

さらに、もう一つの設計論として歩行に困難をもつ高齢者を対象とした路上の休憩施設設置に関して連続的な間隔を明確にしている。とくに、申請者の実施した歩行空間の休憩施設に関する研究は道路空間整備のガイドラインの中でも取り上げられており、わが国における歩道整備に対して一つの数値基準を示したものと高く評価できる。

(4) 当該分野は様々な領域から成り立つものであり、その体系を確立することは容易ではない。本論文は土木領域における従来研究成果を取りまとめ、その動向についても取りまとめることができた。これに関しても現在交通バリアフリーに関するニーズが増加しており、それらの体系を知る上で今後非常に有益であると思われる。

(5) 本論文の具体的な成果として、1)歩行環境・自動車の運転等生活に関連した交通整備のあり方、2)交通困難とその属性（モビリティ・グループ）を考慮した評価の必要性、3)社会基盤の方向性として自動車の利用性と歩行環境の重要性、4)歩行環境の整備は交通困難者の QOL 向上には不可欠であることを分析、5)歩行空間のアメニティを向上させるには車いすの台数、歩行者交通量、歩道幅員の三点を考慮する設計が必要であることを指摘、6)歩行困難高齢者のためのベンチ設置間隔の数値的基準（歩行空間ガイドラインで採用された基準値）の6点が主な成果として挙げられた。

以上、本論文は今まで研究の極めて少なかった高齢社会を意識した社会基盤整備のあり方について取りまとめた貴重な論文であり、需要論・評価論・設計論という3つの観点から将来の高齢者像、社会基盤整備の方向性、歩行空間整備の考え方などを展開させた論文であると位置づけられ、設定した課題を達成したと判断される。

さらに、申請者は研究業績面でも上記論文以外に、交通バリアフリーに関する研究業績を有するとともに、本研究の成果を自治体に還元する活動を行っている。

以上のことを総合的に勘案して本論文は博士（工学）の学位を取得するに足りうるものであると思われる。

氏名	たなかみつのり 田中光徳
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	工第159号
学位授与の日付	平成17年3月22日
学位授与の要件	学位規程第4条第2項該当
学位論文題目	地域資源シラスの環境材料化に関する基礎的研究

論文審査委員（主査）	教授	玉井元治
（副主査）	教授	窪田敏行
（副主査）	教授	久武勝保

## 論文審査結果の要旨

地球規模での環境悪化が進んでいる。化石燃料使用による地球温暖化、熱帯雨林の減少による砂漠化の進行、汚染物質の排出による生物種の急減等、かつて人類が経験したことのない課題への対応が求められている。我々が関与するコンクリートを用いて構築するインフラ整備も、従来の利便性中心から環境面を配慮した整備への早急な変換が求められている。

本研究は、このような背景にあつて南九州地域に2,000億トンが埋蔵されている未利用資源シラスをエコマテリアルとして有効利用する方法を開発研究している。

研究対象としているシラスの化学的性質は、珪酸質とアルミナ質を主としており、ポゾラン反応性を示し、物理的な性質は、多孔質のため軽量で、表面性状は凹凸に富み、吸湿と保水性を有する素材である。現在の利用実態は比較的小規模な園芸用材料としての利用に留まり、コンクリートへの利用実績は皆無に近い。

本論文の内容は、先ずシラス骨材を廃棄コンクリートのリサイクル骨材と混合使用できることを明らかにし、資源循環型素材として複合利用できることを示している。

次いで、細粒度に調整したシラス軽石をポーラスコンクリート (PoC) の骨材として用い、騒音を吸収する吸音コンクリートや高湿度では水分を吸収し低湿度では水分を放出できる調湿用コンクリートを開発し、環境負荷低減用材料への利用が可能なることを示している。更に、シラス粗骨材をポーラスコンクリート (PoC) に利用し、内・外部表面に付着する微生物類によって間接的に汚濁河川の水質を浄化する手法や内部空隙を小生物のハビタットとして利用すること、および、水際域や道路の法面への緑化コンクリートとして利用する等、生物共生型材料として適用できることを明らかにしている。

第1章では、本研究の背景および目的について言及している。

第2章では、シラスの物性試験結果から特殊な物性を選択し、シラスコンクリートの各種環境材料への適用法を検討し以下のような知見を得ている。

(1) 原シラスは細粒微粉末が多く、比較的密度が小さいことなどから粒度別、密度別の使用が可能であること示し、産学協同で複合原砂分離装置を開発し、既に実用化の段階にあることを述べている。

(2) 強度試験、耐久性試験では、シラス系材料にはポゾラン活性があることを明らかにし、同時に、シラスコンクリートは微粉末を多く含むことから減水剤系混和剤を添加し、湿潤混練り法が適切であることを強調している。

(3) 廃コンクリートの再生粗骨材にシラスを用いた再生シラスコンクリー

トの圧縮強度試験では、再生骨材適応構造物分類 I に相当する強度を確認し、十分な強度・耐久性を有する資源循環型材料としての利用が可能であることを明らかにしている。

第3章では、ポーラスコンクリートのこれまでの研究経過と配合、空隙形成法およびシラス系 PoC の応用に関わる基礎的条件の検討を行っている。

ポーラスコンクリートのフレッシュペースト強度試験では、セメントペーストの W/C を 25%、コンシステンシーとしてのフロー値を 220~240mm とすることで、骨材とペーストとの分離に対する抵抗性およびまぶし厚が確保できることを実証している。

特に硬化体内に均質な連続空隙を保持する条件が重要であり、連続空隙量とその大きさは、粗骨材に付着する結合材厚さと骨材の平均粒径に関係することを確認している。また、PoC の強度試験では 7号 (2.5-5.0mm) 砕石を用いた配合で  $19\text{N}/\text{mm}^2$  以上、シラス軽石では  $6\text{N}/\text{mm}^2$  以上の圧縮強度を確認している。また、PoC の水中凍結融解性試験では、PoC は、供試体の中心部より順次周辺に広がる破壊形式を示し、普通コンクリートと大きく相違することを明らかにしている。

第4章では、シラスを用いた PoC の空隙特性と、シラス軽石の特性を考慮し、環境負荷低減材料のうち各種騒音を低減する吸音板の開発に関する検討を行い、以下の知見を得ている。

(1) 吸音率試験では、シラス系天然軽石を主材料に数種の材料を用い PoC の特性、骨材特性、配合要因等が吸音特性、周波数特性に与える影響を検討し、その結果、吸音率は材料の厚さ、空隙率、骨材粒径、形状、表面積、表面性状等に依存することを実証している。

(2) 結合材にアルミニウム粉末、ポリマーエマルジョン、シリカフューム、カーボン繊維をそれぞれ複合混入した結合材の種類による吸音率試験では、特にシラス軽石系が材料自身の持つ空隙とポーラスコンクリートの持つ空隙が総和して高い吸音率を示し、かなり高い吸音特性を示すことを明らかにしている。

(3) 吸音率は層の厚さを変化させると対応吸音周波数が移動することを確認し、吸音板は必要周波数帯域をカバーするよう意匠を考慮して板厚を変え、交互に配置する必要があることを明らかにしている。

第5章では、環境負荷低減材料としてシラス軽石を用いたポーラスコンクリートの吸湿、放湿性試験を行い調湿材としての可能性を検討し、以下の知見を得ている。

実験は、先ず温度、湿度環境の変化過程における材料の質量やひずみ量から調湿材料の適性を検討し、引き続きシラス軽石系材料 D-2 (0.6-2 mm)、D-5 (1.2-5mm) および比較材料の砕石系材料 C-5 (2.5-5mm) を用いた温度、湿度変化過程における質量、ひずみ量の変化から調湿性コンクリートとしての可能性を検討している。その結果、吸湿、放

湿は温度の変化によって大きく変動することや吸放湿性を左右する要素には、骨材自体の吸水性、空隙量、空隙内表面性状、バインダー特性等が関係することを明らかにしている。

その内で、シラス軽石系に特有の凹凸に富む表面性状や、材料自身の持つ空隙とその性状が作用して比較的高い吸湿、放湿性を示すことを明らかにし、調湿材としての利用が可能なることを示している。

第6章では、生物共生型エコマテリアルの開発を目的として、シラス軽石を用いたPoCを河川に浸漬し、理化学的水質試験と基盤の表面および内部空隙に生息する小動物類の調査を行い、以下の知見を得ている。その結果、ポーラスコンクリートブロック (PoCブロック) を河川に浸漬すると、空隙内に微生物や小動物が生息できるハビタットが形成され、付着微生物が増殖し、付着微生物によって間接的に汚濁物を吸着、酸化分解させる接触材としての効果が期待できることや、理化学的水質指標と生物捕捉指標の相関性を検証することで、河川の維持管理がより正確に把握できることを明らかにしている。

PoCブロックの河川浸漬試験と生物付着調査では、シラス軽石系P-11 (6-11mm) に生物との共生特性が見られたことを確認している。このことから水質浄化に対してもシラス軽石系PoCの適用の可能性があると強調している。

また、理化学的水質指標と生物捕捉指標生物の相関は、 $\alpha$ -中腐水性水域から強腐水性水域で顕著に表われ、中腐水性水域では生物補足数が他の水性水域に比べて急激に増加する傾向があることを河川調査から実証し、水生生物指標による判定は、汚染の現状を正確に示すことを強調している。

第7章では、シラス軽石を用いたPoCを生物共生型の緑化法に適応する研究を行い、以下の知見を得ている。

緑化試験には、混合セメントと数種の粗骨材を用い、平板状供試体の表面に充填材を敷き詰め播種、植栽しその生育状況の調査を行っている。

その結果、空隙の大小が好気性従属栄養細菌の付着を左右することや空気、肥料、水等の透過性、保肥性が定着植物の活性に効果があることを示唆し、骨材としては5号 (13-20mm) 砕石、軽石P-20 (5-20mm) が適当であり、また遊離石灰の溶出をできるだけ抑え動植物に悪影響を与えず、耐久性が維持できる混合セメントの使用が望ましいことを示している。

植生試験の中では、道路の法面や、河川護岸周辺に多く植生するチガヤの植生結果が、混在する大小根の量、長さともに他の植生植物のなかでも最も良好であり法面植生等には最適であることを明らかにしている。

第8章では第2章から第7章までに得た知見を要約し、シラス自体の軽量、多孔質、ポゾラン活性等の性質を利用することにより、これまで利用されなかったシラスを環境材料として利用することが可能であると結論している。

コンクリート構造物は、これまで耐久性や利便性を優先して設計・施工され、各種インフラ整備に利用されてきた。しかし、近年地球環境の悪化により使用材料の条件として、環境を意識したエコマテリアルの概念が求められるようになり、あらゆる材料の製造から供用時においても地球環境との調和や環境への負荷を低減する材料の開発が必要となってきた。

本研究は、このような背景にあって、南九州地域に産出する未利用資源のシラスを地域資源と捉え、それをエコマテリアルとして有効利用する方法を検討している。

シラスの化学成分は、珪酸質とアルミナ質を主とし、ポゾラン反応性を有し、物理的な性質は、多孔質で表面性状が凹凸に富み、さらに吸湿と保水性を有している。原材料の利用形態は、粒度範囲も広く、密度が比較的小さい材料であることから建築用などの細骨材としての利用が可能であるとし、形態別に利用する目的で、シラスの粒度範囲を分ける複合原砂分離装置を産学協同で開発し実用化している。

シラスコンクリートの強度・耐久性試験では、シラス系材料にはポゾラン活性があることを明らかにし、同時に、シラスコンクリートは微粉末を多く含むことからセメントの分散性を悪くするため減水剤系混和剤の添加が必要であることを示し、混合には湿潤混練りが適切であることを実証している。さらに、再生粗骨材にシラスを用いた再生シラスコンクリートの圧縮強度試験では、資源循環型材料として複合利用が可能であることを明らかにしている。

つぎに、本研究の特記すべき点は、シラスをポーラスコンクリート (PoC) の骨材として使用し、環境負荷低減型と生物対応型材料の開発を目的としてエコマテリアル化の確立を行う等、大きな成果を挙げている。

環境負荷低減型材料としては、吸音板と調湿板の開発である。前者の吸音率は材料の厚さ、空隙率、骨材粒径、形状、表面積、表面性状等に依存することを実証し、結合材にアルミ系発泡剤や繊維素材を混入すると吸音特性はさらに向上することを明らかにしている。また、吸音率は板厚を変化させると吸音周波数が変化するため、広域の周波数帯を吸音させるには板厚を交互に変える意匠にすることを提案している。

この研究成果は、道路、鉄道、空港、地下鉄等の公共輸送機関の騒音対策であり、既に、本研究に端を発した応用研究は、高速道路やトンネル等へ実施工され、その成果は評価できる。つぎに、シラス軽石を調湿板に用いた検討では、吸湿、放湿は温度の変化によって大きく変動することや吸放湿性を左右する要素には、骨材自体の吸水性、空隙量、空隙内表面性状、バインダー特性等が関係することを明らかにしている。これらの結果からシラス軽石は調湿材としての可能性を充分有していることを示している。

生物共生型エコマテリアルの開発を目的として、シラス軽石を骨材としたPoCを水質浄化用材料と小生物のハビタットとして、および植生基盤としての研究を行っている。まず、前者の研究では、シラス骨材を用いたPoCを河川に浸漬し、基盤の表面および内部空隙に生息する小動物の捕捉調査からは、空隙内に微生物や小動物が生息できるハビタットが形成され、付着微生物が増殖し、付着微生物によって間接的に汚濁物を吸着、酸化分解させる接触材としての効果が期待できることを実証している。特に、シラス軽石系P-11(6-11mm)に生物との共生特性が見られたことを確認しており、このことから水質浄化に対してもシラス系PoCの適用の可能性があるとしている。

また、BODやCOD等の理化学的水質指標と生物捕捉指標の相関性を検証することで、河川の維持管理がより正確に把握できることを明らかにしている。さらに、特殊形状のPoCブロックを用いた生物捕捉指標法は、一般に用いられているサーバ・ネットを用いた低生物調査法に比べ、汚濁の追跡調査を随時に行うことができることや、河川の水位変動に関係なく実施できることから環境調査の新規の手法として今後の研究が期待される。

次に緑化法に関する研究では、砕石およびシラス軽石を骨材としたPOC床の空気や水の透過性や空隙径などの物理的性状と、好気性従属栄養細菌の付着や保肥性が定着植物の活性に与える影響を検討した結果、骨材としては5号(13-20mm)砕石、軽石P-20(5-20mm)が適当であるとしている。また使用セメントとしては、遊離石灰の溶出を抑え動植物に悪影響を与えず、耐久性が維持できる高炉やフライアッシュ等の混合セメントの使用が望ましいとしている。植生する植物種については、道路や河川護岸周辺に多く植生するチガヤが、混在する大小根の量、長さともに他の植生植物のなかでも最も良好であり法面植生等には最適であることを実証している。

シラス系材料は多孔質であるため強度は低いが、ポズラン活性を有するため、セメントとの相性が良好であり、普通骨材との混合利用のみならず、多孔質コンクリートの骨材として利用すると、地球環境の負荷を低減する材料や生物共生型のエコマテリアルとしての利用が可能なることを新規に提案し、既に、騒音を吸収する吸音板や水質を浄化する特殊ブロックの製品化にも寄与している。

以上、提出された論文の研究成果に対し慎重に審査を行った結果、本研究で得られた知見は学術的および工学的にも有意義であり、博士(工学)の学位論文として十分に価値があることを認めた。

氏名	おくだまさひろ 奥田昌宏
学位の種類	博士(薬学)
学位記番号	薬第52号
学位授与の日付	平成16年6月15日
学位授与の要件	学位規程第4条第2項該当
学位論文題目	血液凝固検査における標準化に関する研究
論文審査委員(主査)	教授 本田 進
(副主査)	教授 市田 成志
(副主査)	教授 池川 繁男