

自然と共存する「スプリットンブロック」

～Vol.1 スプリットンブロックの特長とスプリットン工業会の取り組み～

スプリットン工業会

1 スプリットンブロックとは

スプリットンブロックは、日本で初めて人工的に割肌を再現したコンクリートブロックとして、1968年に誕生しました。製造方法は、2個分の体積を持つブロックを一体成型し、硬化後に機械的に割る(図-1)ことで、天然石のような自然な割肌を再現するという技術です。この「割る(SPLIT)」と「石(STONE)」を組み合わせた名称が「スプリットン」の由来です。

従来の流し込み成型のコンクリートブロックは、表面の質感や色調が天然石材とは大きく異なり、景観との調和に課題がありました。スプリットンブロックは、こうした問題を解決するために開発され、自然石特有の陰影や肌合いを再現しながら、量産性・規格化・施工性に優れた製品として、道路工事や宅地造成時の法面保護擁壁、公園・緑地・運動場・霊園の擁壁、河川・海岸の護岸擁壁など、幅広い分野で活用されています(写真-1)。

今号と次号の2回にわたってスプリットンブロックの概要と工業会の取り組み、製品について紹介します。

2 伝統美と現代技術の融合

日本では古来より、城壁や石垣などの天然石を用いた乱積み(写真-2)工法や

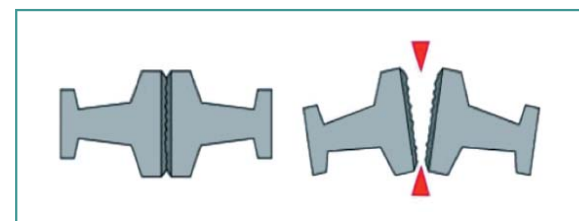


図-1 スプリットンブロックの割裂工程



写真-1 スプリットンブロックの使用例



写真-2 天然石を用いた石積擁壁(左:乱積み 右:谷積み)

布積み工法が景観文化の象徴として受け継がれてきました。さらに、石材を斜め45度程度に傾けて使い、下の石が作る「谷」の部分に上の石を落とし込むようにはめ込んで積んでいく谷積み工法がより強固な積み方として普及しました。しかし、天然石材の枯渇により、従来の石積み工法を維持することが困難になっています。スプリットンブロックはこうした背景

を踏まえ、伝統的な造形美を現代技術で再現しました。即時脱型方式(図-2)による製造により、強振動・強圧縮を同時に加えることでコンクリートを保形し、一つの型枠で複数のブロックを製造す

ることができ、高い寸法精度と均質性を確保します。さらに、スプリットされた割肌は二つとして同じ製品がないため、自然石のように景観に調和する美しさを提供します。またブロックが小型であるため曲線施工も可能であり、大型ブロックには困難な景観美を提供することができます(写真-3)。

スプリットンブロックは、景観性だけでなく環境負荷低減にも配慮した製品となっています。



写真-3 スプリットンブロックのカーブ施工

3 環境に配慮した設計思想

スプリットンブロックは、景観性だけでなく環境負荷低減にも配慮した製品となっています。

3-1 明度低減、テクスチャー

割裂による凹凸面が光の反射を抑え、目に優しい景観を実現します。施工直後

から周囲に馴染み、時間の経過とともに自然なエイジング効果が得られます。スプリットンブロックの明度は3.5～6.0の範囲で、国土交通省が定める「美しい山河を守る災害復旧基本方針」に適合しており、景観保全の観点からも高く評価されています(図-3)。

また、コンクリート系護岸の場合、素材(ブロック)に適度なテクスチャーを持たせることが求められています。護岸ブロックのテクスチャーは、輝度の標準偏差(ばらつき)を指標としており、その値は11以上を目安とすることが望ましいとされています。(公社)全国土木コンクリートブロック協会のテクスチャー証明書を取得した結果、スプリットンブロックは、輝度の標準偏差が30～70の範囲で、目安とされて

いる11を大きく超えていることから、最適な河川景観や自然環境の保全につながることが確認できました(図-4)。

3-2 CO₂排出量削減

スプリットンブロックは、積みブロック(流し込み成形)に比べて二酸化炭素(以下、CO₂)の排出量が少なく、環境負荷が低いことが分かりました(図-5)。これは即脱成形という製造方式のため最適な材料充填が可能なことから、流し込み成形と比較して単位セメント量が少なくなるからです。一方で成形機に使用する電力由来のCO₂排出が多いという課題も分かりました。今後、効率的な成形方法に改良を加えることで、エネルギーの消費をさらに抑制できるものと期待されます。

また、これまでスプリットン工業会では、カーボフィクス®セメントを使用したスプリットンブロックを製造し、道路法面補強

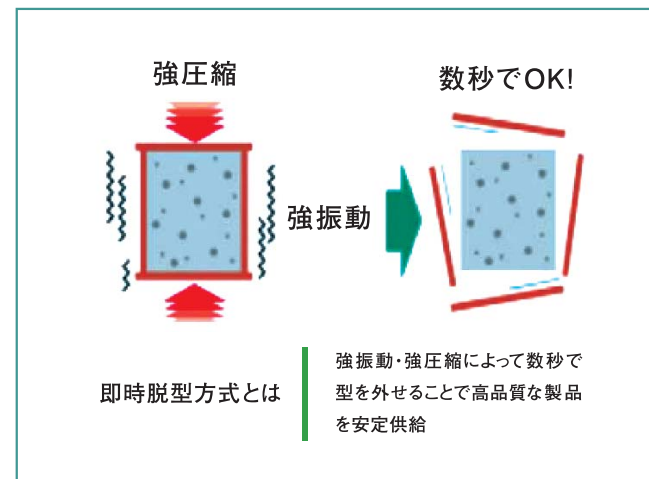


図-2 即時脱型方式

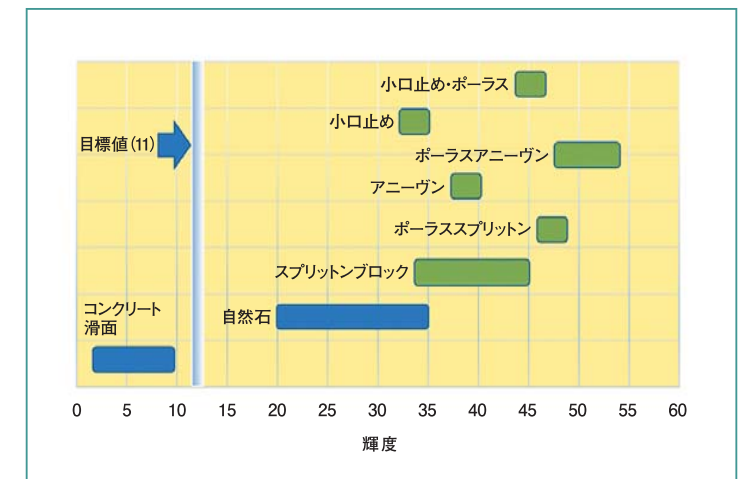


図-4 輝度の標準偏差

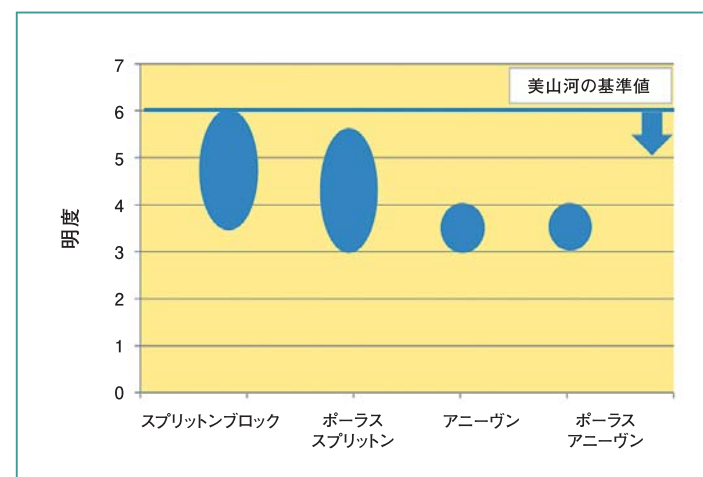


図-3 平均明度の範囲

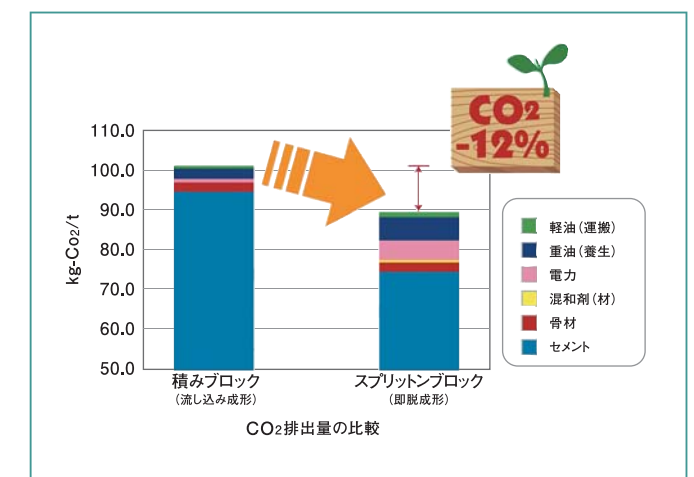


図-5 スプリットンブロックのCO₂削減量

工事に適用しました。この時製造したスプリットブロックは1m³当たり約40kgのCO₂を固定しており、環境負荷の低減に貢献しました。今後の活動としては、高炉セメントB種や高炉セメントC種相当のセメントを使用したスプリットブロックを製造し、強度や耐久性等について評価を行うことも検討しており、積極的にカーボンニュートラル対応の取り組みを進めていきます。

3-3 騒音低減効果

表面の凹凸が音を吸収し、静かな環境づくりに貢献します。ポーラススプリットブロックと普通コンクリート積みブロックが併設する道路法面において、車両騒音を比較しました(図-6)。法面直前に騒音計を設置し(右図A)、速度70km/hで車両が走行した場合、ポーラススプリットブロックは普通コンクリート積みブロックに比べて、オーバーオール騒音レベルで2.1(dB)の車両騒音低減効果が認められました(図-7)。

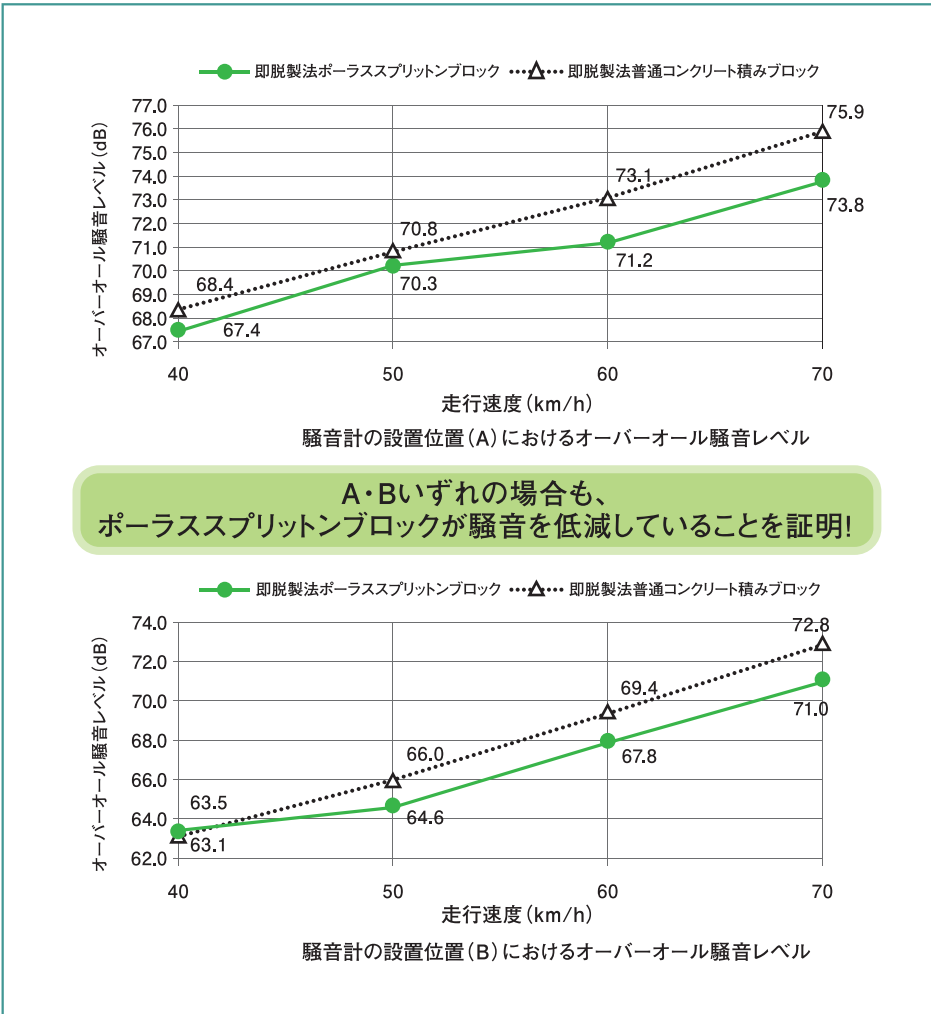
3-4 優れた凍結融解性

ポーラススプリットブロックは凍結融解に対して十分な抵抗性があり、寒冷地でも使用できます。施工後15年が経過したポーラススプリットブロックの外観観察を行ったところ、スケーリングやポップアウトなどの凍結融解を原因と見られる劣化は認められませんでした。また、SEMによる組織観察では、健全な水和物を維持していることが確認できました(図-8)。

コア抜きした供試体の観察では、ブロック内部でも劣化がなく健全な状態を保っていることが確認できました(図-9)。



図-6 車両騒音測定条件



4 スプリットン工業会について

スプリットン工業会はスプリットンブロックを製造しているコンクリート製品メーカー全国10社（正会員9社、賛助会員1社）からなる組織です（表-1）。昨今土木事業だけでなく、全世界的に自然環境の保護育成が叫ばれており、素材的にもよりナチュラルな材料が使用される傾向にあります。スプリットン工業会でも従来のコンクリートブロックだけでなく、ポーラススプリットン、アニーヴンスプリットンのようにその土地に住む虫や草花の生育を妨げず、生態系に溶け込むように景観に配慮した製品も生み出しており、社会のニーズに応えています。また、会員各社も研究を重ね、確かな品質の製品を送り出すよう努力を重ねています。

最近では、施工時における作業者の負担が課題となっていたため、ブロックの合端部のサイズやデザインを改良し、ブロックを持ち運びやすくしました。施工時の作業動作をビデオで撮影、各動作の体の負担箇所を繰り返しチェックし人間工学の視点から分析を行い、ブロック形状の改良、施工性の改善につなげました（図-10）。



手や腰への負担が少なく起こせる！

図-10 スプリットンブロック合端部の改良

表-1 スプリットン工業会会員一覧

	会社名	住所	TEL
正会員	北海道スプリットン工業（株）	北海道札幌市北区8条3丁目28番地 札幌エルプラザ11階	011-788-5206
	山富産業（株）	長野県松本市川城1-2-9	0263-25-0387
	（株）イワタ	静岡県静岡市清水区長崎300番地	0543-45-1171
	立岩石材興業（株）	静岡県伊豆市上船原810	0558-87-0831
	揖斐川工業（株）	岐阜県大垣市万石2丁目31番地	0584-81-6171
	センシン（株）	三重県名張市滝之原3905番	0595-68-8008
	（株）西田興産	愛媛県大洲市穂森248	0893-25-0211
	（株）ネオコンクリート	福岡県福岡市早良区田村7-27-8	092-861-7788
	三和コンクリート（株）	大分県豊後大野市三重町菅生431-34	0974-22-3303
賛助会員	（株）タイガーチヨダ	岡山県高梁市落合町阿部2327番地	0866-22-2927
事務局	太平洋セメント（株） セメント事業本部営業部技術グループ内	東京都文京区小石川1-1-1	03-5801-0313



第70回

流体シミュレーションを活用したセメント製造プロセスの開発

セメント産業では、他産業から排出されるさまざまな廃棄物を化石エネルギーの代替燃料として利活用しています。近年、カーボンニュートラルに対する社会的要求に対応するべく、さらなる廃棄物の利用促進に向けた技術開発が求められています。本稿では、流体シミュレーションを活用したセメント製造プロセスの開発について、最近の事例を交えて解説します。

Q1

流体シミュレーションとは何ですか？

A1

流体シミュレーションは、運動方程式やエネルギー保存則などの物理化学法則に基づいて、流体・粉体粒子の運動や熱輸送を数値的に計算し、その挙動をコンピュータ上で再現する技術です。

解説

図-1に、流体シミュレーションの代表的な計算領域を示します。セメント製造プロセスの開発においては、原料粒子の拡散挙動や燃料ガスの燃焼挙動を可視化・定量化し、設備の設計指針を策定す

Q2

セメント製造プロセス設計において、流体シミュレーションを用いる利点は何ですか？

解説

実機の改造や試作品の製作を伴わないため、設計段階で複数案を迅速に比較・検証することが可能であり、開発期間の短縮およびコスト削減に直接的に寄与します。

また、任意の位置に仮想の観測点を設置することで、実測が困難な設備内部のデータ（温度や圧力等）を取得することが可能です。これにより、現状設備の課題を効果的に抽出し、必要な設備改善の立案に活用できます。

さらに、実在しない新規設備や改良案についても仮想空間で形状を作成し、流体や粉体内部の挙動を解析することも可能です。そのため、設備導入前の段階で設備性能の評価や運転条件の最適化を実施することができます。

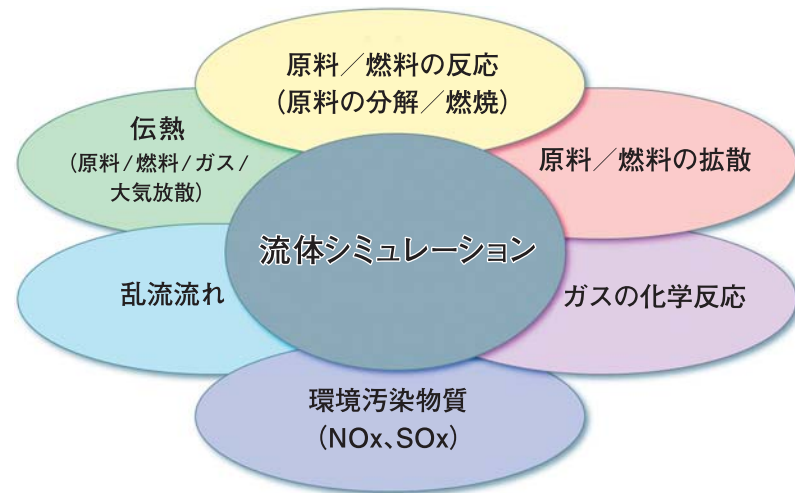


図-1 流体シミュレーションの代表的な計算領域

Q3

流体シミュレーションの実施手順について教えてください。

A3

「形状作成」「メッシュ作成」「計算条件設定」「計算・解析」の4ステップで実施します。

解説

流体シミュレーション解析の実施手順を図-2に示します。まず、実際の図面を基にしてコンピュータ上で仮想の構造物を設計します(1.形状作成)。続いて、作成した仮想の構造物について、温度や圧力などの物理量を計算するための小さなセル(メッシュ)に分割します(2.メッシュ作成)。次に、メッシュ化した形状を計算

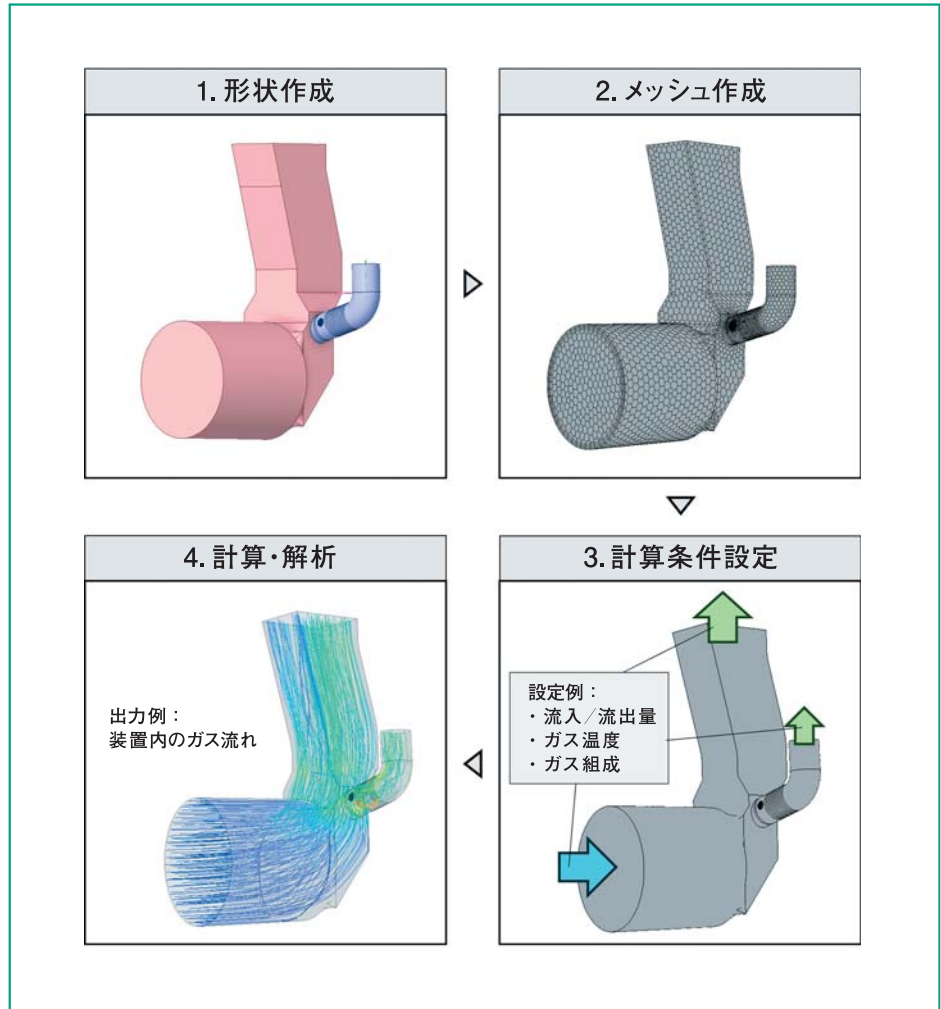


図-2 流体シミュレーションの解析手順

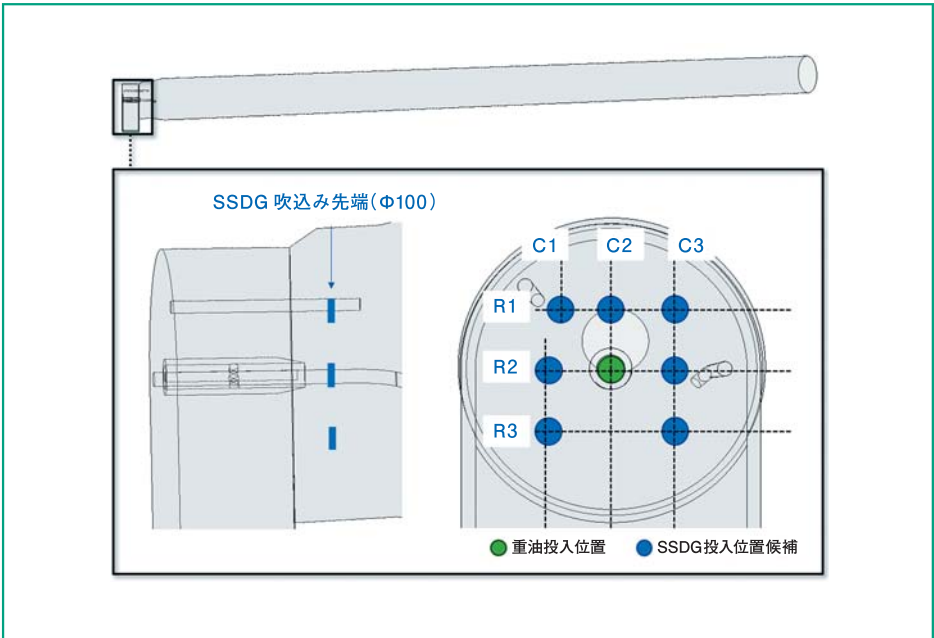


図-3 流体シミュレーションで用いたモデル形状

ソフトに読み込み、ガスや原燃料の流量、温度、圧力などの初期条件や境界条件を設定します(3.計算条件設定)。設定が完了したら計算を実行し、得られた

結果を数値や図として出力します(4.計算・解析)。こうすることで、流体・粒子・ガスの挙動や設備内の温度分布を詳細に把握できます。

Q4

セメント製造プロセス開発における、流体シミュレーションの具体的な活用事例を教えてください。

A4

下水汚泥乾燥造粒物(Sewage Sludge Dry Granules、以下、SSDG)の燃料利用に関する検討を紹介します。

解説

SSDGは、石炭の1/2～1/3程度の発熱量があり¹⁾、化石エネルギーの代替として使用することで、化石エネルギー起源のCO₂削減やサーキュラーエコノミーの推進に貢献できます。一方、SSDGの燃焼性は従来の石炭や重油と比べて悪いため、クリンカー表面へSSDGが落下し、クリンカー品質に悪影響を及ぼすリスクや、焼成キルン内の温度低下によってクリンカーの焼成度合が低下するリスク

が懸念されました。そこで、実機実証前に流体シミュレーションを用いてSSDGの燃料利用を模擬し、最適投入方法を検討しました。

流体シミュレーションで用いたモデル

形状を図-3に示します。重油は緑丸で示した位置から投入し、SSDGは青丸位置(7条件)のいずれかから投入しました。燃料の割合は、熱量ベースで重油70%、SSDG30%とし、境界条件などの

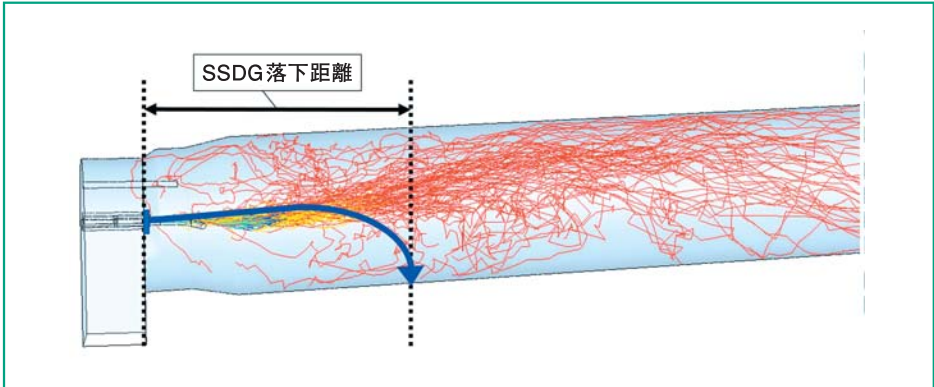


図-4 キルン内のSSDG飛散挙動の一例(薄青:昇温中、青:脱水、黄:揮発分燃焼、赤:固定炭素燃焼)

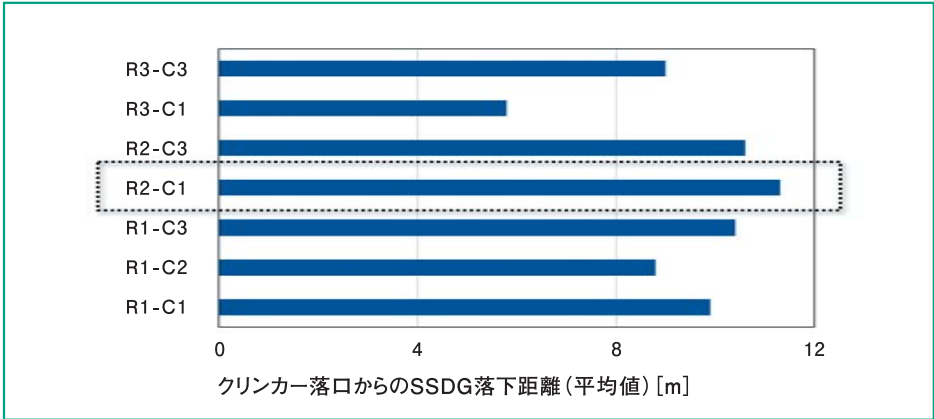


図-5 投入位置とSSDG落下距離の関係

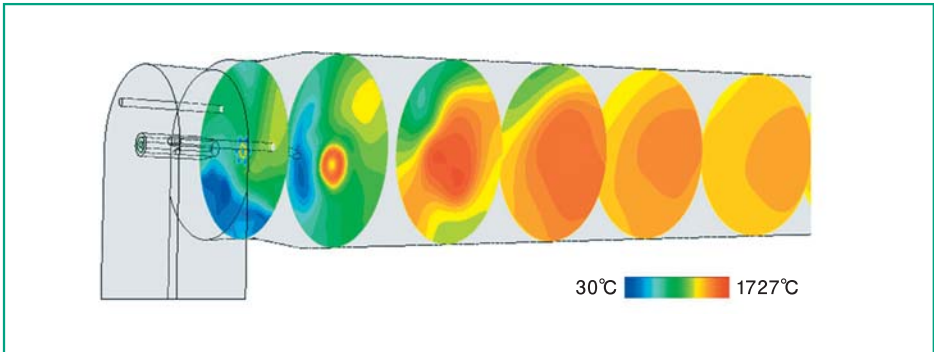


図-6 重油専焼条件(現行条件)における設備内の温度分布

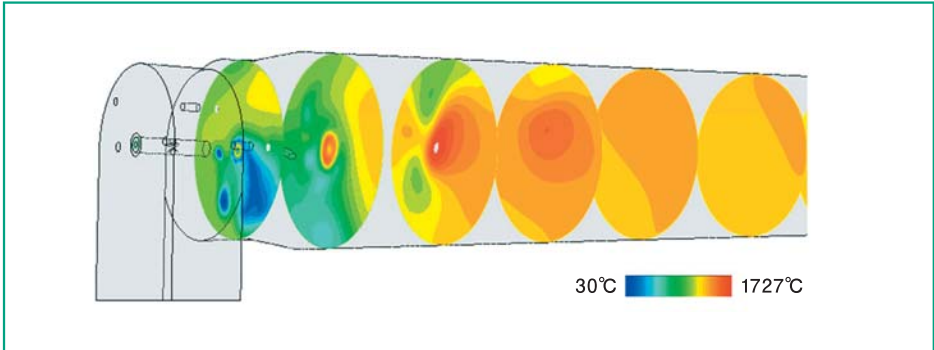


図-7 SSDG混焼条件における設備内の温度分布(SSDG投入位置:R2-C1)

初期条件は実機運転データを参考に設定しました。

SSDG軌跡の一例(R2-C1条件)を図-4に示します。吹き込み管から排出されたSSDGは燃焼しながら飛散しており、その一部がクリンカー下部に落下していることが分かりました。ここで、SSDGの落下位置について考えると、投入方向に対して手前側で落下するほど、クリンカー排出口に近いクリンカー品質へのリスクが高いと考えられます。

そこで、SSDGが落下した距離を投入位置ごとに比較しました(図-5)。その結果、投入位置をR2-C1とした場合にSSDG落下距離が最長となり、クリンカー品質へのリスクが低く好適であることが示唆されました。

また、R2-C1からのSSDG投入がガス温度分布に及ぼす影響を確認するため、重油専焼条件とのガス温度分布を比較しました(図-6,7)。結果、SSDG混焼条件においても、クリンカー品質を損なうような極端な温度低下がなく、焼成度へのリスクは低いと判断しました。

これらの結果を基に、R2-C1位置にて実証テストを行い、クリンカー品質の確保と、SSDGの安定利用を両立する技術の確立に成功しました。

太平洋セメント株式会社研究開発本部セメント・コンクリート研究所プロセス技術グループ 須藤達也

【参考文献】
1) 日本下水道事業団; 下水汚泥固形燃料化システムの技術評価に関する報告書, 2008年3月