

米国の STEM 教育におけるエネルギーの捉え方

—K-12 Framework, NGSS と ELF との関連、Life Sciences, Earth and Space Sciences を中心として—

○出口 憲 (常葉大学教育学部)、長洲 南海男 (筑波大学名誉教授)

キーワード : STEM 教育、K-12 Framework、NGSS、エネルギーリテラシー、エネルギー教育

1. はじめに

米国では、STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)教育と Common Core 教育 [1](English Language Arts, Mathematics のスタンダードから構成)の動きがますます活発化している。米国の STEM 教育に対応する新しい科学教育の枠組として、2012 年に“A Framework for K-12 Science Education” (K-12 Framework)[2]、2013 年に“Next Generation Science Standards” (NGSS)[3]が相次いで発表され、米国のエネルギー省(DOE)の“Energy Literacy Framework” (ELF)[4]もそれらに連動し、修正され、特に Physical Sciences (PS)にかかわる部分を中心に本学会の第 10 回全国大会にて報告した [5]。その後の研究により、NSF の助成によるエネルギー教育に関する国際サミットが開催されていること、K-12 Framework と NGSS の Life Sciences (LS), Earth and Space Sciences (ESS)でのエネルギーの捉え方も調査したので、その結果を報告する。

2. K-12 Framework と NGSS の LS と ESS でのエネルギーに関する内容

K-12 Framework では、新しい捉え方として Practices, Crosscutting Concepts (CC), Disciplinary Core Ideas (DCI) という 3 つの観点が見された。Practices は科学・技術・工学で実際に行われていることを実践すること、CC は様々な領域を横断する共通概念、DCI は学問領域での核となる観方を意味する。CC は、以下の 7 つより構成されている。

1.パターン	2.原因と結果： メカニズムと説明	3.スケール・比・量	4.システムと システムモデル
5.エネルギーと物質： 流れ・循環・保存	6.構造と機能	7.安定性と変化	

この CC の中に、「5.エネルギーと物質」があるので、DCI では領域ごとに「エネルギーと物質」に関する内容が含まれている。今回の発表では、LS と ESS の DCI からエネルギーに関連する内容がどのように扱われているかを報告する。以下に、LS と ESS の DCI を示す。

Life Sciences (LS) LS1: From molecules to organisms: Structures and processes (分子から生物へ：構造とプロセス) LS2: Ecosystems: Interactions, energy, and dynamics (生態系：相互作用、エネルギー、ダイナミクス) LS3: Heredity: Inheritance and variation of traits (形質の遺伝と変異) LS4: Biological evolution: Unity and diversity (生物学的進化：単一性 (ユニティ) と多様性)
Earth and Space Sciences(ESS) ESS1: Earth's place in the universe (宇宙の中での地球の位置) ESS2: Earth's systems (アースシステム) ESS3: Earth and human activity (地球と人間の活動)

3. エネルギー省の ELF の内容との関連性

ELF(エネルギーリテラシーフレームワーク)は、7 つの Essential Principles、6 つの Fundamental Concepts から構成されている。Essential Principles の中の 2.及び 3.は明らかに上記 LS と ESS の関連を読み取れる。Essential Principles の 1.~3.は純粋な科学の内容であり、4.~7.は経済、政治、社会的な要因に関連する部分といえる。

Essential Principles(必須原則) 1. Energy is a physical quantity that follows precise natural laws. エネルギーは厳密な自然法則に従う物理量である。 2. Physical processes on Earth are the result of energy flow through the Earth system. 地球上の物理的なプロセスはアースシステムを経由するエネルギーの流れの結果である。 3. Biological processes depend on energy flow through the Earth system. 生物学的プロセスはアースシステムを経由するエネルギーの流れに基づいている。 4. Various sources of energy can be used to power human activities, and often this energy must be

<p>transferred from source to destination. 様々なエネルギー源は人間活動の動力に使われ、しばしば源から目的地へ移動されるものである。</p> <p>5. Energy decisions are influenced by economic, political, environmental, and social factors. エネルギーに関する意思決定は経済、政治、環境、社会的要因に影響される。</p> <p>6. The amount of energy used by human society depends on many factors. 人間社会で使用されるエネルギー量は多くの要因に依存する。</p> <p>7. The quality of life of individuals and societies is affected by energy choices. 個人と社会の生活の質はエネルギーの選択に影響される。</p>
<p>Fundamental Concepts(基礎諸概念)</p> <p>1. People are born investigators and learners. 人は生まれながらの探索者であり、学習者である。</p> <p>2. Effective learning focuses on a core set of ideas and practices. 効果的な学習は核となる観方とプラクティスのセットに焦点化される。</p> <p>3. Understanding develops over time. 理解は時間の経過にともない展開する。</p> <p>4. Literacy requires both knowledge and practice. リテラシーは知識とプラクティスの両方を必要とする。</p> <p>5. Connection to interests and experiences enhances learning. 興味と経験とのつながりは学習を向上させる。</p> <p>6. Educational opportunities must be equitable and accessible to all. 教育の機会は全てに平等かつアクセス可能でなければならない。</p>

4. エネルギー教育に関する国際サミットについて

エネルギー教育に関する国際サミットは、2012年、2013年に米国でNSFの助成で開催されたものである。1回目のサミットでは、エネルギー教育を領域横断的に学習する研究を中心に、現在と将来に必要なエネルギー教育の研究が主目的であった。2回目はK-12学年でのエネルギー教育に焦点化された。米国内のみならず、イスラエル、ドイツ、キプロス、中国、イギリスなどの各国の研究者・教師が集まっている。なお、日本からの参加者は皆無である。このエネルギー教育サミットに関連する書籍として“Teaching Energy Across the Sciences, K-12” [6]、“Teaching and Learning of Energy in K-12 Education” [7]がある。これらの内容の詳細については、読解中であるので、当日の発表にて報告予定である。

5. まとめ

エネルギー教育サミットでは、エネルギーの科学的な捉え方が中心であり、ELFにあるような、社会的、経済的、政治的などの様々な要因を取り込んだものとはなっていないように思われる。この点で、本学会の構成員を見てもわかるように、エネルギーを教科・学問の領域を横断的に捉え、それらの問題を考察し、解決しようとする試みは、諸外国よりも先進的なものと考えられる。このようなことから、本学会の活動を海外へ広く情報発信する必要があると考える。

5. 参考文献

1. Common Core State Standards Initiative, <http://www.corestandards.org/> (2016年6月30日閲覧)
2. National Research Council, “A Framework for K-12 Science Education”, 2012, <http://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts> (2016年6月30日閲覧)
3. Consortium of Lead States et al., “Next Generation Science Standards”, 2013, <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards> (2016年6月30日閲覧)
4. Department of Energy, “Energy Literacy: Essential Principles and Fundamental Concepts for Energy Education – A Framework for Energy Education for Learners of All Ages” Version 3.0, 2014, <http://energy.gov/eere/education/downloads/get-free-copy-energy-literacy-framework> (2016年6月30日閲覧)
5. 出口 憲、長洲南海男、「米国のSTEM教育、エネルギー省のエネルギー教育・その2」、日本エネルギー環境教育学会第10回全国大会論文集、2015年、122～123ページ
6. Jeffrey Nordine et al., “Teaching Energy Across the Sciences K-12”, NSTA, 2016.
7. Robert F. Chen et al., “Teaching and Learning Energy in K-12 Education”, Springer, 2014.

なお、本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(B)(課題番号15H03493、代表・長洲南海男)の助成により行われた。