルギーと規模[延床面積]との関係は、熱源エネルギー消費量より熱源(冷凍機・補機) + 熱搬送エネルギー(ポンプ・ファン)の方が相関関係は高くなっている。このことから、空調の原単位を管理する際は、熱源 + 熱搬送エネルギーで管理することがポイントであると考えられる<sup>5)</sup>。

### 3. 開発の目的

#### 電力需給ギャップ対策

東日本大震災による原子力発電所事故の電力の需給ギャップ対策として大幅な節電と夏季のピークシフトの要求が政府や電力会社からあり、オフィスビルのテナント企業はがまんする節電を余儀なくされている。本研究開発ではエネルギー消費量の内、オフィスの50%近く占める空調を対象とし、協業による異業種技術を結合させた環境配慮型製品であるパーティション内蔵パーソナルエアコンを開発することで省エネ性について研究開発を行う。

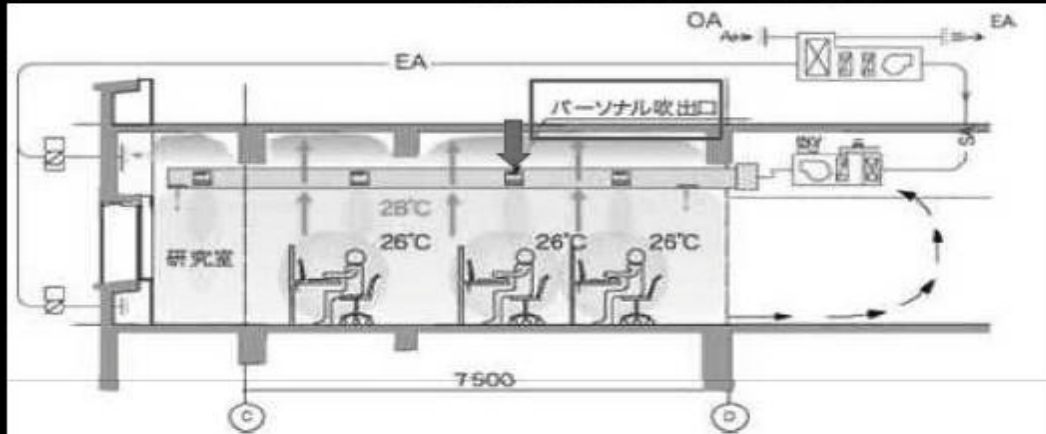
### 4. 工事区分

ここで、建築業界特有の工事区分について説明を加える。一般的に、A工事は、ビル本体の工事でビルオーナーの工事負担でビルオーナーが施工する工事である。共用の施設・共用通路・店舗区画等、また用途に対応した標準的な設備（メーター迄、または店舗区画迄）等の工事が含まれる。B工事はテナントが決まってから、テナントの要望によりビルオーナーが行う工事で、工事費はテナントオーナーが負担する。主に、ビル全体の施設・安全性・工程に影響を与える工事である。（例：分電盤、給排水工事、防水工事、厨房給排気工事・防災・空調設備等のA工事の追加変更工事）C工事は、テナントオーナーがビルオーナー承認の基に施工する工事である。（例：店舗内内装工事、什器備品、間仕切工事、照明器具、電話工事等）

	所有権	費用負担	設計者	施工者	工事範囲
A工事	ビルオーナー	ビルオーナー	ビルオーナー指定の設計者	ビルオーナー指定の施工者	共用施設・共用通路・店舗区画等
B工事	基本的にビルオーナー	テナントオーナー	ビルオーナー指定の設計者	ビルオーナー指定の施工者	分電盤・給排水工事・防災・空調設備等のA工事追加変更工事
C工事	テナントオーナー	テナントオーナー	テナントオーナー指定の設計者	テナントオーナー指定の施工者	店舗内内装工事・什器備品・間仕切工事・照明器具・電話工事等

図4 工事区分

## 競合先の現状



出所：パーソナル空調システム，大成建設



図5 競合先の現状

図5のように、ゼネコンがA工で行うパーソナル空調システムでは既存ビルで採用となる際、大規模改修工事を必要とし、多額のコストと納期がかかる。また、天井・壁・床に空調の吹き出し口を固定するので吹き出し口の位置と数に制限がかかりレイアウトやワーカーの人数が制限されてしまう。

### 5. パーティション内蔵パーソナルエアコンの優位性

パーティション内蔵パーソナルエアコン工事はC工事である。そのため、納入時にA工事やB工事のように建築工事を必要としないため、手軽さがありコストを抑えることができ、普及しやすい。ワーカー数とレイアウトにフレキシブルに対応しレイアウト変更も容易である。また、納期、工期も短縮できる。仮にポータブルエアコンタイプでは、ワーカーと吹き出しの距離と位置による空調効率が使用者任せてとなるため、狙いとする成果が出ない可能性がある。全員が着席して作業しているピーク時は省エネ効果が小さいが、朝、夕、夜に仕事をする人たちは、全員ではないので着席している所だけが吹き出すので省エネ効果が高い個別空調システムである。

## 6. 吸着

### 6.1 吸着現象

吸着(adsorption)とは、“固相と気相、固相と液相などの各相の接触界面近傍で、その組成濃度が相内部と異なる領域を生じる現象”である。例えば、吸着は気相中の気体分子や液体中の溶質分子などが固体表面に取り去られる現象を指すものである。一般に、個体表面は、分子等の結合がそこで切断されているために、分子等の配位構造が固体内部と異なり、高いエネルギー状態となり、水蒸気を吸着しやすい状態にある。一方、アンモニア蒸気の水への溶解や濃硫酸への水蒸気の吸収など、ある相にある物質が界面を通過して、相手の相の中に溶け込む現象を吸収(absorption)といい、吸着と区別される。吸着には、吸着剤(吸着する物質、固体など)と吸着質(吸着される物質、水蒸気など)との結合力がファンデルワールス力などの物理的な力である物理吸着と、化学結合である化学吸着がある。物理吸着は、吸着剤と吸着質の組合せに選択性がなく、吸着熱は凝縮熱(40kJ/mol)と同程度で、低温で吸着量が多いなどの特色がある。

化学吸着は、吸着剤と吸着質の組合せに選択性があり、吸着熱は反応熱と同程度(40-120kJ/mol)で、比較的高温で吸着反応が起こるなどの特徴を有する。さらに、実際の活性炭などの吸着においては、物理吸着層が化学吸着層の上に形成されることが多く、両吸着が混合して起こる混合吸着形式となる。

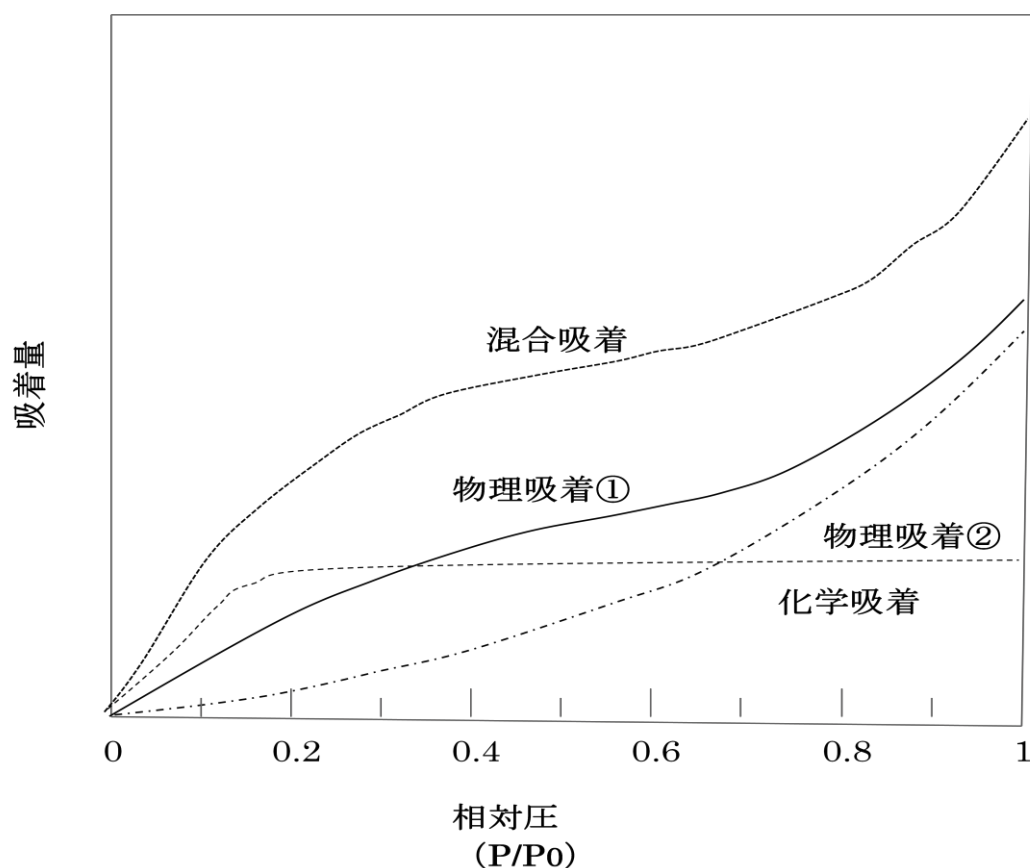


図6 吸着量と相対圧(P/P<sub>0</sub>)



図6は吸着剤として固体、吸着質として蒸気を想定した場合の各吸着形式による吸着量と相対圧 $P/P_0$ の関係で示される吸着等温線を示したものである。ただし、 $P, P_0$ はそれぞれ蒸気圧と飽和蒸気圧である。化学吸着の場合は小さな相対圧で吸着量の急激な増加が認められる程度で、比較的相対圧に依存しない吸着量の変化となる。これは主に吸着剤表面に単分子層の吸着が起こることに起因する。一方、物理吸着の場合には、等温吸着線を示す吸着剤が多く、吸着剤表面に多分子層の吸着が起きている。等温吸着線の小さな相対圧領域で上に凸の部分では、吸着剤表面に第1層の分子吸着が完了し、さらに相対圧の増大とともに第2層目以上の分子吸着層が形成され、最終的に $P/P_0=1$ の飽和蒸気圧では、その層数は無限となる。また、等温吸着線は、吸着剤と吸着質の相互作用に基づく吸着熱が吸着質間の相互作用に基づく吸着熱(一般に液化熱に相当)より小さい場合に得られる。すなわち、小さな相対圧では吸着量が小さく、そして相対圧の増大とともに吸着質間の吸着の増大が、その吸着量の増加となる。混合吸着の場合には、図6の等温吸着線に示すように、その吸着量は化学吸着と物質吸着の合計したところの大きな吸着量が得られる<sup>6)</sup>。

## 6.2 脱着現象

脱着(desorption)とは、吸着剤界面にある吸着質が離脱し、吸着量が減少する現象である。実際には、吸着剤界面では吸着質である分子やイオンが、吸着と離脱を統計的に繰り返しており、吸着量と脱着量とが時間平均で等しい平衡状態を吸着平衡と呼んでいる。また、同一条件下で脱着量が吸着量に等しい場合を可逆吸着という。物理吸着は可逆吸着となる場合が多いが、化学吸着の場合には、可逆吸着とならない場合がある。脱着、すなわち吸着剤の代表的な再生方法には、加熱再生法(thermal swing)と圧力再生法(pressure swing)がある。図7は、これらの再生(脱着)法による吸着質の分圧と吸着量の関係を示したものである。

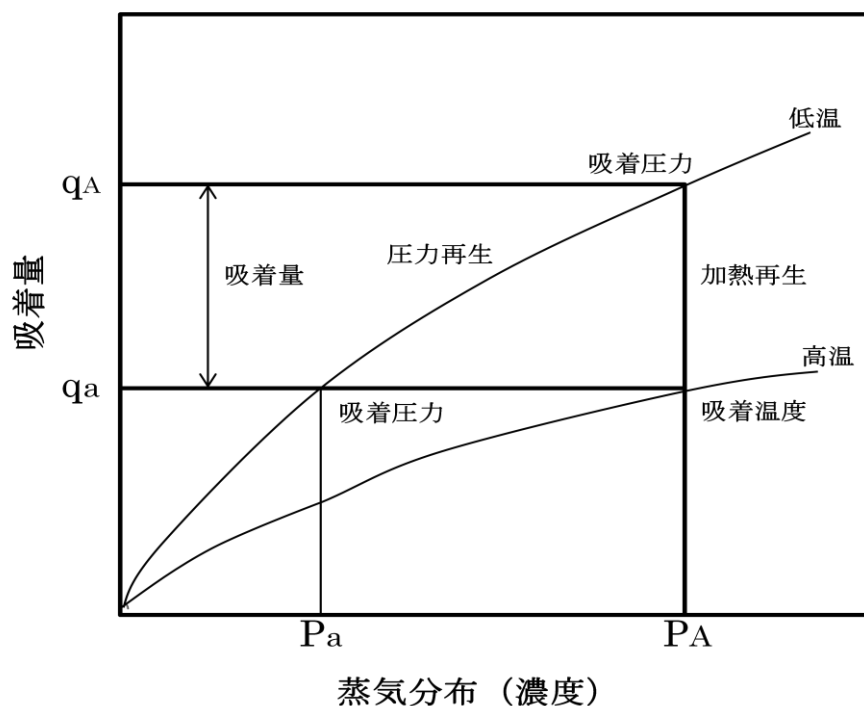


図7 吸着量と蒸気分圧 (平衡等温線)

加熱再生法は、物理吸着の高温度での吸着量の減少を利用したもので、図7に示すように、低温の吸着飽和した吸着層に圧力一定のもとで不活性気体を流通しながら、任意の温度に加熱して吸着質を離脱するものである。この場合、比較的高温で脱着操作を繰り返すと、吸着剤の半融現象に伴う吸着剤細孔の閉塞や他物質の付着、焼付きにより吸着面の減少などの劣化現象が起こり、有効吸着量の漸減が見られることがある。一方、圧力再生法は、圧力または濃度が小さくなるにしたがって吸着量が減少する効果を利用したもので、図7に示されるように吸着圧(濃度)以下に減圧することにより、吸着質を脱着させる。このように圧力再生法は、加熱・冷却操作がなく比較的短時間での脱着が可能であり、高濃度の吸着質を含む気体の脱着に有効である<sup>6)</sup>。

### 6.3 吸着剤の種類

吸着式冷凍機に使用されている吸着剤は、球状や粉末状に成形した固体質のもので、親水性のシリカゲル、合成ゼオライト、活性アルミナなど、および疎水性の活性炭、木炭、イオン交換性カーボンなどが一般的である。これらの吸着剤は、いずれも数百 $\text{m}^2/\text{g}$ の比表面積を有する多孔質構造である。その孔径は数十から数百 $\text{\AA}$ にわたる幅をもったもので、多分子層吸着となる。しかしながら、ゼオライトは、孔径はきわめて均一で、孔径以上の分子径の物質を吸着しない選択吸着性をもつ。また、ゼオライトの孔径が水分子程度のため、単分子層吸着となり、他の物質と吸着特性が異なる。

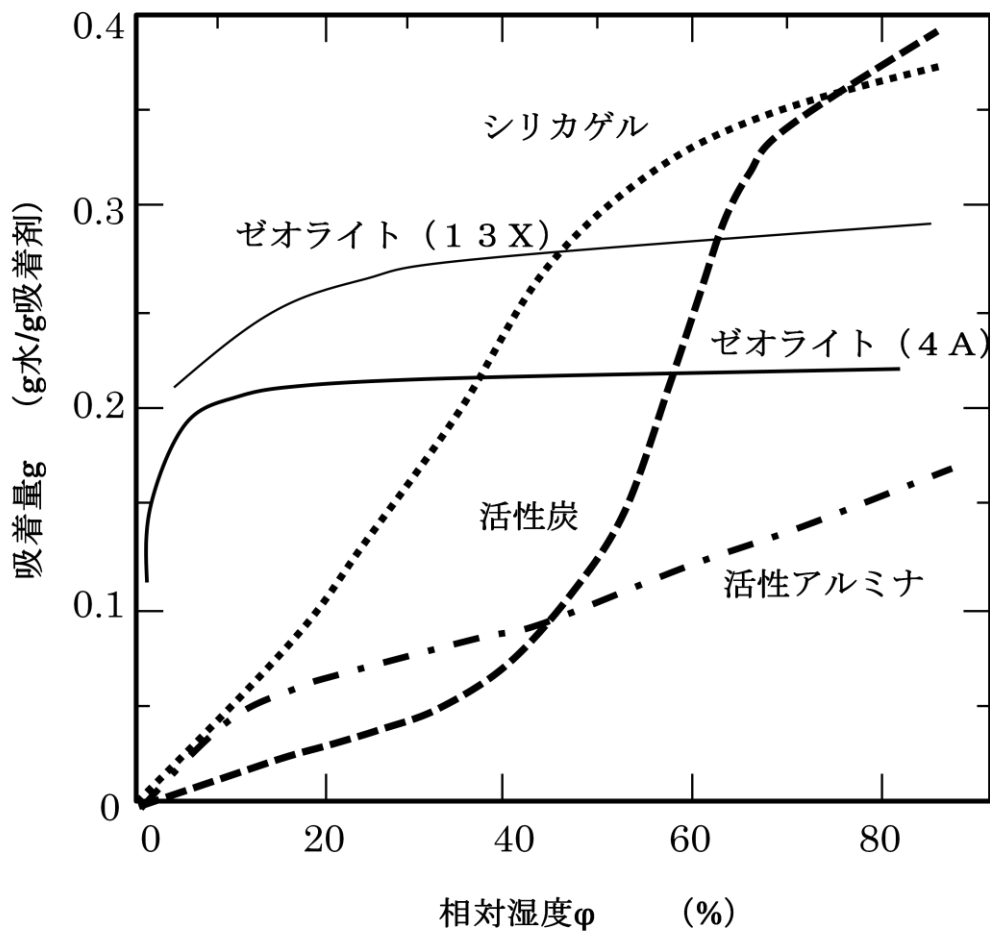
表1に、代表的吸着剤の熱物性を示す<sup>1)</sup>。一定量の水蒸気を吸着する熱量は、シリカゲル、活性炭、活性アルミナがほぼ水の凝縮熱(約 $44\text{kJ}/\text{mol}$ )に等しく、ゼオライト4A(平均孔径 $4\text{\AA}$ )、13X(平均孔径 $13\text{\AA}$ )が最も大きく、他の吸着剤の1.7-1.9倍となる。また蓄熱熱量は、表1に示されるように、ゼオライト13Xの $1330\text{kJ}/\text{kg}$ 、…、活性アルミナの $472\text{kJ}/\text{kg}$ の順となる。

図8および図9に、それぞれ各吸着剤の平衡吸着量 $q(\text{g}(\text{水})/\text{g}(\text{吸着剤}))$ と相対湿度 $c(\%)$ および温度 $T(\text{°C})$ の関係を示す<sup>33)</sup>。

ゼオライトは、単分子層吸着のため、低相対湿度領域で吸着量の急激な増加となり、高相対湿度では、吸着量はあまり変化しない。ゼオライト以外の吸着剤は相対湿度の増大とともに吸着分子層の多層化が進み、高湿度領域でも吸着量の増大をもたらす。また、シリカゲルおよび活性アルミナは、低温度領域にて吸着量が大きく、ゼオライトは高温領域においても吸着量の減少が他の吸着剤に比較して少ない特色がある。したがって、低温領域での吸着量の変化の大きい吸着剤を必要とする吸着式冷凍機には、シリカゲルや活性アルミナが適している<sup>6)</sup>。

吸着剤の種類	ゼオライト 4A	ゼオライト 13X	シリカゲル	活性炭	活性 アルミナ
水蒸気の吸着熱 [kJ/mol]	79.4	79.4	46.0	41.8	44.7
蓄積熱量 [kJ/kg]	970	1330	945	920	472
比熱 [kJ/(kg·K)]	1.05	0.92	0.88	1.09	1.00

表1 各種吸着材の熱特性



ゼオライト (13X) : 平均孔径13Å  
 ゼオライト (13A) : 平均孔径 4Å

図8 平衡吸着量qと相対湿度φ (代表的値)

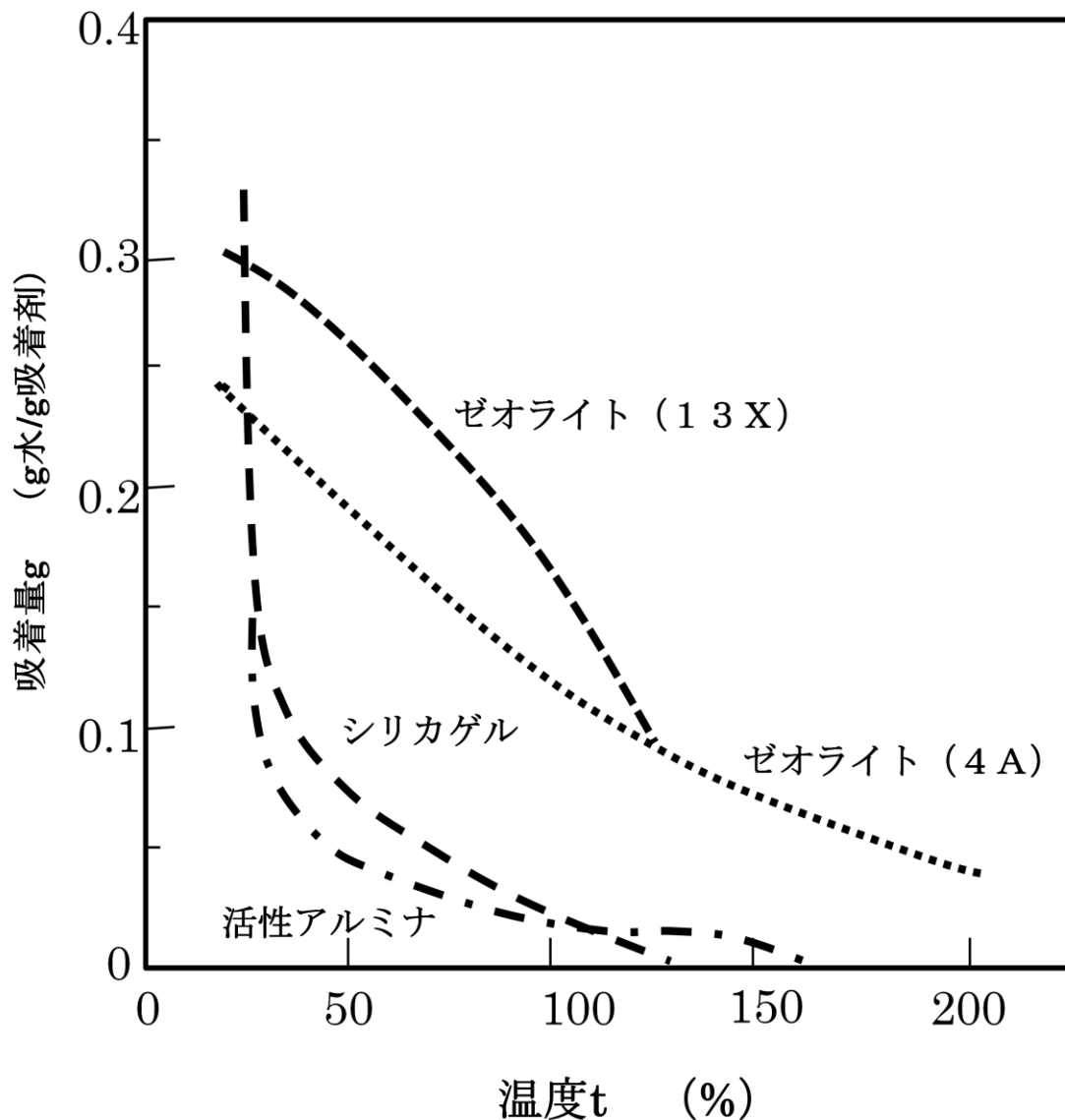


図9 平衡吸着量 $q$ と湿度 $T$  (代表的値)

## 7. 冷凍サイクル

### 7.1 原理と基本構造

温度(絶対温度)がそれぞれ $T_H$ ,  $T_c$  ( $T_H > T_c$ )である物体(H)と物体(C)を直接接触すれば, 高温物体(H)から低温物体(C)に熱が流れ, 最後には温度が等しくなる。この逆の過程が起こらないことはよく知るところである。

しかしながら媒体(R)を介在させてその状態を変えることにより, 物体(C)に接触する過程では $T_C$ より低く, 物体(H)に接触する過程では $T_H$ より高くすることができれば, 物体(C)は冷却さ

れ、物体(H)は加熱され、結果として物体(C)から物体(H)に熱を移動させることが可能となる。媒体の状態をこのように変化させ得るためには、それぞれの過程に対し媒体自身を低温にする操作と、高温にする操作が必要である。

その方法はいろいろあるが、たとえば媒体の温度を低くするには断熱膨張、高くするには断熱圧縮を行えばよい<sup>6)</sup>。

### 7.1.1 断熱膨張

タービンなどの膨張機による断熱膨張は可逆断熱膨張(等エントロピー膨張)に近く、外部に仕事をを行い温度が降下する。

一方、毛細管や膨張弁におけるジュール・トムソン膨張(絞り膨張)では外部に仕事が行われず、不可逆断熱膨張(等エンタルピー膨張)である。

ジュール・トムソン膨張による温度変化は理想気体では0であるが、非理想気体においてはある温度(逆転温度)以上では温度が上昇するのに対し、逆転温度以下の状態では温度が降下する<sup>6)</sup>。

### 7.1.2 断熱圧縮

一般に物体を断熱的に圧縮すれば温度は上昇する。媒体の体積を機械的に圧縮する圧縮機はその機構により往復式、回転式、遠心式などに区別される。圧縮機内における変化は概して可逆断熱圧縮に近いが、実際には不可逆的要素を考慮しなければならない。一方、機械的圧縮と異なり熱によって圧力を変えることも可能である。たとえば、等容的な加熱は加圧過程であり、等容的冷却は減圧過程である(逆スターリングサイクル)。

また蒸気を直接圧縮する代わりに、蒸気を溶液に吸収させ、その溶液を加圧、加熱して、より高い圧力の蒸気を得ることもできる(吸収式)。

これら膨張、圧縮の過程と高温物体、低温物体と熱交換を行う過程を組み合わせ、図10のようなサイクルを行わせれば、冷凍機ないしヒートポンプを構成することができる。高温側の熱交換過程では媒体は冷却され、低温側の熱交換過程では加熱される(それらが主として相変化を伴う過程で行われるとき、前者は凝縮器、後者は蒸発器と呼ばれる)。熱交換過程で媒体すなわち冷媒(作動流体ともいう)の温度が一定である場合、サイクル(逆カルノー・サイクル)は温度・エントロピー線図上では図11のように表わされる(T:絶対温度 s:エントロピー)。一般に冷媒の温度THRはTHより高く、TCRはTcより低くなければならない。極限としてTHRとTHの差、TCRとTcの差が0である場合、本サイクルは物体との熱交換過程も含めて可逆サイクルとなる。

そのとき冷凍機としての成績係数COP(Coefficient of performance)は

$$\varepsilon_c = T_c / (T_H - T_c)$$

ヒートポンプとしてのCOPは  $\varepsilon_H = T_H / (T_H - T_c)$  となる。実際の冷凍機(ヒートポンプ)は不可逆サイクルであるので、そのCOPは上記の値よりも小さい。

冷凍機(ヒートポンプ)は冷凍方式や冷凍サイクルによって具体的な構成は異なるが、圧縮機、膨張機、熱交換器などよりなるシステムである。温度や圧力レベルは冷媒によって違ってくるのは当然であるが、与えられた条件の下でその釣り合い(平衡)状態は系全体の熱的条件ならびに力学的条件などから総合的に決まってくる。したがって、それらをいかに制御するかも重要である<sup>6)</sup>。

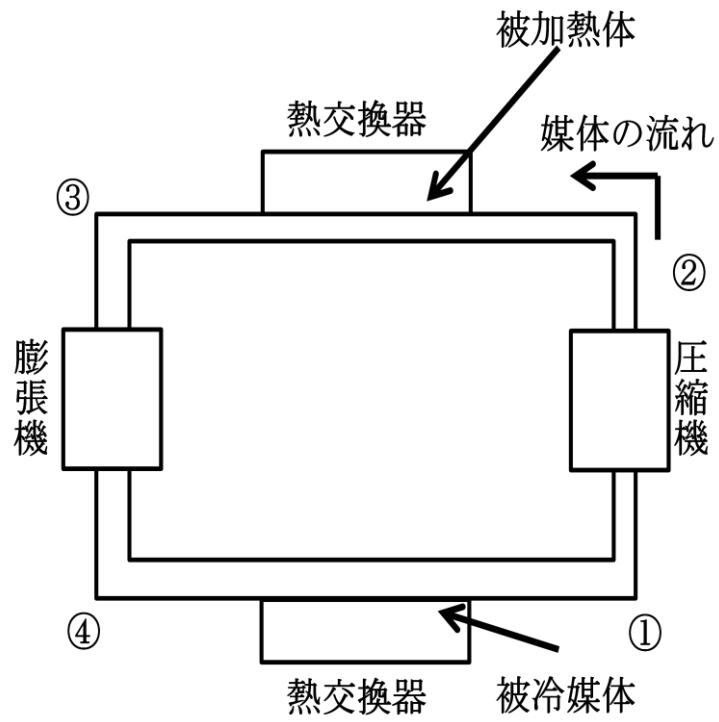


図10 冷凍サイクルの構成

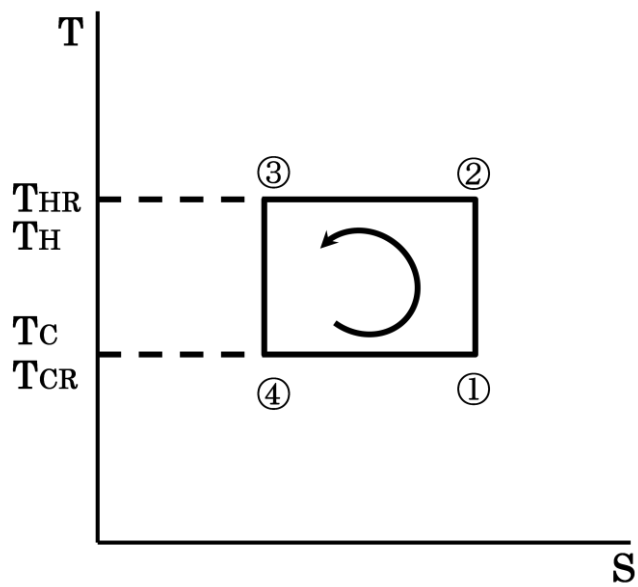


図11 冷凍サイクル (T-s 線図)

## 7.2 冷凍サイクル

ものを温めたり、冷やしたりすることは我々が毎日経験していることで、その過程で物体間に温度差が生じたり、それに伴って目には見えない熱が温度の高いものから温度の低いものへと移動していることを経験的に理解している。したがって、ある物質を冷やすには、それよりも温度の低いものに接触させて熱を移動させればよい。物質の温度を下げた冷却プロセスを冷凍という。そして、この過程を連続的に行うためには、物質より奪った熱を温度の高い周囲物体まで運び、放出して再び低温にする必要がある。このような連続的な過程を冷凍サイクルといい、低温物質から高温の物質へ熱を運ぶ媒体を冷媒という。熱それ自体では低温の物質から高温の物質に移動することはできないので、冷凍サイクルを実現するためには、サイクルの外部からなんらかのエネルギーを冷媒に加える必要がある。加えるエネルギーの形態が機械的エネルギーであるものが、蒸気圧縮式冷凍サイクル、空気冷凍サイクルなどであり、熱エネルギーであるものが吸収冷凍サイクルである。現在設置されている冷凍装置の多くは蒸気圧縮式であり、次いで吸収式冷凍装置が空気調和および冷凍の一部で使用されている。このほか蒸気噴射式冷凍サイクル、空気冷凍サイクルの冷凍装置が特殊な分野で使用されている<sup>6)</sup>。

## 7.3 蒸気圧縮式冷凍サイクル

### (a) 単段冷凍サイクル

単段冷凍サイクルは冷媒の蒸発温度が $-30^{\circ}\text{C}$  くらいまでの低温を得ようとする冷凍装置に使用される冷凍サイクルで、空調・冷蔵・冷凍用に冷凍装置に広く一般に使用されている。

図12は単段冷凍サイクルの冷凍装置の略図を示す。装置は圧縮機、凝縮器、膨張弁および蒸発器などの要素機器により構成されている。装置内の冷媒は次のような状態変化をしながら装置内を循環する。すなわち、低圧に保持された蒸発器内の冷媒液は周囲から熱を奪い蒸発する。蒸発した冷媒蒸気は圧縮機によって圧縮され、高温高压の状態となって凝縮器に流入する。凝縮器内では、冷媒蒸気は水や空気によって冷却されて凝縮液となる。凝縮器を出た冷媒液は、受液器を経て膨張弁に入る。なお、二酸化炭素を冷媒とする冷凍サイクルでは、二酸化炭素の臨界温度( $31.06^{\circ}\text{C}$ )がほかのHFC冷媒と比べて低いので、通常の水あるいは空気による冷却条件においては、二酸化炭素は臨界温度以上(超臨界状態)における熱交換となる。この場合には、圧縮機からの二酸化炭素は凝縮の現象を伴うことなく、冷却媒体(水、空気)に顕熱のみを放出して、気体から液体になる。この場合には、この熱交換器をガスクーラという。

受液器は、運転条件により装置内を循環する適正な冷媒量が変わるので、その調節のために必要な液滴器である。膨張弁では冷媒液は絞り膨張し、低圧低温の気液二相状態で蒸発器に流入して周囲から熱を奪い、再び蒸発する。冷媒はこのようなサイクルを繰り返し、熱を低温側から高温側へと運ぶ。

圧縮機としては、冷凍装置の用途、能力に応じてロータリ圧縮機、スクロール圧縮機、スクリー圧縮機、遠心圧縮機などが使用される。

単段冷凍サイクルをP-h線図上に図示すれば図13のようになる。蒸発器を出た若干の過熱度をもつ冷媒蒸気(点1)が圧縮機で断熱圧縮されると、P-h線図上の等エントロピー線に沿って凝縮圧力 $p_k$ まで状態変化し過熱蒸気(点2)となって凝縮器に流入する。凝縮器内では冷媒は等圧のもとに冷却媒体と熱交換して凝縮し、若干の過冷却度をもつ冷媒液(点3)となって受液器に

流入する。凝縮器から受液器を経て膨張弁までの間に周囲との熱交換や冷媒液の圧力降下がなければ、膨張弁には冷媒液は3の状態に入る。膨張弁では、弁の通過時に絞り作用を受け、高圧から低圧となる。この際、冷媒は周囲との間で仕事や熱のやりとりがないので、エンタルピー $h$ 一定のもとに、圧力 $p_k$ の状態(点3)から蒸発入口圧力 $p_0$ の状態(点4)まで絞り膨張する。

点4の状態は湿り飽和域にあり、冷媒の乾き度 $\chi_4$ は、圧力 $p_0$ の飽和液および乾き飽和蒸気の状態をそれぞれ、点4' および点1' とすれば $\chi_4 = (1' - 4') / (1' - 4)$ で示されることになり、冷媒液(点3)は膨張弁通過時に1kg中 $\chi_4$ kgが蒸気となる。このとき、この蒸発の潜熱は冷媒自身から供給されるので、冷媒の温度は低下し、圧力 $p_0$ の飽和温度 $T_0$ となる。

湿り蒸気(点4)の状態では蒸発器に流入した冷媒は、蒸発器内を流れる過程で、周囲と熱交換して蒸発し、乾き飽和蒸気となり、さらに少し過熱されて点1の状態となり、圧縮機に吸い込まれる。装置内の冷媒は以上のような一連の状態変化を繰り返す<sup>6)</sup>。

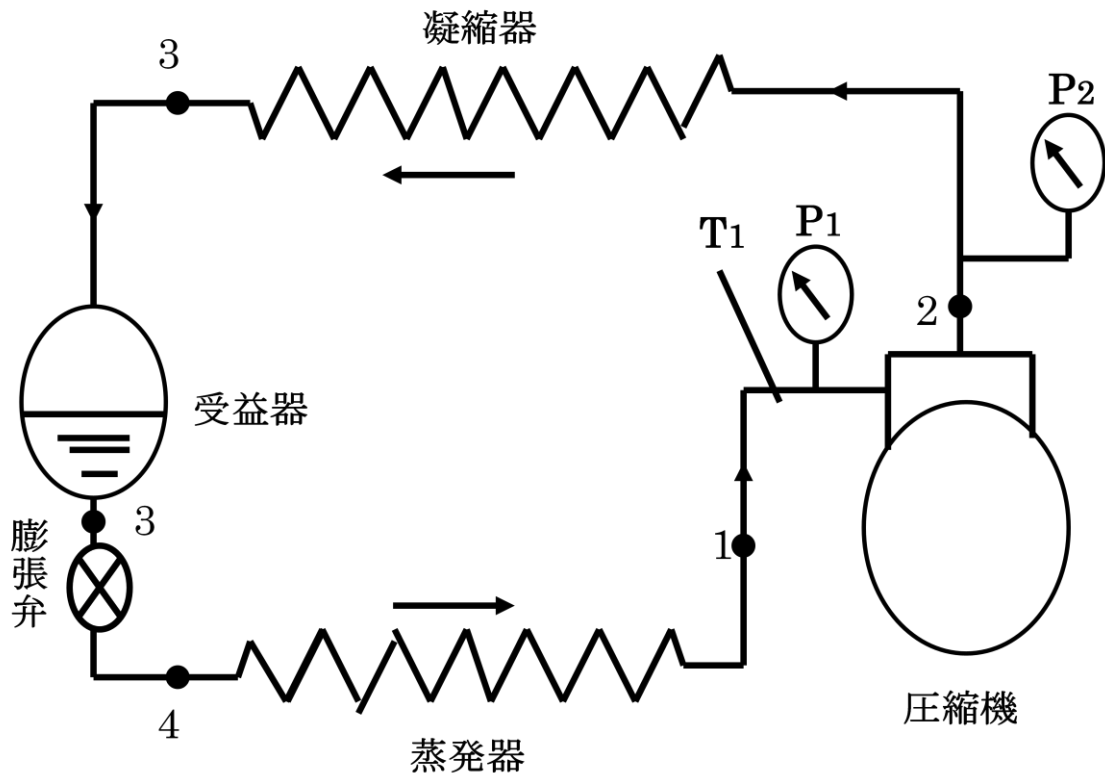


図12 単段冷凍サイクル装置略図



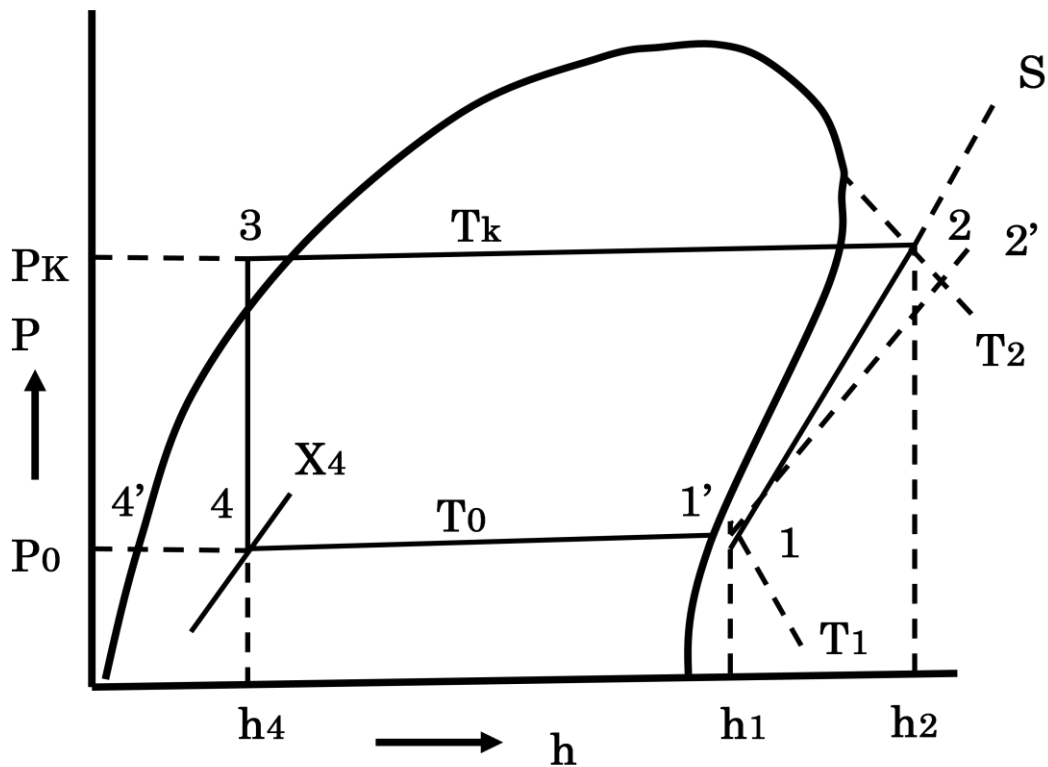


図13単段冷凍サイクル (p-h線図)

## 8. 空気調和

### 8.1 湿り空気線図

#### 8.1.1 湿り空気線図の種類

湿り空気の全圧 $p$ を一定とすると、乾球温度 $t$ 、湿球温度 $t'$ 、露点温度 $t''$ 、絶対湿度 $\chi$ 、相対湿度 $\phi$  (または飽和度 $\Psi$ )・比体積 $v$ ・比エンタルピー $-h$ などの状態量は、そのうちの二つが決まると、ほかの状態量はすべて定まる。そこで、そのいずれか二つを座標軸として、空気の諸状態量を1枚の線図上に示したのが湿り空気線図である。湿り空気線図は単に空気線図とも呼ばれている。

各種空調プロセスの解析などに、かつてはキャリア (Carrier) 線図、すなわち乾球温度 $t$ と絶対湿度 $\chi$ とを直交座標系とした湿り空気 $t-\chi$ 線図も用いられたが、現在一般に使用されているのは、比エンタルピー $-h$ と絶対湿度 $\chi$ とを斜交座標系とした湿り空気 $h-\chi$ 線図である。また、水と空気が直接接触する冷却塔などの解析には、乾球温度 $t$ と比エンタルピー $-h$ とを直交座標系とした湿り空気 $t-h$ 線図も使用されている。図14は、実在気体としての湿り空気の関係式<sup>2)</sup>を使って作成された標準大気圧 (全圧 $P=101.325\text{kPa}$ ) の湿り空気 $h-\chi$ 線図 (温度範囲 $t=-10\sim 50^\circ\text{C}$ ) である<sup>6)</sup>。

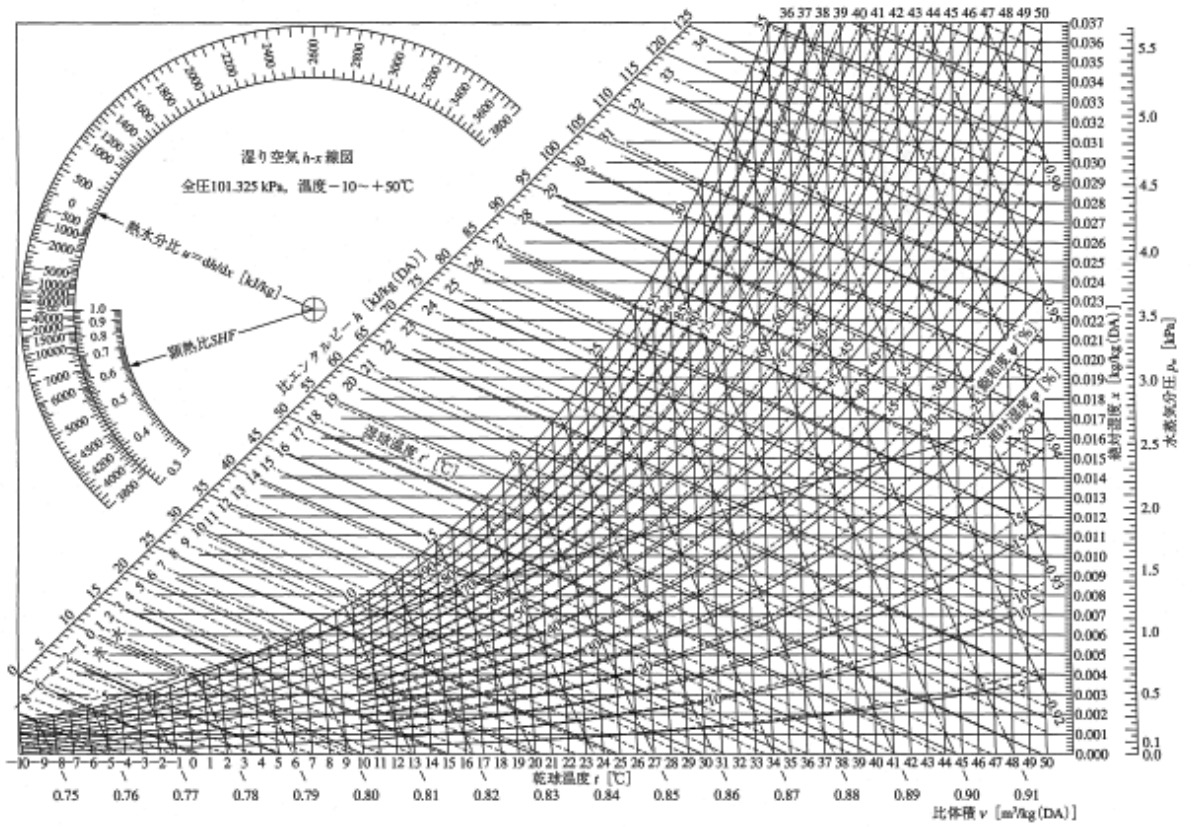


図14 湿り空気 $h-\chi$ 線図 (標準大気圧101.325kPa)

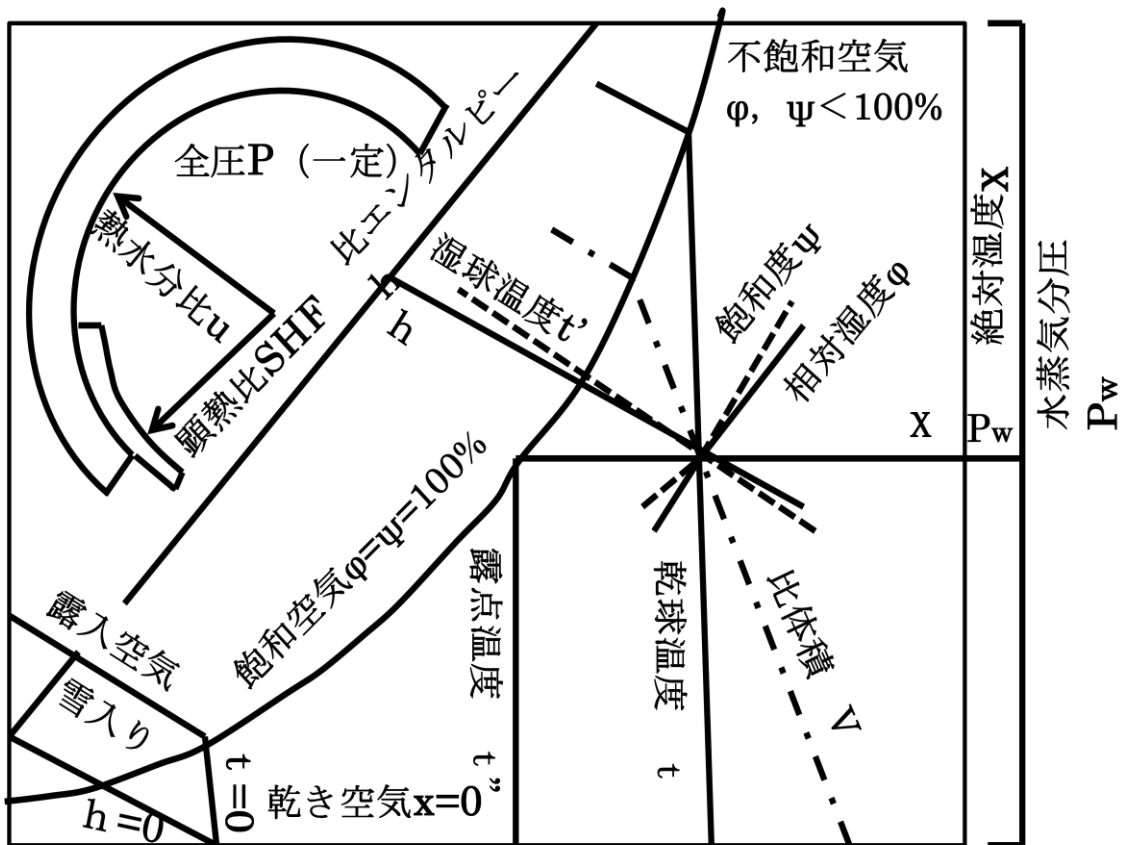


図15 湿り空気h-x線図の構成

## 8.2. 湿り空気 h-x 線図の構成図

図15は、湿り空気h-x線図(図14)の構成を示したものである。この線図は、右端の乾球温度一定のt線がほぼ垂直になるように、斜交座標系のh座標とx座標の関係が決められており、原点(h=0, x=0)は0°Cの乾き空気である。本来x=0の水平軸上にあるべき比エンタルピー-hの目盛を図の左下から右上に向う斜めの直線上に移し、原点を通るh=0の斜め軸上にあるべき絶対湿度xの目盛を右端の垂直線上に移して図をコンパクトまとめている。

h-x線図には相対湿度 $\phi=100\%$ の飽和空気線、その下の不飽和空気の領域に湿球温度一定の $t'$ 線(破線)、比体積一定の $v$ 線(一点鎖線)、相対湿度一定の $\phi$ 線などが描かれている。飽和空気線の上部は、霧入り空気(飽和空気に水滴の混じった状態)または雪入り空気(飽和空気に雪や氷粒の混じった状態)の領域で、 $t$ 線と $t'$ 線はともに $t'$ 線をそのまま延長した線になる。また、霧入り空気や雪入り空気の比体積は、水滴や雪の体積を無視すれば、それと同じ温度の飽和空気の比体積に等しく、 $v$ 線は $t'$ 線と平行になる。

これらは空気の温度と湿度が変化する様々な空調プロセスの決定に用いられる量で、たとえば、顕熱比SHFは、冷房時や暖房時にh-x線図上で吹出し空気がたどるべき状態変化の方向(直線の傾き)を与える。また、熱水分比uは、加湿プロセスでは噴霧水や噴射蒸気の比エンタルピーに一致し、空気の状態はその方向に変化する<sup>6)</sup>。

## 9. メイソチェンコ型気化式冷却器の原理

### 9.1 はじめに

空調分野で使われる気化式冷却器は、冷媒である水の蒸発潜熱によって空気を冷却する冷却器である。古代エジプトから利用されている冷却の原理そのものであり、簡単な仕組みで実現でき、環境負荷の小さい機器といえる。しかしながら、処理する空気の絶対湿度が低くなければ低温が得られないため、我国の夏季のように高温多湿の気候には適合しない。

従来使われている気化式冷却器には、直接気化式と間接気化式の二種類があり、冷却により到達する温度は、どちらの方式でも処理空気の湿球温度が理論的な限界であった。これに対し、メイソチェンコ・サイクル<sup>8)</sup> (Maisotsenko Cycle) と呼ばれる冷却の原理を利用するメイソチェンコ型気化式冷却器では、理論的な到達温度の限界が処理空気の露点温度となる。

メイソチェンコ型気化式冷却器は、米国のIdalex社によって実用化されているが、複数の流路が組合わさった構造になっており、容積が大きい。また、処理空気の絶対湿度が高い場合には、冷房に必要な供給空気温度を冷却器単体で達成することが難しい。そのため、デシカント・ロータ等による湿度制御とメイソチェンコ型気化式冷却器とを組み合わせた空調方式が必要となり、システムとして大型にならざるを得ない<sup>6)</sup>。

### 9.2 メイソチェンコ・サイクルの原理

メイソチェンコ・サイクルでは、伝熱板を介して間接的に冷却された空気の一部が冷媒と直接接触し、冷媒の気化により温度、絶対湿度が増加して排出される。そのようなサイクルを実現するため、メイソチェンコ型気化式冷却器では、流路構造が従来の気化式冷却器とは異なる。メイソチェンコ型気化式冷却器は、図16に示すように、乾き流路と濡れ流路が伝熱板を挟んで重なった構造をしており、乾き流路を通過した空気の一部が濡れ流路を通過する。濡れ流路内の冷媒は、乾き流路空気からの伝熱および濡れ流路空気との直接接触により熱エネルギーを得て気化する。

メイソチェンコ型気化式冷却器内の空気の状態変化を空気線図に表すと図17のようになる。図中A, B, Cは、メイソチェンコ型気化式冷却器の入口空気、供給空気、排気の状態に対応する。DはAの入口空気を直接気化式冷却器で冷却した場合の供給空気の状態に対応する。メイソチェンコ型気化式冷却器の乾き流路内では、空気が絶対湿度一定のままAからBまで冷却される。Bの空気の一部を分流して供給空気とし、残りは作動空気として濡れ流路内を流す。濡れ流路内空気は、相対湿度100%を保った状態でBからCまで温度、絶対湿度が増加し、Cの状態では排気される。

例えば、除湿された外気の状態である乾球温度35℃、絶対湿度11g/kgの空気を冷却する場合、直接気化式冷却器を用いると供給空気は乾球温度22℃、絶対湿度17g/kgとなる。これに対し、メイソチェンコ型気化式冷却器を用いると、供給空気は乾球温度15℃、絶対湿度11g/kgとなり、直接気化式冷却器の場合よりも低温、低湿度が得られる。ただし、同じ流量の入口空気と比較すると、供給空気の流量は小さくなる<sup>6)</sup>。

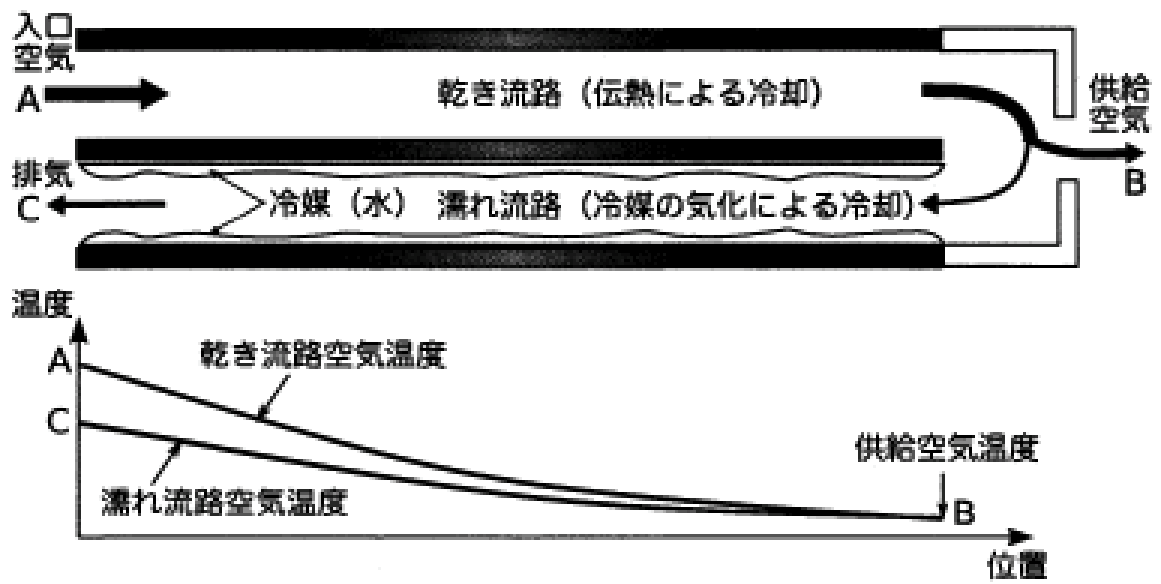


図16 メイソチェンコ・サイクルによる冷却器の構造と空気の温度変化

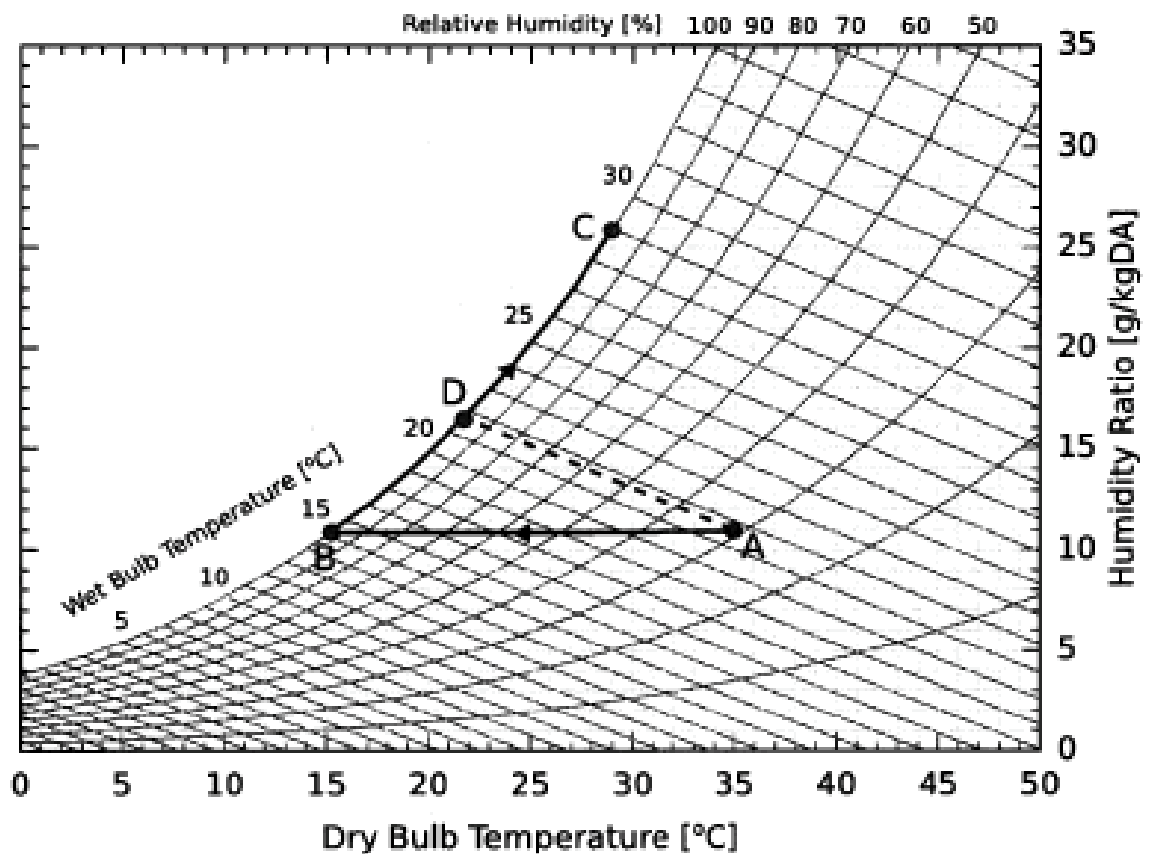


図17 メイソチェンコ・サイクル作動空気の状態変化

## 10. デシカント空調の原理

デシカント(desiccant)とは、水分を吸い込む吸着材を意味している。すなわち、デシカント空調システムとは、空気から直接水分を除去・分離し、適切な温度・湿度に調整して室内へ供給する空調システムである。

デシカント空調のキーコンポーネントは除湿ロータである。吸着材にはシリカゲルやゼオライトなどが用いられており、吸着材をロータ状にすることにより水分の吸脱着を連続的に行う。その原理を図18に示す。ロータの下半分に湿った空気を通すと、吸着材が水分を吸着する。水分を吸着した吸着材はロータの回転により、上半分に移動する。ロータの上半分に熱した空気を通すと、吸着材は水分を放出する。この動作により除湿材は乾燥し、その吸湿性が回復する。

デシカント空調は空気中の水分を直接取り除くために、コンプレッサ方式よりエネルギー消費が少ない。さらに空気を熱するために低温排熱を利用することが可能である<sup>9)</sup>。

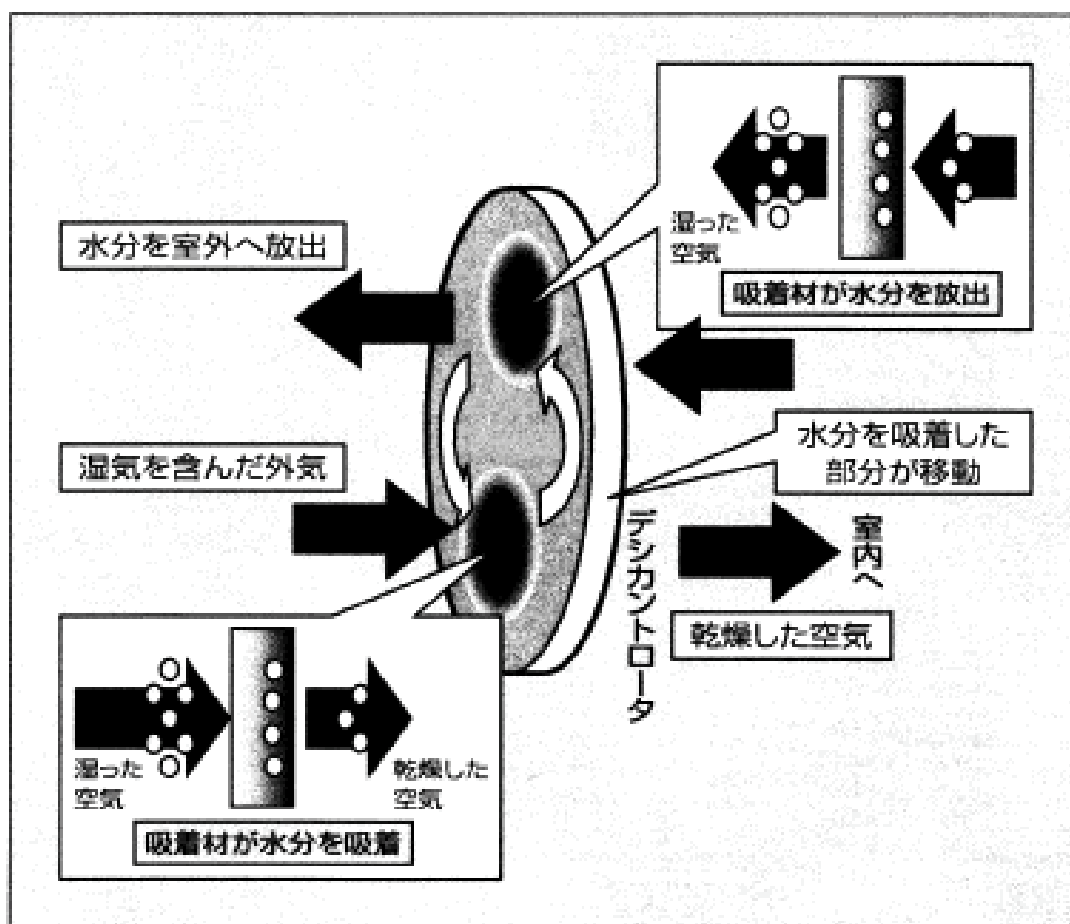


図18 デシカントの原理

## 11. シミュレーションの意義

以上の調査結果を踏まえて、新しいオフィスのパーソナル空調のシステムについて提案したいと考えている。

図19がパーソナル空調の構想である。全体のヒートバランスと稼働時間を考慮して全体空調プラスパーソナル空調の併用とする。パーティション内蔵とすることで移設可能とする。システムは気化式冷却器プラスデシカント空調とする。デシカントの再生はヒーターを使用せず、取り外し可能な脱着タイプとして人がデシカントを交換する。デシカントの吸着剤は低温脱着できるタイプものを使用して、夜間機械室等で常温脱着させる。なるべくエネルギーの無駄を省くためビル内のエネルギーを使用する。全て電気で操作することはエネルギーの無駄になるため、ここは空調の考え方の改革にもなる。そのためどれくらい省エネ性があるのかを計算しなければいけないのでシミュレーションを行う。

空調方式	個別空調
タイプ	パーティション内蔵ユニット
設置方法	据置
移設可否	可能
システム	気化式冷却器+デシカント
デシカント脱着方法	交換カセット式
ヒーター有無	無
フロン有無	無

図19 パーソナル空調タイプ

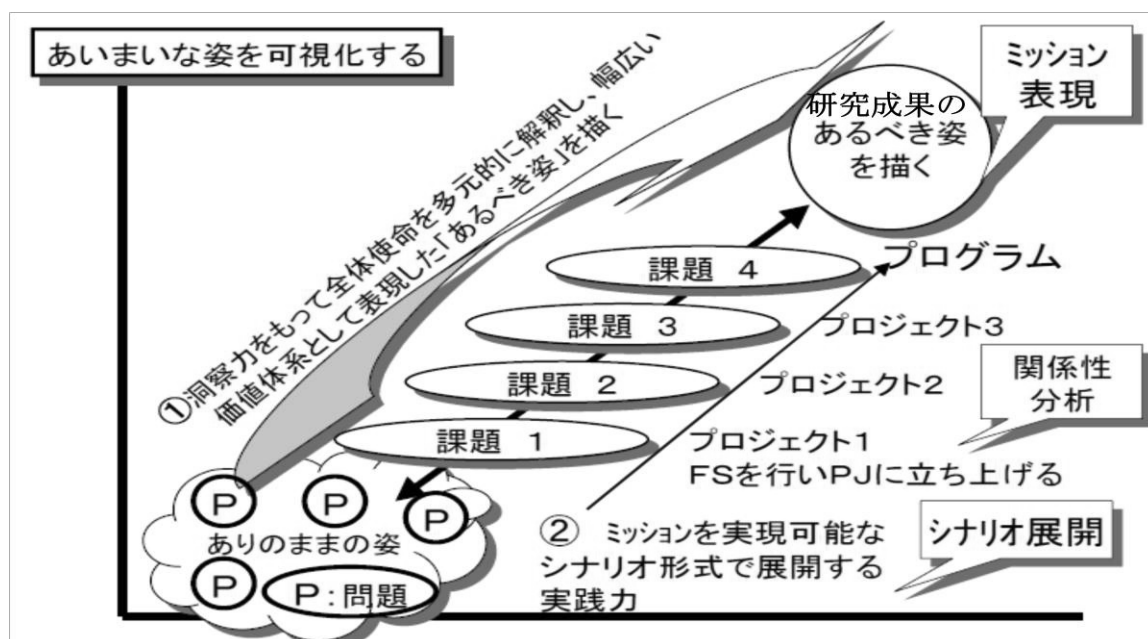


図 20 出典「実践プログラムマネジメント」吉田邦夫 山本秀男 (2014) 日刊工業新聞社に加筆修正

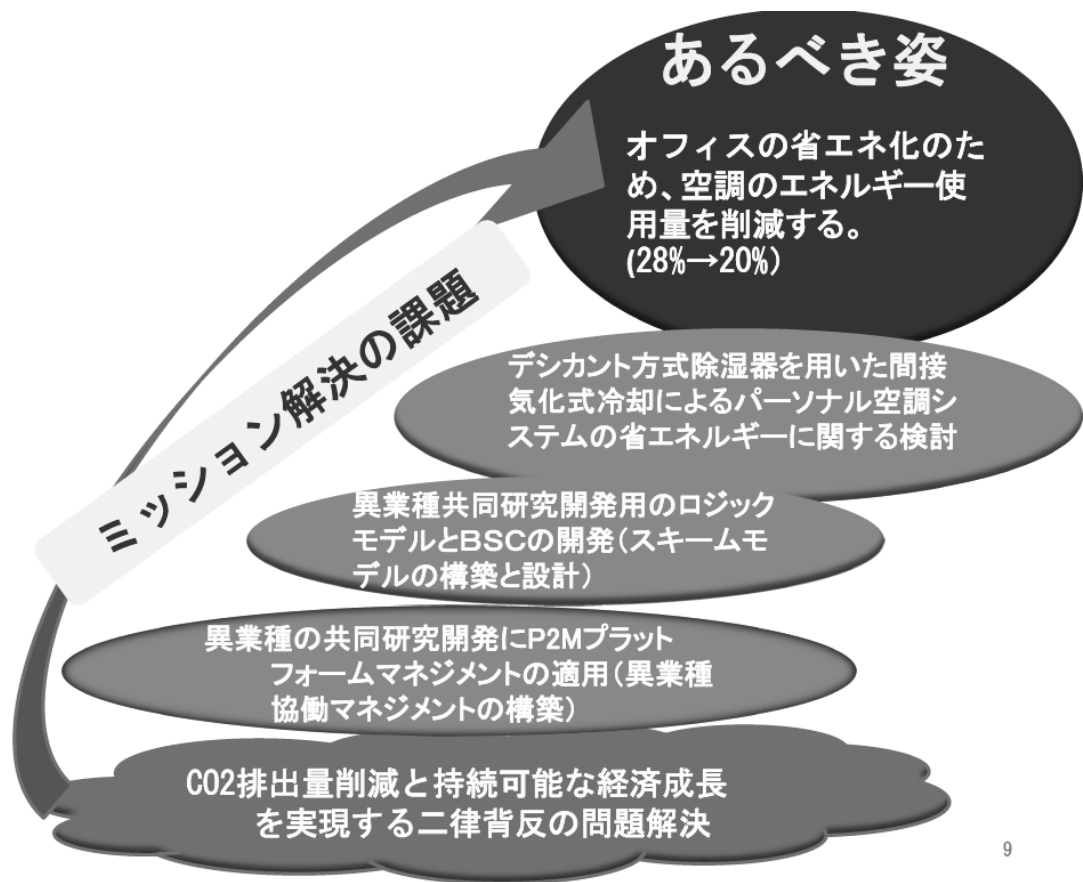


図 21 あるべき姿とミッション解決の課題

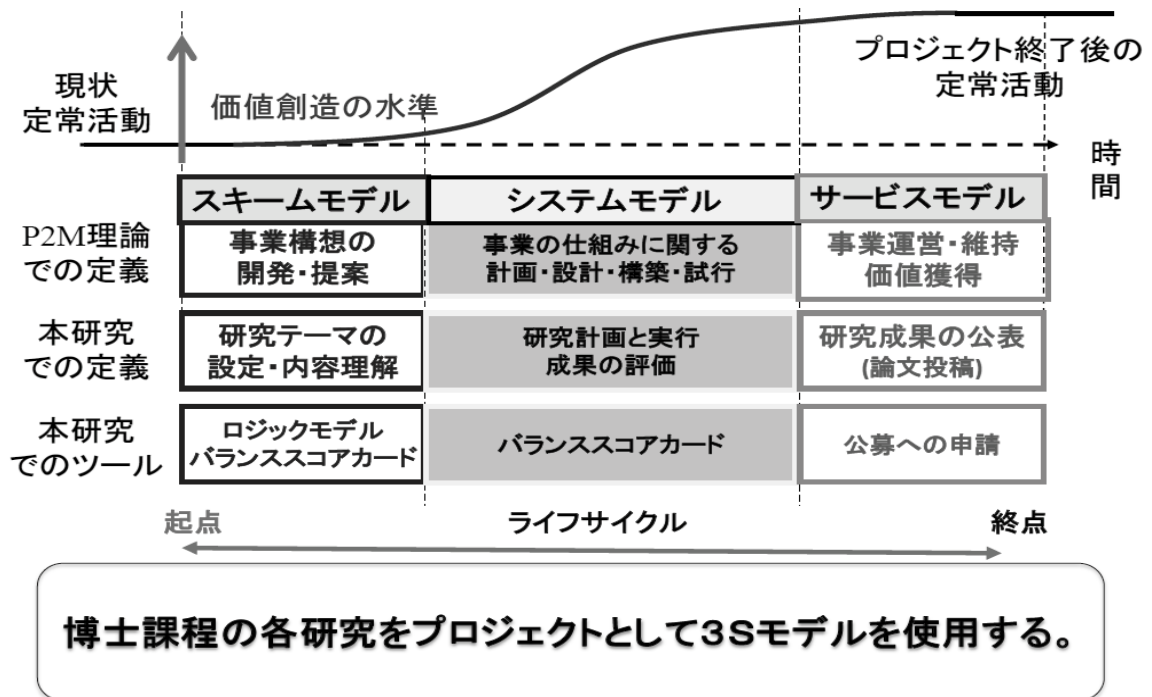


図 22 研究をプロジェクトとして捉え、P2M 理論を適用





図 23 手法の紹介 ロジックモデル

バランス  
スコアカード

**組織のビジョンと戦略を、4つの視点から具体的  
なアクションへと変換して計画・管理し、バランス  
のとれた業務評価を実現するもの**

視点	戦略マップ	戦略目標 (=戦略マップの箇条書き)	重要成功要因
持続性財務		1 全国展開を図る 2 社会的価値を認めさせる 3 補助金の獲得	1 CO2削減目標の達成 2 参加メンバーが、利益を持続的に得ることができる 3 プロジェクト単体で事業が回る(採算性が取れるプロジェクトの方が、補助金が付きやすい)
顧客		1 参加者の心身の満足感を得る 2 企業のCSR活動の支援 3 自治体の生成エコポイントの増加	1 ツアー参加者の増加 2 CO2削減量の表現 3 企業のCSRランキングが増加 4 自治体で生み出されるエコポイントが増加
業務プロセス		1 事業モデル構築の方法論を確立する(全国へ波及) 2 合意形成を得る 3 トップダウン、ボトムアップの両面からアプローチ	1 プレーヤーの参加数 2 エコポイントのビジュアルに表現 3 巻き込む各プレーヤーの首長の参加数 4 成功事例の増加
人材と革新		1 プロジェクトコーディネーターの育成 2 環境人材の育成 3 運営事務所の人材確保	1 各環境プロジェクトリーダー養成数の増加 2 エコサービ参加者の増加 3 運営事務所の人材確保

図 24 手法の紹介 バランススコアカード

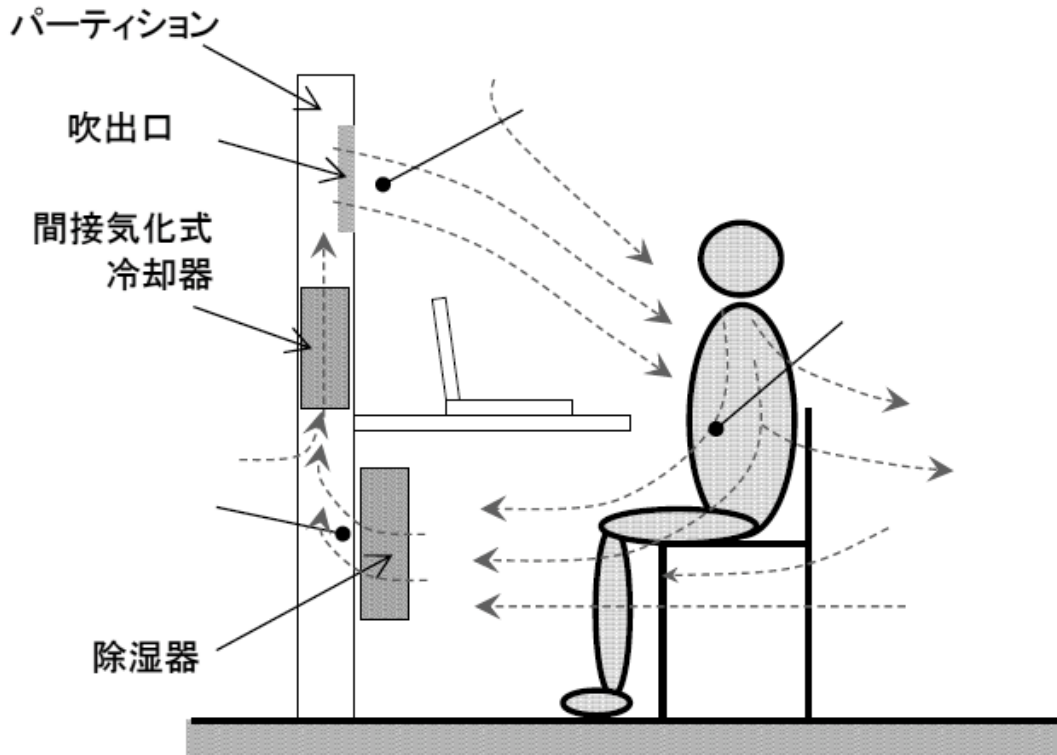


図 25 パーティション内蔵パーソナルエアコンの模式図

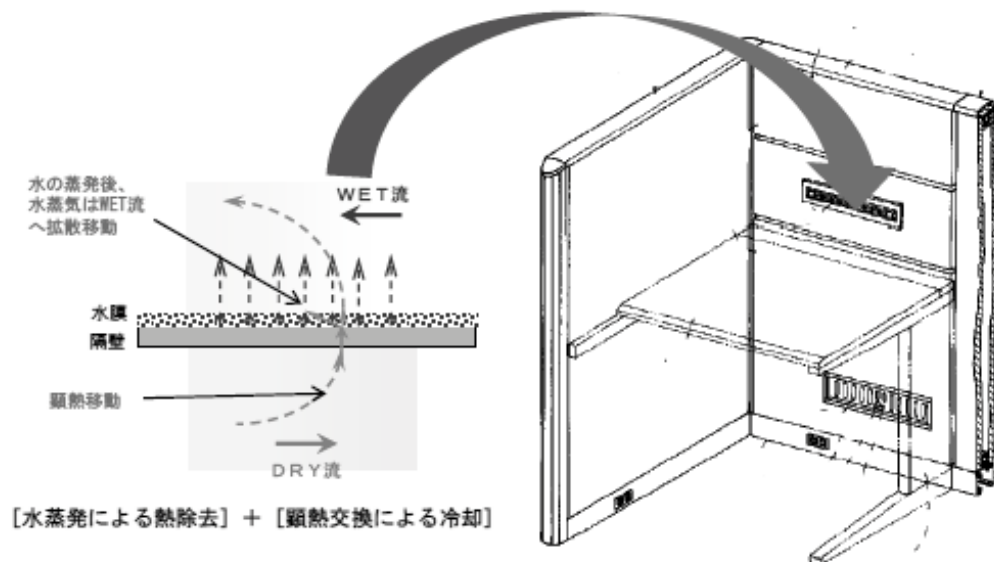


図 26 パーティション内蔵パーソナルエアコンの模式図

## 12. 論文の構成

この論文は5つの章から構成されます。以下にその概要を示します。

### 第1章 緒論

研究の主要な動機となる、環境とオフィスの省エネの問題を抽出した。具体的には、外部環境として温室効果ガスの総排出量、環境関連法について記した。次にその問題解決のため、ありたい姿としてオフィスの省エネ化のためパーティション内蔵パーソナルエアコンの設計手法を提案する。設計手法が確立されていれば皆その手法に基づいてやれば同じ望ましい姿にいける。更に開発目的について調査研究を行い、その重要性について考察した。

### 第2章 「異業種の共同研究開発のP2Mプラットフォームマネジメントの適用」

オフィスビルにおける空調のエネルギー使用量を削減することを目的でパーティション内蔵パーソナルエアコンのスキームモデルを提示した。具体的には、パーティション内蔵パーソナルエアコンの開発を異業種間の協業で取り組む共通の場としてプラットフォームによるマネジメントの有効性を提示した。プラットフォームの仕組みで関係性を持つことにより、プログラムの構想時にありたい姿と現実のギャップを考え、そこに課題を抽出してその課題をプロジェクト化して3Sモデルでスキーム、システム、サービスという3つの段階を想定してプロジェクトを構築していく。このような形で協業を行えばプラットフォーム内の各企業が構想段階からあるべき姿をイメージしてプロジェクトを進めていくため、合意形成が得られやすく、開発された製品の事業化の確率が高くなることが明らかになった。

### 第3章 「異業種共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードの開発」

異業種の共同研究開発用に従来の研究企画の立案・評価を支援する仕組みである「ロジックモデル」と「バランススコアカード」をそのまま用いると開発された製品の事業化の確率が低くなるため、異業種の共同研究開発用にモデファイされた両ツールが必要である。具体的には、出口イメージ（顧客のメリット）に基づいて「ロジックモデル」と「バランススコアカード」を作成、運用することで開発された製品の事業化の確率の高くなる可能性高いことが明らかになった。

### 第4章 「デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討」

事務所ビルの空調による消費エネルギーを削減するためデシカント方式を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムを用いて消費エネルギーを削減するシミュレーションの検討を行い、以下の結果を得た。メイソチェンコ型気化式冷却器のコア部を処理空気の流れ方向長さを250mm、幅を86mm、高さを300mmにダウンサイズすることでパーティションに内蔵することが可能であることが明らかになった。更に、パーソナル空調の吹出し口から在席人に向けられる空気ですべて空調負荷を処理し、在席者近傍の温度・湿度を目標値（26℃、10.5g/kgDA、50%）に維持するためのデシカント方式除湿器の吸着剤の最適条件として、メソポーラスシリカ重量3.0kg、容量4.7ℓにできることが可能となった。これにより吸着剤を日単位で再生（脱着）するバッチ方式を採用することが可能となり、シミュレーション計算により、従来型

空調とパーソナル空調を備えて在席空間の温度・湿度条件を両者で同一に維持することで空調全熱負荷の削減率は12%以上、消費電力の削減率は37%あるとの結果を得た。これは、オフィスの空調によるエネルギー削減の可能性を示唆している。

## 第5章 結言

本研究で試みた異業種の共同研究開発マネジメントの方法論とツールが認められた成果を総括し、今後の発展性について議論する。

## 参考文献

- 1) (独) 国立環境研究所地球環境研究センター：温室効果ガス排出量・吸収量データベース、<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html> (2009)
- 2) 2009年度(平成21年度)の温室効果ガス排出量(速報値) 全国地球温暖化防止活動推進センター
- 3) 経済産業省 資源エネルギー庁 改正省エネ法の概要 2010
- 4) 東京都環境確保条例
- 5) 一般財団法人省エネルギーセンター オフィスビルのエネルギーの特徴  
[http://www.eccj.or.jp/office\\_bldg/01.html](http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html)
- 6) 空気調和・衛生工学会編：空気調和・衛生工学便覧第13版, 1基礎篇, , 空気調和・衛生工学会 (2001). 7) 田尻耕治, 小坂孝雄, 朝比奈正: 吸着熱を利用した化学ヒートポンプ, 冷凍, 60(687), 33-41 (1985)
- 8) The Maisotsenko Cycle, Idalex Technologies, Inc., <http://www.idalex.com/>
- 9) 富士時報 Vol.80 No4.2007

## 第2章

# 異業種の共同研究開発のP2Mプラットフォーム マネジメントの適用

### 概要

C02 排出量削減の観点から、企業はエネルギー使用量の効率化を目指す製品開発を行っている。また、C02 削減規制により事業者も C02 削減を真剣に取り組みだしている。ここでは、オフィスビルにおける空調のエネルギー使用量を削減することを目的でパーティション内蔵パーソナルエアコンのスキームモデルを提示した。具体的には、パーティション内蔵パーソナルエアコンの開発を異業種間の協業で取り組む共通の場としてP2M理論を適用させた協業技術結合プラットフォームを提案し、各ステークホルダー間での相互作用により創出する新たな枠組み形成のメカニズムを明示することでP2M理論の有効性について考察する。

## 諸言

C02 排出量の削減を行い且つ経済成長を可能とする二律背反の状況について、様々な提案があるが、本稿ではオフィスの空調を個別化することによる C02 削減スキームモデルを議論する。

2009年度の日本のC02排出量は12億900万トンであり、基準年と比べると4.1%減少した。また、前年度と比べると主に景気後退の影響及び電力排出原単位の改善によりエネルギー起源C02が5.6% (6,320万t-C02) と大幅に減少したこと等により、C02排出量は、5.8% (7,020万t-C02) 減少した。次に、2009年度の「業務その他部門」(商業・サービス・事業所等)のC02排出量は2億2,000万トンであり、基準年と比べると33.6% (5,530万t-C02) 増加した。また、前年度と比べると6.6% (1,540万t-C02) 減少した。基準年からの排出量の増加は、事務所や小売等の延床面積が増加したこと、それに伴う空調・照明設備の増加、そしてオフィスのOA化の進展等により電力等のエネルギー消費が大きく増加したことによる。前年度からの排出量の減少は、電力排出原単位の改善による電力消費に伴う排出量及び石油製品(重油、LPG等)の消費に伴う排出量が減少したこと等による。次に業務その他部門の総C02排出量に対する割合は19.2%、基準年(1990年)比では+33.6%である[1]。これは、部門別排出量の中で基準年比の増加率が最も大きい部門である。このことは、「業務その他部門」でのC02削減が総C02削減に大きな効果を持つことを意味しており、オフィスの電力消費に伴うC02削減が実現できればエネルギー削減効果は非常に大きいと言える。また2011年3月に発生した東日本大震災の問題で、この震災を機に電力の使用量を積極的に控える必要性がでてきている。そこで、協業による異業種技術を結合させた環境配慮型製品を開発する共通の場として、P2Mのプラットフォーム理論を応用、協業技術結合プラットフォームを提案することでその有効性について考察してみたい。また、日本版P2M理論に内在する原理を抽出することも試み、P2M研究推進の一助としたい。

## 1. C02 削減規制の現状

現在、C02 排出量削減を目的とした様々な法規制が制定されている。改正省エネ法は2010年4月1日に施行された。従来の省エネ法は、1979年に制定され工場や建築物、機械・器具についての省エネ化を進め、エネルギーを効率的に使用するための法律であり、工場・事業所のエネルギー管理の仕組みや自動車の燃費基準や電気機器などの省エネ基準におけるトップランナー制度<sup>1</sup>、運輸・建築分野での省エネ対策などを定めている。環境省が纏めた2009年度の国内二酸化炭素排出量では、「業務その他部門」が全排出量の19.2%、「家庭部門」が14.1%を占めている。基準年度(1990年)比では、それぞれ33.6%、26.9%増である。「産業部門」が19.9%削減していることと比べると対策の遅れが目立つ。そのため国や自治体は建物に対する

<sup>1</sup> 省エネ法(エネルギーの使用の合理化に関する法律)における機器の省エネルギー基準設定の考え方であり、「エネルギー消費機器(自動車、電気機器、ガス・石油機器等)のうち省エネ法で指定するもの(特定機器)の省エネルギー基準を、各々の機器において、エネルギー消費効率が現在商品化されている製品のうち最も優れている機器の性能以上にする」というもの。1998(平成10)年6月の省エネ法改正によって導入されている(施行は1999(平成11)年4月)。(「トップランナー基準パンフレット」経済産業省 資源エネルギー庁)

環境規制を強化した。その一つが改正省エネ法である。年間エネルギー使用量が原油換算で1,500キロリットル以上の企業に対し、売上や生産の単位毎に発生する「単位エネルギー消費量」を年平均1%改善する努力義務を課している。改正点として適用対象を従来の工場・事業所単位から企業単位に広げたことである。

もう一つが東京都の「環境確保条例」である。こちらも2010年4月に施行された。年間エネルギー使用量が原油換算で1,500キロリットル以上の大規模事業所を対象にCO<sub>2</sub>排出量の削減義務を設けている。オフィスビルの場合、基準値に対して10年度～14年度に平均8%、15～19年度に17%削減しなければならない。自力での達成が難しい場合は、他の事業者から排出枠を購入する必要がある。同様に埼玉県も排出枠規制を導入する。将来は、全国の自治体に広がる可能性がある。

## 1-1 事業所のCO<sub>2</sub>削減と企業の対応

改正省エネ法や東京都環境確保条例により、事業者がCO<sub>2</sub>削減に取り組まなければならない現状を指摘した。また、東日本大震災の影響による節電対策により、オフィスでのエネルギー使用量の多くの割合を占める空調の節電対策を考えることが現代社会に必要なになっている。このように事業者にはCO<sub>2</sub>削減目標を達成するためにコスト負担が発生する可能性がある。ここでは、CO<sub>2</sub>削減目標を達成するために事業者及び企業の取組みに注目し、事業者の負担、関連企業のCO<sub>2</sub>削減事業の整理を行う。

## 1-2 事業者の取組み

工場における電力消費量の内訳をA社の調査結果で示す。それによると、空調約40%、コンプレッサー約25%、製造ライン約25%、残りは照明やオフィスで使用されていることが判明した。特に空調の電力消費量が大きいう結果となった。その他多くの企業の事業所について「見える化」が行われていない現在の状況で多くのデータを入手することは難しい。その為、このデータを参考にして事業所のCO<sub>2</sub>排出量削減についての検討を行う。

### 空調機事業者

エネルギー消費の絶対量を考えた時、あらゆる事業所において省エネ対策を必要とするのが空調設備である[2]。特に一般的なオフィスビルや商業ビルでは、照明設備と双壁となしている。そのため、空調機事業者は、運転効率の高いビル用マルチエアコンシステムをはじめ、負荷追随型のインバーター運転で省エネに貢献する設備用・業務用・家庭用エアコンなどをラインアップすることで事業所の省エネに貢献している。また、夜間電力の有効利用によりランニングコストの軽減と電力需要の平準化に寄与する氷蓄熱式パッケージエアコン、省エネ型集中コントローラ、熱損失を抑制し空調負荷を軽減する換気機器群など、省エネ支援型製品でも貢献が可能となっている。

以上のように空調機事業者は空調設備の効率を高めることで省エネに貢献している。しかし、空調機の省エネ化だけでは抜本的なエネルギー消費量の削減は難しい。それは、オフィスの空調設備は部屋全体の室温を効率良く調整することは可能であるが、人の数や位置についての対応が完全ではなく、全体空調を基本としているためである。また、既存のビルの空調システムを変更する際は大規模改修工事を必要とし、多額のコストと長期間の工事を必要とする。これらの課題を解決するには、一事業者の取組みだけでは技術的にもコスト的にも限界がある。そのため異業種協業により空調設備のみではなく、関連するステークホルダーがプラットフォ



ームを形成してそれぞれの技術の強みを活かし、弱みを相互補完することで空調のエネルギー消費量を削減し、且つコストを抑える仕組みを作り、技術でフォローする必要がある。

## 2. P2M プラットフォームマネジメントの論理

小原は[3]、プラットフォームとは全体システムの階層構造を下部から支える重要な「基盤」として解釈し、そのコンセプトは「環境インフラ」、「サブシステム標準」「コラボレーションの場」、「知識集積装置」の4つの領域で使われるとしている。さらに、P2M プラットフォームマネジメントの定義として、プラットフォームマネジメントをプログラムに参加するメンバーの環境インフラを意味すると定義している。そして、その基本仕様標準を、人間系、情報系、文化系に関する知的資産を利用するために、知識、情報の資源利用のフローアクセスと新たな経験や知見をストックさせる構造と機能を充足するとしている。プラットフォームのデザインはメンバーの人的交流を促進し、コラボレーションによる知識生産性を高める重要な手段となる。次にプラットフォームマネジメントは、プラットフォームが持つ供用手段の有効性を理解して、プログラム全体の組織能力を支援し、価値創造の基盤を強化する管理活動であると定義している。

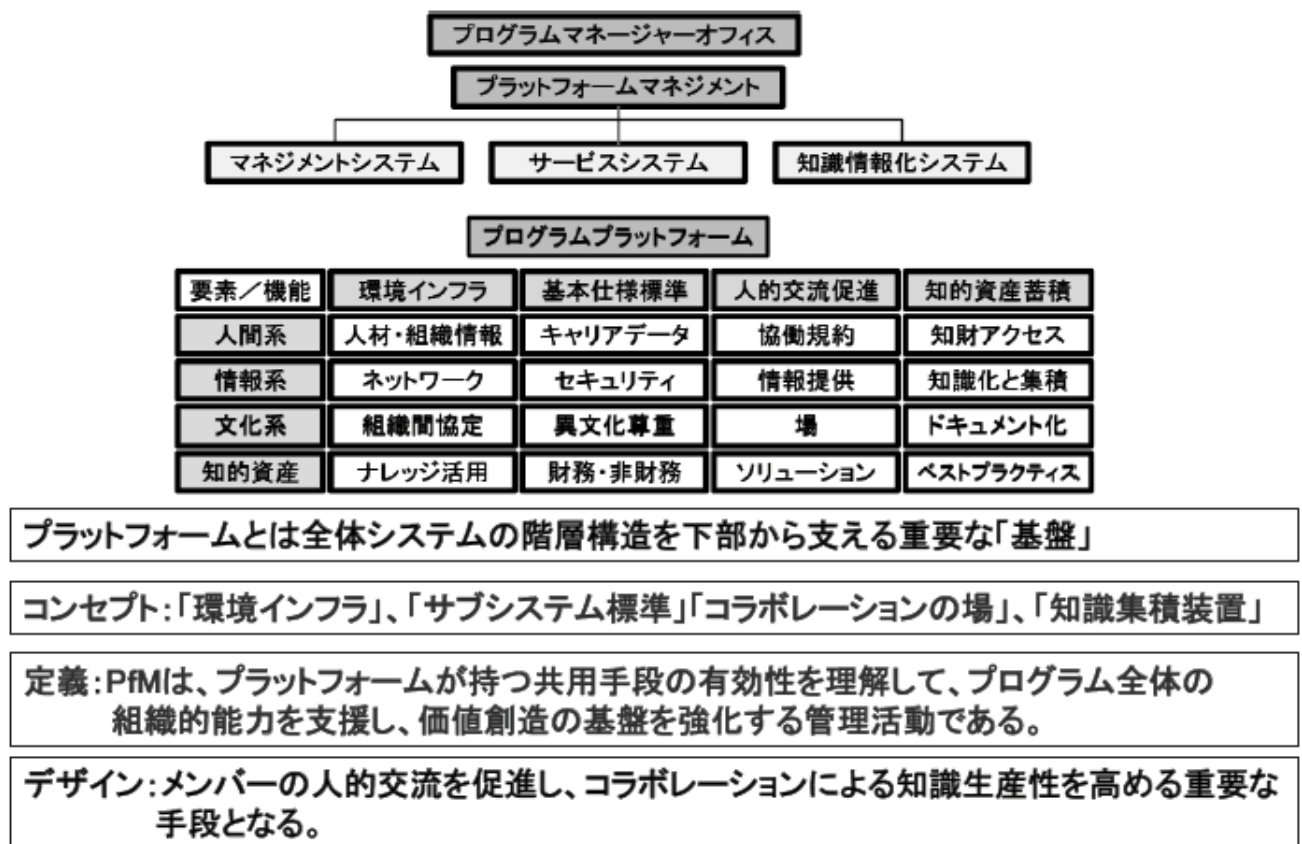


図1、pfm 実践機能一覧図

### 3. 協業の場としてのプラットフォーム

上記のようにプラットフォームでは協働パートナーシップが重要であるが、このプラットフォームを場と捉えると、伊丹は[4]、場とは人々がそこに参加し、意識・無意識のうちに相互に観察し、コミュニケーションを行い、相互に理解し、相互に働きかけ合い、相互に心理的刺激をする、その状況の枠組みのことであるとしている。また、場という容れものが人々の情報的相互作用のあり方を決め、その情報的相互作用が人々の意思決定と心理的エネルギーに影響を与えていくのであるとしている。情報的相互作用とは情報の処理、創造、交換、蓄積のための人々の間の相互作用である。このようにプラットフォームの場では、協業の各ステークホルダーが相互理解と相互の心理的刺激が重要である。ステークホルダーが情報共有とコミュニケーションを相互にとらなければ自分の専門分野の立場で判断して目標の進捗度合いや成果について他罰的とする状況が考えられる。外部技術を導入するうえで他企業と協業する際は、企業の違いによる理念・文化・言葉等様々な差異が現実には存在する。そのため、異業種が密度の高い情報的相互作用を継続的に生まれるようにするために伊丹は、1、アジェンダ（情報は何に関するものか）。2、解釈コード（情報はどう解釈すべきか）。3、情報キャリアー（情報を伝えている媒体）。4、連帯要求の4つの「場の基本要素」を共有する必要があるとしている。

また、平野[5]は、プラットフォームの5つの機能として、1. 複数のグループの交流をうながす「場」を提供することによってマッチングさせる機能（マッチング機能）2. 各グループが個別に対応しては時間もコストもかかる機能を提供する機能（コスト削減機能）3. プラットフォームが一種の安心感、ブランドをユーザーに提供し、製品・サービスの質に一定のレベルを担保する機能（検索コストの低減機能【ブランディング・集客機能】）4. ウイルスのようにクチコミが波及していくという意味でのバイラル効果によって、参加しているグループ内での信頼情報の醸成やグループ間での情報の相互流通が起こることで、プラットフォームへの「粘着度」が増していくことに寄与する機能（コミュニティ形成による外部ネットワーク効果・機能）5. 光の反射する方向を変えるプリズムのように、通常では直接に相互作用が及ばない2つ以上のグループを結びつける機能（三角プリズム機能）があるとしている。



## 4. 協業技術結合プラットフォーム

### 4-1 協業技術結合プラットフォームのスキームモデル

前述のP2Mプラットフォームマネジメントを踏まえ、この理論を協業技術結合プラットフォームに適用することで異業種協業技術の融合によるイノベーションにつなげる可能性があることを提案したい。

オフィスのCO2排出量削減のためには、空調設備のエネルギー消費量削減が最も有効であることを1-2で明示した。ここでは、パーティション内蔵パーソナルエアコンシステムを協業により製品開発するスキームモデルの検討を行う。

初めにあるべき姿としてパーティションのエコ及び3R特性を活かして、地球環境保全とCO2削減を様々な取組みで実践するのがミッションである。これを実現する為にロジックモデルを使用し革新的な空調システムが求められていることを明示した。図3がパーティション内蔵パーソナルエアコンである。これまでもパーソナル空調についての研究開発がされており、その省エネ性の効果は実証されている。図4で示す通りパーソナル空調を適用することによって、最大負荷日の電力で4~32%の省エネルギー効果がある。[6]

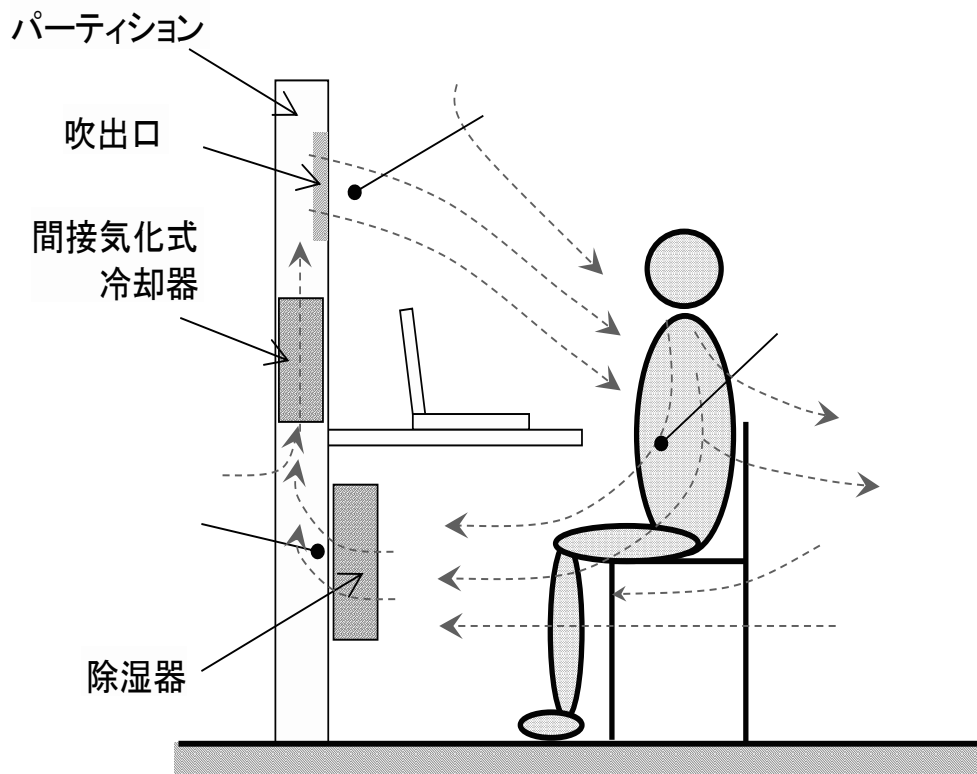


図3 パーティション内蔵パーソナルエアコン

条件	室負荷 (Wh/m <sup>2</sup> )	外気負荷 (Wh/	システム全体 電力(Wh/	エネルギー 低減率
A	2,430	772	1,506.1	Base100.0%
A1	2,542	867	1,542.7	102.4%
A2	2,430	772	1,445.3	96.0%
A3	2,320	670	1,345.3	89.3%
A4	2,208	566	1,244.1	82.6%
A5	2,094	462	1,141.3	75.8%
A6	1,985	349	1,036.8	68.8%

図4 システム全体電力 試算結果

これまで空調に関する企業は、パーソナル空調システムを自社での研究・開発を通じてこれからの空調効率を実現させる努力をしている。但し、既存のシステムは天井・壁・床に空調の吹き出し口を固定するタイプである。このシステムのデメリットは吹き出し口の位置と数に制限がかかりレイアウトやワーカーの人数が制限されてしまうことである。また、このシステムを既存ビルに導入する際は大規模改修工事を必要とし、多額のコストと長期間の工事が必要となる。

一方、パーティション内蔵パーソナルエアコンシステムでは、ワーカー数とレイアウトにフレキシブルに対応しレイアウト変更も容易である。また、納期、工期も短縮できる。仮にポータブルエアコンタイプでは、ワーカーと吹き出しの距離と位置による空調効率が使用者任せとなるため、狙いとする成果が出ない可能性がある。

パーティション内蔵パーソナルエアコは、全員が着席して作業しているピーク時は省エネ効果が小さいが、朝、夕、夜に仕事をする人たちは、全員ではないので着席している所だけが吹き出すので省エネ効果が高い個別空調システムである。しかし上記のモデルを実行に移る前に過去にB社が1社で全て技術開発を行い製品化に至らなかったという事例があった。それを解析すると自前の技術にこだわりそれを応用することで全体コストが高くなったのである。コストを抑えるための技術のデザインをやはりする必要がある。自前技術のみにこだわるとコストが高くなる。これは従来の典型的な失敗例である。コストを安くするための仕組みを考え、それを技術でフォローする。この解決策としてプラットフォームマネジメント理論を導入することで協業の各ステークホルダーが、現有リソースのどの強みを活かすかを明確にしてプラットフォーム内で合意形成を行う。弱みについても自社に無い技術、リソースをプラットフォーム内で相互補完する。これらを行うことで自前では開発できない技術を低コストで創出してコ

ストダウンを図る。これをモデルとする。

以上のシステムは、これまでパーティションメーカーでは、そのコア技術では対応できなかった。一方、空調機メーカーは、省エネタイプの製品は開発しているが、システムとして設計、販売することは稀である。また、制御装置メーカーは、見える化の提案と技術はあるが、見える化した後のコア技術以外の製品の提案については積極的ではなかった。

これらの要因は、これまでオフィスビルの建築・設備設計は設計者に依存していたからである。しかし、これでは設計が設計者の思い、センス、知識に左右され自社が選択されるかは不確実であった。また、自前主義では、環境ソリューションの範囲が限定的になり、更にコストアップとなる。これを打破するには、協業の各ステークホルダーがイニシアチブを持って CO2 排出量削減とコストアップの課題解決をするにどうすればよいかを考えなければならない。そのためには、コラボレーションにより自社のコア技術以外の技術を融合した新製品の開発が必要である。これは、請負会社と下請け業者や親会社と子会社の関係ではなく、製品の構想から開発、販売、運営までのビジネスモデルを構築するための協業システムである。このように P2M プラットフォームマネジメント理論を応用することで協業技術結合プラットフォームの有効性が高いことを示しめすことができる。

## 4-2 モデルの設定

図5が4-1で明示したプラットフォームマネジメント理論を導入する事で協業の各ステークホルダーが CO2 排出量削減とコストアップの課題解決を図る為、自社のコア技術以外の技術を融合した製品を開発するビジネスモデルの模式図である。

協業技術結合プラットフォームによるスキームモデルは各企業から独立した場でのコミュニティが中心となる。独立した場のコミュニティをプラットフォームにすることで企業の組織の枠組から一度場を離すことが可能である。この場で、企業が業界の枠組を越えてクロスオーバー型価値創造を行う。協業技術結合プラットフォームで重要なことは、ロジックモデルによるミッションの共有と合意形成である。次に各ステークホルダーの共通目的と取組みを提示する。共通のミッションは、改正省エネ法における事業所・営業所単位の省エネと快適空間の提案である。我慢する省エネではなく、「快適空間」、「省エネ技術」、「CO2 削減の定量的見える化」である。この共通ミッションに対して現状とのギャップを埋めるべく戦略を各ステークホルダーが構想した。各ステークホルダーの役割は、パーティションメーカーでは、製品の容れものとしてのプラットフォーム、空調機メーカーは省エネ空調、制御装置メーカーはエネルギー消費量の見える化である。

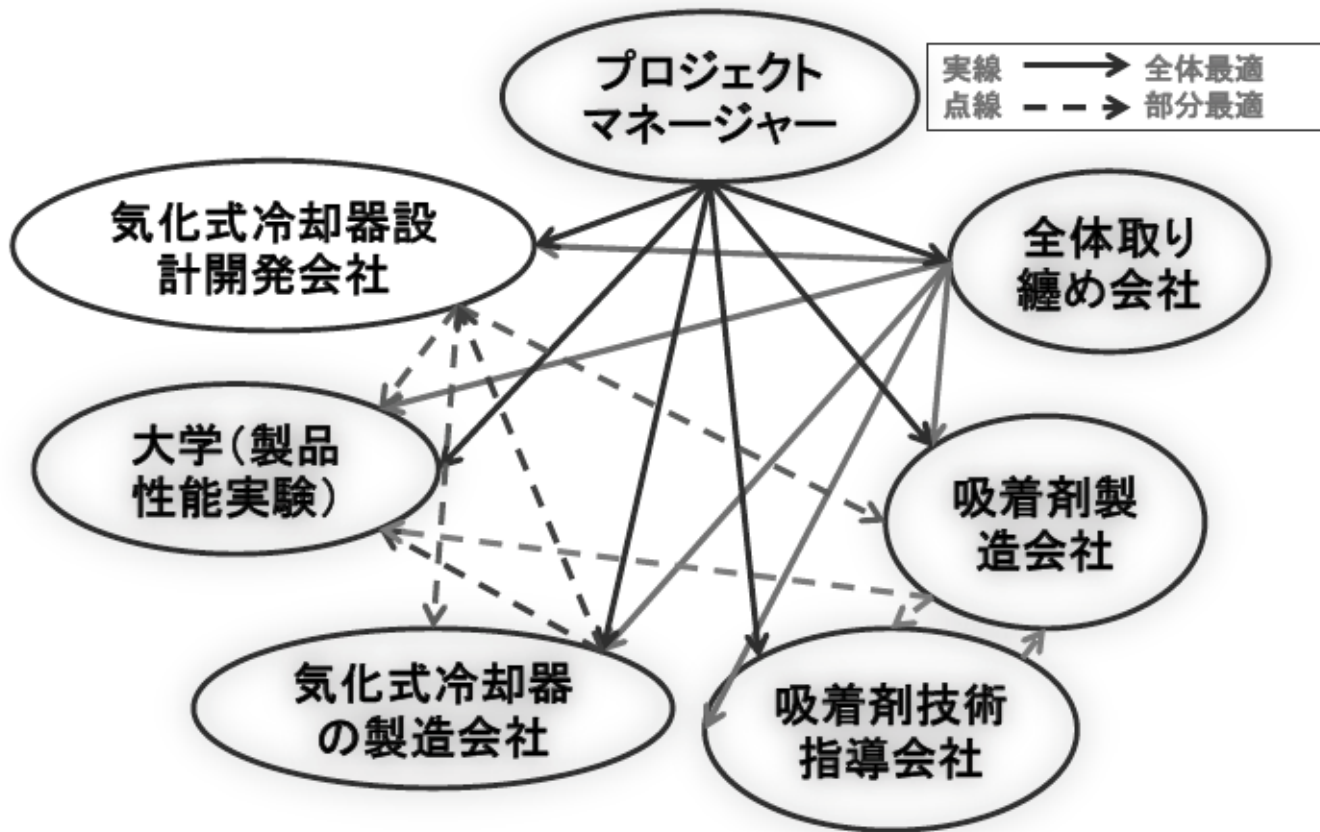


図5 協業技術結合プラットフォーム

ステークホルダーとの合意形成と取組み 1

パーティションメーカー

共通の目的	
どのような状況・動機で？	改正省エネ法における事業所・営業所単位の省エネと快適空案の提案。
どのような製品・サービスと関わり？	パーティション内臓AC使用による快適空調と省エネの両立。ACの位置が固定される為、快適空間が一定に。(ポータブルは、個人が移動させるので狙いの快適性が得られない。)
どのように使用する？	PASでデスクワーク時に作業空間を最適空調空間にする。
どのように喜ぶか？	企業：省エネ効果。 CO2削減＝コスト削減＝利益 ワーカー：全体空調による個人の寒暖感覚の差が無くなり作業効率が高まる。

## ステークホルダーとの合意形成と取組み 2

### 空調機メーカー

共通の目的	
どのような状況・動機で？	改正省エネ法における事業所・営業所単位の省エネと快適空案の提案。
どのような製品・サービスと関わり？	パーティション内臓省エネ空調 内臓ファン+CO2冷媒+負荷を自動調整できるヒートポンプ
どのように使用する？	デスクで作業する時のみPAを使用する。
どのように喜ぶか？	企業:省エネ効果。 CO2削減=コスト削減=利益 ワーカー:全体空調による個人の寒暖感覚の差が無くなり作業効率が高まる。

## ステークホルダーとの合意形成と取組み 3

### 制御装置メーカー

共通の目的	
どのような状況・動機で？	改正省エネ法における事業所・営業所単位の省エネと快適空案の提案。
どのような製品・サービスと関わり？	個別でのエネルギー消費量 電力負荷時間・省エネ効果測定 データベース化 簡易型低コストタイプ・ユーザー負担小
どのように使用する？	「エネルギーの見える化」で実績と省エネ提案。 毎月定量的にエネルギー消費量・CO2削減量を提示。
どのように喜ぶか？	企業担当者 エネルギー消費量削減・投資対効果の明確化。エネルギー使用効率毎年1%以上改善に貢献。.....

図6 各ステークホルダーの共通目的と取組み

以上のように、各ステークホルダーの共通目的と取組みについて明示化を行った。しかし明示化しただけではミッションを達成することはできない。スキームモデルを実行する為にはステークホルダー間での合意形成が必要となる。この合意形成の場として協業技術結合プラットフォームが重要な役割を果たす可能性がある。



### 4-3 モデルの考察

協業技術結合プラットフォームマネジメントのモデルの考察を行う。第1の考察として協業技術結合プラットフォームマネジメントによる商品開発プロセスを図7に提示した。各ステークホルダーのSWOT分析を行い、内部環境の強みでは、各ステークホルダーが共通の新製品を開発する上で、現有リソースのどの強みを活かすのか、または更に発展させるのかを明確にしてプラットフォーム内で合意形成を行う。弱みに関しては自社に無い技術、リソースをプラットフォーム内で相互補完する。これらを行うことで自前技術では開発できない新商品コンセプトを創出できるのではないかと考えられる。

外部環境については、改正省エネ法と東京都環境確保条例が施行された。これらの規制マネジメントとしてオフィスのCO2排出量削減のためには、空調設備のエネルギー消費量削減を第一優先に解決しなければならないことをプラットフォーム内で合意形成した。このように、各ステークホルダーのSWOT分析を行い外部環境の規制マネジメントを行うことで自社の強み活かし、弱みを相互補完することで新たな商品コンセプトを創出し、自前では開発できない革新的な新商品を市場に提供でき社会貢献ができるのではないかと考える。



第3回MOTシンポジウム後藤卓也氏公演資料(2007)に筆者が加筆

図7 協業技術結合プラットフォームマネジメントの商品開発プロセス

第2の考察として、3で明示したプラットフォームをプラットフォームの5つ機能と照らし合わせる。この5つの機能を異業種と共同研究開発すると以下のようにあてはまる。1. マッチング機能。以前は、社内でオフィスビルのエネルギー削減に貢献する製品を開発する事に対して自社の技術だけでは、解決する術がなかった。またある空調機メーカーと協業の計画をする際には、自社の技術に拘り、コストが高くなり失敗した。そこでプラットフォームを作ったことで各機能の強み活かすためにどの機能を変更すればよいかのアイデアを各ステークホルダーが意見を出し合うことで、自社だけでは発見できなかったアイデアや発想が生まれお互いの強みを活かすことができた。2. コスト削減機能。これをやることによってB社でコストが高くて市場投入出来なかった技術をプラットフォームの考え方を利用することでコストダウンを図る。B社はデシカント空調を採用した為コストアップとなった。この技術にこだわった。それはB社にはデシカント空調の技術があり、本来はコストを下げる為に別の空調システムが必要だということからブレークダウンしなければいけないがデシカント空調ありきの為コストが高くなった。また、このシステムをまとめる設計がコストよりも技術を重視しオフィス全体をシステムとして構想した為、技術、材料、工事等にコストが掛りすぎた。一方、プラットフォームの考え方を利用すると、各ステークホルダーが共通のミッションを達成するために同じ方向性で相互作用により技術開発とコストダウンを検討する。トップダウンの指示による技術的目的達成ではなく、外部環境とコストダウンを考慮し各ステークホルダーの強みを活かし、弱みを相互に補うことでオフィス全体の工事が必要としない製品であり、各ステークホルダーの技術をパッケージングした製品を開発する。これは本来案件単位のカスタマイズ品が必要な技術を各ステークホルダーのコモデティ化した製品を顧客の要望に見合うように結合させる開発である。これによりコストダウン且つ新技術開発のトレードオフの解消を果たす可能性がある。3. 検索コストの低減機能（ブランディング・集客機能）。空調機が専門でないオフィス家具メーカーが、ユーザーにパーソナル空調機を提案する際に、気化式冷却器、デシカント方式除湿器がそれぞれ信頼ある企業であることが担保となり、また、トータル性能についても大学での試験データで担保することができユーザーに安心感を与えることができる。4. コミュニティ形成による外部ネットワーク効果・機能。気化式冷却器設計会社は、製造会社のものづくりの品質の評価が高い。また、吸着剤製造会社の吸着剤の技術力についても信頼している。更に大学の研究室で性能試験をして頂くことに対する信頼感もある。また、ベンチャー企業であるため、技術については問題ないが、助成事業の会計や事務処理についての負担を無くすため、取り纏め会社が代表となり、各事業者の申請や会計処理業務の負担を取り除くことでプラットフォームに参加することの負担を無くすことができる。

異業種のコンソーシアムをプラットフォームに乗せて交流の場を与えるだけでは、失敗する可能性が高い。コンソーシアムは利益代表集団のため、実はコミュニケーションギャップがそれぞれにある。本研究のプラットフォームマネジメントで工夫したことは、このコミュニケーションギャップを解き放つために、プラットフォーム内の各ステークホルダーとロジックモデルによるミッションの共有化を図ったことである。プラットフォームの内に合意形成が得られることであるべき姿を達成するミッションの課題解決ができる。但し異業種がバラバラに実行すると課題解決ができないため、プラットフォームマネジメントの機能を利用することになる。

従来のコンソーシアムは、研究開発を行う場合、複数の企業が寄り合い状態で結成されるため、自前技術のみに拘る傾向があり、合意形成が難しく、製品化されたものが社会のニーズに合致しておらず、市場から評価されないという問題があった。

**空調機メーカー**  
 自前のデシカント技術に拘り、システムとしてサイズ、配管等がパーソナル空調に適する物にならず、全体コストが高くなった。

**パーティションメーカー**  
 コア技術では空調機を組込む発想や技術がなかった。

**要因**  
 これまで、オフィスビルのB工事の設計を設計会社に依存していたため。

図8 従来のコンソーシアムの失敗例

失敗例	機能	成功例	工夫・変更
自前の技術、進め方、自社利益の優先。	環境インフラ	オフィスの省エネ化を共通のミッション	オフィスのあるべき姿を共有して社会のニーズを共有化する。 ロジックモデルを描いて環境インフラの合意形成を行った。
自前の技術、進め方、自社利益の優先。	サブシステム標準	オープンイノベーションにより「戦略性」「広域性」「標準性」を取り入れコストダウン	デシカント空調機→気化式冷却器 配管→無し:脱着式吸着剤 吸着剤のサイズ→バッチ方式で吸着剤を交換することでダウンサイズを図る。
企業が寄り合いの状態	人的交流促進	共通のミッションを達成するための問題解決を行う「コラボレーションの場」とすることで合意形成が可能となる。	PMのリーダーシップ 1)情報交流のための専門用語が理解できるための勉強 2)あるべき姿、研究、事業の方向付け、マイルストーンの設定管理 3)ステークホルダーのモチベーションやプロジェクトに臨む姿勢のマネジメント

図9 P2M プラットフォームマネジメントの成功例

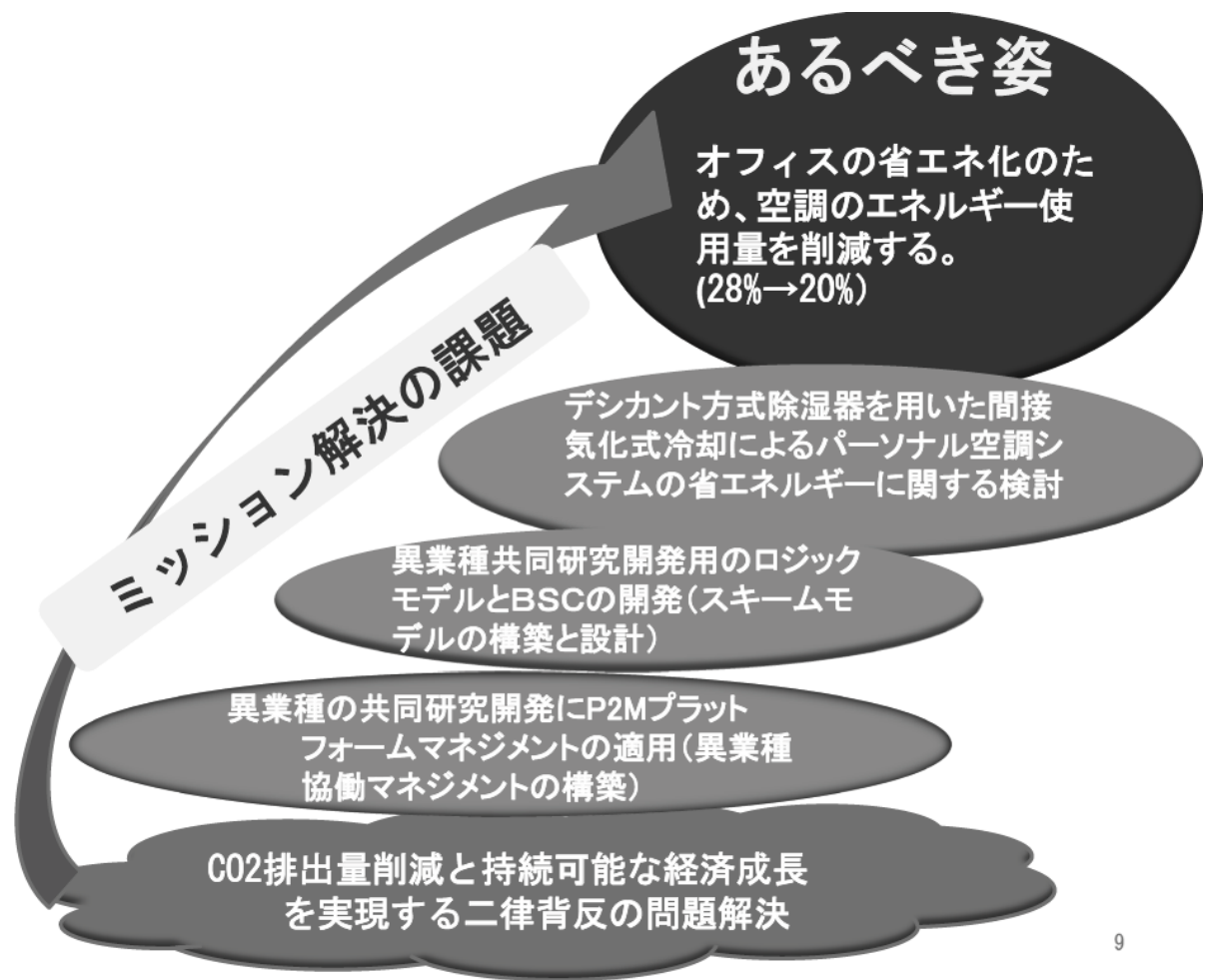


図10 あるべき姿とミッション解決の課題

## P2Mプラットフォームマネジメントの機能

### 環境インフラ

システムの視点で多数者に基礎的便益手段を提供する社会制度、産業政策を意味する。

### サブシステム標準

新製品開発のシステム標準化視点やモジュールのシステムデザイン視点に見られるデザインに関する共通標準や基幹部品など物理的工学的サブシステム。

### 人的交流促進

コラボレーションの場として組織間の人的協働を図る創造的交流を意味する。

### 知的資産蓄積

組織が戦略的に知財管理をする手段を意味する。

環境インフラの機能を利用して各ステークホルダーが自前技術や利益を優先することをロジックモデルによるオフィスのあるべき姿を共有して社会のニーズを共有化することで全体最適な製品開発を行う。

サブシステム標準を利用して自前技術に拘らず、オープンイノベーションにより「戦略性」

「広域性」「標準性」を意図した経済尺度や機能を取り入れることでコストダウンを行う。

人的交流の促進の機能を利用して、複数の企業が寄り合いの状態で結成されることから、自社の利益や都合を優先するのではなく、共通のミッションを達成するための問題解決を行う「コラボレーションの場」とすることで合意形成が可能となる。

協業技術結合プラットフォームで必要なことは、プロジェクトマネージャーが全員の関連するところは技術情報を提供して全体最適を図る。また、利害関係の生じるところは、プロジェクトマネージャーが間に入り利害調整を行い部分最適を図る。このように協業技術結合プラットフォームではプロジェクトマネージャーのリーダーシップが重要になる。このリーダーシップを発揮するためには、1) 情報交流のための専門用語が理解できるための勉強を行う。2) あるべき姿、研究、事業の方向付け、マイルストーンの設定管理を行う。3) ステークホルダーのモチベーションやプロジェクトに臨む姿勢のマネジメントを行うことが重要である。

#### 4-4 協業技術結合プラットフォームのメカニズム

組織構造の枠組みには絶対解はない。それは、組織の理念、文化等によりその枠組み形成方法は無限に存在するからである。現状の枠組みを認知し改善、変化を試みることで組織が変わる。また、場の構成員の情動的相互作用により思考の枠組みが変化するのであれば、場の構成員を媒介変数とすることで、構成員により異なる思考方法が表出する。

伊丹は[8]、場という容れものが人々の情動的相互作用のあり方を決め、その情動的相互作用が人々の意思決定と心理的エネルギーに影響を与えていくのであるとしている。協業技術結合プラットフォームの場を経て生まれてきたものは、情動的には「情報共有、新しいアイデア、判断基準の共有、他のメンバーの人となり理解、意思統一、価値観の共有、共有された計画、個人能力のアップ」等である。また、心理的産物としては、「心理的高揚感、騒然とした雰囲気、仲間意識、感動」等である。以上のように、協業技術結合プラットフォームの場の中で起きている現象の共通事項をまとめると「人々の間にヨコの情動的相互作用と心理的相互作用が自然にかつ密度濃く起きる結果、自己組織的に共通理解や情報蓄積、そして心理的エネルギーが生まれてくる。」

協業技術結合プラットフォームの場で既存企業の思考メカニズム、経験が異業種の思考メカニズムの刺激を受けることで、新たな思考メカニズムが開発される。これは既存企業内組織では創出されない新たな思考を創造するメカニズムである。既存企業内組織の場でルーチン化している思考方法、ものの見方、解釈方法の枠組みが協業技術結合プラットフォームの場においては、異質のステークホルダーと交流を深めれば深めるほど、異なる思考に接触し刺激を受け、従来の枠組みに存在しない思考方法を受け入れて共有し新たな思考の枠組みを相互に創造するプロセスと仕組みになる。このメカニズムは既存企業内組織では創造し難い相互作用である。一企業のコアケイパビリティや優位性に基づく思考方法の枠組みが変化し新たな枠組みが形成されるのである。これが、協業技術結合プラットフォームの創造的思考のメカニズムであり、製品やサービスのイノベーション創出の場となることを示唆している。

企業の組織内で思考の枠組みが変化する時は、企業の経営陣が方向性を示すトップダウン方式の時である。協業技術結合プラットフォームでは枠組みの変化をプラットフォームの場の内部で相互作用により自律的に形成する。明示的・秩序的な枠組み形成ではなく暗黙的・無秩序

的ではあるが目指す方向性が共有されているため、融合により創出された新知識によってブレークスルーのメカニズムの枠組みが形成される可能性があることを示している。

#### 4-5 日本版 P2M 理論に内在する原理の抽出

協業技術結合プラットフォームの場合には、異質のステークホルダーとの異なる思考の接触で、相互作用による新たな思考の枠組みを創造する。この構造を下部から支える重要な基盤として、P2M プラットフォーム理論の環境インフラ、基本仕様標準、人的交流促進、知的資産蓄積が要素/機能となり、人間系、情報系、文化系、知的資産の4層が一体となり、知識提供やコミュニケーションの場を支援しているのである。

#### 結言

P2M のスキームモデルによりシナリオ段階で各ステークホルダーとの合意形成及び共通認識を図り P2M プラットフォームマネジメント理論の融合で知恵と創造力を出すことの有効性を提示した。今後は日本版 P2M の構成に基づきシステムモデル、サービスモデルを進めプロジェクトを推進していくことが必要である。あくまで試論であるが、協業技術結合プラットフォームによる製品開発において、プラットフォームの場で異業種のパートナーと更に合意形成と共通認識を図ることでイノベーションを創出する一定の方向性を示すことができたと考えられる。

## 参考文献

- [1]2009年度(平成21年度)の温室効果ガス排出量(速報値) 独立行政法人国立環境研究所, 2010年12月27日
- [2]三菱電機 省エネサポートサイト
- [3]小原重信:P2Mプラットフォームマネジメント文脈と論理〜クロスボーダー協働と超サービス製造業への能力強化〜, 国際P2M学会論文誌, Vol. 5, No.2, pp. 2-3, 2011
- [4]伊丹敬之:「場の論理とマネジメント」, pp. 42, 98, 318-338 東洋経済新報社, 2005
- [5]平野敦士:「プラットフォーム戦略」, pp.37-50, 東洋経済新報社, 2010
- [6]田中香:変動風を用いたタスク・アンビエント空調システムの実オフィスにおける性能実測 その4 実測によるシステムの性能評価と省エネルギー性の試算, 日本建築学会東海支部研究報告集第35号, 1997

## 第3章

### 異業種共同研究開発用のロジックモデルと

### バランススコアカードの開発

#### 概要

オフィスビルにおける空調のエネルギー使用量を削減することは、これから省エネルギー対策の重要な課題であり、多くの企業が取り組んでいる。その中で市場をリードする技術開発を行うには、オープンイノベーションによる戦略的イノベーションの遂行が必要である。この事業を創発させるため、P2M理論を適用させた協業プラットフォームで、各ステークホルダー間での相互作用によりイノベーションを創出することが必要である。

本稿では、協業プラットフォーム内の複数のステークホルダー間での合意形成を進めるために、ロジックモデルとバランススコアカードを活用した取り組みを紹介する。また、従来のロジックモデルとバランススコアカードに「顧客のメリット」を構想手段とすることで両ツールの有効性について考察する。



## 諸言

我が国の2009年度のCO<sub>2</sub>排出量は12億900万トンであり、基準年と比べると4.1%減少している。次に、2009年度の「業務その他部門」（商業・サービス・事業所等）のCO<sub>2</sub>排出量は2億2,000万トンであり、基準年と比べると33.6%増加している。また、業務その他部門の総CO<sub>2</sub>排出量に対する割合は19.2%、基準年（1990年）比では+33.6%である[1]。これは、部門別排出量の中で基準年比の増加率が最も大きい部門である。このことは、「業務その他部門」でのCO<sub>2</sub>削減が総CO<sub>2</sub>削減に大きな効果を持つことを意味しており、オフィスの電力消費に伴うCO<sub>2</sub>削減が実現できればエネルギー削減効果は非常に大きいと言える。

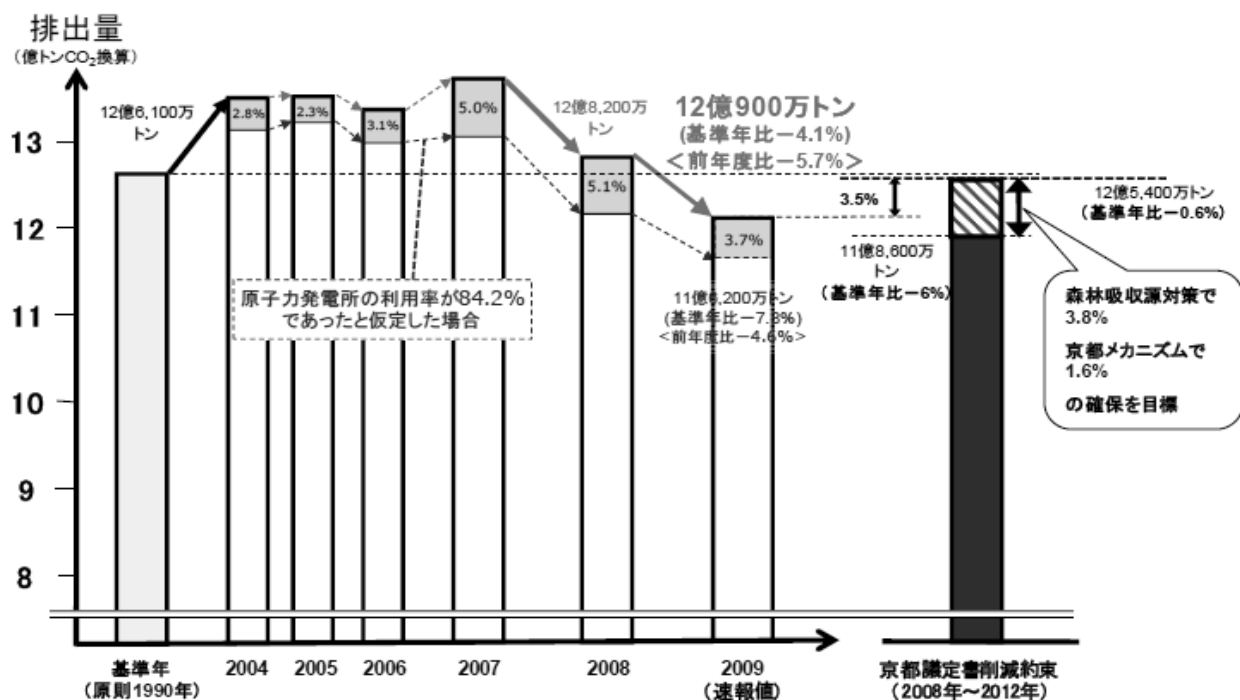


図1 温室効果ガス総排出量の推移

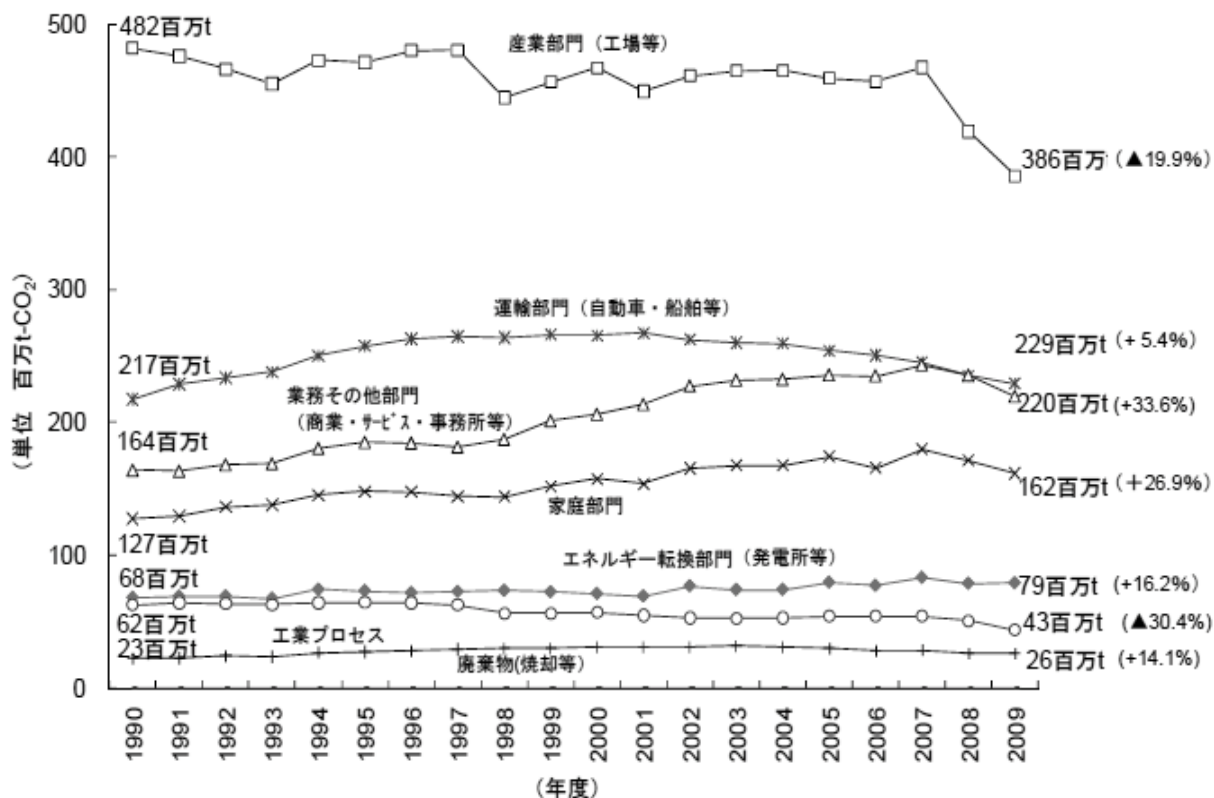


図2 CO2の部門別排出量（電気・熱配分後）の推移  
 ( ) 内数字は部門の2009年度排出量の基準年排出量からの変化率

本研究は、パーティション内蔵パーソナルエアコンを開発することでオフィスの電力消費に伴うCO2削減、エネルギー消費量削減を実現することを目的とし、そのシステムとしてP2Mのプラットフォーム理論を応用し、協業による異業種技術を結合させた協業技術結合プラットフォームを提案することでその有効性について考察する。

本論文は、異業種間での合意形成及び複数のステークホルダー間での合意形成を実現するために、ロジックモデルとバランススコアカードを如何に活用することが有効かを提示した。

## 1. テーマの背景－オフィスのCO2 排出量

「業務その他部門」でのCO2削減が総CO2削減に大きな効果を持ち、オフィスの電力消費に伴うCO2削減が実現できればエネルギー削減効果は非常に大きいことが分かった。よって、エネルギー消費の絶対量を考えた時、あらゆる事業所において省エネ対策を必要とするのが空調設備である[2]。オフィスビルで消費される最も大きな割合を占めるのが空調設備と照明設備である。この2つで、全消費エネルギーの8割近くを占めており、そのうち、約40%が空調設備関連である。

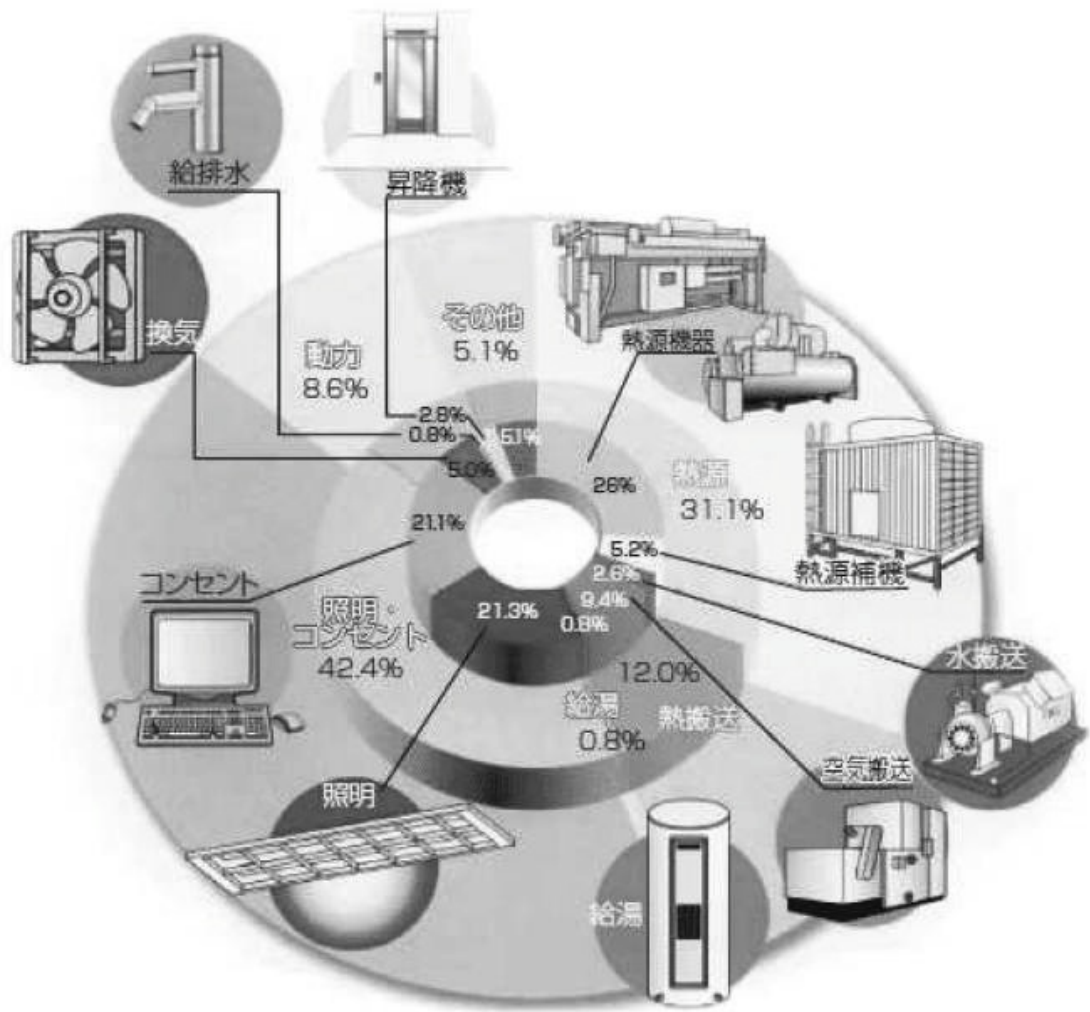


図3 オフィスビルの用途別エネルギー消費

(注) オフィスビルの形態を表す指標であるレンタル比（一般オフィス面積／当該オフィスビルの延床面積）が60%以上のテナントビルを対象に分類したエネルギー消費割合

(出所) 財省エネルギーセンター

## 2. テーマの先行研究

小原は[3]、プラットフォームとは全体システムの階層構造を下部から支える重要な「基盤」として解釈し、そのコンセプトは、複合機能を構成した視点から、一般社会では主に「環境インフラ」、「サブシステム標準」、「コラボレーションの場」、「知識集積装置」などの文脈として4つの領域で使われるとしている。長田[4]は、P2Mプラットフォームマネジメント理論を協業技術結合プラットフォームに適用することで異業種協業技術の融合によるイノベーションにつなげる可能性があることを提案し、オフィスのCO2排出量削減のため、協業によりパーティション内蔵パーソナルエアコンシステムを製品開発するスキームモデルの検討を行った。以上のように、プラットフォームマネジメントを適用し、オープンイノベーションにより異業種協業でイノベーションを創出することは理論上正しいが異業種間では組織運営、文化等に乖離があるためプラットフォーム内での合意形成は難しい場合もある。そのため異業種間での障害、問題を排除しプラットフォームを如何に形成するかスキーム作りが大切である。このように複数のステークホルダーの合意形成を行い全体構想を具現化するには、現在の外部環境を想定して、内部環境を資源として、10年後のインパクトを設定する。そのインパクトを達成するために、短期と長期のアウトカムを想定し、そのアウトカムを実現するため短期のアウトプットを想定して、そのアウトプットを生み出すための活動を設定したロジックモデル[5]が有効である。次に、プロジェクトを完遂する従来のPMBOKの手法は、発注者が明確なミッションやソリューションを提供して、それに対して受託者が与えられた設計、仕様、引渡しまでに成果物を納入する手法であり、ゴールが明確なプロジェクト管理である。しかし、現在必要とされる設計手法は、複雑な使命をまとめあげ、整理し、全体像を多数のステークホルダーに向けて複合プロジェクトを展開することである。このように、明確でない成果物を作り上げることは、これまでのマネジメントでは適応できない。このため、プログラム共通ミッションの具現化においては、誰が、何を、どれくらい、どういう内容のことをやるのか、財務的にどうやるのかを更にブレクダウンした合意形成のツールとしてバランススコアカードを適用することが有効と考えられる。

### 3. ロジックモデルの適用

ロジックモデル[5]は、プログラム（事業、施策）の計画から実施、その効果の評価という一連の流れの中でプログラムに関係する計画立案者、実施者、受益者等で意見を交換し、プログラムの効果を高め、改善するためのツールである。ロジックモデルにおいては、アウトカムも重視されているが、好ましいアウトカムを達成するのに必要な資源、活動、アウトプットも同様に重視される。ロジックモデルを運用することで、計画、設計、実施、分析、情報や経験上知り得たことを蓄積することなどにおいて、実務者の発言権を強化することができる。また、モデル策定の過程では、プログラムがどのように進展するか図式化する。これは前途に立ちただかる困難、利用可能な資源、目標達成の時間設定の明確な把握を意識して行う過程である。更に、この過程ではプログラム全体と各構成要素の両方に均等に焦点を当てることができる。野地[6]は、環境ビジネスの視点からロジックモデルとバランススコアカードの有効性について評価し、ロジックモデルの有効性を検証するために、P2Mパラダイムの観点からロジックモデルの効果を考察した。その結果を表1に示す。表1のように、管理識別項目がステークホルダーにおいては、事業価値から見た協力関係デザインは、別の表記が望ましいとしている。このため、ステークホルダーに対する説明を行う際により効果的に伝えるために、主要な事項をビジュアルに表現した。

管理識別項目	P2Mパラダイム	本事業でのロジックモデルの効果
①主体と責任	事業者の視点	○ 事業者の視点で全体課題解決を考察できる
②全体思考	問題空間の全体洞察	○ 関係者の全体像、および課題の全体背景を明確にすることが可能
③不確実性	価値獲得可能なハイリスク前提	○ 価値獲得に関する想定を事前に定義することが可能である
④ステークホルダー	事業価値から見た協力関係デザイン	× ステークホルダーの協力関係デザインに関しては別の表記が望ましい
⑤事業ニーズ	戦略イノベーション事業	○ ありたい姿を明確にしたアプローチに対する戦略を定義可能
⑥責任とリスク	プログラム全体の事業責任	△ 「組織間共同・協力関係」部分的に表示される
⑦ライフサイクル	特命受託—成果達成まで	○ インパクト・中期的アウトカム・短期的アウトカムにより成果達成の過程を検証可能
⑧管理対象・目的	価値システムの実証	△ 施策に関与している「組織間共同・協力関係」部分的に表示される
⑨開発プロセス	能動的創作(仮説、想像、設計)	○ 作成プロセスを通じて「能動的なメンバの意識の統一」が図られる
⑩総合視点	視点転換による創造的解決	○ 成果を達成するために何を行うかの「全体像」が表現可能

○;効果がある △;効果に課題ありと認識された ×;効果がない

表1 P2Mパラダイムからみたロジックモデルの効果

## 4. プロジェクトの取組みについて

### 4-1 プラットフォームのリーダーとステークホルダー

以前、パーティションのプロジェクトで、起案をしたが不許可であった。不許可の理由は、将来の新製品開発について、異業種競合で産学連携のプロジェクトを行う意義を十分に理解されなかったことである。そのため、次のプロジェクトではロジックモデルとバランススコアカードを使用して上記の課題を解決してプレゼンを行った。プレゼンでは、会社の5年後、10年後を見据えた時に、現在の本業にのみ人的、財務的資源を集中させるのでは現在の課題解決を5年後、10年後も繰り返し行うこととなる。現在の事業と同時に5年後に必ず勝てそうな研究を今から立ち上げておくことが企業にとって将来持続的成長する要因になる。目先のことのみならず5年後10年後を見据えた研究開発を行う必要があることをロジックモデルで説明した。また、本件の研究開発投資の予算を年度計画に入れていないため、財務的な負担になる可能性がある点については、省エネルギーの必要性を国自身が社会的な要請として認識しており、社会的なものは価値があると認めている。その研究開発リスクをある程度国が負担して企業に対して開発を委託する。この制度が実際にあるので、全て自前でやるとコストがかかるが先導研究は委託研究なので企画がよければ国が開発資金を100%出してくれる。今こそ5年後の将来の会社のことを考えると、会社がやることと、社会が求めていることが合致するような商品開発をする時期であり、それをやれば必ず国の支援が得られる。そうすれば会社として今までの蓄積を基に新しい市場に乗り込む機会が創出する。財務の面からは国が求めている技術であれば支援がある。国が求めている技術は社会が求めている技術であり、本来会社は会社の利益だけを追求するのではなく社会が求めている技術を提供することで会社の利益を生み出す。現在はそういう時代なので是非やるべきだとした。



W.K.Kellogg Foundation:  
「ロジックモデル策定ガイド」,2003 抜粋

図4 ロジックモデル

#### 4-2 複数のステークホルダー間での合意形成

オフィスビルの空調エネルギー使用量を削減するため、その市場をリードする技術開発を行うには、オープンイノベーションによる戦略的イノベーションの遂行が必要である。この事業を創発させるため、異業種協業プラットフォームで、各ステークホルダー間での相互作用によりイノベーションを創出しなければいけない。しかし、異業種との競合は理想論であるが現実には難しいと考えられる。それは企業間の協業では、企業文化の相違による思考方法の相違を内包するからである。ここでは、実際に異業種との合意形成に至った事例を述べる。

空調機メーカーとの協業を行う交渉では、従来の技術にこだわり本業を優先する意向が強かった。それは、現有の人的、財務的資源を既存事業以外にシフトすることの不安を示すものであった。従来の技術を改良使用するのではなく、新たな発想で製品開発を行うのでその期間と労務費を懸念していた。また、あるべき姿の製品が実現可能であるかの不安もあった。そのため、ロジックモデルとバランススコアカードを使用して上記の課題を解決するべくプレゼンを行った。現有の技術とリソースで思考すると発想される製品は、お客や社会が求めている製品と乖離する場合がある。しかし、自社の技術に拘るとお客や社会の要望よりも自社の技術を優先してしまう。どうしても既存の技術を利用できないかを考えてしまう。そして、これが自社の最高技術であり、技術が高いので当然お客や社会はこの製品を認めて、これを求めると考える。しかし、お客や社会の要望は企業の都合とは全く関係ない。そのためロジックモデルを活

用し、あるべき姿を話しあい短期のアウトプットを「顧客のメリット」で考えることで、自社のメリットから一旦顧客のメリットに切り替えて頂く。これにより本来は自社の技術に拘りたいのだが、顧客のメリットを重視することで改めて発想の転換が可能となる。

更に、これは社内の合意形成においても効果のあったことであるが、将来の会社の持続的成長を考えた時に会社は何のためにあるかの説明を行った。利益追求であれば既存製品を販売ということになるが、会社は本来社会が抱えている課題をその技術で解決することでその技術が受け入れられ、その結果利益が出て会社が持続発展する。会社はやはり社会の課題を解決することがミッションである。そういうミッションの立場から考えると新しい技術開発を連携でやる必要性をパーティションメーカーと空調機メーカーで確認でき、合意形成に至った。

### 4-3 異業種協業におけるロジックモデル

上記を踏まえロジックモデルを用いて協業プラットフォームのスキームを作成したのが付表である。記述方式は、標準ロジックモデルの方式を用いているが、短期のアウトプット項目は、「顧客のメリット」に限定した構想を行った。これは、短期と長期のアウトカム、インパクトについては、ステークホルダー間でも俯瞰した構想を行い易い。しかし、短期のアウトプットについては、それぞれのステークホルダーは現有技術やシステムにこだわりを持ち、その技術やシステムで成果物の見えやすいものをゴールにする可能性が高い。そのため、成果物を顧客の視点、「顧客のメリット」に特定することで現有リソースから一旦視点をそらすことで、何が「顧客のメリット」になるかを最終のゴールとして考えるようになる。この発想がそれぞれのステークホルダーの共通認識となることで、プラットフォーム内のステークホルダー間の協議では、現有リソースを優先することから「顧客のメリット」を第一優先とすることが共通認識となり、ステークホルダー間の合意形成が行い易くなる。



## 5. バランススコアカードの適用

### 5-1 バランススコアカードの背景

ロジックモデルの構想に「顧客のメリット」を含ませることは、プラットフォームマネジメントを行うための戦略推進ツールであるバランススコアカードの作成・運用にも有効である。ロジックモデルとバランススコアカードが顧客のメリットと顧客の視点で繋がるのである。ロジックモデルでは、プラットフォーム内のステークホルダーが「顧客のメリット」という共通の目線で合意形成を図る。これによりプラットフォームマネジメントの有効性が増大する。一方、バランススコアカードでは、顧客の視点の構想に「顧客のメリット」を考慮することでステークホルダーマネジメントと内部プロセスマネジメントに一貫性が得られるため、バランススコアカードの運用においても有効性がある。

バランススコアカード[7]は、「財務の視点」「顧客の視点」「内部プロセスの視点」「人材と変革の視点」の四つの視点を設け、この四つの視点を関連づけ、バランスを保つことによって偏った経営判断を防ぎ、多面的な指標で業績を計画・評価・管理することで、企業のビジョンと戦略を効果的に推進する「戦略推進ツール」である[8]。バランススコアカードは米国で誕生したがその理由は、企業を取り巻く諸条件が変化して、伝統的なマネジメント・システムが時代に合わなくなったからだと言われている。それらの前提条件を要約したものが図5である。

●供給が需要を上回り、スケール・メリットが必ずしも活かさない時代になり、品質と価格だけでは競争優位を獲得できない。
●部門固有の技術を特化させるのではなく、部門を横断し統合化した業務プロセスで、企業経営をしなければならない。
●顧客層が変化し、他の人と一味違ったものを求めるようになっている。
●国境は、もはや参入障壁ではなく、グローバル経営が要求されている。
●イノベーションが成功の決め手になっている。
●将来が必ずしも過去の延長戦上にあるとは限らず、将来を予測することが難しい時代である。

図5 バランススコアカード誕生の前提条件

### 5-2 プラットフォームのリーダーとステークホルダー

ロジックモデルにより各ステークホルダー間でビジョンの共有と合意形成に至った。次に、誰が、何を、どれくらい、どういう内容のことをやるのか、財務的にどうやるのかを更にブレックダウンした合意形成のツールとしてバランススコアカードを活用した。これもロジックモ

デルと同様に「顧客のメリット」を構想の中心に位置付けた。社内でのプロジェクト申請時には、研究期間においてどれくらいの補助金が見込めるかを示し、見えないコストを見えるようにした。先導研究は委託研究なので国が開発資金を100%出してくれることも示すことができたため、投資については概ね理解を頂いた。また、顧客満足向上のため、具体的に何をしなければいけないかを明確にすることで事業の具体的活動が明確に示すことができたことで合意形成を得られた。

### 5-3 複数のステークホルダー間での合意形成

空調機メーカーとの交渉では、顧客満足を得るための数値目標を明確にすることで、現有技術ではなく新技術開発が必要であることを理解頂いた。また、この数値目標は顧客満足向上のために必要な数値であり、自社の技術ありきではなく、お客や社会が求めているものであるために遣らなければいけない目標であることもご理解頂いた。また、これまで進出していない市場において、お客や社会の要望が多くあり、これを解決する技術を自社が開発するミッションを明確にできたことで合意形成に至った。

### 5-4 ロジックモデルと連動したバランススコアカード

5-1より、ロジックモデルの構想に「顧客のメリット」を含ませることでバランススコアカードの構想・運用に関しても有効であることを述べた。ロジックモデルとバランススコアカードが「顧客のメリット」と顧客の視点で繋がることで、バランススコアカードでは、顧客の視点の構想と運用に「顧客のメリット」を考慮することでステークホルダーマネジメントと内部プロセスマネジメントに一貫性が得られるため、バランススコアカードの構想と運用においても有効性があるとも述べた。図7が顧客の視点に「顧客のメリット」を考慮したバランススコアカードである。

バランススコアカードの構想と運用を「顧客の視点」を中心にするにより、「人材と変革の視点」は、顧客満足の向上を図るため、競合よりも優れた企業基盤を確立しなければならない。そのため、直接顧客と接する従業員以外でも顧客満足の向上のために自分の業務で何をしなければいけないかを考え、自己の能力開発を図り、それが社員の士気の向上と組織力の向上につながり、変革能力や成長力の強化や社員のパワーアップを実現することになる。「業務プロセスの視点」では、顧客の満足度の向上を図るために、競合他社よりも高品質かつ低価格（低コスト）で、しかもタイミングよく製品やサービスを顧客に提供できる十分なスピードないし対応能力を備えなければならない。「顧客の視点」では、お客が企業に対して何を期待しているか、お客様の立場に立って考え、企業が十分な利益を維持ないし確保し財務的目標を実現するために、お客の立場から企業が何をすべきか明確にすることである。「財務の視点」では、顧客に提供したサービスや製品の対価による利益を資金として運用する。財務の視点はステークホルダーへの考慮のみではなく、①生産拡大のための製造への投資、②株主への還元、③財務基盤の改善を行わなければいけない。上記の四つの視点を示したのが図8である。

まず初めに、ビジョンと戦略からバランススコアカードの4つの視点を構想する。従来の4つの視点の作成の流れは、人材と変革の視点から業務プロセスの視点、顧客の視点、財務の視点の順序で構想していく。本件は、複数の異業種のステークホルダーの合意形成を行い易くするため、4つの視点の構想全てに「出口イメージ」を考慮する。これにより、自社の現有技術のみに拘るのではなく、「出口イメージ」を優先することで、発想の展開を図ることができる。そのため、各ステークホルダー間の合意形成も企業理念や自社の現有技術に拘るのではなく、「出口イメージ」を第一優先することができ、合意形成が行い易く、開発された製品の事業化の確率の高くなる可能性高い。

バランススコアカード		組織のビジョンと戦略を、4つの視点から具体的なアクションへと変換して計画・管理し、バランスのとれた業務評価を実現するもの	
視点	戦略マップ	戦略目標 (=戦略マップの箇条書き)	重要成功要因
持続性財務		<ol style="list-style-type: none"> <li>1 全国展開を図る</li> <li>2 社会的価値を認めさせる</li> <li>3 補助金の獲得</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 CO2削減目標の達成</li> <li>2 参加メンバーが、利益を持続的に得ることができる</li> <li>3 プロジェクト単体で事業が回る(採算性が取れるプロジェクトの方が、補助金が付きやすい)</li> </ol>
顧客		<ol style="list-style-type: none"> <li>1 参加者の心身の満足感を得る</li> <li>2 企業のCSR活動の支援</li> <li>3 自治体の生成エコポイントの増加</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 ツアー参加者の増加</li> <li>2 CO2削減量の表現</li> <li>3 企業のCSRランキングが増加</li> <li>4 自治体で生み出されるエコポイントが増加</li> </ol>
業務プロセス		<ol style="list-style-type: none"> <li>1 事業モデル構築の方法論を確立する(全国へ波及)</li> <li>2 合意形成を得る</li> <li>3 トップダウン、ボトムアップの両面からアプローチ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 プレーヤーの参加数</li> <li>2 エコポイントのビジュアルに表現</li> <li>3 巻き込む各プレーヤーの首長の参加数</li> <li>4 成功事例の増加</li> </ol>
人材と変革		<ol style="list-style-type: none"> <li>1 プロジェクトコーディネーターの育成</li> <li>2 環境人材の育成</li> <li>3 運営事務所の人材確保</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 各環境プロジェクトリーダー養成数の増加</li> <li>2 エコサービス参加者の増加</li> <li>3 運営事務所の人材確保</li> </ol>

図6 バランススコアカード1

視点	戦略マップ	戦略目標	重要成功要因
向上) 財務(顧客満足)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 全国展開する。</li> <li>2. 補助金を獲得する。</li> <li>3. パーティション内臓パーソナルエアコンを開発する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 省エネ・CO2削減目標を達成する。</li> <li>2. プロジェクト製品で採算が取れる。</li> </ol>
向上) 顧客(顧客満足)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 低コスト・移設が可能。</li> <li>2. 環境法規に従う</li> <li>3. 省エネ・CO2削減・環境課題を解決する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 大規模工事を必要としないパーソナルエアコン。</li> <li>2. パーソナルエアコンにより省エネの要望に対応する</li> <li>3. 省エネ且つ快適な空間を提供する。</li> </ol>
客満足向上) 業務プロセス(顧客満足向上)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 異業種間の合意形成を得る。</li> <li>2. 省エネ・CO2削減の新技術を獲得する。</li> <li>3. 過剰品質ではなくコスト競争力のある製品を開発する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 産学連携による異業種による新技術開発。</li> </ol>
上) 人材と変革(顧客満足向上)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 社員全員が環境の意識を高める。</li> <li>2. 環境法規に精通する人材を養成する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 環境資格制度を全社員が修得する</li> <li>2. 部門毎の省エネ目標を達成させる。</li> </ol>

図7 バランススコアカード2

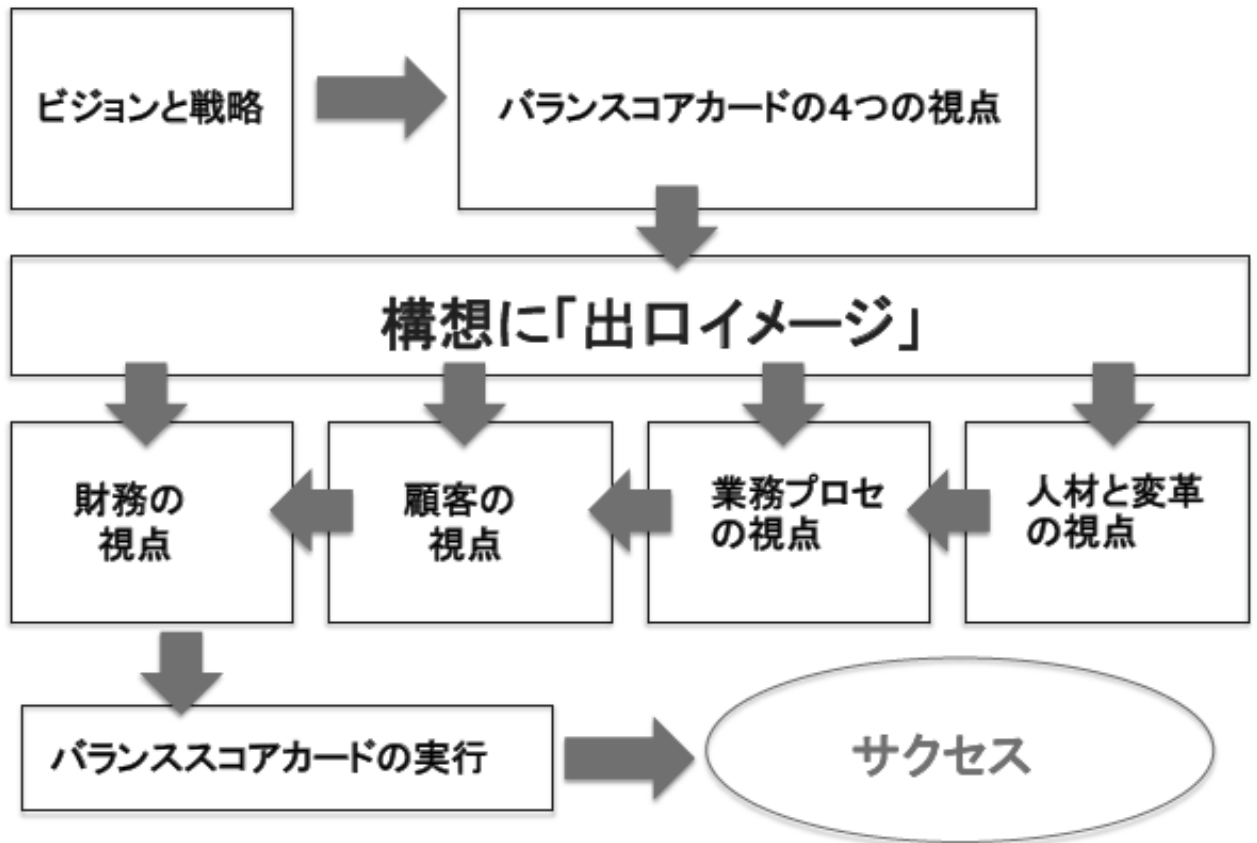


図8 バランス・スコアカードの基本モデル  
 出典「バランス・スコアカード構築」吉川武男（2003）生産出版に加筆修正

## 結言

ロジックモデルの短期のアウトプットを「顧客のメリット」に限定した構想を行うことで異業種間の協議においても判断基準が「顧客のメリット」を第一優先とすることが共通認識となり合意形成が行い易くなった。また、バランススコアカードの4つの視点について「顧客満足の向上」を目的とすることでバランススコアカードの運用においても有効であることがわかった。今後は、引き続きロジックモデルとバランススコアカードを活用し、P2M理論のシステムモデル、サービスモデルを実行しプロジェクトの運営を推進していき、研究活動を継続する。

## 参考文献

- [1] 2009年度(平成21年度)の温室効果ガス排出量(速報値) 独立行政法人国立環境研究所, 2010年12月27日
- [2] 三菱電機 省エネサポートサイト
- [3] 小原重信:P2Mプラットフォームマネジメント文脈と論理〜クロスボーダー協働と超サービス製造業への能力強化〜, 国際P2M学会論文誌, Vol. 5, No. 2, pp. 2-3, 2011
- [4] 長田基幸、亀山秀雄、「P2M理論による協業技術結合プラットフォームへの適応」、国際P2M学会、2011年5月春季研究発表大会予稿集
- [5] ケロッグ財団「ロジックモデル策定ガイド」 財団法人農林水産奨励会農林水産政策情報センター(訳) 2003
- [6] 野地英昭、佐藤秀明、亀山秀雄、「ロジックモデルとバランススコアカードの有効性について」国際プロジェクト&プログラムマネジメント学会誌, Vol. 4No. 1, pp71-80, 2009
- [7] Robert S. Kaplan (原著), David P. Norton (原著)、吉川武男(翻訳)「バランス・スコアカードー新しい経営指標による企業変革」 1997
- [8] 「地域中小企業におけるバランス・スコアカードの実践と有効性の検証に関する調査研究」 社団法人 中小企業診断協会 沖縄県支部 2005

付表 協業プラットフォームのロジックモデル

ロジックモデル(パーソナルエアコン)				
戦略	活動	短期のアクトアクト 【顧客のメリット】	短期と長期のアクトカム	インパクト
<p>【ビジネスモデル】</p> <p>CO2削減・省エネに対応するパーソナルエアコン内蔵パーソナルエアコン。現状の全体空調(アパレル)ではなく個別空調(タスク)にすることにより作業者がいる場所のみエアコンを使用し、エネルギー消費削減する。</p> <p>★優先による節電、改正省エネ法、東京都環境確保条例に対応。★</p> <p>【優位性】</p> <p>・産業団地協業の研究・技術開発による革新的技術の創出。</p> <p>・パーソナルエアコン・空調機メーカー・大学の産学連携による新技術の研究開発</p> <p>・エアコンをがまんする節電から空調を使用しても個人執務空間を快適にできる節電</p> <p>・空調温度を個人で設定できるため、個人の意識変化に対応できる空間の提供</p> <p>・コントロールパネル・室外機を必要としない省エネ空調</p> <p>・電力コストの抑制に効果のある空調</p> <p>・空調工事に伴う大規模建築設備改修工事を必要としない。そのため、インシールドコストを低く抑えることができる。既存オフィスへの対応に即効性がある。(低コスト&amp;短納期)</p> <p>・パーソナル空調であっても総設可能。その為、シェアードを自由に設計・変更可能。移転も可能な「想定値超前の移転」も対応。</p> <p>・冷媒を使用しないため環境に優しい。冷媒漏れによる気候作業も不要の為コスト削減になる。</p>	<p>現状の資源を活用し、成果を生み出すために取り組むアクション</p> <p>・パーソナル内蔵パーソナル空調の開発</p> <p>・パーソナル型気化式冷却機(メカニカル)をパーソナル空調に内蔵するために小型化する。電力は搬送ツラムのみである全面的な運行体制、販売網。</p> <p>【空調機メーカー】</p> <p>・給水の課題解決の開発。</p> <p>・給水の課題解決の開発。</p> <p>・パーソナル型気化式冷却機に使用し、全体空調と個別空調のエネルギー消費量の比較を実証研究</p> <p>・冷媒を加温をしない事で気化現象だけを利用して空調を冷却する。(特許)</p> <p>【大学】</p> <p>・全体空調と個別空調のエネルギー消費量の比較を実証研究。</p> <p>【投入資金】</p> <p>・NEDOの助成事業を受け、先端研究100%、実用化開発2/3、実証研究1/2の補助により国に代わり委託事業を行う。</p>	<p>【社会背景】</p> <p>・改正省エネ法</p> <p>・これまでの工場・事業場単位でのエネルギー管理に、建物体系が変わった。これらで、事業者全体の1年度間のエネルギー使用量が標準値で合計して原油換算値で1,500k以上であれば、そのエネルギー消費量が標準値で割って、特定事業者の指定を受けなければならない。</p> <p>・東京都環境確保条例</p> <p>・2010年以降、大規模事業者が「温室効果ガス(CO2)の総量削減」を義務化した。</p> <p>・未達成の事業者や命令違反には、罰則を科す厳しい内容になっている。都内約1,400事業者がこの制度の対象となるとみられる。</p> <p>・京都議定書により、2012年に1990年対比0.6%削減。</p> <p>・東日本大震災の影響による電力供給不足。電力需要増のピーク時15%カット。</p> <p>・東日本大震災により節電を真剣に考えるようになり、国民のライフスタイルに変化が出ている。</p> <p>・企業は節電を行い且つ生産量の増加に対応しなければならない。</p> <p>・オフィスの全エネルギー消費量のうち、約40%が空調設備関連である。</p>	<p>活動の達成後1～3年後、それから4～6年後に期待される変化。</p> <p>1～3年後</p> <p>・パーソナル空調が節電、省エネ、CO2削減効果があることが実証され、オフィスに採用される。</p> <p>・省エネ対策製品が更に普及し、企業も省エネ対策製品に積極的に投資する。</p> <p>4～6年後</p> <p>・CO2削減の更なる対策として都内及び全国のオフィスでパーソナル空調が普及する。</p> <p>・オフィス空調がパーソナル空調になることが一般化して全国で省エネ、CO2削減に貢献する。</p> <p>・日本政府のCO2削減に対する規制が更に強化され企業のCO2削減投資が増加される。</p>	<p>活動の達成後、その成果として7～10年後に生じる期待される変化</p> <p>・日本のCO2削減対策と実証により、他国でも日本のCO2削減対策が採用される。</p> <p>・日本の気候に類似する海外の都市でパーソナル空調が普及する。</p>

## 第4章

# デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却による パーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討

### 要旨

地球温暖化の主要な原因の一つになっている温室効果ガスを削減するため、事務所ビルの空調によるデシカント方式を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システム方式を用いて空調の消費エネルギーを削減するシミュレーションの検討を行った。この結果、従来型空調とパーソナル空調を備えて在席空間の温度・湿度条件を両方で同一に維持することで空調全熱負荷の削減率は12%以上、消費電力の削減率は37%であるとの結果を得た。



## 緒言

2005年に締結された京都議定書により、日本の温室効果ガスの排出量は、6%削減が義務付けられている。中でも事務所ビルの消費エネルギーの40–50%は空調に係るエネルギーである。

以上のように、ビルの空調システムの省エネルギー化は、地球温暖化防止対策において重要な課題である。

そのため近年ではパーソナル空調システムの研究成果が数多く発表されている。パーソナル空調は在席空間のみを在席者の好みに合わせて環境形成することが可能であることから、快適性、省エネルギー性の向上が期待されている。しかし、個人の使用方法やコスト等の問題により普及に至っていない。パーソナル空調の既往の研究では、Fred *et al.*, (1998)はアメリカのオフィス用として開発されたPEM (Personal Environmental Module)を使用した被験者実験を行い、在席者の快適性や作業効率そして空気質が向上されると報告している。Wyon(1995)はヨーロッパを中心として開発されたClimadeskについて快適性、制御性などについて検討した結果を報告している。更に Hayashi *et al.* (2002); Iezaki *et al.* (2002); Lee *et al.* (2004)らは個別制御用タスクユニットを提案して、その温熱快適性・制御性などについて数多く報告している。その他、自然換気併用型や変動気流型のパーソナル空調による実験等の報告も多い (Lee *et al.*, 1996; Yamanaka *et al.*, 2003; Zhu *et al.*, 1996)。しかし、国内でパーソナル空調を普及させるためには、日本の社会環境や省エネ性および快適性を考慮した新たなシステムの開発が求められている (Sudo *et al.*, 2004)。また、これまでデシカント空調の研究も行われている。(Jin *et al.*, 1998; Okano *et al.*, 2002; Oshima *et al.*, 2005; Saitake *et al.*, 2007)そこで本研究では、デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの提案を行う。

以上のようなパーソナル空調システムの提案を行い、従来の空調システムと比較のため、既往のデータを用いたシミュレーション計算を行い実用化の可能性の検討を行った。

## 1. 提案システムの構成

従来の空調システムでは室内全域の温度・湿度環境を快適状態に維持することを目指す、パーソナル空調では室内環境を緩和して在席空間のみを快適な状態を維持することで消費エネルギーを削減することになる。ここでは快適な状態として乾球温度  $26^{\circ}\text{C}$ 、絶対湿度  $\chi = 10.5\text{g/kgDA}$  (相対湿度  $\phi = 50\%$ ) と設定し、パーソナル空調では在席空間をこれと同等にして室内全域を一般建物の空調負荷計算に用いる上限値に近い  $27^{\circ}\text{C}$ 、 $14.0\text{g/kgDA}$  (63%) と仮定して省エネルギーを図るよう検討を行う。

在席空間では人間の全発熱量が  $120\text{W/人}$ 、待機率を考慮したパソコン等の発熱量を  $40\text{W}$  とし、これを顕熱負荷と潜熱負荷に振り分けると前者が  $95\text{W}$ 、後者が  $65\text{W}$  となる。 $200\text{mm} \times 100\text{mm}$  の吹出口から  $0.5\text{m/s}$  で在席人に向けて送られる  $36\text{m}^3/\text{h}$  の空気ですべて空調負荷を処理し、在席者近傍の温度・湿度を目標値 ( $26^{\circ}\text{C}$ 、 $10.5\text{g/kgDA}$ 、 $50\%$ ) に維持するには、給気と還気の温度・湿度は以下の通りとなる。

給気： $24^{\circ}\text{C}$ 、 $9.9\text{g/kgDA}$  (54%)、 還気： $31^{\circ}\text{C}$ 、 $12.0\text{g/kgDA}$  (42%)

吹出し空気に 30%の室内空気が混合して在席者へ送られ、吸込み空気には 50%の室内空気が混入すると仮定すると、空気各箇所の温度、湿度の変化は **Figure 1** に示すようになる。ここで比エンタルピー  $h$  は Eq. (1) により計算され、顕熱量を求めるには変化の前後の空気絶対湿度の平均値、潜熱量では平均温度を使用する。

$$h = 1.005 t + (2501 + 1.846 t) \chi \quad (1)$$

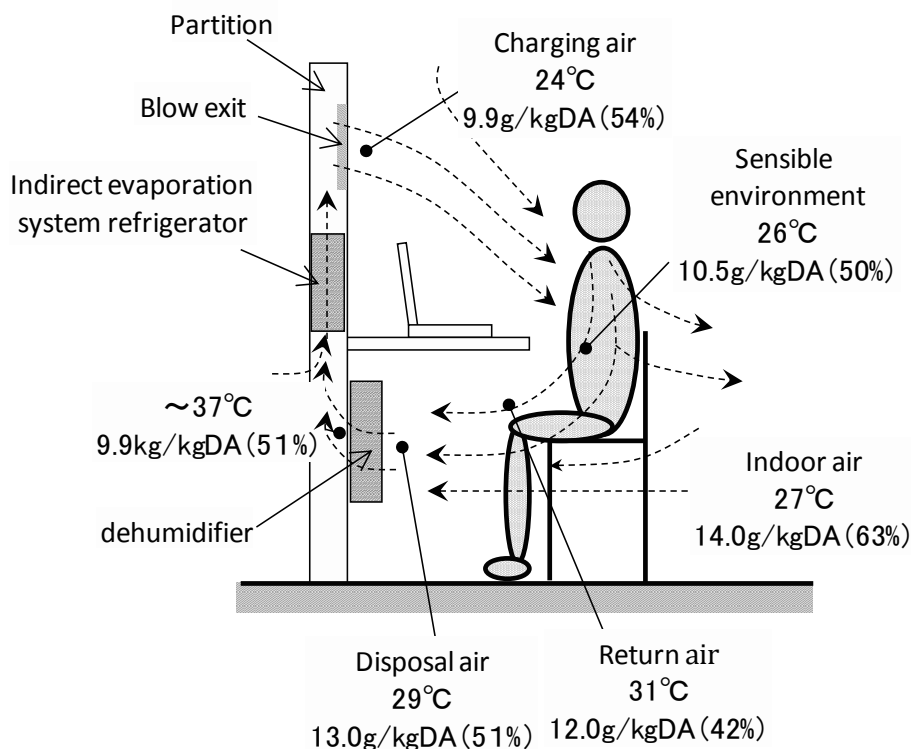


Fig.1 Temperature humidity environment of personal air-conditioning system

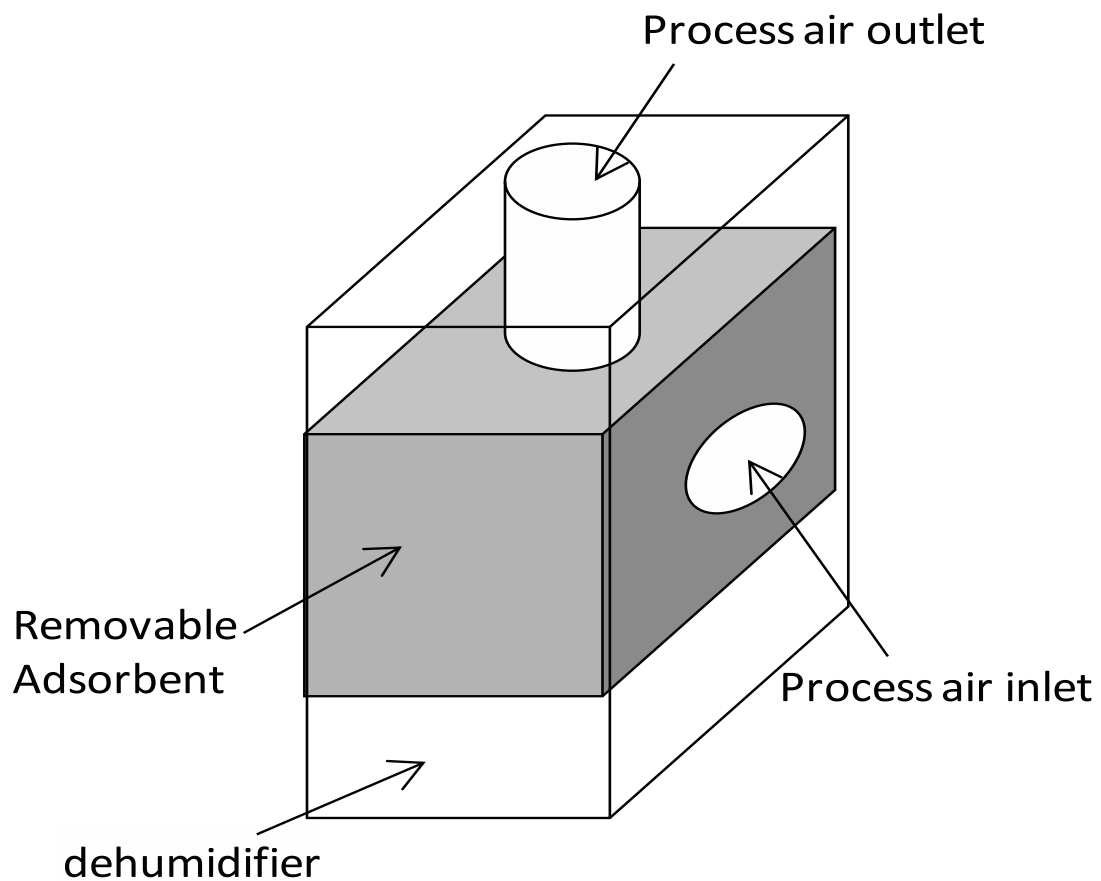
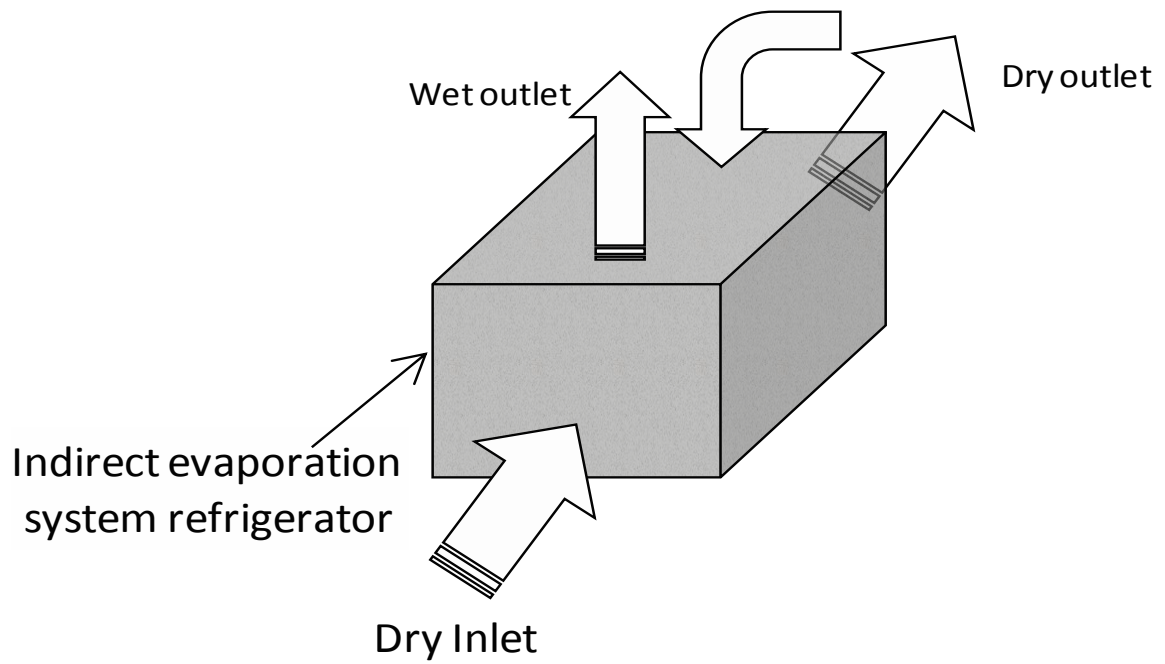


Fig.2 Indirect evaporative cooling using a humidifier desiccant system removal personal air-conditioning system

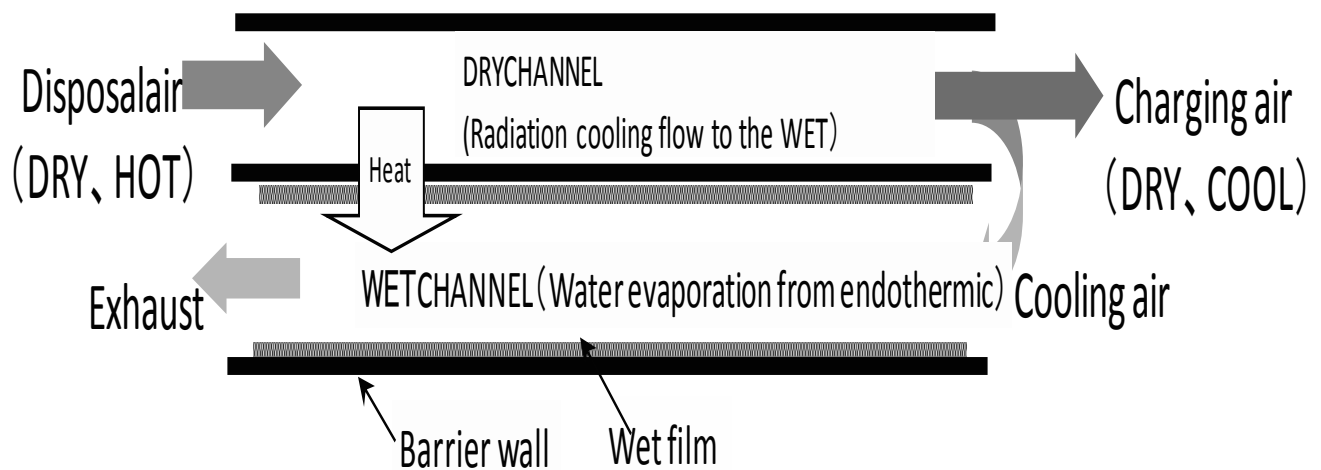


Fig.3 Indirect evaporation system refrigerator schematic

これまでのパーソナル空調は設置場所の制約が大きいため機器サイズが問題となっていた。そのため、本研究では、Figure 2 に示すように、吸着剤を日単位で再生（脱着）するバッチ方式を採用した場合の必要な吸着剤量を推定してデシカント方式による除湿器設置の可能性を検討する。また、吸着剤の再生は、ヒートポンプの排熱（約 45–50°C）を利用する。ビルマルチエアコンは各フロアに室外機があるので各フロアのヒートポンプの排熱を利用して排熱ダクトの一部を再生室として利用して充分時間をかけて再生する。除湿後の高温低湿度の処理空気を冷却させるため、Figure 2 に示す間接気化式冷却器を検討する。これは、DRY 流路と WET 流路を 1 組にして多数積層し WET 流路壁に水を湿潤させた膜を設置してある。その構成を Figure 3 に示す。DRY 流路を流れる処理空気出口部でその一部を分流して冷却（WET）空気として使用し、湿潤膜の水を気化させて隔壁を冷却する。処理空気は、冷却された隔壁を介して冷却されるので加湿されることなく温度のみが低下し、処理空気だけで自身を冷却することが可能である。この冷却効果は、処理空気入口での湿度が低いほど有効で除湿器を出た空気冷却に適しており、送風動力以外には電力消費を必要とせず高い省エネルギー効果が期待できる。

## 2. デシカント方式除湿器性能

除湿器では還気と室内空気が混合した 29°C、13.0g/kgDA の処理空気  $V = 36\text{m}^3/\text{h}$  を給気湿度 9.9g/kgDA まで除湿量  $\Delta \chi = 13.0\text{ g/kgDA} - 9.9\text{ g/kgDA}$  を除湿することになり、稼働時間  $\Delta \tau = 10\text{hrs/d}$  とすると脱水量  $W$  は Eq. (2) より  $1.34\text{ ㍻}/\text{d}$  となる。

$$W = \rho V \Delta \chi \Delta \tau \quad (2)$$

吸着剤をパーティションに内蔵するには吸着剤をコンパクトな設計にしなければいけないので単位重量当りの水分吸着量が最も多いものを選定する必要がある。

吸着剤としてメソポーラスシリカ<sup>2</sup>、シリカゲル A 型、B 型<sup>3</sup>、スポンジ酸化チタン<sup>4</sup>を対象としてその必要量を推算する。それぞれの等温吸着性能は Figure 4 に示す。Figure 4 は、吸着剤の相対湿度に対する単位重量当たりの水分吸着量を示す。

吸着は処理空気 29°C、13.0g/kgDA (51.3%) で行われる。Equation (2) の脱水量  $W$  を得るには Figure 2 の  $\phi = 25.6 - 51.3\%$  の間の吸着量  $\Delta C$  [g/g] から吸着剤量  $G = W/\Delta C$  を求める。各吸着剤の  $\phi = 25.6 - 51.3\%$  間の吸着量  $\Delta C$  [g/g] は Table 1 に示す。Table 1 は単位重量当たり最も多く吸着できる吸着剤はどれであることを示す。Table 1 より、除湿器に必要な吸着剤の重量と体積量を Table 2 に示す。Table 2 より、メソポーラスシリカが重量、容積とも最も小さく、単位重量当たり最も多く吸着できる吸着剤であることがわかったので、本検討で提案するバッチ方式で除湿を行うパーソナル空調システムでは、吸着剤にメソポーラスシリカを使って検討を行うことにした。尚、吸着剤は、多孔質体一体型伝熱面の表面にある細孔内に吸着剤を担持して、更にその表面に従来の吸着剤を充填又は塗布などして吸着容量の増大を図る方式で取り扱う (Akisawa, 2005; Saito *et al.*, 2010)。

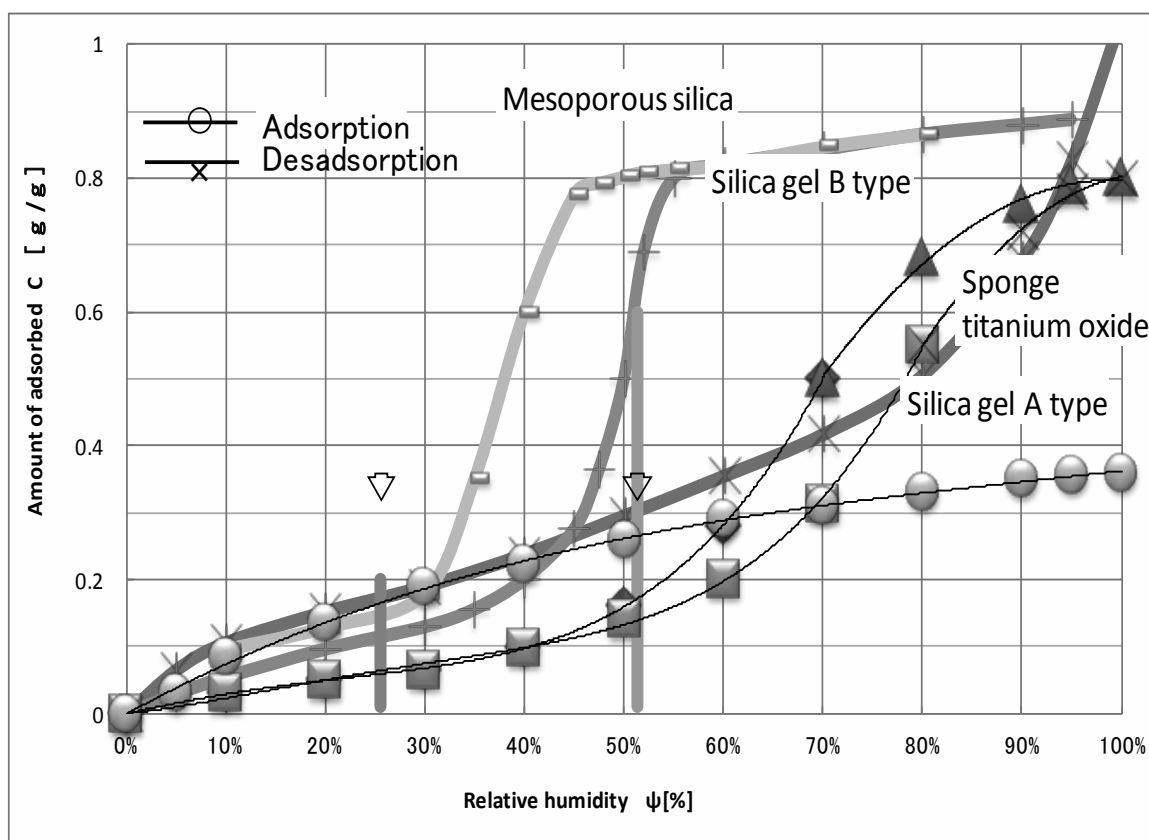


Fig. 4 Isotherm adsorption characteristic of all kinds adsorbent

<sup>2</sup> Zr-MPS、細孔径 3.8nm、NEDO 省エネルギーフォーラム 2011 における発表資料” デシカント蒸気圧縮式ハイブリッド型ノンフロンヒートポンプの研究開発” (東京大学/東京電力(株)/新日本空調(株) より引用

<sup>3</sup> 富士シリシア化学(株)からの提供データ

<sup>4</sup> (株)アースクリーン東北からの提供データ

Table 1 Amount of adsorbent of each adsorbent

Desiccant		50[°C]
Regeneration air conditions Assuming a high humidity day of summer	20.0[g/kgDA]	
Adsorption of C1 after playing a desiccant when you play over time sufficient for the air conditions		
Adsorbent adsorption amount C1 after playing	0.148[kg/kg]	Mesoporous silica
	0.17[kg/kg]	Silica gel A type
	0.06[kg/kg]	Silica gel B type
	0.18[kg/kg]	Sponge titanium
Air conditional processing before	29[°C]	
	13.0[g/kgDA]	
Adsorbent adsorption amount after adsorption	0.6[kg/kg]	Mesoporous silica
	0.275[kg/kg]	Silica gel A type
	0.14[kg/kg]	Silica gel B type
	0.305[kg/kg]	Sponge titanium

Table 2 Adsorbent volume

adsorbent kind	weight [kg]	capacity [ℓ]
mesoporous silica	3.0	4.8
silica gelAtype	13.1	17.4
silica gelBtype	17.2	34.3
spongetitaniumoxide	11.0	—

### 3. 間接気化式冷却器の適用性

Figure 1 が示すように在席人の快適条件を絶対湿度  $\chi = 9.9 \text{g/kgDA}$  とすると、処理空気の絶対湿度  $\chi = 13.0 \text{g/kgDA}$  からその差である  $3.1 \text{g/kgDA}$  を除かなければいけない。吸着過程は等エンタルピー変化のため、吸着後の空気温度は絶対湿度差  $\Delta \chi = 1 \text{g/kgDA}$  当たり約  $2.5^\circ\text{C}$  上昇するため、約  $37^\circ\text{C}$  まで上昇する。これを吹出し温度  $24^\circ\text{C}$  まで冷却させる間接気化式冷却方式が適している。

間接気化式冷却器の冷却性能は、処理 (DRY) 空気、冷却 (WET) 空気と両者のエンタルピーの熱収支が Eqs. (3) – (6) で表される。Equation (3) は、ドライチャンネルの空気のエンタルピー差がドライチャンネルとウェットチャンネルの水膜表面との間の温度差に熱貫流率を乗じたものを示す。Equation (4) は、ウェットチャンネルの空気のエンタルピー差が水膜表面との対流伝熱量と蒸気の蒸発量に伴う蒸気潜熱量として示される。Equation (5) は、ウェットチャンネルとドライチャンネルを流れるエンタルピー差は等しいことを示す。Equation (6) は、水蒸気の蒸発量が物質伝達率と蒸発分率に密度を乗じたものを示す。

$$A_1 K_1 (T_{1,n} - T_{w,n}) + G_1 (h_{1,n+1} - h_{1,n-1}) / 2 = 0 \quad (3)$$

$$A_2 \alpha_2 (T_{2,n} - T_{w,n}) + G_2 (h_{2,n-1} - h_{2,n+1}) / 2 - A_2 G_{v a p, n} Q_{v a p, n} = 0 \quad (4)$$

$$G_1 (h_{1,n+1} - h_{1,n-1}) + G_2 (h_{2,n-1} - h_{2,n+1}) = 0 \quad (5)$$

$$G_{v a p} = A_2 \alpha_D \rho (\omega_w - \omega_2) \quad (6)$$

ここで冷却空気への分流量を  $14 \text{m}^3/\text{h}$  (分流量率 28%) とし、これを室内空気と補うと冷却器入口空気は除湿器出口空気と室内空気の混合気： $50 \text{m}^3/\text{h}$ 、 $34^\circ\text{C}$ 、 $13.3 \text{g/kgDA}$  (39%) となる。間接気化式冷却器のコア部を処理空気の流れ方向長さを  $250 \text{mm}$ 、幅を  $86 \text{mm}$ 、高さを  $300 \text{mm}$  とすることで給気温度  $24^\circ\text{C}$  が達成できる見込みであり、その時の処理空気と冷却空気の温度、湿度変化を Figure 5、湿り空気線図での変化を Figure 6 に示す。Figure 5 は横軸がドライ流路の流れ方向距離を示し、縦軸に温度と相対湿度を示している。ドライ流路入口温度の  $34^\circ\text{C}$  で入った空気は処理出口まで冷却され、冷却された空気から分流した空気は、ウェット流路の入口近傍で湿潤水の蒸発により一旦降温し、その後、処理空気により加熱されて昇温して排気される。相対湿度はドライ流路で温度が下がった分上がり、分流したウェット流路では蒸発により湿度

が上がり 100%に推移することを示している。Figure 6 は、Figure 5 を湿り空気線図で示したものである。縦軸が絶対湿度を示し、横軸が乾球温度を示す。ドライ流路の入口空気温度は 35℃で絶対湿度が一定状態で温度が下がり、分流した 14m<sup>3</sup>/h の空気はウェット流路に流れ絶対湿度が上がり、乾球温度は一旦下がってから上昇することを示す。

このように間接気化式冷却器のコア部が、このサイズであればパーティション内に納めることができパーソナル空調システムへの適用の可能性があるとわかった。

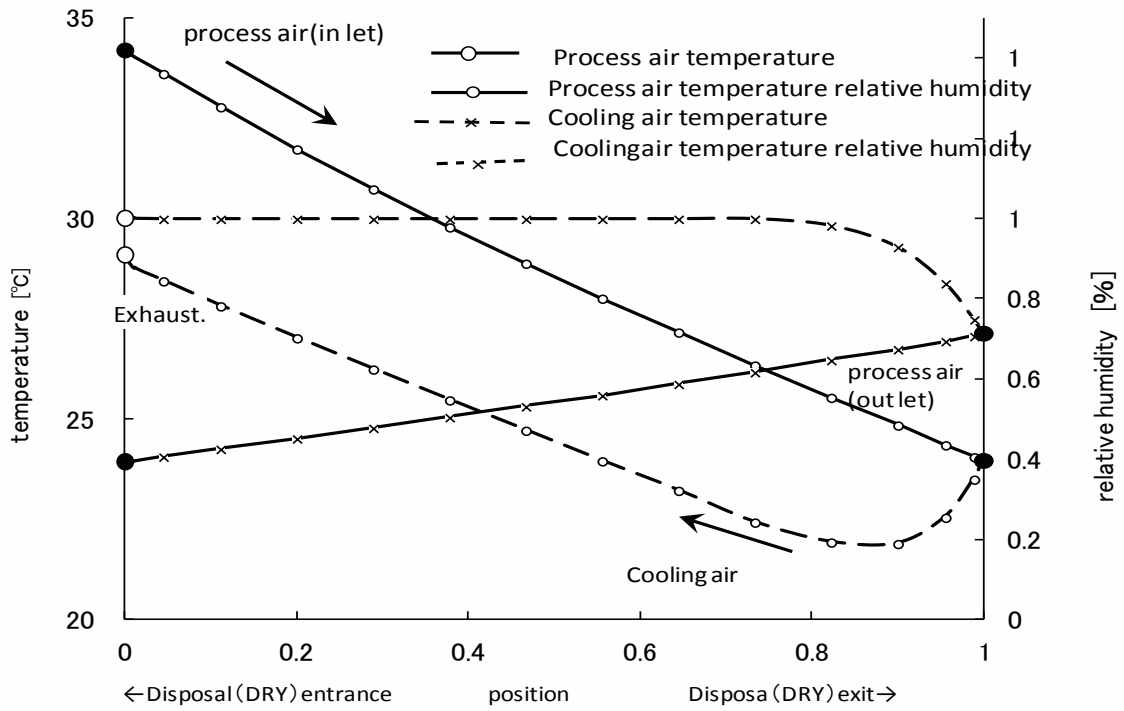


Fig.5 Indirect evaporation system refrigerator inside flow of the temperature humidity



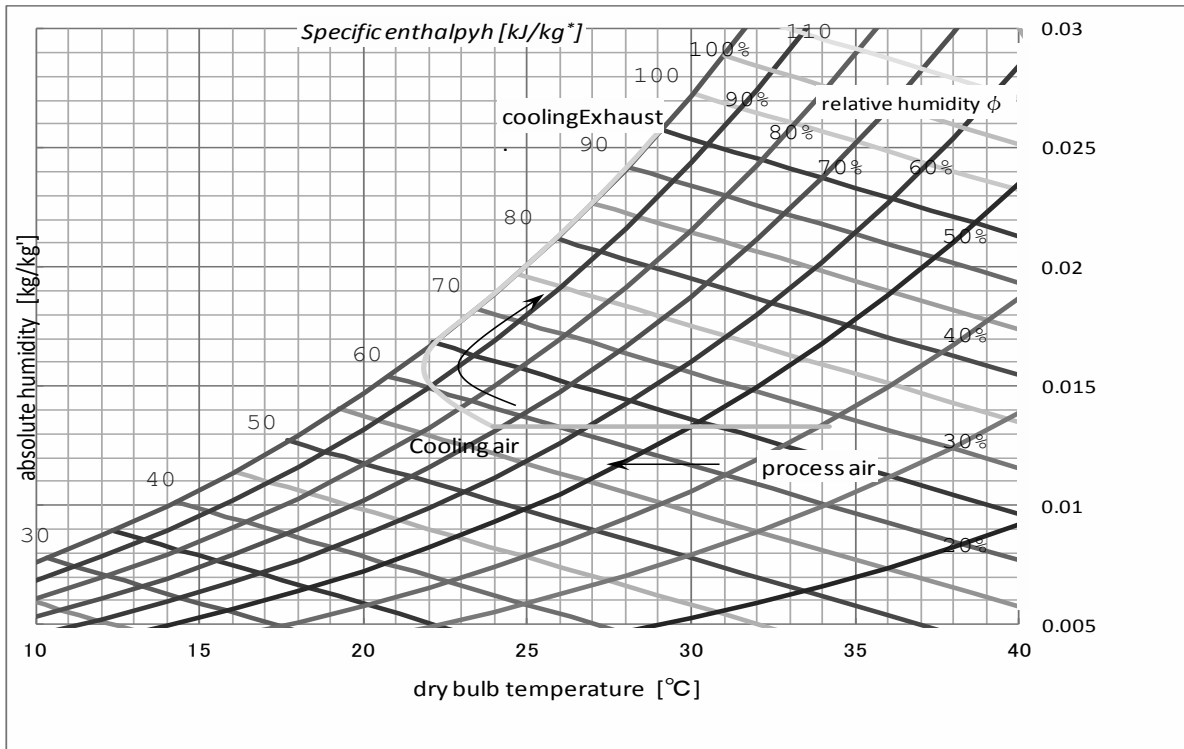


Fig.6 Indirect evaporation system refrigerator inside psychrometric chart Change of the temperature humidity

#### 4. パーソナル空調による省エネルギー効果

ビル空調機として広く普及しているビルマルチエアコンを対象に、その冷房能力と消費電力を推算する。Table3はビルマルチエアコンの設定条件を示す。

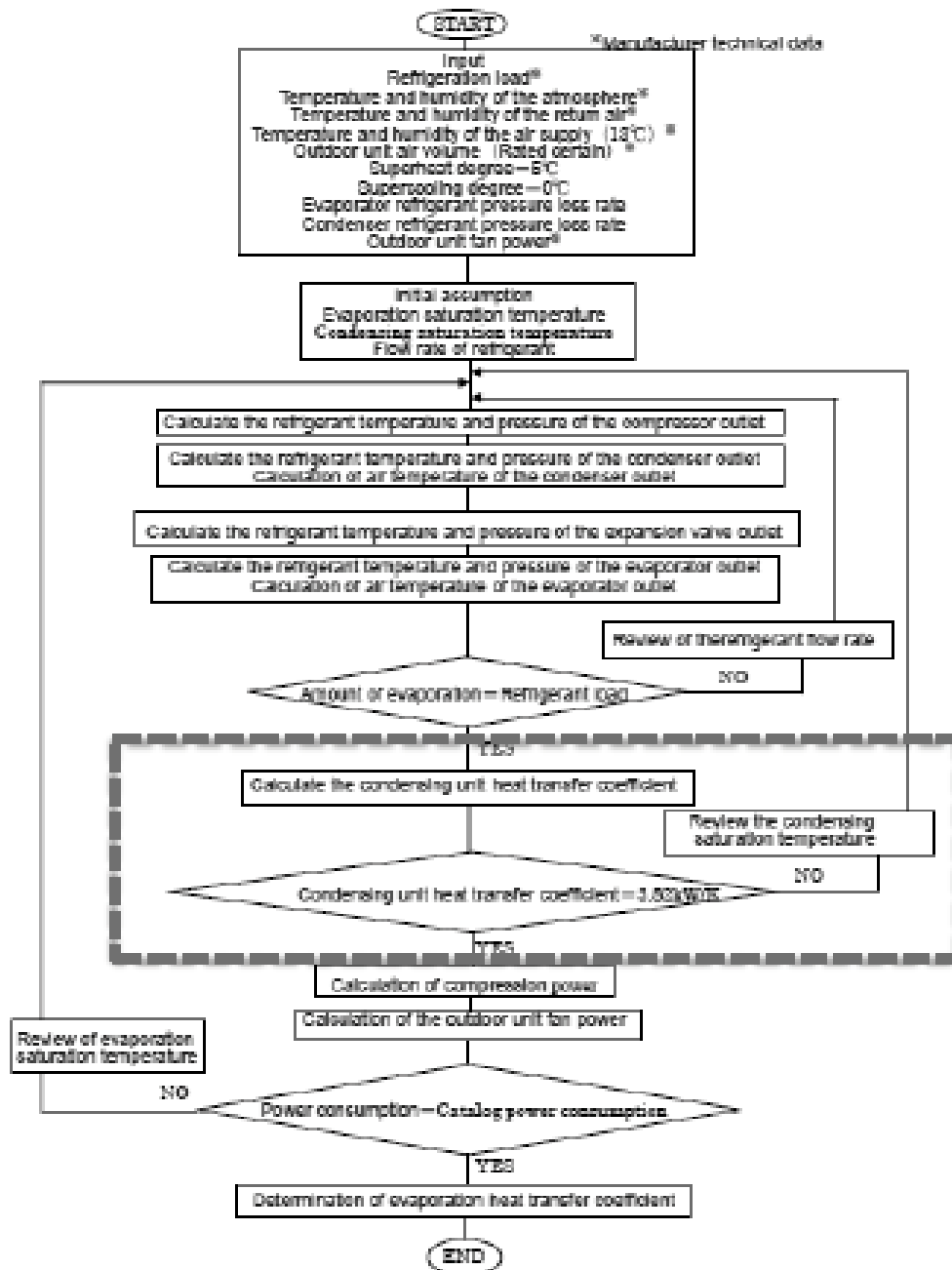
冷凍サイクル計算に際して凝縮器では風量  $180\text{m}^3/\text{min}$  の定格条件での冷媒飽和圧力を  $2.8\text{MPa}$  と仮定して凝縮温度を定め、p-h 線図よりその時の凝縮器内温度分布から凝縮部伝熱係数 Eq. (7) を求めて凝縮熱量  $Q_{\text{cond}}$  と外気温度を使って対数平均温度差  $\Delta T_m$  と Eq. (7) より伝熱係数 [KA] を推定する。定格風量での凝縮部伝熱係数は  $3.82\text{kW/K}$  である。

$$\text{伝熱係数 [KA]} = Q / \Delta T_m = 3.82\text{kW/K} \quad (7)$$

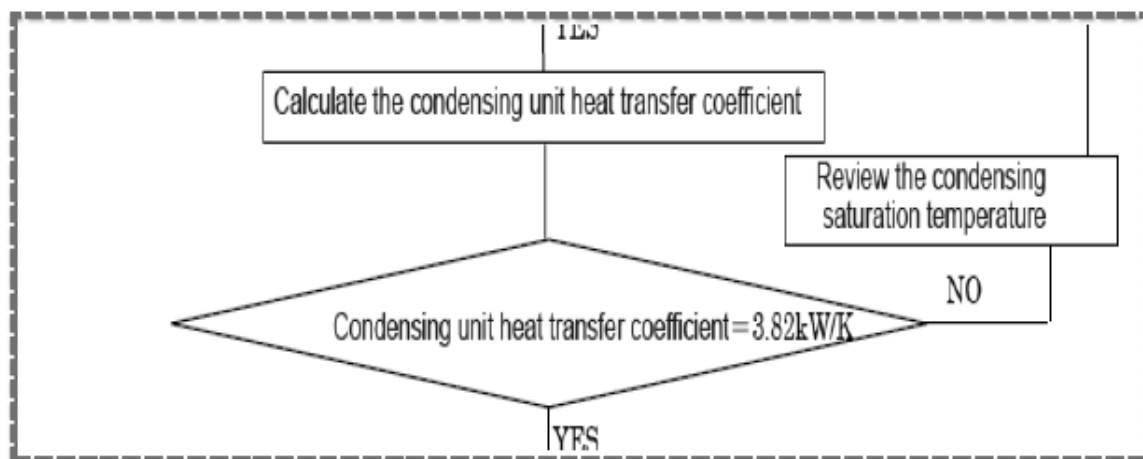
蒸発器では冷凍能力比 100% となる吹出温度  $13^\circ\text{C}$  / 湿度 95% で所定の冷房能力を得る風量として消費電力がメーカー技術資料値と一致する蒸発温度を求め、その時の蒸発器内温度分布から得られる蒸発部伝熱係数は Figure 7 に示すように負荷率に対してほぼ一様に変化するので、その近似式値を使って蒸発熱量と室内吸込温度から蒸発温度を推定する。

**Table 3 Specification of building air conditions**

Air conditioning area conditions	
•Occupancy maximum number	40 [persons]
•Floor area	200 [m <sup>2</sup> ]
•Required ventilation flow rate	20 [m <sup>3</sup> /h·person]
Air conditioning load factor	
•Occupant's fever	120 [W/person]
(sensible heat	55 [W/person])
(latent heat	65 [W/person])
•Lighting fever	20 [W/m <sup>2</sup> ]
•Office equipment fever	120 [W/unit]
•Building frame heat input	2 [W/m <sup>2</sup> k]
•Solar radiation heat input	50 [W/m <sup>2</sup> of window]
Indoor air conditioned environment	
•Temperature	26 [°C]
•Relative humidity	50 [%]
•Absolute humidity	10.5 [g/kgDA]
Typical outdoor environment	
•Temperature	35 [°C]
•Relative humidity	56 [%]
•Absolute humidity	20 [g/kgDA]
Typical heat input for air conditioning	
•Sensible heat	17.52 [kW]
Occupant	1.54 [kW]
Ventilation	2.48 [kW]
Building frame	3.60 [kW]
Solar radiation	2.54 [kW]
Office equipment	3.36 [kW]
Lighting	4.00 [kW]
•Latent heat	8.27 [kW]
Occupant	1.82 [kW]
Ventilation	6.45 [kW]
Specification of the building multi-air conditioner	
•Cooling capacity	28 [kW]
•Refrigerant	R410A
•Outdoor equipment	RSEYP280M (Company A)
•Indoor equipment	FXYSP28NX10 (Company A)
•Source of refrigerant physical properties	NIST Standard Reference DataBase23 Ver. 8.0



### ビルマルチエアコンの消費電力 1



## ビルマルチエアコンの消費電力 2

Figure 7 より負荷に応じて蒸発器の伝熱係数が変わる。フィッティングカーブを使って p-h 線図上のフロンの変化を解析してビルマルチ用エアコンの消費電力が求められる。圧縮機は負荷率の関数として圧縮機効率を 76%–80%、送風機はその効率を 25%と仮定して冷凍サイクル計算を行う。メーカ技術資料による消費電力とシミュレーションによる値との比較を **Figure 8** に示す。本シミュレーションにより、あらゆる条件でビルマルチ用エアコンの消費電力の予測が可能となる。p-h 線図でフロンの動きが描けられれば消費電力が決まる。以上の手順の要約を **Figure 9** に示す。

本解析は、簡便なシミュレーション法ながら吹出空気温度 13°C/湿度 95%での消費電力が冷房能力 13–30kW (負荷率 46–106%)、外気温度 25–39°CDB、室内吸込空気温度 27°CDB、16–24°C WB (6.9–17.7g/kgDA) の範囲で約 2%の誤差内で推定することができるので次節以降での消費電力算定に使用する。

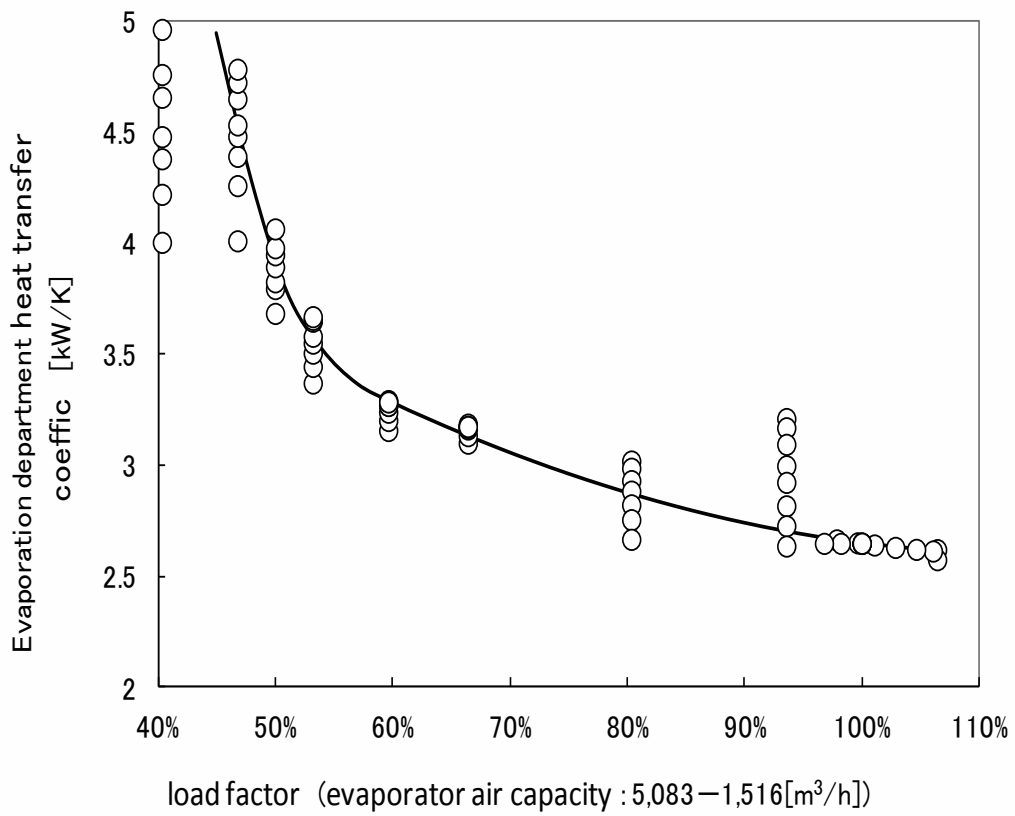
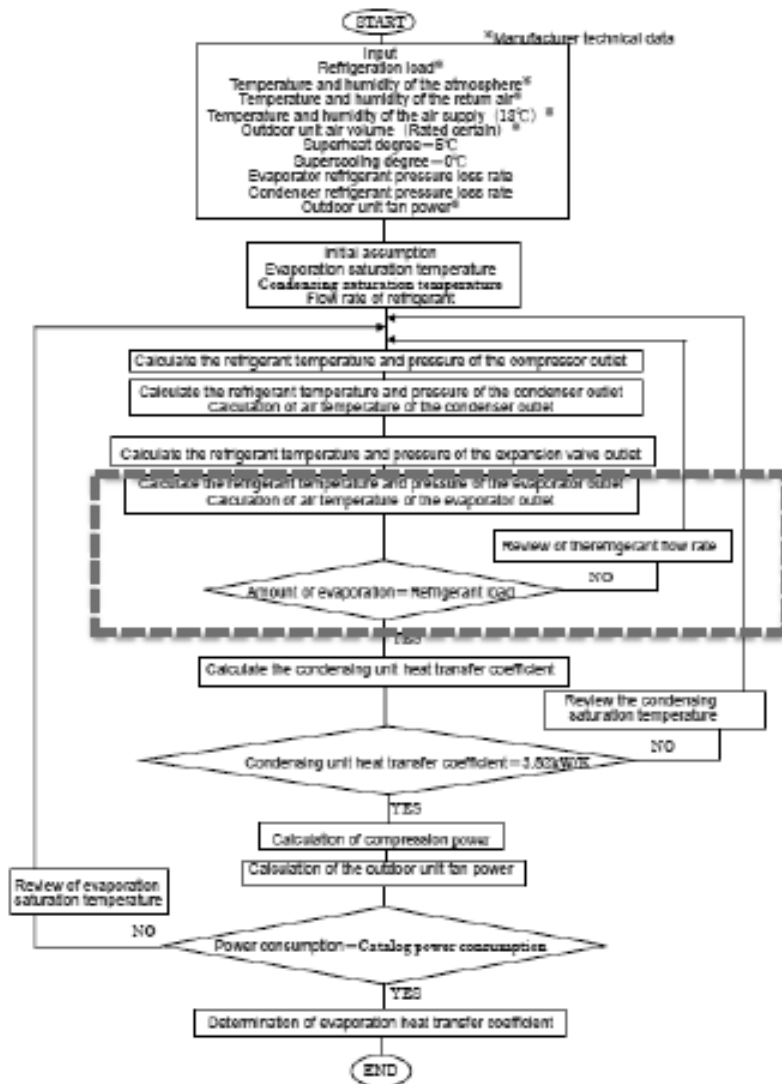
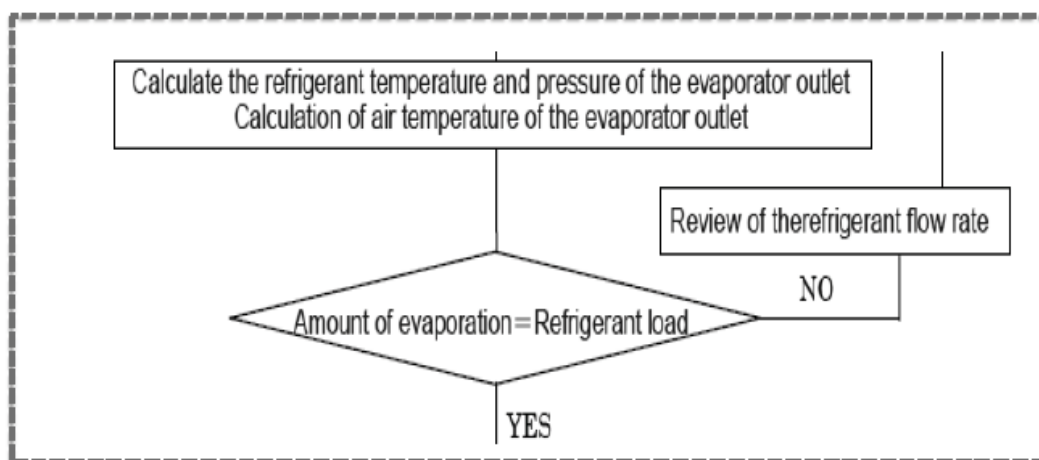


Fig.7 Evaporation department heat transfer coefficient  
(28kW Building use multi air conditioner)



ビルマルチエアコンの消費電力 3



ビルマルチエアコンの消費電力 4

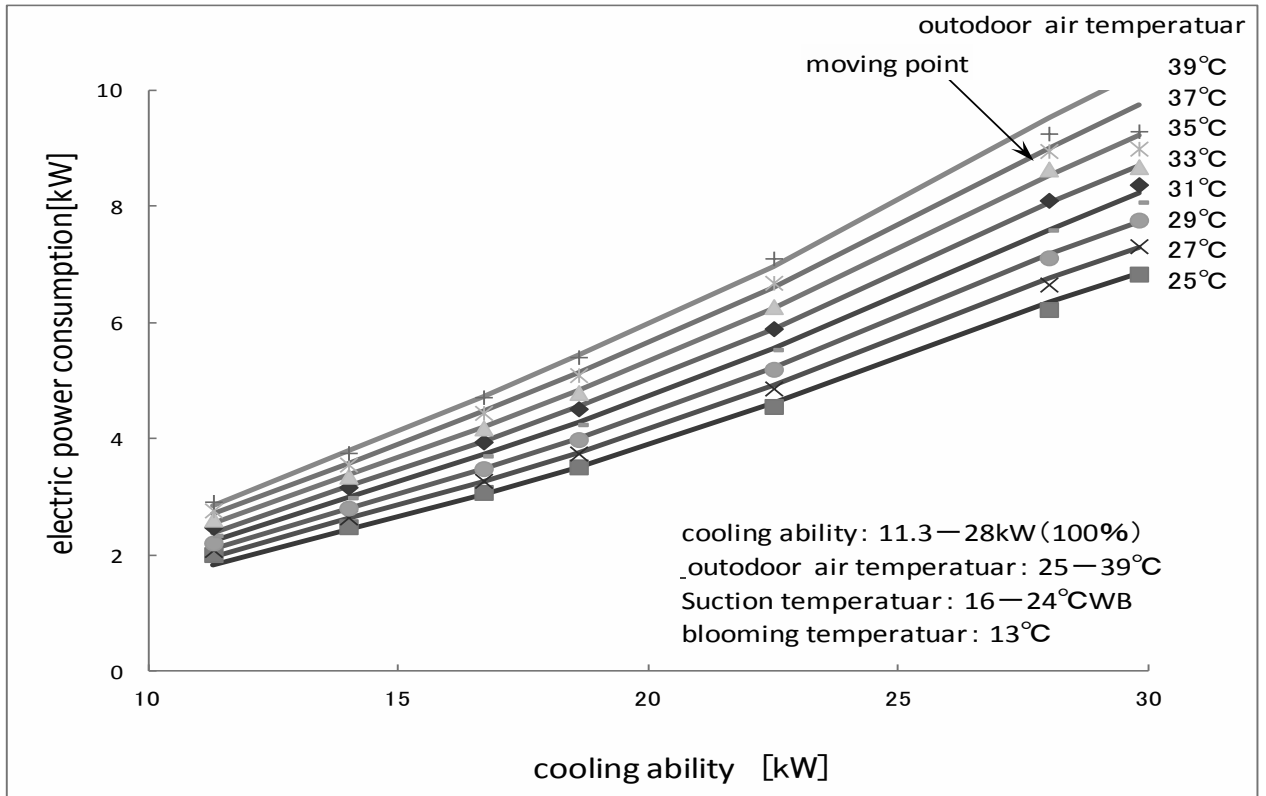
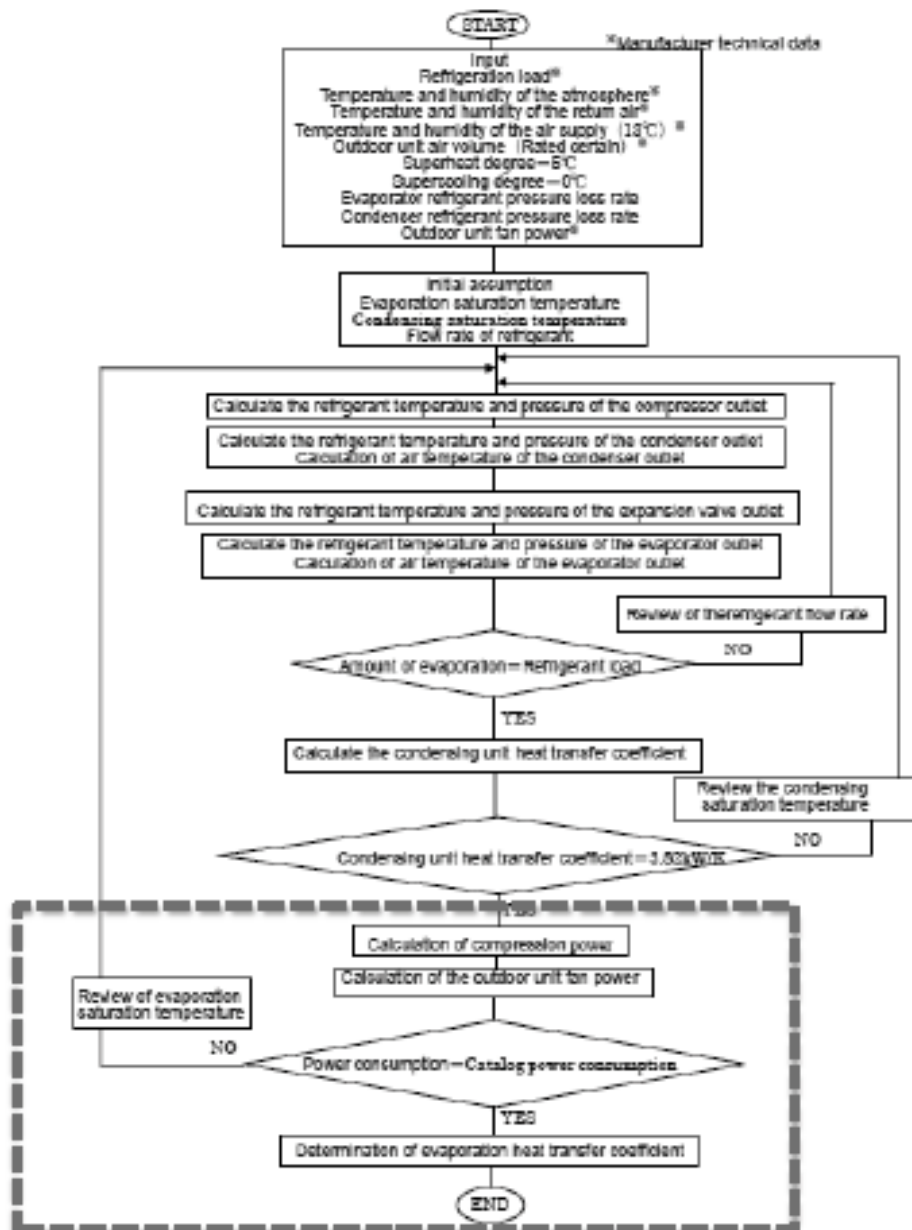
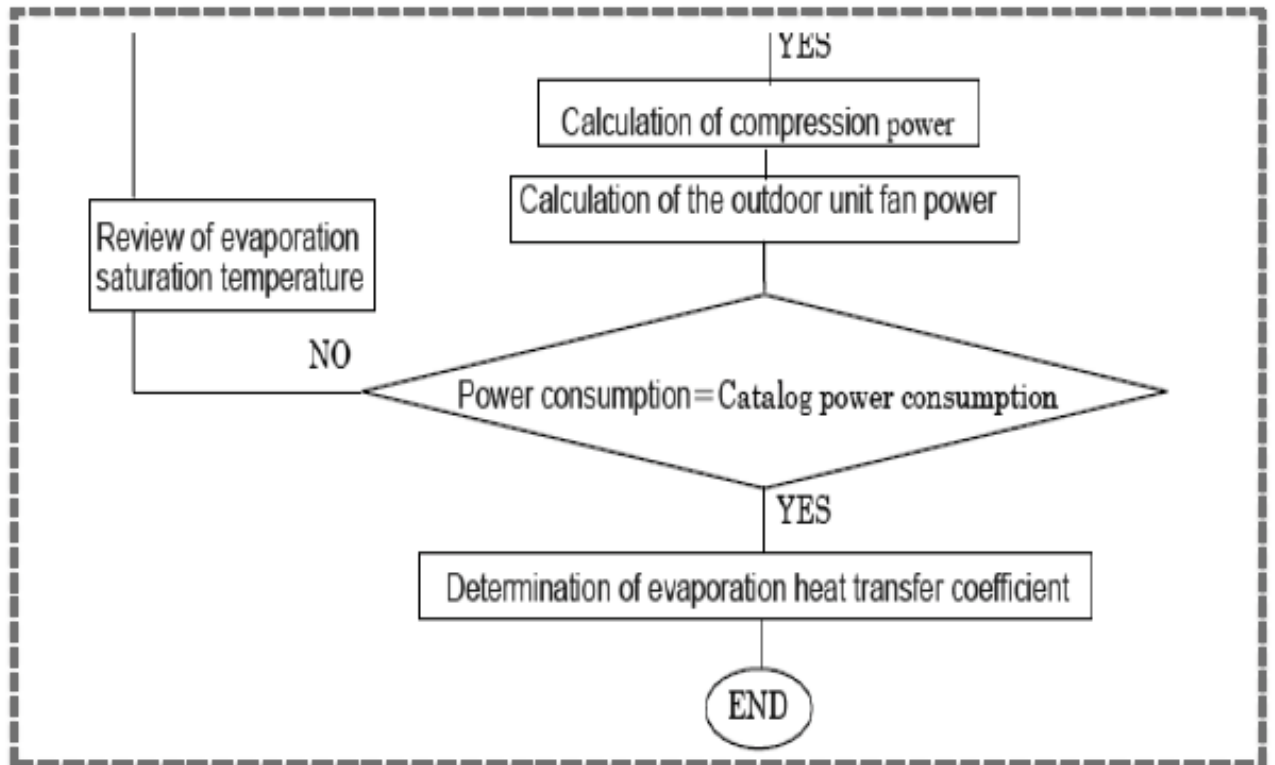


Fig. 8 Building use multi air conditioner (28 kW) Comparison of maker technical data value and predictive value



ビルマルチエアコンの消費電力 5





## ビルマルチエアコンの消費電力 6

### 5. 省エネルギー性能

ビルマルチエアコンのみによる従来型空調と、パーソナル空調を備えて在席空間の温度・湿度条件を両者で同一に維持した場合の空調熱負荷と消費電力を比較してパーソナル空調の省エネルギー効果を推算する。

大気条件には気象庁による東京地区 2007 - 2011 年の時刻気象データをもとに夏期 6 - 9 月の 1 d の空調時間 8:00 - 20:00 の半月平均値を使用した。空調負荷には換気侵入熱  $Q_{\text{vent}}$ 、人体発熱  $Q_{\text{human}}$ 、外気からの貫流熱  $Q_{\text{heat}}$ 、照明熱  $Q_{\text{light}}$ 、事務機器発熱  $Q_{\text{machine}}$  を考慮して顕熱負荷  $Q_S$  を Eq. (8)、潜熱負荷  $Q_L$  を Eq. (9) から求めた。ここで、 $Q_{\text{vent}}$  は、空調床面積  $A=200\text{m}^2$ 、在室人数 40 人、1 人当たりの換気量  $20\text{m}^3/\text{h}$  とすると換気量  $V_{\text{vent}}=800\text{m}^3/\text{h}$  となり、外気と室内空気のエンタルピー差から顕熱  $Q_{S, \text{vent}}$  を Eq. (10)、潜熱  $Q_{L, \text{vent}}$  を Eq. (11) により求められる。 $Q_{\text{human}}$  は、総発熱を  $120\text{W}/\text{人}$  とし顕熱/潜熱比  $=55\text{W}/65\text{W}$  と仮定し在室人数を乗じて顕熱量  $Q_{S, \text{human}}=2.20\text{kW}$ 、潜熱量  $Q_{L, \text{human}}=2.60\text{kW}$  となる。 $Q_{\text{heat}}$  は、床面積基準の外気熱貫流率を  $K_{\text{atm}}=2.0\text{W}/\text{m}^2$  と仮定すると室内外の温度差を使って Eq. (12) により求められる。 $Q_{\text{light}}$  は、床面積基準の発熱量  $20\text{W}/\text{m}^2$  と仮定して床面積  $A$  を乗じて  $4.0\text{kW}$  となる。 $Q_{\text{machine}}$  は、1 台当たりの事務機器発熱を  $120\text{W}/\text{台}$  と仮定し在室人数を乗じて  $4.8\text{kW}$  となる。計算にあたって在席率  $\eta=70\%$  とした。6 - 9 月の半月平均による空調負荷の時刻変化を **Figure 10** に示す。パーソナル空調では室内湿度を  $10.5\text{g}/\text{kgDA}$  から  $14.0\text{g}/\text{kgDA}$  に緩和したため潜熱負荷が約  $2.8\text{kW}$  減少して全負荷が 12% 以上減少する。

$$Q_S = Q_{S, \text{vent}} + Q_{\text{heat}} + Q_{\text{light}} + (Q_{S, \text{human}} + Q_{\text{machine}}) \cdot \eta \quad (8)$$

$$QL = Q_{L, \text{vent}} + Q_{L, \text{human}} \cdot \eta \quad (9)$$

$$Q_{S, \text{vent}} = (\rho V)_{\text{vent}} (h_{t=t_{\text{atm}}, \chi=\chi_{\text{m}}} - h_{t=t_{\text{room}}, \chi=\chi_{\text{m}}}),$$

ただし、 $\chi_{\text{m}} = (\chi_{\text{atm}} + \chi_{\text{room}}) / 2$  (10)

$$Q_{L, \text{vent}} = (\rho V)_{\text{vent}} (h_{t=t_{\text{m}}, \chi=\chi_{\text{atm}}} - h_{t=t_{\text{m}}, \chi=\chi_{\text{room}}}),$$

ただし、 $t_{\text{m}} = (t_{\text{atm}} + t_{\text{room}}) / 2$  (11)

$$Q_{\text{heat}} = K_{\text{atm}} A (t_{\text{atm}} - t_{\text{room}}) \quad (12)$$

ビルマルチエアコンの消費電力は前述の性能計算法を用いて推算し、パーソナル空調における除湿器の再生に必要な約 50°Cの温熱にはエアコンの排熱利用などして送風動力以外の消費電力は無いものと仮定する。従来型空調では、エアコン吹出温度と室内機空気流量のみで室内の温度・湿度を規定値に維持することは困難なので停止時間を設けて時間平均値が規定値になるようにして消費電力を求める。ここで起動損は無視した。パーソナル空調システムでは、ビルマルチエアコンの吹出空気温度を高くしても必要な潜熱負荷を処理できるので室内機風量を制御することで連続運転が可能である。消費電力とその削減率を **Figure 11** に示す。パーソナル空調を採用することで夏期冷房期間（6月下旬－9月上旬）の消費電力は、空調負荷の削減効果と併せて37%の削減が期待できる。以上の手順の要約を Figure11 に示す。

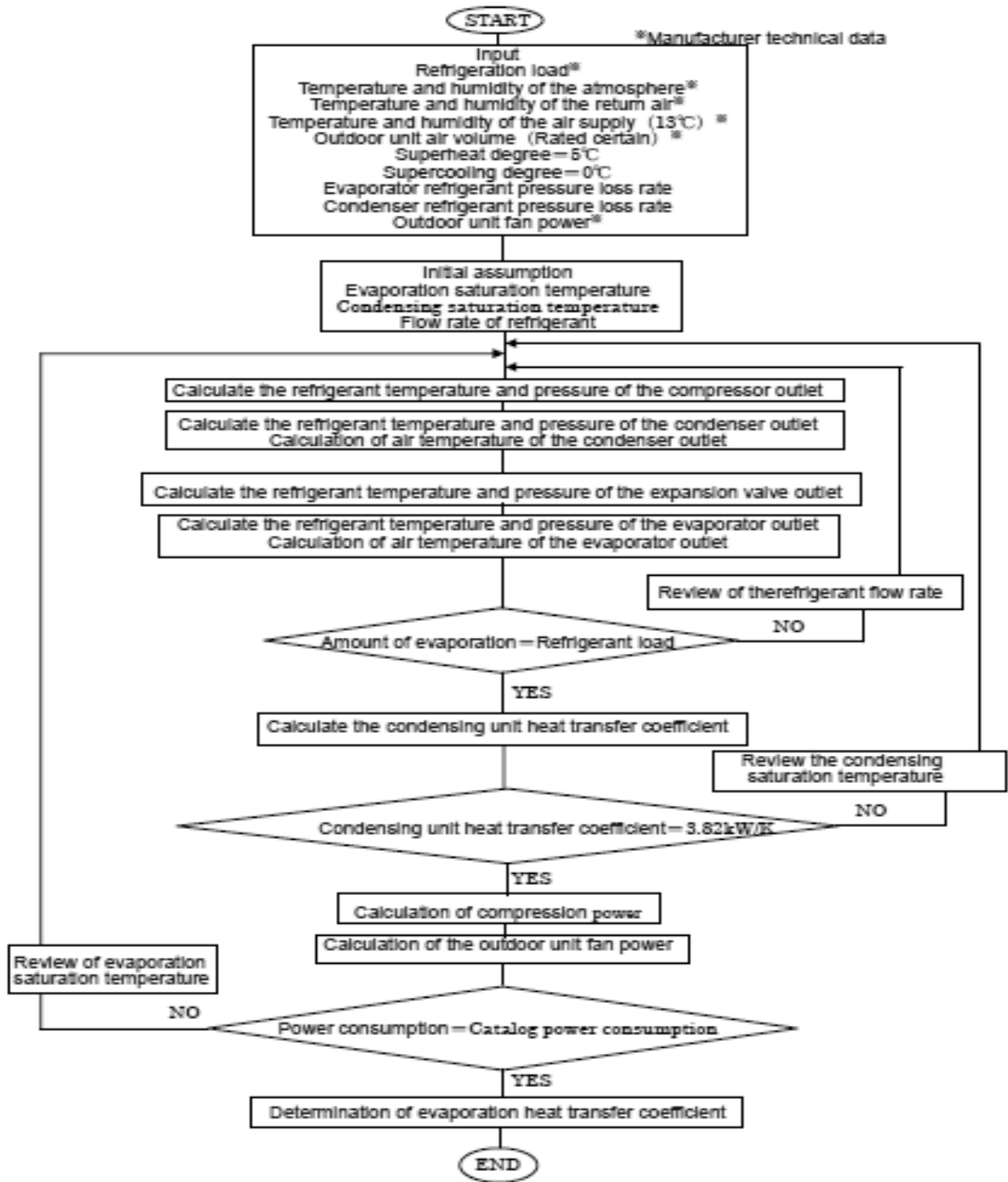


Fig.9 Flow chart of the calculation procedure

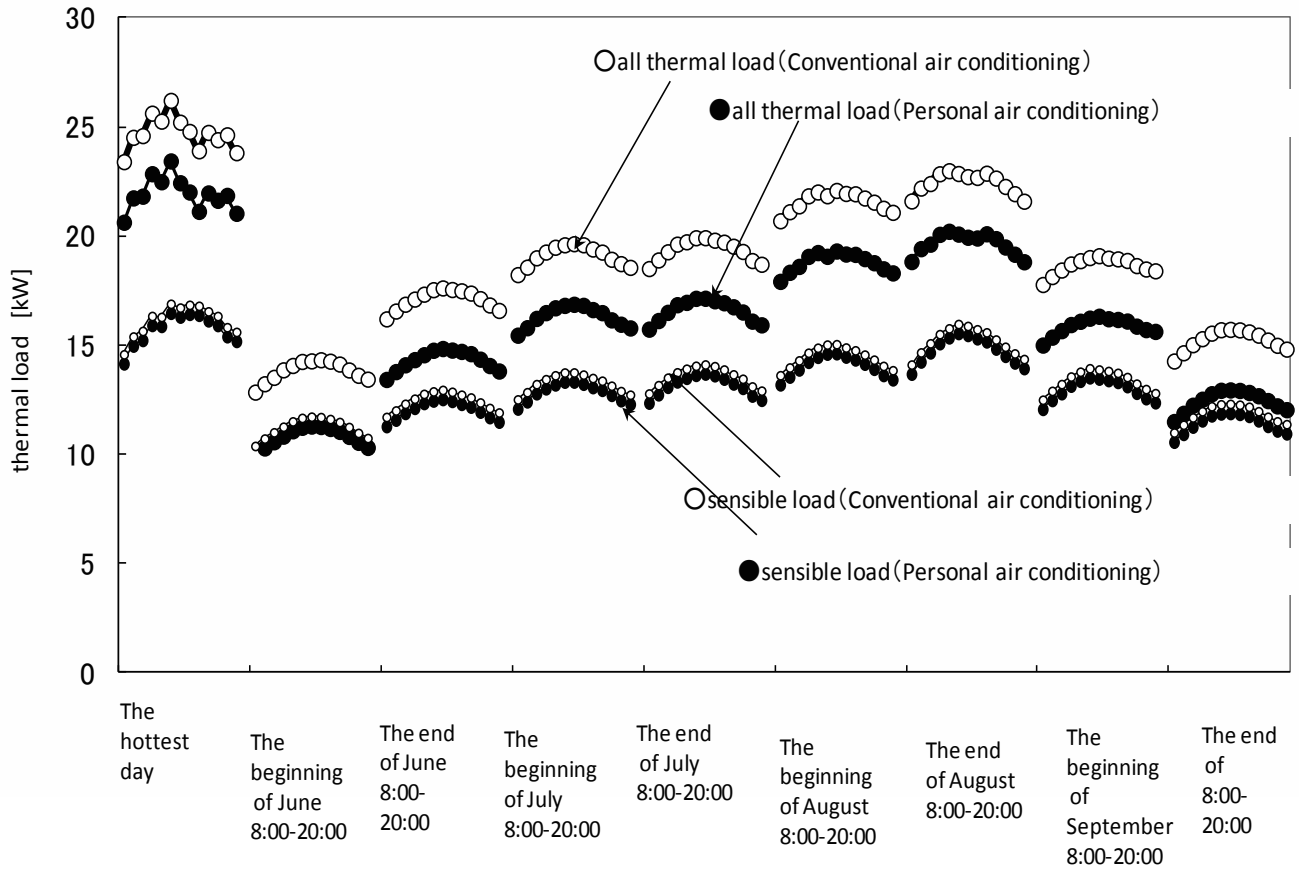


Fig.10 Change in the air conditioning heat load with the personal air condition

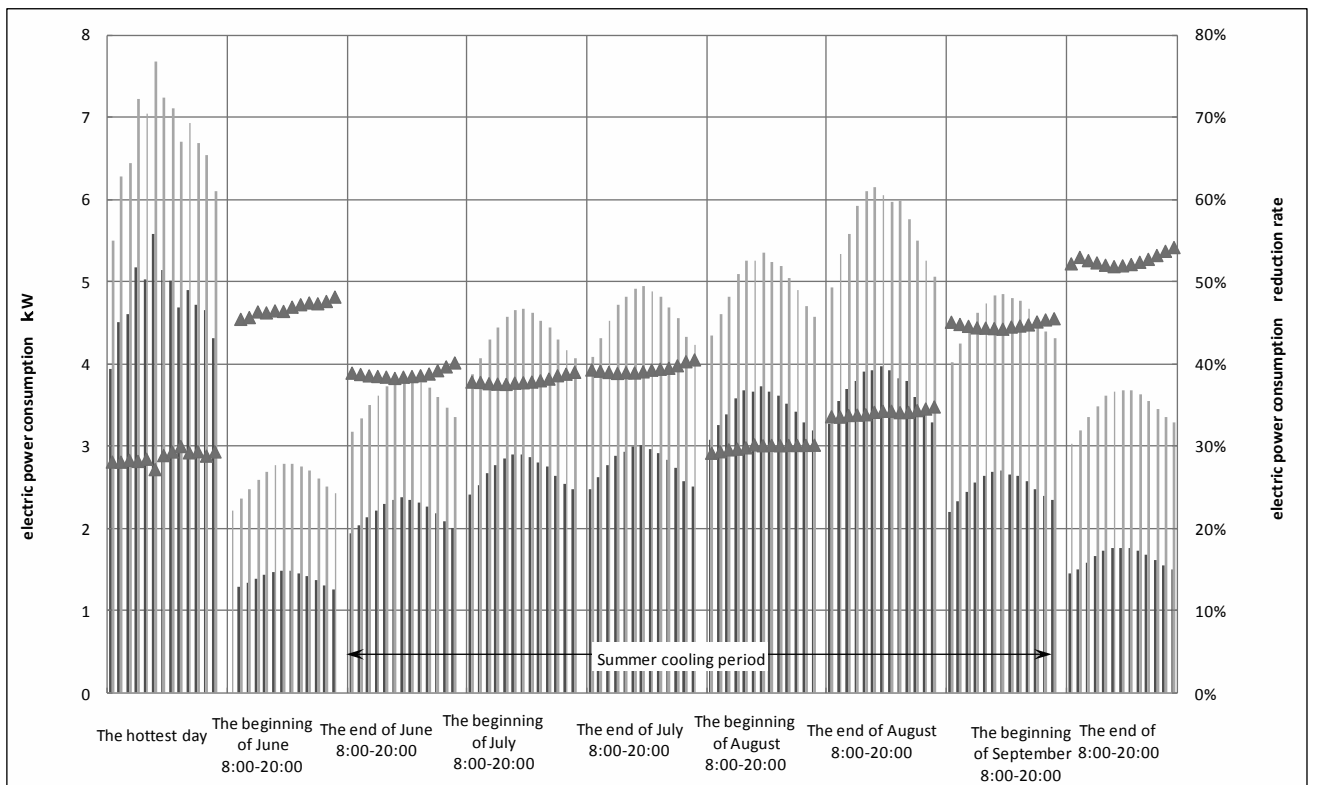
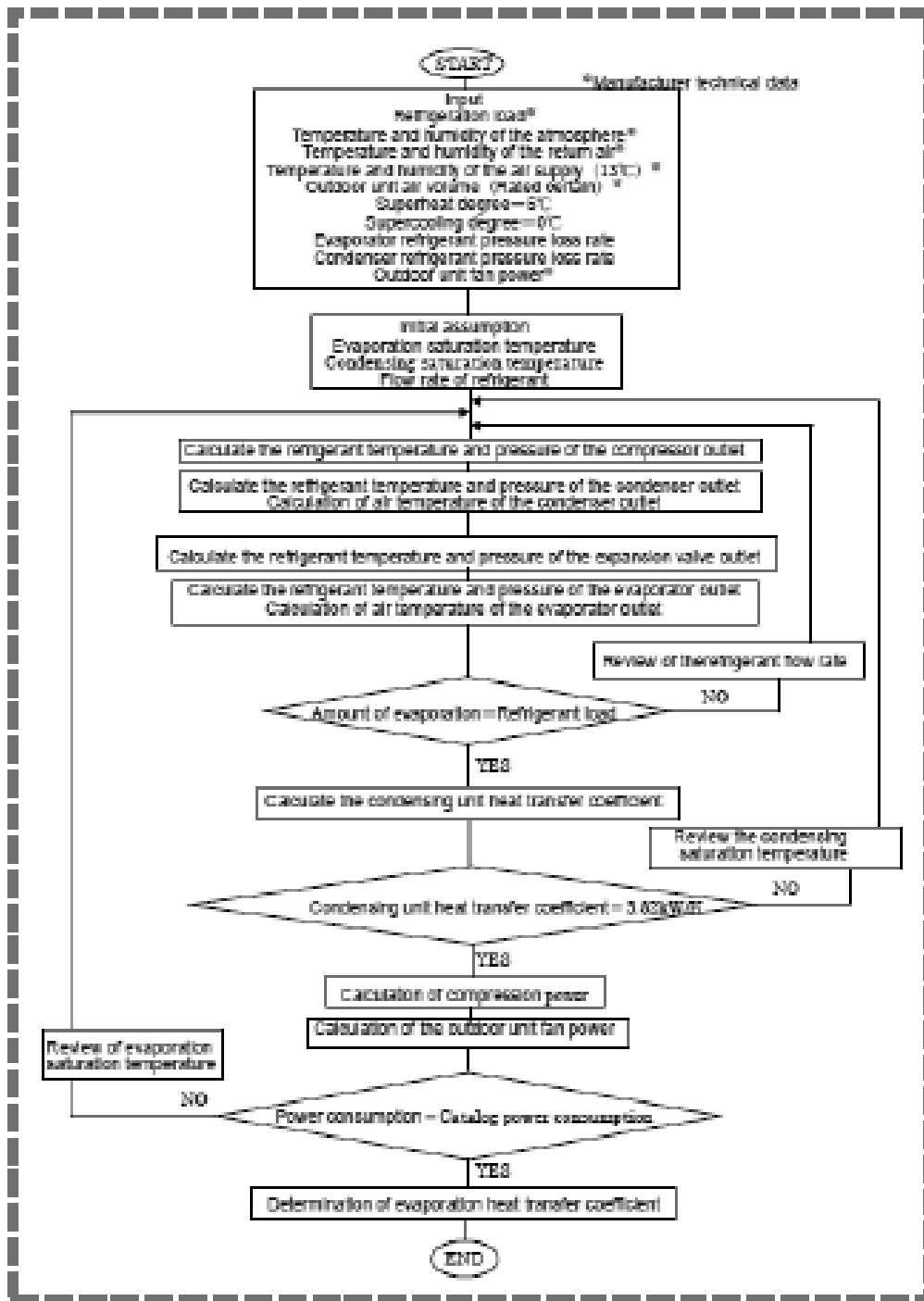


Fig.11 Personal air conditioning reduction effect of the power consumption



ビルマルチエアコンの消費電力7

## 結 言

事務所ビルの空調による消費エネルギーを削減するためデシカント方式を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムを用いて消費エネルギーを削減するシミュレーションの検討を行い、以下の結果を得た。

(1) パーソナル空調の吹出し口から在席人に向けられる空気で空調負荷を処理し、在席者近傍の温度・湿度を目標値 (26°C、10.5g/kgDA、50%) に維持するための吸着剤の最適条件として以下を得た。

- ・メソポーラスシリカ重量 : 3.0 kg
- ・メソポーラスシリカ容量 : 4.70

(2) シミュレーション計算により、従来型空調とパーソナル空調を備えて在席空間の温度・湿度条件を両者で同一に維持することで空調全熱負荷の削減率は12%以上、消費電力の削減率は37%あるとの結果を得た。

## 参考文献

- Akisawa, A; "A heat exchanger using the heat transfer material having a vapor adsorption-desorption functions" (in Japanese), *Japanese Patent Disclosure*, H17-127683 (2005)
- Fred, S. B. , G. C. Thomas, . Anne V. Baughman and Edward A. Arens, "Field Study of a Desktop Task/Ambient Conditioning System in Office Building". *ASHRAE Trans*, Vol104, Part1, 1-19 (1998)
- Hayashi, J., S. Lee, N. Iezaki, T. Yokota, T. Akimoto and S. Tanabe; "Research on Task/Ambient Conditioning System (Part 8) : Outline of Subjective Experiment and Measurement Physiological Results with Non-Isothermal Task AirFlow", *Nihonkenchiku Gakkai Taikai GakujutuKouen Bingaisyhu* , 1065-1066 (2002)
- Iezaki, N., S. Lee, T. Yokota, J. Hayashi, T. Akimoto and S. Tanabe; "Research on Task/Ambient Conditioning System (Part 7) : Outline of Subjective Experiment and Physiological Measurement Results with Non-Isothermal Task Air flow" *Nihonkenchiku Gakkai Kankyoukei Ronbunshu*, 1063-1064 (2002)
- Lee, K., M. Tanaka, H. Ito, J. ZHU and N. Nakahara; "An Analysis on Psychological Persons l Fluctuating Airat Non-Isotherma Flow andMethod of Design:Studies on the task andambient air-conditioning system using the fluctuating airflow,Part2", *Nihonkenchiku Gakkai Keikakukei Ronbunshu*, 489, 57-66 (1996)
- Lee, S., S. Tanabe and T. Nobe; "Thermal CmfortOfTaskAirConditioningWith Isothermal Air Flow Unit" *Nihonkenchiku Gakkai Kankyoukei Ronbunshu*, 575, 75-82, (2004)

- Okano. H., W. Jin and T. Hirose; "Field Test of Adsorption Desiccant Air-Conditioning System Utilizing Waste Heat from Micro-Gas-Turbine Dynamos", *Kagaku kogaku Ronbunshu* ,**28**, 726—732 (2002)
- Oshima. K., M. Yamazaki, T. Takewaki, H. Kakiuchi and A. Kodama; "Application of Novel FAM Adsorbents in a Desiccant System ", *Kagaku kogaku Ronbunshu*, **32**, 518—523 (2006)
- Jin. W., A. Kodama, M. Goto and T. Hirose; "Effect of Operating Conditions on Performance of Adsorptive Desiccant Cooling System", *Kagaku kogaku Ronbunshu*, **24**, 894—900 (1998)
- Saitake, M., M. Kubota, F. Watanabe and H. Matsuda; "Enhancement of Water Desorption from Zeolite by Microwave Irradiation", *Kagaku kogaku Ronbunshu*, **33**, 53—58 (2007)
- Saito. D., M. Sakurai, and H. Kameyama; "Development of CO<sub>2</sub> Absorbent Supported on Electrically Heated Alumite", *Kagaku Ronbunshu*, **36**, 388—393 (2010)
- Sudo. M., S. Murakami, S. Kato, D. Song and T. Chikamoto; "Study on the Personal Air-conditioning System Considering Human Thermal adaptation", *Kukichowa Eiseikogaku Ronbunshu* ,**95** ,55 (2004)
- Wyon D.P., "Thermal Manikin Experiments on Climadesk. Proc. Form the Workshop on Task/Ambient Conditioning systems in Commercial Buildings", ed. (1995)
- Yamanaka. T., H. Kotani, S. Nagata, H. Hayashi, K. Otaka and S. Horikawa; "Task Ambient Air Conditioning System with Natural Ventilation for residential environment formation mechanism" Nihonkenchiku Gakkai Taikai Gakujutu Kouen Bingaishu (2003)
- Zhu. J., K. Tanaka, K. Li, H. Ito and N. Nakahara; "Exeperimental Analyses on the Effect of Non-Isothermal Fluctuating Airflow For personal Task to Loosen The thermal Air Conditions Studies on the task and ambient air-conditioning system using the fluctuating air flow, Part1", *Keikakukei Ronbunshu* , **480**, 47—53 (1996)

## 第5章 結言

### 5.1 本論文の結論

本研究では、パーティション内蔵パーソナルエアコンの設計手法と効果を評価して、それを解決するための方法をプラットフォームを使って開発する。異業種の共同研究開発の分野でオープンイノベーションを行う為の方法論を提案し、システムを明確にして評価を行った、

第1章「緒論」には、研究の主要な動機となる、環境とオフィスの省エネの問題を抽出した。具体的には、外部環境として温室効果ガスの総排出量、環境関連法について記した。次にその問題解決のため、ありたい姿としてパーティション内蔵パーソナルエアコンの開発目的について調査研究を行い、その重要性について考察した。

第2章「異業種の共同研究開発のP2Mプラットフォームマネジメントの適用」では、オフィスビルにおける空調のエネルギー使用量を削減することを目的でパーティション内蔵パーソナルエアコンのスキームモデルを提示した。具体的には、パーティション内蔵パーソナルエアコンの開発を異業種間の協業で取り組む共通の場としてプラットフォームによるマネジメントの有効性を提示した。プラットフォームの仕組みで関係性を持つことにより、プログラムの構想時にありたい姿と現実のギャップを考え、そこに課題を抽出してその課題をプロジェクト化して3Sモデルでスキーム、システム、サービスという3つの段階を想定してプロジェクトを構築していく。このような形で協業を行えばプラットフォーム内の各企業が構想段階からあるべき姿をイメージしてプロジェクトを進めていくため、合意形成が得られやすく、開発された製品の事業化の確率が高くなることが明らかになった。

長田 基幸、亀山 秀雄：「P2M理論による協業技術結合プラットフォームへの適用」、国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No. 1、pp167-177、2011

第3章「異業種共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードの開発」では、異業種の共同研究開発用に従来の研究企画の立案・評価を支援する仕組みである「ロジックモデル」とバランススコアカードをそのまま用いると開発された製品の事業化の確率が低くなるため、異業種の共同研究開発用にモデファイされた両ツールが必要である。具体的には、出口イメージ（顧客のメリット）に基づいてロジックモデルとバランススコアカードを作成、運用することで開発された製品の事業化の確率の高くなる可能性高いことが明らかになった。

長田 基幸、亀山 秀雄：「プラットフォームマネジメントへのロジックモデルとバランススコアカード適用に関する考察－オフィスビルにおける空調の省エネ対策プロジェクト－」国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No. 2、pp41-52、2012

第4章「デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討」では、事務所ビルの空調による消費エネルギーを削減するためデシカント方式を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムを用いて消費エネルギー



を削減するシミュレーションの検討を行い、以下の結果を得た。メイソチェンコ型気化式冷却器のコア部を処理空気の流れ方向長さを 250mm、幅を 86mm、高さを 300mm にダウンサイズすることでパーティションに内蔵することが可能であることが明らかになった。更に、パーソナル空調の吹出し口から在席人に向けられる空気ですべて空調負荷を処理し、在席者近傍の温度・湿度を目標値 (26°C、10.5g/kgDA、50%) に維持するためのデシカント方式除湿器の吸着剤の最適条件として、メソポーラスシリカ 重量 3.0 kg、容量 4.7ℓにできることが可能となった。これにより吸着剤を日単位で再生 (脱着) するバッチ方式を採用することが可能となり、シミュレーション計算により、従来型空調とパーソナル空調を備えて在席空間の温度・湿度条件を両方で同一に維持することで空調全熱負荷の削減率は 12%以上、消費電力の削減率は 37%あるとの結果を得た。これは、オフィスの空調によるエネルギー削減の可能性を示唆している。

これらの知見を下記の学術論文に纏め、化学工学論文集に投稿した。

長田 基幸, 亀山 秀雄, 桜井 誠, 渡辺 健次: 「デシカント方式 除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討」、化学工学論文集, 第 40 巻, 第 4 号, pp. 313-319, 2014

本研究のオリジナリティーは以下の通りである。

- ① 異業種の共同研究開発にプラットフォームの考えをコンソーシアムに適用した。
- ② 異業種の共同研究開発に新しくロジックモデルとバランススコアカードをコンソーシアム用に提案した。
- ③ オフィスビルの省エネ型空調用にパーティションとデシカント方式除湿器と気化式冷却器を組み合わせたパーティションタイプの空調機を考案してその省エネルギー効果を評価した。

本研究の学術的価値は、異業種の共同研究開発に P2M のプラットフォーム理論を適用させ、異業種の共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードを作成して適用させた事で理論ではなく実用的な仕組みを提示した事である。

本研究の工学的価値は、メイソチェンコ型気化式冷却器のコア部をダウンサイズすることでパーティションに内蔵することが可能となり、更にデシカント空調の吸着剤を日単位で再生 (脱着) するバッチ方式を採用することにより容量の小型化と軽量化を図った点である。

# 本研究のオリジナリティ

異業種の共同研究開発にプラットフォームの考えをコンソーシアムに適用した。

異業種の共同研究開発に新しくロジックモデルとバランススコアカードをコンソーシアム用に提案した。

オフィス空調にパーティションとデシカントと気化式冷却器を組み合わせた空調機を考案してその省エネルギー効果を評価した。

## 学術的価値

異業種の共同研究開発にP2MのPfM理論を適用させ、異業種の共同研究開発用のロジックモデルとバランススコアカードを作成して適用させた事で理論ではなく実用的な仕組みを提示した事。

図1 研究のオリジナリティ

## 5.2 今後の展望

本研究の成果は、これからの化学工学における、特に異業種の共同研究開発マネジメントの領域において、理論のみに留まらない、実用的な仕組みを提示している。また、シミュレーションの成果は、実用化への第一歩である。今後、デシカント方式除湿器を用いた間接気化式冷却によるパーソナル空調システムの開発を進めていくことで早い時期に実用化が達成できる。

## 公表

本研究は以下の論文投稿及び学会発表により、公表を行った。

### 1 論文

(1) 長田 基幸、亀山 秀雄:「P 2M理論による協業技術結合プラットフォームへの適用」、国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No. 1、pp167-177、受理 2011. 11【第2章】

(2) 長田 基幸、亀山 秀雄:「プラットフォームマネジメントへのロジックモデルとバランススコアカード適用に関する考察ーオフィスビルにおける空調の省エネ対策プロジェクト

ー」国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 Vol.6 No.2、pp41-52、受理2012.2  
【第3章】

(3) 長田 基幸, 亀山 秀雄, 桜井 誠, 渡辺 健次: 「デシカント方式除湿器を用いた間接  
気化式冷却によるパーソナル空調システムの省エネルギーに関する検討」、化学工学論文集, 第  
40 卷, 第4号, pp. 313-319, 2014 【第4章】

## 2 学会発表

(1) Motoyuki Osada Hideo Kameyama Practice of collaboration technology to join the  
platform  
by P2M theory Internatinal Associatipn of Project and Program Management  
Proceeding of  
the 17<sup>th</sup> National Congress 2014 Tokyo 2014. 4. 17

## 謝辞

本研究の実施にあたり、終始懇切丁寧なご指導を頂きました東京農工大学大学院の亀山秀雄教授に厚く御礼申し上げます。我々社会人学生の為に、平日のみならず休日や夜間も関係なく、一生懸命ご指導賜りました。会社に勤めながらの研究は大変な時もありましたが、亀山先生の学問に対する熱意と真摯な姿に大変感銘を受け、研究を遂行することが出来ました。本当にありがとうございました。

また今回、博士論文の審査において、副査をご担当頂きました東京農工大学大学院の滝山博志先生、山下善之先生、桜井誠先生、徳山英昭先生に厚く御礼申し上げます。予備審査における発表や博士論文の内容に関して、学術的あるいは化学工学的な視点で大変有意義なコメントを数多く頂き、修正を実施したことでレベルが上がりました。大変感謝しております。

また亀山・桜井研究室のスタッフや学生各位にも、ゼミなどで色々ご助言やご支援を頂きました。事務をご担当頂きました松川様を始め、博士課程、修士課程、学部の学生の皆様にも感謝致します。

最後に陰ながら支援してくれた家族に感謝します。ありがとうございました。

多くの方たちのご協力に感謝致します。今後とも、ご指導ご鞭撻を宜しくお願い申し上げます。

2014年8月17日

長田 基幸