



## 1. はじめに

我が国は1960年代の高度成長により、重工業化に伴う大気汚染の悪化と廃棄物の増加を導き、当社はそれに対処する製品の提供のために排煙処理や廃棄物処理の技術開発を促進させてきた。

ここでは、クリーンな環境を実現するための排煙処理、CO<sub>2</sub>回収処理、土壌浄化処理、PCB処理、廃棄物処理の製品・技術開発の考え方、状況について紹介する。

## 2. 排煙処理

1960年代前半の高度経済成長による重工業化とそれに伴う大気汚染の悪化は、これを防止しようとする法制面の整備とともに、排煙処理の技術開発を促進させた。当社は1960年にはEP（電気集じん機）の生産を開始し、1972年には湿式排煙脱硫装置を製品化した。

国内においては1970年代に湿式排煙脱硫装置の本格的な市場投入の時代となり、1970年代末には石炭だき火力への対応も可能となった。

この初期は当社独自の吸収塔技術としてグリッド塔を採用してきたが、1980年代に入り、一時のブームから合理化へのニーズが強まり、グリッドという内部充てん物を無くし、性能向上とともに保守性を良くした液柱塔を開発し、1990年代前半より市場に投入した。

また、EPとの組み合わせにおける総合排煙処理技術としては、ノンリーク型GGH（ガスガスヒータ）と低低温EP（90～110の温度領域）の組み合わせによるばいじん除去性能の向上、ひいては脱硫性能に影響を及ぼす吸収塔入口ばいじん濃度低減を実現するとともに、除じん塔省略という設備簡素化につながる高性能システムを開発し、世界に先駆け1990年代後半以降の事業用石炭火力に適用してきた。本システムは他社製を含め、これ以降の国内石炭だき火力における標準システムにまでなっている。

今後は排煙脱硫ニーズの高い中国、米国、ヨーロッパ等への展開が期待され、技術的にはこれら新市場に対応したより一層の設備合理化を進めてゆく。

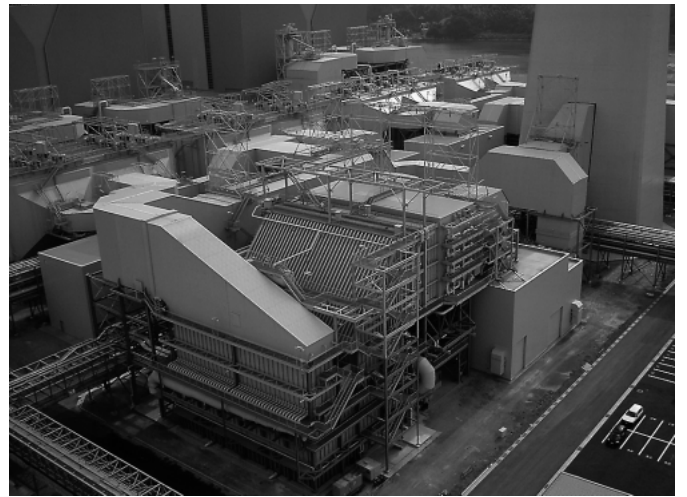


図1 排煙処理設備 電源開発（株）橋湾発電所1号機排煙処理設備。石炭だきとしては日本最大1050MW 一塔式の吸収塔（液柱塔）。脱硫率95%。

## 3. CO<sub>2</sub>回収処理

気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）において採択された京都議定書を、我が国も2002年5月に批准したことにより、今後具体的な地球温暖化対策への取組みが活発化するものと予想される。温暖化ガスの寄与度の大部分を占めるとされるCO<sub>2</sub>に対しては、排出、特に炭素分の燃焼の結果生成される量の削減がもっとも根源的な対策であるが、排出されるCO<sub>2</sub>を回収するというアプローチも大きな意義を持つ。

CO<sub>2</sub>の分離回収は天然ガスや合成ガスの分野において古くから行われているが、燃焼排ガスからのCO<sub>2</sub>回収はごく一部で実施されていたに過ぎない。当社は地球温暖化対策での有効性を視野に入れ、燃焼排ガスからのCO<sub>2</sub>回収技術の開発を1990年より関西電力（株）と共同で実施してきた。従来より用いられているモノエタノールアミン（MEA）を吸収液とする技術に比し、省エネルギーで、劣化と損失の少ない新しい吸収液を開発し、既にマレーシアにおいて尿素製造用プラントに実用化している。さらに装置として排ガス系の圧力

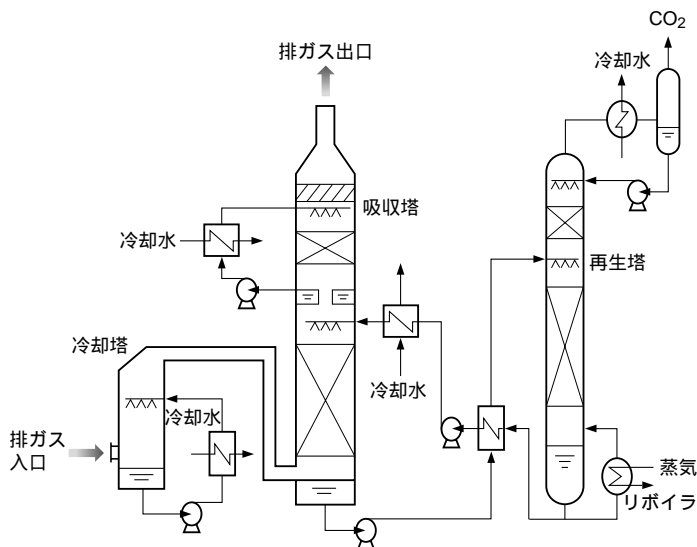


図2 CO<sub>2</sub>回収処理設備 ボイラ等の排煙からのCO<sub>2</sub>回収フローシートを示す。

損失を大幅に低減した新充てん材と吸収液の損失を大幅に削減する工夫を行っている。

CO<sub>2</sub>の固定化あるいは利用の分野では、石油増進回収法（EOR）における油田でのCO<sub>2</sub>圧入、尿素製造等の化学的な利用、炭酸飲料等の一般的利用等が既に存在している。しかしながら、これらにおいて利用されているCO<sub>2</sub>量は当然のことながら排出量に比べ微々たる量であり、本格的な固定技術の開発が望まれる。新たな固定先としては石炭層でのメタンガス置換、海洋深層での隔離等が研究開発されようとしているが、CO<sub>2</sub>を原因とした地球温暖化対策として是が非でも実用化すべき技術であると認識している。当社としてもCO<sub>2</sub>の回収技術のみならず、油田に隣接するボイラ等CO<sub>2</sub>発生源からCO<sub>2</sub>を回収し、EORに適用する等、固定化技術と複合化した新しいアプローチを指向している。

#### 4. 土壌浄化処理

土壌は水、大気とともに環境を構成する重要な要素であり、その保全のための汚染防止と汚染時の早期処理は重要であるが、土壌が私有物であることから対策やその法制化が遅れていた。

欧米での法制化の流れ、我が国でも工場閉鎖に伴う跡地の再開発時の調査で多くの土壌汚染が存在することが分かってきたことによる社会的ニーズの高まりを受け、2002年に土壌汚染対策法が公布されている。

当社では、1996年に揮発性有機化合物汚染土壌の浄化を実施したことを皮切りに、米国テラクリン社より溶剤抽出による油・PCB汚染土壌浄化技術の導入、独国テックトレード社より加熱型キルンによる揮発性有機化合物・油・ダイオキシン等の汚染土壌の熱処理技術の導入等により、調査分析から対策、環境モニタリングまでの一貫体制を整え、2000年より土壌浄化事業への取組みを本格的に開始した。

浄化技術のうち、最近その処理が注目されているPCB汚染土壌浄化技術として開発を完了、実証試験中の溶剤抽出法

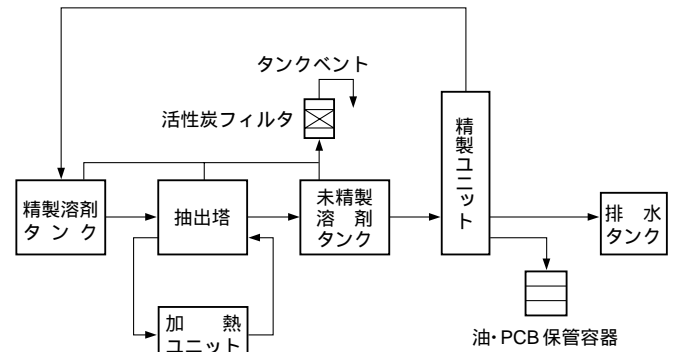


図3 PCB汚染土壌浄化設備 溶剤抽出法による土壌浄化処理フローを示す。

は、関係者の注目を集めている。本技術は米国テラクリン社から2001年に導入した溶剤によるPCBの抽出技術に加え、当社がこれまで扱ってきた溶剤回収装置での溶剤蒸留・精製技術を組み合わせることで、低温・低圧力、排ガス発生無しといったシステムとなっており、汚染土壌の現地での処理に適していることに加え、処理後の土壌が再利用できる画期的な処理技術である。本技術は現在その実用性及び環境影響を検証する目的で、神戸市、国立環境研究所と当社の3者で我が国初の実証研究を実施中である。既に神戸市内にある汚染土壌保管場所に可搬式設備を設置し2002年7月より浄化試験を開始している。

本試験にて実施済みの室内試験で得られた処理性能、安全性を実機ベ-スで検証するとともに、2002年12月末までには浄化処理を完了する予定である。

今後は、超音波を活用した汚染土壌の浄化技術を完成させ、社会ニ-ズに貢献していく予定である。

#### 5. PCB 処理

1929年から製造されたPCBは化学的安定性、電気絶縁性などの特性を有しているため、トランスの絶縁油などに多量に使用された。その後、PCBが人体や環境に悪影響を及ぼすことが明らかになり製造が中止されたが、現在その使用機器は大量に保管され、政府はその適正処理のために動き出している。

当社が開発した水熱分解法は高温・高圧（380 /26 MPa程度）の熱水中に水酸化ナトリウムとPCBを注入し、析出する炭酸ナトリウムの表面活性を利用して脱塩素化反応と酸化分解反応を促進させ、PCBを無害な水、塩化ナトリウム及び二酸化炭素に分解する技術である。

一方、PCBの無害化処理のためには、PCB液だけでなく、汚染されたコンデンサ容器等の金属類、紙・木や洗浄廃液等の有機物、さらに処理設備の機器に付着したPCBを拭き取った布や設備の排気系統に設置している活性炭等の処理技術も必要となる。

当社一貫処理システムでは、付着PCBを低減して作業者の安全性を確保するため、トランスやコンデンサ等を粗洗浄した後に解体・分別し、容器、碍子、鉄心、銅線等のPCB

非含浸物については仕上げ洗浄をする。仕上げ洗浄では、保管状態の悪さや長期保管に起因した錆や塗装のはがれなどによって金属表面の細部へ入り込んだPCBを確実に除去するため、金属表面処理と溶剤洗浄を組み合わせた洗浄を行っている。処理の過程で発生する紙・木や洗浄廃液等の有機物、汚染した布及び活性炭については、洗浄ではPCBの除去が困難であるため、スラリ化したのち、水熱分解法で無害化する。

このように、当社システムは水熱分解法を中心技術として、すべての汚染物を無害化する完全無害化一貫処理を基本としており、長崎造船所では、国内初のPCB液及び汚染物の一貫した自家処理を行っている。また、本一貫処理プラントには、安全性の確保及び運転制御性の向上のため、作業環境中、排気中や排水中のPCB濃度を自社開発したPCB濃度計で計測している。排気中PCB濃度計は、サンプルガスを計測装置に直接導入してレーザを照射し、イオン化したPCBの個数をカウントすることでPCB濃度を計測するもので、測定精度を損なうことなく測定時間を公定法の2日間に対して1分まで大幅に短縮した。排水中PCB濃度計については、公定法と同様の計測法であるGC-ECD法の前処理を自動化することで、測定精度を損なうことなく測定時間を公定法の2日間に対して2時間まで大幅に短縮している。

水熱分解法は“難分解性有機化合物が分解可能”という特長を有しており、PCB処理以外の分野へも適用可能であり、廃農薬や廃燃料等の特殊有機化合物の安全な処理へも大いに貢献していく。

## 6. 廃棄物処理

当社がごみ焼却炉の研究開発を開始したのは、急激な経済

発展が廃棄物の増加を導き、それに対する対応が急務となった1960年代で、1964年に相模原市向けごみ焼却炉初号機が完成し、これはCE型移床式ストーカであった。その後、ごみの燃焼性を改善するために往復動式ストーカを開発している。

一方、東京、川崎、横浜、大阪を代表とする大都市圏では、急増するごみ発生量に対応するため、大型炉の要求が高くなり、600～900t/dのプラントが計画されるようになった。これらの要求に対応するため、新型炉の開発と外国技術の調査が行われ、1971年に大型炉で世界有数の実績を持つ独国マルチン社と技術提携を結び、1974年に“三菱 マルチン式”焼却炉の初号機を川崎市橋クリーンセンターに完成させている。

その後、公害規制強化等の社会環境的ニーズに応じて燃焼制御による低NO<sub>x</sub>化、焼却炉自動制御、排ガス中の各種有害成分を除去する装置の研究・開発を実施してきた。さらに、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、HCl、ばいじんを同時に除去する総合排ガス処理システムの研究を実施し、実用化した。この方法は、HCl、SO<sub>x</sub>、ばいじんの除去には乾式法として最も高効率で実績のあるバグフィルタを採用し、同一反応器内に脱硝用触媒を配してコンパクト化を図り、他社に先駆けて低ダイオキシン排ガス処理システムを完成させた。

1990年代からはごみ焼却炉から排出されるダイオキシン類の規制が掛かるようになり、その規制が強化される中、排ガス処理による低ダイオキシン化だけでなく、ダイオキシンの総排出量低減化を目指したごみ焼却システムの高度化研究を実施している。

燃焼制御技術に関しては、応答性の良好な新型センサを用いた制御やごみ燃焼のカオス性を利用したモデル予測制御技

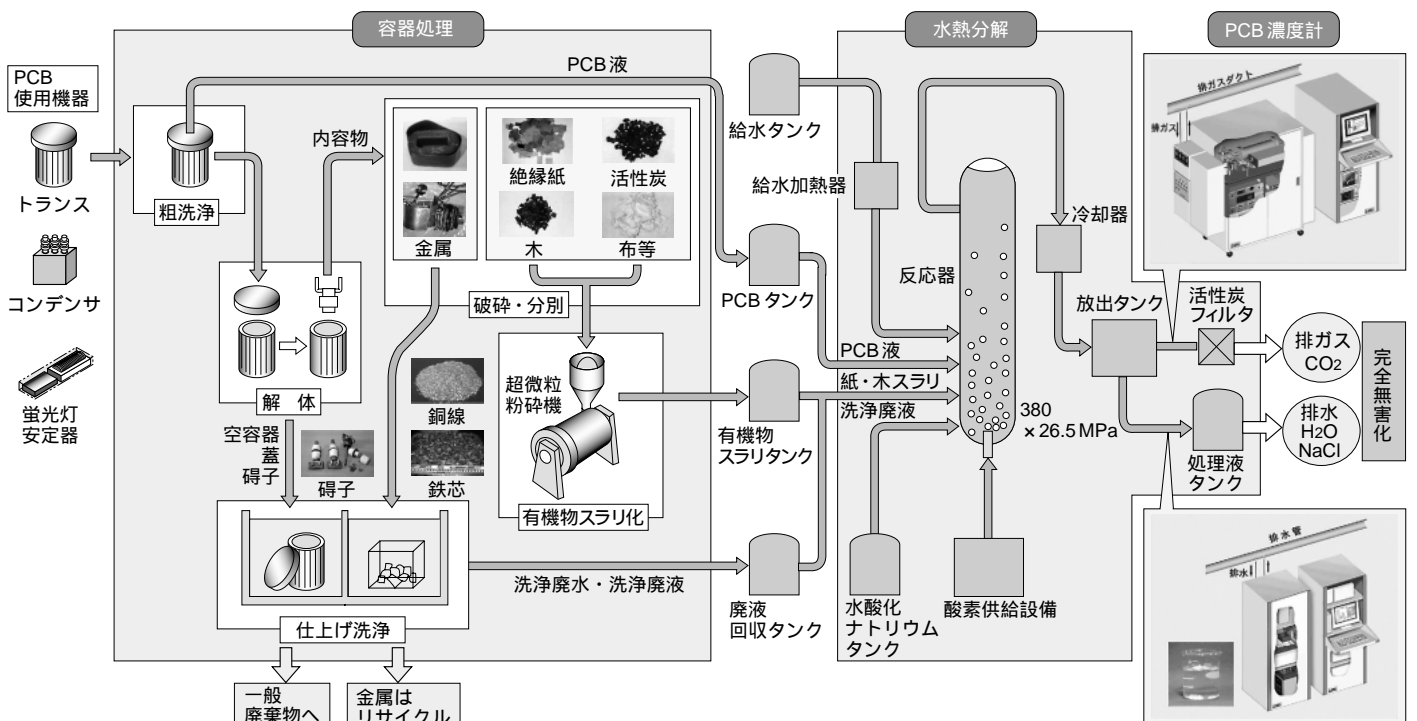


図4 PCB処理フロー 容器等を含めたPCBの一貫処理フローの概要を示す。

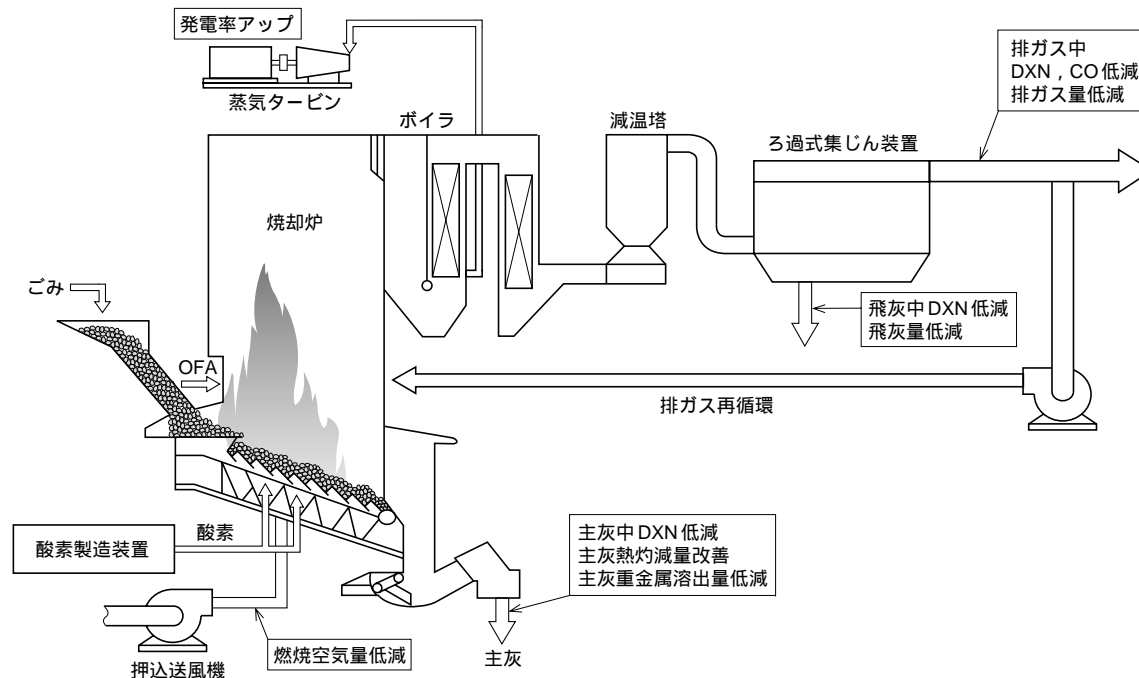


図5 次世代ストーカ炉酸素リッチ燃焼システム 環境負荷を大幅に低減可能な酸素リッチ燃焼システムを示す。

術を開発した。さらに燃焼技術に関しては、1次空気に酸素を富化し火格子上のごみ層の燃焼を活発化して主灰の性状改善を図るとともに、排ガスの一部を炉内に再循環して完全燃焼促進、NO<sub>x</sub>・ダイオキシン類の抑制を図る“酸素リッチ燃焼システム”を開発している。今後は図5に示すように、このシステムに現在開発中のダイオキシン類のリアルタイム計測とこれを用いた最先端制御技術を組み入れるとともに、経済的な灰処理を組み合わせた次世代ストーカ炉の開発へと展開していく。

従来のストーカ炉とは別に、下水汚泥焼却や原動機で多数の実績を有する流動層焼却技術と開発済みの縦型旋回溶融技術とを組み合わせた熱分解ガス化溶融炉の開発は、ごみ自身の熱量で灰の溶融まで一貫して行うプロセスであり、研究を1996年より開始し、種々のスケールのパイロット及び実証プラントを用いた検証を経て、廃棄物研究財団及び日本環境衛生センターより技術評価並びに検証確認を得て、ガス化溶融炉の需要に対応している。

以上のように、当社は種々の形式の廃棄物焼却処理システムを開発しており、特にストーカ炉に関しては、30年以上

に及び実績のある信頼性の高いシステムとして確立されている。今後とも、廃棄物処理のトップメーカーとして最先端の研究開発・実用化に努めていく所存である。

## 7. おわりに

我々が快適で豊かな生活を追い求めた結果として、20世紀後半は環境汚染が進むとともに廃棄物の増大を招いてきた。環境の世紀といわれる21世紀は地球サミットで決めた目指すべき社会つまりクリーンで環境負荷の少ない循環型社会の構築が望まれている。このような状況の下で当社は環境に関する総合的な力を結集して社会のニーズにこたえるべく技術開発を加速していきたいと考えている。



吉良雅治  
機械事業本部  
環境ソリューション・輸出部次長



久詰陽康  
機械事業本部  
環境ソリューション・輸出部  
産業・新事業グループ主席