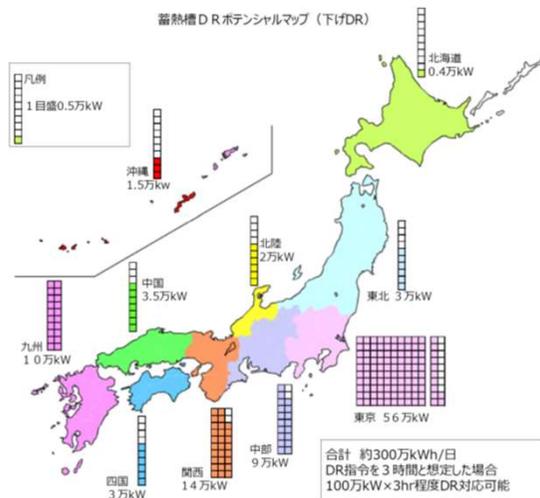


蓄熱式空調システム によるデマンドリスポンス



(ヒートポンプ・蓄熱センター試算)

(一財) ヒートポンプ・蓄熱センター
蓄熱技術部



(出典: https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/green_growth_strategy.html)

目 次

- 1.蓄熱式空調システムの電力調整に関する背景
- 2.電力安定供給に寄与する需要家側設備の特徴
- 3.蓄熱式空調システムとは
- 4.蓄熱式空調システムのメリット
- 5.蓄熱式空調システムの採用事例
- 6.蓄熱式空調システムによる下げDRポテンシャル
- 7.蓄熱式空調システムの構成とDR時の稼働設備
 - 7-1.蓄熱式空調システムの構成
 - 7-2.蓄熱式空調システムDR時の設備稼働状況
- 8.蓄熱式空調システムのDR事例

1. 蓄熱式空調システムの電力調整に関する背景(1/2)

冷房機器の普及等に伴い、電力需要が先鋭化(1970年代～)
電力需要変動(季節・時間)に対応→電力供給コスト増加
夏季昼間の需要をピークシフトする負荷平準化対策が必要

「経済構造の改革と創造のための行動計画(1997年5月閣議決定)」

負荷率改善のためには、電気事業者、需要家、ビル等の設計者、メーカー等広範な関係者の協力が不可欠

電力負荷平準化対策検討小委員会（電気事業審議会基本政策部会、1997年7月設置）

関係者の努力・協力を求める具体的な内容及び政府のとりべき対応策、負荷率改善の数値目標を策定

電力負荷平準化対策検討小委員会の中間報告「電力負荷平準化対策の今後の在り方」

○電力負荷平準化対策

電力負荷平準化対策を進めることは、安定的かつ低廉な電力供給を達成する上で極めて重要な課題であり、我が国経済の高コスト構造の是正、省エネルギー・地球環境問題への対応等に寄与するものであり、上記の我が国の念負荷率の現状を踏まえ、今後は業務用等民生用需要対策を中心として、次の負荷平準化対策を柱として、広範な関係者の努力・協力の下に強力に推進する。
(続く)

(出典：https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_01-09-05-08.html)

1. 蓄熱式空調システムの電力調整に関する背景(2/2)

(続き)

a) 蓄熱式空調システム等の一層の普及拡大

夏季のピーク時における民生需要の多くを占め、負荷率低下の主要因となっている冷房需要の負荷移行を図るため、夜間電力を用いて氷や冷水を蓄熱槽に蓄え、その冷熱を利用して昼間の冷房需要を賄う蓄熱式空調システム等の一層の普及拡大が重要である。このため、電力会社における普及支援制度の充実、蓄熱事業、機器リース事業への取り組み強化などのほか、国でも税制面、補助金制度の創設等、様々な普及支援を図る。

b) 電気料金制度面での対策

料金制度面では、負荷平準化のための電気料金メニューの多様化、弾力化を通じ、需要家の選択の幅を広げる。なお、1995年12月に施行された電気事業法において、供給約款とは別に届出制で制定し、変更ができる「選択約款」が規定され、各電力会社は様々なメニューを用意、需要家のニーズに合わせて柔軟に対応できるようになった。

c) 国民的理解を得るための活動

国民的理解のもとに、電力負荷平準化対策を推進することが必要であり、このため、各電力会社はもとより、1995年に改組した財団法人ヒートポンプ・蓄熱センターが中心となって、蓄熱パンフレットの作成や蓄熱導入促進セミナーの実施などの啓発活動、及び国民一般に呼びかける広告等マスメディアの積極的な活用、優良事例に対する表彰制度の充実などを図りながら、効果的な理解促進活動を行う。

d) 電力負荷率改善のための目標

電力負荷平準化対策を強力に推進するに際して、2010年までの負荷平準化への取り組みの目標（潜在量）を次の通りとする。

- ・蓄熱調整契約742万kW、計画調整契約176万kW、省電力エアコン350万kWなど…合計1,696万kW

2. 電力安定供給に寄与する需要家側設備の特徴

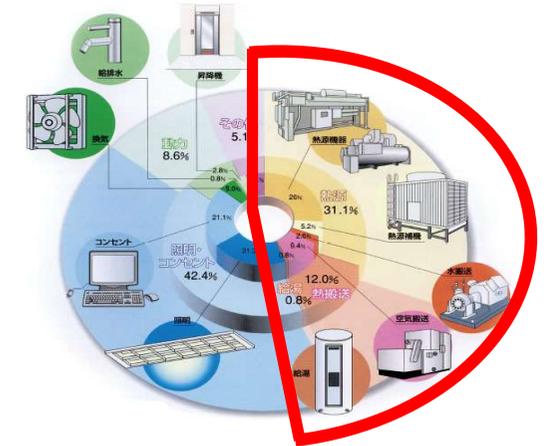
- 蓄熱は電力平準化機能を具備しており、DHCでは都市型揚水発電（調整機能）として導入
- すでに市場に沢山導入(300万kWh)
 - 余力が大きい→快適性を損なわない

	蓄電池	蓄熱槽	ビルマルチエアコン	コージェネレーション
瞬発力	◎	○	△	△
持久力	○	◎	×	◎
省CO2性	◎	◎	◎	×
規模[kW]	~1,000程度	~1,000程度	5程度	~1,000程度
コスト	×	○	○	○
損失 [%]	20程度	1~5程度	—	—
累積設備容量	約95万kW ^{※1}	約300万kWh ^{※2}	—	約1298万kW ^{※3}
償却年数 [年]	6	15~50	13	15
備考	・素早い動きに対応できるが、短時間対応 	・長時間の安定供給に寄与 ・都市型発電を目指してDHC等を中心に建設 	・容量は小さい ・対応可能時間が短い 	・燃焼によりCO ₂ 発生 

※1https://jema-net.or.jp/Japanese/data/jisyu/pdf/libsystem_2019.pdf, ※2ヒートポンプ・蓄熱センター調べ, ※3https://www.ace.or.jp/web/works/works_0010.html

3. 蓄熱式空調システムとは(1/4)

- 業務用電力消費の約4割は、空調設備
- ヒートポンプは電気→熱エネルギー変換設備
- ヒートポンプはエネルギー効率が良い



(出典：https://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html)

ヒートポンプは燃焼系空調機に比べて省エネ

(※1) 省エネ性の比較

COP1.2 吸収冷凍機とCOP6.0のターボ冷凍機を例に比較すると次のようになります。



図1：省エネ性の比較

(出典：https://www.jeh-center.org/heatpump_tokucyou.html)

インバータ方式はさらに省エネ(一例)

超高効率

定格COP

7.0

冷水17°C/7°C
(ETI-40ES 400USRT)

部分負荷時最高COP

29.1

冷却水入口12°C
(ETI-40ES 400USRT)

IPLV

11.7 9.2

(AHRJ Standard 550/590-2003) (JIS B 8621: 2011)
(ETI-50ES 500USRT)

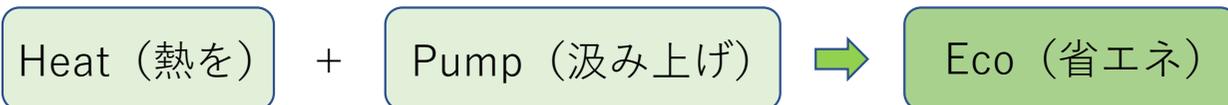
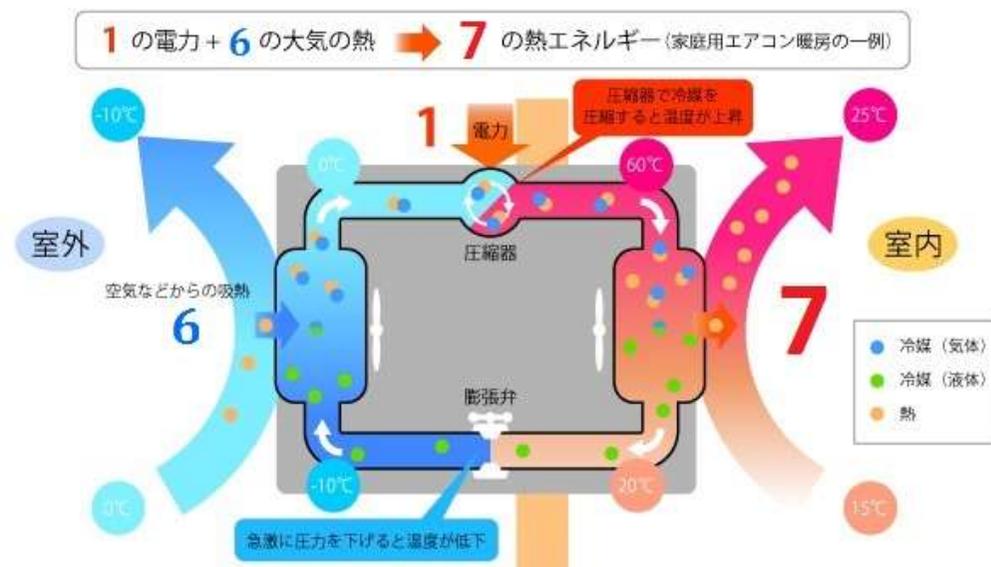
- 最新の高速数値演算制御により、2つの圧縮機を個別に最適制御
- 圧縮機の無段階制御により、全負荷域で高性能
- 超低負荷(ほぼ0%)対応可能(オプション)
- インバータを凝縮器にのせたコンパクト設計



(出典：<https://www.mhi-mth.co.jp/catalogue/index.php?mode=browse&contentsNumber=547>)

【補足】ヒートポンプ(HP)はなぜ高効率？

- HPは少ない投入エネルギーで、空気中などから熱をかき集めて、大きな熱エネルギーとして利用する技術
- HPは使ったエネルギー以上の熱エネルギーを得ることができるため、大切なエネルギーを有効活用
- CO2排出量も大幅に削減
→地球環境保全にも貢献



(出典: <https://www.hptci.or.jp/study/tabid/102/Default.aspx>)

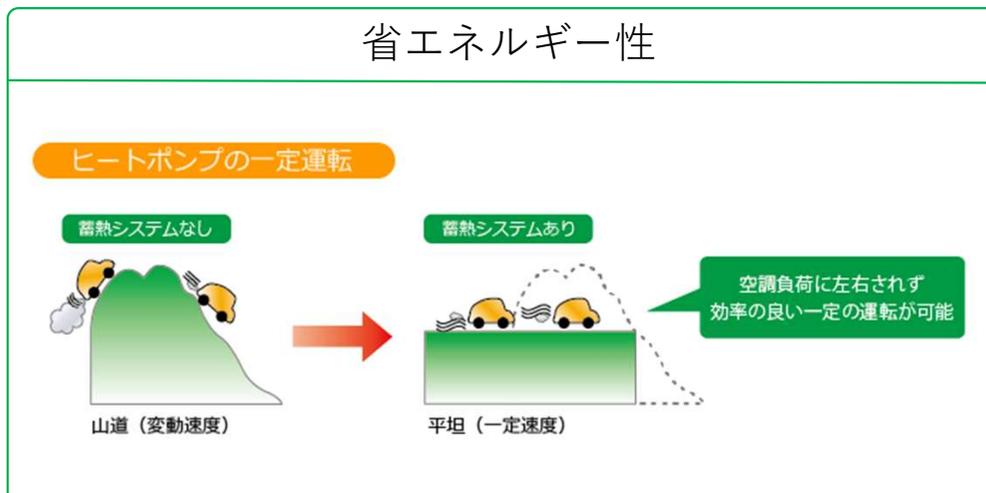
3. 蓄熱式空調システムとは(2/4)

- 蓄熱槽は、冷水などを蓄える空調設備
- 電力の余剰時に蓄え、ひっ迫時に供給
- 省エネ性や負荷平準化機能を有する

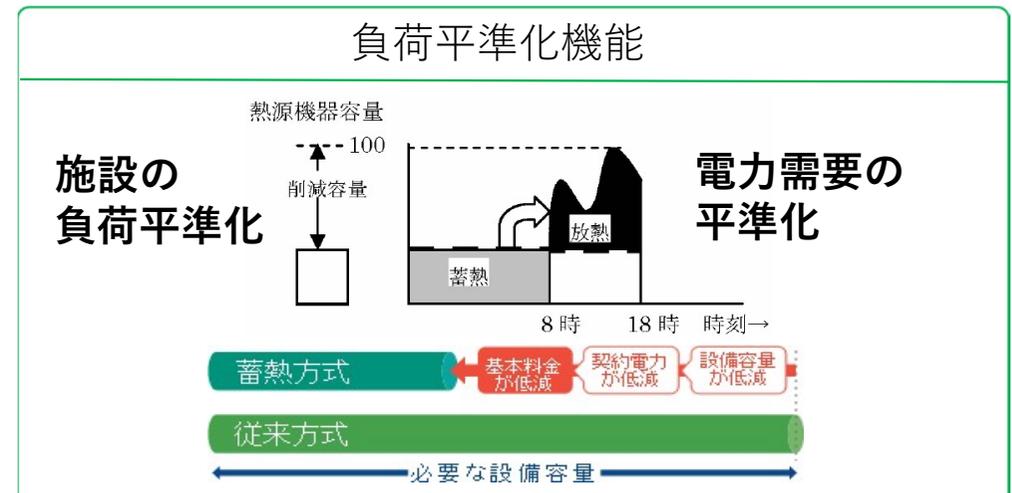
【参考】感染症対策にも対応（外気取り込み）



省エネルギー性



負荷平準化機能

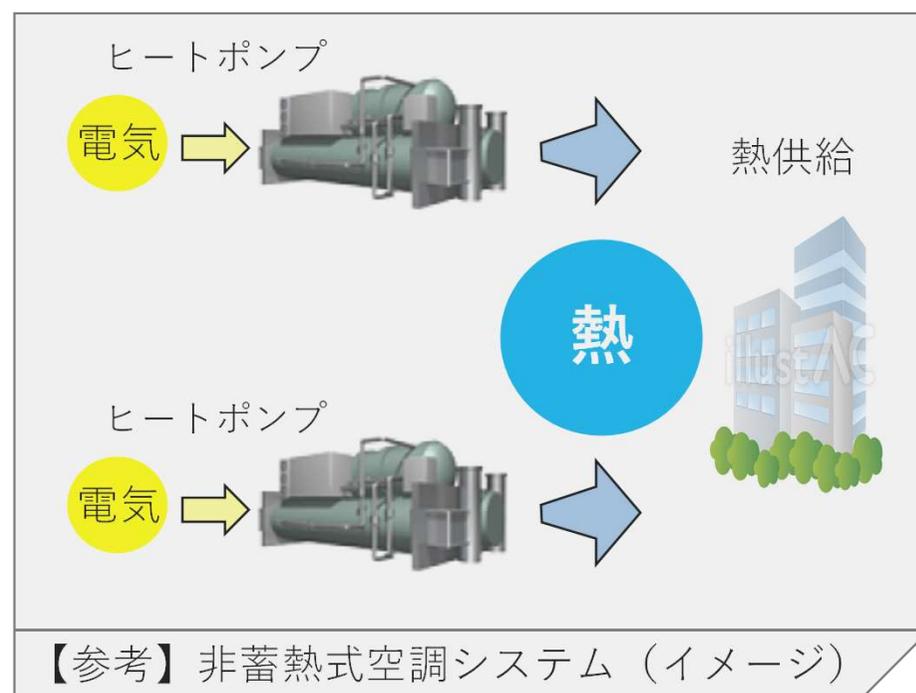
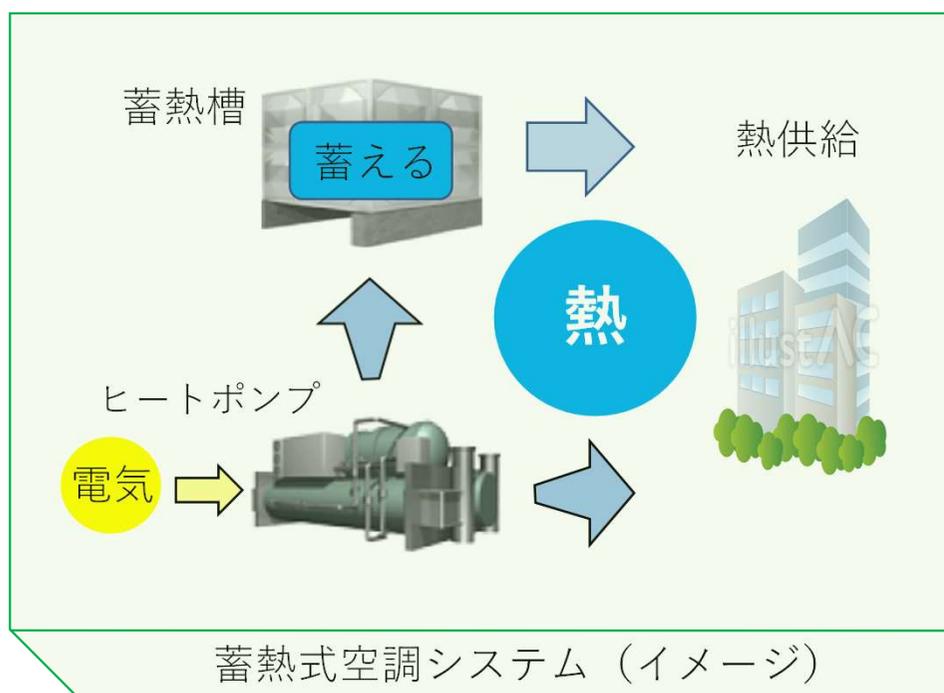


(出典：<https://www.hptci.or.jp/study/tabid/107/Default.aspx> , <https://www.tts-kk.co.jp/dhc/system.html>)

3. 蓄熱式空調システムとは(3/4)

- 蓄熱システムは再エネ余剰時に熱を蓄え、ひっ迫時に放熱
→蓄熱システムには柔軟性（調整力）の創出余力がある

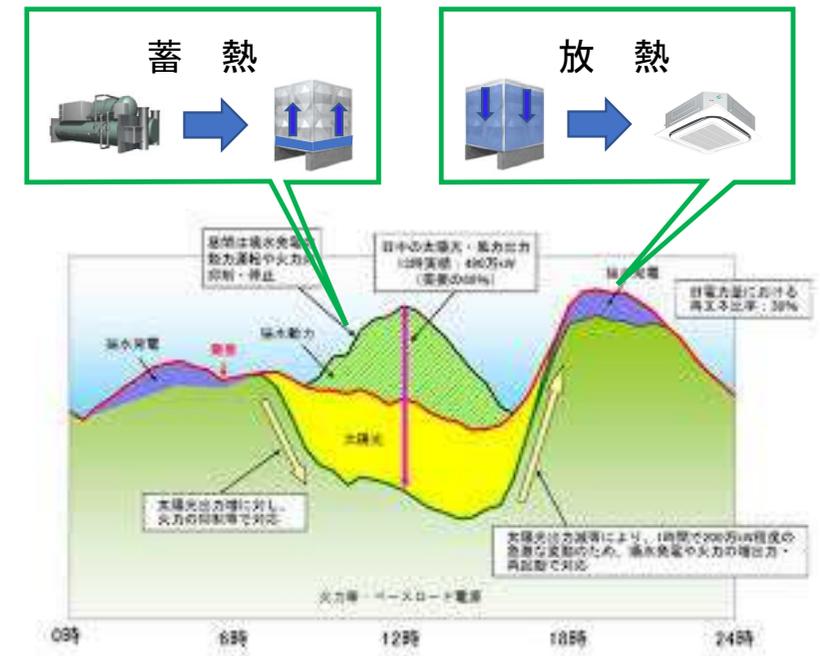
蓄熱槽余力によるDR創出→柔軟な電力安定供給に寄与



3. 蓄熱式空調システムとは(4/4)

- 再エネ出力制御を抑制
- ダックカーブピークを回避
- 天候による再エネ出力変動（出力予測誤差）への対応
- 蓄熱槽ロス(数%) < 蓄電池ロス(10~20%)*
- 大容量水蓄熱槽（DHC）等を活用

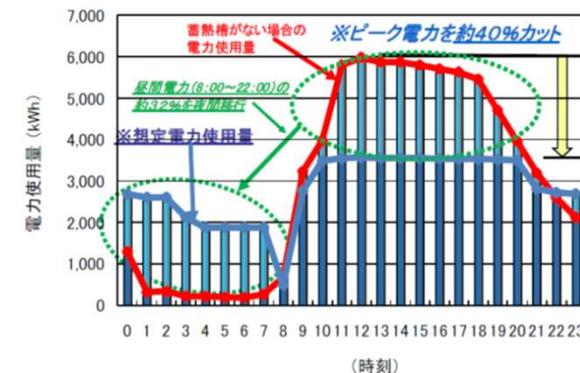
**蓄熱式空調システムは
再エネ主力電源化(2050カーボンニュートラル)
に有効な需要家電力資源**



※参照元 蓄熱槽ロス <https://www.hptcj.or.jp/library/FaqDetail/tabid/826/pdId/58/Default.aspx>
https://www.istage.jst.go.jp/article/shasetaikai/2016.2/0/2016.2_61/article-char/ja/
蓄電池ロス <https://www.jst.go.jp/ics/pdf/fy2019-pp-01.pdf>

4. 蓄熱式空調システムのメリット（総括）

- 電気設備容量を抑制（負荷平準化）
- ヒートポンプ電動冷凍機の効率による省エネ
- INV冷凍機との組合せで更なる省エネの可能性
- 再エネ出力抑制を解消
- 再エネ電力活用でCO₂フリー（非燃焼系）
- 電力需要の電化による低炭素化（吸収式→ヒートポンプ）
- 蓄熱時のロスが少ない
- 蓄熱槽から熱供給でストレスフリーなDR



△「大容量水蓄熱槽」（高さ16m、水深約15m）
このような槽が4槽あり、合計保有水量は約7,000トン（25mプール＜標準水量約400トン＞換算では約17杯分）となります。

（出典：<https://www.tokyo-skytree.jp/press/pdf/2011082304.pdf>）

4. 蓄熱式空調システムのメリット（付加価値）

- ・災害時の水の有効活用（消火活動、雑用水）

レジリエンス(BCP)にも対応した蓄熱システム

■蓄熱槽水の利用イメージ

蓄熱槽の水は非常災害時には、トイレや手洗いなどの生活用水として、火災時には消火用水として利用することができます。



●建築基準法施行令の改正(H24)により、蓄熱槽および貯湯タンクは貯水槽として容積率緩和の対象となりました。さらに、ヒートポンプ・蓄熱システムの熱源機についても容積率緩和の対象となる場合があります。

(出典：<https://www.hptcj.or.jp/study/tabid/109/Default.aspx>)

5. 蓄熱式空調システムの採用事例



高効率を要求されるビルで蓄熱は採用されています。

円筒形のシリンダー型大型蓄熱槽

虎ノ門ヒルズ 東京都港区

導入の目的

- ヒートポンプ・蓄熱システムを活用したスーパー省CO₂ビルの構築
- 機器単体の効率向上
- 自動制御の活用

設備の概要

中温冷温水を利用した空調システム、熱回収熱源システム、大規模蓄熱槽熱源システムを活用した省エネ・省CO₂の実現

従来の冷温水の設定値の常識を覆す空調システムや、地下駐車場のデッドスペースを活用したシリンダー型蓄熱槽などを導入。その他、あらゆる面で環境に配慮した取り組みを行い、先進的なスーパー省CO₂ビルを構築した。

導入の効果

オールガス案とのCO₂排出量比較 (t-CO₂/年)

-39%

※ CO₂排出量単位
電力: 0.46kg-CO₂/kWh
ガス: 2.08kg-CO₂/Nm³での試算による

新システム図

物件概要

- 所在地: 東京都港区虎ノ門1-23-1~4
- 延床面積: 244,360㎡
- 竣工: 2014年(新設)

設備概要

- 熱回収ターボ冷凍機: 1,582kW×1基(三菱重工業)
- ターボ冷凍機: 5,520kW×1基, 4,817kW×1基, 1,723kW×1基, 1,477kW×1基(三菱重工業)
- 蓄熱槽: 1,600㎡(冷水), 2,000㎡(冷水), 2,200㎡(冷温水), 900㎡(温水)

DRポテンシャルは **960kW**※



45℃排熱回収ダブルバンドル式ターボ冷凍機を採用

虎ノ門ヒルズにはさまざまな施設が入っている。「私どもは、それぞれが要求する空調や給湯に対して高いレベルで応えなければなりません。かつ、省エネ、省CO₂、そして経済性を追求した結果、大型蓄熱槽の導入が決まったのです」と、大森部長は当初のヴィジョンを振り返る。

こうした高効率の熱源システムや大型蓄熱槽の採用などによって、CO₂排出量はオールガスシステムの約半分、ガスと電気を併用したシステムより約30%削減される見込みだ。大森部長は「さらなる省CO₂を実現したい」と、徹底した管理を目指している。

※参照元 (https://www.hptci.or.jp/Portals/0/data0/hp_ts/sample_cool/pdf/Vol55/general/vol55_p26_27.pdf)

(出典: https://www.hptci.or.jp/Portals/0/data0/hp_ts/sample_cool/pdf/COOL&HOT_No48-2.pdf)

5. 蓄熱式空調システムの採用事例

地域熱供給事業者のような高効率を要求される熱供給事業者で蓄熱は採用されています。

晴海アイランド地区

再開発の計画段階から熱供給事業者も参画し、まちづくりを進めてきた「晴海アイランド地区」はタウンマネジメントの先導的事例。約2万m³と国内最大級の大容量蓄熱槽は、災害時にはコミュニティタンクとして消防用水やトイレ洗浄水等の生活用水として使用可能。

地域の
防災機能
向上



職・遊・住の融合を目指して大規模な再開発が行われた総面積約8haの晴海トリトンスクエア。そこで活動する人々の空調を支えている熱供給の省エネ実績は、国内トップレベルの実績を誇っています。

蓄熱槽活用イメージ



消防訓練の様子

18

6. 蓄熱式空調システムによる下げDRポテンシャル

空調設計時の熱源・蓄熱槽の余裕率※、
全国の水及び氷蓄熱槽容量の合計より、
下げDRのポテンシャルは

およそ**300万kWh/日**

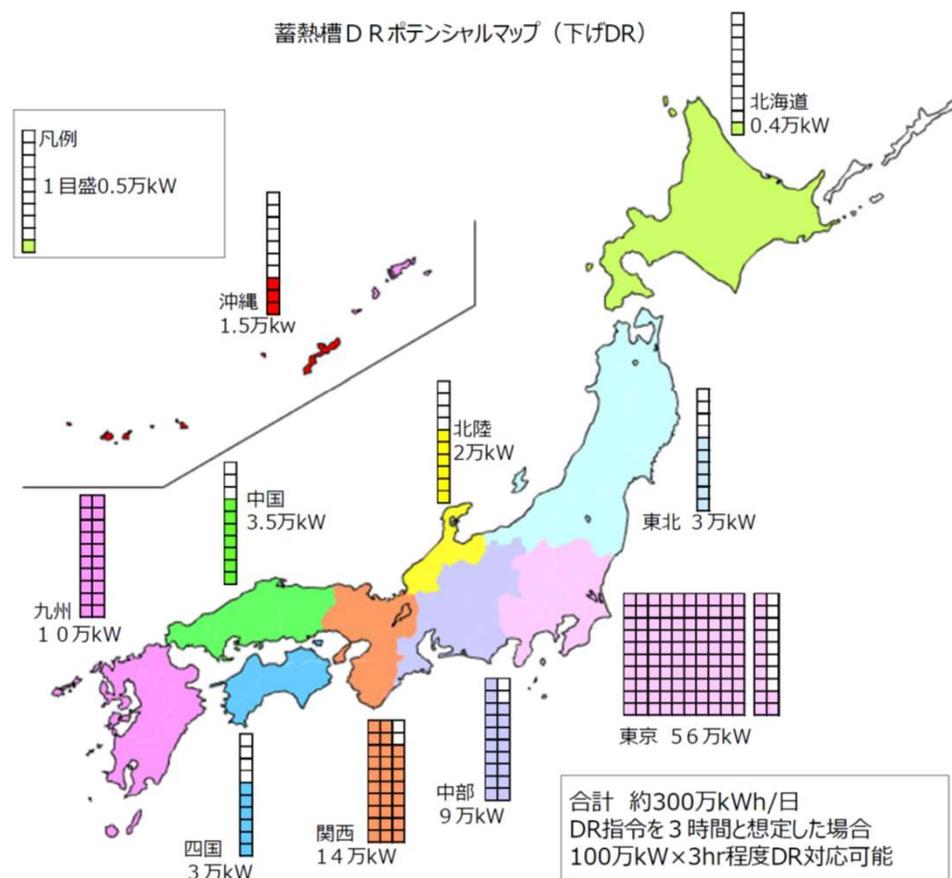
(**= 100万kW × 3hr/日**)

と試算

※ 建築設備設計基準等を参考

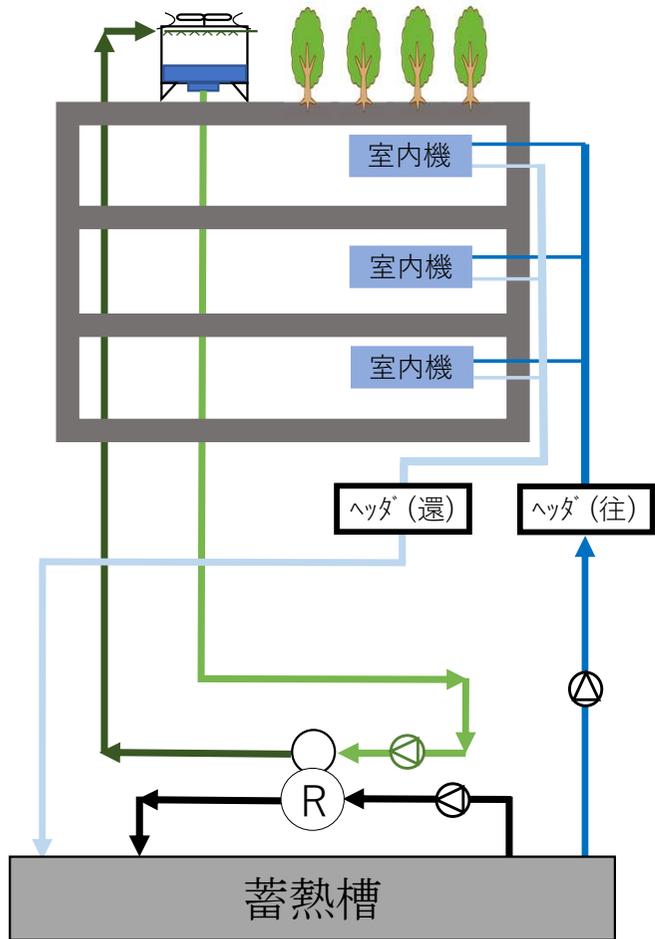
空調負荷に対する蓄熱システム設計を次の通り仮定

- ・ 放熱：追掛=50:50
- ・ ピーク負荷に対する余裕率20%



(ヒートポンプ・蓄熱センター試算)

7-1. 蓄熱式空調システムの基本構成(イメージ)



冷凍機



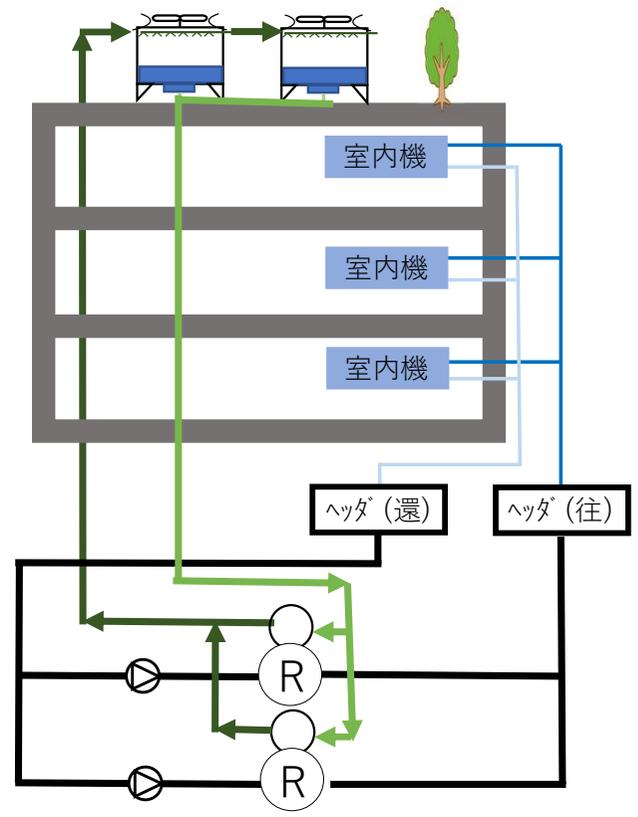
冷却塔



熱源用ポンプ
(冷却水P)

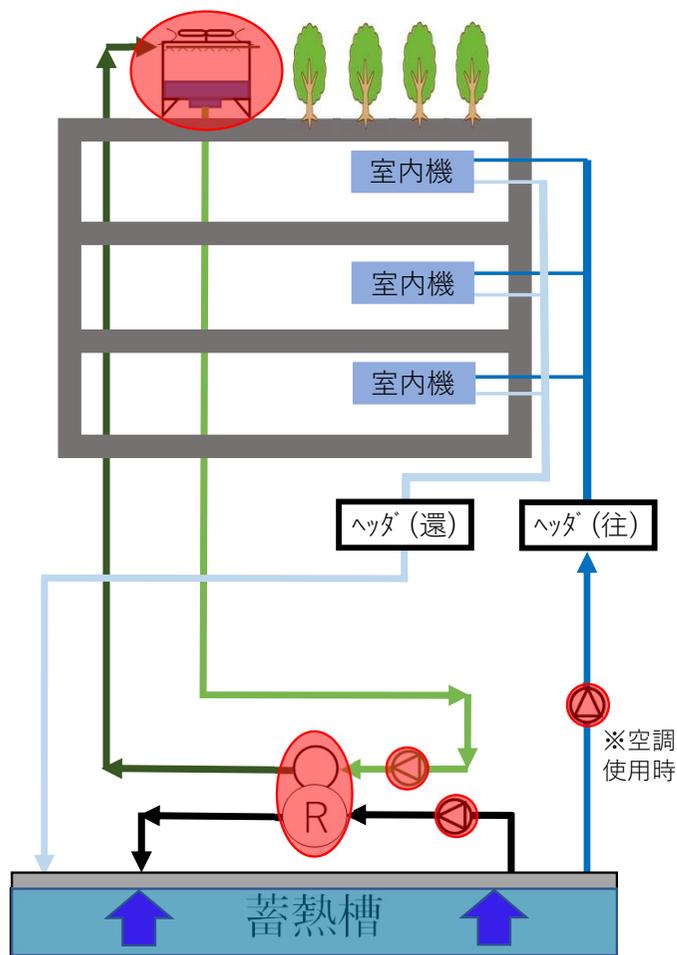


空調用ポンプ
(冷水P)

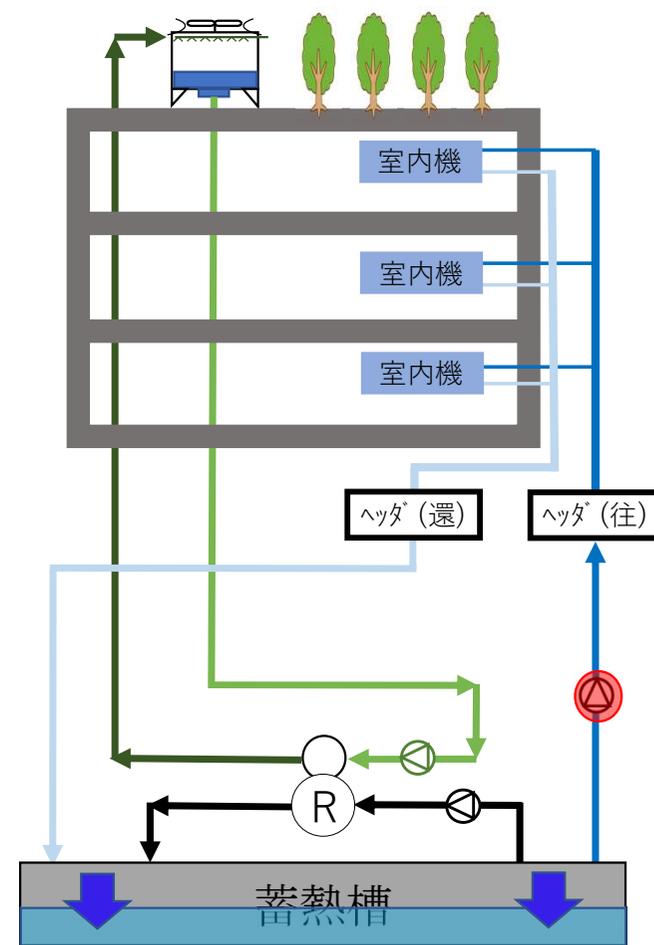
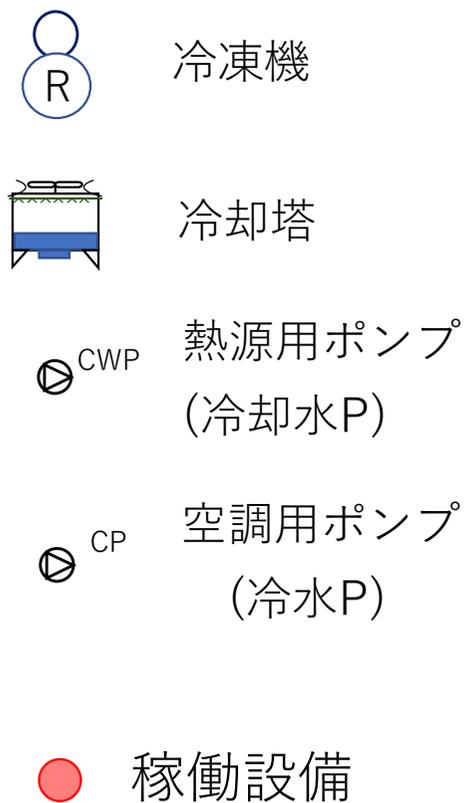


【参考】蓄熱槽がないシステム

7-2. 蓄熱式空調システムDR時の設備稼働状況(イメージ)



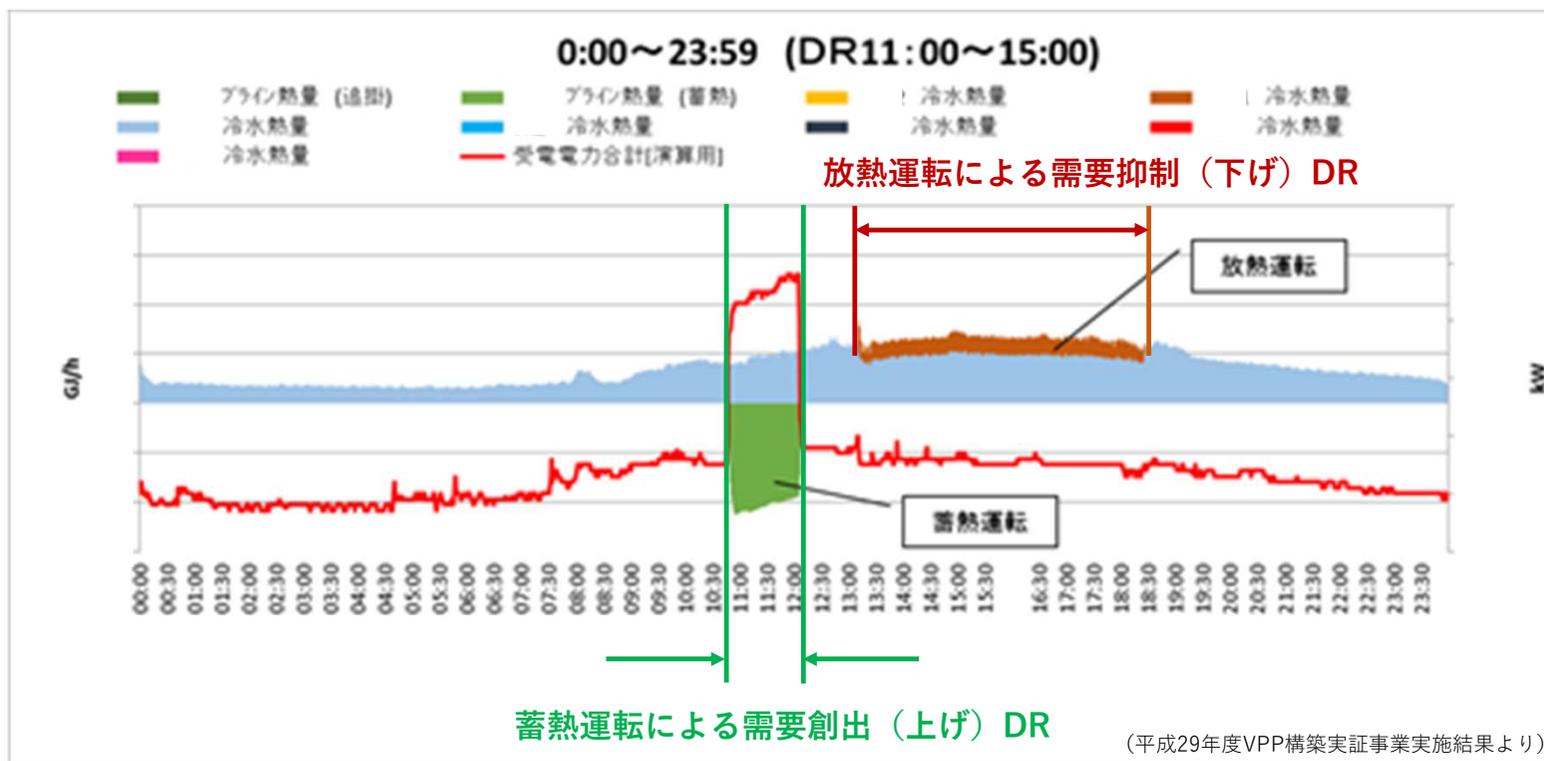
【上げDR時】



【下げDR時】

8. 蓄熱式空調システムのDR事例（A社）

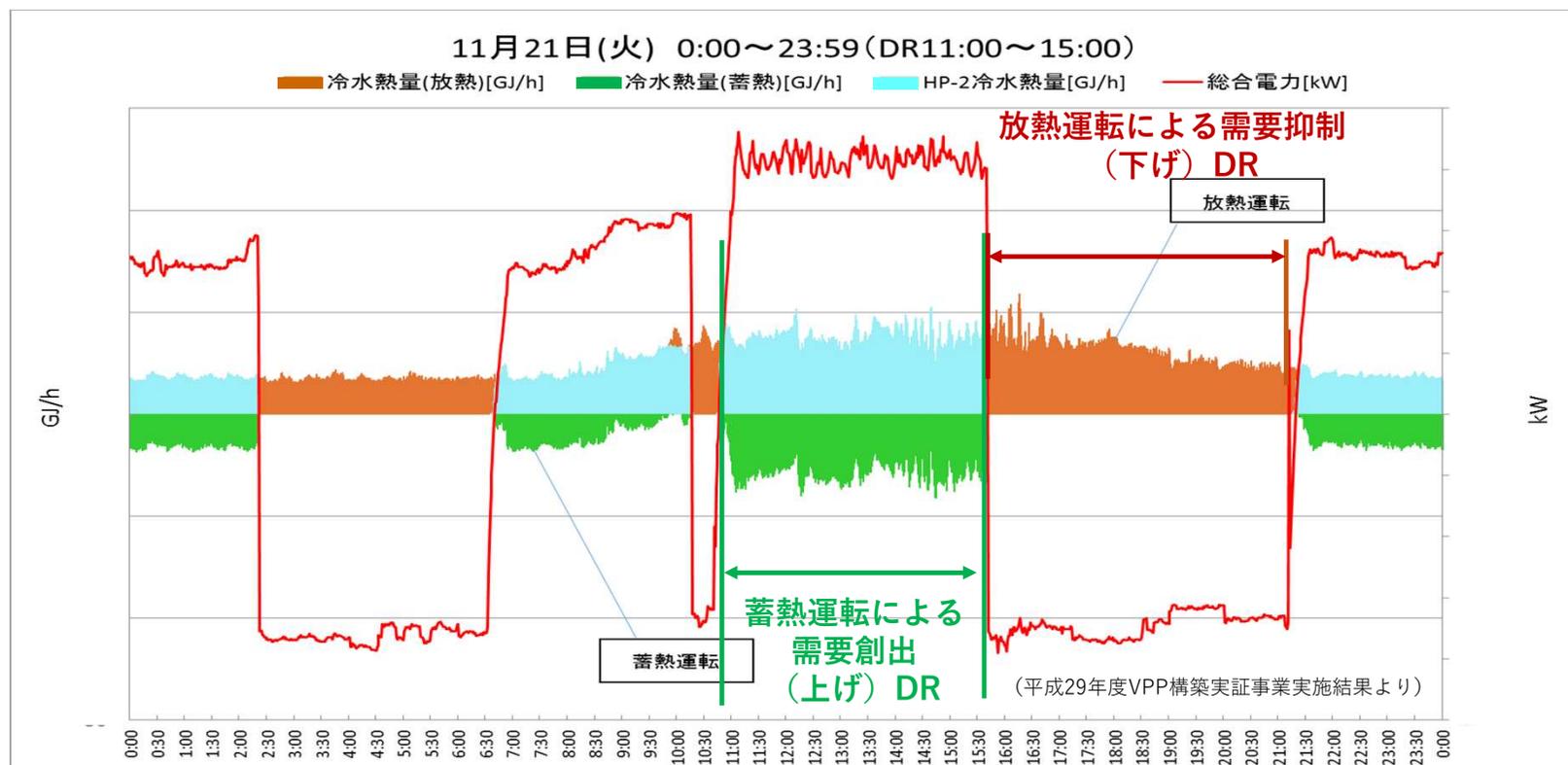
需要創出（再エネ抑制時間帯で蓄熱）と需要抑制（ダックアップピーク時間帯で放熱）の可能性を示した事例1



- 需要創出（上げ）DR時間帯を過ぎたことを確認、蓄熱槽からの放熱を行う（オレンジ色の棒グラフ）ことで需要抑制（下げ）DRにも対応できていることが分かる。
- 創出容量が大きく、継続時間が長いこと、応動時間が3次調整力の要件を満たしている。

8. 蓄熱式空調システムのDR事例（B社）

需要創出（再エネ抑制時間帯で蓄熱）と需要抑制（ダックアップピーク時間帯で放熱）の可能性を示した事例2



- 需要創出（上げ）DR時間帯を過ぎたことを確認、蓄熱槽からの放熱を行う（オレンジ色の棒グラフ）ことで需要抑制（下げ）DRにも対応できていることが分かる。
- 創出容量が大きく、継続時間が長いこと、応動時間が3次調整力の要件を満たしている。

8. 蓄熱式空調システムのDR事例（C社）

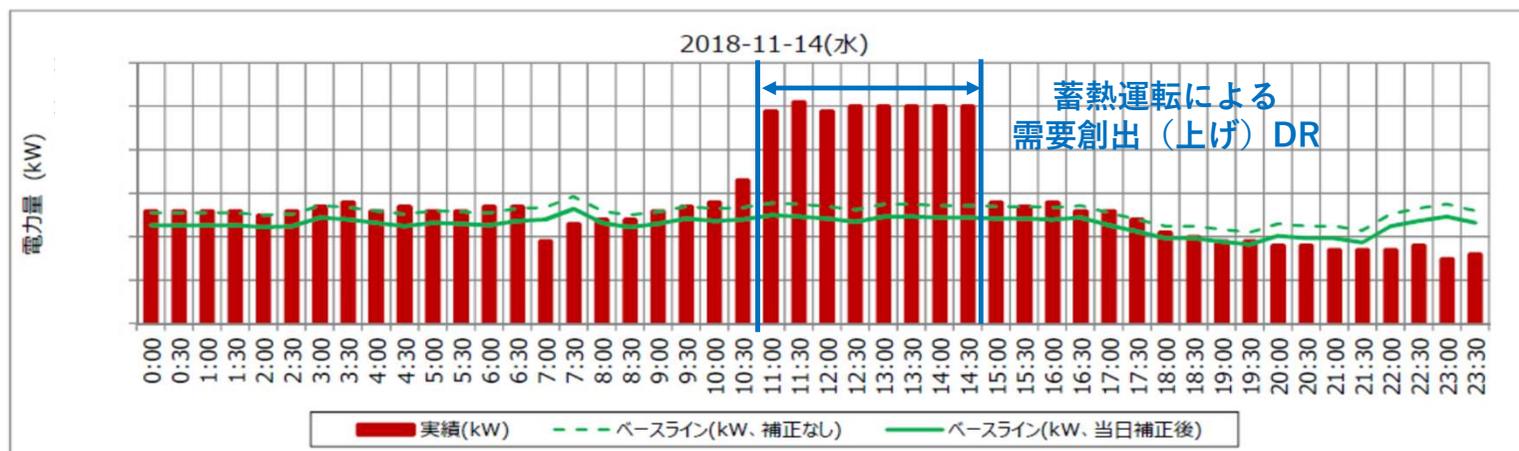
需要創出（再エネ抑制時間帯で蓄熱）の可能性を示した事例

DR結果 -速報値-

◇ DR発動日 2018-11-14(水)
 ・ DR時間帯 11時 0分 ~ 15時 0分
 ・ 当日補正の時間帯 7時 0分 ~ 10時 0分

◇ 需要家の電力状況
 ・ 契約容量 -400 kW
 ・ 需要増加電力平均 -508 kW

時刻(DR時間帯)	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	平均
実績(kW)	980	1,020	980	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	998
ベースライン(kW)	499	494	484	469	494	494	489	489	489
需要増加電力(kW)	-481	-526	-496	-531	-506	-506	-511	-511	-508



(平成30年度VPP構築実証事業実施結果より)

- DR時間帯に蓄熱することで再エネ出力抑制回避にも対応できていることが分かる。
- 創出容量が大きく、継続時間が長いこと、応動時間が3次調整力の要件を満たしている。

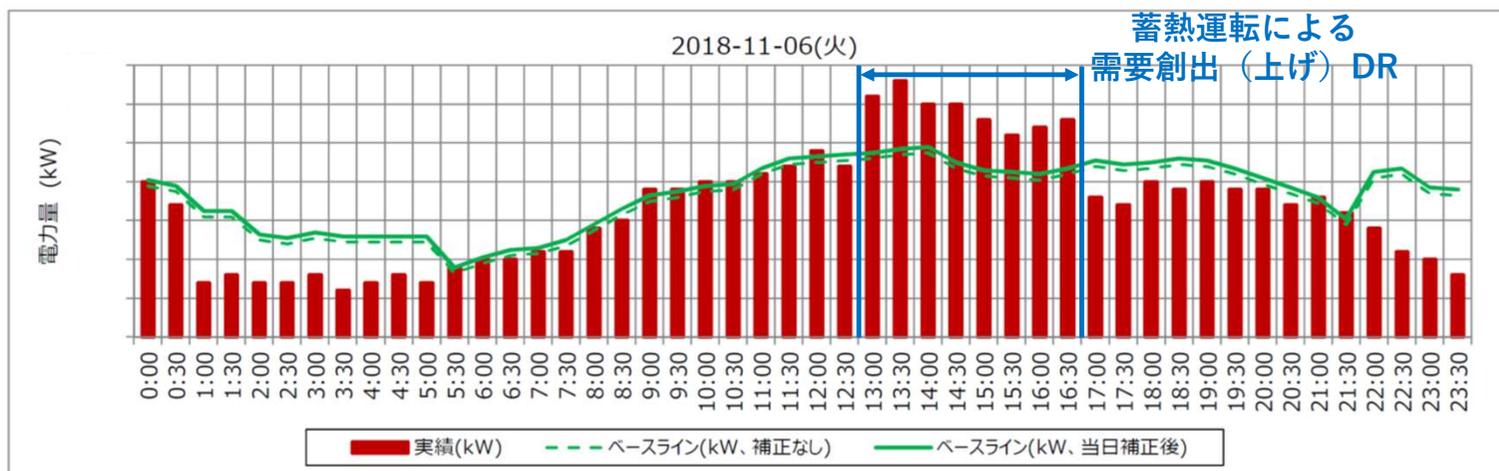
8. 蓄熱式空調システムのDR事例（D社）

需要創出（再エネ抑制時間帯で蓄熱）の可能性を示した事例

◇ DR発動日 2018-11-06(火)
 ・ DR時間帯 13時 0分 ~ 17時 0分
 ・ 当日補正の時間帯 9時 0分 ~ 12時 0分

◇ 需要家の電力状況
 ・ 契約容量 -130 kW
 ・ 需要増加電力平均 -131 kW

時刻(DR時間帯)	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	平均
実績(kW)	620	660	600	600	560	520	540	560	583
ベースライン(kW)	475	485	490	450	430	425	420	435	451
需要増加電力(kW)	-145	-175	-110	-150	-130	-95	-120	-125	-131



(平成30年度VPP構築実証事業実施結果より)

- DR時間帯に蓄熱することで再エネ出力抑制回避にも対応できていることが分かる。
- 創出容量が大きく、継続時間が長いこと、応動時間が3次調整力の要件を満たしている。

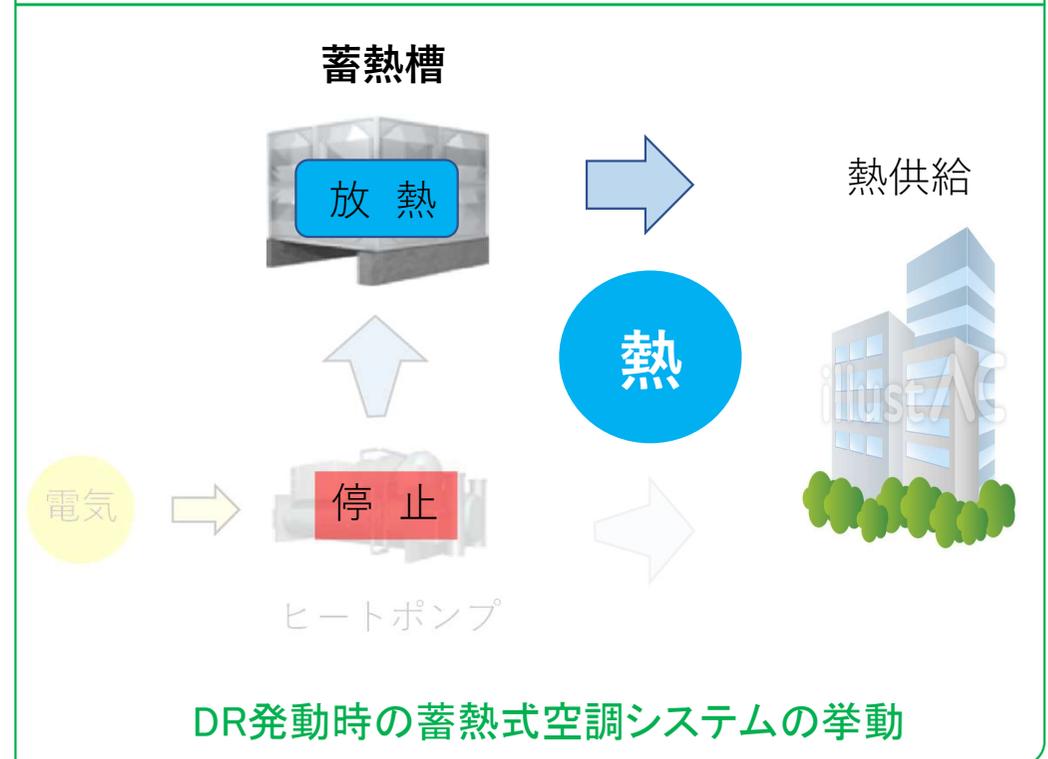
ご高覧くださりありがとうございました

他の需要家電力資源と協調し、
電力安定供給を実現できる
蓄熱式空調システムへの
ご理解に感謝申し上げます。

五風十雨に対応するシステムと
2050カーボンニュートラル実現へ



企業活動に影響しないDRの実現



DR発動時の蓄熱式空調システムの挙動