

# 仙台湾南部海岸堤防復旧プロジェクトへの石炭灰造粒物（ハイビーズ）の適用

中国電力株式会社 ○正会員 宮國幸介, 正会員 中本健二, 正会員 樋野和俊  
広島大学大学院工学研究科 正会員 日比野忠史

## 1.はじめに

東北太平洋沖地震において、津波の来襲した沿岸域では壊滅的な被害を受け、津波により海底有機泥等が堆積した。被災地から撤去されたガレキにはこの有機泥が多量に含まれ、大型のコンクリート塊等を取り除いた後の泥(以下、ガレキ泥という)には土粒子以外に木屑等が混入し、さらにシルト・粘土に付着しやすい微細な有機物が多量に混入している状態にある。このような有機物を多量に含む軟弱泥の改良には、既存技術としてセメント等の固化材が使用されることがあるが、改良強度にばらつきが多くなり、持続的な強度発揮も難しい状況にある。さらに下水設備や水産加工場の被災の影響をガレキ泥は、動物性と考えられる有機物が含まれ、有機物分解時には硫化水素・アンモニア等のガスが一層発生しやすい状態になっている。

一方、地震による地盤沈下や津波による堤防等の防災施設の被災等により、沿岸域を中心に道路盛土等の嵩上げや補強、将来の津波に対応できる堤防等の防災施設の新設等、土構造物の構築に際して良質な土材料が必要となっている。

震災復興において膨大に発生するガレキ泥が、復興に必要となる土構造物として活用できることとなれば、ガレキ泥の処分先が減少するとともに、復興にかかる経費の低減につながる事となる。土木学会の特別委員会報告<sup>1)</sup>でも、被災地の自治体からガレキをできる限り再利用したい意向を踏まえて、ガレキ泥の再利用検討がなされ、環境省においても東日本大震災津波堆積物処理指針<sup>2)</sup>により適切に有効利用を進めることが提言されている。そのような背景のなか、筆者らはガレキ泥の土材料への適用化に向け、石炭灰造粒物の特性を活かし、ガレキ泥中の有機物を石炭灰造粒物に固着化させることで有機物分解を抑制する手法を提案してきた<sup>3)</sup>。これは、感潮域海岸の堆積有機物の改質法として石炭灰造粒物を用いた技術<sup>4)</sup>を、津波被災を受けたガレキ泥へ導入したものある。本報告は、宮城県仙台湾南部海岸復旧工事に石炭灰造粒物が採用された事例を紹介するものであり、石炭灰造粒物をガレキ泥に混合することでガス発生を抑制し、海岸堤防材料としてガレキ泥の有効活用が図れることとなった。

## 2.ガレキ泥の有機物特性と石炭灰造粒物による有機物固定化機構

宮城県沿岸のガレキ泥(仙台地区と名取地区の集積場より採取)を対象に、ガレキ泥に含まれる有機物の存在形態について試験を行った。堆積状態にある有機物は嫌気分解され分子構造を小さくしつつ最終的には無機化していくが、不安定な有機物の分解過程は毒性の強い硫化水素(H<sub>2</sub>S)等の還元物質とアンモニア(NH<sub>4</sub>)を生成する。ここで、不安定な有機物とは、脂肪酸、ペプチド、セルロース等の分解し易い(易分解性)有機物のことである。この易分解性有機物からの分解ガスが土構造物の強度低下を招くことから、ガレキ泥に含まれる有機物の存在形態を定量化することとした。ここでは、易分解性有機物の燃焼温度(250-350℃)とフミン酸等の難分解性有機物の燃焼温度が違う特性を利用し、高温で燃焼される有機物量に対する低温で燃焼される有機物量の比率 IL 比(IL300/IL750 (IL600))を測定する方法<sup>5)</sup>で評価

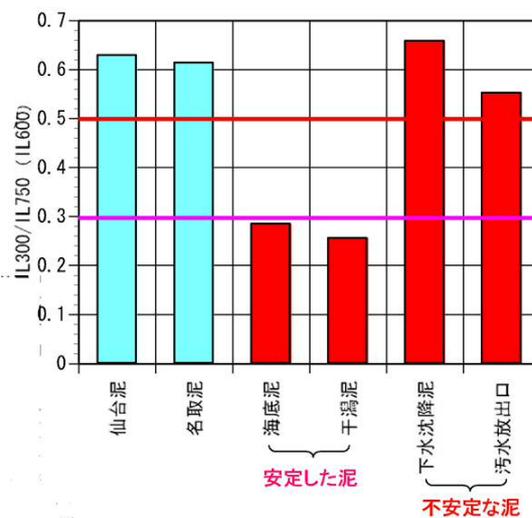


図-1 強熱減量比による堆積物組成の判別

した。結果を図-1 に示すが、採取したガレキ泥は、未処理下水放流の影響を受けた堆積泥(図中、不安定な泥と記載：下水油脂が多く含有)と同程度の IL 比であることが確認された。図-2 にガレキ選別作業の状況を、図-3 にガレキ選別後の津波堆積物の集積場からのガス発生状況を示す。このガレキ泥集積場からのガス発生は、ガレキ泥中に易分解性有機物が混入されていることを示しており、図-1、図-2 より、津波被災を受けたガレキ泥は易分解性有機物を含むことが示唆された。即ち、このようなガレキ泥をそのまま盛土等の土構造物として使用した場合には、ガスの発生により、盛土の減容化などが生じる懸念がある。

そこで、不安定な有機物を安定した有機物に変える手法として、石炭灰造粒物を有機泥に添加する手法を採用し、ガレキ泥へ石炭灰造粒物を混合しガス発生試験を実施した。試験はガレキ泥に対し、窒素パーズした純水(10mL)を加え、試料をバイアルビンに入れ、窒素パーズ後に密閉し嫌気状態にし、35°Cの恒温状態で2時間静置し、石炭灰造粒物の混合(ガレキ泥重量比 12%)の有無によるガス発生量を測定した。なお、ガス発生を促進するために消化汚泥(5mL)を加えた試験も同時に行った。ガス発生量を測定した結果、石炭灰造粒物の混合によりガスの発生が抑制されたことが確認され(図-4)、石炭灰造粒物が易分解性有機物の分解を抑制したものと推察される。



図-2 ガレキ選別作業



図-3 ガレキ泥集積場からのガス発生状況

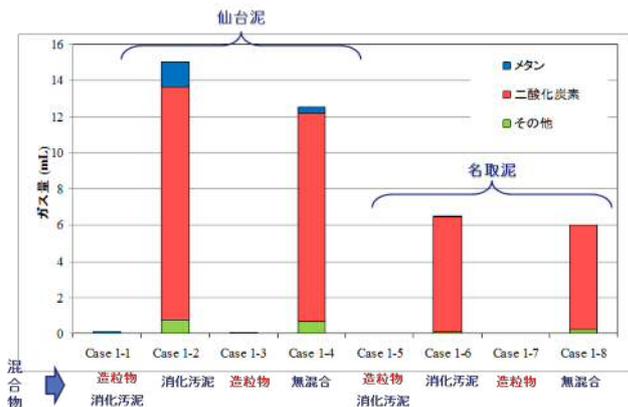


図-4 ガレキ泥からのガス発生量

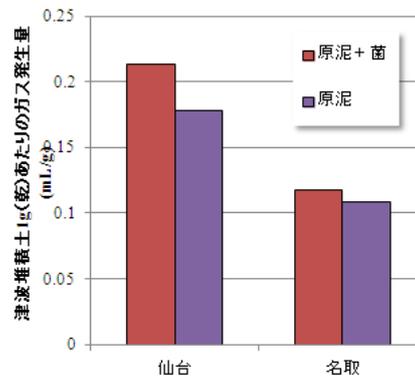


図-5 ガレキ泥 1g (乾燥)あたりのガス発生量

### 3.震災復旧工事への活用

宮城県仙台湾南部海岸においては、高波、波浪による災害から海岸を守るため、国土交通省東北地方整備局(仙台河川国道事務所)において、平成 23 年 4 月より緊急復旧工事として海岸堤防工事が実施されてきた。

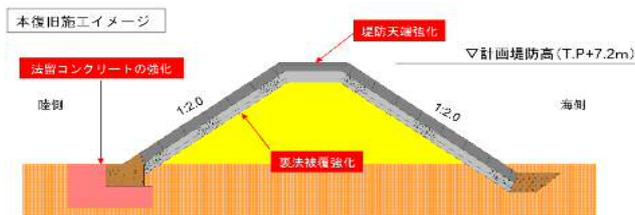


図-6 海岸堤防の構造<sup>6)</sup>

図-6 に海岸堤防の構造を示し、仙台湾南部海岸復旧工事の概要を図-7 に示す。そのうち名取海岸については震災ガレキの処理対策軽減、市街地を通過するダンプ台数軽減および海岸堤防の盛土材料の安定供給と工事費コスト削減を図るため、震災コンクリート殻および震災ガレキ泥の活用が計画された<sup>6)</sup>。本工程では海岸堤防材として、購入土(60%)：コンクリート殻(10%)：ガレキ泥(30%)の混合比率で所定の施工性および強度が確保できることが確認されていた。しかしながら、ガレキ泥には多数の有機物が混入し、その有機物も易分解性有機物が混入しているため、盛土等の土構造物に利用した場合には、有機物分解に伴う盛土減容化や悪臭が発生する懸念があることから、環境対策としてガレキ泥に石炭灰造粒物を混合することとなった。

石炭灰造粒物の混合量は、ガレキ泥に含まれる細粒分および IL 値(燃焼温度 300°C)をもとに、ガレキ泥に対し重量比 10%添加(堤防材全体に対しては 3%)とした。なお、現場混合量は、施工方法(スタビライザー混合)を考慮し 12%添加(割増率 1.2)であった。本工程は平成 24 年 11 月より始まり、平成 25 年 5 月までの期間で盛土工事が行われ、ガレキ泥約 3.2 万 t の有効活用を図ることができた。ガレキ泥の環境対策として使用された石炭灰造粒物は約 3 千 t で、中国電力(株)新小野田発電所より海上輸送により仙台湾に荷揚げ・仮置きし、工事の進捗にあわせ現場まで陸上輸送を行った。図-8 に施工状況を示すが、通常の盛土工事で使用する施工機械で十分対応は可能であった。盛土工事完了後は被覆ブロック等の工事が実施され、現在共用されている。



図-7 仙台湾南部海岸復旧工事<sup>6)</sup>



図-8 石炭灰造粒物を混合したガレキ泥による海岸堤防 (施工状況)

#### 4.おわりに

筆者らは石炭灰造粒物を用いて、津波被災を受けたガレキ泥の再資源化を目指し一連の試験を行ってきたが、本稿は、ガレキ泥に石炭灰造粒物を混合することで易分解性有機物の分解抑制が図れる効果を活用し、ガレキ泥を名取工区の海岸堤防材料に有効利用できた事を報告するものである。現在、効果の検証として国土交通省東北地方整備局において、ガレキ泥採用工区を対象に、ガス計測ならびに減容計測として築堤沈下量を定期的にモニタリングしているが、施工後から現在までガスの発生および減容化はなく、堤防の健全化が図れている状態にある。

なお、この取り組みについては新聞記事(図-9)にも取り上げられるなど注目を集めている。本技術で震災ガレキの再資源化が図れてきたが、今後は浚渫へドロ等においても再資源化を目指し、引き続き研究を進めていく計画にある。

#### 謝辞

石炭灰造粒物によるガレキ泥の有効利用については、現場調査および効果の検証等、復旧工事の工程確保といった時間制約があるなかでの検討であった。工事への採用にあたっては、国土交通省東北地方整備局河川部および国土交通省仙台河川工事事務所をはじめ関係者の皆様と様々な議論を交わすことで達成したものであり、ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 震災特集①土木学会東日本大震災特別委員会報告, pp40-44, 土木学会会誌, Vol.97, 2012.2
- 2) 東日本大震災津波堆積物処理指針, 環境省, 2011.7
- 3) 日比野ほか: 不安定な有機物を含んだガレキ泥の再資源化手法の確立, 海洋開発論文集, Vol.69, CD, 土木学会, 2013
- 4) 藤原哲宏ほか: 河口堆積へドロと石炭灰から造る地盤改良材の物理特性, 海洋開発論文集, Vol.66, pp.105-110, 2010.
- 5) 福井ほか: 有機物の分解過程を考慮した河口域に堆積する有機泥の性状に関する考察, 水工学論文集, Vol.57, 2013
- 6) 「明日へつなぐ」仙台湾南部海岸堤防復旧プロジェクト, 国交省東北地方整備局仙台河川国道事務所 HP



図-9 新聞報道 (中国新聞 H25. 12. 16)