

建築物衛生の動向と課題

平成30年度生活衛生関係技術担当者研修会



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. 建築物衛生の現状と動向

建築物衛生法と行政報告例の推移

2. 厚労科研による建築物衛生に関する研究

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」

H29-31「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」

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」

3. 関連の課題

福祉施設、省エネルギー建築等の環境衛生課題

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

③1960～88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)

1973～ 石油危機／省エネルギーとシックビル問題(欧米)



1968 霞ヶ関ビル

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)

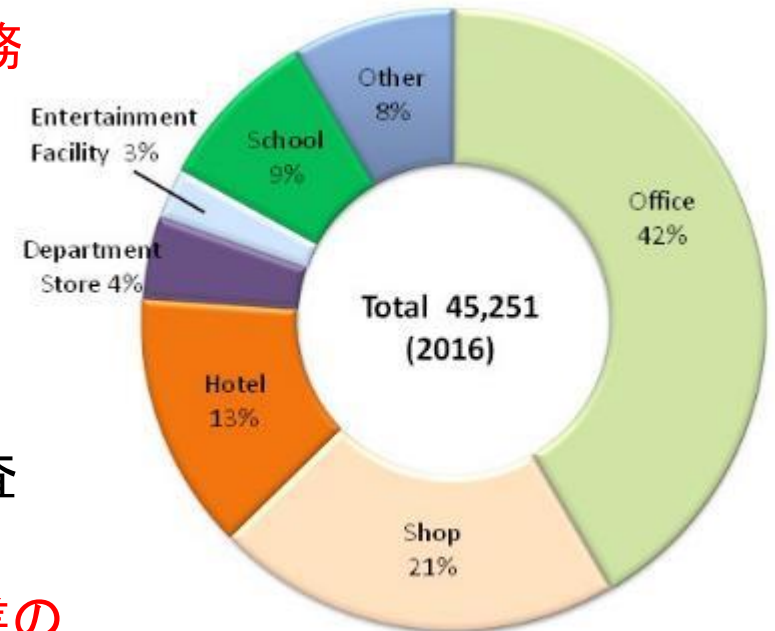
(2) 特定建築物の所有者(管理権原者)の義務

- 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	10 ppm	燃焼ガス・タバコ等 中毒
	二酸化炭素	1000 ppm	空気質指標(人、燃焼) 換気状態の目安(30m ³ /h人)
	温度	17~28 °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	0.1 mg/m ³ (0.08 ppm)	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

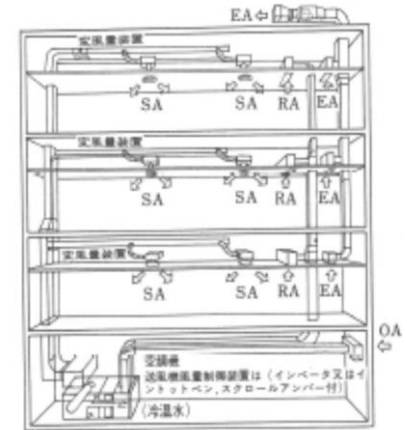
⇒ 全館の温湿度、空気質を制御。

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

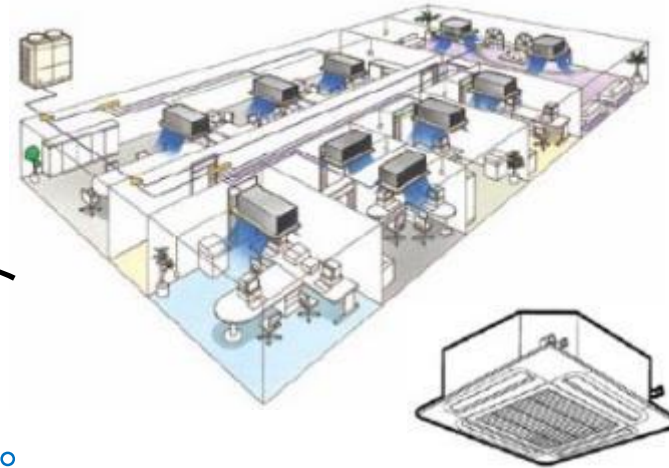
●個別方式(中央管理方式以外)*

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

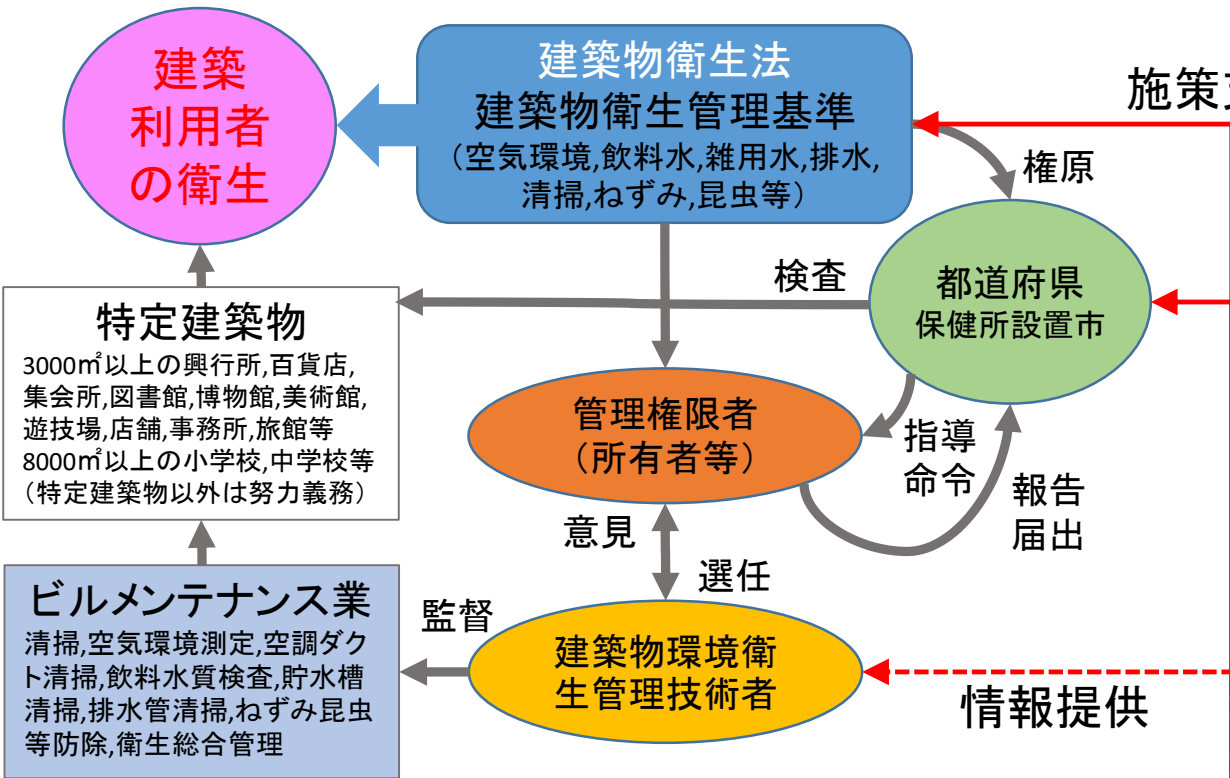
⇒ ローコスト、省エネ(部分間欠)運転に対応。

* 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

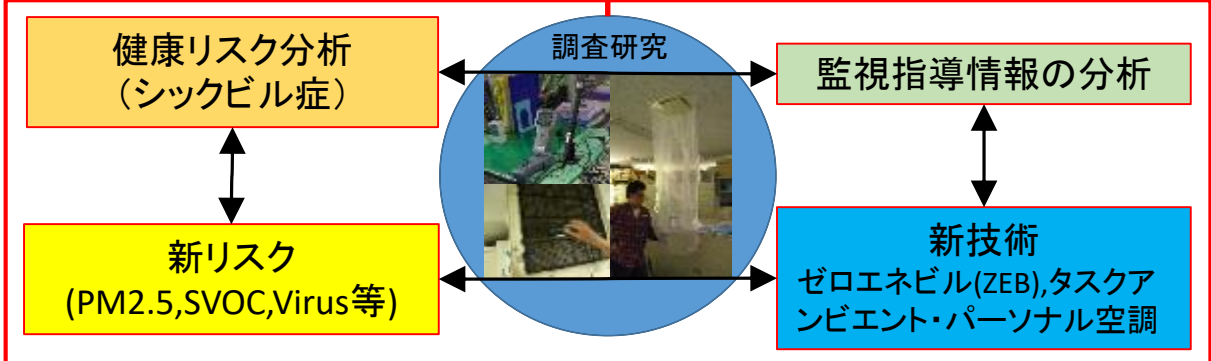
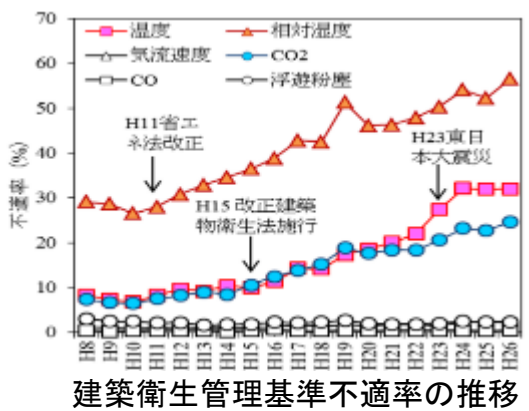
本院研修
専門課程 (環境保健)
環境衛生監視指導研修, 建築物衛生研修
厚生労働省・生活衛生課
生活衛生関係技術者研修

保健医療科学 ISSN 1347-0459

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

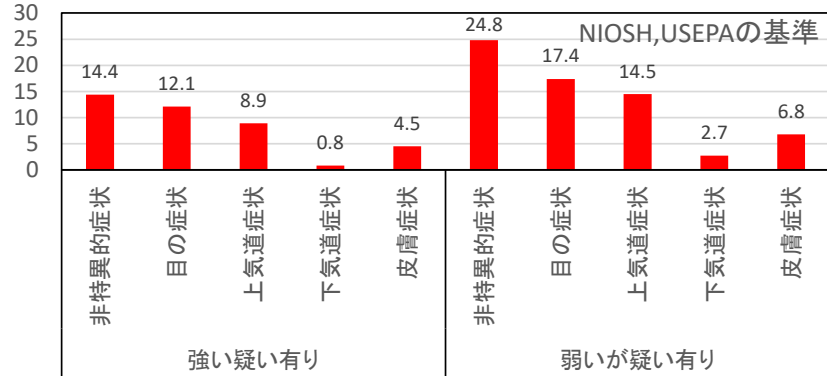
特集：建築物衛生

巻頭言 (大澤元毅)
建築室内環境に関連する症状とそのリスク要因 (総説) (東賢一)
新たな健康被害要因—生物汚染 (総説) (船平)
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 (原書) (阪東美智子, 三上通)
建築物衛生管理の課題と解決 (総説) (原藤隆子)
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)



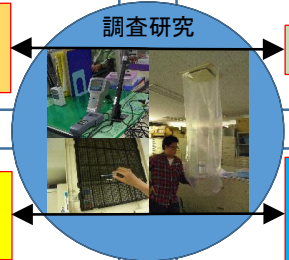
建築物衛生に関する研究

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**

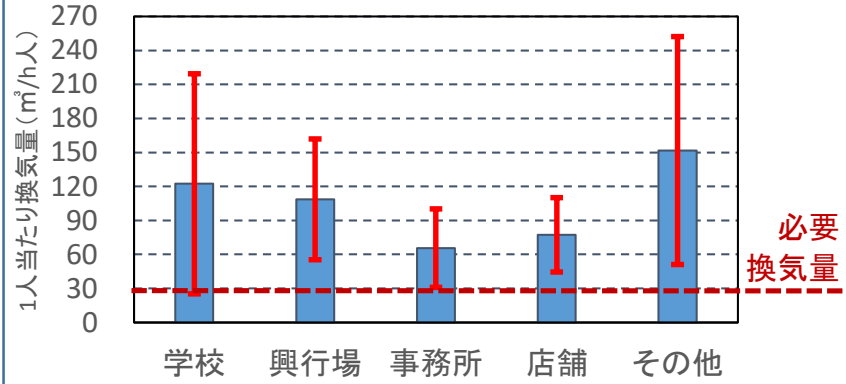
健康リスク分析
(シックビル症)



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**

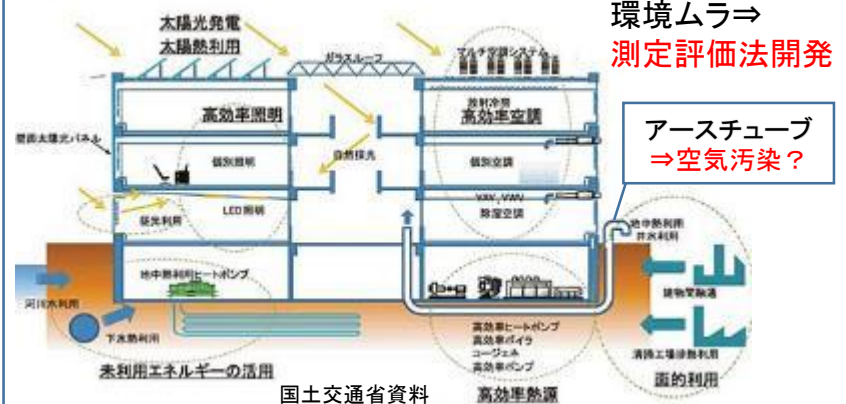
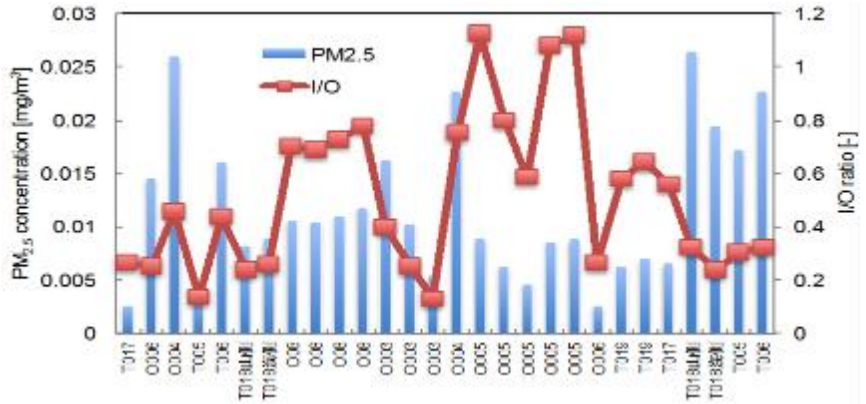
立入検査データの分析



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

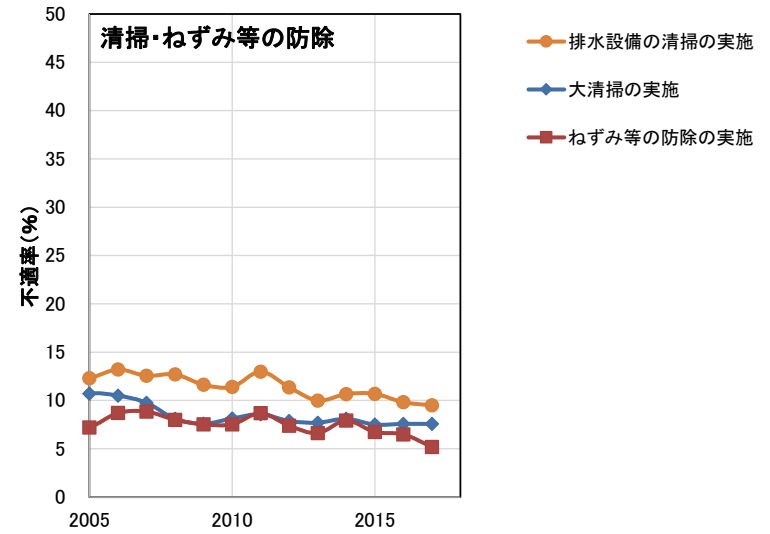
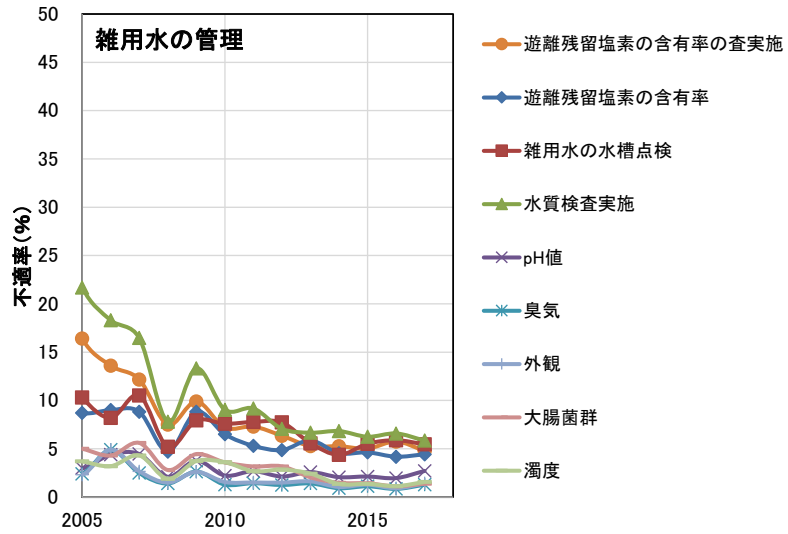
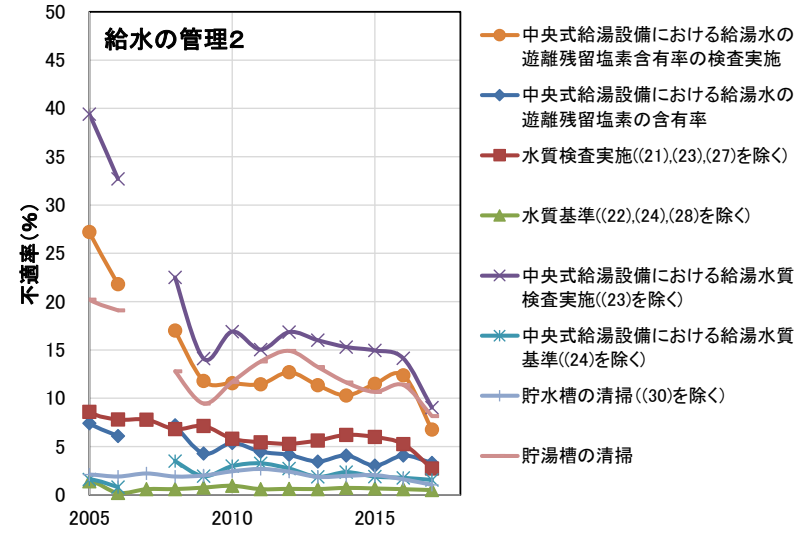
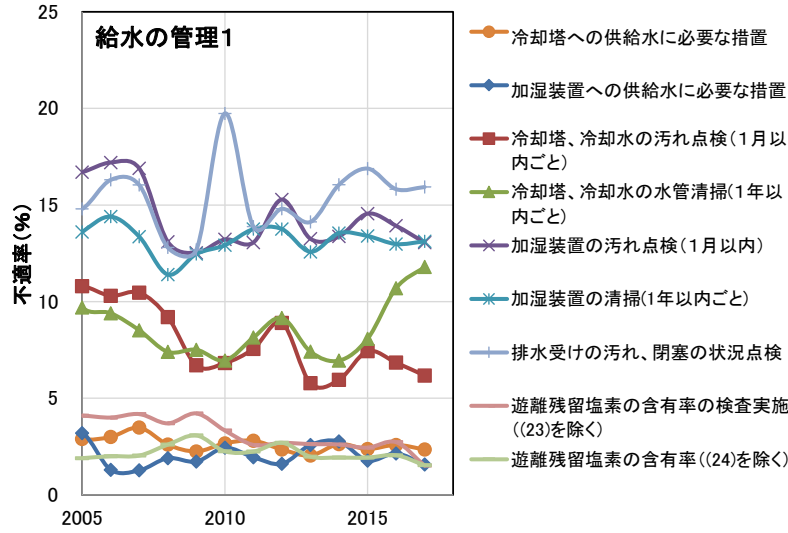
新リスク
(PM2.5, SVOC, Virus等)

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



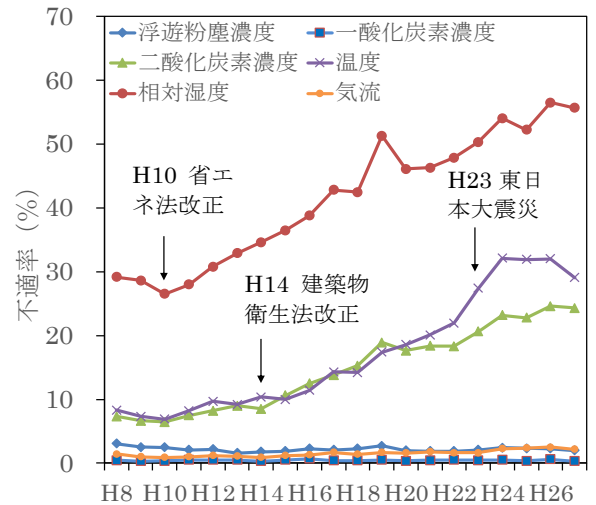
特定建築物の不適率の推移

・ 給水、雑用水、清掃、ねずみ等の防除では、増加傾向がない。

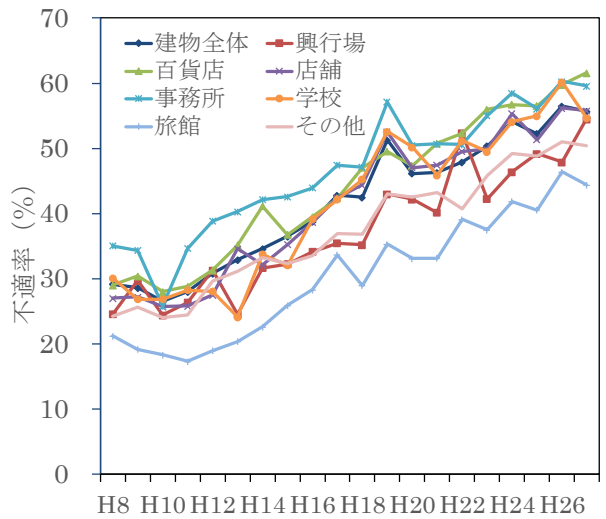


特定建築物の不適率の推移

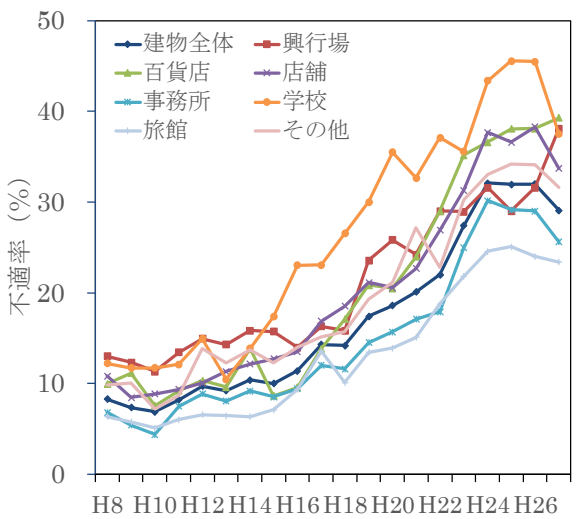
- 空気環境の不適合率は、全ての用途で、持続的に上昇している。
- 相対湿度：旅館が低い。測定時の室利用状況の影響が考えられる。
- 温度：震災後(2011-2014)の一時的上昇が、百貨店、興行場を除いて見られる。
- 二酸化炭素濃度：旅館が低く、学校と事務所が高い。用途による差が顕著で、測定時の室利用状況の影響が考えられる。



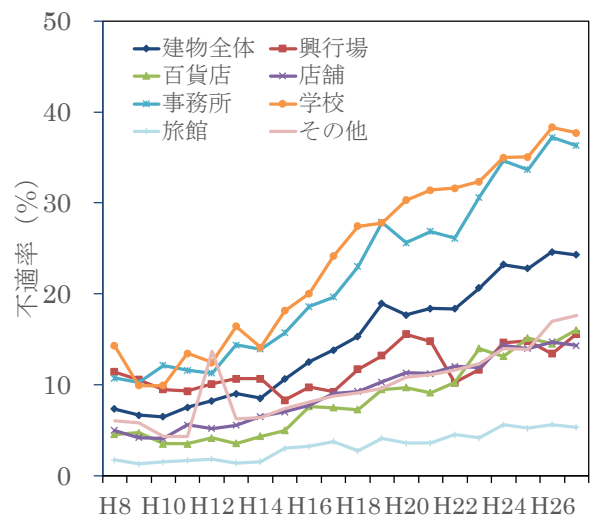
不適率の推移



相対湿度



温度



二酸化炭素濃度

空気環境不適率上昇の傾向と要因

◆用途による不適率の差

- **学校が高い要因**: 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。
- **旅館が低い要因**: 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と考えられる。

◆継続的上昇の基本的要因

- **個別空調の普及**(建築内に時間的空間的な環境ムラ)。
- **省エネルギー**(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**



◆要因分析と対応方法の検討が必要

建築物衛生に関する研究

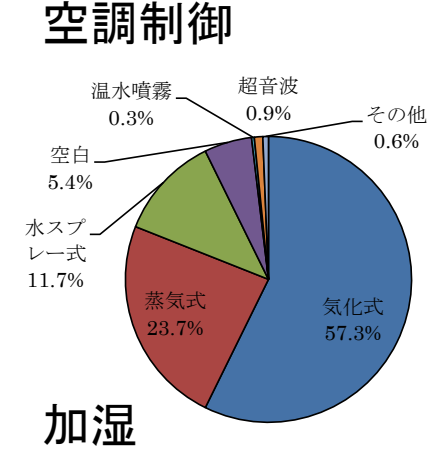
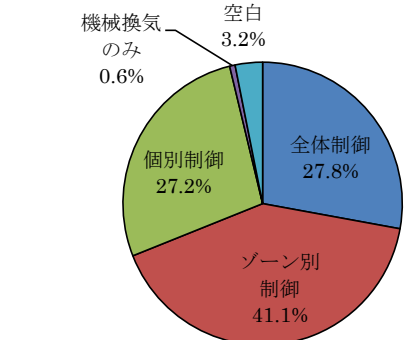
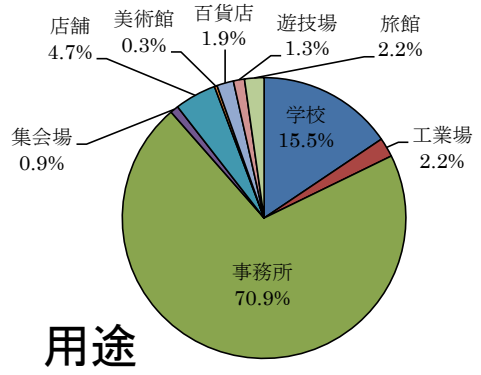
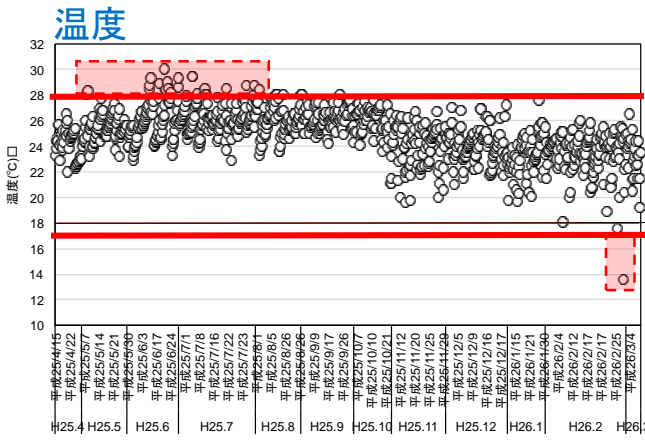
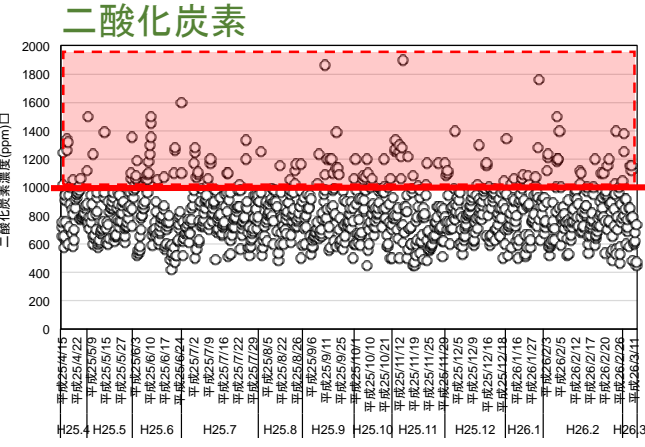
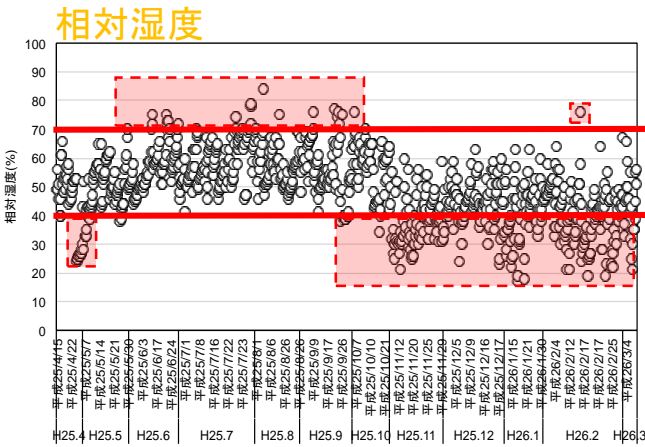
厚労科研 H26-28 建築物環境衛生管理に係る行政監視等 に関する研究	現状分析		
	空気環境衛生管理の現状	健康危機対応の衛生管理の実態	温湿度・二酸化炭素の健康影響エビデンス
	新しい基準の提案		
	空気環境衛生基準	衛生管理体制	新しい健康リスク等

	H29	H30	H31	
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	■	■	■	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	
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: 小林	■	■	■	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	

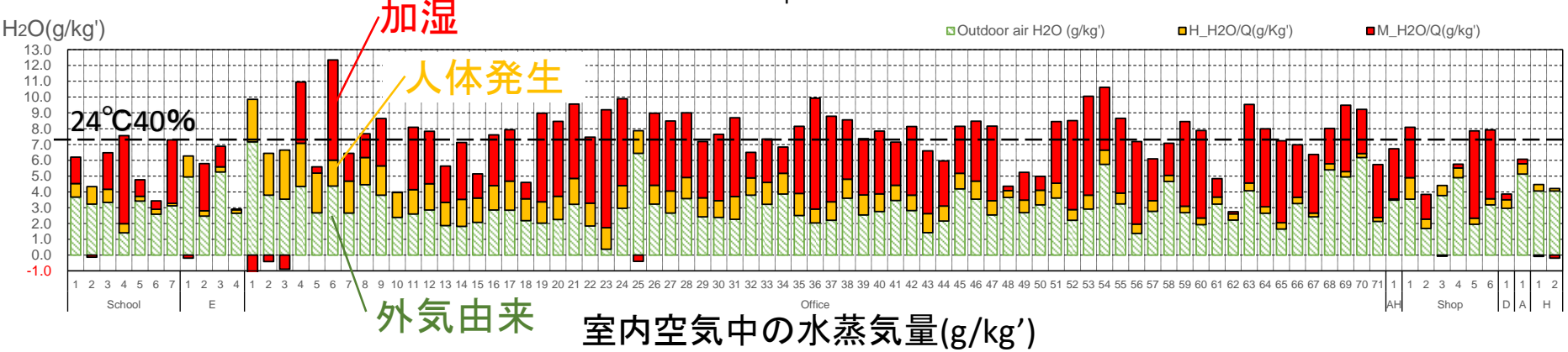
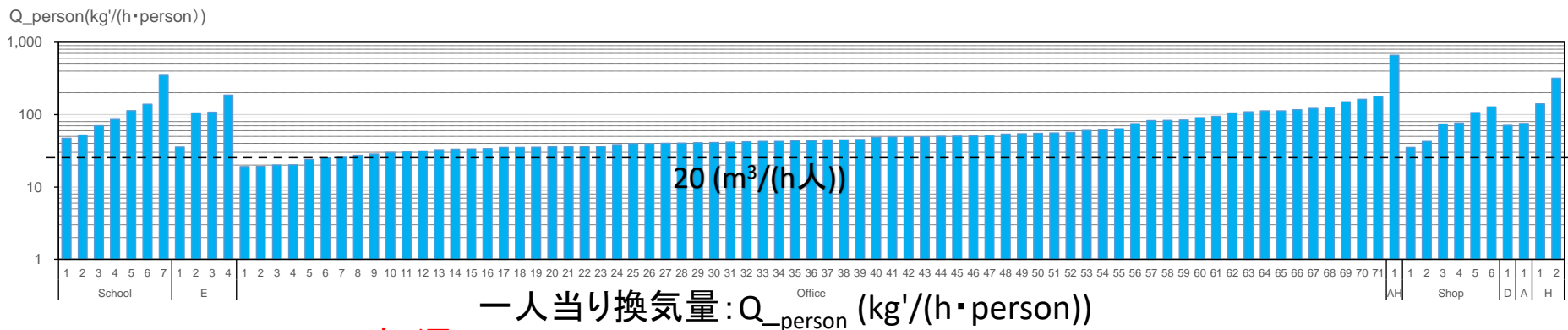
東京都の立入検査データによる調査

- 東京都は、特定区内の10,000m²超の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検査を実施。
- 立入検査を実施する季節によって、不適の発生状況が異なる。
- 温度や相対湿度では、不適率が低くなる可能性がある。



立入検査データの分析 (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。



空気環境の詳細調査結果

測定対象の概要

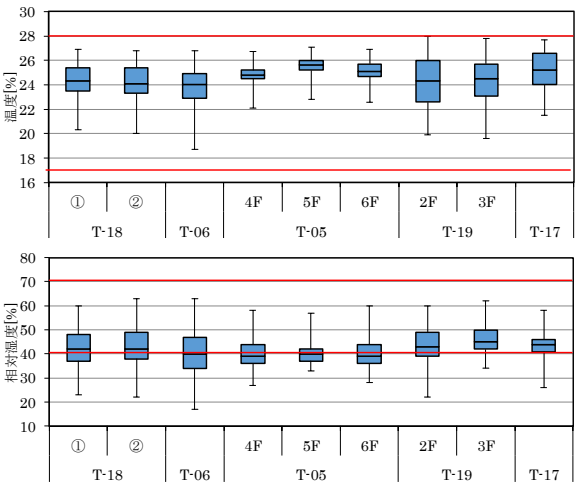
- O:大阪、T:東京のオフィス
- 空調設備は、AHU:エアハンドリングユニット、PAC:パッケージ型空調機、HEX:全熱交換器による。
- 一人当たり占有床面積の一般設計値は5[m²/人]であるが、**本調査対象のほとんどは大きく、最大でその5倍。**

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

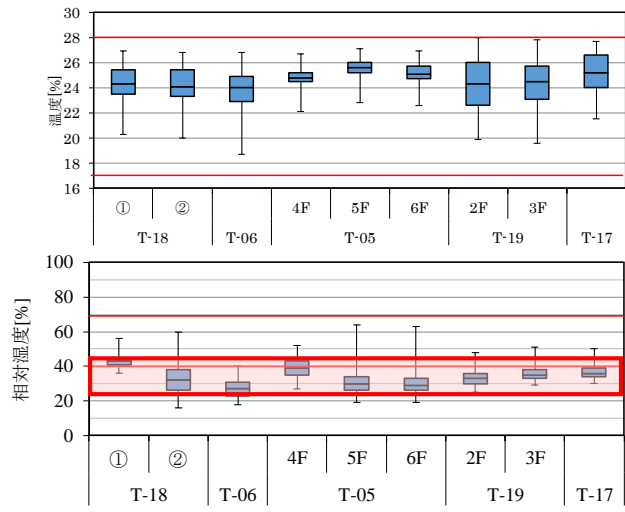
空気環境の詳細調査結果

- 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。

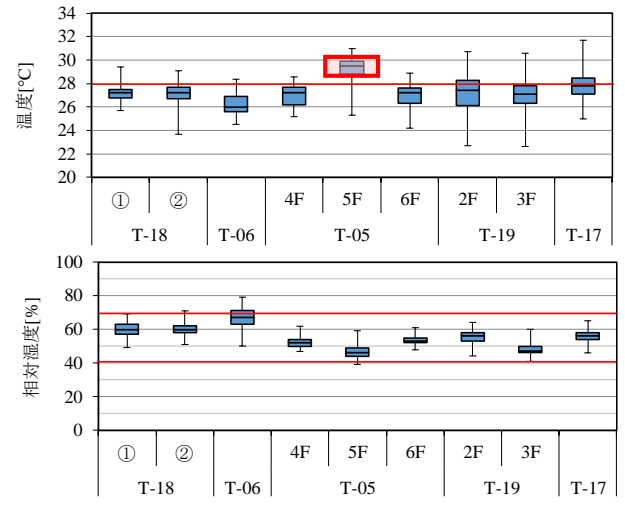
東京 2015年秋季



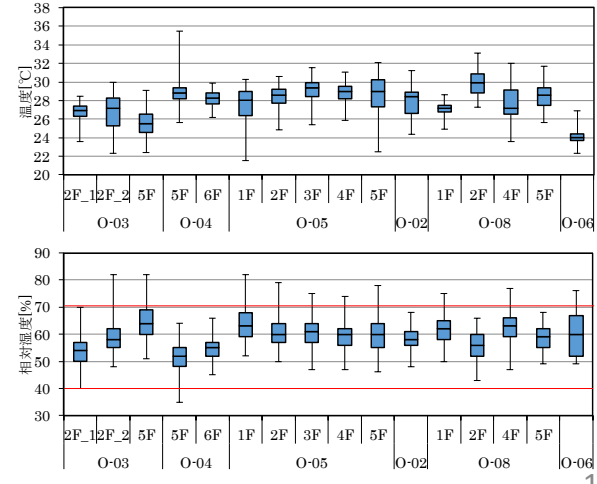
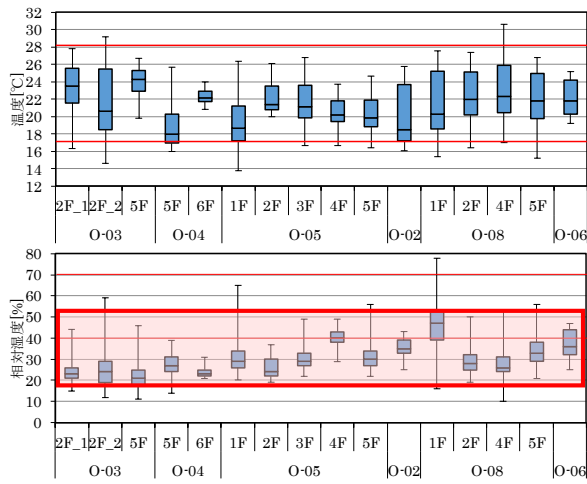
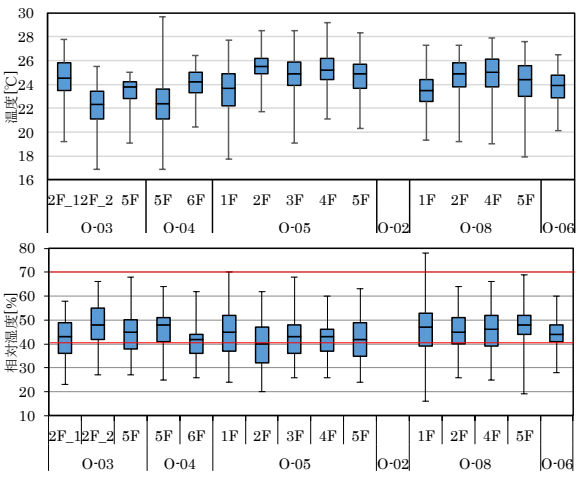
2016年冬季



2016年夏季



大阪



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：
粒経10μm以下の粒子を対象とし、質量濃度で0.15 mg/m³以下
- 大気環境基準：浮遊粒子状物質（粒径が10 μm 以下）
1時間値の日平均が0.10 mg/m³ 以下、かつ1時間値が0.20 mg/m³ 以下
- PM_{2.5} 環境基準
1年平均値が15 μg/m³以下であり、
かつ1日平均値が35 μg/m³以下

粒子状物質の空気質指針値や大気環境基準

* Air quality guideline, ** No longer available in 2006 *** 浮遊粒子状物質(SPM)

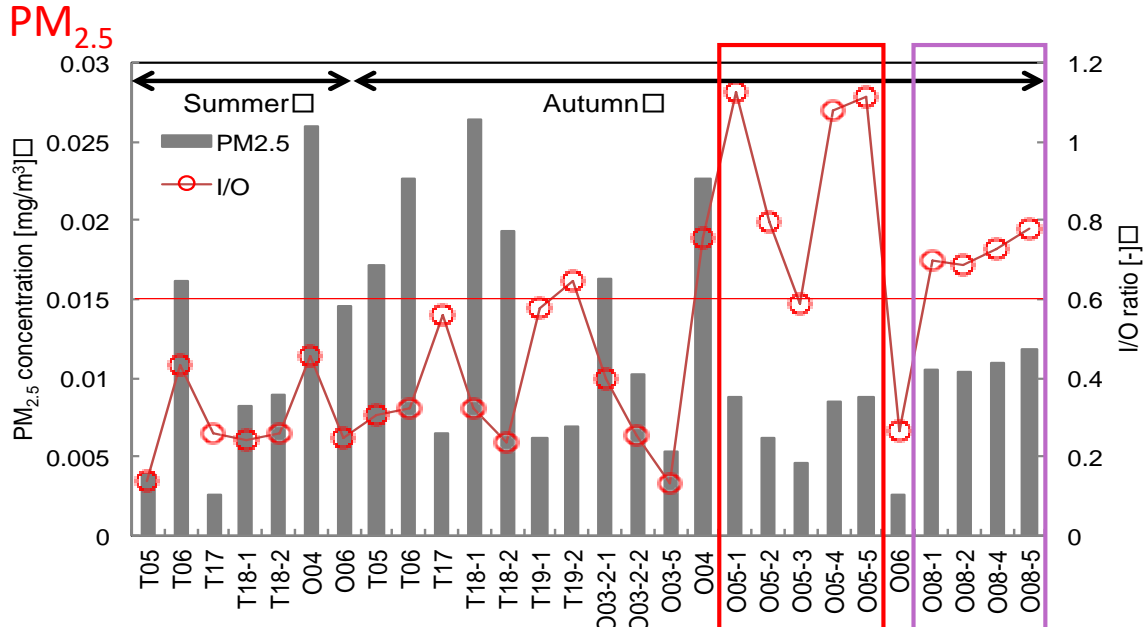
国や機関	制定	PM ₁₀ (μg/m ³)		PM _{2.5} (μg/m ³)	
		24時間	年間	24時間	年間
WHO	2005	50	20*	25	10*
U.S.EPA	2006	150	—**	35	15
	2012				12
Japan	2009	100***	—	35	15

[本研究]

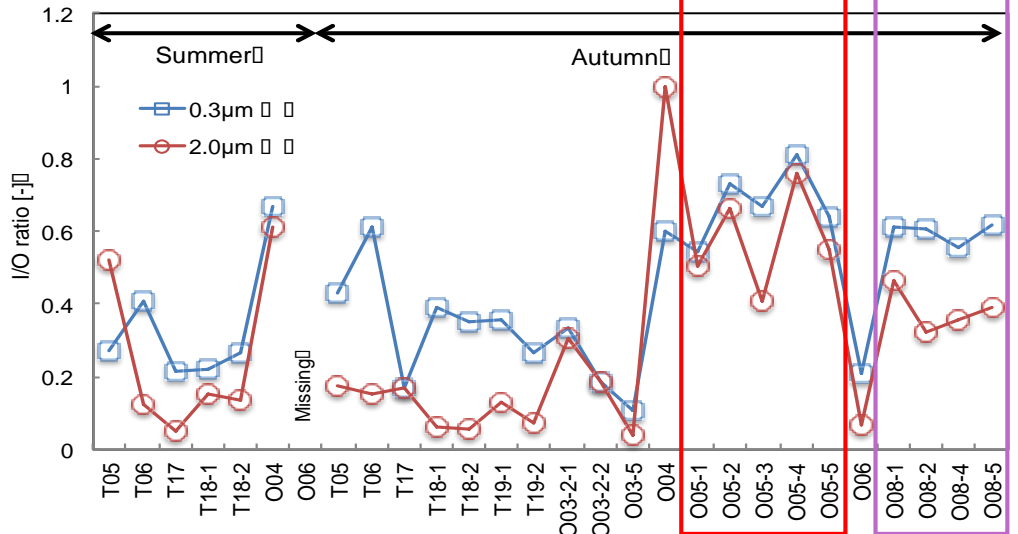
- 事務所建物内におけるPM_{2.5}の実態について実測
- 外気と室内のPM_{2.5}濃度及び粒径別超微粒子の特性
- 建物空調方式による外気からの侵入の特性について考察する。

事務所建築室内のPM_{2.5}濃度と特徴

- PM_{2.5}が0.002~0.03 mg/m³となり, 大気基準(1日平均値が35 μg/m³)を下回った。
- I/O比は, 0.1~1.2。
- O05では, 室内発生が多いと考えられる。
- O08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。

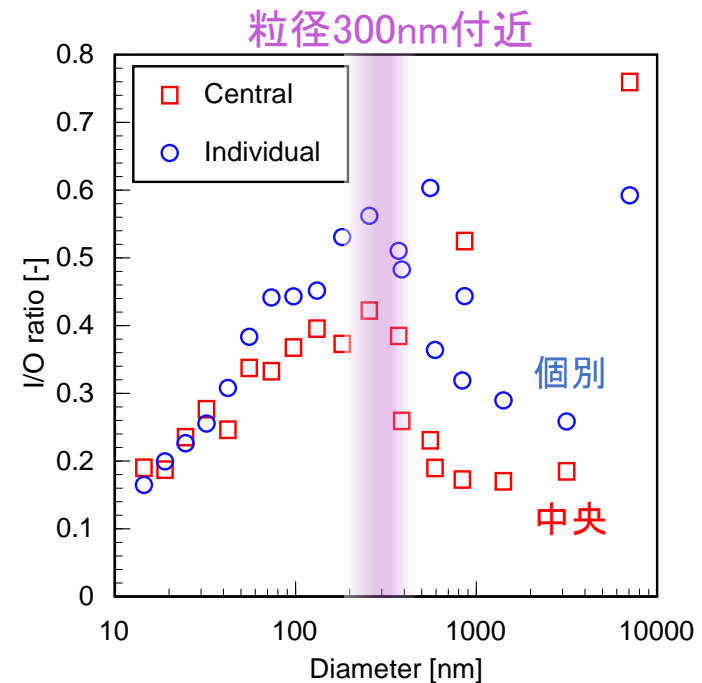
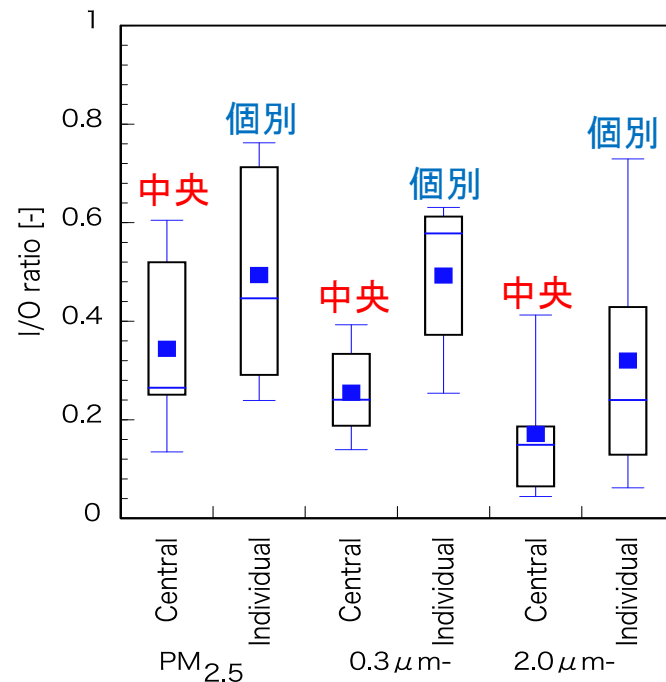


浮遊微粒子



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) |

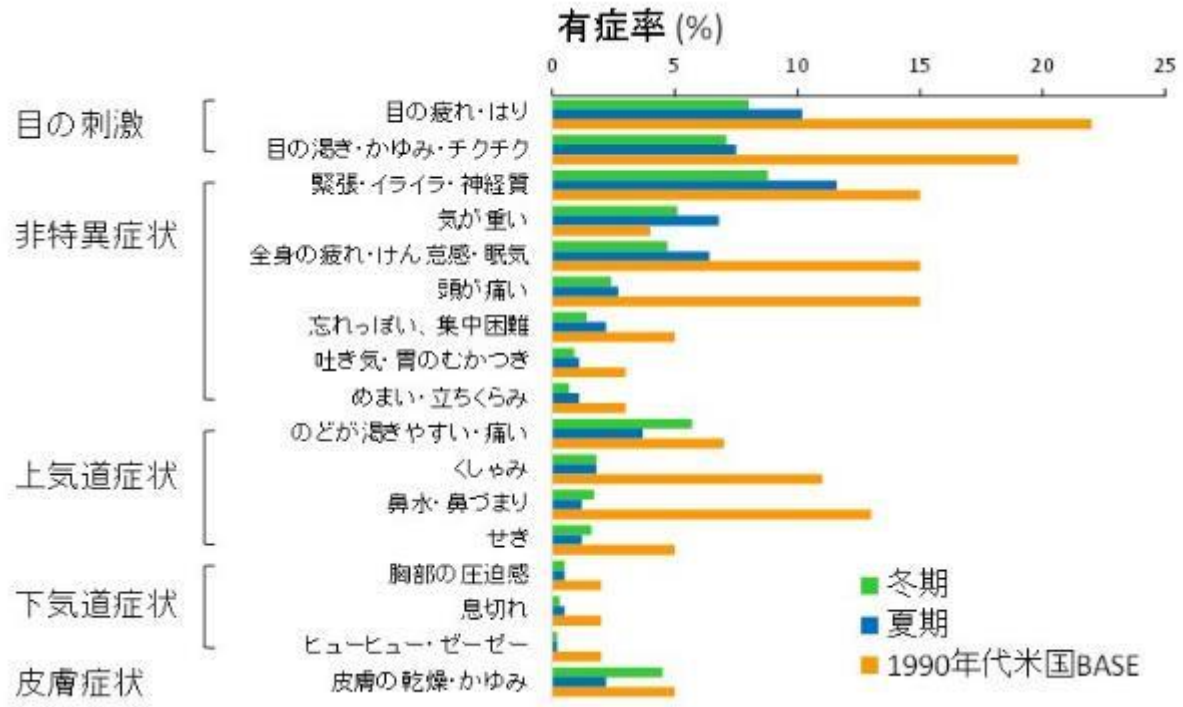
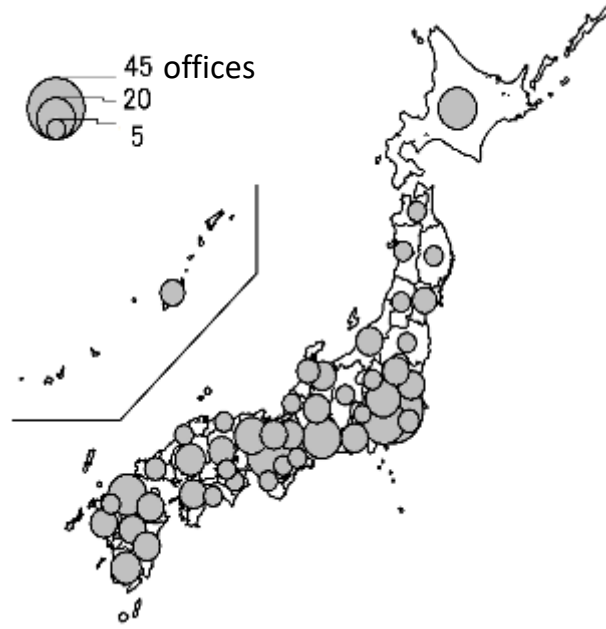
厚労科研(H26-健危-一般-007)

- | | |
|----------------------------|---|
| 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

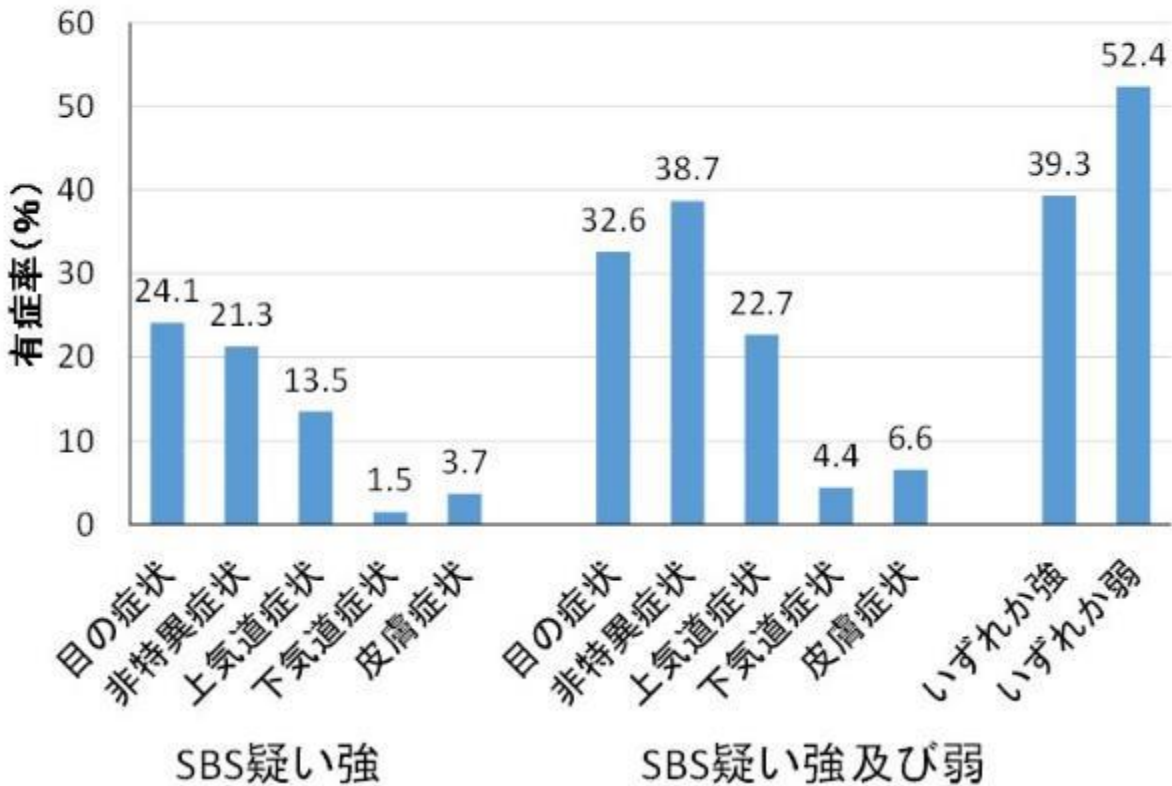


建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査

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]

(H25年「建築物の環境衛生管理」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 良好な室内空気環境を維持するためには、一人当り概ね30 m³/hの外気量が必要であり、その場合の二酸化炭素濃度は、0.1% (1000ppm)となる。

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

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

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

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

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	
d CO ₂ : 600-1000ppm 中程度IAQ	(Erdmann and Apte 2004) (Wargocki et al 2000) 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や尿中磷濃度の低下)(Gray et al 1950)</p> <p>追加 → 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>

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

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や尿中燐濃度の低下), 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)

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。
 - 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。
- ↓
- 衛生的な空気環境を維持するためには、二酸化炭素濃度が現行の**基準値1000ppm以下になるよう、今後とも適正に管理**することが必要である。

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

[相対湿度基準]

●「ビルディングの環境衛生基準に関する研究」 小林 1966年3月

✓室内で8時間以上継続的に労働する人体の、安全、健康、快適性、能率を目的とする。

段階	数値	備考
推奨値	55～70%	人体に対し夏は少湿、冬は多湿がのぞましい。
許容限度の例	冬の最低限度 35% 夏の最高限度 70%	DIN 1946 1951/3 ventilation regulation

● 建築物衛生法・建築物環境衛生管理基準 40%-70%

✓インフルエンザ感染リスクを考慮し、最低限度を40%にしたと考えられる。

1970年以前	概要
Hemmes et al 1960, 1962	エアロゾル中のインフルエンザウイルス死滅率は、相対湿度50~90%で高く、15~40%で低い。
Harper 1961, 1963	エアロゾル中のインフルエンザウイルス生存率は、相対湿度約35%と比べ約50%で顕著に低い。
Buckland et al 1962	インフルエンザウイルスの感染価の減少率は、相対湿度20% と比べ84%で約1.5 倍である。
Goromosov 1968	乾燥空気は気道粘膜を乾燥させ不快感を起こし、微生物と塵埃(ジンアイ)の濾過作用に影響する。30~60%RH を推奨する。

財団法人ビル管理教育センター H22 建築物環境衛生管理に関する調査研究 建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について/東 より要約

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

● 感染症対策のための湿度

✓ J.H.Hemmes 1960,1962

エアロゾル中のウイルス死滅率を測定した結果、インフルエンザの死滅速度Kは、相対湿度15-40%の場合は0.0073であるのに対して、50-90%では0.09と顕著に高い。

✓ G.J.Harper 1961

エアロゾル中のウイルス生存数を測定した結果、インフルエンザの生存率は、50-51%の場合より34-36%の場合が顕著に高かった。

Viability of airborne virus 0-23 hr. after spraying

Temp. (°C.)	R.H. (%)	No. of tests	Percentage viable at given times (hr.)						
			0*	1/2	1	4	6	23	
(b) Influenza									
7.0-8.0	23-25	3	88	87	80	78	68	63	61
	51	3	66	49	75	61	39	42	19
	82	3	126	120	71	70	39	35	3.0
20.5-24.0	20-22	5	75	77	65	64	74	66	22
	34-36	3	86	93	58	59	66	53	14
	50-51	3	84	62	49	29	6.4	4.2	Trace
	64-65	3	77	45	29	15	6.6	3.2	N.D.
	81	4	67	55	22	13	6.4	5.0	Nil
32.0	20	3	87	70	56	45	18	17	1.3
	49-50	3	98	45	22	13	2.7	0.7	Nil
	81	3	91	50	15	6.6	Trace	Trace	Nil

相対湿度とインフルエンザウイルスの気中生存率 / Harper 1961

J. Hyg., Camb. (1961), 59, 479

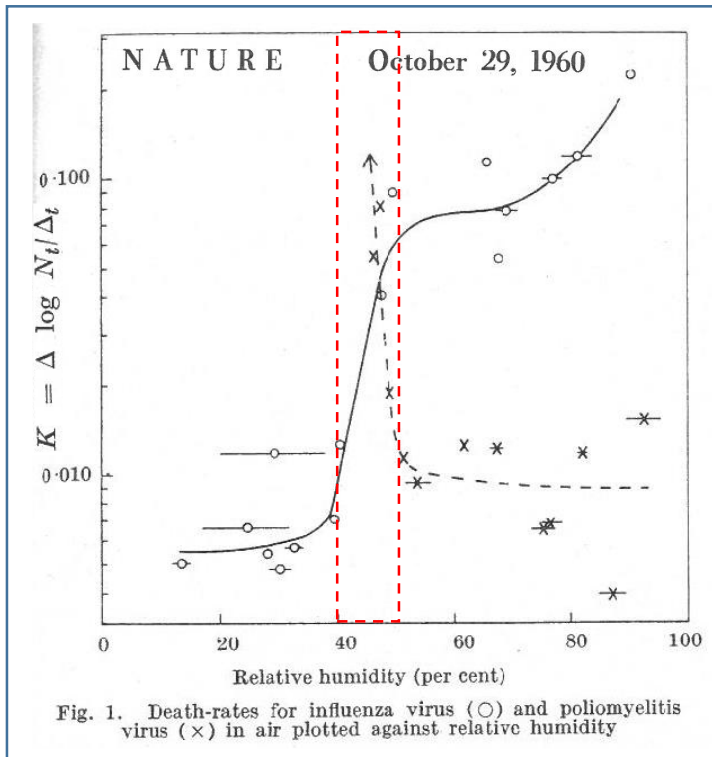


Fig. 1. Death-rates for influenza virus (○) and poliomyelitis virus (×) in air plotted against relative humidity

相対湿度とインフルエンザとポリオのウイルス死滅速度K / Hemmes 1962

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

● 建築物衛生法関連政省令改正（平成15年）

「建築物衛生管理検討会報告書 平成14年7月 建築物衛生管理検討会（吉澤 晋）」

- 夏季高湿度: アレルギー疾患等との関連が指摘される好湿性真菌やダニの増殖
- 冬季低湿度: 気道の細菌感染予防作用を弱める。インフルエンザウィルス生存時間が延長。アトピー性皮膚炎や気管支喘息などのアレルギー疾患の増悪因子となる。
- 冬季には40%を維持すべきである。
- 35%を基準として基準を下回る建築物に対する指導を重点的に行うことが望ましい、といった意見もある。
- 現時点では、主としてインフルエンザウィルス生存時間の観点から基準値引下げを合理化する科学的知見は得られていないので、基準値を改訂するには至らない。
- 現在、温湿度条件とインフルエンザウィルスの生存時間の関係についての再現試験が行われており、この結果が得られ次第、相対湿度の基準値を再検討することが適当である。
- 加湿装置については、様々な形式のものが使用されているが、加湿水の使用量やエネルギー使用量が多いことなどの問題点が指摘されており、性能が良く衛生的な加湿装置の開発が望まれる。

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

温湿度とインフルエンザ感染に関する研究

- 動物曝露実験 2007

低湿度ではウイルスを含む飛沫核の安定性が高い。

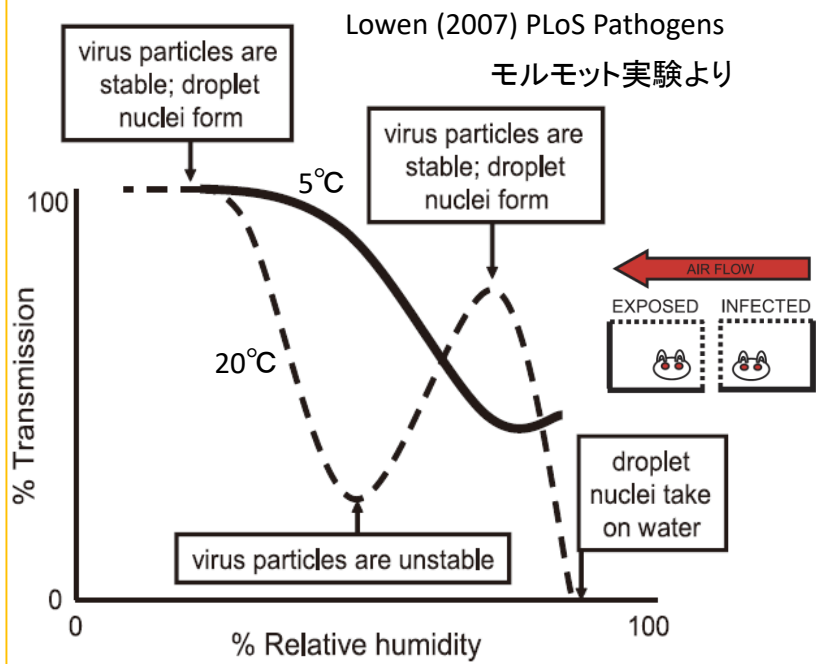
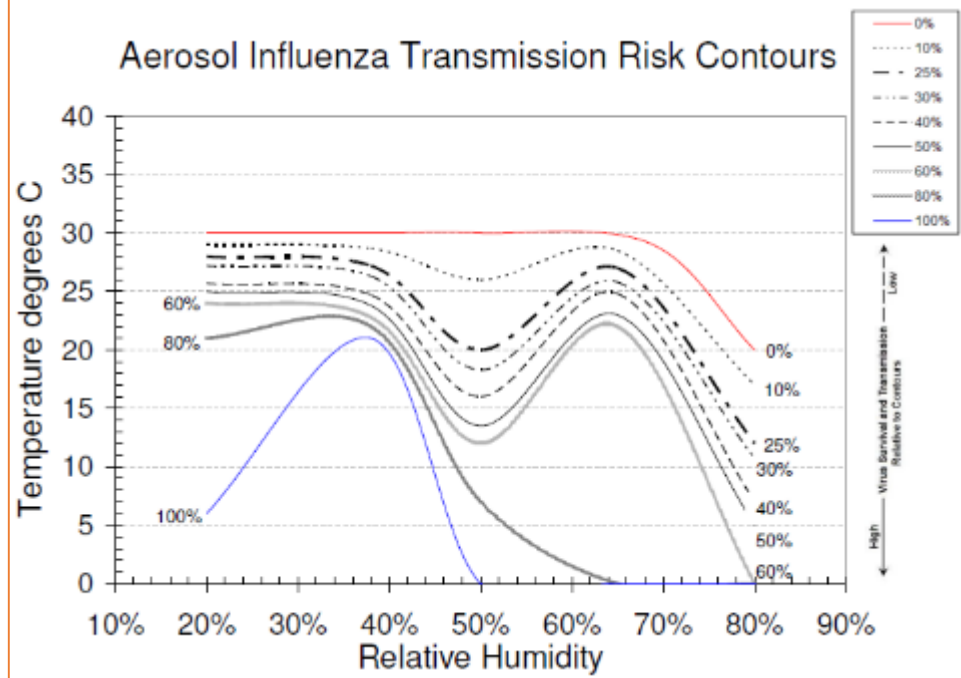


Figure 6. Variation of Transmission Efficiency with Relative Humidity: A Model

- 熱帯諸国における疫学調査 2010

相対湿度40~60%と70%以上で感染リスクが低くなる。

Hanley (2010) Virology Journal



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

温湿度とインフルエンザ感染に関する研究

- 疫学研究

インフルエンザ発症前の温度・絶対湿度と発症状況の関係を比べた。

温度よりも絶対湿度，平均値よりも低下量がインフルエンザの発症リスクにより関係している。

Jaakkola (2014) Env Health

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.

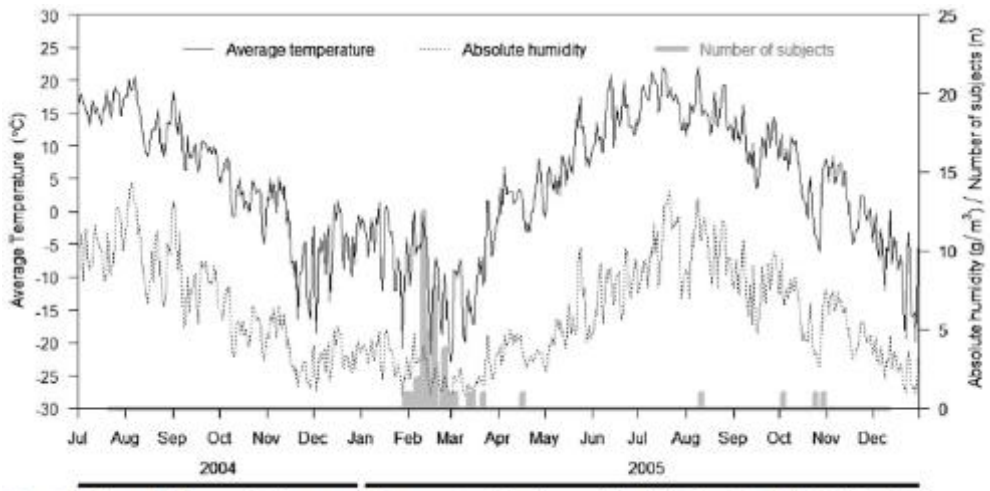
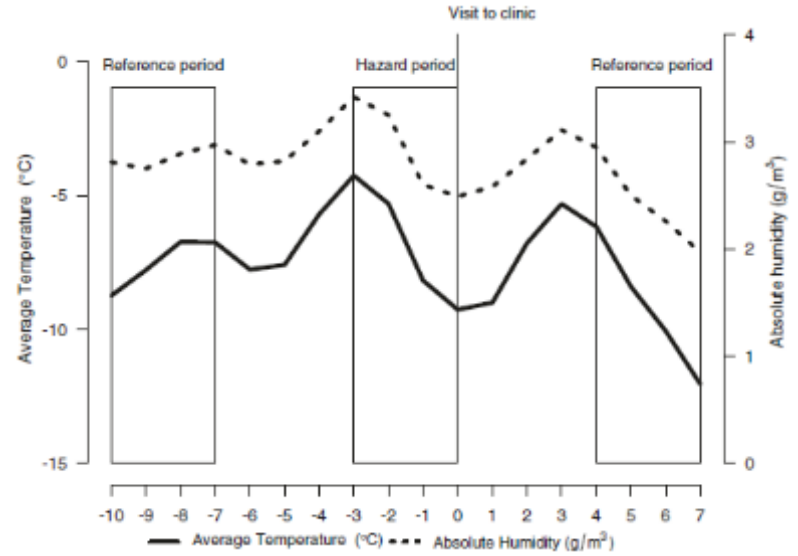


Figure 1 Incidence of influenza episodes, mean daily temperature (°C) and mean daily absolute humidity (AH) (g/m³) during the study period.



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

温湿度とインフルエンザ感染に関する研究

Survival of Airborne Influenza Virus: Effects of Propagating Host, Relative Humidity, and Composition of Spray Fluids

F. L. SCHAFFER, M. E. SOERGEL, and D. C. STRAUBE

Naval Biosciences Laboratory, School of Public Health, University of California,
Berkeley, California, U.S.A.

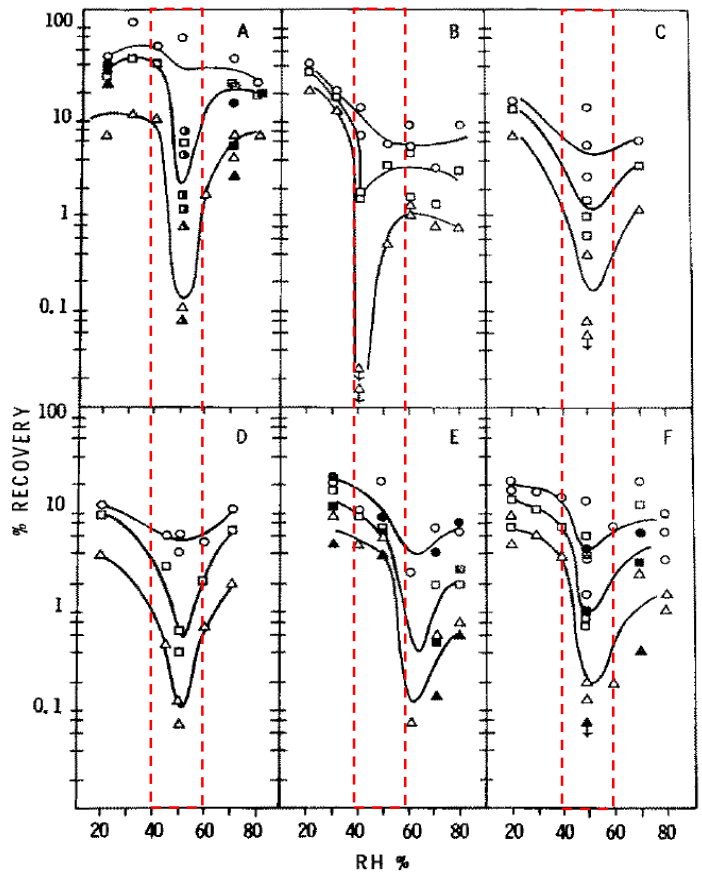
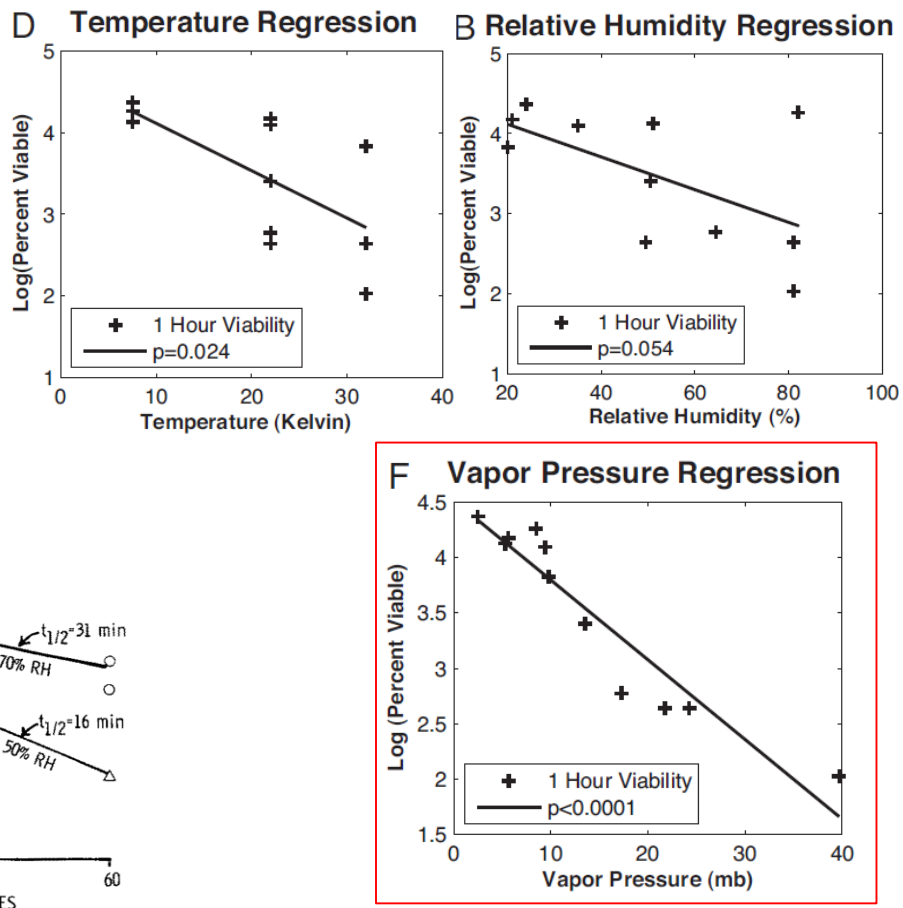


Fig. 2. Survival of WSN_H influenza virus from various sources as a function of RH.

Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality

Jeffrey Shaman^{a,1} and Melvin Kohn^b

^aCollege of Oceanic and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331; and ^bPublic Health Division, Oregon Department of Health Services, 800 NE Oregon, Suite 772, Portland, OR 97232



空気環境不適率上昇の傾向と要因

◆ 継続的上昇の基本的要因

- 個別空調の普及（建築内に時間的空間的な環境ムラ）。
- 省エネルギー（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



◆ 要因分析と対応方法の検討が必要

[行政報告データの分析]

- ① 報告徴取増加と立入検査減少の影響
- ② 省エネルギー・個別空調化の影響

空気環境不適率上昇の傾向と要因

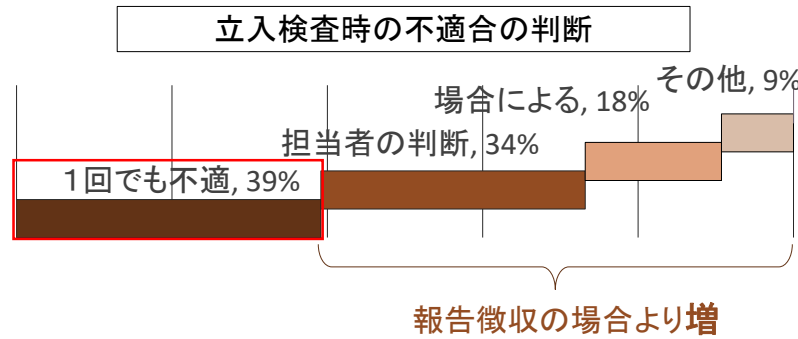
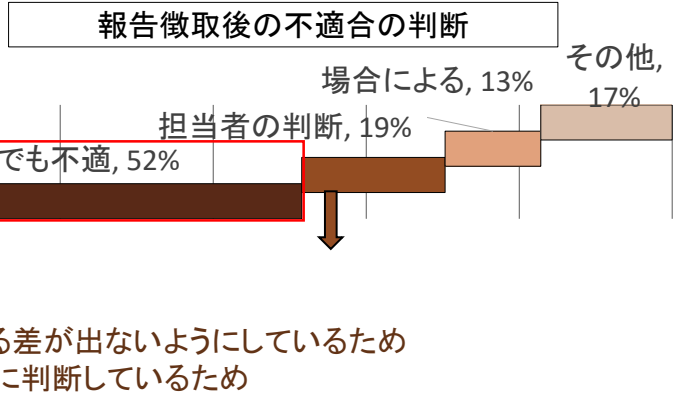
① 報告徴取増加と立入検査減少の影響

[行政報告データ]

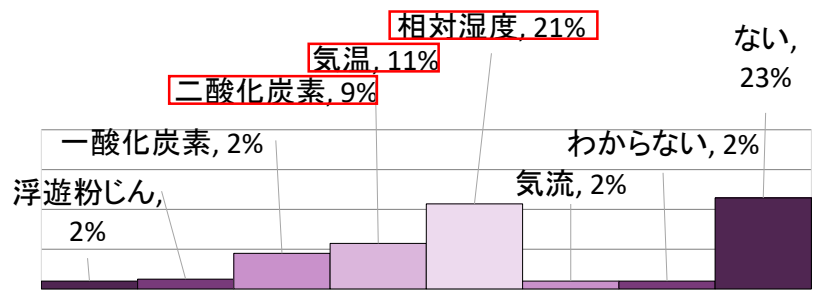
- 全国の調査件数(報告徴取+立入検査)は、2007年以降増加している。
- 2010年から、報告徴取数と立入検査数が分けられている。

[空気環境に関するアンケート]

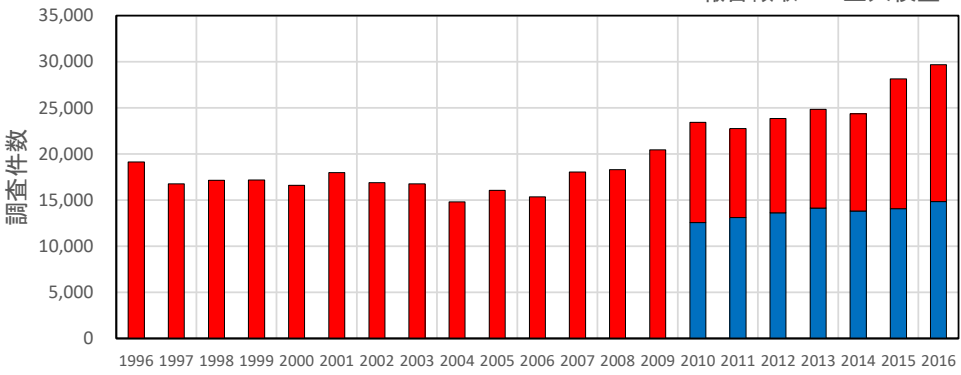
- 全国生活衛生担当者142に配布、130(92.9%)の回答を得た(H28.12~H29.1)。
- 監視指導の状況、不適合判断の基準や方法に自治体毎の差がある。
- **報告徴取の方が、不適になる傾向がある。**



立入検査時の不適合の判断について、難しい項目



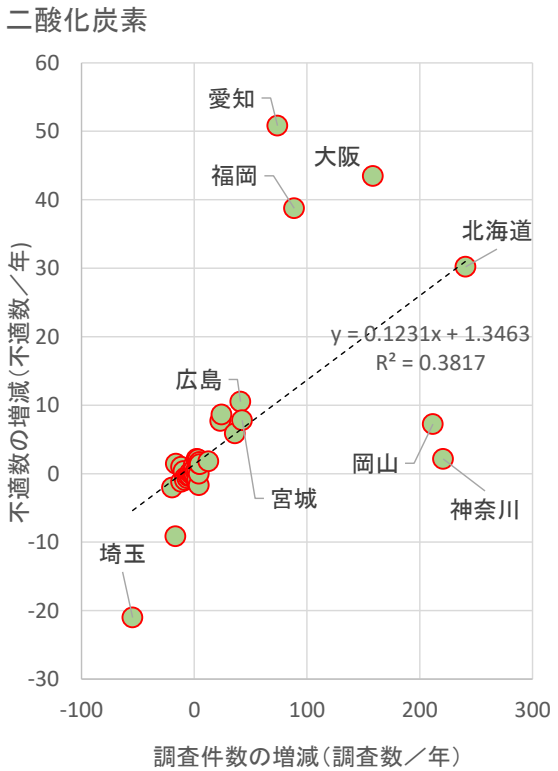
調査(報告徴取、立入検査)



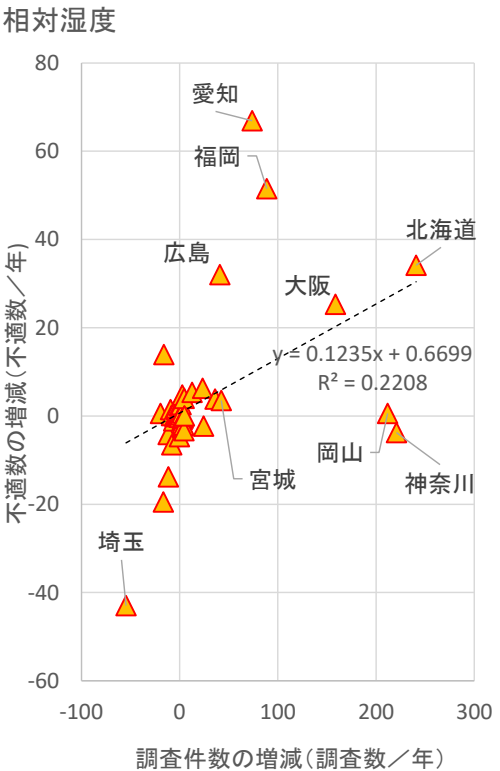
空気環境不適率上昇の傾向と要因

空気環境の不適率に関する分析(2007-2016)

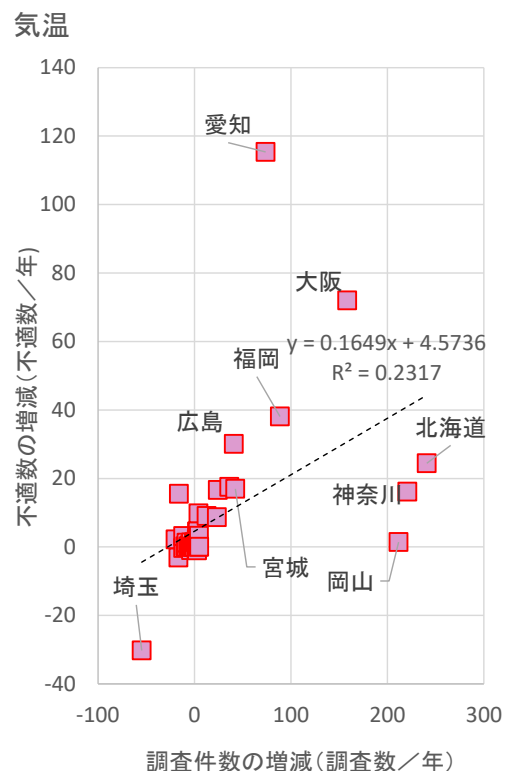
- 調査数増加傾向が強い自治体は、報告徴取数の増加傾向が強く、立入検査の減少傾向が強い。
- 調査数増加傾向が強い自治体では、二酸化炭素、相対湿度、気温の不適率増加傾向が強い。



二酸化炭素濃度不適率の傾向



相対湿度不適率の傾向

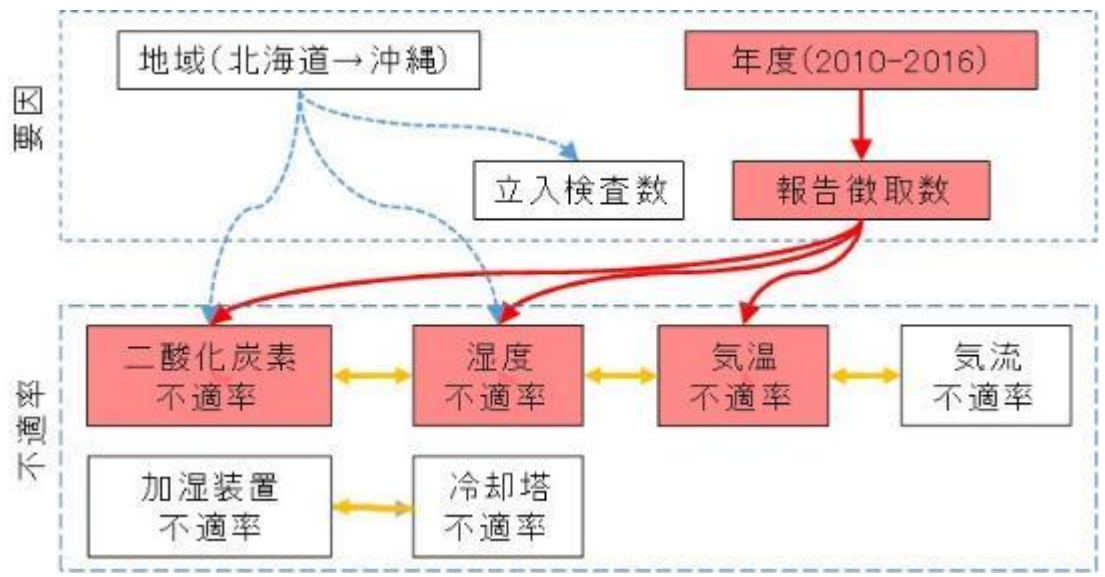
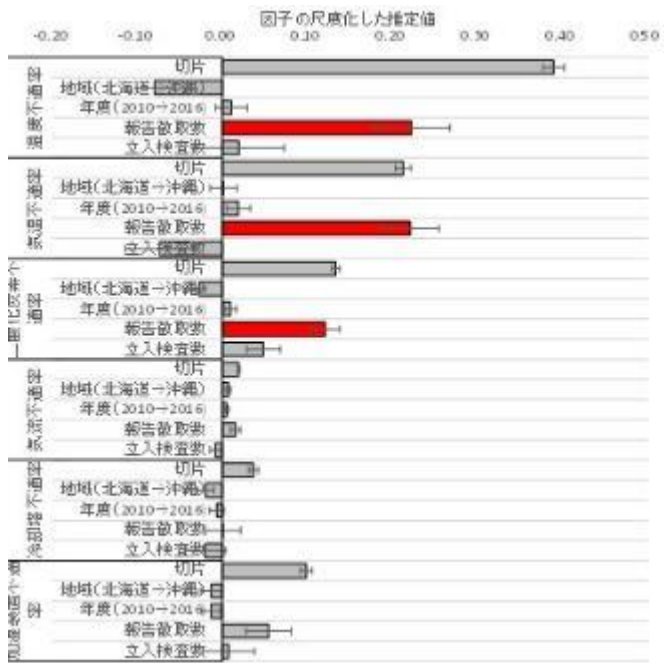


気温不適率の傾向

空気環境不適率上昇の傾向と要因

空気環境の不適率に関する分析(2010-2016)

- 各自治体の特定建築物施設数、調査(報告徴取、立入検査)数、不適数を用いて、**不適率のモデル化**を統計解析(JMP)を用いて行った。
- ↓
- 年度が進むと報告徴取数が増加している。
 - 報告徴取数が二酸化炭素、湿度、気温の不適率に影響をしている。
 - **二酸化炭素、湿度、気温は報告徴取数の影響下にある**可能性があるが、気温と気流は独自の原因による関係が存在する可能性がある。



不適率のモデル化(要因分析)の結果

空気環境不適率上昇の傾向と要因

二酸化炭素濃度不適率に関する分析

■ 二酸化炭素濃度の不適率の増加要因

- ① 報告徴取増加による不適率増加
- ② 外気濃度の上昇に伴う室内濃度の上昇
- ③ 換気量低下(省エネルギー等)による内外濃度差拡大

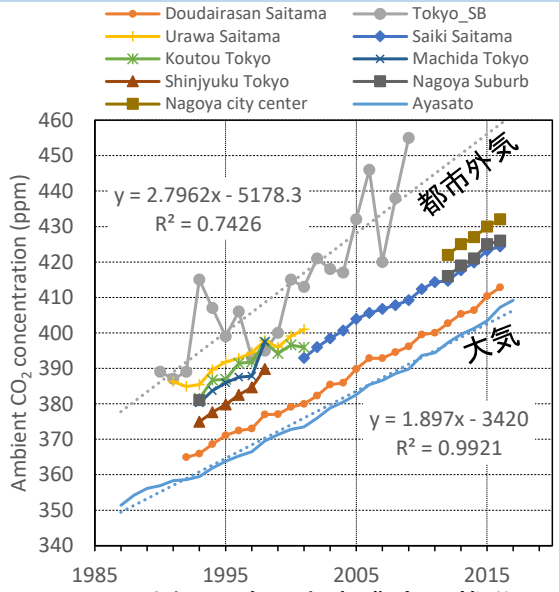


① 報告徴取増加による不適率の上昇

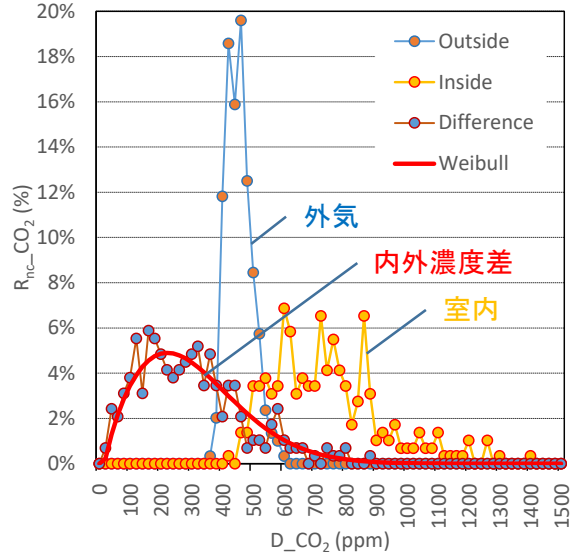
- ✓ 立入検査における二酸化炭素濃度の基準値超過は、通年に渡って発生しているため、**季節の影響は受けづらい。**
- ✓ **しかし、報告徴取増加が不適率増加に影響しているため、その影響を考慮する必要がある。**

② 外気濃度の上昇に伴う室内濃度の上昇

- ✓ 大気中の二酸化炭素濃度は、**年2ppm程度上昇**している。**都市の外気二酸化炭素濃度は、大気より10~25ppm高い。**
- ✓ 室内濃度は、換気量や在室状況によってばらつく。
- ✓ 従って、**外気濃度上昇によって室内濃度が上昇し、不適率が高まる可能性がある。**



外気二酸化炭素濃度の推移



二酸化炭素濃度(東京都立入検査H25)

空気環境不適率上昇の傾向と要因

二酸化炭素濃度不適率に関する分析

③ 換気量低下(省エネルギー等)による内外濃度差拡大

- ✓ 換気量低下の要因
 - a) 省エネルギーの普及、b) メンテナンス不備の増加
 - c) 個別空調の普及(個別運転による建物全体の換気量低下)
- ✓ 室内濃度の基本式

$$C_{in} = C_{out} + M/Q$$

C_{in} :室内濃度, C_{out} :外気濃度, M :発生量, Q :換気量(外気量)

■ 要因別の不適率上昇率

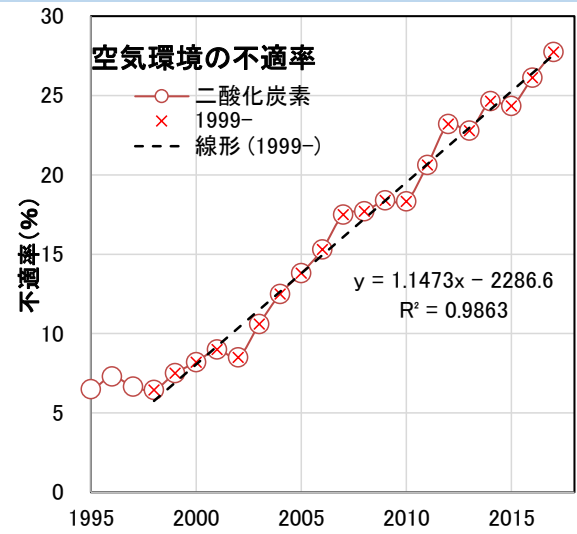
- ✓ 二酸化炭素濃度の不適率は、1999年以降一定速度で増加。
- ✓ 1998年を基準年とし、3要素を考慮して不適率をモデル化。



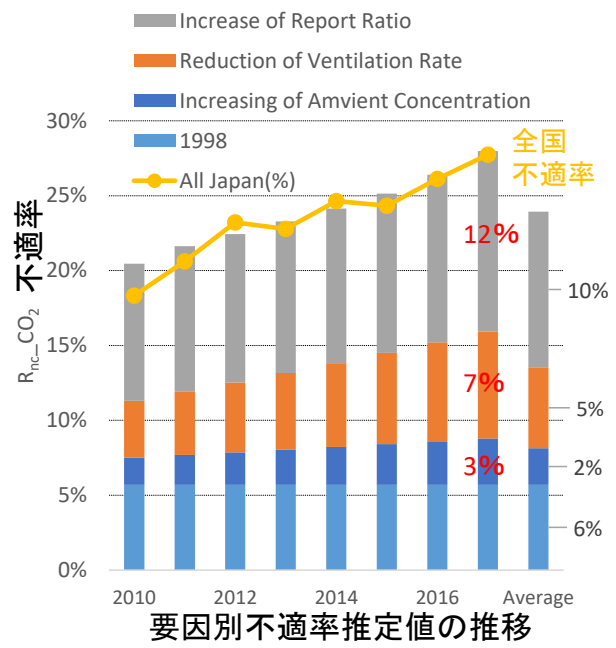
- ① 報告徴取増加 ⇒ 12%(2017)
- ② 外気濃度の上昇 ⇒ 3%(2017)
- ③ 換気量低下(省エネルギー) ⇒ 7%(2017)

■ 報告徴取率の増加による不適率増加の意味

- a. 報告徴取における不適判断状況
- b. 報告徴取の基礎となる空気環境測定の様況



二酸化炭素濃度不適率の推移



要因別不適率推定値の推移

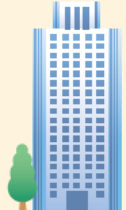
建築物の省エネルギー化

- 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

● 非住宅 2000m² 以上



新築
増改築



(省エネ基準についても検査)



■ 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



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。

● 建築物 300m² 以上



新築
増改築



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」

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

- 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

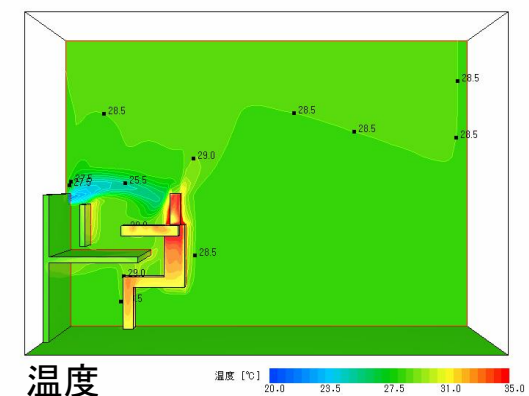
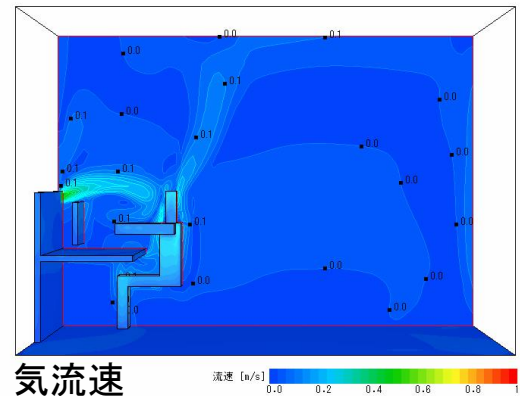
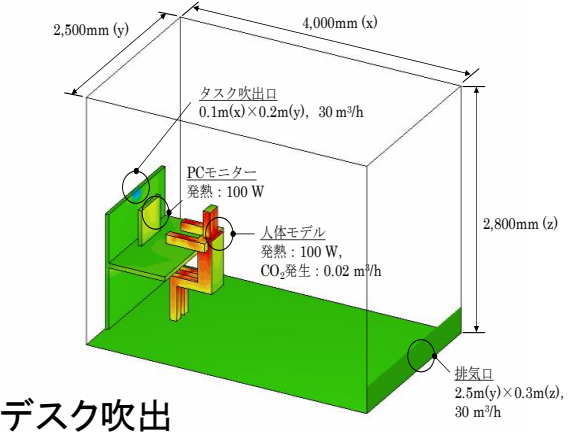
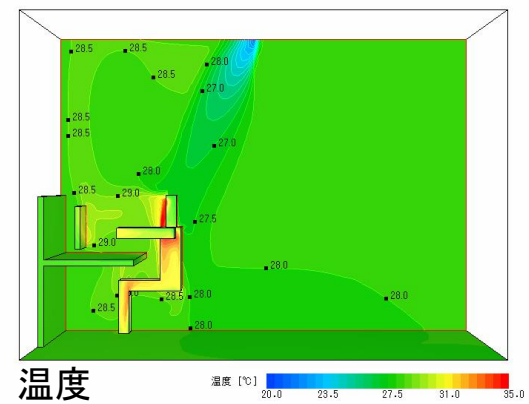
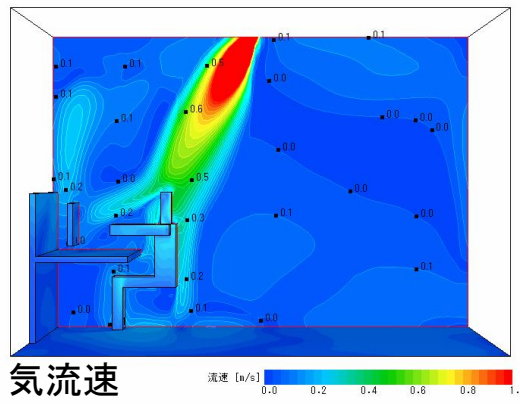
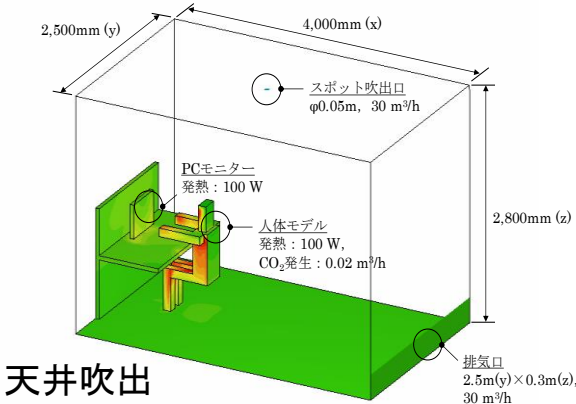
		対流主体型							放射主体型				
		机上(下)設置		キオスク (変動風)	床面設置	天井設置 (指向性吹出口)		椅子設置	机上(下)設置	天井設置	床設置	椅子設置	
		スポット	ワイドカバー			混合空気供給	外気供給						
温調	等温	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	非等温	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
換気	外気	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	
	外気+還気	—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	
	還気(循環)	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
概念図													
参考文献		①	②、③、④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



科目予定 15日間 来年 6月～7月 (予定)

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 空調用ダクトの衛生管理
 - 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 11月(予定)
住まいと健康研修 本年6月10～28日



本年6月10日～6月28日

1. 「住まいと健康」問題とその対策

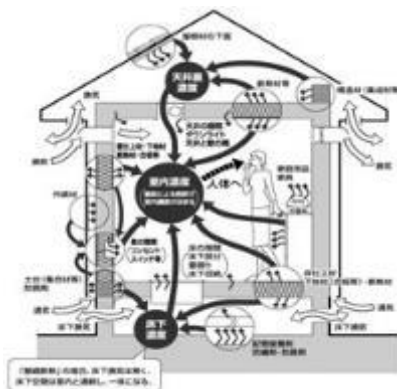
公衆衛生従事者が住まいに関わることの今日的意義を説明することができる。

- 1.1 「住まいと健康」概論
- 1.2 居住環境と厚生行政

2. 室内環境と健康

- 2.1 空気質と健康
- 2.2 換気と室内環境
- 2.3 化学物質とその対策(生活用品含む)
- 2.4 ダニとその対策(ハウスダスト含む)
- 2.5 微生物とその対策
- 2.6 ねずみ・衛生害虫
- 2.7 温熱環境と健康(入浴事故対策)
- 2.8 温湿度環境と健康
- 2.9 結露とその対策
- 2.10 光・照明
- 2.11 電磁波
- 2.12 放射線(災害時の公衆衛生活動含む)
- 2.13 たばこ(受動喫煙・加熱式たばこ含む)
- 2.14 室内事故(高齢者・乳幼児への対応)

住環境の健康への影響と対策について説明することができる。



3. 住宅計画と管理

- 建築技術者等との連携に必要な住宅計画や管理のポイント、法制度について説明することができる。
- 3.1 住宅品質確保促進法
 - 3.2 給水システムと水の安全性確保法制度について説明することができる
 - 3.3 住宅設備と管理(省エネ含む)
 - 3.4 集合住宅の管理
 - 3.5 住環境表現法(図面作成とアセスメント)
 - 3.6 設備・衛生図面の読み方

4. ネットワーク・体制づくり

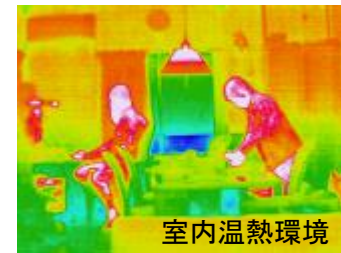
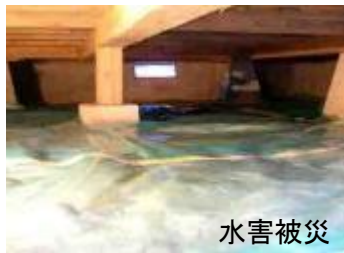
住まいと健康に関する問題の対応のためのネットワークや体制づくりの方法を提案し実践することができる。

- 4.1 事例報告セミナー
- 4.2 在宅医療・介護と住宅
- 4.3 保健所の取組みセミナー
- 4.4 「住まいと健康」フォーラム

5. 住環境教育の方法

住民やその支援者を対象とした住環境教育の手法を使い現場で実践することができる。

- 5.1 住環境教育演習
- 5.2 室内環境の測定法
- 5.3 施設見学(戸建住宅関連)
- 5.4 施設見学(集合住宅関連)



建築物衛生の動向と課題

1. 建築物衛生の現状と動向
2. 厚労科研による建築物衛生に関する研究
3. 関連の課題

建築物衛生の実態(空気環境の不適率上昇)

- ⇒ 監視指導の強化・効率化の必要性
- ⇒ 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。