

農業用ヒートポンプの 上手な使い方



2014年1月18日 東松島市コミュニティセンター

東北復興農学センター準備室セミナー

「新しい農業のあり方を考える／空調・熱エネルギーとIT農業の融合」

ネポン株式会社

内 容

- ヒートポンプ導入拡大の背景
- ヒートポンプの運転時間と電気料金
- ヒートポンプによる除湿

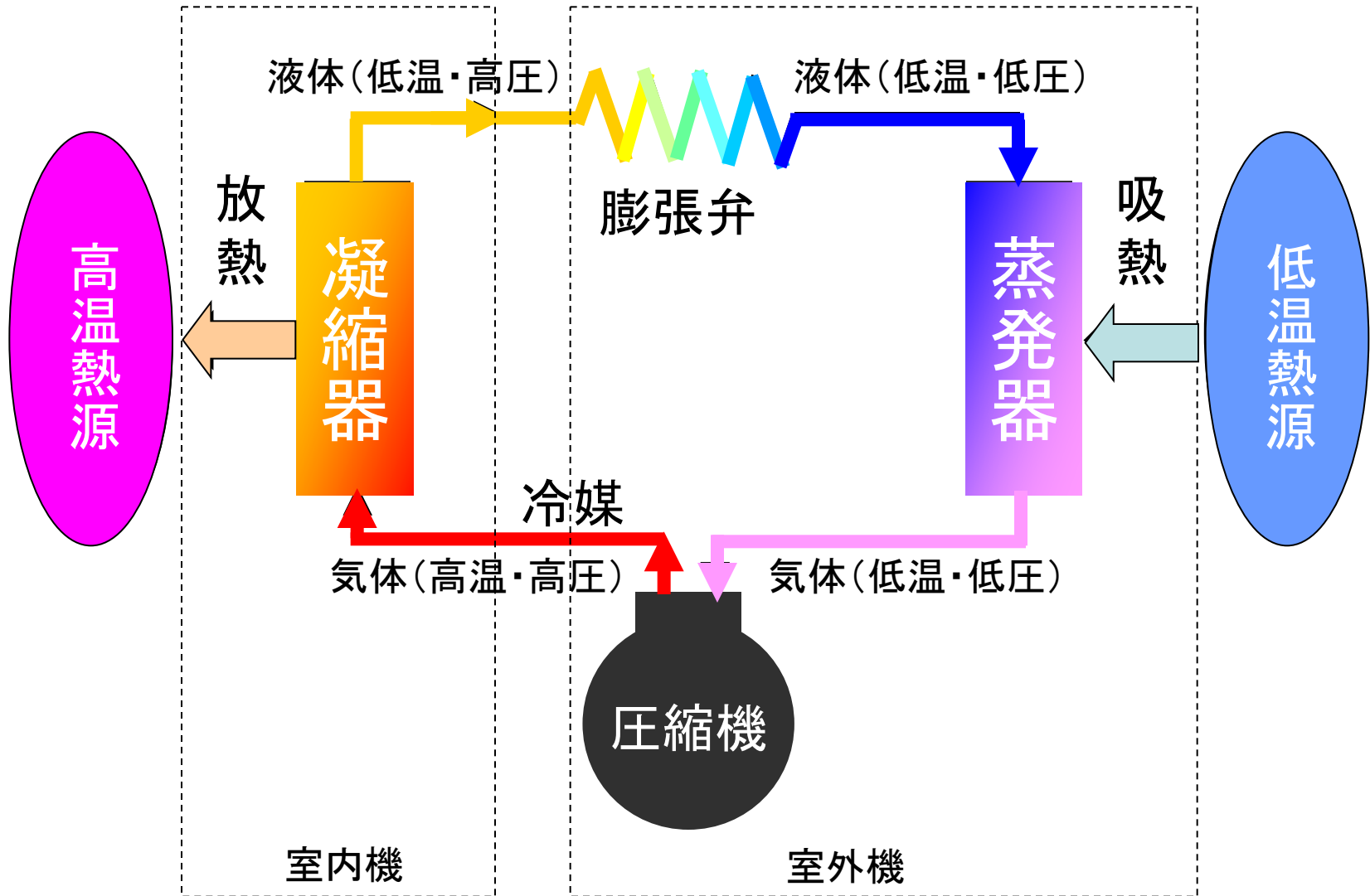
ヒートポンプ導入拡大の背景

- ヒートポンプは1台で暖房と冷房が可能
- A重油価格の上昇による暖房経費の増大
 - 2006年頃からバラを中心とする高温作物で導入が活発化(A重油価格の急騰)
- 夏の夜冷による作物の品質向上・収量増
 - バラの切花長の増大
 - トマトの裂果防止
 - 温室メロンの秀品率向上

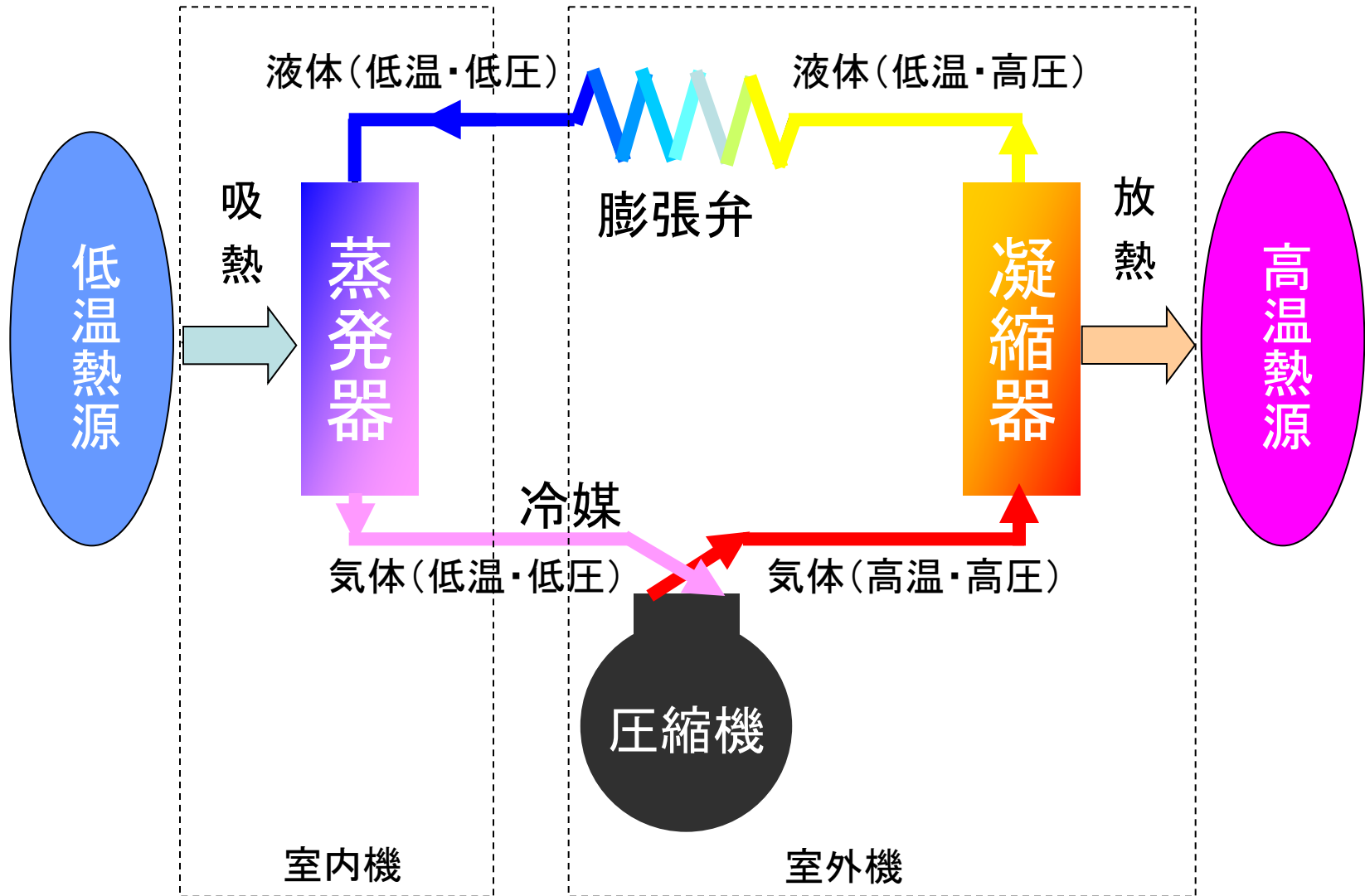
熱の基本

- 熱の移動：高温側→低温側
- 物質には3つの状態：固体、液体、気体
 - これらを「相」という（固相、液相、気相）
 - 相の変化には熱の出入りを伴う（潜熱）
 - 相変化中は温度は変わらない
- ヒートポンプは**冷媒**（熱を運ぶ媒体）の相変化を利用して熱を低温側から高温側へ運ぶ
→ 自然の流れとは逆  **熱ポンプ**

ヒートポンプの動作原理(暖房)



ヒートポンプの動作原理(冷房)



冷 媒

- オゾン層を破壊しない新冷媒（代替フロン）
- 現在、日本では R410A が主流
- R410A は R32 と R125 を半分ずつ混合
- 地球温暖化係数（GWP）は 2,090
- 最近、R32のみを使うものが登場
- R32のGWPは675

GWP一覧

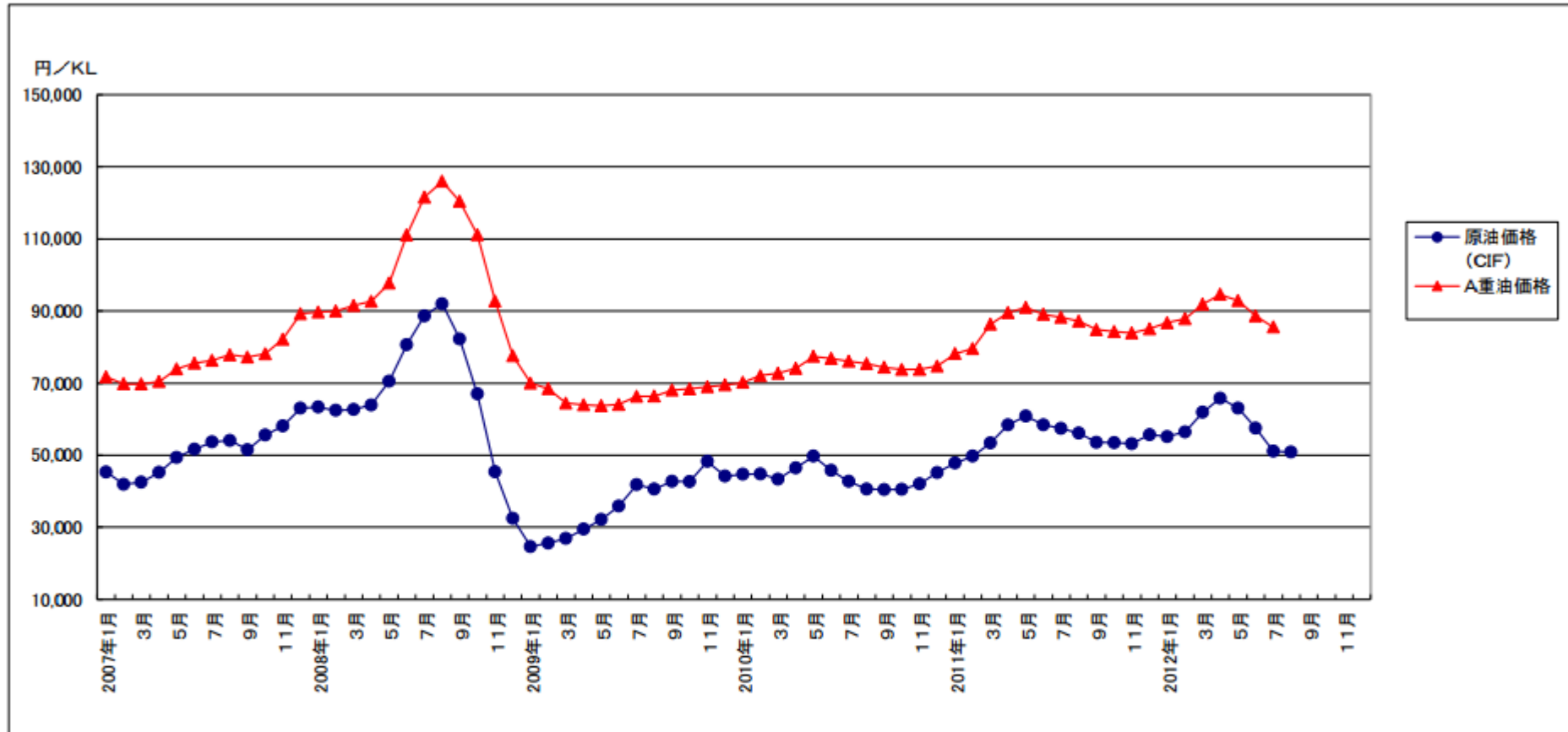
GWP: Global Warming Potential

単位質量の温室効果ガスが大気中に放出されたときに、一定時間内(例えば100年)に地球に与える放射エネルギーの積算値(温暖化への影響)を、CO₂に対する比率として見積もったもの

一般社団法人 フロン回収推進産業協議会のHPより
(<http://www.infrep.jp/GWP.pdf>)

分類	冷媒番号	地球温暖化係数	主な用途
CFC	R11	4,750	ターボ冷凍機
	R12	10,900	ターボ冷凍機、業務用除湿機
	R13	14,400	化学プラント、実験装置
	R113	6,130	
	R114	10,000	輸送機器用空調機
	R115	7,370	
	R500	8,080	輸送用冷凍機(トラック、鉄道、船舶用等)
	R502	4,660	コンデンシングユニット等
HCFC	R22	1,810	パッケージエアコン(ビルマル含む)、GHP、スポットクーラー
	R123	77	ターボ冷凍機
	R124	609	
HFC	R23	14,800	化学プラント、実験装置、スクリー冷凍機
	R32	675	
	R134a	1,430	輸送用冷凍機(トラック、鉄道、船舶用等)、ターボ冷凍機
	R143a	4,470	
	R152a	124	
	R245fa	1,030	ターボ冷凍機
	R404A	3,920	冷凍冷蔵ユニット、別置型ショーケース、製氷機、業務用冷蔵庫、自動販売機、チリングユニット、輸送用冷凍機(トラック、鉄道、船舶用等)
	R407C	1,770	パッケージエアコン(ビルマル含む)、GHP、スポットクーラー、業務用除湿機、冷凍冷蔵ユニット、別置型ショーケース、チリングユニット、輸送機器用空調機
	R407E	1,550	スクリー冷凍機、コンデンシングユニット等
	R410A	2,090	パッケージエアコン(ビルマル含む)、業務用除湿機、チリングユニット、輸送機器用空調機、コンデンシングユニット等
	R507A	3,990	

A重油価格



(注1) 原油価格はCIF価格
(注2) A重油価格は農家購入価格
(注3) 直近の原油価格は速報値
資料: 財務省貿易統計、農業物価統計

東海農政局HPより

A重油価格(年別平均)

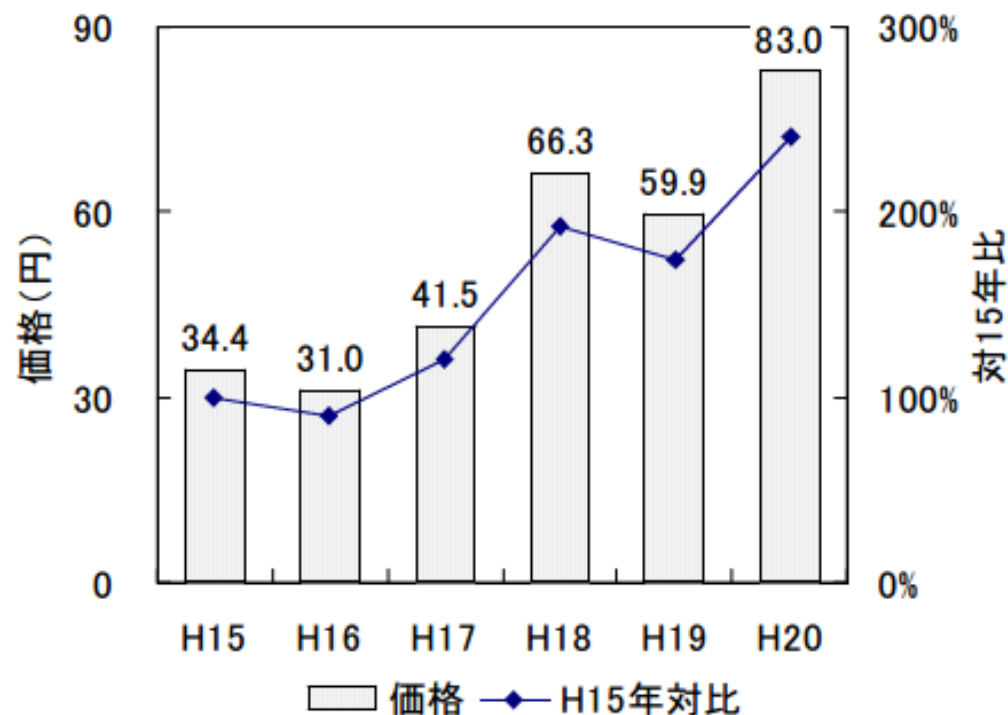


図1 重油価格の推移(円/L)

注) 価格は県施設(三重県)における月間買い取り契約価格(消費税抜き)の1-3月の平均値。H20のみ1月の価格

(東海農政局HPより)

ハイブリッド暖房システム

●ハイブリット方式

種類の違う装置の組み合わせ

ヒートポンプ

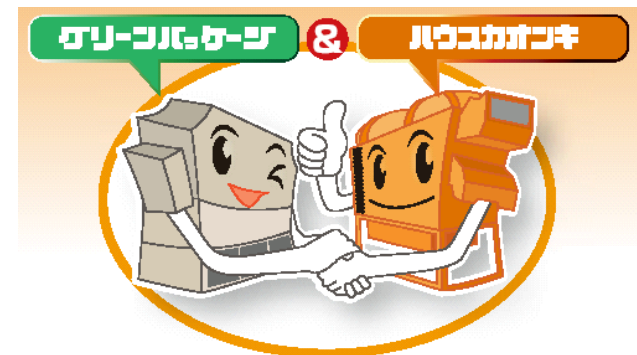
+

ハウスカオンキ

設備投資：高い
運転コスト：安い

設備投資：安い
運転コスト：高い

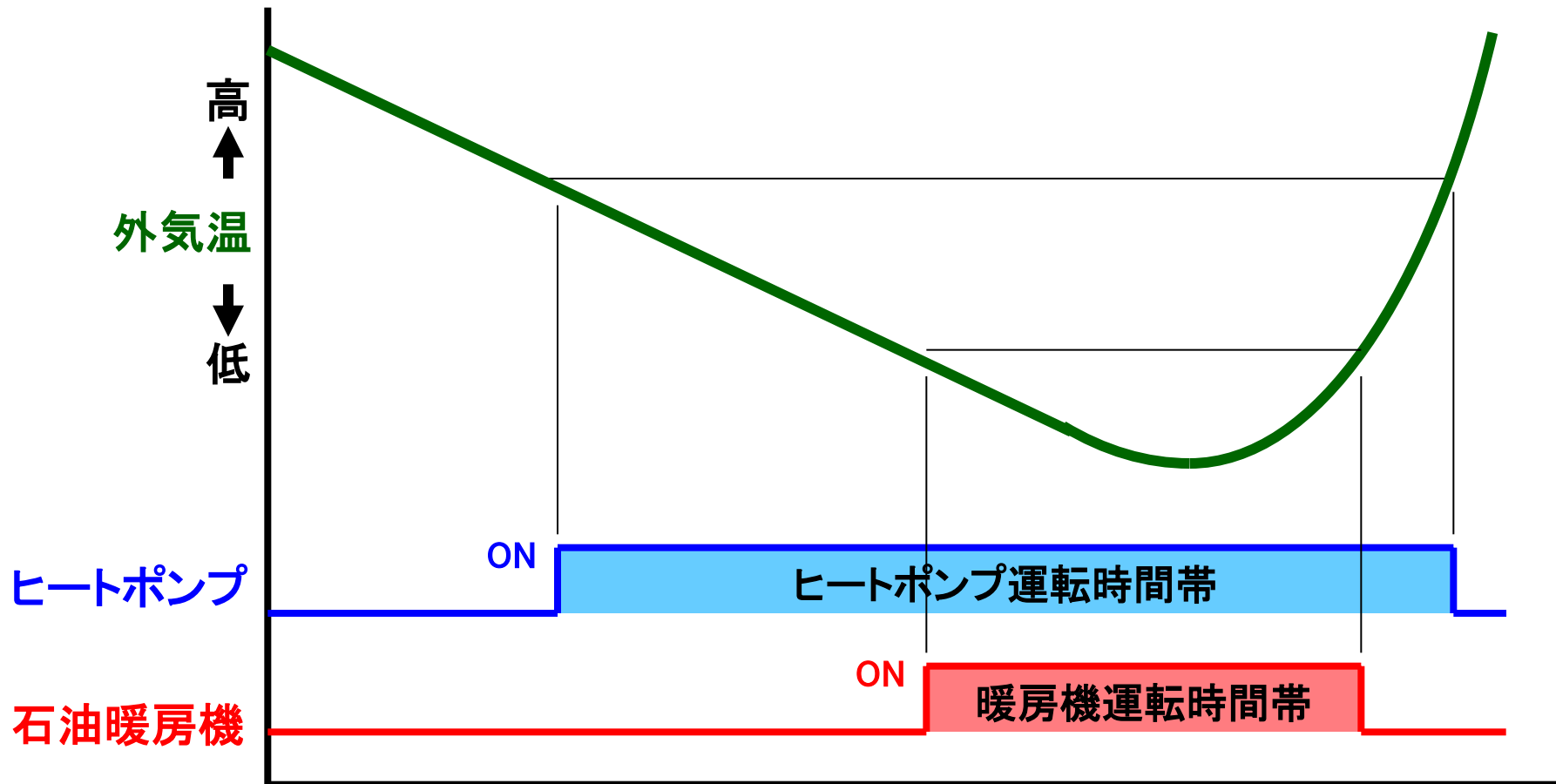
★最大負荷の半分の能力
→ 全負荷の70～80%を分担可能

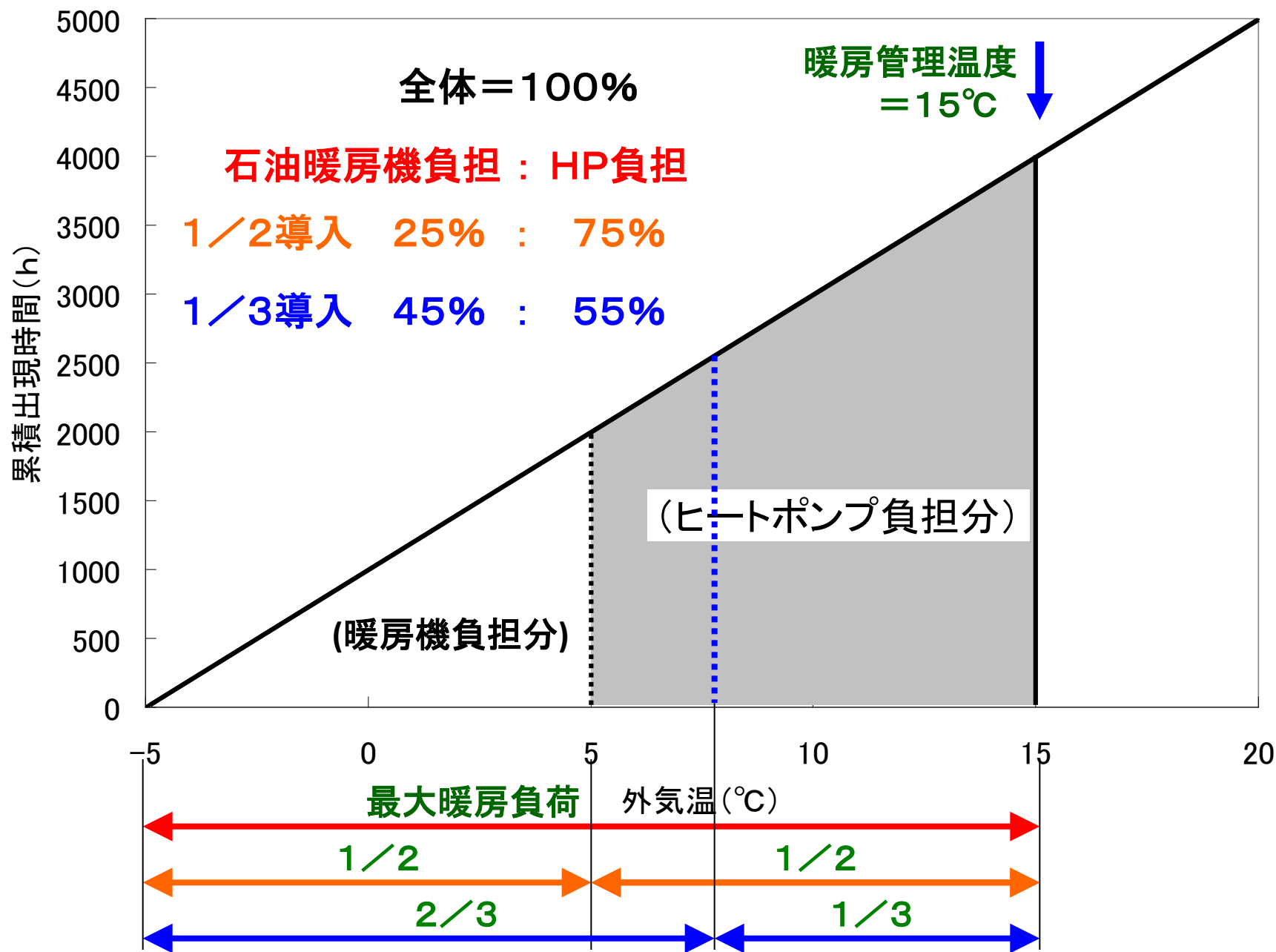


※低温時に能力低下する空気熱源方式の弱点補強も可能

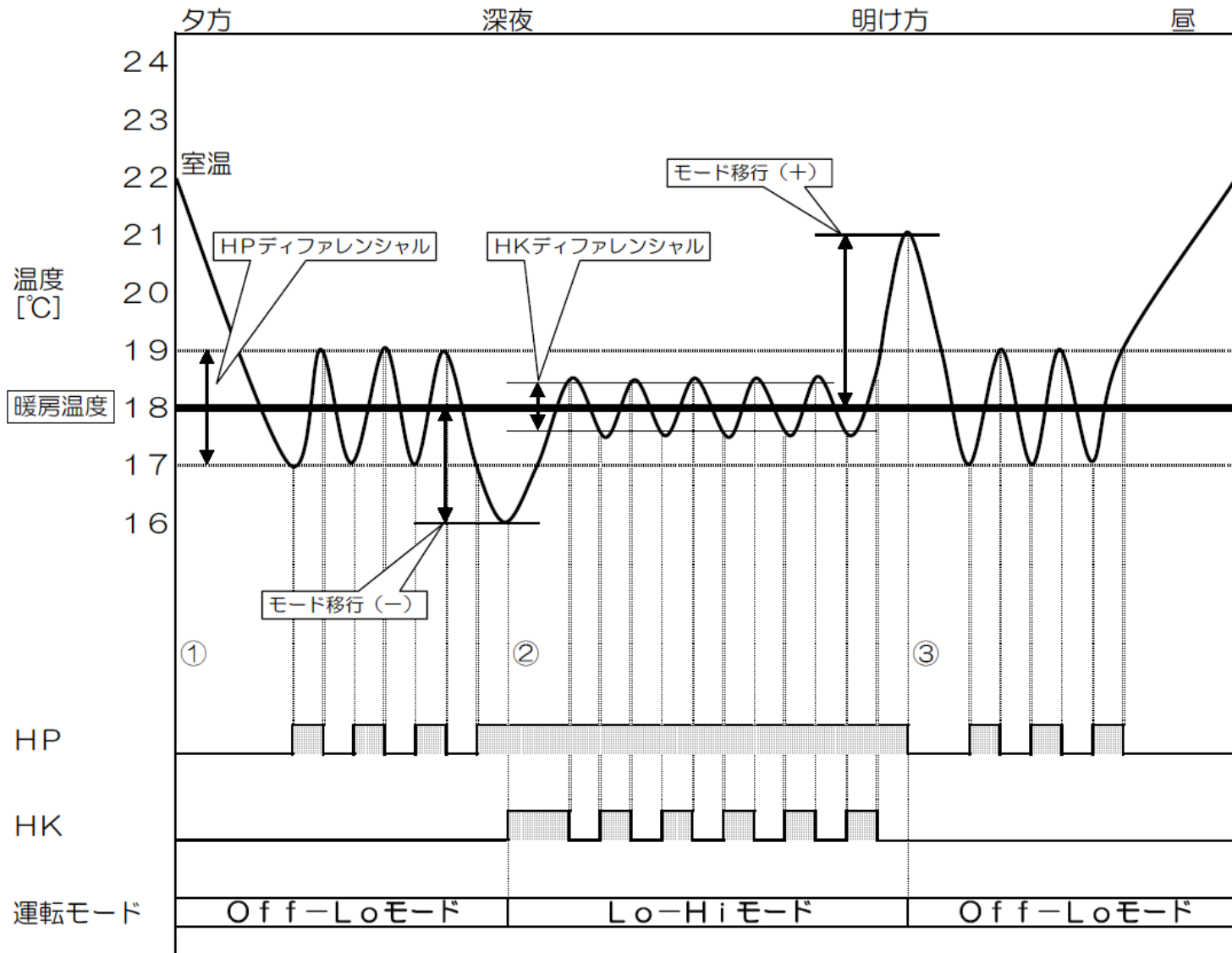
ハイブリッド暖房システム

- 運転コストの安いヒートポンプを優先して運転し、能力が不足したら従来の暖房機で不足分を補う

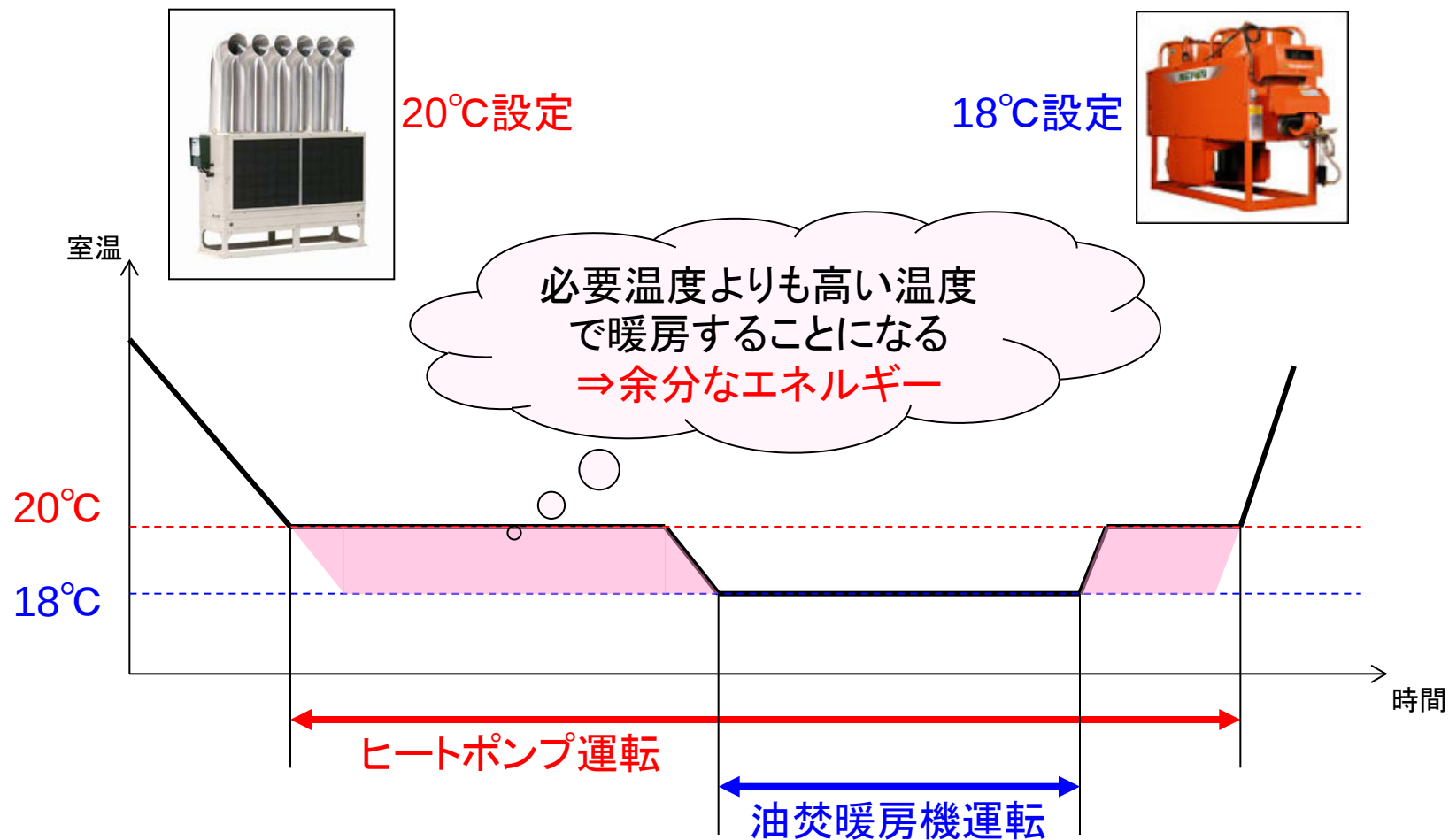




ハイブリッド制御



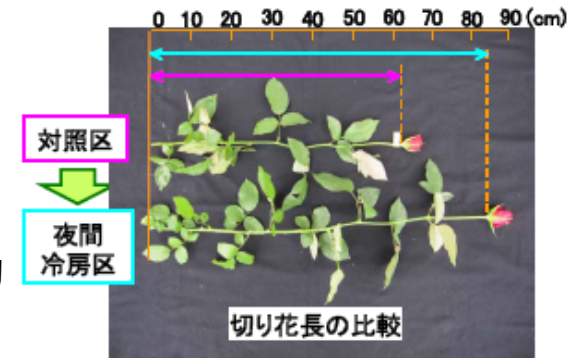
独立暖房運転の場合



300坪、表面積1,500m²、放熱係数3W/(m²・°C)のハウスで、年間暖房時間2,400時間、HP負担率75%とすると、1シーズンに必要な全エネルギーに対し、さらに8%程度余分なエネルギーを消費する。

夜冷の効果(バラ)

写真: 静岡県農林技術研究所・中部電力



バラ生産の収支例 (大須賀、2007)

(円/㎡)

	科 目	夜 冷 区	無処理区	差 引 額
収 入	販売額	13,565	8,853	4,712
支 出	電気代	272		
	クーラー償却費	784		
	小計	1,056		
差引額	合計	12,509	8,853	3,656

41%の
増収!

農耕と園芸 2008年1月号「ヒートポンプの効果と実用性」(林真紀夫)より引用

夜冷の効果(トマト)

- 裂果や尻腐れ果の発生減少

(夜温20℃)



↓
販売可能収量が2倍に
(総収量はほぼ同じ)

大石(静岡県農林技術研究所)
2009.10.8 農業電化研究会(名古屋)
2009.10.9 日本農業新聞

(第3欄寄稿依頼可)

ヒートポンプ活用提案

夏トマト正品率向上

農電研究会

電力の効率利用に向け、最新の研究成果を発表する農業電化研究会が8日、名古屋市で開かれた。ヒートポンプの新たな活用策として、夏秋期のトマト作りで夜間の冷房や除湿に利用。裂果や尻腐れ果の発生が減り、販売可能な収量が慣行栽培に比べ2倍になる成果など、暖房費の節減以外にも多様な活用が期待できる報告が相次いだ。

夏秋期のトマト作りにヒートポンプを活用した研究は、静岡県農林技術研究所の大石直記主任研究員が発表した。夏秋期のトマトの減収は、高温や多湿が要因。その環境の改善に向けヒートポンプで夜間冷房や除湿をした。

その結果、夜温を20度にした場合、慣行の25度に比べ総収量は差はないが、裂果と尻腐れ果の発生が大幅に減り、1株当たりの販売可能な販売量は約2倍になった。

裂果は高温、多湿条件で生じるため、夜間の冷房、除湿で防げたとみられる。カルシウム不足で発生する尻腐れ果が減った。

たのは、夜間冷房で生育が遅くなり、カルシウムの要求量が減り、尻腐れ症状を抑制したとみられる。

ヒートポンプのそのほかの活用策では、牛舎にヒートポンプを使い、酪農経営で水道や灯油代を節減する事例の報告があった。北海道立工業試験場などが開発したシステムで、乳牛から搾乳する際の熱をヒートポンプの給湯の熱源に活用する。その熱で作った温水で牛舎を洗浄し、冷房で牛乳も冷やす仕組みだ。JA全農が協賛した。

また、イチゴ栽培に緑色発光ダイオードを使い、病害防除や生育促進効果が見込める成果や、輪菊と同様に電照で小菊の開花を調節する技術などの報告があった。

研究会は、電力会社や試験場の研究者らでつくる農業電化協会が主催。農水省などが後援し、JA全農が協賛した。

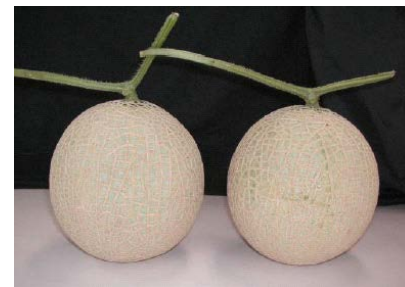
優績養豚場を表彰

PICSで

JA全農は8日、東京・大手町のJAビルで「くみあい養豚生産管理システム」(PICS)を使う農場から、2008年度に優良な成績を出した農場を表彰した。今回は繁殖、一貫の2部門で最も優秀な成績だった4農場に加え、繁殖部門は前年対比で大きな伸びを示した3農場に「ジャンプアップ賞」を贈った。

PICSは全農が1983年に開発した養豚農場の生産管理システム。種付けや分娩(ぶんべい)などのデータを入力すると、母猪能力や経営の改善点などを分析でき

夜冷の効果（メロン）



＜平成22年夏の静岡県温室メロンの例＞

- 例年8月中旬より秀品（山級※）率が低下するとともに、根腐れ病により出荷できない果実がでる。

	夜冷なし	夜冷あり
秀品率	10%	50%
根腐れ病	20%前後	1～2%

※ 温室メロンの等級： 富士、山、白、雪（左ほど高品質）

ヒートポンプの運転時間と電気料金

- 電力の基本料金はヒートポンプを使用しなくても毎月発生
- 周年利用により基本料金比率を下げる
 - 負担感の減少
- 暖房や冷房が不要な時期
 - 除湿のためにヒートポンプを利用

年間電気代例(10馬力1台の概算)

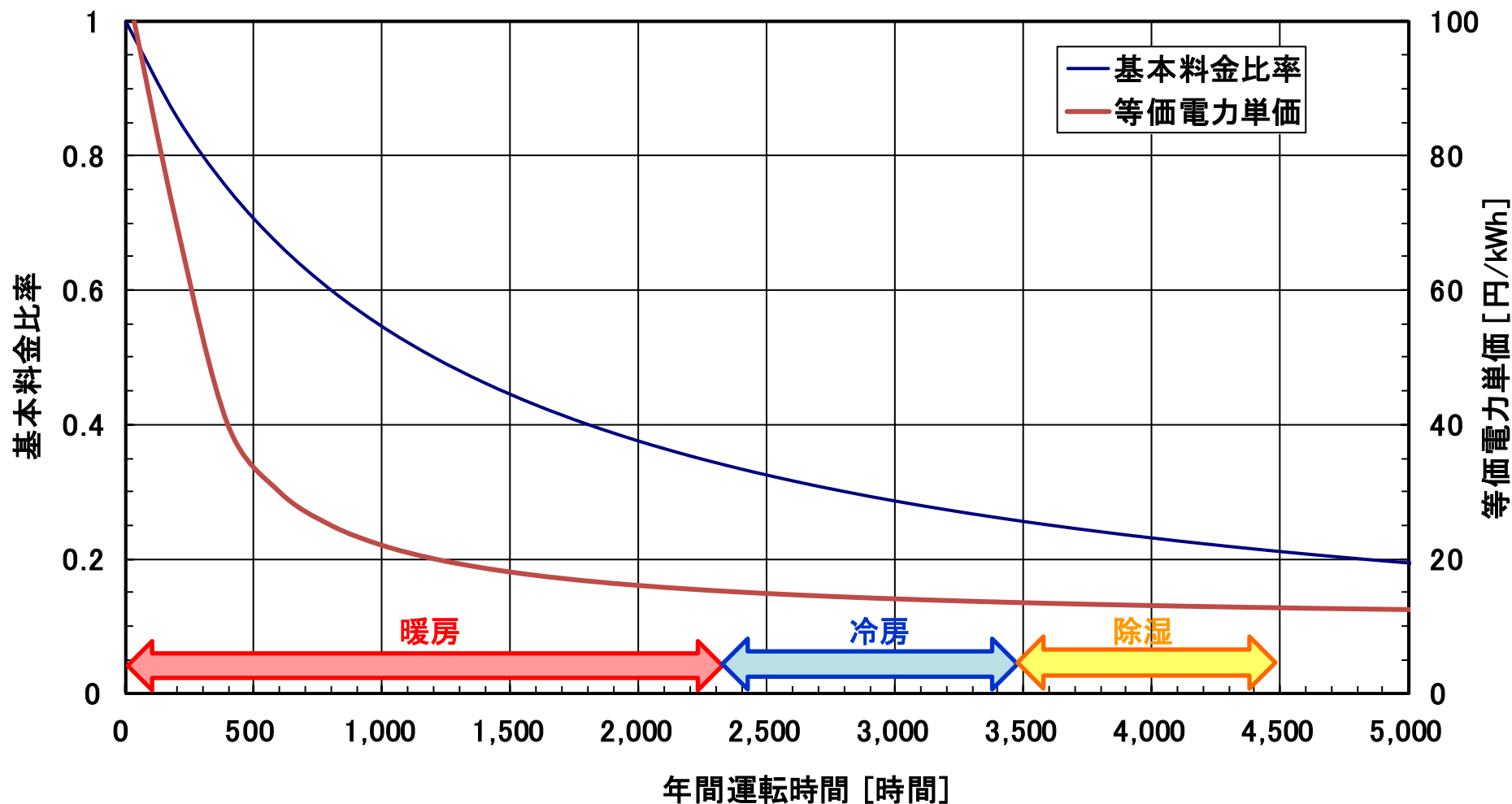
	消費電力 kWh	従量料金 円	基本料金 円	合計 円	基本料金 比率 %
暖 房	18,000	180,000	96,000	276,000	35
冷 房	9,600	96,000	96,000	192,000	50
除 湿	4,000	40,000	96,000	136,000	71
暖房+冷房	27,600	276,000	96,000	372,000	26
暖+冷+除湿	31,600	316,000	96,000	412,000	23

計算条件

- ・消費電力: 8kW、基本料金: 1,000円/kW、平均従量料金: 10円/kW
- ・暖房: 15時間/日、150日/年 冷房: 12時間/日、100日/年 除湿: 5時間/日、100日/年

★周年利用すれば基本料金の比率が低下し、見かけ上電力単価が安くなる

電力料金の基本料金比率



湿 度

- ハウスは閉鎖された空間
- 土壌や植物体からの蒸散により高湿度傾向
- 多湿病害が起こりやすい環境
- 気孔開度は湿度(飽差)に依存

- ・晴天日の昼間は換気により低湿度傾向
- ・細霧冷房を兼ねたミスト散布により加湿(夏)
- ・夜間は暖房により相対湿度を低下させる(冬)
- ・除湿機が設置されているハウスは少ない
- ・ヒートポンプでも除湿は可能

湿度に関する用語

用 語	単 位	意 味	備 考
相対湿度	%, %RH	飽和水蒸気圧に対する実際の水蒸気圧の割合.	一般的な湿度はこれを指す場合が多い.
容積絶対湿度	g/m ³	空気1m ³ に含まれる水蒸気の質量.	15°C、70%RHのときは9.0g/m ³ .
重量絶対湿度	kg/kg(DA)	乾燥空気(Dry Air)1kgに対する水蒸気の質量.	15°C、70%RHのときは0.0074kg/kg(DA).
露点温度	°C	ある状態の空気を冷却した場合に結露を生じる温度.	15°C、70%RHのときは9.5°C.
飽和水蒸気量	g/m ³	空気1m ³ に存在しうる最大の水蒸気量. 温度による決まる. 飽和水蒸気量を含む空気の示す水蒸気圧が 飽和水蒸気圧 .	15°Cでは12.9g/m ³ . 15°Cでの飽和水蒸気圧は17.1hPa.
飽差	g/m ³	飽和水蒸気量と実際の水蒸気量との差.	飽和水蒸気圧との差で表現することもある.

飽 差

- ある状態の空気の水蒸気量と、その温度における飽和水蒸気量との差
- 飽差の大きい空気は、乾燥させる能力が高い
- 15°Cにおける飽和水蒸気量は 12.9g/m^3
(飽和水蒸気圧は 17.1hPa)
 - 相対湿度70%ならば飽差は 3.9g/m^3 (5.1hPa)
 - 相対湿度80%ならば飽差は 2.6g/m^3 (3.5hPa)
- 気孔開度は飽差により変化 ($3\sim6\text{g/m}^3$ が適正)
- 特に葉面温度の飽和水蒸気圧と周辺空気の水蒸気圧との差を葉面飽差という

除湿の方法

- 送風・・・送風により植物体表面の乾燥を促す
→ 蒸発により相対湿度・絶対湿度とも上昇傾向
- 暖房・・・室温上昇により相対湿度を低下させる
→ 絶対湿度は変わらない(蒸散促進によりやや増加)
- 換気・・・ハウス内の水蒸気を外部へ放出する
→ 外気状態に左右され、室温低下が問題
- 冷房・・・水蒸気を凝縮させて水として排水する
→ 絶対湿度は低下するが、相対湿度は上昇傾向

※冷房で絶対湿度を下げた後、再加熱で相対湿度も低下させる方法
(再熱除湿)が最も効果的な除湿方法(＝除湿機)

従来の除湿方法

- モヤコン、4段サーモヤコンの利用
 - 送風による植物体表面の乾燥促進
 - 暖房による相対湿度低下
- 利用方法
 - タイマーによる送風機の運転
(温風暖房機の送風機や循環扇など)
(間欠運転 または 連続運転)
 - タイマーによる暖房機の間欠運転



送風

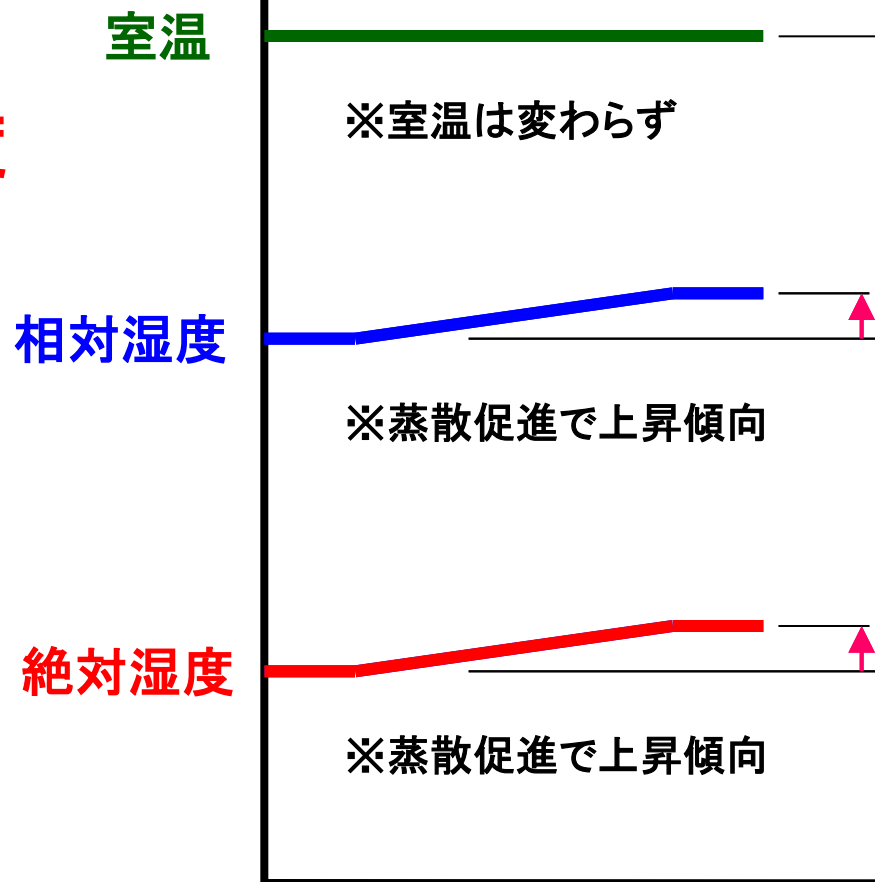
●送風により作物表面の乾燥を促す



蒸発が促進され、相対湿度
絶対湿度とも上昇傾向

※手軽な方法で効果もあるが、限界も早い
送風のみだと、一定以上の発病段階では、かえって病害を拡散することもあり
ただし、温度ムラ・湿度ムラ改善のためにも送風は重要

<送風時の変化>



暖房

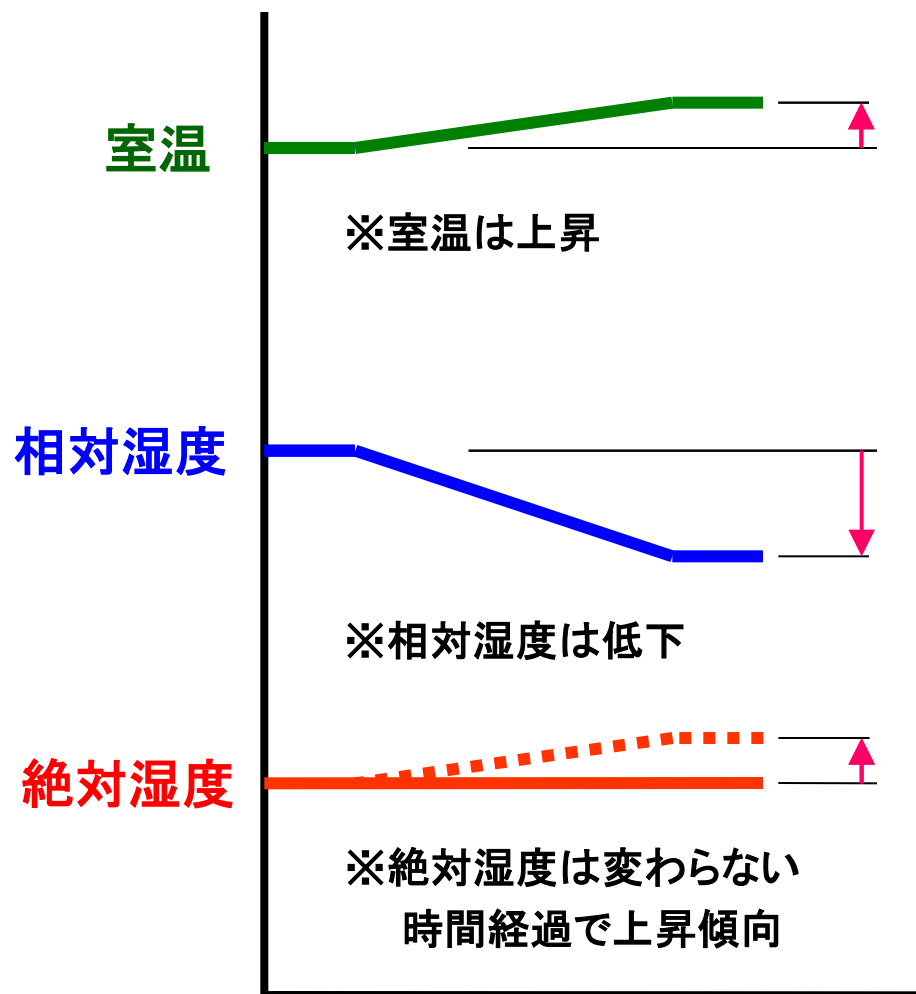
●室温上昇により相対湿度を低下させる



室温付近では1℃の温度上昇で約5%低下

※絶対湿度は変わらないが、相対湿度低下により蒸発散が盛んになり、時間がたつと相対湿度・絶対湿度とも上昇傾向となる
自然に室温低下する冬季向きの除湿方法

<暖房時の変化>



換 気

●ハウス内の水蒸気を外部へ放出する

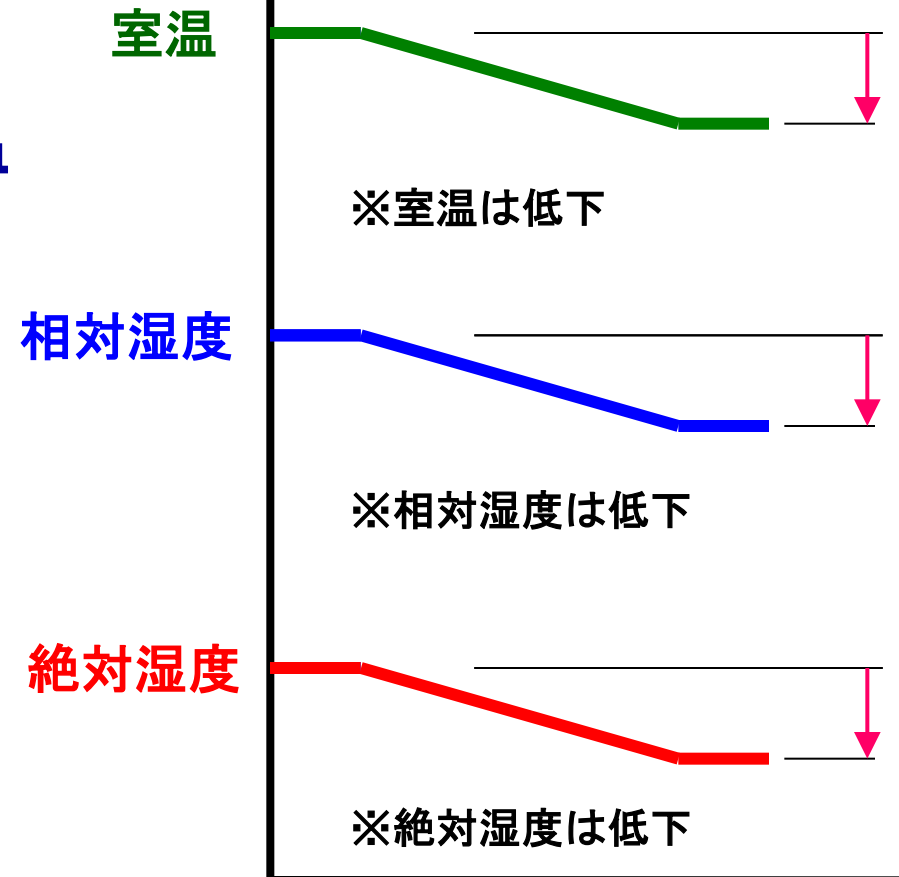


外気条件に左右され、室温低下が問題

※カーテンや天窓を開ける
開度やタイミングを適切にする必要があり、室温低下で暖房負荷が増大しがち
比較的外気温の高い時期に向く
除湿方法

<換気除湿時の変化>

注)それぞれの変化は外気条件により異なる



冷 房

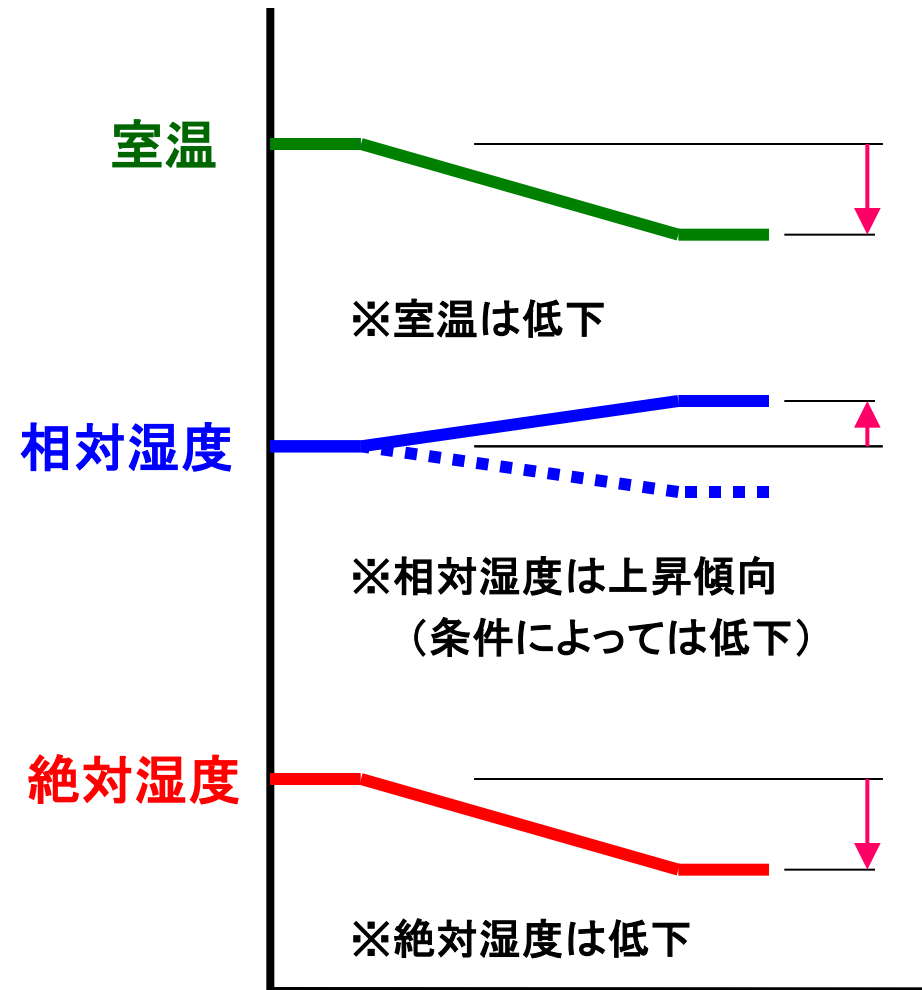
●蒸発器表面で水蒸気を凝縮させて除去する



室温が低下するため相対湿度は上昇傾向

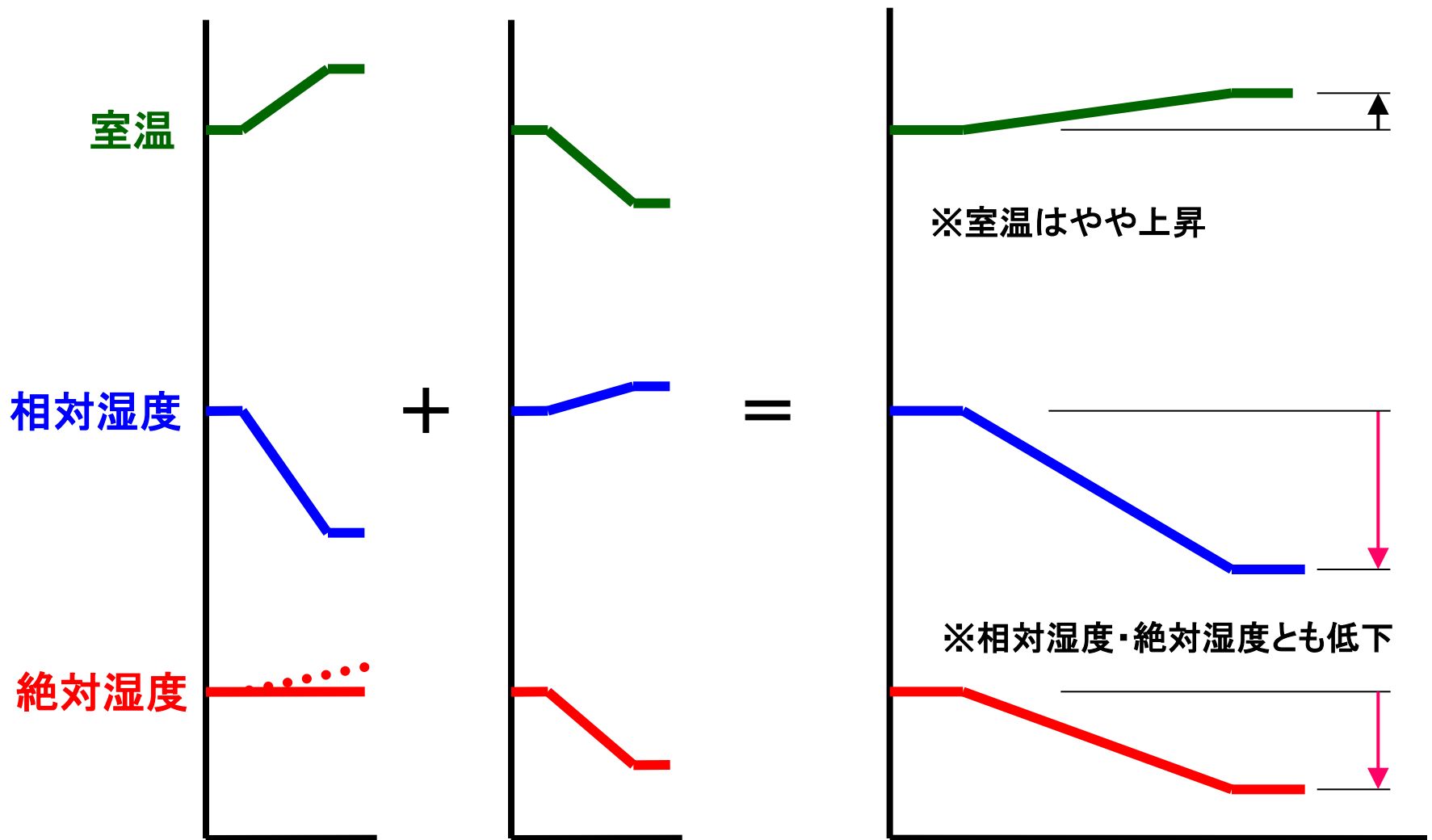
※除湿負荷の大きなときは相対湿度の制御は難しく、室温が低下するため上昇傾向となる
自然に室温上昇する夏季向きの除湿方法
10馬力のヒートポンプ1台で、20～25L/hの水分を除去できる

<冷房時の変化>

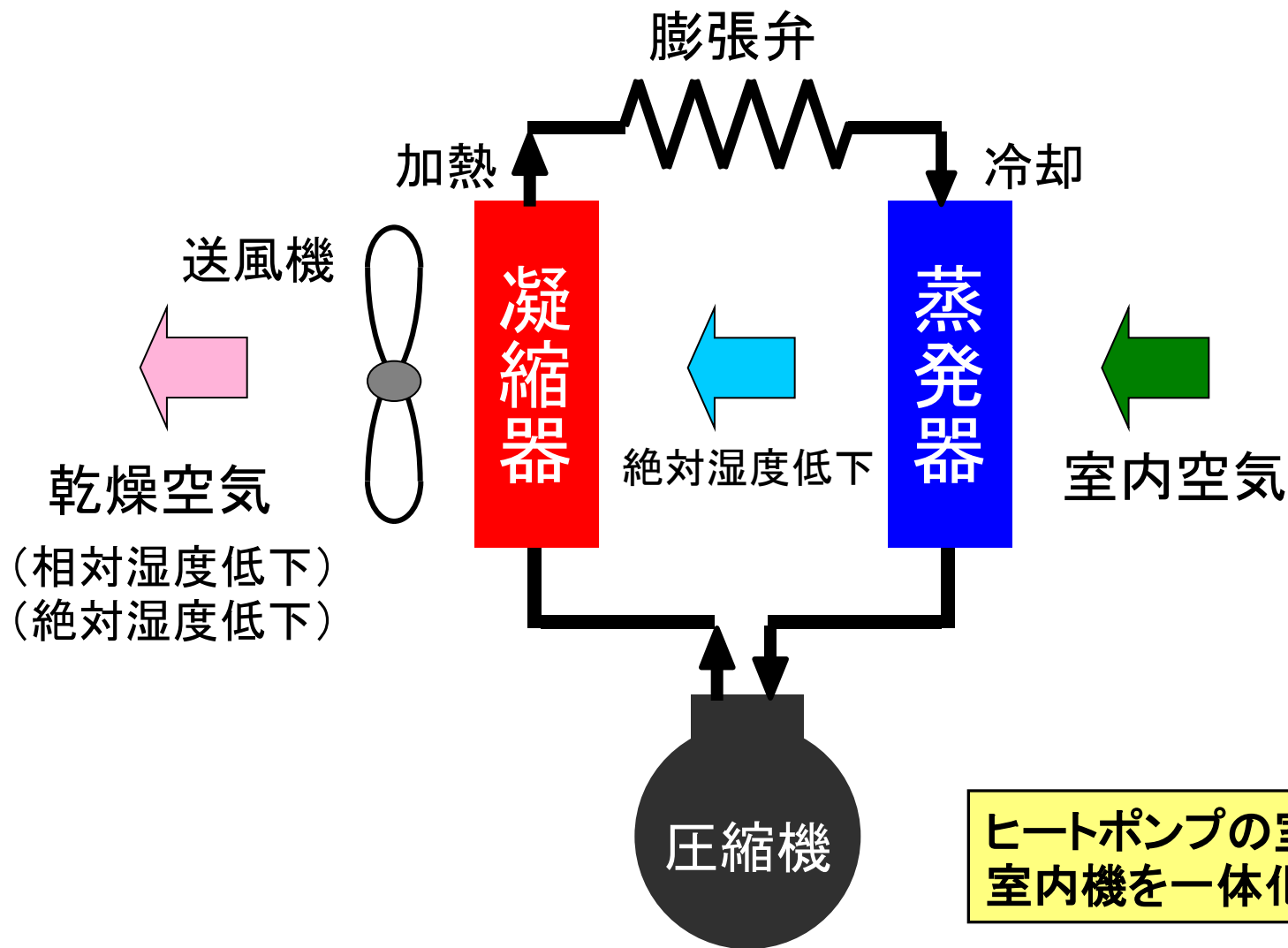


除湿機の原理(再熱除湿)

<暖房> + <冷房> = <除湿>



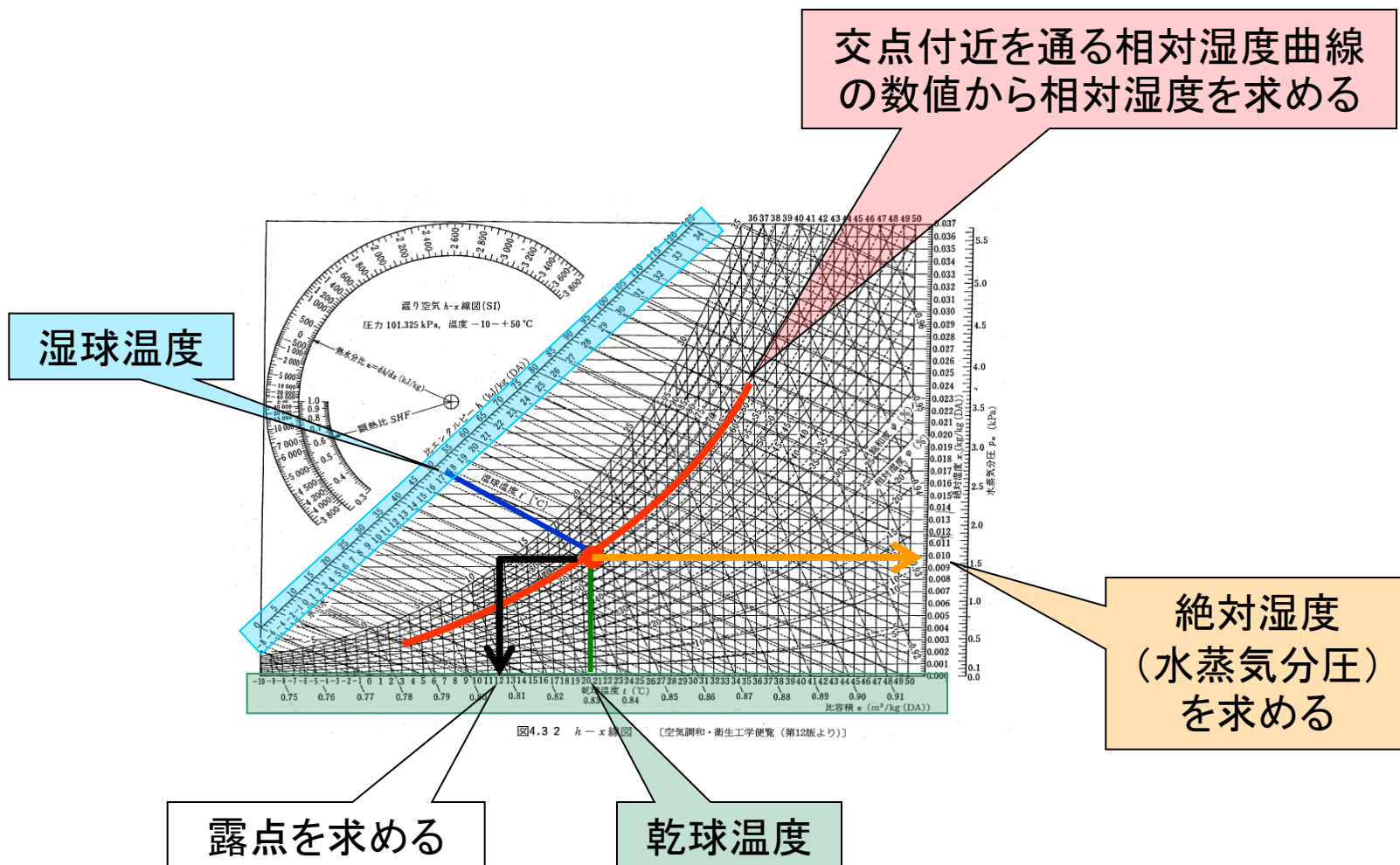
除湿機の構成



ヒートポンプによる除湿

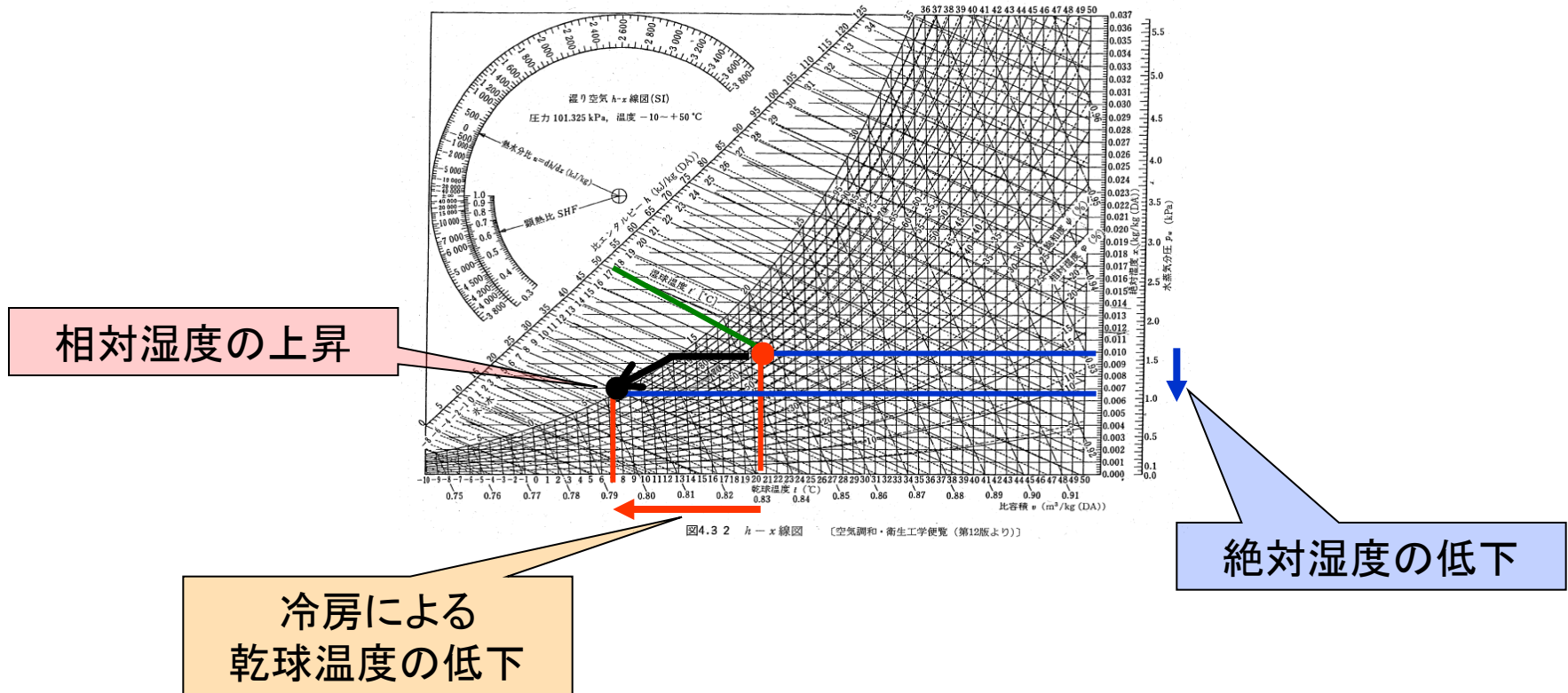
- 再熱除湿機能を備えていないヒートポンプにより除湿する方法
 - ① ヒートポンプを冷房運転しながら、室温を維持する程度に暖房機も運転する。
 - ② ヒートポンプが複数台導入されている場合は、一部を暖房運転、残りを冷房運転する。
 - ③ ヒートポンプを作物が許容できる温度幅で冷房・暖房交互運転する。

湿り空気線図の使い方



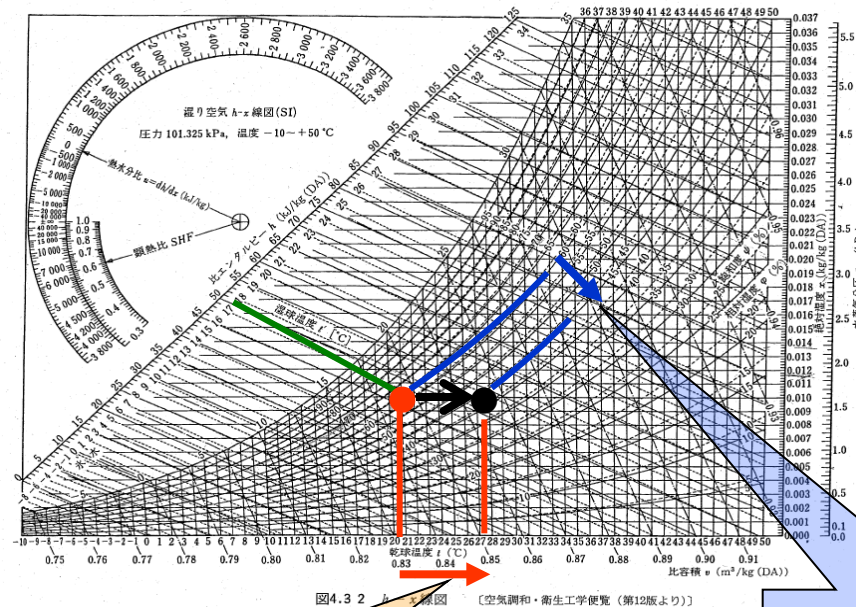
冷房除湿の原理

- 気温(乾球温度)の低下により、絶対湿度は低下するが、相対湿度は上昇する.



暖房除湿の原理

- 暖房により気温(乾球温度)を上げると、相対湿度が低下する。

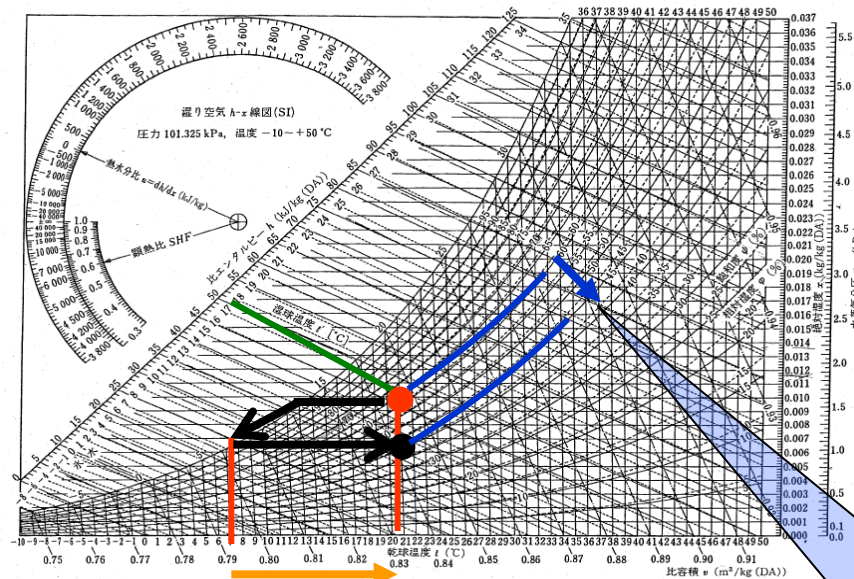


暖房により
乾球温度を上げる

相対湿度の低下

再熱除湿の原理

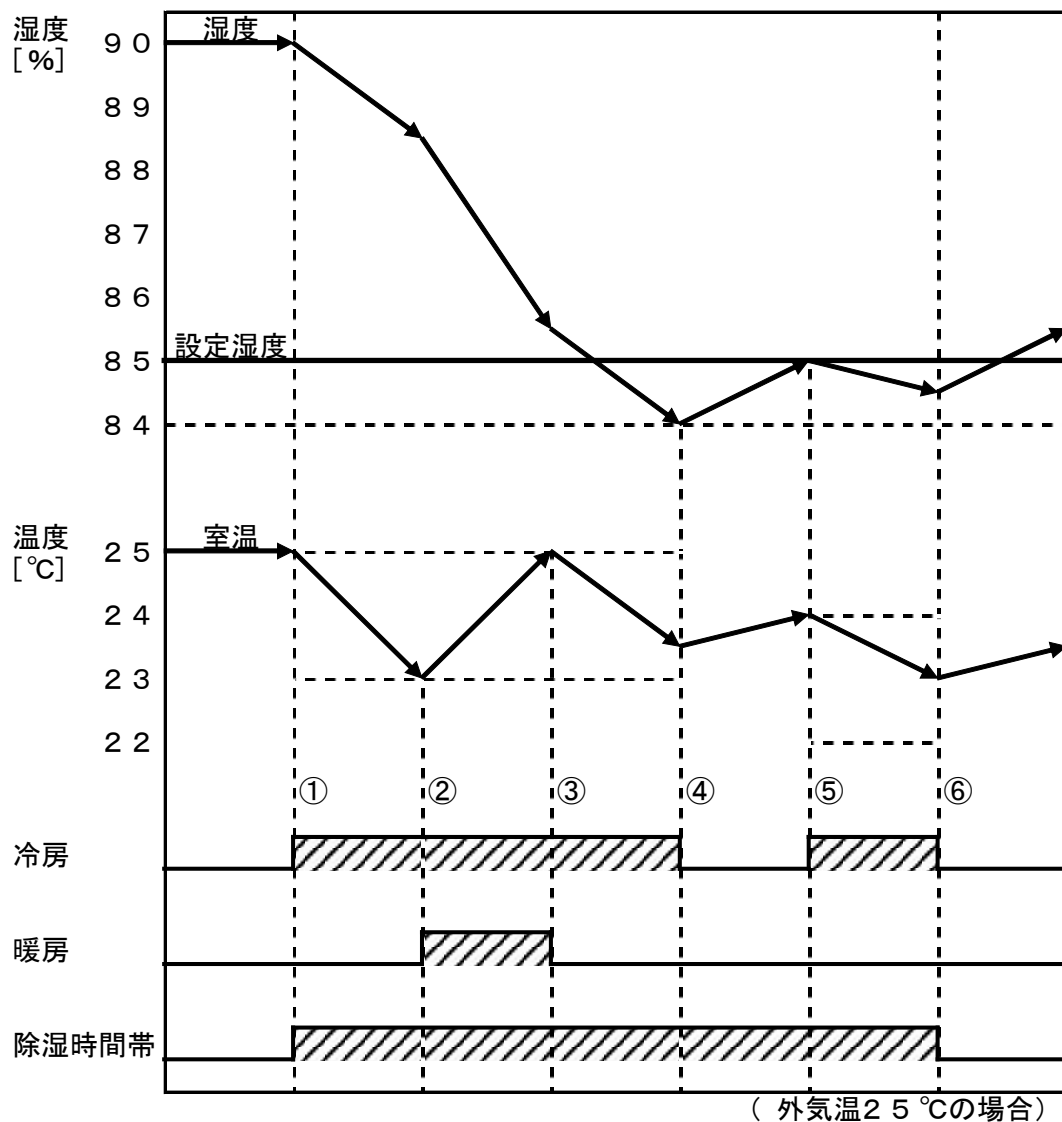
- 冷房除湿後、暖房により気温（乾球温度）を元に戻すと、相対湿度が低下する。



暖房により
乾球温度を戻す

相対湿度の低下

除湿動作の一例 (NT-600シリーズ)



①除湿運転時間帯に入り、湿度が設定湿度を超えていると冷房除湿開始。

②室温が除湿開始時よりもHPのディファレンシャル分低下すると、暖房を開始します。

③室温が除湿開始温度まで上昇すると暖房停止。

④湿度が設定湿度よりも1%低下すると除湿運転停止

⑤再び湿度が設定湿度を超えると、除湿開始温度を更新して除湿運転再開。

⑥除湿運転時間帯から外れた場合、除湿運転は行いません。

暖房: 1時間にA重油約1ℓ
 [300坪、表面積1,500㎡、
 放熱係数3W/(㎡・°C)]

まとめ

- ヒートポンプは暖房・冷房の切替えが容易
- 油価高騰対策としてのハイブリッド暖房だけではなく、夜冷や除湿にも利用し、作物に適した環境をつくりだし、収量・品質の向上や減農薬を図ることが重要
- ヒートポンプの周年利用により、電力基本料金の割合が低くなる



ご清聴ありがとうございました