

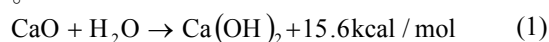
製鉄所構内に積み付けた大気エージング 処理工程中の製鋼スラグ山の性状調査

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 金子 敏行
新日鐵住金（株） 非会員 原 良治
新日鐵住金（株） 非会員 佐藤 庫一

大分工業高等専門学校 学生会員 麻生 更紗
新日鐵住金（株） 非会員 柏原 司
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
日鉄住金スラグ製品（株） 非会員 中村 貴敏

1. まえがき

製鉄所より発生する主な副産物として製鋼スラグがある。製鋼スラグには、排出直後、数%の遊離石灰（f-CaO）が含まれており、水と反応すると次式(1)に示すように発熱して水酸化カルシウム Ca(OH)_2 が生成される¹⁾。



CaO が水と反応することによって2倍の体積膨張が生じるため、遊離石灰を含んだままの状態では路盤材料などに用いると、施工後、膨張によって路面が隆起する恐れもあることから冷却固化後の製鋼スラグを破砕、ふるい分けした後、製鉄所構内の屋外で一定期間山積みをし、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²⁾。

エージング処理には、降水や散水により水和反応を促進させる「大気エージング法」とより短期間で水和反応を完了させる「促進エージング法」の2つがある。さらに、「促進エージング法」には、高温蒸気を使用して処理する「蒸気エージング法」、温水中に浸漬処理する「温水エージング法」および容器内で蒸気と高圧条件で反応させる「加圧エージング法」などが用いられている³⁾。

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、その一方で $\text{pH} \approx 12$ の高アルカリ性を有している。

ここで、エージング処理工程終了後の出荷段階においては、各種性状を調べることによって品質確保の確認を十分に行っているが、エージング期間中の製鋼スラグの性状の推移について調べた例はほとんどなく、多くの不明な点が残されている。

そこで、本研究では、製鉄所構内において積付け開始日の異なる大気エージング処理工程中の6つの製鋼スラグ山から試料を採取し、含水比、pH、電気伝導率、カルシウムイオン濃度、水浸膨張比の測定を行った。

2. 大気エージング処理工程中の製鋼スラグ山の性状調査

表-1は、新日鐵住金（株）大分製鉄所構内の製鋼スラグ山の積付け状況を示す。現在、1つの製鋼スラグ

表-1 製鉄所構内における製鋼スラグ山の積付け状況

製鋼スラグ山 No.	積付け開始年月日	積付け終了年月日	平均積付け期間（日）*
1	2014/1/20	2014/2/28	168
2	2014/3/1	2014/3/31	135
3	2014/4/1	2014/4/30	104
4	2014/5/1	2014/5/31	74
5	2014/6/1	2014/6/30	43
6	2014/7/1	2014/7/31	13

*製鋼スラグ山 No.2～6 は当該月の15日を基準とし、調査実施日である2014年7月28日までの期間を算出。なお、No.1については2月10日を基準。



写真-1 バックホーにより掘削した製鋼スラグ山の穴



図-1 製鉄所構内における大気エージング期間の経過とともに含水比の推移（試料の状態：37.5mmふるい通過分）

山を1ヶ月単位で管理していることから、1山あたりの積付け期間(エージング期間)が明確となっている。

試料の採取は、2014年7月28日に実施した。事前にバックホーにより掘削しておいた穴(幅2.3m×高さ2.3m×奥行1.3m)より試料を採取した(写真-1)。なお、製鋼スラグ1山あたり3箇所から試料を採取した。

試料採取後、直ちに試料を実験室内に運搬し、含水比 w 、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、電気伝導率 χ 、カルシウムイオン濃度 Ca^{2+} を測定した。

さらに、式(1)に示したように大気エージング処理の目的は「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こと」²⁾であるから、大気エージング処理工程中における製鋼スラグの膨張性を評価するために、「道路用鉄鋼スラグ」(JIS A 5015-1992)⁴⁾に準拠して水浸膨張試験を行い、水浸膨張比 r_e を求めた。

図-1は、製鉄所構内における大気エージング期間の経過にともなう含水比 w の推移を示す。図より、 w は3~8%を推移しており、日数の経過にともなう徐々に増加する傾向にあることがわかる。この原因の1つとしてエージング期間中の散水や降水の影響を挙げることができる。

図-2は、大気エージング期間の経過にともなう $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ の推移を示す。図より、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は、概ね12程度を推移しており、エージング期間の経過にともなう明確な差は認められなかった。

図-3は、大気エージング期間の経過にともなう電気伝導率 χ の推移を示す。図より、 χ は、200~350mS/mを推移しており、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 同様、エージング期間の違いによる明確な差は認められなかった。なお、カルシウムイオン濃度 Ca^{2+} についても同様の傾向が得られた。

以上、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、電気伝導率 χ 、カルシウムイオン濃度 Ca^{2+} の結果より、大気エージング処理工程中における製鋼スラグの炭酸化はほとんど進行していないことが明らかとなった。

図-4は、大気エージング期間の経過にともなう水浸膨張比 r_e の推移を示しており、図中には、併せて、路盤用製鋼スラグの膨張安定性基準値1.5%⁴⁾を示す。

図より、製鋼スラグ山No.6(大気エージング期間13日)の r_e が小さくなった原因は不明であるが、大気エージング期間43日以降、大気エージング期間の経過にともなう r_e は徐々に減少していることがわかる。

3. まとめ

本研究では、大気エージング期間中の製鋼スラグの各種性状を調べた結果、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、電気伝導率 χ 、カルシウムイオン濃度 Ca^{2+} にはほとんど変化が認められないが、含水比 w は増加、水浸膨張比 r_e は減少することが明らかとなった。

参考文献

1) 無機マテリアル学会編：セメント・セッコウ・石灰ハン

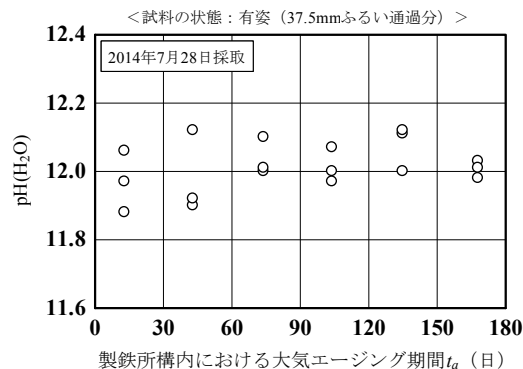


図-2 製鉄所構内における大気エージング期間の経過にともなう $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ の推移(試料の状態：37.5mmふるい通過分)

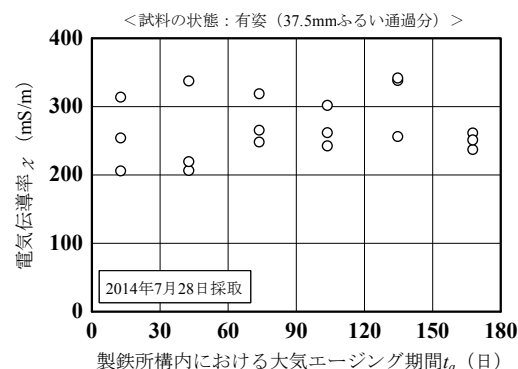


図-3 製鉄所構内における大気エージング期間の経過にともなう電気伝導率の推移(試料の状態：37.5mmふるい通過分)

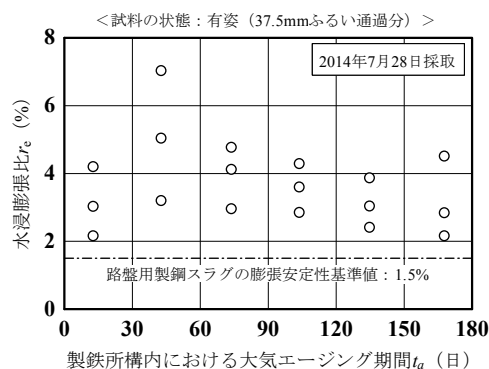


図-4 製鉄所構内における大気エージング期間の経過にともなう水浸膨張比の推移(試料の状態：37.5mmふるい通過分)

ドブック、技報堂出版、1996。

- 2) 鉄鋼スラグ協会・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。
- 3) 堀井和弘，堤 直人，北野吉幸，加藤敏朗：製鋼スラグ処理と資源化技術，新日鉄技報，第394号，pp. 125-131，2012。
- 4) (財)日本規格協会：道路用鉄鋼スラグ JIS A 5015-1992，1992。