

# 高炉スラグ微粉末を混和材として用いたコンクリート

長尾之彦（エスメント関東）

## 1. はじめに

我が国で約100年の豊富な使用実績をもつ高炉セメントは、CO<sub>2</sub>排出量が少ないセメントとして広く認知され、グリーン購入法の特定調達品目に指定されるとともに、京都議定書目標達成計画ではその利用拡大が謳われている。高炉スラグ微粉末は、主に高炉セメントの原料として活用されてきたが、1980年代のアルカリシリカ反応や塩害の抑制などの技術的見地から、コンクリート混和材としての利用・検討が始まり、1995年にJIS A 6206「コンクリート用高炉スラグ微粉末」が制定された。

JIS R 5211「高炉セメント」では高炉スラグの分量によりA種、B種、C種が規定されている。国内の高炉セメントの99%以上はB種で、低熱高炉セメントなど特殊なものを除けば、その高炉スラグ量は40～45%である（以下、国内の高炉セメントB種を高炉セメントと記す）。高炉セメントは全国に供給され、その品質もスラグ分量が示すように安定したものとなっているが、使用対象とされるコンクリート構造物の種類は限定されている。

一方、海外を見るとアメリカ・イギリス・韓国・シンガポールなどでは生コン工場等でのコンクリート用混和材としての利用が多い。高炉スラグ微粉末をコンクリート混和材として用いると、セメントの種類、高炉スラグ微粉末の粉末度、スラグ置換率を目的に応じて変えることが可能となる。現在、高炉スラグ微粉末はエコマーク認定商品に指定され、高炉セメントで対応が困難なコンクリート工場製品や高流動コンクリート等の分野で使用されているが、スラグ置換率に応じて高炉セメントと同様にCO<sub>2</sub>削減効果があり、更なる普及が期待される。

## 2. 高炉スラグ微粉末の製造方法

### (1) 高炉スラグ微粉末の製造方法

高炉スラグは高炉で銑鉄を製造する際に副産物として生成するものであり、高温の熔融スラグを大気中で自然冷却する徐冷スラグと圧力水で急冷する水砕スラグに分けられる。水砕スラグはガラス質（非晶質）であり、アルカリの刺激により硬化する性質（潜在水硬性）を有する。高炉スラグ微粉末は、水砕スラグを壺型ミルやボールミルで乾燥・微粉碎した後、セパレータ（分級機）で所定の粉末度のものを選別して製造さ

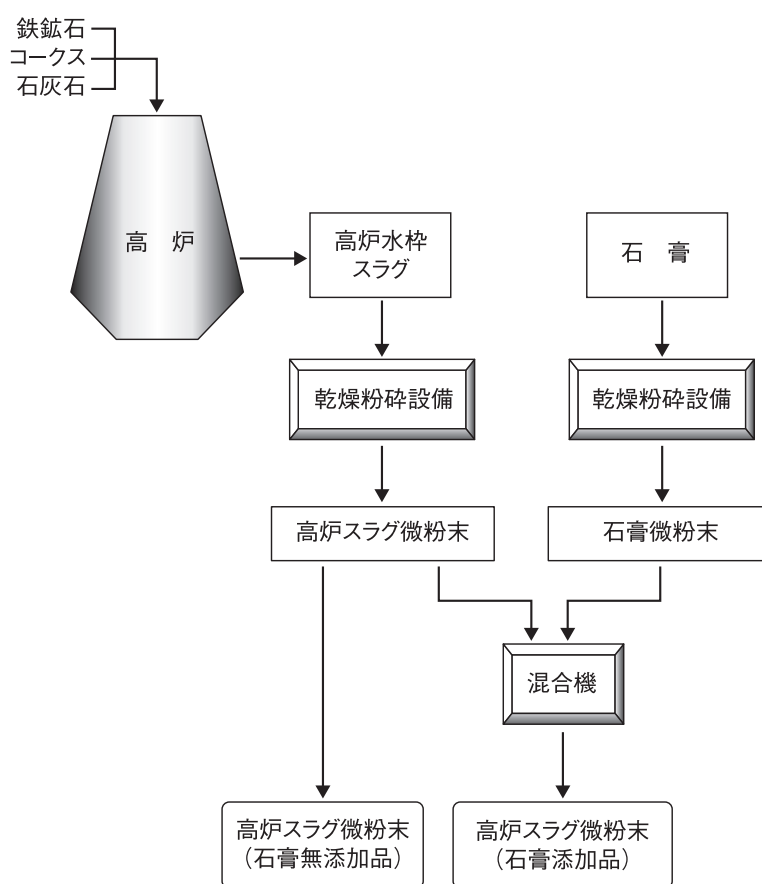


図1 高炉スラグ微粉末製造の概略

表1 高炉スラグ微粉末の品質規格

品質	種類	高炉スラグ微粉末 4000	高炉スラグ微粉末 6000	高炉スラグ微粉末 8000
密度		2.80 以上	2.80 以上	2.80 以上
比表面積	cm <sup>2</sup> /g	3,000 以上 5,000 未満	5,000 以上 7,000 未満	7,000 以上 10,000 未満
活性度指数 %	材齢7日	55 以上	75 以上	95 以上
	材齢28日	75 以上	95 以上	105 以上
	材齢91日	95 以上	105 以上	105 以上
フロー値比	%	95 以上	90 以上	85 以上
酸化マグネシウム	%	10.0 以下	10.0 以下	10.0 以下
三酸化硫黄	%	4.0 以下	4.0 以下	4.0 以下
強熱減量	%	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下
塩化物イオン	%	0.02 以下	0.02 以下	0.02 以下

れる。また、用途に応じて、石膏を添加したのもも製造されている。高炉スラグ微粉末製造の概略を図1に示す。

## (2) 高炉スラグ微粉末の品質

高炉スラグ微粉末はJIS A 6206「コンクリート用高炉スラグ微粉末」で粉末度によって4000、6000、8000の3種類が規定され、表1のように品質規格が定められている。活性度指数は普通ポルトランドセメントとスラグ置換率50%のモルタル強さの比率であり、高炉スラグ微粉末の強度発現性を表す指標となっている。活性度指数が示すように、粉末度が大きいほど初期材齢の強度発現性は大きくなるが、発熱速度は速くなるので、マスコンクリート用：4000、高強度コンクリート用：6000など目的に応じて選択されている。

## 3. 環境負荷低減

高炉スラグ微粉末は鉄鋼産業から生成される有用なリサイクル資材であり、コンクリート混和材として使用した場合の環境負荷低減には以下のような効果があげられる。

### ① 省資源省エネルギー・自然保護

スラグ置換率の分だけセメントの使用量が少なくなり、セメントの主原料である石灰石等の天然資源を節減し、自然環境の保護に繋がる。また、高炉スラグ微粉末の製造ではセメントのような焼成工程が無く、エネルギーが削減できる。

### ② 地球温暖化の抑制

石灰石使用量やエネルギーの消費が少ないため、石灰石の熱分解や燃料の燃焼に起因するCO<sub>2</sub>の排出量が低減できる。

### ③ ライフサイクルの延長

コンクリートの水密性、化学物質に対する抵抗性、アルカリシリカ反応抑制、塩分遮蔽性などの耐久性が向上するため、コンクリート構造物のライフサイクルが長くなり、メンテナンスやスクラップ&ビルドに伴うエネルギーや資源を節約できる。

## 4. 高炉スラグ微粉末を使用した

### コンクリートの性質

#### (1) 耐久性改善

高炉スラグ微粉末は、セメントの水和反応で生成した不安定な水酸化カルシウムと反応し、安定な水和物とするとともに硬化体組織を緻密化する。さらに、セメントと比べて塩素イオンやアルカリイオンの固定能力が大きい。そのため、高炉スラグ微粉末をコンクリート混和材として使用すると、水密性、化学抵抗性、耐海水性、塩分遮蔽性、アルカリシリカ反応抑制等が向上する。

#### (2) その他の性質

高炉スラグ微粉末はコンクリートのワーカビリティを改善するため、その種類やスラグ置換率を適切に定めることにより、流動性と材料分離抵抗性を兼ね備えた高流動コンクリートの製造が可能となる。また、水酸化カルシウムの生成量が減少するため、エフロレッセンスの低減、耐火・爆裂抵抗性の向上<sup>1)</sup>などの性質も有すると言われている。

#### (3) 使用上の注意

高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの性質は、主に高炉スラグ微粉末の種類とスラグ置換率によ