

有明海干潟を対象とした 底質改善工法の検討

牛原 裕司
林 重徳
松尾 保成
田中 健太
末次 大輔

日本建設技術株式会社
佐賀大学低平地研究センター
日本建設技術株式会社
日本建設技術株式会社
佐賀大学低平地研究センター

1. はじめに

我国の干潟の40%にも達する約8,600haの広大な干潟域を持つ有明海は、かつてはアゲマキやタイラギなど多種にわたる底棲生物が生息する重要な海域であった。近年では、魚介類の不漁が続いており、特に貝類の漁獲量は減少の一途を辿っている(図-1参照)。近年、有明海の干潟底質環境に関する報告においても¹⁾、干潟底質の悪化が明らかになってきている。本論文は、かつて有明海の特産品であったアゲマキの養殖場再生を目的とした底質改善工法について、改善効果や持続性を、室内および現地試験の物理・化学的特性から検討したものである。

2. 有明海干潟底質の状況

本研究で底質改善区域として選定した佐賀県鹿島市飯田地先の干潟は、かつてアゲマキの養殖が行われていたが、平成10年頃には絶滅してしまった海域である。この海域と、アゲマキの自然発生が確認され、漁業保護区に指定された佐賀郡東与賀地先の干潟底質との物理・化学的諸特性の比較を表-1に示す。なお、表-1の実験値は平成14年11月における干潟表層20cmの底質を用いて測定したもので、物理的特性については土質試験法に基づいて実施した。化学的特性については、pHはFET電極、酸化還元電位(以下ORP)は白金電極で測定し、酸揮発性硫化物(以下AVS)は新編水質汚濁指針法11.2検知管法で測定し、CODは過マンガン酸カリウムによる定量を行った。物理的特性としては、飯田の底質は東与賀に比べると、粘土含有量が15%多く、液性限界が16%高い

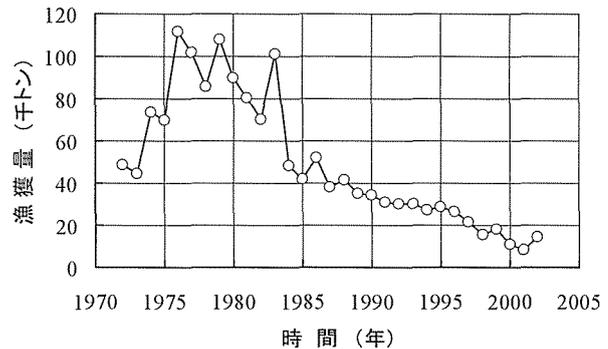


図-1 有明沿岸4県の二枚貝漁獲量の推移²⁾

表-1 干潟底質の物理・化学的諸特性

| 物理化学的諸特性 | | | 飯田底質 | 東与賀底質 |
|----------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| 土粒子の密度 | g/cm ³ | | 2.69 | 2.71 |
| 自然含水比 | % | | 260 | 231 |
| 粒度組成 | 砂分 | % | 10 | 10 |
| | シルト分 | % | 30 | 45 |
| | 粘土分 | % | 60 | 45 |
| 液性限界 w _L | % | 158 | 143 | |
| 塑性指数 I _p | | 97 | 91 | |
| 活性度 A | | 1.9 | 1.6 | |
| 透水係数 k ^{*1} | cm/s | 4.5~7.0×10 ⁻⁶ | 1.8~2.8×10 ⁻⁵ | |
| 強熱減量 | % | 14.6 | 12.4 | |
| pH | | 7.02 | 7.89 | |
| ORP | mV | -114 | 58 | |
| AVS | mg/g-drymud | 0.88 | 0.08 | |
| COD ^{*2} | mg/g-drymud | 20 | 16 | |
| 塩濃度 | g/L | 20 | 14 | |

※1は平成15年11月

※2は平成16年12月

数値を示した。また、活性が高いことや透水性が低いことも挙げられる。化学的特性としては、CODや強熱減量の数値が高く、さらにAVS濃度が高いことや、ORPが低いことから、還元的環境となっていることがわかる。また、pHが低い数値を示していることから、有機物を酸化分解する際に生じるCO₂や酢酸などの有機酸の蓄積が推

表-2 改善材配合割合

| | 底泥 | 海砂 | FWG | MG |
|--------|---------------|----|-----|----------------------|
| | 配合割合 (体積比; %) | | | (kg/m ³) |
| CASE 1 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| CASE 2 | 90 | 10 | 0 | 0 |
| CASE 3 | 70 | 30 | 0 | 0 |
| CASE 4 | 50 | 50 | 0 | 0 |
| CASE 5 | 70 | 25 | 5 | 0 |
| CASE 6 | 70 | 25 | 5 | 2 |

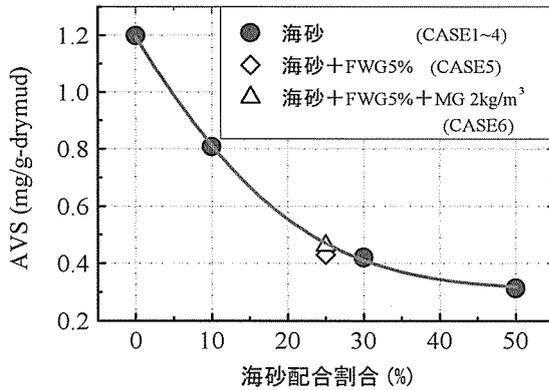


図-2 改善材配合割合と AVS

表-3 発泡ガラス材の特徴 (底質改善用)

| 項目 | 物 性 |
|---------|---------------|
| 特 徴 | 多孔質で気孔が連続している |
| 主 要 元 素 | ケイ素 |
| 比 重 | 1.5~1.7 |
| 吸 水 率 | 30% |
| 粒 度 分 布 | 2~8mm |
| 安 全 性 | 有害物質の溶出し |

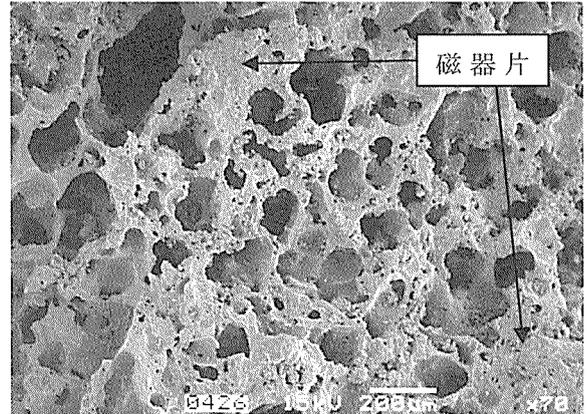


図-3 発泡ガラス材の電子顕微鏡写真

察される。

3. 改善材配合割合の検討

3.1 カラム試験の概要

底質が著しい還元的環境となっている飯田底泥を用いて、底質改善材の混合による AVS の変化について検討した。AVS は金属元素や水素元素と結合した硫化物で³⁾、水産用水基準にて 0.2mg/g-drymud と規定されており、また、0.5mg/g-drymud 以下であれば経験的にアゲマキの棲息が可能であると言われている。底質改善材は、海砂、発泡ガラス材 (以下 FWG、日本建設技術社製)、マグネシウム系底質改善剤 (以下 MG、宇部マテリアル社製) の 3 種類である。海砂は長崎県五島沖のもの ($D_{50}=0.55\text{mm}$) を用いた。FWG は廃棄ガラスを再資源化したもので、軽量で多孔質な形状をしており、ケイ素を主要元素とする。主に、水質浄化や緑化工事 (工法)、軽量盛土工事 (工法) に使用され、間隙構造や比重および粒径の調整が可能である (表-3 参照)。MG は海水を濃縮し塩分を除去したもので、水酸化マグネシウムを主成分とする。海砂および FWG は底質内の有機物濃度や硫化物濃度の低下等を目的とし、MG については pH の調整による硫酸還元細菌の増殖抑制や難分解性の有機物が分解され易くなるという報告がなされている⁴⁾。

3.2 試験方法

試験に用いる試料は、攪拌機を用いて飯田底泥と改善材をそれぞれ CASE 1~6 になるように混合し (表-2 参照)、六角川河口より採取した海水 (塩濃度 20g/L) を用いて液性限界の 2 倍に含水比を調整した。その試料を、塩化ビニル性カラム ($\phi 8\text{cm}$, H80cm) に静かに充填し、沈降後の上澄みを常時曝気する。試料の充填より 2 週間後、1 ヶ月後、3 ヶ月後の物理・化学的諸特性を深度ごとに測定した。

3.3 試験結果および考察

試料混合より 1 ヶ月後の充填試料表面より、深度 15cm における AVS の値を図-2 に示す。改善材を配合しない CASE 1 では、1.2mg/g-drymud の AVS が検出されたのに対し、海砂を 10% 配合した CASE 2 では 0.8mg/g-drymud、30% 配合した CASE 3 では 0.4mg/g-drymud、50% 配合した CASE 4 では 0.3mg/g-drymud と、海砂配合割合の増加に伴い AVS の低下が生じた。図より、海砂の配合割合が 30% 程度から底質内の AVS 値が 0.5mg/g-drymud 以下に低下しており、現場施工する際の海砂の配合割合は 30% 程度が妥当であるとの見解に至った。また、本論文のカラム試験では潮位変動がない状態で行ったため、FWG による底質の改善効果については海砂と同程度であった。

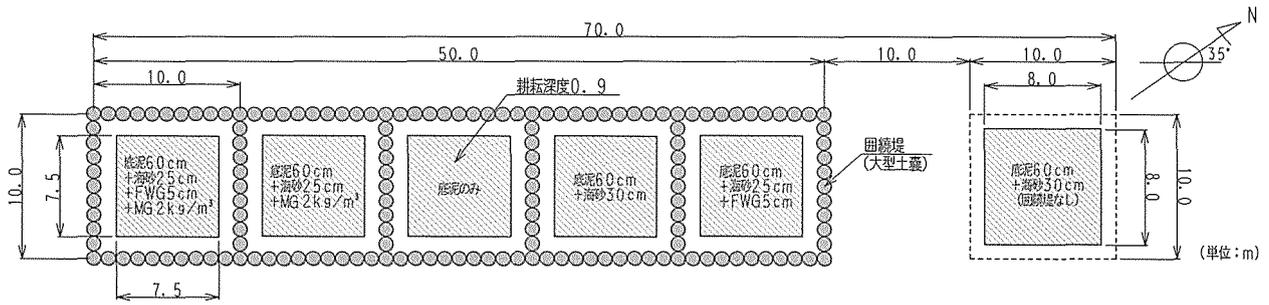


図-4 底質改善試験区域の平面

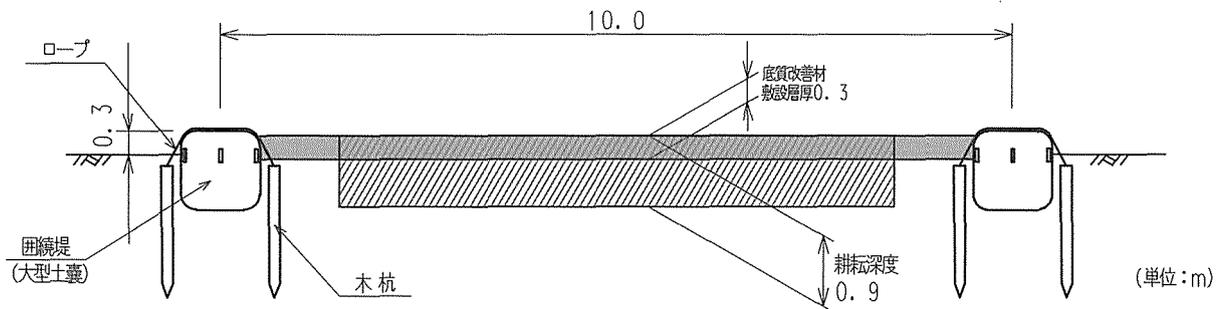


図-5 底質改善試験区域の横断面

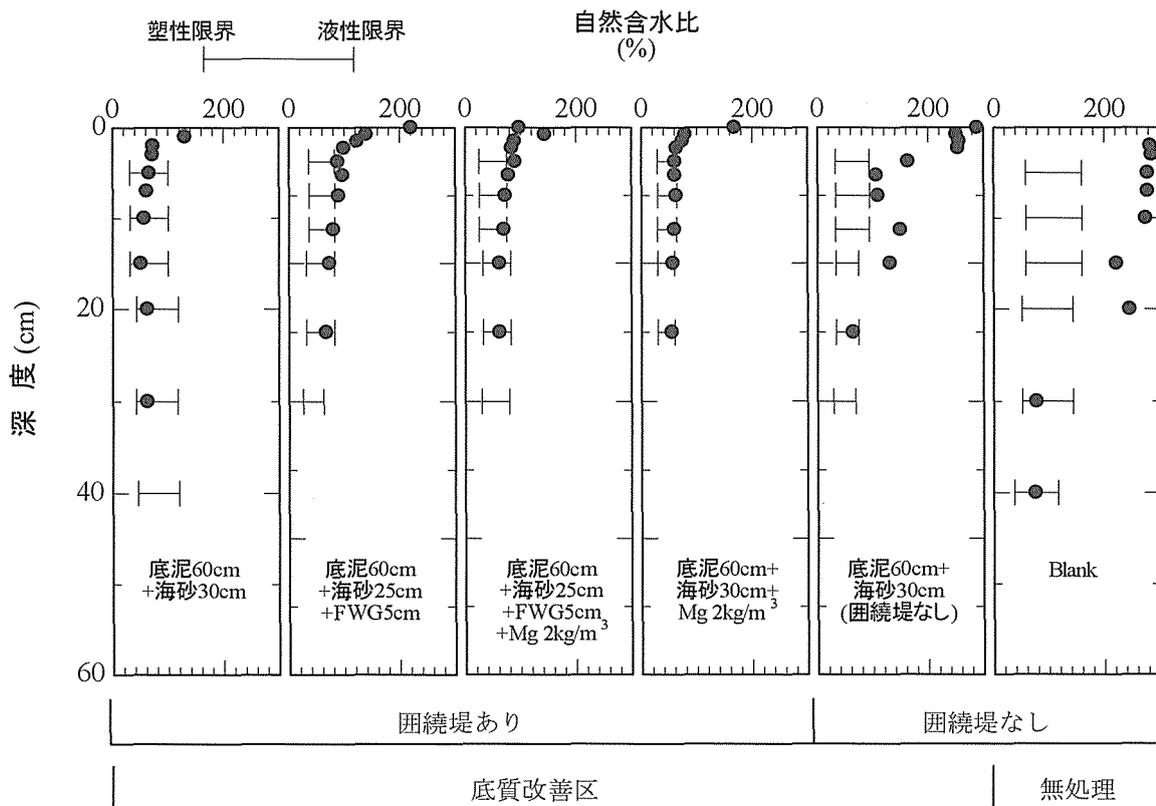


図-6 圍繞堤と底質改善材の持続的効果
(底質改善実施約2年後の自然含水比とコンシステンシーの深度分布)

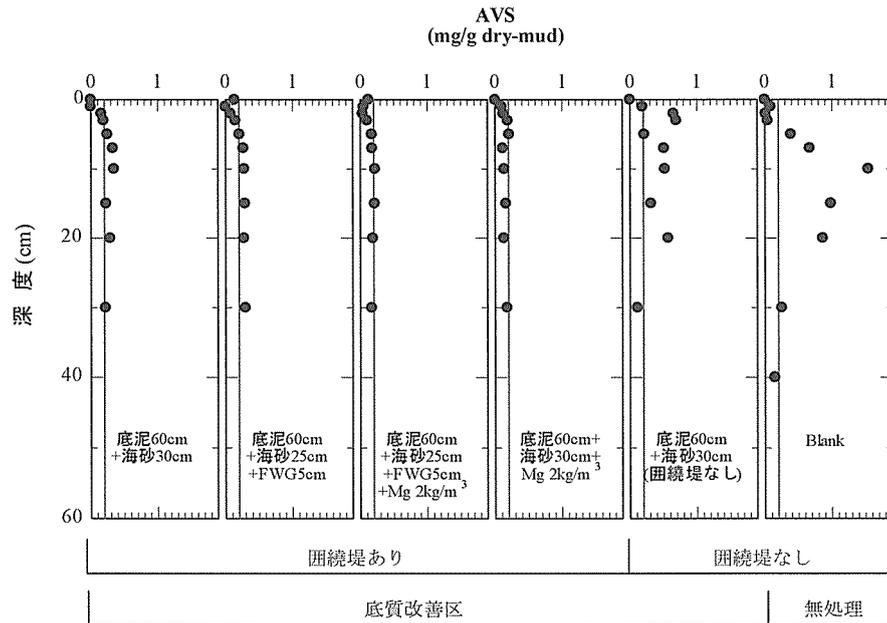


図-7 囲繞堤と底質改善材の持続的効果
(底質改善実施約2年後のAVS深度分布)

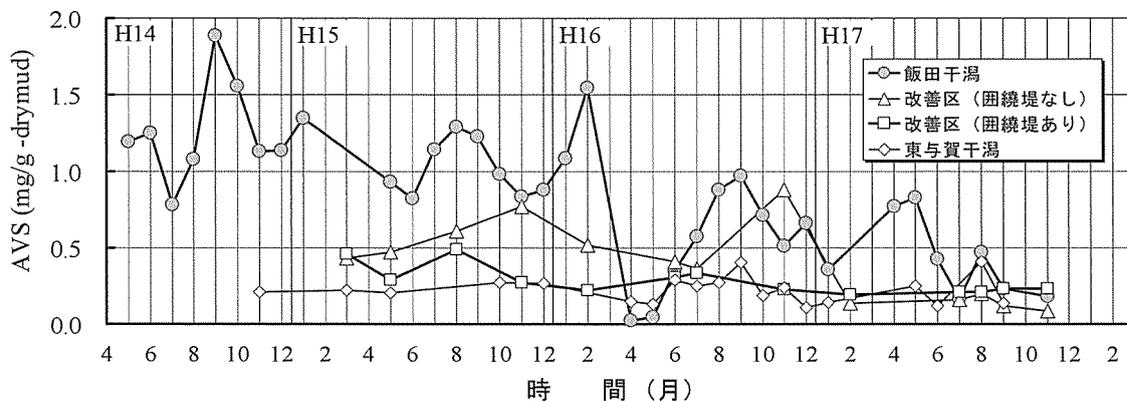


図-8 飯田干潟(非改善区)と東与賀干潟、並びに改善区における
底泥深度10cmのAVS測定値の経時変化

4. 現地試験による改善効果の検討

4.1 現地試験の概要

干潟底泥の底質改善試験を、平成14年3月から飯田海岸の干潟域において実施した。改善区域には、浮泥堆積の抑制を目的とした囲繞堤⁵⁾を、図-5に示すように干潟表面から30cm高土のマウンド状となるように構築し、囲繞堤を構築しない試験区との比較を行うことで、底質改善効果の持続性について検討した(図-4参照)。囲繞堤には、漁港に堆積した潟土を浚渫し、大型土嚢(フレキシブルコンテナ、φ100cm、H65cm)に詰めたものを有効利用した。

試験区には室内カラム試験の結果をもとに、改善材を30cm厚に敷設し、「オーガ方式」の耕耘機(株式会社ワイビーエム社製)を用いて、アゲマ

キの棲息深さを想定して深度90cmまで耕耘・混合した(図-4, 5参照)。

4.2 底質調査

調査は、平成15年3月から平成17年11月まで、3ヶ月に1度の頻度で計13回実施した。試料採取にはシンウォールチューブサンプラー(φ7.6cm、H100cm)を用いて、図-4に示す各改善区とその外側における無処理の干潟(Blank地点)より、深度約60cmの底泥を採取した。採取した底泥を所定の深度ごとにスライスカットし、物理・化学的特性に関する実験を行った。

4.3 調査結果と考察

図-6, 7に平成16年2月時点の、試験フィールドにおける底質の自然含水比とコンシステン

シーの深度分布と AVS の深度分布を示す。

図-6 に示すように、圍繞堤を設けなかった区域では、表層部 0~5 cm 程度の含水比が約 250% と高い値を示しており、これは浮泥の堆積による細粒分の増加に伴って底質の保水能力が上昇したものと推察される。これに対して、圍繞堤を設けた底質改善区では、表層部 0~1 cm 程度において自然含水比が液性限界を超える値を示すものの、1 cm 以深の底質では液性限界を下回る含水状態であった。このことから、細粒分の堆積が圍繞堤の構築により抑制されていることを確認した。

図-7 の AVS 深度分布では、Blank と圍繞堤を設けない改善区の底質において、0.5mg/g-dry mud を超える硫酸還元層を確認することが出来る。これに対し、圍繞堤を設けた改善区では、水産用水基準で規定されている 0.2mg/g-dry mud 程度に抑制されている。さらに、図-8 に示す経時変化より、施工後 1 年経過したあたりから、圍繞堤の有効性が確認できるようになり、圍繞堤を設けた底質改善区では、4 年程度経過しても東与賀の底質と同程度の AVS 濃度に抑制されており、改善効果が持続されていることがわかる。

5. おわりに

底質改善材を干潟底質に混合耕耘することにより、底質内の AVS 濃度を低下させることが出来た。また、圍繞堤を構築することで、改善した底質に対する浮泥の堆積が抑制されることから、改善効果が持続されることを確認した。さらに、本工法によるアゲマキの生残率や成長は、従来の養殖技術と比較しても良好な結果が確認されている⁶⁾。

今後は、連続間隙構造を持つ FWG が底質内のガスを保持することによる、間隙水移動促進のメカニズムを実験およびモデル式による数値解析より検証し、底質改善材としての有効性を明らかにする。

謝 辞

本研究は、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構生物系特定産業技術研究支援センターの生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業としての研究資金を得て、「有明海における底質改善と底棲生物回復のための技術開発」の一環として、産学官の 5 つの機関（佐賀大学低平地研究センター、佐賀県有明水産振興センター、

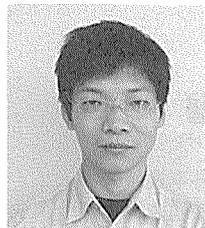
日本建設技術株式会社、株式会社ワイビーエムおよび松尾建設株式会社）が連携した地域コンソーシアムにより行ったものである。

なお、中武和也氏、奥園健吾氏、田中誠氏を始め、卒業研究や修士学位論文研究の一環として本研究に携わった佐賀大学理工学部都市工学科の学生に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 伊藤史郎：有明海における水産資源の現状と再生，佐賀県有明水産振興センター研究報告，22，pp.69-80，2004。
- 2) 九州農政局佐賀統計情報事務所：佐賀農林水産統計年報（水産編）。
- 3) 竹内均監修：地球環境調査計測事典，第 3 巻沿岸域編，(株)フジ・テクノシステム，pp.233-236，2003。
- 4) 西野伸幸，沖永淳一：底質改善材による養殖場の浄化技術開発，ハイテクインフォメーション，(財)中国技術振興センター，2001。
- 5) Chai, J.-C., Hayashi, S., Yamanishi, H. and Ono, N. : Effect of submerged dike / lifted area on seabed mud transport, Proceedings of the International Symposium on Lowland Technology, pp. 241-246, 2002.
- 6) 大隈 斉，江口泰蔵，山口忠則，川原逸朗，伊藤史郎：有明海におけるアゲマキ人工種苗の成長と成熟，佐賀県有明水産振興センター研究報告，21，pp.45-50，2003。

著者略歴



牛原 裕司
(うしはら ゆうじ)

- 2001年 佐賀大学理工学部建設工学科卒業
- 2003年 佐賀大学工学系研究科都市工学専攻修士
- 2003年 日本建設技術株式会社 技術研究所 修士 (工学)



林 重徳
(はやし しげのり)

- 1976年 九州大学工学部助手
- 1986年 九州大学工学部助教授
- 1994年 佐賀大学低平地防災研究センター教授
- 2001年 佐賀大学低平地研究センター教授 工学博士



松尾 保成

(まつお やすなり)

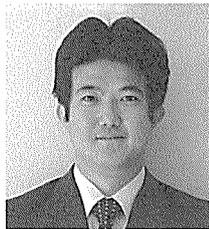
1984年 佐賀大学理工学部土木工学科卒業
1986年 佐賀大学大学院理工学研究科修了
1987年 松尾建設株式会社
2003年 佐賀大学大学院工学系研究科博士後期課程修了
2004年 日本建設技術株式会社 技術研究所
博士 (工学)



田中 健太

(たなか けんた)

1998年 佐賀大学理工学部土木工学科卒業
2000年 佐賀大学工学系研究科建設工学専攻修了
2000年 日本建設技術株式会社 技術研究所
修士 (工学)



末次 大輔

(すえつぐ だいすけ)

1997年 佐賀大学理工学部土木工学科卒業
1998年 九州大学大学院工学研究科修士課程建設システム工学専攻修了
1999年 防衛大学校土木工学教室助手
2004年 佐賀大学低平地研究センター講師
博士 (工学)