

プロジェクト：「次代の科学・工業系人材育成を目指した学習教材のパッケージ化」での 無電解めっき教材開発と展開

後藤 顕一^{1*} 糸永 全宏² 柄山 正樹³ 佐藤 成美⁴ 吉江 由美子¹ 高橋 三男⁵ 飯田 寛志⁶

Development and deployment of electroless plating materials in the "Packaging of Learning Materials for the Development of the Next Generation of Human Resources in Science and Industry

Kenichi GOTO^{1*} Masahiro ITONAGA² Masaki KARAYAMA³ Narumi SATO³
Yumiko YOSHIE¹ Mitsuo TAKAHASHI⁵ Hiroshi IIDA⁶

Abstract: Thanks to the active participation of students and graduates and the dedicated cooperation of outside experts, the joint research with Kokusan Chemical Co. could be ideally promoted. Based on Iwata and Goto (2011), we decided to completely revise the "Electroless Plating" experiment in the "Small Box of Science" and showed how to create simple and beautiful electroless gold, silver, and copper plating inside PET bottles, and succeeded in creating textbooks and video materials for different types of schools.

1. はじめに

国産化学株式会社との連携事業「次代の科学・工業系人材育成を目指した学習教材のパッケージ化」（以下、「次世代教材開発プロジェクト」とする）は、東洋大学工業技術研究所「産学連携プロジェクト研究」を活用して実施してきた。これは本学が目指す「企業と連携しながら新たな価値の創出を目指した」研究である。

本報告では、次世代教材開発プロジェクトにおいて連携で本年度焦点化して行った教材開発（無電解めっき）と教材化、さらには映像化について示すとともに、その成果と課題を明らかにすることにある。

2. 研究の原理

2.1 産学連携の研究の原理

大学にはイノベーションを引き起こす人材育成が求められており、「資源やモノではなく知識を共有し集約することで、様々な社会課題を解決し、新たな価値

が生み出される社会」を目指して2025年までを目途に、具体的な改革の方向性が提示されている。

本研究では、この目的のもと東洋大学工業技術研究所産学連携事業の趣旨に基づき取組を行った。具体的には、探究型の実験を構想・学習教材を開発し、それらを学校種ごとに製品パッケージ化させ、学習科学、科学教育に基づく実証研究による検証により、学習教材、製品パッケージのメンテナンス、修正を一貫して行う本学教員志望学生による学内起業を創設することを目指した。

本研究で共同研究する国産化学株式会社は、これまでも、さまざまな実験を通じて「化学の面白さ、モノをつくる歓び」を体験し、将来、数多くの創造力豊かな科学者が誕生することを願って、中学生・高校生のための生物・化学実



図1 国産化学
科学の小箱

¹ 東洋大学 食環境科学部
Faculty of Food and Environmental Sciences, Toyo University

² 国産化学株式会社 企画開発室
Planning and Development Office, Kokusan Chemical Co.

³ 日本化学会フェロー、東洋大学 食環境科学部
Fellow of the Chemical Society of Japan, Faculty of Food and Environmental Sciences, Toyo University

⁴ 科学ライター、東洋大学 食環境科学部
Science Writer, Faculty of Food and Environmental Sciences, Toyo University

⁵ 大妻女子大学 家政学部
Faculty of Home Economic, Otsuma Women's University

⁶ 静岡県立天龍高校
Tenryu High School, Shizuoka, Japan

* Corresponding Author : goto093@toyo.jp

験教材セット「科学の小箱」(図1)を提供してきた。本学、及び、理系教員志望者と協同的に研究を推進していくことで本研究が目指す目的の達成とともに、大きな成果が期待できる。

初等中等教育の学校現場、産業界、さらには、大学研究者による検証と、教職志望学生による学内起業が、一体となった研究は、各分野のニーズに応えることができ、社会の中での学術のありかたを考え、社会のための学術の推進に取り組み、これまでの従来の産学の在り方を超える研究である。

2.2 本研究における教材開発に向けて

昨年度、開発した教材開発の基本的な原理に沿って研究開発を進める¹⁾。本年度は、「教材の視点」にある「ビデオ作製の検討」を推進することで「学習者の視点」「指導者の視点」「参画の視点」を底上げしていくことを目指した。

表1 学習者の視点

	教育的な視点	社会的な視点
学習者の視点	科学技術者への意識 科学的探究力の育成 資質・能力の育成 興味関心の醸成	科学知の涵養 国民としての素養の獲得 SDGs への関心 多様な学びの創出
指導者の視点	内容理解、実験技能 指導力の向上、自信 資質・能力の育成	指導者への信頼 グリーン・ケミストリーへの意識
教材の視点	実践プロセスの確立 学習書・指導書・ビデオ作製の検討	SDGs 目標12「つくる責任つかう責任」の意識、安全性重視、廃液の扱い
参画の視点	参画学生等の起業への興味関心向上	産学連携のモデル化 社会インパクト

2.3 原理に基づく組織体制の構築

適材適所、各専門分野スペシャリストで計10人の専門家メンバー構成を行った。また、学生の参画を促すために、興味に基づいて学生も配置するように心がけた。

3. 2021(令和3)年度の取組

3.1 会議の定例化と議論の深化

会議は、月に1回定例化し開催した(表2)。

表2 会議の定例化と議論詳細

日時	場所	議論の詳細
2022.9.30 19:00~22:00	ZOOM	これからの進め方 教材の精選

2022.10.20 19:00~22:00	ZOOM	報告書案に基づいた協議
2022.11.15 9:00~19:00	国産化学	試行実験、教材開発に向けた協議、映像化に向けた協議
2022.11.24 19:00~22:00	ZOOM	「科学の小箱」の充実と改訂学習シートの充実と教師用手引きの作成方針等、映像作成に係る必要物品の確認
2022.1.9 9:30~19:00	国産化学	実験教材の検討議論、内容吟味 試行実験、試行撮影会
2022.1.20 9:30~19:00	東洋大学	「無電解めっき」キット実験体験、課題の抽出
2022.2.9 19:00~22:00	ZOOM	改訂実験テキストの作成
2022.3.9 19:00~22:00	ZOOM	進捗確認と今後の予定の確認
2022.3.9 19:00~22:00	ZOOM	学校種ごとの「無電解めっき」 教材実験テキストの作成
2022.4.10 19:00~22:00	ZOOM	「無電解めっき」映像化に向けての準備確認、シナリオ作成等
2022.4.30 9:30~18:00	国産化学	「無電解めっき」教材共有と映像作成
2022.5.12 19:00~22:00	ZOOM	振り返りと映像の確認
2022.6.3 19:00~22:00	ZOOM	今後の取組計画と体制の見直し

3.2 教材の改訂と教材開発

国産化学株式会社における無電解めっき教材と改訂無電解めっきの比較を後藤ら(2021)の教材開発の原理に基づき検討した(表3~表6)。

表3 学習者の視点

	教育的な視点	社会的な視点
学習者の視点	科学技術者への意識 科学的探究力の育成 資質・能力の育成 興味関心の醸成	科学知の涵養 国民としての素養の獲得 SDGs への関心 多様な学びの創出

表4 指導者の視点

	教育的な視点	社会的な視点
指導者の視点	内容理解、実験技能 指導力の向上、自信 資質・能力の育成	指導者への信頼 グリーン・ケミストリーへの意識

表5 教材の視点

	教育的な視点	社会的な視点
教材の視点	実践プロセスの確立 学習書・指導書・ビデオ作製の検討	SDGs 目標12「つくる責任つかう責任」の意識、安全性重視、廃液の扱い

表6 科学の小箱「無電解メッキ」セット^{註1)}の探究のプロセスと改善の視点

	国産化学の従来の無電解めっき教材	改善の視点
探究のプロセス	解説を行い、実験の手順を示すのみ	実践プロセスの確立が必要である
実験のねらい	学校別教材が無い 小学生にとっては難	学校種別の実験狙いを構築する必要性

どうだろう (自然事象に対する気付き)	しっかり解説しているが、学習者の資質能力育成の視点には立っていない。指導者が読む視点で記載されている	気づきは子供が持つ視点が必要 興味関心の醸成が必要
しらべてみよう (必要な知識・概念)	何を調べるのかは明確ではない。無電解めっきの知識の解説は詳しい	調べたくなるような教材提示が必要 指導者もわかるようなビデオ作製が必要
やってみよう (課題の設定)	無電解めっきができることをゴールにしており、学習者の資質能力の育成は学習者次第	やってみたくなるような手立てが必要
実験の準備	煩雑。用意しなければならないものが極めて多い。量も多い	実験の準備が畔津にならない工夫
実験してみよう	手順が煩雑かつ、試行実験では、廃液が 2L 以上出てしまう	グリーンケミストリーの視点からの改善の必要性
結果を整理しよう	学習シートは見当たらない	資質・能力の育成の視点に基づくワークシートなどの作成
考えてみよう 説明しよう	指導者や学習者にゆだねている	資質能力の育成の視点に基づくワークシートなどの工夫が必要
どうだろう	特に見当たらない。	さらに探究してくなる支援の必要性

4. 無電解めっき教材改訂と展開

4.1 学校種別の教材開発の改訂

藤田 (2007)²⁾、岩田、後藤 (2011)³⁾に基づき、従来の教材「科学の小箱」の「無電解めっき」^{註1)}の実験を全面的に改訂することとし、ペットボトルの内部で簡易にかつ美しく無電解金めっき、銀めっき、銅めっきを作成できる方法を示すこととした。さらに学習者の資質・能力の育成を目指し、学習過程を明確にしながら実験が進められるような教材づくりに努めた (図 2)。

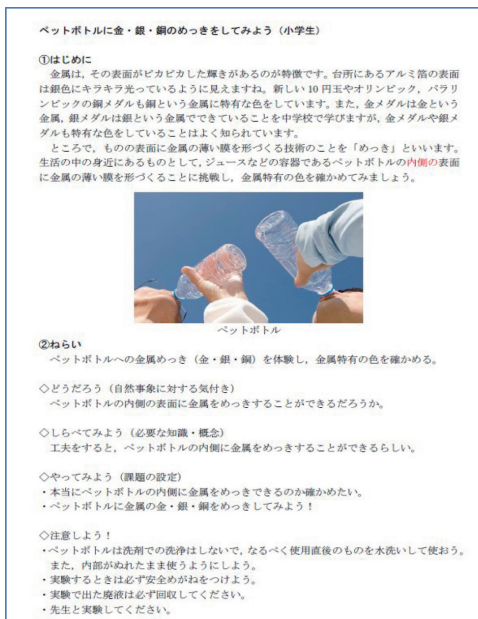


図 2 小学校教材の一部

【小学生教材レベル】

探究のプロセス	具体的内容
実験のねらい	ペットボトルへの金属めっき (金・銀・銅) を体験し、金属特有の色を確かめる。
どうだろう (自然事象に対する気付き)	ペットボトルの内側の表面に金属をめっきすることができるだろうか。
しらべてみよう (必要な知識・概念)	工夫をすると、ペットボトルの内側に金属をめっきすることができるらしい。
やってみよう (課題の設定)	本当にペットボトルの内側に金属をめっきできるのか確かめたい。ペットボトルに金属の金・銀・銅をめっきしてみよう！
実験の準備	それぞれの手順については教員の指示
実験してみよう	ペットボトルの前処理
結果を整理しよう	観察結果を図や説明でまとめてみよう。
考えてみよう 説明しよう	めっき法の歴史、現在の用途について調べ、みんなに分かり易く説明しよう。
どうだろう	めっきされたペットボトルをその飲み口から内部を覗き見ると、金、銀、銅の特有な色とは違う色に見えます。どんな色に見えるかな。

【中学生教材レベル】

探究のプロセス	具体的内容
実験のねらい	プラスチックへの金属めっき (金・銀・銅) を体験し、金属光沢の色を確かめる。
どうだろう	プラスチックであるペットボトルの内側の表面にも金属をめっきすることができるだろうか。
しらべてみよう (必要な知識・概念)	工夫をすると、プラスチックであるペットボトルの内側に金属をめっきすることができるらしい。
やってみよう (課題の設定)	本当にプラスチックの内側に金属をめっきできるのか確かめたい。ペットボトルに金属の金・銀・銅をめっきしてみよう！
実験の準備	それぞれの手順については教員の指示
実験してみよう	ペットボトルの前処理を次のように行う。ペットボトルに銅めっき、ペットボトルに金めっき、銀めっき
結果を整理しよう	めっきの観察結果を図や説明でまとめてみよう。
考えてみよう 説明しよう	プラスチック容器の内側に金属めっきされたことを確かめるための実験方法について調べ、実験結果と関連付けて、みんなに分かり易く説明しよう。めっき法の歴史、現在の用途について調べ、みんなに分かり易く説明しよう。
どうだろう	ペットボトルをその飲み口から内部を覗き見るとどうみえるだろう。結果をまとめてみよう。

【高校生教材レベル】

探究のプロセス	具体的内容
実験のねらい	プラスチックへの金属めっき (金・銀・銅) を体験し、無電解めっきの反応についての考えを深める。
どうだろう	金属表面に電流を通じてめっきすることのほか、金属ではないプラスチックの表面にもめっきすることができるだろうか。
しらべてみよう (必要な知識・概念)	金属ではないプラスチックの表面には、無電解めっきという方法でめっきすることができるらしい。
やってみよう (課題の設定)	本当にプラスチック表面に金属をめっきできるのか確かめたい。ペットボトルの内側の表面に無電解めっきで貴金属の金・銀・銅をめっきしてみよう！
実験の準備	実験の準備 (検証計画の立案) 次の実験の手順を図 (フローチャート) で表現してみよう。
実験してみよう	ペットボトルの前処理を次のように行う。ペットボトルに銅めっき、ペットボトルに金めっき、銀めっき
結果を整理しよう	無電解めっきの観察結果を図や説明でまとめてみよう。

考えてみよう 説明しよう。	考えてみよう（考察・推論、表現・伝達） プラスチック表面に金属めっきされたことを確かめるための実験方法について調べ、実験結果と関連付けて、みんなに分かり易く説明しよう。 プラスチック表面に金属のパラジウムがめっきされたことを確かめるための実験方法について調べ、実験結果と関連付けて、みんなに分かり易く説明しよう。 無電解めっき法の歴史、現在の用途について調べ、みんなに分かり易く説明しよう。 ニッケルの無電解めっき法について、めっきの原理とめっきの質の向上させるための工夫について調べ、みんなに分かり易く説明しよう。
どうだろう	ペットボトルの飲み口から内部から明るいほうに向けて覗き見るとどのように見えるだろうか。その理由を考えて説明しよう。

4.2 教材の映像化に向けて

現在は、DX時代の到来により、より分かりやすいICTを駆使した視聴覚教材が求められている。今回は、製品化に向けて、経験が乏しい指導者のために教材の開発と同時に映像教材（ビデオ教材）の作成を行った。

4.2.1 教材を受けてのシナリオ作り

本格的なビデオ映像を作成するために、メディア業界の専門家の指導を仰ぎ、実際の教材作成現場や番組で用いているシナリオ台本と同様のものを作成した。

また、シナリオ台本作成には本学学生や卒業生も参画した。

4.2.2 映像化に向けての準備

映像化に向けては、プロのカメラマンと番組作り経験者の指導を受けて、特に、映像装置の準備や配置についての助言を受けた（図3）。また、映像作成には本学学生や卒業生も参画した。

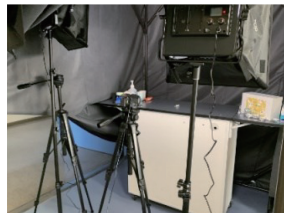


図3 映像作成の準備

試薬の準備については、国産化学株式会社のノウハウ、教材のノウハウを生かして準備を進めた。また、試薬の準備には本学教員、外部教員、本学学生が参画した。

5. 映像教材の作成

5.1 銅の無電解めっきの実験とビデオの作成

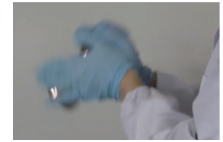
①実験の準備（前処理）

フミン酸塩塩基性水溶液 10 mL
塩化スズ（Ⅱ）酸性水溶液 10 mL
水道水で洗い、硝酸銀水溶液 10 mL
これを繰り返す。



②実験の開始

グルタミン酸ナトリウム水溶液 3 mL
水酸化ナトリウム水溶液 1 mL
濃アンモニア水 1 mL、降って溶かしたのち、氷水で冷やし、前処理済みのペットボトルにビタミンC 5gを入れ、10分間降り続ける。



③銅の付着と留意事項

銅光沢が見えてくる。はがれやすいのでしっかり水気をとる。
出来上がり。



5.2 銀の無電解めっきの実験とビデオの作成教材

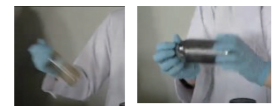
①実験の準備

水酸化ナトリウム水溶液 0.8 mL
エタノールアミン 0.5 mL
硝酸銀水溶液 8 mL
振って溶かし、氷冷 10℃以下。



②反応開始

4.1と同様、前処理をしたものにグルコース 0.5gを入れ、そこに、①の溶液を全て移し、栓をして上下に激しく10分間降り続ける。



③銀鏡の確認

溶液を捨てて、何度か丁寧に水洗いをして水気を取っておく



5.3 金の無電解めっきの実験とビデオの作成

①金めっき反応

水 30 mLに、チオ硫酸ナトリウム溶液 1g、亜硫酸ナトリウム 0.5g、塩化アンモニウム 0.04g、を入れて振って溶かす。



②反応開始

塩化金酸水溶液 10 mL、水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えて振り混ぜる。氷冷で10℃以下に冷やす。全てを2gのビタミンCを入れた処理済みのペットボトルに入れる。



③金の確認

溶液を捨てて、何度か丁寧に水洗いをして水気を取っておく。

金・銀・銅3本並べてみると、それぞれの特徴を表すきれいな光沢が観察できる。



6. おわりに

学生の参画や卒業生の参画、外部専門家の協力、国産化学株式会社との共同研究は、本プロジェクトの目指す方向性が一致し、理想的な研究を推進することができた。

研究は途上であり、さらに大きな発展が期待でき、さらなる研究推進を継続している。今年度、工業技術研究所の評価は低く、研究計画から大きく下方修正が求められ本枠組みでは断念しなければならなかった。

今後の展望としては、特に、海外向けの教材開発を目指し、教材の英訳版、中国語訳版を果たしたいところであり、この縁をきっかけに研究が推進できていることに感謝する次第である。

註1) 国産化学株式会社「科学の小箱」の「無電解メッキ実験セット」は、「ニッケルの還元メッキ法を用い、ゴム版やプラスチック板にニッケルメッキを施すという実験を通して、無電解メッキの原理と方法を覚える」ことをコンセプトに作成されている。

詳細は、国産化学 HP に示されている。

<http://www.kokusan-chem.co.jp/shiyaku/kobako.html#muden>

(2022/09/01 アクセス)

参考文献

- 1) 後藤顕一・糸永全宏・柄山正樹・佐藤成美・吉江由美子・高橋三男・飯田寛志：「プロジェクト「次代の科学・工業系人材育成を目指した学習教材のパッケージ化」での連携事業，教材開発の基本原則」，工業技術，東洋大学工業技術研究所，Vol.44,pp.28-32 (2021)
- 2) 藤田勲：「金属の性質を知るための実験」，化学と教育，日本化学会 pp.604-605, (2007)
- 3) 岩田久道・後藤顕一：「金属光沢」，魅せる化学の実験授業，pp.68-73, (2011)