

# スマートグリッドの知的処理を理解する疑似体験教材と指導法の開発<sup>†</sup>

秋山 政樹\*

秋田県男鹿市立潟西中学校

花田 守\*\*

秋田大学教育文化学部附属中学校

本多 満正\*\*\*

愛知教育大学

菅家 久貴\*\*\*\*

秋田県男鹿市立男鹿東中学校

佐々木 純\*\*\*\*\*

秋田県鹿角市立花輪第二中学校

中学校技術・家庭科技術分野における送電・配電の学習については、電力設備をブラックボックスとしてそれらの機能を伝えるにとどまっている。筆者らは、電力設備の主な仕組みについての理解をもとにして、技術のすばらしさを学ぶ授業の構築を課題としている。本研究では、電力配分の最適化を図るスマートグリッドの主な処理に対して手作業をともなって学ぶタブレット端末用教材アプリと、それを用いた授業を開発した。開発した授業によって、①スマートグリッドの知的処理に対する理解、②エネルギー資源の消費削減をする技術の社会的意義の理解に一定の効果が認められた。

**キーワード**：「スマートグリッドゲーム」、タブレット端末、技術科教育

## 1. 研究の目的と方法

### 1.1 問題の背景と目的

本研究の目的は、中学生にスマートグリッド（以下、SGと略す）の知的処理の仕組み及びその技術の社会的意義を理解させるために、「スマートグリッ

ドゲーム」（以下、「SGG）」と称するタブレット端末用教材アプリとそれを活用した指導法を開発し、その学習効果を検証することである。

SGとは、従来の発電及び送電の運用に情報通信技術を活用し、太陽光発電等の分散型電源や電力需要の情報を統合して効率的な電力供給を目指すものである<sup>1)</sup>。中学校技術科教育の教科書における電力設備等の取り扱いは、SG開発以前から電力施設の外観を図等で示し、発電の仕組みの説明文を添えているものの、みんなで手先を動かして体験的に学べるような教材化までは至っていない<sup>注)</sup>。そのため、電力会社等が電力を安定供給するために築いてきた給電の技術のすばらしさを具体的に学ぶための教材が乏しいといえる。この状況下における電力設備等に対する中学生の認識は、電力を安定供

2016年1月8日受理

<sup>†</sup>Development of the Teaching Material for Virtual Experience and Method to Learn Intellectual Process of the Smart Grid

\*Masaki AKIYAMA, Katanishi Junior High School

\*\*Mamoru HANADA, Junior High School attached to Faculty of Education and Human Studies, Akita University

\*\*\*Mitsumasa HONDA, Aichi University of Education

\*\*\*\*Hisataka KANKE, Ogahigashi Junior High School

\*\*\*\*\*Jun SASAKI, Hanawadaini Junior High School

給“シテクレル機械”というように機能を享受する側面だけの認識にとどまることが懸念される<sup>2)</sup>。SGは、従来の発電・送電システムにICTを活用することでエネルギー供給をコントロールする仕組みであり、この技術の活用によってエネルギー資源の消費量の低減が期待されるシステムである。そうした総合的システムの技術への操作等の界面は機械の仕組みからかなり後退している。そのため、中学生に総合的システムを捉えさせるためには、作り出す・担い手側を意識させる接面の設定が学習上重要であると考えられる。そうした考えに基づいて、我々はSGの教材化とそれを活用した授業づくりを試みた。

本研究では、開発した「SGG」教材を授業で活用することによって、SGが果たす知的処理についての概念的な理解とエネルギー資源の消費低減技術の社会的意義の理解、さらには、コンピュータによって自動化され、システムとして構築された社会インフラ技術に対して技術的に評価する能力の育成に一定の効果があることを示した。

注) 3社の2012年度検定の中学校技術・家庭科技術分野の教科書で確認。

## 1.2 先行研究

SGをゲーム教材化し、その機能等について学ばせる試みとしては、谷口ら(2014)の研究が希少な例として挙げられる。しかし、谷口らが開発した教材は、世帯間の電力取引による価格変化等、SGの導入や運用に関する生活者視点での理解を一般市民に対して促すことを目的としている<sup>3)</sup>。そのため、現代の社会インフラ技術であるSGの仕組みの理解を促し、その活用や社会的役割に対する考え方を育むことを目的とする本研究とは目的も異なっている。

## 1.3 研究の方法

「SGG」活用の指導法の検討については、3回の実験授業をもとに、授業プラン、プリント教材、及び補助資料等を改良しながら行う。第1回目の実験授業は、秋田県内K中学校2年生25人を対象として2015年10月中旬に実施し、主に基本となる授業プランの策定を行う。

授業による学習効果の検証については、2015年12月中旬、秋田県内F中学校における第2、3回目の実験授業で行う。対象となる子どもに対する質問紙法による事前・事後調査の結果と授業を参観した教員らによる子どもの観察及び授業の様子を録画した

ビデオ映像の分析とから実施する。

## 2. 教材アプリ「SGG」の概要

「SGG」は、再生可能エネルギー（以下、再エネと略す）による分散型電源を積極的に取り入れた仮想都市の給電操作をタブレット端末の画面上で素早く行うことで停電を回避させつつ、省燃料の操業を競うゲームである。具体的には、図1に示すように、画面上に表示される「工業地域」「商業地域」「住居地域」に対して、「火力発電所」「太陽光発電所」「水力発電所」「風力発電所」及び「家庭用発電設備」から給電のやりくりをする。

給電作業の教材化で留意した点については、第一に時間変動の単純化によって操業を理解しやすくした。具体的には、実際の給電のように瞬間的な処理を子どもに要求するのではなく、需要電力量と発電能力の変動を4時間ごとに単純化した状況下で、操業の仕方を考えて操作させる設定にした。給電は午前8時から深夜0時までの16時間を4区分で実施し、「火力発電所」以外の各発電所の発電能力や電力需要量も区分ごとに変動させた。

第二には、電力量に対する子どものイメージの乏しさを考慮して、需給バランス等をランプの数や充電電池の残量、発電量を示すメーターのアイコン等に表示することで注目しやすくした。

第三には、給電実習後の給電の最適化を考える学習につなげるためのゲーム上の給電操作の記録表記を工夫した。具体的には、時間区分ごとに消費燃料、過剰供給した電力、対処の迅速さのそれぞれを指標値としてスコア表示した。このことによって子どもには、消費燃料と過剰供給をなるべく少なくして迅速な給電操作を意識させようとした。



図1 「SGG」の画面の様子

「SGG」の発電所等の主な仕様を表1に示す。

表1 「SGG」の発電所等の主な仕様

発電所等	仕 様
火力発電所	・1度に3単位ずつ10回まで発電可能。発電する度に消費燃料が1ずつ増加し、メーター表示される。
太陽光発電所 風力発電所	・それぞれの発電能力は、時間区分によって変化し、メーター表示される。 ・メーターがカラー表示の際、その時間区分内で1単位だけ給電可能 ・メーターがグレー表示でも指針が1以上を示していれば、それに対応した速度でオレンジ色の蓄電池に充電を行う。 ・オレンジ色の蓄電池が満充電の際にも1単位だけ給電可能。
水力発電所	・水が満たされたアイコン表示の際、その時間区分内で2単位まとめて1回給電可能。
工業地域 商業地域	・時間区分ごとに電力需要量を1～5の数字アイコンで表示し、需要を満たす表示である「○」になるまでなるべく速く給電操作をする。 ・電力需要量の大小にもなって緑色の蓄電池の消費時間も変化し、残量が0になると停電してゲーム終了となる。この蓄電池から他への給電はできない。 ・「◎」の表示は過剰供給の状態を示すが、緑色の蓄電池に充電している状態であり、停電を防ぐ。
住居地域	・メーターがカラー表示の際、その時間区分内で1単位だけ給電可能。その他の条件は、工業地域等と同じ。
コントロールセンター	・ゲーム開始と一時停止のon/offプッシュスイッチ。
スコア表示部	・各時間区分（4時間をおよそ1分間に短縮）終了時に、消費燃料、過剰供給量、給電完了時の残り時間の割合が表示される。

### 3. 授業プランと実験授業

#### 3.1 教育目標と授業プラン

筆者らは、「SGG」教材を活用した授業の教育目標として「ICTを活用したSGの仕組みについて概念的に理解できること」、「SGがこれからの社会インフラとして果たす役割について評価できること」の二つを設定した。実験授業は、秋田県内の中学校2校で授業プランを改善しながら計3回行った。完成した第3回目の授業プランを表2に示す。授業では、より無駄のない給電計画づくりを意識させる目的で、学習課題を「必要な分量の電気をよりよく配

表2 授業プラン

主な学習活動	分
① 本時の確認をする。 必要な分量の電気をよりよく配分する技術を知ろう	1
② 中央給電指令所のビデオを視聴する。	5
③ プリントで発電計画の疑似体験をする。	7
④ 発電計画で予想される諸問題を話し合う	3
⑤ 「SGG」の練習課題に取り組み、ルールの確認と「SGG」の操作法を知る。	3
⑥ ペアで「SGG」を行う。	10
⑦ スコアを集約して比較する。	3
⑧ SGの概要を知る。	3
⑨ SGの特徴とメリット、デメリットについて考えて内容を発表する。	10
⑩ 学習のまとめと評価をする。	5

分する技術を知ろう」とした。

授業の第一部（①～④）は、学習課題の意味を理解し、電力供給にかかる問題意識を高める学習の段階である。具体的には、学習課題である給電の技術に対するイメージを徐々に具体化していく際に、給電の仕事やその社会的意義に対する気づきから、電力供給にまつわる問題の所在を確認させる構成にした。授業プランの②においては、中央給電指令所の紹介ビデオを視聴させて電力設備を担う人間の工夫やそのすごさを実感させ、学習の動機づけとなるようにした。そのような構成にした理由は、3割程度の子どもが電力会社の人間が電力需要量を予想しながら手作業で給電をやりくりしていることを知らないという事前調査の結果からである。動機づけの後に、③のプリント教材を用いての給電計画の疑似体験を設定した。その理由は、「SGG」上のルールの基本的理解を目指すとともに、よりよい給電のために考えるべき内容を豊かにするためである。気づき等を豊かにした後に、④の発電計画で予想される諸問題を話し合う活動が充実すると考えた。実験授業での子どもの様子からは、話し合いや発表が活発であり、問題なく学習に取り組んでいたことが見受けられた。

授業の第二部（⑤～⑦）は、給電の技術に対するマクロな理解を少しずつミクロなレベルの理解へと具体化しながら深めていく学習の段階である。⑤においては、「SGG」実習の前に、ルール確認とその基本操作法を確認する。このことによって、勘違いや操作上でつまづく子どもがでないことをねらった。そして、⑥においてペアで「SGG」に取り掛か

らせて、子どもにとってやや難易度の高い電力供給の疑似体験をさせる。ペアで取り掛からせる理由は、操作役と助言者役を交代で行い、相補的な効果を得ることを目的としたからである。「SGG」実習においては、どのペアも協力して夢中になってゲームに取り組む様子が見受けられた。⑦においては、給電計画のでき具合による消費燃料等への影響について、それぞれのペアのスコアを比較させることで実感させることをねらった。

授業の第三部(⑧~⑩)は、SGの基本的構成と仕組み理解からその社会的利用を多面的に検討する学習の段階である。⑧においては、「SGG」での疑似体験とSGの大まかな仕組みと機能とを重ねて考えさせながらSGの概要を理解させる。そして、⑨においては、手作業の給電計画づくりと給電の操作をリアルタイムで自動化させるSGのような社会インフラの技術システムを普及させるメリットやデメリットを豊かに考えあわせるようにした。

### 3.2 再エネ利用による消費燃料低減を目指すルール

SGは、ICTを活用して再エネによる分散型電源等を積極利用することによって、効率的かつ安定的な電力供給の実現を目指している。したがって、子どもが第一に学ぶべきものは、消費燃料の低減を目指して、再エネ利用の発電システム等を最適に組み合わせ得られる効果についてである。このために、「SGG」においては、各需要地域の電力需要量に対して、「風力発電所」「太陽光発電所」等、発電量が天候に左右される発電所の特性を意識しながらそれらの組み合わせ方を工夫し、「火力発電所」の使用を少なくした最適な給電を目指させることをゲームのルールとして設定している。子どもたちには、こうしたルールを理解したうえでゲームに取り組むことから、SGが電力需要量と各発電所が現に発電している電力量等をリアルタイムで監視しながら、各発電設備等の特性を踏まえた組み合わせによって最適な給電の指示を出していることに対して実感をもって学びやすくできると考えた。

そのために、授業プランの「③ プリントで発電計画の疑似体験をする。」において、子どもには図2に示すプリント教材(以下、練習シート)を用いて「SGG」の第1時間帯(午前8時~午後12時)に設定した制約条件と同等の条件下で給電計画を立てる練習をさせた。設定した制約条件とは、「工業地域」「商業地域」「住居地域」の電力需要量がそれぞ

れ5単位、4単位、4単位であり、これらに対して「火力発電所」から1度に3単位ずつ10回まで、「水力発電所」からは2単位を1回だけ、「風力発電所」と「太陽光発電所」からは、それぞれ1単位を1回だけ給電できる設定である。したがって、この練習題材での最適な給電計画の例としては、表3に示すようなものとなる。

■ 電力会社の中央給電指令所では、過去のデータやその日の気象データなどを参考に、一日の空気に合わせた発電計画を立てています。●月●日 午前8時~12時までの消費予測をもとに、空欄に使用する発電所の回数を記入して■発電計画を立ててみましょう。

●月 ●日	午前8時~12時			
	 1度に3単位 10回まで給電可能	 1度に2単位 1回だけ給電可能	 1度に1単位 1回だけ給電可能	 1度に1単位 1回だけ給電可能
 消費予測5単位				
 消費予測4単位				
 消費予測4単位				

●火力発電所を何回使いましたか?・・・( )回  
 ●火力発電所だけで電力をまかなうとすれば何回使うことになりますか?・・・( )回  
 ●計画を立てるときの大切だと思ったことはどんなことですか?  
 ( )

図2 練習シート

練習シートへの記入後、手作業による給電計画づくりの難しさについて話し合わせた。何人かの子どもからは「無駄がないようにすることが難しい」「発電能力の違う発電所を組み合わせるのに合致させることが難しい」「(実際は、)風力や太陽光は天候に左右されるから予想が難しい」という発言が聞かれた。そして、どの子どもも給電計画づくりのポイントとして、「燃料を無駄にしないこと」、そのために、「発電所の発電能力と特徴を考えた組み合わせ方を検討すること」、が大切であることに気づき、全員が納得してうなづく様子が見受けられた。

### 3.3 電力の需給バランスの変動と時間帯区分

SGは、電力の需給バランスをリアルタイムで監視・調整するシステムである。しかし、子どもが学ぶうえでのゲーム操作等を考慮して、「SGG」では

表3 練習題材の最適な給電計画の例

	火力発電	水力発電	風力発電	太陽光発電
工業地域 需要5単位	1回利用で 3単位給電	1回利用で 2単位給電		
商業地域 需要4単位	1回利用で 3単位給電		1回利用で 1単位給電	
住居地域 需要4単位	1回利用で 3単位給電			1回利用で 1単位給電

4時間をおよそ1分間に短縮させた時間経過の中で画面表示される各需要地域の需要量及びそれぞれの発電所の発電状況等を読み取って最適な給電を行う設定にした。「SGG」においては、子どもが給電操作を疑似体験できる難易度内の条件や状況設定が求められるために、午前8時から深夜0時までを4時間ごとの時間帯区分にして、各需要地域の電力需要量と再エネ利用の発電所の発電能力の変動を単純化した。この時間帯区分のもとでも、子どもは需給バランスを監視しながらリアルタイムの給電操作を行っている感覚をもっている様子であった。

### 3.4 時間による変動の要素とその実際

実際に「SGG」の第1時間帯に設定した制約条件としては、3.2.で述べた内容に併せて、住居地域に想定した住宅用発電設備からも1単位分の供給が可能となるように設定している。各需要地域の右上に表示されるロボット型のアイコン（以下、需要アイコン）は、その時点の電力需要量を示している（図3）。例えば、第1時間帯の「工業地域」の需要アイコンは5を示しているから、「火力発電所」から



図3 ゲーム開始直後の画面

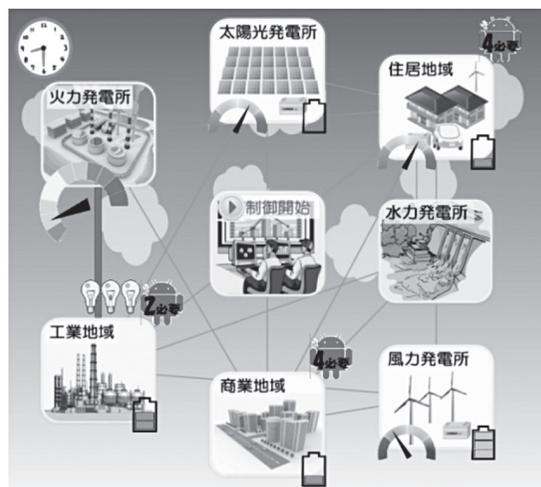


図4 「工業地域」へ「火力発電所」から3単位給電できた状態

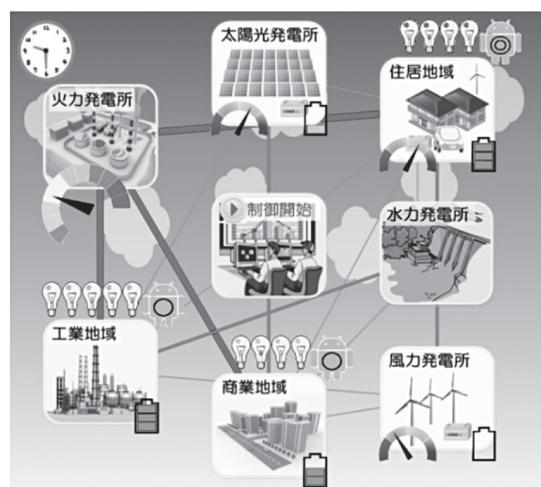


図5 給電操作が完了した状態

3単位分の給電操作をすることで、示す値が2に変化し、「火力発電所」の発電量を示すメーターが1単位分増加して画面表示される（図4）。

ゲームの仕様として、給電の操作が遅れて需要量が高い数値を示したまま放置された場合、示された需要量に応じた速度で各需要地域右下に表示される蓄電池アイコンの残量が減っていく。そして、いずれかの需要地域の充電電池の残量が0になるとゲームオーバーになる。しかし、需要アイコンが需要を満たした状態を示す“○”になるまで供給すると蓄電池の残量減少を停止させることができる。また、供

給に余裕のある状態（過剰供給）を示す“◎”になるまで給電した場合は、その時間分に応じて充電され、停電を防ぐことができる（図5）。

「SGG」のルールとしては、このように時間によって変動する様々な要素について理解したうえでゲームに取り掛かることが大切である。子どもたちのペアは、「この地域に必要な電気がまだ足りないから、火力から来てもらうか？」「火力だと電気が多くなってむだかな？」「水力がちょうどいいよ」と互いに教え合いながら夢中になってゲームに取り掛かっていた。「SGG」には、その内容が現実世界とリンクしているという知的なおもしろさがあり、簡単に直感的な操作によって効果音やスコア表示等のレスポンスを得られるために、どの子どもも熱中して取り組むことができる。しかし、ルールの理解不足でゲームオーバーして第4時間帯まで進むことができず、難しさを感じている子どもも見受けられた。

### 3.5 ゲームのルール理解を促すワークシート

子どもたちは、練習シートを使って第1時間帯に設定された制約条件下で給電計画づくりをすることで、最適な給電計画づくりのポイントを理解できていた。しかし、実際にゲームに取り掛かると、学んだポイントを生かして給電できていないことがわかってきた。そこで、「SGG」の第1時帯の操作に対しては、練習シートに記入した計画通りに行うように指示すれば、給電のポイントをおさえたままゲームに取り掛かり、それ以降の時間帯区分でも最適な給電となるように工夫しながら操作して、学習が深まるのではないかと考えた。このために、第1時間帯終了後すぐにゲームを一時停止させて中断し、練習シートに記入した給電計画通りになっていることを確認させるようにした。さらに、この時にゲームのルールと操作法について確認しなおすことで、それらをより効率的に理解させられるのではないかと考えた。

そこで、「SGG」上に想定した各発電所の発電能力等についての一覧を追加した改良版練習シートを作成した（図6）。また、子どもが「SGG」のルールと操作法をいつでも確認できるようにするために、ルールと操作説明を記した資料を作成して配付した（図7）。

その結果、ゲームのルールと操作法の理解がこれまで以上に深まり、戸惑う子どもが少なくなった。結果として得られるスコアからは、消費燃料と過剰

**必要な分量の電気をよりよく配分する技術を知ろう**

年 組 番 氏 名

【主な発電所の特徴】 ※ SGG…スマートグリッドゲーム

主な発電所	発電量の大小	SGGで給電に関わる特徴	使っている資源	一般的なメリット	一般的なデメリット
火力発電所	大	• 何度も給電が可能 • 燃料が必要	化石燃料 (LNG, 石油, 石炭, 等)	• 火力調整による発電量の調整が可能 • 長時間稼働が可能	• 多量の化石燃料が必要 • 二酸化炭素の排出量が多い
水力発電所	中	• 貯水に時間がかかる • 燃料不要	水 高川(豊富な水)	• 温室効果ガス無し	• 降水量に発電量が左右される • 建設地が限定される
風力発電所	小	• ランダムな発電量で発電量が変動 • 燃料不要	風	• 風が吹けば24時間発電可能 • 海上にも設置可能	• 風速による発電量変動 • 天候による故障リスクが高い
太陽光発電所	小	• 日照状態に発電量が変動 • 燃料不要	太陽光	• 温室効果ガス無し • 家庭でも発電可能	• 天候に左右される • 夜は発電できない • 設置費用が高い
原子力発電所	大		ウラン	• 発電量調整が難しい • 温室効果ガス無し • 長時間稼働可能	• 事故発生時の被害大

LNG…液化天然ガス

【給電計画表】 3つの地域の電力消費予測を踏まえて電気を配る計画を考えよう。

●月●日	午前8時～12時			
	火力発電所 1回に3単位 10回まで給電可能	水力発電所 1回に2単位 1回だけ給電可能	風力発電所 1回に1単位 1回だけ給電可能	太陽光発電所 1回に1単位 1回だけ給電可能
必要予測 5単位	◎	◎	◎	◎
必要予測 4単位	◎	◎	◎	◎
必要予測 4単位	◎	◎	◎	◎

① 火力発電所は何回使用しましたか？ [ ] 回

② 火力発電だけでまかなうなら何回必要？ [ ] 回

図6 改良版練習シート

**スマートグリッドゲームのルール、操作方法**

**ゲーム背景** ここは「4つの発電所」と「3つの電力利用地域」で成り立つある町。あなたは中央給電司令所の所長さん。地域の要求や発電所の能力以外のことを考えて、よりよい給電計画を考えましょう。

**ゲームのスタートストップ、リセット** 中央の「制御開始」ボタンをタップするとスタート。再度クリックするで一時的ストップ。リセットボタンでやり直し。

**発電所の能力 (住地域含む)**

火力発電所	太陽光発電所	水力発電所	風力発電所	(住地域)
◎	◎	◎	◎	◎

**給電に関する操作**

- いすれかの発電所をタップする(タップ後、いったん指を離す)。
- 発電所に電球マークが出現する。
- 電球マークを電力利用地域の中央に滑らせる。

**アイコンの意味**

- ドロイドマーク … 各地域に必要な電力量(その数字分、電球マークを配分する)
- 緑電池 … 各地域が停電にならないための余力。(この緑電池が1になるとアラームが鳴り、0になるとゲームオーバー！)
- メーター … カラーの時、給電ができる。
- オレンジ電池 … 満タンの時、給電ができる。

**スコアの意味 (画面右)**

- 燃料 … 火力発電所を利用した回数
- 余裕 … ドロイドマークに示された数値を超えて、給電した電力(電球の数)

**留意事項**

- 「水力発電所」は1つの時間区分で1回のみ利用可能です。→ 最初はカラー、1回使うとアイコンが白黒になります。
- ドロイドが表示する要求電力と同数の給電数 → 「0」が表示 → 緑電池の減少ストップ  
ドロイドが表示する要求電力より多い給電数 → 「◎」が表示 → 緑電池が充電される

図7 「SGG」のルールと操作の説明資料

給電を抑えて、必要な分量の電気をよりよく配分するための工夫ができていたものが多く見受けられるようになった。

### 3.6 技術の評価へつなげるスコア

「SGG」は、ゲーム操作に対するレスポンスとして、「燃料」「余裕」「スピード」「給電履歴」を表示するように設計している（図8）。「燃料」とは、「火力発電所」の利用回数を示している。「余裕」は、過剰供給分を示しているが、停電を防ぐための蓄電池への充電も必要であるために、なるべく少ない数値であることが望ましい。「スピード」は、各時間帯区分で需要を満たした時点の残り時間の割合を示したものである。「給電履歴」は、スクロール表示させてすべての操作順を確認できるようにしたものである。

これらのデータを基にして、子どもが、第二に学ぶべき内容としては、SGの社会インフラ技術としての役割とその評価についてである。すなわち、発電にかかる消費エネルギー低減と電力の安定供給のために自動化されたシステムの運用によって、社会や電力会社の人間の労働等にどのような影響を与えるかについて学ばせることが必要である。

今回の実験授業では、「燃料」と「余裕」についてのみ取り扱い、いくつかのペアの結果を比較させた。その結果、使用する発電所の組み合わせ方や蓄電池への充電とその利用のタイミング次第で、燃料の消費量や電力の過剰供給が2倍以上も違うことに多くの子どもが驚いていた。そして、今回疑

似体験した手作業の給電計画づくりを踏まえ、こうした知的処理をICT活用によって自動化するSGの社会的意義等について考えさせた。

## 4. 調査の方法と考察

授業による学習効果を検証するために、第2、3回目の実験授業の対象である秋田県内F中学校の3年生2学級の子ども（それぞれ33人ずつ、計66人）を対象に質問紙法による事前、事後調査を行った。その結果について考察する。

### 4.1 事前調査

事前調査の質問項目を表4に示す。どの質問項目においても対象の2学級が同様の回答をする傾向を示し、明らかな差異は認められなかった。このために、今回の学習内容についての子どもたちのレディネスは同程度であると判断した。

表4 事前調査の質問項目

Pr1	電力会社は、原子力発電所や火力発電所、水力発電所などを使って電気を作り出していますが、作り出すべき電気の量は、どのようにして決めていると思いますか？当てはまると考えるものを1つだけ選んで記号を○で囲んでください。 A. 停電にならないように、電気が余っても足りなくても常にすべての発電所の能力を100%出し切って発電するように決めている。 B. 過去の記録や天気予報、ニュースなどを参考にし、必要な電気の量を予想しながら決めている。 C. 原子力や火力発電所の燃料消費をできるだけ抑えるために、必要な量よりやや少なく発電するように決めている。
Pr2	水力発電や太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーを利用した発電方法が注目されていますが、それはなぜだと思いますか？
Pr3	今後、再生可能エネルギーを利用した発電の割合を多くして活用していくとすれば、どのような難しさや問題があると思いますか？
Pr4	最近、電力に関わる新しい技術としてスマートグリッドと呼ばれるものが注目されています。このことについて知っていることがあれば記入してください。

電力供給において、電力会社等が担っている仕事の認知度を調査するためのPr1については、Aと回答した子どもが16%、Bが70%、Cが14%であった。このことから、AとCを回答した30%の子どもが、SG以前の電力を安定供給する工夫や技術について知らないことがわかった。

再エネ利用の発電方式が注目される理由を自由記

リセット	
時間区分	スコア(燃料 余裕 スピード)
8:00～	3燃料 1余裕 82スピード
12:00～	2燃料 0余裕 80スピード
16:00～	3燃料 1余裕 75スピード
20:00～	1燃料 0余裕 80スピード
給電履歴	
	★★★★ 8:00～★★★★
	火力→工場地域
	火力→商業地域

図8 「SGG」のスコア表示の様子

述で答えるPr2については、得られた回答の記述内容を分類した。その結果、「環境保全に有効」42%、「発電のための資源が無限にある」42%、「地球温暖化の抑止」45%、「化石燃料の枯渇・減少の抑止」23%、「高い安全性」17%、の順で記述され、すべての子どもが再エネ利用の発電に対して受容的な回答をしていた。しかし、一方で、予想される実現の難しさについて問うPr3については、「気候・天候に左右される」86%、「コストが高い」24%、「発電効率の悪さ」24%、「立地場所の確保」23%、「発電所の建設費用の高さ」18%、「自然破壊（建設時）」6%が記述されており、再エネ利用の有効性を理解しつつ、その諸問題についても一定程度理解していることがわかった。

SGについての認知度を調査するために設定したPr4については、知っていると答えた子どもは1名であった。その記述内容は、「家庭や発電所などが協力して必要な分だけ発電している」という程度のものであり、すべての子どもがSGの特徴やその意義について知らないことがわかった。

以上から、授業以前の子どもは、電力をまかなうための諸問題に対しては、一般的な生活者視点のレベルでは認識できているといえる。

## 4.2 事後調査

事後調査の質問項目を表5に示す。

表5 事後調査の質問項目

Po1	今回のタブレットのゲームでは、スマートグリッドが自動で行う主な処理を手作業で体験してみることができました。スマートグリッドは、発電所に最適な発電指令を出すために、どのような情報をどうやって（何を使って）集めていますか？
Po2	スマートグリッドは、 ①電力会社の人間が行っているどのような仕事をどのように変えるものですか？ ②また、そのことによって経済や環境など社会全体にどのような効果を与えられましたか？
Po3	スマートグリッドのような技術についてどのようなことを思いますか？（良い面、悪い面）

Po1は、SGの知的処理の仕組みに対する概念形成を調査するための質問である。自由記述形式で答えさせた。SGにおける情報収集に対する認識については、「各施設・地域の電力需要量」であることを71%の子どもが記述できていた。さらには、「発電状況・電力の供給量」との記述が17%あった。また、これらの情報収集の手段としては、「情報通信ネッ

トワーク、スマートメーター・専用機器」であることをすべての子どもが記述していた。以上のことから、SGの稼働時の必要情報とそのため的手段という大まかな仕組みについて理解できたといえる。

Po2は、SGの社会的意義に関する認識を調査するための質問である。①の仕事の変化については、「人が行っていた配電計画・操作をより速く正確に自動化する」というSGの基本的な特徴を示す記述が2学級で85%と80%の子どもに見られた。この中で、SGの特徴をより詳しく捉えた「発電所の運転指示を自動化し正確な発電指令をする」といった記述は、9%から30%へと増加した。このことから、子どもにおけるSGの社会的な役割理解としての省力化・効率化を促し、一部の子どもにおける理解をより具体化したといえる。②の社会等への影響については、「再エネ利用による温室効果ガスの削減」についての記述が65%、「資源の維持」48%、「消費燃料削減による経済効果」20%、「人件費削減によるコスト削減」10%、「企業経営・作業の円滑化」5%、「より快適な生活」2%、であり、新たな技術システムがもたらすメリットとして、資源の低減化をほとんどの子どもが認識できたといえる。

Po3は、学んだSGに対する子どもの技術評価の状況を知るための質問である。メリットに対する記述については、2学級のそれぞれで特異な傾向は見受けられず、全体として「手作業より速く、正確」52%、「各発電所の特徴を生かした効率よい発電」45%、「過不足なく最適給電を自動で行える」32%、「少人数で作業可」18%、「環境保全への効果」15%、「労働者の作業負担減」9%、「利便性」3%、であった。一方、デメリットについての認識としては、第2回目と第3回目の学級で以下のような違いが見られた。「ネットワークトラブルによる誤作動・災害時のトラブル・セキュリティ」に関する記述がそれぞれ76%、97%であり、増加した。同様に、「ネットワーク環境を構築する手間やコストの問題」については、15%から21%、「仕事が減り、雇用削減につながる」が9%から21%へと増加傾向を示したことが認められた。これらの意見は、第3回目の授業中の学び合いで登場したものであったため、そのことが影響したと考えられる。いずれにしても、子どもはより豊かに社会インフラとしての技術システムを捉えて、より客観的かつ多面的に評価する力を育むことができたといえる。

以上のように、授業の教育目標の一つである「ICTを活用したSGの仕組みについて概念的に理解できること」については、第一にSGが収集する情報について88%の子どもが理解できており、その手段がICT活用によるものであることを全ての子どもが理解していた。第二にSGの知的処理は、自らが発電所の特性と需給バランスを考えながら行った「SGG」での疑似体験と同様であると想起しながら、「人が行っていた配電計画・操作をより速く正確に自動化する」と80%以上の子どもが回答できていた。これらのことから、この教育目標は達成されたといえる。

教育目標の今一つである「SGがこれからの社会インフラとして果たす役割について評価できること」については、多くの子どもが、自動処理によって環境やエネルギー資源をはじめ、経済や労働等の問題を改善するというメリットとともに、機器のトラブルに対する危険性及び保守や整備にかかるコスト等のデメリットも併せて、技術システムを多面的に評価できていた。このことから、この教育目標についても達成することができたといえる。

以上、開発した教材アプリ「SGG」とそれを活用した授業によって、設定した二つの教育目標に対する学習効果が認められる。

## 5. 結論

筆者らは、SGの知的処理の仕組み及びその技術の社会的意義を理解させるために、タブレット端末用教材アプリを開発し、それを活用した指導法の検討を重ねて学習効果を検証した。その結果、教材アプリ「SGG」を活用した授業によって、子どもたちはSGの知的処理の仕組みを概念的に理解できたといえる。また、こうした技術発展による消費エネルギーの低減と電力の安定供給を実現する社会インフラの技術システムとしての評価を通して、SGの社会的意義を理解することもできた。これらのことから、筆者らが設定した授業の二つの教育目標を達成することができたといえる。

今後の「SGG」のアプリ開発に関する検討課題としては、ゲーム中に再度、細かなルールの確認にプリント資料を必要とする子どもが少なくなかったことから、マニュアルがなくても画面を見ただけで自然にルールがわかるような提示の仕方等の改良が挙げられる。

## 付記

本研究の一部は、科学研究費補助金・基盤研究（C）（課題番号15K04453）の支援を受けている。

## 参考文献

- 1) 低炭素電力供給システムに関する研究会:低炭素電力供給システムの構築に向けて－低炭素電力供給システムに関する研究会報告書－, p.17 (2009)
- 2) 佐伯 胖:機械的であることと教育的であること, 岩波講座 教育の方法 10 教育と機械, pp.246-285, 岩波書店 (1987)
- 3) 谷口忠大・中村仁美・熊谷歩・矢野史朗:自律分散型スマートグリッドの理解を促すシリアスゲームの開発, 科学技術コミュニケーション, 第15号, pp.37-56 (2014)

## Summary

In technology subject class, we teach students the power distribution system only as a black box. Therefore, it is our task to develop a method to teach splendor of technology to students with simulated experience of operating the power distribution system.

We have developed an application of tablet type computer to learn the intellectual process of the smart grid allocate electricity optimally by application of ICT. By using this application in class, we recognized the following constant effects:

- 1) Understanding about intellectual process of smart grid
- 2) Understanding about the social significance of the technology to reduce the consumption of energy resources.

**Key Words** : smart grid game, tablet type computer, technology education

(Received January 8, 2016)