

塩酸酸化プロセスの 開発と工業化

住友化学工業(株) 石油化学品研究所

岩 永 清 司

関 航 平

日 比 卓 男

筑波研究所

磯 尾 公太郎

生産技術センター

鈴 田 哲 也

中 田 幹 俊

森 康 彦

住友ケミカルエンジニアリング(株)

阿 部 忠

The Development of Improved Hydrogen Chloride Oxidation Process

Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Petrochemicals Research Laboratory

Kiyoshi IWANAGA

Kouhei SEKI

Takuo HIBI

Tsukuba Research Laboratory

Kohtaro ISSOH

Process & Production Tech. Center

Tetsuya SUZUTA

Mikitoshi NAKADA

Yasuhiko MORI

Sumitomo Chemical Engineering Co., Ltd.

Tadashi ABE

Sumitomo Chemical has developed a new low temperature HCl oxidation process with a fixed bed reactor and a RuO₂/TiO₂ catalyst that has high activity and high thermal conductivity. The main feature of our technology is that the hydrogen chloride conversion is high, the product chlorine is more pure than that obtained by electrolysis of sodium chloride, and high quality muriatic acid with food additive grade is also obtained as by-product. As the fixed bed reactor is compact, it deals with up to 400,000t/y of chlorine with only one reactor. The chlorine manufacturing cost is very low due to the small electric power consumption and the heat recovery from the reaction heat.

はじめに

塩素は、塩ビモノマー、TDIやMDIに代表されるイソシアネート、その他クロロフルオロカーボン等の各種工業薬品の製造において原料として利用されるが、副生物として塩化水素が発生する。この副生塩化水素から塩素を製造するのが塩酸酸化技術であり、従来から本技術に対しては高いニーズがあるものの効

率的・経済的に塩素を回収することは難しく、実用化された例は数少ない。

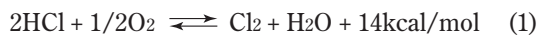
今回、当社は低温で高活性を有する熱伝導性に優れたRuO₂/TiO₂触媒を開発し、これを充填した固定床反応器による塩酸酸化プロセス技術を確立した。2000年12月に実証パイロット設備を稼働させ工業化技術を確立した後、本技術を国内化学メーカーにライセンス供与し、2003年5月には10万t/y規模のプ

ラントを稼働させ、現在順調に操業している¹⁾。

住友化学技術の特長は、転化率が高く、食塩電解塩素よりも高純度な塩素が得られ、副生塩酸水も食添グレードの高品質なことである。反応器はコンパクトで40万t/y規模でも一基で対応でき、しかも反応熱はスチームとして回収するなど低コストに仕上げている。更に排水量は少なく環境にも優しい技術である。

プロセスの歴史

塩化水素から塩素を製造する技術には電解法、酸化剤を循環使用する方法、および接触酸化法があり、その多くは次の反応によるものである。



電解法は技術的には確立されてはいるが電力原単位が大きいため、その適用は電力コストが安価な立地条件に限られる。

酸化剤を循環使用する方法としてはKelloggが開発したKel-Chlor法によるプロセスがあり、窒素酸化物を触媒とし硫酸を循環媒体として用いるのが特徴である。高級材質を使用しプロセスが複雑なため機器数が多く、建設費が高いためスケール効果のある大規模プラントに適すると言われており、Du-pontが1974年に20万t/yのプラントを稼働したが、現在は運転されていない。

接触酸化法は1868年に発明されたDeacon法以来、多数の改良触媒およびプロセスに関する特許・文献が報告されている。Deacon触媒は活性が低いため450～500℃で使用する必要があり実用化されることはなかったが、1960年代にShellはDeacon触媒を改良した塩化銅・塩化カリウム・希土類化合物/SiO₂触媒を用いて、より低温で反応が可能となる空気酸化法流動床プロセスを開発した。3万t/yの設備を稼働させたがその後まもなく停止したと伝えられている。また三井東圧化学(株)(現・三井化学(株))はCr₂O₃・SiO₂触媒を使用した純酸素酸化法流動床プロセスを開発し、1988年に同社大牟田工場で実用化され、約6万t/yの商業運転が行われている。ここでは反応温度が350～400℃、転化率は75%以上とのことである²⁾³⁾。

本プロセスの適用分野

本プロセスはウレタン原料であるイソシアネート類や各種有機塩化物の合成工程で副生する塩化水素から塩素を製造しこれをリサイクルするクローズドプロセスとして利用できる。Fig.1に本技術をトリレンジイソシアネート(TDI)プラントに適用した例を示す。

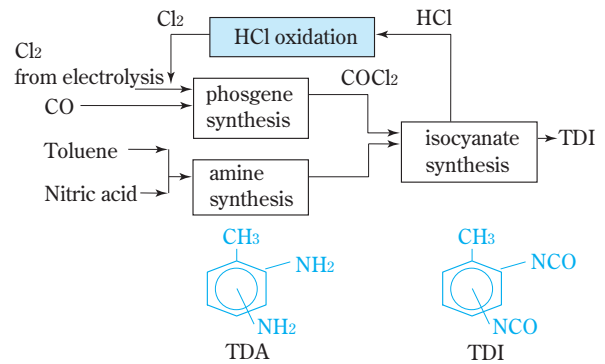


Fig. 1 An example of application of the Sumitomo HCl oxidation process

通常、副生塩化水素は塩ビ・オキシクロリネーション用原料として利用するか、あるいは35%塩酸として外販されている。しかしながら今後、世界的にイソシアネートの需要が伸び、副生塩化水素の発生が増加する一方で、塩ビモノマーの需要の伸びは低いいため塩化水素の余剰が予想される。本技術を適用すれば、35%塩酸の需要変動やウレタンと塩ビモノマーの需要バランスの変化による副生塩酸処理の問題から開放される利点がある。また通常塩素は食塩電解により得る場合が多いが、最近では塩素側の需要の伸びが大きいため、副生する塩化水素ガスを塩素として回収、リサイクルすれば余剰苛性ソーダの発生を抑えられる。液体塩素を購入しているプラントでは本プロセスの適用により、危険度の高い液体塩素の輸送や受込みを回避できる。

また、塩ビモノマー合成に本プロセスを適用すれば、オキシクロリネーションプロセスを用いることなく、塩素とエチレンから直接EDCを得ることができるため、よりシンプルなプロセスを構築することができる。

技術的課題

塩化水素を塩素に接触酸化する触媒としては、前述した銅系のDeacon触媒やCr₂O₃・SiO₂触媒などが知られている。しかしこれらの触媒は活性が十分ではなく、高温で使用する必要があるため、平衡転化率低下の制約を受け収率が低くなる問題があった。また過去の触媒酸化プロセスでは流動床反応器が採用されてきたが、固定床反応器を利用すれば、反応後半に高活性触媒を用いて低温で反応させることにより高転化率を得ることができる点で有利と考えた。しかしながら固定床反応器を採用する場合、触媒は長寿命でなければならないし温度制御が難しい問題もある。当社ではこれら問題を解決すべく開発に取り組んだ。

触媒開発

当社では、RuO₂系の触媒が従来の触媒よりもはるかに高い活性を有していること、またTiO₂に担持することにより特異的に活性が向上することを見いだした。さらに、ルチル型のTiO₂担体を用いることにより、低温でも工業的に必要な十分な反応速度が得られる高活性触媒の開発に成功した^{4)~7)}。

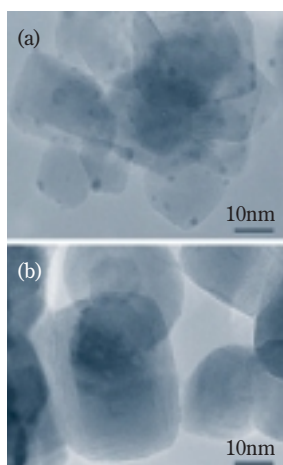
このRuO₂/TiO₂触媒について、精査にキャラクター化を行った結果および触媒の長寿命化や熱伝導性改良による工業触媒の開発について以下に紹介する。

1. RuO₂/TiO₂触媒のキャラクター化

①RuO₂の観察

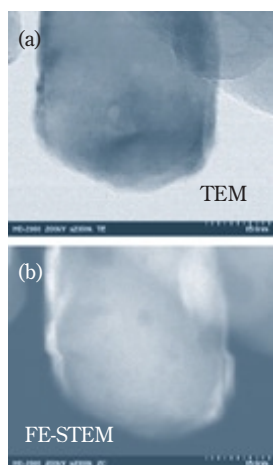
アナターゼ型およびルチル型TiO₂を用いて、同一の調製法で調製したRuO₂/TiO₂触媒のTEM観察像をFig.2に示す。アナターゼ型TiO₂にRuO₂を担持した触媒は、RuO₂粒子がTiO₂上に観察される一般的な担持状態であるのに対し(Fig.2(a))、ルチル型TiO₂にRuO₂を担持した触媒では、RuO₂粒子が観測できないことが分かる(Fig.2(b))。

そこで、ルチルTiO₂上のRuO₂の担持状態を確認するために、電界放射型走査透過電子顕微鏡(FE-STEM)を用いてRuO₂/ルチルTiO₂触媒の表面をFig.3の通り観察した。その結果、TEM観察像(Fig.3(a))ではRuO₂が観察されないのに対し、同一視野内のFE-STEMによるZコントラスト像(Fig.3(b))では、TiO₂一次粒子上にナノオーダーの薄層状RuO₂が形成されていることが分かった。



(a) TEM of RuO₂/anatase TiO₂ catalyst
(b) TEM of RuO₂/rutile TiO₂ catalyst

Fig. 2



(a) TEM of RuO₂/rutile TiO₂ catalyst
(b) FE-STEM of RuO₂/rutile TiO₂ catalyst

Fig. 3

②RuO₂粒子の解析

触媒のナノオーダーの粒子構造を決定する手法として広域X線吸収微細構造法(EXAFS)を用いた担持金属の粒径解析がしばしば行われてきている^{8)~9)}。本触媒においても薄層状に担持されているRuO₂の微細な構造を確認するために、EXAFSスペクトルを測定し、RuO₂の粒子構造を推定した。

Fig.4に示す通り、RuO₂結晶はルチル構造をとり、バルクの場合Ru原子の周囲にはc軸方向に最近接Ru原子が2個(R=3.1071Å, Ru-Ru1とする)、次近接Ru原子が8個(R=3.5406Å, Ru-Ru2とする)およびOが6個(R=1.9471Åに2個、1.9843Åに4個、Ru-Oとする)存在する。本触媒のEXAFSフーリエ変換スペクトルをFig.5に示すが、Ru-Ru1, Ru-Ru2にそれぞれ強度の弱いピークが観測され、RuO₂は微粒子で担持されていることが示唆される。

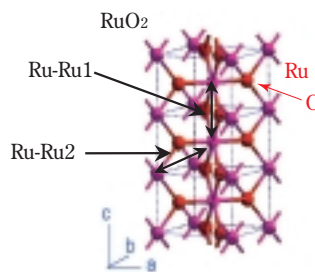


Fig. 4 Rutile structure of RuO₂

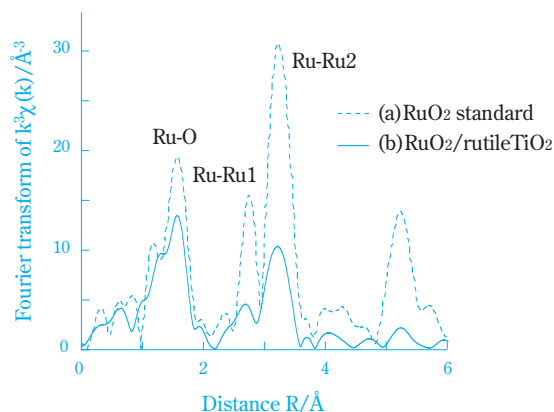


Fig. 5 Fourier transforms of Ru K-edge EXAFS (extended x-ray absorption fine structure) oscillation ($k^3\chi(k)$). (a) RuO₂ standard and (b) RuO₂/rutile TiO₂ catalyst.

このEXAFS振動を解析して、Ru-Ru1, Ru-Ru2それぞれの配位数を求めた。さらに、RuO₂粒子のa, b軸を縦横、c軸を高さとする直方体に近似してシミュレーションを行い、得られた配位数の組み合わせから、Table 1に示す通りRuO₂粒子径を0.9nm × 0.3nmと算出した。

Table 1 Calculated RuO₂ Particle Size of RuO₂/rutile TiO₂ catalyst

Catalyst	Coordination Number		Particle Size (nm)	
	Ru-Ru1	Ru-Ru2	a,b-axis	c-axis
RuO ₂ /TiO ₂ (R)	0.54	2.81	0.9	0.3

③ RuO₂/ルチルTiO₂ 触媒の構造

FE-STEM による薄層状 RuO₂ 観察像と EXAFS による超微粒子 RuO₂ 解析結果から、RuO₂/ルチルTiO₂ 触媒は Fig.6 に示すように TiO₂ 一次粒子表面上を 0.9nm × 0.3nm 程度の超微粒子 RuO₂ が薄層状に覆っている構造であると推定した。TEM 像において RuO₂ が観察できない理由は、RuO₂ が薄層状に担持されており、その上、Table 2 に示す通り RuO₂ と TiO₂ が共に格子定数の酷似したルチル構造でありコントラストがつかないためと推定される。

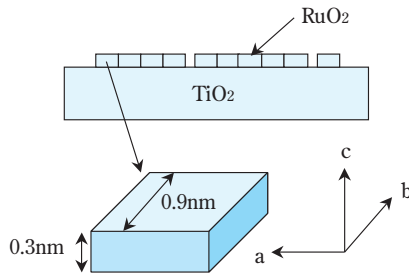


Fig. 6 Model of RuO₂/rutile TiO₂ catalyst surface

Table 2 Lattice constant of Rutile structure of TiO₂ and RuO₂

Compounds	Lattice constant (nm)	
	a,b-axis	c-axis
TiO ₂ (Rutile)	0.46	0.30
RuO ₂ (Rutile)	0.45	0.31

2. 工業触媒の開発

① 熱伝導性に優れた固定床触媒の開発

塩酸酸化反応は発熱反応であり、しかも通常の有機化合物の空気酸化とは違い純塩化水素と純酸素とを希釈なしで反応させる場合は、固定床反応方式によって発熱速度を上回る除熱能力を確保することは困難であるとされており、これまで工業化された例はなかった¹⁰⁾。

当社では、担体に改良を加えることにより、熱伝導性に優れた触媒の開発に成功した。Table 3 のデータは、円筒法による熱伝導率の測定法に沿って触媒の熱伝導度を相対的に比較したものである。

Table 3 Heat conduction of catalyst

Catalyst	Heat conduction (W/m-K)
Normal type	0.13
Improved type	0.21

この良熱伝導触媒を用いることにより、工業的な使用条件下でも、触媒層のホットスポットを抑制して、触媒層全体を有効に使うことが可能になり、塩酸酸化としては初めて固定床の工業化に成功した。

② 長寿命触媒の開発

RuO₂ のシタリングは触媒の活性劣化と相関があると考えられるため、使用後触媒の FE-STEM 観察を行い、RuO₂ の状態を調べた。Fig.7 の Z コントラスト像では薄層状の RuO₂ 粒子の層高がシタリングにより増加し、担体 TiO₂ 表面が露出していることが確認できる。

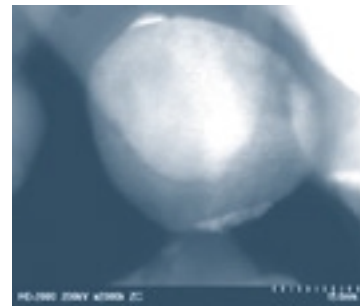


Fig. 7 FE-STEM of RuO₂/rutile TiO₂ catalyst after reaction

当社では、担体の表面状態を制御する前処理技術により、RuO₂ のシタリングを抑制することができるを見出した。Table 4 に同一反応条件で使用した触媒の EXAFS による a, b 軸、c 軸方向の粒径解析結果を示す。この前処理技術により、特に RuO₂ 結晶の a, b 軸のシタリングを大幅に抑制することができ、工業触媒として重要な長寿命化が達成された。

Table 4 Calculated RuO₂ Particle Size of RuO₂/pretreated rutile TiO₂ catalyst

Catalyst	Pretreatment of TiO ₂ surface	After reaction			
		Coordination Number		Particle Size (nm)	
		Ru-Ru1	Ru-Ru2	a,b-axis	c-axis
RuO ₂ /TiO ₂	Treated	1.83	6.67	3.3	3.5
	Non-treated	1.48	6.82	17.3	1.1

プロセス開発

1. プロセスの概要

当社技術の特長は、高活性かつ長寿命の触媒を用いたコンパクトな固定床反応器により、高収率で食塩電解塩素を上回る高純度な塩素を安価に得られることである。

プロセスはFig.8 に示す各工程より構成される¹¹⁾。

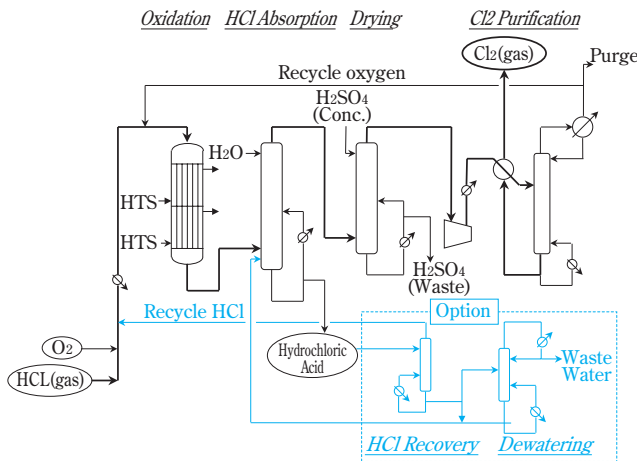


Fig. 8 HCl oxidation process flowsheet

① 酸化反応工程

塩化水素と酸素を固定床反応器にフィードし、RuO₂触媒により気相反応させ塩素と水を得る。管内で発生する反応熱はシェル側に流通するHTS (Heat Transfer Salt) によって除去し、反応温度を目標値に保つ。除去した熱でスチームを発生し有効利用する。

② HCl 吸収工程

反応ガスを急冷し、未反応塩化水素を生成水と共に塩酸として塔底から分離する。

得られた塩酸は前段の反応が低温で行われるため触媒成分の揮散によるコンタミがなく、副生物としての製品化が容易である。

またここで分離した塩酸から加圧下で塩化水素を放散させ、反応にリサイクルすると原料塩化水素あたりの塩素の収率を高めることができる。また更に塩素の収率を上げたい場合は、放散塔缶液を真空下で蒸留すると塔頂から水だけを抜くことができ、缶液をプロセスに戻すことで原料塩化水素のほぼ全量を塩素として回収することも可能である¹²⁾。一方、塔頂から得られる塩素および酸素を主成分とするガスは次の乾燥工程に送られる。

③ 乾燥工程

HCl 吸収塔からのガス中の水分を濃硫酸との接触に

より除去する。塔底からは含水硫酸が得られる。

④ 塩素精製工程

乾燥工程からのガスを圧縮、冷却し、ガス中の塩素を凝縮させ分離する。この際溶解する不純物を放散除去して塩素純度を高める。酸素を主成分とする未凝縮ガスは不純物の蓄積を避けるため一部をパーージし、残りは全て反応にリサイクルされる。

2. 固定床反応技術の確立

従来塩化水素の気相接触酸化を純酸素で行うのは温度制御が難しいとされ、工業化プロセスでは流動床が採用されてきた¹³⁾。これに対し、われわれは良熱伝導性と高活性を併せ持つ触媒の特長を生かし、固定床によるシンプルで競争力のあるプロセスの確立を

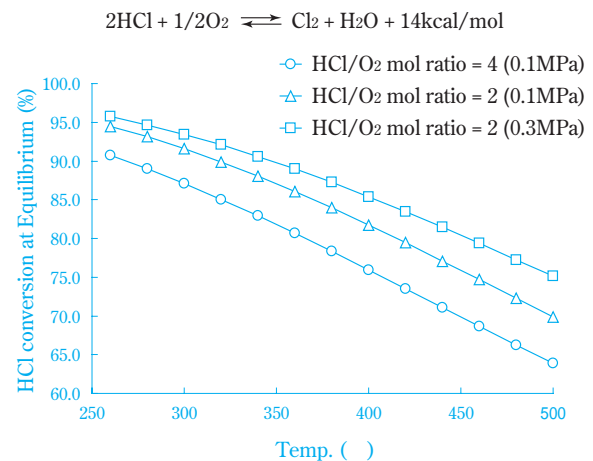


Fig. 9 HCl oxidation chemical equilibrium

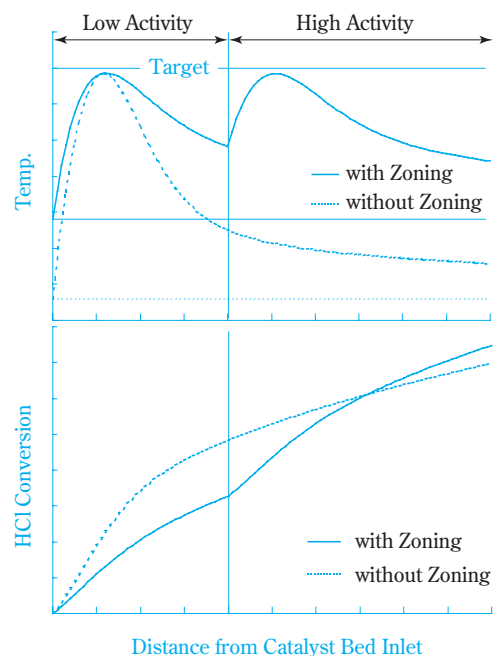


Fig. 10 Effect of catalyst bed zoning

目指して開発に取り組んだ。

まず、ラボで反応速度データを取得し、合理的と思われる空間速度や反応管径などの条件を絞り込んだ。

次に単管での長時間ベンチテストを実施した。本反応は発熱反応で、化学平衡上はFig.9¹⁴⁾のように低温の方が転化率を上げる上で有利である。低温下で反応を高転化率まで進行させるには活性の高い触媒が必要だが、一方反応速度の大きい低転化率域ではホットスポットを生じやすい。そこで反応進行による速度低下に合わせ後半部に前半部より活性の高い触媒を充填し、Fig.10のように触媒層全体を有効に使えるようにした。反応を継続したところ、時間と共に触

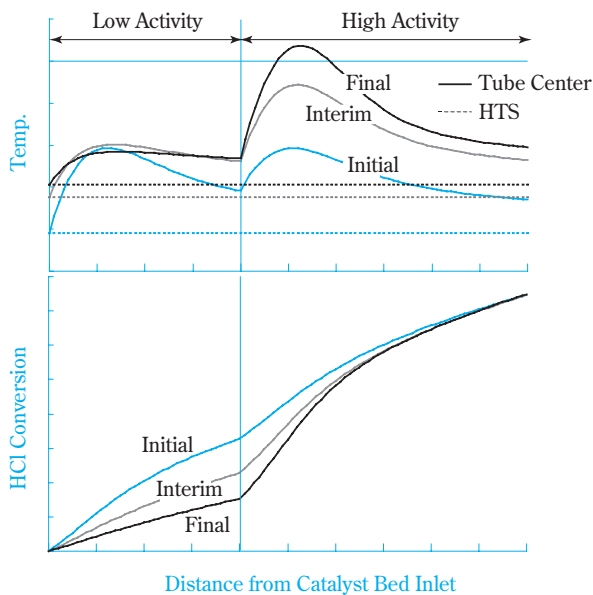


Fig. 11 Catalyst deactivation with time

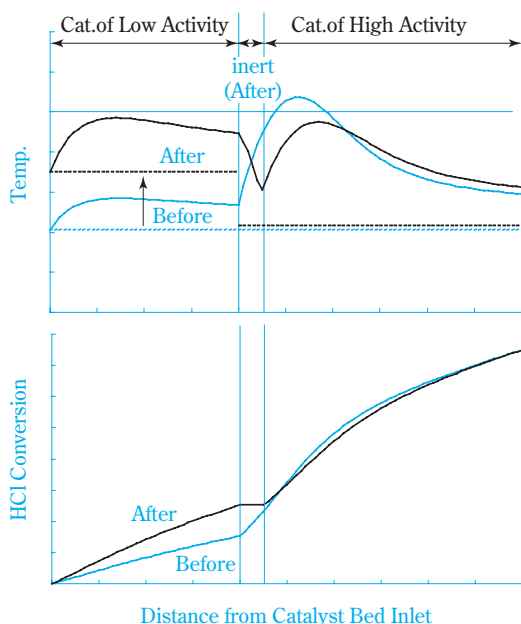


Fig. 12 Effects by reactor split

媒活性が緩やかに低下したので、転化率を保つよう管を浸漬したHTSの温度を徐々に上げていった。しかしある時間が経過するとFig.11のように前半/後半の反応量にアンバランスが生じてきた。これは各触媒の活性低下の度合いに差が生じたためで、同一浴温下でこの解消は難しいことがわかった。そこで反応器を分割し、前半/後半の浴温を独立に変えられるようにしたところ、Fig.12のように反応量のバランスを保って長時間運転を継続できるようになった。このように反応を多段化することで固定床反応実用化の目的を得た¹⁵⁾。

3. シミュレーションモデルの開発と整備

本プロセスの開発においては、研究段階からプラント建設に至る各段階で各種のシミュレーションを活用して検討の迅速化を図った。

例えば反応器については、Fig.13のようにラボで得た反応速度、触媒劣化等の基礎データから固定床内温度分布や触媒寿命予測のためのモデルを構築し、ベンチ、パイロットでの実験結果との比較検証によりブラッシュアップしていった。また実機設計においては、これに除熱シェル側のHTSの流れ解析も組み合わせ合わせて最適化を行っている。

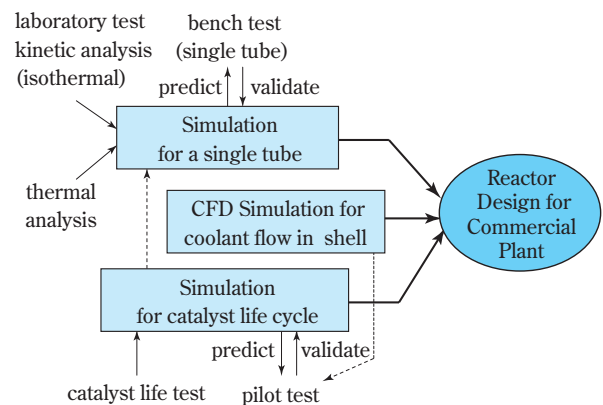


Fig. 13 Approach for optimal reactor design

装置材料

本プロセスでは塩酸、塩化水素ガス、塩素ガス、液体塩素、硫酸などの腐食性の大きな流体を取り扱うため、装置を構成する工業材料にとって極めて過酷な腐食環境となる。したがって、このプロセスの工業化および長期安定運転の実現には適切な材料の選定が重要なポイントとなる。本プロセスでは工程ごとに組成、状態、温度条件などが異なって腐食特性も大きく変化するため、さまざまな材料を使い分けている。以下に使用材料の要点や使用上の注意点を紹介する。

① 酸化反応工程

この工程では、SUS316L、SUS310Sのステンレス鋼は、高温環境における全面腐食や開放時のウェットな環境における局部腐食の発生が問題となる。本プロセスでは高温の塩化水素ガスや塩素ガスに対して最も優れた耐食材料であるニッケルを用いることにした。

② HCl 吸収工程

吸収塔内は塩素を含んだ塩酸環境のため、強酸性でかつ強酸環境となり、非常に厳しい腐食環境となる。金属で優れた耐食性を示す材料としてはタンタルが考えられるが、非常に高価な材料のため、フッ素樹脂ライニング材が経済的である。しかし、フッ素樹脂の場合、ガスの透過による缶体の腐食が問題となるが、Fig.14に示すような二重ライニングを採用して内側のライニングを透過したガスは強制的に系外に排出し、外側のライニングによって透過したガスと缶体の炭素鋼との接触を防ぎ防食する方法を開発した¹⁶⁾。

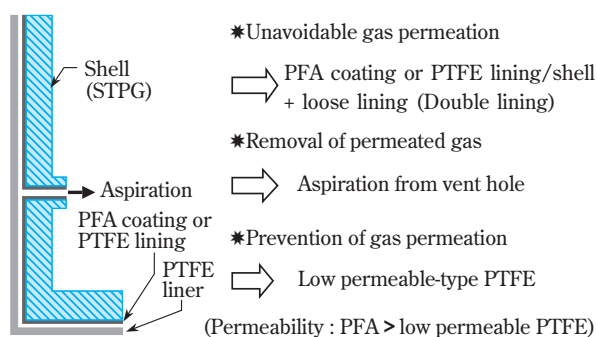


Fig. 14 Fluoro-resin lining considering permeation

③ 乾燥工程

濃硫酸を用いて水分含みの塩素より水分を除去する工程で、通常、食塩電解工場の塩素乾燥塔の材料としてはポリ塩化ビニル (PVC) のライニング材が使用されることが多いが、操作圧力が比較的高いことや大型機器製作の問題などからPVCの使用に問題がある。ここでは、フッ素樹脂ライニング材や Hastelloy などのNi 基合金を適材として用いることができる¹⁷⁾。

触媒性能とプロセス全体の検証

ベンチテストで固定床反応器実用化の目途を得たので、引き続き当社が保有する長年の塩酸・塩素製造技術の知見をもとに、精製工程も含む塩素生産能力1,000t/yの実証パイロット設備を建設し、未反応塩素のリサイクルなども含めた実証運転を行った。この設備の外観をFig.15に示す。



Fig. 15 The HCl oxidation demonstration plant (Plant capacity : 1000t/y)

実証パイロットテストでは、Fig.16のように一つの反応器のシェル側を仕切り板で複数のゾーンに区切り独立に温度調節する方式¹⁵⁾を採用した。反応以外の工程でいくつかの問題に遭遇したが、いずれも科学的に原因を追求し解決することができた。2年間の連続運転を通じて目標の触媒寿命を達成でき、材料の耐食性・耐久性、運転操作性も問題ないことを確認した。またスタート、ストップ方法等についても数多くの知見を得た。本テストで得られた塩素の品質は、Table 5の通り食塩電解塩素よりも高純度であった。

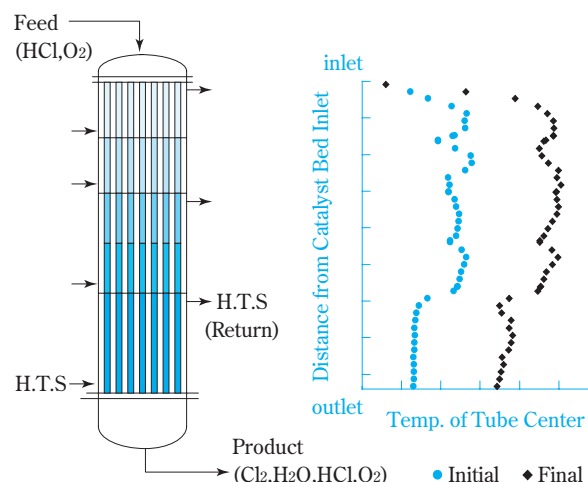


Fig. 16 Temperature profile in the demonstration reactor

Table 5 Comparison of the quality of chlorine obtained by HCl oxidation and by electrolysis of sodium chloride

Component	HCl oxidation(%)	Electrolysis(%)
Cl ₂	99.9	99.1
O ₂	0.08	0.6
N ₂	0.01	0.2
H ₂	N.D.	0.1

経済性

当社が開発したプロセスは技術面だけでなく経済性面においても優れている。その理由は、触媒活性が高く且つ長寿命のため触媒コストが安いこと、未反応塩酸の回収を行えば塩素をほぼ完全に回収可能であること、電解法と比較して電力原単位が数分の一で済むこと、反応器のみならず各機器がコンパクトに設計されており機器費が安いこと、などによるものである。Table 6 に当社法（収率99%）と電解法（収率99%以上）との原単位を比較した。電解法にはガス拡散電極を使用して電力コストを抑えたBayer-DeNora法¹⁸⁾を選んだが、それでも電力原単位には大きな差があり、立地条件にもよるが当社法は数十%も低コストな塩素を供給することができると考えられ、非常に競争力が高いプロセスであるといえる。

Table 6 Comparison of unit consumption between Sumitomo HCl oxidation method and Bayer-DeNora electrolysis method

Unit consumption (Units/T-Chlorine)	Sumitomo	Bayer-DeNora
HCl (Ton)	1.05	1.03
O ₂ (Nm ³)	163	159
Power (kwh)	165	1100

おわりに

触媒を用いて塩化水素から塩素を製造する技術は古くから取り組まれてきたが、工業化にはさまざまな問題があり、本格的な大型商業プラントの稼動には至っていなかった。今回、当社は優れた特性を持つ触媒の開発をベースに塩酸酸化プロセスの開発と

工業化に成功し、商業プラントも順調に稼動している¹⁾。

今後とも技術のブラッシュアップを図ってさらに優れたプロセスとして競争力を強化し、積極的にライセンス業務にも対応してより多くの商業プラントの建設に結び付け、世界に貢献していきたいと考えている。

引用文献

- 1) 日刊工業新聞, 2002/1/8
- 2) 戸塚 安昭, 四海 潔, 渡辺 哲夫, 化学装置 (1989/3)
- 3) ソーダハンドブック, 日本ソーダ工業会 (1998)
- 4) 住友化学, 特許第3284879号
- 5) 住友化学, 特開平10-194705
- 6) 住友化学, 特開2000-281314
- 7) 住友化学, 特開2002-79093
- 8) J. de Graff, J. of Catal.(2001) 203, 307 - 321
- 9) B. S. Clausena, Catal. Today(1994) 21, 49 - 55
- 10) 清浦 忠光, 吉田 研治, 西田 弘, 触媒, vol.33, No.1, 1991
- 11) 住友化学, 特開2000-272906
- 12) 住友化学, 特開2001-139305
- 13) Y. Tozuka, Science and Technology in Catalysis 1994(1995) p.44
- 14) C. W. Arnold, Kenneth A.Kobe : Chemical Engineering Progress vol.48 No.6 (1952)
- 15) 住友化学, 特開2000-272907
- 16) 住友化学, 日本バルカー : 特開2003-6359
- 17) 住友化学, 特願2003-005393
- 18) F. Gestermanm and A. Ottaviani, Modern Chlor-Alkali Technology (2001) 8, 49 - 56



岩永 清司
Kiyoshi IWANAGA
住友化学工業株式会社
石油化学品研究所
主席研究員



鈴木 哲也
Tetsuya SUZUTA
住友化学工業株式会社
生産技術センター
主席研究員



関 航平
Kouhei SEKI
住友化学工業株式会社
石油化学品研究所



中田 幹俊
Mikitoshi NAKADA
住友化学工業株式会社
生産技術センター
主任研究員



日比 卓男
Takuo HIBI
住友化学工業株式会社
石油化学品研究所
主席研究員



森 康彦
Yasuhiko MORI
住友化学工業株式会社
生産技術センター
主任研究員 博士(工学)



磯尾 公太郎
Kohtaro ISSOU
住友化学工業株式会社
筑波研究所



阿部 忠
Tadashi ABE
住友ケミカルエンジニアリング株式会社
プラントグループ
マネージャー

