

(ご講演要旨)

The Future of Energy is the Future of Materials

Korea Advanced Institute for Science and Technology
R. B. Laughlin

The energy consumption we need to live in modern societies pollutes the environment and draws unsustainably on the earth's resources. While people of conscience yearn for an energy source, such as fusion, that would allow us to live without burdening the earth, the reality is that there is no such source at the moment. Our main hope in the near term is to use the energy we have conservatively through new technologies developed expressly for this purpose. This agenda is especially important in Japan, where a large number of industrial firms have committed themselves to such development.

The central research issue in creating energy-efficient technology is nearly always the discovery or invention of a new material. This is so true that scientists often speak of the two interchangeably.

A simple example would be engines for cars or airplanes. Engines burn fuel more efficiently when they run hotter. Engine operating temperatures are, however, limited by the point of materials failure. Since this temperature is higher for ceramics than it is for metals, there has been serious thought given to replacing certain metallic parts in engines, such as piston rings and turbine blades, with new kinds high-strength ceramic. Were the right kind of ceramic discovered, it could substantially lower the amount of fuel burned in engines all over the world.

Another example along these lines would be fuel cells, something of special interest at the moment because they generate energy without polluting the environment. The difficulty is that key parts of fuel cells, notably the solid electrolyte and electrodes, are either unacceptably expensive or have inconvenient operating temperatures. For this reason there is an active search underway at the moment to find new fuel cell materials. Were the right ones discovered, fuel cells would become much more practical than they are now.

Another example would be thermoelectric power generators for cars and trucks. In principle, the heat thrown off by engines can be harnessed to make power by passing it through special materials that turn heat flow into electricity. However, we do not have such generators at the moment because the thermoelectric materials we know about do not have quite the efficiency required to justify the expense. Were a suitably efficient material discovered, we could replace alternators in engines with generators that use otherwise wasted heat, thus increasing fuel efficiency.

Stories of this kind are repeated again and again. The main cost limitation of photovoltaic cells is materials processing expense. The main cost limitation of hydrogen-powered vehicles is the material for storing the hydrogen. The main limitation of electric-powered vehicles is the material of the battery. The main limitation in design of refrigerators (the biggest electricity user in the home) is thermal insulation material in the walls. The main limitation of thermal efficiency of a home itself is the material in the windows.

Thus any society committed to energy and the environment must necessarily be committed to investments in fundamental research in materials. As a practical matter, energy and materials are one in the same.

(和訳)

エネルギーの未来は材料にあり！

韓国科学技術院 (KAIST) 総長 兼

スタンフォード大学 物理学科教授

ロバート・B・ラフリン (Robert B. Laughlin)

我々が快適な現代生活を送るためには大きなエネルギー消費を必要とするが、これが環境汚染をもたらし、持続不可能なレベルで地球資源を濫用する要因となっている。このことに問題意識を持つ人々は、地球に負荷をかけずに生活することを可能にするエネルギー源（例えば核融合）を夢見ているが、現実的には現在までのところそのようなエネルギー源は存在しない。従って近未来的に我々に望めることは、エネルギーをより効率的に利用するための新しい技術を開発し、現在持っているエネルギー源を節約しながら利用することとなる。この省エネルギーという課題は日本では特に重要であり、実際に日本では多くの企業がそのような技術開発に鎬を削っている。

「省エネルギー技術の創出」における中心的な研究課題は、ほとんど全ての場合において「新材料の発見または発明」となる。これはあまりに当然のことであるため、科学者たちは往々にしてこの二つが同一の概念であるかのような発言をする。

エネルギーと材料の関係を示す簡単な例の一つは、自動車や飛行機に使われるエンジンであろう。エンジンは高温で運転するほど燃料を効率的に使うことが出来る。しかし、エンジンの動作温度の上限は材料が壊れる温度で決められてしまう。セラミックの方が金属よりも高温まで耐えられるため、エンジンの中のいくつかの金属部品（例えばピストンリングやタービン翼など）を新しい種類の高強度セラミックで置き換えることが真剣に検討されてきた。もしもこれに適した種類のセラミックが発見されれば、世界中でエンジンに消費されている膨大な量の燃料を大きく減らすことが出来るだろう。

この方向でのもう一つの例が燃料電池である。環境汚染を起こさずにエネルギーを取り出せることから燃料電池は現在特に注目を集めている。しかし燃料電池において鍵を握る部品、特に固体電解質や電極が、許容しがたいほど高価であったり不都合な運転温度を必要としたりすることが難点となっている。このため、新しい燃料電池用材料を見つけるべく、広範な探索研究が目下進行中である。もしも適切な材料が発見されれば、燃料電池は現在よりもずっと実用的なものになるだろう。

さらに、車やトラックのための熱電発電機も例として挙げられよう。原理的には、エンジンから捨てられる熱は、熱を電気に変える特別な物質（熱電物質）を通すことによって発電のためのエネルギー源として利用することができる。残念ながら今のところそのような発電機は存在しないが、それは現在我々の知っている熱電物質が発電機のコストに見合うだけの効率を備えていないためである。もしも十分な効率を発揮する物質が発見されれば、エンジンに付いている発電機(オルタネーター)を廃熱を利用する熱電発電機で置き換えることができ、それによって燃料の利用効率を上げることができるだろう。

この種の話は他にいくらかでもある。太陽電池における主なコスト上の弱みは材料の加工費用である....水素燃料自動車の主なコスト上の弱みは水素を貯蔵する材料である....電気自動車の限界を決めているのは電池材料である....冷蔵庫（家での最大の電力消費者）の設計の限界を決めているのは壁内に入れる断熱材料である....そしてその家の熱効率の限界を決めているのは窓の材料である....。

従って、エネルギーと環境に関わっているいかなる社会も、材料の基礎研究に対する投資を惜しんではならない。實際上、エネルギーと材料は渾然一体のものである。

[翻訳者： (財)電力中央研究所 安藤陽一]