

令和 5 年 4 月 30 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03804

研究課題名（和文）処女乾燥下におけるセメント系材料の水分移動メカニズムの解明

研究課題名（英文）Moisture transport mechanism in cement-based materials under the first desorption process

研究代表者

丸山 一平（Maruyama, Ippei）

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：40363030

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 28,000,000円

研究成果の概要（和文）：セメント系材料の乾燥プロセスは、空隙構造の動的変化に起因する水分移動の粘弾性的挙動を内包する。この挙動を明らかにするため、 $^1\text{H-NMR}$ Relaxometryによって水和によって生ずる空隙構造が従来の吸着データとどのように整合するか、また、乾燥時に生じる空隙構造変化がどのようなものなのかを明らかにした。珪酸カルシウム水和物によって生成される空隙は3つあることを明らかにした。さらに乾燥時の挙動について、弾性的脱水と、空隙構造変化を伴う粘弾性的脱水挙動について数値的にモデル化し、時間依存性吸着等温線モデルを提案し、中湿度領域での時間がかかる脱水について評価することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、従来明らかにされてこなかったC-S-Hによる空隙構造を非乾燥状態で測定する手法を用い、従来手法との関係から議論されてきた空隙構造がどのようなものかを明らかにした。さらにその手法を乾燥途中の空隙構造変化と水分の存在形式の測定に応用し、空隙構造変化と異なる空隙構造に存在する水の状態を明らかにした。この情報を用いて、時間依存する吸着等温線を世界で初めてモデル化し、C-S-Hの乾燥時の空隙構造変化に伴う非常に長い脱水挙動を表現する理由と手法を明らかにした。この成果は、RC構造物の乾燥に伴う剛性低下など、重要構造物の維持保全に必要な不可欠な、性能の将来予測手法を提供する。

研究成果の概要（英文）：The drying process of cementitious materials involves the viscoelastic behavior of water migration due to dynamic changes in the pore structure. To clarify this behavior, $^1\text{H-NMR}$ Relaxometry was used to determine how the pore structure produced by hydration is consistent with conventional adsorption data and what kind of pore structure changes occur during drying. It was clarified that three types of voids are generated by calcium silicate hydrates. Furthermore, we numerically modeled elastic dehydration and viscoelastic dehydration with pore structure changes during drying and proposed a time-dependent adsorption isotherm model to evaluate time-consuming dehydration in the medium-humidity range.

研究分野：建築材料学

キーワード：C-S-H 乾燥 粘弾性 層間空隙 吸着等温線

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

重要構造物を中心とした構造物の長期利用・維持管理・経年変化管理の観点から、構造物の特性変化に関しては大きな関心が寄せられている。現在のヘルスマonitoring技術の向上、得られたデータの評価手法の高度化を背景に現状では多くのデータが蓄積されているが、その中で多くの鉄筋コンクリート(RC)構造物について固有周期の長期化および剛性の低下が報告されている(たとえば、Li et al.2014)。近年、女川原子力発電所における剛性低下が中小地震ではなく乾燥が要因であるとの指摘(朝日新聞、2017年1月18日)があるように、コンクリートの乾燥による建築構造物自体の構造特性変化、すなわち剛性低下が問題になることが新たに課題として認識されつつある(Kurihara et al. JACT 2017)。特に原子力発電所などのプラント構造物は、建物自体の耐震性能だけでなく、内部の機器類と建物の相互作用を考慮した設計がなされているため、構造物の応答変化が機器類の不具合を引き起こして重大な事故を引き起こす可能性もある。この観点から、建築構造物の特性変化の要因の特定、および建物剛性の最終低下量とその進行速度が重要な課題となっている。

2. 研究の目的

今後重要となるのは、このコンクリートの乾燥進行速度が実構造部材においてどの程度かである。支配的要因はコンクリートからの水分逸散速度であるが、従来研究では相対含水率を見かけのポテンシャルとして、Bolzzmann- Matano 法により水分移動係数の相対含水率依存性を評価する手法が阪田(Sakata CCR 1981)によって提案されている。しかしながら、この相対含水率による移動方法の評価は、水分移動速度を過大評価すること、ならびに吸着等温線の動的変化を考慮できないという問題を抱えている。

既往研究による水分移動解析実験結果と経年変化したコンクリート構造物の分析から明らかになった課題点は以下の2点である。1)現在の拡散係数の取得実験は、短期間で取得されるため、コンクリートの中のC-S-Hの長期の変質とそれに伴う吸着等温線の変化(図2)を無視した実験結果となっており、実際の長期間にわたる拡散を表現するには不相当である。2)相対含水率の関数とした水分移動係数は物理化学的根拠を持たないので、精密化の余地がある。

本研究では中性子および¹H-NMR relaxometryを用い、水の分布、存在形態(結晶水ならびに様々な空隙中の水)、湿度を取得して、コンクリートの水分移動に関わるチャンピオンデータを取得する。また、水の逸散・吸水中のC-S-Hの変質速度を¹H-NMR relaxometryで定量評価した上で、長期間の乾燥挙動を評価できる数値解析モデルを構築し、コンクリートの長期変質速度予測を実現する。

3. 研究の方法

学術的独自性は、従来のコンクリート工学上のさまざまな物性予測モデルは多孔体や土質力学の概念を援用してきたが、水和物C-S-Hの処女乾燥下で顕在化するコロイド的性質の考慮を排除してきた。本研究での最大の特徴は、結晶構造的にも未解決のC-S-Hの水分移動に関わる諸物性を、C-S-Hの処女乾燥下でのコロイド的性質の時間依存性挙動に関連づけ、長期的な乾燥を評価可能な数値モデルを構築するところにある。特に、C-S-Hは、セメント粒子境界より外側に溶解・析出して生成する場合には、Outer product (略称 OP C-S-H)と呼ばれる疎な形態を生成し、処女乾燥下で変質する。C-S-Hの脱水に伴う変質と微細構造変化を定量化して数値モデルに実装する点に独自性がある。

4. 研究成果

まず、セメント系材料の水和と空隙構造の生成に明らかにした。過去100年近く研究がなされてきたが、セメントの水和生成物であるC-S-Hは、乾燥によって変質が生じて空隙構造が変化すること、そのために、水蒸気や窒素吸着によって測定される空隙がどのようなものか、また、真の表面がなにかについての議論はされてきたが実証的なデータは取得されてこなかった。本研究では、水和過程にあるさまざまなセメントペーストについて、¹H-NMR Relaxometryによって測定した比表面積、水蒸気吸着 BET 比表面積、窒素吸着 BET 比表面積を測定し、後者2つの表面がなにに生じるものかを明らかにした。まず、セメント系の中に生ずる表面は、結晶構造に近い状態の層間(チャンネルとしては0.6nm以下、空隙A)、次にC-S-Hの層間で比較的結晶としての積層が緩やかになっているもので1nm程度のもの(空隙B)、C-S-Hの層間であるが構造不整を有し2nm以上の大きさをもっているもの(空隙C)である。これらのうち、¹H-NMR Relaxometryではすべての表面が検出され、C-S-Hの比表面積は600~800m²/g程度の大きさを有する。次に、水蒸気吸着の試験では、空隙Bの一部および空隙Cが検出することができるのだが、前処理によって空隙Bの一部は乾燥によって層間が閉じて空隙Aに変化し、検出できなくなる。結果として、検出される比表面積は200mg/g程度になる。窒素吸着は、低温で測定することとプローブと

なる窒素に極性がないことから多くの空隙に入ることができない。空隙 C のうち、特に Outer Product と呼ばれ、未水和セメントのものと粒子表面より外側に析出して結晶成長した C-S-H の空隙部分のみ測定が可能であると考えられる。これらは、結果として 1H-NMR Relaxometry で測定される空隙 C とほぼ同様の量の比表面積となっている。(Kurihara & Maruyama CCR 2022) 次に乾燥時の空隙構造変化についてであるが、エーライトおよび普通ポルトランドセメントについて乾燥後に定期的に 1H-NMR Relaxometry を測定し、空隙構造の変化と乾燥の関係を明らかにした。その結果、上述の空隙 C (一般にはゲル空隙と呼ばれる) は相対湿度 80% 以下になるとその空隙から水がなくなる。また、それとともなって空隙構造は狭くなり、空隙 B (層間空隙) に変化する傾向があることがあきらかになった。さらに 80%RH 以下から層間空隙中から水分がなくなっていき、その最中で層間は小さくなっていくことが示された。ただし、ここでの結果は、Fast exchange モデルでの推定にとどまること、Ca イオン等の水和の影響について無視して議論をしているため、定性的な傾向は正しいと推察されるが層間の大きさについて絶対値の議論は難しくなると考えられる。なお、表面の吸着水の緩和速度 T2 は、相対湿度 23%RH において極小値をとり、それ以降の強い乾燥では大きくなることが確認されていることから、40%RH 以下においても空隙構造は層間距離の変化とともなって巨視的な構造も変化することが推察された。(Maruyama et al. CCR, 2022)(Maruyama et al. CCR, 2019) 水分移動において空隙構造変化を考慮すべきことが明確になったため、この影響を吸着等温線の時間依存性問題として捉える手法について検討した。乾燥による水分移動について、応力とひずみの関係のアナロジーを用い、弾性的脱水挙動と粘弾性的脱水挙動の 2 つを考慮したあらたな時間依存性吸着等温線モデルを世界で初めて提案した(図 1)。このことにより、相対湿度の中間湿度(40~80%RH)において脱水速度が極端に遅くなる挙動を表現することができ、脱水挙動を適切に評価することが可能となった(図 2)。ただし、この手法は、過去の履歴をすべて記憶する必要があり、1次元モデルなどにしか利用できない。今後は構造のクリープ評価問題と同様に以下にこれらを設計などにもできる程度に簡略化したモデルの開発などが課題である。(Rymes et al. CCR 2019)。

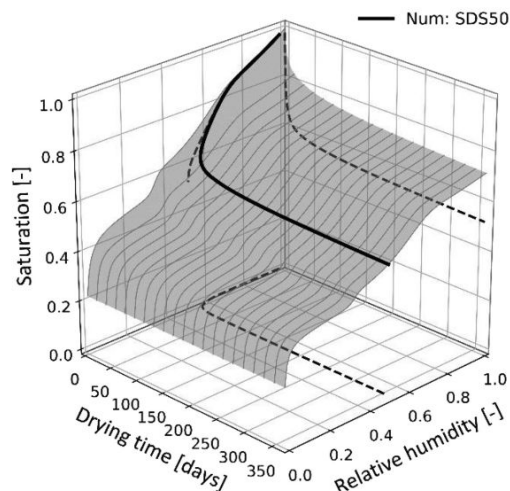


図 1 時間、湿度、含水率の 3 次元空間における水分の揭示変化

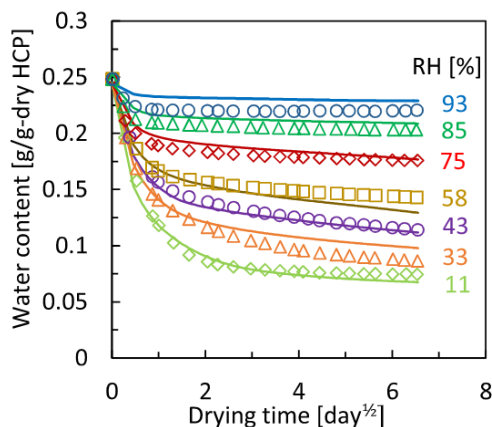


図 2 異なる湿度における脱水挙動の実験結果と予測結果 (Rymes et al. CCR 2019)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ryme Jiri, Maruyama Ippei, Aili Abudushalamu	4. 巻 150
2. 論文標題 Time-dependent water vapor desorption isotherm model of hardened cement paste	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106612 ~ 106612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2021.106612	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Maruyama Ippei, Fujimaki Tetsuya, Kurihara Ryo, Igarashi Go, Ohkubo Takahiro	4. 巻 156
2. 論文標題 Surface area changes in C3S paste during the first drying analyzed by 1H NMR relaxometry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106762 ~ 106762
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2022.106762	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Abdolhosseini Qomi Mohammad Javad, Brochard Laurent, Honorio Tulio, Maruyama Ippei, Vandamme Matthieu	4. 巻 148
2. 論文標題 Advances in atomistic modeling and understanding of drying shrinkage in cementitious materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106536 ~ 106536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/J.CEMCONRES.2021.106536	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Maruyama Ippei, Kishi Naoyai, Aili Abudushalamu	4. 巻 19
2. 論文標題 The Relative Humidity Range for the Development of Irreversible Shrinkage in Hardened Cement Paste	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 585 ~ 592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/jact.19.585	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kiran Rohith, Samouh Hamza, Matsuda Akira, Igarashi Go, Tomita Sayuri, Yamada Kazuo, Maruyama Ippei	4. 巻 19
2. 論文標題 Water Uptake in OPC and FAC Mortars under Different Temperature Conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 168 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/jact.19.168	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 GOTO So, UMEKI Shota, KURIHARA Ryo, MARUYAMA Ippei	4. 巻 75
2. 論文標題 EVALUATION OF ALTERNATION PORE STRUCTURE DISTRIBUTION IN ORDINARY/LOW HEAT PORTLAND PASTE CEMENT DURING FIRST DRYING AND RE-HUMIDIFYING PROCESSES BY NYTROGEN SORPTION	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cement Science and Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 144 ~ 151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14250/cement.75.144	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 SEGAWA Miki, GOTO So, KURIHARA Ryo, MARUYAMA Ippei	4. 巻 75
2. 論文標題 STUDY OF MICROSTRUCTURAL CHANGES IN HARDENED CEMENT PASTE USING LOW HEAT PORTLAND CEMENT DUE TO LONG TERM RH CONDITIONING	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cement Science and Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 152 ~ 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14250/cement.75.152	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maruyama Ippei, Igarashi Go, Matsui Kunio, Sakamoto Naoki	4. 巻 144
2. 論文標題 Hinderance of C-S-H sheet piling during first drying using a shrinkage reducing agent: A SAXS study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106429 ~ 106429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2021.106429	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Maruyama Ippei, Ohkubo Takahiro, Haji Tatsuto, Kurihara Ryo	4. 巻 137
2. 論文標題 Reply to Zhou et al.'s "A discussion of the paper "Dynamic microstructural evaluation of hardened cement paste during first drying monitored by 1H NMR relaxometry" "	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106219 ~ 106219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/J.CEMCONRES.2020.106219	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suwanmaneechot Piyapong, Aili Abudushalamu, Maruyama Ippei	4. 巻 132
2. 論文標題 Creep behavior of C-S-H under different drying relative humidities: Interpretation of microindentation tests and sorption measurements by multi-scale analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106036 ~ 106036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2020.106036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 UMEKI Shota, FUJIMAKI Tetsuya, YOKOUCHI Yuki, MARUYAMA Ippei	4. 巻 74
2. 論文標題 STUDY ON DISTRIBUTION OF DRYING AND HYDRATION IN MORTAR BY EARLY-AGE DEMOLDING RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE HUMIDITY, WATER CONTENT, AND HYDRATION REACTION	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cement Science and Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 90 ~ 97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14250/cement.74.90	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 UMEKI Shota, FUJIMAKI Tetsuya, YOKOUCHI Yuki, MARUYAMA Ippei	4. 巻 74
2. 論文標題 STUDY ON DISTRIBUTION OF DRYING AND HYDRATION REACTION IN MORTAR BY EARLY-AGE DEMOLDING VISUALIZATION OF WATER LOSS AND EVALUATION OF WATER CONTENT USING X-RAY CR	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cement Science and Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 82 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14250/cement.74.82	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤牧哲也, 丸山一平, 大竹淑江, 水田真紀	4. 巻 42(1)
2. 論文標題 中性子画像とX線画像によるモルタル吸水試験の比較評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本コンクリート工学会年次論文集	6. 最初と最後の頁 1648 ~ 1653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 P. Suwanmaneechot, A. Aili, I. Maruyama	4. 巻 132
2. 論文標題 Creep behavior of C-S-H under different drying relative humidities: Interpretation of microindentation tests and sorption measurements by multi-scale analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2020.106036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 R. Kurihara, I. Maruyama	4. 巻 106
2. 論文標題 Effects of heating and drying on the strength and stiffness of high-early-strength Portland cement pastes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Composite	6. 最初と最後の頁 103455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/J.CEMCONCOMP.2019.103455	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 I. Maruyama, J. Rymes, M. Vandamme, B. Coasne	4. 巻 51
2. 論文標題 Cavitation of water in hardened cement paste under short-term desorption measurements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials and Structures	6. 最初と最後の頁 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1617/s11527-018-1285-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 I. Maruyama, T. Ohkubo, T. Haji, R. Kurihara	4. 巻 122
2. 論文標題 Dynamic microstructural evolution of hardened cement paste during first drying monitored by 1H NMR relaxometry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 107-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2019.04.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 I. Maruyama, J. Rymes	4. 巻 17
2. 論文標題 Temperature dependency of short-term length-change and desorption isotherms of matured hardened cement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 188-194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/jact.17.188	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 栗原諒, 杉本裕紀, 丸山一平	4. 巻 41(1)
2. 論文標題 TWO TYPES OF C(A)SH IN THE HARDENED CEMENT PASTES USING LOW HEAT / ORDINARY PORTLAND CEMENT EVALUATED BY NITROGEN SORPTION	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 47-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Aili Abudushalamu, Maruyama Ippei, Vandamme Matthieu	4. 巻 21
2. 論文標題 Thermal Expansion of Cement Paste at Various Relative Humidities after Long-term Drying: Experiments and Modeling	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 151 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/jact.21.151	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Maruyama Ippei	4. 巻 7
2. 論文標題 Impact of drying on concrete and concrete structures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RILEM Technical Letters	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21809/rilemtechlett.2022.154	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kurihara Ryo, Maruyama Ippei	4. 巻 157
2. 論文標題 Surface area development of Portland cement paste during hydration: Direct comparison with 1H NMR relaxometry and water vapor/nitrogen sorption	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106805 ~ 106805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2022.106805	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kurihara Ryo, Maruyama Ippei	4. 巻 156
2. 論文標題 Revisiting Tennis-Jennings method to quantify low-density/high-density calcium silicate hydrates in Portland cement pastes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106786 ~ 106786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2022.106786	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 SEGAWA Miki, AILI Abudushalamu, MARUYAMA Ippei	4. 巻 76
2. 論文標題 STUDY ON DRYING SHRINKAGE PROPERTIES OF LOW HEAT PORTLAND CEMENT PASTE	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cement Science and Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 153 ~ 161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14250/cement.76.153	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Segawa Miki, Aili Abudushalamu, Maruyama Ippei	4. 巻 10
2. 論文標題 Comparison of shrinkage and mass change of hardened cement paste under gradual drying and rapid drying	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CEMENT	6. 最初と最後の頁 100047 ~ 100047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cement.2022.100047	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Maruyama Ippei, Sugimoto Hiroki, Umeki Syota, Kurihara Ryo	4. 巻 161
2. 論文標題 Effect of fineness of cement on drying shrinkage	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cement and Concrete Research	6. 最初と最後の頁 106961 ~ 106961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cemconres.2022.106961	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 瀬川実暉, 後藤壮, 栗原諒, 丸山一平
2. 発表標題 長期間の調湿による低熱ポルトランドセメントを用いた硬化セメントペーストの空隙構造変化
3. 学会等名 コンクリート工学年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 So GOTO, Shota UMEKI, Ryo KURIHARA, Ippei MARUYAMA
2. 発表標題 Evaluation of pore structure distribution in opc-hpc during first drying and re-humidifying processes by nitrogen sorption
3. 学会等名 コンクリート工学年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ippei Maruyama
2. 発表標題 Shrinkage of C3S paste associated with a dynamic microstructure change under the first drying
3. 学会等名 ERICA-CASH II Final Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ippei Maruyama
2. 発表標題 Impact of drying on performance of concrete and concrete structures
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Concrete And Steel Technology, Engineering and Design (CASTED 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗原諒, 杉本裕紀, 丸山一平
2. 発表標題 Relationship between nitrogen specific surface area and drying shrinkage of ordinary Portland cement paste
3. 学会等名 2019年度日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅木翔太, 神林大輔, 杉本裕紀, 栗原諒, 丸山一平
2. 発表標題 普通ポルトランドセメントを用いたセメントペーストの乾燥条件による物性変化 その2 処女乾燥および再吸湿時の収縮ひずみ, 曲げ強度
3. 学会等名 2019年度日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神林大輔, 梅木翔太, 杉本裕紀, 栗原諒, 丸山一平
2. 発表標題 普通ポルトランドセメントを用いたセメントペーストの乾燥条件による物性変化 その1 処女乾燥および再吸湿時の空隙構造変化
3. 学会等名 2019年度日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ROHITH KIRAN RAGATHARA GURRAPPAGARI, Ryo Kurihara, Ippei Maruyama
2. 発表標題 Rate of water redistribution in cement paste after water adsorption by using 1H-NMR relaxometry
3. 学会等名 2019年度日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kurihara Ryo, Sugimoto Hiroki, Maruyama Ippei
2. 発表標題 Quantification of two types of C-S-H in the Portland cement paste affected by cement Blaine value
3. 学会等名 第73回セメント技術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

名古屋大学大学院環境学研究科コンクリート工学研究室
<https://hp.nuac.nagoya-u.ac.jp/bmeste/>
 名古屋大学 大学院環境学研究科 コンクリート工学研究室
<https://hp.nuac.nagoya-u.ac.jp/bmeste/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	大竹 淑恵 (Ohtake Yoshie) (50216777)	国立研究開発法人理化学研究所・光量子工学研究センター・ チームリーダー (82401)	
研究 分 担 者	大窪 貴洋 (Ohkubo Takahiro) (50534541)	千葉大学・大学院工学研究院・准教授 (12501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関