

## 自動車のパワー源に何を使うか

Porsche から始まりプリウスにつながるガソリン／電池のハイブリッドカーシステムの開発動機はガソリンエンジンの熱効率の低さに原因がある。すなわちガソリンは 13700wh/kg の熱量を持っているが、これをエンジンで運転すると、最大効率のところでも 4000wh/kg まで低下する。自動車では加速が不可欠であるが、この領域では効率は更に悪くなる。ここではエネルギーよりも瞬間的なエネルギーであるパワー（動力）が要求され、そのパワー密度の値は 1000w/kg 以下になってしまう。これに対して最新のリチウムイオン電池では 4500w/kg の物まで出現しようとしている<sup>1</sup>。つまり加速領域を電池が分担するという発想が成り立つわけで、これがプリウス等が出現する動機になっている。

一方、電気自動車は環境面から見て優れた特性を持っているが、リチウムイオン電池のエネルギー密度は 130wh/kg 程度である。エネルギー密度は航続距離に直接影響するので、ガソリン車に対抗することが難しい。このことが電気自動車普及の障害になっている。一方、期待の大きい燃料電池の中にメタノールで発電するダイレクトメタノール燃料電池（DMFC）がある。この電池のエネルギー密度は試算レベルではあるが、1600wh/kg 程度は出せると考えられている<sup>2</sup>。ここまで来ると十分航続距離でガソリン車に対抗できる。しかし電池はエネルギー密度とパワー密度はトレードオフの関係にあるので、エネルギー密度だけ大きくても自動車にはそのまま搭載できない。そのためエネルギー源とパワー源を別個の電池で分担するハイブリッド電池システムが考えられる。この方式は 1970 年代の通産省の電気自動車プロジェクトで試みられた。

この 1970 年代にパワー源としてフライホイールを用いる研究が、電気自動車の開発の中で米国やドイツで始まっている。フライホイールを高速で回転させ、軽量の材料を使うことでエネルギー密度を大きくすることができる。1946 年に造られたジャイロバスは鋼製であったが、1970 年代末ではこれを繊維強化プラスチック（FRP）或は炭素繊維（CFRP）等で構成し、減圧容器中で 30000rpm 近くで回転することにより 86wh/kg をもつフライホイールが造られたり、電池／フライホイールハイブリッドシステムが研究された<sup>3</sup>。フライホイールの優れたところはブレーキ時のエネルギーを回収することができることである。しかしこれを効率よく実現するためには、車の減速回転をフライホイールの増速に使う必要があり、このような速度変換の行える装置が必要である。

1970 年末頃は排ガス規制が厳しくなっていく環境の中で色々なことが試されたが、ガソリンエンジンの燃費対策としてエンジンとフライホイールのハイブリッド化も試みられた。上記の電池／フライホイールハイブリッドシステムもこの中の試みといえなくもないが、ガソリンエンジンのハイブリッド化の流れはプリウスのように電池と結合することで一つの方向が決まったように見受けられる。

一方、燃料電池自動車のパワー源としてフライホイールを用いてハイブリッド化を試みている例としてドイツのフランフォファ IVI 研究所が開発している Auto Tram がある<sup>4</sup>。これは路面電車とバスの両方の機能を持つ交通システムで、車長 18m、車幅 2.53m の連接車からなり、駆動モータの出力は 45kw である。パワー源としては電気 2 重層から成るコンデンサーに対する期待も大きく、ここでは放電時間を長くすることが求められている。

1) Hitachi claims world best for Li-ion battery, Auto. Enginrg. July,2009,p22

2) [http://www.jaie.gr.jp/z18\\_kubo.pdf](http://www.jaie.gr.jp/z18_kubo.pdf)

3) 矢田、欧米のフライホイール技術、機械の研究、30（1978）4、503-508

4) [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2010-08/f-ott081210.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2010-08/f-ott081210.php)