

平成30年度建築基準整備促進事業
**E10.住宅における蓄電・蓄熱された
電力・熱の評価の基盤整備**

応募調査名

**「住宅における蓄電・蓄熱された電力・熱の制御及び予測手法の
評価に資する技術調査」**

平成31年4月25日(金)

場所:すまい・るホール

東京大学大学院工学系研究科 前研究室

株式会社住環境計画研究所

調査の提案概要

■ 調査背景

自家発電設備の普及と余剰電力活用のために求められる蓄電・蓄熱技術

- 2009年開始の固定価格買取制度（FIT制度）に伴う急激な太陽光発電の普及や補助金導入によるCGSの普及、また2020年までに新築注文住宅の半数以上をゼロエネルギーハウス（ZEH）化、2030年までに新築住宅の平均をZEH化するという目標に向けた支援制度※1の後押しもあり、宅内設備として自家発電設備を備えた住宅が近年普及しつつある。
- さらなるZEHの普及のためには電力系統への売電・買電の負担低減が重要である。一方で2019年には固定価格買取制度における太陽光買取価格が系統電力料金と同等に引き下げられ、固定買取期間が終了する物件も生じることで発電の自家消費が経済的にも有利となることから、自家発電の余剰分を蓄電・蓄熱するような住宅が増えてくると想定される。
- 先のZEH支援事業※2は、平成30年度より新たにZEH+支援事業※3を加え、省エネルギーを実現した上で、PVや蓄電池の設置に加え、自家消費分を多くする取り組み（更なる外皮性能の向上、高度エネマネ、EV）を意識した要件を提示している。2020、2030年に向けて宅内のエネルギーを高度に制御するシステムを含め、蓄電・蓄熱の技術・設備が住宅設備として必須となることも予想される。（キーワード：ZEH、ICT制御、HEMS等）

建築物省エネ法に係る一次エネルギー消費量評価

- 2020、2030年の目標に対し、市場においても蓄電・蓄熱関連の設備や建材等が流通することが予想される。現在、宅内の主な住設機器については住宅のエネルギー消費性能基準の評価対象であるが、現時点では、余剰電力の蓄電や余剰電力の熱変換（蓄熱）は評価対象外のため、躯体蓄熱等の評価も不十分であり、これらの評価手法は確立されていない。
- まずは、住宅内の設備として想定しうるシステムの構成要素を分類して最新の技術動向を整理し、評価手法の確立に向けた根拠資料を収集・整備する必要がある。

注) PV：太陽光発電 / CGS：コージェネレーションシステム

※1：国土交通省、経済産業省、環境省の連携事業、※2：平成30年度より環境省の補助事業、※3：経済産業省の補助事業

調査の目的と実施方針

本事業は、蓄電・蓄熱による一次エネルギー消費量への影響を評価する上で必要となる基礎情報を整備することを目的とする。

事業の内容

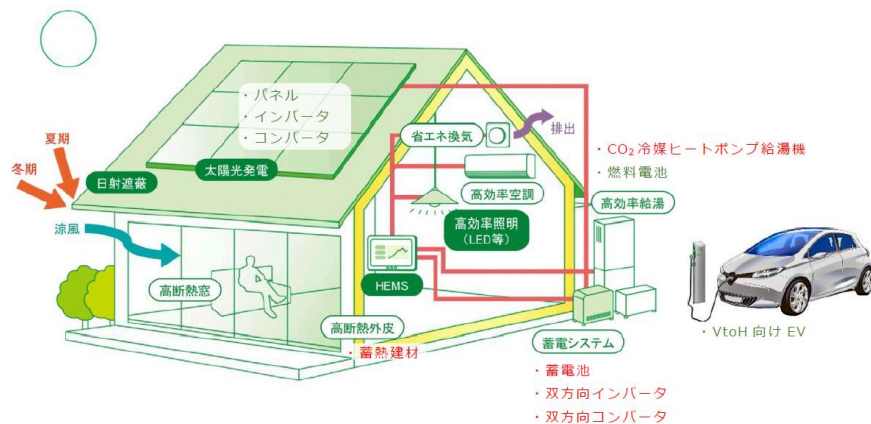
自家発電設備と併せて蓄電・蓄熱設備を有する住宅における余剰電力の蓄電や余剰電力の熱変換（蓄熱）等を建築物省エネ法の一次エネルギー消費量の評価対象とするにあたり、**蓄電・蓄熱が一次エネルギー消費量に与える影響を評価する上で必要となる基礎情報を整備**することを目指し、以下に示す事項の調査を実施する。

(イ) 余剰電力による蓄電・蓄熱の制御技術等の把握

- 蓄電・蓄熱を有する住宅のエネルギーシステムの構成要素、構成パターン及びそれらの普及動向（蓄熱・蓄電）
- 蓄電・蓄熱の制御技術（蓄熱・蓄電）

(ロ) 蓄電・蓄熱された電力・熱の需要予測手法等の把握

- 蓄電・蓄熱の実稼働状況の把握（蓄熱・蓄電）
- 蓄電・蓄熱の設備機器及び建材等の特性（蓄熱・蓄電）
- 蓄放熱損失特性等（蓄熱）
- 評価法の開発（蓄熱・蓄電）



参考図 住宅におけるエネルギーシステム構成要素イメージ
※赤字は本事業における主な調査対象

出所) 経済産業省資源エネルギー庁「ZEHに関する情報公開について」のZEHイメージを基に住環境計画研究所で編集

調査の実施体制

国立研究開発法人 建築研究所

共同研究

事業主体

東京大学大学院・前研究室 **蓄熱**

住宅の省エネルギー基準の策定に関し、給湯設備等の評価手法の確立に数多く従事。その他、住宅における蓄熱技術等の研究も多数。本調査では、蓄熱に関する制御及び需要予測の技術の文献・ヒアリング調査、蓄放熱損失把握に係る文献・ヒアリング調査及び実測調査を担当

住環境計画研究所 **蓄電**

民生部門のエネルギー政策等に係る事業に数多く従事。本調査では、蓄電に関する制御及び需要予測の技術、蓄放電特性及び損失に関する文献・ヒアリング調査を担当

調査協力団体

調査実施にあたり、知見やノウハウを数多く有する以下の主体にご協力いただいている。

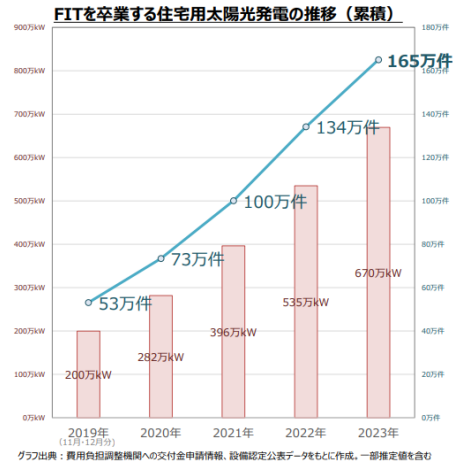
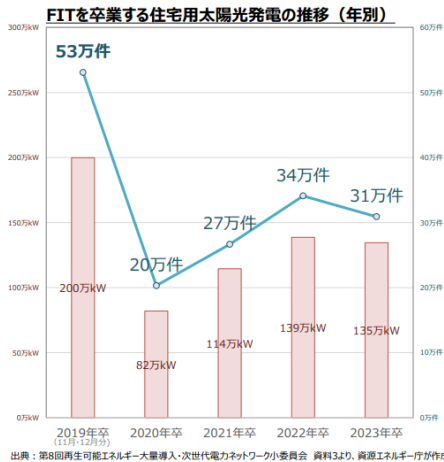
蓄熱建材協会 / 建材試験センター **蓄熱**

住宅内の暖冷房負荷抑制に寄与する蓄熱建材等に関する技術動向や知見を有する。

<背景>

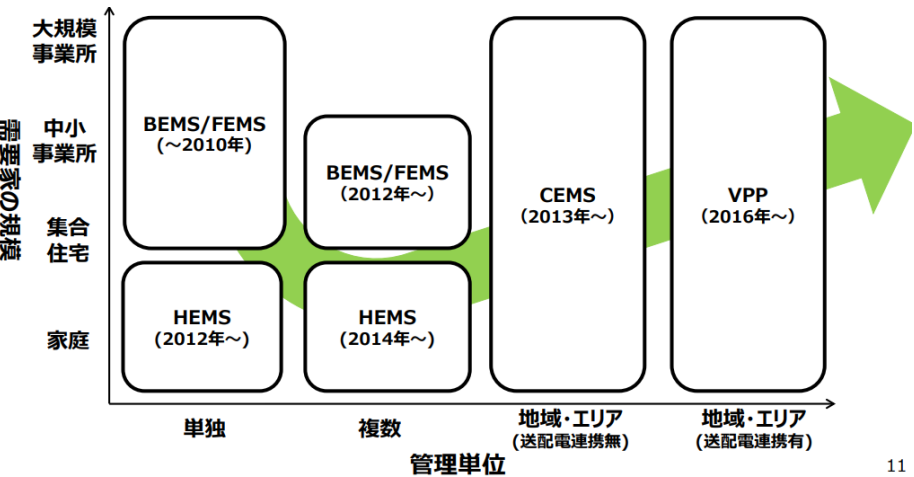
蓄熱・蓄電に関する社会情勢

<背景> 蓄熱・蓄電に関わる社会情勢



参考図 固定買取価格制度を終了する世帯の推移

出所) 経済産業省資源エネルギー庁「第8回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会」2018年9月28日配布資料より抜粋



参考図 エネルギー管理システムの全体像

出所) 経済産業省資源エネルギー庁「エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会」第7回資料「2018年度取組」

住戸単位の課題
2019年度の卒FIT件数は53万件に上り、2023年には165万件に達する見通しである。

地域・エリアの課題
2018年には九州で再エネ大量導入による出力制限が発生した。

余剰電力を売電するだけでなく、うまく活用してゆくエネルギーマネジメントシステム (EMS) が必要となる。

余剰電力を活用するEMSの管理単位は、単独からヴァーチャルパワープラント (VPP) を用いた地域・エリアに拡張。負荷平準化や再生可能エネルギー起源の電力の過剰供給分の吸収、電力不足時の供給が必要家側に求められる。

地域単位での様々な大規模実証事業が実施中 (宮古島 / 北陸電力 / 中部電力・デンソー等)。
蓄電システムやCO₂HP給湯機が必要側のエネルギーリソースとして含まれており、蓄熱・蓄電による余剰電力の活用による効果の評価が、住戸単位だけでなく、地域単位でも重要となっている。

蓄電に関する評価法構築に向けた 技術の調査

概要

調査事項（イ）（ロ）に対し、以下に示す事項を調査する。

調査事項

（イ）余剰電力による蓄電の制御技術等の把握蓄電システムの技術・市場動向

- 蓄電システムの種類
- 蓄電システムの出荷動向
- 蓄電システムの関連制度・規格

（ロ）蓄電された電力の需要予測手法等の把握蓄電に関する評価法構築のための基盤整備

- 蓄電システムの構成と運転モード
- 蓄電池及び周辺設備の特性
- エネルギー消費性能の評価法の構築

調査方法

- 文献調査およびヒアリング調査により、技術および市場の動向を整理する。
- エネルギー消費性能の評価法の構築においては、既存研究をベースとした評価モデル案を提示し、当該モデルを用いたシミュレーションを実施し、パラメータ感度を検討する。

主な調査結果

(イ) 余剰電力による蓄電の制御技術等の把握

蓄電システムの種類

- 蓄電の評価対象とする蓄電システムの構成では、**PVと蓄電池でパワーコンディショナ（PCS）が共通の「ハイブリッド型」と、PVと蓄電池で別々のPCSを有する「専用型」に大別でき、近年は「ハイブリッド型」の普及が進んでいる。** PV+蓄電池+EVで共用可能な「トライブリッド型」も発売されている。
- 国内における機器間連携によるホームネットワークの規格は「**ECHONET Lite**」規格で、**HEMSの公知な標準インターフェース**として国内での利用が推奨されている。蓄電池は重点8機器に指定されており、「ZEH+」の補助支援要件ではその認証を取得することが要件となっている。

蓄電システムの出荷動向

- 市場流通製品にほぼ等しいと考えられるZEH支援登録機種種の**80%弱が「ハイブリッド型」、また電池容量については5 kWh以上7.5 kWh未満が最も多く、全体の40%弱を占めている。**（2019年1月時点）。
- 蓄電システムの初期実効容量比は**70%以上90%未満が大半**を占めている（2019年1月時点）。

関連規格

- 現時点では、**蓄電池に関する直接的な性能（充放電効率等）を測定するための国内規格はない。**一方で、アグリゲーションビジネスに活用される指標として「初期実効容量」が業界規格として提案され、蓄電池の能力を示すものとして唯一公的な指標となっている。
- 劣化の評価については、現時点では統一した判断手法はなく、標準化が望まれている。
- 蓄電池用PCSの効率測定方法に関する国内規格はなく、各社独自に定格点を定め、定格点における負荷効率（電力変換効率）や部分負荷効率の測定を行っている。**

表 平成30年度ZEH支援登録蓄電システムにおける電池容量分布

メーカー名	登録件数 (構成比)	電池容量									
		ハイブリッド専用	専用	~2.5kWh未満	~5kWh未満	~7.5kWh未満	~10kWh未満	~12.5kWh未満	~15kWh未満	15kWh以上	
シャープ株式会社	60	32%	60	0	0	30	9	22	0	0	0
オムロン株式会社	21	11%	18	3	0	0	14	1	0	0	6
ニチコン株式会社	18	10%	10	8	0	4	2	4	7	1	0
パナソニック株式会社	16	9%	16	0	0	0	14	0	2	0	0
株式会社エヌエフ回路設計ブロック	10	5%	0	10	0	0	2	8	0	0	0
東芝ライテック株式会社	9	5%	5	4	0	1	6	2	0	0	0
京セラ株式会社	9	5%	3	6	0	2	4	0	1	2	0
長州産業株式会社	8	4%	8	0	0	0	6	0	0	2	0
エリナー株式会社	7	4%	6	1	1	0	4	0	2	0	0
フオーアルエナジー株式会社	4	2%	0	4	0	0	0	0	4	0	0
日本電気株式会社(NEC)	3	2%	1	2	0	1	0	2	0	0	0
サンテックパワージャパン株式会社	3	2%	3	0	0	0	3	0	0	0	0
田淵電機株式会社	3	2%	3	0	0	1	0	2	0	0	0
東芝エネルギーシステムズ株式会社	3	2%	3	0	0	0	2	0	0	1	0
パナソニックセルズジャパン株式会社	2	1%	2	0	0	0	2	0	0	0	0
住友電気工業株式会社	2	1%	0	2	0	2	0	0	0	0	0
デルタ電子株式会社	2	1%	2	0	0	0	1	0	1	0	0
長瀬産業株式会社	2	1%	2	0	0	2	0	0	0	0	0
株式会社ナカ	1	1%	1	0	0	0	1	0	0	0	0
アンフニ株式会社	1	1%	1	0	0	1	0	0	0	0	0
中西金属工業株式会社	1	1%	1	0	0	1	0	0	0	0	0
株式会社Loop	1	1%	1	0	0	1	0	0	0	0	0
(計)	186	100%	146	40	1	46	69	41	17	12	0

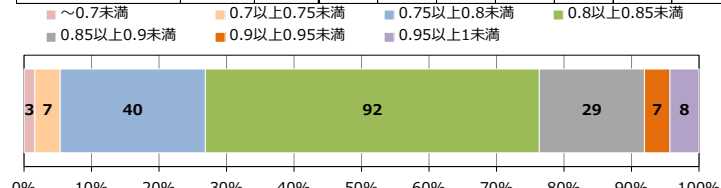


図 平成30年度ZEH支援登録蓄電システムにおける初期実効容量比の構成

出所) (一社) 環境共創イニシアチブ「平成30年度ZEH支援事業 蓄電システム登録済製品一覧」
(2019年1月11日確認)

主な調査結果

(ロ) 蓄電された電力の需要予測手法等の把握

蓄電システムの構成と運転モード

- 「ハイブリッド型」、「蓄電池専用型」の機器構成について各社のカタログ及びヒアリング調査により整理し、また、構成要素ごとのの屋内外の設置状況について分類した。
- 各社のカタログより、「コスト優先モード」「自給優先モード」「系統充電モード」に分類した。運転モードの設定状況については**現在はコスト優先モードの利用が主流**である。

蓄電池及び周辺設備の特性

- 蓄電池の充放電効率に関する公表資料は少ない。**リチウムイオン電池の充放電効率は95%と示されており**、他の種類の電池と比較しても効率は高くなっているとの報告はあるが、本事業ではその詳細は把握できていない。蓄電池の劣化については、充放電量や充電レートまた温度などの環境条件に影響し、**劣化状況を正確に評価することは難しい**。大学や企業等が評価方法の開発を進めているが、未だ技術開発段階にあり実用化レベルではない。
- PCSの電力変換効率については、**各社製品の特性に応じて効率曲線の形状は異なるとの情報が得られているが、メーカーによるデータの公表は行われておらず、実効効率の具体的な値は明らかでない**。
- 蓄電システム全体の待機電力の主な消費は、リモコンや蓄電池部分の電界コンデンサ、放熱ファンなどである。**待機電力はメーカーの制御技術等にもよるが10~30W程度である**。

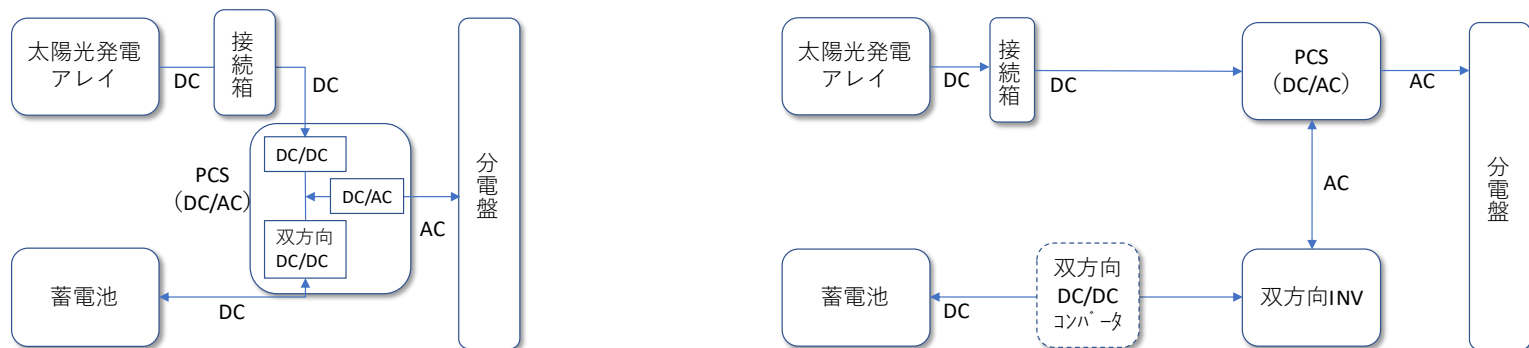


図 蓄電システムの構成の例 (左：ハイブリッド型/右：専用型)

エネルギー消費性能の評価法の構築

(ロ) 蓄電された電力の需要予測手法等の把握

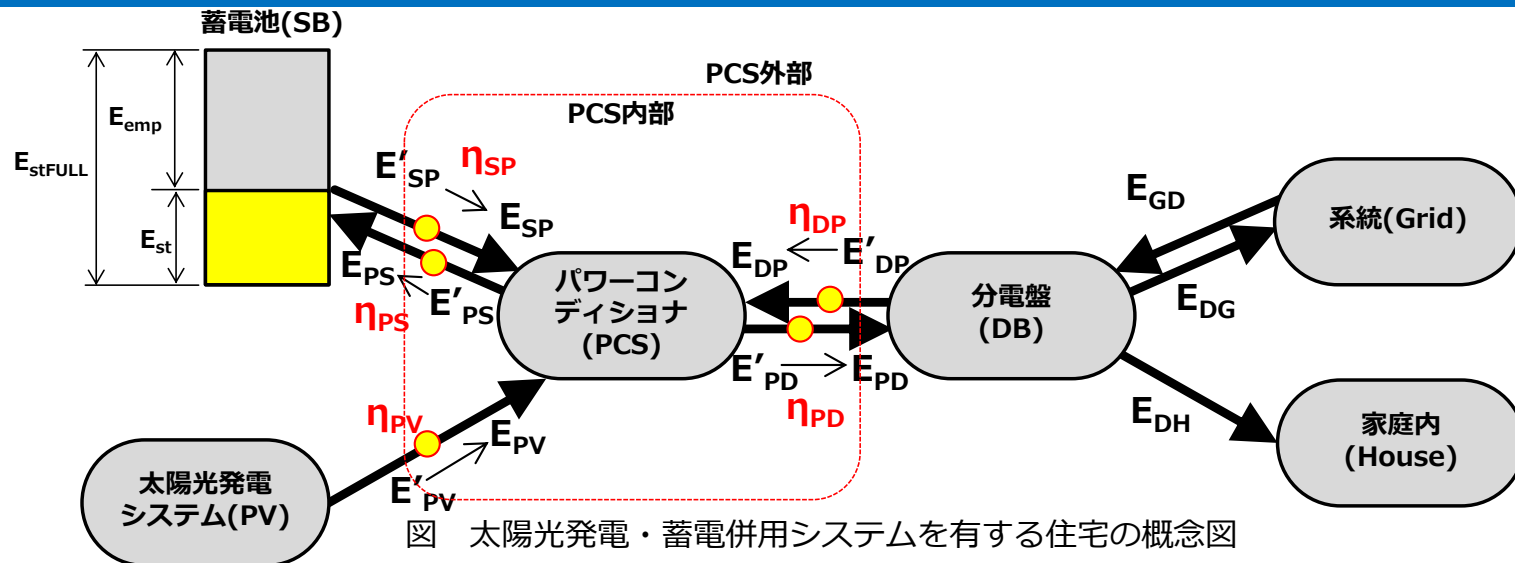
エネルギー消費性能の評価法の構築

- 建築研究所では、家庭用蓄電池・太陽光発電設備一体型システムを有する実験住宅（以下「LCCM住宅」とする）において、模擬負荷発生装置を用いた無人フィールド実験を通年（2016年4月～2017年3月）で実施し、エネルギー利用特性を把握するとともに、シミュレーションモデルを構築している。この実験を基にエネルギー消費の評価法を構築することとする。

参考文献

- 荻野登司, 佐瀬毅, 桑沢保夫, 峰野悟「LCCM住宅における家庭用蓄電池・太陽光発電設備一体型システムの「特性把握研究—その1 フィールドにおける年間計測」日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）2017年8月, p.1305 (2017).
- 桑沢保夫, 佐瀬毅, 荻野登司, 峰野悟「LCCM住宅における家庭用蓄電池・太陽光発電設備一体型システムの「特性把握研究—その2 エネルギー利用特性」日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）2017年8月, p.1307 (2017).
- 峰野悟, 佐瀬毅, 桑沢保夫, 荻野登司「LCCM住宅における家庭用蓄電池・太陽光発電設備一体型システムの「特性把握研究—その3 エネルギー利用モデル作成」日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）2017年8月, p.1309 (2017).
- 峰野悟, 佐瀬毅, 桑沢保夫, 荻野登司「LCCM住宅における家庭用蓄電池・太陽光発電設備一体型システムの「特性把握研究—その4 シミュレーションプログラム作成」日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）2018年9月, p.1241 (2018).
- 荻野登司, 佐瀬毅, 桑沢保夫, 峰野悟「LCCM住宅における家庭用蓄電池・太陽光発電設備一体型システムの「特性把握研究—その4 シミュレーションによる検討」日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）2018年9月, p.1243 (2018).

計算概要



計算フロー概要

1. 条件設定
2. PCS周りの構成要素における初期状態の計算
3. PCSの動作判定
4. PCS周りの電力量の計算
5. 系統買電量・売電量・蓄電池充電量の計算

※PCS：パワーコンディショナ

表 シミュレーションプログラム入力項目

項目	(備考)	
住宅内電力負荷	kWh/h	: 1時間値×8760レコード
動作モード	—	: 自給優先/コスト優先
蓄電池	総容量	Wh
	緊急時用の備蓄割合	—
	初期充電率	—
	最大入力電力	W
	最大出力電力	W
	充放電効率	— 0.95
太陽光発電	太陽電池総容量	kW
	太陽電池発電量	kWh/h : 1時間値×8760レコード
パワーコンディショナ	最大入力電力	W
	最大出力電力	W
	維持電力(補機電力)	W
電力変換装置	変換効率	— : 負荷に対する双曲線近似

感度解析の入力条件

前述のエネルギー消費量計算モデルを用いて、入力パラメータの簡略化を検討するために、感度解析を実施した。

買電量に対する感度解析が必要な入力項目

PCS維持電力 ※PCS：パワーコンディショナ

パラメータレンジ：0～50 W

ベースライン：20 W

SB非常時備蓄割合 ※SB：蓄電池

パラメータレンジ：0～100 %

ベースライン：20 %

SB充放電効率

パラメータレンジ：0.9, 0.95, 0.98

ベースライン：0.95

PCS電力変換効率

パラメータレンジ：定格効率 or **双曲線近似**

ベースライン：双曲線近似

負荷率に対する
双曲線近似式で、
一機種による実
験結果から求め
た経験式。

住宅内電力負荷の想定

「高負荷」「標準負荷」「低負荷」の3種類を作成。

PCS運転モード

「コスト優先モード」と「自給優先モード」の2種類を想定。

表 感度解析における入力条件

項目	入力値	ベースライン	
住宅内電力負荷	— : 低負荷 / 標準負荷 / 高負荷	標準負荷	
動作モード	— : 自給優先 / コスト優先	自給優先	
蓄電池	総容量	Wh : 0 ~ 12000	7000
	緊急時用の備蓄割合	— : 0 ~ 1	0.2
	初期充電率	— : 0 ~ 1	0.6
	最大入力電力	W : 3000	3000
	最大出力電力	W : 3000	3000
太陽光発電	充放電効率	— : 0.9 / 0.95 / 0.98	0.95
	太陽電池総容量	kW : 0 ~ 8	5
	太陽電池総容量	kW : 0 ~ 8	5
パワーコンディショナ	最大入力電力	W : 3000	3000
	最大出力電力	W : 3000	3000
	維持電力 (補機電力)	W : 0 ~ 50	20
インバータ ・コンバータ	変換効率	— : 定数 (0.975) / 負荷率に対する双曲線近似	負荷率に対する 双曲線近似

表 住宅内電力負荷の想定条件

項目		低負荷	標準負荷	高負荷	
床面積	計	m ² : 120.08	120.08	120.08	
	主たる居室	m ² : 29.81	29.81	29.81	
	その他居室	m ² : 51.34	51.34	51.34	
断熱性能	UA	W/m ² : 0.6	0.87	1.54	
	η _{AH}	% : 2.9	4.3	3.8	
	η _{AC}	% : 1.9	2.8	3.3	
地域区分 ※共通	—	: 6地域			
年間日射区分 ※共通	—	: A3 551 大津			
暖房	主たる居室	— : AC (い)	AC (ろ)	AC (は)	
	その他居室	— : AC (い)	AC (ろ)	AC (は)	
冷房	主たる居室	— : AC (い)	AC (ろ)	AC (は)	
	その他居室	— : AC (い)	AC (ろ)	AC (は)	
換気	種類	— : 壁付3種	壁付3種	ダクト式第3種	
	SFP	— : 0.1	0.3	0.4	
照明	主たる居室	— : LED	白熱灯	白熱灯	
	その他居室	— : LED	白熱灯	白熱灯	
	非居室	— : LED	蛍光灯	白熱灯	
太陽光発電	面数	— : 1面			
※共通	パワーコンディショナ定格負荷効率	— : 0.90 (JISC8907推奨値)			
	システム容量	kW : 1			
	種類	— : 結晶シリコン系			
	設置方式	— : 屋根置き形			
	方位角	— : 真南から東および西へ15度未満			
	傾斜角	— : 30度			
	住宅内電力負荷	年間合計	kWh/年 : 4,120	5,268	6,848
		(標準負荷比)	— : 0.78	1	1.30
	最大値	年間合計	kWh/h : 4.52	5.04	5.32
		(標準負荷比)	— : 0.90	1	1.06

感度解析結果

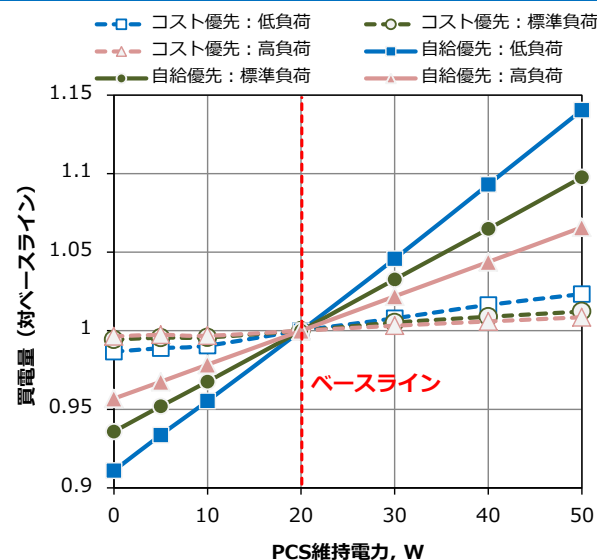


図 PCS維持電力と買電量の関係

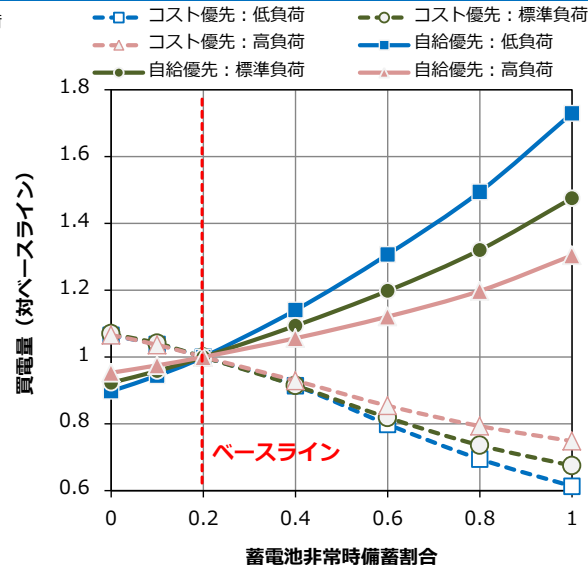


図 SB非常時備蓄割合と買電量の関係

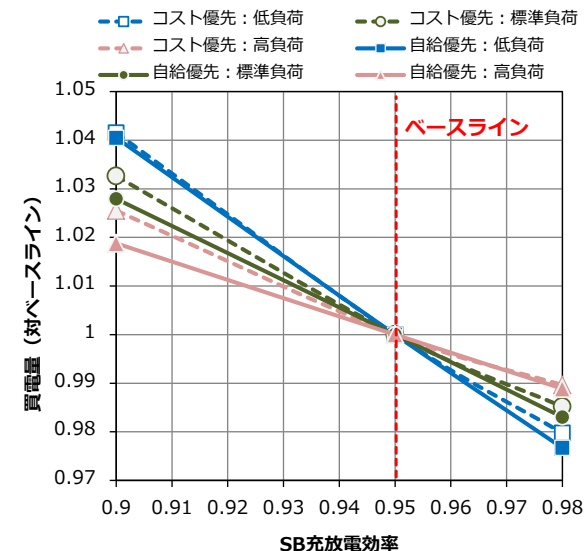


図 SB充放電効率と買電量の関係

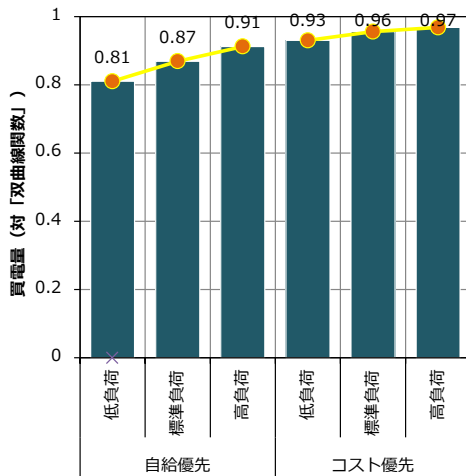


図 PCS電力変換効率と買電量の関係

PCS維持電力

自給優先時

20W⇒10W：買電量2～5%減少
20W⇒30W：買電量2～5%増加

SB非常時備蓄割合

自給優先時

20%⇒10%：買電量2～5%減少

SB充放電効率

自給優先時

0.95⇒0.90：買電量4%減増加

PCS電力変換効率

自給優先時

双曲線近似式⇒定格効率：
買電量9～19%減少

いずれも買電量に対して無視できない影響がある。

一方でいずれも公表値が存在しないため何らかのデフォルト値を見込む必要がある（特に変換効率は汎用性の高い値を設定することが課題）。

計算手法の検討に関する主な結果

エネルギー消費性能の評価法の構築

本年度は、建築研究所にて構築しているエネルギー消費量計算モデルを用いて、入力パラメータの簡略化を検討するための感度分析を実施した。

- PCS補機電力とSB非常用備蓄割合は入力条件とすることが望ましいが、現状は公表されておらず、取扱い方法については要検討である。SB充放電効率についても情報収集が必要である。
- PCS電力変換効率については、可能な限り負荷率の変化を考慮した部分負荷モデルを適用することが望ましい。データの入手が困難な場合は、負荷率低下による効率低減を見込んだデフォルト値を与条件として適用する方法の検討が必要となる。複数機種に適用可能な汎用性の高いデータや単機能型PCSも評価できるモデルへの拡張も課題として挙げられる。
- 運転モードは性能評価上重要な指標となるが、評価にあたり、運転モードをどのように確認し、設定するかは別途検討が必要である。
- 蓄電池初期充電率はどのような値を想定しても、年間買電量への影響はなく、デフォルトを仮設定しても特段の問題はない。

今後の課題

運転モードの設定方法の検討

運転モードについては、現状はコスト優先モード世帯が主流と考えられるが、余剰電力買取価格が家庭用電力料金単価を下回れば、自給優先モード世帯も増えてくると考えられる。評価の段階でどちらのモードを選択するかについては、別途確認方法についての検討も必要と考えられる。

効率値に関する情報収集と設定方法の検討

2019年度は蓄電池メーカーを対象としたヒアリング調査を実施し、出荷時のモードや充放電効率、また性能の規格化の動向などについて把握する予定である。現時点では、蓄電システムの性能に関する日本工業規格等はない。現状の評価モデル案では、PCS電力変換効率は1機種の実験データを基にした経験式を適用しているが、より汎用性の高い値を設定することは課題である。

評価モデルの構築

評価モデル案を基に、市場における製品群を可能な限り評価可能とするモデルに改修することが必要となる。最終的には、調査結果を基に与条件等を整理した評価モデルを構築し、仕様書の形で整理することを目指す。

蓄熱に関する評価法構築に向けた 技術の調査

住宅分野における蓄熱利用

蓄熱利用に関する社会的背景

- 2019年以降のPV搭載住戸における固定価格買取期間終了（いわゆるアフターFIT）に伴いPV余剰電力の買い取り価格が低下する中、自家消費率の向上が課題
- 給湯・暖冷房機器の機器単体の効率向上がペースダウンする中、制御による省エネが重要に

本調査対象の蓄熱手法

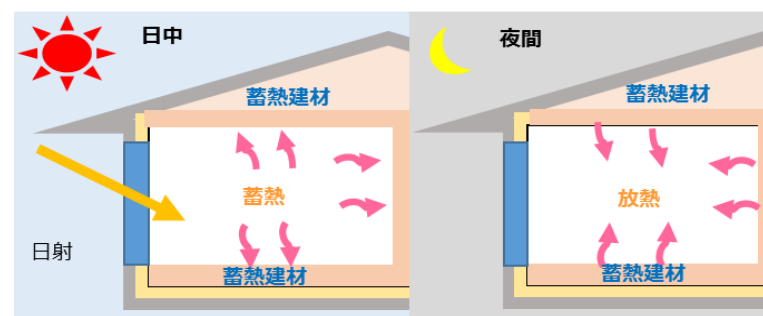
- 住宅のエネルギー消費量の多くを占める「給湯」と「暖冷房」を対象とする
- 給湯については、普及台数が600万台を超えた貯湯式のCO2HP給湯器（商品名：エコキュートEQ）を対象とし、昼間沸上比率向上によるPVを自家消費率向上を試算する
- 暖冷房については、近年製品事例が増え評価方法も構築されつつある「蓄熱建材」による躯体蓄熱を検討対象とし、「パッシブ蓄熱」と「アクティブ蓄熱」の2つに分類する

CO2HP給湯機による
PV発電の自家消費率向上

- 370L/460L程度の大型の貯湯槽を有し、大きな蓄熱容量を有する
- ヒートポンプは沸上時に安定して1kW程度の電気を消費するため、安定した電力需要に従来は深夜電力利用のため、深夜時間帯に主に沸上を行っていた
- 最近になってアフターFITを念頭に、昼間時間帯に優先的に沸上を行う機種が登場
- 沖縄県宮古島や中部電力管内では、遠隔制御によるCO2HP沸上制御による電力需要調整（上げDR）の事業が開始

躯体蓄熱による
負荷低減・PV自家消費率向上

パッシブ蓄熱：冬期日中の太陽温熱・夏期夜間の外気冷熱を蓄熱させることで、暖冷房負荷を低減
アクティブ蓄熱：昼間のPV発電により熱源で生成した温冷熱を蓄熱させることでPV自家消費率向上



冬期 日射熱によるパッシブ蓄熱による暖房負荷低減

CO2HP昼間沸上 製品例と業界動向

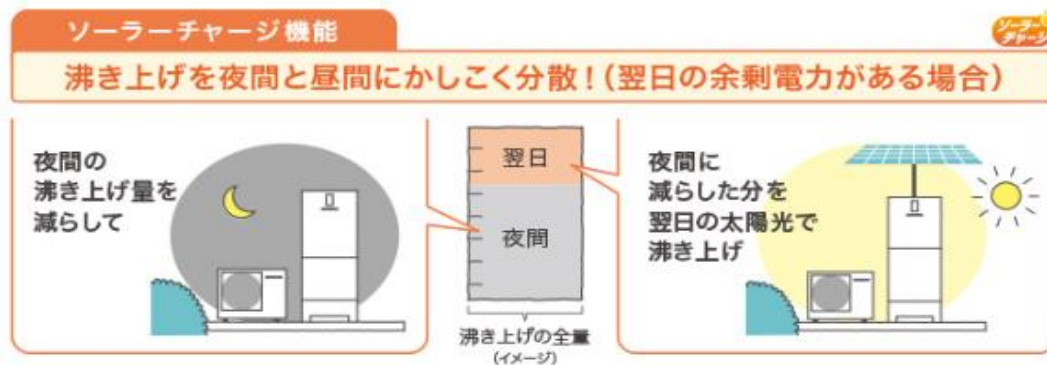
(イ) 余剰電力による蓄熱の制御技術等の把握

CO2HPの製品メーカーの昼間沸上制御の状況を以下のように整理した

- 現状の昼間沸上制御は、住民が毎日手動で昼間沸増ボタンを押す「手動制御」と、天気予測など連携し自動的に昼間沸上・深夜沸上を判断する「自動制御」に分かれる
- 制御主体は、CO2HP単体（主に手動制御）とHEMS連携（主に自動）に分かれる
- ECHONET-Liteの機器オブジェクト詳細規定（Release K）においても、電気温水器クラスでは昼間沸上制御のための様々なプロパティが定義されている。
- HEMS連携によりPV発電状況や出力制御等に応じた昼間沸上運転が進むことが期待される。
- 一方でFIT期間中は現状でも深夜沸上がランニングコスト的に有利であり、昼間沸上制御を有する機器でも従来の深夜沸上モードが依然として主に用いられていると推測される。
- 業界として昼間沸上を統一的に定義する動きはまだ見られない。



〈沸き上げイメージ(時間軸)〉



〈沸き上げイメージ(時間軸)〉



CO2HP昼間優先沸上の例 (Panasonic株式会社)

CO2HP昼間沸上 試算条件

(口) 蓄熱された熱の需要予測手法等の把握

CO2HPを従来の深夜沸上優先から昼間沸上優先に変更した場合における、PV電力自家消費率・省エネ率向上を試算した

共通条件

- 熱・電力消費の負荷条件は、建築物省エネ法における6地域の標準的な戸建住宅を想定（右表参照）。
- 給湯負荷はJIS C9220における負荷（湯量40℃換算456L/日）が全日続き、23時の残湯量を100Lとした。
- CO2HPの基準COP(外気16℃/給水17℃)は各社カタログCOPの平均値4.94とし、電中研報告書M06002を参考に給水・外気温度により補正。
- 毎時の外気・給水温度は6地域の毎月毎時刻の平均とした
- タンク放熱量は15時間で5℃低下とし、時間帯ごとの沸上熱量に対して放熱量を算出した。

太陽光発電および沸上制御の条件

- 太陽光発電の定格容量は2/4/6kWの3通りとし、省エネ法6地域の日射量条件から毎時の発電量を算出。
- 昼間沸上比率を標準的と考えられる20%(20~21時)から、30%/40%/50%までPV発電時間帯(10時~)に増やし、PV発電量の自家消費率向上効果を試算した。
- 建築物省エネ法では、PV発電量のうち自家消費分のみが考慮される。そのためPV自家消費率の向上による、省エネ法上の消費電力量の削減効果も計算した。

CO2HP昼間沸上評価の計算条件

項目		温熱地域区分
		地域 6
冷暖房負荷計算	UA 値[W/(㎡・K)]	0.87
	床面積[㎡]	120.08
	暖房期平均日射熱取得率	4.3
	冷房期平均日射熱取得率	2.8
	通風換気	なし
	暖房運転	間歇
	床暖房	なし
	冷房運転	間歇
	換気種別	3種
空調	エネルギー消費効率区分	(ろ)
換気	換気回数[回/h]	0.5
	非消費電力[W/(㎡/h)]	0.3
照明	照明	非LED
給湯	給湯負荷	JISC9220
家電	家電	→
PV	日射地域	A3大津
	面	南面
	効率	90%
	容量(kW)	2/4/6

CO2HP昼間沸上 省エネ効果・PV自家消費率

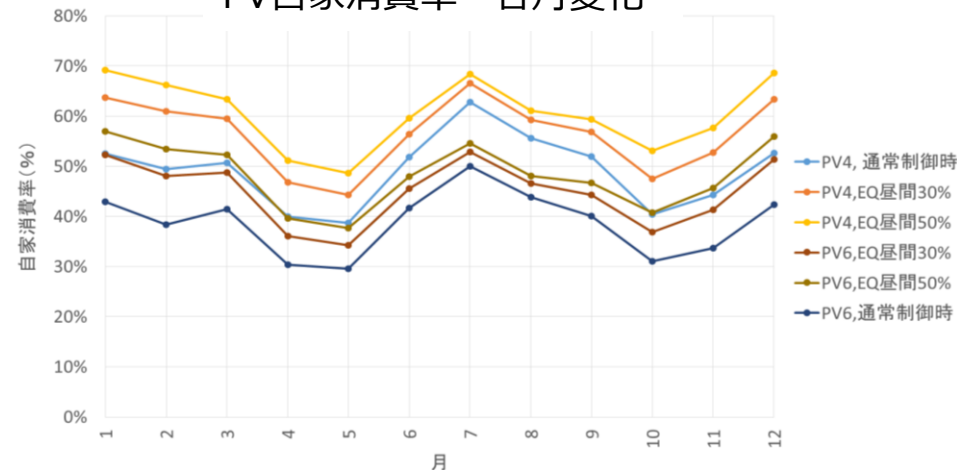
CO2HP昼間沸上のPV自家消費率向上

- 昼間沸上比率の向上により、いずれの季節においてもPV自家消費率は大きく向上
- 年間のPV自家消費率は、昼間沸上比率の上昇に応じて向上し、PV容量2kWで14.0%、4kWで10.8%、6kWで8.3%増加した

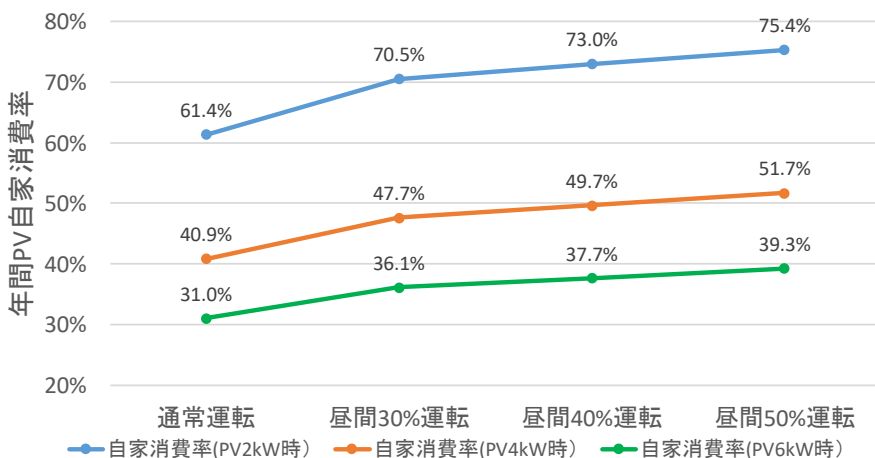
省エネ法上の消費電力量

- CO2HPを含めた住戸全体の消費電力量からPV自家消費分を差し引いて算出
- 省エネ効果はPV容量が大きいほど向上
- 通常運転の5293kWh/年に対し、PV6kW昼間50%運転では4084kWh/年と、12.3%削減の大きな省エネ効果が得られた

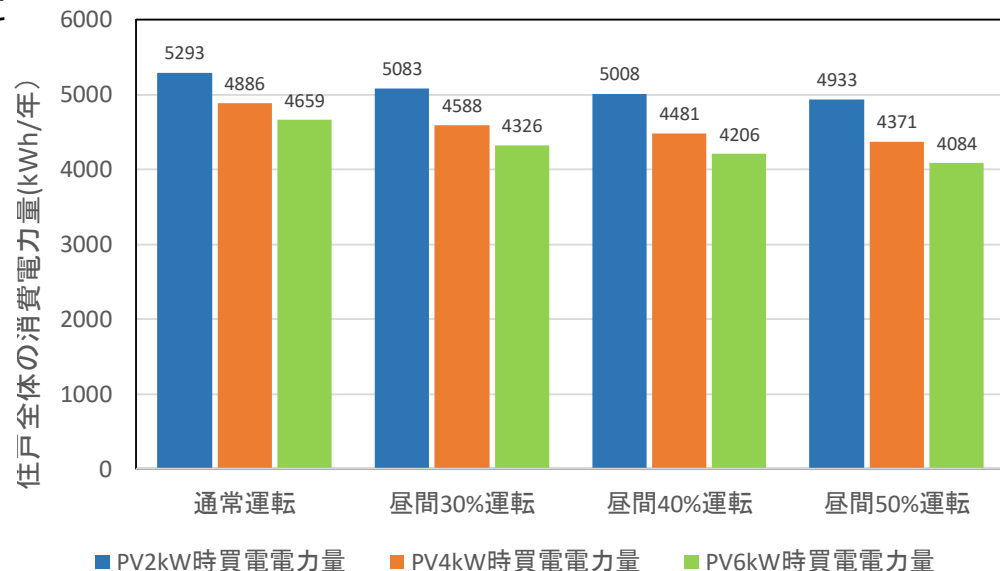
PV自家消費率 各月変化



CO2HP昼間沸上による年間PV自家消費率の向上



CO2HP昼間沸上による省エネ効果



躯体蓄熱 蓄熱方式

(イ) 蓄熱方式の分類

住宅について利用可能な躯体蓄熱について、本調査では以下のように分類する

冬期パッシブ蓄熱：日射熱による暖房負荷低減

- ・ 冬季昼間の窓等からの日射熱を躯体で蓄熱
- ・ 昼間の室温上昇（オーバーヒート）を抑制
- ・ 夜間放熱により夕～夜の暖房負荷低減と室温低下緩和に寄与

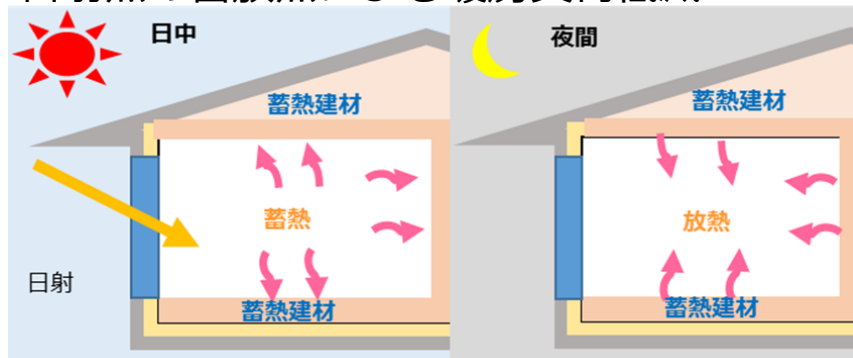
夏期パッシブ蓄熱：夜間外気による冷房負荷低減

- ・ 夏期に夜間の温度が下がる気候において、躯体蓄熱により夜間に蓄冷し、昼に放冷する事で昼の冷房負荷低減と室温の安定化に寄与

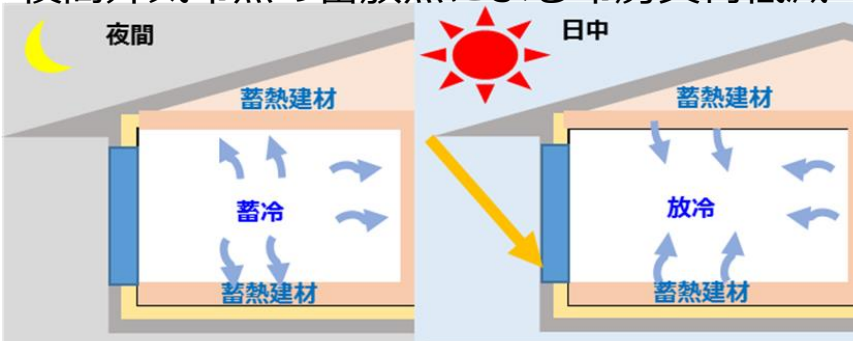
アクティブ蓄熱：熱源の温冷熱による需要シフト

- ・ 電気ヒーターやヒートポンプによる温冷熱を躯体に蓄熱させ電力需要時間帯をシフト
- ・ 以前は深夜電力を利用した蓄熱暖房機が普及
- ・ 現在ではアフターFITでの昼のPV余剰電力の活用が主に

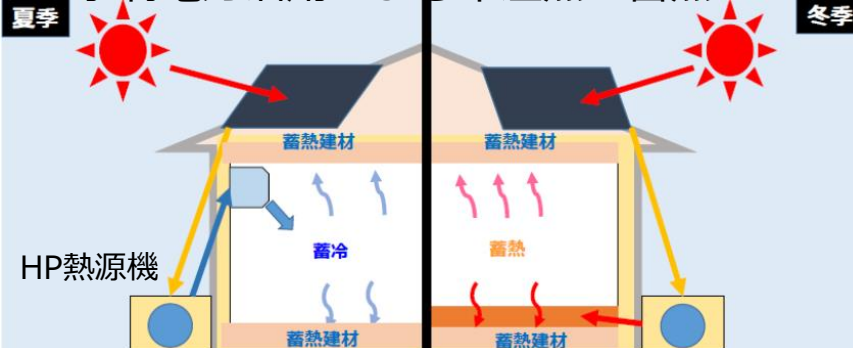
日射熱の蓄放熱による暖房負荷低減



夜間外気冷熱の蓄放熱による冷房負荷低減



PV余剰電力活用による冷温熱の蓄熱



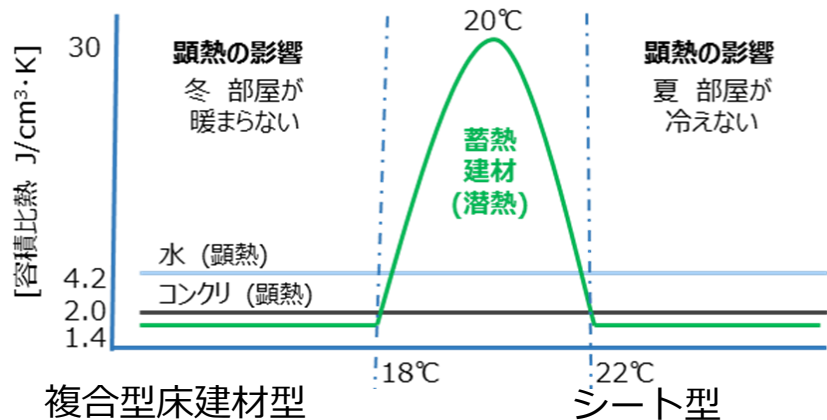
検討協力：一般社団法人 日本潜熱蓄熱建材協会

躯体蓄熱 潜熱蓄熱建材(PCM建材) の例

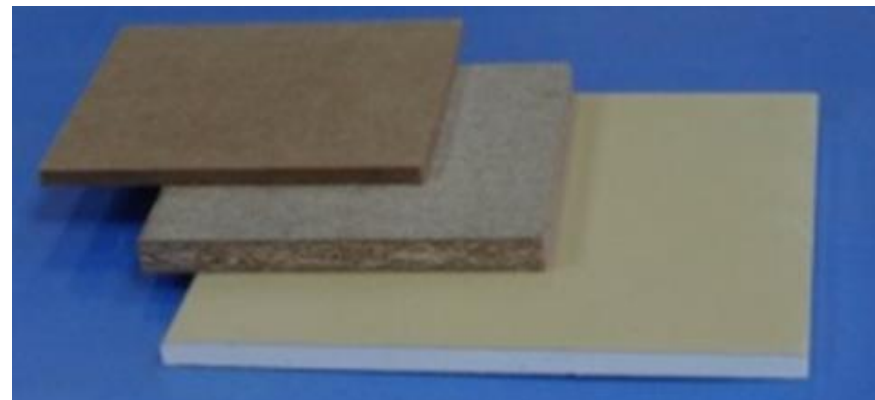
(イ) 蓄熱建材の開発・普及状況

- 蓄熱は、物体の比熱による「顕熱蓄熱」と、相変化による「潜熱蓄熱」の2つに大別される。
- 蓄熱量が大きく温度安定効果が高い「潜熱蓄熱建材(PCM建材)」が開発され、市販例もあり
- 潜熱蓄熱建材の適用部位としては床が最も多く、床下への敷設やフローリングへの組み込み、床暖房パネルと組み合わせた例が見られる。壁や天井については検討中。
- 想定用途は、日本では冬期パッシブ・アクティブ蓄熱が主。海外では夏期パッシブの事例。
- 建材試験センター規格「JSTM O 6101 潜熱蓄熱建材の蓄熱特性試験方法」H29年度制定。
- 戦略的国際標準化加速事業により、JIS基準化がH30より進行中

潜熱蓄熱建材の比熱特性



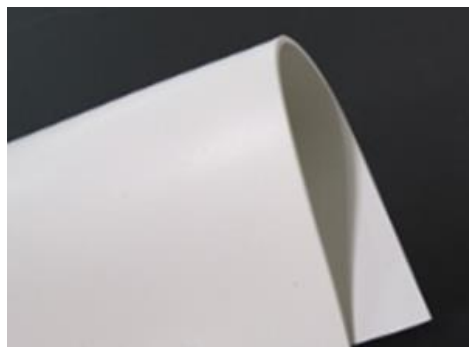
潜熱蓄熱建材の例：塗り壁・ボード型



プラ容器型



フィルムパック型



躯体蓄熱 PCM建材の実験概要

(口) 潜熱蓄熱建材の評価実験および暖冷房負荷低減・室温安定効果の評価構築

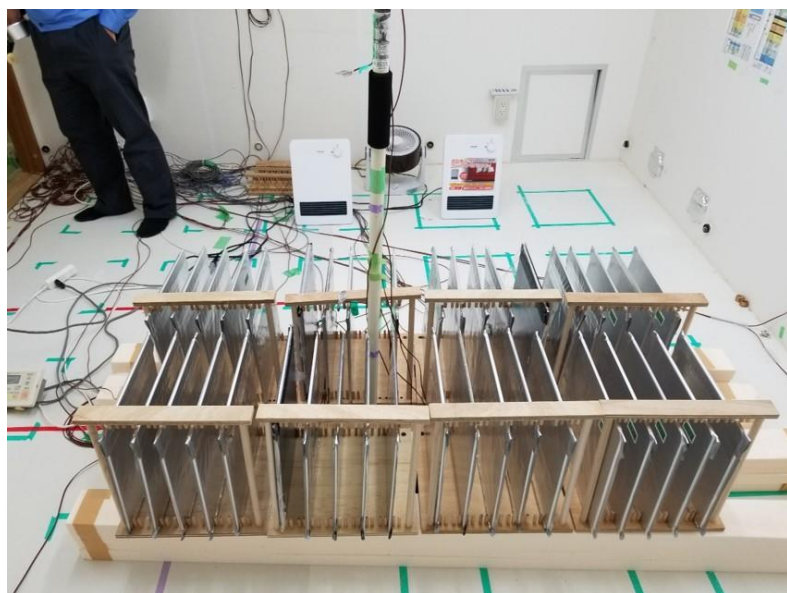
実験・シミュレーションの目的

- 潜熱蓄熱建材単体の比熱計測はJSTMやJIS原案により一定程度構築済
- 一方で、冬期パッシブ蓄熱による暖房負荷低減効果や、アクティブ建材による暖冷房時間シフト効果や室温変動を評価するためには、より実情にそった試験方法やシミュレーションが必要
- H30年度は、主にアクティブ蓄熱を想定した暖房熱量の蓄放熱挙動の把握実験、および潜熱蓄熱による暖房負荷低減・室温安定効果評価のためのシミュレーション手法構築を実施した。

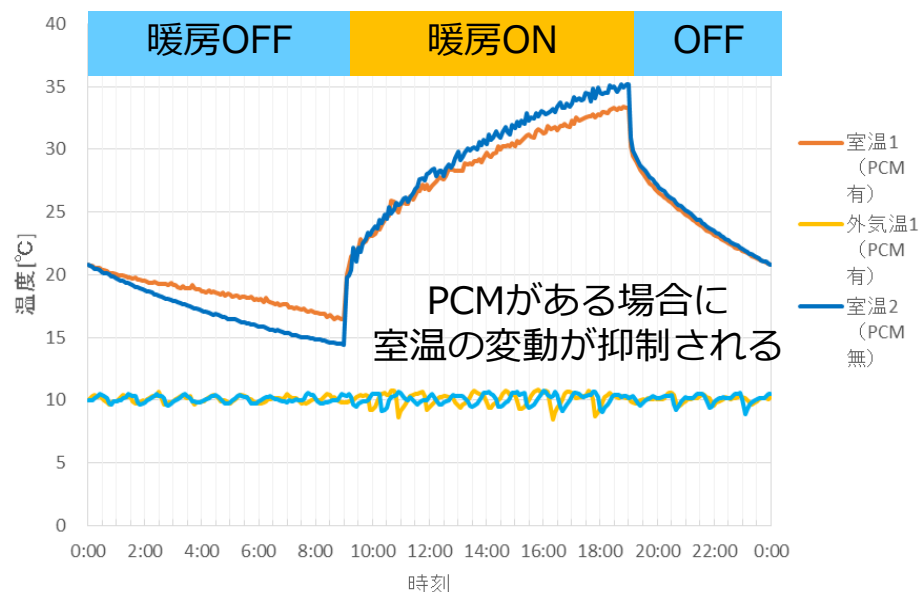
実験概要

- 室内に蓄熱建材が存在する時に、蓄熱建材の蓄放熱挙動が、温熱環境にどのような影響を与えるのかを確認するため、東京大学所有の環境試験室を用いて試験
- 暖房機のON/OFFにより、室内投入熱量を変化させる
- 室内へのPCM建材の有無により、温熱環境およびPCM温度の差を計測した。

実験の様子



室温挙動の実験結果例



躯体蓄熱 PCM建材の計算手法構築

シミュレーション手法の構築

- 潜熱蓄熱建材を敷設した場合の室温変動および暖冷房負荷を算出可能とするため、潜熱を考慮した非定常熱回路網計算を構築する
- EESLISM（工学院大学名誉教授宇田川教授開発）に潜熱蓄熱モデルを組み込み
- 潜熱蓄熱体の特性似合わせ、複数の比熱モデルを選択
- 実験における室温変動について、PCM建材の有無の影響を概ね再現できることを確認
- 一般設計者が容易に利用できる設計ツール（3D CAD）への実装を準備中

潜熱蓄熱体比熱特性の入力画面

■性能入力

比熱モデル選択

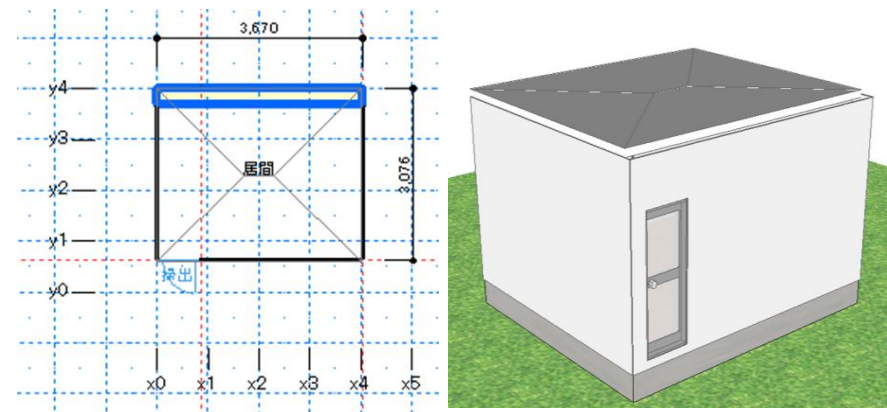
データテーブル(見かけの比熱)
 データテーブル(エンタルピー)
 潜熱変化域潜熱比熱一定
 二等辺三角形
 双曲線関数
 ガウス関数(対称)
 ガウス関数(非対称)
 誤差関数歪度
 有理関数

パラメータ設定

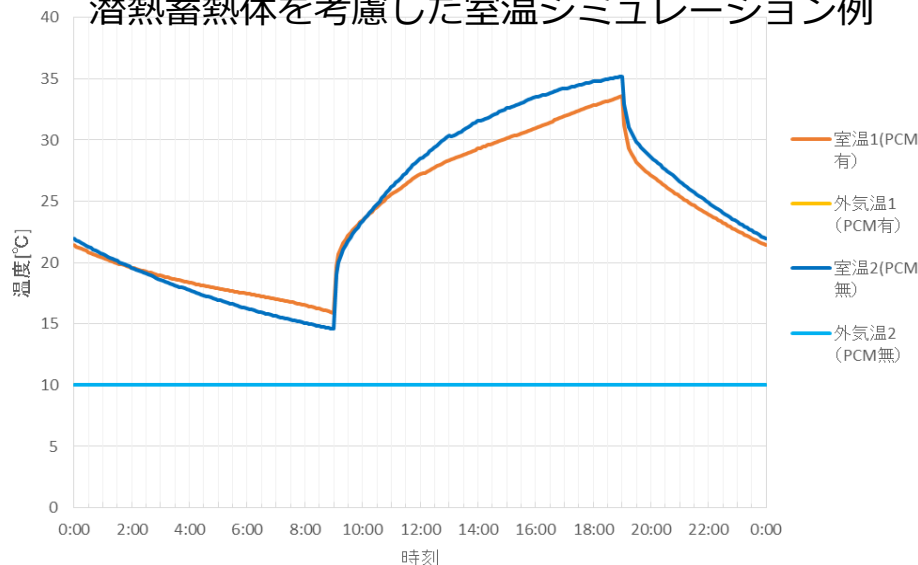
固相熱伝導率 (Conds)	0.150000	[W/mK]
液相熱伝導率 (Condl)	0.150000	[W/mK]
固相容積比熱 (Cros)		[MJ/m ³ K]
液相容積比熱 (Crol)		[MJ/m ³ K]
相変化下限温度 (Ts)	10.000000	[°C]
相変化上限温度 (Tl)	40.000000	[°C]
相変化ピーク温度 (Tp)		[°C]
潜熱量 (Ql)		[MJ/m ³]
パラメータ (β)		[-]
パラメータ (τ)		[-]
パラメータ (ω)		[-]
パラメータ (skew)		[-]
パラメータ (a)		[-]
パラメータ (b)		[-]
パラメータ (c)		[-]
パラメータ (d)		[-]
パラメータ (e)		[-]
パラメータ (f)		[-]
パラメータ (bs)		[-]
パラメータ (bl)		[-]

未入力項目は項目名が赤文字で表示されます。

潜熱蓄熱を評価可能な設計ツールの開発



潜熱蓄熱体を考慮した室温シミュレーション例



CO2HP昼間沸上 まとめと今後の課題

H30年度のまとめ

製品・業界の動向

- アフターFITを想定し、多くのメーカーから昼間沸上モードを備えた機種が市販化
- HEMSと連携し天気予報を活用した自動制御の機種もあり、ECHONET-Liteの活用と合わせ今後の開発・普及が期待されるが、業界としての昼間沸上の定義はなされていない

昼間沸上の効果試算

- 6地域の標準的な戸建住宅を想定し、PV容量ごとに昼間沸上比率を変化させ試算
- 昼間沸上比率20%→50%に変化させた場合、年間のPV自家消費率は、PV容量2kWで14.0%、4kWで10.8%、6kWで8.3%増加した
- 建築物省エネ法で考慮されるのはPV発電量のうち自家消費分のため、PV自家消費率向上は省エネ側の評価につながる。PV自家消費分を差し引いた住戸全体の年間消費電力量は、通常運転の5293kWh/年に対し、PV6kW昼間50%運転では4084kWh/年となり、12.3%削減となった。
- CO2HPの昼間沸上は、PV自家消費向上や省エネに大きな効果があることを確認

今後の課題

- 評価の精緻化のため、より詳細な計算モデルの構築を進める。
- 現在未評価の項目（天気予報利用の有無など）の影響考慮の必要性も検討。
- 必要に応じ、実証実験の実施。
- 業界としての昼間沸上制御の標準化、昼間沸上比率の評価手法を検討する。

躯体蓄熱 まとめと今後の課題

H30年度のまとめ

蓄熱方式の分類および現状の調査

- 蓄熱について、暖冷房負荷低減と室温安定につながる季節の気候を活用した「冬期パッシブ蓄熱」と「夏期パッシブ蓄熱」、PV自家消費率向上につながるHP熱源の温冷熱を利用した「アクティブ蓄熱」に分類した
- 冬期パッシブ蓄熱・アクティブ蓄熱を想定した潜熱蓄熱建材（PCM建材）が開発・市販化されてきており、JSTM・JIS規格化が進捗している

PCM建材の評価実験およびシミュレーション手法の構築

- PCM建材の有無による室温安定効果検証実験を行い、PCM建材がある場合の温度安定効果を確認
- PCMの熱容量モデルを組み込んだ非定常熱回路網計算を構築し、実験におけるPCM建材の室温安定効果を概ね再現できることを確認

今後の課題

- 屋内・屋外実験によるPCM建材の効果実証実験の実施。
- PCM建材のより詳細な熱・温度の数値計算モデルの構築。
- PCM建材による熱負荷低減・温度安定効果の試算。