

TECHNOLOGY ROADMAP 전 지

B A T T E R Y

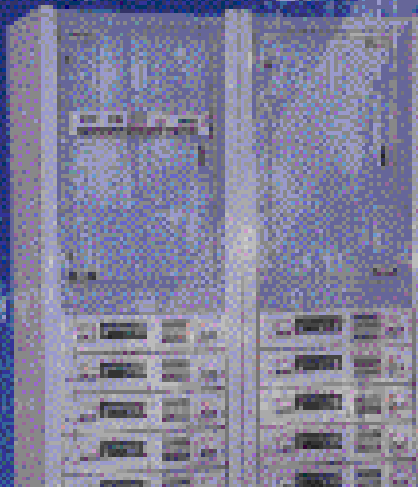
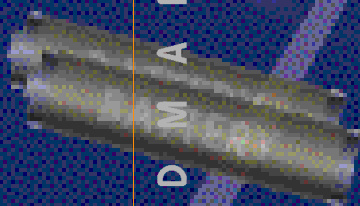
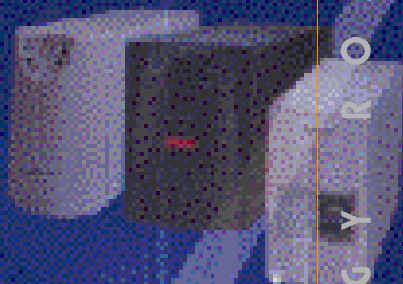
T E C H N O L O G Y R O A D M A P F O R

MOCIE
[http : www.mocie.go.kr](http://www.mocie.go.kr)

ITEP
[http : www.itep.re.kr](http://www.itep.re.kr)

2001. 8

산업자원부
한국산업기술평가원



동 전지 로드맵 보고서 작성작업에는 다음의 전문가들이 참석하였습니다.

위원회 명단

박윤창 / 성균관대학교 교수, 위원장

문성인 / 한국전기연구원 그룹장, 소위원장

박정기 / KAIST 교수, 소위원장

송명호 / 한국전지연구조합 사무국장

최천락 / 한국타이어(주) 팀장

송락현 / 한국에너지기술연구원 책임연구원

오인환 / KIST 책임연구원

장세홍 / 전자부품연구원 수석연구원

장 혁 / 삼성종합기술원 전문연구원

김정택 / 한일베일런스(주) 부사장

윤경식 / NESKOR 쏠라 대표

선양국 / 한양대학교 교수

목 차

Part A. 2차전지

제 1 장 총론	3
1. 2차전지의 개요	3
1.1 2차전지의 정의	3
1.2 2차전지의 작동원리에 의한 분류	3
1.3 2차전지의 용도 및 크기별 분류	4
1.4 소형 2차전지 산업의 특징	4
2. 2차전지기술로드맵 작성의 개요	5
2.1 2차전지기술로드맵 작성의 필요성	5
2.1.1 기술적 측면	5
2.1.2 정책적 측면	5
2.2 2차전지기술로드맵 작성의 대상선정, 목표 및 프로세스	6
2.2.1 로드맵 작성대상 핵심 2차전지의 선정	6
2.2.2 로드맵 작성의 목표	7
2.2.3 로드맵 작성의 프로세스	8
3. 2차전지의 시장 및 기술개발 동향	8
3.1 국내외 시장동향	8
3.1.1 2차전지의 현재 시장상황	8
3.1.2 국내 2차전지의 산업동향	11
3.2 국내외 기술개발 동향	13
4. 2차전지의 향후 시장 및 기술의 전망	14
4.1 2차전지의 시장 전망	14
4.2 2차전지의 발전영역 및 전망	16
4.2.1 세계 2차전지산업의 환경변화 전망	16
4.2.2 2차전지의 종류별·연도별 환경변화 전망	17
4.2.3 2차전지 응용분야의 변화 전망	17
제 2 장 비전	19
1. 기술과 시장의 분석 및 전망	19
1.1 LIPB 기술	19
1.1.1 기술의 개요 및 개발 필요성	19
1.1.2 시장 및 기술개발 동향	20
1.1.3 향후 시장 및 기술의 전망	24

1.2 LMPB 기술	28
1.2.1 기술의 개요 및 개발 필요성	28
1.2.2 시장 및 기술개발 동향	29
1.2.3 향후 시장 및 기술의 전망	32
1.3 LSPB 기술	33
1.3.1 기술의 개요 및 개발 필요성	33
1.3.2. 시장 및 기술개발 동향	34
1.3.3 향후 시장 및 기술의 전망	36
1.4 전고상 초소형 전지 기술	38
1.4.1 기술의 개요 및 개발 필요성	38
1.4.2 시장 및 기술개발 동향	43
1.4.3 향후 시장 및 기술의 전망	46
1.5 HEV용 전지 기술	48
1.5.1 기술의 개요 및 개발 필요성	48
1.5.2 시장 및 개술개발 동향	49
1.5.3 향후 시장 및 기술의 전망	52
1.6 Zn/Air 2차전지 기술	54
1.6.1 기술의 개요 및 개발 필요성	54
1.6.2 시장 및 개술개발 동향	55
1.6.3 향후 시장 및 기술의 전망	59
1.7 전력저장용 대용량 Li 2차 전지 기술	61
1.7.1 기술의 개요 및 필요성	61
1.7.2 시장 및 기술개발동향	62
1.7.3 향후 시장 및 기술의 전망	65
2. 2차전지산업의 비전과 발전전략	69
2.1 비전	69
2.2 발전 방향	69
2.3 발전 전략	69
2.3.1 2차전지의 인프라 구축 및 선행기술 개발	69
2.3.2 2차전지기술의 전략적 타겟 설정 및 개발	69
2.3.3 2차전지 마크로기술로드맵	70
제 3 장 세부 기술로드맵	73
1. LIPB 기술	73
1.1 기술의 정의	73
1.2 시나리오	73
1.3 필요요소기술 및 기술개발목표	73
1.4 기술개발의 장애요인	74

1.5 기술로드맵	75
1.5.1 기술항목 설명	76
1.5.2 장애요인 설명	77
2. LMPB 기술	77
2.1 기술의 정의	77
2.2 시나리오	77
2.3 개발목표 및 사양	78
2.4 기술개발의 장애요인	78
2.5 기술로드맵	79
2.5.1 기술항목 설명	80
2.5.2 장애요인 설명	81
3. LSPB 기술	82
3.1 기술의 정의	82
3.2 시나리오	83
3.3 개발목표 및 사양	83
3.4 기술개발의 장애요인	83
3.5 기술로드맵	84
3.5.1 기술항목 설명	85
3.5.2 장애요인 설명	86
4. 전고상초소형전지 기술	87
4.1 기술의 정의	87
4.2 시나리오	87
4.3 개발목표 및 사양	87
4.4 기술개발의 장애요인	89
4.5 기술로드맵	90
4.5.1 기술항목 설명	91
4.5.2 장애요인 설명	92
5. HEV용 전지(PLI) 기술	93
5.1 기술의 정의	93
5.2 시나리오	98
5.3 개발목표 및 사양	98
5.4 기술개발의 장애요인	100
5.5 기술로드맵	101
5.5.1 기술항목 설명	102
5.5.2 장애요인 설명	102
6. Zn/Air 2차전지 기술	103
6.1 기술의 정의	103
6.2 시나리오	104

6.3 개발목표 및 사양	104
6.4 기술개발의 장애요인	105
6.5 기술로드맵	106
6.5.1 기술항목 설명	107
6.5.2 장애요인 설명	107
7. 전력저장용 대용량 Li 2차전지 기술	108
7.1 기술의 정의	108
7.2 시나리오	108
7.3 개발목표 및 사양	109
7.4 기술개발의 장애요인	110
7.5 기술로드맵	111
7.5.1 기술항목 설명	112
7.5.2 장애요인 설명	113

Part B. 연료전지

B-1. 이동전원용 연료전지	117
1. Vision	117
2. 이동전원용 연료전지 현황	117
2.1 이동전원용 연료전지 정의	117
2.2 시장 현황/발전 영역 및 전망	117
3. 필요정의 및 Performance Target 설정	118
3.1 미래수요 전망(필요정의)	118
3.2 요구사항 도출	118
3.3 기술적 목표	118
3.4 핵심 기술분야 정의	119
4. 핵심 기술 분야	120
4.1 고분자막/전극 접합체 제조기술	120
4.1.1 정의 및 국내외 기술개발동향	120
4.1.2 기술적 목표	120
4.1.3 기술 장애요인	121
4.1.4 극복 방안	121
4.2 고분자 전해질막 제조기술	121
4.2.1 정의 및 국내외 기술개발동향	121
4.2.2 기술적 목표	122
4.2.3 기술 장애요인	122

4.2.4 극복 방안	122
4.3 스택 및 주변 시스템 제조기술	122
4.3.1 정의 및 국내외 기술개발 동향	122
4.3.2 기술적 목표	123
4.3.3 기술 장애요인	123
4.3.4 극복방안	123
5. 핵심영역 제시	124
6. 기술과 시장의 상관관계	124
7. 기술과 시장 성장 추이	125
8. 전략적 중요성 및 우선순위	126
9. 기술의 진보	126
이동전원용 연료전지 기술로드맵	128
10. 실행방안	129
 B-2.수송용 연료전지	 130
1. Vision	130
2. 수송용 연료전지 현황	130
2.1 수송용 연료전지 정의	130
2.2 시장 현황	130
2.3 발전영역	131
2.4 전망	132
3. 필요정의 및 Performance Target 설정	133
3.1 미래수요 전망(필요정의)	133
3.2 기술적 목표	135
3.3 핵심 기술분야 정의	136
4. 핵심 기술 분야	136
4.1 고분자전해질 연료전지 기술	136
4.1.1 개요 및 정의	136
4.1.2 고분자 전해질막 제조기술	137
4.1.2.1 정의 및 일반현황	137
4.1.2.2 국내외 기술개발 동향	137
4.1.2.3 기술적 목표	138
4.1.2.4 기술 장애요인	139
4.1.2.5 극복 방안	139
4.1.3 MEA 제조기술	139
4.1.3.1 정의 및 일반현황	139
4.1.3.2 국내외 기술개발 동향	139

4.1.3.3 기술적 목표	140
4.1.3.4 기술 장애요인	140
4.1.3.5 극복 방안	140
4.1.4 스택 제조기술	140
4.1.4.1 정의 및 일반현황	140
4.1.4.2 국내외 기술개발 동향	141
4.1.4.3 기술적 목표	141
4.1.4.4 기술 장애요인	141
4.1.4.5 극복 방안	142
4.2 직접메탄올 연료전지 기술	142
4.2.1 정의 및 국내외 기술개발 현황	142
4.2.2 기술적 목표	143
4.2.3 기술 장애요인	143
4.2.4 극복 방안	143
4.3 고체산화물 연료전지 기술	144
4.3.1 정의 및 일반현황	144
4.3.2 국내외 기술개발 동향	144
4.3.3 기술적 목표	145
4.3.4 기술 장애요인	145
4.3.5 극복 방안	145
5. 핵심영역	145
6. 기술과 시장의 상관관계	146
7. 시장성장 추이	147
8. 전략적 중요성 및 우선순위	148
9. 기술의 진보	149
수송용 연료전지 기술로드맵	151
10. 실행계획 방안	152
 B-3.분산발전용 연료전지	 153
1. Vision	153
2. 분산발전용 연료전지 현황	154
2.1 분산발전용 연료전지 정의	154
2.2 시장 현황	154
2.3 발전영역	156
2.4 전망	157
3. 필요정의 및 Performance Target 설정	159
3.1 미래수요 전망(필요정의)	159

3.2 기술적 목표	159
3.3 핵심 기술분야 정의	160
4. 핵심 기술 분야	162
4.1 인산형 연료전지 기술	162
4.1.1 정의 및 일반현황	162
4.1.2 국내외 기술개발 동향	163
4.1.3 기술적 목표	163
4.1.4 기술 장애요인	164
4.1.5 극복 방안	164
4.2 용융탄산염형 연료전지 기술	165
4.2.1 정의 및 일반현황	165
4.2.2 국내외 기술개발 동향	165
4.2.3 기술적 목표	166
4.2.4 기술 장애요인	166
4.2.5 극복 방안	166
4.3 고체산화물 연료전지 기술	166
4.3.1 정의 및 일반현황	166
4.3.2 국내외 기술개발 동향	167
4.3.3 기술적 목표	168
4.3.4 기술 장애요인	169
4.3.5 극복 방안	169
4.4 고분자 연료전지 기술	170
4.4.1 정의 및 일반현황	170
4.4.2 국내외 기술개발 동향	170
4.4.3 기술적 목표	171
4.4.4 기술 장애요인	171
4.4.5 극복 방안	171
5. 핵심 영역	172
6. 기술과 시장의 상관관계	173
7. 시장성장 추이	173
8. 전략적 중요성 및 우선 순위	174
9. 기술의 진보	175
분산발전용 연료전지 기술로드맵	176
10. 실행계획 방안	177
 맺음말	 178
 참고문헌	 179

그림 목차

그림 A-1. 전지의 작동원리에 의한 분류	3
그림 A-2. LIB의 용도	9
그림 A-3. 소형 2차 전지의 성장 추이	10
그림 A-4. Cellular Maker 별 LIB/LIPB의 채용율 현황 및 계획	10
그림 A-5. Li 2차전지의 세계수요 전망	15
그림 A-6. 리튬 2차전지의 발전 전망	16
그림 A-7. LMPB의 세계시장	30
그림 A-8. LSPB의 세계시장	35
그림 A-9. Oak Ridge Nat. Lab에서 제안한 전고상 초소형 전지의 구조	39
그림 A-10. HEV의 기술개발과 시장성장 변화 예측	53
그림 A-11. Zn/Air 전지의 기술개발과 시장성장 변화 예측	59
그림 A-12. 국내 전력시장 도입 가능 시장규모 예측	63
그림 A-13. 일본의 전력저장 도입가능 시장규모 예측	63
그림 A-14. 신형 2차전지의 전세계 수요량 예측	66
그림 A-15. 대용량 2차전지의 전세계 수요량 예측	66
그림 A-16. Series HEV Configuration	
그림 A-17. 각종 2차전지의 출력-에너지 관계	
그림 B-1-1. 이동전원용 연료전지의 시장과의 상관관계	124
그림 B-1-2. 이동전원용 연료전지 시장 전망	125
그림 B-1-3. 이동전원용 연료전지 기술개발 전략	126
그림 B-2-1. 자동차 연료의 발전 전망	132
그림 B-2-2. 연도별 무공해자동차 의무 판매 비율 변화	134
그림 B-2-3. 고분자전해질 연료전지의 핵심영역	146
그림 B-2-4. 연료전지 기술과 시장과의 상관관계	147
그림 B-2-5. 저공해 자동차의 시장 점유율 변화	148
그림 B-2-6. 연료전지 자동차 개발 우선순위	149
그림 B-2-7. 저공해 자동차의 기술진보 전망	150
그림 B-3-1. 분산발전용 연료전지의 비전	153
그림 B-3-2. 분산발전용 연료전지의 발전영역	157
그림 B-3-3. 분산발전용 연료전지의 핵심영역	172
그림 B-3-4. 분산발전용 연료전지의 시장과의 상관관계	173
그림 B-3-5. 분산발전용 연료전지의 시장성장 추이	174

표 목차

표 A-1. 2 차 전지의 용도 및 크기별 분류	4
표 A-2. 2 차 전지의 비중	5
표 A-3. 국내 리튬이온 이차전지 메이커와 생산능력	11
표 A-4. 국내 리튬이온 이차전지 시장동향	12
표 A-5. 국내 리튬폴리머 2 차전지의 시장동향	12
표 A-6. 한국의 리튬폴리머 2 차전지 메이커와 생산능력	13
표 A-7. 2 차전지의 세계수요 전망	15
표 A-8. 모바일 기기의 복합화 상황	18
표 A-9. 주요국의 2 차전지산업 지원정책(예)	22
표 A-10. 생산업체 현황	23
표 A-11. 2 차전지의 적용분야	24
표 A-12. 기술개발의 장애 요인, 극복 방안 및 정책적 제언	27
표 A-13. 리튬폴리머전지 및 EV/HEV 의 시장 규모	49
표 A-14. 소형 2 차전지 및 Zn/Air 2 차전지의 시장규모	56
표 A-15. 대용량 전지 개발의 당면과제 및 개선방안	68
표 A-16. 세부기술 항목	72
표 B-1-1. 이동전원용 연료전지의 기술 과제	119
표 B-2-1. 수송용 연료전지(PEMFC)의 기술적 목표	135
표 B-3-1. 세계의 정지형 연료전지 시장	154
표 B-3-2. 자가발전용 연료전지 시장 예측	155
표 B-3-3. 국내 연료전지 잠재시장	156
표 B-3-4. 분산발전용 연료전지 장기 기술 전망	158
표 B-3-5. 기술개발 목표 설정	160
표 B-3-6. 분산발전용 연료전지의 핵심 기술 분야 및 기능	161

Part A. 2차전지

제 1 장 총 론

1. 2차전지의 개요

1.1 2차전지의 정의

- 2차전지는 충전과 방전의 반복(화학에너지⇔전기에너지)이 가능한 화학전지로서 작동원리, 용도 및 크기로 분류함(그림 A-1 참조).

1.2 전지의 작동원리에 의한 분류

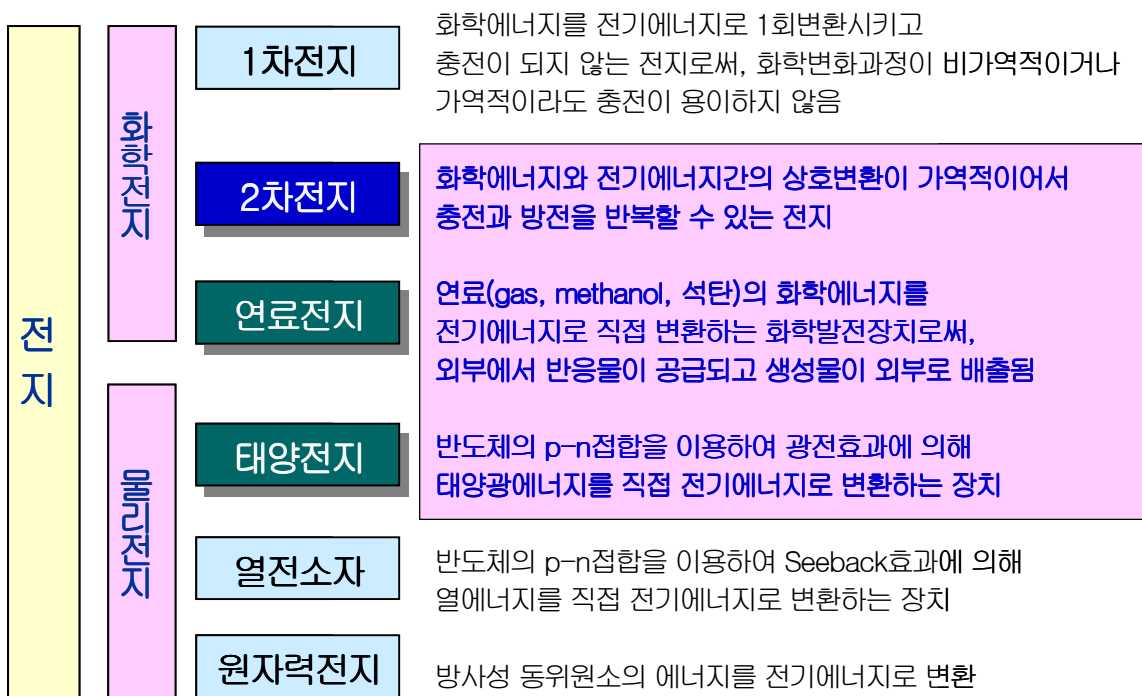


그림 A-1. 전지의 작동원리에 의한 분류

1.3 2차전지의 용도 및 크기별 분류

표 A-1. 2차전지의 용도 및 크기별 분류

분 류	용 도
정보통신가전용 전지	휴대전화, 노트북, 캠코더, 디지털 카메라, LCD TV 등
전고상초소형전지	IC 카드, 초박형 마이크로 센서, 마이크로 로봇 등
산업용 전지	전력저장용, 무정전공급장치, Load Conditioner 등
군용 특수전지	통신용, 미사일, 어뢰, 전기포, 전차, 잠수함, 전투기 등
수송용 전지	전기자동차, 전기자전거, 전기스쿠터 등

1.4 2차전지 산업의 특징

- 3대 핵심산업(반도체, 디스플레이, 전지) 중의 하나
- 2차전지는 인간의 심장에 비유되는 핵심산업
- 전 산업분야에 걸쳐 광범위하게 사용
- 리튬2차전지로 급속한 대체 추세
- 신기술 및 신제품의 짧은 수명주기
- 시장요구(Market-Pull)에 의한 기술개발외에 기술혁신(Technology-Push)에 의한 시장창출 성격이 강함.
- 막대한 자금 및 장기간의 R&D 소요
- 단일부품으로의 고속성장산업
- 세계적인 정보화 추세에 따라 수요 급성장
- 특히 IMT-2000등 IT산업의 발전속도를 좌우할 수 있는 핵심부품

표 A-2. 2차전지의 비중

구분	휴대폰	노트북PC	캠코더	전기자동차	위성체
무게	40	20	15	33	23
가격	25	12	14	33	8

(자료 : 한국통신)

2. 기술로드맵 작성의 개요

2.1 기술로드맵 작성의 필요성

2.1.1 기술적 측면

- 전지의 국내외 시장 및 기술동향을 분석하고 개발이 필요한 전략적 기술을 도출 하여, 이의 개발 목표계획 등을 수립하고, 공통애로기술, 재료기술 및 생산기술의 조기 확보를 위해 정부 주도의 결집력 있는 산·학·연 협동 연구체제 구축이 필요함.

2.1.2 정책적 측면

- 최근 3C(cellular phone, camcorder 및 computer)시대의 성숙과 고도 정보화 사회로의 진입에 전지 기술은 국가 차원의 중추산업 분야가 되었으며, 이에 국가경쟁력 강화를 위해 첨단기술 개발에 대한 정부 차원의 종합적· 체계적· 효율적 지원 대책 마련이 요망됨.
- 특히 휴대전자제품의 폭증에 따라 반도체, 디스플레이와 함께 3대 핵심 전략 부품이라 할 수 있으며, 엄청난 수요 잠재력이 예상되는 전지산업에 대한 정부차원의 전략적이며 집중적인 강화·육성책 수립이 시급함.

- 2차전지는 미·일 등에서 대부분의 재료를 수입에 의존하고 있으며, 조립 공정 등 핵심 생산기술은 기술이전을 회피하고 있어 2012년경에 일본 수준을 추월할 수 있는 국내 독자기술의 조기확보 및 기술의 대일 예측화 탈피가 필수불가결함.
- 이에 정보통신 등 타 관련 산업에 큰 파급효과가 기대되는 2차전지를 정부 차원에서 기술개발의 중복투자 방지에 의한 효율성 증대 및 정부지원의 타당성이 대두됨.

2.2 기술로드맵 작성의 대상선정, 목표 및 프로세스

2.2.1 기술로드맵 작성대상 핵심 2차전지의 선정

2.2.1.1 기술로드맵 작성 대상 선정기준

1) 기술적 측면

- 리튬이온폴리머전지는 21세기를 주도해갈 3대 핵심부품전략산업으로, 휴대용 정보통신단말기(IMT-2000, PDA, 노트북 PC 등)와 전기, 전자제품(캠코더, 디지털카메라, MP3 등) 소형, 경량화, 고성능화, 장시간 사용 등 set 제품의 경쟁력을 좌우하는 핵심산업
- 환경친화적 에너지원으로 전기자동차, 전력저장장치, 방위산업 등의 신에너지원 대체기술 개발의 핵심 기초기술 제공
- 선진국 의존형인 차세대 전지기술 개발로 수출형 고부가가치 첨단기술 확보

2) 경제적 측면

- 수입대체 및 무역 개선효과가 크며 우리의 비교우위확보 가능성이 큰 기술 선정

- 새로운 첨단기술산업 창출 및 신규 고용창출 확대
- 날로 급성장하는 각종 휴대용 정보통신단말기기의 수요 확대로 2차전지의 세계시장이 연평균 약 15% 이상 증가하는 신규 수출산업으로 진입
- 차세대 소형2차전지의 국산개발로 각국 휴대용 정보통신단말기와 전기, 전자 제품의 국제경쟁력 향상에 직접 기여하여 수출증대 도모
- 전량 대일 수입의존에서 탈피하여 대일무역 역조 개선

2.2.1.2 기술로드맵 작성대상 핵심 2차전지

- LIPB
- LMPB
- LSPB
- 전고상초소형전지
- HEV용 전지
- Zn/Air 2차전지
- 전력저장용 대용량 Li 2차전지

2.2.2. 기술로드맵 작성의 목표

- 본 전지 기술로드맵은 미래의 전지시장에 대한 예측을 바탕으로 미래 수요를 충족시키기 위해 전지산업 차원에서 향후 개발하여야 할 필요 기술과 제품을 예측하여 최선의 기술 대안을 선정하는 전지기술기획으로, 이의 **목표**는
 - － 전지기술기반을 강화하기 위한 전략수립의 이정표 마련
 - － 경쟁력 강화를 위해 선택과 집중에 의한 전략과제 발굴
 - － 기술개발투자 결정시 Risk 요소를 감소시켜 줄 안내지도 역할
 - － 연구개발자원의 배분지표 및 산업기술개발정책의 효율화, 체계화를 위한 기초자료로 활용이 될 것임.

2.2.3 기술로드맵 작성 프로세스

- 전지분야의 산·학·연 전문가들로 구성된 전문위원회에서 전지시장에 기초한 중요 기술항목을 선정
- 전문위원회 회의 및 세미나 등의 과정을 거쳐 핵심기술분야 도출
- 해당 전문가들이 시장동향, 발전추세, 기술수준 등을 작성.
- Technology Roadmap은 5~10년까지의 기간으로 함

3. 2차전지의 시장 및 기술개발 동향

3.1 국내외 시장동향

3.1.1 2차전지의 현재 시장상황

- 현재 이용되고 있는 리튬이온전지는 휴대폰, PCS 등에 사용되는 각형과 노트북 PC나 캠코더 등에 사용되는 원통형으로 크게 대별됨. 휴대폰 시장에 대해서는 한국은 세계에서 CDMA 기술을 가장 먼저 상용화하였고, 이에 따라 국내는 2차전지의 주요한 수요가 휴대폰에 들어가는 리튬이온전지임. 1999년 전 세계 휴대폰 생산의 13%가 한국에서 생산되었고, 2000년에는 5% 이상 증가되었음. 이로 인해 2000년 한해의 휴대폰의 판매량이 리튬이온전지 의 수요를 급속히 신장시킴.
- 이에 비해 원통형의 경우 신규참여 업체들이 늘어남에 따라 세계적으로 가격대가 하향 조정되어 일본의 신규업체 중에는 판매증가에도 불구하고 적자를 면치 못하는 예가 속출하고 있음. 한편, 노트북 PC와 이에 따른 원통형 전지의 세계적인 생산지이자 수요지인 일본과 대만의 잦은 지진 등에 의한 자연조건에 의해 국내 업체들이 반사이익을 보게 될 가능성도 있음.

- 리튬이온전지와 리튬이온폴리머전지 이외에 2차전지의 수요로는 전지 종류별 로 Ni-Cd, Ni-MH 등이 있음. 고용량, 고전압을 요구하는 분야에서는 기존의 Ni-MH 전지 등으로부터 리튬이온 및 리튬이온폴리머전지로 전환이 진행되고 있는 중이라는 점은 상기 업체들에게 있어 긍정적이나, 가격과 품질이 안정성이 여타 다른 전지로부터의 전환에 주요한 고려사항이 되고 있음.
- 국내 2차전지 시장규모는 1997년 7,618억원에서 1998년 9,220억원으로 21% 급신장 하였으며, 리튬계 등의 차세대 전지는 1997년 3,019억원에서 1998년 4,500억원으로 49.1% 대폭 성장함.
- 리튬이온전지는 휴대전화기와 노트북PC 등 휴대기기의 수요 폭발에 따라, '97년 2,036억원에서 '98년 3,442억원으로 69.1%라는 큰 폭의 성장을 이루 었음. 리튬이온전지는 '98년 세계시장이 1억 1천만셀 국내는 35백만셀을 사용함으로써, 국내시장 규모가 세계시장 규모의 32%를 점유할 만큼 시장이 확대되고 있음. 그 주요 용도는 휴대전화기, 노트북 PC, 캠코더임 (그림 A-2 참조).

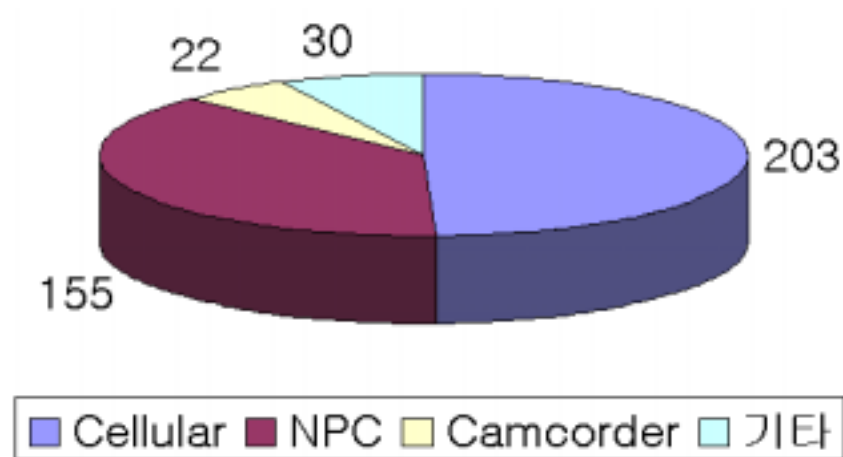


그림 A-2. LIB 용도(단위: 백만 Cell)

- 다음 그림 A-3은 소형 2차전지의 성장추이를 나타낸 것임. 리튬이차전지는 2000년 생산액이 32억불, 2005년에는 76억불정도의 시장이 예상됨.

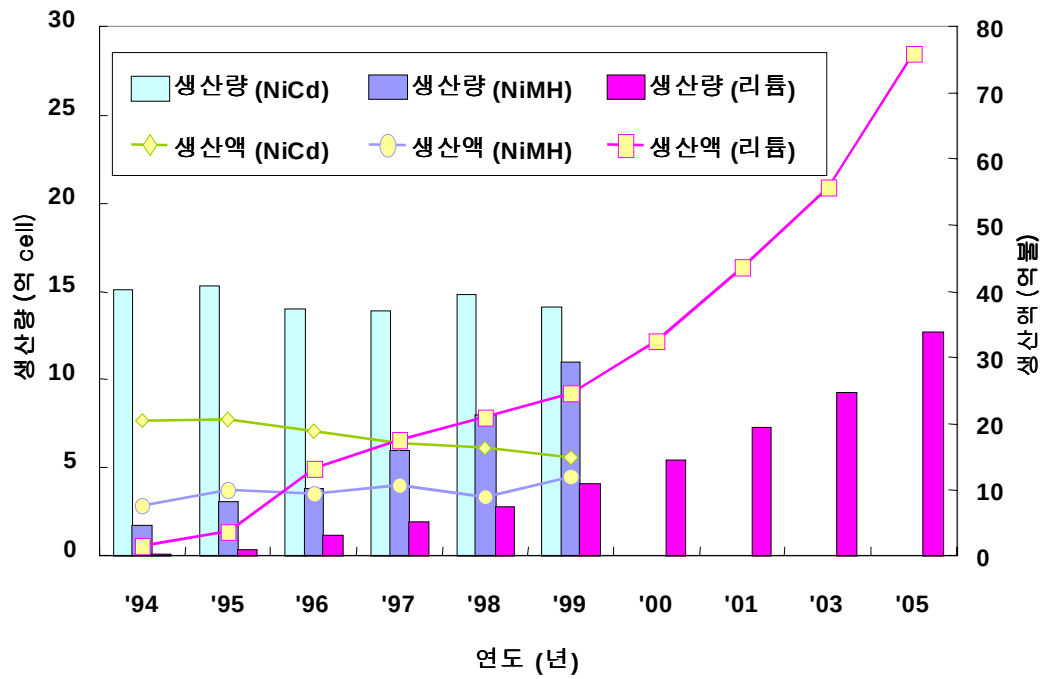


그림 A-3. 소형 2차전지의 성장 추이

○ 그림 A-4는 세계 휴대전화기 메이커들의 LIB(LIPB 포함)의 채용율 현황 및 계획을 나타낸 것임.

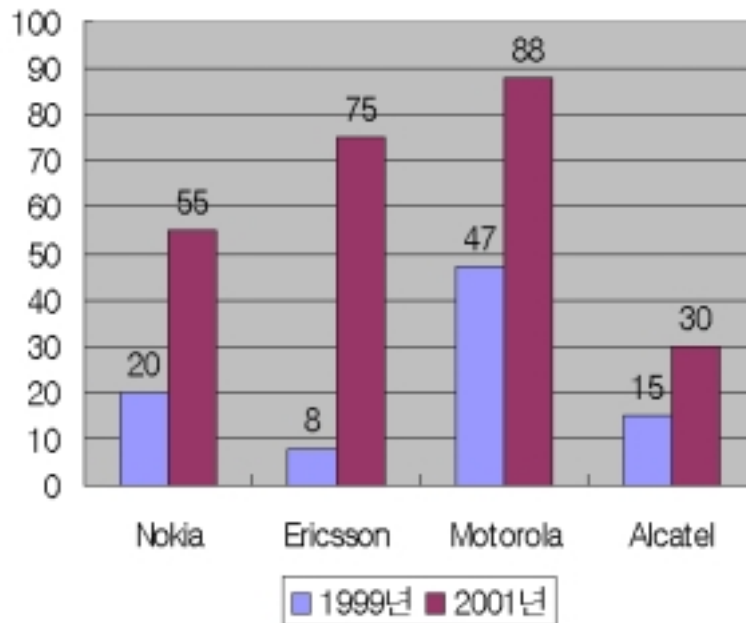


그림 A-4. Cellular Maker별 LIB(LIPB 포함)의 채용율 현황 및 계획(단위:%)

3.1.2 국내 2차전지의 산업동향

- 최근 2년간의 리튬이온이차전지의 국내 수요는 거의 변동이 없음. 국내에서는 통신업자가 휴대전화기 신규 구입자에게 보조금을 지원해 주었지만, 2000년 6월에 정부의 명령으로 그것을 폐지하였음. 그 결과 2000년 6월부터 9월경 까지 휴대전화기의 출하량이 일시적으로 격감하였다가 급회복 하였기 때문에 리튬이온이차전지의 수요량은 보합상태를 유지하였음.
- 국내 리튬이온이차전지 메이커의 생산능력은 다음 표 A-3과 같음.

표 A-3. 국내 리튬이온이차전지 메이커와 생산능력

메 이 커	생산능력(천개/월)
LG화학	2,500
삼성 SDI	2,100
SKC	1,500
Suttong Technology	개발 완료
Rocket전기	개발 예정

(자료 : 한국과학기술정보연구원 조사, 2000년)

- 리튬이온이차전지 참여 메이커는 리튬폴리머이차전지 참여 메이커보다 적는데, 리튬이온이차전지는 이미 경쟁이 심해 판매 가격이 떨어지고 있기 때문에 향후 참여해도 장점이 적을 것으로 생각하고 있기 때문임.
- 리튬이온2차전지의 수입금액이 2000년에는 1999년보다 10% 정도 하락하고 있는데, 이것은 LG화학의 증산, 삼성SDI의 본격 생산에 의해 국내 생산 비율이 높아짐으로써 리튬이온이차전지의 수입단가가 하락하였기 때문임(표 A-4 참조).

표 A-4. 국내 리튬이온2차전지 시장 동향

수입·수출별	1999년		2000년	
	수량(천개)	금액(백만엔)	수량(천개)	금액(백만엔)
수입	60,830	50,545	64,670	45,956
한국내 생산	2,300	1,400	7,100	3,976
수출	3,380	2,281	9,370	6,091
한국내수	59,750	49,664	62,400	43,841

(자료 : 한국과학기술정보연구원 조사)

표 A-5. 국내 리튬폴리머2차전지의 시장동향

수출입	1999년	2000년
	금액(US 천\$)	금액(US 천\$)
수 입	3,202	12,015
생 산	-	350
수 출	18,417	6,200

(자료 : 한국과학기술정보연구원 조사)

- 한국에서 리튬폴리머이차전지의 생산체제를 확립하고 있거나, 확립중이거나, 개발중인 메이커는 모두 합해 11개 사 정도임. 특징으로서는 LG화학, 삼성 SDI, SKC는 일본에서도 지명도가 높은 기업으로, 리튬폴리머이차전지 사업을 기업 다각화의 일환으로 추진하고 있음. 한편, 바이어블코리아, 코캄 엔지니어링, 파인셀 등의 벤처기업은 리튬폴리머이차전지만을 특화하여 시장진입을 도모하고 있음(표 A-5, A-6 참조).

표 A-6. 한국의 리튬폴리머2차전지 메이커와 생산능력

메 이 커	생산능력 (천개/월)	비 고
LG화학	500	LG그룹의 친회사
삼성SDI	개발 중	삼성그룹
SKC	개발 완료	SKC 그룹의 친회사
한일베일런스	1,000	한일시멘트로부터 출발
바이어블코리아	1,000	벤처기업
새한에너지테크	개발 완료	구 (주)새한
코캠엔지니어링	1,000	벤처기업
서통	개발 중	1차전지 메이커
로켓트전기	개발 완료	전지메이커
NESS	개발 완료	연구기업으로 기술을 판매
파인셀	개발 완료	벤처기업

(자료 : 한국과학기술정보연구원(KISTI) 조사)

3.2 국내외 기술개발 동향

- 2차전지는 반도체, TFT, LCD와 더불어 미래 국내 전자정보기기산업을 이끌어나갈 3대 전략부품으로 휴대폰을 비롯하여 캠코더, 노트형 PC 그리고 가까운 장래의 IMT-2000 등의 동영상 단말기에 이르는 기기들의 성능을 좌우함은 물론 하이브리드카와 전기자동차의 동력원으로서 그 중요성을 더하고 있음.
- 특히 용량이 크고 가벼운 리튬이온전지는 1990년대 초 일본의 SONY사에 의해 세계최초로 상용화가 이루어진 이후, 세계시장의 90%이상을 일본이 차지하고 있음. 1999년 부터 한국기업에서도 양산이 시작되었으나, 그 원자재를

대부분 일본 등에서 수입해오는 실정으로 이들 재료의 국산화가 절실히 요구되고 있음.

- 또한, 양극에 리튬코발트산화물과 음극에 탄소재료를 이용하고 있는 리튬이온 전지의 다음, 즉 「포스트 리튬이온전지」를 향한 개발경쟁이 이미 시작되었는데, 여기에는 폴리머(전해질)전지, 니켈계양극 전지, 금속리튬2차전지, 유황계양극 폴리머전지 등이 있음. 리튬이온전지의 눈부신 성장을 통하여 사용자에게 편리한 전지는 수익을 올릴 수 있다는 것을 1990년대의 리튬이온전지 붐이 보여 주었으나, 세계의 모든 전지 메이커가 좋은 상황은 아니었음.
- 일본의 경우, 10개사 정도가 리튬이온전지 시장에 참가하였으나 도중에 사업화를 중지, 또는 전략을 전환한 메이커도 있고 사업화마저 할 수 없었던 곳도 있었음. 이러한 곳의 경우, 그 대안으로 「포스트 리튬이온전지」에서 재기를 모색하여 왔고, 리튬이온전지 시장에서 수익을 올린 회사들 역시 다음 세대의 패권을 유지하기 위해서 「포스트 리튬이온전지」에 대한 연구개발에 매우 적극적임.
- 우리나라 역시, 전지 선진국들의 기술선점도가 비교적 낮은 「포스트리튬이온전지」분야에서의 기술개발을 통한 차세대전지 산업 경쟁력의 강화와 함께, 뒤따르는 중국의 전지양산체제 돌입에 대비하여 가격 경쟁력 뿐 아니라 보다 앞선 전지기술 보유가 절실함.

4. 2차전지의 향후 시장 및 기술 전망

4.1 2차전지의 시장 전망

- 기존의 니켈카드뮴전지와 니켈수소전지 대체 수요 급속 증가
- 휴대용 정보통신단말기의 기능강화로 고성능 Li 2차전지 필수
- 휴대용 전기, 전자제품 개발 확대로 2차전지 수요의 지속적 증가
- 2차전지의 세계수요 전망은 다음 표 A-7, 그림 A-5와 같음.

표 A-7. 2차전지의 세계수요 전망

(단위:백만불)

연 도	1999	2000	2002	2004	2006	2008	2010
1차전지	1,680	1,830	1,970	2,030	2,090	2,170	2,260
소형2차전지	4,800	5,280	6,330	7,650	8,420	10,200	12,330
산업용2차전지	5,900	6,534	6,860	7,203	7,383	7,530	7,643
합 계	12,380	13,644	15,160	16,883	17,893	19,900	22,233

(자료 : 일본 Yano '99 보고서)

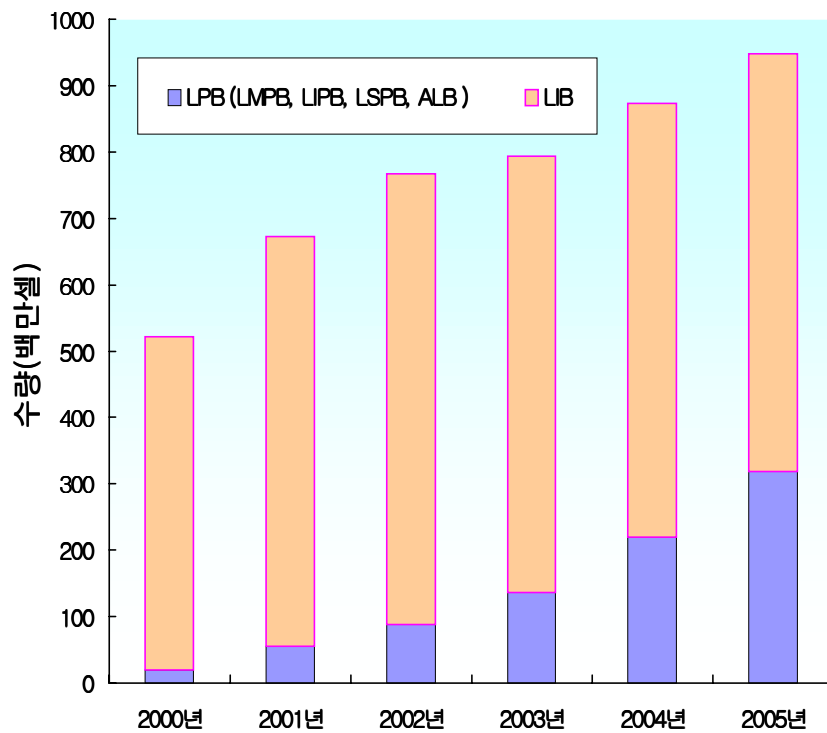


그림 A-5. Li 2차전지의 세계수요 전망

4.2 2차전지의 발전영역 및 전망

4.2.1 2차전지산업의 환경변화 전망

- 전자소자기술의 급속한 발전으로 제품의 소형·경량화 추세와 함께 소자의 구동전압이 감소하는 추세이며, 조만간 1.5~1.8V급의 전자소자가 실용화될 전망이다. 이에 따라 현재의 3.6V급 1 cell 방식의 휴대전자기기의 요구전압도 2V급으로 감소하므로, 2V급의 전압특성을 갖는 리튬황고분자전지(LSPB)는 미래 전자소자의 특성에 부합하는 미래형 전지로 판단됨.
- 리튬금속고분자전지(LMPB)는 LSPB와는 달리 3~4V급의 고에너지전지로서 기존 리튬이온전지와 리튬고분자전지 시장을 대체할 수 있는 미래형 전지임. 리튬2차전지의 발전 전망은 다음 그림 A-6과 같음.

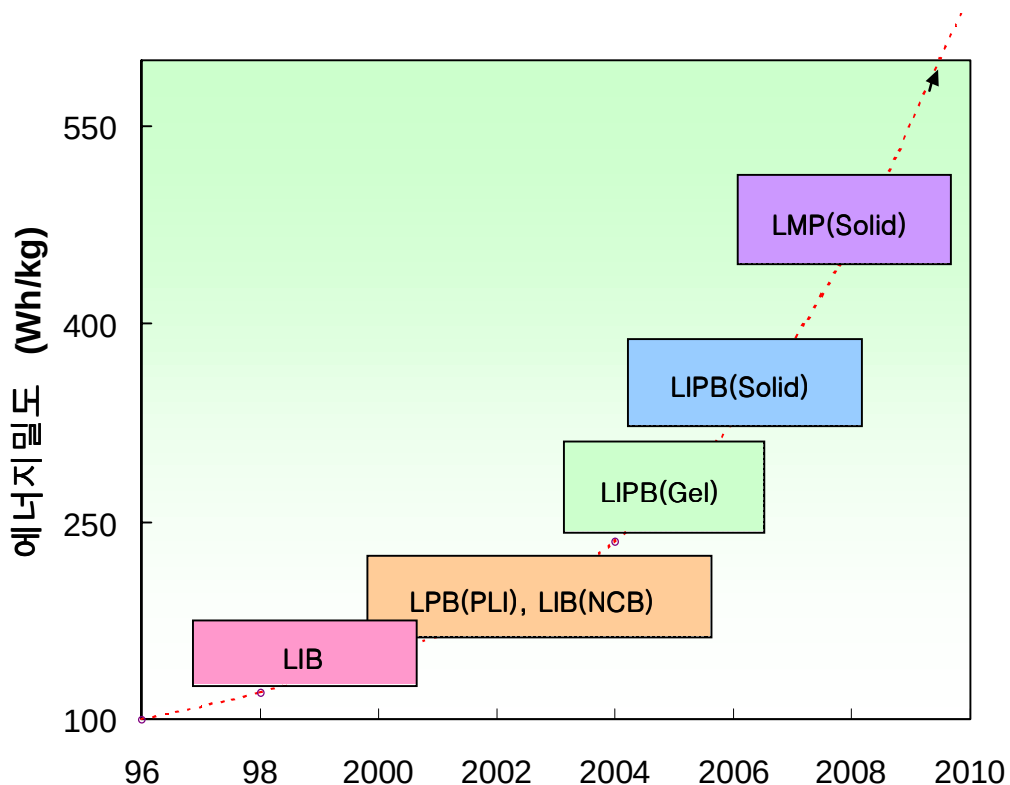


그림 A-6. 리튬2차전지의 발전 전망

- 2차전지산업은 산업, 가전, 레저용 휴대정보통신기기 등 다양한 민수응용과 함께 전기자동차, 항공우주산업, 전기전차 등 방위산업에서도 필요성이 증대하고 있으며, 신규 용도의 창출에 따라 수요 및 적용분야는 지속적으로 증가하고 고용량, 장수명, 경박화, 고속충전, 저가화가 심화되면서 Life Cycle이 점차 짧아지고 있음. 향후 형태 면에서 전지는 수요처 중심으로 발전할 것이며, 용도별로 형태 및 특성이 분화되고 있음.
- 전지산업의 완성은 cost-down으로 귀착되며, 이를 위하여 부단한 신물질 개발, 부품 개량, 전지형태 다양화, 설비 고성능화, 제조공정 단순화 등 각 요소별로 분화된 기술개발을 확대하고 있음.

4.2.2 2차전지의 종류별·연도별 환경변화 전망

- 1980년대까지는 연축전지와 니카드전지를 주로 사용하였으나, 환경오염 등의 문제로 1991년부터 니켈수소전지로 전이하였으며, 1993년부터 리튬이온전지 시장이 급속히 팽창하기 시작하여, 현재 리튬이온전지 주도의 시장을 형성하고 있음.
- 리튬고분자전지는 2000년부터 갖 상용화된 단계로서, 세계 각국이 신형 및 미래형 리튬고분자전지 개발에 중점을 두고 기술개발을 확대하고 있음.

4.2.3 2차전지 응용분야의 변화 전망

- 채용기기의 발전에 따라 전지도 초기 니카드전지에서 리튬이온전지 및 리튬고분자전지로 발전하였으며, 기기도 노트북, 휴대전화, 캠코더에서 현재는 MP3, 디지털카메라 등으로 다양화함에 따라 사용이 확대되고 있음.
- 당분간은 휴대전화를 주 용도로 하여 수요가 증가될 것이지만, 퍼스널컴퓨터·모바일 용도가 증가되어 2005년 이후에는 퍼스널컴퓨터·모바일 용도가 리튬폴리머2차전지의 주 용도 분야가 될 것으로 전망됨.
- 복합화에서 최종적으로 남을 것은 휴대전화와 PDA이며, 쌍방이 다양한 기능을 갖춰 시장을 확대해 갈 것으로 예상됨.

- 여러 가지 전기제품의 어플리케이션을 통일하여 원격조작하는 근거리데이터 통신기술 Bluetooth를 탑재한 휴대전화를 비롯해서, 소프트웨어를 탑재한 기기가 증가하고 있음. 복합화와 더불어 휴대전화와 PDA의 동기나 파일 전송, 전자메일의 교환 등 상호 정보전달이 확대될 가능성도 있음.
- 동화상 수신기능이 부착된 차세대 단말 FOMA 등도 가세하여, 2001년에서 2002년에 걸쳐 다기능 기종이 발매될 전망이다.
- 앞으로, 차세대 전지는 PDAV, Laptop PC, 로봇, 전동기구, LCD TV, 게임기 및 전기자동차와 함께 방위산업인 전기전차, 미사일, 어뢰, 잠수함, 통신기기 등 광범위한 산업분야로 확대될 것임.

표 A-8. 모바일 기기의 복합화 상황

기 능	기 기	대표적인 기종	보급 전망
전화기능	PDA	미국의 핸드스피링社 「바이저 폰」	미국에서는 PDA가 보급되고 있기 때문에 수요증가를 기대할 수 있음
데이터 통신기능	휴대전화	「i모드」 「J스카이」 「EZ 웹」	일본은 左記의 서비스가 정착. 유럽에서도 WAP 등의 서비스로 확대가 기대됨
	PDA	NTT도코모 「피인콤팩트」, 기타 휴대전화와의 접속 가이드	일본, 유럽에서는 휴대전화가 주류이지만, 미국에서는 보급 가능성이 큼.
개인정보 관리기능	휴대전화	미국에서 에릭슨이 발매	미국에서 PDA 시장이 확대되고 있어 제품투입.
화상촬영 기능	휴대전화	J폰용 샤프 「J-SH04」 au 「파샤파」	포토메일용이며, 디지털카메라에 대해서는 화질의 면에서 구별하여 사용될 전망이다
	PDA	자우루스, 팜은 각각 옵션의 카메라 장착으로 촬영가능	
음악재생 기능	휴대전화	au용 소니 「디바」	소니의 판촉활동으로 넓게 보급될 가능성이 있음.
	PDA	옵션으로 재생가능	

(자료 : 일본 중앙리서치센터 조사)

제 2 장 비 전

1. 기술과 시장의 분석 및 전망

- 본 장 2절에서 후술하고 있는 바와 같이, 본 2차전지 로드맵에서는 아래 7개 전지기술 분야를 대상으로 하고 있음.

1.1 LIPB 기술

1.1.1 기술의 개요 및 개발 필요성

1.1.1.1 기술의 정의

- 기존의 리튬이온전지와 달리 고체나 고분자 전해질 사용과 외장재를 금속 Can 이 아닌 AI 증착 필름을 사용하여 고안전성화, 박형화, 슬림화, 유연성화를 도모한 전지임.

1.1.1.2 기술의 개요

- 종류는 기존의 PLI, ALB 및 gel type의 순수 리튬이온폴리머전지 등이 있음.
- 제 2.5세대~제 3세대의 차세대 휴대폰과 PDA 등 휴대용 동영상 정보통신 기기의 장시간 연속사용이 가능한 고출력, 고성능화 실현
- 휴대용 정보통신기기들의 핵심 기술요건인 소형, 경량화, 장시간사용 등을 해결 할 수 있는 고출력, 박형, 슬림화가 가능

1.1.1.3 기술개발의 필요성

- 상용화되어 있는 리튬이온전지의 폭발성 문제를 해결하여 안전성이 매우 우수함.

- 차세대 휴대용 동영상 정보통신기기(IMT-2000, PDA 등)들의 경량화, 다기능, 고출력 및 장시간사용 등 소비자들의 욕구를 충족시킬 수 있는 차세대형 전지 개발이 시급함.
- 휴대정보기기에서 요구하는 박형과 경량화 전지의 규격이 기존의 리튬이온전지로는 도달할 수 없는 한계에 이르러 전자기기의 설계에 많은 제약을 주고 있으므로 박형, 경량화 및 고안전성을 확보할 수 있는 리튬이온폴리머전지의 개발이 필요함.
- 고성능 리튬이온폴리머전지는 기존 전지의 용량보다 약 1.5배가 넘는 고용량을 가지는 차세대 전지로서 세계각국이 휴대용정보통신기기와 2차전지 산업 분야에서 기술우위 확보를 위해 국가적으로 육성시켜 나가고 있어, 우리의 수출주력 상품인 노트북 PC, 휴대폰, MP3 등과 향후 IMT-2000과 같은 차세대 정보통신기기의 경쟁력 강화를 위하여 국산화 개발이 선행되어야 함.
- 아울러, 생산설비는 2차전지산업 발전에 원동력이 되며, 2차전지산업의 경쟁력 향상에 크게 기여함은 물론 새로운 산업으로 창출됨과 동시에 수출 증대를 촉진시킬 것임.

1.1.2 시장 및 기술개발 동향

1.1.2.1 국내 및 세계시장 동향

- 국내 리튬이온전지는 휴대폰과 노트북PC의 급속한 보급확대에 따라 시장 수요가 매년 급성장하여 왔으며, 향후 IMT-2000과 PDA 등의 보급이 확산될 경우 고성능, 고안전성 전지를 사용하여야 하기 때문에, 그 수요는 매우 빠르게 급신장하여 갈 것으로 예측되고 있음.
- 휴대폰의 경우 일본, 한국, 미국에 이어 전세계적으로 가입자수가 급속히 신장되어 가고 있음. 무한시장을 가지고 있는 중국의 경우에는 매년 100% 이상씩 증가하여 가고 있어, 앞으로도 고성능, 고안전성 전지는 계속 고도성장하여가는 대표적 3대 핵심 부품이 될 것임.

- 소형 2차전지의 세계시장 수요는 매년 감소되면서 리튬이온전지로 급속히 대체되어 가고 있으나, 향후 리튬이온폴리머전지가 개발되면 리튬이온전지 수요의 상당 부분이 리튬이온폴리머전지로 대체될 전망이다.

1.1.2.2 선진국의 기술개발 동향

- 리튬이온전지는 각종 휴대용 정보통신기기(노트북PC, 휴대폰, PDA, IMT-2000등)와 전기, 전자제품(MP3, 디지털카메라, 캠코더 등)의 고성능, 경량화, 장기연속 사용을 실현시키는 가장 중요한 요소이며, 동 산업의 경쟁력을 좌우하는 핵심부품으로 간주되어, 선진국에서는 공동기술개발 체재를 구성하여 정책으로 지원 육성하고 있음.
- 특히, 미국과 유럽은 LIB의 세계시장을 독점하고 있는 일본을 견제하고, 향후 2차전지 산업에서 우위확보를 위하여, “리튬이온폴리머전지” 분야에 대한 연구개발을 매우 적극적으로 추진하고 있고 소형보다는 대형 2차전지에 중점을 두고 있음. 중국의 경우는 확인되고 있지는 않지만, 차세대 2차전지를 연구하는 곳만 약 1,000여개 사가 넘는다고 할 정도로 많으며, 정부차원에서 전폭적으로 지원하고 있음.

표 A-9. 주요국의 2차전지산업 지원정책(예)

국가	지 원 내 용
일본	<ul style="list-style-type: none"> · '93년 1월 10개사가 모여 전지연구조합을 결성하여 New-Sunshine Project의 일환으로 고성능 LIB와 LIPB 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 연구비 : 140억엔 - 연구비 지원 : 전액 정부지원
미국	<ul style="list-style-type: none"> · USABC(US Advanced Battery Consortium : '91년 3월 설립)의 지원 하에 전기자동차용으로 고성능 LPB 및 LIPB 개발 시작 <ul style="list-style-type: none"> - 사업기간 : 12년 - 연구비 : 10억불 (연구비 부담 비율 : 정부 50%, 민간 50%) · 세계시장에서 일본에 대한 리튬이온전지의 열세를 만회하기 위하여 리튬고분자전지 개발 적극 추진
유럽 (EU)	<ul style="list-style-type: none"> · 유럽공동체에서도 Joule Program에 의하여 차세대 2차전지로 LIB와 함께 LIPB를 중점으로 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국가적 Project로 연구개발 중 - 콘소시움 : 독일, 프랑스, 덴마크
대만	<ul style="list-style-type: none"> · '94년부터 대만 경제부에서 LIPB를 포함한 차세대 2차전지개발 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 연구비 : NT\$2억5천만(약10억엔) - 참여기업 : 4개사(Pacific Technology에서 NT\$30억 투자)

1.1.2.3 국내의 기술개발 동향

○ 제조기술

- 1994년도부터 기초연구를 시작하였으며, 2000년도에는 LG화학과 삼성 SDI가 LIPB 양산설비를 구축하기 시작하였음.

표 A-10. 생산업체 현황

구 분	~1998년	2001년	비고
NiMH	4	-	벤처기업 포함. 대기업: 3개 사
LIB	9	4	
LIPB	5	10	

○ 부품,소재기술

- 1997년도까지는 국내시장의 불확실성과 기술적 취약 및 막대한 R&D 경비 부담 가중 등으로 상용화 개발투자가 적극적으로 이루어지지 않았음.
- 2000년도 LG화학과 삼성SDI가 양산설비를 도입하고, 그 외 2~3개 사가 추가로 생산계획을 발표하고, 양사가 국산화 개발업체를 발굴하면서 중소기업들의 개발의욕이 고취되어, 현재는 LIPB용 양극재료인 LiCoO_2 와 LiMn_2O_4 를 비롯하여 전해액, 고분자전해질용 고분자 등 많은 부분에서 개발에 투자하고 있으며, 일부는 생산이 되고 있음.

○ 생산장비기술

- LIPB의 생산장비는 대부분 고정밀도, 고가의 전용설비들로서, R&D의 막대한 자금과 오랜 개발기간, 그리고 장기간의 Field Test 등 개발 기업의 위험부담 가중으로 개발투자가 지연되었으나,

- 1997년도부터 본격적으로 개발을 시작하여, LIPB용 laminator, 전극용 Mixer & Mill, pouch machine, electrode puncher 등을 개발하였으며, 특히 2차전지 산업의 특성으로 인하여, 일본과 같이 국내에서도 (주)새한 에너지테크, (주)서통테크놀로지, (주)SKC 등 2차전지 관련업체에서 LIPB를 개발하고 있음.

1.1.3 향후 시장 및 기술의 전망

- 현재의 LIPB의 시장규모는 리튬이온전지의 약 10~15%에 불과하지만 휴대용 전자기기에 LIB에 비해 상당히 큰 장점을 갖고 있기 때문에 현재 LIB가 장악하고 있는 시장의 상당 부분을 대체할 수 있어 2차전지 시장의 분포를 바꾸게 될 것으로 전망됨.
- 또한 미국의 전기자동차 시장이 활성화 되면 LIB 보다 에너지밀도가 높은 LIPB가 먼저 채택될 가능성이 높아 새로운 시장의 확대 또한 매우 기대됨.
- 1995년도부터 휴대폰에 리튬이온전지를 사용하고부터 매년 100% 이상 채택되어 왔으며, 2000년 말부터는 리튬이온폴리머전지의 시제품을 휴대폰에 적용하기 시작하였으며 향후 리튬이온폴리머전지로 대체될 것으로 전망됨.

표 A-11. 리튬이온폴리머전지의 적용분야

정보통신용	전기, 전자용	산업용	방산용
<ul style="list-style-type: none"> ○ 휴대폰 ○ 노트북PC ○ IMT-2000 ○ PDA ○ Bluetooth 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 캠코더 ○ 디지털카메라 ○ MP3 ○ 소형LCD TV ○ IC카드 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소형로봇 ○ 전기자동차 ○ 전동공구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무전기 ○ 미사일 ○ 어뢰 ○ 잠수함

- 현재까지는 리튬이온전지의 수요가 급성장하여 새로운 전지에 대한 기술 개발 투자가 저조하였으나, 생산업체 증가로 가격경쟁력이 심화되고 셋트 업체에서의 새로운 고성능, 박형, 고안전성 및 저가격의 2차전지 생산 요구가 계속되고 있어 고분자전해질용 신소재 연구와 NCPB, ALB 등과 같은 새로운 전지설계 기술 개발이 확대되고 있음.
- 리튬이온폴리머전지는 현재까지 PLI 타입, ALB 타입, gel 타입 LIPB 등으로 시제품이 생산되었지만 본격적인 양산에 이르지 못하고 있음. 하지만 활발히 개발을 진행하고 있고 계속 새로운 공정이 개발되고 있어 매우 발전 전망이 높음.

1.1.3.1 시장 및 기술의 성장요인 및 전망

- 고출력의 전원을 필요로 하는 새로운 동영상 정보통신기기인 IMT-2000, PDA의 개발이 성공, 보급단계에 있으며, 동 기기들의 보급은 세계적으로 확산되어 갈 것으로 전망되면서 고성능 리튬이온폴리머전지의 수요도 함께 급성장되어갈 것으로 예측됨.
- 높은 에너지밀도와 고안전성을 요구하는 전기자동차용 전원으로 채택될 전망 이어서 리튬이온폴리머전지의 수요는 급증하게 될 전망이고 이에 따라 관련 산업도 급성장할 것으로 예측됨.
- 세계화 속에서 정보 다양화로 휴대용 정보통신기기의 기능 다양성과 장기 이동 체류 등으로 수요자들은 전지의 고성능화, 경량화, 박형화, 장수명화, 저가격화를 위한 새로운 고용량 2차전지를 계속 요구하고 있어 LIPB의 발전 전망은 매우 높으며, 제품의 Life Cycle이 짧아지고 있어 앞으로도 LIPB의 설계, 제조, 부품, 소재 등 전분야에 걸쳐 새로운 기술들이 계속 연구개발되어 고도성장할 것으로 전망됨.

1.1.3.2 기술개발의 장애요인과 극복방안 및 정책적 제언

- 국내의 차세대 소형 2차전지의 본격적인 개발이 1994년도 이후에 시작되었기 때문에 전지 관련 설비와 인력 측면에서 취약함. LIPB는 LIB보다 늦게 연구개발이 시작되었기 때문에 더욱 취약한 실정임.
- 특히 고분자전해질 등과 같은 핵심소재 분야의 기술이 미흡하여 연구개발이 필요한 분야이고 이 분야의 전문 연구원 또한 매우 부족한 현실이고 고급 기술인력의 양성도 미흡하여 기초기술력이 취약함.
- 차세대 2차전지는 다른 산업 제품과 달리 R&D, P.P생산, 양산단계 간의 생산, 품질의 기술 안정화 기간이 매우 긴 특성을 가지고 있으며, 특히 P.P에서 양산화 안정까지는 약 10년 이상의 장기간이 소요됨.
- 짧은 역사로 인한 부품, 소재, 장비 등 관련 Infra산업의 기반이 매우 취약하고, 전문 고급 기술인력의 양성 미흡으로 새로운 전지 설계 개발과 가격 경쟁력 우위 확보에 어려움이 많음.

A-12. 기술개발의 장애 요인, 극복 방안 및 정책적 제언

장애 요인	극복 방안	정책적 제언
기초기술 연구 기반 취약	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미래형 전지에 대한 기초 기술개발 선행 ○ 고급 기술인력 양성 확대 ○ 산·학 공동연구개발 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 기업의 위탁연구 지원 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초기반기술 개발사업의 지원 비율 확대 ○ 대학의 전문기술인력 양성교육 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 초기산업 분야에 대한 국비 장학제도 도입
차세대 전지 개발 투자 부담 가중	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전문 연구소의 상용화 선행기술 개발 지원 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 산·연 공동연구개발 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부의 산기반 자금 지원 확대로 경영자의 개발투자 의욕 고취 ○ 전문연구소의 상용화 선행 기술개발비 지원 확대
관련 Infra산업의 조성 취약	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전후방 관련 산업의 동시 국산화 개발 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 부품,소재 - 생산장비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산기반 사업의 콘소시움 개발 체제 지원 확대 ○ 산업체 중심의 공동기술 개발 확대 지원
고가의 생산설비 수입으로 자부담 가중	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국산화 공동개발 확대 ○ 초기산업에 대한 세제 지원 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국산 불가능 시설재에 대한 수입관세 영세율 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 생산,판매 활성화를 통하여 세수증대 가능
부품,소재의 국산화 미흡으로 가격경쟁력 약화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중소 전문기업 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 공동개발, 공동구매 시스템 도입, 실시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부품,소재 기술개발 지원 확대 ○ 산기반 사업시 일괄 공동기술개발체제 도입

1.2 LMPB 기술

1.2.1 기술의 개요 및 개발 필요성

1.2.1.1 기술의 정의

- LMPB는 리튬금속고분자전해질2차전지(lithium metal polymer electrolyte battery)로서 리튬이온 발생원인 리튬금속 또는 리튬금속합금 부극을 사용하는 높은 에너지밀도의 2차전지임.

1.2.1.2 기술의 개요

- LMPB는 3.6V급으로 기존 리튬이온전지 및 리튬고분자전지의 3.6V와 호환되는 전압임.
- 리튬금속의 사용으로 에너지밀도가 190Wh/kg 수준으로 탄소재료를 사용하는 기존 고분자전지에 비하여 150%의 높은 에너지밀도를 나타냄.
- 정극재료는 리튬이온전지 및 리튬고분자전지와 동일한 소재를 사용하므로 기술개발 기간을 단축할 수 있음.
- 리튬과의 적합성이 우수한 단이온전도 특성의 고체전해질의 개발 및 적용을 통하여 전지성능 및 신뢰성을 향상할 수 있음.
- 본 LMPB는 기존 리튬2차전지 시장을 대체할 수 있는 미래형의 핵심 전기·전자 부품임.

1.2.1.3 기술개발의 필요성

- 정보화 사회의 고성능 휴대전원 제공
 - 정보화/친환경 사회로의 진입에 따라 고에너지밀도의 전지에 대한 열망이 보다 증대됨.

- 기기 중 전지의 중량비율이 휴대전화, 노트북PC, 디지털카메라 각각 30%, 16.5%, 14 %로 높음.
- 기기의 소형·경량·고성능화와 함께 전지도 소형·경량화하고 있음.

○ 전지성능향상 추세에 부응하는 고성능 전지

- 액체전해액의 리튬금속 2차전지(“LB R6” 형태)는 캐나다의 몰리에너지에서 1986년 최초로 상용화함.
- 몰리에너지의 리튬금속 2차전지는 기술적 문제로 1987년 사고를 야기하여 전량 recall한 사례가 있음.
- 사고의 핵심은 충방전 사용에 따른 열폭주(thermal runaway)로 수지상 금속 성장으로 morphology의 변형에 따른 것으로 확인되었음.
- 본 LMPB는 열폭주 현상을 억제하는 기술개발을 통하여 고에너지밀도의 리튬금속부극의 장점을 극대화한 고성능 전지임.

○ 기술 선진국의 LMPB 개발

- 일본에서는 고에너지형 전지 과제로 1992년부터 전액 정부지원 연구과제로 LIBES에서 리튬금속 2차전지를 개발하고 있음.
- 전기자동차 등의 고에너지밀도형의 전지를 요구하는 분야를 적용대상으로 함.

1.2.2 시장 및 기술개발 동향

1.2.2.1 국내 및 세계 시장동향

- LMPB의 세계시장 규모는 2005년에 63억원 및 2010년에 1조4천억원 규모로 예상됨 (시장점유율은 2005년의 리튬이차전지 시장의 0.07% 및 2010년의 20% 규모를 기준) (그림 A-7 참조).

- LMPB의 국내시장 규모는 2005년에 6억원 및 2010년에는 1,400억원 규모로 예상됨.

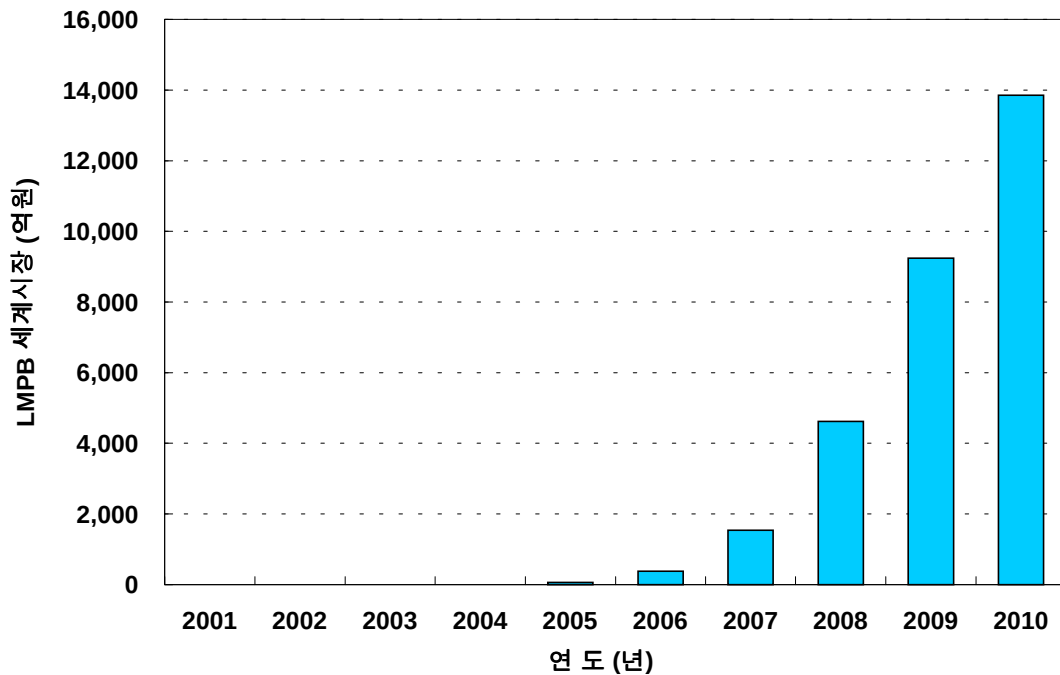


그림 A-7. LMPB의 세계시장

1.2.2.2 선진국의 기술개발 동향

- 사회/기술적 Needs 추세
 - 1980년대초 들어 리튬2차전지에 대한 연구가 점차 증가하기 시작함.
 - 1986년 캐나다의 벤처기업인 몰리에너지에서 세계 최초로 리튬2차전지를 상용화함.
 - 1987년의 안전사고로 recall된 이후 리튬금속 2차전지에 대한 연구는 침체되고, 부극대체재료인 탄소재료에 대한 연구와 함께 리튬이온전지가 세계적으로 상용화됨.

- 고에너지밀도 전지에 대한 필요성 증대로 LMPB의 열폭주 등 문제를 해결하기 위한 연구가 재개되고 있음.

○ 일본의 기술개발 동향

- 일본에서는 1992년부터 MITI에서 주관하는 New Sunshine project 중 LIBES가 주체가 되어 전액 정부지원으로 LMPB를 고에너지밀도형 전지로 리튬금속 2차전지를 개발하고 있음.

○ 미국의 기술개발 동향

- 미국에서는 1996년부터 정부주도의 USABC 컨소시움으로 3M 등이 LMPB를 개발하고 있음.

1.2.2.3 국내의 기술개발 동향

- 국내의 출연연구소 및 기업에서는 리튬금속부극을 사용하는 리튬일차전지를 상용화 개발한 기술력을 갖추고 있음.
- 일차전지의 기술과 함께 리튬이온전지 및 리튬고분자전지의 상용화 기술을 확보하고 있음.
- 전지업체에서는 LMPB를 개발하기 위한 제반 기술을 상당 부분의 기 갖춘 상태이나, 그 동안 리튬금속부극을 개선하기 위한 목적으로 연구를 수행하지는 않았음.

1.2.3 향후 시장 및 기술의 전망

1.2.3.1 시장 및 기술의 성장요인 및 전망

○ 성장요인

- 무선정보 사회화에 따라 휴대정보기기산업이 급속하게 발전하는 추세로서, 휴대에너지원인 전지의 소형·경량·고에너지화 요구가 점차 높아지고 있음.

○ 전망

- 리튬이온전지 기술은 그 동안 도입기를 거쳐 성장기에 진입하고 있어, 성능 향상이 둔화되고 있음 LMPB는 리튬금속부극의 채용으로 에너지밀도 면에서 리튬이온전지에 비해 한 단계 상위기술로서 기술개발의 진척과 함께 급속한 시장 성장이 전망됨.

1.2.3.2. 기술개발의 장애요인과 극복방안 및 정책적 제언

○ 기술개발의 장애요인 및 극복방안

- LMPB는 고성능 2차전지임에도 불구하고, 기술 초창기의 열폭주 사고로 인하여 개발이 지연되었던 전지임. 이러한 열폭주의 문제점을 해결하기 위하여, 리튬의 활성을 완화하는 방법으로 합금화를 통한 기술개발과 단이온전도체 막을 통한 리튬금속의 안정화 기술개발 및 리튬금속 계면과 문제가 없는 고체전해질의 개발로 극복할 수 있음.
- 리튬금속부극 2차전지는 충방전 수명이 짧은 문제점이 있음. 리튬이온 단이온전도체의 개발 및 적용으로 극복할 수 있으며, 전해질과 리튬의 접촉을 원천적으로 억제하여 수지상의 성장문제를 해결함으로써 장애를 극복할 수 있음.

○ 정책적 제언

- 상기의 장애요인들은 정부의 정책적 추진, 산·학·연의 공동기술개발체계에 의한 집중 개발로 극복할 수 있음.
- LMPB 개발의 핵심은 전해질과 전극의 간접접촉(indirect contact)을 달성함으로써 전해질에 의한 전지특성의 저해 요인을 해소할 수 있음.

1.3 LSPB 기술

1.3.1 기술의 개요 및 개발 필요성

1.3.1.1 기술의 정의

- LSPB는 리튬/설퍼 고분자전해질 2차전지(lithium sulfur polymer electrolyte battery)로 리튬이온 2 당량의 반응능력을 가진 설퍼정극을 사용하며, 고에너지 밀도 특성, 중금속 사용 배제의 친환경 특성 및 저가의 전지재료 특성을 갖는 고성능 설퍼계 2차전지임.

1.3.1.2 기술의 개요

- LSPB는 230 Wh/kg의 높은 에너지밀도를 나타내며, 2.1V의 전압을 가짐.
- LSPB는 원자당 2 Faraday의 전기량을 내는 비금속의 황 재료를 사용함으로써 고에너지화와 함께 중금속 오염을 배제한 환경친화형의 고성능 전지임.
- Low cost의 설퍼를 고기능성 에너지 저장재료로 전환 활용하여 고성능의 2차전지로 개발할 수 있음.

1.3.1.3 기술개발의 필요성

- 휴대정보기기산업의 급속한 질적/양적 발전에 따라 이들의 에너지원인 전지가 기기에서 차지하는 중요도가 급속히 높아지고 있음.
- 기기의 소형·경량·고성능화에 따라 고성능 전지의 요구는 보다 절실해지고 있으며, 전지가 기기의 소형·경량화와 직결됨.
- 황은 석유산업의 부산물로 생산되고 있으며, 고무산업의 가황제, 황산 제조 원료, 의약품 등으로 활용되고 있으나, 생산량이 수요를 상회하고 있는 형편임.
- LSPB는 고성능 신형전지로서 미국(PolyPlus 및 Moltech 사)에서 최초로 개발을 시작한 이래 일본(Sony, Matsushita 사) 및 한국(이스퀘어텍, 삼성SDI, LG화학 등)에서도 개발을 추진 중임.

1.3.2. 시장 및 기술개발 동향

1.3.2.1 국내 및 세계 시장동향

- LSPB의 세계시장 규모는 2005년에 약 45억원 및 2010년에는 1조원에 달할 것으로 예상됨. 시장점유율은 2005년에 리튬이차전지 시장의 0.05% 및 2010년에 15% 규모로 예상됨(그림 A-8 참조) .
- LSPB 국내시장 규모는 2005년경에 약 4억원 및 2010년에는 1천억원 규모로 예상됨.

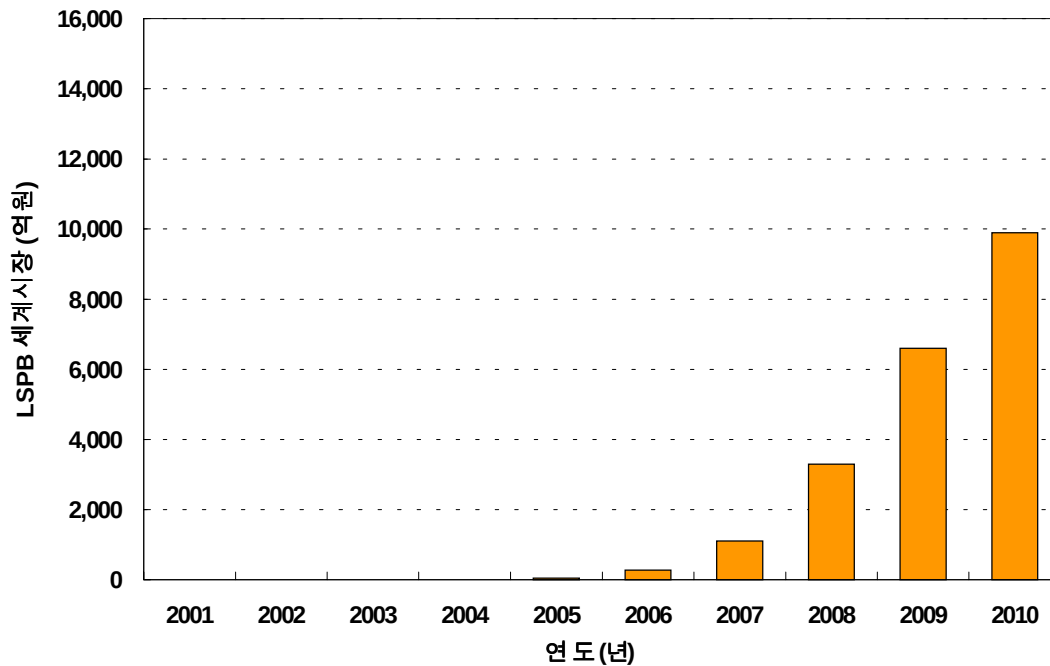


그림 A-8. LSPB의 세계시장

1.3.2.2 선진국의 기술개발 동향

○ 기술의 태동

- 1980년대 초 이스라엘의 Peled 및 미국의 Rauh 연구그룹에서 리튬/설퍼 전지에 대한 연구를 시작함.

○ 미국의 기술개발 동향

- 1996년 미국의 폴리플러스사에서 설퍼전극을 사용한 리튬/설퍼전지를 개발함.
- 폴리플러스사의 발표에 따르면, 양극의 용량이 상온에서 700mAh/g의 용량을 나타낸다고 발표함. 이 같은 용량은 리튬이온전지 양극의 비용량보다 높은 값임.
- 미국에서는 이와 같이 기반기술을 상당히 확보한 수준으로 확인됨.

- 일본의 기술개발 동향

- 일본에서는 1990년대 중반부터 대학의 기초연구로부터 시작하여, 소니에너지텍 및 마쯔시다 등에서 연구 중임.

1.3.2.3 국내의 기술개발 동향

- 국내의 출연연구소, 대학 및 업체에서 LSPB 개발을 위한 기반연구를 수행하여 왔으며, 기반기술에 대해서는 상당 부분 개발하였으나, 단이온전도체 등의 핵심기술에 대한 연구는 추진되지 않고 있음.
- 전지업체에서도 LSPB를 차세대의 전지로 개발하기 위한 연구를 추진 중에 있음.

1.3.3 향후 시장 및 기술의 전망

1.3.3.1 시장 및 기술의 성장요인 및 전망

- 정보화 사회로의 진입에 따라 휴대전화, PDA, 노트북, 캠코더, 디지털카메라 등 휴대정보기기산업이 급속하게 발전하는 추세임.
- 이에 따라 휴대 에너지원인 전지의 소형·경량화·고에너지밀도화 요구가 점차 높아지고 있음.
- LSPB는 중금속을 사용하지 않아 친환경 특성 및 성능 면에서 기존 이차전지에 비해 상위의 기술로서, 장래 휴대 에너지원의 요구사항인 고에너지밀도의 특성으로 급속한 시장 성장이 전망됨.

1.3.3.2. 기술개발의 장애요인과 극복방안 및 정책적 제언

○ 기술개발의 장애요인 및 극복방안

- LSPB는 설퍼의 용해문제 및 리튬극의 수지상 성장 문제가 핵심 기술개발 사항임. 이는 전해질과 전극의 간접접촉을 달성함으로써 전해질에 의한 전지 특성의 저해 요인을 해소할 수 있음.
- 설퍼의 특성상 전용의 개발 장비들이 필요하며, 기존 장비를 공용할 수 없어 개발 속도가 늦어진 장애가 있어왔음. LSPB 개발을 위한 고유장비의 확보로 장애요인을 극복할 수 있으며, 이를 위한 연구예산의 지원이 필요함.
- 전기화학 반응의 중간생성물인 설퍼 유도체들이 전해질과의 높은 친화성으로 인하여 전해질로 확산하는 것이 큰 장애요인으로 전지 성능의 감소로 나타남. 이를 극복하기 위해서는 리튬이온의 단이온전도체 막을 설퍼전극 표면에 형성함으로써 전해질과 설퍼의 접촉을 원천적으로 억제하여 활물질 손실의 장애요인을 극복할 수 있음.
- 리튬음극은 충방전의 반복에 따라 막 형태의 필름이 수지상의 덴드라이트로 변형(dendritic growth)되고, 이에 따라 전지수명의 감소로 나타나는 장애가 있음. 이는 설퍼전극의 장애와는 다른 형태이나, 역시 리튬이온 단이온전도체의 응용 개발 및 적용으로 극복할 수 있음.

○ 정책적 제언

- 장애요인들은 정부의 정책적 추진, 산·학·연의 공동기술개발 체계에 의한 집중 개발로 극복할 수 있음.

1.4 전고상초소형전지 기술

1.4.1 기술의 개요 및 개발 필요성

1.4.1.1 기술의 정의

- 전고상초소형전지는 CMOS 칩, 스마트 IC 카드, 초박형 마이크로 센서, 마이크로 로봇 등과 같이 능동 및 수동으로 동작하는 모든 종류의 초소형 정밀기기 및 시스템에 독립적으로 전원을 공급하기 위해 제작된, 음극/전해질/양극 등의 구성품이 모두 고체로 이루어진 전지를 통칭함.

1.4.1.2 기술의 개요

- 전고상 초소형 전지는 초정밀 박막 소자를 제조하는 데 이용되어온 박막 제조 공정 기술에 기반을 두고 있음.
- 기존의 리튬2차전지시스템은 박막공정 기술을 이용하여 소형화시킨 부류(고상박막폴리머전지)와 박막화에 따라 새롭게 창출된 부류(고상 박막유리질 전지)로 구분됨.
- 전고상초소형전지는 전지 크기에 좌우되는 전기/전자기기의 크기를 극소화할 수 있음.
- 모든 구성품(음극/전해질/양극)이 고체로 되어 있으며, 특히 낮은 이온전도도를 갖는 유리질전해질($\sim 10^{-6}$ S/cm)을 박막화함에 따라 충분한 전도성을 확보할 수 있는 새로운 패러다임의 전지임. 통상적으로 수백~수천 μ Ah의 용량을 가지며 완전형 전지 스택의 두께가 수십 내지 수백 마이크로론으로 이루어져 있음.

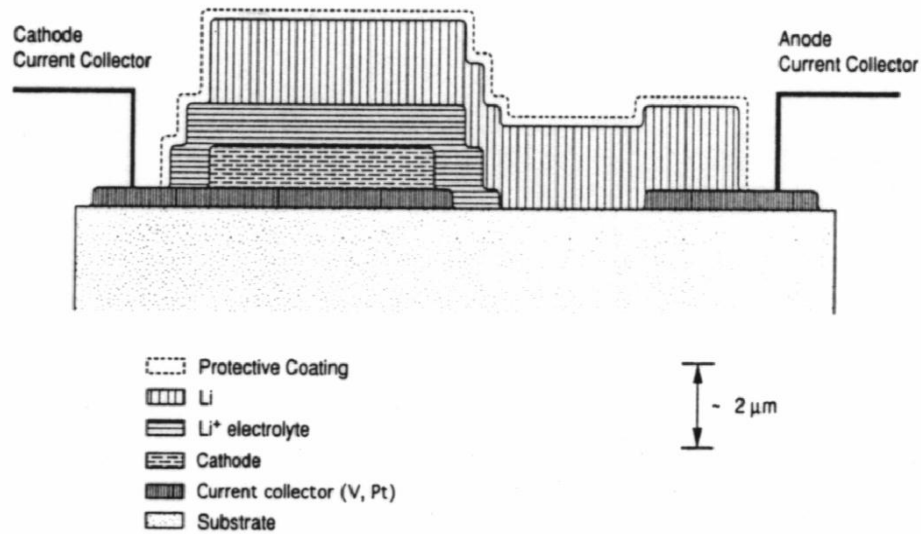


그림 A-9. Oak Ridge Nat. Lab에서 제안한 전고상 초소형 전지의 구조

- 전지의 형상은 박막형으로 주로 초소형 부품과 함께 일체화되어 CMOS 칩, 스마트 IC 카드, 초박형 마이크로 센서, 마이크로 로봇과 같이 능동 및 수동형으로 동작하는 모든 종류의 초소형 기기에 독립적으로 전원을 공급하는 에너지원으로 사용
- 전지 구성품이 모두 고체이기 때문에 사용이 용이하고 진동이나 열에 안정하며 오염이나 누수의 문제가 없고, 자기 방전이 없으며 가스 발생에 의한 내압 증가도 없음
- 다양한 크기와 모양으로 제작이 가능하며, 전지를 직렬, 병렬로 연결한 다중셀 형성이 가능하여 전압 증폭이 용이하고 3차원적으로 배열할 경우 체적비 용량면에서 우수하며 안정성이 좋기 때문에 응용 분야가 넓음.
- 사용되는 기판은 지지대의 역할을 하기 때문에 고분자, 유리, 세라믹, 금속 등의 모든 박막형 기판을 사용할 수 있음.

1.4.1.3 기술개발의 필요성

☆ 차세대 초소형 구동 전원의 대안 ⇒ 전고상 초소형 전지.

- 21세기는 각종 전기/전자 기기의 소형화, 고집적화에 따라 microelectronics 및 bioelectronics 등과 같은 초소형 정밀기기를 응용하는 분야가 비약적으로 확대되는 전성기가 될 것임.
- 이와 같은 추세에 있어서 가장 필요한 것은 초소형 정밀 기계 부품 소자의 구동을 위한 에너지원의 개발임. 즉, 소자의 소형화에 부합되는 초소형전지가 필요함.
- 따라서 보다 완전한 초소형 정밀기계 및 마이크로 소자의 특성 발현을 위하여 고성능 전고상 초소형 전지의 개발이 필수적임.
- 마이크로머신 공정을 이용하여 제작되는 초소형 정밀 기계는 공정기술과 재료기술의 발전에 의하여 더욱 소형화되고 있으며, 특히 기능을 갖는 부분과 이 부분을 제어하는 주변 회로의 on-chip화 요구가 증가되기 시작함. 즉 마이크로 소자 제작시 소자와 함께 전원을 제작함으로써 불필요한 noise 및 전력 소모를 최소화할 수 있을 뿐만 아니라, 기기/부품의 크기를 최소화하여 유지할 수 있음.
- 전고상초소형전지는 반도체 메모리 소자의 스탠바이 및 백업전원으로 뿐만 아니라 마이크로 소자의 직접회로, 마이크로 센서, 생체용 마이크로 로봇, MAV(micro air vehicle), 마이크로 펌프, 마이크로 밸브 등과 같은 초소형 정밀기기의 구동에 필수불가결한 핵심부품임. 초소형의 의료소자, 에너지를 내장한 스마트 카드, FM 송수신기 등과 패키지화한 원거리 유해가스감지기 등과 같이 그 응용의 폭과 가능성이 매우 높기 때문에, 기술 확보 자체의 중요성 뿐만 아니라 관련된 미래 산업 발전의 가속화에 지대한 영향을 끼치며 다양한 응용 분야를 창출함으로써 국민의 생활양식 등을 포함하는 사회, 문화적인 패러다임 변화에 크게 이바지할 것임.

☆ 국내 실정에 알맞은 기술이며 제반 산업에 파급 효과가 큼

- 전고상초소형전지는 초정밀 박막 소자를 제조하는 데 이용되어온 박막 제조 공정 기술에 기반을 두고 있기 때문에 특히 반도체 제조 공정 등의 기술 분야에 뛰어난 적응력을 갖고있는 국내의 기술 실정을 감안한다면 반도체 산업에서 이용되는 기술을 직접 적용할 수 있는 장점이 있어 상대적으로 국내 기술 기반이 우위에 있다고 볼 수 있는 분야임.
- 초소형 정밀 기기(MEMS) 분야는 전기, 전자, 기계, 광학, 화학, 생물 등 산업 전반의 광범위한 전문 기술과 제품 제조 기술들이 복합되어 하나의 초소형 시스템으로 구성되는 독특한 특성을 보유하고 있으며, 이에 알맞은 전고상 초소형 전지 역시 특정 분야의 한 두가지 기술만으로는 가능하지 않고 설계에서부터 제조 공정, 재료 특성, 충방전 기술, 패키징 및 부품 적용에 이르기까지 각 기술 분야간의 유기적인 협조 및 오랜 경험과 know-how가 필요한 분야임.
- 많은 장점으로 인한 다양한 응용 가능성
- 초소형화 가능
 - 박막 기술을 이용하여 초소형, 초경량의 전지 제작이 가능하며 다양한 크기와 모양으로 제작이 가능하기 때문에 전지 형태 및 크기에 좌우되는 전기/전자 기기/부품의 크기를 극소화할 수 있음
- 높은 안정성
 - 고체 전해질을 사용하기 때문에 액체 전해질을 사용하는 벌크 전지에 비해 작동 중 열 또는 기체 생성물이 생기지 않아 오염이나 누수의 문제가 없으므로 높은 안정성을 유지할 수 있음.
- 낮은 자기방전
 - 구성품으로 사용되는 고체전해질의 전자 전도도가 낮기 때문에 자기방전이 매우 낮으며 가스 발생에 의한 내압 증가도 없음

○ 강한 내구성

- 고체 전해질을 쓰기 때문에 진동 및 충격에 강하며 안전함

○ On-chip화 가능

- 각종 전자 부품 및 마이크로 소자 제작시 소자와 함께 제작할 수 있어 power source 의 on-chip 화가 가능해 지기 때문에 불필요한 noise 및 전력 소모를 최소화 할 수 있을 뿐만 아니라 사용도 용이하며 이를 통해 기기/부품의 크기를 최소한으로 유지할 수 있음.

○ 다중셀 형성 가능

- 전지를 직렬, 병렬로 연결한 다중셀 형성이 가능하기 때문에 전압 증폭이 용이하며 3차원적으로 배열할 경우 체적 대비 용량 면에서 우수함.

☆ 세계적으로 연구 초기 단계 ⇒ 기술 선점이 절실히 요구됨

- 조기 기술개발을 통한 시장 선점으로 차세대 국가 기반 산업인 마이크로 머신 기술 산업의 경쟁력을 제고함으로써 국가 경쟁력을 강화하고, 많은 지적 재산권 보유로 특허 분쟁에서 유리한 고지를 선점함으로써 장래에 예상되는 기술분쟁에서 유리한 위치를 차지하게 되어 기술료 절감 등의 무형의 경제적 효과가 있을 것으로 예상됨.

1.4.2 시장 및 기술개발 동향

1.4.2.1 국내 및 세계 시장 동향

- 전지는 정보화 시대의 도래로 보급이 확산되고 있는 휴대형 정보통신 기기의 필수 에너지원으로 기기의 경박단소(輕薄短小)화에 핵심이 되는 열쇠임.
- 최근 세계적으로 MEMS 산업을 필두로 한 초소형 정밀기기 산업이 21세기 핵심산업으로 대두됨에 따라 마이크로머신 공정 기술을 이용한 초소형 소자 및 기기의 제조 및 고성능화에 대한 연구가 활발해졌기 때문에 그것의 에너지원에 대한 수요는 기하급수적으로 증가할 것으로 예측됨, 따라서 고성능 전고상 초소형 전지의 필요성은 더욱 증가될 것으로 예상되고 있음.
- 일례로 미국이나 유럽의 선진국들은 극소형 비디오 카메라, 마이크론, 무선전송장치, 위치측정장치(Global Positioning System) 등을 탑재한 첨단 미니비행기(Micro Air Vehicle)를 개발하고 있음. 현재까지 개발된 이 비행기의 제원은 10~15cm로서 레이더에 걸리지 않고 비밀 시설을 정탐할 수 있으며 사람이 접근하기 힘든 곳에 들어가 고장난 부위를 세밀하게 관찰할 수도 있음. 그런데 비행 동력 및 탑재 부품 작동을 유지할 수 있는 고성능 전지 개발이 바로 이 비행기의 성공 여부를 결정하는 중요한 요소가 된다고 함. 이러한 부류의 뉴 패러다임 고성능 마이크로 장비는 하루가 다르게 창출되고 있기 때문에 향후 시장 전망을 예측하기 어렵지만 2010년경에는 적어도 소형 전지 시장의 10% 정도는 차지할 것으로 예측됨.

☆ 현재까지 확보된 시장 전무

- 전고상 초소형 전지 분야는 아직까지 뚜렷한 시장이 형성되지 않았기 때문에 기업들의 참여가 전혀 없는 실정이며 엘지화학, 삼성전관과 같은 기업들은 현재 시장이 형성되어 있는 소형 리튬 이온 이차전지에 집중 투자하고 있음.
- 현재까지 전고상 초소형 전지에 대한 시장은 거의 없으나 초소형 정밀기기(MEMS) 분야의 기술 개발 추세나 급격한 시장 성장 추이로 미루어 볼 때

초소형 전지에 대한 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되기 때문에, 지금부터 이에 대한 대비를 위한 기술 개발에 집중해야 함.

1.4.2.2. 선진국의 기술개발 동향

- 초기 박막전지는 1983년 Kanehori 등에 의해 CVD법으로 제작된 $\text{Li/Li}_3.6\text{Si}_0.6\text{P}_{0.4}\text{O}_4/\text{TiS}_2$ 구조를 시초로 $\text{Li/Li}_2\text{O-B}_2\text{O}_5\text{-Li}_2\text{SO}_4/\text{TiS}_2$, $\text{Li/Li}_2\text{S-SiS}_2\text{-P}_2\text{S}_4/\text{V}_2\text{O}_5\text{-TeO}_2$ 구조 등으로 제작되어 그 가능성을 제시하였음.
- 미국 Eveready사의 S.Jones는 $100\mu\text{ A/cm}^2$ 의 높은 전류밀도에서 10,000회 이상의 충방전 특성을 나타낸 $\text{Li/Li}_3\text{PO}_4/\text{LiI/Li}$ 구조의 박막전지를 제작하였음.
- 전고상초소형전지 기술은 미국의 Oak Ridge National Laboratory(ORNL)에서 LiPON(lithium phosphorous oxynitride)이라는 고체전해질을 개발함으로써 더욱 발전하였으나 아직 실험실 수준의 연구 단계에 머물러 있으며 파일럿 규모의 생산조차 보고된 예가 없음.

☆ 대표적인 해외 연구기관의 기술개발 동향

- ORNL(美)은 에버레디사와 공동으로 박막이차전지를 개발하여 성능 평가를 실시하였으며 박막전지에 대한 특허를 선행 출원하였음. 그중 대표적인 것은 고체전해질인 LiPON을 사용한 박막전지 제조와 고온용 Anode로서 Li-Mg 합금에 관한 것임. 또한 4.4 ~ 2.5 V 영역의 전압을 나타낼 수 있는 여러 가지 양극 물질을 박막 전지에 적용하여 실용화를 가시화시킴.
- CNRS(佛)는 비산화물계 활물질에 대한 연구를 중심으로 진행 중.
- 오사카대(日)는 양극활물질을 중심으로 연구 중.
- NTT(日)는 리튬 금속을 사용하는 완전고체형전지 연구 진행.

- 리튬이온이차전지의 선진국인 일본조차도 아직 초소형전지에 대한 구체적인 연구 흐름은 보이지 않으며 1999년 하반기에 리튬이온이차전지와 박막전지의 중간형으로 마쓰시타전지공업에서 0.4 mm 두께의 리튬금속일차전지가 시연된 바 있음.
- 1999년 노무라보고서를 보더라도 초소형전지는 시장이 형성되지 않은 까닭에 조사 항목에서 배제되어 있어, 제반 기술 수준의 통계는 수치화 되어 있지 않음.

1.4.2.3. 국내의 기술개발 동향

- 국내의 초소형전지 산업은 거의 전무한 실정임. 보청기에 사용되는 소형 공기-아연 전지 외에는 제품 생산이 거의 없는 상태임
- 국내 연구기관에서는 주로 벌크형 2차전지 개발을 하고 있으며, 이러한 연구 과정 중에서 하나의 세부적인 주제로 박막 전지를 연구하고 있음.
 - 전자부품연구원 : 비정질 Li-Mn-O 활물질을 채용한 리튬계 전고상초소형 전지 제조 연구 진행 중
 - KIST : V_2O_5 계 리튬박막이차전지 연구 진행 중
 - 서울대 : 최근들어 전해질 중심의 연구 재개
 - KAIST : 고체전해질 및 양극 활물질에 대한 연구
 - 연세대 : 양극 활물질에 대한 연구
 - 한양대 : Sn계 박막전지 재료에 대한 연구 진행
- 주로 스퍼터링과 sol-gel 공정을 기초로 하는 공정연구와 박막전극의 제조 및 특성에 관한 기초 연구가 간헐적으로 수행되어 왔으며 완전형 전지의 구성이나 제작 등에 관한 연구나 정확한 응용 제품에 대한 적용 연구는 진행되지 않고 있음. 따라서 현 상태는 전고상초소형전지의 개념 설정 단계라 할 수 있고, 초소형 정밀기기 개발이 진행됨에 따라 적용 개발이 이루어질 것으로 예상됨.
- 초소형전지의 성능을 좌우하는 고체형전해질에 관한 연구는 매우 미흡한 상태로 앞으로 많은 연구가 필요함.

1.4.3 향후 시장 및 기술의 전망

1.4.3.1 시장 및 기술의 성장 요인 및 전망

- 21세기는 전자기기의 소형화, 고집적화에 따라 초소형 정밀기기를 응용하는 분야가 비약적으로 확대되는 전성기가 될 것이며, 많은 사람들은 마이크로 시스템과 micromachine의 개발이 전자 공학 혁명(electronic revolution) 만큼 중요하다고 인식하고 있음. 실제로 최근 20여년 동안 컴퓨터가 우리의 생활 방식을 크게 변화시킨 것처럼 마이크로시스템도 우리가 살고 일하는 방식에 커다란 충격을 줄 것으로 기대되기 때문에 이러한 초소형 정밀 기기의 구동전원으로 필수 불가결한 박막형 2차 전지는 기술확보 자체의 효과뿐만 아니라 이에 관련된 미래 산업의 발전 속도를 더욱 가속화시키는 중추적인 역할을 할 것임.
- 이러한 초소형 정밀 기기의 구동전원으로 사용되는 박막형2차전지 분야는 세계적으로도 아직 확립된 기술이 없고 현재 앞다투어 개발 중에 있는 상태이므로 후발국으로서 경제적인 기회 상실 우려가 적을 뿐만 아니라, 반도체 산업에서 이용되는 기술을 직접 적용할 수 있다는 장점이 있어 상대적으로 우리나라의 기술 기반이 우위에 있다고 볼 수 있는 분야임. 따라서 반도체 제조 공정에서 습득한 기술을 바탕으로 한 박막2차전지의 핵심기술을 개발한다면, 초소형 정밀기계 기술 및 그 응용 기술 개발과 병행하여 국가 전체의 산업 기반 확대와 새로운 응용 분야에 대한 기회를 선점함으로써 연관 산업 분야의 발전이 가속화될 것으로 예상됨.
- 최근 미 에너지부(DOE) 산하 국립연구소가 발표한 「2008년경까지 환경 보호에서 새로운 전기를 마련할 청정 제품 기술 상위 10위」란 제목의 보고서에서도 언급되었듯이, 마이크로머신 기술 산업은 인류 복지 전반을 좌우할 핵심 환경 사업 중 하나이며, 전기전자, 기계, 광학, 화학, 생물 등 산업 전반의 광범위한 분야의 전문 기술과 제품 제조 기술들이 복합되어 하나의 초소형 시스템으로 구성되는 독특한 특성을 보유하고 있기 때문에 많은 환경적, 산업적, 상업적 장점을 지니고 있음. 세계시장 규모가 1999년 약 200억불로 연 19%의 고성장률을 유지하며 급속히 팽창하고 있음. 국내 MEMS 시장 규모 예측에 의하면 최소한 2005년 경에는 약 4조원~6조원,

2010년 경에는 약 10조원~13조원 규모일 것으로 전망되기 되므로, 그 에너지원인 고성능 전고상 초소형 전지에 대한 수요는 기하 급수적으로 증가될 것이며 최소한 MEMS 시장 규모의 5% 이상을 점유할 것으로 예상됨.

1.4.3.2. 기술개발 방안

- 차세대 국가 기반 산업인 마이크로머신 기술 산업의 경쟁력 제고를 위하여 고성능 전고상 초소형 전지 기술을 조기 개발함으로써 기술 우위 확보
- 전고상 초소형 전지의 선행 기술개발로 지적 재산권 확보함과 동시에 핵심 부품 및 요소 기술개발을 통해 산업화에 기여
- 산·학·연 연대의 형식으로 나누어 추진하는 것이 필요하다고 판단됨. 각 기관의 특성과 장점을 살리며 협력하여 연구를 수행하는 것이 바람직함. 특히 각 기관에 소속된 전문가들이 별도의 기술 정보망을 통하여 입수한 기술 정보를 정기적인 회합을 통해 공유하며, 서로 부족한 부분을 보완해 나가면 보다 능률적인 연구 개발이 될 것임. 연구 수행에 대한 각 기관별 업무 분장은 다음의 형식으로 나누어 추진하는 것이 필요하다고 판단됨.
 - 민간기업 : 제품의 제조 및 응용 개발, 평가를 담당
 - 국책연구소 : 설계와 구성 재료 및 다양한 박막 제조 공정 개발 담당
 - 대학 : 구성 재료에 대한 제조 조건 최적화 담당
- 전고상 초소형 전지 제조에 필요한 인프라(Infrastructure) 를 구축하고, 고급 전문 기술 인력을 육성하며, 전지의 성능 개선, 표준화, 신뢰성 평가 및 애로 사항 해결을 위한 전고상초소형전지제조지원센터를 지정하여 육성하는 것이 바람직함

1.5 HEV용 전지 기술

1.5.1 기술의 개요 및 개발 필요성

1.5.1.1 기술의 정의

- 하이브리드자동차(Hybrid Electric Vehicle, HEV)는 2종류 이상의 동력원이 조합되어 구동하는 차량을 의미하며 대부분의 경우 연료를 사용하는 엔진과 전기로 구동시키는 전기모터로 구성된 시스템을 의미.
- HEV용 고출력전지는 많은 양의 에너지 저장 능력보다는 고출력특성을 요구하며 출력-에너지 비율이 일반 EV용 전지의 경우 2:1 정도를 요구하는데 반하여 HEV용 고출력전지에서는 5 : 1 ~ 20 : 1 정도의 비율을 요구함.

1.5.1.2 기술의 개요

- HEV용 전지는 용량보다는 출력을 극대화시켜 제조되는 전지이며 “Power Assist type 전지”와 “Dual Mode type 전지”로 분류됨.
- Power Assist type 전지는 기본적인 구동 추진력을 엔진으로부터 얻기 때문에 전지의 크기는 클 필요가 없지만 작은 에너지범위에서의 잦은 충방전으로 인한 높은 사이클 성능이 요구되며 주로 “Parallel Configuration HEV (PHEV)”에 적용됨.
- Dual Mode type 전지는 주로 “Series Configuration HEV(SHEV)”에 적용되며 Power Assist type에 비해서 큰 용량의 전지가 사용됨. 경우에 따라 엔진과 출력을 공동 부담하기도 하고 “All EV Mode”로도 운행 가능함.

1.5.1.3 기술개발의 필요성

- 환경적 측면에서 저공해 내지 무공해 자동차 개발의 필요성과 석유자원의 절약측면에서 고연비 자동차 개발의 필요성이 절실하게 대두되고 있음.

- 또한 고갈되고 있는 석유자원을 보호하고 지구온난화의 원인이 되는 대기 속의 이산화탄소의 축적을 줄여서 지구환경을 보호하고 앞으로 다가 올 온실가스 협정으로 인한 경제적인 손실을 줄이기 위하여 고연비 자동차 개발이 절실하게 요망되고 있음.

1.5.2 시장 및 개선평가 동향

1.5.2.1 국내 및 세계 시장동향

- 리튬2차전지, 리튬폴리머전지, EV, HEV 등의 시장규모는 표 A-13과 같이 예측되며, 2003년 이후 전기자동차 도입이 성공적으로 이루어지더라도 EV보다는 HEV가 시장성장을 주도할 것으로 예측됨.

표 A-13. 리튬폴리머전지 및 EV/HEV의 시장 규모

구분 \ 년도		2003년	2005년	2007년	2010년
세계시장규모 (억원)	리튬2차전지	16,884	28,003	42,554	115,308
	폴리머전지	-	2,213	9,824	38,686
국내시장규모 (억원)	리튬2차전지	844	1,400	2,128	5,765
	폴리머전지	-	200	1,500	4,500
세계 EV시장 규모 (대)	EV	150,000	300,000	300,000	500,000
	HEV	50,000	500,000	1,000,000	2,500,000
국내 EV시장 규모 (대)	EV	1,000	5,000	5,000	10,000
	HEV	-	5,000	50,000	200,000

- 산출 근거
- ① 노무라보고서 97/98, 98/99, EV/HEV 시장전망
 - ② 전체 EV 전지시장은 NiMH전지, 리튬이온전지, 리튬폴리머전지 시장만 포함
 - ③ 폴리머전지 시장은 리튬2차전지 전체시장의 20%(2005), 40%(2007), 50% (2010)로 추정
 - ④ 한국시장규모는 세계시장의 5%로 추정
 - ⑤ 전체 시장 성장분은 2003년 미국의 ZEV 적용분(15만대), 2003년 이후는 동북부 3개주 등 미국시장규모 30만대로 추정
 - ⑥ HEV 자동차 시장 규모 (대수) ; 5만대(2003), 2004년 이후 급성장할 것으로 예상

1.5.2.2 선진국의 기술개발 동향

1) 미 국

- 미국은 에너지부가 제너럴모터즈 등 대형 자동차업체와 공동으로 첨단전지 컨소시엄(USABC)을 설립, 민관공동으로 전기자동차용 리튬고분자전지 개발을 추진하고 있는 등 리튬2차전지를 사용하는 전기자동차의 실용화 가능성은 이미 확인되었다고 판단하고, EV용 전지의 특성평가기술에 막대한 사업비를 투자하고 있는 실정임.
- USABC의 경우 91년부터 총사업비 262백만달러(정부:민간=1:1) 중 154백만달러는 OVONIC, SAFT America, W.R.Grace, 3M, HQ, VARTA, DURACELL 등에 전지의 연구개발비로, 108백만달러는 ANL, SRI, EIC 등을 통해 전지의 평가를 위한 연구비로 구성. 총사업비의 58.8%는 전지 개발에, 41.2%는 전지 평가에 지원하여 개발중임.
- Hybrid Electric Vehicle(HEV) 프로그램은 미국 에너지부(DOE, U.S. Department of Energy)과 미국의 빅3 자동차메이커(GM, Ford, Daimler Chrysler)간의 계약으로 1993년부터 시작되었으며 빅3는 1998년에 HEV 추진 시스템을, 2000년에 1차 시제품(concept car)을, 2004년에 prototype HEV를 제작하는 계획을 세웠음.
- 이 프로그램의 계획은 가솔린엔진자동차와 비슷한 성능, 안전성, 가격으로 가솔린자동차가 갖는 연비의 2배를 실현하는 것이며, 프로그램이 진행되면서 목표는 점차 PNGV(Partnership for a New Generation of Vehicles)의 목표로 흡수되어 DOE와 빅3는 34km/l의 연비 실현을 목표로 하고 있음.
- 현재 GM, Ford, DaimlerChrysler를 중심으로 개발이 한창이며, 최근에 “Dodge ESX3”, “Prodigy”, “Precept” 등의 컨셉트카를 발표함.

2) 일본

- 현재 일본에서는 LIBES과제하에 10년의 연구기간 동안 고에너지밀도형의 전기자동차용과 장수명 형의 전력저장용으로 구분하여 리튬2차전지 개발을 추진하고 있음.
- 95년 10월에 Sony와 Nissan자동차가 100Wh/kg, 300Wh/l의 에너지밀도를 가지고 있으며 1회 충전에 200km를 주행할 수 있는 리튬이온전지를 탑재한 양산모델인 Prarie Joy라는 EV를 개발하여, 현재 일본 내수용으로 리스형태로 공급하고 있음.
- 이와 같이 리튬이온전지는 일본에서 먼저 상용화 되어 전기자동차용으로 발전이 되었지만, 액체 전해액을 사용함으로 인해 발생하는 누액 및 폭발위험 등의 안전성에 여전히 문제가 남아 있어 전해질을 액체가 아닌 고체고분자를 사용하여 무게를 줄이고 누액의 위험성이 없는 리튬고분자전지가 전기 자동차용 전원으로 관심을 끌게 됨.
- 한편 일본의 주요 자동차 업체들은 최근 몇 년 전부터 HEV 개발에 관심을 가져왔는데, 혼다, 도요다, 닛산 등은 소니전지의 리튬이온전지(닛산)와 마쓰시다전지의 니켈수소전지(도요다)를 탑재할 목적으로 연구개발을 시작하였으며, 미쓰비시자동차도 일본전지와 함께 HEV용으로 에너지밀도 80Wh/kg, 출력밀도 700W/kg의 전지를 개발하여 2000년에 양산화할 계획으로 개발중임.

3) 유럽

- 유럽 전지업체들의 Li-polymer 전지 기술개발에 대한 보고는 없으나, 독일의 Varta, 프랑스의 SAFT에서 Hybrid-type polymer 전지를 연구하고 있는 것으로 알려지고 있으며, 최근 일본의 설비업체로부터 극판 제조설비를 구매하는 등 polymer 전지 기술에 대해 관심이 있는 것으로 보임.

1.5.2.3 국내의 기술개발 동향

- 삼성SDI에서 “차세대자동차기술개발(G7)”사업의 일환으로 1998년부터 2년간 선진업체들의 수준을 능가하는(에너지밀도: > 150Wh/kg) EV용 PLI를 개발한 바 있으며 2000년부터 HEV용 Li-ion Polymer전지 개발을 진행 중임.

1.5.3 향후 시장 및 기술의 전망

1.5.3.1 시장 및 기술의 성장요인 및 전망

- 환경오염의 주원인인 NO_x, SO_x 및 탄산가스의 증가로 공해문제의 심각성이 대두됨.
- 이에 미국의 캘리포니아주에서는 대기보전법을 발효하여 자동차 판매량의 일정량을 전기자동차로 판매할 것을 의무화하는 등 자동차에 의한 환경오염 요소를 줄이고자 하는 노력이 증가됨.
- 여기에 에너지 이용의 고효율화에 관심을 갖게되고 현재 가솔린자동차 연비의 2배 수준인 34km/l 의 꿈의 연비 실현을 목표로 이미 미국의 자동차 회사들은 앞다투어 HEV를 개발하는 등 HEV에 대한 엄청난 규모의 잠재시장 형성이 무르익고 있는 중임.
- 기술개발의 장애요인
 - 고출력의 방전 및 충전성능을 갖춘 전지 개발이 요구됨.
 - 극저온 성능이 우수한 전지개발기술이 필요함.
 - 장수명의 전지가 요구됨.
 - 고출력에 따른 열관리 등 안전성 확보가 요구됨.

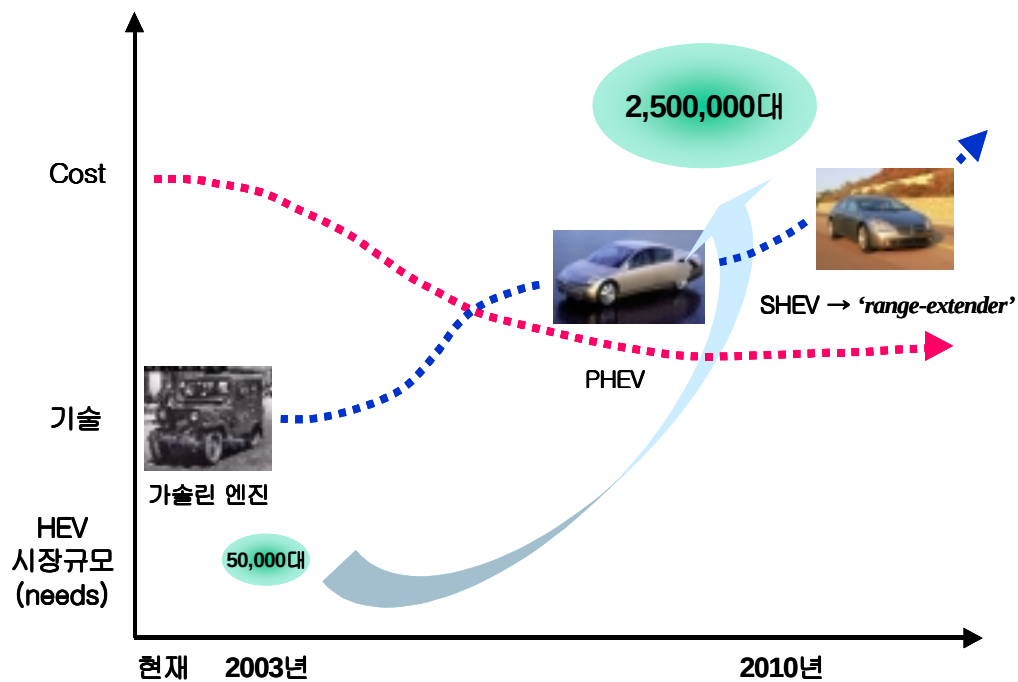


그림 A-10. HEV의 기술발전과 시장성장 변화 예측

1.5.3.2 기술개발의 장애요인과 극복방안 및 정책적 제언

○ 극복방안

- 고율의 충·방전 성능과 극저온에서의 방전성능을 만족할 수 있는 활물질, 전극, 전해액 등 전지구성물질의 성능개선 연구를 통하여 목표 달성.
- 전극활물질의 박막화 공정기술 확보.
- 전극합제의 조성개발 및 성능향상 기술 확보.
- 안전성을 향상시킬 수 있는 전지설계기술 및 합리적으로 안전성을 평가할 수 있는 평가기술의 확보.

○ 정책적 제언

- 정부의 장기적인 지원과 체계적인 개발프로그램이 필요함.
- 향후 HEV의 상용화에 대비하여 HEV의 판매 촉진을 위한 보조금 지원 제도 등 정부차원의 전략적인 법안 마련이 필요함.

1.6 Zn/Air 2차전지 기술

1.6.1 기술의 개요 및 개발 필요성

1.6.1.1 기술의 정의

- Zn/Air 2차전지는 공기 중의 산소와 Zn를 양극 및 음극의 활물질로 사용하여 충전 및 방전이 가능한 2차전지임

1.6.1.2 기술의 개요

- Zn/Air 2차전지는 충전방식에 따라 기계적 충전방식 전지(Mechanically Rechargeable Batteries)와 전기적 충전방식 전지(Electrically Rechargeable Batteries)로 구분됨.
- 기계적 충전방식의 전지는 사용이 끝난 전지를 기계적으로 충전해주는 방식으로, 충전 방법은 사용이 끝난 음극판 전체를 교체하는 방식과 음극의 활물질로 사용되는 Zn의 산화물(ZnO)만을 전해액인 KOH 수용액과 함께 순환시켜 “refueling” 하는 방식이 있음.
- 기계적 충전방식의 전지는 충전시간이 매우 짧은 장점을 가지는 반면에 사용 후 제거된 ZnO의 재생(환원)기술이 추가로 요구됨.
- 전기적 충전방식의 전지는 충전기에 의해서 전기적으로 충전해주는 방식으로, 기존의 인프라(충전기)를 그대로 적용할 수 있는 점과 사용상 편리하다는 장점을 가지는 반면에 높은 분극저항으로 인해 충전 시 수소발생의 억제와 충방전수명의 연장이 주된 과제임.
- Zn/Air 2차전지를 개발하기 위한 주된 기술은 양극의 고율특성, 박막화, 촉매개발, 기계적물성 향상, 제조비용의 저감화 등이며 부극의 경우 활물질로 사용되는 Zn의 충방전에 따른 ‘dendrite’를 억제하는 기술임.

1.6.1.3 기술개발의 필요성

- Zn/Air 2차전지는 기존의 연축전지, 니켈카드뮴전지, 니켈수소전지, 리튬2차전지 등에 비해 고에너지밀도의 특성이 있으며, 리튬전지에서의 리튬으로 인한 불안정성과 비교하면 안전성 면에서도 뛰어난 특성을 지니고 있음.
- 한편, 지구상에 가장 많이 존재하는 금속중 하나인 Zn를 사용하기 때문에 환경적으로 공해물질을 전혀 배출하지 않는 무공해전지일 뿐만 아니라 전지의 제조단가가 매우 낮은 장점이 있음.
- 휴대기기의 발달과 함께 전지시장과 그 적용영역이 급속한 확장추세에 있음. 현재 리튬이온전지를 중심으로 한 2차전지가 휴대전화, 노트북, 캠코더 등의 휴대전자기기의 주 전원으로 각광 받으며 사용되고 있으나, 충전 환경이 주어지지 않는 곳에서의 사용이나, 외부에서 장시간 사용될 필요가 있는 제약된 환경에서도 휴대기기의 사용이 가능하기 위해서는 Zn/Air 2차전지와 같이 고에너지밀도를 제공하는 전지를 개발하여 경제적인 가격으로 공급되어질 필요성이 있음.
- 이와 같이 아연/공기전지는 2차전지의 충전시간을 절약하여 주고, 보다 경제적으로 휴대전원을 공급하는 등 기존 2차전지가 가지지 못하는 장점을 제공하여 신규수요를 창출할 수 있는 전지임.
- 아직 국내에서는 Zn/Air 2차전지의 기술개발이 검토되고 있지 않지만 외국의 경우도 기술개발의 초기 단계이기 때문에 충분히 해외 시장 선점이 가능함.

1.6.2 시장 및 기술개발 동향

1.6.2.1 국내 및 세계 시장동향

- 휴대기기용의 전원으로 사용되는 Zn/Air 2차전지의 상품이 거의 없기 때문에 현재의 시장규모를 예측하기에는 어려움이 따름.

- 따라서, 현재 2차전지시장의 주류를 형성하고 있는 리튬2차전지 시장의 규모로부터 Zn/Air 2차전지의 시장규모를 예측하고자 함.
- Zn/Air 2차전지 시장은 소형2차전지 시장에서 1% (2003년), 3%(2007년), 5% (2010년) 정도의 비중을 차지할 것으로 예상되며, Zn/Air 2차전지가 본격적으로 상용화되면 점유율은 크게 증가할 것으로 예상됨.

표 A-14. 소형2차전지 및 Zn/Air 2차전지의 시장 규모

구 분 \ 년 도		1999년	2000년	2003년	2007년	2010년
세계시장 규모(억원)	소형2차 Zn/Air 2차	38,971 -	41,615 -	57,097 570	77,080 2,312	100,205 5,010
국내시장 규모(억원)	소형2차 Zn/Air 2차	4,966 -	4,384 -	5,700 57	7,000 210	10,000 500

- 산출 근거
- ① 중앙리서치센터 보고서 2001 고성능 2차전지의 시장과 기술의 신 전개
 - ② 소형2차전지 시장은 NiMH전지, 리튬2차전지 시장
 - ③ 소형2차전지 시장은 10%/년 내외의 성장률로 추정
 - ④ 한국시장규모는 세계시장의 5%로 추정
 - ⑤ Zn/Air 2차전지 시장은 소형2차전지 시장의 1%(2003년), 3%(2007년), 5%(2010년)로 추정

1.6.2.2 선진국의 기술개발 동향

○ Metallic Power Inc. (미국)

- 기계적 충전식을 연구하는 대표적인 회사로서 정지형(Stationary type)과 운송용 등 1kW급 의 전원을 개발중임.

- Textron, Toro, ABB사 등과 같이 공동으로 소음과 방사물을 전혀 내지 않는 Zn/Air 전지를 개발중이며 새로운 공기극과 실링된 교체용 충전 카트리지를, 아연 충전 기술 등을 개발중임.

○ AER Energy (미국)

- 전기적 충전식을 연구하는 기관으로 AER사의 시스템은 수분과 CO₂의 혼입을 방지하기 위한 에어메니저가 있다는 것이 특징이며, 18Ah급 전지로 170Wh/kg, 220Wh/l를 실현.
- 현재 개발된 모델은 6.2V-7.5Ah, 1.05V-8Ah, 1.1V-4Ah, 1.1V-3.8Ah급 등 4가지로서 200~310Wh/kg, 230~1,000Wh/l 의 성능을 나타냄.

○ Fuel Cell Technology (캐나다)

- 캐나다의 FCT(Fuel Cell Technology)는 다년간의 연료전지 개발경험을 가지고 있으며, 이를 바탕으로 충전식 아연/공기 2차전지의 핵심부품인 “Bifunctional” 공기극을 집중 개발 중.
- 개발사양은 리튬이온전지 또는 니켈수소전지보다 현저히 저렴한 제조 단가, 250Wh/kg이상의 고에너지밀도, 50cycle 이상의 수명, 그리고 매우 높은 안전성과 환경친화성을 갖는 전지임. 주로 휴대전원용이나 군수용도로 개발하고 있으며 12V~24V, 120W급의 전원을 개발중임.

○ Paul Scherrer Institute (스위스)

- 전기적 충전식의 아연/공기 2차전지를 개발중임.
- 충전이 가능한 “Bifunctional” 공기극에는 산화에 강한 Graphite에 Perovskite형 산화물 촉매를 이용하여 전기식 충방전으로 450cycle 이상 의 수명을 실현.

○ Electric Fuel (이스라엘)

- 표면적이 높은 아연분과 전해액이 들어있는 채로 부극 카트리지를 교환하는 시스템을 채용하여 전기자동차 전원과 휴대전자기기의 전원 등 중·대형 및 소형 전원을 모두 개발중임.
- 중·대형 전원으로로서 개발중인 전기자동차 전원의 개발실적을 보면, 1996년 아연/공기전지를 탑재한 차량으로 높이 2,089m, 거리 244km의 알프스를 1회 충전주행으로 횡단한 기록이 있으며, 1997년에는 같은 전지를 탑재한 “Mercedes-Benz MB410E Van”으로 런던~파리간(총 439km)을 한겨울에 1회 충전하여 횡단하였음. 또한 독일의 컴테크사에도 전지를 제공하여 1회 충전주행거리를 760km로 늘린 기록도 보유.
- 소형전원 부문에서는 Nokia, Motorola, Ericsson 등의 휴대전화기에 사용할 수 있는 “Disposable” 아연/공기전지팩을 상용화하였으며, 3.6V~7.2V, 3300mAh급의 전지팩으로 대기시간은 최고 500시간, 연속통화시간은 20시간 정도를 기록하여 휴대전자기기의 “Overnight battery”의 새로운 장을 열었음.

1.6.2.3 국내의 기술개발 동향

- 국내에서 Zn/Air 전지를 휴대기기용 2차전지로 개발한 경우는 없었으며, 2000년 이후 성남전자공업(주), 나노트론(주), 한국전기연구원 등에서 휴대전화기용의 disposable type Zn/Air 전지를 개발 중임.

1.6.3 향후 시장 및 기술의 전망

1.6.3.1 시장 및 기술의 성장요인 및 전망

- 경제적인 측면에서 산업이 더욱 고도화되면서 소비자들은 전기·전자부품의 사용시간을 늘리려는 욕구가 점차 강해지고 있으며, 이에 따라 리튬2차전지와는 차별화하여 장기간 사용할 수 있고, 소형·경량화된 전지를 요구하고 있음.
- 또한 Zn/Air 2차전지는 이외에도 방전전압이 균일하고 보존특성이 우수하며 특히 오염물질이 없는 환경친화성이라는 장점을 가지고 있기 때문에, 향후 휴대용 전원으로서 각광 받을 것으로 예상됨(그림 A-11 참조).

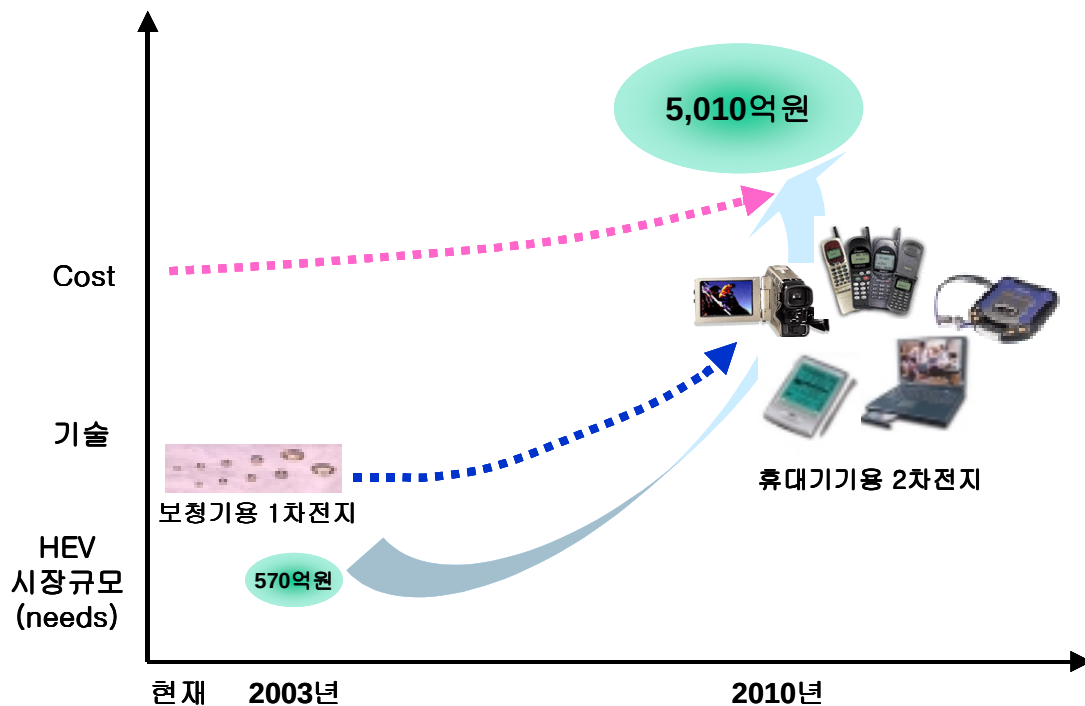


그림 A-11. Zn/Air 전지의 기술발전과 시장성장 변화 예측

1.6.3.2 기술개발의 장애요인과 극복방안 및 정책적 제언

○ 기술개발의 장애요인과 극복방안

- 공기를 활물질로 이용하기 때문에 공기의 확산저항으로 인해서 다른 종류의 전지에 비하여 IR drop이 큰 편임. 이 문제의 해결을 위하여 고성능 산소환원 촉매의 개발과 공기극의 박막화 기술이 필요.
- 공기 중의 CO₂가 전지 내로 흡입되어 전해액과 반응하여 K₂CO₃의 결정화가 일어나기 때문에 외부로부터 흡입되는 CO₂를 제거할 수 있는 “filtering” 기술이 필요.
- 외부의 습도에 의해서 전지의 전해액이 “drying out” 또는 “flooding”되는 현상이 발생할 수 있기 때문에 외부 수분의 출입을 제어할 수 있는 기술이 필요.
- 충전 중 양극의 산화가 발생할 수 있어 이의 해결책으로 내 산화성의 전극 재료와 촉매를 사용하거나, 충전 중에만 이용되는 제 2의 양극을 채용하는 방법이 연구되고 있음.
- 충방전을 거듭함에 따라 음극활물질인 Zn 의 “dendrite” 형성이 문제가 됨. 따라서 이의 억제 기술이 또한 요구됨.

○ 정책적 제언

- 리튬2차전지에 비하여 가격경쟁력이 있는 Zn/Air 2차전지의 세계시장 선점을 위해서는 정부의 장기적인 지원과 체계적인 개발프로그램이 필요함.

1.7 전력저장용 대용량 Li 2차 전지 기술

1.7.1 기술의 개요 및 필요성

1.7.1.1 기술의 정의

- 전력을 2차전지에 저장하였다가 전력계통의 요청시 전지로부터 전력계통으로 전력을 공급하는 전지전력저장시스템용 대용량 고효율 리튬2차전지

1.7.1.2 기술의 개요

- 전지전력저장시스템의 핵심기술은 대용량 2차전지 기술과 system 제어 기술로 대별되며, 이중 system 제어 기술에 사용되는 전력계통연계 기술 및 전지 제어/보호 기술 등이 개발되어야 함. 대용량 2차전지 기술은 대용량화에 따른 주변기술 개발과 고용량화, 장수명화 및 저가격화가 기술개발 성공의 관건이라고 할 수 있음.

1.7.1.3 기술개발의 필요성

- 세계기후변화협약에 따라 우리나라도 오는 2008년부터 5년간 이산화탄소의 배출량을 90년 기준치 대비 5.2%씩 감축하고, 오는 2010년부터는 예상 배출량의 30%씩을 의무적으로 감축해야 함. 따라서 이에 대한 대비로서 청정에너지 공급기술을 확보해야만 함.
- 그리고 이와 유사한 개념에서 발전된 미국 캘리포니아의 대기보전법에 따라 전기자동차의 개발 필요성이 날로 증가하고 있으며 이의 핵심 개발 대상이 대용량 고효율 Li 2차전지임은 주지의 사실임.
- 또한 에어컨, 전기난방기구 등의 증가로 인해 악성부하가 매년 점차적으로 증가하고 있어, 이로 인한 주야간의 부하격차 심화 및 부하율의 악화를 해소키 위해서도 대용량 고효율 Li 2차전지를 기반으로 하는 전지전력저장시스템이 보급되어야 하며, 첨단산업에 요구되는 고품질 고신뢰성의 전력서비스를 제공하기 위해서도 전기품질의 고도화 및 무정전 기술이 확보되어야만 함.

- 전지전력저장시스템이 실용화되어 보급되기 위해서는 설치면적 측면에서는 소형 시스템이, 경제성 측면에서는 저가격과 장수명 시스템이 그리고 사용자의 입장에서 안전한 전지시스템과 유지보수가 필요없는 경제적인 시스템이 요구됨. 이러한 요구에 가장 적절한 전지시스템이 Li 2차전지임. 그러나 소용량 Li 2차전지는 이미 휴대용 전자장비에 탑재되어 사용되고 있으나, 대용량 Li 2차전지는 개발이 지체되고 있어 이의 개발이 필요함.
- 소용량 Li 2차전지는 생산자의 입장에서 기술개발이 이루어져 실용화 및 보급이 이루어졌으나, 대용량 Li 2차전지는 생산자의 입장에서는 기술개발을 꺼리는 품목임.
 - 대용량 Li 2차전지는 기술개발에 많은 자금과 인력이 소요될 뿐만 아니라 제조 공정 및 시설투자에는 더 많은 자금과 인력이 소요됨. 현재로서는 불확실한 시장 추정만이 가능하기 때문에 기업의 입장에서는 선뜻 개발 결정을 하기는 어려움.
 - 그러나 대용량 Li 2차전지는 전기자동차용이나 전력저장용 으로 가장 적합한 전지이고 적용가능한 분야로는 스쿠터, 골프카, 시내버스 등의 교통 분야와 어뢰, 전차 등의 군사용 전원 등의 수요를 대체할 수 있음.
- 현재까지 플라이휠, 압축공기 등 여러 종류의 에너지저장기술이 개발중이나 그 중에서도 실현 가능성이 가장 높은 것이 전지전력저장시스템임.
- 전지전력저장시스템에 사용될 수 있는 2차전지는 많이 있지만, 설치장소 제한, 시스템 수명 및 효율 등을 고려할 시는 대용량 Li 2차전지가 가장 적절함. 따라서 전지전력저장용 대용량 Li 2차전지를 개발하여야 함.

1.7.2 시장 및 기술개발동향

1.7.2.1 국내 및 세계 시장 동향

- 현재까지 전력저장용으로 대용량 2차전지가 제품으로 출시된 것이 거의 없기 때문에 현재의 시장규모를 예측하는 데 어려움이 따름.

- 따라서, 국내의 시장규모는 전지저장시스템에 도입 가능한 전력량으로 가능해 볼 수 있음. 부하평준화용의 경우 2005년 약 160만kW이고, 2010년 약 410만kW로 2.5배의 규모 증가가 예상됨. 분산관리용의 경우 역시 2002년 약 360만kW이고, 2012년 약 670만kW로 약 2배의 성장이 예측됨. 이들로부터 예상되는 시장의 규모는 2005년에 약 1조원, 2010년에는 2조원을 넘는 시장이 될 것임(그림 A-12 참조).

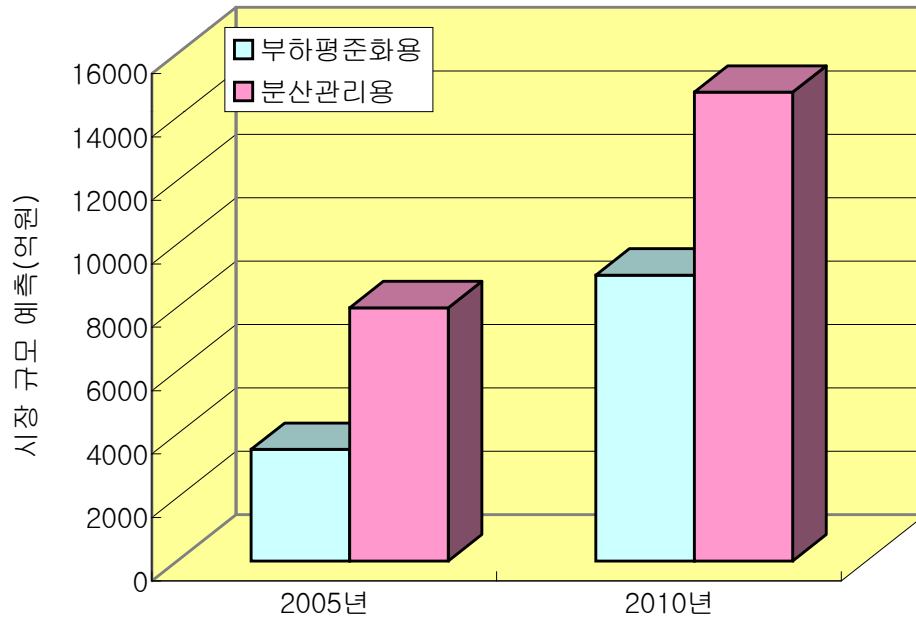


그림 A-12. 국내의 전력저장 도입가능 시장규모 예측

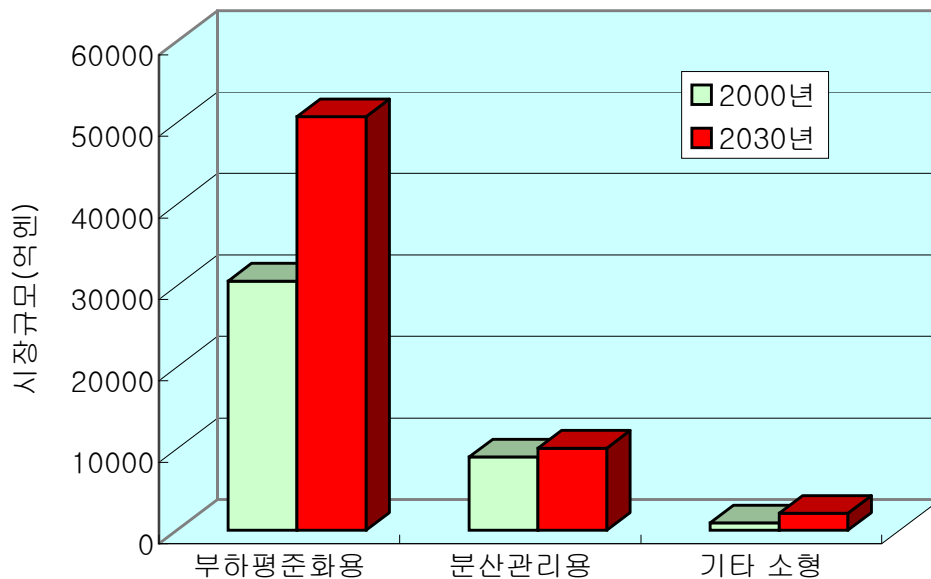


그림 A-13. 일본의 전력저장 도입가능 시장규모 예측

- 해외 시장의 경우, 정확한 통계자료 입수가 어려운 관계로 전체 시장의 규모는 예측하는데 어려움이 따름. 입수한 일본 통산산업성의 자료에 따르면, 일본의 전지저장시스템에 도입 가능한 전력량으로 계산된 시장규모는 2000년의 4조억 엔에 비해 2030년에는 6조3천억엔으로 약 1.5배로 증가됨. 부하평준화용이 2조 8천억엔에서 4조 8천억엔으로 이들 성장을 주도함(그림 A-13 참조).

1.7.2.2 선진국의 기술개발 동향

- 전세계적으로 전력저장용 리튬2차전지의 개발이 가장 활발한 일본은 MITI 주관하에 New Sunshine Project하에 LIBES Project로 11개 기관이 참여하여 1993년 1월부터 2002년까지 10년간 전액 정부지원으로 140억엔을 투자하여 장수명 및 고에너지밀도형의 리튬 2차전지를 전력 저장용 및 전기자동차용으로 개발을 추진하고 있음.
- 미국은 DOE의 지원으로 USABC(United State Advanced Battery Consortium)에서 전기자동차에 사용하기 위한 에너지 저장용 리튬 폴리머전지를 개발 중임. EUCAR(European Car Manufactures R&D Organization)은 1991년에 JOULE-II Program을 수립하여 12개 국가 29개 기관에서 전기자동차용 전지를 개발하고 있으며 참여회사는 BMW, Fiat, Daimler Benz, Peugeot/Citroen, Volvo 등이 있음.
- 전지전력저장 시스템 연구는 미국과 일본을 중심으로 개발 및 보급이 이루어지고 있음. 규모면에서는 독일이 가장 앞서 있음.
- 미국은 10MW급 시스템을 개발하여 전력계통에 연계시험 중임.
 - EPRI 주도로 전체 설계 및 계통연계 연구.
 - Bechtel에서 시스템 제작.
 - GE에서 drive system 개발.
 - 연축전지는 ILZRO에서 공급함.
 - Zn/Ci 전지로 500kW급 시스템을 개발.

- 일본은 Moon light program에서 New Sunshine program으로 연결됨.
 - Moon light program에서 1MW급 연속전지시스템, 1MW급 Na/S 전지 시스템, 1MW급 Zn/Br 전지시스템을 개발한 바 있으며,
 - New sunshine program에서 고에너지밀도형 30kWh급 Li 2차전지시스템, 장수명형 20kWh급 Li 2차전지시스템 개발 중.
- 독일은 17MW급 연속전지시스템 개발함. 부하관리용으로 전력계통과 연계됨.

1.7.2.3 국내의 기술개발동향

- 세방전지에서 전지전력저장용 대용량 연속전지를 개발한 경험이 있고, 경원산업과 한국델코전지가 전기자동차용 대형 2차전지를 연구하였음. 또한 서통에서 Li ion 전지를 기반으로 한 대용량 전지를 전기자동차용으로 개발은 하였으나 실용화하지는 못함.
- 한국전기연구원에서 연속전지를 사용한 1MW급 시스템을 제조하여 성능 평가를 수행함. 전지전력저장시스템 기준으로 선진국 대비 국내의 기술 수준은 약 70 % 정도 수준임.

1.7.3 향후 시장 및 기술의 전망

1.7.3.1 시장 및 기술의 성장요인 및 전망

- 대용량 2차전지의 경우 현재로는 뚜렷한 시장이 형성되어 있지 않지만, 신형 2차전지의 전세계 수요량 예측을 보면 양적으로는 년 7.4%의 성장이 예견되고 금액면에서는 년 15%의 고성장이 예측됨(그림 A-14 참조).
- 또한 기후변화협약에 따른 이산화탄소 배출량 감소 등의 주변환경에 따라, 대용량 2차전지가 개발될 경우 이들이 새로운 수요를 창출할 것으로 예견됨.

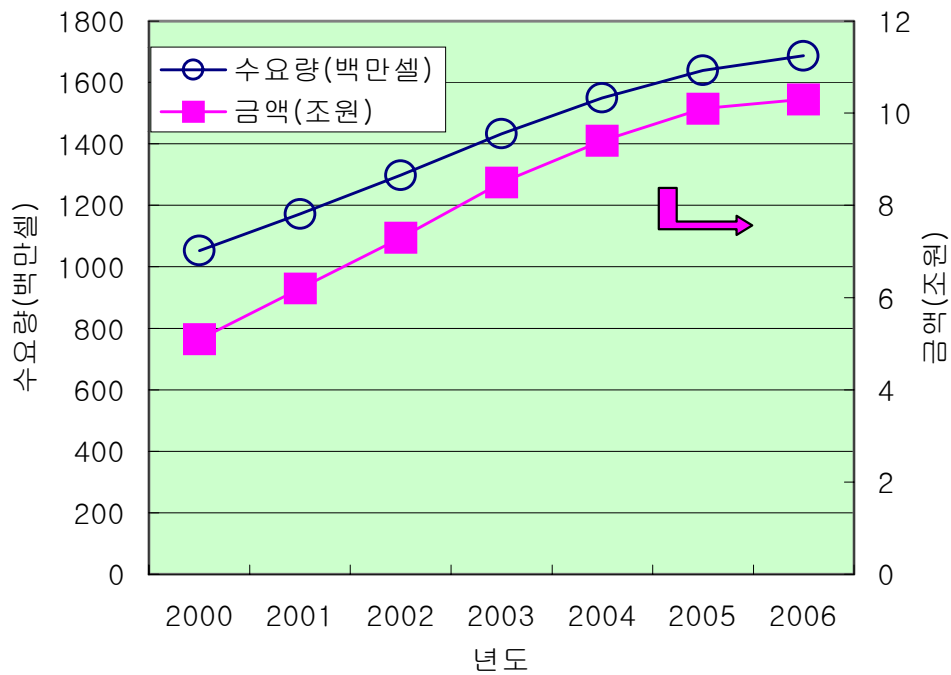


그림 A-14. 신형 2차전지의 전세계 수요량 예측

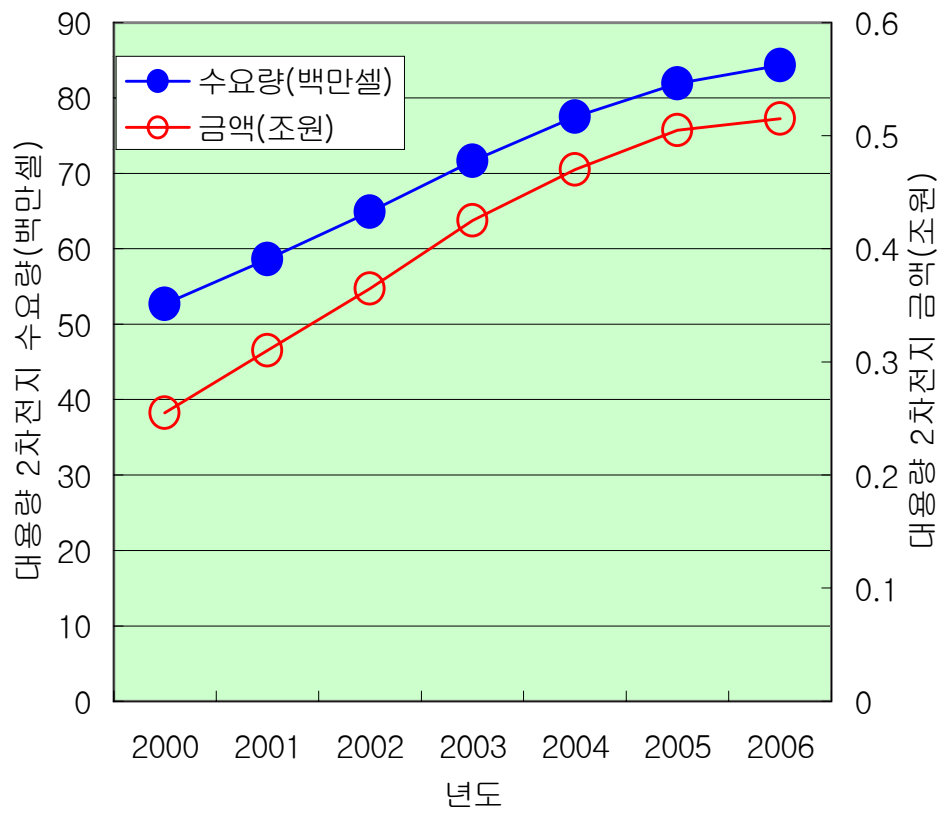


그림 A-15. 대용량 2차 전지의 전세계 수요량 예측

- 신형전지의 수요량 중 약 5% 정도를 대용량 2차전지가 공급되면 전체 수요량은 2005년에 년 9천만셀이 요구되고 금액으로는 5천억원 규모임. 여름의 피크부하가 늘어날수록 이들의 요구량은 더욱 늘어날 전망이고 전기자동차의 보급이 늘면 더욱 늘어날 전망이다(그림 A-15 참조).

1.7.3.2 기술개발의 장애요인과 극복방안 및 정책적 제언

- 전력저장용 대용량 고효율 Li 2차전지를 개발하기 위해 가장 우선적으로 해결되어야 할 기술분야는 대용량, 고성능, 장수명, 고효율 및 저가격의 Li 2차전지의 개발임.
- 전지의 대용량화 시의 문제는 전지 요소들의 대면적화에 따라 불균일성으로 인한 전지특성 저하를 극복하여야 함. 이를 극복하기 위해서는 대면적화 시 균일도 제어, 전극 및 전지 설계 등을 고려하여야 함. 고성능화 시의 장애요인을 해결하기 위해서는 활물질의 고성능화, 전극조성 개발, 제조공정 개선 등이 필요함.
- 장수명화를 해결하기 위해서는 활물질 자체의 성능 개선 뿐만 아니라 주변 요소들을 모두 포함시킨 전체적인 개선이 필요함.
- 전지의 저가격화에는 전체 전지가격 중 가장 많은 부분을 담당하는 활물질의 저가격화는 필수적이며, 이는 제조설비 국산화, 제조공정 단순화, 생산성 향상 및 제조 수율 향상을 통해 가능함.
- 부가적으로 필요한 기술로는 전지로부터 전력계통으로 전력 공급을 담당할 계통연계시스템 개발과 고성능화 및 대용량화됨으로써 시스템 오작동시 발화나 폭발 사고를 예방키 위한 전지 제어 및 보호 시스템 등의 기술이 있음.
- 리튬2차전지(LPB, LIB 등)는 타 2차전지에 비해 월등히 우수한 성능을 가지고는 있지만 전지자체의 가격이 높아 상용화의 걸림돌이 될 것으로 예상되며 정부차원의 제도적인 지원이 필요함.

표 A-15. 대용량 전지 개발의 당면과제 및 개선방안

항목	당면과제	개선방안
원가절감	핵심소재 저가화	저가 정극활물질 개발
	조립비 절감	생산성 향상 및 제조설비 국산화 개발
고용량화	전극재료	고용량 정·부극 재료의 개발
장수명화	전극재료	정·부극 재료의 미세구조 제어에 의한 사이클특성 향상

2. 2차전지산업의 비전과 발전전략

2.1 비전

- 전지혁명으로 “ 크린 코리아 (Clean Korea)” 구현
- 21세기 전기·전자·에너지 산업의 심장
- 환경친화적 에너지저장장치의 기간산업화
- 첨단 2차전지 공급기지화

2.2 발전 방향

- 첨단기술 구현으로 세계 일류상품화
- 제반 인프라의 확대로 국제경쟁력 확보
- 수출지향적 핵심부품 산업화
 - 2006년 : 세계 2위 국가로 부상,
 - 2012년 : 세계 1위 국가에 진입

2.3 발전 전략

2.3.1 2차전지의 인프라 구축 및 선행기술 개발

- 2차전지의 다양화, 차별화 추진
- 미래형 전지의 선행기술개발 추진
- 생산장비 및 시험인증센터 등 기반조성
- 세계일류 상품화와 양산체제의 조기 구축

2.3.2 2차전지기술의 전략적 타겟 설정 및 개발

2.3.2.1 Mission

- 기술의 Vision, Importance, Probability, Priority 및 Market에 의거 선택과 집중에 의한 2차전지의 전략적 개발로 2차전지산업의 획기적 도약

2.3.2.2 2차전지의 신기술 동향 및 전망

- 각종 전자기기의 고성능화(고에너지밀도화, 고안전성), 소형·경량화, 장수명화, 고효율화, 무공해화 및 저가격화 추세.

2.3.2.3 선택과 집중에 의한 2차전지의 전략적 선정

- 수입대체 및 무역역조 개선효과가 크며 우리의 비교우위확보 가능성이 큰 전지 기술 선정

- LIPB 기술
- LMPB 기술
- LSPB 기술
- 전고상초소형전지 기술
- HEV용 전지 기술
- Zn/Air 2차전지 기술
- 전력저장용 대용량 Li 2차전지 기술

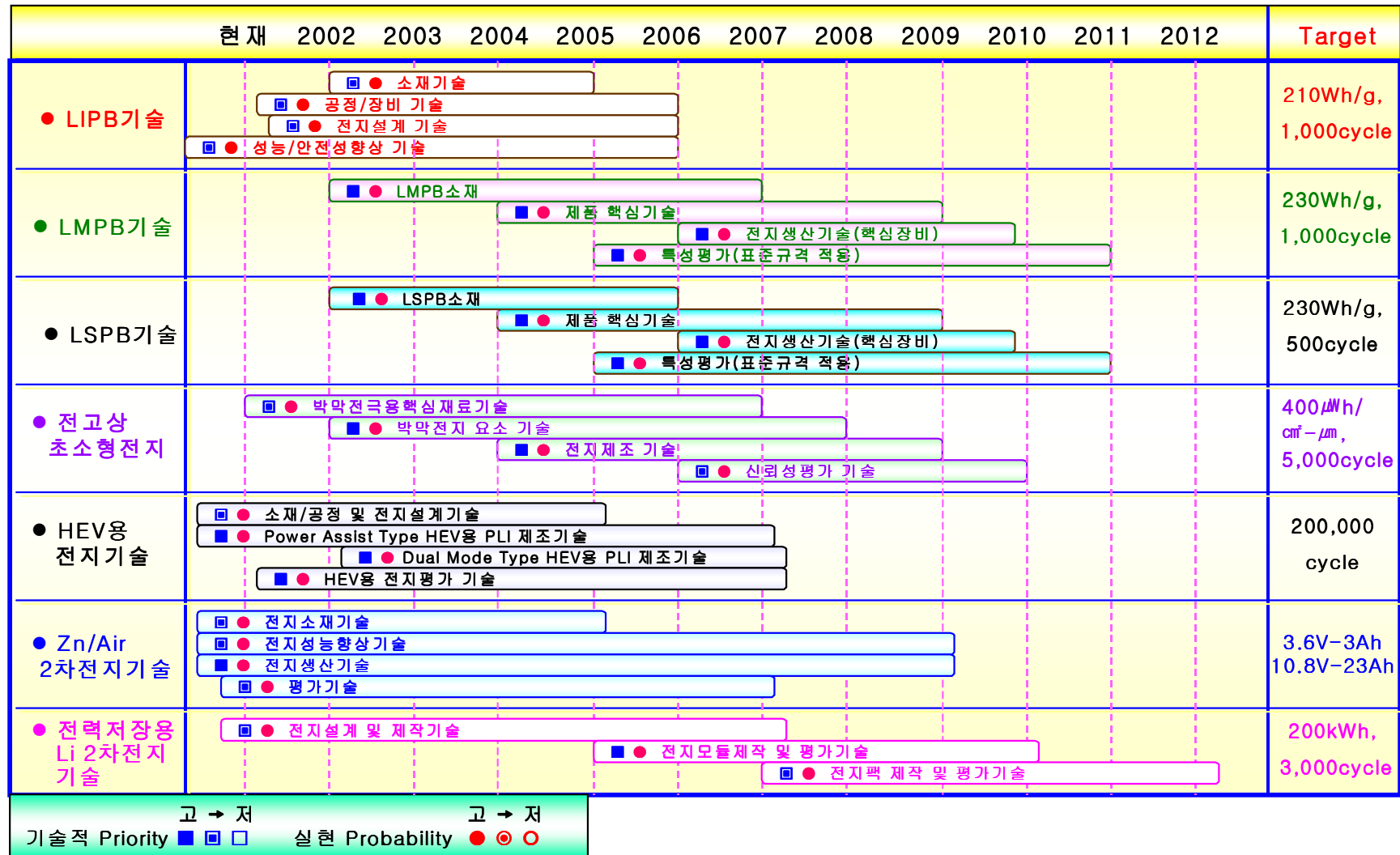
2.3.2.4 2차전지의 전략기술 집중개발 추진

- 선정된 미래유망 전지의 원천/기반/생산 기술을 선진국과 동시 또는 선행 개발 추진
- 21세기형 신 전지사업 창출을 위한 핵심기술개발사업에 집중 투자

2.3.3 2차전지 마크로 기술로드맵

- 다음은 2차전지 마크로 기술로드맵을 표현한 것으로 사각박스는 왼쪽이 기술개발 개시시점, 오른쪽은 개발완료시점을 의미하며, 개발완료 후에 관련된 기술은 계속 시장속에서 개선되어 간다는 것을 의미함. 각 기술에 대한 기술적 우선순위와 실현 가능성을 표시하여 기술개발의 중요성을 표현하였음.

2차전지 마크로 기술로드맵



○ 세부기술항목

표 A-16. 세부기술 항목

세부기술 항목	
<ul style="list-style-type: none"> ● 소재기술 <ul style="list-style-type: none"> - 양극활물질 제조기술 - 음극활물질 제조기술 - 전해액 제조기술 - Separator 제조기술 - Can등 부품 제조기술 - 환경친화기술 ● 전지설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Formulation 기술 - 고충진밀도 기술 - 전도도향상 기술 - 양.음극 Balancing 기술 - 박형화 기술 - 소형화 기술 - 대면적/대형화 기술 - 전지System 최적화 기술 ● 공정/장비/양산 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Mixing 기술 - Coating 기술 - Welding 기술 - Winding 기술 - Lamination 기술 - Sealing 기술 - 전지 Pack화 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ● 성능/안전성 향상 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 저저항 기술 - 고용량화 기술 - 저온특성 향상 기술 - 고율특성 향상 기술 - 장수명화 기술 - 보존성능 향상 기술 - 안전성 향상 기술 - Smart기능 기술 - low cost화 기술 ● 성능 및 신뢰성 평가기술 <ul style="list-style-type: none"> - 성능 평가기술 - 전기적 안전성 평가기술 - 환경적 안전성 평가기술 - 기계적 안전성 평가기술

제 3 장 세부 기술 로드맵

1. LIPB 기술

1.1 기술의 정의

- 고분자전해질을 사용함으로써 누액이 없으며, 폭발성을 억제하여 기존의 리튬이온전지보다 안정성이 매우 우수한 리튬2차전지임.

1.2 시나리오

- 도로 위를 조용히 미끄러져 가는 승용차가 보인다. 또 다른 승용차가 충전 스테이션에 멈추어서 종업원이 전지 팩을 교환하고 있다. 전지 팩에는 LIPB 마크가 선명히 보이고 바로 옆에는 1000회 수명 보증 마크가 보인다. LIPB로 전지교환을 마친 차가 조용히 출발을 한다. 보도 위의 출장을 온 것으로 보이는 사람이 PDA로서 길을 찾고 있는데 모니터 뒷면의 전지 표시가 보인다. 아주 얇은 LIPB를 채택하고 있다.

1.3 개발목표 및 사양

1.3.1 개발목표

- IMT-2000, PDA 등 동영상 정보통신기기를 장시간 사용할 수 있고, 슬림화 시킨 고성능 리튬이온폴리머전지와 양산개념의 자동화 설비 및 부품 개발

1.3.2 개발사양

1.3.2.1 LIPB 사양

- 에너지 밀도 : 210wh/kg
- 전지용량 : 2000mAh
- Life Cycle : 1000회

1.3.2.2 핵심장비 및 부품.소재 사양

- 자동화된 월50만 Cell 이상의 양산화 개념 설비
- Al 증착필름 : 두께 50 μ m 내외
- 양, 음극 집전체 : Foil 및 Mesh

1.4 기술개발의 장애요인

- 전, 후방 Infra 산업 취약
- 선진국의 원천기술 보유로 회피 기술개발 부담 가중
- R&D의 막대한 자금소요와 개발시간 장기간 소요
- 양산화 생산기술 경험부족으로 R&D → P.P 생산 → 양산화간의 단계별 안정화 장기간 소요
- 기초기술 연구인력의 양산화 접목기술 미흡
- 부품, 소재, 장비의 요소기술별 신뢰성 및 안전성 전문 평가기관 부재

1.5 LIPB 기술로드맵

	현재	2002	2003	2004	2005	2006	Target
● 소재 기술			$\text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{M (Co, Ni, Mn)}$				환경친화적 Low Cost 신소재
			Gel Type 고분자 전해질 초박형 Al 증착필름 (45 μm)		높은 이온전도성 고분자 Cu Mesh, Al Mesh		
● 공정/장비 기술				Welding, Coating, Sealing, Mixing, Lamination		- Stacking - Winding	자동화
● 전지설계 기술			전도도 향상 고충전 밀도	양, 음극 Balancing, Formulation		- 고성능, 슬림화 - 전지 System 최적화	210Wh/kg
● 성능/안전성 향상기술		저저항 기술	저온특성 향상	고율특성 향상	• 보존성능 향상 • 안전성 향상	• 장수명화 • Smart	1,000cycle

1.5.1 기술항목 설명

1.5.1.1 소재기술

- 새로운 양극 활물질 : $\text{LiCoO}_2 \rightarrow$ 코발트 함유량을 최소화하고 low cost화할 수 있는 Ni, Mn 등 혼합계 활물질 개발
- 높은 이온전도성을 갖는 새로운 고분자 전해질 개발
- 양, 음극 집전체 : Cu foil, Al foil, Cu mesh, Al mesh 국산화
- 포장재료 : 두께 $50\mu\text{m}$ 내외 Al 증착 필름 국산화
- 환경친화적 신소재 기초기술

1.5.1.2 공정, 장비기술

- Coating 기술 : 양면 Die Coating, 연속 간헐 Coating 및 생산성 향상 기술
- Slurry 기술 : 혼합 및 분산 향상 기술 개발
- Lamination 기술 : 자동 Stacking M/C 개발 및 Winding 기술개발, Stacking시 Preheater 일체화
- Sealing 기술 : Sealing M/C 및 연속자동 Sealing 기술개발
- Formation과 Grading의 동시사용 Conditioner
- 양산 자동화 기술 : 1 Line 월 50만 cell 이상 기준

1.5.1.3 전지 설계기술

- 양, 음극 Balancing 설계 기술 : 재료별 최적화 모델 도출
- 전극의 합제 기술, 용량 최적화, Binder 최적화 등
- 최적의 Formulation 설계기술
- 박형, 슬림화 설계기술 : 2.5mm 내외에서 고성능화 기술 개발
- Low cost화의 최적 설계기술 : 양산화 안정 제조기술 개발
- 신소재의 상용화 응용기술
- 특허 회피 기술 (새로운 공정의 설계기술)

1.5.2 장애요인 설명

- 핵심재료인 고분자전해질은 국내 기술로 개발할 수 있으나, 양산화까지는 많은 자금과 시간이 필요함.
- 장비, 부품, 소재 산업의 Infra 기반 취약으로 설계기술 개발에 어려움이 있음.
- R&D설비와 생산설비들의 고가수입으로 개발투자 부담이 가중되고 있음.

2. LMPB 기술

2.1 기술의 정의

- LMPB는 리튬금속고분자전해질 2차전지(lithium metal polymer electrolyte battery)로 리튬금속계 2차전지임.
- LMPB의 구성은 리튬이온 발생원인 부극으로 리튬금속 또는 리튬금속의 합금을 사용하고, 정극은 전이금속산화물계 등 통상의 리튬이온전지 및 리튬고분자전지에서 사용하는 정극재료를 사용함.
- LMPB는 리튬금속의 3,828 mAh/g의 고용량 특성을 직접 활용하는 전지로서 실용화 시 높은 에너지밀도를 달성할 수 있는 미래형 전지임.

2.2 시나리오

- 고에너지의 LMPB 기술은 현재보다 다양화·고품질화·경박단소화한 미래형의 휴대정보기기(IMT2000, PDAV, Notebook PC 등)에서 필요한 고에너지의 요구특성에 부합하여 휴대정보기기의 특성을 보다 고성능화할 수 있음.

2.3 개발 목표 및 사양

2.3.1 개발 목표

- 휴대정보기기용 LMPB(리튬금속 고분자 전해질 2차전지) 개발

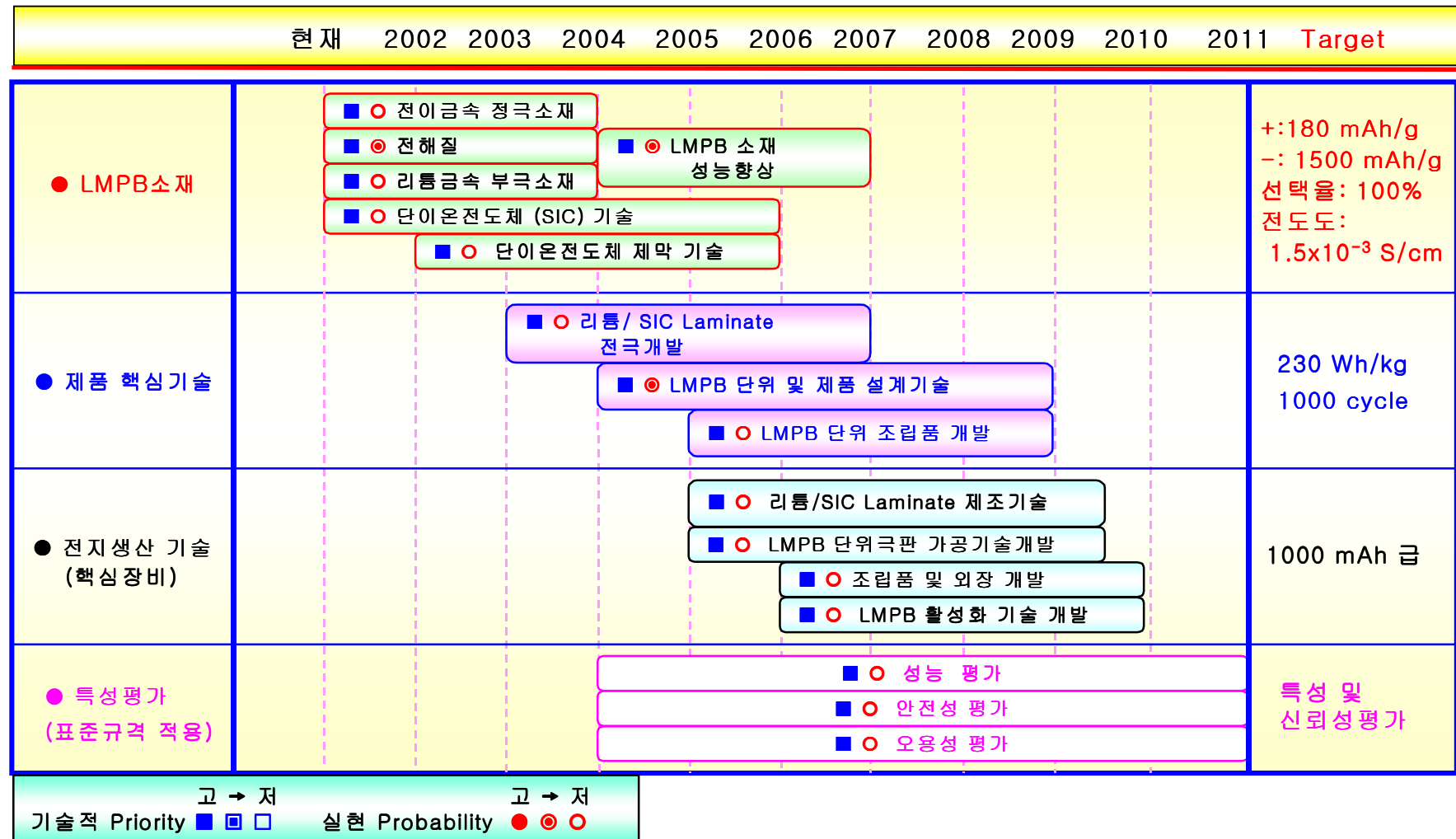
2.3.2 개발 사양

- 방전전압 : 3.7 V
- 에너지밀도 : 230 Wh/kg
- 사이클수명 : 1,000 회
- 전지용량 : 1,000 mAh

2.4 기술개발의 장애요인

- LMPB는 고성능의 2차전지 개발로의 가능성이 있음에도 불구하고, 수지상 성장에 따른 열폭주의 문제점으로 인하여 기술개발이 지연되어 왔음.
- LMPB는 성능 면에서 기존 리튬이차전지에 비해 고난도의 기술임.
- LMPB는 고안정성 리튬금속부극의 개발에 전용의 개발장비가 필요함.

2.5 LMPB 기술로드맵



2.5.1 기술항목 설명

2.5.1.1 핵심기술

- 리튬전이금속화합물계 정극 소재
- 리튬금속 및 리튬알로이 부극 소재
 - 에너지의 원천으로서 고용량, 고출력 및 장수명의 소재를 개발함.
- 단이온전도체(SIC: single ion conductor) film
 - 리튬이온 전이율 100% 및 고이온전도체 개발
- 리튬/단이온전도체 laminate 전극
 - 저계면저항 및 고신뢰성의 laminate 전극 개발
- 리튬금속 고분자 2차전지용 전해질
 - 단이온전도체와의 고신뢰성의 전해질 개발
- 리튬금속 고분자 2차전지의 intensive design(단위 설계) 기술
 - 전극합제조성, 전지구성, 전지용량조화, 에너지-출력-수명 조화의 단위 설계 개발
- 전지 단위 조립품 기술
 - 단위 설계(intensive design)의 특성을 그대로 구현할 수 있는 단위 조립기술 개발

2.5.1.2 제품기술

- 리튬금속 고분자 2차전지의 제품 설계기술
 - 전지의 용량 등 개발목표치에 상응하는 특성을 갖출 수 있는 제품 설계 개발
- 리튬 및 리튬 단이온전도체, laminate 극판 제조기술 개발 및 단위 극판 가공 기술
 - 제품 개발을 위한 laminate 극판 제막 및 가공기술 개발
- 전지 조립품 기술/전지 외장 기술
 - 제품 전지의 개발
- 전지 활성화(formation) 기술
 - 제품 전지가 기능을 충분히 발현할 수 있도록 활성화하는 기술 개발

2.5.2 장애요인 설명

- LMPB 기술 개발의 장애요인인 열폭주의 야기는 리튬금속부극의 표면이 충방전의 진행에 따라 점차 수지상으로 성장(dendritic growth)하는데 있음.
- 신규의 리튬금속은 깨끗한 표면형상을 가지지만, 방전하는 동안의 리튬의 anodic sacrifice는 국부적으로 진행되어 불규칙하게 홈을 형성함.
- 충전하는 동안 리튬의 cathodic deposition은 전기장(electric field)가 강하게 형성되는 선단 쪽에서 많이 일어남.
- 이러한 형태의 충방전이 계속됨으로써 충전 시에는 계속 선단 쪽으로 리튬의 성장이 일어나고, 방전 시에는 내부쪽으로 anodic sacrifice가 진행됨. 결과적으로 리튬 전극의 비표면적은 증가하고, bulk의 밀도도 감소하게 됨.

- 이러한 현상을 수지상 성장이라고 하고, 증가한 비표면적은 열폭주를 야기할 수 있는 원인을 제공함. 수지상의 성장은 석출할 리튬이온과 석출한 금속표면의 리튬의 에너지 안정도와 관련됨. 즉, 리튬을 안정화하는 전해질의 dipole moment polarizability에 따라서 다른 형태의 반응을 유도할 수 있음.
- 통상의 유기전해액 및 고분자전해질은 그 원리 면에서 대동소이하며, 필요 이상으로 안정화시키는 문제가 있음.
- 단이온전도체 막을 사용하여 리튬금속 전극과 리튬이온을 차단 함으로써 리튬 선단의 안정화를 막고, 결과적으로 리튬 원자 간의 metallic bonding을 유도하여 치밀한(고밀도의) 리튬전극의 충방전을 유도할 수 있음. 이렇게 작용하는 전극은 선단의 위치가 달라지기 때문에 전극이 breathing 하는 것으로 볼 수도 있음.

3. LSPB 기술

3.1 기술의 정의

- LSPB는 리튬/설퍼고분자전해질 2차전지(Lithium/Sulfur Polymer Electrolyte Secondary Battery)임.
- 리튬과 2당량의 전기화학반응 능력을 가진 설퍼전극과 고분자전해질을 사용함.
- LSPB는 부극 및 정극의 안정성/신뢰성 향상과 전해질과의 호환성 확보를 위하여 리튬단이온전도체 막을 전극과 전해질간에 구성함.
- LSPB는 중금속 공해문제가 없는 친환경 및 저가의 전지재료를 사용하는 고성능 2차전지임.

3.2 시나리오

- 고에너지의 LSPB 기술은 현재 보다 다양화·고품질화·경박단소화한 미래형의 휴대정보기기(IMT2000, PDAV, Notebook PC 등)에서 필요한 고에너지의 요구특성에 부합하여 휴대정보기기의 특성을 보다 고성능화할 수 있음.

3.3 개발 목표 및 사양

3.3.1 개발 목표

- 휴대정보기기용 LSPB 개발

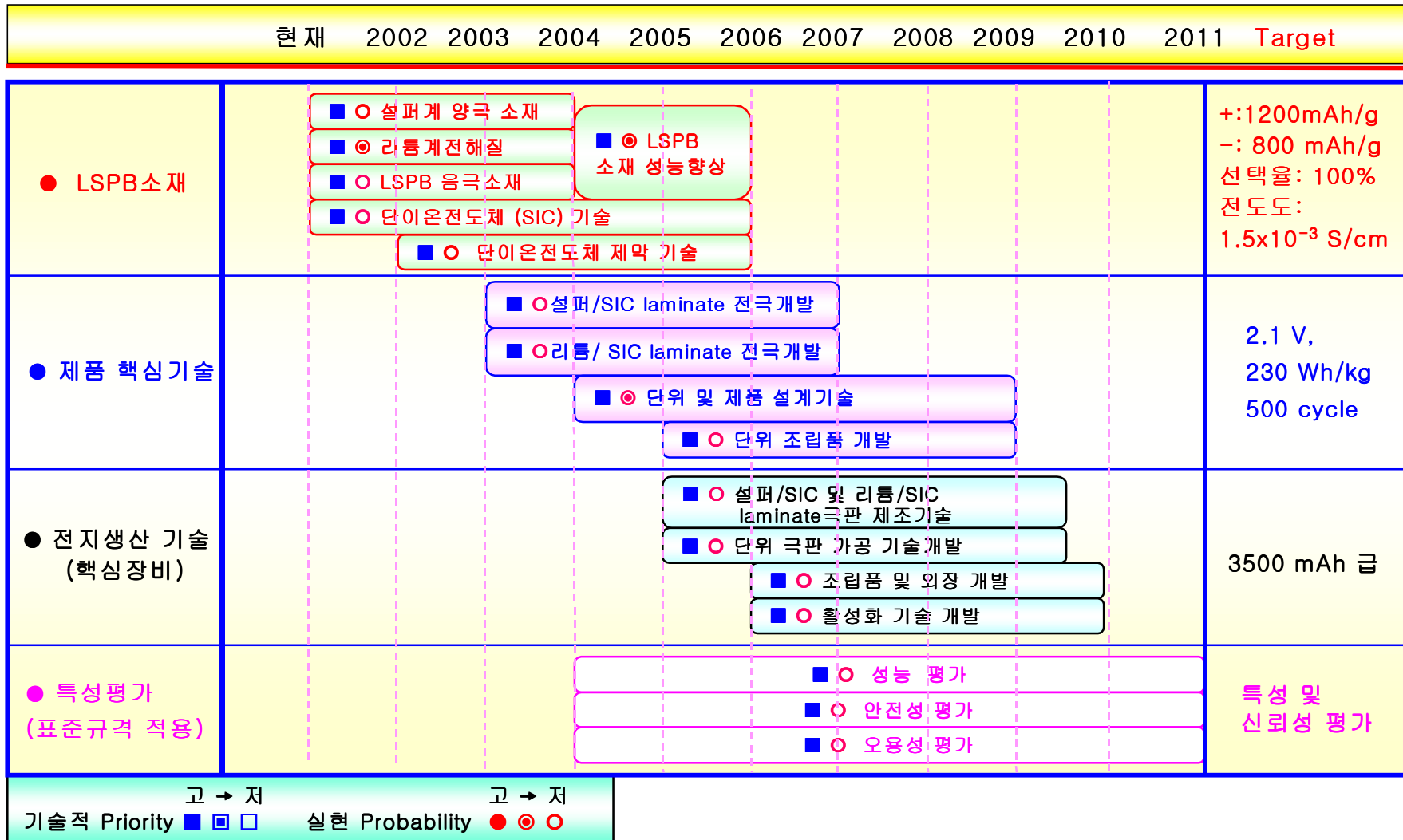
3.3.2 개발 사양

- 방전전압 : 2.1 V
- 에너지밀도 : 230 Wh/kg
- 사이클수명 : 500 회
- 전지용량 : 3,500 mAh

3.4 기술개발의 장애요인

- LSPB는 고성능임에도 불구하고 기술개발의 진척도가 낮음. 이는 LSPB는 성능면에서 기존 리튬이차전지보다 상위의 기술인 관계로 상대적으로 개발이 용이한 리튬이온전지 개발에 주력한 결과임.
- LSPB는 설비의 특성상 전용의 장비들이 필요하며, 기존 장비를 공용할 수 없어 개발 속도가 낮은 장애가 있음.

3.5 LSPB 기술로드맵



3.5.1 기술항목 설명

3.5.1.1 핵심기술

- 설퍼계 양극 소재 기술
 - 에너지의 원천으로서 고용량, 고출력 및 장수명의 소재를 개발함.
- 리튬 단이온전도체 막 기술
 - 황이온 전이율 0%, 리튬이온 전이율 100% 및 고이온전도체 개발
- 설퍼/단이온전도체 및 리튬/단이온전도체 laminate 전극
 - 저계면저항 및 고신뢰성의 laminate 전극 개발
- 리튬/설퍼 2차전지용 리튬계 전해질
 - 단이온전도체와의 고신뢰성의 전해질 개발
- 리튬/설퍼2차전지의 intensive design 기술
 - 전극합제조성, 전지구성, 전지용량조화, 에너지-출력-수명 조화의 intensive design 개발
- 전지 단위 조립품 기술
 - intensive design의 특성을 그대로 구현할 수 있는 단위 조립 기술 개발

3.5.1.2 제품기술

- 리튬/설퍼2차전지의 extensive design 기술
 - 전지의 용량 등 개발목표치에 상응하는 특성을 갖출 수 있는 extensive design 개발

- 설퍼 및 리튬의 단이온전도체 laminate 극판 제조기술 개발 및 단위 극판 가공 기술
 - 제품 개발을 위한 laminate 극판 제막 및 가공 기술개발
- 전지 조립 기술/ 전지 외장 기술
 - 제품 전지의 개발
- 전지 활성화(formation) 기술
 - 제품 전지가 기능을 충분히 발현할 수 있도록 활성화하는 기술개발

3.5.2. 장애요인 설명

- LSPB 개발의 큰 기술적 장애요인으로는, 전기화학 반응의 중간생성물인 설퍼 유도체들이 전해질과의 높은 친화성으로 인하여 전해질로 확산하는 것으로 알려져 있음. 이로 인해 활물질의 손실이 초래되며 전지 성능이 감소함.
 - 자연의 황은 팔량체(S_8)나 고분자 형태로 존재하며, 유기용매에 용해하지 않음.
 - 전기화학반응(cathodic electrochemical reaction)에 의하여 생성하는 설파이드(sulfide anion)는 S_n^{-2} 의 일반 화학식을 가지며, n 값은 반응 상태에 따라 1 이상의 정수를 가짐. 이 중의 일부 anion의 lithium salt는 유기용매 및 고분자에 용해함.
 - 그리고 용해한 결과로서 확산이 일어나고, 이로 인하여 전기화학적 특성이 열화되는 결과를 초래함.
 - 본 장애를 극복하기 위해서는 리튬이온의 단이온전도체 막을 설퍼전극 표면에 형성함으로써 전해질과 설퍼의 접촉을 원천적으로 억제하여 활물질의 손실의 장애요인을 극복할 수 있음.

- 리튬음극은 지속적인 충방전에 따라 막 형태의 필름이 수지상의 덴드라이트로 변형되고(dendritic growth), 이에 따라 전지수명의 감소로 나타나는 장애가 있음.
- 이는 설퍼전극의 장애와는 다른 형태이나, 역시 리튬이온 단이온전도체의 개발 및 적용으로 극복할 수 있음.

4. 전고상초소형전지 기술

4.1 기술의 정의

- 박막 제조공정을 이용하여 제작된 음극/전해질/양극 등의 구성품이 모두 고체로 이루어진 전지로 고분자전해질을 사용한 부류와 세라믹/유리질 전해질을 사용한 부류로 구분됨.

4.2 시나리오

- 인체의 각 장기에 초소형 전고상 전지로 구동되는 초소형 칩을 이식하여 개인의 건강 상태를 수시로 측정하고 이 자료를 개인 건강 관리 통합 시스템에 전송하면, 의사는 중앙 컴퓨터를 통해 각 개인 건강 관리 통합 시스템에 들어온 자료 중 평소와 다르게 나타나는 자료를 보고 받고, 각 개인에게 통보해 진료 예약을 함.

4.3 개발 목표 및 사양

4.3.1 개발 목표

- 고성능 전고상 초소형 전지 개발

4.3.2 개발 사양(단위셀 요구사항)

- 전류밀도 : $> 100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$
- 에너지밀도 : $> 400 \mu\text{Wh}/\text{cm}^2\text{-}\mu\text{m}$, $400 \text{ Wh}/\ell$
- Cycle수명 : $> 5,000$
- 작동전압 : $3 \sim 4 \text{ V}$
- 자기방전 : $< 3\%/년$
- 단위셀 두께 : $> 40 \mu\text{m}$ (고분자 전해질형),
 $> 10 \mu\text{m}$ (유리질 전해질형)

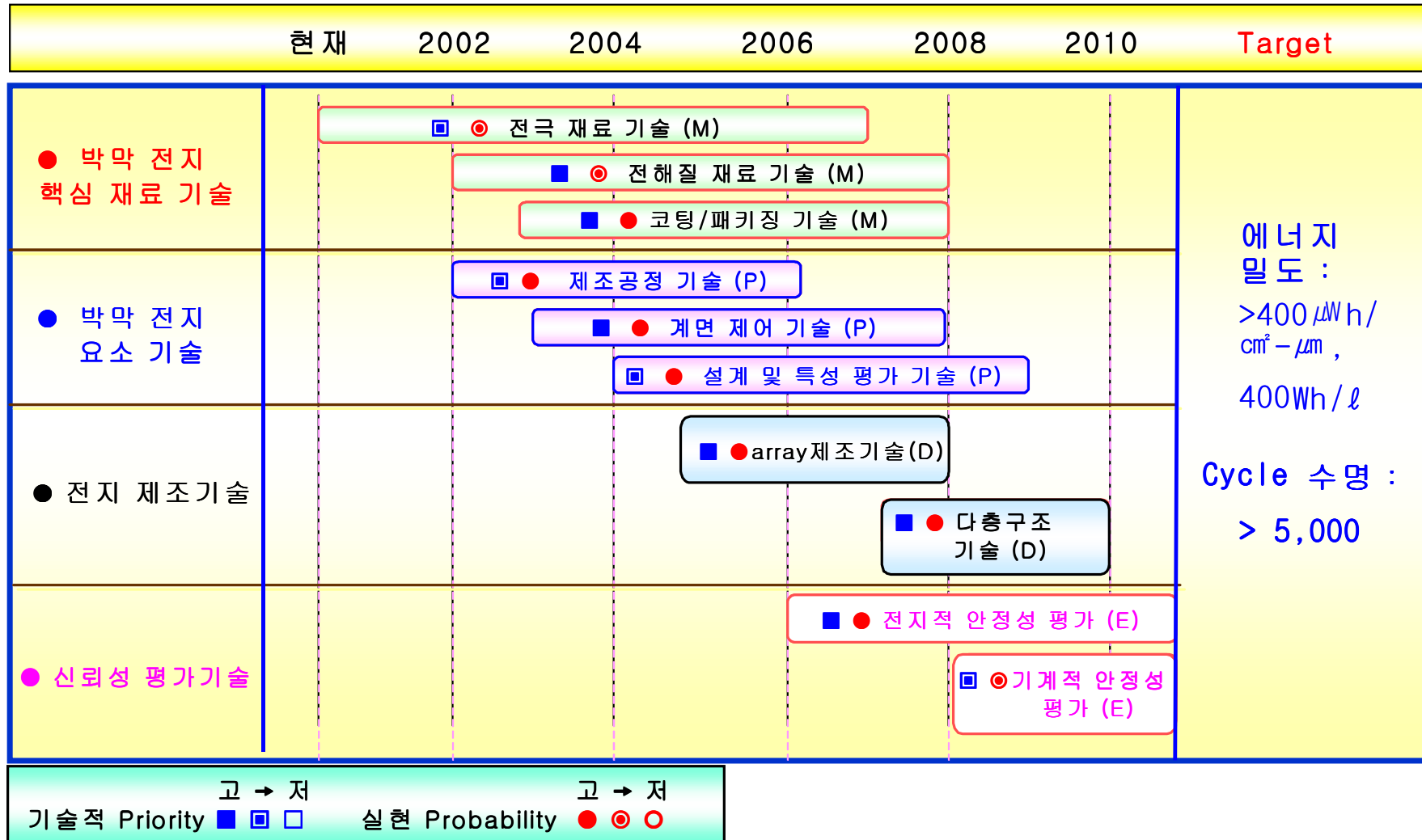
4.3.3 개발 대상 핵심 기술

- 박막 전극용 핵심 재료 기술
 - 양극 박막 재료 개발
 - 음극 박막 재료 개발
 - 고체 전해질 개발
 - 집전체 개발
 - 보호 코팅층/패키징 물질
- 박막 전지 요소 기술
 - 계면 특성 연구
 - 박막 제조 공정 연구 (분위기, 온도, 열처리 등)
 - 단위 박막 전지 설계 및 제작, 특성 평가
- 전지 제조 기술
 - MEMS 시스템에 직접화 디자인 개발
 - 전지 array 제조 기술 개발
 - 미세 가공 기술을 응용한 3 차원 다층 구조 제작 기술 개발
- 신뢰성 평가 기술
 - 전기적 안전성 평가 기술
 - 기계적 안전성 평가 기술

4.4 기술 개발의 장애요인

- 반도체 제조 공정 때문에 제조 비용이 높으며 소량 다품종의 생산 체계로 인해 투자 대비 위험이 큼
- 구성 재료와 박막 공정 등에 대한 기초 연구가 미진한 상태
- 다양한 환경에서 사용될 수 있는 고신뢰성 패키징 기술이 요구됨
- 설계 및 제조 과정의 표준화와 공인된 신뢰성 평가 분야가 미비
- 폭넓은 분야의 전문 지식을 고루 갖춘 전문 인력이 부족
- 국제적 교류 부족으로 최신 기술 및 제품 동향에 대응 부실

4.5 전고상초소형전지 기술로드맵



4.5.1. 기술 항목 설명

4.5.1.1 박막 전극용 핵심 재료 기술

- 양극 박막 재료
 - 저온형 양극활물질 합성(결정질 및 비정질)
- 음극 박막 재료
 - 이온형 음극 활물질 합성(리튬금속과 합금계, Carbon Nano Tube)
- 고체전해질
 - 박막형 고분자 전해질 합성
 - 저온형 세라믹/유리질 전해질 합성
- 집전체
 - 금속 박막 및 금속 산화물 박막 제조
- 보호 코팅층/패키징 물질
 - 고분자/유리질계 보호 코팅층 물질 합성

4.5.1.2 박막전지 요소기술

- 계면 특성 제어 기술
 - 계면 현상 규명 및 계면 반응 제어
 - 전극/ 전해질 계면 접촉 특성 증진
- 박막 제조 공정 기술(분위기, 온도, 열처리 등)
 - 전극/전해질/집전체 박막 제조 공정 연구
 - 보호층 코팅 기술 개발

- 단위 박막 전지 설계, 제작 및 특성 평가
 - 총방전 실험을 통한 단위 전지의 최적화
 - 단위 전지의 용량 및 수명 개선

4.5.1.3 전지제조 기술

- 전지 array 제조 기술 개발
- 미세 가공 기술을 응용한 3차원 다층 구조 제작 기술 개발
- MEMS 시스템에 직접화 디자인 개발

4.5.1.4 신뢰성 평가 기술

- 전기적 안전성 평가 기술
- 기계적 안전성 평가 기술

4.5.2. 장애 요인 설명

- 높은 제조 비용
 - 전고상초소형전지는 반도체 제조 공정을 사용하기 때문에 현재까지는 제조 비용이 높으며, 그 용도에 따라 소량 다품종의 생산 체제가 필요함. 이는 제조업체들로 하여금 시장 진입이 불확실한 제품을 생산하기 위하여 고위험과 대규모 투자를 감수하는 데 주저하게 만드는 주요인으로 작용함.
- 재료 및 제조 기술 미확보
 - 구성 재료 각각에 대한 재료 개발 및 박막을 성장시키는 각 재료간의 상호 관계 등에 대한 기초 연구가 미진하여 아직까지 만족할 만한 특성의 박막 2차 전지는 개발되지 않은 상태임.

○ 패키징 기술 미확보

- 전고상 초소형 전지는 대부분이 외부 환경과 접촉하면서 고도의 신뢰성을 유지하여야 하는 조건을 충족해야 하기 때문에 다양한 조건들을 충족시킬 수 있는 패키징 기술이 요구됨

○ 전문 인력 부족

- 전고상 초소형 전지는 다양한 분야의 기술들이 결합하여 제품이 만들어지기 때문에 폭넓은 분야의 전문 지식을 고루 갖춘 전문 인력이 필요하나 아직 부족한 상황임

5. HEV용 전지 기술

5.1 기술의 정의

5.1.1 HEV의 정의 및 분류

5.1.1.1 HEV의 정의

- 하이브리드자동차(Hybrid Electric Vehicle, HEV)는 2종류 이상의 동력원이 조합되어 구동하는 차량을 의미하며 대부분의 경우 연료를 사용하는 엔진과 전기로 구동시키는 전기모터로 구성된 시스템을 의미.

5.1.1.2 HEV의 분류

1) 직렬방식 HEV(Series Configuration HEV)

- 최적상태로 소형화된 엔진으로부터 전지를 충전시키고 충전된 전기에너지를 이용하여 전기모터가 자동차를 구동시키는 방식(series type).

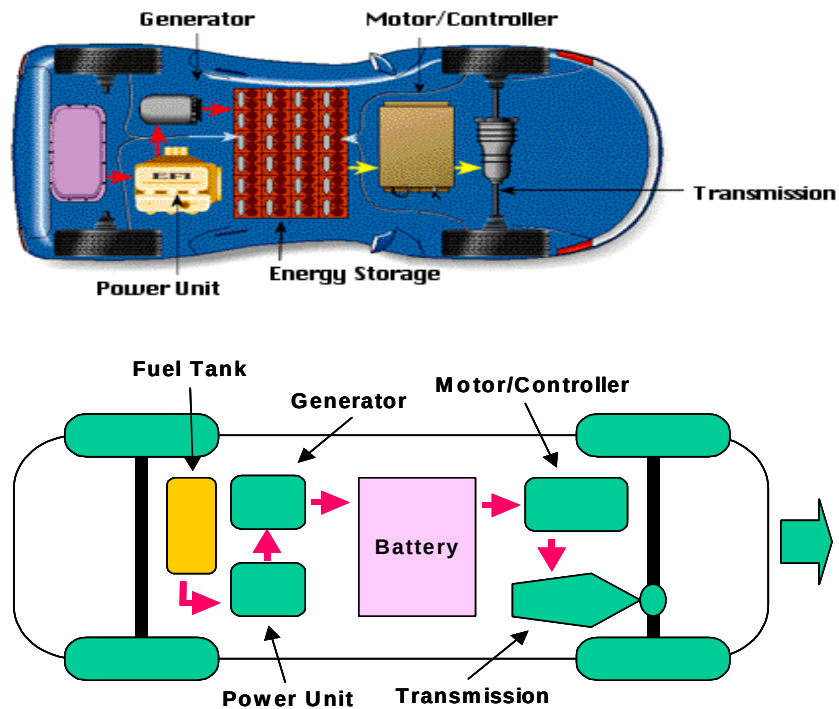


그림 A-16. Series HEV Configuration

- 직렬방식 HEV의 장점으로서엔 엔진의 “idling”이 필요 없기 때문에 자동차로 부터의 배기가스가 줄어 들고, 최적의 성능으로 엔진이 “Generator”를 구동시킬 수가 있으며, 엔진과 다른 부품을 장착할 때 다양한 디자인을 구현할 수 있는 점 등이 있음.
- 직렬방식의 HEV에 장착되는 전지는 병렬방식에 비하여 더 큰 부하가 요구됨.

2) 병렬방식(Parallel Configuration HEV)

- 기존의 자동차 구동방식과 동일하게 엔진이 자동차를 직접 구동시키며 여기에 추가적으로 전기모터에 의해서도 구동될 수 있도록 설계된 방식이 병렬방식임.
- 일반주행 시에는 엔진의 출력을 사용하다가 가속 시에만 전지의 출력을 같이 사용하게 됨.

- 병렬방식의 장점은 엔진과 전지의 출력을 동시에 사용할 수 있기 때문에 출력이 뛰어나며, 전기모터에 의해서 전지를 충전시킬 수 있기 때문에 별도의 “Generator”를 설치하지 않을 수도 있으며, 효율이 높음.
- 병렬방식 HEV에 장착되는 전지는 직렬방식에 비해 작은 부하가 요구됨.

5.1.2 HEV용 전지의 정의 및 분류

5.1.2.1 HEV용 전지의 정의 및 개요

1) HEV용 전지의 정의

- 무게가 가볍고 컴팩트한 고출력 에너지저장장치는 HEV의 추진동력인 Hybrid propulsion system을 구성하는 데 필수적이며 자동차가 탄력을 받아 미끄러질 때 또는 제동 시에 엔진출력을 저장하였다가 가속할 때나 언덕을 올라갈 때 사용하도록 해주는 효율적인 저장장치임.

2) HEV용 전지의 개요

- 이러한 에너지저장장치로 사용할 수 있는 후보로는 고출력 전지, flywheel, Ultracapacitor 등을 들 수 있음.
- HEV용으로 사용되는 고출력전지와 EV용으로 사용되는 전지사항의 가장 큰 차이점은 자동차의 제동 시에 에너지를 저장하는 능력의 차이임.
- HEV용 고출력전지는 많은 양의 에너지저장 능력보다는 고출력특성을 요구하며 출력-에너지 비율이 일반 EV용 전지의 경우 2 : 1 정도를 요구하는 데 반하여 HEV용 고출력전지에서는 **5 : 1 ~ 20 : 1** 정도의 비율을 요구함.
- 또한, 하루에 필요로 하는 충방전횟수도 매우 많아지므로 전지의 cycle life 성능도 매우 중요함.

- HEV전지로 개발되고 있는 전지들로는 Ni/MH, Li-ion, Li-polymer 전지들이 있으며 이들 중 현재까지 가장 널리 개발되는 전지는 Ni/MH와 Li-ion 전지임.
- 그러나, Li-ion 전지가 우수한 성능을 나타내고 있지만 수명과 안전성이 아직 검증 내지 확보되지 않은 상태이며 경제성 있는 system으로 개발하는 것이 요구되고 있는 상황임.
- 또한, Ni/MH 전지는 성능 면에서 HEV용 전지의 목표치에 미치지 어려움.

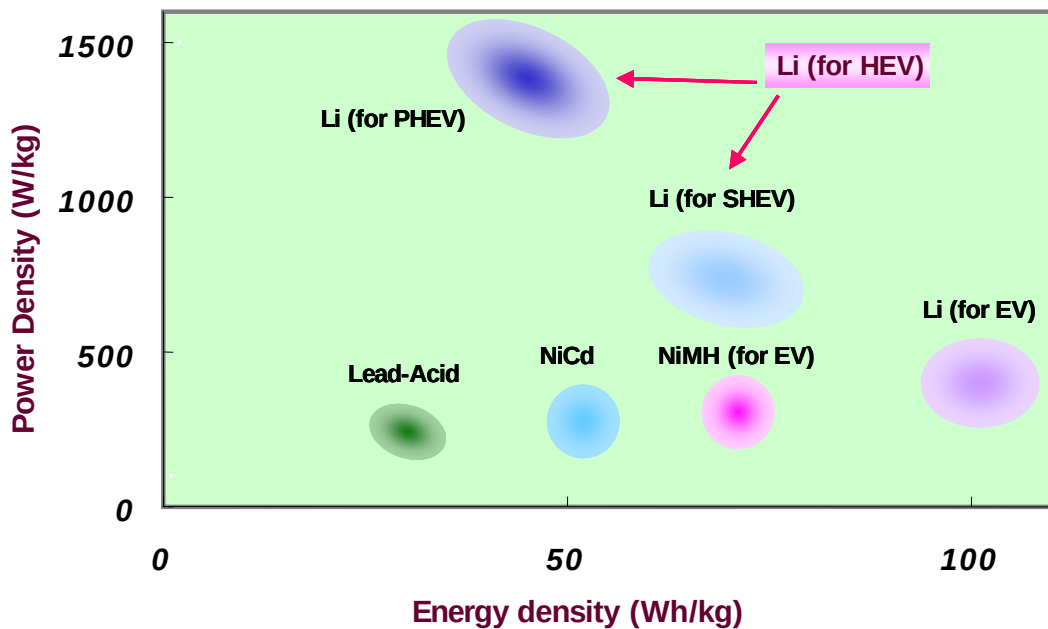


그림 A-17. 각종 2차전지의 출력-에너지 관계

- Li-ion 전지와 Li polymer 전지의 근본적인 구조의 차이는 Li-ion 전지에서는 극판과 separator가 물리적으로 접촉되어 있는 반면에 Li polymer 전지에서는 이들이 화학적으로 접착력에 의해서 접촉되는 점이며, 이 때문에 각형이나 박형 전지에서는 Polymer 전지가 장점을 가지게 됨.

- 1~5Ah 급의 HEV 전지를 개발함에 있어서 결정적으로 중요한 열관리 및 이와 관련되는 안전성 때문에 전지의 외형적 형태가 중요하며 초박형 적층 형태가 가능한 Polymer 전지가 균일 온도를 유지하고 작은 부피를 가진 HEV power system을 개발하는 데 보다 유리할 것으로 판단됨.

5.1.2.2 HEV용 전지의 분류

1) Power Assist type 전지

- 기본적인 구동 추진력을 엔진으로부터 얻기 때문에 전지의 크기는 클 필요가 없지만 작은 에너지범위에서의 잦은 충방전으로 인한 높은 사이클성능이 요구됨. 주로 “Parallel Configuration HEV”에 적용됨.

2) Dual Mode type 전지

- 주로 “Series Configuration HEV”에 적용되며 Power Assist type에 비해서 큰 용량의 전지가 사용됨. 경우에 따라서는 엔진과 출력을 공동 부담하기도 하고 “All EV Mode”로도 운행될 수 있음.

5.1.3 기술개발의 필요성

- 환경적 측면에서 저공해 내지 무공해 자동차 개발의 필요성과 석유자원의 절약 측면에서 고연비자동차 개발의 필요성이 절실하게 대두되고 있음.
- 또한 고갈되고 있는 석유자원을 보호하고 지구온난화의 원인이 되는 대기 속의 이산화탄소의 축적을 줄여서 지구환경을 보호하고 앞으로 다가올 온실가스협정으로 인한 경제적인 손실을 줄이기 위하여 고연비자동차 개발이 절실하게 요망되고 있음.
- 이러한 필요성에 대비하여 1973년 세계적인 유류파동(oil crisis) 이후 지난 27년 간에 걸쳐 세계적으로 무공해 전기자동차(pure EV) 및 hybrid EV (HEV) 개발이 활발하게 진행되었음.

- HEV의 개발은 Toyota의 Prius 출현을 필두로 기술적인 가능성이 입증되었으며
고연비로 인한 경제성의 가능성도 높게 전망되고 있음.
- 이러한 가능성으로 인하여 전 세계 자동차업체들이 기술개발을 활발하게
추진시키고 있으며 저공해 내지 무공해 자동차 개발 및 생산이 우리
자동차업계에서 California를 비롯한 선진국의 미래 시장에 진출하는 데
필수 조건으로 등장할 것으로 전망되므로, HEV의 핵심기술인 전지 개발은
절대적인 중요성을 가짐.

5.2 시나리오

- HEV 승용차를 몰고 경부고속도로의 주행선을 달린다. 앞차의 서행에
답답한 나머지 추월선으로 추월을 시도한다. 가속페달을 밟자 25kW의
출력을 지원 받은 자동차는 부드럽게 추월선을 지나 앞차를 추월한다.
그러나, 가속 시의 요란한 엔진 소음은 들리지 않는다. HEV에 장착된
고성능 리튬폴리머전지의 전원을 사용하여 전기모터를 구동했기 때문이다.
- 어제 서울에서 부산까지 차를 몰고 온 이후 연료를 보충하는 것을 잊은 채
또 다시 서울로 돌아가는 중이다. 그러나, 연료의 재 보충 없이 충분히
목적지까지 도착하고도 연료가 남을 것이다. 30리터의 작은 연료탱크가
장착되었음에도 불구하고 이 차의 연비는 34km/리터이기 때문이다.

5.3 개발목표 및 사양

5.3.1 Power Assist type 전지

5.3.1.1 개발목표

- 고효율 “Power Assist type HEV”용 PLI 전지팩 개발

5.3.1.2 개발 사양

○ 재원

- 전지종류 : PLI전지
- 전지팩 size : < 40kg, < **32 liter**
- 사용전압범위 : 440V ~ 240V

○ 성능

Pulse	discharge 25 kW (18초 방전)
Peak regenerative pulse power	: 30 kW (2초 충전)
Total available energy	: 0.3 kWh
Round-trip energy efficiency	: $\geq 90\%$
Cold cranking power (-30°C)	: 5 kW
Cycle life	: 200,000 cycle
Calendar life	: 10 year
Self discharge rate	: ≤ 50 Wh/day
Temperature range	
(Operation)	: $-40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$
(Survival)	: $-45^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$

5.3.2 Dual Mode type

5.3.2.1 개발 목표

- 고효율 “Dual Mode type HEV”용 PLI 전지팩 개발

5.3.2.2 개발 사양

○ 재원

- 전지종류 : PLI전지
- 전지팩 size : < 100kg, < **75 liter**
- 사용전압범위 : 440V ~ 220V

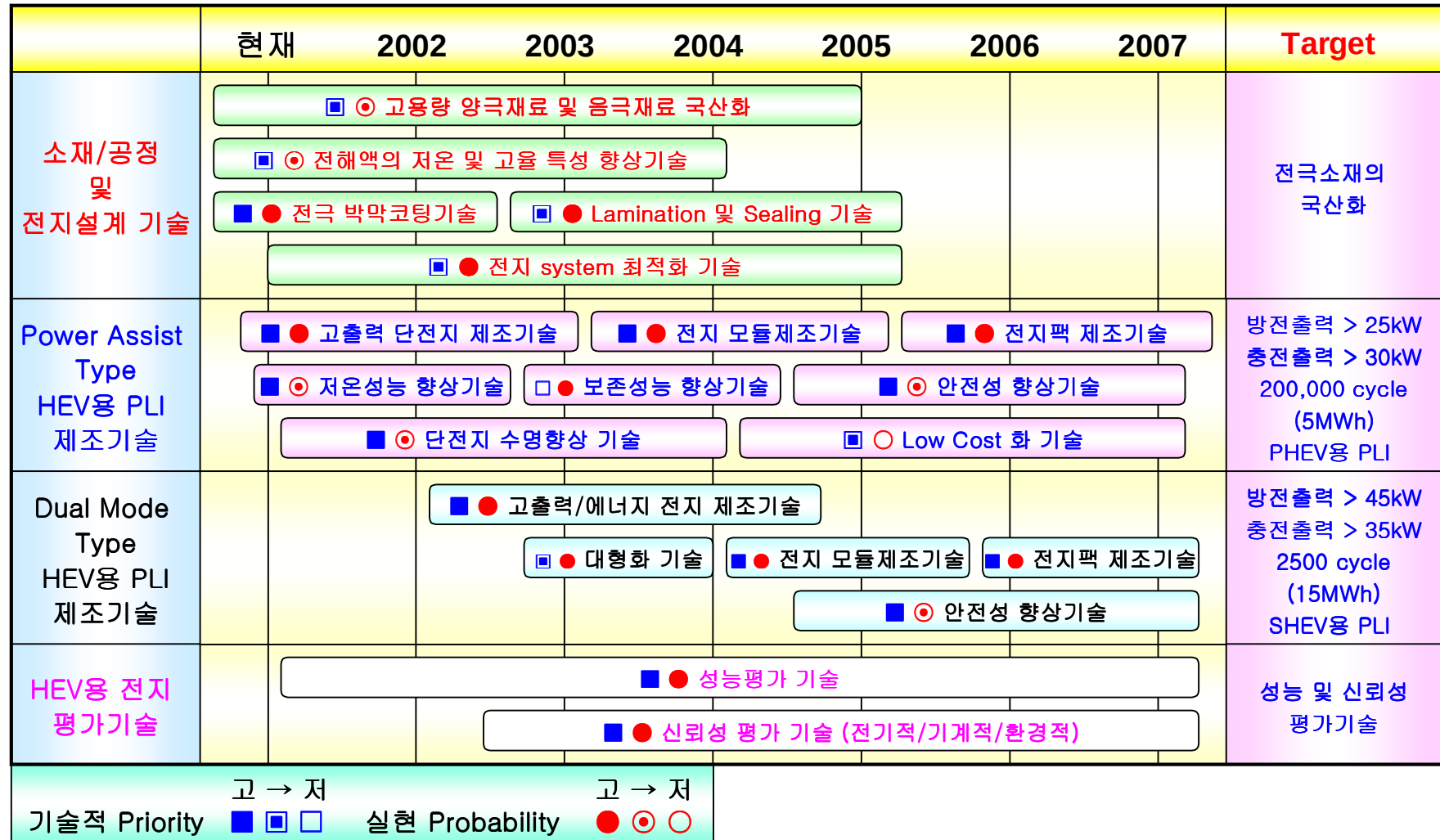
○ 성능

Pulse	discharge	45 kW (12초 방전)
Peak regenerative pulse power	:	35 kW (10초 충전)
Total available energy	:	1.5 kWh
Round-trip energy efficiency	:	≥ 88 %
Cold cranking power (-30℃)	:	5 kW
Cycle life	:	2500 cycle
Calendar life	:	10 year
Self discharge rate	:	≤ 50 Wh/day
Temperature range (Operation)	:	-40℃ ~ 50℃
(Survival)	:	-45℃ ~ 65℃

5.4 기술개발의 장애요인

- HEV용 전지는 전지팩을 포함한 전원시스템 전체의 무게를 기준하여 방전 시 625 W/kg 이상 (18초 방전), 충전 시 750 W/kg 이상(2초 충전)의 성능을 요구하기 때문에 고출력을 낼 수 있는 활물질, 전극, 전해액 등의 전지 구성 물질의 성능개선 및 전지설계기술이 요구됨.
- 극저온(-40℃)에서도 전지가 동작될 수 있는 성능을 필요로 하기 때문에 새로운 전지 시스템의 개발을 필요로 함.
- 고출력전지의 개발에 따른 안전성의 확보가 반드시 필요로 하며 안전성을 향상시킬 수 있는 전지설계기술 및 합리적으로 안전성을 평가할 수 있는 평가기술의 개발이 요구됨.

5.5 HEV용 전지 기술로드맵



5.5.1 기술항목 설명

○ 소재/공정 및 전지설계기술

- 고율특성을 향상시킨 양극 및 음극활물질의 국산화 개발이 필요.
- 전극박막화 기술을 비롯한 전지시스템의 최적화 기술이 필요.

○ PHEV용 PLI 제조기술

- 출력과 사이클 성능을 극대화시킨 단전지, 모듈, 전지팩의 제조기술이 필요하며, 안전성 향상 기술이 반드시 요구됨.

○ SHEV용 PLI 제조기술

- 출력과 에너지를 동시에 향상시킨 단전지, 모듈, 전지팩의 제조기술이 필요하며, 안전성 향상 기술이 반드시 요구됨.

○ HEV용 전지평가 기술

- 전지의 성능을 정확히 평가할 수 있는 평가시스템 및 평가기술이 요구되며, 안전성을 검증할 수 있는 신뢰성평가 기술이 필요.

5.5.2 장애요인 설명

○ 현재 전지의 주요 구성물질을 수입에 의존하므로 이의 국산화가 필요함

○ 전지의 고출력화를 위한 박막코팅기술이 필요하며 극저온성능의 향상이 가능해야 함.

○ 고출력전지의 개발에 따른 안전성의 확보가 반드시 필요 하며 안전성을 향상시킬 수 있는 전지설계기술 및 합리적으로 안전성을 평가할 수 있는 평가기술의 개발이 요구됨.

6. Zn/Air 2차전지 기술

6.1 기술의 정의

6.1.1 Zn/Air 2차전지의 정의

- Zn/Air 2차전지는 대기 중에 무한히 존재하는 공기를 양극의 활물질로 사용하고 공기극과 반응성이 있는 Zn를 음극의 활물질로 구성하여 재충전이 가능한 전지.

6.1.2 Zn/Air 2차전지의 분류

6.1.2.1 Mechanically Rechargeable Batteries

- 사용이 끝난 전지를 기계적으로 충전해주는 방식으로 충전시간이 매우 짧은 장점을 가짐.
- 충전 방법은 사용이 끝난 음극판 전체를 교체하는 방식과 음극의 활물질로 사용되는 Zn의 산화물(ZnO)만을 전해액인 KOH 수용액과 함께 순환시켜 “refueling”하는 방식이 있음.
- 사용 후 제거된 ZnO의 재생(환원)기술이 추가로 요구됨.

6.1.2.2 Electrically Rechargeable Batteries

- 충전기에 의해서 전기적으로 충전해 주는 방식으로 기존의 인프라 (충전기)를 그대로 적용할 수 있는 점과 사용상의 편리한 장점을 가짐.
- 높은 분극저항으로 인한 충전 시 수소발생과 총방전수명의 연장이 주된 과제임.

6.2 시나리오

- 장기간의 출장이나 여행을 떠날 때 휴대전화기, 노트북, PDA, 캠코더 등의 충전기를 번거롭게 가지고 다니지 않아도 되며, 에너지밀도가 리튬2차전지의 2배 이상인 Zn/Air 전지팩 하나면 충분한 시간동안 휴대기기를 작동할 수 있게된다.

6.3 개발목표 및 사양

6.3.1 개발목표

- 휴대전화기 및 노트북 용 Zn/Air 2차전지팩 개발

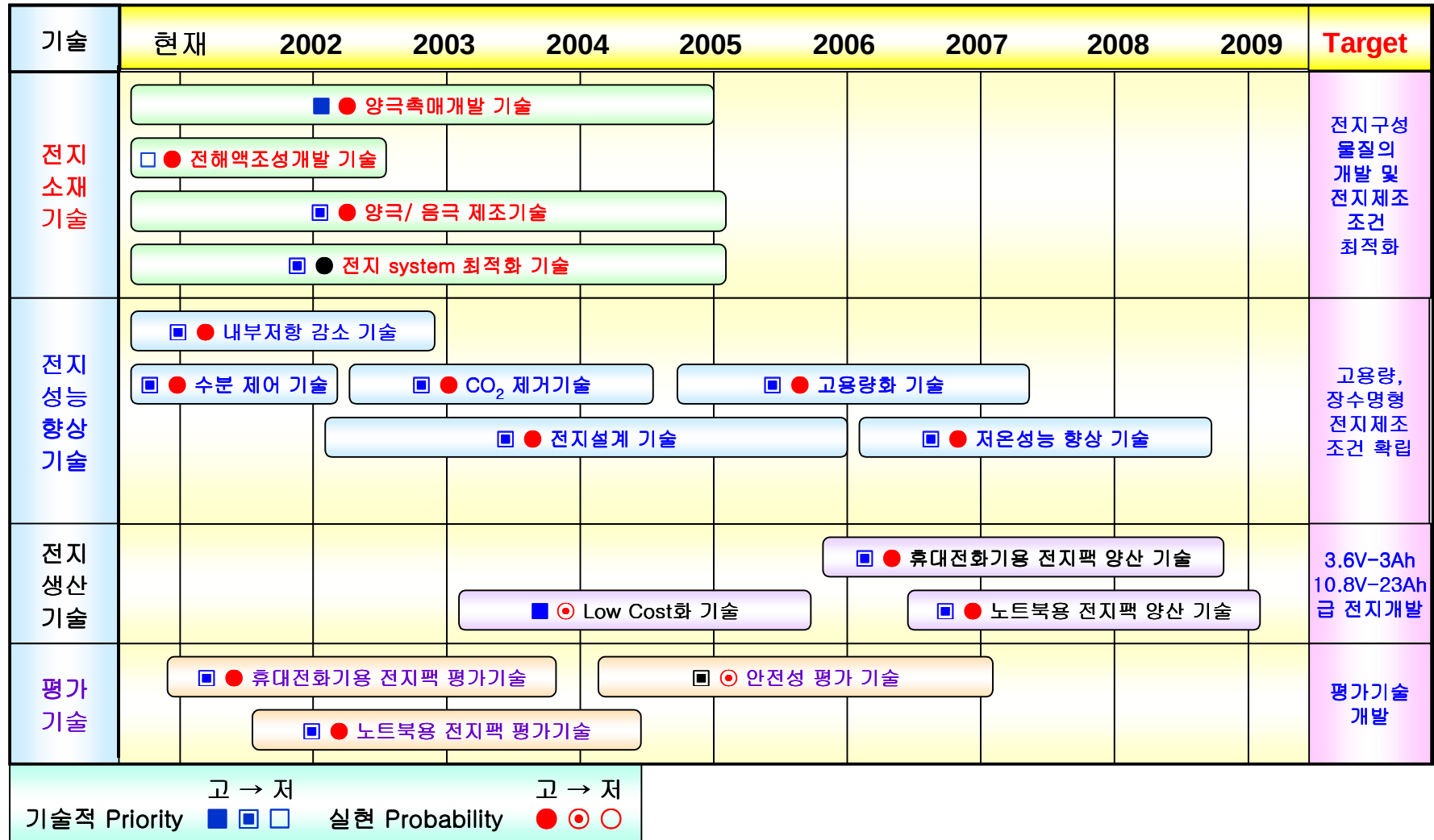
6.3.2 개발사양

	휴대전화기용 전원	노트북PC용 전원
충전방식	전기적 충전	전기적 충전
전압/용량	3.6V, 3000mAh급(0.2C rate 기준)	10.8V, 23Ah급 (0.2C rate 기준)
Cell 구성	6cm x 4cm (24cm ²) / cell x 3cell	20cm x 9cm (180cm ²) / cell x 9cell
방전전류밀도	25mA/cm ² (0.2C rate, 연속전류)	25mA/cm ² (0.2C rate, 연속전류)
에너지밀도	170Wh/kg 이상, 300Wh/l 이상	170Wh/kg 이상, 300Wh/l 이상
사용시간	리튬이온전지의 1.6배	리튬이온전지의 1.6배
Cycle Life	500 cycle	500 cycle

6.4 기술개발의 장애요인

- 공기를 활물질로 이용하기 때문에 공기의 확산저항으로 인해서 다른 종류의 전지에 비하여 IR drop이 큰 편임. 이를 위하여 고성능 산소환원 촉매의 개발과 공기극의 박막화 기술이 필요.
- 공기 중의 CO₂가 전지 내로 흡입되어 전해액과 반응하여 K₂CO₃의 결정화가 일어나기 때문에 외부로부터 흡입되는 CO₂를 제거할 수 있는 “filtering”기술이 필요.
- 외부의 습도에 의해서 전지의 전해액이 “drying out” 또는 “flooding”되는 현상이 발생할 수 있기 때문에 외부의 수분의 출입을 제어할 수 있는 기술이 필요.
- 충전 중 양극의 산화가 발생할 수 있으며 이의 해결방안으로는 내 산화성의 전극재료와 촉매를 사용하거나, 충전 중에만 이용되는 제 2의 양극을 채용하는 방법이 연구되고 있음.
- 충방전을 거듭함에 따라 음극 활물질인 Zn 의 “dendrite” 형성이 문제가 됨. 따라서 이의 억제 기술이 또한 요구됨.

6.5 Zn/Air 2차전지 기술로드맵



6.5.1 기술항목 설명

○ 전지소재 기술

- 고효성의 양극축매 개발 및 박막화된 양극제조공정 개발이 필요.
- 전해액 조성, 음극조성 등 전지시스템의 최적화 기술이 필요.

○ 전지성능 향상 기술

- 전지의 충방전 사이클을 증대할 수 있는 기술 필요
- 전지성능을 악화시키는 수분의 제어, CO₂ 제어 등의 기술이 필요.
- 고출력, 고용량 전지 제조를 위한 전지설계기술이 필요.

○ 전지생산 기술

- 휴대전화기용, 노트북용 등 휴대기기에 장착할 수 있는 전지팩의 양산 공정의 개발이 필요.
- 전지팩 제조를 위한 Can 등 전지부품의 개발이 필요.

○ 전지평가 기술

- 휴대기기에 맞는 전지의 성능평가술 개발 및 안전성평가기술의 확보가 필요.

6.5.2 장애요인 설명

- 공기를 활물질로 이용하기 때문에 공기의 확산저항으로 인해서 다른 종류의 전지에 비하여 IR drop이 큰 편임.
- 공기 중의 CO₂가 전지 내로 흡입되어 전해액과 반응하여 K₂CO₃의 결정화가 일어남.
- 외부의 습도에 의해서 전지의 전해액이 “drying out” 또는 “flooding”되는 현상이 발생할 수 있음.

- 충전 중 양극의 산화가 발생할 수 있음.
- 충방전을 거듭함에 따라 음극 활물질인 Zn의 “dendrite”형성이 문제가 됨. 따라서 이의 억제 기술이 또한 요구됨.

7. 전력저장용 대용량 Li 2차전지 기술

7.1 기술의 정의 및 개요

7.1.1 기술의 정의

- 유휴전력을 대용량 2차전지에 저장하였다가 전력계통의 과부하 시에 이를 전지로부터 전력계통으로 전력을 공급하는 것을 전지전력저장 시스템이라 하고, 이 시스템에 탑재 가능한 대용량 고효율 2차전지는 Li 2차전지가 대상이 됨.

7.1.2 기술의 개요

- 전지전력저장시스템의 핵심기술로는 대용량 2차전지 기술과 system제어 기술로 대별되며, 이중 system 제어 기술에 사용되는 전력계통연계 기술 및 전지 제어/보호 기술 등이 개발되어야 함.
- 대용량 2차전지 기술은 대용량화에 따른 주변기술 개발과 고용량화, 장수명화 및 저가격화가 기술개발 성공의 관건이라고 할 수 있음.

7.2 시나리오

- 전력공급선의 이상으로 전력공급이 중단되자 대형 아파트 단지의 지하에 중형의 전력저장 시스템으로부터 각 가정으로 전력이 공급됨.
- 아파트 입주자들은 아무런 이상을 느끼지 못하고 일상적인 컴퓨터 사용과 TV 시청을 계속하고 있으나 홈오토메이션에는 전력선 이상으로 전력저장시스템

으로부터 전력이 공급되고 있음을 알려주고 있음. 또한 전력회사로부터 몇 분 내에 전력공급을 재개할 수 있을 것이라는 메시지가 홈오토메이션에 깜박이고 있어 전력공급선의 이상을 알 수 있음.

- 주차장에는 대용량 2차전지가 탑재된 전기자동차가 주차되어 있으며 이들이 운행하는 모습을 볼 수 있는데 조용히 운행되며 배기가스가 없어 주변에서 아이들이 신나게 뛰어 노는 모습을 볼 수 있음. 주변의 공기는 매연이 없는 아주 쾌적한 환경임.

7.3 개발목표 및 사양

7.3.1 개발목표

- 전력저장용 대용량 Li 2차전지 기술 개발

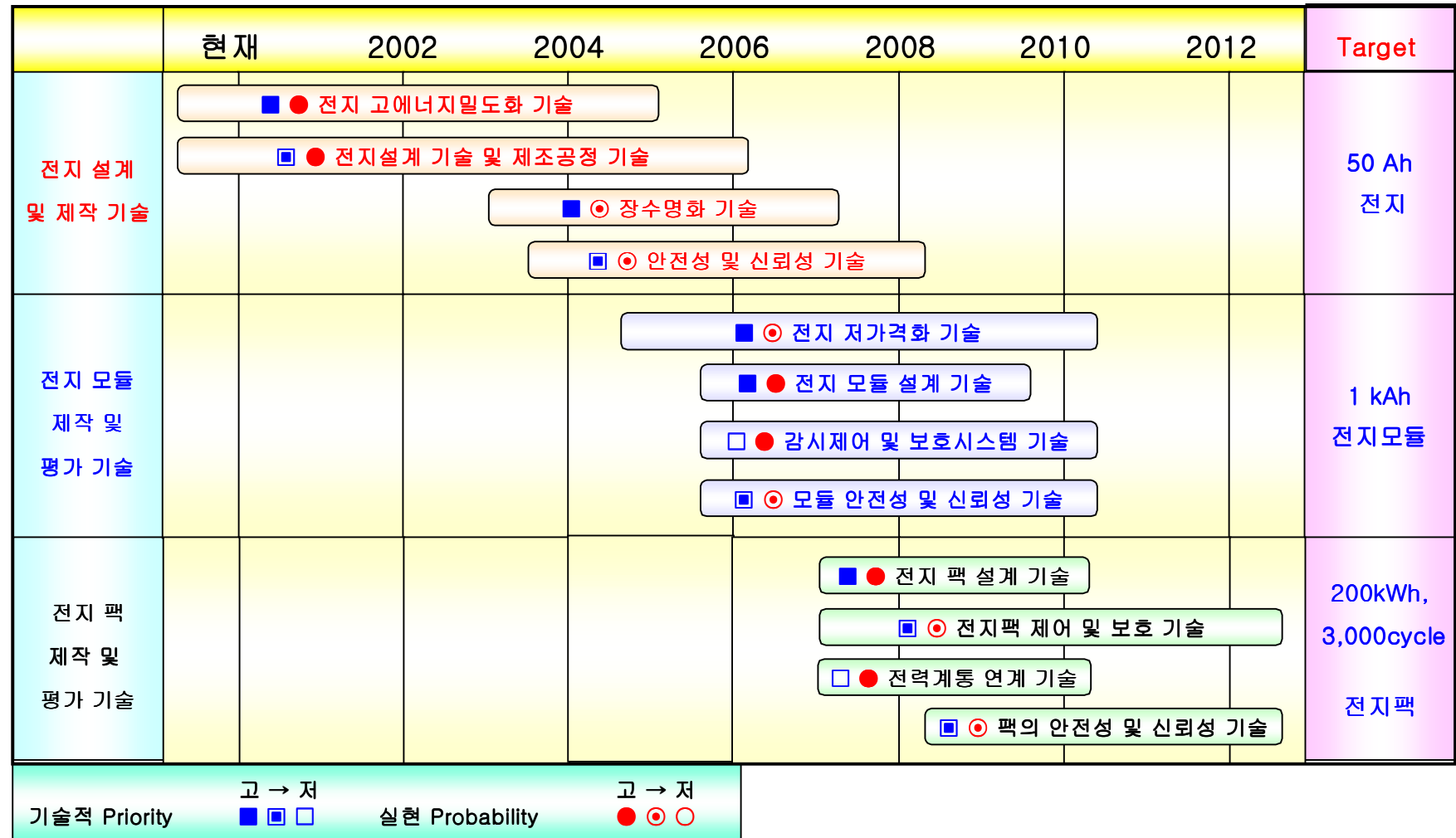
7.3.2 개발사양

대용량 Li 2차전지	
용 도	전력저장용
Pack 전압/용량	230V/100Ah급(0.3C rate 기준)
Pack 크기	14.5cm x 50.5 cm x 112.5 cm
Pack 부피/무게	82 l/135 kg
Cell의 전압/용량	3.6V/100Ah급(0.3C rate 기준)
Cell의 에너지 밀도	170Wh/kg 이상, 280Wh/l 이상
Cell의 출력 밀도	200W/kg 이상
Module 구성	8 cell/module
Pack 구성	8 module/pack
Cycle Life	3,500 cycle

7.4 기술적 장애요인

- 전력저장용 대용량 고효율 Li 2차전지를 개발하기 위해 가장 우선적으로 해결되어야 할 기술분야는 대용량, 고성능, 장수명, 고효율 및 저가격의 Li 2차전지의 개발임.
- 전지 요소들의 대면적화에 따른 전지특성 저하가 발생함.
- 부가적으로 필요한 애로기술로는 전지로부터 전력계통으로 전력을 공급을 담당할 계통연계 시스템과 고성능화 및 대용량화됨으로써 시스템 오작동 시 발화나 폭발 사고를 예방키 위한 전지제어 및 보호시스템 등이 있음.

7.5 대용량 리튬2차전지의 기술로드맵



7.5.1 기술항목 설명

- 전지 설계 및 제작, 요소기술
 - 대용량 전지의 요소기술 및 제조공정 기술개발 단계
 - 대용량 전지의 고에너지밀도화 기술 개발 필요
 - 대용량 전지의 장수명화 기술 개발 필요
 - 대용량 전지 설계 기술 및 제조공정 기술 개발 필요
 - 대용량 전지의 안전성 및 신뢰성 확보 기술 개발 필요
- 전지모듈 제작 및 평가기술
 - 대용량 전지로부터 모듈 개발하는 대형화 단계
 - 대용량 전지의 저가격화 기술 개발 필요
 - 전지모듈의 설계 기술 개발 필요
 - 전지모듈의 안전성 및 신뢰성 확보 기술 개발 필요
 - 전지의 감시제어 및 보호시스템 개발 필요
 - 전력변환 장치 개발 필요
- 전지팩 제작 및 평가기술
 - 대용량 전지모듈로부터 전지팩 개발 및 신뢰성 확보 단계
 - 전지팩의 설계기술 개발 필요
 - 전지팩의 안전성 및 신뢰성 확보 기술 개발 필요
 - 전지팩의 제어 및 보호시스템 개발 필요
 - 전력계통연계 장치 개발 필요

7.5.2 기술적 장애요인 설명

- 전력저장용 대용량 고효율 Li 2차전지를 개발하기 위해 가장 우선적으로 해결되어야 할 기술분야는 대용량, 고성능, 장수명, 고효율 및 저가격의 Li 2차 전지의 개발임.
- 전지의 대용량화시의 장애는 전지 요소들의 대면적화에 따른 전지특성 저하를 극복하여야 함. 이를 극복하기 위해서는 대면적화시 균일도 제어, 전극 및 전지 설계 등을 고려하여야 함. 고성능화 시의 장애요인을 해결하기 위해서는 활물질의 고성능화, 전극조성 개발, 제조공정 개선 등이 필요함.

- 장수명화를 해결하기 위해서는 활물질 자체의 성능 개선 뿐만 아니라, 주변 요소들을 모두 포함시킨 전체적인 개선이 필요함.
- 전지의 저가격화에는 전체 전지가격 중 많은 부분을 담당하는 활물질의 저가격화는 필수적인 것이고 제조설비 국산화, 제조공정 단순화, 생산성 향상 및 제조 수율 향상을 통해 가능함.
- 부가적으로 필요한 기술로는 전지로부터 전력계통으로 전력을 공급을 담당할 계통연계 시스템 개발과 고성능화 및 대용량화 됨으로써 시스템 오작동시 발화나 폭발 사고를 예방키 위한 전지제어 및 보호시스템 개발 등이 있음.
- 리튬2차전지(LPB, LIB 등)는 타 2차전지에 비해 월등히 우수한 성능을 가지고는 있지만, 전지자체의 가격이 높아 상용화의 걸림돌이 될 것으로 예상되며 정부차원의 지원이 필요함.

Part B. 연료전지

B-1. 이동전원용 연료전지

1. 비전(Vision)

- 소형 전자기기 산업의 급성장에 따라서 고성능 전원에 대한 수요가 크게 증가하고 있으며, 특히 휴대폰, 휴대용 단말기, 노트북 및 기타 이동통신 장비형 전원으로 사용될 수 있는 장수명의 고에너지 밀도를 가진 이동전원 기술이 요구되고 있음.
- 이동전원용 연료전지는 기존의 2 차 전지의 한계를 극복할 수 있는 신개념의 전원 기술, 즉 이동전원용 연료전지(Fuel Cell) 기술을 확보하여 세계 기술을 선도하고 신규사업을 창출하여 국제 시장을 선점함으로써 국가 기술경쟁력의 제고에 기여하고자 함.

2. 이동전원용 연료전지 현황

2.1 이동전원용 연료전지 정의

- 이동통신기기, 휴대형 정보통신 단말기, 군사용, 레저용 이동전원 등과 같은 소형 전자기기의 전원으로 사용되는 연료전지를 칭함.
- 이에 적합한 연료전지로는 고분자 전해질 연료전지(PEMFC, Proton Exchange Membrane Fuel Cell) 및 직접 메탄올 연료전지(DMFC, Direct Methanol Fuel Cell)가 있음.

2.2 시장 현황/발전 영역 및 전망

- 현재 일부 국가에서는 소규모의 군사용 혹은 레저용으로의 실증시험 단계에 있으나, 본격적인 시장은 형성되어 있지 않음.

- 2005 년 이후부터 기존 이차전지 시장의 대체 전원시장 및 새로이 출시되는 다기능 단말기의 전원시장을 차지할 것으로 예측됨.

3. 필요정의 및 Performance Target 설정

3.1 미래수요 전망(필요정의)

- 이동전원용의 경우는 현재 형성되어 있는 시장이 없고, 분산발전과 같은 국가주도에 의한 시장형성보다는 기술수준에 따른 소비자의 선택에 의해 형성되는 성격의 기술임.
- 미국의 Allied Business Intelligence 가 예측한 1 W 급 연료전지의 판매 갯수는 2 억개 이며, 1W 급 DMFC Pack 을 10 달러로 가정할 경우 연간 20 억달러의 시장성을 가지고 있음.

3.2 요구사항 도출

- 기술로드맵의 관점에서 본 기술의 요구사항은 “충전없이 오랜 시간 작동이 가능한 이동전원으로서 성능, 가격 및 안전성이 이차전지보다 우수한 제품 및 그 요소 재료 기술의 개발” 이 될 것임.

3.3 기술적 목표

- 위에서 언급한 요구사항을 만족시키기 위한 목표치는 다음과 같음.
 - 중량 에너지 밀도 : 1000 Wh/kg
 - 충전(Fuel Refill) 시간 : 1 분 이내
 - 가격 : \$1 (1W 급)
 - 수명 : 5 년
 - 용량 : 용도에 따라 다양 (600mW ~ 1kW)
 - 용도 : 휴대폰, PDA(personal digital assistant), Laptop Computer, 통신 장비, 레저장비, 군사용 장비 등

3.4 핵심기술분야 정의

- 이동전원용 연료전지의 요소기술은 고분자막/전극 접합체(MEA, membrane electrode assembly) 제조 기술, 고분자막(membrane) 제조 기술, 셀 팩(cell pack) 또는 스택(stack) 및 주변 시스템 제조 기술 등의 3 가지로 크게 분류되어짐.
- 이들은 연료전지 셀 팩이나 스택을 구성하는 주요 요소 부품을 비롯하여 이들 부품의 제조에 필요한 핵심 세부 기술과 요구 조건들을 포함하고 있음. 각 요소 부품의 제조 기술에 속하는 세부 핵심 기술은 다음 표 B-1-1 과 같음.

표 B-1-1. 이동전원용 연료전지의 기술 과제

핵심 기술	기술 과제
고분자막/전극 접합체(MEA)	<ul style="list-style-type: none"> · 전극, 촉매 제조 공정 · 고성능 고분자막/전극접합체 · 자기 가습형 고분자막/전극 접합체 · CO 피독에 대한 내구성을 가진 촉매개발 · 촉매 코팅 기술(고분자막 촉매 직접 코팅 기술)
고분자막(membrane)	<ul style="list-style-type: none"> · 높은 이온전도도를 나타내는 고분자막 · 높은 화학적, 기계적 안정성 · 저가의 고분자막 제조 기술 · 메탄올 투과 저감 고분자막
스택 및 주변 시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 바이폴라판 경박화 기술 · 셀 팩 및 스택 설계(바이폴라형, 모노폴라형) · 상온 상압작동 셀 제작 기술 · 핵심 주변기기 개발(고효율 극소형 DC/DC 컨버터, 메탄올 농도 제어기) · 시스템 통합 운전기술

4. 핵심기술 분야

4.1 고분자막/전극 접합체 제조기술

4.1.1 정의 및 국내외 기술개발 동향

- 고분자막/전극 접합체(MEA)는 연료(Methanol 수용액 혹은 수소)와 공기의 전기화학 촉매 반응이 일어나는 전극과 수소이온의 전달이 일어나는 고분자막의 접합체로 정의됨.
- MEA의 요소기술과 관련하여 국내의 대학이나 연구소에서는 이에 필요한 촉매(CO Tolerant-MeOH Oxidation Catalyst, MeOH Selective-Oxygen Reduction Catalyst)와 고효율 MEA Bonding 공정을 개발중임.
- 국내에서는 한국에너지기술연구원, KIST 및 삼성종합기술원 등에서 이동전원용 연료전지를 개발중에 있는데, 특히 고효율 MEA 구조 및 제조 공정 분야에서는 선진기술에 근접한 수준이며, $300\text{mW}/\text{cm}^2$ (PEMFC, Non humidified H_2/Air , 80°C , 상압) 및 $50\sim 100\text{mW}/\text{cm}^2$ (DMFC, MeOH/Air, 상온)의 출력밀도를 확보하고 있음.
- 외국의 경우 LANL (미)과 JPL (미)이 관련 기술을 선도하고 있으며, 촉매와 관련한 기초기술 연구가 IIT(미), TUM(독), U. of Illinois(미) 등에서 활발히 진행중임. 또한 저가의 고분자막/전극 접합체를 제조하기 위하여 DLR(ITT, 독일 항공우주연구소)에서는 건식 제조공정을 개발되었음.

4.1.2 기술적 목표

- $400\text{mW}/\text{cm}^2$ (PEMFC, Dry H_2/Air , 80°C , 상압)
- $100\text{mW}/\text{cm}^2$ (DMFC, MeOH/Air, 상온)
- $60\text{mW}/\text{cm}^2$ (DMFC, 공기호흡형 MeOH/Air, 상온)

4.1.3 기술 장애요인

- 낮은 공기극 촉매 활성 및 연료극 촉매의 CO 피독
- 낮은 메탄올 산화 촉매의 활성 및 전극의 높은 촉매 담지량
- 주변장치(가습기, 공기공급 장치등)를 필요로 하는 전극 구조
- 복잡한 고분자막/전극 접합체 제조 공정

4.1.4 극복 방안

- 고효율성 공기극 촉매 개발 및 CO tolerant 연료극 촉매 개발
- 고효율성 메탄올 산화 촉매 및 낮은 촉매 담지 전극 제조기술 개발
- 저가의 고성능 고분자막/전극 접합체 제조공정 개발
- 자기가습형 전극/접합체 구조 개발
- 연료 메탄올의 흡수 및 공기확산 전극 개발

4.2 고분자 전해질막 제조기술

4.2.1 정의 및 국내외 기술개발 동향

- 고분자 전해질 막은 수소이온을 전달하는 고분자막으로 우수한 이온 전도성, 가스나 메탄올의 덜러투과성, 적절한 기계적 강도와 화학적 안정성이 요구됨.
- 국내에서는 (주)한화에서 나피온(Nafion)과 유사한 고분자막을 개발하였고, 삼성종합기술원에서는 나피온 대체 고분자막을 개발하여 0.1S/cm의 이온 전도도와 나피온 대비 메탄올 투과도(crossover) 40% 감소의 성능을 나타내었음. 그 외에 한국에너지기술연구원, KIST, KAIST 등에서도 나피온계의 복합 고분자막과 새로운 고분자막 재료에 대한 연구를 진행하고 있음.
- 해외에서는 DuPont, Asahi, Gore 사 등이 본 기술을 선도하고 있으며, 남가주대(USC) 등의 연구기관에서도 메탄올 투과 억제 기능을 부여한 고분자막을 개발하고 있음.

4.2.2 기술적 목표

- 이온전도도 0.1S/cm, 나피온 대비 메탄올 투과도 20%
- 화학적, 기계적 안정성 확보
- 저가격, 양산화

4.2.3 기술 장애요인

- 고분자막 제조를 위한 기초 연구 부족
- 고분자막 제조공정 기반 기술 부족
- 새로운 고분자막 개발 미약

4.2.4 극복 방안

- 새로운 고분자막의 개발
- 새로운 이오노머 개발
- 고분자막 제조 공정 개발(복합체 개발)

4.3 스택 및 주변 시스템 제조기술

4.3.1 정의 및 국내외 기술개발 동향

- 스택이란 MEA, 바이폴라플레이트로 구성된 단위전지를 수직 수평으로 연결하여 원하는 전압을 형성하도록 적층하는 기술이며(적층 없이 회로만으로 연결할 경우 셀팩으로 정의됨), 주변 시스템은 제조된 스택의 최적 운전을 위한 시스템 설계, 제조, 운전 및 발생하는 전기의 변환기술 등을 포함하는 기술로 정의함.
- 국내에서는 한국에너지기술연구원, KIST 및 삼성종합기술원 등에서 40W ~ 200W 의 PEMFC 스택과 1W ~ 180W의 DMFC 셀팩 혹은 스택의 기술을 확보하였음. 특히 이동형 연료전지의 경우 공기호흡형으로 제조함이 중요

한데, 고분자막/전극 접합체, 유로, 집전체(current collector) 및 연료 저장 용기를 포함한 패키징으로 제조하고, 스택으로 제작할 때는 연료전지 스택의 운전장치와 전력 변환 장치를 포함하는 시스템으로 제조해야함.

- 해외에서는 PEMFC의 경우 미국의 H-Power, Ball Aerospace, Giner, LANL(Los Alamos Nat' Lab.) 등과 DMFC의 경우 JPL(Jet Propulsion Lab.), MSI 및 LANL-Motorola 등에서 기술을 선도하고 있으며, 최근에는 미국의 관련기술 분야 최고 권위자들(Gottesfeld 박사, Narayanan 박사, Smotkin 교수 등)이 최근 이동전원용 연료전지를 위한 회사에 영입되거나 대규모의 자금지원을 받아 응용 연구에 착수하고 있는 추세임.
- 스택 제작에 사용되는 경량 고성능 바이폴라 판(bipolar plate)의 개발은 현재 미국, 일본 독일 등에서 활발히 이루어지고 있으며, 국내에서도 금속재료의 적용이 연구되고 있고, 복합재료를 사용하여 200um 두께의 Flexible Bipolar Plate가 개발되었음.

4.3.2 기술적 목표

- PEMFC 수소 저장용기 개발 (MH, CH, CNT)
- DMFC 60mW/cm², MeOH/Air Breathing, 500Wh/kg
- 고효율 DC/DC 컨버터(효율 90% 이상)
- 경량 고성능 바이폴라 판 개발(압축성형, 사출성형)

4.3.3 기술 장애요인

- PEMFC용 수소 저장기술 및 수소 저장 재료
- 패키징 기술 및 시스템 디자인 기술
- 고가의 바이폴라 판
- 시스템 운전 제어 기술

4.3.4 극복 방안

- 경량 수소 저장재료 개발 및 수소 저장 용기 개발
- 시스템 소형화를 위한 디자인 기술 개발 및 패키징 기술 개발
- 저가 경량 고성능 바이폴라 판의 개발

- 고효율 전력변환장치 개발(고효율 DC/DC 컨버터)
- 고효율 운전 종합 시스템 및 제어기 개발

5. 핵심영역 제시

- 본 기술의 핵심영역은 크게 6개의 분야(촉매 및 고분자막/전극 접합체, 고분자막, 막 코팅, 표면화학, 회로 설계, 운전 시스템 기술)로 나눌 수 있음.
- 이들은 기존의 산업기술 분야와도 직접 혹은 간접적으로 연관되는 분야들로서, 상호간의 기술 이전 및 공유가 가능한 기술 분야임.

6. 기술과 시장의 상관관계

- 이동전원용 연료전지는 미래 청정에너지원으로서 항공·우주산업, 환경, 수송, 전자, 통신 등 여러 산업과 밀접한 상호관계를 공유할 것임. 이는 그림 B-1-1에서 나타내고 있음.

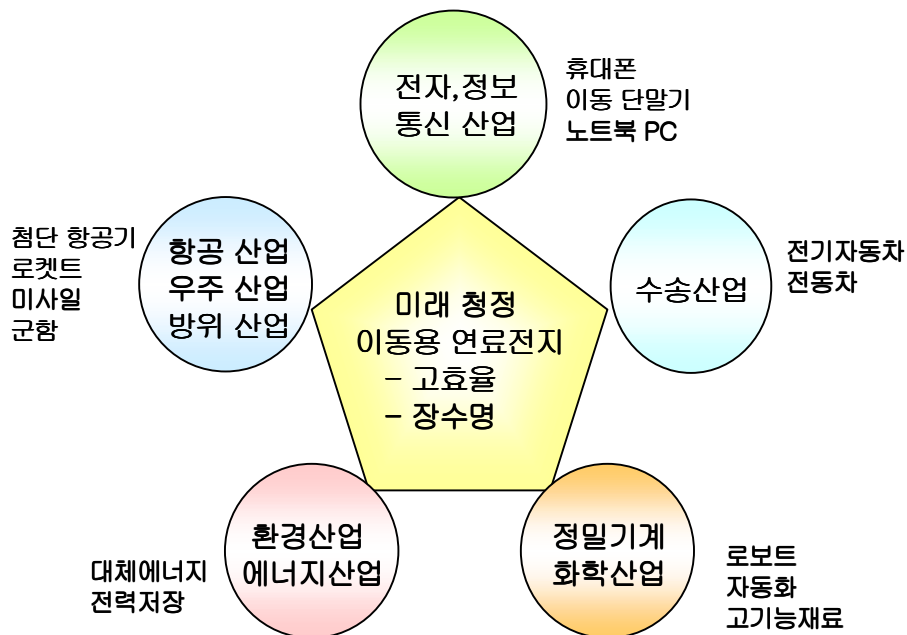


그림 B-1-1. 이동전원용 연료전지의 시장과의 상관관계

7. 기술과 시장 성장추이

- 일본의 경우, 98 년도에는 휴대폰시장의 급성장으로 리튬이온전지의 매출 급증에 의해 전지시장규모가 3 조엔을 훨씬 능가하였음. 2001 년 현재 전지 세계시장 규모는 납축전지 성장을 년평균 2%, 알카리망간전지 년평균 3% 성장, 리튬 2 차전지 년평균 10% 성장율을 감안 할 때 4 조엔을 초과할 것으로 예측됨.
- 이동용 연료전지 시장은 종래의 전지 시장과 직접적인 관계를 갖고 있으며, 미국 MSC 에서는 98 년도 22 억달러, 2005 년도에 52 억달러의 시장 수요 예측을 하고 있음. 또한, 일본 중앙 리서치센터에서는 2010 년 일본시장 규모가 500 억엔/년이 될 것으로 예측하였음.
- 현재로서는 이동전원용 연료전지의 국내외 시장이 형성되어 있지 않아 수치화는 어려우나, 현 리튬이온전지의 정극 재료가 국가전략물자인 코발트를 원료로 사용하고 있어 공급이 극히 제한적이며 또한 대용량 전지에서 폭발관련 안전성 검증이 미흡한 상태여서, 중장기적인 측면에서 연료전지의 급속한 기술의 발전 속도를 감안할 때 PEMFC 및 DMFC 두 종류의 연료전지가 대체 가능성이 높은 것으로 전망되고 있음.

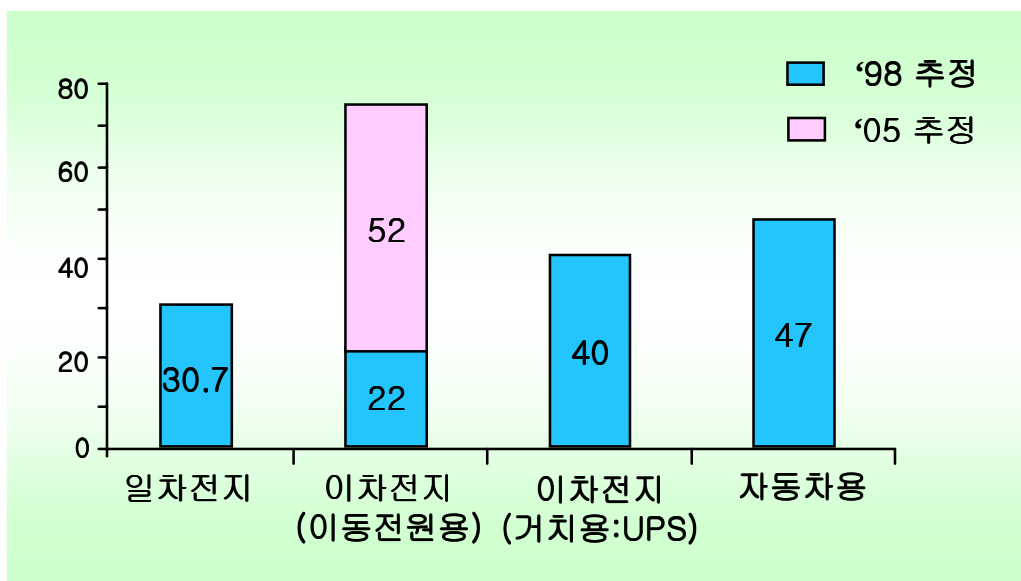


그림 B-1-2. 이동전원용 연료전지 시장전망(US\$Billions/year)

8. 전략적 중요성 및 우선순위

- 정보통신 산업의 급속한 발전과 병행하여 이동용 전지의 수요도 폭발적으로 증가하고 있으나 아직 국내의 설계, 재료, 장비관련 핵심기술은 미약함.
- 이로 인하여 현재 2차전지의 꽃인 리튬 2차전지의 사업화가 충분히 활성화되지 못하고 있는 현실을 감안할 때, 연료전지의 경우
 - 전지 재료 및 부품의 국산화에 따른 가격 경쟁력의 확보
 - 전지관련 기초연구 기반 활성화로써 전지 전문인력 양성과 아울러 선진 기술력 격차를 좁힐 수 있는 원동력의 구축
 - 전지 제조 기술력을 높이기 위한 관련 정밀기계, 화학, 전자산업의 인프라(infra) 구축 등이 매우 중요함.

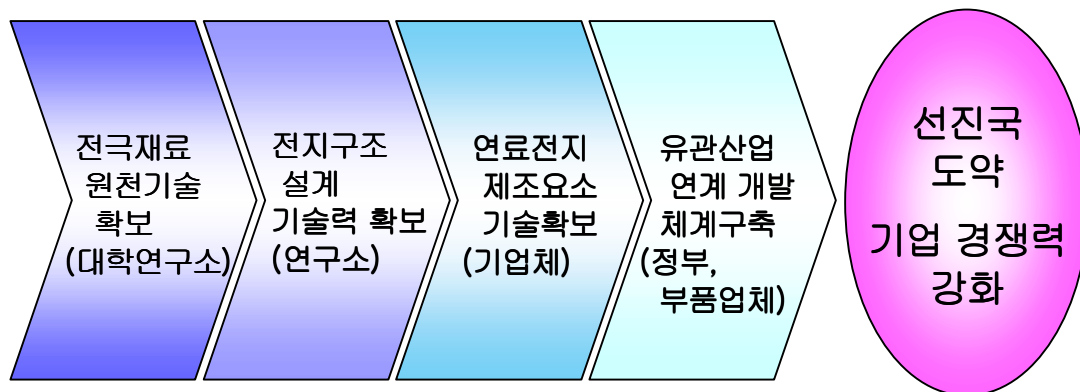


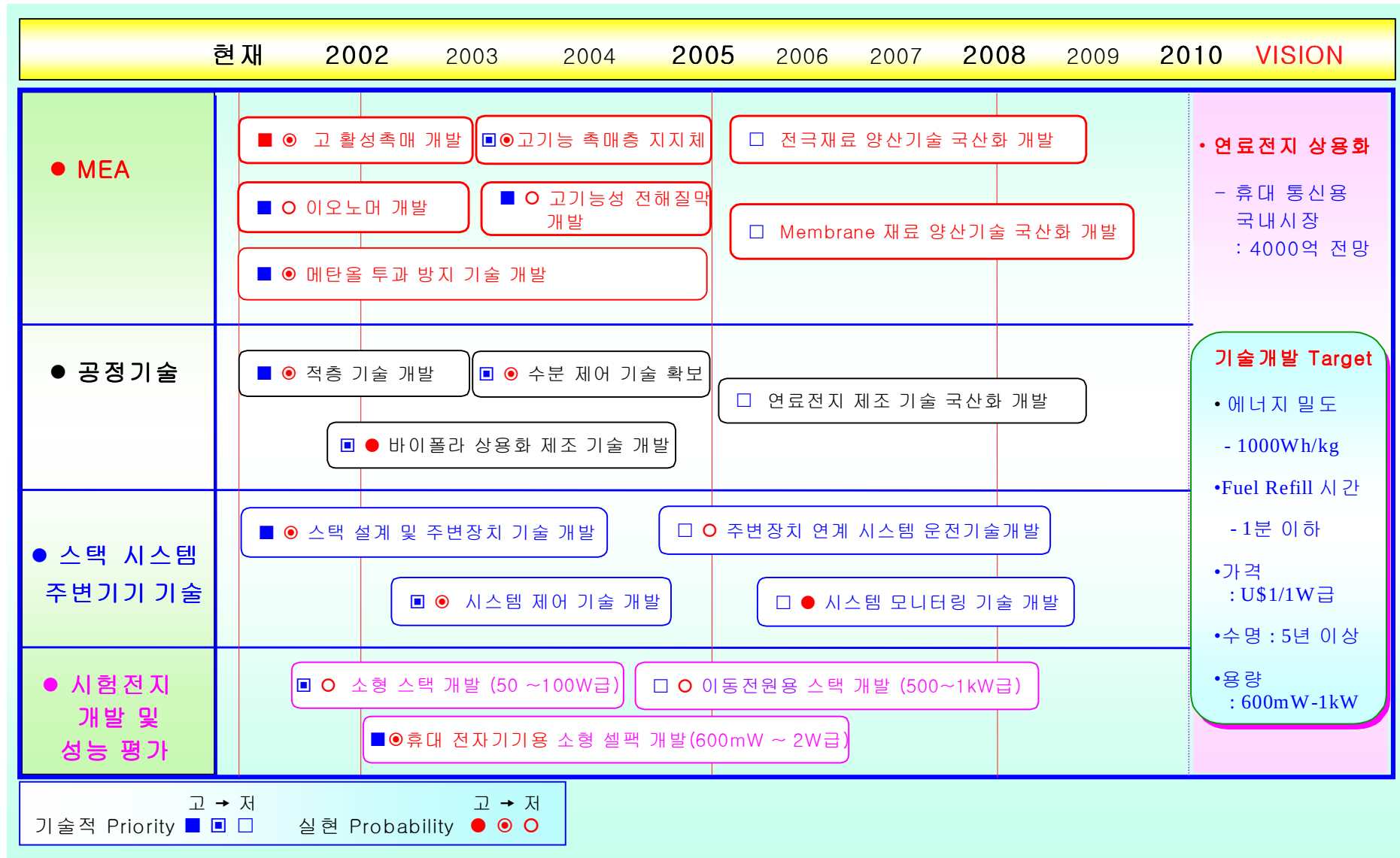
그림 B-1-3. 이동전원용 연료전지의 기술개발 전략

9. 기술의 진보

- 연료저장기술은 우선 수소저장기술의 개발과 더불어 개질 수소를 사용하는 고분자 연료전지 기술 그리고 메탄올을 직접 연료로 사용하는 직접 메탄올 기술이 응용될 것임. 응용분야로는 이동전원용 혹은 군용 전원이 우선적으로 고려되고 있음.

- 고분자막은 현재 사용되고 있는 나피온(Nafion)이나 고어-셀렉트(Gore-Select)와 같은 불소계 고분자막과는 다른 비불소계 고분자막과 복합체 고분자막과 같은 저가 고성능의 고분자막이 개발되고 있음.
- 이동전원용 고분자 연료전지의 스택은 현재 0.5-5kW 정도의 소형과 25kW 정도의 중형이 개발되어 있으며, 최근에는 3-50W 급의 배터리 대체 전원용 개발이 진행되고 있음.
- 이동전원용 연료전지로는 1차적으로 고분자 연료전지가 먼저 사용되기 시작하고, 이어서 시스템이 간단한 직접메탄올 연료전지가 개발 상용화 되는 기술적 진보가 이루어질 것임.
- 각각의 소형 연료전지 관련 기술들은 전극 재료, 공정 기술, 설계 및 시스템, 시제품 개발 및 성능 평가 등으로 분류할 수 있음
- 다음은 이동전원용 연료전지 기술로드맵을 표현한 것으로 사각박스는 왼쪽이 기술개발 개시시점, 오른쪽은 개발완료시점을 의미하며, 개발완료 후에 관련된 기술은 계속 시장속에서 개선되어 간다는 것을 의미함. 각 기술에 대한 기술적 우선순위와 실현 가능성을 표시하여 기술개발의 중요성을 표현하였음.

이동전원용 연료전지 기술로드맵



10. 실행계획 방안

- 실질적으로 국가산업 발전 및 이익창출에 기여할 수 있는 연구개발을 위해서는 산·학·연의 컨소시움을 구성하여 진행하는 것이 바람직하며, 각 기관의 현재 보유기술 수준에 따라 역할을 분담하여 추진하는 체계가 필요함.
- 정부는 기술개발 계획, 예산확보 및 보급정책 수립, 산업체는 제품 개발 및 상용화 추진, 학계는 세부 요소 기술개발 및 전문 기술 인력 교육, 연구소는 핵심 기반기술 개발을 추진하는 것이 바람직함.
- 개발기술은 궁극적으로 기업체에 의해 상용화되어야 하기 때문에 기업체의 역할이 중요함. 개발 초기에는 핵심 기반기술의 개발이 중요하기 때문에 연구소를 중심으로 기술개발과 보유 기술의 응용을 추진하고 후속작업으로서 기업체의 실증시험 및 실용화를 추진하는 것이 요구됨.
- 기술개발의 조기 달성을 위해 동일목표 기술간의 경쟁을 유발시키고 기술 우위가 판단될 때까지 다양한 연료전지 기술의 개발에 대한 지원이 필요함. 개발 기술의 응용 분야를 확대하기 위하여 민수용 이동전원으로의 응용뿐만 아니라 군용 장비에도 적용하는 연구를 병행하여 개발을 추진하는 것도 필요함.

B-2. 수송용 연료전지

1. 비전(Vision)

- 기존의 내연기관을 대체할 수 있는 고효율 및 무공해 연료전지 기술을 확립하여 차세대 연료전지자동차용 동력원에 활용함으로써, 전세계적으로 진행되고 있는 기후변화협약을 통한 온실가스의 총량규제, 저공해 자동차 의무판매를 통한 자동차 배기가스의 규제 등에 대처할 수 있는 국가적 기술경쟁력을 확보하고자 함.

2. 수송용 연료전지 현황

2.1 수송용 연료전지 정의

- **연료전지**는 연료(수소, 메탄올)와 산화제(산소, 공기)의 화학에너지를 직접 전지에너지로 변환시키는 고효율의 무공해 발전장치임.
- 무공해 자동차용 동력원으로 사용할 수 연료전지로는 고분자전해질 연료전지(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, PEMFC)가 있으며, 직접메탄올 연료전지(Direct Membrane Fuel Cell, DMFC)는 가능성이 검토되고 있음. 내연기관의 보조동력원으로 사용할 수 있는 연료전지에는 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)가 있음.

2.2 시장 현황

- 외국의 경우에는 미국(International Fuel Cell 75kW, Allied Signal 50kW), 캐나다(Ballard Power Systems 250kW; 37kW x 7), 독일(Siemens 300kW; 34kW x 9), 이태리(De Nora 240kW; 30kW x 8), 일본(Toshiba 30kW) 등 선진국들이 이미 대형 PEMFC 스택 제작기술을 보유하고 있음.

- 이러한 스택을 이용하거나 자체기술을 이용하여 전세계 자동차 회사 (GM, Ford, Energy Partner, DaimlerChrysler, BMW, Renault, Volkswagen, Volvo, Mazda, Toyota, Nissan, Honda)들은 50kW 급 연료전지 자동차 시작차를 개발하고 가격저감화 연구에 착수하였으며, GM 은 2004 년, Toyota 는 2004 년, DaimlerChrysler 는 2005 년 연료전지 자동차를 상업화 할 예정임.
- 따라서 연료전지 자동차에 대한 시장은 2004 년 이후에 형성될 것으로 보임.
- DMFC 및 SOFC 를 이용한 연료전지 자동차는 수 kW 급을 이용하여 타당성 연구를 수행하고 있음.
- 국내의 경우에는 1998 년 한국에너지기술연구원이 1kW 급 소형자동차를 개발하였고, 2000 년 8 월 KIST 가 현대자동차와 공동으로 5kW 급 연료 전지/이차전지 하이브리드 골프카를 개발하였음. 또한 2002 년까지 25kW 급 연료전지자동차 시작품을 개발하는 것으로 되어 있는 G7 차세대 자동차개발사업의 일환으로 2000 년 9 월 현대자동차/KIST 및 대우자동차/한국에너지기술연구원이 각각 10kW 급 연료전지/이차전지 하이브리드 자동차를 개발하였음. 한편 2000 년 11 월 현대자동차는 자체 프로그램으로 IFC 의 연료 전지를 이용하여 75kW 급 연료전지자동차를 개발하였음.
- 따라서 국내 자동차회사의 경우 2005 년경에 실용화를 이루고 2010 년경에 상업화를 이룰 것으로 판단돼 본격적인 시장은 2010 년에 형성될 것으로 보임.

2.3 발전영역

- 내연기관 자동차를 대체할 수 있는 저공해 또는 무공해자동차로는 전기 자동차, 태양광자동차, 수소자동차, 압축천연가스자동차, 연료전지자동차 등이 있으나 이들 단독만으로는 현재 원하는 성능 및 무공해 수준을 얻지 못하므로 내연기관/배터리 hybrid 자동차, 연료전지/배터리 hybrid 자동차 등의 복합동력원 자동차가 개발되고 있으며, 궁극적으로는 연료 전지자동차가 가장 많이 채택될 것으로 예상됨.

2.4 전망

- 선진 각국의 환경보호 정책에 따라 2005 년 이후 무공해 또는 저공해 자동차에 대한 수요가 급증할 것으로 예상되며 연료전지 자동차의 수요도 크게 증가할 것으로 기대됨.
- 국내 자동차업계의 경우 2010 년 상업화를 이룩하여 연료전지 자동차가 국내 자동차 판매의 5%를 차지하게 함으로써 매출액 1 조 5 천억원, 수입 대체효과 1 조원, 수출증대효과 7500 억원을 달성할 예정임.
- 연료전지 자동차는 향후 화석연료를 대체할 수소에너지에 대한 가장 큰 시장을 제공할 것으로 예상됨(그림 B-2-1 참조).
- PEMFC 는 기존 내연기관을 대체할 주 동력원으로 개발되고, DMFC 는 PEMFC 에 대한 경쟁기술로 타당성이 검토될 것이며, 배터리 대신에 SOFC 가 내연기관의 보조 동력원으로 개발될 전망임.

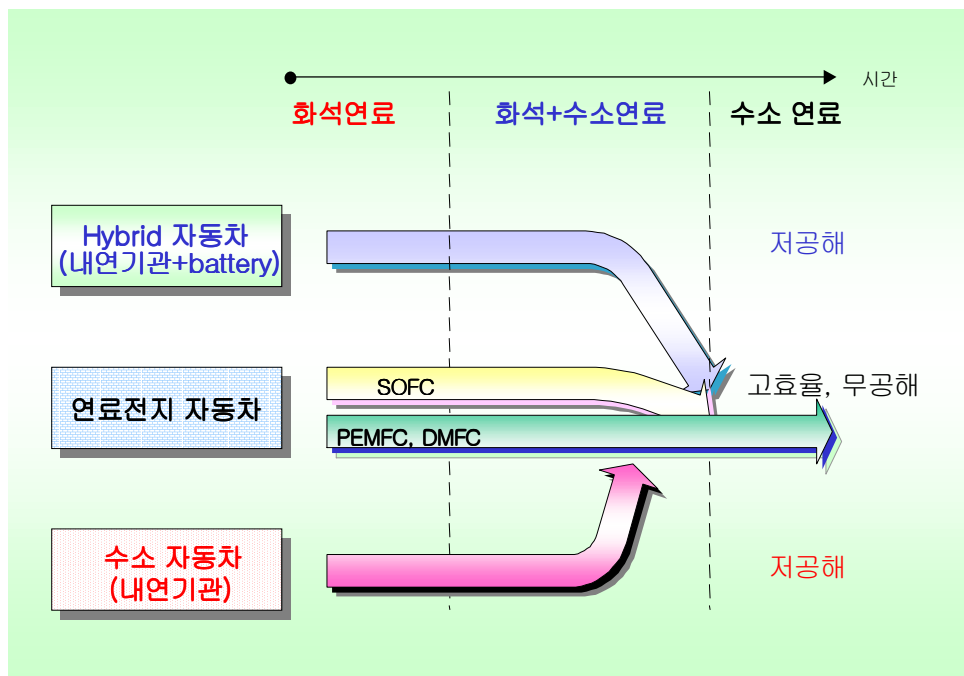


그림 B-2-1. 자동차 연료의 발전 전망

3. 필요정의 및 Performance Target 설정

3.1 미래수요 전망(필요정의)

- 대기오염을 일으키는 주된 원인은 화석연료의 연소로서 추진력을 공급 받는 내연기관 자동차의 배기가스임. 미국의 예를 들면 일산화탄소의 66%, NOx 의 43%, CO2 의 33%, 그리고 스모그의 원인이 되는 탄화수소의 31%가 내연기관의 배기가스로부터 배출되며, 국내의 경우 1997 년도 총오염 배출량의 41.1%가 자동차, 26.9%가 산업체, 17.1%가 발전소, 그리고 5.7%가 난방으로부터 발생됨.
- 따라서 전세계적으로 내연기관 공해물질 배출에 관한 규제를 강화되는 한편, 저공해 또는 무공해 자동차 개발에 관한 법령의 제정을 추진하고 있음.
- 자동차 수출시장으로 가장 높은 비중을 차지하는 미국의 경우 1990 년 11 월에 대기보전법(Clean Air Act)의 의회 통과에 따른 자동차 배기가스 규제 강화로, 미국내 신차 등록수의 약 12%를 차지하고 수입차의 20%가 판매되는 캘리포니아주가 배기가스 규제에 의한 무공해자동차 의무판매 규정을 도입하였음.
 - 2003 년부터 시행될 캘리포니아 무공해자동차 프로그램의 기본법규는 2003 년부터 캘리포니아에 판매되는 차량의 일정량은 무공해자동차이어야 한다는 것이며, 무공해자동차 의무판매비율은 다음 그림 B-2-2 와 같이 매년 증가될 예정임.
 - 이러한 계획은 9 대도시로 확산될 예정이어서 이에 대비하여 미국의 3 대 자동차제조업자를 비롯하여 전세계의 대미 자동차 수출업자들에게는 고성능 이차전지 또는 연료전지의 개발이 현재 가장 시급히 해결해야 될 과제로 부상되었음.

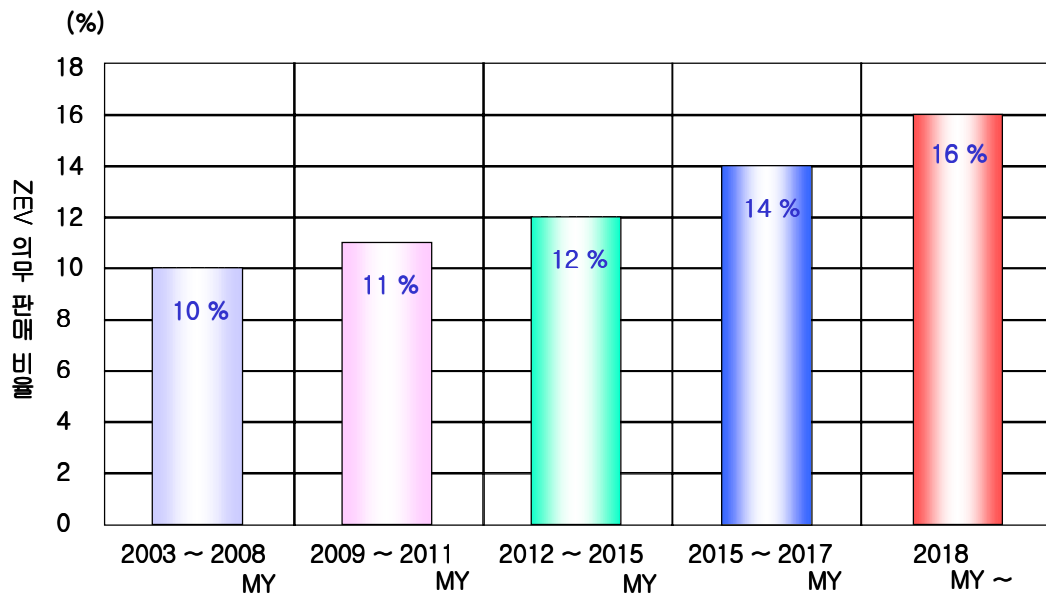


그림 B-2-2. 연도별 무공해자동차 의무 판매 비율 변화

- 국내의 경우도 2002 년부터 저공해차를 10% 생산하는 것을 의무화하는 것을 추진하고 있음.
 - 즉 환경부는 자동차 생산업체들이 현재 생산중인 휘발유 승용차보다 질소 산화물과 탄화수소 등 대기오염물질 배출량을 70% 정도 줄인 차세대 저공해승용차(LEV)를 일정 비율 이상 의무적으로 생산하도록 하는 방안을 추진 중에 있음.
 - 차량의 오염물질 배출허용량은 현재 km 당 질소화합물 0.40g, 탄화수소 0.25g 이하로 되어 있으나 저공해차량은 질소화합물 0.12g, 탄화수소 0.047g 이하로 배출해야 함.
 - 환경부는 LEV 차량 생산비율을 2002 년에 10% 수준으로 하고 2003 년 25%, 2004 년 50%, 2004 년 75%, 2006 년 100%로 단계적으로 높여 나갈 계획임.
- 따라서 대도시 대기오염을 방지하고 자동차수출을 지속적으로 유지하기 위해서는 무공해 연료전지 자동차의 개발이 매우 시급하며, 이를 실현시키기 위해서는 동력원인 연료전지의 개발이 필수적임. 이와 같은 기술은 선진국으로

부터 이전 받기에는 매우 어려운 상태이므로 장단기적 계획에 의해 선진기술의 확보 및 독자적인 기술개발이 절실히 요구됨.

3.2 기술적 목표

- 수송용 연료전지를 실용화하기 위한 기술적 지표로는 용량, 전력밀도, 무게당 전력량, 기동시간, 부하반응시간, 수명, 효율(% at 25% peak power), 오염 배출량, 가격 등이 있으며, 기술개발 목표는 다음 표 B-2-1 과 같음.

표 B-2-1. 수송용 연료전지(PEMFC)의 기술적 목표

구 분	목표 설정
용량 (kW)	75
전력밀도(kW/L)	1.0
무게당 전력량(kW/kg)	1.0
기동시간(min)	0.1
부하반응시간(sec)	0.5
수명(hrs)	5000
효율(%)	50
오염배출량(Tier Standard)	ZEV
비용(\$/kW)	20
DMFC 용량(kW)	50
SOFC 용량(kW)	30

3.3 핵심 기술분야 정의

- **고분자전해질 연료전지(PEMFC)** : 80℃ 에서 작동되는 저온 연료전지로 무공해 연료전지 자동차의 주 동력원임. 연료로는 수소를 사용하기 때문에 메탄올 개질기나 가솔린 연료개질기가 필요하며 궁극적으로는 수소저장용기 개발에 의해 수소를 직접 탑재하는 것을 목표로 함.
- **직접메탄올 연료전지(DMFC)** : PEMFC 와 유사하나 연료로 메탄올을 직접 사용하기 때문에 연료개질기가 필요없으나, PEMFC 보다 아직은 성능이 낮고 연료공급에 필요한 메탄올 infrastructure 를 구축해야 하는 문제가 있음.
- **고체 산화물 연료전지(SOFC)** : 500℃ 이상에서 작동되는 고온 연료전지로 내연기관과 함께 장착되어 고효율 및 저공해 발전을 실현함으로써 자동차에서 요구하는 부가적인 전력을 공급함.

4. 핵심기술 분야

4.1 고분자전해질 연료전지 기술

4.1.1 개요 및 정의

- **고분자전해질 연료전지**는 수소 이온전도성 고분자막을 전해질로 사용하는 연료전지로서 100℃ 이하의 저온에서 작동되며, 연료로는 수소를 사용하고, 산화제로는 산소를 사용함. 이때 연료인 수소는 수소 저장탱크나 연료개질기로부터 공급 받게 되고, 산소는 공기로부터 얻게 됨.
- 현재 자동차용으로 개발되고 있는 연료전지는 고분자전해질 연료전지가 주류를 이루고 있으며, 2004 년 상용화를 목표로 하여 전세계의 주요 자동차 생산회사에서 경쟁적으로 연구개발에 박차를 가하고 있음. 연료전지 자동차 개발에 있어서는 Daimler-Chrysler 가 가장 앞서 가고 있는 것으로 평가되며, 엔진에 해당하는 연료전지 스택에 관해서는 캐나다의 Ballard 가 가장 높은 기술수준을 보유하고 있음.

4.1.2 고분자 전해질막 제조기술

4.1.2.1 정의 및 일반현황

- 수소이온전도성 고분자 전해질막은 고분자 연료전지의 가장 핵심적인 부분으로서, 고분자 전해질막의 특성에 의해 연료전지의 성능이 좌우됨. 수소이온 전도성 고분자막으로는 DuPont 이 개발한 퍼플루오로설포닉산(perfluorosulfonic acid) 계통의 물질인 Nafion 이 가장 널리 사용되고 있으며, 이외에도 Asahi Glass 나 Asahi Chemical 에서도 전해질막을 개발하여 시판하고 있음.

4.1.2.2 국내외 기술개발 동향

- 수소이온전도성 고분자 전해질막의 개발 방향은 막의 이온전도도 향상, 막의 두께 감소, 기계적 강도 향상, 제조단가 저감 등의 4 가지에 초점이 맞춰져 있음.
- 캐나다의 Ballard 는 기존의 나피온(Nafion)막과 유사한 구조를 가진 BAM (Ballard Advanced Materials)이라는 전해질막을 개발하여 독자적으로 사용하고 있으며, 미국의 Gore 는 비전도성의 다공성 막에 이온전도성 전해질을 함침시켜서 매우 얇은 막을 제조하였음. 현재 Gore 의 Primea™ membrane 은 두께가 30 μm 에 불과하고 기계적 강도가 우수하여 가장 좋은 특성을 갖는 전해질막으로 알려져 있음.
- Asahi Glass 는 Gore 와는 달리 전해질 물질에 비전도성의 미세 섬유를 강화제로 첨가하여 막을 제조함으로써 막의 강도를 높이고, 두께를 얇게 하여 이온전도성을 향상시킬 수 있는 막을 개발하였다고 발표한 바 있음.
- 국내에서는 (주)한화에서 Nafion 계통의 전해질막을 제조하는 공정을 개발하여 시제품을 생산하였으나, 현재는 개발과 생산이 중단된 상태에 있음.

4.1.2.3 기술적 목표

○ 현재 시판되고 있는 고분자 전해질막의 일반적인 특성은 다음과 같음.

(a) 순수 전해질막

- 이온전도도 : 0.08~0.11 S/cm
- 두께 : 50~175 μm
- 이온당량 : 800~1100(g/mol SO_3^-)
- 함유율 : 40~50 %

(b) 강화 전해질막

- 이온전도도 : 0.05~0.07 S/cm
- 두께 : 25~50 μm
- 이온당량 : 800~1100(g/mol SO_3^-)
- 함유율 : 30~40 %

○ 현재 순수 전해질막의 경우에는 강도를 유지하기 위해 막의 두께가 50 μm 이상으로 두꺼워져야 하며, 일반적으로는 안전을 위해 100 μm 정도의 두께를 갖는 막을 사용함.

○ 이온 전도에 대한 저항은 두께에 반비례하기 때문에 가능하면 얇은 막을 사용해야 하며, 이를 위해서는 강화된 전해질막이 필요하게 됨. 현재의 강화된 전해질막은 상당한 수준의 성능을 보이고 있으나 장기적인 안정성 및 기계적 강도, 그리고 이온전도도 등에서 개선될 여지가 있음.

- 기술적 목표치를 설정하면 다음과 같음.

- 이온전도도 : 0.1 S/cm
- 두께 : $\leq 30 \mu\text{m}$
- 함유율 : 30 %
- 장기운전 안정성 : 10,000 시간
- 열사이클에 대한 안정성 : -40~100 $^{\circ}\text{C}$

4.1.2.4 기술 장애요인

- 낮은 이온전도도
- 높은 팽창율 및 기체 투과도
- 낮은 기계적 안정성, 열적 안정성 및 내구성
- 높은 제조 가격

4.1.2.5 극복 방안

- 이온당량이 큰 전해질 물질 개발
- 섬유 또는 다공성 지지체로 강화된 전해질막의 개발
- 값싸고 성능 좋은 새로운 전해질 물질 개발
- 제조 공정 단순화 및 대량 생산 기술 개발

4.1.3 MEA 제조기술

4.1.3.1 정의 및 일반현황

MEA(membrane and electrode assembly)는 연료전지의 핵심 부분으로, 일반적으로는 카본종이 위에 촉매물질을 도포하여 anode 와 cathode 전극을 만든 뒤 이것을 고분자 전해질막의 양쪽에 겹친 상태에서 가열 압착하여 제조하거나 또는, 전해질막의 양쪽에 직접 anode 와 cathode 전극물질을 도포하여 제조함.

4.1.3.2 국내외 기술개발 동향

- 현재는 Gore 에서 생산하고 있는 MEA 가 가장 좋은 성능을 보이고 있으며, 이들은 Gore 사에서 제조한 Primea™ 전해질막의 양쪽에 전극물질을 도포하여 MEA 를 제조함. 다른 기관에서는 Nafion 막이나 기타 다른 회사의 전해질막을 사용하여 위에서 언급한 2 가지의 제조방법을 사용하여 MEA 를 제조함.

- 국내에서는 일반적으로 Nafion 막을 사용하여 위에서 제시한 방법을 통해 MEA 를 제조함. MEA 의 성능은 전극의 구조에 의해 결정되며, 전극내의 촉매와 ionomer 의 조성 및 구조 등을 최적화하여 성능을 향상시킴.

4.1.3.3 기술적 목표

- MEA 성능 : 1 W/cm^2 (80°C , 공기/수소, 2 기압)
- 내구성 : 10,000 시간

4.1.3.4 기술 장애요인

- 백금촉매의 고가격
- 대면적화에 따르는 성능저하
- 장기운전시의 전극 열화현상

4.1.3.5 극복 방안

- 백금촉매의 이용률(현재 10%) 향상에 의한 전류밀도 증진
- 전극구조 개선에 의한 한계전류 현상 해결
- 백금촉매 피독현상을 극복하기 위한 합금 및 산화물촉매의 개발
- 대면적 제조기술(전지면적: 300cm^2 이상) 개발
- 고분자 전해질과 전극과의 접착기술 개발

4.1.4 스택 제조기술

4.1.4.1 정의 및 일반현황

- 연료전지 스택(stack)은 전기화학반응이 일어나는 단위전지(single cell)를 수십, 수백개씩 적층함으로서 구성되는데, 단위전지나 스택은 구성 요소간의 접촉저항을 줄이기 위하여 양쪽 끝판(end plate)을 tie rod 나 공기압으로 압착하게 되어 있음. 양쪽 끝판에는 반응기체의 출구 및 입구, 냉각수 순환구, electric power output 을 위한 connection 이 설치되어 있음.

- 스택의 단위전지들을 분리시켜주는 분리판(separator 또는 bipolar plate)은 한쪽 면에는 anode gas channel 이, 다른쪽 면에는 cathode gas channel 이 새겨져 있는 전기 전도성 판임, anode 에서 생성된 전자를 cathode 쪽으로 전도해주는 current collector 역할을 하며, MEA 를 지지해주고, anode 및 cathode 쪽으로 각각 연료와 산화제를 공급해 주는 통로를 제공해주는 동시에, 전지운전 중에 생기는 물을 제거해 주는 통로 역할을 함.
- 분리판의 재질로는 graphite, 금속, composite 등이 있음.

4.1.4.2 국내외 기술개발 동향

- 외국의 경우 미국(International Fuel Cell 75kW, Allied Signal 50kW), 캐나다(Ballard Power Systems 250kW; 37kW x 7), 독일(Siemens 300kW; 4kW x 9), 이태리(DeNora 240kW; 30kW x 8), 일본(Toshiba 30kW) 등 선진국들이 이미 대형 PEMFC 스택 제작기술을 보유하고 있음.
- 국내의 경우 한국가스공사가 1995 년에 E-Tek 전극을 사용한 1 kW 스택을 제작하고 약 2,000 시간 동안 운전하였으며, 한국에너지기술연구원이 1999 년에 5kW 급 고분자 전해질 연료전지 시스템을 개발한 후 2000 년에 이를 2 기 연결하여 10kW 급 시스템을 운전하였음. 2000 년에는 KIST 가 7kW, 현대자동차가 12kW 급 스택을 개발하였으며, KIST 는 2kW 급 스택을 1800 시간 장기운전한 바 있음. 현재 현대자동차/KIST 가 30kW 시스템을 개발하고 있음.

4.1.4.3 기술적 목표

- 출력 : 75 kW
- 부피 및 무게 당 출력밀도 : 1 kW/L, 1 kW/kg
- 내구성 : 5,000 시간
- 가격 : 20 \$/kW

4.1.4.4 기술 장애요인

- 분리판 제작기술 미흡 및 고가격

- 물 및 열관리기술 미흡
- 유로 설계기술 미흡

4.1.4.5 극복 방안

- 대용량 스택 제작기술 개발
- 장기운전기술 확립
- Flow field 의 설계 및 제작기술 개발
- 전류밀도 증가에 따른 반응열을 제거하는 냉각시스템의 개발
- 전해질의 수분함량 조절과 생성수 제거를 위한 가습 기술 개발
- 연료전지 경박 단소화, 가격 저감화 및 고유설계 확립
- 연료전지와 연계된 주변장치와의 시스템화
(개질기, 직류모터, 변속시스템, 구동시스템, 제어시스템 등)

4.2 직접메탄올 연료전지 기술

4.2.1 정의 및 국내외 기술 개발 현황

- **직접메탄올 연료전지**는 이동용 연료전지 부분에 상세히 설명되어져 있음. 핵심 기술은 이동용 직접메탄올 연료전지와 동일하나 스택 구조에 있어서 이동용의 경우 모노폴라형(monopolar type)과 바이폴라형 (bipolar type) 구조가 모두 개발되어지고 있으나, 자동차용의 경우 대용량 스택이 필요하기 때문에 바이폴라형 구조가 많이 개발되고 있음.
- 아직은 전체적으로 소형 스택과 시스템에 대한 연구가 주류를 이루고 있으나, 독일의 Siemens 나 캐나다의 Ballard 에서는 자동차나 잠수함 등에 활용하기 위한 대형 스택에 대한 연구가 진행되고 있음.
- 국내에서는 한국에너지기술연구원이 1994 년 처음으로 연구개발을 시작하여 180 W 규모의 스택을 개발한 바 있으며, 현재 KIST, 한국에너지기술연구원, 삼성종합기술원 등에서 기반기술연구를 수행하고 있는 실정이며, 아직 자동차에 활용하기 위한 연구는 시작되지 않고 있음.

4.2.2 기술적 목표

- 전극 성능 : 0.2 W/cm^2 이상 (메탄올/공기, 상압)
- 총 백금담지량 $\leq 2 \text{ mg/cm}^2$
- 전해질 막 성능(이온전도도) $\geq 0.08 \text{ S/cm}$
- 메탄올 투과도 : Nafion117 의 1/5 이하
- 에너지 밀도 : 300 W/L

4.2.3 기술 장애요인

- Anode 촉매, 전해질 막, 낮은 전극 성능에 있어서는 이동용 직접메탄올 연료전지와 동일한 문제점을 갖고 있음.
- 분리판 및 유로: 대용량 스택을 개발하기 위한 유로 설계 및 저가의 바이폴라 판 개발이 필요함.
- 스택 형태 : 단위전지에서보다 낮은 출력밀도가 나타나며, 대용량 스택 구조의 개발이 요구됨.
- 메탄올 공급 체계 : 운전 중 메탄올 농도 저하로 인한 출력이 변화함.
- 공기 공급용 고압 펌프 : cathode 쪽의 압력을 높이기 위한 고압펌프 사용시 전력손실이 큼.

4.2.4 극복 방안

- Anode 촉매, 전해질막, 전극성능 향상은 이동용 직접 메탄올 연료전지와 동일한 극복방안이 필요함.
- 분리판 유로 : 분리판 유로 설계를 통해 반응물의 공급 및 생성물의 효율적 제거가 필요함. 값싼 바이폴라판형 분리판 재료를 사용하고, 대량생산이 가능한 제작기술 개발이 필요함.
- 스택 형태 : 단위전지간의 접촉저항 감소와 집전판 등의 효율 증대, 반응물의 공급 및 배출시 유로상에서의 저항 최소화, 바이폴라 구조 등 신개념 스택 구조 개발 등이 필요함.

- **메탄올 공급 체계** : 반응물 속의 메탄올 농도변화를 감지하여 일정한 농도로 메탄올용액이 공급되도록 메탄올 센서와 보충 펌프 장착이 필요함.
- **공기 공급용 고압 펌프** : 고성능 고압 펌프 사용, 유로 상에서의 압력 손실 요인 최소화가 필요함.

4.3 고체산화물 연료전지 기술

4.3.1 정의 및 일반현황

- **고체산화물 연료전지**는 기존 내연기관과 함께 장착되어 자동차에 공급되는 각종 전력 수요를 담당할 고효율 및 저공해 발전 장치
- **장점**
 - 고효율 및 저공해 발전장치
 - 기존 내연기관의 연료인 가솔린을 개질하여 SOFC의 연료로 사용할 때 온도 이용 및 관리가 용이
 - CO 또는 탄화수소 등에 대한 저항성이 크므로 개질기, SOFC 스택, 폐열 회수 등의 장치에 대한 간소화가 가능
 - 자동차 엔진을 끈 상태에서 양질의 전력을 사용 가능 (RV 용)

4.3.2 국내외 기술개발 동향

- 미국의 Westinghouse는 원통형 SOFC에 대한 상용화를 추진 중이며, 일본의 경우 원통형 및 평판형에 대한 연구를 범국가적인 사업으로 진행하고 있음.
- 유럽의 경우 EC 및 정부 프로그램으로 소규모 개발사업을 추진 중에 있으며 대용량 발전으로 원통형 SOFC, 소규모 특수 목적으로 평판형 SOFC로 목적에 따라 분리하여 연구개발을 추진 중에 있음.

- 자동차가 점점 고급화되어 감에 따라 자동차용 독립 발전장치에 대한 필요성이 증가되어 최근 Delphi, BMW, FCT, Toyota, 현대자동차 등을 중심으로 고체 산화물 연료전지를 장착한 고효율 및 저공해 발전장치에 대한 연구가 진행중임.

4.3.3 기술적 목표

- 가솔린을 연료로 하는 3~5 kW 급의 SOFC 스택 제조
- 구성
 - SOFC 스택
 - 연료 개질 장치 : 마이크로 개질기
 - 열관리 시스템, 폐열 이용 시스템, 공기 공급 장치
 - SOFC 조절 시스템 및 출력 제어 시스템

4.3.4 기술 장애요인

- 구성 요소 제조 기술 및 스택 신뢰성 개선 필요
- 빠른 start-up 시간 확보 및 열충격에 열악함
- 사용 및 열충격에 따른 시스템 안정성 확보 및 제조 기술 부족

4.3.5 극복 방안

- 고성능 구성요소 개발
- Sealless 형태의 시스템 개발
- 재료 및 전지 구조에 대한 파괴 강도 증진 연구 필요

5. 핵심영역

- 고분자 전해질 연료전지는 촉매, 고분자, 탄소재료, 시스템, 제어 등 다방면의 분야와 관련되어 있는 종합적인 기술임. 이 기술이 실용화되면 신산업이 창출될 것이며 여기에 관련된 핵심영역으로는 화공산업, 재료산업, 기계산업, 전기 전자산업 등이 있음. 또한 파급분야로는 자동차산업, 전력사업(신에너지산업), 군수산업 등이 있음(그림 B-2-3 참조).

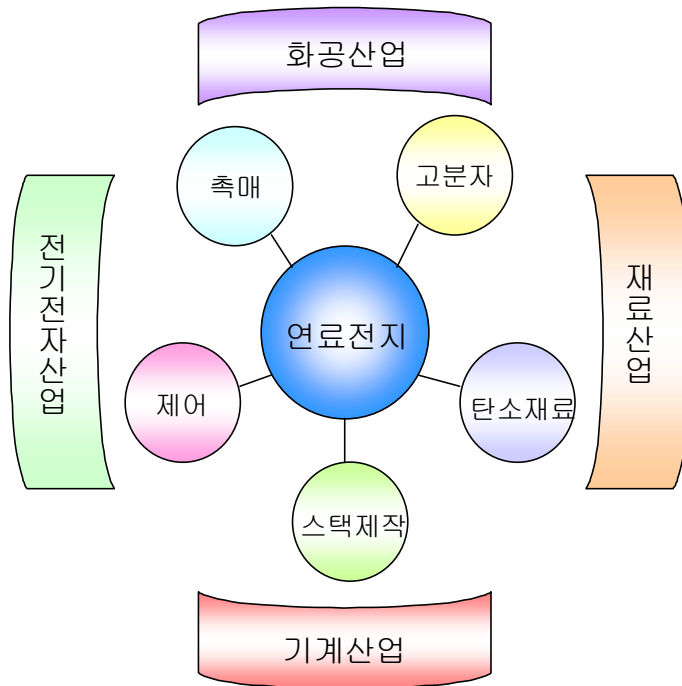


그림 B-2-3. 고분자 전해질 연료전지의 핵심영역

6. 기술과 시장의 상관관계

- 연료전지 기술과 시장과의 상관관계는 경제성 및 관련법규와 밀접한 관계가 있음.
 - 연료전지 기술이 실용화되기 위해서는 우선 연료전지의 성능 및 내구성 등 제품의 신뢰성이 확보되어야 하겠지만 이 기술이 시장에 진입하기 위해서는 경제성이 필수불가결함.
 - 이러한 경제성을 뒷받침해 주기 위해서는 저렴한 제품기술 개발 및 양산 기술개발이 필요하지만 대기보전법 등 환경관련 법규의 제정과 연료전지 소비자들한테 신기술 사용에 대한 혜택을 주기 위한 인센티브 제도의 도입 또한 매우 필요함.
 - 이러한 경제성 확보 및 관계법규 도입 시기에 따라 시장형성 시점이 결정 될 것임.

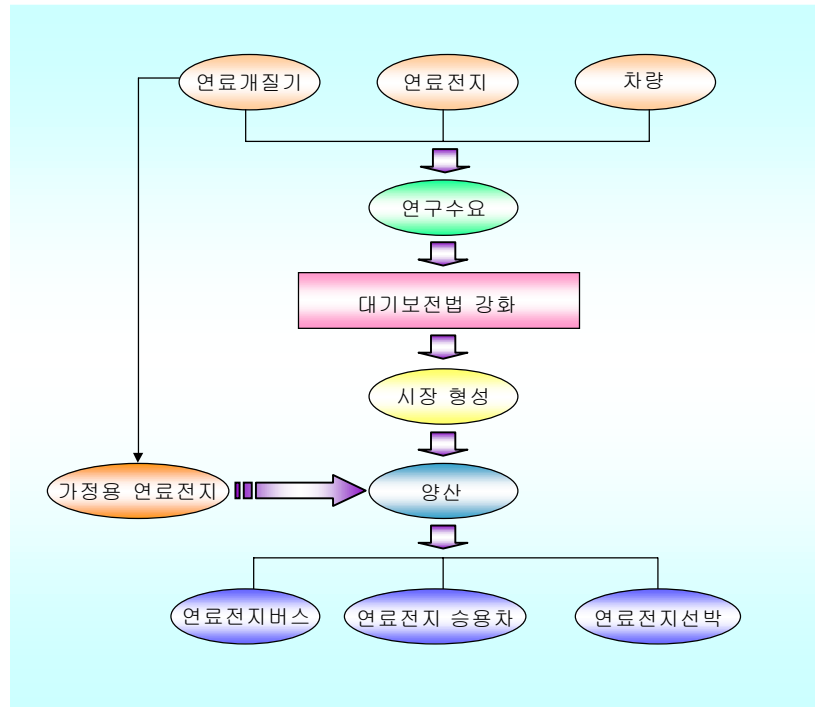


그림 B-2-4. 연료전지 기술과 시장과의 상관관계

7. 시장성장 추이

- 수송용 연료전지의 시장성장 추이는 연료전지자동차의 경제성과 관련법규에 따라 결정될 것임. 미국에서는 2003 년도부터 무공해자동차의 의무판매 규정을 실시할 것이므로 이 때부터 무공해자동차의 시장이 확대될 것임.
- 무공해자동차로는 전기자동차, 연료전지자동차, 하이브리드자동차, SULEV 조건을 만족하는 내연기관자동차(가솔린, CNG, LPG, 알콜 등)가 있어 이들 간의 경쟁이 예상되며 각 기술의 성숙도 및 경제성에 따라 시장점유율 이 결정될 것으로 보임. 연료전지 자동차 시장점유율은 다음 그림 B-2-5 와 같이 최소한 10% 이상을 차지할 것으로 전망됨.

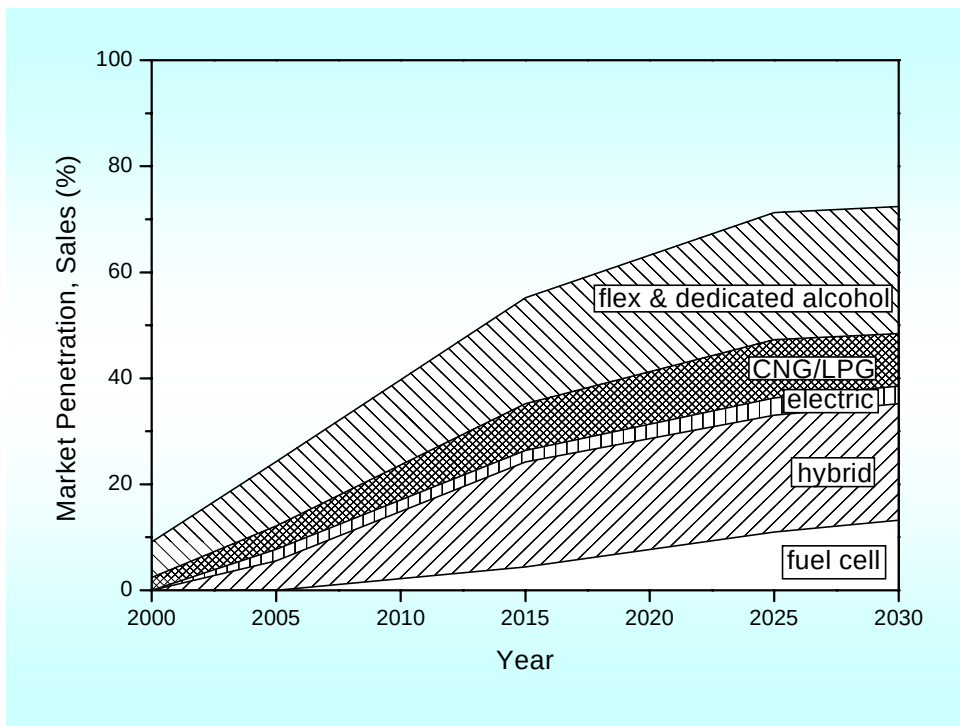


그림 B-2-5. 저공해 자동차의 시장 점유율 변화

8. 전략적 중요성 및 우선순위

- 1980년대 초반부터 연료전지 자동차 개발이 시작되어 현재 선진국에서는 고분자 전해질 연료전지를 이용한 연료전지자동차 시작차를 선보이고 있으며 양산을 통한 가격 저감화로 상용화 시기를 앞당기고 있음. 따라서 국내에서 수송용 연료전지를 개발할 경우 고분자 전해질 연료전지를 우선대상으로 해야 할 것이며, 연료공급체계에 있어서는 우선 메탄올 개질기를 탑재하도록 하고 이어 가솔린 개질기를 탑재하며 궁극적으로는 수소탱크를 이용하도록 함.
- 직접메탄올 연료전지의 경우 주로 휴대용으로의 연구개발이 진행되고 있으나 성능이 향상되어 수송용 동력원으로 응용이 가능할 정도가 되면 scale-up을 통하여 연료전지 자동차로 응용될 수 있음. 이 경우 메탄올 주유소 등 연료 인프라 구축에 대비한 연구가 있어야 할 것임.
- 고체산화물 연료전지는 주로 연료전지 자동차의 보조전원으로 개발되고 있음.

- 위의 내용을 전제로 연료전지 자동차 개발 우선순위는 그림 B-2-6 과 같음.

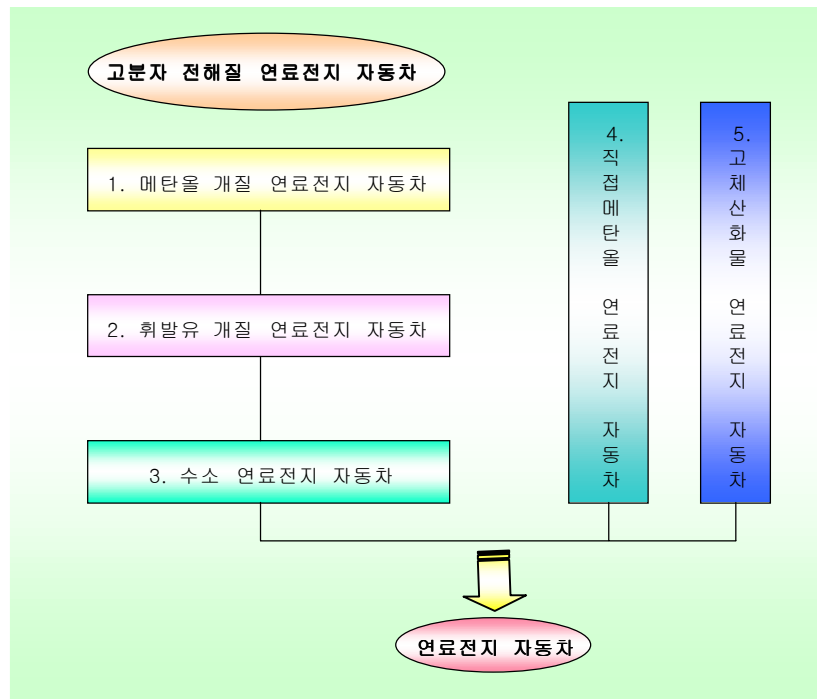


그림 B-2-6. 연료전지 자동차 개발 우선순위

9. 기술의 진보

- 현재의 내연기관 자동차는 연료개질, 저공해엔진 개발, 배기가스 정화장치 개발 등의 노력에 힘입어 배출가스가 저공해 또는 초저공해 수준으로 향상되어 계속 시장을 점유할 것으로 예상됨. 또한 내연기관/Battery Hybrid 자동차나 CNG 자동차도 한시적으로 운영될 것으로 보임.
- 태양광자동차, 전기자동차, 수소자동차 등 기존의 무공해자동차는 계속 발전해 나가 결국 연료전지 자동차와 경쟁할 것으로 보임.
- 연료전지 자동차는 연료전지/Battery Hybrid 자동차, 메탄올개질 연료전지 자동차, 가솔린개질 연료전지 자동차, 수소 연료전지 자동차 순으로 기술개발이 이루어져 점차 시장을 확대시켜 갈 것이고 직접메탄올 연료전지 자동차가 중간에 기술경쟁력이 생기게 되면 개질기를 탑재한 연료전지 자동차와의 경쟁이 불가피 할 것으로 예상됨(그림 B-2-7 참조).

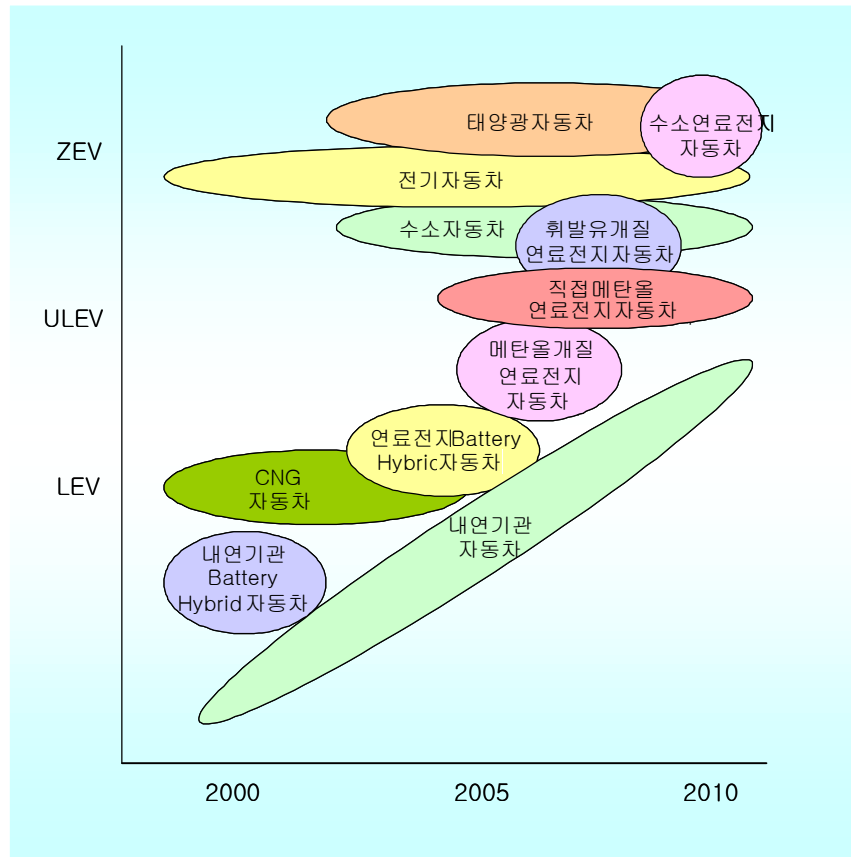
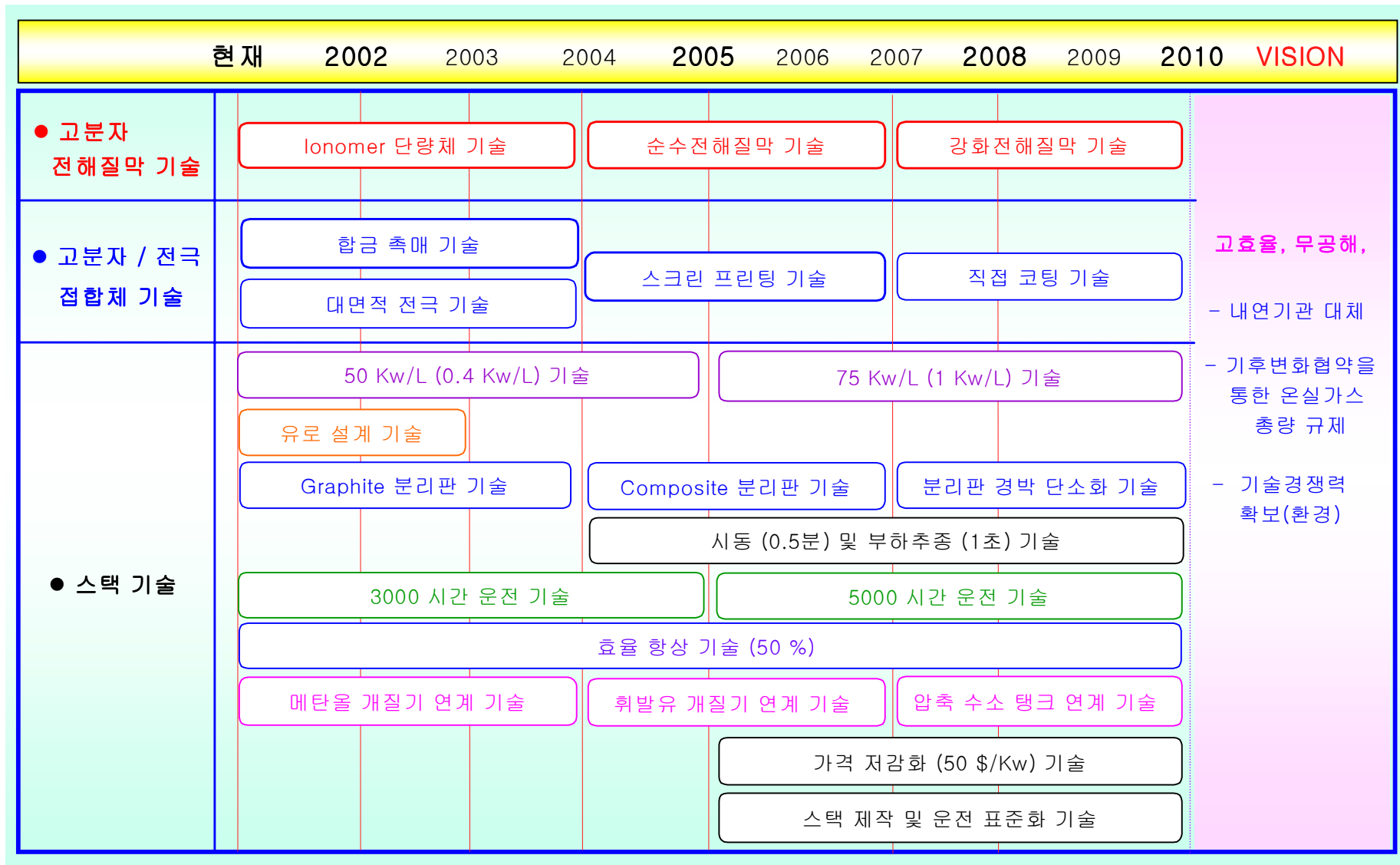


그림 B-2-7. 저공해 자동차의 기술진보 전망

수송용 연료전지 기술로드맵



10. 실행계획 방안

- 자동차회사를 주관기관으로 하되 산·학·연 컨소시엄을 구성하여 산업체는 스택 대형화 및 차량적용, 대학은 기초연구, 출연연구소는 원천기술 개발을 담당함.
- PEMFC 를 이용한 연료전지자동차는 2005 년 50kW 급 스택을 사용한 시작차를 개발한 후 2010 년 상용화를 목표로 하고, 2010 년 75kW 급 스택을 이용한 연료전지 시작차를 개발함.
- PEMFC 스택에 사용되는 구성요소 원재료는 외국제품을 이용하되 소재 국산화를 위하여 스택개발과 병행하여 소재개발을 진행함.
- 연료전지 자동차는 PEMFC 스택 이외에도 연료개질기 및 주변장치의 개발도 필요하므로 이러한 기술개발도 병행함.
- DMFC 는 2005 년 15kW 급을 제작하여 연료전지자동차에 적용가능한지 살펴 보고 개발방향을 검토함.
- SOFC 도 2005 년 10kW 급을 제작하여 내연기관 보조동력원으로서의 적용 가능성을 타진함.

B-3. 분산발전용 연료전지

1. 비전(Vision)

- 전세계적으로 발생되고 있는 온실가스 등 기존 발전소의 공해문제 해결, 발전 효율의 혁신적 향상을 통한 에너지 이용 효율 개선의 필요성, 중앙 집중식 대형 발전 건설 및 송전 시스템으로 인한 소요 비용 증대, 첨두 부하의 대응력 부족 등이 심각한 문제로 제기되고 있음.
- 이러한 문제를 해결 하기 위해 21 세기의 발전기술은 고효율, 저공해, 분산 발전 방식의 세가지 요구조건을 만족하는 발전방식으로 전개되고 있고, 이에 적합한 기술인 연료전지 발전기술이 21 세기 발전방식의 중추적인 역할을 수행할 것으로 판단되며, 분산발전용 연료전지 기술의 개발을 통한 국가 기술경쟁력 제고를 목적으로 함(그림 B-3-1 참조).

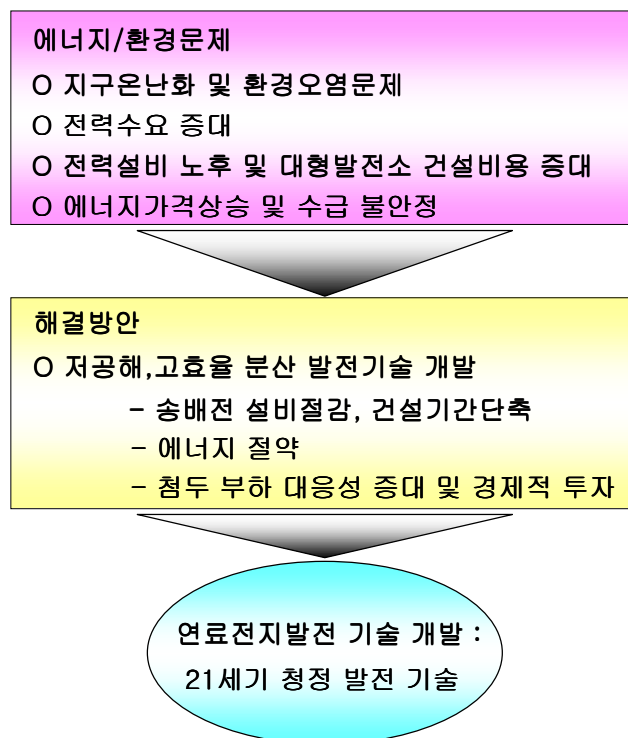


그림 B-3-1. 분산발전용 연료전지의 비전

2. 분산발전용 연료전지 현황

2.1 분산발전용 연료전지 정의

- **분산발전용 연료전지**는 일정규모의 산업체, 소규모 집단체, 대형빌딩 등에 사용되는 30 MW 급 이하 규모의 발전에서부터 작게는 주택 등 가정용 수 kW 급 발전에 이르기까지의 정지형 발전 형태를 말함(Aligned Business Intelligence 사, DOE, 미국).
- 분산발전용 연료전지는 적용분야 및 규모에 따라 자가발전용과 대형 분산 발전용으로 나누어짐. 대형 분산 발전용으로 개발되고 있는 것은 수백 kW 이상에서 MW 급 규모로 인산형 연료전지(phosphoric acid fuel cell, PAFC), 용융탄산염형(molten carbonate fuel cell, MCFC), 고체산화물 연료전지(solid oxide fuel cell, SOFC) 기술이 있으며, 자가발전용으로 개발되고 있는 연료전지 기술은 수십 kW 급 이하의 규모로 고분자 전해질 연료전지(polymer electrolyte membrane fuel cell, PEMFC), 고체 산화물 연료전지가 있음.

2.2 시장 현황

- 연료전지의 가격은 2000 년 현재 kW 당 3000 달러 정도(국가 지원액 kW 당 1500 달러 제외)로 급속히 저하되고 있어 연료전지 시장은 점점 확대되고 있는 상황임. 전세계적으로 1999 년에는 연간 4 천만달러가 공급되었고 기술개발 속도 및 경제성 확보가 이루어짐에 따라 2010 년에는 100 억달러 이상의 시장이 형성될 것으로 예측되고 있음(표 B-3-1 참조).

표 B-3-1. 세계의 정지형 연료전지 시장

연도	2000	2005	2010
시장(MW)	100	1500	12000

(자료: *미국 Allied Business Intelligence 사)

표 B-3-2. 자가발전용 연료전지 시장 예측

(년간)

구분	일본	유럽	한국	미국
2010	100 만호	100 만호	10 만호	100 만호

(자료: *일본, 유럽 자료: 일본경제신문 예측, 스위스 솔쳐사)

- 지금까지 세계 연료전지 시장은 미국, 일본에 의해 점유되고 있으며, 향후 이들 선진국을 중심으로 지속적으로 성장이 예상됨(표 B-3-2 참조).
- 2005 년 이후에는 연료전지 가격이 종래의 발전시스템과 경쟁 가능한 kW 당 1500 달러 이하로 감소될 것으로 판단됨에 따라 수백 kW 규모의 분산 전원 형태로 본격 보급되고, 2010 년경에는 성숙된 시장이 형성 될 것임.
- 대형 분산 발전용의 경우 시장 진입 기술은 인산형에 이어 용융탄산염형과 고체산화물 연료전지가 될 것으로 예상됨.
- 자가발전용 연료전지의 경우 주로 주택용 자가발전의 수요가 팽창할 것으로 예측됨.
 - 2010 년경에는 일본의 경우 연간 100 만대 판매가 가능할 것으로 예측되고 있으며, 유럽의 경우에도 현재 연간 100 만대의 잠재 수요를 가지고 있다고 평가되고 있음.
 - 그 수요는 연료전지의 가격이 저하됨에 따라 급속히 팽창할 것으로 전망됨.
- 2000 년 이후 연료전지가 급속히 보급 될 것으로 예측됨. 참고로 일본의 경우 2000 년에는 총 전력 수요의 0.2%, 2010 년에는 1%를 연료전지 발전으로 할 계획임.
- 다음 표 B-3-3 은 국내 연료전지 잠재 시장을 나타낸 것으로 발전설비 계획 및 연료전지 수요에 대해 2015 년까지 예측한 것임

표 B-3-3. 국내 연료전지 잠재 시장

(단위: 만 kW)

		2005	2010	2015	비고
발전설비 계획	자가설비	645	792	911	
	기력설비	3,949	4,576	4,607	
연료전지 수요	자가설비용	-	79.2(7.92)	91.1 (9.11)	10 % 가정 (1 %)
	노후화력 대체용	-	-	85.1	10% 가정
	기력설비 대체용	-	-	46	1%
계			79.2	222.2 (140.2)	

(자료: 한국전력연구원)

2.3 발전영역

- 분산 발전 기술은 주로 풍력 발전, 태양광 발전, 소수력 발전, 디젤 발전, 연료전지 발전형태로 개발되어 왔음.
 - 풍력 발전과 태양광 발전의 경우 무공해 발전기술의 장점을 갖고 있으나 지리적, 환경적인 요인에 의해 지배 받기 때문에 수요자가 손쉽게 활용할 수 없는 기술들임.
 - 반면에 현재 주택, 대형빌딩, 낙도 등 소규모 집단체, 공장 생산라인 등의 상시 발전용과 컴퓨터 비상전원용으로 사용되고 있는 디젤 발전, 배터리 하이브리드 시스템 등은 낮은 에너지 효율 및 공해, 잦은 교체 등의 여러 가지 문제점을 갖고 있음.
- 특히 21 세기는 저효율이며, 공해배출의 요인인 중앙집중식 발전에 비해 고효율 저공해의 분산 발전 방식의 발전이 전개될 것으로 기대되고, 분산 발전의 경우 연료전지 기술이 우위를 점할 것으로 예측됨.

- 연료전지 가운데 자가 발전 등 소형의 경우에는 고분자 연료전지, 고체산화물 연료전지 기술이 우위를 점할 것으로 보이고, 중형의 경우 인산형 연료전지 기술이, 대형의 경우 용융탄산염형, 고체산화물 연료전지 기술이 우세할 것으로 전망됨(그림 B-3-2 참조).

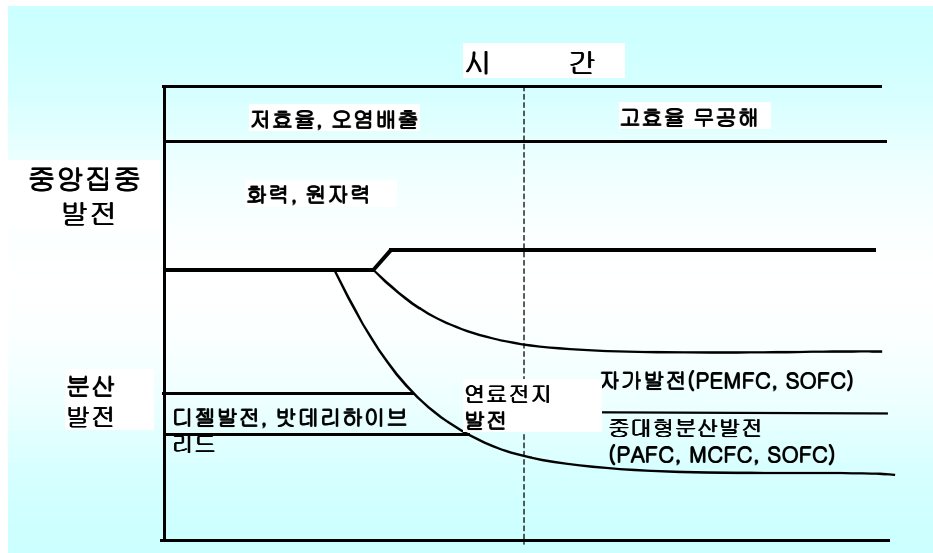


그림 B-3-2. 분산발전용 연료전지의 발전영역

2.4 전망

- 장기 기술전망을 보면, 선진국의 경우 1990 년 이후부터 기업화에 돌입하여 정부지원하에 실증시험을 통한 최소 시장을 확보한 후 시장 활성화를 위한 교두보를 마련하고, 2000 년초부터 대량 생산을 통해 시장보급 단계를 거쳐 정부지원으로부터 완전히 독립된 시장자립 단계에 진입할 것으로 예상됨. 국내의 경우 2000 년 초반에 1 단계 기술개발의 완료로 소규모 시범단지가 만들어지고 있어서 최소 시장이 형성되어 연료전지의 보급이 활성화될 것으로 판단됨(표 B-3-4 참조).
- 연료전지 기술 가운데 자가발전용의 경우 규모면에서 10kW 이하의 고분자 연료전지 및 고체산화물 연료전지 기술이 개발되어지고 있으며, 현재의 기술 수준은 고분자 연료전지가 앞서 있음.

표 B-3-4. 분산발전용 연료전지 장기 기술 전망

구분	1990	2000	2010	2020	2030
국외	최소시장 <-----	확보 단계 ----->	기업화단계 <----->	시장 자립 <-----	단계 ----->
국내	연구개발단계 <-----	(소규모시범) -----	최소시장 ---><---	확보 기업화 -----><---	단계 시장보급 -----><---

- 고분자 연료전지의 경우 개질기의 CO 규제 등의 문제가 해결되어야 할 것으로 분석되고 있으며, 고체산화물 연료전지의 경우 높은 작동온도로 개질기 등 연료상의 문제는 없으나 소재기술의 개발 및 신뢰성 확보 등의 문제가 해결되어야 함.
- 기술의 발전속도로 보아 고분자 연료전지가 먼저 시장에 진입한 후 2-3 년간의 격차를 두고 고체산화물 연료전지가 시장에 진입할 것으로 예상되며, 두 기술 모두 2005 년 이내에 상용화될 것으로 전망됨.
- 대형 분산발전의 경우 인산형 연료전지 기술이 이미 시장에 진입되어 있는 상황이며, 이어 용융탄산염형 연료전지 및 고체 산화물 연료전지 기술이 실용화 될 것으로 예측됨.
- 인산형 연료전지의 경우 보급되고 있는 규모는 200kW 급, MW 급으로 대형빌딩, 공장, 비상전원, 군용으로 공급되고 있으며, 가격은 kW 당 3000 달러 정도이며, 5 년 이내에 1500 달러 이하로 감소될 것으로 전망됨.
- 용융탄산염형과 고체산화물 연료전지는 현재 약 200kW 급 규모의 기술이 완성 단계에 있으며, 향후 5 년내에 시장진입이 예측되고 있음.
- 현재 각 기술의 우위를 예측할 수 없으며, 가격 경쟁 및 신뢰성면에서 우위를 나타내는 기술이 경쟁력을 확보할 것으로 전망됨. 고체산화물 연료전지의 경우 가스터빈과 복합발전을 통한 모듈의 대형화를 계속해서 추구하고 있는 실정임.

3. 필요정의 및 Performance Target 설정

3.1 미래수요 전망(필요정의)

- 국내외적으로 발생되고 있는 에너지환경 문제로 고효율 저공해 발전시스템인 연료전지의 수요가 급속히 팽창될 것으로 판단됨.
 - 연료전지를 도입할 경우, 기존 발전시스템에 비해 환경특성은 CO₂의 경우 30% 이상 감소 되고, 발전 효율은 10% 이상 증가될 것임.
 - 연료전지의 적용 분야를 고려할 경우, 주택용, 단위 건물용, 산업용 등의 자가발전과 현지 설치형 및 중대형 분산 발전 수요가 증대될 것임.
- 미국 에너지부에서는 21 세기 미래 발전 기술의 방향은 고효율, 환경 친화적, 분산발전 형태로 전개될 것으로 전망하고 있는데, 대표적인 기술이 연료전지 분산 발전기술임. 세계 각국은 국가의 핵심 기술로 연료전지 개발을 추진하고 있고 개발된 기술은 국가의 전략적인 차원에서 보호하고 있기 때문에 기술이전은 불가능한 상태임.
- 따라서 연료전지기술의 상용화 및 본격적인 시장 진입에 대비하여 국가 차원의 기술개발이 필요함.

3.2 기술적 목표

- 적용 분야를 고려 할 경우 용량 타겟
 - 대형 분산발전용(산업용 및 대형 빌딩, 소규모 집단용): 100kW~MW (인산형 연료전지, 용융 탄산염형 연료전지, 고체산화물 연료전지)
 - 자가발전용: 10kW 이하(고분자 연료전지, 고체산화물 연료전지)
- 효율 극대화를 위한 대형발전시스템의 경우 : cogeneration 발전 및 복합 발전 시스템 개발을 중점 추진(용융 탄산염형 및 고체산화물 연료전지)

표 B-3-5. 기술개발 목표 설정

구 분	목표 설정
발전효율(%)	40% 이상, 열 이용시 에너지 이용효율 80%이상
수명	4 만시간 이상(5 년 이상), 자가발전용의 경우 연속 운전하지 않을 경우 누적 운전 시간 1 만 시간 이상(매일 5 시간 운전시 약 5 년 수명)
가격(kW 당)	실용화초기 3000 달러 이하(2005 년), 시장 본격 진입시 1500 달러 이하(2010),
용량규모	- 자가 발전용: 10kW 이하(PEMFC, SOFC) - 중대형 분산발전용: 100kW - MW (PAFC, MCFC, SOFC)

3.3 핵심기술 분야 정의

- **인산형 연료전지 기술:** 200℃ 부근에서 작동하며, 인산전해질을 사용하는 연료전지로 전극은 백금이 담지된 미세 탄소입자로 이루어져 있음. 실용화 규모는 100kW, 200kW 로 중형 및 대형 분산발전용으로 사용되고 있고, 주로 LNG 연료를 사용하고 있으며, LPG 및 메탄올 연료로도 작동 가능함.
- **용융탄산염형 연료전지 기술:** 600-650℃ 에서 작동하며, 용융염 전해질을 사용하는 연료전지로 전극은 Ni, NiO 를 사용하고 있고, 개발되고 있는 모듈은 250kW 급임. 작동온도가 높고 CO 에 대한 제한이 없기 때문에 LNG 외에 석탄가스도 연료로 사용 가능함.
- **고체 산화물 연료전지 기술:** 600-1000℃ 범위에서 작동되며, 전해질은 지르코니아 등 세라믹으로 구성되어 있고, 전극은 Ni, LaSrMnO₃ 등의 소재를 사용함. 다른 연료전지와 달리 구조가 원통형, 평판형 구조로 나누어지며, 대형발전시스템의 경우 주로 원통형 구조가 개발되어지고 있고, 자가발전용의 경우 원통형 및 평판형 구조가 모두 개발되고 있음. 대형 분산발전용의 경우 220kW 급이 개발되어 있고 가스터빈과 연계한

초고효율 복합 발전 방식으로 기술개발이 진행되고 있음. 사용연료의 제한이 없으며, 개질기가 필요 없으며 귀금속 촉매를 사용하지 않는다는 특징을 갖고 있음.

- **고분자 전해질 연료전지 기술:** 100℃ 이하에서 작동되며, 고분자 전해질막을 사용하는 연료전지로 전극은 백금촉매를 사용하고 있음. 주로 10kW 급 이하의 자가 발전용으로 개발되고 있으며, 기술 개발속도가 가장 빠르므로, 주택용 전원으로 빠른 시일내 보급이 예측됨. 시스템이 간단하고 가동이 용이하다는 장점이 있으나 연료내 CO의 엄격한 제한, 1만 시간의 장수명의 개발 등이 연구개발 과제로 대두. 사용연료는 천연가스 또는 메탄올임.
- 이들 핵심기술 분야의 기능은 다음 표 B-3-6 과 같음.

표 B-3-6. 분산발전용 연료전지의 핵심 기술 분야 및 기능

종류	인산형 (PAFC)	용융탄산염 (MCFC)	고체산화물 (SOFC)	고분자 (PEMFC)
발전온도(°C)	200	650	600-1000	상온-100
전해질	인산	용융염	세라믹	고분자막
사용 연료	천연가스, 메탄올	천연가스, 석탄가스	천연가스, 석탄가스	천연가스, 메탄올
발전효율(%)	35-45	45-50	45-55	30-40
적용분야	빌딩 등 분산 발전용	대형 분산발전	대형 분산발전, 자가 발전	자가 발전
기술수준	실용화 단계	개발 단계	개발 단계	개발 및 실용화 단계

4. 핵심 기술 분야

4.1 인산형 연료전지 기술

4.1.1 정의 및 일반현황

- **인산형 연료전지**는 연료전지가운데 1 세대 연료전지로 불리며, 인산 전해질을 중심으로 백금촉매가 감지된 연료극과 공기극으로 구성된 단전지와 가스연료를 공급하는 바이폴라판으로 이루어짐. 연료전지 본체의 핵심 기술은 단전지의 구성요소 제조 기술 및 단전지를 적층하여 대용량의 전력을 생산하는 스택 설계 및 제조 기술임.
- 또한 인산형 연료전지 발전시스템은 전기를 생산하는 스택 외에 연료개질 장치, 전력변환장치 기술로 구성되며, 발전시스템을 효율적으로 운전하고 시스템의 안정성을 확보하기 위해서는 시스템 설계 제작 및 운전기술에 관한 지속적인 연구개발이 있어야 함. 이와 같은 기본적인 장치 외에도 프란트의 효율을 높이기 위해서는 연료전지 반응에서 생기는 반응열 및 연료 개질시의 폐열 등을 이용하는 장치기술이 필요함.
- 인산형 연료전지는 연료전지가운데 기술 개발 수준이 가장 높음. 현재 100~200kW 급 제품이 생산 판매되고 있으며, 200kW 급을 연계하여 MW 급 제품도 상용으로 보급되고 있음. 현재 단위건물용, 산업용으로 보급되어 있는 연료전지의 대부분이 인산형 연료전지임.
- 인산형 연료 전지는 작동온도가 200℃ 부근이기 때문에 cogeneration 이 가능하며, 배열을 이용하여 난방용 온수로 사용되기 때문에 에너지 이용효율이 80% 이상임. 연료전지의 기술개발 속도 및 생산가격, 신뢰성면에서 보면, 앞으로 10 년이내에 보급되는 연료전지의 대부분은 인산형 연료전지가 차지할 것으로 예측되고 있음.

4.1.2 국내외 기술개발 동향

- **국내 동향:** 1985 년, 한국에너지기술연구원과 한국전력연구원이 5.9kW 인산 연료전지 본체(일본 Fuji)를 수입하여 발전시스템을 구성하고 운전한 것이 국내 연료전지 개발의 효시가 되었음. 이후 선도기술개발사업으로 한국에너지기술연구원이 1992 년에 1kW 급, 1997 년에 10kW 급을 개발하였음. 또한 실용화 기술개발을 위해 1989 년부터 한국 가스공사, LG-Caltex, 유공, 금성산전, 한국전기연구원이 기술개발을 추진하였고, 대체 에너지사업으로 1999 년 LG-Caltex 와 한국에너지기술연구원이 50kW 급 본체를 개발한 후 현재 50kW 급 실용화 시스템 기술의 개발을 추진하고 있음.
- **국외 동향:** 미국은 1969 년에 28 개 가스회사가 구성한 TARGET 프로그램 하에서 IFC(International Fuel Cell)사가 인산형 연료전지 개발을 시작하였으며, 일본은 1970 년에 NEDO 주관 하에 인산형 연료전지 자체 개발과 미국 기술의 도입을 병행 추진하였음. 이 결과 미국과 일본은 5 MW 급, 11MW 급 발전시스템 개발을 완료하였고 현재는 200 kW 급 IFC 사 제품이 상용화에 성공하여 200 기 이상이 보급되어 있으며, 일본의 후지사, 미쯔비시사, 도시바사에서 각각 100kW 급 및 200kW 급을 2000 년 부터 생산 판매하고 있음. 200 kW 급 상용제품의 수명은 4 만시간 이상 지속될 수 있음을 확인 하였으며, 200kW 급을 시리즈로 연결한 MW 급이 보급되고 있음. 연구개발은 제조 단가를 현재의 약 \$3000/kW 에서 \$1500-1000/kW 이하로 낮추고 7 만시간 이상으로 수명을 향상시키는 연구가 추진되고 있음.

4.1.3 기술적 목표

- 용량 : 용도별로 50kW 급, 200kW 급 모듈 개발후, MW 시스템 개발
- 수명 : 4 만 시간 이상
- 전지성능 : 0.65V, 300 mA/cm² 이상
- 전극면적 : 3600 cm² 이상
- 냉각방식 : 수냉식
- 주변기기 : 100N m³/hr 의 LNG 개질기 및 80%이상 효율의 전력변환기 개발
- 구성요소 : 전극, 바이폴라판 국산화 기술 개발

4.1.4 기술 장애요인

- **요소 기술:** 전극촉매 및 메트릭스 제조시 사용되는 원료의 대부분은 수입에 의존하고 있으며, 고가의 수입 원료의 저가격 제조 기술, 바이폴라판의 설계 및 제조에 고가의 공정이 채택되고 있음.
- **단전지 기술:** 실용화 규모의 고성능 대면적 단전지 기술과 5 년이상의 장시간 수명 전지 개발이 필요함.
- **스택 기술:** 스택의 성능 최적화 및 운전의 신뢰성이 부족한 상황이며, 인산 관리, 가압시스템 기술, 메니폴드 설계의 최적화 기술이 부족한 상태이고, 스택의 정상운전을 위한 냉각시스템의 안정성이 결여되어 있음.
- **주변기기 및 시스템 기술:** 주변기기는 개질기, 전력변환기, 시스템 종합 기술로 이루어지며, 대용량 개질기 기술이 부족함. 전력변환기 기술은 확보되어 있으나 효율이 낮은 것이 문제로 지적됨. 시스템 종합의 경우 열교환기 설계, 시스템 자동제어, 운전기술 확보, 계통연계 기술 등의 기술이 장애로 지적됨.

4.1.5 극복 방안

- 구성요소 가운데 고가의 전극 촉매, 바이폴라판 등의 핵심 소재 국산화 기술 개발이 이루어져야 하며, 저가의 제조 공정이 개발되어야 함.
- 저가격화를 위해 전극 등 구성 요소 및 스택 제조의 자동화 기술개발이 이루어져야 함.
- 스택기술의 최적화를 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 스택 설계 기술을 확보해야 하고 고성능 전지 개발을 위해 전극구조 및 유로구조 개선이 필요함.
- 개질기의 경우 대용량 개질기 개발 추진 및 부품의 국산화를 진행시켜 실증 시험을 통한 시스템의 신뢰성을 확보해야 함. 전력변환기의 경우 효율의 극대화가 필요하며, DC-DC 컨버터 설계 기술을 중점적으로 추진해야 함.
- 시스템 연계 기술개발을 통해 시스템 종합의 기반기술을 개발함과 동시에 선진국 시스템의 도입 및 기술이전을 통한 시스템 종합 기술이 확보되어야 함.

4.2 용융탄산염형 연료전지 기술

4.2.1 정의 및 일반현황

- **용융탄산염형 연료전지 발전 방식**은 제 2 세대 연료전지로 불리우며, 용융염을 전해질로 사용하여 650℃ 고온에서 동작하는 연료전지로, 천연가스 및 석탄을 가스화한 연료를 사용하여 복합발전이 가능하기 때문에 화석연료 발전방식을 대체할 수 있는 저공해 고효율의 새로운 발전기술임. 주로 250 kW 급 모듈로 대형 분산 발전용으로 개발되고 있음.
- 용융탄산염형 연료전지는 연료의 개질 방법에 따라 외부개질형 방식과 내부개질형 방식으로 나누어짐. 향후 경제성 확보를 위하여 저가격화, 고성능화, 장수명 기술개발이 필요하며 아직까지는 Demonstration 에 의한 실증 시험 단계의 기술임.

4.2.2 국내외 기술개발 동향

- **국내 동향:** 한국과학기술연구원이 1989 년부터 기술개발을 시작한 후 한국 전력연구원이 1993 년부터 정부 선도 기술개발 사업을 추진하여 소규모 스택 개발을 통한 기초 기반기술을 확립하였음. 1999 년 25kW 급 외부개질형 용융 탄산염형 연료전지 발전 시스템을 2,800 시간 운전함으로써 자체기술에 의해 세계 4 번째로 개발하였음. 2000 년부터 100 kW 급 시스템 개발을 진행중임.
- **국외 동향:** 분산형 및 대용량 발전소로의 응용을 위하여 연구개발이 진행되고 있음. 미국의 경우 M-C Power 가 250 kW 급 외부 개질형 스택, FCE(Fuel Cell Energy) 사가 250kW 급 내부 개질형 스택을 개발하였음. FCE 는 2MW 급 발전소 개발에 대한 실증시험을 완료하였으며, 2003 년 시장 진입을 목표로 하고 있음. 일본은 300 kW 급 및 750 kW 급 모듈을 추가로 개발하여 시장 진입을 목표로 하고 있고, 독일의 경우 250kW 급 시스템, 이태리는 100kW 급 스택을 개발한 후 250kW 급 시스템을 개발 중임.

4.2.3 기술적 목표

- 최종 250kW 급 모듈 개발후, MW 시스템 개발
- 가격목표 : 1200\$/kW
- 성능 목표 : 1.5kW/m²
- 수명 목표 : 40,000 시간

4.2.4 기술 장애요인

- 전지 운전시 분리판의 부식 및 가격 문제
- 공기극의 용융염 전해질에 의한 NiO 용해 문제
- 연료극의 크롬 및 Cr 용해 문제
- 매트릭스의 균열 및 상변화, 전해질의 휘발
- 이산화탄소 리사이클에 따른 시스템의 대형화 문제
- 복합 발전 및 전지성능 고성능화를 위한 가압형 스택의 개발
- 구성요소의 장수명화, 고성능화, 대면적화, 제조공정의 자동화
- 적층기술의 최적화 및 시스템 기술개발(주변기기 포함)

4.2.5 극복 방안

- 방식 코팅 등을 통한 구성요소의 부식 방지책 마련
- 전극 및 전해질 소재 개발을 통한 고성능화 및 수명개선
- 가압형 등 고성능 스택의 설계 및 제조 기술확보
- 시스템 및 주변기기의 지원확대
- 국제공동연구 추진

4.3 고체산화물 연료전지 기술

4.3.1 정의 및 일반현황

- 고체산화물 연료전지는 연료전지 가운데 가장 효율이 높고(전기효율 50% 이상) 공해요인이 적으며, 여러 가지 기술적인 장점으로 인해 대형 발전과 자가 발전용 모든 분야에서 기술개발이 이루어지고 있는 기술임.

- 고체산화물 연료전지는 600-1000℃에서 작동되기 때문에 개질장치와 귀금속 전극촉매가 필요 없으며, 천연가스, 석탄가스 등을 직접 사용할 수 있음.
- 고온에서 작동되기 때문에 가스터빈, 증기터빈과 결합한 MW 급 용량의 복합 발전이 가능하며, 70%의 전기효율을 얻을 수 있음.
- 이 연료전지는 기하학적인 모양에 따라 원통형, 평판형, 일체형 등으로 나누어짐. 이 가운데 원통형 연료전지의 기술이 가장 많이 개발되어져 있으며, 그 뒤를 이어 평판형이 빠른 속도로 연구개발이 진행되고 있는 실정임.
- 고체산화물 연료전지는 수용액을 전해질로 사용하는 다른 연료전지에 존재하는 부식문제, 고가 촉매, 전해질 제어, 개질기 도입 등의 단점은 없으나, 고체산화물 연료전지를 이루는 구성요소의 대부분이 세라믹으로 이루어져 있고 고온에서 작동되기 때문에 재료간의 반응문제 및 신소재 개발, 전극특성 향상, 단전지 기술, 스택 제조, 발전시스템 기술 및 운전시험 평가 등이 주요한 연구개발 과제들로 대두되고 있음.
- 현재 대형의 경우 220 kW 급 복합발전용 시스템과 자가발전용으로는 1-10kW 급이 개발되어져 있으며, 2005 년 이내에 상용화가 전망됨.

4.3.2 국내외 기술개발 동향

- **국내 동향:** 1994 년에 대체에너지사업으로 쌍용양회가 기술개발을 추진하였으나, IMF 상황으로 개발을 중단한 이후, 현재 연구소, 대학, 기업 등에서 기반 기술 연구가 진행되고 있음. 2000 년에 한국에너지기술연구원이 100W 소형 스택을 개발하였고, 현재 kW 급 기반 기술개발을 추진하고 있으며, 한국전력 연구원에서 200W 급 개발이 진행되고 있고, 한국과학기술연구원 등에서 스택 연구가 추진되고 있는 상황임.
- **국외 동향:** 미국은 에너지부(DOE)와 전력연구소(EPRI)를 중심으로 연구개발 프로그램이 진행되고 있음. 미국 지멘스-웨스팅하우스사가 1997 년 100kW 급 발전시스템을 개발하여 2 년간 운전에 성공하였으며, 2000 년 220 kW 급 고체산화물 연료전지(200kW 급)-가스터빈(20kW 급) 복합 발전시스템을 개발 하였음.

- 현재 1MW 급 고체산화물 연료전지(800kW 급)-가스터빈(200kW 급) 복합발전 시스템 2기를 2003년까지 개발을 완료할 예정이며, 2004년을 실용화 목표로 100 MW 생산설비를 확충할 예정임.
- 일본의 경우 NEDO 프로그램하에 전원개발과 미츠비씨가 25 kW 급을 개발한 후 100 kW 급 개발을 추진 중이며, TOTO 사도 100 kW 급을 개발중임. 미국의 경우 고체산화물 연료전지를 VISION 21 프로그램에 포함시켜 실용화에 박차를 가하고 있고, 유럽은 독일, 영국, 네덜란드, 덴마크, 스위스 등에서 연구개발을 진행하고 있으며, 독일을 중심으로 유럽연합에서 1MW 발전 시스템 개발을 추진중에 있고 호주의 CFCL 에서 25 kW 급 개발을 완료하고 100kW 급 개발을 진행하고 있음.
- 10 kW 급 이하의 소형 가정용 발전 시스템으로는 스위스 솔쳐사가 개발에 성공하여 2001년 후반부에 시제품을 선보일 예정이며, 미국의 Global Thermo-electric 사, SOFCo 사, MTI(McDermott Technology, Inc.), FCTC (Fuel Cell Technologies Corp.) 등 여러 회사에서 2005년 이내 가정용 고체산화물 연료전지의 실용화를 위해 기술개발을 추진중임.

4.3.3 기술적 목표

- 용량 규모 : 자가발전용 1-5kW 급 개발, 대형 분산발전용 100kW, MW 급개발
- 작동온도 : 600-1000℃
- 연료개질방식 : prereformer 을 통한 내부개질
- 전지성능 : 200 mW/cm² 이상
- 전지 수명 : 4 만 시간 이상
- 대용량의 경우 복합발전 방식 채택
- 열사이클수 : 연간 10 회 이상

4.3.4 기술 장애요인

- 고체산화물 연료전지는 다른 연료전지와 달리 원료로부터 모든 구성요소를 직접 제조해야 하기 때문에 구성 소재의 제조 기술개발이 절실히 필요
- 구성 소재가 대부분 세라믹이기 때문에 대면적 전지 제조가 어렵고 구성 소재 원료의 대부분을 수입에 의존
- 전극, 전해질 코팅시 고가 공정으로 인한 제조단가 상승
- 전류집전체의 접촉저항 증가로 인한 전압손실 증대
- 초고성능화를 위한 전력 밀도 증대
- 구성 요소간 가스 밀봉 문제 해결 필요
- 스택 메니폴드 설계 및 구조 선택
- 스택제조의 최적화 기술 및 prereformer 제조기술 부족
- 열사이클에 대한 저항성 결여
- 종합 시스템 설계 제작 기술 및 복합 발전기술 전문
- 운전온도 유지 및 냉각기술, 배기가스 활용기술 전문

4.3.5 극복 방안

- 새로운 구성 소재의 연구를 통한 대체 소재개발
- 습식법에 의한 저가 제조공정 기술개발
- 전지간 효과적인 전류 집전을 위한 집전체 개발 및 집전방법 개발
- 전지 고성능화를 위한 전해질 박막화 및 전극활성도 증대 추진
- 가스 밀봉을 최소화시킬 수 있는 구조개발
- 열사이클 개선을 위해 고강도 소재 연구 및 구조개선
- 컴퓨터를 통한 스택 설계 기술개발
- prereformer 설계 및 특성 평가를 통한 최적화 기술확보
- 시스템 설계 및 제작을 통한 기반기술 확보
- 미국의 SOCA(SOFC 실용화 조합) 가입 및 기술이전 추구
- 호주, 유럽, 미국 등 각 회사와 기술제휴 검토
- 국외 전문가 활용 및 중간 진입을 위한 기술개발 전략적 제휴 모색

4.4 고분자 연료전지 기술

4.4.1 정의 및 일반 현황

- **고분자 연료전지**는 높은 출력 밀도, 100℃ 이하의 낮은 작동 온도와 전해질의 높은 부식저항성 등의 장점을 비롯하여, 설치장소의 제약이 적고, 설비 구조의 단순화 및 소형 설비 가능(수 kW 설비), 높은 반복작동 안전성(편리한 운전 안전성), 상온 작동 및 짧은 시동 시간(비상용 및 군사용 전원) 등의 장점을 지니고 있음.
- 또한 분산용 전원(전력 소비지에 직접 설치), 도서 벽지 공급 전원, 비상 전원 및 폐열을 이용한 난방용으로 이용 가능함. 연료로는 개질기에서 얻는 수소를 사용하고 산화제로는 공기를 사용함. 현재 고분자 연료전지는 주로 주택용으로 개발되어 실용화에 근접하고 있으며, 대형 정지형 발전 시스템으로도 기술개발되고 있는 상황임. 발전 시스템의 고효율화와 경제적 제조 기술에 관한 연구개발이 진행 중임.

4.4.2 국내외 기술개발 동향

- **국내 동향:** 1991 년부터 기술 개발을 추진하여 왔으며, 1996-1998 년에 한국 에너지기술연구원에서 대체에너지사업으로 2 kW 급, 5 kW 급을 개발 하였고, 2000 년에 10 kW 급을 개발하였음. 현재 한국에너지기술 연구원, LG-Caltex 가 2001 년까지 5 kW 급 발전시스템 실용화 기술개발을 추진 하고 있으며, LG-Caltex 는 가정용 연료전지 사업의 적극 적인 추진을 위하여 연료전지회사인 CETI 를 설립하였음.
- **국외 동향:** 고분자 연료전지는 소규모 전원으로 집중 개발되어 실용화 단계에 와 있음. 일본의 Toshiba 사는 독립 건물용 30kW 급 고분자 연료전지 시스템을 개발중이며, Sanyo 전자는 주택용 30kW 급 고분자 연료전지 시스템을 제작중임. 캐나다의 Ballard 사에서는 천연가스를 이용한 10 kW 급, 수소가스를 이용한 30kW 급, 천연가스를 이용한 250 kW 급 고분자 연료전지 시스템의 일부를 개발하였음. 미국의 Analytic Power 사 및 Plug Power L.L.C.

사는 가정용 10kW 급 스택 시제품을 개발 하였음. 유럽에서는 독일의 Siemens 사가 분산형용 소규모 정지형 단위 시스템을 개발중임.

4.4.3 기술적 목표

- 출력 : 5, 25 kW
- 출력밀도 : 1 kW/L, 1 kW/kg
- 내구성 : 5,000 시간 이상
- 소형화 : 시스템을 면적 1 m² 내에 설치 가능
- 개질기 : 천연가스, 도시가스용 고효율 개질기 개발

4.4.4 기술 장애요인

- 고분자 전해질막: 이온 전도도와 기계적 강도 향상 필요, 저온에서의 내구성, 제조 단가 저감 필요, 불순물에 의한 발전성능 저하, 얇은 막 제조
- 전해질/전극 접합체(MEA): 고가 백금 사용, 장기운전 성능 저하
- 스택 : 고가의 분리판, 물 및 열관리 미흡, 유로 설계 기술 미흡
- 시스템 : 고가의 주변장치(전력변환기, 제어 장치, 물 및 열관리 장치)
- 개질기 : 고가의 부품, 사용 연료의 제한, CO 제거 기술의 미흡

4.4.5 극복 방안

- 고분자 전해질막: 이온당량이 높은 전해질 개발, 강화 고분자막 개발, 저가의 고성능 전해질 개발, 경제적인 제조공정 및 대량 생산기술 개발
- MEA: 백금 촉매 이용율 향상(현재 10%), CO 내구성 지닌 촉매 개발, 성능 및 내구성 향상
- 가격: 현재 대당 수백만달러에 달하는 연료전지의 범용 부품, 간소한 제어 시스템의 채용 등으로 가격의 저하
- 스택: 저가의 분리판 및 구성요소 개발, 고성능의 대용량 스택 개발
- 시스템: 저가의 고성능 주변장치 개발, 시스템 설계 및 운전기술 개발, 시스템 연계기술 개발
- 소형화: 시스템 각 장치의 소형화로 면적 1m² 내에 설치 가능하게 소형화 연구

- 개질기의 효율화: 현재 인프라가 잘 되어 있는 천연가스, 도시가스 등에 대한 연료효율이 높은 개질 시스템 개발,
- 내구성: 일상적 사용 상태에서 수명 5천시간을 목표로 연구가 진행중
- 폐열회수기의 고효율화: 개질기의 콤팩트화에 따른 열손실의 개선을 위한 폐열회수기의 고효율화가 필요, 저가의 부품 및 시스템 개발, 다양한 연료사용 가능한 개질기 개발, CO 제거 기술개발
- 법적규제: 각종 인허가 신청 등 각종 규제의 해제나 완화와 함께 행정 측면에서의 지원 필요
- 핵심소재 국산화 집중지원방안 마련
- 국제공동연구 추진

5. 핵심 영역

- 분산발전용으로 사용될 수 있는 모든 연료전지는 구성요소 기술, 스택기술, 개질기 등 연료 전처리 기술, 전력 변환 및 시스템 제어 기술, 발전시스템 및 적용 기술로 핵심영역을 나눌 수 있음. 연료전지 본체의 구성요소 기술은 소재산업, 스택기술은 기계산업, 연료 전처리 기술은 화학산업, 전력변환기는 전기전자산업, 발전시스템 및 운용기술은 중공업 및 에너지 산업과 밀접한 관계를 갖고 있음(그림 B-3-3 참조).

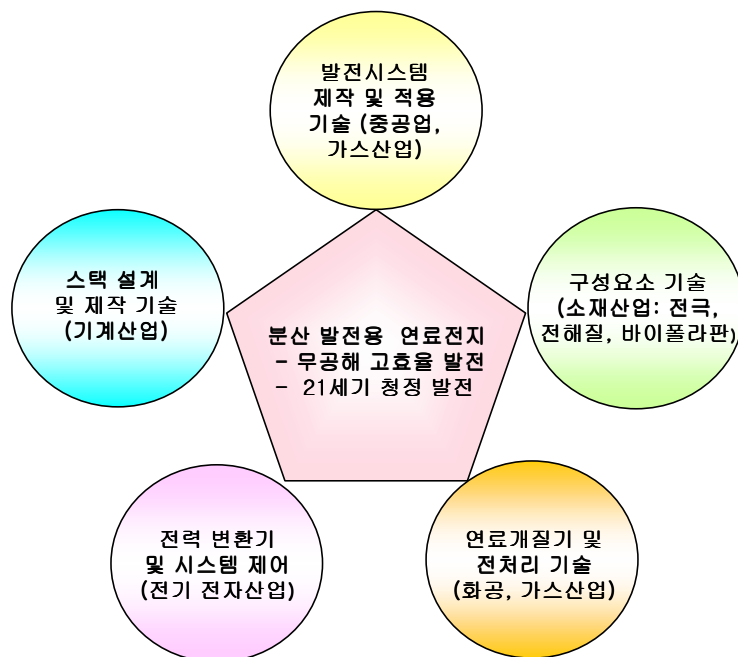


그림 B-3-3. 분산발전용 연료전지의 핵심 영역

6. 기술과 시장의 상관관계

- 연료전지 기술개발이 이루어짐에 따라 중앙 집중식 발전에 비해 분산 발전 방식으로 획기적으로 전력 시장이 재편될 것으로 예측됨. 연료전지 규모에 따라 대형 분산발전용의 경우, MCFC, SOFC 가 주류를 이룰 것으로 전망되고, 빌딩 등 현지 설치형 분산전원으로는 PAFC 를 선두로, MCFC, SOFC, PEMFC 가 도입될 것이며, 소형 가정용 전원으로는 PEMFC 에 이어 SOFC 가 보급될 것으로 예상됨(그림 B-3-4 참조).

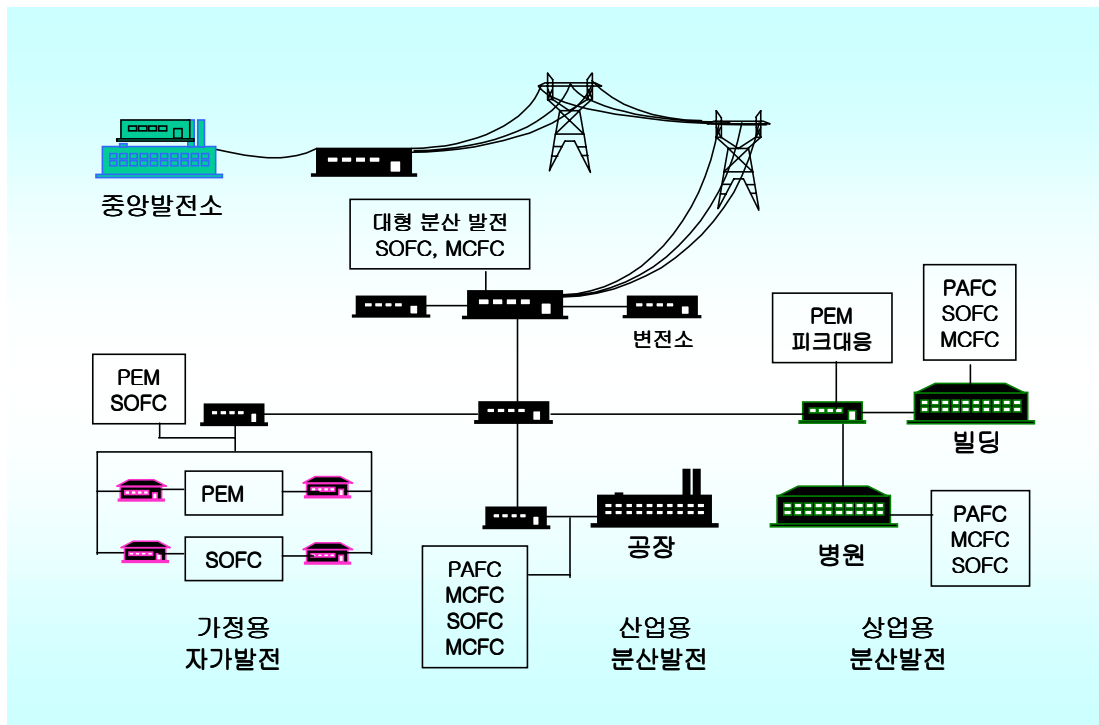


그림 B-3-4. 분산발전용 연료전지의 시장과의 상관관계

7. 시장 성장 추이

- 연료전지를 이용한 분산발전방식은 종래의 발전방식과는 완전히 다른 발전 형태이기 때문에 기술별 시장 성장 추이를 예측하기 어려우나 대형 분산 발전과 자가 발전용의 경우 경제성이 확보될 경우 기하급수적인 시장 성장이 발생할 것으로 많은 분석가들은 예측하고 있음. 한 예로 Allied Business

Intelligence사에서 조사한 분산발전용 연료전지 세계전망치를 보면 현재 시장은 그다지 크지 않으나, 2010년경에는 약 2만 MW의 시장이 창출될 것으로 예측하고 있으며, 금액으로는 약 100억달러에 해당됨(그림 B-3-5 참조).

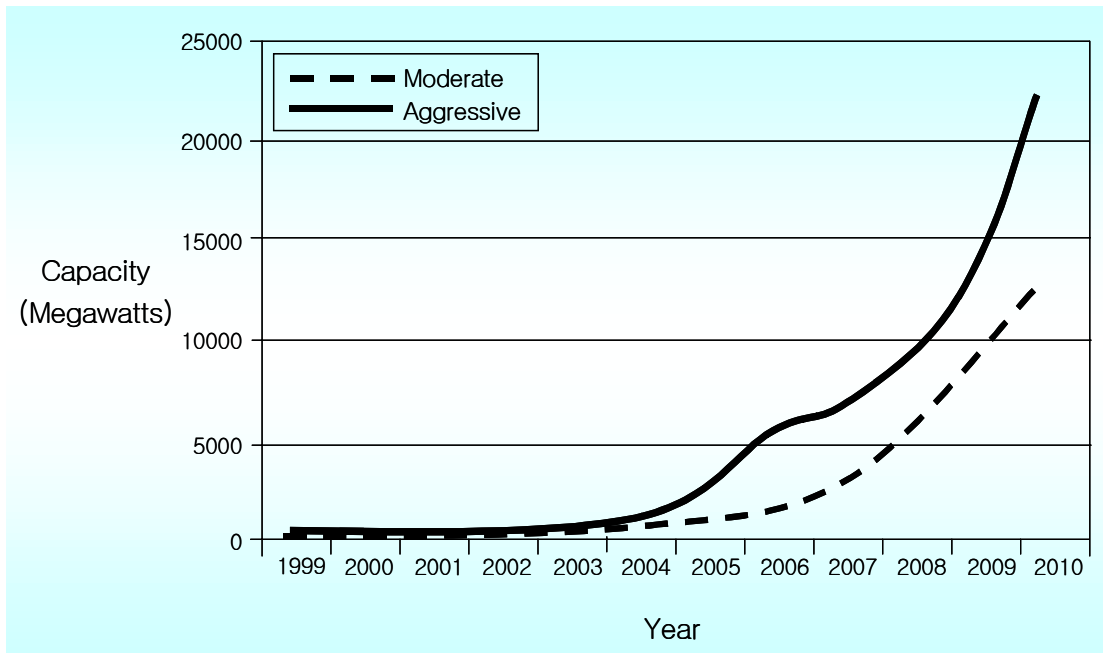


그림 B-3-5. 분산발전용 연료전지 시장 성장 추이

8. 전략적 중요성 및 우선 순위

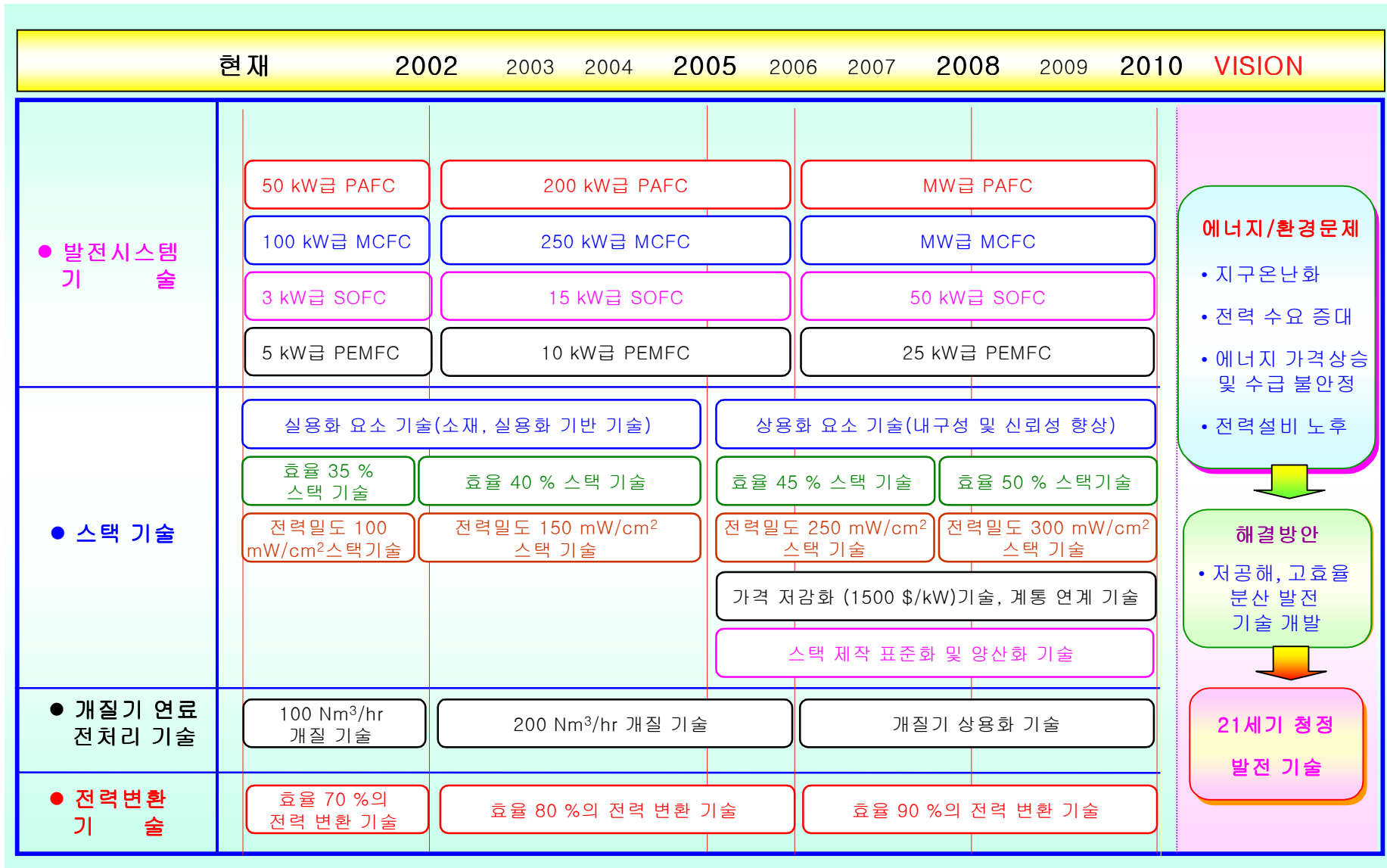
- 대형 분산 발전용으로는 인산형, 용융탄산염형, 고체산화물 연료전지 기술이 개발되어지고 있으며, 신뢰성이 확보되어 시장에 진입되어 있는 것은 인산형 연료전지가 유일한 기술임. 따라서 선진국에서는 인산형 연료전지 기술이 실용화되어 있기 때문에 인산형 연료전지 실용화 기술개발은 지속적으로 이루어져야 함.
- 차세대 연료전지인 용융탄산염형과 고체산화물 연료전지의 경우 효율 측면에서는 고체산화물 연료전지의 기술이 앞서고 있으나 연료전지 본체 기술개발은 용융탄산염형 기술이 앞서고 있기 때문에 현재로서는 기술의 우위를 예측할 수 없음. 따라서 기술의 우위가 판단될 때까지 국가적인 차원에서 용융탄산염형과 고체산화물 연료전지 기술 개발에 향후 10년간 일정규모의 지원이 필요함.

- 자가발전용의 경우 고분자 연료전지 및 고체산화물 연료전지가 개발되고 있으며, 고분자 연료전지의 기술 수준이 앞서 있고 시장 진입이 먼저 이루어질 것으로 예상되기 때문에 고분자 연료전지의 기술개발이 우선적으로 진행되어야 하고 아울러 여러 가지 장점을 가진 고체 산화물 연료전지를 5Kw 까지 개발하여 실용성을 평가하여야 함.

9. 기술의 진보

- 앞서 언급한 바와 같이 분산발전용 연료전지 기술은 발전 시스템 기술, 스택 기술, 요소기술, 개질기 및 전력 변환기술 등으로 핵심기술을 분류할 수 있으며, 발전시스템 기술은 상용 단계까지 용량의 증가를 위한 기술의 진보가 필요하며, 스택의 경우 효율 향상, 전력 밀도 개선, 요소기술의 발전으로 기술개발이 진행될 것임. 또한 연료 전처리 기술인 개질 기술은 연료 전처리 능력의 확대, 전력 변환 기술은 효율의 향상을 주요 목표로 기술의 진보가 이루어질 것으로 판단됨. 따라서 각각의 기술은 이러한 관점에서 기술의 개발이 추진되어야 함.

분산발전용 연료전지 기술로드맵



10. 실행계획 방안

- 연료전지 기술의 특성상 연구개발 단계에서는 대규모 투자비와 장시간이 소요되나 개발 보급시 에너지 산업에 미치는 영향(대체에너지 개발, 에너지 절약, 환경보호)이 지대한 공익성 사업이므로 정부주도의 개발계획에 의한 산·학·연 공동 개발이 바람직하며, 정부, 산업체, 학계, 연구소 간의 역할을 분담하여 추진체계를 마련함.
 - a) 정 부 : 개발계획, 예산확보 및 보급정책
 - b) 산업체 : 제품생산 및 상용화 기반구축
 - c) 학 계 : 다기능 세부 기초기술 소화 및 전문 기술 인력 양성
 - d) 연구소 : 핵심기술 개발
- 개발체계는 연료전지가 종류별로 복합적인 기술의 발전시스템임을 감안하여 종류별로 개발의 기본방향을 설정하고 이에 따른 개발을 주관할 총괄기관을 선정하여 개발에 관한 모든 책임과 권한을 부여함.
- 컨소시엄 구성: 연료전지는 궁극적으로 기업체에 의해 상용화되어야 하기 때문에 기업체의 역할이 무엇보다 중요함. 개발 초기단계에서는 핵심기반 기술의 개발이 중요하기 때문에 연구소가 주축이 되어 기술개발을 추진하고 기반기술 확보 후 실용화를 고려해 가능한 제조업체, 전력회사, 가스회사로 구성된 실증시험 및 대형화 시스템 개발 추진체제를 마련하여 실용화를 추진해야 함.
- 분산발전용 연료전지 기술의 전망은 매우 밝으나 핵심기술 간에 우위를 알 수 없고 투자 위험성을 고려하여 초기단계에는 기업의 투자 위험을 감소 시키기 위해 정부주도의 기술개발이 이루어져야 하고 기술이 성숙된 후 기업의 투자를 확대하는 것이 바람직함.

맺 음 말

본 전지 산업기술지도(Industrial Technology Roadmap)의 작성에는 몇가지 어려움과 한계가 있었는데, 간략히 정리하면 다음과 같다.

먼저, 기술로드맵 작성대상분야 및 범위 결정 문제에 봉착하였는데, 성격상 크게 2 차전지와 연료전지로 대별하여 각 소위원회에서 작업을 하였으며 로드맵 보고서도 둘로 나뉘어 작성되었다. 더 나아가 “선택과 집종의 원칙”에 따라 어떤 종류의 전지를 선정하는가 하는 문제도 어려움으로 다가왔다.

그리고 로드맵 작성대상기간은 대부분 10 년으로 하는 것이 일반적인데, 예를 들어 2 차전지의 경우 하루가 멀다 하고 ALB 니 NCB 니 하는 것들이 개발되어 나오는 등 엄청나게 빠른 속도로 기술이 진전되고 있으므로 10 년을 내다보고 item 을 잡고 spec.을 결정하기는 실로 너무 어려웠다. 또 산업기술지도가 미래의 시장에 대한 예측을 바탕으로 미래수요를 충족시키기 위해 산업차원에서 향후 개발하여야 할 필요 기술과 제품을 예측하여 최선의 기술 대안을 선정하는 기술기획인데 비해, 예를 들어 2 차전지의 경우 시장요구(market-pull)에 의한 기술개발보다는 오히려 기술혁신(technology-push)에 의한 시장 창출 성격이 강하다 보니 미래수요에 바탕을 두고 개발이 필요한 기술 item 을 도출한다는 게 실은 가장 어려운 부분이었다고 할 수 있다.

본 전지 기술로드맵 보고서 작성은 웬만한 프로젝트의 보고서 작성만큼이나 쉽지 않았고 정성을 들인 것 같았다. 산업기술지도 작성의 목적이 전략수립의 이정표 마련, 선택과 집중에 의한 전략과제 발굴, 기술개발투자 결정 시 risk 요소를 감소시켜 줄 안내지도 역할이라고 본다면, 본 전지 기술로드맵 보고서가 정부 차원에서 연구 개발자원의 배분지표 및 산업기술개발정책의 효율화, 체계화를 위한 기초자료로서 즉 원론적 차원으로서 뿐만 아니라 더 나아가 “전지산업의 집중육성을 위한 발전전략자료”로 뜻있게 활용되길 기대해 본다.

참고문헌

- [1] 고성능 2 차전지의 시장과 기술의 신전개, 중앙리서치센터/한국과학기술정보연구원, 2001.
- [2] “고성능 연료전지의 시장과 기술의 신전개”, 다이야리서치마켓, 중앙리서치센터, 산업기술정보원, 서울, 1999.
- [3] 노무라종합연구소 보고서, 1999
- [4] 노무라종합연구소 보고서, 2001.
- [5] 리튬이온전지 폐기물의 재활용동향에 대한 연구 보고서, 한국전기연구원, 2000,12.
- [6] 리튬이온전지시장의 철저연구, 야노경제연구소, 1998.
- [7] 신에너지 기술 개발계 자료집 작성 조사(연료전지), 일본 NEDO, 1998
- [8] 이차전지산업육성대책(안) 보고서, 한국전기연구원/전자부품연구원/전기연구조합, 2000. 6.
- [9] 오인환, 하흥용, “연료전지 자동차의 개발현황 및 전망”, 촉매, **16**(2), 14(2000).
- [10] 오인환, 하흥용, 이태희, “ 고분자전해질 연료전지 기술개발 현황 및 전망” , 화학공업과 기술, 16(5), 431(1998).
- [11] 에너지기술개발 10 개년 계획, 산업자원부/에너지관리공단, 1996
- [12] 에너지사용 고도화를 위한 고효율 LPB 형 10kWh/3kW 급 Load Conditioner 개발 보고서, 한국전기연구원, 2000. 7.
- [13] 연료전지 기술 육상, 산업자원부/에너지관리공단 연료전지연구회, 2001
- [14] 신에너지 기술 개발계 자료집 작성 조사(연료전지), 일본 NEDO, 1998
- [15] 차세대소형전지기술개발 연구기획 보고서, 한국전기연구원, 1997. 7.
- [16] 환경친화형 리튬/설퍼고체고분자전해질이차전지 개발 보고서, 한국전기연구원, 2000. 11.
- [17] 휴대전화기용 Disposable 아연/공기전지 개발 중간요약보고서, 한국전기연구원, 2001. 6.
- [18] Distributed Generation Program Plan, DOE, 2000
- [19] Fuel Cell Seminar 2000, Washington DC, 2000
- [20] fuel cell systems, L.J.M.J. Blomen, Plenum Press, NewYork, 1993

- [21] Fuel Cell Systems Explained, J. Larminie and A. Dicks, John Wiley & Sons, 2000
- [22] HEV 용 리튬폴리머전지의 성능 및 안전성 평가 보고서, 한국전기연구원, 2001. 8.
- [23] Industry Study Batteries by The Freedonia Group Inc.
- [24] S. Chalk, P. G. Patil, and S. R. Venkateswaran, “ The new generation of vehicles: market opportunities for fuel cells” , J. Power Sources, **61**, 7(1996).
- [25] Small Fuel Cells and Battery Technologies for Portable Power Applications, Washington DC, 2001
- [26] Stationary fuel cells, Allied Business Intelligence, 2001
- [27] The 4th International Symposium on New Materials for Electrochemical Systems, Monteval, 2001
- [28] Vision 21 Program Plan: Clean Energy Plants for the 21st Century, DOE, 2001
- [29] POWER 2000(2000 년 9 월)
- [30] www.fuelcells.org
- [31] www.tepco.co.jp/rd/rdplan

[주의]

1. 이 보고서는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 연구내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.