

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－中国共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「スポンジシティ建設に向けた再生マテリアルを含むコンクリートの多様な利用技術の開発とその実践」
2. 研究期間：2016年8月～2019年3月
3. 主な参加研究者名：

日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	野口 貴文	教授	東京大学・大学院工学系研究科	CO ₂ による再生骨材改良技術の開発、ヒートアイランド現象の緩和技術の開発および実証、指針策定・試行的建設
主たる共同研究者	上田 隆雄	教授	徳島大学・大学院理工学研究部	金属スラグ骨材含有コンクリートの性能評価、指針策定・試行的建設
主たる共同研究者	兼松 学	教授	東京理科大学・理工学部	有害物質の溶出リスクの評価、指針策定・試行的建設
研究参加者	北垣 亮馬	准教授	北海道大学・大学院工学研究院	CO ₂ による再生骨材改良技術の開発、サステナビリティを考慮した舗装コンクリートの最適利用方策の検討、指針策定・試行的建設
研究参加者	渡邊 健	准教授	徳島大学・大学院理工学研究部	金属スラグ骨材含有コンクリートの性能評価、指針策定・試行的建設
研究参加者	西尾 悠平	助教	東京理科大学・理工学部	有害物質の溶出リスクの評価、指針策定・試行的建設
			研究期間中の全参加研究者数	11名

中国側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Jianzhuang Xiao	Professor	Department of Structural Engineering, Tongji University	新解体手法の開発、水中パルス放電破碎手法による再生骨材の製造、ニューラルネットワークによる再生骨材コンクリートの配合設計手法の構築、指針策定・試行的建設
主たる共同研究者	Yamei Zhang	Professor	School of Materials Science and Engineering, Southeast University	金属スラグ微粉末の製造技術の開発、金属スラグ骨材含有コンクリートの性能評価、指針策定・試行的建設
研究参加者	Jianming Gao	Professor	School of Materials Science and Engineering, Southeast University	弱酸処理による再生骨材改良技術の開発、指針策定・試行的建設
研究参加者	Jialai Wang	Associate Professor	School of Materials Science and Engineering, Southeast University	弱酸処理による再生骨材改良技術の開発、指針策定・試行的建設
研究参加者	Koji Sakai	Guest Professor	Southeast University	有害物質の溶出リスクの評価、指針策定・試行的建設

研究参加者	Xiaoguang Zhen	Engineer	Shanghai Municipal Engineering Design Institute	ヒートアイランド現象の緩和技術の開発、サステナビリティを考慮した舗装コンクリートの最適利用方策の検討、指針策定・試行的建設
研究期間中の全参加研究者数			32名	

4. 国際共同研究の概要

本国際共同研究では、ヒートアイランド現象緩和を促すスポンジシティおよび廃棄物削減を可能とする資源循環型シティの構築に向けて、透水コンクリート舗装および地下コンクリート構造物のコンクリートに再生利用されるコンクリート廃棄物・産業副産物の技術開発を行うとともに、指針を作成して試行的建設を行った。日本側は、廃棄物・産業副産物起源骨材の再生利用に関する技術・システム、およびスポンジシティ建設用再生コンクリートに関する技術・システム開発を行い、中国側は、廃棄物・産業副産物を起源とする再生骨材の省エネ化・無公害化製造技術、およびの開発を行った。そして、実際の地域素材を利用した実験結果および実データを利用したコンピュータシミュレーションの実施結果に基づき、スポンジシティの構築に向けてコンクリート材料の最適なサプライチェーンを導き出した。最終的に、これらの研究成果に基づき、再生骨材・再生微粉・金属スラグ廃棄物を利用した透水コンクリートの製造・施工指針、および透水コンクリート舗装および地下トンネルの設計指針を示した。

5. 国際共同研究の成果

5-1 共同研究の学術成果

ヒートアイランド現象緩和と廃棄物削減を両立できる資源循環型スポンジシティの構築に向けて、体系的な研究計画を作成したうえで日中の専門家が民間企業の協力を得て分担・共同して研究を行った結果、コンクリート廃棄物・産業副産物を起源とするコンクリート用材料の省エネ化・無公害化製造技術・利用技術を開発するとともに、スポンジシティ建設用再生コンクリートの性能評価を行うことができ、研究成果に基づいて、スポンジシティの建設に関わる指針の制定、およびスポンジシティの試行的建設を行うことができた。そして、数多くの論文を単独・共同で執筆するとともに、特許出願も行った。

5-2 国際連携による相乗効果

半年に1回の割合で定期的に、日中共同ワークショップを日本と中国で交互に開催するとともに、短期間ではあるが、若手研究者および大学院生を派遣し合い、実験や調査などの共同研究を実施した。その結果、産業副産物の発生過程およびその品質・性能、ならびに都市におけるコンクリート廃棄物の発生状況およびコンクリートの製造・利用状況に関して、日本と中国の共通点・相違点を実感することができ、スポンジシティの建設に向けて、実効的な研究成果（指針制定と試行的建設）を得ることができた。

5-3 共同研究成果から期待される波及効果

研究成果として、今後スポンジシティを建設していくうえでの技術的基盤となる「スポンジシティの設計・施工指針」、「透水性コンクリートおよび地下トンネルコンクリートの製造・施工指針」などを制定できたこと、およびそれらに基づいた試行的建設を日中において実施できたことは、非常に大きな社会還元となり、日中共に民間企業と共同して研究開発を進めたことは、研究成果の実用化・特許化を促すこととなった。また、定期的な共同ワークショップ開催・研究者交流は、日中専門家の永続的な協力体制確立の礎となった。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
 Japan—China Joint Research Program
 Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Development of multipath use technologies of concrete containing recycled materials for construction of "sponge city" 」
2. Research period : Aug. 2016 ~ Mar. 2019
3. Main participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Takafumi Noguchi	Professor	Graduate School of Engineering, The University of Tokyo	CO ₂ modification technology Mitigation of heat-island phenomenon, Development of guidelines & practical applications
Co-PI	Takao Ueda	Professor	Faculty of Engineering, Tokushima University	Performance evaluation of slag concrete, Development of guidelines & practical applications
Co-PI	Manabu Kanematsu	Professor	Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science	Risk assessment for hazardous substances, Development of guidelines & practical applications
Collaborator	Ryoma Kitagaki	Associate Professor	Graduate School of Engineering, Hokkaido University	CO ₂ modification technology Sustainability optimization for pavement, Development of guidelines & practical applications
Collaborator	Takeshi Watanabe	Associate Professor	Faculty of Engineering, Tokushima University	Performance evaluation of slag concrete, Development of guidelines & practical applications
Collaborator	Yuhei Nishio	Assistant Professor	Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science	Risk assessment for hazardous substances, Development of guidelines & practical applications
Total number of participants throughout the research period:				11

China-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Jianzhuang Xiao	Professor	Department of Structural Engineering, Tongji University	New demolition methods High-voltage pulse crushing method, Mix design of RAC by neural network, Development of guidelines & practical applications
Co-PI	Yamei Zhang	Professor	School of Materials Science and Engineering, Southeast University	Slag powder manufacturing Performance evaluation of slag concrete, Development of guidelines & practical applications
Collaborator	Jianming Gao	Professor	School of Materials Science and Engineering, Southeast University	Weak-acid treatment technology, Development of guidelines & practical applications
Collaborator	Jialai Wang	Associate Professor	School of Materials Science and Engineering,	Weak-acid treatment technology, Development of guidelines & practical applications

			Southeast University	
Collaborator	Koji Sakai	Guest Professor	Southeast University	Risk assessment for hazardous substances, Development of guidelines & practical applications
Collaborator	Xiaoguang Zhen	Engineer	Shanghai Municipal Engineering Design Institute	Mitigation of heat-island phenomenon, Sustainability optimization for pavement, Development of guidelines & practical applications
Total number of participants throughout the research period: 32				

4. Summary of the international joint research

The joint research project developed technologies for pervious concrete pavement and underground concrete structures with using recycled concrete waste and industrial byproducts, which contributes to the mitigation of heat-island phenomenon and the reduction of waste disposal in urban area, toward construction of “sponge city” and resource recycling society. In the project, guidelines were also developed for the practical applications of the developed concrete technologies in a few cities in China and Japan. The Japanese team investigated the technologies and system for the utilization of recycled aggregate generated from waste and industrial byproducts, and for the utilization of recycled aggregate concrete for construction of “sponge city”. The Chinese team investigated the technologies for the production of recycled materials from waste and industrial byproducts with low energy consumption and zero pollution, and for the utilization of the recycled materials in concrete. Based on the experimental results using local materials and the simulation results using real data, the optimum supply chain for concrete materials was proposed toward construction of “sponge city”. Finally, the guidelines were developed for the production and execution of pervious concrete using recycled aggregate, recycled powder and metallurgical slags, and for the design of permeable concrete pavement and underground concrete tunnel.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

Toward establishment of resource-circulation-type “Sponge City” in which both heat-island phenomenon and waste generation are reduced, the academic experts in Japan and China made collaborative research works with help of industries based on the research plan. As a result, energy reduction and non-pollution technologies were developed for production and utilization of concrete constituent materials made from concrete waste and industrial byproducts, and performance evaluation was made on recycled concrete for sponge city construction. Also, guidelines for sponge city construction were established and trial constructions of sponge city were made in Japan and China. A lot of papers were drafted and published individually and jointly, and several patents were submitted.

5-2 Synergistic effects of the joint research

Joint workshops were held every half a year alternately in Japan and China, and young researchers and students visited mutually and made collaborative experimental works and investigations. As a result, it was realized that there were common points and different points between Japan and China in industrial wastes generation and their quality and performance, in concrete waste generation, and in production and utilization of concrete in the cities. Effective research results, i.e. the establishment of guidelines and the trial construction, were also obtained toward establishment of sponge city.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

The establishment of two guidelines related to sponge city construction which becomes technological basis for construction of sponge city and the trial constructions in Japan and China based on them greatly contributed to society. And the collaborative researches and developments between Japan and China lead to practical realizations and patent application. The periodical joint workshops and researchers exchange formed the basis of establishment of eternal cooperation system between Japanese experts and Chinese experts.

共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文（相手側研究チームとの共著論文）

・査読有り：発表件数：計 0 件
該当なし

・査読無し：発表件数：計 0 件
該当なし

*原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文）：発表件数：計 10 件

・査読有り：発表件数：計 8 件

1. 上田隆雄、宇田昌樹、塚越雅幸、七澤章：銅スラグ細骨材を用いたコンクリート中における塩害による鉄筋腐食に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 39、No.1、pp. 565-570、2017.
2. Takao Ueda, Kurumi Sonoda, Kazuhide Nakayama and Masayuki Tsukagoshi: Effect of Silane-based Surface Impregnation on Complex Deterioration of Reinforced Concrete Subjected to penetration of Salt Water, Proceedings of HydrophobeVIII, pp. 94-101, 2017.12
3. 文野光、兼松学、野口貴文、須藤達也：アルカリ環境下における高炉スラグ微粉末の六価クロム還元効果、日本コンクリート工学年次論文集、39 巻 1 号、pp.91-96、2017.7
4. Sungchul Bae, Fumino Hikaru, Manabu Kanematsu, Chiaki Yoshizawa, Takafumi Noguchi, Youngsang Yu and Juyoung Ha: Removal of Hexavalent Chromium in Portland Cement Using Ground Granulated Blast-Furnace Slag Powder, Materials, vol.11, No.1, 2018.1
5. 竹内彩菜、上田隆雄、塚越雅幸、七澤章：スラグ細骨材を用いたコンクリート中の塩害による鉄筋腐食に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 40、No.1、pp. 609-614、2018.7
6. Wei GONG, Takao Ueda: Basic study on Chloride-induced Steel Corrosion in Concrete subjected to heating up to 300 °C, 材料、Vol. 67、No.7 、pp.738-745、2018.7
7. Wei GONG, Takao Ueda: Properties of self-compacting concrete containing copper slag aggregate after heating up to 400 °C, Structural Concrete, Vol. 19, pp. 1873-1880, 2018.4
8. 山田悠二、橋本親典、渡邊健：非鉄スラグ細骨材の混合による碎石・砕砂コンクリートの施工性能および乾燥収縮特性の改善に関する研究、土木学会論文集、Vol.74、No.4、534-246、2018 年

・査読無し：発表件数：計 2 件

9. 文野光、兼松学、野口貴文、西尾悠平：高炉スラグ微粉末から溶出する硫黄系イオンによる六価クロム還元効果、2017 年度日本建築学会大会学術講演会、材料施工、pp43-44、2017.7
10. 文野光、兼松学、野口貴文、西尾悠平：高炉セメントを用いたペーストの促進炭酸化に及ぼす水分の影響、2018 年度日本建築学会大会学術講演会、材料施工、2018.9

*その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 0 件
該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 0 件

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 0 件（うち招待講演：0 件）

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 17 件（うち招待講演：0 件）

1. 上田隆雄：銅スラグ細骨材を用いたコンクリート中における塩害による鉄筋腐食挙動、平成 29 年度土木学会四国支部技術研究発表会、松山、2017/5/20
2. 上田隆雄：銅スラグ細骨材を用いたコンクリート中における塩害による鉄筋腐食に関する検討、コンクリート工学年次大会 2017、仙台、2017/7/13
3. Takao Ueda: Effect of Silane-based Surface Impregnation on Complex Deterioration of Reinforced Concrete Subjected to penetration of Salt Water, Hydrophobe VIII, Hong Kong, 2017/12/8
4. 鈴木彩莉、渡邊健、橋本親典、西山航平：銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの圧縮強度評価推定に関する研究、土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集、Vol.23、松山、2017/5/20
5. 西山航平、渡邊健、福富隼人、橋本親典：銅スラグを適用したコンクリートの乾燥収縮特性及び物質移動抵抗性に関する検討、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.72、pp.795-796、福岡、2017/9/12
6. 鈴木彩莉、西山航平、渡邊健、橋本親典：銅スラグ細骨材コンクリートに対する圧縮強度推定手法の適用に関する検討、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.72、pp.503-504、福岡、2017/9/12
7. 西山航平、渡邊健、橋本親典、石丸啓輔、塩谷智基：銅スラグ細骨材を置換したコンクリートの乾燥収縮によるマイクロクラックおよび透気性の評価、アコースティック・エミッション総合コンファレンス論文集、Vol.21、pp.29-32、徳島、2017/11/9.
8. 文野光：アルカリ環境下における高炉スラグ微粉末の六価クロム還元効果、日本コンクリート工学会、仙台、2017/7/12
9. 文野光：高炉スラグ微粉末から溶出する硫黄系イオンによる六価クロム還元効果、日本建築学会大会、広島、2017/8/31
10. 竹内彩菜、上田隆雄、塚越雅幸、七澤章：スラグ細骨材を用いたコンクリート中の塩害による鉄筋腐食に関する検討、平成 30 年度土木学会四国支部技術研究発表会、徳島、2018/5/19
11. 大谷一将、上田隆雄、塚越雅幸：NaCl 溶液の浸透を受ける複合劣化コンクリートに対するシラン系含浸材による補修効果、土木学会年次学術講演会、札幌、2018 年 8 月
12. 鈴木彩莉、渡邊健、佐竹将也、橋本親典：弾性波法による蒸気養生を受けたコンクリートの強度推定手法に関する検討、日本非破壊検査協会、平成 30 年度秋期講演大会、神戸、2018 年 11 月
13. 佐竹将也：弾性波伝搬速度を用いた暑中コンクリートの圧縮強度推定に関する実験的検討、土木学会年次学術講演会、札幌、2018 年 8 月
14. 佐竹将也、渡邊健、鈴木彩莉、橋本親典：非破壊検査を用いた暑中コンクリートの物性評価に関する実験的検討、土木学会四国支部技術研究発表会、徳島、2018 年 5 月
15. 鈴木彩莉、渡邊健、渡邊健、西山航平：蒸気養生を模擬した供試体に対する非破壊的な強度推定手法の検討、土木学会四国支部技術研究発表会、徳島、2018 年 5

月

16. 文野光：高炉セメントを用いたペーストの促進炭酸化に及ぼす水分の影響、日本建築学会、東北、2018/9/3
17. 澤大幹、文野光、西尾悠平、兼松学、野口貴文：透水性ポーラスコンクリートの六価クロム溶出特性の評価と抑制技術に関する基礎的検討、日本建築学会梗概集（東北）、pp.139-140

*ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計0件

*ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計0件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. 2016/8/28、主催：東京大学、The 1st Workshop on Multi-path Resource Recycled Concrete Technology and Application Based on Sponge City Construction、日本・東京、東京大学、12名
2. 2017/3/20-21、主催：South East University、The 2nd Workshop on Multi-path Resource Recycled Concrete Technology and Application Based on Sponge City Construction、中国・南京、Liuyuan Hotel、50名
3. 2017/7/27-29、主催：徳島大学、The 3rd Workshop on Multi-path Resource Recycled Concrete Technology and Application Based on Sponge City Construction、日本・徳島、徳島大学、40名
4. 2018/3/28-29、主催：Tongji University、The 4th Workshop on Multi-path Resource Recycled Concrete Technology and Application Based on Sponge City Construction、中国・上海、同済大学、50名
5. 2018/7/30-31、主催：東京理科大学、The 5th Workshop on Multi-path Resource Recycled Concrete Technology and Application Based on Sponge City Construction、日本・東京、東京大学、40名
6. 2019/3/1-2、主催：Tongji University、The 6th Workshop on Multi-path Resource Recycled Concrete Technology and Application Based on Sponge City Construction、中国・太倉、Four Points by Sheraton Hotel、50名

4. 研究交流の実績

【合同ミーティング】

ワークショップの開催に合わせて、常に合同ミーティングを実施した。開催日・場所を以下に示す。

1. 2016/8/28、日本・東京、東京大学
2. 2017/3/20-21、中国・南京、Liuyuan Hotel
3. 2017/7/27-29、日本・徳島、徳島大学
4. 2018/3/28-29、中国・上海、同済大学
5. 2018/7/30-31、日本・東京、東京大学
6. 2019/3/1-2、中国・太倉、Four Points by Sheraton Hotel

【学生・研究者の派遣、受入】

日本からは、以下の派遣を行った。

1. 2017/2/20～2017/3/23、派遣者：北垣亮馬（東京大学・講師）、派遣先：中国・上海・同济大学、目的：研究調査
 2. 2017/2/20～2017/3/23、派遣者：米沢祐人（東京大学・大学生）、派遣先：中国・上海・同济大学、目的：研究調査
 3. 2017/12/18～2018/1/16、派遣者：中山一秀（徳島大学・大学院生）、派遣先：中国・上海・同济大学、目的：研究調査
 4. 2018/12/1～2019/1/1、派遣者：文野光（東京理科大学・大学院生）、派遣先：中国・南京・東南大学、目的：研究調査
- 中国からは、以下の受入を行った。
1. 2018/11/5～2018/12/4、受入者：Shen Wang（東南大学・大学院生）、受入元：東京理科大学、目的：研究調査

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

該当なし

7. その他

該当なし

以上