

## 次世代自動車の姿

### Toward the Next Generation Vehicles

東北大学大学院  
工学研究科教授  
齋藤武雄  
Takeo S Saitoh



1886年、ダイムラーとベンツが人類初のガソリン自動車を開発してから116年、いまや、この地球上は7億台を超える車で溢れかえっている。まさに、車社会が定着した。米国政府エネルギー省のスペンサーアブラハムは、2050年の世界の車台数を35億台と予想している。

このようなグローバルな車社会の到来とは裏腹に、車による深刻な環境およびエネルギー問題が顕在化してきた。すなわち、車からの排出が30%を占めるといわれる二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)による地球温暖化と都市における熱汚染であるヒートアイランド(都市温暖化)、それにNO<sub>2</sub>などの大気汚染などである。また、同時に、資源・エネルギーの観点から見ると、化石燃料の枯渇を早めるという大きな問題を孕んでいる。このままでは、早晩、車は少なくとも都市中心部から駆逐されかねない宿命にあるとみてよい。自動車といえども、もはや、環境の壁を避けて通れないのである。

そこで、本稿では、21世紀の自動車のあるべき姿を展望してみたい。

いま、世の中は、次世代エンジン(エネルギー変換器)として燃料電池が脚光を浴びている。連日マスコミ等で取り上げられ、あすにでも街を走る車が燃料電池車に置き換わるような錯覚に陥ってはいないだろうか？

筆者の研究室でも、燃料電池について3年間、研究・開発調査を行ってきたが、それによると、物事はそう単純ではなく、燃料電池の辿る道は、決して平坦なものではないと推測できる。勿論、有望であるこ

とに変わりはなく、いつかは登場する(3台に1台の割合で普及するには恐らく30年以上かかる)ことになることは論を待たない。だが、オリンピックの全種目で金メダルを取れる選手がいないように、燃料電池も万能選手ではないのである。ここが、致命的な問題であるといえる。

燃料電池の3大特長は、1)水素を燃料として投入するためCO<sub>2</sub>の排出がなく地球温暖化防止に貢献できること、2)熱効率(変換効率)が高いこと、3)騒音・振動が少ないこと、である。いずれも環境最優先時代である21世紀にうってつけのポジティブな利点である。

これだけみれば、マスコミが騒ぐようにいいことづくめで、めでたし、めでたしで終わるが、現実には、そう甘いものではなく、燃料電池がものになるかどうか、まったく予断を許さない難関が立ちふさがっている。

まず、燃料の水素であるが、これは自然界には存在せず、他の燃料、たとえば、化石燃料などから造るしか術がない。この過程が改質であるが、この効率は、8割くらいであまり高いとはいえない。すなわち、この時点でCO<sub>2</sub>を出してしまう。また、改質工程は複雑で、かなりのエネルギーを消費する。さらに、折角水素を造ってもそれを貯蔵するのが難しい。ガスでは嵩張るし、液体水素にするのには、またエネルギーを消費する。

第2の難関は、効率である。いまのところ、燃料電池の効率は高いとされ、これがガソリンやディーゼル機関を凌駕するとされているが、実際には改質や運転のための補機動力が大変大きく、折角の高効率特性を

著者略歴： 齋藤武雄 1971年東北大学大学院工学研究科博士課程終了、工学博士。75年東北大学工学部助教授、82年米国コロラド州立大学太陽エネルギー応用研究所客員研究員、88年東北大学工学部教授。経済産業省東北経済産業局「東北地域総合エネルギー対策推進会議」議長、国際エネルギー財団(IEF)アジア・パシフィック地域代表、日本太陽エネルギー学会会長などを歴任。87年日本冷凍協会賞(学術賞)、98年ENERGEX-98 Best Research Paper Award、00年Pioneer in Renewable Energy Awardなどを多数受賞。主著：「地球と都市の温暖化」森北出版(92)、「移動境界伝熱学」養賢堂(94)、「ヒートアイランド」講談社(97)など。

減じてしまう。将来、燃料電池単体の効率が50%に達しても、これら補機動力・改質などの余分なエネルギーロス差を引けば、効率は、せいぜい、35～37%どまりであろう。現在、すでにガソリンエンジンの効率は36%、ディーゼルでは40%を超えるから、燃料電池車が普及する20～30年後は、これら従来型エンジンはさらに進化を遂げ、40～50%に到達する可能性が高く、燃料電池単体では、到底太刀打ちできない。CO<sub>2</sub>を出さないことを重視するのであれば、燃料に水素を投入すれば事足りるので、なにも燃料電池は要らないともいえるから始末が悪い。

第3の難関は、コストと耐久性の問題である。恐らくこれが最大の難関である。

燃料電池の仕組みは、水素を陰極に送り込み、触媒作用を使って、水素イオン（陽子あるいはプロトンとも呼ぶ）に変え、電子を放出し、これが陽極に向かって回路を流れる時に直流電流が発生するメカニズムである。2つの電極の間には、陽子交換膜（PEM）がある。これは、固体高分子膜ともいわれる重要な膜である。なお、触媒には、通常、白金が使われる。さて、肝心のこの膜であるが、いまのところ非常に高価であることと、耐久性に大きな問題がある。コストの点は、日本が得意である量産化により早晚解決するとして、問題は耐久性である。車は、清浄な空気の郊外を走るだけでなく、大都市の市街地も走る。しかし、そこは、汚染物質（CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>）や浮遊粒子状物質（PM）の濃度が高く、これが膜の劣化を10倍以上早める。それ以外に化学反応器としての劣化もある。タクシーのような営業車では、年間10万kmも走行するから膜は1年でダメになる。現在のエンジンは、50万kmくらいはもつから、耐久性という点では全く敵わない。

そのほか、あまり指摘されていないようであるが、根本的な問題として、凍結の問題がある。燃料電池は本質的に水素と酸素の反応器であるから、多量に水を生成する。寒冷地では、これが凍結する。これは、隠れた大問題であるのだ。

以上、燃料電池の主な課題・問題点を挙げたが、それでは燃料電池が生き残る可能性はないのだろうか？

確かに、ガソリンエンジンなどに較べると、燃料電池は、新参者で、100年以上の遅れをとっていること

は否めない。成人と赤ん坊のようなものだ。しかし、よちよち歩きの赤ん坊だって育て方次第では、偉人になることだってある。

選択にあたって一番大切な基準は、本質的にCO<sub>2</sub>や排熱を出さないことである。この観点からすれば、燃料電池は合格である。しかし、いまのままの燃料電池システムでは落第であるということだ。

そこで、最後に、抜本的に改善する方途を伝授しておこう。（T. S. Saitoh: Pat. Pending）

前に述べたように、燃料電池単体では、効率も悪く、また、耐久性も不十分で、展望が拓けない。そこで、徹底したカスケード化と複合化・多機能化を施すことである。

まず、燃料電池からの排熱（将来は130℃）と生成水を用いて全く新しいコンセプト（Concept of Superposition）の蒸気タービンを回す。これにより、約20%の動力回収が出来る（カスケード化）。

次に、エネルギー貯蔵器を開発する。これには、高性能バッテリーやフライホイール、スーパーキャパシターなどが適する。オンボードで燃料から改質して水素を造るのではなく、深夜電力（できれば太陽電池から）などをバッテリーやフライホイールに貯えれば、これだけで、最低150kmは走行できる。これは、極めて重要な要素だ。21世紀は、ある意味では、バッテリーを含むエネルギー貯蔵の時代ともいえる。

もうひとつ、20～30年後を見据えて鳥瞰すると、自動車といえども、太陽電池や太陽熱発電（Thermal electric）を積極的に利用することである。ルーフやトランク、リアウィンドウなどに貼り付けることにより、3～5m<sup>2</sup>の太陽電池が設置できる。これにより、うまく車体を設計すれば、年間6000kmも走れる。（日射量：3.7kWh/日・m<sup>2</sup>、発電効率：15%として）

最後に、21世紀中庸以降は、確実に化石燃料枯渇の側面が顕れてくる。その時代、水素は、太陽・風力などの再生可能エネルギー源やバイオマスなどからしか採れない。究極的には、車は、太陽エネルギーで走る時代が必ず到来するのである。

このような新しい時代の先端分野での古河電池の役割は益々増大するであろう。

21世紀の大いなる発展を切に期待して筆を擱く。