



글 / 朱昇煥

(Choo, Seung Hwan)

방사선관리기술사, SRI, 공학박사,

고려공업검사(주) 연구소장,

한국기술사회 홍보위원.

E-Mail: choo6261@hanmail.net

## 미래형 승용차에 쓰일 수소 연료 전지

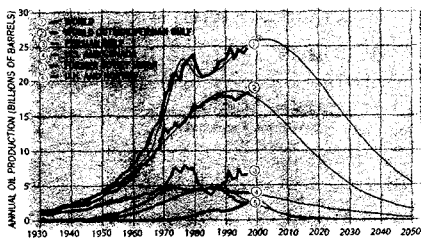
### Hydrogen Fuel - Cell for the New Cars

#### 머리글

##### BMW 판케 회장의 충고

세계의 석유 생산이 내일 갑자기 끊긴다면 우리에게 어떤 일이 벌어질까? 그야말로 전쟁터와도 같은 난리를 겪게 될 것은 뻔하다. 우리는 석유 자원이란 전혀 생산되지 않는다. 하지만, 우리의 산업부문 그리고 특히 운송부문을 주도하는 에너지의 바탕은 수입되는 석유이다. 엉뚱한 질문(?) 같지만 출퇴근길에 자동차를 몰면서 머리글의 질문을 한번쯤 자신에게 물어봐야 하지 않을까?

에너지는 끊임없이 생겨나고 소멸하는 '에너지 시슬'로 이어진다. 하지만, 화석 연료는 다르다. 수억 연 동안 유기물질들이 지질시대를 거쳐야 석유 화석으로 변환되기 때문에 묻혀진 자원은 한정될 수밖에 없다. 뿐만 아니라 석유는 세계의 어느 특정한 지역 나라들에 편중돼 생산된다. 한 전문가의 셈으로는, 세계 석유의 소비량은 증가하고 생산량은 감소하여 앞으로 10년 안에 소비량이 생산량을 크게 앞선다고 예측한다 <그림 1>. 만일 그렇다면, 산유국의 중동 나라들에서 일시적인



<그림 1> 세계 석유 생산량을 견중, 세계 석유생산량의 증가추세는 오일위기 때, 감소되고 나서 다시 회복 추세를 보여줌. 하지만 2005년부터는 계속 감소 될 것임을 예고  
(Scientific American March 1998, P.63)

정치적 불안으로 일어났던 지난 3회(1973년, 1979 그리고 1991)의 석유 위기들과는 구조적으로 전혀 다른 영구적인 석유 위기가 앞으로 닥칠 것이 예상된다. 가까운 내일에 세계의 석유 값은 천정부지로 치솟을 것이 눈에 보이는 데 우리의 대비책은 무엇일까?

우선은 앞으로 운송부문의 석유 소비량만이라도 줄여야 한다.

그 부족분은 미래형 연료 전지가 채울 것이다. 그렇다면, 그런 수소 연료로 굴러갈 승용차를 만들 준비가 우리에게 발등의 불이다. 놀랄만한 뉴스는 세계 명차로 알려진 BMW사의 판케 회장이 금년 10월 20일 방한하여 고건 국무총리에게 건의한 내용들 중에는 미래형 수소 연료 전지 승용차를 수용할 한국의 대비책에 관한 건의도 들어있었다고 우리 신문은 전한다. BMW는 앞으로 4~5년 안에 수소 연료 전지로 굴

러갈 'BMW 7시리즈'를 양산할 계획이라고 한다. 이 글은 미래형 수소 연료 전지가 왜 필요한지, 기술적인 자료에 바탕을 둔 그것의 원리 그리고 앞으로의 전망을 알아본다.

## 수소연료 전지(hydrogen fuel - cell)

미래형 에너지는 수소 연료 전지가 감당할 것이다. 20세기에 석유 에너지가 했던 역할 대신, 수소 연료 전지는 21세기의 주된 에너지-원이 될 것이다. 1839년 영국인 윌리엄 알 글로브(William R. Grove)는 세계 처음으로 수소 원소와 산소 원소를 전기화학적 방법으로 결합시켜 전기를 만들어낸 적이 있었다. 하지만, 이 개념에 바탕을 둔 연료 전지는 연구할 호기심들만 부추겼던 수준이었지, 120년 동안 실제로 빛을 보지 못하였다.

1960년대 미국항공우주국(National Aeronautics and Space Administration: NASA)이 우주선의 추진 연료로 쓸 가볍고 농집된 연료 물질을 찾다가 수소 연료 전지를 재발견하게 된다. 처음에는 우주선의 로켓 추진에만 쓰려고 엄청나게 비싼 수소 연료 전지 모델이 개발되었다. 그 후, 제조 기술이 점차 발전되면서 그것은 깨끗하고, 효율적이며 그리고 소음 없이 운전되는 장점들을 가진다는 사실이 알려지고 나서부터는 많은 응용부문을 예컨대, 휴대 전화, 소형 컴퓨터, 자동차 그리고 가정용 전력 ... 등에 쓸 수 있게 개발되고 있다.

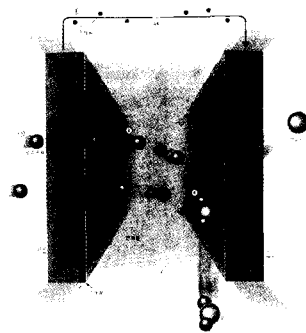
하지만, 이 전지의 개발 과정에는 많은 장벽들이 가로막고 있었다. 기동기(起動器)를 돌릴 연료 소서로는 미흡한 점이 문제되었다. 그리고 자동차가 적어도 300마일을 주행하는 데 필요한 수소를 자동차에 실으려면, 수소를 액화시켜야 한다. 그것의 액화 온도는 거의 절대 영도에 가까운 낮은 온도(-253°C)를 유지시켜야 저장할 수 있고, 연료통의 압력은 350 bars여야 하므로 손쉽게 이용하기 어려웠다.

상온에서 액체인 메탄올(천연가스의 주성분인 메탄가와 물)은 많은 수소 원자들로 이뤄지긴 하지만, 메탄올에서 수소 원자를 뽑아내거란 번거로운 화학적 변환인 분자들의 재편성(reformation)이 이뤄져야 수소 원자를 추출해낼

수 있다. 이런 변환 과정에는 값비싼 백금 촉매재가 종종 쓰인다. 이런 문제들, 그리고 위의 지적처럼, 수소의 물리적 성질에 따른 다른 요인들 때문에 비탄 연료 전지의 설계에는 여러 분야의 시스템들을 부가시켜야 한다. 세계적으로 다양한 연구 그룹들은 끊임없는 연구를 통해 판케 회장이 전하는 말처럼, 앞으로 4~5년 안에 수소 연료 전지로 굴러 다닐 승용차를 우리 주변에서 볼 수 있게 될 것이다.

### 수소 연료 전지의 모습

〈그림 2〉는 수소 연료 전지의 원리를 보여준다. 거기에는 두 개의 전극들(양극 그리고 음극)이 하나의 전해질(electrolyte) 사이에 긴 아주 간단한 구조이다. 전해질은



〈그림 2〉 수소연료 전지의 모습

(편집자, Scientific American, July 1999, 57쪽)

특수 폴리머(polymer, 重合體) 또는 이온들만을 통과시키고, 전자들의 통과를 막아주는 역할을 하는 특수한 물질이다. 수소가 주된 성분인 연료가 양극(1)으로 흐르고, 특수 금속인 촉매재와 접촉된 수소 분자들은 전기화학적 메커니즘으로 수소 원자를 이뤘던 속박된 전자(수소 원자는 1개의 속박 전자, 수소 분자는 2개의 속박 전자들을 가짐)들이 떨어져 나가면서 플러스 이온들로 바뀐다. 그림에는 전자들이 흐를 외부로 뻗친 회로(2)가 있다. 이온들이 전해질(3)을 통과하면서 확산되는 동안, 전자들은 그 회로를 타고 이동한다. 음극(4)에서 전자들은 전해질을 통과한 수소이온들 그리고 외부로부터 들어오는 산소 분자들

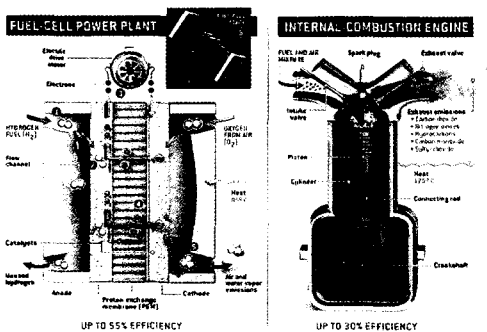
# 뉴스 초점

과 결합하여 부산물인 물을 만들어 낸다. 이런 일련의 전기화학적인 연쇄 반응을 더욱 촉진시키려고 값비싼 백금 금속을 촉매재로 써야 한다.

부산물로 생기는 물은 수소 연료의 순도에 따라 환경 공해물질의 배출량과 비례한다. 지금 굴러다니는 자동차들은 내연기관을 가지며, 그 속에서 석유를 태워 폭발하는 힘으로 엔진을 돌린다. 그러므로 석유가 타면서 수많은 공해물질들을 대기로 뿜어낸다. 수소 연료 전지의 에너지 순환에는 동력을 얻을 전류 그리고 오로지 물만 배출된다.

## 수소 연료 전지의 발전 장치

〈그림 3〉은 승용차를 굴릴 에너지를 얻어낼 기관의 두 개 모습들을 독자가 쉽게 이해하도록 서로 견준 그림이다.



〈그림 3〉 연료 전지 동력장치(왼쪽) 그리고 내연기관 엔진(오른쪽)을 서로 견준 그림.

L.D Burns 외, Scientific American, October 2002, 43쪽

왼쪽은 한 연료 전지 발전 장치로서, 두 개의 얇고 구멍 난 전극들, 하나의 양극 그리고 하나의 음극들이 양성자들만 통과시키는 하나의 폴리머 박막 그리고 전해질로 분리된 모습들을 보여 준다. 이것을 '양성자 교환 박막(proton exchange membrane : PEM) 전지'라 부른다. 촉매 금속은 각 전극의 안쪽 표면에 코팅된다. 〈그림 2〉에서의 설명처럼, 수소가 (1)로 들어오고, 양극의 촉매 금속은 수소 원자의 전자와 양성자를 분리시킨다(2). 전자들은 전동기(3)를 돌릴 전력으로 쓰이고, 양성자들은 박막(4)을 통해 음극으로 이동한다. 음극의 촉매재는 돌아오는 전자들과 공

기의 산소들을 서로 결합시켜 물(5)을 만든다. 이런 유닛들을 많이 묶으면 한 연료 전지 가리(fuel-cell stack)(6)를 이루며, 높은 전압을 얻을 수 있게 된다. 여기에서 '가리'로 표현한 순 한글의 뜻은 연료인 여러 개의 숯 단들을 높이 쌓은 하나의 '가리(Stack)' 단위에서 단 필자의 번역이다. 영문 그대로 '스태이크'라고 해도 무방할 것이다.

오른쪽 그림은 독자가 잘 알고 있는 내연기관의 한 모습이므로 다른 설명이 더 필요 없을 것이다. 다만, 내연기관에서 석유가 타면서 그림의 오른쪽으로 검은 연기를 뿜어내는 장면은 환경단체가 아닐지라도 어느 누구에게나 거부감을 줄 것이다. 여기에 주성분은 지구의 온난화의 주범인 이산화탄소이고, 그밖에도 우리의 눈시울을 아리게 하는 이산화황(안개나 아지랑이를 일으키는 주범) 그리고 사람 몸에 해로운 발암성 물질인 질소산화물 등이 주변 환경의 대기를 더럽힌다.

두 그림들에서 에너지 효율은 왼쪽이 55%, 그리고 오른쪽이 30% 수준이므로 게임이 될 수 없다. 효율뿐만 아니라 인류가 불을 발견한 이래 가장 깨끗한 에너지-원으로 발전될 소지를 가진 수소 연료 전지는 석유 에너지를 대체시킬 가장 강력한 에너지-원으로 각광을 받게 될 것이다.

## 우리 에너지 정책의 혼선 그리고 전망

다시 머리글의 질문으로 돌아가 생각해보자. 세계 석유의 생산이 중동 국가들의 정치적 불안정에 따라 석유 값이 요동치는 '오일 위기'를 세계는 3번이나 겪으면서 일시적 이나마 세계가 겪었던 지난날 고통은 생산성이 위축되고 엄청난 경제적 혼란이었다. 하지만, 일시적인 위기가 아닌, 앞으로 10년 안에 영구적으로 세계 시장에서 석유의 생산량이 급격히 줄어들 것이란 전문가의 주장이 사실이라면, 얘기는 다르다. 석유 값은 상한선이 없게 될 것이고, 그것을 높은 값으로 수입하여 써야할 우리로서는 감내하기 어려울 것이며, 아무도 지금처럼 승용차를 내 마음대로 몰고 다닐 수가 있을지도 장담할 수 없다.

필자의 두 번째 질문은 "이에 대한 대안은 있는가?"라고

다시 한 번 자신에게 물어본다. 형이상학적 독백 (monologue)이 아닌 바로 닥쳐올 현실적 질문이다. 필자는 바로 수소 연료 전지가 그 질문의 답이라고 감히 주장한다. 앞으로 10년이면, 지금부터라도 우리가 총력을 기울여 그에 대비한다면 아직도 시간은 있다. 1998년 6월, BMW는 수소를 중간 연료인 액화 천연 가스로부터 얻어낼 수소 연료의 내연기관을 선택했다고 발표하였다. 그로부터 지금, 그리고 앞으로 3~4년을 더 보탠다면, 10년이 채 못 되는 기간이다. 그 기간 안에 우리 도로 위에 꿈의 승용차가 굴러다닐 것을 보게 될 것이다. 이 점을 판케 회장은 우리에게 지금이 준비의 기회임을 귀띔 했지만, 우리 나라들은 무슨 소리인지 감을 잡지 못했다고 하니, 정말 참여 정부가 에너지 정책에는 너무 무관심한 것이 아닌가라고 해도 할 말이 없을 것이다.

다른 얘기지만, 지금 우리는 방사성 쓰레기 문제로 고민하고 있다. 이것도 국가 에너지 정책의 일면이라고 보자. 필자는 방사성관리기술사의 한사람이다. 필자의 판단으로는 방사성 쓰레기를 치울, 소위 <원전 센터> 건립 문제도 기회가 있었다고 본다 (참고자료 : 「원자력산업」, 2003년 2월호부터 연속되는 필자의 투고). 예비후보지 4 곳들을 발표했던 것은 잘 한 일로 판단했다. 하지만, 그 이후의 추진과정에서 줄속이 연이어졌다. 몇 번이나 처음 공고 내용에 덧칠을 하면서 그 정책사업의 중요성을 강조하고 화급히 서둘러보니 조바심인지(?), 새로운 조건들이 후에 덧붙여졌다. 정부의 입찰 공고나 다름없을 내용을 공고 후에 다시 수정하다보니 정부의 신뢰가 무너질 수밖에 없는 것이다. “콩으로 메주를 쏜다고 하여도 ... ?”

불필요한 지원 정책을 과대하게 부풀렸다. 예컨대, 방사성 쓰레기를 묻을 장소에 가장합은 양성자자 가속기를 덤으로 준다는 달콤한 미끼, 그리고 ‘한수원’ 본사의 이전도 바로 그런 부류들이다. 양성자 가속기는 도시에 인접한 곳에 갈 사안인 데도 도시와 멀리 떨어져야 할 방사성 쓰레기의 묘 자리에 같이 묶어두었고, ‘한수원’의 본사 이전은 영업상 편리하고 수익성을 제고할 수 있다면 어느 곳

일지라도 ‘한수원’이 스스로 결정할 일을 국가 정책으로 묶었다. 또 아릇한 냄새를 풍겼던 것은 불필요한 많은 부서의 장관들의 연기명 공고였다. 이들은 모두가 민심을 현혹시켰다. 그럴수록 복권 당첨자가 없을 때의 기하급수적으로 불어난 로또 복권의 당첨금처럼, 주가는 치솟았다. 그래서 해당 주민들은 흥분했다.

흥분된 민심들은 두 가지로 분석된다. 한쪽은 필자를 포함한 나를 희생하고서라도 국가의 정책 방향이라면 “법대로” 수용하겠다는 순진하고 선한 의지를 가졌던 이들도 더 많은 반대급부를 바랬고, 다른 한쪽에서는 더욱 더 반대를 부추길 빌미를 준 것으로 분석된다. 돈 때문에 원전 센터를 양보했다는 소리를 듣게 될 주민들은 그들의 자존심에 깊은 상처를 준다. 이것을 피하려면, 국가 정책의 올바른 인식과 명분을 먼저 주민들이 이해할 수 있게 “법대로”의 명분이 주요했는 것이다. 그 다음에 지원 정책이 뒤따라야 하는 데 지원 약속이 앞서 갔다. 신뢰를 잃어버린 약속은 별 가치가 없다.

또 한 가지 집고 갈 필자의 의견은 그 일에 유일하게 참여했던 것은 부안군이다. 정부의 입찰에 단독 응찰은 무효이고, “재공고 사유”이다. 사후에도 그런 바탕에서 한 발 뒤로 물러나서 다시 한 번 심사숙고한 후에 추진하는 것이 바른 길인데도, 절차상의 문제가 있었음을 뻔히 알면서도 이를 밀어붙이는 정부를 이해하기 어렵다. 국가 에너지 정책의 기본 철학이 요구되는 부문일 것이다.

우리 신문의 한 칼럼(중앙일보 2003/10/31, 31쪽)은 중국이 호주(2003년) 그리고 인도네시아(2002년)로부터 25년간, 210억 불의 천연가스를 공급받기로 의향서를 각각 맺었다고 지적했다(중앙일보 03.10.3, 31쪽). 앞으로 ‘BMW 7시리즈’ 수소 연료 전지 자동차의 먹이로서 천연 가스의 용도가 새롭게 부상될 때, 우리도 중국처럼 25년간 쓸 연료를 미리 확보해두는 정책을 추진하고 있는지도 참여 정부가 하는 일이 미덥지가 않아서 한마디 쓴 소리를 해본다.

(원고 접수일 2003. 11. 7)