

水文環境教育におけるアクティブ・ラーニング導入の試み*

李 盛 源** 下 岡 順 直** 白 木 洋 平** 北 沢 俊 幸**

キーワード：水文環境教育、アクティブ・ラーニング、リアル教材、ICT教材、地下水流動モデル

1. はじめに

1.1 大学教育におけるアクティブ・ラーニング導入

大学の教員は小中高教員に比べ、教育や授業準備に比較的多くの時間を割くようになっており、授業改善のための様々な工夫も進んできている。しかし、国民や企業を中心とする一般社会および大学生自身の学士課程教育に対する評価は総じて低い状況にある。これには種々の要因が関係しているが、特に、高校教育までの受け身の勉強とは、質的に異なる主体的な学びのための学修時間が今日においても少ないというのが大きな問題である(文部科学省, 2014)。また、大学教育の課題が学生数および卒業生数という「量」から、教育の「質」へと転換している背景とも重なっており、今まさにこの状況を踏まえた大学教育の質的転換への早急かつ効果的な取組が求められている。

上記のような大学教育の「質」への転換を達成するための有効な手法の一つとして「アクティブ・ラーニング」が挙げられている。アクティブ・ラーニングとは、一方的な知識伝達型講義を聴くという(受動的)学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習の総称である。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そして生じる認知プロセスの外化を伴う(溝上, 2014)。

上記のような背景の中で、立正大学は文部科学省の「大学教育再生加速プログラム(AP: Acceleration Program for University Education Rebuilding¹⁾)」に採択され、2014年度から2018年度まで5年間、アクティブ・ラーニング(テーマI)の推進をすることになっている。

1.2 水文環境教育における背景

水文科学とは、一言で言うと、水循環およびそれに伴う物質循環を基本概念とする学問であり、自然(環境)

科学の一分野である。水文科学の基本概念である水循環プロセスを細かく分けると、降水→蒸発・蒸散→浸透→地下水流動→河川(湖沼)流出→河川流動→蒸発・蒸散→降水、というように分類できる。水文環境教育においては、水文科学の基本概念である水循環をどのように体験させ、正しいイメージを形成させるのが重要な課題であり、そのためには、学生自ら水循環に関連する諸現象・プロセスを体験・確認する必要がある。しかし、水循環プロセスの中で、降水、浸透、河川流出、河川流動、蒸発・蒸散などはある程度日常生活や野外観察の中で確認・認識できる場合も多く、その理解やイメージ形成が比較的容易である。その一方、地下水流動に関しては、その理解やイメージ形成に苦しむ場合が多い。その理由としては、地下水は私たちが直接見ることのできない空間を流れており、そのため、イメージを掴むことが困難であり、学生たち(一般市民を含む)が間違った解釈やイメージを持つことも多い。特に、近年都市化された環境の中で育った学生たちにとって、生活用水は水道水と認識しており、水は蛇口をひねれば出るものであると認識している場合も多い。実際、生活・農業用水としての井戸を見たこともない学生も多く、そのような学生たちに、地下水の流動やそれに伴う物質循環を理解させるのは、非常に困難である。今まで見たこともない現象を理解することは、だれにとっても難しいものである。しかしながら、地下水がどのように流れるのかは陸上の水循環・物質循環を理解するうえで重要なテーマであり、その地下水の流動が理解できない限り、それに伴う物質循環や汚染プロセスなどを理解することも無理である。また、地下水という各種物質(汚染物質を含む)の「運び屋」としての働きをどのように教えるのかは、今後の環境教育および環境保全において重要なテーマの一つであると考えられる。そこで、本研究では、地下水の流れを可視化できる教材である Groundwater Flow Model

* 本稿の内容の一部はパーソナルコンピューター利用技術学会2016年合同研究会にて発表した。

** 立正大学地球環境科学部

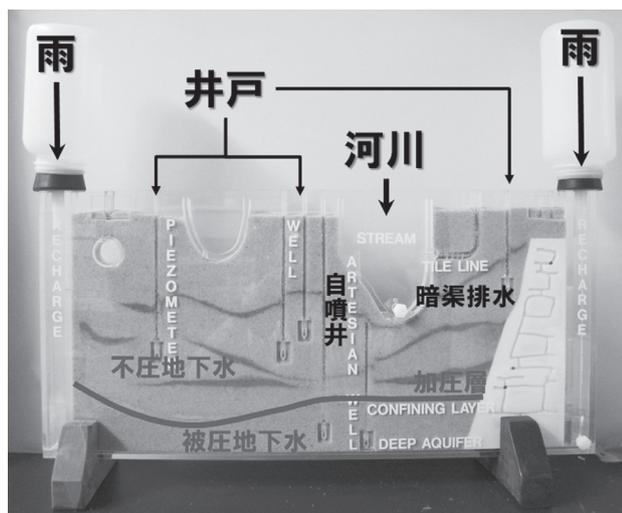


Fig.1 Groundwater Flow Model (GFM) の構造

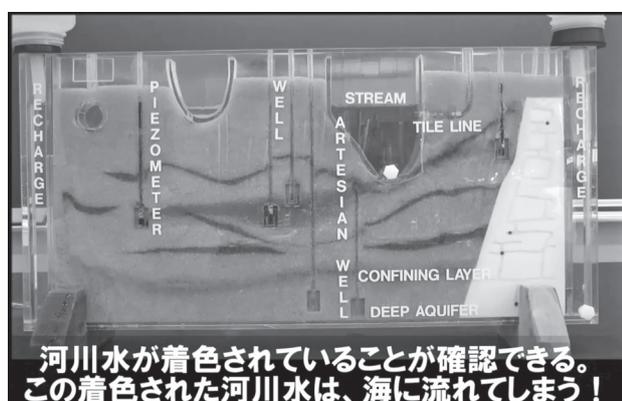


Fig.2 「リアル教材 (GFM)」を用いて撮影・編集した「ICT教材」(李, 2016)

(GFM) (Fig.1) を用い、地下水流動およびそれに伴う物質循環を理解させるための授業を大学専門基礎教育として行った。授業後に、受講者に対してアンケートを実施し、アンケート結果に基づいて本リアル教材の有効性に関する定性的な検討を行った。その結果をここに報告する。また、授業後のアンケート結果を受け、GFM という「リアル教材」を用いて動画撮影を行った「ICT教材」(4倍速再生) (李, 2016) (Fig.2) を製作した。

2. リアル教材 (GFM) の導入およびリアル教材用いた ICT 教材の製作

2.1 リアル教材 (GFM) の導入

導入されたリアル教材 (GFM) は、Iowa State University の Prof. Dr. Richard M. Cruse に依頼し、製作されたものである。実際、同大学の授業に使われているものと同様のものである。まず、2013年4月にリアル教材 (GFM) を導入したが、教材導入に関する予算の関係で



Fig.3 リアル教材 (GFM) を用いた授業風景

1台しか導入できなかったため、教員による演示実験形式に止まっていた。しかし、2015年3月に大学教育再生加速プログラム (AP) の予算で、新たに3台追加導入することができ、合計4台になったことで、受講者が主体となっていく能動的な実験形式へと変更することが可能になった (Fig.3)。また、本リアル教材 (GFM) は堆積構造や河川の流量などを変化させることができ、各井戸や地表面から汚染物質 (色素) を流すことも可能であるのなど、受講者が自ら工夫して様々な自然条件を作り上げながら、自然現象を再現・確認できるため、能動性や思考力を養うアクティブ・ラーニングの教材として用いられる仕組みとなっている。

2.2 リアル教材 (GFM) を用いた ICT 教材の製作

授業後のアンケート結果を受け、リアル教材のデメリットをクリアするために、リアル教材 (GFM) を用い、撮影・編集を行った「ICT教材」(李, 2016) を製作した。李 (2016) による ICT 教材は動画のみで使用しても十分理解できるが、学生がより理解しやすいように、字幕解説をつけた。また、本リアル教材 (GFM) による地下水流動および土壌・地下水汚染プロセスの再現には、時間を要するという意見も多かったため、今後の授業時間や予習・復習の時間などを考慮し、4倍速に編集した。現在は、復習用の教材として用いているが、今後、講義形式の授業や予習・復習、反転授業用の教材として用いる予定である。

3. 授業実施

立正大学地球環境科学部環境システム学科の「環境水文学実験」(学部2~4年生対象) という科目で、目に見

(8) 他の講義資料(例えば、印刷物、パワーポイント、写真、動画など)と比較して、「地下水流動モデル」のメリットとデメリットを教えてください。

メリット

- ① 自分なりの予想をたてることができる。
- ② 立体的に見ることが出来る。
- ③ 実際に自分の手で実験を行うことで、ただ頭へ詰め込むだけでなく、考えながら学べる。
- ④ イメージしやすい、時短、楽しい、興味がわく。
- ⑤ 人間は耳で聞くより目で見の方が理解しやすい
- ⑥ VIRTUALで地下水の流れが理解できる
- ⑦ 地下水の流れや汚染状況の理解度が深まる

デメリット

- ① 現象を再現するのに時間がかかった。
- ② その時限りの記憶になってしまっている
- ③ 事前に資料が残らないので後々忘れた場合苦労している
- ④ 機材の後片付けに時間をとった。また実験中に汚れる
- ⑤ 片付けや下準備が大変でコストがかかる

Fig.4 受講者によるリアル教材 (GFM) と事前講義で用いた ICT 教材に関する受講者の評価 (重複するコメントを除く)

えない地下水の流れとそれに伴う物質循環を可視化できる教材としてリアル教材 (GFM) を導入し、地下水流動に関する自然現象の正しいイメージ形成を試みた。

- ✓授業名：環境水文学実験
- ✓授業形式：実験・実習形式 (3時間：2コマ連続)
- ✓受講対象：立正大学地球環境科学部環境システム学科、2～4年生
- ✓受講者数：29名
- ✓授業時期：2015年5月18日、4～5限
- ✓授業内容：地下水流動、地下水と河川水の交流、汚染物質の拡散、土壌汚染など
- ✓授業目的：目に見えない地下水の流動とそれに伴う物質循環のプロセスを理解すること
- ✓授業形式：従来の ICT 教材 (アニメーション付きパワーポイントスライド、写真、動画) を用いた事前講義形式 (約1時間)、その後、リアル教材 (GFM) を用いた実験・実習形式 (約2時間)
- ✓利用したリアル教材 (GFM) の台数：4台

4. 結果および考察

4.1 受講者によるリアル教材 (GFM) の評価

授業後、受講者にアンケート実施し、事前講義で用いた従来の ICT 教材 (アニメーション付きパワーポイントスライド、写真、動画) とその後の実験で用いたリアル教材 (GFM) との比較評価を行った。その回答の一部を下記に紹介する。

【設問】他の講義資料 (例えば、印刷物、パワーポイント、写真、動画など) と比較して、「地下水流動モデル」のメリットとデメリットを教えてください。

メリット (Fig.4) :

- ✓自分なりに予想をたてることができる。
- ✓立体的にみることができる。
- ✓実際に自分の手で実験を行うことで、ただ頭へ詰め込むだけでなく、考えながら学べる。
- ✓イメージしやすい、楽しい、興味がわく。
- ✓人間は耳で聞くより目で見の方が理解しやすい。

- ✓リアルタイムで地下水の流れが理解できる。
- ✓地下水の流れや汚染状況の理解度が深まる。
- ✓地下水の動きを実際に自分たちで再現することができ、より理解が深まった。
- ✓今まで目に見えなかった汚染水（物質）の流れを再現してみても、実際はこういう感じで流れているということを知ることができた。
- ✓地下水を着色させることによって、地下水の流れる場所やスピードが視覚的に理解できる。
- ✓あまり地下水自体に興味がない人でも、「おお」と思えるものを感じた。
- ✓自分たちで、降雨や地下水の流れを変えたり、汚染物質を入れることができ、目で見えない地下水の動きを確認できたなど。

デメリット（Fig4）：

- ✓現象を再現するのに時間が掛かる。
 - ✓その時限りの記憶になってしまいそう。
 - ✓手元に試料が残らないので、後々忘れた場合苦労しそう。
 - ✓機材の後片付けに時間を使う。また、実験中に汚れる。
 - ✓片づけや下準備が大変で、コストが掛かるなど。
- その他、事前準備や片付けの時間に関するコメントが多数あり。

上記の結果をみると、メリットに関しては、概ね期待していた結果が得られた。特に、「地下水の流れる場所やスピードが視覚的に理解できる」という意見や「目で見えない地下水の動きを確認できた」などの意見もあり、本リアル教材（GFM）を用いた授業の定性的な有効性が示された。また、「自分たちで、降雨や地下水の流れを変えたり、汚染物質を入れることができ」という回答からも分かるように、水循環プロセスに関する理解度や受講者が自ら実験条件を変えるなど、能動的な思考力を養う効果も示唆され、アクティブ・ラーニング教材としての有効性も示唆された。「興味湧く」という意見などもあり、受講者の知的好奇心を刺激させ→自ら考えるようになり→教育効果を向上させるなどの教育のポジティブな循環プロセスも期待できると考えられる。

一方、デメリットに関しては、特に、事前準備や片づけの時間や手間に関する回答が多かった。上記については、今後改善する必要があると考えられる。また、「その時限りの記憶になってしまいそう。」という意見もあった。

4.2 リアル教材（GFM）と事前講義で用いた ICT 教材に関する比較検討

上記のアンケート結果を踏まえ、リアル教材（GFM）と事前講義で用いた従来の ICT 教材がもつそれぞれの特徴を比較し、今後のリアル教材（GFM）の活用方法についての検討を行った。リアル教材（GFM）と事前講義で用いた従来の ICT 教材との主な特徴は表 1 のようにまとめることができる。リアル教材（GFM）は比較的高価であり、ある程度の専門的な技術や知識も必要で、事前準備や片付け、自然現象の繰り返し再現に時間を要するなどの授業形式への制限を有するが、その一方、受講者の思考力を高揚させ、能動的にさせる優れた教育的効果があると考えられる。そこで、上記のようなリアル教材に関するデメリットの改善策として、リアル教材を ICT 教材化させることが有効であると考えられる。それによって、事前準備や片づけの時間や手間に関する改善が可能になると考えられる。また、教育環境や授業形式などの必要な場面に応じて使い分けることによって、リアル教材とそのリアル教材を用いて撮影・編集した ICT 教材との併用が可能となり、上記のようなデメリットを改善することが可能であると考えられる。例えば、授業形式や受講者数、授業目的などによって、実験・実習形式の際にはリアル教材を、講義形式の際には教員による演示実験としてのリアル教材を用いることやあらかじめ事前にリアル教材を用いて撮影・編集した ICT 教材を利用することで、授業形式や受講者による制限を克服することができると考えられる。それによって、両教材が持つそれぞれの有効性を最大限引き出すことができる。さらに、自然現象の再現時間に関する問題もリアル教材を撮影・編集した ICT 教材（動画）を約 2～4 倍速で上映することで改善することができ、見落とし部分や拡大したい部分などについても ICT 技術を用いることでクリアできると考えられる。また、「その時限りの記憶になってしまいそう。」（Fig4）という意見からも分かるように、リアル教材を用いた場合は、手元に資料が残らない。その改善策としては、自然現象の再現の前に地下水の流動や汚染物質の動きを予測させ、その予測結果を図として記録させたり、学生たちの携帯電話を用い写真や動画として記録させることも有効であると考えられる。さらに、リアル教材を撮影・編集した ICT 教材を Web 上に公開することで、反転授業や予習・復習用の教材として用いることも可能であると考えられる。

表1 リアル教材 (GFM) と従来の ICT 教材の定義および主な特徴

	ICT 教材	リアル教材 (GFM)
教材の種類	アニメーション付きパワーポイント	狭義: 実物・標本など
	スライド, 写真, 動画, website など	広義: 実際の自然現象を再現可能なモデルおよび装置など
教育的な効果	視覚・聴覚により, 好奇心や刺激を与えることができる.	学生の五感により, 好奇心や刺激を与えることができる.
	平面 (2D) 的な情報や刺激を与えることができる.	立体 (3D) 的な情報や刺激を与えることができる.
		自然現象が再現可能である.
		学生自ら能動的に条件を設定することができる.
理解度	低	高
授業形態による制限する事項	安価	比較的高価
	専門的な技術や知識が不用	専門的な技術や知識が必要
	事前準備や片付けに時間が不用である.	事前準備や片付けに時間を要する.
授業形態による制限	無し	あり
	最適な授業形式	実験・実習形式 (講義形式の場合は, 教員による演習実験)

4.3 リアル教材 (GFM) の社会的な評価

受講者によるアンケート結果を受け、リアル教材 (GFM) の社会的評価や受講者の復習のために、リアル教材 (GFM) を撮影・編集した ICT 教材 (字幕解説付き) (李, 2016) を製作し、インターネット (YouTube) にアップロードした。その後、東京都の豊洲新市場の土壌・地下水汚染が社会的な問題になり、地下水流動や汚染プロセスに関する社会的なニーズが高まった。そこで、リアル教材を撮影・編集した ICT 教材 (李, 2016) をイ

ンターネット経由で知ったテレビ局からリアル教材を用いての演習実験およびその解説の依頼を受けた (日本テレビ, 2016) (Fig.5)。テレビ局による放映後、番組プロデューサーから、「土壌・地下水汚染プロセスを解説できる専門家は国内にも数多くいる。しかし、解説のみではなく、目に見えない地下水の流れを、リアル教材 (GFM) を用いて可視化させながら、そのプロセスを解説した結果、幅広い年齢層をもつ一般視聴者にも分かりやすく伝わった。」とのコメントを頂いた。このような依頼および



Fig.5 リアル教材（GFM）を用いた演示実験および解説のキャプチャー（日本テレビ，2016）

評価をもらったことは、リアル教材（GFM）による地下水流動の可視化や教育効果、有効性を一般社会が評価した一つの根拠であるともいえる。

5. 今後の課題

今後の課題としては、リアル教材とリアル教材を用いて撮影・編集を行ったICT教材との定量的な比較・評価が可能な授業評価アンケートを実施し、より詳細な解析を行うことで、両教材の併用の可能性を定量的に比較・評価する必要があると考えられる。また、リアル教材を用いた実践事例も年齢別（小・中・高校・大学生・一般）に増やしながら、年齢別による定量的な評価やデータの蓄積も必要であると考えられる。さらに、今後リアル教

材（GFM）を撮影・編集したICT教材（実験の解説動画（字幕付き））を複数本製作し（例えば、得水河川と失水河川のプロセス、自噴井のプロセス、土壌汚染プロセスなど）、より多くの方に環境教育および環境保全の重要性をアピールする必要もあると考えられる。

6. まとめ

本研究では、アクティブ・ラーニングの一つの手法として、GFMというリアル教材を用い、水文環境教育における「リアル教材」と従来の「ICT教材」についての比較・検討を行い、リアル教材（GFM）の定性的な有効性を示した。また、受講者によるアンケート結果を受け、リアル教材（GFM）のデメリットの改善策の一つとし

て、リアル教材 (GFM) を撮影・編集した ICT 教材の製作も行った。

さらに、「リアル教材」と従来の「ICT 教材」についての比較・検討の結果、両教材のメリットおよびデメリットは相反するものが多いことが示唆された。そのため、両教材のメリットおよびデメリットを教育環境に必要な「場面」において使い分けることで、両教材が持つ教育的効果を最大限引き出すことができると考えられる。

謝 辞

本研究は、文部科学省の大学教育再生加速プログラム (AP) による成果の一部である。また、本研究の推進にあたり、Iowa State University の Prof. Richard M. Cruse および IOWA WATER CENTER の皆様に多くの協力と助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

注

- 1) 大学教育再生加速プログラム (Acceleration Program for University Education Rebuilding: AP Program)
「大学教育再生加速プログラム」とは、国として進めるべき大学教育改革を一層推進するため、教育再生実行会議等で示された新たな方向性に合致した先進的な取組を実施する

大学を支援することを目的としている。立正大学地球環境科学部で推進する大学教育再生加速プログラムには、① タブレット PC を利用した双方向教育、② 予習用動画作成と公開、③ 学生主体のフィールドワーク、④ リアル授業資料の収集と活用の 4 つの柱がある。本研究における取り組みは、上記の内、「リアル授業資料の収集と活用」の一部分として行われた (立正大学, 2014)。

参考文献

- 李 盛源 (2016), Groundwater Flow Model,
https://youtu.be/1_igs6R1Ho8, 2016. 12. 1, Access.
- 日本テレビ (2016), Zip!-News, 豊洲の水は地下水-, 2016. 9. 26, 放映.
- 溝上慎一 (2014) アクティブ・ラーニングと教授学習パラダイムの転換, 東信堂, p196.
- 文部科学省 (2014) 文部科学省中央審議会大学教育部会の審議のまとめについて, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/015/attach/1318247.htm, 2016. 12. 2, Access.
- 文部科学省, 大学教育再生加速プログラム,
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/ap/, 2016. 12. 2, Access.
- 立正大学 (2014), 立正大学における AP の取り組み,
<http://www.ris.ac.jp/ap/ap/index.html>, 2016. 12. 2, Access.

Approach of Active Learning in Hydrological Education

LEE Seongwon*, SHITAOKA Yorinao*, SHIRAKI Youhei* and KITAZAWA Toshiyuki*

*Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

Abstract:

Making students understand groundwater flow is a very important theme. In the “experiment of hydrological environment” subject that we teach, by installing the GFM as an educational tool that visualizes the invisible flow of groundwater and material cycle associated with it, we attempt to improve the image of the natural phenomenon related to groundwater flow. And, we made ICT educational materials of using GFM (Subtitled in Japanese), it was uploaded to YouTube.

We could see from the results that all students could deepen their understanding of groundwater flow and the material cycle associated with it. As can be seen from the aforementioned results, since the class where the GFM is used are extremely effective, we would like to actively introduce it to more classes as well as to elementary, junior high, and high school students.

Key words: Hydrological Education, Active Learning, Real-based educational tool, ICT-based educational tool, Groundwater Flow Model