

2017年度日本冷凍空調学会年次大会

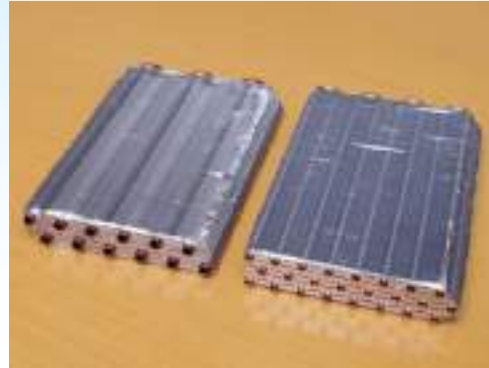
ろう付によるチタン製プレート型熱交換器の 開発と適用事例

東京ブレイズ株式会社
松 康太郎

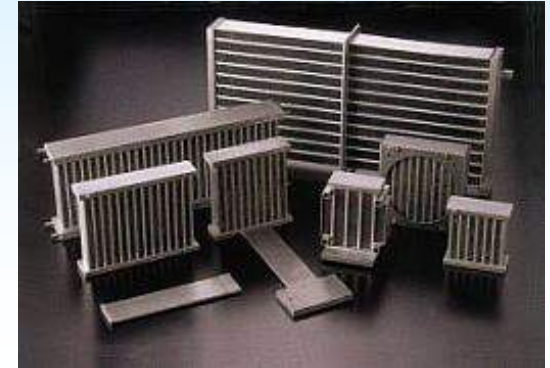
様々な熱交換器



シェルアンドチューブ熱交換器



フィンアンドチューブ熱交換器



コルゲートフィン熱交換器



二重管熱交換器



プレート型熱交換器

ろう付タイプのプレート式
熱交換器の特徴

- ・軽量
- ・コンパクト
- ・高性能

伝熱工学資料(改定4版)より

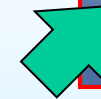
Ti

軽量
高強度
高耐食性
生体適合性に優れる

従来のチタン製熱交換器



プレート (ガスケットタイプ)



シェル・アンド・チューブ
チューブ

(溶接構造)

チタン用のろう材

Ag基ろう

Al基ろう

Ti基ろう



耐食性に問題がある

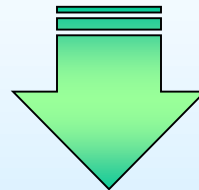
— クラッド箔で融点が高い

新しいTi基ろう (東京工業大学 恩沢教授らにより開発:1989年発表)

低融点

優れた耐食性能

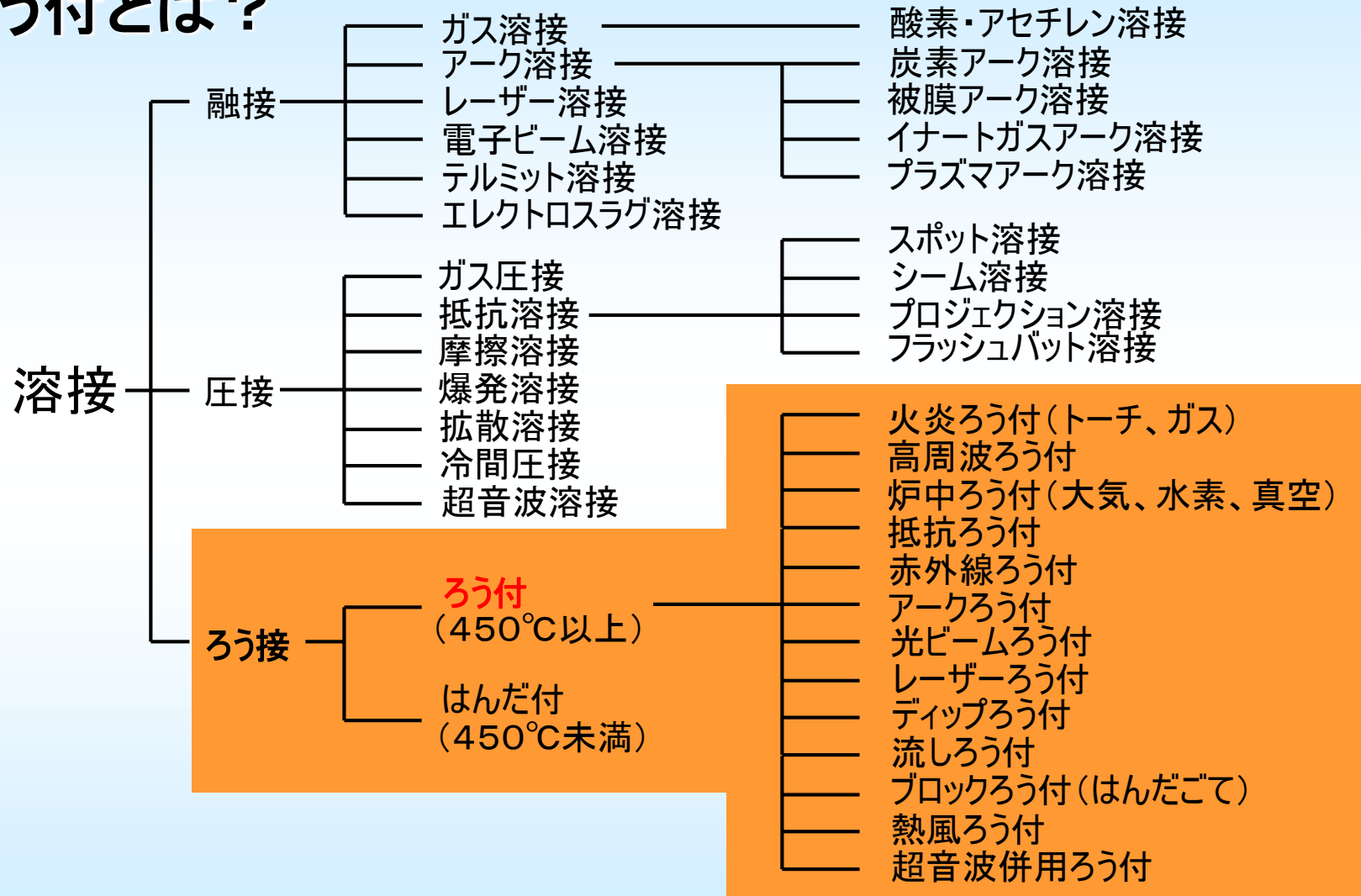
ろう材作製
ろう付工法の確立



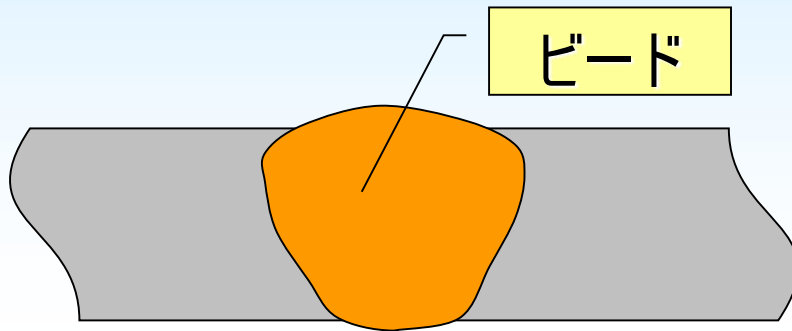
量産化への対応

ろう付によるオールチタン製熱交換器の製作

ろう付とは？

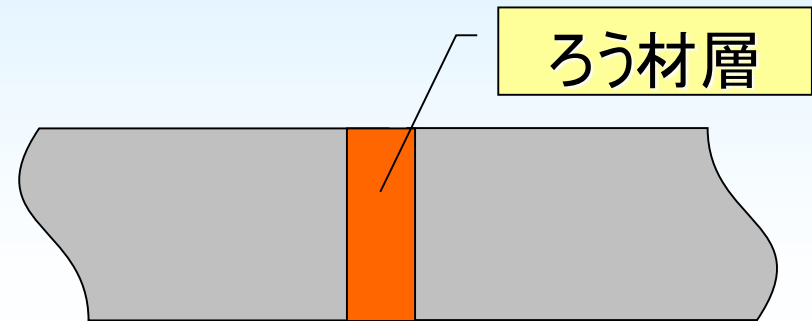


(溶融)溶接とろう付の違い



溶接継手

- 母材を溶融して接合する
- 熱影響部の発生
- 局部加熱による歪



ろう付継手

- 母材が溶融しない(マクロ)
- 毛細管現象による間隙充填
- ぬれと界面反応による接合
- 全体加熱により歪が少ない

チタン製プレート型熱交換器を開発した



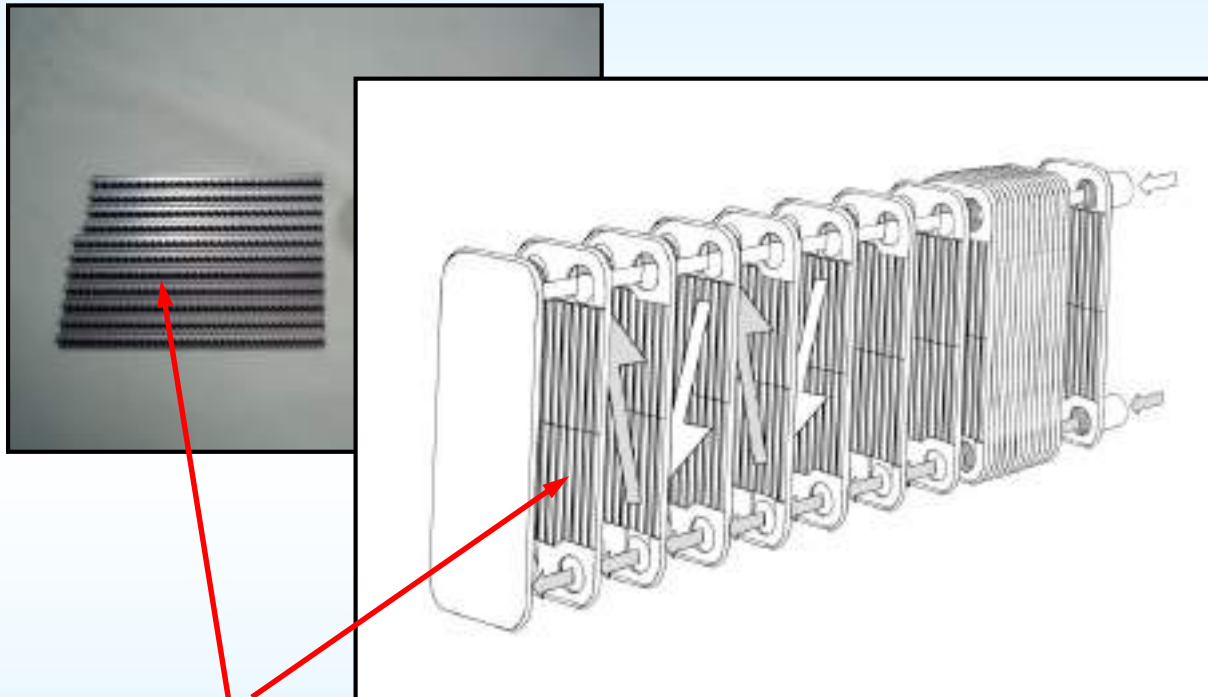
Features

*High pressure design
with inner fin*

*Compact with high thermal
efficiency*

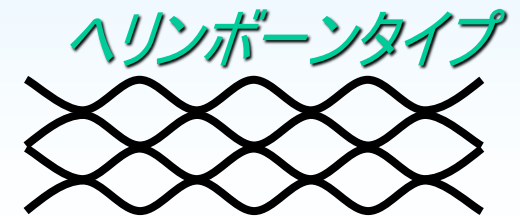
*Superior corrosion
resistance with Ti based
filler metal*

開発したチタン製プレート型熱交換器の特長



インナーフィン

接合面積増による高耐圧構造
少ない圧力低下



VS



開発におけるチャレンジ

- ・ チタンろうの製造（外注）
- ・ チタンのろう付工法確立
- ・ 母材強度と同等の接合強度（界面反応制御）

上記を確立することで、設計したチタン製プレート型熱交換器の製造が可能になる。

検証実験用の母材とろう材

Base Metal (CP-Ti)

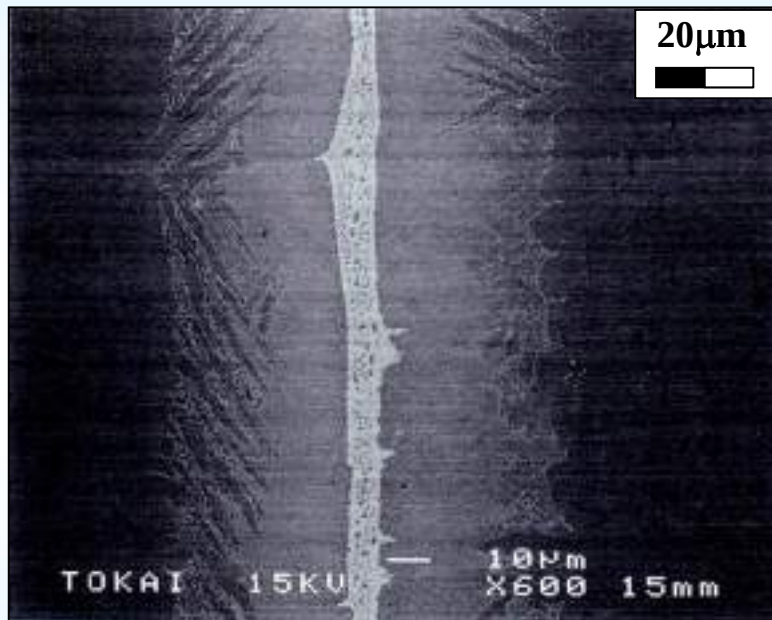
Type	H	O	N	Fe	Ti
ASTM-Grade 2	0.013<	0.20<	0.05<	0.25<	Bal.

Brazing Filler Metal

Type	Chemical Compositions (mass%)				Melting Range (°C)
	Ti	Zr	Cu	Ni	
TB-1510	37.5	37.5	15	10	842 (eutectic)
TB-2020	40	20	20	20	810 - 867
TB-2500	37.5	37.5	25	—	825(eutectic)
TB-5000	25	25	50	—	810-860

ろう付時間の経過によるろう付部界面反応の変化

ろう付時間: 5min



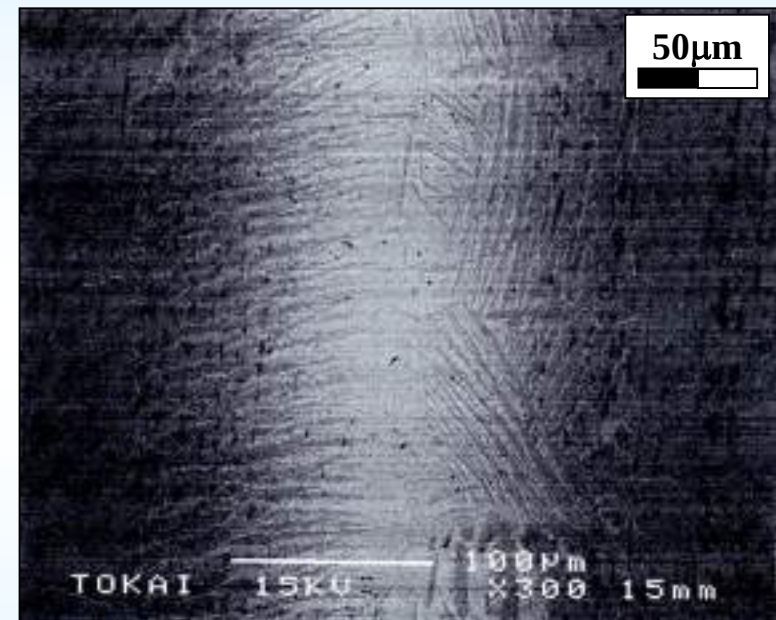
母材 | c | b | a | b | c | 母材

a: 残留ろう材層

b: 反応層

c: 針状組織

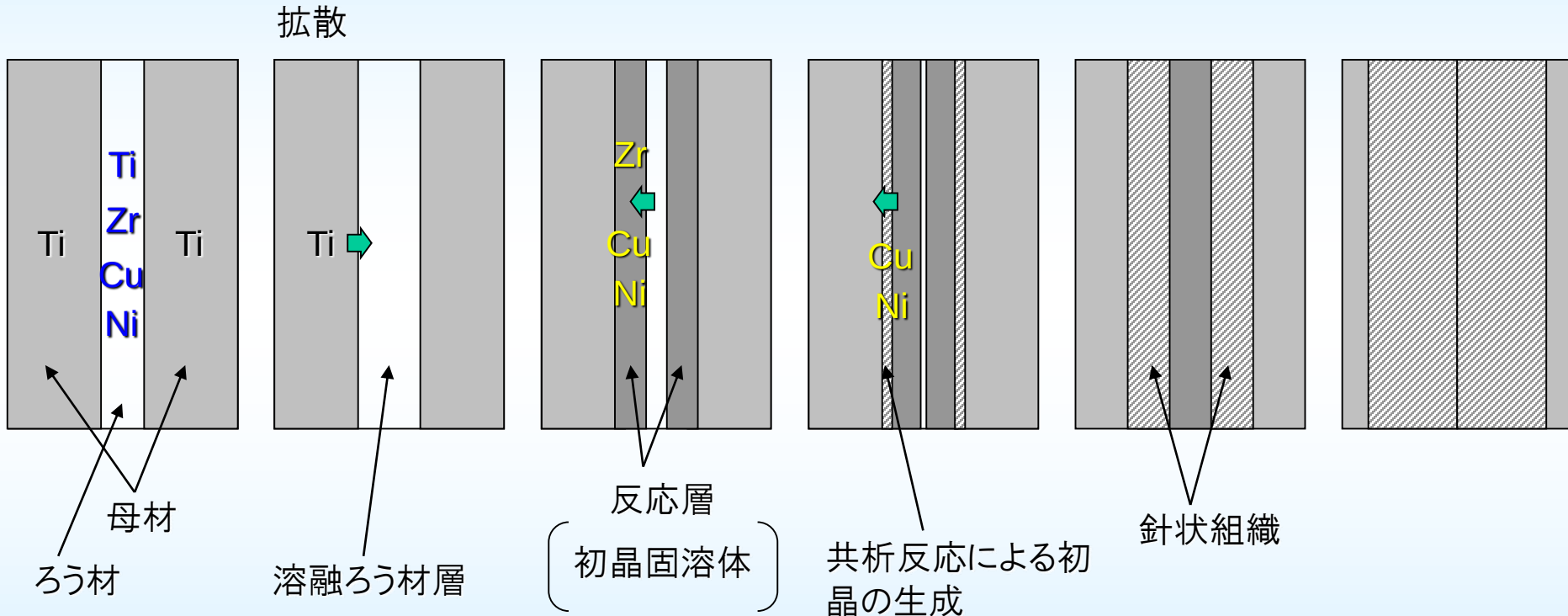
ろう付時間: 60min



母材 | 針状組織 | 母材

界面反応変化の模式図

1. ろう付温度 2. ろう材の母材 3. 等温凝固 4. 針状組織形成 5. ろう材層消失 6. 針状組織成長



時間経過

チタン製熱交換器

母材：工業用純チタン第1種及び2種

ろう材：チタンろう(TB-1510)

ろう付設備：真空炉(高純度シールドガス法：真空+アルゴンガス)



チタン製熱交換器M型



チタン製熱交換器L型

チタン製熱交換器の適用事例

	納入先	型式	流体	使用用途
1	計測装置	MT21	原子力発電所排ガス	排ガス成分の分析
2	半導体製造装置	MT21	純水・超純水	製造ライン装置の冷却
3	食品プラント	MT5他	調味液	醤油や梅干調味液(クエン酸)の冷却
4	食品メーカー	MT21他	次亜塩素酸	パン類の原料生産用水
5	海水養殖	MT5	海水	伊勢海老やクエなどの養殖池冷却
6	製麺メーカー	MT21	食塩水	乾麺うどん用食塩水の冷却
7	洗剤メーカー	MT21	次亜塩素酸	ボトリング時の次亜塩素酸加熱
8	工場プラント	MT21他	排熱回収流体	次亜塩素酸消毒の排水排熱利用
9	空調機器	LT55	塩化リチウム・冷媒	塩化リチウムの冷却および加熱用
10	水族館	MT11他	海水	水族館水槽内の冷却
11	水産業	LT41他	海水・冷媒	海水をジェルアイス(氷水)へする装置の蒸発器として

具体的な適用例（空調機器）

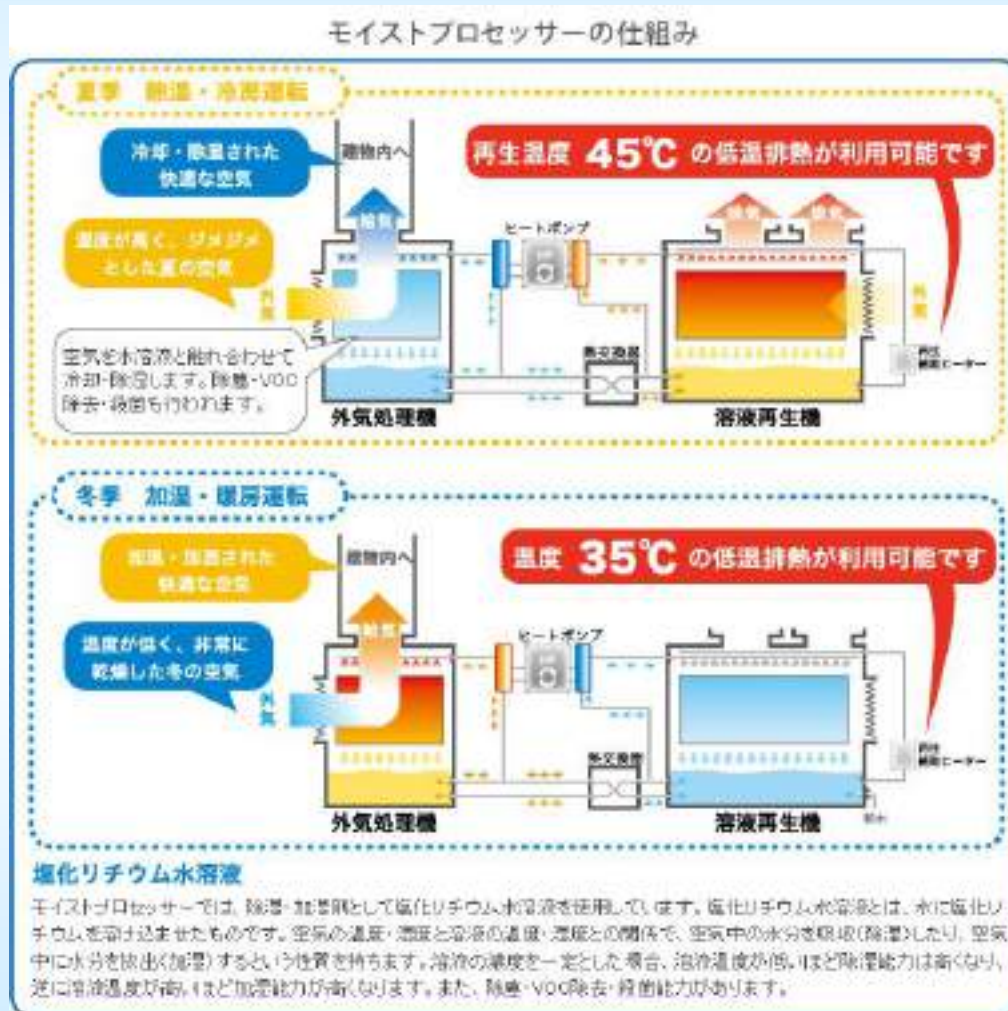


モイストプロセッサーは、大量の新鮮な外気を効率的に除菌・除塵し、温度と湿度を調整して室内に供給する調湿空調装置です。調湿空調とは、温度のコントロールのみに頼ってきた従来の空調方式ではなく、湿度のコントロールを主体とした、快適で人と環境に優しい空調方式です。

モイストプロセッサーは、外気を塩化リチウム水溶液に効率的に触れさせ、調整して建物内に給気する仕組みです。

ダイナエアー(株)HPより

具体的な適用例(空調機器)



モイストプロセッサでは、除湿・加湿剤として塩化リチウム水溶液を使用しています。塩化リチウム水溶液とは、水に塩化リチウムを溶け込ませたものです。空気の温度・湿度との関係で、空気中の水分を吸収(除湿)したり、空気中に水分を放出(加湿)するという性質を持ちます。溶液の濃度を一定とした場合、溶液温度が低いほど除湿能力は高くなり、逆に溶液濃度が高いほど加湿能力が高くなります。また、除塵・VOC除去・殺菌能力があります。

ダイナエアー(株)HPより

具体的な適用例（水産業）



Kinarca社HPより

水産業では、水揚げした魚の保存状態により、その価値が大きく変わります。一般的には氷で保存されますが、氷は海水から製氷してもその製造過程で塩分が抜けてしまい、海洋鮮魚の保存には必ずしも向いていません。また、氷の塊が魚を傷つけてしまう事もしばしばあります。近年、海水を含んだままジェル状の氷を製造し、魚の保存に使用されています。この氷ですと海水の塩分をそのまま含み、また魚を傷つけることなく保存できるので、保存方法として最適です。

具体的な適用例（水産業）



氷温協会HPより

まとめと今後の展望

- ・ これまでろう付が困難であったチタンのろう付を、チタンろうの開発と工法の確立により、チタン製プレート型熱交換器の開発に成功した。
- ・ 従来のヘリンボーンタイププレート型熱交換器の耐圧強度を上回る破壊強度を持つ、インナーフィン型のプレート型熱交換器を設計し製造に成功した。
- ・ チタン製プレート型熱交換器は、その最大の特長である高耐食性を利用して、これまでのプレート型熱交換器では対応できなかった分野での利用が拡大している。
- ・ しかし、この優れたチタン製プレート型熱交換器の用途に関してはまだまだ開発の余地がある。