

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

슈퍼커패시터

신재생에너지 대응을 위한 차세대
고효율, 고용량 에너지 저장 장치

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

한국기업데이터(주)

작성자

양기보 전문위원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-3215-2753)으로 연락하여 주시기 바랍니다.

슈퍼커패시터

신재생에너지 대응을 위한 차세대 고효율, 고용량 에너지 저장 장치

그린 뉴딜 - 친환경·저탄소 기반으로 전환

- 한국판 뉴딜의 10대 대표과제에 「그린에너지」 과제가 포함되어 있음.
신재생에너지 산업 생태계 육성을 위해 대규모 연구개발(R&D), 실증사업 및 설비 보급 확대로 2022년까지 총사업비 4조 5천억 원 투자, 일자리 1만 6천 개 창출, 2025년까지 총사업비 11조 3천억 원 투자, 일자리 3만 8천 개 창출을 목표로 추진 중
- 신재생에너지 확산 및 다각화로 저탄소·친환경 국가로 도약

에너지(C) - 에너지저장(C12) - 슈퍼커패시터(C12007)

- 전극과 전해질 계면으로의 단순한 이온 이동이나 표면화학반응에 의한 충전현상을 이용하여 많은 에너지를 모아두었다가 수십 초, 수분동안 높은 에너지를 발산하는 에너지 저장 장치
- 슈퍼커패시터는 전기 이중층 커패시터, 유사 커패시터, 하이브리드 커패시터로 분류되며, 신재생에너지의 획기적 증가와 더불어 전력밀도가 높고, 충·방전 속도가 빠르며, 충·방전 사이클 수명이 매우 길어 주요 에너지 저장 장치로 대두

■ 슈퍼커패시터의 산업 응용분야 확대 및 차세대 에너지 저장 장치로 도약

최근 에너지 사용의 증가는 온실가스 배출 증가의 결정적인 원인으로 작용하고 있으며, 온실가스 감축 및 국제환경 규제 대응이 필수이다. 화석에너지 고갈, 국제환경 규제 강화로 인해 향후 신재생에너지는 주요 에너지원으로 부상될 것으로 전망된다.

슈퍼커패시터는 전력밀도가 높고, 충·방전 속도가 빠르며, 충·방전 사이클 수명이 매우 길다는 특성을 갖고 있어, 신재생 에너지 발전 및 전기자동차, 스마트 그리드 분야에 가장 적합한 저장 장치로 기대되며, 4차 산업혁명과 IoT 전자기기의 발전이 눈앞에 다가오면서 더욱더 다양한 전자 회로와 전원 공급 제품들이 우리의 삶에 다양하게 적용될 수 있어 신재생 에너지 분야에 새로운 에너지 저장장치로 주목 받고 있다.

■ 정부 정책과 산업 성장으로 지속성장이 기대되는 슈퍼커패시터 산업

정부는 신재생에너지 확산기반 구축 및 공정한 전환 지원을 위한 정책을 추진하고 있고, 전기차, 수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대하는 방향으로 전기자동차 113만 대, 수소자동차 20만 대 등 보급을 추진하여 지속 가능한 신재생에너지를 사회 전반으로 확산하는 정책을 진행하고 있다.

Mordor Intelligence(2020년)에 따르면, 세계 슈퍼커패시터 시장은 2020년 887백만 달러에서 연평균 13.5% 성장하여 2026년에는 1,896백만 달러의 시장을 형성할 것으로 전망하였다. 앞서 기술한 바와 같이 세계적으로 녹색성장이 이슈가 되고 있고, 슈퍼커패시터는 스마트미터, 자동차, 중장비, 물류자동화장비, 통신장비, 신재생에너지 장비 등 다양한 분야로 적용이 확대되고 있어 슈퍼커패시터의 성장세는 지속될 전망이다.

I. 배경기술분석

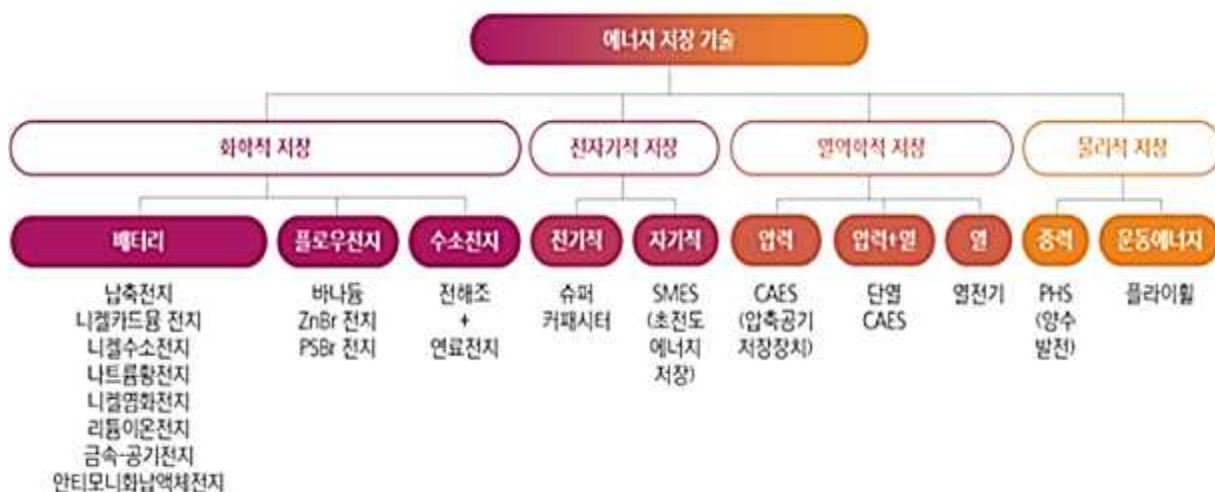
에너지 사용량 증가로 고효율 및 고출력 에너지 저장 장치의 필요성 대두

에너지 저장 장치는 전기 에너지를 저장하고 필요할 때 사용할 수 있는 장치를 말하는데, 최근 화석에너지 고갈, 국제환경 규제 강화로 온실가스 감축의무를 준수하고 지속가능한 경제발전을 위해 고효율 및 고출력 에너지 저장 장치 필요성이 대두되고 있다.

■ 에너지 저장 기술의 정의

에너지 저장 기술은 화력이나 원자력, 그리고 태양광 및 풍력을 이용한 신재생 에너지 발전 등으로 생산된 전기 에너지를 저장하고 필요할 때 사용할 수 있는 기술을 말하며, 에너지를 저장하는 방식에 따라서 양수 발전, 압축 공기 저장 장치, 플라이 휠 등을 이용하는 물리적 저장과 리튬 이온 전지, 납축전지, 흐름 전지 등의 화학적 저장으로 분류되고, 전기 에너지로 물을 전기 분해하여 수소 형태로 저장하는 것도 일종의 에너지 저장이다. 에너지 저장 기술은 여러 가지가 있는데 예를 들면 다음 그림과 같다.

[그림 1] 에너지 저장 장치 기술에 따른 구분



*출처 : 삼성증권

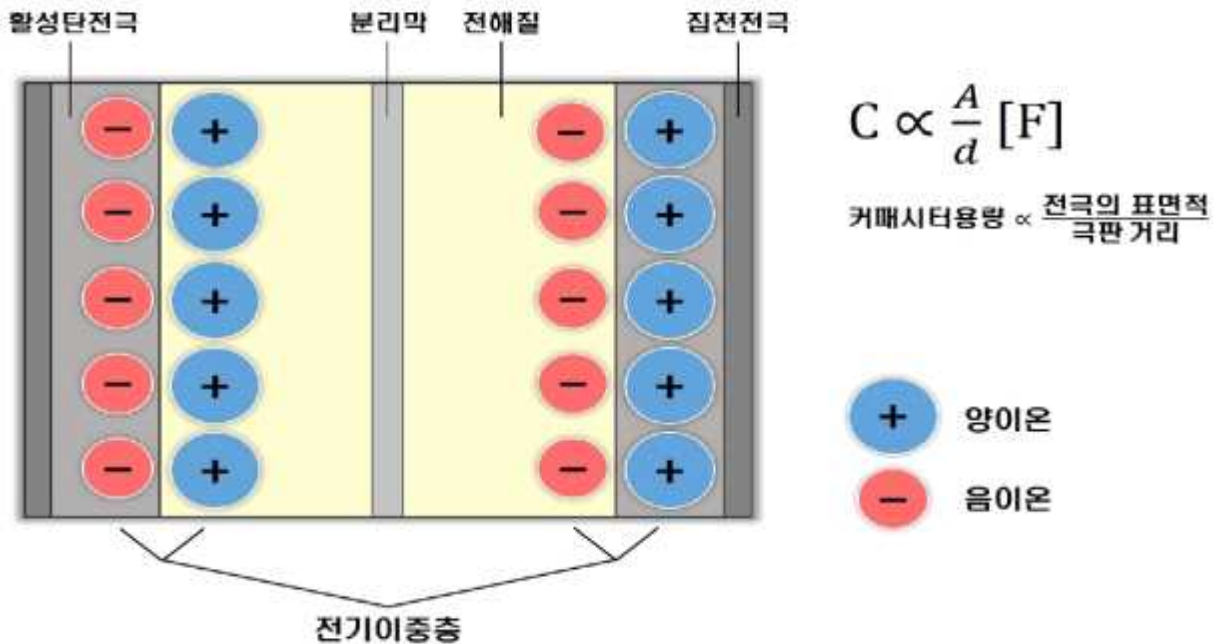
■ 커패시터의 연혁 및 정의

1745년 최초의 축전기 형태인 라이덴병이 독일 발명가인 에일드 게오르그 폰 클라이스트에 의하여 발명되었고, 1746년에는 네덜란드 라이덴 대학의 물리학자인 피터르 판 뮌스헨브루크도 독자적으로 라이덴병을 발명하였다.

최초의 라이덴병은 운 유리병에 코르크 마개 중앙으로 도선을 삽입하여 물에 닿도록 한 후 정전기를 충전시키는 단순한 형태이고, 그 후 유리병의 안과 밖에 금속박(주석박)을 입혀 극성이 서로 다른 전하를 충전시키고 도선을 서로 연결하여 충전된 전하를 방전시키는 완전한 형태의 커패시터(Capacitor)로 발전하게 되었다. 라이덴병에서 유리가 유전체, 주석박이 전극역할을 하고 있는 것이다.

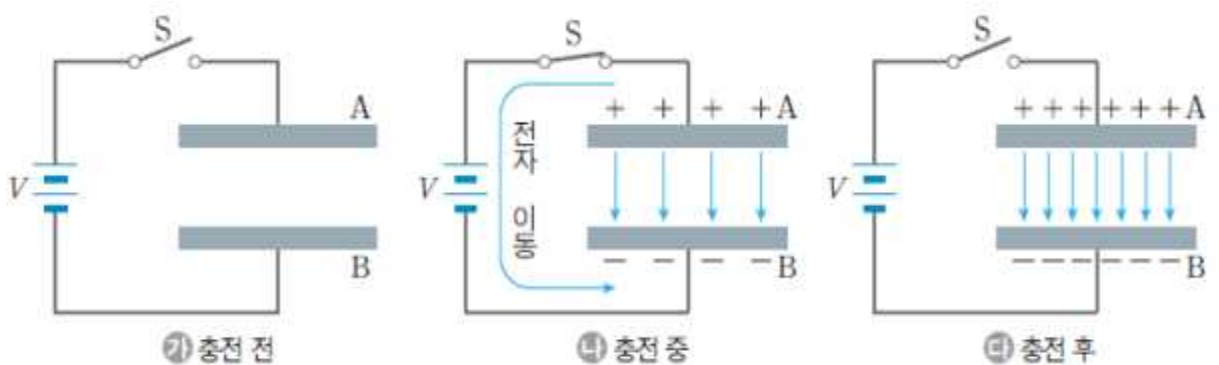
우리말로 축전기라고 불리는 커패시터는 전기 에너지를 축적(저장)할 수 있는 소자를 말하며, 기본적으로 두 장의 판으로 구성된 전극을 서로 마주보는 구조로 구성하고 있다. 이 절연체는 전극판과 전극판 사이의 전기를 차단하고 전기를 담아두는 역할을 한다.

[그림 2] 기본적인 커패시터의 구조



*출처 : 한국전력공사

[그림 3] 커패시터의 충전 과정



*출처 : 한국전력공사

축전기의 충전 방법은 축전기의 한쪽 판 A에는 + 전하가, 다른 쪽 판 B에는 - 전하가 대전되는 데, 두 금속판 사이의 전위차가 전지의 전압과 같아질 때까지 전하가 이동하여 각 금속판에는 전하가 같은 양으로 분포하게 만든다. 이 상태가 되면 전지를 떼어도 두 금속판에는 전하사이의 전기적 인력에 의해 전하가 그대로 저장되어 충전이 된다.

커패시터는 전극판 사이에 절연체를 넣어 제조하고 있어 절연체의 재질에 따라 여러 종류의 커패시터가 제작될 수 있으며, 아무것도 삽입하지 않고 공기를 유전체로 하는 커패시터도 있다.

■ 커패시터의 특징 및 종류

커패시터는 전기를 저장하는 용도 외 다양하게 이용되고 있으며, 커플링, 발진, 완충, 평활, 바이패스 등의 용도로 이용되고 있다.

[표 1] 커패시터의 용도

구분	용도
커플링	직류와 교류가 섞여 있는 선호에서 교류 신호만 통과
발진	충전과 방전을 반복하여 과도 파형을 만들어 내는 기능
충전	보조 배터리처럼 전압을 충전한 다음 전류를 출력하는 기능
평활	맥류 신호(직, 교류가 합쳐진 신호)를 일정한 직류 평균 전압으로 전환
바이패스	노이즈 성분의 전류를 그라운드로 이전하는 기능

*출처 : 한국기업데이터(주)

커패시터는 다양한 종류가 있고 커패시터에 따라 상당히 다른 특징을 가지고 있으며, 회로를 설계하는 데 있어 커패시터의 선정은 주파수 특성과 정격전압을 고려하는 것이 중요하다.

[표 2] 대표적인 커패시터의 종류

알루미늄 전해 커패시터	탄탈 커패시터	세라믹 커패시터	슈퍼커패시터
			

*출처 : 구글 이미지, 한국기업데이터(주) 재가공

1. 알루미늄 전해 커패시터

전해 커패시터는 (+) 극성을 갖는 양극과 (-) 극성을 갖는 음극으로 이루어져 있다. 양극은 양극산화층을 통해 산화층을 절연한 금속으로 구성되어 있으며, 전해 축전기의 유전체 역할을 하고 있고, 음극은 산화층의 표면을 덮는 전해로 구성되어 있다.

매우 얇은 유전 산화층과 넓은 양극 표면적으로, 전해 커패시터는 다른 커패시터에 비해 훨씬 높은 정전용량을 나타내어 큰 정전 용량으로, 저주파 신호를 통과시키거나 많은 에너지를 저장하기에 적합하여 보통 전원공급 단에서 노이즈를 제거하거나 에너지를 저장 혹은 증폭기에서 커플링을 하는 용도로 많이 사용되고 있다.

2. 탄탈 커패시터

탄탈 커패시터는 절연체로 탄탈 금속을 사용한 커패시터이며, 알루미늄 전해 커패시터와 마찬가지로 비교적 큰 정전 용량을 얻을 수 있고, 온도 및 회로의 직류전압에 의한 정전용량 특성의 변화가 적은 편이다. 용도는 전해와 비슷하나, 오차, 주파수 특성 등이 알루미늄 전해 커패시터보다 좋으며 가격이 더 비싸다는 단점이 있는데, 전해 커패시터에서 발생하는 스파이크 형상의 전류가 나오지 않아 아날로그 신호에는 주로 탄탈 커패시터를 사용하고 있다.

3. 세라믹 커패시터

세라믹 커패시터는 절연체로 세라믹을 사용한 커패시터이며, 세라믹은 강유전체의 물질로 아날로그 신호의 회로에 사용하면 신호의 일그러짐이 발생할 수 있으며, 세라믹 커패시터는 인덕턴스(코일의 성질)가 적어 고주파 특성이 양호하고, 고주파 노이즈의 바이패스 용도로 주로 사용하고 있다.

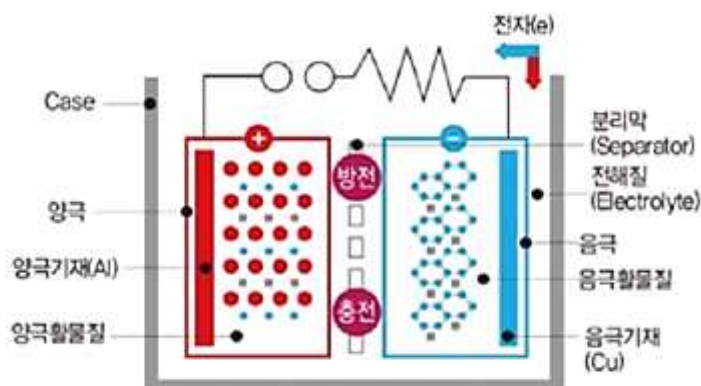
■ 리튬 이온 배터리의 정의 및 구조

그러나 커패시터는 전압에 비례하여 전하를 모아 필요한 곳에 공급할 수 있지만, 저장 가능한 전기에너지의 양은 매우 적어 충전하는 장치나 회로에 사용되고 있으며, 다양한 사업 분야에서 보이고 있는 전기적 저장이 아닌 화학적 저장으로 형태로 저장되는 리튬 이온 배터리가 산업분야에 중점적인 에너지 저장 장치로 사용되고 있다.

리튬 이온 배터리는 이차전지의 일종으로 방전 과정에서 리튬이온이 음극에서 양극으로 이동하는 전지이며, 충전 시에는 리튬 이온이 양극에서 음극으로 다시 이동하여 제자리를 찾게 된다. 리튬 이온 배터리는 충전 및 재사용이 불가능한 일차전지인 리튬 전지와는 다르며, 전해질로서 고체 폴리머를 이용하는 리튬 이온 폴리머 전지와도 다르다.

리튬 이온 배터리는 에너지 밀도가 높고 기억 효과가 없으며, 사용하지 않을 때에도 자가 방전이 일어나는 정도가 작기 때문에 시중의 휴대용 전자 기기들에 많이 사용되고 있고, 이 외에도 에너지밀도가 높은 특성을 이용하여 방위산업이나 자동화시스템, 그리고 항공 산업분야에서도 사용하고 있다.

[그림 4] 리튬 이온 배터리의 구조



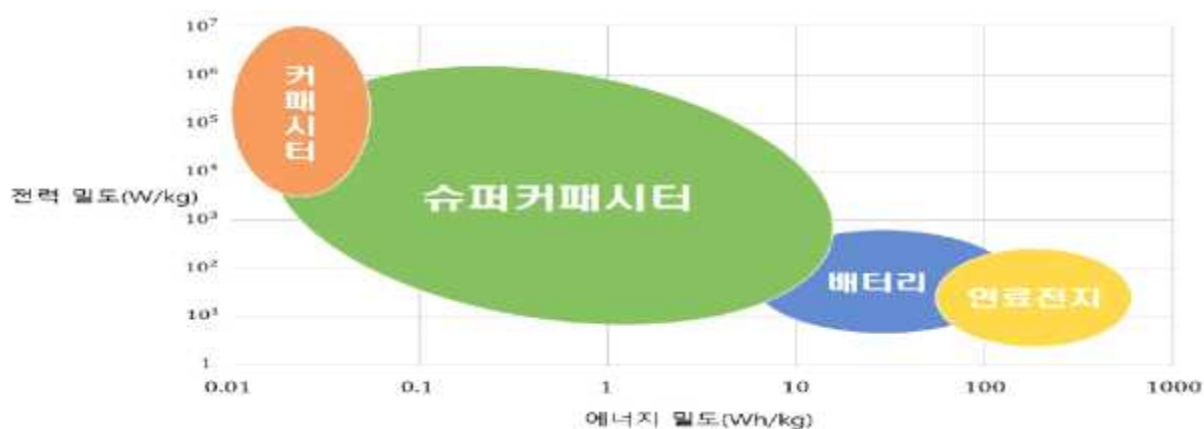
*출처 : 한국전력공사

그러나 일반적인 리튬 이온 배터리는 잘못 사용하게 되면 폭발할 염려가 있으므로 주의해야 하며, 리튬 이온 배터리는 크게 양극, 음극, 전해질의 세 부분으로 나눌 수 있는데, 다양한 종류의 물질들이 이용될 수 있다. 상업적으로 가장 많이 이용되는 음극 재질은 흑연으로, 양극에는 층상 리튬코발트산화물과 같은 산화물, 인산철리튬과 같은 폴리음이온, 리튬망간 산화물, 스피넬 등이 쓰이고 있다.

■ 슈퍼커패시터와 리튬 이온 배터리와의 차이

리튬 이온 배터리와 슈퍼커패시터 모두 전기화학적 반응(electrochemical reaction)을 이용한 에너지 저장장치이나, 에너지를 저장할 때 사용되는 전기화학적 메커니즘이 달라서 에너지, 전력 밀도에 차이가 있다.

[그림 5] 에너지, 전력밀도 RAGONE PLOT



*출처 : 한국전력공사

기존의 일반적인 커패시터는 RAGONE PLOT이라 부르는 위쪽 그래프에서 좌측 상단에 위치해 있다. 전력밀도(Power density)는 높은 반면 에너지밀도(Energy density)는 상당히 낮는데, 이는 한 번에 높은 전력을 출력 할 수 있지만 커패시터의 특성상 충·방전 시간이 너무 빨라 실제로 저장하는 에너지는 적다는 뜻이다.

휴대폰이나 태블릿 등 우리가 가장 흔하게 사용하는 배터리인 리튬이온 배터리는 Li⁺ 이온의 산화환원반응을 통해서 전기가 생성되는 방식을 가지고 있다. 배터리는 전력밀도 자체는 커패시터보다 낮지만 화학적인 반응을 수반하기 때문에 천천히, 긴 시간동안 전력을 충·방전하여 저장할 수 있는 에너지가 상대적으로 많아 에너지 밀도가 높다.

슈퍼커패시터는 기존의 커패시터와 배터리의 중간지점에 위치해 있다. 즉 평범한 커패시터에 비해 많은 양의 에너지를 저장할 수 있으면서 동시에 배터리보다 훨씬 높은 출력을 낼 수 있는 장점이 있다.

■ 고효율 및 고출력 에너지 저장 장치의 필요성 대두

최근 에너지 사용의 증가는 온실가스 배출 증가의 결정적인 원인으로 작용하고 있으며, 온실가스 감축 및 국제환경 규제 대응이 필수이다. 화석에너지 고갈, 국제환경 규제 강화로 인해 향후 신재생에너지는 주요 에너지원으로 부상될 것으로 전망되며, 온실가스 감축의무를 준수하고 지속가능한 경제발전을 위해 신재생에너지 개발보급목표를 정하여 중점적으로 투자가 진행되고 있다. 우리나라는 에너지 대외 의존도가 높고 유가 변동에 의한 영향의 폭이 커서, 안정적 에너지 수급이 중요한 과제로 대두되고 있다.

또한, 환경 규제 및 에너지 정책에 의하여 친환경 EV(전기자동차), 스마트 그리드가 주목 받으면서 에너지 저장장치의 개발 필요성이 대두되었고, 급성장을 보이고 있으며, 가장 많이 적용되고 있는 에너지 저장 장치로는 니켈수소 이차전지와 리튬 이차전지가 사용되고 있으나, 이차전지의 경우 고출력 방전 시 전압 강하 및 반복사용 수명이 짧아지므로 2~3 년 주기로 교체가 필요한 단점이 존재하고 있으며, 태양광, 풍력 등은 기상 상황과 시간대에 따른 출력 예측이 어렵고, 출력 패턴이 불규칙함으로, 유틸리티 기업과의 계통 연계 시에 급격한 출력 변동에 의한 전력의 안정적 공급 및 전력 품질의 확보에 지장을 초래하고 있는 상황이다.

다양한 분야에서 많은 에너지를 안전하게 저장할 수 있는 에너지저장 시스템에 대한 요구가 급증하고 있으며, 차세대 저장장치는 전력회사의 전력공급에서 재생에너지원에 의한 전력 공급으로 전환할 때 발생하는 순간부하에 대한 신뢰성 확보할 수 있어야하며, 기상조건 또는 시간대 등에 따라 변화하는 재생 발전원에 의한 불안정한 출력변동 보상에 의한 전력품질 확보할 수 있어야하며, 일정출력의 발전기에 대해, 부하가 적을 경우 에너지 전력저장 장치에 저장, 부하가 클 경우 에너지 저장장치로부터 보조 또는 심야 전력으로 공급함으로써 에너지를 효율적으로 이용이 가능해야한다.

이에 적합한 저장장치를 필요로 함에 따라, 고효율 및 고출력 특성을 특징으로 하는 슈퍼커패시터(Supercapacitor)는 신재생 에너지 분야에 새로운 에너지 저장장치로 주목 받고 있다.

II. 심층기술분석

슈퍼커패시터 기술 개발로 차세대 에너지 저장 장치 기대

신재생에너지의 보급으로 인해 에너지 저장 장치의 중요성은 점차 커지고 있고, 주파수 변동 폭을 보완하는 역할은 출력 특성이 좋은 슈퍼커패시터가 배터리보다 적합한 기능을 가지고 있어 4차 산업혁명으로 발전할 신산업에 활용될 가능성도 높게 잠재되어 있어 기대된다.

■ 슈퍼커패시터의 정의

슈퍼커패시터는 축전용량이 대단히 큰 커패시터로 울트라 커패시터(Ultra Capacitor) 또는 초고용량 커패시터라고 부른다. 화학반응을 이용하는 배터리와 달리 전극과 전해질 계면으로의 단순한 이온의 이동이나 표면화학반응에 의한 충전 현상을 이용한다. 이에 따라 급속 방충전이 가능하고 높은 충·방전 효율 및 반영구적인 사이클 수명 특성으로 보조배터리나 배터리 대체용으로 사용되고 있다.

[그림 6] 슈퍼커패시터



*출처 : 에너지설비관리

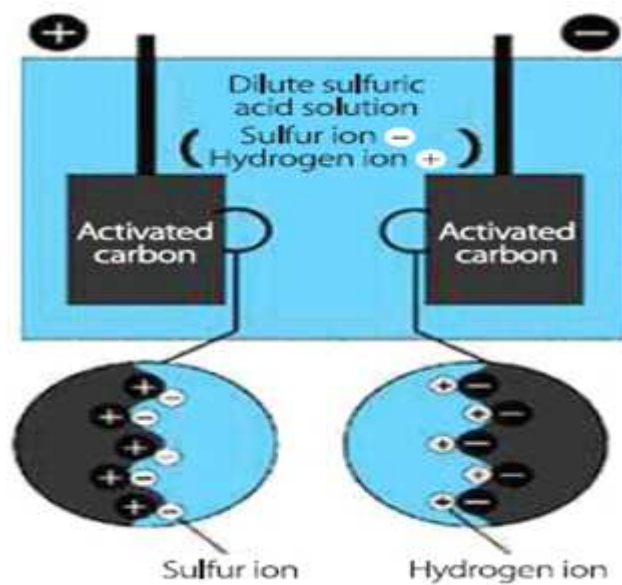
슈퍼커패시터는 1995년 일본, 러시아, 미국 등에서 상용화되기 시작하여 소형에서 대형에 이르기까지 그 응용분야가 다양하게 확대되고 있으며, 최근 들어 신재생에너지의 획기적 증가와 더불어 주요 에너지 저장장치로 각광받고 있다.

연료전지발전, 태양광발전, 풍력발전 등의 신재생에너지 발전은 에너지원이나 부하의 변동에 민감하게 반응하므로 단독으로 사용될 경우 출력전압의 변동을 포함한 전력품질의 저하를 피할 수 없다. 하지만 슈퍼커패시터는 전력밀도가 높고, 충·방전 속도가 빠르며, 충·방전 사이클 수명이 50만 사이클 이상으로 매우 길다는 특성을 갖고 있어, 부하응답 특성이 느린 신재생에너지 발전시스템에 슈퍼커패시터를 사용하면 발전된 전력과 부하전력 사이의 차이를 슈퍼커패시터가 흡수 또는 방출함으로써 전력품질을 확보하는데 기여할 수 있는 장점을 가진다.

■ 슈퍼커패시터의 원리 및 구조

슈퍼커패시터의 원리는 활성탄 표면에 전하의 물리적 흡·탈착으로 에너지를 충전 또는 방전하는 원리로 순간적으로 많은 에너지를 저장 후 높은 전류를 순간적 혹은 연속적으로 공급하는 고출력 동력원으로 단위무게 당 비표면적을 증가시킨 활성탄소를 전극재료로 사용하여 비약적인 용량증가를 가져왔다.

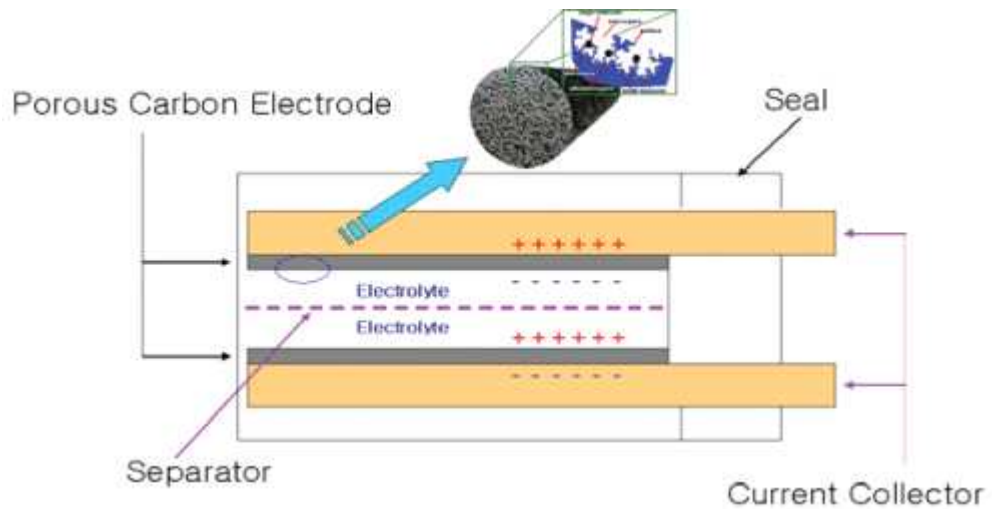
[그림 7] 슈퍼커패시터의 원리



*출처 : <http://nec-tokin.co.kr/>

슈퍼커패시터의 기본구조는 양극과 음극으로 구성하는 다공성 전극(Electrode), 전해질(Electrolyte), 집전체(Current collector), 분리막 또는 격리막(Separator)으로 이루어져 있는데, 단위 셀 전극의 양단에 수 볼트의 전압을 가해 전해액 내의 이온들이 전기장을 따라 이동하여 전극표면에 흡착되어 발생하는 전기화학적 메커니즘으로 작동하게 된다. 슈퍼커패시터는 2차 전지에 비하여 구조는 비교적 단순한 형태로 구성한다.

[그림 8] 슈퍼커패시터의 기본구조



*출처 : 한국과학기술정보연구원 정보분석연구소

1. 전극

전극의 소재로 탄소를 주로 사용하며, 탄소전극에서 단위 면적당 정전용량은 탄소전극의 전자밀도와 전해질 이온의 종류에 따라 다른 특성을 보인다. 탄소전극의 단위 면적당 정전용량은 탄소전극의 전자밀도에 따라 다르다. 슈퍼커패시터의 전극용 탄소재료로는 활성탄소분말, 활성탄소섬유, 유리질 탄소, 탄소 에어로젤 등이 있다.

전극의 형태는 매우 다양하며 탄소 전극을 제조할 때 전극 내부저항을 줄이는 것이 무엇보다 중요하다. 저항이 낮은 탄소전극의 제조방법으로는 전극 물질이 입상일 경우 압력을 가하여 입자간의 접촉을 향상시킨 경우이거나 다른 형태와 병행하여 사용하며, 일반적으로 탄소 전극의 형태는 다음과 같이 5가지 종류로 구분한다.

[표 3] 탄소 전극의 종류 및 특징

종류	특징
바인더 형	바인더 형은 PTFE 등의 고분자 바인더를 이용하여 입자간의 접촉 특성을 개선시킨 방법으로 전극의 가공이 쉽다는 장점을 가지고 있다.
매트릭스 형	매트릭스 형은 입상 활성탄을 폴리머 매트릭스(Polymer matrix)와 혼합 후 폴리머를 탄화시켜 전극을 제조하는데 탄화 후 폴리머는 입자를 연결시키는 동시에 전극 활물질로 작용한다.
모놀리스 형	모놀리스 형은 탄소 에어로 젤, 탄소 폼 등과 같은 다공성 단일체로 연속적인 탄소골격을 가지므로 전극 물질간의 접촉을 고려하지 않아도 되는 장점이 있다.
필름 형	필름 형은 유리질 탄소와 같은 비다공성 탄소재료의 경우로 전극 내부에는 전해질이 존재하지 않고 단지 분리막이 전해질을 포함한다.
유리질	유리질 탄소는 유기 고분자로부터 만들어지는 단일체로 활성탄 전극에 비해 내부저항이 낮은 장점이 있다. 클로스 형(Cloth type)은 활성탄소섬유를 전극으로 사용하는 경우로 전극 제조방법이 쉽다는 장점은 있으나 비용이 높고, 전극의 낮은 충전 밀도가 단점이다.

*출처 : 한국과학기술정보연구원 정보분석연구소, 한국기업데이터(주) 재가공

2. 전해질

전해질은 수용성 전해질과 비수용성 전해질인 유기 전해질로 구분할 수가 있다. 수용성 전해질은 H₂SO₄, KOH, NaOH, KCl 등의 산, 염기 또는 무기염을 사용할 수가 있으며, 전압범위는 전압 평형에 의존하지만 대략 1.0V 정도이다. 수용성 전해질은 용액의 이온 전도도가 유기 전해질의 경우보다 크므로 출력특성이 양호하며 제작이 용이하다는 장점이 있다.

반면에 유기용액(AN, EC, PC, DMC, DEC, etc)과 무기염류(리튬염, 4차 암모늄, 포스포늄 염 등)를 사용하는 비수용성 전해질인 유기 전해질은 이온 전도도가 낮고 처리가 쉽지 않는 단점이 있지만, 3V 정도의 전압 범위에서 사용이 가능하므로 에너지 측면에서는 수용성 전해질 보다 큰 장점을 가진다.

3. 분리막

분리막은 이온의 이동은 쉽게 하도록 하는 기능과 자기방전 특성이 적으며, 사용전압 범위 내에서 전기·화학적으로 안정하며, 전해질 및 전극물질과 화학적으로 반응하지 않는 PP 계열의 고분자 박막 또는 크라프트지와 같은 전해지가 사용된다. 케이스 및 실링 문제는 사용하는 전해질의 종류에 따라 선택이 가능하며 내부 전해액의 누액을 방지하는 것이 매우 중요하다.

3. 그 외 케이스, 전해질 등

비수용계인 유기계 커패시터에서는 습기가 수명 및 용량에 큰 영향을 미치게 되므로 외부의 습기나, 증기 상의 물질들이 셀 내부로 침입하는 것을 완벽하게 차단해야 하는 구조로 이루어져야 한다.

케이스의 재질은 사용하는 전해질에 대하여 내약품성을 가져야 하며, 경량재료를 사용해야 하며, 전해질은 넓은 전압 범위에서 전기 화학적으로 안정하고, 염의 용해도가 높아 축전 상수가 크며, 전극과의 접촉이 좋고 전극의 기공에서 쉽게 전기 이중층을 형성할 수 있는 것이 좋다.

[그림 9] 슈퍼커패시터 내 적용되는 핵심 기술

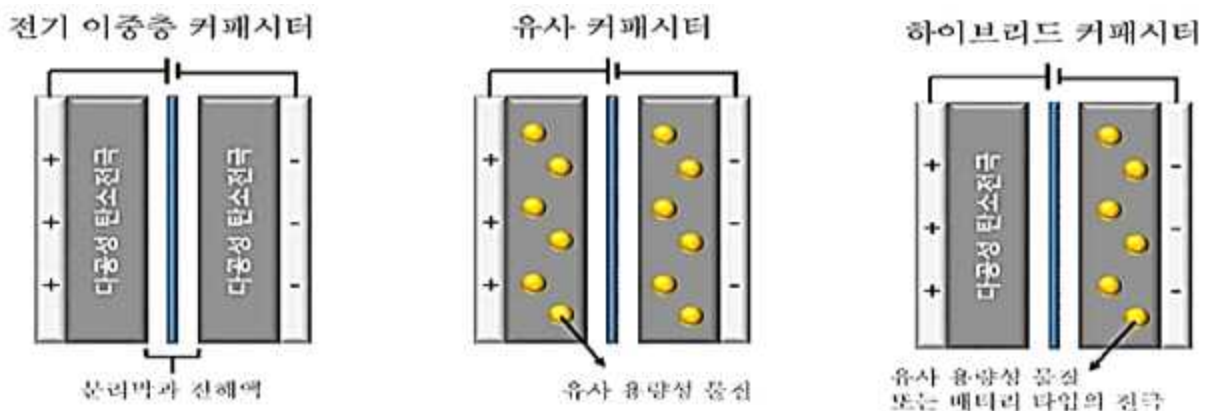


*출처 : 중소기업기업부, 중소기업기술정보진흥원

■ 슈퍼커패시터의 기술 구조별 종류

슈퍼커패시터는 전해질의 이온이 전극 표면에 흡착하고 탈착되는 과정이나 표면화학반응을 통해서 충·방전이 진행되며, 이온의 흡·탈착에 의한 슈퍼커패시터를 전기 이중층 커패시터 (EDLC: Electrical Double Layer Capacitor)이라고 하며, 표면화학반응을 수반한 슈퍼커패시터는 유사 커패시터(Pseudocapacitor)이라고 한다. 또한 이들의 특성을 비대칭 전극을 사용하여 적당히 혼합한 하이브리드 슈퍼커패시터(Hybrid Supercapacitor)가 있다.

[그림 10] 슈퍼커패시터의 종류와 구조



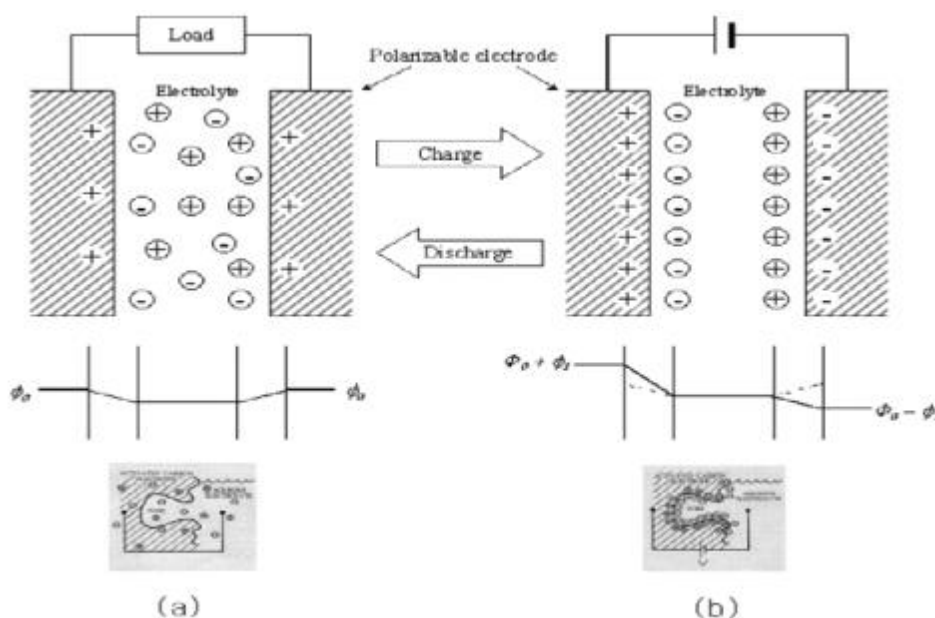
*출처 : Yoon et al. Nanotechnology, 27, 172001(2016)

1. 전기 이중층 커패시터(Electrical double layer capacitor)

전극과 전해질의 계면에서 형성되는 전기 이중층과 관련되는 것으로 두 개의 분극성 전극으로 이루어진다. 이 방식의 충전과 방전 원리는 그림과 같이 전극-용액 계면에 전하가 배열된다.

전기 이중층 커패시터는 대칭의 활성탄 전극, 분리막, 전해액으로 이루어져 있으며, 충전 시에는 전해액 내의 전해질 이온이 정전기적으로 전극 표면에 흡착하여 전극과 전해액 계면에 전하를 정전기적 이중층 형태로 축적하고, 방전 때는 역으로 흡착되었던, 이온이 전해액 내로 확산되는 메커니즘을 갖는다.

[그림 11] 전기 이중층 커패시터의 구조



*출처 : MCTnet, 한국과학기술정보연구원

따라서 전기적 화학반응이 없고, 충/방전 시 흡열반응을 하지 않으므로 화학반응을 수반하는 일반적인 이차전지와는 작동원리가 다르다. 이러한 이유로 전기 이중층 커패시터는 전지에 5배 이상의 높은 출력의 파워와 장수명이면서도 저온 환경에서도 높은 출력밀도의 특성을 가지는 등, 추가적인 보호회로 없이도 안정성이 우수하다는 장점을 가지고 있다.

전기 이중층 커패시터는 이러한 특징으로 초기에는 휴대용 통신기기 및 가전제품의 메모리 백업 용에서 적용되었으며, 지속적으로 적용범위가 점차 확대되어 최근에는 군사용, 의료용, 하이브리드 전기자동차(HEV : Hybrid Electric Vehicle) 및 신재생 에너지 보조전원에 이르기까지 적용분야가 다양해지고 있다.

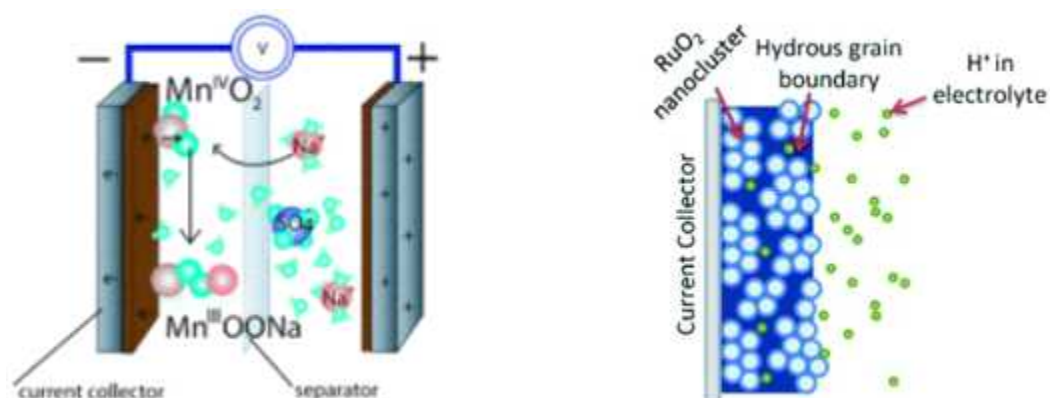
하지만, 전기 이중층 커패시터는 전극표면에만 전하가 축적되기 때문에 2차 전지보다 용량이 적고, 상대적 체적이 크므로 고에너지 밀도가 요구되는 적용분야에서는 단독으로 사용되지 못하고 2차 전지와 병렬로 연결하여, 보조 전원으로 사용되어지는 한계가 있다.

2. 유사 커패시터(Pseudocapacitor)

유사 커패시터란 슈도커패시터라고도 하며 정전기적인 이온의 흡·탈착만을 사용하는 전기 이중층 커패시터와는 달리 전기화학적 산화환원 반응을 수반한 커패시터이다.

기존의 정전기적 대전만을 이용하여 에너지를 저장하는 커패시터와 달리 전해질 속에 들어있는 양성자(H⁺)가 전극표면에서 전기화학적 반응으로 전력 전하 이동을 유도하여 충·방전이 일어나 기존의 커패시터보다는 배터리와 더 유사한 에너지 저장 방식이며, 충·방전 특성 자체는 커패시터와 흡사하여 커패시터의 일종으로 분류했으나, 전극에서의 전기화학적 반응을 수반하고 있다는 특징이 있다.

[그림 12] 유사 커패시터의 구조



*출처 : Meetyou Carbide, 한국진공학회

산화전극의 한쪽 면에 음전하를 대전시키면 전해질속의 양성자(H⁺)가 전극에 흡착되어 위와 같은 산화환원반응을 일으킨다. 그림에서 RuO₂ 전극을 음전하로 대전시키면 전극은 양성자를 받고 환원되어 최종적으로 Ru(OH)₂ 상태로 존재하게 된다. 역과정으로 대전된 전압을 제거하여 방전시킬 경우 Ru(OH)₂ 상태에서 양성자를 전해질로, 전자를 Current Collector로 방출하게 된다.

이는 산화환원반응을 수반하지 않고 단순 대전시키는 전기 이중층 커패시터보다 산화환원반응을 통해 전자를 Ru(OH)₂ 형태로 더욱 많이 저장할 수 있으며, 이에 따른 커패시턴스의 증가를 가져오게 되어 이러한 유사 커패시터는 같은 면적 대비 전기 이중층 커패시터보다 100배 이상 커패시턴스가 증가하게 된다.

전도성 고분자를 포함한 전극은 금속 산화물에 비해 낮은 산화환원 빈도, 충·방전 횟수의 증가에 따른 안정성 저하 등이 문제점으로 지적되고 있으나, 소자부분에서 유연성을 가질 수 있다는 장점이 있어 유연전자소자 분야에서 활용되고 있다. 그러나 유사 커패시터 물질만으로는 실제적으로 제작한 소자의 커패시턴스를 향상시키기에는 무리가 있기에 그렇기 때문에 전기 이중층 커패시터의 전극활물질로 사용되는 탄소기반물질에 전도성 고분자나 금속산화물을 적층하거나 성장시켜 함께 사용한다.

3. 하이브리드 커패시터(Hybrid Supercapacitor)

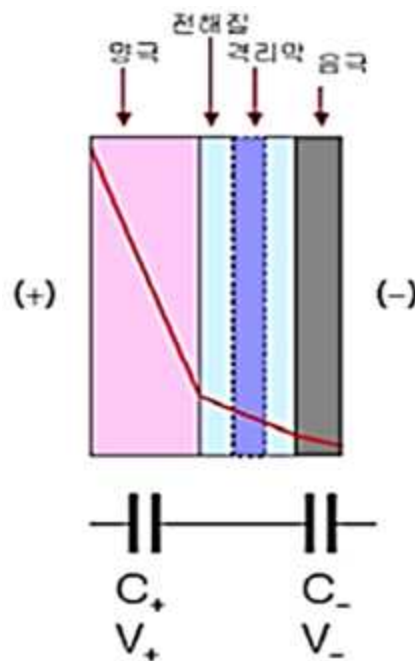
하이브리드 커패시터의 원리는 양극과 음극에 서로 다른 비대칭 전극을 사용함으로써 한쪽 극은 고용량 특성의 전극재료를 사용하고, 반대 극은 고출력 특성 전극재료를 사용하여 용량 특성을 개선한 커패시터이고, 옆에 그림은 하이브리드 커패시터의 개념을 나타냈는데, 커패시터 용량은 $1/C = (1/C+) + (1/C-)$ 로 주어지며, C-에서 C+로 전하되므로 전체 용량은 C+에 의하여 결정된다.

저전압-고용량 하이브리드 커패시터에서는 양극 소재를 용량이 큰 금속산화물을 주로 사용하여 단위 중량 당 에너지밀도를 향상시킬 수가 있는데, 슈퍼커패시터와 이차전지의 중간적인 특성을 가지며, 작동전압은 전해질 및 전극재료의 특성에 영향을 받게 되어 수용성에서는 약 2V, 유기성에서는 약 4V의 작동전압을 가진다.

이와는 달리 고전압-저용량형의 하이브리드 커패시터에서는 양극으로 유전체를 사용하여 작동전압을 결정하게 되고, 음극은 보다 큰 용량을 가지는 전극을 사용함으로써 재래식 커패시터와 슈퍼커패시터의 중간적인 특성을 나타내고 있다.

일반적으로 슈퍼커패시터의 작동전압은 전해질에 따라 결정되지만 하이브리드 커패시터에서는 양극의 내전압이 하이브리드 커패시터의 작동전압이 되기 때문에 고전압화가 가능한 장점이 있다.

[그림 13] 하이브리드 커패시터 개념도



C+ : 양극용량, C- : 음극용량
V+ : 양극전압, V- : 음극전압

*출처 : 한국환경산업기술원(KEITI)

[표 4] 슈퍼커패시터 종류 및 특성

분류특성	전기 이중층 커패시터		유사 커패시터		하이브리드 커패시터	
	전극재료	활성탄 탄소에어로겔		금속산화물	전도성 고분자	탄소재 금속산화물 전도성고분자
전해질	수계	비수계	수계	수계 비수계	수계	비수계
작동전압(V)	> 1	> 3.3	> 1	> 2.7	> 1	> 4.2
메커니즘	전기이중층		전기이중층 + 산화환원		전기이중층 + 산화환원	
비고	양극과 음극에 동일전극		복합재 형태로도 사용		전극 하이브리드가 일반적(탄소전극 + 금속산화물 전극)	

*출처 : 한국에너지기술연구원, 한국기업데이터(주) 재가공

■ 슈퍼커패시터의 외형적 분류 및 용도별 분류

슈퍼커패시터는 외형적 크기에 따라 코인형, 원통형 및 각형으로 분류할 수 있으며, 코인형 전기 이중층 커패시터는 한 쌍의 시트 형상의 활성탄 전극이 격리막을 사이에 두고 배치된 형태로, 이들 전극에 전해액을 침투시킨 상태로 상, 하 금속케이스, 패키징에 의해 외장 봉입된다.

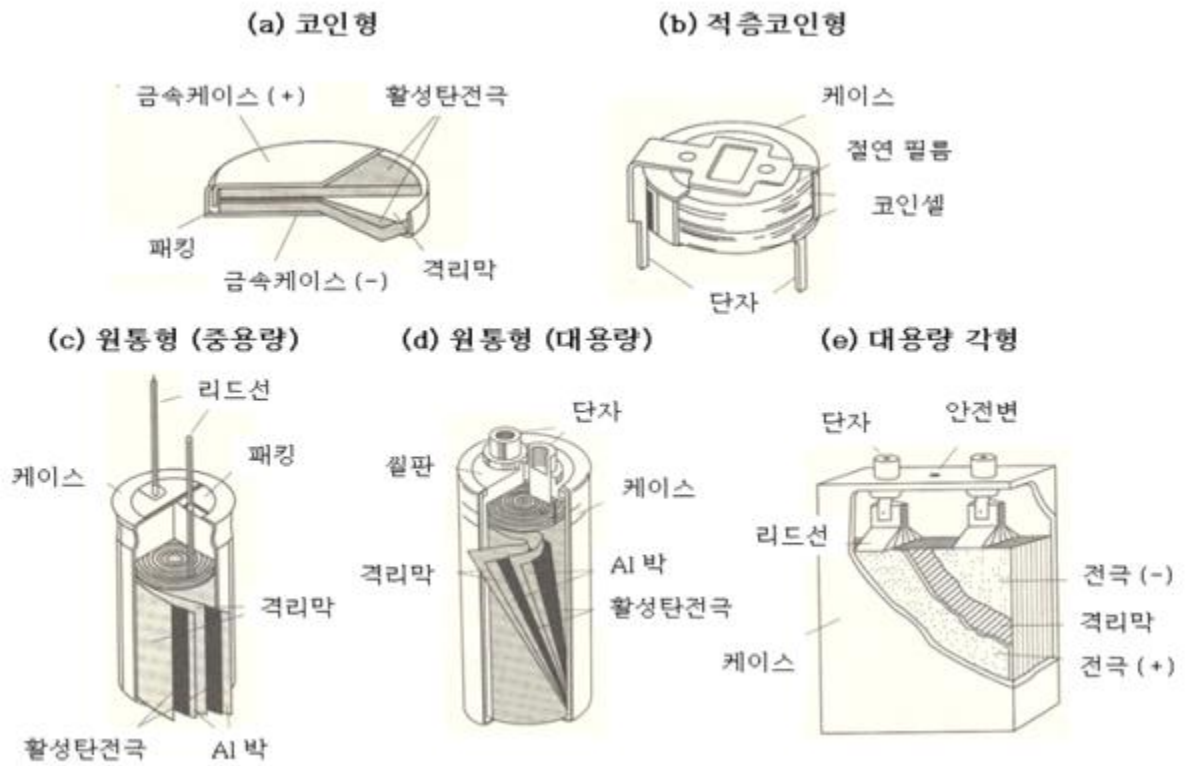
각각의 활성탄소 전극은 상, 하의 금속케이스에 도전성 접착제에 의해 접촉되어 있으며, 단 셀의 정격전압은 2.5V를 나타내나, 2가지 셀을 직렬로 접촉하는 것에 의해 5.5V의 정격전압을 나타낸다. 용량은 2F 이하이고, 저 전류부하에의 용도에 이용되고 있다.

각형 슈퍼커패시터는 알루미늄 집전체의 표면에 활물질질을 도포 형성시킨 한 쌍의 전극 사이에 격리막을 두고 대향 배치된 구조로 단자인출방식이 간단하다. 또한 전극 대향 면적이 넓고 활성탄 전극 두께가 박층화가 가능하기 때문에 전극체 중의 확산 저항이 적고, 코인형에 비해 대용량, 고출력화가 용이하고, 대 전류 부하용도에 적용가능하다.

원통형 슈퍼커패시터는 알루미늄 집전체의 표면에 활물질질을 도포 형성시킨 한 쌍의 전극 사이에 격리막을 둔 상태로 감고, 이것에 전해액을 침투시켜 알루미늄 케이스에 삽입하여 고무로 봉입한 구조를 가진다. 알루미늄 집전체에는 리드선이 연결되어 있고, 이것에 의해 외부로 단자가 인출되고, 특성과 용도는 각형과 유사하다.

그러나 대용량 원통형의 경우 수많은 인출단자들로 인해 접촉저항이 증가로 인한 출력특성의 감소를 가져온다. 이를 보완하기 위한 위해 개발된 구조가 Up-Cap 구조로 양, 음극 전극 자체를 상·하 알루미늄 케이스에 용접에 의해 부착시킨 구조를 가진다. Up-Cap은 1000F를 넘는 초 대용량 슈퍼커패시터에 적합하고, 단자인출방식의 개량에 의해 초저저항을 실현한다.

[그림 14] 슈퍼커패시터의 외형적 분류



*출처 : MCTnet, 한국과학기술정보연구원

[표 5] 슈퍼커패시터의 용도별 분류

용도	소형(1F 이하)	중형(1~100F)	대형(100F~)
메모리 백업	전자기기 클럭/메모리	산업용 기기 메모리	-
전원전력 백업	-	상시기동 대기 전자기기 (가전기기, 통신기기)	UPS, 수변전설비
태양광 발전 시스템	솔라워치	자발광식 도로등	주택태양광 발전 시스템의 전력저장
모터, 액추에이터	HDD 암 구동 어뮤즈먼트 기기	-	전기자동차나, 전동차량 철도 포인트 절제
이차전지 수명향상	PDA, 셀룰러 단말	PDA, 셀룰러 단말	차세대 저공해 자동차 (HEV, PEV, FCEV)
전압변동 흡수	PDA, 셀룰러 단말	PDA, 셀룰러 단말, 각종 자동차 전장품	차세대 저공해 자동차 (HEV, PEV, FCEV)

*출처 : 한국에너지기술연구원, 한국기업데이터(주) 재가공

■ 슈퍼커패시터 기술개발 이슈

중소기업벤처부와 중소기업기술정보진흥원에서 발간한 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023 이차전지 보고서에서는 초고용량 슈퍼커패시터는 일본이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 79.9%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 1.9년으로 분석하고 있다. 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 74.6%, 기술격차는 2.6년으로 평가하고 있으며, 기술 격차의 순서는 미국(95.4%), 중국(88.8%), EU(81.3%), 한국의 순으로 평가하고 있다.

또한, 슈퍼커패시터용 전극재인 활성탄은 일본기업인 KURARAY CHEMICAL, OSAKA GAS CHEMICAL이 주요 시장을 장악하고 있으며, 일본의 수출 규제로 인하여 소재부품의 국산화 문제가 대두되고 있고, 현재 슈퍼커패시터의 구성요소 중 전해액을 제외한 대부분이 수입에 의존하고 있어 국산화 기술이 요구되고 있다.

[표 6] 국내 주요 탄소 소재 규모

(단위 : 억 원)

구분	수입 의존도	2008년	2015년	2025년(E)	연평균성장률(%)
탄소섬유	100%	756	2,572	14,797	19.10
카본블랙	12%	7,743	9,960	14,271	3.70
인조흑연	100%	5,250	10,454	27,961	10.30
활성탄	82%	779	1,352	2,973	8.20
다이아몬드	86%	24	39	75	6.80

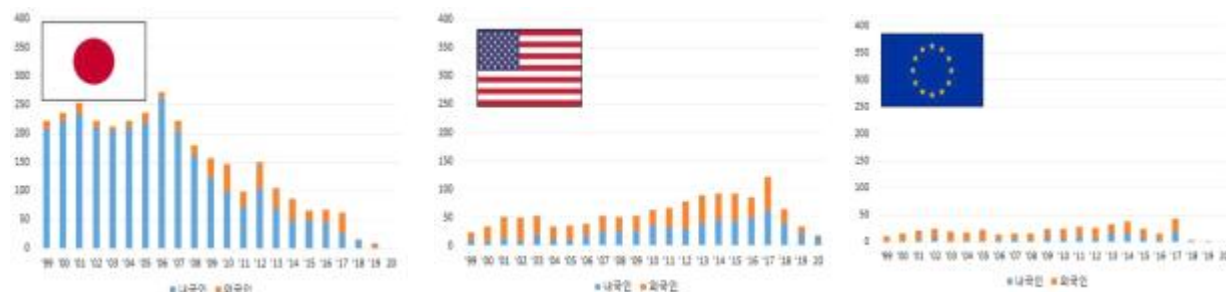
*출처 : 한국에너지기술연구원, 한국기업데이터(주) 재가공

■ 슈퍼커패시터 해외 기술 개발동향

슈퍼커패시터 산업은 일본을 선두로 기술 개발이 이루어져 있으며, 미국, 일본을 주축으로 여러 국가가 기업, 대학 및 연구소를 중심으로 슈퍼커패시터에 대한 개발을 진행 중이고, 탄소 소재에만 국한되지 않고 리튬 등을 이용해 하이브리드 커패시터를 개발하고 있다.

각 국가별로 살펴보면 일본이 1999년 ~ 2006년에는 일본이 연평균 230건의 특허출원 활동을 진행하며 전체 초고용량 슈퍼커패시터 특허출원 동향을 주도하였으나, 2007년 이후 특허출원 활동 점차 감소하여 저조한 특허출원 현황을 나타내고 있으며, 반면, 미국은 2006년 이후 활발한 특허출원 활동을 통해 적극적으로 진입하고 있는 것으로 보인다.

[그림 15] 국가별 특허출원 추이 현황



*출처 : 중소기업벤처부, 중소기업기술정보진흥원

[표 7] 해외 슈퍼커패시터 개발동향

구분	내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> - 전기선 내부에 배터리 없이 전기를 전송하는 기능뿐만 아니라 잔류 저장이 가능한 기술 개발 - 전기차 및 휴대용 전자제품의 배터리 및 충전 향상을 위한 슈퍼커패시터 배터리 개발 - 고전력 밀도를 달성하기 위한 새로운 아키텍처 및 확산경로, 전도성 발 - 반도체 소자 자체로 배터리 기능을 가지고 있는 슈퍼커패시터 개발 - 유연하게 움직일 수 있는 플렉시블 슈퍼커패시터 배터리 개발 - 전기자동차용 슈퍼커패시터 배터리 개발 - 무정전 전원 공급용으로 자동으로 배터리 전환하여 공급 가능한 기술 개발 - 유연성 슈퍼커패시터를 제작할 수 있는 그래핀 기반 나노잉크 개발
일본	<ul style="list-style-type: none"> - 나노폴라스 금속산화물 하이브리드전극을 이용한 고성능 전기화학 커패시터 개발 - 대용량 하이브리드 슈퍼커패시터 개발 - 리튬이온전지와 슈퍼커패시터를 결합한 새로운 구조의 어드밴스트 하이브리드 슈퍼커패시터 개발 - 에너지 밀도를 향상시키기 위한 카본나노튜브를 이용한 그래픽 적층 개발 - 전기자동차의 효율을 증대시키기 위한 전기자동차용 프리우스 하이브리드 슈퍼커패시터 개발
중국	<ul style="list-style-type: none"> - 슈퍼커패시터로 운용 가능한 트램 개발 - 슈퍼커패시터에 적용하는 초박 CoP, 그래핀 나노시트 개발 - 인쇄 가능한 마이크로 슈퍼커패시터 개발 - 마이크로 타입 슈퍼커패시터용 탄소 포 레저 유도 그래핀 개발 - 마이크로 슈퍼커패시터 전기화학 성능 향상 기술 개발 - 플렉시블전자용 마이크로 슈퍼커패시터 구동 직접시스템 개발
싱가포르	<ul style="list-style-type: none"> - 제품 일부가 손상되어도 자가회복 형태를 유지하는 슈퍼커패시터 개발

*출처 : ETRI, 국가나노기술정책센터(NNPC), 한국기업데이터(주) 재가공

■ 슈퍼커패시터 국내 기술 발전 동향

정부의 한국형 뉴딜 정책 발표, 미국 바이든 대통령 후보의 그린 뉴딜 공약 발표 등으로 친환경 에너지에 대한 관심이 커지고 있는 가운데, 친환경 에너지 산업의 핵심부품인 슈퍼커패시터의 특허 출원도 나날이 증가하고 있다.

2020년 특허청 전기통신기술심사국에서 조사한 슈퍼커패시터 관련 특허출원은 2013년 이전에는 연평균 80건 이하에 불과했으나, 2014년을 기점으로 급격히 증가하여 최근 5년간(2014년 ~ 2018년) 연평균 122건의 특허출원이 이뤄지고 있다고 밝혔다.

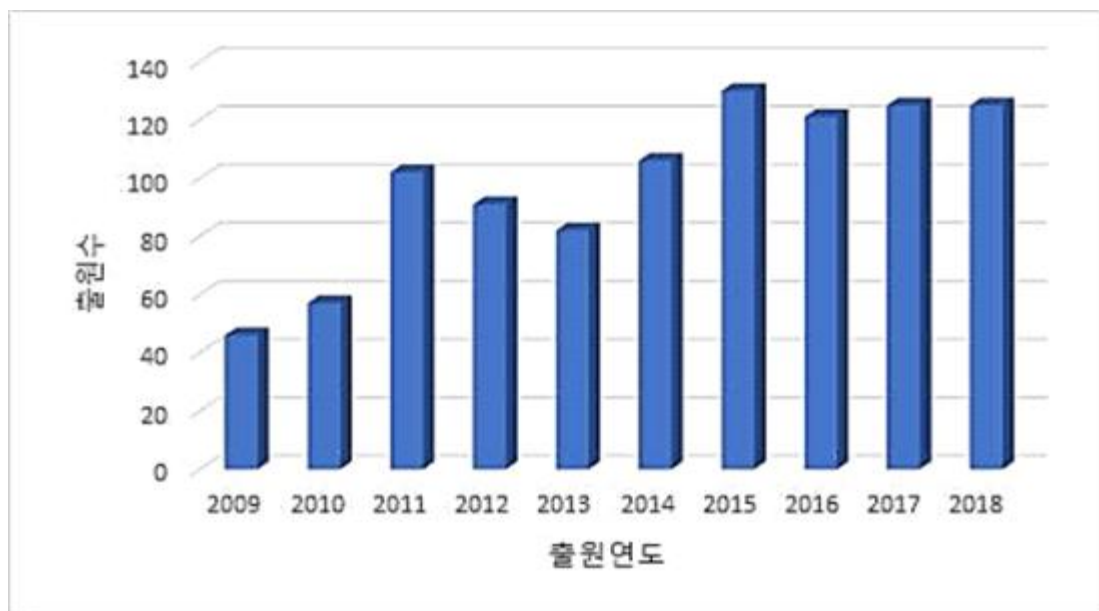
최근 10년간 세부기술별 특허출원동향을 살펴보면 전극 관련 기술(548건, 56%), 모듈 및 케이스와 관련된 기술(229건, 23%), 전해물질과 관련된 기술(116건, 12%) 순으로 조사됐다.

[표 8] 연도별 슈퍼커패시터 국내 특허출원 동향(2009년 ~ 2018년)

출원연도	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계
계	46	57	102	91	82	106	130	121	125	125	985
전극관련	25	28	55	48	42	62	73	70	75	70	548
모듈 및 케이스	10	15	27	20	19	22	35	29	27	25	229
전해물질	6	6	8	11	10	11	14	14	13	23	116
기타	5	8	12	12	11	11	8	8	10	7	92

*출처 : 특허청 전기통신기술심사국(2020년 11월), 한국기업데이터(주) 재가공

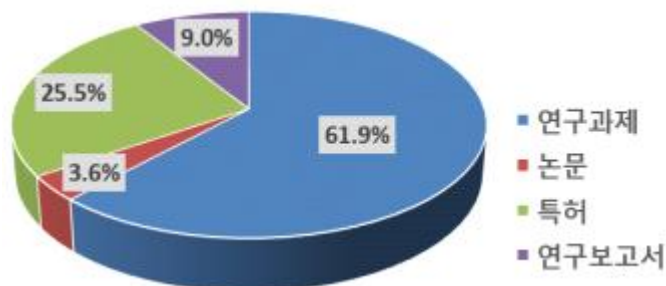
[그림 16] 연도별 슈퍼커패시터 국내 특허출원 동향(2009년 ~ 2018년)



*출처 : 특허청 전기통신기술심사국(2020년 11월)

슈퍼커패시터의 가장 큰 문제점이라고 할 수 있는 에너지 밀도를 높이기 위해 현재 커패시터의 핵심 소재인 전극과 전해질에 관련된 연구가 주를 이루고 있으며, 높은 비표면적과 충전 밀도를 갖는 전극 소재(주로 나노탄소소재)를 개발하거나, 전기화학적 활성을 갖는 금속산화물 혹은 전도성 고분자들을 활용한 유사 커패시터의 개발, 새로운 전해질 개발을 통한 구동전압 범위 증가, 리튬 이온 커패시터(LIC)와 같은 하이브리드 개념의 커패시터 개발 등의 연구들이 진행되고 있다. 그리고 최근 NTIS 검색결과에 따르면, 슈퍼커패시터와 관련된 최근 3년 내 기술개발 구성은 다음과 같다.

[그림 17] 최근 슈퍼커패시터 기술개발 구성 그래프(2018년 ~ 현재)



*출처 : NTIS, 한국기업데이터(주) 재가공

[표 9] 최근 국내 슈퍼커패시터 개발동향

구분	내용
연구과제	<ul style="list-style-type: none"> - 활성탄 자립화와 이를 이용한 슈퍼커패시터 성능 고도화 기술 개발 - 스마트미터용 16Dx25L 슈퍼커패시터 개발 - 그래핀계 및 리튬 전이 금속 산화물 복합유전전극 기반 IoT기기용 배터리 커패시터 개발 - 키네틱발전소자 일체형 고효율저장 마이크로프린터블 슈퍼커패시터 개발 - 직접인쇄 가능한 고에너지, 고출력 슈퍼커패시터 개발 - 초고속 충전이 가능한 슈퍼커패시터용 고성능 활성탄 개발 - 슈퍼커패시터용 다공성 탄소전극소재 기술 개발
논문	<ul style="list-style-type: none"> - ZIF-8 기반의 다공어 탄소 나노입자의 슈퍼커패시터 고분자 전해질 나노필러로의 적용 - 촉매산화반응을 이용한 Micro-Flower NiCoMnO₂ 고차구조체 제조 및 슈퍼커패시터 전극 응용 - 에너지 하베스터를 이용한 섬유 형태의 슈퍼커패시터 충전 특성
특허	<ul style="list-style-type: none"> - 아민으로 표면 처리된 구겨진 산화그래핀 분말을 이용한 슈퍼커패시터 전극 및 이의 제조방법 - 무기 나노입자 함유 다공성 탄소체 전극 및 이를 포함하는 슈퍼커패시터 및 이의 제조방법 - 중공 구형 불화칼륨니켈코발트 페로브스카이트의 제조 및 이의 슈퍼커패시터와 촉매로의 응용
연구보고서	<ul style="list-style-type: none"> - 금속산화물 3차원 다공성 나노구조체의 슈퍼커패시터 응용 및 정전요소 분리 연구 - 고다공성 2차원 나노전극을 이용한 고에너지밀도 슈퍼커패시터의 개발 - 슈퍼커패시터를 이용한 휴대용 비상 전원 공급 장치 개발 - 국내 미활용 목질계 바이오매스 기반 슈퍼커패시터용 활성탄 개발 - 레독스 물질로 코팅된 고체 전극과 활성 레독스 전해질을 이용한 하이브리드형 에너지 저장 디바이스에 대한 연구

*출처 : NTIS, 한국기업데이터(주) 재가공

Ⅲ. 산업동향분석

타 산업과의 연계를 통해 신에너지 저장 장치로 기대 부상

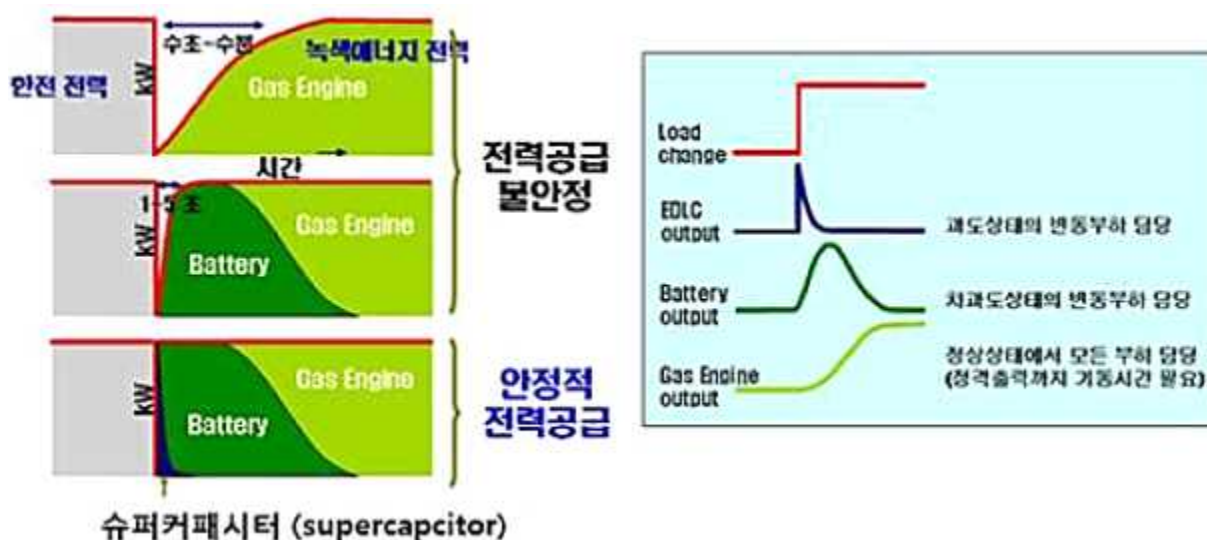
신재생에너지는 시간대별로 생산할 수 있는 전력량이 일정치 않기 때문에 그리드의 전력 품질 저하를 가져올 수 있어 이에 적합한 부하평준화 장치로 슈퍼커패시터가 떠오르고 있고, 가전기기, 수송, 산업용 에너지 분야 외 향후 신산업 분야 시장의 확대로 슈퍼커패시터는 무궁무진한 활용도를 보유하고 있어 기대가 된다.

■ 슈퍼커패시터의 산업 필요성 및 응용분야 확대

친환경 자동차는 수요가 점차 증가하는 추세이며 특히 슈퍼커패시터의 경우 중대형 차량인 버스, 전철 및 건설차량 시장이 형성되어 있으며, 시장 성장에 힘입어 수요가 증가하고 있으나, 국내 중대형 제조업체는 주요 수요국가인 중국의 보호무역 정책과 경쟁과다에 의한 가격하락에 대한 압박 등의 한계에 처해있는 상황에서 최근 들어 신재생에너지의 획기적 증가와 더불어 주요 에너지 저장 장치로 각광받고 있다.

연료전지발전, 태양광발전, 풍력발전 등의 신재생에너지 발전은 에너지원이나 부하의 변동에 민감하게 반응하므로 단독으로 사용될 경우 출력 전압의 변동을 포함한 전력품질의 저하를 피할 수 없는 상황이다. 이에 슈퍼커패시터는 전력밀도가 높고, 충·방전 속도가 빠르며, 충·방전 사이클 수명이 매우 길다는 특성을 갖고 있어 부하응답 특성이 느린 신재생에너지 발전시스템에 슈퍼커패시터를 사용하면 발전된 전력과 부하전력 사이의 차이를 슈퍼커패시터가 흡수 또는 방출함으로써 전력품질을 확보하는데 기여 할 것으로 예상된다.

[그림 18] 신재생에너지원의 전력품질 확보 모식도



*출처 : 중소벤처기업부, 중소기업기술정보진흥원

그리고 풍력터빈, UPS, 자동차 등 고출력 애플리케이션의 수요가 확대됨에 따라 슈퍼커패시터의 성장이 예상되며, 현재 대부분 소재는 의존도가 높기 때문에 산업 발전의 저해요인으로 작용하므로 핵심 소재의 국산화가 구축될 경우 전 산업 분야에서 추가적인 부가가치 창출이 가능성을 보이고 있다.

[표 10] 공급망 관점 산업 기술범위

전략제품	제품분류 관점		세부기술
슈퍼커패시터	소형	배터리 대체	● 스마트미터, GSM/GPRS 트랜스미터, SSD, USB로 움직이는 오디오 시스템, 메모리 백업, M2M 무선통신 응용 기술
		커패시터 대체	● 모바일폰 카메라 플래시 용량 증대, 모바일폰 시계 백업 기술
	중대형	배터리 대체	● 트럭의 배터리 팩 대체, 비상시 자동차문 개폐, 에너지 하베스팅 완충, 풍력 터빈 작동 기술
		배터리 보호 및 강화	● 배터리 연장을 위한 파워 제공 및 신속한 충·방전을 위한 마찰보호, 풍력 터빈, 태양광, 기타에너지 하베스팅 완충 기술

*출처 : 중소벤처기업부 외, 중소기업 전략기술로드맵 2019-2021 이차전지 보고서

■ 다양한 분야로 수요가 확대되고 있는 슈퍼커패시터

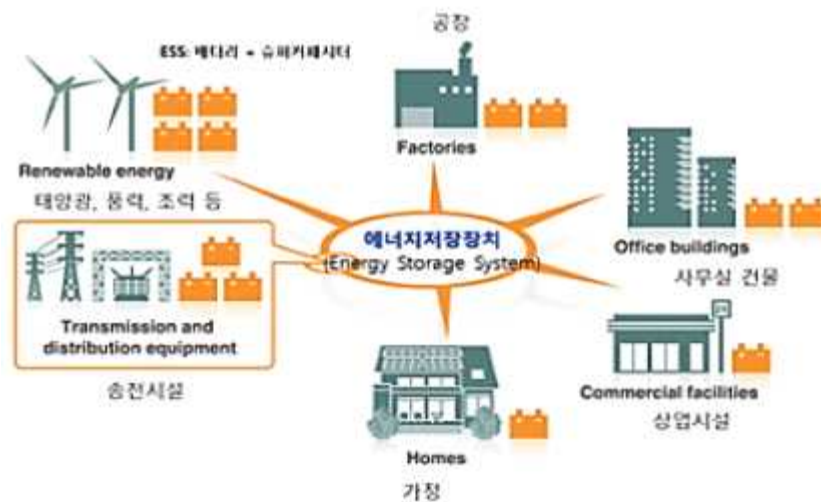
초기의 커패시터는 주로 작은 정전용량과 한정된 분야에 사용되어 소규모의 제한된 크기로 생산되었으며, 주된 사용 분야는 시계, 완구, 메모리 백업 및 PC 메인보드 등에 사용되었다. 이후 고출력을 필요로 하는 기기의 등장으로 슈퍼커패시터의 사용처가 확장되면서 에너지 분야, 수송 분야, 소비 가전분야에 걸쳐 활용성이 급속히 확대되고 있다.

1. 에너지 분야

친환경 에너지를 이용하여 에너지 효율을 최적화하고자 하는 차세대 전력망인 스마트 그리드 시스템 및 신재생 에너지의 확대에 따른 균일한 전력 공급의 필요성이 증대되고 있고, 이를 위해 거대 규모의 에너지 저장원이 필요한 상태로 기존의 이차전지가 가지고 있는 특성으로는 이 분야의 역할을 수행하기에는 가격 및 용량 면에서 한계를 지니고 있다.

이를 대체하는 슈퍼커패시터는 빠른 응답시간, 고에너지효율, 높은 출력밀도와 장수명의 특징을 가져 신재생 에너지 발전 및 스마트 그리드 분야에 가장 적합한 저장 장치로 기대되고 있으며, 신재생 에너지는 시간대별로 생산할 수 있는 전력량이 일정치 않기 때문에 그리드의 전력 품질 저하를 가져올 수 있으므로 부하평준화 장치가 필요한데, 부하평준화 장치로 슈퍼커패시터가 적합하며, 고품질 전력저장장치 외에 회생제동, 가속용 전원 적용 등의 에너지 효율향상과 풍력발전기의 블레이드 피치 컨트롤 등과 관련된 신규 시장에서의 성장이 기대되고 있다.

[그림 19] 에너지 분야



*출처 : 한국전기연구원

2. 수송 분야

수송 분야에서 슈퍼커패시터의 응용은 소형자동차에서부터 트럭, 버스와 같은 중형 수송 분야 응용에 이르기까지 다양하게 제안되고 있으며, 낮은 에너지가 필요한 곳부터 엔진시동과 같이 고출력이 필요한 부문까지 다양하고, 기존의 내연기관 또는 연료전지 등과의 하이브리드 시스템 구성에 대한 개발도 이루어지고 있다.

슈퍼커패시터는 단독으로 또는 앞서 설명한 리튬 이온 커패시터와 같은 하이브리드 커패시터를 사용할 수 있다. 현재 생산되는 전기자동차에 적용되고 있으며, 차량의 출력 및 동력계통의 효율 향상이 가능하고 전지의 수명을 연장할 수 있고, 특히 전기자동차 및 하이브리드 자동차에서 슈퍼커패시터는 감속과 제동 시 에너지의 회수, 전지에서 감당하는 피크 수요의 분산, 연료 전지와 같은 전기발전기의 비용 절감 등 많은 기능을 수행하면서 유용하게 적용되고 있다.

[그림 20] 수송 분야



*출처 : 한국전기연구원

3. 가전기기 분야

슈퍼커패시터는 전력 품질 향상이 탁월하기 때문에 TV나 복사기 등의 디바이스 보조 전원으로 적용되고 있으며, 스마트폰 중심으로 빠르게 시장이 성장함에 따라, 스마트폰용의 초소형 칩 타입 제품이 개발되어 시장에서 활발히 수요가 증가되고 있다.

이와 연계하여 배터리와 관련된 부분으로 소형화 및 고효율 에너지저장장치를 선호하고 있으며, 적용된 칩 타입은 기존 코인 타입에 비해 더욱 얇아지고 생산방식 또한 간소화되어 휴대전화 등의 소형가전 메모리 백업용 전원으로로서 입지를 점진적으로 확보해나가고 있다.

특히 4차 산업혁명과 IoT 전자기기의 발전이 눈앞에 다가오면서 더욱더 다양한 전자 회로와 전원 공급 제품들이 우리의 삶에 다양하게 적용되고 있으며, 기기 내부에 장착된 슈퍼커패시터는 외부의 충격 등 사용 환경에 따라 디바이스의 전원이 불안정할 수 있는 상황 또한 발생할 때, 메모리 백업을 위한 비상 전원으로로서 작동할 수 있는 장점을 보유하고 있다.

[그림 21] 가전제품 분야



*출처 : 그린포스트코리아

4. 그 외 산업 분야

슈퍼커패시터가 에너지저장장치로서 완전히 자리 잡기 위해서는 그 무엇보다 성능 개선과 활용처 확대가 우선시되는 부분으로 기업들의 아이디어와 시도를 통해 이뤄지며, 전원을 필요로 하는 기술에 대한 폭넓은 관심과 창의적인 아이디어를 통해 새로운 가치를 창출하고 시장을 확대할 수 있도록 에너지 저장장치 기술에 대한 접근성이 더 높아질 필요가 있다.

산업 내 적용될 수 있는 장점으로는 이차전지와 동등한 수준의 에너지 밀도, 고효율 충전과 대용량 방전, 하이브리드버스(24~100V), 전력저장전압(550V 정도)와 같은 고효율, 고전압화 기술 등이 있으며, 신재생에너지의 보급으로 인해 ESS의 중요성은 점차 커지고 있고, 주파수 변동 폭을 보완하는 역할은 출력 특성이 좋은 슈퍼커패시터가 배터리보다 적합한 기능을 가지고 있어 다양한 산업 분야에 적용할 것으로 기대된다.

[그림 22] 그 외 산업 분야



<슈퍼커패시터가 장착된 UPS>

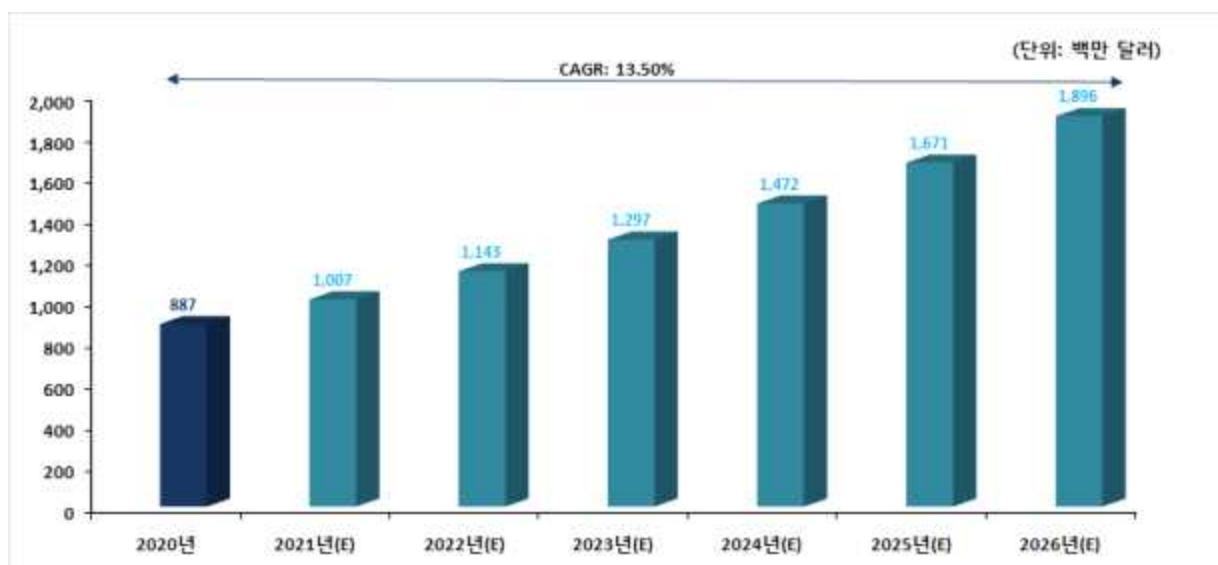
*출처 : 부산대학교 신재생에너지공학과

■ 세계 슈퍼커패시터 시장동향

슈퍼커패시터는 스마트미터, 자동차에서부터 중장비, 물류자동화, 통신장비, 신재생에너지 등으로 다양한 분야로 적용이 확대되고 있는 추세이며, 세계적으로 녹색성장이 큰 이슈가 되고 있어 전기자동차 및 연료전지차등 친환경 자동차들이 크게 주목받고 있다.

향후 친환경 자동차의 수요가 증가할수록 지속적인 슈퍼커패시터의 수요도 기하급수적으로 늘어날 것으로 예상되고 있다. 풍력, 태양광 등 에너지변환 및 발생에 의하여 에너지를 저장할 수 있는 효율적인 장치가 요구되고 있고, 그린에너지의 일환으로 신재생에너지를 정책적으로 적극 육성하고 있기 때문에 이러한 에너지를 저장할 수 있는 저장장치의 시장도 계속해서 성장할 전망이다.

[그림 23] 세계 슈퍼커패시터 시장규모



*출처 : Mordor Intelligence(2020년), 한국기업데이터(주) 재가공

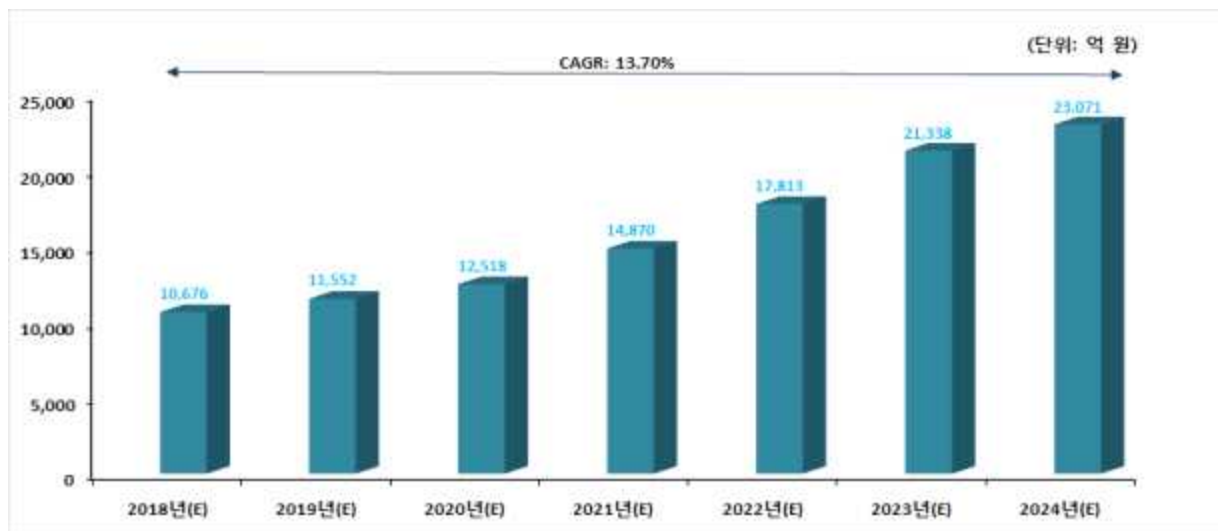
Mordor Intelligence(2020년)에 따르면, 세계 슈퍼커패시터 시장은 2020년 887백만 달러를 기록하였으며, 시장, 업황 등을 고려할 때 연평균 13.5% 성장하여 2026년 1,896백만 달러의 시장을 형성할 것으로 전망하고 있다.

■ 국내 슈퍼커패시터 시장동향

슈퍼커패시터의 산업분야는 가전기기, 수송, 산업용 에너지 분야에서 형성하고 있으며, SNS리서치(2017년)에 따르면, 국내의 슈퍼커패시터 시장은 2018년 10,676억 원을 기록하고, 연평균 13.7%의 성장하여 2024년 2조 3,071억 원에 달할 것으로 전망하고 있다.

슈퍼커패시터 시장은 가전기기 분야와 수송 분야가 주도하고 있고, 공장의 로봇이나 도로일체형 태양광 모듈, 태양광 교통표지판, 건물비상구, 포크리프트, 크레인, 골프장 카트 등에 일부 사용되고 있으며, 향후 스마트미터 분야의 슈퍼커패시터 시장이 크게 성장할 전망이다. 신재생에너지는 시간대별로 생산할 수 있는 전력량이 일정치 않기 때문에 그리드의 전력 품질저하를 가져올 수 있으므로 부하평준화 장치가 필요한데, 이에 슈퍼커패시터가 적합한 장치로 대두되면서 시장이 확대될 것으로 예상된다.

[그림 24] 국내 슈퍼커패시터 시장규모



*출처 : 울트라 커패시터 최신기술 및 시장전망, SNE리서치(2017년), 한국기업데이터(주) 재가공

■ 신에너지에너지 및 시대 변화에 따른 산업동향

세계적으로 소형 슈퍼커패시터는 90% 이상 한국이 점유하고 있지만, 기술력이 다소 부족한 중, 대형 슈퍼커패시터는 국내 생산과 수입으로 대체하고 있으며, 최근 슈퍼커패시터 수요가 증가함에 따라 수입과 수출이 동시에 증가하는 추세다. 슈퍼커패시터의 제조기술은 확보하고 있기 때문에 세계 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 전극 소재 등의 핵심원천 기술의 개발이 시급하여 활성탄의 국산화가 더욱 필요하며, 소재 원가 절감 통해 슈퍼커패시터도 경쟁력을 가질 수 있을 것이라 판단된다.

다음은 신재생에너지의 출현과 시대 변화에 따른 변화내용이다.

1. 에너지효율 향상에 대한 국가적 관심 증가

정부는 온실가스 감축, 국제 에너지자원 가격 변화, 신재생에너지 공급불균형, 전력의 안정적 공급 등 문제 해결 방안으로 대규모 전력생산과 관련한 발전소에서 전력피크 관리 및 정전사고 방지를 위한 장비로 활용되거나 송배전망 내 수급변동을 조절하는 에너지저장시스템을 핵심기술로 다루고 있으며, 전력 공급 향상을 위해 에너지저장시스템의 변화 및 성장이 확대될 것으로 예상된다.

풍력, 태양광 등 출력 변동이 심한 애플리케이션의 전원 출력을 고품질로 전환하고, 전력망 안정성 및 신뢰성, 공급 안정화를 위하여 전기적 입, 출력 속도 빠르고 장수명 특성을 가지는 슈퍼커패시터의 적용이 확대될 것으로 기대된다.

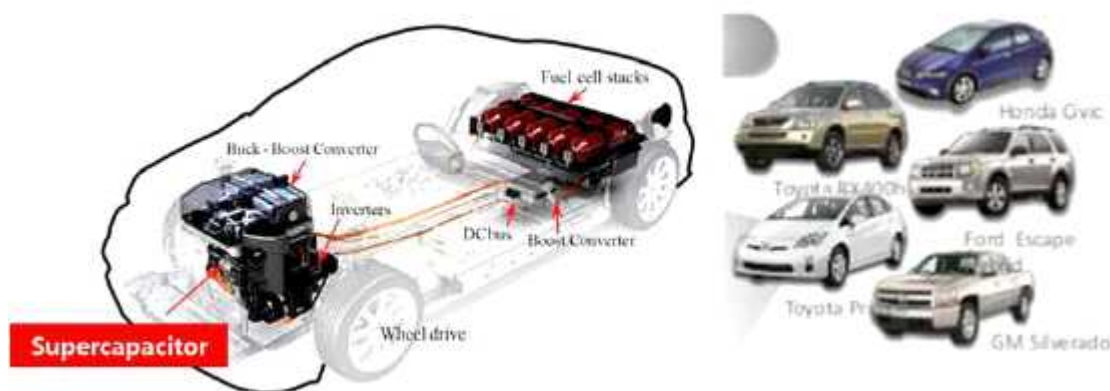
2. 세계적인 IT 기업의 포진으로 수요 풍족

현재까지 주력으로 사용되고 있는 메모리 백업분야는 휴대용전자기기에 필수적으로 탑재되고 있으며, 국내에는 삼성전자, SK텔레콤 등 세계 굴지의 IT 기업들이 수요를 창출하고 있기 때문에 사업화에 따른 국내 매출이 용이할 것으로 전망되며, 초소형 가전기기의 전력 공급 및 IoT기반 소형 가전기기의 전력 공급 부품으로 슈퍼커패시터가 적용되면서 다양한 형태의 사용처가 발굴될 것으로 전망된다.

3. 녹색성장 등 환경요인으로 인한 친환경 자동차 수요 증가

세계적으로 녹색성장이 큰 이슈가 되고 있으며, 전기자동차 및 연료전기차 등 친환경 자동차들이 크게 주목받고 있다. 최근 하이브리드 자동차인 프리우스 모델은 니켈·수소전지의 보조전원으로 브레이크 에너지 회생시스템에 슈퍼커패시터가 탑재되었으며, 그 외 연료전지 시스템과 하이브리드가 되어 슈퍼커패시터가 탑재되었고, 신기후체제 출범에 대한 에너지 산업의 패러다임 전환이 요구되는 상황에서 다양한 전력기반 운송 수단이 활성화 될 수 있도록 제도를 개선하고 창출을 지원하고 있어 활용 범위가 확대될 것이다.

[그림 25] 슈퍼커패시터 적용 자동차



*출처 : 중소벤처기업부 외, 중소기업 전략기술로드맵 2019-2021 이차전지 보고서

■ 한국판 그린 뉴딜 추진으로 인한 수혜 기대

생활 인프라, 에너지의 녹색 전환과 녹색산업 혁신 추진으로 탄소중립 사회 지향하기 위하여, 정부는 2030 온실가스 감축 목표, 재생에너지 3020 이행계획 등을 차질 없이 이행하고 탄소중립을 목표로 과감한 녹색전환 추진하여 미래 사회의 패러다임 전환 시대를 준비하고 있으며, 인프라, 에너지, 녹색산업 분야별로 세부과제를 부여하고 이를 위한 정책을 수립하였다.

슈퍼커패시터는 그린 뉴딜의 에너지저장 분야에 속해있는데, 에너지 분야는 저탄소, 분산형 에너지 확산에 대한 정책으로 에너지관리 효율화 지능형 스마트 그리드 구축을 위한 아파트 500만 호 AMI 보급, 친환경 분산에너지 시스템 구축, 전선·통신선 공동지중화를 추진하고 있으며, 신재생에너지 확산기반 구축 및 공정한 전환 지원을 위한 신재생 확산기반(대규모 해상풍력 단지, 주민참여형 태양광 등) 구축 지원 및 석탄발전 등 위기지역 대상 신재생 업종전환 지원을 추진하고 있다.

또한, 전기차, 수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대하는 방향으로 전기자동차 113만 대, 수소자동차 20만 대 등 보급을 추진을 진행하고, 이를 통해 지속 가능한 신재생에너지를 사회 전반으로 확산하여 탄소의존 경제에서 저탄소 경제로의 변화를 추구하고 있다.

[그림 26] 한국판 그린 뉴딜 정책

1 도시·공간·생활 인프라 녹색 전환

- ① 공공시설 | 국민생활과 밀접한 공공시설 제로 에너지화
- ② 도시·생활 | 국토·해양·도시 생태계의 기후변화 대응 제고
- ③ 깨끗한 물 관리 | 깨끗하고 안전한 물관리 체계 구축

2 저탄소·분산형 에너지 확산

- ④ 스마트그리드 | 에너지관리 효율화 지능형 스마트그리드 구축
- ⑤ 그린에너지 | 신재생에너지 확산 기반 구축 및 공정전환 지원
- ⑥ 수송 | 전기차·수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대

3 녹색산업 혁신 생태계 구축

- ⑦ 산업확대 | 녹색 선도 유망기업 육성 및 저탄소·녹색산업 조성
- ⑧ 인프라 | R&D·금융 등 녹색 혁신기반 조성

*출처 : 환경부, 한국기업데이터(주) 재구성

IV. 주요기업분석

다양한 신재생에너지를 조합하는 형태로 발전 중

해외에서는 다양한 신재생에너지를 융합한 독립형 전원공급에 대한 실증이 선진국 및 개도국에서 추진하고 있으며, 세계 주요국들의 이차전지 활성화를 위한 정책을 시행함에 따라, 다양한 슈퍼커패시터를 적용하는 형태로 발전 중에 있다.

■ 슈퍼커패시터 산업 글로벌 기업 동향

중소기업 전략기술로드맵 2019-2021 이차전지 보고서에 따르면 세계 주요국들의 이차전지 활성화를 위한 정책을 시행함에 따라, 다양한 슈퍼커패시터를 적용하는 형태로 발전 중에 있으며, 주요 기업으로는 TOKIN(일본), HONDA MOTOR(일본), MAXWELL TECHNOLOGIES(미국), INMATCH(미국), MATSUSHITA(일본) 등이 있다.

[표 11] 해외 주요 참여 업체 현황

업체명	사업화 현황	
TOKIN (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 초기 및 장기의 사용에 있어서 낮은 ESR을 실현하는 박형의 전기 이중층 콘덴서 개발 20Wh/KG 급 제품을 양산하기 시작 	
HONDA MOTOR (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 디젤엔진 하이브리드 차, 연료전지 하이브리드 전기차용 제품을 발표 비수계 전해액을 사용하며, 저항의 상승이 적고 또한 장기간 방치 후에도 에너지 잔존율이 높은 전기 이중층 커패시터 개발 	
MAXWELL TECHNOLOGIES (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 맥스웰의 슈퍼커패시터를 탑재한 전기자동차가 100만대에 달하였으며, 3F~3400F에 이르는 폭넓은 라인업을 보유 최근 자동차업체인 테슬라에 인수되면서 전기자동차의 응용이 확대될 것으로 예상 	
INMATCH (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 전기자동차의 승압용 사용하는 슈퍼커패시터를 제조 판매 차세대 제품은 스마트 그리드용 최대 전력 버퍼, 국방, 전기자동차에서의 전력 관리에 적용하는 제품을 개발 중 	
MATSUSHITA (일본)	<ul style="list-style-type: none"> UP-Cap 시리즈를 개발하였으며, 전극의 고밀도화와 낮은 저항을 목표로 대출력 EDLC 시리즈 개발 UPA 시리즈는 2000F급의 대용량에서 전류를 장시간 공급할 수 있어 태양전지와 풍력발전의 전력조정용으로 적용 	

*출처 : 각사 홈페이지, 한국기업데이터(주) 재구성

■ 슈퍼커패시터 산업 국내 기업 동향

국내 슈퍼커패시터 산업은 신기후체제 대응 방안으로 산업통상자원부에서 2030 이차전지 산업 발전 전략을 통해 본격적으로 추진하고 있으며, 에너지신산업 종합대책을 시작으로 과감한 유인책과 규제완화 등 에너지신산업 육성 정책과 정책행보를 지속적으로 추진하고 있다.

또한, 에너지효율 향상에 대한 국가적 관심 증가로 정부는 에너지저장시스템을 핵심으로 다루고 있으며, 국제적인 저탄소 배출정책과 스마트 그리드의 본격적인 도입, 운영을 통해 산업의 다각화를 추구하고 있다. 슈퍼커패시터 산업에 관하여 주요 참여 업체로는 LS엠트론, 비나텍, 삼화콘덴서, 코칩 등이 있다.

[표 12] 국내 주요 참여 업체 현황

업체명	사업화 현황
LS엠트론	<ul style="list-style-type: none"> ● 주로 대용량 제품에 초점을 두어 풍력발전, UPS, 하이브리드 자동차 및 버스에 적용되는 슈퍼커패시터를 개발중 ● 중국에서 실용화 진행 중인 하이브리드 버스를 겨냥한 제품 납품실적 존재
비나텍	<ul style="list-style-type: none"> ● 칩타입 슈퍼커패시터는 기존 코인 타입보다 더 슬림해지고 생산방식도 간소화되어 휴대폰 등 소형제품 메모리백업용 전원으로 사용 ● 현재 소형 분야의 세계 1위 업체로 스마트폰 등에 사용되는 소형 뿐만 아니라, 중, 대형 슈퍼커패시터까지 영역을 넓히고 있음.
삼화콘덴서	<ul style="list-style-type: none"> ● 기존 슈퍼커패시터의 높은 출력밀도와 리튬이온전지의 높은 에너지밀도를 가지는 자체 개발한 하이브리드 커패시터 개발 ● 500F 용량의 슈퍼커패시터를 개발하고 세라믹을 이용한 7000F 용량의 슈퍼커패시터 개발
코칩	<ul style="list-style-type: none"> ● 소형 셀을 중심으로 제품을 생산하고 수용계, 비수용계인 유기계 전해액 모두를 사용 ● 핸드폰용 초소형제품부터 풍력용 중형 제품까지 폭넓은 제품군을 구성하고 있음.

*출처 : 각사 홈페이지, 한국기업데이터(주) 재구성

■ 슈퍼커패시터 산업 국내 코스닥 기업 현황

[비나텍] 비나텍은 1999년 전자부품 종합유통전문회사로 설립되어, 2003년부터 슈퍼커패시터 연구를 시작하며 성장해 온 에너지 소재·부품 전문기업으로, 슈퍼커패시터 사업 및 수소연료전지 부품 사업을 영위하고 있다.

슈퍼커패시터와 수소연료전지의 에너지 효율을 높이기 위한 다양한 연구를 진행 중이다. 비표면적이 높은 나노 탄소 소재를 이용하여 고효율·고용량 슈퍼커패시터를 개발하였고, 탄소나노섬유에 대한 원천기술을 바탕으로 수소연료전지의 지지체에 관한 연구를 진행하여 수소연료전지의 효율성 및 내구성을 높여 경쟁력을 확보하고 있다.

2020년에 분리판 제조사인 에이스크리에이션을 인수하여 수소연료전지 사업을 확장하고 있다. 또한, 2024년까지 860억 원을 투자하여 전라북도 완주테크노밸리 제2 일반산업단지에 수소연료전지 부품 생산 공장을 추가 건립할 예정이다. 현재 수소연료전지 시장이 확대됨에 따라 관련 제품을 생산하는 동사의 매출에도 영향을 미칠 것으로 기대된다.

[표 13] 비나텍 주가추이 및 기본 재무현황(K-IFRS 연결 기준) (단위 : 억 원)



*출처 : 다음금융, 한국기업데이터(주) 재구성

[삼화콘덴서] 삼화콘덴서는 1997년에 설립된 기업으로, 종합 커패시터 메이커업체로 삼화전기가 생산 중인 전해커패시터를 제외한 모든 종류의 커패시터를 생산하고 있고, 전자업계의 고기능화 초소형화로 인한 관련 부품 수요의 확대와 자동차 관련 운전자 편의성 향상을 위한 전자자동화가 빠르게 진행되고 있어 전력용 및 그 외 커패시터의 지속적인 성장을 기대하고 있다.

그리고 삼화콘덴서는 휼 크랙 특성이 우수한 적층세라믹 커패시터 양산성능평가, 전기자동차용 630V급 커패시터 어레이모듈 개발, 고용량 커패시터 소재 및 부품 개발, 그래핀계 및 리튬 전이 금속 산화물 복합유연전극 기반 58Wh/L급 LoT기기용 배터리 커패시터 개발 등 지속적인 연구개발 활동을 진행하고 있다.

또한 국내외 슈퍼커패시터 관련된 소재 및 장치, 시스템 등에 대한 지속적인 특허출원 활동을 진행하고 있고, 제품에 대한 국내 및 해외 안전 규격 인증을 통해 제품에 대한 신뢰성을 높이며 사업을 확장하고 있다.

[표 14] 삼화콘덴서 주가추이 및 기본 재무현황(K-IFRS 연결 기준) (단위 : 억 원)



*출처 : 다음금융, 한국기업데이터(주) 재구성