

목 차

1. 고효율 증대형 2차전지 시장 동향과 전망39

- 1. 전지의 정의 및 개발연혁 39
 - 1-1. 전지의 정의 39
 - 1-2. 전지의 개발과 시장의 변화 41
 - 1-3. 고효율 2차전지 정의와 범위 45
 - 1) 정의 45
 - 2) 범위 45
 - 3) 세부 기술내용 45
 - 1-4. 전지의 주요 소재 및 구성 47
 - 1) 전지의 주요 소재 47
 - 2) 전지의 구성 48
 - 1-5. 전지의 분류 및 종류별 특징 49
 - 1) 전지의 분류 49
 - 2) 주요 2차전지의 특징 및 비교 50

- 2. 고효율 증대형 2차전지 시장동향 및 전망 52
 - 2-1. 주요 용도별 시장동향 및 전망 52
 - 1) ESS(Stationary,고정형) 2차전지 54
 - (1) ESS의 정의 및 분류 54
 - (2) ESS의 주요 기술 56
 - (3) ESS의 국내외 시장 및 정책 동향 57
 - 가. 국내동향 58
 - 나. 국외동향 62
 - (4) 다양한 ESS의 글로벌 시장 전망 69
 - 가. LG 경제연구원의 시장 분석 및 전망 70
 - 나. Navigant Research의 세계시장 전망 78
 - 다. 일본 후지경제의 세계시장 전망 87
 - 2) Electric Powertrain용 2차전지 89
 - (1) Electric Powertrain용 2차전지 개요 90
 - 가. Electric Powertrain용 2차전지의 조건 90
 - 나. Electric Powertrain용 2차전지 종류별 비교 93

다. 주요 완성차업체별 대응전략	94
(2) 주요 xEVs용 2차전지 시장동향 및 전망	102
가. HEV용 2차전지	104
나. PHEV용 2차전지	107
다. EV용 2차전지	108
라. Micro HEV용 2차전지	109
마. Micro EV용 2차전지	111
3) 2차전지업체의 전기차 시장 대응전략	111
(1) 업체 간 제휴 활성화	111
(2) 표준화 대응 강화	112
(3) 선택과 집중을 통한 경쟁력 확보	112
(4) 복잡성이 커진 시장	113
2-2. Lithium-Ion Battery(LIB) 시장동향 및 전망	115
1) Lithium 세계시장 동향	115
(1) 글로벌 리튬 공급	115
가. 주요 리튬 광산	115
나. 리튬의 주요용도	118
다. Lithium과 LIB Value chain	118
2) LIB 재료의 국내외 기술/시장동향	121
(1) 국내동향	121
가. 전해질 및 첨가제 기술	122
나. 분리막 기술	125
(2) LIB 재료의 세계 시장 동향	126
가. 일본 후지경제의 LIB 2차전지재료 세계시장 조사결과	127
나. 일본 야노경제연구소 LIB 2차전지 재료 세계 시장 조사결과	131
3) 변화하는 LIB 시장	133
(1) LIB 적용 영역 확장	133
(2) 산업기기에 적용되는 LIB	134
가. 산업기기의 특징	135
나. 산업기기의 분류	136
다. 산업기기 2차전지 시장의 변화	137
라. 2차전지 솔루션 기업의 대응전략	139
(3) 중국시장의 급격한 성장	142
가. 중국 LIB 산업 Value Chain 현황	142
나. 중국 리튬 이온 전지 산업동향 분석 및 전망	144
다. 중국 리튬 이온 전지 산업 발전 Trend	148
4) LIB 세계시장 전망	150

II. 2차전지 관련 핵심기술 동향과 개발 전략155

1. 주요 2차전지 관련 핵심기술 R&D 동향	155
1-1. 국내외 2차전지 관련 핵심기술 R&D 동향	155
1-2. 2차전지 종류별 핵심기술 R&D 동향	156
1) Lithium-based 계열 Battery	156
(1) 주요 Lithium-ion Type	160
가. Lithium Cobalt Oxide(LiCoO ₂)	161
나. Lithium Manganese Oxide (LiMn ₂ O ₄)	162
다. Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide	162
라. Lithium Iron Phosphate(LiFePO ₄)	163
마. Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (LiNiCoAlO ₂)	164
바. Lithium Titanate (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂)	165
(2) Lithium-ion Battery cell	166
가. 양극 활물질	169
나. 음극 활물질	175
다. 전해질	178
라. 분리막	181
(3) Lithium-ion Battery Pack의 구성	184
가. 직렬(Series) 구성	184
나. 병렬(Parallel) 구성	185
다. 직/병렬 연결	185
라. Smart Battery Pack의 구성	186
2) Nickel 계열 Battery	189
(1) Nickel-Cadmium (NI-CD) Battery	189
(2) Ni-MH Battery (니켈수소전지)	191
3) Lead Acid Battery	194
(1) 일반적인 납축전지	194
(2) VRLA 전지	195
(3) AGM VRLA 전지	197
(4) Lead-carbon Battery	198
4) Sodium Sulfur (NaS) Battery	199
(1) NaS Battery 개요	199
(2) NaS Battery의 새로운 제조공법	200
5) Redox Flow Battery	201
(1) RFB(Redox Flow Battery) 개요	201

(2) Zinc-Polyiodide 산화환원 흐름전지	202
6) Supercapacitor	204
(1) Capacitor 개요 및 특징	204
가. Capacitor 개념 및 동작원리	204
나. 주요 Capacitor 특징 및 구조	206
(2) Supercapacitor 개요 및 분류	209
가. EDLC	211
나. Hybrid Supercapacitor	213
(3) Supercapacitor 주요 용도	218
(4) Supercapacitor 개발동향	218
가. 국내 동향	218
나. 해외 동향	220
(5) Supercapacitor 시장 전망	224
가. 용도별 시장전망	224
나. 용량별 시장전망	226
2. 차세대 고효율 2차전지 개발동향	227
2-1. Lithium-Sulfur Battery(LSB) 개발동향	228
1) 리튬-황 배터리의 기술 개요	228
(1) 작동 원리	228
(2) 리튬-황 배터리의 전압 특성	229
2) 리튬-황 배터리의 한계점	231
(1) 전기적 전도도	231
(2) 충/방전 시의 배터리 부피 팽창 및 수축	231
(3) 폴리 설퍼이드의 용해로 인한 배터리 내부 반응	232
(4) 집전체와 황과의 반응	233
(5) 폴리설퍼이드와 유기용매와의 반응	233
(6) 폴리설퍼이드와 리튬-염과의 반응	234
3) 리튬-황 배터리 연구 동향	234
(1) 양극 개발 동향	235
(2) 음극 개발 동향	247
(3) 전해질 개발 동향	251
(4) 분리막 개발 동향	255
2-2. 리튬 공기전지 개발동향	258
1) 리튬공기전지의 개요 및 특성	258
(1) 비수용성 시스템의 전해질	259
(2) 비수용성 시스템용 공기 Cathode	260

(3) 수용성 리튬-공기 시스템	261
2) 국내 연구동향	262
3) 해외 연구동향	263
(1) 리튬연료전지 타입 리튬공기전지	263
(2) 고체무기화합물 전해질 타입 리튬공기전지	264
(3) 겔 타입 리튬공기전지	265
(4) 알루미늄-공기 전지	265
(5) 고효율 리튬-공기 배터리를 위한 전해질의 맞춤 제작	267
2-3. 기타 차세대 2차전지 개발동향	269
1) 마그네슘 이온을 이용한 차세대 2차전지	269
2) 알루미늄-이온 배터리	269
3) 차세대 나트륨 이온 전지	270
(1) 나트륨 이온의 삽입 효율 개선	270
(2) 나트륨 이온 전지의 마이너스 극	272
4) 액체 금속 배터리	273
3. 이차전지 관련 기술개발 과제와 연구테마	275
3-1. 2015년도 녹색산업선도형 이차전지 기술개발 사업	275
1) 전기자동차용 고에너지밀도 30kWh급 리튬이온이차전지 팩 개발	275
(1) 필요성	275
(2) 연구목표	275
(3) 지원내용	276
2) 고온 특성이 우수한 차량 SLI용 12V LIB 팩 개발	276
(1) 필요성	276
(2) 연구목표	276
(3) 지원내용	277
3) 재활용을 통한 고출력 LIB용 층상계 고용량 양극소재 제조기술 개발	278
(1) 필요성	278
(2) 연구목표	278
(3) 지원내용	279
4) EV용 4.35 V 고속충전(30분 이하, 80% 충전) 리튬이온전지기술개발	279
(1) 필요성	279
(2) 연구목표	279
(3) 지원내용	280
5) 중대형 이차전지 국가 전략로드맵	280
(1) 필요성	280
(2) 연구목표	281

(3) 지원내용	281
6) 비리튬계 이차전지 사업화 전략 연구	281
(1) 필요성	281
(2) 연구목표	282
(3) 지원내용	282

III. 고효율 중대형 2차전지 관련 주요업체 사업 동향285

1. 국내 주요 사업 참여업체 사업동향과 전략	285
1-1. (주)LG화학	285
1) 일반 현황	285
2) 기술 현황	286
(1) Battery 연구소	286
(2) xEVs용 Battery 개발 연혁	287
(3) ESS용 Battery	289
3) Products	289
(1) xEVs용 Lithium-ion Battery	289
(2) 소형 Lithium-ion Battery 솔루션	291
(3) ESS용 Lithium-ion Battery	292
(4) BMS(Battery Management System)	296
(5) 2차전지 소재	297
4) 최근 동향	298
(1) 자동차용 Battery 관련동향	298
(2) ESS 관련동향	301
(3) 특허 관련동향	306
1-2. 삼성SDI(주) (SAMSUNG SDI Co., Ltd.)	308
1) 일반 현황	308
2) 기술 현황	308
(1) 삼성SDI중앙연구소	308
(2) 주요 연구 분야	309
(3) 미래 기술 로드맵	310
3) Products	310
(1) Energy Storage System (ESS)	310
(2) 자동차용 2차전지	316
4) 최근 동향	319
1-3. (주)코캠 (Kokam Co., Lrd.)	323
1) 일반현황	323

2) 기술 현황	323
(1) Superior Lithium Polymer Battery (SLPB)	323
(2) 특허 정보	324
3) Products	324
(1) SLPB Cell	324
(2) Battery Module/Pack	328
(3) KRI/KRO Standard Rack	331
(4) 가정용/소형건물용 ESS	333
(5) Kokam Rack System (KRS)	338
(6) Kokam Containerized Energy Storage System (KCE)	340
(7) CES (Community Energy Storage)	342
(8) 설치사례	343
4) 최근 동향	344
1-4. SK이노베이션(주)	348
1) 일반 현황	348
2) 기술 현황	349
(1) Lithium-ion Battery 개발 연혁	349
(2) 종합 기술 연구소(SKIGT)	349
(3) Lithium-ion cell	350
(4) Lithium-ion cell Separator(분리막)	350
3) Products	351
(1) Lithium-ion Battery Module & Pack	351
(2) BMS	351
(3) ESS (Energy Storage System)	352
4) 최근 동향	352
1-5. 세방전지(주) (GLOBAL Battery Co., Ltd.)	355
1) 일반 현황	355
2) 기술 현황	355
(1) 연구소	355
(2) 보유 특허	356
(3) 밀폐식 Ni-MH Battery	356
3) Products	358
4) 최근 동향	362
1-6. 에너테크 인터내셔널(주) (Enertech International Inc.)	363
1) 일반 현황	363
2) 기술 현황	363
3) Products	365

(1) 전극 (Electrode)	365
(2) Lithium-ion polymer Battery cell	365
(3) Large Format Cell	366
4) 최근 동향	367
1-7. ㈜이아이지(EIG)	368
1) 일반 현황	368
2) 기술 현황	369
(1) R&D 연혁	369
(2) ePLB	369
3) Products	370
(1) ePLB-Cell	370
(2) Electrode	371
(3) ePLB-Module	372
4) 최근 동향	373
1-8. ㈜백셀	374
1) 일반 현황	374
2) 기술 현황	375
3) Products	376
1-9. 비나텍(주) (Vinatech Co., Ltd.)	378
1) 일반 현황	378
2) 기술 현황	378
3) Products	379
(1) EDLC	379
(2) P-EDLC	380
(3) Supercapacitor Module	381
2. 북미 주요 사업 참여업체 사업동향과 전략	384
2-1. A123 Systems LLC.	384
1) 일반현황	384
2) 기술 현황	384
(1) Nanophosphate® LiFePO4 Battery Technology	384
(2) Nanophosphate EXT™ LIB technology	385
(3) Energy Storage Systems Technology	386
3) Products	386
(1) Cells	386
(2) Modules	387
(3) Systems	389

4) 최근 동향	392
(1) 합작사업 동향	392
(2) 운송분야	392
(3) 전력망 분야	393
2-2. AllCell Technologies	395
1) 일반현황	395
2) 기술 현황	395
3) Products	397
(1) Electric Bike용 Li-Ion battery Pack	397
(2) ESS Modules	399
4) 최근 동향	401
2-3. Bostonpower Inc.	402
1) 일반현황	402
2) 기술 현황	402
3) Products	404
(1) Lithium-ion Battery Products (Cells, blocks, Modules)	404
(2) Customized Battery Modules	406
4) 최근 동향	408
2-4. Coda Energy	410
1) 일반현황	410
2) Products	410
3) 최근 동향	411
2-5. LG Chem. Michigan Inc. (LGCMi)	412
1) 일반현황	412
2) 기술 현황	412
3) Products	414
4) 업체 동향	414
2-6. Delphi Automotive PLC	416
1) 일반현황	416
2) 기술 현황	416
3) Products	418
4) 최근 동향	418
2-7. Dow Kokam LLC.	420
1) 일반현황	420
2) 기술 현황	420
3) Products	421
4) 최근 동향	423

2-8. ElectroVaya Inc. (Canada)	424
1) 일반현황	424
2) 기술 현황	424
3) Products	426
4) 최근 동향	427
2-9. EnerDel, Inc.	429
1) 일반현황	429
2) 기술 현황	429
3) Products	429
(1) Moxie+ Prismatic Cells	429
(2) Moxie+ Battery Modules	430
(3) Vigor+ Battery Packs	430
(4) Secure+ Battery, Storage Systems	431
(5) battery management System (BMS)	432
4) 최근 동향	432
(1) 공급계약	432
(2) M&A	433
(3) MOU, Agreement	434
2-10. Johnson Controls, Inc.	435
1) 일반현황	435
2) 기술 현황	435
3) Products	436
(1) Lithium-Ion Battery	436
(2) 기존 차량용 lead-acid battery	437
(3) Micro hybrid 용 Stop/Start Battery	437
4) 최근 동향	438
(1) Joint Venture (JV)	438
(2) battery 공급계약	439
(3) 기타 동향	440
2-11. LithChem Energy	442
1) 일반현황	442
2) 기술 현황	442
3) Products	443
2-12. Lithium Technology Corp. (LTHU)	443
1) 일반현황	443
2) 기술 현황	444
3) Products	445

4) 최근 동향	446
2-13. Magna International Inc. (Canada)	447
1) 일반현황	447
2) 기술 현황	448
(1) Magna E-Cars Systems의 DOE 연구과제 수행 현황	449
3) Products	452
4) 최근 동향	452
2-14. Maxwell Technologies Inc.	454
1) 일반현황	454
2) 기술 현황	454
(1) Ultracapacitors	455
(2) Maxwell Microelectronics	455
(3) CONDIS®	456
3) Products	456
(1) Ultracapacitor	456
(2) Microelectronics	460
(3) High-voltage capacitors - CONDIS®	460
4) 최근 동향	462
2-15. Storage Battery Systems LLC. (SBS)	463
1) 일반현황	463
2) 기술 현황	463
(1) Flat Plate Design	463
(2) Tubular Design	463
3) Products	464
(1) Flooded Lead Acid Battery	464
(2) Valve Regulated Sealed Lead Acid (VRLA) AGM Battery	465
(3) VRLA GEL battery ("GEL cell")	469
(4) Nickel Cadmium Battery	472
(5) 차량용 Starting and Deep Cycle Battery	475
(6) Battery Test Equipment	476
(7) Substation BAttery Chargers	476
(8) DC / AC Power Inverter / Converter	477
4) 최근 동향	479
2-16. Valence Technology Inc.	480
1) 일반현황	480
2) 기술 현황	480
3) Products	482

(1) U-Charge© lithium phosphate battery Cell	482
(2) U-Charge© Module	482
(3) Battery Management System	482
4) 최근 동향	484
2-17. Yardney Technical Products Inc. (YTP)	485
1) 일반현황	485
2) 기술 현황	486
3) Products	486
(1) Lithium-ion Battery (Lithion Inc.)	486
(2) Silver Zinc Battery (Yardney)	487
(3) 2.85 kWh Man Portable Aluminum-Air Fuel Cell Power Systems	488
4) 최근 동향	488
3. 중국 주요 사업 참여업체 사업동향과 전략	489
3-1. ATL (Amperex Technology Ltd.)	489
1) 일반현황	489
2) Products	489
3) 최근 동향	490
3-2. China BAK Battery, Inc. (CBAK)	491
1) 일반현황	491
2) Products	491
3-3. BYD Co., Ltd.	492
1) 일반현황	492
2) 기술 현황	492
3) Products	494
(1) Lithium-ion/Polymer Battery	494
(2) Nickel Battery	494
(3) 충전기	495
(4) 그 외 Products	496
4) 최근 동향	496
3-4. Hunan Corun New Energy Co., Ltd.	497
1) 일반현황	497
2) Products	497
(1) NICKEL METAL HYDRIDE(NiMH) BATTERY	497
(2) Materials	497
3) 최근 동향	499
3-5. Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd.	499

1) 일반현황	499
2) Products	500
(1) Cells	500
(2) LEV-Pack	502
(3) Photovoltaic(PV) System Products	503
(4) Ultracapacitor 제품군	504
3) 최근 동향	505
4. 일본 주요 사업 참여업체 사업동향과 전략	506
4-1. Automotive Energy Supply Co. (AESC)	506
1) 일반현황	506
2) 기술 현황	506
3) Products	509
(1) EV용 Lithium-Ion Cell, Module, Pack	509
(2) HEV용 Lithium-Ion Cell, Module, Pack	510
4) 최근 동향	511
(1) Awards	511
(2) Lithium-Ion 배터리 공급계약	511
4-2. GS Yuasa Co.	512
1) 일반현황	512
2) 기술 현황	513
3) Products	514
(1) Lithium-ion Battery	514
(2) Membrane Filters	515
(3) 자동차, Motorcycle용 battery	515
(4) 산업용 Battery	516
(5) Power Supply System	516
4) 최근 동향	517
(1) 합작회사(Joint Venture, JV)	517
(2) 공급 계약	517
(3) 시장의 평가	517
4-3. Hitachi Ltd.	518
1) 일반현황	518
2) 기술 현황	519
3) Products	520
4) 최근 동향	521
4-4. Mitsubishi Heavy Industries Co. (MHI)	522

1) 일반현황	522
2) 기술 현황	523
(1) MHI Li-Ion Battery 특징	523
(2) Field Test Example	523
(3) BMU + CMU + BBU	523
3) Products	524
4) 최근 동향	524
4-5. Panasonic Corporation	526
1) 일반현황	526
2) 기술 현황	527
(1) Panasonic의 Energy Business	527
(2) Smart Energy Storage System(SESS)	528
(3) xEVs용 VRLA battery	529
(4) 스톱 스타트를 위한 12V ERS	530
3) Products	531
(1) xEVs용 VRLA Battery	531
(2) Lithium-Ion Battery	531
(3) Nickel-Cadmium Battery	535
(4) Nickel Metal Hydride(NiMH) Battery	536
(5) Smart Energy Storage Systems	540
(6) Charging System	542
4) 최근 동향	543
4-6. Primearth EV Energy Co., Ltd. (PEVE)	545
1) 일반현황	545
2) 기술 현황	546
3) Products	548
4) 최근 동향	549
4-7. Sony Corporation	550
1) 일반현황	550
2) 기술 현황	550
3) 최근 동향	550
4-8. Toshiba Corporation	551
1) 일반현황	551
2) 기술 현황	551
(1) SCiB(Super Charge ion Battery)	551
(2) Inverter와 DC-DC Converter	553
3) Products	556

4) 최근 동향	556
5. 유럽 주요 사업 참여업체 사업동향과 전략	558
5-1. Evonik Industries AG (독일)	558
1) 일반현황	558
2) 기술 현황	559
(1) Flexible Membrane	559
(2) 자동차용 부품 소재	559
3) Products	559
4) 최근 동향	560
5-2. Max Power (이태리)	561
1) 일반현황	561
2) Products	561
(1) 12V/24V electric tunnel thrusters	561
(2) Electric Retractable Thrusters	562
(3) ELECTRIC HYDRAULIC POWERPACKS	562
(4) Marine Fuel Cell®	563
5-3. Saft Groupe S.A. (프랑스)	564
1) 일반현황	564
2) 기술 현황	565
3) Products	566
(1) AVIATION	566
(2) 군수용	566
(3) Energy Storage System	567
(4) 해상용 모듈	568
(5) Space용	569
(6) 전기 자동차용, 철도용 Battery System	570
4) 최근 동향	572

표 목차

1. 고효율 중대형 2차전지 시장 동향과 전망	39
<표1-1> 전지의 특성에 대한 개념 정의	40
<표1-2> 전지에 관한 주요 개발 역사	41
<표1-3> 고효율 2차전지 1, 2차 세부기술	46
<표1-4> 주요 Battery의 구성 및 작동	48
<표1-5> 전지 종류별 비교	50
<표1-6> 주요 2차전지의 특징 및 적용분야	50
<표1-7> 현재 주로 사용하는 2차전지의 주요 제원 비교	51
<표1-8> 용도별 ESS 요구 조건	55
<표1-9> 에너지 저장 System 유형의 개요 및 특성	56
<표1-10> US DoE에서 정의하는 에너지 저장 기술 분류	57
<표1-11> 국내외 Supply Chain	58
<표1-12> ESS 세분 시장별 사업 특성과 상이한 필요 역량	59
<표1-13> 각국의 ESS 지원 정책 비교	63
<표1-14> 각 국의 ESS 실증 사례	68
<표1-15> 주요국의 ESS 관련 정책 내용	69
<표1-16> 국외 주요 업체들의 ESS 시장 진출 전략	69
<표1-17> ESS 세분 시장 별 성장 전망(2020년 기준)	73
<표1-18> 세분화된 ESS 시장구조	74
<표1-19> 배터리 종류별 에너지밀도	93
<표1-20> xEVs용 Battery size 및 가격 비교	94
<표1-21> 전기차 유형별 제조사 현황	94
<표1-22> 국내 차량용 배터리 관련 기술개발 현황	95
<표1-23> Lithium-ion과 니켈수소합금 배터리 주요 성능 비교	105
<표1-24> 각 OEM 업체별 PHEV 배터리 주요 사양	107
<표1-25> EV용 Battery System 특허출원동향 (~2014)	114
<표1-26> 볼리비아의 리튬 광산 개발 투자액(추정)	117
<표1-27> 배터리에 사용되는 글로벌 리튬 수요 예측	118
<표1-28> 글로벌 주요 리튬 채굴 기업	119
<표1-29> 세계 주요 리튬 이온 배터리 제조사 현황	120
<표1-30> 국내 리튬이온 2차전지 소재 개발회사 (2011)	121
<표1-31> 전해질 첨가제 제품화 및 연구개발 동향	124

<표1-32> 2차전지 전해질 첨가제 시장규모 전망	124
<표1-33> 2014년 LIB 주요 소재 국가별 점유율 (단위: %)	132
<표1-34> 산업기기의 전반적인 특징	135
<표1-35> 고효율 중대형 2차전지가 필요한 산업기기	136
<표1-36> Johnson Controls의 Dual battery solution 전략	141
<표1-37> 2020년 2차전지의 주력 시장 예측	150
<표1-38> 미주 LIB(Lithium-ion전지) ESS 시장 전망	151

II. 2차전지 관련 핵심기술 동향과 개발 전략155

<표2-1> 국내외 기술개발 동향 요약	155
<표2-2> Lithium-ion계 배터리의 4가지 핵심물질	157
<표2-3> 일반 Lead-Acid Battery와 Lithium-ion Battery(LIB)의 비교	158
<표2-4> Lithium-ion과 니켈수소합금 배터리 주요 성능 비교	158
<표2-5> 주요 회사별 HEV용 Lithium-ion배터리 사양	159
<표2-6> Lithium-ion, Lithium-ion polymer, Lithium-metal Polymer Battery cell 비교 ..	159
<표2-7> Lithium Cobalt Oxide 특성	161
<표2-8> Lithium Manganese Oxide (LiMn2O4) 특성	162
<표2-9> Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide 특성	163
<표2-10> Li-phosphate 특징	164
<표2-11> NCA 특징	165
<표2-12> Li-titanate 특징	166
<표2-13> Lithium-ion 전지의 일반적인 특징	166
<표2-14> Lithium-ion 전지의 장/단점 비교	166
<표2-15> 전극의 크기, 형태, 결정도, 모양 등에 따라 변화하는 2차전지의 성능	168
<표2-16> 양극활물질의 개발 동향	169
<표2-17> 주요 양극활물질 특성 및 2차전지 제조기업	169
<표2-18> Lithium-ion 배터리 양극소재별 배터리 성능 비교	170
<표2-19> 주요 4대 lithium-ion batteries 특성 비교	170
<표2-20> 주요 음극 활물질의 특성	175
<표2-21> 주요 전해질의 특성	178
<표2-22> 분리막의 종류 및 특징	182
<표2-23> battery Pack의 제조 공정도	184
<표2-24> 스마트 회로의 개요	188
<표2-25> NiCd의 장/단점 비교	190
<표2-26> alkaline, reusable alkaline, Eneloop, NiMH의 비교	192
<표2-27> Ni-MH Battery의 장/단점 비교	193
<표2-28> 납축전지의 장/단점 비교	194

<표2-29> AGM VRLA 전지의 장/단점	198
<표2-30> NaS 전지 특징 및 구조	200
<표2-31> 주요 capacitor의 특징	208
<표2-32> Supercapacitor의 개체군	209
<표2-33> Lithium-ion Battery와 Supercapacitor의 성능 비교	210
<표2-34> Advantages and limitations of supercapacitors	210
<표2-35> 글로벌 LIC 주요 생산업체 제품 특징 및 스펙	214
<표2-36> 초고용량 커패시터의 용량별 적용분야 및 용도	218
<표2-37> 국내 주요 초고용량 커패시터 생산 업체 현황 (2012)	219
<표2-38> 초고용량 커패시터 용도별 시장 분류	224
<표2-39> 초고용량 커패시터 용도별 시장 전망	225
<표2-40> 초고용량 커패시터 용량별 시장 전망	226
<표2-41> 리튬 이온 배터리의 타입별 비교	227
<표2-42> 고체 전해질의 구분	252

Ⅲ. 고효율 중대형 2차전지 관련 주요업체 사업 동향285

<표3-1> ㈜LG화학 프로필	285
<표3-2> LG화학 Battery 연구소의 전공분야	286
<표3-3> LG화학의 소형전지 자체 특허 기술 ‘Stack & Folding Technology’	287
<표3-4> LG화학의 안전성 강화 분리막 SRS(Safety Reinforcing Separator) 기술	287
<표3-5> LG화학 고유의 Pack 구조의 장점	288
<표3-6> LG화학 ESS용 Battery의 차별성	289
<표3-7> LG화학의 대표적인 xEVs용 Lithium-ion Battery와 적용	289
<표3-8> LG화학의 Lithium-ion 소형 배터리 솔루션	291
<표3-9> LG화학의 ESS의 구성	292
<표3-10> LG화학의 ESS 설치 사례	294
<표3-11> LG화학의 BMS(Battery Management System) 특징	297
<표3-12> LG화학의 2차전지 소재	297
<표3-13> 삼성SDI(주) 프로필	308
<표3-14> R&D 연혁	309
<표3-15> 삼성 SDI의 주요 연구분야	309
<표3-16> 삼성 SDI의 주요 R&D 센터	310
<표3-17> 삼성SDI의 자동차용 2차전지 미래 기술 로드맵	310
<표3-18> Energy Storage System (ESS) Applications	310
<표3-19> 주택 및 상업용 solution 제품 사양	312
<표3-20> 삼성 SDI의 산업/상업용 ESS 제원	312
<표3-21> 주요 통신기지국 솔루션의 특징	313

<표3-22> 삼성 SDI의 UPS용 ESS 제원	314
<표3-23> 주요 설치사례	315
<표3-24> 삼성SDI의 고전압 2차전지 시스템	317
<표3-25> 삼성SDI의 저전압 2차전지 시스템	318
<표3-26> (주)코캠 프로필	323
<표3-27> 코캠의 Superior Lithium Polymer Battery (SLPB) 장점 그래프	324
<표3-28> 코캠의 대용량(25~240Ah) Superior Lithium Polymer Battery Cell 제원표	325
<표3-29> NMC cell specification	326
<표3-30> LTO cell specification	327
<표3-31> NANO cell specification	328
<표3-32> 코캠의 Battery Module KBM216 시리즈 제원표	329
<표3-33> 코캠의 Battery Module KBM255 시리즈 제원표	329
<표3-34> Kokam Battery Module KBM460 시리즈 제원표	330
<표3-35> Kokam Battery Module EV 시리즈 제원표	330
<표3-36> Kokam Battery Module KCPM 시리즈 제원표	330
<표3-37> KRI/KRO Standard Rack 특징 및 외형	331
<표3-38> 코캠의 KRI/KRO Standard Rack System 제원표	331
<표3-39> Kokam Uninterruptible Power Supply (KUPS) 특징 및 외형	332
<표3-40> Kokam ESS의 주요 기능	333
<표3-41> KHESSE 제원-AC Electrical Specifications	333
<표3-42> KHESSE 제원-DC Electrical Specifications	334
<표3-43> SIS 제원-AC Electrical Specifications	335
<표3-44> SIS 제원-DC Electrical Specifications	336
<표3-45> StoraXe® SRS2025 제원	337
<표3-46> Kokam Rack System (KRS) Technical Data-NMC High Power Type	339
<표3-47> Kokam Rack System (KRS) Technical Data-NMC High Energy Type	339
<표3-48> Kokam Rack System (KRS) Technical Data-LTO High Power Type	340
<표3-49> 코캠의 Commercial Scale ESS (KCE) 제원	341
<표3-50> 코캠의 CES Technical Data	342
<표3-51> Kokam ESS/UPS 설치 사례	343
<표3-52> 2014년도 한국전력 주파수조정(FR)용 ESS 사업자 평가 결과	346
<표3-53> SK이노베이션(주) 프로필	348
<표3-54> SK Innovation의 Lithium-ion Battery Pack & Module	351
<표3-55> SK Innovation의 BMS	351
<표3-56> 세방전지(주) 프로필	355
<표3-57> 세방전지의 보유 특허	356
<표3-58> 세방전지의 밀폐식Ni-MH, 액식Ni-MH, Ni-Cd Battery 비교	357

<표3-59> 세방전지의 HEV용 NI-MH Battery 제원	358
<표3-60> 세방전지 Hybrid 연료전지 시스템 제원	359
<표3-61> 세방전지의 밀폐식 Ni-MH Battery Cell Specifications (20℃)	359
<표3-62> 세방전지의 밀폐식 Ni-MH Battery 12V Module Specifications (20℃)	360
<표3-63> 세방전지의 BMS 제어 방식표	361
<표3-64> BMS 제원	361
<표3-65> 신재생 에너지 실증 연구 사업 장치 특성	362
<표3-66> 에너텍 인터내셔널(주) 프로필	363
<표3-67> 에너텍의 전극 (Electrode) 제품 적용예	365
<표3-68> 에너텍의 Lithium-ion polymer Battery cell 제원	365
<표3-69> 에너텍의 Large Format battery 제원	366
<표3-70> 에너텍의 module terminal design (양극형/단극형) 비교	367
<표3-71> (주)이아이지 프로필	368
<표3-72> EIG의 ePLB 특성	369
<표3-73> ePLB Series 특성 및 Application	370
<표3-74> EIG의 ePLB Cell 종류 및 특성	370
<표3-75> EIG의 Electrode 종류 및 특징	371
<표3-76> EIG의 Electrode 종류 및 특성(specification)	372
<표3-77> ePLB-Module의 Features	372
<표3-78> (주)백셀 프로필	374
<표3-79> 백셀의 국책과제 수행 실적	375
<표3-80> 백셀의 제품 개발 현황	376
<표3-81> 백셀의 Lithium-ion Battery cell	376
<표3-82> 백셀의 EV용 Battery	376
<표3-83> 비나텍(주) 프로필	378
<표3-84> 비나텍의 특허정보	378
<표3-85> EDLC 제품 SPECIFICATION	380
<표3-86> P-EDLC 제품 SPECIFICATION	381
<표3-87> Module 제품 SPECIFICATION	382
<표3-88> Module Axial Standard (16V/48V) 제원	383
<표3-89> A123 Systems, LLC 프로필	384
<표3-90> A123 Systems, LLC의 Cell 제품군	386
<표3-91> LN4/H7 Product 제원표	391
<표3-92> AllCell Technologies 프로필	395
<표3-93> NAKED Bike용 24V Li-ion Batteries	397
<표3-94> NAKED Bike용 36V Li-ion Batteries	397
<표3-95> NAKED Bike용 48V Li-ion Batteries	398

<표3-96> ESS 1.3kWH Li-Ion Modules 제원	399
<표3-97> ESS 1.7kWH Li-Ion Modules 제원	400
<표3-98> ESS 5.4kWH Li-Ion Modules 제원	400
<표3-99> Bostonpower inc. 프로필	402
<표3-100> Lithium-ion Cells Swing® Sonata® 제원	405
<표3-101> Battery Blocks 제원	405
<표3-102> Swing® Stack 시리즈 제원	407
<표3-103> Swing Medley™ 2253 제원	407
<표3-104> Swing Tempo™ 시리즈 제원	408
<표3-105> CODA Energy 프로필	410
<표3-106> LG Chem. Michigan Inc. 프로필	412
<표3-107> Lithium-ion batteries의 기본 속성	413
<표3-108> Lithium-ion batteries의 특성 비교	413
<표3-109> LGCPI의 제품군 타겟	414
<표3-110> Delphi Automotive PLC 프로필	416
<표3-111> Dow kokam LLC. 프로필	420
<표3-112> Dow Kokam XAL™ Cells 제원	421
<표3-113> Dow Kokam에서 생산, 판매하는 Kokam Cells	422
<표3-114> Electrovaya Inc. 프로필	424
<표3-115> Electrovaya의 Prismatic cell Design과 Cylindrical Design의 비교	425
<표3-116> Electrovaya의 주요 제품군	426
<표3-117> Enerdel, Inc. 프로필	429
<표3-118> Enerdel의 Moxie+ Prismatic Cells 제원	429
<표3-119> Moxie+ Battery Modules 제원	430
<표3-120> Vigor+ Battery Packs 제원	430
<표3-121> Secure+ Battery, Storage Systems 제원	431
<표3-122> Johnson Controls, Inc. 프로필	435
<표3-123> Johnson Controls의 Lithium-Ion Battery Cell 제원	436
<표3-124> Johnson Controls의 Lithium-Ion Battery Modules 제원	437
<표3-125> Johnson Controls의 Lithium-Ion Battery Systems 제원	437
<표3-126> LithChem Energy 프로필	442
<표3-127> Lithium Technology Corp. 프로필	443
<표3-128> GAIA Cells 제품군	445
<표3-129> 다른 종류의 제품군	446
<표3-130> Magna International Inc. 프로필	447
<표3-131> Magna E-Car Systems of America, Inc. 프로필	447
<표3-132> DOE 연구과제 R&D 연혁	450

<표3-133> 개발 및 양산화 준비완료 품목들 1/2	450
<표3-134> 개발 및 양산화 준비완료 품목들 2/2	451
<표3-135> Magna Steyr의 xEVs용 Battery Packs	452
<표3-136> Maxwell Technologies Inc. 프로필	454
<표3-137> Maxwell Technologies의 Board Mounted Cells	456
<표3-138> MAXWELL TECHNOLOGIES의 ULTRACAPACITORS 제원 1/2	457
<표3-139> MAXWELL TECHNOLOGIES의 ULTRACAPACITORS 제원 2/2	458
<표3-140> MAXWELL TECHNOLOGIES의 High Capacity Cells	459
<표3-141> MAXWELL TECHNOLOGIES의 Modules (1/2)	459
<표3-142> MAXWELL TECHNOLOGIES의 Modules (2/2)	460
<표3-143> High-voltage capacitors - CONDIS 제품군	461
<표3-144> Storage Battery Systems LLC. 프로필	463
<표3-145> Flooded Lead Acid Battery의 특성 및 용도	464
<표3-146> STT Series Low Maintenance Tubular Flooded Batteries 제원	465
<표3-147> 2 Volt AGM Modular Battery Systems : 100 - 3,000 Ah 특성 및 응용	466
<표3-148> 2 Volt AGM Modular Battery Systems 의 구조	466
<표3-149> AGM VRLA Modular 100 - 3,000Ah Battery Systems 제원	466
<표3-150> S Series: General Purpose Battery의 구조	467
<표3-151> S Series: General Purpose Battery의 특성 및 용도	467
<표3-152> S Series: General Purpose Battery의 제원	467
<표3-153> UPS Series VRLA Batteries For High Rate UPS Applications 특징	468
<표3-154> UPS Series VRLA Batteries For High Rate UPS Applications 제원	469
<표3-155> Front Access AGM 12 Volt Maintenance-Free Battery 특성 및 구조	469
<표3-156> VRZ Series: Tubular Long Life Battery 구조 및 특성	470
<표3-157> VRZ Series: Tubular Long Life Battery 제원 및 Applications	470
<표3-158> GGM Series Pasted Plate Gel VRLA Battery 구조 및 특성	471
<표3-159> GGM Series Pasted Plate Gel VRLA Battery 제원	471
<표3-160> G-Series (Gel) VRLA Batteries Construction & 특성	472
<표3-161> G-Series (Gel) VRLA Batteries 제원	472
<표3-162> KP/KB Series: Vented Pocket Plate Battery 특성	473
<표3-163> Valve Regulated Pocket Plate Ni-Cad Battery의 특성, 적용장치, 제원	474
<표3-164> Fibre Plate Ni-Cad Battery의 특성	474
<표3-165> Fibre Plate Ni-Cad Battery 제원	474
<표3-166> 차량용 Starting and Deep Cycle Battery 종류	475
<표3-167> SBS Battery Test Equipment 종류	476
<표3-168> Industrial/Motive Chargers 종류	477
<표3-169> DC/AC Inverter (1, 2, 3, 5 KVA Output) 특성	477

<표3-170> DC/AC Inverter (1, 2, 3, 5 KVA Output) 제원	478
<표3-171> DC/AC Inverter (120 Vdc, 10 to 60 KVA) 제원	478
<표3-172> DC/DC Converters 제원 및 특성	479
<표3-173> Valence Technology Inc. 프로필	480
<표3-174> Valence의 Lithium Iron Magnesium Phosphate와 다른 Battery 비교	481
<표3-175> Valence의 U-Charge© lithium phosphate battery Module 제원	482
<표3-176> Yardney Technical Products Inc. (YTP) 프로필	485
<표3-177> Lithium-ion Battery (Lithion Inc.) Cell의 제원	486
<표3-178> Yardney의 Low Rate (LR) Silvercel® Models 제원	487
<표3-179> Amperex Technology Ltd. 프로필	489
<표3-180> ATL의 Products	489
<표3-181> China BAK Battery, Inc. 프로필	491
<표3-182> BAK의 High Power Lithium-ion Cells	491
<표3-183> BYD Co., Ltd. 프로필	492
<표3-184> BYD Nickel Battery 4 Type의 특성	495
<표3-185> BYD 충전기의 종류와 특성	495
<표3-186> Hunan Corun New Energy Co., Ltd. 프로필	497
<표3-187> 현재 생산 중인 재료 특성 및 용도	498
<표3-188> 개발 중인 재료	499
<표3-189> Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd. 프로필	499
<표3-190> TLBJ의 Prismatic Cells 제품군	500
<표3-191> TLBJ의 Cylindrical Cells 제품군	501
<표3-192> TLBJ의 Polymer Cells 제품군	502
<표3-193> TLBJ의 LEV-Pack 제품군	502
<표3-194> TLBJ의 PV Panels 제품군	503
<표3-195> TLBJ의 PV System Products	503
<표3-196> TLBJ의 Ultracapacitor 제품군	504
<표3-197> TLBJ의 Ultracapacitor Module 제품군	504
<표3-198> Automotive Energy Supply Corporation (AESC) 프로필	506
<표3-199> Manganese Based LIB vs. Cobalt Based LIB 비교	507
<표3-200> EV용 Lithium-Ion Cell의 제원	509
<표3-201> EV용 Lithium-Ion Module의 제원	509
<표3-202> EV용 Lithium-Ion Battery Pack의 제원	509
<표3-203> HEV용 Lithium-Ion Cell 제원	510
<표3-204> HEV용 Lithium-Ion Module 제원	511
<표3-205> HEV용 Lithium-Ion battery Pack 제원	511
<표3-206> GS Yuasa Co. 프로필	512

<표3-207> GS Yuasa의 Lithium-ion Battery for EVs	514
<표3-208> GS Yuasa의 Lithium-ion Battery 제품군	514
<표3-209> Membrane Filters (Yuasa Membrane Systems Co., Ltd.)	515
<표3-210> GS Yuasa의 자동차, Motorcycle용 battery 제품군	515
<표3-211> GS Yuasa의 산업용 battery 제품군	516
<표3-212> GS Yuasa의 Power Supply System 제품군	516
<표3-213> Hitachi, Ltd. 프로필	518
<표3-214> Hitachi Vehicle Energy, Ltd. 프로필	518
<표3-215> Hitachi Automotive Systems, Ltd. 프로필	519
<표3-216> Hitachi Vehicle Energy, Ltd.의 Lithium-ion Battery Cell 과 Modules	520
<표3-217> Mitsubishi Heavy Industries Ltd.(MHI) 프로필	522
<표3-218> MHI의 Li-Ion Battery Field Test	523
<표3-219> MHI의 Battery management Unit+Cell Management Unit+BBU	524
<표3-220> MHI의 Li-Ion Battery MLiX cells	524
<표3-221> Panasonic Corporation 프로필	526
<표3-222> Panasonic의 Energy Business 분야	527
<표3-223> SESS Technology Features	528
<표3-224> VRLA battery의 특성 및 제원	531
<표3-225> Lithium-Ion Battery Cylindrical type High Capacity Models (Ni System)	532
<표3-226> Lithium-Ion Battery Cylindrical type High Capacity Models 제원	532
<표3-227> Lithium-Ion Battery Cylindrical type High Drain Models 제원	532
<표3-228> Li-Ion Battery Cylindrical type 다목적Model 및 Long Life Model 제원	532
<표3-229> Lithium-Ion Battery Prismatic type General Purpose models 제원	533
<표3-230> Lithium-Ion Battery Prismatic type High Capacity models 제원	534
<표3-231> Lithium-Ion Battery Prismatic type High Capacity models 제원	534
<표3-232> Lithium-Ion Battery Pouch Type 제원	534
<표3-233> Nickel-Cadmium Battery models 제원	535
<표3-234> Nickel Metal Hydride(NiMH) Battery Types	536
<표3-235> LC-R Cycle NiMH Battery 제원	537
<표3-236> LC-T Storage series NiMH Battery 제원	537
<표3-237> LC-CA/XC Cycle long Life NiMH Battery 제원	537
<표3-238> LC-V Trickle NiMH Battery 제원	538
<표3-239> LC-P Trickle Super long life NiMH Battery 제원	538
<표3-240> UP NiMH Battery 제원	538
<표3-241> LC-P Trickle long life NiMH Battery 제원	539
<표3-242> LC-WT NiMH Battery 제원	539
<표3-243> Primearth EV Energy Co., Ltd. 프로필	545

<표3-244> HEV용 NiMH Battery의 제원	548
<표3-245> Battery Pack	548
<표3-246> Sony Corporation 프로필	550
<표3-247> Toshiba Corporation 프로필	551
<표3-248> Evonik Industries AG 프로필	558
<표3-249> Max Power 프로필	561
<표3-250> Max Power의 12V/24V electric tunnel thrusters 제원	561
<표3-251> Max Power의 12V/24V Electric Retractable Thrusters 제원	562
<표3-252> DC motor pumps	563
<표3-253> Twin motor PowerValve™ (2 x 8kw)	563
<표3-254> Marine Fuel Cell®	563
<표3-255> Saft Groupe S.A. 프로필	564
<표3-256> Saft America Inc. 프로필	565
<표3-257> Saft의 군수용 Battery System 제원	566
<표3-258> Saft의 Marine module 48P 제원	568
<표3-259> Saft의 Space용 Battery System	569
<표3-260> Saft의 전기 자동차용, 철도용 Battery System	570

그림 목차

1. 고효율 중대형 2차전지 시장 동향과 전망	39
<그림1-1> 2차전지 충·방전 원리	39
<그림1-2> 2차전지 산업의 태동과 발전	42
<그림1-3> 주요 2차전지 개발연표 및 적용용도	42
<그림1-4> 전지산업의 Paradigm, 시장 환경 변화	43
<그림1-5> 1차, 2차전지 종류별 매출액(Revenue) Global 시장 점유율	43
<그림1-6> 2차전지의 에너지 특성과 Power 특성에 따른 개발 방향	44
<그림1-7> 화학전지의 주요소재	47
<그림1-8> 구성 물질에 따른 전지의 분류	49
<그림1-9> 고효율 2차전지의 적용 장치별 점유율 비교	53
<그림1-10> 차세대 고효율 2차전지 Energy 용량과 지역별 매출 전망	53
<그림1-11> ESS 적용 Grid 개념도	54
<그림1-12> 독일에서 가동을 시작한 Battery 발전소	66
<그림1-13> NEDO 2차전지 개발 2013	67
<그림1-14> 스마트 그리드 구축의 선결 조건인 ESS	72
<그림1-15> 2010년 이후 급증한 ESS 프로젝트	74
<그림1-16> 장치별 지역별 신규 ESS Project 2013-2014 (Pumped Storage 제외)	78
<그림1-17> 장치별 지역별 신규 ESS Project 2014.3분기-2015.1분기	79
<그림1-18> 장치별 그리드 통합형 ESS 설치용량 추이, World Markets: 2014-2024	81
<그림1-19> Utility-Scale Application용 지역별 고효율 2차전지 cell 연간 판매량 추이	81
<그림1-20> 마이크로그리드 에너지관리 시스템	84
<그림1-21> Installed DESS Power Capacity by Application, World Markets	85
<그림1-22> 지역별 주거용 발전/저장장치 매출액, World Markets: 2013-2023	86
<그림1-23> Microgrid용 ESS 설치 에너지 용량추이-기술별, World Markets	86
<그림1-24> 2020년 CO ₂ 규제 수준	90
<그림1-25> 리튬계열 전기차용 Battery 비교도	91
<그림1-26> Battery 가격의 추정치	92
<그림1-27> xEV의 Battery 용량 비교	93
<그림1-28> GM, Opel Ampea 주요 사양	96
<그림1-29> GM, Opel Ampea 배터리 시스템	96
<그림1-30> Daimler AG의 대상 차종에 따른 배터리 적용 기술	97
<그림1-31> 폭스바겐 社의 하드웨어 부품의 모듈화 전략	98

<그림1-32> BMW의 차량 전기화 전략	99
<그림1-33> BMW의 전기부 모듈화 개발 전략	99
<그림1-34> Toyota의 PHEV 연료절감 효과 시험결과	100
<그림1-35> 리튬이온전지 비중의 급격한 증가와 다양한 완성차업체의 요구	103
<그림1-36> 자동차용 전체 Li-ion Battery 지역별 매출전망	103
<그림1-37> Annual Total Light Duty Stop-Start Vehicle(SSV) Sales by Region	104
<그림1-38> 주요 HEV용 Battery의 end-life 용량 비교(256,000km(160,000 miles))	106
<그림1-39> 48V 리튬이온전지 시스템의 비용 대비 연비향상을	109
<그림1-40> 자동차용 리튬이온전지 시장 급속한 성장 예상	113
<그림1-41> 글로벌 리튬 광석 자원 분포도(2012년 3,012만 매트릭톤)	115
<그림1-42> 국가별 리튬 생산 현황(2012년 37,000 매트릭톤)	116
<그림1-43> 지역별 리튬 매장량 분포	116
<그림1-44> 리튬의 활용 분야	118
<그림1-45> 리튬의 밸류 체인	119
<그림1-46> 리튬 이온 배터리 밸류 체인	120
<그림1-47> 주요 소재별 2차전지용 재료 매출 현황 및 전망	127
<그림1-48> 주요 산업기기의 분류	136
<그림1-49> LIB 2차전지 국내외 가치사슬(Value Chain)	150
<그림1-50> LIB 시장 규모 : (좌) 차급 (우) 지역별 (단위 10억 US\$)	151

II. 2차전지 관련 핵심기술 동향과 개발 전략155

<그림2-1> E-One Moli사의 IHR18650C(3.6V, 2,000mA) Cycle 특성	160
<그림2-2> lead/nickel/lithium-based battery 들의 Typical specific energy 비교	160
<그림2-3> Lithium Cobalt Oxide(LiCoO ₂) structure와 특성 분포도	161
<그림2-4> Lithium Manganese Oxide (LiMn ₂ O ₄) structure와 특성 분포도	162
<그림2-5> NMC 특성 분포도	163
<그림2-6> Li-phosphate 특성 분포도	164
<그림2-7> NCA 특성 분포도	165
<그림2-8> Li-titanate 특성 분포도	165
<그림2-9> Lithium-ion Battery의 충/방전 원리 개념도 및 전압 방전곡선	167
<그림2-10> xEVs용 laminate형 Lithium-ion 2차전지의 구성도	168
<그림2-11> 두 개의 황 원자 사이에 한 개의 몰리브덴 원자가 샌드위치된 이황화몰리브덴 시트	173
<그림2-12> 서로 다른 코팅을 가진 다공성 실리콘 마이크로입자.	174
<그림2-13> 리튬을 가진 새로운 저장 재료, 리튬을 가지지 않는 새로운 저장 재료.	177
<그림2-14> 전해질 타입에 따른 리튬 - 이온 배터리의 특징	180
<그림2-15> 폴리머 전해질을 사용한 리튬 이온 배터리의 구조도	181

<그림2-16> 금속 덴드라이트와 (PEO/ANF) 복합물.	183
<그림2-17> 직렬 연결	185
<그림2-18> 병렬 연결	185
<그림2-19> 직/병렬 연결	186
<그림2-20> Smart Battery Pack의 구성 PCM(보호회로) + Gauging(스마트 회로)	186
<그림2-21> 배터리 팩의 냉각과 온도의 성능 영향(Renault 사)	187
<그림2-22> Lithium-ion 전지의 보호회로 및 동작범위	188
<그림2-23> 표준 NiCd (7.2V, 900mAh)의 성능 그래프	190
<그림2-24> Ultra-high-capacity NiCd (6V, 700mAh)의 성능 그래프	191
<그림2-25> 니켈수소 전지의 원리	191
<그림2-26> 밀폐형 Ni-MH Battery의 충/방전 Simulation 개념도	192
<그림2-27> NiMH (6V, 950mAh)의 성능 그래프	193
<그림2-28> 시동용 일반 납축전지와 ESS용 Deep-cycle battery	194
<그림2-29> 일반 납축전지(Flooded type)와 VRLA의 비교	197
<그림2-30> Advanced Lead-carbon Battery의 개념도	198
<그림2-31> 원래의 흑연(A)과 확장된 흑연(B)의 투과전자현미경 사진	200
<그림2-32> RFB(Redox Flow Battery) 구조 및 동작	202
<그림2-33> 아연-폴리요오드화물(zinc-polyiodide) 전지	203
<그림2-34> 여러 종류의 Capacitor와 회로도상의 표식	205
<그림2-35> Capacitor의 동작원리	205
<그림2-36> double layer capacitor 동작 개념	206
<그림2-37> Fixed capacitor의 종류	207
<그림2-38> Capacitor type별 Principle charge storage와 고유한 voltage progression	207
<그림2-39> 주요 capacitor의 Capacitance/voltage range, 적용 장치 범위	208
<그림2-40> Supercapacitor 개요	209
<그림2-41> 각종 capacitors and batteries의 power density vs. energy density	210
<그림2-42> Classification of supercapacitors into classes	211
<그림2-43> EDLC 개념도	212
<그림2-44> EDLC (Activated carbon electrode - Tube type) 구조도	212
<그림2-45> EDLC (Activated carbon electrode - BOX type) 구조도	213
<그림2-46> LIC(Lithium Ion Capacitor) 개념도	213
<그림2-47> 새로운 슈퍼캐패시터 진극	216
<그림2-48> 연구개발한 리튬 이온 커패시터 장치 및 충전, 방전과 순환 수명 곡선	222
<그림2-49> 2차전지 종류에 따른 친환경차량의 주행거리 및 가격	228
<그림2-50> “서틀” 메커니즘 개략도	229
<그림2-51> 리튬 - 황 배터리의 충/방전 거동	229
<그림2-52> 리튬 - 황 배터리의 부피 팽창 수축에 의한 전기적 전도성 파괴	232

<그림2-53> 다공성 탄소를 적용한 리튬 - 황 배터리의 전기화학 반응	237
<그림2-54> AAO Template을 적용한 CNF 리튬 - 황 배터리 양극재	240
<그림2-55> 양쪽 친매성 고분자 표면처리 전/후 리튬-황 배터리 양극재 내부 황 잔존량 변화	240
<그림2-56> 그래핀을 이용한 리튬 - 황 배터리 구조도	241
<그림2-57> 외벽 종류 및 존재 유무에 따른 폴리설파이드 용해	243
<그림2-58> TiO ₂ 를 이용한 요크-셀의 경우	244
<그림2-59> SEM 으로 본 바이 피라미드 형상의 황 입자	245
<그림2-60> 크로스 링크 구조의 폴리 아닐린 양극과 폴리 아닐린의 부드러운 특성을 이용한 부피 변화 완화	246
<그림2-61> PVP를 이용한 리튬 - 황 양극재	247
<그림2-62> 리튬-황 배터리의 수명을 확장하기 위하여 Celgard와 다중벽 탄소 나노튜브(오른쪽)	248
<그림2-63> 실리카 첨가제를 이용한 리튬 - 황 배터리 양극의 반응 개략도	254
<그림2-64> 선택적 멤브레인을 이용한 개략도.	256
<그림2-65> 리튬공기전지 개념도	258
<그림2-66> 리튬연료전지 타입 리튬공기전지 개념도	263
<그림2-67> 고체전해질 타입 리튬공기전지 개념도	264
<그림2-68> Gel 타입 리튬공기전지 개념도	265
<그림2-69> 차체 뒷부분에 탑재된 알루미늄 공기전지(좌), 알루미늄 공기전지 모듈의 외관(우)	266
<그림2-70> 고효율 리튬-공기 배터리 전해질의 주사 전자현미경 형상	267
<그림2-71> 리튬 이온 대신에 마그네슘 이온을 삽입했을 때의 반응 프로세스.	269
<그림2-72> 나트륨 이온 배터리의 개략도	272
<그림2-73> 액체 금속 Battery	273

III. 고효율 중대형 2차전지 관련 주요업체 사업 동향285

<그림3-1> LG화학의 xEVs용 Battery 개발 연혁	287
<그림3-2> LG화학의 Cell Design Flexibility 개념도	288
<그림3-3> LG화학의 Battery를 사용하는 자동차회사 및 차종	290
<그림3-4> 단계별 ESS 장치	292
<그림3-5> LG화학 ESS 장치 특성	293
<그림3-6> LG화학에 대한 Global 평가 2013년	298
<그림3-7> 주택 및 상업용 solution의 기능	311
<그림3-8> 통신기지국 솔루션의 기능	313
<그림3-9> 코캄의 Superior Lithium Polymer Battery (SLPB) 장점 그래프	324
<그림3-10> Heat Dissipation	326

<그림3-11> 낮은 내부저항과 고효율 특성	326
<그림3-12> SIS의 컨트롤 화면	335
<그림3-13> toraXe® SRS2025 외형 및 특징	337
<그림3-14> Kokam Rack System (KRS)의 구조	338
<그림3-15> 코캄의 Commercial Scale ESS (KCE) 내/외관 및 설치 모습	340
<그림3-16> 군사용 사용례	344
<그림3-17> SK Innovation의 Lithium-ion cell 에너지 집적도(좌)와 Cycle Time(우)	350
<그림3-18> SK Innovation의 Lithium-ion cell용 Separator SK-LIBs 구조도	350
<그림3-19> SK Innovation의 ESS 제품	352
<그림3-20> 세방전지의 밀폐식 Ni-MH Battery 구조도	356
<그림3-21> 세방전지의 밀폐식 Ni-MH, 액식 Ni-MH, 액식 Ni-Cd Battery 에너지 밀도 비교도	357
<그림3-22> 세방전지 Hybrid 연료전지 시스템 구성 및 운영도	358
<그림3-23> 세방전지의 BMS 뇌형 및 충/방전 제어특성 그래프	360
<그림3-24> 에너텍의 고유 특허 Stack-Winding Structure	364
<그림3-25> EIG의 ePLB 성능 그래프	369
<그림3-26> 백셀의 팩전지 사업팀의 설계 흐름도	377
<그림3-27> 45°C에서의 100% Depth Of Discharge Cycling	385
<그림3-28> ALM Lead Acid Replacement Battery의 적용 범위	387
<그림3-29> Nanophosphate® AMP20 Energy Modules	388
<그림3-30> Nanophosphate® AHR32113 Power Modules	388
<그림3-31> Grid Storage Solution (GSS) 구성도	389
<그림3-32> Nanophosphate® Energy Core Pack (23kWh)	390
<그림3-33> Total Cost of Ownership (TCO) 비교	392
<그림3-34> AllCell의 PCM Thermal Management Technology의 작동 및 Cycle Life 연장	396
<그림3-35> AllCell의 PCM Thermal Management Technology	396
<그림3-36> E-Bike용 Li-Ion battery Pack	397
<그림3-37> Energy Storage Systems Solutions 예시	399
<그림3-38> Long Cycle Life Battery Technology	403
<그림3-39> Battery 용량	403
<그림3-40> 보스턴파워의 Lithium-ion battery Sonata와 Swing의 안전 구조	404
<그림3-41> Lithium-ion과 다른 재질의 비교(우측은 LG의 Cell)	412
<그림3-42> Battery Management Systems의 기능 구성도	413
<그림3-43> LGCPI의 Lithium-ion Battery Pack.	414
<그림3-44> Delphi의 Hybrid & Electric Vehicle Product Portfolio	418
<그림3-45> Stop/Start용 Battery Technology 개념도	436

<그림3-46> Dual voltage battery system	437
<그림3-47> Micro Hybrid(Stop/Start) System 구성도	438
<그림3-48> 2013년 6월의 Navigant Research	441
<그림3-49> How Ultracapacitors Work	455
<그림3-50> Valve Regulated Pocket Plate Ni-Cad Battery의 구조	473
<그림3-51> DC / AC Power Inverter / Converter Rack mount	477
<그림3-52> Valence의 U-Charge® XP BMS Starter Kit Pack 1/3	483
<그림3-53> Valence의 U-Charge® XP BMS Starter Kit Pack 2/3	483
<그림3-54> Valence의 U-Charge® XP BMS Starter Kit Pack 3/3	484
<그림3-55> BYD Lithium-Ion Battery의 특성	492
<그림3-56> BYD Lithium-Ion Battery의 구조, (좌)각형, (우) 원통형	493
<그림3-57> BYD Li-Polymer Battery Structure	493
<그림3-58> 망간, 코발트, 니켈, 철의 가격 추이(좌)와 저장량(우)	507
<그림3-59> Manganese Spinel Structure(좌)와 Laminated cell Structure(우)	508
<그림3-60> 충·방전 횟수와 Cell 표면 온도 상승 비교(좌), 충·방전 반복 후 표면 온도 분포(우)	508
<그림3-61> (좌)충·방전 특성, (우)방전 프로파일	509
<그림3-62> Battery Pack 회로 구성도	510
<그림3-63> (좌)방전 프로파일, (우)충·방전 특성	510
<그림3-64> Hitachi Automotive Systems, Ltd.의 Electrical System Equipment	520
<그림3-65> Hitachi Automotive Systems, Ltd.의 Electric Motors	520
<그림3-66> Hitachi Automotive Systems, Ltd.의 Inverters	521
<그림3-67> Panasonic의 2차전지 개발 plan	527
<그림3-68> 저탄소 사회를 위한 Panasonic의 Vision	528
<그림3-69> Configuration of SESS	529
<그림3-70> VRLA battery for xEVs의 concept	529
<그림3-71> 12V ERS를 사용한 Stop/Start System 예시도	530
<그림3-72> Smart Energy Storage System의 용량별 적용 예시	540
<그림3-73> 재생에너지 적용을 위한 Solution으로서의 SSES (1MW System)	540
<그림3-74> 적은 비용으로 에너지를 절약하는 소규모 그리드 저장장치 SSES (27kWh System)	541
<그림3-75> 천연가스나 다른 Fuel generator와 연계된 SSES 예 (27kWh System)	541
<그림3-76> Industrial / Commercial Application에 적용된 SSES (27kWh System)	541
<그림3-77> Homes and Small Stores Application에 적용된 SSES (4.6/6.8kWh System)	542
<그림3-78> PEVE의 Battery Research & Development, Utilization Technology 개념도 · 546	
<그림3-79> HEV용 NiMH Battery의 특성 그래프	547
<그림3-80> PEVE의 NiMH battery 재생 사이클 feedback 사업 개요	547

<그림3-81> PEVE의 Battery System을 장착한 차량	548
<그림3-82> PEVE의 NiMH Battery Pack의 내부 구조	549
<그림3-83> Toshiba의 HEV용 Lithium-ion 배터리 SCiB Cell의 특성	552
<그림3-84> Toshiba의 HEV용 Lithium-ion 배터리 SCiB Cell의 사용가능 에너지와 Power	552
<그림3-85> EV Block Diagram	553
<그림3-86> HEV Block Diagram	553
<그림3-87> PHEV Block Diagram	554
<그림3-88> Toshiba의 Inverter Block Diagram	554
<그림3-89> Toshiba의 DC-DC Converter Block Diagram	555
<그림3-90> HEV용 New High-Power 2차전지 SCiBTM의 입, 출력 Power 용량	556
<그림3-91> (좌)DC motor pumps, (우) PowerValve™ power packs	562
<그림3-92> Saft의 군수용 Lithium-ion Battery(HEMV) 특성	567
<그림3-93> Saft의 철도용 Battery System	571