

コンクリートブロック

マリμβロック

図8.14 神奈川県城ヶ島海域でのコンクリートブロックとマリμβロック（鉄鋼スラグ炭酸固化体、1m×1m×1m）のブロック上面の比較（JFE技報）

②環境改善材料

・水質・底質浄化材

高炉水砕スラグで海底のヘドロ層を覆うと、青潮の発生原因となる硫化水素の発生が抑制される特性が見出され、海底の覆砂材として利用が図られている。島根県宍道湖ではシジミ漁場材として、水砕スラグの利用を検討しており、天然砂と同等以上の良好な結果が得られている。

・海域環境改善材料

藻場造成礁（鉄鋼スラグ炭酸固化体；マリμβロック）は、製鋼スラグの成形体にCO₂を吹き込むことにより製造される。スラグ粒子周囲に炭酸カルシウムの皮膜を生成させて、スラグ粒子間を結合し、ポーラスコンクリートと同様に多孔質のブロックとなっている。日本全国14の海域でコンクリートブロックとの比較試験を実施し、図8.14の例のように藻の着生、成長に優れた材料であることが実証されている。

・CO₂固定化

栄養塩が不足している海洋に製鋼スラグを散布することにより、栄養塩が溶出し、海洋植物プランクトンを増殖させCO₂を固定化しようとする取り組みが行われている。

・都市環境改善材料

都心部のヒートアイランド現象抑制対策として、保水性舗装が目目されている。通常の密粒度舗装に比べ路面温度が最大13℃低下する高炉スラグを原料とした保水材が開発され、各地で採用が広がっている。

8.2.4 製鉄プロセスを活用した環境・リサイクル技術

(1) 環境調和型製鉄所への動き

近年、環境に関わる様々な問題の解決を目指し、循環型社会実現への取り組みがあらゆる場で進められている。鉄鋼業界も従来のプロセスの生産性向上、効率化など量拡大とコスト低減を主眼にした技術開発に加え、自然環境と地域社会との共生をベースに、環境負荷軽減、資源・物質循環を重視したプロセス技術の開発も同時に開始している。製鉄技術の環

境・リサイクル分野への展開は従来にはまったく無かった技術ジャンルであり、この10年において鉄鋼技術の新しい流れを作りつつある。特に高炉、コークス炉を利用した廃プラスチックのリサイクルに関しては実機化まで進み、社会からも認知され、製鉄所のイメージを変えている。このように円滑に実績を挙げ、期待されるに至った背景には鉄鋼業が培ってきた高度なプロセス開発技術が根底にあるが、製鉄所自体に次のようなリサイクルへの高いポテンシャルを本質的に有することも挙げられる。

- ・製鉄所は高炉、コークス炉など廃棄物をガス、還元材に高効率で変換し資源として有効活用するに適した高温プロセスを有する。そして優れた環境保全設備によりクリーンな利用が可能である。
- ・広大な敷地のもとに大量に対象物をハンドリングできる設備を有し、陸上、海上からアクセスが容易で、周囲との連携を取りやすい。

本節では製鉄プロセスを活用した各種リサイクル技術について、既に商用化に至っているものは勿論、またこの10年間に開発され、現在、実機化に向け進みつつあるものも含めて述べる。

(2) 廃プラスチックの資源化技術

プラスチックは加工性、耐久性に優れることから、日本におけるプラスチック原材料生産量は2001年統計で1,388万トンに達している。それに伴い廃棄されるプラスチックの量も急増し、一般廃棄物系および産業廃棄物系合計で1,016万トン（2001年）と推定されている。この廃プラスチックのうち、再生利用されているのは、その約50%にすぎず、残りは単純焼却、埋立処分されているのが現状である。この実状はこの10年間、大きく変化していない。よって、環境問題、資源の有効利用の観点から、容器包装リサイクル法が制定され、2000年より一般廃棄物系のすべての廃プラスチックに対して適用が開始されている。

廃プラスチックのリサイクル方法としては図8.15に示すように廃プラスチックを再生加工し、二次製品として再利用する方法と、化学的、熱的に処理して再利用する方法に大別される。さらに後者には廃プラスチックを油化し、液体燃料あるいはナフサ代替など石油化学原料として再利用する方法、高炉の還元剤として利用する方法、油化と高炉還元剤を兼ね備えたコークス炉原料化として活用する方法などがある。それぞれには特質があるが、純粋に油化する方法は化学的手段によって廃プラスチックを液状原料、燃料に変換、精製するもので望ましいリサイクルの手段であるが、適用性、経済性に関して課題もある。高炉、コークス炉を活用する方法は対応力に富み、大きな処理量が期待できる。高炉原料化

法は炭化水素から成る廃プラスチックを高炉内で還元剤として利用し、通常、還元材として使用されているコークスと置き換えることにより再利用する方式であり、鉄の生産と繋がった方法である。リサイクルにおいては利用効率が重要となるが、高炉における廃プラスチックリサイクルでは利用効率は約80%と算定されている。また、コークス炉での廃プラスチックのリサイクルはコークス化、油化、ガス化を兼ね備えた方法である。いずれも高炉、コークス炉の機能を活用した方法であり、全体システムが簡素であり、展開性に富む。既に製鉄所の立地を生かし、図8.16に示すように製鉄所を活用した廃プラスチックリサイクル設備は全国的に展開しつつある。さらに廃プラスチックのリサイクルは単純焼却など利用されていない廃プラスチックを製鉄所で還元材などとして有効利用でき、最終的にCO₂排出量削減に大きく寄与すると考えられる。この効果は日本鉄鋼連盟のCO₂削減自主行動計画にも考慮されている。

塩化ビニルは様々な用途に利用されており、廃プラスチック中に約10%近く含まれる。廃プラスチックを処理する際、

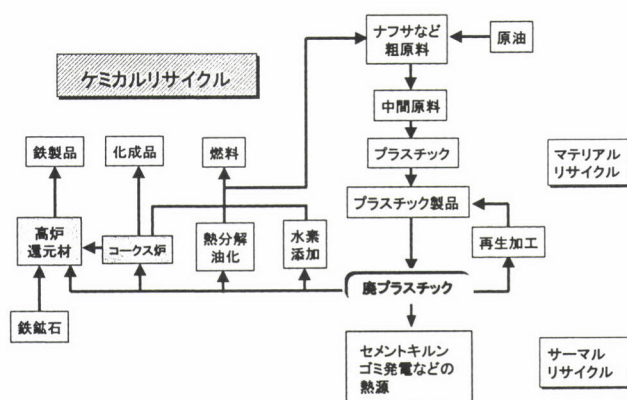


図8.15 廃プラスチックのリサイクルルート

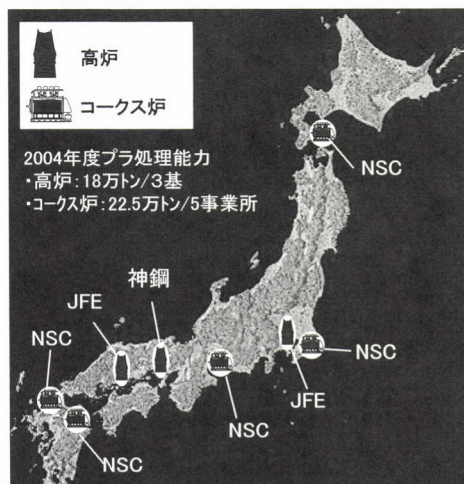


図8.16 製鉄所を活用したプラスチックリサイクルの展開

含有される塩化ビニルから塩化水素が発生し設備腐食を起こす可能性がある。よって、廃プラスチック中の塩ビを除去あるいは塩ビ中の塩素を除くことが望ましい。高濃度の塩化ビニルに脱塩素を施す方法としてロータリーキルンを用いたプロセスが開発されている。本プロセスでは並流型の外熱型のキルンを用い、粉コークスを同時添加することで塩化ビニルの融着、凝集を防止している。回収された塩化水素は工業用に再利用される。この概念に基づく年間5,000トンの処理能力を持つ商用炉がJFE京浜に建設され、2003年から運転されている。

(3) 金属樹脂複合廃棄物など難処理物のリサイクル

プラスチック類、金属など単体の廃棄物に関してはリサイクル技術が確立されつつあるが、自動車シュレッダーダスト (Automobile Shredder Residue、以下ASRと記す) のような複合系の難処理廃棄物処理のリサイクルが大きな課題となっている。2005年初頭から自動車リサイクルが義務づけられ、このASRの適切な処理が急務となっている。既存の廃棄物処理プロセスを応用した方法も多数提唱され、鉄鋼メーカーも製鉄技術の応用としてガス化溶融炉などの適用を進めている。また、製鉄プロセスと繋がった独自の方法としてコークス炉の副産物であるコールタールを熱、分離の媒体として利用するプロセスが開発されている。ASRにはウレタンなどの樹脂が多量に含まれ機械的な分別を阻害しているが、図8.17に示す本方式では約280℃に加熱されたコールタールから成る熱媒体中で選択的にウレタンを分解でき、金属、樹脂を高速に比重分離できる。分離された鉄は高炉鉄源として、樹脂は羽口吹き込みによって還元材に利用できる。ASR処理では高いリサイクル率が望まれるが、本方式による1,000トン/yの処理能力を持つパイロットプラント試験運転の結果、96%のリサイクル率が達成できるとされている。

(4) 廃タイヤのリサイクル

新日鐵広畑では高炉休止に伴う鉄源確保の方法として微粉

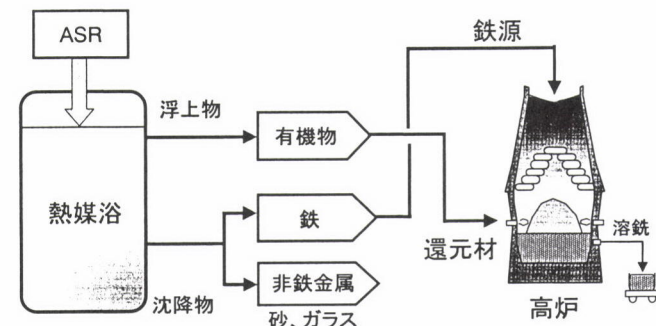


図8.17 熱媒浴を利用したASR高速処理プロセス

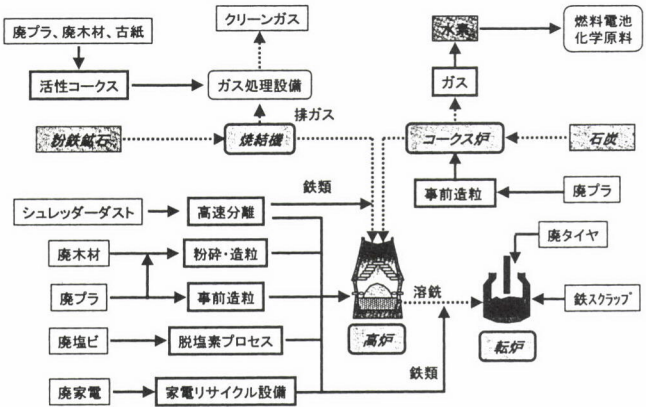
炭と酸素によってスクラップを溶解する冷鉄源溶解法を商用化している。この微粉炭代替として廃タイヤを用い、タイヤに含有されるカーボン燃料源、溶銑成分として、またスチールコードを鉄源として再利用するプロセスを開発し商用化している。2000年には年間5.7万トンの廃タイヤを本方式でリサイクルしている。これは全国発生量の約6%に相当し、社会的インパクトは大きい。

(5) バイオマスなど新たなリサイクルへのアプローチ

バイオマスはカーボンニュートラルであり、積極的に利用することでCO₂削減にも繋がる。ただし、バイオマスはエネルギー密度が低く単なる熱源代替としては利用効率が低い。バイオマスの機能を生かしたりサイクルが望ましい。そこでバイオマスには酸素が含有されることに着目し、廃木材、古紙などを乾留して排ガス処理用の活性コークスを製造する方法が開発されている。乾留時の脱水作用によって賦活効果が期待でき、150～200 m²/gの比表面積を持つ活性コークスの製造が可能である。オフラインではあるが、焼結機の実排ガス処理に試験的に使用されSO_x、ダイオキシン除去に十分な吸着能を持つことも確認されている。使用済みの吸着剤は高炉吹き込みなど製鉄所を利用したカスケード利用が可能である。また、廃木材の易粉碎性を利用し、廃木材を微粉碎して羽口から吹き込み、高炉還元材として利用する試みも2001年から数年、試験的に行われた。その間、廃プラスチックと混合造粒し、互いの造粒性を向上させる試みも行われている。

(6) 今後の環境調和型製鉄所の姿

開発中のプロセスも含めリサイクル機能を有する環境調和型製鉄所の姿を図8.18に示す。既に述べたように製鉄所の各種の機能を活用することにより循環型社会に貢献できる構図が描ける。図中に示すようにコークス炉から回収されるC



ガスから積極的に水素を分離、製造する技術もJRCM 中心に開発されている。都市型製鉄所においては徐々に、この図に近い姿が実現できると思われる。新日鐵八幡では響灘地区において周辺の企業、研究機関との連携により北九州エコタウン事業を進め、ペットボトル、家電のリサイクル、自動車の解体など各種のリサイクル設備を設け、具体的な成果も現れつつある。製鉄所と地域との共生の形として注目される。

8.2.5 製鉄技術の廃棄物処理への展開

(1) 緒言

21世紀の課題の1つとして環境問題がある。その中でもとりわけ廃棄物処理への対応が急務である。現在、廃棄物はその発生形態や性状の違いから、「一般廃棄物」と「産業廃棄物」に大別される。「一般廃棄物」は人の日常生活から排出されるごみや尿尿及び事業活動から生ずる廃棄物であっても環境汚染上の問題が少なく、一般的に市町村の処理能力を以て対処することが可能なものであり、また、一般廃棄物の中で固形廃棄物を生活排水や尿尿などの液状廃棄物と区別して「都市ごみ」と称する。我が国の都市ごみの処理状況は他の主要国と比較して、焼却処理の比率が突出して高い。これは国土が狭く、人口密度が高いという事情を反映している。しかしながら、従来の焼却方式は、熱リサイクル率およびマテリアルリサイクル率が共に低く、ダイオキシン類等の大気汚染物質の排出や重金属の溶出に因する焼却灰最終処分地の逼迫という問題を抱えている。また、地球自体が限りあるものという観点から見て、将来的には全世界が同様な様相を呈することとなり、我が国のごみ処理への対応はその範となるべきものと考えられる。

近年、このような課題に対応するために、製鉄技術及びその基盤技術である高温冶金工学を応用した廃棄物ガス化溶融システムが開発された。これは、廃棄物処理の諸課題を見渡した時、製鉄技術及び高温冶金工学と非常に多くの共通性を持ち、その問題解決への有効な適用の可能性が推測されたためであり、都市ごみのみならず、廃棄物全般への処理技術の展開が既に開始され、特筆すべき開発が行われている。例えば、高炉横吹き送風型廃棄物直接溶融システム、間接加熱熱分解チャンネル併設型ガス化溶融システム及び上吹き・横吹き送風併用型廃棄物ガス化溶融システムがあげられる。燃烧技術として、高炉下部でのコークス（炭材）の部分燃焼法や転炉での上吹き酸素送酸法が応用されている。また、高炉技術が廃棄物中の灰分や金属類の溶解に応用されている。

ここでは、最も新しいタイプのガス化溶融システムである上吹き・横吹き送風併用型廃棄物ガス化溶融システムについて紹介する。