

室内空気質問題を回避するための性能検証

Ella Sterling
Chris Collett
Simon Turner
Chris Downing

池田耕一 訳
中原信生 訳

要約

新・改築のビルにおける室内空気質 (IAQ) 問題の危険性は、大きな関心を呼んでいる。北米では、連邦政府により実施された研究は、室内空気汚染問題の原因は、作動不良、維持管理不全、設計不備の HVAC (空調換気設備) によっていると断定した。この結論は IAQ 問題を抱える 2000 件以上のビルにおける調査に基づいている。半数以上のビルにおいて換気に関連した問題が確認された。

1989 年 ASHRAE (米国空気調和冷凍工学会) は、最初の HVAC システムの性能検証 (コミッションング) の公式指針 (ガイドライン) を公表した。相当程度、指針の目的は新築ビルの IAQ 問題を避けるための手段を用意することにあった。しかしながら IAQ に特定した指針は準備されていなかった。その指針は現在改定されつつあり、新・改築ビルの IAQ 問題を避けるための一章が設けられるであろう。(訳注: 1996 年に改定版が制定された。)

序

室内空気質 (IAQ) 問題は、広く世界中の建設産業界を悩ます問題となっている。商用ビルや事務所ビルにおける IAQ 問題は、新しい建物の建設技術、新建材、そして機器やエネルギー管理運用システムに第一義的に関係している。空気質問題をかかえているビルの居住者は、目、鼻、喉の痛み、肌や粘膜の乾燥感、倦怠感、頭痛、咳、吐き気、めまいなどの一連の症状にかかっている (WHO1982)。これらの症状は、非常に注意しなければならないものであり、数的には多くはないもののビル関連疾患 (BRI) につながる可能性があるものであるが、建設技術業界が直面している遥かに大きな問題は、深刻な健康障害より快適性の問題である。不快感は、長期欠勤や作業性や生産性の低下を招き、しばしばテナントが引っ越しを考えるきっかけとなる (E. Sterling, T. Sterling 1983; Woods 1987)。また、不快問題は、しばしば法定闘争にさえ持ち込まれる (LePatner 1987)。不良な IAQ 問題に関連するコストはかなりの

もので、エネルギー消費量低減による節約をはるかに凌駕してしまうかもしれない。

1982 年ころより米国空気調和冷凍工学会 (ASHRAE) は事の重大性を認識し、IAQ 問題を解決するための戦略を示した学会声明を発表した (ASHRAE 1982, 1987)。それらの戦略の多くは、ASHRAE 規格 62-1989 (許容し得る室内空気質のための換気量、ASHRAE 1989a)、規格 91.1 (低層住居建物を除く新築ビルの省エネルギー設計、ASHRAE 1989b)、シリーズ 100 の各種エネルギー基準、指針 1 (HVAC の性能検証指針、ASHRAE 1989c) となって満たされている。

北米の専門家や実務家の意見では、広範囲にわたる IAQ 戦略の中心課題が HVAC システムの性能検証である。ASHRAE の当初の性能検証ガイドラインは、IAQ 制御に焦点を合わせたものではなかった。しかしながら、現在委員会はガイドラインを改訂しつつあり、新築ビルにおける室内空気汚染 IAQ 問題をいかに避けるかのための推奨項目を含むようになる。

IAQ 問題の大きさ

多くの調査が、既築ビルの IAQ 問題の程度の定量化を行ってきた。おそらく最も広範囲なものは、「世界事務所環境調査」であろう (Steelcase 1991)。この研究では、米国、カナダ、日本、欧州共同体 (EEC) 等 15 ヶ国の事務所作業員、経営トップ、施設管理者 (ファシリティーマネージャー)、設計家などの意見が報告されている。この調査は、HVAC の性能と IAQ に関する世界中の意見の基準尺度を与えるものと言える。空気質の不良は、世界中の事務所作業員に例外なく、米国で 37%、カナダ 46%、欧州共同体 39%、日本 53% の割合で深刻な障害と捉えている。米国で 82%、カナダ 84%、日本 85%、欧州共同体 72% という大多数の事務作業員に、快適な冷暖房が非常に重要であると捉えられている。

これに対して、大半の、すなわち米国で56%、カナダ63%、日本、55%、欧州共同体63%の事務作業者は、快適な環境が整えられているとは思っていないようである。全世界的に、快適性やIAQに関して、事務作業者の期待と実際に彼らが働いているビルによって提供される感じとの間に大きなギャップがあるようである。

報告書によれば、設計者もビル経営者も居住者の意見に同意しているようである。米国の場合管理者の39%と設計者の61%が、快適な冷暖房が提供されていないと考えている。おそらくもっと重要なのが、新・改築のビルで、管理者の89%と設計者の85%が、空調システムによって快適性が担保されなければならないと感じていることである。

IAQ問題の原因

北米の政府機関や民間のコンサルタント会社は、IAQ問題の原因究明と低減化対策のための広範な調査を開始した。表1には米国労働安全衛生研究所(NIOSH、Crandell 1987)とカナダ厚生省(Kirkbride 1990)によってまとめられたシックビル症候群の諸原因が示されている。両機関による知見は極めて類似したものとなっている。両方の調査の52%において不適切な換気(例えば、空気分布の不全、不適切な新鮮外気取り入れ、温度制御の不全など)が、原因として認められた。12から16%のIAQ問題は、タバコ煙や複写機を含む室内発生源の汚染物質によっていた。9から10%は、外部からの侵入(自動車の排気ガスの侵入)に関係していた。他の原因としては、仕上げ材や建材からの汚染発生(2から4%)、微生物汚染問題(0.5%から5%)などがあつた。12から24%のIAQ問題は原因が不明であつた。

民間側の調査でも同様な結果を得ていた。Colletら(1989)、Robertson(1988)、Raskら(1990)は、HVAC関連の不備がIAQ問題の第一義的な原因であるとの知見を得ている。

問題解決の手段としての性能検証

北米の知見によると、正しく設計され、良好に施工され、適切に維持管理されたHVACシステムは、ビルの居住者からよせられるIAQの苦情をなくすることはできなくとも確実に少なくすることが可能であることが示された。そしてそのことを可能ならしめる過程がビルの性能検証である。ビルを性能検証するとは、ただ単に竣工後にビルを建ち上げ、諸設備が順序良く作動することを確認することではない。性能検証とは、そのビルの構想時点に始まりビルの使用完了時点で終わる、ビル産生の過程である。

表1 北米政府機関による問題ビルの調査結果

問題の型	NIOSH(484ビル) Crandell, 1987		HWX(1362ビル) Kirkbride, 1990	
	数	%	数	%
不適切な換気	252	52	710	52
室内汚染	77	16	165	12
屋外汚染	48	10	125	9
建材	20	4	27	2
生物汚染	26	5	6	0.4
問題なし	61	12	329	24

ASHREAの指針では、性能検証とは「設計、施工及び竣工後最低1年間の運転期間に対して、コンセプトを達成し、確認し、文書化する過程」と定義している。

ASHREAの指針は、プロジェクトの各段階におけるHVACのコミッショニング過程に関する手順を確立した。

- ・企画段階
- ・設計段階
- ・施工段階
- ・受け渡し段階
- ・受け渡し後段階

完全な文書資料を伴い、十分に作動し良く調整されたHVACシステムが、性能検証過程の最終成果である。

もちろん性能検証はIAQのことばかり考えているわけではない。しかしながら、シックビル症候群問題を回避するために、過程の各段階でIAQに対する考慮が払われるべきである。

以下に述べるチェックリストは、IAQ問題上の要求を満たすために、性能検証過程を通して使われるべきガイドとして作られたものである。

企画段階

・HVAC設計の依拠する、企画対象ビルの居住者の活動・密度を校閲せよ。厨房、休憩所、喫煙所、会議室などの特別な仕様用途の部屋に注意が払われるべきである。適切な基準があれば参照するべきである。

・建物敷地の近くにある外気の主要な汚染発生源、例えば隣接建物の排気口や冷却塔、既存や計画されている駐車場など、を特定せよ。卓越風向も考慮されるべきである。これには建物と相互作用を持つであろう土壌や地下水に関する評価を含むであろう。

・既知の室内空気汚染源から、おそらくは移送空気を用いての、局所排気の必要性を確認せよ。

設計段階

- ・カーペット、フローリング、布類、接着剤、壁装材、間仕切壁、天井材、断熱・耐火材、窓の目地、壁材、床材、ペンキやニスの使用状況などの、契約書で指定された製品で、室内汚染を起こすと危惧されるものについては、メーカーの安全情報をチェックせよ。
- ・メーカーに、発生強度を最小限にするような養生、乾燥、通気などの方法に関する情報を提供するように要求せよ。メーカーには以下のような質問が可能と思われる。
- ・メーカーは、その製品から製造後発生する揮発性有機化合物についてのどのような情報を持っているか。その製品にラベリングされている化学物質は何か。
- ・製品の製造と設置の両段階での処理において、その製品からの発生量を低減するため、建物内に装着される前にどのような対策がとられているか。
- ・建物への装着前にメーカーが製品を曝気することは可能か。もしそうであれば、どのくらいの時間どのような条件で行うのか。
- ・壁やカーペットへの接着、ペンキやニス等のシーリング剤として用いる接着剤のための使用マニュアルをチェックし、適正な使用法で最低の使用量とするようにせよ。
- ・設計図書が、空気の質や温熱環境に関する法的基準に合致しているかをチェックせよ。
- ・工事中や使用開始時点での一時的な換気や空気濾過に関する仕様を、設計図書でチェックせよ。
- ・想定された運転モードや予想される最低・最高外気温、極限的な外界状態の下での設計趣旨をチェックせよ。想定された全てのモードで運転されている際の換気回数と温湿度制御については特別な配慮が払われるべきである。
- ・クロスコンタミネーションの観点から空気取入口と排気口との位置関係を、また車庫、集荷場、冷却塔などの局所的な汚染発生源との接近具合についてチェックせよ。
- ・HVAC 設計の換気効率という観点から事務室の間仕切壁の形状をチェックせよ。
- ・既知の室内汚染源に対する補助換気システムが用意されているかをチェックせよ。
- ・空気濾過装置のタイプ、設計、濾材、換気システム中の設置位置などをチェックせよ。この事は、外界条件や望ましい室内汚染濃度に基づいた空気浄化システムの導入と連動しているべきである。
- ・HVAC の材料仕様を、風化、腐食、微生物汚染への耐久性に基づいてチェックせよ。

- ・水溜り (free water) ができるのを防ぎ、微生物汚染を最低限化するために、給気システム中のドレンパン、散水に対するバップル板、霧除去装置、冷却塔などの装置設計が適正かどうかチェックせよ。
- ・エアハンドリングユニットの各チェンバーに取り付ける出入口扉や点検口の利用率を確かめよ。エアハンドリングユニットの点検扉は、凝縮水パンや加湿水タンクを清掃するのに適当かどうかを確かめよ。
- ・空調システムの断熱材の仕様と設置場所が、微生物汚染を引き起こさないようになっているかをチェックせよ。

施工段階

- ・エアハンドリングユニットの中を溜まり水を処理するため、凝縮水パンや加湿装置などのシステム要素をチェックせよ。
- ・将来、清掃や管理が必要となる、給気システムの重要部分のすべてが点検可能かどうかを確かめよ。
- ・HVAC の断熱材の装着がすべて適切かつ入念に施工されているかを確かめよ。
- ・室内仕上げの時のような、工事中に臨時に設けられる換気や空気浄化装置について確認せよ。このために、換気量や運転時間を増強したり、臨時にプレフィルターやユニットクーラー、フィルターユニット、取り外し可能な窓を設置したりする必要があるかもしれない。
- ・建設中に完成部分が部分的に使用され始める場合には、居住部分が工事中の場所から隔離された形で HVAC システムの運転がなされるべきである。例えば、居住部分を正圧にして還気を工事中の部分から直接外気に拡散させてしまうことで達成される。

受け渡し段階

- ・すべての HVAC の内部とフィルターが清浄であり、運転準備ができているかを調べよ。
- ・加湿制御器など、貯まった水を用いるエアハンドリングユニット内の各パーツの作動を試験し確認してその有効性を確かめよ。ビル内、特に外気導入口近くの水の排水は注意深く確かめられるべきである。
- ・用いられた材料や機器は仕様どおりであること、代替品が使われた場合は、その情報が適切に示されているかを確かめよ。
- ・全ての断熱材が、完ぺきにかつ適切に装着されているかを調べよ。
- ・試験調整報告書を調べて設計意図と比較せよ。換気回数や温湿度制御を抜き取りチェックすることを推奨する。
- ・適合する規格や基準に照らして空気の質を試験せよ。

- ・全てのシステムの運転管理マニュアルが完備しているかを確認せよ。

受け渡し後段階

- ・受け渡し中や受け渡し直後に一時的に行う換気のスケジュールと換気回数について確かめよ。
- ・適合する基準と比べ、コミッショニング後の室内空気の状態を調べるための計画をチェックせよ。
- ・定期的に、運用中の IAQ 検査を行う。これには建物の居住状況や使用状況の情報を含める。

論考

もし、ビルの性能検証が設計、施工、運用の各段階で完全になされたとしたら、IAQ 問題は避けられるであろう。控えめに見積もっても、性能検証過程により IAQ 問題の半分が避けられるであろう。これに加え、竣工後に使用中の性能検査を行うことによって、性能検証が行われた新・改築ビルの IAQ に関する苦情をほぼなくすることができるであろう。

新築の商業ビルの場合には、ビルの借り手は、IAQ や快適性に関しかなり敏感となっている。ビル全体を貸して借手の満足を得ている場合は、性能検証過程に払った以上の収入を得るであろう。ビルのオーナーは、ビルを新築するとき、性能検証は必要不可欠な予算項目と考えるべきである。その費用を回収するためには、市場取引機関は貸しビル推進対策の一部として、性能検証の有無に関する情報を含めるべきである。

参考文献

- ASHRAE 1982 Position statement on indoor air quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc.
- ASHRAE 1987. Position, statement on indoor air quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.
- ASHRAE. 1989a ASHRAE Standard 62-1989. Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc.
- ASHRAE. 1989b. ASHRAE Standard 90J-1989. Energy efficiency design of new buildings except low-rise residential buildings. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc.
- ASHRAE. 1989c! Guideline GPC1-1989, Guideline for commissioning of HVAC systems. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering Inc.
- Collett. C. W. E. M. Sterling, and T. D. Sterling. 1989. A database of problem buildings: Learning by past mistakes. In Present and Future of indoor Air Quality. C. J. Bieva, Y. Courtous, M. Govaerts, eds., pp. 413-419. Amsterdam: Elsevier Service Publishers.
- Crandell M.S. 1987. NIOSH indoor air quality investigations: 1971 through 1987. Proceedings. Air Pollution Control Association Annual Meeting. Dallas.
- Kirkbride. J., H. K. Lee, and C. Moore 1990. Health and Welfare Canada's experience in indoor air quality investigation. Indoor Air '90. D. S. Walkinshaw, ed..

- Fifth International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Toronto. VOL 5. pp. 99-106.
- Lawson, C.N. 1989. Commissioning: The construction phase ASHRAE Transactions 95. Part 1. pp 887-892
- LePather, B. B. 1987. The expanding scope of liability. Architecture. August. pp. 91-92.
- Rask, D.R., C. A. Lane, TA. Bosman. 1990. Environmental stressors and systems deficiencies identified in problem office buildings. Proceedings. Air and Waste Management Association. Annual Meeting. Pittsburgh
- Robertsson, G. 1988. Source nature and symptomology of indoor air Pollutants. In Indoor and Ambient Air Quality. R Perry and P.W. Kirk. eds., pp. 311-319. London: Selper Press. Steelcase, 1991. Office environment index summary reprot. Gland Rapids: Steelcae Inc.
- Sterling. E. M. 1989. Designing healthy building — The architect's role in the commissioning process. ASHRAE Transactions 95. Part I. pp. 893-894.
- Sterling. E. M., and T. D. Sterling. 1983. The impact of different ventilation levels and fluorescent lighting type on building illness: An experiential study. Canadian Journal of Public Health 74:385-392.
- Stone D.T. 1989. The HVAC commissioning plan. ASHRAE Transactions 95. Part I, pp. 885-886.
- Woods. J.E. G.M. Drewy. and P.R. Morey. 1987. Office worker perception of indoor air quality effects on discomfort and performance. Indoor Air 87.
- B. Seifert et al., eds. International Conference on Indoor Air and Climate. Berlin. Vol 3, pp 464-468.
- WHO. 1982. Indoor air pollutants: exposure and health effects. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.

謝辞

IAQ の性能検証のためのチェックリスト作成のための作業の大部分は、現在ASHRAE指針を改定中のGPCIR委員会の援助によって行われている。筆者らは、Ted Cohen 氏始めとする委員会のメンバーのかたがたに、技術的な示唆やチェックリストの批評を頂いたことに関し謝意を表します。