

デジタルサイネージを活用した情報共有システムの検討

デジタルサイネージ 情報共有 非常時対応
 自治体 情報コンテンツ

中島 裕輔* 横山 計三*
 柳 宇* 富樫 英介*

1. はじめに

東日本大震災時、駅周辺には情報を求める多くの帰宅困難者が密集し混乱をきたしていたため、二次災害の恐れがあった。原因としては、交通機関の寸断や通信障害などの被害に加え、ローカルな情報発信が行われていなかったことなどが挙げられる。非常時に帰宅困難者の混乱を防いで避難するためには、帰宅困難者に対して周辺エリアの情報を伝える必要があり、またその情報の収集、発信の行える仕組みが必要と考えられる。そこで、近年増加傾向にあるデジタルサイネージの活用に着目する。なお、非常時に役立つ仕組みにするには、平常時からの活用を十分に考慮する必要がある。

そこで本研究では、自立型移動ユニット（D-ZEV）に搭載するデジタルサイネージの活用手法の検討を念頭に置き、自治体を中心に、地域や都市の単位でデジタルサイネージを活用した情報共有システムの事例及びその情報コンテンツの現状を調査し、D-ZEV 向けのコンテンツの検討を行うことを目的とする。

2. デジタルサイネージを活用したシステムの現状

2.1 調査概要

自治体の平常時・非常時を考慮したデジタルサイネージを活用した情報伝達の現状及び、帰宅困難者対策の調査を行った。調査した自治体は表 1 の通りである。まず、この中でも民間サイネージと連携をしている等で活用が進んでいた広島市の取り組みについて、ヒアリング及び現地調査の結果を詳しく示す。

2.2 コンテンツ共有システムの事例

広島市が管理しているコンテンツ共有システムは、登録している民間サイネージと連携を取る仕組みとなっている。平時は市関係者が情報を提供し、広島市情報政策課が共有フォルダに情報を管理することで、コンテンツ共有システム登録者がフォルダにアクセスし、ダウンロードして各自のサイネージにアップロードできる。緊急時には、広島市危機管理災害対策課から防災情報が送られ、その情報を広島市情報政策課が管理し、平時と同様にダウンロードしてサイネージにアップロードする仕組みである。このシステムに登録できるのは広島市関係団体に所属している企業のみとなっている。広島市コンテンツ共有システムの概要図を図 1 に示す。

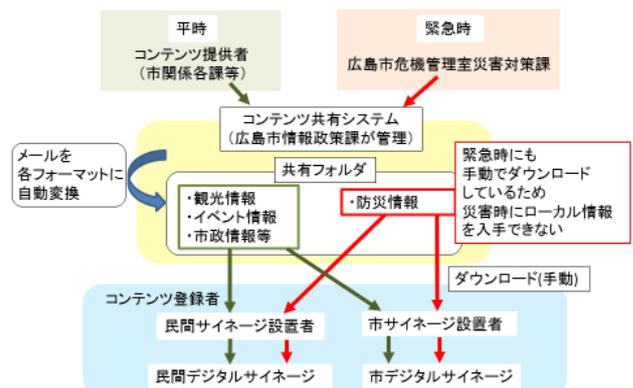


図 1 広島市コンテンツ共有システム概要図

本システムについて広島市にヒアリングした結果、大きく 2 点の課題が挙げられた。1 点目は、自治体の発信

表 1 デジタルサイネージを活用した情報システムの事例調査

運営主体	情報コンテンツ項目	災害時コンテンツ項目	評価点	課題点
港区	・行政サービス情報 ・イベント情報 他	・地震・風水害 ・不審者・生活の安全	電子ペーパーにより超省電力で長時間稼動が可能に。	民間企業に協力を委託しているところで現状緊急時に効果的な情報発信を行っていない。
(一社) 柏の葉アーバンデザインセンター	・活動情報 ・地図 ・天気 ・列車運行情報 他	NHKの放送に画面切り替え	デジタルサイネージがタッチパネル式なためその人に合った情報収集が可能。充電池を備えているため緊急時に対応可能。	緊急時にNHK緊急放送をしている中、身近な災害情報を配信できていないサイネージが4台で大きさを考慮すると情報発信ができるシステムが必要。
NTT東日本 藤沢市	・地域内の方がアップロードするため、コンテンツは多数	なし	市民が情報発信をし易くなり、限定的だが、プライベートな情報を配信できるようになったため地域力・市民力の向上に繋がった。	閉じた環境で情報発信している為地元以外の方が緊急時に活用するのが困難。サイネージを緊急時に活用していない。
広島市	・観光情報 ・市政情報 ・イベント情報 他	防災情報メールをHTML形式に変換	民間サイネージと連携しているため多くのサイネージから情報発信が可能。	情報の共有が可能になったが、リアルタイムな情報でないため緊急時にうまく活用出来ていない。

する公的なイベント等の情報以外に、そのサイネージのある場所の周辺情報が発信できていないことである。この周辺情報とは、平常時は民間の店舗情報やイベント情報、地域の気象情報などで、非常時は、駅やその周辺地域の被害状況等であり、テレビの情報では得られない、地域独自の情報のことである。また 2 点目は、連携している民間サイネージでは非常時の情報発信が難しい点である。これは、民間サイネージが情報を発信するには、各サイネージの管理者が情報を共有システムから手動でダウンロードする必要があるため、特に緊急性を必要とする非常時でも自治体が共有システムにアップロードした情報がすぐに民間サイネージのコンテンツとして取り込まれないため、リアルタイムの情報を発信するのは困難であると言える。さらには、ほぼこのサイネージも非常用のバッテリーなどは備えていない状況であった。地震等で地域一帯が停電になった場合にはデジタルサイネージも情報発信ができない状況になることが予想され、非常時利用の点ではまだ多くの点で改良の余地があると言える。

2.3 サイネージ活用事例のまとめ

デジタルサイネージを活用した都市部における情報伝達の現状を調査した結果、非常時の情報発信手段として、デジタルサイネージや電子ペーパーといった媒体を活用している事例が確認された。しかし、情報発信箇所（デジタルサイネージの設置台数）が少ないことや、平常時から効果的な活用ができていないため周知されず非常時に効果的に情報発信ができないこと、非常時のサイネージへの電源供給が考慮されていないこと、などの課題が挙げられた。広島市のように、情報共有システムを運用して民間サイネージと連携を取ることで情報発信箇所を増やす試みを行っている自治体もあるが、公的な情報以外に地域独自の情報が発信できていないことや、非常時にはリアルタイムに情報発信ができないことなどが課題として挙げられた。

これらのことから、民間サイネージも活用して情報発信箇所や手段を増やし、平常時から情報発信していることを周知させ、かつ街の賑わいを創出する周辺情報の収集発信が出来るシステムの構築と、非常時には電源も確保した上で、リアルタイムに周辺の情報発信が出来る仕組み作りが必要であると考えられる。

これらを考慮した、デジタルサイネージを活用した情報共有システムのイメージを図 2 に示す。

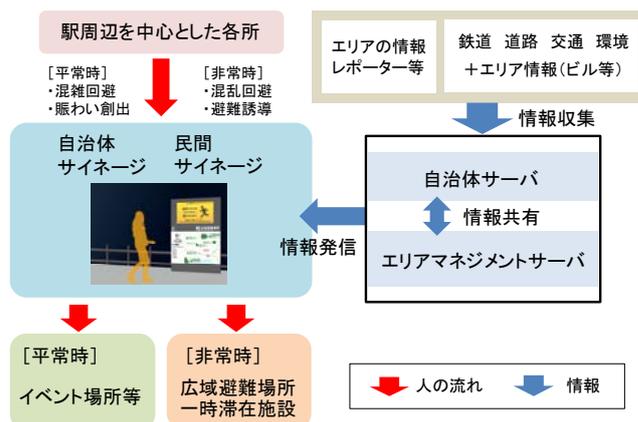


図 2 サイネージを活用した情報共有システムの検討

非常時にリアルタイムにエリア内の主要建物や駅・道路等の被害情報が収集・発信できれば、新宿などの大型ターミナル駅周辺エリアでは、駅周辺滞留者の混乱を防ぎ、まずは広域避難場所等へ適切に誘導することが可能である。またその後、広域避難場所等の帰宅困難者についても、このシステムを用いて周囲の一時滞在施設へ適切に誘導することが可能になると考えられる。

3. おわりに

すべての広域避難場所や一時滞在施設にデジタルサイネージ等の情報発信機器を設置するのが理想であるが、平常時の利用頻度も考慮すると難しい場所は多い。そこで有効となる 1 つの手法が、移動式のユニットとすることである。テーマ 3 で提案・構築している D-ZEV は、エネルギーと情報を自立電源であらゆる場所で提供可能とする仕組みであり、今後さらに活用方法を提案しながら有用性を検証していく計画である。

謝辞

本研究の現地調査では、広島市、柏の葉 UDCK など多くの方々の協力を得ました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤智太、吉田舜、中島裕輔：駅周辺エリアにおける平常時・非常時を考慮したデジタルサイネージの活用手法に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、ページ、2018.3
- 2) 広島市ホームページ（広島デジタルサイネージ推進事業）
<http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/1271922782470/index.html>
- 4) 港区ホームページ（区政情報・デジタルサイネージ）
<https://www.city.minato.tokyo.jp/kouhousenryakutan/digitalsignage.html>

* : 工学院大学建築学部

自律移動式ゼロエネルギー災害対応支援ユニット (D-ZEV) の 通信システム構成

キーワード: 無線 LAN, アドホックネットワーク, DTN, 情報指向ネットワーク

水野 修*

1. はじめに

本事業のテーマ 3 では、自立移動式ゼロエネルギーユニット (D-ZEV: Disaster- robust Zero Energy Vehicle)を開発する¹⁾。D-ZEV は、自動車をベースとして、防災・減災に必要な機材を搭載し、電源設備および通信設備を備えている。また、より小回りの利く 2 輪車ベースの D-ZEVmini も併せて実現する。これにより、D-ZEV は、エリアの現地本部や避難所等に移動し、設営される。また、D-ZEVmini は、エリア情報を収集する²⁾。

本年度は、昨年度の基本検討を受け、D-ZEV および D-ZEVmini に搭載する通信システムの構成を明らかにしたので報告する。

2. D-ZEV の通信システムの要件

D-ZEV の関係する通信経路は、図 1 に示すように以下のものが含まれる：

- (1)D-ZEV～災害対策本部間
- (2)D-ZEV～D-ZEVmini 間
- (3)D-ZEVmini～D-ZEVmini 間
- (4)D-ZEV,D-ZEVmini～一般市民、防災担当者

ここで、災害対策本部とは、街区の被害状況や鉄道の運行状況、病院、避難可能な施設等を把握し、一般市民や防災担当者に指示を行う施設であり、そのためのサーバシステム²⁾を保有している。

前提として D-ZEV は車両ではあるが移動中には通信を行わないものとする。一方で、D-ZEVmini は移動中にも通信を行うこととする。また、いずれの場合でも、移動体網など通信インフラは使用できない、あるいは使用制限があることを想定する。

D-ZEV および D-ZEVmini への通信システムの要件を以下に示す。

[要件 1]小型であり、省電力であること。

[要件 2]設営や運営が容易であること。

[要件 3]安定した伝送条件でなくとも、持続的に運用できること。

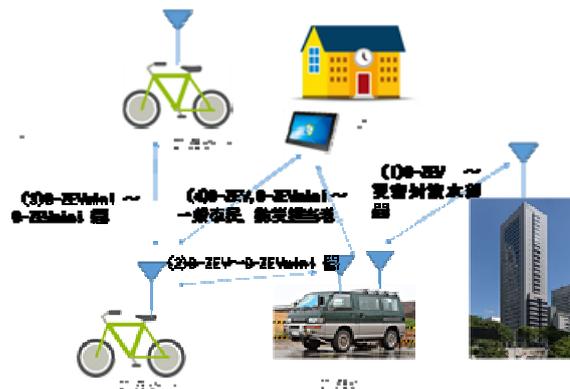


図 1 D-ZEV を中心とした通信ネットワーク

3. D-ZEV, D-ZEVmini の構成

3.1 D-ZEV の通信システム構成

D-ZEV～災害対策本部間については、災害対策本部に設置する固定局と D-ZEV に搭載する移動局を構成する。

固定局、移動局のシステム構成と機器を図 2、表 1 に示す。固定局は UDM で構築したシステム³⁾を再利用するが、D-ZEV を配置する場所の自由度を高めるため、新宿キャンパス屋上のアンテナを無指向性のものに交換した。

移動局は D-ZEV に搭載し、避難場所で組み立てることを想定している。電源は D-ZEV に搭載した電源設備より商用電源相当(AC50Hz,100V)の供給を受ける。災害対策本部へは、5GHz 帯の指向性アンテナで通信する一方で、D-ZEVmini および周辺の機器には 2.4GHz の WiFi で通信を行う。

D-ZEV の通信システムでは、[要件 2]が重要である。そこで、機器の組み立てや運用方法についてマニュアルを作成し、未経験者の学生により実施検証したところ、1 時間以内で固定局との疎通確認まで実施できた。

* : 工学院大学情報学部 情報通信工学科

表 1 D-ZEV の通信システム機器

項番	名称	型番	備考
1	無指向性アンテナ	JRC N ZA-657	固定局
2	長距離無線LAN	JRC JRL-749	固定局
3	指向性アンテナ	JRC N ZA-646	移動局
4	長距離無線LAN	JRC JRL-749	移動局
5	WiFiルータ	Archer C3150	移動局
6	PC	Panasonic Toughbook CF-20	移動局

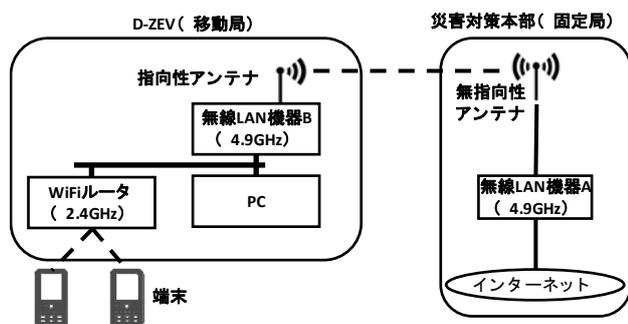


図 2 D-ZEV の通信システム構成

表 2 D-ZEVmini の通信システム機器

項番	名称	型番
1	PC	LVA LVA Z Pro (N3450)
2	PC用バッテリー	サンワ BTL-RDC6N
3	モニター	CENTURY plus one HDM I (LCD-7000VH)
4	キーボード	エレコム TK-FLP01PBK
5	ケース	タカチ NANUK910

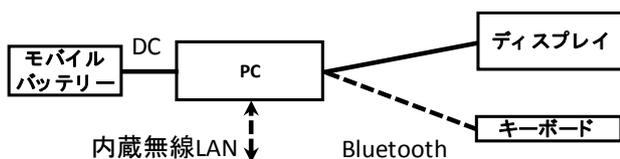


図 3 D-ZEVmini の通信システム構成

3.2 D-ZEVmini の通信システム構成

D-ZEVmini に搭載するシステムの構成と機器を図 3、表 2 に示す。D-ZEVmini に搭載するシステムは、[要件 1]、[要件 3]が重要となる。

[要件 1]については、D-ZEVmini が折り畳み式の電動自転車であることから、バスケットか荷台に設置できる大きさ、重さを目標とした。さらに、多様なアプリケーションを実現する観点、および、機械的に堅牢である観点から、eMMC ストレージで冷却ファンレスの小型 Linux コンピュータを用い、これをモバイルバッテリーで駆動することとした。バッテリー容量が 57.72Wh、コンピュータの消費電力が 5W

であるので、10 時間程度は連続使用可能である。立上げなど操作にモニターやキーボードが必要であるため、これらは電池駆動式のものを使用した。これらを、防水キャリングケース(L 320mm ×W 210mm ×H 95.5mm) 内に装備した(図 4)。全体の重量は約 2.2kg となった。



図 4 防水キャリングケースへの実装（固定前）

[要件 3]に対しては、一対の機器間がすれ違うときにデータを送受する「すれ違い通信」を実現する。そのため、小型 Linux コンピュータに常時通信要求を出し合い、応答があったときにデータを送受するプログラムを実装した。見通し 50m 以内であれば通信が可能であることは確認できたが、WiFi のリンク確立に時間がかかるとデータ送受ができないことがあることも判明した。

4. おわりに

D-ZEV および D-ZEVmini に適用する通信システムを構築し、データ送受ができることを確認した。

次年度は、D-ZEV および D-ZEVmini に搭載し、調整を行うとともに、利用シーンを想定したアプリケーションプログラムの実装を行う。

謝辞

D-ZEV 通信機器の検証についてご助力いただいた、工学部情報通信工学科 4 年の大久保拓弥君、山田和輝君、および実験に協力いただいた各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 工学院大学,平成 28 年度私立大学ブランディング事業 <http://www.kogakuin.ac.jp/bousai/> (2018.2.24 閲覧)
- 2)水野 修, 自立移動式ゼロエネルギー災害対応支援ユニット(D-ZEV)のための通信システムの基本検討, 平成 28 年度工学院大学総合研究所 都市減災研究センター(UDM) 成果報告書,Mar., 2017.
- 3)水野 修, 隆 晃人, 山本 翔, 澁澤 祥, 浅谷耕一, “災害対策拠点の分散化を支援する減災情報ネットワークシステム”,工学院大学研究報告, Vol.120, pp.57-60, Apr., 2016.

自立移動式ゼロエネルギーユニット（D-ZEV）の電力供給システム

キーワード：太陽光発電、蓄電池、自立運転、移動型

野呂 康宏*

1. はじめに

本ブランディング事業のテーマ 3 では、地域防災拠点となる避難所等に移動して、救急救護、情報通信、エネルギー供給等、現地の活動をサポートする D-ZEV (Disaster - robust Zero Energy Vehicle) の開発を行っている。D-ZEV は、大災害時に地域災害拠点に駆けつけることができ、太陽光発電 (PV) をエネルギー源とし、停電が発生しても自立して電力供給が可能である。ただし、PV の発電量は気象条件に依存することより蓄電池を併用し、その必要容量の見極め、移動に適した構造の検討が必要である。本稿では、電力供給システムを構成する各要素の満たすべき条件、必要容量を決定するために実施した検討結果、及び、構造と製作状況について報告する。

2. 電力供給システムの構成と容量

2.1 D-ZEV の概要

図 1 に D-ZEV の構成イメージを示す。D-ZEV 自身が防災拠点施設と通信連携可能な情報設備を備え、搭載するサイネージ等から情報発信を行う。避難所では仮設の医療・救護スペースを開設し、その運用を照明や空調、空気清浄機などでサポートする。さらに、小回りの利く電動二輪の D-ZEV mini と連携し、D-ZEV を拠点とした近距離圏をカバーしながらお互いに情報連携し、地域住民や周辺帰宅困難者のスマートフォン等への情報発信に対応する。

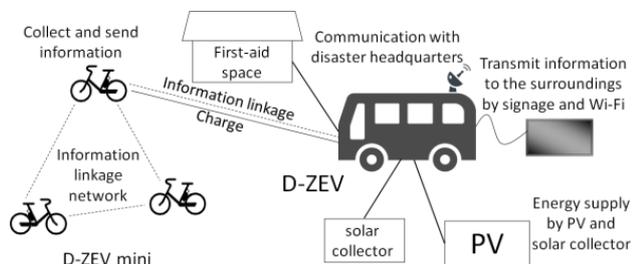


図 1 D-ZEV の構成イメージ¹⁾

2.2 電力供給設備に必要な条件

D-ZEV の電力供給設備に求められる条件は以下の通りである。

- ・1 週間程度、自立的に電力供給が可能（商用系統は停電して利用できない前提）
- ・簡易救護所の運営や情報通信に必要な電力供給が可能
- ・D-ZEV 本体に搭載が可能（サイズ、積載重量等の制約を満たす）
- ・地域防災拠点にて、短時間で設置が可能

2.3 電力供給設備の構成

対象とする電力供給システムの全体イメージを図 2 に示す。エネルギー源は太陽光 (PV) による発電とする。PV のみでは夜間や雨天時に発電ができないため、蓄電池を使用し、負荷へインバータ経由で電力供給するものとする。負荷は、簡易救護所内の照明、及び環境維持に必要な空調システム・空気清浄機、災害対策本部との通信を行う情報通信機器（無線 LAN 機器、PC、モニタ）、周囲への情報発信を行うサイネージおよび D-ZEV mini を想定する。

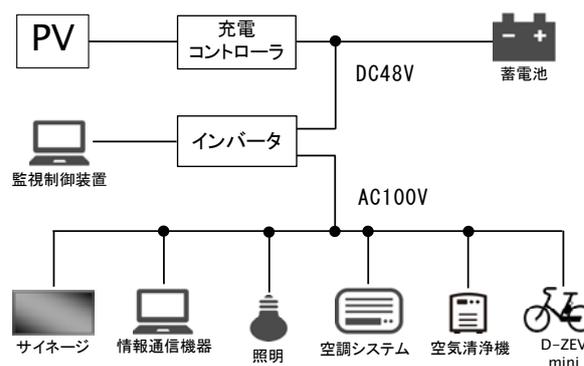


図 2 電力システムの全体イメージ

2.4 電力供給設備の容量検討¹⁾

負荷の一時間ごとの消費電力を表 1 のように仮定して、インバータ、PV、蓄電池の容量を検討した。なお、D-ZEV の使用期間を 2016 年 8 月 9 日～8 月 16 日、電力供給時間を 8 時～18 時とした。このとき、

* : 工学院大学 工学部電気電子工学科

負荷を一斉に動作させたときの総消費電力は 1.55[kW]であったため、インバータの出力は負荷起動時の突入電力を考慮して 3[kW]とした。また、PV 容量は工学院大八王子キャンパスの PV システムの実測値を基に計算を行い、多少のマージンを加味して 5[kW]程度とした。さらに、D-ZEV 使用期間中の負荷総消費電力、PV 発電電力から、蓄電池の積算電力量（PV の発電量と負荷設備消費電力の差を積算したもの）を算出した（図 3）。その結果、蓄電池に必要な容量は 15.7[kWh]であったため、損失および SOC 範囲を考慮して約 20[kWh]とした。

ことで、夏場の直射日光による簡易救護所内気温上昇を抑制する効果も期待できる。

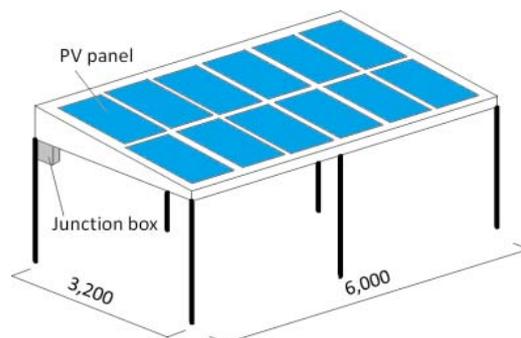


図 4 PV パネルの設置図

表 1 負荷設備

設備名	消費電力[W]	台数
照明	30	1
空調システム	810	1
空気清浄機	30	1
情報通信機器	130	1
サイネージ	250	1
D-ZEV mini	100	3

3.2 D-ZEV への組み込み

D-ZEV の車両は、普通車サイズで積載スペースの大きなハイエースとし、電源設備は図 5 に示す組み込みを行う。

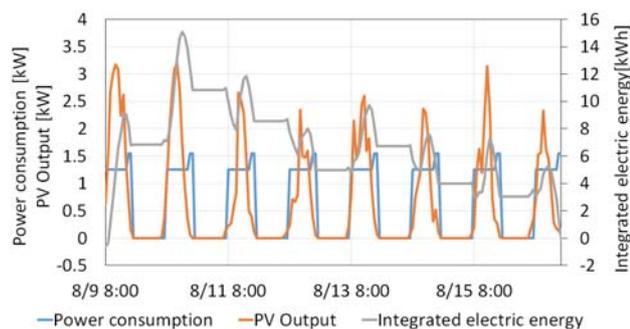


図 3 負荷消費電力、PV 発電電力、積算電力量



図 5 D-ZEV への組み込み

3. 電力供給システムの製作

3.1 PV パネルの設置方法

前述の通り、D-ZEV は防災拠点にて PV を使用して電力供給を行う。その際、PV 及びそれを支える架台はあらかじめ D-ZEV に搭載しておき、防災拠点到着後に設置を行う。そのため、PV パネルは 2.2 に示した条件を満たす必要がある。そこで、架台に代えてテントを利用し、また、PV パネルは軽量のフレキシブルモジュールを使用することとした。PV パネルの設置図を図 4 に示す。パネルはテントの屋根に設置し、テント 1 張りあたりのパネル数を 12 枚とする。また、テントは片流れ屋根の傾斜角度を 10 [度]とする。テントの脇に集電箱を設置することでテント～D-ZEV 間の配線を最小とし、事故の可能性を軽減する。また、テントの内側に簡易救護所を設置する

4. おわりに

今年度は D-ZEV の電力供給設備の仕様を決定し、機能を検証するために必要な最小限の構成について製作を行った。来年度は、製作した D-ZEV を代表的な運転モードで動作させ、運転データとエネルギー消費データを収集・分析し、性能検証すると同時に改善点の検討を行う計画である。また、電源監視システムのプロトタイプを開発する計画である。

謝辞

本稿における電源設備容量の検討は、修士 1 年の久保君が中心に行ったものである。また、製作にあたり、日比谷総合設備株式会社の阿波田様はじめ、関係各位に議論に参加いただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 久保、野呂、自立移動式ゼロエネルギーユニット（D-ZEV）における電力供給システムの検討、電気学会電力技術／電力系統技術合同研究会、pp. 101-105、2017

簡易救護ユニット空調システムの検討

簡易救護ユニット、間接蒸発、デシカント

横山 計三* 富樫 英介*

中島裕輔* 柳 宇*

1. はじめに

本ブランディング事業のテーマ 3 では、災害時に避難所などに移動して、現地の活動をサポートする D-ZEV の開発を行っている。移動先に太陽光発電、太陽集熱装置を設置し、紙製の簡易救護ユニットを組み立て、その内部を空調する。この空調ユニットは、できるだけ現地のエネルギー源を用いずに自立して空調を行うことを目的としている。本ユニットの外皮には、水の自然蒸発による冷却作用を利用しているため、室内負荷が軽減されている。本稿では、空調システムの概要と、その一部である間接蒸発式冷却ユニットについて検討を行った結果を述べる。

2. 空調システム

2.1 システムの概要

Table1 に空調対象室の概要を示す。前報で述べたような外皮に蒸発冷却を採用するとし、外皮負荷を無視した。空調システムは、室内空気と外気を必要量混合しデシカントユニットにて除湿する。高温低湿となった空気は、間接蒸発冷却ユニットによって、所定の吹出温度まで冷却する。デシカント剤の再生は、太陽熱によって温水を取り出して行う。システムのダイアグラムを Fig.1 に示す。また、Fig.2 にシステムの各部分における空気状態を示す。

Table1 空調対象室と内部負荷

項目	仕様
対象室	2m×4m×2mH
壁・床	ハニカムボード 30mm
外皮負荷	貫流熱と日射熱は無視する
内部負荷	30W
人員	2名
外気	40m ³ /h

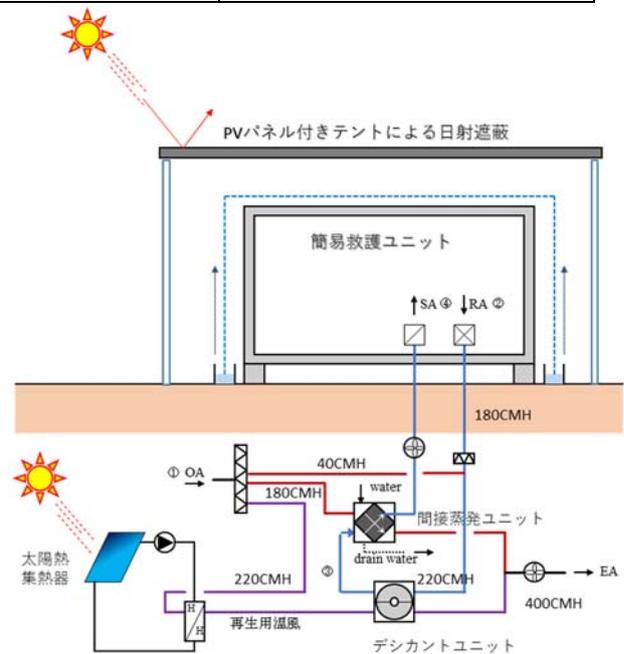


Fig.1 空調システムダイアグラム

2.2 間接蒸発冷却ユニットの概要

間接蒸発冷却とは、水の気化現象を利用して顕熱冷却する装置である。一般的な間接蒸発冷却装置には Fig.3 に示すように 2 種類の流路があり、乾燥している day zone と壁面が湿った wet zone が接するように連続的に配置されている。冷却の原理は、導入した空気が、dry zone に入り内部を通過する際、隣接する wet zone 内の冷却された空気と顕熱交換し、導入空気が冷却され、給気として吹出される。冷却された給気の一部は wet zone に入り、内部の水分が蒸発し、さらに冷却される。この空気 dry zone の空気を冷却する。wet zone の空気は、熱を吸収したのち排気される。

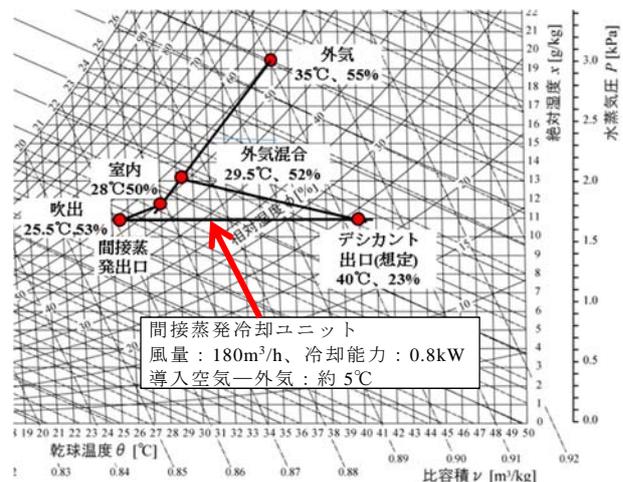


Fig.2 空気状態変化

* : 工学院大学工学部建築学部

2.3 評価対象の間接蒸発冷却ユニット

本研究では、G 社製の間接冷却ユニットを用いてシステムの検討を行った(Fig.4)。このユニットでは、wet zone に導入する冷却空気は、一般的な方式では被冷却空気の約半分を用いるが、当該ユニットでは、外気を wet zone に直接導入する方式をとっている。ただし、被冷却空気は、一部(20~30%程度)が wet zone に導入され、冷却効果を向上させている。メーカー提示の資料によると、外気の乾球温度と湿球温度の差の 95%まで冷却できるとなっている。

2.4 空調システムの運転状況の検討

上記の条件で蒸発冷却できるとして、冷房期間中どの程度、本装置が対応できるかを試算した。東京の気象データ¹⁾を用いて冷房期間中（6月～9月）の外気が湿球温度の 95%まで冷却されると想定し、吹出条件まで冷却できるかどうかを確認した。この結果、冷房期間の 4 か月において 208 時間は、冷却能力が低下し吹出条件を満たさないことがわかる (Fig.5)。また、蒸発冷却のみでよい時間は、88 時間、外気導入のみでよい時間は、219 時間であった。

3. 実験による確認

Fig.4 に示した間接蒸発ユニットを用いて、冷却能力の確認を行った。実験装置の外観を Fig.6 に示す。風量、導入空気と外気の温度差、噴霧水量をパラメータとして実験を行った (Table2)。温度差（導入空気－外気）と冷却能力の関係を Fig.7 に示す。この結果より温度差と冷却能力は比例関係にあるが、風量や噴霧水量の違いによる差はみられなかった。また、予想された冷却能力が得られていなかった。この理由として、熱交換器の wet zone のぬれ方が十分でなかったために、蒸発冷却が不十分だったことが考えられる。噴霧ノズルを増加させ、十分な水量をユニット全体に供給することで改善される。

4. おわりに

装置実験において十分な能力が得られなかったことおよびシステムが有効でない期間があることから、水噴霧の改善と空気の偏流を改善させた状態での計測、間接蒸発ユニット自体の検討、デシカント装置を組み合わせたシステム全体の計測などを行い、空調システムの有効性を検証する予定である。

謝辞

本稿における計測は、2017 年度卒業生の平尾拓巳君が中心に行ったものである。ここに記して謝意を表する。

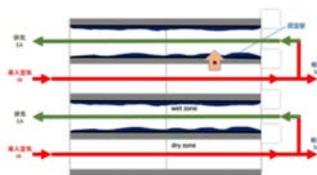


Fig.3 動作原理模式図²⁾



Fig.4 熱交換ユニット

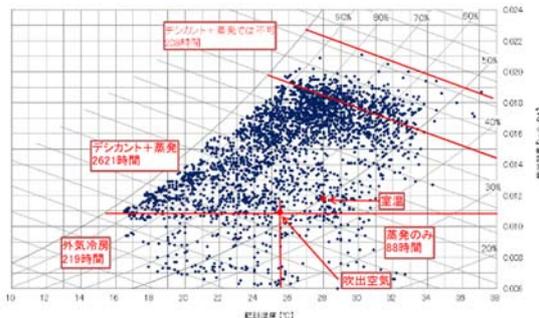


Fig.5 空調対応状況（6月～9月）

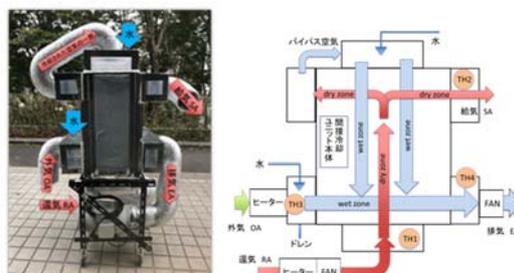


Fig.6 間接蒸発ユニット実験装置と装置模式図

Table2 実験条件と計測結果

No	実験条件	ΔT (°C)	冷却能力(kW)	水量(L/min)
1	設計条件	5.3	0.475	0.04
2	風量:標準、水量:標準	2.8	0.237	0.05
3	風量:標準、水量:標準	2.8	0.326	0.04
4	風量:標準、水量:標準	4.6	0.386	0.04
5	風量:標準、水量:標準	5.8	0.356	0.04
6	風量:標準、水量:大	2	0.178	0.06
7	風量:標準、水量:大	4	0.167	0.08
8	風量:標準、水量:大	4	0.356	0.07
9	風量:標準、水量:大	4.3	0.278	0.09
10	風量:標準、水量:大	6.2	0.445	0.09
11	風量:標準、水量:大	11.1	0.445	0.08
12	風量:標準、水量:大	19.8	0.653	0.07
13	風量:標準、水量:大	20.1	0.593	0.07
14	風量:大、水量:大	8.3	0.24	0.08
15	風量:大、水量:大	8.5	0.3	0.08

※風量:標準・外気・給気ともに220m³/h、大:外気のみ450m³/h

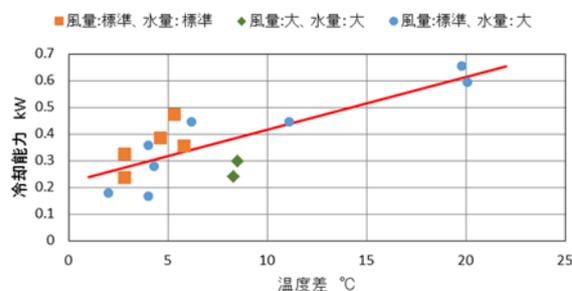


Fig.7 温度差と冷却能力

参考文献

- 1) 拡張アメダス気象データ 1981～2000（日本建築学会編）
- 2) 田子他、間接蒸発冷却に関する機器単体での性能把握実験、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2016 年

簡易救護ユニットにおける室内浮遊粒子物質制御に関する研究

キーワード：簡易救護ユニット、空気清浄、浮遊粒子

柳 宇*

中島裕輔*

富樫英介*

横山計三*

1. はじめに

本研究では、被災時の一時緊急利用施設として簡易救護ユニットを考案し、そのユニット内の浮遊粒子濃度制御に関する検討を行った。簡易救護ユニットの用途としては、緊急時に一時的な医療行為を施す空間、一時的な避難場所などが挙げられる。従って、ユニット内の空気質、とくに微生物を含めた浮遊粒子状物質の制御が重要な課題となる。

緊急被災時と、浮遊粒子制御のことを勘案すれば、ポータブル空気清浄機の活用が現実的かつ有効であると考えられる。本年度は簡易救護ユニットの容積を踏まえて、病院の診察室における浮遊粒子濃度に対する空気清浄機の低減効果を実証した。

2. 空気清浄機の浄化性能¹⁾

図 1 に示す室内に空気清浄機を設置した場合においては、下記のマスバランス式が成立する。

（室内汚染発生量＋外気による侵入量）－（空気清浄機による除去量＋排気による除去量）＝室内汚染物質の変化量

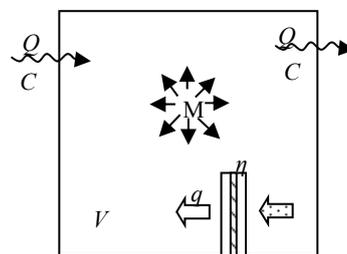
仮に、a) 室内に発生した汚染物質が室内空間に瞬時一様拡散する。b) 汚染物質の室内表面への沈降・沈着量、が無視できるとすると、以下の式 (1) が成り立つ。

$$(M + Q_{ns}C_{oa} - q\eta C - Q_{nr}C) dt = VdC \quad (1)$$

ここでは、室内汚染物質発生量の時間的な変化が無視できると仮定し、式 (1) の両辺を積分し整理すると、式 (2) を導くことができる。

$$C = C_{oe}^{-\left(\frac{q\eta}{V} + \frac{Q_{nr}}{V}\right)t} + \frac{Q_{ns}C_{oa}}{q\eta + Q_{nr}} \left[1 - e^{-\left(\frac{q\eta}{V} + \frac{Q_{nr}}{V}\right)t} \right] + \frac{M}{q\eta + Q_{nr}} \left[1 - e^{-\left(\frac{q\eta}{V} + \frac{Q_{nr}}{V}\right)t} \right] \quad (2)$$

式 (2) 右辺の第 1 項は、自然換気と空気清浄機の希釈、除去による室内初期濃度の減衰を示す項、第



M : 室内汚染発生量 [mg/h]
 V : 室容積 [m^3]
 Q_{ns} : 自然給気量 [m^3/h]
 Q_{nr} : 自然排気量 [m^3/h]
 C : 室内汚染物質濃度 [mg/m^3]
 C_{oa} : 外気中浮遊粒子濃度 [p/m^3]
 C_o : 室内初期浮遊粒子濃度 [p/m^3]
 η : 空気清浄機捕集率 [-]
 t : 経過時間 [h]
 q : 空気清浄機の処理風量 [mg/m^3]

図 1 室内空気清浄機の設置例

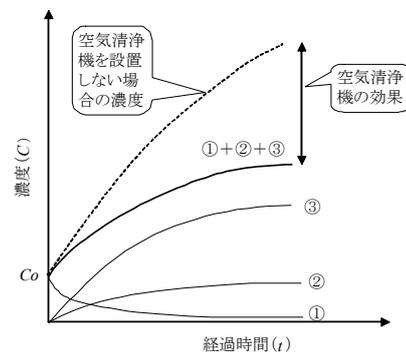


図 2 室内濃度の経時変化

2 項は、外気による汚染侵入量に起因する濃度の上昇を示す項、第 3 項は、室内での汚染発生による濃度の上昇を示す項である。

式 (2) を図で表すと図 2 になる。同図に空気清浄機を設置または作動させない場合 ($q=0$) の濃度変化を併せて示す (図中の破線)。空気清浄機の設置効果は明らかである。

3. 空気清浄機浄化性能の実証試験

3.1 測定対象の概要

実証の対象を石川県金沢市内にある 5 階建て、延べ床面積 19,118 m^2 、260 床の病院の 2 階にある呼吸

* 工学院大学建築学部

器内科の診察室（3m（D）×3m（W）×3m＝27m³）とした。空調は PAC であり、換気は第 2 種方式で、1F のエントランスに外気を導入し、その一部が 2F の診察室に流れる方式である。

3.2 測定方法

測定日は 2017 年 8 月 22 であった。診察室内（写真 1）、屋外共に浮遊微粒子濃度、温湿度、二酸化炭素（CO₂）濃度を 9:00～12:00 の 3 時間に渡って 1 分間隔の連続測定を行った。空気清浄機の運転状況を下記の通りとした。なお、空気清浄機は診察室入口左側の壁沿いに設置した。

9:00～10:00 OFF
 10:00～12:00 ON



写真 1 測定対象の診察室の内観

浮遊微粒子、温湿度・CO₂濃度の測定にエアリーテクノロジー社製のパーティクルカウンタ（P611）と T&D 社製の CO₂ Recorder（TR-76Ui）を用いた。パーティクルカウンタの粒径測定範囲は 0.3～0.5μm、0.5～0.7μm、0.7～1.0μm、1.0～2.0μm、2.0～5.0μm、5.0μm～の 6 段階である。

3.3 結果及び考察

図 3 に診察室内 CO₂濃度の経時変化を示す。9:00 過ぎごろから外来の患者の入室と退室の繰り返しにより、室内 CO₂濃度が上下したことが図から読み取れる。ちなみに、室内 CO₂濃度は 1000ppm を超えることはなかった。

図 4 に測定した粒径別浮遊粒子濃度から、細菌の大きさとして 0.5μm 以上の浮遊粒子濃度の経時変化を示す。10:00 に空気清浄機を稼働させてから室内における 0.5μm 以上の浮遊粒子濃度が急激に低下し、約 30 分後初期濃度の約 1/3（36%）まで低くなることが明らかになった。

ここでは、前述した式（2）を用いた理論的な予測と図 4 に示す実測値との比較を行い、空気清浄機を簡易救護ユニットに適用した場合の室内浮遊粒子濃度の特性について検討を行う。

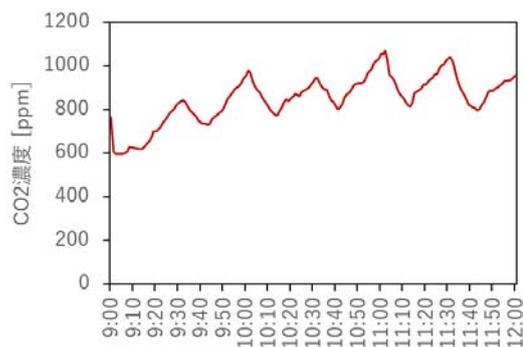


図 3 診察室内 CO₂濃度の経時変化

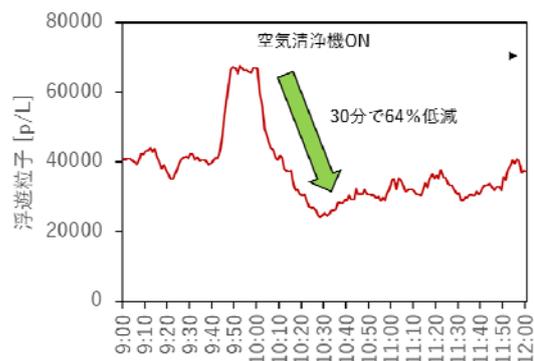


図 4 浮遊粒子濃度の経時変化

診察室に用いた空気清浄機の風量は 120m³/h（標準モード）、装備されているエアフィルタの捕集率は 99%（0.3μm）、室内容積は 27m³、ヒトからの浮遊粒子発生量を 5000p/h とし、図 3 の測定結果をフィッティング法で求めた換気回数 2.2 回/h を用いて室内浮遊粒子濃度を求めた結果、初期濃度 66843p/L の条件では、30 分後室内浮遊粒子濃度は 23952p/L であり、実測値の 25270p/L との差が 5%程度であることが分かった。また、簡易救護ユニット（4.087m×2.087m×2.270m＝19.4m³）に空気清浄機を導入した場合、上記の初期濃度であれば、30 分後に室内浮遊粒子濃度が 18464p/L となり、容積が小さいため前記の診察室より低い濃度を示す。さらに空気清浄機を強モード（180m³/h）で運転した場合、30 分後の室内濃度は 13120p/L となり、初期の 20%になる。

参考文献

- 1) 柳 宇：空気清浄機、空気清浄、第 46 巻、第 6 号：pp.40-45、2009
- 2) 柳 宇、吉野博、他 6 名：中国における居住環境と児童の健康障害との関連性に関する調査研究、第 4 報 室内 CO₂濃度の実態と CO₂濃度測定値を用いた換気量の算出、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.993-994、2015

簡易救護ユニットの外皮負荷削減法の検討

簡易救護ユニット、外皮負荷、蒸発潜熱

富樫 英介* 横山 計三*
 中島裕輔* 柳 宇*

1. はじめに

本研究では、被災時にエネルギーを消費せずに運用が可能な災害時拠点の構築を目指している。その一環として導入を予定している簡易救護ユニットは、軽量で運搬、建設、除却が容易であるという利点があるが、一方で単純なダンボール製であるために、断熱性能には課題がある。特に夏季においては、基本的に屋外設置となるため、外気と日射の影響を大きく受け、内部の熱環境を悪化させる危険性がある。これに対応して活動可能な内部環境を維持するためには、空気の冷却が必要となるが、機械的な冷却はエネルギーを大きく消費するため、ユニットの活動時間を短縮させてしまう。

本計画では、水の自然蒸発による冷却作用を利用して、簡易救護ユニットの熱負荷を軽減する。具体的には、ユニットの外部を布で覆い、これに散水を行って湿潤状態に保つことで、外表面での蒸発を継続させる。本年は、このような湿潤外装の冷却効果のモデル化と、そのモデルの妥当性検証のための実験を行った。

2. 外装材温度と給水量の予想

定常状態では外装材において式(1)の熱収支式が成立する。ただし、 T [°C]は乾球温度、 x [kg/kg]は絶対湿度、 α_o [W/(m²·K)]は総合熱伝達率、 γ [J/kg]は水の蒸発潜熱、 k_x [(kg/s)/(m²·(kg/kg))]は絶対湿度基準の物質移動係数、 a_{ex} [-]は日射吸収率、 I_{df} [W/m²]は入射する拡散日射である。また、添字の oa と ex はそれぞれ外気と外装材を表す。

$$\alpha_o(T_{oa} - T_{ex}) + \gamma k_x(x_{oa} - x_{ex}) + a_{ex}I_{df} = 0 \quad (1)$$

拡散日射 I_{df} が 0 であれば、外装材の温度は湿球温度 $T_{wb,oa}$ [°C]となり、湿度は当該温度での飽和湿度 $x_{wb,sat}$ [kg/kg]となる。従って、物質移動係数は式(2)で計算できる。

$$k_x = \frac{\alpha_o(T_{oa} - T_{wb,oa})}{\gamma(x_{wb,sat} - x_{oa})} \quad (2)$$

式(2)を式(1)に代入して整理すると式(3)となる。外装材の湿度は温度 T_{ex} における飽和絶対湿度であり、湿り空気の計算により求められる(式(4))。式(3)と式

(4)を連成させれば外装材の温湿度を求めることができる。

$$T_{ex} = T_{oa} + \frac{x_{oa} - x_{ex}}{x_{oa} - x_{wb,sat}}(T_{wb,oa} - T_{oa}) + \frac{a_{ex}I_{df}}{\alpha_o} \quad (3)$$

$$x_{ex} = f_{sat}(T_{ex}) \quad (4)$$

上記の式にもとづいて夏季代表日の温度の推移を計算した結果を Fig.1 に示す。ただし、総合熱伝達率 α_o は 10 W/(m²·K)、日射吸収率 a_{ex} は 0.3 とした。外気温度は最大で 34 °C 程度まで上がるが、外装温度は湿球温度から 2~3 °C 程度高い 25 °C 前後で推移することがわかる。

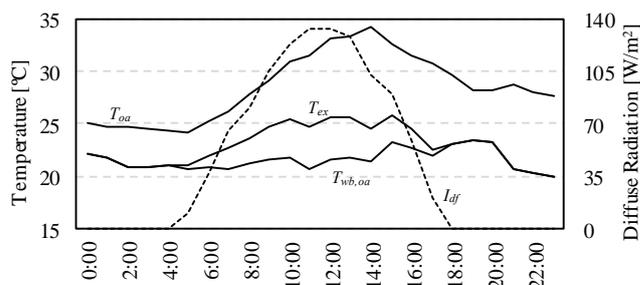


Fig.1 代表日の温度の推移

式(1)から明らかなように、単位面積あたりに必要な給水量 m_{ex} [kg/s]は式(5)である。式(5)を用いて、上記の代表日について日積算の給水量を計算すると 2.5 kg/(m²·day)となる。従って、単位面積あたりで 2.5 kg 程度の水を保有できるのであれば 1日に1度の給水で足りるということになる。

$$m_{ex} = k_x(x_{oa} - x_{ex}) = \frac{\alpha_o(T_{oa} - T_{ex}) + a_{ex}I_{df}}{\gamma} \quad (5)$$

3. 実測

前章で開発したモデルの妥当性を確認するため、実測を行った。

1) 実測日

2017年10月27日

2) 実測対象

2組の同型の簡易救護ユニットを実測対象とする。一方は標準の外装、もう一方は外部を湿潤外装で覆うことで、湿潤外装の有無による温熱環境の差を検証す

* : 工学院大学工学部建築学部

る。標準のユニットをユニット A (U_A)、湿潤外装で覆ったユニットをユニット B (U_B) とする。蒸発冷却の効果を高めるためには風通しの良い日陰である必要があり、八王子校舎 3 号館ピロティ部に設置する。

熱環境測定箇所一覧を Table 1 に示す。断面図と測定箇所を Fig.2 に示す。表面温度の測定には熱電対を用いる。放射温度の測定には熱電対を黒体球で覆ったグローブ温度計を用いる。空気の湿度測定には静電容量式センサを用いた。計測器の仕様を Table 2 に示す。

Table 1 熱環境測定箇所一覧

ID	位置	温度	湿度	放射温度	ID	位置	温度	湿度	放射温度
A1	U _A 内部空気	○	○	○	B1	U _B 内部空気	○	○	○
A2	U _A 外側表面 1	○	-	-	B2	U _B 外側表面 1	○	-	-
A3	U _A 内側表面 1	○	-	-	B3	U _B 内側表面 1	○	-	-
A4	U _A 外側表面 2	○	-	-	B4	U _B 外側表面 2	○	-	-
A5	U _A 内側表面 2	○	-	-	B5	U _B 内側表面 2	○	-	-
A6	U _A 外上表面	○	-	-	B6	U _B 外上表面	○	-	-
A7	U _A 内上表面	○	-	-	B7	U _B 内上表面	○	-	-
A8	U _A 内底表面	○	-	-	B8	U _B 内底表面	○	-	-
-	-	-	-	-	B9	湿潤外装 -箱外表面 間	○	○	-
C	外界 (外気)	○	○	○	B10	湿潤外装表面	○	-	-

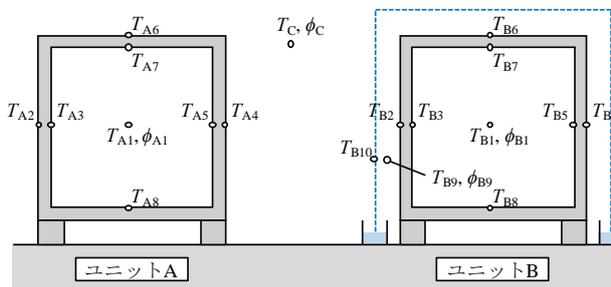


Fig.2 温湿度測定箇所一覧

Table 2 計測器の仕様

計測対象	外観	仕様
表面温度		ロガー：GL840（GRAPHTEC 社） 熱電対：T 型クラス 1 測定確度：±0.5 °C サンプルング間隔：1 sec 連続測定：電源接続のため制限なし 放射温度はピンポン球に黒色塗装
空気湿度		検出部：AOSONG 製 AM2320 測定確度 ±0.5 °C、±3 % 測定範囲 -40~80 °C、0~99 % サンプルング間隔：1 sec 連続測定：単 4 電池で 5 日間 ATmega328 を用いて microSD カードにロギング

3) 実測結果

Fig.3 に、外装を等しくした場合のユニット内の温度変動を示す。ほぼおなじ値をとり、条件は揃えられていることがわかる。Fig.4 にユニット外皮の温度に関して、シミュレーションと実測値を比較した結果を示す。Fig.5 にユニット外表面の熱画像を示す。13:30 以降は直達日射が差し込んだため、この影響によりシミュレーション結果と実測値がずれている。しかし、間接日射の影響のみが主である 10:00~13:00 のデータに関しては、シミュレーションと実測が概ね整合する結果となった。

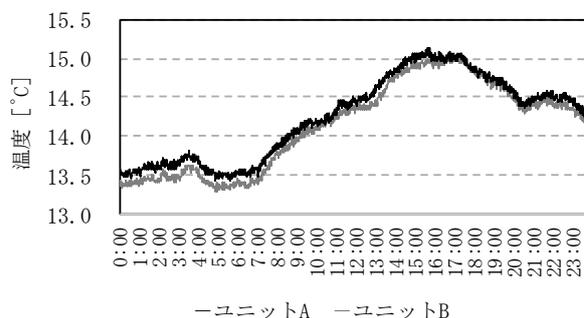


Fig.3 ユニット内部の温度変動

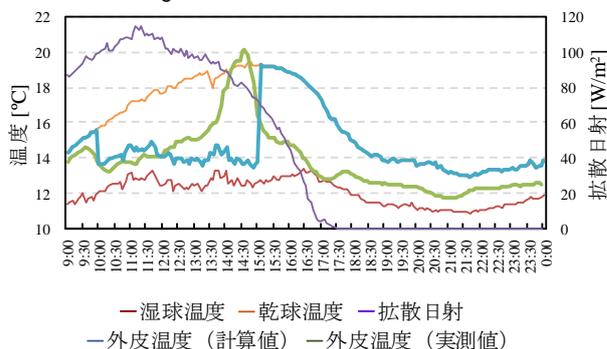


Fig.4 ユニット外皮の温度とシミュレーションの比較

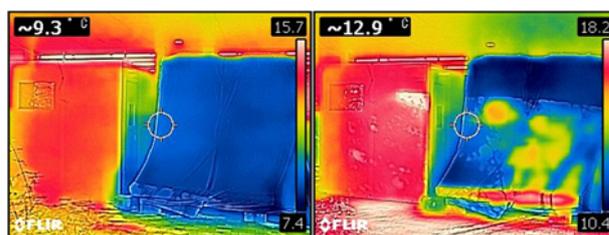


Fig.5 ユニット外表面の熱画像
(左：散水 1 時間経過、右：直達日射照射時)

4. おわりに

次年度は本シミュレーションを発展させ、ユニット内の温度変動予測が可能なモデルを構築する。

【謝辞】本実測は、2017 年度 工学院大学卒業生 前田千明様を中心となって遂行したものです。ここに記して深く感謝の意を表します。