

廃熱利用の事例紹介

Contents

- 1) 緒言: 「廃熱」と「排熱」の違い
- 2) 本論: 廃熱利用事例研究
- 3) 結言: 本講演でお伝えしたいこと

令和2(2020)年 2月 19日(水)

一般財団法人省エネルギーセンター
省エネ支援サービス本部 人材育成推進部
総括主幹 鈴木 伸隆

1)緒言:「廃熱」と「排熱」の違い

～“エクセルギー”を意識して～

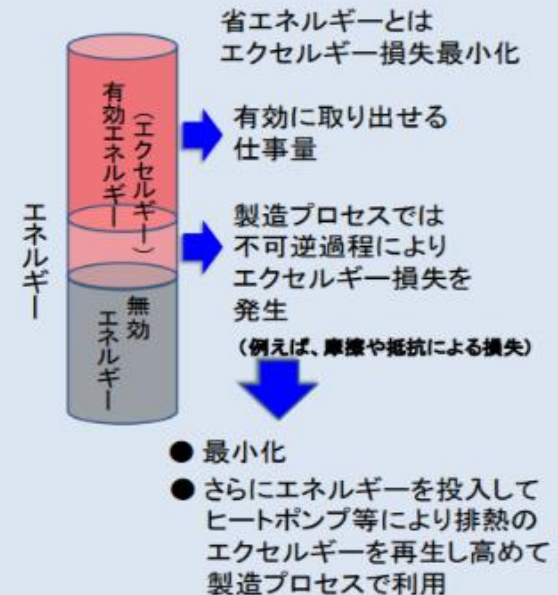
- ・一般的に「排熱」とは、1つの工程等から外部へ排出している熱を表す語であり、その現象によって排出された熱を利用せず捨てられる熱を「廃熱」という。
- ・仮に「廃熱」に含まれている有効エネルギー(エクセルギー)を少しでも、技術的かつ経済的に可能な方法で回収することにより、従来でいう無効エネルギーを最小化することができれば、それは「省エネ」に他ならない。
- ・実際、「省エネルギー技術戦略2016」では、この考え方を元に、製造プロセス省エネ化技術を「重要技術」と位置づけ、具体例を挙げている。



本資料では、
「エクセルギー損失最小化」をテーマにして、
 廃熱利用への課題感に対する着眼点と、
 製造時のエネルギー使用がそれほど大規模でない
 業界でも参考にできる、
 比較的ポピュラーな事例とをご紹介します。

製造プロセス省エネ化技術

様々な一貫した製造プロセス(化学品、製鉄・ガラス・セメントなど)における省エネ化技術。従来のエネルギー使用量削減の考え方に加え、エクセルギー(有効仕事)の利活用という面から見直して、製造プロセスの大幅な改善を目指す技術



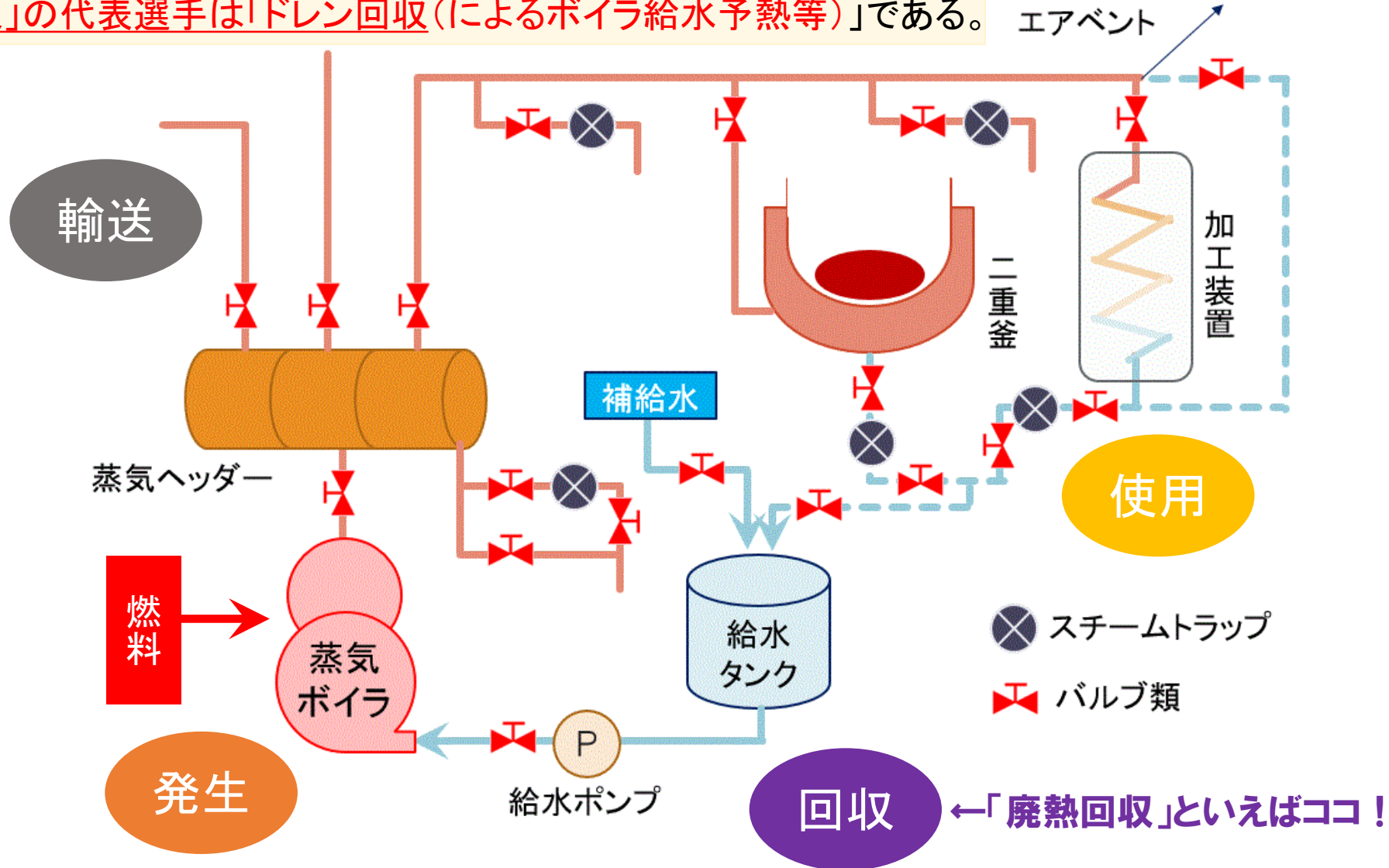
【具体例】

- ・省エネ型部素材製造プロセス
- ・革新的製鉄プロセス
- ・産業用ヒートポンプ
- ・コージェネ・熱利用システム

2)本論：廃熱利用事例研究

①蒸気システムと廃熱利用 a.「ドレン回収」熟考

・下図はある食料品製造業における蒸気使用設備のフロー（例）。「蒸気システムの廃熱回収」の代表選手は「ドレン回収（によるボイラ給水予熱等）」である。



[事例]ドレン回収時の「湯気」の利用

- ある工場では、加熱に利用された蒸気ドレンをスチームトラップ経由で回収していた。ドレンはボイラーの給水タンクに戻されていたが、ドレン量が多いせいかドレンタンク内で再蒸発し、屋外まで湯気が噴出していた。以下は、この湯気を抑制することを狙いつつ、湯気を持つ熱と冷水とを熱交換(＝排熱回収)させて温水を製造し、これを製造プロセスで利用することで熱の有効利用をも図ることができた事例である。

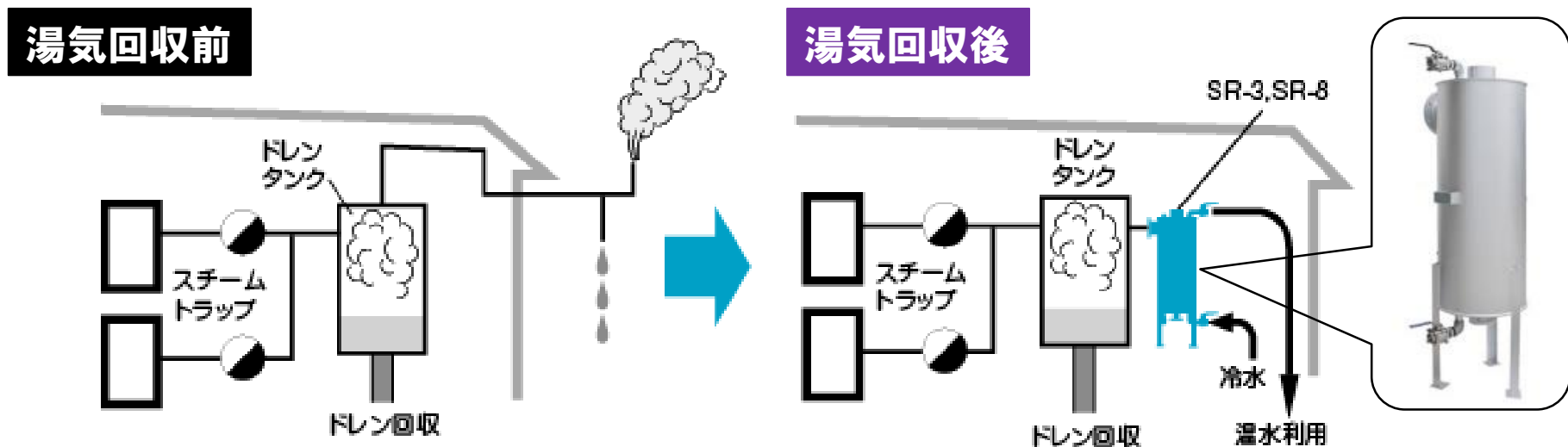


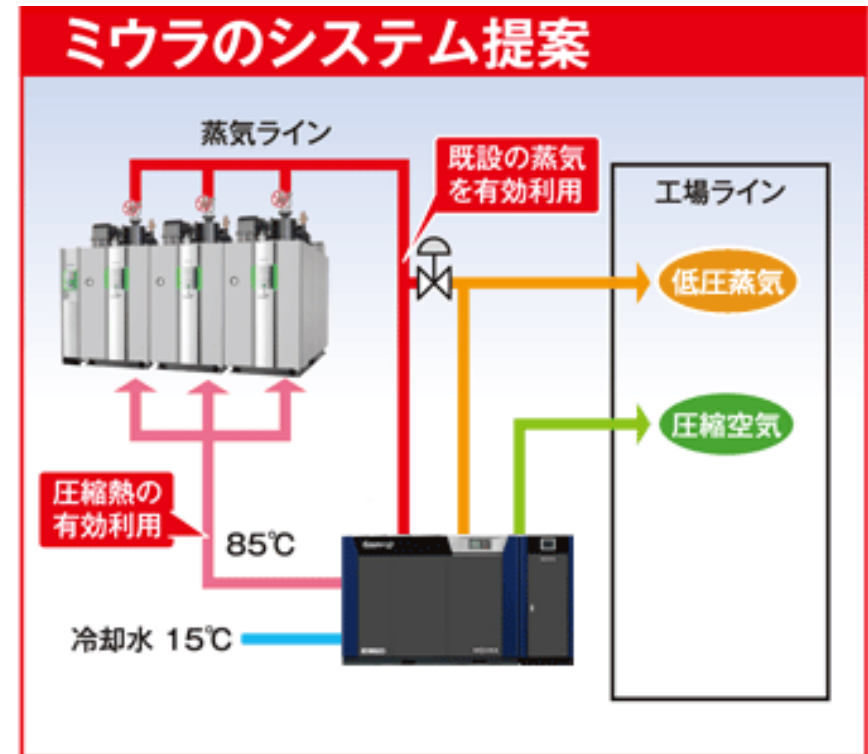
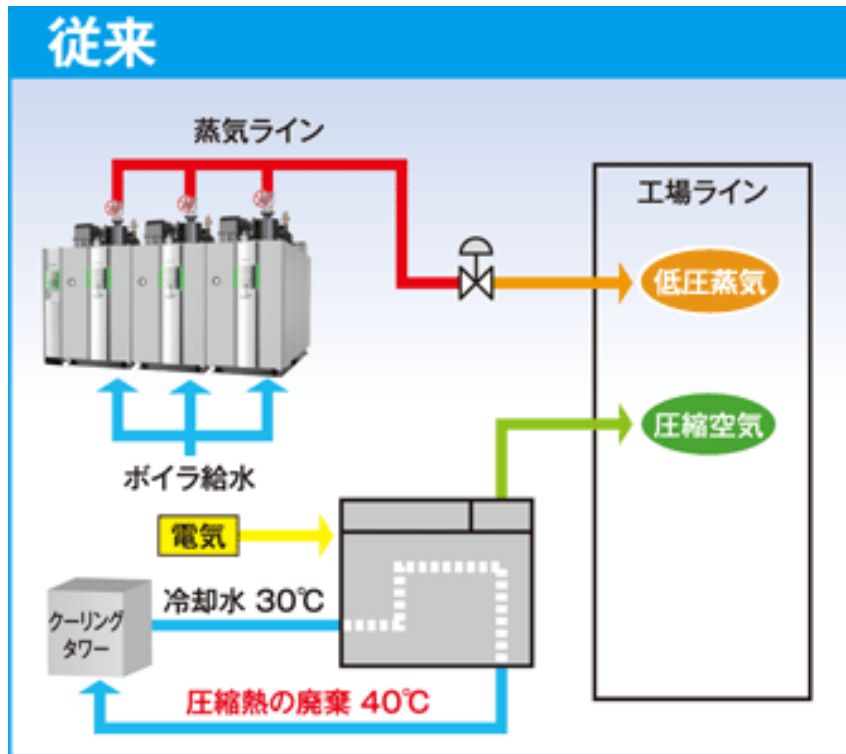
図 湯気(廃蒸気)を熱回収する仕組み

出典: 株式会社ティエルビホームページ

- 大気開放されている給水タンクを密閉して湯気の通り道(配管)を作り、当該装置と低温の水とを熱交換させることで、廃蒸気で温水(あるいはボイラー給水)が製造できる。温水が製造できれば、例えば既存の温水ボイラーの燃料消費が削減できる。
- なお当該装置はあくまでも「熱交換器」である。よって仮に湯気に不純物(ボイラー水中の薬品類等)があったとしても、加熱媒体(このケースでは熱交換により製造される温水)の質には影響がない。
- 本技術は背圧がかけられない工程でも活用可能。因みにドレン配管以外で生じている湯気もある一か所に集めることができれば、熱回収は可能。

b.「余剰蒸気駆動コンプレッサ（空気圧縮機）」の廃熱利用

- ・既設のボイラー等から生じる余剰蒸気を活用し、電力ピーク時などに蒸気から圧縮空気を取り出すことで、既設のコンプレッサ（電気駆動）が生みだすであろう電力デマンドの抑制に貢献できるシステムが市販されている。
- ・このシステムでは、「蒸気駆動式コンプレッサ」で生じる圧縮熱（廃熱）を、当該コンプレッサの冷却水と熱交換させ、蒸気の給水などに有効利用する。通常、コンプレッサの廃熱は大気放熱するか（空冷の場合）、クーリングタワーから放熱するか（水冷の場合）するため、熱としては利用しないが、こうすることでコンプレッサの廃熱が利用できることになる。



【ポイント】ボイラの稼働率を上げ、廃熱まで使い切る

出典：三浦工業(株)HP

一般財団法人省エネルギーセンター

[事例]空気圧縮機からの廃熱:「暖房利用」

- ・夏季はコンプレッサの排熱を確実に屋外へ排気、冬季は排熱を屋内へ排気し、補助暖房として活用することにより、エクセルギー損失の最小化を図ることもできる(下図)。

廃熱を、“夏季は屋外”“冬季は屋内”へ!

夏季

冷房効果を高めるため、コンプレッサの廃熱を屋外へ排気します。ちなみに、コンプレッサ室が狭かったり、廃熱の排気が十分でない場合、コンプレッサが発熱し、停止する可能性もあります。

冬季

隣接する作業現場、事務所に廃熱を送風して、補助暖房として有効活用します。空冷式スクリーコンプレッサからは常時外気温+15℃以上の廃熱が発生します。

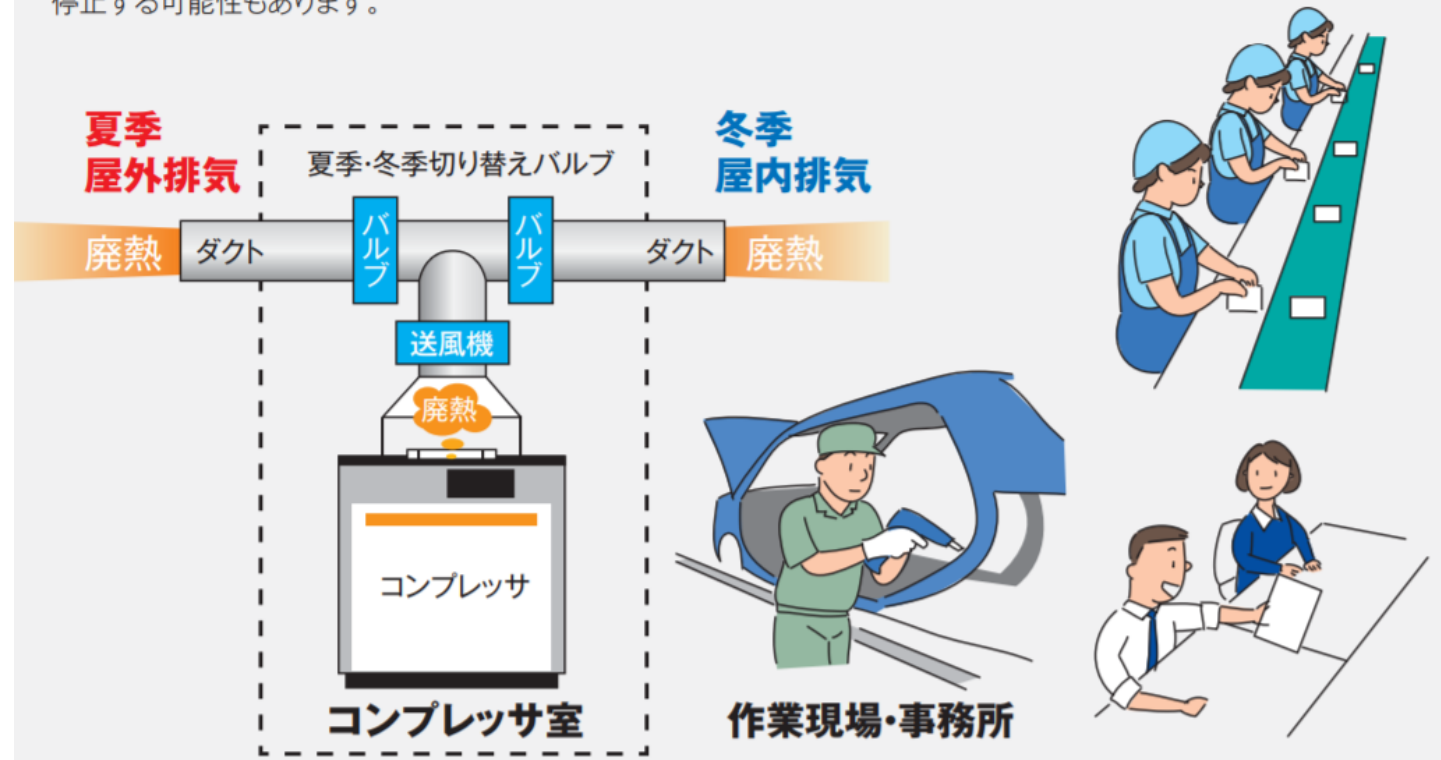


図 空気圧縮機の廃熱利用(例)

c.省エネ法と「未利用熱」たる廃熱の利用

- ・平成29年度における省エネ法「工場等判断基準_※」改定により、他事業者へ提供しなければ、省エネ法判断基準に従って取組を行っても発生を抑制できず廃棄することが見込まれる熱と定義される「未利用熱」の活用が、省エネ法上も定量的に評価されるようになった。
- ・例えば、前々項・前項に示したような「湯気」や「空気圧縮機からの廃熱」を用いて製造された温水等の使い道が工場・事業所内に無い場合に、下図茶線のように隣接する他事業所などで活用できるケースでは、その量は全て「省エネ量」として扱われる。

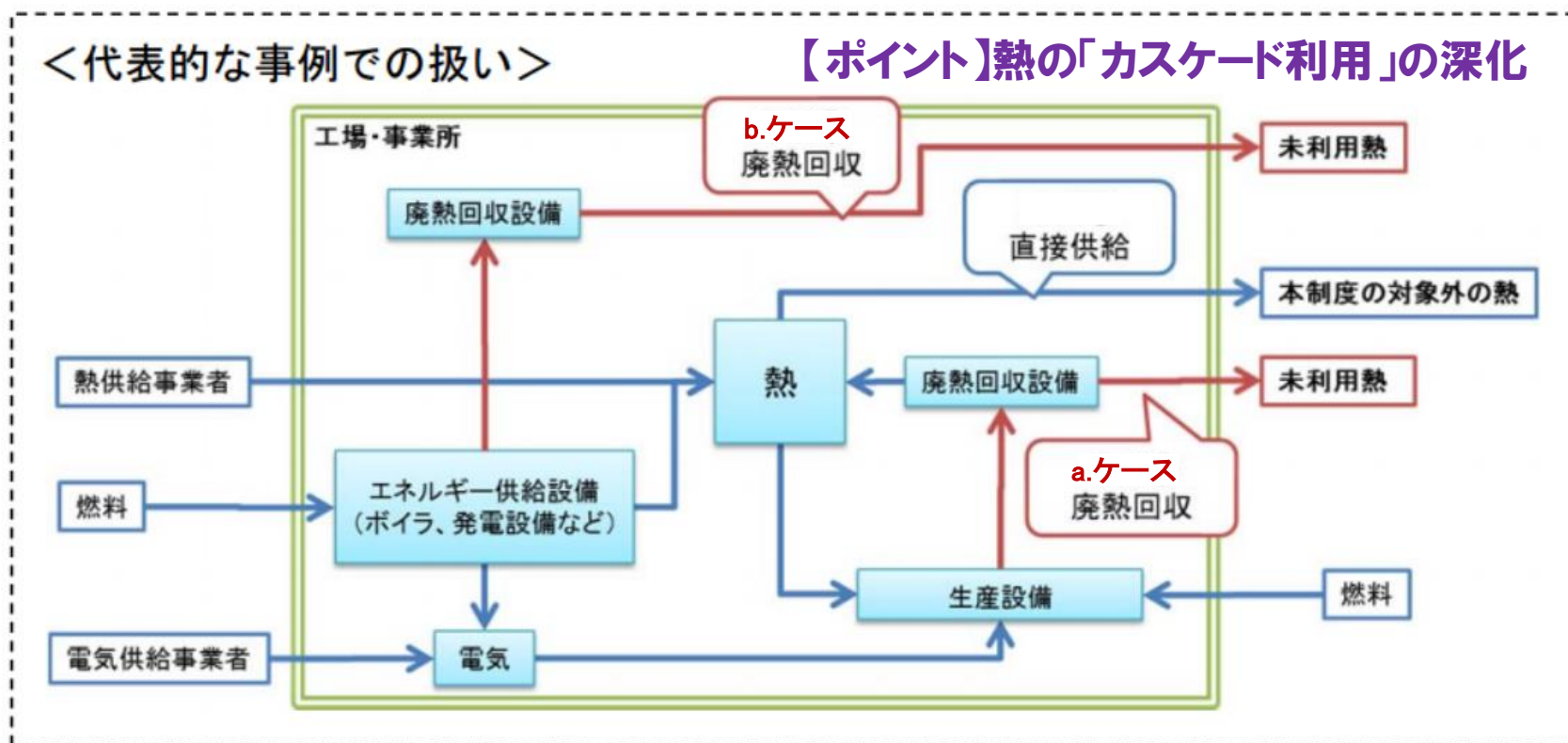


図 廃熱回収の結果生じた「未利用熱」イメージ

出典: 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ
最終取りまとめ(平成28年3月28日)

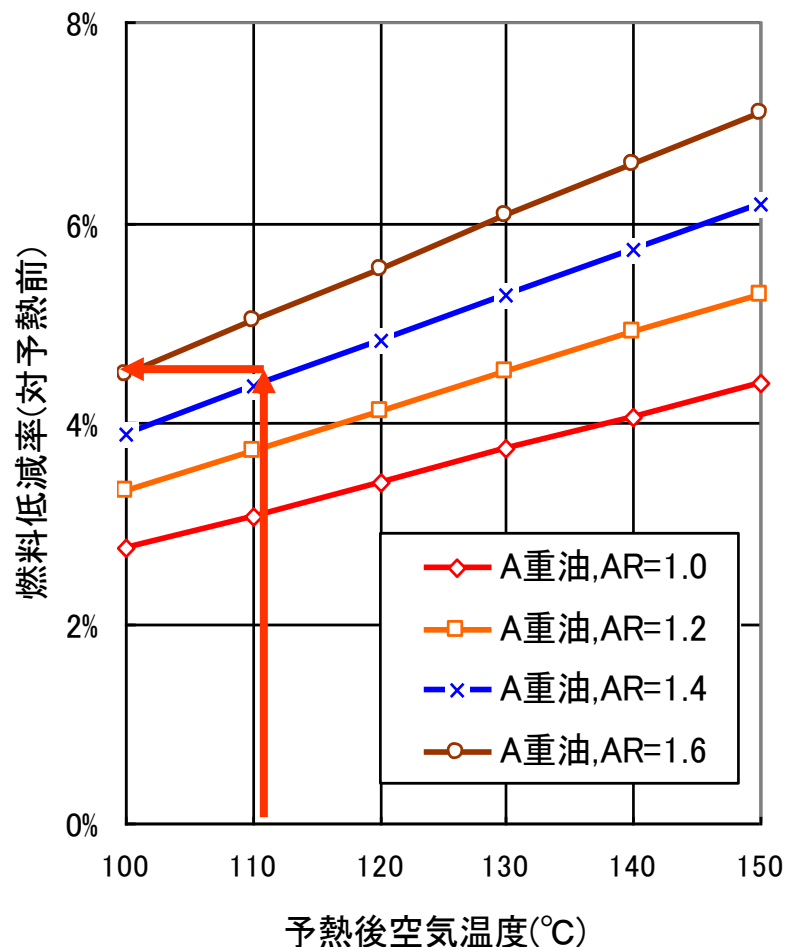
d. 必須！ボイラ等の廃熱回収 ～排ガス空気予熱等～

8

- ・ 蒸気ボイラー（あるいは燃焼炉）については、空気予熱器（エアプレヒータ＝APH）による排熱回収で省エネを図れることは古くから公知（効果試算例は下図参照）。
- ・ ボイラ導入時の APHならびにエコノマイザ（節炭器）搭載型の採用は「必須の取組」である。

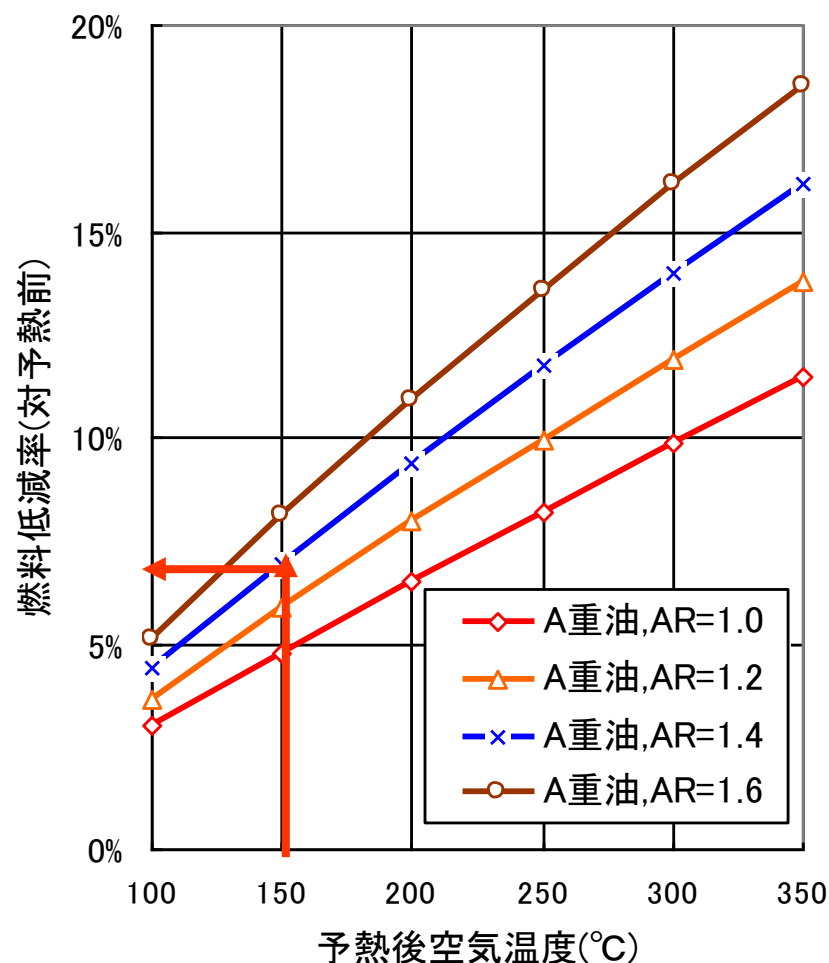
空気予熱効果-1

A重油, 予熱器前排ガス温度200℃



空気予熱効果-2

A重油, 予熱器前排ガス温度400℃



《参考》ボイラの基準廃ガス温度（省エネ法：工場等判断基準）

■「基準部分」 区 分		基準廃ガス温度（単位：℃）				
		固体燃料		液体燃料	気体燃料	
		固定床	流動床			高炉ガス その他の 副生ガス
電 気 事 業 用（注1）		—	—	145	110	200
一 般 用 ボ イ ラ ー （ 注 2 ）	蒸発量が毎時30トン以上のもの	200	200	200	170	200
	蒸発量が毎時10トン以上 30トン未満のもの	250	200	200	170	—
	蒸発量が毎時5トン以上 10トン未満のもの	—	—	220	200	—
	蒸発量が毎時5トン未満のもの	—	—	250	220	—
小型貫流ボイラー（注3）		—	—	250	220	—

（注） 1 「電気事業用」とは、電気事業者が、発電のために設置するものをいう。

2 「一般用ボイラー」とは、労働安全衛生法施行令第1条第3号に規定するボイラーのうち、同施行令第1条第4号に規定する小型ボイラーを除いたものをいう。

3 「小型貫流ボイラー」とは、労働安全衛生法施行令第1条第4号ホに規定する小型ボイラーのうち、大気汚染防止法施行令別表第1（第2条関係）第1項に規定するボイラーに該当するものをいう。

②「排気熱」の回収 ～全熱交換器を主な例として～

a.そもそも論:「全熱交換器」とは

- ・全熱交換器は、冷暖房した空気を換気する際などに、温度、湿度を合わせた空気中の熱エネルギーをできるだけ逃がさぬように、室内の空気を入れ替える設備。全熱交換器には、回転ロータを用いる蓄熱式熱交換器(回転形:図1)と直交流型プレートフィン式熱交換器(静止形:図2)がある。※そもそも「全熱」とは、空気の温度、湿度を合せたエネルギーのことを指す。
- ・空調の省エネは、「熱源の高効率化」のみに頼らず、外気や光、人体等の発熱負荷を上手に調整する機能を有する設備等を併用することで実現できる。

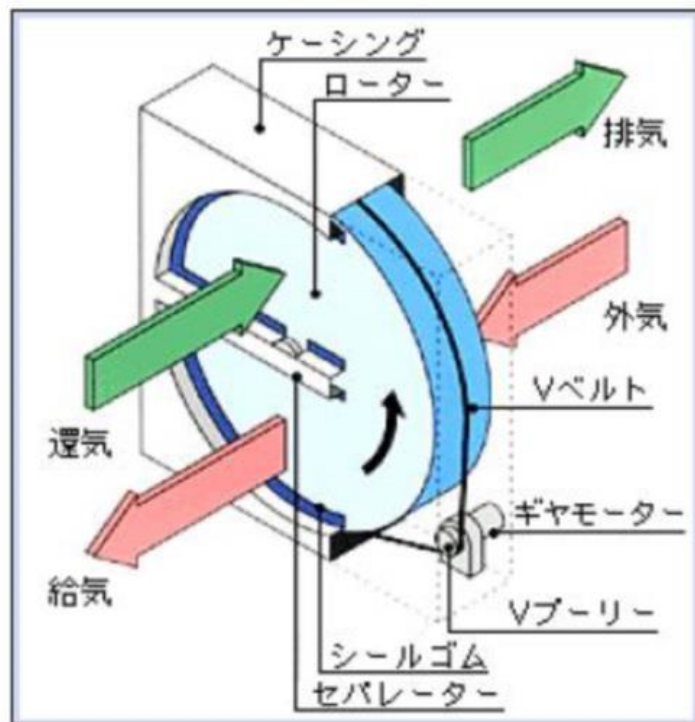


図1: 回転型全熱交換器

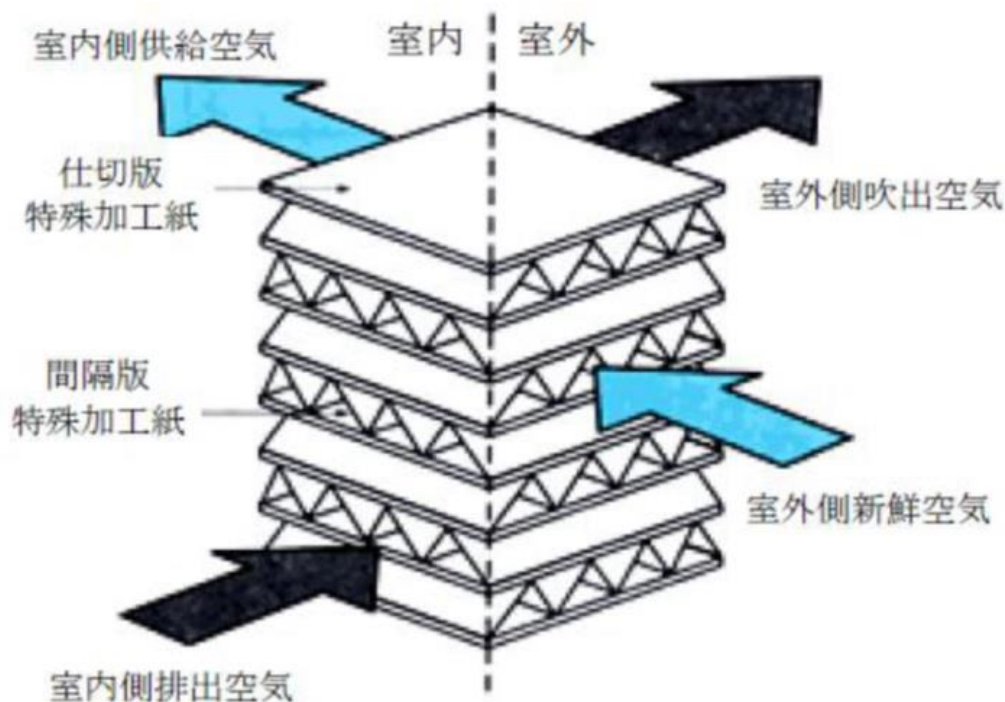


図2: 静止型全熱交換器

《参考》建築物省エネ法：「基準設定空気調和設備」

“基準一次エネルギー消費量”は、室用途毎、地域毎に定められた【基準設定外皮仕様】及び【基準設定空気調和設備仕様】の機器を使用した場合の、標準的なエネルギー消費量のことです。

これらの仕様は実際に届け出のあった省エネ計画書の分析結果、各種文献調査、設計者等へのヒアリング調査などから決められています。

“全熱交換器”は【基準設定空気調和設備】の一つに採用されています。

全熱交換器の採用がスタンダードです！

建物用途	室用途	空調機							外気処理システム				
		室負荷 処理用 空調機	外気処 理用空 調機	定格 能力 [kW/m ²]	給気送 風機定 格風量 [m ³ /h/m ²]	送風機 ATF	風量制 御方式	変風量 時最小 風量比 [%]	外気切 断制 御	外気冷 房制御	全熱 交換器 制御	定格全 熱交換 効率 [%]	全熱交 換ロー ター 消費電力 [kW]
事務所等	事務室	空調機	空調機	0.12	21.6	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	電子計算機器事務室	空調機	空調機	0.138	24.86	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	会議室	空調機	空調機	0.178	32.04	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	喫茶室	空調機	空調機	0.178	32.04	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	社員食堂	空調機	空調機	0.226	40.68	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	中央監視室	空調機	空調機	0.136	24.48	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	更衣室又は倉庫	空調機	空調機	0.101	18.18	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	廊下	空調機	空調機	0.086	15.48	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	ロビー	空調機	空調機	0.086	15.48	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	便所	空調機	空調機	0.086	15.48	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001
事務所等	喫茶室	空調機	空調機	0.086	15.48	6.5	CAV	—	有	無	有	60	0.0001

図3—基準設定空気調和設備仕様（5、6、7地域）

出典：平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説（I非住宅建築物）

第二版 非住宅建築物編 第三部（監修 国立研究開発法人建築研究所・国土交通省国土技術政策総合研究所）

【Note】全熱交換器とは？

換気をするため、室内から屋外へ捨てる排気を使って、取り入れる空気を温めたり冷やしたりできる、省エネ型換気装置です。

<例> 冬の場合

下の図のようなとき、普通の換気扇では0℃の空気を室内に取り入れています。

全熱交換器を使うと、捨てる20℃の空気で、取り入れる0℃の空気を暖めて、15℃で室内に取り入れられます*。

※温度交換効率75%の場合

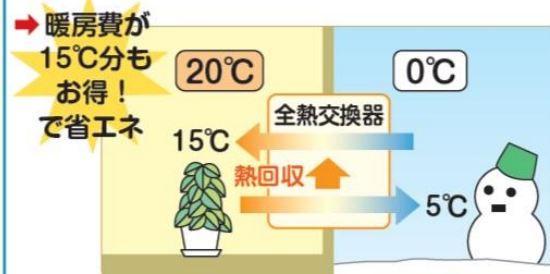


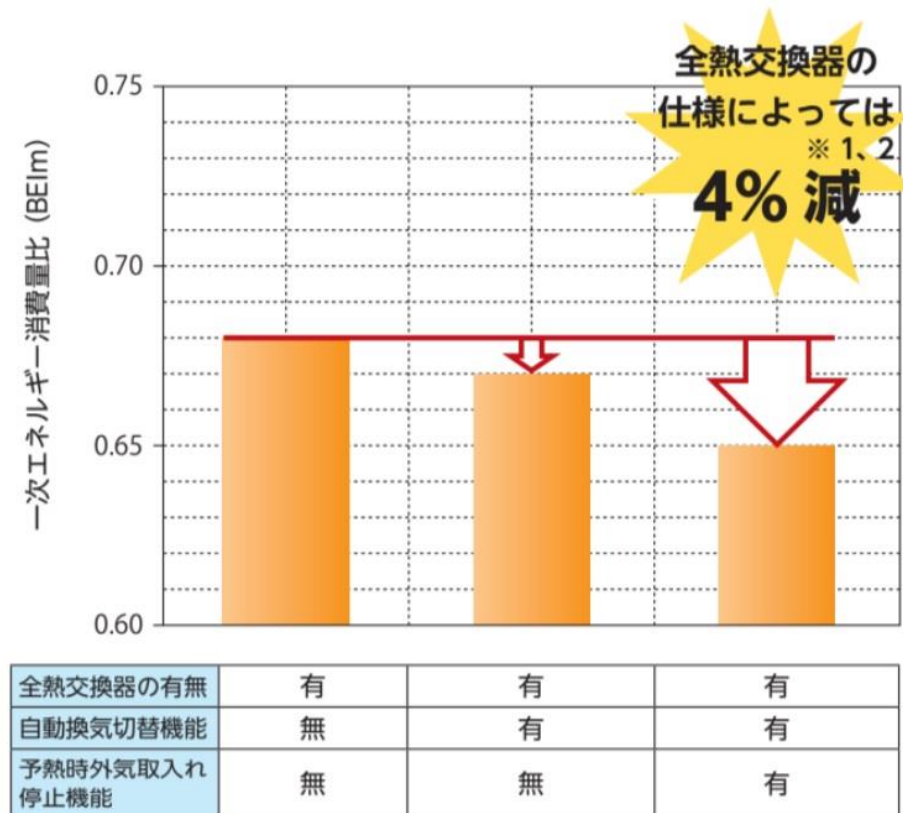
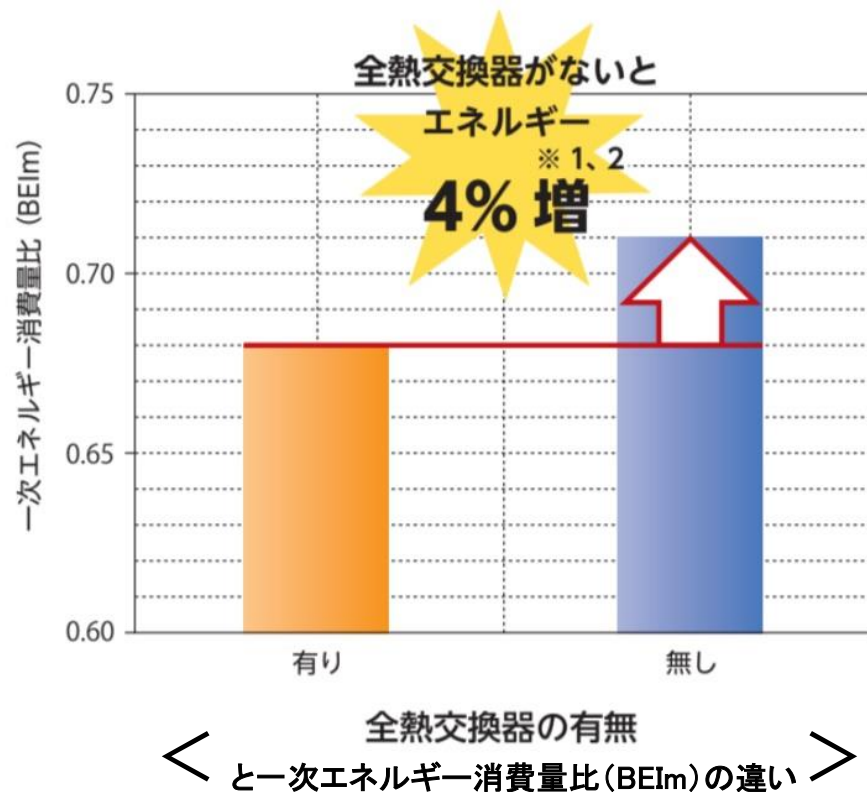
図4—全熱交換器の効果（冬の場合）

【追記】既築建築物の床面積を増やすことを「増築」という。横に増やす「よこ増築」と、階数を増やす「たて増築」がある。また外観が変わらずとも、内部の吹抜け部分に床を貼る等、新たに床を造れば「増築」となる。一方、従前の建築物を取り壊し、これと位置・用途・規模・構造・階数が著しく異ならない建築物を造ることを「改築」という。以前の建築物を取り壊し、同じ敷地に以前と異なる建築物を造る場合は、新築になる。

出典：（一社）日本冷凍空調工業会『全熱交換器がスタンダードです！』、2017年5月17日

b.全熱交換器による省エネ効果(目安)

- ・全熱交換器は、「熱交換効率が良い状態」で運転すればするほど、空調設備の消費エネルギーを削減できる。具体的には、建物全体の一次エネルギー消費量の値が減少する。
- ・上記に関連して、全熱交換器のメンテナンスを怠ると、熱交換効率が低下し、以下のようなメリット(=省エネ)を得る機会が失われる。次頁に示す運転方法の習熟と併せ、要注意。



出典：(一社)日本冷凍空調工業会パンフレット

“全熱交換器がスタンダードです！～建築物省エネ法義務化～”(筆者一部改変),2017年5月17日

＜全熱交換器の仕様の違いとBEImの変化＞

※1 効果は建物や全熱交換器以外の設備によって変化する(即ち本計算はあくまでも一例)。

※2 本例すなわち建築物省エネ法の計算プログラム内では、全熱交換器の性能値は安全側(性能が低い側)で計算される。
そのため実際には計算値以上の省エネ効果がある。

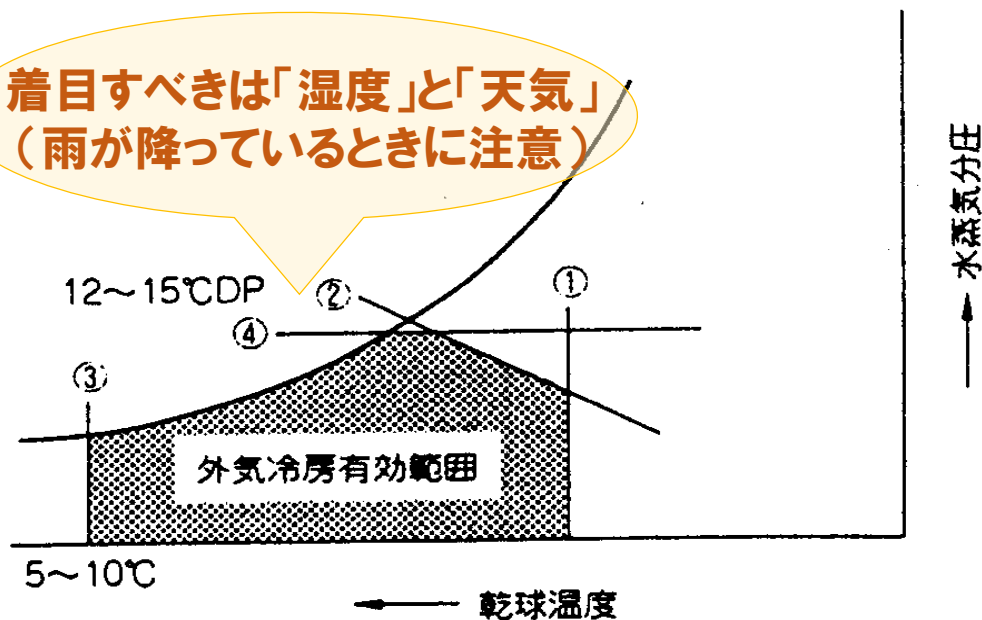
c.「換気のできる」省エネ手法(全熱交換器の例)

- ・前述からも自明なとおり、全熱交換器は「換気設備」である。適切な使い方を以下整理した。
運転の基準となる指標は「室内CO₂濃度」。室内CO₂濃度による空気環境の測定は、可搬型のCO₂濃度計(安価なものでOK)をで行えばよく、当該データから運転の要否を決めればよい。
- ・日本の場合、当該空気環境測定は(施設の延床面積に応じ)法令で定期的実施される。が、これによらず「自主的なCO₂濃度計測」を通じ、下左のようなチューニング運転を行っても良い。
- ・なおAHU(エアハンドリングユニット)を有する大型施設では、CO₂濃度をセンシングし、外気導入量を自動制御するケースも多くみられる。

■全熱交換器の発停を決める条件

- ・「全熱交換気」運転のタイミング
冷暖房時に室内が建築基準で定められたCO₂濃度すなわち1,000[ppm]を超えるような状況となった場合。
- ・「換気停止」のタイミング
冷暖房時に建築基準で定められたCO₂濃度すなわち1,000[ppm]以下の状況となった場合。
- ・「普通換気」運転のタイミング
室内温度が外気温度より低い等、右図に示す「外気冷房有効範囲」の条件にある場合

着目すべきは「湿度」と「天気」
(雨が降っているときに注意)



- ① 外気温度 < 室内温度
- ② 外気エンタルピー < 室内エンタルピー
- ③ 外気温度 > 下限設定値 (5~10℃)
- ④ 外気露点温度 < 上限設定値 (12~15℃DP)

図 外気冷房が有効な条件(空気線図から)

d.排気熱利用と「ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)」

- ・ZEB＝「ゼブ」と読む＝とは、Net Zero Energy Buildingの略称。快適な室内環境を実現しながら、建物で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物のこと。建物の中では人が活動しているため、エネルギー消費量自体を完全にゼロにすることはできないが、省エネによって使うエネルギーを減らし、創エネによって使う分のエネルギーをつくることで、エネルギー消費量を正味(ネット)ゼロにすることができるという考え方。
- ・建物のエネルギー消費量をゼロにするには、大幅な省エネルギーが大前提。ゼロエネルギーの達成状況に応じて、3段階のZEBシリーズが定義されている。
- ・この取り組みの実現には、全熱交換器の活用を含めた「排気熱」の回収が不可欠。

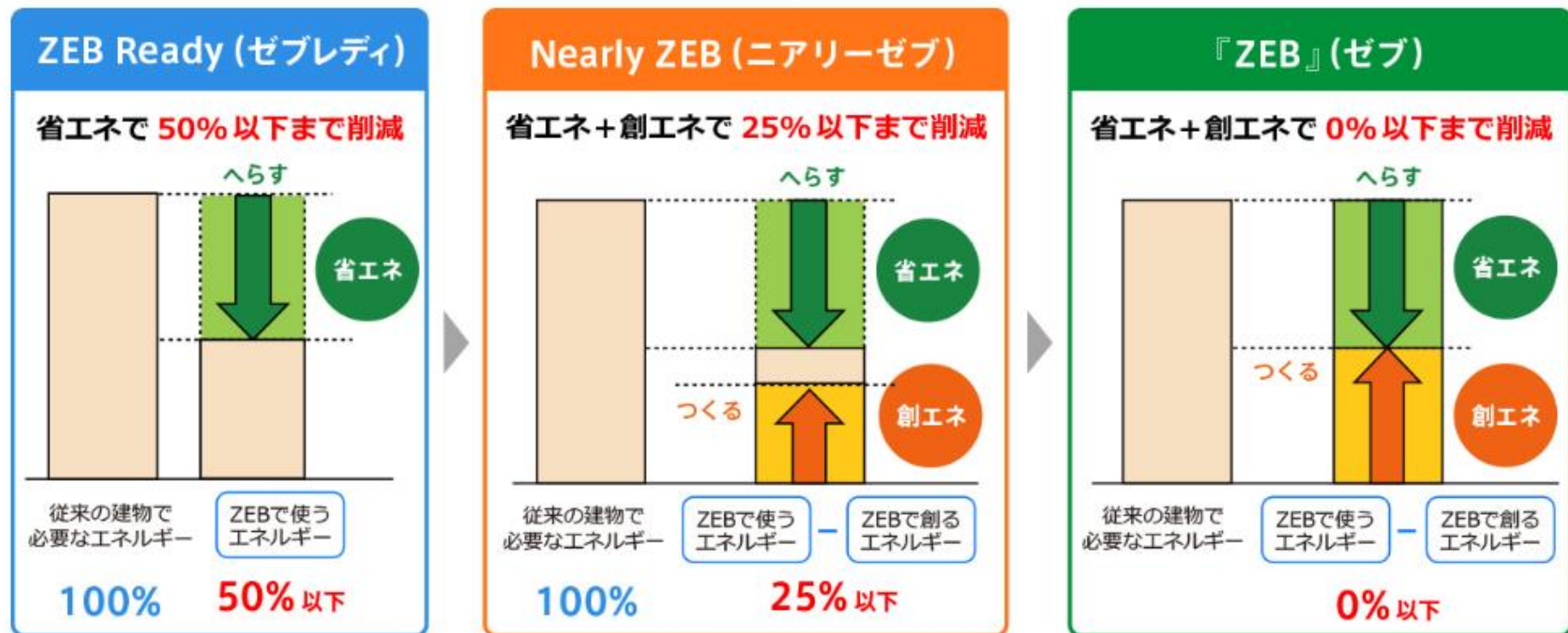


図 ZEBの3カテゴリ

出典:環境省資料

【ポイント】全熱交換器の活用:「ZEB Ready」の典型的手法

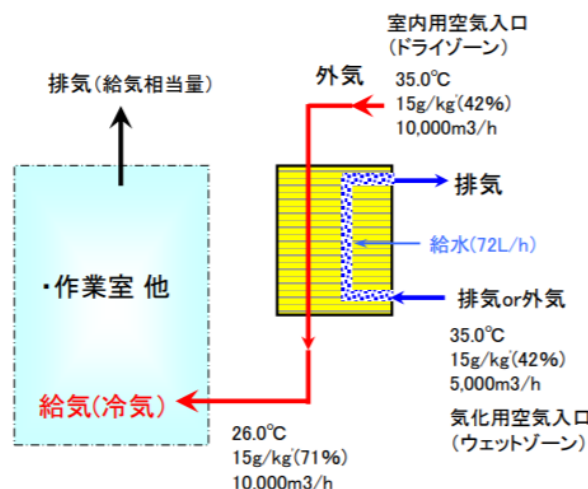
《参考》「間接気化式冷却機」による排気利用

- 液体(特に水)が気体になる時に周囲から熱を奪う「**気化熱現象**」という**自然エネルギーを間接的に活用した冷却技術**。圧縮機(コンプレッサ)を使用しないため「ノンフロン」の装置であり、また**圧縮機を駆動するための消費エネルギーが極端に減少**。
- 強制排気を行っている工場・事業場では、その際に**屋内の空気を使って気化させることが基本**。**屋内空気が低温低湿なほど能力(例えば冷却能力)が発揮される**。



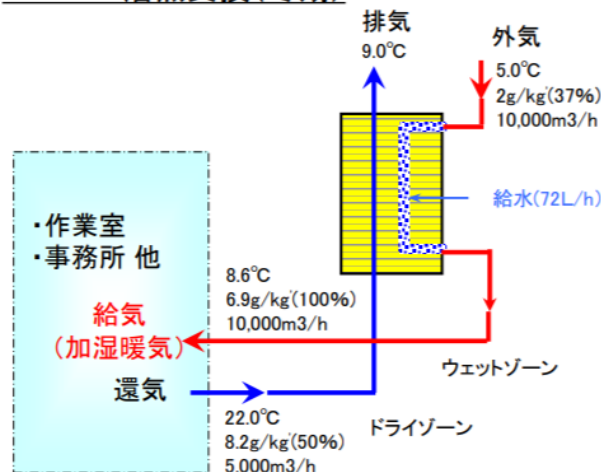
【ポイント】
排気の熱は「宝」

Case1 外気処理(夏期)

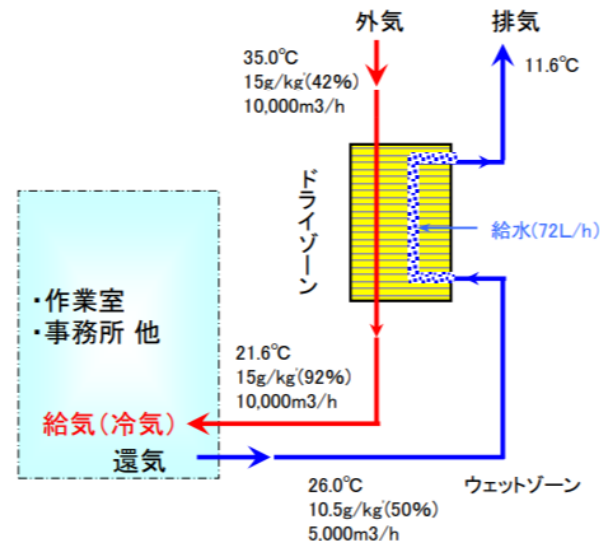


排気or外気がある場合の外気冷却(双流型)

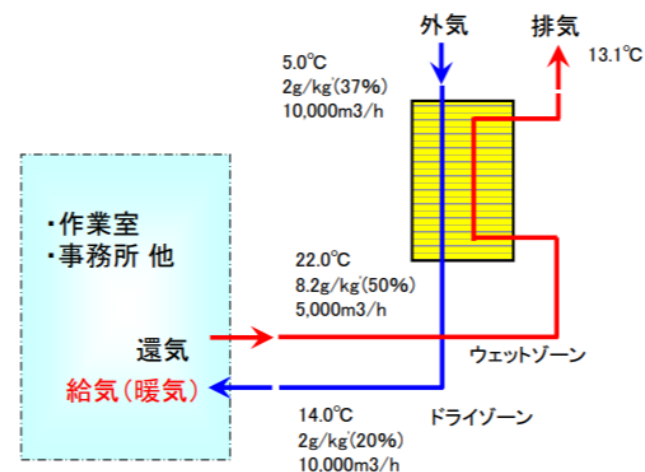
Case3 潜熱交換(冬期)



Case2 外気処理(夏期)



Case4 顕熱交換(冬期)



図「メガクール」全景と利用例

3)結言：本講演でお伝えしたいこと

- ①「廃熱回収は実施済」という意識自体が盲点になるかもしれない。基本的な性能回復・運用改善手法も活用した、廃熱回収の「深掘りネタ」発掘を！
- ②投資改善による廃熱回収については、従来の常識を超えた画期的な技術も生まれている。最近・最新の技術情報の徹底した収集がカギ。
- ③国の法令・施策でも「廃熱回収」は相当に重要視されている。本日解説した事例も含め「エクセルギー損失の完全除去」をより強く念頭に置くべき。

・・・ご清聴ありがとうございました。