

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	グローバルマルチスケールモデルによる無機-有機-地圏環境の強連成評価
研究機関・ 部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・教授
氏名	石田哲也

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	121,000,000	121,000,000	0	121,000,000	121,000,000	0	1,050
間接経費	36,300,000	36,300,000	0	36,300,000	36,300,000	0	0
合計	157,300,000	157,300,000	0	157,300,000	157,300,000	0	1,050

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	2,316,900	19,106,068	9,041,580	12,643,163	43,107,711
旅費	731,590	5,331,289	5,421,887	8,952,865	20,437,631
謝金・人件費等	0	11,441,474	18,336,113	15,694,071	45,471,658
その他	41,422	3,509,798	6,266,062	2,165,718	11,983,000
直接経費計	3,089,912	39,388,629	39,065,642	39,455,817	121,000,000
間接経費計	0	495,000	0	35,805,000	36,300,000
合計	3,089,912	39,883,629	39,065,642	75,260,817	157,300,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
自動滴定装置	平沼産業株式会社 COM-1700S	1	2,029,650	2,029,650	2011/3/29	東京大学
ワークステーション	Dell PrecisionT7500	1	994,535	994,535	2011/5/2	東京大学
X線回析装置のデータベース(消耗品)	島津ICDDデータベース PDF27-777ファイル	1	997,500	997,500	2011/5/17	東京大学
XRDリドベルト解析ソフトウェア(消耗品)	SIRQUANT	1	892,500	892,500	2011/6/1	東京大学
X線回析装置用オートサンプラ	島津ASC-1001	1	1,365,000	1,365,000	2011/7/15	東京大学
デスクトップPC	Dell PrecisionT7500	1	985,407	985,407	2011/8/1	東京大学
超臨界CO2試験装置	耐圧硝子工業 特注品	1	4,899,825	4,899,825	2011/11/10	東京大学
塩害実験用風洞	サンテクノロ ジー特注品	1	2,835,000	2,835,000	2012/2/20	東京大学
超臨界CO2試験装置用増設容器	耐圧硝子工業 特注品	2	962,010	1,924,020	2012/1/24	東京大学
ワークステーション	Dell PrecisionT7500	1	983,775	983,775	2012/6/4	東京大学
ワークステーション	HP Z820/CT	1	997,500	997,500	2012/8/13	東京大学
ガスクロマトグラフ (中古機)島津製	GCMS-QP2010	1	2,205,000	2,205,000	2012/10/31	東京大学
恒温恒湿器	IH400型	1	698,250	698,250	2012/11/8	東京大学
高強度コンクリート用コンプレッソメータ	CM-10H	1	945,000	945,000	2013/10/15	東京大学
スイッチボックス	ASW-50C	1	945,000	894,600	2013/11/5	東京大学
ミキサーミル	MM400	1	1,417,500	1,417,500	2013/11/15	東京大学
小径コア切断機	MIC-194-0-66	1	892,080	892,080	2013/12/9	東京大学

様式20

大型ふるい振とう機	MIC-110-1-11	1	950,250	950,250	2013/12/20	東京大学
ダイヤルゲージ式コンクリートコンパレーター	丸東製作所製	1	840,000	840,000	2014/1/30	東京大学

5. 研究成果の概要

地下空間における地盤および人工建造物の状態や動きを表現する数値解析モデルを組み立て、建造物の耐久性評価および重金属・油汚染土壌の環境影響評価を行う数値解析技術の構築を行った。ミクロな世界で繰り広げられる微生物の活動や物質移動・化学反応と、人間の生活圏や自然環境を含めた大規模空間における環境問題を直接結びつけて評価することが可能な先進的技術の開発に成功したものである。さらに二酸化炭素地下貯留施設の耐久性評価を念頭におき、超臨界CO₂に接したセメント系密閉材の物性を明らかにした。極めて短期間で通常環境の200%以上の強度を発揮することを見出し、CO₂を活用した新しい高強度・高耐久材料の開発に成功した。

課題番号	GR018
------	-------

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	グローバルマルチスケールモデルによる無機－有機－地圏環境の強連成 評価
	Global Multi-scale modeling of coupled inorganic, organic and geo-environment
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	東京大学・大学院工学系研究科・教授
	The University of Tokyo, School of Engineering, Professor
氏名 (下段英語表記)	石田哲也
	Tetsuya ISHIDA

研究成果の概要

(和文): ナノからキロメートルスケールをカバーする材料化学, 熱力学, 地球化学, 力学モデルを数値解析システムに実装し, 各現象の相互連成を考慮した 20 の支配方程式を解くことで, 構造物の性能と地盤環境の状態を時空間で予測可能とした。マルチスケール・マルチケモフィジックスに基づく一般化解析手法を提案することが出来た点に高い先進性や優位性がある。

また本研究は, セメント固化による重金属不溶化対策技術および微生物による石油汚染土壌浄化技術の評価を可能とした。さらに二酸化炭素貯留安定性評価, 放射性廃棄物バリア施設の超長期耐久設計, 地中インフラ施設の長寿命化に資するなど, 低炭素化社会に向けた様々な課題の解決に貢献できる。

(英文): This research proposed a numerical platform, which consists of multi-scale material models based on cement chemistry, thermo-dynamics, geo-chemistry and mechanics of cementitious materials. The platform enables us to predict structural performances and condition of geo-environment by solving twenty governing equations. The proposed method is a comprehensive and generalized method based on multi-scale and multi-chemo-physics, it is recognized as highly innovative and advanced technology.

The proposed method is able to simulate the stabilization and leaching process of hexavalent chromium from cement-solidified soil and bioremediation process of

様式21

oil-contaminated soil. In addition, it can be used for assessment of long-term stability of CCS facilities, ultra-long term durability design of nuclear waste barrier facilities and lifespan simulation of underground structures. The above engineering applications contribute to solve various problems toward a low-carbon society.

1. 執行金額 157,300,000 円
 (うち、直接経費 121,000,000 円、 間接経費 36,300,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

本研究は、自然地盤および地下水流れから構成される地下空間と、様々な気象作用・大気環境の影響を受けるコンクリート構造物・セメント系人工インフラを、マイクロ・メゾ・マクロの各スケールで代表する物理化学モデルにより計算機上に再現し、地圏環境評価、CO₂ 地下貯留安定性評価、ならびに地上・地中インフラ施設の耐久性予測を一括して扱うグローバルマルチスケール解析統合モデルの提案を行うものである。補助事業者が15年来開発を続けてきた無機複合材料と構造のマルチスケール解析技術を基盤として、新たに地球化学無機平衡・反応モデル、多孔体内熱エネルギー/物質輸送一般化モデル、有機生化学モデル、ならびにマルチスケール気象環境作用モデルを開発し、微視的事象を出発点とした、広域空間を対象とする数値解析評価を行う。従来、各分野で個別に検討されてきた先端的知見をマルチスケール型モデルの形式で統合することで、土壌・地盤環境問題、二酸化炭素地下貯留評価、地下空間施設の高耐久化・核種バリア機能保持評価、社会基盤インフラ施設の長寿命化といった工学上の各種課題を一括して取り扱う手法の構築を目指すものである。各研究項目は以下のとおりである。

(1) まず様々な地下環境のシミュレーションを行うために、地球化学に基づく無機平衡・反応モデル、多種共存イオン平衡・移動モデルの導入を行う。土壌汚染をもたらす重金属の安定性は、土壌内部のpHや酸化還元雰囲気、共存イオンの状態によって大きく左右される。また多様な酸・イオン組成を有する地下水に接したコンクリート構造物の長期耐久性(化学的侵食抵抗性)を評価するためにも地球化学コードの導入が必須である。従って本研究課題の第一の柱として、無機一般の平衡、溶解、反応、沈殿を取り扱う数値モデルをシステムに実装することを目指す。

(2) 解析モデルの取り扱う対象空間スケールを、地圏・水圏・大気圏を含む数キロメートルオーダーに拡張した大規模計算アルゴリズムの開発を目指す。セメント系固化地盤・無機複合材料(10^{-9} ~ 10^{-4} [m]スケール)ーコンクリート構造(10^{-3} ~ 10^1 [m])ー地圏、水圏、大気圏を含む周辺環境(10^2 ~ 10^4 [m])の全てを実装可能な大規模数値システムへと拡張を図る。続いて、気象観測データと地形データを組み合わせた既存の数値気象モデルを活用し、コンクリート構造物への環境作用のモデル化について検討を行う。

(3) 二酸化炭素地下貯留施設の安定性を評価するために、超臨界CO₂の物性モデルを熱力学連成解析システムに導入し解析検討を行うとともに、超臨界CO₂環境におけるセメント系材料の劣化・変性現象に関する機構解明と物性変化について検討を行う。

(4) 微生物による汚染土壌浄化プロセスを定量的に取り扱うために、微生物生化学/有機物分解反応モデルの導入を行う。汚染土の浄化(バイオレメディエーション)や有機物分解プロセスを取り扱うために、反応因子をパラメータとした実験的研究と微生物活動を記述するモデル開発および好気分解反応解析システムの構築を行う。さらに、微生物を活用した実フィールドでの適用を見据え、中・大規模実験による有機物分解反応検証解析を行う。

(5) 地下空間における物質拡散・移流現象を評価するために、土粒子間液相・気相・イオン移動と、ひび割れを含むセメント硬化体中の物質移動について、両者を一括して評価するモデルの構築を行う。本研究では多孔体の幾何構造、移動場壁面との電気的・物理的相互作用、ならびに様々な

水頭・濃度勾配下での移流拡散則の構築に挑むものである。また構造物のひび割れを物質移動場の特性として与えるのではなく、ひび割れ発生そのものを追跡する手法の開発に取り組む。以上のモデルを駆使しながら、最終的な検証として地下インフラの性能評価解析を実施する。

4. 研究計画・方法

(1)既存の数値解析システムに対して、地球化学コード PHREEQC を組み込み、複数種イオンの平衡・反応・溶解沈殿モデルの構築を目指す。汚染土壌中の重金属の固定化・不溶化から、地下水に接したセメント系材料の変性・劣化までを扱うことが可能な一般化手法の構築を目指す。

(2)数キロメートルオーダーの空間を対象とした大規模計算を行うために、数十万節点以上の解析処理の高速化を実現するマトリックス演算アルゴリズムと、プレ・ポスト解析処理システムの整備を行う。さらにコンクリート構造物への環境作用のモデル化として、気象庁・アメダスのデータおよび国土交通省ナウファスにより提供される情報から、エアロゾル海塩流の発生・輸送量を予測する手法の開発を行う。

(3)二酸化炭素地下貯留技術(CCS)の評価を念頭に置き、超臨界 CO₂ の接したセメント系材料の安定性評価について検討を行う。はじめに超臨界 CO₂ の状態方程式を組み上げると同時に、溶解度、拡散係数などの物性をモデルに組み込み、数値解析による評価を実施する。続いて超臨界 CO₂ に暴露したセメント系材料の中性化進行、硬化体組織分析および強度試験を行い、過酷環境下での材料の劣化・変性進行を定量化する共に解析モデルの検証、パラメータ同定を行う。

(4)好気性微生物増殖・死滅モデルと熱・水・酸素移動モデルを連成させることで、石油汚染地盤のバイオレメディエーション過程を追跡する数値解析技術の提案を行う。石油汚染土壌の分解プロセスを定量化するための実験を行うとともに、カラム試験といった小型供試体の挙動から、フィールドでの現場適用試験といった大規模な事例を対象に、数値解析手法の妥当性検証を行う。

(5)ナノメートルからミリメートルスケールを包含するマルチスケール空隙場での水分およびイオンに関する移流拡散一般化則の構築を行う。移動媒体内部の組織構造と電気的特性を考慮した移動モデルを定式化する。さらにコンクリート構造物の物質移動特性ならびに耐久性に影響を及ぼす微細き裂、ひび割れの発生予測手法と、ひび割れ場で加速される物質移動・劣化現象を強連成し、実験室のみならず実地下構造物の劣化進行解析を行う。

5. 研究成果・波及効果

本研究では、一つのプラットフォーム上に、ナノメートルスケールからキロメートルスケールをカバーする 20 の支配方程式、400 超のグローバル共有変数、数十の材料化学、熱力学、地球化学、力学モデルを実装し、それらの相互連成を考慮することで若材齢の固体形成から、長期の地圏環境を含むインフラ空間の性能予測を行うことが可能となった。材料組成、構造諸元、地盤条件、施工条件、環境条件などを入力するのみで、時々刻々と変わる構造物の性能と地盤環境の状態を予測可能なシステムの構築に成功したものである。事前のパラメータフィッティングを必要としない、マルチスケール・マルチケモフィジクスに基づく一般化解析手法を提案することが出来たということは、微視的なメカニズムやサイエンスに立脚した知見を、エンジニアリングとして活用する基盤技術が実現したといえる。ここに高い研究の先進性や優位性がある。以上の点は、他の国内外の

研究と一線を画す点であり、当該分野を大きくリードする先駆的な研究であると認識している。

また本研究は、六価クロムなどの重金属汚染とセメント固化などによる不溶化対策処理技術の評価、あるいは微生物による石油汚染土壌の浄化技術の評価を、様々な条件に対して実施する数値解析技術の提案を行っている。環境影響評価と対策技術の評価を客観的に行うことができるため、リスクとコストを天秤にかけた環境再生による社会的・経済的価値の創出につながる。

さらに二酸化炭素貯留安定性評価、漏洩キャッピング材の高耐久化・長寿命設計の実現、放射性廃棄物バリア施設の超長期耐久設計、地中インフラ施設の長寿命化に資するなど、低炭素化社会に向けた様々な課題の解決に貢献できる。

各研究項目についての具体的な成果は以下に列挙される。

(1)水硬性材料の硬化・形成・劣化を司る既存の熱力学モデルと、地球化学コード PHREEQC をプラットフォーム上で統合させることによって、熱エネルギー、水、二酸化炭素、酸素の移動・平衡・反応に加え、12 種類のイオン移動・平衡・反応モデル、系内の相変化に基づく空隙構造形成モデル、および酸化還元電位評価モデルの実装に成功した。本モデルについては、幅広い条件に対して適用性があることを実証すると共に、様々な地下水組成に暴露した場合のセメント水和物の変性現象を追跡可能であることを明らかにした。成果は複数の査読付き国内・国際学術誌に掲載されるとともに、RILEM(国際材料構造試験研究機関・専門家連合)主催の国際ワークショップにおいて、Runner-up Best Paper Award を得ている。また六価クロムを対象として、重金属汚染土壌の環境影響評価と対策効果の評価を試みた。地盤材料およびセメント硬化体内部の六価クロムに関する質量保存則を組上げて、ナノからミリメートルスケールを包含するクロム移流拡散則の定式化を行った。また系統的な詳細試験によって、セメント水和物の固定化メカニズムを明らかにすると同時に、水酸化カルシウムおよびカルシウムシリケート水和物への吸着とモノサルフェート水和物への固溶を考慮してクロムの固液平衡関係をモデル化することに成功した。六価クロムモデルの提案と実験による検証については、2012 年にセメント協会より優秀講演者賞を得るとともに、また国際会議 SCMT3 において Award Winning Papers として選出されている。

(2)Open MP と MPI の両者を用いた独自のハイブリッド並列化処理アルゴリズムを開発することに成功した。それに加えてメモリ効率の大幅な改善を行うべくソースコードを書き換えた結果、OS が 32bit 版の場合には 20 億自由度まで計算可能とし、64bit 版においては、ソフトウェア上の制限が一切かからないものへと大幅にアップグレードするに至った。その結果、実際の周辺温湿度環境と施工手順を与えた構造物フルスケールでのひび割れ進展解析(約 450 万自由度)や、数キロメートルの領域を対象とした不溶化汚染地盤からの六価クロム溶出解析(約 114 万自由度)が可能となった。またコンクリート構造物への環境作用のモデル化として、一般に公開される気象情報から、エアロゾル海塩粒子の発生・輸送量を与える手法の提案を行った。この算定値と、現地暴露試験および過去の暴露試験データベースとを比較し、概ね現象が再現されることを示した。

(3)超臨界 CO_2 の状態方程式、溶解度、拡散係数などの物性に関するモデルを構築し、数値解析プラットフォームに組み込むことで、大気圧環境のみならず超臨界 CO_2 に作用したセメント系材料の状態・性能を予測する手法の構築に成功した。続いて解析検証また基礎的なメカニズムを理

解するための実験として、超臨界 CO₂ に暴露したセメント系材料の中性化進行および物性変化（圧縮強度と空隙率の変化）について検討を行ったところ、全く予想しない意外な結果が得られた。超臨界 CO₂ に暴露することで通常のセメント系材料よりも同一材齢において2倍強の圧縮強度が発揮されることが明らかとなった。従来、多量のセメントを使用して初めて実現する強度レベルが、通常のコンクリート配合で容易にかつ極めて短期間のうちに達成することが明らかとなったのである。高強度化するメカニズムを詳細に分析したところ、炭酸化で生じる CaCO₃ が特に 100nm 付近の空隙を充填し全空隙量をほぼ半減させ、組織を緻密化することで高強度化することが分かった。多量のセメントを使用する水セメント比 20% といった超高強度コンクリートレベルのものと比較しても、空隙構造が顕著に小径化・緻密化しており、超臨界 CO₂ 環境下に特有な強度発現メカニズムであることが示唆された。二酸化炭素を有効活用した高強度・高耐久材料実現の途を拓く研究成果を得た。本研究課題について、2012年にセメント協会より優秀講演者賞を得ている。

(4) 共同研究先であるタイ・タマサート大学において、垂直型自己切返し反応槽を用いた有機物分解プロセスの実証試験に成功した。重力のみを活用した自己切返し反応槽を、実際のスケールや手順を想定した有機物分解処理に対して適用し、一年を通じて温暖なタイの気候を活かした新しい処理システムの提案を行ったものである。これらの研究成果については、2編の査読付き国際ジャーナルに掲載されている。また原位置バイオレメディエーションによる油汚染土壌の分解プロセスを定量化するために、油分濃度、温度、含水量を変化させたシリーズで実験を行い、微生物分解反応モデルのパラメータの同定を行った。さらに微生物分解モデルを数値プラットフォームに実装し、小型供試体から原位置油分分解試験までを統一的な取り扱いで評価可能な手法を構築した。酸素が十分に供給されるスラリー実験、10 cmの土壌カラムを連結したカラム試験、および酸素除放剤を注入井戸より投入しモニタリング井戸内の TPH を測定した現場適用実験に対して、各々の条件に則した FEM 解析を行った結果、油分の分解過程を再現することに成功した。

(5) マルチスケール空隙場での水分ならびにイオンに関する移流拡散一般化則の構築に成功した。壁面との電気的作用および摩擦作用を様な形で考慮し、緻密な多孔体に特徴的な塩化物イオン浸透現象の的確な予測に成功した。また高いイオン遮蔽性能を有する高炉コンクリートについて、内部水和物の組織構造とイオン拡散現象を加味することで、水和による硬化反応を精度良く与えるモデルの構築に成功した。この成果を含めた研究論文に対しては、日本コンクリート工学会より論文賞が与えられ、研究の独創性と工学的有用性について高い評価がなされている。さらに水分・イオンなどの物質移動を加速させるひび割れ発生・進展を予測するため、幅広い配合条件に対して高精度の出力値を与える収縮モデルの再構築、拘束を受ける部材のひび割れ発生と進展、ひび割れ場で加速される物質移動の強連成等について検討を行い、小型材料供試体レベルからフルスケール構造物までを一括して解く数値解析技術の確立に成功した。以上の成果については学術的な新規性が認められ、土木学会論文賞が与えられている。以上のモデルを組み合わせ、地中構造物の長期耐久性シミュレーションへと活用した。供用開始から40年強経過した鉄道シールドトンネルを対象として、鉄筋コンクリートセグメント内部の鋼材腐食進展とひび割れ発生予測を行い、構造物の最適な補修時期を提案することができた。

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 39 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 20 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Yao LUAN, 石田哲也, 名和豊春, 佐川孝広: 内部水和生成物の組織構造に着目した高炉セメントの複合水和発熱モデル, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.33, No.1, pp.71-76, 2011 2. 石田哲也, 河畑充弘, 丸山明, 土屋智史: 構造物実測データと劣化予測手法を組み合わせた地下鉄トンネルの維持管理マネジメントシステム, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.33, No.2, pp.1507-1512, 2011 3. Koichi MAEKAWA, Nobuhiro Chijiwa and Tetsuya ISHIDA: Long-term deformational simulation of PC bridges based on the thermo-hygro model of micro-pores in cementitious composites, Cement and Concrete Research 41 (2011) 1310-1319 4. Tetsuya ISHIDA, Yao LUAN, Takahiro SAGAWA and Toyoharu NAWA: Modeling of early age behavior of blast furnace concrete based on micro-physical properties, Cement and Concrete Research 41 (2011) 1357-1367 5. Yao Luan, Tetsuya Ishida, Toyoharu Nawa and Takahiro Sagawa: Enhanced Model and Simulation of Hydration Process of Blast Furnace Slag in Blended Cement, Journal of Advanced Concrete Technology, 10(1) 1-13, 2012 6. Praj-ya Sungsomboon, Taweep Chaisomphob, Tetsuya Ishida and Chira Bureecam: Implementation of a new composting technology, serial self-turning reactor system, for municipal solid waste management in a small community in Thailand, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 34(1) 109-115, Jan.-Feb. 2012 7. Yao LUAN, 石田哲也: Simulation of shrinkage behaviors based on early age hydration and moisture state in pore structure, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.34, No.1, 448-453, 2012 8. 高橋佑弥, 石田哲也, 岸利治: 低水セメント比領域に着目したコンクリート中の塩分浸透および液状水移動に関する熱力学連成解析の高度化, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.34, No.1, 796-801, 2012 9. Yogarajah ELAKNESWARAN and Tetsuya ISHIDA: Coupled physical and geochemical model for external sulfate attack in concrete, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.34, No.1, 754-759, 2012 10. 石田哲也, 埴岡沙紀, 北篤佳, Ho Thi Lan Anh, 松田芳範: 現地観測に基づく飛来海塩粒子の発生・輸送モデルの検証とモルタル内部への塩分浸透量の評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.12, 113-120, 2012 11. 石田哲也, Luan Yao: 水和収縮と細孔内水分の形態に立脚した収縮駆動モデルの再構築, 土木学会論文集 E2, Vol.68, No.4, 422-436, 2012 12. Praj-ya Sungsomboon, Taweep Chaisomphob, Nattakorn Bongochgetsakul and Tetsuya Ishida: Pilot-scale tests of an innovative 'serial self-turning reactor' composting technology in Thailand, Waste management and research, 31 (1), 1-11, January 2013 13. ELAKNESWARAN Yogarajah, 石田哲也: ENHANCED PHYSICO-CHEMICAL-GEO-CHEMICAL MODEL COUPLED WITH MICRO-PORE STRUCTURE MODIFICATION TO EVALUATE CEMENTITIOUS MATERIALS IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.35, No.1, 799-804, 2013 14. Luan Yao, 石田哲也: A two-phase absorption model and simulation on the water absorption of cracked ECC, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.35, No.1, 805-810, 2013 15. 高橋佑弥, 石田哲也, 山本努, 小椋紀彦: 塩害環境下にある地下シールドトンネルの漏水履歴推定と鋼材腐食解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.35, No.1, 835-840, 2013 16. ELAKNESWARAN Yogarajah and Tetsuya ISHIDA: Integrating Physicochemical and Geochemical Aspects for Development of a Multi-scale Modeling Framework to Performance Assessment of Cementitious Materials, Multi-scale Modeling and Characterization of Infrastructure Materials, Niki Kringos, Bjorn Birgisson, David Frost, Linbing Wang (Editors), 63-78, RILEM BOOKSERIES Volume 8, Springer, 2013
------------------------	---

<p>17. Luan Yao, Tetsuya ISHIDA: Enhanced Shrinkage Model Based on Early Age Hydration and Moisture Status in Pore Structure, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.11, 360-373, 2013</p> <p>18. 高橋佑弥, 石田哲也: 熱力学連成解析によるセメント改良体の六価クロム不溶化・溶出過程の解析, セメントコンクリート論文集, Vol.67, pp.472-479, 2014.2</p> <p>19. 高橋佑弥, 石田哲也, 岸利治: 微小空隙中の塩化物イオン・液状水移動に着目したセメント硬化体の遮塩性能評価モデル, 土木学会論文集 E2, Vol.70, No.1, pp.118-133, 2014.3</p> <p>20. Yogarajah ELAKNESWARAN, Tetsuya ISHIDA: Development and Verification of an Integrated Physicochemical and Geochemical Modelling Framework for Performance Assessment of Cement-Based Materials, Journal of Advanced Concrete Technology, Volume 12, 111-126, 2014</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 12 件</p> <p>1. 石田哲也: 新幹線構造物の耐震設計と被災状況 -技術は改良と検証によって進化する-, SUR (Sustainable Urban Regeneration) Vol.10, 18-21, 2011.5</p> <p>2. 高橋佑弥, 石田哲也: マルチスケール熱力学連成解析システムによる不溶化処理を行った六価クロム汚染土の溶出解析, 地盤工学研究発表会 第 46 回, 2011, pp.2067-2068</p> <p>3. 名和豊春, 石田哲也, 入江正明, 梅村靖弘, 蔵重勲: 土木学会 333 委員会(混和材料を使用したコンクリートの物性変化と性能評価研究小委員会)における活動成果報告, コンクリート工学, Vol.49, No.10, 3-8, 2011.10</p> <p>4. 石田哲也: セメント系複合材料と構造における脆弱性と頑健性, SUR (Sustainable Urban Regeneration) Vol.12, 18-21, 2011.12</p> <p>5. 蓑毛宏明, 石田哲也, 高橋佑弥: 超臨界 CO₂ と接したセメントペーストの炭酸化進行モデルの構築, 第 66 回セメント技術大会講演要旨, 134-135, 2012.5</p> <p>6. 高橋佑弥, 石田哲也: セメントペーストによる六価クロム固定量試験と熱力学連成解析を用いた不溶化汚染土の溶出解析, 第 66 回セメント技術大会講演要旨, 232-233, 2012.5</p> <p>7. 石田哲也, 高橋佑弥: マルチスケール熱力学連成解析システムによるセメント改良地盤からの六価クロム溶出影響評価, 環境安全(ISSN 0910-125X), 135, 3-8, 2012.12</p> <p>8. ELAKNESWARAN Yogarajah, 石田哲也: APPLYING COUPLED PHYSICO-CHEMICAL AND GEO-CHEMICAL MODELS TO SIMULATE CEMENT-BENTONITE INTERACTION, 第 67 回セメント技術大会講演要旨, pp.44-45(2013)</p> <p>9. LUAN Yao, 石田哲也: 二相系吸水モデルによるひび割れを有する ECC の吸水解析, 第 67 回セメント技術大会講演要旨, pp.244-245(2013)</p> <p>10. 追立賢太, 石田哲也, Piotr Gonera: 超臨界二酸化炭素に接したセメント系材料の物性変化, 第 67 回セメント技術大会講演要旨, pp.324-325(2013)</p> <p>11. 高橋佑弥, 石田哲也: 熱力学-地球化学連成解析システムによる様々な酸化還元環境下の六価クロム溶出解析, 第 67 回セメント技術大会講演要旨, pp.332-333(2013)</p> <p>12. 石田哲也: コンクリート構造物の性能予測技術の現状と展望, 特集/インフラの状態評価と将来予測の最前線, 土木学会誌, Vol.98, No.11, 24-25, 2013.11</p> <p>(未掲載) 計 7 件</p> <p>1. 蓑毛宏明, 石田哲也, 石川智行: 飛来塩分作用下におけるコンクリート表面での塩化物イオン流束モデル, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, 2014(掲載決定)</p> <p>2. 高橋佑弥, Yogarajah Elakneswaran, 林政典, 石田哲也: 空隙壁面の電気的性状を考慮した拡散モデルによるモルタルの塩化物イオン浸透解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, 2014(掲載決定)</p> <p>3. 追立賢太, 石田哲也, 樋口隆行, Piotr Gonera: 超臨界 CO₂ を作用させたセメント系材料の高強度発現と空隙構造の変化, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, 2014(掲載決定)</p> <p>4. 米田大樹, 石田哲也, 前川宏一, Esayas Gebreyouhannes: 細孔内水分状態と教連成させた準微細ひび割れモデル, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, 2014(掲載決定)</p> <p>5. Yao Luan, Tetsuya Ishida: Simulation on water adsorption behavior of ECC material with different crack status, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, 2014(掲載決定)</p> <p>6. Yogarajah ELAKNESWARAN, Tetsuya ISHIDA: Chemical Evolution of Cement-based materials in Sodium and Magnesium Sulfate Solutions, コンクリート工学年次論文報告集,</p>
--

	<p>Vol.36, 2014(掲載決定)</p> <p>7. 木ノ村幸士, 石田哲也: 高温負荷による各種モルタル硬化体の物性変化, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, 2014(掲載決定)</p>
<p>会議発表 計 18 件</p>	<p>専門家向け 計 18 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tetsuya ISHIDA: Multi-scale and multi-chemo-physical modeling of cementitious composites and its application to performance assessment of underground infrastructures, International Workshop on Structural Life Management of Underground Structures, Daejeon, Korea, 2011.10 (Invited). 2. 石田哲也: 高炉セメントを用いたコンクリートの各種物性とモデル化、鉄鋼スラグ協会第9回技術講演会、東京、2011.11(招待講演) 3. Yao Luan and Tetsuya ISHIDA: Simulation of autogenous and drying shrinkage based on micro-pore structure and thermodynamic states of internal moisture, International Conference on Recent Advances in Nonlinear Models – Structural Concrete Application (CoRAN 2011), Portugal, 2011.11 4. Luan, Y. and Ishida, T.: Simulation of autogenous and drying shrinkage based on micro-pore structure and internal moisture states, Proceedings of the 2nd International Conference on Microstructural- related Durability of Cementitious Composites – Microdurability 2012, Amsterdam, Netherlands, Apr. 2012 5. Yogarajah ELAKNESWARAN and Tetsuya ISHIDA: Development of a physical and geochemical model for long-term performance of cementitious materials, The 8th International Symposium on Social Management Systems SSMS2012, Kaohsiung, Taiwan, May, 2012. 6. Hayato IKOMA, Taiju YONEDA and Tetsuya ISHIDA: Modeling of diffusive and advective transport of ionic species in cemented soil, The 11th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega City in Asia, Ulaanbaatar, Mongolia, Oct, 2012. 7. Tetsuya ISHIDA and Yogarajah ELAKNESWARAN: Development of a coupled physicochemical and geochemical model and its application to performance assessment of cementitious materials in aggressive environment, Internal Workshop on Structural Life Management of Underground Structures, Korea, Oct, 2012 (Invited) 8. Hiroaki Mino, Tetsuya Ishida and Yuya Takahashi: Thermodynamic modeling of carbonation of cementitious materials in contact with supercritical CO₂, International Conference on Greenhouse Gas Technologies (GHGT-11), Kyoto, Japan, Nov., 2012 9. Hiroaki MINOO, Tetsuya ISHIDA, Gonera Piotr STANISLAW: Thermodynamic Modeling of Carbonation of Cementitious Materials in Contact with Supercritical CO₂, First International Conference on Concrete Sustainability, 27-29 May 2013, Tokyo, Japan 10. 高橋佑弥, 石田哲也: 熱力学連成解析システムによる六価クロム汚染土のセメント不溶化・溶出過程の解析, 第 19 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.446-451 (2013) 11. Tetsuya ISHIDA and Yao LUAN: An improved multi-scale model and numerical simulation of shrinkage behaviors of concrete materials at early age, 5th Biot Conference on Poromechanics, July 10-12, 2013, Vienna, Austria 12. Taiju YONEDA, Tetsuya ISHIDA, Koichi MAEKAWA, Esayas Gebreyouhannes, Tetsuya MISHIMA: Simulation of early-age cracking due to drying shrinkage based on a multi-scale constitutive model, 5th Biot Conference on Poromechanics, July 10-12, 2013, Vienna, Austria 13. Yuya TAKAHASHI and Tetsuya ISHIDA: Modeling of chloride ion ingress and liquid water movement in mortars and concretes with low water-to-cement ratio, Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies – SCMT3, August 18-21, 2013, Kyoto

	<p>14. Tetsuya ISHIDA and Yuya TAKAHASHI: Modeling of coupled mass transport and chemical equilibrium in cement-solidified soil contaminated with heavy metal ion, Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies – SCMT3, August 18–21, 2013, Kyoto</p> <p>15. ELAKNESWARAN Yogarajah and Tetsuya ISHIDA: Durability of cementitious materials under combined sulfate attack and leaching: development and application of a coupled physiochemical and geochemical model, Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies – SCMT3, August 18–21, 2013, Kyoto</p> <p>16. Yao Luan and Tetsuya Ishida: Simulation on water absorption behavior of cracked ECC material based on a two-phase absorption model, CONSEC13 – Seventh International Conference on Concrete under Severe Conditions – Environment and Loading, 23–25 September 2013, Nanjing, China.</p> <p>17. Yao Luan and Tetsuya Ishida: NUMERICAL SIMULATION ON THE BIOREMEDIATION OF OIL CONTAMINATED SOIL USING A MICROBIOLOGICAL REACTION MODEL, SSMS13 The 9th International Symposium on Social Management Systems, 2–4 December 2013, Sydney, Australia.</p> <p>18. Yao Luan and Tetsuya ISHIDA: Numerical Simulation on Oil Bioremediation of In-situ Soil Using a Microbial Model, 24th Annual International Conference on Soil, Water, Energy, and Air, 17–20 March, 2014, San Diego, California.</p> <p>一般向け 計 0 件</p>
<p>図 書 計 2 件</p>	<p>1. 石田哲也著, はるお作画, トレンド・プロ制作, 「マンガでわかるコンクリート」, オーム社, 2011, 189 ページ, ISBN-10: 4274068609, ISBN-13: 978-4274068607</p> <p>2. C3 クリップボード[コンクリート化学編], 社団法人セメント協会, 2013(分担執筆)</p>
<p>産業財産権 出願・取得 状況 計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件 (出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>http://concrete.t.u-tokyo.ac.jp/jisedai_ishida/index.html</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>2012年1月13日の午後, 山梨県立都留高等学校 SSH コースの1年生80名および2年生67名の計147名に対して, 「大学における研究とは何か」「我が国の科学技術と今後の社会について」「高校時代の勉学と将来のキャリアについて」などについて講演を実施し, 講演後まとまった時間を割いて高校生との対話を実施した。</p> <p>2012年8月6日に, 山梨県立都留高等学校 SSH コース2年生51名に対して, 東京大学にてオープンキャンパスを実施し, 最先端の研究事例の紹介, 本郷キャンパス内ツアー, 研究室見学(コンクリート研, 橋梁研, 地盤研)を行った。</p> <p>2012年9月28日には, 同じく都留高等学校 SSH コースの1年生232名に対して, 「鶴高校で学んだことと大学での先端研究」と題して講演を実施した。</p> <p>2013年8月5日に, 山梨県立都留高等学校 SSH コース2年生43名(引率教諭2名)に対して, 東京大学にてオープンキャンパスを実施し, 最先端の研究事例の紹介, 本郷キャンパス内ツアー, 研究室見学(コンクリート研, 橋梁研, 地盤研)を行った。</p> <p>2013年8月7日には, 東京大学の企画「東大の研究室をのぞいてみよう」の一環として研究室公開を実施し, 群馬県立桐生高校の生徒3名に対して研究紹介を行った。</p> <p>2013年8月8日には, 東大オープンキャンパス2013工学部コースの企画として, 各地より集まった27名の高校生に対し最先端の研究の説明を行った。</p>

様式21

	2013年9月27日には、都留高等学校の1年生240名に対して、「都留高校で学んだことと大学での先端研究」と題して、都留高等学校にて講演を実施した。
新聞・一般雑誌等掲載計4件	<ol style="list-style-type: none"> 1. セメント新聞, 2013年(平成25年)3月18日, 13頁, 土木学会コンクリート委員会特集「セメント系構築物と周辺地盤の化学的相互作用研究小委員会」 2. しんこう-Web 地域建設業のためのウェブマガジン, 「建設産業の歴史と文化 ~コンクリート編」, http://www.shinko-web.jp/recall/000217.html 3. 月刊ダム日本, インタビュー「ダムの今」 ー何か起きたときのリスクのあるシナリオをきちんと一般の人に伝えていかないとー, 60-74, 2013.6 4. ギズモードジャパン, 「えっ、家庭のゴミがコンクリートになるの？超身近な奇跡の材料について東京大学コンクリート研究室で聞いてきた」, 2014.03.25 http://www.gizmodo.jp/2014/03/post_14027.html
その他	

7. その他特記事項

なし。