無水フッ酸の製造法と

製造装置*

本田尚士**

はじめに

フッ素化合物は古くから螢石、氷晶石を始めとする無機化合物として、冶金工業やケイ酸塩工業に利用されていた。しかしながら今日のようにフッ素化学が重要視されるようになったのは、第二次世界大戦において原子爆弾製造のために大量の六フッ化ウランを処理して濃縮ウランを得る必要が生じ、これらの耐食材料として大量のフッ素樹脂を必要としたことに始まる。このようにして、現在有機フッ素化合物と称される一連の化合物が誘導されるようになり、その特殊な耐食性と、フッ素あるいはフッ酸の激しい反応性がつぎつぎに新しい分野を開拓していった。これらの有機フッ素化合物の発達とともに、フッ素化学の重要性を大にしているもう一方の担い手はアルミニウム工業であろう。昨年末から今年にかけての構造的な不況の一環として、現在でこそ増産のテンポが鈍っているがここ数年のアルミニウム需要の増大の速度は驚異に値するものがあつた。そしてその生産の体質にフッ素化合物を廃棄物として生ずるという弱点を有してはいるが、必ず数年を経ずして再び需要増大により生産を増加しなければならない事態に至るものと思われる。このアルミの電解製錬に当っては、フッ化アルミもしくは氷晶石の形でフッ素化合物を融剤として使用するもので、この使用の内訳は必ずしも一定していないが通常は氷晶石のほうが若干多く、フッ化アルミと氷晶石を合計してアルミニウム 1t の製造に 100 kg 近くを必要とするのが普通である。これらのフッ化アルミおよび氷晶石はそのほとんどがフッ酸を原料として製造されている。アルミニウムの国内における需要が数年をまたいで 200 万 t に到達するであろうと予想されていること

を考えると、この用途に消費されるフッ酸の量もきわめて大量であると考えねばならない。

さらに化学工業の体質の改善のために付加価値が高く、産業廃棄物の量の少ないファインケミカル分野が注目されている。この分野においてその激しい反応性と、特殊な性質は、フッ素もしくは無水フッ酸の使用を、きわめて興味あるものとしている原因である。

このようなフッ素化学の分野において、筆者は数年来螢石から無水フッ酸を製造するプロセスについて、装置設計ならびに製造技術の改善に従事してきた。これらの業務は、プロセスの特殊性と材質の耐食性の点から開発の遅れていたプロセスであり、スイスのプス社のプロセスを除いては、確立されたプロセスは存在していない。さらにフッ化水素、ケイフッ酸などの危険なガスの漏洩の問題があるため、各社とも経験的に得た製造技術をノウハウとしてさまざまな生産方式を行なっている。

本稿ではこれらのフッ素化学において、フッ酸がどのような用途に使用されているのか、フッ酸はどのようにして作られているのか、フッ酸の製造装置は大略どのようなものを用いているのかについて、筆者の経験とプス社のプロセスとを中心にして述べてみることにする。

1. フッ酸の主なる用途

1) フッ化アルミおよび氷晶石

アルミナを電解してアルミニウムを得る際の融剤としてきわめて重要な役割を果たすものである。通常行なわれている Söderberg 式のタテ型の電解炉にあっては、氷晶石にアルミナを溶かした約 1,000°C の浴を用いて、これに炭素陽極を挿入しながら電解していく。これにフッ化アルミを加えることにより、氷晶石-アルミナ系の状態図を適当な状態に保持する。

* 昭和 46 年 10 月 22 日受理

** Naoshi Honda (正会員) 本田化工設計事務所

氷晶石およびフッ化アルミのアルミニウム原単位に占める割合はその製錬法により種々あるが、通常はアルミニウム 1t の生産に対し、アルミナ 2t 前後、氷晶石およびフッ化アルミを加えたもの 50~80 kg 電力 20,000 kWh 程度である。これらのフッ素化合物は電解により消費されていくので、電解においてはこれらを飛散せしめることなく捕集することがきわめて重要なこととなる。

たとえば年間 100 万 t のアルミニウムを生産するためには、70~80 万 t のフッ化アルミまたは氷晶石を必要とするので、これらの中のフッ素分は 50~60% として 40 万 t 前後になり、捕集されない場合にはこれらが環境汚染の原因を作る恐れがあるからである。

フッ化アルミは水酸化アルミとフッ化水素水溶液とを反応させ、結晶を焙焼して得ているが、高温気相中で水酸化アルミと無水フッ酸の蒸気とを直接接触させて得る方法も知られている。また氷晶石は天然産のものも若干は存在するが、わが国においてはそのほとんどが合成品であり、螢石から作ったフッ化水素酸に水酸化アルミを加え、これに炭酸ソーダもしくは苛性ソーダを加えて結晶を取出している。

これらはアルミニウムの生産量の増加に伴い増加するであろうが、最近ではメキシコにおける合弁事業の計画もあるようで、輸送コストや環境条件などを考えるとなおいに検討を必要とするものと考えられる。

2) 有機フッ素化合物製造用

フロンを始めとする有機フッ素化合物およびこれらの重合物は、その化学的な安定性その他のきわめて優れた性質により、非常に多岐な用途が開発されている。テフロン、フッ化ビニリデンなどは合成樹脂工業の分野ですでに用途も確立されているが、これらの他にも非常に種類の有機フッ素化合物が開発されて、特徴のある性質により注目を集めている。最近その超潤滑性能から注目されているフッ化炭素はこれは有機フッ素化合物といえないかも知れないが、将来非常におもしろい用途が開けるものと考えられる。これらは付加価値の高い化合物を作り出す可能性が高く、その一分野として考えられるものとしても、無水フッ酸を合成化学用の溶剤として使用し、フッ素を有機化合物中に導入したり、糖や関連化合物の重合反応を起こしたり、有機金属化合物と反応してシラン置換体を得るなどの興味ある反応が知られている。またタンパク質のよい溶剤であり、このため生化学反応や将来のタンパク質合成における溶剤、保護基脱離剤として重要な役割を果たすことが考えられる。

3) 原子力工業用

原子力工業はフッ素化合物との関係なしには考えられない。

ウラン精製の過程において四フッ化ウランの形を経て

金属ウランを製造したり、 U_{235} に富んだ濃縮ウランを製造する場合に六フッ化ウランの形にして、隔膜法もしくは遠心分離法により製造していることはよく知られている。しかしながらこれらの工程が実用化されるためには、激しい腐食に耐え得る材質によりこれらの装置を構成する必要があり、このような要求に合致する材料としてのフッ素樹脂の開発があって始めてこれらが工業的な規模で行なわれるようになったことを忘れてはならない。現在わが国ではこれらの処理はほとんど行なわれていないが、将来はどうしても考えなければならない分野である。しかもこの点が、フッ酸製造原料である螢石を戦略物質として取扱ひ世界的に流通を困難にしている一つの原因でもあるのでこのような原子力工業とフッ酸工業との関係は十分に考えて置かねばなるまい。

4) 鉄鋼酸洗用

ステンレス鋼などの圧延後の酸洗いの工程にフッ酸を含む混酸を使用して、高能率な作業を進めることが行なわれている。鉄鋼酸洗いの発達史はまず安価な硫酸の使用から始められたが、装置構成材料の進歩や回収法の発達に伴い、より高価ではあるが反応性に富んだ塩酸の使用が始められるようになった。これらの方向から考えても、将来はさらにフッ酸の使用が増大しこれらの生産性の向上に寄与することになるであろう。

5) その他

半導体製造原料の精製用としてきわめて高純度のフッ化水素酸が要求されたり、歯の保護のために歯磨き粉に混入したり水道水中に含ませることも各地で行なわれている。特に水道水中に混入させるフッ素化合物は、いかに低濃度であっても全量が基大なものであるだけに、その効果と無害さの確認が行なわれれば、一つの大きなフッ素化合物使用の分野となるものと考えられる。また特殊な化合物として、フッ化稀土類とか、フッ化硼素なども限られた分野では重要な化合物となっている。

2. フッ酸の製造

1) フッ酸製造原料

フッ酸製造の原料として重要なものは螢石と硫酸である。

硫酸については今ここであらためて述べる必要もないので省略する。

螢石の主成分はフッ化カルシウムであり、わが国ではその大部分を輸入に依存しているが、特にフッ酸の製造原料となる化学用螢石についてはその全量が輸入によりまかなわれている。化学用の螢石は SiO_2 の含有をきわめて低くおさえなければ、フッ酸生成反応におけるケイフッ酸の生成によりフッ酸収率を低下させるので、この点に品質選定の問題点がある。もちろん採掘により得ら

れる螢石である以上 SiO_2 の混入は避けられないので、通常は浮遊選鉱その他の手段により精製されたものを化学用品質の螢石として使用している。わが国において使用されている螢石のうち主要なものはむしろ製鉄製鋼用の融剤としての螢石であるが、これらはそれほど品質的にむずかしい制限はないようである。

世界における螢石の主たる産出国はアメリカ、メキシコ、南阿連邦、イタリア、スペイン、中国、韓国、タイなどである。

螢石の他にフッ素の資源となるものに、燐鉱石中に含まれているフッ素化合物が考えられる。燐酸肥料製造の際にこれらのフッ素化合物が四フッ化ケイ素の形で気化飛散するので、これらをケイフッ化ソーダなどの形で捕集している。ケイフッ化ソーダもしくはケイフッ酸の形からフッ酸を製造することはそれほど簡単ではないが、螢石資源の大部分を輸入に依存しているわが国としては、その他の窯炉からの排出フッ素化合物利用とともに、環境汚染防止の問題と併せて解決すべき問題である。このような観点からすると鉄鋼業において使用されている螢石が、どのような経路で消滅しているのかについて筆者はつまびらかではないが、もし高炉から空中に飛散しているものとする、この捕集および再利用についての検討を進めることは緊急に必要なことではなかろうか。

2) フッ酸の製法とその問題点

フッ酸は螢石と硫酸により製造されるがその反応は次式により行なわれる。

これは吸熱反応であるから、加熱により反応が進行する。従来から上記の反応はつぎのような段階を経て進行するものと考えられている。

原料の夾雑物である SiO_2 および CaCO_3 はつぎの副反応によりフッ酸の収率を低下させる原因となり、あるいは水分発生による装置腐食の原因となる。

このようにして発生した HF ガスを凝縮器で凝縮して粗無水フッ酸を得る場合と、これを吸収塔に導いて水溶液としてから蒸留して無水フッ酸を得る場合との双方が行なわれており、前者を凝縮法、後者を吸収法という。無水フッ酸は沸点が 19.5°C であり、凝縮法においてはこれより低温の 10°C 以下程度の冷却水が必要になる。また吸収法においては吸収熱が非常に大きいので、吸収液の温度上昇を抑えるためにやはり大量の冷却水が必要とする。

このような方法でフッ酸を製造する場合の問題点は何であろうか。まず最大の問題となる点は装置の腐食である。フッ酸の特徴はその激しい反応性にあり、特に SiO_2 を溶解するために、グラスライニングが使用できないことは他の腐食性物質の反応と異なり、装置の材質の選択を非常に困難とするものである。そしてこの装置の腐食は鉄などの金属材料に対して特に 60% 前後の水溶液においてはなほだしい。このために前述したような反応に伴う水分の発生や、原料螢石中の湿分、硫酸中の水分などが反応系中に入り込んでくることをできるだけ少なくすることが望ましい。このような観点から前述した吸収法と凝縮法とを比較すると、吸収法は格段にその装置構成材料の選択が困難になってくる。さらに凝縮法にしる吸収法にしるその冷却のために非常に多くのエネルギーの除去を必要としているが、このエネルギーコストの観点からも凝縮法のほうが優れているといえる。さらにもう一つの大きな問題はフッ酸は 112.4°C で 38.27 wt % のフッ酸水溶液で共沸することである。このため通常の蒸留操作では、これ以下の濃度のフッ酸はこの共沸点までしか濃度を高めることはできない。またこれより高濃度のフッ酸を蒸留しても缶出液濃度をこの濃度以下にできないので、無水フッ酸の収量は混入した水が多ければ多いほど低下する。このようにフッ酸に水を混入すると種々の工程上の困難さを生むことになるので、できる限り避くべきであり、この点からも凝縮法が優れている。

この凝縮法において発煙硫酸を 98% 硫酸とあわせて使用することにより、反応から入り込む水分をも含めて系全体の硫酸を 100% 硫酸となるようにして反応させるようにしたのがブス社プロセスの考え方である。

3) ブス社プロセスの特徴

ブス社プロセスの大きな特徴は、予備反応器としてのコニーダーの使用、発生ガスの清浄化装置として硫酸洗浄塔、および系の水分収支を零とする方向での発煙硫酸の使用である。まず発煙硫酸の使用とガスの浄化装置について考えてみる。

硫酸は非常に優れた吸収剤である。ブスのプロセスはこの性質を上手に利用して、ロータリーキルン中で加熱しながら螢石と硫酸が反応して発生したガスを吸収塔においてまず硫酸と接触させている。これには系に新たに加えるべき 98% 硫酸を使用し、キルンより発生したフッ酸ガス中のダスト、硫酸ミストおよび反応その他から混入した湿分を吸収分離している。このようにして吸収塔で粗フッ酸ガスと接触した 98% 硫酸は以上のような不純分は捕集するが、以後の工程のじゃまになるようなフッ酸ガス中への SO_3 ガスの発生はほとんどない。またこの場合に硫酸中に若干のフッ酸が溶け込むことになるが、これはつぎの工程で再び螢石と接触してフッ酸ガスとなるので、単に循環しているのみであり、収率の低下

図1 蛍石中のF基準の物質収支図

表1 蛍石の品質

CaF ₂	97%	以上
SiO ₂	1%	以下
CaCO ₃	1%	以下
H ₂ O	0.1%	以下
有機物	0.01%	以下
硫化物(硫黄換算)	0.02%	以下

表2 無水フッ酸の原単位
(1,000 kg 当り)

蛍石 (97% CaF ₂)	2,200~2,300 kg
硫酸 (100% H ₂ SO ₄ 換算)	2,600~2,700 kg
工業用水 (32°C)	30~35 m ³
冷却水 (32°C)	30~35 m ³
蒸気 (4 kg/cm ² ・G)	450~500 kg
燃料油 (C 重油)	220~250 l
電力 (冷凍機を除く)	200~250 kWh
冷凍能力 (冷水量 400~450 m ³)	700,000~750,000 kcal

表3 無水フッ酸の品質

HF	99.9%	以上
H ₂ SO ₄	0.02%	以下
H ₂ O	0.04%	以下
H ₂ SiF ₆	0.03%	以下
SO ₂	0.02%	以下

にはならない。このようにして水分、ダスト、硫酸ミスト、若干のフッ酸を溶解した98%硫酸に発煙硫酸を加えて、100%硫酸となるように濃度調整を行なった後、予備反応器中に供給して蛍石と混合して加熱を行なうので、予備反応器とそれに接続しているロータリーキルン中の湿分はSiO₂、CaCO₃などと反応して生じた水分お

よび原料蛍石に含有していた水分に限られ、耐食の問題を考える上からは非常に楽になってくる。このように98%硫酸による洗浄と発煙硫酸の使用を上手に組み合わせ、発生ガスを精製浄化していることは、ブスプロセスの大きな特徴である。予備反応器の詳細な構造については装置の項で後述するが、この考え方の大要を述べる。ロータリーキルンに入る前にフッ硫酸の混酸の状態で蛍石と混練を行なうことは、材質的にはきわめて苛酷な条件である。しかしながらこの部分にその困難さの大部分を負担させて、小さな予備反応器で十分に混合混練を行ない、その後のロータリーキルンの腐食を少なくしようと考えているもので、このため大きな構造のロータリーキルンは非常に耐久期間が延長される。もちろん予備反応器はきわめて特殊な材質で構成されており、そのライナー部分の交換はときどき必要となるので、この点はできるだけ簡単に行なえるように工夫されている。このような点と機器のシール特性の優秀さがブスプロセスの大きな特徴である。

4) 原料の品質と物質収支の概要

蛍石は化学工業グレードとして浮遊選鉱処理を施したものを使用するが、その一例をあげると表1のようである。もちろんSiO₂の含有が増加すると収率の低下の原因となるから、この点は原料選択上の絶対に考慮しなければならない条件である。湿鉱として購入される場合には乾燥を行なわなければならないが、この水分残留量は発煙硫酸の使用比率の増大や、装置腐食の問題と関係があるので十分に考慮しなければならない。また鉱石には有機浮選剤が付着して疎水性となっているので、これが以後の硫酸との接触において濡れを阻害し反応の進行に悪影響を及ぼす場合もあるので、これの被膜破壊のための乾燥温度の選定は重大な問題である。

硫酸は通常98%硫酸が使用される。発煙硫酸は22~23%のものが使用されるのが普通である。無水フッ酸1tを製造するに当たっての原材料およびユーティリティの概要を示すと表2のようである。なお100%硫酸に換算した全消費量の1/3は発煙硫酸の形で使用するとプロセス中の水分をほとんど零の状態に運転することができる。蛍石中のフッ素分に着目した収支の一例を示すと図1のようである。なお得られる無水フッ酸の品質は工程その他により変化するが、その一例を表3に示した。

5) フローシートの概要

プロセスのフローシートを示すと図2のようである。原料が湿鉱として搬入された場合には、乾燥機により乾燥され、計量器により計量されて硫酸とともに予備反応器に供給される。予備反応器は加熱、混合、ガス抜きができるような構造であり、最も腐食の激しい部分であるので特殊な耐食材料により構成されたブス社のコーダーを使用する場合が多い。予備反応器で十分に混合加熱

図2 無水フッ酸製造フローシート

が行なわれ反応が進行していると、この反応器からは粒状の状態でロータリーキルンに供給され、キルン中の移動混合がきわめてスムーズに行なわれる。予備反応器はロータリーキルン中の滞留時間を減少させさらに腐食の負担を非常に低下させるので、設備保全上からも、品質や収率の面からも大きな利益を期待することができる。

ここに供給される硫酸はまずコンデンサーの不凝縮ガスを洗浄して、フッ酸およびケイフッ酸の混合ガス中からフッ酸を主として回収した後キルンからの出口ガスと吸収塔において接触する。ここでキルンからのガスを冷却すると同時にガス中に随伴してきた H_2SO_4 ミスト、石膏粉塵などを捕集する。ここでガス中の水蒸気も硫酸中に吸収されてガスは完全に清浄化され乾燥ガスとなって凝縮器に送り込まれる。これらのミスト、ダストを捕集した硫酸は、フッ酸との混酸の形となり、水蒸気を吸収するため若干98%硫酸より低濃度となる。この酸に発煙硫酸を加えてほぼ100%の硫酸に濃度調整された混酸が上記の予備反応器に螢石と混合して供給されることになる。このような硫酸を使用したガスの精製回路は一種の閉回路となって工程中を循環しているので、外部への排出が行なわれないため環境汚染の恐れもなくまた吸収されたフッ酸は再び予備反応器でガスとして放出されるので、収率を低下させる恐れもない。

このようにして十分に硫酸と混合してペレット状でロータリーキルンに供給された鉱石は外熱式で加熱されながら反応が進行し、ガス状のフッ酸となって予備反応器よりの発生ガスと合して前記の清浄化工程に導かれる。

一方反応により完全にフッ酸ガスを遊離した石膏はロ

ータリーキルンの一端から連続的に排出される。

清浄化工程を経たフッ酸ガスは凝縮器においてフッ酸の沸点である 19.5°C 以下に冷却され粗フッ酸として凝縮してくる。この場合の混入不純物は主として SiF_4 、 SO_2 などの低沸点成分であり、 H_2O 、 H_2SO_4 などの高沸点成分はガス精製工程が完全であればほとんど混入しない。この粗フッ酸は蒸留塔において低沸点成分である不純物をカットし、塔底より99.9%フッ酸として得られる。この蒸留塔の低沸点成分である SiF_4 、 SO_2 と凝縮器の不凝縮ガスとは硫酸洗浄塔において硫酸によりHF成分のみを吸収される。ここで回収されなかったHF成分と SiF_4 などはさらに水吸収塔でケイフッ酸として回収され完全にフッ素成分のないガスとして排出される。この最後の除害塔としてアルカリ洗浄塔を使用する場合もあり、酸成分の除去はアルカリを使用したほうが容易である。

一方排出された石膏は消石灰を加えて過剰の硫酸を中和し石膏としての用途に供する。

3. フッ酸製造装置

1) 螢石乾燥装置

螢石の乾燥装置としては残留水分の少ない方式の乾燥装置が必要である。比較的実績の多い装置としてはハゼマ社（Hasegawa）のラビッドドライヤーが知られている。これは特殊な回転羽根を有する熱風と接触する方式の乾燥装置であり、図3に示すような構造を有している。微粉材料の場合攪拌羽根ではくすのでロータリードライヤーのよう

図3 ラビットドライヤー

図4 予備反応器

に団子になるような恐れはない。またフラッシュドライヤーと異なり気流中に浮遊する粒子は全体の量に対して比較的少ないので、集塵器の負担が少なくこの点でも設備費は低廉となる。

2) 予備反応装置

ブスプロセスの大きな特徴であるニーダーは図4に示すような構造を有する加熱混合を行なう反応装置である。このニーダーは固定羽根と回転羽根を有する回転スクリー型混合押出し装置である。回転軸は通常の回転動作と前後のピストン運動の複合運動を行ない、この結果粉末螢石と硫酸の混合と輸送とを同時に行なうことが可能であり、これにより反応を完全に行ないしかも耐食材料の使用範囲をこの小さいニーダー部分に集中することに成功している。すなわちニーダーを使用することにより激しい腐食部分をニーダー部分に限定したために、後の主反応器であるロータリーキルンの構成材料は通常の材質のものを使用することが可能になった。このため高価な特殊合金は小さな予備反応器にのみ使用すればよいので、結果としては装置価格も低廉となり、特に保守のための部品の交換は大きなロータリーキルン

の交換に比しきわめて簡単になり、稼働率の向上に大きく寄与している。また混合が完全になったため、硫酸の添加量は理論量とほとんど等しくても完全な反応が可能になり、このためロータリーキルンの能力の増大、石膏やフッ酸の品質の向上などにおおいに貢献している。さらに完全な混合の結果キルンの反応温度を下げることも可能になったため、硫酸の蒸発が少なくなりキルンの寿命の延長にも役立っている。

3) ロータリーキルン

主反応器としては外熱式のロータリーキルンを使用する。キルンは通常の形式のものであるが、フッ酸製造の反応器として使用されるキルンにあっては特に気密性が優れていることが必要であり、気密性が低下すると外部へのフッ酸ガスの漏洩による環境汚染や、空気の混入によるガスよりの凝縮フッ酸の収率を低下させる原因となるので、種々の工夫がなされている。もちろん加熱された場合の熱膨張の対策も考慮しなければならない。伝熱面積の基準値としては $8\text{m}^2/\text{t}\cdot\text{HF}/\text{day}$ 位が普通であり、 $5\sim 10\text{t}\cdot\text{HF}/\text{day}$ の能力のキルンは、直径 2m 前後長さ $15\sim 20\text{m}$ 位のものが用いられている。

4) ガス清浄装置

キルンから出たガス中から、硫酸ミスト、湿分、石膏などのダスト、 SO_3 ガスなどを吸収除去する目的で硫酸で洗浄する吸収塔である。この吸収塔としては、充填塔形式のものが比較的多く用いられるが、このほかにはゼットポンプ形式のものでガスの吸引もかねて気液接触を行なう形式のものも用いられる。このガス清浄装置の能力が凝縮法におけるフッ酸の品質を決定する重大な要素となるので、設計に当っては慎重に検討する必要がある。このためこのガス清浄装置の部分については種々の特許、ノウハウがありフッ酸製造装置の一つのキーポイントとなっている。

5) 凝縮器

凝縮器は通常の形式のものを使用することができる。特に高濃度、低温であるので、材質上の問題点も少ない。ただしフッ酸の凝縮温度は 19.5°C であるので 10°C 以下の冷却水が必要であり、このために冷凍機その他の低温発生設備を付帯設備として考えなければならない。

6) 蒸留塔

この場合は粗フッ酸中の SO_2 、 SiF_4 などの低沸点成分を除去し銜残より精製フッ酸を得るので蒸留というよりむしろストリッピングというほうが適切であろう。過去のプロセスにおいて2塔を使用し第1塔で低沸点成分を除去し第2塔で高沸点成分を除去することにより精製フッ酸を得ておりこれを総括して蒸留塔と称していたので、今日でも蒸留塔といわれているにすぎない。ガス精製が十分に行なわれていればほとんど高沸点成分は混入

しないので、缶出液として十分に高品質のフッ酸を得ることが可能になった。

7) 装置構成材料

フッ酸の腐食性は高温であるほど高く、また濃度 60% 前後において最も激しい。このため温度、濃度により種々の材質を適当に組み合わせて使用することが必要になる。これらは、金属材料ではハステロイ、モネル、脱酸銅、鉛などであり、非金属材料では炭素およびポリプロピレン、テフロンなどの合成樹脂材料である。この材料の使用法がフッ酸製造装置の構成の大きなポイントであり、経験的に得られたノウハウを形成している。このた

めその全体をつまびらかにすることはできないが、フッ素樹脂、フッ素ゴムなどの材料の使用により、きわめて一部の腐食の激しい部分を除くと、装置の寿命もかなりの期待が持てるようになってきた。

参 考 文 献

- 1) Chohey, N. P.: *Chem. Engineering*, 30, 94 (1962)
- 2) Rogers, W. R. and K. Muller: *Chem. Eng. Progress*, 59, 85 (1963)
- 3) 舟阪渡: “弗素化学” 南江堂 (1963)
- 4) U. S. patent, 3,412,528 (1968)

資 料

業界からの要望研究テーマ [Ⅲ]

研究・教育部門委員会*

産学協同の一助として昨年度より本誌に「業界からの要望研究テーマ」欄を設けてまいりましたが、本年もひきつづき本会各支部および産業部門委員会にてご活躍をいただいております業界のかたがたにテーマの提案をお願いして、集りましたものを委員会で整理編集の上、2 回 (本号と 2 号) にわたって掲載することにいたしました。

前回、提案されたテーマについて解決の目途となるヒントあるいはご意見のご提案をお願いしておきましたが、これに関するご意見の投稿が 2 件あつまりましたので併せて掲載させていただきます。今後ともいっそう本欄が情報交換の場としてご利用いただけるよう、重ねて希望いたします。

<既載テーマリスト (35 巻 1 号～2 号 (1971) 掲載分)>

- [001] 高分子溶液系中の拡散係数
- [002] 高粘度物質の加熱下における混合・捏和
- [003] 化学装置における発泡対策
- [004] 成長中の結晶への不純物の付着機構
- [005] 気相中のサブミクロン粒子の凝集促進法
- [006] 乾式遠心力型分級機の遠心力場における粒子の挙動
- [007] 蒸留塔段効率の定量化
- [008] 高温炉を有する大工場建屋内の換気設計

- [009] Dual Flow 型 (down commmer なしの多孔板塔) 蒸留塔の効率
- [010] 各種非水溶媒を一成成分とする高圧下の気液平衡
- [011] 遠心薄膜蒸発機における高粘度液の流動および蒸発能力
- [012] 複合繊維の紡糸時における噴流屈曲現象
- [013] ポリマーなどの器壁への付着
- [014] スラリー液を冷却する際の熱交への付着
- [015] 粒子形状と分級径との関係
- [016] 高圧容器内への粉体の供給装置

以上

[101] 粉体の成型機構

化学工業、食品工業においては、製造過程における触媒、吸着剤として、また製品としても粒体の取り扱い是非常に多い。粒体の製造方法としては (1) 塊状物を粉

砕する方法、(2) 液から直接に粉粒体とする噴霧乾燥法、(3) 粉体を用いて押し出し成形、打錠成形などによる方法がある。このうち (1)、(2) については十分ではないがかなり研究が進められている。これに対し、(3) についてはそのメカニズムに関し系統的研究はなされて

* 委員長 藤田重文 (東京農工大学工学部 化学工学科)