

2009年度テイヤール・ド・シャルダン奨学金懸賞論文

人間の進歩・進化と私の研究

ーダーウィンの「種の起源」150年とテイヤール・ド・シャルダンを記念してー

人間の進化とエネルギー利用

上智大学大学院 理工学研究科 理工学専攻
機械工学領域 材料科学グループ 博士前期課程 2年
B0878320 長谷川 雄大

【要旨】

人間は目覚ましい科学技術の発展により高度な文明社会を手に入れた。また同時に、人間の活動範囲は小さな地域だけでなく全世界に及ぶようになり、その活動はグローバリゼーションとして認識される。今回、人間という定義は「社会にあるヒト」を指すことから、論文の副題でもある「人間の進歩・進化」を生物学的な進化としてだけでなく、社会的な進化として、コミュニティの形成や文化社会の進歩・進化としても捉えて考察した。つまり現在の社会は「人間の進歩・進化」の結果として位置づけられるはずだ。しかし、現在の社会が人間の進歩・進化の到達点であるかと言えば、それはないだろう。戦争、資源枯渇、地球温暖化など、少し考えれば社会が持つ問題点が次々に列挙できる。これらの問題を解決しない限り真の人間の進歩・進化は訪れないだろうし、その先には進化どころか破滅の未来が待ち受けている想像は容易である。古代から人間の進歩・進化の背景に、常にある要素として、私は人間と自然との間で利用されてきた「エネルギー」に注目した。近代以降、高度な技術を手に入れた人間は一見、豊かな社会を獲得したように見えるが、その裏では、有限な地下資源を大量に搾取し、地球環境を破壊し続けている。つまり、このエネルギー利用のあり方を考え直すことは、私は人間の進歩・進化に繋がるのではないかと考えた。地球温暖化の観点から持続可能なクリーンなエネルギーについて、世界各国で研究が盛んに行われている。これは人間が変化に適応し続けるために見出した人間の進歩・成長の延長線上の道であり、テイヤールの言う「未来に関する共通の関心や未来に対して道徳的な責任を持つ存在」であるためだと考えた。私はこの論文において「人間の進歩・進化」が古代から中世、近代から現代社会の「エネルギー利用」とどのような関係を持つのかを考察し、そこから人間の進歩・進化は今後どのような未来のエネルギーと共に歩んでいくかを考察し、論じてみたい。

1. 緒言

人間は近年、目覚ましい科学技術の発展により、高度な技術を持つ文明社会を手に入れた。また人間が地球上に誕生した時に比べ、より複雑なコミュニティ社会に進化してきた結果、人間の活動は小さな地域だけでなく全世界に及ぶようになり、その活動のグローバリゼーションとして認識される。

そもそも人間という定義は「社会にあるヒト」を指すための、今回この論文の副題でもある「人間の進歩・進化」を、生物学的な進化としてだけでなく社会的な進化として、コミュニティの形成や、文化社会の進歩・進化としても捉え、考察した。このように考えると、現在の高度な科学技術であふれるこの社会は「人間の進歩・進化」の結果として位置づけることが出来るであろう。

しかし、現在の高度な文明社会が人間の進歩・進化の到達点であるだろうか。それは違うであろう。貧困、紛争、戦争、資源枯渇、地球温暖化など、少し考えれば現在の人間社会が持つ問題点が次々に列挙できる。これらの問題を解決しない限り真の「人間の進歩・進化」は訪れないだろうし、その社会の先には進化どころか破滅の未来が待ち受けている想像は容易である。

ここで少し視点を変える。人間が築き上げてきた文明社会とともに、人間が能動的に作り出し、自然との間で利用されてきたものの一つに「エネルギー」がある。古代から人間の進化の中で他の動物と決定的に違うことの一つで、人間は火を利用し、水を利用し、風を利用し、様々なエネルギーを手に入れてきた。そして、人間は自らの力以上の力を発揮するエネルギーを利用することで、活動範囲を広めてきた。そこで私は、この「エネルギー」が「人間の進歩・進化」に与える重要な因子ではないかと考えた。

先ほどの話に戻すと、現在の社会が持つ問題点として、やはりエネルギーに関わる事項が多く存在する。高度な科学技術を手に入れた人間は豊かな社会を手に入れたように見えるが、その裏では、地下資源を大量に搾取し、地球環境を破壊し続けている。その結果、地球温暖化による危機や核の恐怖に晒されるようになり、このままのエネルギー消費の形態をとり続ければ、人間の存続の危機が訪れるであろう。つまり、このようなエネルギー利用のあり方を考え直すことは、人間の進歩・進化に繋がると考えられる。

今、地球温暖化の問題が重要視され、持続可能なクリーンなエネルギーについて世界の各国で研究が盛んに行われている。これはテイヤールが提唱するような人間の特異性のひとつである「未来に関する共通の関心」や「未来に対して道徳的な責任を持つ存在」であるからであろう。

以上のことから私はこの論文において、人間の進歩・進化が古代から中世、近代から現代社会のエネルギー利用とどのような関係を持ち、どのような意味を持つのかということに興味をもち、考察を行った。その上で、今後の人間の進歩・進化にあたり、どのような未来へ

導かれるのか、また未来のエネルギーはどのようなになるのか、を考察し論じてみたい。

2. 人間の進歩・進化とエネルギー形態の関係⁽¹⁾

初めに論文を書くにあたり「エネルギー」という言葉の定義について述べたい。今回は物理学的な仕事を含めて、科学的に定義された「仕事」を、外部に対して働きかける状態であることを「エネルギーを持っている」ということにし、さらに人間が利用できるその源のことを「エネルギー」とした。

2. 1 原始の人間とエネルギー⁽¹⁾⁽⁸⁾

現在、分かっている限り最も初期のヒト属は、今から 200 万年前の「ホモ・ハビリス」⁽²⁾ であると考えられている。この「ホモ・ハビリス」は始めて道具を人工的に作り出したと認識されている。この原始の人間が利用したエネルギーは自らの「人力」だけであったと考えられる。しかし、他の動物と異なるのは、石器や骨などの原始的な道具を利用することで、「人力」のエネルギーをその道具によって増幅させ、効率的に狩猟を行っていた点である。このホモ・ハビリス以後、複雑な道具が作り出されることから、この時点から他の動物と区別される進化を歩み始めたと考えられるであろう。

それから 50 万年前の「北京原人」⁽³⁾ において、人間は初めて「火」を手に入れたと考えられている。北京原人が発見された洞窟では、人間が炉を使っていたことを示す太古の炭や焼け跡のある骨が見つかっている。ヨーロッパでも 30 万年前の洞窟から炉の痕跡が確認されていることから、少なくとも人間は原人の段階において火を扱っていたと考えられる。その後、2 万年前の旧人であるネアンデルタール人の段階になると発火法が進歩し、色々な方法で火を操れるようになったと考えられている。

この「火」エネルギーの獲得は人間において大きな進歩・進化を引き起こしたであろう。火を焚くことで火を嫌う他の動物から身の危険を防ぐことができ、洞窟での安全な生活形式として住居を獲得したということや、煮たり焼いたりという食料の加工も始まり、狩猟に出る回数も減ったと考えられる。その結果、住居を中心としたお互いにコミュニケーションの発達、小さなコミュニティが形成し始めたと考えられる。つまり、社会の原点とも言える最も単純なコミュニティ形成のスタートが「火」の獲得から始まったと考えられる。

2. 2 古代・中世の人間とエネルギー⁽¹⁾

それから紀元前数千年前になると様々な地方で人間は定住し、農耕を始めた。動植物の採集や狩猟から、食料の安定的な生産と確保の始まりである。その背景には「蓄力」のエネルギーともいえる家畜・牧畜を利用したエネルギーがあったと考えられる。その中で蓄力を最

大限に活かすことができた大河のほとりに、メソポタミヤ文明、エジプト文明、インダス文明という古代の3大文明が築かれた。革新的な発明である鉄器の利用と、大規模な農耕における効率的な「蓄力」の利用により、農耕に携わらなくてもよい人間が現れた。それはつまり、王や戦士、職人、商人などの職業が人間の社会に生まれたことであろう。これにより人間は市民としてのアイデンティティを獲得し、人間として大きな進歩・進化をとげることになる。つまり、エネルギーを効率よく使うための力学から、哲学、政治学のような人間として社会にどう関わるかを問う学問が急速に発達した。その結果、社会の構造はますます複雑になり、高度な都市を築くことができ、現在に近い人間らしい生活形態を送るようになったと考えられる。

さらに中世に入ると新しいエネルギー利用として水車と風車加わる。これら水車と風車は、水や風の運動エネルギーを仕事に変える装置であり、人力や蓄力の代わりに自然の力を有効な仕事に振り向ける、エネルギー利用の重要な前進であったであろう。

2.3 近代・現代の人間とエネルギー⁽¹⁾⁽¹⁰⁾

そして近代に入ると「石炭」のエネルギー利用が始まる。それまでの自然の力を利用した不安定なエネルギーから化石燃料という安定した新しいエネルギー資源を搾取する社会に突入したことになる。この石炭を手に入れた人間は、とくに製鉄技術が格段に進歩した。それは18世紀の蒸気機関の発明に繋がり、人間は「産業革命」に起こし、産業用の色々な動力として石炭や蒸気機関が利用された。その結果、社会は機械が仕事をしてくれるより近代的な、人間の都合の良い便利な社会へと進化を歩むことになる。

19世紀になるとさらに「電気」という新しい強力なエネルギーが登場する。ヴォルタによる電池の発明に始まり、オームの法則、ジュールの法則など電気法則とともにその理論は発展し、次々と新しい発明が生まれた。そしてテスラにより電気を使って回転運動を起こさせ、他の機械を動かす電動機「モーター」が造られる。これにより全ての産業用および家庭用の動力が電化されることになり、現在の便利な生活を送るための基盤となった。

それから重要な現代のエネルギーである「石油」が利用され始めた。オットーによって内燃機関が作られ、ガソリンエンジンの開発によって、エネルギー源として石炭に変わって今度は「石油」エネルギーが利用され始めた。

これは、中世以前のような火力にせよ、水力、風力にせよ地表の自然エネルギーを運動に変換して、それを巧みに利用していた社会から、近代・現代は「石炭と蒸気」のエネルギーや「電気と石油」のエネルギーなど、地下に蓄積されたエネルギー資源を消費していく社会へと大きな転換が起きた時代であると考えることが出来る。その結果、人間は急速な社会の成長と高度な技術を手に入れ、活動範囲を世界中へと拡大していったことは知っての通りだろう。さらに人間の技術の進歩は止まることなく、「原子力」による巨大な核エネルギーを手に入れた。しかし、この原子力エネルギーは人間の謝ったエネルギーの使い方、つまり戦

争において使用され、悲惨な惨劇を引き起こした。さらにこの原子力エネルギーは他のエネルギー利用と異なり、放射性廃棄物を副産物として生み出す。これは半永久的に放射能を出し続け、人間だけでなく地球の生態を脅かす存在であると考えられる。

こうしたわれわれ人間は高度な社会を手に入れた反面、エネルギー消費による環境破壊を引き起こし続けているのである。

2. 4 未来のエネルギーと水素エネルギー

先に述べたように、現代の社会は主に石油エネルギーやウランを利用した原子力エネルギーという化石燃料や地下資源の大量消費によって支えられている。そのため化石燃料の問題点としては、資源の枯渇問題とともに CO₂ 排出による地球温暖化が問題となり、原子力エネルギーの問題点としては放射性廃棄物の蓄積が問題となっている。そして、これらの問題の直接的な解決には未だに至っていない。しかしながら、これらの問題を放置しているわけではなく解決するために、国境を越えた世界中の国々で解決の糸口を発見すべく研究が行われている。

ここでは昨今の異常気象の原因とされている地球温暖化の問題に注目する。地球温暖化の原因とされる温室効果ガスは CO₂ であり、京都議定書に基づき先進国は削減目標を決め、CO₂ 排出抑制に取り組んでいる。我が日本では温室効果ガス 1990 年度比 6% 減を削減目標として掲げているが、実際には 2005 年度の温室効果ガス総排出量は 1990 年度比 7.8% 増となってしまう⁽⁴⁾。部門別では産業部門が最も多く CO₂ を排出しているが、1990 年度比は 5.5% 減である。一方、運輸部門は 18.1% 増、家庭部門は 36.7% 増となっている。つまり、自動車や家庭での省エネルギー、CO₂ 削減が日本において重要な課題となっている。

しかしながら、CO₂ 排出の主要因である化石燃料エネルギーに頼る現代社会のエネルギー構造がそもそもの原因であると考えられる。つまり地球上に有限な化石燃料エネルギーから、持続可能な新たな代替エネルギーへ移行することが一番の解決策ではないかと考えられる。そこで現在多くの国々で、太陽光パネルを利用した太陽光エネルギーや、巨大な風力発電を利用した風力エネルギー、地熱、海洋エネルギーなどのクリーンエネルギーの開発が盛んに行われている。また、水素と酸素が反応する際のエネルギーを利用する「燃料電池」の開発も行われており、水しか排出しない究極のクリーンエネルギーとして「水素エネルギー」が注目されている。

ここで、水しか排出しないという究極的なクリーンエネルギーの一つとして考えられている「水素エネルギー」を利用した燃料電池 (Fuel Cell) について述べたい。Fig.2 に燃料電池の基本構造を示すが、これは水素と酸素の電気化学反応によって電気を取り出す装置のことである。名前に電池とあるが、乾電池などの一次電池や鉛蓄電池などの二次電池とは異なり、水素などの燃料と、酸素などの酸化剤を供給し続けることで、継続的に電力を取り出す

ことができる。反応物を供給し続ける限り、原理的には永久に発電し続けることができ、酸素と水素の反応物である水しか排出しないという夢の発電装置である⁽⁵⁾。

インフラが整備され、この燃料電池が世界中で普及すれば、水素エネルギーを中心とした第4次産業革命と位置づけられる持続可能なエネルギーを手に入れた新時代が始まることが予想される。現在、日本において年間340億円の研究予算が燃料電池関連の研究開発に使われ、水素の製造・精製から輸送、貯蔵（水素ステーション）と、本格的な社会インフラ整備にむけて、実証段階に移行している。

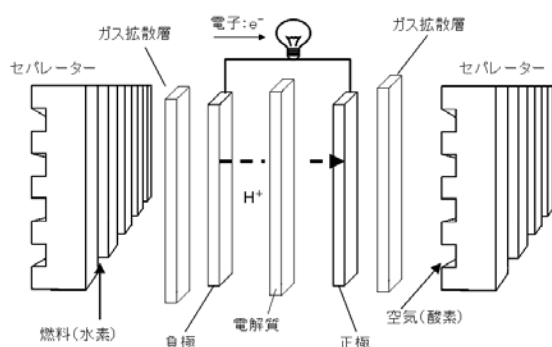


Fig.2 燃料電池の基本構成

2. 5 私の研究（水素脆化問題）について

しかしながら、「水素エネルギー」を中心とした社会に向けて問題は多く残っている。特に、社会基盤としたインフラ整備に対して最も重要な安全性の確保について水素エネルギーは大きな問題点も持っている。その安全性の問題点が金属材料の「水素脆化問題」⁽⁶⁾である。これは金属材料が水素ガス環境に暴露されることで引き起こされ、材料が脆くなり突然破壊するという現象である。この水素による脆化は古くから認識されてきた問題で、高強度材料（800MPa級以上）ほど、水素による材料の強度、延性が低下する現象が顕著であることがよく知られている。

この水素脆性という水素の作用により材料が破壊に至るそのメカニズムと機構については、現在も十分に解明されていないため、仮に今、水素エネルギー社会が実現したとしても、製造、輸送、貯蔵といったインフラ設備の全ての場面において、この水素脆性による破壊の危険に社会がさらされることになる。また、水素エネルギー社会以外の分野でも、環境問題の観点から、軽量化、高強度化が強く求められ、構造部品の高応力設計が必要になってきているため、水素脆性に対する重要性が再認識され、近年そのメカニズムの解明と抜本的解決の研究が行われている。

私の研究は、この「水素エネルギー」を利用する装置である燃料電池のセパレーター材料や化学プラント材料に多く用いられる「純チタン」の「水素脆性」について研究を行っている。

チタン材料は優れた諸特性により、社会の中で様々な分野での利用需要がある新しい金属である一方で、水素を吸収しやすいという特性を持ち合わせているため、水素脆性や遅れ破壊⁽⁵⁾が常に問題となっている。私の研究内容は、実際に水素をチタン中に導入し、その水素の量を変化させることで水素がチタンに及ぼす影響を、引張試験などを用いて力学特性の側面から考察している。また、どのように水素の侵入を防ぐかという方法も企業の協力を得て研究している段階である。

このチタンの水素脆性に及ぼす水素の影響を研究することは、未来のエネルギーのひとつであり、地球温暖化の解決の糸口である「水素エネルギー」社会の実現へ向けた、基礎的な基盤になることが期待されている。先に述べたとおり、人間が利用してきたエネルギーの進歩には、常に材料の発展が密接に関わっていたという側面がある。つまり、私は新しいエネルギーを支える材料を研究することは、すなわち人間が生活する新しいエネルギーをその下で支え、人間社会に進化・進歩へ直結することであると考えている。

3. 今後の人間の進歩・進化について⁽⁷⁾

ここではチャールズ・ダーウィンとティヤール・ド・シャルダンの考え方を引用しながら、先に述べた現在の人間の進歩・進化の問題点をどう克服し、その先に何をを目指すのかを論じてみる。また、私の考察の中で重要としたダーウィンの言葉を先に述べたい。

「最強の種が生き残るのではなく、知性の高い種が生き残るでもない。

最も変化に適応し続ける種が生き残るのである」 *Charles Darwin*

霊長類の出現からホモ・サピエンス（人間）に至るまでの生物学上の進化はダーウィンの進化論で説明が付くであろう。直接的な祖先ではないとされる様々な猿人、原人、旧人の化石が発掘されることから、やはり我々の祖先も他の生物と同様に「遺伝する変異」と「存続をめぐる争い」、そして「自然選択」という条件の下で進化を続けてきたのだろう⁽⁷⁾。

また、初めに緒言において述べたように「人間」は「社会にあるヒト」を指すため、社会の進歩・進化が人間の進歩・進化とも捉えることができるであろう。我々人間が他の動物と明らかに異なる点は、社会という大小のコミュニティを形成し、その中で進化を遂げてきたという点であり、常に自然との間でエネルギーを利用しながら社会を築いてきた。

しかし、近代以降、我々人間は自分達の生活を営む以上のエネルギーを獲得してしまったために、人間の進化の方向性を見誤ってしまったように思える。つまり、中世以前のような自然エネルギーを変換して、それを巧みに利用していた環境や社会から、有限な化石燃料エネルギーを使い、破壊し、人間の都合がいいような環境を人工的に作り出すことを「進化」と捉えて続けてきたということである。私は、ダーウィンが言う進化の条件のひとつ「自然選択」について、人工的に作り出した人間に都合がいいような自然環境を選び続けたために、

今起きている社会問題が起きたのではないかと考えた。「存続の争い」について言えば人間は自らの力以上のエネルギーを利用した結果、戦争や環境破壊を引き起こし、社会が持つバランスを崩すことに繋がったのではないだろうか。

つまり人間は、近代以降、本来従うべき自然の法則を破り、さらにはその自然環境までも人間の支配下に置こうとする行動を取ってきた。これはダーウィンが残した言葉の「最強の種」に人間がなるべく、「高い知性」を利用し、自然を支配して「人間」という種が無理に生き残ろうとした結果であろう。その結果、人間は自然の法則や継続的な進化への道を外れてしまい、破滅に向かう進化へと大きく舵を切ったのではないだろうか。そのため先に述べたような現在の問題が生み出されたと考えられないだろうか。

では今後、我々人間は破滅への進化しか道が無いのだろうか。

テイヤールによれば⁽¹¹⁾、人間は、「自らの行動や未来に対して道徳的な責任を持つ存在である」と考えられている。そのため人間は、現在の社会を徐々にではあるが地球に優しい「エコ」な行動が重要視される社会の方向へと進み始めている。なぜこれまで自然を征服しようとしてきた人間が、進化の間違いに気づき、自然との共存を考え始めたのだろうか。それはテイヤールが述べた「人間は未来に関して関心を持つため」だとも言えるだろうし、やはり人間は存在的に神が望む人々の幸せや、人間に限らない生命体としての他者への愛が存在しているためなのかもしれない。

つまりダーウィンが述べた言葉から再度考えれば、「人間の進化」というものは決して自然環境を力で支配する方向ではなく、自然と共存する社会を形成し、自然の変化に柔軟に対応することができる人間の生きる社会という自然を選択し、実現を目指すことではないだろうか。そして初めて人間は真の進歩・進化を歩むことが出来るのではないか。

4. これからの人間の進化とエネルギー利用

では自然との共存を実現するために人間は、どのようなエネルギーを利用するのだろうか。それはこれまでのような有限なエネルギーを消費し続けるのではなく、太陽や風、水という自然流れの中にある自然の恵みを科学の力を利用して最大限に効率化し、そこからエネルギーを利用するという形になるのではないだろうか。例えば、持続可能なエネルギーとして注目されている太陽光エネルギーや風力エネルギー、または水素エネルギーではないかと考えられる。つまり自然の搾取・支配から、自然と調和する共存的なエネルギーを利用するようになると考えられる。

太陽や風、水という自然の恵みを利用するとなると、ある意味中世以前のエネルギー利用の仕方に戻るということになるかもしれない。しかし、それは人間が一方向の進化の法則に従うことなく、自らの行動を改める、原点に立ち戻ることが出来るという、他の動物にはない、優れた進歩・進化の形態を有しているためではないかと思う。

しかし、いくら持続可能なクリーンなエネルギーに移行したからといって、そのエネルギーの利用も無限になって意味が無いであろう。エネルギー利用はもともと我々人間の社会の進歩・進化のためにあり、これまでのようなエネルギーが大きければ良いという考え方ではなく、人間の生活環境や、人間の生き方に沿って考えられなければならないであろう。

人間の進化・進歩、つまり社会の進化・進歩はエネルギー消費の大小や増大によって決まるのではわけではないことを、人間は現代の社会の問題を通して学んだであろう。これからの未来の人間の社会を考えると、エネルギーとどう向き合い、利用していくかを考え直すことは、科学の問題だけでなく、人間の未来の生き方、つまり人間の進歩・進化にかかわる重要な問題であると考えられる。そして真の人間の進歩・進化により、エネルギー利用の形態や、人間の社会も、自然と共存・共栄を目指すという方向で一致することになるであろう。

参考文献

- (1) 茅陽一編、エネルギーと人間、東京大学出版会
- (2) 【ホモ・ハビリス】 出展：フリー百科事典ウィキペディア
- (3) 【北京原人】 出展：フリー百科事典ウィキペディア
- (4) IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第4次評価報告書 <http://www.jccca.org/>
- (5) 田村英雄, 電子とイオンの機能化学シリーズ vol.4, pp17-20, 145-149
- (6) 南雲道彦, 材料中の水素の存在状態Ⅱ, 材料と環境, 54, 2005
- (7) 北村雄一、ダーウィン「種の起源」を読む、化学同人
- (8) 【人類の進化】 出展：フリー百科事典ウィキペディア
- (9) 【人間】 出展：フリー百科事典ウィキペディア
- (10) 中山秀太郎、技術史入門、オーム社
- (11) 「テイヤール・ド・シャルダン：生涯と精神」
<http://www.st.sophia.ac.jp/T.de.Chardin/ref-jpn.pdf>
- (12) 「テイヤール・ド・シャルダン」 出展：フリー百科事典ウィキペディア