

第2章 事例 1. 日本磁力選鉱株式会社

2.1 日本磁力選鉱株式会社の概要

日本磁力選鉱株式会社は 1949(昭和 24)年 2 月 4 日に創立され、創業者 原田源三郎が八幡製鉄所で発生する高炉ガス灰のリサイクル処理を手掛けたところから事業を開始した。2019 年で創立 70 周年を迎える。

1973(昭和 48)年より北九州市小倉北区馬借に本社をおき、現在は、「スラグリサイクル事業」、「環境非鉄リサイクル事業」、「リサイクル機器プラント事業」を柱に、全国 11ヶ所で事業所、工場を運営している。

創業当初からの経営理念として、「1. 会社の発展と社員の幸福を求めつつ、国家と社会に奉仕しよう。」、「2. 独自の才能を傾倒して、天与の資源を開発し、その特性を成実させよう。」を掲げ、現在でも社員に脈々と受け継がれており、昨今の環境重視型・資源循環型社会

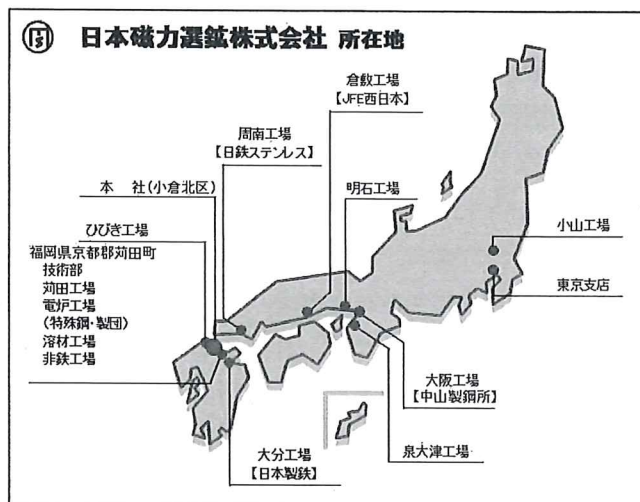


図 2.1.1 日本磁力選鉱株式会社 所在地

においては様々な産業分野でリサイクルが実践されているなかで、蓄積された経験、知見に基づく技術力で、リサイクルを通じて顧客の事業活動をサポートし、地球規模の環境保護に貢献している。

2.1.1 創業者 原田源三郎

日本磁力選鉱(株)の創始者。1904(明治 37)年に北九州市八幡東区春の町で誕生し、1925(大正 14)年に明治専門学校電気工学科(現 九州工業大学)を卒業、1929(昭和 4)年には九州帝国大学工学部冶金学科(現 九州大学)を卒業。その後、特殊合金株式会社を経て、1935(昭和 10)年に満州の本溪湖煤鉄公司以特殊鋼製造に従事した。満州では製錬技術の研究開発に専念し、製錬方法を確立するとともに原田式交流磁力選別器を開発する。

1947(昭和 22)年 8 月 15 日、終戦から 2 年が経ち、技術者として中国に抑留されていた原田は、妻と 5 人の子供をかかえ、やっとの思いで故郷八幡の土を踏んだ。八幡の街は戦災



図 2.1.2 故 原田源三郎 翁

で焼野原と化していたが、その時、戦禍によって街と同様に破壊されていると思っていた八幡製鉄所の溶鉱炉から煙が出ている光景を見て、感動と興奮を覚えるとともに、日本が立ち直れることを確信し、その後の精力的な活動の源とした。八幡製鉄所のガス灰処理の研究で技術的な解決を見出したことから、1949(昭和 24)年に日本磁力選鉱株式会社を創立して事業を興した。

「開発・技術・研究」を信条に技術屋社長として手腕を発揮し、ガス灰の処理、平炉スラグ・電気炉スラグ・転炉スラグの処理、磁力選別機器の開発・製造・販売などを初めとする北九州で培われたリサイクルに係る技術を、北九州から全国、さらには世界へと事業を拡大していった。

事業を運営する傍ら発明家としての一面もあり、「交流磁選器」、「製鉄溶鋳炉ガス灰の処理方法」を初めとして数多くの特許発明を考案・取得し、「技術力の日本磁力選鉱」の礎となった。発明者としての功績が称えられ、1950(昭和 25)年に日本鉄鋼協会総会にて「香村賞」、1953(昭和 28)年には九州発明協会から「福岡通産局長賞」、「発明協会特賞」、翌年の1954(昭和 29)年には発明協会から「特許庁長官賞」、「通産大臣賞」を受賞した。

また、鉄鋼業に関連して様々な再資源化事業、選鉱機器の開発を手掛けてきたことが国家的・社会的に多大な貢献として評価されたことにより、日本政府から1958(昭和 33)年に「紫綬褒章」、1974(昭和 49)年には「勲四等旭日小綬章」を承った。

原田がよく口にしていた言葉として、「死ぬまで勉強」(中国のことわざ「学到老、做到老(シュエタオラオ、ツオタオロオ)」が由来)があり、その言葉のとおり、会社の経営はもちろん、技術者として研究を続ける毎日であった。1995年没、享年92歳。

2.1.2 日本磁力選鉱株式会社沿革

日本磁力選鉱株式会社沿革を下表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 日本磁力選鉱株式会社沿革

1949年	(S24)	会社設立	1985年	(S60)	溶接フラックス溶解再生開始(溶材・電気炉(300kVA))
		高炉ガス灰処理開始(八幡)	1987年	(S62)	特殊鋼溶解開始(電炉)
		鉄片分離器 第1号機納入	1989年	(H1)	本社増改築完工
1950年	(S25)	団鋳製造開始(八幡)	1995年	(H7)	マグネシウム脱硫剤製造開始(八幡)
1951年	(S26)	磁力選鉱機器の製造販売開始			創業者 原田源三郎 翁 逝去
1955年	(S30)	平炉スラグ処理開始(八幡)	1996年	(H8)	ナゲット鋼製造開始(苅田)
1956年	(S31)	対極型磁選機 第1号機納入	1998年	(H10)	「(株)エヌジェイ・エコサービス」設立(合弁会社)
1957年	(S32)	転炉スラグ処理開始(八幡)			「(株)東京湾物流」設立(合弁会社)
1962年	(S37)	東京事務所(高円寺)開設			電気炉用原材料(MRS)製造開始(周南)
		還元団鋳製造開始	1999年	(H11)	アルミニウムリサイクル処理開始(小山)
1963年	(S38)	新型振動篩(モーターによる振動式) 発明	2001年	(H13)	家電リサイクル破碎選別操業開始(名古屋)
		「日本陶石(株)」(非鉄工場の前身)設立	2002年	(H14)	マグネシウムリサイクル処理開始(小山)
1967年	(S42)	溶接フラックス物理再生開始	2003年	(H15)	ISO9001取得
		電気炉スラグ処理開始(若松)	2004年	(H16)	造粒製造開始(周南)
1968年	(S43)	シッケナー灰浮選螢石製団製造開始(八幡)	2005年	(H17)	ISO14001取得
1970年	(S45)	溶銑予備処理スラグ処理開始(苅田)			エアコンラジエーター処理開始(ひびき)北九州エコタウン内
		ステンレススラグ処理開始(周南)			「上海開拓磁選金属有限公司」設立(合弁会社)
		製鋼用造滓材製造開始	2008年	(H20)	ナゲット鋼製造、焼却灰/ミックスメタル処理開始(ひびき)
1972年	(S47)	不動産事業へ進出	2010年	(H22)	北九州エコプレミアム2010認定 圧延油脱鉄機(HIGAMS)
1973年	(S48)	転炉スラグ処理開始(倉敷)	2011年	(H23)	「日選開発(株)」吸収合併
1974年	(S49)	「日選開発(株)」設立	2012年	(H24)	レアメタル及び貴金属回収事業開始(ひびき)
1975年	(S50)	電気炉スラグ処理開始(泉大津)	2013年	(H25)	小型家電リサイクル事業者認定取得(大臣認定 第2号)
1977年	(S52)	転炉スラグ処理開始(大分)	2017年	(H29)	北九州エコタウン事業に認定(2回目)
1978年	(S53)	転炉スラグ/電気炉スラグ処理開始(大阪)			原田光久代表取締役会長、原田信代表取締役社長就任
1982年	(S57)	スチールショット 溶解開始(電炉・電気炉(5,000kVA))	2018年	(H30)	二次電池リサイクル処理開始(ひびき)

2.2 鉄鋼関連リサイクル事業

2.2.1 高炉ガス灰の処理

(1) ガス灰の磁選処理

1947(昭和22)年当時、八幡の高炉から発生するガス灰は製鉄トン当たり約30kgであり、そのガス灰中には鉄分30~40%、カーボン分20~30%程度含まれていた。創業者 原田源三郎は八幡製鉄所からの依頼を受け、東田や洞岡から採取した高炉ガス灰の処理技術について、明治専門学校(現九州工業大学)の選鉱実験室を借りながら自作した原田式交流磁選機を使用して研究を重ねた。その結果、交流磁選機により分離し、さらに非磁着物を2本のゴムロール間を通過させたのちに50mesh(約100 μ m)で篩い分けすることで、磁着物を焼結原料として、非磁着物については小倉発電所のスラッグタッポイラーの添加剤(フラックス)として有効利用できることを見出した。本技術はのちに「製鉄溶鉱炉ガス灰の処理方法」として特許登録(特許第193474号)されている。

ガス灰の処理技術を確立したことによって八幡製鉄所の下請け作業として正式な許可が下り、1949(昭和24)年に八幡製鉄所戸畑構内の焼結工場の南側に、篩分設備、磁力選別器(鉄片分離器)を備えた当社初となる戸畑選鉱工場が誕生し、同年12月18日から操業が開始された。物資に乏しい時代背景もあり、操業当初は輸送コンベアが不調で運転できずにスコップ作業により原料を輸送するほか、設備トラブルや設備改善の対処に追われる日々であった。

操業当初、月間118tであった処理量は、翌年の1950(昭和25)年12月に月間891tまで増加した。

(2) ガス灰磁選精鉱の団鉱化処理

ガス灰処理の操業を開始した1949(昭和24)年12月18日と同日、のちに“天来の慈雨”と語られる出来事があった。当時の記録によると「昨夜、大雨が降って工場に雨が漏った。翌朝工場を点検すると、分離した鉄鉱粉からもやもやと水蒸気が出て、濡れた部分だけが一つの塊になった。2、3日経つと黒色だった塊が順次褐色に変わり、2mの高さから落としても壊れなくなった。磁鉄鉱がひとりでに固化して褐鉄鉱に変わっている。この雨のおかげで、焼結の代わりに豆炭機に水を加えるだけで粉鉄鉱を固める“団鉱法”に成功することができた。」とある。

偶然の現象を見逃さず、技術的に産業まで発展させることができるところが、技術者 原田源三郎の強みのひとつといえるであろう。その後の研究で、「溶鉱炉に入った鉄鉱石が炉内の還元作用を受けて、金属鉄が発生し、磁性を帯びて磁性粒として集まり、これに水が加わって水酸化鉄となり、団鉱となること」が判明し、これを“原田式団鉱法”と銘打ち日本鉄鋼協会で発表した。

洞岡豆炭工場での試験を経て、家庭用の豆炭を製造する設備一式を買い付け、それを改良し、1950(昭和25)年5月に製団作業を開始した。製造した団鉱は、直接、八幡製鉄所の高炉への投入が可能となった。量としては高炉全装入原料中の3.5%とわずかではあったが、高炉主原料の一銘柄として位置付けられたことは、日本磁力選鉱(株)にとって大きな意義を持つものであった。



図 2.2.1 操業を始めた頃の戸畑工場内

原料となる高炉ガス灰、転炉スラッジなどの使用方法の変更に伴って、1968(昭和 43)年に団鉱生産は 18 年間、合計 51.4 千 t の生産をもって幕を閉じることになった。

(3) ガス灰収集作業

東田送風掛のガス清浄作業の中で沈殿槽内に堆積したガス灰は、回収されても貨車で貯蔵場に送られて放置されたままになっていた。これを磁選処理すれば磁着物は団鉱原料として有効に活用できることに着目し、また、時を同じく新需要に対応した湿式交流磁選機(WDA 型)及び直流式(WV 型)の開発に成功したことから、1953(昭和 28)年秋に磁選のテストを八幡製鉄所の第一製鉄課に願い出た。

磁選テストでは期待通りの結果が示され、1954(昭和 29)年 1 月に東田送風掛ガス清浄現場、翌年に洞岡送風掛現場から排出されるガス灰の収集作業、ガス灰の切出し作業を任された。さらには電気集塵機の清掃、シクナー関係設備の運転管理まで含めた一連の工程を任されることになった。

2.2.2 製鋼スラグ処理

昭和 40 年代前半までは各種スラグの特性に鑑み試験・研究を重ねて処理の実績と経験を培い、昭和 40 年代後半からは全国各地へ事業を展開し、日本磁力選鉱(株)の主力事業と成長していった。昭和 50 年代以降、製鋼スラグの処理量においては国内シェアの 30%以上を占めるに至った。

昭和 50 年代前半まではリサイクルプロセスの開発を重視して進められ、国内、海外へスラグ処理の技術協力、プラントの外販にも注力していった。その後は安定した操業体制の構築、工程の効率化、作業環境や周辺環境の改善、さらにはリサイクル産物の用途開発へのウエイトが大きくなっていった。

(1) 平炉スラグ/転炉スラグ

鉄鋼界は深刻な不況の影響を受けて減産体制が続く 1954(昭和 29)年、平炉滓の処理に関する話が持ち上がった。当初の試験では、精鉱歩留 12~13%止まりで品位も低かったが、その後、ボールミルで砕き、磁選してみると歩留は半減したものの、鉄分(T.Fe)90%以上のメタルを精製することが出来た。さらに研究を進め、三製鋼混銑水滓、戸畑の廃滓などについても、同様の処理工程で十分な効果が得られることが判り、多種のスラグにも転用できる技術であることが確認できた。

八幡製鉄所から許可が下り、1955(昭和 30)年 7 月から洞岡で平炉滓処理作業を開始し、含鉄剤、粒鉄を製造した。1962(昭和 37)年、西八幡地区への移転を契機に、月当たり 10 万 t の原料を処理する能力を持つスラグ処理工場を立ち上げた。回収した製品は、製鋼屑は平炉原料、7mm以上で鉄品位 60%以上のものは溶鉱炉原料、7mm以下で鉄品位 55%以上のものは焼結原料、脱鉄後の 3mm以下の微細粒鋼滓粉は稲作用肥料などとして使用された。その後、製錬方式が平炉から転炉へのシフトに伴って、スラグ処理も平炉滓から転炉滓へ変遷していった。

(2) 電気炉スラグ

東海鋼業(株)若松工場(現 (株)トーカイ)から 1965(昭和 40)年頃、電気炉発生スラグの処理について話が持ち上がった。

発生する電気炉スラグは大別して 2 種類あり、還元期に排滓されるスラグは時間の経過とともにほぼ完全に粉化し、スラグ中の地金は手選できる状態となるが、酸化期に排滓されるスラグについては、粒鉄が多く含有されているものの、排滓鍋中で徐冷されているため、非常に緻密で固くなり、長期間放置しても崩壊しない特徴があり、作業性と経済性を満足させる破碎方式はどのようなものを採用す

るか、が課題であった。さらにメタル回収後の排滓の有効活用にも目途が立っていなかった。

電気炉スラグ処理に関する研究を進め、破砕設備として油圧ジョークラッシャー、ロッドミル、大型衝撃式破砕機(商品名アイオン)を選定し、1967(昭和42)年8月に同敷地内に若松工場を建設した。特に現在もなお有力な磨鉱設備として威力を発揮している「ロッドミル」がスラグ処理として最初に実用化され、鉄品位90%以上の高品位化、脱燐の工業的な除去に成功している。また、メタル回収後の排滓については、還元期滓は肥料に、酸化期滓は路盤材として販売できる体制を整えた。

この東海鋼業(株)における電気炉スラグ処理は、当時の電炉業界から大きな反響を呼び、その反響に答える形で関西地区電気炉メーカー16社から要請を受け、それらのスラグを一手に手掛ける泉大津工場(大阪府泉大津市)を1975(昭和50)年8月に完成させ、スラグ処理の操業が開始された。

(3) 特殊鋼スラグ(ステンレススラグ)

1967(昭和42)年、日本冶金工業(株)川崎製造所でステンレススラグ処理の在庫1万トンについて、スポット作業を請け負うことができた。この作業実績が同社から十分な評価を受け、同年10月より正式な請負作業として受託することになった。当初の処理工程としては、ボールミルにおける粉碎と、振動篩、トロンメルによる篩分のみで構成されていた。

ステンレスは種類で特性が大きく異なり、特に磁性については、18Cr系(フェライト系)、13Cr系(マルテンサイト系)は磁性体であるのに対して、18-8Ni-Cr系(オーステナイト系)は非磁性体であることから通常磁着せず磁力選別ができない。しかしながら、研究を進める中で、オーステナイト系のメタルであっても、機械的な摩鉱によって衝撃を加えると磁性を帯びることが経験的に知見された。また、新たな選別方法として湿式比重選鉱法であるジグ選鉱の採用が検討されていった。

日本冶金工業(株)におけるステンレススラグ処理の成果を受け、1970(昭和45)年10月、転炉の導入によってスラグ発生量の増加が見込まれていた日新製鋼(株)周南製鋼所(現 日鉄ステンレス(株))の構内に、湿式工法によるステンレススラグ処理設備を据え付け、稼働を開始した。

2.2.3 スラグ処理の国内事業拠点の拡大

北九州における研究開発、ならびに処理実績を基礎として、1969(昭和44)年4月に「製鉄調査委員会」を発足して全国の鉄鋼関連企業を対象とした大規模な調査を実施し、積極的な全国展開を企図した。大手高炉メーカーをはじめとする鉄鋼関連企業にアプローチした結果、結実した事業拠点としては、1973(昭和48)年10月に川崎製鉄(株)水島製鉄所(現 JFE スチール(株))を始めとして下表2.2.1のとおりである。

表 2.2.1 日本磁力選鉱株式会社の事業拠点

事業開始	事業拠点(当時)	詳細
1969年(S44) 9月	水島合金鉄(株) 水島構内	マンガン鉱石の篩分
1970年(S45) 10月	日新製鋼(株) 周南構内	ステンレススラグ処理 月間13,000t
1973年(S48) 10月	川崎製鉄(株) 水島構内	転炉スラグ処理 月間95,000t
1976年(S51) 1月	新日本製鉄(株) 戸畑構内	転炉スラグ処理 月間80,000t
1977年(S52) 2月	新日本製鉄(株) 大分構内	製鋼スラグ処理 月間84,000t
1978年(S53) 4月	(株)中山製鋼所 構内	製鋼スラグ処理 月間10,600t
1979年(S54) 5月	新日本製鉄(株) 八幡構内	FeCrスラグ処理
1982年(S57) 6月	(株)日立製作所 勝田構内	SUSスラグ、電気炉スラグ処理

時を同じくして、将来の拡張に備えて福岡県苅田町に1万3千坪の臨海工業用地を取得し、現在でも主力である苅田工場(製鋼スラグ処理 月間48,000t)の第一歩が始まった。

2.2.4 スラグ処理プラントの展開

洗練された処理プラントを自らの事業拠点で操業するだけでなく、鉄鋼関連企業へのプラント販売事業を全国に展開していった(日本砂鉄工業㈱・大同特殊鋼㈱1970年、東北スチール㈱・合同製鐵㈱船橋1988年、東京製鉄㈱宇都宮1995年、日本鋼管㈱福山1997年、日新製鋼㈱呉1999年他)。

海外においても同様に、スラグ処理プラントの納入(中国 上海宝山製鉄所1984年、韓国 POSCO 浦項1983年/光陽1992年、ウクライナ マキエフカ製鉄所1995年)、合弁会社の設立(韓国 仁川選鋼1988年、中国 上海開拓磁選金属有限公司2007年他)、各国企業への技術協力、磁力選別機の販売など、スラグ処理技術の輸出が進められた。

2.2.5 新規用途開発

(1) カイロ(懐炉)事業

スラグから回収した細粒メタルの付加価値アップを目的として、カイロの製造に向けた基礎研究を1983(昭和58)年から始めた。その1年後にはカイロの製造を開始し、さらにその翌年には苅田地区にカイロ製造工場を新設し、本格的な製造を開始した。1986(昭和61)年12月にはJIS表示工場の認証を取得し、貼るカイロ、瞬間冷却パックなど数多くの商品を開発して販売してきた。1994年には扶桑化学㈱、1997年には楠灰製造㈱をグループ化して事業を拡大した。

しかしながら、過当競争による価格の低下、販売数量の減少、原材料の高騰も相まって、2009年2月に生産を終了した。国内における生産販売数量は、24年間でおおよそ13億個に達した。

(2) 製団化事業

ガス灰磁選精鉱の団鉱化処理に始まった製団技術であるが、ロータリーキルンでの還元団鉱による強度改善などの数々の研究が行われた。転炉スラッジ、蛍石粉、マンガン鉱石、微粒メタル、高炉ダストなど、幾多もの原料について製団試験が実施されており、事業化されていないものを含め、多くの知見が得られている。培われた技術力をベースに1987(昭和62)年10月に高炉ダスト、1989年11月には無煙炭の製団設備が苅田地区で導入され、操業ノウハウを蓄積している。

(3) セメント原料化事業

昭和50年前後から溶銑の脱硫方法が大幅に変更され、脱硫剤としてカルシウムカーバイドあるいは石灰が使用され始めた。当時、苅田工場ではスラグを磁選した後の非磁着物の活用について見通しがたっていなかったことから、開発研究として「非磁着物のセメント向け有効活用化」に取り組んだ。

化学成分の性状調査には、小野田セメント分析センターや三井セメント田川工場、新日鐵化学各社の協力を得て進められ、その結果、それまでセメント鉄源として使用されていた「銅カラミ」に比べて、有害成分が非常に少ないこと、CaO含有による熱源の節約に有効などの利点が判明し、転炉スラグ、造塊スラグについては十分にセメント原料として利用できることが判明した。

さらにセメント向けとしては1mm以下のメタルを完全に除去する必要があったが、長い期間にわたり開発を進めた「選鉱技術」を具現化した苅田工場では、極めて高い精度の選鉱を実践し、現在においてもなお、セメントメーカー各社に最適な品質のものを提供している。

2.3 環境非鉄リサイクル事業

2.3.1 溶接用フラックス再生処理

溶接用フラックスの再生を事業として手掛けたのは、昭和40年代初期に曾根作業所においてのことであり、その後、姫路、上尾などの工場ですべて昭和40年代に事業化した。初期の再生は物理再生で磁選と整粒のみであったが、廃フラックスを熔融還元したうえで成分を再調整して再生フラックスを製造する高度なリサイクルを狙った研究を昭和43年頃から進めていた。

1985(昭和60)年、福岡県荇田町に小型の電気炉(300kVA)を設置し、八幡製鋼所スパイラル鋼管用溶接フラックスの物理再生時に発生する篩下粉の熔融再生処理を開始した。積極的な営業展開もあり、物理再生・熔融再生いずれも処理量は順調に伸びていき、2008年には電気炉(500kVA)を増設するとともに、現在では毎月300tほどの熔融再生が行われるまでになった。

2003年からはISO9001の認証を取得し、製品のさらなる品質の向上に努めている。

2.3.2 電気炉事業

スラグから回収したメタルを自社での製品化を目指し、1982(昭和57)年に「電気炉事業開発プロジェクト」が発足し、同年9月、荇田町に8t規模の電気炉を設置した。当初はスチールショットの製造、Fe-Ni鋼の受託溶解を実施していたが、販売価格の低迷で収益が上がらない状況が続いた。市場調査をもとに中長期構想を練り直し、以後、磁石鋼及び特殊鋼の溶製比率を高めて収益改善に取り組み、1993年から単年度ベースで黒字化に転じた。本事業はリサイクルとしても有用で、ニッケルスラッジやリチウムイオン二次電池の正極材工程屑などの再資源化にも取り組んでいる。

2.3.3 ウェイト材製造

ごみ熔融炉から発生する水砕メタルを破砕して微粒鉄と混合し、粒度調整により嵩比重をさらに高めることで重量骨材として提供できることに着眼し、1994年から重機関係のウェイト材を製造・販売した。現在では、兵庫県明石市、栃木県小山市で事業を展開している。

2.3.4 非鉄リサイクル処理

1991年12月、回転炉による青銅鋳物の再生処理を東陶機器(株)(現・TOTO(株))から受託し、事業を開始した。また、非鉄工場では廃ケーブル処理による銅ナゲット回収事業にも参入した。

1999年には、家電リサイクルのために設立されたグリーンサイクル(株)(名古屋市)への出資を決め、選別処理設備一式の発注を受けるとともに、操業指導並びに実操業を担当した。

2.3.5 軽金属(アルミニウム/マグネシウム)リサイクル処理

従来の溶解再生ではなく、物理的にアルミニウムスクラップの純度を高める選別処理を1999年に小山工場(栃木県小山市)で事業化し、操業体制を確立していった。

また、マグネシウムインゴットを切断してマグネシウム脱硫剤を製造する方法について、米国のロスボロー社から技術指導を受け、1995年に合弁会社ニッセンロスボロー(株)を設立して事業を開始した。その後、小山工場にて、2002年からはマグネシウムス合金クラップからの溶解・切断再生事業が開始された。

2.3.6 ひびき工場(北九州市エコタウン)

リサイクルの総合企業を目指し、その集大成として、2005年10月、北九州市エコタウン内に非鉄金属の分離精製技術に特化したリサイクル処理設備を配置したひびき工場が誕生した。

それまで廃家電、廃自動車などに由来する鉄、銅、アルミニウム、プラスチック類などが混在したスクラップ複合物は、国内で利用できる品質まで高めることが出来ずに、安価な労働力を頼り不適正処理の温床となる海外へ流出されていた。当設備では、スクラップ複合物を破碎して粒度を揃えた後、磁力、渦電流、風力、比重、篩分などで選別することで良質な再資源化を「選鉱技術」で可能とした。

(1) 小型家電/廃基板リサイクル処理

北九州市未来技術開発助成金を活用し、2008年9月から北九州市、(株)ソニーと協同で使用済みの小型電子機器回収の実証実験を始めた。国内で初めての試みであり、北九州市内に回収ボックスを設置し、そこで回収された小型電子機器を破碎・選別処理した後、金や銅などを再び電子機器部品として再利用するリサイクルチェーン全体を通じた事業の採算性について検討した。

処理プロセスの有効性がNEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)から高い評価を受け、2011年に「希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業」に採択され、その助成金を活用して、ひびき工場の敷地内に小型電子機器処理施設を新設した。

2013年6月には、同年に施行されたばかりの小型家電リサイクル法に基づく小型家電リサイクル認定事業者を申請し、経済産業省、環境省の両大臣から第2号として認定を受けた。現在では九州全域、山口県から搬入された年間約500tの使用済み小型電子機器を再資源化している。

さらには海外にも処理原料を求め、経済産業省委託事業によるベトナムやフィリピンの小型電子機器の回収の実施可能性調査や、バーゼル条約に基づく複雑で煩雑な申請手続きの壁を乗り越えて承認を得て、日本初となるインド、ベトナムからの廃基板の輸入を成し遂げた。

(2) リチウムイオン二次電池処理

リチウムイオン二次電池には、コバルト、ニッケルなどの有用金属が多く含まれているが、廃棄された電池をリサイクルする場合、電池中に含まれている電解液が危険物に該当するため、発火・破裂の危険性があり、貯蔵、取扱い、リサイクル方法が大変困難とされている。

その技術的課題に2010年から研究開発として取り組み、2013年からは三菱マテリアル(株)と共同で経済産業省の「産業技術実用化開発事業」の採択を受け、助成金を得ながら実証研究を進めてきた。

リサイクル技術が確立したことで、2018年7月、ひびき工場に過熱蒸気式熱分解炉を新設し、一般社団法人JBRCからの処理委託を主な業務として事業を開始した。2019年4月からは、xEV(電動車両)を処理対象として、湿式溶媒抽出装置によるコバルト、ニッケルの溶媒抽出精製試験についても、三菱マテリアル(株)と共同で実証研究を進めている。

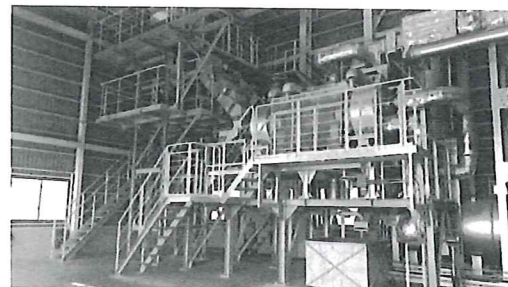


図 2.3.1 過熱蒸気式熱分解装置

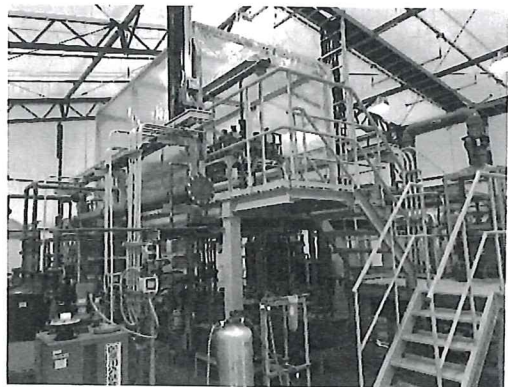


図 2.3.2 湿式溶媒抽出装置

2.4 リサイクル機器事業

2.4.1 磁選機器、選鉱機器の開発

磁選器の開発に関しては、創業者 原田源三郎が満州で勤務している時に原田式交流磁選器を開発した1944(昭和19)年5月17日に始まる。日本に戻り、1948(昭和23)年に八幡製鉄所の第二コース課から鉄片分離器の注文を受けたことが日本磁力選鉱(株)の起業につながっていく。

当初、製作のための機械、治具などはほとんどない状況であり、そのような過酷な状況のなかで製作、開発研究が進められ、1952(昭和27)年に回転型鉄片分離器(R型)を開発し、その翌年には無火花開閉装置(特許第242509号)の開発の成功によって、国内外のトップメーカーの性能を上回る特殊回転型RS磁選機という画期的な新機種を開発した。これまで輸入に依存していた磁選機の国産化に成功した日本磁力選鉱(株)の知名度が全国的に高まっていった。各種学・協会、大学の学校関係者などからの見学や、当社から発信する技術報告も増えていき、この当時の世間からの見る目は、現代的に表現すると北九州発の「急成長するハイテクベンチャー企業」と映ったのではないだろうか。

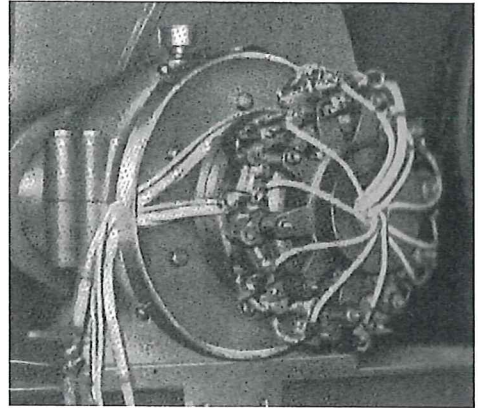


図 2.4.1 無火花開閉装置

その後も研究、試作、実機販売、改良などの開発が進められ、対極型磁選機、電磁式/永久磁石式ドラム型磁選機、静置型湿式フィルター磁選機(WSF型)、渦電流選別機(アルミニウム選別機)など、30機種以上の磁選機を世に送り出し、今までに出願・登録された特許件数は優に100を超えている。フィリピン、スリランカ、韓国、中国、インドなどへの海外輸出も積極的に行われた。1968(昭和43)年には磁選機の開発に長年携わった山本進介が二人目となる「紫綬褒章」を賜った。

さらに研究開発は磁選機にとどまらず、投射式ニュージェットセパレータ、ロータリーインパクトミル、川崎重工(株)と共同開発した円周排出ミルなどの摩鉱機や、多段型振動篩、廃プラスチック湿式比重選別機(LISM)など様々な選鉱機器を開発していった。

2.4.2 乾式高磁力対極型磁選機

微弱磁性のガーネット(ザクロ石)を選別する目的で、高磁束密度、大量処理を可能とする対極磁選機(G型磁選機)の開発に注力し、1956(昭和31)年4月に完成した。

セイロン(現 スリランカ)におけるイルメナイト処理の商談では、ドイツのフンボルト社、アメリカのエクスロン社、イギリスのラビッド社、日本の神鋼電機(株)を相手に、性能(技術)と価格について国際競争に打ち勝ち、このG型磁選機が採択された。1958(昭和33)年から長期にわたってスリランカへの輸出が継続され、総輸出台数は16台にのぼった。

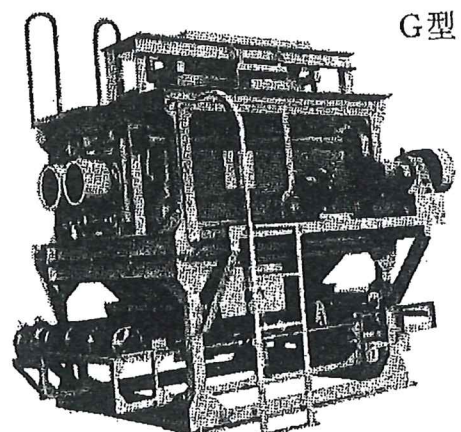


図 2.4.2 G型磁選機(当時)

現在においても本機の原理を基に改良が重ねられた改良機が、乾式の高磁束密度磁選機として鋳物業界を中心に販売されている。

2.4.3 静置型湿式フィルター磁選機(WSF型)

1973(昭和 48)年に陶土用の除鉄装置として開発された。磁極極内に鉄球を充填し、磁場をかけることで高磁束密度(約 2.8 テスラ)を得ることができる。

のちの改良機の「HIGAMS : High Gauss Magnetic Separator」は、世界最高水準の高磁束密度を保持し、製鉄所の冷延工程のアルカリ洗浄液や圧延油の脱鉄(浄化)処理として、現在においてもヒット商品として国内のみならず、製鉄業が盛んな中国、インドなどで広く販売されている。

さらに本機の高い技術力が評価され、北九州市から「平成 16 年度北九州エコプロダクツ」、「北九州市エコプレミアム 2010」に認定された。2015 年には、一般社団法人産業環境管理協会が主催(経済産業省 後援)する「資源循環技術・システム表彰」において「産業環境管理協会会長賞」を受賞した。

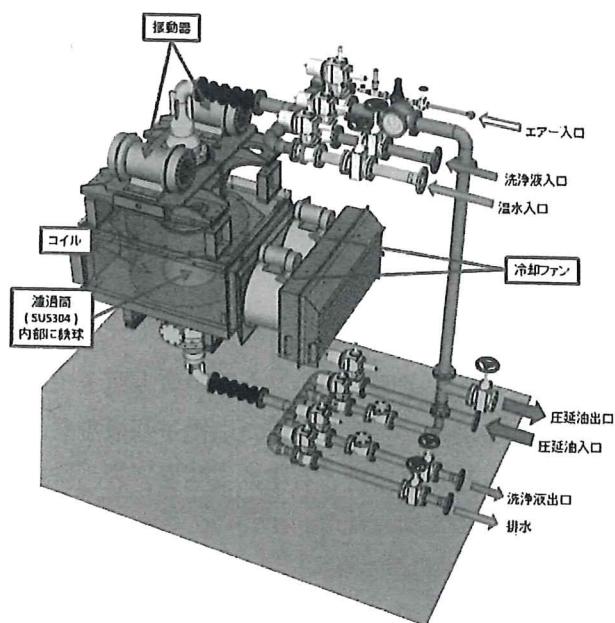


図 2.4.3 HIGAMS 図解

2.5 今後の展望

昭和初期からガス灰、製鋼スラグのリサイクル処理で事業を発展してきた日本磁力選鉱(株)であったが、平成に入り社会的なニーズの高まりに呼応して、非鉄金属関連のリサイクルにも積極的に研究・開発・事業化を進めてきた。

令和の時代においても他社の追随を許さない「選鉱技術」を中心に、経営理念および社是の「資源は有限 創意は無限」を念頭に「死ぬまで勉強」の精神で、他社企業のニーズや社会的な課題については、産学官民による連携をより一層強化し、高品質・環境安全性を事業性と両立させることができる高い技術力で、リサイクルのパイオニアとして全社一丸となり、今後も持続可能な社会の一助となるべく邁進していく。

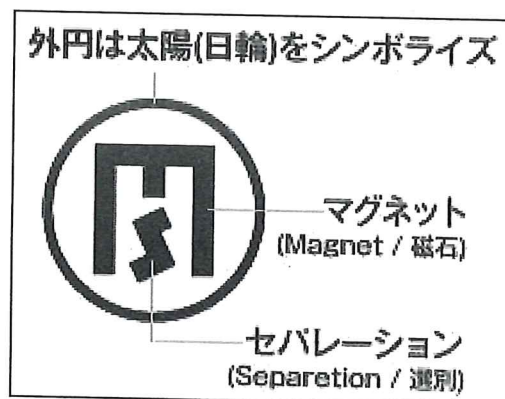


図 2.5.1 日本磁力選鉱(株) 社章

参考文献

- 日本磁力選鉱株式会社「日本磁力選鉱三十年史」(1981)
- 日本磁力選鉱株式会社「日本磁力選鉱三十年史(技術編)」(1981)
- 日本磁力選鉱株式会社「日本磁力選鉱 50 年の歩み」(1999)
- 日本磁力選鉱株式会社「磁力選別機的设计と応用」(2004)
- 日本磁力選鉱株式会社「なごみ創立六十周年記念復刻版(上巻・下巻)」(2011)