

技術解説



Technical Review

廃熱回収による“活エネルギー”の実践

石崎信行*

Recovery and Utilization of Waste-Heat

Nobuyuki Ishizaki

Synopsis

In a recent fuel costs remarkable rise, it is very important to make the best use of waste-heat. Japan depends on import from overseas for most primary energy. People concerned with energy should tackle the use efficiency improvement of energy and consider to use waste heat effectively.

We are able to carry out energy saving by adopting waste-heat recovery boiler effectively and to reduce quantity of CO₂ emission as well. Flue gases of waste-heat have various properties with different generating sources. We would like to introduce techniques and some case examples of waste-heat recovery systems.

1. はじめに

近年の燃料価格の高騰や温暖化問題は、地球全体規模で抱える課題として大きくクローズアップされてきた。こうした中で、私たちエネルギーの消費者にとって最も大切なことは、ムダを排除しそのエネルギー効率を最大限に向上させることである。これまで提唱されてきた、“省エネルギー”を更に進化させて、未利用・未回収エネルギーを活かす“活エネルギー”を推進し、実行していくことこそが、私たちエネルギー消費者に課せられた義務であると考えている。

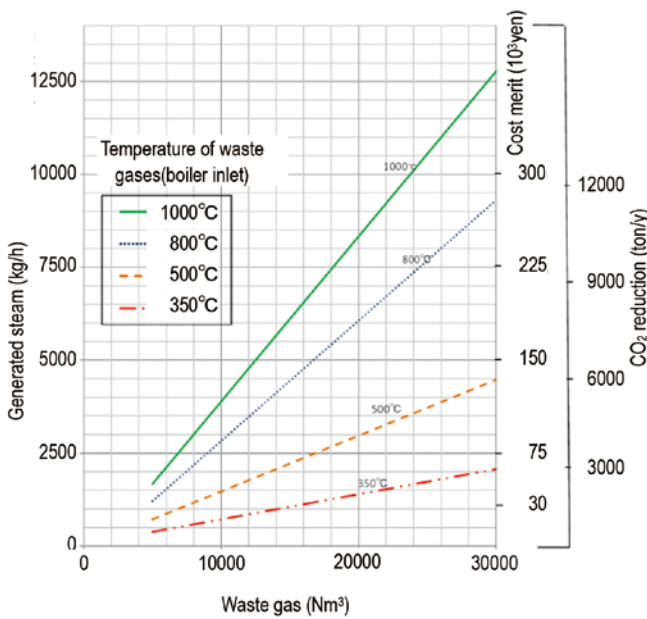
廃熱を回収して、「お客様の“活エネルギー”に貢献する。」という命題を持って、三浦工業(株)では、これまでに4000台を超える廃(排)熱回収ボイラを市場に提供させていただいた。最近の特徴としては、東日本大震災以降、電力の供給不安から、コージェネレーション用途の廃熱ボイラの納入が再び活発化してきたことに加え

て、工場廃熱を利用した蒸気回収ボイラの需要も伸びてきている。工場廃熱には、熱処理炉、焼却炉、乾燥炉、溶解炉、脱臭炉・・・様々な廃熱の形態が存在し、廃ガスの性状も一様ではない。こうした中、弊社ではコージェネレーションで培ったノウハウを活かして、その現場(お客様)各々に最も適した廃熱回収に関するご提案をさせていただいている。

さて、昨今の燃料価格の高騰とCO₂削減、改正省エネ法への対処など、企業を取り巻く環境の変化に併せて、お客様各位では工業炉などから廃棄されている「熱」を有効に活かす為の手段として、廃熱回収ボイラの設置をご検討頂いている。例えば、10000 Nm³、500℃の廃ガスがあれば、おおよそ1500 kg/hの蒸気回収が可能となる。年間稼働時間6000時間では9000 tonの蒸気供給量となり、約4500万円の燃料費の削減、活エネルギーが実現できる。もちろん、CO₂排出量も約2100 ton/yの削減(A重油換算)が可能となる。(Fig. 1 参照)

2013年9月18日受付

*三浦工業(株) 特機技術統括部 (Special Equipment Technical Dept., MIURA Co., Ltd.)



- Note:
- ① Steam pressure = 0.8 MPaG
 - ② Feed water temp. = 60 °C
 - ③ Hours worked for a year = 6000 h
 - ④ Steam production cost = 5000 yen/ton

Fig. 1. Merits of heat recovery and reduction of CO₂ emission.

2. 廃熱回収ボイラについて

「廃熱」と一言で片付けられるが、廃ガスの性状は、その発生源により千差万別であり、その特性に配慮して廃熱回収ボイラを計画する必要がある。一般的に廃熱回収ボイラは、メイン設備の付帯機器としての位置づけであって、ボイラのトラブルで設備停止を余儀なくされるような事態は絶対に避けなければならない。またその導入には、経済性の検討を十分に行った結果として実施されるケースがほとんどである。事前に、廃ガス中に含まれる腐食成分や毒性を調査し、どの程度の投資が適正か、ダストなどによる通路閉塞・伝熱面の汚れで圧損や廃ガス出口温度上昇がどこまで許容可能か、などを把握したうえで計画を行う必要がある。

2. 1 廃ガス組成に対する注意事項

①腐食性

プロセスより考えられる、塩素・塩化水素、硫化水素、無水硫酸、アルカリ金属類などの腐食成分の含有、食品系廃棄物の焼却による食塩、塩ビ・ラップなどからの塩化水素、食品中のリン、カリ、助燃料など由来の腐食成分（ハロゲン化合物は不可）などについては十分に注意が必要である。ただし、腐食成分によるダメージは、温度により抑制できる場合（例えば、無水硫酸の酸露点、塩化水素の150～320℃温度域での腐食抑制）や耐腐食性材料の使用によってもボイラを保護することが可能なケースもあるため、その意味でも廃ガスの成分を知った上でボイラの計画を行うことは大変重要である。

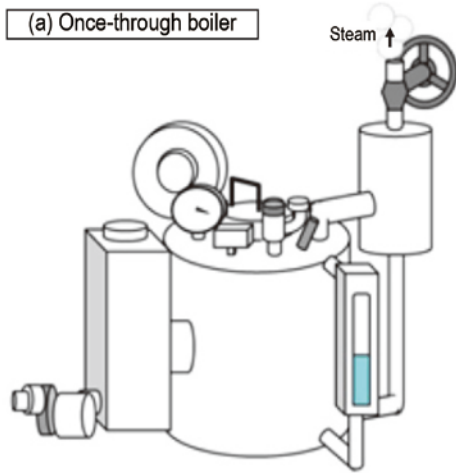
②ダスト

ダスト濃度、ダストの付着性（未燃によるタール状のもの、燃焼生成物、廃棄物中の食塩への配慮）、磨耗性を把握しておく必要もある。ダストに対する対応策としては、水管間隙幅や伝熱フィンのピッチ・形状・使用制限、ふく射ゾーンの設置、水管プロテクターの取り付け、耐摩耗性材料の採用、スートブロワの配置適正化などを検討し、ボイラの性能低下を最小限にするよう計画を行う。

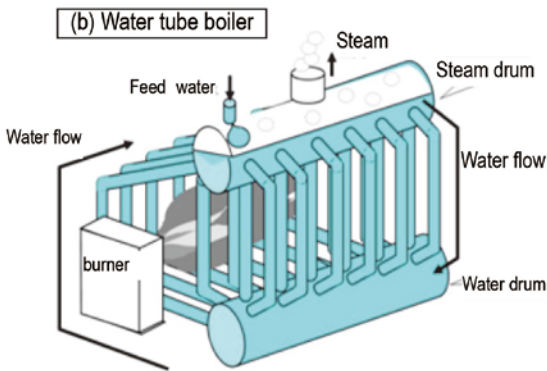
2. 2 ボイラの選択

前述のとおり、廃ガスには温度やガス量の違いのみならず、成分やダストなどの含有量でも個々に違った性状を有している。そこで廃熱回収にはそうしたガス性状に適したボイラの型式（種類）を選択する必要がある。例えば、クリーンな廃ガスに対しては、対流熱伝達効率向上のため、伝熱フィン構造を採用しコンパクト化を図るため、水管式ボイラを選択する。逆にダスト量が多かったり、1000℃を超える高温廃ガスに対しては、煙管式ボイラを選択する。また、蒸気を使用する負荷側のデマンド状況や廃ガス量によってもボイラの型式選定は変わってくる。

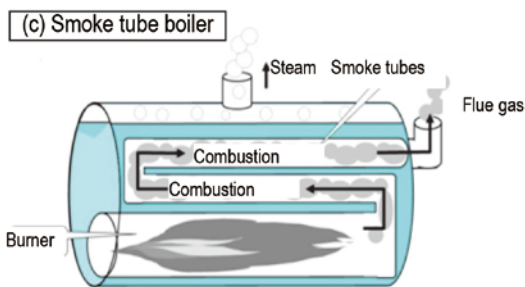
以下 Fig. 2 に代表的なボイラの種類とその特長について簡単にご紹介させて頂く。また、Fig. 3 には、廃熱ボイラ選定チャートを示す。



- Feature: ①The time to vapor efflux is very short
 ②Compact
 ③Legal preferential treatment in Japan



- Feature: ①Large scale and high pressure capability
 ②Comparatively long life
 ③Required large installation space



- Feature: ①The time to vapor efflux is very long
 ②Comparatively long life
 ③Required large installation space
 ④Heavy

Fig. 2. Type of boiler.

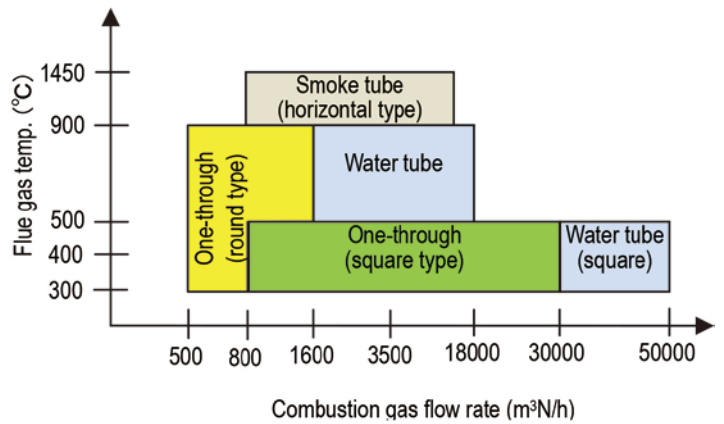


Fig. 3. Boiler selecting chart.

3. 中小型工業炉における廃熱回収

3. 1 廃熱回収によるメリット

被熱処理材料の品質確保が最重要項目とされる中小型工業炉の熱効率は一般的に 30 ~ 40 % と言われており、大部分が廃ガスとして高温のまま大気に放散されていると考えられている。Fig. 4 および Fig. 5 に示すように、廃熱回収ボイラを設置することで 20 ~ 25 % 程度の熱効率の向上が期待される。

小型熱処理炉における実際の熱勘定表の変化を Fig. 6 に示す。

200 kg/h 級小型アルミ溶解炉の当該ケースでは 575 MJ/h のインプットに対して、熱効率（有効利用熱）が 36.8 % から 59.5 % に 22.7 ポイント向上し、蒸気として 130 MJ/h 相当量（年間 8000 時間稼動で蒸気量 384 ton/y）の活エネルギーが実践できることになる。

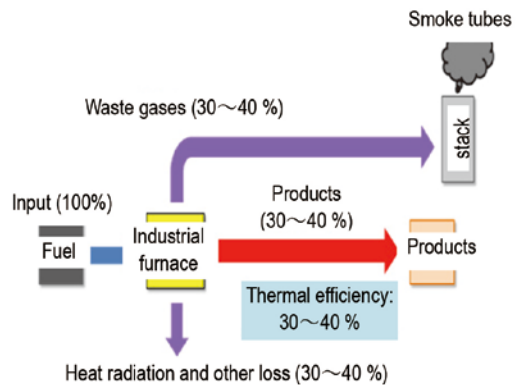


Fig. 4. Heat balance (before heat recovering).

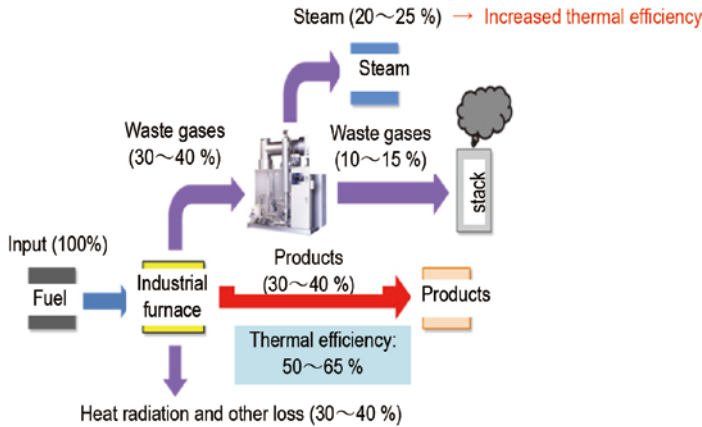
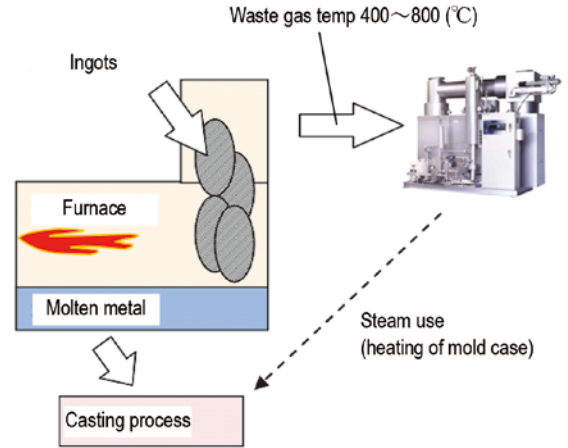


Fig. 5. Heat balance (after heat recovering).

<Case1:Direct heating>



<Case2:Indirect heating>

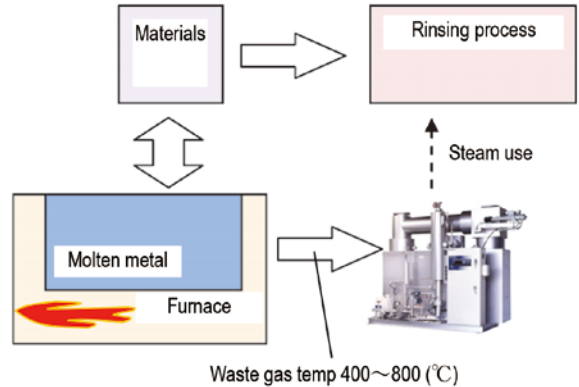


Fig. 7. Heat recovery system for combustion/metal melting furnace.

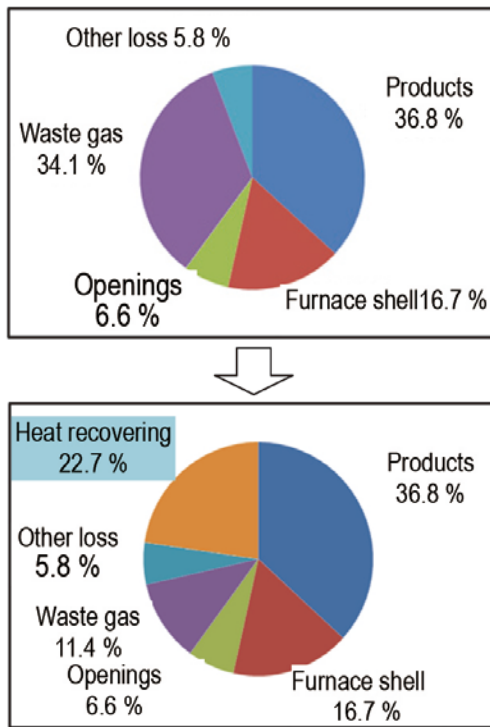


Fig. 6. Improvement of heat balance by heat recovering.

3. 2 納入事例紹介

①金属溶解炉

直接加温で金属を溶解するケースと、間接加温で金属を溶解するケースの2パターンがある。前者は廃ガス中に金属粉やフラックスの影響を受けた廃ガスが供給されるので、スートプロアワ機能を有したボイラを選定する。後者は、クリーンな廃ガスがボイラに供給されるため、拡大伝熱面を活かしてボイラのコンパクト化が図れる。(Fig. 7 参照)

②金属リサイクル設備

金属の切削粉などのリサイクルの為、油除去を行う設備で、発生する可燃ガスや臭気成分を分解する為にアフターバーナが在るが、その後段で廃熱回収を行うことになる。蒸気は、製品の洗浄工程などで利用可能である。(Fig. 8 参照)

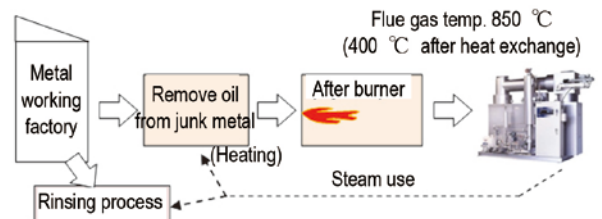


Fig. 8. Heat recovery system for metal recycling furnace.

③金属加熱・熱処理炉

金属加熱による焼入れ、浸炭などの工業炉からの廃ガスから蒸気を発生させ、製品の洗浄などに利用する。この種の工業炉では、連続稼働の炉が多く、廃ガスも安定している場合が多いため、廃熱回収による効果が出やすい分野でもある。(Fig. 9 参照)

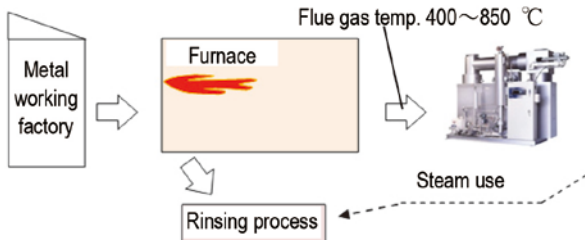


Fig. 9. Heat recovery system for metal heating and heat-treatment furnace.

3. 3 小型炉における蒸気回収量

初項には、大まかな廃ガス量と温度によって、回収可能な蒸気量とCO₂削減量を示したが、小容量の小型炉における蒸気回収量は、Fig. 10 のようになる。

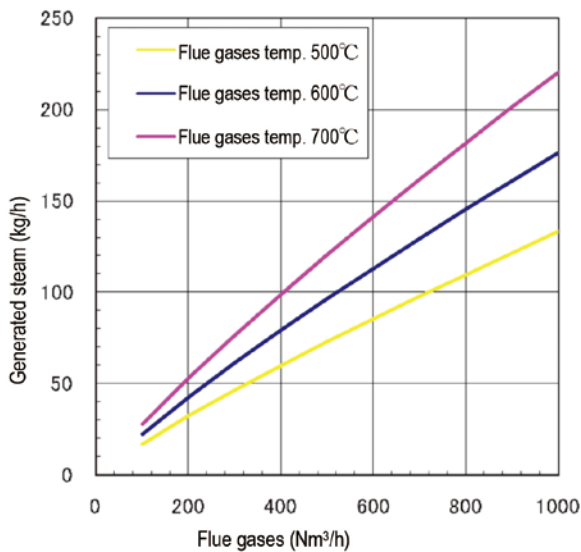


Fig. 10. Quantity of generated steam in case of small furnace.

4. 大型炉における廃熱回収の事例紹介

①大型熱処理炉(焼鈍設備)における廃熱回収

当社では、2010年に大手表面処理銅板製造会社様の溶融亜鉛めっきラインの焼鈍設備に大型の廃熱回収ボイ

ラを納入した。この廃熱ボイラはNEDO「エネルギー使用合理化事業者支援事業」にも採択されたもので、それまでまだ多くの熱量を残したまま大気放散されていた焼鈍設備直火帯からの燃焼廃ガスの廃熱を蒸気として回収し、既存ボイラの燃料費を大幅に削減すると共に、活エネルギー及びCO₂排出量削減の効果を得た。(Fig. 11 参照)



Fig. 11. View of heat recovery boiler

本設備における蒸気の使用としては、

- 1) アルカリ洗浄槽・リンス槽の加温用に常時約 3 ton/h
- 2) 圧延工程の酸洗槽の加温用途に常時約 6 ton/h

これら必要蒸気量の大部分を廃熱回収ボイラから供給することが可能となった。

Fig. 12 に廃熱回収ボイラの概略図を示す。

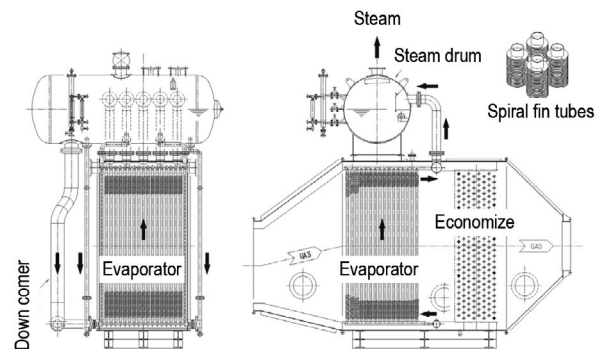


Fig. 12. Schematic view of heat recovery boiler.

また、Fig. 13 に廃熱回収ボイラ設置前後の熱収支図を示す。

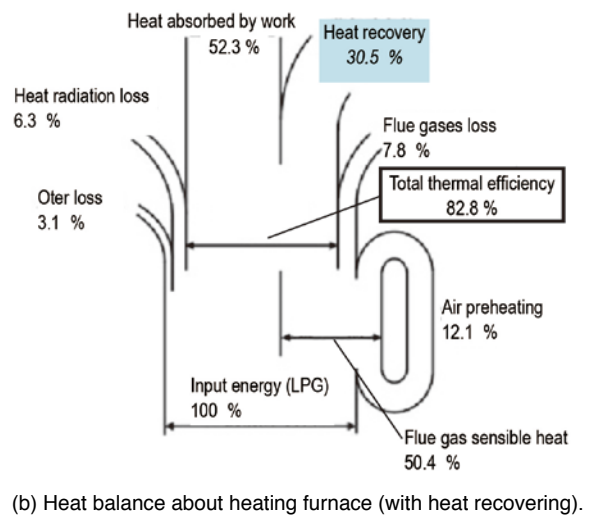
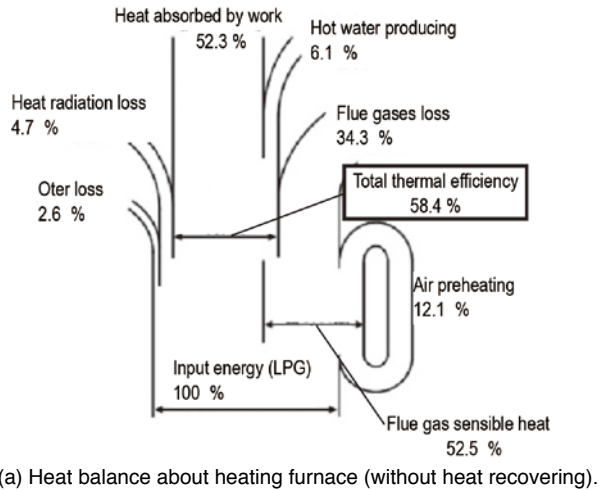


Fig. 13. Improvement of heat balance by heat recovering.

当該ケースでは、熱効率（有効利用熱）が58.4%から82.8%へ大幅に向上し、LPGガス焚ボイラの燃料費45.2%（2010年9月～年換算実績値）低減し、CO₂の排出量にして4500 ton-CO₂/年の削減効果を得ることができた。

②大型アルミ溶解炉における廃熱回収

大手アルミ圧延工場様では、省エネルギー意識も高く、予てから既設（納入後30年超）のアルミ溶解炉からの廃熱回収を検討されていたが、設置上の制約、スペースなどの問題があった。しかしながら煤塵などの環境整備と共に、年次の計画的な設備更新（自立煙突、バグフィルタなど）に併せてボイラの設置スペースを確保し、最終的に廃熱回収ボイラを導入いただいた。重油燃

焼ガスからの廃熱回収であったが、スートブロワの効果で能力低下も小さく、重油価格の急騰もあって、改造増設工事を含む設備償却も当初の計画より早く、約2年で回収できた。こうした結果から同工場では、溶解炉後段のワーク均熱炉からの廃熱の回収用ボイラも増設され更なる省エネにも成功した。

本設備における蒸気の用途としては、洗浄水および潤滑油の加温であり、廃ガス（温度350℃、流量4600 kg/h）からの回収蒸気量は、後段の均熱炉と併せて最大5.6 ton/hとなっている。（Fig. 14, Fig. 15 参照）



Fig. 14. View of heat recovery boiler.

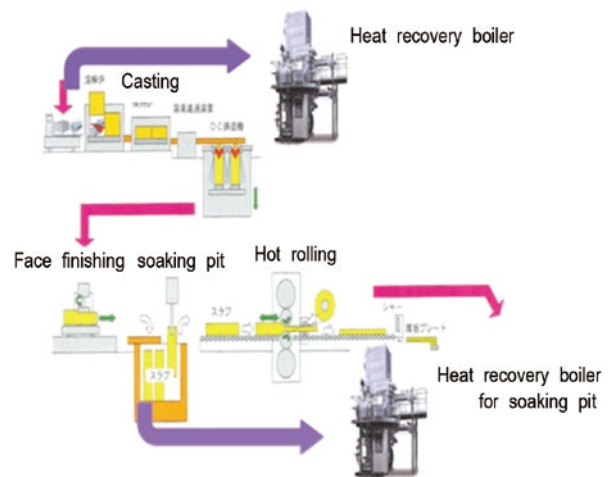


Fig. 15. Heat recovering system in aluminum melting furnace and rolling process.

5. 未利用温水熱の有効利用について

当社では、廃ガスからの熱回収だけでなく、未利用のまま廃棄される温水熱を付加価値の高い蒸気として回収し有効に利用する目的で、スチームリンク^{*1)}を開発した。

システムの原理としては、温水熱（80℃～95℃）を二種ヒートポンプにて汲み上げ、0.1～0.2 MPaの低圧蒸気へ変換し、エゼクタと呼ばれる昇圧器により、高圧の蒸気を駆動源として昇圧して0.5 MPa程度の圧力でプロセスに供給するというものである。Fig. 16に本システムの原理を示す。

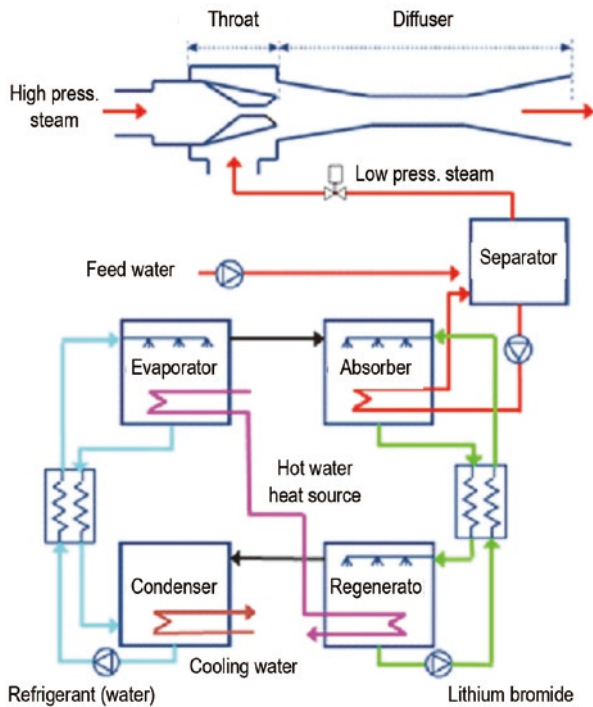


Fig. 16. Description of steam link system.

また、Fig. 17には、蒸気としての回収が困難な200℃前後の低温廃ガスから、本システムに供給可能な温水として熱回収し、それを熱源として0.4 MPaの蒸気へ変換するといった低温廃ガスからの熱回収と本システムを組み合わせるケースについてご紹介する。

この条件の場合の導入メリットは、年間6000時間の稼働で、約1260万円の燃料費の削減メリットが得られ、

これまであきらめていた低温廃ガスの熱回収といった領域でも利用価値が高い蒸気として回収することが可能となり、活エネルギーの実践ができるようになった。

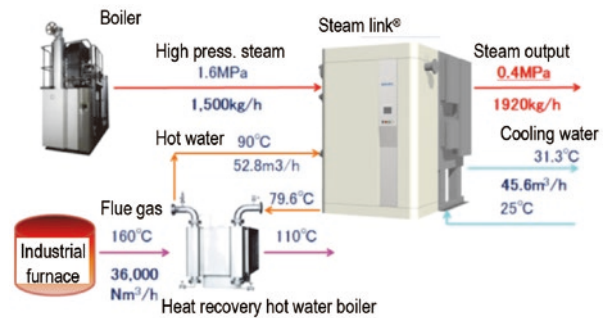


Fig. 17. In case of heat recovery from lower temperature flue gas.

6. 終わりに

三浦工業(株)では、コーポレートステートメントである、「熱・水・環境のベストパートナー」を実現するため、「活エネルギー」による熱の有効利用、低炭素社会の実現、環境にやさしい商品の開発活動など、環境経営に積極的に取り組んでいる。本稿でご紹介させていただいた事例はその一部ではあるが、世の中の“活エネルギー”の取組みの一助にでも資することを期待している。

* 1) スチームリンクは、東京ガス株式会社、荏原冷熱システム株式会社、三浦工業株式会社の3社共同開発商品です。また、「スチームリンク」は東京ガス株式会社様の登録商標です。

(文 献)

- 1) 山下竜一, 野内聡, 末盛秀昭, 石崎信行: 工業加熱, Vol.48, No.3(2011).
- 2) 石崎信行: 工業加熱, Vol.46, No.2(2009).