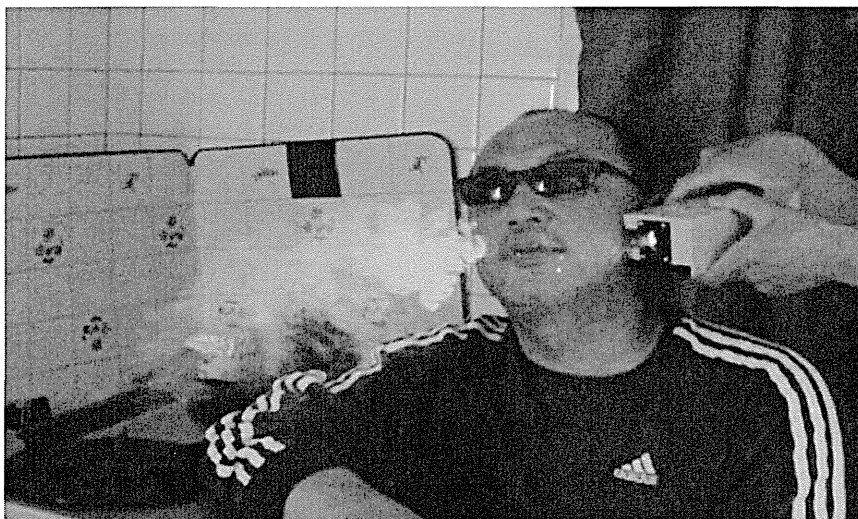
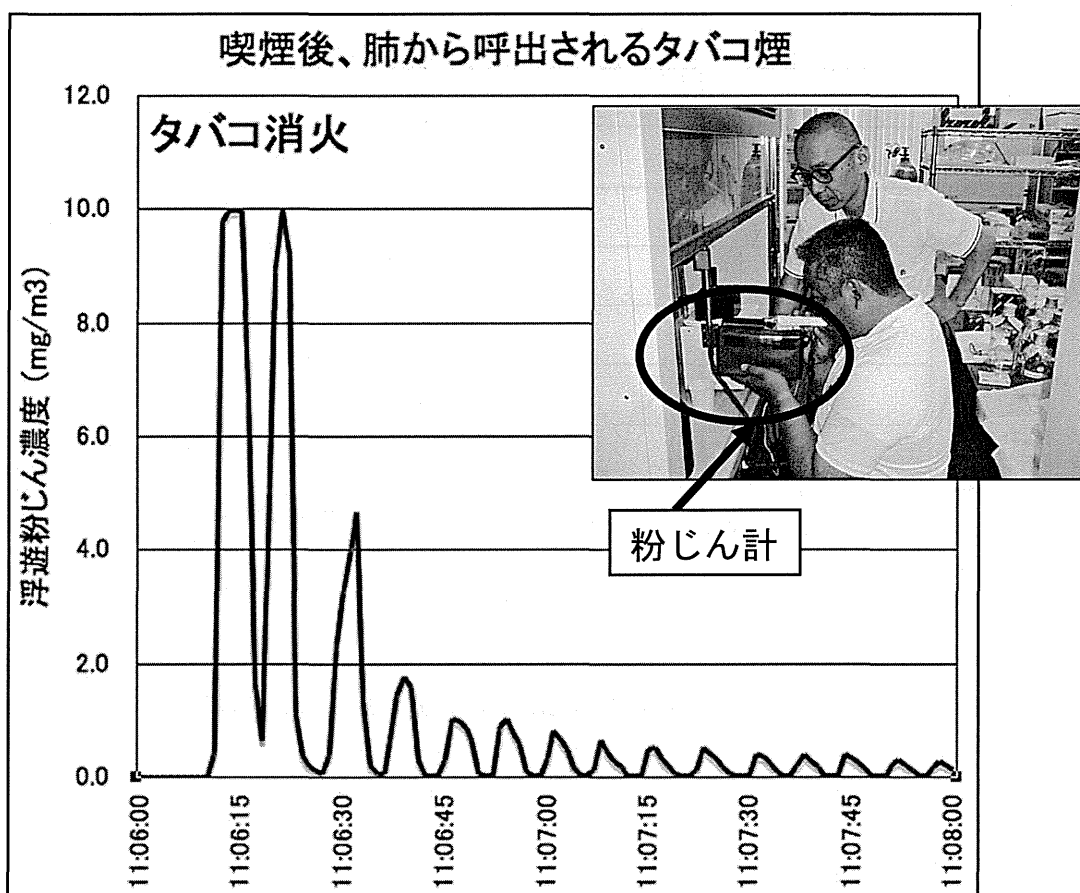


資料4：喫煙直後の呼気に含まれるタバコ煙濃度の評価



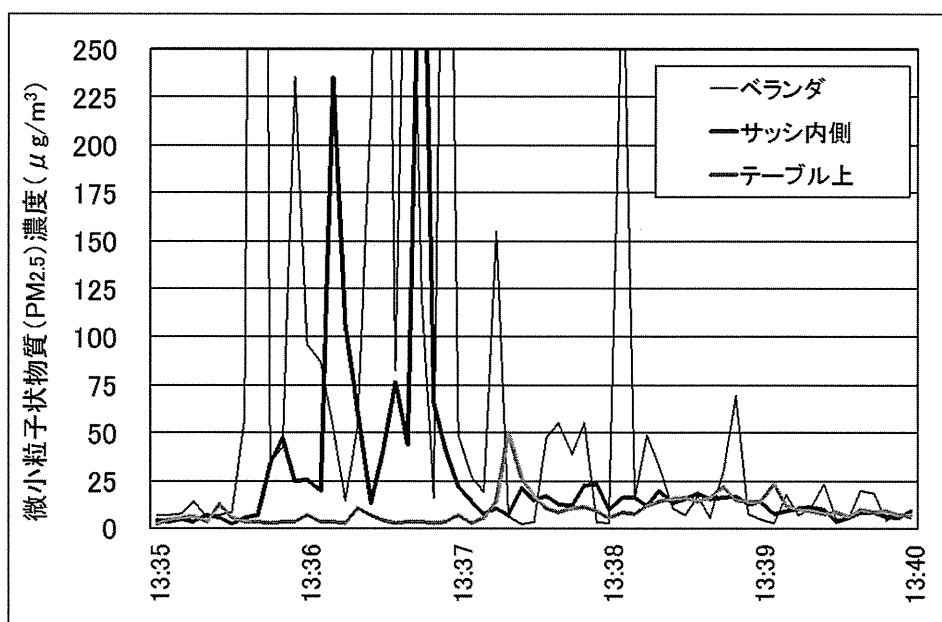
喫煙終了後に吐出されるタバコ煙（平面レーザー光線の照射による）



資料5: ベランダで喫煙した場合のリビングのタバコ煙濃度の評価



ベランダから屋内に浸入するタバコ煙(平面レーザー光線の照射による)



サッシとレールの隙間からから流入するタバコ煙

資料6：玄関の外で喫煙した場合の内・外のタバコ煙の濃度の評価



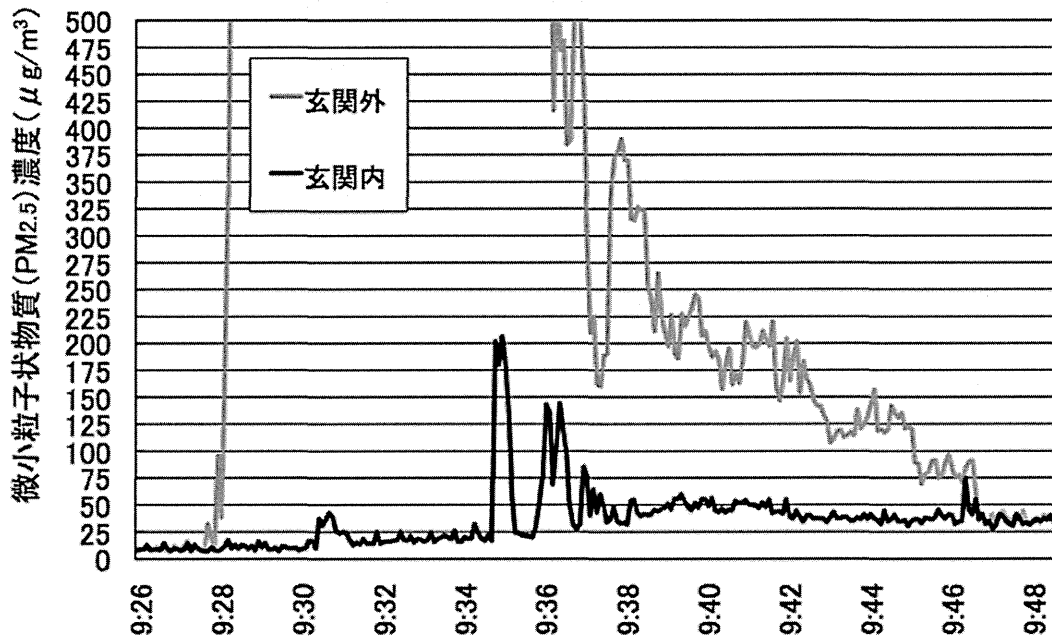
粉じん計（玄関外）



粉じん計（玄関内）

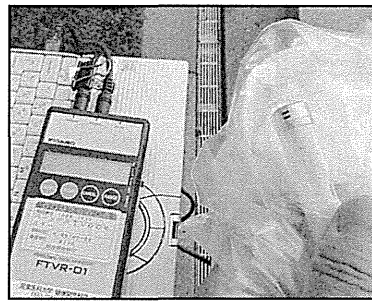
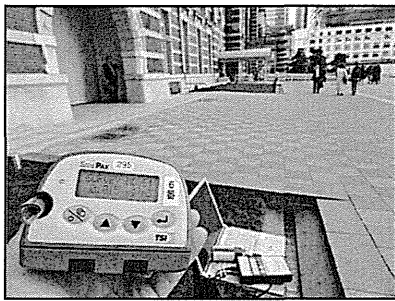


ドアの隙間から屋内に流入するタバコ煙（平面レーザー光線の照射による）



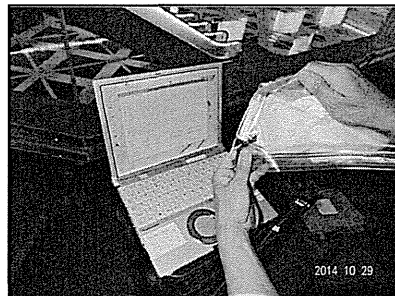
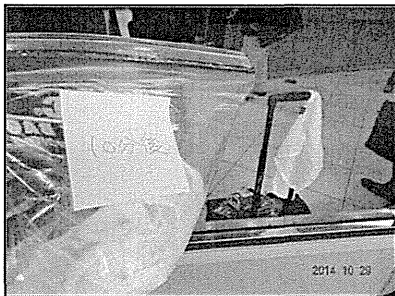
玄関の外から流入するタバコ煙

資料7：残留タバコ成分（3次喫煙：Thirdhand smoke）の検討

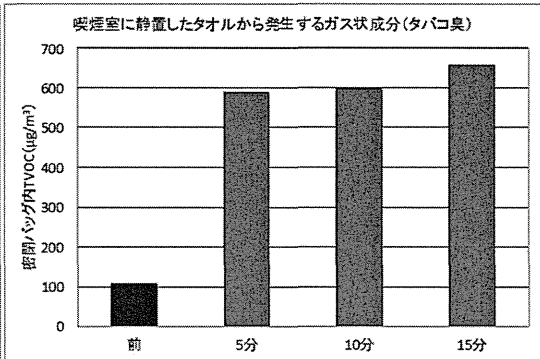
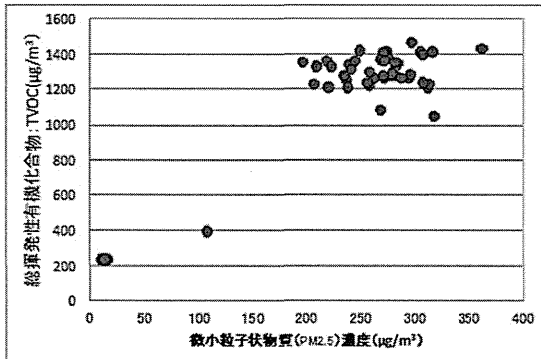


測定場所：
東京駅地下
動輪の広場喫煙室

測定項目：
①微小粒子状物質（PM_{2.5}）
②総揮発性有機化合物
（Total volatile organic compounds: TVOC）



測定方法：
①喫煙室内に水洗したタオルを
3本静置
②5分、10分、15分間静置後、
バッグに密閉
③清浄な環境で密閉バッグ内の
TVOCを4分間測定、ピーク値を記録



結果1：喫煙室内の空気環境

- ①PM_{2.5}は200～300μg/m³
（大気環境の基準値：
年平均：15μg/m³、24時間平均：35μg/m³）
- ②TVOCは1200～1400μg/m³
（室内のTVOCの暫定指標値：400μg/m³）

結果2：残留タバコ成分（3次喫煙）

密閉バッグに入れたタオルから発生するTVOCのピーク値は静置前で108μg/m³であったが、喫煙室に5分間静置したタオルは591μg/m³、10分間静置したタオルは598μg/m³、15分間静置したタオルは658μg/m³であった。

まとめ：喫煙室に静置されたタオルに付着したPM_{2.5}からガス状物質が揮発する現象は、学術論文で thirdhand smoke（3次喫煙）と定義されている。2010年に発出された厚生労働省健康局長通知「受動喫煙防止対策について」には、「残留タバコ成分」として啓発に努めるべきことが述べられており、気管支喘息や化学物質過敏症の患者では発作の原因となることが知られている。通常の喫煙には5分以上必要であることから、本実験は喫煙室の使用を禁止する根拠になると考えられた。

厚生労働科学研究事業「受動喫煙の防止を進めるための効果的な行政施策のあり方に関する研究（2012～14年度）」（研究代表者：産業医科大学 大和 浩）
厚生労働科学研究事業「科学的エビデンスに基づく『新シニクハウス症候群に関する相談と対策マニュアル（改訂版）』の作成（2014、15年度）」（研究代表者：北海道大学 岸玲子）

震災関連住宅の室内空気環境問題

研究分担者 吉野 博 東北大学大学院工学研究科 総長特命教授

研究要旨

東日本大震災の後に建設された①仮設住宅、②津波で浸水した住宅、③災害公営住宅における空気環境について、主としてレビュー調査によって現状の問題点を明らかにし、前二者の住宅ではダンプビル問題が発生していることを指摘した。仮設住宅での問題解決には、適切な断熱施工と常時換気、津波浸水住宅では、被災後の換気が重要であることを述べた。

A. 研究目的

東日本大震災の後に建設された仮設住宅、津波で浸水した住宅、災害公営住宅（震災関連住宅）における室内環境について現状の問題点を明らかにし、今後の課題を明確にするとともに、マニュアル作成のための資料として整備することを目的とする。

B. 研究方法

（1）仮設住宅における室内環境問題

仙台市を中心とした仮設住宅の室内環境に関する調査研究をレビューすることによって問題を明らかにするとともに、特に問題となっているカビによる空気汚染の実態については現地観察によって調査し、改善の方法を提案する。

（2）津波浸水住宅の湿気とカビ問題

仙台市と石巻市において津波で浸水した住宅の湿気とカビの問題に関して、既に実施されている調査研究をレビューすることによって問題を明らかにするとともに、汚染の状況を現地観察によって調査し、改善の方法を提案する。

（3）災害公営住宅の室内空気質測定

石巻市に建設された災害公営住宅4件を対象として、2015年1月の入居前にVOC測定を実施し、室内空気質の観点から問題点を明らかにする。これらの住宅の断熱仕様は、いわゆ

る次世代基準のレベルである。

（倫理面への配慮）

今回の研究では、既に実施されている調査のレビューが主であり、特に問題はない。現地観察、並びに災害公営住宅の室内空気質測定については関係者の了解を得て実施している。

C. 研究結果および考察

（1）仮設住宅における室内環境問題

①温熱環境：断熱性能の不足による夏期の暑さ、冬期の寒さが問題である。竣工後に断熱材の追加や窓の二重サッシ化、風除室の設置などの対策が多く住宅で施されているが、室内温度の測定によれば、暖房停止後の温度降下は急激であり、明け方の温度は、例えば、外気温が -5°C のときには、室内温度は 5°C 前後となる。

②結露・カビ：過去の仮設住宅においては天井裏において結露が発生し、結露水が居室に滴り落ちてくるといった問題が生じた。それらの経験を踏まえて、天井裏に換気扇を設置することが設計図書には示されているが、実際に設置されている例は多くない。冬期調査においては、天井面や床での結露・カビの発生、ガラス面での結露、被覆のない鉄骨柱表面などの熱橋部における結露の発生がアンケート調査において数多く報告されている。

赤外線カメラによる観察では、天井において

断熱材が浮いている部分の表面温度が低く、その部分にカビの発生がみられた。

室内の狭い空間に多くの家財道具、衣類が壁に接して置かれており、また換気も常時運転されていることは少ないので、結露の発生しやすい環境が形成されている。これを防止するためには熱交換換気扇の設置が望ましいが、現在、実際の住宅に設置して効果を測定している。

③室内空気環境：開放型ストーブを使用している住宅もみられ、二酸化炭素の濃度がピークで労働衛生環境の基準である 5,000ppm を超える。換気が不十分な場合に空気汚染の問題が発生している。

④音環境：長屋形式の仮設住宅のために、隣戸からの騒音問題が多く多くの居住者から指摘されている。

（２）津波浸水住宅の湿気とカビ問題

①仙台市、石巻市にある津波で浸水した住宅（349 件）と被害を受けていない住宅（190 件）を対象としたアンケート調査結果によれば、床上浸水の住宅では、結露発生、カビの発生、臭い、じめじめ感の指摘率が約 70%と、床下浸水、被害のない住宅では 20%以下であるのに対して高いことが明らかになった。

②174 件（428 人）を対象とした詳細アンケートの基づいたロジスティック回帰分析結果によれば、津波被害の有無との関連性では、津波被害を受けることが、「呼吸器の症状」、「皮膚の症状」、「鼻の症状」、「頭痛・めまい」、「ストレス」の発生リスクを有意に高める、津波被害を受けることは、「湿気」、「結露」、「カビ」、「異臭」の発生リスクを有意に高める、カビの発生に長期間にわたって影響を及ぼす恐れがあることなどが明らかとなった。

③津波浸水被害を受けた住宅 30 件を対象として室内環境の実測調査を行った結果、浸水被害後 1 年半を経ているが、相対湿度は、「浸水なし」の住宅に比べて、「床上浸水」、「床下浸水」の住宅で高いことが明らかになった。

④以上のことを踏まえて、現在は床下に換気扇を設置し、床下空間、室内の湿度の変化について測定を開始している。

（３）災害公営住宅の室内空気質測定

アクティブ法で 5 時間閉鎖の後、30 分の吸引による測定を行った。その結果、厚生労働省が示す濃度指針値は満足しており、4 件の TVOC 値は、それぞれ、①162、②331、③394、④745mg/m³であった。ただし、②の住宅では、脂肪族炭化水素及びケトン類、③の住宅では、配管接着剤のシクロヘキサンと未同定物質、④の住宅では、脂肪族炭化水素、ケトン類、及び畳からのテルペン類が検出された。

E. 結論

東日本大震災の後に建設された仮設住宅、津波で浸水した住宅、災害公営住宅における空気環境について主としてレビュー調査によって現状の問題点を明らかにした。特に仮設住宅と津波浸水住宅では結露・カビの発生が多くの住宅で問題となっており、仮設住宅では、正しい断熱材の設置、換気の常時運転が必要なこと、津波浸水住宅では被災後の換気が大事であることを述べた。また災害公営住宅では、厚生労働省の濃度基準を満たしていることを明らかにした。

参考文献

- 1) 吉野博他：仮設住宅における熱・空気環境の現状と課題、今を生きる－東日本大震災から明日へ！復興と再生への提言、5 自然と科学、東北大学出版、pp.297-317、2013、
- 2) 長谷川兼一：震災関連住宅における温熱・空気環境に関する調査第 28 報－津波による浸水被害住宅を対象とした調査(1)調査概要と基礎アンケート調査の結果、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 841-842、2013.8

G. 研究発表

2. 学会発表

- 1) N. Shinohara, M. Tokumura, M. Kazama, Y. Yonemoto, M. Yoshioka, N. Kagi, K. Hasegawa, H. Yoshino, U. Yanagi, Indoor air quality and thermal comfort in temporary houses occupied after the Great East Japan Earthquake, *Indoor Air* 2014; 24: 425–43, July, 2014
- 2) H. Yoshino, U Yanagi, K. Hasegawa, T. Ino, Indoor Environment and Occupant's Health in Temporary Houses Constructed After the Great East Japan Earthquake in 2011., *CLIMA* 2013, Prague, Czech Republic, June 16-19 2013.
- 3) Nozaki A., Narita Y., Ichijo Y., Kagawa K., Inazuka T., Osawa H., Yoshino H., Studies on Environmental Radioactive Substance Pollution Caused by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and Its Countermeasure (Part 1), *CLIMA* 2013, June 16-19 2013.
A. Hasegawa, H. Yoshino, Y. Iino, T. Kurabuchi, T. Goto, H. Kitayama, G. Iwashita, Y. Kondo, A. Nagata, S. Muramatsu, S. Nagasawa, Manual for Indoor Air Environment and Ventilation in Schools., *ASHRAE IAQ 2013 Conference Collection*, October 15-18, 2013.
- 4) Zhang H., Yoshino H., Yanagi U., Xie J., Lian Z., A Detailed Survey on Indoor Air Quality and Children's Health in Shanghai. *Indoor Air* 2014, July 7-12, 2014.
A. Hasegawa, U Yanagi, N. Kagi, K. Hasegawa, N. Shinohara, K. Abe, H. Yoshino, Indoor Air Quality and Climate of Emergency Temporary Housing in Aso City, Kumamoto. *Indoor Air* 2014, July 7-12, 2014.
- 5) K. Hasegawa, H. Yoshino, U Yanagi, T. Otake, K. Azuma, H. Osawa, N. Kagi, N. Shinohara, A. Hasegawa, Indoor Environmental Problems and Occupants' Health in Water-Damaged Homes due to TSUNAMI Disaster, *Indoor Air* 2014, July 7-12, 2014.
- 6) G. Fan, J. Xie, H. Yoshino, U. Yanagi, K. Hasegawa, J. Liu, Study on the Association Between Residential Environmental Quality and Children's Health in Beijing. Jiaping LIU, *Indoor Air* 2014, July 7-12, 2014.
- 7) W. Cai, H. Yoshino, S. Zhu, U Yanagi, Z. Jing, Particulate Matter Air Pollution in Children's Residential Environments in Wuhan. *Indoor Air* 2014, July 7-12, 2014.
- 8) R. Takaki, H. Yoshino, A. Satake, H. Kobayashi, K. Moriya, S. Baba, A. Taneichi, A Study on Application of Ventilation and Air-Conditioning System Using Desiccant Material and Solar Thermal Energy to Real Building -Outline of System and Results on System Performance of Field Survey in Summer. *Indoor Air* 2014, July 7-12, 2014.

建築物の特性・用途別の環境特性と環境衛生に関する研究

研究分担者 大澤元毅 国立保健医療科学院 主任研究官

研究要旨

本研究では、シックハウス状況が発現し、健康影響に至るまでの物理環境形成に深くかかわるが、その機序や工学的対応に関する知見蓄積が遅れていた建築学的要因について、近年の知見並びに動向の収集・整理を行い、効果的な相談や対策立案に役立つマニュアルコンテンツの整備を目的とする。特に本年度は、シックハウス問題を公衆衛生にかかわる課題として位置付けるため、近年のトラブル発生状況、相談事例の内容と推移などを整理するとともに、従来のマニュアルでやや手薄で具体性に欠けていた結露対策、高齢者施設対応などの情報収集を開始し、ひな形を提示した。

なおここでは「建築物」は、居住用途の「住宅」と、事務所や教育、販売、宿泊、興業、入浴などの業務に供する「非住宅」からなる建築構造物の総称として用いる。なお、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」（以下、建築物衛生法）が取り扱う「特定建築物」は、特定の規模と用途を有する「非住宅」の一部である。

A. 研究目的

近年、建築物全般に設備システムの革新、危機管理の強化、高齢化対応や温暖化対策などが急速に進んでいる。一方、住宅には断熱気密構造化や生活スタイルの変化、非住宅には規模の大型化や用途の複合化など、本研究が取り扱うべき室内環境に大きな影響を及ぼしかねない状況が従来の想定を超えて進行している。何れもシックハウス症状発現に係る重要な要因であり、健康影響の防止と対策提言には、その機序を踏まえた状況測定・評価、対策立案手順の確立が欠かせない。

本研究では、社会の動向を踏まえつつ、建築環境工学の観点から近年のシックハウス問題をとらえて、新しいマニュアル作成に資する建築関連の資料整備と情報提供を行うことを目的とする。

本研究は、建築物における環境衛生管理及び管理基準に着目して、建築物の環境衛生の実態調査、現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討等を実施し、これらの情報を基に、公衆衛生の立場を踏まえた、今後の建築物に必要な環境基準のあり方について提案を行うとするものである。

B. 研究方法

B.1 建築物における室内環境と健康に関する認識

室内環境と健康との関連性に関する検討は様々な視点から行われてきたが、本課題のマニュアルのようにシックハウス対策について包括的かつ科学的な情報を集約し、啓発に供するという観点から取りまとめられたものは多くない。

本研究では、シックハウス対策を謳った近年の啓発・解説等の趣旨・構成や動向を概観し、本マニュアル作成の前提条件に供する。

主な対象資料は、非住宅に関しては建築物衛生法に係る政府公表資料（「衛生行政報告例」厚生労働省）、「シックハウス対策マニュアル」（日本建築学会）等、住宅に関しては「住宅相談統計年報」（公益財団法人住宅リフォーム・紛争処理支援センター）、「シックハウス症候群を防ぐには」（東北大学出版会）などである。

B.2 建築物における結露防止手法の簡略化に関する研究

建築物内における結露がシックハウス形成に強く係わることが示唆されているが、その防止は居住者の生活習慣やリテラシー・判断に負うところが大きく、建築環境に係わる技術的方策

と居住者啓発の両面からの展開が不可欠である。

本研究では、結露防止に係わる技術的対応の選択を合理的に行うために有用な、原因・現状の評価手順、対策の選択手順などをフローチャートの形でとりまとめる。

B.3 高齢者施設における室内環境維持管理の実態に関する研究

わが国では人口構成の変化に伴い、高齢者のための施設需要が急増している。しかし、加齢に伴って、免疫力や感受性、環境調整力の個人差が広がり、体調不良や日和見感染から健康被害を生じるおそれも大きくなる高齢者には、健常者以上に適切な室内環境や衛生状況を実現する技術と体制の整備が望まれる。

本研究では、高齢者のための施設における環境・衛生管理の実態をアンケートにより調査し、換気、加湿の不具合などを洗い出して、感染防止に寄与する対策提案のための知見整備を行う。（倫理面での配慮）

研究1,2は公表された資料・文献を取り扱うものであり、個人を対象とした調査や実験を含まない。また、研究3では施設管理者から施設情報の提供を受けたが、解析は匿名化されたデータを用いて統計的処理を行う。何れも建築物や法律の解釈を対象としており、個人を対象とした調査や侵襲のおそれがある実験を含まない。また、研究で知り得た情報等については漏洩防止に十分注意して取り扱うとともに、研究以外の目的では使用しない。

C. 研究結果

C1. 建築物における室内環境と健康に関する認識

本課題がめざす「シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル」の改訂には、科学技術的進展と、社会的背景変化の両面を明らかにし、その趣旨に合った目次構成を立案することが必要となる。前者の医学・生理学・疫学等の研究的進展については他の課題に譲り、ここでは建築分野の設計施工技術に関する認識と、問題発生状況について資料収集と検討を行うこととした。

① 非住宅建築物におけるシックハウス問題

非住宅建築物における出現状況は、建築物衛生法に規定されたホルムアルデヒド測定値とその不適率から凡そ推定される。

平成15年度から義務付けが施行された竣工後初めての夏季における測定結果を図-1に示す。初年度2%台からスタートし、翌年4%を越えたものの、以後3%を越えることなく安定して推移している。この値は竣工後間もなく(養生期間の短い)危険側の時期の測定を含むが、一方で発生源となる家具・什器が装備されていない状況で測定された場合を含む。筆者らが平成13年から14年にかけて実測した官庁建物における指針値超過率(=不適率)1.5%と比べるとやや高い。発生源、換気、測定誤差等の不確定要因

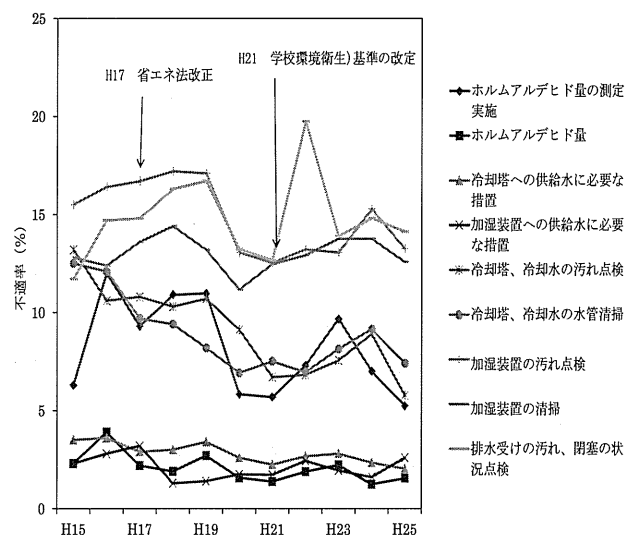


図-1 建築物衛生法における不適率推移 (厚生労働省)

を除去できない状況下におけるこの数値は概ね問題がない水準にあり、特定建築物における発生源は概ねコントロールされていると言える。但し、毎年のように公共施設等の改修後の濃度超過事例がマスコミに取りあげられることがあり、設計者・施工者に対する継続的な啓発や注意喚起の必要性は依然高いと思われる。

② 住宅におけるシックハウス問題

シックハウス問題の引き金となったホルムアルデヒドの室内濃度は、平成初頭にピークを迎えたと見られ、以後一貫して低下傾向にある。

筆者らの係わった国土交通省主導の一連の全国実態調査によると、平成12年の調査時点において「築後4-5年」の住宅における平均濃度がその前後に建てられた住宅より明らかに高くなっている。その後の追跡調査（平成13年より17年）においても低下傾向は持続し、17年時点の濃度は12年調査の約三分の一（ホルムアルデヒド）から十分の一以下に低下した物質もある（トルエン、エチルベンゼン）。但し、スチレン、アセトアルデヒドの変動をみると、この低下率は物質種によって異なっており、平均室内濃度の変化は、換気による希釈ではなく、発生源の抑制によるものであることが推定される。

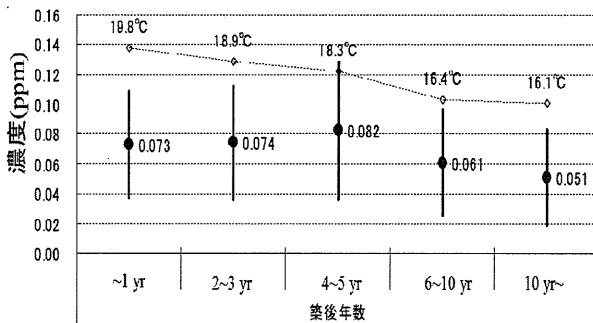


図-2 築年別ホルムアルデヒド平均濃度 (平成12年基点年数、大澤ら)

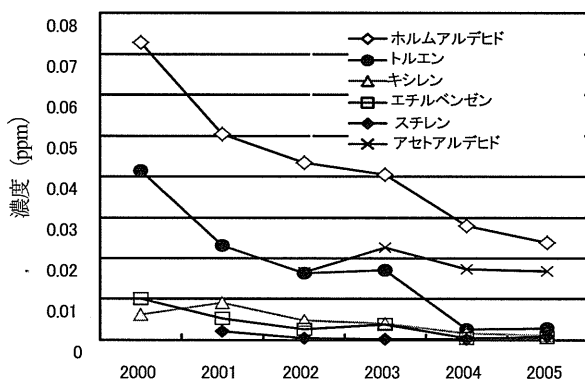


図-3 基準法改正前後の濃度推移 (大澤ら)

このような継続性のある実態把握は平成17年以降乏しく、ベンゼン、二酸化窒素、パラジクロロベンゼン等のリスクの高さを指摘した樺田らの実測調査資料が最近の全国的動向を示唆する貴重な資料となっている。

また、住宅リフォーム・紛争処理支援センターが公表している相談内容と件数資料によると、近

年その件数は一貫して減少傾向にあることが分かる。建築基準法改正に際して検討対象としたホルムアルデヒドとトルエン、エチルベンゼン等に限って言えば、室内濃度水準の改善は、主に製造者・設計者ら供給側の努力により進んでおり、最終的な被害件数も減少傾向にあると考えられる。

C.2 建築物における結露防止手法の簡略化に関する研究

結露発生と健康影響に強い関連があることは既往研究で指摘されている。また、結露現象とその防止に係る設計施工リテラシーは様々な形で提供され、広く行きわたってきた。しかし、近年

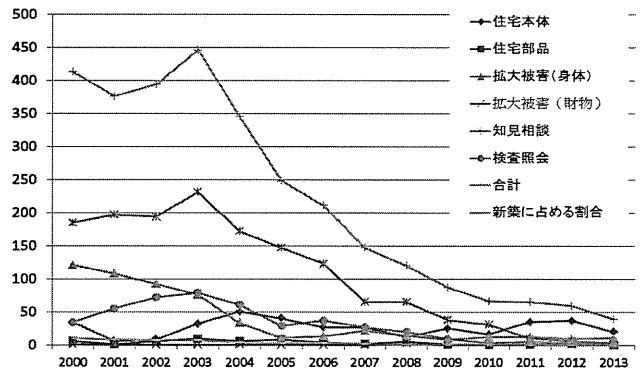


図-4 シックハウスに関する相談件数推移 (住宅リフォーム紛争処理支援センターHP 公表資料)

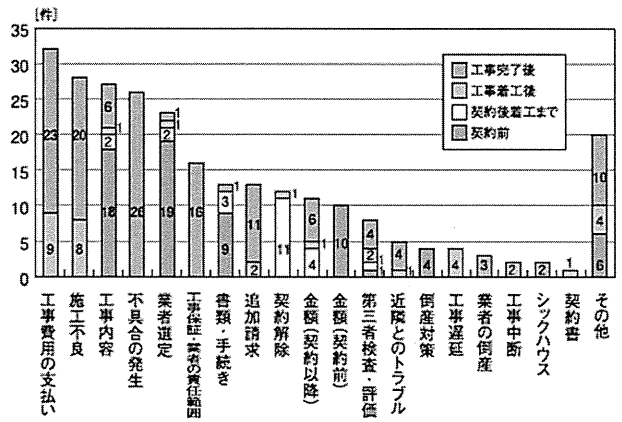


図-5 相談件数内訳

(住宅リフォーム紛争処理支援センターHP 公表資料)

は温暖化対策や節電のために、省エネルギーを旨とする建築設計や運転管理が強く求められ、躯体の断熱気密性や暖冷房・空調機器の革新、管理基準の変化などから結露を誘発するおそれが増えてきている。また、それに応じたリテラシーを持たない居住者・利用者がその現象を理解し、適切な対策をとることが難しい場合も増えている。こ

ここでは、近年の技術動向や生活環境変化を反映させ、主に住宅居住者が適切な対応を支援するための基礎的メカニズムと対策のシナリオを提案しフローを試作した。

結露発生機の序を検討し、発生しやすい温湿度条件と部位で簡易な識別・対策を行う手順を提案した（図-6）。詳細には触れないが、手順に入る前に漏水・浸水でないことを確認する必要がある。パターンの分類に応じた居住者による精査、専門家による精査（いわゆる二次診断）を行い、対応策の選択に至る手順を提案した。

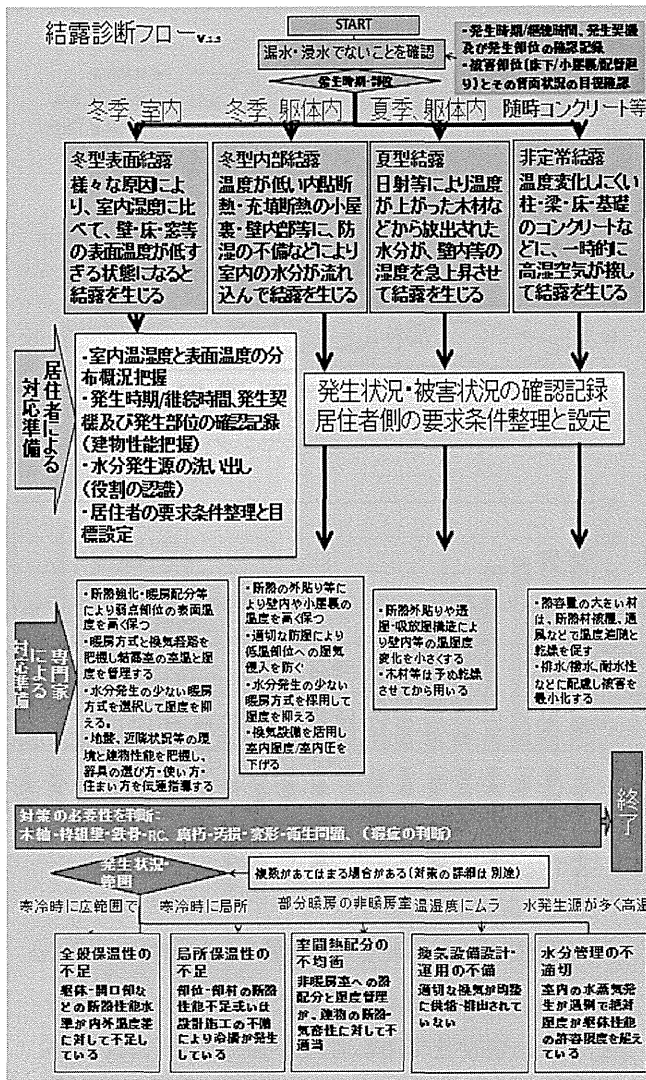


図-6 結露診断支援のためのフロー案（大澤）

C.3 高齢者施設における室内環境維持管理の実態に関する研究

高齢者施設には快適性・健康性を維持し、感染症を予防するためにも適切な環境衛生管理が不可欠だが、施設管理・運営者にゆだねられている運用状況や室内環境の実態は明らかでない。

温湿度や換気の管理および室内環境の実態を明らかにするため、全国の特別養護老人ホームに対して実施した横断調査結果を吟味した。冷房設備の設置率全国平均は、居室、共用室とも9割を超えているが、酷暑日が稀な北海道の居室における設置率は2割未満である。また、個別式設備の設置率は居室68%、共用室59%（何れも併用を含む）なのに対し、中央式空調の設置は居室38%、共用室48%（同上）と少ない。

一方、居室に暖房設備を持たないとの回答は1施設のみで、居室においては49%が中央式、68%が個別式の暖房設備を用いており、全般に中央式より個別式の比率が高い。個別式暖房機器としてはエアコンが9割以上と圧倒的な多数を占めていたが、燃焼排気を室内に放出して空気汚染と結露を誘発する開放型燃焼器具を使用しているとの回答がやや寒冷な地域の居室・共用室に散見され注意が必要である。また、北海道など寒冷な地域を中心に床暖房の共用室における採用も顕著で、全国では101施設（24%）に設置されている。

居室の夏季管理基準温度は17~30℃（平均26.1℃、SD2.2）、相対湿度は20~80%RH（平均54%RH、SD 10.8）の範囲に幅広く分布し、共用室もほぼ同様だった。一方、冬季居室の

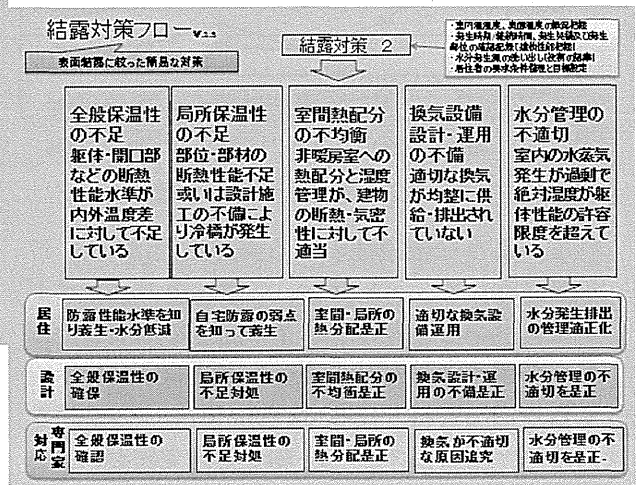


図-7 結露対策支援のためのフロー案（大澤）

管理基準温度は 15～32℃（平均 22.8℃、SD2.6）、
相対湿度は 20～80%RH（平均 51%RH、SD10.4）
であった。最低温度を 20℃以上に設定している
施設が 86%あり、省エネの観点から推奨されて
いる 18℃よりやや高い温度に設定されていた。

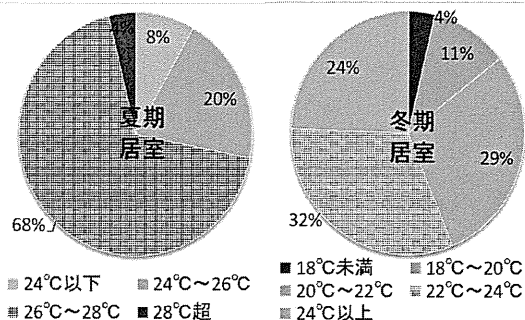


図-8 高齢者施設における温度管理基準の設定（大澤ら）

空調設備は居室での個別式空調への移行が進んでいること、温湿度管理は全般に建築物衛生法の管理基準に沿った運用が多く見受けられるが、温度に比べ湿度に関する認識は低いことなどが判明した。暖冷房による温度管理の重要性は多くの施設で認識されているが、湿度管理に関してはその水準や必要性について認識が不十分な状況がうかがわれた。エアコンなど個別式設備には、湿度管理や清掃の難しさなど、中央式とは異なる衛生管理上の配慮が必要とされることが近年指摘されてきており、その功罪を踏まえた適正管理体制と運用技術の整備が必要と考えられる。

E. 結論

近年のトラブル発生状況、相談事例の内容と推移などを整理するとともに、従来のマニュアルでやや手薄で具体性にかけていた結露対策、高齢者施設対応などの情報収集を行い、結露診断・対策のひな形と、高齢者施設における環境管理の実態を整理して提示した。

参考文献

- 1) 大澤元毅他. 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究, 厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）平成 25 年度 研究総合

報告書, 2014.3

- 2) 大澤元毅, 阪東美智子, 金勲. 高齢者施設の環境衛生に関する全国実態調査（第 2 報）温湿度環境と冷暖房設備の運用. 第 73 回日本公衆衛生学会総会;2014.11.5-7;栃木. 抄録集 P-2103-4.
- 3) 樺田尚樹他, シックハウス症候群の発生予防・症状軽減のための室内環境の実態調査と改善対策に関する研究厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）平成 25 年度 研究総合報告書, 2014.3

仮設住宅の居住環境に関する研究

研究協力者 田中正敏 福島県立医科大学 名誉教授

研究要旨

東日本大震災により岩手、宮城、福島県の沿岸部を中心に多くの被害が発生した。各地で多くの人々が避難を余儀なくされ、各地でプレハブ仮設住宅が建設された。福島では地震、津波に加え、原発事故により、当初は内陸地域へ人々が避難し、会津地方や中通り地方などに仮設住宅が多く建設され、浜通り地域などの放射能高度汚染地域からの人々が仮設住宅などで生活している。福島県の浜通り地域で福島第一原発に近く、未だに帰還困難地域のある地域の仮設住宅の状況、特に温熱環境を中心に仮設住宅の居住環境について調査研究した。その後、住宅は、畳敷き、二重窓、掃出し窓、断熱化などの改装が行われ、温熱的には居住性能は増している。一方で窓サッシなどにより室内の気密性が高くなり、冬季には暖房などの火気の使用により室内空気質汚染がみられ、ガスコンロや煙突なしストーブなどの使用により二酸化炭素が高濃度レベルとなっている場合もみられる。今後は復興住宅の促進など住生活での環境整備と共に精神面や社会制度面からの整備が必要と考える。

A. 研究目的

2011年3月11日の東日本大震災により岩手、宮城、福島県の沿岸部を中心に多くの被害が発生した。各地で多くの人々が避難を余儀なくされ、避難者は当初は体育館などを避難所としており、仮設住宅の建設が急務となり、各地でプレハブ仮設住宅が建設された。岩手、宮城県では、被災地の沿岸部において、津波対策として、高台に建設用地を求めた。

福島では地震、津波に加え、原発事故により、当初は内陸部地域へ人々が避難し、会津地方や中通り地方などに仮設住宅が多く建設され、浜通り地域などの放射能高度汚染地域からの人々が応急仮設住宅（以下、仮設住宅）などで生活している。

原発事故の処理作業は、今も第一原発の大熊町の現場で、2011年末の冷温停止状態にあり、日々冷却に使用される放射能汚染水が貯水槽に増え続け、冷却装置の一時停止や貯水槽からの汚染水漏れなど、綱渡りの状態が続いている。事故から4年経ち、放射能汚染は空気汚染から、土壌汚染、地下汚染、河川、海水汚染となり、地形や気象条件により汚染地域は広がりを見せている。2014年9月時点での福島県から県外への避難者は約4.7万人、仮設住宅の居住者は借り上げ住宅を含め7万人である。

福島県の地勢は阿武隈、奥羽の2つの山脈で東西に区分され、会津地方、中通り地方、浜通り地方の

南北に縦割りの3つの地域に区分される。気候風土的には、太平洋に面した浜通り地方は、温暖な太平洋沿岸気候であり、一方、新潟県に隣接する山岳部の会津地方では、山脈に遮られ日本海側からの季節風により冬季には多雪な気象である。そして福島市、郡山市など盆地の中通り地方は、盆地特有の夏は高温多湿、冬は底冷えのする気象変化が基調をなしている。

盆地の福島市の夏は高温多湿、冬は底冷えのする寒冷な気候、浜通りは海洋性の温暖な気候で居住環境は著しく異なる。これらのことを踏まえ、仮設住宅の置かれている状況、並びに仮設住宅の室内環境について調査研究をした。

ここでは福島市に建設された福島県の浜通り地域で福島第一原発に近く、未だに帰還困難地域を含んでいる町村の仮設住宅の、特に温熱環境を中心に調査を行ない仮設住宅の居住環境について検討した。

B. 研究方法

(1) 福島県内の仮設住宅

福島県における震災被災者の住宅対策としては、仮設住宅の建設、民間賃貸住宅の借り上げ、公営住宅の空室の提供、そして、復興公営住宅の建設で

ある。震災3年半後の2014年9月時点で完成した仮設住宅数は約16,800戸であり、入居戸数は12,800戸で、入居率は76%に推移している。借り上げ住宅は約19,600戸と多い。公営住宅等は約2,900戸であり、入居戸数は1,400戸で、雇用推進住宅の提供比率が大きい。復興公営住宅は、いわき市、郡山市、福島市などで計画が進められている。

仮設住宅の建設は、早期には中通り地方の北部の国見町、南部の白河市では2011年3月末に着手し4月中旬には完成している。仮設住宅の建設は全県的に分布、分散しており、福島市での建設数は約1,400戸、郡山市が1,300戸、白河市260戸、会津地方の会津若松市800戸、そして2011年の後半から2012年後半にかけて浜通り地方での建設が多くなり、相馬市1,500戸、南相馬市2,900戸、いわき市3,500戸などとなっている。

仮設住宅は当初にはプレハブ建築協会規格建築部会、プレハブ建築協会住宅部会のプレハブ住宅、そしてやや遅れて地元の業者による木造住宅などであり、当初は資材が不足し、一部に中国からのプレハブ住宅資材を輸入、使用された。時間経過とともに放射能汚染が少なく気候の温暖な浜通り地方のいわき市などでの仮設住宅の建設が多くなり、2013年3月に完成した仮設住宅もある。気候、風土、そして放射能汚染状態による影響と考えられる。

仮設住宅の広さは、単身用の20m²（6坪）、一世帯用の30m²（9坪）、大家族用の40m²（12坪）の3タイプが標準であり、供給割合は基本的には30m²の住宅が50%、そして20、40m²が各々25%であるが、当該市町村の要望に応じ配慮されている。建築設備などについては、立地条件などにより追加工事が行われ、バリアフリー対策として、通路のアスファルト舗装が行われた。また夏の暑さ対策として、窓からの直射日光に対しては庇（ひさし）の設置、室内の剥き出しの鉄骨柱をカバーで覆い、そして冬季の寒さ対策として、断熱化、二重窓、風除室の補強などが行われた。当初一戸に1台設置されたエアコンは居住者の希望により追加設置、また暖房便座や畳の設置、或いは風呂の追い炊き機能、腰窓から掃出し窓への改修、消火器、物置の設置などが行われた。

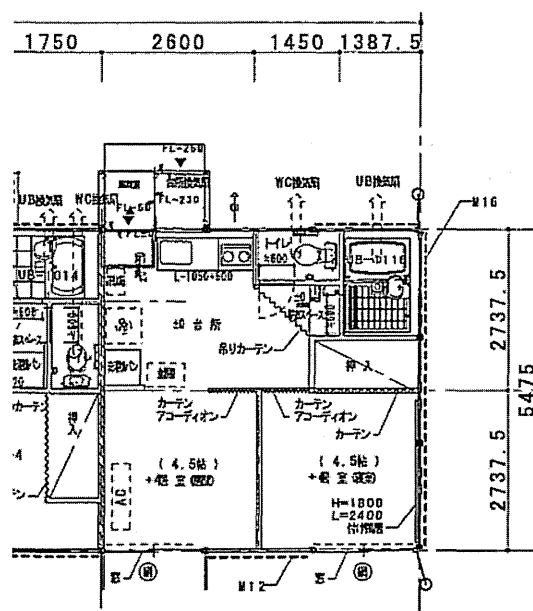


図1 プレハブ建築協会規格建築部会の仮設住宅の平面図の例

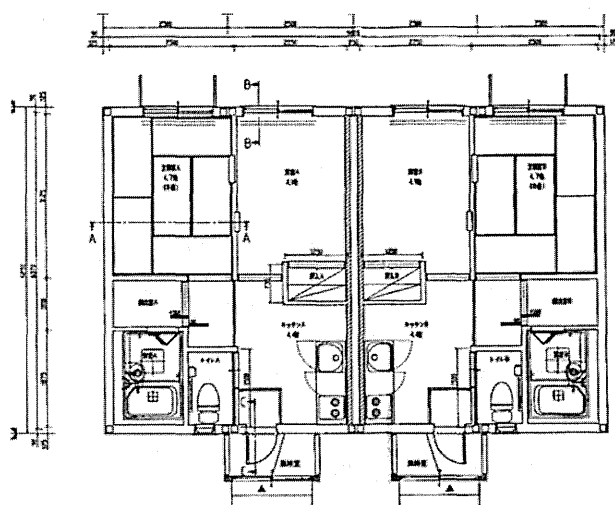


図2 プレハブ建築協会住宅部会の仮設住宅の平面図の例：プレハブ建築協会規格建築部会の住宅は、震災後の早期に建設され、隣戸は隔壁により隔てられ、遮音性や断熱性は低い。一方、プレハブ建築協会住宅部会の住宅は、やや遅れて建設され、隣戸とはスペースをもって隔てられ、窓にはペアガラスを使用し、壁などに断熱材が使用されている場合がみられる。

仮設住宅の入居者については、男女の割合はほぼ同じであり、年齢別では20歳未満が14%、20～40歳が16%、40～60歳が26%、そして60歳以上が44%と、若年者が少なく、高齢者の割合が高くなっている。仮設住宅におけるコミュニティ、そして特に一人暮らしの高齢者の孤立化の防止対策もあり、

約 50 戸毎に集会所の設置、また身近な交流の場として住戸に縁側の設置、対面住宅も建設された。グループホーム型仮設住宅が田村市、いわき市に建設され、各々 50 戸、80 戸が 2012 年度に完成している。仮設住宅で高齢者の多い現状において、こうしたグループホーム型仮設住宅の需要が増加するものと考えられる。

(2) 室内環境の実測調査

仮設住宅の室内環境の実測調査を福島市の北東部に位置する 3 つの仮設住宅団地 (S 団地、M 団地、K 団地) の住宅を対象として行った。S、M 団地の住宅は 1DK、2DK、3K で、2DK タイプが半分以上を占め多かった。K 団地はいずれも 2K であった。役場からの紹介で各団地 10 戸、合計 30 戸を調査対象に、居住環境に関するアンケート調査、および温度、湿度などの測定を行った。

温度、湿度の測定には温・湿度計 (Thermo Recorder TR-72U、T&D CORP.) を用い、居間と寝室に設置し測定を行った。測定位置は生活に支障をきたさないような各部屋の台、棚などとし、高さは床上 20~100cm とした。測定については 30 分間隔の連続自動計測とした。また冬季には台所で空気汚染の指標として二酸化炭素の測定を行なった。

アンケート調査を夏季と冬季に行い、アンケート内容は、入居時期、住まいの広さ、家族構成、住まいの快適性、エアコンの使用、換気、日射遮蔽、湿度、カビ、結露、健康状態などの項目とし、世帯主等に記入をお願いした。

(倫理面への配慮)

個人のプライバシーに留意するとともに、住まい方については、一般的な夏冬用に換気や室内汚染に対する注意事項をパンフレットにするとともに、各家の温・湿度や CO₂ の結果を知らせ説明した。

C. 研究結果

1) 夏季の調査結果

入居後の 2011 年、夏季のアンケート調査において、入居者については中・高齢者が多く、同居家族は 2 人世帯が最も多く、次いで 3 人世帯、一人暮らし世帯などであった。

夏季のアンケート調査で、仮設住宅で生活上問題と感じることとして、暑さを問題とするのが約 90% の住宅でみられ、次いで居間の狭さ、湿気、騒音などであった。騒音については住宅の構造によって異なり、隔壁の場合は近隣の騒音が大きな問題となっていた。

ルームエアコンの設定温度については、19°C から 32°C と巾は広く、28°C が約 40% と最も多かった。住まいについての夏季の快適性 (暑さ、涼しさ) に関する満足度では、「風通し」について不満側が 60% 強、「冷房しない時の快適性」については 80% 強が不快側であった。冷房した場合には 65% が満足側にあり、「総合的な室内の快適性」については約 60% が不快側であった。各戸の居間と寝室の温度と湿度の測定を 7 月下旬より開始した。一事例として気温の高い 8 月の Y 家の居間の 1 日の経時変化では、早朝に室温は、25°C と比較的低温、日中は約 30°C、午後 1 時には 35°C 弱の室温を示した。相対湿度は、日中には比較的低いレベルで変動がみられ、夕刻に高く、夜間には 65% のレベルを示し、70% のレベルもみられた。経時変化には冷房運転による影響と考えられた。9 月下旬までの経時変化において、最高室温は 35.3°C、最低室温は 16.7°C、平均室温は 27.3°C であった。7 月下旬、8 月上旬と下旬、9 月中旬に室温 30°C 以上を示す場合が多くみられ、9 月下旬の台風以降に次第に室温の低下がみられた。

各戸の居間 (冷房あり) と寝室 (冷房なし) の 8 月の室温の平均値、最高値、最低値では、室温の最高値は 40°C 以上を示す場合、最低室温は 20°C 未満の場合もみられた。エアコンの設置やエアコンの使用状態などによるものと思われる。平均値 (± 標準偏差値) は、居間が 27.8 ± 0.94°C、寝室が 28.1 ± 0.70°C であった。2011 年 8 月末の時点では、多くの住戸にはエアコンは 1 台のみで、居間に設置されている場合が多かった。

2) 冬季の調査結果

冬季のアンケートにおいて、住まいについては、隙間風、住宅の改修、暖房に使う機器、換気などの設問とした。仮設住宅の改修については、各戸の要望により、二重窓や庇の追加、出入り口の風除室の

設置などが多く行われた。

暖房用の機器としては、居間ではエアコンの使用、そして電気コタツや電気カーペットの併用が多く、その住宅でみられた。石油ファンヒーターや小型石油ストーブの使用もみられた。寝室については、就寝前の短時間のエアコン使用が多かった。

居間のエアコンの設定温度については、14～30℃と幅広く、25℃の設定が約 35%を占め最も多かった。

住まいについての冬季の温熱的快適性に関する満足度では、「暖房なし時の快適性」については50%強が不快側にあり、暖房時には 55%が満足側にあった。「総合的な室内の快適性」については、快適側、不快側が各々約 30%を示し、「どちらともいえない」が 40%であった。換気に関する設問では、外部の空気汚染による「放射線が心配」が、40%強と最も多く、「換気扇の音が騒がしい」が、20%強、その他で「換気をすると寒い」などであった。

居間の隙間風については、「全く感じない」が 35%と最多で、「少し感じる時がある」が 30%強であり、「常に感じる」「しばしば感じる」は、各々7%強であった。窓がペアガラスの場合や二重窓に改修されたことにより部屋の気密性は高くなっていた。

一方で、換気方法に関しては「部屋の使用時に窓を開ける」が、60%強と最も多く、次いで「少し窓を開けておく」が、20%弱で、窓による換気が多く、換気扇などの使用は約 15%であった。

一事例として気温の低い1月のM家の居間の1日の経時変化では、早朝に室温は 10℃と低く、日中は 15～20℃を示し夜間には次第に低下がみられた。相対湿度は日中には 30%台の低いレベルで変動がみられ、夜間には 40%台を示した。暖房機器の使用による影響と考えられた。

各戸の居間と寝室の1月の室温の平均値、最高値、最低値については、室温の最高値は、30℃台を示す場合、最低室温は、零下数℃を示す場合もみられた。エアコンの設置やエアコンの使用状態などによるものと思われた。全戸の平均室温（±標準偏差値）は、居間が 14.1±3.80℃、寝室が 13.3±3.33℃であった。

改修や建築設備などについては、冬季の寒さ対策

として、断熱化、二重窓、風除室の補強などが行われている。当初一戸に1台の空調設備も希望により追加設置、暖房便座や畳の設置、或いは風呂の追い炊き機能、腰窓から掃出し窓への改修、物置の設置なども行われた。

暖房用の機器としては、居間ではエアコンの使用、電気コタツや電気カーペットの併用が多くみられた。石油ファンヒーターや石油ストーブの使用もみられ、二酸化炭素濃度のかかなり高い室内もみられた（表1）。

表1 冬季における一週間の仮設住宅室内の二酸化炭素、室温、湿度の平均値（N:21戸）

	CO ₂ (ppm)	室温(°C)	湿度(%)
Mean	1164.6	13.5	55.1
SD	579.7	4.0	10.1
Max	3487.1	21.1	70.1
Min	768.6	7.1	38.5

D. 考察

仮設住宅への入居期間は、原則として2年間であるが、福島県内の仮設住宅の場合には、供与期間が平成28年3月末まで延長となっている。仮設住宅については、当初は鉄骨の柱が室内に剥き出しで、「夏季には暑い」、「庇がなく日差しが室内に入る」、などの苦情が多くみられた。断熱材を入れ、冬季に向けて2重窓にするなどの補強工事がおこなわれた。

夏季の冷房については、「冷房は好きではない」、「節電をしなければ」、また浜通り地域では「窓を開けて居れば冷房なしで済ませた」と云う住民も多くみられた。仮設住宅には高齢者が多く、以前は農作業などで身体を動かしていたが、今は家に籠りがちで、日に日に「身体が鈍る」「自動車がないと生活に不便」といったこともアンケートにみられた。

仮設住宅には、老夫婦世帯が多く、若い世帯は子供の学校や仕事の関係から別々に生活をしており、将来の事がわからないといった状態もみられた。

住民からの要望などにより、住宅には畳敷き、二重窓、掃出し窓、断熱化などの改装が行われ、温熱的には居住性能は高くなっている。一方で窓サッシ

などにより室内の気密性が高く、冬季には暖房などの火気の使用により室内空気質汚染がみられ、ガスコンロや煙突なしストーブなどの使用により二酸化炭素が高濃度レベルとなっている場合もみられ、不完全燃焼から一酸化炭素中毒の危険性もある。冬の寒さに対して、気密性が高められたが、適切な換気、換気孔や換気窓などの改修が望ましく、普段の換気に十分な配慮が必要である。

E. 結論

震災後4年余、未だ福島県では県外への避難者、仮設住宅での避難者も多く、人々の生活は大きく変化している。国、県、そして各自治体からの将来への確たる展望もないままに時が過ぎ、仮設住宅の人々のなかには、将来への不安、行政への不信感などからうつ状態となっている人、高齢者には日々の運動・活動不足から肥満症や廃用症候群になり、寝たきりの生活になっている人もみられる。今後は復興住宅の促進など住生活での環境整備と共に精神面や社会制度面からの整備が必要と考える。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 田中正敏：原発事故と予防医学、日本医事新報、No. 4547、32-34、2011.
- 2) 田中正敏：福島市における応急仮設住宅の居住環境の現状と対策、日本雪工学会誌、Vol. 29、No. 1、58-61、2013.
- 3) 田中正敏、村井弘道：福島県内の仮設住宅の居住環境の現状と対策、日本建築学会、福島原発仮設住宅報告書、2015（発行予定）

2. 学会発表

- 1) 田中正敏；東日本大震災による仮設住宅の冬季の室内環境、53回日本生気象学会大会（横浜）日本生気象学会雑誌、Vol. 51, No. 3, 31, 2014.
- 2) Masatoshi Tanaka: Socially Responsible Management of Thermal environment, especially hot environment, Universidad 2014, 9no Congreso Internacional de

Educacion Superior, Havana Cuba,
February 2014

参考文献

1. 原発事故と予防医学、日本医事新報、No. 4547、32-34、2011.
2. Socially Responsible Management of Thermal environment, especially hot environment, Universidad 2014, 9no Congreso Internacional de Educacion Superior, Havana Cuba, February 2014

H. 知的財産権の出願・登録状況 なし

参考論文

**Universidad 2014, 9no Congreso Internacional de Educacion Superior,
Havana Cuba, February 2014**

SOCIALLY RESPONSIBLE MANAGEMENT OF THERMAL ENVIRONMENT, ESPECIALLY HOT ENVIRONMENT

Masatoshi TANAKA, Professor Emeritus Fukushima Medical University,
80-6 Yagita-Shinnmei, Fukushima-city, 960-8164 Japan, E-mail: mtanaka@fmu.ac.jp

Abstract: Acute heat strokes often occur as a result of working in hot environments. However, heat strokes recently sometimes occur during daily life inside as well as in outdoor work environments. Air temperature, humidity, wind velocity, heat radiations and so on are essential to evaluate thermal environmental conditions. Japan spreads the range of latitudes from 46° to 24°. Seasonal variations in weather are very marked and the climatic conditions vary. Japan mainly has a very hot and humid climate during summer. With regard to the thermal standard for offices, humidity especially creates a problem in the indoor thermal conditions. Therefore, it is better to decide the threshold limit values of the thermal conditions according to seasons and activity levels. Inadequate thermal stress may cause discomfort and adversely affect performance, safety, and harm to health. Further, thermal factors in the work and daily life environments must be measured and evaluated under workload conditions like deskwork for safety and activity efficiency, and during daily life for comfort and health.

Key words: Thermal condition, Climate, Thermal standard, Activity efficiency,

1. Occurrences of heat stroke

Occurrences of heat stroke or cold injury in the outdoors were related to the weather, such as a heat or cold waves, and geographical features, such as inland areas or basins where these influences of the climate were great. Under the intense heat or cool of seasons, agriculture production or electricity consumption had great social influences nationwide.

In a newspaper article regarding the occurrences of heat strokes in Japan, those due to work was 29%, daily life activity was 38%, and exercise was 33%. Occurrences of heat stroke during daily life activity were observed mostly in persons older than 65 years old, as well as during outdoor work such as agriculture.

According to the database of the emergency transportation records from 1991 to 1995 of the Fire Defense Agencies in Fukushima Prefecture, Japan, there were a total of 435 cases of heat stroke and dehydration, 193 cases (44.4%) in August, and 155 cases (35.6%) in July. These heat disorders occurred 18.6% during labor activities (outdoor work, agriculture etc.), 26.9% during daily life activities, and 33.5% during sports activities. Heat disorders in the elderly in their seventies and octogenarians were many in rural area, 67 cases (15%) and 78 cases (18%) respectively, and in the case of below 10 years old, and in the fifties, there were fewer, 20 cases (4.6%) and 34 cases (7.8%) respectively. A large number of the cases, which discomfort index (ID) 80-84 and above ID 85 ranges were many, 169 cases (39%) and 134 cases (31%) respectively (Tanaka 1997).

The discomfort index (ID) shows the relationship of thermal comfort and thermal conditions that is humid and hot. The discomfort index or temperature humidity index is calculated from air temperature (Ta) and humidity (RH). The equation of discomfort index (DI) is as follows.

$$DI = 0.81Ta + 0.01RH (0.99Ta - 14.3) + 46.3$$

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

Ta; air temperature (°C), RH; relative humidity (%)

Discomfort index is over 75; slightly heat & humidity, ID 80-84; severe heat & humidity, and above ID 85 range; intolerable heat & humidity. Discomfort index is especially useful inside house or building where usually is no heat radiation.

Numbers of midsummer days, that is days with over 30°C maximum daily ambient temperature, appeared from May to September, frequently July and August in Japan. A significant positive correlation was found between the numbers of midsummer days and heat disorder in each month (N.A.O. 1994, 2005, 2010).

Typical occupations in hot environments are a blast furnace, a cupola, melting glass in the indoor workshop. The workshop, which is remarkably hot, is usually higher than dry bulb air temperature of 40°C, wet bulb air temperature of 32.5°C, glove temperature of 50°C.

From the data which related with thermal conditions and death by heat stroke, air temperatures of about 40°C are safe, if conditions are dry such as when the humidity is less than 10%. But it becomes more severe for work even if the air temperature is about 28°C in humid conditions near relative humidity 100%. Clearly a correlation is observed between occurrences of heat stroke and humidity in a hot work environment (Roth 1964, Thomson 1979, Tanaka 2007).

2. Natural or artificial thermal condition

Japan is an island country: Hokkaido being the northern island, Honshu the main island, Shikoku in the Inland Sea and Kyushu the southern island are the four main islands. From Hokkaido to the Okinawa islands, Japan spreads the range of latitudes from 46° to 24°. So seasonal variations in weather are very marked and the climatic conditions vary at each area.

On the thermal conditions and climate of the selected cities in the world: average annual air temperature at Naha in Okinawa, southern island of Japan was 22.7°C, and monthly average air temperatures were 28.5°C in July to 16.6°C in January. Average annual humidity was 75% and monthly average humidity was 84% in June to 68% in December. Average annual air temperature at Sapporo in the northern island Hokkaido was 8.5°C, and monthly average air temperatures was 22.0°C in August to -4.1°C in January. Average annual humidity was 70% and monthly average humidity was 63% in April to 77% in July and August. At Tokyo capital of Japan, average annual air temperature was 15.9°C, and monthly average air temperature was 27.1°C in August to 5.8°C in January. Average annual humidity was 63% and month average humidity was 75% in July to 50% in January. At Havana capital of Cuba, average annual air temperature was 24.8°C, and monthly average air temperatures were 27.3°C in August to 22.0°C in January. The average annual humidity was 76% and monthly average humidity was 78% in June to 75% in December. At Montreal in Canada, average annual air temperature was 4.0°C, and monthly average air temperatures were 17.5°C in July to -10.2°C in January. The average annual humidity was 71% and monthly average humidity was 77% in November to 64% in May (NAO 1994, 2005, 2010).

The climate in Japan is generally hot and humid in summer, and cool and dry in winter. The climate in Havana is annually hot and humid. The climate in London is generally a neutral temperature and humid. The climate at San Jose capital of Costa Rica is annually constantly warm. The climate at Montreal is cold and moderately humid in winter.

Hot climates directly influence disease occurrences such as heat strokes and dehydration in summer. Also, climatic conditions by season are indirectly related to risk factors of diseases such as malaria and Japanese encephalitis. People in rural areas are familiar with natural conditions and are sometimes exposed to severe weather conditions. On the other hand, most people in urban areas are familiar with artificial conditions and have some access to air conditioning systems in hot seasons and cooling disorders frequently occurred.

Using vital statistics of seasonality of monthly deaths in Japan, the death rate from infectious diseases showed

previously 2 peaks, one in summer and one in winter. There was also a second peak in the summer (August and July). In 1950, there was a similar to that which occurred in 1947. In summer, gastrointestinal diseases, infectious diseases, Japanese encephalitis and so on were common. On the seasonal disease tendency from 1906 to 1910, death rates from digestive diseases, such as dysentery, diarrhea and inflammation of the intestine, and other diseases, such as beriberi, tuberculosis, whooping cough and so on, were higher in summer. 50 years later, from 1957 to 1961, the death rate from dysentery was the only one peak in summer. In recent years deaths from many diseases were more common in winter, the exceptions being cancer, infectious diseases and suicide (Tanaka 1998, HLSA 2012).

One cause of skin cancer is undoubtedly overexposure to a certain range of ultra-violet rays to the skin. In this case people have many chances to be exposed to cancer-inducing ultra-violet irradiation in summer. Ultra-violet radiation is beneficial to life in moderation, but harmful in excess.

Mortalities from seasonal diseases or meteorological disease are associated with environmental conditions. Physical conditions such as light, air temperature, pressure in natural climates or artificial climates, and mental and social conditions such as culture, economy and so on, can be associated as a single factor or complex set of factors.

3. Thermal standards for working and daily life

The heat and cold stress threshold limit values or the thermal standards of offices are usually decided by the Ministry of Health, Labor and Welfare, the Society for Occupational Health and so on. The heat and cold stress threshold limit values for working are intended to protect workers from the severest effects of thermal stress and to describe exposures to heat or cold working conditions under which nearly all workers can be repeatedly exposed without adverse health effects (ACIGH 2001, Committee for ROEL 2013)

Table1. Occupational Exposure Limits for Heat Stress

work load	WBGT (°C)
RMR ~1 (very light, ~130kcal/h)	32.5
RMR ~2 (light, ~190kcal/h)	30.5
RMR ~3 (light moderate, ~250kcal/h)	29.0
RMR ~4 (moderate, ~310kcal/h)	27.5
RMR ~5 (heavy, ~370kcal/h)	26.5

The criteria for heat stress in Japan are for healthy male workers, who were acclimatized and work wearing normal working clothes for summer, drinking adequate salted water of a concentration of about 0.1%. Working period is continual for one hour or intermittently for 2 hours. These criteria are mainly for working in factories and so on. Assessment of heat stress can be used for evaluating the risk to workers on safety and health. As the heat stress approaches to human tolerance limits, the risk of heat-related disorders increases (Table 1, Committee for ROEL 2013).

Under the condition of high environmental temperature, the addition of a vapor impermeable clothing barrier may greatly increase the heat stress for the individual wearer and heat exhaustion may rapidly occur.

The WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) offers a useful first-order index of the environmental contribution to heat stress. It is influenced by air temperature, radiant heat, and humidity. WBGT values are calculated using one of the following equations:

- With direct exposure to sunlight:

$$WBGT_{out} = 0.7 T_{nwb} + 0.2 T_g + 0.1 T_{db}$$