

表」を応用した。

② 空調機内付着微生物量の測定

真菌については、冷房期と同様な方法で測定を行ったほか、加湿器エレメントの表面とドレン水中の真菌の測定を行った。

細菌については、夏季調査と同様にフィルタ表面やコイル表面、ドレンパン表面をふきふきチェックで適当な面積を拭き取り、滅菌水に溶解して検水を作製した。また、HEX ドレンパンからドレン水を採取し、同じ培地を用いて培養し、コロニーの発育を確認するとともに、ATP量測定を実施した。今回、新たにLAMP法(Loop-mediated Isothermal Amplification)と呼ばれる遺伝子検査法を用いてレジオネラ属菌調査を実施した。LAMP法は対象生物が持つ遺伝子の一部分を増幅し、検出する方法であり、死滅菌や増殖できない損傷菌にも反応する方法である。試験方法はLoopamp DNA増幅試薬キット(栄研化学)の方法に準じて実施し、Loopampリアルタイム濁度測定装置 RT-160C(モリテックス)にて分析を行った。

③ 空調機起動時の細菌と真菌の再飛散について

「かび臭い」との苦情を訴えられている10Fの室内機(中央)を対象に冷房期と同様な方法で測定を行った。

④ 交換された加湿エレメントの付着真菌

交換された加湿器エレメントの一部を5 cm×5 cmに切断したフィルタをストマッカー袋に入れ、滅菌水30 mlを加えよく混和した。混合液50 μLをスパイラルプレートで培地に塗抹した。使用培地と培養温度は前記の通りである。

⑤ 交換された加湿器エレメントからのVOCの測定

空調機の加湿器やからの臭気の問題については、ドレン水とエレメントで増殖したカビなどによるものと言われている。そこで、この建物で使用されていた加湿器エレメントからのVOCs発生量の測定を行った。

実際に使用していたエレメントを提供して頂き、これに純水を噴霧し湿らせ、恒温恒湿装置内に温度25℃、相対湿度98%で保管することで、当時の状況を再現した。そしてこの試験体をステンレス製の小形チャンバー(20 L)により、表4に示す条件で発生するVOCの測定を行った。Tenax捕集剤によるVOCの捕集には60分間で10 L、DNPHカートリッジによるカルボニル化合物の捕集では90分で15 Lを捕集し、GC/MS及びHPLCを用いて定性・定量を行った。

表4 小形チャンバーの測定条件の概要

チャンバー容積	20 L
温度条件	25℃
湿度条件	70~90%Rh
清浄空気流量	0.167 L/min
測定期間	14日間
捕集流量	Tenax:10 L DNPH:15 L
捕集時間	Tenax:60 min DNPH:90 min

3. 結果

3.1 文献調査結果

3.1.1 個別方式空気調和設備の特徴

1982年にセパレート型のマルチユニット空調機(通称ビルマル)が市場に登場し、以降、小規模施設や限定的用途で活用されてきた個別空調機器を中規模建物にも活用可能な空調システムに発展させてきた(図1)。

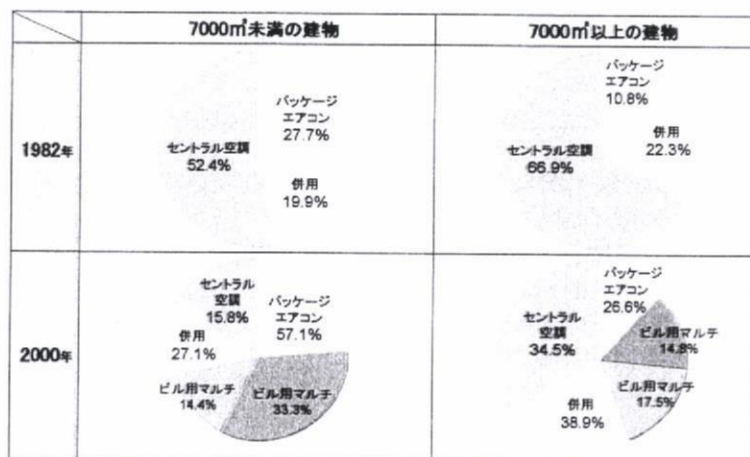


図1 日本における建築規模と空調方式の推移

ビルマルの登場以降、大型ビルへの拡大適用ニーズ、インバータ技術の導入、室内環境への対応、フロンガス問題、地球温暖化に伴う高効率化要求など、市場の様々なニーズに応えながら、高機能化、高効率化、大容量化など空調機器としての進化は驚くものがある。

適用ビルの大型化に伴って、建築物衛生法への対応が要求され、室内ユニット内へ加湿器並びに高性能フィルターを設置するもの、外気処理用に全熱交換器や別置きの外気処理用空調機を組み込むもの、無給水加湿採用による水配管レス調湿外気処理ユニット、などが開発されている。また、オゾン層の保護対策として、オゾン層破壊係数ゼロのHFC冷媒を採用したもの、省エネルギー性を向上させる為に、夜間電力を利用した氷蓄熱ビル用マルチエアコンや冷媒3管方式による熱回収・冷暖同時運転が可能なシステム、既設配管の再利用が可能な更新用個別制御システム、寒冷地向け高効率システムなど、多彩な空調ニーズ、建物用途に柔軟に対応するシステムが開発され中規模ビルから大規模ビルでも有力な空調システムへと発展している。

以上、個別方式空気調和設備の主な特徴をまとめると、

- ①24時間、必要な部屋のみ個別空調を容易に実現
- ②熱搬送動力不要。冷媒方式による省エネルギーシステム
- ③シンプルな機器構成で簡単設計・省スペース・省施工
- ④簡単な運転操作と豊富な集中コントロール機能で運転管理の省力化
- ⑤火災や漏水の危険が少なく、複数熱源による危険分散が可能 等が挙げられる。

表1に、個別方式空気調和設備(ビル用マルチシステム)とセントラル空調方式(セントラルチラーシステム)との代表的な比較事例を示す。

表 1 個別方式空気調和設備とセントラル空調方式の比較事例

比較項目		ビル用マルチシステム	空冷セントラルチラーシステム
運 転 性 能	個別運転対応	◎ 0.8～20HP単位の個別運転が可能	△ 冷温水ポンプの運転が必要
	間仕切変更への対応	◎ 配管がテナントにまたがる時には注意が必要	△ ダクトの変更が必要
	休日・残業の運転対応	◎ 0.8～20HP単位の個別運転が可能	△ 冷温水ポンプの運転が必要
	運転操作の簡素化	◎ 手元の運転リモコンで簡単操作	△ 操作盤から運転、別途ポンプの運転操作
	気流・温度分布	○ カセット形、露出形はスイングフラップ機能付	◎ ダクト形は吹出口の選定が任意
室温制御	◎ 個別のサーモでインバーターによる比例制御	○ 吸込温度により一括制御	
維 持 管 理	省エネルギー	◎ INV制御で個別運転時には特に有利	△ ポンプ、ファン等の搬送動力が必要
	省メンテナンス	○ 機器が分散しているため、手間が掛かる	○ 熱源と搬送機器のメンテ程度
	集中管理対応	◎ コントロール機器のオプションが非常に豊富	○ DDCにより対応可能
	空調料金管理	◎ 専用機器でテナント毎の空調料金を自動計算	△ 熱源側の料金按分が難しい
信 頼 性	水漏れの危険性回避	◎ 空冷直膨方式のため水は使用しない	○ 冷温水配管は機械室まで
	可燃物の危険性回避	◎ 電気式のため問題は無い	◎ 電気式のため問題は無い
	故障時の危険分散	◎ 他系統に故障の影響を及ぼさない	△ 熱源側故障時の影響は大
工 事 性	ダクトの要否	◎ ダクトはほとんど不要	△ ダクトは必要
	水配管の要否	◎ 水配管不要	○ 機械室までの水配管が必要
	冷媒配管の要否	△ 室外機～室内機間に個別の冷媒配管が必要	◎ 冷媒配管不要
	機械室の要否	◎ 室内機のほとんどが天井設置	△ エアハンの設置スペースが必要
	搬入経路の確保	◎ コンパクトなユニットで搬入が容易	◎ 屋外設置のため特に必要ない
部分改修工事	◎ 室外機の冷媒系統毎に可能	△ 熱源を停止する必要がある	
環 境 性	フロン問題	◎ 新代替冷媒HFCを使用	◎ 新代替冷媒HFCを使用
	温暖化問題(CO2)	◎ 燃焼ガスは発生しない	◎ 燃焼ガスは発生しない
	大気汚染問題	◎ 燃焼ガスは発生しない	◎ 燃焼ガスは発生しない

3. 1. 2 個別方式空気調和設備の現状

業務用建物に用いられる“個別方式空気調和設備”の普及状況を把握するため、社団法人日本冷凍空調工業会が公表している統計データをもとに、業務用エアコンの出荷台数について機能・冷房能力・形態別に整理した。

(1) 業務用エアコンにおける機能別出荷状況

業務用建物に用いられる業務用エアコンの出荷台数は、1991年まで急速に拡大して108万台に達し、それ以降減少したものの、近年、年間75万台前後で推移している。また、機能別にみると、冷房専用機の利用は年々減少し、2005年には空冷・ヒートポンプ式の冷暖房兼用形が全体の93%を占めるに至り、業務用エアコンで冷暖房を行っているものと思われる¹⁾。

業務用エアコンにおける機能別出荷台数の推移を図2に示す。

2005年度の出荷状況について製品分野別に詳細にみると、全出荷台数80.8万台に対して、店舗用エアコンは65.3万台(80.8%)、設備用エアコンは5.8万台(7.2%)、ビル用マルチエアコンは9.7万台(12.0%)となっている²⁾。

このビル用マルチエアコンは、1982年に開発されて以来徐々に普及を始め、2000年の6.7万台から2005年には約10万台に達し目立った伸びをみせている。

業務用エアコンにおける製品分野別出荷台数の推移を図3に示す。

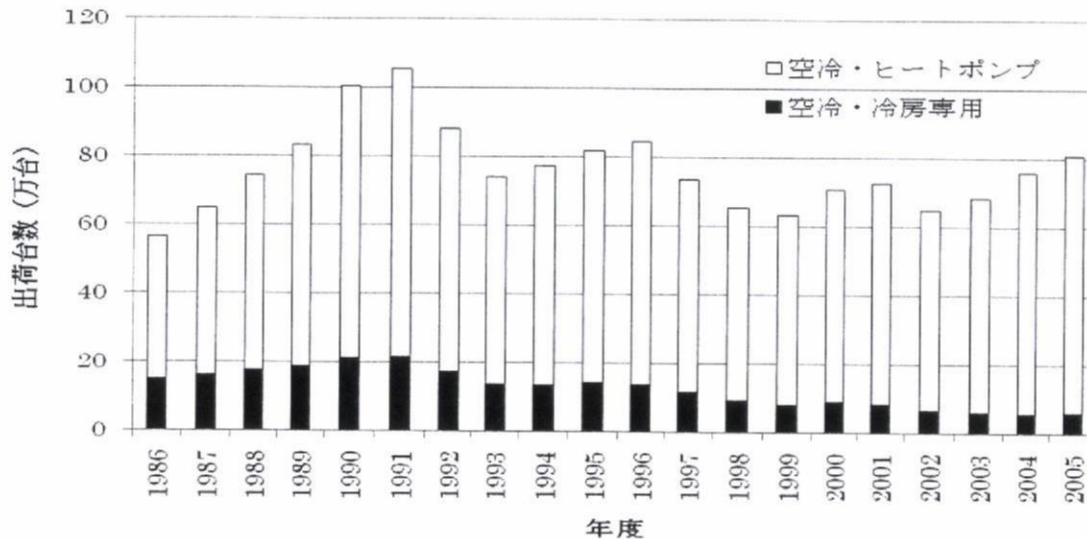


図2 業務用エアコンにおける機能別出荷台数の推移¹⁾

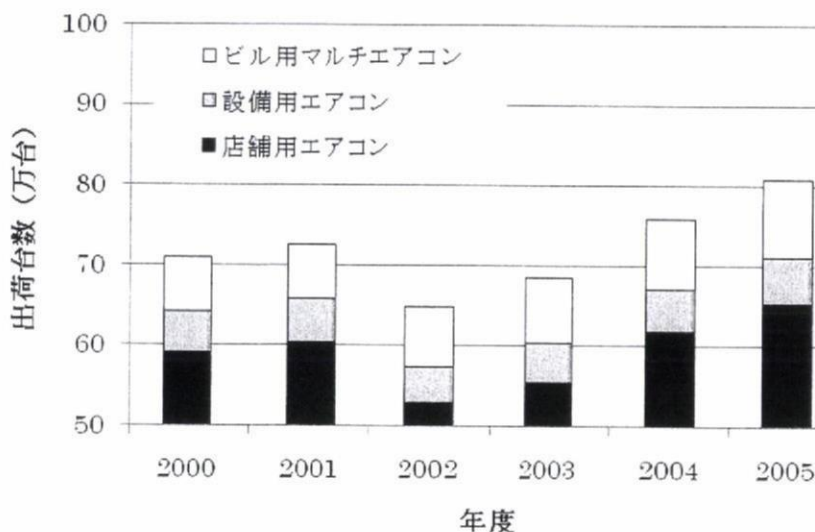


図3 業務用エアコンにおける製品分野別出荷台数の推移²⁾

(2) 業務用エアコンにおける冷房能力別の出荷状況

中規模以上の建物では、熱源機により冷温水をつくって循環させ、この冷温水を利用する空調機でゾーン毎に空調する「セントラル空調方式」の採用が一般的である。その一方で、1台の室外ユニットに個別制御可能な室内ユニットを2台以上接続する、いわゆる「マルチ式エアコン」が採用されるようになり、小型の室内ユニットを多数分散配置し、換気、除塵、加湿などの機能を担う機器を配置する方式が用いられるようになってきている³⁾。

業務用建物の多様性に応じて、室外ユニットの冷房能力は、図4に示すように広範囲に亘っており、28kWまでで全体の94%を占めている⁴⁾。

2004 冷凍年度(2003年10月～2004年9月)における業務用エアコンの冷房能力別の出荷台数を図4に示す。

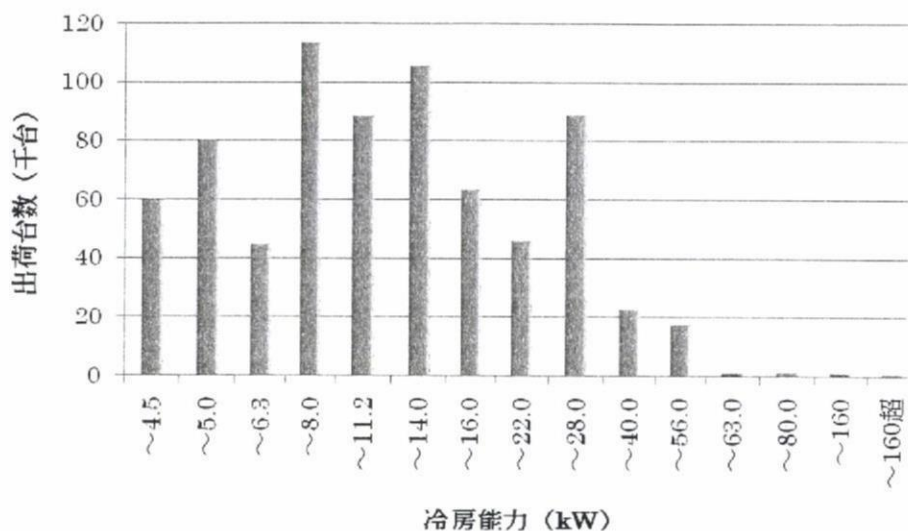


図4 業務用エアコンにおける冷房能力別の出荷台数⁴⁾

(3) 業務用エアコンにおける室内ユニットの形態別の出荷状況

業務用建物内に設置される業務用エアコンの室内ユニットは、カセット形が約64%を占めている⁴⁾。このカセット形の内訳は、四方向吹出式が50%、二方向吹出式が10%、一方向吹出式が4%の割合となっている³⁾。

2004冷凍年度(2003年10月～2004年9月)における業務用エアコン出荷台数の形態別構成比を図5に示す。

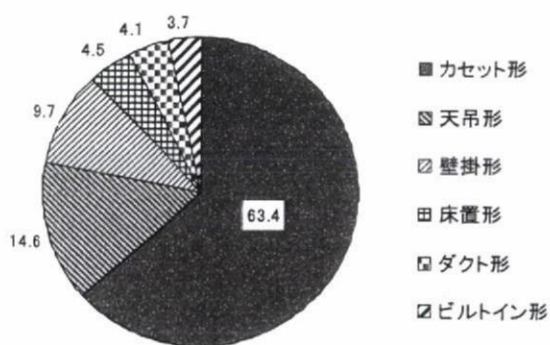


図5 業務用エアコンにおける室内ユニット出荷台数の形態別構成比⁴⁾

参考資料

- 1) 日本冷凍空調工業会ホームページ「工業会調査による冷凍空調機器による統計データ」
http://www.jraia.or.jp/frameset_statistic.html
- 2) 経済産業省：エアコンディショナーの現状について。総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 エアコンディショナー判断基準小委員会(第1回) 配布資料
平成19年6月11日
- 3) 松本秀男：個別分散型空調機器の現状。空気調和・衛生工学，第82巻 第1号，p.3-7，2008.
- 4) 経済産業省：エアコンディショナーの現状。総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 エアコンディショナー判断基準小委員会 中間取りまとめ
平成18年1月31日

3.2 アンケート調査結果

(1) 立入検査等の状況

建築物衛生法第 11 条第 1 項に基づいて、都道府県知事（市区長）は必要な場合は特定建築物の所有者等に必要な報告をさせ、または立入検査を行うことができる。この報告および立入検査の状況について集計したところ、特定建築物所有者等に対して、維持管理状況についての報告を求めると共に特定建築物への立入検査を全ての自治体で行っていた。

(2) 立入検査の内容

立入検査の内容について集計したところ、建築物衛生法第 10 条に基づく帳簿書類の検査及び設備の現場検査を全ての自治体で行っていた。さらに東京都、大阪府、福岡市では空気環境の測定も実施していた。

(3) 個別空調設備に関する対応

個別空調設備に関するこれまでの対応について集計したところ、東京都、名古屋市、福岡市では平成 15 年の政省令改正前から検査又は測定を実施していたが、札幌市、名古屋市、大阪府は改正後からの実施であった。

(4) 個別空調設備における点検項目

個別空調設備について、現場で点検する項目について集計したところ、「吹出口・換気口の状況」については実施率 100%であったが、必要加湿量あるいは必要外気量の確保状況の確認は低い実施率であった。「その他」の内容は「冷却塔の状況」、「レジオネラ属菌検査の実施状況」、「異音」、「点検整備状況の書面または聞き取り」があった。

(5) 指摘が多い事項

個別空調設備に対する維持管理状況の現場立入検査の際に、指摘することが多い事項について集計した。「加湿量、外気量の不足」あるいは「点検困難」を指摘することが多いことが分かった。「その他」には「指摘事項なし」と「排水受け、加湿装置の毎月点検未実施」があった。

(6) 指導する内容

建築物衛生法の管理基準を満たすように指導する上での問題点について集計した。「排水受け、加湿装置の点検が空調機の構造上困難な場合が多い」が 83%、「必要外気量の確保が構造上困難な場合が多い」が 33%、「必要加湿量の確保が機器の能力上困難な場合が多い」が 67%であった。

(7) 建築確認申請時審査の指導内容

建築主事は、特定建築物の確認申請及び計画通知を受けた場合、当該建築物の所在地を管轄する保健所長に通知し（建築基準法第 93 条第 5 項）、保健所長はこれに対して必要がある場合、特定行政庁又は建築主事に対して意見が述べられる。（同第 6 項）この建築確認申請時審査における指導内容を集計した結果を図 1 に示す。なお、建築確認申請時審査

は全ての自治体で行われていた。

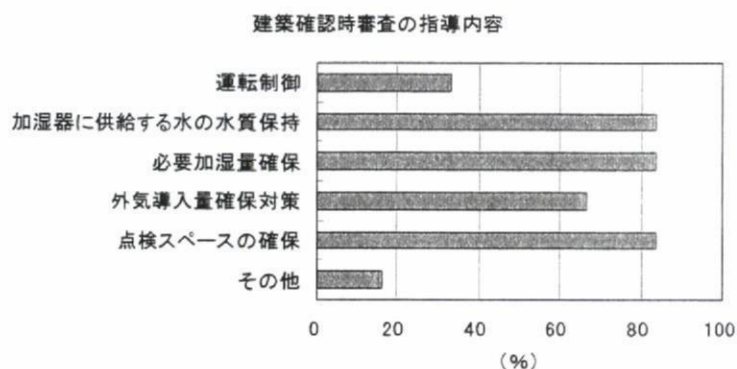


図 1 建築確認時審査の指導内容

3.3 実態調査結果

3.3.1 建築物衛生法管理基準 6 項目

C の午後の相対湿度は 30%弱で基準を下回った他に A の CO₂ が 1,000ppm を超過するなどの管理基準超過が確認された。これら以外の項目はいずれのビルでも良好であった。

B はニオイの苦情などが出ていたが、ビル管 6 項目では問題点が見えなかった。

3.3.2 B ビルにおける 1 年目の結果の概要と経過

詳細は総括報告書に記載しているが結果と経過を要約すると以下になる。

- ・ 2F の居住者から「かび臭い」との苦情を訴えられていた。
- ・ 2F の室内浮遊細菌と真菌濃度は高くなかったが、同様な苦情が訴えられていた 10F の室内の浮遊真菌濃度が高かったのみならず、給気中と同様な *Rhodotorula* spp. が多く分離された。
- ・ 2F と 10F がともに空調機（室内ユニット）内から多くの微生物が検出されたが、10F では *Rhodotorula* spp. が多く生息し、室内の汚染源となっていることが分かった。
- ・ 2007 年の調査結果を受けて、現場の管理担当者が 2008 年の 5 月に全ての加湿器（気化式）のエレメントを外した。それによって「かび臭い」との苦情がなくなった。
- ・ 2008 年 11 月末に暖房を開始するため、全ての居室に新しい加湿器のエレメントを導入した。
- ・ 2009 年 1 月末に、10F の居住者から「かび臭い」との苦情を訴えられはじめた。加湿器の水を止めると苦情がなくなり、再び加湿水を入れると「かび臭い」と訴えられた。

3.3.3 B ビルにおける 2 年目の調査結果

(1) 2008 年冷房期の調査

① 室内機からの細菌と真菌の再飛散について

図 1 に空調機運転前（図中の OFF）と運転直後 3 回連続（図中の ON1～ON3）の給気中の浮遊細菌と真菌の測定結果を示す。

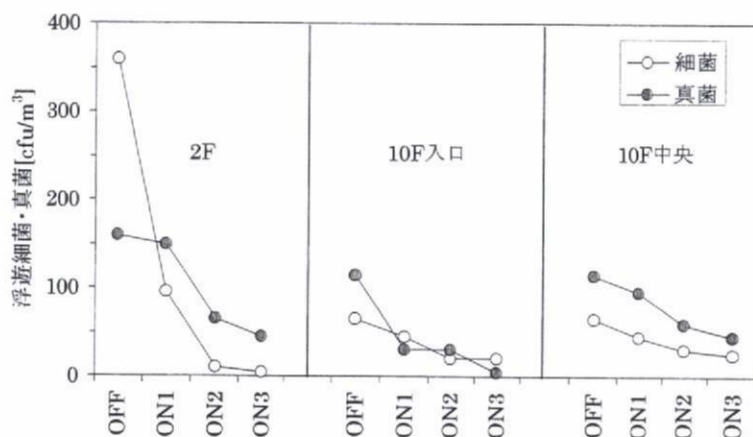


図1 空調運転直後の給気中の浮遊細菌と真菌

浮遊細菌については、空調運転後明確な減衰が見られた。一方、浮遊真菌については、10Fの入口の空調機ONの直後の給気濃度が室内濃度より顕著に低くなっており、その後低い濃度のままで推移していた。これは空調機室内機のフィルタによる浮遊真菌孢子のろ過効果であると考えられる。しかし一方、2Fと10Fの中央においては、空調運転直後の1回目の測定結果では、給気中の濃度の明確な減衰が見られなかった。さらに、真菌の種類について見ると、前者はペニシリウムが増加(8→12cfu/100L)、後者はフザリウムが増加(0→12cfu/100L)によるものであることが明らかになった。

② 空調機フィルタの付着微生物

室内機のフィルタに付着している細菌と真菌の測定結果と前年度の暖房期で行った測定結果を併せて図2に示す。前年度暖房期の同様な測定結果に比べ、2Fの付着細菌数と真菌数は同程度であったが、10Fの入口と中央の付着真菌数が顕著に増えたことが分かった。

また、2Fと10Fの外調機のコイルのドレン水1mLに含まれている細菌がそれぞれ 1.5×10^4 cfuと 2.5×10^4 cfuであった。一方、真菌が検出されなかった。

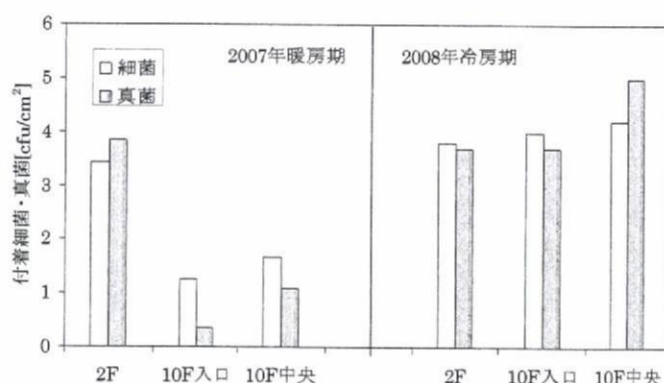


図2 付着微生物の測定結果

③ 細菌の生息状況等調査

それぞれの培地の発育結果を表1に示す。フィルタ表面やドレンパン表面を拭き取った検水からのものはMSEYにコロニーの発育が確認された。

表1 各培地の発育結果

	拭き取り箇所	培地名		
		MSEY	NAC	
2F	PAC No.4系統 フィルタ表面	○	×	
	HEX No.4系統 コイル表面	×	×	
	PAC No.3系統 フィルタ表面	○	×	
中央	PAC No.3系統 フィルタ表面	○	×	
10F	入口	PAC No.3系統 フィルタ表面	○	×
	入口	HEX No.3系統 ドレンパン表面	○	×
	入口側天井	HEX No.3系統 ドレン水	×	×

しかし、NACには発育しなかった。MSEYに発育したコロニーを純培養してからグラム染色し、検鏡した結果、グラム陽性球菌とグラム陽性桿菌が観察された。これらからグラム陽性球菌に注目し、コロニーについてマンニット分解能や卵黄反応能等を確認するとともに、OF試験を行った結果を表2に示す。マンニット分解能とは、本来MSEYは赤色の培地であるが、発育したコロニーによりマンニット分解が行われ、pHが酸性側に傾き、フェノールレッドが黄色を示す特徴がある。卵黄反応とは、添加した卵黄により、ある特定の細菌ではコロニーの周囲が乳白色に混濁する特徴をいう。OF試験とは、添加したブドウ糖の分解形式（酸化または発酵）の違いを培養後の培地の色から判定することができる。

表2 空調機から採取された細菌のOF試験結果およびマンニット分解能・卵黄反応結果

	細菌No	OF試験	卵黄反応	マンニット			
				分解能			
2F	PAC No.4系統 フィルタ表面	1	グラム陰性桿菌のため未実施				
	PAC No.3系統 フィルタ表面	2	発酵	陰性	陽性		
		3	発酵	陰性	陰性		
中央	PAC No.3系統 フィルタ表面	4-1	酸化	陽性	陽性		
		4-2	発酵	陰性	陽性		
		4-3	発酵	陰性	陰性		
		5-1	発酵	陰性	陰性		
		5-2	発酵	陰性	陽性		
		6	発酵	陰性	陰性		
		入口	PAC No.3系統 フィルタ表面	7-1	発酵	陰性	陰性
				7-2	発酵	陰性	陰性
		入口	HEX No.3系統 ドレンパン表面	8	発酵	陰性	陽性

グラム染色の結果、2F 事務所入口側天井 PACNo.4 系統フィルタ表面はすべてグラム陰性桿菌であった。それ以外の拭き取り箇所ではグラム陽性球菌も検出された。グラム陽性球菌を11菌株選択して観察した結果、マンニット分解能陽性は5株、卵黄反応陽性は1株であった。OF試験を行った結果、酸化菌は1株、発酵菌は10株であった。

次にApi Staphを用いて菌種の同定を行った。なお、2つ以上の菌名が得られた場合は、コアグラージェテストやオキシダーゼテスト、コロニーの大きさ等も併せて評価した。その結果を表3に示す。10F 事務所中央天井 PAC フィルタ表面を拭き取ったものが

Staphylococcus aureus と同定された。*S. aureus* は黄色ブドウ球菌と呼ばれ、食中毒の原因菌として知られている。それ以外には、表皮ブドウ球菌に分類される *S. epidermidis* や *S. capitis*, *S. haemolyticus*, *S. sciuri*, 腐生ブドウ球菌に分類される *S. xylosus* が同定された。かつては黄色種が主役を占めていたブドウ球菌感染症も、近年いわゆる日和見感染の増加とともに、表皮ブドウ球菌や腐生ブドウ球菌らコアグラールゼ陰性ブドウ球菌による感染症が増加している。

表 3 グラム陽性球菌同定キットより判明した菌種

細菌No.	菌種の同定結果	細菌No.	菌種の同定結果
2	<i>S. capitis</i>	5-1	<i>S. epidermidis</i>
3	<i>S. xylosus</i>	5-2	<i>S. haemolyticus</i>
4-1	<i>S. aureus</i>	6	<i>S. epidermidis</i>
4-2	<i>S. haemolyticus</i>	7-1	<i>S. epidermidis</i>
4-3	<i>S. epidermidis</i>	7-2	<i>S. sciuri</i>
		8	<i>S. capitis</i>

④ ATP 量測定結果

検水中の ATP 量を測定した結果を表 4 に示す。コイル表面やドレンパン表面は低値であったが、フィルタ表面や溜まっていたドレン水は非常に高値であった。同フロアにあっても、系統や設置場所の違いにより数値もさまざまな結果であった。培地上のコロニー数と ATP 量の関係を検討したところ、有意な差が見られなかった。

⑤まとめ

- ・ 今回の調査結果より、空調設備にはブドウ球菌 (*Staphylococcus* 属) の付着が多く見られた。
- ・ 本結果は平成 12 年度厚生科学研究費補助金 (生活安全総合研究事業)「室内空気中の微生物汚染に関する調査研究」で実施した中央式空調設備のダクト内の細菌調査と非常に似た結果であった。
- ・ ATP 量を測定した結果、フィルタ表面は非常に高値であり、在室者への日和見感染等を防止する上でもフィルタ清掃は重要であると考ええる。

表 4 空調機内を拭き取り採取した検体の ATP 量

		拭き取り箇所	ATP (RLU)	
2F	PAC No.4系統	フィルタ表面	1,614	
	HEX No.4系統	コイル表面	17	
	PAC No.3系統	フィルタ表面	3,196	
中央	PAC No.3系統	フィルタ表面	481	
10F	入口	PAC No.3系統	フィルタ表面	4,227
	入口	HEX No.3系統	ドレンパン表面	18
	入口	HEX No.3系統	ドレン水	2,914

(2) 2009年暖房期の測定結果

① 就業時の室内空気環境とアンケート結果

図3に2Fと10Fの室内温度、相対湿度、CO₂濃度の測定結果を示す。階によって温度異なるものの、22～26℃の範囲にあった。相対湿度については40%未満で推移していた。

この結果はこれまで報告された他のオフィスビルの測定結果と同様で、冬期の加湿不足の問題が窺えた。CO₂濃度については、終日1000ppm以下であった。また、CO、室内気流についても良好であった。即ち、建築物衛生法の環境衛生管理項目からみれば、対象ビルの2Fと10Fは何れも良好であった。また、浮遊細菌と真菌の測定結果は何れも100cfu/m³以下であり、昨年度の調査に比べ高くなかった。

一方、アンケート調査の結果、2F（昨年度苦情の出ていたフロア）と4Fからは、「著しい臭気」との苦情がなかったのに対して、10Fの居住者14名のうち10名が、「著しい臭気」を感じると答えている。また、臭気を感じるタイミングについては、「週明けの月曜日の朝」、「空調作動時」との答えがあった。

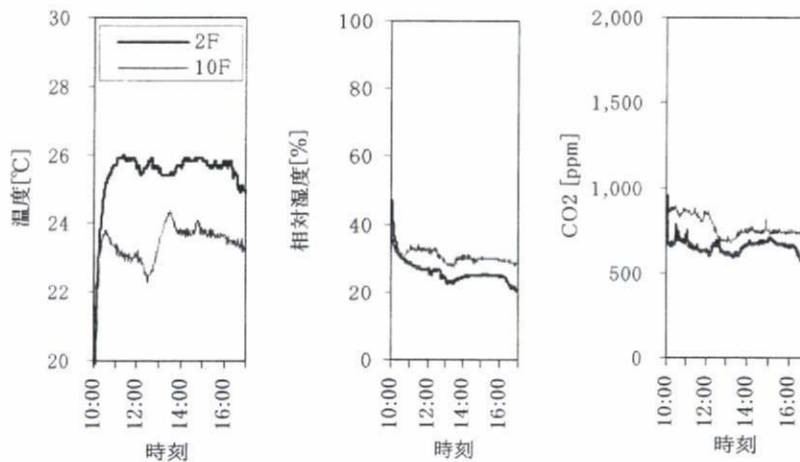


図3 室内空気質の測定結果

② 空調機内付着

表5に空調機内の付着微生物と加湿器ドレン水中の微生物の測定結果を示す。「かび臭い」との苦情を訴えられている10Fの空調機内の微生物量が他の階と同等かそれ以下であった。

表5 空調機内の付着微生物と加湿器ドレン水中の微生物

		付着 (cfu/cm ²)		ドレン (cfu/mL)
		フィルタ	ドレンパン	加湿器
細菌	2F	1.6	*	180000
	4F	*	*	71200
	10F入口	1	*	74800
	10F中央	0	*	244000
真菌	2F	0.1	2.5	3100
	4F	*	-	860
	10F入口	0.3	12.2	190
	10F中央	0	0.7	990

* 多過ぎるため、数えられなかった。

一方、細菌の生息状況等調査における各種の培地の発育結果を表6に示す。MSEYでは夏季調査に比べて発育が少なく1箇所が発育が確認された。そのため、検水を遠心濃縮し、再度MSEYに塗布したところ、5箇所から発育が確認された。NACは夏季調査と同様に発育しなかった。

ATP量については、ドレン水では非常に高値であったが、拭き取った他の部位は夏季調査結果と比べて低かった。レジオネラ属菌については1箇所（2F事務所入口側天井HEXドレン水）で陽性結果であった。

表6 各種試験の結果

拭き取り箇所	ATP (RLU)	培地名*		レジオネラ LAMP法
		MSEY	NAC	
事務所入口側天井 PACフィルタ表面	78	○	×	(-)
2F 事務所入口側天井 HEXドレン水	38,460	◎	×	(+)
事務所入口側天井 HEXエレメント	30	×	×	(-)
事務所中央天井 PACフィルタ表面	16	○	×	(-)
事務所中央天井 HEXドレン水	16,340	×	×	(-)
10F 事務所中央天井 HEXエレメント	12	×	×	(-)
事務所入口側天井 HEXドレン水	21,350	×	×	(-)
事務所入口側天井 HEXエレメント	32	×	×	(-)
事務所入口側天井 HEXドレン水	9,550	○	×	(-)
4F 事務所入口側天井 HEXエレメント	25	○	×	(-)
事務所中央天井 PACフィルタ表面	81	○	×	(-)

※◎は検水を塗布して発育したもの、○は遠心濃縮した検水を塗布して発育したもの

MSEYに発育したコロニーをグラム染色した結果、グラム陽性球菌とグラム陰性桿菌が観察された。これらからグラム陽性球菌に注目し、コロニーについてマンニット分解能や卵黄反応能等を確認するとともに、OF試験を行った結果を表7に示す。

表7 空調機から採取された細菌のOF試験結果およびマンニット分解能、卵黄反応結果

	細菌No.	OF試験	卵黄反応	マンニット 分解能		
2F	事務所入口側天井 PACフィルタ表面	1-1	酸化	陰性	陰性	
		1-2	酸化	陰性	陰性	
	事務所入口側天井 HEXドレン水	2	グラム陰性桿菌のため未実施			
10F	事務所中央天井 PACフィルタ表面	6-1	発酵	陰性	陽性	
		6-2	発酵	陽性	陽性	
4F	事務所入口側天井	HEXドレン水	9	発酵	陰性	陰性
		HEXエレメント	10	発酵	陰性	陽性
	事務所入口側天井	フィルタ表面	11-1	発酵	陰性	陰性
			11-2	発酵	陰性	陰性

次に Api Staph を用いて菌種の同定を行った。なお、2つ以上の菌名が得られた場合は、コアグラゼテストやオキシダーゼテスト、コロニーの大きさ等も併せて評価した。

その結果を表 8 に示す。10F 事務所中央天井 PAC フィルタ表面は夏季調査結果と同様に *Staphylococcus aureus* と同定された。それ以外には、*Staphylococcus epidermidis* や *Staphylococcus capitis*、*Staphylococcus capraeuri* などのブドウ球菌の他、*Micrococcus* 属や *Kocria* 属の菌であった。

表 8 グラム陽性球菌同定キットより判明した菌種

細菌No.	菌種の同定結果	細菌No.	菌種の同定結果
1-1	<i>Staphylococcus caprae</i>	9	<i>Staphylococcus</i> 属
1-2	<i>Staphylococcus aureus</i>	10	<i>Staphylococcus capitis</i>
6-1	<i>Kocria</i> 属	11-1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
6-2	<i>Micrococcus</i> 属	11-2	<i>Staphylococcus</i> 属

③ 空調機起動時の細菌と真菌の飛散

図 4 に 10F における空調起動時の浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度の変化を示す。空調機内から浮遊真菌が放出されることが明らかになった。なお、浮遊真菌の殆ど全てが *Mycelia* であった。

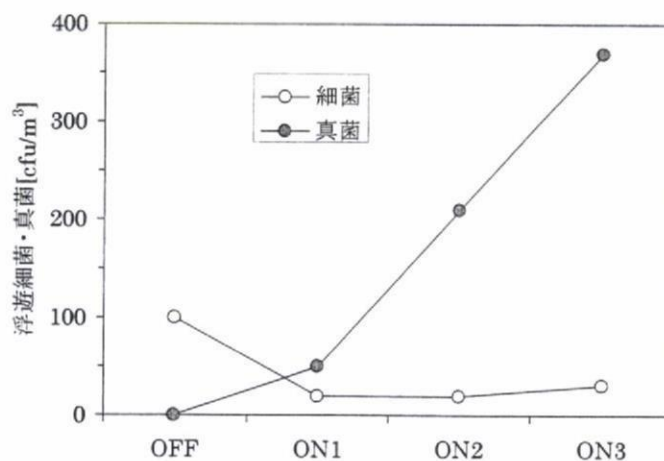


図 4 空調起動時の微生物濃度の変化

④ 交換された加湿エレメントの付着真菌

エレメントの保存状態などの影響で、昨年度の調査で検出された *Rhodotorula* spp. が分離されなかったが、少数の *Penicillium* spp. を除けば、殆どすべて検出されたのが *Cladosporium* spp. であった (2.6×10^5 cfu/25cm²)。

⑤ 交換された加湿器エレメントからの VOC

昨年度の調査によれば、対象とした加湿器エレメント表面から *Rhodotorula* spp. が検

出されている。なお、本年度提供して頂いた加湿エレメントの表面から、PDA 培地により付着菌を培養したところ、*Cladosporium* spp.が多く検出され、*Rhodotorula* spp.を検出することはできなかった。建物空調機の加湿器から取り出してから時間が経過していること、加湿器内での条件と実験室における条件が異なることによるものと考えられるが、フィルタエレメントには両者のカビが繁殖していたものと考えられる。

表 9 に加湿器エレメントからの VOCs 発生量について示す。トルエンなど芳香族炭化水素の他に、シール材などで使用されている低分子シロキサン類が検出された。主にフィルタを構成する材料によるものと考えられる。

表 9 加湿器エレメントから発生した VOCs

Compounds	Emission rate [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]
Disulfide, dimethyl	0.17
Toluene	0.19
Cyclotrisiloxanes	0.22
Ethylbenzene	0.03
Xylene	0.05
Cyclotrisiloxanes	0.05
Cyclotetrasiloxanes	0.07
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	0.03
Benzene, 1,4-dichloro-	0.02
1-Hexanol, 2-ethyl-	0.03
Cyclopentasiloxanes	0.03
Cyclohexasiloxanes	0.03
Hexasiloxanes	0.11

② 加湿器から検出された真菌の MVOC の発生量

加湿器のエレメントから検出された *Rhodotorula* spp., *Cladosporium* spp.及び加湿器のドレン水より検出された *Penicillium* spp., *Mycelia* について MVOC 発生量の測定を行った。既往の研究と同様に PDA 培地のシャーレ 6 枚分に生育させ、上記と同様にチャンパー内に設置し、一定期間後の MVOC 発生量の測定を行った。チャンパー内は、湿度を 70~90%に保ち、温度を 25℃に設定した。表 10 に各真菌からの MVOC 発生量及び加湿器からの MVOC に関係する VOCs 発生量について示す。なお、*Rhodotorula* spp.及び加湿器のドレン水より検出された *Penicillium* spp., *Mycelia* について培地培養後 1 週間、*Cladosporium* spp.については、培地培養後 3 日後の値である。

今回対象とした試料全てから Acetaldehyde 及び Acetone が検出され、その他の物質として *Rhodotorula* spp.からは、3-methyl-1-butanol が発生していた。*Cladosporium* spp.については、dimethyl disulfide (二硫化ジメチル)、3-methyl-3-Buten-1-ol などが、*Penicillium* spp.については、2-methyl-1-Propanol, 1-methoxy-3-Methyl-butane, 2-methyl-1-Butanol が大量に検出された。また、不明のカビ種については、Ethyl alcohol, 1-methoxy-2-Propanol が検出された。一方、加湿器エレメントからも、構成材料によるものと考えられるが、Acetone が多量に発生し、その他にも dimethyl disulfide の発生が確認された。しかし、*Rhodotorula* spp.及び *Cladosporium* spp.で確実に発生が確認できた 2-methyl 1-propanol, 3-methyl-3-buten-1-ol などの発生は、加湿器エレメントから確認することができなかった。

表 11 に測定対象建物において検出された MVOC と関連のある物質である 1-methoxy-2-Propanol 及び 2,6-dimethyl-7-Octen-2-ol の濃度を示す。1-methoxy-2-Propanol については、地下 1 階及び 4 階において検出され、*Mycelia* から比較的多く検出されており、これからの発生による影響が示唆される。加湿器も含めた空調機からの臭気の問題は、空調機作動後すぐに発生することが多く、時間が経つに連れて発生量の減少と換気の効果により、臭気物質自体の濃度が低下するものと考えられる。今回の調査においても、空調作動後十分時間が経った時点で測定を行っており、多くの MVOC を検出することはできなかった。測定の感度を上げるとともに、測定時期を例えば空調作動後すぐの空気の捕集とすることにより、確実に空調機由来の発生物質を検出し、臭気物質の特定を行うことが必要である。更に、加湿器から発生する成分についても、加湿器に使用されていた状態で速やかに発生試験を行うこと、加湿器に使用されている条件を正確に再現するような養生条件を組み上げることで、付着菌、カビ単体の MVOC、加湿器からの発生物質を比較検討することにより、加湿器由来の臭気、MVOC と室内空気環境への影響について証明することが可能になるものと考えられる。

表 10 各真菌から発生した MVOC と加湿器からの VOCs 発生量 ($\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$)

	<i>Rhodotorula</i> (1 week)	<i>Cladosporium</i> (3 days)	<i>Penicillium from</i> drain water (1 week)	anonymous (1 week)	Humidifier
Acetaldehyde	0.22	0.03	0.51	0.46	0.02
Acetone	0.84	0.26	1.03	0.31	1.00
Ethyl alcohol	n.d.	n.d.	n.d.	0.59	n.d.
2-Propanol, 1-methoxy-	n.d.	n.d.	n.d.	0.34	n.d.
Disulfide, dimethyl	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	0.17
1-Propanol, 2-methyl-	0.03	n.d.	1.64	n.d.	n.d.
Butane, 1-methoxy-3-methyl-	n.d.	n.d.	1.42	n.d.	n.d.
1-Butanol, 2-methyl-	n.d.	n.d.	0.59	n.d.	n.d.
3-Buten-1-ol, 3-methyl-	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	n.d.
1-Butanol, 3-methyl-	1.93	0.04	n.d.	n.d.	n.d.

表 11 対象ビルの MVOC 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	OA	B1F	2F	4F	10F
2-Propanol, 1-methoxy-	n.d.	3.2	n.d.	2.4	n.d.
7-Octen-2-ol, 2,6-dimethyl-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.3

4. まとめと考察

(1) 在来、規模の大きい建築物には中央空調設備、規模の小さい建築物には個別空調設備が用いられていたが、1982 年のセパレート型のマルチユニット空調機（通称ビルマル）の登場により、中規模の建築物にも個別空調設備が単独または併用される例が多く見られる。

(2) 個別空調設備を有する建築物における室内環境の調査の結果、建築物衛生法 6 項目（ホルムアルデヒドを除く）のうち、CO₂ 濃度の超過と低湿度（40%未満）が見られたが、他の項目は良好であった。

(3) 札幌市、東京都、横浜市、名古屋市、大阪府、福岡市を対象に行ったアンケート調査の

結果，“現場で指摘の多い事項”は加湿量不足，外気量不足，点検困難であった。また“建築確認時審査の指導内容”も加湿関連，取り入れ外器量，点検スペースであった。このアンケート調査の結果は1年目の実測調査結果と一致し，何れも加湿と外気量の不足，及び維持管理の難しさであった。

(4)B ビルの詳細調査結果より得られた知見について

・2Fと10Fの中央にある室内機からのかび孢子の再飛散が確認された。菌種についてみると，2Fはペニシリウム，10Fはフザリウムが顕著に多かったことから，室内機内で増殖したそれぞれの真菌の孢子が空調機運転開始時の気流によって室内に飛散したものであると考えられる。ただし，その後の濃度が定常になるため，定常時の測定は空調機内の微生物汚染問題を正確に把握できない可能性がある。

・「かび臭い」との苦情を訴えた10Fの吹出し口から *Mycelia* のみが出ていること，加湿器水を止めると苦情がなくなり，再び加湿水を入れると「かび臭い」を訴えること，アンケートの調査の結果などを総合して勘案すれば，加湿器で増殖した微生物が居住者の「かび臭い」の原因になっていることが推察される。

・室内機の室内に面しているフィルタ表面の付着真菌が多くなると，MVOCの発生量が多くなり，かび臭い一因になることがあると思われる。

・細菌の同定の結果，ブドウ球菌 (*Staphylococcus* sp.) の付着が多く見られ，既往の中央式空調設備のダクト内の細菌調査の結果と同様であった。

・かび濃度の季節の消長を反映して，フィルタに付着している細菌と真菌数が冬期より夏期の方が多く，季節間の差が見られた。

(5)以上のことを総括すると，個別空調方式は中央式と同様に定期的な定期的な清掃を含めた維持管理が必要であるが点検スペースや設置方法に問題があることから今後，個別方式を有する居住環境とその維持管理の改善に関して，研究者・設計者・製造者・維持管理者が一体となって取り組むことが望ましい。

資料 10. 建築物の雑用水・給湯設備、個別空調設備における

維持管理に関する調査研究の総括

「建築物の雑用水・給湯設備、個別空調設備における維持管理に関する調査研究」としては、「1. 研究の目的」に記載されている、以下の今年度の目標達成に向け、雑用水・給湯設備を扱うWG、個別空調設備を扱うWGの2WGを設置し、調査研究を実施した。

“平成 19 年度研究では、地方自治体における立入検査の方法や指導・助言等に格差がみられ、特に雑用水利用設備では維持管理状況から更なる指導の徹底が必要と考えられた。

そこで今年度は、雑用水設備については、設計・施工・維持管理上の留意点等を整理する。また、給湯設備においては、最近増加傾向にある局所式給湯設備は管理が義務付けられておらず、水質実態や維持管理状況等が未解明であることから、実態調査および問題点の提言を行い、中央式給湯設備と併せて設計・施工・維持管理上の留意点等を整理する。さらに、今後、これら取りまとめた知見をもとにマニュアル策定のための提言を行う。

個別空調設備については、夏季における維持管理実態を調査し、昨年度研究成果と併せて適正な維持管理方法の提言を行う”

具体的な調査研究内容と成果の概要を示すと、以下のようになる。

雑用水・給湯設備を扱うWGでは、維持管理マニュアルのあり方について議論し、分かりやすく、かつ、実効性のあるマニュアル策定の資料を提供することを基本方針とし、以下のような作業を行った。

給湯設備に関しては、水質や維持管理状況の調査事例が極端に少ない局所式給湯設備を中心に、夏期に省エネの面からボイラの運転を停止していた中央式給湯設備も含め、調査を実施した。調査した件数は、局所式が 8 棟、102 検体、中央式が 16 棟、26 検体である。その結果、水質の面で問題がある局所式は少なかったものの、点検がほとんど行われていないこと、貯湯槽清掃のための水抜きができないような設置が行われている例が極めて多いことなどの問題点が明らかとなった。これら局所式の調査結果と、昨年度までの中央式給湯設備に関する文献調査を含む検討結果を基に、中央式・局所式に分け、維持管理を行う者にとって理解しやすい形でその設備概要と維持管理のあり方をまとめ、最後に、両方式の「維持管理のためのチェックシート」を示した。今回提案したチェックシートの特徴は、維持管理を適切に行えるようにするには、設計・施工段階での配慮が不可欠なことから、「設計者・施工者向け」と「維持管理者向け」の2つが提示されていることである。

雑用水設備に関する本報告書の記載に関しては、昨年度の調査研究で“維持管理状況から更なる指導の徹底が必要”との結論に達したことから、「4.1.1 本章の目的と構成」に“雑用水設備の維持管理に資するための基礎資料とすることを目的とする。本稿の構成は、先ず概要として、維持管理の基本的な考え方、システムの一般的構成を提示する。次に、維持管理のポイントとして、設計者・施工者・維持管理者がそれぞれ考慮すべき項目を整理する。システム構成部位の詳細では、さらに細かい項目についても検討する。これらを踏まえて、フロー図を用いた説明により確認するとともに、チェックシートを提示する”と記載されているように、図表なども多用し、維持管理に資する基礎資料として活用してい

ただけるよう配慮した。雑用水設備の維持管理では、処理設備の維持管理が極めて重要であるが、専門的な知識が要求される項目も多いことから、議論のすえ、処理設備の維持管理の例を示した表では、「主に維持管理者が行うもの」と「主にメーカー等専門家（業務委託先）が行うもの」に分けて項目を示してある。また、維持管理チェックシートは、給湯設備と同じく「設計者・施工者向け」と「維持管理者向け」の2つが提示されており、さらに、維持管理に要する時間に配慮し、判定欄を「新設時・更新時」と「定期点検」に分けて示されていることが特徴としてあげられる。

以上の給湯設備・雑用水設備の維持管理のあり方に関する検討結果を基に、「5. 建築物の雑用水・給湯設備の維持管理マニュアル策定への提言と課題」がまとめられており、「建築物の雑用水・給湯設備の維持管理実施マニュアルの作成と刊行」および「維持管理技術者への設計・設備教育プログラムの検討」の必要性が示されている。

個別空調設備を扱うWGでは、昨年度、個別空調設備の普及状況に関する文献調査を行い、現状では、建築物の規模を問わず、個別方式空調が主流となっていることを確認するとともに、個別空調設備が設置されているビル3件について室内空気環境と空調機内の付着細菌・真菌を中心とした測定を行ったが、測定対象ビルの一つであるBビルで「かび臭」に対する苦情が多く、その原因として空調機内の微生物が考えられるとの結論に達したことから、本年度は、このBビルでの追加調査を行った。

具体的には、Bビルにおける冷房期の微生物汚染の実態をより詳細に把握するほか、現場で行った加湿器の対策（エレメントの撤去と新品の設置）の結果を把握するために冷暖房期における室内空気環境および空調機内微生物汚染などに関する実態調査とアンケート調査を行った。その結果として、“①加湿器を外すと苦情がなくなったことから、加湿器が「かび臭」の原因と思われること、②空調運転開始時に空調機内からのかび胞子の飛散が確認され、運転継続とともにその濃度が定常になるため、定常時の測定値のみでは空調機内の微生物汚染状況を正確に把握できない可能性があること、③加湿器エレメントから分離されたかびからは、揮発性有機化合物（MVOC）の放出があること、④かび濃度の季節差に対応し、フィルタに付着している細菌と真菌数が冬期より夏期に多いこと、⑤個別空調方式の空調機内に付着している細菌としては、中央式空調設備のダクト内細菌調査に関する既往研究結果と同様に、ブドウ球菌（*Staphylococcus* sp.）の量が極めて多いこと”などが判明し、今後、個別空調方式の維持管理のあり方を考える上での貴重な知見を得ることができた。

このように、「建築物の雑用水・給湯設備、個別空調設備における維持管理に関する調査研究」では、本年度当初に決定した研究目的の各項目に対し、適切な研究成果を得ることができたと考えている。