

林野庁 令和3年度「地域内エコシステム」
技術開発・実証事業

成果報告会

家庭用木質ボイラの活用による
オフグリッドシステムの低コスト化

2022年3月17日



内保製材の紹介

- 滋賀県の北部、長浜市で昭和25（1950）年に製材業として創業
- 高度経済成長期に住宅建築を手掛けるように
- 平成16（2004）年に三代目の経営となり「製材所をもつ工務店」
として、県産材を使った在来工法による「感響の家」を展開
- 県内を中心に年間20棟ほどの住宅を建設



取り組みの背景

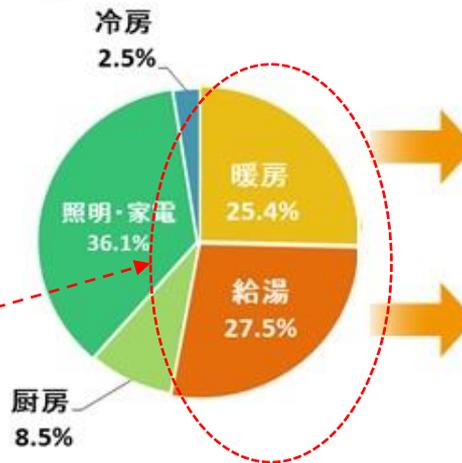
- 2012年以降、FIT（自然エネルギー固定価格買取制度）により、一般住宅に太陽光発電を搭載する施主が急増
- 2020年に施行が予定されていた次世代省エネ基準の義務化（実施は見送られた）により、住宅業界ではZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）がトレンドになっている
- しかし、ZEHの概念は太陽光で生み出した電力と住宅の消費電力が「計算上」釣り合うだけで実際に住宅がエネルギー的に自立している訳ではない
- 近年、自然災害の激甚化が進む中「住宅の防災・減災」が新たなテーマとなっており、今後の住宅市場はZEHからオフグリッドへと移行するのでは？
- また、地球温暖化の観点からも、家庭部門での自然エネルギーの自給率を高めることが不可欠
- とはいえ、完全なオフグリッド住宅は太陽光発電や蓄電池の容量を増やす必要があり、初期コストが高いため普及の障害となっている
- 当社では季節や風を感じられる「感響の家」の中に再エネ・省エネ技術を取り込むことで、木質ボイラを利用した低コストなオフグリッドシステムを開発したい

家庭部門のエネルギー消費

- 住宅のエネルギー消費のうち「暖房・給湯」といった「熱需要」が半分以上を占めており、通常は石油やガスといった化石燃料が使われている
- いわゆる「オール電化」で「オフグリッド住宅」のシステムを構築しようとする、熱需要を電気でまかなう必要があるため、発電・蓄電への設備投資が過大となってしまう
- また、曇天や冬季、夜間は発電できないため、常に蓄電量が問題となる

※特に日本の「風呂文化」は温熱需要が年間を通して高い

1世帯あたり用途別エネルギー消費量の割合（2013年度）



用途	化石燃料の燃焼				
	電力	熱	都市ガス	LPG	灯油
暖房	16%	0%	18%	3%	62%
給湯	13%	2%	40%	26%	16%

※石炭など 0.3%

化石燃料の燃焼

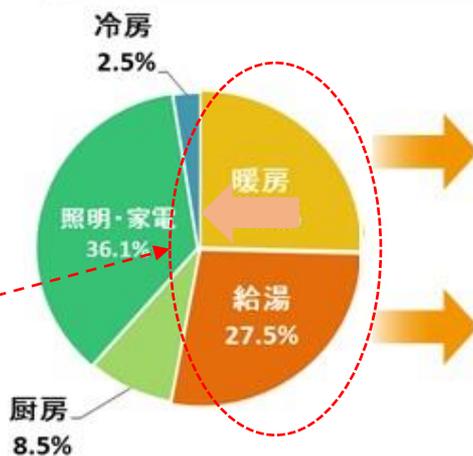
暖房と給湯を全て電気でまかなおうとすると太陽光パネルと蓄電池を大きくしなければならない

発想の転換

- コスト削減のために「オフグリッド住宅＝オール電化」の概念を転換
- 「熱需要」を太陽光や化石燃料ではなく「太陽熱＋バイオマス」でまかなうことで、初期投資と運転経費のコストを削減しつつ、「オール太陽エネルギー」でオフグリッドすることができる
- パッシブな太陽熱だけでなく、アクティブなバイオマスを用いることで、曇天や冬季、夜間といった期間も問題なくシステムが稼働する

※バイオマスは太陽エネルギーによって植物が大気中の炭素を固定したものの

1世帯あたり用途別エネルギー消費量の割合（2013年度）

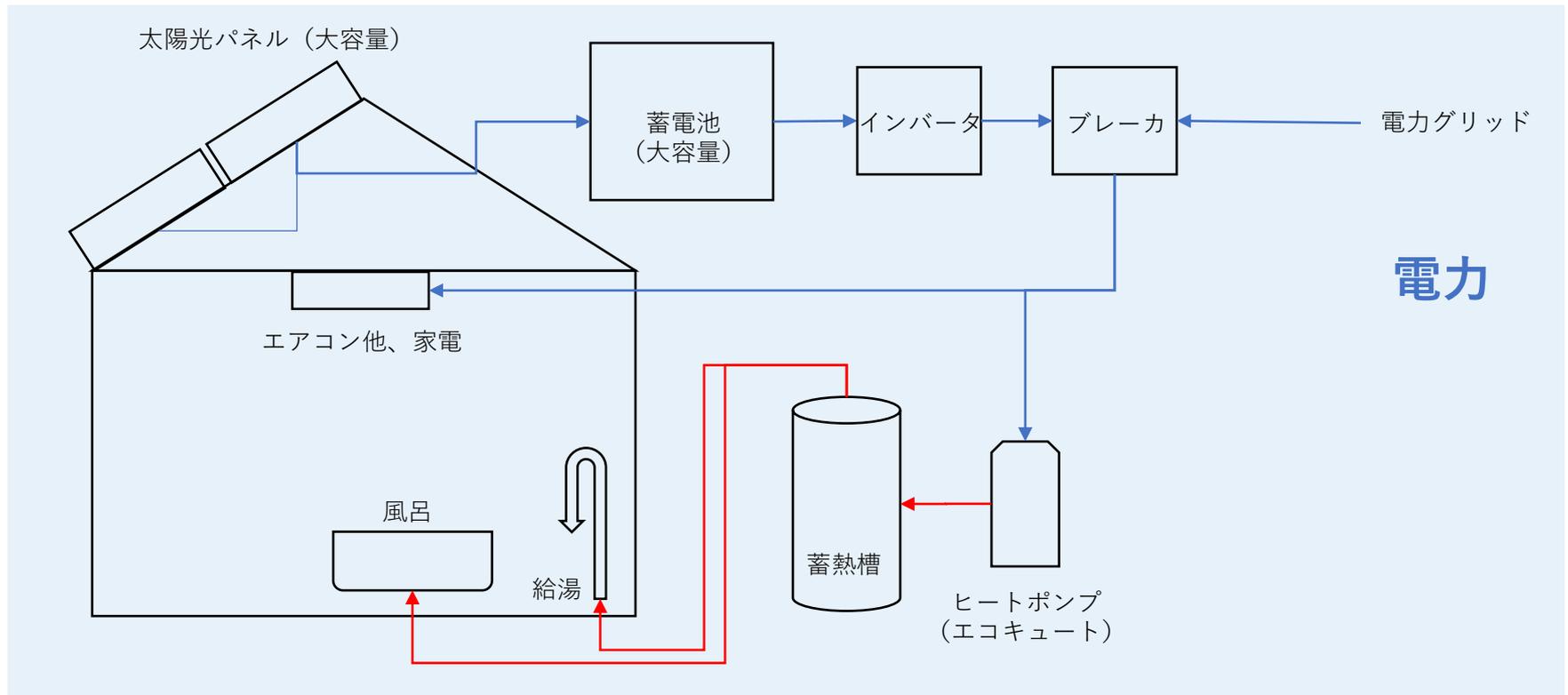


用途	エネルギー		燃料		
	電力	熱	都市ガス	LPG	灯油
暖房	16%	0%	18%	3%	62%
給湯	13%	2%	40%	26%	16%

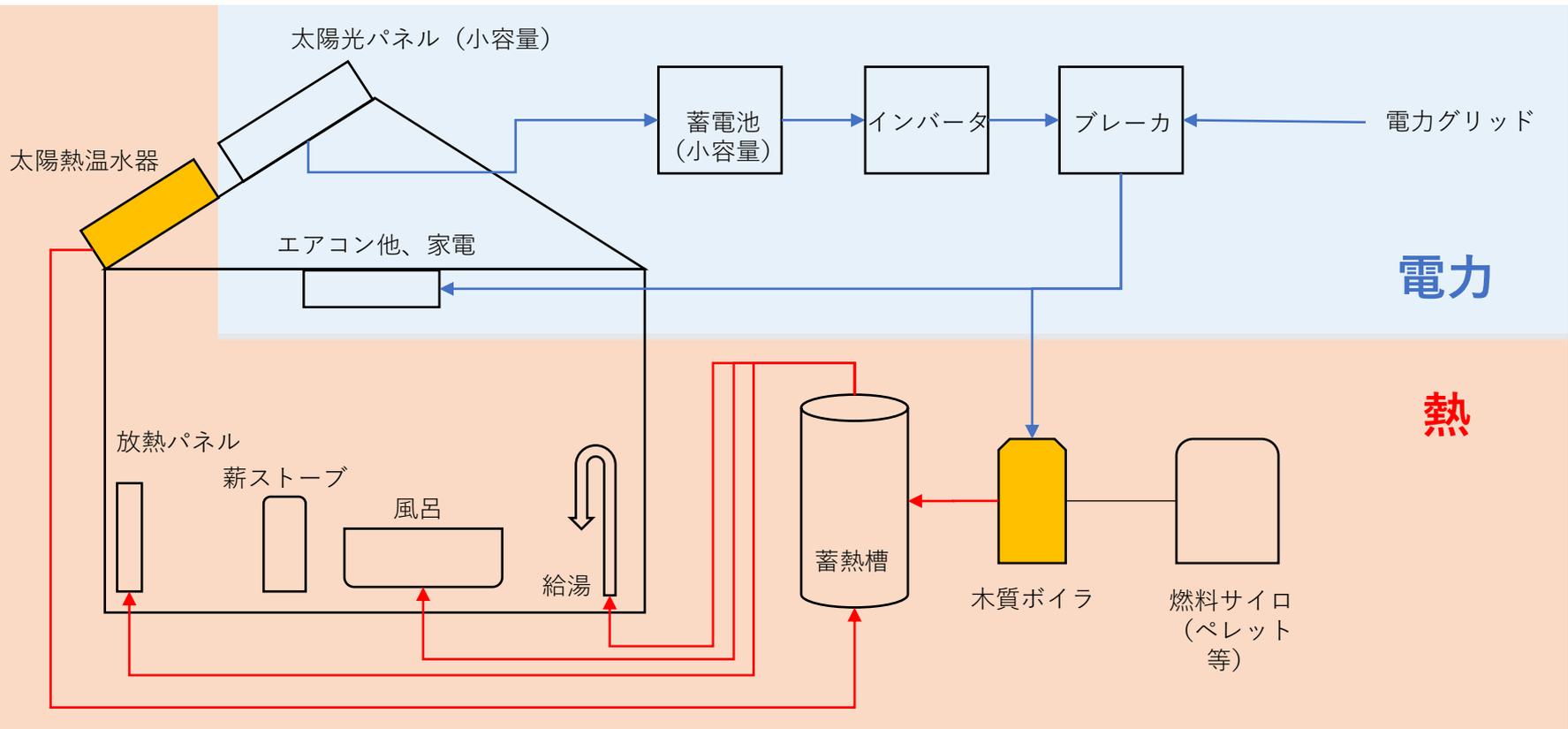
※石炭など 0.3%

化石燃料の燃焼

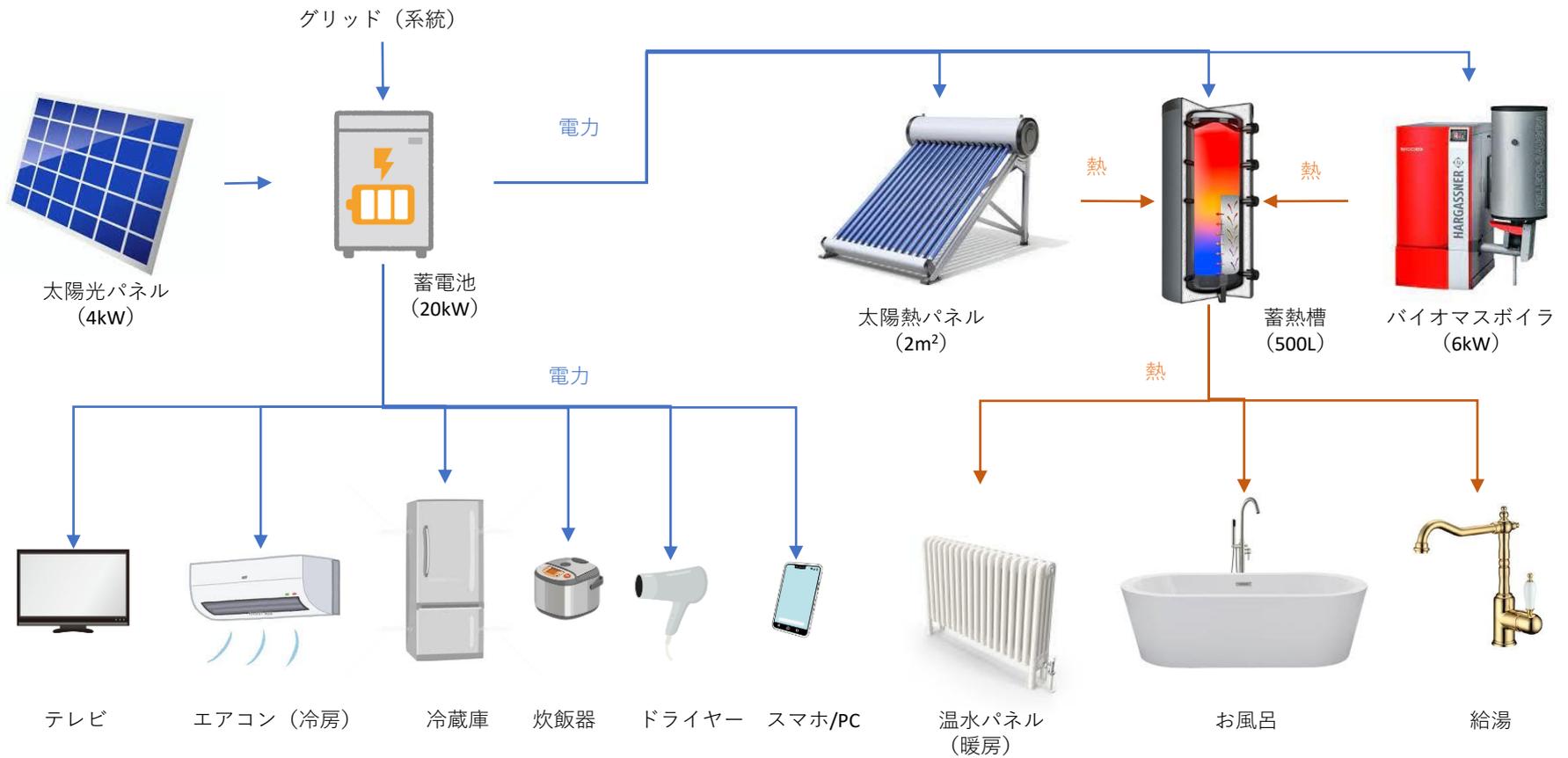
従来型オフグリッドシステム



バイオマス統合型オフグリッド



機器の配置



なぜバイオマスボイラなのか

- CO₂フリーのオフグリッド住宅には非化石燃料の熱源が必要
- 太陽熱温水器だけでは曇天や冬季、夜間の熱需要を満たせない
- 熱源としてオフグリッド住宅にはバイオマスボイラの導入が不可欠
- バイオマスは植物が太陽エネルギーを用いて大気中のCO₂を炭素の状態に固定したものであるため、実質的にCO₂を排出しない
- 諸外国に対して相対的に給湯需要（お風呂の需要）が多いことから、日本におけるオフグリッド住宅では熱源が必須となる理由（逆に欧州では暖房需要が大きい）
- 従来、日本の住宅に木質ボイラを導入することは難しいと言われているが、オフグリッド住宅という切り口で考えると、潜在的な需要が存在する
- 薪、ペレット、チップといった各種の木質ボイラの中から、地域や気候、敷地といった条件を加味して、最適な木質ボイラを導入することが可能となる
- 今回のウクライナの危機により、エネルギー安全保障、特に国産のエネルギー源や自給はもはや“プライスレス”であることが証明されつつある

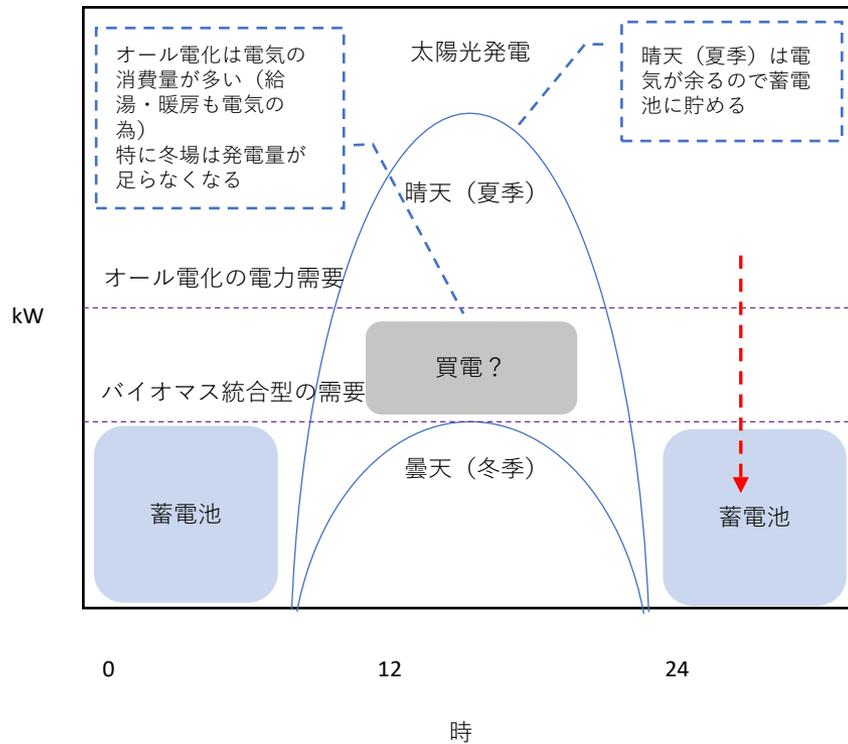
開発の内容

- 2021年に新築した自社モデルハウスを「バイオマス統合型オフグリッドシステム」の実証場所として活用
- 従来の太陽光発電システムに自立運転のためのシステム（蓄電池）を組み込みつつ、熱エネルギーは太陽熱と木質ボイラによって供給
- システム全体を監視するモニタリングシステムを開発
- 完全なオフグリッド化システムで実証
- ①太陽光発電のみの場合、②太陽光発電＋化石ボイラ、③太陽光発電＋バイオマス統合型のシステムに対して初期投資、運転経費、実用性を比較
- あわせて、CO₂の排出量についても検証
- 発電量・蓄電量・発電量・蓄熱量・需要量に関するデータや室温変化、気象条件を記録し、実行可能性を調査
- システム運用のためのモニタリングシステムを検証
- 木質ボイラを用いた低コストなオフグリッドシステムの開発が目標

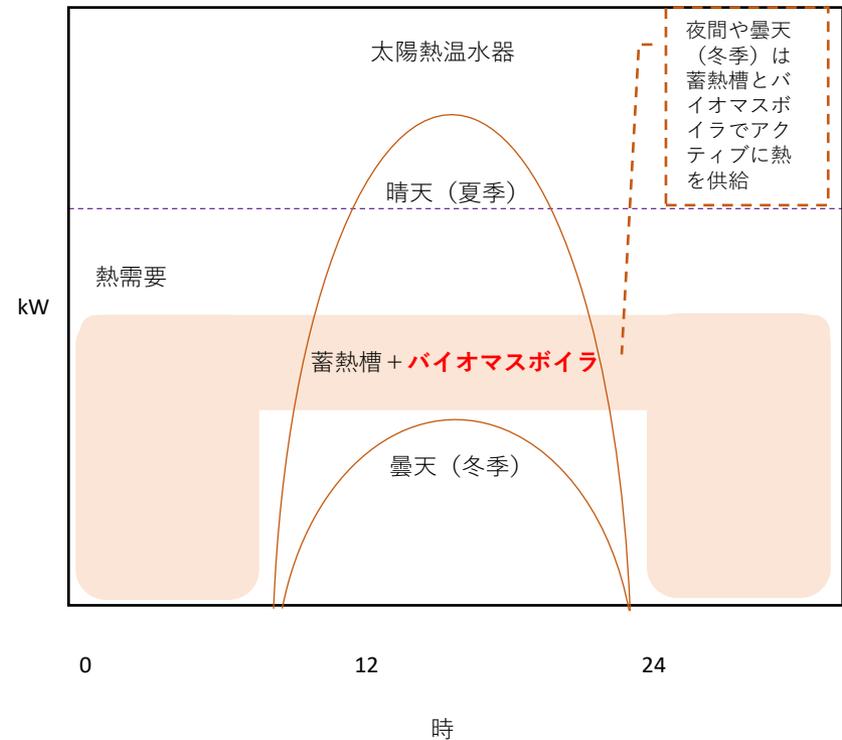
電力と熱の需給

- 電力と熱の需給を制御するための受給管理システムを開発

電力需給

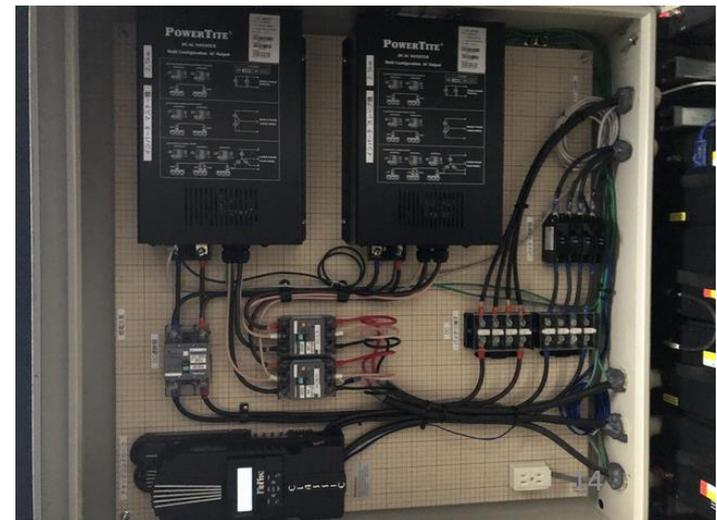


熱需給



太陽光発電システム + 蓄電池

- 2021年11月に設置
- 2021年12月23日から稼働



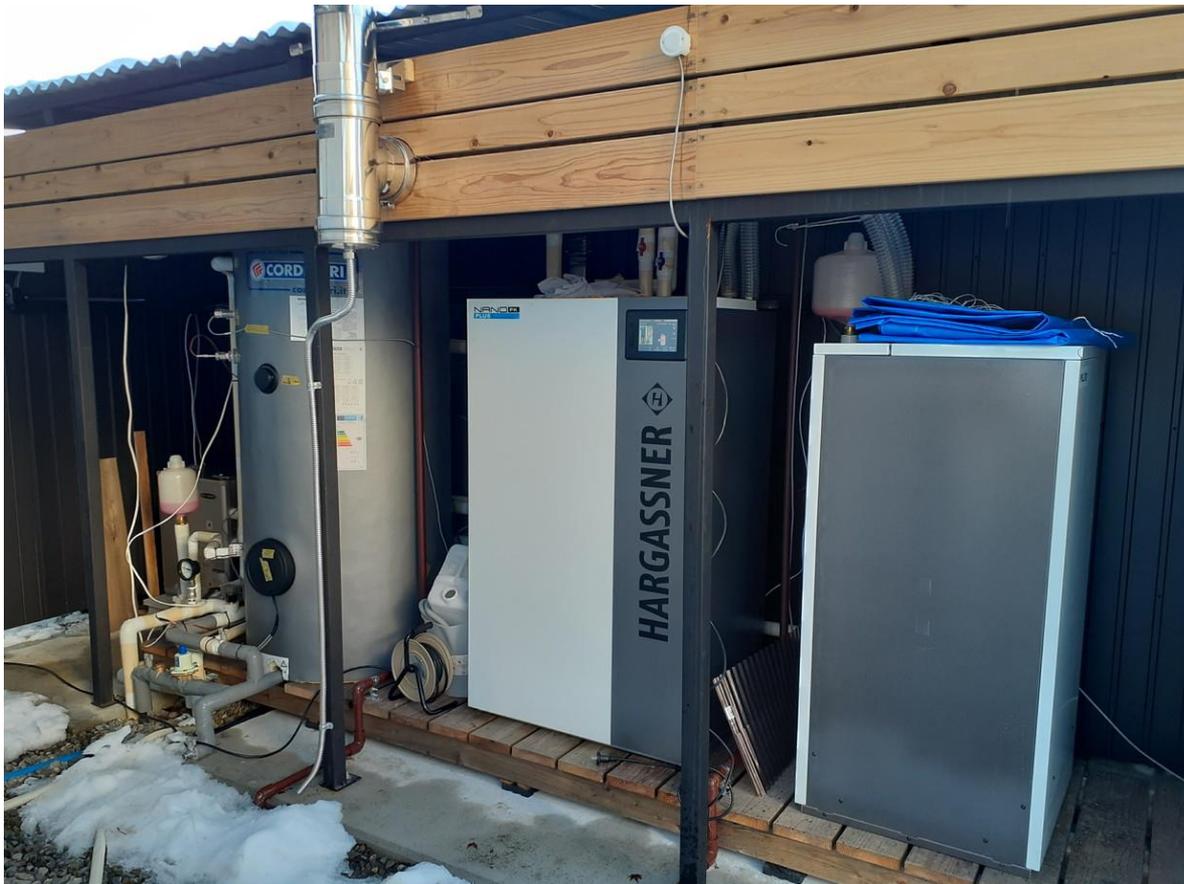
室内温水パネル

- 2021年12月上旬に設置
- 居間、食堂、寝室に3枚、洗面脱衣場に1枚
- 廊下と和室に予定していた2枚は設置の問題でとりやめ



ペレットボイラ + 貯湯槽

- 2021年12月上旬に日本着、搬入設置
- 2022年1月上旬に接続
- 1月20日から稼働



太陽熱パネル（平板型）

- 12月下旬に平板型を調達、1月上旬に設置
- 傾斜角は冬季の集熱を考慮して 41°

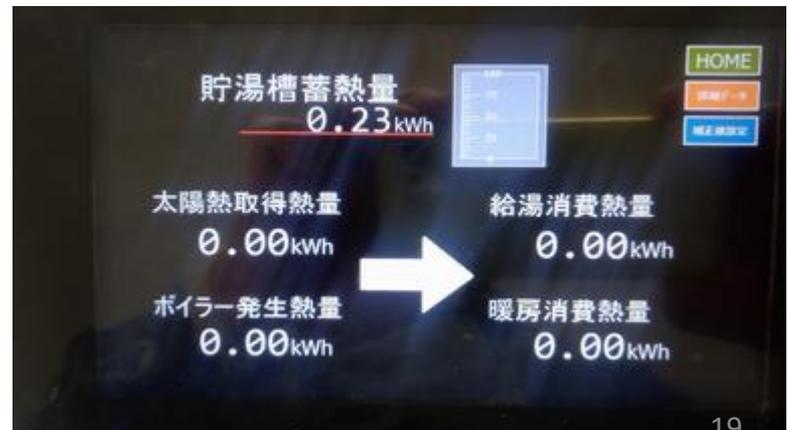


監視モニタの目的と機能

- システムが自動的に機能をコントロールするのではなく、ユーザーが自発的にシステムに働きかけることを重要視
- その目的はエネルギー消費を抑制すること（ユーザーのリテラシー向上）と、システムの導入費・維持費の低コスト化
- 発電量（PV）、発熱量（太陽熱パネル、ボイラ）を常時把握できること
- 蓄電量（バッテリー）、蓄熱量（貯湯槽）を常時把握できること
- 電気と熱の消費量（バッテリーと貯湯槽からのエネルギー供給量）を常時把握できること
- 電気と熱の発生量と貯蔵量に対する消費量から、自立運転できる時間を予測できること
- 自立運転と商用運転について、現在の状態を表示すること
- 商用電源に切替わった際に警報を出せること
- 商用電源の利用量（累積）を把握できること
- データを記録できること
- データから運用の予測と改善が行えること

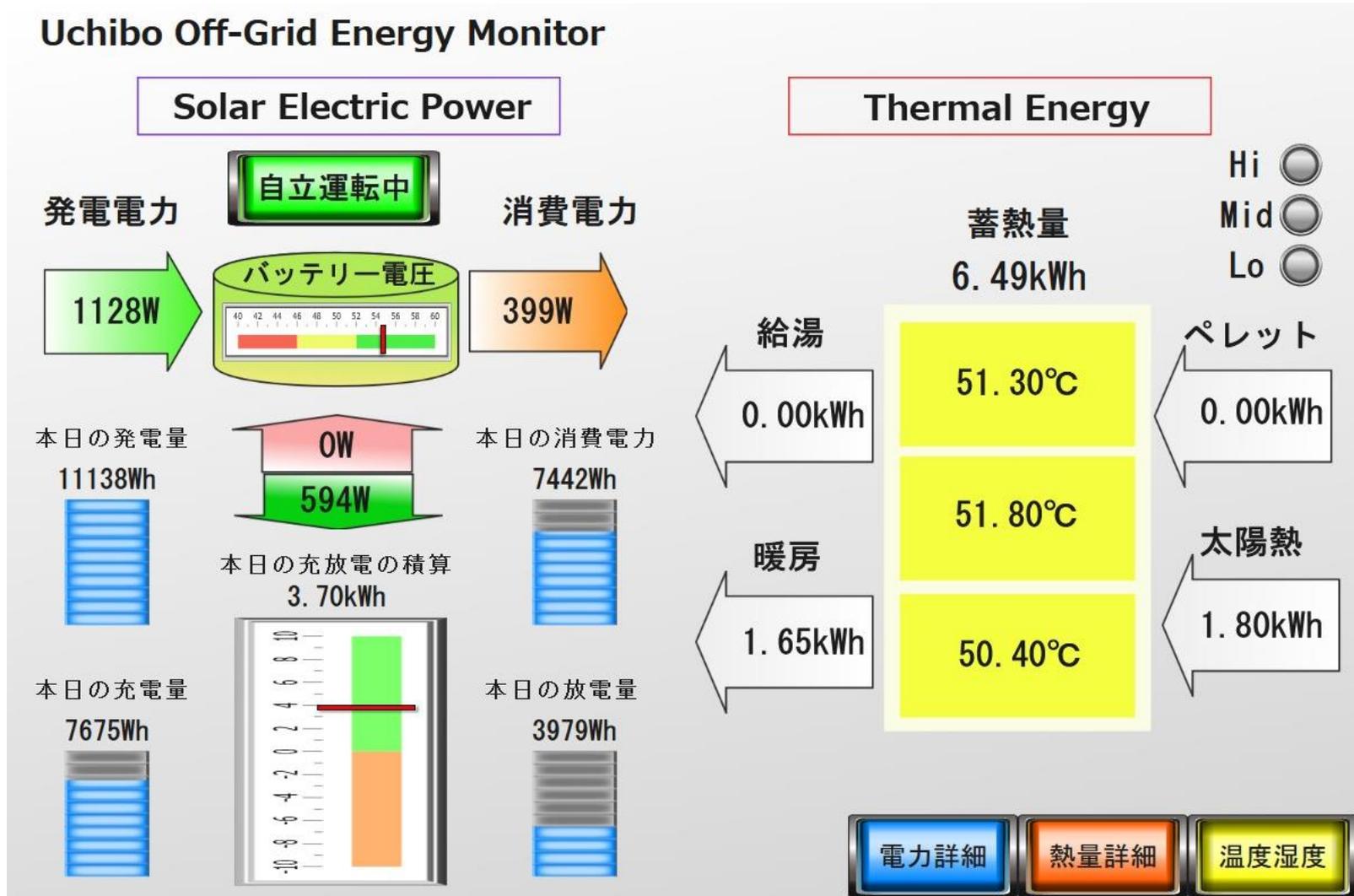
監視モニタ

- 2022年1月上旬に設置接続・中旬から稼働



監視モニタ

<http://uchibo.iobb.net/cu/571g4.html>
2022年3月12日（土）13時22分の例



電力詳細

<http://uchibo.iobb.net/cu/571g4.html>

2022年3月12日（土）13時50分の例



発電電力

769.93W

消費電力

526.19W

全体消費電力

387.40W

充電電力

244W

バッテリー電圧

52.79V

商用全体

14W

放電電力

0W

バッテリー温度

15.80°C

商用切替回数 8回

ボイラー

8W

2階エアコン

-0W

IHクッキング

-0W

1FコンセントNo5

42W

1F電灯No2

4W

集熱ポンプ

0W

LDKエアコン

1W

キッチンNo14

0W

1FコンセントNo6

12W

1F電灯No1

0W

暖房循環1次ポンプ

57W

寝室エアコン

0W

キッチンNo15

-1W

1FコンセントNo7

0W

2F電灯

0W

暖房循環2次ポンプ

239W

熱量詳細

<http://uchibo.iobb.net/cu/571g4.html>

2022年3月12日（土）13時50分の例



ソーラー行き温度
49.0°C

ソーラー還り温度
52.1°C

ソーラー循環流量
1.6L/Min

太陽熱取得熱量
0.4W

ボイラー行き温度
48.6°C

ボイラー還り温度
49.0°C

ボイラー循環流量
0.0L/Min

ボイラー発生熱量
0.0W

暖房行き温度
52.0°C

暖房還り温度
49.8°C

暖房循環流量
9.9L/Min

暖房循消費熱量
1.5W

給湯温度
27.2°C

給水温度
19.8°C

給湯流量
0.0L/Min

給湯消費熱量
0.0W

上部温度 50.7°C

中部温度 51.2°C

下部温度 49.5°C

利用可能温度 40.0°C

蓄熱量 6.1kWh

バッテリー温度 15.8°C

オーガパルス 0000

排ガス温度 23.8°C

ペレットHi

ペレットMid

ペレットLo

ペレット空信号

ボイラー異常信号

温度湿度

<http://uchibo.iobb.net/cu/571g4.html>

2022年3月12日（土）13時50分の例



1 F

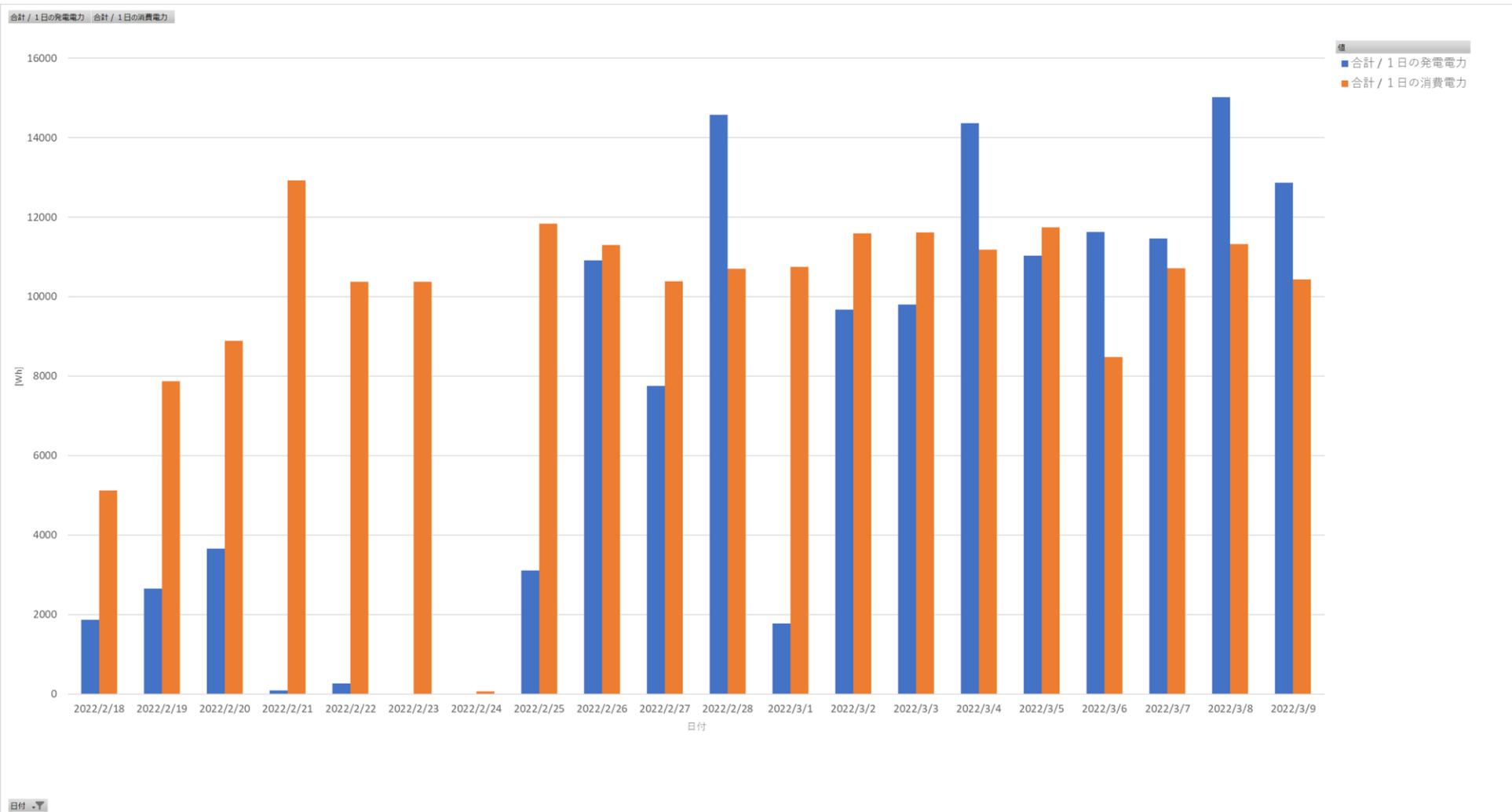
外気温度	15.5°C	外気湿度	68.0%
食堂温度	23.1°C	食堂湿度	50.0%
居間温度	23.3°C	居間湿度	37.0%
寝室温度	24.6°C	寝室湿度	34.0%
和室温度	21.9°C	和室湿度	23.3%
トイレ温度	22.7°C	トイレ湿度	39.0%
洗面温度	24.5°C	洗面湿度	35.0%

2 F

共用温度	22.8°C	共用湿度	38.0%
子供部屋温度	22.3°C	子供部屋湿度	40.0%
収納温度	0.0°C	収納湿度	0.0%

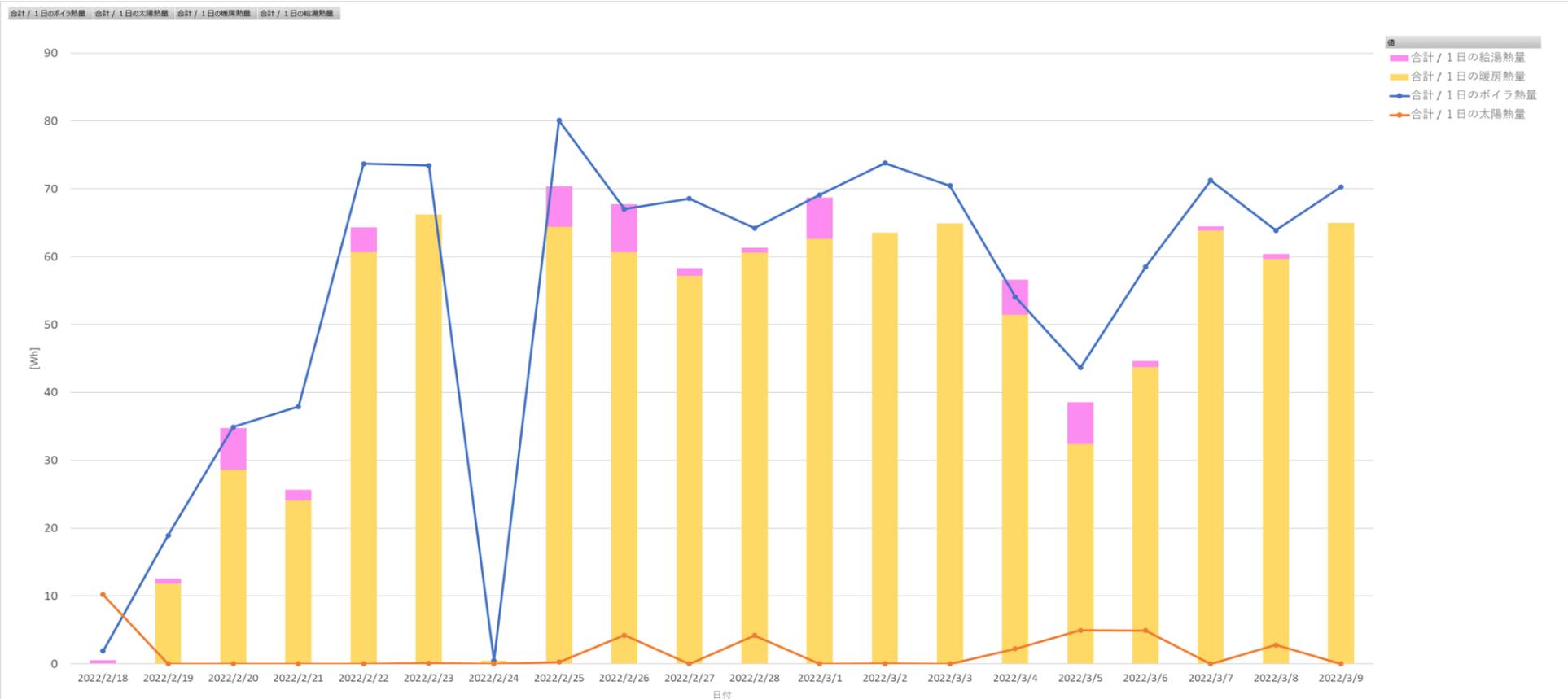
電力需給

- 大雪の影響でほとんど発電できず
- 2月26日以降、まともに発電できるようになった



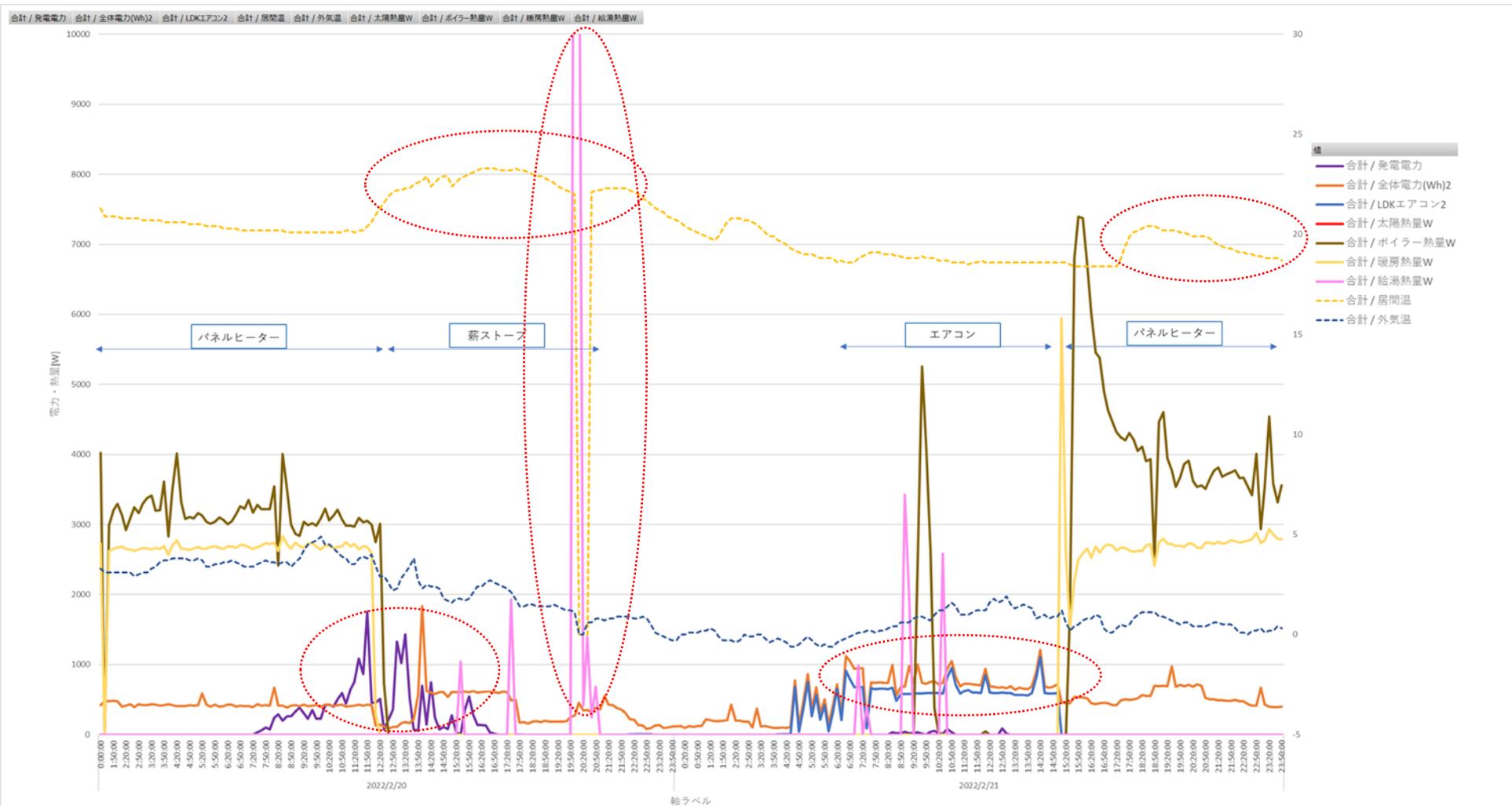
熱の需給

- ペレットボイラにより暖房・給湯は全て足りている
- 熱の需要は暖房が圧倒的に大きい
- 太陽熱の寄与度は今のところ大きくないが、夏場の給湯需要は満たせるのでは



暖房方式の違いを検討

- 温水パネル、薪ストーブ、エアコン暖房の比較



運用における課題 ①雪の影響

- 予想はしていたものの、積雪の影響により太陽光パネルによる発電ができない日が多かった
- 屋根の傾斜角が緩いこともあり、積もった雪が融けるまでに時間を要した
- 太陽熱パネルも積雪の影響を受けたが、温水を強制循環することで30分ほどで融雪することができた



運用における課題 ②室温ムラ

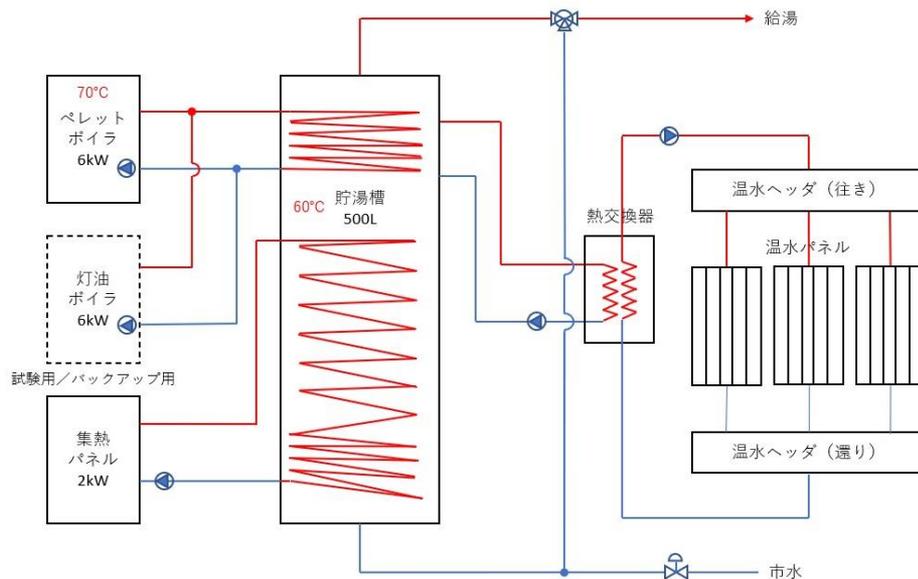
- 電気のみでの運用時、外気温の低い夜はエアコンの室外機が凍結することで室温が**15°C**程度まで低下するため、薪ストーブの併用が必要となった
- ペレットボイラの稼働後、温水パネルの放熱により各部屋の夜間の室温を**20°C**に保つことができるようになったが、居間は畳の間にパネルを設置しなかったこと、薪ストーブある土間からの冷気もあり、温度ムラが発生（最大**2°C**ほど）
- 施工上の課題はあるが、温水パネルを増設することが望ましい



温水パネルを増設
(予定)

運用における課題 ③エネルギー消費

- 居間のインテリア照明が100W電球だったので6WのLEDに変更
- 電磁気式調理器をどうするか
- 暖房回路の循環ポンプのエネルギー消費が大きい為、効率の良いポンプに変更するとともに、台数を2台から1台に減らす工夫をする
- 太陽熱の循環ポンプを高効率なものに変更、エネルギー消費を低減させる
- 配管システムを欧州製の高効率なものに変更し、熱損失を小さくする



初期費用

No.	大項目	内容	金額(税別)
1	太陽光発電システムの導入		2,500,000
		太陽光パネル：335W×12枚=4.02kW	312,000
		架台(支持瓦)	120,000
		接続箱	10,000
		チャージコントローラ MIDNITE250	78,000
		インバータ 2.5kW×2(単相三線対応)	490,000
		ディープサイクルバッテリー：12V 100Ah 1.2kWh×16=19.2kW	720,000
		電材(バッテリーケース、盤、配線、配管他)	400,000
		設置工事費	300,000
		諸経費	70,000
2	木質ボイラシステムの導入		3,310,000
		ペレットボイラ：ハーガスナー Nano-PK6 (6kW)	1,650,000
		燃料貯蔵庫：ハーガスナー(220kg)	80,000
		煙突部材・設置工事	100,000
		搬入設置費	100,000
		貯湯槽：コルディバリ(500L)	400,000
		灯油暖房ボイラ：長府製作所 EDBF-673Y、灯油タンク(90L)	150,000
		配管部材・保温ラッキング・工事費	660,000
		電気工事	70,000
		試運転調整費	100,000
3	太陽熱温水システムの導入		1,440,000
		集熱パネル：コルディバリ、2枚	200,000
		集熱パネル設置工事費	30,000
		放熱パネル：コルディバリ、4枚	400,000
		熱交換器：コルディバリ	100,000
		ポンプ・配管部材・保温ラッキング・工事費	610,000
		循環・制御・試運転調整費	100,000
	合計		7,250,000

注：遠隔監視などのシステム費用は含まれていません。

運用コスト

- 電気代：12/7～1/10（エアコン暖房時）11,495円 ※ただし稼働は12/23以降
1/11～2/6（バイオマス暖房時）7,878円 ※ただし稼働は1/20以降
- ペレット消費：135袋/50日（約2袋/日＝約1,200円）
- 24時間暖房という考え方

今後の予定

- 今回の実証では、厳冬期に実施することで、雪の影響や冬季のデータを取得することができた
- しかしながら、中間期や夏季のデータは取得出来ていないので、引き続き、通年での実証を行いたい
- イニシャルならびにランニングコストの低減についても、検討中
- 日本の家庭に木質ボイラを導入するための可能性を追求したい



ありがとうございました



4月以降、宿泊体験（試住）を開始します。
興味のある方はお問い合わせください。