

低コスト型排煙脱硫装置の開発

—リターンフロー型排煙脱硫装置—

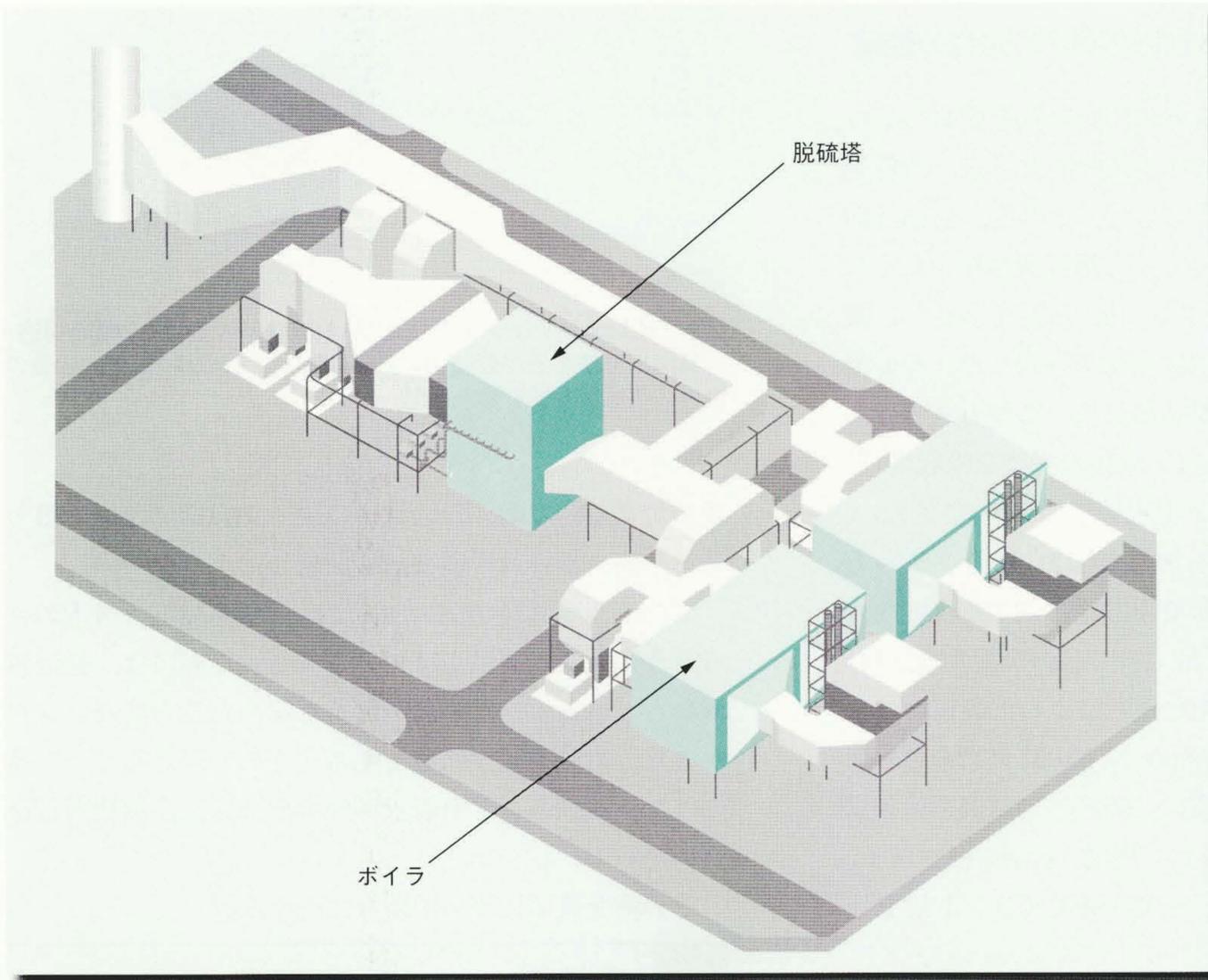
Development of Low-Cost Flue Gas Desulfurization Tower

小山俊太郎 *Shuntarô Koyama*

勝部利夫 *Toshio Katsube*

小室武勇 *Takeo Komuro*

吉川博文 *Hirofumi Kikkawa*



リターンフロー型排煙脱硫装置の配置図

1,000 MW用日立コンパクト型脱硫装置の三次元CADによる配置図を示す。リターンフロー型では、中央の脱硫塔前後の設備が合理的に設置できる。

地球環境問題がクローズアップされる中で、日立グループは、火力発電所から排出される排気ガス中の硫黄酸化物(SO_x)の除去技術について、約30年にわたって開発を続けてきた。この間、高効率化やプロセス簡略化、低コスト化、高信頼化、燃料の多様化などが要請され、湿式石灰石-石膏(こう)法を基本とする先端的な技術で対応してきたが、近年、これらの要求がますます厳しくなっている。そのため今回、高ガス流速場での気液分裂挙動や亜硫酸ガス(SO₂)吸収性能および吸収塔シミュレーションモデルによる研究結果を踏まえ、いっそうのコンパクト化と設備簡素化を図った「リターンフロー型脱硫塔」を開発した。

この方式では、吸収塔内のガス流速を従来よりも速くするとともに、吸収塔内で仕切り板を設置してガス流路を確保することで、塔高の低い吸収塔でも高い脱硫率と従来並みの消費動力が達成できる。

1 はじめに

世界的な環境問題への取組みが進む中で、発電プラントをはじめとする固定排出源からの大気汚染防止は現在では不可欠なものとなっている。日立グループは、1960年代から世界に先駆けて、排ガスからのばいじんと硫黄酸化物を除去する排煙脱硫技術の研究開発に取り組んできた。この中で湿式石灰石-石膏法は、吸収剤とする石

灰石の取り扱いが容易でかつ安定して入手できることや、副産品の石膏が利用できることなどから世界的に最も普及しているプロセスである。日立グループは、この方式の第1号機を1974年に納入して以来、排煙脱硫装置の高性能化を常に推進している。また、燃料多様化に関しても、石炭や重油だけでなく、COM(Coal-Oil Mixture)、オリマルジョン[®]、重質油などへ対応してきた。一方、発電プラントの大容量化により、排煙脱硫装

置も、設置スペースや経済性、運転保守の点で、システムのいっそうの簡素化と設備のコンパクト化が要請されてきている。

ここでは、日立グループのこれらへの取組みと、最新の排煙脱硫装置について述べる。

2 日立グループの排煙脱硫装置と開発の経緯

日立グループの排煙脱硫装置の開発経緯を図1に示す。1974年に多孔板方式吸収塔の1号機を納入以来、微粉炭燃焼で3基、油燃焼で12基納入した。その後、信頼性向上と動力費低減をねらいとして、内部構造物を少なくして圧力損失を小さくした「スプレー塔方式」を開発し、微粉炭燃焼、油燃焼、COM燃焼で計9基納入した。その後の低コスト化、省動力化の要請に対し、この方式をさらに改良して、除じん、SO₂吸収、酸化の機能を吸収塔1塔に集約した「インテリジェント型脱硫塔」に発展させた。

インテリジェント型の概略構造を図2に示す。この方式では、(1) 吸収液の高密度噴霧方式、(2) 吸収塔内ガス流速の高速化、(3) 吸収液スラリーの高濃度化、(4) ミストエリミネータの高性能化などによって設備のコンパクト化を図り、一つの塔で1,000 MWの排ガス量を処理できるようにした¹⁾。この技術は、1992年の1号機を納入以来、微粉炭燃焼、オリマルジョン燃焼、石油コークスで、すでに計16基納入し、現在、1,050 MWプラント用を建

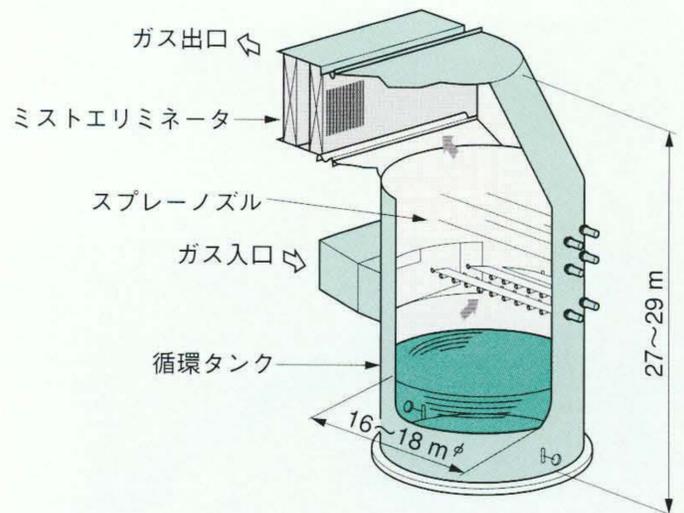


図2 インテリジェント型脱硫塔(1,000 MW処理)の概略構造
気液接触法などの新技术の採用により、吸収塔1塔で大容量の排ガス処理を実現する。

設中である。なお、このほかに中・小容量プラント用として、簡易型排煙脱硫技術も開発した。

このような開発状況にあって、近年、発電コストのいっそうの低減が要請されている。このためには、脱硫装置にとどまらず、その周辺機器も含めた総合的なコンパクト化、省動力化が重要である。その一環として、上述のインテリジェント型吸収塔内のガス流速高速化などを進めている。

その開発概要について以下に述べる。

3 吸収塔内ガス流速の高速化

ガス流速を高めると吸収塔のコンパクト化が期待でき

※) オリマルジョン：ベネズエラのオリノコ川地域の重質タールに水と界面活性剤を加えて流体化した燃料のこと。

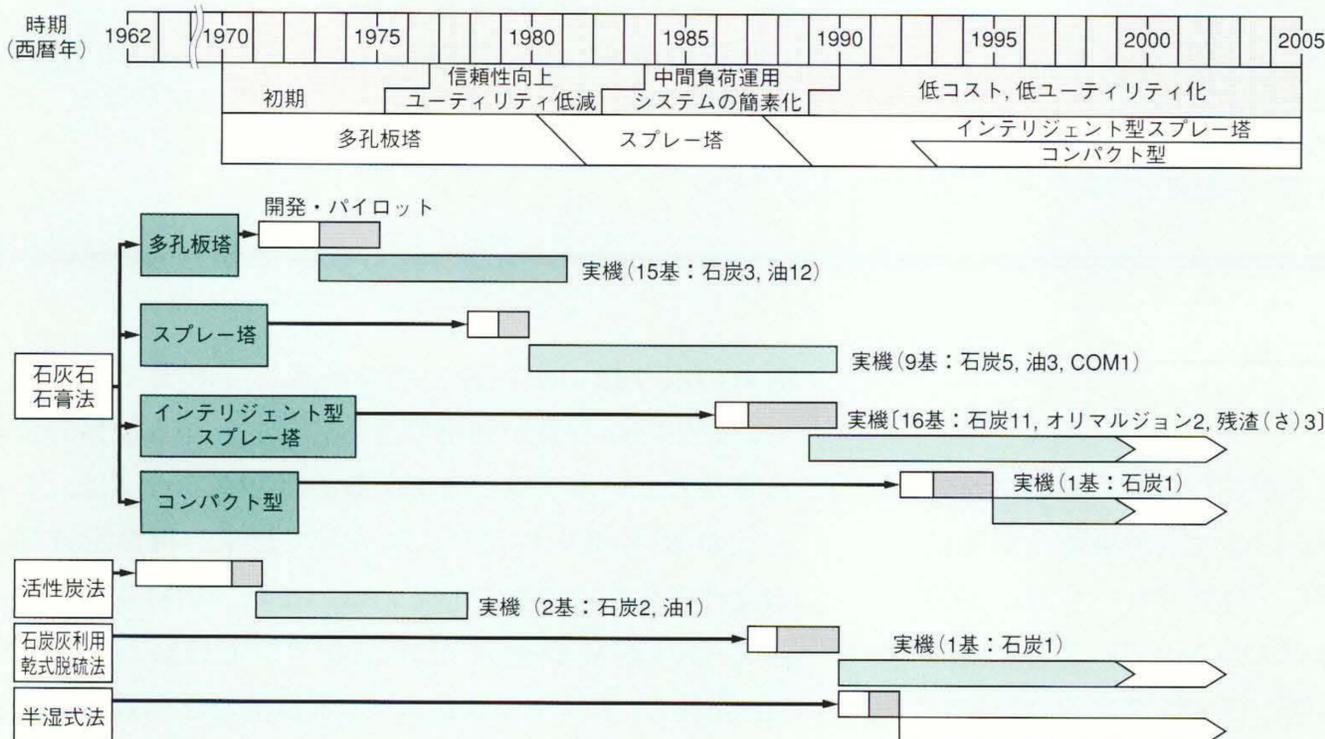


図1 日立グループの排煙脱硫技術の開発経緯

多様なニーズにこたえるため、日立グループは、長年にわたって各種排煙脱硫技術を実用化してきた。また、改善・改良を継続し、常に最新鋭技術の提案に努めている。

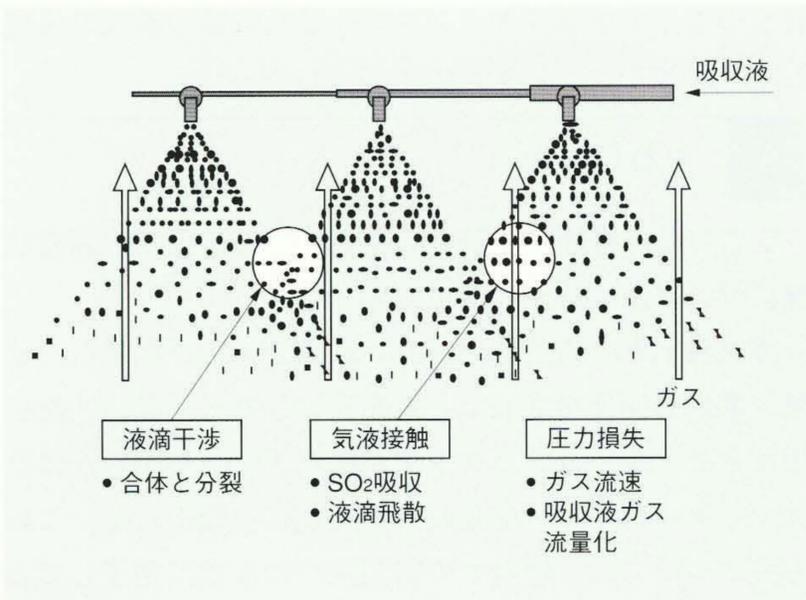


図3 スプレー塔高ガス流速時の挙動説明

高ガス流速化にあたり、液滴の微粒化や合体、ガス側から液滴側へのSO₂吸収挙動、圧力損失などを詳細に調べた。

るが、同時に、従来よりも塔内の液滴密度、飛行軌跡、液滴のSO₂ガス吸収速度、飛散ミスト量、圧力損失などが変化する。このため、最適な設計には、これらと、吸収塔の構造的因子や吸収液量およびガス流量との関係を解明することが重要である(図3参照)。液滴の微粒化とSO₂吸収速度に関する実験結果について以下に述べる。

3.1 液滴衝突時の挙動

吸収塔がコンパクトになるとスプレーノズルどうしの間隔が狭くなり、塔内の液滴密度が増す。したがって、液滴どうしが衝突しやすくなる。ノズルから単一液滴を噴出させて他の液滴に衝突させたときの写真を図4に示す。衝突の瞬間、液滴は一方の液滴に吸い寄せられるように合体するが、次の瞬間には、合体した液滴がちぎれるように、別の細かな液滴が生成する。このときの液滴の飛行方向に対するSO₂吸収速度の変化を同図に示す。

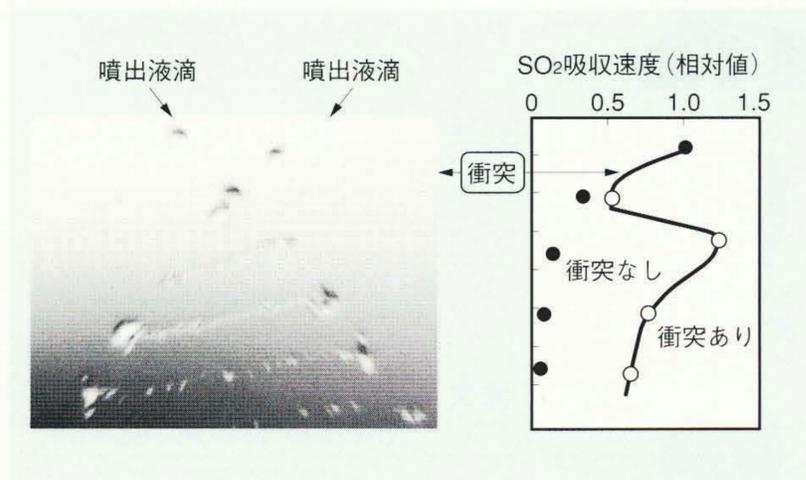


図4 液滴どうしの衝突現象とそれに伴うSO₂吸収速度の変化
液滴が高速で衝突すると、一度合体した後、再び分裂する。これに伴って界面更新現象が生じ、吸収速度が速くなる。

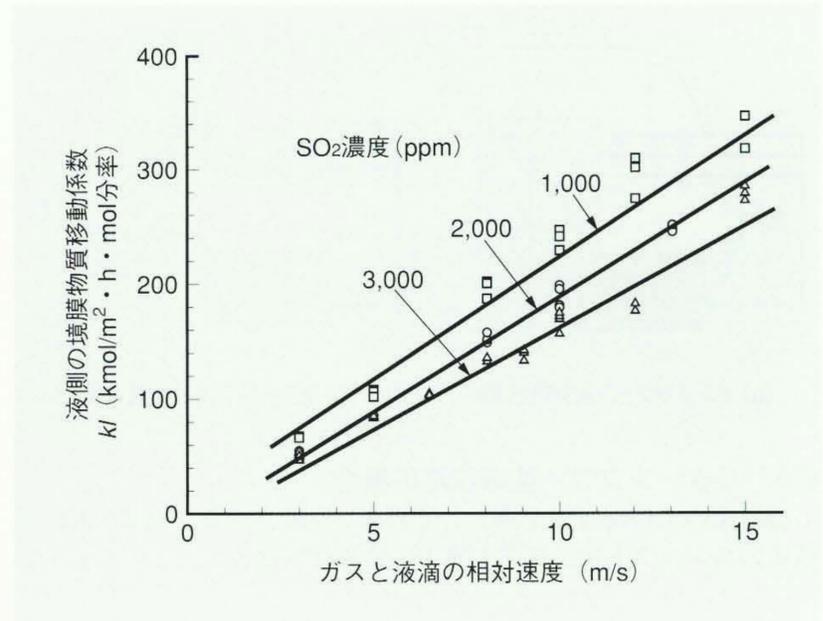


図5 ガス速度のSO₂吸収速度に及ぼす影響

ガスと液滴の相対速度が増すと、ガスの運動エネルギーによって液滴内部に乱れが生じ、液滴の境膜物質移動係数が増大する。

吸収速度は相対値である。衝突させない場合、吸収速度は、飛行方向に対して順次減少する。一方、衝突させた場合、一度低下した吸収速度が、ある飛行地点で高くなる。これは、液滴どうしの衝突により、SO₂濃度の高い液滴表面と液滴中心のSO₂濃度の薄い液が混合することで、ちぎれた後の液滴のSO₂吸収能力が回復するためである(界面更新現象)。

3.2 高ガス流速下でのSO₂吸収速度

ガスから液滴へのSO₂吸収速度を図5に示す。横軸はガスと液滴の相対速度 V_a (m/s) である。縦軸は液滴界面の境膜物質移動係数 kl (kmol/m²・h・mol分率) であり、これが大きいほどSO₂の吸収速度が速い。 kl は V_a に比例して増加した。これは、 V_a が大きくなると、液滴周りのガス境膜が薄くなり、液側の物質移動がしやすくなるとともに、ガスの運動エネルギーの一部が液滴に振動を与えて内部に乱れを生じさせ、上記と同様、液滴表面と液滴中心部で界面更新が生じたためである²⁾。このように、従来の吸収塔内を飛行する液滴に比べて、高ガス流速下ではガスと液滴の相対速度が大きくとれるので、脱硫性能を高めるのに有効である。

以上のように、液滴の微粒化と反応機構により、高ガス流速下で脱硫性能を高められることを明らかにした。なお、ガス流速を高めると圧力損失が増大しやすいが、ガス量と吸収液量の比率の選定により、従来と同程度の損失量にとどめることができた。

4 リターンフロー型吸収塔

吸収塔内ガスの高速化によって吸収塔をコンパクトに

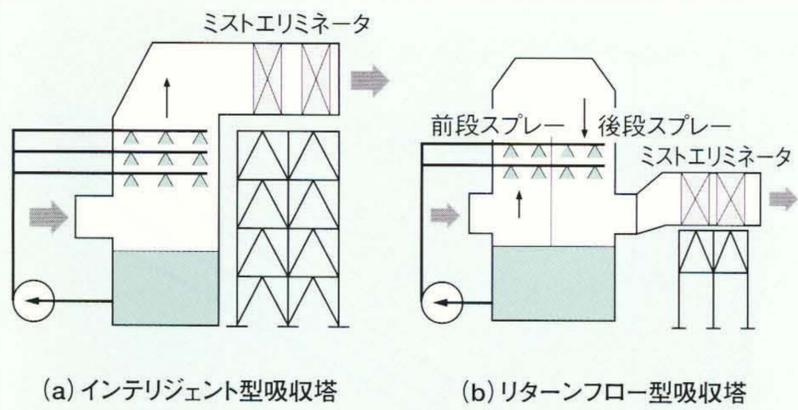


図6 リターンフロー型吸収塔の概念
 吸収塔内に仕切り板を挿入してガスを反転させることにより、吸収塔のコンパクト化とダクト施工の合理化を図る。

する場合、塔内に仕切り板を設置すればガスの流通経路を増やせるので、吸収塔の高さを低減できる。この際、ガスの出入口をくふうすればダクトも短縮できる。このような考えから、リターンフロー型吸収塔を開発した。その概念を、インテリジェント型と比較して図6に示す。吸収塔入口と吸収塔出口が従来よりも低い位置にあるので、吸収塔の高さの低減だけでなく、吸収塔につながるダクトおよびその支持鉄骨が軽量化されるという特徴がある。

リターンフロー型吸収塔ではガス速度を高速にすると同時に、ガス流線の変化も激しいので、塔内に設置する仕切り板の形状と設置位置の最適化が重要であり、その一手段として、計算による解析を進めた。その例を図7に示す。同図(a)はガス流速分布を示したものである。ガス入口側の仕切り板上部近傍にガス流速が速い領域が見られるが、局所的な偏流は認められない。圧力はガス入口から断面方向でほぼ一様な値で推移し、仕切り板上部付近(灰色の領域)から圧力が低下する[同図(b)参照]。

このような計算を各種のケースで実施し、運転動力が

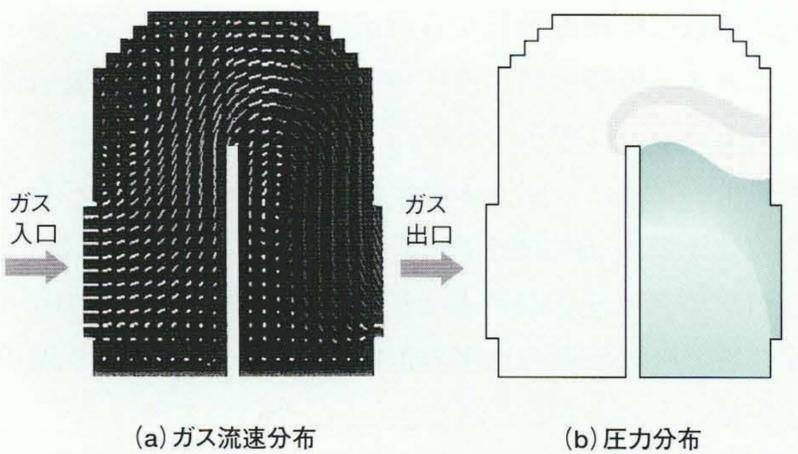


図7 数値計算モデルによるリターンフロー型吸収塔の解析例
 三次元乱流解析コードを開発し、吸収塔の構造因子と処理ガス因子による流動状態を解明できるようにした。

最も小さくできるリターンフロー型吸収塔の構成を決定した。

5 おわりに

ここでは、排煙脱硫装置の開発経緯と最新型の開発状況について述べた。

ガス流れ場の気液接触機構などについて研究した結果、塔内の速度を従来よりも高速にしても、脱硫性能を損なうことなくコンパクト化が図れることが明らかになり、リターンフロー型吸収塔の実現につながった。この方式についての工場内での実証試験はすでに完了しており、現在、設計、製作の段階に入っている。

脱硫をはじめとする環境装置は国内外でますます重要度が高まるものと予想される。今後とも、各種の新しいニーズに即応できるシステムの開発を進めていく考えである。

参考文献

- 1) 菱沼, 外: 火力発電プラントにおける排煙処理システム, 日立評論, 78, 7, 545~548(平8-7)
- 2) 小室, 外: 煙道設置型コンパクト脱硫装置の開発, ケミカル・エンジニアリング, Vol. 41, No. 11, 56~62(1996)

執筆者紹介



小山俊太郎

1970年日立製作所入社, 電力・電機グループ 電力・電機開発研究所 環境システム部 所属
 現在, 廃棄物処理, 排ガス処理, ガス化の研究開発に従事
 工学博士
 化学工学会会員, 日本エネルギー学会会員, 日本機械学会会員
 E-mail: skoyama@erl.hitachi.co.jp



小室武勇

1957年日立製作所入社, 電力・電機グループ 電力・電機開発研究所 環境システム部 所属
 現在, 排ガス処理, 石炭灰利用の研究開発に従事
 工学博士
 化学工学会会員, 日本エネルギー学会会員
 E-mail: komuro@erl.hitachi.co.jp



勝部利夫

1975年パブコック日立株式会社入社, 呉事業所 環境・原子力技術本部 環境装置設計部 所属
 現在, 排煙脱硫装置の基本計画, 開発, 設計に従事
 E-mail: katube@kure.bhk.co.jp



吉川博文

1985年パブコック日立株式会社入社, 呉研究所 環境研究部 所属
 現在, 環境関連製品の研究開発に従事
 工学博士
 化学工学会会員
 E-mail: kikkawa@krl.bhk.co.jp