

燃料電池トラックはエコではない

コンビニ最大手のセブンイレブンが配送用のトラックに燃料電池トラックを採用すると派手に報道されています。主目的は地球温暖化抑制ということになっているようです。

燃料電池トラックが温暖化抑制に大きな効果があるとも思えないのですが、経産省やトヨタのPRを真に受けておられるのではないのでしょうか。

ということで、その理由を簡単に説明してみます。

直感的に考えたら、トラックの場合には、乗用車とは異なり、ガソリンエンジンよりもエネルギー効率が低いディーゼルエンジンで駆動させているので、水素を燃料にする燃料電池を搭載しても地球温暖化抑制という面での競争力では乗用車以上に不利になるはずです。

ただ、抽象的な話になると拒否反応される方が多いので、具体的な説明をしてみます。

トヨタ自動車の3トン積みのハイブリッドトラック(トヨエース)は軽油 1 リットルで 11.6 km 走ると報告されていました。好条件で得られた数値なのかもしれませんが、取り敢えずこの値を使用してみます。この数値を使用すると、200 km 走るためには、 $200 \text{ km} \div 11.6 \text{ km/リットル} = 17.24 \text{ リットル}$ なので、軽油を 17.24 リットル 消費することになります。

軽油の比重は平均すると 0.82 程度なので、17.24 リットル は 14.14 kg となります。

軽油の発熱量は $38.40 \text{ MJ/リットル} = 46.83 \text{ MJ/kg}$ なので、200km 走行するためには、 $(46.83 \text{ MJ/kg}) \times 14.14 \text{ kg} = 662.2 \text{ MJ}$ のエネルギーを消費することになるはずです。

また、軽油を燃焼した時の CO_2 排出量は $(3.19 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2/\text{kg})$ なので、200 km 走行する時には $(14.14 \text{ kg}) \times (3.19 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2/\text{kg}) = (45.11 \text{ kg})$ の CO_2 を排出することになるはずです。

一方、セブンイレブンの3トン積み配送用燃料電池トラックで 200 km 走行するときに 7 kg の水素を消費すると記されていました。冷凍装置もついているようなのでエネルギー消費が多くなっている可能性もありますが、取り敢えず採用することにします。

水素の発熱量は 121 MJ/kg なので、7 kg の水素の発熱量は、 $(121 \text{ MJ/kg}) \times 7 \text{ kg} = 847 \text{ MJ}$ のエネルギーを消費することになるはずです。また、水素の圧縮に要するエネルギーを加算する必要もあります。水素の圧縮に必要なエネルギーは 16 MJ/kg 程度なので 7 kg の水素を圧縮するためには $16 \text{ MJ/kg} \times 7 \text{ kg} = 112 \text{ MJ}$ となります。

さらに、水素を液体水素にして貯蔵・輸送するためには水素の持っているエネルギーの 35%がロスされるといわれています。よって、水素を液化・貯蔵・輸送するためには、 $847 \text{ MJ} \times 0.35 = 296 \text{ MJ}$ のエネルギーが必要になります。

なお、現時点では燃料電池車の燃料の水素は苛性ソーダと塩素を製造するための食塩の電気分解の際に副生するガスを利用しているようです。食塩を電気分解している化学会社の「東ソー」などでは、副生水素などを燃料にして電気分解に必要な電力を発電しています。もし、この副生水素を燃料電池の燃料に転用したら、その分だけ発電用燃料として化石燃料で補填する必要があります。

【注】副生水素量の全量を燃料にして 100 % の発電効率で発電できれば、電気分解に必要な電力をほぼ賄えますが、発電効率が高くないので化石燃料なども利用しているはずですが、副生水素が余剰になっている訳ではありません。

配送用トラックを 200 km 走行させるために必要な水素 7kg 分を、例えば、軽油で補填すると仮定すれば、上記のように軽油の発熱量が(46.83 MJ/kg) なので、 $(847 \text{ MJ}) \div (46.83 \text{ MJ/kg}) = 19.2 \text{ kg}$ の軽油をやむなく発電用燃料に使用することになるはずですが。

よって、「東ソー」などの発電設備で追加使用した軽油から排出される CO₂ の量は、 $(3.19 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2/\text{kg}) \times (19.2 \text{ kg}) = (61.2 \text{ kg})$ になります。

また、水素圧縮用のエネルギーは電力なので、発電設備の発電効率を 50 % にすると上記に記した 112 MJ の電力を得るためには 224 MJ の軽油が必要になります。

この 224 MJ は $(224 \text{ MJ} \div 46.83 \text{ MJ/kg} = 4.78 \text{ kg})$ の軽油に相当し、結果として $(3.19 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2/\text{kg}) \times (4.78 \text{ kg}) = (15.2 \text{ kg})$ の CO₂ 排出量になります。

さらに、水素の液化などに消費するエネルギーは 296 MJ なので、 $(296 \text{ MJ}) \div (46.83 \text{ MJ/kg}) \times (3.19 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2/\text{kg}) = 20.2 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2$ の CO₂ 排出量になります。

上記のように、ハイブリッドトラックだと 200 km 走行する際に直接的に排出する CO₂ の量は (45.11 kg) だったのに、燃料電池トラックだと $(61.2 \text{ kg}) + (15.2 \text{ kg}) + (20.2 \text{ kg}) = (96.6 \text{ kg})$ を間接的に排出することになります。

よって、燃料電池トラックの間接的な CO₂ 排出量はハイブリッドトラックの直接的な排出量の 2.1 倍程度になってしまいます。CO₂ は直接的に排出しても間接的に排出しても地球温暖化に与える影響は全く同じであり、区別する必要はないはずです。

以上のことから、ハイブリッドトラックを燃料電池トラックに代替したら CO₂ 排出量は増加することになるはずですが。

将来、自然エネルギーを利用して発電した電力を使って水を電気分解して水素を製造しても、燃料電池トラックを走行させる場合に CO₂ を排出しないわけではありません。

一言で言えば、自然エネルギーを利用して発電する行為がエコなのであって、発電された電力を利用したり、水素に変換することが「エコ」ではないので注意する必要があります。

自然エネルギーを利用して発電した電力を水素製造に利用しなくても、電力系統に流せば、火力発電所の負荷が下がり CO₂ 排出量が削減されます。言い換えれば、火力発電所から排出される CO₂ 排出量を削減できるというメリットを捨てて水素を獲得したのだから、水素製造で CO₂ を排出していることと同じことになるはずですが。

なお、副生水素を利用する場合よりも地球温暖化抑制効果という面では不利になります。

上記は、前提となる数値の信頼性が必ずしも高くはないのかもしれませんが、結論を逆転させることは無いだろうと考えています。抽象的な思考をしてもあり得ない話だからです。

お節介で恐縮ですが、燃料電池バスがエコなのだ、と東京都やトヨタが主張されていますが、燃料電池バスも燃料電池トラックとあまり変わらないのではないかと思います。

ということで、オリンピックで世界中の人々に紹介したいと言われるのですが、個人的にはみっともないので止めてほしいと思っています。

反論や質問がございましたら遠慮なくご連絡ください。