

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02856

研究課題名（和文）マイクロスケール実験を活用した社会インフラ維持管理分野の初学者リカレント教育実践

研究課題名（英文）Study on recurrent education for beginners of infrastructure maintenance using microscale experiments

研究代表者

伊藤 大輔（ITO, DAISUKE）

横浜国立大学・大学院工学研究院・特別研究教員

研究者番号：90436759

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は初学者・非技術者のための維持管理に必要な基礎知識・一般的技術知識の体系化（さびの基礎知識、さびの事例解析、さびの予測・検査技術、さびの防止・補修技術、構造物の寿命・リスクの基礎知識）を行うとともに各技術の重点項目の炙り出し、そのマイクロスケール実験教材化、それを活用した講座の実施による教育効果・実適用性を検証した。

成果として、開発された7種類の腐食防食関連マイクロスケール実験教材を対面式の講座において、少人数または個別教育のツールとして、これまでの通常の実験教材と同等またはそれ以上の教育効果があることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、マイクロスケール実験教材を活用した教育は、主に小中高の理科や化学実験の中で実践されており、本テーマのように、社会人リカレント教育への適用は皆無であった。また、テーマとして設定された金属の腐食防食現象の理解は、より実務的な内容であった。したがって、学生に対する一般的科学現象ではなく社会人に対する専門的科学現象という新たな教育実践の検証であった。成果としては、専門的な内容であっても基本現象の組み合わせであり、その1つ1つを理解できる教材であれば、社会人に対しても十分教育効果があることが実証された。

研究成果の概要（英文）：This research is the development of experimental teaching materials for basic knowledge necessary for maintenance for beginners and non-engineers. The targeted issues are basic knowledge of rust, case analysis of rust, rust prediction and inspection technology, and rust prevention and repair technology.

Microscale experimental teaching materials were applied to the experimental lectures.

As a result, the seven types of corrosion-related microscale experimental teaching materials developed were used in face-to-face courses as a tool for small-group or individual education, and had an educational effect equal to or higher than that of conventional experimental teaching materials.

研究分野：教育工学

キーワード：マイクロスケール実験 腐食防食 リカレント教育 実験教育 社会インフラ 維持管理 技術者教育

1. 研究開始当初の背景

社会インフラの維持管理は、その構造物の材料・建設・運用面に関連する土木工学、建築工学、機械工学、材料工学、化学工学等の各専門技術が集結し対応して初めて長寿命化が達成される。また、技術を継承し次世代へ継続させるためには、それらの各専門家でも難しいため、ましてや文系出身者(非技術者)では対応できない。一方で、実際の組織や団体に維持管理を推進するためには、専門技術者だけではなく計画・予算などの最終決定権を握る幹部・経営及び予算を動かす事務系担当者等が、その重要性や優先順位を十分理解しなければならない。しかし、一般的にはそれらを担う担当者は文系出身者が多く、実際の対策技術、それに伴う費用等の合理性を判断できていないため未来への対策がなかなか進まない現状がある。このような社会的背景と将来的重大課題解決を見据え、経年劣化現象の根幹とされる「さびの発生とその防止」に焦点をあて、その理解と対策への道筋を一般的な社会人でも習得できるリカレント教育法および理解の定着のため実験教育法を適用させることに着目した。そこで本研究では、維持管理の要素技術である【さびの基礎知識】、【さびの事例解析】、【さびの予測・検査技術】、【さびの防止・補修技術】、【構造物の寿命・リスクの基礎知識】に関して初学者・非技術者が総合的に学べるリカレント教育カリキュラム・実験教材の開発を試みる。さらに、これを適用した職種・レベル別総合教育モデルの構築を進め講座実施による教育効果の検証を行い、学術的検証に基づく社会人の総合的リカレント教育モデルの確立を目指す。この実験には、学習者の自己・反復学習が可能なマイクロスケール実験教材を新規に作製し積極的に活用する。通常、維持管理に関する技術分野は、マニュアル化やコンピュータ管理された内容では伝えられない熟練技術者や匠が持つ技術¹⁾、²⁾である。海外の研究事例においても技術伝承の文化的差異の考察³⁾がなされているだけで、初学者・非技術者に対しての教育効果を向上させるために、マイクロスケール実験を取り入れた自己学習・反復学習が可能な実験教育教材の開発・研究事例は皆無である。したがって、本研究は日本だけでなく世界初の試みである。

文献 1) 中村肇, 製造現場の技術伝承, 精密工学会誌, Vol. 68, No.10, pp1273-1276, 2002

文献 2) 永田和宏, わが国古来の鍛冶の技術論 (17) 日本とドイツの技術伝承方法の相違, 金属, 85(8), pp665-669, 2015

文献 3) 根岸司, 日中の技術伝承の差異の考察, 産業技術大学院大学紀要, No.7, pp53-58, 2013

2. 研究の目的

申請者はこれまでに、「電気化学反応の本質を理解させる実験プログラムの開発及び技術者教育モデルの確立(科研費(若手研究(B)), 2007~2008)」、「理工系産業人・技術者のための即効性実験教育の研究(科研費(若手研究(B)), 2010~2012)」において、技術者向け実験教育教材の開発、それをを用いた教育講座の実施及び教育効果の検証業績(20)-(25)を行った。さらに、「技術者向け実験教育のためのマイクロスケール実験教材の開発およびその教育効果の検討(科研費(基盤研究(C)), 2013~2015)」により、専門技術者向けの効率的かつ即効的に理解できる教育カリキュラムとマイクロスケール実験教育教材の開発を行ってきた。その結果、現場技術者に対してマイクロスケール実験教材は高い教育効果が期待できることが明らかとなった。(図1参照)

本研究では、これまでの成果を基盤とし初学者・非技術者向けにそのコア部分の内容を抽出し、さらに専門研究者、企業・団体教育担当者、海外研究者の研究教育体制により、重点要素技術のカリキュラム作成、その実験教材開発及びマイクロスケール化、それを活用した教育講座の実施、教育効果の検証に関する一連の流れで実施し学術的検証に基づく社会人の総合的リカレント教育モデルの確立を目的とする。申請者のこれまでの技術者教育研究の成果を基に、本研究では初学者が最低限実務で必要な知識を産学の教育担当者が協同でアプローチすることで高い成果が期待できる。また、国土強靱化計画の中でも「

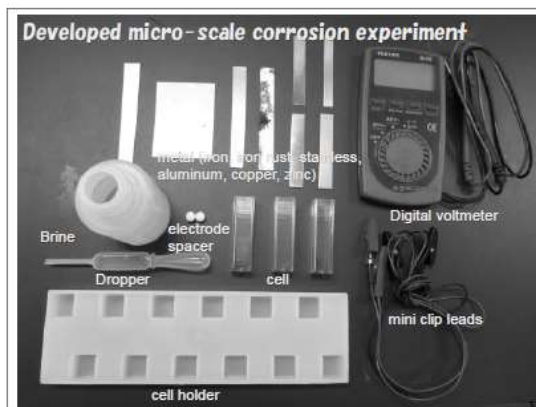


図1 開発された技術者向けマイクロスケール実験教材

国土強靱化の推進を通じた国際貢献」が示され、インフラを将来世代へ継承する資産として諸外国のモデルとなることが期待されている。本研究の成果は、この戦略にも大いに合致しており、世界へ向けた日本発信の教育モデルの提案ができると考えている。本検討は、理工学系教育、実験教育、社会人向け教育を経験した者が先導的に進めることで、学術的検証に基づく教育モデルとして提示され、他の産業領域で必要な知識習得への適用も期待される。

3. 研究の方法

本研究は、図2に示す研究全体構想の(Ⅱ)、(Ⅲ)、(Ⅳ)にあたる部分である。申請者は、(Ⅰ)にあたるこれまでの研究で、専門技術者に対する出張型実験講座を目的とした教育カリキュラムおよびマイクロスケール実験教材の開発とその教育効果検証を行ってきた。その結果、そのシステムの良い点として、現場の現象を基にカリキュラムおよび実験を設計しているため、すぐに現場で活用できる教育であると評価が得られた。また、出張型で行うため、自社の会議室等で実施でき、通常業務を停止させる時間の軽減やコストの削減が可能であることも明らかにしてきた。そこで、本研究では初学者・非技術者のための維持管理に必要な基礎知識・一般的技術知識の体系化(【さびの基礎知識】、【さびの事例解析】、【さびの予測・検査技術】、【さびの防止・補修技術】、【構造物の寿命・リスクの基礎知識】)を行うとともに、各技術の重点項目の炙り出し、そのマイクロスケール実験教材化、それを活用した講座の実施による教育効果・実適用性を検証する。さらに、その教育講座実施による普及も進め、産業分野基礎知識習得のための教育プログラムの体系化の一助になると期待される。ここで重要となるのが、「ブレイクダウン教育⁴⁾」の考え方である。これは、社会人技術者教育理論で最初に学ぶ内容を提示するのではなく、まず現実的な問題を設定し、その解決のために必要な基礎的な学習へと落とし込む方法である。本検討においても、この考えに基づいて現場で生じている現象・必要とされる技術的要素を整理しカリキュラム作成に適用させる。本研究は、平成30年度から33年度までの4年間を計画している。初年度は、インフラ施設の非技術者に対する教育の現状調査、5つの重点技術のポイント整理と教育カリキュラムの作成を行う。平成31年度から実験実習講座としてのプログラム化、マイクロスケール実験教材の作製、教材に同期した実験テキスト及び説明用資料の作成を進める。また、維持管理技術の現状調査および海外の技術教育実態調査により技術内容の精査を行う。平成32年度にかけて、開発した教育実験講座実施による教育効果の解析、カリキュラム・教材の修正及び改善を加え、最終年度に、実験プログラム・教材のパッケージ化、成果の公表及び普及活動を進める計画である。

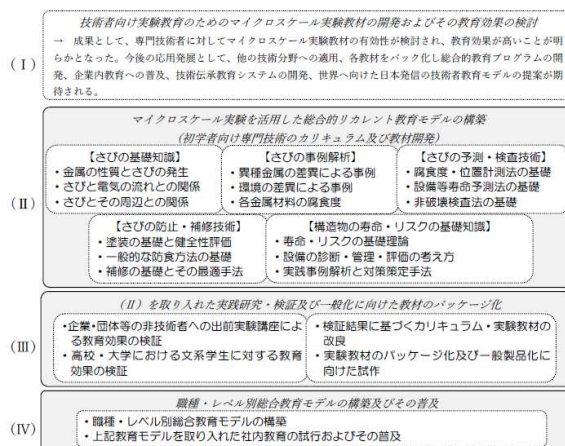


図2 研究の全体構想

論文4) 朝倉祝治, 特集これからの社会人教育(社会のニーズと理工系リカレント教育), Benesse, Between, 2003. 05

4. 研究成果

研究成果を以下にまとめる。

(1) 本研究では、【さびの基礎知識】、【さびの事例解析】、【さびの予測・検査技術】、【さびの防止・補修技術】、【構造物の寿命・リスクの基礎知識】を設定し、維持管理に必要な総合的な技術者教育モデルの開発を目指した。特に、初学者向けの教育モデルとしては、【さびの基礎知識】、【さびの事例解析】、【さびの防止・補修技術】が最も重要な項目であり、最終的にはこの項目の教材開発に注力した。その結果、さびの基礎、さびの事例関連の実験は、図3に示すようにマイクロスケール化されたことにより、個人学習ができる教材を使用し実験教育としての教育効果を向上させることが可能となった。特に、実験後の廃棄金属及び廃棄溶液量が激減し、30人程度の実験であれば廃液が500mLペットボトル1本程度となった。



(a) さびの基礎実験例(3項目)



(b) マイクロスケール化された実験教材

図3 開発された実験教材例—その①

(2)特に、【さびの防止・補修技術】に関する実験では、数時間から半日程度でさびの発生からその防食作用の特性及び利点を明確に表現できる実験を考案した。図4にその例を示すが、水道施設の土壌埋設配管の電食による腐食危険性と塗装の効果である。これまでも、原寸大の機材を用い行われた事例はあるが、マイクロスケール化し数時間でその現象を表現できる教材は初の試みであった。その結果、1講座で1つのサンプルを確認するのではなく、多くのサンプルを同時に短時間に作製でき、さびの発生具合や塗装の保持状態の差異等も比較でき、受講者間でその結果を議論できる非常に理解度を向上させる教材となった。

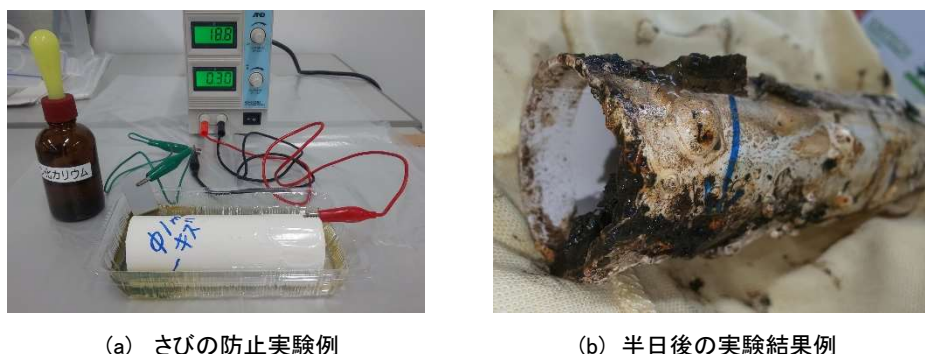


図4 開発された実験教材例—その②

(3)本研究における実験講座は、出張型であり、少人数及び個別学習ができるマイクロスケール実験教材を活用するため、通常であれば実験を形成し数人で実施することにある。当初の計画では、図5(a)のように、通常の実験班ごとの形態で実施していた。しかし、研究期間中に世界的な新型コロナウイルス(COVID-19)まん延により、図5(a)の形式による実施は難しくなった。そこで、図5(b)のテーブルに1又は2名とし、全員が前方を向くスクール形式による実施へと変更し感染対策を徹底した。しかし、この場合、実験教材は1人で1つという完全な個別学習形式となったが一部の実験内容を除き、マイクロスケール化することに成功した。

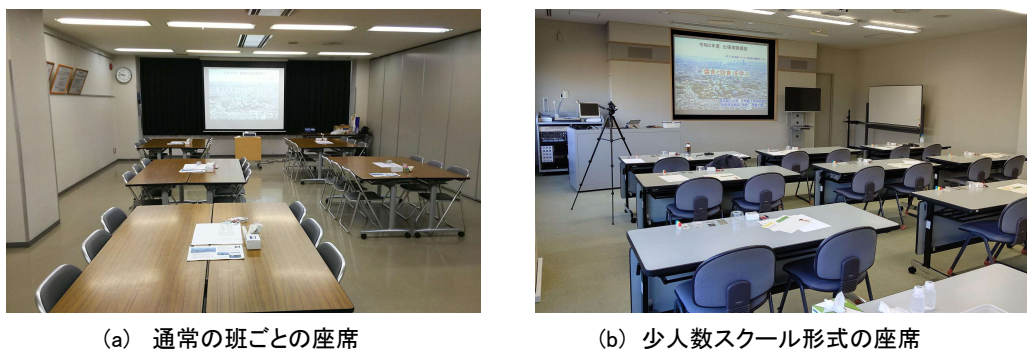


図5 ウィルス感染症前後で試行された実験講座例

(4)本研究において開発された教育プログラム及び教材を活用し、実施された実験講座の実績を以下にまとめる。図6は、実施の様子である。

① 東京都水道局向け実務研修「防食技術」

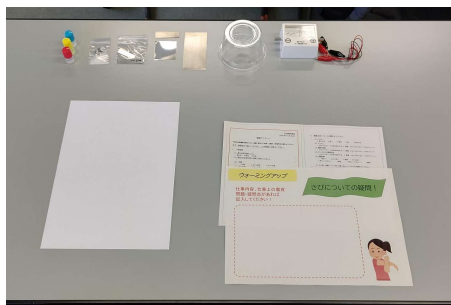
東京都水道局職員及び関連会社技術者向けに実験を伴う講義を水道局研修センターにて開催している。本研修は、平成23年度より始まり毎年20名×3回/1.5日、14個の実験テーマを設け腐食のしくみから防食技術の習得を目的としている。水道業務の防食及び維持管理に関して、意識向上及び工事の優先順位決定などの業務に直結する内容である。14個の実験テーマの中の半数以上をマイクロスケール化された教材を活用し実施された。これまでの通常の実験教材と同等またはそれ以上の教育効果があることが分かった。

② 《現役世代社会人向け》事務系・非技術系社会人のための腐食防食基礎講座

横浜国立大学工学研究院主催の公開講座として、出張型の実験講座を開催した。本学では昭和59年より主に専門技術者に対する実習型講座を開催してきたが、本講座では「事務系・非技術系社会人のための腐食防食基礎講座」をテーマに今後重要となる維持管理に関連した「腐食防食基礎」を初学者向け講座として実施した。佐世保市、新潟市、仙台市にて実施し3名の参加があったが、受講後のアンケート結果より本講座は興味や重要性の理解にとどまった面が大きかった。

③ 《現役世代社会人向け》水道施設維持管理のための腐食防食基礎講座

本講座は、上記②の講座の次のレベルとして「水道施設維持管理のための腐食防食基礎講座」をテーマに維持管理に関連した「腐食防食基礎」を若手・事務系・技術系向けとして出張型として佐世保市、新潟市、仙台市にて実施した。平成29年40名、平成30年79名、平成31年35名の参加があった。各地水道自治体の共通的な基礎教育として非常に有用であることが分かった。



(a) 個人学習形式の実験の様子

(b) マイクロスケール実験による出張型実験講座の様子

図6 実験講座の実施例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------