

学校における新しい空気調和方式

Air Conditioning Equipment for Schools

岩本満治* Mitsuharu Iwamoto

Schools in the city areas suffering from heavy air pollution and noise of traffic increasingly adopt highly closed structure which makes it almost obligatory to provide complete air conditioning equipment and ventilating equipment. These facilities, however, differ substantially from those for general business office service because of educational requirements. This article introduces the special characteristics of the air conditioning systems for school service, their problems and the present status of these facilities in foreign countries.

1 緒言

大気汚染のはなはだしい工業地域における汚染防御校舎あるいは、空港・基地周辺の防音校舎は必然的に気密構造になるため、機械換気設備または空気調和設備を設置する必要性が生じている。また環境条件の向上と、教育自体の要求から空気調和設備の必要性が生じはじめている。しかし、これらの換気設備や空気調和設備は、学校という特殊性からみて、一般の事務所ビルに設置されるものに比べて方式がかなり特殊なものとなる。また、これらの設計施工を実施する設備会社の規模が小さいものが多いので、必ずしも適切な設計施工が行なわれているとはいいいくいの多い。

一方、教育委員会ならびに地方自治体などの学校施設担当者や学校の維持管理担当者は総じて手薄であり、換気設備や空気調和設備の発注体制や学校の維持管理体制も十分ではない。

これらのことから、学校における空気調和方式についての基本構想、問題点および海外の実情などについて以下に述べる。

2 校舎の特殊性

2.1 校舎設備設計上の特殊性

校舎は通常、普通教室、特別教室、図書館、屋内体育館、職員室、宿直室などから構成されており、その使用時間、使用状態が、一般事務所ビルと異なる大きな特長である。また使用中の教室は、多人数がかなり高い密度で在室する密閉空間となり、逆に体育または特殊授業の時間には完全な空室となる。したがって、各教室の換気や空気調和の計画に当たっては、外気条件とともに各教室の予想される使用状況を十分検討する必要がある。

また、夏季、冬季などの定期休暇のあることと、職員室を除き各教室の使用時間が、だいたい午前8時から午後3時ごろまでであることなども外界条件を検討する際、時に考慮しなければならない。

2.2 校舎形態上の特殊性

わが国の学制発布は明治5年であり、すでに100年以上を経過しているが、従来、校舎としては東西方向に細長く、北側片廊下方式の校舎という必要最小限で定形化されたものが大部分であった。しかし、最近の地価の高騰ならびに地域住民の日照権の問題などにより市街地では南北方向に長い中廊下方式の校舎にならざるを得なくなっている。

さらに最近では、教育の基本的な要求から、校舎は長方形から正方形に近い形状に変化してゆくものと予想される。最近、横浜市の美しヶ丘小学校(市立)では、一部に中廊下方式を採用し、また沼津市の加藤学園(私立)では、オーブンプラン方式を採用し、校舎の形態もほぼ正方形に近づいている。このように、教育の基本的な要求により校舎の形態が変わってくれば、環境改善とは別に、換気設備や空気調和設備が必要になってくる。

3 校舎空気調和設備の基本構想と具備すべき条件

3.1 基本構想

校舎の換気設備や空気調和設備を計画する際には、次のような基本構想に基づいて行なえばよいと考えられる。

- (1) 空気調和装置ならびに空気浄化装置の取扱いは、無資格者でも運転保守ができるよう配慮する。
- (2) 新鮮空気系統と調温系統とを全く別系統にして、かつ新鮮空気量は $500\text{m}^3/\text{h}$ /1教室以上とする。
- (3) 空気調和設備は次の理由から、できるだけ各教室単位で行ない、校舎全体で調和空気の再循環は行なわないようにする。
 - (a) 衛生上有利(集団風邪などを最小限に防止する)
 - (b) 火災発生時の安全性(廊下、階段、リターンダクトを通じて炎や煙の拡大を防ぐ)
 - (c) ダクト工事の簡略化
 - (d) 給気の調整が容易

(4) 大気汚染のはなはだしいところでは、空気清浄の必要があり電気式または機械式の高性能フィルタおよび活性炭フィルタを併用する。

(5) 機械室および空気調和系統は、校舎の棟ごと、あるいは防火ブロックごとに分割する。

(6) 校長室、職員室、用務員室および特別教室で必要と思われる室には、一般教室とは別個に空気調和を行なう。

以上述べたことは、空気調和設備が理想的な形態を有することよりも、各学校の設備費の負担ならびに保守管理体制の負担に耐えられることに重点をおいており、現状では環境改善のための最低の基本構想と考える。

3.2 校舎空調設備の具備すべき条件

校舎内の各室は、その用途、使用時間、配置などにより、

* 日立製作所 機電事業本部産業技術本部

熱負荷特性、空調時間などが多様であるため、温度調整については、でき得れば各室ごとに、あるいは少なくとも熱的特性度が同じで、かつ用途も同じ室を数室まとめて系統を分離することが不可欠である。

また、特別教室など特別な汚染物が発生するおそれのある室の換気・空調系統については必要に応じて換気量を変え得るようにすることと、他室へ汚染空気が流出しないよう特に配慮することが必要である。

校舎に設置する換気設備や空気調和設備について具備すべき条件として、次の諸点をあげることができる。

- (1) 設備費および維持管理費が安価であること。
- (2) 維持管理が容易であり、かつ故障が少ないこと。
- (3) 既存の校舎にも容易に設置できること。
- (4) 分割工事に対応しやすく、かつ段階的に設備内容が追加できるものであること。
- (5) 児童・生徒の安全が保障されていること。
- (6) 火災に対して安全であること。
- (7) 将来における室の用途変更または間仕切の変更などに対処できること。
- (8) 設備機能の陳腐化に対応できること。
- (9) 振動、騒音を発生しないこと。
- (10) 各室での温度調節が容易で、かつ加温、冷却などの応答速度が速いこと。

以上の条件は、互いに矛盾する点もあり、全部を満足することは現段階では不可能と考えられるが、それぞれの校舎の状況に応じて必要条件を取捨選択し、適当な条件で妥協し計画しなければならない。

4 校舎空気調和設備上の必要諸元

4.1 外部条件

校舎の空気調和設備の計画に当たっては、外部条件を定めることが重要である。外部条件として考えられる要素としては、外気温度、外気湿度、風向、風速、日射量、外気の汚染状況などがある。これらの値をどのように定めるかにより設備の容量や性能に大きな影響を与える。一般の事務所ビルと異なる校舎としての特殊な外部条件のおもなものは次のとおりである。

- (1) 例年、7月20日ごろから8月末日までは、夏季休暇のため冷房の必要がない(ただし、職員室の冷房は必要である)。
- (2) 1日のうちでは午前8時から午後3時ごろまで使用されるので、暖房における外気温度は昼間のものを採用すればよい。
- (3) 室内の温度条件は最良に保持されるのが望ましいが、設備費、維持費などから考えて、1年のうち数回程度は基準から外れてもやむを得ない。

以上の諸点を考慮して、外気温度について表1に示すような値を用いるとよい。

4.2 学校における教室の使用状況

学校には、校舎、屋内体育館、給食室、その他の建物がある。校舎内各室の使用状態は、使用時間、在室者の年令構成などがそれぞれ異なり、空気調和計画上その使用状態を十分に検討する必要がある。

(1) 普通教室

主として一般教科の授業が行なわれる教室で、通常40名前後の児童・生徒と1名の教師が在室する60～70m²の室である。普通教室の使用率は表2に示すとおりであるが、実際の計画に当たっては、その学校の運営方針などを十分に調査、検討

表1 設計外気温度 札幌、帯広の夏季外気温が25℃であっても、気密校舎では内部の発熱があるため、冷房は必要である。

地 名	冷 房 時 (°C)	暖 房 時 (°C)
札 幌	25	－12
帯 広	"	－20
仙 台	30	－ 5
秋 田	29	－ 4
新 潟	30	－ 3
東 京	"	－ 1
松 本	"	－10
名 古 屋	32	－ 2
大 阪	30	0
松 江	"	－ 1
広 島	32	"
高 知	33	"
福 岡	"	0
鹿 児 島	"	1

表2 普通教室の使用率 使用率とは、使用時間全体のうち、普通教室を使用している割合を示す。残りの時間は、屋外、体育館などで授業を行なっていることになる。

学 年	使 用 時 間	使用率 (%)
小 学 校	低学年(1, 2年生)	08:15～13:00(月～土) 80
	高学年(3～6年生)	08:15～14:40(月～金) 08:15～13:00 (土) 65
中 学 校 (1～3年生)	08:15～16:30(月～金) 08:15～13:00 (土)	60

し、実情に見合ったデータを用いることが望ましい。

(2) 特別教室

特別教室には、家庭・理科・音楽・図工教室などがある。これら各教室は、汚染物、悪臭が発生する場合もあるので、換気設備は普通教室と分離するなど特別な注意が必要である。

(3) 職員室など

校長室、職員室、応接室、会議室など管理関係の諸室は、午前8時から午後5時までほぼ終日使用され、夏・冬の休暇中も使用されることが多い。これらの室では、在室者が成人であることと、喫煙者もあるために換気系統、換気量を定めるうえでの考慮が必要である。

(4) その他

学校には、これらの諸室以外に宿直室、用務員室、給食室、屋内体育館などがある。これらの室の空気調和計画を取り入れる場合は、使用時間その他の特性を十分調査する必要がある。

4.3 学校における室内環境基準

学校における各室の設計目標とすべき室内環境基準については、表3に示すとおりであるが、温度、湿度、騒音などについては、各地方または各学校の実状によって多少の修正は行なわれてもよい。

本基準値は、日本空気清浄協会が文部省の委託研究として昭和45年度より昭和47年度にわたり実施した「小中学校校舎の換気および冷・暖房の標準設計資料作成のための調査研究」の調査報告書より転載した。

5 海外における実情

欧米では、校舎全体をトータル システムとして把握し、地方自治体と私企業が協力して開発した「システムズ ビルディング方式」を確立し校舎を建設している。特にアメリカやカナダでは、この方式を用いて百数十校の学校を建設している。システムズ ビルディングでは、空気調和設備を一つのサブシステムとして、他のサブ システムとのインターフェースを

うまくとり合い、全体的に調和のとれたむだのない学校にまとめ上げている。この方式を、アメリカ、カナダにおける新しい空気調和方式とみることができる。

この方式は、ユニット方式を採用し、冷凍容量30R T、暖房容量120,000kcal/hのユニット形空気調和器を用い、天井裏または屋上に設置して、ダクトにより各教室に均一に送風する方式である。本方式を採用することにより、

- (1) セントラル方式に比べてダクトスペースが少なく済む。
- (2) 風邪が流行しても1学級程度の感染で防止でき、全校に

被害を与えない。

- (3) 機械室が不要になる。
- (4) 天井裏のスペースがリターンダクトとして使用できる。
- (5) サプライダクトの保冷保温工事費が安価になる。
- などの特長がある。またアメリカ、カナダでは、チームティーチング、個別学習など、スペースを間仕切などによって自由に区切り、多用途に用いるため、空調用の吹出口、吸込口が天井に設けられ、かつ照明器具単位に設置されているので、大部屋になっても、小部屋になっても空調効果が変わらない

表3 学校の室内環境基準 下表中粉塵については10μ以下についての値を示す。

Table 3 Environmental Criteria in Japan

項目 室の種類	冬 季		夏 季		換 気 量 (m³/h/人)	空 気 清 浄 度(ppm)			粉 塵 (mg/m³)	気 流 (cm/s)	騒 音 (ホン)
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)		CO ₂	CO	SO ₂			
普 通 教 室 ・ 図 書 室	20	50	27	50	20	1,000	10	0.05	0.15	10~25	40
校 長 室 ・ 職 員 室	20	"	25	"	30	"	"	"	"	"	"
音 楽 室	"	"	27	"	20	"	"	"	"	"	"
工作室・理科実験室・調理室	17	—	"	—	"	—	"	"	—	"	50
医 務 室	22	50	25	50	30	"	"	"	0.15	"	40
屋 内 体 育 館	17	—	—	—	(2回/h)	"	"	"	—	—	—
宿 直 室 ・ 用 務 員 室	20	50	20	50	25	"	"	"	0.15	10~25	40

表4 カナダにおける学校環境基準 本表はEFL(Educational Facilities Laboratories)の“SYSTEM”より転載した。

Table 4 Environmental Criteria in Canada

Level	Square 175 Feet/	Area
Intermediate	Teaching Station	Common Area

Environmental Criteria				
Atmospheric Criteria		Desirable	Tolerance	Remarks
Temperature	outside >90F°	78°	± 2°	Double glazing
	temperatature < 0F°	72°	± 2°	
Relative	outside >90F°	50%	± 5%	
Humidity	temperature < 0F°	30%	± 5%	
Outside Air	CFM per sq ft	0.3to0.8	>0.15	
	CFM per person	15to30	>8	
Air Changes	per hour	6to8	± 5	
Air Movement	velocity : FPM	25to40	± 10	
Room Pressure	in. W G	+0.10	> +0.05	
Air Filter Efficiency	> 5μ	80%	>65%	
	< 4μ	45%to80%	—	
Odors Body, Chemicals				
Population	8 sq ft/person	0		
Heat Gain	source	watts	BTUH	
	Lighting	2 to 4 /sq ft		
	AV equipment	—		
	Projector	—		

Visual Criteria			
Visual Performance Index(VPI)	63.0	Ft Candles	N/A
View Out Op'l	View In Op'l	Blackout Yes	Privacy No
Daylight Op'l	Level Control	Yes	

Acoustic Criteria							
Ambient Noise Level : NC 35 max							
Reverberation Time (in seconds)	Frequency : cps	125	250	500	1000	2000	Acoustic treatment of floor and ceiling is recommended. Reverberation time calculation is not meaningful. Speech reinforcement may be required.
	max	N/A					
	min	N/A					
Generated Noise Level (in db re.0002 dynes/cm²) design level	Frequency : cps	31.5	125	500	2000	8000	
		58	77	89	75	60	

Services				
Mechanical Services				Remarks
CW No	HW No	Steam No	Gas No	
Air No	Drain No	Exhaust No		
Other				
Electrical Services				
PA Yes	Intercom Yes	Handset Yes	Bell Tel No	Consider separate control and use of local PA speakers in connection with AV equipment.
Program System Yes		Clock System Yes	TV Terminal Yes	
Computer Terminal No		Underfloor Duct System	No	
Power 120V-1ϕ for AV equipment				
Other Consider induction loop system				

ようにしてある。

校舎における、各室の環境基準の参考として、表4にカナダ・トロント市における学校環境基準を示した。

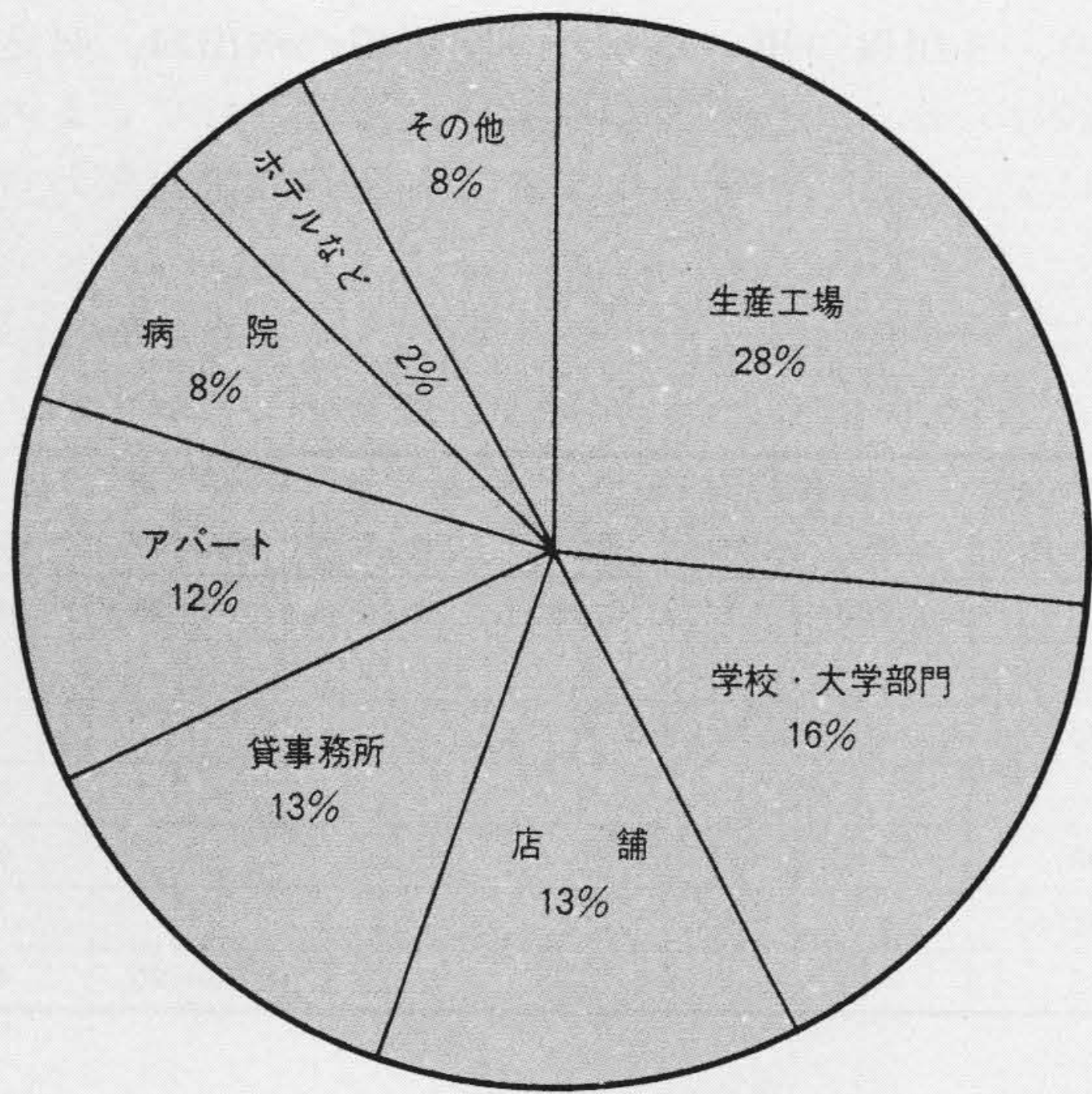


図1 アメリカにおける1969～1973年空調器機部門別需要見通し構成比 本図はHeating and Piping & Air Conditioning May 1969より転載した。

Fig. 1 Demand Analysis Result, 1969 through 1973 in U.S.A. This Shows the Demand Distribution for Air Conditioning Equipment

この基準のうち、夏季室内温度が $78^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$ となっているが、この基準は十数万人の学童を対象として調査を行ない、 78°F を基準として、温度が 1°F 上昇すると学習能力が数パーセント低下するとの結論から作成されたものである。

このように、一つ一つ実証により作られた基準であり、これらの研究はアメリカのEFL (Educational Facilities Laboratories: 教育施設研究所) が行なっている。

また、教師にアンケートをとった結果、今までに空気調和設備のある学校で教えたことのある教師は60%、そうでない教師が40%(アンケート回答者177名)であった。空気調和設備の必要順位は、教室、特別教室、職員室、食堂の順になっている。アメリカでは、新設校より既存の学校に空気調和設備の需要があると考えているようであり、既存学校の空気調和設備の潜在需要量は、約50億ドルに上ると予想されている。

図1はアメリカにおける空調器機部門別需要見通しの構成比を示すものである。学校・大学部門は16%を占め生産工場に次いで第2位である。

6 結 言

学校における空気調和設備について、現在空港周辺、基地周辺の防音校舎で施工された設備をみても、学校という特殊性を考慮せずに設計施工されているものが多いことは遺憾である。現在、学校建設の基準単価から考えて学校空調設備について考えるのは時機尚早かもしれない。しかし、今からこれらの問題に取り組み、ニーズがあれば直ちにこれに対応し次代を担う児童や生徒たちが、快適な環境の中で学習できる空間を提供できる体制を作ることこそ、われわれメーカーとしてなすべき社会的責任であると考えます。

論文抄録

オペレーティング システム解析の一手法

日立製作所 小松昭男・本林 繁, 他1名

情報処理 13—12, 810 (昭47-12)

電子計算機システムの利用形態が多様化するにつれ、その管理的機能をつかさどるプログラムであるオペレーティング システム(以下、OSと略す)は巨大化、複雑化する傾向にある。一方、OSの作製に関する工学はまだまだ系統だてられてはいえず、経験的な色彩が強い。このようななかで、OSをはじめとするソフトウェア システムを整理し体系化しようとする一つのアプローチとして、プログラムの構造や動作に関する統計量を系統的に収集、解析できるような手法について考察した。

この手法においては、OSの構造を二次元的に表現し、OSの実際の動作に関して得られるデータをそれに重畳し、評価、解析しようとするものである。ここで、二次元的表現というのは、PERTなどで使われているネットワーク フロー(以下、NFと略す)に似たものであるが、プログラムの一般的性質上、ループを含んでいることに特徴がある。また、そのように表現された

OSの構造や動作の解析のために、オペレーションズ リサーチに似た考え方が導入されている。

本手法における解析手順は、次のような三つの段階に分かれている。

(1) 静的解析

OS全体をいくつかの機能単位(モジュール)に分割するための入力データなどに基づいて、静的NFに関する情報を収集する。ここで、静的NFのノードはモジュールに対応し、アークはモジュール間の制御の移動を示している。このような静的NFによって、OSの構造を解析することができる。

(2) 動的解析

OSの実際の動作の軌跡であるアドレストレース情報などの活用によって、ノードの系列の集合を得ることができる。ノードの系列とは、OSがある処理をするために生じたモジュール間の制御の移動の歴史である(これをパスと呼ぶ)。たとえば、OSの一つの割込処理の過程は一つのパスに対

応する。このようにパスはOSの処理内容と1対1に対応しており、その集合である動的NFからOSの動作に関する統計量を得ることができる。

(3) 評価、シミュレーション

動的NFを一種の確率的NFとみなすことができ、その中の各種の値を変更して、OSの動作の簡単なシミュレーションが可能である。これによって、改善効率(あるモジュールを改善したときのOS全体の平均的処理時間の短縮率)などの評価結果を得ることができる。

このような考え方に基いて開発した解析用プログラムがOSアナライザである。OSアナライザの使用によって、OSの実際の動作を反映した簡潔なモデルとしての動的NFや、ボトルネックや改善効率などの統計量を系統的に収集、解析できるようになった。また、OSアナライザの適用によって、HITAC 5020T S SのOSに関しての解析結果を得ることができた。