

西濃地域 県防災拠点における再生可能エネルギー 実証試験			
調査 主体	岐阜県		
対象 地域	岐阜県 揖斐郡 揖斐川町	対象となる 基盤整備分野	道路

1. 実証試験の背景と目的

岐阜県では、県が整備した道の駅のうち5箇所が地域防災計画の防災拠点として位置づけられている。その中の一つである道の駅「星のふる里ふじはし」(図1)において再生可能エネルギー(太陽光発電設備)とエネルギー技術(蓄電池、燃料電池等)を導入し、大規模災害等電力インフラの途絶時に情報提供機能・トイレ等の避難所機能を維持するために必要な電力の確保について実証を行い、道の駅の防災機能強化を実現する。

本実証試験から岐阜県西濃地域において、大規模災害等により孤立し、電力供給が完全に遮断された際にも、孤立解消までの必要な機能を自立的に維持して対応できることを目指す。



図1 道の駅「星のふる里ふじはし」(情報交流館・公衆トイレ)

2. 道の駅への導入設備の概要

(1) システム設計のコンセプト

本事業では防災機能を強化するため、以下の機能を有するように設計した。

災害時にも确实システムが動作するように、震度6強の地震に耐えられる耐震性、周辺地域が断水しても稼働する耐断水性、寒冷地でも安定して稼働する耐寒性を確保する。

避難者(大人100人を想定)が避難生活を送るために必要となる情報通信機器や炊き出し用機器などを使用できる電力を確保する。

災害の混乱時にも安心して使えるように、停電時には無瞬断でシステムが自動的に切り替わる。

停電時に限られた電力を有効に活用できるように、災害時に優先順位が低いエアコンや既設のコンセントなどへの給電がないシステム構成とする。

平常時には防災用の電池残量を残しつつ施設の省エネルギー化と電力のピークカットを行い、災害時以外にも省エネとCO₂削減、エネルギーの地産地消を実現する。

(2) 導入設備

本実証では道の駅の防災機能を強化するため以下の設備を導入した。(図2参照)

(今回導入した設備はすべて道路設備であり、工事は道路承認工事として実施)

太陽光発電装置(発電量5kW:太陽光により発電を行う。)

燃料電池(発電量0.7kW:26日間の連続運転が可能な静穏性の優れた自家発電機。燃料のLPガスは50kgボンベ2本で30日分の燃料に相当する。また、発電時の熱でお湯が作れるため、災害時は飲用はできないものの湯たんぽ等に使用する温水の提供も可能。)

リチウムイオン電池(容量32kWh:太陽光で発電した電力の蓄電や、停電時の放電など使用電力の蓄積と平準化を可能にする。)

グリッド管理装置(出力20kVA:電力の入出力や停電時のシステム切り替えなどを自動的に行う。)

非常用コンセント(屋内に100V3口、屋外に200V1口と100V4口設置)



図2 道の駅への導入設備概要

(3) システム概要

前項で示した設備を導入し、図3に示すエネルギーフローにより道の駅の施設である情報交流館及び公衆トイレの照明やコンセントと防災対応として新たに設置した非常用コンセントに電力供給を行う。今回のシステムの特長は災害等で道の駅が停電した際でも情報交流館や公衆トイレの照明やコンセントが停電することなく電力供給可能なシステムである。

本システムの動作概要は表1に示したように、通常時の昼間は再生可能エネルギーと蓄電池の発電/蓄電エネルギーを最大限に利用し、電力会社からの買電量を最小化するような動きを行いながら電力供給を行う。一方、夜間は商用電源でリチウムイオン電池へ充電を行いながら電力供給を行う。このように動作をすることで、通常時は太陽光発電設備や燃料電池の発電により、既存設備のエネルギー消費量の削減を行うことが可能となる。

また、災害等の停電時には太陽光発電設備と燃料電池、リチウムイオン電池による電力供給によりテレビ・パソコン・携帯電話・防災無線などの情報通信機能の確保が出来ることや、非常用コンセントを利用した炊き出しができるため、道の駅を災害時の防災拠点として活用が可能となる。また、グリッド管理装置が無停電電源装置の役割も果たし、夜間の災害発生時も照明が切れることが無く道の駅来訪者のパニック等を防ぐことが出来るので、道の駅の安全性を保つことが可能である。

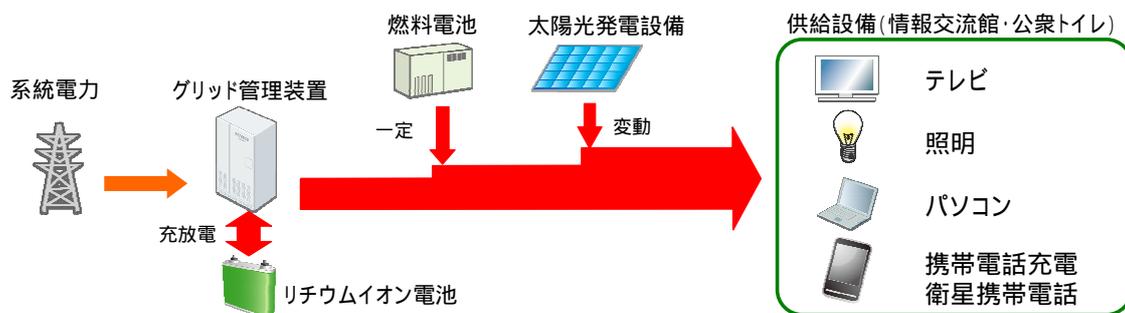


図3 エネルギーフロー

	昼間	夜間
通常時	<p>発電/蓄電エネルギーを最大限に利用し、買電量を最小化 ・太陽光発電: 日射量に応じて発電 ・燃料電池: 一定発電 ・Liイオン電池: 放電</p>	<p>商用電源(夜間電力)でLiイオン電池を充電 ・太陽光発電: 停止 ・燃料電池: 一定発電 ・Liイオン電池: 商用電源で充電</p>
停電時	<p>発電エネルギーの一部でLiイオン電池を充電 ・太陽光発電: 日射量に応じて発電 ・燃料電池: 一定発電 ・Liイオン電池: 発電エネルギーで充電</p> <p>設備制限</p>	<p>発電/蓄電エネルギーを利用 ・太陽光発電: 停止 ・燃料電池: 一定発電 ・Liイオン電池: 放電</p> <p>設備制限</p>

表1 システム動作概要

3 . 実証試験概要

(1) 実証試験の内容

実証試験は導入したシステムを用いて通常時と非常時の運用試験を行う。

・ 通常時

非常時の蓄電池放電量(10kWh)を確保したままで、導入した再生可能エネルギーと燃料電池の活用により、商用系統電源からの購入量を最小化する蓄電池および燃料電池の使用条件を検証し、道の駅の年間のエネルギー削減量および年間の想定電気料金の削減量を検証する。

・ 非常時

災害時の防災拠点として機能するために必要となるエネルギー量の把握及び防災対応で使用できる機器について検証を行う。また、商用系統電源を遮断した場合に、燃料電池と蓄電池のみで何時間供給可能か実証試験を行うとともに供給設備を削減することにより供給時間がどのくらい延長されるかをシミュレーションにより検証を行う。

(2) 実証試験結果

前項で示した実証試験について下記に示す。

・ 通常時

太陽光および燃料電池発電によるエネルギー削減量の検証

導入した太陽光発電設備と燃料電池の発電とリチウムイオン電池の放電を行い、運転パターン別に通常利用時の効率的な運用によりエネルギーの削減効果の検証を行った。

運転パターン A

系統電力を一定電力で受電 (0 : 00 ~ 24 : 00 1.5kW 程度)

蓄電池の充電は一日 1 回 (22 : 00 から充電開始)

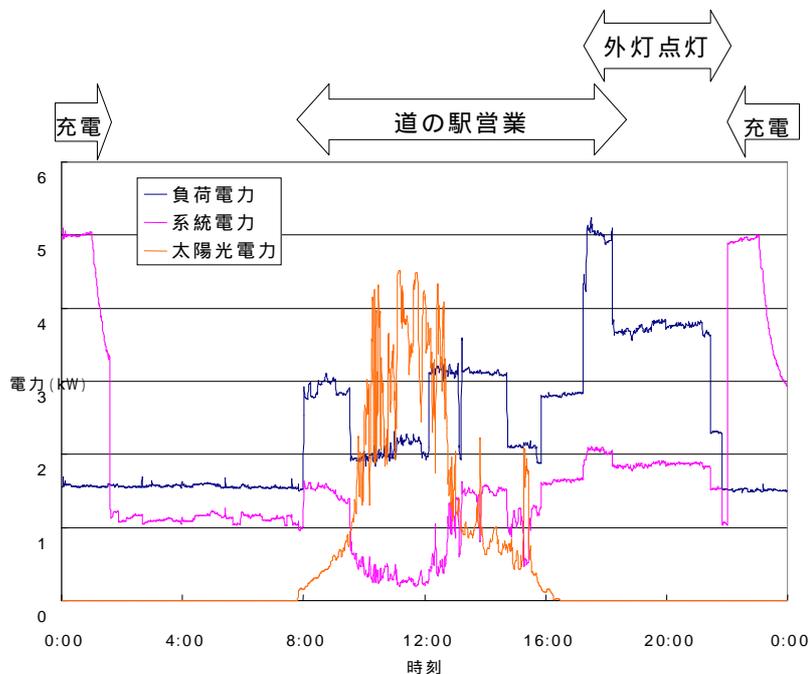


図 4 パターン A 晴れの日 日負荷曲線 (1月23日)

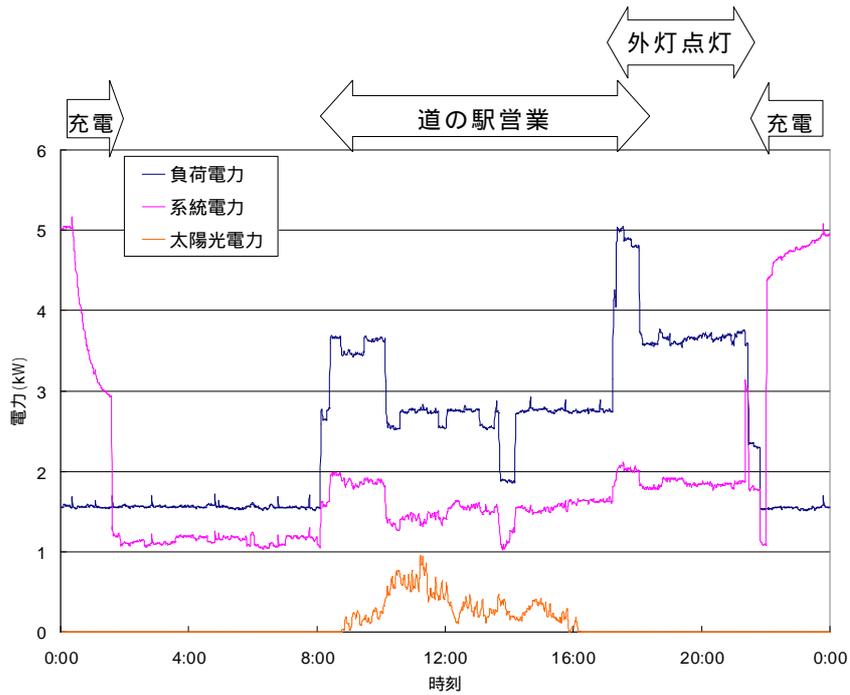


図 5 パターン A 曇りの日 日負荷曲線 (1月22日)

運転パターン B

系統電力を一定時間無しで運用 (9:00~22:00)

9:00~22:00 は PV、FC、蓄電池から供給する。

蓄電池の容量が少なくなった場合は、系統電力から供給 (A)

蓄電池の充電は一日 1 回 (1:00 から充電開始)

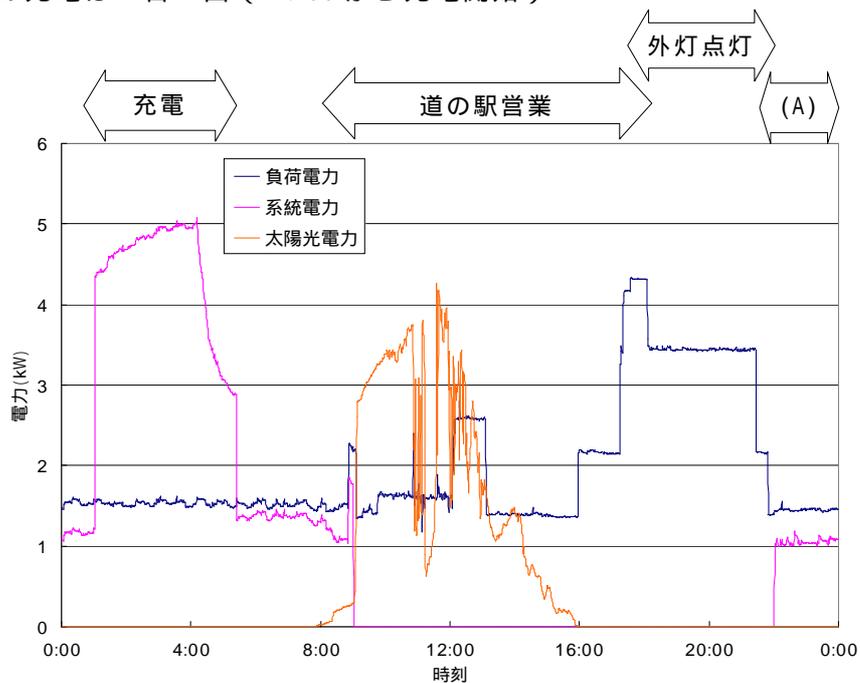


図 6 パターン B 晴れの日 日負荷曲線 (2月1日)

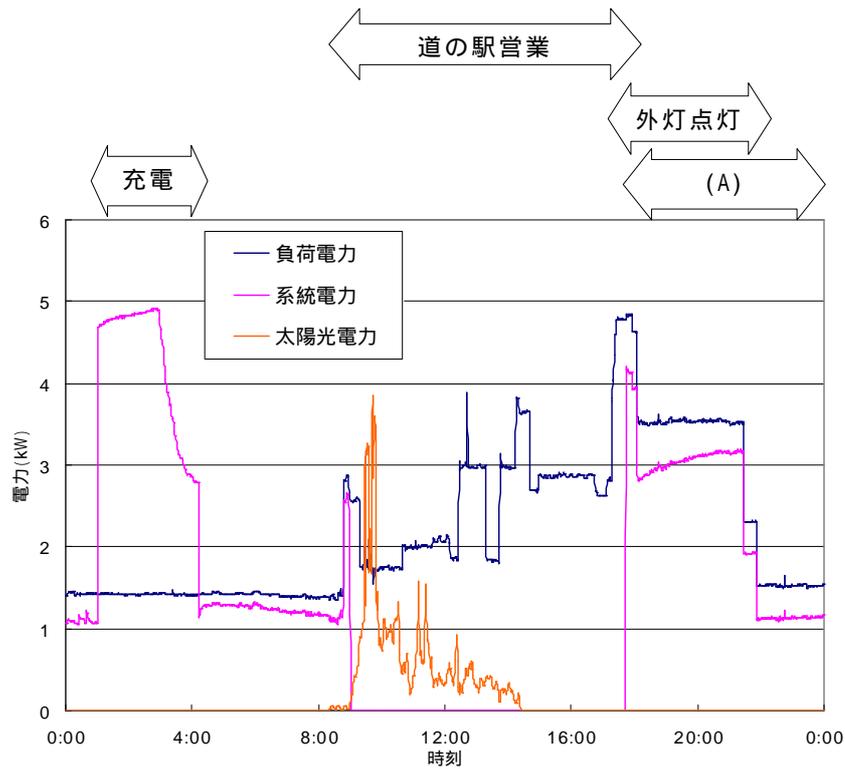


図7 パターンB 曇りの日 日負荷曲線(3月13日)

各パターンの比較表を下記に示す。蓄電池放電をより多くするパターンBで運用した方がエネルギー削減量が多いことがわかる。このように商用系統電源からの購入量を最小化する使用条件はパターンBのような運用(系統電力を一定時間なしで運用)の方が良いことがわかった。

表2 パターンA 晴れと曇りの比較表

		晴れ(1月23日)	曇り(1月22日)
一日系統購入電力量		41.58kWh	46.21kWh
一日PV発電電力量		13.29kWh	2.40kWh
一日FC発電電力量		16.28kWh	15.73kWh
一日負荷電力量		57.56kWh	59.07kWh
系統/負荷比率		72%	78%
蓄電池充電電力量	全体	17.68kWh	12.44kWh
	系統	12.93kWh	12.44kWh
	PV	4.75kWh	0.00kWh
蓄電池放電電力量		7.18kWh	9.05kWh
PV・FC蓄電池放電による経済性 業務用ウィークエンドプランCで算出 (その他季 平日 9.91円/kWh)		削減量 15.98kWh 158円	削減量 12.86kWh 127円

表 3 パターン B 晴れと曇りの比較表

		晴れ(2月1日)	曇り(3月13日)
一日系統購入電力量		27.48kWh	35.92kWh
一日 PV 発電電力量		13.55kWh	3.68kWh
一日 FC 発電電力量		16.13kWh	16.66kWh
一日負荷電力量		47.18kWh	53.44kWh
系統/負荷比率		58%	67%
蓄電池充電電力量	全体	22.74kWh	12.90kWh
	系統	15.74kWh	12.31kWh
	PV	7.00kWh	0.59kWh
蓄電池放電電力量		15.51kWh	13.41kWh
PV・FC 蓄電池放電による経済性 業務用ウィークエンドプラン C で算出 (その他季 平日 9.91 円/kWh)		削減量 19.70kWh 195 円	削減量 17.52kWh 173 円

・非常時

非常時の使用可能機器の検証

停電を模擬した際に、使用可能機器の検証(数量、種類)を行なった。

検証機器：照明、コンセント負荷(テレビ、携帯電話充電、パソコン)

結果：コンセント負荷(携帯電話充電、パソコン)は問題なく動作することを確認。

非常時の使用可能機器の稼働時間の検証

非常時の停電による道の駅が孤立した場合を想定して燃料電池の発電と蓄電池の放電で系統電力無しで何時間自立可能かの試験結果を図 8 に示す。今回の試験では大雨等悪天候により太陽光発電ができない状況を想定して、太陽光発電設備を停止した状態で試験を行い、道の駅のその他施設の営業や安全上を考慮して、外灯や公衆トイレの照明の電力はそのまま実験を行った結果、約 13 時間程度自立運転が可能であった。

今回は非常時試験であるので、蓄電池残容量が 30%で停止するモードで運転している。(10kWh の残量を確保するため) 実際の停電時は蓄電池残容量が無くなるまで運用可能である。

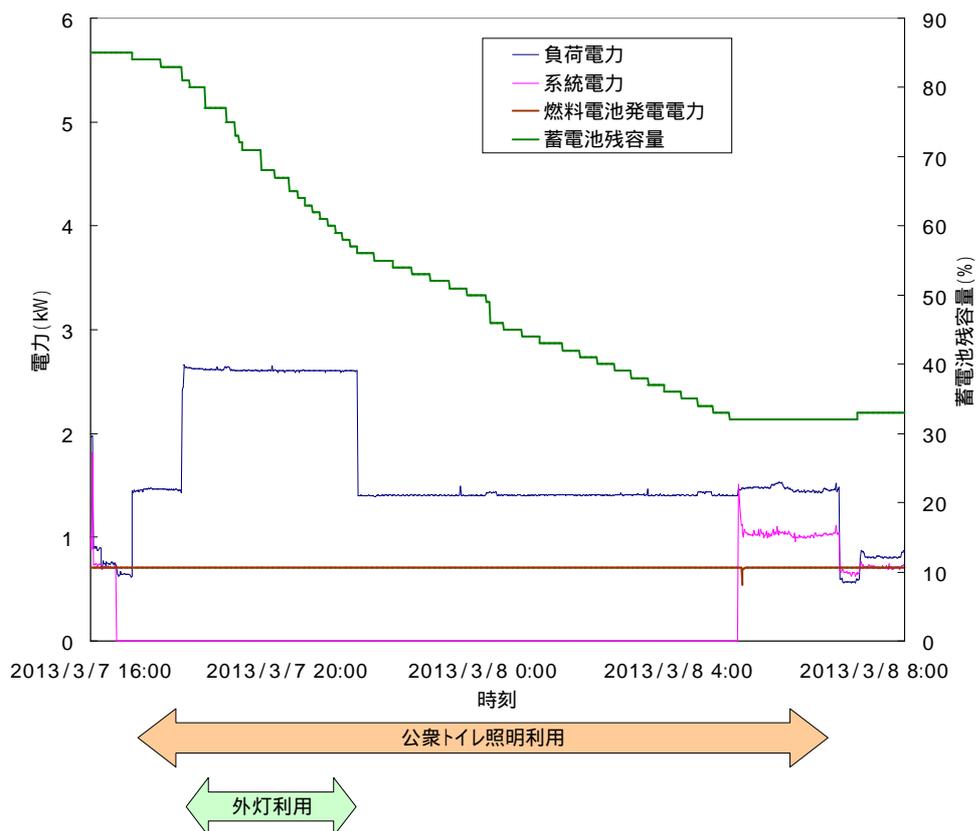


図 8 非常時試験結果

実際の非常時を想定して供給設備を最低限に落とした場合のシミュレーション結果を図 9 に示す。(最低限の負荷電力とは夜間の外灯利用(2灯程度)と公衆トイレ照明(普段時より 50%削減)とベース電源分である。)この結果によると、最低限の負荷電力の場合は 2 昼夜でも自立可能であり、災害等により道の駅への道が通行止めとなり孤立した場合でも対応が可能であると言える。

上記の試験結果を踏まえて道の駅を防災拠点としての運用方法を考えた場合、太陽光発電が期待できない悪天候時はテレビ、パソコン等の電気機器の連続使用を控える必要がある。

一方で、天気が良く太陽光発電設備の発電が見込めるときは、テレビやパソコンの情報機器や扇風機、ハロゲンヒーターの冷暖房機器等のその他の電気機器も十分利用可能である。また、外部との情報通信手段となる防災無線や衛星携帯電話は機器内部の蓄電池により動作するので災害時も利用可能であり、充電が必要になった場合も充電に必要な電力は 5W ~ 15W と非常に少ないため、停電時も制限無く使用出来る。

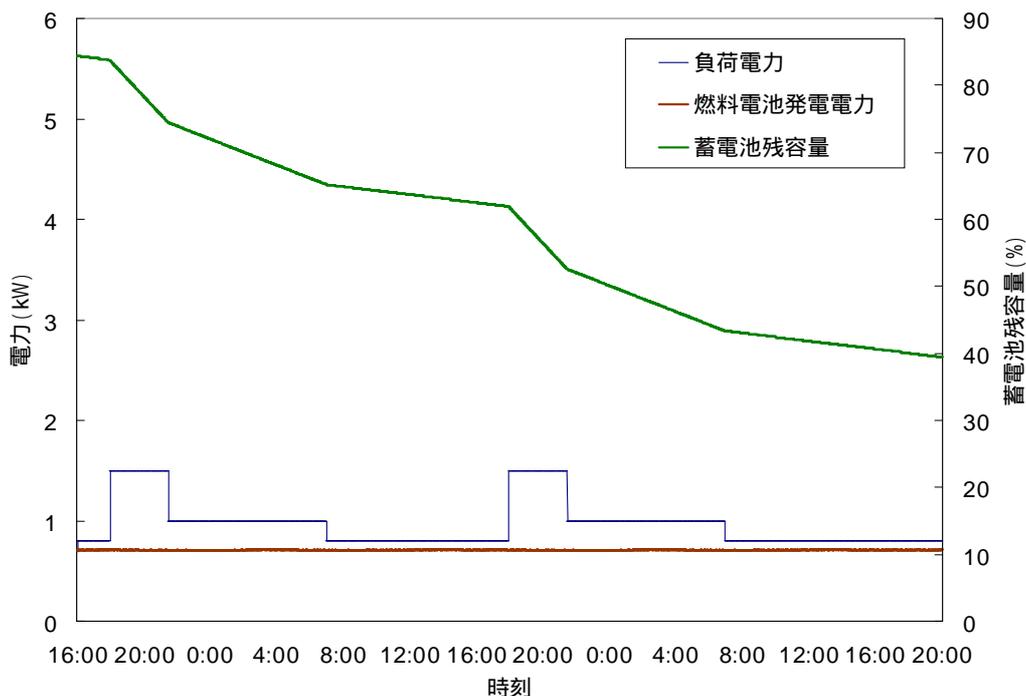


図9 シミュレーションによる非常時試験結果

以上の検証結果により、非常時に本道の駅を防災拠点として活用した場合、防災無線や衛星携帯電話等の外部との情報通信手段は問題無く使用可能であり、太陽光発電が見込める昼間帯においてはテレビやパソコンの情報機器や扇風機、ハロゲンヒーターの冷暖房機器等のその他の電気機器も利用可能である。一方、夜間や悪天候時は照明等の最低限の使用電力にとどめることで、長期間の停電に対応するために蓄電池の容量を確保する必要がある。今回導入したシステムにより、本道の駅は避難者に対して電気機器の多少の使用制限がかかるものの避難所としての環境は十分確保出来ていると言える。

4. 基盤整備による効果

(1) 基盤整備の整備効果について

今回導入した設備を年間を通して運用した場合の想定されるエネルギー削減量は以下の通りである。

太陽光発電設備:4,051kWh

(実証試験中の実測値と平均日射量のシミュレーションから算出)

燃料電池:5,076kWh(実証試験中の実測値の平均から算出)

以上より、年間の削減電力量は9,127kWhとなる。

想定される電気代の削減は $9.91 \text{ 円/kWh} \times 9,127\text{kWh} = \underline{90,448 \text{ 円}}$

また、昼間の需用電力ピーク時間帯に蓄電池放電と燃料電池の発電により、ピークカットを行うことで、契約電力削減による電気の基本料金が削減可能である。

燃料電池と蓄電池放電によるピークカット電力:3kW

想定される契約電力削減による効果は、

$1,843.0 \text{ 円} \times 3\text{kW} = 5,529 \text{ 円/月}$

$$5,529 \times 12 = \underline{66,348 \text{ 円}}$$

一方、今回導入した燃料電池は LP ガスによる運転であるので、燃料電池を使用することでガス使用量が増加する。ガス使用によるコストは以下の通りである。

年間ガス使用量：502.5m³

基本料金：1600 円/月

$$502.5 \text{ m}^3 \times 360 \text{ 円/m}^3 = 180,900 \text{ 円}$$

$$180,900 \text{ 円} + 1600 \text{ 円/月} \times 12 = \underline{200,100 \text{ 円}}$$

エネルギー削減による CO₂ 削減量は下記となる。

$$\text{電力量削減による CO}_2 \text{ 削減量} : 9,127\text{kWh} \times 0.502\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = 4581.8\text{kg-CO}_2$$

$$\text{ガス使用量増加による CO}_2 \text{ 増加量} : 502.5\text{m}^3 \times 6.6\text{kg-CO}_2/\text{m}^3 = 3316.5\text{kg-CO}_2$$

$$\text{トータル CO}_2 \text{ 削減量} : 4581.8 - 3316.6 = \underline{1265.3 \text{ kg-CO}_2}$$

CO₂ 排出係数は、電力は H23 年度環境省から公表されている中国電力の値、ガスは日本 LP ガス協会の値を使用

(2) 基盤整備による民間の活動の活性化効果について

来場者の増加

道の駅へ再生可能エネルギー等の防災目的での導入を全国に先立って実施し防災性強化を実現したことで、道の駅知名度が向上し、全国から視察者の来訪が予想される。また、安全安心な避難施設としての広報が進むことにより、地域住民の認知度の増加によって道の駅への訪問客の増加が見込まれ、経済の活性化が期待できる。

設備投資の増加

本道の駅をモデルとして他の道の駅（道路施設または地域振興施設）や、民間の拠点に対しても次世代エネルギーの導入が見込まれ、次世代エネルギー設備への投資増加と防災拠点化が進むと考えられる。平成 25 年 3 月末時点で全国に 1005 箇所ある道の駅の内、仮に 3% の道の駅に当システムの導入が行われた場合、約 22 億 6 千万円の経済波及効果が見込まれる。

地元への再生可能エネルギー導入効果

今回のシステム導入工事ではこれまで太陽光パネルや燃料電池の設置経験がなかった地元工務店も参加してノウハウの蓄積を行った。今後は新たに工事のノウハウを身につけた工事関係者等により、地元住宅への太陽光パネルや燃料電池設置工事が増加するなど、関連産業の成長が期待される。

5. 今後の課題

災害時はライフライン寸断等による避難所での生活環境の確保が課題であり、避難所での生活環境を充実するためにはエネルギーの確保が必要となる。ライフラインが寸断している状況では、避難所でエネルギーを作るもしくは貯めておく必要があり本実証では再生可能エネルギーや燃料電池、蓄電池を導入して、他地域と連携が取れない孤立した状況でもエネルギーの地産地消により避難所での生活環境を確保することが可能であることが実証でき、非常時のエネルギーの地産地消は有効であると確認することが出来た。

本実証を通じて道の駅の防災機能の強化を実現したが、非常時においては限られたエネルギーを有効活用する必要があり、使用可能な機器の種類と時間の自由度を高めるためには本システムの導入と併せて、施設の省エネが非常に重要である。今回の事業では関係各所と議

論を行って災害時に必要となる機器をあらかじめ選定し、エアコンなど災害時に使用を控えるべき機器への給電は停電時に自動的に停止するなど、防災用の省エネ対策も自動化している。もし単に建物全体を対象にこのシステムを導入した場合、停電時には事前に付けていたエアコンが貴重な電力を浪費してしまうことになる。災害発生時は混乱するため、人の手による対策はなるべく省略し、電力の給電だけでなく省エネも自動化することでシステムの有効性が高まる。今後は、災害時を意識して停電時にも使えるコンセントに接続する機器の選別や節電対策を継続して行うことが課題となる。

再生可能エネルギーや燃料電池、蓄電池の導入容量を増やすことで、使用可能電力は増加するが消費電力が大きいままでは使用時間が限られてしまうため、防災機能の強化は限定的になってしまう。今後、再生可能エネルギー等を防災拠点へ導入し災害時最低限の機能を維持することが可能な防災拠点を増やす際には、使用電力の削減や使用機器の制限といった省エネも併せて行うことが防災機能を強化する上で重要である。