

목 차

- 1. 수소경제 대응 전략과 미래 전망35**
- 1. 수소경제 개요 35
 - 1-1. 수소경제의 의미 및 파급효과 35
 - 1) 수소경제 의미 35
 - 2) 수소경제의 파급효과 39
 - (1) 수소경제 활성화의 경제적 파급효과 39
 - (2) 수소경제 활성화의 환경적 파급효과 43
 - 1-2. 수소 공급 Value Chain 46
 - 1) 수소의 생산 46
 - (1) 수소 생산기술 분류 46
 - (2) 수전해 기술 종류 및 동향 49
 - 2) 수소의 저장 52
 - 3) 수소의 운송 52
 - 4) 수소충전소 55
 - (1) 수소충전소 개요 55
 - (2) 국내 수소 충전 인프라 현황 58
 - (3) 해외 수소 충전 인프라 현황 59
- 2. 수소 관련 시장 현황 및 정책 동향 65
 - 2-1. 글로벌 수소 관련 시장 현황 및 전망 65
 - 1) 재생에너지 시장 현황 및 전망 65
 - 2) 수소 시장 현황 및 전망 66
 - 2-2. 국내 수소 관련 시장 및 정책 동향 67
 - 1) 수소경제 활성화 추진방안 67
 - (1) 세계 최고수준의 수소 활용체계 구축 67
 - (2) 안정적·보편적 공급 시스템 확충 78
 - (3) 수소경제 산업생태계 조성 87
 - (4) 수소경제 안전성 확보 95
 - 2) 국내 수소 시장 전망 97
 - 2-3. 주요국 수소 관련 시장 및 정책 동향 98
 - 1) 일본 98
 - (1) 일본 수소·연료전지 전략 로드맵 98

(2) 일본의 가정용 연료전지 시장	123
2) 중국	125
(1) 중국 수소연료전지자동차 관련 정책	125
(2) 중국 수소연료전지자동차 시장	131
3) 미국	133
(1) 미국 수소산업 추진배경 및 발전전략	133
(2) 미국 연료전지 시장 및 정책 동향	134
4) 독일	137
(1) 독일 수소산업 시장 동향 및 현황	137
(2) 독일 수소경제 인프라 구축 현황 및 계획	145
(3) 독일의 수소 모빌리티 및 연료전지	152
5) 프랑스	161
(1) 프랑스 수소에너지 개발 정책	161
(2) P2G 수전해 실증단지 구축 프로젝트	162
(3) 수소 전기 모빌리티 발전현황	164
6) 호주	166
(1) 호주 수소산업 추진배경 및 전망	166
(2) 호주 수소산업 추진 사례	166

II. 연료전지 연관 기술개발 및 시장 전망171

1. 연료전지 개요 및 시장 전망	171
1-1. 연료전지 정의 및 종류	171
1) 연료전지의 정의 및 구성	171
2) 연료전지의 종류 및 특징	175
(1) 전해질 종류에 따른 연료전지 분류	175
(2) 용도별 연료전지 분류	182
(3) 연료전지 특징	187
(4) 차세대 연료전지	188
3) 연료전지 산업 특징 및 구조	191
1-2. 국내외 연료전지 시장 동향	193
1) 글로벌 연료전지 시장 현황 및 전망	193
2) 국내 연료전지 시장 현황 및 전망	197
(1) 국내 연료전지 시장 전망	197
(2) 국내 연료전지 주요업체 비교	200
2. 수소연료전지자동차 시장 및 기술개발 동향	205
2-1. 수소연료전지자동차 특징	205

1) 수소연료전지자동차 정의 및 특징	205
2) 수소연료전지자동차 보급 문제점	207
3) 수소연료전지자동차 가치사슬	210
2-2. 수소연료전지자동차 시장 동향	213
1) 국내외 수소연료전지자동차 시장 동향	213
2) 글로벌 완성차 업체별 수소연료전지자동차 판매 전략	218
(1) 일본 도요타	219
(2) 일본 혼다	220
(3) 독일 아우디	220
(4) 독일 폭스바겐	221
(5) 독일 메르세데스 벤츠	221
(6) 미국 GM	221
(7) 한국 현대자동차	222
2-3. 수소연료전지자동차 기술개발 동향	223
1) 수소연료전지자동차 구성장치 및 인프라 기술	223
(1) 연료전지스택	224
(2) 운전장치	225
(3) 전장장치	227
(4) 수소저장장치	228
(5) 인프라 기술	229
2) 수소연료전지자동차 관련 기술개발 동향 및 특허 현황	229
(1) 수소연료전지자동차 관련 기술개발 동향	229
(2) 수소연료전지자동차 관련 특허 현황	231
3. 연료전지 발전 분산형 전원 산업 동향	234
3-1. 분산형 전원 개요	234
1) 분산형 전원의 필요성	234
2) 분산형 전원 개념	235
3) 분산형 전원 현황 및 보급전망	236
(1) 분산형 전원의 현황	236
(2) 분산형 전원의 보급 전망	237
(3) 분산형전원의 전력 계통 연계 현황 및 문제점	239
3-2. 연료전지 발전 기반 분산형 전원	241
1) 연료전지 발전 기반 분산형 전원 특징	241
2) 연료전지 발전 산업 국내 동향	242
3) 발전용 연료전지 SOFC 보급 현황 및 과제	248
(1) 국내 SOFC 도입 현황	248

(2) SOFC 관련 제도 마련	250
(3) SOFC 보급 확대 과제	252
3-3. 신재생에너지와 분산전원	253
1) 신에너지 산업 동향 및 전망	253
(1) 신에너지 산업 동향	253
(2) 주요 에너지원별 동향	254
(3) 신재생에너지 산업 전망	257
2) 재생에너지 보급 현황 및 정책 추진 경과	259
(1) 재생에너지 3020 이행계획	259
(2) 제3차 에너지기본계획	262
(3) 재생에너지 보급 현황	270
(4) 재생에너지 관련 정책 추진 경과	272
3) 재생에너지와 프로슈머	275
(1) 새로운 에너지 서비스	275
(2) 프로슈머의 잉여전력 거래 시장(상계거래, P2P)	276
(3) 전력중개사업과 가상발전소(VPP)	277
(4) 수요반응(DR) 시장	277
3-4. 가상발전소(VPP)	279
1) 국내 전력시장 변화와 가상발전소	279
(1) 국내 전력시장 변화	279
(2) 가상발전소	285
2) 수요자원 거래시장	287
(1) 수요자원 거래시장 개요	287
(2) 수요자원 거래시장 현황	288
3) 소규모 전력중개시장	290
(1) 소규모 전력중개시장 개요	290
(2) 소규모 전력중개시장 현황	292
4) 국내 가상발전소 전망	294
4. 연료전지 연관 유망 기술 동향	296
4-1. P2X(P2G) 기술개발 및 정책 동향	296
1) P2X 기술 개요	296
(1) P2X 개념 및 범위	296
(2) P2X 요소 기술	298
(3) P2X 기술 개발 수준	301
(4) P2X 기술의 특징	302
2) P2X 국내외 정책 및 연구 동향	303

(1) 국가별 P2X 정책 동향	303
(2) P2X 프로젝트 동향	305
4-2. CCS 기술개발 및 정책 동향	311
1) CCS 기술개발 배경	311
2) CCS·CCU·CCUS 기술 정의 및 비교	313
(1) CCS 기술 정의 및 공정	313
(2) CCU 및 CCUS 기술 개념	315
3) CCS·CCU 관련 정책 및 기술개발 동향	318
(1) 미국	318
(2) 유럽	324
(3) 호주	328
(4) 일본	331
(5) 국내	335
4-3. ESS 기술개발 및 시장·정책 동향	338
1) 에너지저장장치(ESS) 정의 및 종류	338
(1) 에너지저장장치(ESS) 정의 및 구성	338
(2) 에너지저장장치(ESS) 종류	339
2) 에너지저장장치(ESS) 활용 분야	341
(1) 전기자동차용 ESS	341
(2) 주파수조정용(Frequency Regulation, FR) ESS	342
(3) 수요관리용(Demand Response, DR) ESS	343
(4) 신재생에너지용 ESS	344
3) 에너지저장장치(ESS) 구축 사례	345
(1) 한국전력공사의 주파수 조정용 ESS 시범사업	345
(2) 한국전기연구원의 수요관리용 ESS	345
(3) 한국전기연구원의 ESS 시험평가시스템	346
4) 에너지저장장치(ESS) 시장 현황	347
(1) 에너지저장장치(ESS) 해외 시장 현황	347
(2) 에너지저장장치(ESS) 국내 시장 현황	349
5) 에너지저장장치(ESS) 정책 동향	351
(1) 에너지저장장치(ESS) 산업과 RPS 제도	351
(2) 국가별 에너지저장장치(ESS) 도입 목적	353
(3) 국내 에너지저장장치(ESS) 정책 동향	353
(4) 독일의 에너지저장장치(ESS) 정책 동향	354
(5) 유럽의 PCI 프로젝트	355
6) 에너지저장장치(ESS) 기술 동향	356
(1) 에너지저장장치(ESS) 기술 필요성	356

(2) 에너지저장장치(ESS) 기술 분류	357
(3) 에너지저장장치(ESS) 기술개발 동향	359

III. 수소·연료전지 관련 기술개발 동향과 연구테마369

1. 수소·연료전지 관련 기술 특허 동향과 기술개발 로드맵	369
1-1. 수소·연료전지 관련 기술 특허 동향	369
1) 고효율 수소생산 시스템 특허동향	369
(1) 개요	369
(2) 특허 출원동향	369
2) 수소충전용 장비 및 부품 특허동향	372
(1) 개요	372
(2) 특허 출원동향	372
1-2. 수소·연료전지 관련 기술개발 로드맵	375
1) 고효율 수소생산 시스템 기술개발 로드맵	375
(1) 핵심 요소기술 선정	375
(2) 기술로드맵	376
(3) 핵심요소기술 연구목표	377
2) 수소충전용 장비 및 부품 기술개발 로드맵	378
(1) 핵심 요소기술 선정	378
(2) 기술로드맵	379
(3) 핵심요소기술 연구목표	380
2. 수소·연료전지 관련 핵심 기술개발 연구테마	381
2-1. 2020년도 에너지기술개발사업(수소 관련 기술)	381
1) 수소충전소 고장진단 시스템 및 안전관리기술 개발·실증	381
2) 수소충전소 미자립 핵심부품 국산화 개발	383
3) 재생에너지 기반 알카라인 수전해 장치 고안전성 확보를 위한 핵심 기술 개발 및 실증384	
4) 장수명 고효율 수소충전소용 고압수소배관 제조기술 개발	386
5) 수소 장거리 이송용 10MPa급 비금속 배관 국산화 기술 개발	388
6) 해외 CO2-free 수소공급망 구축을 위한 핵심 기술 개발 및 검증 연구	390
7) 수소전기차 다차종 동시충전을 위한 광역수소충전소 핵심기술 개발	392
8) 액화수소 충전소용 100kg/h급 고압 액화수소 펌프 개발	394
9) 수소 전주기(생산, 저장/이송, 활용) 경제성, 환경성 평가 기술 개발	397
10) 수소 최적 공급 경로 설계를 위한 수소 생산기지 및 충전소 배치 모델 개발	398
11) 재생에너지연계 그린수소생산 기술을 활용한 수소(600kg) 및 배터리(2MWh) 저장 시스템 기술개발 및 실증	400

12) 수소충전소 과충전에 따른 폭발사고 예방을 위한 수소충전소 법정계량 표준모델 개발 및 실증	403
13) 수소충전소용 복합재 저장용기 가동 중 안전검사 기술 개발	404
2-2. 2020년도 에너지기술개발사업(연료전지 기술)	406
1) 200kW 이상급 발전용 중저온형 고체산화물연료전지 시스템 개발	406
2) 건물 적용 고체산화물 연료전지 시스템용 고온 연료재순환 송풍기 개발	407
3) 주택용 연료전지 시스템 고도화 기술 개발	409
4) 14톤급 건설 중장비용 수소연료전지 파워시스템 개발 및 실증	410
5) 고체산화물연료전지 분리판용 특수강 신소재 및 양산 기술 개발	412
6) 25kW급 건물용 연료전지 시스템 개발 및 실증	413
7) 발전용 고분자 연료전지용 고효율 스택 기술 개발	415
8) 공공건물 대상 수소추출기 연계형 연료전지 안전실증	417
9) SOFC 스택 품질 향상 및 양산 자동화를 위한 검수 기준 및 검수 프로토콜 개발 ..	419
10) 발전용 고분자 연료전지의 고효율화를 위한 핵심 소재 기술 개발	420
2-3. 2020년도 친환경자동차분야(수소전기차) 기술개발사업	423
1) (총괄 사업개요) 수소전기차용 차세대 연료전지시스템 기술 개발	423
2) (총괄과제) 수소전기차용 차세대 연료전지시스템 기술 개발	425
3) (1세부) 수소전기차용 연료전지 스택 고도화 기술 개발	426
4) (2세부) 경량화 대체소재 기반 고성능 분리판 기술 개발	427
5) (3세부) 연료전지 스택용 체결 및 패키징 부품 경량/소형화 기술 개발	428
6) (4세부) 연료전지시스템 효율 향상을 위한 단위 셀 핵심기술 개발	429
7) 전기차 플랫폼 공동활용을 위한 수소전기차용 비정형 수소저장장치 기술개발	430
8) (총괄) 전기차 플랫폼 공동활용을 위한 수소전기차용 비정형 수소저장장치 기술개발	431
9) (1세부) 수소전기차 공간 활용성 제고를 위한 비정형 수소저장용기 기술개발	433
10) (2세부) 수소전기차용 비정형 수소저장용기 모듈 및 시스템 기술개발	434
11) (3세부) 비정형 수소저장장치 평가절차 및 검증 기술 개발	436
2-4. 2020년도 시장자립형 3세대 xEV(수소차) 산업육성사업	438
1) 중대형 상용차용 막전극접합체(MEA) 내구 향상 기술 개발	438
2) 중대형 상용차용 고내구 고강성 기체확산층 기술 개발	441
3) 중대형 상용차용 고내구 금속분리판 및 가스켓 기술 개발	443
4) 중대형 상용차용 고출력 고내구 공기압축기 기술 개발	446
5) 중대형 상용차용 연료전지 스택 클리닝 기술 개발	448
6) 중대형 상용차용 연료전지시스템 전용 전극기술 개발	451
7) 중대형 상용차용 고전압 부스트 컨버터 기술 개발	454
8) 교환이 가능한 연료전지 단위셀 부품 기술 개발	457

IV. 수소 · 연료전지 관련 주요업체 사업동향463

1. 국내 수소·연료전지 주요업체 사업동향	463
1-1. 연료전지 시스템 제조업체	463
1) 포스코에너지	463
(1) 회사현황	463
(2) 연료전지 사업 동향	464
2) 두산퓨얼셀	465
(1) 회사현황	465
(2) 연료전지 사업 동향	465
3) 에스퓨얼셀	467
(1) 회사현황	467
(2) 연료전지 사업 동향	468
4) STX중공업	469
(1) 회사현황	469
(2) 연료전지 사업 동향	470
5) 미코	471
(1) 회사현황	471
(2) 연료전지 사업 동향	471
6) 경동나비엔	473
(1) 회사현황	473
(2) 연료전지 사업 동향	473
7) 대성히트에너지스	475
(1) 회사현황	475
(2) 연료전지 사업 동향	475
8) 대성하이텍	476
(1) 회사현황	476
(2) 연료전지 사업 동향	477
9) LIG넥스원	478
(1) 회사현황	478
(2) 연료전지 사업 동향	478
10) 가온셀	479
(1) 회사현황	479
(2) 연료전지 사업 동향	479
1-2. 연료전지 관련 부품 제조업체	481
1) 현대모비스	481
(1) 회사현황	481
(2) 연료전지 사업 동향	481

2) 현대제철	483
(1) 회사현황	483
(2) 연료전지 사업 동향	483
3) 시노팩스	484
(1) 회사현황	484
(2) 연료전지 사업 동향	485
4) 코오롱인더스트리	486
(1) 회사현황	486
(2) 연료전지 사업 동향	486
5) 코오롱머티리얼	487
(1) 회사현황	487
(2) 연료전지 사업 동향	488
6) 비나텍	489
(1) 회사현황	489
(2) 연료전지 사업 동향	490
7) 한화에너지	491
(1) 회사현황	491
(2) 연료전지 사업 동향	491
8) 동아화성	492
(1) 회사현황	492
(2) 연료전지 사업 동향	493
9) S&T 모티브	494
(1) 회사현황	494
(2) 연료전지 사업 동향	495
10) 세종공업	496
(1) 회사현황	496
(2) 연료전지 사업 동향	497
11) 뉴로스	498
(1) 회사현황	498
(2) 연료전지 사업 동향	499
12) 일진다이아	500
(1) 회사현황	500
(2) 연료전지 사업 동향	501
13) 상아프론테크	503
(1) 회사현황	503
(2) 연료전지 사업 동향	503
14) 한온시스템	504

(1) 회사현황	504
(2) 연료전지 사업 동향	505
15) 모토닉	506
(1) 회사현황	506
(2) 연료전지 사업 동향	506
16) 지엠비코리아	507
(1) 회사현황	507
(2) 연료전지 사업 동향	508
17) 유니크	508
(1) 회사현황	508
(2) 연료전지 사업 동향	509
18) 인지컨트롤스	510
(1) 회사현황	510
(2) 연료전지 사업 동향	511
19) 우리산업	512
(1) 회사현황	512
(2) 연료전지 사업 동향	513
20) 평화산업	514
(1) 회사현황	514
(2) 연료전지 사업 동향	515
21) 대우부품	516
(1) 회사현황	516
(2) 연료전지 사업 동향	517
22) 대원강업	518
(1) 회사현황	518
(2) 연료전지 사업 동향	519
23) 코다코	519
(1) 회사현황	519
(2) 연료전지 사업 동향	520
1-3. 수소 인프라 업체	521
1) 효성중공업	521
(1) 회사현황	521
(2) 연료전지 사업 동향	521
2) 이엠코리아	523
(1) 회사현황	523
(2) 연료전지 사업 동향	524
3) 제이엔케이히터	526

(1) 회사현황	526
(2) 연료전지 사업 동향	526
4) 디케이락	528
(1) 회사현황	528
(2) 연료전지 사업 동향	528
5) 엔케이	530
(1) 회사현황	530
(2) 연료전지 사업 동향	530
6) HnPower	532
(1) 회사현황	532
(2) 연료전지 사업 동향	532
7) 한국가스공사	534
(1) 회사현황	534
(2) 연료전지 사업 동향	534
8) 풍국주정	536
(1) 회사현황	536
(2) 연료전지 사업 동향	536
2. 해외 수소 연료전지 주요업체 사업동향	539
2-1. 연료전지 시스템 및 관련 부품 제조업체	539
1) (미국) Bloom Energy	539
(1) 회사현황	539
(2) 연료전지 사업 동향	539
2) (미국) FuelCell Energy	541
(1) 회사현황	541
(2) 연료전지 사업 동향	542
3) (미국) Plug Power	544
(1) 회사현황	544
(2) 연료전지 사업 동향	544
4) (미국) Dupont	546
(1) 회사현황	546
(2) 연료전지 사업 동향	546
5) (미국) Gore	547
(1) 회사현황	547
(2) 연료전지 사업 동향	547
6) (캐나다) Ballard Power Systems	549
(1) 회사현황	549

(2) 연료전지 사업 동향	550
7) (독일) SFC Energy AG	551
(1) 회사현황	551
(2) 연료전지 사업 동향	552
8) (독일) Proton Motor Fuel Cell	553
(1) 회사현황	553
(2) 연료전지 사업 동향	554
9) (독일) Sunfire	555
(1) 회사현황	555
(2) 연료전지 사업 동향	555
10) (이탈리아) SolidPower	556
(1) 회사현황	556
(2) 연료전지 사업 동향	557
11) (영국) Ceres Power	559
(1) 회사현황	559
(2) 연료전지 사업 동향	559
12) (영국) AFC Energy	561
(1) 회사현황	561
(2) 연료전지 사업 동향	561
13) (영국) Intelligent Energy	562
(1) 회사현황	562
(2) 연료전지 사업 동향	562
14) (싱가포르) Horizon Fuel Cell Technologies	564
(1) 회사현황	564
(2) 연료전지 사업 동향	564
15) (일본) Panasonic	565
(1) 회사현황	565
(2) 연료전지 사업 동향	566
16) (일본) Aisin Seiki	567
(1) 회사현황	567
(2) 연료전지 사업 동향	568
17) (일본) Toshiba	569
(1) 회사현황	569
(2) 연료전지 사업 동향	569
18) (일본) Mitsubishi Power	571
(1) 회사현황	571
(2) 연료전지 사업 동향	572

19) (일본) Kyocera	573
(1) 회사현황	573
(2) 연료전지 사업 동향	574
20) (일본) Osaka Gas	575
(1) 회사현황	575
(2) 연료전지 사업 동향	576
21) (일본) FUJI ELECTRIC	577
(1) 회사현황	577
(2) 연료전지 사업 동향	578
22) (중국) Weichai Power	579
(1) 회사현황	579
(2) 연료전지 사업 동향	579
2-2. 수소 인프라 업체	581
1) (미국) Air Products	581
(1) 회사현황	581
(2) 연료전지 사업 동향	581
2) (캐나다) Hydrogenics	583
(1) 회사현황	583
(2) 연료전지 사업 동향	583
3) (독일) Linde	585
(1) 회사현황	585
(2) 연료전지 사업 동향	585
4) (프랑스) Air Liquide	587
(1) 회사현황	587
(2) 연료전지 사업 동향	587
5) (노르웨이) YARA	589
(1) 회사현황	589
(2) 연료전지 사업 동향	589
6) (스위스) H2 ENERGY	591
(1) 회사현황	591
(2) 연료전지 사업 동향	591
7) (일본) Iwatani Corporation	592
(1) 회사현황	592
(2) 연료전지 사업 동향	593

V. 참고자료597

표 목차

1. 수소경제 대응 전략과 미래 전망	35
<표1-1> 수소와 석유제품(휘발유 및 경유)의 특성 비교	37
<표1-2> 탄소경제와 수소경제 비교	38
<표1-3> 자동차 종류별 부품 비교	41
<표1-4> 수소차 산업생태계 현황	41
<표1-5> 연료전지 산업생태계 현황	42
<표1-6> 수소차로 대체시 차종별 연간 미세먼지 저감량	44
<표1-7> 석탄 및 가스발전과 연료전지 비교	44
<표1-8> 수소 생산기술 비교	47
<표1-9> 수소 생산 방식에 따른 비용	48
<표1-10> 수전해 방식별 특성 비교	50
<표1-11> 국내외 수전해 기술 현황	50
<표1-12> 수소 저장기술 비교	52
<표1-13> 수소 운송 방식 분류	54
<표1-14> 수소 충전소의 종류 및 충전 방식	56
<표1-15> 수소차 및 수소충전소 보급 목표(누적)	58
<표1-16> 주요국 수소차 및 수소충전소 보급 계획	58
<표1-17> 수소차 차종별 누적 보급량	58
<표1-18> 2020년도 수소충전소 구축 목표	59
<표1-19> 수소차 보급목표(누적)	67
<표1-20> 미흡한 핵심부품 현재 상황	68
<표1-21> 수소택시 국내외 사례	68
<표1-22> 수소선박 기술목표	71
<표1-23> 수소열차 기술목표	72
<표1-24> 수소드론 기술목표	73
<표1-25> 수소건설기계 기술목표	74
<표1-26> 발전용 및 가정·건물용 연료전지 보급목표(누적)	75
<표1-27> 연료전지 전용 LNG요금제(안)	76
<표1-28> 미흡한 주요 핵심부품 현재 상황	76
<표1-29> 수소가스터빈 기술목표	77
<표1-30> 수소 생산 구성 및 공급 목표	78
<표1-31> 국내 수소 생산능력(2017년도)	79
<표1-32> 수소 공급방식별 공급량	79

<표1-33> 수소생산기지 구축 후보지	80
<표1-34> P2G(Power to Gas) 수전해 기술 개발	82
<표1-35> 해외 생산 수소 도입 방안	83
<표1-36> 수소운반선박 개발·활용 기술목표	83
<표1-37> 수소 저장·운송 주요 목표	84
<표1-38> 해외 튜브트레일러 현황	86
<표1-39> 수소차·연료전지 국산화 분야	87
<표1-40> 생산, 저장·운송 분야 기술, 제품 및 지원 내용	87
<표1-41> 대규모 실증 플랫폼 구축	88
<표1-42> 수소경제 밸류체인 안전성 확보	88
<표1-43> 수소기술 분야 국제표준 제안	89
<표1-44> 연료전지 분야 국제표준 제안	89
<표1-45> 수소법 주요 내용(안)	92
<표1-46> 수소 충전소, 부품, 시스템 안전기준 제·개정	96
<표1-47> P2G, 액화수소 안전기준 마련	96
<표1-48> 수소안전 가이드북(안)	96
<표1-49> ‘수소 기본 전략’ 및 ‘제5차 에너지 기본 계획’에서의 수소 조달·공급 관련 내용	98
<표1-50> 수소 조달 및 공급 실현 로드맵 및 액션 플랜	99
<표1-51> ‘수소 기본 전략’ 및 ‘제5차 에너지 기본 계획’에서의 수소 서플라이 체인 관련 내용	100
<표1-52> 수소 서플라이 체인 구축 로드맵 및 액션 플랜	101
<표1-53> ‘수소 기본 전략’ 및 ‘제5차 에너지 기본 계획’에서의 재생에너지 활용 수소 이용 관련 내용	103
<표1-54> 재생에너지 활용 수소 이용 확대 로드맵 및 액션 플랜	104
<표1-55> ‘수소 기본 전략’ 및 ‘제5차 에너지 기본 계획’에서의 지역 자원 활용 관련 내용	105
<표1-56> 지역의 수소 공급망 구축 액션 플랜	105
<표1-57> ‘수소 기본 전략’ 및 ‘제5차 에너지 기본 계획’에서의 전력분야 이용 관련 내용	106
<표1-58> 수소 전력분야 이용 로드맵 및 액션 플랜	107
<표1-59> ‘수소 기본 전략’ 및 ‘제5차 에너지 기본 계획’에서의 모빌리티 이용 관련 내용	109
<표1-60> 수소 모빌리티 - 연료전지자동차 로드맵 및 액션 플랜	110
<표1-61> 수소 모빌리티 - 수소스테이션 로드맵 및 액션 플랜	111
<표1-62> 수소 모빌리티-기타 모빌리티 로드맵 및 액션 플랜	113
<표1-63> ‘수소 기본 전략’에서의 산업분야 내 수소 활용 관련 내용	115
<표1-64> 산업분야 내 수소 활용 로드맵 및 액션 플랜	115
<표1-65> ‘수소 기본 전략’ 및 ‘제5차 에너지 기본 계획’에서의 연료전지 활용 관련 내용	116
<표1-66> 가정용 연료전지(에네팜) 활용 로드맵 및 액션 플랜	117
<표1-67> 업무·산업용 연료전지 활용 로드맵 및 액션 플랜	118

<표1-68> ‘수소 기본 전략’에서의 혁신적인 수소 기술 개발 관련 내용	119
<표1-69> 혁신적인 수소 기술 개발 액션 플랜	119
<표1-70> ‘수소 기본 전략’에서의 국민 인식 제고 및 지역 연계 관련 내용	120
<표1-71> 수소 이용에 대한 국민 인식 제고 및 지역 연계 액션 플랜	121
<표1-72> ‘수소 기본 전략’에서의 국제 연계 수소 이용 관련 내용	122
<표1-73> 국제 수소사회 실현을 위한 로드맵 및 액션 플랜	122
<표1-74> 중국 수소연료전지자동차 발전계획	126
<표1-75> 중국 지방정부 수소차 산업 육성 및 보급 계획	128
<표1-76> 중국 연료전지자동차 수소 소모량	130
<표1-77> 중국 수소 연료전지 산업 단계별 목표	132
<표1-78> 미국의 주요 연료전지 생산업체	136
<표1-79> 독일 국가 수소전략 액션 플랜	140
<표1-80> 현재 독일에서 진행 중인 수소산업 내 교통 분야 주요 프로젝트	142
<표1-81> 현재 독일에서 진행 중인 수소관련 항공·선박 프로젝트	144
<표1-82> 독일 수소 유관기관 및 협회	144
<표1-83> 독일 수소 관련 클러스터	145
<표1-84> 생산수소 개요	145
<표1-85> HORIZON 2020(EU 프로젝트)	146
<표1-86> 신재생에너지 단점에 따른 P2G 기술 비교	147
<표1-87> Hybridge 프로젝트	148
<표1-88> HySynGas 프로젝트	148
<표1-89> 독일 P2X 선두기업 Thyssenkrupp Uhde GmbH 사업 동향	149
<표1-90> 독일 수소 저장 및 운송 대표 기업	150
<표1-91> 독일 수소충전소 인프라 구축 프로젝트	152
<표1-92> 독일 첫 수소연료전지자동차 모델 GLC F-Cell	153
<표1-93> Bosch-Nikola Truck 수소연료전지 트럭 공동 개발	156
<표1-94> Bosch가 생산하는 수소연료전지 부품	157
<표1-95> Daimler-Volvo 트럭, 버스 등 대형차량용 연료전지 개발 프로젝트	157
<표1-96> Audi-현대자동차 연료전지 기술 공동개발 협약	157
<표1-97> Alstom-LNNG 수소연료전지 탑재 열차 운행	158
<표1-98> (수소 저장장치 개발) DELFIN 프로젝트	158
<표1-99> (GiantLeap 프로젝트) EU 차원 연료전지 탑재 버스 공동개발 프로젝트	159
<표1-100> 독일 가정용 수소연료전지 시스템(P2X 활용)	159
<표1-101> 수소 연료전지를 이용한 가정용 초소형 다기능 보일러	160
<표1-102> 프렌츠라우 하이브리드발전소(Hybridkraftwerk Prenzlau)	160
<표1-103> 그리드 연결 수소 발전소	161
<표1-104> 프랑스 수소연료전지자동차 상용화 기술 비전	161

II. 연료전지 연관 기술개발 및 시장 전망171

<표2-1> 연료전지 기술 분류	172
<표2-2> 연료전지 구성요소	173
<표2-3> 연료전지 분리판 소재별 장단점	174
<표2-4> 전해질 종류에 따른 연료전지 분류	180
<표2-5> 연료전지 기술별 장단점	180
<표2-6> 연료전지 종류별 응용제품	181
<표2-7> 연료전지의 특징	187
<표2-8> 상용 및 신흥 연료전지	190
<표2-9> 연료전지 산업 특징	192
<표2-10> 연료전지 분야 산업연관구조	192
<표2-11> 세계 연료전지 시장 전망	194
<표2-12> 연료전지 주요 제품별 세계시장 전망	195
<표2-13> 전세계 연료전지 형태별 Application별 시장	196
<표2-14> 전체 신재생에너지 발전량 중 연료전지 발전량 비중 비교	199
<표2-15> 국내 업체별 연료전지 종류	201
<표2-16> 연료전지 종류별 20MW 이상 대표 프로젝트	201
<표2-17> 친환경차 종류와 특징	206
<표2-18> 수소차 단계별 기술적 한계점	208
<표2-19> 수소연료전지자동차 가치사슬	211
<표2-20> 수소연료전지자동차 시장 전망	216
<표2-21> 구동용 연료전지 시장 전망	217
<표2-22> 상용화된 수소연료전지자동차 비교	219
<표2-23> 수소연료전지자동차 구성장치	223
<표2-24> 셀(단위전지)의 구성	225
<표2-25> 운전장치의 구성	226
<표2-26> 전장장치 구성부품	227
<표2-27> 수소저장장치 구성부품	228
<표2-28> 분산전원(신재생에너지) 종류	236
<표2-29> 분산형 전원 현황(추정치, 2016년 기준)	237
<표2-30> 분산형 전원 보급 전망	237
<표2-31> 지역별 재생에너지보급 용량 및 발전량	238
<표2-32> 분산형 전원의 전력 계통 연계 현황	239
<표2-33> 연도별 태양광발전소의 누적연계용량	239
<표2-34> 권역별 태양광발전소의 전력 계통 연계 현황	240
<표2-35> 신재생에너지 산업 지원 방향	254

<표2-36> REC 가중치 개정 사항(일부)	254
<표2-37> 해상풍력 프로젝트 추진 계획(2018년도)	256
<표2-38> 자가용 설비용량 목표	260
<표2-39> 재생에너지 R&D 로드맵 수립	260
<표2-40> 분산전원 기반 에너지 신산업 육성	261
<표2-41> IEA와 한국의 재생에너지 분류 기준 비교	271
<표2-42> 신재생에너지 발전 현황	272
<표2-43> 재생에너지 3020 설비 보급 목표	273
<표2-44> 현행 신·재생에너지법에 따른 연도별 의무공급량 비율	274
<표2-45> 2017년 상반기 태양광 LCOE 국제 비교	274
<표2-46> 분산형 전원 세부 적용기준	280
<표2-47> 7차·8차 전력수급기본계획 분산형 전원 보급전망 비교	281
<표2-48> 2019년 규모별 태양광 설치 현황	282
<표2-49> 전력시장 변화 모습	283
<표2-50> 가상발전소 유형	286
<표2-51> 수요자원 거래시장 구성	287
<표2-52> 수요자원 거래시장 거래절차	287
<표2-53> 수요자원 거래시장 운영방법	288
<표2-54> 수요자원 거래시장 참여조건	288
<표2-55> 수요반응자원별 현황	289
<표2-56> 2014년 12월~2019년 7월 수요자원 감축실적	289
<표2-57> 현 DR제도와 국민DR 비교	290
<표2-58> 소규모 전력중개사업 관련 전기사업법 주요 내용	291
<표2-59> 소규모 전력중개사업을 위한 전기 신사업자 등록현황	293
<표2-60> 중개사업자별 전력거래 현황	293
<표2-61> P2G와 ESS 비교	298
<표2-62> P2L 기술의 SWOT 분석	298
<표2-63> 지역/국가 및 분산형 규모별 P2G 배치 계획	305
<표2-64> 주요국 P2G 프로젝트 현황	308
<표2-65> 온실가스 감축 로드맵(2018.06.28.)	312
<표2-66> 일반 유연탄발전설비와 CCS 설비 비교	315
<표2-67> CCS 및 CCU 기술개념 비교	316
<표2-68> CO2 재활용 기술 분류	317
<표2-69> NSPS의 신규 화력발전소 이산화탄소 배출 규제	320
<표2-70> 미국의 CCS 관련 법규의 주별 차이	322
<표2-71> 가동 중인 미국의 CCS 대용량 프로젝트	323
<표2-72> 미국의 CCU 프로젝트	323

<표2-73> 가동 중인 유럽의 CCS 대응량 프로젝트	328
<표2-74> 유럽의 CCU 프로젝트	328
<표2-75> 호주의 CCU 프로젝트	330
<표2-76> CCS에 관한 해양오염 방지법 주요 내용	332
<표2-77> 토마코마이 CCS 대규모 실증 사업	334
<표2-78> 일본의 CCU 프로젝트	334
<표2-79> 정부 부처별 CCS 기술 개발 정책	336
<표2-80> 한국에서 추진되고 있는 CO2 지중저장 실증 프로젝트	337
<표2-81> 에너지저장장치의 구성	338
<표2-82> 에너지저장장치 사용 용도에 따른 분류	340
<표2-83> 에너지저장장치 분야 산업연관구조	340
<표2-84> 연도별 주파수제어용 ESS 용량변화	342
<표2-85> 서안성 및 신용인변전소 FR용 ESS	345
<표2-86> 연도별 신재생에너지 의무공급량 비율	351
<표2-87> 신재생에너지 공급인증서 가중치	352
<표2-88> 에너지저장장치 기술 필요성	356
<표2-89> 주요 국가별 에너지저장장치 기술 필요성 및 시장 발전 방향	357
<표2-90> 에너지저장장치 저장방법에 따른 기술 분류	357
<표2-91> 에너지저장장치 기술 분류 및 주요제품	359
<표2-92> 주요 에너지저장장치별 국내외 업체	359

III. 수소·연료전지 관련 기술개발 동향과 연구테마369

<표3-1> 고효율 수소생산 분야 핵심기술	375
<표3-2> 고효율 수소생산 시스템 분야 중기 기술개발 로드맵	376
<표3-3> 고효율 수소생산 시스템 분야 핵심요소기술 연구목표	377
<표3-4> 수소 충전용 장비 및 부품분야 핵심기술	378
<표3-5> 수소 충전용 장비 및 부품 분야 중기 기술개발 로드맵	379
<표3-6> 수소 충전용 장비 및 부품 분야 핵심요소기술 연구목표	380

IV. 수소·연료전지 관련 주요업체 사업동향463

<표4-1> 포스코에너지 프로파일	463
<표4-2> 두산퓨얼셀 주식회사 프로파일	465
<표4-3> 에스퓨얼셀(주) 프로파일	467
<표4-4> STX중공업(주) 프로파일	470
<표4-5> 주식회사 미코 프로파일	471
<표4-6> (주)경동나비엔 프로파일	473
<표4-7> 대성히트에너지스(주) 프로파일	475

<표4-8> (주)대성하이텍 프로필	477
<표4-9> 엘아이지넥스윈 주식회사 프로필	478
<표4-10> (주)가온셀 프로필	479
<표4-11> 현대모비스(주) 프로필	481
<표4-12> 현대제철 주식회사 프로필	483
<표4-13> 주식회사 시노펙스 프로필	484
<표4-14> 코오롱인더스트리주식회사 프로필	486
<표4-15> 코오롱머티리얼 주식회사 프로필	488
<표4-16> 비나텍 주식회사 프로필	489
<표4-17> 한화에너지 프로필	491
<표4-18> 동아화성주식회사 프로필	493
<표4-19> 에스엔티모티브주식회사 프로필	495
<표4-20> 세종공업 주식회사 프로필	496
<표4-21> 세종공업 신규사업 주요 내용	497
<표4-22> 주식회사 뉴로스 프로필	499
<표4-23> 일진다이아몬드(주) 프로필	501
<표4-24> 일진복합소재의 초경량 복합재료 고압탱크	502
<표4-25> 주식회사 상아프론테크 프로필	503
<표4-26> 한온시스템 주식회사 프로필	504
<표4-27> 주식회사 모토닉 프로필	506
<표4-28> 지엠비코리아 주식회사 프로필	508
<표4-29> 지엠비코리아의 EWP	508
<표4-30> 주식회사 유니크 프로필	509
<표4-31> 유니크 Fuel & Hydrogen Gas Control System	510
<표4-32> 인지컨트롤스 주식회사 프로필	511
<표4-33> 인지컨트롤스 수소연료전지 관련 연구개발 실적	511
<표4-34> 우리산업 주식회사 프로필	512
<표4-35> 우리산업 수소연료전지자동차용 COD 히터 및 PTC 히터	513
<표4-36> 평화산업주식회사 프로필	514
<표4-37> 대우전자부품 주식회사 프로필	516
<표4-38> EWP 블럭도 및 스펙	517
<표4-39> 대우전자부품 수소연료전지 관련 연구개발 실적	518
<표4-40> 대원강업 주식회사 프로필	518
<표4-41> 대원강업 수소연료전지 관련 연구개발 실적	519
<표4-42> (주)코다코 프로필	519
<표4-43> 효성중공업 주식회사 프로필	521
<표4-44> 이엠코리아 주식회사 프로필	523

<표4-45> 이엠코리아 수소충전소 기술	525
<표4-46> 제이엔케이히터주식회사 프로필	526
<표4-47> 디케이락 주식회사 프로필	528
<표4-48> 주식회사 엔케이 프로필	530
<표4-49> (주)엔케이의 수소용기 개발 내역	531
<표4-50> 에이치엔파워(주) 프로필	532
<표4-51> 한국가스공사 프로필	534
<표4-52> 풍국주정공업주식회사 프로필	536
<표4-53> Bloom Energy 프로필	539
<표4-54> Bloom Energy 모델별 성능표	541
<표4-55> FuelCell Energy 프로필	541
<표4-56> Plug Power 프로필	544
<표4-57> DuPont de Nemours, Inc. 프로필	546
<표4-58> W. L. Gore & Associates 프로필	547
<표4-59> Ballard Power Systems 프로필	549
<표4-60> SFC Energy AG 프로필	552
<표4-61> Proton Motor Fuel Cell 프로필	553
<표4-62> Proton Motor Fuel Cell 연료전지 제품	554
<표4-63> Sunfire GmbH 프로필	555
<표4-64> SOLIDpower 프로필	557
<표4-65> Ceres Power 프로필	559
<표4-66> AFC Energy PLC 프로필	561
<표4-67> Intelligent Energy 프로필	562
<표4-68> Horizon Fuel Cell Technologies Pte Ltd 프로필	564
<표4-69> Panasonic Corp 프로필	566
<표4-70> Aisin Seiki Co Ltd 프로필	567
<표4-71> Toshiba Corp 프로필	569
<표4-72> Mitsubishi Power, Ltd. 프로필	572
<표4-73> Kyocera Corp 프로필	574
<표4-74> Osaka Gas Co., Ltd. 프로필	575
<표4-75> FUJI ELECTRIC CO., LTD. 프로필	578
<표4-76> WEICHAI POWER CO.,LTD 프로필	579
<표4-77> Air Products and Chemicals, Inc. 프로필	581
<표4-78> Hydrogenics Corp 프로필	583
<표4-79> Linde plc 프로필	585
<표4-80> Air Liquide SA 프로필	587
<표4-81> Yara International ASA 프로필	589

<표4-82> H2 ENERGY 프로파일 591
<표4-83> Iwatani Corporation 프로파일 593

그림 목차

1. 수소경제 대응 전략과 미래 전망	35
<그림1-1> 수소 연료전지(스택) 내 전기 발생 원리	36
<그림1-2> 수소차 연료전지 스택과 내연기관의 에너지 효율성 비교	36
<그림1-3> 발전용 연료전지의 에너지 생산효율	36
<그림1-4> 자가용 연료전지의 에너지 생산효율	37
<그림1-5> 탄소경제에서 수소경제로 전환	38
<그림1-6> 에너지 유통수단으로 수소를 활용하는 경제체계의 전환 개념화	39
<그림1-7> 수소차 공기(미세먼지) 정화 기능 모식도	43
<그림1-8> 수소경제 활성화의 대기환경개선 효과 전망	44
<그림1-9> 수소에너지 가치사슬 구조	46
<그림1-10> 수소추출과정	49
<그림1-11> 캘리포니아 지역 태양광/풍력 출력 제한 급증	51
<그림1-12> 마이너스 전기요금 발생	51
<그림1-13> 수소경제 활성화 로드맵 수소 가격 목표	55
<그림1-14> 수소 단가 전망	55
<그림1-15> 수소충전소 분류	56
<그림1-16> 수소 중앙공급방식(저장식 공급방식)	57
<그림1-17> 수소 분산공급방식	57
<그림1-18> 전국 수소충전소 구축 현황	59
<그림1-19> 일본 수소충전소 현황	60
<그림1-20> 일본 수소충전소 설치 계획	61
<그림1-21> 캘리포니아주 충전소 현황 및 전망	62
<그림1-22> H2 Mobility의 구성	63
<그림1-23> 독일 NRW주 수소충전소 현황	63
<그림1-24> 해외 수소충전소 구축 현황	64
<그림1-25> 전력부문 재생에너지 비중 및 최종에너지 중 재생에너지 비중	65
<그림1-26> 해상풍력 평균 LCOE 및 태양광 설치 단가 추이	66
<그림1-27> 전 세계 수소 수요 전망	66
<그림1-28> 수소 건설기계	75
<그림1-29> 연료전지 설치비·발전단가 절감 시나리오	75
<그림1-30> 수소생산기지 개념도	80
<그림1-31> 바이오매스·생활폐기물 활용 방안	81
<그림1-32> 해양 바이오 수소 생산	81

<그림1-33> 미래의 수소 공급 방안 (예)	84
<그림1-34> 수소 저장·운송 과정	86
<그림1-35> 수소도시	91
<그림1-36> 국내 연료전지 기반 수소 수요 전망	97
<그림1-37> 일본향 LNG 가격 추이	99
<그림1-38> 일본 내 연료전지 보급대수 및 에네팜 판매가격	116
<그림1-39> 일본 가정용 연료전지 보급현황	123
<그림1-40> 중국 수소연료전지자동차 로드맵	126
<그림1-41> 2011~2030년 중국 연료전지자동차 판매량 추이 및 전망치	130
<그림1-42> Toyota Motor, FOTON MOTOR, 이화통이 공동출시한 12미터 수소버스	131
<그림1-43> 글로벌 고정식 연료전지 출하량	135
<그림1-44> MW당 고정식 연료전지 설치 비용	135
<그림1-45> 미국 에너지부에서 발의한 H2@Scale의 개념도	137
<그림1-46> 독일 수소경제 거버넌스 구조	139
<그림1-47> 독일 수소 운송 파이프 네트워크 예상도	150
<그림1-48> 독일 내 수소충전소 보급 현황 (2020년 1월 기준)	151
<그림1-49> GLC F-Cell	153
<그림1-50> 독일 주요기업 연료전지 관련 특허 등록 현황 (2019년 9월 기준)	154
<그림1-51> BMW i Hydrogen NEXT	155
<그림1-52> e-Gas 프로젝트 운영 개요	156
<그림1-53> Audi h-트론	156
<그림1-54> Home Power Solution 수소연료전지 시스템과 수소저장소	160
<그림1-55> Viessmann Vitocalor PA2, PT2 제품사진	160
<그림1-56> GRHYD 프로젝트 과정 및 참여기업	163
<그림1-57> Jupiter 1000 프로젝트	163
<그림1-58> 프랑스 전국 수소버스 운용 현황	164
<그림1-59> Kangoo ZE Hydrogen 및 프랑스 전국 수소 충전소 현황	165
<그림1-60> 호주 아틀레이드 그린수소 플랜트	167

II. 연료전지 연관 기술개발 및 시장 전망171

<그림2-1> 연료전지 시스템 구성	171
<그림2-2> 연료전지 발전원리	173
<그림2-3> PEMFC 분리판	174
<그림2-4> 알칼리 연료전지	176
<그림2-5> 인산형 연료전지	176
<그림2-6> 용융탄산염 연료전지	177
<그림2-7> 고체 산화물 연료전지	178

<그림2-8> 고분자 전해질 연료전지	179
<그림2-9> 직접 메탄올 연료전지	179
<그림2-10> 연료전지 응용분야	181
<그림2-11> 연료전지 기술: 기술성숙도 분석 (2019년 기준)	191
<그림2-12> 연료전지 세계 시장 규모	193
<그림2-13> 연료전지 용도별 시장 규모	193
<그림2-14> 연료전지 제품별 시장 규모	195
<그림2-15> 연료전지 지역별 시장 규모	196
<그림2-16> 국내 연료전지 시장 규모	197
<그림2-17> 국내 발전용 및 가정·건물용 연료전지 보급 계획	198
<그림2-18> 국내 연료전지 용도별 시장 규모	198
<그림2-19> 국내 연료전지 기반 수소 수요 전망	199
<그림2-20> 국내 발전용 연료전지 누적 보급용량	200
<그림2-21> 포스코에너지 및 블룸에너지 실적 추이	201
<그림2-22> 경기 그린에너지 및 부산 그린에너지 실적 추이	202
<그림2-23> 수소연료전지자동차	205
<그림2-24> 수소연료전지자동차 가치사슬	210
<그림2-25> 주요국 수소차 보급 현황	213
<그림2-26> 지역별 수소차 보급현황	213
<그림2-27> 파워트레인별 세계 자동차 시장 예상 점유율	214
<그림2-28> 수소연료전지자동차의 세계시장 성장률 및 국내시장 성장률	214
<그림2-29> 수소연료전지자동차의 지역별 시장 및 차량별 연료전지 시장 성장률	215
<그림2-30> 세계 수소연료전지자동차 시장 규모 추이 및 전망	218
<그림2-31> 수소연료전지자동차의 구동원리	223
<그림2-32> 수소연료전지자동차 관련 특허출원 현황	232
<그림2-33> 수소연료전지자동차 관련 주요 5개국 특허출원 현황	232
<그림2-34> 정부의 신재생에너지 보급 목표	253
<그림2-35> 태양광 전력판매 입찰 추이 및 신재생에너지 수익단가 추이	255
<그림2-36> 가상발전소(VPP) 개념도	258
<그림2-37> 재생에너지 발전비중 및 설비용량	259
<그림2-38> 에너지원별 발전량 비중	259
<그림2-39> 주체별 발전 사업 목표	260
<그림2-40> IoE 활용 수요관리 서비스산업 육성	261
<그림2-41> 스마트시티를 통한 신산업 실증	262
<그림2-42> 건물, 산업 분야 에너지 효율 목표	263
<그림2-43> 친환경차 보급 현황 및 목표	264
<그림2-44> 자동차 연비 향상 목표	264

<그림2-45> V2G 기술의 개요	265
<그림2-46> 국민DR 수요관리사업 참여 흐름도	265
<그림2-47> 주요국 재생에너지 보급 목표	266
<그림2-48> 분산형 전원 발전비중 목표	267
<그림2-49> 연도별 재생에너지 설비 개소수	267
<그림2-50> 수소경제로드맵 목표	268
<그림2-51> 통합 스마트 에너지 시스템	269
<그림2-52> 청정에너지 R&D 투자	270
<그림2-53> 발전원별 전력 생산량 변화와 발전원별 비중	270
<그림2-54> 새로운 에너지원과 수급 시스템	275
<그림2-55> 국내 신재생에너지 보급현황 추이	279
<그림2-56> 2018년 국내 신재생에너지 원별 보급현황	280
<그림2-57> 전력거래소 연도별 회원수·설비용량 추이 및 2019년 전력거래소 월별 신규 등록 현황	281
<그림2-58> 국내 연간 ESS 보급 추이 및 국내 ESS 설치용도	282
<그림2-59> 국내 전기자동차 등록 추이 및 2019년 전기자동차 월별 등록 현황	283
<그림2-60> 분산에너지자원 증가에 따른 배전계통 내 과전압 문제	284
<그림2-61> 에너지인터넷과 가상발전소	285
<그림2-62> 미래 전력시장과 가상발전소	286
<그림2-63> 수요반응자원 용량 및 시장 참여자 현황	289
<그림2-64> 국민 DR 개념도	290
<그림2-65> 중개시장과 전력·REC 시장 비교 및 중개사업자의 역할	291
<그림2-66> 소규모 전력중개시장 업무 흐름도	292
<그림2-67> 소규모 전력중개시장 고도화 방안	295
<그림2-68> P2G 기술 개략도	296
<그림2-69> 전기/가스 기반시설로부터 통합 P2G 개략도	297
<그림2-70> 개별 에너지저장기술의 저장용량 및 저장기간	297
<그림2-71> 전력망 적용을 위한 저장 기술의 성숙도	301
<그림2-72> 화학적 에너지 저장 개별 기술 요소의 개발 수준	302
<그림2-73> P2G 파일럿 및 실증 프로젝트 수	306
<그림2-74> 유럽에서 진행 중인 P2G 파일럿 및 실증 프로젝트	307
<그림2-75> Audi e-diesel 1차 프로젝트 개략도	309
<그림2-76> Audi e-diesel 2차 프로젝트 개략도	310
<그림2-77> SOLETAIR 프로젝트 개략도	310
<그림2-78> 아시아 지역 이산화탄소 배출량 지속 증가추세	311
<그림2-79> 발전원별 이산화탄소 배출량 추이	312
<그림2-80> IEA의 지구 온도 상승 방지를 위한 이산화탄소 감축 시나리오	312

<그림2-81> 해외 탄소배출권 가격추이	313
<그림2-82> CCS 공정도	314
<그림2-83> CCS, CCU 및 CCUS 기술개념 비교	316
<그림2-84> 다양한 CO2 활용 기술	318
<그림2-85> 호주 CCS 관련 프로젝트	330
<그림2-86> 일본의 CCS 기술 실용화 전략	333
<그림2-87> 에너지저장장치 구성도	338
<그림2-88> 에너지저장장치 기술에 따른 분류	339
<그림2-89> 전기자동차용 ESS와 전력계통의 관계	342
<그림2-90> 전력수요관리 개념도 및 도입 후 전력시장	343
<그림2-91> 신재생에너지 출력 안정화와 ESS	344
<그림2-92> 서안성 및 신용인변전소 FR용 ESS 설치현황	345
<그림2-93> 한국전기연구원의 수요관리용 ESS 실증 현황	346
<그림2-94> 에너지저장장치(ESS) 세계 시장 규모	347
<그림2-95> 에너지저장장치(ESS) 용도별 시장	348
<그림2-96> 에너지저장장치(ESS) 기술별 시장	348
<그림2-97> 에너지저장장치(ESS) 지역별 시장	349
<그림2-98> 에너지저장장치(ESS) 국내 시장 규모	349
<그림2-99> 국내 에너지저장장치(ESS) 용도별 시장	350
<그림2-100> 에너지저장장치(ESS) 시장 지역별 비중 추이	350
<그림2-101> RPS 비율	351
<그림2-102> 에너지저장기술별 기술성숙도	363
<그림2-103> ESS 기술별 에너지 설치비용 대비 효율 비교	364

III. 수소 · 연료전지 관련 기술개발 동향과 연구테마369

<그림3-1> 고효율 수소생산 시스템 연도별 출원동향	370
<그림3-2> 국가별 출원현황	370
<그림3-3> 고효율 수소생산 시스템 주요출원인	371
<그림3-4> 수소충전용 장비 및 부품 연도별 출원동향	373
<그림3-5> 국가별 출원현황	373
<그림3-6> 수소 충전용 장비 및 부품 주요출원인	374

IV. 수소 · 연료전지 관련 주요업체 사업동향463

<그림4-1> 포스코에너지 연료전지 국산화 경과	464
<그림4-2> 두산퓨얼셀 - KT 연료전지용 지능형 무인운전 플랫폼	466
<그림4-3> 수소연료전지 하이브리드 파워팩 개념도	468
<그림4-4> 미코 SOFC 시스템 TUCY	472

<그림4-5> 대성히트펌프 연료전지	476
<그림4-6> 한화에너지 대산 수소연료전지 발전소	492
<그림4-7> 세종공업 전장제품	498
<그림4-8> 세종공업 거래처 및 지역별 매출 비중	498
<그림4-9> 뉴로스 지역별 매출 추이 및 수소전지차용 공기압축기	500
<그림4-10> 모토닉 수소차 관련 핵심 부품	507
<그림4-11> 효성중공업 건설/운영 수소충전소 현황 (2019년 기준)	522
<그림4-12> 효성 그룹 수소 인프라 비전	523
<그림4-13> 이엠코리아 수소제조장치	525
<그림4-14> Fuel Cell Energy 지역별 매출 비중	543
<그림4-15> Plug Power 수소연료전지 지게차	544
<그림4-16> Ballard Power Systems Heavy Duty Modules FCmove	550
<그림4-17> Ballard Power 지역별 매출 비중	551
<그림4-18> 도야마에 설치된 수소연료전지자동차 충전용 H2One 스테이션 유닛	570
<그림4-19> H2One 멀티 스테이션의 재생에너지 활용 방안	570
<그림4-20> 미쓰비시 파워 SOFC - MGT 하이브리드 시스템	573
<그림4-21> 오사카가스 가정용 LPG 개질 연료전지	577
<그림4-22> 후지전기 인산형 연료전지	579
<그림4-23> 에어프로덕츠가 구축한 미국 최대 용량의 수소전기버스 충전소의 디스펜서 ·	582
<그림4-24> 하이드로제닉스 수소충전설비	584
<그림4-25> 에어리퀴드 올인원 수소충전소 모듈	588
<그림4-26> 호주 WA주 버림반도에 위치한 YARA의 암모니아 생산 공장	590
<그림4-27> 넬 ASA의 전해장치	592
<그림4-28> 이와타니 수소충전소	594