

Issue Paper

2003. 12. 26.

환경친화형 자동차의 개발동향과 향후 대응전략

목차

요약

I. 연구배경과 목적

II. 환경친화형 자동차의 개발배경

III. 선진국의 개발동향

IV. 국내 개발동향과 경쟁력

V. 향후 개발전략

내용문의: 복득규 수석연구원
(seribok@seri.org)
02-3780-8168

< 要 約 >

I. 연구배경과 목적

- 환경친화형 자동차의 개발은 자동차산업의 생존조건이자 미래의 성장동력
 - 세계 각국의 환경규제 강화로 환경친화형 자동차 개발이 자동차업체의 생존조건으로 부상
 - 최근 정부는 10대 성장동력의 세부품목 가운데 하나로 환경친화형 자동차를 선정
 - 환경친화형 자동차를 포함하는 미래형 자동차는 2007년 9,692억 달러, 2012년 1조 714억 달러의 시장이 예상되는 유망분야
 - 환경친화형 자동차를 둘러싼 세계 각국의 개발동향과 국내 경쟁력을 점검하여 향후 개발전략을 도출하는 것이 연구목적

II. 환경친화형 자동차의 개발배경

- 환경오염에 따른 규제, 석유자원 고갈, 해외석유자원 의존, 후발기업에 대한 진입장벽 설정 등이 환경친화형 자동차의 개발배경
 - 자동차 배기가스는 1950년대부터 환경오염의 주범으로 지목되어 왔고 화석연료인 석유는 매장량이 한정되어 있는 유한자원
 - 비산유국들은 해외석유자원에의 의존문제를 완화하는 방안의 하나로 대체연료를 사용하는 환경친화형 자동차를 개발
 - 막대한 자원과 기술능력이 요구되는 환경친화형 자동차의 개발은 규모가 작고 기술력이 약한 후발 자동차기업에게 진입장벽으로 작용

□ 그동안 다양한 환경친화형 자동차가 개발되었으나 최근에는 하이브리드와 연료전지에 관심이 집중

- 전기, 천연가스, 메탄올·에탄올 등의 대체에너지를 사용하는 자동차는 짧은 주행거리와 인프라 구축문제 때문에 실제 보급이 미미

III. 선진국의 개발동향

□ 선진국은 1990년대 초부터 하이브리드와 연료전지 자동차를 적극 개발

- 가솔린 엔진과 전기모터를 동력원으로 사용하여 연비를 높이고 배기가스를 줄인 하이브리드(Hybrid) 자동차의 판매가 최근 급증
- 유해배출가스가 전혀 없어 궁극적인 환경친화형 자동차로 인식되고 있는 연료전지(Fuel Cell) 자동차를 일부 기업들이 이미 상용화
- 도요타, 혼다, GM, 캐나다의 발라드(Ballard) 등은 앞선 기술력과 판매실적을 내세워 환경친화형 자동차의 주도권 장악을 노리고 있음
- 각국 정부는 연구개발자금 지원, 정부구매, 시범운행, 인프라 구축 및 세제혜택 등으로 환경친화형 자동차의 개발과 보급을 적극 지원

IV. 국내 개발동향과 경쟁력

□ 선진 대비 개발시기가 늦고 개발능력 및 자원이 부족한 것이 국내 실태

- 하이브리드와 연료전지의 국내 경쟁력은 선진국의 절반 수준에도 미달
- 선진업체들이 핵심부품 개발을 완료하고 시스템 구성과 비용인하 노력에 나서고 있는 것에 비하여 국내는 아직 시험수준에 머물고 있음

환경친화형 자동차의 개발현황과 경쟁력 비교

	개발현황		경쟁력 (선진=100)
	선진국	국내	
하이브리드 (Hybrid)	-1997년 상용화 · 도요타 프리우스는 10만대 이상의 판매실적 -빅3, 2004년 상용화	-2004년 시험운행 시작 -2006년 상용화	38
연료전지 (Fuel Cell)	-도요타와 혼다는 2002년 말부터 리스판매 -빅3, 2004~5년 상용화	-시험운행 중 -2010년 양산계획	36

주: 경쟁력은 산업은행(2003)의 실태조사 자료.

V. 향후 개발전략

□ 환경친화형 자동차의 시장주도 네트워크에 참여

- 현재 진행되고 있는 하이브리드와 연료전지의 개발상황을 볼 때 소수 기업이 핵심기술과 부품을 공급하는 산업구조가 나타날 가능성이 높음
- 국내 자동차산업의 경쟁력 및 투자규모를 감안할 때 정면대결보다는 시장주도 네트워크에 참여하는 것이 현실적

□ 주도제품의 출현동향을 예의주시 하면서 연구개발체제와 정부지원체제를 혁신하고 한·중·일 모듈 분업 등을 추진

- 시장주도 제품이 결정되는 과정을 예의 주시하는 'Wait & See' 전략을 구사하면서 가능한 상황에 대한 시나리오를 작성
- 기술융합이 가능한 프로젝트형 연구개발체제와 클러스터를 구축하고 하이브리드 시스템과 연료전지의 모듈화에 대응
- 부처통합형 조직체계를 마련하여 장기적으로 지원하고, 한·중·일 3국이 협력하여 환경친화형 자동차를 개발·생산하는 모듈 분업을 추진

I. 연구배경과 목적

□ 환경 친화형 자동차는 '10대 성장동력'의 주요 품목 가운데 하나

- 최근 정부는 1인당 국민소득을 2만 달러로 끌어 올릴 미래 유망산업으로 디지털 TV, 미래형 자동차, 차세대전지 등의 10대 성장동력을 선정
- 환경친화형 자동차는 지능형 자동차와 함께 미래형 자동차의 주요 품목인 동시에 차세대전지의 연료전지와도 연관

10대 성장동력과 환경친화형 자동차

10대 성장동력	
1. 디지털TV	6. 텔레매틱스
2. 디스플레이	7. 홈네트워크
3. 지능형로봇	8. 디지털콘텐츠
4. 미래형자동차	9. 차세대전지
- 환경친화형 자동차	- 연료전지
- 지능형 자동차	- 2차전지/관련소재
5. 차세대반도체	10. 바이오 신약

- 미래형 자동차는 2003년 8,465억 달러, 2007년 9,692억 달러, 2012년 10,714억 달러의 시장이 예상되는 유망분야
- 2차전지와 연료전지 및 관련소재를 포함하는 차세대 전지는 2003년 63억 달러, 2007년 530억불 달러, 2012년 1,340억 달러의 시장이 예상
- 10대 성장동력의 세부항목으로 선정된 환경친화형 자동차에 대한 선진국의 동향과 국내 역량을 분석하여 대응전략을 모색하는 것이 연구의 목적

□ 세계 각국의 규제강화로 환경친화형 자동차의 개발이 자동차산업의 생존 조건으로 부상

- 환경친화형 자동차의 개발은 미래의 성장동력일 뿐만 아니라 자동차산업 자체의 생존조건
- 국내 환경친화형 자동차는 선진 대비 개발시기가 늦고 개발능력 및 자원이 부족하기 때문에 선진국의 개발동향을 감안한 전략적인 대응이 필요
- 환경친화형 자동차시장에서는 기존 자동차산업에서와 같은 캐치업(Catch-Up) 전략으로 경쟁우위를 갖추기가 곤란
- 환경친화형 자동차의 개발에는 기존 자동차산업과 달리 다양한 기술의 융합이 필요하고 사실상의 표준(de facto standard) 경쟁이 진행

□ 보고서의 구성과 논의순서는 다음과 같음

- 서론 2절에서는 환경친화형 자동차의 개발배경을 정리하고 3절에서는 환경문제를 둘러싼 자동차산업의 대응을 간략하게 정리
- 전기, 천연가스, 메탄올 등을 연료로 하는 다양한 환경친화형 자동차 가운데 하이브리드와 연료전지가 부상하는 배경을 분석
- II장에서 일본, 북미, 유럽 등 선진국의 개발동향을 주요 기업과 정부정책을 중심으로 정리
- 선진기업의 개발전략과 정부의 지원정책을 분석하여 시사점을 도출
- III장에서는 현대자동차를 중심으로 국내기업의 개발동향을 살펴보고 정부정책을 정리한 후 국내 환경친화형 자동차의 경쟁력을 점검
- IV장에서는 이상의 논의를 종합하여 향후 개발전략의 기본방향을 도출하고 기본방향을 구체적으로 추진하는 세부전략을 제시

Ⅱ. 환경친화형 자동차의 개발배경

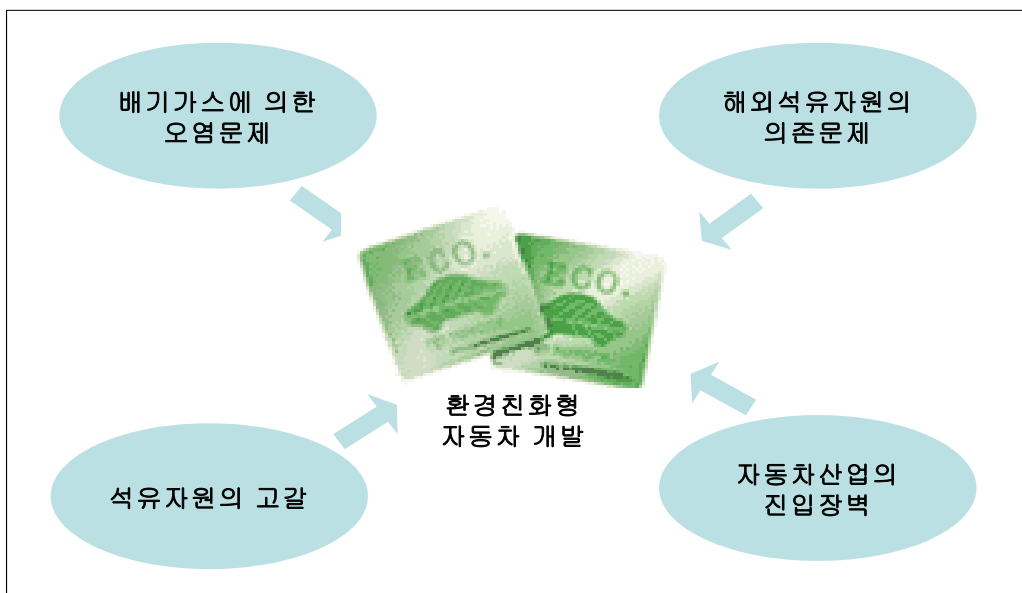
1. 환경친화형 자동차의 개발배경

(1) 자동차에 의한 환경오염문제

□ 자동차의 배기가스에 포함된 질소산화물(NO_x)과 이산화탄소(CO_2), 탄화수소(HC)가 스모그와 대기오염의 원인으로 지목

- 세계 각국에서는 자동차의 배기가스를 규제하는 법률을 만들고 규제수준을 강화함에 따라 환경친화형 자동차 개발이 생존조건으로 부상
- 특히 1990년 미국 캘리포니아주가 일정 %의 무공해 자동차(Zero Emission Vehicle, ZEV)를 판매해야 한다는 규정을 제정
- ZEB 규정은 여러 차례의 수정을 거쳐 2003년 4월 24일 현재 2005년부터 10%의 ZEV 의무판매비율을 적용(California Air Resources Board, 2003.4.24)

환경친화형 자동차의 개발 배경



(2) 석유자원의 고갈문제

□ 자동차의 주요 연료인 석유자원의 고갈문제가 대두

- 현재 운행 중인 자동차는 대부분 가솔린과 디젤 등의 화석에너지를 사용하는 내연기관을 동력원으로 사용
- 석유가 유한자원인 만큼 앞으로도 경제적인 비용으로 생산량을 계속하여 늘릴 수 있는지 의문
- 생산비용이 1 배럴당 20 달러 이하인 저렴한 석유가 2010년에 이르면 절반가량 소비되고 2015년 경부터는 석유의 수급관계가 상당히 어려워질 것이라는 전망이 나오고 있음(日經ビジネス, 1998.10.12)

(3) 해외석유자원에서의 의존문제

□ 해외석유자원에 의존하는 비산유국들은 오일쇼크와 같은 석유가격의 폭등에 항상 긴장해옴

- 석유대신 다른 에너지를 사용하는 자동차의 개발은 해외석유자원에서의 의존문제를 완화할 수 있는 방안
- 최근에는 재생 가능한 자원인 수소를 에너지원으로 활용하는 '수소경제(Hydrogen Economy)'에 대한 관심이 높아지고 있음
- 수소는 지구표면 물질의 70% 정도를 차지하는 가장 풍부한 에너지원인 동시에 공해물질이 거의 배출되지 않고 재생이 가능한 환경 친화적인 에너지임(임태운, 2003)

(4) 후발기업에 대한 진입장벽

□ 환경친화형 자동차의 개발요구는 후발업체에게 진입장벽으로 작용

- 환경친화형 자동차의 개발에 막대한 자원과 기술능력이 요구되기 때문에 규모가 작고 기술력이 약한 후발 자동차업체에게는 커다란 부담
- 세계 주요 자동차기업들은 중국 등 개발도상국의 환경과피를 막기 위하여 자동차의 환경과 안전에 관한 기준을 마련해서 개도국 정부에 채택을 요구하려는 움직임을 보이고 있음(한국경제신문, 2003.9.19)
- 공급과잉이 존재하는 글로벌 경쟁산업인 자동차산업에서 환경기술개발로 기업과 제품이미지를 높여 경쟁업체와 차별화하려는 업계의 전략도 환경친화형 자동차의 개발을 촉진

2. 환경친화형 자동차의 개발동향

□ 환경문제에 대응하여 세계 자동차업계는 (1) 가솔린과 디젤의 성능개선, (2) 새로운 환경친화형 자동차의 개발로 대응하고 있음

- 디젤엔진에 비해 연료효율이 떨어지는 가솔린 엔진에 대해서는 희박연소 엔진, 직분엔진 등 연비를 향상시키는 기술이 개발되고 있음
- 가솔린 엔진에 비해 질소산화물(NO_x)과 미립자 물질(PM)이 배출되는 디젤엔진에 대해서는 배기가스재순환, 고압력 연료분사, 후처리장치 등의 배기가스 저감기술이 개발되고 있음
- 기존 엔진의 성능개선과 동시에 경량화, 무단변속기 등 동력전달장치의 개선이 함께 진행되고 있음

- 새로운 환경친화형 자동차로는 대체연료를 사용하는 전기자동차, 천연가스자동차, 메탄올자동차, 하이브리드, 연료전지 등이 개발되고 있음
- 전기, 천연가스, 메탄올 등의 대체에너지 자동차는 주행거리와 인프라문제 때문에 실제 보급이 미미
 - 전기자동차는 주행거리가 짧고 충전시간이 많이 걸리며 인프라 구축에 막대한 자금이 필요한 단점 때문에 개발이 거의 중지된 상태
 - 천연가스 자동차는 아황산화물과 미립자 물질이 없고 CO₂의 발생이 적은 장점이 있으나 천연가스의 저장용량에 한계가 있고 인프라 구축이 미비
 - 메탄올 자동차는 천연가스와 유사한 장점을 가지고 있으나 인프라가 구축되어 있지 않고 메탄올 자체에 독성이 있음
 - 전기와 천연가스, 메탄올 자동차의 실제 보급실적을 보면 모두 미미한 수준에 머물고 있음

일본의 대체에너지 자동차 보급 실적

(단위: 대)

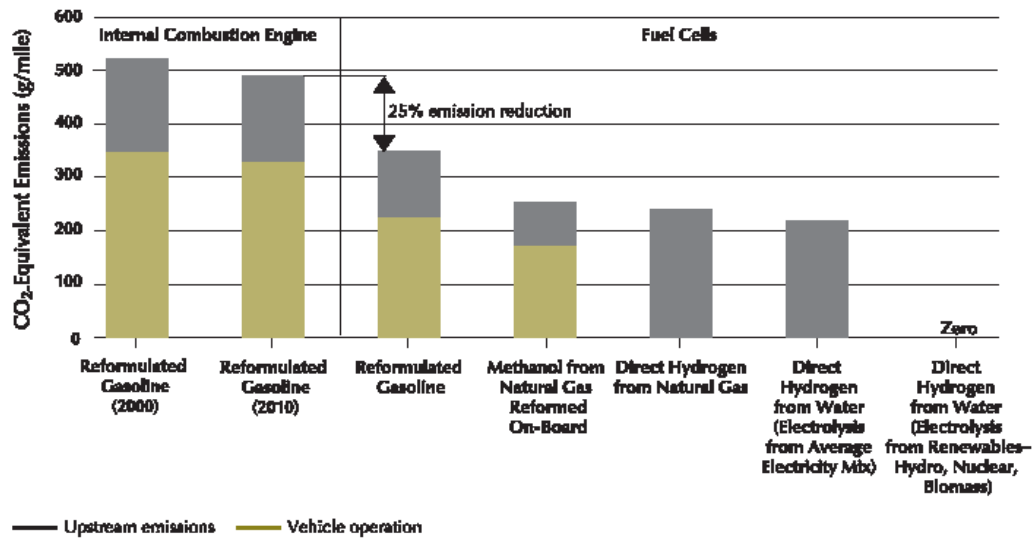
	전기자동차	천연가스	메탄올 자동차
2000년 실적	3,830	7,811	157

자료: みずほコーポレート銀行, 「環境對應を巡る自動車産業の動向」, 2002.

- 최근에는 하이브리드와 연료전지에 개발이 집중되고 있음
 - 하이브리드 자동차는 가솔린 엔진과 전기모터를 동력원으로 사용하고 제 동시 낭비되던 에너지를 흡수함으로써 연비와 배기가스문제를 개선
 - 현재 도요타와 혼다 등 일본기업을 중심으로 가솔린 자동차 대비 1.5배 정도의 가격으로 시판되고 있으며 판매가 급증하고 있음

- 연료전지 자동차는 가솔린이나 디젤엔진 대신 연료전지(Fuel Cell)를 동력원으로 사용하는 자동차임
- 연료전지는 수소와 공기를 반응시켜 전기를 만드는 일종의 발전기로 화석연료를 연소하는 엔진과 달리 유해배기가스가 전혀 배출되지 않음
- 가솔린 엔진 대비 성능개선이 필요하고 가격이 너무 높으며 수소공급 인프라가 필요한 단점이 있어 실용화에는 상당 시간이 필요

내연기관과 연료전지의 배기가스 비교



자료: Fuel Cell Canada et.al, 「Canadian Fuel Cell: Commercialization Roadmap」, 2003.

환경친화형 자동차의 비교

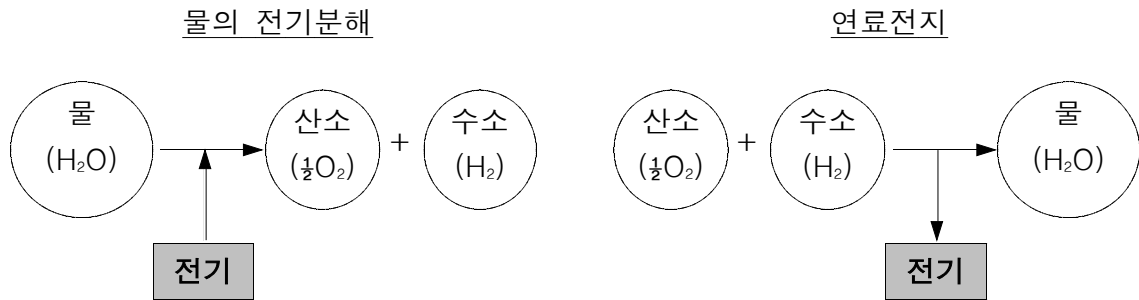
	CO ₂ (이산화탄소)	NO _x (질소산화물)	PM (입자상물질)	가격	인프라
가솔린차	△	○	○	◎	◎
디젤차	○	△	△	○	◎
하이브리드차	○	◎	◎	△	◎
연료전지차	◎	◎	◎	×	×

자료: 日本經濟新聞(2003.11.8)의 일부 내용을 수정

주: ◎-최상, ○-상, △-중, ×-하

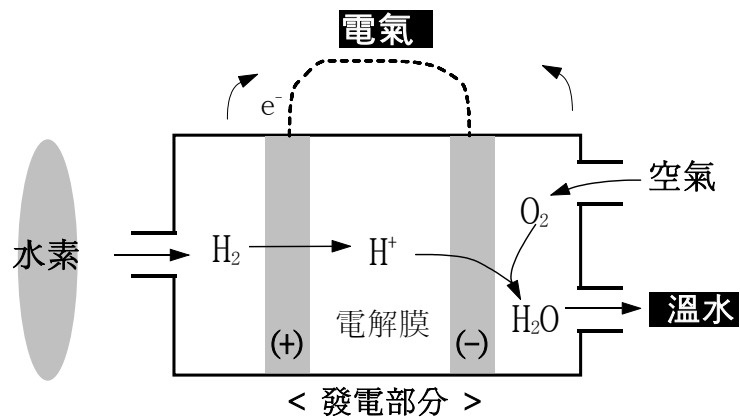
<연료전지의 작동원리>

- 연료전지는 물의 전기분해와 반대로 수소와 산소를 반응시켜 전기를 생성하는 일종의 발전기(Generator)임



자료: 임태윤, 「연료전지산업의 의미 및 전망」, 삼성경제연구소, 2003.

- 연료전지에 있는 전해질막을 사이에 두고 마이너스극에 수소, 플러스극에 산소를 공급하면 마이너스극의 수소가 전극의 백금촉매에 접촉해 전자를 방출
- 수소원자에서 방출된 전자는 플러스극과 마이너스극 사이에 전위차(전압)을 만들어 전기를 생성(글로벌 오토뉴스, 2003.10.15)



자료: 三星 日本本社, "연료전지 시장현황 및 전망", 2002.7.25.

- 수소와 산소가 반응해 전기와 물을 만들어 내기 때문에 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등 공해물질을 배출하지 않음
- 연료전지의 발전효율은 현재 30~50%로 내연기관보다 우수하며, 온수로 회수되는 열량까지 고려하면 효율은 80% 내외로 높음

<연료전지의 종류>

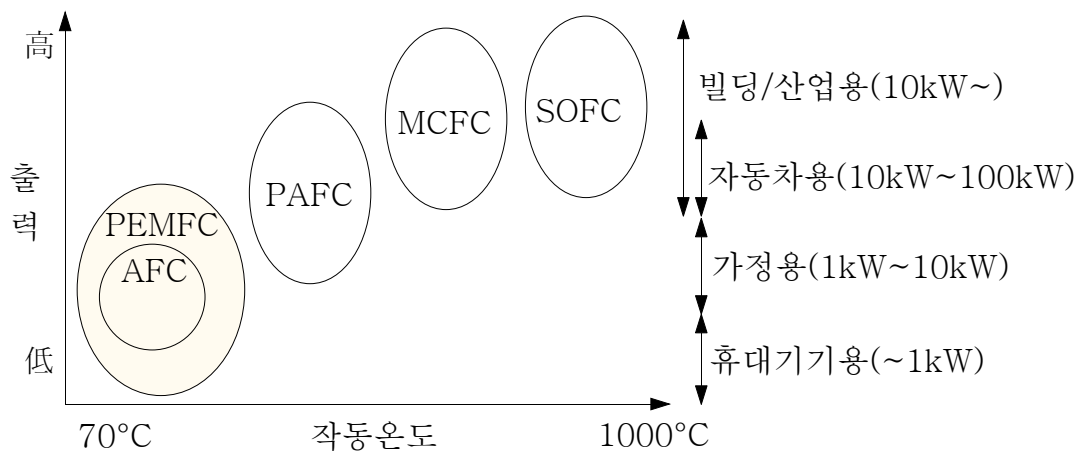
- 연료전지는 기본적으로 동일한 원리에 의해 작동되지만 사용되는 전해질에 따라 크게 5가지로 구분
- 전해질: 양극과 음극 사이에서 이온물질의 통로 역할을 하는 물질

전해질에 따른 연료전지의 종류

연료전지 명칭	전해질
인산형 연료전지 (PAFC, Phosphoric Acid Fuel Cell)	인산
용융탄산염형 연료전지 (MCFC, Molten Carbonate F/C)	탄산리튬,탄산칼륨
고체산화물형 연료전지 (SOFC, Solid Oxide Fuel Cell)	지르코니아
고체고분자형 연료전지 (PEMFC, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)	수소이온 교환막
알칼리형 연료전지 (AFC, Alkaline Fuel Cell)	수산화 칼륨

- 연료전지의 종류에 따라 동작온도와 출력이 다르고 응용분야가 다름
- 자동차의 경우 상대적으로 작동온도가 낮고 출력이 높은 고체고분자형 (PEMFC)을 사용

연료전지의 적용분야



(자료: 임태윤, 「연료전지산업의 의미 및 전망」, 삼성경제연구소, 2003.)

Ⅲ. 선진국의 개발동향

1. 일본

(1) 주요 기업의 개발동향

□ 도요타는 하이브리드 자동차의 라인업을 확대하고 있음

- 1997년 세계최초로 하이브리드 자동차 '프리우스(Prius)'를 출시한 도요타는 현재 4개의 하이브리드 모델을 시판 중
- 도요타는 판매개시 4년 9개월 만인 2002년 8월에 누계판매 10만대를 달성하였고 프리우스는 2000년 5월부터 미국을 중심으로 수출

도요타의 하이브리드 모델

모델	연비	발매년도
프리우스(신형 프리우스)	31 km/l (36km/l)	1997(2003)
에스티마 하이브리드	18 km/l	2001
크라운 마일드 하이브리드	13 km/l	2001
크라운 세단 마일드 하이브리드	13 km/l	2002

(신형 프리우스)



(에스티마 하이브리드)



자료: Markline(2003.1.1, No.133), www.toyota.co.jp

- 도요타는 2003년 9월에 출력과 연비를 대폭 높인 신형 프리우스를 발매하여 하이브리드차에 대한 판매전략을 강화
- 신형 프리우스는 기존 모델에 비하여 모터 출력을 1.5배, 1리터당 연비를 15% 향상시켰고 차의 크기도 소형급에서 중형급으로 확대
- 국내 판매목표가 量産車와 동일한 수준인 월 3000대로 책정된 신형 프리우스는 9월에만 17,500대의 주문이 쇄도(日經ビジネス, 2003.9.8)
- 도요타는 2005년까지 연간 30만대의 하이브리드 자동차를 판매할 수 있는 대량생산체제를 구축할 계획

□ 도요타는 자사의 하이브리드 시스템을 표준으로 만들려는 전략을 구사

- 도요타는 자사의 하이브리드 시스템 'THSⅡ(Toyota Hybrid SystemⅡ)'를 업계표준으로 만들기 위해 다른 업체들에게도 판매하는 전략을 구사
- 도요타는 2006년부터 닛산자동차에 THSⅡ를 공급할 계획이고 텔레매틱스사업에서 제휴하고 있는 미쓰비시자동차에게도 하이브리드 시스템을 제공할 가능성이 있음(WEDGE, 2002, 12)
- 도요타와 마쓰시타가 합작으로 설립한 '파나소닉 EV에너지'사는 하이브리드용 전지를 혼다에게도 공급(Loop, 2003. 7)

□ 1992년부터 연료전지차의 개발을 시작한 도요타는 2002년 말 세계 최초로 연료전지차 FCHV(Fuel Cell Hybrid Vehicle)를 리스형태로 판매

- 1996년 자체 개발한 연료전지와 수소저장합금탱크를 탑재한 연료전지차를 처음으로 개발
- 이후 1997년에 메탄올에서 수소를 추출하는 방식의 연료전지차를 개발

하였고 2001년에는 버스와 경차 등 5개의 연료전지 자동차를 개발

- 2002년 출시한 연료전지차 FCHV는 세계최초로 리스로 판매됨
 - 월 리스료가 120만엔으로 일반 소비자가 아닌 관공서를 대상으로 판매하여 주행실험에 나선 상태
- 도요타는 2010년 이후 연료전지차의 판매가 월간 1000대 정도로 본격화 될 것으로 보고 주행실험과 연료전지의 성능개선 및 가격인하에 주력

도요타의 연료전지차 모델 라인업



자료: www.toyota.co.jp

□ 도요타는 계열사와 함께 '자사완결형 개발체제'를 구축

- 도요타는 독자적으로 개발한 연료전지를 사용하고 관련 부품을 덴소, 아이싱 정기 등의 계열사와 함께 개발하는 체제를 1990년대부터 구축

· "진정한 자동차회사는 연료전지를 스스로 개발해야 한다. 그렇지 않으면 개발에 진전이 없다."(도요타 와타나베 전무, 塚本潔(2003.2.22))

- 하이브리드와 연료전지의 개발에는 자동차기술과 전기·전자 기술의 융합이 필요하기 때문에 긴밀한 협조체제를 구축
- 도요타는 연료전지 개발에 연간 650억원을 투자하고 있으며 최근 설립된 연료전지개발센터에는 400여명의 기술자가 활동하고 있음

□ 혼다는 도요타와 함께 환경친화형 자동차의 선두주자로 활약

- 혼다는 1999년 하이브리드 모델인 '인사이트'를 출시하였고 인기모델 '시빅'을 베이스로 한 '시빅 하이브리드'를 2001년에 발매
- 2002년까지 인사이트는 2,464대, 시빅 하이브리드는 18,631대가 판매 (總合技研, 2003.8.31)

혼다의 하이브리드 모델

모델	연비	발매년도
인사이트(Insight)	35 km/l	1999
시빅(Civic) 하이브리드	29 km/l	2001

(인사이트)



(시빅 하이브리드)



スペシャルページ

자료: Markline(2003.1.1 No.133), www.honda.co.jp

- 혼다는 하이브리드차가 향후 혼다의 세계 판매량 가운데 5% 이상을 차지할 것으로 보고 하이브리드 자동차의 모델 확대를 고려하고 있음 (Automotive News, 2003.10.27)

□ 혼다는 2002년 말 연료전지차를 상용화하고 2003년에는 연료전지를 독자적으로 개발

- 혼다는 2002년 12월 도요타와 동시에 연료전지차 'FCX(Fuel Cell Experiment)'를 관공서 등에 리스로 판매
- 2003년 10월에는 성능을 높인 연료전지를 독자적으로 개발

<혼다가 독자 개발한 연료전지>

- 혼다가 2002년 12월에 발매한 연료전지차에는 캐나다 발라드사의 연료전지를 사용해 왔으나 최근 독자적인 연료전지를 개발
 - 혼다가 개발한 연료전지는 섭씨 -20도에서도 발전이 가능하고 내구성이 높아 실용화를 일단계 진전시킨 것으로 평가되고 있음
- 혼다는 독자적인 개발을 계기로 연료전지가격을 2010년 1000만엔, 2020년에는 가솔린 엔진과 동일한 수준인 200만엔으로 인하할 계획
- 현재 300여명의 연구인력이 연료전지의 개발에 연간 650억원의 연구개발자금을 사용



(자료: 日經ビジネス, 2003.10.20; www.honda.co.jp)

(2) 일본 정부의 정책동향

- 일본정부는 고이즈미(小泉)총리의 주도 아래 환경친화형 자동차의 적극적인 육성과 산업화 정책을 시행
 - 고이즈미 총리는 2002년 말 도요타가 관공서에 리스로 판매한 연료전지에 직접 시승하는 등 연료전지에 많은 관심을 보임
 - "연료전지 자동차는 환경문제에의 대응, 에너지안보 확보, 산업경쟁력 강화 등에서 조기실용화가 중요"(小泉 총리, 2002.4.26 각료간담회, www.meti.go.jp)
 - 경제산업성은 2001년 연료전지실용화전략연구회와 연료전지차 보급계획을 수립
 - 2002년에는 국토교통성, 환경성, 경제산업성의 5副大臣이 모인 연료전지 프로젝트팀을 발족(燃料電池プロジェクトチーム, 2002)

<일본정부의 연료전지차 보급계획>

- ① 2000~2005년(기반정비, 기술실증단계)
 - 기술개발전략의 책정 및 실시 • 제도기반정비(기준, 표준화 등)의 추진
 - 실증시험실시 • 연료전지용 연료의 품질기준 확립
 - ② 2005년~2010년(도입단계)
 - 연료공급체제 등의 정비개시 • 제2기 기술개발전략 책정 및 실시
 - 공공시설과 연료전지 연관기업의 솔선도입 추진
 - ③ 2010년 이후(보급단계)
 - 연료공급체제의 정비, 비용저감 등을 통해 자율적인 시장확대
 - 일반 소비자에게로의 도입 진전
- (자료: 經濟産業省, '燃料電池實用化・普及に向けた取組みの現状', 2002)

- 일본 정부는 연구개발자금의 지원과 공동연구, 세제지원, 정부구매, 교육 등 5가지의 정책수단을 적극적으로 활용
 - 연료전지개발 지원금액은 2000년 1억 달러에서 2001년 1.35억 달러, 2002년 1.84억 달러, 2003년에는 2.68억 달러로 증가(Office of Technology Policy, 2003)
 - 비교 가능한 2001년의 경우 미국보다 20%나 많은 액수
 - 정부와 업계간 공동연구인 '청정연료자동차 프로젝트', '전지저장기술개발 프로젝트' 등은 연료전지의 개발을 직접적으로 지원
 - 소비자가 환경친화형 자동차를 구매할 때 세금을 인하하고 구매시 저금리로 대출
 - 하이브리드카에 대해서는 5%인 판매세를 2.2%로 인하
 - 고가인 연료전지차를 정부가 앞서 구매함으로써 시장을 창출하고 실제 주행을 통하여 자료축적을 지원하고 연료전지자동차의 환경친화성과 안전성 등을 홍보·교육

2. 북미와 유럽

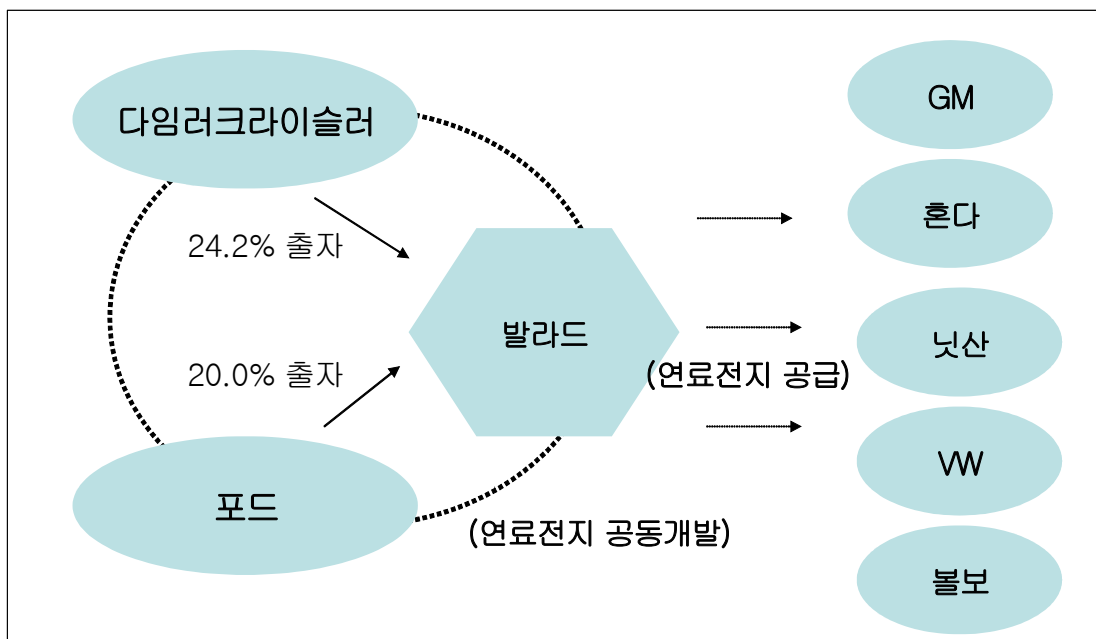
(1) 주요 기업의 개발동향

- 다임러크라이슬러와 포드는 캐나다의 연료전지 전문기업인 발라드와 제휴하여 연료전지를 개발
 - 1982년에 설립된 발라드는 고체고분자형 연료전지의 출력향상을 통하여 연료전지가 자동차의 동력원으로서 활용될 수 있도록 한 전문기업
 - 발라드의 기술에 주목한 다임러크라이슬러(당시 다임러 벤츠)는 1993년

부터 협력관계를 맺고 1996년에 1500만 달러의 자본을 출자

- 1998년 포드가 출자를 통하여 공동개발체제에 합류함으로써 '발라드 연합군'이 자동차용 연료전지개발의 선두주자로 부상
- 발라드는 자본제휴관계인 다임러크라이슬러와 포드뿐만 아니라 GM, 혼다, 닛산, 폭스바겐 등 다른 자동차기업들에게도 연료전지를 공급

발라드 중심의 연료전지 개발과 공급관계



□ 다임러크라이슬러는 연료전지 자동차의 발전초기부터 참여한 선두주자

- 1994년 압축수소방식의 연료전지차 NECAR1을 발표한 이래 2001년 NECAR5.2, 2002년 연료전지 버스 Citaro 등 7개의 모델 발표
- 다임러크라이슬러는 제휴관계에 있는 발라드의 연료전지를 사용하고 있고 메탄올에서 수소를 추출하는 방식을 주로 채용
 - 메탄올에서 수소를 추출해야 석유로부터 탈피할 수 있다고 생각

다임러크라이슬러의 연료전지개발 추이



모델	연도	성능 (Kw)	연료전지	항속거리 (km)	최고 속도	연료
NECAR3	1997	50	발라드	400	120	메탄올
NECAR4	1999	70	"	450	145	액체수소
NECAR4a	2000	75	"	200	145	압축수소
NECAR5	2000	75	"	-	150	메탄올
NECAR5.2	2001	-	"	-	-	메탄올

자료: www.daimlerchrysler.com, Markline(2002.7.1 No.81)

□ 미국의 GM은 연료전지 자동차의 量産業體가 되려는 전략을 구사

- GM의 목표는 2010년 연료전지차의 연간 판매대수가 100만대를 넘는 최초의 자동차기업이 되는 것임(D&M, 2003.2)
- GM은 연료전지차가 연간 100만대 정도 판매되어야 보조금없이도 이익 창출이 가능하고 인프라 정비가 본격화될 것으로 전망(Loop, 2003.12.)
- 이를 위하여 현재 가솔린 자동차 대비 10~100배 비싼 연료전지차의 가격을 가솔린 자동차와 동일한 가격으로 낮춘다는 전략
- 현재 미국과 유럽의 4개 지역에서 600명의 인력이 연료전지의 개발에 종사하고 있고 매년 1억 달러 이상의 자금을 투자
 - 1997년부터의 누적투자액이 10억 달러에 이름

□ GM은 제휴를 통하여 연료전지차를 개발하는 '4Win 전략'을 구사

- GM이 연료전지와 수소저장기술을 독자적으로 개발하지만 수소저장법과 인프라 구축 등에 대해서 외부기업과 협력
- 수소저장법에 대해서는 Quantam Technology사에 출자하고 있고 수소

공급시설에 대해서는 정유기업인 쉘과 협력

- 연료전지차에 사용되는 유허성분이 적은 특수가솔린은 도요타, 엑센모빌 등과 함께 개발

<GM의 '4 Win 전략'>

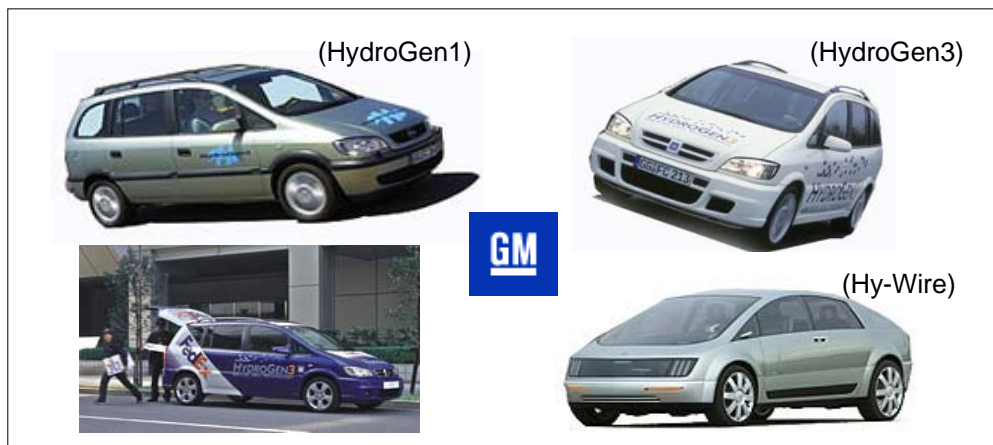
- 4Win 전략은 GM이 연료전지차를 판매함으로써 고객, 사회, 에너지회사, 부품기업 모두가 이득을 보는 비즈니스 모델을 구축하는 것을 의미
- 1997년 GM이 출시한 전기자동차 'EV1'이 고객의 외면, 인프라 부족, 고가격과 저성능 등으로 실패한 데에서 교훈을 얻어 만든 전략

(자료: Loop, "燃料電池車の2010年商用化に向けた「したたか戦略」", 2003.12)

□ GM의 연료전지차 개발 역사와 모델(Steinemann, 1999)

- GM이 연료전지의 시작품을 개발한 시기는 1960년대로 거슬러 가나 이후 전기자동차개발에 집중, 1990년대 들어 연료전지개발을 다시 시작
- 2001년 GM은 연료공급 인프라의 문제를 고려해 가솔린으로부터 수소를 추출하는 방식의 연료전지차인 시보레 S-10을 개발

GM의 연료전지차 모델



자료: www.gm.com

- 유럽의 자회사인 오펔(Opel)과 공동으로 액화수소를 사용하는 연료전지차인 HydroGen1(2000년)과 HydroGen3(2001년)를 개발
- GM은 HydroGen3에 사용된 연료전지스택을 활용하여 연료전지차의 차체를 다양하게 선택할 수 있는 Hy-Wire도 개발(日經BP, 2003)
 - Hy-Wire는 연료전지스택을 차체 아래 부분에 배치하여 소비자가 세단형, 스포츠형, SUV형 등의 차체를 자유롭게 선택할 수 있도록 함
- GM은 2003년 6월부터 1년간 FedEx사와 공동으로 일본 동경에서 연료전지차의 시험운행을 실시하여 연료전지차의 신뢰성과 내구성에 대한 자료를 수집하고 있음(日經BP, 2003)

□ 미국과 유럽기업들은 최근에 하이브리드에 관심을 표명

- 다임러크라이슬러와 포드, GM 등은 하이브리드차를 과도기적인 존재로 보고 연료전지에 집중해옴
- 그러나 연료전지의 상용화 시기가 불분명하고 최근 도요타가 출시한 신형 프리우스가 일본 및 미국시장에서 판매가 급증하는 인기를 보이자 하이브리드에 대한 관심을 표명
- 포드는 최초의 하이브리드 SUV 모델인 'Escape'를 2004년에, 다임러크라이슬러는 2004년 4분기에 하이브리드 픽업트럭을 발매할 예정
- GM은 2007년까지 연료 효율성이 개선된 트럭용 하이브리드 엔진을 장착한 픽업트럭 '실버라도'와 '유콘 SUV' 등을 생산할 계획

□ 유럽기업들은 다양한 방식으로 환경친화형 자동차를 개발하고 있고 특히 디젤엔진에 대한 관심이 높음

- 유럽의 승용차 시장에서 디젤엔진이 차지하는 비중이 2002년 기준으로 43%대에 이르고 있고(한국자동차산업연구소, 2003), 기술개발로 디젤엔진의 연비와 배기가스 문제가 개선되고 있는 것이 주요 배경
- 하이브리드차에 대한 유럽시장의 수요가 거의 없는 것도 유럽기업들이 하이브리드보다 디젤에 관심을 갖는 이유 중 하나

일본 하이브리드 자동차의 지역별 판매대수와 비중(2002년)

	도요타 프리우스	혼다 인사이트 · 시빅 하이브리드
일본	6,698(23.5%)	2,369(12.7%)
유럽	1,317(4.7%)	51(0.3%)
북미	20,119(71.8%)	16,211(87.0%)

자료: 總合技研, 自動車R&D Report, No. 188, 2003.8.31.

- 2003년 10월 동경모터쇼에 참석한 독일 폭스바겐의 피세츠리더 회장은 "디젤엔진이 연료전지보다 환경 친화적이고 연비도 좋아 소비자에게 인기를 끌 것"으로 전망(조선일보, 2003.10.27)
- 프랑스업체인 푸조는 연료전지의 상용화에 최소한 15년 이상이 걸릴 것으로 예상하면서 연료전지의 개발에 자금을 투자하지 않을 것이라 발표(Automotive Engineer, 2003. March)
- 독일의 BMW는 수소를 엔진 내에서 직접 태워 동력을 얻는 수소자동차를 개발, 4~5년 후에 시판할 예정
- BMW는 연료전지를 주동력원보다는 시동장치, 전조등, 공조시설 등의 보조전원장치로 개발할 계획(日經産業新聞, 2003.10.21)

(2) 북미와 유럽의 정책동향

① 캐나다

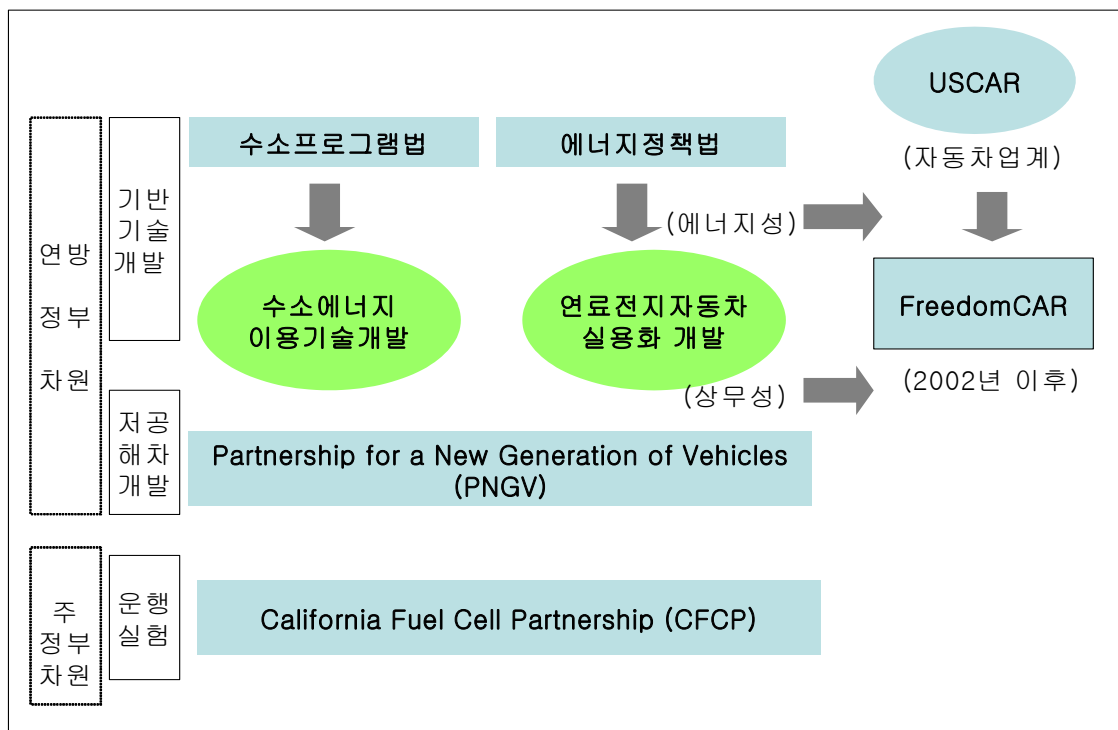
- 캐나다 정부는 연료전지를 새로운 성장동력으로 보고 기술개발과 상업화를 적극 지원
 - 산업성을 중심으로 천연자원성과 국립연구소가 함께 연구개발자금 지원, 산학연 제휴와 클러스터 형성, 연료전지 자동차의 시범운행 등을 지원
 - 캐나다의 연료전지업체인 발라드가 연료전지스택을 앞서 개발할 수 있었던 것도 캐나다 정부가 지원한 군수관련 연구개발자금의 도움이 컸음 (Steinemann, 1999)
 - 2001년 캐나다 정부는 연료전지의 개발자금으로 3890만 달러를 사용, 여기에 민간기업의 연구개발자금을 더하면 총 1.2억 달러에 달함(Office of Technology Policy, 2003)
 - 발라드의 본거지인 벤쿠버를 중심으로 연료전지 관련 기업의 집적(clustering)과 산·관·학 제휴가 추진되고 있음(Fuel Cells Canada et.al, 2003)

② 미국

- 연방정부 상무성과 에너지성, 캘리포니아 주정부 등이 다각도로 지원
 - 연료전지에 대한 미국정부의 지원은 1960년대 우주선 개발까지 소급 · 운수 · 민간용으로는 1992년에 제정된 '에너지정책법'과 1990년에 제정된 '수소프로그램법'에서 연료전지 기반기술의 개발을 지원
 - 상무성에서 지원하던 PNGV (Partnership for a New Generation of Vehicle) 프로젝트가 2002년 수소 · 연료전지자동차 개발계획인 'FreedomCAR (Cooperative Automotive Research)'으로 대체

- 주정부차원에서는 캘리포니아주의 California Fuel Cell Partnership (CFCP)에서 연료전지차의 주행시험을 지원
- CFCP는 국제협력 프로젝트로 GM, 포드 등의 미국업체뿐만 아니라 다임러크라이슬러, 도요타, 혼다, 현대, 폭스바겐 등이 참여
- 아울러 연료전지 전문업체인 발라드와 BP, 엑슨모빌 등의 정유업체, 에너지성과 교통성 등 연방부처도 참여

미국의 연료전지 개발지원체제



자료: みずほコーポレート銀行(2002)의 내용을 일부 수정

- FreedomCAR는 에너지성과 상무성, 자동차업계의 모임인 USCAR가 공동으로 운영하는 협력기구(Partnership)로 연료전지차의 개발을 지원
- Freedom은 (1) 석유자원의존으로부터 자유, (2) 배기가스로부터의 자유, (3) 자동차선택과 이용의 자유, (4) 연료제약으로부터의 자유를 의미 (FreedomCAR, 2003)

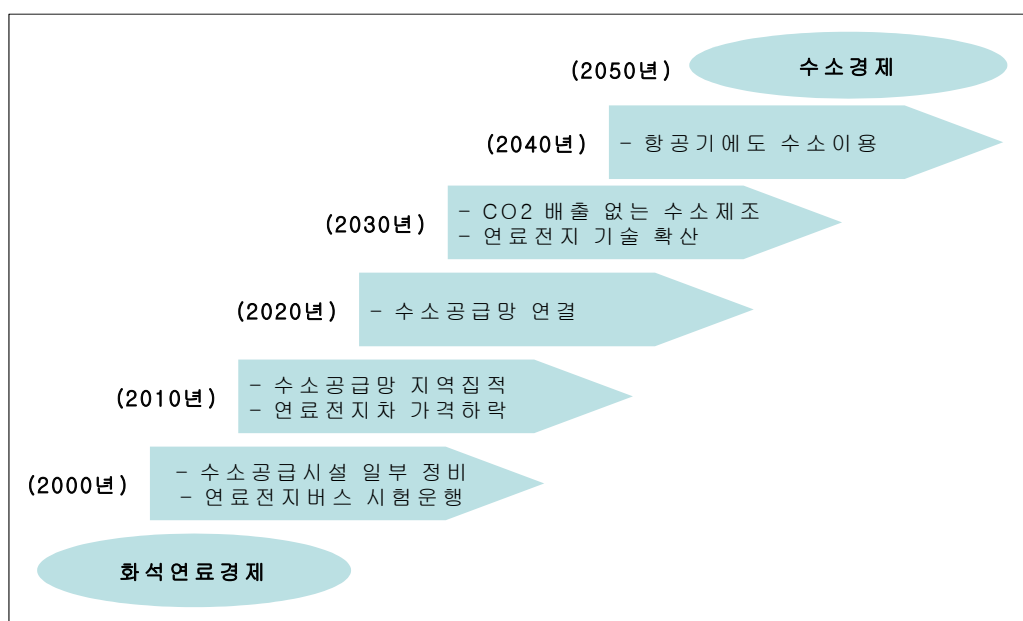
- 에너지성과 상무성은 연구개발자금 지원, 환경차에 대한 세제혜택, 정부 구매, 수소연료공급 인프라 구축 등을 지원
- 2002년 에너지성은 1.5억 달러의 자금을 FreedomCAR와 관련하여 지출하였고 그 가운데 6,000만 달러는 연료전지개발과 인프라에 사용

③ 유럽

□ EU차원에서 연구개발자금과 시범운행을 지원

- EU의 제4차 Framework Program(1994-1998)에서 5400만 달러, 제5차 Framework Program(1999-2002)에서 3000만 달러를 지원
- 30대의 연료전지버스를 유럽 각지의 도시에서 운행하는 CUTE(Clean Urban Transport for EUROPE) 프로젝트에 1억 8500만 달러를 지원
- 2003년 6월 '수소경제'로의 전환을 위한 로드맵을 발표

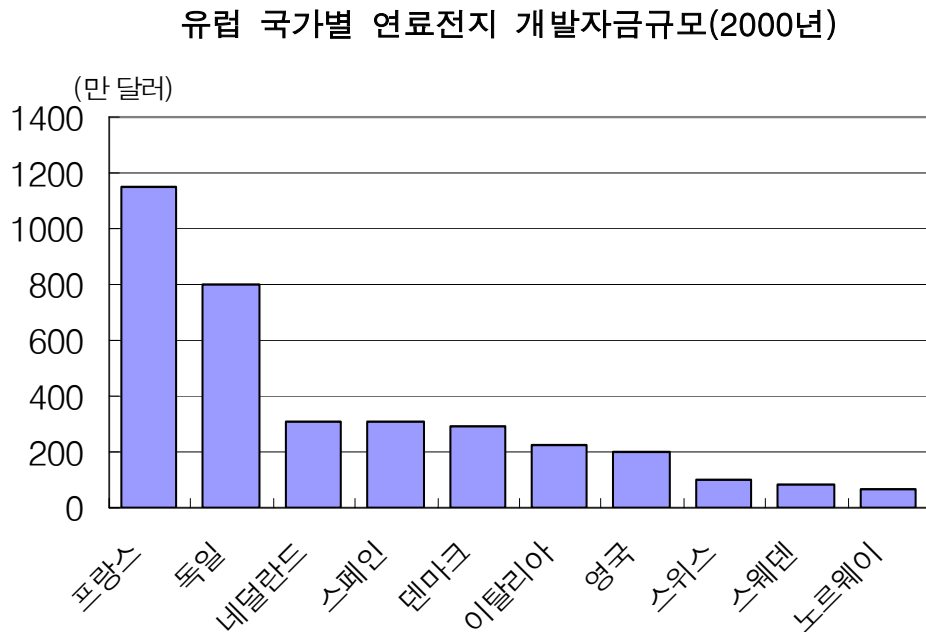
EU의 수소·연료전지 로드맵



자료: 日經産業新聞(2003.6.11)

□ EU차원의 지원과 동시에 개별 국가차원에서도 지원

- 연료전지개발에 대한 2000년도 EU 자금 중 프랑스가 가장 많은 1150만 달러, 독일이 두번째로 많은 800만 달러를 지원



자료: European Commission(Office of Technology Policy(2003)에서 재인용)

- 프랑스는 EU차원의 지원만으로는 부족하다고 판단, 1996~2000년간 10억 프랑의 자금을 투입한 PREDIT 프로그램을 시행
- 2001년에는 르노, air Liquide, De Nora(이탈리아), 델파이(미국) 등과 공동 프로젝트를 진행
- 독일에서는 교육·과학·연구개발부와 교통부를 중심으로 연료전지개발을 지원하고 지방에서는 인프라 구축을 지원
- 2002년 독일정부는 BMW, 다임러크라이슬러, 포드 등과 'Clean Energy Partnership'을 결성하여 베를린에서 30대의 차량을 시범운행

<수소경제로의 전환을 꾀하는 아이슬란드>

- 아이슬랜드는 1999년부터 EU의 지원을 받아 화석연료 대신 수소를 사용하는 '수소경제'로의 전환을 시도
 - 세계 최초로 대규모의 인프라를 구축하는 프로젝트로 수소경제로의 전환이 사회경제에 미치는 효과와 비용효과분석도 수행
- 아이슬랜드의 수도 Reykjavic에서 연료전지버스를 운행하고 수소인프라를 구축하는 ECTOS(Ecological City Transport System) 프로젝트는 2001년부터 2005년까지 진행될 계획
 - 다임러크라이슬러, 쉘, Norsk Hydro가 컨소시엄을 결성하여 시행

(자료: Office of Technology Policy, 2003)

3. 선진사례의 시사점

(1) 생존조건으로 부상한 환경친화형 자동차

□ 세계 각국의 자동차기업들이 앞다투어 환경친화형 자동차를 개발

- 캘리포니아주의 ZEV(Zero Emission Vehicle)규제가 미국의 다른 주로 확산되고 세계 각국의 배기가스에 대한 규제가 날로 강화되고 있음
- 세계 자동차기업들은 가솔린 엔진과 디젤엔진의 성능개선을 비롯하여 경량화, 하이브리드와 연료전지 개발 등 다양한 방법으로 환경기술을 개발
- 연료전지에 대해서는 모든 업체가 어떤 형태로든 개발에 참여하고 있고 다른 업체의 개발동향을 예의주시

(2) 지역과 기업별로 다양하게 접근

□ 지역과 기업에 따라 다양한 방식으로 환경친화형 자동차를 개발

- 궁극적으로 연료전지가 환경친화형 자동차의 주역이 될 것으로 예상되나 기술과 가격, 인프라 등의 문제로 상용화 시기가 불명확
- 대체로 2010년 이후에 보급이 본격화될 것으로 전망하는 견해가 지배적
- 일본기업들은 하이브리드기술을 내세우고 있고 미국기업들은 연료전지를 강조하는 반면 유럽기업들은 디젤엔진을 강조
- 대부분의 기업들이 개발하고 있는 연료전지도 지역과 기업에 따라 동력원의 구성방식이 다름

환경친화형 자동차에 대한 다양한 접근방식

	일본	북미	유럽
강조 환경기술	하이브리드	연료전지	디젤
연료전지 동력방식	연료전지+ 전지 또는 연료전지+ 캐퍼시터	연료전지	연료전지
수소공급방식	압축수소	가솔린 개질	메탄올 개질

□ 하이브리드와 연료전지 이외의 환경친화형 자동차 개발도 지속되고 있음

- 전기자동차와 수소엔진 등 다른 방식의 환경친화형 자동차 개발이 여전히 계속되고 있음
- 하이브리드에서 앞서 나가고 있는 도요타도 2003년 동경모터쇼에서 1인승 전기자동차 'PM(Personal Mobility)'을 출품
- 동경모터쇼에서는 스바루, 스즈끼 등도 전기자동차 모델을 출품

2003년 동경모터쇼에 출품된 전기자동차



(도요타 PM)



(스즈끼 랜드브리즈)



(스바루 R1e)

자료: www.tokyo-motorshow.com

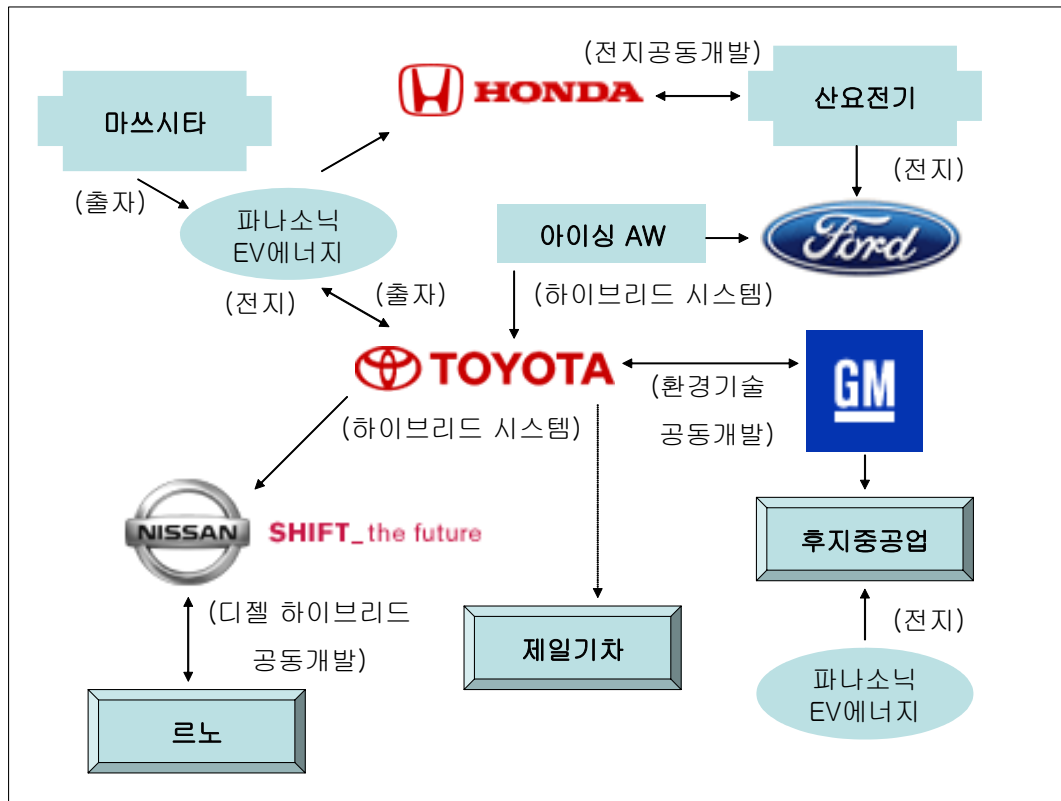
- 국내의 현대자동차도 2003년 11월부터 산타페 전기자동차를 제주도에서 시범운행한다고 발표(www.hmc.co.kr)
- BMW는 수소를 엔진 내에서 직접 태워 동력을 얻는 수소자동차를 개발하고 있음

(3) 다양한 제휴관계의 구축

□ 세계 자동차기업들은 환경친화형 자동차의 조기개발과 상용화를 위하여 다양한 제휴관계를 구축

- 환경친화형 자동차의 개발에는 막대한 자금과 기술능력이 필요
 - 연료전지차 1대를 시험 제작하는 데에 드는 비용만해도 10억원이 넘음
- 아직 환경친화형 자동차의 주도적인 유형(Dominant Design)이 확립되지 않은 상태이기 때문에 다양한 접근이 필요하고 개발부담은 더욱 증가
- 하이브리드와 연료전지는 전통적인 자동차기술의 범위를 넘어서는 분야로 전기·전자, 환경, 에너지, 신소재 등 새로운 기술과의 융합이 필요 (日經BP, 2003; Steinemann, 1999)

도요타의 하이브리드 기술을 둘러싼 제휴관계



자료: Markline(2003.1.1. No.133)의 내용을 일부 수정

(4) 표준장악 전략을 구사

□ 핵심기술개발에 앞선 일부 기업들은 시장에서의 표준지위를 장악하려는 전략을 구사

- 도요타는 자사의 하이브리드 시스템을 경쟁사인 닛산에게 공급하기로 합의하였고 미쓰비시에게도 제공 가능성이 높음
- 아울러 수요가 급증하고 있는 중국에 하이브리드차를 판매함으로써 가격 경쟁력을 강화하려는 전략을 구사(김현진, 2003)
- 연료전지에서는 캐나다의 발라드와 혼다가 표준설정 전략을 구사
- 발라드는 세계 각국의 업체에게 연료전지를 공급하고 있고 혼다도 최근 개발한 연료전지 스택을 외부에 판매할 가능성이 높음

<연료전지의 「Intel」을 노리는 발라드>

- “다른 곳보다 먼저 상품화한다면 燃料電池車를 만드는 업체는 우리 상품을 사게 됨. 그렇게 되면 양산효과로 타사보다 먼저 비용인하가 가능하게 되어 '사실상의 業界標準'이 될 수 있음”(「Ballard」의 最高財務責任者(CFO) 代理)
- 발라드가 PC의 CPU를 대부분 독점하고 있는 「Intel」과 같은 존재가 되어 완성차업체를 견제하는 것이 가능함

(자료: 日經ビジネス, 1998.10.12)

□ 표준설정 전략은 하이브리드와 연료전지차의 구조가 기존 자동차와 다른 모듈형의 구조를 가진 데에서도 비롯

- 하이브리드의 경우 전지와 구동모터 등을 하나의 시스템으로 만들어 모듈화하는 것이 가능
- 연료전지의 경우 엔진과 변속기 등 복잡한 부품이 필요없고 부품수도 적으며 생산공정이 단순해짐에 따라 모듈형 제품이 될 가능성이 높음

<모듈화의 가능성이 높은 연료전지 자동차>

- 기존 가솔린과 디젤 자동차가 부품 호환성이 매우 낮은 폐쇄적인 통합형 제품인 것에 비하여 하이브리드와 연료전지는 개방적인 모듈형 제품의 특성을 가질 가능성이 높음
- 연료전지 자동차는 배기가스를 배출하지 않기 때문에 배기관이 필요없고 연료분사 등의 흡기계 부품, 플러스 등의 점화계 부품, 엔진오일과 오일펌프 등의 윤활계 부품이 필요없게 됨(김광희, 1998)
- 현재의 복잡한 구동장치도 모터로 대체되어 부품수가 기존의 2/3 수준으로 줄어들고 발전기나 축전지 등 주요부품이 표준화 될 것임(日經ビジネス, 1998.10.12)

(5) 적극적인 정부지원

- 환경문제 완화와 산업경쟁력 강화 등을 목적으로 정부차원에서 적극 지원
- 각국 정부는 환경문제의 완화뿐만 아니라 자동차산업의 산업경쟁력을 강화하는 차원에서 환경친화형 자동차의 기술개발을 적극 지원
 - 동시에 해외석유자원에 대한 의존도를 줄여 에너지 안전도(Energy Security)를 높이려 의도

<환경차 개발에 나선 中國>

- 중국은 자동차 보급 급증에 따른 환경문제와 2008년 베이징 올림픽을 앞두고 환경친화형 자동차에 관심을 보임
- 최근 중국자동차기술연구센터와 도요타는 하이브리드 자동차 보급을 위한 공동연구를 실시하기로 합의(한국자동차산업연구소, 2003.8.26)
- 최근 GM은 중국에서 기술전시회를 열고 중국의 공해문제를 연료전지로 해결해야 한다고 주장(글로벌 오토뉴스, 2003.11.20)

<환경차 개발 허브(Hub)를 지향하는 싱가포르>

- 싱가포르는 환경기술개발의 허브를 지향하는 SINERGY 프로젝트를 시행
 - SINERGY는 Singapore Initiative in New Energy Technology의 약어로, 싱가포르에서 관련 인력을 양성하고 수소경제 인프라를 구축
- 선발자에게 개발한 기술을 시험할 수 있는 테스트베드(Test Bed)를 제공하고 연료전지시스템의 생산을 촉진
- 2001년 싱가포르 정부는 BP와 수소연료공급시설을 세우기로 합의하였고 다임러크라이슬러와는 연료전지의 시험운영에 협력하기로 합의

(자료: Office of Technology Policy, 2003)

IV. 국내 개발동향과 경쟁력

1. 현대의 개발현황

□ 국내 최대업체인 현대가 환경친화형 자동차의 개발을 선도

- 1991년 전기자동차의 개발을 시작으로 1992년 알코올자동차, 1994년 수소자동차와 태양광자동차, 1995년 압축천연가스 자동차 등을 개발(현대자동차, 2002)
- 1995년 서울모터쇼에 하이브리드카 'FGV-1'를 출품한 바 있고 1999년에는 아반떼 하이브리드, 2000년 베르나 하이브리드를 개발
- 2000년에는 가스터빈제조회사인 미국 캡스톤사와 가스터빈을 동력원으로 하는 하이브리드 자동차를 공동 개발하는 계획을 맺음

현대의 환경친화형 자동차



자료: pris.hyundai-motor.com

□ 현대는 1990년대 후반부터 연료전지차를 개발

- 1998년부터 정부의 'G7프로젝트'에 참여한 현대는 2000년에 메탄올에서 수소를 추출하는 방식의 연료전지차를 국내 최초, 세계 7번째로 개발
- 현대가 개발한 연료전지차는 전지도 함께 탑재된 하이브리드형 연료전지차로 한국과학기술연구원, SK(주), 국내외 부품기업들과 공동개발
- 2001년에는 연료전지 전문업체인 IFC(International Fuel Cell)의 연료전지를 탑재한 싼타페 연료전지차를 공개

□ 2004년 연료전지차의 시범운행을 실시하고 2010년 경에 양산한다는 것이 현대의 계획

- 현대는 미국 캘리포니아 Fuel Cell Partnership에 참가하여 싼타페 연료전지차의 주행시험을 실시
- 싼타페 연료전지차는 압축수소방식으로 350기압까지 수소를 보관할 수 있고 현재 누적주행거리가 약 50,000km를 넘어서고 있음

현대의 싼타페 연료전지 자동차



자료: www.fuelcellpartnership.org

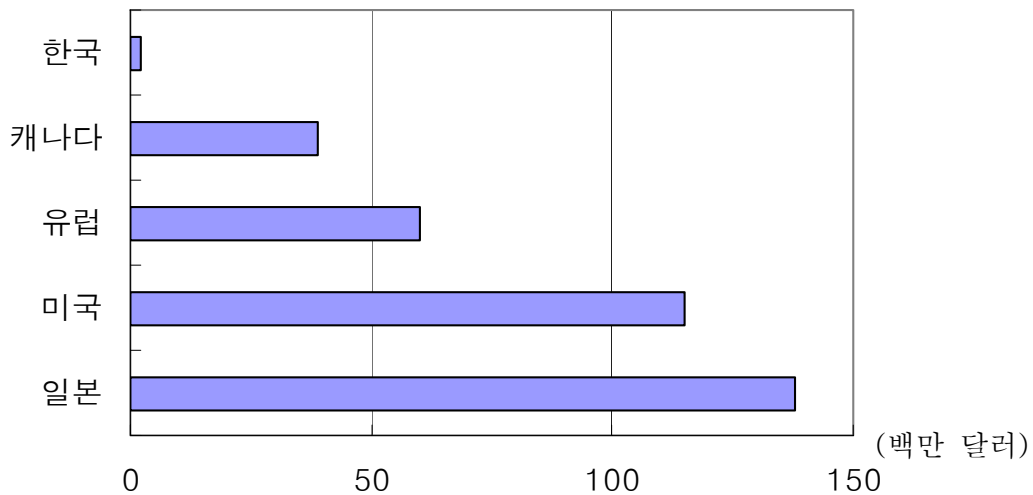
- 현대는 해외기업과의 제휴 및 자체개발을 통해 연료전지를 개발하면서 연료전지차의 시스템 구성능력을 강화한다는 전략
 - 2003년 6월 United Technologies Corp. Fuel Cells(UTCFC)사와 연료전지의 공동개발 계약을 체결
 - UTCFC社와는 지난 2000년 4월부터 협력
 - 수소탱크 등 연료전지시스템에 대한 공동개발과 상용화를 위해 Quantum사와 제휴하고 구동시스템 개발업체인 Enova System과도 협력
 - 현대는 700기압의 초고압 수소탱크를 개발하여 500Km 이상의 주행거리를 확보하기 위하여 도요타, 닛산, 다임러크라이슬러, 포드, 푸조 등과 공동으로 'Hydrogen 700 프로젝트'에 참여
 - 장기적으로는 연료전지를 독자적으로 개발할 계획
- 최근 관심이 높아지고 있는 하이브리드카에 대해서 현대는 2004년부터 시범운행하고 2006년 경에 양산할 계획임을 발표
 - 2004년부터 하이브리드차의 도로주행 시험을 시작하고 2006년 경 量産이 완료되면 내수시장과 미국시장에 투입할 계획(한국경제신문, 2003.11.12)

2. 정부의 정책동향

- 정부는 1980년대 중반부터 연료전지개발을 지원
 - 1985년 한국전력과 에너지연구원이 공동으로 인산염 연료전지(Phosphoric Acid Fuel Cell)를 개발

- 이후에도 연료전지를 우선과제로 선정하여 1992년부터 2001년까지 약 4100만 달러를 지원
- 그러나 선진국 대비 R&D 규모가 매우 작은 상황

연료전지개발에 대한 정부의 R&D(2001년)



자료: Office of Technology Policy, 「Fuel Cell Vehicles」, U.S. Department of commerce, 2003.

□ 최근 10대 성장동력으로 미래형 자동차와 연료전지를 선정

- 연료전지와 하이브리드 등의 환경친화형 자동차와 지능형 자동차의 개발에 연간 100억원 정도의 예산을 투입할 계획
- 수소에너지를 포함한 연료전지부문에서는 1988~2002년까지 총 1,096억원을 투자(70개 과제, 정부 546억원)
 - 수소·연료전지에는 자동차용, 발전용, 가정용, 이동용 등이 포함
- 연료전지 자동차와 수소충전소의 기술개발과 보급을 위해 정부구매와 인프라 구축 및 시범사업을 전개하고 세제지원을 강화할 방침
 - 2011년까지 수소 및 연료전지 기술개발과 보급에 약 4700억원을 투입할 계획

연료전지 자동차 및 수소 충전소 보급목표(안)

	1단계 (2004-05)	2단계 (2006-08)	3단계 (2009-12)
승용	상용화 기술개발 10대 도입	150대 도입	1000대 도입
버스	개념설계 및 개발	10대 보급	100대 도입
충전소	개발 및 2개소 도입	10개소 보급	50개소 도입

자료: 산업자원부, '수소·연료전지 연구개발 및 상용화 지원방안,' 2003.11.12.

수소·연료전지 소요예산 장기전망(정부지원)

(단위 : 억원)

	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	총 계
기술개발	200	210	250	290	330	430	550	650	2,910
- 수소	60	70	100	110	120	130	150	200	940
- 연료전지	140	140	150	180	210	300	400	450	1,970
보급	21	13	56	27	161	172	700	600	1,750
총 예산	221	223	306	317	491	602	1,250	1,250	4,660

자료: 산업자원부, '수소·연료전지 연구개발 및 상용화 지원방안,' 2003.11.12.

□ 2003년 12월 정부는 '미래형자동차 산업 발전전략 추진계획(안)'을 발표

- 2010년까지 총 5,900억원이 소요되는 미래형 자동차 기술개발 로드맵과 세부추진전략을 제시
- 연료전지와 하이브리드카 및 지능형 차량의 기술개발과 표준화·인력양성사업 등의 기술기반조성사업을 추진

3. 국내 환경친화형 자동차의 경쟁력

□ 산업은행(2003)의 실태조사에 따르면 하이브리드의 경쟁력은 선진(=100) 대비 38, 연료전지는 36에 불과

- 선진국에서는 핵심부품과 시스템의 개발을 마치고 구성부품의 비용인하에 주력하고 있으나 국내는 시험수준에 머물고 있고 핵심부품이 취약

환경친화형 자동차의 개발현황과 경쟁력 비교

	개발현황		경쟁력 (선진=100)
	선진국	국내	
하이브리드	<ul style="list-style-type: none"> • 1997년 상용화 -도요타 프리우스 -10만대 이상의 판매실적 • 빅3, 2004년 상용화 	<ul style="list-style-type: none"> • 2004년 시험운행 시작 • 2006년 경 상용화 	38
연료전지	<ul style="list-style-type: none"> • 2002년 리스판매 -도요타, 혼다 • 빅3, 2004~5년 상용화 	<ul style="list-style-type: none"> • 시험운행 중 • 2010년 양산 	36

주: 경쟁력은 산업은행(2003)의 실태조사 자료.

국내 하이브리드와 연료전지의 경쟁력

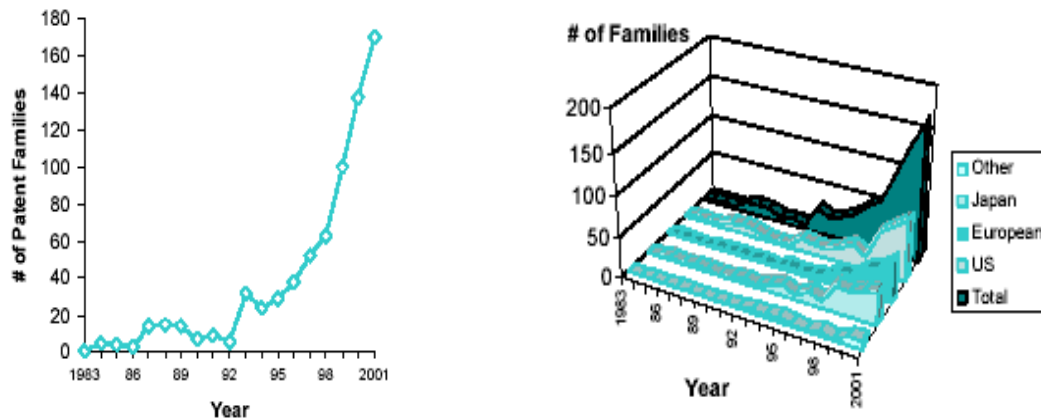
	부품품목	부품설계	생산설비	생산기술	종합
하이브리드	모터/컨트롤러	10	20	20	16
	축전기	60	30	30	40
	보조에너지장치	90	60	60	70
	차량제어	40	20	20	26
	종합	50	32	32	38
연료전지	전극집합체	30	20	20	23
	분리판	40	40	40	40
	스택	30	30	30	30
	개질기	50	50	50	50
	시스템	37	42	35	38
	종합	37	36	35	36

자료: 산업은행, 「글로벌 경쟁체제에 대응하기 위한 국내 자동차부품산업의 세계화 기술전략」, 산업기술정보 26호, 2003.

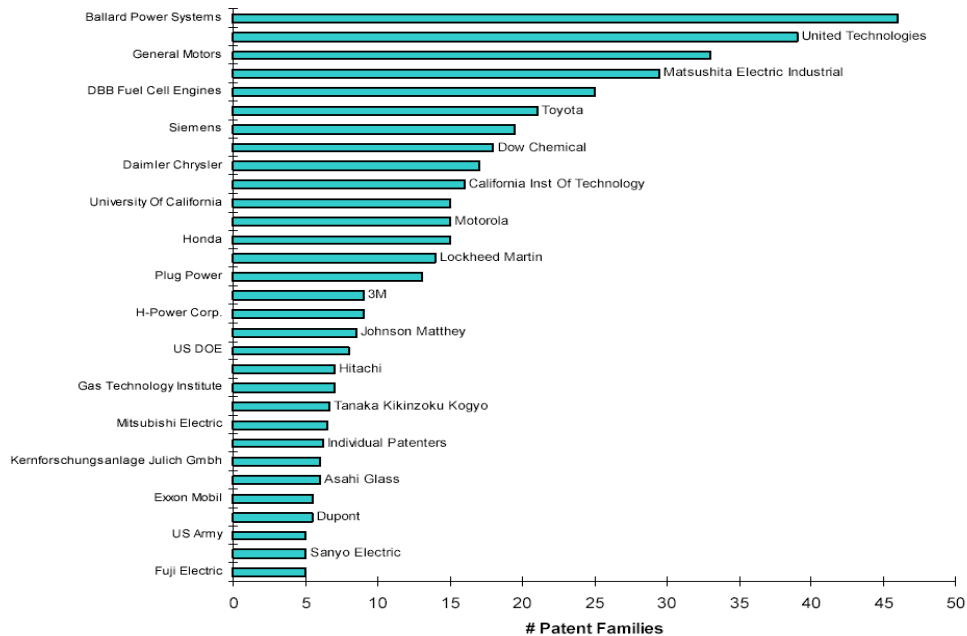
□ 미국과 유럽에서의 특허 수를 비교해도 국내 산업의 경쟁력이 취약

- 최근 급증하고 있는 연료전지시스템의 특허에서 한국의 관련 특허가 거의 없는 상태

연료전지시스템의 특허 수와 지역별 분포



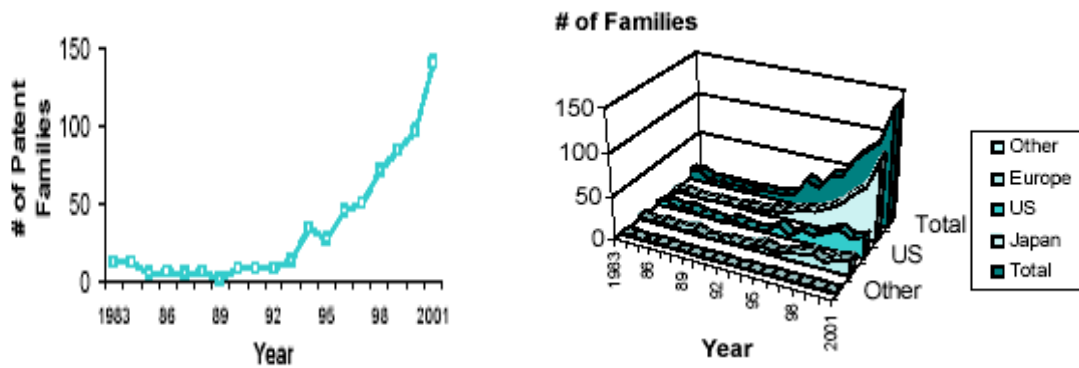
연료전지시스템의 주요 특허출원기업



자료: CHI Research, 「The U.S. Competitive Position in Advanced Automotive Technologies」, U.S. Department Commerce(2003).

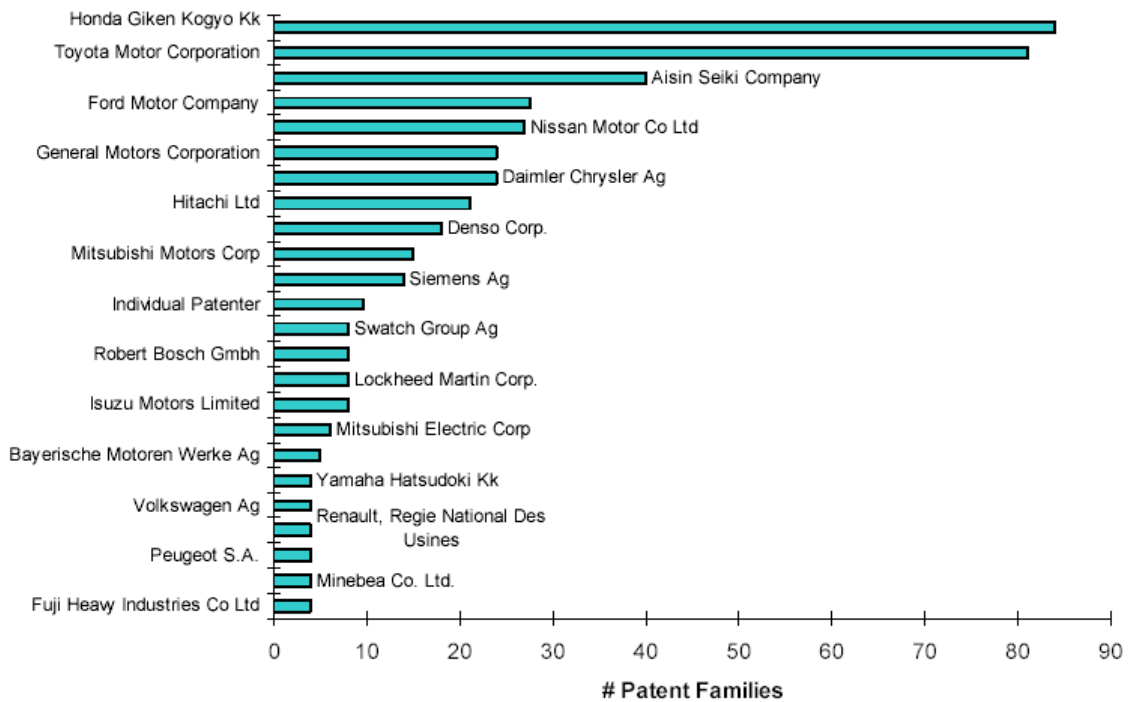
- 최근 일본기업을 중심으로 특허출원이 급증하고 있는 하이브리드 자동차 분야에서도 동일한 상황

하이브리드 자동차의 특허 수와 지역별 분포



자료: CHI Research, 「The U.S. Competitive Position in Advanced Automotive Technologies」, U.S. Department Commerce(2003).

하이브리드 자동차의 주요 특허출원기업



자료: CHI Research, 「The U.S. Competitive Position in Advanced Automotive Technologies」, U.S. Department Commerce(2003).

V. 향후 개발전략

1. 기본방향: 시장주도 네트워크에의 참여

□ 환경친화형 자동차의 시장을 주도할 수 있는 네트워크에 참여

- 현재 진행되고 있는 하이브리드와 연료전지의 개발상황을 볼 때 소수 기업들이 핵심기술과 부품을 과점하는 산업구조가 나타날 가능성이 높음
- 국내 자동차산업의 경쟁력 및 투자규모를 감안할 때 시장주도 네트워크에 참여하는 것이 현실적인 방안
- 선도기업들이 다른 기업과의 협력을 확대하여 규모의 경제를 통한 비용 인하에 나서고 있는 점을 적극 활용

□ 네트워크에 참여하려면 경쟁우위분야를 집중 개발하는 전략이 필요

- 환경기술에 대한 국내 경쟁력이 선진대비 전반적인 열세에 있어 전략적인 선택을 통한 집중 개발이 필요
- 집중 개발한 국내 경쟁우위 분야를 제후의 지렛대로 활용

□ 환경친화형 자동차의 시스템 구성능력을 배양하고 관련 부품업체를 육성

- 네트워크에의 참여를 기반으로 환경친화형 자동차의 전체 시스템을 차별화하여 구성할 수 있는 조직능력(Organizational Capability)을 배양
- 가능한 한 국내에서 전체 시스템의 구성이 가능하도록 관련 기업의 투자를 촉진하고 부품업체를 육성

2. 세부전략

(1) Wait & See 전략

□ 시장에서 주도적인 제품이 결정되기 전까지 동향을 예의 주시하는 'Wait & See' 전략을 구사

- 자체개발은 향후 어느 기업의 제품이 주도하는가를 판단할 수 있는 능력을 배양한다는 의미에서 추진
 - 자체 개발력을 갖추고 있어야 평가와 선별이 가능하고 협상력 확보가 가능
- 주도적인 제품과 산업구조에 대하여 불확실성이 높기 때문에 가능한 시나리오를 작성하고 대응전략을 마련

□ 각국의 규제상황과 업계의 개발동향을 파악할 수 있는 조직체계를 마련

- 환경친화형 자동차의 개발을 둘러싼 각종 정보를 수집하고 분석하는 기관을 설치
- 휴대용 연료전지와 가정용 연료전지 등 다른 분야의 개발동향도 파악하여 자동차산업과의 연계가능성을 타진
- 수집·분석된 자료를 바탕으로 기술개발의 방향과 주도업체를 파악하고 향후 로드 맵을 작성

(2) 연구개발체제의 혁신

□ 하이브리드와 연료전지의 개발에는 자동차와 전자기술의 융합이 필요

- 하이브리드와 연료전지차의 기술적인 어려움은 자동차의 기계적인 분야와 제어시스템의 전자·전기적인 분야의 융합에 있음(塚本潔, 2003.2.22)
- 실제로 하이브리드차를 개발 중인 포드는 하이브리드 구동시스템의 제어기술개발에 어려움을 겪고 있음(Automotive News, 2003.11.3)
- 연료전지의 개발을 선도하던 다임러크라이슬러-발라드-포드보다 먼저 도요타가 연료전지의 상용화에 성공한 것도 지리적으로 인접한 관련 기업과의 협력 때문(복득규, 2003)

□ 기술융합이 가능한 프로젝트형 연구개발체제와 클러스터를 구축

- 일정 지역에 관련 인력과 기업 및 지원서비스업체들이 인접하여 기술을 개발하는 클러스터를 구축(복득규 외, 2003)
- 국내외 기업과 연구소 및 대학의 관련 전문가를 네트워크로 연결하는 지원정책을 시행
- 소속이 다른 출연연구소의 연구원과 기업연구자들이 팀을 이루어 기술을 개발할 수 있는 프로젝트형 연구개발체제의 구축 여건을 마련

(3) 새로운 사업모델의 구축

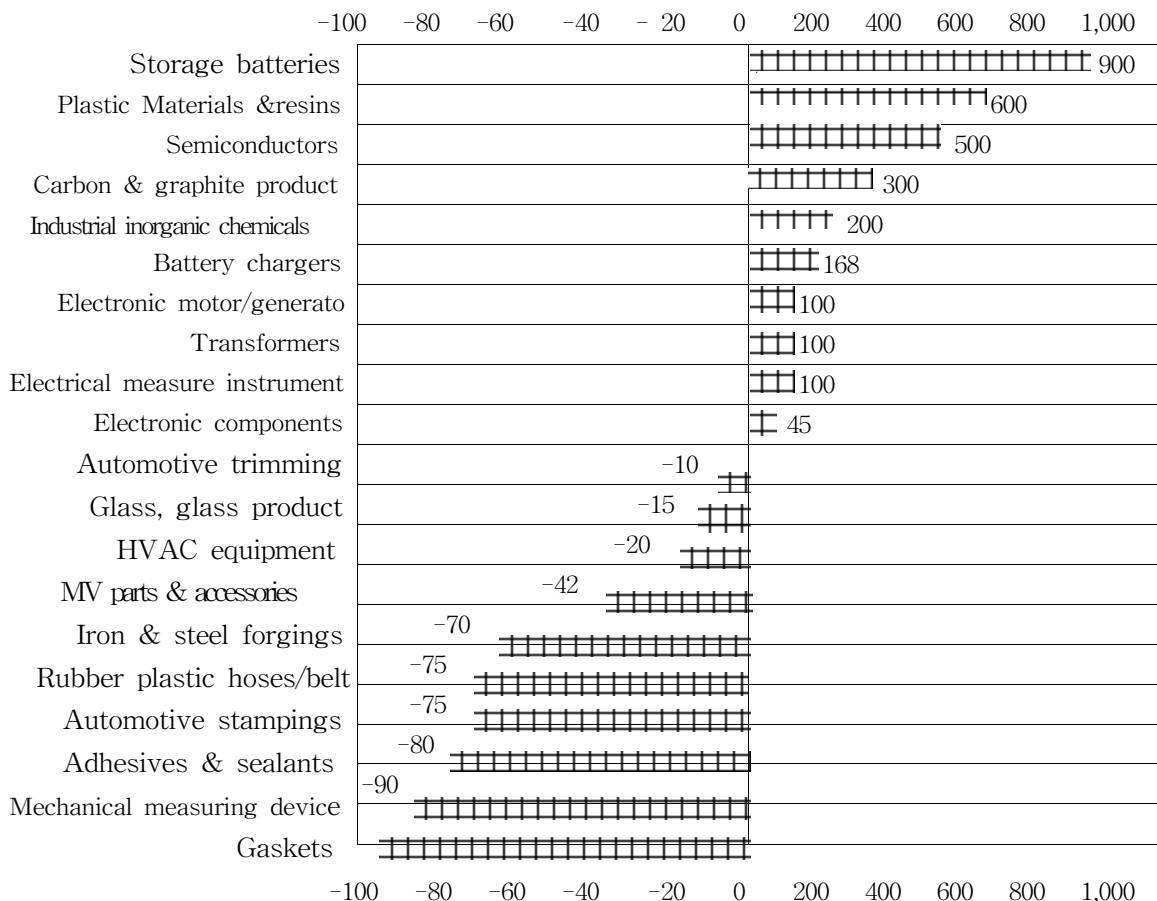
□ 환경친화형 자동차시장의 표준설정과 모듈화 진전에 따른 자동차산업의 비즈니스 모델 변화에 대응

- 하이브리드 시스템과 연료전지의 모듈화가 진전되면 자동차산업의 비즈니스 모델이 PC산업과 유사하게 변화될 것임
- 그에 따라 자동차산업은 하이브리드 시스템과 연료전지를 개발·생산하는 소수 기업들과 이를 중심으로 자동차를 조립하는 기업으로 구분되는 산업구조로 진화될 가능성이 높음(Loop, 2003.12)

□ 새로운 사업구조의 구축과 구조전환을 앞서 준비하는 것이 필요

- 하이브리드 시스템과 연료전지차가 모듈화될 경우 다양한 외부기업들로부터 기술과 부품을 구매하여 통합하는 과정에서 시너지를 창출할 수 있는 조직능력이 중요(Foresight, 2003.12)
- 자동차산업의 구조변화로 사업기회를 상실할 수 있는 기존 부품업체들에 대한 지원을 미리 준비함으로써 원활한 구조조정을 촉진
- 전기자동차의 도입에 따른 기존 자동차부품의 변화사례를 참조

전기자동차의 도입에 따른 기존 자동차부품의 변화



자료: Lance Ealey and Thomas Gentile, "The potential impact of electric vehicles on the automotive business system," *International Motor Business* 2nd quarter 1995.

주: 현재 내연기관으로부터의 변화정도(%)

(4) 한·중·일 모듈 분업의 추진

□ 하이브리드와 연료전지의 표준화와 모듈화를 배경으로 한·중·일 3국간 모듈 분업을 추진

- 하이브리드와 연료전지차의 독자적인 개발보다 모듈간 분업구조를 형성하면 3국 모두 이득을 볼 수 있는 가능성이 높음
- 3국이 협력하면 기술융합과 개발분담으로 개발위험이 줄고 개발능력은 높아지는 시너지가 발생
 - 지리적 인접성도 개발성과를 높일 수 있는 유리한 조건
- 3국간 모듈화 분업은 규모의 경제를 촉진하여 표준설정경쟁에서 유리한 위치를 차지하는 데에 도움

□ 3국 모두 고부가가치를 얻을 수 있는 분업구조를 형성

- 일본은 핵심부품, 한국은 기능부품, 중국은 표준부품과 조립이라는 정태적인 분업구조로는 참여 인센티브가 부족
- 연구개발 분야와 핵심부품의 분담, 크기(소형/중형/대형)와 차종(승용, SUV, 버스) 별로 3국 모두가 개발에 참여할 수 있는 분업구조를 형성
- 3국간 모듈 분업을 협의하고 조정하는 '(가칭) 동북아 환경차 개발포럼' 등을 민관협력조직으로 구성

(5) 장기·통합적인 정부지원체제의 마련

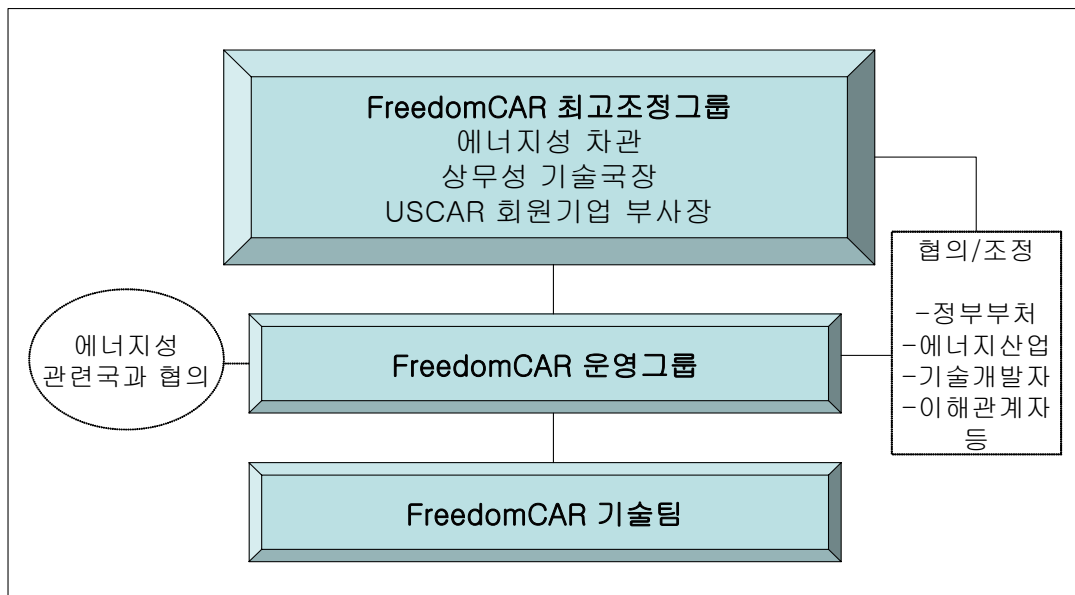
□ 환경친화형 자동차의 개발을 장기적으로 지원할 수 있는 지원체제가 필요

- 환경친화형 자동차의 개발과 상업화는 향후에도 7~12년의 시간이 소요되는 장기전의 양상을 보이고 있음
- 아직 주도적인 유형이 나타나지 않고 있고 지역마다 다른 접근을 보이고 있는 등 불확실성이 높아 정부의 지속적인 지원이 필요

□ 환경친화형 자동차의 특성상 부처통합형 지원체계를 마련하는 것이 필요

- 환경친화형 자동차의 개발에는 다양한 부처가 연관되는 기술융합이 필요하고 보급과 운행과 관련하여 각종 규제완화가 필요함
- 미국의 FreedomCAR와 일본의 연료전지프로젝트팀과 같은 부처간 통합조직의 체계적인 지원이 필요
- FreedomCAR에서는 에너지성, 상무성, 자동차업체 임원 등이 목표설정 및 실제 운영을 협의하고 조정

FreedomCAR의 조직체계



자료: FreedomCAR, 'Partnership Plan,' 2003.

참고문헌

- 글로벌 오토뉴스, "수소 시대의 개막 눈앞에 와 있다," 2003.10.15.
- 글로벌 오토뉴스, "중국의 공해문제, 연료전지차로 해결해야," 2003.11.20.
- 김광희, 『韓・日 自動車部品産業』, 울산대학교 출판부, 1998.
- 김현진, 「도요타는 왜 환경을 중시하는가」, 삼성경제연구소, 2003.
- 복득규 외, 『클러스터』, 삼성경제연구소, 2003.
- 복득규, "일본 아이치현의 도요타 클러스터," 「과학기술정책」, 과학기술정책연구원, 2003. 3/4.
- 산업은행, 「글로벌 경쟁체제에 대응하기 위한 국내 자동차부품산업의 세계화 기술전략」, 산업기술정보 26호, 2003.
- 산업자원부, '수소·연료전지 연구개발 및 상용화 지원방안,' 2003.11.12.
- 三星 日本本社, '연료전지 시장현황 및 전망', 2002.7.25.
- 임태윤, 「연료전지산업의 의미 및 전망」, 삼성경제연구소, 2003.
- 조선일보, "디젤車가 세계시장 이끌 것," 2003.10.27.
- 한국경제신문, "자동차관련 환경·안전기준 제정," 2003.9.19.
- 한국경제신문, "현대 하이브리드카 내년 시범운행," 2003.11.12.
- 한국자동차산업연구소, 『2003 세계 자동차산업』, 2003.
- 한국자동차산업연구소, "중국정부, 도요타와 하이브리드차 공동연구," 「자동차경제」, 2003.8.26.
- 현대자동차, 『2002 환경보고서』, 2002.
- WEDGE, "ハイブリット技術で世界制覇を狙うトヨタの野望," 2002, 12.
- 經濟産業省, 「燃料電池實用化・普及に向けた取組みの現状」, 2002.
- 塚本潔, "電機よ,トヨタ開発の強さの秘訣から學べ," 東洋經濟, 2003.2.22.
- D&M, "2010年に燃料電池車の量産開始を狙うGM," 2003.2
- 總合技研, 自動車R&D Report, No. 188, 2003.8.31.
- 日經産業新聞, "EU, 燃料電池開發を加速," 2003.6.11.
- 日經産業新聞, "燃料電池 車の補助電源に," 2003.10.21.
- 日經ビジネス, "自動車の未來", 1998.10.12.

- 日經ビジネス, "トヨタ,ハイブリット戦略加速," 2003.9.8.
- 日經ビジネス, "ホンダ,燃料電池で隠し玉," 2003.10.20.
- 日經BP, 『燃料電池 2004』, 2003.
- 日本經濟新聞, "低公害車, 美國勢が戰略轉換," 2003.11.8.
- 燃料電池プロジェクトチーム, 「燃料電池プロジェクトチーム報告書」, 2002.
- Foresight, "自動車ビジネス「勝者の條件」," 2003.12.
- Markline, 自動車業界動向レポート, No.81, 2002.7.1.
- Markline, 自動車業界動向レポート, No.133, 2003.1.1.
- みずほコーポレート銀行, 「環境對應を巡る自動車産業の動向」, 2002.
- Loop, "新型プリウスが狙うデュアルパワーのデファクトスタンダード," 2003.7.
- Loop, "燃料電池車の2010年商用化に向けた「したたか戰略」", 2003.12.
- Automotive Engineer, "PSA not risking funds on fuel cell," 2003. March.
- Automotive News, "Honda may manufacture more hybrid," 2003.10.27.
- Automotive News, "Systems don't mesh, so Ford hybrid is delayed," 2003.11.3.
- Automotive News, "GM ready to flick the switch on hybrid truck," 2003.11.3.
- California Air Resources Board, "California's Zero Emission Vehicle Program-2003," 2003.4.24.
- CHI Research, 「The U.S. Competitive Position in Advanced Automotive Technologies」, U.S. Department of Commerce, 2003.
- FreedomCAR, 'Partnership Plan', 2003.
- Fuel Cells Canada et.al, 「Canadian Fuel Cell Commercialization Roadmap」, 2003.
- Lance Ealey and Thomas Gentile, "The potential impact of electric vehicles on the automotive business system," International Motor Business 2nd quarter, 1995.

Office of Technology Policy, 「Fuel Cell Vehicles: Race to a New Automotive Future」, U.S. Department of Commerce, 2003.

Steinemann, P., "R&D Strategies for New Automotive Technologies: Insights from Fuel Cells," International Motor Vehicle Program(IMVP), 1999.

www.daimlerchrysler.com

www.fuelcellpartnership.org

www.gm.com

www.hmc.co.kr

www.honda.co.jp

www.meti.go.jp

www.pris.hyundai-motor.com

www.tokyo-motorshow.com

www.toyota.co.jp