

# 大気エージング処理用製鋼スラグ山を模擬して作製した 小型容器充填試料に対する加水操作が pH 低減効果に及ぼす影響

大分工業高等専門学校	学生会員	○秋月 智也	大分工業高等専門学校	学生会員	小嶋 秀治
大分工業高等専門学校	正会員	佐野 博昭	福井工業高等専門学校	正会員	山田 幹雄
新日鐵住金 (株)	非会員	北島 博文	新日鐵住金 (株)	非会員	古川 幹人
新日鐵住金 (株)	非会員	澄川 圭治	新日鐵住金 (株)	非会員	佐藤 庫一
日鉄住金スラグ製品 (株)	非会員	中村 貴敏			

## 1. まえがき

製鉄所産の主な副産物として、粗鋼製造工程において発生する製鋼スラグがあるが、排出直後の製鋼スラグには、数%の遊離石灰 (f-CaO) が含まれていることから、水と反応すると水酸化カルシウム  $\text{Ca(OH)}_2$  が生成される。

このため、製鋼スラグは、「膨張性」と「高アルカリ性」という2つの課題を抱えていることになる。

この課題を解決するために、冷却固化後の製鋼スラグを破碎、ふるい分けした後、製鉄所構内の屋外で一定期間、高さ10m程度に山積みをし、遊離石灰を水や空気と反応させ、製鋼スラグを安定化させるエージング処理が行われている<sup>1)</sup>。

エージング処理工程を経た製鋼スラグは、路盤材料などの土木材料として有効に利用されているが、それでも、 $\text{pH} \approx 12$  の高アルカリ性を有していることから、これを緩和するために製鋼スラグに二酸化炭素を散布して炭酸化を促進させる「迅速炭酸化処理技術」が検討されている<sup>2)</sup>。

エージング処理工程中に f-CaO が水と反応して  $\text{Ca(OH)}_2$  となった後 (膨張促進効果)、 $\text{Ca(OH)}_2$  は大気中の二酸化炭素  $\text{CO}_2$  (濃度 0.03~0.04%) と接触する機会があることより、接触の程度は別にして炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  が生成されている可能性が高いものと推察される (炭酸化促進効果)。

さらに、製鋼スラグ内で上記の反応が進行しているとすれば、製鋼スラグの pH が低下していることになる (pH 低減効果)。

以上のことより、エージング処理工程中に、「膨張」と「炭酸化」の2つの促進効果が得られていることになるが、後者の「炭酸化」に関連している「pH 低減効果」について着目した研究事例は非常に少ない。

そこで、本研究では、大気エージング期間の経過とともに炭酸化に着目し、加水操作の有無あるいはその程度が製鋼スラグの pH 低減効果に及ぼす影響を検討するために、室内において小型容器に製鋼スラグを充填して製鋼スラグ山を模擬した試料を作製し、3種類の加水条件下でエージング期間の経過とともに

pH の推移を1年間にわたって追跡調査してみることにした。

## 2. 小型容器充填試料を用いた室内大気エージング実験の概要

実験にあたっては、新日鐵住金 (株) 大分製鐵所から排出された未エージング製鋼スラグを用いた。具体的には、排出後の製鋼スラグを土のう袋に入れて直ちに実験室内に搬入し、自然含水比状態 ( $w_n=2.1\%$ ) のまま27個 (3個×9個) の小型容器 (アスクール製、コンテナボックス、内寸法: 472mm×360mm×306mm, 容量: 40L, 材質: ポリプロピレン) に充填した。

ここで、試料の充填に際しては、事前に土のう袋入り試料の質量を測定した後、小型容器に順次試料を投入し、残った土のう袋入り試料の質量を再度測定することによって小型容器に詰めた試料の質量を求めた。

なお、本研究では、製鉄所構内に積み付けられた製鋼スラグ山の状態を模擬するために所定の乾燥密度を目標にしての締固めは特に行わなかった。

室内大気エージング実験にあたっては、以下に示す3種類の条件を設定することとした。

- ①実験条件I: エージング期間中、一切の加水操作を行わない。
- ②実験条件II: エージング期間中、10日間に1回の頻度で試料上面まで水で満たして浸水状態にし、その後、容器底面から排水する。

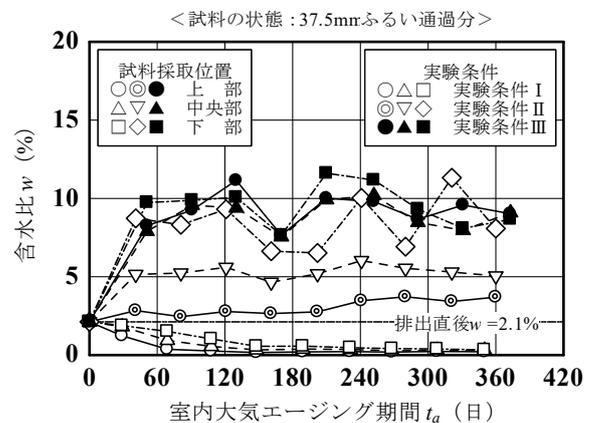


図-1 室内大気エージング期間と含水比との関係

③実験条件Ⅲ：エージング期間中、試料上面まで水で満たして浸水状態にする。ただし、10日間に1回の頻度で容器内の水の入れ替えを行う。

所定の室内大気エージング期間が経過した時点で、容器表面から10cmごとに上部、中央部、下部の試料をそれぞれ採取し、各種性状の測定を行った。

### 3. 小型容器充填試料の含水比, pH(H<sub>2</sub>O), 電気伝導率の推移

図-1は、実験条件Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの室内大気エージング期間  $t_a$  の経過にともなう含水比  $w$  の推移を試料採取位置ごとに示す。図より、実験条件Ⅰ(記号○△□)では、室内大気エージング期間  $t_a$  の経過にともなう含水比  $w$  は、試料採取位置によらず排出直後の含水比  $w=2.1\%$ より徐々に低下していることがわかる。

次に、実験条件Ⅱ(◎▽◇)では、試料採取位置によってその傾向は異なっており、上部(◎)では2~4%、中央部(▽)では5%前後、下部(◇)では6~11%を推移していることがわかる。

また、実験条件Ⅲ(●▲■)では、試料採取位置による差はほとんどないことがわかる。

図-2は、実験条件Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの室内大気エージング期間  $t_a$  の経過にともなう pH(H<sub>2</sub>O)の推移を試料採取位置ごとに示す。図より、室内大気エージング期間  $t_a$  の経過にともなって pH(H<sub>2</sub>O)は、徐々に減少しているが、その中でも、実験条件Ⅰの上部試料(○)と実験条件Ⅱの上部試料(◎)の減少量が大きく、室内大気エージング期間  $t_a$  が360日時点では9.5まで減少していることがわかる。

この原因としては、上部試料では、大気との接触の程度が中央部試料や下部試料よりも大きく、大気中の二酸化炭素 CO<sub>2</sub> (濃度 0.03~0.04%) との接触の機会が多いことより、結果として、炭酸化反応が進行したことによるものと推察する。

図-3は、実験条件Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの室内大気エージング期間  $t_a$  の経過にともなう電気伝導率  $\chi$  の推移を試料採取位置ごとに示す。図より、室内大気エージング期間  $t_a$  の経過にともなって電気伝導率  $\chi$  は、徐々に減少しているが、その中でも、先に述べた pH(H<sub>2</sub>O)と同様に実験条件Ⅰの上部試料(○)と実験条件Ⅱの上部試料(◎)、さらに、実験条件Ⅲの上部試料(●)も加えて減少量が大きく、室内大気エージング期間  $t_a$  が360日時点では20mS/mまで減少していることがわかる。

図-4は、実験条件Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの pH(H<sub>2</sub>O) (前出図-2)と電気伝導率  $\chi$  (前出図-3)との関係を試料採取位置ごとにまとめたものである。図より、pH(H<sub>2</sub>O)の減少にともなって電気伝導率  $\chi$  も減少しており、両者の間にはある一定の関係が認められる。

### 4. まとめ

1年間にわたる室内大気エージング実験の結果より、

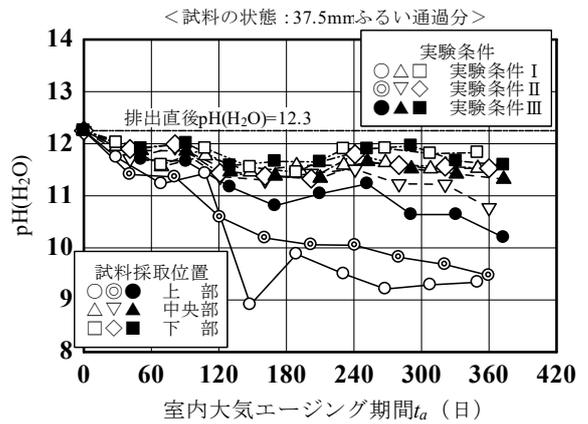


図-2 室内大気エージング期間と pH(H<sub>2</sub>O)との関係

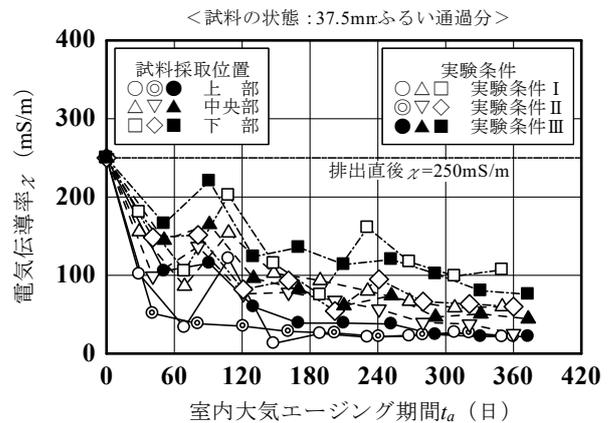


図-3 室内大気エージング期間と電気伝導率との関係

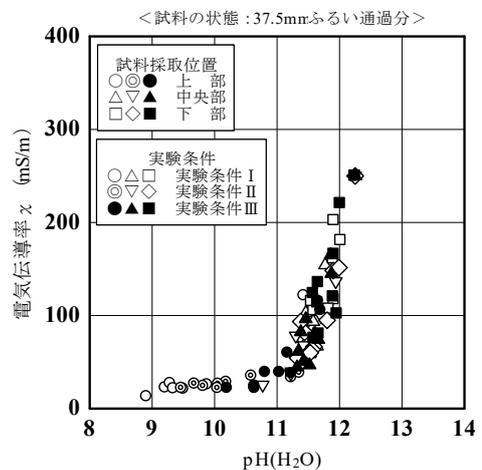


図-4 pH(H<sub>2</sub>O)と電気伝導率との関係

加水操作の有無あるいはその程度が製鋼スラグの pH 低減効果に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 鐵鋼スラグ協会・製鋼スラグ共同研究委員会, 製鋼スラグ路盤設計施工指針, 1985.
- 2) 堤直人, 田中誠, 田崎智晶, 天田克己, 久末治, 山本充, 山田祐輝, 遠藤公一: 製鋼スラグの迅速炭酸化処理技術の開発, 新日鉄技報, 第388号, pp. 99-109, 2008.