

배터리전기자동차의 기술동향 및 특허출원동향

조 만[†] · 이창환*

한국과학기술정보연구원 ReSEAT프로그램 전문연구위원,

*한국과학기술정보연구원 책임연구원

(2011년 11월 7일 접수, 2012년 1월 19일 수정, 2012년 1월 27일 채택)

Technologies and Patent Applications for Battery Electric Vehicle

Cho, Mann[†] and Lee, Chang-Hoan*

Senior Research Fellow, ReSEAT Program

*Principal Researcher, Korea Institute of Science and Technology Information

(Received 7 November 2011, Revised 19 January 2012, Accepted 27 January 2012)

요 약

자동차산업이 해결해야 과제로서 CO₂배출에 의한 지구온난화, 배기가스배출에 의한 도시부 대기오염 그리고 석유 자원고갈 등에 대한 대처 등이 있다. 이들의 현실적인 해법으로 시장에서 높은 평가를 받고 있는 것이 배터리전기자동차이다. 배터리전기자동차의 핵심 기술은 모터, 배터리, 전력제어, 전기적 제동 기술 등이다. 본 연구에서는 전기 자동차에 대한 각국 정부의 주요 정책현황, 메이저 자동차 메이커의 판매전략, 핵심 요소기술의 개발동향 및 기술분석, 그리고 이들 기술들에 대한 세계특허출원동향을 조사분석하였다.

주요어 : 전기자동차, 기술동향, 특허출원, 구동모터, 배터리, 시장전망

Abstract— CO₂ reduction, energy security, and emission reduction are the critical issues in the current automotive industry. As one of the solutions to these issues, Battery Electric Vehicle is attracting attention recently. Advanced battery electric drive vehicle require batteries, power electronics and electrical machines to function. These devices allow the vehicle to use energy from the battery to assist in the propulsion of the vehicle. In this paper, the main feature of these technologies are briefly introduced and recent trends of patent applications are described.

Key words : Electric Vehicle, Technology, Patent Application, Traction Motor, Battery, Market

1. 서 론

양산배터리전기자동차를 Nissan은 세계 최초로 판매하기 시작했다. 2011년도의 판매목표 10,000대를 무난하게 달성할 것으로 전망되고 있다. 특히 연방정부, 주정부의 각종 세제와 재정적 지원을 활용할 수 있는 기간내에 양산체제를 갖추어 가격경쟁력을 확보하겠

다는 전략이 엿보인다. 완성차조립공장과 배터리제조 시설 건조에 필요한 건설자금을 장기 저리로 융자받아 생산시설도 미국에 건설하고 있다. 미국에서의 판매가격도 크게 낮추었다. Nissan이 Toyota 'Prius'가 하이브리드자동차분야에서 이룩한 성공을 배터리전기자동차분야에서 거둘 것인가는 그들의 기술력과 경영전략에 달려 있다.

미국에서 시판중이거나 양산계획 중에 있는 배터리전기자동차는 표 1과 같다.

Nissan 'LEAF'와 Ford Focus Electric 등 AVTM에 의해 촉진된 대량생산체제의 구축은 여타 완성차 제조업체에게도 자극을 주는 결과를 낳았다. 하이브리드

[†]To whom corresponding should be addressed.
Senior Research Fellow, ReSEAT Program, Korea Institute of Science and Technology Information, 66 Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-741, Korea
Tel : 010-8902-9619; E-mail : mcho@reseat.re.kr

표 1. 미국 내 전기자동차 판매계획 [1,2]

완성차 제조업체	PHEV	BEV	모델명	생산/시판계획						비고
				'11	'12	'13	'14	'15	누계	
Nissan	n	y	'LEAF'	25	25	50	100	100	300	ATVM14억\$, \$35,200('12)
			NV200							
			Infiniti EV							
Ford	y	y	Transit Connect Electric Van	.4	.5	1	1	1.	4.2	ATVM: 59억\$
			Focus Electric		10	20	20	20	70	
			C-MAX Energi PHEV							
GM	y	n	Chevrolet Volt	15	120	120	120	120	505	\$39,995
Tesla	n	y	Roadster	1					1	ATVM: 4.65억\$ R: \$12,000, S: \$57,400
			Model S		5	10	20	20	505	
Toyota	y	y	Prius PHEV			S				\$29,900
			RAV4 EV			S				Tesla이차전지팩 사용/공동개발
			Scion IQ EV			S				경차
Mitsubishi	y	y	iMiEV							\$27,990예약
			PX-MiEV							
Fisker Automotive	y	n	Karma	1	5	10	10	10	36	AVTM: 5억2870만\$
			Nina		5	40	75	75	195	
Daimler	n	y	Smart ED Fortwo		L					Tesla이차전지
			A-Class E-Cell		E					
			B-Class F-Cell		E					연료전지탑재
Honda	y	y	Fit Electric		S					Google/Stanford U활용<\$29,900
			Clarity PHEV		S					
Audi	y	y	e-tron							
			A1 E-Tron							
BMW	n	y	MINI-E(iMiEV활용)							
			Megacity							
			Active-E							
Volkswagen	y	y	Golf Twin Drive							
			Golf blue-e-motion							
			E-Up							

대수: 천대, PHEV: 플러그인 하이브리드자동차, BEV: 배터리전기자동차, n: 계획 없음, y: 계획 있음, AVTM: Advanced Vehicle Technology Manufacturing Loan Program, L: 리스, E: 시험주행, S: 시판예정

자동차와 연료전지자동차 개발과정에서 충분한 기술적 기반을 보유한 Toyota, Honda 등이 Nissan과 Ford의 전기자동차 생산 실용화 독주를 보고만 있을 수 없어 이미 본격적인 배터리전기자동차의 개발에 뛰어들었다.

경쟁적으로 양산체제가 구축되고 있는 전기자동차 관련 기술동향과 특허동향을 분석하여 기업간 경쟁력을 평가하는 것은 우리나라 자동차산업의 진로를 결정하는데 크게 기여할 것이다.

2. 정부개발정책과 환경규제 및 시장전망

2-1. 주요정부의 개발정책

배터리전기자동차의 대량보급에는 리튬이온 이차전지의 대폭적인 가격저감과 대용량화가 필요하다. 미국 오바마 정부는 리튬이온 이차전지의 전 자동차화된 대규모 양산시설을 미국 내에 구축하여 2015년까지 가격을 현재의 70%까지 저감하고 전세계 전기자동차

용 배터리공급시장의 40%를 미국 국내제조시설에서 공급하기 위한 정책을 수행 중에 있다. 또한 Nissan ‘LEAF’와 Ford ‘Focus Electric’ 등 배터리전기자동차의 제조시설을 미국내에 건조하여 21세기 선진자동차기술을 미국이 주도하겠다는 정책도 시행중에 있다 [2].

미국의 오바마 행정부는 2015년까지 100만대의 전기자동차(EV: Electric Vehicle)와 플러그인 하이브리드자동차(PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle)를 미국 국내에서 주행하도록 하는 정책을 시행하고 있다. 연방정부는 완성차 제조업체가 20만대의 EV/PHEV를 판매할 때까지 한 대당 7,500US\$를 지원하고 있다. California 등의 주정부는 이와 별도로 2,500~5000US\$를 지원하고 있다.

미국은 이와 병행하여 신규고용 창출과 선진 자동차 분야의 국제경쟁력을 높일 목적으로 EV/PHEV용 이차전지와 주요 부품 및 EV/PHEV 완성차 등의 생산시설을 미국 내에 건조하는 기업에게 약 500억US\$를 지원하고 있다. LG화학, Kokam, Nissan, Toda 등이 미국 정부의 재정적 지원을 활용하며 2013년에 완공을 목표로 미국 내에 생산시설을 건조하고 있다.

일본 정부는 2020년까지 EV/PHEV가 승용차판매량의 15~20%가 되도록 동급 내연기관 자동차와의 가격 차이 중 50%까지를 재정적으로 지원하고 있다. 또한 신규고용 창출을 위한 장기 저리용자 자금을 마련하여 일본 국내에 전기자동차용 주요 부품 생산기업을 지원하고 있다.

중국 정부는 2020년까지 누적판매량이 500만대가 되도록 EV 한 대당 약 9,100US\$의 지원금을 지급할 재원을 마련했다.

이들 국가의 계획에 의하면 2020년에는 전 세계 승용차판매량의 50% 이상을 전동차량이 차지하게 된다.

프랑스 스웨덴 덴마크 스페인 등의 EU국가들도 EV/PHEV의 판매량 목표를 설정하고 구매 촉진을 위한 세제지원정책 등 각종 재정적 지원을 전개하고 있다. 영국은 판매량 목표는 발표하지 않고 있으나 2012년부터는 EV/PHEV의 구매 촉진을 위하여 대당 약 8,000US\$를 지원할 계획이다.

2-2. 연비와 환경규제 및 도입시나리오

그림 1은 국제에너지기구(IEA: International Energy Agency)가 정리한 각국의 연비규제 방안들이다. EU와 일본의 연비규제가 가장 엄격하다.

미국 오바마 행정부는 2017~2025년의 기업평균 연비규제를 현재의 11.55km/l(27.3mpg)로부터 23km/l(54.5mpg)로 향상시키는 규제안을 13개 완성차 제조업체와 합의하여 입안 중에 있다 [4].

EU는 자동차의 이산화탄소 배출량을 2025년까지 70g/km로 저감하는 중장기 목표를 제시하고 있다. 연비가 가장 우수한 것으로 알려진 Toyota ‘Prius’조차 89g/km임을 고려하면 전기자동차나 플러그인 하이브리드자동차 및 연료전기자동차만이 이를 충족시킬 수 있게 된다.

그림 2는 EU의 연비규제 탄소배출량을 전제로 영국의 Ricardo가 작성한 차종별 기술로드맵이다. 탄소배출량 95g/km이 적용되는 2020년에는 Prius형 하이브리드, PHEV 및 EV 등만이 이를 충족할 수 있는 차종이 된다.

California주는 주내에서의 차량 판매대수가 연간 60,000대 이상인 자동차 제조업체는 판매대수의 2.5% 정도를 배터리전기자동차나 연료전기자동차 등의 ZEV(Zero Emission Vehicle)로 하도록 의무화하고 있다 [6].

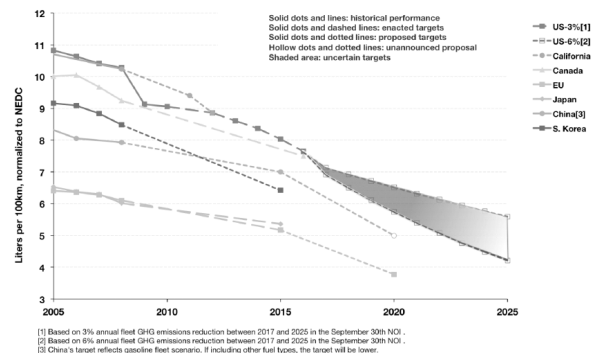


그림 1. 각국의 연비규제 [3]

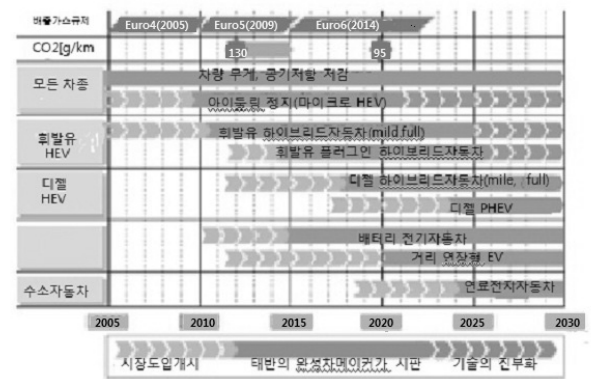


그림 2. 유럽의 연비규제 대응 기술로드맵 [5]

- 이를 충족하지 못하면 해당 US\$5,000의 벌금이 가해진다.
- EV와 주행거리가 36km 이상인 플러그인 하이브리드자동차를 합친 ZEV 규격 자동차의 판매비율이 2014년에는 3%인데 2015년에는 6%가 전망된다.
- 2009년의 시점에서 이러한 의무를 준수해야 하는 완성차 제조업체는 Toyota, Honda, Nissan, GM, Ford와 Chrysler의 6개사이다.
- 미국 내 판매량으로 2012년 말까지 100만대를 목표로 하는 현대/기아차도 앞으로는 이를 지켜야할 완성차 제조업체가 될 것이다.

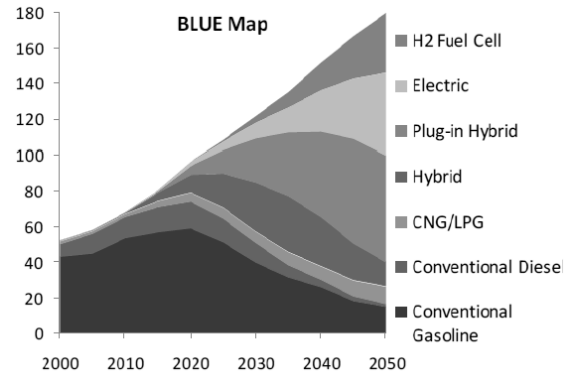


그림 3. IEA의 승용차 차종별 연간 생산량 전망 [3]

2-3. 시장 전망

2-3-1. 국제에너지기구의 생산량 전망

IEA는 구매자 수요를 충족시킬 수 있는 다양한 모델과 충전인프라가 구축된다고 전제하면 2020년의 EV 및 PHEV 연간 판매 대수는 7백만 대에 이르고 그때까지의 누적판매량은 2,000만대가 된다고 전망했다.

그림 3은 IEA가 BLUE Map을 기초로 작성한 2050년까지의 승용차 차종별 연간 생산량 전망치이다. 2050년에는 승용차 연간 생산량의 약 50%를 EV와 PHEV 및 연료전기자동차가 차지할 것으로 전망하고 있다.

그림 4는 IEA가 전망한 주요국별 EV/PHEV의 연간판매량 전망이다. 2015년경에는 연간 100만대가 판매되며 2020년에는 700만대에 이를 것으로 전망하고 있다. 중국, 미국, 일본, 스페인, 프랑스 등이 적극적으로 도입하는 국가로 볼 수 있다.

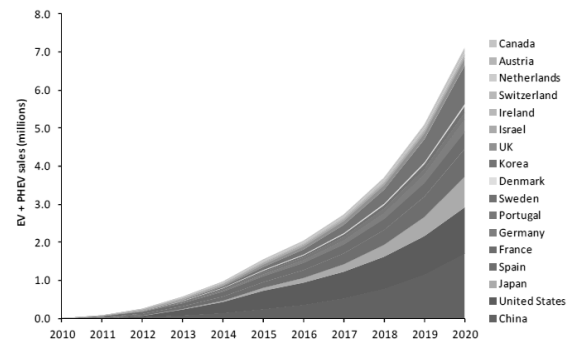


그림 4. IEA의 국별 EV/PHEV 도입목표 [3]

2-3-2. 시장조사기관의 전망

표 2는 각 시장전망/예측 평가기관이 발표한 전기자동차 시장전망을 정리한 것이다.

Nissan 'LEAF'의 발매는 전기자동차의 시장 전망을 크게 변화시켰다. 2011년도 전반기에 기업과 기관에의 방문을 통하여 조사한 자료를 기초로 작성된 Hiedge와 Fuji-keizai의 시장 전망자료는 그 이전의 조사를 크게 웃도는 전망치를 내놓았다. 차량 탑재용 리튬이온 이차전지시장과 전기자동차 관련 요소기술의 85% 이상을 개발/실용화한 일본기업을 대상으로 조사한 것이기 때문에 그들의 시장 전망을 반영한 것으로 보인다.

Fuji-Keizai는 전동차량 분야를 선도하고 있는 일본의 완성차 제조업체들은 생산거점이 대부분 일본 국내에 있기 때문에 2010년에 부품시장의 89%를 일본 기

표 2. 여러 시장평가기관의 배터리전기자동차의 시장전망과 예측

예측연도	대수(만대)	조사기관(발표년도)	참고문헌
2010	2.0	Goldman Sachs('10-7)	1
2015	30~40	Pricewaterhouse Cooper('10-10)	1
	<50	Strategy Analytics('09-3)	1
2020	130	J.D.Power & Associates('09-10)	1
	170	Goldman Sachs('10-7)	1
	330	Hiedge('11-6)	7
2025	575	Fuji-Keizai('11-8)	8

업이 차지하였으나 2025년에는 일본 및 일본 이외의 완성차 제조업체들의 수요지 생산이 증가하여 일본의 시장점유율이 31.8%로 낮아질 것으로 전망하였다 [8].

3. Nissan 'LEAF'의 판매전략

3-1. 미국에서의 저가판매전략

Nissan 'LEAF'의 미국 내 권장소비자가격은 기본

표 3. 'LEAF'의 국가별 권장소비자가격 [9]

Nissan Leaf sales price by market (without any government tax credits or grants)			
Country	Sales price	Equivalent US\$ ⁽¹⁾	Market launch
Japan ^[20]	¥3.76 million	US\$46,990	Dec 2010
United States ^[20]	US\$32,780		Dec 2010
Portugal ^[14]	€35,250	US\$50,425	Jan 2011
Ireland ^[14]	€34,995	US\$50,060	Feb 2011
United Kingdom ^[14]	GB£30,990	US\$50,170	Mar 2011
Netherlands ^[21]	€32,839	US\$46,980	Jun 2011
Switzerland ^[104]	SFr 49,950	US\$58,860	Jul 2011
Spain ^[105]	€35,950	US\$51,430	Set 2011
Belgium ^[106]	€36,990	US\$52,915	Set 2011
France ^[107]	€35,990	US\$51,485	Dec 2011

Note 1: Exchange rates as of June 21, 2011.

모델 기준으로 US\$32,780이며 연방정부의 세금감면 US\$7,500과 California주의 추가적인 보조금 US\$5,000를 고려하면 실제 구입비는 US\$20,500 수준이다.

표 3과 같이 미국 내 가격은 미국 외에서 US\$50,000 내외인 것과 비교하면 US\$18,000 이상 저렴할 뿐만 아니라 일본 국내 공급가격에 비해서도 US\$14,000 낮게 공급하고 있다.

Toyota의 HEV인 Prius-III의 권장소비자가격은 내비게이션을 장착할 경우에 US\$24,520이다. 현재 시판되고 있는 GM의 Range-Extender형 전기자동차인 Chevy-Volt의 가격은 US\$41,000이며 연방정부의 세금감면 US\$7,500을 받을 수 있어 구입가격은 US\$33,500이 된다 [10].

'LEAF'는 'Prius'의 판매대수에는 크게 미치지 못하지만 2011년의 전 세계 판매목표량 10,000대의 절반인 5,000대를 미국에서 2011년 8월까지 판매하였다. 이는 GM의 '항속거리연장형' 하이브리드자동차 'Chevy-Volt' 판매대수의 12배에 해당하는 수치이다 [11].

'LEAF'의 이러한 낮은 가격은 California주의 ZEV 연비규제를 충족시키는 차종으로서 미국 내에서의 판매량 증대를 위한 Nissan의 전략적인 가격 설정이라고 볼 수 있다.

3-2. 생산가 저감을 위한 Nissan의 활동

3-2-1. 'LEAF'의 제원과 환경/주행 성능

5인승 배터리전기자동차로서 미국에서 경합할 수 있는 전기자동차로는 Nissan의 'LEAF'와 Ford의 'Focus Electric'이 있으며 두 자동차의 사양과 성능은 표 4와 같다. Nissan은 연방정부의 세계 혜택과 여러 주의 각

표 4. Nissan 'LEAF'와 Ford 'Focus Electric' 비교 [2]

Nissan 'LEAF'	항목	Ford 'Focus Electric'
32,780	세전 가격(\$)	30,000-40,000(잠정)
Front Motor, FWD, 5인승, 4door, hatchback	형식	Front Motor, FWD, 5인승, 4door, hatchback
107마력/207lb-ft, AC	구동 모터	123마력/181lb-ft, AC
1-speed automatic	변속장치	1-speed automatic
3400	차중(lb)	3700
106.3	차륜간격(in)	104.3
175.0×69.7×61.0	길이×폭×높이(in)	171.7×72.4×58.9
10.0	0-96km/h도달시간(초)	10.0
73	항속거리(EPA,마일)	100
미국 전역2011시판중	시판시기	2011 후반



그림 5. Ford 'Focus Electric'과 Nissan 'LEAF'의 외관 [2]

종 보조금 및 보급정책이 시행되는 기간 동안에 시판에 들어갔다.

그림 5는 Ford 'Focus Electric'과 Nissan 'LEAF'의 외관이다.

표 5는 Nissan 'LEAF'의 EPA가 실시한 L4 test cycle 평가결과이다. 운전 환경에 따라 크게 변하고 있음을 알 수 있다. 또한 이 주행모드는 일반적으로 저 토크(torque)로 주행되는 것으로 알려져 있다. 실제 주행보다 부하와 토크가 클 경우의 주행거리는 짧아진다.

3-2-2. 양산체제 구축 [9]

2010-10월에 연산 50,000대 규모로 일본 Oppama 공장에서 제조를 시작하였으며 2010년 말부터 일본과 미국에서의 판매를 개시하였다. 또한 미국 오바마 행정부가 지원하는 14억 달러의 저리융자를 활용하여 Tennessee주 Smyrna에 연간 150,000대 규모의 'LEAF'

표 5. Nissan ‘LEAF’의 EPA L4 연비 [9]

Summary of the Nissan’s results using EPA L4 test cycle operating the Leaf under different real-world scenarios ^[59,60]								
Driving condition	Speed		Temperature		Total Drive Duration	Range		Air condition
	mph	km/h	°F	°C		mi	km	
Cruising(ideal condition)	38	61	68	20	3 hr 38 min	138	222	off
City traffic	24	39	77	25	4 hr 23 min	105	169	off
Highway	55	89	95	35	1 hr 16 min	70	110	In use
Winter, stop-and-go traffic	15	24	14	-10	4 hr 08 min	62	100	Heater on
Heavy stop-and-go traffic	6	10	86	30	7 hr 50 min	47	76	In use
EPA five-cycle tests ^[7]	n.a.					73	117	Varying

및 EV용 리튬이온 이차전지 제조설비(연산 200,000 대 용량)를 구축하고 생산을 시작할 것이다. 여기에는 1,300명의 일자리가 발생한다.

영국 정부로부터 2,070만 파운드, 유럽투자은행으로부터 2.2억 파운드의 용자를 받아 2013년까지 영국 Sunderland에 연산 50,000대의 ‘LEAF’ 공장에 공급하기 위한 연산 60,000개의 리튬이온 이차전지 제조설비를 갖출 것이다.

리튬이온 이차전지의 연간 총생산량은 일본 내 생산량을 합쳐 총 500,000대가 될 것이다. 이는 NEC와의 합작회사 Automatic Energy Supply Co.(AESC)가 담당하며 ‘LEAF’의 연간 생산규모는 200,000대에 이르게 된다.

3-2-3. 주요부품의 공용화

Renault와의 협력을 활용하면서 양산효과를 이르고자 하는 활동을 정리하면 그림 6과 같이 된다.

모터와 엔진은 Nissan Yokohama 공장에서, 인버터는 Zama사업소의 ‘Fuga Hybrid’와 공용라인에서 생산되고 있다. ‘LEAF’의 조립은 Oppama공장에서 수행된다.

전기자동차는 엔진을 탑재하지 않기 때문에 엔진의 구동력으로 작동하던 에어컨, 브레이크용 부압장치 등을 사용할 수 없어 새로이 개발해야 된다. 협조 회생브레이크시스템과 전동과워스티어링시스템도 2010년에 판매를 개시한 ‘Fuga Hybrid’ 제품과 공용으로 사용함으로써 가격 저감에 도움을 받고 있다.

전동컴프레서와 전동브레이크 및 PTC(Positive Temperature Coefficient) 히터는 ‘Fuga Hybrid’ 제품과 공용으로 사용하고 에어컨의 실내 장치는 휘발유엔진 자동차인 ‘Juke’와 ‘Cube’의 것과 공용으로 사용한다. 모터는 전동트럭 ‘e-NT400 Atlas Concept’와 공용한다.



그림 6. Nissan-Renault 양산규모효과 사업 [13]

4. 배터리전기자동차 요소기술의 기술동향

4-1. 구동용 모터

4-1-1. 전동차량 구동용 모터의 특징 (산업용/철도용 모터와의 차이)

산업용이나 철도용 모터와는 다음 세 가지에서 크게 차이가 난다.

- 사용되는 부하범위가 넓고 시계열적으로 무작위(random)한 운전패턴(driving pattern)에 따라 시시각각으로 변화하는 교통상황에 대하여 운전자의 제어개입 빈도가 높다.
- 전력계통의 전력을 받아 가동되는 산업용이나 철도용과는 달리, 자동차용에서는 전류, 충전상태/온도 등에 따라 전압이 크게 변동하는 이차전지나 연료전지로부터 전력을 공급받는다. 따라서 전원전압의 변동에 대한 고려가 있어야 한다.
- 기계동력 전달계통의 강성이 전차 등과 비교하여 상대적으로 낮다. 운전자의 엑셀 조작속도, 개도 등

에 대하여 차량상태에 대응되는 보정을 시행하여 구동계통이나 자동차에 불쾌한 진동을 발생시키지 않도록 제어해야 한다.

4-1-2 전기자동차용 모터의 동작점

공식적인 연비, 전지 및 항속거리 측정을 위하여 미국의 시가지 주행모드인 LA#4 모드와 고속도로 주행모드인 HWFET 등 국가에 따라 주행모드를 제정하여 시행하고 있다, 이러한 주행모드에서는 비교적 낮은 부하 시의 효율이 강조된다.

실제 주행 시의 구동회전수와 출력요구 분포를 그래프로 나타낸 그림 7을 보면 광범위한 운전영역이 사용되고 있음을 알 수 있다. 구동모터는 이들 출력요구를 모두 수용할 수 있는 성능을 구비해야 한다.

하이브리드자동차는 엔진효율이 좋아지는 고속영역에서 엔진을 사용할 수 있으나 배터리전기자동차용 모터는 고속회전영역에서도 고효율이어야 한다.

현재 양산/시판이 되고 있거나 계획되고 있는 전기자동차에는 유도모터와 영구자석모터가 구동용 모터로 사용되고 있다.

일본 등에서는 회전자의 적층 구조강판 속에 영구자석을 배치하는 매입형 영구자석모터에 릴럭턴스 토크를 활용할 수 있도록 한 영구자석 릴럭턴스 모터(PRM: Permanent Magnet Reluctance Motor)가 널리 사용되고 있다. 제어가 용이하고 파괴강도를 높일 수 있어 소형 경량화가 가능하다.

4.2. 유도모터(Induction Motor)

Tesla의 Roadstar 및 모델 S, GM의 ‘Chevy-Vo’lt Range Extender EV 등 미국과 유럽에서는 유도모터가 주로 사용되고 있다. 군사기술로서 개발된 소형 고출력 유도모터기술이 바탕이 되어 발전하고 있다.

유도모터기술은 기술이 성숙되어 추가 발전 가능성이 없다. 그림 8과 그림 9에서 보듯이 알루미늄 다이캐스팅(die casting) 대신에 구리 다이캐스팅 회전자를 사용하는 경우가 많아졌다. 이는 전기저항을 저감하고 수반되는 열 발생량을 저감시켜 열 제거가 쉬워진다 [16]. 전기저항의 저감으로 전도체 단면적을 줄일 수 있어 보다 강력한 자속을 만들 수 있으며 발전 토크를 증대시켜 구동력이 향상된다.

고전자용 전자강판으로 투자율이 양호한 Soft Magnet composit으로 구리 손실을 줄이는 기술이 개발되고 있다 [16].

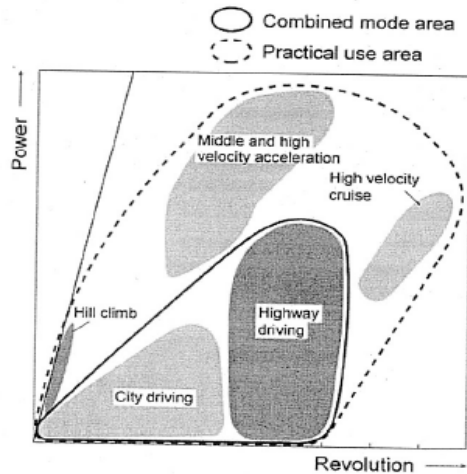


그림 7. 전동차량 모터의 동작점 [14]



그림 8. 구리 die-cast 회전자 [15]

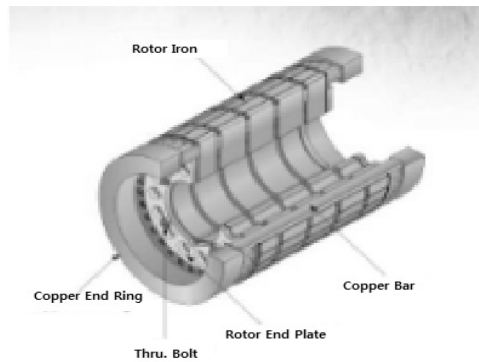


그림 9. 구리 회전자 단면도와 냉각채널 [15]

4.3. 매입형 영구자석 모터

(Interior Permanent Magnet Motor)

4-3-1. 개황

표 6은 일본에서 제작된 하이브리드자동차/배터리 전기자동차 등 전동차량에 탑재된 영구자석모터시스템의 사양들이다.

Nissan과 Mitsubishi의 계통전압이 330~346V인 것과 대조적으로 Toyota는 2003년형 Prius 이후에 영구자석 릴럭턴스 모터를 탑재하고 있고 Lexus 600h

표 6. 일본 전동차량 탑재 모터사양 [17]

모델명	'97 Prius	'04 Prius	'10 Prius	Insightt	Fit	I-MiEV	'LEAF'	LEXUS 600h	Fuga
제조업체	Toyotaa	Toyotaa	Toyota	Honda	Honda	Mitsubishi	Nissan	Toyota	Nissan
발매시기	'97	'03	'09	'09	'10	'09	'10	'07	'10
전동방식	HEV	HEV	HEV	HEV	HEV	EV	EV	HEV	HEV
차량무게(kg)	1240	1290	1490	1200	1170	1100	1520	2230	1860
모터	자석방식	IPM	PRM	PRM	IPM	IPM	IPM	-	-
	최대출력(kW)	33	50	60	10	10	47	165	50
	최대토크(N.m)	350	400	207	78	78	180	280	300
	최대회전수(rpm)	6000	6400	13900	6000	6000	8500	10390	
	최고전압(V)	274	500	650	100	100	330	345	650
변속비	CVT	CVT	CVT	-	-	-	-	CVT	-
감속기어비			2.936					1.9/3.9	

HEV: 하이브리드자동차, EV: 배터리전기자동차, IPM: 매입형 영구자석모터, PRM: 영구자석 릴럭턴스모터, CVT: 전기식 무단변속기

와 2010년형 Prius까지 계통전압을 650V로 높여 역기전력을 이기도록 하였다. 또한 저회전영역의 토크 증대를 위하여 유성기어방식의 감속기어를 도입하고 있다.

고성능 NdFeB자석과 고성능 전자강판을 제조하는 제조업체가 일본에 집중되어 있고 영구자석모터를 연구 개발하는 대학과 기업이 많아 일본에서는 일찍부터 영구자석모터를 전동차량용으로 개발하는 하는 기관이 많았다.

Honda가 1998년에 시판한 하이브리드자동차 Insight와 2002년에 발표한 연료전지 하이브리드자동차 FCX에는 표면영구자석(Surface Mounted Permanent Magnet)모터를 사용하고 있었으나 Toyota는 1997년의 하이브리드자동차인 Prius 때부터 영구자석 토크와 릴럭턴스 토크를 함께 사용할 수 있는 매입형 영구자석 동기모터를 개발하여 장착시켜 왔다.

영구자석모터의 진화와 효율곡선을 표시한 것이 그림 10이다. 영구자석 및 릴럭턴스 토크의 진화과정을 차종 변화와 함께 볼 수 있다. 영구자석 토크만을 사용하는 표면영구자석모터에서 1997형 Prius-I의 매입형 영구자석모터로 진화하고 2004년형 Prius-II와 2010년형 Prius-III에서는 V자형 영구자석을 매입하여 릴럭턴스 토크를 키우고 있다. 역기전력을 이기고 고회전영역의 효율 향상을 위해 인버터/리액터를 사용하여 시스템 전압을 650V로 높이고 있다.

Toyota 하이브리드시스템에 도입된 전동차량용 회전 전자 전자강판과 고정자 권선방식을 나타낸 것이 그림 11이다. 분포권형식의 고정자권선과 NdFeB영구

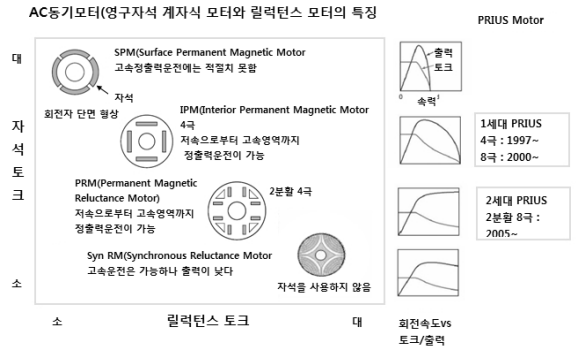


그림 10. 영구자석을 사용한 모터의 종류와 토크 [18]



그림 11. 2010형 Prius의 회전자와 고정자 및 Camrey 하이브리드와 Lexus 600h 하이브리드자동차용 모터 회전자용 적층전자강판 [19]

자석을 V자형으로 삽입하고 있음을 볼 수 있다.

Lexus 600h에서는 소음을 저감시킬 목적으로 영구자석을 ∇형으로 매입하고 있다.



그림 12. Nissan 'LEAF' 탑재 영구자석모터의 단면도 모델 Shin-Etsu Chemical의 Dy저감 NdFeB영구자석 탑재 [20]

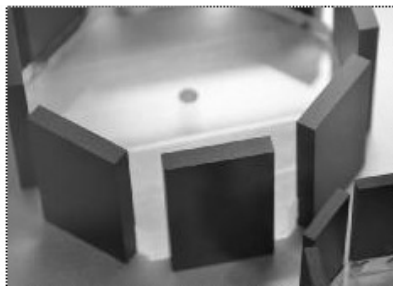


그림 13. Shin-Etsu Chemical의 Dy 60% 저감 NdFeB영구자석 [20]

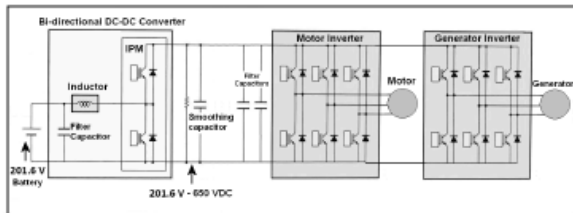


그림 14. Toyota 2010 Prius의 승압시스템 [19]

Nissan 'LEAF' 탑재에 된 영구자석모터의 단면도 모델과 외관은 그림 12와 그림 14와 같다. 그림 13은 여기에 탑재된 영구자석이며 Shin-Etsu Chemical이 제공하였다.

4-3-2. 모터의 대표적 제어

구동용 모터의 제어방식을 정리한 것이 표 7이다. 오르막길의 고속 저토크 상태에서 고속도로 정속주행시의 고속 저토크 상태까지 폭 넓은 운전영역이 요구된다. 따라서 모터는 저회전 및 고회전 영역에서 모두 높은 효율이 요구된다. 모터 제어방식으로는 기본적으로 벡터제어방식이 채택된다.

최대 토크가 요구되는 운전영역에서는 최대 토크

표 7. 각종 전동차량의 모터형식과 제어방식의 변천 [14]

연도	제조업체/모델명	국명	차종	모터형식	모터제어방식
1996	GM/EV1	미국	EV	유도모터	벡터 제어
1996	Toyota/Rav4EV	일본	EV	SPMSM	벡터 제어
1996	Honda/EV-Plus	일본	EV	SPMSM	네모파 맵 제어
1997	Toyota/Prius	일본	HEV	IPMSM	벡터 제어
1999	Honda/Insight	일본	HEV	PMSM	네모파 맵 제어
2002	Honda/FCX	일본	FCV	Inset SPSM	벡터 제어
2002	Toyota/FCHV	일본	FCV	IPMSM	벡터 제어
2003	Toyota/Prius-II	일본	HEV	IPMSM	벡터 제어+승압제어
2009	Toyota/Prius-III	일본	HEV	IPMSM	벡터 제어+승압제어
2009	Honda/FCX Clarity	일본	FCV	IPMSM	벡터 제어
2009	Mitsubishi/I-MiEV	일본	EV	IPMSM	벡터 제어
2009	Tesla/Roadster	미국	EV	유도모터	벡터 제어
2010	BMW/Mini-E	독일	EV	유도모터	벡터 제어
2010	Nissan/'LEAF'	일본	EV	IPMSM	벡터 제어
2010	GM/Chevy-Volt	미국	HEV	유도모터	벡터 제어

제어가 사용되고 기초회전수를 초과하는 속도영역에서는 약계자제어가 사용된다.

약계자제어를 사용해도 전압 제한 값에 도달하면 전류를 흘릴 수가 없게 된다. 해결법으로는 인버터를 구형파로 하고 펄스 모드를 1-펄스모드로 바꾸어 인가전압의 실효값을 높이는 기법이 있다. 초대 'Prius'와 Honda 'FCX'에서 사용된 방법이다.

전동차량의 전원전압은 변동 폭이 매우 크다. 전압에 여유가 있는 영역에서는 큰 문제가 되지 않으나 약계자제어를 사용하여 최대출력 제어를 해야 하는 영역에서는 출력에서의 오차가 커져 동력 성능이 크게 저하된다.

4.4. 구동모터의 고속회전영역 효율 증대

4-4-1. Toyota THS-II 인버터의 입력전압 고압화시스템

영구자석을 사용하는 모터에서는 고회전영역에서는 고전압에 유기되는 역기전압(back emf)이 전원전압을 능가하여 전류를 흘릴 수 없게 된다. 이의 해결방법으로 이차전지의 직렬 연결단수를 높여 전원전압을 높이는 방법이 있으나 이에선 전지 셀(cell) 개수의 증가 등 기술적, 경제적 문제가 발생한다.

2003년형 'Prius'부터는 그림 14에서 보듯이 이차전지 팩(pack)과 인버터 사이에 스위칭 소자와 리액

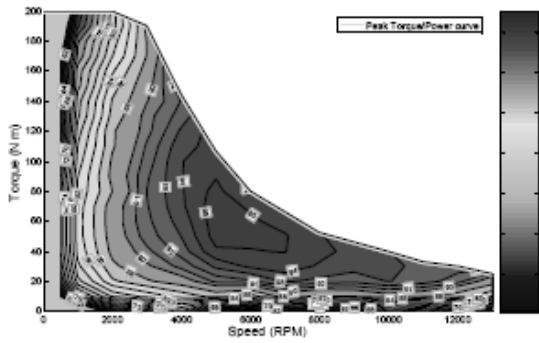


그림 15. 650V DC에서의 2010 Prius 모터와 인버터의 효율곡선 [19]

터로 구성된 승압장치를 배치하여 인버터 입력전압을 높였다. 이의 도입으로 모터회전수를 크게 증가시켜 모터의 소형 고출력화를 실현시켰다.

이 시스템은 직렬/병렬형 하이브리드시스템용으로 개발된 시스템이지만 이후의 모든 Toyota 전동구동 차량에 적용되고 있고 모든 구동력 모터에 적용할 수 있는 시스템이다.

배터리 출력전압은 201.6V이지만 계통전압은 201.6 ~ 650V DC가 된다. 650V DC로 승압하였을 때의 모터와 인버터 통합효율 곡선이 그림 15이다. ORNL의 평가시험에서 12,000rpm 이상에서도 92%의 효율을 나타내는 것으로 밝혀졌다.

4-4-2. 모터의 구조변화에 의한 대응

영구자석의 구조를 변경하여 영구자석모터의 회전수에 따라 발생하는 자속을 변화시킴으로써 역기전력을 변화시키는 기술이 개발되고 있다. 이들은 ① 가변자력방식, ② 하이브리드계자모터방식, ③ 권선 교체방식으로 구별할 수 있다.

(1) 가변자력방식

회전자를 그림 16과 같이 축방향으로 2등분하여 그 사이에 사마륨-코발트(Sm-Co) 가변자력 영구자석을 삽입하는 구조로 되어 있다. 원주로 요철(凹凸) 철심형인 전자강판 철심의 앞부분의 회전자 요(凹)부위 모두에는 자력이 변하지 않는 NdFeB의 N극이 배치되도록 하고 뒷부분의 철(凹)부위 모두에는 자력이 변하지 않는 NdFeB의 S극이 배치되도록 한다. 이들 사이에 배치된 사마륨-코발트(Sm-Co) 가변자력 영구자석은 고전자속에 배치한 축방향 자화코일의 직류여자로 제어할 수 있다.

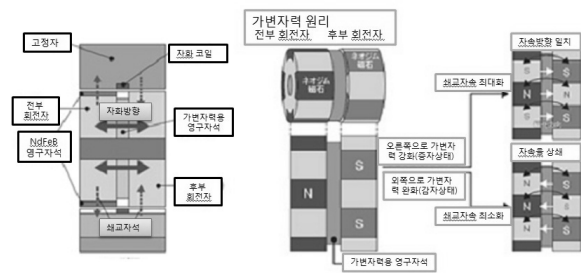


그림 16. 가변자력 모터 [21]

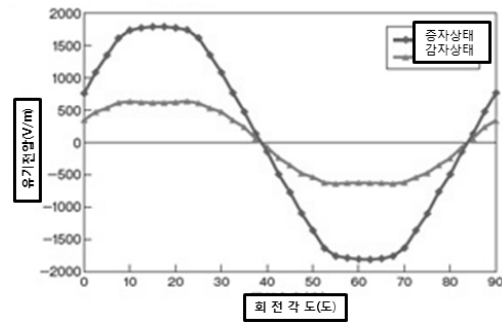


그림 17. 가변자력모터 시뮬레이션 해석 [21]

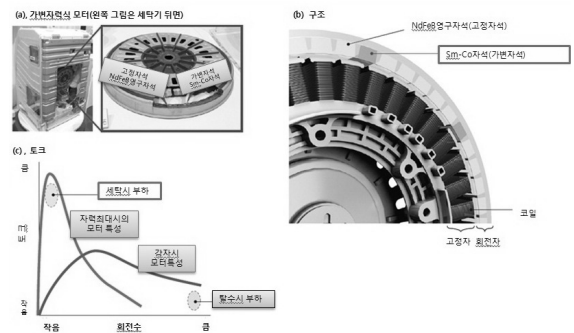


그림 18. 가변자력을 이용한 효율향상 [22]

최대토크 시에는 증가하여 쇄고자속을 최대가 되도록 하고 모터수의 회전수를 높이기 위해 감자시켜 가변자속이 영구자석의 자속을 상쇄시키는 방향으로 여자하여 유기전압을 낮춘다.

그림 17은 3,000rpm의 회전속도에서 모터 유기전압이 약 37~100% 변화함을 시뮬레이션 해석으로 확인한 것이다. 권선의 실효치를 360A까지 흘린 경우에 최대토크의 평균치는 1872Nm를 나타냈다. 이 값은 하이브리드자동차나 전기자동차용 모터에 사용하는 값과 동등하다.

그림 18은 Toshiba가 전기세탁기용으로 개발한 가변자력모터의 개념도와 단면도 모델이다.

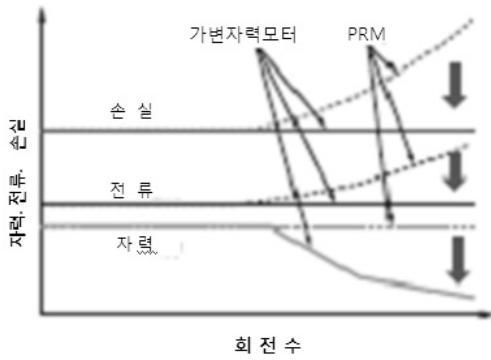


그림 19. PRM과 Toshiba 가변자력모터의 동작과 손실 [23]

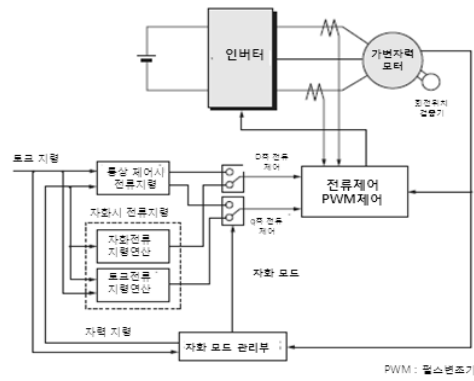


그림 21. Toshiba 가변자력모터의 시스템 구성 [23]

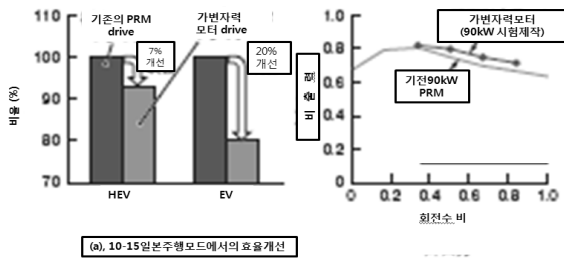


그림 20. Toshiba 가변자력모터에 의한 손실개선과 출력 향상 [23]

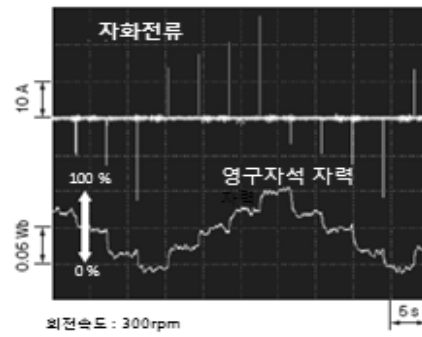


그림 22. Toshiba 가변자력모터의 자력제어 시험결과 [23]

그림 19는 Toshiba가 90kW의 가변자력모터를 시험제작하여 고회전영역에서의 손실이 저감되고 전류를 일정하게 유지하면서도 자력을 저감시킬 수 있음을 확인한 결과이다.

HEV와 EV의 일본 10·15주행모드에서 효율을 측정한 결과, 그림 20과 같이 HEV에서는 7%, EV에서는 20%의 개선효과가 있음을 확인하였다.

그림 21과 그림 22는 Toshiba 가변자력모터의 시스템 구성과 가변자력 최적제어의 실험결과이다. 펄스형태의 자화전류를 흘려 영구자석의 자력이 제어됨을 보여주고 있다.

그림 23은 Toshiba HEV/EV용 PRM모터의 내부 구조와 효율곡선이다. 고회전수영역에서도 90% 이상의 효율을 보였다. 상품화된 항속거리 160km의 PRM과 비교를 위해 시험제작된 가변자력모터를 사용하여 동등한 주행조건으로 시뮬레이션을 수행한 결과, 항속거리가 219km로 1.4배로 늘어남을 확인하였다. 또한 Toshiba는 Aishin AW를 통하여 Ford의 하이브리드자동차에 공급하고 있고 Honda도 이 시스템을 사용한다.

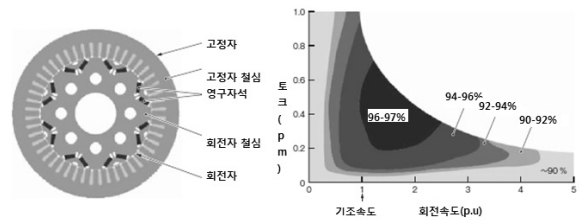


그림 23. Toshiba의 PRM과 효율곡선 [18]

(2) 하이브리드계자모터 [24]

Nagoya Kogyo대학의 T. Kosaka팀은 NeFeB 영구자석 사용량이 1/2로 저감되고 최대출력 123kW, 출력밀도 3.4kW/Kg의 모터를 개발하였다. 영구자석의 감량을 전자석의 자력으로 보완하는 하이브리드계자모터를 개발하였다 [25].

철분 등 자성을 띠는 입자의 표면을 절연피복으로 처리하고 3차원적 구조의 자성부품을 저비용으로 성형할 수 있는 연자성복합분체(SMC: Soft Magnetic Composites)를 사용하여 회전자의 내주/외주에 쇠교자속 회로를 그림 24와 같이 형성시켰다.

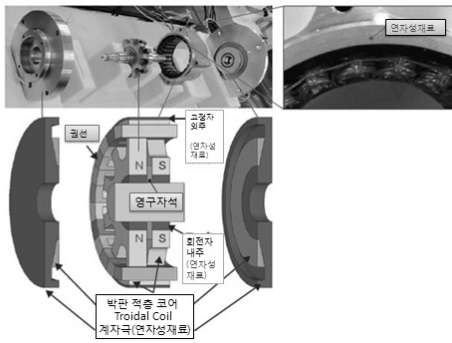


그림 24. 하이브리드계자 모터 [25]

환상코일(Toroidal coil)이 있는 2개 원판 사이에 그림 24와 같은 구조를 갖는 회전자를 삽입하였다. 환상코일은 계자코일로서 전류를 흘려 쇠교자속을 변화시킬 수 있다. 강계자에서는 영구자석과 같은 방향의 자속으로 변화시켜 모터의 쇠교자속이 최대가 되도록 한다. 약계자에는 반대로 자속을 발생시켜 쇠교자속을 최소화한다.

(3) 권선교체방식

고정자의 권선을 두개로 분할하여 저회전 시에는 모든 권선에, 고회전 시에는 일부의 권선에만 전류를 흘림으로써 저속 시와 고속 시에서 효율을 변화시킬 수 있으며 구조적으로 간단하다. 가변자력방식이나 하이브리드계자방식에 비해 교체단수가 제한되지만 이를 실제에 적용한 예가 있다.

(가) Yasukawa Denki의 권선교체방

- 그림 25는 Yasukawa Denki(安川電機)가 개발한 권선교체방식 영구자석모터이다. 직렬로 연결한 권선을 교체하는 방식이다. 그림 26과 같은 회로를 사용하여 교체에는 2개의 IGBT 반도체 스위치를 사용하여 순간적으로 교체할 수 있어 교체 시에 발생하는 충격(shock)을 감소시켰다. 권선을 교체함으로써 최대효율 영역이 두 곳이 되었고 거의 모든 영역에서 90% 이상을 실현했다.
- 저회전 시에는 모든 권선을 사용하고 고회전영역에서는 약 절반의 권선만을 사용한다. 저속모터와 고속모터의 특성을 살려 고효율화 하였다.
- Prius-II 이후의 Toyota 하이브리드자동차시스템에서는 초퍼(chopper)와 리액터를 사용한 승압컨버터를 이용하여 인버터의 공급전압을 높인 방식과 비교하여 내전압이 높은 반도체를 사용하지 않아 승

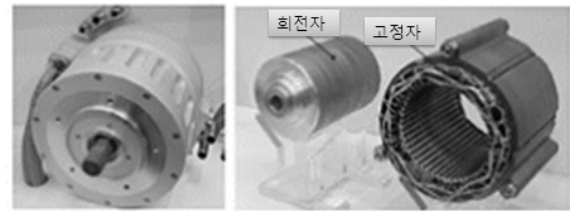


그림 25. 권선교체방식 모터의 외관과 내부 [25]

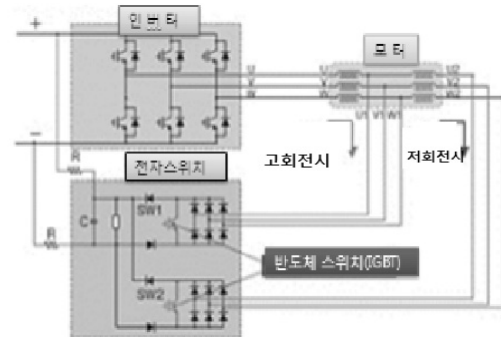


그림 26. 전자스위치에 의한 권선교체 [25]

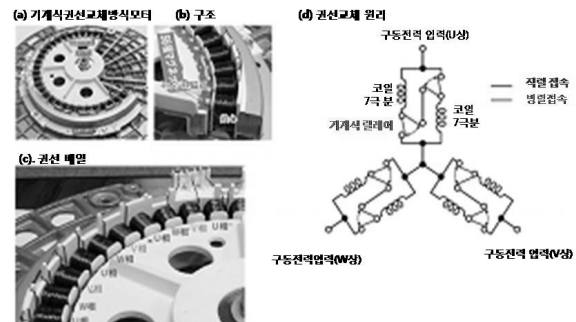


그림 27. Hitachi의 권선교체방식 [26]

압회로에 의한 효율 저하가 없다.

(나) Hitachi 세탁기의 권선교체방식

- Hitachi는 신뢰성과 양산특성을 고려하여 기계식 권선교체방식을 택하였다. 56극 회전자와 42극 고정자로 구성하고 각 극의 권선은 u,v,w의 순서로 배열시켰다. 고정자를 좌우로 양분하고 좌우의 상은 기계식 릴레이로 직렬과 병렬로 교체한다. 그림 27은 권선배열과 권선교체원리를 보여준다.
- 권선은 세탁 시의 저회전/고토크 요구에는 직렬로 연결하고 탈수 시의 고회전/저토크 요구에는 병렬로 연결하여 역기전력이 직렬 시의 반이 되도록 했다. 이것으로 소비전력을 대폭적으로 삭감시킬 수 있었다.

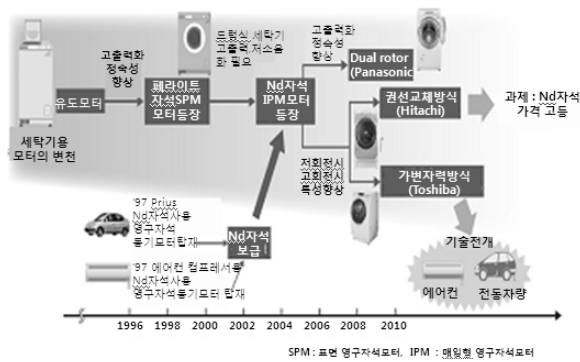


그림 28. 세탁기용모터와 전동차량용 모터의 변천 [27]

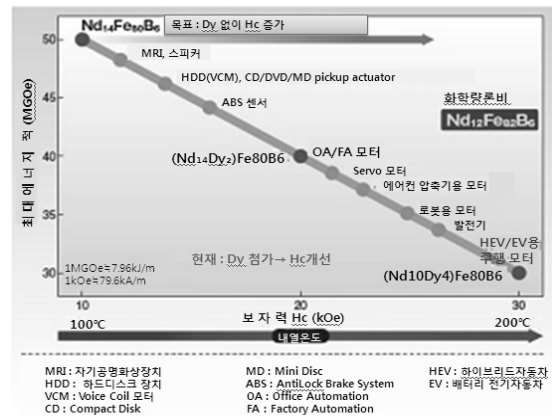


그림 29. NdFeB 영구자석에서의 Dy의 역할 [28]

4.5. 하이브리드자동차 - 전기세탁기 - 전기자동차용으로 영구자석모터의 진화 [29]

일본에서 NdFeB 영구자석의 기술개발은 ‘Prius’와 실내에어컨의 컴프레서용 모터에 사용되기 시작하면서 그 양산효과로 가격이 내려갔고 저음이면서 소형의 세탁기 수요가 증가하여 NdFeB 영구자석이 사용되기 시작하였다.

세탁기는 세탁 시에 저속으로 회전/반전하면서 큰 토크로 회전해야 하지만 탈수 시의 토크는 세탁 시의 1/6, 회전수는 약 30배가 되어야 한다.

또한 고출력화와 야간 사용을 위해서는 저음성이 요구되었다. Panasonic은 Dual 회전자방식을 채택하였으며 Hitachi는 저회전 및 고회전 시의 특성 향상을 위하여 권선교체방식을 채택하였고 Toshiba는 가변자력방식의 NdFeB 영구자석모터를 개발하여 사용하였다. 그리고 이들 방식이 차량 전동화 기술의 기반이 되었다. 그림 28은 하이브리드자동차 - 전기세탁기 - 전기자동차용 영구자석모터의 기술 진화관계를 보여준다.

자동차용 모터 개발에서는 우리나라가 후발주자이지만 세탁기 등 백색가전에서는 기술적 우위에 있기 때문에 이들 분야에서도 앞으로 충분히 따라갈 수 있을 것으로 보인다.

4.6. NdFeB 영구자석의 디스프로슘(Dy, Dysprosium)/테르븀(Tb, Terbium) 저감대책과 Free화 대책

4-6-1. NdFeB 영구자석에서의 Dy 함량과 사용기기의 관계

NdFeB 영구자석 사용 기기에서의 Dy 사용량은 사용기기에 따라 그림 29에서 보듯이 다르다.

전동차량용 NdFeB 영구자석 모터에는 역자장에 대

한 내성과 고온에서의 특성 향상을 위하여 Nd양의 약 40%를 중희토류 금속인 Dy나 Tb로 치환하여 사용하고 있다.

중국 하남성과 홍콩 북방지역의 이온 흡착광에서 생산되고 있는 이들 중희토류 원소는 지각 내 존재량이 Nd의 10~20%, Tb는 2~4%로 알려져 있어 매우 귀하고 고가이다. 중국 정부는 이들 자원의 보호 정책을 펴고 있어 향후 조달에 어려움을 겪을 위험이 높으며 그에 대한 대책으로 Dy나 Tb를 사용하지 않거나 사용량을 저감시킬 수 있는 기술개발이 필요하다.

4-6-2. Dy 저감대책

(1) 입계확산 합금법

중희토류 금속은 종래의 2원합금법으로 균일하게 자분 속에 분포시키는 것보다 자분경계를 피막형태로 모두 피복하는 것이 첨가효과가 크다고 알려져 있다.

Nissan ‘LEAF’에 장착된 주행용 모터에는 Shin-Etsu Chemical이 개발한 Dy 함량이 저감된 NdFeB 영구자석이 사용되고 있다. Shin-Etsu Chemical은 Toyota의 하이브리드자동차용으로도 이를 공급하였었다 [20].

NdFeB 자석의 자분입계에 Dy나 Tb를 확산시키는 것이보자력과 비례하는 이방성자계가 커진다. NdFeB 자분을 소결한 뒤에 액상화가 가능한 Dy나 Tb 화합물(Shin-Etsu Chemical은 불화물, TDK는 수소화합물) 속에 담구거나 도포하여 소결자석 표면에 막을 형성시킨다. 이를 열처리로 분해하여 입계에 Dy나 Tb를 확산시킨다.

Hitachi Metal은 진공 챔버(chamber) 속에 소결 후의 자석과 Dy나 Tb를 넣어 가열한다. 가열로 인해 Dy 증기가 자석의 입계에 확산한다 [29].

(2) 차등보자력 분포

Surface Mounted PM에서는 회전자의 회전방향에 대하여 자석의 가운데보다 끝부분이 고정자코일로부 터의 반발력이 크기 때문에 역자계에 의한 감자가 쉬 운 것에 주목하였다. 가운데부분의 보자력은 끝부분 보다 작아도 된다.

자석의 위치에 따라 Dy 등의 분포에 차이가 나도 록 함으로써 Dy의 사용량을 감소시키는 기술이 개발 되고 있다. Shin-Etsu Chemical은 끝부분부터 Dy를 확산시키는 방법으로 기술을 개발하고 있고 TDK는 Dy 슬러리를 부분적으로 도포하는 기술을 개발하고 있다 [26].

4-6-3. Dy-Free NdFeB자석 개발

(1) HDDR기법과 계면Nd-Cu확산법 [31,32]

수백 μ m 정도의 Nd-Fe-B자분을 그림 30과 같은 HDDR (Hydrogenation-Disproportionation-Desorption-Recombination) 처리패턴으로 250 nm 정도의 이방성자분 으로 미립화 한다.

화학적 방법으로 미립화 하였기 때문에 Nd-rich영 역의 산화가 적어 자기적 특성 유지에 도움이 되고 계면에서의 자기적 독립성 확보를 향상시킨다.

HDDR 처리패턴으로 제작한 NdFeB자분과 용접 이 520 $^{\circ}$ C인 Nd-Cu합금의 분말을 혼합하여 그림 31 과 같은 패턴으로 spark-plasma법으로 약 600 $^{\circ}$ C에서 저온 소결하면서 hot-press하여 자화의 이방성을 향 상시켰다.



그림 30. HDDR 처리패턴 [32]

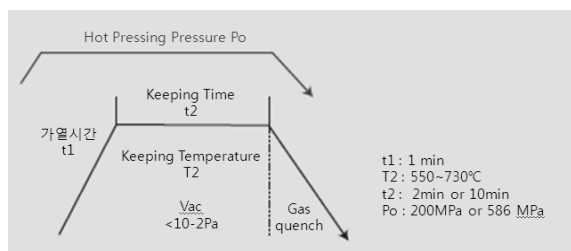


그림 31. Hot Press 처리패턴 [32]

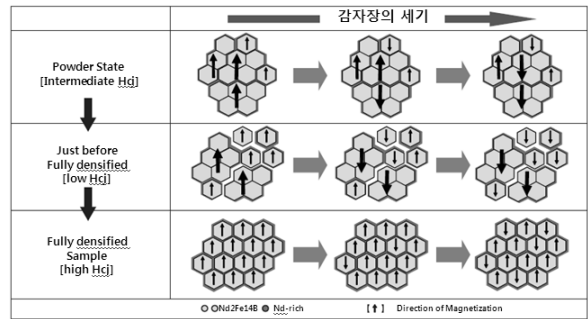


그림 32. HDDR기법과 Hot-Press법으로 개발한 Dy-free NdFeB영구자석 자력특성 [32]

Nd-Cu합금을 사용한 것은 Nd-rich 층에 Cu를 혼 합시켜 보자력을 향상시키기 위한 것이다. Nd-rich층 으로 250 nm급의 자분을 감싸줌으로써 자화반전 거 동에 대한 저항력을 높였다. 이를 개념화시켜 설명한 것이 그림 32이다. Dy 등의 중희토류 금속의 첨가 없 이도 고밀도화와 Nd-rich층의 피막으로 단자구의 독 립성을 향상시키고 있음을 확인할 수 있다.

이는 일본 문부과학성의 「원소전략 프로젝트」의 일 환으로 보자력 25~30 kOe의 HEV/EV용 Dy-free NdFeB자석 개발을 목적으로 National Institute for Material Science/Hitachi Metal/Kyushu Institute of Technology가 공동 개발한 과제의 성과물이다.

(2) 층상 간격조정/He Jet-Milling과 Press-less Process (PLP) [33,34]

NdFeB영구자석의 발명자로 알려져 있는 H. Sagawa 가 설립한 벤처기업 InterMetallic은 그림 33과 같은 질소가스보다 약 3배의 분쇄력을 갖는 He-Jet Milling 장치를 개발하여 NdFeB합금자분을 1.1 μ m까지 미립 화 하는데 성공하고 표면산화도 억제하였다.

분쇄할 자분은 Santoku가 개발한 기술을 사용하였 고 Nd-rich층이 미립자 표면을 충분히 피복하도록 Nd-rich층의 lamella 간격을 3~4 μ m로 단축시킨 미 립자를 사용하였다. 이로서 단자구 미립자의 자체독립 성을 향상시켜 보자력을 강화하였다. 그림 34는 이 과정의 설명도이다.

자분의 미립화는 표면적의 증가로 Nd-rich층의 산 화가 촉진된다. 이를 방지하기 위해 InterMetallic은 그림 35와 같이 아르곤가스가 충전된 파이프 속에서 치 밀화/자화배향 소결을 완결시켜 20kOe 보자력의 Dy-free 소결자석을 개발하였다.

이 사업은 NEDO의 “희소금속 대체재료 개발” 프

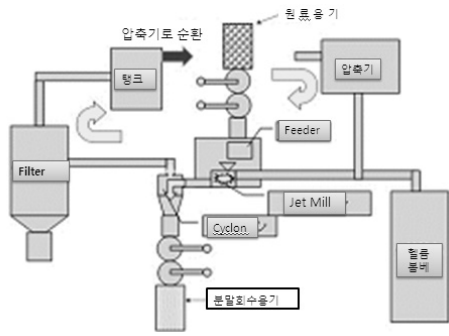


그림 33. InterMetallic사개발의 He-Jet Milling 장치 개념도 [33]

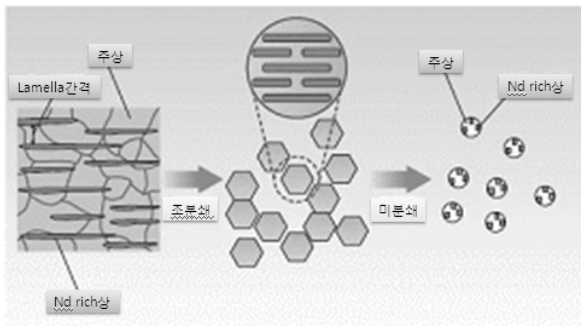


그림 34. lamella 간격과 Nd-rich층의 관계 [34]

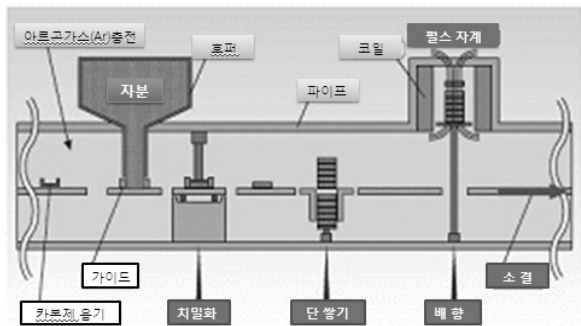


그림 35. InterMetallic사의 PressLess Process 개념도 [34]

로젝트의 일환으로 InterMetallic와 Tohoku대학이 공동으로 수행하고 있으며 보자력이 25~30kOe의 영구자석을 개발하여 HEV/EV용으로 사용할 수 있게 하는 것이 목적이다.

4.7. 전기자동차 탑재 리튬이온 이차전지와 제조업체 [35]

4-7-1. 개황

배터리전기자동차용으로 사용되고 있는 리튬이온 이차전지는 Nissan ‘LEAF’, Ford EV 등에 탑재되고

있는 망간산리튬에 층상천이금속산화물을 첨가한 양극활물질과 탄소계 음극을 사용한 Laminate형과 Tesla 모터의 Roadster와 ‘Model S’에 탑재된 니켈계 양극과 탄소계 음극을 사용한 18650형 원통형 리튬이온 이차전지이다.

Laminate형은 NEC/Automotive Energy Supply/Nissan과 LG화학이 공급하고 있고 18650 원통형은 산하에 Sanyo를 두고 있는 Panasonic이 공급하고 있다. 이들은 모두 양산효과에 의해 가격을 낮추었다.

일본의 전동차량용 축전장치는 Nissan의 경우는 NEC가 공급하는 Ni이 함유된 망간스피넬양극의 laminate형 이차전지, Honda는 GS Yuasa가 공급하는 Li(CoNiMn)O₂계 양극의 각형 이차전지, Toyota는 Panasonic이 공급하는 Li(NiCoAl)O₂ 양극활물질의 각형 이차전지 등이 사용되고 있다.

4-7-2. 리튬이온 이차전지의 공급가격

- 기업비밀에 속하여 아직까지 공개되어 있지 않지만 TEP은 Tesla Roadster에 \$680/kWh, Chevrolet Volt에 \$500~600/kWh, Nissan ‘LEAF’에 \$375~750/kWh로 공급하고 있는 것으로 추정되고 있다 [35].
- Deutsch Bank는 2009년에는 \$650/kWh이었지만 2020년에는 \$325/kWh로 저감될 것으로 전망하였다 [36].
- E. Baker 등 [37]이 주관하는 전문가그룹의 평가는 미국 정부가 \$1.5억/년의 연구개발비를 마련하면 전문가의 66%가 \$200/kWh를 달성할 수 있을 것으로 전망하였으며 20%는 \$90/kWh까지 될 수 있을 것이라고 전망하였다.

4-7-3. 리튬이온 이차전지 제조업체 [35]

표 8은 리튬이온 이차전지 제조업체와 완성차 제조업체 등이 합작기업을 형성하여 공급관계를 구축한 것을 나타낸 것이다. 생산지와 전기자동차 탑재량으로 표시한 생산량도 함께 정리했다. Nissan과 NEC가 합작하여 설립한 AESC는 2015년까지 40만대 이상의 생산능력을 갖게 된다.

그림 36은 전동차량용 리튬이온 이차전지 제조업체와 완성차 제조업체와의 관계를 나타내었다. 그림의 왼쪽에 있는 완성차 제조업체와 리튬이온 이차전지 제조업체는 공동출자회사를 만들어 모듈로부터 팩 조립, 차량 탑재 및 차량제어시스템과의 조정/정합까지를 공동 개발하는 시스템을 구축하고 있다.

그림 36의 오른쪽은 완성차 제조업체가 여러 이차

표 8. 주요 EV용 리튬이온 이차전지 제조업체와 완성차 제조업체와의 투자/제휴관계와 생산계획 [35]

Company	Ownership: Key auto company	Ownership: Battery Company	Factory Location	Investment	Capacity (EV-equivalent Units)		
					2010E	2015E	
Ener1		Ener 100%	Korea	20	15,000	15,000	
			USA	600	30,000	120,000	
Lithium Energy Japan	Mitsubishi 15%	GS-Yuasa 51%, Mitsubishi 34%	Japan	187	21,000	55,000	
Blue Energy	Honda 49%	GS-Yuasa 51%,	Japan	263	20,000	30,000	
Panasonic EV Energy	Toyota 60%	Panasonic 40%	Japan(Li-ion)	111	9,400	9,400	
AESC	Nissan 51%	NEC Group 49%	Japan	145	50,000	65,000	
			USA	1000	0	200,000	
			UK	330	0	60,000	
			Spain	356	0	60,000	
A123		A123 100%	USA	800	0	120,000	
Dow/Kokam	Dow	Kokam America	Korea/China	0	15,000	15,000	
JCI Saft	JCI 51%	Saft 49%	USA	350	0	60,000	
Sanyo		Sanyo 100%	USA	600	0	140,000	
Hitachi Vehicle Energy		Hitachi S/S 65%, Shinkobe 25%, Maxell 10%	Japan(Li-ion)	315	2,000	110,000	
Toshiba		Toshiba 100%	Japan	456	10,000	70,000	
SB LiMotive*	Bosch 50%	Samsung 50%	Japan	278	0	60,000	
LG Chem*		LG 100%	S-Korea	500	0	149,000	
			USA	300	0	111,000	
SK Energy*		SK 100%	S-Korea	113	0	25,000	
LiTec*	Daimler 49%	Evonik-Degussa 51%(cells) Evonik-Degussa 10%(pack)	Germany	100	0	40,000	
	Daimler 90%						
Total				6,824	172,000	1,514,000	
					Average annual growth rate(2010-2015)		54%
					X times		8.8%

Notes *Base capacity oslirate made by DB team

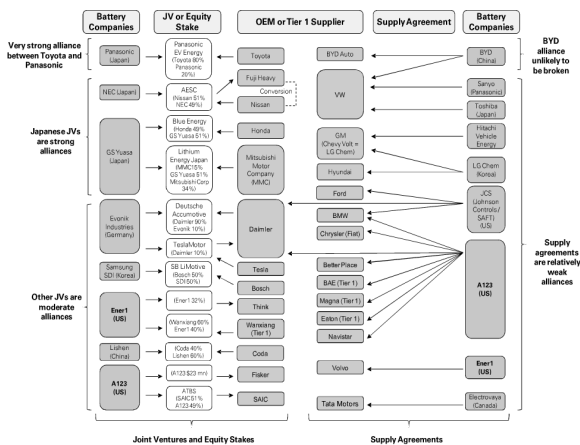


그림 36. 배터리 제조업체와 완성차 제조업체의 협력관계 [35]

전지 제조업체로부터 셀/모듈/팩을 공급받고 있음을 나타내고 있다. 이 경우 GM 등에서 보듯이 여러 이

차전지 제조업체 중에서 경쟁 입찰을 통하여 공급받는 형식을 취한다. 또한 이차전지 제조업체도 여러 완성차 제조업체에 공급함을 나타내고 있다.

IT 산업과 유사한 수평분업적인 공급관계가 형성되고 있음을 알 수 있다.

5. 특허출원동향

5-1 개황

세계 40여 국가의 특허를 수록하고 있는 DWPI(Derwent World Patent Index)를 이용하여 배터리전기자동차 관련 특허분석을 실시하였다. 공개일 기준으로 2000년부터 2011년 4월까지 수록된 특허와 피인용수를 기준으로 분석하였다. 세계 각국에 출원된 전기자동차 관련 특허출원동향을 분석하기 위해 전기자동차 관련 기술을 표 9와 같이 분류하였다.

그림 37은 기술 분류별 특허출원동향을 보여준다.

표 9. 전기자동차 기술 분류

분류	세 부 기 술
모터제어 기술	구동력 배분기술, 인버터 컨버터 기술, 회전속도제어기술(토크제어기술 등), 발전 모터, 모터 냉각기술
배터리 기술	배터리제어기술, 메인배터리 협조제어기술, 보충배터리 제어기술, 배터리 고장검출 및 대응기술, 배터리 냉각기술
전력제어 기술	차량의 내외부간의 전력 입출력 기술, 전원 기동기술, 전원회로기술, 항속거리 향상기술
전기적제동 기술	회생제동기술(회생 토크제어 등), 발전제동기술, 역전제동기술, 복수의 제동방법 및 병용기술
기 타	상기 어느 분류에도 속하지 않은 기술

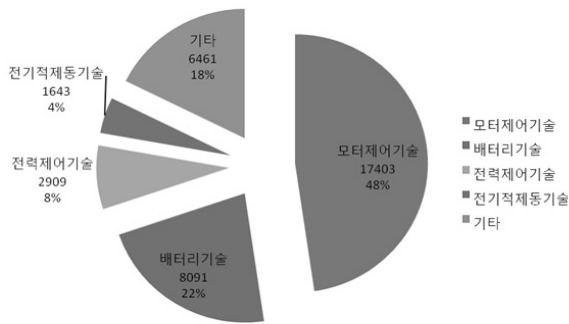


그림 37. 전기자동차 주요 기술별 세계 특허출원 동향

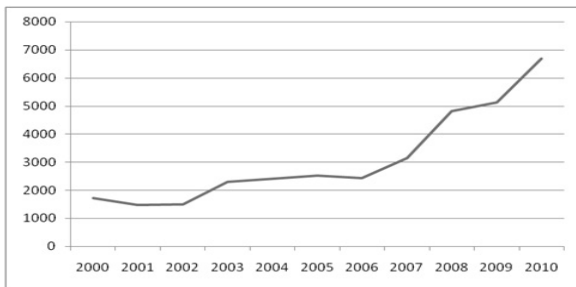


그림 38. 년도별 전기자동차 특허출원 동향(세계)

전기자동차의 주요 핵심기술인 모터 제어기술이 거의 절반을 차지하고 있다. 모터 제어기술은 모터 자체기술, 토크 제어기술 및 인버터/컨버터, 구동력 배분기술 등으로 세분할 수 있다.

배터리기술이 전체 중 약 20%의 점유율을 보이고 있으며 충/방전기술 등의 전력 제어기술과 전기적 제동기술이 그 뒤를 잇고 있다.

그림 38은 연도별 출원건수 추이이다. 2006년에는 불과 2,000~3,000건이었던 전기자동차 분야의 세계 특허출원이 2007년 이후부터 급증하면서 2010년에는 전기자동차 분야에서 7,000건에 육박하는 특허출원이 이루어지고 있다.

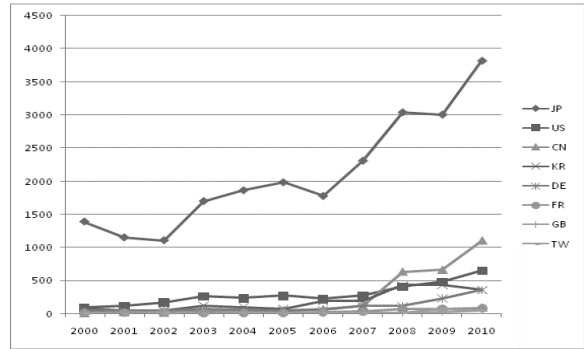


그림 39. 연도-국적별 특허출원 동향

출원인의 국적별 출원건수를 나타낸 것이 그림 39이다. 전기자동차 관련 특허출원이 총 36,500건인데 그 중에서 일본이 2/3를 넘는 24,416건의 특허출원을 하고 있어 이 분야에서 세계 절대강자임을 보여준다.

- 일본(JP)은 2003년 이후 다소 주춤했던 특허출원이 2006년을 기점으로 크게 증가하여 2010년에는 4,000건을 육박하고 있다.
- 중국(CN)은 2005년까지만 하더라도 한해에 불과 50건 밖에 되지 않았는데 2007년에는 120건, 그리고 2010년에는 1,100건으로 급증하고 있다.
- 이 분야의 특허출원에서 세계 2위인 미국(US)과 4위인 한국(KR)은 2005년에 각각 271건 및 77건으로 중국(CN)보다 많은 특허를 출원하였다. 그러나 2008년에는 중국(CN)이 640건의 특허출원으로 478건의 미국을 제치고 세계 2위가 되었으며 이러한 경향은 시간이 갈수록 더욱 크게 벌어질 것으로 전망된다.

그림 40은 출원인 국적별 출원건수를 2000년대 전반기와 후반기 즉, 2000-2005년과 2006-2010년으로 나누어 국가별 구성비를 나타낸 그림이다. 일본 국적의 출원인 출원건수는 증가하고 있지만 국적별 구성비를 보면 전반기(2000-2005)에는 76%를 나타내던 것이 후반기(2006-2010)에는 63%로써 10% 이상 감소한 것으로 조사되었다.

- 같은 기간에 일본 국적의 특허출원건수는 1.5배 증가하는데 그친 반면에 미국은 2배, 중국은 11.6배, 한국은 7.2배가 증가하여 다른 국가들의 증가폭이 높았다. 그러나 전체 출원건수에서는 일본이 다른 국가들보다 10배 이상 많다.

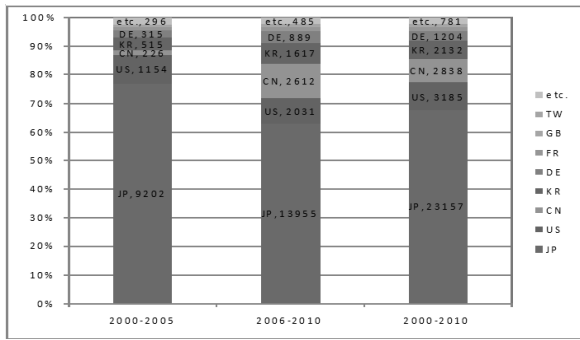


그림 40. 출원인 국적별 특허출원건수 구성비

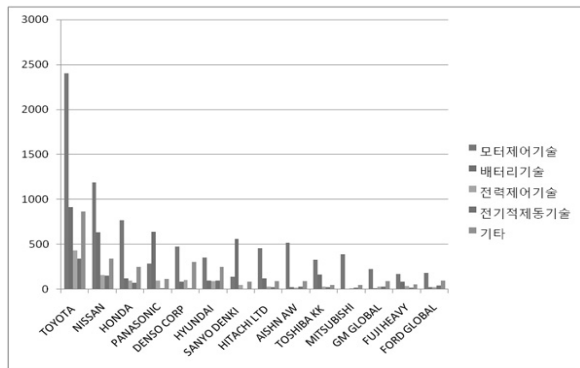


그림 41. 주요 기술-출원인별 특허출원 동향

5-2. 주요출원인별 특허동향

그림 41은 주요 출원인별로 기술 분류한 것이다. 모터 제어기술은 Toyota 자동차가 가장 많은 특허를 소유하고 있으며 Nissan, Honda, Hitachi, Aishin, Denso, Mitsubishi Denki 등이 그 뒤를 잇고 있다. Toyota는 배터리기술 분야에서 선두를 달리고 있으며 Nissan, Panasonic, Sanyo도 선두권을 유지하고 있다. LG화학도 배터리기술 분야에서 세계 top-5에 들며 이들 주요 기업들과 어깨를 나란히 하고 있는 것으로 조사되었다.

주요완성차 제조업체와 부품업체의 기술별 출원건수를 분석한 것이 표 10이다.

표 10. 전기자동차 관련 주요 완성차 제조업체와 부품업체 현황

출원인	모터 제어	배터리	전기적 제동	전력 제어	기타	합계
TOYOTA	2390	916	339	431	875	4951
NISSAN	1188	635	151	156	343	2473
HONDA	767	122	71	100	249	1309
HYUNDAI	356	99	99	94	248	896
TOSHIBA KK	328	166	24	28	48	594
MITSUBISHI	125	39	25	33	61	283
LG CHEM	4	240		12	25	281
DAIMLER-BENZ	41	54	5	11	42	153
GM	76	13	5	15	39	148
BYD CO LTD	38	24	7	13	18	100
CHERY AUTO	44	13	8	10	25	100
RENAULT SA	47	8	16	3	22	96
BMW	44	8	8	4	25	89
VOLKSWAGEN AG	27	8	2	3	16	56
FORD MOTOR	15	1	8	6	11	41
TESLA MOTORS	7	17		9	6	39
HYUNDAI MOBIS	1	2	10		2	15

5-3. 3극 특허 출원동향

출원인별, 국적별의 자국 출원특허와 미국, 유럽 및 일본 등의 3개국에 동시에 출원한 특허를 주요 기술별로 분석한 것이 표 11이다. 이러한 분석은 출원인이 주요 시장이나 영향력이 클 것으로 생각되는 국가들을 살피는 데에 도움이 된다. 또한 출원인이 특별히 중요하다고 생각하는 출원특허를 분류하는데도 많이 사용되는 분석법이다.

5-4. 한국주요출원인별 기술별 특허출원동향

한국의 주요 출원인별, 기술별 출원건수를 정리한 것이 표 12이다. 모터 제어기술 분야에서 가전 3사의 출원건수가 많고 ETRI의 출원도 활발하다. 국제적으

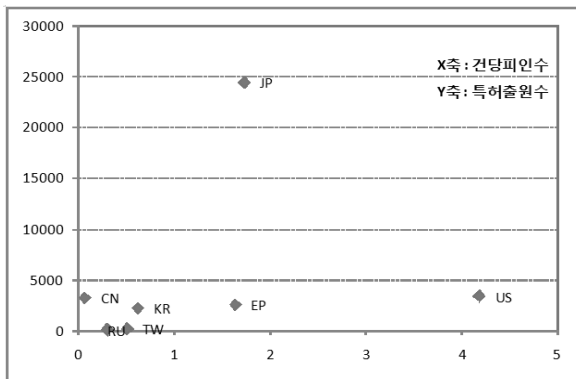
표 11. 전기자동차의 세부기술별 3극특허(US,JP,EP)의 주요 국가별 출원동향

단위: 건수

기술/국가	일본		미국		한국		독일		프랑스	
	3극	전체	3극	전체	3극	전체	3극	전체	3극	전체
모터제어	830	11,335	142	1,559	23	850	57	705	31	185
배터리기술	410	6187	73	577	122	648	13	250	13	59
전력제어	155	1,818	29	359	15	188	3	109	9	54
전기적제동	64	1,012	7	167	1	145	5	91	8	36
기타	225	4,104	34	691	7	436	14	283	11	119
총합계	1,800	19,340	305	2,495	172	1,686	98	1,064	75	298

표 12. 한국 주요 출원인별 기술별 특허출원동향

출원인/기술	모터제어 기술	배터리 기술	전력제어 기술	전기적 제동기술	기타
현대차	343	75	94	99	192
LG 화학	4	231	11		22
삼성SDI	1	178	3		5
LG 전자	77		1		3
삼성전자	39	5			
ETRI	28	2	1		1
KAIST	5	8	9		6
대우전자	27				1
한라공조	2	1			19
만도	4			14	3
SK이노베이션	1	9	3		4
대우차	1	8	2	1	4
현대모비스	1	2		10	2
기아차	1		7	1	6
미래	10				4
NEXCON	2	5	4		2
LSIND SYS.	8	1	2		
KRRI	2	2	2		5
현대중공업	5		4	1	



별례: JP일본, US미국, EP유럽연합, KR한국, CN중국, RU러시아, TW대만

그림 42. 출원인 국적별 출원건수와 건당 피인용건수

로 이차전지 분야에서 선두그룹의 하나로 활약하고 있는 LG화학, Samsung SDI 및 SK Innovation의 출원 건수가 많다. 또한 Hyundai의 개발 활동이 활발한 것도 볼 수 있다.

5-5. 특허출원동향과 피인용 수

특허출원건수 대비 피인용수를 나타낸 것이 그림 42이며 이로부터 중국(CN) 특허의 가치가 낮은 것을 알 수 있다. 출원된 특허의 건당 피인용수를 보면 모

터 제어기술의 경우에 일본은 1.93, 미국은 4.58, 독일은 1.96이지만 중국은 0.07 밖에 되지 않는다. 우리나라의 경우도 특허 당 피인용수가 0.5로 높지 않은 것으로 나타났다.

특허의 피인용수는 각국의 특허출원제도에 따라 차이를 나타낸다. 미국의 경우는 특허를 심사했던 심사관 자료와 출원인이 특허를 낼 때에 인용한 특허를 특허원문에 공개하는 반면에 유럽 등의 많은 국가에서는 심사관 자료만을 검색자료 형태로 공개한다.

- 우리나라와 중국은 특허 심사관의 심사자료를 공개하지 않는다. 상대적으로 미국 특허의 피인용수가 많아질 수밖에 없다. 그럼에도 불구하고 그러나 특허의 피인용수는 나름대로의 의미가 있다.
- 특허제도는 자국주의인 관제로 한나라에서 특허권을 보호받기 위해서는 보호받기를 원하는 모든 나라에 특허를 출원해야 한다. 다시 말하면 미국에서 특허권을 가지기 위해서는 미국에 반드시 출원해야 한다. 따라서 어떤 출원인이 미국 특허를 많이 소유하고 있다는 것은 그 출원인의 국적에 관계없이 그만큼 가치 있는 특허를 보유하고 있다는 의미를 내포하고 있다. 그러므로 피인용수 지표는 그 나름대로의 의미를 가진다고 볼 수 있다.

표 13은 기술별/국적별 출원건수와 피인용수를 보여준다.

5-6. 주요기술별 출원인 특허건수와 피인용건수

모터 제어기술에 대한 주요 출원인의 특허건수와 피인용건수를 나타낸 것이 그림 43이다. Toyota, Nissan, Hitachi, Aishin 등의 피인용건수가 상대적으로 많은 것은 영구자석모터의 개발과 영구자석 릴러턴스 모터의 실용화가 빠른 결과로 보인다. Mitsubishi Denki, Toshiba, Matsushita Denki(현 Panasonic) 등의 전기기기 제조업체의 출원건수와 피인용건수도 많다. NdFeB 영구자석 관련 기초산업과 가전기술과의 연관성 등 전기자동차용 구동모터와 배터리 관련기술에 많이 진출하고 있음을 볼 수 있다. Toshiba는 Ford의 하이브리드자동차용 구동모터를 Aishin을 경유하여 제공하고 있는 것으로 알려져 있다.

표 14는 주요 출원인별 모터제어 기술과 피인용건수를 정리한 표이다.

배터리 제어기술 관련 주요 출원인별 출원건수와 피

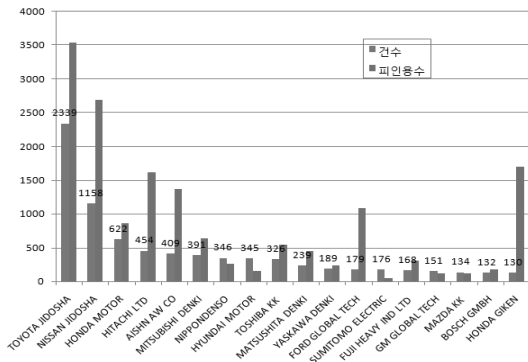


그림 43. 모터 제어기술에 대한 주요 출원인별 특허출원 동향 및 피인용수

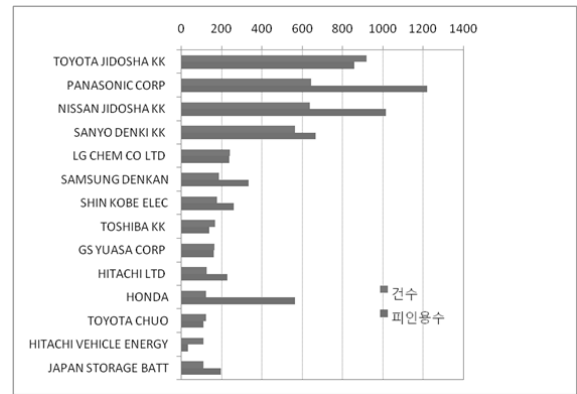


그림 44. 배터리기술에 대한 주요 출원인별 특허출원 동향 및 피인용수

표 14. 출원인별 모터제어 기술 특허출원 현황 및 피인용수

번호	출원인	건수	피인용수	건당 피인용수
1	TOYOTA JIDOSHA	2,339	3,538	1.51
2	NISSAN JIDOSHA	1,158	2685	2.32
3	HONDA MOTOR	622	857	1.38
4	HITACHI LTD	454	1,622	3.57
5	AISHN AW CO	409	1,364	3.33
6	MITSUBISHI DENKI	391	642	1.64
7	NIPPON DENSO	346	265	0.77
8	HYUNDAI MOTOR	345	159	0.46
9	TOSHIBA KK	326	537	1.65
10	MATSUSHITA DENKI	239	446	1.87
11	YASKAWA DENKI	189	238	1.26
12	FORD GLOBAL TECH	179	1,085	6.06
13	SUMITOMO ELECTRIC	176	44	0.25
14	FUJI HEAVY IND LTD	168	306	1.82
15	GM GLOBAL TECH	151	123	0.81
16	MAZDAKK	134	121	0.90
17	BOSCH GMBH	132	179	1.36
18	HONDA GIKEN	130	1,695	13.04
19	DENSO CORP	123	573	4.66
20	MITSUBISHI JIDOSHA	121	306	2.53
21	MEIDENSHA CORP	115	101	0.88
22	SANYO ELECTRICCO	104	112	1.08
23	FUJI DENKI	94	79	0.84
24	AISIN SEIKIKK	93	198	2.13

인용수는 그림 44와 같다. 출원건수에 있어서는 Toyota가 앞서지만 피인용수에 있어서는 Panasonic, Nissan, Sanyo, Samsung SDI 및 Honda 등이 높다.

일본 완성차 제조업체의 전기자동차에 탑재되어 국제경쟁력의 원천이 되고 있는 것이 영구자석모터이

표 15. 영구자석모터 특허출원 동향 및 피인용수

출원인	특허수	피인용수	건당 피인용수
MITSUBISHI DENKI	204	382	1.87
PANASONIC CORP	174	441	2.53
HITACHI LTD	155	391	2.52
YASKAWA DENKI	148	197	1.33
TOSHIBA	128	285	2.23
NISSAN JIDOSHA	126	287	2.28
HONDA MOTOR	109	113	1.04
TOYOTA JIDOSHA	100	138	1.38
MEIDENSHA	85	83	0.98
LG 전자	79	31	0.39
SANYO DENKI	64	145	2.27
FUJITSU GENERAL	63	129	2.05
DENSO CORP	56	112	2.00
FUJI DENKI	53	36	0.68
BOSCH CORP	48	108	2.25
ASMO CO LTD	47	60	1.28
MINEBEA KK	46	101	2.20
HARBIN공과대학	45	2	0.04
SIEMENS AG	45	110	2.44
SAMSUNG 전기	39	31	0.79
TOYO DENKI SEIZO KK	37	63	1.70
SHINETSU CHEM CO	36	125	3.47

다. 이와 관련하여 주요 출원인별 출원건수를 정리한 것이 표 15이다. Mitsubishi Denki 등의 전기기사업자, 전기세탁기를 제조하고 있는 가전 제조업체, 그리고 완성차 제조업체와 Bosch 및 Meidensha 등의 자동차부품 제조업체의 출원이 많다. Toshiba와 Toyota에는 Permanent Magnet Reluctance Motor 관련 출

원이 타사에 비하여 많다.

Harbin 공대 등 중국세의 등장이 눈에 띄며 중국은 영구자석 원천소재의 주요 생산국이기도 하다. 이러한 중국의 활약 뒤에는 자원의 부가가치를 높이려고 노력하는 중국 정부의 재정적 지원이 엿보인다.

5-7. 모터관련 고피인용 상위 16개 출원특허

표 16은 모터 관련 특허기술 출원에서 높은 인용도를 보인 상위 16위까지의 주요 특허내용과 출원인

표 16. 모터기술 관련 고피인용 특허출원 동향(출원일 기준 2005년 이후)

번호	특 허 내 용	출원인	특허공개현황
1	Permanent magnet reluctance motor	TOSHIBA	US200200474 35 A
2	Motor for electric vehicle with axially coupled reluctance and permanent magnet rotors	MATSUSHITA	JP 2003153508 A
3	Synchronous reluctance motor has magnetic flux of permanent magnet at peripheral sideiod	AISIN SEIKI	JP 2002272031 A
4	Rotary electric machine e.g. reluctance type motor	TOSHIBA	JP 2002112513 A
5	Permanent-magnet reluctance type motor	TOSHIBA	JP 2002051503 A
6	Permanent magnet reluctance motor control device	TOSHIBA	US 20030173921
7	Permanent magnet type reluctance motor	TOSHIBA	JP 2002034185 A
8	Permanent magnet type reluctance motor	MATSUSHITA	JP 2000308287 A
9	Permanent magnet type synchronous motor for air conditioner, includes flux barriers constituting reluctance magnetic circuit of rotor core	HITACHI	US 20020175583 A1
10	Electric machine e.g. switched reluctance motor (SRM), permanent magnet alternating current (AC) motor	UNIV TEXAS A & M	WO 2006113746 A2
11	Permanent magnet assisted synchronous reluctance motor for compressor	KINSEISHA, LG 전자	JP 2006067772 A
12	Synchronous rotating machine e.g. permanent magnet reluctance motor	TOSHIBA	JP 2002165428 A
13	Permanent magnet reluctance motor controller for use in an electric train	TOSHIBA	EP 1835614 A1
14	Synchronous reluctance motor	OKUMA	JP 2002354728 A
15	Motor e.g. permanent magnet variable reluctance motor adjusts opening angle	AISIN AW	JP 2004032947 A
16	Permanent-magnetic reluctance type motor consists of armature winding and rotor	TOSHIBA	JP 2001286109 A

및 특허번호이다. Toshiba가 9건으로 가장 많다.

6. 맺 음

배터리전기자동차의 대량 보급에는 리튬이온 이차전지의 대폭적인 가격 저감과 대용량화가 필요하다. 미국 오바마 정부는 리튬이온 이차전지의 자동화된 대규모 양산시설을 미국 내에 구축하여 2015년까지 그 가격을 현재의 70%까지 저감하고 세계 전기자동차용 배터리 공급시장의 40%를 미국 국내의 제조시설에서 공급하기 위한 정책을 수행 중에 있다.

또한 Nissan ‘LEAF’와 Ford ‘Focus Electric’ 등 배터리전기자동차의 제조시설을 미국 내에 건조하여 21세기의 선진 자동차기술을 미국이 주도하겠다는 정책을 시행 중에 있으며 동시에 미국 내에 선진 자동차와 관련된 제조시설의 고용을 창출하여 선진 기술인력 보유국으로 발전하는 효과도 함께 도모하고 있다.

이들 정책의 성공으로 배터리전기자동차가 대량으로 보급되어야 미국 연방정부와 주정부 모두 대규모 재정지원의 성과를 얻을 수 있다. 이를 위해 고속 충전소의 대량 보급과 전기자동차 구매자를 위한 각종 재정적 지원책을 수행하고 있으며 또한 공영주차장의 제공과 고속도로 주행을 할 수 있도록 하고 있다.

일본도 국내산업의 해외유출을 막기 위하여 신규 고용 창출산업을 위한 조성자금을 마련하고 일본 국내에 건설되는 제조시설에 대한 재정적 및 세계 지원 정책을 전개하고 있다.

세계적으로 2011년은 전기자동차 실용화의 원년으로 기록될 가능성이 높다. Nissan이 전기자동차인 ‘LEAF’를 일반승용차로 양산 및 판매함으로써 배터리전기자동차의 양산/시판 경쟁은 이미 촉발되었다고 볼 수 있다. Nissan이 2011년에 ‘LEAF’의 판매량 목표로 10,000대를 설정하였는데 미국 내에서의 판매량만 2011년 8월까지 이미 5,000대를 넘어섰다.

Toyota의 하이브리드자동차인 Prius의 누적판매량이 300만대에 도달함으로써 본격적인 하이브리드자동차 시대가 열리는 것으로 전망되었으나 Prius 이외의 하이브리드자동차 판매량은 예상보다 부진한 편이다.

- THS(Toyota Hybrid System) II의 압도적인 기술적 우위성이 다른 완성차 제조업체들의 시장 참여를 저지하는 형상이며 결과적으로 다양한 수요를 충족

할 만한 모델이 양산/시판되지 않는 것도 하이브리드자동차 부진의 한 요인으로 해석되고 있다.

- 또한 Toyota의 다른 하이브리드자동차 모델의 판매도 부진한 편이다. 이는 추가적인 가격을 부담하면서 구입할 만한 충분한 매력을 갖추지 못했다고 평가할 수 있다.
- THS-II는 내연기관과 전동기 사이의 원활한 동력전환기술과 고전압시스템의 도입으로 이룩한 고효율시스템과 협조회생브레이크시스템으로 기술적 우수성을 실현하였다. 또한 각국 정부가 환경친화형 자동차의 보급 촉진을 위해 각종 인센티브제도를 실시되는 기간 동안에 그러한 제도를 활용하여 양산체제를 구축하고 압도적인 가격경쟁력을 갖추게 됨으로써 다른 완성차 제조업체들의 진입을 어렵게 하였다.

한편, Toyota 'Prius'의 성공은 향후 전동차량 시장에서 양산체제를 먼저 갖추어 가격경쟁력을 높인 완성차 제조업체와 리튬이온 이차전지 제조업체만이 살아남는 다는 것을 말해준다. Nissan의 전략도 마찬가지로이며 각국 정부의 재정적 지원이 실시되고 있는 기간 내에 'LEAF'와 리튬이온 이차전지의 양산체제를 구축하고 압도적인 시장경쟁력을 확보하려는 의도가 미국에서의 'LEAF' 저가판매 전략에서 보인다.

그러나 Toyota와 같이 Nissan보다 우수한 전동시스템기술을 보유한 완성차 제조업체가 있고 Toshiba와 같이 전동시스템 및 이차전지 분야에서 우수한 기술을 지닌 기업도 있다. 또한 배터리전기자동차는 하이브리드자동차와 같은 동력전환시스템을 필요로 하지 않는다.

- 본문 제5장의 특허분석은 Nissan과 NEC의 기술력이 절대적 우위에 있지 않음을 말해주고 있다.
- Permanent Magnet Reluctance 모터기술도 Toyota, Toshiba 등이 먼저 실용화하여 제품화하였으며 인버터/컨버터 기술 등에서는 Yasukawa Denki, Toshiba 등이 앞서 있다.

또한 NEC와 Nissan이 양산체제를 갖춘 AESC의 이차전지시스템이 가장 우수한 이차전지라는 보장도 없다. 즉, 양산체제를 앞서 구축하는 것만으로는 전기자동차의 가격경쟁력과 기술적 우수성을 보장할 수 없을 것이다. 특히 전기자동차기술은 앞으로의 개발

여지가 커서 새로운 기업의 진입 가능성이 높다. 또한 다양한 모델의 실용화 경쟁이 전개될 수 있어 수요자의 요구를 충족시키는 방향으로 본격적인 전기자동차 시장이 형성될 가능성도 크다고 할 수 있다.

따라서 Nissan의 'LEAF' 전기자동차 전략이 Toyota의 'Prius'처럼 성공할 것이라는 보장은 없다. 그러나 이를 통해 세계적으로 배터리전기자동차의 실용화 경쟁이 이미 전개되었다고 할 수 있다.

우리나라에는 우수한 대용량 리튬이온 이차전지 제조업체가 여럿 있다. 그러나 우리기업이 이차전지를 공급하는 Ford, GM, 및 BMW 등 완성차 제조업체들의 배터리전기자동차 판매가 부진할 경우에는 이들 기업과 함께 우리나라의 관련 산업 전체가 큰 어려움을 겪을 수가 있다.

이러한 사태의 발생을 막아야 할 것이다. 배터리전기자동차 공급이 Nissan에만 독점이 되는 일이 없도록 우리나라 완성차 제조업체도 국제경쟁력이 있는 전기자동차 양산체제를 조속히 구축하고 관련 기술개발과 산업 육성에 우리정부와 기업들의 뼈를 깎는 노력이 있어야 할 것이다.

우리나라를 비롯하여 세계 각국이 추진하고 있는 수송 분야의 이산화탄소 배출량 감축과 화석연료 의존도 감소를 의미있게 달성하기 위해서는 세계적으로 연간 생산되는 승용차의 1/2 이상을 배터리전기자동차 등으로 대체해야 할 것이다. 이를 위해서는 완성차 제조업체와 리튬이온 이차전지 제조업체 등이 뼈를 깎는 경쟁체제를 견디면서 수요자를 만족시킬 수 있는 다양한 모델의 배터리전기자동차를 생산하여 구매자가 수용할 수 있는 수준의 저가로 판매할 수 있어야 한다.

이와 관련하여 Nissan 'LEAF'와 그에 탑재된 리튬이온 이차전지기술이 타사의 것에 비하여 특별히 우수하지는 않다는 점은 우리나라와 같은 후발주자에게는 아직도 많은 기회가 있음을 암시해 준다.

참고문헌

1. G. Bedi, et al., "Plug-in Electric Vehicle: A Practical Plan for Progress, The Report of an Expert Panel", Feb. 2011 <http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=bradleywlane/>
2. B. Canis, "Battery Manufacturing for Hybrid and Electric Vehicles: Policy Issues", Congressional Research Service, March 22, 2011.

- [http://nepinstitute.org/get/CRS_Reports/CRS_Energy/En
ergy_Efficiency_and_Conservation/Batteries_for_Hybrid
_and_Elec_Vehicles.pdf](http://nepinstitute.org/get/CRS_Reports/CRS_Energy/En%20energy_Efficiency_and_Conservation/Batteries_for_Hybrid_and_Elec_Vehicles.pdf)(2011-07-20 접속)
3. IEA, Clean Energy Progress Report, June 2011.
http://www.iea.org/papers/2011/CEM_Progress_Report.pdf
 4. The White House, Remarks by the President on Fuel Efficiency Standards, July 29, 2011.
 5. “進化する1モータハイブリッド”, 日経Automotive Technology 2011년 1월호 [http://techon.nikkeibp.co.jp/
article/HONSHI/20101201/187814/](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20101201/187814/)
 6. 小川計介, “EVの低価格化競争, 主戦場は米國”, 日経Automotive Technology blog, 2011-01-25.
[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/TOPCOL/20110125/1
89019\(2011-06-27접속\)](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/TOPCOL/20110125/189019(2011-06-27접속))
 7. 株式会社 ハイエッジ, “2011EV Market Report”, 調査レポート概要, http://hiedge.co.jp/wordpress/?page_id=237
 8. 富士経済, “電動自動車關聯市場の全貌 2011”, 2011-08-03,
<http://www.fuji-keizai.co.jp/report/sample/141012846.pdf>
 9. [http://en.wikipedia.org/wiki/Nissan_'LEAF'-2011,07,07
접속](http://en.wikipedia.org/wiki/Nissan_'LEAF'-2011,07,07접속)
 10. [http://www.engadget.com/2010/07/27/chevy-volt-officially-
-priced-at-41-000-350-month-on-a-three-y\(2011/07/07 접속\)](http://www.engadget.com/2010/07/27/chevy-volt-officially-priced-at-41-000-350-month-on-a-three-y(2011/07/07접속))
 11. B. Berman, “Nissan Passes 5,000 Electric Car Sales, But What About Tennessee?. August 11, 2011,
[www.pluginincars.com/print/107559\(2011-08-21 접속\)](http://www.pluginincars.com/print/107559(2011-08-21접속))
 12. [www.thetorquerreport.com/2011/07/nissan_'LEAF'_sales_
pull_ahead_o.html\(2011/07/07접속\)](http://www.thetorquerreport.com/2011/07/nissan_'LEAF'_sales_pull_ahead_o.html(2011/07/07접속))
 13. [http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20110201/189201
\(2011/08/09접속\)](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20110201/189201(2011/08/09접속))
 14. 山本恵一, “電動車兩用驅動モータと制御の變遷”, 計測制御, 50(3), 2011, pp. 178-183.
 15. R. R. Fessler, ‘Final Report on Assessment of Motor Technology for Traction Drives of Hybrid and Electric Vehicles’, ORNL/TM-2011/73, March, 2011
 16. 森本 雅之, “壓粉磁心を使った新しい誘導機”, 電氣學會自動車研究會, VT-11-019 (2011).
 17. 宮崎信行, “進化する電動車用モータ (2) モータトルクの性能は減速機構がポイント”, Techno-associate,
<http://e2a.jp/review/110706.shtml>
 18. 宮崎信行, “進化する電動車用モータ(1), EV向けにさらなる高性能化を目指す”, Techno-associate, [http://www.
e2a.jp/review/110705.shtml](http://www.e2a.jp/review/110705.shtml)
 19. M. Olszewski, FY2011 Evaluation of the 2010 Toyota Prius Hybrid Synergy Drive System, March 2011. ORNL-2010-253_2010
 20. 清水直茂, 信越化學が「リーフ」の驅動モータ向けネオジム磁石を開發, Nikkei Automotive Technology, 2011/ 07/22.
[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110722/193
573\(2011-07-25 접속\)](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110722/193573(2011-07-25접속))
 21. ‘回轉數に応じて磁束を變化’, Nikkei Electronics, 2010年 9月 20日号 pp54-57. (堺和人, 2010年度 電氣學會 産業應用部門大會, 2010년 8월)
 22. 日経エレクトロニクス, 2010年3月8日号, pp. 83~85
 23. K. Araki, et al., “Advanced Technologies Supporting Drive Systems for HEVs and EVs”, Toshiba Review Vol. 66, No. 2, 2011, pp. 8-12.
 24. NEDO Press Release : “レアアース使用量を半減する高出力密度モーターを開發”, 2010-3-25,
www.nedo.go.jp/news/press/AA5_0018-4A.html
 25. 日経エレクトロニクス, 2010년 9월 20일호 pp. 54-57
 26. 日経エレクトロニクス, 2010年3月8日号, pp. 83~85
[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20110624/
192871/](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20110624/192871/)
 27. 狩集 浩志, 第1回: “洗濯乾燥機の技術が電動車兩へ”, 日経エレクトロニクス,
[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20110623/
192846/](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20110623/192846/)
 28. [http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20110617/192667
/?SS=imgview&FD=838304016](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20110617/192667/?SS=imgview&FD=838304016)
 29. 富岡恒憲, “粒界にDyを選擇的に導入”, 日経ものづくり, 2011年 1月号 pp. 52-53.
 30. 富岡恒憲, “保磁力分布に差をつける”, 日経ものづくり, 2011年 1月号 pp. 53-54.
 31. 富岡恒憲, “Dyなしで保磁力を2倍に”, 日経ものづくり, 2011年 1月号 pp. 54-56.
 32. 野澤宣介, 外, “HDDR磁粉の短時間ホットプレス法で得られたNd-Fe-B系微結晶磁石の組織と保磁力”, 日立金屬技報, vol. 27, pp. 34-41(2011).
 33. NEDO Press Release, “高性能磁石向けジスプロシウムの使用量4割削減に成功” (2010-12-27),
http://www.nedo.go.jp/news/press/ZZ_0515A.html
 34. 富岡恒憲, 磁粉の造り方も最適化, 日経ものづくり, 2011年 1月号 pp. 55-57.
 35. M. Lowe, et al., “Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles: The U.S.Value Chain”, Oct. 5, 2010,
[http://www.cggc.duke.edu/pdfs/Lowe_Lithium-Ion_Batt
eries_CGGC_10-05-10_revised.pdf](http://www.cggc.duke.edu/pdfs/Lowe_Lithium-Ion_Batteries_CGGC_10-05-10_revised.pdf)
 36. Baker, E., Chon, H., Keisler, J., “Battery technology for electric and hybrid vehicles: Expert views about prospects for advancement”, Technological Forecasting and Social Change, Volume 77, Issue 7, September 2010, Pages 1139-1146.
 37. Goldman Sachs Global Investment Report: Americas clean energy storage batttery. June 27, 2010.