

図 3-18 各地域におけるアンケート調査総数と回収件数および地方別の回収割合

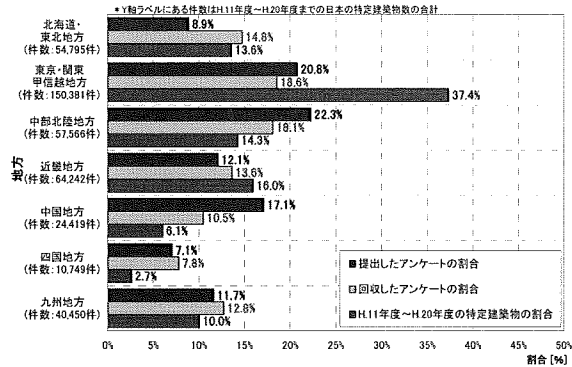


図 3-19 各地域におけるアンケート調査・回収割合と実際の特定建築物の割合

各延床面積範囲のアンケート回収件数と各用途の件数を図 3-20 に、各延床面積範囲における用途の割合を図 3-21 に示す。

図 3-20 から図 3-21 より、各延床面積の範囲としては比較的小さい建築物の回答よりも 10,000～50,000 m<sup>2</sup>の建築物のアンケートの回収数が多く、比較的大きな建物に対するアンケート内容が集まった。また、その割合は、10,000 m<sup>2</sup>以下の建築物では事務所が非常に多いが、それ以上に大きくなると店舗（百貨店も含む）の割合が多くなった。

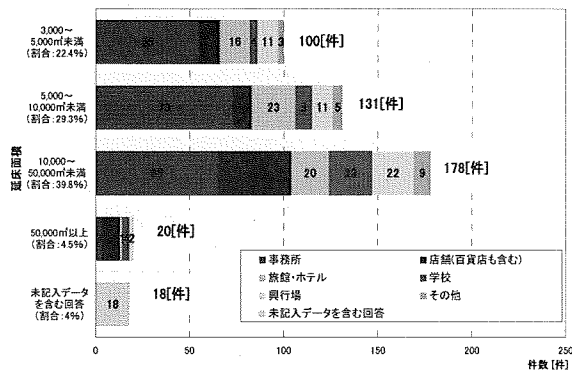


図 3-20 各延床面積範囲のアンケート回収件数と各用途の件数

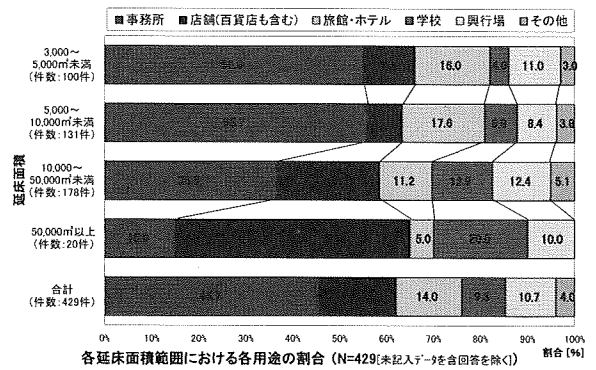


図 3-21 各延床面積範囲における用途の割合

各竣工年区分のアンケート回収件数と各用途別件数を図 3-22 に、竣工年区分毎の用途別割合を図 3-23 に示す。

図 3-22 より、竣工年としては 1950 年以前の古い建物の 2 件から 1999 年までの比較的新しい建物の 133 件まで、回答件数が次第に増えている。また、2000 年以降に竣工した新しい建物も 77 件と多く含まれる。

図 3-23 より、竣工年区分における用途別の割合を示している。古い建築物では事務所の割合が多く、2000 年以降の新しい建築物は各用途に分散している。

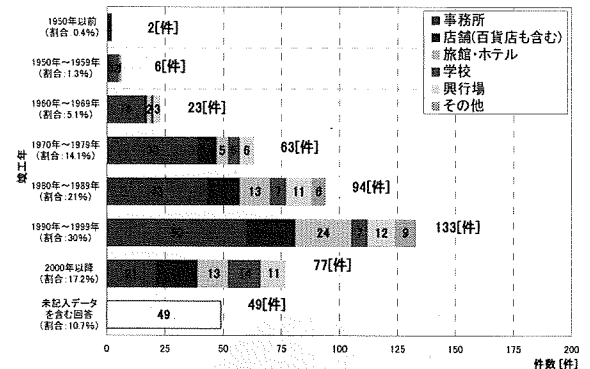


図 3-22 各竣工年区分のアンケート回収件数と各用途における件数 (N=447)

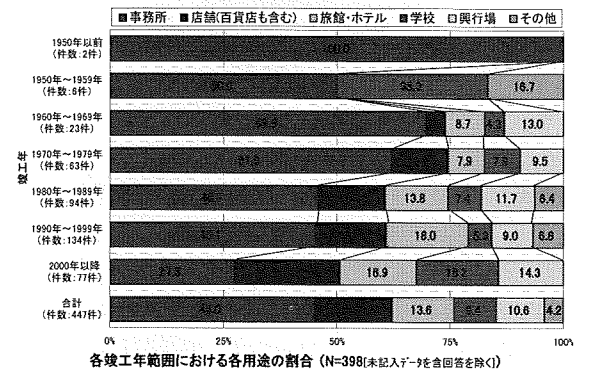


図 3-23 各竣工年区分における各用途の割合

各延床面積と熱源方式の関係を図 3-24 に示す。

熱源方式については、3,000～5,000 m<sup>2</sup>の比較的小さな建築物においては、58.0%の建築物において個別方式が採用されている。ついで大きな延床面積範囲である 5,000～10,000 m<sup>2</sup>の規模では、個別方式の導入率は35.7%となり、10,000～50,000 m<sup>2</sup>では21.6%と延床面積が大きくなるにしたがって個別方式の割合が減少し、中央方式と中央方式と個別方式を併用する建築物の割合が多くなった。

また、中央方式のみの導入比率は、3,000～5,000 m<sup>2</sup>では21.0%、5,000～10,000 m<sup>2</sup>では27.1%と増加したが、10,000～50,000 m<sup>2</sup>では25.0%と減少した。

これらの結果より、延床面積が大きくなると個別方式の割合が減少し、中央・個別併用方式の割合が増加していく傾向が見られる。

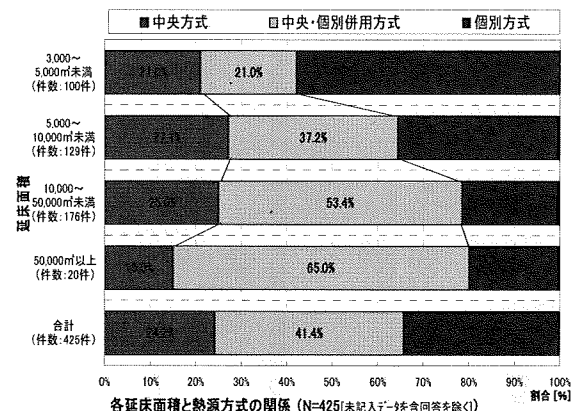


図 3-24 各延床面積と熱源方式の関係

### C.3.5 アンケート調査における省エネルギー技術の導入・使用実態

省エネルギー技術の導入・使用件数を図 3-25 に、省エネルギー技術の導入割合を図 3-26 に、省エネルギー技術の使用割合を図 3-27 に示す。

図 3-25 と図 3-26 より、省エネルギー技術の導入は、全熱交換器 203 件 (80.2%)・スケジュール運転 167 件 (66.0%)・外気冷房 109 件 (43.1%) の件数が比較的多く、次いで VAV 方式 71 件 (28.1%)・ゾーニングの細分化 51 件 (20.2%)・予冷熱時の外気導入停止 (18.6%) 47 件・CO<sub>2</sub>制御 39 件 (15.4%) の導入割合が 10% 以上と高くなった。

図 3-27 より、省エネルギー技術の使用割合

は最大で 100%，最小では 53.8%であった。その中で、使用割合が 100%であった技術は導入数自体も 1 件や 3 件と少なく、実態をあらわす割合とは言えないと思われる。導入数の多かった技術の使用割合は、全熱交換器 (77.8%)・スケジュール運転 (74.9%)・外気冷房 (78.9%)・VAV 方式 (70.4%)・ゾーニングの細分化 (60.8%)・予冷熱時の外気導入停止 (76.6%)・CO<sub>2</sub>制御 (66.7%) である。使用割合は最も多いもので 78.9%，最も少ないもので 60.8%となった。この結果より、導入されていても使用されていない実態があり、省エネルギー技術の使用に関しては管理者が判断している実態が示唆される。

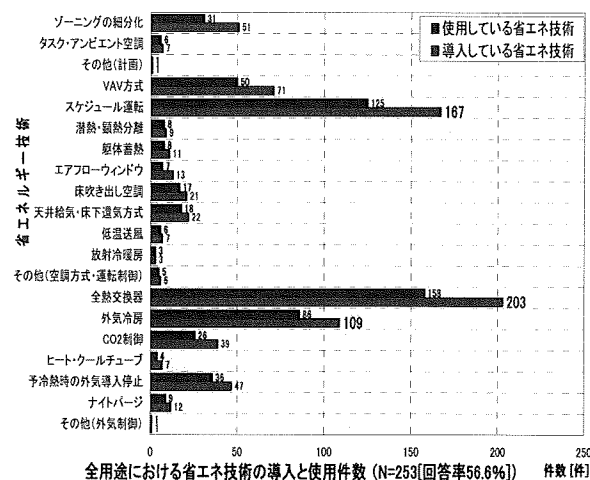


図 3-25 全データにおける省エネルギー技術の導入と使用件数

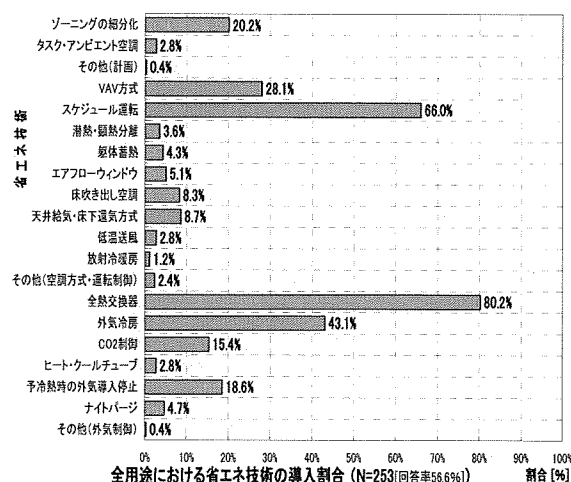


図 3-26 全データにおける省エネルギー技術の導入割合

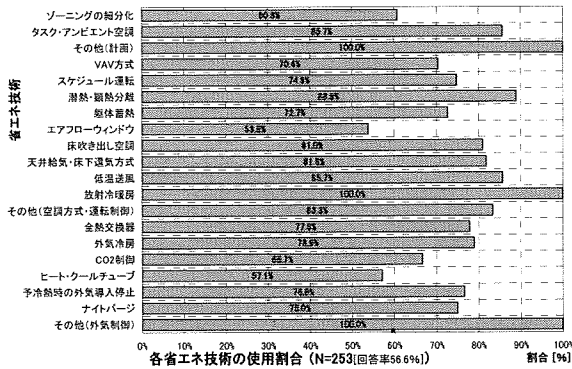


図 3-27 省エネルギー技術の使用割合

### C.3.6 アンケート調査における空気環境の実態

C.2.1 に記載したアンケート調査内容における維持管理業務の実態調査の結果における空気環境に関する内容に関し、粉じんにおける季節別の建築物衛生法への適合件数と割合を図 3-28 に、CO における季節別の建築物衛生法への適合件数と割合を図 3-29 に、CO<sub>2</sub> における季節別の建築物衛生法への適合件数と割合を図 3-30 に、温度における季節別の建築物衛生法への適合件数と割合を図 3-31 に、相対湿度における季節別の建築物衛生法への適合件数と割合を図 3-32 に、気流における季節別の建築物衛生法への適合件数と割合を図 3-33 に、ホルムアルデヒドにおける季節別の建築物衛生法への適合件数と割合を図 3-34 に示す。

粉じん・CO・気流・ホルムアルデヒドに関しては、建築物衛生法に適合する割合が高い傾向があった。

図 3-30 より、CO<sub>2</sub> については建築物衛生法に対する適合率は一年を通して 90% 程度で、その中でも学校の適合率が低い。また、夏期と冬期に適合率が低い傾向が見られる。

図 3-31 より、温度については建築物衛生法に対する適合率は全用途において夏期と冬期に 80% 程度で低くなる傾向を示した。その中でも冬期における興行場の適合率が低い。

図 3-32 より、相対湿度については建築物衛生法に対する適合率は全用途において冬期に最も低く、夏期や中間期においても低い傾向を示した。また、春期には店舗、夏期には学校の適合率が下がる傾向を示した。

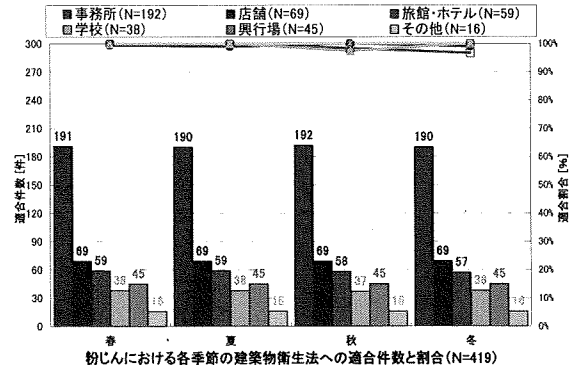


図 3-28 粉じんにおける各季節の建築物衛生法に対する適合件数と適合割合

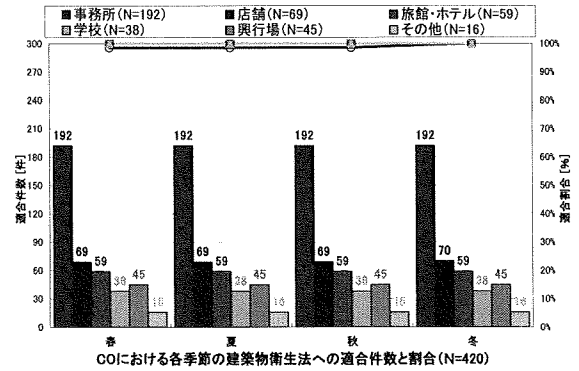


図 3-29 CO における各季節の建築物衛生法に対する適合件数と適合割合

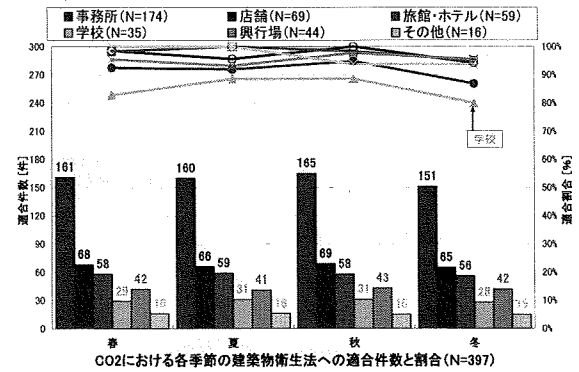


図 3-30 CO<sub>2</sub> における各季節の建築物衛生法に対する適合件数と適合割合

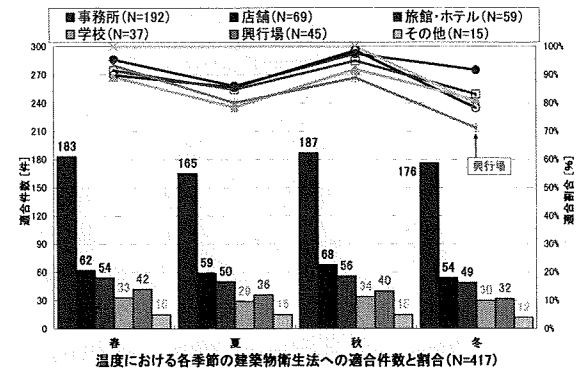


図 3-31 温度における各季節の建築物衛生法に対する適合件数と適合割合

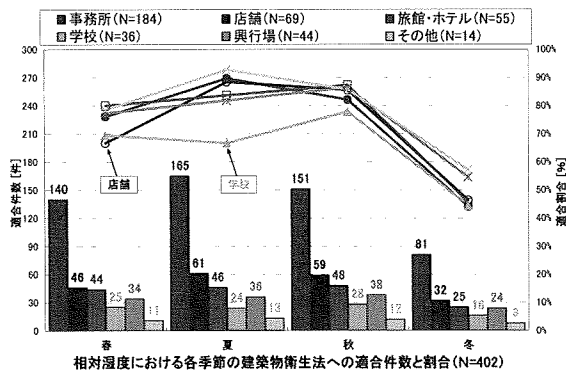


図 3-32 相対湿度における各季節の建築物衛生法に対する適合件数と適合割合

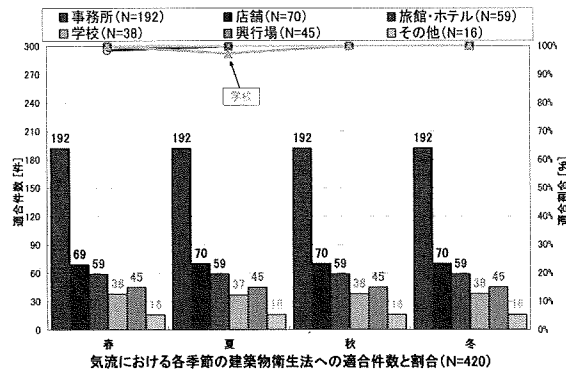


図 3-33 気流における各季節の建築物衛生法に対する適合件数と適合割合

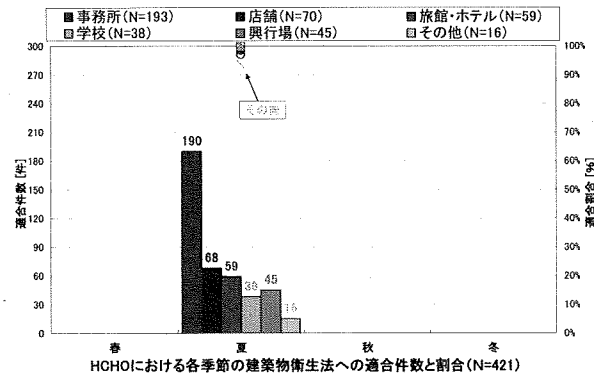


図 3-34 ホルムアルデヒドにおける各季節の建築物衛生法に対する適合件数と適合割合

事務所の空気環境（特に相対湿度）に問題があることが分かった。この結果より、アンケート調査結果の事務所における各項目の季節の建築物衛生法への不適合率を図 3-35 に示す。

また、事務所の空気環境における問題のある項目についてまとめたものを表 3-2 に示す。

相対湿度と CO<sub>2</sub> については、年間を通して不適合率が高く、冬期における相対湿度の不適合率が、57.5%と突出して大きな値であったことから、建築物全体の問題点と全国アンケート調

査による実態との整合性が確認された。

これらの結果より、相対湿度の不適合率が非常に高いのは冬期であることが分かった。

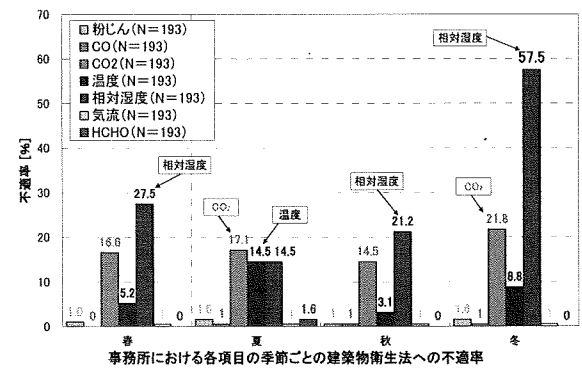


図 3-35 事務所における各項目の季節ごとの建築物衛生法に対する不適合割合

表 3-2 事務所の空気環境における問題の実態

	春	夏	秋	冬	備考
相対湿度	●	△	●	●	年間を通して不適合率が高い
CO <sub>2</sub>	△	△	△	●	換気不足が示唆される
温度		△			夏期の冷房不足が示唆される

\* 不適合率が 10%以上 20%未満の場合を△、20%以上の場合を●とする

### C.3.7 アンケート調査における相対湿度と省エネルギー技術使用との関係性

省エネルギー技術の使用と、相対湿度の不適合率を C.2.4 で導入割合が 10%以上だった全熱交換器 203 件 (80.2%)・スケジュール運転 167 件 (66.0%)・外気冷房 109 件 (43.1%) の技術の導入件数が比較的多く、次いで VAV 方式 71 件 (28.1)・ゾーニングの細分化 51 件 (20.2%)・予冷熱時の外気導入停止 (18.6%) 47 件・CO<sub>2</sub> 制御 39 件 (15.4%) の 7 技術について図 3-36 に示す。

秋以外の季節において、ゾーニングの細分化を採用している建物において相対湿度の不適合率が全データと比べて大きくなった。また、相対湿度の不適合率が全体的に高い冬期では、ゾーニングの細分化の使用に次いで予冷熱時の外

気導入停止と全熱交換器の使用時において相対湿度の不適合率が全データと比べて大きくなった。

これらの結果より、ゾーニングの細分化・予冷熱時の外気導入停止・全熱交換器の使用時において、相対湿度の不適合率が突出して高い冬期において全データの不適合率より高く、相対湿度の不適合率に影響を与えていることが示唆された。

を導くことはできなかった。そのため、今後詳細なデータ解析が望まれる。

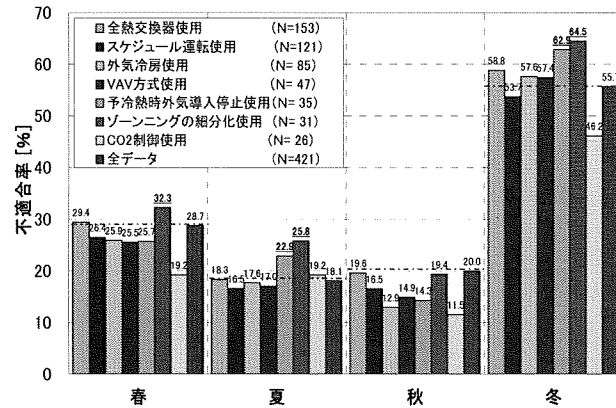


図 3-36 省エネルギー技術の使用時と全データにおける相対湿度の不適合率

### C.3.8 考察

アンケート調査による省エネルギー技術の導入・使用件数は、全熱交換器・スケジュール運転・外気冷房が比較的大きな値を示した。そして、これらの技術の中では、全熱交換器が相対湿度の不適合率の上昇に影響を与えている可能性が示唆された。

また、空気環境における実態を見ると、相対湿度とCO<sub>2</sub>については、年間を通して不適合率が高く、冬期における相対湿度の不適合率が、57.5%と突出して大きな値であったことから、建築物全体の問題点と全国アンケート調査による実態との整合性が確認された。

全熱交換器が相対湿度の不適合率の上昇に影響を与えている可能性が考えられる。

原因としては、

- ①全熱交換器を使用することによる低湿度空気の供給
  - ②全熱交換器の維持管理の問題
  - ③全熱交換器を設置した設備自体の加湿能力不足
- などが考えられるが、本データから明確な結論

## C.4 代表事務所ビルにおける時系列データの解析

### C.4.1 調査対象ビルについて

前項までの結果より，事務所の室内空気環境に問題があることが示唆されたことから，事務所ビルの環境状態と管理状況に関する実態と課題を明らかにするため詳細な調査を企画した。

調査対象には，省エネルギー化や室内環境に高い関心を示すビル所有者の協力を得て，実態資料の乏しい中規模事務所ビルを選定した。

以下に調査対象ビルの概要を示す。

### T ビル建物概要

- ・データ期間は 2009/09/01～2009/08/31
- ・計測回数は，15 分に 1 回（4 回/h）

#### ビル概要

建物名称 T ビル  
所在地 東京都中央区日本橋  
主要用途 事務所  
竣工年月 1960 年 6 月  
延床面積 9,368 m<sup>2</sup>  
空調面積 6,338 m<sup>2</sup>  
基準階床面積 879 m<sup>2</sup>  
建物構造 SRC 造  
階数 地上 9 階，地下 2 階  
管理体制 自社管理  
清掃 常駐（5 名）  
空調方式 セントラルと個別の併用  
貸室仕様 床仕様 OAフロアー  
天井高 2800mm  
床加重 400 kg/m<sup>2</sup>  
入退室 24 時間可

#### 熱源設備概要

- ・冷凍機水冷チラー（直膨式）  
（製氷時）直膨式のため製氷と  
（冷房時）冷房は同一の運転
- ・空冷ブラインチラー（製氷時）（冷房時）
- ・ブラインポンプ 空冷ブラインチラー用  
氷蓄熱槽放熱用（内融式）
- ・冷水一次ポンプ 水冷ブラインチラー用
- ・冷却水ポンプ 水冷チラー用
- ・エアブローポンプ 氷蓄熱槽用（外融式）

氷蓄熱槽用（内融式）

- ・冷却塔 水冷ブラインチラー用
- ・冷水二次ポンプ 冷水ポンプ
- ・熱供給ポンプ 冷水ポンプ
- ・空調機 AHU-1 30 kW  
AHU-2 7.5 kW  
AHU-3 30 kW
- ・氷蓄熱槽 外融式，内融式

#### 設備概要

電気 50VA/m<sup>2</sup> 照明 1,200Lx  
トイレ 一部ウォシュレット  
駐車場 立体 31 台

#### 改修履歴

1990 年 4 月 蓄熱式空調設備導入  
1996 年 11 月 外壁及び窓サッシュ改修  
1997 年 10 月 自動火災報知設備改修  
1997 年 11 月 屋内消化栓設備改修  
1998 年 6 月 給排水衛生設備改修  
2000 年 3 月 電気設備改修  
2002 年 5 月 蓄熱式空調熱源増設  
2006 年 2 月 耐震補強（軸耐力補強）  
2006 年 5 月 共用部内壁塗装  
2006 年 10 月 立体駐車場改修  
2008 年 12 月 エレベーター改修

### C.4.2 BEMS データについて

ビルのエネルギーおよび環境管理，それにビル経営情報やファシリティマネジメントの要素を含むビル管理システムを BEMS あるいは BEEMS（Building, Energy and Environmental Management System）という。BEMS は計算機と情報処理の技術が高度に発達した結果として，その総合的性格を明らかにし，近年普及しつつある<sup>1)</sup>。調査対象とした T ビルには，15 分ごとに収集された BEMS データが 11 室分あるが，本研究では 2008 年 9 月 1 日～2009 年 8 月 31 日の 1 年間分のデータを使用した。なお，BEMS データの解析にあたっては，空調稼働時のみを検討対象とするために，空調機の稼働時間のデータを抽出後，空調機の立ち上り 1 時間と空調機の停止前 1 時間分のデータは空調機使用時間外として扱った。

### C.4.3 系統図などの詳細図面

Tビルにおける空気調和機の監視画面について、ビル全体監視図を図 3-37 に、空気調和機全体系統図（冷房）を図 3-38 に、全体監視フローを図 3-39 に、熱源全体監視図を図 3-39 に示す。

調査対象ビルには、空気調和機として AHU が 3 台入っており、AHU-1 が 2 階から 9 階までの東側オフィスにおける空調を行っている。また、AHU-3 が 2 階から 9 階までの西側オフィスにおける空調を行っている。AHU-2 が 1 階における銀行の空調を行っている。また、単一ダクトにより同系列には同じ空気が流れている。

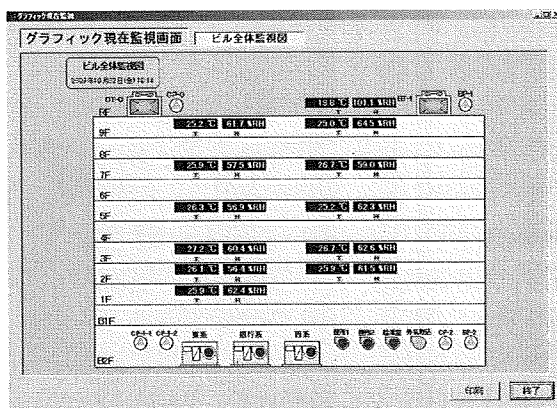


図 3-37 ビル全体監視図

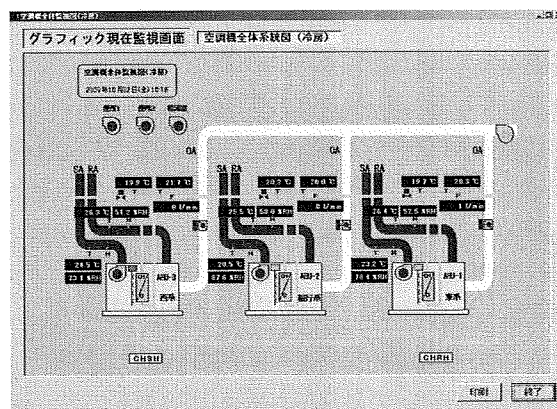


図 3-38 空調機全体系統図

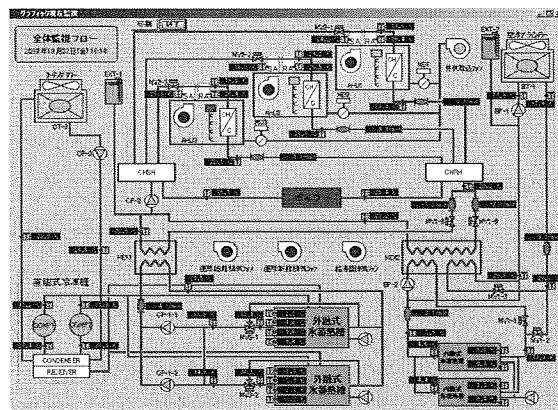


図 3-39 全体監視フロー

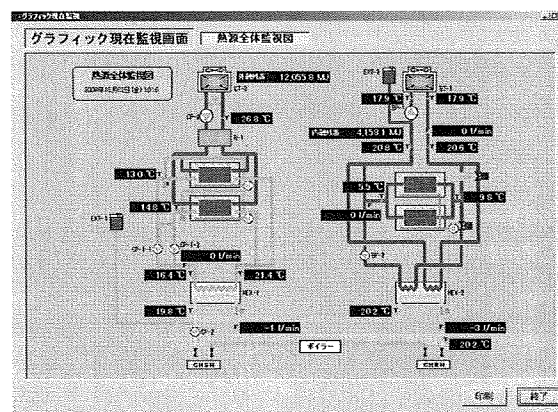


図 3-40 熱源全体監視図

### C.4.4 研究手法

調査対象とした T ビルには、15 分ごとの BEMS データが 11 室分あり、2008 年 9 月 1 日～2009 年 8 月 31 日の 1 年間分のデータを使用した。なお、BEMS データの解析にあたっては、空調稼働時のみを検討対象とするために、空調機の稼働時間のデータを抽出後、空調機の立ち上り 1 時間と空調機の停止前 1 時間分のデータは空調機使用時間外として扱った。その結果、AHU-1 のデータ数は 10,530/35,040 ポイント、AHU-2 のデータ数は 10,434/35,040 ポイント、AHU-3 のデータ数は 10,504/35,040 ポイントを使用した。

また、前項までの調査より室内空気環境において問題があり、その中でも相対湿度の不適合率に問題があった。このことから、BEMS データの解析については室内温度と相対湿度について詳しく調査した。



### C.4.5 空気調和機運転時の不適合率の結果

空調運転時における調査であるので、空調運転のスケジュールを図 3-41 に示す。

図 3-41 より、データ期間中は 296 日/365 日稼動していた。また、休日に空調機が稼動する日は無く、土曜日は午前中のみ稼動となった。平日の空調機稼動時間は 7:30~19:45 が平均的で、空調機の停止時刻は年間を通して 19:45 だったのに対して、空調始動時刻は早い日で 6:00 時からという日もあった。

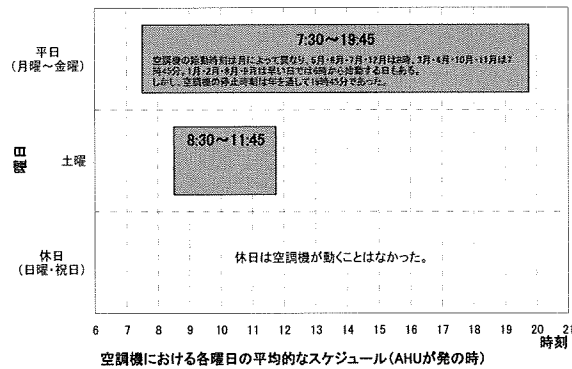


図 3-41 空気調和機の曜日ごとの平均的なスケジュール

調査対象としたTビルのBEMSデータがある11室について、空調使用時に測定された室温と相対湿度についての各計測結果における適合・不適合割合を図 3-42 に示す。また、一日の内一度でも相対湿度が建築物衛生法に対して不適合となった日を不適日とした場合の日数とその割合を図 3-43 に示す。

図 3-42 より、室内温度の建築物衛生法に対する適合・不適合の割合は、全体的に不適合の割合が低く、高い室で 6.5%、低い室では 0.0% を示した。対して相対湿度の建築物衛生法に対する適合・不適合の割合は、全体的に不適合の割合が高く、高い室で 47.4%、低い室で 12.4% を示した。この結果より、相対湿度の不適合率が高いことが分かった。

図 3-43 より、相対湿度の不適合日数の割合は最大で 64.2%、最低で 21.3% を示し、図 3-53 の調査対象時間における相対湿度の不適合割合よりも、相対湿度の適合日数の割合の方が大きくなった。よって、相対湿度が不適合となる割合は、法に則って一日の内一度でも適合しない時間があつた場合を不適日とした場合の方は

不適合率が大幅に高くなる。この結果より、相対湿度の不適合は同じ日に一定して不適合となっているのではなく、不適合となる時間が分散している可能性が示唆された。

これらの結果より、詳細なデータにおいても相対湿度の不適合率が高く、C.1 の全国特定建築物立入調査等状況調査結果の解析や、C.3 の導入・使用されている省エネルギー技術と維持管理者の意識に関するアンケート調査との整合性が確認された。

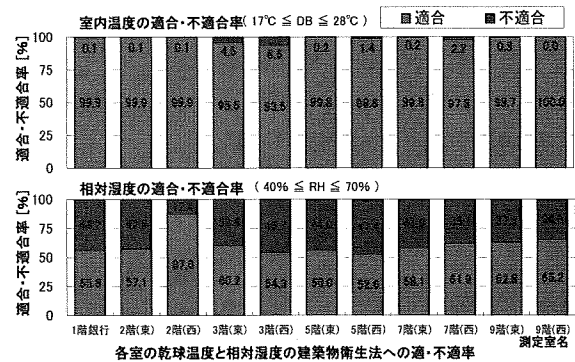


図 3-42 室内温度と相対湿度の建築物衛生法に対する適合・不適合割合

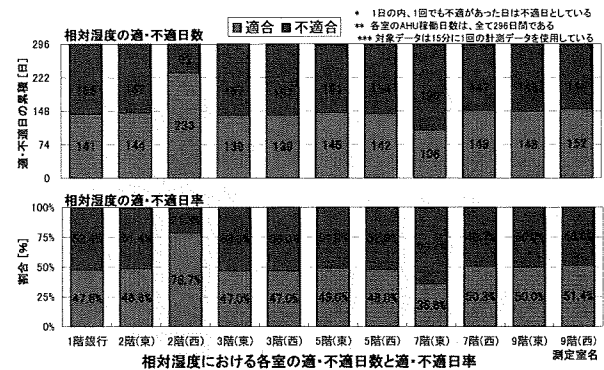


図 3-43 室内温度と相対湿度の建築物衛生法に対する適合・不適合割合

### C.4.6 空気調和機運転時の室内空気環境

C.4.5 では、相対湿度に建築物衛生法に対する不適合率が高いことが分かった。この結果より、BEMS データのある 11 室における室内温度と相対湿度の分布を湿り空気線図上にプロットしたものを図 3-44 から図 3-54 に示す。これらの結果より、相対湿度が建築物衛生法に対して不適合となる条件やどのように適合できていないのかを読み取る。

図 3-44 から図 3-54 より、多くの場合相対湿度の建築物衛生法に対する不適合は、40%RH



未満となることが分かった。またその傾向は、冬期に多く次いで中間期においても冬期と同じ傾向が見られた。しかし、図3-51には、夏期の相対湿度が基準よりも高い部分が見られた。

また、室温については、図3-47において夏期・中間期の室内温度が基準よりも高く、図3-48において夏期・中間期・冬期の室内温度が基準よりも高く、図3-50において中間期の室内温度が基準よりも高くなる部分が見られた。

これらの結果より、相対湿度は冬期と中間期において相対湿度の40%RH以上という基準よりも低くなることで不適合となった。

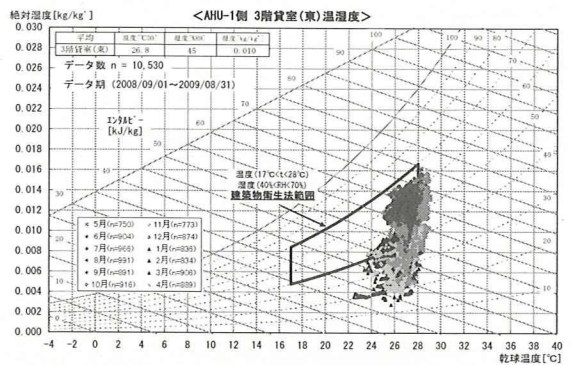


図 3-47 3階(東)室における室内温度状況

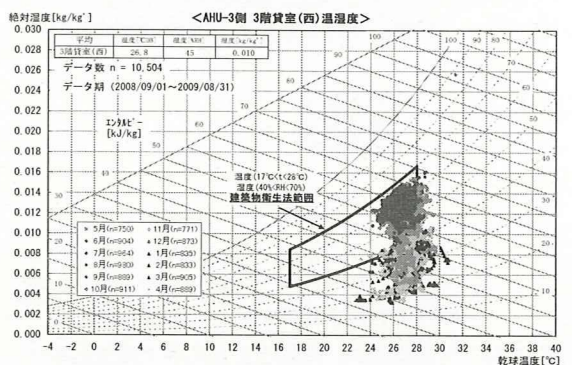


図 3-48 3階(西)室における室内温度状況

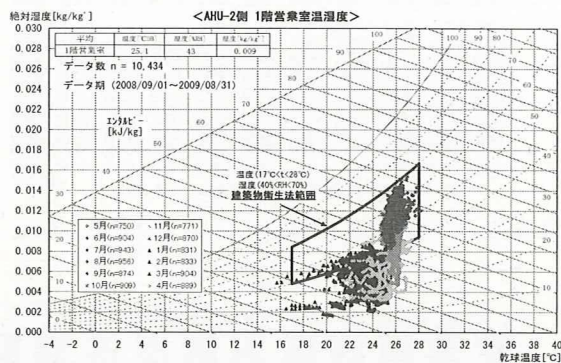


図 3-44 1階銀行における室内温度状況

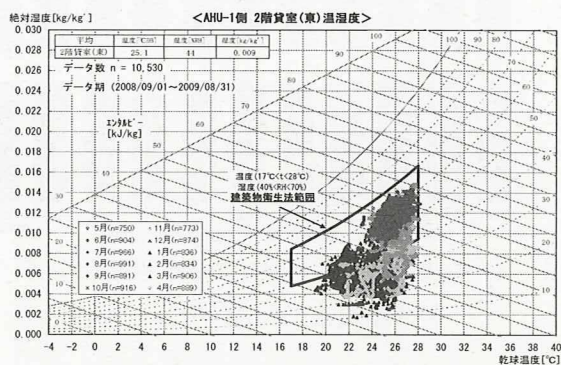


図 3-45 2階(東)室における室内温度状況

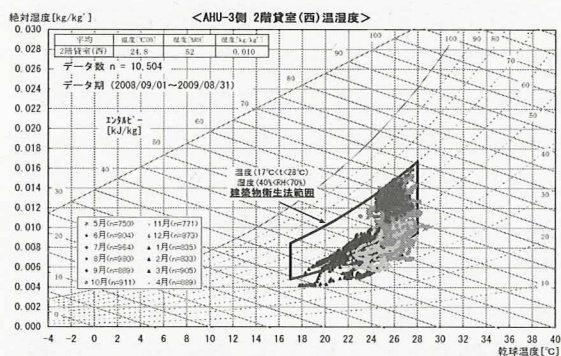


図 3-46 2階(西)室における室内温度状況

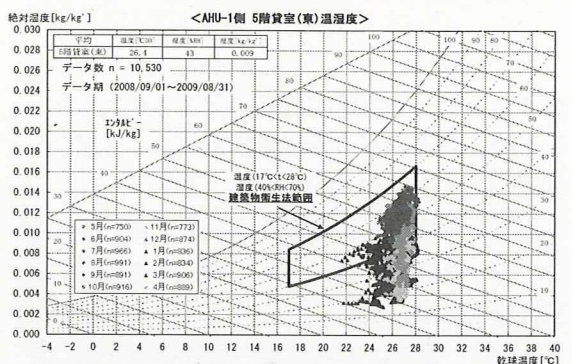


図 3-49 5階(東)室における室内温度状況

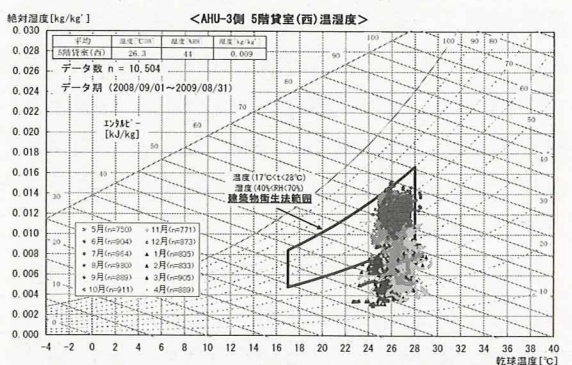


図 3-50 5階(西)室における室内温度状況



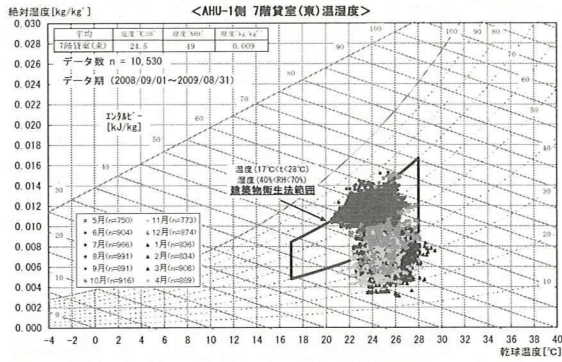


図 3-51 7階(東)室における室内温度状況

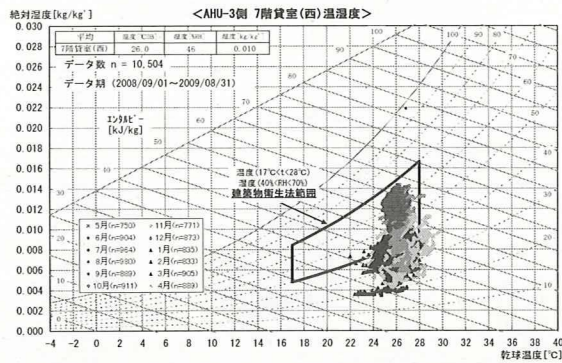


図 3-52 7階(西)室における室内温度状況

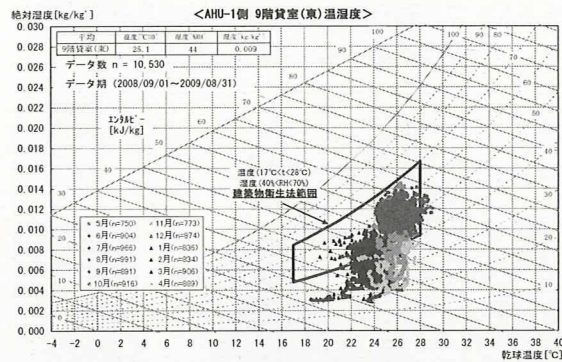


図 3-53 9階(東)室における室内温度状況

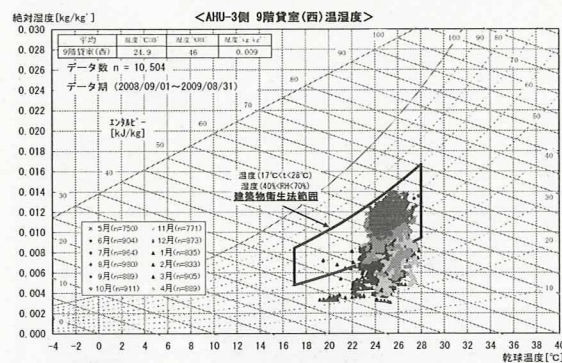


図 3-54 9階(西)室における室内温度状況

### C.4.7 空調和機運転所の室内温度と相対湿度の分布と累積

C.4.6 の温度と相対湿度による湿り空気線図へのプロットより、相対湿度は冬期と中間期に不適合となりやすいことが分かった。よって本項では、室内温度と相対湿度の散布図とそれらの累積件数を図 3-55 から図 3-65 に示し、より詳細な問題点の把握を行った。

図 3-55 から図 3-65 より、図 3-57 を除き相対湿度が建築物衛生法に対して不適合となる場合、相対湿度は 30%RH から 40%RH に多く累積している。このことより、相対湿度の基準への不適合率は非常に高いが、基準の 40%RH を大きく下回っているのではなく、基準の 40%RH に少し相対湿度が足りないという現状が示唆された。

また、室内温度に関しては、図 3-57 以外で年間を通して基準の範囲内にあるが高い傾向がみられ、冬期・中間期に室内温度が高いことが前項よりも示唆されている。

上記より、冬期の高い室温が相対湿度の不適合率に影響を与えていると考えられる。

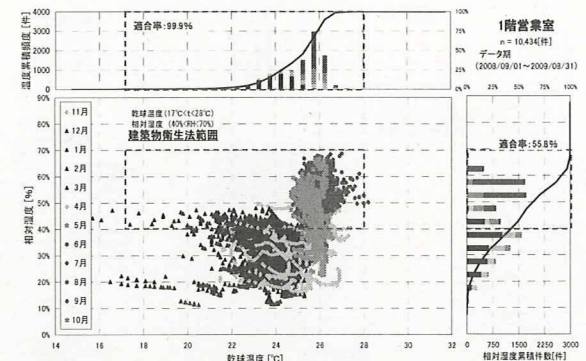


図 3-55 1階銀行における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

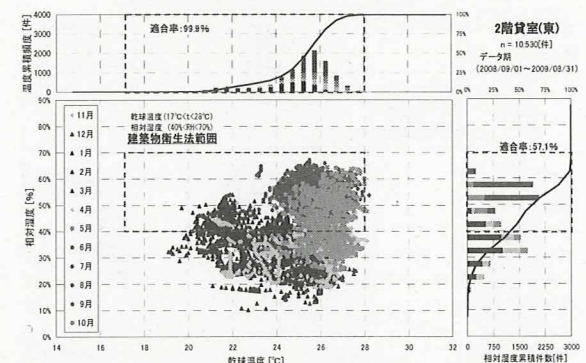


図 3-56 2階(東)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数



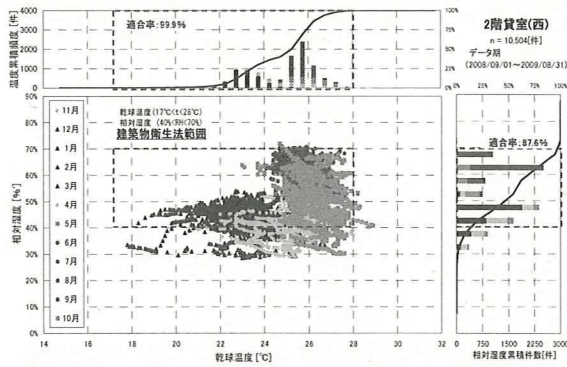


図 3-57 2階(西)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

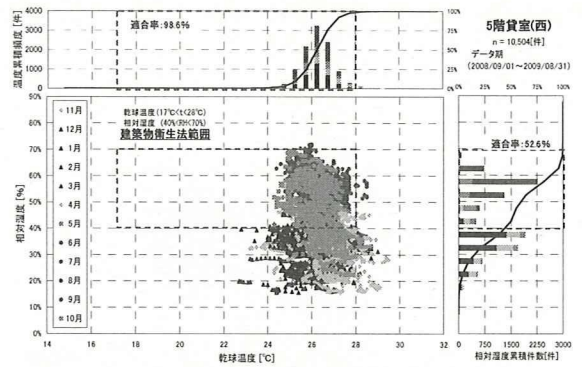


図 3-61 5階(西)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

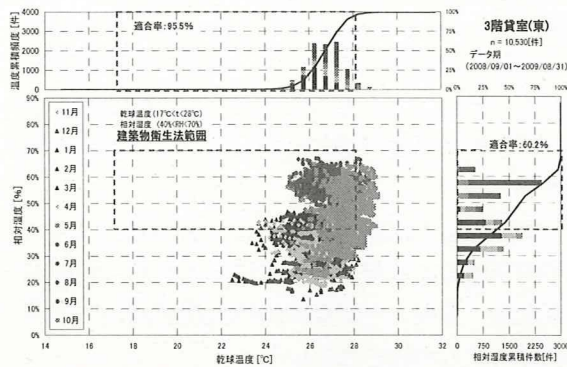


図 3-58 3階(東)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

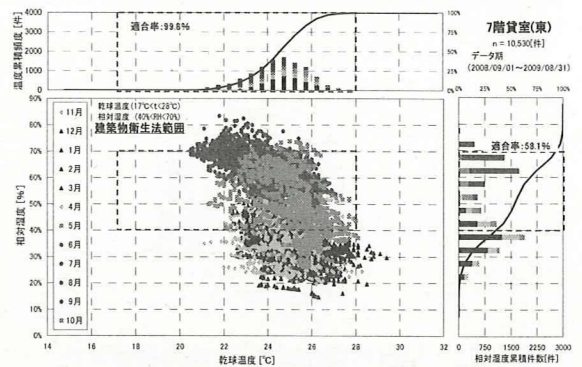


図 3-62 7階(東)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

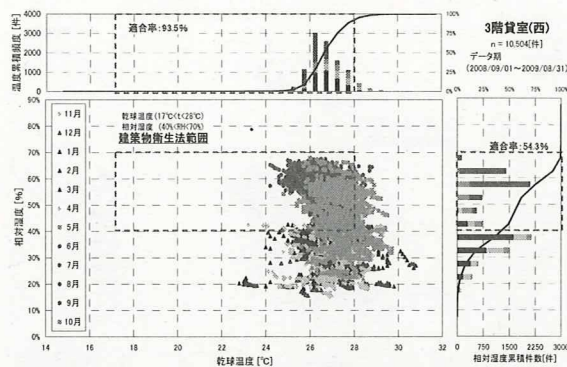


図 3-59 3階(西)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

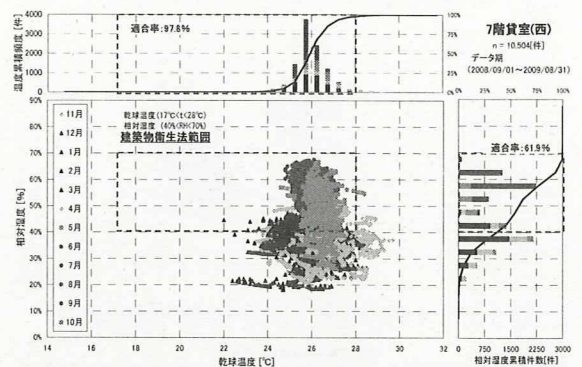


図 3-63 7階(西)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

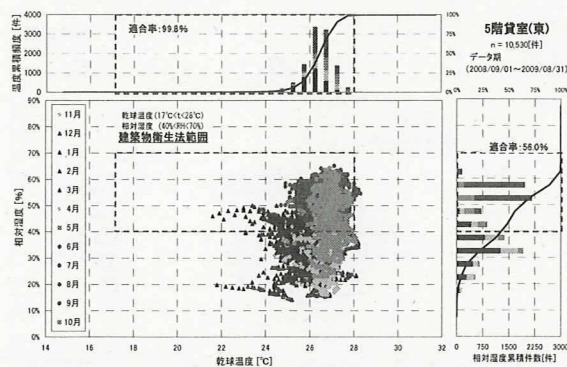


図 3-60 5階(東)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

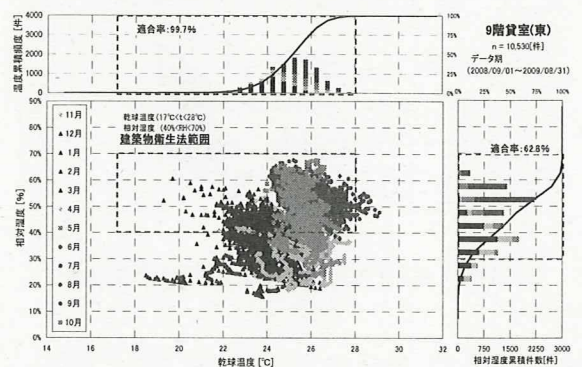


図 3-64 9階(東)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

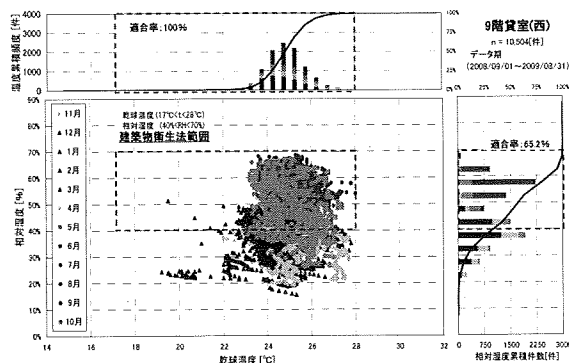


図 3-65 9階(西)室における室内温度-相対湿度の散布図とそれぞれの累積件数

#### C.4.8 代表日における各データの経時変化

前項までの結果より、相対湿度の不適合は冬期に多く、次いで中間期にも多いことが分かった。また、冬期と中間期における相対湿度の不適合は、室内温度が比較的高いときに発生する傾向があった。そこで、冬期の温水負荷（暖房負荷）が最大となる日（ピーク日）における経時変化を相対湿度の不適合率が一番高い室（以下5階西）と相対湿度の不適合率が一番低い室（以下2階西）の状況を図 3-66 から図 3-67 に、冬期ピーク日のある週において平均的な負荷日における経時変化を図 3-68 に示す。

また、冬期に次いで相対湿度の不適合が多く見られた中間期においては、熱源負荷が月を通して0なので、4月と11月の内からランダムで選出した日についての経時変化を5階西と2階西について図 3-69 と図 3-70 に示した。

夏期においては相対湿度の問題が生じている傾向がほぼ見られなかったため、冬期のピーク日と同様に夏期ピーク日における経時変化を5階西について図 3-71 に示す。また、夏期ピーク日に次いで負荷が大きかった日における経時変化を図 3-72 に示す。

図 3-66 と図 3-67 の冬期におけるピーク日の経時変化より、5階西は、室温が24°C～28°C台を示し、2階西は室温が20°C～24°C台を示した。この結果より、5階西の方は2階西よりも室温が約4°C高いことが読み取れた。相対湿度については、5階西は30%RH～40%RH台を推移し相対湿度の基準に対して多くの時間帯が不適合を示している一方で、2階西は40%RH～50%RH台を推移し相対湿度の基準に適合していた。

また、図 3-66 と図 3-68 の同じ5階西室におけるピーク日と負荷がピーク日の半分の日を比較すると、負荷の低い日は外気温が最大で8°C高く、外気温が高かったことによって熱源機の負荷が軽減されたと考えられる。そして、室内の温度・相対湿度に関してはピーク日と同じ傾向が見られた。しかしながら、図 3-66 と図 3-68 の結果からは冬期においては熱源機負荷の低下による加湿効果の減少の傾向は見られなかった。

図 3-68 と図 3-79 の中間期における経時変化を比較すると、冬期と同様に2階西に比べて5階西の室温が高く相対湿度が低い傾向を示した。

図 3-70 と図 3-71 の夏期における経時変化より、夏期においては室内の相対湿度は外気の相対湿度の影響を受ける傾向が見られた。

図 3-71 と図 3-72 より、冬期においては室内温度と相対湿度の変動が中間期や夏期に比べて激しく、室内環境の維持が難しいことが考えられる。また、一日の最大負荷においても、冬期の最大負荷は3,229[kW/日]、夏期の最大負荷は7,561[kW/日]と冬期は熱源機の稼働が少なく、加湿効果が減少している可能性が示唆されたが、図 3-66 と図 3-68 の結果からは冬期においては熱源機負荷の低下による加湿効果の減少の傾向は見られなかった。これらの結果より、相対湿度の不適合への影響としては、加湿装置の問題と、冬期・中間期の高い室内温度が建築物衛生法の湿度範囲を下回らせることに影響を与えていると考えられる。

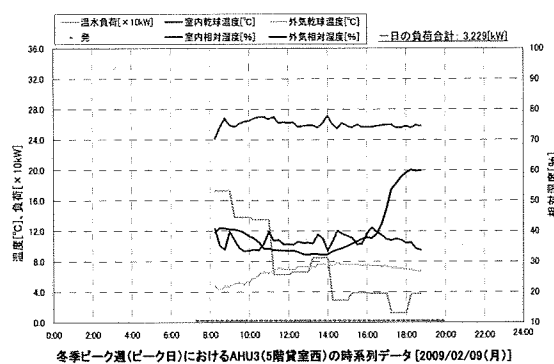


図 3-66 冬期ピーク日における5階西の時系列データ

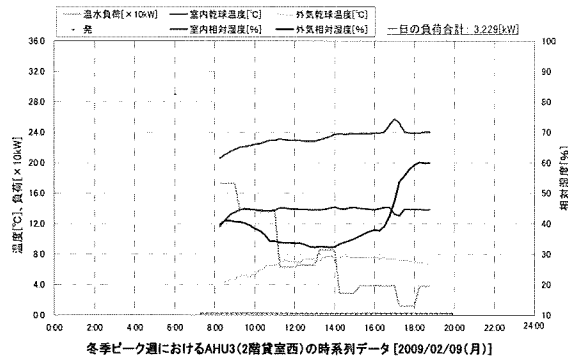


図 3-67 冬期ピーク日における2階西の時系列データ

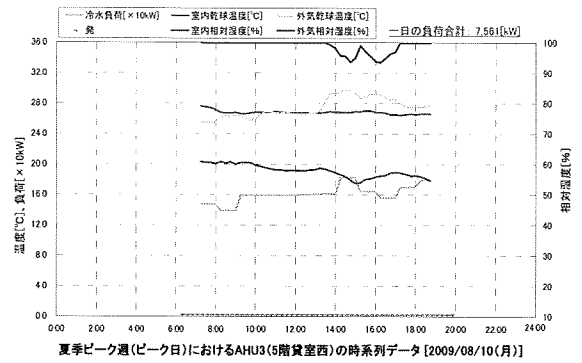


図 3-71 夏期ピーク日における5階西の時系列データ

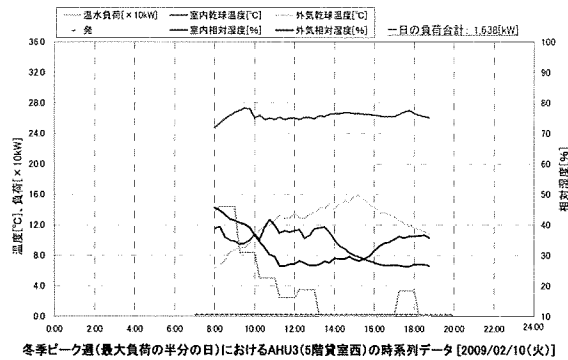


図 3-68 冬期ピーク週における負荷が平均的な日の5階西の時系列データ

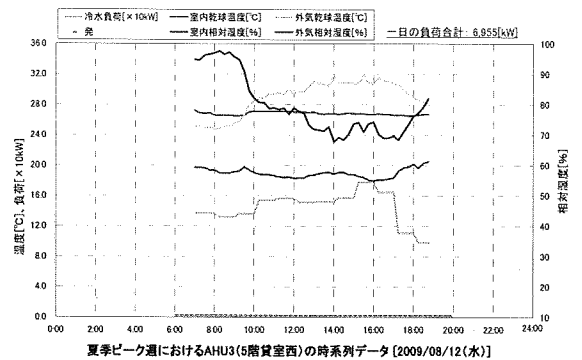


図 3-72 夏期ピーク日に次いで負荷が大きかった日における5階西の時系列データ

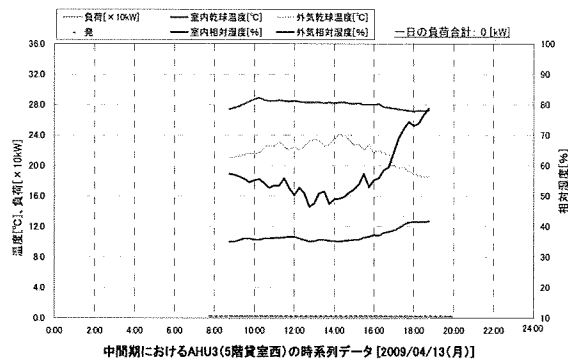


図 3-69 中間期(ランダムに選出した日)における5階西の時系列データ

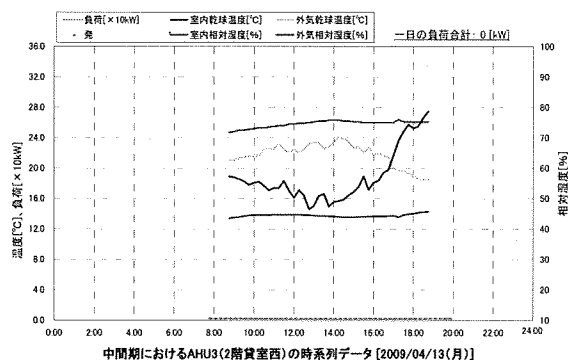


図 3-70 中間期(ランダムに選出した日)における2階西の時系列データ

#### C.4.9 熱源機負荷の月平均と外気温度

C.4.8 より、熱源機負荷の比較的小さい冬期や熱源機負荷のない中間期において相対湿度が基準値よりも低くなる状況が分かった。

本項では熱源機負荷の月平均と外気温度について冷水負荷(冷房負荷)を図 3-73 に、温水負荷(暖房負荷)を図 3-74 に示す。

図 3-73 と図 3-74 より、熱源機の稼働は温水負荷(暖房)に比べて冷水負荷(冷房)の方が大きい。年間の冷水負荷 2,725.7[MW/年]に対し、温水負荷 836.7[MW/年]となり、冷水負荷は温水負荷の約3倍以上あり、冷水負荷の大きい冷房期には十分に熱源機が稼働し、建築物衛生法の基準を守るだけの減湿効果があったと考えられる。

一方、冬期では冷房運転はなく、適切な加湿と室内温度の維持管理によって相対湿度が基準を下回らないように管理することが必要と考えられる。

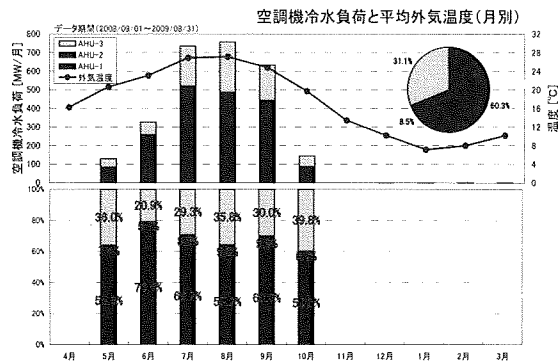


図 3-73 月別の平均外気温度と空調機冷水負荷とその割合

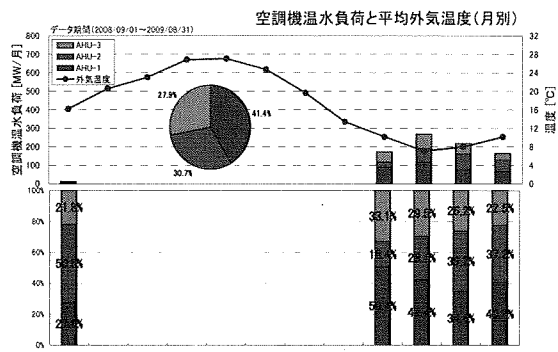


図 3-74 月別の平均外気温度と空調機温水負荷とその割合

#### C.4.10 考察

相対湿度が建築物衛生法に対して不適合となる原因として、冬期の室内温度が高めで相対湿度を基準よりも低くしている状況が見られた。

## D. 考察

### D.1 目的

本研究課題では、建築物の省エネルギーと環境衛生の両立に向けての適切な維持管理手法・監視方法の提案に資する情報収集を目的に、建築物衛生法に則って測定された資料、環境衛生に影響する省エネルギー技術の動向・実態調査、実際の建物維持管理データを用いた建物運用実態の把握を踏まえた改善の提案を行った。

### D.2 まとめ

#### ・C.1 の全国特定建築物立入調査等状況調査結果の解析まとめ

全国特定建築物立入調査等状況調査結果より、相対湿度の不適合率が高く、上昇傾向も高いことが分かった。また、相対湿度の不適合率上昇には、事務所の不適合件数増加による影響が大きいことが分かった。

よって、項目では相対湿度、用途では事務所について詳しく調査した。

#### ・C.2 の東京都における特定建築物立入検査結果の解析まとめ

東京都における特定建築物立入検査結果の建物基本情報より、主要都市における特定建築物の空気調和設備の方式、加湿方式の属性を把握することができた。

床面積が大きくなるにつれ、中央熱源方式の導入率が高いことが分かった。また加湿方式については蒸気式、気化式が多く導入されていることが分かった。

用途によって検査件数に差があるためより正確に環境衛生の詳細を把握するべく、検査数が規模別に見ても多く、整合性がとれる事務所について詳しく調査した。

#### ・C.3 の導入・使用されている省エネルギー技術と維持管理者の意識に関するアンケート調査まとめ

アンケート調査による省エネルギー技術の導入・使用件数は、全熱交換器・スケジュール運転・外気冷房が比較的多い値を示した。そして、これらの技術の中では、全熱交換器が相対湿度の不適合率の上昇に影響を与えている可能性が

示唆された。

また、空気環境における実態のうち、相対湿度とCO<sub>2</sub>については、年間を通して不適合率が高く、冬期における相対湿度の不適合率が、57.5%と突出して大きな値であったことから、建築物全体の問題点と全国アンケート調査による分析との整合性が確認された。

#### ・C.4 の代表事務所ビルにおける時系列データの解析まとめ

冬季の相対湿度が建築物衛生法に対して不適合となる一因として、室内温度が高く、相対湿度を低下させている状況が見られた。

ウォームビズで室温を低下させた場合に絶対湿度が変わらなかったと仮定した試算では、室内温度の低下に伴う相対湿度の上昇によって相対湿度の適合率を上げることが期待できる。

このことより、空調機の設定温度低下に伴う熱源負荷の低下が見込め、省エネルギーと環境衛生の両立のための可能性が示唆された。



## E. 結論

本研究では、建築物の省エネルギーと環境衛生の両立に向けての適切な維持管理手法・監視方法の提案に資する情報収集を目的に、建築物衛生法に則って測定された資料、環境衛生に影響する省エネルギー技術の動向・実態調査、実際の建物維持管理データを用いた建物運用実態の把握を行った。その結果、相対湿度の不適合率が高く、中でも事務所の不適合件数が多いこと、冬期の高い室温が相対湿度の不適合に影響を与えていることを示した。

本検討の範囲において、相対湿度の不適合率上昇に、全熱交換器などの省エネルギー技術が関与している可能性も示唆されたことから、維持管理の影響などに配慮し、維持管理手法や監視方法の改善と徹底が重要であると考えられる。

これら結果をふまえ、更に検討すべき項目を以下に示す。

### (1). 「各種データに基づいた空調設備からみた室内環境項目の不適合の原因の解析」

室内環境項目、とくに相対湿度および二酸化炭素濃度の不適合原因の解明を目的に、以下の視点から検討を行う。

#### ・ハードウェア（設計・機器）面からの検討

近年の省エネ型システムとの関係による原因解明及び改善提案可能な推奨システムを選択・導入方法について検討する。

#### ・ソフトウェア（運用・制御）面からの検討

運用や維持管理手法と環境衛生の関連について検討する。

#### ・建物規模・用途面からの検討

母集団の多い中小規模事務所への適用に向けた検討を行う。

### (2). 「現行の監視方法に対する検討」

現行の建築物衛生法に則った計測方法について、現場における計測データの調査から、建築物及び空気調和設備の管理や運用に配慮した以下の項目について検討する。

#### ・相対湿度計測

暖房期のみならず冷房時の相対湿度不適の課題と測定方法、例えば、計測時間帯や計測環境（在室人員など）について時間的・空間的なバラツキを考慮した計測方法の提案を検討する。

#### ・CO<sub>2</sub>濃度計測

換気経路の確保に関する提案や居住者により設置された什器（パーティションや間仕切り）による計測阻害要因に対する対策を検討する。

## 参考文献

- 1) 中原信生：「新版 ビル・建築設備の省エネルギー」, (財)省エネルギーセンター, 2001年7月
- 2) (社)日本ビルディング協会連合会：「ビルエネルギー運用管理ガイドライン(オフィスビルにおける地球温暖化対策のより一層の推進に向けて)」, (社)日本ビルディング協会連合会 2008年6月
- 3) 建築物の環境衛生管理編集委員会：「第2版 第3刷建築物の環境衛生管理 上巻」, (財)ビル管理教育センター 2007年3月
- 4) 建築物の環境衛生管理編集委員会：「第2版 第3刷建築物の環境衛生管理 下巻」, (財)ビル管理教育センター 2007年3月
- 5) 橋戸幹彦：「建築設備」, 株式会社建築技術, 2010年2月
- 6) 内田治：「すぐわかる SPSS によるアンケート調査・集計・解析[第3版]」, 東京図書株式会社 2008年10月
- 7) 内田治：「すぐわかる SPSS によるアンケートの多変量解析 [第2版]」, 東京図書株式会社 2007年6月

## 引用文献

- 1) 中原信生：「新版 ビル・建築設備の省エネルギー」, (財)省エネルギーセンター, P.210, 2001年7月

## 付録1

省エネルギー技術の動向調査を実施したホームページアドレスの詳細  
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

<http://www.jaxa.jp/>

沖縄総合事務局

<http://ogb.go.jp/keisan/index.html>

外務省 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/index.html>

環境省 <http://www.env.go.jp/>

関東経済産業局

<http://www.kanto.meti.go.jp/>

近畿経済産業局  
<http://www.kansai.meti.go.jp/>  
九州経済産業局  
<http://www.kyushu.meti.go.jp/>  
経済産業省 <http://www.meti.go.jp/>  
原子力・安全保安院 <http://www.nisa.meti.go.jp/>  
厚生労働省 <http://www.mhlw.go.jp/>  
国際協力機構  
<http://www.jica.go.jp/Index-j.html>  
国税庁 <http://www.taxanser.nta.go.jp/>  
国土交通省 <http://www.mlit.go.jp/>  
国立国会図書館 <http://www.ndl.go.jp/>  
財務省 <http://www.mof.go.jp/>  
産業技術総合研究所 (旧) 工業技術院  
[http://www.aist.go.jp/index\\_j.html](http://www.aist.go.jp/index_j.html)  
四国経済産業局  
<http://www.shikoku.meti.go.jp/>  
資源エネルギー庁  
<http://www.enecho.meti.go.jp/>  
消防庁 <http://www.fdma.go.jp/>  
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)  
<http://www.nedo.go.jp/>  
成田国際空港 (株) <http://www.naa.jp/>  
石油公団 <http://www.jnoc.go.jp/>  
総合研究開発機構  
<http://www.nira.go.jp/menu2/index.html>  
総務省 <http://www.soumu.go.jp/>  
中国経済産業局  
<http://www.chugoku.meti.go.jp/>  
中小企業基盤整備機構  
<http://www.smrj.go.jp/>  
中小企業庁  
<http://www.chusho.meti.go.jp/>  
中部経済産業局  
<http://www.chubu.meti.go.jp/>  
都市再生機構 (都市機構)  
<http://www.ur-net.go.jp/>  
東北経済産業局 (一般家庭用)  
<http://www.tohoku.meti.go.jp/>  
特許庁 <http://www.jpo.go.jp/indexj.htm>  
内閣府 (官邸) <http://www.cao.go.jp/>  
日本環境安全事業株式会社  
<http://www.jesconet.co.jp/>  
日本原子力研究所 <http://www.jaeri.go.jp/>

日本道路公団 <http://www.jhnet.go.jp/>  
日本貿易振興機構  
<http://www.jetro.go.jp/top-j/index.html>  
日本郵政公社 <http://www.yusei.go.jp/>  
農林水産省 <http://www.maff.go.jp/>  
文部科学省 <http://www.mext.go.jp/>  
法務省 <http://www.moj.go.jp/>  
防衛施設庁 <http://www.dfaa.go.jp/>  
北海道経済産業局 <http://www.hkd.meti.go.jp/>  
理化学研究所 <http://www.riken.go.jp/>  
財団法人 省エネルギーセンター  
[http://www.eccj.or.jp/spill/lecture/07/pdf/8miki\\_kimata.pdf](http://www.eccj.or.jp/spill/lecture/07/pdf/8miki_kimata.pdf) (P. 28)

#### ■学会

ASHRAE <http://www.ashrae.org/>  
エネルギー・資源学会  
<http://www.jser.gr.jp/>  
空気調和・衛生工学会  
<http://www.shasej.org/index.html>  
日本エネルギー学会 <http://www.jie.or.jp/>  
日本建築学会  
<http://www.aij.or.jp/aijhomej.htm>  
日本太陽エネルギー学会  
<http://wwwwsoc.nii.ac.jp/jses/>  
日本地熱学会 <http://wwwwsoc.nii.ac.jp/grsj/>  
日本伝熱学会  
<http://www.htsj.or.jp/index-j.html>  
日本冷凍空調学会 <http://www.jsrae.or.jp/>

#### ■協会・工業会など

ESCO 推進協議会 <http://www.jaesco.gr.jp/>  
→<http://www.jaesco.gr.jp/report1-2.pdf> (P.5)  
IEA ヒートポンプセンター  
<http://www.heatpumpcentre.org/>  
Japanese Flame Research Committee(JFRC)  
<http://www.ifrf.net/>  
NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)  
<http://www.nedo.go.jp/index.html>  
NEDO 情報センター  
<http://www.nedo.go.jp/nedo-info/>  
UNEP (国連環境計画)  
<http://www.unep.org/>  
エネルギー環境教育情報センター  
<http://www.icee.gr.jp/icee/icee.htm>

#### 4. 湿度環境とインフルエンザに関する文献調査

分担研究者 中館 俊夫 昭和大学医学部 教授

##### 研究要旨

湿度環境とインフルエンザに関する最新の知見について文献調査を行い、2009年の発表論文を中心に、国内外の7編を収集した。2009年4月に発生した新型インフルエンザ（H1N1）について湿度環境との関連を論じたものはまだ見当たらなかった。インフルエンザウイルスの感染力保持に環境湿度が重要な影響を有することは明らかであるが、人間集団における流行には湿度以外にも多くの要因が関与すると考えられること、また従来の飛沫感染、接触感染に加えて、エアロゾルによる空気感染も重要な感染経路であることが認識されつつあることを示した。

##### 研究協力者

飯泉 恭一 昭和大学医学部助教  
畑 春実 昭和大学医学部助教

##### A.研究目的

建築物環境の一つの重要な要素として病原微生物が挙げられるが、中でもインフルエンザウイルスは、温度や湿度がその疾病流行に関連することが従来より知られており、また2009年4月に新型インフルエンザが発生し、世界的に流行していることから、建築物環境衛生管理の中で現在注目されている。本調査は、湿度環境とインフルエンザに関する国内外の新しい報告を収集し、建築物環境管理の上で参考になる知見を得ることを目的として実施した。

##### B.研究方法

データベースを利用した文献検索により文献を収集し、整理した。文献の範囲は原著論文だけでなく、できるだけ広くとったが、会議録は除外した。国内（和文）文献は医学中央雑誌のデータベースを、海外を含む英文文献のデータベースにはMedlineを用いた。"インフルエンザ"、"インフルエンザウイルス"、"湿度"などのキーワードにより検索を行い、検索された文献の内容を確認し、本調査の趣旨に合致する文献を適宜収集した。発表年は2009年を原則として、その文献に関連する重要な文献も収集した。

##### C.研究結果

インフルエンザウイルスやインフルエンザの流行に関する文献は極めて多数発表されていたが、主な内容として湿度との関連を扱っているものはごく少なかった。また新型インフルエンザと湿度との関連を主に取り扱っているものは見当たらなかった。

以下に、特に重要と考えられる5文献（和文2、英文3）と、その関連文献を2編紹介する。文献1は、A型インフルエンザウイルスの感染力が温湿度環境にどのように影響されるかを検討した*in vitro*実験で、古典的なHarperの実験に類似した研究である。文献2は高齢者施設における湿度管理に関するアンケート調査である。文献3はインフルエンザウイルスのエアロゾル伝播に関するレビューであり、文献6はその関連文献である。文献4は香港におけるインフルエンザ流行と温湿度の関連を検討した疫学研究である。文献5は編集者へのレターであり、文献7に対する反論として投稿されたものである。書誌情報と著者抄録は下記の通りである。

文献1. 中山幹男, 斉藤恵子. インフルエンザウイルスの感染価に及ぼす相対湿度の影響. *バムサ会誌* 2009;20:77-80.

Abstract: インフルエンザウイルスの感染性に対する相対湿度(R.H.)の影響について検討した。ウイルスを感染させたイス肝臓細胞の培養液上清を凍結乾燥させてバイアル瓶に入れ、密閉チ

チャンバー内で温度, R.H.を様々に設定して曝露させた後, ウイルス感染価測定に供した。その結果, 18°CではR.H. 29%でウイルス感染価の減少が小さく, 3時間曝露では40%でも1/10にとどまり, R.H. 50%で1/10000となった。5時間後ではR.H. 40~70%で3時間に比較して更に1/10に低下した。26°Cの3時間曝露では, R.H. 32%で1/100, 40%で1/1000, 50%で1/10000に減少した。5時間後はR.H. 32%以上で更に1/10に低下した。31°Cの3時間曝露では, R.H. 25%で1/100, 30%で1/100000に低下し, 5時間後でもこの値は変わらなかった。赤血球凝集価を測定したところ, 18°C, 5時間でR.H.はほとんど影響を及ぼさなかったが, 26°CではR.H. 40%で1/16に低下し, 50%では凝集活性が消失した。31°CではR.H. 30%で1/2に低下し, 40%で消失した。

文献 2. 分部美香. 高齢者福祉施設における加湿器の有効利用への提言 インフルエンザ予防のために. *生活と環境* 2009;54:76-80.

Abstract : 高齢者福祉施設において, インフルエンザ予防のための加湿器の有効利用について検討した。高齢者福祉施設 43 施設に対し, 郵送によるアンケート調査を行った。39 施設から回答を得た。インフルエンザ予防に湿度管理が重要であることは, ほとんどの施設において認識していたが, 日頃から湿度の値を記録し, 湿度管理に役立っている施設は少なかった。また, 高齢者福祉施設においては加湿器が空調設備に組み込まれている施設はほとんどなく, 多くの施設で加湿については卓上型加湿器を利用していた。現場における湿度調査からは, 高齢者福祉施設において建築物衛生法の管理基準である相対湿度 40%~70%を満たしている時間帯は少ないことが分かった。多くの気化式加湿器で内部の加湿フィルターにスケールが付着し, 機能低下していた。

文献 3. Tellier R. Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies. *J R Soc Interface* 2009;22:00-00.

Abstract : Over the past few years, prompted by pandemic preparedness initiatives, the debate over the modes of transmission of influenza has been rekindled and several reviews have appeared.

Arguments supporting an important role for aerosol transmission that were reviewed included prolonged survival of the virus in aerosol suspensions, demonstration of the low infectious dose required for aerosol transmission in human volunteers, and clinical and epidemiological observations were disentanglements of large droplets and aerosol transmission was possible. Since these reviews were published, several new studies have been done and generated new data. These include direct demonstration of the presence of influenza viruses in aerosolized droplets from the tidal breathing of infected persons and in the air of an emergency department; the establishment of the guinea pig model for influenza transmission, where it was shown that aerosol transmission is important and probably modulated by temperature and humidity; the demonstration of some genetic determinants of airborne transmission of influenza viruses as assessed using the ferret model; and mathematical modelling studies that strongly support the aerosol route. These recent results and their implication for infection control of influenza are discussed in this review.

文献 4. Chan PK, Mok HY, Lee TC, Chu IM, Lam YW, Sung JJ. Seasonal Influenza Activity in Hong Kong and its Association With Meteorological Variations. *J Med Virol* 2009;81:1797-1806.

Abstract : Influenza seasons appear consistently in the temperate regions, but are more variable in tropical/subtropical regions. The determinant for such variation remains poorly understood. This study documented the activity of influenza over a 10-year period in Hong Kong; examining its association with changes in temperature and relative humidity. The two types of influenza exhibited different correlations with meteorological variations. Influenza A showed two seasonal peaks occurring respectively in winter/spring and summer months in most years. Influenza B showed a clear winter/spring peak, but its activity during summer months was more variable. Cold and humid conditions were associated with a higher activity of both influenza A and B. In contrast, hot and humid conditions were

associated with a higher activity of influenza A, but were associated with only a moderate, less consistent increase in the activity of influenza B. A trend of increase in the magnitude of summer peaks of influenza A, but not influenza B, was observed. A hypothetical 28°C rise in temperature would decrease the proportion of favorable days for influenza A in December. April from 78% to 57%, but an increase from 58% to 71% in May. November; with a similar effect (from 83% to 62%) for influenza B during December. April, but a modest change (from 17% to 18%) during May. November. The presence of two seasonal peaks of influenza annually emphasizes the need to evaluate the duration of protective immunity offered by vaccination. Further study on the effects of climate change and global warming on the activity of influenza is warranted.

文献 5. Weber TP, Stilianakis NI. A Note on the Inactivation of Influenza A Viruses By Solar Radiation, Relative Humidity and Temperature. (Letter to the Editor) *Photochem Photobiol* 2008;**64**:1601-2.

Abstract : We critically investigate the claim put forward by Sagripanti and Lytle ([2007] *Photochem. Photobiol.* 83, 1278-1282) that inactivation of influenza A virus by solar radiation can explain the seasonality of influenza epidemics. We correct an error in the Sagripanti and Lytle paper and show that changes in relative humidity and temperature affect influenza virus inactivation as strongly as variation in solar radiation. Furthermore, it appears unlikely that transmission in outdoor settings plays an important role during influenza outbreaks, because influenza A virus is sensitive to a wide range of environmental factors.

文献 6. Lowen AC, Mubareka S, Steel J, Palese P. Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature. *PLoS Pathog* 2007; **3**: e151.

Abstract : Using the guinea pig as a model host, we show that aerosol spread of influenza virus is dependent upon both ambient relative humidity and temperature. Twenty experiments performed at relative humidities from 20% to 80% and 5 °C,

20 °C, or 30 °C indicated that both cold and dry conditions favor transmission. The relationship between transmission via aerosols and relative humidity at 20 °C is similar to that previously reported for the stability of influenza viruses (except at high relative humidity, 80%), implying that the effects of humidity act largely at the level of the virus particle. For infected guinea pigs housed at 5 °C, the duration of peak shedding was approximately 40 h longer than that of animals housed at 20 °C; this increased shedding likely accounts for the enhanced transmission seen at 5 °C. To investigate the mechanism permitting prolonged viral growth, expression levels in the upper respiratory tract of several innate immune mediators were determined. Innate responses proved to be comparable between animals housed at 5 °C and 20 °C, suggesting that cold temperature (5 °C) does not impair the innate immune response in this system. Although the seasonal epidemiology of influenza is well characterized, the underlying reasons for predominant wintertime spread are not clear. We provide direct, experimental evidence to support the role of weather conditions in the dynamics of influenza and thereby address a long-standing question fundamental to the understanding of influenza epidemiology and evolution.

文献 7. Sagripanti JL, Lytle CD. Inactivation of influenza virus by solar radiation. *Photochem Photobiol* 2007;**83**:1278-82.

Abstract : Influenza virus is readily transmitted by aerosols and its inactivation in the environment could play a role in limiting the spread of influenza epidemics. Ultraviolet radiation in sunlight is the primary virucidal agent in the environment but the time that influenza virus remains infectious outside its infected host remains to be established. In this study, we calculated the expected inactivation of influenza A virus by solar ultraviolet radiation in several cities of the world during different times of the year. The inactivation rates reported here indicate that influenza A virions should remain infectious after release from the host for several days during the winter "flu season" in many temperate-zone cities,