

# 低炭素社会実現に向けた蓄電、蓄熱システムの開発\*

## Development of Electricity and Thermal Storage System to Realize Low-Carbon Society

土屋 静男

Shizuo TSUCHIYA

The whole world is working on reducing GHG (e.g. CO<sub>2</sub>) as a counter-measure against global warming. The UN Climate Change Conference recently held in Paris agreed to limit the rise in global temperatures to under 2 °C. Japan's INDC towards post-2020 GHG emission reductions is targeting 26.0% reduction by fiscal year (FY) 2030 compared to FY 2013. Against this background, we participated in the Toyota City Next-Generation Energy and Social System Demonstration Project funded by METI. We conducted some system verification experiments for realizing a low-carbon society which encompasses residential, transportation, business, and other sectors. Our initiative in the residential sector is to establish the technique of HEMS using a battery, V2H and Eco-cute system to enable reducing the amount of CO<sub>2</sub> emission by about half. We hereby report the outline, results and findings obtained in this demonstration project as well as some considerations for the promotion of "The ZEH."

Key words :

*Vehicle to Home, HEMS with Battery, The ZEH, Inverse Load Flow, Eco-cute*

### 1. まえがき

国レベルにおいて「低炭素社会づくりの鍵を握る自然エネルギーの大量導入や民生・運輸部門の省エネ・CO<sub>2</sub>削減」と「成長戦略」との両立を目的に、10年度より「次世代エネルギー・社会システム実証事業」が、横浜、豊田、けいはんな、北九州の4地域で開始された。豊田市では生活者の行動動線に沿って家庭内・移動（通勤・通学・外出）・移動先それぞれの行動シーン毎にエネルギー利用の最適化が図られ、それらを統合した結果、生活圏全体でエネルギーの最適利用が達成されている「次世代地方都市型低炭素社会構築」を目指す実証事業を進めてきた。本文では、このうち家庭部門

テーマの一つである「蓄電池付き HEMS、V2H システムの開発」について、導入機器、システム構成、制御手法及び実証結果と得られた知見を紹介し、将来のネットゼロエネルギーハウス（以下 ZEH と略）普及に向けた課題を提言する。

### 2. 豊田市実証事業

#### 2.1 事業概要

大きく4つにモジュール分けし推進してきた全体像を Fig. 1 に示す。このような仕組み作りにより、生活者は自らの低炭素行動に対する各種インセンティブを享受しながら、生活に身近な端末を介した「見える化」・

\*（一社）日本動力協会の了解を得て、「エネルギーと動力・2016 春季号」No.9 より一部加筆して転載

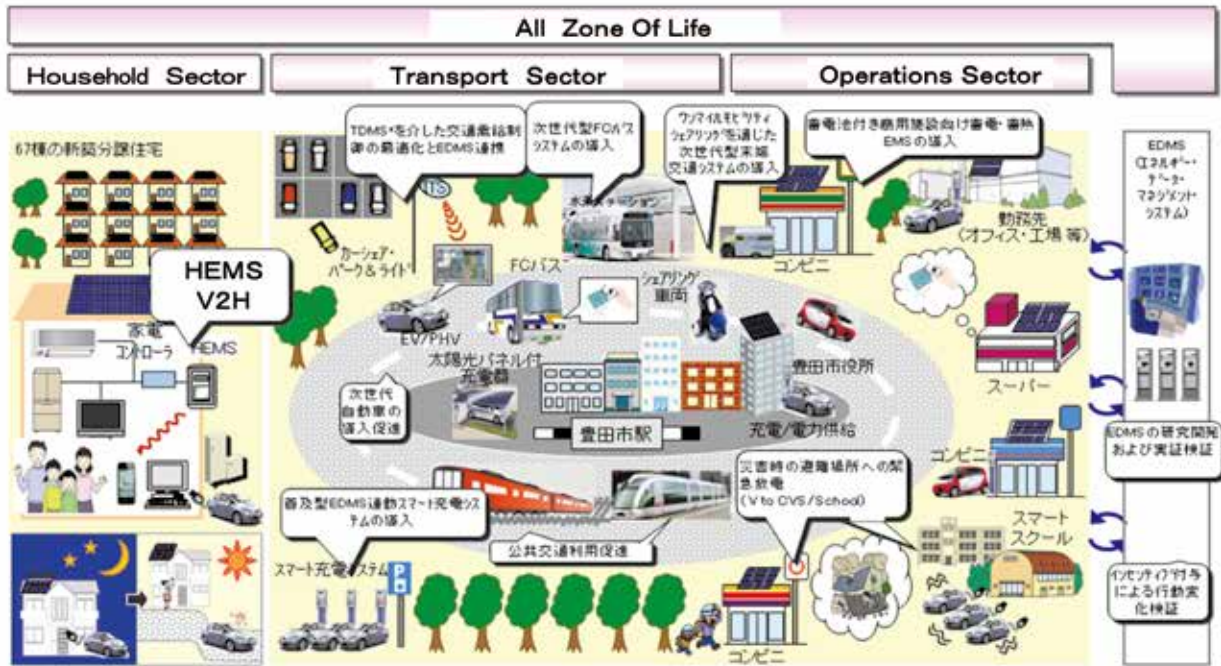


Fig. 1 Whole Image of Toyota City Experiment

「行動支援」・「制御」等により生活圏全体にとって最適な低炭素行動メニューを無理なく選択できる社会の構築を目指した。

## 2.2 実証エリアとスケジュール

実証フィールドの「豊田市」は、『環境モデル都市』として、かねてよりEV・PHVタウン構想やITS実証実験モデル都市に基づき、次世代自動車・交通システムを先行導入しており、これら既存ストックの活用で実証加速化が期待できるメリットがあった。

家庭部門においても、南西部に位置する高橋・東山地区に11年度より宅地開発・分譲してきた新築住宅67棟を対象に、Fig. 2のスケジュールで進めた。



Fig. 2 Demonstration Schedule

Table 1 Housing Equipment

Lot	Energy Source	Vehicle	Battery (kWh)	Water Heater	PV Power (kW)	Air Conditioner
1st, 15Homes	All-Electric	PHV	Lead 5.0	Ecooute	3.0	Individual AC
2nd, 15Homes	All-Electric 13	1	1	Ecooute	3.2	1
	Gas&Electric 2	1		PEFC		
3rd, 15Homes	All-Electric 12	1	Li-ion 5.0	Ecooute	1	1
	Gas&Electric 3	1		PEFC		
4th, 12Homes	All-Electric 10	PHV 5 V2H 5	1	Ecooute	1	1
	Gas&Electric 2	V2H 2		SOFC		
5th, 10Homes	All-Electric 9	PHV 4 V2H 5	Li-ion 10.0	Ecooute	1	Whole House AC
	Gas&Electric 1	PHV 1		PEFC		

## 3. 蓄電機能付き HEMS, V2H システムの開発

### 3.1 開発方針と達成目標

再生可能エネルギー導入及び各種省エネ／蓄エネ機器普及が進んだ10年後の家庭環境にて、次世代自動車を初めとする各種機器の電力授受パターンをEDMS<sup>a)</sup>とHEMS<sup>b)</sup>の連携で最適に統合制御し、生活者がライフスタイルに応じて低炭素行動メニューを選択でき、無理なく、無駄なく、且つ便利で楽しい低炭素ライフ実現する方針のもと開発を進めた。具体的にはエネルギー多様性の観点からオール電化住宅とガス併用住宅に層別し、PV発電設備・燃料電池・蓄電池・プリウスPHV・省エネ型給湯器及び統括操作・制御するHEMSを住宅建築と併行開発し、Table 1の組み

合わせて設置した。これら設備と統括制御により従来住宅比で CO<sub>2</sub> 排出量半減を目標に、主に以下二点に注力し進めた。

#### (1) 宅内での PV 発電電力地産地消化

現在、標準的な PV 発電設備設置住宅では、実質的に CO<sub>2</sub> 発生量がゼロである PV 電力の 60% が電力系統に逆潮流している<sup>1)</sup>。今後、PV 普及率向上により逆潮流が増えると系統設備への負荷が増し系統側に相応の対策が必要と予想される。実際、14 年には九州地区にて PV 発電の系統接続を拒否された事例が起こった。本実証では、これまで逆潮流していた PV 発電を宅内で全て活用できるよう、導入した省エネ・創エネ・蓄エネ機器を HEMS により統合制御し、更には次世代自動車車載電池の活用 (V2H) も含めたエネルギー最適化により、家庭消費電力の 50% を再生可能エネルギーで賄う。

#### (2) HEMS の「見える化」による省エネルギー化

HEMS には過去の電力消費量や電力消費パターンを生活者に直接知らせる電力消費の「見える化」機能があり、宅内に設置した HEMS 連係家電 (エアコン、LED 照明、液晶 TV 等) の省エネ化を促進することで、家庭消費電力自体を 10% 削減する。

デンソーが担当した開発、機器を以下に示す。

- HEMS
- リチウムイオン電池セル、パック
- 蓄電池システム
- V2H (Vehicle To Home) システム
- PV 利用機器連係機能
- 計測、解析システム

## 3.2 開発詳細

### 3.2.1 HEMS

住宅で使用されるエネルギー (PV 発電量、消費電力、水道・ガス使用量、充放電量及び次世代自動車 PHV、EV 電力充電等) を計測、記憶、表示すると共に、住宅に付随するエネルギー機器を直接的に制御可能な構成とし、ユーザからの指示、連携するシステムから得た情報を基に電力制御が可能である。Fig. 3 は HEMS 本体外観図である。

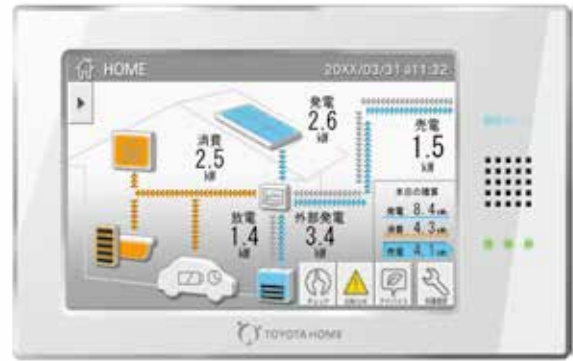


Fig. 3 Display of HEMS

### 3.2.2 リチウムイオン電池セル、パック

デンソー独自で開発したラミネート型セルを採用した。詳細は電池技術会での討論資料<sup>2)</sup>を参照のこと

Table 2 Comparison of Battery System Specification

	Lead Battery Syst	Li-ion Battery Syst	
Installation Environment	Installation Location : Outdoor of House Operating Temp. Range : -5~43°C		
Size (W×H×D mm)	1500×1430×345	900×1400×450	
Mass (kg)	520	250	
Insulation System	Insulated Transformer		
B a t t e r y	Type	Closed Mold	Laminate
	Rated V. of Sell (V)	DC 2	DC 3.3
	Number of Sell	84	96
Energy Content (Wh)	8,400	6,900	
I N P U T	Power, Cpm (Hz)	1φ3Line, 50/60	
	Rated V. (V)	AC200	
	Max Power (W)	1,500	2,000
O u t p u t	at Normal	Power, Cpm (Hz)	1φ3Line, 50/60
		Range (W)	50~1,500
	Rated V. (V)	AC100/AC200	
	at Power out	Range (W)	50~1,000
Rated V. (V)		AC100	
Additional Function	—	V2H	

### 3.2.3 蓄電池システム

住宅における太陽光発電の利用率を向上させるため、PV 発電設備、多機能分電盤、蓄電池 (住宅用、次世代自動車用) と HEMS を連係させたシステム構成に、昼間の PV 発電を逆潮流させず蓄電、PV 発電が停止する夕刻以降を蓄電電力で補うことで系統電力使用量を減らし CO<sub>2</sub> 排出量を抑制する制御とした。但し、蓄電池システムには AC ⇄ DC 変換ロス、電池蓄電ロス及びシステム待機電力ロスがあり省エネルギー機器ではないことに注意が必要である。今回、電池の蓄電ロスが CO<sub>2</sub> 排出量低減にどの程度影響するか



見極めるため、第一、第二期分譲住宅には鉛電池、第三～第五期分譲住宅にはLiイオン電池システムを設置し比較することとした。更に電池容量の影響も具現化できるよう、放電容量を5kWh（第一期～第四期分譲住宅）、10kWh（第五期分譲住宅）の2種類設定した。Fig. 4にLiイオン電池システム外観写真を、Table 2に両システムの仕様比較を示す。



Fig. 4 Exterior of Li-ion Battery System

### 3.2.4 PV 利用機器関係機能

PV 逆潮流電力のみ蓄電する手法として、多機能分電盤内電流センサがPV 逆潮流を検出した時のみに充電する方式とした。更に、実証最終期にはPV 逆潮流電力をエコキュートでお湯に変換、蓄熱する手法も検討した。放電に関しては系統連系に定められた蓄電電力逆潮流不可規定を順守し、常時逆潮流マージン150Wを確保しながら、出力範囲0.1kW～1.5kW、制御分解能1Wで宅内負荷に自動追従する制御を織り込んだ。Fig. 5に負荷と放電量相関を示す。

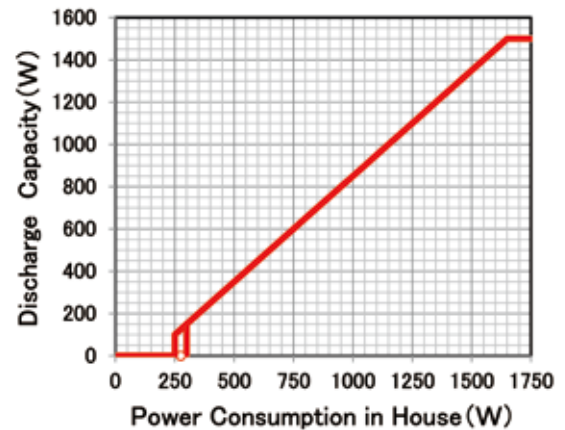


Fig. 5 Correlation between Load and Discharge

### 3.2.5 V2H システム

次世代自動車(EV, PHV)が大量導入され住宅と車が接続される状況になると、住宅用電池に代わって次世代自動車に搭載された電池をピークカット(V2H)や非常用電源として活用する事が考えられ、系統側の電源環境に影響を与えない機器の開発更には車両走行に関わる電池寿命への配慮も必要で、車両側蓄電池の詳細状況(残容量、充電回数、総使用電力量等)を常に住宅側で把握できるCPLT通信手法を開発した。また本来は車両電池と住宅電池をDCで連結し変換ロスMin化を図るべきだが、車両開発の都合でAC出力型PHVのみ実証投入となることを受け、Fig. 6に示す構成のV2H対応型蓄電池システムを開発をした。機能は、充電スタンド内トランスで昇圧された1φ2線AC200V電力を、蓄電池システム内で電池電圧DC310Vに変換後、住宅負荷に追従しながらV2Hするもので、家庭内負荷が急減した場合などは住宅側電

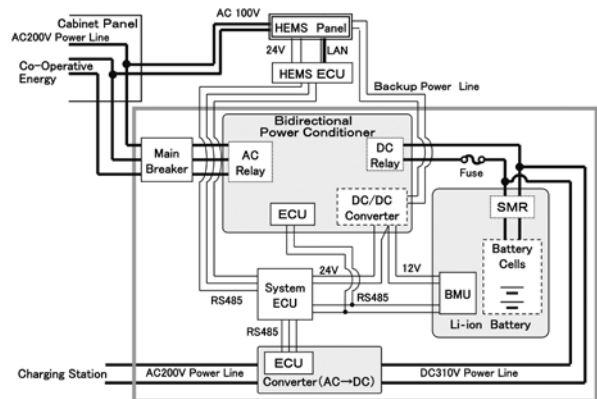


Fig. 6 Construction of V2H System

池に蓄電することで電力平衡を保つ設計とした。又、車両側電池寿命を考慮し車両側が許可した場合のみV2H可能とするロジックとした。

3.2.6 計測データの収集・整理

住設機器開発用ビッグデータとして将来活用できることを念頭にデータの取得・整理方法を検討した。

- 1) 計測インターバルは1分間隔
- 2) 0:00 ~ 23:59までを1日とした日単位の整理
- 3) 住宅総消費電力にPHV充電量, 住宅蓄電池ロスも合算
- 4) 機器が特定出来る場合, 個別消費電力量も整理
- 5) 太陽光発電逆潮流分はロスとし住宅収支対象外
- 6) 地産地消効果の指標として次の無次元を定義

PV自家消費率 = (PV発電 - PV逆潮流) / PV発電

地産地消率 = (PV発電 - PV逆潮流) / 総消費電力量

蓄電池効率 = 放電電力量 / 充電電力量

PHV充電は住宅としては単なる電気負荷増加, CO<sub>2</sub>排出量を増加となる。そこで、「住宅と車が接続する」原則の基, PHV充電量に応じたEV走行分相当のCO<sub>2</sub>排出量削減効果を住宅としての削減効果に加算することとした。具体的には

削減効果 = I - II

I : EV走行距離をガソリン車で走行した排出量

II : 充電分の系統電力CO<sub>2</sub>排出量

とし, IはEV走行可能距離<sup>c)</sup> (km) × 0.145<sup>d)</sup>

IIは充電電力量(kWh) × 0.404<sup>3)</sup>で算出し, 基準住宅(太陽光発電設備・蓄電池共に未設置, 普通車所有)に対する低減効果を求めることとした。

4. 実証結果

Fig. 7に日々の邸別データ解析例を, Table 3に蓄電池種別, 分譲地別に5つの小グリッド(以下Gridと略)に分けて年間(13年3月~14年2月)の1日当たりのエネルギーフロー算出結果を示す。以下, この結果を基に住宅でのエネルギー消費実態と実証目標値達成状況を紹介します。

Table 3 Comparison of Electric Balance (from 03/2013 to 02/2014)

Grid	Battery	Total Power Consumption (kWh/Day)	PV Generation (kWh/Day)	Inverse Load Flow (kWh/Day)	Load Power Consumption (kWh/Day)	Rate Of Load Consumption
HIGASHIYAMA	Lead5kWh	26.4	12.2	2.0	15.4	0.40
TAKAHASHI		26.8	12.0	1.7	16.7	0.38
HIGASHIYAMA	Li-ion5kWh	26.0	11.7	2.2	16.4	0.37
TAKAHASHI		24.8	12.3	2.1	14.6	0.41
TAKAHASHI	Li-ion10kWh	26.4	11.6	1.2	15.9	0.40

4.1 PV発電逆潮流量

蓄電池がない場合, 逆潮流量は発電量の55~67%であったのに対し, 蓄電池容量5kWhでは発電量の14~18%で44ポイント減少, 容量10kWhでは発電量の10%で50ポイント減少しており低減効果は当初試算通りと考える。

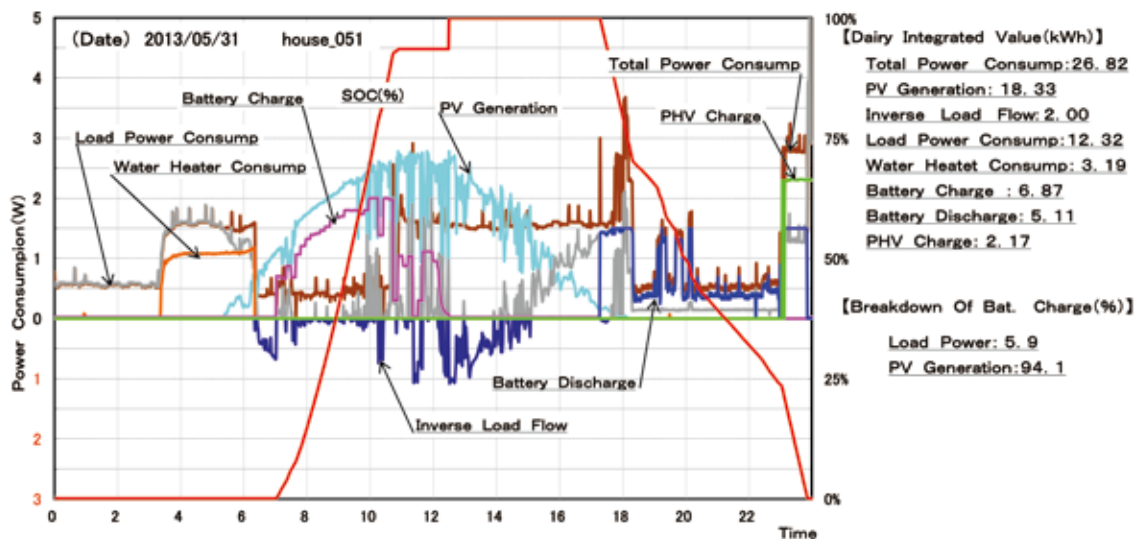


Fig. 7 Exterior of Li-ion Battery System

Table 4 Battery System Efficiency Consideration Standby Mode Electricity

	PCS Charge Efficiency	Battery Efficiency	PCS Discharge Efficiency	Rating Efficiency	Standby Power Consums.	Total Efficiency
Lead Battery Syst.	0.93	0.89	0.93	0.77	13W x 14h	0.76
Li-ion Battery Syst.	0.94	0.96	0.94	0.85	26W x 16h	0.79

#### 4.2 充放電効率

Table 4 にラボ確認した定格効率と実証での測定結果比較を示す。ラボでは Li システムの充放電効率は鉛システムに対し電池単体で7ポイント、システムで8ポイント高い85%であったのに対し、実証では79%でラボより6ポイント低下、鉛システムに対する優位性も4ポイントに縮小する。要因は待機電力の差で、鉛システムでは常時通電は停電監視用 ECU のみだが、Li システムでは電池監視用 ECU が加わる。更に充電時間が2時間短い分、ラボ試験での待機電力は減少、結果見かけ効率は高くなる。実証では24時間連続通電となるため Li システム待機電力損失は Table 4 に示す通り鉛システムの約2.3倍となり、Li イオン

電池の優位性を損なう結果となった。但し「停電監視」は系統連系規定遵守、「電池監視」は電池故障による二次不具合防止に必須の制御であり、この低減手段検討が蓄電池システムの重要課題であるが、実証期間中には有効な対策案を見出せなかった。

#### 4.3 消費電力内訳

Li イオン電池設置邸のみ電力エネルギー収支に加え、個別機器(エコキュート、エアコン等)の消費電力を測定しており、総消費電力が最大となった高橋地区 10kWh Li イオン電池 Grid での年内訳解析結果を Fig. 8 に示す。11年に実施されたオール電化住宅使用実態調査<sup>4)</sup>では、総消費電力 33kWh/日のうち、冷暖房で23%、給湯で32%占めていた。最新トップランナーエアコンや高効率エコキュートを採用した本実証と比較すると、総消費電力は20%低減、給湯の比率は1/3まで低下、更に快適性の高い全館空調でも冷暖房比率は11年調査同等となり、ヒートポンプ技術の改良と住宅断熱性向上が一段と進んでいることが伺える。

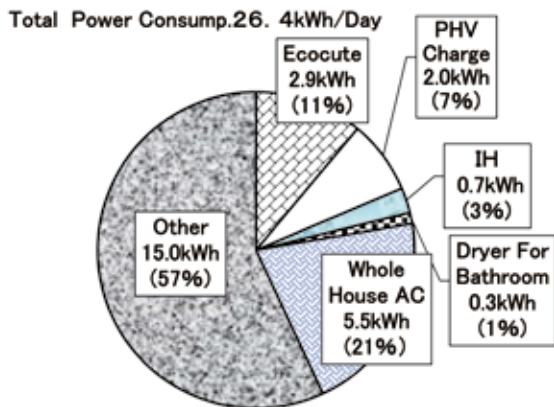


Fig. 8 Details of Power Consumption in Takahashi with 10kWh Li-ion Battery

#### 4.4 CO<sub>2</sub> 排出量削減率

当初定義した地産地消による CO<sub>2</sub> 削減効果、PHV 走行を考慮した CO<sub>2</sub> 削減効果比較結果を Fig. 9 に示す。住宅から PHV に概ね 2kWh/日を充電しており、この分の EV 走行により CO<sub>2</sub> 排出量は7ポイント改善するが、目標は未達成である。そこで当初はロスと定義していた逆潮流電力を、ZEH 定義に基づき電力

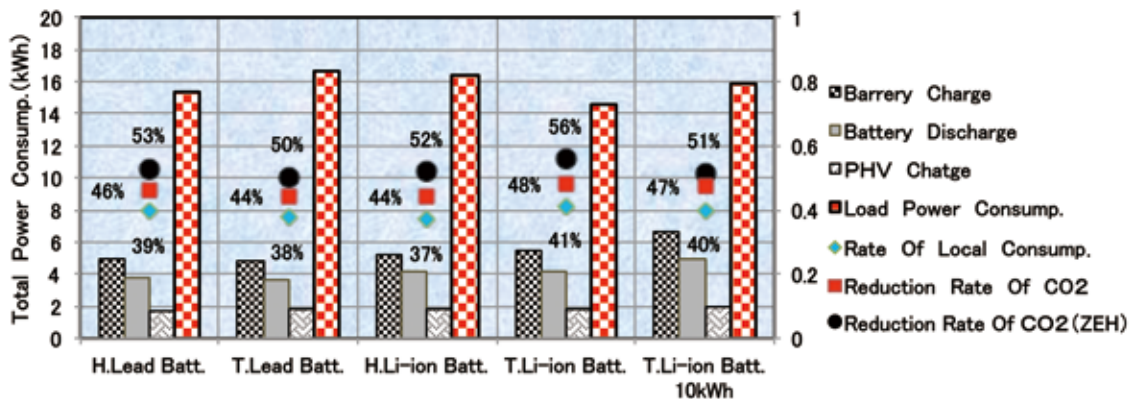


Fig. 9 Reduction Rate of CO<sub>2</sub> Emissions



系全体で有効活用されると考え、総消費電力から差し引くと全 Grid とも 50% 以上削減可能と判明した (Fig. 9 の●)

当初定義の削減量目標未達となった要因は、PV 発電量 12kWh / 日に対し系統電力使用量 15kWh / 日と絶対的発電能力不足である。参考として、Fig. 10 に系統消費電力量と地産地消率の関係を整理した。

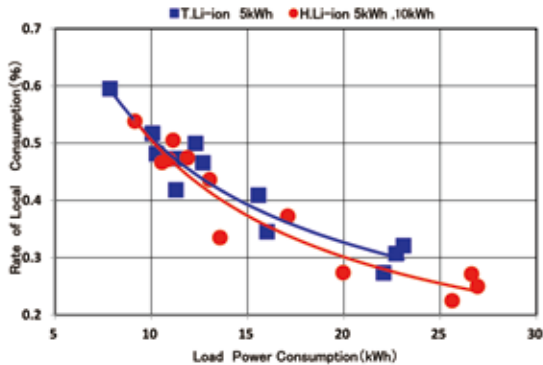


Fig. 10 Correlation between Load Power Consumption and Local Consumption

#### 4.5 見える化効果

HEMS による電力収支見える化の効果をも、年間総消費電力量の二か月移動平均の推移から検証した結果を Fig. 11 に示す。高橋鉛電池 Grid 以外は総消費電力量の低減は見られず、見える化だけでは居住者を積極的省エネ行動に導くことは困難である。

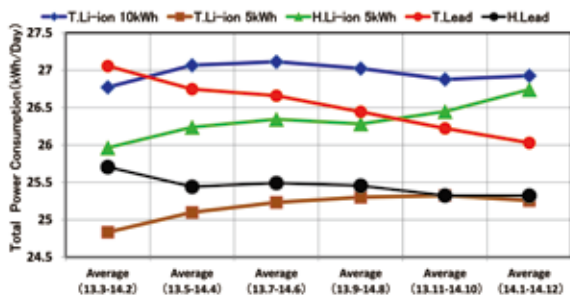


Fig. 11 Change in Power Consumption

#### 4.6 V2H 効果

Fig. 12 に実証中に V2H が行われた日数比と、PHV から住宅内に供給された電力量積算値の相関を示す。2年間の V2H 実証で、作動頻度は平均 14%、電気供給量は 68kWh に留まった。PHV は貸与であり通勤等

には自家用車が使用され、PHV は常時住宅で充電待機状態にあると想定したが、実情は殆どの PHV が通勤に利用され、帰宅時には V2H 可能な蓄電電力が残っておらず、V2H が許可されない状況であった。ユーザーが電動自動車に何を求めるのかによって V2H 機能の効果・有用性は大きく変わるため、今後の V2H 商品企画ではこの点を十分議論していく必要がある。

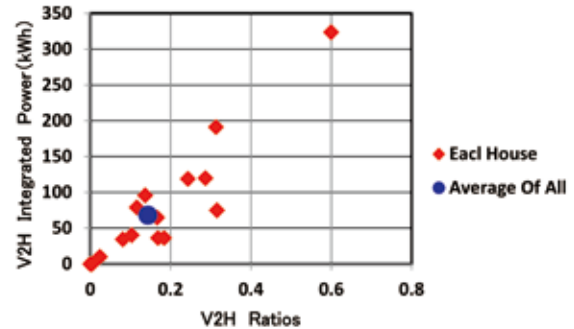


Fig. 12 Correlation of V2H Ratios and V2H Integrated Power

### 5. 考察

#### 5.1 ZEH 対応と課題

ZEH は、国のエネルギー基本計画 (14 年度閣議決定) で、「20 年度までに標準的な新築住宅、30 年までに新築住宅の平均で ZEH の実現を目指す」政策目標が決定された。住宅消費電力を住宅自然エネルギー発電量で相殺しゼロエネルギーとすることを求めるものだが、実証データから ZEH 要件を満たすための条件を検証した。結果を Table 5 に示す。検証したエネルギー条件は

- 1) 実証データは高橋地区 Li イオン電池設置 Grid
- 2) PV 発電 12.3kWh / 日
- 3) 総消費電力は 23.6kWh / 日
- 4) PV 直利用電力 4.8kWh / 日
- 5) 蓄電 5.4kWh / 日、放電 4.2kWh / 日である。

蓄電池なしで ZEH 適合するには、PV 発電設備は 5.4kW が必要で逆潮流量は 18.8kWh、蓄電池ありで PV は 6.3kW が必要で逆潮流量は 14.6kWh となる。政府計画通り ZEH 導入が進めば、逆潮流増加が系統に及ぼす影響は無視できず、蓄電池併設の義務化を含め国レベルでの早急な議論が必要と考える。又、蓄電池

Table 5 Specification of Solar Photovoltaic Device to Apply to Z E H Rule

		Total Power Consump. (kWh)		Load Reverse Power(kWh)	PV Power (kW)
		PV Power Consump.(kWh)	Load Power Consump.(kWh)		
Without Battery	Original	23.6		9.0	3.0
	ZEH	4.8	18.8	(7.5+1.5)	
	ZEH	4.8	18.8	18.8	
With Battery	Original	23.6		2.1	3.0
	ZEH 5kWh	4.8	14.6	14.6	
	ZEH 10kWh	4.8	10.4	10.4	

併設の際、充放電ロスにより特に小容量蓄電池ほどPV発電設備容量が大きくなることに注意する必要がある。

### 5.2 エコキュートシステム活用

逆潮流低減対策で蓄電池が必須となった場合、ロス低減とコストの観点から電池容量を極力抑える必要がある。ここで有望視されるのがエコキュートに代表される高効率蓄熱機器利用である。現在の原則深夜時間帯のみ蓄熱制御を、PV発電電力利用蓄熱制御に変更することで蓄電池同様に逆潮流を吸収できるが、蓄熱式給湯機は「湯切れ」問題が避けて通れない。そこでPV発電量予測、深夜・昼間の蓄熱割合決定ロジックを新たに考案し、最終期12月に実証評価を行った。ロジックをSTEPに分け説明すると

- STEP1 当日の日射量予測からPV発電量算出
- STEP2 住宅過去実績より昼間消費電力量算出

- STEP3 STEP1,2より余剰電力量算出
- STEP4 外気温度よりエコキュート消費電力算出
- STEP5 STEP3,4より昼間蓄熱可能時間算出
- STEP6 熱量学習よりエコキュート運転時間算出
- STEP7 STEP5,6より深夜蓄熱時間算出
- STEP8 PV余剰≧エコキュート消費電力で蓄熱開始

Fig. 13に結果一例を示す。各種予測ロジックにより、PV発電量11kWh、昼間住宅消費電力5kWh、逆潮流量4.8kW(余裕度0.8考慮)、エコキュート消費電力1.6kWとの予測から、逆潮流電力で3時間蓄熱可能と判断、必要湯熱量から求めたエコキュート運転時間8時間を、夜間5時間、昼間3時間に分配するモードで制御する。実際、逆潮流が1.6kWを上回る10時半から蓄熱運転開始し、貯湯タンクが満了判定した12時半までで2.5kWhの逆潮流を吸収している。以降の逆潮流は蓄電池に充電されている。又、深夜に対し昼間蓄熱時の外気温度は10deg高く、これは着氷を伴わない環境条件といえるため、昼間のエコキュート逆潮流吸収運転は、夜間より高効率で蓄熱出来る。

## 6. むすび

家庭用分野でのCO<sub>2</sub>排出量削減は、業務用、車両分野に比べ遅れており、パリ協定順守のためにも早急に取り組むべき分野である。その要となるのはPV発

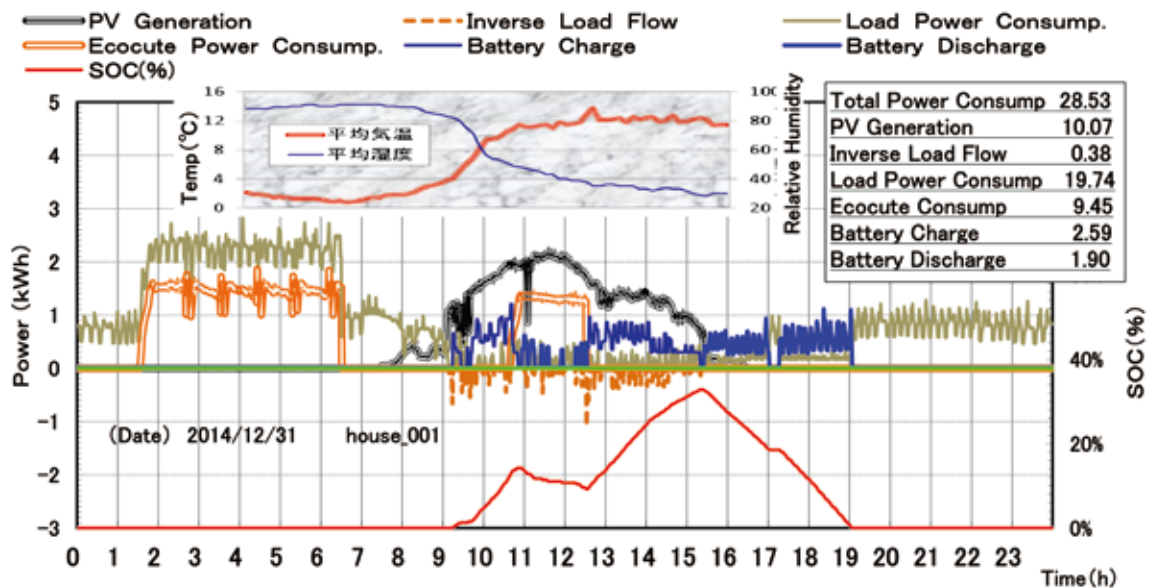


Fig. 13 Heat Storage by Surplus Electricity



電装置拡充だが弊害もある。2000年初頭より国レベルでPV発電増加による系統への影響が議論され、コストと制御安定性の関係から、系統側への大容量蓄電池(NAS電池等)設置が最適解とされてきた。しかしながら、東日本大震災以降、原発停止に伴い電力量確保が最優先され、系統側蓄電池設置への資本投入は見送られているのが現状である。今回、需要家側にPV発電設備、蓄電池、エコキュートを設置し、HEMSを介し相互制御することで、CO<sub>2</sub>排出量を従来住宅比で半減することが可能であることを確認した。今後、PV発電設備や蓄電池システムが進化し低コスト化でき、系統電力より発電コストが下がる状況になれば、今回の実証システムはZEHとセットで飛躍的に普及する可能性を秘めている。

豊田市実証では、本文研究以外に、「Liイオン電池寿命検証」「系統連系対応用電力変換機的设计指針」「PV、蓄電池、エコキュートDC連係システム」「各種予測制御手法」等の開発も進めており、その詳細は全て試験研究報告書(全三十八報)に整理してある。これらがこの分野の開発に携わる方の参考になれば幸いである。最後に、貴重な研究に参加させて頂いた事を感謝すると共に、ご協力いただいた住民の方々、関係者に感謝の意を表し結びとする。

## 著者



### 土屋 静男

つちや しずお

新事業推進部 新事業開発室  
蓄電池実証事業及び新事業分野探索に従事

## 注釈

- a) EDMS:Energy Data Management System の略称。トヨタ自動車株式会社の商標登録。
- b) HEMS:Home Energy Management System の略称。
- c) PHV の EV モード推定走行距離:日産リーフ公表電比値(kW/km)とPHV充電量Q(kWh)より算出
- d) ガソリン車CO<sub>2</sub>排出量原単:JATOダイナミクス社「09年欧州主要5ヶ国ガソリン車燃費平均値【16km/l相当】」を基に算出

## 参考文献

- 1) 三洋電機(株)ソーラー事業部:第25回 建材情報交流会発表資料(08年9月17日)
- 2) (株)デンソー藤井, 栗野, 他:第54回電池討論会(13年10月) 1B27「電力貯蔵用大型Li-ion電池パックの安全性評価」
- 3) 中部電力株式会社:08年~12年平均, 中部電力管内系統電力CO<sub>2</sub>排出原単位
- 4) 資源エネルギー庁:21年度エネルギー消費状況調査報告書(民生部門エネルギー消費実態調査)