

エネルギー教育で用いられている炭層形成モデルの問題点 —化石燃料を理解するために—

小久保 慶一*

Problems of a coal bed formation model used by energy education —To understand fossil fuel—

Yoshikazu KOKUBO

Abstract—Although the importance of energy education has been said, there are problems that can not be overlooked in handling fossil fuels. Regarding the scientific explanation on the origin of fossil resources, many textbooks and commercially available books, etc. have revealed that there are explanations that can lead to inconsistencies and misleading concepts.

Key words : energy education, the origin of fossil resources

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（以下、震災）による巨大津波によって起きた福島第一原子力発電所の事故と、その後の計画停電、国内の全原子力発電所の運転停止による電力不足は、日本のエネルギーの現状とその問題に向き合うきっかけとなった。

震災前の2010年の段階では、一次エネルギー資源全体に占める原子力の割合は11.1%に対し化石燃料全体の割合は81.4%で、石油が39.8%、石炭が22.5%、天然ガスが19.2%であった。震災後は、原子力発電所の運転停止の影響で化石燃料の発電に占める割合が増加したことから、2014年には化石燃料の割合が92.1%になり、石油が42.7%、石炭が25.1%、天然ガスが24.2%となっている¹⁾。一次エネルギー資源を用途別で見ると、一般電気事業者の発電の割合が最も大

きく、化石燃料の占める割合も2013年には化石燃料全体の88.4%で、天然ガスが40.3%、石炭が33.3%、石油が14.3%となっている²⁾。

学校教育の現場では、二度のオイルショックを契機に、1980年代以降、エネルギー教育の重要性が強調されるようになってきている³⁾⁴⁾。一次エネルギー資源の消費量の2割を占める石炭については、小学校第6学年理科の「電気の利用」、および中学校第3学年理科の「エネルギー」「自然環境の保全と科学技術の利用」の中で、石油、天然ガスなどともに化石燃料として扱われており、資源の有限性についても触れられている。しかし、筆者がかつて勤務していた釧路市内の高等学校の生徒を対象にした調査では、化石燃料が太古の動植物の遺骸が変質した結果できた資源であること、すなわち化石燃料という言葉の意味するところを把握していないことが確認されている⁵⁾。

一方、昭和40年頃まで理科の教科書で石炭の単元で炭層の形成過程が扱われていたことや、化石燃料であることを直接理解できる素材（石

* 釧路工業高等専門学校 創造工学科 一般教育部門

炭中に見られる植物化石など)が存在したことなどから、教科書をはじめとする書籍などで化石燃料の形成過程を説明する際に、炭層の形成過程が用いられることが多い。しかし、その説明を見ると、ある特定のモデルが定説であるかのような誤解を与えかねない表現がされていたり、学習者に誤解や混乱を招く表現や記載が見られるなど、看過できない問題が認められる。

そこで、本論では地質学習の基本理論を踏まえ、現在知られている炭層形成説と、これまで教科書等で扱われてきた炭層形成に関する内容を検討し、その改善策について議論する。

2. 炭層形成を理解するための学習の前提

化石燃料の成因に関係する学習の前提となる地質の学習事項については、小学校第5学年の「流水のはたらき」、第6学年の「土地のつくりと変化」、中学校第1学年の「土地のつくりと変化」である⁶⁾⁷⁾。小学校では土地のつくりのはたらきである侵食、運搬、堆積について、中学校ではそれらを元に、堆積岩の種類、示準化石、示相化石などから、過去の環境を推定できることを学習する。土地のつくりと変化についての見方や考え方を持つことができるようにするとともに、大地は長い時間と広い空間の中で変化していることを理解することがねらいとされており、これらの基本的な学習事項に沿って、化石燃料である炭層形成の説明がされることが、科学的な認識の形成とともに、限りあるエネルギー資源としての理解につながるものと思われる。

3. 炭層形成モデル

(1)移流説と現地説

石炭の形成については、主に石炭組織学の研究により、ごく一部の藻類由来を除きそのほとんどが陸上の植物由来であることについて、既に研究者の合意が得られている。また、根源植物体が分解・変性する過程についても熱や圧力による作用によりその一部が明らかとなっている⁸⁾。しかし、石炭形成の一次要因である根源植物の集積がどのように起こったのかについては、石炭地質学の見地から、古くから移流説(移流性堆積)と現地説(現地性堆積)で論

争となっていた⁹⁾。

移流説は、洪水などで木材や植物が湖や海などに一度に流れ込み、そこに大量に沈積して石炭が形成されたとする説である。石炭組織成分分析では大部分が木質から成ることから、古くは移流説が支持されていた。しかし、炭層がほとんど碎屑物を含まないこと、厚さ数 m、幅数 10km に至る炭層が世界中に存在すること、陸地から湖沼や海へ、どのようにして大量の木材が運ばれたのかなど、移流説では説明困難なことが多数存在する。

一方、現地説は、その場所にあった植物が蓄積され、それが地殻変動によって水中に没して炭層を形成したとする説で、炭層の下に植物の根の化石が残っていることなどが根拠の 1 つとされている。広大な炭田を形成することは説明できるものの、厚い炭層を形成するには釧路湿原のような植物の累積、沈降のバランスのとれた水面すれすれの状態を、その間の海水準変動よりも長期間維持しなければならない¹⁰⁾¹¹⁾。

したがって、移流説、現地説ともに炭層形成の説明には矛盾を含んでいる。

(2)ピートドーム説

1980 年代後半以降、主流となっている説が McCabe(1984)の提唱したピートドーム(高位泥炭)説である。McCabe(1984)は、従来から地形学、農業土壌学の分野で研究が行われていた高位泥炭を、石炭の堆積作用に応用したものである¹²⁾。最初は水辺にスゲやアシなどの草本が堆積し、その後ミズゴケからなるピートドームが水位面より上位に発達するが、ミズゴケは内部の毛管現象により水位面より高い位置まで水分が補給されてドーム状に発達する。最初に堆積するスゲやアシは水中のバクテリアの作用により分解されやすいが、ミズゴケ泥炭は酸性のためバクテリアの活動が抑制されるため、植物遺骸の分解が進まないと考えられている。また、泥炭の堆積面が河川の水位より高いため、河川水中に浮遊している碎屑物が泥炭中に供給されない¹³⁾。

かつて、泥炭はシベリアなど植物遺骸が分解しない冷涼な場所でなければ発達しないとされていたため、泥炭が石炭になる場合は限られているものと考えられていた。しかし、インド

ネシアなど熱帯地方で厚い泥炭の形成が確認され、炭層から発見される化石は温暖気候下のものが主であることと整合性が取れるようになり、移流説、現地説では説明ができなかった広大で厚い炭層の形成が説明できるようになった。ただし、炭田形成の特殊性から、すべての炭田においてピートドーム説が適用できるわけではない。

4. 炭層形成の説明の現状と問題点

(1)教科書における表記

現在の学習指導要領下で化石燃料の成因について扱われているのは、中学校第3学年「エネルギー」である。化石資源の有限性の理解につながる化石燃料の成因が教科書でどのように扱われているかについて、現在発行されている5社について分析を行ったところ、「エネルギー資源の利用」の単元で、太古の生物の遺骸であることは5社すべて、地下で形成されたことは4社で記述が確認された。しかし、土地のつくりのはたらきに関連付けた説明が行われたものは存在しなかった。

一方、高等学校においては前学習指導要領（平成15年度施行）の選択必修科目「理科総合A」において、「地質時代の成因や分布の学習から埋蔵量の有限性を扱う」とされて、炭層の形成過程が扱われていた¹⁴⁾。当時発行されていた6社の分析を行ったところ、植物遺骸が地中に堆積する過程を地質学的に説明したものについては存在しなかったが、地層中における形成過程を科学的に扱っているものが5社、石炭が植物由来であることを説明しているのは4社確認された。一方で、石炭の形成年代については、古生代石炭紀から新生代新第三紀まで炭田によりその形成年代は多様であるにもかかわらず、地質年代を限定的に扱っているものが2社確認された。また、現行の学習指導要領下から、石炭のみならず、化石燃料の成因を扱う科目は存在しない¹⁵⁾。

(2)出版物等における表記

教科書に類する情報源として、刊行物に炭層の形成過程が掲載されていることが確認されたエネルギー関連団体の刊行物および一般向け書籍の4例を分析したところ、ピートドーム

説を用いて紹介されているものが2例、移流説が1例、その他が1例であった。また、刊行物に炭層の形成過程を掲載していないがホームページには掲載されていることが確認されたエネルギー関連団体、大手電力会社の4例（2016年11月現在）を分析したところ、移流説が3例、その他が1例であった。刊行物、書籍、ホームページいずれにおいても、ピートドーム説を用いているものすべてにおいてMcCabe(1984)の引用であることが確認されたが、移流説で説明されているものすべてにおいて出典を確認することはできなかった。

5. 問題点の改善に向けて

先に述べたように、炭田ごとの炭層形成の特殊性が顕著であり、一様に扱うことは困難であるため、炭層の形成過程を扱うとなれば複数の異なるモデルがあることを明記すべきである。移流説には一般的な説明に矛盾点が存在し、現地説の海水準変動やピートドーム説における堆積盆の形成は中学校までの土地のつくりとはたらきの学習だけで理解することは難しいため、エネルギー資源の形成過程を科学的に扱っていない現在の状況は妥当と思われる。また、いずれの炭層の形成にも偶然性の連続が関係しており、このことは貴重な資源としての認識を深める上で重要であるが、中学校の学習指導要領ではそのことについて触れられていない。しかし、このことは中学校までの土地のつくりとはたらきの学習で理解することが可能であり⁵⁾、今後、炭層形成の偶然性を学習者に認識形成させるための観点の抽出と学習方略の検討を行った上で授業開発を行う必要があるものと思われる。

一方、高等学校においては前学習指導要領まで地学を中心に継続的に炭層の形成過程が扱われていたが、科学的な扱いには炭層形成の多様性に起因する不正確さがあることが明らかとなった。現在、高等学校で炭層の形成過程が扱われなくなったため、炭層形成に関する情報はエネルギー関連団体の刊行物や一般向け書籍など数少ない紙媒体およびホームページなどに頼らざるを得なくなっているが、内容の不正確さや情報の信憑性に問題があると言わざるを得ない状況が数多く存在することも明らかとなった。多角的、総合的なエネルギー教育の見地から、

現行の中学校理科の学習指導要領において放射線が扱われるようになってきているが、化石燃料の形成についても同様の観点から高等学校の学習指導要領における取り扱いの復活が必要と思われる。また、内容の取扱いについては炭層形成の多様性と特殊性に配慮し、科目の位置づけについては中学校との学習内容の接続も考慮して検討する必要があるものと思われる。

- 13) 鈴木祐一郎, 藤井敬三(2002)「石油システムにおける石炭からのガス生成機構の問題点, 石油技術協会誌 第67巻 第1号, pp30-37
- 14) 文部科学省(1999)「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 平成11年12月」
- 15) 文部科学省(2009)「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 平成21年12月」

6. 引用・参考文献

- 1) 資源エネルギー庁総合政策課(2015)「平成25年度(2013年度)におけるエネルギー需給実績(確報)」, pp22-38
- 2) 資源エネルギー庁(2013), 「平成24年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2013)
- 3) 佐島群已 高山博之 山下宏文編(2000)「資源・エネルギー・環境」学習の基礎・基本, 21世紀に向けた環境教育, 国土社, pp38-43
- 4) 佐島群已 高山博之 山下宏文編(2005)「エネルギー環境教育の理論と実践」, 国土社, pp76-77
- 5) 小久保慶一, 石川孝織(2015)「石炭の印象化石を用いた授業」, 平成27年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会第69回全国大会 福岡大会, pp72-73
- 6) 文部科学省(2008)「小学校学習指導要領解説 平成20年8月」
- 7) 文部科学省(2008)「中学校学習指導要領解説 平成20年9月」
- 8) 日本エネルギー学会(2013)「石炭の科学と技術」コロナ者, pp36-42
- 9) 相原安津夫(1987)「石炭ものがたり」, 青木書店, pp100-105
- 10) 岡崎由夫(1966)「釧路の地質」, 釧路叢書第七巻, 釧路市, pp96-111
- 11) 岡崎由夫・古川史郎・寺島敏治(1974)「釧路炭田 資源とヤマの盛衰」, 釧路叢書第十四巻, 釧路市, pp89-99
- 12) McCabe, P. J (1984) Depositional environments of coal and coal-bearing strata. I. Rahmani, R. A. & Flores, R. M., eds.: Sedimentology of coal and coal-bearing sequence, IAS Special pub., 7, 13-42, Blackwell Scientific Publications, Oxford.