

エリア防災拠点をつなぐ自立移動式災害対応支援ユニットの開発

地域防災拠点、災害支援、ゼロエネルギー、情報発信

中島 裕輔*

1. はじめに

災害時、エリアの現地本部や小中学校等の避難所、一時滞在施設等の地域防災拠点では、情報収集・発信、地元住民や帰宅困難者の受け入れ、救急救護などのため、エネルギーおよび情報通信インフラの確保は最重要課題である。ところがその整備はなかなか進んでいないのが現状である。そこで、テーマ 3 では、災害時にこれらの地域防災拠点に駆けつけることができ、情報通信面、必要最小限のエネルギー供給面、救急救護面のサポートを行う、自立移動式ゼロエネルギーユニット（D-ZEV: Disaster-robust Zero Energy Vehicle）の開発をおこなう。

このユニットは、①自然エネルギーを活用した発電・蓄電設備、太陽集熱設備、長距離無線 LAN・DTN／ICN 技術を活用した非常用通信設備、および、救急救護・災害医療活動を支援する空調換気システムを搭載した自動車（D-ZEV 本体）、および、②小回りが利き、エリア情報を収集する通信ユニットを掲載する二輪自動車の D-ZEV mini、で構成される。

D-ZEV 自身がエネルギー自立して行動できるとともに、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。避難所では仮設の無菌室や医療・救護スペースを開設し、その運用をサポートする。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。

平常時には、エネルギー自立性向上のための研究を行いながら、地域の環境・防災情報を収集発信するとともに、地域の防災訓練サポートを始めとした環境・防災啓発活動等をおこなう。

また本開発ユニットは、研究テーマ 1 との連携による各年度の防災イベント・地域防災訓練等で使用し、アンケート・ヒアリング調査を実施し、その有効性を検証のうえ、最終年度の実証実験を経て、実施・適用例とともに公開する。

2. 今年度の役割分担と成果

テーマ 3 の各メンバーは、研究の役割分担ごとに、D-ZEV のハード・ソフト面の仕様検討を行った。図 1 に、災害時の D-ZEV 運用イメージと研究メンバーの役割分担を示す。

中島（建築学部教授）は環境防災情報活用担当として、平常時・非常時にサイネージで発信すべき情報コンテンツの検討と、効果的な発信手法の検討を行った。水野（情報学部教授）は情報通信設備担当として、D-ZEV と災害対策本部施設との通信、及び

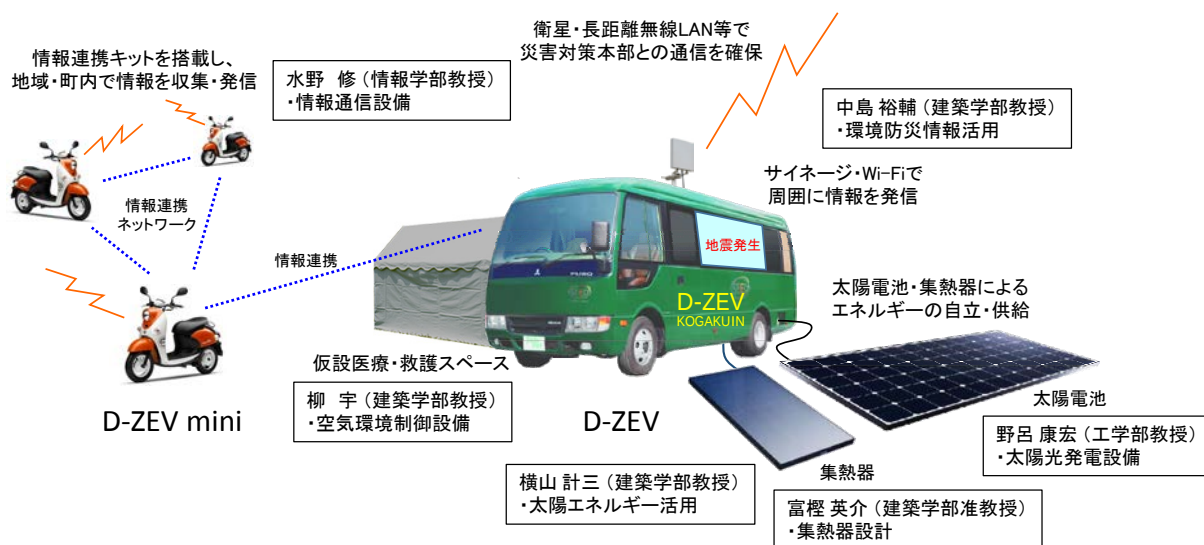


図 1 災害時の D-ZEV 運用イメージと研究メンバーの役割分担

*：工学院大学建築学部まちづくり学科

D-ZEV mini どうしの情報のやり取りの手法の仕様検討を行った。野呂（工学部教授）は太陽光発電設備担当として、D-ZEV の電力需要検討とそれに対応する太陽光発電・蓄電池設備の仕様検討を行った。富樫（建築学部准教授）は集熱器設計担当として、太陽集熱器の計算モデルの整備を行った。柳（建築学部教授）は、空気環境制御設備担当として、D-ZEV に接続する仮設の医療・救護スペースの構成と内部の空気環境制御方法に関する検討を行った。横山（建築学部教授）は太陽エネルギー活用担当として、集熱器計算モデルの整備とともに、太陽エネルギーの D-ZEV 及び医療・救護スペースへの供給手法とその仕様について検討を行った。

3. 今年度の環境防災情報活用面の成果

D-ZEV では、収集した情報の発信のため、デジタルサイネージの装備を想定している。既存のサイネージ調査や防災訓練時参加者へのニーズ調査の結果をふまえて検討した、デジタルサイネージの情報発信項目案を表 1 に示す。平常時にも避難場所や一時滞在施設などの防災情報を発信しながら、天気・環境情報や鉄道・交通情報などリアルタイムに更新される有用な情報を随時発信して日頃からこのサイネージの利用度を上げておき、非常時には災害対策本部とつないで周辺の被害状況や災害情報、避難指示などを発信することを検討する。これらの情報項目の大部分については、D-ZEV に附帯するサイネージに限らず、都市部に設置されるサイネージでは、同様の情報発信項目が求められると考えられる。

また、ある程度大画面のサイネージを装備しても、避難所等において同時に閲覧できる人数は限られ、混雑時には混乱を起こす危険性も考えられる。そこで、合わせて、情報取得の容易化と二次災害の防止

を目的として、デジタルサイネージ上の画面を近くにいる人々のスマートフォン画面にミラーリングさせるシステムキットの開発検討を行った。このシステムは、数秒間隔でキャプチャしたサイネージの画像を Wi-Fi ルーターで周囲に配信し、利用者は所定の Wi-Fi 電波にアクセスしてブラウザを起動するだけでサイネージ画面と同じ画像が見られる仕組みである。利用者にインターネット接続環境を提供するものではないため、多数の利用者へ円滑な情報配信が可能となる。また、一般的なデジタルサイネージであれば後からでも容易に設置できるよう、接続されている HDMI ケーブルの途中に組み込む方式としている。このシステムを D-ZEV 附帯のサイネージに組み込めば、災害時に停電等でインターネット接続ができない状況下においても、このサイネージの近くに行けば手持ちのスマートフォンで情報閲覧が可能となる。同時アクセス人数を想定してルータ能力を用意すれば数十メートルの距離まで届くため、避難所においても有効に活用できると考えられる。

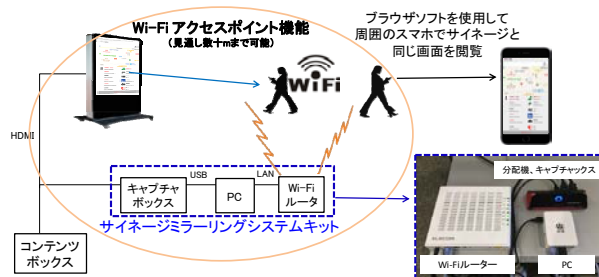


図 2 サイネージミラーリングシステムの構成

4. おわりに

これらの成果をもとに、次年度には実際に D-ZEV、D-ZEV mini 及びその附帯設備の製作を実施する計画であり、3 年目以降にはこれらを実運用できるように整備し、デモンストレーションや防災訓練時の運用実験等をおこなう予定である。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人セコム科学技術振興財団の研究助成「大災害時ターミナル周辺地区および地下街の安全安心対策としてのオフサイトセンターの実証研究」によって実施されたものである。

参考文献

- 1) 菅沼恒平、三橋徹、中島裕輔、エリア環境防災情報システム構築に向けたデジタルサイネージ活用に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、2017 年 2 月

表 1 デジタルサイネージの情報発信項目案

平常時		非常時	
地図情報 周辺情報(商業・飲食・宿泊) 天気・環境情報 鉄道・交通情報 防災啓発情報 ニュース・行政情報 イベント・観光情報		地図情報 鉄道・交通情報 周辺被害状況 災害情報 避難勧告・指示 NHK情報	
地図上での表示内容			
交通系	観光・娯楽系	設備系	防災系
駅 バス停 タクシー乗り場	商業・飲食店 宿泊施設 周辺主要施設 観光スポット 公園 案内所	トイレ コインロッカー ATM ベビールーム 公衆電話 Wi-Fiスポット	避難場所 一時滞在施設 避難経路(非常時のみ) 物資配給場所(非常時のみ)

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

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

本事業は巨大都市・中心市街地(新宿区等)とその周辺地域を対象として、震災・水害等による複合災害に強く、速やかな機能回復を可能とする「逃げる必要のない都市」の実現を目的としている。そのうち、テーマ 3 では、地域防災拠点であるエリアの現地本部や避難所等において、災害時に情報通信面、必要最小限のエネルギー供給面、救急救護面のサポートを行う、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、中型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。

本報告では、D-ZEV および D-ZEVmini に搭載する通信システムの要件および実現案について示す。

2. D-ZEV の通信システムの要件

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。

これらに対して、図 1 に示すように通信経路は以下のものを実現する必要がある。

- (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

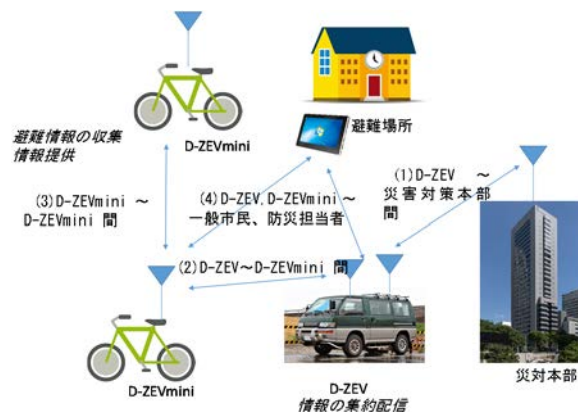


図 1 D-ZEV を中心とした通信ネットワーク

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。

〔要件 1〕 は、D-ZEV や D-ZEVmini の搭載スペースや電源に制約があるためである。

〔要件 2〕 は、D-ZEV で移動できる人員に制限があること、被災者救護など本来の作業に支障をきたさないにするためである。また、運用に際し無線従事者資格が不要であることも含まれる。

〔要件 3〕 について説明する。2010 年度から 2014 年度まで実施された文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（以下、Research Center for Urban Disaster Mitigation: UDM）にて、減災情報ネットワークに長距離無線 LAN システムの適用を検討した³⁾。その結果、72 時間の連続運用は可能であり、見通しのある 2km 程度の距離（工学院大学新宿キャンパス屋上～早稲田大学西早稲田キャンパスシルマンホール屋上）であれば、15Mbps 程度のスループットが安定してとれることが明らかになった。しかし、新宿～八

* : 工学院大学情報学部情報通信工学科

王子の長距離区間（約 30km）や、近距離でも西新宿の街区内地上においては、見通しがとれる箇所が限定されるとともに、街路樹や車・人の通行によりスループットが安定しない現象も観測された。

D-ZEV および D-ZEVmini が活動する範囲は、街区内の路上であることを考えると、不安定な伝送状況を前提とした通信システムを構築する必要がある。

3. D-ZEV の通信システムの実現案

3.1 D-ZEV～災害対策本部間

災害対策本部が工学院大学新宿キャンパスに置かれ、D-ZEV の移動範囲が新宿界隈である場合は、D-ZEV～災害対策本部間は、UDM の設備を転換し長距離無線 LAN を用いることが可能であると考えられる。

5.6GHz 帯は免許不要であり、比較的安定して利用できると考えられる。D-ZEV は可搬型のアンテナを持ちて利用の際に組み立てて使用することとする。

今後の課題としては、基地局を無指向アンテナで対応できるか検証し、もし難しければ指向性アンテナをモータで位置決めするなどの対処を検討する。

なお、音声による通信手段は UHF 帯を用いる MCA 無線により実現できるものと考えられる。

3.2 D-ZEV～D-ZEVmini 間および D-ZEVmini ～D-ZEVmini 間

災害時の通信手段としてモバイルホックネットワーク（MANET:Mobile Adhoc NETwork）の利用が提案されている。これは、複数の端末をネットワークのノードとして結び、相手までの経路（リンク）を構築し情報を伝達する方式である。これは、経路が作られているので、リアルタイムでの情報伝送が可能であるが、リンクが不安定であると、切断してしまう。

ノードに情報を蓄えながら通信を行うのが Stored and Forward 型通信である。必要な情報が途中のノードにあれば、単点まで経路を持つ必要がない。この技術を応用した方式が情報指向型ネットワーク（ICN : Information Centric Network）である。ICN は主に大容量コンテンツの伝送に用いられるが、センサデータの収集への応用も検討されている⁴⁾。また、1 対 1 でリンクを形成しながら、情報を蓄積し伝達する、DTN(Delay Tolerant Network)も提案されている。DTN は情報伝送時だけ経路を形成するため、品質が不安定でも適用できるが、情報が目的とする相手まで伝わるかどうかは保証されない。

我々は、MANET と DTN を切り替えながら通信を行う MANET-DTN 統合ネットワークを提案している

⁵⁾⁶⁾。 ZigBee のモジュールである XBEE を用いて、MANET-DTN 統合ネットワークのノードを実装し、MANET→DTN→MANET の切り替えを確認した。図 2 に実験概要を示す。サーバは固定されているが、サーバから円で示す直接通信できる範囲では MANET で通信する。ノードが円から外に移動するとノード間は DTN で通信する。さらに別の MANET ノードと通信できる場合は、MANET として通信する。

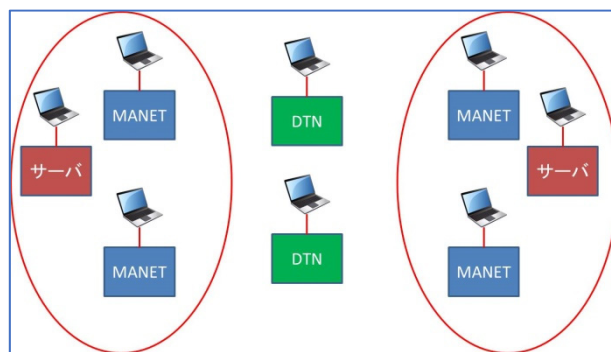


図 2 MANET-DTN 統合ネットワーク

MANET およびサーバからの電波強度により MANET, DTN を切り替えた通信が可能であることが確認できた。

今後は D-ZEV,D-ZEVmini への適用を検討する。

4. おわりに

D-ZEV,D-ZEVmini の通信システムと適用する基盤技術について検討した。今後は具体的なユースケースに沿って適用する方式を明らかにする。

謝辞

本研究の実験の一部は、JSPS 科研費基盤研究(C)26330116 の助成によって実施されました

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/>
- 2) 飯塚 航, 水野 修, “複合災害対策システムのためのユーザコンテキスト推定方式の実験的評価”, 信学技報, vol. 115, no. 368, NS2015-128, pp. 7-12, Mar., 2016.
- 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.
- 4) 改田高大, 小池将史, 水野 修, “情報指向型ネットワークを適用したセンサネットワークにおけるデータキャッシュ方式” 電子情報通信学会論文誌 B, J100-B/ 2, 48-58, Feb. 2017.
- 5) 池間優司, 水野 修, “統合ネットワークを用いた情報収集システムにおける DTN モード通信制御方式”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 114, pp13-18, Mar., 2015.
- 6) 松本卓也, 水野 修, “MANET-DTN 統合ネットワークの実装評価” 電子情報通信学会技術研究報告 vol. 116, no. 485, IN2016-138, pp. 245-250, Mar., 2017.

太陽熱集熱器モデルの整備

太陽熱集熱器、シミュレーションモデル、集熱特性

富樫 英介* 横山計二**

1. はじめに

本計画では「平時の快適性」と「被災時の活動可能性」の両者を担保した、自立・車両型建築（D-ZEV: Disaster-robust Zero Energy Vehicle-home）を開発する。自立性能を確保するための主要なエネルギー源は太陽エネルギーであり、太陽光発電および太陽熱集熱器が有力な候補である。D-ZEV の仕様を検討するためにはこれらを導入した場合の性能を精度よく予測する必要がある。そこで本年度は既往の研究を調査し、太陽熱集熱器の計算モデルの整備を行った。

2. モデルの開発

平板型集熱器の理論に関しては Beckman と Duffie による図書¹⁾および種村による解説²⁾が詳しく、本計画で開発するモデルもこれらを基礎とする。

1) 集熱器の構造

図 1 に平板型集熱器の一般的な断面構造を示す。日射熱を取得するために日射吸収率の高い素材の集熱板が敷かれ、集熱板の熱を熱媒体に移動させるために、適当なピッチで集熱媒体流管が設けられる。熱媒体は通常は水であるが、冬期の凍結を防ぐために不凍液を循環させる例もある。外部への熱損失を防ぐという目的のため、集熱板の裏側には断熱材が設置される。一方、表側は日射透過率の高い素材（透過ガラス）で覆うことで、日射熱取得を阻害せずに対流による熱損失を抑制する。

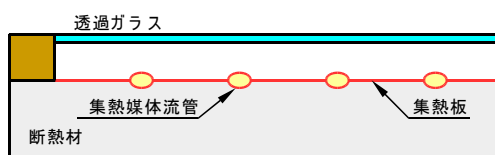


図 1 平板式集熱器の断面構造

2) 集熱量の基礎式

太陽熱集熱器のパネル面へ入射する熱は、その全てが熱媒体へ移動するのではなく、いくらかは外部へ漏洩する。パネル面が吸収する日射量を S_p [W/m²] とすると、熱媒体へ有効に伝達できる熱量 Q_u [W] は式(1)で表現できる。 T_p [°C] と T_a [°C] はパネルと外気の温度である。

$$Q_u = A_c (S_p - U_L (T_p - T_a)) \quad (1)$$

U_L [W/(m²·K)] は外界への熱損失係数であり、その具体的な導出方法が問題であるが、図 2 に示す熱回路網として捉えれば、式(2)で計算できる。

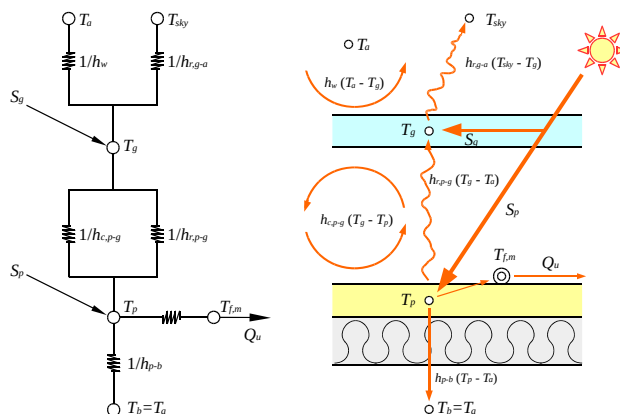


図 2 平板式集熱器の熱回路網表現

$$Q_u = A_c F_R \left(S_p + S_g \frac{U_{p-g}}{U_{p-g} + U_{g-a}} - U_L (T_{f,i} - T_a) \right) \quad (2)$$

集熱器熱除去因子 F_R は次の 2 つの温度分布の影響をモデルに表現するための係数である。1) 集熱板の熱伝導の制約により熱媒体の流れと直交する方向に生じる温度分布（熱媒体流管部分で温度は最低となり、管から離れるに連れて上昇する）。2) 熱取得による熱媒体が集熱器内で昇温し、流れと並行する方向に生じる温度分布（熱媒入口側で温度は最低となり、出口に向かうに連れて上昇する）。集熱器熱除去因子 F_R [-] はフィン効率を用いて式(3)で計算できる。

$$F_R = \frac{m_f c_p}{A_c U_L} \left[1 - e^{-(A_c U_L F' / m_f c_p)} \right] \quad (3)$$

F' [-] は円管と平板で構成される集熱器のフィン効率であり、式(4)で計算する。

$$F' = \frac{1/U_L}{W \left[\frac{1}{U_L [d_o + (W - d_o) F]} + \frac{1}{C_B} + \frac{1}{\pi d_i h_{f,i}} \right]} \quad (4)$$

d_i [m], d_o [m], W [m] はそれぞれ集熱媒体流管の内径、外径、設置間隔であり、図 3 に示す通りである。 C_B は流管とパネルの間の接着剤部分の熱通過率であるが、流管とパネルが一体化した伝熱性の高い製品に関しては本項を無視 ($1/C_B = 0$) しても大きな誤差は生まれない。 $h_{f,i}$ は熱媒体流管の内部の対流熱伝達率である。 F [-] は四角フィンのフィン効率であり、式(5)、式(6)で計算する。ここで k と δ はそれぞれパネルの熱

* : 工学院大学 建築学部 建築学科

* : 工学院大学 建築学部 まちづくり学科

伝導率 $[W/(m \cdot K)]$ と厚み $[m]$ である。

$$F = \frac{\tanh[m(W - d_i)/2]}{m(W - d_i)/2} \quad (5)$$

$$m = \sqrt{U_L/k\delta} \quad (6)$$

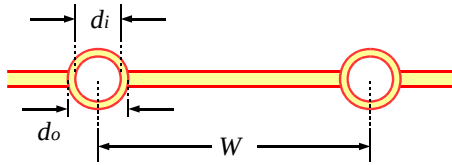


図3 集熱媒体流管と集熱板の構成

3) 係数の算出方法

基礎式内の各種の係数の具体的な算出方法を記す。

- ・ガラスの外側表面の対流熱伝達率 h_w

外界に面しているため、外部風速の影響により値が変わる。木村らによる実験式³⁾を式(7)に示す。 v は風速 $[m/s]$ である。

$$h_w = 4.7 + 7.6v \quad (7)$$

- ・ガラスの外側表面の放射熱伝達率 $h_{r,g-a}$

天空を完全黒体（放射定数=1.0）とし、放射温度を T_{sky} $[K]$ とすると式(8)で計算できる。ただし σ は黒体の放射定数で $5.67 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$ である。また、 ε_g $[-]$ はガラス面の長波長放射率である。近年の製品は、パネルからの熱損失量を低減することを目的に金属表面処理により放射率を下げている、0.05~0.2 程度の数値をとる。

$$h_{r,g-a} = 4\sigma\varepsilon_g \left(\frac{T_{sky} + T_g}{2} \right)^3 \quad (8)$$

- ・パネルとガラスの内側表面の放射熱伝達率 $h_{r,p-g}$

式(9)で計算する。ただし、 σ_{pg} は有効放射定数であり、パネルとガラスは平行平板であるとして式(10)で計算する。また、 ε_p はパネルの長波長放射率 $[-]$ であるが、素材にブラックステンレスやブラッククロームなどの選択吸収面を用いることで 0.1 程度に抑えている製品がある。

$$h_{r,p-g} = 4\sigma_{pg} \left(\frac{T_p + T_g}{2} \right)^3 \quad (9)$$

$$\sigma_{pg} = \frac{\sigma}{1/\varepsilon_p + 1/\varepsilon_g - 1} \quad (10)$$

- ・パネルとガラスの内側表面の対流熱伝達率 $h_{c,p-g}$

式(11)で計算する。ただし、 λ_a $[W/(m \cdot K)]$ は空気熱伝導率、 L_p $[m]$ は空気層の厚みである。 Nu はヌセルト数であるが、CSD により自然対流を抑制し $Nu=1.0$ として運用可能な製品がある。

$$h_{c,p-g} = (\lambda_a/L_p)Nu \quad (11)$$

- ・パネルから集熱器背面への熱通過率 h_{p-b}

断熱材の厚みを l $[m]$ 、熱伝導率を λ_i $[W/(m \cdot K)]$ として式(12)で計算する。

$$h_{p-b} = \lambda_i/l \quad (12)$$

- ・熱媒体流管の内部の対流熱伝達率 hf_i

管内流速と無次元数を用いて導出する。

- ・ガラス面日射吸収 S_g とパネル面日射吸収 S_p

ガラス面に入射した日射エネルギーは反射と透過を繰り返して一部は外界に逃げ、一部はガラスに吸収され、一部はパネル面に吸収される。無限回の反射と吸収を繰り返した結果、ガラス面に吸収される日射量とパネル面に吸収される日射量は式(13)~(16)で計算できる。ここで $\alpha_{T,g}$ と $\alpha_{T,p}$ は総合吸収率 $[-]$ 、 τ_g は日射透過率 $[-]$ 、 α_g と α_p は日射吸収率 $[-]$ 、 ρ_g と ρ_p は日射反射率 $[-]$ である。添字の g と p はそれぞれガラスとパネルを表している。

$$S_g = I_{DN} \cdot \alpha_{T,g} \quad (13)$$

$$S_p = I_{DN} \cdot \alpha_{T,p} \quad (14)$$

$$\alpha_{T,g} = \alpha_g + \tau_g \rho_p \alpha_g + \tau_g \rho_g \rho_p^2 \alpha_g + \dots = \alpha_g \left(1 + \frac{\tau_g \rho_p}{1 - \rho_g \rho_p} \right) \quad (15)$$

$$\alpha_{T,p} = \tau_g \alpha_p + \tau_g \rho_g \rho_p \alpha_p + \tau_g \rho_g^2 \rho_p^2 \alpha_p + \dots = \frac{\tau_g \alpha_p}{1 - \rho_g \rho_p} \quad (16)$$

4) 解法

以上の基礎式を統合し、集熱器の集熱量を計算するフローを図4に示す。パネルおよび硝子の温度を未知数として収束計算を行う。

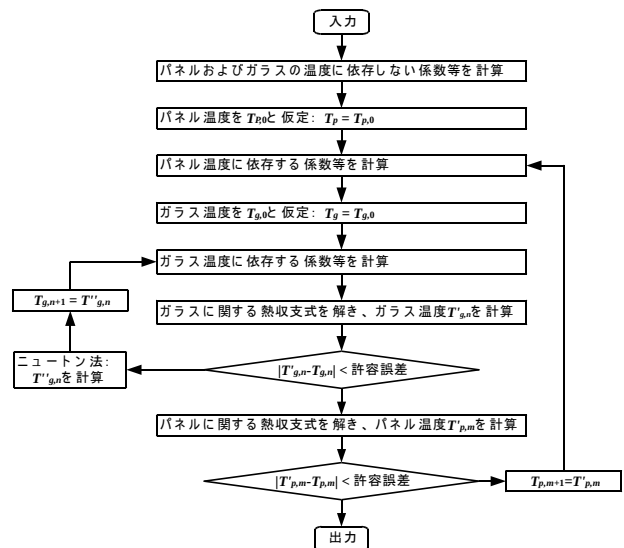


図4 集熱器の計算フロー

3. おわりに

太陽熱集熱器のモデルを整備した。次年度は本モデルも活用しつつ、導入する集熱器の仕様を固める。

参考文献

- 1) John A. Duffie, William A. Beckman : Solar Engineering of Thermal Processes, 1950
- 2) 種村栄 : 平板形太陽熱集熱器の高性能化の理論的背景と現状, 空気調和・衛生工学 57(1), 1983, pp.9-17
- 3) 伊藤直明, 佐藤鑑, 岡樹生 : 自然風下における建築物外壁面の対流熱伝達について(II), 日本建築学会大会学術講演梗概集. 計画系 43, 1968, pp.239-240

自立移動式ゼロエネルギーユニットにおける電源供給システムの研究

キーワード：太陽光発電、蓄電池、自立移動式、電力供給

野呂 康宏*

1. はじめに

避難所は地震などの災害時において情報発信や避難生活の拠点となる重要な施設である。本事業のテーマ 3 では、災害時に避難所等の地域防災拠点に対し、情報通信面、必要最小限のエネルギー供給面、医療・救護面のサポートを行う、自立移動式ゼロエネルギーユニット（D-ZEV：Disaster-robust Zero Energy Vehicle）を開発する計画である。本研究は、D-ZEV において自立的に電力を供給するシステムに関するものである。

2. 研究計画

2.1 研究の目的

本研究の目的は、D-ZEV の開発において、移動可能という制約条件下で自然エネルギーを有効活用し電力エネルギーを供給するシステムを開発し、防災イベント・地域防災訓練における有効性の検証を含めて、成果をまとめて公開することである。

2.2 対象の構成・運用

図 1 に、本研究の対象とする電源供給システムのイメージを示す。大災害時に防災拠点等へ移動して利用することを想定しており、商用系統は停電して利用できない前提で自立的に電力供給可能なシステムを構築する。過去の大震災時の状況では、停電から復旧に 1 週間程度要しているケースもあること、および交通事情等により燃料の供給も期待できないことより、燃料供給の不要な太陽光（PV）パネルによる発電を主なエネルギー源とする。当然ながら太陽光発電のみでは夜間や雨天時に発電できないため、蓄電池を利用し、発電余力がある時間帯に蓄電池に充電しておき、発電できない時間帯は蓄電池から D-ZEV 内の負荷へインバータ経由で電力供給するものとする。

また、これらの設備は、D-ZEV 内に積載可能なサイズ・重量とし、災害が発生したのちに避難所などの防災拠点に移動し、PV パネルなどを短時間で設置できるように考慮する。

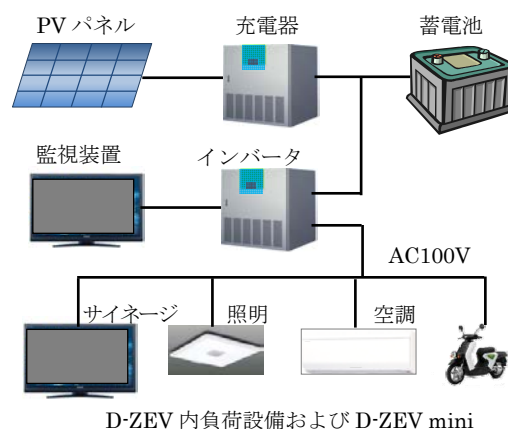


図 1 D-ZEV における電力供給システム

2.3 研究の実施計画

D-ZEV 本体、D-ZEV mini、仮設の医療・救護スペースに自立的に電力を供給するシステムに関して以下の検討を行う。

- 1) H28 年度 外部からのエネルギー供給に頼らず自立的に電力エネルギーを供給することが可能な太陽光発電システムと蓄電池システムに関して、D-ZEV に搭載して運搬可能であるという制約条件の下、仕様を検討する。
- 2) H29 年度 想定される負荷条件も考慮しながら、太陽光発電、蓄電池などのシステム仕様を決定する。さらに D-ZEV に組み込み試作し、PV 発電量や負荷の消費電力測定を行い、要求性能の検証を行う。並行して、システムの運用状況を監視し、PV の発電状況や蓄電池の残量など考慮して、利用可能な電力のガイドを表示するシステムの立案を行う。
- 3) H30 年度 試作した D-ZEV および D-ZEV mini を代表的運転モードで稼働させ、電力に関する運転データを収集分析し、目標レベルの検証を行う。また、監視システムのプロトタイプを製作し、上記稼働にあわせて評価を行う。
- 4) H31 年度 前年度までの検討で得られた成果・課題を反映して改良可能な部分は改良し、完成度を高める。地域防災訓練等にも参画し、現場での活用実験を行い、データ収集・分析を進める。

* 工学院大学 工学部電気システム工学科

5) H32 年度 D-ZEV を完成させ、公開する。その際、当初の電力供給設備の仕様で過不足があれば、その条件も明確にする。

2.4 期待される研究成果

1) 3 年時の中間成果 自立移動式ゼロエネルギーユニットに太陽光発電や蓄電池などのシステムを組み込み試作し、代表的運転モードで稼働させ、運転データを収集分析して性能検証を行う。監視システムのプロトタイプを製作し評価する。

2) 5 年時の最終成果 現地での実証実験も経て改良を行い D-ZEV を完成させ、公開する。

3. 今年度の成果

3.1 実施内容

報告者らはこれまで、災害時に自立的に電力エネルギーを供給可能なシステムとして下記三つの観点から検討を進めている。

- ① 家庭（オール電化住宅）を対象としたシステム¹⁾
- ② 避難所（小学校などを想定）²⁾
- ③ 市単位（23 区外の市部を想定）

これらは、いずれも大災害により商用系統が停電した場合を想定しており、PV を活用する点も含めて本研究とも共通するが、移動式でなく固定の設備である点が、異なっている。以下に結果の概要を示す。

①家庭向けでは、既にメーカーより家庭用蓄電システムも販売されているが、これらは、「こういうシステムの仕様なので使い方はその範囲でユーザが決めてください」という位置付けである。本研究では、消費電力の大きなオール電化住宅を対象とし、経済性は考慮しつつも生活の質を極力低下させずに連続して電力を供給可能なシステム構成と、消費電力の予測や PV の発電予測、蓄電池の充電残量を考慮しつつ消費電力の使用量を制限するアルゴリズムを提案している。

②避難所では、小中学校を対象に避難スペースとなる体育館や救護スペースとなる保健室、乳幼児やお年寄りの避難スペースとして一部の教室を利用することを想定し、消費電力の推定を行い、これに自立的に電力供給が可能なシステムを検討した。シミュレーション結果より必要な設備容量は PV で 86[kW]、蓄電池で 541[kWh]となった。設置可能な容量であるが設備コストがかなり高くなることより、負荷制限などを検討して設備容量を削減する対策について検討中である。

③市単位では、直下型地震の確率が高いとされる国立市を対象に、震災直後に市部全域に自立的に電力供給可能なシステムを検討した。しかし、必要とする PV パネルを設置するだけのスペースは十分確保できず、ガスなどの燃料系の発電装置も必要との結論となった。さらに、燃料を保管するための設備のスペース確保も困難と思われる。多くの都市部は同様の結論になると予想される。

一方、自立移動式ゼロエネルギーユニットに関しては、負荷設備を概算し、これに自立的に電力供給可能な設備の仕様を検討中である。負荷設備の詳細、搭載する車両の条件と相互に調整が必要であるため、仮であるが、以下に示すとおり二種類検討中である。

1) 移動型

車両が移動中は社内に格納し、避難所など現場で広場などに PV パネルを仮設して発電する。設置が容易で軽量、省スペースであることが要件である。

- ・ PV 発電容量：4～5 kW
- ・ 蓄電池容量：20 kWh 程度
- ・ インバータ出力：AC 100 V、3 kW 程度

2) 車両固定型

フレキシブルモジュール等を利用して車両の屋根に搭載し、D-ZEV 内の照明などに利用する。

- ・ PV 容量：200～600W
- ・ インバータ出力：AC 100 V、200～500 W

3.2 導入設備

本年度は以下の設備を購入した。この設備は次年度以降に太陽光発電の発電量の計測や負荷の消費電力の計測に活用する予定である。

- ・ 品名、型式：メモリハイコーダー式、MR8880
- ・ メーカー：日置電機
- ・ 費用：250 千円

4. おわりに

これまでの研究の知見を活用して D-ZEV に自立的に電力を供給するシステムの仕様の検討を進めた。来年度は詳細仕様を確定し、D-ZEV 本体とともに試作を行う計画である。

参考文献

- 1) 梅田拓磨、野呂康宏：災害時における独立型 PV の供給電力量分析（その 2）、電気学会 H28 電力・エネルギー部門大会、論文番号 P54、2016
- 2) 梅田拓磨、野呂康宏：大災害時の避難所における独立型電力供給システムの検討（その 1）、電気学会 H29 全国大会、講演番号 6-284、2017