

ガスセンサ制御硫化物法による レアメタルの回収*

Recovery of Rare Metals by Gas-sensor-controlled Sulfide Method

大西 彬聰¹⁾ 佐藤 みなみ²⁾
Akifusa Ohnishi Minami Sato

“The national policies to secure resources” are: (1) reduction in usage (2) recycling and (3) replacement. In Japan, a country endowed with abundant artificial resources (so called urban mine), not with natural resources, the writers are working hard to develop and industrialize the technologies to recover and recycle rare metals by “new gas-sensor-controlled sulfide method”.

Key Words : (Standardized) Environment • Energy • Resources, Recycling, Material Recycling (Free) Gas Sensor, Sulfide Process, Recovery, Waste Water Treatment, Rare Metal [D2](#)

1 はじめに

チリでの落盤事故や尖閣列島での漁船衝突事件が起こった2年前、国民は金属資源が枯渇・高騰し、国際的な資源争奪戦が繰り広げられていることを身近に感じた。近年、BRICS 諸国、とりわけ中国の台頭は著しく、それらの国の急速な経済発展が金属資源獲得競争を激しくしている。金属資源は地球上に偏在しており、ときにはその国の政策により、また、投機的な理由で高騰する場合が多い。今後もこの傾向が続くものと思われる。

近年、新しい発見・発明により新しい産業が起こると、今まで考えられなかった金属が必要となる。たとえば、インジウム (In) は液晶ディスプレイの透明電極に使われる前は、世界で年 50 t 程度の使用量で、1 000 年先も枯渇しないと思われていた。また、高温でも磁力を失わない、すなわちキュリー温度 (強磁体から常磁体に変わる温度) を高めるジスプロシウム (Dy) は自動車の EV 化で急に問題となった元素である。本稿では、自動車を取り巻く金属資源問題に関して筆者らの考えを述べ、取り組んできた「汚泥／廃液からの有用金属の回収と汚

泥の削減技術」(NEDO 省水型・環境調和型水循環プロジェクト「有用金属・有害物質の分離回収技術の開発」)を紹介する。

2 金属資源に関する国の施策

地球上の金属資源は有限であり、BRICS 諸国を先頭にこのまま工業化が進めば、金属資源が枯渇・高騰することは容易に予想できる。そういった中で、「資源生産性」という考えがあちこちで言われ始めている。とりわけ、金属資源は採掘から種々の工程を経て電解析出法などで高純度の金属として生産されている。その生産過程で多くの廃棄物が排出され、供給エネルギーも含め、大きな環境負荷になっている。金属ごとに資源端重量を求めるための金属関与物質総量 (TMR) 係数 (俗にいう「エコリユックサック」) を表 4 の最後の行に示す。持続可能な社会を維持するために資源利用を削減し、「先進国が率先して資源生産性を 10 倍にする必要がある」との考え方が出てきている⁽¹⁾。金属資源に関する国の施策を表 1 にまとめた。1 番目は減量戦略である。金属使用量を減らし、これまでと劣らぬ機能を得る技術開発、たとえばネオジム (Nd) 焼結磁石の結晶粒子のサイズを大幅に小さくすることで保磁力を向上させ、Dy の使用量を削減する。

2 番目の循環戦略はリサイクルの話である。現時点で、日本は天然の金属資源には恵まれていないが、保有

* 2012 年 7 月 31 日受付

1) (株)アクアテック
(254-0014 平塚市四之宮 5-4-13)

E-mail: riru1990@aqua-t.co.jp

2) (株)内村 総合テクニカルグループ (同所)

表 1 金属資源に関する国の施策⁽²⁾

	施策内容	技術の具体例
1. 減量戦略	ある機能当たりの投入される希少金属などの減量を図るため、物質の効率利用を狙う。	磁石中の Dy の局在化などによる希少金属を減量できる技術
2. 循環戦略	リサイクル可能な材料開発や設計、使用済み製品などからのリサイクル、廃水・汚泥からの金属回収・再利用、地球資源からの取り出しを減らす。	都市鉱山(人工資源、都市鉱床)
3. 代替戦略	価格の安い金属を用いてこれまで高価な希少金属を用いていた機能が出る材料を開発する。	液晶パネルの ITO に替わる ZnO や TiO ₂ ベースの透明電極、この項の自動車関連材料の代替技術は表 2 にまとめた。

表 2 元素戦略プロジェクト⁽²⁾

管轄官庁	採択年度	課題名	何を	何へ
文部科学省	H19	亜鉛に替わる溶融 Al 合金系めっきによる表面処理銅板の開発	Zn	Al, Mg
	H19	脱貴金属を目指すナノ粒子自己形成触媒の新規発掘	Pd, Rh, Pt	自己形成
	H19	ITO 代替としての TiO ₂ 系透明導電極材料の開発	In, Sn	TiO ₂
	H19	低希土類元素組成高性能異方性ナノコンポジット磁石の開発	Dy, Nd	ナノコンポジット
	H20	高分散貴金属ミニマム化触媒の物質設計及びプロセスング	Pt, Rh, Pd	オキソ酸塩
	H20	貴金属代替分子触媒を用いる革新的エネルギー変換システムの開発	貴金属	Mn 系, Fe 系

管轄官庁	採択年度	課題名	減量代替	何を
経済産業省	H19	透明電極向け In 使用量低減技術開発	減量	In
	H19	希土類磁石向け Dy 使用量低減技術開発	減量	Dy
	H19	超硬工具向け W 使用量低減技術開発及び代替材料開発	減量	W
	H19	超硬工具向け W 使用量低減技術開発及び代替材料開発	減量・代替	W
	H21	遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発	減量	Pt
	H21	ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発	減量	Pt
	H21	代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向け Ce 低減技術の開発	減量	Ce

金属量(人工金属資源)は多い。もともと金属は元素であり、未来永劫循環使用は可能で、リサイクルしやすい物質である。わが国は金属精錬に関しては世界でもトップレベルの技術をもっている。しかしながら、金属排水処理から生じる金属汚泥の多くが再利用されないまま埋立地などに投棄されている。金属排水処理はほぼ 100%, 水酸化物法(加水分解法)で行われており、排水より金属を金属水酸化物汚泥として固定しながら捨てられている。この現状を打破するために、筆者らは後述する金属排水/汚泥処理法として「ガスセンサ制御硫化物法(以後 NS 法という)」を開発した。

3 番目の代替戦略は、鉛フリーはんだのように、毒性の高い金属を使わず、毒性の弱い金属に替える場合と、高価な金属を使わずありふれた安価な金属に替える場合がある。たとえば、液晶の透明電極を ITO(インジウム錫酸化物)から ZnO や 12CaO・7Al₂O₃ に替える試みな

どである。表 2 に文部科学省と経済産業省の採択した元素戦略プロジェクトの自動車産業に関係のある研究開発項目を挙げる⁽²⁾。

3 自動車産業に必要な金属⁽³⁾

表 3 に自動車産業におけるレア金属使用状況を示す。単に自動車を構成している本体や部品に限らず、製造工程の金型や工具などに必要な金属(Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn, V)も含まれている。自動車はかなり電子化されているので電子産業に使う Cu 及びレア金属(Ni, In, Ga)や貴金属(Au, Ag, Pd)のほか、EV 化に伴う磁性材料(Fe, Nd, Dy, B, Sm, Co, Pr, Tb)、及び電池材料(Li, Ni, Mn, Co, Pb, Sb)、排ガス対策用触媒金属(Pt, Pd, Rh など)、その他、Fe, Al の表面処理(溶融亜鉛めっき、塗装前の化成処理、電着塗装)に使用される金属(Zn, Pb, Cr など)及び Fe と Al に含まれる

表3 自動車産業におけるレア金属使用状況⁽³⁾

レア メタル	適用箇所				2009年 需要量				
	既存自動車 (ガソリン、ディーゼル)	金型	工具	次世代自動車 (HEV, PHEV, EV)	既存自動車(ガ ソリン、ディー ゼル)	金型	工具	次世代自 動車(HEV, PHEV, EV)	合計
Ni	耐熱鋼—エンジン部品	合金鋼、炭素鋼—プラスチック金型		ニッケル水素電池正極材、リチ ウムイオン電池正極材、電流セ ンサコア材	21 104.1	29.5	0.0	6 836.8	27 970.4
Cr	耐熱鋼、普通鋼、特殊鋼—エンジン、 サスペンション・ステアリング、駆 動系ハイテン化	冷間ダイス鋼—プレス金型、プラス チック金型	高速度鋼—ドリル、エン ドミル		54 692.3	9 908.4	20.1	0.0	64 620.8
W	特殊合金鋼—駆動系(ギア類)	高速度鋼—粉末冶金金型	超硬工具—エンドミル		761.0	4.9	1 428.7	0.0	2 194.6
Co	特殊合金鋼—駆動系(ギア類)		超硬工具、高速度鋼—エン ドミル	ニッケル水素電池正極材、リチ ウムイオン電池正極材	9.7		240.6	577.6	827.9
Mo	普通鋼、特殊合金鋼、焼結合金—エ ンジン、駆動系、その他	熱間ダイス鋼—ダイカスト金型	高速度鋼—ドリル、エン ドミル	パワーモジュール放熱板	4 351.4	322.9	15.6	57.5	4 747.4
Mn	普通鋼、特殊鋼全般	冷間ダイス鋼—プレス金型、プラス チック金型	高速度鋼—ドリル、エン ドミル	リチウムイオン電池正極材	44 858.8	611.6	1.8	72.0	45 544.2
V	特殊合金鋼—駆動系(ギア類)	冷間ダイス鋼—プレス金型、プラス チック金型	高速度鋼—ドリル、エン ドミル		1 145.7	517.6	16.1	0.0	1 679.4
Mg	Mg合金、アルミ合金—ボデーパネ ル(アルミ)				19 140.6	0.0	0.0	0.0	19 140.6
Nb	普通鋼—ハイテン(ホワイトボデー)				982.5	0.0	0.0	0.0	982.5
Sr	アルミ合金—AC2B(シリンダヘッ ド)				87.4	0.0	0.0	0.0	87.4
Ti	アルミ合金—シリンダブロック(アル ミ)、ホワイトボデー(ハイテン)		超硬工具—エンドミル		3 925.1	0.0	55.6	0.0	3 980.7
Ta			超硬工具—エンドミル		0.0	0.0	55.6	0.0	55.6
Zr	特殊合金(Ti合金)			パワーモジュール絶縁基板	218.6	0.0	0.0	0.0	218.6
S	鉄系材料の基本合金元素	冷間ダイス鋼—プレス金型、プラス チック金型	高速度鋼—ドリル、エン ドミル		1 898.7	29.0	0.1	0.0	1 927.8
B	普通鋼—フューエルタンク用のめっ き鋼板				64.8	0.0	0.0	0.0	64.8
Pt	三元触媒				16.9	0.0	0.0	0.0	16.9
Rh	三元触媒				5.0	0.0	0.0	0.0	5.0
Pd	三元触媒				20.4	0.0	0.0	0.0	20.4
Ir	イリジウムプラグ				0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
La	フェライト磁石				19.2	0.0	0.0	0.0	19.2
Y	酸素センサ				7.9	0.0	0.0	0.0	7.9
Li				リチウムイオン電池正極材	0.0	0.0	0.0	15.1	15.1
Mn				ニッケル水素電池負極材	0.0	0.0	0.0	1 358.3	1 358.3
Nd				モータ/ジェネレータ希土類磁 石	0.0	0.0	0.0	231.0	231.0
Dy				モータ/ジェネレータ希土類磁 石	0.0	0.0	0.0	54.2	54.2
B				モータ/ジェネレータ希土類磁 石	0.0	0.0	0.0	9.9	9.9
Ga				モータ制御用電流センサホール 素子	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2
合計					153 310.2	11 423.9	1 834.2	9 213.6	175 781.9

出所：矢野経済研究所

合金元素(Mo, V, Nb, Ti)など広範囲な金属が使われている。

電気自動車は、従来車に比べ部品点数が1/3程度減少する。部品点数は約30 000点で、エンジン、トランスミッション、エンジン制御装置など11 000点が不要または減少する。一方、モータ、バッテリーなど2 100点が増加するといわれている。これに伴って必要金属も各金属使用量も大きく変わるので、今後の自動車産業にとって金属資源確保は重要な課題である。

4 使用済み自動車の再資源化

天然金属資源が少ない日本において、金属リサイクル

可能な人工鉱床(都市鉱山)が各分野にわたって存在している。表4はその重要度を示している。併せてTMR係数も表示した。廃自動車は年間500万台程度で、約100万台が中古車として輸出され、400万台程度の廃車がリサイクルの対象になる。表4からわかるように、自動車産業から排出する金属は人工鉱床としては優良なものである。自動車の場合、法整備も進んでおり、新車購入時リサイクル料金をとり、自動車販売業者などから自動車解体業者に渡し、まず、エンジン、ボディー部品などの有用な部品・部材が回収され、エアバッグ、フロン類の適正な処理をし、残った廃車ガラがシュレッダ業者に渡し、Feなどの資源として回収されている。具体的

表 4 人工資源の賦存状況と TMR 係数⁽²⁾⁽⁶⁾

		ベースメタル+Mg						貴金属類				レアメタル類											
		Fe	Al	Mg	Cu	Zn	Pb	Au	Ag	Pt	Pd	Ni	Cr	Co	Mo	Ga	Ta	Nb	Ti	Li	W	In	REE
建設・土木系	建築・土木廃棄物	◎	◎	△	○	◎	△↓					◎	◎					○					
	家具(什器)	○	○	△																			
家電・電子機器系	家電 6 品目	○	○	○	○	◎	△↓	○	○	○		◎										○	○
	廃 PC	○	○	○	○	○	△↓	○	○								○	○				○	○
	携帯電話	○	○	○	○	○		○	○		○					○	○	○				○	
	その他小型家電	○	○	○	○	○		○	○		○					○	○	○				○	
	その他電子機器	○	○	○	○	○		○	○	○	○					○					○	○	
	特に基板(★>△)				△			★	★	★	★	★				△	△	△					
電球・電池関係	電球・蛍光灯・LED ほか															○							
	廃一次電池	○				○						○											
	廃蓄電池(鉛)					◎																	
	廃蓄電池(Li)													◎						◎			
容器包装類	廃蓄電池(Ni-OH)											◎								○			○
		○	◎	○																			
輸送機械	廃自動車	◎	◎	○	○	◎				◎	◎	◎	◎					○					
	廃自転車	○	○	○	○	○																	
	廃船舶	◎	○	○	○	○																	
	廃航空機	○	○	○	○	○					○							○	○				
その他機械	工作機械	○	○	○	○	○									○						○	○	
	↑消耗品類	○													○						○		
	建設機械	○	○	○	○	○																	
	その他プラント	○	○	○	○	○													○				
TMR 係数	↑特に触媒									○	○				○						○		
		82	4.8×10 ³	7.1×10	3.6×10 ²	3.6×10	2.8×10	1.1×10 ⁵	4.8×10 ²	5.3×10 ⁵	8.1×10 ²	2.6×10 ²	2.6×10	6.1×10 ²	7.5×10 ²	7.3×10 ²	6.8×10 ³	6.4×10 ²	3.6×10	1.5×10 ²	1.9×10 ²	1.2×10 ⁴	—

図中の記号は重要度の順に◎>○>△である。また★については、△よりは重要であるが、◎か○を決定するのが難しいことを示す。

には Fe, Al などに分けられ乾式精錬所で金属に再生される。発生するシュレツダダストは主に埋立処分されている。自動車産業はリサイクルに関しては、法律も整備され、かなり進んだ分野である。

5 重金属廃水処理法

5.1. 金属汚泥の現状

自動車産業はその裾野は広く、関連する工場の中には金属含有排水が発生している。排水処理工程より排出する金属汚泥は回収・再資源化されず、大部分が捨てられている。各種金属がどこから排出し、どれだけ捨てられているのか正確にはわからないが、PRTR(化学物質移動量届出制度)に基づく情報は NPO 法人 T ウォッチ(有害化学物質削減ネットワーク)によりインターネットで公表されている。

Ni に関しては、筆者らは年間 4 000~5 000 t が汚泥として捨てられていると推定している。Cu 汚泥は Ni よりはるかに多く、一部微量ながら Pd を含む場合がある。Sn は排出量は少ないが価格は Cu の 3 倍近い。Zn は価格は安い、電気めっき、溶融亜鉛めっき、塗装前の化成処理などから排出し、大量に廃棄物として捨てられて

おり、将来枯渇が起こるといわれている。Cr は価格はかなり高いが、クロム酸(Cr(VI))をイオン交換樹脂で一部回収している場合もあるが、再生技術がなく、大部分が捨てられている。

5.2. 現状の重金属排水処理法の問題点

表 5 に主な排水・工程液中の金属イオン分離法を示す。現在、世界中で 1 世紀以上にわたって、ほぼ 100% の金属廃水が水酸化物法で処理されている。

水酸化物法は石灰や苛性ソーダなどのアルカリを添加し、pH を 8~10 程度に保つと式(1)の反応が起こり、水酸化金属は沈殿し、固液分離すると基本的には排水処理が成立する。



生成される汚泥は水分が多く、金属含有率は低い。また異種金属との分離も難しいため捨てられる場合が多い。この方法が続ける限り、排水処理工程から発生する金属汚泥は捨て続けられると思われる。

5.3. 新しい重金属排水処理法(NS 法)⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾

金属資源が枯渇・高騰し、最終処分地不足が叫ばれている中で、筆者らは「廃水の高度処理と金属資源回収」を両立できる技術はないかと常々思っていた。経済性の

表 5 主な排水・工程液中の金属イオン分離法

処理方法	処理方法詳細	原理
凝集沈殿法	①水酸化物法 ②硫化物法 ③キレート液添加法 ④シュウ酸塩法 ⑤炭酸塩法 ⑥塩化物法	難溶性塩生成
溶媒抽出	溶媒抽出	混じり合わない二つの溶媒を用いた溶質の分配を利用した分離
イオン交換樹脂法	陽イオン交換樹脂塔, キレート樹脂塔, アシッドリターデーション	イオン交換現象 遊離酸と金属塩の分離
電解析出法	電解析出(電解析出槽, pH 調整・循環槽)	電解液中に陽極, 陰極を置き電流を流し金属を陰極に析出させる
晶析法	昇温設備, チラー, 固液分離(遠心分離器など)	温度による溶解度差を利用し, 冷却し, 晶析させる
膜分離法	RO など	RO など膜分離で金属塩を濃縮
セメンテーション		金属粒(固体)を添加, イオン化傾向の差で目的金属を析出

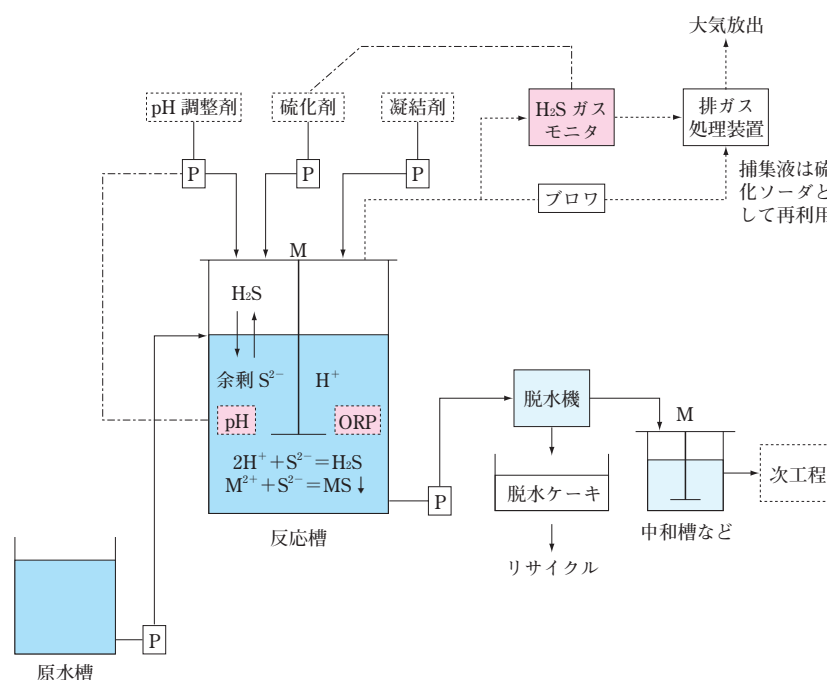


図1 NS法回分式フローシート

観点から、現状の廃水処理法で唯一水酸化物法に対抗でき得る技術は式(2)のような反応を行う硫化物法ではないかと考えた。硫化物法は式(2)のように疎水性の沈殿物を生成し、含水率も45%程度と低く、汚泥の発生量も従来法の40%程度である。金属硫化物の溶解度積は金属水酸化物のそれと比べると極端に小さいため、処理水の金属濃度も限りなく小さくできる。また、錯化剤が共存しても妨害を受けにくく、原理的には水酸化物法より優れている。硫化物イオン(S^{2-})と金属イオン(M^{2+})が反応し沈殿を起こすことは100年以上も前から人類はわかっていた。しかし、酸性側では式(3)のような反応が起こり、硫化水素が発生するなど、悪臭とコロイド化

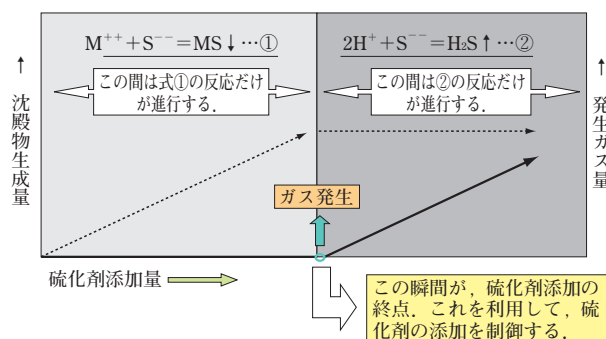


図2 硫化水素検知・硫化剤添加制御原理

の二つの重大な欠点のため、この技術は普及せず、見捨てられた状態であった。筆者らはこの二つの欠点を解決

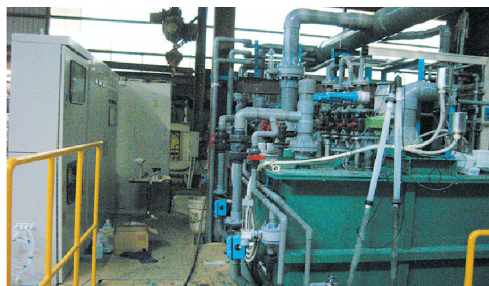


図3 株式会社みず工業 NS 法装置. 左側：手前：硫化水素モニタ，下部：ガス導入チューブ，中：動力盤，奥：制御盤，右側：反応槽(3 基分)



図4 連続式 NS 法の硫化水素モニタ

するために硫化水素ガスセンサを用いて反応を制御する手法を開発し，工業規模で実施したところ非常にうまくいくことがわかった。



硫化水素の発生する反応は



当該システムの回分式フローシートを図1に示す。反応槽に注目すると液中の残留 S^{2-} 濃度と反応槽上部の気相中の硫化水素には一定の平衡関係があると予測できる。残留 S^{2-} は式(2)の反応後，最初の余剰硫化剤1滴の添加から生成すると思われる。図1のように金属イオンを含む廃水に硫化剤を添加していき，気相中の硫化水素濃度，沈殿生成量を調べた結果を図2に示す。反応槽内では金属イオンが残留する間は，たとえ pH が低くても，式(2)の反応が優先し，式(3)の反応が起こらないことがわかった。それゆえ，硫化水素の発生したところで，硫化剤添加を止めると反応は終結する。

式(2)の反応において式(4)が成り立つ。

$$[M^{2+}] \times [S^{2-}] = K_s (MS \text{ の溶解度積 一定}) \quad (4)$$

それゆえ，液中の残留金属濃度は

$$M^{2+} = \frac{K_s}{[S^{2-}]} \quad (5)$$

$$nMS + mS^{2-} = MS_{mn}^{-2(m-n)} \quad (6)$$

式(5)より，残留金属濃度は，液中の $[S^{2-}]$ 濃度が大きくなると気相中の硫化水素濃度は高くなり，残留金属濃度は小さくなる。NS 法の場合，気相中の設定硫化水素濃度を上げていくと残留金属濃度は低下し，大部分の金属は限りなくゼロとなる。しかしながら，設定値を上げすぎると式(6)のような反応が起こり，コロイド化が始まり，廃液処理続行が不能となる。

5.4. NS 法の安全対策

NS 法は微量の硫化水素を検知・制御する方法であるが，安全対策に関しては以下の4点を行っている。

- ① 反応槽上部は蓋をし，局所排気装置を設置し，集められた排ガスは小型スクラバで処理されている。
- ② 硫化水素発生源で常にガスを検知し，硫化剤の添加制御を行っている。
- ③ 反応槽に ORP 計を設置し，別の原理のセンサを安全装置として設置している。
- ④ 作業雰囲気にも硫化水素モニタを設置している。

すでに，回分式7基，連続式2基を納め大規模に実施されている。連続式 NS 法に関してはすでに他誌でも，ホームページでも説明されているので本稿では説明を省くが，基本的には回分式と同じである。実施例の写真を図3，図4に示す。

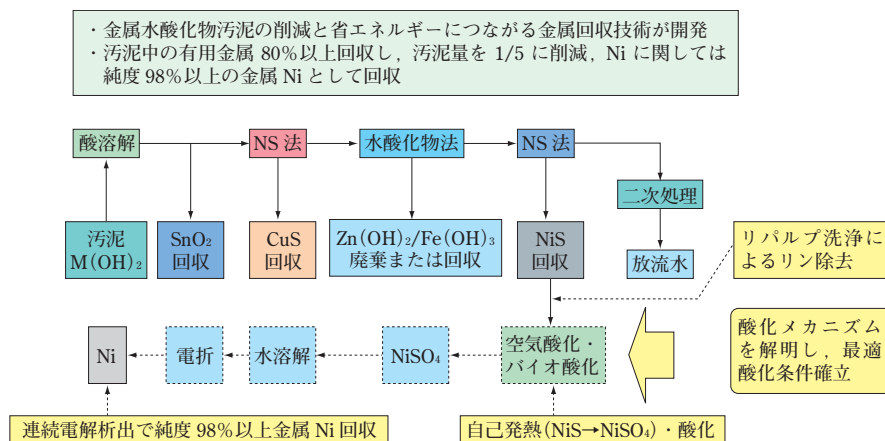
5.5. 将来の重金属排水処理

金属資源循環を考えたとき，硫化物法が将来，重金属排水処理法の defacto standard になる可能性はある。その理由は以下の通りである。

- ① NS 法の開発で悪臭とコロイド化の問題が解決できる見通しが立ったこと。
- ② 硫化剤は石油精製の脱硫工程の副産物として大量に生成しているので安価である。
- ③ 汚泥の発生量が少ない。
- ④ このシステムで得られる硫化金属はこれまでも鉍石には多く含まれるので，製錬工程で問題とならない。
- ⑤ 処理水の金属濃度を低くでき，高度処理が可能。
- ⑥ 従来法とは違い，錯化剤(アンモニア，有機酸，EDTA など)の影響を受けにくい。

6 重金属汚泥からの有用金属回収と汚泥の削減

図5に現在実証試験を行っている NEDO 研究の処理フローを示す。めっき工場やステンレス工場より排出する汚泥を塩酸または硫酸に溶かし，高濃度金属溶解



サンプル名	Cu (%)		Ni (%)		汚泥削減率 (%)	使用薬品 (g/汚泥湿重量 kg)			
	回収率	純度	回収率	純度		35% HCl	Ca(OH) ₂	NaSH	凝集剤
A 社 (SUS 製造)	—	—	92.3	92.6	25.4	613	122	112	0.44
B 社-Ni 系	—	—	87.2	91.9	84.5	329	65	333	1.16
C 社	83.3	83.2	—	—	84.7	456	91	46	0.19
B 社-Cu 系	89.3	94.4	—	—	81.4	339	67	238	0.81

図 5 NEDO 研究フローシート

液（金属濃度 1～2%）を作り、pH 2 程度に上げ、Sn を分離後、NS 法で CuS を沈殿分離し、脱 Cu 液の pH を 7 付近まで上げると、Fe、Zn は沈殿してくる。そのろ液を pH 7 付近で、NS 法で NiS 沈殿を生成させる。沈殿スラリーに対してリバルブ洗浄を行い、脱水機で脱水ろ過し、NiS 汚泥を得る。これまで NiS は安定なものと思われてきたが、脱水直後、一定の条件を維持しながら、空気・バイオ酸化させ放置すると、約 40 日後汚泥中の 90%以上が水に可溶性 NiSO₄ 溶液（Ni として 10%程度）となる。それを電解析出させると金属 Ni（純度 98%以上）が得られる。この NEDO 研究は実証段階に入っている。汚泥の 70～80%は水で、このシステムでは汚泥中の水は水として汚泥中の塩と一緒に排出されるので、リサイクルに生じる廃棄物は少なくなる。エコリユクサックという観点からも環境に優しい。電解時の電流効率も極めて良く、基本的にはすべて常温で行うので、エネルギーの消費は少ない。

Ni 汚泥を産業廃棄物処理費を頂いてこのシステムで処理できれば、中規模での実験結果からは「経済性がある金属回収システムである」と考えられる。

参考文献

- (1) Friedrich Schmidt-Bleek ほか：エコリユクサック，p.9-17，財団法人省エネルギーセンター（2006）

- (2) 原田幸明ほか：動き出したレア金属代替戦略，p.57-64，220，221，日刊工業新聞社（2010）
(3) 馬場洋三：次世代自動車普及に伴う自動車産業におけるレア金属需要動向，金属資源レポート，Vol.40，No.3，p.261-270（2010）
(4) 藤原宣昭ほか：悪臭のしない硫化物法，環境管理，Vol.41，No.6，p.77-84（2005）
(5) 大西彬聰：ガスセンサを用いた廃液処理—液中反応制御技術，表面技術，Vol.62，No.11，p.14-16（2011）
(6) A. Ohnishi, et al.: High Quality Treatment of Water Containing Heavy Metals and Recovery or Recycling of Heavy Metals by Use of Hydrogen Sulfide Gas Sensor, RESOURCES RECYCLING TECHNOLOGY-2005, The 8th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology, p.275-279（2005）
(7) リサイクル・廃棄物事典，p.35，産業調査会事典出版センター（2012）

フェース

「液中反応を発生するガスを検知し，反応を制御する」という手法で，金属回収に極めて有効な「新しい硫化物法」を開発しました。回分式も連続式もかなりの規模で，安全に実施されています。悪臭とコロイド化の欠点も克服され，この手法で排水・汚泥からの金属回収・リサイクル技術を確立し，普及させていきたいと思っています。このほかに，ガスセンサを使う方式は，微生物脱窒処理用メタノールモニターやアンモニアモニターなどの開発も行っております。



大西彬聰



佐藤みなみ