

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 30 日現在

機関番号：33704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24501113

研究課題名(和文) 文脈に基づいたアプローチによる粒子の量概念の育成プログラムの開発と評価

研究課題名(英文) The development and assessment of the learning program of the particle amount concept with context based approach

研究代表者

寺田 光宏 (TERADA, Mitsuhiro)

岐阜聖徳学園大学・教育学部・教授

研究者番号：40514641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：学習指導要領に粒子の柱が導入され、系統的な粒子概念の重要性が示された。粒子の量概念の中核の物質量は高校生にとって非常に難しい。これらの改善策を検討するために、文脈を基盤としたアプローチの代表としてドイツのChemie im Kontextプロジェクトの特質を明らかにした。また、中学生の粒子を量として捉える学習が十分でない現状を明らかにした。一部の粒子の量の学習により、他に転移する示唆を得た。これ元に、物質量の学習プログラムを開発・試行したが成果は十分でなかった。これより、文脈と概念からなる中等教育化学プログラムの開発が必要であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The introduction of the pillars of the particles to the current Course of Study in Japan, the importance of systematic particle concept has been shown. Learning of the amount of substance of the core of the amount the concept of the particles is very difficult for high school students. In order to research these improvements, it revealed the characteristic of "Chemie im Kontext" project in Germany as a representative of Context-based approach. Also it revealed that junior high school students in Japan did not have sufficient learning to get the concept of amount in particles. And one of learning of the amount of particles could transfer to the other. This sources were developed and attempts to amount of substance of the learning program outcomes was not enough. In order to better improve these, we need the development of secondary education chemistry program based by contexts and concepts.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 化学教育 粒子の量概念 モル概念 文脈基盤学習

1. 研究開始当初の背景

新学習指導要領理科において「粒子」という柱が導入され、小学校、中学校、高校における系統的な粒子概念の指導の重要性が示された。そのため、粒子概念の研究は、盛んに行われている。粒子概念は機能面より「粒子の運動」および「粒子の量」に関する概念に分けることができる。粒子の運動の概念の分析、系統性や指導法などは、研究代表者も含め研究が進められている。一方、粒子の量概念の中で主な「物質の量」の概念は、高校1年生で初めて学習し、指導法などの研究はされつつある。物質の量概念は目に見える物質と目には見えない粒子の視点とを融合できるという点において非常に大切である。物質の量概念の系統的な指導法は認知的なアプローチや探究的なアプローチなどの改善がされてきたが、その成果はまだ明確でない。物質の量概念(モルの概念)を含む「粒子の量の概念(以下:粒子の量概念)」の学習は、中学校理科との系統性や実社会・実生活との関連が不明確である。そのため、生徒は学習する必要性や必然性を感じにくい。

この解決には認知的なアプローチや探究的なアプローチに加え、他の方法も必要であると考え。現在、アメリカ、イギリスやドイツなどの化学教育において、さまざまなアプローチがなされてきた末、現在では実社会・実生活などの「文脈に基づいたアプローチ(Context-based approach)」により教科書や指導法が開発・実践され成果をあげている。これらはまだ日本であまり浸透していない。そこに、文脈に基づいたアプローチの中で近年成果をあげたドイツの Chemie im Kontext(以下 CHiK)プロジェクトを参考になると考えた。この特徴は、教科書が物語編と理論編に別れており、学習者は物語編を学習しながら学習する意味を理解し必要に応じて理論を学んでいく。これにより学習者は実社会・実生活に基づき学習する意味が理解でき、かつ系統性に学ぶことを両立できる形態のものである。CHiK プロジェクトの開発の中心であるドイツ IPN の研究者と議論する機会があり、文献調査以上に CHiK プロジェクトの開発手法は、非常に有効性があると考えられるように至った。

2. 研究の目的

(1)ドイツで開発され効果を上げている実社会・実生活などの文脈に基づいたアプローチによる化学 Chemie im Kontext (CHiK) プロジェクトの開発過程・手法を中心する全体像を明らかにする。

(2)CHiK プロジェクトを参考にし、日本独自の中学校から高校までの文脈に基づいた系統的な粒子の量概念を育成するプログラムを開発し評価する。

3. 研究の方法

(1)CHiK プロジェクトの開発過程・手法を中

心とする全体像の分析

CHiK プロジェクトは、ドイツ政府と14州の援助を受けた IPN が中心となり、中学校・高校レベルの実験を含む教科書、教師用指導書、実践とその評価分析などからなる総合的なプロジェクトである。このプロジェクトにおいて、文脈の選択基準・方法、教科書や授業の構築過程などの具体的な手法を明らかにする。これにより、日本で活用する方法を明らかにする。特に、中学生、高校生が不得意とする粒子の量概念に焦点をあて、学習する文脈や指導法を CHiK の教科書、授業方法などから明らかにする。

(2)日本独自の粒子の量概念の現状調査、育成プログラムおよび評価問題の開発

まず、日本における粒子の量概念の現状を明らかにし、育成プログラムの案を開発する。そのために、調査問題案を作成し複数の予備調査を実施し改良する。同時に、育成プログラムを開発し試行し改善する。育成プログラムは、CHiK プロジェクトの開発過程を分析し、日本に適合する実社会・実生活を考慮した中学校から高校までの系統的な粒子の量概念の育成プログラムの参考にする。

(3)開発プログラムの実践・評価

開発した粒子の量概念の育成プログラムを中学校、高校で実践し、本プログラムを評価する。この評価に基づき問題点を改善する。

4. 研究成果

(1) Chemie im Kontext(CHiK)プロジェクトの全体像(寺田, 2015)(寺田, 2012)

1)開発過程

多岐にわたる CHiK プロジェクトは、BMBF の支援を受けた支援・期を中心として次の4期に分けられる。

前期(1997~2002): 基本理念確立期

本プロジェクトは、現ドイツ・キール大学附設自然科学教育研究所 IPN の化学教育部長 Ilka Parchmann が1997年にオルデンブルク大学院生のとき、ヨーク大学科学教育グループによりソルターズ化学プロジェクト(Salters chemistry project)を紹介されたことに起因する。その後、Bernd Ralleと共に CHiK の基礎理念を確立させていった。2000年までに、両名と大学院生により教材・授業開発や評価の試行が行われ、教科書「Chemie im Kontext」(高等学校レベル)に採用される多くの教材が開発された。1999年に Parchmann の IPN への異動に伴い、IPN の故 Reinhard Demuth が正式に参加し、漠然とした理論だけでなく、より具体的で影響力をもつものとなり順風満帆に拡大していった。

期(2002~2005): 教材開発・実践期

PISA ショック後、BMBF の支援を受けドイツ全16州中14州で教材開発・実践や教員研修が set と呼ばれる集団によりなされた。また、Parchmann が専門委員として教育スタンダード作成に係わることにより、CHiK

の影響を与ると同時に影響を受けた。そして、Physik im Kontext(piko)とBiologie im Kontext(bik)の姉妹プロジェクトも始まった。

期(2005~2008): 評価・普及期

前3名が化学教育研究者に対し、教育心理学者 Cornelia Gräsel が少し遅れて参加し、大規模に本プロジェクトの評価を行い、肯定的な結果を得た。また、普及は、ウェブモデルに基づき人(教師)、内容(CHiK)、社会体制(学校体制)から構成された状況から特徴が異なる状況へ伝達した。

後期(2008~2014): 発展期

2014年に教科書「Chemie im Kontext 中等教育」(中学校レベル)の全9巻が完結した。CHiKと同じコンセプトをもつ統合理科プロジェクトNaWiが開始され多様な教材を今も開発し続けている。



図1 Chemie im Kontextプロジェクトと教育システム・理科との関係

2)目的

基本的には「化学授業の質の改善」である。ただ立場により異なる。教科教育研究者は理論と実践の溝を埋める。学習者はサイエンスリテラシーの獲得、学習意欲の喚起、共同学習による学習である。教員にとっては化学授業の改善が可能な力量をつけることと、サイエンスリテラシーの獲得である。

3)基礎理論

CHiKの中核概念は、文脈、基礎概念、授業方法の改善である。状況学習・構成主義に基礎理論をおき、学習意欲を重視している。

4)授業計画・学習段階

授業内容は、教育目的、生徒、文脈の視点より重要な要素を確認し選択される。文脈を重視しながらも到達点は、科学における体系的な知識と知識獲得方法の修得である。そのため、授業は文脈の構造と認知の構造により内容的構造が変動する。学習の4段階として、出会い 好奇心と計画 習得 結びつけと深化がある。特に、学習者の好奇心と教育目標である概念獲得との橋渡しをする2段階目が重要である。

5)CHiKのプロジェクトの成果

本プロジェクトの結果、教員の授業は変化し、教員自身だけでなく生徒も実感している。生徒の化学に対する関心は高まり促進された。「応用とのつながり」によって生徒の関心が長期的に持続した。

6)CHiKのプロジェクトからの示唆

理論的根拠を補強しながら理念を確立し、コンテキスト(文脈)と基本概念とのバランスをとり、教育課程や教科書などの具体物まで開発した。また、共生的実践方略をとり、

教科教育研究者、学習者、教師が、共生的に教材を開発し実践改良した。さらに、中学校卒業レベルの教育スタンダードや高校卒業レベルの統一試験要求などの教育システムへの対応をしている。特に、教育スタンダードは理念が中心であるが、その具体的方法を教科書「Chemie im Kontext」の一部に示している。

(2)プレモル概念(前物質概念)としての中学生の粒子の量概念(臼井・寺田, 2015)

物質量を学習する前の高校生に、中学生までに学習する粒子の量概念の獲得状況を予備調査した結果、獲得状況が低いことが明らかになった。そこで、物質量学習以前の状況を整理するために、粒子概念を「粒子の運動概念」と「粒子の量概念」に分類し、小・中・高等学校理科化学分野の現象を上記の2つ視点で整理し、現象の理解に必要な下位概念を明らかにした。そして、物質量概念の学習以前の中学生が保持している「粒子の量概念」を調査する問題を作成し、「粒子の量概念」に関わる現象について授業を試行することで生徒の既習の学習に影響を与え、深い理解につながるのかを明らかにした。

本試行授業は、中学校第2学年32人を対象として、2時限分行った。1時限目は「物質はすべて目に見えない小さな粒でできている」という初歩的粒子概念を学習し、その後、密閉したペットボトルを「温めて空気を膨張させたもの」と密閉したペットボトルに器具を使い、「空気を多量に入れて膨張させたもの」について違いが分かるように粒子モデルを書き、班で意見をまとめ、学級全体で交流した。2時限目は硫酸と塩化バリウムの反応について、モデルを用いて化学反応式における粒子の数と質量の関係を表にまとめた。

この結果として次の2点が明らかになった。粒子概念の一側面としての量概念は教科書には記載されているが、学習者は意識していない。

全体的に正答率が上昇した。特に、授業で直接扱っていない内容の正答率が上昇しているため、一部の現象の「粒子の量概念」を扱うことにより、他の現象に対して正の転移が起こる可能性がある。

以上より、物質量を学習する前の段階で、物質量の基盤となる中学校レベル粒子の量概念(プレモル概念)が十分に教科書に生徒が意識されるように記載されておらず、生徒の理解の不足している可能性が示唆された。そのため、高校生で学習する物質量を学習する以前に、その基盤となる粒子の量概念の指導に問題があることが明らかになった。本実践が行われた一部の中学校のみではなく、一般的な傾向を調査する必要がある。これにより、中学校において基本的な粒子の量概念の学習を十分することにより高校における物質量の学習に十分対応できるように正の転

移する可能性を秘めていることが示唆された。そのため、規模を拡大した調査が必要である。

(3) 文脈を基盤とした粒子の量概念の育成プログラム

コンテキスト(文脈)は、歴史的、個人的、社会的なものが考えられる。

歴史的なものとしては、質量原器を基礎とする度量法における精密化の歴史を扱う方法を開発した。アボガドロ定数を精密化により質量原器に取って代わるというコンテキストである。ただ、試行の結果、これは中学生や高校生1年生には理解が難しいようであった。

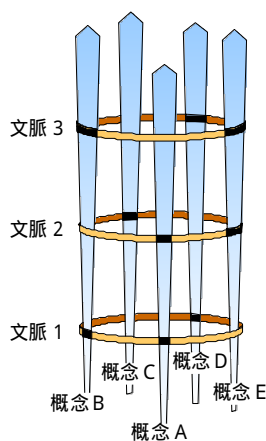
個人的なものとして、日常の大きさの異なるものの数と質量との関係を学ぶコンテキストを開発した(左巻,寺田,山田,2014)。これは、数と質量との関係というアナロジーとして、観念的にはある程度理解できるが、これが実質的に物質量や粒子の量概念に繋がるかは現時点では確認できなかった。

社会的なコンテキストとしては、紙業界の製造から問屋段階とエンドユーザーにおける紙のカウント方法が物質量と非常に類似しているというコンテキストを開発した。これも、単なる新たなアナロジーを得ただけで、上記と同様に観念的にはある程度理解できるが、これが実質的に物質量や粒子の量概念に繋がるかは現時点では確認できなかった。

このような試行の結果、物質量のコンテキストのみでは、物質量の概念や粒子の量概念を獲得することは難しいことが明らかになった。そこで、CHiKプロジェクトの概念と文脈(コンテキスト)の関係(図2)のように、多重ならせん

構造をもつプログラムを開発する必要があることが明らかになった。今後、本研究で得た粒子の量概念の現状や調査問題、また、開発した文脈を基盤とした粒子の育成プログラムに基づき新たに大規模で複数のコンテキスト(文脈)を開発していく予定である。

また、認知面と情意面の評価の結果が、既存の学習方法とほぼ同じような結果が出たが、指導教師の感覚よりも低く出てようである。そのため、本学習形態を正確に評価できる評価方法を検討する必要もあるため、たとえば、CHiKプロジェクトで実施されたマインドマップなどの方法を検討する必要がある。



<引用文献>

臼井陽祐, 寺田光宏(2015)中学生のもつ「粒子の量概念」, 日本理科教育学会第 61 回東海支部大会発表要旨集, .

寺田光宏(2015)ドイツ Chemie im Kontext プロジェクトに関する研究 - 全体像に注目して -, 日本科学教育学会年会論文集 39, 77-78 .

寺田光宏(2012)ドイツ Chemie im Kontext プロジェクトに関する研究 - その開発過程と特徴 -, 日本理科教育学会第 62 回全国大会発表論文集, 11, 395 .

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

寺田光宏(2016)理科における文脈を基盤とする学習 - 地域企業と理科授業をつなぐ授業モデルの構築 -, 岐阜聖徳学園大学紀要<教育学部>, 査読有, 55, 65-78 .
<http://www.shotoku.ac.jp/data/facilities/library/publication/kyoiku55-4.pdf>

寺田光宏(2016)「資質・能力」と「授業実践」との関係についての一考察 - ドイツ Chemie im Kontext プロジェクトを例として -, 理科の教育, 査読無, 763, 26-29 .

川田祐輔, 中島才喜, 寺田光宏(2015)ドイツ化学教育改革プロジェクト Chemie im Kontext を利用した授業改善 - 燃焼教材の分析とその実践 -, 教育実践科学センター, 査読無, 14, 39-46 .

寺田光宏(2015)ドイツにおける科学・技術教育(MINT 教育)について - キール大学 IPN を例に -, 科学教育研究, 査読有, 39(2), 134-135 .
<http://doi.org/10.14935/jssej.39.134>

能波真穂, 寺田光宏(2014)中学生の理科に対する好感度・理解度変容の研究 - 学習塾における長期・連続的アンケート及びプロトコル分析に基づいて -, 臨床教科教育会誌, 査読有, 14(2), 39-49 .

寺田光宏, 菱田美歩(2014)ロウソクの燃焼における消火条件の特性及び教材の研究, 岐阜聖徳学園大学紀要<教育学部>, 査読有, 53, 155-165 .
<http://www.shotoku.ac.jp/data/facilities/library/publication/kyoiku53-8.pdf>

[学会発表](計 12 件)

今井妃斗弥, 寺田光宏, ドイツにおける教育スタンダード・物理の課題事例の特質 - コンピテンシーと授業内容の関係に注目して -, 日本理科教育学会第 61 回東海支部大会, 2015.11.28, 岐阜聖徳学園大学(岐阜県・岐阜市) .

臼井陽祐, 寺田光宏, 中学生のもつ「粒子の量概念」, 日本理科教育学会第 61 回東海支部大会, 2015.11.28, 岐阜聖徳学園大学(岐阜県・岐阜市) .

中澤怜子, 寺田光宏, ドイツにおける総合

理科「NaWiプロジェクト」の分析と実践
- 「不可解な死」を例として - ,日本理科
教育学会第 61 回東海支部大会,
2015.11.28, 岐阜聖徳学園大学(岐阜県・
岐阜市) .

田口諒太, 寺田光宏, 授業における児童の
学習意欲の変化について - Chemie im
Kontext プロジェクトにおける燃焼教材
を例として - ,日本理科教育学会第 61 回
東海支部大会, 2015.11.28, 岐阜聖徳学園
大学(岐阜県・岐阜市) .

寺田光宏, ドイツ Chemie im Kontext プ
ロジェクトに関する研究 - 全体像に注目
して - ,日本科学教育学会年会論文集 39,
77-78, 2015.8.22, 山形大学(山形県・山
形市) .

寺田光宏, ドイツ Chemie im Kontext プ
ロジェクトに関する研究 - 効果的普及条
件の視点から - ,日本科学教育学会年会論
文集 38 ,223-224 ,2014.9.14 ,埼玉大学(埼
玉県・さいたま市) .

川田祐輔, 寺田光宏, ドイツ化学教育改革
プロジェクト CHiK を利用した授業改善
- 燃焼教材の分析とその実践 - ,日本理科
教育学会近畿支部大会 (和歌山大会)発表
要旨集, 63, 2013.11.30, 和歌山大学(和歌
山県・和歌山市) .

寺田光宏, ドイツ Chemie im Kontext プ
ロジェクトに関する研究 - 教師教育の視
点から - ,日本科学教育学会第 36 回年会
論文集, 148-149, 2013.9.30, 三重大学(三
重県・津市) .

寺田光宏 ,ドイツ Chemie im Kontext プ
ロジェクトに関する研究 - その開発過程
と特徴 - ,日本理科教育学会第 62 回全国
大会発表論文集, 11, 395, 2013.8.12,
北海道大学(北海道・札幌市) .

小神悠輝, 寺田光宏(2012)ドイツ中等教育
用テキスト Chemie im Kontext の分析
と実践, 日本理科教育学会第 58 回東海支
部大会, 2012.12.8, 三重大学(三重県・津
市) .

河田大輝, 寺田光宏, 中学校理科における
学習意欲を喚起する教材の開発と評価 -
Salters Advanced Chemistry を参考に
して - ,日本理科教育学会第 58 回東海支
部大会, 2012.12.8, 三重大学(三重県・津
市) .

寺田光宏, 実社会・実生活と理科授業をつ
なぐ教科書における文脈の選択と形態 -
日本における「科学と人間生活」とドイツ
における"Chemie im Kontext"の比較を
通して - ,日本科学教育学会第 35 回年会
論文集, 143-144, 2012.8.28, 東京理科
大学(東京都・新宿区) .

〔図書〕(計 1 件)

左巻健男, 寺田光宏, 山田洋一, SB クリ
エイティブ, 図解・化学「超」入門, 2014,
1-242 .

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

寺田 光宏 (TERADA, Mitsuhiro)
岐阜聖徳学園大学・教育学部・教授
研究者番号: 4 0 5 1 4 6 4 1

(2)研究分担者

吉岡 亮衛 (YOSHIOKA, Ryoei)
国立教育政策研究所・他部局等・研究員
研究者番号: 4 0 2 0 0 9 5 1