

연료사이클로 본 21세기의 자동차 보급 전망

이 대 업 박사 · 일본기계기술연구소 연소공학연구실

20세기 최대의 공업제품으로 자동차, 컴퓨터, 텔레비전등을 열거할 수 있으나, 그 중에서 개인의 생활과 산업계를 크게 바꾼 것은 역시 자동차이고 자동차 산업이라고 할 수 있을 것이다.

자동차 산업에 있어서 20세기 후반은 안전과 환경문제가 중심이 되었고 안전의 문제는 어느 정도 해결의 방향을 잡아가고 있다. 그러나 이에 비해 확실하게 결론이 보이지 않는 것이 환경과 관련된 문제인 듯 하다.

그동안의 자동차 산업은 모터 스포츠, 그리고 과거 전쟁등이 추진력이 되어 왔지만, 앞으로는 환경이 자동차 산업의 강한 추진력이 되고 있음을 알 수 있다. 중요한 것은 단순히 계몽하는 환경 대책이 아니라 실효성이 있고 실현 가능한 환경 대책을 자동차 기술, 도로 기술, 그리고 정책에 적용해 나가는 것이다.

최근의 조사에 따르면 안전에 대한 의식이 높아져서 안전을 위해서는 자동차 구입에 어느 정도 돈을 써도 괜찮다고 생각하고 있으나, 환경에 대해서는 이해는 되지만 가능한 한 돈은 쓰고 싶지 않다는 쪽이 아직 대부분이라고 한다. 그러나 이

러한 사회의 가치관과 환경 문제간의 관계가 점차 바뀌고 있다고 한다. 예를 들어 일본에서 시판중인 하이브리드 자동차등을 경제적 측면만에서 뿐만 아니라 자신은 환경에 대하여 공헌을 한다고 생각하며 적극적으로 구입하는 고객도 많다고 한다. 한사람 한사람의 가치관이 지금 많이 변하고 있어 자동차 회사도 이에 대응해 나가고 있다.

연료사이클로 본 자동차의 에너지 소비와 CO₂ 배출

에너지 소비 및 CO₂ 배출의 저감은 지구 환경의 보전과 함께 석유 자원의 고갈에 대비한 중요한 과제이다. 다음에서는 에너지의 채굴부터 주행까지의 연료사이클로 본 자동차의 에너지 소비 및 CO₂ 배출을 살펴본다.

일차 에너지 및 CO₂ 배출을 계산 평가할때 자동차의 주행 연비 및 주행시의 CO₂ 배출만을 평가해서는 안된다. 주행시의 에너지 소비 및 CO₂ 배출이 적더라도 주행에 필요한 에너지의 제조 단계(일차 에너지의 채굴부터 에너지를 자동차에 충전할때까지)에서 많은 에너지가 소비되어 CO₂

가 배출될 수도 있다.

즉 연료사이클 측면에서 평가하는 것이 필요하다. 일차 에너지라는 것은 자연계에 존재하는 형태 그대로의 에너지를 총칭하는 것이다. 일차 에너지로써는 고갈성 에너지인 석유, 석탄 그리고 천연가스등의 화석 에너지와 바이오매스, 수력 그리고 태양광등의 재생가능 에너지 및 핵연료등을 열거할 수 있다. 이차 에너지로써는 가솔린, 경유 등의 석유 제품, 메탄올, 천연가스 그리고 수소등을 들 수 있다. 주행에 필요한 에너지가 다른 자동차를 비교할때는 연료 사이클을 고려하지 않으면 에너지 자원 및 CO₂배출의 영향을 평가하는 것이 가능하지 않다는 것은 당연하다. 또한, 주행에 필요한 에너지가 같다고 하더라도 그 에너지가 여러 가지 일차 에너지로부터 제조될때는 연료 사이클을 고려한 평가가 필요하게 된다.

예를 들어 수소 연료전지 자동차에 있어서 에너지자원에의 영향 및 CO₂ 배출의 영향을 생각해보면, 주행에 필요한 에너지인 수소를 수력 또는 태양광등의 재생가능 에너지 그리고 화석연료인 천연가스 및 석유, 석탄등의 일차 에너지로부터 제조하는 것이 가능하다. 따라서 일차 에너지의 채굴부터 시작하여 주행에 필요한 에너지의 제조, 그리고 주행까지의 연료 사이클에서 일차 에너지 소비 및 CO₂ 배출을 고려하는 것이 필요하게 된다.

연료사이클 측면에서 자동차의 영향을 평가하는 것이 필요하다는 것은 전기 자동차를 생각해보면 쉽게 이해가 된다. 전기 자동차는 주행중에 배기의 배출이 없다. 그러나 전기 자동차에 충전된 전기를 발전할 때 발전소에서 CO₂등이 배출된다. 여기서, 주행에 필요한 에너지인 전기의 제조단계를 조사할 필요가 있다. 일본에서의 발전 전력량(1991년 현재)의 약 28%를 원자력, 25% 천연

가스, 24% 석유, 10% 석탄, 그리고 12%를 수력이 차지하고 있다.

이로부터 CO₂ 배출률(현행 가솔린차를 100으로 했을때의 CO₂ 배출)을 계산하면 약 54가 된다. 이는 미국의 78, 영국 92, 독일의 82 보다 낮은 수치이고, 발전 전력량의 약 73%를 원자력에 의존하는 프랑스의 16에 비해서는 높은 수치이다. 따라서 일본에서는 상대적으로 전기 자동차의 (CO₂ 배출에 대한) 도입 효과가 높음을 알 수 있다.

에너지 소비와 CO₂배출의 계산에는 연료제조 단계의 효율과 주행단계의 효율에, 전기 자동차, 하이브리드 자동차 그리고 연료전지 자동차등 전지를 갖고 있는 자동차의 에너지 회생효율 및 전지등에 의한 중량 증가의 영향등이 고려되어야 한다. 표1에 각각 일차 에너지 소비 및 CO₂ 배출을 표시하였다.

현재의 가솔린 자동차에 비하여 거의 대부분의 자동차에서 연비성능이 2배로 향상(즉 연료소비가 1/2로 저감)될 수 있음 알 수 있다. 또한 석유를 일차 에너지로 하는 장래의 하이브리드 또는 연료전지 자동차에서는 연료성능이 3배를 넘을 가능성도 나타나고 있다. 그러나 연비성능을 3배 이상으로 개선하는 것은 곤란하다고 생각된다.

CO₂ 배출을 보면, 거의 대부분의 자동차에서 CO₂배출을 현재 가솔린차의 1/2이하로 저감시킬 수 있는 가능성을 볼 수 있다. 천연가스를 일차 에너지로 하는 몇몇의 자동차에서는 CO₂ 배출이 현행 가솔린차의 1/3이하로 저감될 가능성을 볼 수 있다. 그리고 재생가능 에너지(수력 및 태양광 발전등)를 일차 에너지로 하는 자동차에서는 당연히 CO₂배출은 제로에 가까운 값이 된다. 한편, 같은 일차 에너지를 쓰고 게다가 같은 이차 에너지(주행에 필요한 에너지)를 써도 연료제조 과정

등이 다르면 일차 에너지 소비 및 CO₂배출이 다르게 된다. 따라서 일차 에너지 소비 및 CO₂ 배출을 줄이기 위해서는 연료사이클을 적절히 선택할 필요가 있다.

고효율 크린 자동차의 도입 및 보급의 전망

단, 중기적으로는 직접분사 엔진등의 탑재에 의해 연비가 개선되는 현재의 자동차와 함께 연비 성능이 현재 자동차의 2배 정도의 하이브리드 자동차(별써 시판되고 있다)가 보급될 것으로 예상되고 있다. 이러한 자동차의 동력 성능은 현재의 자동차와 거의 같고, 현재의 에너지인 가솔린 또는 경유를 사용하는 것이 가능하기 때문에 연료의 인프라가 정비되어 있어 보급의 가능성이 높다고 생각된다.

중·장기적으로는 에너지의 보전 및 지구 온난화 방지등의 환경 보전성이 더욱 더 요구된다. 따

라서 연비 성능이 현재 가솔린차의 3배까지 개선된 석유를 일차 에너지로하는 하이브리드, CO₂ 배출이 1/3로 저감되는 것이 기대되는 천연가스를 일차 에너지로하는 하이브리드, 그리고 더욱 고효율의 연료전지 자동차등의 보급이 기대된다.

금후 5~10년간에 배출가스 및 소비 연료의 저감이 양산 자동차의 주요과제가 되기 때문에, 하이브리드는 이를 해결할 수 있는 가능성을 갖고 있지만, 엔진과 구동 모터를 함께 갖추어야 하는 코스트 면의 단점이 있어 가솔린 직접분사등 종래 엔진의 기술 향상에 거는 기대도 크다.

세계의 석유 채굴량은 2010년~2020년에 피크가 될것으로 예상되고 있다. 대체연료 가운데 천연가스는 압축 천연가스, 수소, 메탄올, 합성석유등의 형태로 자동차용 연료로 이용가능하고 채굴 가능 매장량이 석유의 1~1.5 배에 이르는 것으로 예상되기 때문에 유력한 대체연료로 고려되

〈표 1〉 연료사이클로 본 연비성능 및 CO₂배출성능

	연비성능(에너지 소비)		CO ₂ 배출성능	
	연료제조단계	주행단계	연료제조단계	주행단계
전기자동차	0.15	0.33	0.26	0.00
수력/태양광발전-메탄올 개질 연료전지	0.28	0.15	0.00	0.00
수력/태양광발전-메탄올-압축수소 연료전지	0.22	0.21	0.00	0.00
수력/태양광발전-압축수소 연료전지	0.22	0.15	0.00	0.00
합성경유-디젤 (장래)	0.28	0.28	0.28	0.11
메탄올 개질 연료전지	0.28	0.18	0.24	0.08
DME-디젤 (장래)	0.29	0.18	0.25	0.08
압축수소 연료전지	0.22	0.17	0.28	0.00
CNG-오토 (장래)	0.31	0.10	0.22	0.07
Naptha개질 연료전지	0.28	0.04	0.26	0.05
경유-디젤 (장래)	0.28	0.04	0.28	0.04
가솔린-오토 (장래)	0.32	0.06	0.30	0.08
가솔린-오토 (종래,이를기준 1로 함)	0.84	0.16	0.80	0.20

고 있다.

또한 천연가스 성분을 함유한 해저의 메탄라이드는 화석연료(석유, 석탄, 천연가스) 총계의 2배 이상으로 예상되어 이용이 기대되고 있다.

한편 전력도 화석 연료이외에 원자력, 수력, 풍력, 태양광등으로부터 발전이 가능하기 때문에 유력한 대체연료로 볼 수 있다. 이상의 배경으로부터 전력 이용의 면에서는 전기 자동차가, 천연가스(수소, 메탄올)이용의 면에서는 연료전지 자동차가, 석유의 계속적인 사용의 측면에서는 하이브리드 자동차가 주목을 받고 있다.

배출가스의 규제가 보다 엄격해지고 있는 상황을 예상하면 연료전지 자동차 및 전기 자동차에 거는 기대가 높지만 현 단계에서는 성능 향상, 중량, 코스트 저감, 인프라 정비등이 과제이다.

성능면에서는 연료전지, 개질 장치, 2차 전지등의 개량에 의해 금후 수년간에 급속히 진보가 예

상되지만, 가솔린 대체로써의 대량생산에는 향후 10년 이상의 시간이 요구될 것으로 예상되고 있다.

지금까지는 자동차 자체의 연비 향상이 많은 주목을 받았으나 시대의 평균속도를 시속 5 내지 10 킬로미터만 향상시켜도 CO₂를 10-20% 정도 줄일 수 있다고 한다. 따라서 시스템 전체를 생각해 서 어느정도 에너지 소비 및 CO₂ 배출을 줄일 수 있을까를 고려하는 것이 중요하다고 생각된다. 즉, 앞으로는 시스템 솔루션의 측면에서 자동차 및 자동차 산업이 대응해 나가는 것이 요구되고 있다.

<이대엽 편집위원 : Lee@mgflame.mel.go.jp>