

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01018

研究課題名(和文) システム思考法に基づいた活用型学力育成カリキュラムの開発と技術教育への展開

研究課題名(英文) Development and application toward technology education of curricula which enhances practical prospect of academic ability based on system thinking

研究代表者

藤本 登 (Fujimoto, Noboru)

長崎大学・教育学部・教授

研究者番号：60274510

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、中学校技術分野において生徒にリスク・システム思考概念を構築させるために、電力供給システムの評価・活用を可能とさせるカリキュラム・教材の開発を行った。全地球型発電所探索アプリVR教材や電力需給システムビデオ学習教材を開発し、2つのシステム思考スキルを導入した授業実践を行った。その効果、冰山モデルは、発電方法の仕組みの理解や電力需給システムの課題把握に効果があることが分かった。一方で、ループモデルは、段階的に利用することで電力需給システムの要素間の因果関係を捉え、技術の見方・考え方を働かせて技術と社会や生活の関わりについて考えさせることができたことから、技術教育全般へ展開例を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、中学校技術分野において生徒にシステム思考概念を構築させるために、開発したVRやビデオによる電力需給視覚教材による授業実践の結果、本教材がSTEAM教育に活用できることが分かった。また、冰山モデルやループモデルといったシステム思考ツールにより、技術の見方・考え方を働かせて技術と社会や生活の関わりについて考えさせることができた。例えば、「送配電」を中心に据えたビデオ教材を用いた授業実践の結果、エネルギーを利用する上で最も大切にしたい視点に大きな影響を与えることなく、電力需給システムの適切な理解により太陽光発電推進に対する生徒の主張を技術的な根拠に基づいたものに変化させることができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, an Exploratory Spherical Power Plant App and Video learning focused on the power grid that deepens the basic understanding of the power supply and demand system has been developed. In the field of technological problem-solving study at junior high school, classes that introduced system thinking skills were conducted, and the effects were verified. As a result, the iceberg model has been shown to be effective in understanding the mechanism of power generation and issues in the power supply and demand system. It was found that by using the loop diagram step by step, it is possible to grasp the causal relationship between the elements of the power supply and demand system, to think about the power source composition with a basis, and to increase the breadth and depth of the students' thinking. Based on this result, the contents of three stages of system thinking learning using loop diagrams were devised in the technology field.

研究分野：技術教育

キーワード：システム思考 冰山モデル ループモデル 電力需給システム VR教材 技術教育 STEAM教育 評価・活用

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

福島第一原子力発電所 (F1) 事故は、原子力行政や電力会社に対する国民の不信感を増大させ、国の原子力やエネルギー基本計画に大きな影響を与えた。また、電力システム改革として進められている発送電分離や電気の小売り全面自由化、電力取引所の開設等による電気料金の低価格化、さらには高レベル放射性廃棄物処分場の選定問題などは、国民にほとんど理解されておらず、イメージだけが先行した意思決定がなされている。つまり高度化した科学技術が社会及び個人にリスクをもたらすことが認識され、膨大な情報を利用して短時間に答えを出すことが求められる現代人は、適切に科学技術を活用する術と豊かな社会を創り出す科学技術イノベーション力が求められている。この能力の育成には、個人のリスク認知・システム思考・評価活用能力を育成することが必要であり、これは中学校技術分野の教育目的・内容と概ね合致している。

2. 研究の目的

本研究では、システム思考学習をベースに、電力需給システムの設計・評価に関して、新学習指導要領を踏まえつつ、エネルギー変換技術の評価・活用 (新しい技術の創造も含む) を可能にさせるカリキュラムを開発する。具体的には、生徒・学生の情報認識・収集・選択を視点追尾装置や連想調査等で調べ、リスク概念・システム思考化を促すための視覚教材 (VR や設計等) の開発や電力供給システム教材の改良等を行い、実践授業等で対象技術の評価・活用状況を分析することで開発したカリキュラム・教材の検証を行う。

3. 研究の方法

本研究では、システム思考をベースとした電力需給システムに関する技術の評価・活用に関して、新学習指導要領を踏まえつつ、以下の手順で研究を実施することで、生徒にリスク・システム思考の概念構築を図るカリキュラム・教材の開発・検証を行う。

システム思考に関する技術教育や農学などの他の分野の取扱いの変遷・内容及び実践例に関する調査【システム思考の現状把握・分析】

電力需給システムを題材にリスクとシステム思考の概念構築に活かせるようなカリキュラム・教材の開発とそれに必要な関連情報のデータベース化【教育方法・教材開発】

視点追尾装置や連想調査等による模擬授業受講者 (生徒や学生) の学習状況 (情報認識・選択等) やシステム思考の概念形成や設計の思考過程の分析【概念形成過程分析】

模擬授業受講者 (生徒や学生) が評価・選択した電源及びシステムの構成分析と概念化の状況や設計時の思考と作品に関する調査【学習目標達成度の評価】

システム思考の概念を導入した活用型学力のカリキュラムの開発と技術教育全般への展開【発展・総括】

なお、学習者は長崎大学の学生及び長崎・福岡県内の中学生を対象とし、これらの研究成果は教員研修や日本産業技術教育学会等で報告し、カリキュラム・教材開発に反映させる。

4. 研究成果

【2018年度】本研究では、システム思考をベースとした電力需給システムに関する技術の評価・活用に関して、新学習指導要領を踏まえつつ、生徒のリスク・システム思考の概念構築を図るカリキュラム・教材の開発と、その検証を行う。そこで、まず、リスク・システム思考の現状把握・分析として、米国のウォーターズ財団や Barry M. Richmond 等の実践例を調査した。また、JIS9700:2013 におけるリスクアセスメント及びリスク低減について、遊具 (滑り台) に関する誤使用の明確化と危険源の同定による対策立案の検討を題材に授業実践を行った。その結果、リスクに対する理解度や多角的な技術評価が向上し、技術の社会的な意義に気づかせることができたが、製品の構造や機能を見るための視点の獲得には困難な状況があり、繰り返し学習の必要性が再認識できた。また、生物育成に関する技術では農薬を題材としたリスク認知・評価に関するカードゲームを考案し、中学生に対して授業実践を行ったところ、農薬の適切な使用や効果、技術的な意義を見いださせることができた。そして、電力需給システムを題材にリスクとシステム思考の概念構築に活かせるようなカリキュラム・教材の開発については、まず、既存の授業実践の分析から、リスクについては発生確率に対する認識が低く、電源の同時同量に対する意識は皆無であった。この問題を解決するために、発電所見学に代わる VR 探索教材を作成するために、関連団体・企業等との協議を進め、作成方針や内容を検討した。その結果、原子力発電所にかかわらず、保安設備や位置情報を排除した形であれば企業等の協力が得られたことから、LNG 火力発電所、原子力発電所、水力発電所、基幹変電所、蓄電変電所、配電指揮所等の現地調査を実施し、開発に必要な VR 教材開発システムの基本設計とプロトタイプ制作を行った。

【2019年度】本研究では、中学校技術分野において生徒にリスク・システム思考概念を構築させるために、電力需給システムの評価・活用 (新技術の創造も含む) を可能とさせるカリキュラム・教材の開発を行う。そこで、電力需給システムを題材にリスクとシステム思考の概念構築

を意識したカリキュラム・教材の開発とその実践，生物育成におけるリスク思考の概念構築を意識したカリキュラム・教材の開発とその実践，材料と加工や情報技術に関するリスクとシステム思考化によるカリキュラム・教材の開発を実施する。では，2030年の電源構成を予測させたところ，地球温暖化への危機感が高く，再生可能エネルギーへの過度な期待を持っているが，石油に対する理解は不十分で，安全性への懸念が大きかった。また，省エネルギーへの期待は大きいですが，技術を用いた具体的な解決策は考えられていなかった。国の想定電源構成と比べて20%以内の整合度で考えられた被験者は7.2%であり，アンケート調査との比較から4割程度の被験者は十分に検討ができないまま回答していると推測された。また，電力需給探索教材を作成するために，各種発電所等で全天球画像や資料の収集を行った。では，主に長崎県内の技術教員を対象にした第35回技術科教育研究会で農薬選択カードゲームを用いた授業実践を報告し，現職教員から新学習指導要領で示された(1)～(3)のつながりを意識した教材，連携を重視した単元構成の在り方，情報量の取捨選択の重要性が指摘され，ジャガイモ栽培における各生育ステージの栽培環境に応じた適切な農薬を選択させる授業を考案・実施した。では，情報に関するカリキュラムを考案するために，ロボットを用いた課題解決学習を高校生に対して実施し，学校種別でフローチャートの作成や条件分岐に困難さを感じていることから，中学校でのシステム思考の学習展開を図る際に注意を要することが分かった。

【2020年度】本研究では，生徒のリスク・システム思考の概念構築を図るカリキュラム・教材の開発を行うために，電力需給システムを題材にリスクとシステム思考の概念構築を意識したカリキュラム・教材の開発とその実践，生物育成におけるリスク思考の概念構築を意識したカリキュラム・教材の開発とその実践，材料と加工や情報技術に関するリスクとシステム思考化によるカリキュラム・教材の開発を実施する。まず，水産学部と経済学部の学生へのリスク調査を2021年に実施し，2016年度の結果と比較したところ，海外食品，X線利用研究は共に1%か5%の有為差で肯定群の減少が，また原子力利用とPCウイルスでは経済学部と水産学部で5%の有為差で肯定群の減少がみられた。福島第一原子力発電所の事故が学生にとっては印象が薄くなっていることが分かった。では，送電システムの基礎的な理解を深める全天球型発電所探索アプリを開発し，中学校技術分野のエネルギー変換の評価・活用の授業で利用した。その結果，生徒は発電の仕組みについての理解が促進され，全天球シーン，資料，動画といったコンテンツにより，体験的な学習の提供だけでなく知識の補填を促す可能性が示唆された。一方，改善点として，全天球シーンにおける移動方法の検討や，シーンの拡充，画質の向上などが挙げられた。また，システム思考のループ図や冰山モデルを利用した授業実践も行った。では，生物育成のカード教材を用いて授業実践を行い，農薬を環境・経済・社会の観点から適切に選択する必要性に気づき，農薬への理解が深まったことから，生徒のリスク認知度を向上させた。では，プログラミング教育を意識したロボット教材によるシステム学習のあり方を検討するために，小・中学生を対象にしたロボット教室を行った結果，主体的な学習が身につけている児童・生徒ほど冰山モデルの視点を持っている傾向が見られた。

【2021年度】本研究では，生徒や大学生にリスク・システム思考概念を構築させるために，電力需給システム等の評価・活用(新技術の創造も含む)を可能とさせるカリキュラム・教材開発を行った。具体的には，中学校技術科を対象に，「送配電」を中心に据えた電力需給システム学習教材(インタビュー映像教材)を開発し，授業実践によりその有用性を事前・事後アンケートにおける意識調査から検証した結果，授業前後で生徒の太陽光発電推進に対する主張が変化し，それが電力需給システムの適切な理解に基づく将来の電源構成についての比較的現実的な予想によるものであると推察された。このことから開発した教材によって，実際の実例に基づいた解説や管理・運営者の立場からの見方・考え方を提供することの有用性が示唆された。その上，この学習を通して，生徒のエネルギーを利用する上で最も大切にしたい視点に大きな影響を与えることはなく，電力需給システムの適切な理解による葛藤を生む学習を産む展開ことができることが示唆された。また，99.3%の生徒が多様な視点から電力需給システムを評価することができ，技術科の目標を達成するための学習としての有用性が示唆された。また，中学校技術分野の問題解決学習において，冰山モデルとループモデルというシステム思考を導入した授業実践を行い，その効果を検証した結果，冰山モデルは，発電方法の仕組みの理解や電力需給システムの課題把握に，また地球温暖化のように未来を見据えて俯瞰的に物事を捉える学習に効果があることが分かった。ループモデルは，段階的に利用することで電力需給システムの要素間の因果関係を捉え，技術の見方・考え方を働かせて技術と社会や生活の関わりについて考えさせることができることがわかった。さらに，開発した全天球型発電所探索アプリをSTEAM教育の視点から小学校教員に評価させたところ，本アプリの各教科での活用の余地や，地理的感覚の醸成といった土地の特徴を学習する授業などに用いられる可能性が示唆され，改善点に関して，「電力量のデータ」，「働く人の思いや考え」の追加などが挙げられた。なお，2020年1月にWHOが「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態」を宣言し，その後の感染症対策の実施により，本研究の主要テーマである電力需給システムの探索アプリの開発や授業実践について研究計画の変更・延長が発生し，研究完了年度が1年遅れた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 田代穂香, 小八重智史, 瀬戸崎典夫, 藤本登	4. 巻 45(4)
2. 論文標題 全天候型発電所探索アプリの開発およびエネルギー学習における有用性の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 384-392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssej.45.384	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 井上春奈, 藤本登, 河野考治, 小八重智史	4. 巻 21
2. 論文標題 ロボット教材による論理的思考の育成に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 長崎大学教育学部教育実践紀要	6. 最初と最後の頁 159-168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 鎌田英一郎, 松尾憲二, 野方健治, 藤本登	4. 巻 64
2. 論文標題 生物育成の技術における農薬を選択する教材が脳尺に関するリスク認知に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会誌	6. 最初と最後の頁 111-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 藤本登, 高倉健太郎	4. 巻 5(2)
2. 論文標題 中学生が予想した2030年の電源構成と国の想定との比較から見た生徒の思考の傾向分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 エネルギー環境教育研究	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小八重智史, 藤本登	4. 巻 掲載予定
2. 論文標題 中学校技術科における送配電を中心に据えた電力需給システム学習教材の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 エネルギー環境教育研究	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 藤本登, 兒玉悠太郎, 瀬戸崎典夫
2. 発表標題 電力需給の教材化に関する研究
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第33回九州大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田代穂香, 小八重智史, 瀬戸崎典夫, 藤本登
2. 発表標題 全地球型発電所探索アプリの開発およびESDの視点を取り入れたエネルギー学習の実践
3. 学会等名 日本教育工学会2021年春季全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本登, 小八重智史
2. 発表標題 ゼロエミッション電源化を目指す技術科の授業展開の提案
3. 学会等名 日本エネルギー環境教育学会第15回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小八重智史, 藤本登
2. 発表標題 システム思考法に基づいた電力需給システムを題材とする問題解決学習デザインの構築
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第64回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本登, 小八重智史, 高田紗若
2. 発表標題 全天候型発電所探索アプリを用いた授業の検討
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第64回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代穂香, 武藤寛明, 瀬戸崎典夫, 藤本登, 森田裕介
2. 発表標題 全天候型発電所探索アプリを用いたSTEAM教育の可能性の検討
3. 学会等名 日本教育工学会2022年春季全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本登
2. 発表標題 電力需給システム教材の開発
3. 学会等名 日本エネルギー環境教育学会第13回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鎌田英一郎, 松尾憲二, 野方健治, 藤本登
2. 発表標題 生物育成におけるシステム思考を取り入れた教材の開発 - 評価・活用場面におけるカード教材がリスク概念の構築に及ぼす影響 -
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本登, 赤池祐香, 瀬戸崎典夫
2. 発表標題 発電所探索教材の開発
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上春奈, 藤本登, 河野孝治, 小八重智史
2. 発表標題 二種類のarduino型ロボットを用いたプログラミング講座の成果と課題 - SmallbotとPencilbotによる高校生の問題解決学習の取り組み -
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第31回九州支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小八重智史, 藤本登
2. 発表標題 システム思考法に基づき太陽光発電システムを評価し活用する授業の実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第31回九州支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田代穂香, 小八重智史, 瀬戸崎典夫, 藤本登
2. 発表標題 ESDの視点を取り入れた全地球型発電所探索アプリの開発
3. 学会等名 日本教育工学会2021年春季全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代穂香, 瀬戸崎典夫, 藤本登, 森田裕介
2. 発表標題 STEAM教育における全地球型発電所探索アプリの活用可能性の検討
3. 学会等名 第6回日本科学教育学会研究会「With/Afterコロナ世界におけるSTE(A)M教育」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本登
2. 発表標題 水素から見たカーボンニュートラルな社会と学校教育
3. 学会等名 日本エネルギー環境教育学会第16回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小八重智史, 藤本登
2. 発表標題 中学校技術科における送配電を中心に据えた電力需給システム学習教材の開発
3. 学会等名 日本エネルギー環境教育学会第16回全国大
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本登, 小八重智史, 谷本優太
2. 発表標題 システム思考による電力需給の探求学習
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第65回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高田紗若, 藤本登, 谷本優太
2. 発表標題 氷山モデルを利用した電源構成検討させる授業の提案と評価
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第65回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代穂香, 瀬戸崎典夫, 藤本登, 森田裕介
2. 発表標題 全地球型発電所探索アプリを用いたSTEAM教育の実践に向けた教員研修の可能性の検討
3. 学会等名 日本科学教育学会第46回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本登, 小八重智史
2. 発表標題 中学校技術分野を対象としたエネルギー環境教育の実践とその体系化
3. 学会等名 日本機械学会2022年度技術と社会部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 倉元賢一, 吉村建耶, 藤本登, 木村彰孝
2. 発表標題 「材料と加工に関する技術」におけるリスクの視点を取り入れた授業の検討
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤本登, 高倉健太郎
2. 発表標題 未来の電源構成の予測から見る生徒の評価活用能力
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 田口浩継, 坂口謙一, 奥野信一, 市原靖士, 山崎貞登, 岳野公人, 鈴木隆司, 工藤雄司, 森山潤, 藤木卓, 上野耕史, 上之園哲也, 長谷川洋, 橋爪一治, 宮川洋一, 谷田親彦, 藤川聡, 山本利一, 尾崎誠, 原田信一, 大谷忠, 竹野英敏, 福田英昭, 塚本光夫, 紅林秀治, 藤本登, 他15名	4. 発行年 2018年
2. 出版社 九州大学出版会	5. 総ページ数 280
3. 書名 技術科教育概論	

〔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
研究分担者	小八重 智史 (Kobae Satoshi) (90908477)	宮崎大学・教育学部・講師 (17601)	追加: 2021年9月8日

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