

研究論文

科学技術問題の解決を目指した協調学習のデザイン研究 —電力問題を取り上げた単元における「問題を定義すること」の学習—

坂本 美紀

神戸大学大学院人間発達環境学研究科

山本 智一

宮崎大学教育文化学部

山口 悦司

神戸大学大学院人間発達環境学研究科

稲垣 成哲

神戸大学大学院人間発達環境学研究科

大島 純

静岡大学情報学部

大島 律子

静岡大学情報学部

中山 迅

宮崎大学大学院教育学研究科

竹中 真希子

大分大学教育福祉科学部附属教育実践総合センター

村山 功

静岡大学大学院教育学研究科

Design Study on Collaborative Learning of Socioscientific Issues: A Case Study of Learning about “Defining Problems” in the Unit about “Electric Power Problems”

Miki SAKAMOTO*¹, Tomokazu YAMAMOTO*², Etsuji YAMAGUCHI*¹, Shigenori INAGAKI*¹,
Jun OSHIMA*³, Ritsuko, OSHIMA*³, Hayashi NAKAYAMA*⁴,
Makiko TAKENAKA*⁵, Isao MURAYAMA*⁶

*¹Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

*²Faculty of Education and Culture, University of Miyazaki

*³Faculty of Informatics, Shizuoka University

*⁴Graduate School of Education, University of Miyazaki

*⁵Education and Human Development Center, Oita University

*⁶Graduate School of Education, Shizuoka University

Socioscientific issues are plagued by a number of problems wherein the goals are unclear or no specific solution to an issue can be found. These problems are called “ill-defined problems”, and the process of identifying or defining such problems is especially important when attempting to find a solution. The purpose of this study was to design a learning unit based on the design principles that activated interactions among learners, and to evaluate whether the learning unit could improve students’ abilities in “defining problems.” During the lesson, sixth-grade students tackled the electric-power problem—a socioscientific issue—with the aim of proposing solutions based on scientific knowledge. They were encouraged to repeat the collaborative problem-solving cycle and to define their problems for inquiry by themselves at the beginning of each cycle. Knowledge Forum, a CSCL system, provided support for the students in tackling the problem. In Knowledge Forum, students could externalize their products at the previous cycle in a communal database in order to share and examine their products. A comparison among the student-defined problems showed that students began defining more comprehensive problems in the later problem-solving cycle, and the design principles discussed here were shown to be effective.

Key words: socioscientific issues, defining problems, CSCL, design study, electric-power problem

1. 問題と目的

1. 科学技術に関する公共的な問題における「問題を定義すること」の学習

科学技術と社会とに関する公共的な問題 (socio-scientific issues) では、ゴールが曖昧な問題や、複数の解が存在し、最適解を定めにくい問題が少なくない。初期状態、目標状態 (goal)、操作子 (operator) のいずれか、あるいは全てが明確に定義できない問題は、不良定義問題 (ill-defined problem) と呼ばれる。不良定義問題には、初期状態と目標状態は明確だが用いる操作子が多数あるものや、初期状態や目標状態自体を定式化することが必要なタイプのものがある。科学技術と社会とに関する問題が今日の科学教育で果たす役割 (e.g., Sadler & Zeidler, 2004) を考慮すると、科学の授業において不良定義問題を解く力を訓練することが必要である。不良定義問題を解くには、解決しなくてはならない問題の状況を明確にし、解決のために必要な情報は何かを考えるなど、「解決すべき問題を定義」する作業 (Bransford & Stein, 1984) が重要である。

Bransford & Stein (1984) によれば、問題解決を向上させるためには、自分の問題解決過程を自覚する必要がある。彼らは、問題解決過程を次のようにモデル化し、IDEAL サイクルと命名した。問題を発見する (identify)、問題を定義する (define)、様々な方法を探す (explore)、計画を実行する (anticipate/act)、結果を検討する (look/learn)、である。そして、問題解決にあたっては、望む結果が得られるまで IDEAL サイクルを何度も回し、そこから学ぶことが必要だと述べた。Bransford 自身が関与した Jasper プロジェクト (e.g. CTGV, 1997) は、協調学習の中で IDEAL サイクルを体験させながら、問題解決能力を高めることを目指した試みといえる。問題解決サイクルを振り返って意識化するための支援としては、Legacy が用意された (e.g. Schwartz, Brophy, Lin, & Bransford, 1999)。これは、探究活動からの学習を支援するためにデザインされたソフトウェアであり、探究モデルを明確にするインターフェイスを用いて、生徒が探究モデルを繰り返すことを奨励した。このソフトウェアにより、生徒は、学習の成果を見直したり、自身の学習についての知識を拡大したりすることが可能になる。

以上の Bransford らの一連の研究は算数・数学領

域である。算数・数学領域ではこのような成功例があるが、科学技術社会の公共的な問題を扱う領域には成功例が見あたらない。例えば Chin & Chia (2004, 2006) は、中学校の生物の授業「食物と栄養」で PBL を実施した。具体的には、解くべき問題の同定、「知るべきこと」ワークシートを用いて関連する学習課題を整理、情報収集、まとめと発表、という流れで学習が進められた。Chin らの研究では、学習の中で生徒が生成した問いと意思の源泉を分類するとともに、生徒が問題にどのように取り組んだかを記述で紹介した。適切な問いを生成する力、すなわち問題の定義の仕方は、その後の学習に大きな影響を与える。しかしこの研究では、生成された問いと学習の展開との関係が明らかになっていない。例えば、生成された問いの質や、学習の進展に伴う問いの質の変化等については検討されていない。そのため、問題を定義することを生徒にどのように学習させればよいかの知見は見いだせていない。

以上のことから考えると、科学技術問題を扱う学習についても、前述の Jasper プロジェクトをはじめとする研究の成功例に見られる学習支援の知見を適用して、研究を推進することが求められる。

2. 「問題を定義すること」の学習を支援するための他者との関わりをベースとしたデザイン原則

本論文では、科学技術問題の解決を目指した協調学習のデザイン研究の成果を報告する。デザイン研究とは、授業実践の形成的評価を通して、デザインする授業あるいは学習環境を継続的に改善し続けることによって、学習理論とくに授業設計を含めた学習環境をデザインする際の指針を確立することを目指す研究アプローチである (e.g., 大島・大島, 2009)。

筆者らはこれまで、科学技術と社会とに関する問題の1つである遺伝子組換え食品問題をテーマにした協調学習の単元について、デザイン研究を行ってきた (Oshima et al., 2005)。この単元では、「社会は遺伝子組換え食品とどのように向き合えばよいのか」という社会的な意思決定を取り上げ、多様な利害関係者の合意を目指す解決策を提案することを目標に、Knowledge Forum (以下 KF) を用いた協調学習を行った。KF は、複数の学習者がインターネットを経由して協調的な学習活動に参加することを支援するデータベース型の CSCL (Computer Supported Collaborative

Learning) システムである。実験授業では、協調的な知識構築に基づく解決策の提案を目指した授業デザインを行い、特に改善版のカリキュラムでは、児童が提起した案を再検討・再吟味する学習活動を充実させ、探究活動を繰り返した。単元の評価では、授業のテーマであった社会的な意思決定について、その達成度や転移を評価した(藤本ら, 2005, 2006; 坂本ら, 2005)。しかしこの授業では、解決すべき問題そのものを学習者が定義する活動は重視されていなかった。

そこで今回のデザイン研究では、電力問題に対する解決策の提案を目指す協調学習の単元を開発し、その中で、「これからの電力供給や消費はどうあるべきか」という不良定義問題を定義する活動を、児童主体で行わせた。単元の開発にあたっては、(1) 問題の定義から始まる問題解決サイクルを、他者と協調して意識的に繰り返すこと、(2) 学習者が分散的に行う問題解決の途中経過を外化・共有・比較することによって、状況を改善できる可能性への気づきを促進すること、の2点をデザイン原則として、実験授業のカリキュラムを開発した。具体的には、学習を進めるための「問い」を生成するという形で児童個人が問題を定義し、それを持ち寄ってクラス全体で議論して統合・整理し、協調的に定義した問題に基づいて学習を展開する、というサイクルを、単元の中で複数回実施した。その中で、問題を定義する活動を、教師のガイドを徐々に外して繰り返した。

デザイン原則(1)については、Bransfordらの一連の研究の成果に従っている。また、科学技術と社会とに関する論争的な問題では、1度の探究で問題が解決することはまれであり、問題の定義—情報収集—情報の分析と統合—問題の再定義—情報収集…というように、問題解決のサイクルを何度も繰り返すことが必要になる。例えば原子力発電に対する社会的な意思決定を行う際に、危険性や事故についての情報だけを元に「原子力発電は危険だから反対」という結論を導出したとしても、「では電力不足にどう対処するのか」「火力発電等、他の発電方法が内包する問題点はどうなるのか」等の新たな課題が生起し、問題の再定義から始まる問題解決サイクルを繰り返すことが必要になる。

デザイン原則(2)については、問題を定義する活動そのものに対しては、状況を改善できる可能性

を考えないことが、問題の定義に失敗する主たる理由だとする指摘(Bransford & Stein, 1984)に基づき、支援を設定した。具体的には、児童が分散的に行った問題解決の途中経過を、CSCLシステムを利用して外化し他者と共有することにより、状況を改善できる可能性への気づきを児童に持たせるよう支援した。三宅・白水(2003)によれば、協調過程が学習に有利に働くのは、学習者それぞれが少しずつ違う見方・考え方を持ち、それが共有されやすく、さらに吟味もされやすいという条件が揃った時であり、CSCLシステムのようなテクノロジーはこうした条件整備に有効である。CSCLシステムの利用は、学習内容に対する理解深化の他、学習者同士の相互作用を質的に向上させる(e.g., Koshmann, Hall, & Miyake, 2002)。例えば竹中ら(2004)は、小学校理科「物の溶け方」の授業にKFを導入して、情報を共有する環境を提供し、児童の協調的な学習活動を支援した。この研究では、授業における児童の相互作用を分析した結果、結晶づくりの要因・条件の解明が進展した単元の後半において、他班のKFノートの閲覧数が増え、児童がそれらの内容を探究活動に利用できていたことが明らかになり、KFの利用が、理科学習にとって効果的な協調過程の実現に貢献したことが示唆された。これらのデザイン研究の知見をもとに本研究では、科学技術問題を扱う単元にKFを導入し、学習者同士の相互作用を質的に向上させることを通して、児童の協調的な問題解決、特に問題を定義する活動を支援する。

以上より本研究では、他者との関わりをベースとしたデザイン原則に即して、科学技術と社会とに関する問題への解決策の提案を目指す協調学習の単元を開発し、デザイン研究を実施した。本研究の目的は、単元の中で児童が生成した「問い」の比較検討を通し、問題を定義する力を向上させられたかどうかを評価することである。

II. 実験授業

1. 使用したCSCLシステム

本研究では、バージョン4.6のKFを日本語にカスタマイズして使用した。学習者は、3~4人のグループ(計10グループ)でKFを利用した。図1は、ビューと呼ばれる画面であり、学習者が作成したノートを自由に配置することができるインターフェ

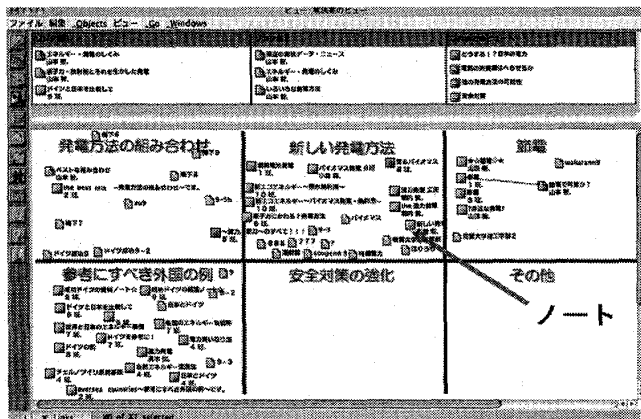


図1 KFのビュー画面の例：解決策ビューと児童が作成したノート（アイコン表示）

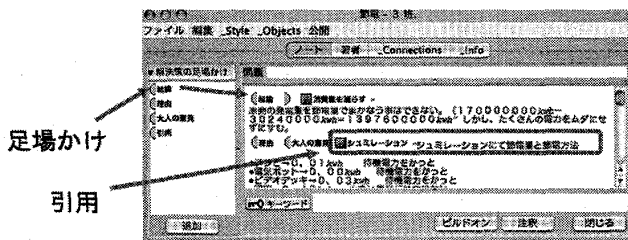


図2 KFのノートの例：解決策ビュー上の「節電」ノート

イスである。「ビルドオン」という機能で、他者のノートに意見や質問を加えることができる。図2は、ビュー上のアイコンをクリックして表示されるノートの内容である。ノートには、「足場かけ」という機能があり、これをクリックするとリード文（小見出し）が挿入される。また、他者のノートをドラッグ＆ドロップ（または、コピー＆ペースト）で引用することができ、引用元が自動的に表示されるようになっている。

KFの使用により、これからの電力供給のあり方について、児童が根拠をもとに意見を述べあい、他者と協調して問題への解決策を作り上げていくプロセスを支援できる。具体的には、問題解決に向けて各グループが収集した情報（例えば、原子力発電の仕組みや問題点について調べたこと）や提案する解決策をデータベース上のノートとして公開し、他のグループからそれに対する質問や意見をもらって内容を向上させるとともに、KFに蓄積された自他の知見を引用・総括しながら、結論を作り上げていく。この活動を支援するため、本実践授業で用いたKFでは、ノートの作成にあたり、a) 他者が作成したKF

表1 KF上での児童の質疑応答の一例

調べた内容をまとめたノート：4班

自然放射能と人工放射能

放射線の体への影響は、放射線の種類が同じなら、自然に存在する物質からくる放射線か、エックス線発生装置のように人工的に作り出されたものから来るかによって、違いはありません。人工、自然によらず、被爆する量が同じならば、体への影響は同じです。

質問ノート：3班

エックス線発生装置とどのへんが同じかよくわかりません。

回答のノート：4班

例えば自然放射能を一気に500ミリシーベルト受けたとします。（有り得ません）

すると人工で500ミリシーベルト受けたときと同じように臓器の一部の機能が低下します。

（4班 放射線のノート参照）

ノートの記述に加え、webからの引用ができる機能、b) テキストと同様に、図を表示できる機能を追加し、多様な根拠を利用したノート作成が可能になる改善を行った。また、クラスでの議論に先立って、KF上に作られたノートを読んでコメントする時間を設け、議論の際に、他者からの質問を踏まえて自説を発表できるよう配慮した。例えばあるグループは、自然放射線と人工放射線が、体に及ぼす影響は同一であることについて解説し、それに対して、両者の共通点を質問されている（表1参照）。発表の際には、回答のノートや自分の班の別のノートを参照しながら説明することができた。発表後の質疑では、放射線を浴びた後の症状についても追加の質問をされ、補足説明していた。

2. デザイン原則に基づくCSCLシステムの利用

本研究では、学習者が他者と協調的に問題解決を行うサイクルの繰り返しと、学習者が分散的に行う問題解決の途中経過を外化・共有・比較することによる、状況を改善できる可能性への気づきの2点をデザイン原則とし、実験授業のカリキュラムを開発した。

本研究の実験授業では、探究のための問題の定義から始まる問題解決サイクルを3回繰り返した。問題定義の1回目は、教師がガイドして行い、2回目以降は、ガイドを徐々に外して、児童主体で行った。個人が定義した問題を共有・比較し、それに基づく探究を経験した上で、3回目の問題定義を行っ

た。問題を定義する活動を支援するため、本研究では、KFを用いて、児童が分散的に行った問題解決の途中経過を外化し他者と共有できるようにした（図

3, 図4参照）。その上で、前のサイクルでの成果をKF上に外化すること、次のサイクルで自分や他人のノートを読み直し、コメントをつけあうことを、授業中の学習活動として組み込んだ。実験授業では、また、状況を改善できる可能性への気づきを児童に持たせるために、前の問題解決サイクルでの成果を共有・比較する場面において、例えば、児童がKF上に作成した「他の発電方法」についてのノート（一例を図4に示す）の記述を整理する際、多様な発電方法の長所と短所を対比しやすい形で、板書に整理する（図5参照）等の支援を行った。

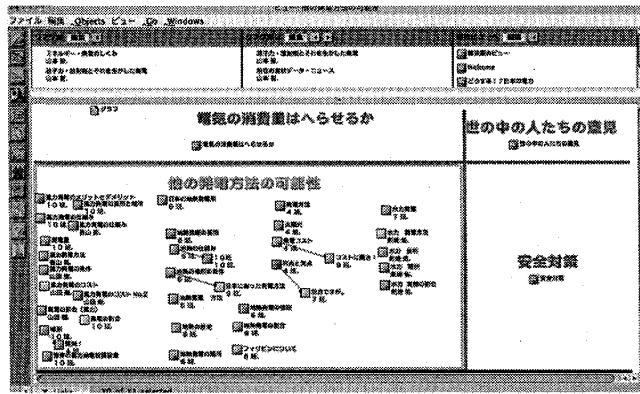


図3 2回目の問題解決サイクルにおける各グループでの探究の成果をまとめたビュー

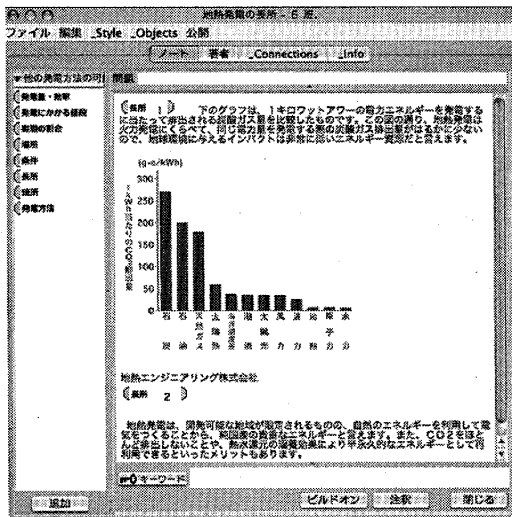


図4 成果ノートの一例：「地熱発電の長所」

3. 授業の概要

授業は、兵庫県内の附属小学校6年生の1クラス(32名)を対象とし、2006年10月31日～2007年1月30日の計36時間に渡り実施した。単元目標は、「私たちの生活は電気によって便利になっている一方、電力が不足して原子力発電に頼らざるを得ない状況になっていることを理解すること」「節電や安全性の強化、他の発電方法とのベストミックスなど、これからの電力供給や消費について、解決すべき問題を定義し、実効性のある解決策を検討・提案すること」であった。

解決策の提案に必要な科学的知識の獲得に関しては、理解度を測定する小テストにより確認した。理解度テストは、電力と動力の関係や、電力や電気の実体概念、太陽エネルギーと電力の関係といった科学的概念の獲得を測定するもので、単元の前と単元中盤（第1の問題解決サイクル終了後）の計3回実施した。放射能・粒子の概念および電気と動力の

	① 太陽光	難	地熱	ちよっと難	水力	有力だけど...	② 風力	予備なら
方法	半導体を使う 光→電子が出る	↑	18カ所(0.2%) 火山があるところ ↓熱 フィリピンでタービンを多い	↑	→水流 ↓圧力が高い 波 潮力→タービンを回す(差)	↑	風 風車 ←運ばん : ✓ 電線をつなぐ : 回す 海の近く 年間 300万kw	↑
長所	エネルギーはなくなる CO ₂ を出さない	↑	CO ₂ を出さない (環境にやさしい) 半永久的 1kw ¥12	↑	公害を減らす ↑CO ₂ やよごすものを出さない あまりコストがかからない ¥13	↑	エネルギーはなくなる CO ₂ を出さない 860世帯 安い ¥10~¥24	↑
短所	広い場所が必要 夜、雨、くもりで減る コストが高い。 料金2~3倍 1kwあたり¥46~66	↑	火山がないと発電できない	↑	野生動物のすみかをうばう ↓ダム ↓建設費	↑	設備費高い 1万本必要 そう音 不安定(風) 不確実 事故(こわれる)	↑

図5 児童が作成したノートの内容を整理した板書の例：様々な発電方法の長所と短所の一覧

関係概念については、ほとんどの設問で正答率の向上が見られた。単元中盤のテストで正答率が低かった3設問（電気は備蓄が難しいという考え方，等）の内容に関しては、後半の授業で補足説明を行った。テスト結果の詳細は、山本（2007）を参照されたい。

実験授業の展開を表2に示す。第1の問題解決サイクルでは、児童はまず、原子力発電停止による電力不足の記事を読み、原子力発電についての疑問を出し合った。その中で、教師主導による1回目の問題の定義を行い、「放射能」「過去の事故」「原子力発電の仕組み・現状」の3点を探究の課題として定義した。児童はこれらの基礎的な知識をグループで分担して調べ、KF上のノートに整理し共有した。探究活動に対しては、電力に関するwebのURLをKF上のリンク集に示す、子ども向けの科学読み物を中心に文献を用意して、教室で常時使えるようにする、等の支援を行った。探究の成果を発表する授業では、教師が各グループの発表内容からキーワードを拾い上げ、関連づけて板書に整理していった。その際、放

射線には種類があることや、その単位の表し方、人体への影響の度合い、核分裂の熱によって蒸気を発生させてタービンを回すこと、タービンが回ることによって発電できることなどを補足説明し、子どもたちの原子力発電への理解を促した。

次の問題解決サイクルでは、先の探究における成果を元に、解決策に向けて調べたい問題を児童が定義した。個人で定義した問題を出し合ってクラスで議論し、「私たちの電力消費量と節電」「原子力発電に代わる他の発電方法」「原子力発電所の安全対策」「世の中の大人の意見」の4点を探究の課題として定義した。児童は、それぞれの問題をグループで分担して調べ、KF上のノートに整理し共有した。このサイクルでは、電力会社よりゲストティーチャーを招き、原子力発電の安全管理や電力の供給量について、学習者の疑問に答えていただく場を設定した。また、節電について調べるグループには、定量的な比較を促すために、実際の節電量と消費量、原子力発電での発電量が比較できる節電シミュレータを用意した。他の発電方法について調べるグループには、グループ間で成果の比較ができるように、発電量、コスト、長所と短所など同じ観点で調べることを教示した。このような支援を通して、児童は、原子力発電をめぐる電力供給または需要、多様な発電方法について探究した。その中で教師は、電力問題については需要と供給の両側面から考える必要があること、それぞれの発電方法には、長所と短所があり、単一の発電方法では電力はまかないきれないことを、児童に意識させた。

第3の問題解決サイクルでは、前のサイクルで提案された解決策の実効性を吟味し最終的な意見をつくるために、調べるべき問題を児童が定義した。定義された問題は「発電方法の組み合わせ」「新しい発電方法」「節電」「参考にすべき外国の例」「安全対策の強化」の5点であり、児童は、これまで学習してきたKF上のノートを引用しながら、電力問題を解決するための実効性のある解決策をグループごとに作成した。最後に、電力不足の解決策について、これまでの学習をふまえた自分たちの結論をKF上のノートに表現し、クラス全体で議論した。最終回の授業において、以下の解決策がクラスで合意された。「発電方法の組み合わせ」では、原子力をベースにして火力など他の発電方法を組み合わせるベストミッ

表2 実験授業の展開

時限	学習活動
1-14 サイク ル 1 ↓	<ul style="list-style-type: none"> 原子力発電停止による電力不足の記事を読む。 原子力発電について調べたいことを出しあう。 →教師がガイドして探究する問題を定義 ：原子力発電の仕組みと現状、放射能、過去の事故 グループで分担して探究、 KF上のノートに整理し共有 ～基本的な知識の理解
15-26 サイク ル 2 ↓	<ul style="list-style-type: none"> 解決策に向けて調べたい問題を児童が定義 ：私たちの電力消費量と節電、 原子力発電に代わる他の発電方法 原子力発電所の安全対策、世の中の大人の意見 グループで分担して探究、 KF上のノートに整理し共有 ～電力の需要と供給、 多様な発電方法の長所と短所について理解 解決策の提案
27-36 サイク ル 3 ↓	<ul style="list-style-type: none"> 最終的な解決策の提案にむけて調べたい問題を児童が定義 ：発電方法の組み合わせ、新しい発電方法、節電、参考にすべき外国の例、安全対策の強化 KF上のノートを引用しながら、実効性のある解決策をグループごとに作成、 KF上のノートに整理し共有 ～解決策の実効性を吟味

クス、「新しい発電方法」からは、バイオマス発電、燃料電池、波力などの実用化可能性、「参考にすべき外国の例」では、クリーンエネルギーを推進するドイツにおける電力買い取り法や自然エネルギー促進法等を参考にした策、そして様々な「節電」策であった。

III. 実験授業の評価

1. 対象者

授業に参加した小学6年生32名であった。

2. 課題と手続き

児童個人による探究すべき問題の定義を、質問紙形式で実施した。「今後さらに学習を進めていくとしたら、私達は、どのようなことを調べたり考えたりする必要があると思いますか。」と教示し、調べたり考えたりする必要があることとその理由について、児童の考えを自由に記述させた。クラス単位で同一の調査課題を2回実施した。原子力発電や放射能について学んだ1回目の問題解決サイクルを終え、次のサイクルに入った最初の授業で児童による問題定義の1回目を、実際の電力消費量と節電、他の発電方法、原子力発電所の安全対策等を調べた2回目の問題解決サイクルを終え、次のサイクルに入った最初の授業で問題定義の2回目を行った。所要時間はそれぞれ約15分であった。

3. 評定

児童が生成した問いを、内容と深さの2つの観点で評定した。内容は、授業で扱ったトピックから作成したカテゴリーに従って分類した。内訳は、電力の供給に関わるものとして、原子力発電所の事故と安全対策、原子力発電の仕組みと放射能、原子力発電の必要性に関する人々の考え、他の発電方法、外国の例、発電方法の組み合わせ、電力の需要に関わるものとして、電力消費量と節電、そして、電力の需要と供給とに言及したもの、である。問いの深さは、Lee, Chan, & van Aalst (2006) による「探究の深さ」の4レベルを参考に、表3に示すような評定基準を設定した。複数の問いを含む記述は、内容ごとにレベルの評定を行った。評定者2名が独立に採点を行い(一致度 $\kappa = .887$)、不一致点は協議により解決した。

表3 問いの深さの採点基準と具体例

レベル1	: 言葉の意味や定義についての問い。
レベル2	: 事実・実態についての問い。 ・人々は原子力発電についてどう思っているか ・新しい発電方法を調べる
レベル3	: 事実を組み合わせた問い。長所と短所の対立などを意識した提案。 ・この4つの発電方法のよいところを全部満たす発電方法はないのか ・色々な発電方法があるからいつどれを使えばいいのか
レベル4	: 需要と供給、発電方法の組み合わせなど、視野を広げて、電力問題の解決を目指す。 ・発電方法を組み合わせ、ベストなミックスを見つけ出す ・節電で原子力発電所1基分くらいなくせるのか

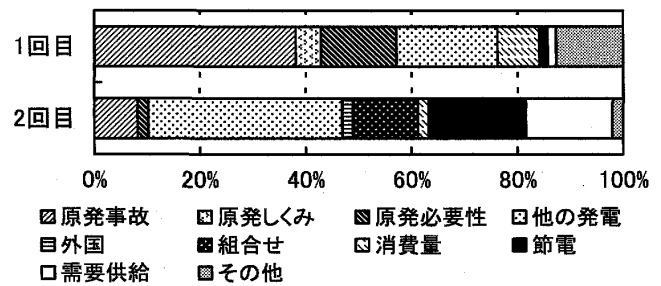


図6 各測定時点における問いの内容

IV. 授業評価の結果

1. 問いの数

各測定時点において、児童が生成した問いは、それぞれ63個、49個であった。児童1名あたりの平均値は、1回目2.1個 ($SD = .69$)、2回目1.7個 ($SD = .86$) であり、1回目は2回目より記述数が多かったことが明らかになった ($t(27) = 3.057, p < .01$)。

2. 問いの内容

児童が生成した問いの内容を評定した結果を図6に示す。1回目は「原子力発電所の事故と安全対策」と「原子力発電の必要性に関する人々の考え」についての問いが多かったのに対し、2回目は「他の発電方法」や「節電」についての問いが多くなっていた。

3. 問いの深さ

問いの深さを4段階で評定した結果を表4に示す。単元の中盤以降に測定を開始したため、レベル1に該当する問いはなく、全てレベル2以上と評定され

表4 各測定時点における問いの深さ(個)

レベル	1	2	3	4	計
1回目	0	50	13	0	63
2回目	0	30	8	11	49

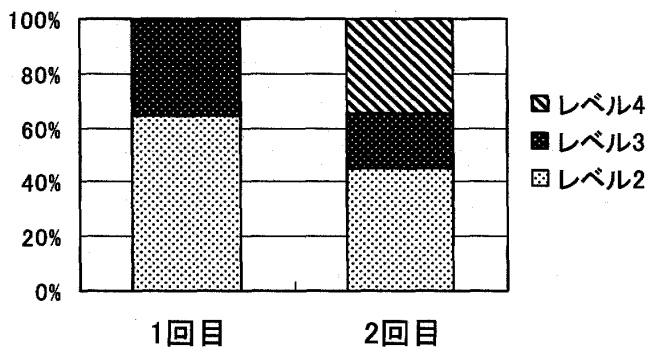


図7 学習に伴う問いの深さの変化

た。問いを複数記述した児童については評定結果の最高値を使用して、測定時点間でレベルの比較を行った(図7参照)。ウィルコクソンの順位和検定により、測定2回目は1回目より問いのレベルが向上したことが示された ($z=2.635, p < .01$)。

V. 考察

本研究の目的は、単元の中で児童が生成した「問い」の比較検討を通して、他者との関わりをベースとしたデザイン原則に即して開発した単元において、問題を定義する力を向上させられたかどうかを評価することであった。児童による問題定義の1回目では、単元の第1段階での学習を反映し、原子力発電についての問いが全体の半数を占めたのに対し、2回目では、他の発電方法の他、節電など電力の需要にかかわる問いが増加した。また2回目では、生成した問いの数は減少したけれども、深さのレベルは向上し、発電方法の組み合わせや、需要と供給など電力全体を見通した記述が増加した。児童が生成した問いに基づく探究とその成果の共有を反復したことにより、3度目の問題解決サイクルでは、より質の高い問いの生成が可能になったことが明らかになった。

続いて、この知見に基づき、今回のデザイン原則について考察する。本研究では、他者との関わりをベースとしたデザイン原則に即して開発した単元において、不良定義問題を定義する活動を、児童主体で

行わせた。(1)問題の定義から始まる探究のサイクルを、他者と協調して意識的に繰り返すこと、(2)学習者が分散的に行う問題解決の途中経過を、CSCLシステムを利用して外化・共有・比較することにより、状況を改善できる可能性への気づきを促進すること、の2つのデザイン原則に基づいて設定した学習活動は有効であり、問題を定義する力を向上させられた。KFが提供する情報共有機能、例えば共有データベース上へのノート作成や閲覧、引用、コメントの添付によって、他者が外化した情報や考えの共有・吟味(三宅・白水, 2003)が容易になり、これからの電力供給のあり方について、児童が根拠をもとに意見を述べあい、他者と協調して問題を定義することの質的向上に貢献できたと考えられる。

デザイン研究から得られるデザイン原則の確かさは、その反復性に依存し、様々な単元や子どもたちに対して一定の成果を生み出すことができれば、それは有効なデザイン原則であると考えられる(村山, 2004)。従って今後の課題は、本研究で有効性が示唆されたデザイン原則に基づいて、他の公共的な課題を扱う単元を開発し、問題を定義する力の育成についてさらに検証していくことである。

附記

本研究は、平成19年度科学研究費補助金・奨励研究(代表・山本智一、課題番号19907003)、及び、平成18-21年度科学研究費補助金・基盤研究(A)「ユビキタス社会における創造的人材育成をめざした科学教育プログラムの開発と評価」(代表・稲垣成哲、課題番号18200048)の援助を受けた。

文献

- Bransford, J. D. & Stein, B. S.: *The ideal problem solver*. New York: W. H. Freedman and Company, 1984.
- Chin, C. & Chia, L-G.: Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88(5), 707-727, 2004.
- Chin, C. & Chia, L-G.: Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education*, 90(1), 44-67, 2006.
- CTGV (Cognition and Technology Group at Vanderbilt): *The jasper project*. Mahwah, NJ: LEA, 1997.
- 藤本雅司, 坂本美紀, 稲垣成哲, 山口悦司, 竹中真希子, 大島純, 大島律子, 村山功, 中山迅, 近江戸伸子, 橋早苗, 山本智一: 遺伝子組換え食品問題に対する社会

- 的意思決定をテーマとしたCSCL活用型科学教育カリキュラム：2004年度版カリキュラムを学習した小学生の社会的意味決定の達成度，日本科学教育学会第29回年会論文集，527-528，2005.
- 藤本雅司，稲垣成哲，山口悦司，坂本美紀，竹中真希子，大島純，大島律子，村山功，中山迅，橘早苗，山本智一：遺伝子組換え食品問題に対する社会的意味決定をテーマにしたCSCLシステム活用型科学教育カリキュラム：知識構築からみた小学生の社会的意味決定，日本理科教育学会第56回年会論文集，290，2006.
- Koshmann, T., Hall, R. & Miyake, N.: CSCL2: Carrying forward the conversation. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, 2002.
- Lee, Y. C. E., Chan, C. K. K., & van Aalst J.: Students assessing their own collaborative knowledge building. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1, 57-87, 2006.
- 三宅なほみ，白水始：学習科学とテクノロジー，放送大学教育振興会，2003.
- 村山功：デザイン実験による授業づくり，理科の教育，625, 4-7, 2004.
- 大島純，大島律子：エビデンスに基づいた教育：認知科学・学習科学からの展望．*認知科学*，16(3), 390-414, 2009.
- Oshima, J., Oshima, R., Murayama, I., Horino, R., Inagaki, S., Yamamoto, T., Takeshita, Y., Fujimoto, M., Takenaka, M., Yamaguchi, E., Nakayama, H. & Sakamoto, M.: Progressive refinement of a CSCL-based lesson plan for improving student learning as knowledge building in the period for the integrated study. *Proceedings of CSCL2005*, 321-330, 2005.
- Sadler, T. D. & Zeidler, D. L.: The morality of socioscientific issues construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4-27, 2004.
- 坂本美紀，藤本雅司，稲垣成哲，山口悦司，竹中真希子，大島純，大島律子，村山功，中山迅，近江戸伸子，橘早苗，山本智一：遺伝子組換え食品問題に対する社会的意味決定をテーマとしたCSCL活用型科学教育カリキュラム：獲得した意味決定能力は他の文脈でも発揮されるか？，日本科学教育学会第29回年会論文集，525-526, 2005.
- Schwartz, D. L., Brophy, S., Lin, X. & Bransford, J. D.: Software for managing complex learning: Examples from an educational psychology course. *Educational Technology Research & Development*, 47(2), 39-59, 1999.
- 竹中真希子，稲垣成哲，山口悦司，大島純，大島律子，村山功，中山迅：CSCLシステムを利用した小学校の理科授業に関する実践的研究—オンライン上の相互作用とオフライン上の相互作用の分析—，日本教育工学会論文誌，28(3), 2004.
- 山本智一：Knowledge Forumを利用して電気エネルギー問題の解決をさぐる単元の開発 テーマ総合学習小6『どうする？日本の電力』，神戸大学発達科学部附属住吉小・中学校学部附属共同研究研究紀要，110-113, 2007.

(受付日2009年10月8日；受理日2010年2月25日)

〔問い合わせ先〕

〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11
神戸大学大学院人間発達環境学研究科
坂本 美紀
e-mail: msakamo@pearl.kobe-u.ac.jp