

二酸化炭素を利用する「工業用トリジェネレーションシステム」の技術開発

大 濱 隆 司

繊維工場等で発生するアルカリ排水は、硫酸等の強酸でpH 8.5以下まで中和して下水放流するのが一般的である。他の方法としては、中和剤として炭酸ガスを用いる方法がある。今回大阪ガス株式会社ではコージェネレーションの排ガス、ボイラーの排ガスの有効利用を図るため、排ガス中の二酸化炭素(CO₂)を利用してアルカリ排水を効率よく中和する装置を開発した。

本装置は複数段のスリットトレイからなる中和反応塔であり、上部からアルカリ排水を流下させ、下部から排ガスを導入し、スリット隙間から噴出させて、スリット上で爆発的に気液接触させることにより高い中和効率を得ている。本装置の導入により、硫酸等の中和剤費用を削減できるだけでなく、コージェネレーション、ボイラーの二酸化炭素排出量も20~30%削減できる。

キーワード：環境、中和装置、二酸化炭素、アルカリ排水、排気ガス、コージェネレーション

1. はじめに

工業用トリジェネレーションシステムとは、工場で使用する「電気」と「熱」をコージェネレーションシステムにより効率的に生み出すと同時に、副産物として発生する二酸化炭素を工場排水（アルカリ排水）の中和に利用することができる新たなトータルエネルギーシステムである。

燃料を燃やして発電を行うとともに、その時に発生する熱を利用するものをコージェネレーション（電気と熱の2要素利用）といい、電気と熱を有効利用するため燃料のエネルギー利用率（総合エネルギー効率）は70~80%にも達する（図-1）。

今回は、さらに発電時に発生する二酸化炭素も利用するため合計3要素を利用することになり、「トリジェネレーション」（造語）と命名している。

コージェネレーションシステムは、エネルギー利用率が極めて高いシステムとして全国に普及している。大阪ガス株式会社（以下、当社）でも、昭和57年より天然ガスコージェネレーションシステムの普及につとめ、累積設置実績は129万kW（平成17年3月末）となっている。さらに当社はコージェネレーションシステムの高効率化や農業用トリジェネレーションシステムといった環境技術にも積極的に取り組んできた。

2. 二酸化炭素を利用したアルカリ排水中和システム

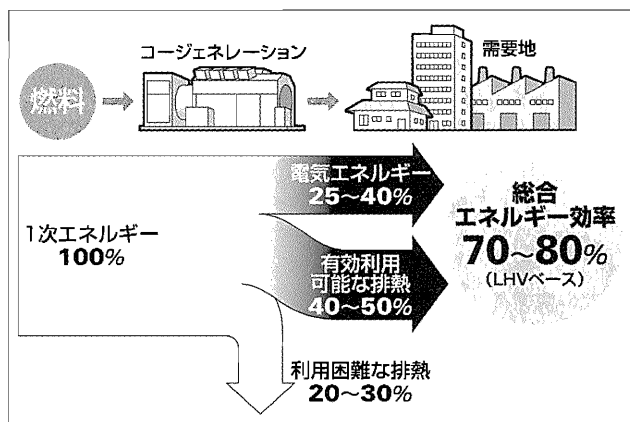


図-1 コージェネレーションの総合エネルギー効率

工場から排出されるアルカリ性の排水は、中和してから排水することが下水道法により定められており、そのための中和剤として硫酸等が使用されている。そこで、この中和剤にコージェネレーションシステムの排ガスにある二酸化炭素を利用することを検討し、株式会社日本医化器械製作所と共同で中和装置の開発を進め、2003年度よりボイラーの排ガスを代替として実証実験を実施した。

今回、中和性能、長期耐久性、メンテナンス性の確認、改善を実施することで、工業用トリジェネレーションシステムの技術を確立した。その結果、工場で使用

される硫酸等の使用量の削減に寄与するとともに、排ガス中の二酸化炭素排出量を約 20%~30% 削減することに成功した。システムフローの一例を図-2 に示す。

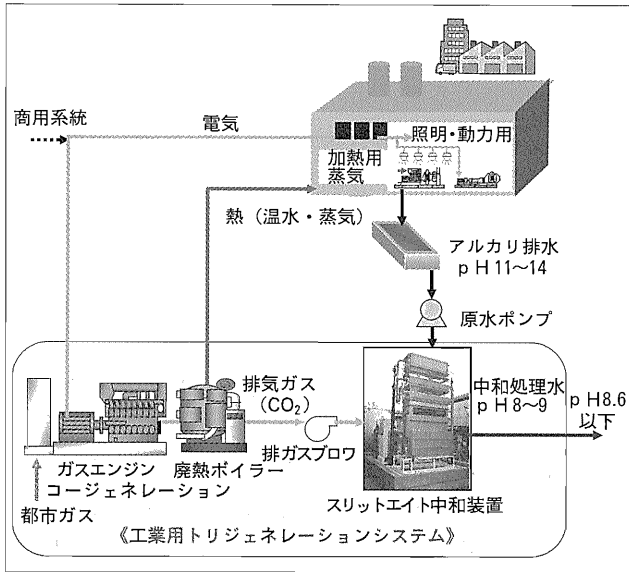


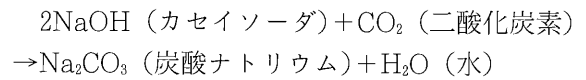
図-2 工業用トリジェネレーションシステムフロー

この工業用トリジェネレーションシステムを、アルカリ排水を排出する繊維・食品・機械工場などに提案することで、環境に優しいコージェネレーションシステムのより一層の普及を促進していきたいと考えている。

写真-1 に種々のサイズの中和装置（商品名：スリットエイト）のラボテスト機，デモテスト機，実証テスト機の写真を示す。

3. 中和装置「スリットエイト」の構造と中和原理

二酸化炭素（以下 CO₂）を含む排ガスと高アルカリ排水をスリットトレイ上で気液接触させて、排ガス中の CO₂ を液中に溶存させて中和する。中和反応の一例を下に示す。



中和装置の構造を図-3 に示す。

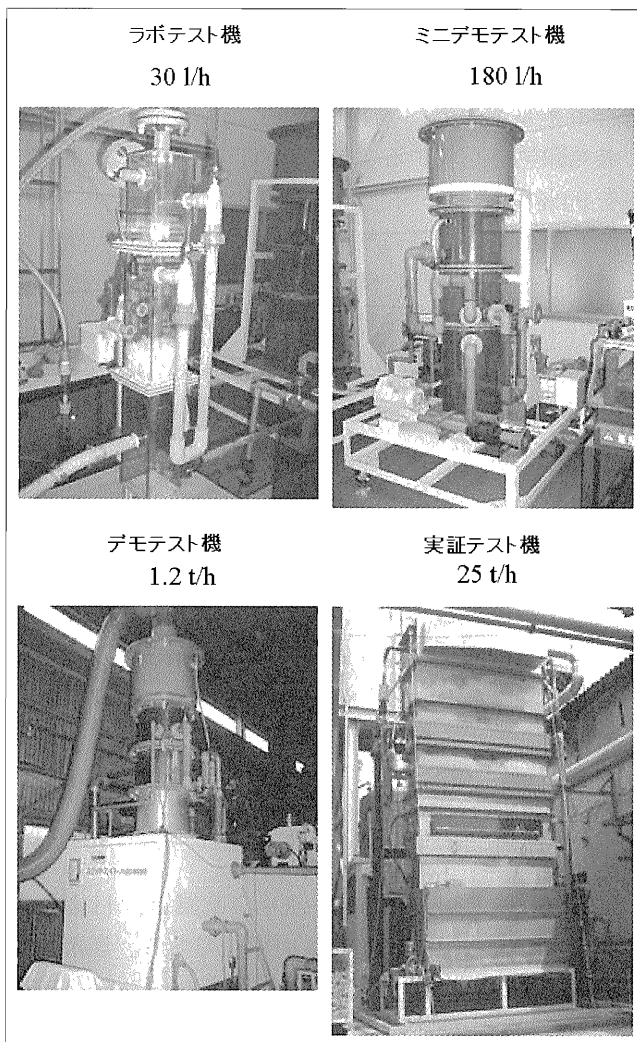


写真-1 中和装置「スリットエイト」テスト機

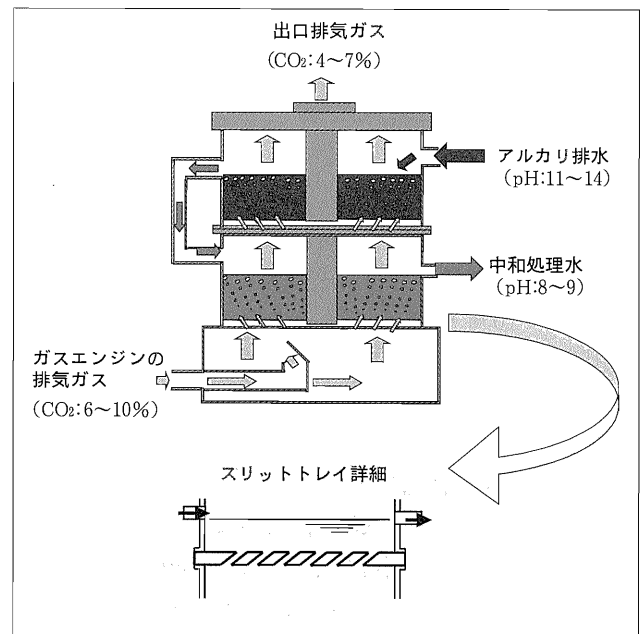


図-3 中和装置「スリットエイト」の構造図

垂直方向にある角度で開口したスリットを持つスリットトレイを複数段設け、最上部トレイから強アルカリ性排水を導入し、最下部のトレイの下から排ガスを導入する。

スリットを通過する排ガスはスリットトレイ上でアルカリ排水と激しく気液接触することにより中和反応を促進する。排ガスはさらに上部のスリットトレイで中和反応した後、装置上部から大気放散される。

一方、アルカリ排水は中和されながら、順次下部の

スリットトレイに移動し、最下部スリットトレイから排出される。

図-3の構造図では、2段のスリットトレイで構成されているが、図-4に示すようにアルカリ排水のpHによって、中和性能は変わるので、3段以上のスリットトレイを採用する場合がある。現在、3段スリットトレイ方式が標準仕様になっている。また2段スリットトレイ2槽式（排水直列、排気ガス並列方式）で対応する場合もある。

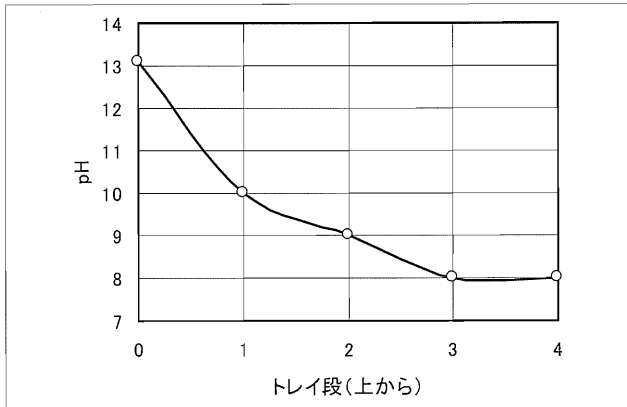


図-4 各段スリットにおけるpH降下状況

4. 中和装置の導入効果

3章で述べたように、pH 13程度のアリカリ廃水は中和装置でpH 8~9程度まで中和され、硫酸等の中和剤が不要である。または必要量が大幅に削減される。

一方6~10%程度のCO₂を含む排ガスは、CO₂が中和反応で消費され、4~7%程度までCO₂濃度が低下する。このように排ガス中のCO₂は中和反応（塩生成）により、消費（固定）されることにより、20~30%削減される。

また、ガスエンジン運転におけるCO₂削減量については、年間6,000時間稼働して、廃液処理量がエンジン排気ガス量とバランスする場合、ガスエンジン発電出力kWあたり約1.0t-CO₂/年のCO₂の大幅削減がなされることになる。

硫酸等の中和剤の削減効果については、一例として排水量：20t/h、排ガス量：2,500Nm³/hの条件下（pH 13.5→（スリットエイト）→pH 9.5→（硫酸中和）→pH 8.5（下水放流））で、年間632ton（506万円）の中和剤削減が可能である。

ただし排ガブロワー、廃水供給ポンプ動力として20kWhの電力が必要であり、電力料金15円/kWhとすると、年間電力消費量は72,000kWh（108万円）となり、年間メリットはこれを差し引いて400万円程度

となる。

5. 中和装置「スリットエイト」の新用途利用（排ガスの潜熱顕熱回収装置）

本装置はもともとアリカリ廃水の中和装置として開発したものであるが、ボイラーあるいはガスエンジンの排ガスの潜熱顕熱回収装置としても利用できることがわかった。ただし、対象水と排ガスが直接熱交換するため、ある程度用途は限られる。適用例として有機廃水の加温が挙げられる。

有機排水の嫌気性処理（ex. UASB; Upflow Anaerobic Sludge Blanket）において、メタン発酵温度37°Cを維持するために加温のためのエネルギーを投入しているが、このエネルギーの全てあるいは一部を、潜熱顕熱回収装置を用いて、ボイラーあるいはガスエンジンの排ガスで賄うシステムである。

潜熱顕熱回収装置により排ガスの潜熱顕熱を回収することでガスエンジンコージェネレーションの総合エネルギー効率を飛躍的に向上させることができる。すなわち現状のガスエンジンコージェネレーションは、発電効率39%、排熱回収（温水、蒸気）効率41%、総合エネルギー効率で80%程度であるが、排気ガスの潜熱顕熱を回収することにより、総合エネルギー効率を94%程度まで向上させることができる。

潜熱顕熱回収装置のランニングコストは、天然ガス燃焼ボイラー排ガス140°C、1,900Nm³/h、排水量12.5t/h、 $\Delta t=10.6^{\circ}\text{C}$ （ $\Delta E=137,900\text{ kcal/h}$ ）、1,000kcal加温のための所要動力0.1kWhとすると、1,000kcal加温コストは電気代が15円/kWhの場合、1.5円となる。

それに対し、通常の方法で有機排水を加温する場合の天然ガスの1,000kcalあたりの燃料費を5.5円とすると、潜熱顕熱回収装置のランニングメリットは4.0円/1,000kcalとなる。

その結果、例えば年間8,000時間運転とすると、年間加温熱量は1,103,200×10³kcalになり、年間メリットは約440万円となる。

6. おわりに

地球温暖化防止のためのCO₂の削減は、日本全体として取組まなければならない課題である。燃焼時に発生するCO₂を利用するトリジェネレーション技術や、これまで大気中に捨てていた潜熱顕熱を利用する技術は、今後重要な技術になると考えられる。

当社はこのような観点から、排ガス中のCO₂を植物の成長促進に利用する農業用トリジェネレーションシステムとともに、本報文で報告した排ガス中のCO₂をアルカリ排水の中和に利用する工業用トリジェネレーションシステムを重要技術の一つとして位置づけ、技術面やコスト面の課題を解決しつつ、商品化を目指して取り組んでいきたいと考えている。

最後に繊維工場等から排出されるアルカリ排水は、工程中に緩衝剤を使用する場合があります、同じpHのアルカリ排水でも中和性能、所要動力は大きく変わる。当社ではより正確なシステム検討を実施するために写

真一で示した種々のサイズのテスト機やデモ機を所有しており、コージェネレーションの導入と併わせてアルカリ排水中和の導入を検討する顧客の依頼により、実排水による中和テストを実施している。 **JCMA**



【筆者紹介】

大濱 隆司（おおはま りゅうじ）
大阪ガス株式会社
エネルギー事業部
エネルギー開発部
エネルギーエンジニアリングチーム

建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」（環境庁告示）が平成8年度に改正され、平成11年6月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については、その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等、騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに、建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく、建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と、円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

■掲載内容：

- 総論（建設工事と公害、現行法令、調査・予測と対策の基本、現地調査）
- 各論（土木、コンクリート工、シールド・推進工、運搬工、塗装工、地盤処理工、岩石掘削工、鋼構造物工、仮設工、基礎工、構造物とりこわし工、定置機械（空気圧縮機、動発電機）、土留工、トンネル工）
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程、建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法、建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説、環境騒音の表示・測定方法（JIS Z 8731）、振動レベル測定方法（JIS Z 8735）

■体 裁：B5判、340頁、表紙上製

■定 価：会 員 5,880円（本体5,600円） 送料 600円

非会員 6,300円（本体6,000円） 送料 600円

・「会員」本協会の本部、支部全員及び官公庁、学校等公的機関

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289