

大気エージング処理工程中における 製鋼スラグ山の各種性状の推移

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

著者ら^{1),2)}は、これまでに製鉄所構内に積み付けた製鋼スラグの「膨張効果」と「炭酸化効果」の2つの効果をより短期間で発揮させるための技術開発を継続して進めているところであるが、このためには、製鉄所構内における大気エージング処理工程中の製鋼スラグの pH や水浸膨張比などの各種性状の推移を詳細に把握しておくことが必要不可欠である。

そこで、文献3)では、積付け開始日の異なる大気エージング処理工程中の製鋼スラグ山の各種性状の調査を行い、大気エージング期間の経過にともなう各種性状の推移を報告した。

しかしながら、この報告では、製鋼スラグ山からの試料の採取数は3箇所、また、製鋼スラグ山に穴(幅2.3m×高さ2.3m×奥行1.3m)を掘削して1地点での採取に留まった。ここで、製鋼スラグ1山の規模として質量が5~8万トン、高さは13m程度³⁾であることから、製鋼スラグ山の規模を考えた時に試料の採取数や採取位置については必ずしも十分とはいえるものではなかった。

今回、再度、製鉄所構内に積み付けた製鋼スラグ山から試料を採取する機会を得たことより、製鋼スラグ山1山当たりの試料の採取数と採取位置を見直し、積付け開始日の異なる大気エージング処理工程中の製鋼スラグ山から所定の期間ごとに試料を採取し、自然含水比、土粒子の密度、粒度、pH(H₂O)、電気伝導率、カルシウムイオン濃度、水浸膨張比、化学成分組成の測定を行ったので、その結果について報告する。さらに、今回得られた各種性状と文献3)との結果の比較を併せて行う。

2. 大気エージング処理工程中における製鋼スラグ山の各種性状調査の概要

調査にあたっては、新日鐵住金(株)大分製鉄所に積み付けられている製鋼スラグ山から試料を採取し、自然含水比 w_n 、土粒子の密度 ρ_s 、粒度、pH(H₂O)、電気伝導率 χ 、カルシウムイオン Ca^{2+} 濃度、水浸膨張比 r_e 、化学成分組成を測定した。

なお、上記の各種性状の測定方法等については文献

3)を参照されたい。

今回の試料採取にあたっては、文献3)の結果を踏まえて以下のような試料採取の数と位置を採用した。

①試料採取数

文献3): 製鋼スラグ山1山当たり3箇所

本研究: 製鋼スラグ山1山当たり12箇所

②試料採取位置

文献3): 表層から1.3m程度(地盤面から0.5m程度の高さ)

本研究: 表層から1.5~2.0m, 3.5~4.0m(地盤面から1.0mの高さ)

次章では、自然含水比、pH(H₂O)、電気伝導率、カルシウムイオン濃度、水浸膨張比の結果について報告する。

3. 大気エージング処理工程中における製鋼スラグ山の各種性状の推移

以下では、本研究によって得られた結果と文献3)によって得られた結果(記号●)を併せて示す。

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自然含水比 w_n の推移を示す。図より、自然含水比 w_n は1.6~9.7%を推移していることがわかる。今回、試料採取数を増やしたわけであるが、その分、値の範囲(ばらつき)も大きくなったようである。また、試料採取位置別(○△)に見た場合、特に顕著な差は認められなかった。さらに、既往の研究成果³⁾(●)では、大気エージング期間の経過にともなう

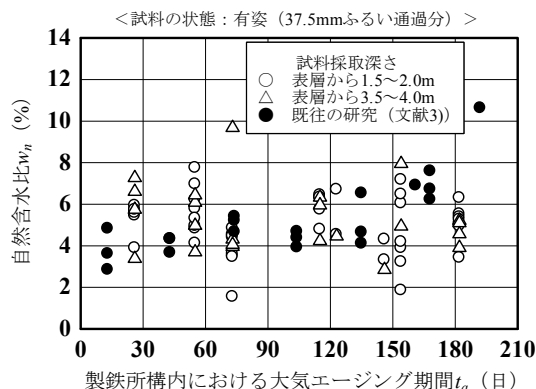


図-1 大気エージング処理工程中における自然含水比の推移 文献3)に加筆・修正

自然含水比は徐々に増加する傾向にあることが認められたが、今回の結果からはそのような傾向は認められなかった。

図-2 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 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ の推移を示す。図より、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は、大気エージング処理工程中、11.1～12.1 の高アルカリ性を維持しており、文献 3) の 11.9～12.4 と比較して小さめの値を示しているが、大気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、カルシウムイオン Ca^{2+} 濃度と電気伝導率 χ との関係を示す。図より、カルシウムイオン濃度 Ca^{2+} の減少にともなって電気伝導率も減少しており、両者の間には次式(1)に示すような相関性の高い直線関係が認められる。

$$\chi = 0.4876\text{Ca}^{2+} + 48.76 \quad (r = 0.964) \quad (1)$$

また、今回の結果より、カルシウムイオン濃度の範囲が 400mg/L より小さいものが多く存在しており、文献 3) の製鋼スラグ (●) と比較してカルシウム分の少ない製鋼スラグが排出されていた可能性が考えられる。

図-4 は、大気エージング処理工程中における水浸膨張比 r_e の推移を示す。図より、双方の結果 (記号○△●) ととも大気エージング期間の経過にともなって水浸膨張比が低下する、言い換えれば、大気エージング処理工程を継続して行うことによって製鋼スラグの「膨張効果」が発揮されるということを改めて確認することができた。また、製鋼スラグ山 1 山での水浸膨張比のばらつきの程度および大気エージング期間 6 か月では水浸膨張比 1.5%⁴⁾ を満足することは困難であることも改めて確認された。

なお、路盤用製鋼スラグの膨張性基準値 1.5%⁴⁾ を満足していない製鋼スラグは、大気エージング処理工程あるいは蒸気エージング処理工程を継続して行うことによって最終的には膨張性基準値 1.5%⁴⁾ を満足する製鋼スラグを出荷していることを付記する。

4. まとめ

製鉄所構内に積み付けた製鋼スラグ山の水浸膨張比の結果より、大気エージング期間の経過にともなって「膨張効果」が発揮されていることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 佐野博昭, 山田幹雄, 柏原 司, 金子敏行, 古川幹人, 原 良治, 澄川圭治, 中村貴敏: 室内エージング実験における製鋼スラグの pH 低減効果の確認, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 71, No. 4, pp. 272-277, 2015.
- 2) 麻生更紗, 佐野博昭, 山田幹雄, 北島博文, 金子敏行, 古川幹人, 澄川圭治, 佐藤庫一, 中村貴敏: 円筒容器を用いた室内通気実験による製鋼スラグの炭酸化促進工法の開発に関する基礎的研究, 平成 27 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, III-057, pp. 385-386, 2016.
- 3) 佐野博昭, 麻生更紗, 山田幹雄, 柏原 司, 古川幹人,

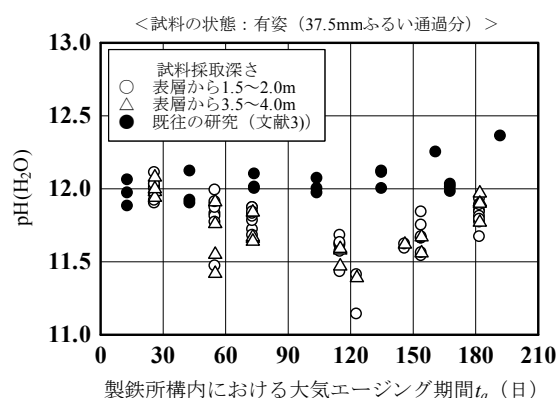


図-2 大気エージング処理工程中における $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ の推移 文献 3) に加筆・修正

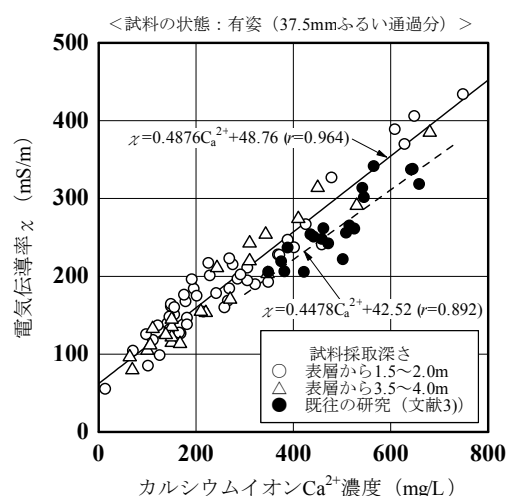


図-3 大気エージング処理工程中におけるカルシウムイオン濃度と電気伝導率との関係 文献 3) に加筆・修正

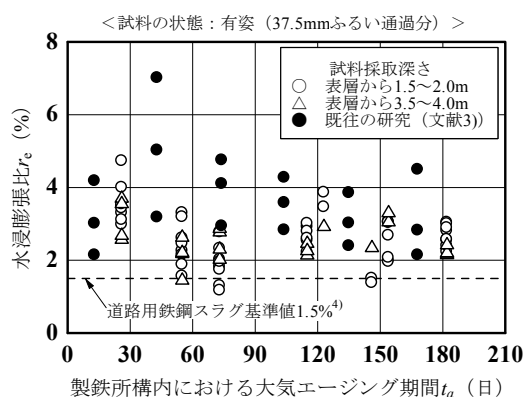


図-4 大気エージング処理工程中における水浸膨張比の推移 文献 3) に加筆・修正

澄川圭治, 佐藤庫一, 中村貴敏: 膨張性安定化を目的として製鉄所構内に積み付けた大気エージング処理用製鋼スラグ山の性状調査, 地盤工学ジャーナル, Vol. 12, No. 3, pp. 351-362, 2017.

- 4) (財) 日本規格協会: 道路用鉄鋼スラグ JIS A 5015-1992, 1992.