
2014 탄소복합소재 지식연구회

■ 일 시 : 2014. 07. 18(금) 10:30 ~ 13:30

■ 장 소 : 한국탄소융합기술원 국제탄소연구소 3층 회의실

2014년 탄소복합소재 지식연구회

시 간	내 용	진 행
10:30~10:35	접수 및 안내	KISTI 호남지원
10:35~10:40	개회	사회자
10:40~10:50	인사말	KISTI 호남지원 김은주 지원장
10:50~11:40	에너지 저장용 탄소복합체의 기술개발 및 시장전망	(KCTECH) 박규순 책임연구원
11:40~11:50	중소기업 지원사업	KISTI 호남지원 정인수 책임연구원
11:50~12:10	질의 응답 및 토의	사회자
12:10~13:30	식사 및 자유토론	KISTI 호남지원

2014년 탄소복합소재 지식연구회

**에너지 저장용 탄소복합체의
기술개발 및 시장전망**

■ KCTECH - 박 규 순 책임연구원



에너지 저장용 탄소복합체의 기술개발 및 시장 전망

2014. 7. 18

(재)한국탄소융합기술원
박규순 책임연구원
(kspark815@kctech.re.kr)



Contents

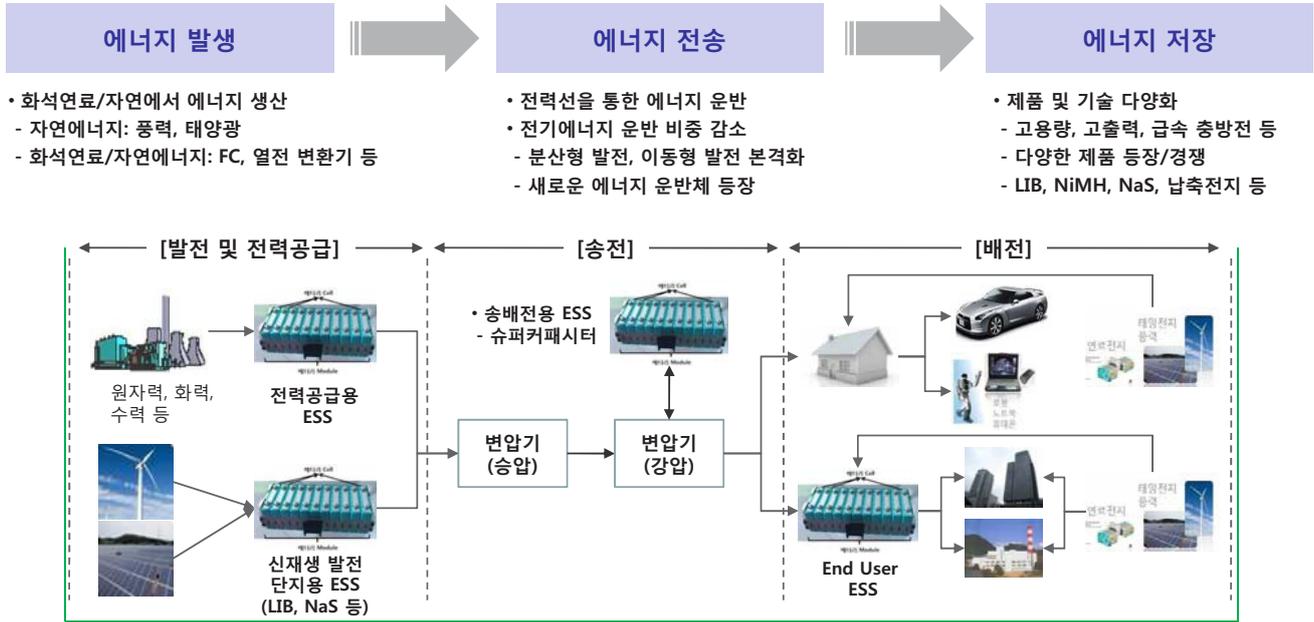
1. 에너지 저장 시스템
2. 에너지 저장장치
 - 종류, 시장, 발전방향
3. Supercapacitor
 - 정의, 원리 및 구성, 시장 및 적용제품, 주요업체, Logic Tree
4. 재료 및 공정
 - 활성탄 종류 및 특징, 코팅, 공정, Logic Tree
5. 융복합 제품
 - PbC, LIC





1. 에너지 저장 시스템

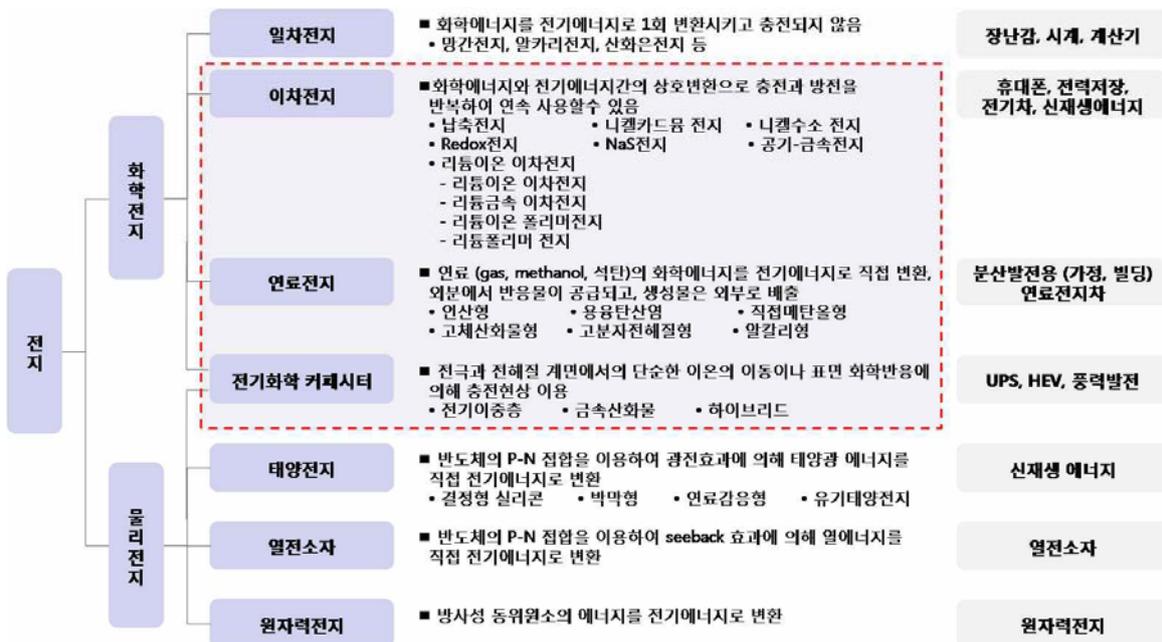
에너지 저장 시스템은 전력난을 해소하기 위해 중요성이 더욱 부각되고 있음.



2. 에너지 저장 장치

종류

에너지 저장 시스템은 전력난을 해소하기 위해 중요성이 더욱 부각되고 있음.



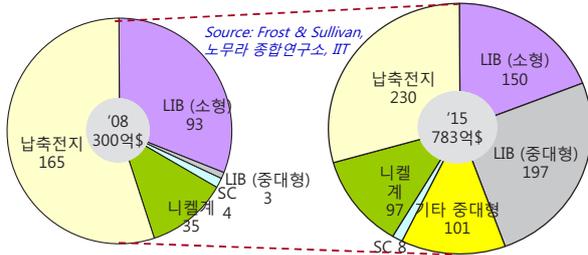


2. 에너지 저장 장치

시장/발전방향

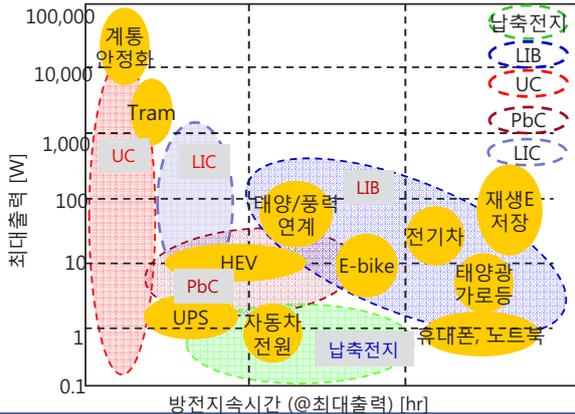
에너지 저장장치는 제품별 단점을 극복하기 위한 방향으로 발전하고 있음.

이차 전지 시장



- ◆ 납축전지
 - 저가의 경제성, 자동차의 구동전원 및 UPS등에 사용
- ◆ LIB (소형): Portable IT의 보급
- ◆ LIB (중대형): 전기차 및 재생에너지 저장용
- ◆ UC: Hybrid 버스 및 철도에서의 시장 확대
- ◆ 기타중대형: 재생에너지 저장용
 - NAS 전지, Redox-flow 전지, Fly Wheel 등

발전 방향



- ◆ 납축전지 長수명화 및 高 에너지밀도화
 - 고성능 격리판/부직포 (수명 30% ↑) : 아트라스 BX¹⁾
 - PbC (500 → 1600 cycle) : Axion²⁾
- ◆ LIB의 고출력 특성 및 신뢰성 강화
 - 고출력 양-음극 소재개발: 삼성SDI, LG화학 히타치-Maxell (50% 증가)³⁾ 등
 - 고안정 분리막 개발: 세라믹 코팅 (SK에너지, LG화학 등)
- ◆ UC 高 에너지밀도화 및 低 저항화
 - LIC 개발: JM Energy, FDK, ACT, Shinkobe 등
 - UC 제품 고전압화: 3.0V 제품 개발 중



1) 아트라스 BX brochure, 2) <http://www.axionpower.com> 참조
3) Global Auto news (2009.4.29),



3. Supercapacitor

정의

Supercapacitor : Electrochemical Capacitor, Ultracapacitor

전기에너지를 고속 충전 후 높은 전류로 순간적 방전이 가능하여 이차전지가 수용하지 못하는 범위의 출력 특성을 공급하는 고출력 장수명 전기에너지 저장 장치

- Invented by Stanford Oil of Ohio in the 1960s
- Product line introduced by NEC in 1978 (SOHIO license)
- Initially used for computer memory backup
- Appreciation of other attractive features in 1990s
 - Extraordinary power performance compared with batteries (Charge and Discharge)
 - Very long cycle life compared with batteries
 - Long and maintenance-free operation life
 - Safe, environment friendly technology

국가과학기술 표준분류 체계

전기/전자부품 (대분류)

전지 (중분류)

1. 일차전지
2. 이차전지
3. 슈퍼커패시터
4. 전지활용 및 응용기술
5. 전지제조 평가 및 분석장비
6. 기타전지



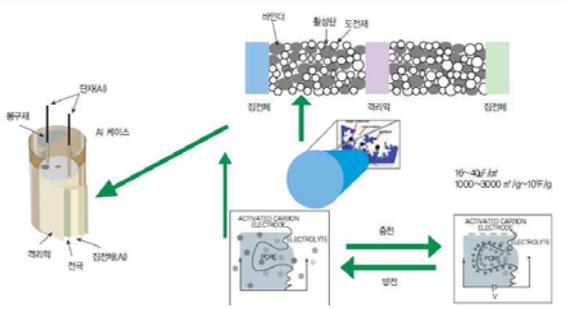


3. Supercapacitor

원리/구성

전극과 전해질 계면으로의 단순한 이온의 이동이나 표면화학반응에 의한 충전현상 이용

작동 원리



구성 요소

구성 요소		주요 생산국	Isseu	개발 현황	
집전체	Etched Al foil	한국, 중국	<ul style="list-style-type: none"> 장기신뢰성 저하 전해질 분해에 의한 Gas 발생 및 전극 표면 부산물 발생, e.g. 저/고분자 전극 박리 현상 활성탄 비표면적 감소로 인한 용량 저하 고온에서의 장기 신뢰성 (~85oC) 	내전압성, 가격	
활성탄	Alkali 부활	일본, 한국, 스리랑카		<ul style="list-style-type: none"> Steam 부활 활성탄의 채택 확대 中 Pore size/분포 조절 표면개질 및 관능기 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> CNT, graphene
	Steam 부활				<ul style="list-style-type: none"> 내전압, 결합력 (Acryl계열 연구)
도전재	Super-P, Carbon black	일본			가격, 내구성
바인더	결착력 (BS, PTFE), 분산성/증점제	유럽, 미국			<ul style="list-style-type: none"> 고온용 SC 개발 필요성 증대 (사막, 자동차) 내전압 향상을 위해 이온성 액체 연구 中
분리막	Cellulose 계통	일본			
전해질	AN	한국			
	PC				

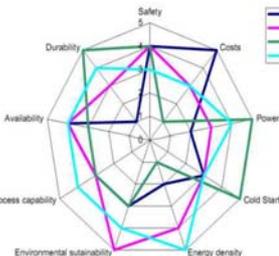


3. Supercapacitor

비교

구분	종류	구성			전압	E.D. (Wh/kg)	P.D. (W/kg)	수명 (회수)	특성		Applications
		음극	양극	전해질					장점	단점	
2차전지	납축전지	Pb	PbO ₂	H ₂ SO ₄ 수용액	2	41	180	500	원가경쟁력	짧은 수명, 낮은 E.D.	차량전원/UPS
	NiMH	MH(H)	NiOOH	KOH 수용액	1.2	~100	250-1000	~1,000	안정성	제조원가	HEV,
	LIB	흑연	LMO/LCO	유기 전해액	3.8	300-350	100-1,000	1200	고용량, 자가방전	안정성/출력, 제조원가	전기차/휴대폰
Hybrid	LIC	흑연	AC	유기 전해액	3.8	20-40	6,000	~100,000	고에너지밀도, LiB 호환성	신뢰성, 제조공정	HEV, 전력저장
SC	EDLC	활성탄	활성탄	유기 전해액	2.7	5	15,000	≥500,000	고출력/장수명	에너지밀도	UPS, 풍력에너지
	HC	활성탄	LMO	유기 전해액	2.5	10	~6,000	~100,000	고에너지밀도	내구성	UPS

성능비교



- 납축전지(Lead-acid): 저가, 낮은 신뢰성, 전반적으로 중간수준의 성능
- 커패시터(DLC): 장수명, 고출력이나 낮은 에너지밀도
- 니켈수소전지(Ni-MH): 전반적으로 우수한 성능
- 리튬이온전지(Li-Ion): 전반적으로 우수한 성능, 높은 에너지밀도

EDLC



LIB



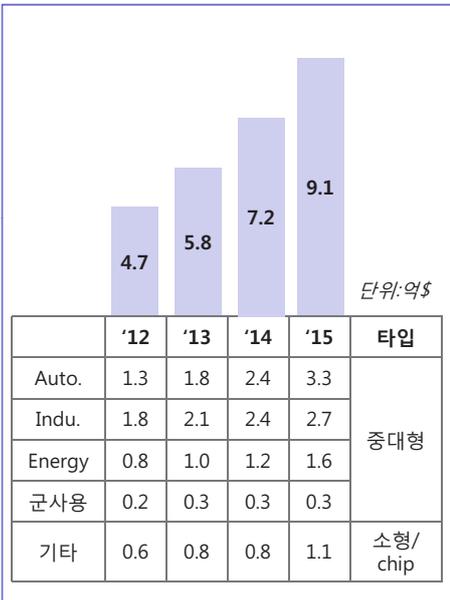


3. Supercapacitor

시장/적용 제품

SC는 고출력/장수명이 요구되는 백업전원/Power assist/회생전력저장용으로 주로 사용되고 있음.

시장



3. Supercapacitor

주요업체

국가명	업체	2차전지			Supercapacitor			
		납축전지	Ni-MH	LIB	EDLC	HC	LIC	PbC
일본	Panasonic	●	●	●	●		○	
	산요		○	●				
	GS Yuasa	●		●				
	신코베전기	○						
	히타치맥셀			○				
	히타치 AIC			○				
	TDK				○		○	
	태양유전				○		○	
	쇼웨이				○		○	
	FDK			○			○	
미국	Jonhson Control	●		●				
	Axion Power	●						
	A123			●				
	Maxwell				●			
	IOXUS				●	●		
한국	세방전지	●		●				
	SDI			●				
	LS엔트론				●			
	비나텍				●	●		
중국	코칩				●			
	BAK			●				
	BYD			●				

- ◆ 국내 원소재 업체
 - 활성탄 : PCT, GS칼텍스와 JX NOEC 합자회사
 - 전해액: SK 케미칼
 - 집전체: KJCC
 - 분리막: 전량 수입 (NKK, 일본)
 - 도전재 및 바인더 등 전극소재 90% 이상 수입
- ◆ 일본은 주로 PC 제품, 한국/미국은 AN 제품
- ◆ 중국내 H-버스 수요 폭발로 국내 대형 셀 제조업체 매출 증가
- ◆ 맥스웰은 푸조, NCC는 마쯔다에 HEV 자동차에 매출 실현 중
- ◆ 일본에서는 신재생 에너지 연계 SC 실증 평가 중
- ◆ 향후 HEV 및 스마트그리드에서 수요가 폭발적 증가 예상



3. Supercapacitor

분야별 요구사항

분야별 요구사항은 아래와 같음.

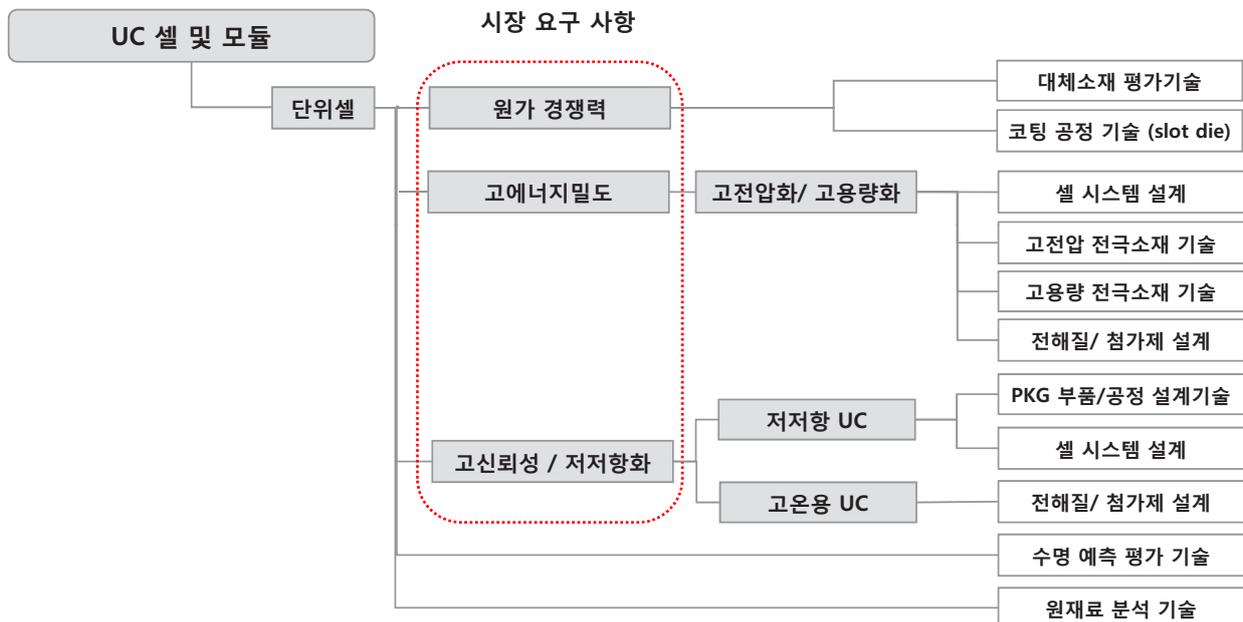
분야	작동시간 (초)	에너지 밀도	출력 밀도	신뢰성 (년)	온도특성 (°C)	시장규모 (억원)	Source	Needs
경전철	5-10	2.2 Wh/kg	660 W/kg	10년	-20~45	185 ('13)	현대로템/Bombardia	부피감소/ 신뢰성
AMR	1-2	2.1Wh/kg	3,500 W/kg	10	-25~85	2,300 ('15) (미국 & 유럽)	비트로셀	자가방전
Mild-HEV	-	50~75Wh/kg 2~3 kWh	30~50kW	15	-	2.1백만대 ('15)	HEV Market Report '08	가격/신뢰성/ 자가방전
전력품질 안정	5-10	~150 kW	-	-	-	ESS: 200조원 ('20)	Pike Research '09 2Q	용량/신뢰성
H-굴삭기	5	5 kWh/L	2 kW/L	15	-	216만대 ('20) 20조원 ('20)	코마츠 생산계획 추정 H-굴삭기:30%	출력/신뢰성
UPS	1-2	-	-	10-15	25~30	6,000 ('12)	'10 축전디바이스 시장/전망	안전성/ 신뢰성
μ-HEV	1-5	1.6 Wh/L	4.8kW/L	15	-	46만대	HEV Market Report '08	가격/신뢰성
풍력	~ 30	30 Wh	13 kW	10-15	-25~80	260 ('08)	-	안전성/ 신뢰성
태양광	1,800	2.2 Wh/kg	9.8 kW/kg	10	-40~65	-	-	신뢰성/출력
H-bus	~ 10	2.1 Wh/kg	400 W/kg	8-10	-40~65	350 ('13, 중국)	-	신뢰성/출력



3. Supercapacitor

Logic Tree

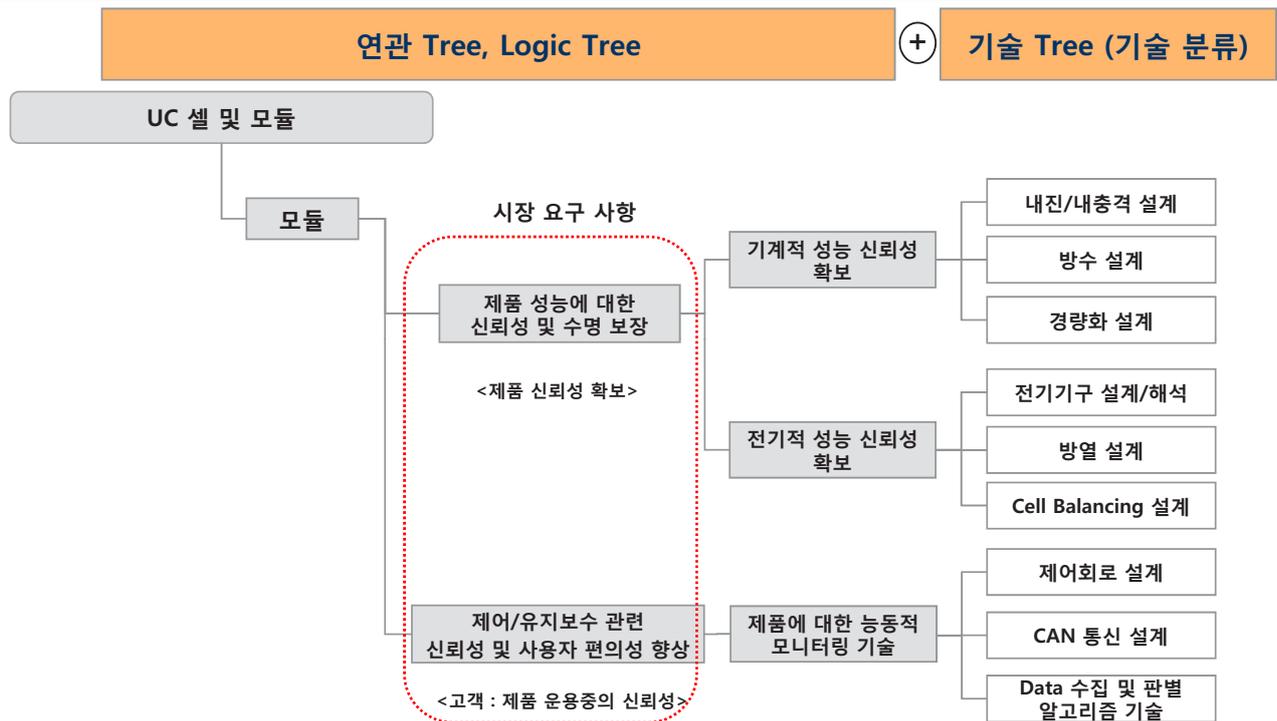
연관 Tree, Logic Tree (+) 기술 Tree (기술 분류)





3. Supercapacitor

Logic Tree



4. 재료 및 공정

활성탄 특징

SC용 활성탄은 넓은 비표면적, 큰 충전밀도, 낮은 불순물 함량의 특징을 가지고 있음.

활성탄의 일반 특성

- 원료 : 식물계의 야자껍질, 톱밥, 목재, 광물계의 석탄
- 고온에서 소성 부활시켜 세공이 발달한 무정형 탄소 집합체
- 비표면적이 큼 : 500~1500 m²/g
- 높은 불순물 함량 : 수만 ppm
- 특성 : 흡착성, 다공성, 전기전도성
- 용도 : 연초제조, 환경 (대기, 수질), 식품공업 등 제반 산업 분야에서 필터용, 탈색, 탈취, 용제회수, 가스제거 등의 용도로 활용

SC용 활성탄 특성

- 원료 : Polymers, Cokes, Pitch, Coconut shell
- 활성화 및 세정 기법을 사용하여, 2mm 이하의 균일한 세공구조를 가지며, 불순물 함량이 매우 적음
- 비표면적이 큼 : 1500~3000m²/g
- 충전밀도 大
- 전기저항 小
- 균일한 입도 분포
- 전극제조 용이성
- 낮은 불순물 함량 : <1000 ppm
- 전기화학 안정성 우수
→ 용량 (상온/저온), LC, 장기신뢰성 우수



4. 재료 및 공정

활성탄 종류

셀 제조원가를 낮추기 위해 수증기 부활 활성탄을 채택하는 셀 업체가 점점 증가하고 있음.

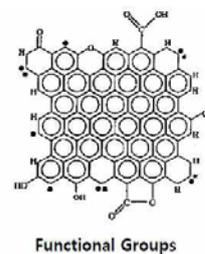
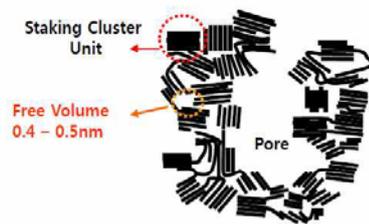
	알카리 부활	수증기 부활
특징	<ul style="list-style-type: none"> 알카리염 사용 부활온도: 600-700oC High surface area (~3000m²/g) 	<ul style="list-style-type: none"> 수증기 사용 부활온도: 800-950oC 비표면적 한계 (~1800m²/g)
장점	<ul style="list-style-type: none"> 높은 비표면적으로 고용량 셀 제조 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 부활공정의 안정성 부활 공정 전후 처리 단순 부활공정이 저렴하여 저가 활성탄 제조 가능 폐수 및 폐부산물 발생량 최소화 신뢰성 특성 우수
단점	<ul style="list-style-type: none"> 공정중 알카리 금속 폭발 위험 부산물인 K₂CO₃ 처리 어려움 알카리염 사용으로 고가의 공정 환경처리 비용 비율 높음 알카리 금속의 잔류로 인해 장기 신뢰성 특성 저하 	<ul style="list-style-type: none"> 고비표면적 생성의 어려움
종류	<ul style="list-style-type: none"> MSP20 (Kansai, 日) CEP계열 (PCT, 韓) 	<ul style="list-style-type: none"> YP50F (Kuraray, 日) Haycarb (스리랑카)
성능	<ul style="list-style-type: none"> 용량: >20 F/cc 금속불순물: <300 ppm 	<ul style="list-style-type: none"> 용량: 15 F/cc 금속불순물: ~ 1000ppm



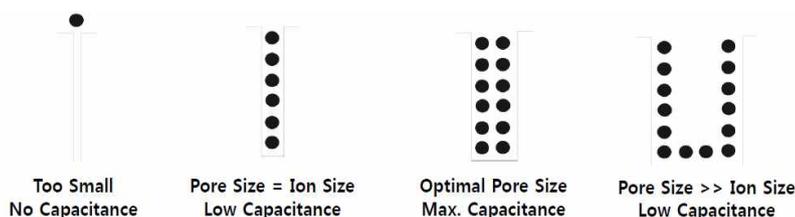
4. 재료 및 공정

활성탄 구조

◆ 탄소소재의 Pore (비표면적, pore diameter, pore distribution), stacking cluster unit의 결정화 정도, 표면의 관능기양 및 분포에 따라 Capacitance, cycle life, ion penetration, leakage current 등 EDLC 특성이 결정됨



◆ 활성탄 기공의 활용도



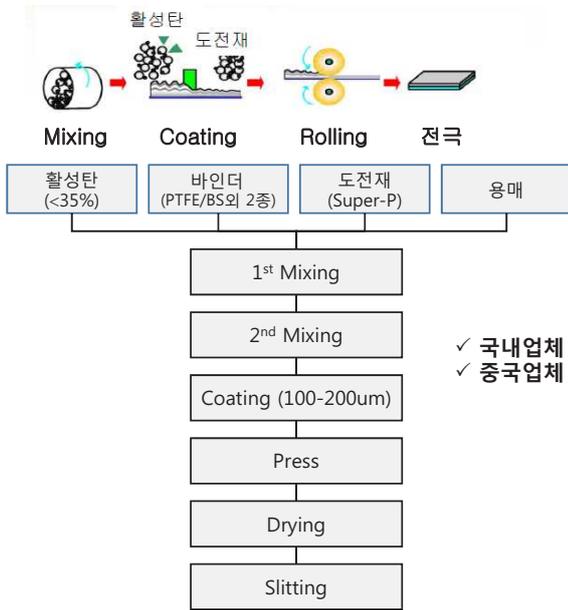


4. 재료 및 공정

코팅

전극제조 위한 코팅 방식으로 slurry 코팅과 sheet 전극 방식 등 2가지가 사용되고 있음.

Slurry Coating



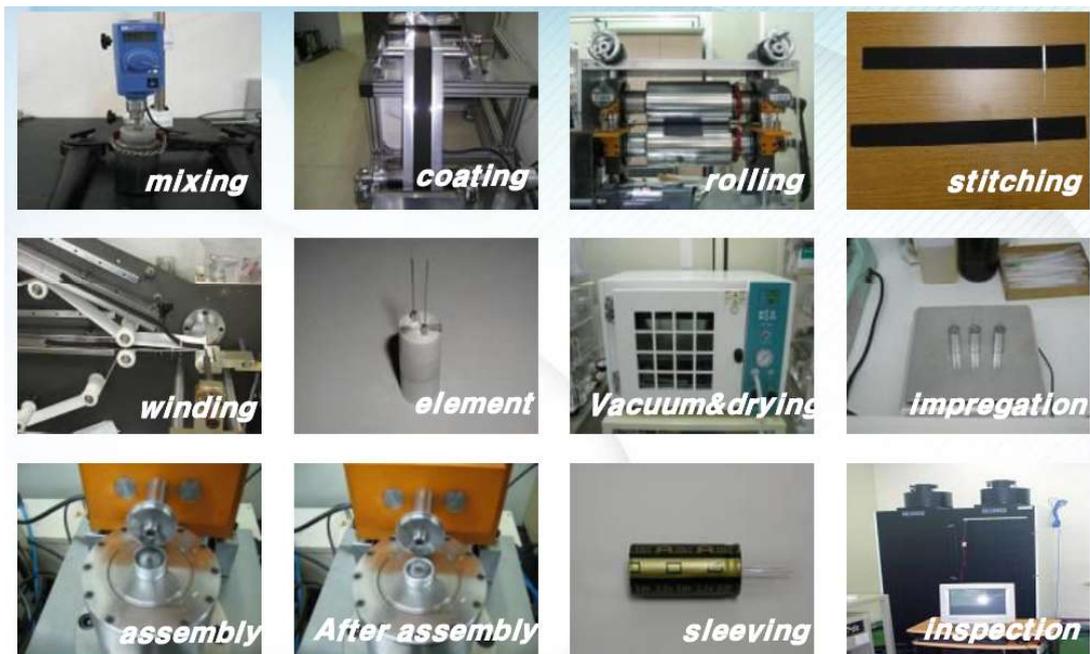
Sheet 전극



4. 재료 및 공정

공정

안정적인 슬러리 제작과 균일한 코팅 두께가 공정에서 가장 중요한 요소임.





4. 재료 및 공정

Tech. Tree

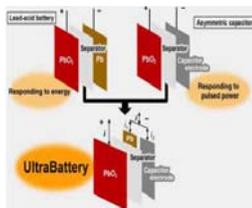


5. 융복합 제품

PbC_정의

PbC는 납축전지의 고용량 특성과 커패시터의 고출력 특성을 결합한 hybrid 저장장치임.

원리 및 구성



- 납축전지전극 + 커패시터전극
- 양극: PbO₂
- 음극: Pb + 활성탄
- 전해질: 황산수용액
- 고용량 특성 + 고출력 특성

- 장점
 - Cycle 특성 4배 향상 (vs 납축전지)
 - 출력 50% 향상 (vs 납축전지)
 - Cost 경쟁력: 1/3 NiMH, 1/5 LiB
 - 경량화 가능
- 단점
 - 낮은 에너지 밀도 (vs 납축전지)
 - 높은 제조 가격 (vs 납축전지)
- 적용 가능 분야
 - Micro 및 Mild HEV
 - 재생에너지 연계 저장 장치

전지별 특성 비교

	Lead Acid	PbC	UC	NiMH
구성	• 양극: PbO ₂ • 음극: Pb • 황산 전해질	• 양극: PbO ₂ • 음극: Pb/카본 • 황산 전해질	• 활성탄 • AN/PC	• 양극: Ni(OH) ₂ • 음극: 수소저장 합금
전압(V)	2		2.7	1.2
Wh/kg	41	30	6	60-120
Wh/L	60-75	40	8	140-300
W/kg	180	300	5,000	250-1000
Cycle 특성	500	2,000	1,000k	500-1,000
Cost (\$)	Wh	250	-	900
	Cycle	0.63	-	1.5
장/단점	가격/단수명	사이클, 출력/에너지밀도	고출력/에너지밀도	안정성/가격
Applications	▪ Entry-ISG ▪ UPS	▪ HEV ▪ 에너지 저장	▪ Micro HEV	▪ HEV
업체	▪ Johnson Controls ▪ Exide Technology ▪ GS Yuasa	▪ CSIRO (澳) ▪ Furukawa(日) ▪ East penn-(美) ▪ Axion Power (美)	▪ Maxwell (美) ▪ LSMtron (韓) ▪ NCC (日)	▪ Sanyo (日)





5. 융복합 제품

PbC_시장규모

PbC는 HEV 및 ESS에 적용 가능하며, 시장규모는 '20년에 약 20조원을 형성할 것으로 예상됨.

HEV 구분	차량		전장시스템	전지 역할 및 기능	주요 대응 전지
	내연기관		엔진	SLI (시동/점화/점등)	납축전지
	HEV	Micro	엔진 + Battery	ISG (Idle Stop & Go)	고출력 및 고수명 (vs 납축전지) Cost 고려
		Mild		IGS + Regen + Launch Assist	
		Full		IGS + Regen + EV Drive	
Plug-in	엔진 + Battery + 외부 충전	IGS + Regen + EV Drive + Pure EV (짧은 거리)	LIB, NiMH		

단위:천대

Type	2008	2011	2013	2015	Remarks
Micro	65	230	330	460	2,560 (57% 점유)
Mild	82	830	1,650	2,100	
Full	620	1,200	1,600	1,610	
Plug-In	0.2	37	142	300	
Total	765	2,310	3,720	4,500	

- PbC 적용 가능 분야
 - Micro & Mild HEV, ESS 및 UPS
- PbC 시장 규모 (예상)
 - HEV: 1,500억원 ('15년)
 - ESS: 20조원 ('20년)
- 근거
 - 1) Micro/Mild HEV의 ~50% 점유 가능 예상
 - PbC 탑재 차량 대수: 1,300k 수준
 - 2) ESS 시장: 200조원 ('20년, Pike Research '09 2Q)
 - 10% 점유 가능

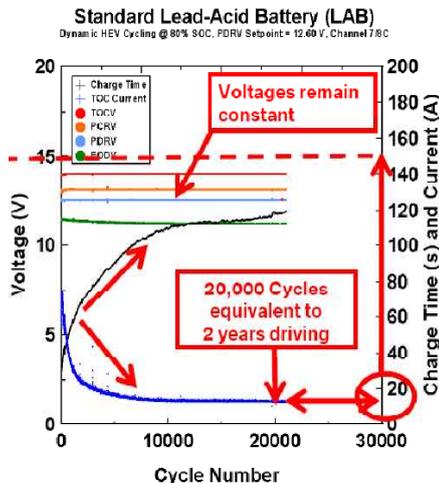


5. 융복합 제품

PbC_Test

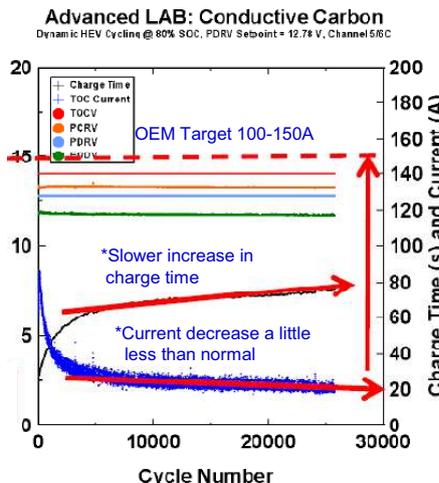
Micro HEV 테스트에서 PbC가 납축전지 대비 우월한 사이클 특성을 보여줌.

납축전지



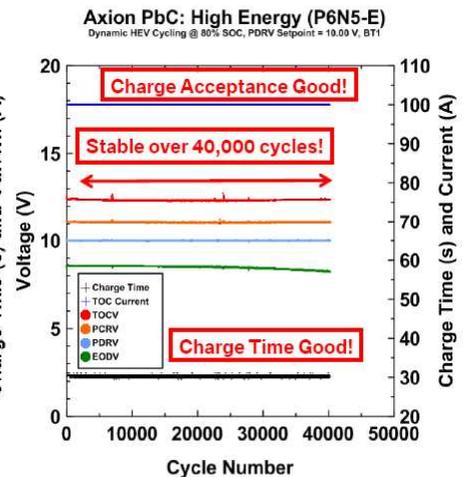
- 충전시간 급격히 증가
- 전하 수용성 급격히 감소

납축전지 (carbon 첨가)



- 완만한 충전시간 증가
- 기존납축보다 다소 완만한 전류감소

PbC



- 높은 전하 수용성 계속 유지
- 40k 이상의 안정된 사이클 특성





5. 융복합 제품

PbC_업체동향

일본과 미국에서 PbC는 상용차부분에서 매출 실현중에 있으며 국내에서는 기초 연구개발 수행중.

업체	주력	이슈 타입	적용처	현황 및 동향
Furukawa	납축	PbC	• Full-HEV	<ul style="list-style-type: none"> CSIRO로부터 license 획득 후, UB 샘플 해외 및 일본 자동차 제조사에 출하 '10-Honda Insight 100,000mile road test 완료 비상정전용으로 일본내 600 cell 출하 (일본 정부 지원 '12)
East Penn Manufacturing			• Full-HEV • Smart grid	<ul style="list-style-type: none"> Furukawa 및 CSIRO로부터 북미 Ultrabattery 제조 license를 획득, Ecoultra라는 자회사 보유 '08년 ALABC에 PbC공급 → Honda Civic (HEV)에 적용, 100k mile road test 완료 '09년 美 DOE로부터 \$32.5M 지원받음
Shinkobe		납축전지 (카본첨가)	• Micro-HEV	<ul style="list-style-type: none"> ISG용 자동차용 납축전지 개량 제품 개발 완료 (수명 및 내부저항 향상) '13.4월부터 판매 예정 ('13 Battery Japan) 표면적 13% 증가, 내부저항 15% 감소
Axion Power		PbC®	<ul style="list-style-type: none"> Mild-HEV Locomotive Hybrid truck Smart grid 	<ul style="list-style-type: none"> '12. 4Q Locomotive 향 475,000 매출 발생, \$34.5M의 美 DOE 펀드 with Exide '09 '12년 음극 제조공정 개발완료 (carbon sheet, 저항 25% 개선) → 250,000 PbC 셀/년 생산 가능 E-power System (hybrid truck) 에 5년간 PbC 독점 공급 계약, 소규모 매출 실현중
Exide Technology		PbC® 납축전지	<ul style="list-style-type: none"> Automotive Micro-HEV Mild-HEV 	<ul style="list-style-type: none"> Axion Power PbC® 제품 및 기술을 OEM형식으로 납품 받아 자사 시장에 보급. 음극에 Graphite를 첨가한 납축전지 발표 유해물질 배출의심 주정부 조사 및 피소위기로 최근 추가폭락
Johnson Controls		납축전지	<ul style="list-style-type: none"> Automotive Micro-HEV 	<ul style="list-style-type: none"> '11~'15년 ISG battery에 4억 달러투자 계획 2015년 유럽출시 승용차 80%가 ISG 장착 예상 현재('11) 신규 ISG battery 80% 시장 점유 (3M/년, 유럽 판매 - ISG system \$300이상) (http://www.varta-automotive.com/en-gb/technology/tech-start-stop/)
CSIRO	호주 국립 연구기관		• PbC 원천기술 보유/ Furukawa 및 East Penn에 license 제공	
ALABC	납축전지 컨소시엄 기관		<ul style="list-style-type: none"> Advanced Lead Acid Battery Consortium (납축전지 컨소시엄) 기관 DOE 펀드로 Furukawa 및 East Penn의 PbC의 HEV 차량 개조 적용 테스트 진행 	



5. 융복합 제품

PbC_연구개발범위

대분류	애로 기술	연구개발 범위
활성탄	출력 특성 향상	전해질 ion size에 적합한 pore size 조절
	비용량 증대	유효 비표면적 균일화
	친수성 부여	관능기 도입 (산소 및 질소 등)
음극	활성탄 bead 형성	전극 구성 재료 및 믹싱 공정 최적화
	코팅	Pb grid hole에 적합한 bead 분산 투입 및 press 공정 일원화 개발
	Grid 구조 최적화	코팅 방식에 적합한 grid 합금 재질 최적화 연구
	수소 과전위 저감	전극 additive 발굴
양극	기판/활물질 결합력 향상	온도/시간 최적화 연구
셀 제조	전해액 최적화	진공 함침 시스템 개발
	수명 향상	고밀도/저저항 격리막 적용

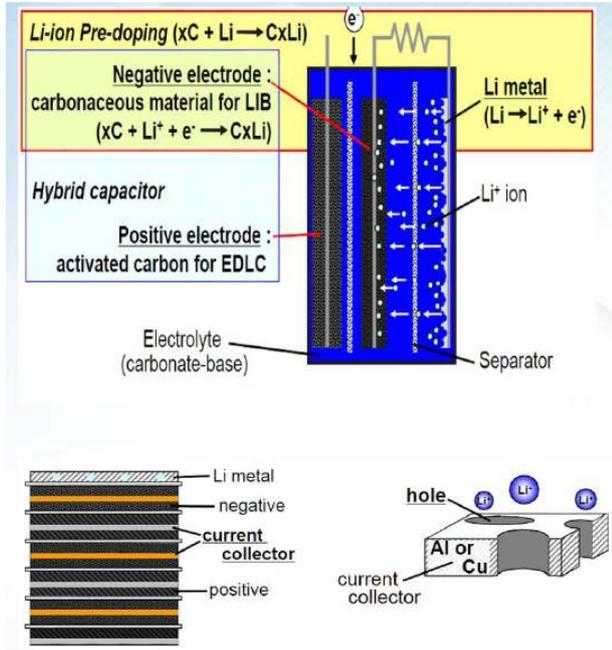




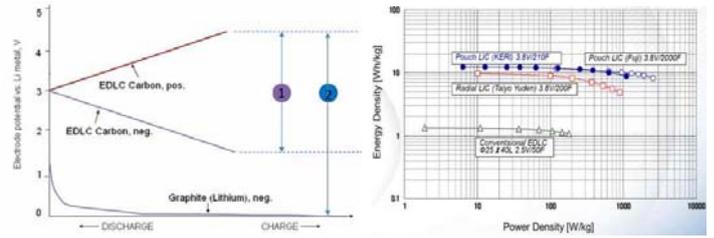
5. 융복합 제품

LIC

제품별 단점을 보완하기 위한 융복합 제품이 등장하여, 적용 제품 확대에 주력하고 있음



LIC: Lithium Ion Capacitor



No	Type of Device	Negative Electrode	Positive Electrode	Maximum Cell Voltage
1	EDLC	Activated Carbon	Activated Carbon	2.5 V
2	Lithium Ion Capacitor (LIC)	Li-Predoped Graphite	Activated Carbon	4.2 V

- 일본이 현재 기술을 선도하고 있으며 원천기술은 후지중공업社(Fuji Heavy Industries)이 가지고 있으며, 일본 메이커가 현재 양산화하여 시제품 출시
- FDK, ACT, JM energy, NEC 등 : 에너지 밀도를 높이기 위한 전극 소재 및 LiC 개발로 하이브리드 커패시터 시장을 집중 공략할 것으로 보임
- 국내에서는 시제품 제작 수준 (KERI, 비나텍, 퓨리켄 등)
- 공정 안정화 및 cost 절감이라는 커다란 문제해결이 아직 남아있음



경청해 주셔서 감사합니다!!!

Q&A

