

水素エンジンの開発の思い出

－ 必然性から生まれた液体水素高圧噴射エンジン －

武蔵工業大学

水素エネルギー研究センター

山根 公高

本紙は、平成4年4月28日に武蔵工業大学にて、在学生に対し古浜学長が標記表題で話したことを記載させていただきました。本年で、おおよそ10回の講話を計画しておりますので、連載して行きたいと考えております。今回は、自動車用エンジンの基本的要求条件から何故液体水素高圧噴射エンジンが道理にかなうかをお話いたします。

自動車のエンジンは軽量コンパクト高出力が必要

ドイツのミュンヘンで1876年オットが始めて作ったオットエンジンは、7000ccのエンジンで、出力4馬力、エンジン回転数150rpm、回転を滑らかにするため大きなフライホイールが付いていた。（図-1）オットエンジンは、始めガスを燃料とするガスエンジンであった。

その後、ダイムラは、気化器を発明しガソリンをガス化することに成功し800rpmで回転するエンジンを作った。

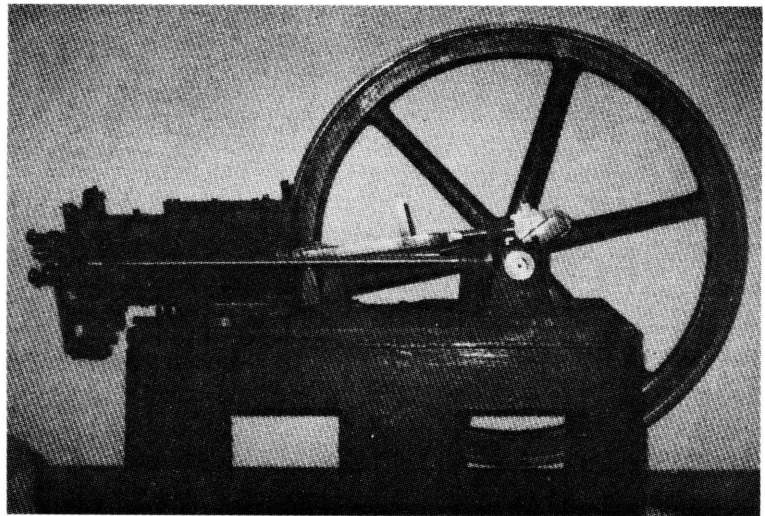


図-1 オットが開発した最初の内燃機関

そのエンジン出力は数10馬力ほどで次第に出力の向上が図られるようになりオートバイ、自動車さらに軽量化高出力化が図られ飛行機のエンジンとして採用されるようになった。このようにエンジンは社会のニーズに応えるため軽量化、小型化かつ高出力化が図られてきており、このエンジンに対する基本要件はこれからも変わらないと思う。

ソーラーカーの出力は実用エンジンとしてあまりにも小さい

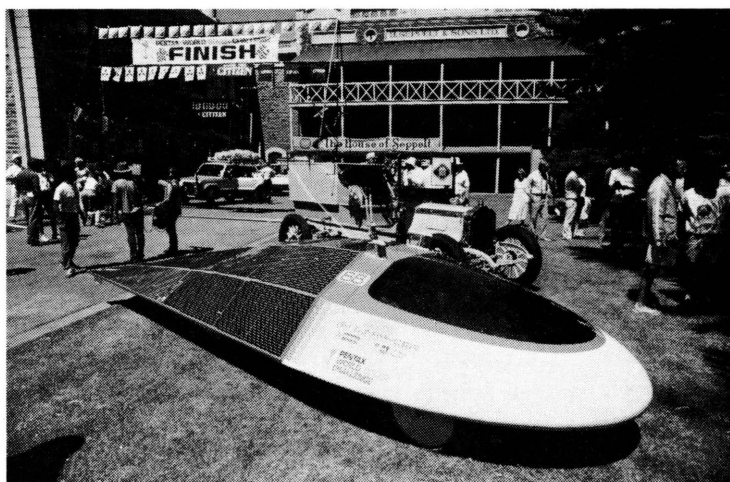


図-2 GMのソーラーカー

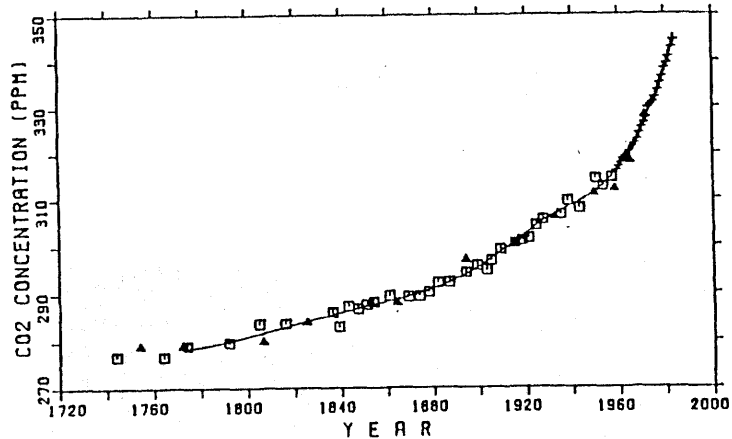
図-2に示すソーラーカーは1987年第1回オーストラリア・ソーラーカーレースで優勝したGM社のソーラーカーである。この車には、NASAの開発した最高性能の光電池を使用しており、発表データから推定すればその変換効率は約20%でありこれを大きく上回ることは容易でない。それにバッテリー、モータの効率を考えればモータ

出力は最大で約0.7KW(1馬力)であるから、光から出力までの変換効率は約15%となる。ちなみに、ガソリンエンジンの最高効率は約30%、一般走行時は20%ぐらいであり、乗用車のエンジン出力は50KWは必要とされていることを考えると、光電池の効率が倍増しても実用車に使うことは不可能であると言わざるを得ない。よって、クリーンな太陽エネルギーを使うソーラーカーは、クリーンであっても実用的でない。

増加をたどる二酸化炭素

二酸化炭素は人体に無害なものであるが、地球上の二酸化炭素はイギリスで起きた産業革命以来急激に増加の一途をたどっている。(図-3)

二酸化炭素が増加すると地球の温度は温室効果によって気温が上昇することが地球物理学者によって提示されており、それによって、氷河の水が解けてその結果、海水面が上昇しかなりの多くの陸地が水没すると予測されている。



〔南極サイプル基地での氷床コア中の気泡の分析から得られた近200年のCO₂濃度の増加傾向(ベルン大学グループによる。)]

図-3 大気中の二酸化炭素濃度の推移

液体水素の利用

二酸化炭素を放出しないエネルギーとして電気があるが、これの最大の欠点は、電気を起こしたらすぐに使用しなくてはならないことである。電気を蓄える方法として、バッテリーがあるが、バッテリーは非常に重い。

表-1 ガソリン30リットル分の燃料貯蔵重量

燃料タンク	中身		タンク重量 (kg)	全重量 (kg)
	体積(ℓ)	重量(kg)		
ガソリン	30	22	5	27
メタノール	62	49	8	57
水素	-	-	-	-
MH	-	8.2	764	772
HP (150気圧)	600	8.2	755	763
LH ₂	115	8.2	65	73
バッテリー*	-	-	-	1360

*:エネルギー密度40Wh/kg、動力への変換効率がガソリンの5倍とする

米国大統領ブッシュさんは、現在のバッテリーの重さを十分の一にするような研究には金を出す用意はあると言ったそうである。しかし、それが成功してもそのエネルギー密度は、液体水素の約二分の一しかならない。表-1にガソリン30リットルの燃料貯蔵重量を現在使用できるエネルギー貯蔵法と比較してみた。ガソリンがもっとも効率がよいことがわかる。しかし、温暖化をもたらす二酸化炭素を発生しない貯蔵方法として高圧水素、メタルハイドライドがあるが、その中でもっとも良いのは液体水素であることがわかる。問題は、ガソリンと同等は発熱量を得るためには約四倍の液体水素が必要である。

液体水素を自動車エンジンに使う理由

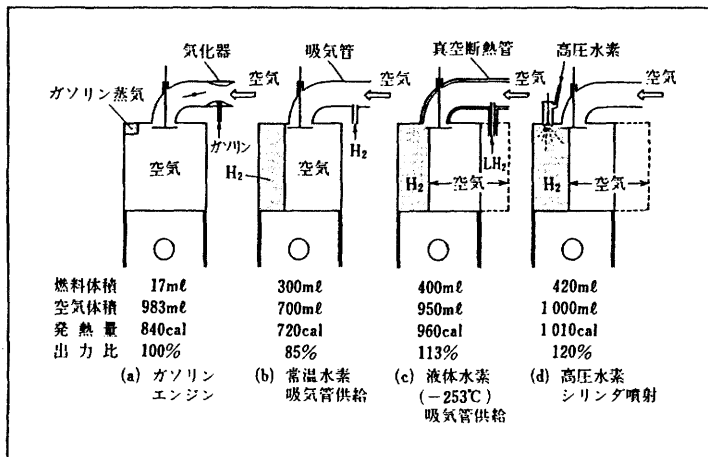


図-4 吸気管予混合と噴射の出力差

起こりエンジンは停止してしました。その結果、エンジンは、ガソリンで運転した場合の出力の半分しか得ることができず、この方法ではエンジンの基本的要求条件である高出力化はできないことが判明した。そこで、逆火防止と高出力化を同時に実現するために、高圧水素ガスをエンジン筒内に噴射する必要がある。燃料

水素ガスを予混合にしてエンジンで燃焼させ出力を得る方法をまずは採用してみた。空気過剰率が1.7程度までは、エンジンの運転は何の問題も無しに可能であった。むしろ、水素の着火性が良いことによりガソリンのそれと比べ燃焼のサイクル変動（燃焼最高圧力の変動）において大きな向上がみられた。しかし、空気過剰率をそれより小さくして行くと、吸気管方向への逆火現象が

が理論混合比（空気過剰率＝1）で、逆火現象が発生しないと仮定した場合、ガソリンの出力と水素の燃料供給の方法による出力の違いを図-4に示す。高圧水素シリンダ噴射の出力はガソリンのその1.2倍となることがわかる。

一方、噴射するための高圧を得るためには、水素ガスを圧縮ポンプで圧縮して得る方法と、液体水素をポンプで圧縮してその後気化して得る二通りの方法がある。前者は、多量のガスを圧縮するために大きなエネルギーが必要であるが、液体の状態で圧縮すればそのエネルギーは少なくて済む。したがって、高圧噴射水素エンジンには液体水素が有利である。

— 次号につづく —