

### 3. 建築物の空気調和設備の維持管理及び運用のあり方に関する研究

分担研究者 射場本 忠彦 東京電機大学 教授

#### 研究要旨

建築物においては、エネルギー消費に係る機器・構造の性能確保や適正保全措置の徹底が省エネルギー法に盛り込まれるなど、官民を挙げて多様な対策が進められている。しかしながら、社会に普及しつつある省エネルギー手法の中には、建築物衛生法の主旨とは相容れない衛生上の問題や、かつての法制定・改正時には想定されていなかったものなどが散見される。

先の厚労省科研費調査では、特に冬季相対湿度の基準値不適合が、特定の空気調和設備の維持管理及び運用方法に起因していることが指摘された。これらは、特に事務用途において普及が進み、相対湿度の不適率上昇の原因とも考えられる。そこで、本課題では当該空気調和設備について、環境衛生データの収集と解析を実施し、基準適合範囲に収まる、省エネルギーと環境衛生の両立に資する適切な維持管理手法・監視方法の提案を行うことを目的としている。

本研究においては、建築物衛生法の衛生管理基準値に対して不適合となる場合の、原因や詳細な課題抽出を目的として、複数の事務所空間を対象とした室内環境の連続的時間データを収集・取得および解析し、一般的に発生しうる事象を取りまとめた。そのうえで現状の室内環境測定手法の課題と、今後の測定のあるべき姿について提案を行った。

#### 研究協力者

百田 真史	東京電機大学
田島 昌樹	高知工科大学
大澤 元毅	国立保健医療科学院
鍵 直樹	東京工業大学
池田 耕一	日本大学
柳 宇	工学院大学
松村 拓哉	東京電機大学学生
松川 修	東京電機大学学生
橋田 智一	高知工科大学学生
大澤 秀作	高知工科大学学生
長田 竜弥	高知工科大学学生

社会に普及しつつある省エネルギー手法の中には、建築物衛生法の主旨とは相容れない衛生上の問題や、かつての法制定・改正時には想定されていなかったものなどが散見される。

先の厚労省科研費調査では、特に冬期相対湿度の基準値不適合が、特定の空気調和設備の維持管理及び運用方法に起因していることが指摘された。これらは、特に事務用途において普及が進み、相対湿度の不適率上昇の原因とも考えられる。

そこで、本課題では当該空気調和設備について、複数の事務所空間を対象とした室内環境の連続的時間データを収集・取得および解析し、基準適合範囲に収まる、省エネルギーと環境衛生の両立に資する適切な維持管理手法・監視方法の提案を行うことを目的としている。

#### A. 研究目的

##### A.1 研究背景

建築物においては、エネルギー消費に係る機器・構造の性能確保や適正保全措置の徹底が省エネルギー法に盛り込まれるなど、官民を挙げて多様な対策が進められている。しかしながら、

##### A.2 研究概要

本研究においては、新技術を用いた建物構造、空調設備による維持管理・監視について、適切な環境衛生に資する維持管理手法・監視方法の

提案を行うことを目的としている。具体的な項目を以下に示す。

1) 建築構造・空調設備と環境衛生の現状把握  
 建築構造・空調設備と環境衛生の現状の課題を抽出し、環境衛生との両立に資する適切な運用、維持管理手法・監視方法・基準について検討する。

2) 環境と空調機器運用の実態調査  
 実際の建築物における温湿度などの測定と共に建築物で管理されている BEMS データを用いた環境衛生管理の活用の可能性を検討し、環境の質の向上に寄与する新たな提案を行う。

3) 新技術に対応した適切な運用方法の提案  
 以上の検討を基に、新技術に対応した設備における適正な環境衛生のための運用・維持管理手法、監視方法などの基礎資料を提案する。

## B 研究手法

本研究の手法・検討範囲・検討期間を図 3-1 に示す。H23～24 年度にかけて実態調査を通して課題を整理し、最終年度の H25 年度において維持管理についての検討を実施した。

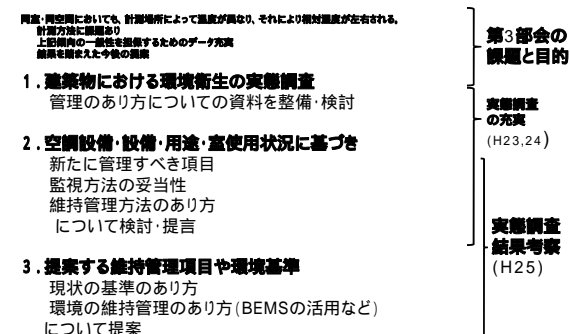


図 3-1 本研究の手法・検討範囲・検討期間

## C. 研究結果

### C.1 研究対象と取得データ概要

#### C.1.1 首都圏事務所ビル実測データについて

建築物衛生法に規定された測定内容では把握が困難と思われる時間・空間的な室内環境の実態調査を目的として、東京都内の事務所ビル内の室内環境時系列データを取得した。対象事務所ビルの概要を表 3-1 に示す。規模や空調方法の異なる 8 件の事務所空間を対象としている。

対象事務所ビルの空調方式は中央方式、個別方式のどちらも含むようにした。また、建築物の規模(延床面積)、竣工年数についても多岐にわたり改修を行った物件が含まれるものとした。温度 相対湿度、CO<sub>2</sub> 濃度の計測は、連続計測(計測間隔 15 分)とし、業務に支障のない範囲で空間的な分布を検討する目的で複数点計測を行った。解析には、勤務時間帯(平日 9:00～17:00)データを使用した。

表 3-1 検討対象事務所ビル概要(全 8 件)

対象事務所ビル	空調方式	加湿器	竣工	データ期間	計測機器	延床面積	構造	規模
Tビル	中央方式		1960年	2010/1/27～2012/12/31	BEMS 温湿度計・15個 CO <sub>2</sub> ・3台	9,400㎡	SRC造	地上9階 地下2階
Kビル	中央方式		1931年 2006年改修	2010/1/1～2011/11/30	温湿度計・5個 CO <sub>2</sub> ・2台	7,900㎡	RC造	地上8階 地下1階 塔屋3階
Sビル	中央方式		1988年	2008/1/1～2011/11/30	BEMS+ (測定データ)	54,000㎡	SRC造	地上9階 地下1階 塔屋1階
Nビル	中央方式		2003年	2006/10/1～2013/5/31	BEMS+ (測定データ)	20,600㎡	S+SRC造	地上14階 地下1階
Iビル	個別方式(狭)	×	1986年	2011/7/27～2012/12/31	温湿度計・4個 CO <sub>2</sub> ・3台	2,200㎡	SRC造	地上7階 地下1階
Nビル	個別方式(広)		1984年	2011/10/14～2012/2/29	温湿度計・9個 CO <sub>2</sub> ・2台	7,400㎡	SRC造	地上8階 地下1階
Aビル	個別方式	×	1991年	2011/10/9～2012/2/29	温湿度計・1個 CO <sub>2</sub> ・1台	1,700㎡	S造 (一部RC造)	地上6階 地下1階
Hビル	個別方式+換気	×	1993年	2011/8/5～2012/2/29	温湿度計・5個 CO <sub>2</sub> ・2台	3,000㎡	SRC造	地上9階 地下1階

#### C.1.2 大学施設実測データについて

表 3-2 に検討対象とした大学施設の概要を示す。大学施設には各種用途が混在するが、主に事務用と空間と教室と共用部について検討を行った。詳細な室内環境の実態把握及び時系列データ取得を目的として、大学施設内に計測器を設置した。計測は 5 ヶ所で行い計測器及び BEMS よりデータの取得を行った。

また計測対象室に設置されている設備の概要を表 3-3 に示す。検討対象室は、使用用途ごとに空調設備及び窓システムが異なるようにした。

表 3-2 検討対象大学施設概要

詳細計測データ概要(大学施設)			
計測室	用途区分	計測方法	データ期間
1号館 エントランス	共用部	温湿度・CO <sub>2</sub> 濃度計(1台)	2013/3/1～2013/12/11
2号館 ラウンジ		温湿度・CO <sub>2</sub> 濃度計(1台)	2013/3/1～2013/12/11
1号館 4階南側執務室	事務用途	温湿度計(4台)温度計(3台)	2013/3/1～2013/12/11
1号館 5階東側執務室		温湿度計(4台)温度計(3台)	2013/3/1～2013/12/11
2号館 西側教室	教室	温湿度センサー (BEMSよりデータ取得)	2012/4/1～2013/12/31

表 3-3 計測室設備概要(大学施設)

計測室設備概要(大学施設)			
使用用途	共用部	教室	事務用途
空調設備	AHU	ペリメータレス AHU + 低温送風	外調機 + FCU
窓システム	FL(フロートガラス)	AFW(エアフローウィンドウ)	縦ルーバ + 日射調整フィルム

さらに施設管理会社の協力を得て空気環境測定結果報告書データ(以下測定データ)を取得した概要を表 3-4 に示す。大学施設においては毎月 1 回、規定の器具を用いて各館 1 フロアごとに東西 1 ヶ所ずつ、午前(10 時)と午後(2 時)に測定が実施された。なお、計測が実施された大学施設は、1 号館～4 号館、4 つの棟で構成されているが、3 号館は、食堂や部室棟など厚生棟として利用されているため、本検討対象からは除外した。オフィスビルにおいては、2 ヶ月に 1 回、1 フロアごとに 1 ヶ所午前(10 時)と午後(2 時)に測定が実施されている。

表 3-4 空気環境測定結果報告書データ概要

空気環境測定結果報告書概要			
対象施設	計測箇所	データ期間	データ数
大学施設	66	2012/4/1～2012/12/31	1644
NTビル	15	2006年10月～2013年6月	1231
Sビル	9	2008年1月～2010年10月	432

### C.1.3 全国アンケート調査のデータについて

特定建築物立入検査は、個々の建物の維持管理状況に対する指導と助言が主目的であり、建物や空調設備等と管理実態との関連性に関する検討が困難である。そこで本調査においては、個々の建物における立入検査結果では把握し切れない、建物や空調設備等と実態との「ひも付け」を試みることを最終目的として、(社)全国ビルメンテナンス協会の協力を得て、同協会に所属している全国の特定建築物の維持管理業務者を対象としたアンケートを実施した。

郵送で実施したアンケート調査の調査項目を表 3-5 に示す。本研究では、空調設備に関する結果を報告するが、後の解析も視野に入れた給排水設備や衛生動物等に関する調査も実施した。

表 3-5 全国アンケート調査項目

項目	調査内容
建物概要	用途・延床面積・地上階・竣工年月・所在地・所有者・所有と使用形態
設備概要	空調方式・給湯方式・給水方式
維持管理状況	空気環境・苦情の有無・空調/給水/給湯/排水設備の維持管理状況・法改正による影響
維持管理業務の実施頻度	空調設備・給水設備・中央式給湯設備・雑用水設備・排水設備・厨房管理・清掃・害虫防除・浴槽設備
空気環境測定データ(測定値)	温度・相対湿度・気流・二酸化炭素・一酸化炭素・浮遊粉塵
導入されている省エネルギー技術	導入/使用している省エネルギー技術・環境衛生に影響があると維持管理者が感じている省エネルギー技術の実態・実施している省エネ対策

## C.2 研究対象の概要

### C.2.1 首都圏事務所ビルについて

合計 8 件の建物概要と測定概要を以降に記す。

#### C.2.1.1 Tビルについて

##### (1) Tビル概要建物概要

建物名称：Tビル

所在地：東京都中央区

主要用途：事務所

竣工年月：1960 年

延床面積：9,368 m<sup>2</sup>

空調面積：6,338 m<sup>2</sup>

基準階床面積：879 m<sup>2</sup>

建物構造：SRC 造

階数：地上 9 階，地下 2 階

空調方式 中央方式と個別方式の併用

##### (2) Tビル測定機器概要と対象データ期間

###### BEMS データ

温湿度計 3 階 5 個

7 階 5 個

9 階 5 個

CO<sub>2</sub> 濃度計 3 階 1 台

7 階 1 台

9 階 1 台

2010 年 1 月 27 日～2012 年 12 月 31 日

##### (3) Tビル測定器設置場所

Tビルには、中央式の空調機のほかに AHU が各階に 1 台ずつ導入されており、オフィス空間の空調を行っている。平面図を以下に示す。

● 温湿度測定位置 ● CO<sub>2</sub> 測定位置

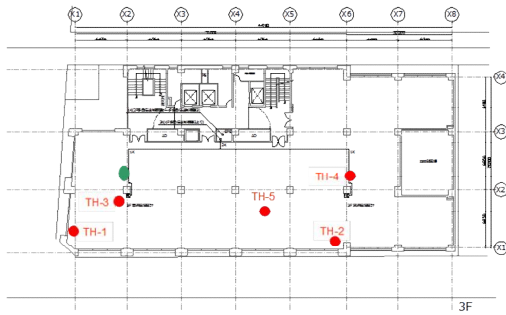


図 3-1 Tビル代表階平面図

### C.2.1.2 Kビルについて

#### (1) Kビル概要建物概要

建物名称：Kビル

所在地：東京都中央区

主要用途：事務所

竣工年月：1931年

延床面積：7,843 m<sup>2</sup>

空調面積：6,338 m<sup>2</sup>

建物構造：RC造

階数：地上8階，地下1階，塔屋3階

空調方式 中央方式と一部個別方式の併用

#### (2) 測定機器概要と対象データ期間

温湿度計 各階1個

CO<sub>2</sub>濃度計 2台

2010年1月1日～2012年3月31日

#### (3) Kビル測定器設置場所

Kビルには，中央式の空調機のほかに AHU が各階に1台ずつ導入されており，オフィス空間の空調を行っている。平面図を以下に示す。

● 温湿度測定位置

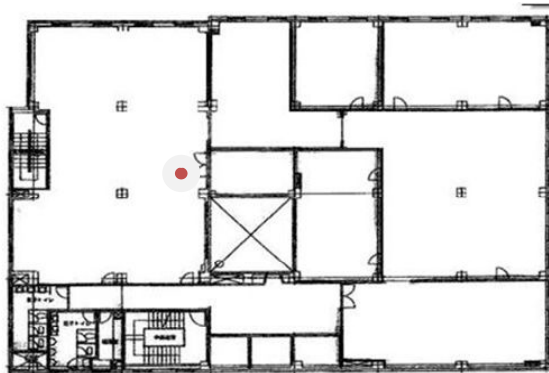


図 3-3 Kビル代表階平面図

### C.2.1.3 Sビルについて

#### (1) Sビル概要建物概要

建物名称：Sビル

所在地：東京都中央区

主要用途：事務所

竣工年月：1988年

延床面積：54,000 m<sup>2</sup>

建物構造：SRC造

階数：地上9階，地下1階，塔屋1階

空調方式中央方式

#### (2) 測定機器概要と対象データ期間

BEMS データ

2008年1月1日～2013年3月31日

### C.2.1.4 NTビルについて

#### (1) NTビル概要建物概要

所在地：東京都千代田区

主要用途：事務所

施工年月：2003年

延床面積：20,580 m<sup>2</sup>

空調面積：13,000 m<sup>2</sup>

階数：地上14階，地下1階

#### (2) 計測室設備概要

NTビルにおける基準階設備概要，基準階平面図を図3-4，図3-5に示す。オフィスにおける設備は，基本的に中央熱源方式であり，窓まわりを外ブラインドとすることでペリメータレス化を図り，インテリアをVAV + AHUで構成されていた。またBEMSよりAHU還り温湿度データの取得を実施した。なお，用いたデータの計測間隔は60分とした。

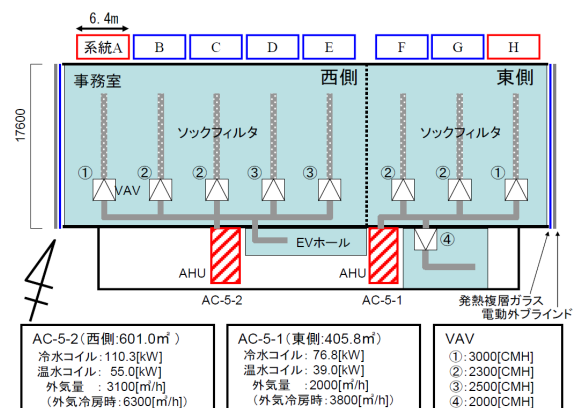


図 3-4 基準階空調設備概要

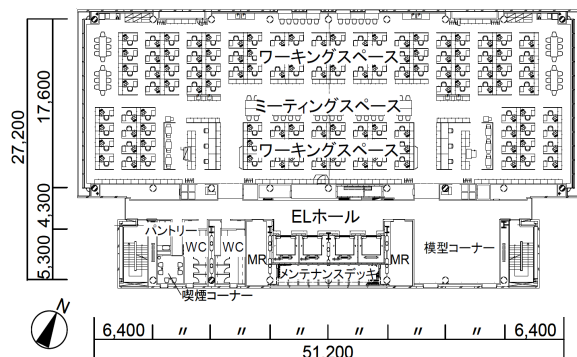


図 3-5 基準階平面図

### C.2.1.5 Iビルについて

#### (1) Iビル概要建物概要

建物名称：Iビル  
 所在地：東京都千代田区  
 主要用途：事務所  
 延床面積：2,200 m<sup>2</sup>  
 基準階床面積：約 300 m<sup>2</sup>  
 建物構造：SRC 造  
 階数：地上 9 階，地下 2 階

空調方式個別方式と熱交換器

#### (2) 測定機器概要と対象データ期間

温湿度計 4 個  
 CO<sub>2</sub>濃度計 3 台  
 2011 年 7 月 27 日～2012 年 11 月 30 日

#### (3) Iビル測定器設置場所

Iビルには、個別方式の空調機のほかに熱交換器が使用されており、オフィスにおける空調を行っている。平面図を以下に示す。

● 温湿度測定位置 ● CO<sub>2</sub>測定位置

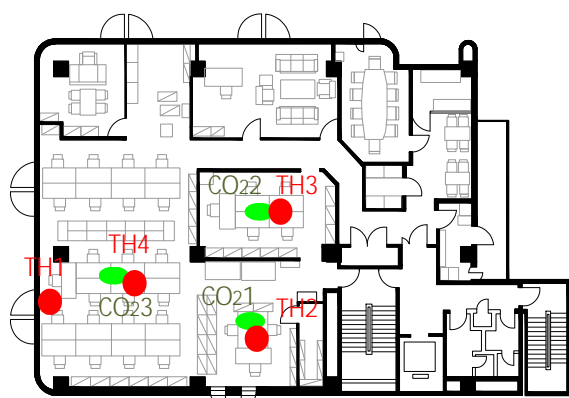


図 3-6 Iビル代表階平面図

### C.2.1.6 Nビルについて

#### (1) Nビル概要建物概要

建物名称：Nビル  
 所在地：東京都中央区  
 主要用途：事務所  
 竣工年月：1984 年 9 月  
 延床面積：7,340 m<sup>2</sup>  
 建物構造：SRC 造  
 階数：地上 8 階，地下 1 階  
 空調方式個別方式と外調器

#### (2) 測定機器概要と対象データ期間

温湿度計 9 個  
 CO<sub>2</sub>濃度計 2 台  
 2011 年 10 月 14 日～2012 年 12 月 31 日

#### (3) Nビル測定器設置場所

Nビルには、個別方式の空調機のほかに外調器が使用されており、オフィスにおける空調を行っている。平面図を以下に示す。

● 温湿度測定位置 ● CO<sub>2</sub>測定位置

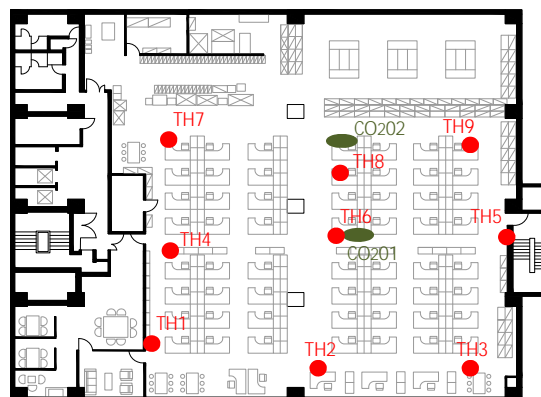


図 3-7 Nビル代表階平面図

### C.2.1.7 Aビルについて

#### (1) Aビル概要建物概要

建物名称：Aビル  
 所在地：東京都千代田区  
 主要用途：事務所  
 竣工年月：1991 年 3 月  
 延床面積：1,700 m<sup>2</sup>  
 基準階床面積：240 m<sup>2</sup>  
 建物構造：S 造，一部 RC 造  
 階数：地上 6 階，地下 1 階  
 空調方式個別方式

## (2)測定機器概要と対象データ期間

温湿度計 5個

CO<sub>2</sub>濃度計 1台

2011年10月9日～2012年11月30日

## (3)Aビル測定器設置場所

Aビルには、個別方式の空調が使用されており、オフィスにおける空調を行っている。平面図を以下に示す。

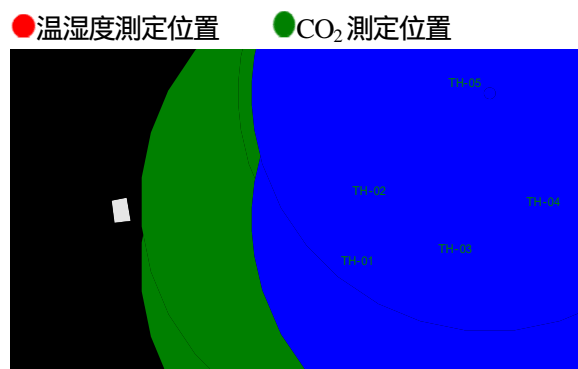


図3-8 Aビル代表階平面図

### C.2.1.8 Hビルについて

#### (1)Hビル概要建物概要

建物名称：Hビル

所在地：東京都中央区

主要用途：事務所

延床面積：2,980 m<sup>2</sup>

基準階床面積：295 m<sup>2</sup>

建物構造：SRC造

階数：地上9階，地下1階

空調方式個別方式

#### (2)測定機器概要と対象データ期間

温湿度計 5個

CO<sub>2</sub>濃度計 2台

2011年8月5日～2013年12月31日

#### (3)Hビル測定器設置場所

Hビルには、個別方式の空調が使用されており、オフィスにおける空調を行っている。平面図を以下に示す。

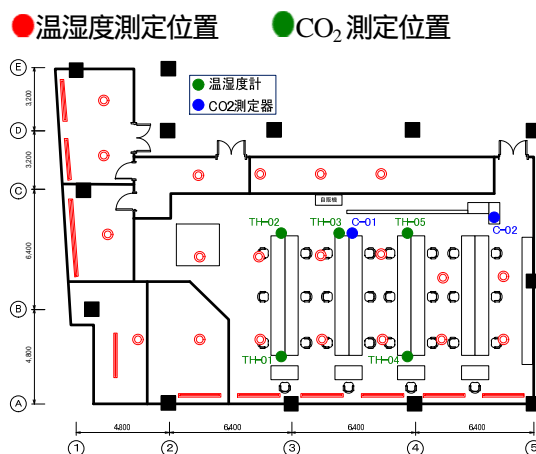


図3-9 Hビル代表階平面図

### C.2.2 検討対象大学施設について

大学施設の建物概要と測定概要を以降に記す。

#### C.2.2.1 大学施設全体の建物について

検討対象の大学施設は、室内環境の時系列データを取得出来るのに加え BEMS により空調機の運用データが取得でき、より詳細な空気環境の実態把握が可能である。検討対象とした大学施設は、1～4号館の4つの棟で構成されている。

##### (1) 1号館について

建物名称：1号館

所在地：東京都足立区

主要用途：研究室，教員室

施工年月：2012年

延床面積：30,900 m<sup>2</sup>

空調面積：19,758 m<sup>2</sup>

階数：地上14階，地下1階

##### (2) 2号館について

建物名称：2号館

主要用途：研究室，教員室

延床面積：18,444 m<sup>2</sup>

空調面積：11,258 m<sup>2</sup>

階数：地上10階，地下1階

##### (3) 3号館について

建物名称：3号館

主要用途：厚生棟

延床面積：5,210 m<sup>2</sup>

空調面積：3,762 m<sup>2</sup>

階数：地上5階

(4) 4号館について

建物名称：4号館

主要用途：研究室，教員室

延床面積：14,144 m<sup>2</sup>

空調面積：9717 m<sup>2</sup>

階数：地上10階

#### C.2.2.2 1号館エントランスについて

1号館エントランスの計測箇所を以下の平面図上に示す。温湿度・CO<sub>2</sub>濃度計を1点設置した。なお，計測間隔は15分とした。

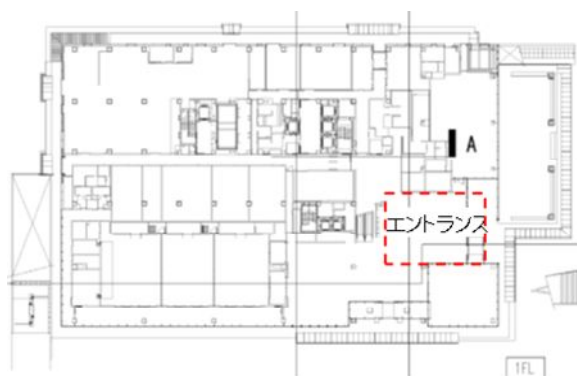


図 3-10 1号館1階平面図

● 温湿度・CO<sub>2</sub>濃度計

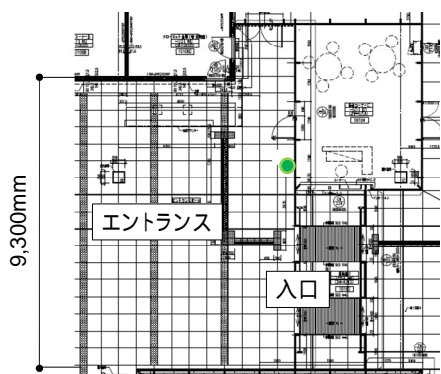


図 3-11 1号館エントランス平面図

#### C.2.2.3 2号館エントランスについて

2号館ラウンジの計測箇所を以下の平面図上に示す。温湿度・CO<sub>2</sub>濃度計を1点設置した。なお，計測間隔は15分とした。

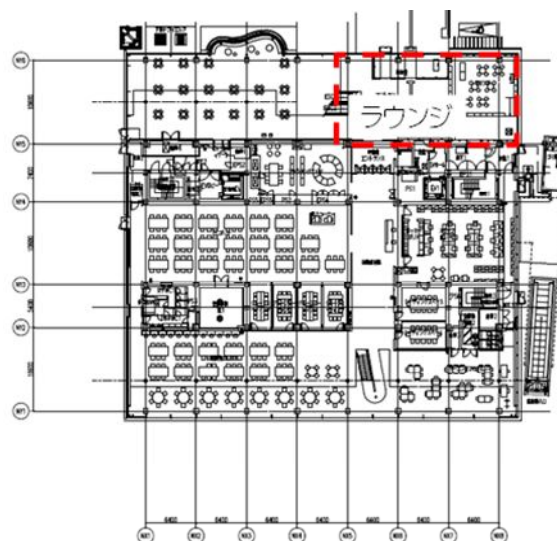


図 3-12 2号館1階平面図

● 温湿度・CO<sub>2</sub>濃度計

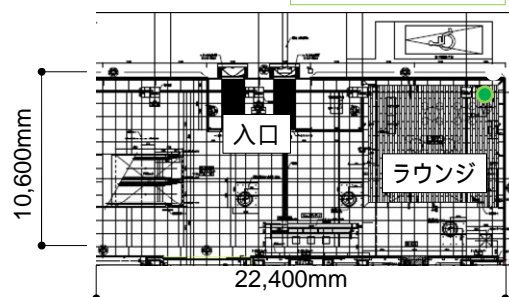


図 3-13 2号館ラウンジ平面図

#### C.2.2.4 1号館4階南側執務室について

1号館4階南側執務室の計測箇所を以下の平面図上に示す。温湿度・CO<sub>2</sub>濃度計を一点，温度計を2点，温湿度計を2点設置した。なお，計測間隔は15分とした。



図 3-14 1号館4階平面図

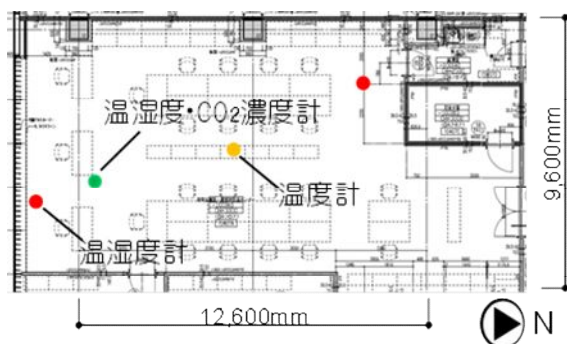


図 3-15 1号館4階執務室平面図

### C.2.2.5 1号館5階東側執務室について

1号館4階南側執務室の計測箇所を以下の平面図上に示す。温湿度・CO<sub>2</sub>濃度計を一点，温度計を3点，温湿度計を4点設置した。なお，計測間隔は15分とした。

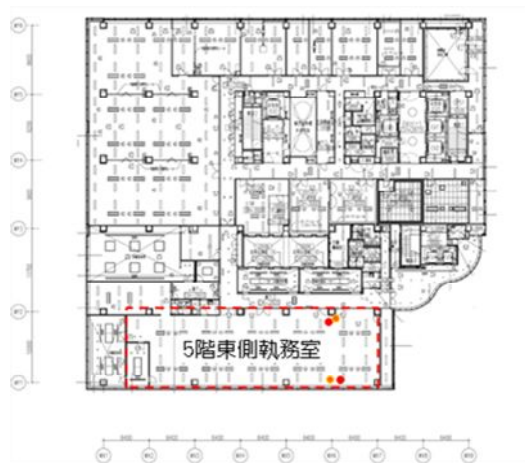


図 3-16 1号館5階平面図

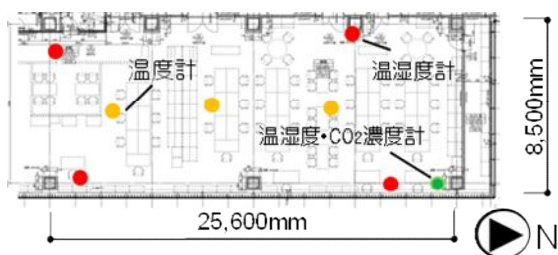


図 3-17 1号館5階執務室平面図

### C.2.2.6 2号館7階西側執務室について

2号館7階西側執務室の計測箇所を以下の平面図上に示す。BEMSより温湿度センサーのデータの取得を実施した。なお，用いたデータの計測間隔は15分とした。

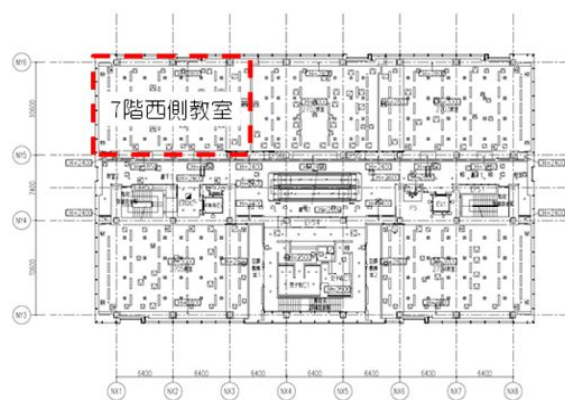


図 3-18 2号館7階平面図

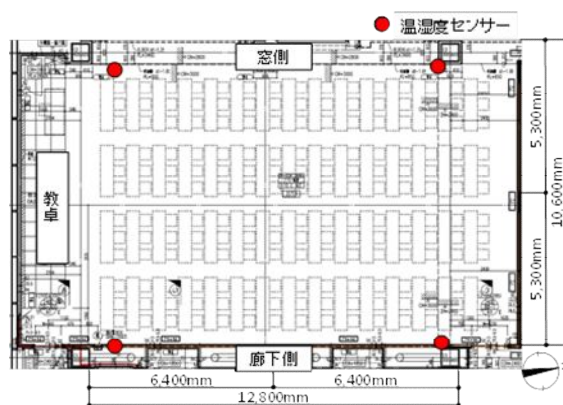


図 3-19 2号館7階平面図

## C.3 解析結果

### C.3.1 首都圏事務所ビル室内温湿度環境

#### C.3.1.1 温湿度環境プロット

検討対象事務所ビル(Tビル, Kビル, Nビル, Iビル, Aビル, Hビル)における室内温度, 相対湿度の計測値および, 各計測値に対する発生頻度と累積頻度を図 3-20 ~ 図 3-25 に示す。なお, 年間のデータに対して, 冬期(1月, 2月, 3月, 12月) 夏期(6月~9月) 中間期(4月, 5月, 10月, 11月)それぞれの区別で解析を行った。これらの結果より室内環境は空調方式の差異もさることながら, 事例として示したように, 間仕切りや換気設備, 窓開け行為など建物固有の条件に大きく影響を受けていると推察できる。



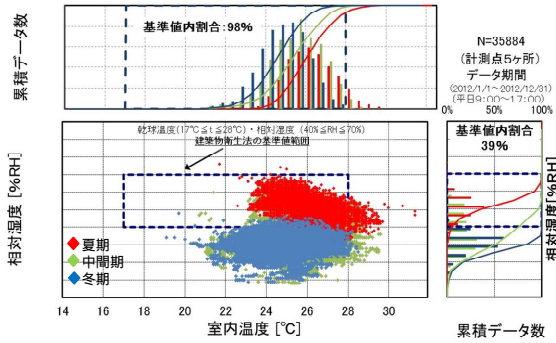


図 3-20 期別の温湿度環境プロット (Iビル)

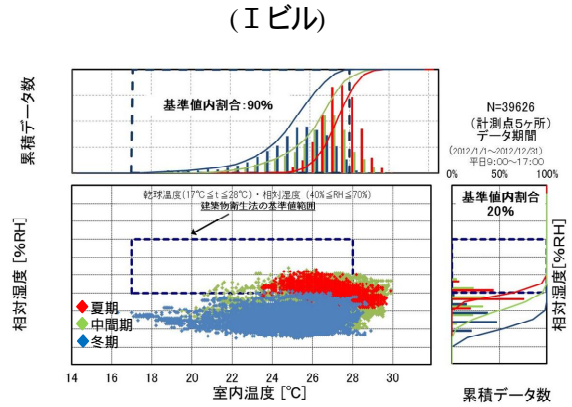


図 3-24 期別の温湿度環境プロット (Eビル)

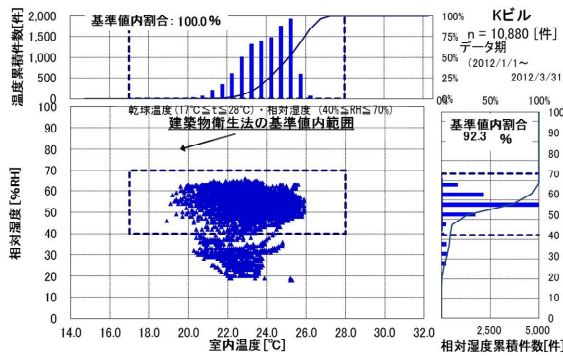


図 3-21 冬期の温湿度環境プロット (Kビル)

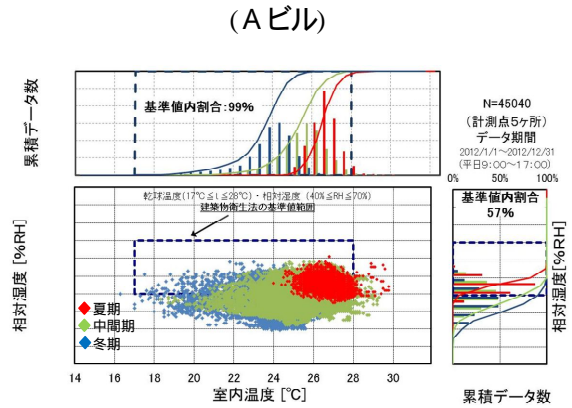


図 3-25 期別の温湿度環境プロット (Aビル)

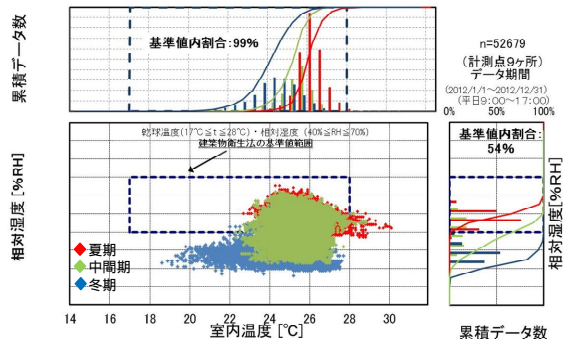


図 3-22 期別の温湿度環境プロット (Nビル)

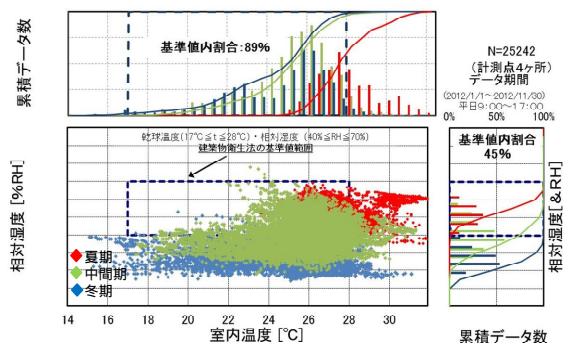


図 3-23 期別の温湿度環境プロット (Tビル)

全国規模のアンケート調査結果においても同様の解析を行った結果を図 3-26 に示す。

全国的な傾向としては、空調方式の違いによる差異はあまり見られなかったが、検討対象事務所ビルに着目すると中央方式が個別方式と比べ温度の振れ幅が大きいことが確認できる。これは、間仕切りなど建物固有の条件に大きく影響を受けていると推察できる。

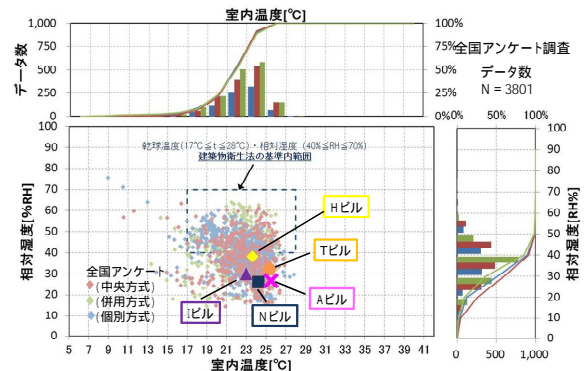


図 3-26 冬期の温湿度環境プロット (全国アンケート)