

목차

I. 연료전지 개발동향과 향후 전망	41
1. 연료전지의 개발과 이용	41
1-1. 연료전지의 개념 및 원리	41
1) 연료전지(Fuel Cell)의 개념	41
2) 연료전지의 이론효율	43
3) 연료전지의 특징	43
4) 연료전지의 구조	46
1-2. 연료전지의 분류	47
1) 전해질, 운전온도, 촉매에 의한 분류	47
(1) 알칼리형 연료전지(Alkaline Fuel cell, 이후 AFC)	47
(2) 인산형 연료전지(Phosphoric Acid Fuel cell 이후 PAFC)	48
(3) 용융탄산염 연료전지(Molten- Carbonate Fuel cell, 이후 MCFC)	49
(4) 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel cell, 이후 SOFC)	51
(5) 고분자전해질 연료전지(PEMFC)	54
(6) 직접 메탄올 연료전지(Direct Methanol Fuel cell, 이후 DMFC)	56
(7) 직접탄소 연료전지(Direct Carbon Fuel Cell, 이후 DCFC)	56
2) 용도에 의한 분류	59
(1) 발전용 - 고정, 분산형	59
(2) 수송용	61
(3) 휴대용	64
2. 글로벌 연료전지 기술개발 현황 및 각국의 정책동향	66
2-1. 글로벌 주요 국가별 연료전지 개발 동향과 지원정책	66

1) 북미지역	68
(1) 미국	68
(2) 캐나다	72
2) 유럽지역	75
(1) 독일의 R&D 현황	77
(2) 영국의 R&D 현황	78
(3) 스웨덴의 R&D 현황	79
(4) 이탈리아의 R&D 현황	81
3) 아시아 지역	81
(1) 일본	81
(2) 중국	95
(3) 대만	95
4) 기타 국가 연료전지 개발 동향과 지원정책	96
(1) 케냐	96
2-2. 국내 연료전지 개발 동향과 지원정책	98
1) 국내 연료전지 R&D 현황	98
(1) 백금촉매 대체할 그래핀 대량생산 공정 개발	100
(2) 원자수준의 백금 코팅 기술 개발	101
(3) 연료전지를 위한 고효율 전기화학적 촉매 개발	101
(4) 그 외 다양한 기술의 개발 성공	103
(5) 한국의 2013년 연료전지 연구과제 발표	104
2) 용도별 연료전지 개발동향	105
(1) 건물용/분산발전용 SOFC	105
(2) 분산발전용 MCFC	111
(3) 직접탄소 연료전지(Direct Carbon Fuel Cell)	113
3) 국내 연료전지 정책 이슈	115
4) 국내 연료전지 R&D 및 상용화 전략제언	120
(1) 정부의 적극적인 지원과 법제의 제•개정, 상생 경영이 필요	120
(2) 연료전지 관련 중소기업이 나아갈 방향	121
3. 국내외 연료전지 산업 현황 및 전망	124
3-1. 글로벌 연료전지 시장 현황과 전망	124
1) 세계 연료전지 시장 규모	124
(1) 고정형 연료전지의 보급	131
(2) 수송용 연료전지	133

2) 글로벌 연료전지 시장전망	135
3-2. 국내 연료전지 시장 현황과 전망	142
1) 국내 연료전지 시장 현황	142
2) 국내 연료전지 시장 전망	148
(1) 고정형 MCFC 시장 전망	149
(2) 건물용 PEMFC 시장 전망	150
(3) 건물/발전용 SOFC 시장 전망	150
(4) 분산발전용 MCFC 시장 전망	152
(5) 수송용 연료전지 시장 전망	154
4. 수소 및 수소연료전지 관련 표준화 동향	155
4-1. 국제표준기구 동향	155
1) 수소에너지 기술개발 관련 국제표준기구(ISO/TC197)동향	155
(1) 수소기술의 국제표준기구(ISO/TC197) 개요	155
(2) ISO/TC197 규격 개발현황	155
(3) ISO/TC197 표준화계획	157
2) IEC/TC 105 (연료전지 동향)	158
(1) 연료전지기술의 국제표준기구 (IEC/TC105) 현황	158
(2) IEC/TC105 표준화전략	159
(3) IEC/TC105 표준화계획	159
4-2. 수소에너지 국내 표준화 대응 동향	160
1) 국내 ISO197 전문위원회	160
2) 연료전지 국제표준 대응 방안	160
4-3. 2013년 연료전지분야 국내 기술개발 과제와 내용	166
1) 300kW급 MCFC 적용 분리판 상용화 기술 개발	166
2) MCFC용 디젤 연료전처리를 위한 탈황기 개발	167
3) 300 Nm ³ /h급 천연가스 개질 수소스테이션 개발	168
4) 저온 연료전지 및 개질기용 고성능 촉매 제조기술 개발	169

II. 수송용 연료전지, FCEV 관련 기술, 시장 동향과 전망 173

1. 수송용 연료전지 기술과 개발 현황	173
1-1. 수송용 연료전지의 특징과 장단점	174
1) 장점	174
(1) 높은 에너지 효율	174
(2) 무공해	174

(3) 무한한 연료	175
2) 단점	175
(1) 값비싼 차량 가격	175
(2) 수소 공급 인프라 문제	175
(3) 차내 수소 저장의 문제	175
(4) 내연기관의 부재	175
(5) 촉매에 백금을 사용	176
1-2. 국내 수송용 연료전지 관련 동향	177
1) 수소 제조 및 유통	177
(1) 생산 현황	177
(2) 공급 현황	178
(3) 수요 현황	181
(4) 국내 유통 현황	182
2) 재생가능한 자원에 의한 수소생산	184
(1) 태양광이용 열화학적 수소생산	185
(2) 생물학적 수소발생법	187
(3) 광전기화학적 수소생산법	189
(4) 수(水)전해에 의한 수소 생산	191
3) 수소 저장 기술	200
(1) 수소의 특성	200
(2) 다양한 수소저장물질과 기술에 대한 연구	202
(3) 고압 수소 저장용기	205
4) 수소이용	207
(1) 국내에서 개발된 연료전지 기술	207
(2) FCEV 개발 현황	209
1-3. 글로벌 수송용 연료전지 관련 동향	212
1) 북미	214
(1) 미국	214
(2) 캐나다	226
2) 유럽	228
(1) 이산화탄소 감축목표	228
(2) EU의 수송 분야의 새로운 파워트레인 보급을 위한 시나리오	230
(3) 2050년까지 기존 승용차를 전기화하는 세가지 시나리오	231
(4) 영국의 동향	232

(5) 독일	237
3) 아시아	238
(1) 일본	238
1-4. 주요 업체별, 국가별 보유특허 현황	243
1) 수송용 연료전지	243
(1) 국가별 특허 현황	243
(2) 출원인별 특허 현황	243
2) 특허분석	245
(1) 유럽특허국의 espacenet 데이터베이스	245
(2) SCIE 데이터베이스	245
(3) Fuel Cell Today(미국), 2012 Fuel Cell Patent Review	246
1-5. 수송용 연료전지 시장 현황과 전망	247
1) 국내시장 환경 및 현황	249
2) 글로벌 시장 환경 및 현황	251
(1) FCEV 보급을 위한 사회적 비용(EU의 경우)	251
(2) 선적량에 의해 분석한 글로벌 시장 현황	252
(3) ‘FCEV가 현재 운행 중인 차량과 대체 가능한지’에 대한 소비자 선호도 조사	257
3) 수송용 연료전지, 연료전지차 시장 전망	260
(1) 수소 수요량 전망	260
(2) 연료전지 자동차 (이하 FCEV) 발전 전망	260
(3) 새로운 시스템을 대비하는 자동차 업계	263
(4) 선박용 연료전지 시장 전망	264
2. 주요 자동차 메이커별 FCEV 개발 동향	265
2-1. 주요 자동차 메이커별 연료전지 자동차 개발 동향	265
1) 현대자동차(주) (Hyundai Motor Company)	265
(1) 일반 현황	265
(2) FCEV 개발동향	265
(3) 특허 동향	268
2) 도요타자동차(Toyota Motor Corporation)	269
(1) 일반현황	269
(2) FCEV 개발동향	269
3) 혼다자동차(Honda Motor Co., Ltd.)	273
(1) 일반 현황	273

(2) FCEV 개발동향	273
(3) 특허 동향	276
4) 닛산자동차(Nissan Motor Co Ltd.)	277
(1) 일반 현황	277
(2) FCEV 개발동향	277
(3) 특허 동향	279
5) 다임러 자동차그룹(Daimler AG (PEM: LDV: Germany))	281
(1) 일반 현황	281
6) 지엠자동차(General Motors(GM))	285
(1) 일반 현황	285
(2) FCEV 개발동향	285
7) 포드자동차(Ford Motor Company)	288
(1) 일반 현황	288
(2) FCEV 개발동향	289
8) 비엠더블유(BMW AG)	291
(1) 일반 현황	291
(2) FCEV 개발동향	291
9) 폭스바겐자동차그룹(Volkswagen AG)	293
(1) 일반 현황	293
(2) FCEV 개발동향	293
10) 타타자동차(Tata Motors Limited,인도)	296
(1) 일반 현황	296
(2) FCEV 개발동향	296

Ⅲ. 수소스태이션 • 수소저장용기 동향과 전망 301

1. 수소 안전기술과 차량용 수소 저장용기 개발 현황과 전망	301
1-1. 수소 안전기술 개발현황	301
1) 개요	301
2) 수소에 의한 재난 유형	303
(1) 누출	303
(2) 확산	304
(3) 점화	304
3) 해외 수소안전 기술 개발 현황	304
(1) 미국의 현황	304

(2) EU의 현황	306
(3) 일본의 현황	306
4) 국내 수소안전 기술 개발 현황	307
1-2. 차량용 수소 저장용기 개발 현황과 전망	309
1) 고압수소 용기·배관용 재료 평가 기술	309
(1) 수소 관련 재료의 역학적 특성 평가법	311
(2) 수소 관련 재료의 역학적 특성	312
2) 수소 침투 차단막 기술	312
(1) 고밀도화를 통한 수동형 수소차단막 기술	313
(2) 전기적 구속 기능층을 이용한 능동형 수소차단기술	314
(3) 수소차단 기술의 향후 발전방향	315
3) 수소 누출 감지기술	315
4) 수소저장 용기의 국내 개발 동향	316
5) 수소저장 용기의 해외 개발 동향	318
6) 향후 전망 및 시사점	320
(1) TYPE-3와 TYPE-4 용기의 장단점	320
(2) 알루미늄 라이너 업체의 부상 가능성	321
(3) 수소용기 설계최적화 연구의 필요성	322
2. 수소 스테이션 설치 및 운영 현황과 전망	323
2-1. 개요	323
1) 수소의 공급방법	325
2) 수소연료전지 자동차 상용화와 수소 스테이션의 전망	327
2-2. 글로벌 수소스테이션 현황	330
1) 북미	332
(1) 미국	333
(2) 캐나다	334
2) 유럽	335
(1) H2 Mobility 프로젝트	336
(2) 수소 충전소의 필요성과 FCEV에 대한 소비자 선호도 조사	339
(3) UK에서의 수소 충전소 네트워크 문제	340
(4) 독일 수소스테이션 건설 및 운영현황	342
3) 일본	343
2-3. 국내 수소스테이션 현황	347
1) 국내의 수소스테이션 설치 및 운영 현황	347

(1) 지역별 수소스테이션 현황	347
(2) 수소스테이션 설치 계획	348
2) 국내 실증 및 모니터링 현황	350
3) 운영상의 문제점	351
4) 국내의 수소스테이션 전망	352
3. 수소 스테이션 설비 및 운영업체	356
3-1. 국내 주요업체 사업현황	356
1) 지에스칼텍스(주)	356
(1) 일반 현황	356
(2) 사업 및 제품 현황	356
(3) Hydrogen Station 관련 사업동향	356
2) 한국가스공사(KOGAS)	357
(1) 일반 현황	357
(2) 사업 및 제품현황	357
(3) Hydrogen Station 사업 관련동향	358
3) SK이노베이션(주)	359
(1) 일반 현황	359
(2) 사업 및 제품 현황	359
(3) Hydrogen Station 사업 관련동향	359
4) 동덕산업가스	360
(1) 일반 현황	360
(2) 사업 및 제품 현황	360
(3) Hydrogen Station 사업 관련동향	361
5) ㈜SPG Chemical	361
(1) 일반 현황	361
(2) 사업 및 제품 현황	362
(3) Hydrogen Station 사업 관련동향	363
3-2. 글로벌 주요업체 사업 현황	364
1) Air Liquide(France)	364
(1) 일반 현황	364
(2) 제품 현황	365
(3) Hydrogen Station 관련동향	365
2) Air Products & Chemicals Inc. (Canada)	367
(1) 일반 현황	367

(2) Hydrogen Station 관련동향	368
3) Atlantic Hydrogen Inc. (AHI) (CANADA)	371
(1) 일반 현황	371
(2) 제품 현황	372
(3) Hydrogen Station 관련동향	372
4) Blue Fuel Energy Corporation(Canada)	373
(1) 일반 현황	373
(2) 제품 동향	374
(3) Hydrogen Station 관련동향	375
5) Enbridge Inc.(Canada)	375
(1) 일반 현황	375
6) Hydrogen Technology & Energy Corporation(HTEC)(Canada)	376
(1) 일반 현황	376
(2) Hydrogen Station 관련동향	377
7) Powertech Labs Inc.(Canada)	378
(1) 일반 현황	378
(2) Hydrogen Station 관련동향	379
8) Western Hydrogen Ltd.(Canada)	380
(1) 일반 현황	380
(2) 제품 현황	381
9) ITM Power (UK)	382
(1) 일반 현황	382
(2) 제품 현황	383
(3) Hydrogen Station 관련동향	383
10) Linde AG	387
(1) 일반 현황	387
(2) 제품 현황	387
(3) Hydrogen Station 관련동향	389
11) Proton OnSite (Proton Energy Systems, Inc.) (USA)	391
(1) 일반 현황	391
(2) 제품 및 수소충전소 현황	391

IV. 국내외 연료전지 관련 업체 사업현황

1. 국내업체 현황	395
------------------	-----

1-1. 전체적인 동향	395
1-2. 업체별 현황	398
1) ㈜거봉한진	398
(1) 일반 현황	398
(2) 연료전지 관련 사업 동향	399
2) ㈜경동나비엔	399
(1) 일반 현황	399
(2) 연료전지 관련 사업 동향	400
3) 나라셀텍(주)	401
(1) 일반 현황	401
(2) 연료전지 관련 사업 동향	402
4) ㈜뉴인텍	403
(1) 일반 현황	403
5) ㈜단단	405
(1) 일반 현황	405
(2) 제품 현황	405
(3) 기술 및 특허 현황	406
6) 대양산업	407
(1) 일반 현황	407
(2) 제품 및 기술 현황	408
7) 대원강업(주)	409
(1) 일반 현황	409
(2) 연료전지 관련 사업 동향	409
8) 대정화금(주)	410
(1) 일반 현황	410
(2) 연료전지 관련 사업 동향	411
(3) 특허 및 기술 동향	412
9) 대주전자재료(주)	413
(1) 일반 현황	413
(2) 제품 현황	414
(3) 기술 및 특허 현황	414
10) 동아공업(주)	415
(1) 일반 현황	415
(2) 연료전지 관련 사업 동향	415

11) ㈜동아화성	416
(1) 일반 현황	416
(2) 연료전지 관련 사업 동향	416
12) ㈜동진세미켐 (Dongjin SemiChem Co.,Ltd.)	417
(1) 일반 현황	417
(2) 기술 및 특허 현황	418
13) 두산중공업(주)	419
(1) 일반 현황	419
(2) 기술 및 특허 현황	420
14) ㈜DHM	423
(1) 일반 현황	423
(2) 제품 현황	424
15) ㈜랩웍스 ((LabWorks Inc.))	424
(1) 일반 현황	424
(2) 제품 및 서비스 현황	425
16) 명화공업(주)	426
(1) 일반 현황	426
(2) 연료전지 관련 사업 동향	427
17) ㈜보림	427
(1) 일반 현황	427
18) ㈜백셀	428
(1) 일반 현황	428
(2) 기술 현황	429
19) 삼성에버랜드(주)	431
(1) 일반 현황	431
(2) 제품 현황	431
(3) 연료전지 관련사업 현황	432
20) 삼성엔지니어링(주)	433
(1) 일반 현황	433
21) 삼성SDI(주)	434
(1) 일반 현황	434
(2) 기술 및 특허 현황	436
22) 삼성전기(주)	437
(1) 일반 현황	437

(2) 연료전지 관련 사업 동향	438
23) ㈜삼천리	438
(1) 일반 현황	438
(2) 연료전지 관련 사업 동향	439
(3) 특허 현황	439
24) ㈜서머텍코리아	440
(1) 일반 현황	440
(2) 연료전지 관련 사업 동향	441
25) 세종공업(주)	441
(1) 일반 현황	441
(2) 연료전지 관련 사업 동향	441
(3) 기술 및 특허 현황	443
26) 승림카본금속(유)	446
(1) 일반 현황	446
(2) 제품 현황	447
(3) 연료전지 관련 사업 동향	449
27) ㈜CNL에너지	449
(1) 일반 현황	449
(2) 제품 현황	450
28) ㈜CMTech	453
(1) 일반 현황	453
(2) 제품 현황	453
29) ㈜에코넥스 (ECONEX Co.,Ltd.)	454
(1) 일반 현황	454
(2) 제품 현황	455
(3) 기술 및 특허 현황	457
30) ㈜에코프로	458
(1) 일반 현황	458
(2) 제품 현황	459
31) ㈜에프셀텍	459
(1) 일반 현황	459
32) LIG넥스원(주)	460
(1) 일반 현황	460
(2) 연료전지 관련 사업 동향	461

33) LS산전(주) (LSIS Co., Ltd.)	463
(1) 일반 현황	463
(2) 연료전지 사업 동향	464
34) LG전자(주)	467
(1) 일반 현황	467
(2) 연료전지 현황	467
35) 엘지퓨얼셀시스템즈코리아(주)	468
(1) 일반 현황	468
36) ㈜LG화학	469
(1) 일반 현황	469
(2) 연료전지 동향	470
37) ㈜엘켄텍 (ElchemTech)	471
(1) 일반 현황	471
(2) 제품 현황	472
(3) 연료전지 관련 사업 동향	472
(4) 특허 및 인증 현황	474
38) 오-텍(주) (Ordeg Co.,Ltd.)	475
(1) 일반 현황	475
(2) 연료전지 관련 사업 동향	476
39) ㈜오선택 (OSUNTECH. Co. Ltd.)	476
(1) 일반 현황	476
(2) 제품 현황	478
(3) 기술 및 특허 현황	480
40) ㈜오토엔	481
(1) 일반 현황	481
(2) 제품 현황 - 연료전지 관련	482
(3) 특허 현황	483
41) ㈜원아테크 (WonATech)	483
(1) 일반 현황	483
(2) 연료전지 관련 사업 현황	484
42) 이엠코리아(주) (ENERGY&MACHINERY KOREA CO., LTD.)	486
(1) 업체 일반현황	486
(2) 생산 제품 현황	487
(3) 연료전지 사업 관련 동향	491

43) ㈜인더스윈	492
(1) 일반 현황	492
(2) 제품 현황	492
44) 일도F&C(주)	493
(1) 일반 현황	493
(2) 연료전지 관련사업 동향	494
45) ㈜제이앤티씨	496
(1) 일반 현황	496
(2) 제품 동향	497
(3) 연료전지 관련 사업 동향	498
46) GS퓨얼셀(주)	498
(1) 일반 현황	498
(2) 연료전지 관련 사업 동향	499
(3) 기술 및 특허 현황	500
47) 지엠비코리아(주) (GMB Korea Corp.)	501
(1) 일반 현황	501
(2) 제품동향	502
(3) 기술 및 특허 현황	502
48) ㈜지필로스	503
(1) 일반 현황	503
(2) 연료전지 관련 사업동향	504
49) ㈜진영정기	505
(1) 일반 현황	505
(2) 연료전지 관련 사업 동향	506
50) ㈜창성	506
(1) 일반 현황	506
(2) 기술 현황	507
(3) 연료전지 관련 사업 동향	509
51) ㈜코미코	509
(1) 일반 현황	509
(2) 연료전지 기술 현황	510
(3) 연료전지 관련 사업 동향	512
52) ㈜코오롱	515
(1) 일반 현황	515

(2) 연료전지 관련사업 동향	516
53) ㈜코켓	518
(1) 일반 현황	518
(2) 제품 현황	518
(3) 기술 현황	520
54) 트윈에너지(주)	521
(1) 일반 현황	521
(2) 사업 분야 현황	522
55) ㈜포스코	522
(1) 일반 현황	522
(2) 기술 및 특허 현황	523
56) 포스코에너지(주)	524
(1) 일반 현황	524
(2) 연료전지 관련사업 동향	525
57) ㈜퓨얼셀파워 (Fuelcellpower Co.,Ltd.)	527
(1) 일반 현황	527
(2) 연료전지 관련사업 동향	528
(3) 기술 및 특허 현황	530
58) ㈜프로파워	532
(1) 일반 현황	532
(2) 제품 현황	533
(3) 기술 및 특허 현황	534
59) ㈜플라스포	535
(1) 일반 현황	535
(2) 제품 동향	536
(3) 연료전지 관련 사업 동향	537
60) 필코전자(주) (PILKOR Electronics Co.,Ltd.)	537
(1) 일반 현황	537
(2) 제품 현황	538
(3) 연료전지 관련 사업 동향	539
61) 한국전력공사(KEPCO)	539
(1) 일반 현황	539
(2) 연료전지 관련 사업 동향	540
62) 한국타이어(주)	541

(1) 일반 현황	541
(2) 연료전지 관련 사업 동향	542
63) 한라비스테온공조(주)	544
(1) 일반 현황	544
(2) 연료전지 관련 사업 동향	544
64) ㈜한창	545
(1) 일반 현황	545
(2) 연료전지 관련 사업 동향	545
65) 현대하이스코(주)	546
(1) 일반 현황	546
(2) 연료전지 관련 사업 동향	547
66) ㈜효성	549
(1) 일반 현황	549
(2) 연료전지 사업 동향	550
67) 희성축매(주)	552
(1) 일반 현황	552
(2) 연료전지 관련 사업 동향	552
2. 글로벌 주요 연료전지 업체현황	554
2-1. 미주지역 업체 현황	554
1) Ballard Power Systems Inc.(Canada, USA)	554
(1) 일반현황	554
(2) 제품 현황	555
(3) FCEV 관련 사업동향	558
(4) 보유 특허 및 인증	560
2) Bloom Energy Corp.(SOFC: Prime Power: United States)	562
(1) 일반현황	562
(2) 제품 현황	562
(3) 특허 및 인증 현황	563
3) Automotive Fuel Cell Cooperation(AFCC)(Canada)	564
(1) 일반 현황	564
(2) 제품 현황	565
(3) FCEV 동향	565
4) Dynetek Industries Ltd.(Canada)	566
(1) 일반 현황	566

(2) 제품 현황	566
(3) FCEV 관련 사업동향	567
5) Dana Holding Corporation (USA)	568
(1) 일반 현황	568
(2) 제품 현황	568
(3) FCEV 관련 사업동향	569
6) PowerDisc Development Corporation Ltd.(Canada)	571
(1) 일반 현황	571
(2) 제품 현황	571
7) Hydrogenics Corporation	572
(1) 일반 현황	572
(2) 제품 현황	572
(3) FCEV 관련 사업동향	574
8) Fuel Cell Energy Inc.(DFC: United States)	574
(1) 업체 일반현황	574
(2) 제품 현황	575
(3) FCEV 관련 사업동향	576
9) Versa Power Systems	576
(1) 업체 일반현황	576
10) ClearEdge Power (HT PEM)	577
(1) 일반 현황	577
(2) 제품 현황	577
(3) FCEV 관련 사업동향	578
11) UTC Power (PAFC: Prime Power: USA)	578
(1) 일반 현황	578
12) Oorja Protonics (DMFC, USA)	579
(1) 일반 현황	579
(2) 제품 현황	579
(3) FCEV 관련 사업 동향	580
13) Altery Systems (PEM: Backup Power, USA)	580
(1) 일반 현황	580
(2) 제품 현황	581
(3) FCEV 관련 사업동향	581
14) ReliOn Inc. (PEM: Backup Power and Off-grid Power: USA) ...	582

(1) 일반 현황	582
(2) 제품 현황	583
(3) FCEV 관련 사업동향	584
15) BIC Inc. (CANADA)	584
(1) 일반 현황	584
16) Plug Power Inc.(PEM: Industrial Vehicles: USA)	585
(1) 업체 일반현황	585
(2) 제품 현황	585
(3) FCEV 관련 사업동향	587
2-2. 아시아 지역 업체현황	588
1) Matsushita Electric(Panasonic Corporation)	588
(1) 업체 일반현황	588
(2) 특허 및 인증 현황	589
2) Mitsubishi Heavy Industries Ltd.(MHI)	590
(1) 업체 일반현황	590
(2) 사업 부문 현황	591
(3) 특허 및 인증 현황	591
3) JX Nippon Oil & Energy Corporation (SOFC: resCHP: Japan)	592
(1) 일반 현황	592
2-3. 유럽 지역 업체현황	594
1) Intelligent Energy (UK)	594
(1) 일반 현황	594
(2) 제품 현황	595
(3) FCEV 관련 사업동향	596
2) AFC Energy plc (AFC: Prime Power: UK)	597
(1) 일반 현황	597
(2) 제품 현황	598
(3) FCEV 관련 사업동향	598
3) Ceres Power Holdings plc (SOFC: resCHP: UK)	598
(1) 일반 현황	598
(2) 제품 현황	600
(3) FCEV 관련사업 동향	600
4) Ceramic Fuel Cells Ltd. (SOFC: resCHP: Australia)	600
(1) 일반 현황	600

(2) 제품 현황	601
(3) FCEV 관련사업 동향	602
5) Electro Power Systems SpA(PEM: Backup Power: Italy)	602
(1) 일반 현황	602
(2) 제품 현황	602
(3) FCEV 관련사업 동향	603
6) Dantherm Power (PEM: Backup Power and resCHP: Denmark) ..	603
(1) 일반 현황	603
(2) 제품 현황	603
7) Diverse Energy Ltd.(PEM: Off-grid Power: UK)	605
(1) 일반 현황	605
(2) 제품 현황	605
8) Nedstack (PEM: Stacks: Netherlands)	606
(1) 일반 현황	606
(2) 제품 현황	607
(3) FCEV 관련사업 동향	608
9) Tropical S.A.(PEM: resCHP and Backup Power: Greece)	609
(1) 일반 현황	609
(2) 제품 현황	609
(3) FCEV 관련사업 동향	611
10) H2logic (PEM: Range Extenders and Forklifts: Denmark)	612
(1) 일반 현황	612
(2) 제품 현황	613
(3) FCEV 관련 사업동향	613
11) SerEnergy A/S(HT PEM: Portable Generators: Denmark)	614
(1) 일반 현황	614
(2) 제품 현황	614
12) SFC Energy AG(DMFC: Portable Generators: Germany)	617
(1) 일반 현황	617
(2) 제품 현황	617
13) ACAL Energy Ltd. (UK)	618
(1) 일반 현황	618
(2) FCEV 관련사업 동향	619
14) Microcab Industries Ltd. (UK)	621

(1) 일반 현황	621
(2) 제품 현황	622
(3) FCEV 관련사업 동향	622

표 목 차

I. 연료전지 개발동향과 향후 전망	41
<표 I -1> 각종 연료전지의 이론효율과 기전력(起電力)	43
<표 I -2> 연료전지의 종류	47
<표 I -3> 수소, 메탄, 탄소의 연료전지 이론 효율 비교	57
<표 I -4> 해외 DCFC 기술 개발 현황	58
<표 I -5> 연료전지 종류에 따른 용량 및 용도	59
<표 I -6> 에너지원별 이용률 및 필요 설치면적 비교	61
<표 I -7> 자동차용 연료전지의 기대효과	63
<표 I -8> 연료전지 차량의 에너지 절감 및 환경 개선 효과	63
<표 I -9> 한국, 미국, 일본의 주요 R&D 프로그램 현황	66
<표 I -10> 해외의 수소연료전지차 실증 시범 사업	67
<표 I -11> 연료전지 관련정책 지원 해외동향	67
<표 I -12> 미국의 연료전지 관련정책 동향	69
<표 I -13> EU의 수소·연료전지 분야 연구개발 목표	77
<표 I -14> 일본의 R&D 프로그램에 배정된 예산	83
<표 I -15> 가정용 연료전지제품 규격(파나소닉사)	83
<표 I -16> 일본내 가정용 연료전지 공급 제조사 및 공급 연료 형태	84
<표 I -17> 수소충전소 주요 구성요소별 비용(2010년 2월 현재 기준)	87
<표 I -18> 국내 연료전지 R&D 필수연구항목 분석(예)	98
<표 I -19> 국내, 외 PEFC 기술 수준 비교	106
<표 I -20> 국내, 외 SOFC 기술 수준 비교	110
<표 I -21> 국내 주요 MCFC 개발 기관 및 내용	111
<표 I -22> 그린홈 백만호 보급사업 지원비율	116

<표 I -23> 국내 연료전지 관련 주요정책 현황	116
<표 I -24> 수소타운 시범사업 총사업비와 규모	118
<표 I -25> 주요 연구개발 지원 현황 및 예산(약 1,000억/년)	119
<표 I -26> 연료전지 중대형 연구개발 과제 지원현황	119
<표 I -27> 세계 연료전지 형태별 시장규모 추이	127
<표 I -28> 지역별 연료전지 시장전망(단위 : 억 엔)	129
<표 I -29> 수소 스테이션의 설치규모 전망	130
<표 I -30> FCEV 개발현황	134
<표 I -31> 일본 후지경제가 조사한 연료전지의 수요분야별 수요전망	141
<표 I -32> 국내 연료전지 주요기업 및 현황	145
<표 I -33> 국내 연료전지 시장규모 및 전망	146
<표 I -34> 모니터링 사업 업체별 참여 실적(2012.09)	146
<표 I -35> 국내 가정용 연료전지 보급현황(2012.09)	146
<표 I -36> 서울시 연료전지 시설 설치, 운영 현황(2012년말)	147
<표 I -37> 국내 연료전지 보급현황(2012년말)	147
<표 I -38> 국내 연료전지 시장전망	148
<표 I -39> SOFC 국내시장 규모 전망	151
<표 I -40> 국내 건물용 1kW 연료전지 시스템	151
<표 I -41> 에너지원별 이용률 및 필요 설치면적 비교	152
<표 I -42> 그린홈 보급사업 연료전지 분야 보급계획	153
<표 I -43> 수소기술관련 ISO/TC197 현황	156
<표 I -44> ISO/TC197 규격제정현황(2009년 기준)	157
<표 I -45> 국제 표준의 국내도입 현황	161

II. 수송용 연료전지, FCEV 관련 기술, 시장 동향과 전망 173

<표 II -1> 동력원에 따른 효율 비교	174
<표 II -2> FCEV의 개발 효과	174
<표 II -3> 국내 수소 생산능력 및 외부공급 가능량(단위 : Nm ³ /h)	180
<표 II -4> 수소 제조사별 공급(판매)물량 및 유통 방법별 비율	181
<표 II -5> 수전해 시스템의 기술요소	197
<표 II -6> 연료별 에너지밀도	201
<표 II -7> 기본적인 6가지 수소저장방법 및 특징	201
<표 II -8> 국내 FCEV(FCV) 국내·외 모니터링 및 실증사업 성과	211
<표 II -9> FCEV 개발현황	212

<표 II-10> 2009년 CaFCP FCEV 보급 설문결과 : FCEV 운행 수	218
<표 II-11> 2009년 캘리포니아 교통국의 계획 및 ZBus(Zero emission Bus) 규정에 따른 연료전지 버스 운행수	219
<표 II-12> 2008~2009년에 건설된 공공 수소충전소 현황	220
<표 II-13> 추가 신규건설 및 업그레이드/확장이 필요한 수소충전소	221
<표 II-14> FCEV와 인프라구조를 위한 DOE의 기술적 목표들	225
<표 II-15> EU의 수소·연료전지 분야 연구개발 목표	229
<표 II-16> 2015년 FCEVs의 상용화를 위한 기술 스펙	233
<표 II-17> 2015년부터 HRS를 가능하게 하는 기술 스펙	234
<표 II-18> H2Mobility roadmap에서 제시하는 UK의 표준 HRS size.	234
<표 II-19> 국가별 상위 출원인 현황	244
<표 II-20> 현대자동차(주) 프로필	265
<표 II-21> 현대자동차의 보유특허	268
<표 II-22> 현대자동차의 연구개발 동향	268
<표 II-23> Toyota Motor Corporation 프로필(2013.05)	269
<표 II-24> Honda 프로필(2013.05)	273
<표 II-25> Honda FCX 클라리티 제원	274
<표 II-26> Honda Motor의 연구개발 동향	276
<표 II-27> Honda Motor의 연도별 주요 특허 현황	276
<표 II-28> Honda Motor의 보유특허	276
<표 II-29> Nissan Motor Co Ltd. 프로필(2013.05)	277
<표 II-30> Nissan Motor의 연도별 주요 특허 현황	279
<표 II-31> Nissan Motor의 보유특허	280
<표 II-32> Nissan Motor의 연구개발 동향	280
<표 II-33> Daimler AG 프로필(2013.05)	281
<표 II-34> General Motors(GM) 프로필(2013.05)	285
<표 II-35> Ford Motor Company 프로필(2013.05)	288
<표 II-36> BMW AG 프로필(2013.05)	291
<표 II-37> Volkswagen AG 프로필(2013.05)	293
<표 II-38> Tata Motors Limited 프로필(2013.05)	296
Ⅲ. 수소스테이션·수소저장용기 동향과 전망	301
<표 III-1> 수소안전 세분류(細分類)	303
<표 III-2> 내부가역수소취화와 수소가스취화의 차이점	310

<표Ⅲ-3> 고압용기의 종류	316
<표Ⅲ-4> 국내 연료전지자동차의 수소저장 시스템	318
<표Ⅲ-5> 세계 연료전지자동차의 수소저장 시스템	319
<표Ⅲ-6> 현대·기아자동차에 납품되는 수소저장 시스템 구성	320
<표Ⅲ-7> 주요 국가별 수소충전소 수	330
<표Ⅲ-8> 각국의 FCEV 보급시기 및 수소스테이션 구축계획(누적)	331
<표Ⅲ-9> 북미 및 유럽의 70 MPa 수소스테이션에 대한 주요 부품 제원	331
<표Ⅲ-10> 글로벌 수소 스테이션 운영 현황	332
<표Ⅲ-11> 시나리오별 수소경제 전망	332
<표Ⅲ-12> 유럽의 수소스테이션 구축 시나리오	337
<표Ⅲ-13> 수소연료전지차 모니터링사업시 차량 운영기관	350
<표Ⅲ-14> 국내 수소스테이션 건설 계획	352
<표Ⅲ-15> 화석연료 개질 수소제조 기술 보유기관 및 연구내용	353
<표Ⅲ-16> 국내 주요 수소스테이션에 대한 충전설비 주요 부품 제원	354
<표Ⅲ-17> 지에스칼텍스(주) 프로필(2013.05)	356
<표Ⅲ-18> 한국가스공사 프로필(2013.05)	357
<표Ⅲ-19> SK이노베이션(주) 프로필(2013.05)	359
<표Ⅲ-20> 동덕산업가스 프로필(2013.05)	360
<표Ⅲ-21> ㈜SPG Chemical 프로필(2013.05)	361
<표Ⅲ-22> SPG케미칼이 공급하는 수소	362
<표Ⅲ-23> Air Liquide 프로필(2013.05)	364
<표Ⅲ-24> Air Products 프로필(2013.05)	367
<표Ⅲ-25> Atlantic Hydrogen Inc. (AHI) 프로필(2013.05)	371
<표Ⅲ-26> Blue Fuel Energy Corporation 프로필(2013.05)	373
<표Ⅲ-27> Enbridge Inc. 프로필(2013.05)	375
<표Ⅲ-28> Hydrogen Technology & Energy Corporation 프로필	376
<표Ⅲ-29> Powertech Labs Inc. 프로필(2013.05)	378
<표Ⅲ-30> Western Hydrogen 프로필(2013.05)	380
<표Ⅲ-31> ITM Power프로필(2013.05)	382
<표Ⅲ-32> HPac 10 과 HPac 40 의 제원	383
<표Ⅲ-33> Linde AG 프로필(2013.05)	387
<표Ⅲ-34> Linde Hydrogen Center in Munich, Germany의 제원	390
<표Ⅲ-35> Proton OnSite 프로필(2013.05)	391

IV. 국내외 연료전지 관련 업체 사업현황	395
<표IV-1> 연료전지 주요 구성 부품별 규모와 성장율	395
<표IV-2> 국내 연료전지 관련 주요기업	397
<표IV-3> (주)거봉한진 프로파일	398
<표IV-4> (주)경동나비엔 프로파일	399
<표IV-5> 나라셀텍(주) 프로파일	401
<표IV-6> (주)뉴인텍 업체 프로파일	403
<표IV-7> (주)단단 프로파일	405
<표IV-8> 대양산업 프로파일	407
<표IV-9> 대원강업(주) 업체 프로파일	409
<표IV-10> 대정화금(주) 프로파일	410
<표IV-11> 대정화금(주)의 특허 현황	412
<표IV-12> 대정화금(주)의 연구과제 수행 현황	412
<표IV-13> 대주전자재료(주) 프로파일	413
<표IV-14> 동아공업(주) 프로파일	415
<표IV-15> (주)동아화성 프로파일	416
<표IV-16> (주)동진씨미켄 업체 프로파일	417
<표IV-17> 두산중공업(주) 프로파일	419
<표IV-18> 두산중공업의 보유특허	422
<표IV-19> 두산중공업의 연구개발 동향	422
<표IV-20> (주)디에치엠 프로파일	423
<표IV-21> (주)랩웍스 업체 프로파일	424
<표IV-22> 명화공업(주) 프로파일	426
<표IV-23> (주)보림 프로파일	427
<표IV-24> (주)백셀 프로파일	428
<표IV-26> (주)백셀이 수행한 국책과제 목록	430
<표IV-27> 삼성에버랜드(주) 프로파일	431
<표IV-28> 삼성엔지니어링(주) 프로파일	433
<표IV-29> 삼성에스디아이(주) 프로파일	434
<표IV-30> 삼성SDI의 보유특허	436
<표IV-31> 삼성SDI의 연도별 주요 특허 현황	436
<표IV-32> 삼성SDI의 연구개발 동향	437
<표IV-33> 삼성전기(주) 프로파일	437
<표IV-34> (주)삼천리 프로파일	438

<표IV-35> (주)서머텍코리아 프로파일	440
<표IV-36> 세종공업(주) 업체 프로파일	441
<표IV-37> 승림카본금속(유) 프로파일	446
<표IV-38> (주)씨엔엘에너지 프로파일	449
<표IV-39> (주)씨엠테크 프로파일	453
<표IV-40> (주)에코넥스 업체 프로파일	454
<표IV-41> (주)에코프로 프로파일	458
<표IV-42> (주)에프셀텍 프로파일	459
<표IV-43> LIG넥스원(주) 업체 프로파일	460
<표IV-44> 엘에스산전(주) 프로파일	463
<표IV-45> 엘지전자(주) 프로파일	467
<표IV-46> 엘지퓨얼셀시스템즈코리아(주) 프로파일	468
<표IV-47> (주)엘지화학 프로파일	469
<표IV-48> (주)엘캠텍 프로파일	471
<표IV-49> 오-텍(주) 업체 프로파일	475
<표IV-50> 오선텍(주) 프로파일	476
<표IV-51> 오선텍의 휴대용 발전기 제원	480
<표IV-52> (주)오토엔 프로파일	481
<표IV-53> (주)원아테크 프로파일	483
<표IV-54> 이엠코리아(주) 프로파일	486
<표IV-56> PEM형 수소발생장치(Proton Exchange Membrane)	490
<표IV-57> (주)인더스원 업체 프로파일	492
<표IV-58> 인더스원에서 판매하는 EFOY Pro Series 의 제원	493
<표IV-59> 일도에프엔씨(주) 프로파일	493
<표IV-60> 일도F&C EDM(흑연전극)의 재질특성	495
<표IV-61> (주)제이앤티씨 프로파일	496
<표IV-62> 지에스퓨얼셀(주) 프로파일	498
<표IV-63> 소형 연료전지 시스템 'Ecogener' 제원	500
<표IV-64> GS퓨얼셀의 연구개발 동향	500
<표IV-65> 지엠비코리아(주) 업체 프로파일	501
<표IV-66> (주)지필로스 프로파일	503
<표IV-67> (주)진영정기 프로파일	505
<표IV-68> (주)창성 프로파일	506
<표IV-69> (주)코미코 프로파일	509

<표IV-70> (주)코오롱 프로필	515
<표IV-71> (주)코캣 프로필	518
<표IV-72> 트윈에너지(주) 프로필	521
<표IV-73> (주)포스코 프로필	522
<표IV-74> 포스코의 연료전지 보유특허	523
<표IV-75> 포스코의 연구개발 동향	523
<표IV-76> 포스코에너지(주) 프로필	524
<표IV-77> 포스코 에너지의 100kW 건물용 연료전지의 체원	527
<표IV-78> (주)퓨얼셀파워 프로필	527
<표IV-79> 퓨얼셀파워 연료전지 시스템 설치사례	530
<표IV-80> 퓨얼셀파워의 연구개발 동향	531
<표IV-81> 퓨얼셀파워의 기술 현황	531
<표IV-82> 퓨얼셀파워의 보유특허	531
<표IV-83> (주)프로파워 업체 프로필	532
<표IV-84> (주)플라스포 프로필	535
<표IV-85> 필코전자(주) 업체 프로필	537
<표IV-86> 한국전력공사 프로필	539
<표IV-87> 한국타이어(주) 프로필	541
<표IV-88> 미국 에너지 관리성의 연도별로 제시한 자동차용 분리판 물성 및 제조비용 목표	543
<표IV-89> 한라비스테온공조(주) 프로필	544
<표IV-90> (주)한창 프로필	545
<표IV-91> 현대하이스코(주) 프로필	546
<표IV-92> (주)효성 프로필	549
<표IV-93> 희성축매(주) 프로필	552
<표IV-94> Ballard Power Systems Inc. 프로필(2013.05)	554
<표IV-95> Ballard Power Systems Inc.의 생산품목-stacks & Modules	555
<표IV-96> Ballard Power Systems Inc.의 생산품목-Systems	556
<표IV-97> Ballard Power Systems의 보유특허	561
<표IV-98> Ballard Power Systems의 연도별 주요 특허 현황	561
<표IV-99> Ballard Power Systems의 연구개발 동향	561
<표IV-100> Bloom Energy corp. 프로필(2013.05)	562
<표IV-101> Bloom Energy Server 제품군 체원	562
<표IV-102> Bloom Energy의 보유특허	563

<표IV-103> Bloom Energy의 연도별 주요 특허 현황	563
<표IV-104> Bloom Energy의 연구개발 동향	564
<표IV-105> AFCC 프로필(2013.05)	564
<표IV-106> Dynetek Industries Ltd. 프로필(2013.05)	566
<표IV-107> Dana Holding Corporation 프로필(2013.05)	568
<표IV-108> PowerDisc Development Corporation Ltd. 프로필(2013.05)	571
<표IV-109> Hydrogenics Corporation 프로필(2013.05)	572
<표IV-110> Fuel Cell Energy Inc. 프로필(2013.05)	574
<표IV-111> Versa Power Systems 프로필(2013.05)	576
<표IV-112> ClearEdge Power 프로필(2013.05)	577
<표IV-113> UTC Power 프로필(2013.05)	578
<표IV-114> Oorja Protonics 프로필(2013.05)	579
<표IV-115> Altery Systems 프로필(2013.05)	581
<표IV-116> ReliOn Inc. 프로필(2013.05)	582
<표IV-117> ReliOn Inc.의 제품 제원-1	583
<표IV-118> ReliOn Inc.의 제품 제원-2	584
<표IV-119> BIC Inc. 프로필(2013.05)	584
<표IV-120> Plug Power Inc. 프로필(2013.05)	585
<표IV-121> Series 3000 제원	586
<표IV-122> Series 2000 제원	586
<표IV-123> Series 1000 제원	587
<표IV-124> Panasonic Corporation 프로필(2013.05)	588
<표IV-125> Matsushita Electric의 보유특허	589
<표IV-126> Mitsubishi Heavy Industries Ltd.(MHI) 프로필(2013.05)	590
<표IV-127> MHI의 발전분야 사업 내역(2012.12)	591
<표IV-128> Mitsubishi의 연구개발 동향	592
<표IV-129> Mitsubishi의 보유특허	592
<표IV-130> Mitsubishi의 연도별 주요 특허 현황	592
<표IV-131> JX Nippon Oil & Energy Corporation 프로필(2013.05)	593
<표IV-132> Intelligent Energy 프로필(2013.05)	594
<표IV-133> AFC Energy plc 프로필(2013.05)	597
<표IV-134> Ceres Power Holdings plc 프로필	599
<표IV-135> Ceramic Fuel Cells Ltd. 프로필(2013.05)	601
<표IV-136> BlueGen™의 제원	601

<표IV-137> Electro Power Systems SpA 프로필(2013.05)	602
<표IV-138> Dantherm Power 프로필(2013.05)	603
<표IV-139> Diverse Energy Ltd. 프로필(2013.05)	605
<표IV-140> Electro Power Systems 프로필(2013.05)	606
<표IV-141> Tropical S.A. 프로필(2013.05)	609
<표IV-142> H2logic 프로필(2013.05)	612
<표IV-143> SerEnergy A/S 프로필(2013.05)	614
<표IV-144> SFC Energy AG 프로필(2013.05)	617
<표IV-145> EFOY Pro Series 의 제원	618
<표IV-146> SFC Energy AG 프로필(2013.05)	619
<표IV-147> Microcab Industries Ltd. 프로필(2013.05)	621

그림목차

I. 연료전지 개발동향과 향후 전망	41
<그림 I -1> 연료전지의 원리	41
<그림 I -2> 연료전지 작동원리	42
<그림 I -3> 용도에 따른 전력 요구 용량 비교	44
<그림 I -4> 연료전지의 구조도	46
<그림 I -5> 연료전지 발전시스템 구성도	46
<그림 I -6> AFC의 원리	48
<그림 I -7> PAFC의 원리	49
<그림 I -8> MCFC의 원리	51
<그림 I -9> SOFC의 원리	52
<그림 I -10> SOFC 시스템의 공급망	54
<그림 I -11> PEMFC의 원리	54
<그림 I -12> PEMFC 시스템의 공급망	55
<그림 I -13> 직접 탄소 연료전지 개념도	56
<그림 I -14> 연료전지의 효율 비교	58
<그림 I -15> 연료전지 발전시스템의 친환경성	59
<그림 I -16> 연료전지의 운전온도와 출력별 분류에 의한 용도별 분류	60
<그림 I -17> 연료전지 자동차 구조도	61
<그림 I -18> 미국의 수송분야별 시나리오에 의한 이산화탄소 배출 수준 비교	64
<그림 I -19> IEA '450 시나리오' 중 그린카 시장 전망	64
<그림 I -20> 전세계 수소 연료전지 자동차 실증사업 현황	68
<그림 I -21> 녹색기술 고효율 수소제조 및 수소저장기술	70
<그림 I -22> EU의 수소연료전지 R&D 프로그램 FCH-JU의 프로젝트 전략	76

<그림 I -23> 4 종류의 물질 속에 캡슐화된 플러렌 C60.	80
<그림 I -24> 일본의 수소연료전지 R&D 프로그램 전략 NEDO	82
<그림 I -25> 가정용 연료전지 시스템의 구조 및 효율	85
<그림 I -26> 일본의 가정용 연료전지 보급 현황	85
<그림 I -27> 도시바 가정용 연료전지 효율 및 이산화탄소 저감율	86
<그림 I -28> JHFC 운영에 따른 수소스테이션 설치 현황(2010.2월 현재)	88
<그림 I -29> 내구성이 우수한 고온 PEM 연료 전지	90
<그림 I -30> 면심입방구조(fcc)를 가진 신규 루테튬 나노입자와 이산화탄소의 산화반응	93
<그림 I -31> 국내 연료전지 R&D 현황	99
<그림 I -32> 방과제의 테트라포드 구조에 영감을 얻은 매우 효율적인 전기축매.	102
<그림 I -33> 연료전지 관련 정부 정책 방향	115
<그림 I -34> 후쿠오카“수소타운”전경	118
<그림 I -35> 연료전지 상용화에 대한 전략	121
<그림 I -36> 연료전지 R&D추진 방안	122
<그림 I -37> 연료전지 단계별 산업화 추진 전략	123
<그림 I -38> 수소 제조기술별 생산비용 및 이산화탄소 배출량	125
<그림 I -39> 연료전지시스템 가격 전망	125
<그림 I -40> 배터리전기구동자동차 가격 전망	126
<그림 I -41> 에너지원별 피워트레인의 에너지효율 비교	126
<그림 I -42> 연료전지 세계시장 전망	129
<그림 I -43> 주요 스택 부품 시장전망	130
<그림 I -44> 애플리케이션별 판매용량 및 지역별판매용량(MW)	131
<그림 I -45> 주요 자동차기업의 FCEV 양산계획	135
<그림 I -46> Portable Fuel Cell Revenue by Application, Asia Pacific: 2011-2017	138
<그림 I -47> Stationary Fuel Cell Revenue by Country of Manufacture, Asia Pacific: 2011-2017	138
<그림 I -48> Light-Duty Car and Truck Fuel Cell Vehicle Revenue, Asia Pacific: 2015-2020	139
<그림 I -49> MWs of Fuel Cell Products Shipped by Electrolyte, World Markets: 2009-2011	139
<그림 I -50> Fuel Cell Light Duty Vehicle Sales by Region,	

World Markets: 2013-2030	140
<그림 I -51> Military Fuel Cell Revenue by Application, U.S. DOD: 2011-2017	140
<그림 I -52> 국내 1kW 연료전지 및 연료전지발전소 설치 현황	144
<그림 I -53> 연료전지 생산량 연도별 추이	144
<그림 I -54> 포스코파워社의 MCFC 설치현황	149
<그림 I -55> 신재생 에너지 구매지원 제도	153
<그림 I -56> IEC TC105 규격제정현황	158
<그림 I -57> IEC/TC 105 규격현황	159
<그림 I -58> IEC/TC105 Structure	162
II. 수송용 연료전지, FCEV 관련 기술, 시장 동향과 전망	173
<그림 II-1> 고압 수소 운송용 수소 튜브트레이일러	179
<그림 II-2> 공급체별, 운송 방법별 시장 점유율	183
<그림 II-3> 태양광 집적장치	187
<그림 II-4> 서울 상암동의 수소스테이션.	189
<그림 II-5> 광전기화학적 수소제조 연구 추진전략	190
<그림 II-6> 물전기분해 셀의 전류밀도-전압 관계	197
<그림 II-7> 고압 수소 저장용기	206
<그림 II-8> 고압 수소 저장용기 350bar / 700bar	207
<그림 II-9> 암모니아 에너지 시스템	209
<그림 II-10> 국내 FCEV 개발 동향	211
<그림 II-11> 2050년 캘리포니아 온실가스감축목표 달성을 위한 상용화 성공 경로	215
<그림 II-12> 2015년 FCEV 상용화에 따른 오일소비추이	217
<그림 II-13> 2015년 FCEV 상용화에 따른 온실가스배출량 추이	217
<그림 II-14> 자동차 메이저업체들의 대표적 FCEV들	219
<그림 II-15> IEA의 이산화탄소 배출전망과 부문별 할당량	229
<그림 II-16> 파워트레인 포트폴리오 구성	230
<그림 II-17> 세가지 시나리오의 가정	232
<그림 II-18> H2 Mobility 프로젝트 1단계 참여 업체	233
<그림 II-19> 독일의 수소 인프라구축 계획	238
<그림 II-20> 일본의 FCVs상용화 기술 개발 정도	239
<그림 II-21> 일본의 연료전지 상업화 시나리오	240

<그림 II-22> 일본 차세대 자동차 기술 로드맵	240
<그림 II-23> 국내 수송부문 온실가스 배출 추이	249
<그림 II-24> 2008-2012년도 연간 선적 유닛	253
<그림 II-25> 2008-2012년도 연간 선적 메가와트	254
<그림 II-26> UK의 소비자는 구입비용절감과 HRS 네트워크 확장에 따라 FCEVs를 요구함.	259
<그림 II-27> 세계 수소연료의 수요량 전망	260
<그림 II-28> 아태지역에서의 소형 승용차와 트럭 FCEV의 수익예상	261
<그림 II-29> 현대자동차 FCEV 개발 로드맵	267
<그림 II-30> Toyota의 FCHV-adv	270
<그림 II-31> Toyota와 히노자동차가 공동으로 개발한 연료전지 버스	271
<그림 II-32> Next-generation fuel-cell concept "FCV-R"	272
<그림 II-33> Honda FCX 클라리티 패키지	273
<그림 II-34> 혼다의 FCX	275
<그림 II-35> NISSAN의 FCV	278
<그림 II-36> 닛산의 차세대 연료전지 스택 Key Tech.	279
<그림 II-37> 다임러의 F-Cell	284
<그림 II-38> Chrysler ecoVoyager concept car	284
<그림 II-39> GM의 하이드로젠3, GM의 캐딜락 프로보크 컨셉트카	285
<그림 II-40> GM의 FCEV 개발 이정표	287
<그림 II-41> GM의 하이드로젠 4	288
<그림 II-42> Ford자동차의 포커스 세단 FCV	289
<그림 II-43> Ford자동차의 '엣지 위즈 하이시리즈 드라이브'	290
<그림 II-44> BMW가 2008년 한국에 시승을 위해 들여왔던 하이드로젠7	292
<그림 II-45> 티구안 하이모션 퓨얼 셀 컨셉트	294
<그림 II-46> 수륙양용 호버크래프트 컨셉트 폭스바겐 아쿠아	294
<그림 II-47> 아우디의 연료전지를 단 A7	295
III. 수소스테이션 • 수소저장용기 동향과 전망	301
<그림 III-1> 수소 연구분야 및 수소 안전 분류도	302
<그림 III-2> 미국의 수소와 연료전지 개발 조직도	305
<그림 III-3> 유럽의 HySafe에 의한 수소손상 프로세스 분류법	311
<그림 III-4> ㈜케이시알 나노복합 수소저장탱크(좌)와 일본 AIST사 ClaistTM 수소차단막(우)	313

<그림Ⅲ-5> KRISS 개발 2층구조 수소차단막 원리	314
<그림Ⅲ-6> 순수 수소 분위기하에서의 차단막 성능 측정 결과	314
<그림Ⅲ-7> 수소용기의 장착위치	317
<그림Ⅲ-8> 수소저장 시스템 : 제2세대(좌)와 제3세대 연료전지자동차(우) ·	317
<그림Ⅲ-9> 퀀텀이 GM과 공동으로 개발한 수소저장 시스템 구성	320
<그림Ⅲ-10> 지요다사의 수소 공급망 개념도	323
<그림Ⅲ-11> 수소에너지의 생산, 저장, 운반, 이용	324
<그림Ⅲ-12> 상용 인프라 모델에 의한 수소 가격	327
<그림Ⅲ-13> 수송용 연료전지 가격추이(Daimler)	328
<그림Ⅲ-14> 자동차메이커의 연료전지차 판매예상(도요타)	329
<그림Ⅲ-15> 세계 주요 수소충전소 설치 운영 현황	331
<그림Ⅲ-16> 미국 캘리포니아내 수소스테이션 현황	333
<그림Ⅲ-17> 캐나다 브리티시 컬럼비아내 수소스테이션	335
<그림Ⅲ-18> EU 수소 스테이션 현황	336
<그림Ⅲ-19> 수소인프라 투자비용 전망	338
<그림Ⅲ-20> UK H2Mobility 진행도	338
<그림Ⅲ-21> 수소 충전을 위해 HRS까지의 운행거리에 대한 조사 결과	339
<그림Ⅲ-22> UK내 HRS 숫자와 규모 예상	339
<그림Ⅲ-23> HRS network 2015 to 2030.	341
<그림Ⅲ-24> 독일 NRW내 수소스테이션 현황	343
<그림Ⅲ-25> 일본내 수소스테이션 건설 및 실증 현황	344
<그림Ⅲ-26> JHFC 프로젝트에 의해 설치된 일본내 수소충전소의 현황	345
<그림Ⅲ-27> 국내 수소스테이션 현황	347
<그림Ⅲ-28> 세종시 수소스테이션 위치도	348
<그림Ⅲ-29> Simplified diagram of an air separation unit's operation	367
<그림Ⅲ-30> CarbonSaver을 이용한 청정에너지 공급 및 에너지 저장	372
<그림Ⅲ-31> CarbonSaver을 통해 천연가스가 고형의 카본과 수소 가로 분리됨.	372
<그림Ⅲ-32> Blue Fuel Process	374
<그림Ⅲ-33> Integration of Blue Fuel and MegaMethanol processes	374
<그림Ⅲ-34> The IWHUP 개념도와 파트너의 역할분담도	378
<그림Ⅲ-35> The Hydrogen Assisted Renewable Power (HARP) system	379
<그림Ⅲ-36> 모듈화된 소형 수소충전소	380
<그림Ⅲ-37> Molten Salt Gasification (MSG) 공정도	382

<그림Ⅲ-38> Linde Gas 의 사업영역도	389
<그림Ⅲ-39> 수소생산 과정도	389

IV. 국내외 연료전지 관련 업체 사업현황 395

<그림Ⅳ-1> 연료전지 분야 시장점유율	396
<그림Ⅳ-2> 자동차용 연료전지분야 시장점유율	396
<그림Ⅳ-3> ㈜단단의 Plasma Spray Coating의 메커니즘	406
<그림Ⅳ-4> 대주전자재료(주)의 연료전지 개발현황.	414
<그림Ⅳ-5> 두산중공업의 연료전지 로드맵	421
<그림Ⅳ-6> 명화공업이 생산하는 기계식, 전동식 워터펌프	427
<그림Ⅳ-7> ㈜씨엔엘에너지가 공급하는 Fc 테스트 장비들	451
<그림Ⅳ-8> 전기직구동 시스템 InWheel™의 모델	457
<그림Ⅳ-9> LIG넥스원의 군수용 연료전지 적용 분야	462
<그림Ⅳ-10> LIG넥스원의 연료전지 시스템과 지휘소용 1kW급 연료전지 시스템 개념도	462
<그림Ⅳ-11> LIG넥스원의 연료전지 탑재 무인항공기(쿼드로터) 시스템과 개념도	463
<그림Ⅳ-12> EV와 FCEV 자동차용 릴레이	466
<그림Ⅳ-13> 친환경 SWAGR & 컨퍼런스 연구	466
<그림Ⅳ-14> 수소발생기 시스템 H2Gen-on의 제원	473
<그림Ⅳ-15> 원아테크의 FC테스트 장비	485
<그림Ⅳ-16> 원아테크의 단채널 Potentiostat / Galvanostat	486
<그림Ⅳ-17> 수소가스 발생 시스템	487
<그림Ⅳ-18> 아쿠아가스발생 시스템	487
<그림Ⅳ-19> 알칼리형 수소발생장치	488
<그림Ⅳ-20> PEM형 수소발생장치	489
<그림Ⅳ-21> 가정용 수소 하이브리드 시스템	491
<그림Ⅳ-22> 일도F&C의 생산제품 현황.	494
<그림Ⅳ-23> EDM 제품 사진	495
<그림Ⅳ-24> GMB코리아의 EWP 이미지	502
<그림Ⅳ-25> ㈜진영정기의 플랜트 연계형 MW급 내부개질형 MCFC 모듈 및 시스템 국산화 기술	506
<그림Ⅳ-26> 평판형 단전지	511
<그림Ⅳ-27> 마이크로 튜브형 단전지	512

<그림 IV-28> 코미코의 '큐브파워(QubePower™)	513
<그림 IV-29> 퓨얼셀파워의 막전극집합체(MEA)	529
<그림 IV-30> 연료전지에 쓰이는 퓨얼셀파워의 스택별 제원	530
<그림 IV-31> 프로파워가 연구한 정부 국책과제연구의 결과물	534
<그림 IV-32> 한국타이어(주)의 양극분리판 대량생산 계획.	543
<그림 IV-33> 현대하이스코의 핵심역량 및 차별화 포인트	547
<그림 IV-34> 엔지니어링 서비스 포트폴리오	557
<그림 IV-35> AFCC가 개발에 참여한 FCEV량들 연표	565
<그림 IV-36> Degradation of Bipolar Plates (Identical Designs)	570
<그림 IV-37> Power-to-Gas networks system	573
<그림 IV-38> DCF-ERG 구조 및 작동 설명	575
<그림 IV-39> OorjaPac™ Model III의 제원과 이미지	580
<그림 IV-40> Matsushita Electric의 연도별 주요 특허 현황	589
<그림 IV-41> Matsushita Electric의 연구개발 동향	590
<그림 IV-42> MHI에서 계획 중인 연료전지 발전소 개념.	591
<그림 IV-43> 산업용 대용량 AFC 설비	598
<그림 IV-44> The unique metal supported cell, stack and FCM	599
<그림 IV-45> 가정용 mCHP 개요 및 구조도	600
<그림 IV-46> ElectraGen™-H2 제원	604
<그림 IV-47> ElectraGen™-ME 제원	604
<그림 IV-48> PowerCube의 작동 개념도	606
<그림 IV-49> Nedstack의 표준 생산품 범위와 일반적인 응용	607
<그림 IV-50> Nedstack사의 Fuel Cell Stack	608
<그림 IV-51> Electric transport Sustainability without loss of mobility ...	612
<그림 IV-52> 48시간만에 설치한 H2Station CAR-100	613
<그림 IV-53> SFC에너지의 연료전지 개념도	618
<그림 IV-54> FlowCath Redox reaction	619
<그림 IV-55> FlowCath Cell balance	619
<그림 IV-56> E4Tech mass market cost assessment	621