

エージング状態の違いが室内通気実験における 製鋼スラグの炭酸化促進効果に及ぼす影響

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	学生会員	麻生 更紗
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

製鉄所より発生する主な副産物として製鋼スラグがある。排出直後の製鋼スラグには数%の遊離石灰 (f-CaO) が含まれており、水と反応することによって水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が生成される。このとき 2 倍の体積膨張が生じるため、そのままの状態例えば路盤材料などに使用すると路面の隆起を引き起こす可能性がある。

そこで、製鉄所では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 (f-CaO) を水や空気と反応させる大気エージング処理が主として行われている。

文献 1)では、大気エージング処理工程中の製鋼スラグ山の各種性状調査を行い、大気エージング日数の経過に伴って水浸膨張比は減少したが、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ はほとんど変化しないことが明らかとなった。

このように、現在行われている大気エージング処理では、製鋼スラグの水浸膨張比の基準を満足することはできるが、高アルカリ状態が維持されていることになる。この問題を解決するために文献 2)では次式(1)の反応を促進させる目的で大気中の二酸化炭素 CO_2 と製鋼スラグ中に含まれている水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とを積極的に接触させる室内エージング実験を行い、室内エージング日数 180 日時点では

$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=9.6$ となり、排出直後の $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=12.3$ と比較すると約 2.7 低下したことを報告している。



著者らは、大気エージング処理工程中の製鋼スラグ山に大気を積極的に送り込むことによる緩速炭酸化処理技術の開発を目指して、これまで円筒容器を用いた室内通気実験を継続的に行ってきた³⁾。今回は、エージング状態の違いが室内通気実験における製鋼スラグの炭酸化促進効果に及ぼす影響について報告する。

2. 室内通気実験の概要

装置の基本的な構成や実験方法は文献 3)と同様である。今回は、排出直後試料と大気エージング終了後に蒸気エージングを行った試料 (以後、W エージング試料と称する) の 2 種類を使用した。通気実験は、それぞれの試料に対して通気日数 3 日、7 日、14 日とし、所定の日数が経過した時点で、試料を上部、中央部、下部の 3 つに分けて取り出し、含水比 w 、土粒子の密度 ρ_s 、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、電気伝導率 χ 、カルシウムイオン Ca^{2+} 濃度、炭酸カルシウム含有率 C_{ca} を測定した。

3. 室内通気実験による製鋼スラグの pH の低減効果

図-1 は、排出直後試料と W エージング試料に対して行った通気実験の結果より、「通気有+加水有」条件下における充填試料高さと含水比 w 、土粒子の密度 ρ_s 、

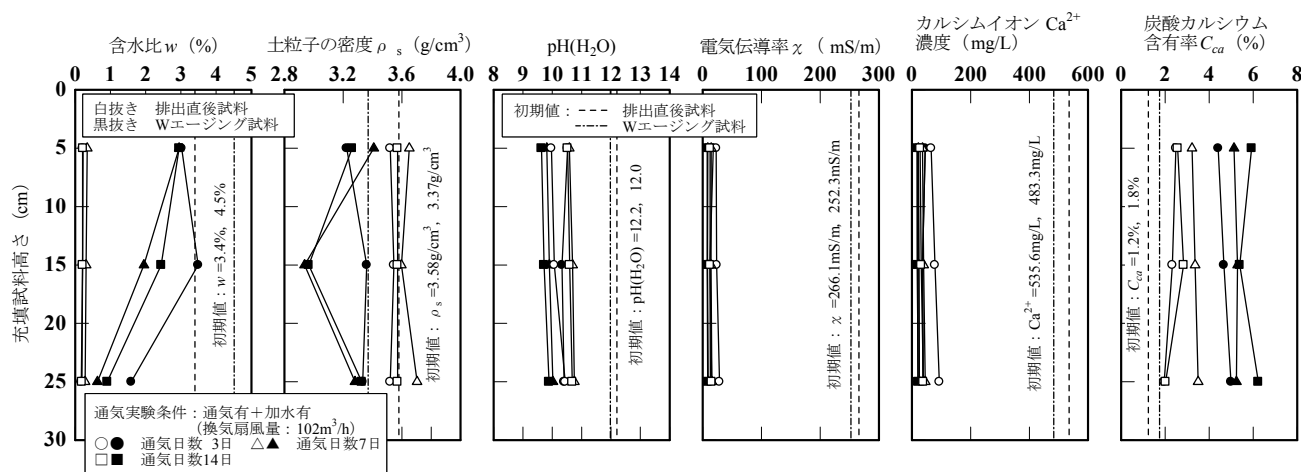


図-1 通気実験充填試料の性状

pH(H₂O), 電気伝導率 χ , カルシウムイオン Ca²⁺濃度, 炭酸カルシウム含有率 C_{ca} との関係を示す。

図より, 含水比 w に着目すると, 排出直後試料では通気日数に関わらず, ほぼ 0%に近い値となっていることがわかる。これに対して, W エージング試料では通気日数の経過にともなって試料下部の含水比は低下しているが, 上部では含水比の減少は僅かであった。これは, 製鋼スラグの細粒化に起因しているものと推察する。

次に, pH(H₂O)に着目すると, 通気実験開始前は双方の試料とも高アルカリ性 (pH(H₂O)=12.0~12.2) を呈しているが, 通気実験終了後は pH(H₂O)が低下していることがわかる。また, 両者の試料の pH(H₂O)を比較すると, W エージング試料の方が小さいことがわかる。なお, 通気日数の経過にともなう差はほとんど認められなかった。これより, 製鋼スラグの pH(H₂O)の低下には, エージング状態の違いはほとんど関与していないことになる。

電気伝導率 χ は, 当初 535.6, 483.3mg/L あったものが通気日数の経過にともなって急激に減少していることがわかる。

炭酸カルシウム含有率 C_{ca} に着目すると, 通気後, 両試料とも初期値 ($C_{ca}=1.8\sim1.2\%$) と比較して増加しているが, 排出直後試料と W エージング試料とでは明らかな差が認められた。とくに, W エージング試料では通気日数が長くなるにつれて炭酸カルシウム含有率 C_{ca} は増加しており, これは, 製鋼スラグに含まれている水酸化カルシウム Ca(OH)₂ が通気によって大気中の二酸化炭素 CO₂ と十分に接触することにより, 炭酸カルシウム CaCO₃ が生成されたものと考えられる。

図-2 は炭酸カルシウム含有率 C_{ca} と pH(H₂O)との関係を示す。図より, W エージング試料では炭酸カルシウム含有率 C_{ca} の増加にともなって pH(H₂O)が減少しており, 両者の間には次式(2)に示すような非常に相関性の高い直線関係が成立していることがわかる。

$$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 12.841 - 0.534C_{ca} \quad (r = 0.957) \quad (2)$$

図-3 は, 室内通気日数の経過にともなう pH(H₂O)_{ta} の推移を通気開始時の pH(H₂O)_{ta=0日}を基準 (=1) とし表したものである。図より, 双方の試料とも通気日数の経過にともなって pH(H₂O)_{ta}/pH(H₂O)_{ta=0日} は減少しており, 通気日数 7 日時点では通気開始時の 80~85%になっていることがわかる。

4. まとめ

本研究では, 製鋼スラグの炭酸化処理技術の開発を目指し, エージング状態の異なる製鋼スラグに対して室内通気実験を行ったところ, 炭酸化の進行状況が異なることが明らかとなった。今後は, 現在行われている大気エージングを室内で再現するために模擬製鋼スラグ山を作製して散水の有無やその量の多少による性

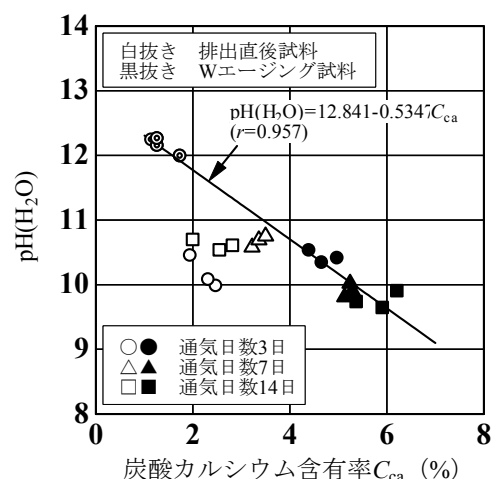


図-2 炭酸カルシウム含有率と pH(H₂O)との関係

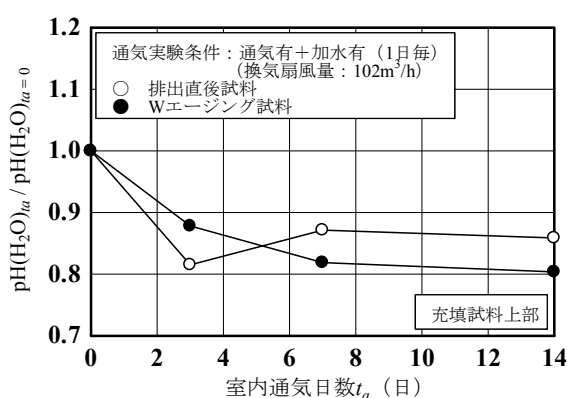


図-3 室内通気日数と pH(H₂O)との関係

状の違いを調査し, 最終的には, 緩速炭酸化処理技術と併せて迅速な膨張促進工法の開発を行う予定である。
謝辞: 本研究を遂行するにあたり, 元・新日鐵住金(株)大分製鐵所 生産技術部・金子敏行氏, 原 良治氏には貴重なご助言をいただいた。ここに, 深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 佐野博昭, 麻生更紗, 山田幹雄, 柏原 司, 金子敏行, 古川幹人, 原 良治, 澄川圭治, 佐藤庫一, 中村貴敏: 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, 平成 26 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, III-065, pp. 381-382, 2016.
- 2) 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.
- 3) 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.