地域に根ざしたリサイクル資材

電気炉スラグ

S L A G

鐵鋼スラグ協会
電気炉スラグ普及委員会

FS-155

INTRODUCTION

電気炉スラグ

――地域に根ざしたリサイクル資材

電気炉業は複合型リサイクル産業

鉄鋼生産は、鉄鉱石を主原料とする高炉・転炉法と、市中で回収されるスクラップを主原料とする電気炉法に大別されます。日本における粗鋼生産量の割合は高炉・転炉法が 8 割弱に対し、電気炉法は 2 割強です。

電気炉会社は、リサイクル原料であるスクラップを利用して鉄鋼製品を製造しますが、電気炉鋼を生産する過程でトン当たり 110kg、年間 250 万トンを超える電気炉系スラグを生成します。

電気炉系スラグは、製品に加工され道路用や土工用材料等に使用されています。電気炉業は、鉄鋼生産とスラグ利用の両面で日本のリサイクルに貢献しており、複合型リサイクル産業と言えましょう。

環境への貢献がうたわれる現在、1 事業所の規模は高炉事業所に比べ小さいものの、全国各地におよそ50の事業所を展開する、地域に根ざした複合型リサイクル産業として電気炉業の役割にご注目下さい。

電気炉スラグ製品の利用の進展

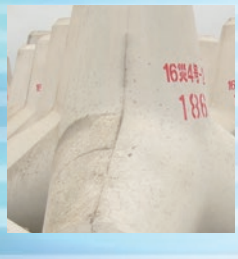
鉄鋼スラグには高炉スラグと製鋼スラグがあります。その利用は、高炉スラグのセメント利用から始まり 100 年の歴史があります。高炉スラグに比べ転炉系スラグと電気炉系スラグで構成される製鋼スラグの利用は遅れておりましたが、近年になって利用の拡大が進んできています。

電気炉系スラグは、かつては埋立やスラグ中の鉄分回収のための再利用が中心でしたが、1995 年頃より道路用や土工用材料としての使用が増えてきました。

製品規格も 1992 年に製鋼スラグが JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」の対象となり、2003 年には JIS A 5011-4「コンクリート用電気炉酸化スラグ骨材」が制定され、両製品はグリーン購入法の特定調達品目になりました。

製造から利用に至るまで十分な管理を行なったうえで、リサイクル資材としての利用をさらに進めるため業界挙げて取り組んでおります。

この冊子を通じて電気炉スラグ製品への理解が少しでも深まることを期待しております。



Contents

OUTLINE

	頁
概要	4
1 鉄鋼スラグの種類	5
2 鉄鋼製造とスラグの生成	6
3 電気炉系スラグの組成と特徴	7
4 電気炉系スラグの加工	8
5 環境への対応	11
6 電気炉系スラグの用途	13

PRODUCTS

電気炉スラグ製品	14
電気炉スラグ製品	15
1 道路用材料	16
2 土工用スラグ砕石	20
3 コンクリート用骨材	22
4 研削材	26
5 セメント原料・肥料原料	27

電気炉事業所（全国分布図）	28
電気炉スラグ普及委員会会員会社事業所	29
鐵鋼スラグ協会について	30

OUTLINE

概　要

	頁
1 鉄鋼スラグの種類	5
2 鉄鋼製造とスラグの生成	6
3 電気炉系スラグの組成と特徴	7
4 電気炉系スラグの加工	8
5 環境への対応	11
6 電気炉系スラグの用途	13

概要

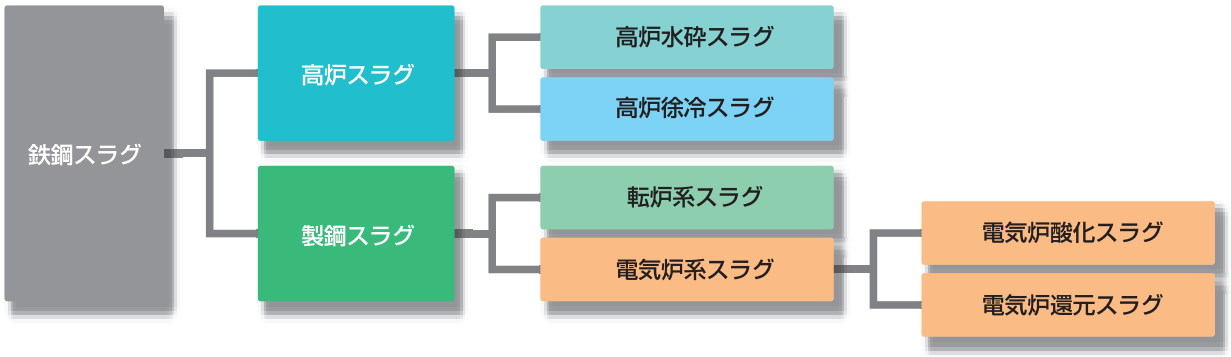
1 鉄鋼スラグの種類

鉄鋼スラグは、高炉・転炉・電気炉等で鉄や鋼を製造する際に生成し、下図のように分類されています。

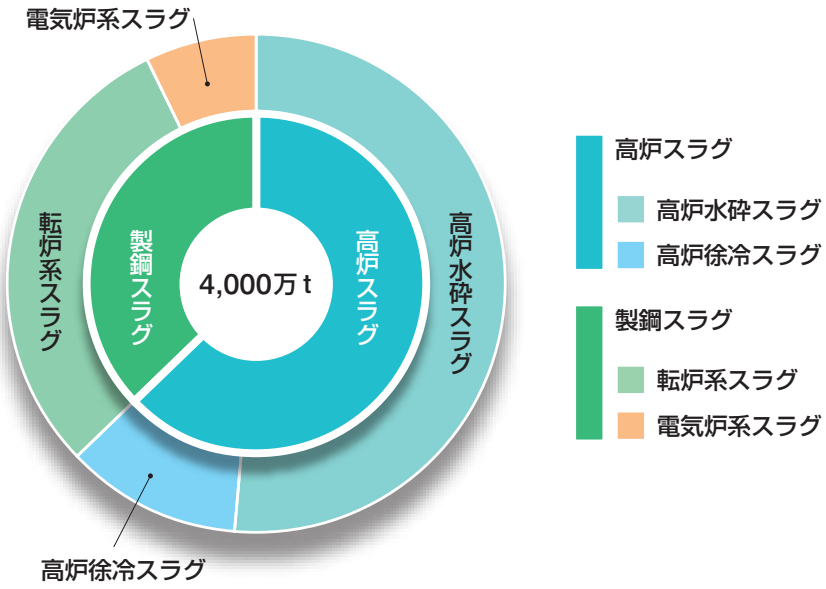
電気炉系スラグには電気炉酸化スラグと電気炉還元スラグがあり、およそ２：１で生成されます。電気炉系スラグは鉄鋼スラグ全体の１割弱を占めています。

また、同様に工業製品の副生物として、フェロニッケルや銅を製造する際に生成する非鉄スラグもあります。その他に、一般ごみや下水道汚泥を溶融・固化して生成される溶融スラグもあります。

鉄鋼スラグの種類



鉄鋼スラグの生産量



2 鉄鋼製造とスラグの生成

鉄鋼の製造工程には、高炉・転炉法と電気炉法とがあり、前者からは高炉スラグと転炉系スラグが、後者からは電気炉系スラグがそれぞれ生成されます。

高炉スラグ・転炉系スラグ

高炉では、鉄鉱石、コークス、石灰石を投入し、鉄鉱石中の酸化鉄を還元して溶銑を製造します。その際、鉄鉱石中の鉄以外の成分は、副原料の石灰石と結合し、高炉スラグを形成します。

高炉から出銑された溶銑は、脱珪・脱燐・脱硫を行なう溶銑予備処理工程を経た後、転炉に注入されます。転炉では、酸素を吹きつけ脱炭（炭素の除去）とともに鋼に不要な成分を酸化物として除去し、靭性や加工性に優れた鋼を製造します。酸化物は石灰と共に転炉スラグを生成します。

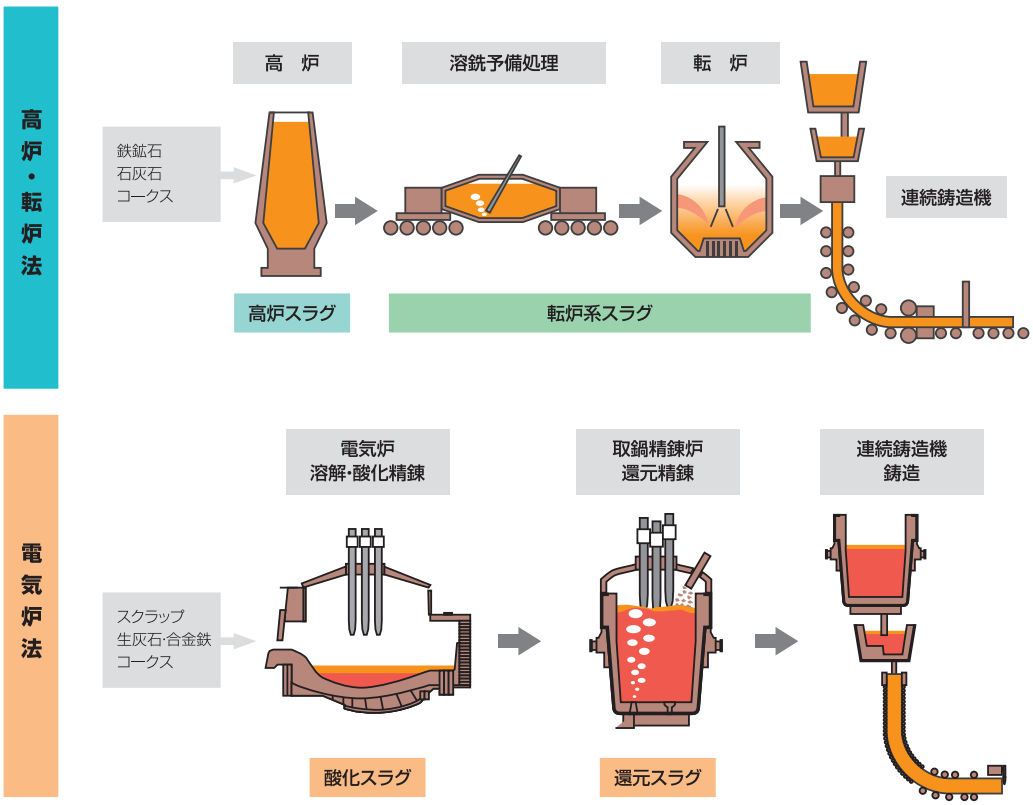
溶銑予備処理工程や転炉等で発生するスラグを総称して転炉系スラグと呼びます。

電気炉系スラグ

電気炉では、主原料の鉄スクラップを、電気エネルギーで加熱・溶解した後、溶鋼中に酸素を吹き込み、鋼に不要な成分を酸化・除去します。その後、電気炉または取鍋精錬炉にて溶鋼中の酸素と硫黄を除去する還元精錬を行ない、鋼を製造します。酸化精錬時に生成するスラグを酸化スラグ、還元精錬時に生成するスラグを還元スラグと呼びます。

これら酸化スラグと還元スラグを総称して電気炉系スラグと呼びます。

鉄鋼製造フローとスラグの生成



3 電気炉系スラグの組成と特徴

酸化スラグ

酸化スラグは、1500 ～ 1600℃の溶鋼中に酸素を吹き込んで行なう酸化精錬時に生成します。比重差によって溶鋼中から酸化分離されたFeO、MnO、SiO_2、Al_2O_3と精錬のために加えられるCaOを主成分とし、電気炉の耐火物を起源とするMgOを少量含有しています。これらの酸化物は、それぞれが結合し、化学的に安定した鉱物相になっており、膨張することのない黒い塊状の物質です。FeOの含有量が高いものが多く、重くて硬いのが特徴です。

還元スラグ

還元スラグは、酸化スラグを排出後、酸化精錬で増加した溶鋼中の酸素の除去と硫黄の除去を行ない、溶鋼成分と温度調整を行なう還元精錬で生成します。脱硫を促進させるため、CaOの含有量が高く、FeOやMnOの含有量が低くなっています。外観は灰褐色の塊または粉状となっています。

CaOが多いため、その一部は遊離石灰となっており、水と反応して膨張・崩壊することがあります。このため製品化するにあたっては、後述するエージングによる安定化処理を行なうことが必要です。

1980年代までは、一つの電気炉内で酸化精錬と還元精錬の両方の精錬が行なわれており、両スラグを分離することは困難でした。その後、取鍋精錬が広く導入され、両精錬工程が明確に区分されるようになり、酸化スラグと還元スラグとを分離して取り出すことができるようになりました。

現在、電気炉系スラグは鋼1トン当たり約110kg生成され、そのうち、酸化スラグが約70kg、還元スラグが約40kg生成されます。

酸化スラグ

還元スラグ

電気炉系スラグの化学組成（例）

（%）

	CaO	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	MnO	S	P_2O_5
酸化スラグ	22.8	12.1	6.8	37.9	4.8	7.9	0.2	0.3
還元スラグ	55.1	18.8	16.5	0.4	7.3	1.0	0.4	0.1

4 電気炉系スラグの加工

電気炉スラグは、溶融状態で生成され、排出 ⇒ 冷却・凝固 ⇒ 粗破砕・地金回収 ⇒ 破砕・分級／エージングを経て製品となります。

冷却・凝固

［土間方式］

電気炉や取鍋のスラグは、スラグポットに排出されます。ポット内のスラグは凝固した後、または半溶融状態のまま、土間に放流され、大気または散水で冷却・凝固されます。多くの電気炉工場では、この方式が採用されています。

［スラグパン方式］

ポット内の溶融スラグを鋼板製の受皿（スラグパン）に約 100mm 厚に放流し、スラグ表面が凝固後に散水冷却します。この方式は、凝固時間が短く、振動、騒音、粉塵等も大幅に改善されます。都市部等環境立地が厳しい工場や敷地の狭い工場等で採用されています。

［急冷方式（風砕）］

ポット内の溶融している酸化スラグを樋に流し、圧縮空気で飛散させ、急冷・凝固させる方法で、粒状化したスラグが得られます。この方法は処理時間が短いこと、製品化の段階で破砕機等が不要であることが特徴です。

土間方式

スラグパン方式

急冷方式（風砕）

粗破砕・地金回収

土間方式で冷却・凝固されたスラグは塊状になっており、大きさがそろっていないため、重機等により粗破砕を行ない、一定の粒径以下の大きさにします。その際、スラグに混入している地金（鉄の塊）は磁石で回収されます。

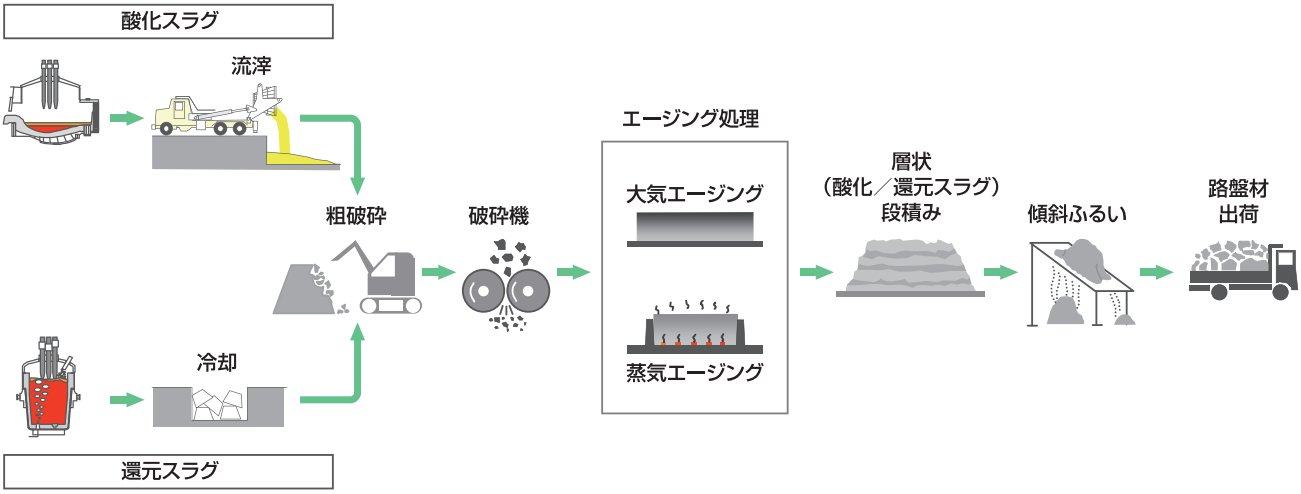
破砕・分級

風砕（急冷）方式以外のスラグは、加工工場で破砕・磁力選別（鉄分回収）および分級を行い所定の製品となります。電気炉スラグ製品に対しては、たとえばJIS A 5011-4（コンクリート用スラグ骨材 - 第4部電気炉酸化スラグ骨材）やJIS A 5015（道路用鉄鋼スラグ）等において、各骨材区分に対して粒度分布、粗粒率および微粒分量等が細かく規定されています。製品の製造においては、こうした規定を満足するように破砕プラントで破砕、分級が行われます。写真はJIS A 5011-4で規定された細骨材（EFS5）と粗骨材（EFG2005）を製造するための破砕プラントです。

粗破砕

破砕プラント

破砕・分級のフロー図（路盤材の製造工程例）



エージング

電気炉系スラグの中にはCaO含有量が高いものがあり、遊離石灰（未反応の生石灰）を含んでいます。遊離石灰は水と反応して体積が膨張します。この現象を防止するため、事前に遊離石灰を水分と反応させて消石灰（$Ca(OH)_2$）に変える体積安定化処理（エージング）を行なっています。

エージング方法には、以下の方法があります。

［大気エージング］

スラグを屋外に山積みし、大気および雨水等により体積安定化処理を行ないます。多くの電気炉会社では、この方法を行なっています。大気エージングは６ヶ月以上エージングします。ただし、３ヶ月以上大気エージングし、水浸膨張比が0.6%以下となる場合は膨張性が安定したことを確認したうえでエージング期間を短縮することができます。

［蒸気エージング］

スラグをピットに山積みし、ピット下部の配管より蒸気を吹き込むことにより体積安定化処理を行ないます。１～２週間の短期間で処理することができます。

［加圧式蒸気エージング］

スラグをオートクレーブ（耐圧装置）内に装入し、加圧蒸気を用いて体積安定化処理を行ないます。処理時間は数時間で済みます。

大気エージング状況

蒸気エージング装置

蒸気エージング状況

加圧式蒸気エージング装置

5 環境への対応

化学物質の溶出量・含有量

電気炉系スラグは、溶鋼温度が1500～1600℃の高温下で生成することから、有機物やダイオキシン類は分解され、含まれていません。そのため環境上配慮が必要な化学物質は、土壌環境基準で定められている27物質中カドミウム、鉛、六価クロム、ひ素、総水銀、セレン、ふっ素、ほう素の8物質です。

電気炉工場では、8物質の溶出量・含有量を管理項目としています。

電気炉スラグ製品の環境安全品質基準には「溶出量」と「含有量」があります。それぞれ用途、使用場所により「判定基準値」と「試験方法」を定めています。右に例として道路用のスラグ路盤材についての「溶出量」と「含有量」の基準値を示しています。試験方法はJIS A 5015附属書Dによります。詳しくは各製品紹介をご参照ください。

化学物質の土壌に係る基準（溶出量・含有量）

化学物質	溶出量(mg/L)	含有量(mg/kg)
カドミウム　Cd	0.01 以下	150 以下
鉛　Pb	0.01 以下	150 以下
六価クロム　Cr^{6+}	0.05 以下	250 以下
砒(ひ)素　As	0.01 以下	150 以下
総水銀　T-Hg	0.0005 以下	15 以下
セレン　Se	0.01 以下	150 以下
ふっ素　F	0.8 以下	4000 以下
ほう素　B	1 以下	4000 以下

pH

電気炉スラグ製品は、含有する石灰の影響で、水と反応するとpHが10～12程度に上昇します。鉄鋼スラグ製品に接した水が土壌を介さないで外部に流出する恐れがある場合には、アルカリ吸着能の高い土壌で覆土したり、炭酸ガス等で中和処理した後に排水する等の対策を実施する必要があります。

膨張

エージング処理を行なっていないスラグを用いた製品は、膨張する特性により構造物への影響がないことを確認したうえで使用する必要があります。

粉塵

電気炉スラグ製品は、乾燥状態や風速により、粉塵が発生する可能性があります。輸送～保管～施工までの間で環境に支障が生じないよう対策を実施する必要があります。

鉄鋼スラグ製品の管理

鐵鋼スラグ協会は鉄鋼スラグ製品を販売するにあたり「鉄鋼スラグ製品の管理に関するガイドライン」を2005年に制定し、その後管理強化のため数回改正されています。電気炉会社はガイドラインに準拠した自社のマニュアルを整備し、鉄鋼スラグ製品を管理する体制を確立しています。2007年3月には、社会に対する信頼性の向上のため、各事業所のマニュアルに基づく品質管理について、第三者機関による審査制度を導入しています。

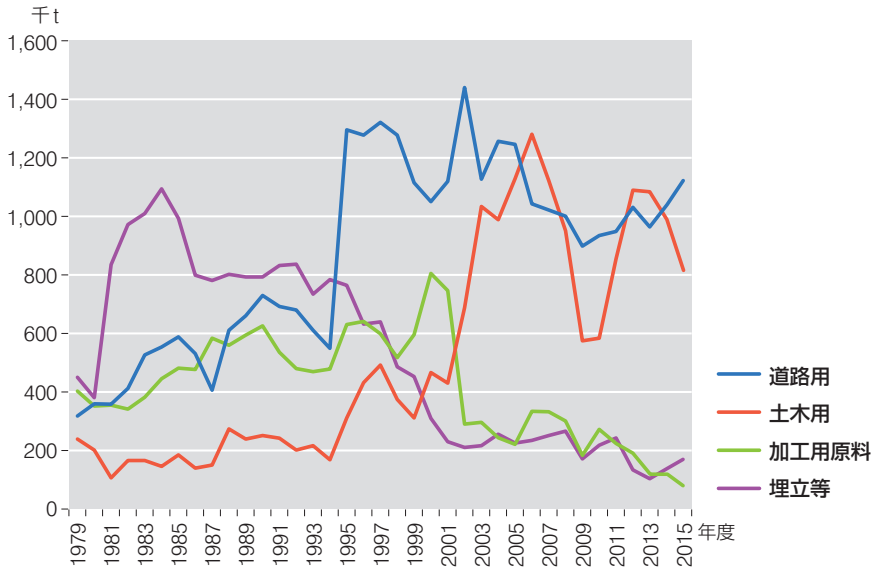
6 電気炉系スラグの用途

製鋼スラグのJIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」や指針類が整備され、1995年頃より電気炉スラグ製品の道路用および土工用材料としての用途が拡大し、埋立は漸減しながら今日に至っています。

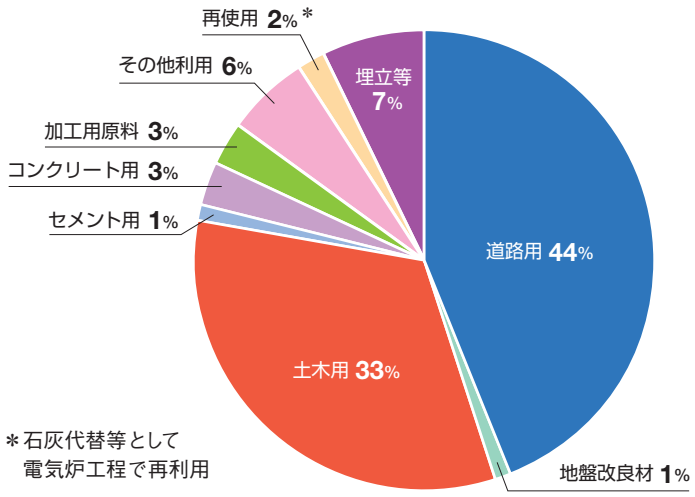
現在、道路用および土木用材料として電気炉スラグの約80％が使用されています。

2003年に制定、2013年に改正されたJIS A 5011-4「コンクリート用電気炉酸化スラグ骨材」は、全用途の2%程度に過ぎませんが、今後、高密度の特徴を活かした海洋土木材料（消波ブロック、藻礁、漁礁、ケーソン中込め材等）としての普及が望まれます。

電気炉系スラグ外販内訳推移



電気炉系スラグの用途別使用量（2015年度）



PRODUCTS

電気炉スラグ製品

		頁
	電気炉スラグ製品	15
1	道路用材料	16
2	土工用スラグ砕石	20
3	コンクリート用骨材	22
4	研削材	26
5	セメント原料・肥料原料	27

電気炉スラグ製品

鐵鋼スラグ協会では、鉄鋼スラグの用途拡大のため、技術開発･製品開発や市場における認知活動に、長年、取り組んでまいりました。また、「資源有効利用促進法」では､鉄鋼スラグを副産物として位置づけ、再生資源としての利用促進を求めています。これらの結果、鉄鋼スラグ製品に関する多くの規格・指針等が制定されました。そのなかで、電気炉スラグ製品に適用される規格・指針等には、下記のものがあります。

JIS A 5015	道路用鉄鋼スラグ
JIS A 5011-4	コンクリート用スラグ骨材－第4部：電気炉酸化スラグ骨材
JIS A 5308	レディーミクストコンクリート
JIS Z 0312	ブラスト処理用非金属系研削材
JSTM H 8001	土工用製鋼スラグ砕石
(公社)日本道路協会	舗装施工便覧
(一財)土木研究センター	鉄鋼スラグ路盤設計施工指針
鐵鋼スラグ協会	製鋼スラグを用いたアスファルト舗装設計施工指針
(公社)土木学会	電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針（案）
(一社)日本建築学会	電気炉酸化スラグ細骨材を用いるコンクリートの設計施工指針（案）・同解説
(一財)沿岸技術研究センター	港湾・空港・沿岸等における製鋼スラグ利用技術マニュアル

電気炉系スラグのうち酸化スラグは、酸化鉄を含むため重く硬いのが特徴です。還元スラグは酸化鉄を殆ど含まず、CaO 含有量が高いため、微粒分が多くなっています。 現在、最も多く用いられている道路用および土工用材料は、両スラグを混合し、それらの特徴を活かして用いられています。また、酸化スラグ単体では、コンクリート用骨材、アスファルト混合物用骨材、研削材として硬い特徴を活かした用途に利用されています。

電気炉スラグ製品の特徴を活かして使用していただくと同時に、天然の砂・砂利・砕石等の代替として利用することにより、天然資源の節約、採取・運搬エネルギーの削減等とともに、生態系や自然環境の保全にも寄与することができます。

なお、「鉄鋼スラグ混入路盤材」、「鉄鋼スラグ混入アスファルト混合物」および「コンクリート用電気炉酸化スラグ骨材」はグリーン購入法の特定調達品目に指定されています。

次頁から電気炉スラグ製品をご紹介します。

1 道路用材料

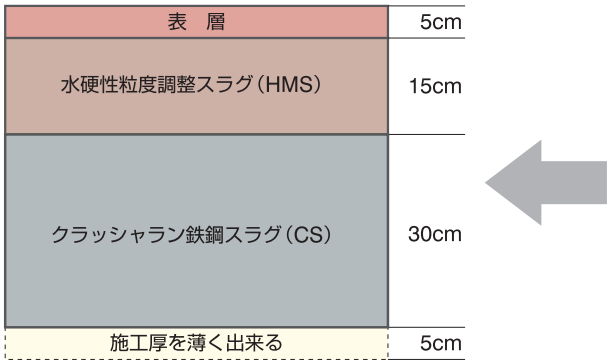
① スラグ路盤材

電気炉スラグ路盤材は、一般的には酸化スラグと還元スラグを混合し、破砕・整粒した後、エージングを行なって製造されます。

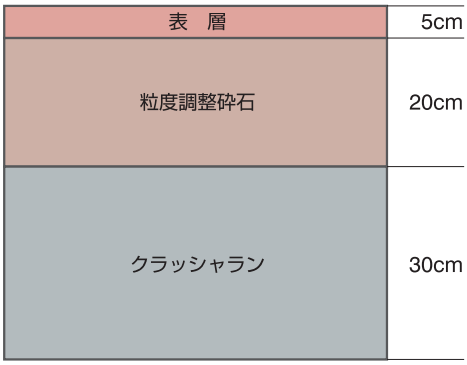
- 粒度、修正 CBR、一軸圧縮強さ、単位容積質量及び膨張安定性の品質は、JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」および「鉄鋼スラグ路盤設計施工指針」の規定に対応しています。2015 年に水浸膨張比については、1.5% 以下から 1.0% 以下に改正されています。
- 化学物質の溶出量・含有量は、JIS に定めた環境安全品質を満足しています。

この路盤材は、微粒分の多い還元スラグが混合されているため締固め性・転圧性にも優れています。また、水硬性粒度調製鉄鋼スラグ（HMS-25）は長期にわたって硬化する性質を有するため、一般の砕石（粒度調製砕石）を用いた路盤よりも断面を薄くすることができます。

スラグ路盤材施工例



天然資材路盤材施工例



種類および呼び名

種　　類	呼び名	用途（参考）
水硬性粒度調整鉄鋼スラグ	HMS-25	上層路盤材
粒度調整鉄鋼スラグ	MS-25	上層路盤材
クラッシャラン鉄鋼スラグ	CS-40	下層路盤材
	CS-30	
	CS-20	

クラッシャラン鉄鋼スラグ（CS-40）外観

品質

物理的性状（例）

	水浸膨張比（%）	単位容積質量（kg/L）	一軸圧縮強さ（MPa）	修正 CBR（%）
規格値（適用）	1.0 以下*	1.50 以上**	1.2 以上**	受渡　** 当事者間の協議
	全種類	HMS & MS	HMS	
HMS-25	0.03	2.12	1.31	134
MS-25	0.00	2.11	—	145
CS-40	0.18	2.14	—	70
CS-30	0.06	2.00	—	79

*　規格値：
鉄鋼スラグ路盤設計施工指針

** 規格値：
JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」

化学物質の溶出量試験および含有量試験結果（例）

		Cd	Pb	Cr^{6+}	As	T-Hg	Se	F	B
溶出量（mg/L）	基　準*	≦ 0.01	≦ 0.01	≦ 0.05	≦ 0.01	≦ 0.0005	≦ 0.01	≦ 0.8	≦ 1.0
	結果例**	< 0.001	< 0.005	< 0.04	< 0.005	< 0.0005	0.005	0.2	< 0.1
含有量（mg/kg）	基　準*	≦ 150	≦ 150	≦ 250	≦ 150	≦ 15	≦ 150	≦ 4000	≦ 4000
	結果例**	< 5	12	< 5	< 5	< 0.1	< 1	1700	160

注：「<」は、定量下限値未満を示す。

*　基準値は JIS A 5015 の環境安全品質基準

** 試験方法は JIS A 5015 附属書 D による

瀬戸大府東海線（愛知県大府市内）CS 使用

関連規格等

- JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」
- （一財）土木技術センター　鉄鋼スラグ路盤設計施工指針（2015 年）

② アスファルト混合物骨材

アスファルト混合物用骨材は、電気炉スラグを破砕・分級して製造されます。

- 粒度、表乾密度、吸水率およびすりへり減量等の品質は、JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」および「製鋼スラグを用いたアスファルト舗装設計施工指針」の規定に対応しています。
- 化学物質の溶出量・含有量は、JISに定めた環境安全品質を満足しています。

この骨材を用いたアスファルト混合物は、硬質かつ対摩耗性に優れていることから、天然骨材を用いた混合物と遜色のない性能を有しており、電気炉スラグ骨材は天然骨材の代替品として十分に使用可能です。

電気炉スラグ骨材（SS-13：6号）

品質

電気炉スラグ骨材は、天然の砕石と比較し、酸化鉄が多いため密度が約25%高く、扁平率が低い良好な粒形をしています。吸水率、損失量がやや大きいが基準値を十分満足し、天然砕石の代替品として使用されています。

物理的性状（例）

	水浸膨張比（%）	表乾密度（g/cm³）	吸水率（%）	すりへり減量（%）	損失量（%）
規　格　値	2.0以下	2.45以上	3.0以下	30以下	—
スラグ骨材（SS-13）	0.05	3.39	1.41	14.6	3.58
天然砕石	—	2.72	0.58	15.8	2.30

＊規格値：JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」の単粒度製鋼スラグの物理的・化学的性状

化学物質の溶出量基準および含有量基準

	Cd	Pb	Cr^{6+}	As	T-Hg	Se	F	B
溶出量基準 (mg/L)	≦0.01	≦0.01	≦0.05	≦0.01	≦0.0005	≦0.01	≦0.8	≦1.0
含有量基準 (mg/kg)	≦150	≦150	≦250	≦150	≦15	≦150	≦4000	≦4000

基準値はJIS A 5015の環境安全品質基準
試験方法はJIS A 5015附属書Dによる

密粒度アスファルト混合物の性状（例）

	密度 (g/cm³)	空隙率 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100cm)	残留安定度 (%)	動的安定度 (回 /mm)
基準値	—	3 ～ 6	7.35 以上	20 ～ 40	75 以上	—
電気炉スラグアスコン	2.68	3.7	19.0	36	89.9	2520
天然骨材アスコン	2.35	4.0	12.8	32	90.6	1750

＊基準値：(公社) 日本道路協会　舗装施工便覧
＊スラグ骨材は砕石 5,6,7 号の全量に使用

排水性舗装用混合物の性状（例）

	密度 (g/cm³)	空隙率 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100cm)	残留安定度 (%)	透水係数 (cm/sec)	動的安定度 (回 /mm)
目標値など	—	20 程度	3.43 以上	20 ～ 40	75以上	1×10^{-2} 以上	3000以上
電気炉スラグアスコン	2.37	20.3	7.13	34	92.0	16.1×10^{-2}	5250
天然骨材アスコン	2.01	20.2	5.52	31	88.9	12.0×10^{-2}	5400

＊目標値など：(公社) 日本道路協会　舗装施工便覧

上表のスラグ骨材を用いたアスファルト舗装は、天然砕石と同等の供用性能を示しています。

2005 年 9 月には姫路市建設局道路整備改善課の「資源循環型舗装」として採用され、以降、通常の舗装だけでなく排水性舗装の一工法として幅広く施工されています。

排水性舗装事例（SS-13：6 号）

舗装施工例（姫路市）

関連規格等

- JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」
- (公社) 日本道路協会　舗装施工便覧
- 鐵鋼スラグ協会　製鋼スラグを用いたアスファルト舗装設計施工指針

2 土工用スラグ砕石

土工用電気炉スラグ砕石は、スラグ路盤材と同様に酸化スラグと還元スラグを混合し、破砕･整粒した後エージングを行なって製造されます。

電気炉スラグは、その性状から天然の路盤材料と同様な粒状材料として扱うことができ、また天然の路盤材料と比べて単位容積質量および内部摩擦角が大きいという土質力学的特性があります。2016 年3月に、未舗装道路および整地に使用する「土工用製鋼スラグ砕石」として（一財）建材試験センター規格（JSTM）が改正されましたが、電気炉スラグはこの規格の対象となっています。

修正 CBR、水浸膨張比等の品質は、JSTM H 8001「土工用製鋼スラグ砕石」の規定を十分満足しています。

土工用スラグ砕石（ECS-20）

品質

物理的性状（例）

性能項目	基準値			実績値
	区分 A	区分 B	区分 C	
修正CBR %	80 以上	80 以上	30 以上	167
水浸膨張比 %	1.0 以下	—	—	0.12

＊基準値：JSTM H 8001「土工用製鋼スラグ砕石」

＊区分 A：周辺に構造物や工作物などがある箇所で、上層路盤材相当の支持力を必要とする箇所
＊区部 B：膨張特性が周辺構造物又は工作物などに影響を及ぼす可能性がない箇所で、上層路盤材相当の支持力を必要とする箇所
＊区分 C：膨張特性が周辺構造物又は工作物などに影響を及ぼす可能性がない箇所で、下層路盤材相当の支持力を必要とする箇所

化学物質の溶出量基準および含有量基準

	Cd	Pb	Cr^{6+}	As	T-Hg	Se	F	B
溶出量基準（mg/L）＊	≦ 0.01	≦ 0.01	≦ 0.05	≦ 0.01	≦ 0.0005	≦ 0.01	≦ 0.8	≦ 1.0
含有量基準（mg/kg）＊＊	≦ 150	≦ 150	≦ 250	≦ 150	≦ 15	≦ 150	≦ 4000	≦ 4000

＊　基準値は土壌環境基準に示す値、試験方法は環境省告示第46号による
＊＊　基準値は土壌汚染対策法に基づく含有量基準に示す値 、試験定方法は環境省告示第19号による

施工例（駐車場整地：愛知県豊橋市）

施工例（未舗装道路：埼玉県児玉郡神川町）

関連規格等

- JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」
- JSTM H 8001「土工用製鋼スラグ砕石」（(一財) 建材試験センター規格）

3 コンクリート用骨材

電気炉酸化スラグ骨材は、電気炉スラグのうち酸化スラグのみを取り出し、破砕・分級した後、金属鉄を除去して製造されます。また、溶融した酸化スラグを水や空気で急冷して粒状化した細骨材も作られています。酸化スラグは膨張性がなく、固結性もほとんどありません。物理的・化学的に安定しているため、コンクリート用骨材として適しています。この骨材には、以下の特徴があります。

- 密度（3.6g/cm^3）が高く、硬くてすり減り抵抗性が大きい.
- コンクリートに有害となる粘土、有機物等を含んでいない.
- 溶融シリカ量が少ないため、アルカリシリカ反応性は認められない.
- 製造工程で海水を用いないため、塩化物量（NaClとして 0.001 ～ 0.002%）は極めて微量である.
- 粗骨材・細骨材のいずれでも供給できる.

電気炉酸化スラグ骨材の外観

細骨材（EFS5NA）

粗骨材（EFG20-05NA）

品質

化学成分（例）

（%）

	CaO	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	MnO	CaO/SiO_2
規格値	≦ 40.0	—	—	≦ 50.0	≦ 10.0	—	≦ 2.0
分析例	25.6	16.0	12.3	27.0	5.1	6.4	1.6

＊規格値：JIS A 5011-4「コンクリート用電気炉酸化スラグ骨材」の化学成分及び物理的性質

物理的性質（絶乾密度による区分のうちN区分の例）

	絶乾密度（g/cm^3）	吸水率（%）	単位容積質量（kg/L）	粒形判定実積率（%）
規格値	3.1 ～ 4.0	≦ 2.0	＊	—
粗骨材	3.51	0.70	1.98	56.3
細骨材	3.63	0.77	2.14	55.4

＊単位容積質量基準値
粗骨材：≧ 1.6
細骨材：≧ 1.8

化学物質の溶出量試験および含有量試験結果（例）

		Cd	Pb	Cr^{6+}	As	T-Hg	Se	F	B
溶出量（mg/L）	基　準＊	≦ 0.01	≦ 0.01	≦ 0.05	≦ 0.01	≦ 0.0005	≦ 0.01	≦ 0.8	≦ 1.0
	結果例＊＊	＜ 0.001	＜ 0.005	＜ 0.01	＜ 0.005	＜ 0.0005	＜ 0.002	0.20	0.59
含有量（mg/kg）	基　準＊	≦ 150	≦ 150	≦ 250	≦ 150	≦ 15	≦ 150	≦ 4000	≦ 4000
	結果例＊＊	＜ 5	＜ 5	＜ 2	＜ 0.5	＜ 0.05	＜ 0.5	230	300

注：「＜」は、定量下限値未満を示す。

＊　基準値は JIS A 5011-4 の環境安全品質基準
＊＊　試験方法は JIS A 5011-4 附属書C による

各種コンクリートへの利用

普通コンクリート

天然の細骨材に電気炉酸化スラグ骨材を20～30%混合して使用する場合、コンクリートの単位容積質量の増加は100kg/㎥以下になります。ブリーディングや凝結性状などのフレッシュコンクリートの品質や硬化コンクリートの品質は、通常のコンクリートと大差ないため、一般の施工管理で使用できます。

重量コンクリート

粗骨材と細骨材の全量にこの骨材を用いた場合のコンクリート重量は約3,000kg/㎥になります。スラグ骨材の混合率を調整することにより、必要な重量のコンクリートを得ることができます。重力式擁壁、地下水の浮力対策や遮蔽等重量を要するコンクリートにも使用されています。

重量コンクリートの製造例

配合区分	スラグ骨材混合率		スランプ (cm)	W/C (%)	単位容積質量 (kg/m³)	圧縮強度 (28日) (N/mm²)
	細骨材 (%)	粗骨材 (%)				
Ⅰ	0	100	8	54.5	2,650	30
Ⅱ	42	0	8	47.0	2,500	40
Ⅲ	100	100	8	40.0	3,000	45

重量コンクリート
（名古屋ビルディング地下 制振用）
〔EFG15-05NA，
EFS5NAを使用〕

放射線遮蔽工事（名城病院リニアック室）
〔細骨材にEFSを50%混合〕

コンクリート製品

電気炉酸化スラグ骨材は、道府県の公共工事でリサイクル資材を積極的に活用する制度で認められた「リサイクル認定製品」や環境への負荷が少なく、環境保全に役立つと認められた「エコマーク商品」としてのコンクリート製品に活用されています。インターロッキングブロック、スプリットンブロックやこの骨材を60%以上配合した透水性ブロック等に用いられています。

海洋土木材料への利用

密度が高い骨材として消波ブロックに利用されています。今後、ケーソン中込材や漁礁・藻礁等海洋での利用の拡大が期待されます。

インターロッキングブロック
〔粗骨材に EFG を 75% 混合〕

スプリットンブロック
〔粗骨材に EFG を 75% 混合〕

インターロッキングブロック使用例（豊橋市こども未来館）
〔粗骨材に EFG を 75% 混合〕

消波ブロック（福井港）
〔細骨材にEFSを100% 使用〕

消波ブロック（三重県南伊勢町）
〔粗骨材に EFG を 50% 混合〕

関連規格等

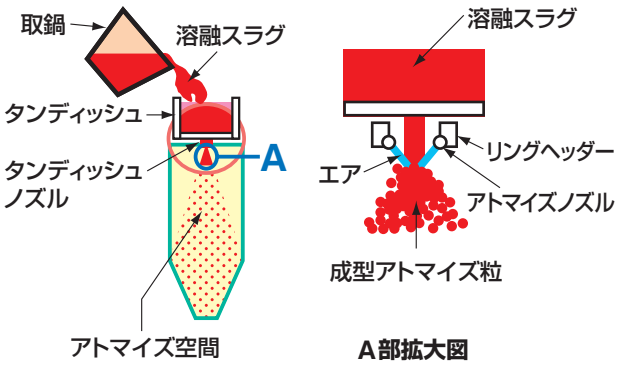
- JIS A 5011-4「コンクリート用スラグ骨材−第4部電気炉酸化スラグ骨材」
- JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」
- (公社)土木学会　電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案)
- (一社)日本建築学会　電気炉酸化スラグ骨材を用いるコンクリートの設計施工指針(案)・同解説

4 研削材

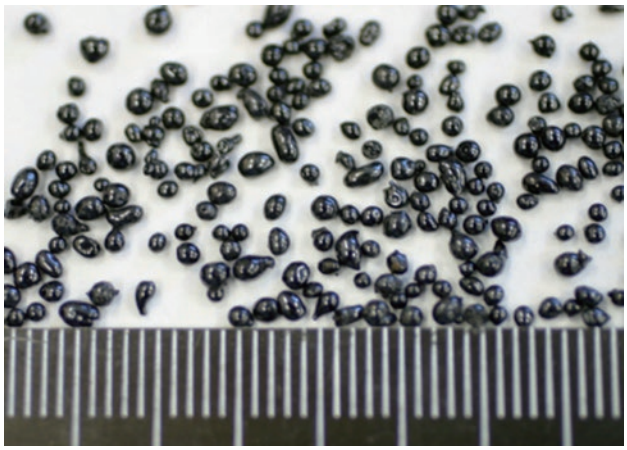
研削材の一つに、溶融している電気炉酸化スラグに高圧の空気を吹きかけ、アトマイズ処理を行なった、ガラス質の粒状化したスラグアトマイズ研削材があり、ケイ砂やガーネットの代替材として利用されています。この研削材には右記の特徴があります。

- エアーブラスト時の粉塵発生量が少ない.
- 研削後の表面性状が優れている.
- 研削後のリユースが可能（複数回の使用が可能）.
- 錆びないので管理・保管が容易.
- 耐熱性に優れ、約 1200℃まで形状および組成の変化はない.

スラグアトマイズの略図



スラグアトマイズ研削材



製品特性

- 粒　　度：0.5～1.7mm（調整可能）
- 結 晶 構 造：非晶質
- 硬　　度：680Hv（参考値）
- かさ密度：2.0×10^3 kg/m³（代表値）
- 真 密 度：3.4×10^3 kg/m³（代表値）
- 残 存 率：70～80%（1回ブラスト）

品質

化学物質の溶出量基準

	Cd	Pb	Cr^{6+}	As	T-Hg	Se	F	B
溶出量基準 (mg/L)	≦ 0.01	≦ 0.01	≦ 0.05	≦ 0.01	≦ 0.0005	≦ 0.01	≦ 0.8	≦ 1.0

基準値は土壌環境基準に示す値，試験方法は環境省告示第 46 号による

ブラスト試験結果（例）

種　類	形状・記号	残存率（%）*	ブラスト面	粉塵
スラグ研削材	SS400	73	良好	少ない
珪　　砂	SS400	10 以下	良好	多い
ガーネット	SS400	58	良好	若干多い

＊　残存率は 1 回ブラスト後の値

破砕、または風砕した電気炉酸化スラグについても、モース硬さ6以上と充分な硬さがあり、スラグアトマイズ研削材とともに JIS Z 0312「ブラスト処理用非金属系研削材」に定められ、使用されています。

5 セメント原料・肥料原料

① セメント原料

還元スラグの主成分は、CaO、SiO_2、Al_2O_3であり、普通セメントと類似しており、天然原料の代替として使用することにより、原料の石灰石や粘土使用量を削減できます。一般にポルトランドセメントのクリンカー製造には、アルミナ源として粘土が使用されますが、還元スラグにはアルカリ分（Na、K）を殆ど含まないためセメント中のアルカリ分の抑制に効果があります。

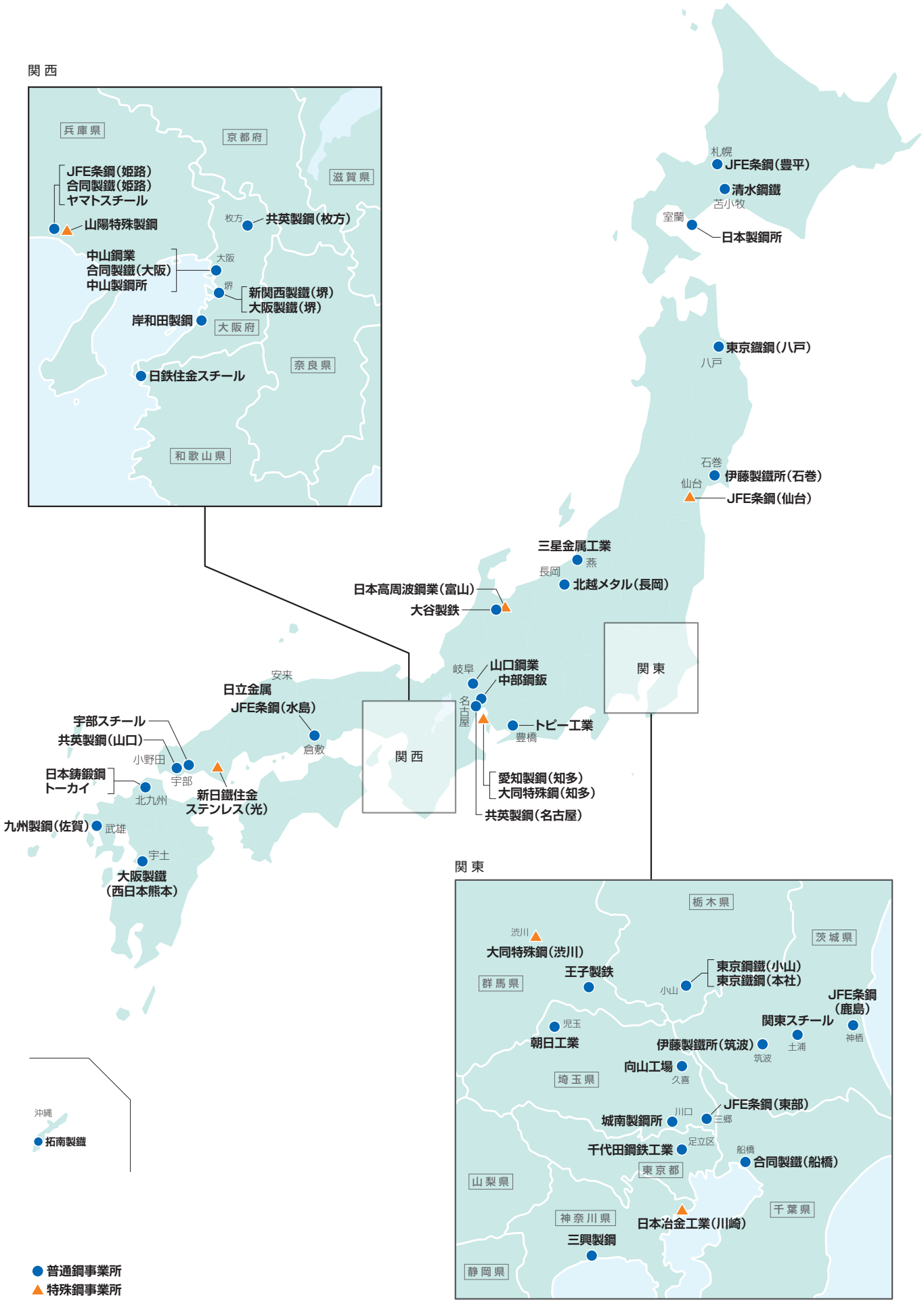
還元スラグの組成（例）

（%）

	CaO	SiO_2	Al_2O_3	T-Fe	MgO	S
還元スラグ	55.1	18.8	16.5	0.3	7.3	0.4
普通セメント	64.2	22.0	5.5	3.0	1.5	2.0

② 肥料原料

電気炉スラグには、植物の成長に必要な成分（CaO、SiO_2、MgO）に加え、FeO 、P_2O_5 などを含んでおり、さらに、アルカリ性の作用により土壌の酸性化を防ぐことができることから肥料用にも使われています。


関西
兵庫県
京都府
滋賀県
大阪府
奈良県
和歌山県
JFE条鋼（姫路）
合同製鐵（姫路）
ヤマトスチール
山陽特殊製鋼
枚方
共英製鋼（枚方）
中山鋼業
合同製鐵（大阪）
中山製鋼所
大阪
堺
新関西製鐵（堺）
大阪製鐵（堺）
岸和田製鋼
日鉄住金スチール
札幌
JFE条鋼（豊平）
清水鋼鐵
苫小牧
室蘭
日本製鋼所
東京鐵鋼（八戸）
八戸
石巻
伊藤製鐵所（石巻）
仙台
JFE条鋼（仙台）
三星金属工業
燕
長岡
北越メタル（長岡）
日本高周波鋼業（富山）
大谷製鉄
関東
岐阜
山口鋼業
中部鋼鈑
名古屋
トピー工業
豊橋
愛知製鋼（知多）
大同特殊鋼（知多）
共英製鋼（名古屋）
関西
安来
日立金属
JFE条鋼（水島）
倉敷
宇部スチール
共英製鋼（山口）
小野田
宇部
日本鋳鍛鋼
トーカイ
北九州
新日鐵住金
ステンレス（光）
九州製鋼（佐賀）
武雄
宇土
大阪製鐵
（西日本熊本）
関東
栃木県
茨城県
群馬県
埼玉県
東京都
神奈川県
千葉県
山梨県
静岡県
渋川
大同特殊鋼（渋川）
王子製鉄
東京鋼鐵（小山）
東京鐵鋼（本社）
小山
JFE条鋼
（鹿島）
関東スチール
神栖
児玉
朝日工業
伊藤製鐵所（筑波）
土浦
筑波
向山工場
久喜
JFE条鋼（東部）
川口
三郷
城南製鋼所
千代田鋼鉄工業
足立区
船橋
合同製鐵（船橋）
日本冶金工業（川崎）
三興製鋼
沖縄
拓南製鐵
普通鋼事業所
特殊鋼事業所

会社名	事業所	住所	
愛知製鋼(株)	知多工場	〒476-8666	愛知県東海市荒尾町ワノ割1
朝日工業(株)	埼玉工場	〒367-0394	埼玉県児玉郡神川町渡瀬222
(株)伊藤製鐵所	石巻工場	〒986-0844	宮城県石巻市重吉町2
	筑波工場	〒305-0877	茨城県つくば市片田486
(株)宇部スチール		〒755-0067	山口県宇部市大字小串字沖の山1978-19
王子製鉄(株)	群馬工場	〒370-0313	群馬県太田市新田反町町120
大阪製鐵(株)	堺工場	〒590-0901	大阪府堺市堺区築港八幡町1
	西日本熊本工場	〒869-0417	熊本県宇土市境目町300
大谷製鉄(株)		〒934-8567	富山県射水市奈呉の江8-4
関東スチール(株)	本社工場	〒300-4111	茨城県土浦市大畑580
岸和田製鋼(株)		〒596-0013	大阪府岸和田市臨海町20
九州製鋼(株)	佐賀工場	〒849-2302	佐賀県武雄市山内町大字鳥海字椿原11125
共英製鋼(株)	名古屋事業所	〒490-1443	愛知県海部郡飛島村大字新政成未之切809-1
	枚方事業所	〒573-0004	大阪府枚方市中宮大池3-1-1
	山口事業所	〒756-0817	山口県山陽小野田市大字小野田6289-18
合同製鐵(株)	船橋製造所	〒273-0023	千葉県船橋市南海神2-2-1
	大阪製造所	〒555-0042	大阪府大阪市西淀川区西島1-1-2
	姫路製造所	〒672-8655	兵庫県姫路市飾磨区中島2946
三興製鋼(株)		〒254-0801	神奈川県平塚市久領堤2-19
山陽特殊製鋼(株)	本社工場	〒672-8677	兵庫県姫路市飾磨区中島3007
JFE条鋼(株)	豊平製造所	〒063-0830	札幌市西区発寒10条13-1-1
	仙台製造所	〒983-0001	宮城県仙台市宮城野区港1-6-1
	東日本工場 鹿島製造所	〒314-0111	茨城県神栖市南浜7
	東日本工場 東部製造所	〒341-0034	埼玉県三郷市新和3丁目435-1
	西日本工場 姫路製造所	〒672-8064	兵庫県姫路市飾磨区細江1280
	西日本工場 水島製造所	〒712-8074	倉敷市水島川崎通1丁目
清水鋼鐵(株)	苫小牧製鋼所	〒059-1372	北海道苫小牧市字勇払145-13
(株)城南製鋼所		〒332-0004	埼玉県川口市領家5-13-35
新関西製鐵(株)	堺工場	〒590-0981	大阪府堺市堺区塩浜町5
新日鐵住金ステンレス(株)	光製造所	〒743-8550	山口県光市大字島田3434
日鉄住金スチール(株)	本社事業所	〒640-8404	和歌山県和歌山市湊1850
大同特殊鋼(株)	渋川工場	〒377-0007	群馬県渋川市石原500
	知多工場	〒477-0035	愛知県東海市元浜町39
拓南製鐵(株)	新中城工場	〒904-2162	沖縄県沖縄市海邦町3-26
中部鋼鈑(株)		〒454-8506	愛知県名古屋市中川区小碓通5-1
千代田鋼鉄工業(株)	綾瀬工場	〒120-0005	東京都足立区綾瀬6-10-6
(株)トーカイ	若松工場	〒808-0022	福岡県北九州市若松区大字安瀬1
東京鋼鐵(株)	小山工場	〒323-0029	栃木県小山市城北四丁目38-1
東京鉄鋼(株)	八戸工場	〒039-1161	青森県八戸市河原木海岸4-11
	本社工場	〒323-0819	栃木県小山市横倉新田520
トピー工業(株)	豊橋製造所	〒441-8510	愛知県豊橋市明海町1
中山鋼業(株)		〒555-0042	大阪府大阪市西淀川区西島1-2-133
(株)中山製鋼所	船町工場	〒551-8551	大阪府大阪市大正区船町1-1-66
日本高周波鋼業(株)	富山製造所	〒934-8502	富山県射水市八幡町3-10-15
(株)日本製鋼所	室蘭製作所	〒051-8505	北海道室蘭市茶津町4
日本鋳鍛鋼(株)		〒804-8555	福岡県北九州市戸畑区大字中原先ノ浜46-59
日本冶金工業(株)	川崎製造所	〒210-8558	神奈川県川崎市川崎区小島町4-2
日立金属(株)	安来工場	〒692-8601	島根県安来市安来町2107-2
北越メタル(株)	長岡工場	〒940-0028	新潟県長岡市蔵王3-3-1
三星金属工業(株)		〒959-1286	新潟県燕市小関736
(株)向山工場	久喜工場	〒346-0028	埼玉県久喜市河原井町1
山口鋼業(株)		〒500-8364	岐阜県岐阜市本荘仲ノ町5-8
ヤマトスチール(株)	本社工場	〒671-1133	兵庫県姫路市大津区吉美380

鐵鋼スラグ協会について

協会の目的と事業

当協会は、需要業界、官公庁および学協会の方々に鉄鋼スラグを理解していただき、その有効利用を図ることを目的としています。
普及活動を通して「リサイクル社会の構築」「地球温暖化対策」「天然資源の保護」等、社会に貢献するため、次の事業を推進しています。

1．鉄鋼スラグ製品に関する品質および技術の調査・研究

(1) 品質の維持・改善のための調査研究
(2) 利用技術に関する調査研究
(3) 用途開発と各種用途の規格化の推進

2．鉄鋼スラグ製品の生産・需給に関する情報収集・普及活動

(1) 鉄鋼スラグ製品に関する各種統計の作成
(2) 鉄鋼スラグ製品に関する普及広報活動

協会の沿革

1966年　2月	大阪市に「鉱滓製品研究会」創立
1968年　7月	「日本鉱滓協会」と改称
1975年　4月	協会本部を東京都に移設 大阪事務所開設
1976年　5月	「日本スラグ協会」と改称
1978年 10月	「日本スラグ協会」を発展的に解散、鉄鋼メーカーも加盟し「鐵鋼スラグ協会」を設立
1981年　4月	普通鋼電炉工業会、特殊鋼部会専業会社が団体加盟
1984年　4月	日本鉄鋼連盟スラグ資源化委員会の業務を継承

電気炉スラグ普及委員会について

電気炉業界では、コンクリート用電気炉酸化スラグ骨材の JIS 化のため、1996 年に「電気炉スラグ特別委員会」を設置し、取組んできました。2003 年に JIS が制定された後、特別委員会を普及委員会に改組いたしました。本委員会は、電気炉製鋼（普通鋼及び特殊鋼）を行なう会社の委員により構成され、電気炉スラグ製品等に関する研究開発並びに普及等を行なうことを目的として、2004年4月に鐵鋼スラグ協会内の委員会として設置されました。

連絡先

鐵鋼スラグ協会

本　　部　〒 103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10 鉄鋼会館
TEL：03-5643-6016　FAX：03-5643-6018

大阪事務所　〒 550-0002 大阪市西区江戸堀 1-10-27 肥後橋三宮ビル
TEL：06-6448-5817　FAX：06-6448-5805

電気炉スラグ普及委員会事務局
〒 476-8666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1 愛知製鋼㈱内
TEL：052-603-9743　FAX：052-603-9864

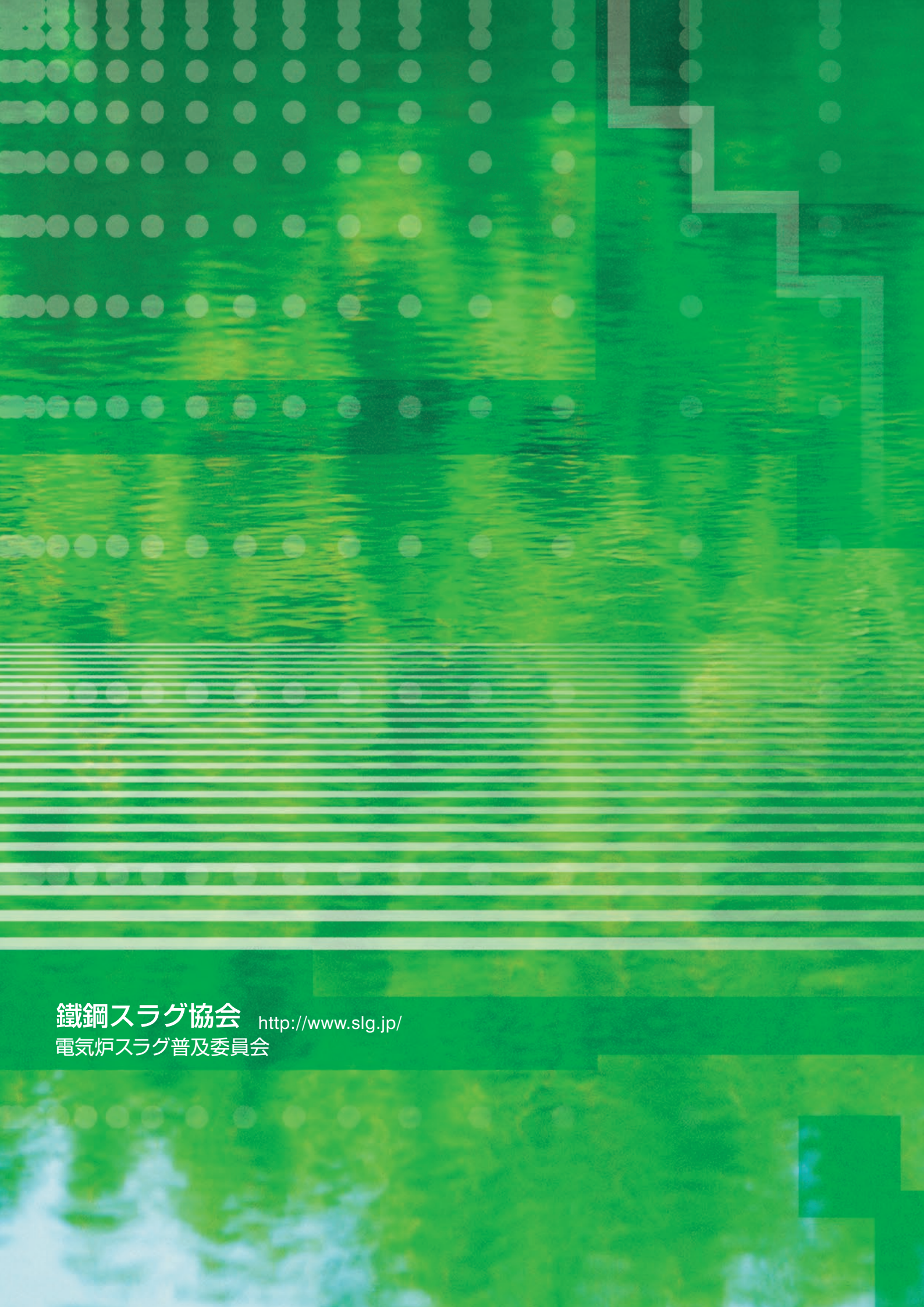
(一社)日本鉄鋼連盟 技術・環境本部
〒 103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10 鉄鋼会館
TEL：03-3669-4824　FAX：03-3669-0228

普通鋼電炉工業会
〒 103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10 鉄鋼会館
TEL：03-5640-1122　FAX：03-5640-1125

電気炉スラグ
2017年2月　3版発行

発行者　　鐵鋼スラグ協会
編集・制作　株式会社日活アド・エイジェンシー

本誌掲載の写真および図版・記事の無断転載を禁じます。



鐵鋼スラグ協会 http://www.slg.jp/
電気炉スラグ普及委員会