

石炭ガス化スラグ細骨材に含まれる炭素分とコンクリートの空気連行性

広野 IGCC パワー合同会社 正会員 ○松浦 忠孝
東京電力ホールディングス株式会社 正会員 小林 保之
一般財団法人石炭エネルギーセンター 古屋 憲二

1. はじめに

石炭ガス化複合発電（以下、IGCC という）では、石炭中の灰分に起因して石炭ガス化スラグが副生される。これを磨砕処理した石炭ガス化スラグ細骨材（以下、CGS という）は、コンクリート用細骨材として他のスラグと同等の性能を有するが、細骨材置換率を 100%とした場合にはブリーディングの増大や AE 剤添加量の増加傾向があることも報告されている。

本稿では、CGS に含まれる炭素分と CGS を用いたコンクリートの空気連行性に着目して分析、評価した内容を報告する。

2. CGS 中の炭素分

（1） 推定される炭素分の混入過程

運転中の IGCC において、微粉炭と石炭チャーのうち炭素分 C はガス化炉内の高温高压下で酸素、二酸化炭素、水と反応して燃焼ガス CO となって送り出され、灰分のみが高温溶融してスラグとして排出される。そのため、定常運転中のスラグ中に含まれる炭素分は極めて微量と推定される。一方、起動・停止時などの非定常状態では、ガス化炉内に滞留した石炭チャーがガス化炉下部のウォーターチャンバーまで降下することが考えられ、CGS 中の炭素分の多くはこれが検出されているものと推定される。

写真-1 には CGS 中に観察された炭素分とガス化炉入口で採取した石炭チャーの二次電子像を示す。これらは構造や形状がよく類似しており、上述の炭素分混入の過程を示唆しているものと考えられる。

（2） 炭素含有率

JIS M 8819 により測定した炭素分の質量百分率を炭素含有率とする。なお、還元性環境で生成する CGS は強熱により酸化して質量が増えることから、フライアッシュにおいて未燃炭素量の指標として用いられる強熱減量は CGS の炭素分の指標には適さない。表-1 には、同一炭種を燃料とする定常運転下で発生した CGS の炭素含有率の推移を示す。いずれも炭素含有率は低く 0.10%以下の範囲で推移している。

（3） 粒径ごとの炭素含有率

図-1 に示す粒径ごとの炭素含有率では、炭素分は 150 μm 以下に多く含まれていることが確認できる。この結果からも、生成時に 1400℃程度となるスラグ内部に炭素は共存せず、ガス化炉内に滞留した石炭チャーが微粒のまま降下して CGS 内に混入していることが推察される。

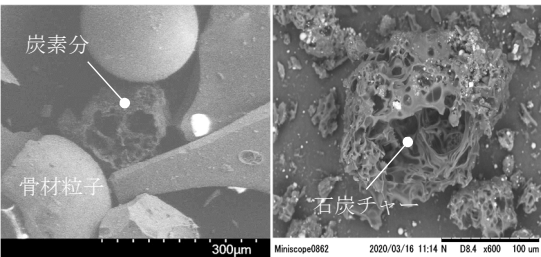


写真-1 骨材中の炭素分(右)と石炭チャー(左)

表-1 炭素含有率の推移

	採取日時	炭素含有率
時間変動	2019/5/8 9:40	0.02 %
	11:30	0.05 %
	13:30	0.01 %
	15:30	< 0.01 %
日変動	2019/4/8	0.01 %
	4/24	< 0.01 %
	5/8	0.05 %
	5/9	0.02 %
	5/10	0.03 %
	5/16	0.03 %
期間変動	2017/12/26 ～2019/5/16	< 0.01～ 0.07 %

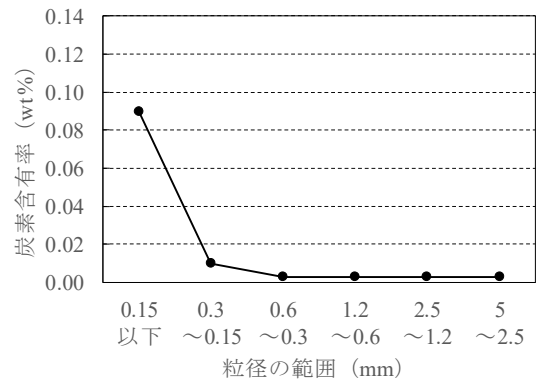


図-1 粒径ごとの炭素含有率

キーワード IGCC 石炭ガス化スラグ 炭素 空気連行性 AE 剤

連絡先 〒979-0402 福島県双葉郡広野町大字下北迫字二ツ沼 58 広野 IGCC パワー合同会社 Tel.0240-30-1122

表-2 検討に用いた CGS の品質

試料 No.	P1-B	P1-C	P1-D1	P1-D2 *	P1-D3 *
炭素含有率 (%)	0.02	0.20	0.04	0.10	0.14
絶乾密度 (g/cm ³)	2.69	2.66	2.72	(2.72)	(2.72)
吸水率 (%)	0.15	0.22	0.24	(0.24)	(0.24)
微粉分量 (%)	5.8	6.2	5.9	(5.9)	(5.9)

* 微粉分の置換により炭素含有率を調整した試料

3. 炭素含有率による空気連行性への影響

(1) 検討に用いた CGS の品質とコンクリート配合

検討に用いた CGS の品質を表-2 に示す。炭素含有率のみをパラメータとするために、試料の一部は微粉分を置換して炭素含有率を調整している。なお、試験に用いたコンクリート配合は、細骨材の全量を CGS で置換し、目標スランプ 12cm, 目標空気量 4.5%, 水セメント比 50%, 細骨材率 47%としたものである。

(2) AE 剤の使用量

図-2 には CGS を用いたコンクリートの AE 剤添加量と空気量との関係を示す。試料によって傾きは異なるものの、いずれも線形の関係が認められる。また、これらを用いて炭素含有率と空気量を 1%増加させるために必要な AE 剤添加量との関係として整理したものを図-3 に示すが、両者の間にも高い相関が認められる。これらの結果から、CGS の炭素分は AE 剤による空気連行性に影響を及ぼし、所定の空気量を得るためには、炭素含有率に応じて AE 剤添加量を増加させる必要があることが確認された。

なお、AE 剤添加量の増加調整は線形の関係をもって容易に行うことができるとともに、炭素含有率の上限を定めることによって添加量が過剰にならないようコントロールすることが可能である。

(3) 気泡間隔係数

図-4 には炭素含有率と気泡間隔係数との関係を示す。この結果において、気泡間隔係数はやや大きい 400~500 μm 前後に分布し、凍結融解抵抗性が劣るとされる範囲となっているが、炭素含有率による顕著な差は認められない。このことから、気泡間隔係数への影響は、炭素分によるものではなく、高炉スラグ細骨材などで見られる傾向と同様にブリーディング量の増加による消泡作用などが支配的なものと推定される。これについては、今後詳細な検討が必要と考えている。

4. まとめ

CGS に含まれる炭素分は空気連行性に影響を及ぼすが、炭素含有率に応じて AE 剤添加量を調整すること、あるいは炭素含有率の上限を定めることによって、CGS を通常の細骨材として使用できることを確認した。再生資源である CGS の有効利用推進に貢献すべく、引き続き CGS の品質・性能を明らかにしていく。

なお、本稿で示した成果は、NEDO の委託業務並びに IGCC に係る関係法人の共同運営により実施した試験結果から得たものである。

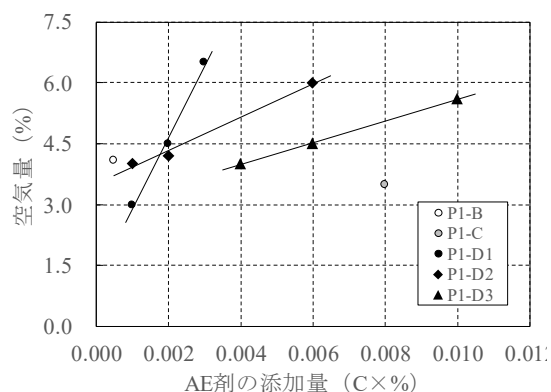


図-2 AE 剤添加量と空気量の関係

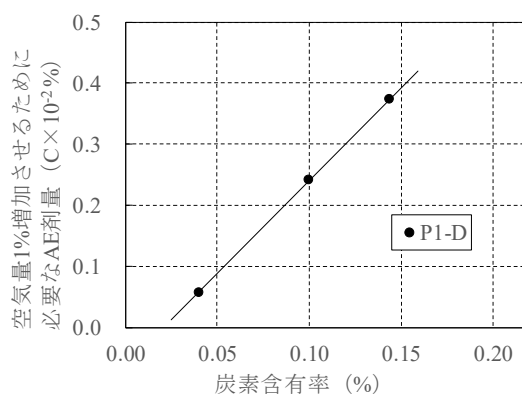


図-3 炭素含有率と AE 剤使用量の関係

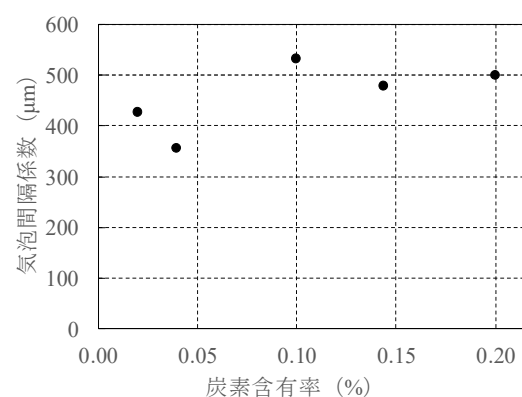


図-4 炭素含有率と気泡間隔係数

参考文献 1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：2016 年度～2018 年度成果報告書 クリーンコール技術開発 石炭利用環境対策事業 石炭利用環境対策推進事業／石炭ガス化溶融スラグ有効利用推進事業