

# 産業部門の削減ポテンシャル

## 1. 検討した対策

計画ケースにおいては、現状の産業構造の変化はあまり想定せず、各業種において実用化されている省エネルギー技術を中心に検討を行った。今後、強化ケースを考える前提として、資源循環、リサイクルという面から産業部門におけるCO<sub>2</sub>削減可能性を考えるとともに、小型分散エネルギーシステムの中小規模事業所への導入など、従来対策の延長線上には無かった対策による削減可能性も検討した。検討した対策は、次のとおりである。

### 資源リサイクルによるCO<sub>2</sub>削減

従来型省エネ技術に対して、産業構造、物質循環構造からCO<sub>2</sub>を削減する対策  
(具体的対策)

- ・高炉での廃プラ利用
- ・セメント焼成における廃プラ利用
- ・混合セメント、エコセメントの利用拡大

### 小型分散エネルギーシステムの導入

従来、分散エネルギーシステムの導入が難しかった中小事業者への小型分散エネルギーシステムの導入

(具体的対策)

- ・マイクロガスタービンによるコージェネレーション

### 天然ガスへの燃料転換

石油系燃料から天然ガスなどのCO<sub>2</sub>排出係数の低い燃料への転換

### 従来省エネ対策のさらなる導入

- ・コージェネレーションのさらなる導入
- ・コンバインド発電のさらなる導入
- ・中小規模事業所等でのさらなる省エネ対策の推進

## 2. 資源リサイクルによるCO<sub>2</sub>削減

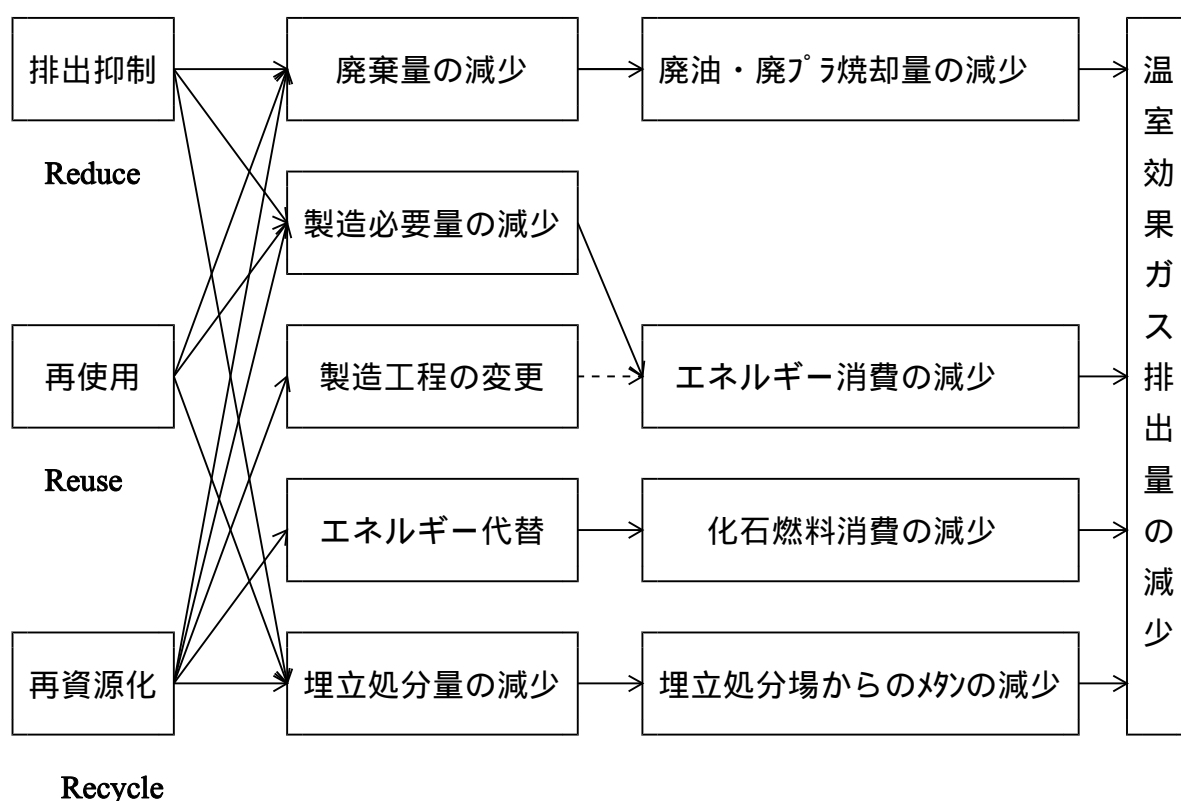
### 2-1 産業部門における廃プラスチックの有効利用

#### (1) 対策の概要

20世紀を特徴付けた大量生産、大量消費、大量廃棄の経済社会と決別して、資源循環型の社会の形成が強く求められているが、資源の有効な利用は、温室効果ガス、とりわけ二酸化炭素の排出量の削減に大きな寄与が期待される。

2001年の省庁再編に伴って廃棄物・リサイクル業務が環境省の所管事項となったため、今後は、省内での十分な連携の下に対策が推進されることが期待される。

リサイクル、リユース、リデュース等は、主として次のような経路を通じて、温室効果ガスの削減に寄与することとなる。



リサイクル、リユース、リデュースとは、基本的には廃棄物量を減少させるために、有用な資源をできる限り循環させて活用する取組であるが、温室効果ガス排出量の算定にあたって対象となる化石燃料由来の廃油、廃プラスチックの焼却量を減少させるだけでなく、物質循環により新規の製造必要量を減少させたり、廃棄物からエネルギーを取り出すことにより従来の化石燃料消費量の減少に資するなど、エネルギー面においても温室効果ガス削減に資する。また、紙・繊維くず、食物くず、木くずの埋立量が減少すれば、メタンの発生量の抑制にも資する。

資源の有効利用は、資源と燃料の両方の面で石油等の化石燃料の消費量減少に資するものであって、これが結局は温室効果ガス排出量の低減を意味することとなる。

## ( 2 ) 対策の課題

再生資源の有効利用については「再生資源の利用の促進に関する法律」が2000年に改正され「資源の有効な利用の促進に関する法律」と名称変更されたところであり、各分野において取組が進められている。また、廃棄物等の資源の有効利用については、さまざまな分野において研究開発が進められており、実用化された技術も少なくない。これらの取組がもたらす効果を詳細に算定することは決して容易なことではない。そこで、ここでは、特に温室効果ガス削減を主とした目的とした対策として、廃プラスチックの高炉での利用を取り上げる。

### 技術的側面

#### 高炉原料化法

高炉業界における廃プラ利用手法として注目されている高炉吹き込みは、銑鉄生産に必要な還元剤（コークス、微粉炭）を廃プラで代替しようとするもので、高炉に投入するコークス・石炭を削減できる分、二酸化炭素の排出を抑制することができるものである。

通常、銑鉄1 tの生産にあたって、還元剤（コークス、微粉炭）が約500kg投入されており、このうち、廃プラで代替可能な量の上限は200kg程度とされている。

廃プラを高炉に投入する前の処理工程でもっとも問題とされる塩化ビニルの除去技術は確立しており、普及拡大に向けてさらなる低コスト化が課題となっている。

#### コークス炉化学原料化法

廃プラの高炉吹き込みと類似する廃プラ利用手法として「コークス炉化学原料化法」がある。これは、高炉ではなく、コークス炉に石炭の代替として投入されるものである。投入された廃プラは1200 高温環境下で乾留され、約40%は油化物として回収され化学工業原料などに使用される。約40%はコークス炉ガスとして発電燃料等に利用され、残りの約20%がコークスの一部として高炉に投入されることになる。

コークス炉投入に先立って、収集された廃プラの粉碎・選別・塩ビ除去・成形などの前処理工程が必要であるのは、高炉原料化法と同様である。ただし、高炉投入の場合には、高炉に投入するコークスの2割程度を廃プラで代替できるが、コークス炉投入の場合には、コークス炉に投入される石炭の1~2%程度しか廃プラ

ラで代替できない。このため、コークス炉のみでは処理量に限界がある。

#### 経済的側面

高炉業界におけるこれらの廃プラ利用関連設備の投資額をみると、廃プラ処理量3～4万t/年の設備1基あたり40～45億円程度である。

廃プラ処理コストは、産業廃棄物系廃プラで3万円前後、前処理工程が複雑になる一般廃棄物で9万円程度とされており、2000年度に高炉業界が実施した廃プラ処理事業単体でみると、産業廃棄物系が黒字、一般廃棄物系が赤字であるものとみられている。事業採算面からは、廃プラ処理設備の稼働率向上が課題であり、採算ベースに乗せるには8～9割の設備稼働率が必要であるとされている。

#### 制度的側面

廃プラの調達先は、大きく、産業廃棄物系と一般廃棄物系に分けられるが、これまでは、たとえば、NKK京浜製鉄所では、家電、鉄道、かばん製造等の事業所400ヶ所以上との提携が行われているように、産業廃棄物系の廃プラが主であった。今後は、家電製品のリサイクルに取り組む家電業界等との連携などによる産業廃棄物系の廃プラ利用の増加に加えて、容器包装リサイクル法に基づく一般廃棄物系（PETボトル以外のプラスチック）の利用量の増加も見込まれている。

高炉への廃プラ吹き込みとコークス炉利用は、2000年4月に完全施行された容器包装リサイクル法におけるPETボトル以外のプラスチック（その他プラスチック）のリサイクル施設として認定されており、2000年度から一般廃棄物の高炉業界への受け入れが実施されている。

高炉投入などの2000年末での廃プラ処理能力は、約19万t/年で、2000年度の処理量は約14万tとみられる（表2-1）。このうち、6万8千トンが一般廃棄物系（その他プラスチック）の容器包装廃棄物である。

廃プラ利用を拡大するためには、廃プラ処理設備の稼働率を向上・安定化させることが必要であり、特に一般廃棄物の回収・処理量の見通しが不透明であることが大きな障害となる。一般廃棄物については、家庭からの分別排出、自治体等の分別収集、指定法人への引き取り、再商品化事業者への引き渡し、高炉等での再利用といった容器包装リサイクル法に基づくシステムが安定的・効率的に運用されることが廃プラ利用拡大の前提条件である。

#### 廃プラの将来排出量

廃プラの将来排出量の見通しとして、一般的な推計値はなく、今後のプラスチック生産量の見通しをすることも困難であるが、今後回収率の向上、再利用率の向上により、利用できる廃プラスチック量は増加するものと考えられる。

## C O<sub>2</sub>削減量からみた廃プラの再利用方法の検討

廃プラの再利用方法としては、原材料としての再生利用や、燃料としての発電、熱利用等に用いることが行われている。一般に廃棄物発電などは、一般の発電に比べて発電効率等が低く、都市ゴミ等に廃プラ混合して利用する場合、熱の利用率は低く、多くは排熱となってしまう。一方、高炉での廃プラ利用は、廃プラを還元剤と燃料の両方の役割で用いることができ、極めて有効に廃プラを利用する方法であると考えられる。

表 2 - 1 高炉業界における廃プラ利用状況

企業名	事業所名	処理能力 (万t/年)	2000年度処理量 (万t)		2010年度目標 利用量(万t)	利用法	利用開始年月	対象廃プラ
			廃プラ計	うち一廃 (その他プラ)				
NKK	京浜製鉄所	4	8.0	4.3	計30万t以上	高炉吹き込み	1996年10月	産廃
		3				高炉吹き込み	2000年4月	// + 一廃
	福山製鉄所	3	2.5	高炉吹き込み		2000年4月	// + 一廃	
神戸製鋼所	加古川製鉄所	1	1.0	0.1	計30万t	高炉吹き込み	2000年2月	// + 一廃
新日鐵	君津製鉄所	4	0.3	0.3		コークス炉投入	2000年8月	一廃
	名古屋製鉄所	4	2.1	2.1		コークス炉投入	2000年8月	一廃
住友金属	鹿嶋製鉄所					コークス炉投入	2001年度	産廃
	和歌山製鉄所							
川崎製鉄	千葉製鉄所	0.8				高炉吹き込み	2002年度	一廃
	計	19.8	13.9	6.83	100万t			

### (3) 強化対策としての導入見込み量

国内の高炉による銑鉄生産高は約8,100万t(2000暦年、資料:日本鉄鋼連盟)である。この生産高を前提に高炉業界が受け入れ可能な廃プラ量を算出すると、銑鉄1tの生産につき200kgの廃プラを投入できるものとして年間約1,600万tとなる。

一方、国内における廃プラ発生状況は、約1,000万t(産廃;485万t、一廃499万t、1998年、資料:(社)プラスチック処理促進協会)で、再生利用されているのは産業廃棄物系廃プラを中心に百数十万tのみであり、発電設備や焼却熱利用設備を備えた焼却炉での焼却量約300万tを除いても、単純焼却が200万t以上、埋め立てが300万t以上とあわせて500万t以上の廃プラが有効利用されない状況にある。

これまで利用度の低かった一般廃棄物の廃プラ約500万tのうち、5~6割が容器包装であるので年間300万t程度の容器包装廃プラが排出されていることになるが(1998年、資料:(社)プラスチック処理促進協会)容器包装リサイクル法施行初年の2000年度の回収量は、プラスチック製容器包装(その他プラスチック)が10.6万tで、同法では高炉での利用が認められていないPETボトルの7.3万tを加えても20万tに満たない状況である(資料:(財)日本容器包装リサイクル協会)。容器包装の分別収集を担う市町村の2004年度における計画収集量は、全国計でプラスチック

製容器包装70万 t、PETボトル23万 tとなっている。

したがって、高炉業界における廃プラ利用を促進するためには、一般廃棄物については、市町村等の分別収集システムが順調に機能すること、産業廃棄物廃プラの排出元からの回収ルート・提携システムの確立、受け入れ先である高炉の立地・稼働状況及び廃プラ利用関連設備の設置スペースの有無、回収ルートと受け入れ先の位置関係・取り扱い量のバランス、などの課題を考慮する必要がある。

#### 鉄鋼業界の見通し

鉄鋼業界では今後の目標としては、2005年度には50万 t/年、2010年度には100万 t/年の達成を目指しており、この100万トン/年の廃プラ利用による二酸化炭素排出量削減効果を70万 t-C/年(257万 t-CO<sub>2</sub>) (鉄鋼業のCO<sub>2</sub>削減量の1.5%)と見込んでい

(参考) 廃プラ100万 tを焼却した場合のCO<sub>2</sub>排出量

$$100万 t \times 2,600 \text{ kg-CO}_2 / t = 260万 t\text{-CO}_2$$

#### 計画ケースによる削減見通し

・計画ケースにおける廃プラ100万 t利用によるCO<sub>2</sub>削減量

(コークス工程燃料削減分のみ) : 5.7万 t-CO<sub>2</sub> (2010年)

#### 最大ポテンシャル量

・国内の全ての廃プラ1000万 tを焼却した場合のCO<sub>2</sub>排出量

$$1,000万 t \times 2,600 \text{ kg-CO}_2 / t = 2,600万 t\text{-CO}_2$$

(廃プラ年間排出量実績値: 984万 t, 1998年)

・再生利用等で有効利用されているものを除いて、焼却処理、埋立処理されているものだけ考えた場合 (鉄鋼業で利用できる最大量; 生物資源部門による想定)

$$267.3万 t \times 2,600 \text{ kg-CO}_2 / t = \underline{695万 t\text{-CO}_2}$$

#### (4) セメント工業における廃プラ利用

家電リサイクル法等の実施により、今後は廃プラが多く排出されてくると考えられる。セメントの製造プロセスにおいて、燃料として石炭の代わりに廃プラをセメント焼成に用いることができれば、大きな省エネルギーになる。技術としては確立しているが、廃プラのリサイクル施設として認められていないため、現状では実施できない状況である。もし制度的に可能となれば、当面は焼成炉の石炭の10%を廃

プラにできると考えられる。

1998年におけるセメント焼成用からのCO<sub>2</sub>排出量 668万 t-C (セメント協会)  
このうち10%を廃プラを利用した場合、CO<sub>2</sub>削減量は1/10の67万 t-C (245万 t-CO<sub>2</sub>)

## 2 - 2 産業部門におけるその他リサイクル向上

### (1) 鉄スクラップ利用の向上 (電炉シェアの向上)

今後社会にストックされた鉄が廃棄・リサイクルされる量が増加することが見込まれ、それに伴い電炉へのシフトが進むと考えられる。計画ケースの算定で作成した算定シートにより、電炉シェアを変動させてCO<sub>2</sub>削減量を求めると以下のようになる。

電炉シェアが現状の31%から33%になった場合のCO<sub>2</sub>削減量：226万 t-CO<sub>2</sub>

電炉シェアが現状の31%から35%になった場合のCO<sub>2</sub>削減量：453万 t-CO<sub>2</sub>

### (2) 高炉スラグ、フライアッシュの利用拡大

高炉スラグ、フライアッシュなどの副産物の利用拡大を進めることにより、省エネルギー、低環境負荷への貢献が期待できる。ここでは、

高炉による製鋼において副産物として得られるスラグのセメント原料 (ほぼ半製品といえる) として活用

火力発電所からのフライアッシュをセメント原料として活用 (フライアッシュはそのままほぼ最終製品となる)

の2つの場合の効果考えた。

もちろんこれらの実現可能性には鉄鋼やセメントにおける製品構成の変化が制約となりうるが、現状の製品には「過剰品質」といえるものもあり、今後の素材提供側および素材利用側双方の技術開発要素をも含めるならば、近い将来に十分利用拡大が考えられる。

表2-2は、高炉スラグのうち埋立されているもの、フライアッシュのうち道路用、その他に用いられているものが、混合セメントとして利用された場合の、CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル量の算定結果を示す。

表2 - 2 高炉セメント、フライアッシュの利用拡大によるCO<sub>2</sub>削減可能性

1. 粗鋼生産量の設定、銑鉄生産量				
		1998年	2005年	2010年
粗鋼生産量	万t	9,098	9,570	9,651
銑鉄量(高炉)	万t	6,278	6,412	5,959
電炉シェア(強化ケース)		31%	33%	35%
溶融還元法シェア				5%
2. 高炉セメントの利用によるCO <sub>2</sub> 削減量				
		1998年	2005年	2010年
係数(銑鉄→高炉スラグ)*1		0.355	0.355	0.355
高炉スラグ発生量*2	千t	22,283	22,760	21,154
セメント用高炉スラグ利用率*3	%	54.7%	70.0%	85.0%
高炉スラグ利用量*4	千t	12,189	15,932	17,981
(計画ケースでの想定量)		12,189	15,700	15,700
高炉スラグ混合率*5	%	75%	75%	75%
高炉セメント生産量*6	千t	16,299	21,304	24,044
高炉セメント生産増加量(対計画ケース)	千t		310	3,050
CO <sub>2</sub> 削減量	千t-CO <sub>2</sub>		57	564
*1 銑鉄生産量と高炉スラグ発生量の1998年の実績値より算定.				
*2 1998年は実績値・2005,2010年は、高炉スラグ量=銑鉄量×係数				
*3 1998年は実績値. 2010年以降は、道路用、その他に用いられているものも含めて80%と設定.				
*4 高炉スラグ利用量=高炉スラグ発生量×セメント用高炉スラグ利用率				
*5 高炉スラグ混合率は、1998年の高炉セメント生産量と高炉スラグ利用量の比より算定.				
*6 高炉セメント生産量は、1998年は実績値. 2005年以降は、高炉スラグ混合率より算定.				
3. 石炭火力によるフライアッシュ発生量				
		1998年	2005年	2010年
石炭火力発電量	10 <sup>6</sup> kWh	136,000	157,000	178,000
係数(発電量→フライアッシュ)*1		0.033	0.033	0.033
フライアッシュ発生量*2	千t	4,479	5,171	5,862
セメント用フライアッシュ利用率*3	%	49%	65%	80%
フライアッシュ利用量*4	千t	2,213	3,361	4,690
フライアッシュセメントに用いられるフライアッシュ量*5	%	113	889	1,872
フライアッシュセメント生産量*6	千t	567	4,445	9,360
CO <sub>2</sub> 削減量	千t-CO <sub>2</sub>		0	276
*1 石炭火力発電量とフライアッシュ発生量の1998年の実績値より算定.				
*2 1998年は実績値・2005,2010年は、フライアッシュ発生量=石炭火力発電量×係数				
*3 1998年は実績値. 2010年は、埋立用に用いられるものも含めて80%と設定.				
*4 フライアッシュ利用量=フライアッシュ発生量×セメント用フライアッシュ利用率				
*5 1998年のフライアッシュ生産量とフライアッシュ発生量のうち埋立されているもの(全体の30%)を、2005年で50%、2010年で100%利用したと仮定.				
*6 フライアッシュセメント生産量は、1998年は実績値. 2005年以降は、*5の比率より算定.				
CO <sub>2</sub> 排出削減係数				
・ポルトランドセメント焼成用(燃料起源)CO <sub>2</sub> 原単位 : 237kg-CO <sub>2</sub> /t-cem.(64.6kg-C/t-cem)				
セメント焼成によるCO <sub>2</sub> 排出量 5335千t-C/ポルトランドセメント生産量63380千t=84.2kg-CO <sub>2</sub> /t(309kg-CO <sub>2</sub> /t)				
・高炉セメントにおける高炉スラグ配合率を60%とすると、ポルトランドセメントから高炉セメントに転換した場合のCO <sub>2</sub> 削減原単位は、309×0.6= 185kg-CO <sub>2</sub> /t				
・フライアッシュセメントにおけるフライアッシュ配合率を20%とすると、ポルトランドセメントからフライアッシュセメントに転換した場合のCO <sub>2</sub> 削減原単位は、309×0.2= 62kg-CO <sub>2</sub> /t				
4. 石灰石削減によるCO <sub>2</sub> 削減量				
・高炉セメント利用によるポルトランドセメント削減量 : 183万t(305万t×0.6)				
CO <sub>2</sub> 削減量は、183万t × 1.1 × 0.435t-CO <sub>2</sub> /t = 88万t-CO <sub>2</sub>				
・フライアッシュセメント利用によるポルトランドセメント削減量 : 187万t				
CO <sub>2</sub> 削減量は、187万t × 1.1 × 0.435t-CO <sub>2</sub> /t = 89万t-CO <sub>2</sub>				
2. ~4. の削減量の合計				291 万t-CO <sub>2</sub>



### (3) エコセメントの利用拡大

エコセメントは、セメント1 tあたり廃棄物を500kg/t以上という定義のものである。現状での生産量は年間10万tであり、全体のセメント生産量からみればごく僅かである。エコセメントは塩分が多いため、鉄筋コンクリートに利用できず、土木用としての利用が主である。用途が限られる問題や、廃棄物を収集の問題がある。例えば、千葉県内の廃棄物を全て利用すると、セメント生産量の約4%になるといわれている。

セメント生産量8,000万tの4%に当たる320万tがエコセメントになった場合の石灰石消費は、約1.1倍の350万t削減されると考えられ、石灰石起源のCO<sub>2</sub>削減量は、

$$350万t \times 0.435 t\text{-CO}_2 / t = \underline{152万t\text{-CO}_2}$$

となる。同様にセメント生産量の2%として考えると、削減量は半分の76万t-CO<sub>2</sub>となる。