



建築物衛生の動向と課題

平成29年度生活衛生関係技術担当者研修



国立保健医療科学院

建築施設管理研究分野統括研究官 林 基哉

建築物衛生の動向と課題

1. 建築物衛生法について
2. 厚労科研 H26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」について
3. 建築の省エネ法とタスク・アンビエント空調について

建築物衛生法の経緯

①第2次大戦前 感染症・多産多死

伝染病予防、医療施設・制度、栄養状態改善



伝統木造住宅

②1945～60年 戦後復興、ベビーブーム

医事・薬事・保険・社会保障制度、公衆衛生基盤

1947年 地域保健法・食品衛生法(S22)



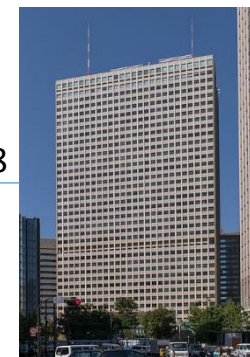
1888 学校建築

③1960～1988年 高度経済成長、成人病、少産少死、高齢化

1970年 建築物衛生法(S45)

霞ヶ関ビル1968

1973～ 石油危機／省エネルギーとシックビル問題(欧米)



ウィキペディア

④1989年～ 健康づくり、超高齢化、介護体制、パンデミック

地球温暖化対策、省エネルギー強化

1990～ シックハウス問題 顕在化

2003 建築物衛生法改正、建築基準法(シックハウス対策)改正

建築物衛生法／ビル管法

■「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」

- 多数が利用する建築物における衛生的環境の確保
- 公衆衛生の向上・増進

(1) 特定建築物

= 興行場、百貨店、店舗、事務所、学校等で一定規模の建築物
(それ以外では努力義務)

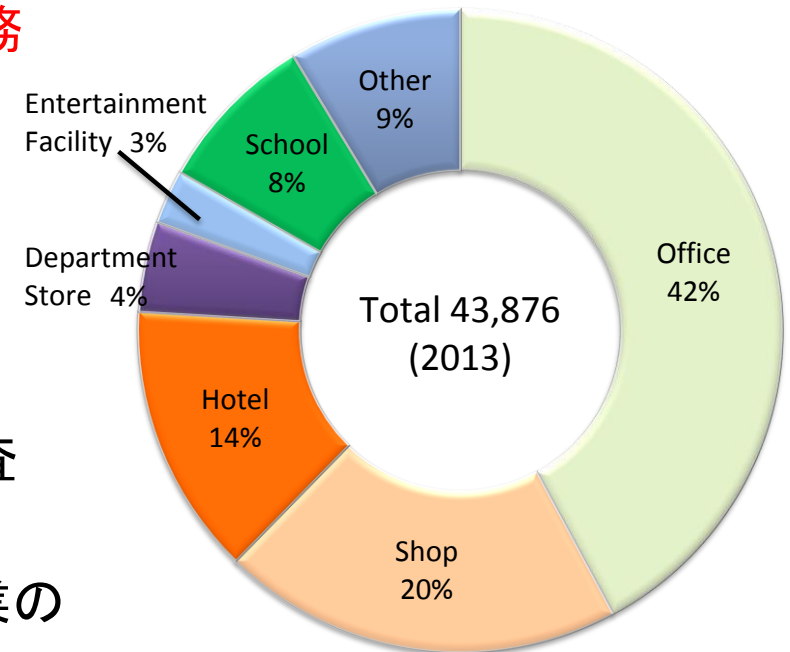
(2) 特定建築物の所有者(管理権原者)の義務

- ① 衛生管理基準に従った維持管理
- ② 都道府県知事へ使用開始の届出
- ③ 建築物衛生管理技術者の選任
- ④ 帳簿書類の備え

(3) 行政の監督

特定建築物所有者へ、報告を求め、検査を行い、改善命令を出す。

(4) 建築物の衛生的環境の確保に関する事業の登録(都道府県知事)




特定建築物の構成

建築物衛生管理基準

⇒ 空気環境、給排水、清掃、ねずみ、昆虫等に関する良好な状態の維持に必要な措置を規定

● 空気環境の基準

① 空調設備(暖冷房+換気)の基準、② 換気設備の基準

測定・点検	項目	基準値	備考
 <p>定期測定 2ヶ月以内 1回</p>	浮遊粉じん量	0.15 mg/m ³	感染症、アレルギー、タバコ等
	一酸化炭素	10ppm	燃焼ガス・タバコ等 中毒
	二酸化炭素	1000ppm	空気質指標(人、燃焼) 換気状態の目安(30m ³ /h人)
	温度	17°C~28°C	寒さ、暑さ、17°Cは低すぎ?
	相対湿度	40%~70%	感染症(インフルエンザ等)、アレルギー(カビ・ダニ等)、夏期不快
	気流	0.5 m/sec	体感温度等
最初測定	ホルムアルデヒド	0.1mg/m ³ (0.08ppm)	刺激、ガン:IARCグループ1 新築、修繕、模様替後
点検・掃除	冷却塔、加湿装置水	水質基準、定期点検、掃除、換水	レジオネラ・微生物繁殖
	空調設備排水受け	定期点検、掃除	

空調方式と特徴

●中央管理方式

各居室に供給する空気を中央管理室等

で一元的に制御することができる方式

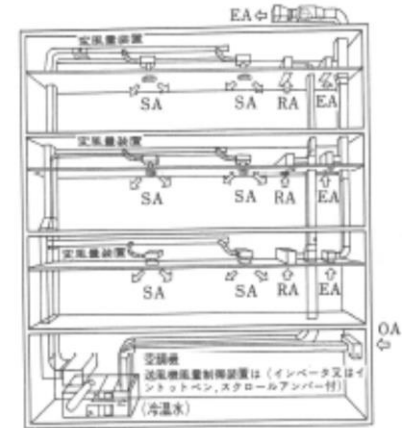
⇒ 全館の温湿度、空気質を制御。

熱源：ボイラー、ヒートポンプ、冷却塔(クーリングタワー)

室内：ファンコイルユニット、パネルラジエーター、床暖房



冷却塔(クーリングタワー)



建築環境工学用教材 設備編
日本建築学会

●個別方式(中央管理方式以外)*

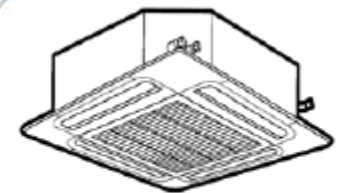
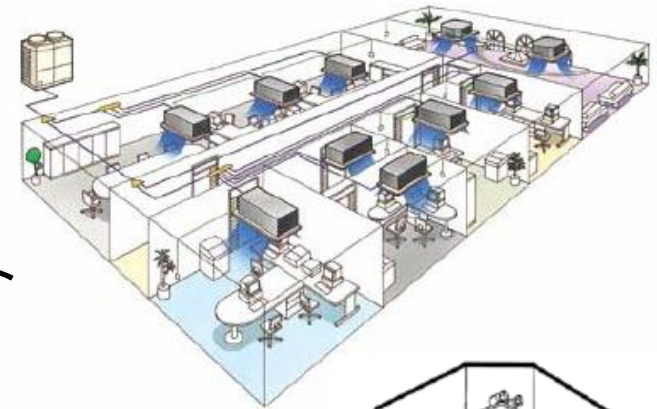
ビルマルチ等の各居室を個別に制御できる方式

例：ヒートポンプ(室外機)ー冷媒管ー室内ユニット

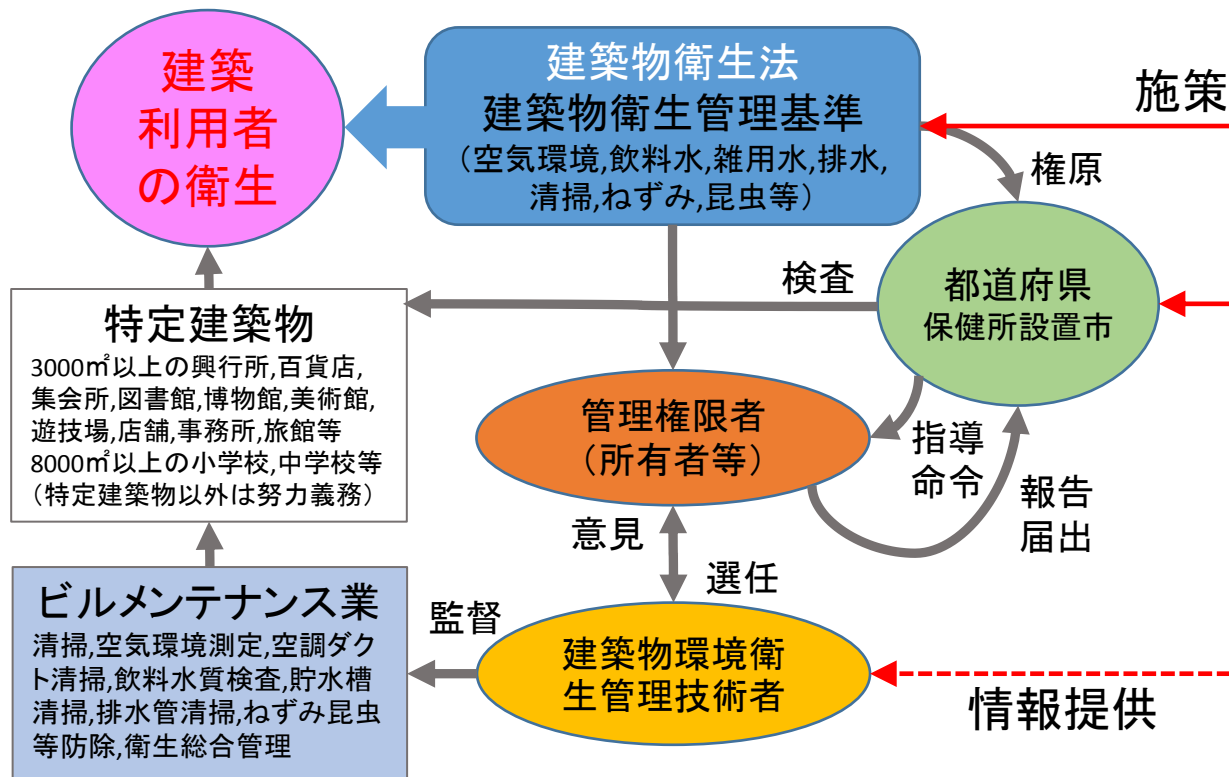
⇒ ローコスト、省エネ(部分間欠)運転に対応。

* 2003年改正後で建築物衛生法の対象となった。

出典：東京都健康
安全研究センター



建築物衛生の仕組み



施策支援 医薬・生活衛生局生活衛生課

本院研修

専門課程 (環境保健)
環境衛生監視指導研修, 建築物衛生研修
厚生労働省・生活衛生課
生活衛生関係技術者研修

保健医療科学

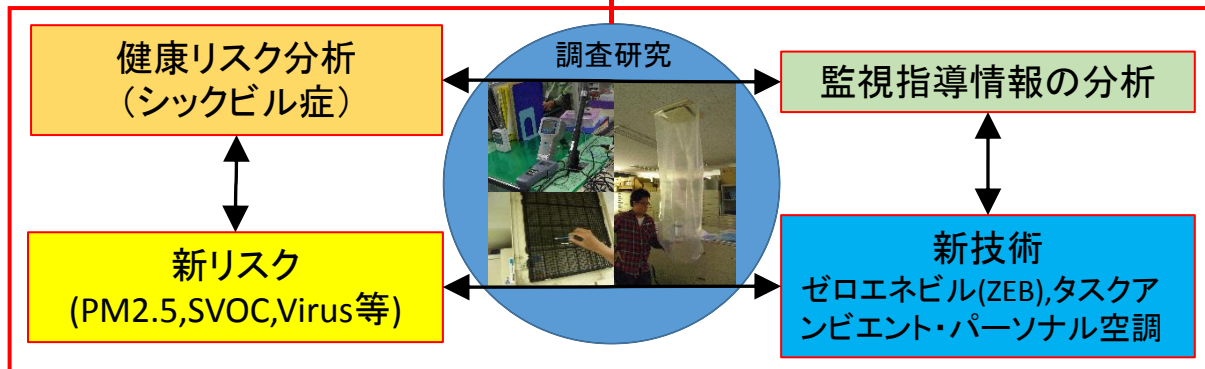
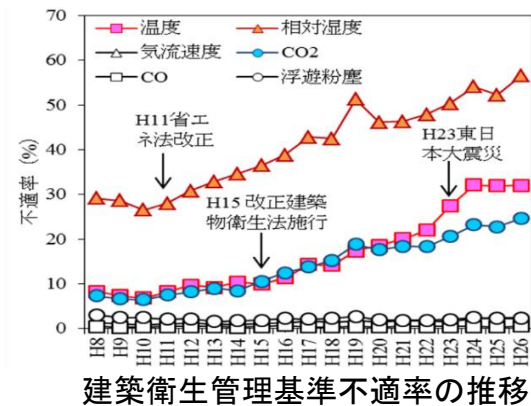
Journal of the National Institute of Public Health

第63巻 第4号 平成26年8月

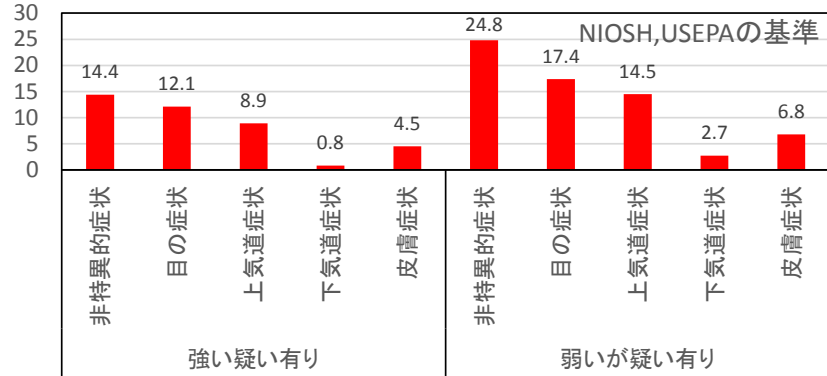
Vol.63 No.4 August 2014

特集：建築衛生

巻頭言 (大澤元敏)
建築物内環境に関連する症状とそのリスク要因 (総説) (東賢一)
新たな健康被害原因—生物汚染 (総説) (柳平)
室内空気環境における新たな汚染物質 (総説) (藤原樹)
特別養護老人ホームにおける環境衛生管理の現状と課題 (原香)
建築物衛生管理の課題と解決 (総説) (宮崎啓子)
健康と安全を支える住環境 (総説) (岡山広文, 斉藤雅也, 三上通)
東京都における建築物衛生行政への取組 (総説) (奥村隆一)

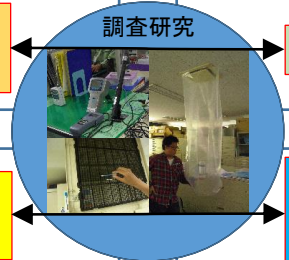


事務所におけるシックビル症状の分析



比較的良好な管理下
⇒ **シックビル症状**

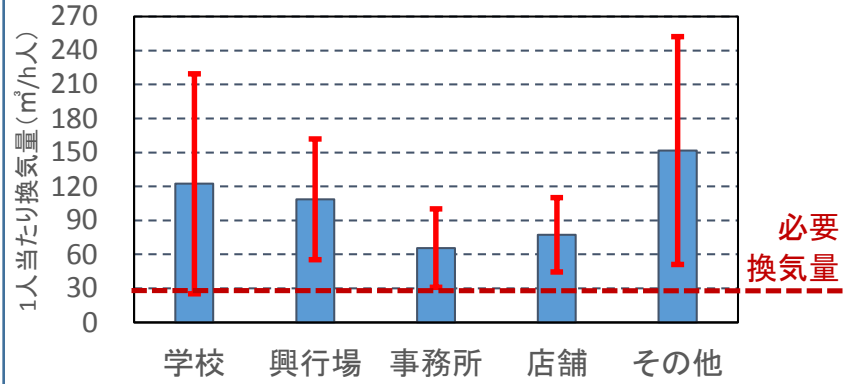
健康リスク分析
(シックビル症)



監視指導情報の分析

冬期在室状況(換気量)
⇒ **測定・評価法の改定**

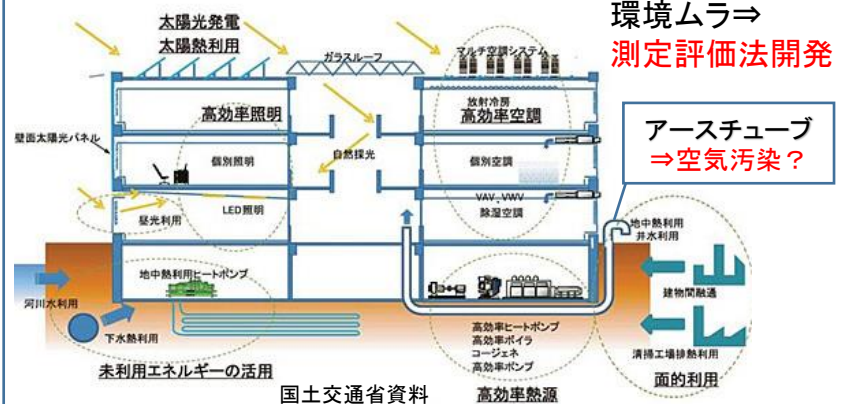
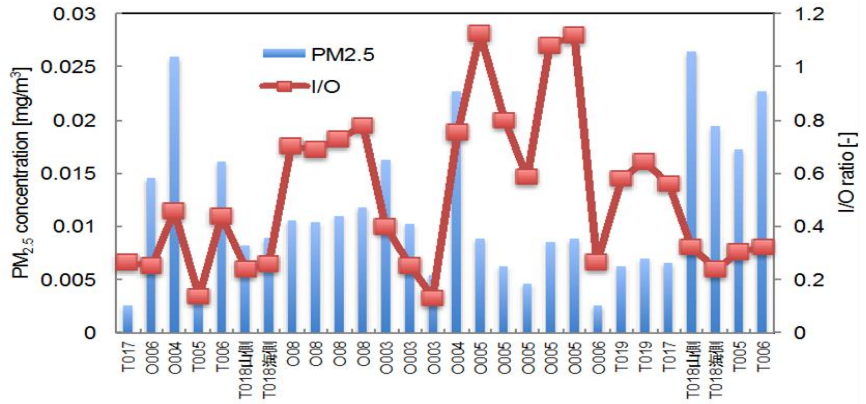
立入検査データの分析



事務所のPM2.5のI/O比は、1.0
程度の場合がある。
⇒ **外気モニタ、外気処理**

新リスク
(PM2.5, SVOC, Virus等)

新技術
ゼロエネルギー(ZEB), タスク
アンビエント・パーソナル空調



建築物衛生に関する研究

<p>厚労科研 H26-28 建築物環境衛生管理に係る行政監視等 に関する研究</p>	現状分析		
	空気環境衛生管理の現状	健康危機対応の衛生管理の実態	温湿度・二酸化炭素の健康影響エビデンス
	新しい基準の提案		
	空気環境衛生基準	衛生管理体制	新しい健康リスク等

	H29	H30	H31	
<p>厚労科研 H29-31 建築物衛生管理基準の検証に関する研究 代表: 林</p>				① 基準案の検証(エビデンス整理)
				基準案(基準の見直し、項目の追加・組替え)と適用結果の予測
				② 測定評価法提案(ケーススタディー)
				基準案に対応した測定法に関する実験・シミュレーションによる検証
				③ 測定評価法の検証(実建物試行)
			特定建築物を用いた測定及び徴取・検査の試行と実用性、健康影響に関する検証	
			④ 制度提案(自治体等ヒアリング)	
			基準案及び測定法に基づく制度案と適用の可能性に関する検討	

	H29	H30	H31	
<p>厚労科研 H29-31 中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究 代表: 大澤</p>				① 衛生環境実態(実建物調査)
				空気、水、PC等に関する実態調査(全国調査、詳細調査)
				② 健康影響(実建物調査)
				空気環境と健康影響に関する実態調査(全国調査、詳細調査)
			③ 衛生管理項目・水準(提案)	
			特定建築物の適用による影響と対応策に関する検討	

「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」

厚労科研健康安全・危機管理対策総合研究事業(H26～H28)

「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」

研究代表 国立保健医療科学院 大澤 元毅

研究分担者 国立保健医療科学院 林 基哉、金 勲、開原典子

近畿大学医学部 東 賢一

東京工業大学大学院 鍵 直樹

工学院大学建築学部 柳 宇

研究協力者 東京都健康安全研究センター 奥村龍一

大阪市役所 河野 彰宏

日本建築衛生管理教育センター 齊藤敬子、鎌倉良太、杉山順一、築地健司

全国ビルメンテナンス協会 下平智子

研究の目的

建築物の衛生管理の

現状把握、問題点の抽出、原因究明、対策の検討

⇒ 建築物環境衛生管理に関する行政監視のあり方

「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」

研究項目

1. 建築物における空気環境の衛生管理の現状
 - 1.1 特定建築物におけるCO₂濃度不適率の現状
 - 1.2 特定建築物立入検査データによる冬期室内湿度の分析

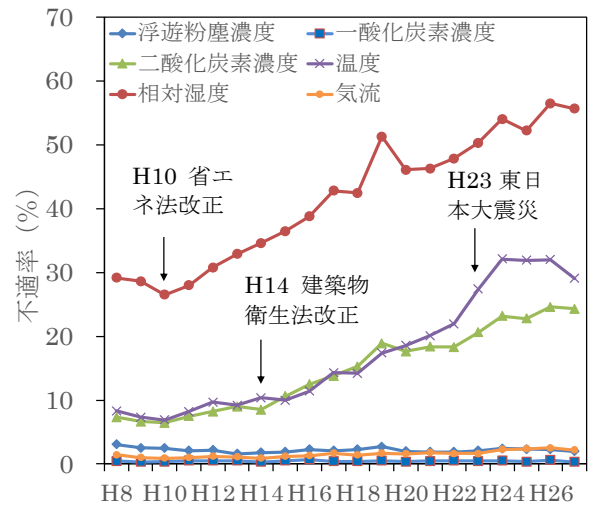
2. 健康危機管理に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討
 - 2.1 温湿度・CO₂・微生物の調査結果
 - 2.2 事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴

3. 温湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関する近年のエビデンス
 - 3.1 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査
 - 3.2 温湿度とCO₂の健康等への影響に関する近年のエビデンス

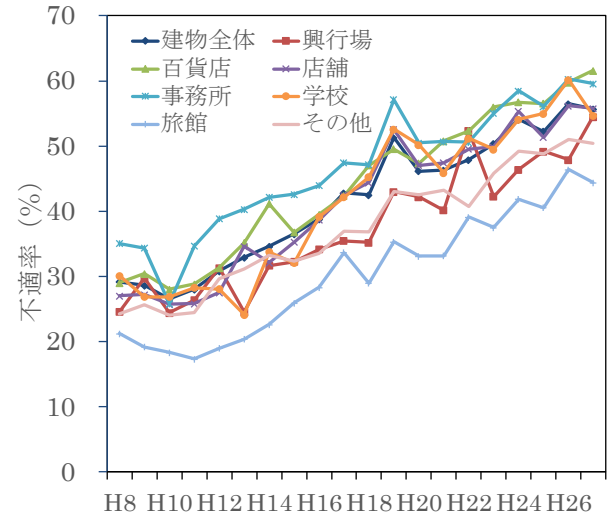
4. 建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

特定建築物空気環境の不適率の推移

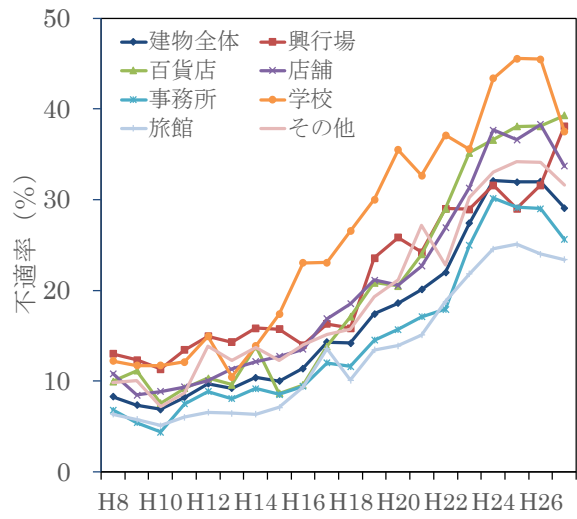
- 空気環境の不適合率は、全ての用途で、持続的に上昇している。
- 相対湿度：冬期低湿度による不適合率が高いと考えられる。
- 温度：学校等でH27に低下が見られるが、原因は不明。
- 二酸化炭素濃度：旅館を除けば軒並みに上昇し、学校と事務所の上昇が著しい。



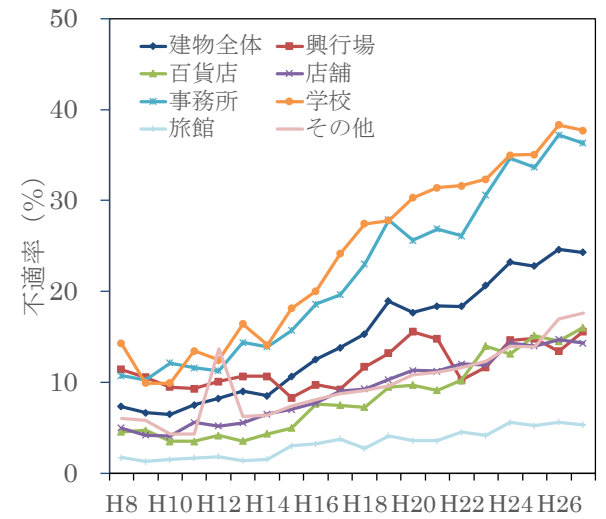
不適率の推移



相対湿度



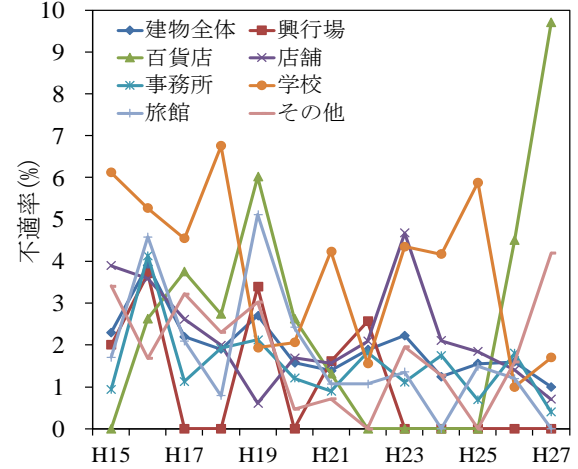
温度



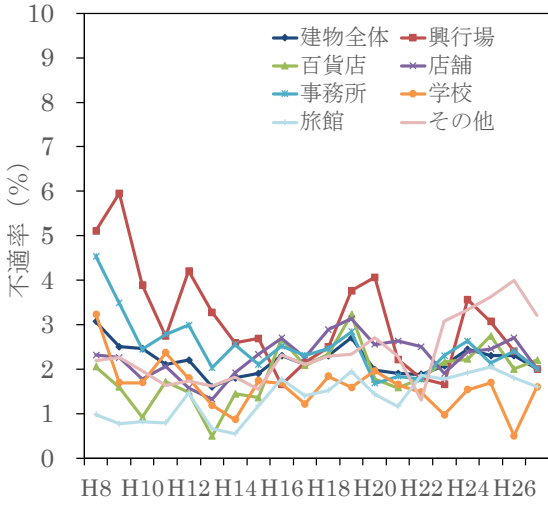
二酸化炭素濃度

特定建築物空気環境の不適率の推移

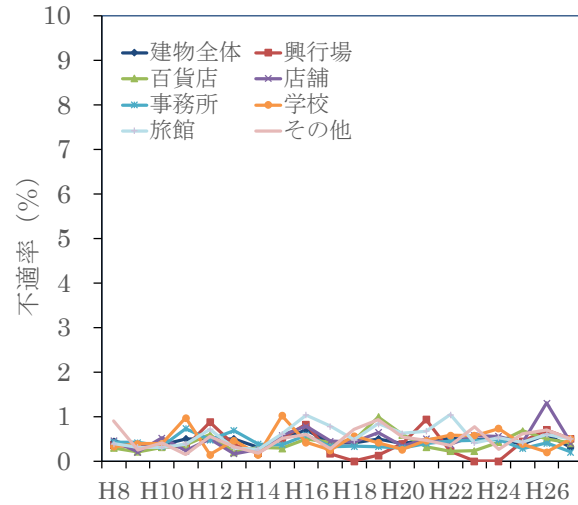
- 浮遊粉塵濃度：不適率が低く、用途差が小さい。
- 一酸化炭素濃度：不適率が低く、用途差が小さい。
- 気流速度：不適率が低く、用途差が小さい。
- **ホルムアルデヒド濃度**：調査実施開始のH15年度から不適率が6%程度以内で、低下傾向が見られた。しかし、百貨店についてはH27年度に9.7%に上昇した。この原因は不明である。



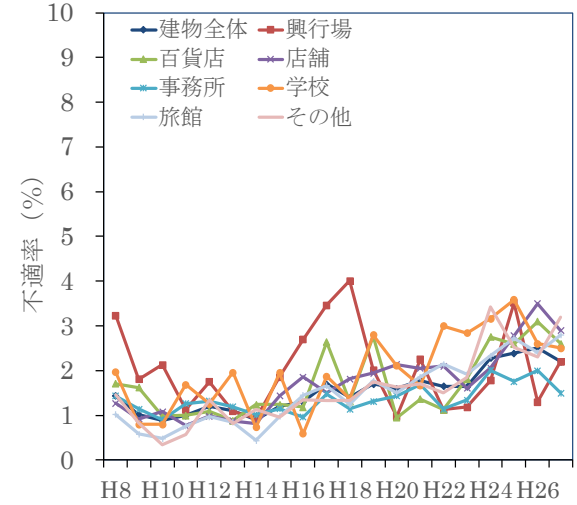
ホルムアルデヒド濃度



浮遊粉塵濃度



一酸化炭素濃度



気流速度

空気環境不適率上昇の傾向と要因

二酸化炭素濃度・温度・相対湿度が上昇傾向

- 学校が高い傾向

自然換気が多く、換気の制御が適切に行えないこと、学校保健安全法の学校環境衛生の基準(二酸化炭素濃度:1500ppm)と異なること。

- 旅館が低い傾向

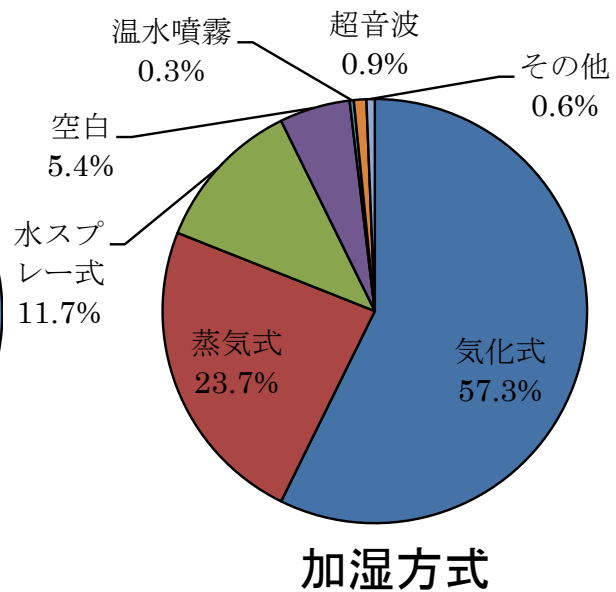
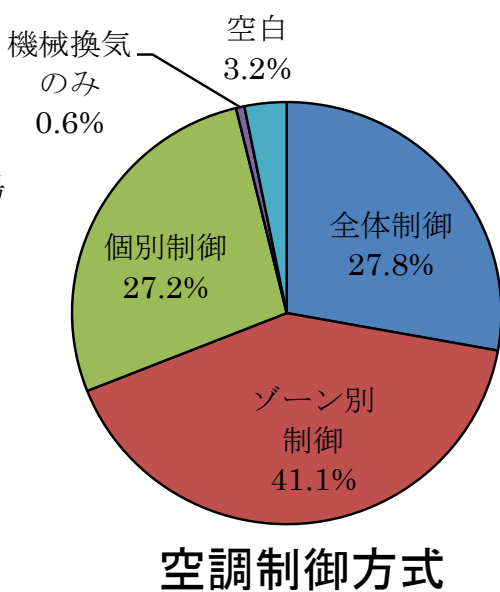
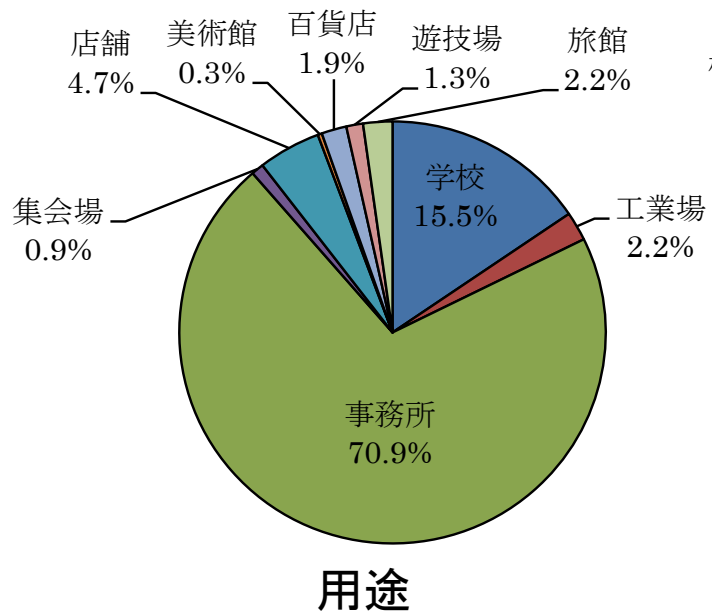
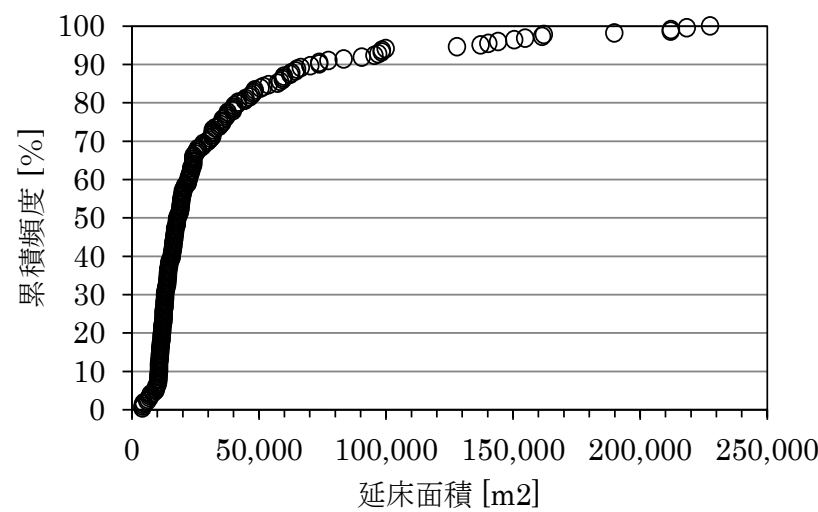
検査測定場所として顧客使用状態と一致していない可能性があり、実際よりも低い不適率になっていることも考えられる。

原因

- 個別空調の普及(建築内に時間的空間的な環境ムラ)。
- 省エネ(温暖化対策や東日本大震災にともなう設定温度変更/クールビズ, ウォームビズ、通風利用、換気抑制等による環境レベルの低下と環境ムラ)
- 監視指導・報告の状況変化

東京都の立入り検査による実態調査

- 東京都では、特定区内の延べ床面積10,000m²を超える特定建築物はビル衛生検査班が、多摩地区内では各保健所環境衛生係が立入り検査を実施している。
- 東京都の平成25年度立入り検査実測値を用いて、整理を行った。



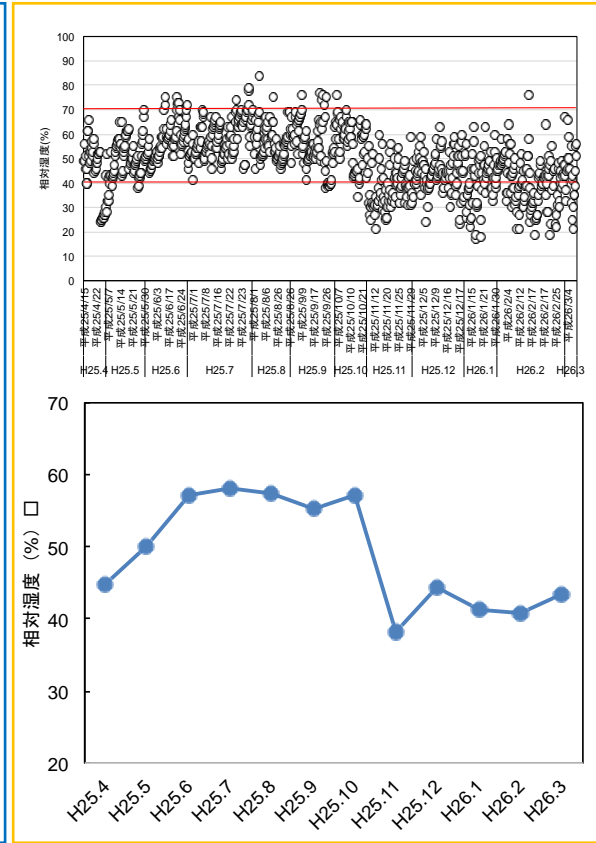
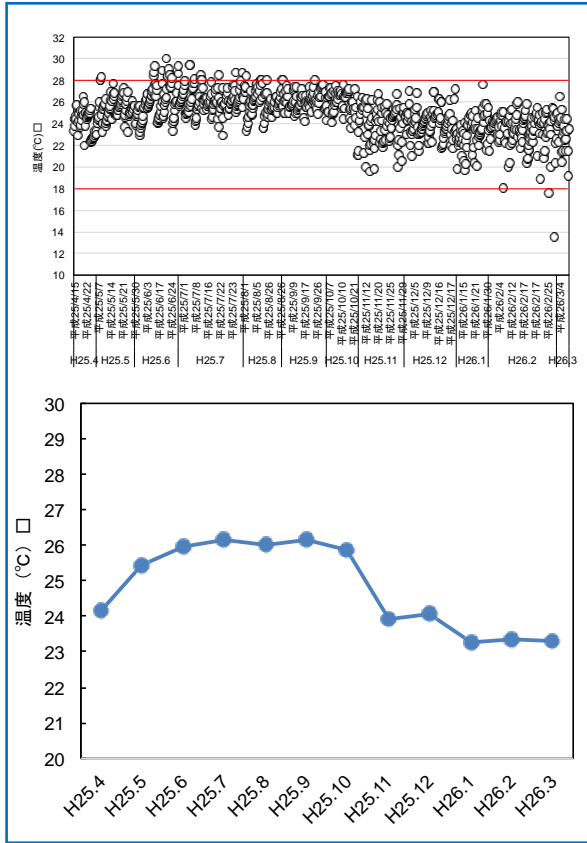
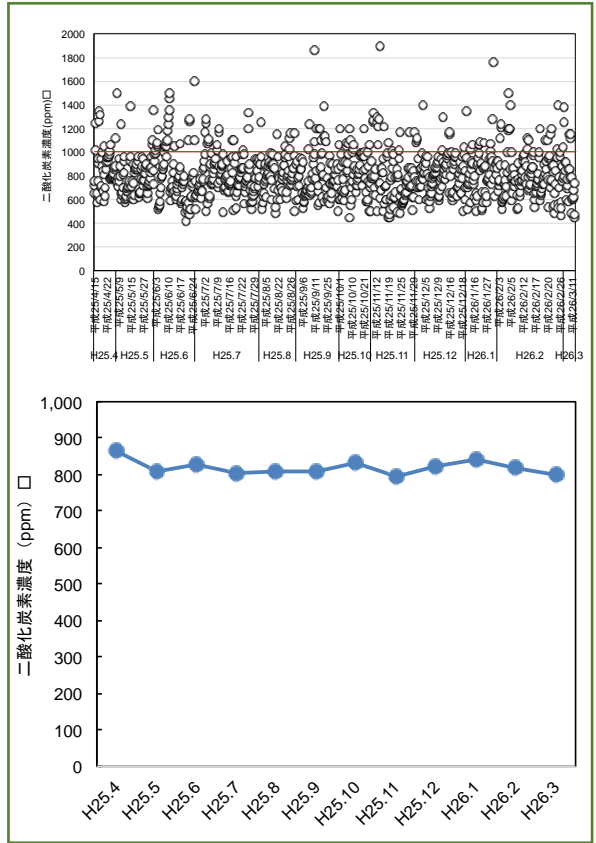
立入検査の温度・相対湿度の季節推移

- 二酸化炭素：ばらついてはいるが、季節変化は顕著ではない。
- 温度：ばらつきが比較的少ないが、季節変化が見られる。
- 相対湿度：ばらつきが大きく、季節による変化が顕著である。

二酸化炭素

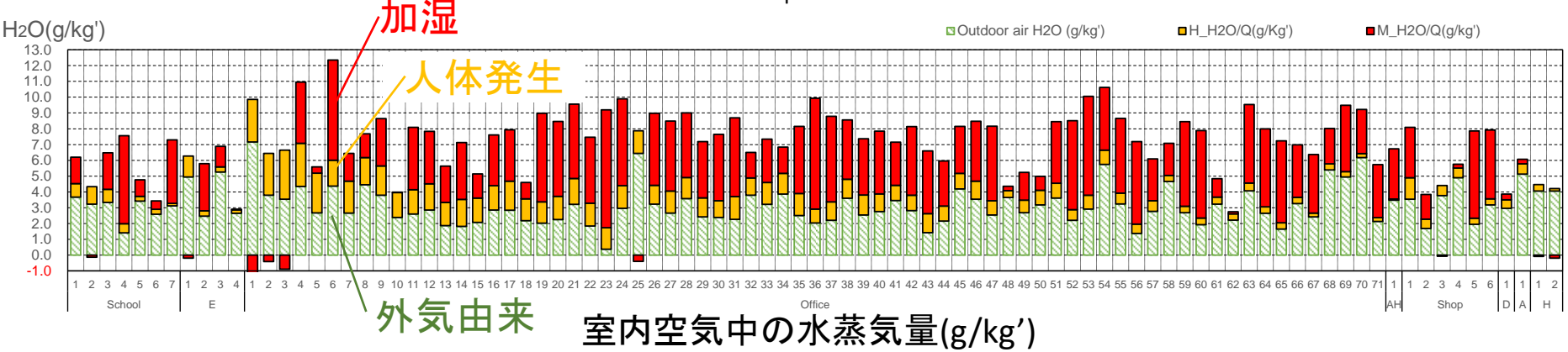
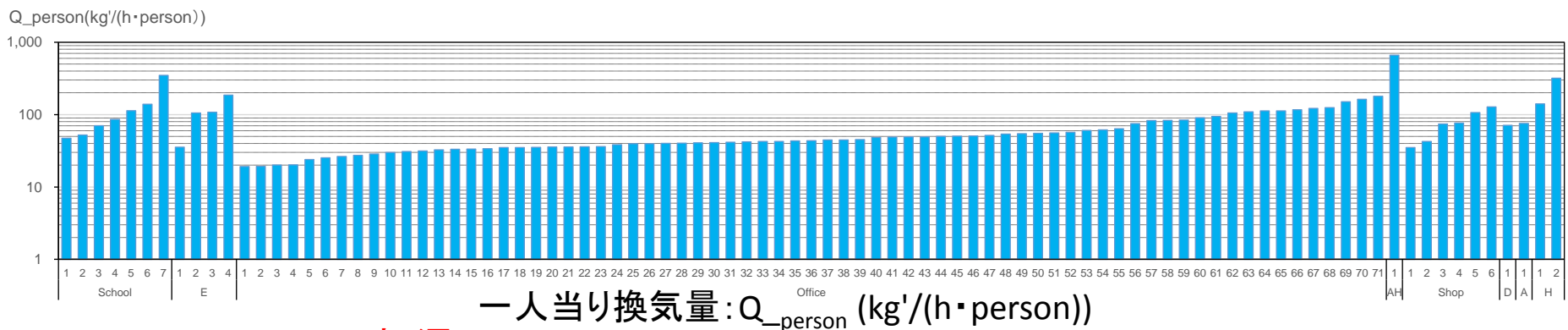
温度

相対湿度



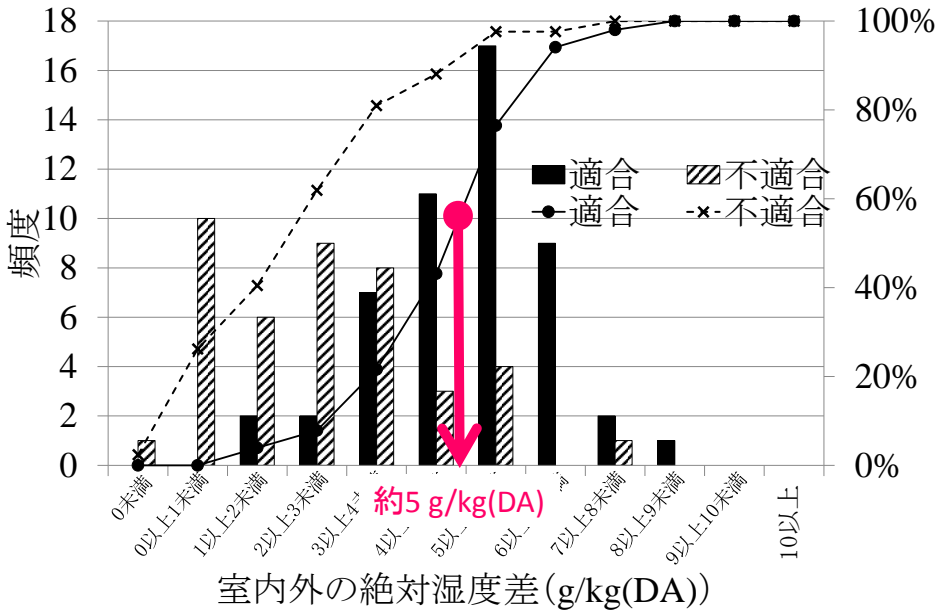
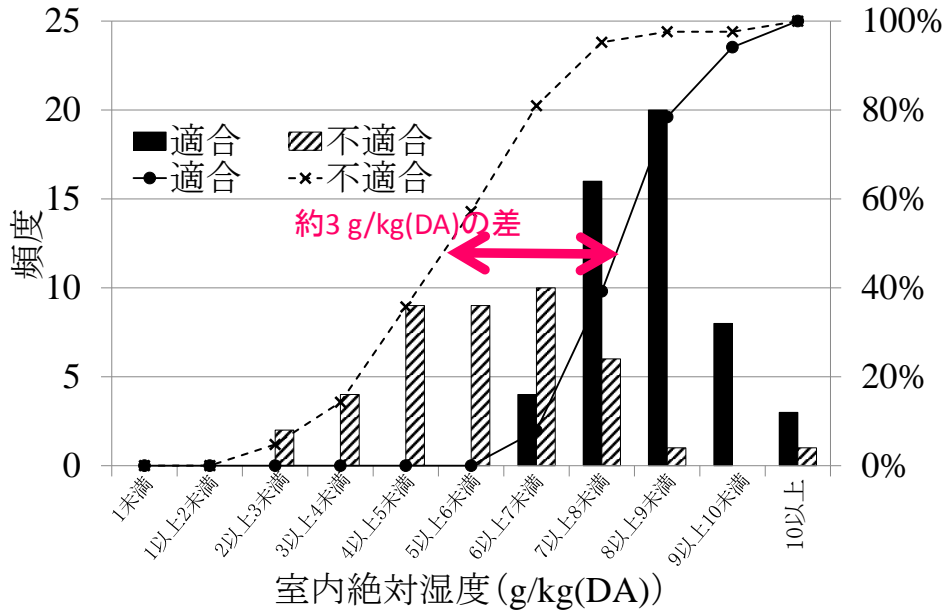
立入検査情報の分析 (H25, 東京都, 11月~3月, n=93)

- 冬季の相対湿度に大きな差がある原因は？
- 二酸化炭素濃度から換算した一人当り換気量に、大きな差。
→ 在室者からの発生水蒸気量に差がある。
- さらに、加湿調整が十分ではない。



立入検査情報の分析 (H25, 東京都, 11月~3月, n=93)

- 適合建物と不適合建物の中央値付近の絶対湿度を比較すると、約3 g/kg' の差がある。
- 適合建物の室内外絶対湿度差は、約5 g/kg' である。
- 不適合建物で加湿装置の運転を行っていない可能性。
- 不適合建物で加湿装置(気化式)の加湿能力不足の可能性。



「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」

研究項目

1. 建築物における空気環境の衛生管理の現状
 - 1.1 特定建築物におけるCO₂濃度不適率の現状
 - 1.2 特定建築物立入検査データによる冬期室内湿度の分析
2. 健康危機管理に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討
 - 2.1 温湿度・CO₂・微生物の調査結果
 - 2.2 事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴
3. 温湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関する近年のエビデンス
 - 3.1 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査
 - 3.2 温湿度とCO₂の健康等への影響に関する近年のエビデンス
4. 建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

温湿度・CO₂・微生物の調査結果

測定対象の概要

- O:大阪、T:東京のオフィス
- 空調設備は、AHU:エアハンドリングユニット、PAC:パッケージ型空調機、HEX:全熱交換器による。
- 一人当たり占有床面積の一般設計値は5[m²/人]であるが、**本調査対象のほとんどは大きく、最大でその5倍。**

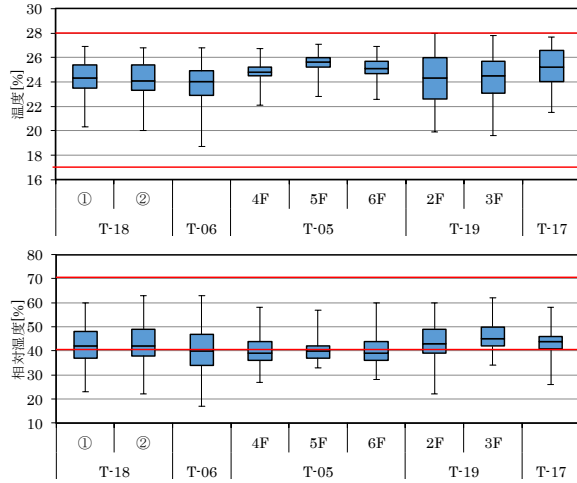
測定日	測定対象ID	空調方式	対象床面積 [m ²]	在室者数 [人]	一人当たり占有 床面積[m ² /人]
冬季					
2016/1/15	T-05	AHU+ダクト	922	78	12
2015/12/22	T-06	PAC+HEX	92	7	13
2015/12/22	T-17	AHU+ダクト	737	60	12
2016/1/15	T-18 (2カ所)	PAC+HEX	422・645	16・58	26・11
2015/12/22	T-19 (2カ所)	AHU+ダクト	1152	120・41	10・28
2016/2/23	O-02 (3カ所)	AHU+ダクト	180・248・200	22・36・26	8・7・8
2016/2/24	O-03 (3カ所)	AHU+ダクト	136・66・102	12・21・12	11・3・8
2016/2/24	O-04	PAC+HEX	119	8	15
2016/2/24	O-05 (5カ所)	AHU+ダクト	368	41・34・44・66・21	9・11・6・18
2016/2/23	O-06	AHU+ダクト	194	10	19.4
2016/2/23	O-08 (4カ所)	PAC+HEX	186	9・9・14・16	20・20・13・11
夏季					
2016/8/2	T-05	AHU+ダクト	922	63	15
2016/8/2	T-06	PAC+HEX	92	11	8
2016/8/3	T-17	AHU+ダクト	737	70	11
2016/8/2	T-18 (2カ所)	PAC+HEX	422・645	24・58	18・11
2016/8/3	T-19 (2カ所)	AHU+ダクト	1152	121・40	10・29
2016/8/9	O-02 (3カ所)	AHU+ダクト	180・248・200	21・39・18	9・6・11
2016/8/8	O-03 (3カ所)	AHU+ダクト	136・66・102	16・12・10	9・6・10
2016/8/8	O-04	PAC+HEX	119	11	11
2016/8/9	O-05 (5カ所)	AHU+ダクト	368	40・28・51・59・22	9・13・7・6・17
2016/8/9	O-08 (4カ所)	PAC+HEX	186	14・8・10・7	13・23・19・27
秋季					
2016/11/9	T-19 (2カ所)	AHU+ダクト	1285・668	136・55	9・12
2016/10/17	O-05 (5カ所)	AHU+ダクト	217・316・316 ・207・253	23・70・74 ・29・34	9・5・4・7・7
2016/10/17	O-03 (3カ所)	AHU+ダクト	109・148・90	12・13・10	9・11・9
2016/10/17	O-08 (4カ所)	PAC+HEX	244・178・169・56	18・6・11・9	14・30・15・6
2016/10/18	O-02 (3カ所)	AHU+ダクト	169・229・141	23・43・18	7・5・8

温湿度・CO₂・微生物の調査結果

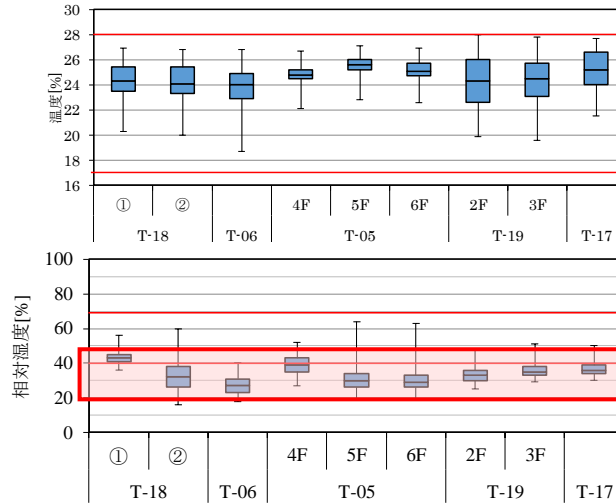
- 温度：夏季は28°Cを超え、T-05の5Fは恒常的に超えていた。
- 相対湿度：冬季の低湿度問題が再確認された。

東京

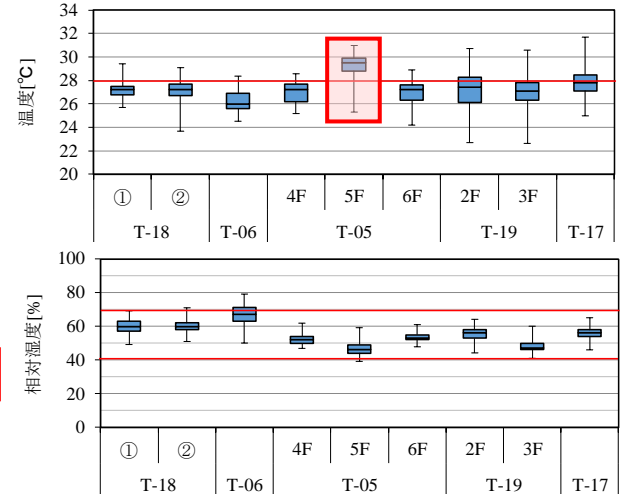
2015年秋季



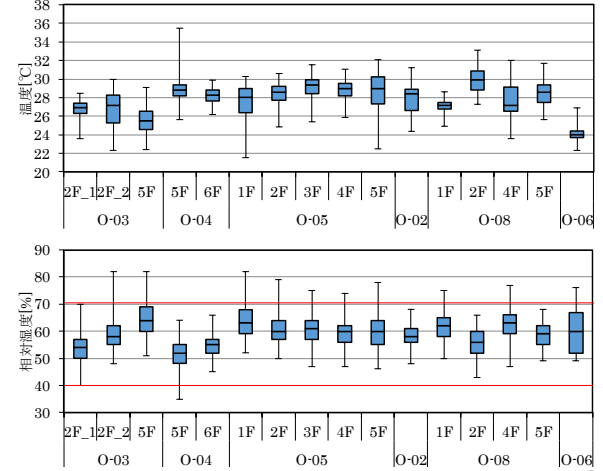
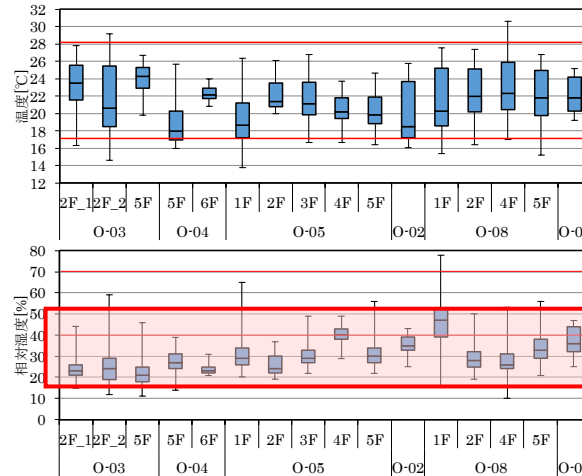
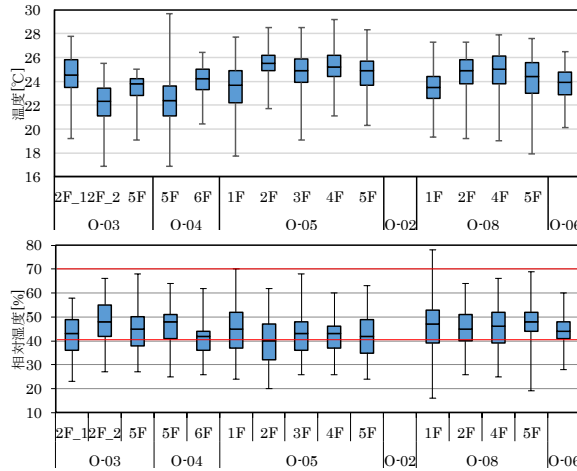
2016年冬季



2016年夏季

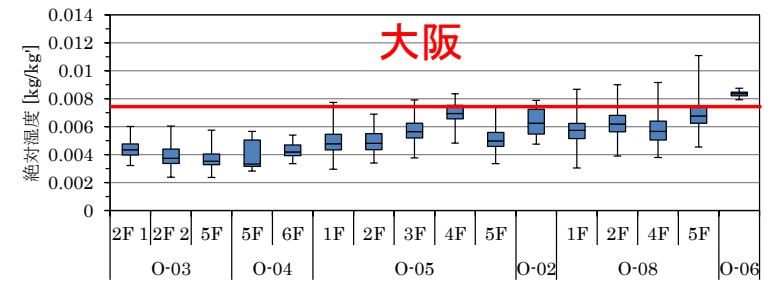
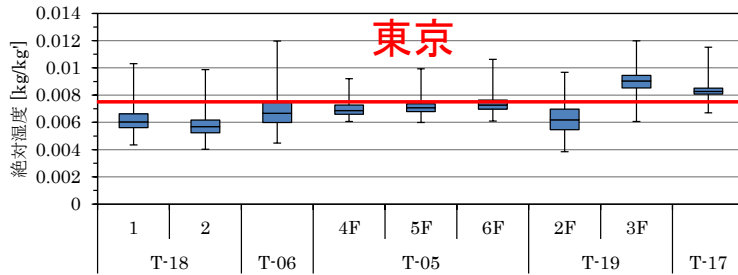


大阪



温湿度・CO₂・微生物の調査結果

- 加湿不足: 24°Cで40%を維持するのに、大阪で平均2g/kg'程度の増加が必要。

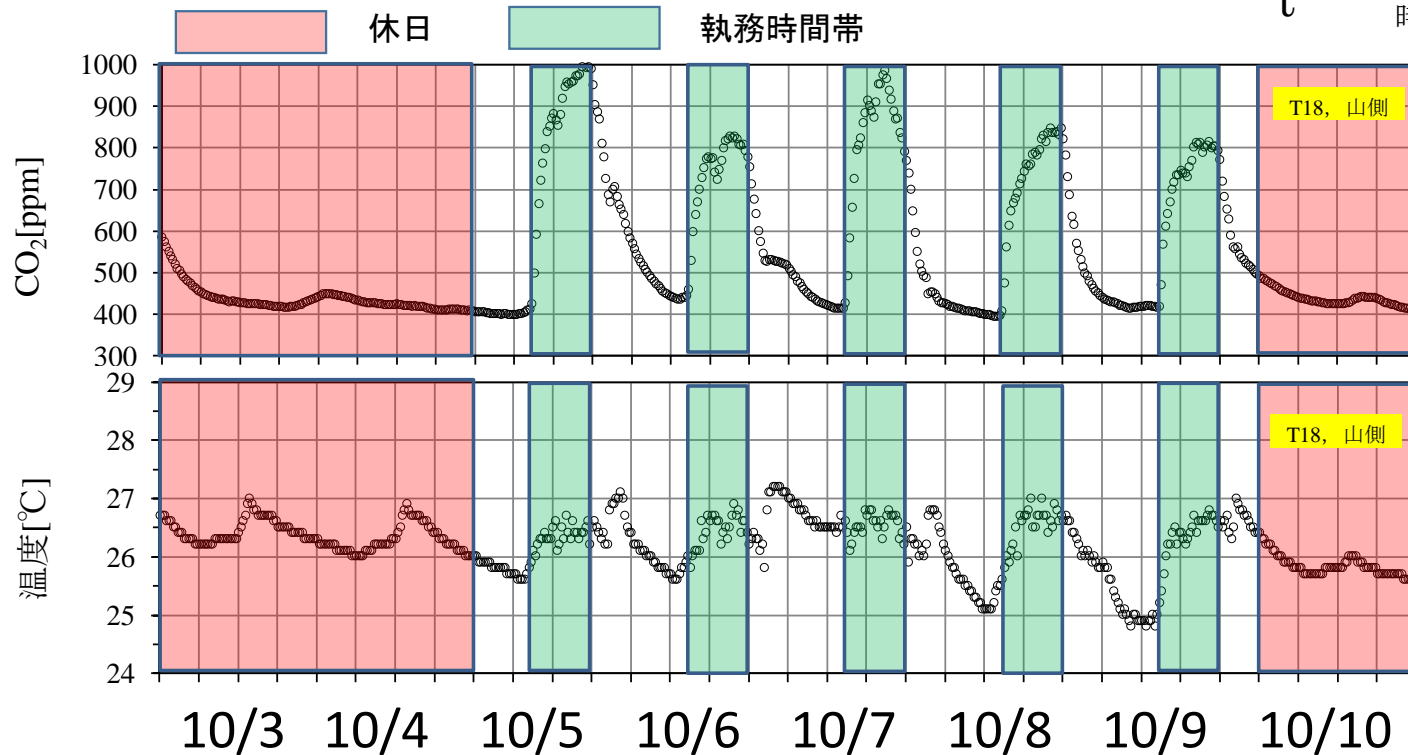
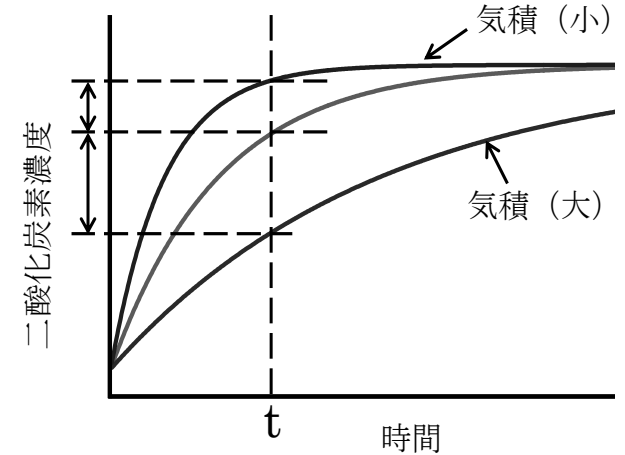


- 二酸化炭素濃度: 1000ppmを超えるケースがあるが、75%タイル値の全てで1000ppmを下回っており、概ね良好であった。



温湿度・CO₂・微生物の調査結果

- CO₂濃度:一人当り面積は約10m²/人で、一般の倍であった。気積が大きく定常になっていない。
- 温度:執務時間帯の温度も27°Cを超えないように制御されている。



PMV(総合温冷感)の調査結果

- 冬期、執務時間帯のPMV値は-0.5~+0.5の範囲にある。
- 夏期、執務時間帯のPMV値は+1.0~+1.5で、設定温度が高め(27°C)であることが主要因である。

PMV (Predicted Mean Vote)

+2 : 暖かい (Warm)

+1 : やや暖かい (Slightly warm)

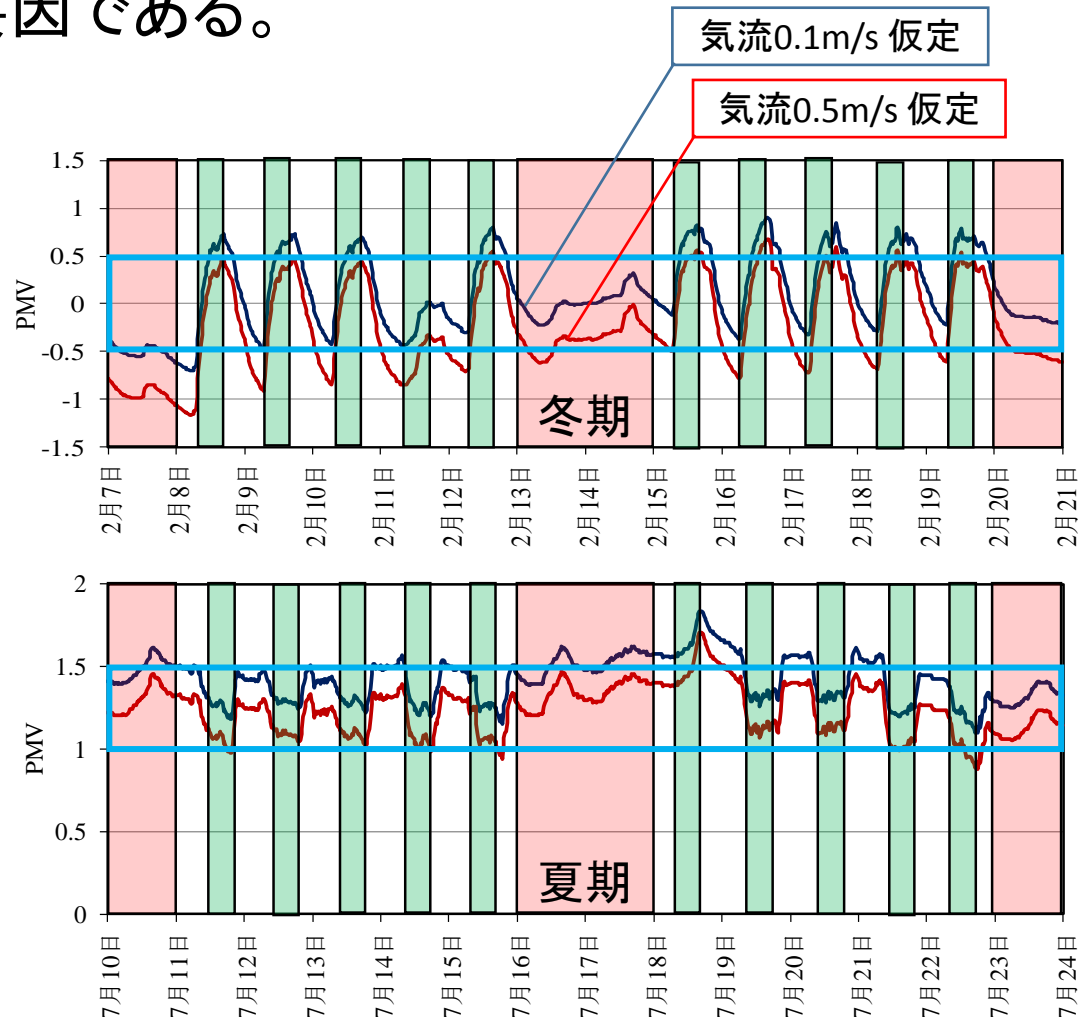
0 : 中立 (Neutral)

-1 : やや涼しい (Slightly cool)

-2 : 涼しい (Cool)

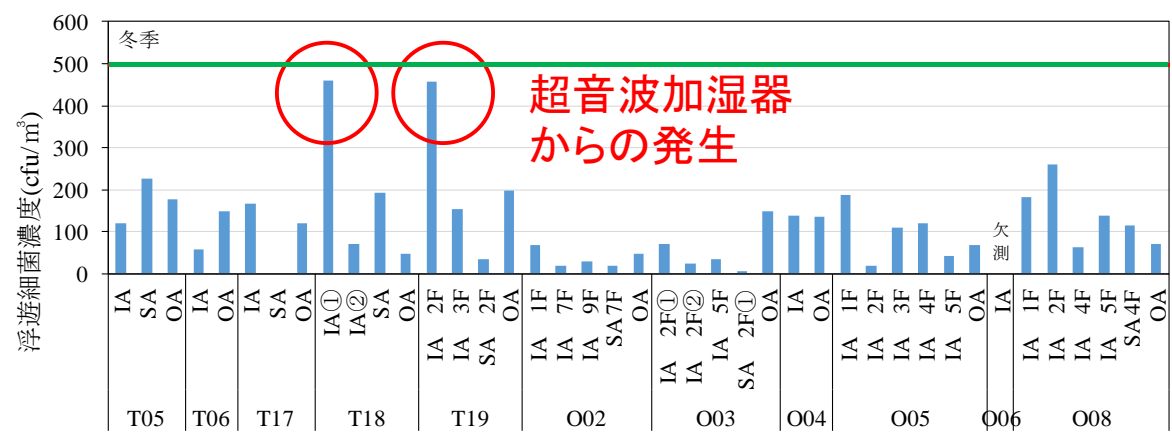
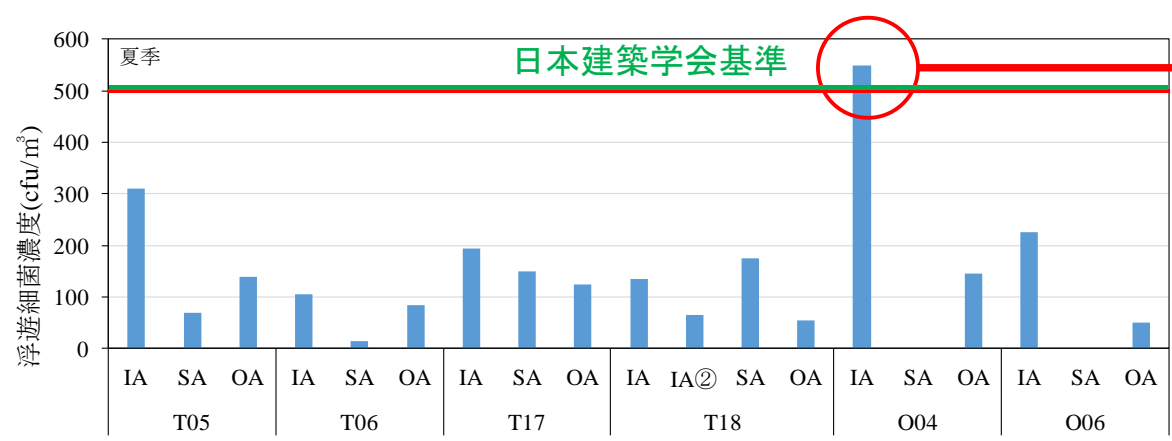


環境4要素(温度, 相対湿度, 気流速度, 平均放射温度)の測定



温湿度・CO₂・微生物の調査結果

- 生菌(細菌): 夏季の全熱交換器停止時に、浮遊細菌濃度はAIJ基準(500cfu/m³)を超えた。
- 冬季に超音波加湿器近傍はAIJ基準の4~5倍(2305)であった。
- 換気と加湿器の衛生管理が必要である。



温湿度・CO₂・微生物の調査結果

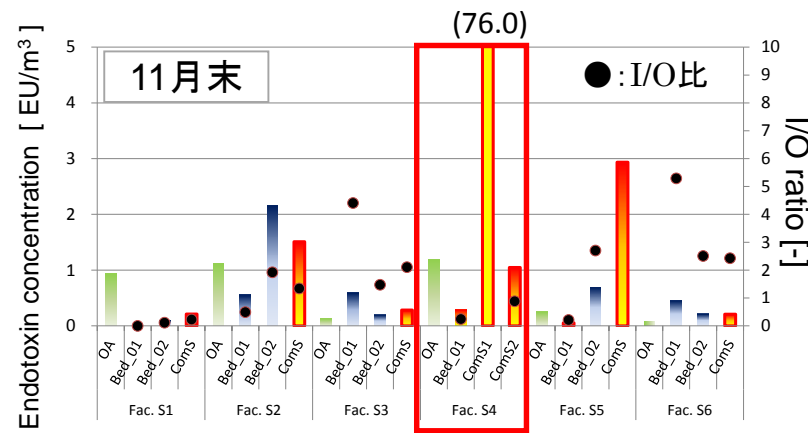
- **エンドトキシン**は、細胞壁外膜にあり、菌体の破壊によって遊離。
- 人体、加湿器等の細菌によって、気中濃度上昇の可能性はある。
- **0.5EU/m³未満が殆どで低い → 冬期の加湿器使用で高くなる**ことが確認



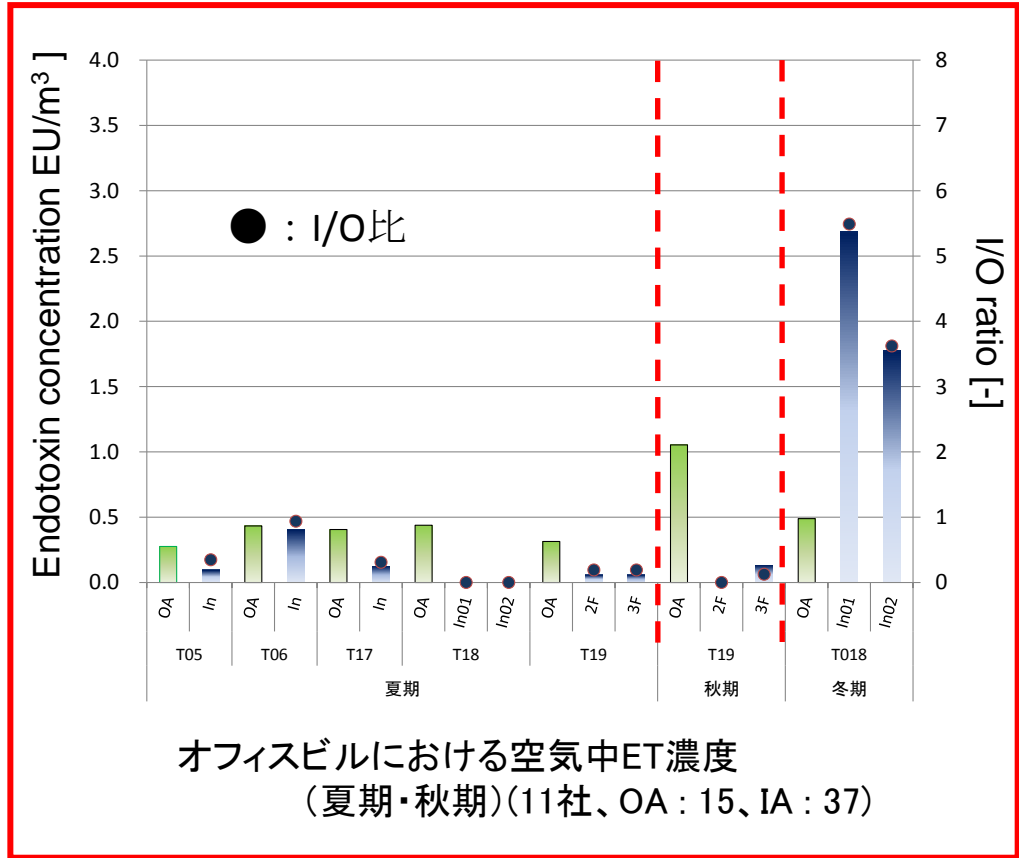
エンドキシンの採取



分析機



エンドキシンのI/Oが高い例(高齢者施設)



オフィスビルにおける空气中ET濃度
(夏期・秋期)(11社、OA : 15、IA : 37)

事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴

- 微小粒子(PM_{2.5})は、呼吸器系深部に達し、健康影響。
- 建築物環境衛生管理基準：
粒径10μm以下の粒子を対象として、質量濃度で0.15mg/m³以下
- 大気環境基準：
浮遊粒子状物質（粒径が10μm以下）
1時間値の日平均値が0.10mg/m³以下、
かつ、1時間値が0.20 mg/m³以下

PM_{2.5}:

1年平均値が15μg/m³以下であり、かつ、1日平均値が35μg/m³以下

[本研究]

- 事務所建物内におけるPM_{2.5}の実態について実測
- 外気と室内のPM_{2.5}濃度及び粒径別超微粒子の特性
- 建物空調方式による外気からの侵入の特性について考察する。

事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴

- 測定方法と対象

- PM_{2.5}濃度

 - PM_{2.5}計 (TSI DustTrak DRX 8533)

- 粒径別個数濃度

 - サブミクロン粒子:

 - パーティクルカウンタ (RION, KR-12A)

 - ナノ粒子: PAMS (Kanomax)



- 30分間の室内外の測定

- 2015年夏期, 秋期

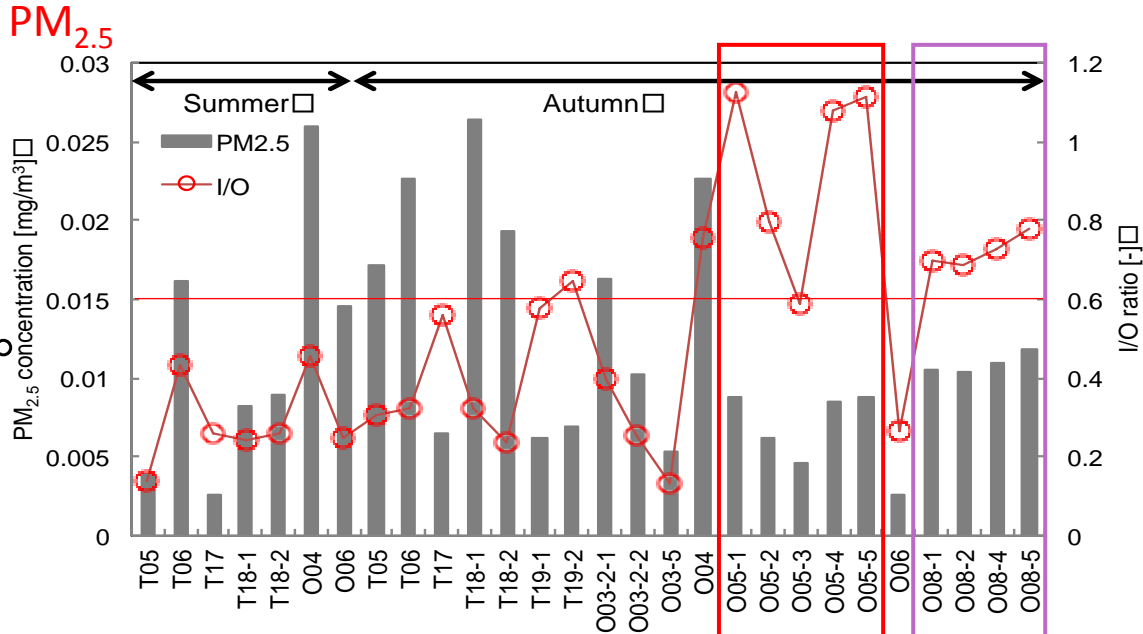
- 事務所建築物10件

ID	City	Num.	AC*	Summer	Autumn
T05	Tokyo	1	C	○	○
T06		1	I	○	○
T17		1	C	○	○
T18	Yokohama	2	I	○	○
T19	Tokyo	2	C	—	○
O03	Osaka	3	C	—	○
O04		1	I	○	○
O05		5	C	—	○
O06		1	C	○	○
O08		4	I	—	○

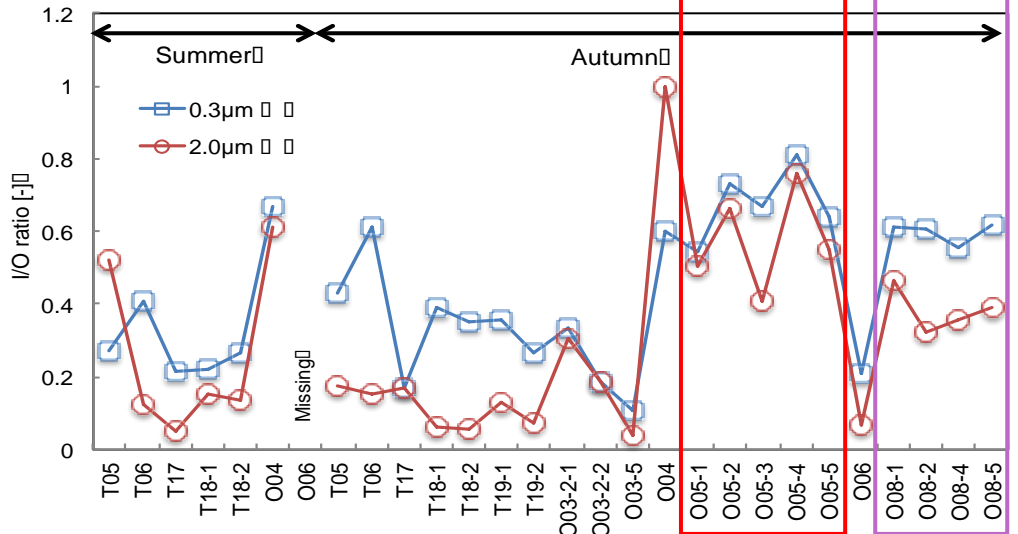
* C: Central air conditioning, I: Individual air conditioning

事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴

- PM_{2.5} が 0.002 ~ 0.03 mg/m³となり, 大気基準の「1日平均値が35 μg/m³以下」を下回った。
- I/O比は, 0.1~1.2。
- **005**では, 室内発生が多いと考えられる。
- **008**は, 個別空調で外気侵入が大きい可能性。
- I/O比の低いT05, T17, O03, O05, O06の空調機は, 中央方式で, エアフィルタで粉じんを除去している。

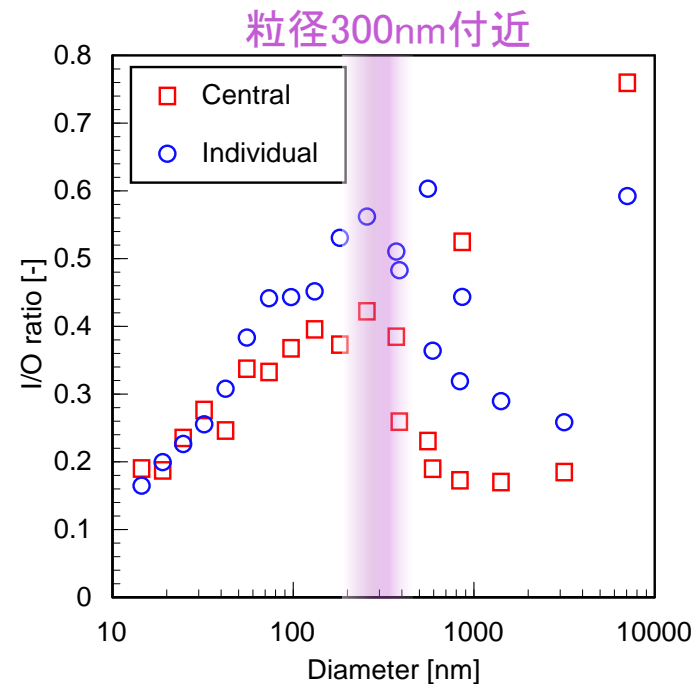
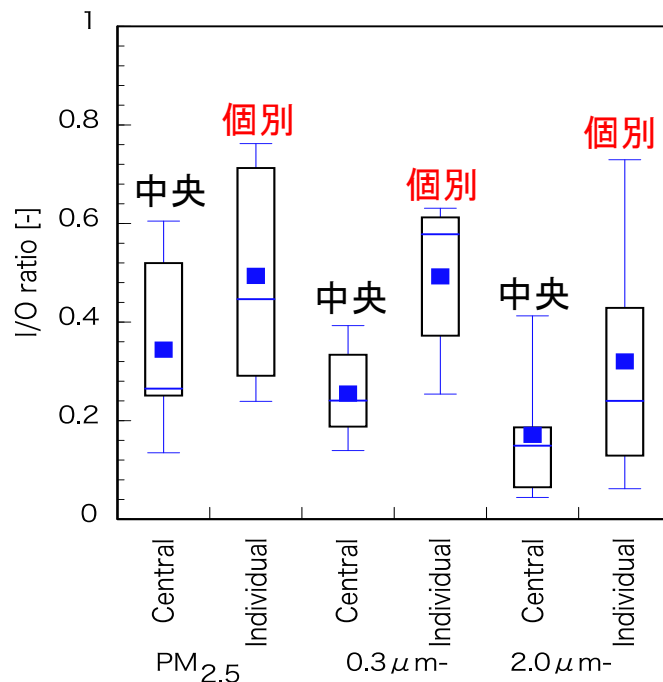


浮遊微粒子



事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴

- 空調方式による検討: 中央方式では中性能フィルタが用いられ、個別方式では粗じんフィルタのみの傾向がある。中央方式のI/O比が低く、フィルタ効果が伺える。
- 粒径等分布による検討: I/O比、SA/OA比は、粒径300nm程度がピークである。中性能フィルタでもこの粒径範囲の侵入が多い。粒径300 nm付近の除去が室内PM_{2.5}制御には重要である。



「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」

研究項目

1. 建築物における空気環境の衛生管理の現状
 - 1.1 特定建築物におけるCO₂濃度不適率の現状
 - 1.2 特定建築物立入検査データによる冬期室内湿度の分析
2. 健康危機管理に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討
 - 2.1 温湿度・CO₂微生物の調査結果
 - 2.2 事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴
3. 温湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関する近年のエビデンス
 - 3.1 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査
 - 3.2 温湿度とCO₂の健康等への影響に関する近年のエビデンス
4. 建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査

- 温湿度、二酸化炭素等の不適合率が増加
⇒ **健康影響に関する調査研究**

厚労科研(H23-健危-一般-009)

- | | |
|-------------------|---|
| Phase 1
(2012) | 建築物利用者の職場環境と健康に関するアンケート調査
(冬期と夏期の全国規模の断面調査) |
| Phase 2
(2013) | 建築物利用者の健康と職場の室内空気質(アンケート、温湿度、
微粒子、化学物質、微生物)に関する実態調査
(Phase1で同意を得た建物で冬期と夏期の断面調査) |

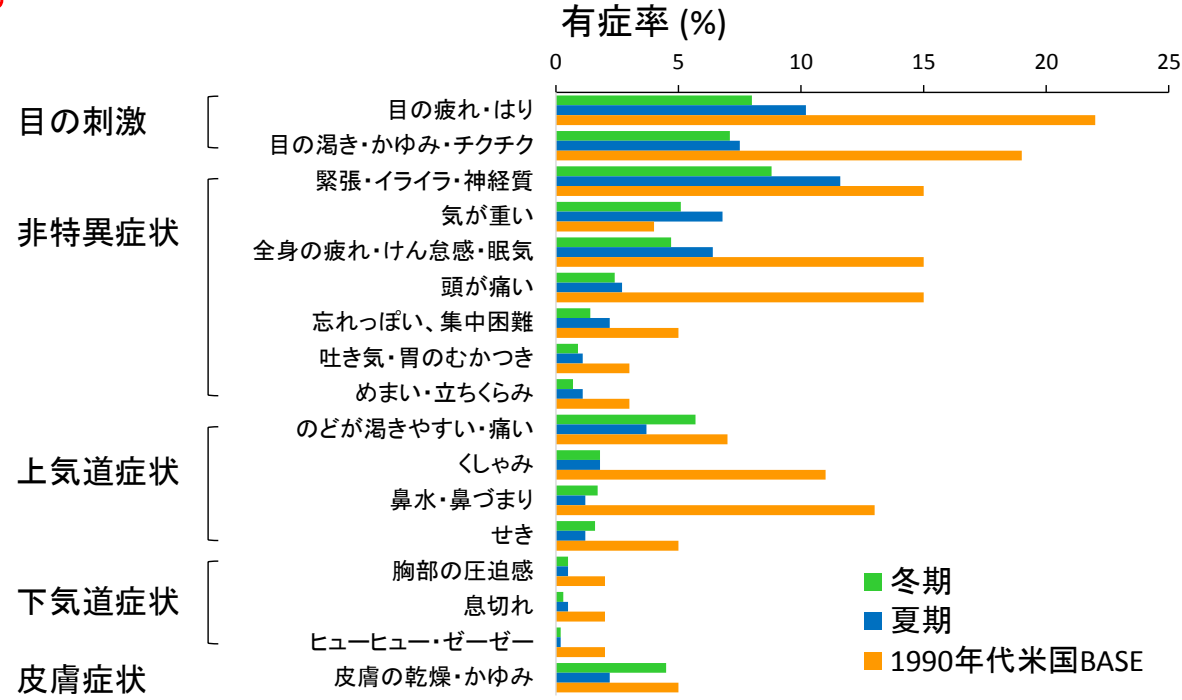
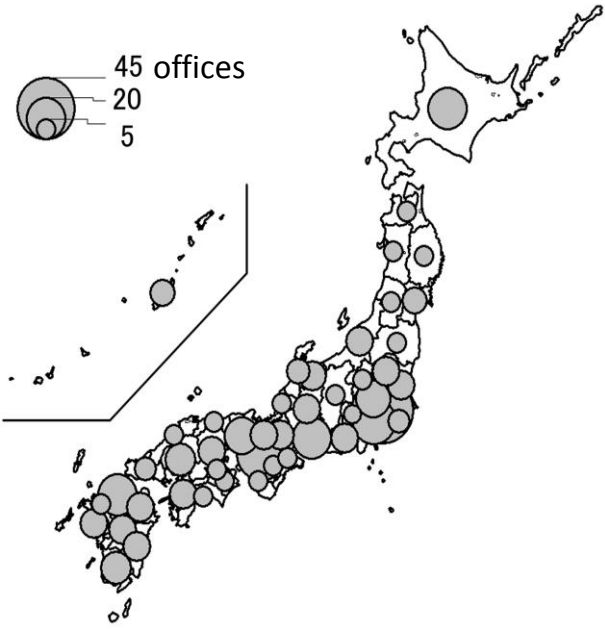
厚労科研(H26-健危-一般-007)

- | | |
|----------------------------|---|
| Phase 3
(2014
-2016) | 建築物利用者の健康 と職場の室内空気質(アンケート、温湿度、
微粒子、化学物質、微生物)に関する実態調査
(東京都、大阪市で同意を得た特定建築物で縦断調査) |
|----------------------------|---|

建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査

Phase 1

- 全国ビルメンテナンス協会の会員企業(約3000社)から489社の協力を得て特定建築物を含む全ての建物を対象。
- 米国EPAと欧州のシックビルディング(SBS)調査票、厚労省ストレス調査票をもとに調査票作成。
- ◆ SBS有症率: 毎週1~3日または毎日かほとんど症状を呈する / 職場を離れると良くなる。

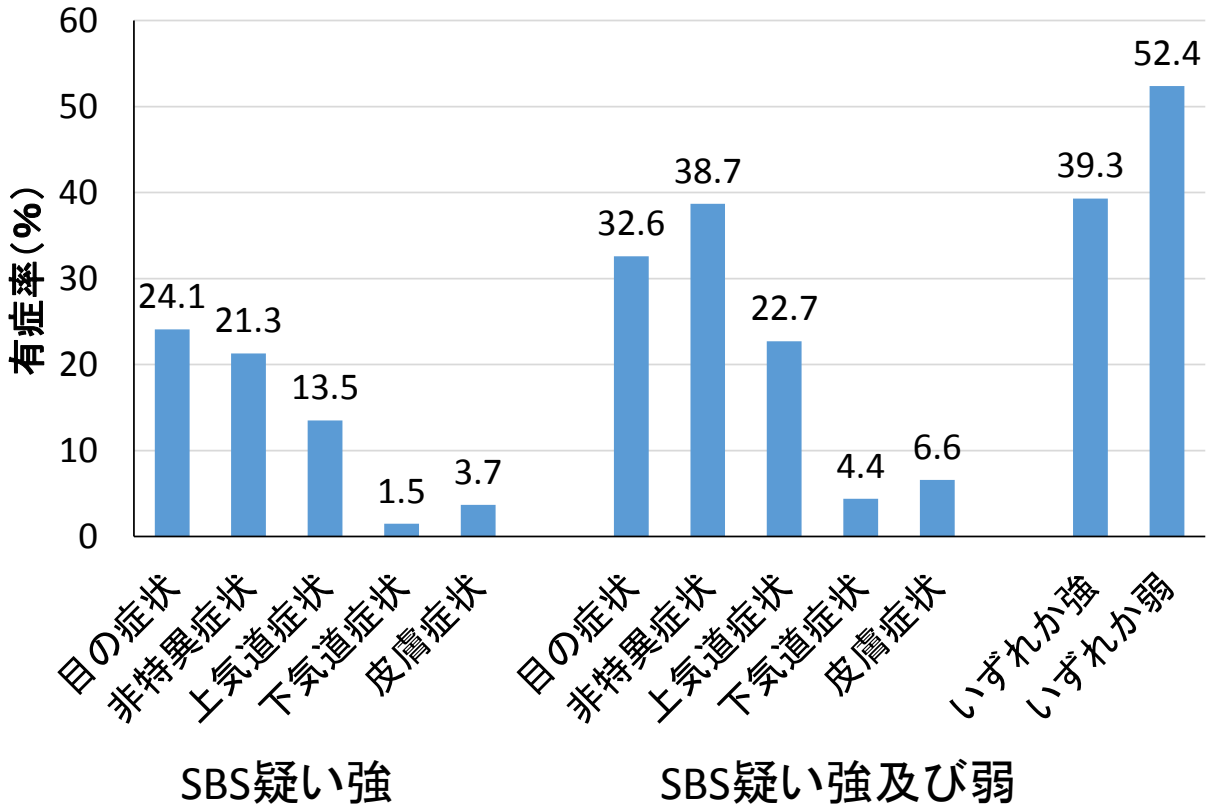


建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査

Phase 3

- 大阪市と東京都の特定建築物のオフィスに勤務する管理者及び従業員（東京都は延床面積1万m²以上）
- 大阪市：1543施設、東京都：1582施設

2016年1月初め入力(1791件)までの暫定値



- SBS疑い強：毎週1～3日または毎日がほとんど症状を呈する／職場を離れるとよくなる。
- SBS疑い弱：過去1ヶ月に1～3日症状を呈する／職場を離れるとよくなる。

温湿度とCO₂の健康等への影響に関する近年のエビデンス

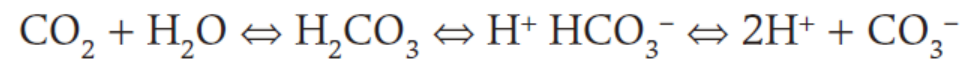
■ CO₂濃度基準について 1971年ビル管講習会テキスト

- ① 二酸化炭素濃度は、空気清浄度の1つの指標
- ② 二酸化炭素自体は少量であれば人体に有害ではないが、1000ppmを超えると倦怠感、頭痛、耳鳴り、息苦しさ等の症状

Rice (2003)

CO ₂ 濃度	影響
1%	呼吸数(RR)増加(37%)
1.6%	分時換気量(MV)の増加(~100%)
2%	RR増加(~50%)、脳血流増加
3%	労働者の運動耐容能力の低下
5%	MV増加(~200%)、RR増加(~100%) めまい、頭痛、混乱、呼吸困難
7.2%	RR増加(~200%)、頭痛、めまい、混乱、呼吸困難
8-10%	重度の頭痛、めまい、混乱、呼吸困難、発汗、視力悪化
10%	激しい呼吸困難に続き、嘔吐、失見当、高血圧、意識消失

血液のpH低下やCO₂増加は、ヘモグロビンから酸素を離れやすくする。血液中のCO₂増加では炭酸脱水酵素の働きで水素イオンと重炭酸イオンを生成



諸外国の二酸化炭素のガイドライン

東(2016)に加筆

諸外国(公表年)	室内濃度の指針値	対象
ノルウェー厚生省(1999)	1000 ppm(最大値) ※室内空気汚染の指標	居住空間
カナダ保健省(1995)	1000 ppm(8時間平均) ※換気の指標	オフィス環境
カナダ保健省(1987)	3500 ppm以下 (許容可能な長期曝露範囲)	居住空間
シンガポール環境省(1996)	1000 ppm(8時間平均) ※換気の指標	空調設備を有するオフィスビル
中国香港特別行政区(2003)	最良質: 800 ppm(8時間平均) 良 質: 1000 ppm(8時間平均)	機械換気や空調設備を有する 建物や閉鎖空間
中国環境保護総局(2002)	1000 ppm(24時間平均)	住宅とオフィス
韓国環境部(2003)	1000 ppm	大規模店舗、医療機関等
台湾環境保護庁(2012)	1000 ppm(8時間平均)	

ドイツ連邦環境庁(2008)

二酸化炭素濃度	健康と衛生上の評価	留意点
1000 ppm以下	無害(harmless)とみなされる	処置の必要なし
1000~2000 ppm	有害性が上昇する(elevated)	換気状況の確認と改善(外気導入量や換気効率の増加等)
2000 ppm以上	許容できない(unacceptable)	必要に応じて追加措置を試みる

二酸化炭素濃度と健康等への影響 (ANSES 2013に追加・加筆)

室内と大気のCO ₂ の濃度差	既往の疫学及び毒性学的研究より	職業曝露限界値 (VLEP)
d CO ₂ :400ppm以下 優れたIAQ		
d CO ₂ : 400-600ppm 平均レベルのIAQ	850ppm以上 d CO ₂ 450ppm以上 SBS症状が増加 (Erdmann and Apté 2004) (Wargocki et al 2000)	
d CO ₂ : 600-1000ppm 中程度IAQ	1000ppm以上 d CO ₂ 600ppm以上 ・学校の子どもの喘息関連 症状の増悪 (Simoni et al 2010) ・数時間で成人の精神運 動機能(意思決定や問題 解決)への影響 (Satish et al 2012)	
d CO ₂ : 1000ppm超 低レベルのIAQ	<p>10000ppmに22日曝露した成人 で代謝性侵襲(血中Caや尿中燐 濃度の低下)(Gray et al 1950)</p> <p style="text-align: right;">追加 ↓</p> <p>10000ppm以上 中程度の身体負荷の健康な 成人における呼吸性アシ ドーシス※出現(30分曝露) (DFG 2012)</p> <p>※肺でガス交換が低下し体内にCO₂が滞留、血液脳関門を 通じて急速に拡散する。急性では頭痛、錯乱嗜眠等、緩徐 では記憶喪失、睡眠障害、日中の過度な眠気等を生じる。</p>	<p>5000ppm以上 フランスや諸外国の8時 間平均値 (ACGIH, NIOSH, OSHA等)</p> <p>10000-30000ppm 諸外国の短時間曝露 限界値(同上)</p>

二酸化炭素濃度と健康等への影響のまとめ

CO ₂ 濃度	生理変化	精神運動機能	症状	室内基準等
500 ppm以上	pCO ₂ , 心拍数, 心拍変動, 血圧, 末梢血液循環		700 ppm以上でシックビルディング症候の症状	
1,000以上		認識能力 (意思決定, 問題解決)	学童の喘息症状の増悪	居住空間における室内空気質指針値
5,000 以上				労働環境基準 (8時間加重平均値TAW)
10,000 以上	呼吸数増加, 呼吸性アシドーシス, 代謝性侵襲 (血中Caや尿中磷濃度の低下), 脳血流増加, 分時換気量増加			
50,000 以上	めまい, 頭痛, 混乱, 呼吸困難			
100,000 以上	激しい呼吸困難に続き, 嘔吐, 失見当, 高血圧, 意識消失			労働環境基準 (短時間限界値STEL)

CO₂濃度に関するエビデンス(建物内におけるCO₂の健康影響に関する近年の疫学及びヒトボランティア研究の知見等)調査結果

- CO₂に関する近年の複数のエビデンスが、1000ppm程度の低濃度域におけるCO₂濃度の上昇と生理学的変化(CO₂分圧、心拍数等)及びシックビルディング症候群(SBS)関連症状との関係を示している。
- 生理学的変化はCO₂によるものと考えられるが、SBS症状についてはCO₂によるものか、他の汚染物質との混合曝露によるものかはさらなる検証が必要(特に長期間曝露の影響)ではあるが、**建物内のCO₂の室内濃度を1000ppm以下の低濃度に抑えることで、これらの健康影響を防止できる。**
- 近年、1000ppm程度の低濃度のCO₂そのものによる**労働生産性(意思決定能力や問題解決能力)への影響**が示唆されており、今後のさらなる検証が求められる。

温湿度とインフルエンザウイルス感染

- 動物曝露実験：低湿度ではウイルスを含む飛沫核の安定性が高い。
- 疫学研究：インフルエンザ発症前の温度と湿度を比べた場合、温度よりも湿度、平均値よりも低下率がインフルエンザの発症リスクに強く関係している。

Table 2 Onset of influenza A and B and its association with mean values and declines in temperature (per 1°C) and humidity (0.5 g/m³)

Parameter	Temperature (°C) OR (95% CI)	Absolute humidity (g/m ³) OR (95% CI)
Mean	1.10 (1.02 to 1.19)	1.25 (1.05 to 1.49)
Max decline*	1.11 (1.03 to 1.20)	1.58 (1.28 to 1.96)

The odds ratios (95% confidence interval) were calculated per 1°C temperature and per 0.5 g /m³ absolute humidity decreases.

*adjusted for the initial level before the decline.

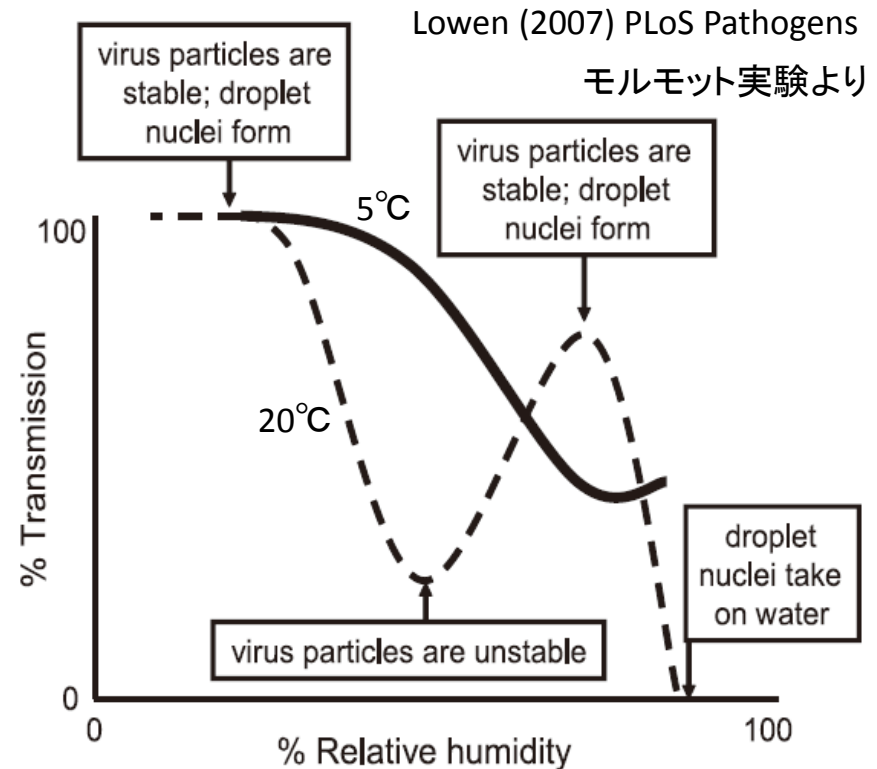


Figure 6. Variation of Transmission Efficiency with Relative Humidity: A Model

「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」

研究項目

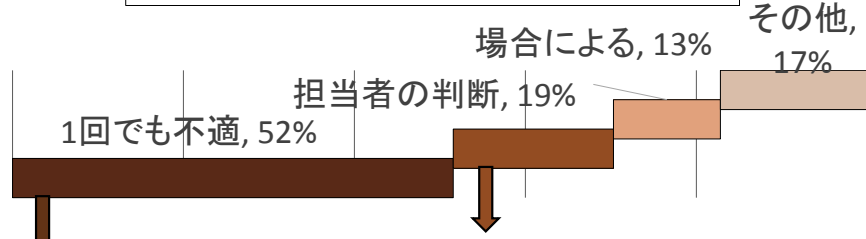
1. 建築物における空気環境の衛生管理の現状
 - 1.1 特定建築物におけるCO₂濃度不適率の現状
 - 1.2 特定建築物立入検査データによる冬期室内湿度の分析
2. 健康危機管理に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討
 - 2.1 温湿度・CO₂微生物の調査結果
 - 2.2 事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴
3. 温湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関する近年のエビデンス
 - 3.1 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査
 - 3.2 温湿度とCO₂の健康等への影響に関する近年のエビデンス
4. 建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

空気環境測定6項目に関する質問紙調査

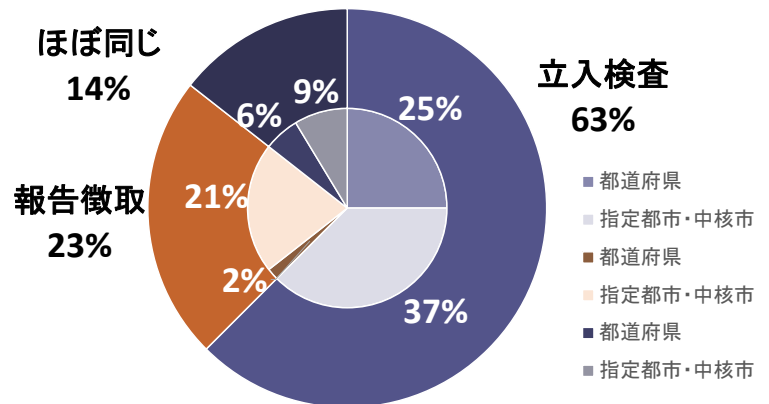
- 全国生活衛生担当者142に配布、130(92.9%)の回答を得た(H28.12~H29.1)。
- 監視指導の状況、不適合判断の基準や方法に差がある。

報告徴取後の不適合の判断



- ・人による差が出ないようにしているため
- ・機械的に判断しているため

不適合数の計上は、立入検査と報告徴取でどちらが多いか

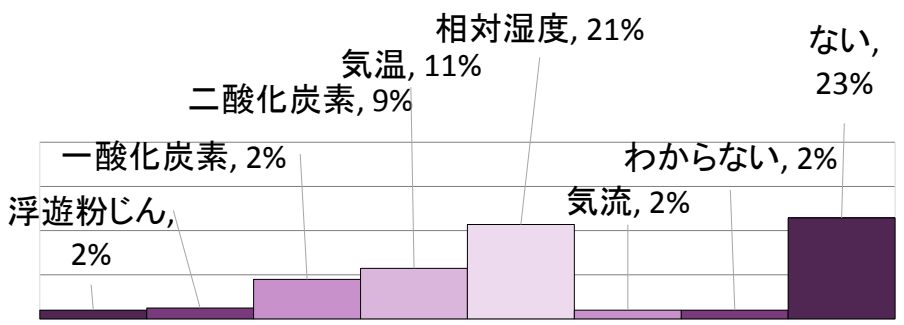


立入検査時の不適合の判断



報告徴取の場合より増

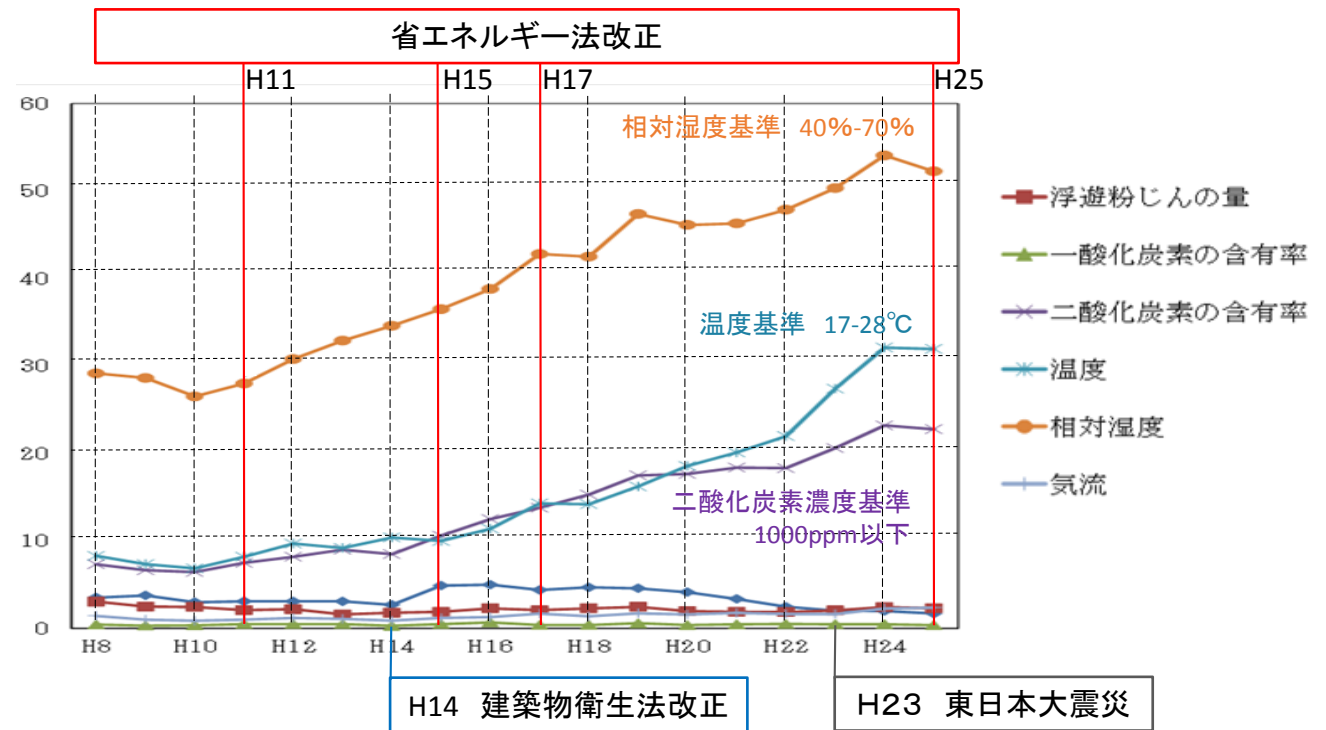
立入検査時の不適合の判断について、難しい項目



建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

空気環境の不適率に関する分析

- 空気環境（気温、相対湿度、二酸化炭素濃度）不適率の上昇傾向要因として、**省エネルギー**や**個別空調の普及**等が挙げられている。
- この要因に関する分析を行う基礎として、**行政報告データ**の**特性を明らかにする**。

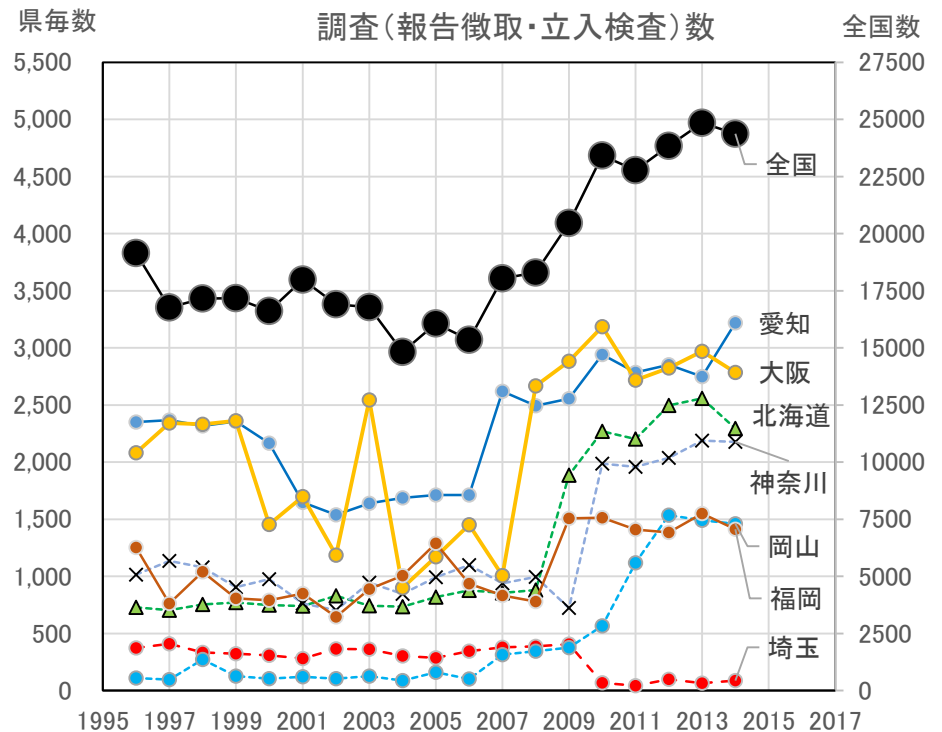
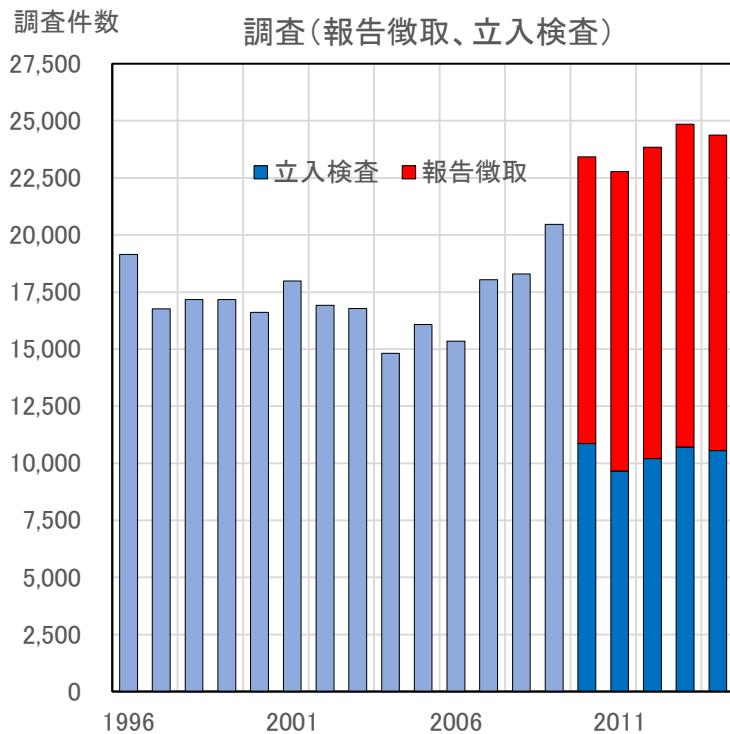


建築物衛生管理基準不適率の推移

建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

空気環境の不適率に関する分析

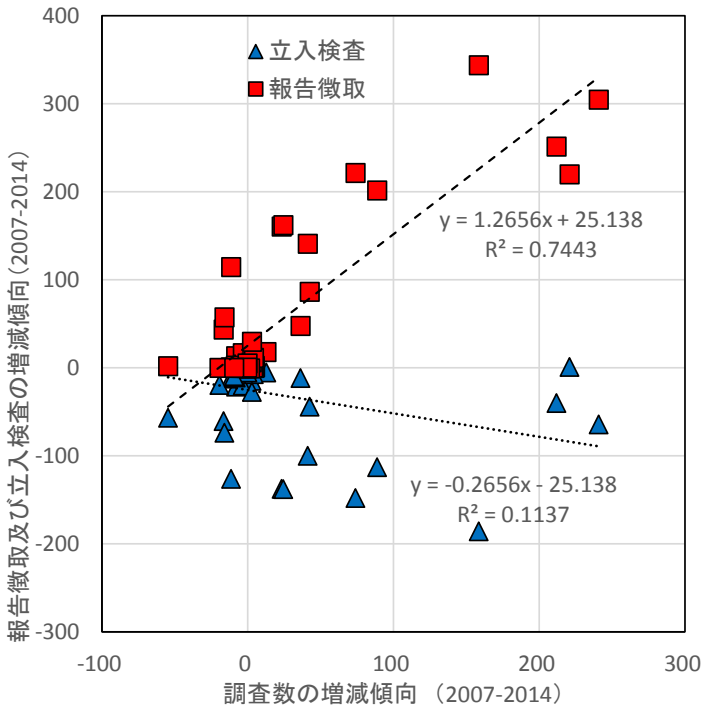
- 建築物衛生法は2003年に改正された。2007年以降、調査数が増加している。
- 2007年～2012年の間、自治体によって増加が始まる年は異なるが、顕著な増加が見られ、その後安定する推移となっている。



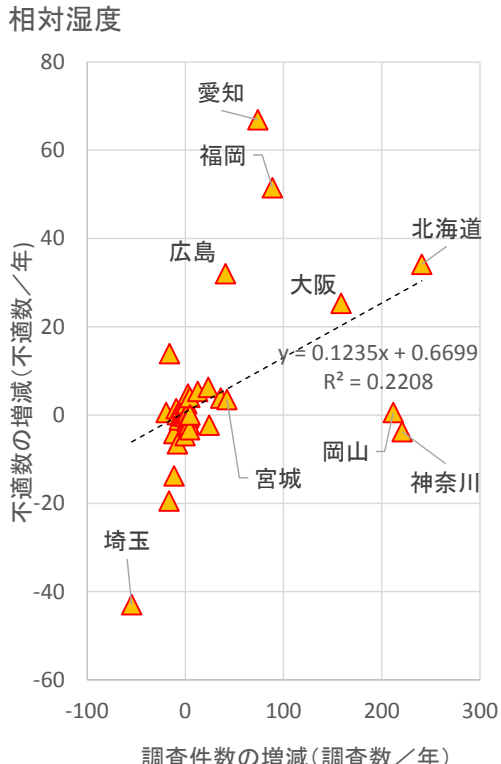
建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

空気環境の不適率に関する分析

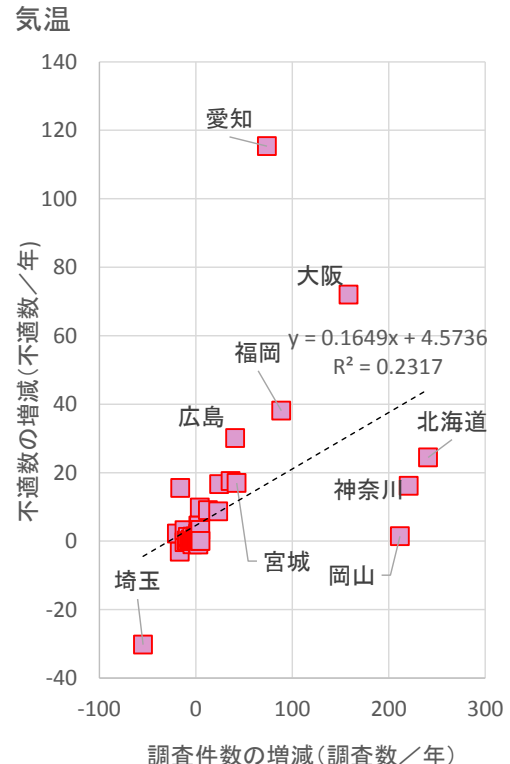
- 調査数増加傾向が強い自治体は、報告徴取数の増加傾向が強く、立入検査の減少傾向が強い。
- 調査数増加傾向が強い自治体では、不適率増加傾向が強い。



調査数と不適数の増減傾向の関係



相対湿度不適率の傾向



気温不適率の傾向

建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

	課題	対応案
全般	<ul style="list-style-type: none"> ・環境衛生代表値の採取が難しい。 ・データ処理・評価手順の不統一 	<ul style="list-style-type: none"> →適切な測定位置, 測定タイミング確保 →処理・評価方式の整合化
温度	<ul style="list-style-type: none"> ・全国的な不適率の上昇 ・夏期室温が28℃を超過する傾向 過度な省エネ行動(設定) ・冬期室温が高く, 乾燥を助長する傾向 冷放射 室内温度ムラ 暖房温度基準の未整備 ・<u>非均質空調の普及(タスク・アンビエント等)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> →冷房温度適正設定に関する注意喚起 →表面温度管理, 空調運転管理の配慮指針 →空調吹出し方向, 温度設定への配慮指針 →暖房時の上限温度基準の設定 →<u>温熱環境代表指標測定・評価方法の見直し</u>
相対湿度	<ul style="list-style-type: none"> ・全国的な不適率の上昇 ・不適切な加湿(容量・設備)設計 ・加湿器のない管理対象外建築物 ・卓上加湿器の衛生問題 	<ul style="list-style-type: none"> →換気量の適正設定に関する注意喚起 →用途・要求水準に応じた適正加湿設備整備 →カテゴリと対処方法の見直し →<u>加湿器設置基準, 維持管理基準の検討</u>
気流	<ul style="list-style-type: none"> ・低い不適率 ・冷風・乾燥温風による不快頻発 	<ul style="list-style-type: none"> →温湿度・放射も考慮した総合指標の検討

建築物衛生管理の今後のあり方に関する課題

	課題	対応案
二酸化炭素	<ul style="list-style-type: none"> ・全国的な不適率の上昇 ・個別式空調による換気量減少 (温度・相対湿度も同様) ・濃度変動による不適判定 ・在室者変動による換気過多 ・<u>省エネのための換気量削減</u> 	<ul style="list-style-type: none"> →平均濃度で問題ないことを提言, 重要性の啓発 →最大在室者数に基づく乾燥, エネルギーロス →<u>空衛学会等の動向注視</u> BEMS活用の可能性
一酸化炭素	<ul style="list-style-type: none"> ・低い不適率 ・リスクが大きく見直し困難 ・「路外駐車場」の換気量緩和(国交省) (10→5回/h) 	
浮遊粉じん	<ul style="list-style-type: none"> ・低い不適率 ・空調機のエアフィルタ非搭載 空調系統が汚染される弊害あり ・PM_{2.5}は外気とエアフィルタ次第 ・禁煙措置との関連に配慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> →遵守を担保する方法が不確実 →花粉等の除去, 侵入防止の観点からの見直し →禁煙建築物における状況の注視
ホルムアルデヒド	<ul style="list-style-type: none"> ・低い不適率 ・換気によるVOC低減の可能性 	
その他項目	<ul style="list-style-type: none"> ・浮遊微生物, 代替物質(エンドトキシン)・TVOC, 臭気センサ値などの活用可能性 ・<u>総合温熱環境指標(PMV, SET*など)活用</u>による温湿度規制緩和の可能性 ・<u>空間分布, 空気質濃度の経時変動に対応した評価方法</u>或いは緩和措置の可能性 	

建築物の省エネルギー化

- エネルギー消費量が産業・運輸部門では減少する中、建築物部門では著しく増加している。
- 省エネ対策の抜本強化のために、新たに「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(建築物省エネ法)」が平成27年7月8日に公布された。

① 規制措置(義務)

H29 4/1

■ 省エネ基準適合義務・適合性判定義務 **新設**

● 非住宅 2000m²以上

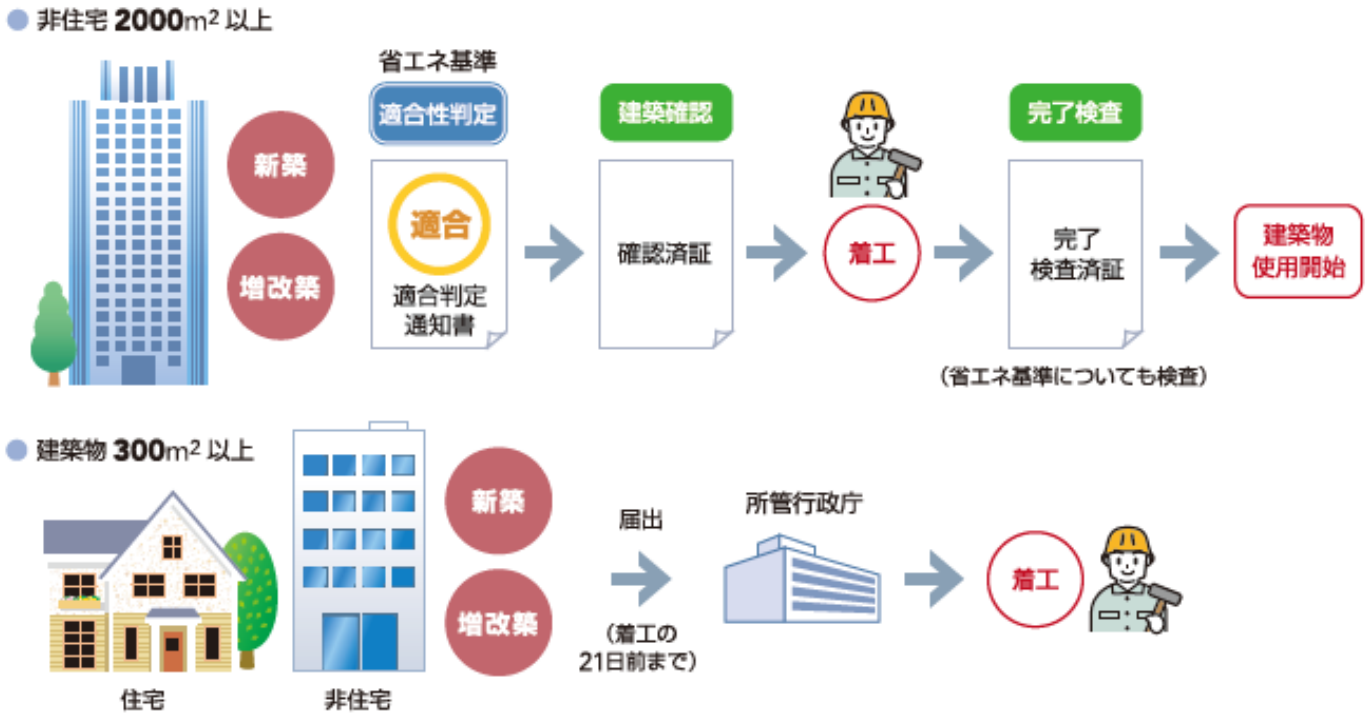
新築時等に建築物のエネルギー消費性能基準(省エネ基準)への適合義務・適合性判定義務

■ 届出 ● 建築物 300m²以上

新築・増改築に係る計画の所管行政庁への届出義務

住宅 非住宅

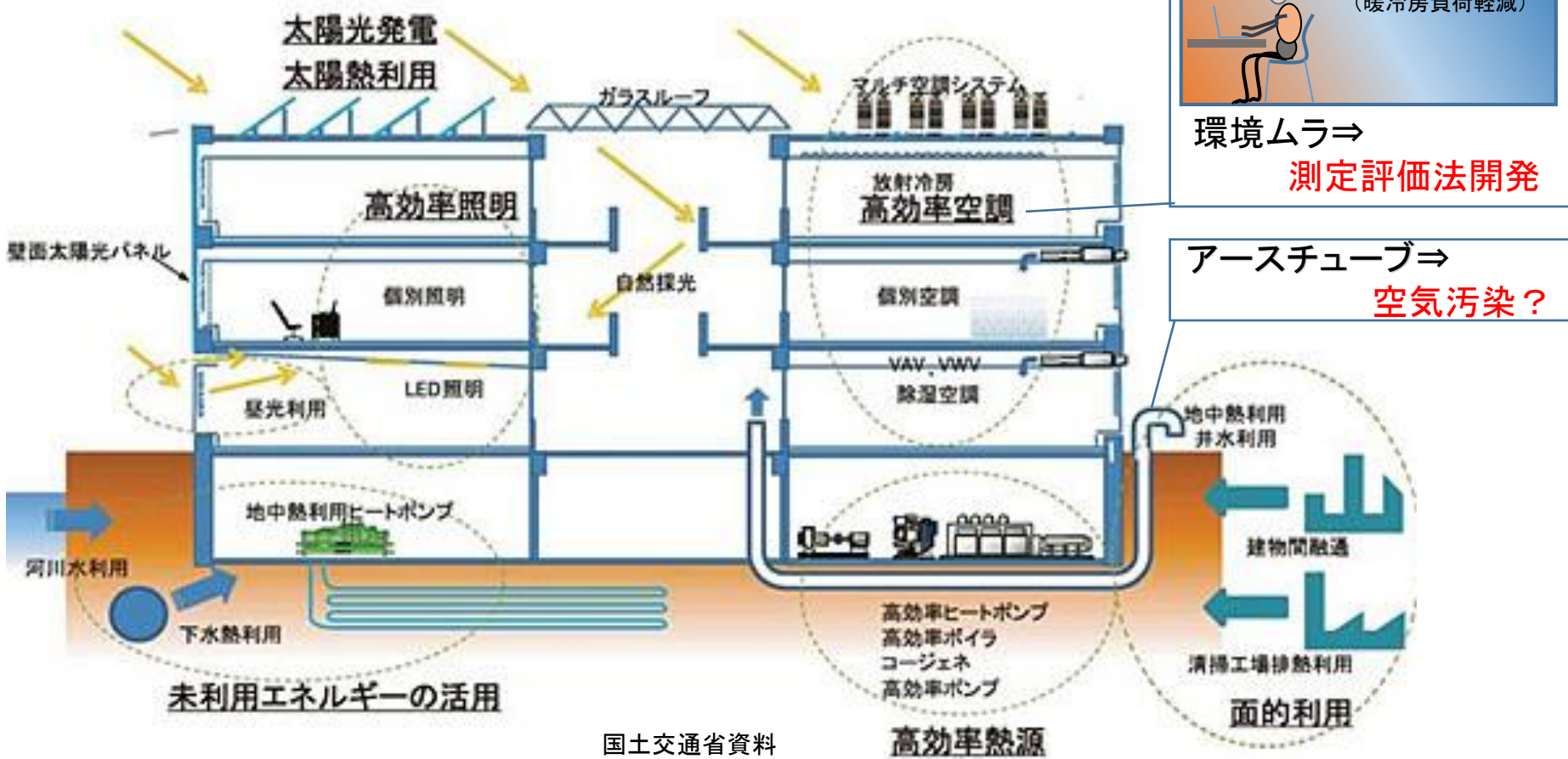
基準に適合せず必要と認める場合は、指示・命令等があります。



国土交通省パンフレット「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」

建築物の省エネルギー化

- 建築物の省エネルギー手法には、断熱気密化や日射遮蔽等の躯体性能の向上、空調の効率化、太陽エネルギーや地熱等の自然エネルギー利用がある。
- 建築衛生に与える影響は、様々である。



国土交通省資料

タスク・アンビエント空調

- 省エネ建築 (ZEB) の普及にともない、様々な方式が開発されている。
 タスク域 → 作業効率や快適性を高めるための調整を行う。
 アンビエント域 → 省エネルギー等のための調整を行う。
- タスク域の調整に特化 ⇒ 「タスク空調」「パーソナル空調」と呼ぶ。
- 室内空間に顕著な環境ムラが発生 ⇒ 測定・評価が難しい。

パーソナル空調のバリエーション

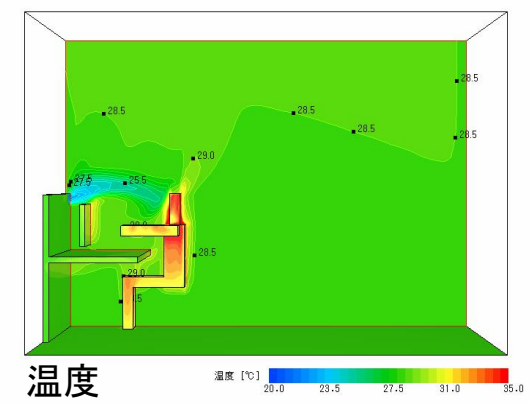
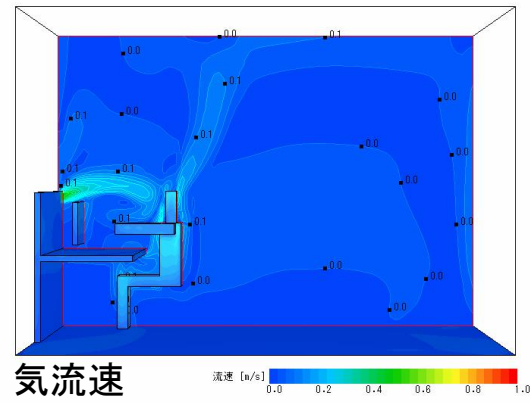
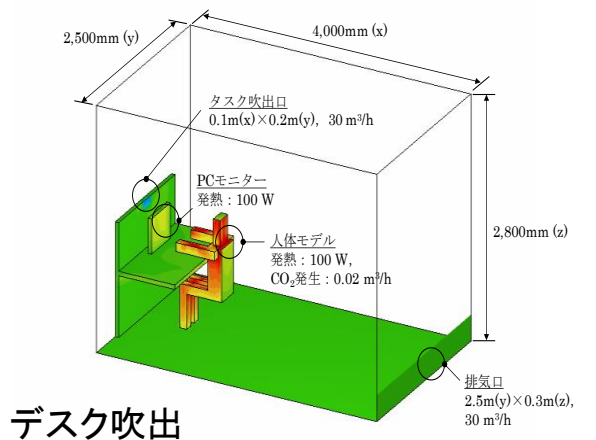
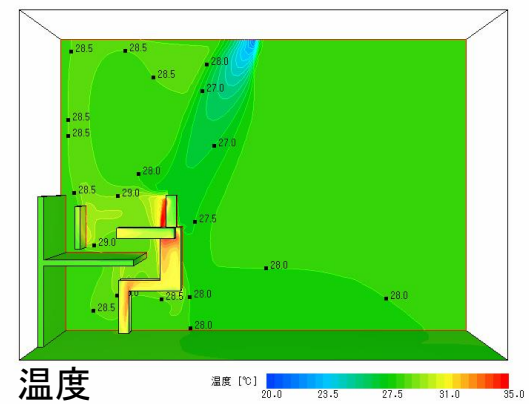
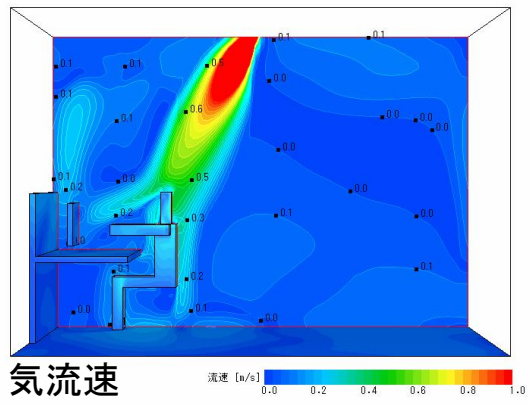
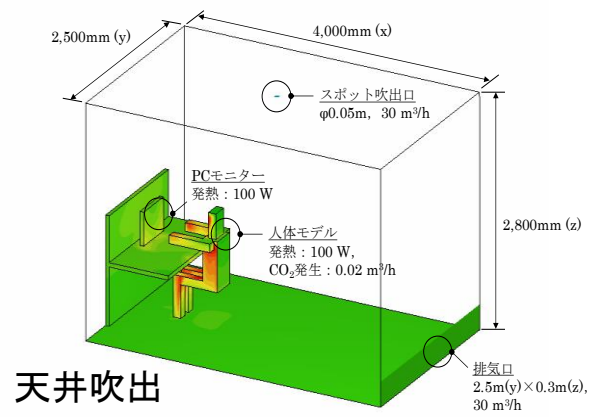
		対流主体型							放射主体型				
		机上(下)設置		キオスク (変動風)	床面設置	天井設置 (指向性吹出口)		椅子設置	机上(下)設置	天井設置	床設置	椅子設置	
		スポット	ワイドカバー			混合空気供給	外気供給						
温調	等温	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	非等温	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
換気	外気	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	
	外気+還気	—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	
	還気(循環)	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
概念図													
参考文献		①	②、③、④	⑤	⑥	⑦	⑧、⑨、⑩	⑪	⑫	⑬、⑭	⑮	⑯	⑰

BE 建築設備：建築設備の基礎講座「環境・技術編」、建築設備総合協会、2014年11月号より

タスク・アンビエント空調／パーソナル空調

○タスク・アンビエント空調

- タスク域～アンビエント域の環境ムラがあるため、適切な評価・監視等が難しい。「アンビエント域で測定すれば不適となる！」



タスク・アンビエント空調／パーソナル空調の環境分布シミュレーション

日本建築衛生管理教育センターH28年度「パーソナル空調を用いた空間の室内環境測定法に関する研究」より

建築物衛生の動向と課題

1. 建築物衛生法について
2. 厚労科研 H26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究の研究」について
建築物衛生の実態⇒監視指導とその効率化の必要性
1. 建築省エネ法とタスク・アンビエント空調について
今後の建築設備の変化への対応の必要性

御清聴ありがとうございました。

科目予定 15日間 平成30年6月18日(月)～平成30年7月6日(金)

I. 建築物衛生

建築物衛生とそれによる居住者への健康影響の関係を系統的に理解し、説明することができる。

- 1.1 建築物のしくみと働き
- 1.2 建築物と健康
- 1.3 環境管理目標と健康影響
- 1.4 建築物衛生行政
- 1.5 建築物衛生の歴史
- 1.6 都市と建築物

II. 建築物環境衛生

建築室内環境の概要と環境をよくするための方法を理解し、提案・説明できる。

- 2.1 建築物室内環境
 - 2.1.1 室内環境概論
 - 2.1.2 温熱環境
 - 2.1.3 化学物質
 - 2.1.4 微生物
 - 2.1.5 アレルゲン
 - 2.1.6 レジオネラ
 - 2.1.7 ねずみ・衛生害虫
 - 2.1.8 放射線
- 2.2 建築空調設備
 - 2.2.1 空気調和設備・衛生管理
 - 2.2.2 空調図面の読み方
 - 2.2.3 気流と換気設備
 - 2.2.4 建築物における加湿と湿度

III. 建築物衛生管理

建築物衛生における健康危機管理について、建築衛生監視の視点からその問題の本質を理解し、説明、対応、指示することができる。

- 3.1 衛生管理の各論
 - 3.1.1 水の衛生と管理
 - 3.1.2 給排水設備の維持管理
 - 3.1.3 建物の清掃・廃棄物処理
 - 3.1.4 空調ダクトの衛生管理
 - 3.1.5 省エネルギーと環境
- 3.2 管理業務の実際
 - 3.2.1 東京都ビル監視体制
 - 3.2.2 建築物の衛生監視
- 3.3 環境衛生測定法
 - 3.3.1 環境衛生測定法
 - 3.3.2 環境衛生測定実習

IV. 建築物衛生の実際

「建築物衛生」問題の対応のためのネットワークや体制づくりの方法を提案し、説明することができる。

- 4.1 科学院における建築物管理
- 4.2 建築設備技術見学
- 4.3 事例報告セミナー
- 4.4 セミナー「住まいと健康フォーラム」
- 4.5 グループ演習

■ 関連する研修

環境衛生監視指導研修
住まいと健康研修

