
일본 전기차 배터리 산업과 우리의 대응

2022. 10.

한양대학교 기계공학과
박정규 [겸임교수]



목 차



I. 서 론	1
II. 개 요	4
III. 도요타의 배터리 개발 전략	12
IV. 닛산/혼다의 배터리 개발 전략	29
V. 일본 배터리 메이커 개발 전략	37
VI. 배터리 품질 이슈	51
VII. 배터리 리사이클	54
VIII. 배터리 교환/충전 방식 동향	61

I. 서론 (연구목적)

□ 글로벌 자동차 산업은 내연기관에 비해 생산이 용이한 전동화의 급부상으로 다양한 Player들이 시장에 등장하고 있어 향후 경쟁 심화가 불가피

- 각 국은 탄소 규제와 자국 산업 육성의 중요성을 위하여 노력하고 있으며, 특히 디젤 엔진에 중점을 두었던 유럽 국가는 전기차 전환을 위해 급격한 정책 수정을 진행하고 있음
- 중국같은 신흥 자동차 생산국은 내연기관에서의 경쟁 열위를 EV시장에서 역전시키고자 함
- 기존 전통적 자동차회사들은 각 국의 정책에 부응하며 2035~2040년이면 내연기관차의 생산을 축소 또는 중지하겠다는 발표
- 하이브리드를 중심으로 친환경차를 발전시킨 도요타는 전기차에 대해 다소 신중한 편이었으나, 작년 12월 전기차 개발 계획을 발표하였으며 배터리 공장 신설 등을 발표하면서 전기차에 적극적인 자세를 표명함

□ EV용 배터리는 단일셀 중심의 가전용 소형 배터리와는 달리 차량의 성능과 안전성 확보를 위해 다수의 고성능 셀 제어를 필요로 함.

- 이를 위해 대용량/고내구 배터리 셀 제조 및 배터리 모듈·팩에 대한 설계·제어 역량을 보유한 소수의 배터리업체가 공급을 주도 하고 있음.
- EV용 배터리는 주로 한국, 일본, 중국 기업이 시장을 점유하고 있음
- 특히나 중국업체의 급성장과 선진업체의 지속투자로 인해 경쟁이 가속화되고, 리튬이온 배터리 외 차세대 배터리에 대한 시장 요구가 확대되고 있음.

□ 완성차 OEM 들은 EV 시장 확대에 대비해 배터리 공급 안정성 및 성능확보를 위해 직접 개발을 결정하고 있음

- 공급처 다변화와 표준화·모듈화 설계로 조달 안정성을 확보하고 차세대 배터리 역량 확보를 위한 기술 제휴를 적극적으로 추진 하고 있음
- 완성차 OEM들이 차세대 배터리 생산 역시 현재 리튬이온 배터리와 같이 기술개발/생산을 배터리社에 의존할 경우 상용화 이후 배터리 공급/가격에 대한 주도권 확보 불가.
- 따라서 핵심 기술 보유한 스타트업 투자/제휴 등을 활용하여 원천기술 확보하고, 향후 양산화에 대비하기 위해 배터리 관련 경험을 축적하여 차세대 배터리 시장에서의 주도권 확보가 필요한 상황임.

- 이에 테슬라, VW, GM, 포드 등도 배터리 원가절감, 안정적 품질관리 및 공급을 위해 배터리 셀 설계/생산 기술 내재화 계획을 발표함

□ 일본 완성차 메이커와 배터리 메이커(파나소닉)은 전기차 배터리 시장에서 한국/중국 메이커와 달리 독자적인 재료 기술을 활용하여 EV배터리의 경쟁력을 확보하고자 노력 중임

- 테슬라의 경우 일본 배터리 메이커인 파나소닉과 함께 공장 건설하였으며, '22년 3월에는 4680 배터리를 상용화하여 테슬라에 공급
- 도요타는 '21년 12월에 미국에 1조 5000억원을 투자하여 배터리 공장 건설을 발표하였으며, 전고체 배터리를 탑재한 파일럿 차량을 공개하는 등 배터리에 적극적인 자세를 보이고 있음
- 도요타와 파나소닉은 '16년 12월 HEV용 니켈수소, 리튬이온 배터리 생산을 위한 합작법인 PEVE를 설립하였고, '20년 4월에는 HEV배터리와 EV용 각형리튬이온, 전고체 등을 개발 양산하기 위한 PPES를 설립
- 혼다는 자체적인 GM과의 협력을 통해 전기차량의 개발과 배터리 확보를 추진하고 있으며 자체적인 전고체 배터리 개발 진행중
- 닛산은 '22년 4월 전고체 전지의 파일럿 생산 설비를 공개하고, '28년에 실용화를 목표로 연구개발을 진행 중

□ 배터리 산업은 원자재 확보 통한 원가경쟁력 강화, 설계력 강화 통한 안정성 확보 및 제조 공정기술 통한 물량 확대 등 여러 요인들을 고려하여야 하는 대규모 산업임. 이에 기업들의 배터리 사업에 대한 전향적인 전략추진 뿐만 아니라, 글로벌 각 정부의 지원 역시 큰 영향을 줌

- 배터리는 양극재가 원가의 40% 이상을 차지. 양극재는 니켈, 망간, 수산화리튬 등으로만 들어지는데, 원료가 거의 중국산임
- 미국과 유럽은 배터리의 자국산 위주 산업 재설계 등을 통해 완성차 OEM들이 배터리 전문사와의 JV 설립 또는 독자 기술개발을 추진 중
- 일본 정부는 은 리튬이온 배터리보다 성능과 안전성이 뛰어난 전고체 배터리 개발에 주력 중이며 세계 전고체 배터리 특허의 40%를 도요타가 보유함

(참조) 도요타의 경우 도요타 통상이 배터리에 필요한 원자재를 확보하는 역할을 수행중이며, '21년 12월 도요타의 전기차 개발 발표시에 350만대의 배터리에 필요한 원자재는 이미 확보해 놓았다고 발표

□ 자원이 부족한 일본에서는 배터리 재료의 확보와 함께 배터리의 리사이클링에 대해 높은 관심을 가지고 있으며, 이른바 도시광산이라는 이름으로 기술 개발하고 있음.

- 일본 정부는 도요타 뿐만 아니라 스미토모 , 미쓰이 등 55개사의 전기차 원료 확보를 위한 신연대를 구축
- 폐기된 배터리의 재활용 과정은 먼저 ‘폐기된 배터리를 수거’하는 작업과 , ‘해체하여 원자재별로 분리하고 수집하는 작업’으로 구성되며, 저비용, 저온 처리를 기반으로 CO2 배출량을 감소하고 배터리 원자재의 물리적 구조를 파괴하지 않는 요소 추출을 위한 방식으로 기술 개발 진행 중

(참조) 테슬라의 공동 창업자인 J.B. Straubel이 설립한 Redwoods 회사는 미국내에서 Battery Recycling을 하는 회사로 미국내 발생하는 대부분 폐 배터리를 수거하여 재활용하는 비즈니스 전개 중.

□ 본 연구 보고서에서는 전기차용 배터리의 기본 원리와 최신 동향을 설명하고, 일본 완성차 및 배터리 메이커(파나소닉)의 배터리 개발 및 생산 전략의 특징과 장단점을 분석하여 한국 기업의 배터리 전략을 입안에 도움이 되고자 함

II 개요

1. 일본 전지 개발의 역사

□ 1980년 휴대용 전자기기인 휴대폰, 캠코더, 노트북의 핵심 부품으로 2차 전지가 필요하게 되면서 전지 개발 경쟁이 시작되었고, 일본이 니켈 수소전지와 리튬이온 전지를 개발하면서 전자 산업의 주도권 확보

- 1945~1950년대 : 일본은 북미/유럽으로부터 기술 도입을 통해 전지 개발하면서 전지 산업의 기초를 확립
- 1960년대 : 산요가 밀폐형 소형 니카드 전지를 개발하였고 전지 시장을 산업용에서 휴대용 전자기기로 팽창시킨 중요한 업적을 이룸
- 1970년대 : 산요, 파나소닉이 군사용이 아닌 민수용 1차 리튬이온전지를 개발하여 휴대 가능한 전자 기기 시대를 열음
- 1980년대: 일본이 2차전지 개발 경쟁에서 승리하는데 니켈수소 전지를 1990년대 개발하고 리튬이온전지를 1991년에 소니가 전세계에서 처음으로 개발하여 상업화에 성공
- 1990년대 : 일본 전지 메이커가 세계 전지 시장을 주도

(참조) 2000년대 : 한국의 LG화학과 삼성 SDI, 중국의 BYD가 전지 산업에 진출하면서 일본의 독주를 막고 기술적으로 대중화가 이루어짐

□ 리튬이온 전지를 발명한 것은 아사히 화성(旭化成, Asahi Kasei)가 처음 개발하였지만, 이것을 상용화한 것은 소니로 87년부터 연구를 시작하여 4년 뒤인 90년에 제품화 성공

- 리튬이온 전지의 특성을 규정하는 원천 특허는 일본의 아사히 화성이 가지고 있지만 리튬이온전지 사업을 하지는 않았는데 섬유 회사가 직접 산요/파나소닉/소니와 같은 전기회사와 경쟁하는 것이 힘들다고 판단했음.

(※참조: 2009년 미국의 Goodenough, 영국의 Whittingham, 일본의 요시노(吉野彰)가 리튬이온 전지 개발의 공로로 노벨 화학상을 받음)

- 그리고 실제 실험실에서 과충전, 과방전, 과전류에 의한 발화, 폭발이 많이 발생하여 실제 환경에서 사용하기 힘들다고 판단 (출처:2차전지의 모든 것)
- 정극(正極,양극)은 Goodenough교수(2019년 노벨상 수상)의 코발트산리튬이 있기에 부극(負極,음극)을 중심으로 개발하였고, 일본 내에서는 소니의 니시요시오(西美緒)가 91년에 리튬이온부극을 처음으로 개발했고, 노벨상을 받은 요시노는 아사히 화성에서 93년에

개발한 것으로 알려짐

- 91년 소니의 리튬이온전지가 교세라의 휴대전화에 탑재되었으며 이후, 비디오카메라, 델 컴퓨터의 노트북에도 채용되면서 급확대하여 한때 전체 시장의 90%를 점유하는 수준으로 발전
- 2000년 소니의 리튬이온전지를 사용하여 닛산자동차가 100대 한정으로 티노(TINO)라는 하이브리드 차량을 발매
- 2006년 소니의 리튬이온전지가 제조상의 문제로 결함이 발견
- 2010년 경에는 일본 산요,파나소닉, 소니 3사의 시장 점유율이 37.2%로 한국의 삼성 SDI, LG화학 2사가 34.1%까지 올라가는 수준으로 급변화
- 2017년 소니는 전지사업을 일본의 무라타제작소(村田製作所)에 양도하고 완전 철수

□ 산요는 일본내에서 가장 높은 배터리 기술을 가지고 있는 회사로 일찍부터 차량용 리튬이온전지 개발을 전개했으나 파나소닉에 매수되었음. 현재 산요의 전지 인력은 도요타의 배터리 자회사인 PPES에 흡수됨

- 1960년에 미국에서 니카드전지(Ni-Cd전지)가 처음으로 상품화되고 일본에서는 1963년에 산요가 처음으로 소형 니카드전지를 제품화하였고, 이로 인해 2차전지 시장은 산업용에서 휴대 전자기기용으로 전환하게 됨. 1964년에 마쓰시타전기가 상품화 성공
- 초창기 니카드전지는 만능전지라고 불릴 정도로 성능이 좋은 것으로 알려졌지만, 음극에 사용되는 카드뮴 금속이 '미타이이타이병'의 원인인 것으로 밝혀졌고 이후 카드뮴을 수소저장합금으로 교체하면서 '니켈수소전지'라는 이름으로 불리게 됨
- 산요는 1997년 HEV용 니켈수소 전지의 개발을 시작하였음,
- 포드는 도요타로부터 하이브리드 시스템(THS)의 라이선스 사용허가를 받아서 HEV를 개발하는데 2004년 산요가 전지 뿐만 아니라 전지제어시스템(BMS)을 포함한 모듈 전체를 납입하여 비즈니스 모델 구축
- 2006년에는 HEV에 들어가는 리튬이온 전지의 파일럿 생산라인을 만들었고 2008년 5월에 폭스바겐과 HEV용 리튬이온전지 시스템을 공동 개발하기로 발표
- 산요는 백색가전이 중심인 회사였으나 지속적인 적자 상황에 있었고, 2007년부터 경영위기에 빠진 상태에서 백색가전, 휴대폰, 디지털 카메라 사업을 매각
- 2008년 파나소닉은 산요전기를 주식공개인수(TOB)로 매수하기 시작하여 최종적으로는

2009년 12월에 완전 자회사化하였는데, 산요의 전지 및 태양광 발전 기술을 확보하여 세계 굴지의 종합전자 메이커를 가기 위한 전략이었음

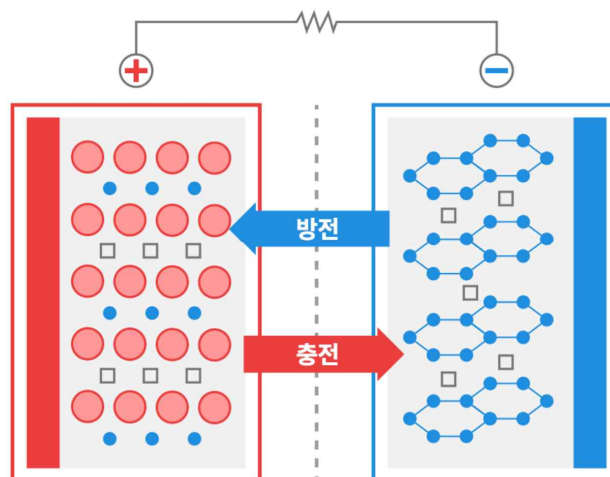
- 하지만, 2011년 동일본대지진 발생과 엔고현상 발생하고 산요의 기술인력이 한국/중국 기업으로 옮겨 가는 현상 발생
- 도요타와 파나소닉의 합작사인 PPES(Prime Planet Energy & Solutions)를 2020년에 세우고 파나소닉에 근무하는 산요 인력을 PPES로 보내면서 도요타의 배터리 산업은 과거 산요에서 리튬이온을 만드는 개발인력으로 구성됨.

2. 배터리 원리·기술

□ 배터리는 음극, 양극, 분리막, 전해액으로 구성

- 양극은 리튬이온 소스로 리튬이 원소 상태에서 반응이 불안정해서 리튬산화물 형태로 양극에 사용되며, 배터리의 용량과 평균 전압을 결정
- 배터리가 충전인 상태에서는 리튬이온이 음극에 존재하며, 양극과 음극을 도선으로 이어 주면(방전) 리튬이온은 자연스럽게 전해액을 통해 양극으로 이동하게 되고 리튬이온과 분리된 전자(e-)는 도선을 따라 이동하면서 전기가 발생
- 분리막은 양극과 음극이 서로 섞이지 않도록 물리적으로 막아주는 역할을 담당하며 분리막을 통해 이온만 이동

<도표1> 리튬이온 전지의 원리



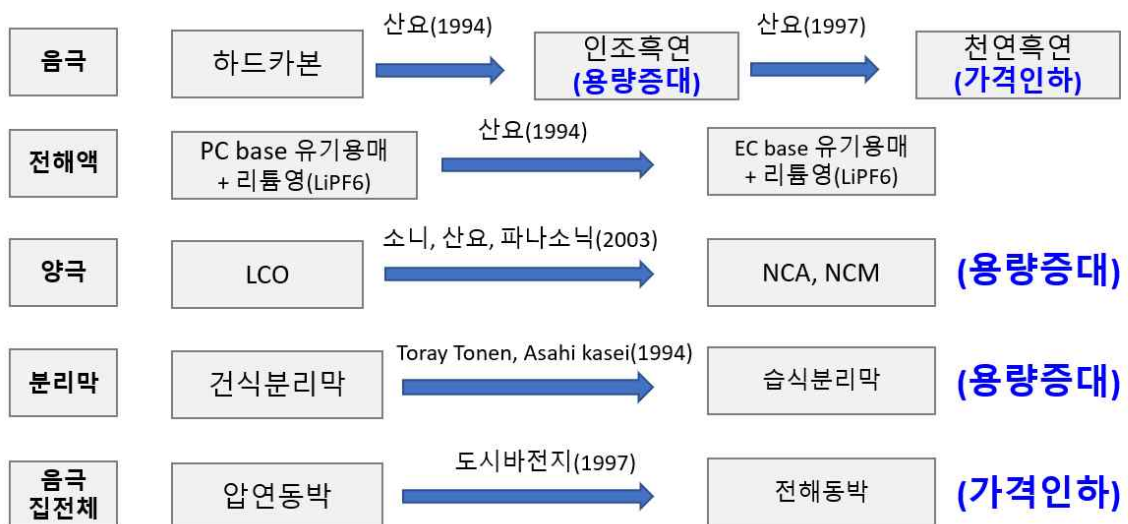
출처)포스코 홈페이지

- 배터리 산업은 기술집약적이며 진입 장벽은 반도체 보다 약한 산업으로 반도체가 장비에 대한 투자를 중심으로 세대를 구분한다면 배터리는 소재의 사용에 따

라 세대가 구분되는 산업으로 배터리 산업은 소니, 산요, 파나소닉이 주도

- 일본 전지메이커는 니켈수소 전지와 리튬이온 전지 상업화에 성공하면서 세계 시장을 주도하고, 1990년대 약 10년간 전지 시장을 독점
- (음극, 전해액) 리튬이온전지는 휴대용 전자기기 시장에서 니켈 수소 전지와 경쟁을 벌였고, 산요가 음극을 하드 카본에서 2배나 용량이 큰 인조 흑연으로 교체하였는데 이것은 전해액을 기존 PC(Propylene Carbonate)에서 분자 크기가 작은 EC(Ethylene Carbonate)로 교체했기 때문에 가능하였음.
- 하지만, 리튬이온전지는 니켈수소전지 대비 가격이 문제였는데, 산요가 저가의 천연흑연을 음극에 도입하여 가격경쟁력을 확보 → 산요는 소재를 중심으로 한 요소 기술에 강한 회사
- (양극)리튬이온 배터리의 초창기에는 양극재로 LCO(리튬코발트산화물)이 많이 사용되었는데, 1980년 Goodenough(노벨상 수상)가 발명했고, 양산기술은 소니가 개발하였으나, 전지가 한계 용량에 도달하면서 전지의 발화, 폭발 사고가 빈번하게 발생
- 소니, 산요, 파나소닉은 2003년 NCA(니켈코발트알루미늄), NCM(니켈코발트망간) 양극재를 개발하였고, 이 개발로 리튬이온 전지는 전기자동차 시장으로 팽창할 수 있었음
- 2004년 아사이 카세이(Asahi Kasei)와 도레이 토넨(Toray Tonen)은 종래 20 μ m의 건식 분리막을 10 μ m의 습식분리막으로 변경시키면서 줄어든 분리막 부피만큼 용량 증대 효과를 이루어 내었음

<도표2> 리튬이온 전지 재료의 세대 구분

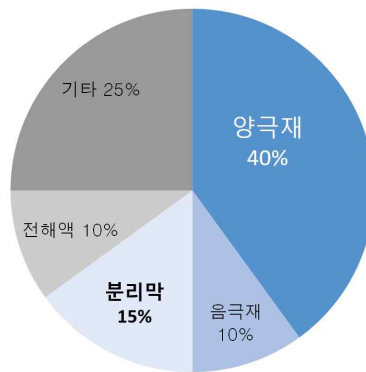


출처)2차전지의 모든 것, 선우 준著

□ 배터리의 소재의 원가 구성을 살펴 보면 양극재(40%), 음극재(10%), 분리막 (15%), 전해액(10%)을 차지함

- 양극재는 리튬이온을 저장하는 역할을 하며, Ni는 고용량의 특징이 있고, Mn/Co는 안정성을 높이며 Si은 출력을 향상시키는 역할을 함
- 음극재는 충전 때 양극에서 나오는 리튬이온을 음극에서 받아 들이는 소재로 주로 흑연 등의 탄소 물질을 가장 많이 사용

<도표3> 배터리 소재의 원가 구성



출처)KBD미래전략연구소, 한국투자증권

□ 양극재를 종류별로 분류하면 삼원계(NCA, NCM)이 존재하며 에너지 밀도가 높고 소재를 95% 이상 재활용 가능하지만, 소재 가격이 비싸고 독성 물질이 포함되어 있으며 안정성이 부족함

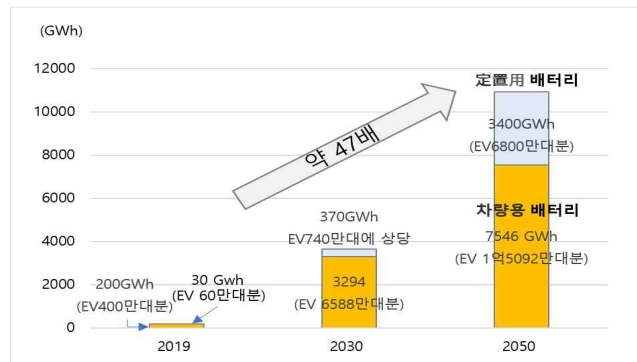
- 일본의 파나소닉은 양극재로는 NCA, 음극재로는 흑연+실리콘을 사용
- 중국 메이커들은 LFP(리튬 인산철)을 주로 사용하며 철은 채굴이 용이하고 소재 가격이 저렴하며 수명이 길고 충전 속도라 빠르다는 장점이 있지만, 에너지 밀도가 낮아 용량과 출력에 한계가 존재함

3. 시장과 서플라이체인 구성

□ 자동차의 전동화에 따라 차량용 배터리의 수요는 급격하게 확대될 전망으로 차량용 배터리는 '19년 200Gwh에서 '50년 7546Gwh로 약 37배 증가 예상되며, 定置用 배터리를 포함할 경우 약 47배 수준으로 확대될 전망

- 하기 배터리 시장 규모에서 EV 1대 당 배터리 용량 50kwh을 사용하는 것으로 추정

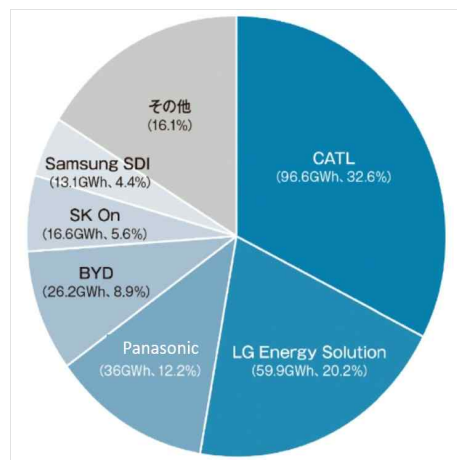
<도표4> 배터리 소재의 원가 구성



출처) IRENA Global Renewable Outlook2020

- 2021년 EV 전지의 시장 점유율은 배터리 메이커 상위 6개사가 전체 시장의 80%를 장악하는 수준으로 중국, 한국, 일본 메이커가 대부분을 차지

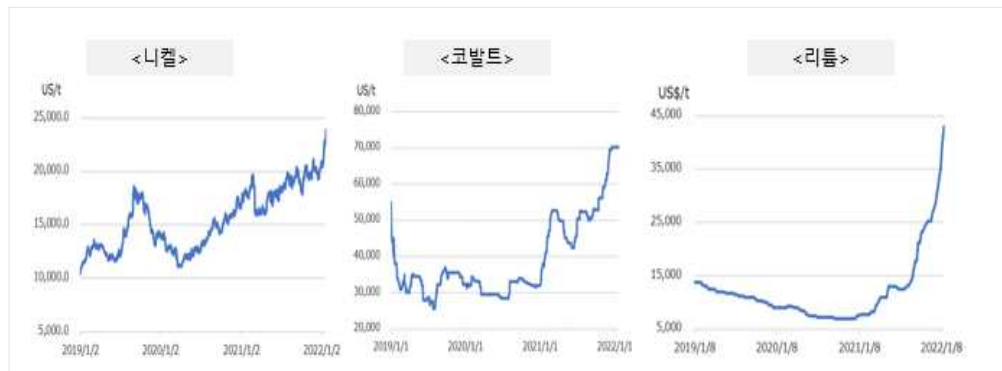
<도표5>EV전지의 시장 점유율(2021년)



출처)닛케이 Xtech '22년 4월

- 자동차 메이커 입장에서는 배터리 메이커의 과점 현상으로 인하여 가격 교섭력이 약화되기에 자체적인 요소 기술 개발과 제조 기술 확보 추진
 - 배터리 제조는 전형적인 장치산업으로 규모의 경제가 작용하기 때문에 많은 자동차 메이커로부터 수주를 받아 생산하면 비용적인 측면에서 유리
 - 향후 배터리 제조는 완성차 메이커가 배터리 전문 메이커와 경쟁할 수 있는 역량을 할 수 있을 것인지가 주요한 관건 중에 하나
- 전기차 가격의 40% 수준이며, 전기차의 판매 증가에 따라 배터리에 들어가는 주원료의 가격이 최근 급등하는 현상 발생

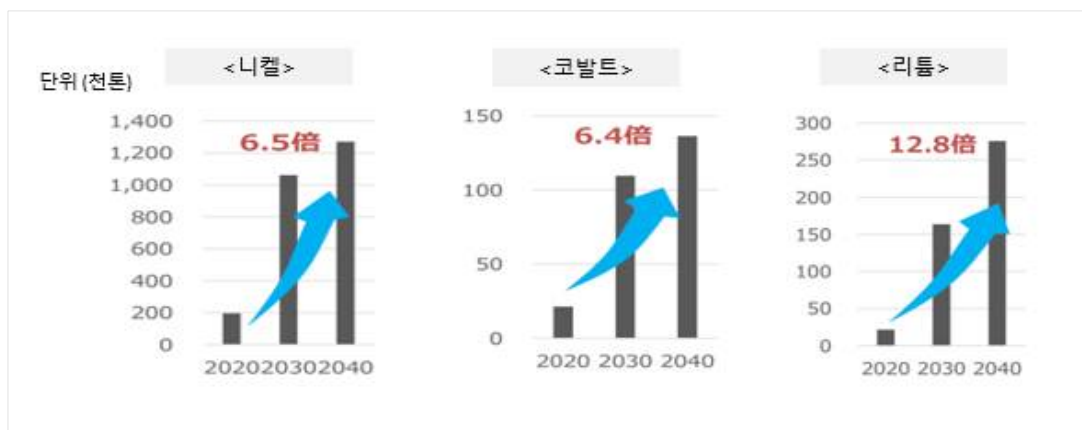
<도표6> 니켈, 코발트, 리튬 가격 변화



출처)일본 경제산업성, 2022년 2월

- 니켈의 경우 '20년 3월 이후 중국 인프라용 스테인레스 수요와 EV 수요 증가 및 인도네시아의 니켈 광산 수출금지 조치로 가격 상승
 - 코발트와 리튬은 코로나 발생 이후 항공기수요의 격감으로 가격이 하락하였으나, '21년 이후 전기차에 대한 수요가 증가하고 공급이 부족할 것이라는 예측으로 인해 가수요가 발생하면서 가격이 급격하게 상승
- IEA(국제 에너지 기구)의 미래 전망에 따르면 전기차의 확대 보급에 따라 '40년 니켈, 코발트, 리튬의 수요는 '20년 대비 6.5배, 6.4배, 12.8배 증가할 것으로 예상

<도표7>니켈, 코발트, 리튬 향후 가격 전망

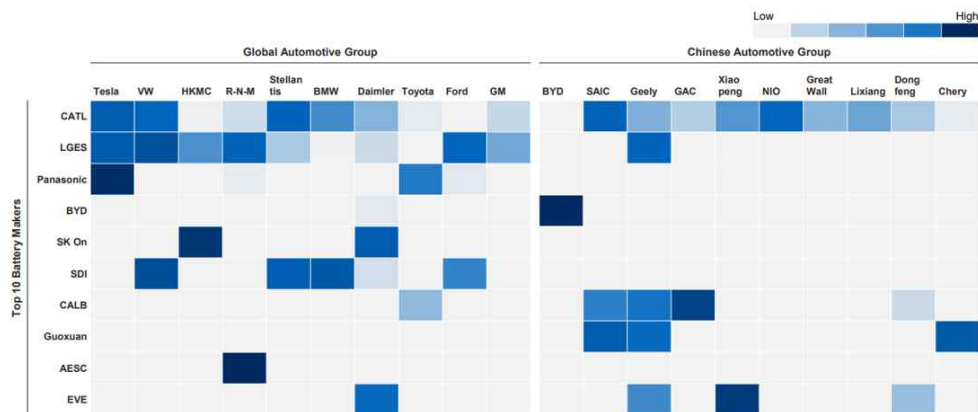


출처)일본 경제산업성, 2022년 2월

- 자동차 메이커와 2차전지 메이커간의 서플라이체인을 살펴보면 일본의 파나소닉은 테슬라 및 도요타와 거래를 하고 있으며, 이외 중국의 CATL은 거의 모든 글로벌 메이커와 거래 중

- 파나소닉은 '09년부터 테슬라에 전기차용 배터리를 공급했고, '14년부터는 미국의 테슬라와 배터리공장 '기가팩토리'에 합작 투자
- 파나소닉은 도요타와 '20년 PPES(Prime Planet Energy & Solutions)라는 차량용 배터리 개발/제조/판매를 설립
- 닛산은 과거 자회사였던 AESC와 깊은 협조 관계를 유지하고 있지만, 2022년 9월 발표에 의하면 'Vehicle Energy Japan'이라는 일본내 배터리 회사를 인수할 예정.

<도표8> EV 메이커와 배터리 공급사와의 수급 관계



출처) SNE리서치

III. 도요타의 배터리 개발 전략

1. 배터리 사업전개

□ 도요타는 1996년 파나소닉과 합작 관계를 통해서 차량용 배터리의 기술을 확보하기 위해 부단한 노력을 전개하였음

- 도요타는 '96년 파나소닉과 니켈수소전지 합작사인 PEVE를 설립하고 초기 출자 비율은 파나소닉이 60%, 도요타가 40% 였으며 이곳에서 생산된 배터리로 도요타는 '97년에 프리우스 발매
- 이후 '05년 프리우스의 판매가 호조를 이루자, 도요타가 PEVE의 투자 비율을 60%로 확대(파나소닉은 40%)하면서 자회사화하여 도요타가 주도권을 잡기 시작.
- '08년 파나소닉이 산요전기를 귀회사하기 시작하여 최종적으로는 '19년 12월에 완료함. 도요타는 산요전기로부터 리튬이온 전지를 공급받음
- '10년 도요타는 PEVE의 출자 비율을 80.5%(파나소닉 19.5%)로 확대하였는데, 그 이유는 당시 중국 정부가 파나소닉에 대해서 니켈수소전지의 독점금지를 이유로 파나소닉에게 주식 매각을 요청하였기 때문임

※참조) 도요타와 파나소닉과의 밀월관계는 자동차 산업 초창기인 1953년부터 시작되었는데 당시 도요타는 파나소닉에게 납품되는 카라디오의 잡음 저감을 요청하였고 이에 파나소닉이 기술적으로 문제해결하였고, 이에 도요타는 파나소닉 카오디오의 발주를 확대

- 2010년 출자비율을 도요타 80.5%, 파나소닉 19.5%로 변동하였으며, 이후 사명을 Primearth EV Energy)로 변경하였고 HEV용 니켈수소배터리와 HEV용 리튬이온배터리를 생산

□ 도요타가 리튬이온 전지에 대한 기술력을 확보하기 시작한 것은 '06년으로, 당시 PHEV를 개발하면서 니켈수소전지 보다 고용량의 리튬이온전지 개발을 전개

- 당시 도요타는 리튬이온전지의 기술이 거의 없는 상태에서 산요전기에 협력을 요청했는데, 산요는 니켈수소 뿐만 아니라 리튬이온전지에서 세계 최고 수준의 기술을 보유하고 있었음
- 그리고, 파나소닉은 당시 노트북에 들어가는 18650형 원통형 리튬이온전지의 개발과 생산에 힘을 쏟고 있었음 (단, 이후 18650형 배터리가 테슬라의 패터리로 채택됨)
- 도요타와 산요가 공동 개발팀을 만들어서 '09년 8월에 산요의 리튬이온 전지가 도요타 PHEV에 적용되었음

- 즉, 도요타는 리튬이온전지에 있어 산요전지를 높게 평가하고 공동개발하였지만, 파나소닉이 산요전기를 '11년 11월 완전 인수함에 따라서 리튬이온전지도 자연스럽게 파나소닉과 함께 기술개발하는 방향으로 향후 전개됨

□ PPES(Prime Planet Energy & Solutions)라는 차량용 배터리 개발/제조/판매를 하는 도요타/파나소닉간 합작사를 2020년 4월에 추가적으로 설립하면서 과거 리튬이온전지 분야에서 세계 최고 수준인 산요전지의 기술을 흡수

- '19년 1월에 도요타/파나소닉 간의 제휴 내용이 거의 확정되었으며 파나소닉의 차량용 전지중 각형전지 사업의 모든 공장과 인제가 신규회사로 이관되면서 파나소닉의 차량용 전지는 테슬라의 원통형 전지만 남았음.
- 사업내용으로는 HEV 뿐만 아니라 전기차용 각형 리튬이온배터리, 전고체배터리 및 그 이외의 차세대 차량용 배터리 개발과 생산, 단 전고체배터리는 21년 1월부터 다시 도요타에서 직접 개발하는 것으로 업무 조정됨
- 초기 인원은 총 5100명으로 도요타 출신 600명, 파나소닉 출신 4500명으로 출자 비중은 도요타가 51%, 파나소닉이 49%이며, '22년 현재 약 8000명 근무 중
- 각형 리튬이온배터리를 2022년부터 생산 개시

<도표9> PPES 각형 전지



출처) PPES홈페이지

□ PPES는 도요타 특유의 원가 저감 방식을 이용하여 코스트 저감 활동 추진

- 새로 만든 HEV용 리튬이온 배터리 라인(도구시마현徳島県)은 종래 개발 공수보다 1/4로 줄이고, 설비투자비를 40% 저감하여 생산성 향상에 성공
- 종래 36개 공정이 있었지만, 전지의 설계변경과 양품 조건을 정해서 검사를 줄여 18개 공장으로 줄이고 생산라인의 길이도 반드로 줄임
- 25년 차세대 전지는 현재의 코스트 대비 60% 저감하여 전지팩을 1kWh당 100달러 정

도 수준으로 달성 목표

- 이외에 산요전기 시절인 04년부터 지속적으로 배터리를 만들어 왔기 때문에 HEV는 10종류, EV와 PHEV는 8종류의 제품이 있어서 향후 공통화를 통해서 코스트를 더욱 저감시킬 방침

□ 도요타는 파나소닉과의 합작 법인과는 별도로 중국업체인 CATL과 BYD와도 포괄적 제휴 관계를 구축하여 시장별로 수요 확대에 대응하고 있음

- 2019년 7월, 도요타와 CATL 간의 2차전지 포괄적 제휴를 통해 배터리 공급/조달 뿐만 아니라 2차전지 신기술 공동 개발 분야에서도 협력할 것으로 밝힘
- 도요타는 BYD와 배터리 공동 개발 계획을 발표하여 2025년 중국 시장에 출시할 전기차 3종(SUV 2종, 세단1종)을 공동 개발할 예정.
- 이를 위해 BTET(BYD Toyota EV Technology)사를 중국 선전에 설립하고, 2020년 5월부터 300여 명의 인력을 투입하여 차세대 배터리 공동 연구 시작

□ CATL과 BYD가 도요타에게 납품하는 설비의 경우 도요타가 직접 설비 투자하여 독점적으로 사용하기 때문에 사실상의 내제화된 설비라고 볼 수 있음

- 관련 내용은 도요타의 최고생산책임자(CPO)인 오카다가 직접 밝힘

□ 도요타는 동경전력홀딩스, 중부전력이 출자해서 만든 'JERA'와 협력하여 ESS 시설에 자량용 전지를 공급하여 재생가능에너지(친환경에너지)의 안정화 작업 진행 중. 도요타는 하이브리드 자동차에 사용된 배터리를 수거하여 공급 예정

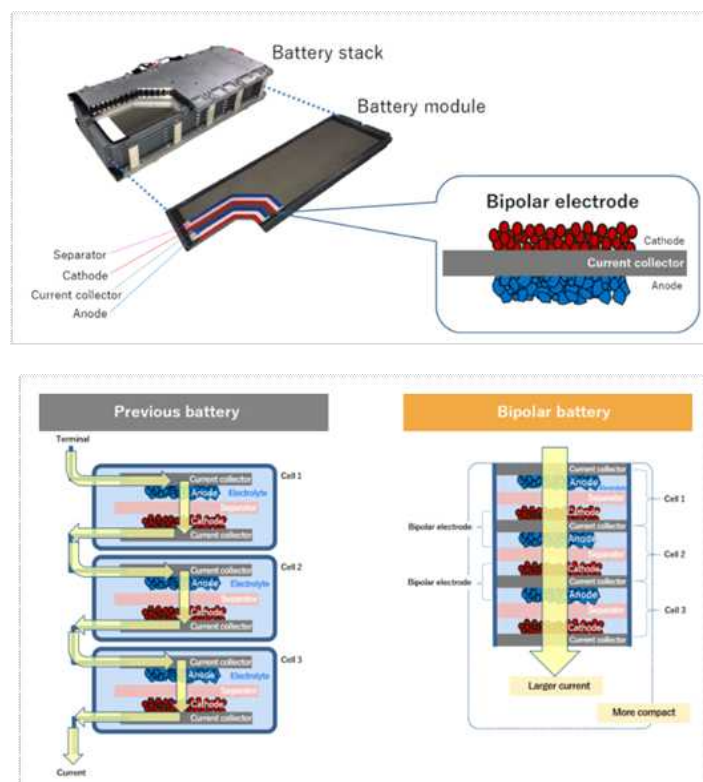
- '20년 현재 일본 국내에서 EV 보유대수는 11.7만대, HEV는 928만대 존재하며 폐차 때 발생하는 배터리를 회수하여 재활용 예정
- 리튬이온과 니켈수소 등 서로 다른 종류의 배터리를 조합해서 ESS에 사용할 수 있는 신기술 개발 추진하며 '22년도 전력계통에 접속 예정
- 태양광과 풍력으로 인해 발생한 잉여 전력을 축전하여 수요에 맞춰 사용할 수 있는 ESS가 필수

2. 배터리 개발 및 생산 능력 확충

□ 도요타는 도요타자동차와 공동으로 바이폴라 니켈수소 배터리를 개발하여 '21년 7월 '아쿠아 하이브리드' 차량에 장착

- 바이폴라형 니켈수소 배터리는 2개의 전극을 합체화한 전지로 통상의 전지는 정극과 부극에 각각 전극판이 있어 전자가 출입을 하지만, 바이폴라형은 1장의 전극판 양면에 전극 활성화 물질을 도포함.
- 하단 그림을 보면 기존 니켈수소 배터리의 전자가 흐르는 경로는 U자 형태이지만, 새로 개발한 바이폴라 니켈수소배터리는 한 방향으로 전류를 보낼 수 있어 컴팩트하게 배터리 개발 가능
- 바이폴라 니켈수소배터리의 원리는 이미 알려져 있었지만, 실용화가 어려웠으나 도요타와 도요타자동차가 2016년에 특허를 신청하고 지속적인 연구개발을 통해 양산화에 성공
- 이번 아쿠아에 적용된 배터리는 단지 바이폴라 타입이란 특징만이 아니라 고용량화에 성공했는데, 전극판과 전극활 물질의 도통(導通)을 올려서 하나의 셀에서 충방전하는 용량을 종래 대비 1.5배 올리는데 성공하여, 종래 아쿠아와 동일한 체적의 배터리 유닛에 1.4배의 셀을 탑재하여 동일 용량으로 2배의 배터리 용량을 실현

<도표10> 바이폴라 배터리의 원리



출처) 도요타 발표자료

- 도요타직기는 바이폴라 전지를 '21년 5월 교와(共和)공장에서 연 2만대 분을 생산하고 있으며, '22년 10월에 이시하마(石浜)공장에 배터리 라인을 신성하여 연 4만대 규모로 확대

- 2021년 7월 도요타의 아쿠아에 탑재하였으며, 2022년 6월에는 렉서스 RX, 7월에는 크라운 차량에도 탑재
- 도요타직기는 리튬이온전지로 구동한 포크리프트, 수소연료전지 포크리프트를 개발하는 등 배터리 관련한 다양한 사업을 전개하고 있으며 도요타는 배터리의 조달처를 다양하게 확대하는 전략을 지속적으로 실시

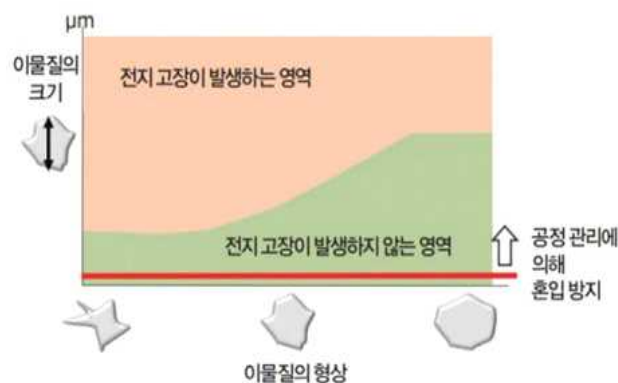
□ 도요타는 차량과 배터리를 일체로 개발하여 20년대 후반에는 새로 출시되는 bZ4Z 차량 대비 원가 50% 저감 목표

- ① 전지 자체의 원가 저감을 위해 재료와 구조 개발에 의해 30% 이상을 저감
- ② 차량 측면에서 1km당 소비전력의 지표인 전비를 도요타 bZ4Z 이후 30% 개선하고, 이것은 배터리 사용 용량을 30% 축소시키는 것이기에 원가 저감으로 연결
- 배터리 차체 전비 개선은 ① 배터리 차체 코스트와 ② 배터리 사용 용량 축소 분을 합쳐서 약 50%의 원가 저감 가능

□ (배터리 품질 확보) 배터리 공정 내에서 들어갈 수 있는 모든 이물질의 형상, 재질, 크기와 내구성에 영향을 확인하고 전지에 영향을 주는지의 관계성을 검토 완료

- 제조공정에서 배터리에 금속 이물이 들어가면 정극과 부극이 전기적으로 직접 연결되어 고장이 날 가능성이 있기에 제조 공정에서의 품질 관리를 철저하게 실시
- 현장에서 일하는 근로자 전원이 품질 개선 활동에 참가하여 문제 발생의 근본 원인을 제거를 실현하는 도요타 생산방식으로 배터리 공장에서도 적용

<도표11> 배터리 품질관리 : 이물질(먼지) 제거 활동



출처) 도요타 발표 자료

- 도요타는 대형 방사광 시설(Spring-8)에 2009년부터 실험용 전자빔을 만들어 배터리 내부의 이온이 움직이는 거동을 파악하는 데 활용

<도표12> 방사광 시설의 도요타의 전용빔 라인



출처) 도요타 증양연구소 홈페이지

- Spring-8은 1991년부터 1997년 일본 효고현에 건설된 대형방사광 시설로 일본 이화학 연구소에서 소요하며 총 500명의 연구 인력이 근무 중
 - 도요타의 경우 2009년부터 이곳에 전용빔 라인을 설치하였으며 2016년에 세계 최초로 충전 중인 리튬이온배터리의 리튬이온 거동을 관찰하는 데 성공.
 - 배터리의 화재 원인 발견 및 배터리의 효율적인 사용을 위해 방사광 시설의 연구 결과 활용
- (배터리 생산능력) 도요타의 2030년 전동화 목표는 세계 판매 1천만대를 상정했을 경우 HEV를 포함한 전동화 비율은 80%인 800만대이며, 그 중 200만대 이상을 EV와 FCEV로 설정
- EV 1대당 배터리 용량은 HEV의 50~100배 많기 때문에 도요타가 2030년까지 전동화 계획을 달성하기 위해서는 현재의 30배인 180GW~200GW의 전지 용량이 필요
 - EV와 FCEV의 비율은 명확하게 밝히지 않음

<도표13> 2030년 도요타 전동화 목표

국가/지역	전동차 비율 (HEV, EV, FCEV 등)	EV, FCEV 비율
일본	95%	10%
북미	70%	15%
유럽	100%	40%
중국 (중국의 경우 2035년 목표)	100%	50%
세계	800만대	200만대

출처) 월간 품질경영

□ 2022년 9월 도요타는 일본과 미국에 배터리 증산을 위해서 최대 7,300억엔(약 56억 달러)를 투자할 계획을 발표하여 미국,일본 합계로 최대 40GWh규모의 생산 능력을 확보할 예정

- 일본 국내 공장에 4,000억엔을 투자할 계획인데, PPES의 히메지공장과 도요타 내부 공장에 투자할 방침인데, 그 중에는 엔진 부품을 생산하는 시모야마(下山)을 배터리 공장으로 전환하는 계획 포함
- 미국의 경우 기존에 HEV전지를 생산하는 노스캐롤라이나주 리버티 배터리 공장에 2개의 신규 EV용 생산라인을 추가할 계획이며 도요타통상와 공동 투자 계획, 2024~2026년에 공장 개시를 목표
- 2030년까지 270GWh의 배터리 생산능력을 확보하는 것이 목표이며 이번 40GWh로의 생산능력의 확충은 그 계획의 일환임. 40GWh는 도요타의 신형전기차인 bZ4Z 56만 대에 해당하는 규모
- 현재 PPES의 인원은 약 8,000명으로 생산거점은 일본 국내 5개 공장과 중국 대련(大連市)에 공장을 두고 있음

3. 친환경차 전략

□ 국가별로 에너지 사정이 다르며 따라서 CO2를 저감하는 방법은 각 국가의 사정에 따라 적절한 방법을 강구하는 것이 현명하다고 도요타는 판단

- 재생가능 에너지가 풍부한 지역에서는 ZEV(BEV, FCEV)가 이미 상당 수준으로 보급되어 있고, 남미 등은 바이오 에탄올이 CO2 저감을 위해 많이 보급되어 있음. 즉, 에너지 사정에 따라 국가별로 CO2를 절감하는 방법이 서로 다를 수 밖에 없음
- 도요타는 각 지역의 고객 편리성을 고려하여 지속가능하고 실질적인(practical) 상품을 제공할 것이며 이런 상황에 대비하여 전동차의 풀라인업(HEV, PHEV, BEV, FCEV)을 갖추었음

□ 1997년 HEV를 발매한 이후 글로벌로 HEV의 판매 대수는 1,810만 대이며, 이때 사용한 배터리량을 BEV양으로 환산하면 26만대 분이나, 실제 CO2 저감 효과는 BEV를 550만대를 판매한 것과 동일

- HEV는 BEV 대비 적은 배터리 양으로 많은 탄소를 저감한 효과를 실질적으로 이루었으며, 향후 시장 변화에 따라 BEV와 PHEV도 같이 보급하여 각 지역별 고객 니즈에 대응 예정

- 도요타가 시산(試算)한 결과에 의하면 탄소절감 효과에 있어 HEV 3대가 BEV 1대와 비슷한 수준
- 배터리를 개발할 때에는 ‘안전, 오랜 수명, 고품질, 양품 염가, 고성능’이라는 5개의 요소를 얼마나 수준 높게 밸런스를 맞춰 가면서 향상시키는 것이 중요하다고 판단
- 예를 들어, 오랜 수명은 차량의 잔존가격을 결정, 항속 거리 위해서는 에너지 밀도가 높은 고성능이 필요
 - 배터리의 성능 간에 상충관계가 존재하여 충전속도를 빨리 하고 싶지만, 너무 빠르면 안정성에 영향을 받기에 각 요소 간의 밸런스를 잡는 것이 안전하게 배터리를 사용하는 데 가장 중요
- 도요타는 친환경차의 라인업 뿐만 아니라 배터리에 대해서도 풀라인업을 완료하여 차량의 요구 성능을 만족하는 배터리 공급 가능
- HEV에 사용되는 배터리는 출력형으로 순간적인 힘을 중시하고, PHEV, BEV는 용량형으로 내구력이 중시됨
 - HEV용 배터리로는 니켈수소배터리와 리튬이온배터리를 각각 그 특징을 활용하여 사용하면서 지속적으로 성능 향상 중
 - PHEV와 전기차(BEV)용 리튬이온배터리는 지금까지 원가와 내구력의 양립시켰으며 향후 지속 개량 예정

<도표14> 도요타의 배터리 전략 : 풀 라인업



출처) 도요타 발표자료

□ 니켈수소배터리는 내구성, 신뢰성, 안정성이 높아 하이브리드 차량에서 사용. 기전력(각 셀마다 발생하는 전압)이 리튬이온배터리의 1/3 수준이며, 동일한 전압을 얻기 위해 셀을 보다 많이 사용해야 하는 문제가 있지만, 사이클 수명이 길어 장기간 안전하게 사용가능

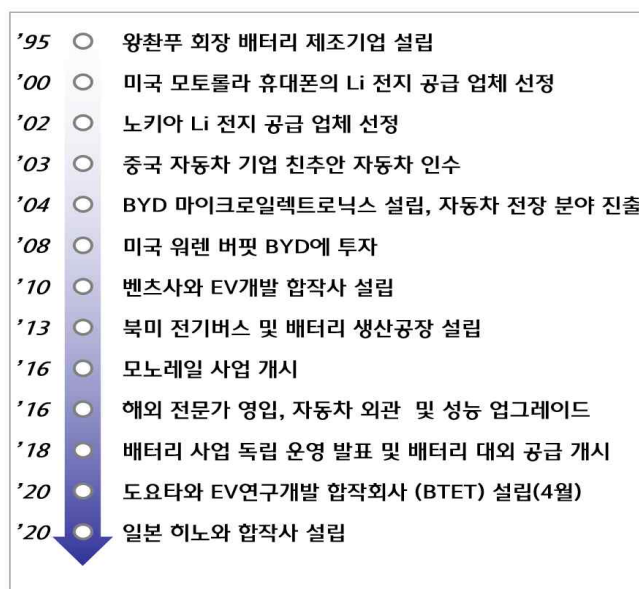
- 리튬이온 배터리는 에너지 밀도가 높고 동일한 용적에서 보다 많은 전력을 공급하는 것이 가능해서 항속 거리가 중요한 전기차에 적합.
- 단, 리튬이온 배터리는 전극 소재에 코발트 등 희소 금속을 사용하기에 제조 원가 부담이 크며, 향후 EV 수요가 커질 경우 리튬의 가격 상승 등 공급 불안이 예상됨.
- 한편, 리튬이온 배터리는 에너지 밀도가 높아 열폭주가 일어나기 쉽고 온도가 상승하면 전해질의 유기용제 등을 사용하고 있기 때문에 배터리의 팽창과 발화가 일어날 가능성이 높음

4. 중국 사업

□ 도요타는 2019년 11월 7일 BYD와 전기자동차 연구 개발을 실시하는 합작사, BYD TOYOTA EV TECHNOLOGY컴퍼니(BTET) 설립 발표

- 회사는 광둥성 심천시에 위치하며 도요타와 BYD의 출자비율은 50%:50%이며 종업원수는 300명 규모로 '20년 4월에 공식 설립하고 일본의 히노와도 합작사 설립

<도표15> BYD의 연혁



출처) 신문기사 정리

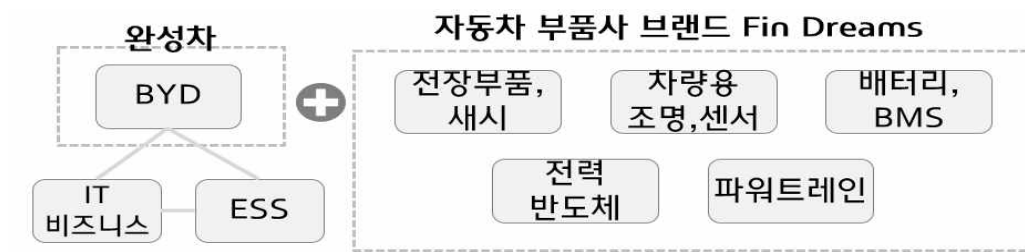
- BYD는 1995년 배터리 제조기업으로 출발하여 중국 최대 전기자동차 메이커로 성장하였으며 배터리, 반도체 및 새시 부품을 만드는 종합 부품사를 보유하여 자동차 산업의 수직 계열화 구축

- BYD는 배터리 제조기업으로 시작하여 '03년 자동차 기업을 인수하면서 자동차 산업에 진출

- 중국 BYD의 사업구조는 완성차와 IT비즈니스 및 ESS사업과 함께 자동차 부품 브랜드인 Fin Dreams산하에 전장부품, 배터리, 전력 반도체를 생산하는 수직 통합 구조 형성

- 중국 내에서 자동차, 배터리, IT비즈니스를 포괄하여 미래차에 적합한 형태의 회사로 성장
- 한편, 상당수의 부품사를 수직계열화 한 것이 부품 전문회사를 활용하는 것에 비해 비효율적인 측면도 존재한다고 중국내 전문가들이 언급

<도표16> BYD의 사업영역



출처) BYD발표자료

- 도요타는 중국 BYD와 연구개발 합작 회사를 설립하여 중국 EV시장의 소비자 니즈 분석

- BYD와 합작사 설립으로 중국인에게 적합한 EV개발과 안정적 배터리 공급 확보 가능
- BYD는 중국에서 2번째로 큰 배터리 메이커로 도요타는 중국 전기차 판매를 위해 배터리 안정적 공급 가능

* 참조) 21년 1~9월 글로벌 전기차용 배터리 판매량 : CATL(60.9GWh) → LG엔솔(46.5GWh) → 파나소닉(18.3GWh) → BYD(15.4GWh)

- 2019년 도요타는 중국 CATL과 신에너지 차량(NEV)용 전지에 관한 포괄적 파트너십협정을 체결

- 안정적인 공급뿐만 아니라 신기술의 개발과 품질 향상 및 배터리의 Reuse 및 Recycle을 공동으로 추진하기 위한 폭넓은 분야의 협정

<도표17> 도요타와 BYD 협력 관계



출처) 신문기사 정리

5. 전고체전지

- 전고체전지는 에너지밀도가 높고 안정성이 대폭 향상되어 실용화만 되면 액체 전해질 LIB를 주로 생산하는 기존 전지 메이커 대비 경쟁력 확보 가능
 - 전고체배터리가 주목받는 이유는 액체 전해질 대비 난연성과 내열성이 뛰어나서 폭발, 화재의 위험성이 줄어 들고 제조 공정이 단순하여 코스트 저감을 이루어 낼 수 있기 때문임
 - 전고체전지의 생산설비는 기존 액체전해질 LIB과 전혀 다른 구조로 이루어지기 때문에 지금까지 투자한 비용이 부담으로 작용할 가능성이 높음
- (전고체배터리) 도요타는 2017년 동경 모터쇼에서 2020년 중후반에 전고체 배터리를 상용화할 것이라고 밝혔고, 2021년 9월 7일 배터리 전략 발표 시에 전고체배터리가 장착된 차량을 영상으로 공개

<도표18> 도요타의 컨셉카(전고체배터리 장착)



출처) 도요타 발표자료

□ 방사선 가속기를 이용하여 전고체전지의 이온 움직임을 가시화한 결과, 이온의 속도가 빨라 내구성에 문제점이 있다고 판단

- 전기차보다는 내구성이 덜 중요한 HEV에 전고체전지를 먼저 적용 예정이며, 전기차용 전고체배터리 개발은 아직 새로운 재료 개발이 필요한 상태라며 사실상 기존 계획을 철회하였음
- 전고체전지의 부극(負極)이 확장/수축하는 문제와 함께 고체전해질과 접촉면 사이에 간격이 발생하여 전지의 열화 현상이 가속되는 문제점 발생
- 전고체전지 전문가인 동경도립대학교 가나무라(金村聖志)교수에 따르면 생산공정의 확립과 재료 개발 등으로 본격적인 양산은 5~10년 정도 걸릴 것으로 예측

□ 도요타는 황화물계열의 고체전해질을 이용하여 전고체전지를 개발하고 있는 것으로 알려져 있지만, 내구 수명 문제가 발생하여 폴리머 계열의 전해질에 대해서도 연구 개발을 동시에 진행하고 있다고 알려짐

- 구미 자동차 메이커는 전고체 전지의 개발을 유력한 전문 기업에 출자하는 방식으로 개발을 위탁하고 있지만 일본 메이커(도요타, 닛산, 혼다)는 자체적으로 전고체 배터리를 개발

〈참조〉 도요타의 전고체 전지 연구자

- 가토(加藤 祐樹)
 - 2008년 도요타자동차 입사
 - 2014년 동경공업대학 종합이공학연구과 물질전자화학 전공, 공학박사
 - 2015년 도요타 히가시후지(東富士)연구소, 및 도요타 모터 유럽 근무
 - 도요타자동차입사 이후 전고체전지 연구에 종사하면서 동경공업대학 간노 교수 연구실에서 박사 과정 이수

-대표논문: 황화물계 초이온전도체를 이용한 고효율전고체전지

High-power all-solid-state batteries using sulfide superionic conductors

2016년 3월 Nature energy

〈도표19〉 가토유키



출처) natureasia.com

<참조> 일본 전고체전지 대학 연구실

간노 · 히라야마연구실(菅野 · 平山)

- 동경공업대 과학기술창성연구원, 전고체전지연구센터
- 간노 료지(菅野 了次)교수 : 전고체전지의 1인자

현재 전기차에서 전고체 배터리의 적용이 가능하게 된 것은 간노 교수의 리튬이온도가 높은 황화물(Sulfide)계 고체 전해질을 발견하게 된 이후부터임

- 간노 교수가 거쳐간 연구실 및 동료, 제자들이 일본의 주요 전고체전지 역할을 담당
- 도요타 자동차는 간노 교수 연구실에 박사과정을 보내면서 관련 기술 확보

- (구성인원, 22년도 시점)

교원 8명, 연구원 4명,

기술한정직원 3명, 기술지원인 26명, 파견연구원 4명,

사무한정직원 2명, 사무지원인 2명,

박사과정 13명 (이중 유학생 5명, 사회인 3명)

석사과정 14명 이중 유학생 3명, 학부생 2명, 비서 4명

- 주요 경력

1978년 오사카 이학부 화학과 졸업

1980년 오사카대학 이학연구과 무기 및 물리화학 석사 : 세라믹재료합성 연구
미에대학(三重大学) 자원화학과 조수(助手)로 일하면서 물질합성과
전기화학의 경계영역 연구

1985년 오사카대학 이학박사

1989년 고베대학 이학부 화학과 조교수

2001년 동경공업대학대학원 종합이공학연구과 교수

2018년 동경공업대학 전고체전지연구유닛 리더

<도표20> 관노 료지 교수



출처) 동경공업대학 홈페이지

〈참조〉 일본 전고체전지 연구자 리스트

- 菅野了次 東京工業大学 科学技術創成研究院 教授
- 鈴木耕太 東京工業大学 物質理工学院 助教
- 平山雅章 東京工業大学 物質理工学院 准教授
- 秋本順二 産業技術総合研究所 先進コーティング技術研究センター エネルギー応用材料研究チーム 研究チーム長
- 武田保雄 三重大学大学院 工学研究科 分子素材工学専攻 名誉教授
- 松田泰明 大阪工業大学 工学部 応用化学科 助教
- 森 大輔 三重大学大学院 工学研究科 分子素材工学専攻 准教授
- 今西誠之 三重大学大学院 工学研究科 分子素材工学専攻 教授
- 林 晃敏 大阪府立大学大学院 工学研究科 物質・化学系専攻 教授
- 作田 敦 大阪府立大学大学院 工学研究科 物質・化学系専攻 助教
- 辰巳砂昌弘 大阪府立大学大学院 工学研究科 物質・化学系専攻 教授
- 高田和典 物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点 拠点長
- 白木 将 日本工業大学 応用化学科 教授
- 河底秀幸 東北大学大学院 理学系研究科 助教
- 一杉太郎 東京工業大学 物質理工学研究院 教授
- 本山宗主 名古屋大学大学院 工学研究科 材料デザイン工学専攻 講師
- 入山恭寿 名古屋大学大学院 工学研究科 材料デザイン工学専攻 教授
- 幾原雄一 非営利・一般財団法人ファインセラミックセンター主管研究員／東京大学大学院 総合研究機構 教授
- 米村雅雄 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 特別准教授
- 森 一広 京都大学 複合原子力科学研究所 粒子線基礎物性研究部門 准教授
- 猪石 篤 九州大学大学院 工学研究科 応用化学部門 助教
- 岡田重人 九州大学 先導物質化学研究所 教授
- 石黒恭生 トヨタ自動車(株) 電池生産技術開発部 理事
- 齋藤正裕 (株)東レリサーチセンター表面科学研究部 表面科学第2研究室
- 宇都野太 出光興産(株) 先進技術研究所 リチウム電池材料開発センター研究員
- 大窪貴洋 千葉大学大学院 工学研究院 総合工学講座 准教授
- 宮下徳彦 三井金属鉱業(株) 機能材料事業本部 機能材料研究所 電池材料開発センターセンター長
- 井手仁彦 三井金属鉱業(株) 機能材料事業本部 機能材料研究所 電池材料開発センターグループリーダー
- 吉岡 充 (株)村田製作所 技術・事業開発本部 新規技術センター先端技術開発研究部

6. 배터리 원료 공급과 도요타 통상의 역할

□ 도요타통상(豊田通商)은 도요타자동차그룹의 종합상사(総合商社)역할을 하는 회사로 '18년부터 탈탄소사회를 실현을 새로운 비즈니스 영역으로 설정

- 도요타통상은 1948년 설립된 상사로 7개 영업본부(금속, 글로벌 부품, 물류, 자동차, 기계/에너지, 화학품 등)이 있으며 전세계 120개국에 총 6.4만 명의 사원이 근무
- 도요타통상의 향후 4가지 중점 전략은 ①넥스트 모빌리티 전략, ② 재생가능에너지 전략 ③아프리카 전략 ④순환형 비즈니스 구축 사업
- 배터리의 리사이클을 전문으로 하는 豊通리사이클 회사를 1985년 12월에 설립

□ 도요타통상의 자회사인 도통(toyotsu)리사이클 등의 회사는 자동차 차체, 중고 부품 및 배터리 리사이클 사업에 참가

<도표21> 도요타통상의 리사이클 사업 내용



출처) Toyotsu(豊通)리사이클 홈페이지

□ 도요타통상은 도요타가 HEV를 생산하는 단계에서부터 배터리에 들어가는 자원 확보의 중요성을 인식하고 관련 사업 전개하여 해외에서 리튬 광원 확보

- 2009년에 회사내에 금속자원부를 만들고 2010년에 남미 아르헨티나에 있는 올라로즈 (Olaroz) 염호(鹽湖, salt lake, saline lake)에 대해서 리튬 매장량을 조사
- 당시 올라로즈 염호에 대한 권익은 호주 자원회사인 오로코브레(Orocobre)사가 가지고 있었으며 2010년 1월 도요타통상이 파트너사로 선정되어 2010년부터 사업화 조사를 실시하였고, 2012년 9월에 도요타통상이 프로젝트의 권익 25%를 취득하여 리튬을 정제하는 플랜트 건설에 착수

<도표22> 도요타 통상이 개발한 아르헨티나 올라로즈 염호



출처)동양경제 21년 11월

- 올라로스(Olaroz)의 리튬 매장량이 깊이 200 미터까지를 기준으로 640만 톤으로 매년 6만 톤을 채굴하면 100년치에 해당하는 것으로 판단되며 실제 깊이 600~800미터까지 가면 리튬 농도가 높아지기 때문에 현재 파악한 640만 톤보다 3배 정도의 리튬이 매장되어 있을 것으로 추정 가능
- 2018년 2월, 도요타 통상은 호주의 오로코브레(Orocobre)사에 자본 15%를 출자하여 자원 개발 협력 강화
- 현재 연간 1.75만톤의 탄산리튬을 생산하고 있지만, 4.25만톤으로 약 2.4배 증강할 예정
※참조) 자원개발에는 일반적으로 4년 정도 걸리며 100번 중 3번 성공할 정도로 성공 확률 또한 낮음
- 2019년 11월 PPES의 코우다(好田)사장은 아르헨티나 리튬생산현장을 방문하고 “불순물을 제거하기 위해서 사용하는 막대한 에너지를 반감할 수 있는 가능성”이 있다가 판단하면서 도요타 특유의 개선 활동을 리튬 채굴 활동에서도 적극적으로 실시

□ 도요타통상은 배터리 사업에 참가하여 도요타 북미사업체인 TMNA(Toyota Motor North America)와 함께 차량용 전지 생산 신회사에 출자하겠다고 발표 ('21년 12월)

- 신회사는 HEV용 리튬이온전지를 우선적으로 생산할 예정이며 '25년에 가동 예정
- 도요타가 독자적으로 공장을 만들면서 기존 파나소닉과 배터리 합작사인 PPES와 관계가 악화되는 것 아니냐는 추측이 제기됨
- 도요타측에서는 엔진 공장 생산 축소로 인해 남는 잉여 인원을 배터리 생산으로 전환시켜 고용 안정성을 유지하고자 함

□ 도요타통상은 2018년 호주의 오로코브레社와 '도요타리튬(豊通リチウム)'이라는 회사를 설립. 도요타리튬社는 아르헨티나 올라로스 염호에서 확보한 탄산리튬을 이용하여 수산화리튬을 만드는 제조 공장을 일본 후쿠시마현에 건설

- '2018년 10월 회사가 설립되었으며 연간 수산화리튬 10,000톤을 생산, 종업원수 50인 수준의 제조 전문회사로 2021년부터 공장 가동 개시 (사진 출처: 도요타통상 홈페이지)

<도표23> 도요타리튬社의 수산화리튬 제조 공장



출처) 도요타 통상 홈페이지

□ 도요타와 파나소닉의 배터리 합작사 'Prime Planet Energy & Solution (PPES)'는 ioneer의 리오라이트 리지(Rhyolite Ridge)광산 프로젝트에서 리튬을 구매할 계획

- 호주에 본사를 둔 ioneers는 2025년부터 네바다주에서 연간 약 21,000톤의 리튬 생산을 목표로 함

IV. 닛산/혼다의 배터리 개발 전략

1. 닛산

- 2007년 4월 닛산과 NEC(일본전기주식회사)는 차세대 전동자동차(HEV, EV, FCV 등)에 사용되는 리튬이온 전지의 개발과 마케팅을 수행하는 회사, AESC(Automotive Energy Supply Corporation)를 설립
 - 자본금은 닛산이 50%, NEC 42.5%, NEC의 자회사인 NEC Tokin이 7.5% 차지
 - AESC는 2010년 닛산이 만든 전기차 리프에 배터리를 공급
- 2018년 닛산과 NEC는 배터리 사업을 중국계 재생에너지 사업자인 Envision그룹에 주식을 양도하여 '19년 4월에 envisionAESC社 설립
 - '16년 12월 닛산의 곤사장은 완성차 메이커가 내제화하는 것 보다는 배터리 전문회사로부터 공급받는 것이 차량 가격을 낮추는데 더 효율적이라며 AESC社를 매각할 의사를 밝힘.
 - 신설한 envisionAESC社의 자본 80%는 중국 envision그룹이 나머지 20%는 닛산이 차지.
 - '21년 시점에서 envisionAESC社는 전지메이커 중 세계 9위 수준 (동양경제 22년 3월 기사)
 - 벤츠는 미국의 알라바마 공장에서 만드는 SUV타입의 EV차량인 EQS와 EQE의 2차종에 중국의 envisionAESC社가 만드는 배터리를 탑재하기 시작
- 닛산 리프는 대용량 배터리를 탑재한 리프e+를 발매하여 항속 거리를 40% 연장(JC08모드)했을 뿐만 아니라 동력 성능을 향상시켜 시속 80km에서 100km까지 가속 시간을 15% 단축
 - 배터리 팩의 크기는 종래와 동등하지만 용량은 30kWh(1세대)→ 40kWh(2세대, 2017년)→62kWh(리프e+, 2019년)으로 증가하였으며 셀의 개수는 192개셀(2세대)→288개셀(리프e+,2019년)로 변화
 - 리프e+의 경우 직렬로 연결된 96개의 셀이 3개가 병렬로 연결된 형태
 - 2세대 기준으로 셀 하나의 전압은 3.65V, 용량 56.3Ah으로 알려져 있으며 이것을 기준으로 계산해 보면, 전체 전압은 $3.65V \times 96 = 350.4V$, 전류는 $56.3Ah \times 3 = 168.9Ah$ 이며 용량은 $350.4V \times 168.9Ah = 59182.56Wh$ 으로 닛산이 밝힌 62kWh.보

다 적게 계산되는 것으로 보아 전압이 58.9Ah로 종래 보다 높아진 것으로 추정됨

- 셀을 합쳐 모듈을 구성하는데 1세대 리프의 경우 4개의 셀을 하나의 모듈(4개셀형 모듈)로 사용했고, 2세대의 경우 8개를 하나의 모듈(8개셀형 모듈)로 만들었음.
- 하지만 리프e+(3세대)의 경우 가변 모듈 형태를 사용하여 21개 셀형 모듈 3개, 12개 셀형 모듈 8개, 27개 셀형 모듈 4개를 사용하는 형태로 사용함

<도표24> 리프e+(3세대)의 배터리 패키징



출처) 모터팬

- 액체 전해질의 LIB에서 주목받는 기술 중 하나로 'Dry전극'기술이 있으며 기존 제조설비에서 건조로를 없앨 수 있는 장점이 있음. 닛산이 일부 지분을 가지고 있는 envisionAESC社は 'Dry전극'기술을 개발 중이며 25~26년경에 건설하는 이바라기현(茨城県)의 전지 공장에 도입할 예정

- envisionAESC社の 대표인 마쓰모토(松本昌一)는 Dry전극기술이 공장의 면적을 대폭적으로 줄일 수 있기 때문에 이바라기 공장 건설 전에 개발할 수 있도록 노력중이라고 밝힘
(※참조) VW은 미국 신형전기기업인 24M Technology社 ('10년 설립)에 25%를 출자하였는데 24M은 'Dry전극'이라고 불리는 기술을 가지고 있음. 24M의 CEO 이 기술이 완성될 경우 설비 면적의 40%를 줄일 수 있을 것이라고 판단
(※참조) 테슬라는 '20년 배터리데이에서 'Dry전극'으로 보이는 영상을 선보이며 관련 기술을 개발하고 있음을 암시. 단 24M Technology社の 기술과 차이가 남
- 일본의 세라믹 메이커인 교세라는 13~18년에 걸쳐 'Dry전극'기술을 가지고 있는 24M Technology社와 공동으로 기술을 개발하여 정지용(定置用) 리튬이온전지 개발에 성공

□ 2022년 9월 발표에 의하면 닛산은 일본의 차량용 배터리 기업인 'Vehicle Energy Japan'을 인수하여 배터리 내재화 추구

- 'Vehicle Energy Japan'이라는 회사는 과거 히타치제작소(日立製作所)의 차량용 배터리 자회사로 현재 일본 최대 민간 펀드인 INCJ(Innovation Network Corporation of Japan)의 주식을 가지고 있으며 INCJ는 일본 산업 경쟁력 강화법에 딸 2025년 3월에 보유 주식을 모두 처분할 예정이며 닛산이 주식을 인수할 주요 후보로 부상되고 있음
- 출자액은 100억엔 정도로 예상하며, 현재 'Vehicle Energy Japan'는 주로 HEV용 리튬배터리를 제조하고 있고 매출의 50% 정도를 닛산에 납품하고 있음
- 'Vehicle Energy Japan'은 닛산 하이브리드 차량의 노트 e-POWER와 포드의 픽업트럭 F-150의 하이브리드 모델의 배터리를 공급한 실적을 가지고 있으며, 22년 3월 현재 종업원은 596명

□ '22년 4월 닛산은 닛산종합연구소 내에 설치되어 있는 전고체전지의 試作 생산 설비를 공개하고 적층 Laminate Cell의 試作生産을 실시하였고, '24년에는 요코하마 공장에 양산시작(量産試作)을 행할 파일로트 라인을 설치할 예정

- 전고체 전지는 항속거리를 2배, 충전시간을 1/3으로 줄일 수 있으며 단가를 2028년에 1kWh당 75달러로 줄일 가능성이 존재하며 닛산의 종합연구소장인 土井三浩부사장은 1kWh당 65달러를 시야에 넣고 개발 중이라고 밝힘
- 전고체배터리는 유기용제를 사용하지 않기 때문에 재료의 리사이클이 용이하여 향후 코스는 더 줄일 가능성 존재

□ 배터리 생산시 공기내 수분을 줄여야 하며, 전고체 배터리 생산 설비가 있는 내부 공간의 수분은 겨울철 공기중 수분의 1/10 수준으로 작업자는 2시간 이상 연속으로 작업 금지하고 있음

- 이물혼입(異物混入)을 방지해야 하며, 종래의 리튬이온배터리보다 높은 수준으로 관리할 필요가 있음

□ 닛산은 고체전해질로 황산화물계열의 LGPS(리튬, 게르마튬, 인, 유황)를 거의 확정적으로 사용할 예정이지만, LGPS도 화학식을 보면 여러 가지 패턴이 존재하기 때문에 향후 여러 가지 조정을 실시할 예정

- 액체 전해질을 사용하는 리튬이온전지도 진화할 여지가 있기 때문에 향후 고체와 액체를 하이브리드 형태로 사용하는 반고체전지가 될 가능성도 여전히 존재

- 도요타는 전고체전지의 수명이 낮기 때문에 EV가 아니라 하이브리드 차량에 먼저 탑재할 예정이지만 닛산의 경우 배터리 수명이라는 과제를 해결하는 것에 주안점을 두고 있음

<도표25>닛산의 전고체전지 시작 생산 설비



출처) 닛산 고체전지 발표 유튜브 캡처

- 전고체배터리의 성능을 발휘하기 위해서는 정극/부극재료와 고체전해질에이 균일하게 분산되어 있을 필요가 있으며 재료간에도 안정된 계면을 유지할 필요가 있으며 이런 조건을 만족하는 재료와 셀을 설계하기 위해서 3가지 분야인 ① 계산과학 ②재료과학 ③해석과 분석 분야에서 글로벌 연구 네트워크와 공동 연구
 - 재료 성능 원리와 시뮬레이션 등의 계산과학 분야에서는 미국의 Univ. of California San Diego 및 NASA
 - 재료과학 분야에서는 동경공업대학, The University of Warwick, 오사카공립대학, 홋카이도 대학
 - 전지내부 기시화 분석 , 전극재료안전성해석과 같은 해석/분석 분야에서는 Univ. of Oxford, The Pennsylvania State Univ. 와세다 대학, Purdue Univ., Univ. of Michigan
- 닛산이 개발하는 전고체전지는 기존 LIB에서 사용하는 삼원계 배터리 (니켈, 망간, 코발트가 주성분)을 사용하지 않는 신재료를 사용될 것이라고 알려짐
 - 최근 닛산의 특허를 분석해 보면 일반적으로 고체전해질은 황화물(硫化物)이 일반적이지

만, 닛산의 황(S, 硫黄) 계열의 물질을 채용할 것으로 보임

(※참조) 도요타는 황화물계열의 고체전해질을 이용하여 전고체전지를 개발하고 있는 것으로 알려져 있지만, 내구 수명 문제가 발생하여 폴리머 계열의 전해질에 대해서도 연구 개발을 동시에 진행하고 있다고 알려짐

- 황(S, 硫黄)은 자원량이 풍부하고 가격이 낮아 만약 개발될 경우 가격 우위를 점할 수 있을 것으로 보임

- 닛산은 전고체전지를 이용한 전기자동차의 플랫폼 이미지를 공개하였는데 기존 LIB전지 대비 바닥면이 얇은 특징이 있어 승하차시 용이하며 넓은 실내 공간 확보 가능

<도표26>닛산의 전고체전지를 활용한 전기차의 플랫폼 이미지



출처) 닛산 홈페이지

2. 혼다

- '21년 4월 혼다의 사장 미베(三浦敏宏)는 EV와 FCV의 판매 비율을 선진국에서는 '30년에는 40%, '35년에는 80%으로 달성할 계획이며, '40년에는 글로벌로 100%로 하겠다는 높은 목표를 제시
 - 혼다의 주력 공장 중 하나로 1964년부터 57년간 가동해온 사야마 공장(狭山)을 '21년 12월 폐쇄하여 내연기관에서 전기차로의 전환 본격화
 - '24년에 100만 엔대의 경차 EV를 투입 예정
 - 구체적으로 혼다는 GM이 EV용 전지로 개발하는 '얼티움'을 탑재한 대형 EV 2차종을 공동으로 개발하며 '24년형 모델로 미국에 판매 예정
- 혼다가 만드는 전기차의 배터리를 중국에서는 CATL에서, 미국에서는 GM과 함께 LG에너지솔루션(LGES)에서 조달받으며 일본 국내는 EnvisionAESC로부터 조달함 (※EnvisionAESC는 닛산과 NEC의 합작배터리 회사로 중국기업에 매각)
 - 전고체전지 이외의 별도로 리튬이온전지의 부극(負極)을 종래의 탄소(C)재료에서 금속리튬(Li)로 변경한 금속리튬전지를 미국의 스타트업인 SES Holdings와 공동 개발하기로 '21년 12월에 계약을 체결하고 약 2%의 주식을 취득.
(※참조) SES Holdings에는 현대자동차와 GM도 출자했음
- 혼다는 LG에너지솔루션과 함께 44억달러를 투자해 미국에 배터리 합작 공장을 건설할 계획
 - 2022년에 합작사를 설립할 예정이며 자본금은 35억달러, 합작법인 지분은 LG에너지솔루션이 51%, 혼다가 49% 차지
 - 양사는 미국에 40GWh규모의 배터리 공장을 건설하기로 하고 공장 부지를 검토중이나 혼다의 주력공장인 오하이오주가 유력한 후보지로 검토
 - 2023년 상반기에 착공해서 2025년 말부터 파우치 배터리 셀 및 모듈을 양산할 계획으로 생산된 배터리는 전량 혼다의 차량에 공급될 예정
- 2022년 1월 혼다의 기술연구소장 오프(大津啓司)는 2030년 경에 전고체 전지를 실용화시킬 것이라고 밝히면서 현재 전지셀의 사양 책정과 생산기술을 동시해 확립하는 연구 개발을 진행 중이라고 밝힘

- 혼다의 전고체전지의 형상은 대형 라미네이트 형태(파우치)로 선정
- '24년 토치키현(栃木県) 사쿠리사에 있는 연구시설에 고체전지의 실증라인에 430억엔을 투자하여 생산기술을 확립할 예정
- 혼다는 자체 개발한 고체배터리를 20년대 후반에 자사 EV에 장착할 예정이며, 특징으로 롤러 프레스를 이용

(※참조) 롤러 프레스를 이용하는 방식은 MLCC(Multi Layer Ceramic Capacitors)를 만드는 공정과 유사하며 무라타 제작소, TDK와 같은 세라믹 메이커도 IOT용 소형 전고체배터리 생산

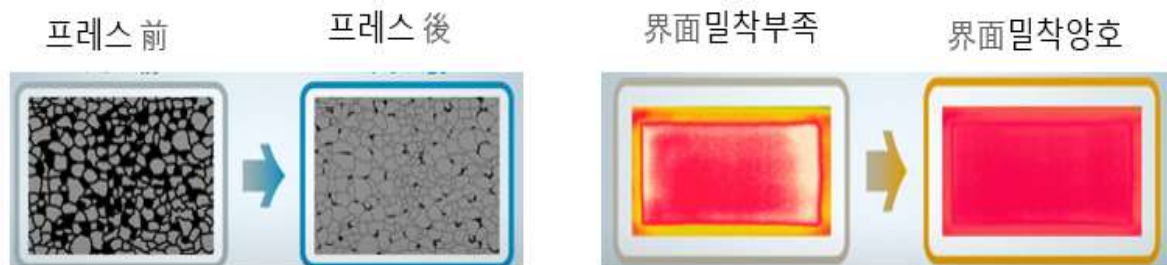
<도표27>혼다의 전고체전지 제작 설비



출처) 혼다 전고체 발표 유튜브 캡처

- 전고체전지의 성능을 올리기 위해서는 고체전해질에서 격자간 공간을 없애기 위해 프레스 작업을 하여 이렇게 하면 계면 밀착을 좋게 할 수 있으며 이것이 중요한 공정이 됨

<도표28> 혼다의 프레스 롤러 작업을 통한 품질 향상



출처) 혼다 유튜브 캡처

- 롤러 프레스를 사용하며 양산시 생산스피드도 올리면서 품질 성능도 올리는 작업을 하지만 가장 어려운 공정 중에 하나임

□ ‘40년까지 전동화 목표를 달성하기 위해서 液系리튬이온 전지의 생산확대와 혁신전지의 실현을 위한 투자도 수조엔규모로 해 나갈 것이라고 밝힘

- 전고체전지 이외의 별도로 리튬이온전지의 부극(負極)을 종래의 탄소(C)재료에서 금속리튬(Li)로 변경한 금속리튬전지를 미국의 스타트업인 SES Holdings와 공동 개발하기로 '21년 12월에 계약을 체결하고 약 2%의 주식을 취득.

(※참조) SES Holdings에는 현대자동차와 GM도 출자했음

V. 일본 배터리 메이커 개발 전략

1. 파나소닉

(1) 사업 계획/조직

□ 파나소닉은 2022년 4월 각 사업부를 주식회사로 만들고 그 위에 지주회사가 있는 방식으로 변경하여 파나소닉 에너지 주식회사 설립

- 파나소닉 홀딩스 주식회사 산하에 파나소닉 에너지 주식회사 포함 8개의 주식회사로 구성
- 파나소닉 에너지 주식회사의 주요 사업영역은 1차전지(건전지, 리튬1차전지), 차량용 원통형 전지, 소형2차 전지, 축전 시스템 등의 개발, 제조, 판매 등이며 글로벌 종업원수는 약 2만 명
- 파나소닉 에너지 주식회사는 ① 에너지 디바이스 사업부 ② 모빌리티 사업부 ③에너지 솔루션 사업부로 구성
- '21년도 파나소닉 매출에서 파나소닉그룹 전체 매출액 73,888억 엔에서 파나소닉 에너지 매출액은 7,644억 엔으로 10% 수준

<참조> 파나소닉 홀딩스의 자회사

- 파나소닉 주식회사: 가전, 공조기기, Cold Chain, 조명 기기 등
- 파나소닉 오토모티브 시스템 주식회사: 차재(車載)시스템, Cockpit(콕핏)통합 솔루션, 차실 공간 솔루션
- 파나소닉 엔터테인먼트 & 커뮤니케이션 주식회사, : 영상, 음향, 통신기기
- 파나소닉 하우징 솔루션즈 주식회사: 주택설비, 건축재제품의 제조, 판매
- 파나소닉 커넥티드 주식회사: 서플라이 체인, 공공서비스, 생활 인프라
- 파나소닉 인더스트리 주식회사 : 전자부품, 전자재료, 모터
- 파나소닉 Operational Excellence 주식회사: 경리, 인사, 지적재산, 정보시스템

□ 파나소닉은 2020년 4월에 도요타와 함께 PPES(Prime Planet Energy & Solution)합작사를 만들

- 사업내용은 차량용 고용량/고출력 각형 리튬이온 전지와 차량용 전고체 전지의 개발/제조/판매 실시
- 출자 비율은 도요타가 51%, 파나소닉이 49% 차지하며 총 5,100명이 근무

- 도요타는 히가시후지연구소의 직원 600여명이 파견되었으며 파나소닉은 중국 자회사 2,400명을 포함 총 4,500명이 파견되어 전체 5,100명의 인원으로 출발
- PPES에서 생산한 배터리는 다이하츠, 마쓰다, 스바루 등에게도 공급 예정
- 파나소닉은 테슬라용을 제외하고 차량용 배터리 전체 공장을 신설회사인 PPES로 이관하여 일본내 효고현의 공장과 중국 대련에 있는 5곳의 차량용 배터리 생산 시설을 신규 회사 산하로 이관

□ 2021년 파나소닉이 생산한 배터리량 41.4GWh중에서 35GWh를 테슬라에 공급하여 의존도가 85% 차지

- 테슬라 입장에서는 2021년에 총 65.8GWh의 배터리를 공급받았으며 이중 파나소닉이 35GWh(87%)를 공급하였고, LG 에너지 솔루션이 12GWh(19%), CATL 18.5GWh(21%)를 차지

□ 파나소닉은 2021년 3월말에 보유하고 있던 테슬라 주식 전량을 매각하였으며 매각 금액은 36억 1,000만 달러(약 4,000억엔)에 달함

- 파나소닉은 2010년 테슬라와의 제휴 당시 3,000만 달러(당시 환율로 약 24억엔)을 출자했으며 테슬라와 공동 운영하는 미국 배터리 공장 '기가 팩토리'에 2,000억엔 이상 투자했음
- 파나소닉은 매각 대금으로 테슬라 의존도를 줄이고 미래 사업 투자에 사용할 것으로 추정됨

※참조) '21년 4월 1일에 퇴임한 파나소닉 CEO 쓰가 가즈히로는 다른 글로벌 자동차 업체의 EV와 호환성을 높여 테슬라에 대한 과도한 의존도를 줄일 필요가 있다고 언급함

□ '16년 테슬라와 태양전지 사업 분야에서 제휴를 발표하고 '17년부터 미국 공장에서 태양전지와 태양광 패널 생산을 시작했으나 '20년 초에 파나소닉이 사업 제휴를 중단할 것을 발표

- 파나소닉은 테슬라의 미국 뉴욕주 버팔로시 공장에서 태양광 패널의 핵심 부재인 태양 전지를 생산하여 테슬라의 '솔라 루프'에 사용될 예정이었지만 적자가 지속되면서 파나소닉이 사업 포기

□ '19년 테슬라와 파나소닉은 배터리 셀 원가, 서로 상이한 기업 문화 등을 충돌을 벌여서 관계가 악화되었고 테슬라는 상하이 기가팩토리 3에 중국 난징공장 에서 생산하는 LG화학 배터리(현재 LG엔솔)를 구매하여 사용함

- 테슬라는 자체 배터리 셀 생산을 위해 배터리 및 캐패시터 제조업체인 Maxwell Technologies를 인수하였고 리튬이온 배터리 전문가인 Jeff Dahn 박사와 독점 연구 계약을 체결하였으며 비공개로 배터리 제조 및 개발 회사인 Hibar Systems도 인수
- 파나소닉은 이후 도요타와 배터리 합작사를 설립하여 대응하였으며 테슬라에 공급할 4680 배터리 공장을 파나소닉이 건설하고 있는 것으로 보아 테슬라가 파나소닉에 배터리를 의존하는 상황은 지속될 것으로 판단됨

□ 1996년 파나소닉은 도요타와 PEVE (Panasonic EV Energy)라는 합작사를 설립하여 도요타의 하이브리드용 배터리를 생산하여 공급

- 출자 비율은 도요타 60%, 파나소닉 40%였으며, 2010년 4월에 도요타가 추가적인 출자를 실시하여 출자비율이 도요타 80.5%, 파나소닉 19.5%로 변경되었고, 2010년 6월 사명을 Primearth EV Energy로 변경하였음

(2) 제품/기술

□ 테슬라의 기가팩토리에서 만드는 18650(지금 18mm, 높이 65mm) 원통형 배터리는 실제 발화 사고가 많이 일어난 제품이기에 제작시 높은 품질 수준이 요구됨

- 18650 배터리는 1992년 소니가 캠코드용으로 개발한 배터리로 동양인 남성이 캠코드를 잡았을 때 안정감 있게 잡기 위해 만든 사이즈로 과거 소니 노트북에서 배터리 발화 사건이 자주 발생
- 18650원통형 배터리는 에너지 밀도가 높고 범용적으로 사용하여 단위 용량당 가격이 싸지만 생산된 배터리 용량의 편차가 발생 할 경우 안정적이지 못하며 특히 테슬라는 7,104개의 배터리를 연결하여 사용하기 때문에 특히 주의를 요함

□ '20년 8월에 테슬라와 공동 생산하는 네바다 기가팩토리에서 생산하는 2170배터리가 향후 5년간 에너지 밀도를 20% 증가시킬 것이라고 발표

- 현재 테슬라 모델3의 90kWh 배터리 팩과 거의 동일한 팩 크기로 400마일(644km)의 항속 거리를 구현할 수 있음

□ 파나소닉은 리튬인산철(LFP)배터리 개발 계획이 없는 것을 밝히고 4680 배터리를 비롯해 고용량 제품에 개발 역량을 집중할 예정

- 4680배터리 시제품 공개 행사에서 파나소닉 임원이 “ 더 저렴한 EV를 위해 값싼 LFP배터리를 만들 계획이 없다고 밝힘

<참조> 배터리 전지 용량 편차 문제

- 리튬이온 배터리는 과충전시 전압이 올라가고 충방전이 거듭되면서 배터리의 용량 편차가 계속 커지면 일부 배터리가 과충전 상태에 도달할 수 있음
- 이런 위험성에 대비하기 위해 리튬이온 배터리는 충전시 ‘Cell Balancing’을 하여 용량이 높은 전지를 강제 방전시켜 배터리 팩의 전지 전압을 비슷하게 맞추는 작업을 함.
- 테슬라가 사용하는 18650(지름 18mm, 높이 65mm) 원통형 전지는 용량이 3.2Ah이며 양극에 NCA를 사용하는데, 니켈 함량이 80%이고, 5%의 알루미늄이 고출력 구현을 가능하게 함
- (*참조) 21700 배터리의 용량은 5Ah로 증가했으며 안전성 문제로 양극을 NCA에서 NCM으로 교체하기도 함. **파나소닉은 NCA**, LG에너지솔루션이 테슬라에 공급하는 21700 배터리는 NCM이 사용되고 있으며 ‘21년 11월 미국 미시간 주에서 충전중에 화재가 발생한 모델3는 파나소닉의 21700배터리가 장착되어 있었음)
- 테슬라는 18650배터리를 7,104개 사용하여 배터리 팩을 만들지만 다른 자동차 메이커는 중대형 각형 전지나 파우치 전지를 선호하는 것은 Cell Balancing문제 때문임
- 과거 18650원통형 배터리는 일본의 빅3인 소니, 산요, 파나소닉이 만들었으며 한국의 SCI와 LG화학이 OEM 생산을 실시 하였음
- 소니는 2016년 무라타에 배터리 사업을 매각하여 완전히 철수하였고 산요는 2008년에 파나소닉에 합쳐졌음
- 18650 배터리 용량의 편차를 발생하지 않게 하면서 양산 품질을 확보할 수 있는 회사는 파나소닉 뿐이기에 테슬라는 파나소닉과 기가팩토리에서 배터리를 공동 생산하는 것임

☐ 개발한 4680 리튬 이온 배터리는 EV주행 거리를 기존 대비 20% 연장 가능

- 배터리 직경을 현재 대비 2배 용량을 5배로 늘릴 계획이며 생산비용은 기존 배터리 대비 최대 20%까지 낮출 수 있을 것으로 판단

☐ 2030년까지 니켈 함량을 기존 대비 50% 줄인 배터리 개발 계획이며 코발트 가

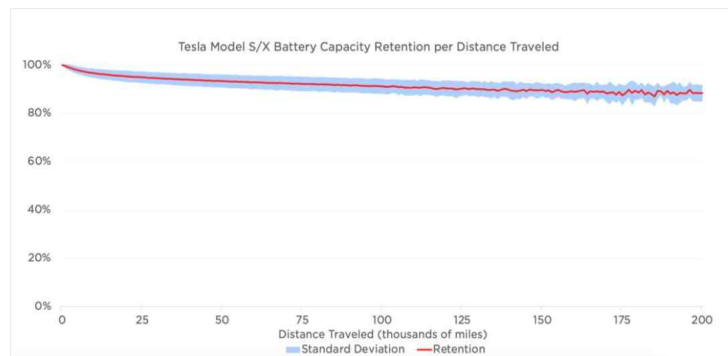
격 상승에 대응해 코발트 프리 배터리 기술도 개발 계획

- 코발트 프리 배터리 샘플은 2-3년 내로 고객사에 공식 공급될 전망

<참조> 파나소닉 18650 배터리의 수명 성능

- 2차전지에서 가장 중요한 성능은 배터리의 수명이라고 흔히 이야기 하는데 충방전을 거듭하면서 용량이 줄어들면서 배터리에 문제가 발생할 수 있기 때문임
- '21년 8월 테슬라가 모델 S와 모델 X의 배터리 수명 성능 분석 자료를 공개 하였음. 이곳에 사용되는 배터리는 파나소닉의 18650 원통형 배터리임
- 그 자료에 따르면 20만 마일(32만 km) 운행 후에도 정격 용량의 90% 이상의 용량을 유지하는 놀라운 수명 성능을 과시
- 하기의 그래프를 보면 첫 10만 마일에 대해 열화가 급격하게 진행되고 다음 10만 마일에서는 안정된다는 것을 확인 할 수 있음
- 테슬라는 미국 차량은 약 20만 마일에서, 유럽 차량은 15만 마일에서 폐차된다고 추정하고 있음.
- 테슬라의 모델 3 배터리 팩의 경우 50만 마일(80만 km)까지 지속되도록 설계하였다고 밝힘

<도표29> 테슬라 배터리의 수명 성능



출처) 테슬라 홈페이지

(3) 생산 능력

- 2024년까지 미국 테슬라에 공급하는 EV 배터리의 생산 능력을 약 10% 높일 계획을 가지고 있으며 수십 명의 생산 관리 인력을 일본에서 미국 네바다 '기가 팩토리 1' 공장으로 파견해 설비 효율을 높일 예정

- 생산 능력을 증강하는 제품은 원통형 배터리 '2170'으로 모델3에 탑재
 - 현재 13개의 생산라인이 있으며 생산 효율이 높은 새로운 라인을 1개 추가하여 전체 39GWh의 생산량이 될 전망
- 2028년까지 글로벌 생산량을 2022년 대비 3~4배 확대하며 특히 일본 내에서 향후 3년간 종업원수를 1,000명 증원하여 배터리 개발에 관련된 인재를 강화할 예정
- 미국 테슬라용을 중심으로 수요 증가가 기대되는 북미 등 주요 시장에서 시장 점유율을 높이기 위해 생산 능력의 대폭 증강이 필요
- 2023년부터 가동할 4680 배터리 공장을 일본의 와카야마에 건설할 예정
- 4680 배터리 샘플은 일본 내 파일럿 라인에서 5월에 대규모로 생산

<도표30> 원통형 배터리의 종류



출처) 파나소닉 홈페이지

- 22년 7월에 파나소닉은 미국 캔사스에 4680 배터리 공장을 짓기로 발표하였으며 40억달러(약 5,500억엔)이며 4,000명을 신규 고용 예정이라고 밝혔으니, 공장 가동 시기는 미발표
- 2017년 미국의 네바다에 세계 최대급의 리튬이온 전지 공장 PENA(Panasonic Energy of North America)을 건설하여 생산중에 있으며 현재까지 차량용 전지셀의 출하수는 60억 개
- 파나소닉과 도요타의 합작사인 PPES는 중국에 차량용 배터리 생산 능력을 증강시킬 계획임
- 중국 다롄(大連)에 있는 생산 거점에서 2월에 공장 건설을 시작하여 HEV용으로 연산 약 40만대분의 배터리 생산 능력을 증강시켰음.

<참조> 4680배터리

- 4680 원통형 배터리의 내부구조는 기존 소형 원통형 배터리인 18650, 21700 와 HEV용의 고출력 중대형 니켈 수소 전지 기술을 결합한 것으로 설계의 바탕은 니켈수소 전지 임.
- 양극과 음극의 무지부 전체를 탭으로 하고 금속판을 붙이는 전극 구조가 전형적인 고출력 니켈 수소 전지 구조임 (※ 무지부는 양극가 음극활물질이 도포되지 않은 빈 공간을 의미, Non-Coating)
- 파나소닉은 2000년대 초에 HEV용으로 중대형 원통형 전지를 개발한 적이 있는데 HEV용 배터리는 몸집은 크지만 용량이 4.5Ah 밖에 안되는 것으로 용량 보다는 출력 위주의 배터리임
- 4680원통형 배터리는 기존의 HEV용 배터리를 전기차용 배터리로 전하는 하는 작업에 해당
- 파나소닉은 도요타와 PEVE합작사를 만들어 고출력 니켈 수소 전지를 만든 경험이 있는 회사로 유일함
- LG에너지솔루션이 4680배터리 개발을 도전하고 있으며 니켈수소전지를 개발한 경험이 없기에 성공한다면 기술 수준을 몇 단계 끌어 올린 것으로 평가할 수 있음

<도표31> 테슬라 세대별 원통형 배터리 셀 사양 비교

	18650	2170	4680
지름(mm)	18	21	46
높이(mm)	65	70	80
부피(mm ³)	16,540	24,245	132,952
무게(g)	45	70	320
차량 대당 Cell 수(개)	7,104	4,416	960
에너지 밀도(Wh/kg)	240	260	300
에너지 용량(mAh)	3,000	5,000	9,000
비용(USD/kWh)	185	170	75
전극 필름(mm×mm)	600×60	800×65	3850×72

출처) 하이투자증권

2. 도시바

- 1990년대초 리튬이온이 등장하여 휴대폰/노트북 등에 사용되기 시작하면서 도시바도 1992년 합작회사를 설립하여 리튬이온전지의 양산 실시하였으나 격심한 가격 경쟁속에서 2004년 리튬이온 사업 철수
 - 연구소에서는 다시 리튬이온 사업에 참가하기 위해 독자적인 연구를 계속 전개하였는데, 배터리의 에너지 밀도 승부만이 아니라 안전성이 탁월한 전지를 개발하는데 주력
- 도시바는 2008년에 SCiB (Super Charge ion Battery)를 안전하고 장수명이며 신속 충전이 가능한 리튬 이온 전지로 발표하였고, 이후 기술 개발을 통해 일반적인 흑연 기반의 음극 대비 저장용량이 2배인 Titanium Niobium Oxide 음극 재료를 개발하여 차세대 SCiB발표
 - 차세대 SCiB는 높은 에너지 밀도를 구현하여 5,000회 충방전 사이클을 거친 후 초기 용량의 90% 이상을 유지.
 - 32KWh 차세대 SCiB팩을 장착한 Compact EV는 6분 충전으로 320km 주행이 가능 (JC08 Test Cycle)하여 기존 리튬이온 전지 주행 거리의 3배 수준
- (기술) EV용 전기 개발은 고용량과 급속 충전의 두 가지 방향으로 진행되고 있으며 고용량 전지 개발의 대표적인 것이 규소(Si) 음극임
 - 전기 용량을 높이기 위해 1998년부터 규소(Si)음극을 연구하였는데 규소의 용량은 4,000 mAh/g으로 372mAh/g인 흑연보다 월등히 높은 것이 장점이지만, 충·방전 시 부피 변화가 300~400%로, 부피 변화가 12%인 흑연과 비교하여 지나칠 정도로 큰 것이 단점이기 때문에 흑연에 규소를 소량 첨가하여 용량을 높이는 정도로 이용하고 있음
 - 충전 시간이 짧게 하기 위해 LTO음극 소재를 사용할 수 있는데 LTO는 충방전시 부피 변화가 0.1~0.2%에 불과하고 부피 변화가 적으면 수명이 길어지고 충전 시간이 짧아지는 장점이 있음.
 - LTO의 단점은 전해액과 반응하여 가스를 발생하면서 부풀현상(Swelling)이 발생하여 전지 재료로 사용할 수 없을 것으로 알려 졌으나 이 문제를 LTO분말에 카본 코팅이나 SEI(Solid Electrolyte Inter-phase)필름 형성을 통하여 도시바가 해결하였음
 - 도시바는 LTO전지의 장점인 급속충전과 장수명을 활용하여 마일드 하이브리드 자동차에 사용하면 유리한 측면이 있으며 일본 자동차 메이커인 닛산과 미쓰비시가 도시바의 LTO 음극이 장착된 배터리 SCiB를 채택

- 높은 안정성으로 인하여 철도의 비상용 전원으로 사용되고 있으며 기타 물류창고 로봇 , 공장의 자동반송 장치 등에 많이 사용

□ SCiB 전지는 Start-Stop 및 마일드 하이브리드 시스템에 매우 적합한 것으로 알려짐

- '20년에 닛산의 최신 모델인 ROOX 및 미쓰비시의 최신 모델인 eK X space에 SCiB 배터리가 채택됨
- '19년 히노는 신형 트럭인 'Hino PROFIA HEV'의 배터리로 SCiB배터리를 채택하였는데 히노의 HEV는 고속도로 정속 주행이 중심이기 때문에 종래의 HEV시스템과 다른 자사 나름의 독특한 하이브리드 시스템을 만들면서 큰 에너지의 입출력이 뛰어나고 긴수명이 장점이 SCiB 배터리를 채택

□ 도시는 SCiB를 더욱 진화시켜 부극(음극)에 '나이오븀(Niobium, Nb, 원소번호 41)'라는 희소금속을 사용한 리튬이온전지를 개발하고 있으며 2022년도에 샘플을 출하할 예정으로 기존 SCiB대비 에너지밀도가 1.5배 향상

- 특히 '나이오븀'은 고장력강의 첨가제로 사용되는 것으로 고순도일 필요가 없으며 현재까지 확인된 매장량이 200년 분 정도이며 브라질의 CBMM이라는 회사가 전세계의 80%를 공급하며, 일본제철, JFE스틸 등의 일본 회사가 주식 10%를 보유

□ 애플이 전기자동차를 만들기 위해서 여러 배터리 회사의 기술력을 평가한 것으로 알려져 있는데 도시바의 SCiB가 유력한 후보 중 하나였다는 보도가 있었음

- 애플이 로봇 택시 사업을 전개할 경우 도시바의 장수명 배터리가 적합하다는 평가가 일본 자동차 전문가 사이에서 회자되었음

2. GS-유아사

□ GS유아사는 1990년대부터 중대형 각형 리튬이온 전지 전문 업체로, 1996년 사무실 건물용 ESS(Energy Storage System)사업을 하면서 주목을 받았음

- 일본 기업은 리튬이온 전지에 소극적인 경향을 보였는데, 리튬이온 전지는 저온 충전시 흑연 음극 표면에 리튬 극속이 석출되어 충전이 제대로 되지 않는 문제가 있음
- 이 때문에 HEV에서 시동을 걸면 엔진이 가동하면서 발전기가 돌아가 전지를 충전하기에 추운 겨울에 시동을 걸 때마다 성능이 저하되고 안정성에 문제가 생길 수 있다는 염려 때문인 것으로 판단됨 (출처: 2차전지의 모든 것, 선우준 著)
- GS유아사는 1997년 'Eco-Power'라는 사무실 ESS를 선보여 주목을 받았는데, 야간에 직원들이 퇴근하여 사무실 건물의 불이 꺼지면 천장 속에 설치된 ESS가 심야 전기를 받아 저장하고 근무 시간이 되어 전기를 켜면 천장 속에 있는 ESS가 전기를 공급

□ 'GS유아사'는 일본전지와 유아사(湯淺)축전지(이후, 유아사 코퍼레이션)이라는 2개의 기업이 경영 통합하여 만들어진 순수지주회사

- 지주회사 산하에 'GS유아사 배터리', 'GS유아사 에너지', 'GS유아사 테크놀로지' 등의 자회사를 가지고 있음
- GS유아사는 자동차, 산업용 전지를 개발, 제조, 판매하며 납축전지 부문에서 일본내 1위, 전세계 2위의 회사
- 2016년 파나소닉의 납축전지사업을 양수하여 상호를 'GS유아사 에너지'로 변경
(※참조) GS라는 이름은 일본전지의 창업자인 겐조 시마즈(島津源蔵, Genzo Shimazu)의 이니셜에서 유래한 것으로 1895년에 일본에서 처음으로 납축전지 제조
(※참조) 1918년 유아사(湯淺) 납축전지제조회사가 설립되었고, 1924년 건전지 연구하여 1925년에 생산

□ GS유아사는 2009년 혼다기연공업(혼다)와 함께 Blue energy라는 합작사를 설립하고 HEV용 배터리를 개발

- 블루 에너지의 출자 비율은 GS유아사가 51%, 혼다가 49%를 차지하며 2011년부터 제1공장인 오사다노(長田野)공장을 가동하여 리튬이온 전지 양산
- 2016년에 혼다의 어코드 HEV용에 리튬이온 배터리 공급
- 2020년 '블루에너지'는 하이브리드 차량의 수요 확대에 대응하기 위하여 현공장을 생산라인을 강화하고 제2공장을 건설하기로 하였으며, 2020년 연2000만 cell을 생산하지만

2023년에는 약 5000만셀을 생산할 예정

□ 2007년 GS유아사는 미쓰비시 상사와 미쓰비시 자동차와 함께 리튬에너지 재팬 설립

- 출자비율은 GS유아사 파워서플라이가 51%, 미쓰비시 상사 34%, 미쓰비시자동차 15%
- 미쓰비시 자동차의 I-MiEV에 납품

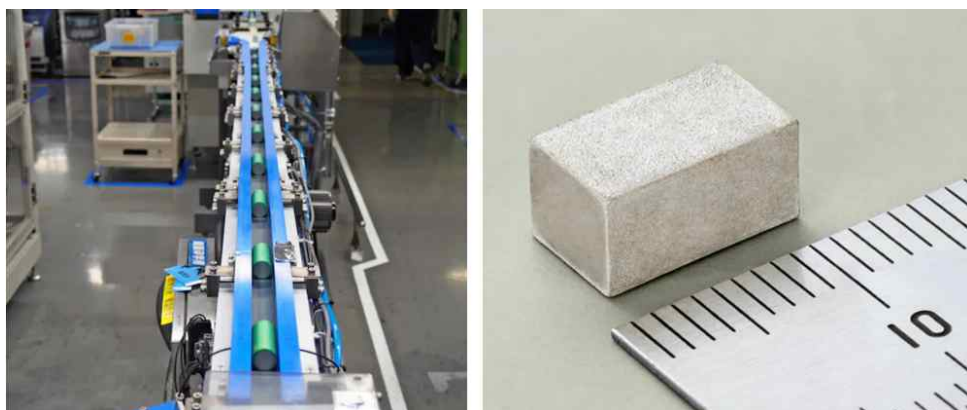
□ 2013년 GS유아사와 독일의 보쉬는 Lithium Energy and Power라는 전지회사를 설립하였으나, 2018년 보쉬가 전기자동차용 전지 사업을 하지 않겠다고 발표

- 합작사인 Lithium Energy and Power의 지분은 보쉬가 50%, GS유아사가 25%, 미쓰비시 상사가 25% 출자
- 보쉬는 2008년 9월 삼성SDI와 전기자동차용 배터리 회사인 'SB리모티브'를 설립했으나 4년 후인 2012년 9월에 합작 관계 청산하고 일본 배터리 메이커인 GS유아사와 합작사 설립
- 보쉬는 사업성에 문제가 있다고 판단한 것으로 보이며 이후 GS유아사도 전기차보다는 HEV용 배터리에 역량을 집중

3. 무라타의 전고체 전지

- 2016년 무라타 제작소는 소니의 배터리 사업을 176억 엔에 매수하여 전지사업에 진출하였으며, 스마트폰용 전지와 ‘전고체 전지’, 그리고 전동 공구용 전지를 신규 핵심 사업으로 지정
 - 2017년 9월에 소니 전지 사업 인수를 완료하여 무라타제작소의 자회사인 도호쿠 무라타 제작소(東北村田製作所)의 형태로 사업 계승
 - 인수한 전지 사업의 직원은 약 9,000명이며, 인수 완료 이후 2020년 3월기까지 500억엔을 투자하여 중국 우시(강소성)와 싱가포르 공장에 전극 가공 장비 및 시험 설비를 도입
 - 소니로부터 매수한 공장에서 FORTELION이라는 발화하기 힘든 고성능 전지를 생산중이나 적자가 지속되고 있는 상태에서 판매 전략을 변경하여 종래 스마트폰 배터리 판매를 축소하고 전동 공구 등 산업용 배터리 판매 확대 예정
- 무라타제작소는 세계 최대의 MLCC(적층세라믹커패시터)제조회사이며, MLCC의 제조방법은 전고체전지의 제조 공정과 유사하기에 전고체배터리 시장에 진출
 - 2022년 중에 소량 생산을 개시하고 최종적으로 월 10만개의 이어폰에 들어가는 소형 전고체 배터리를 양산할 계획으로 소니의 리튬이온 전지 기술과 MLCC 양산시 필요한 적층 기술을 융합하여 신규 시장 개척
 - 무라타제작소가 만드는 전고체 전지의 전해질은 산화물酸化物로 전기자동차용 전고체 전지인 황화물(硫化物)에 비해 대용량, 고출력에는 적당하지 않지만, 유해가스의 발생이 없어 신체 접촉해서 사용하는 웨어러블 기기에 적당

<도표32> 무라타 제작소의 리튬이온 공장(좌), 전고체 전지(우)

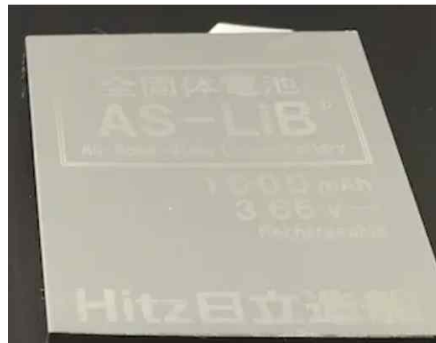


출처) 일본경제신문 2021년 4월 30일

<참조> 일본의 소형 전고체 전지

- 히타치조선은 2021년 3월 1000mAh의 전고체 배터리를 발표, 우주항공연구개발기구(JAXA)와 우주공간에서 실증실험 예정
- 개발한 전고체배터리는 섭씨 -40℃ ~ 100℃까지 사용할 수 있는 전지로 특수한 환경에서 움직이는 의료기기나 산업기계에 활용할 예정으로, 오사카시의 공장에서 소량생산하여 복수 기업에 시작품 제공 예정

<도표33> 히타치조선이 개발한 신형 전고체전지



출처) 일본경제신문

- TDK는 용량 100 μ Ah, 정격전압 1.5V의 충방전가능한 전고체전지를 개발하여 조리용 온도계에 사용
- (*참조) TDK는 Tokyo Dnki kagaku(동경전기화학)의 줄임말로과거 비디오테이프, 플로피 디스크 등 각종 미디어 저장 장치를 제조 판매하는 회사로, 무라타제작소처럼 MLCC(적층 세라믹 커패시터)를 만들어 판매하는 대표적인 회사

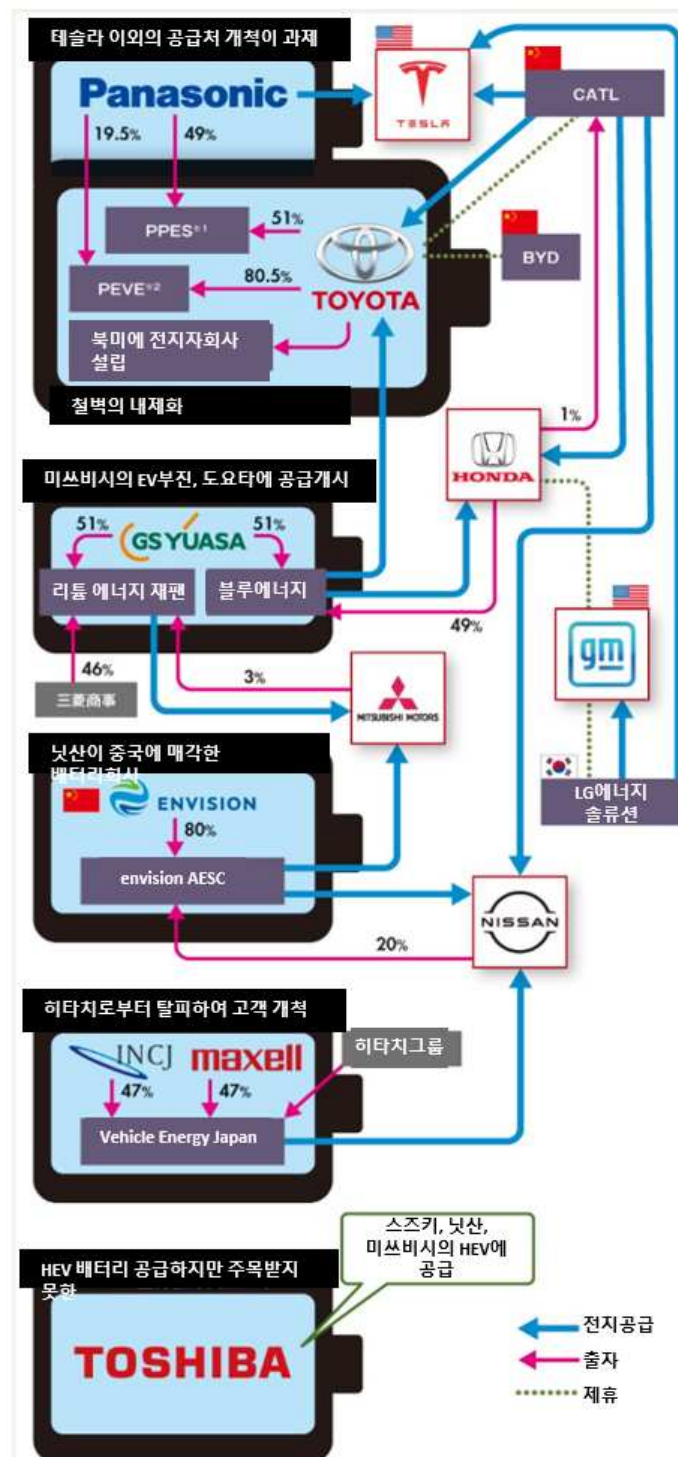
<도표34> TDK가 개발한 전고체전지와 조리용 온도계



출처) TDK홈페이지

<참조> 배터리 메이커 관계도

<도표35> 일본 자동차 메이커와 배터리 메이커와의 관계도-지분관계 등



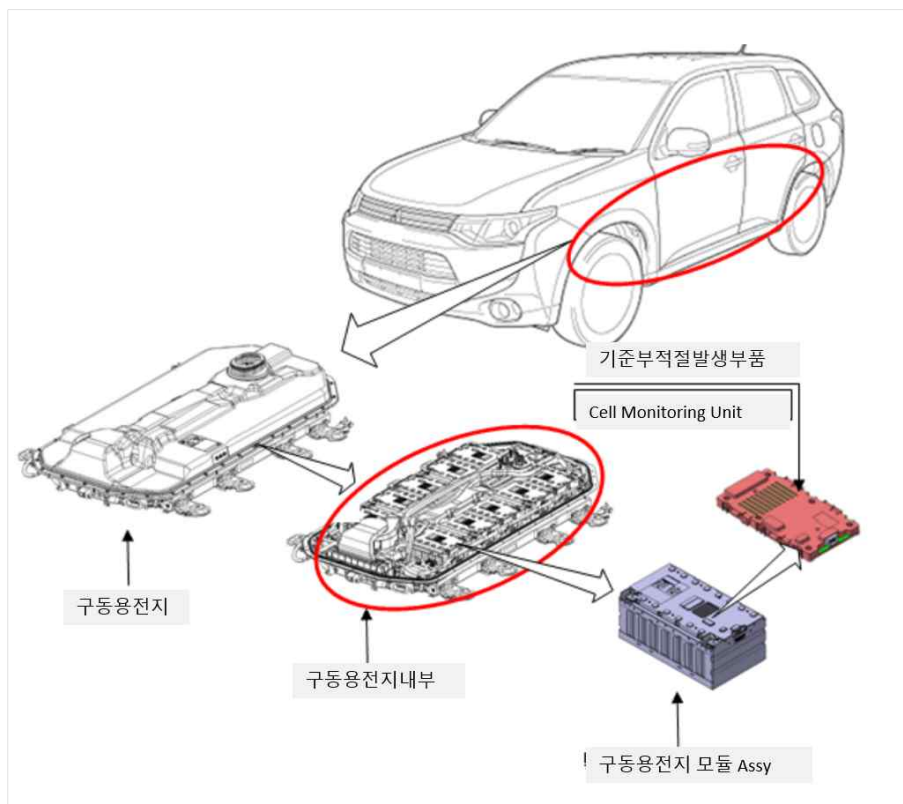
출처) Diamond.jp 2021년

VI. 배터리 품질 이슈

1. 2013년 미쓰비시 자동차 배터리 리콜: 리튬에너지재팬(LEJ)

- 미쓰비시자동차는 2013년 3월 27일 미즈시마(水島)제작소에서 패터리팩에서 화재가 발생하여 배터리팩의 일부가 녹아 내리는 문제 발생하여 생산정지하고 원인 조사하고 배터리 교체 리콜 실시
- 리콜 대상차량은 아웃랜드 PHEV차량 4000대로 문제 발생 원인은 새롭게 도입한 검사 공정이 원인
- 배터리를 납품한 회사는 리튬에너지 재팬(LEJ社)로 모회사인 GS유아사와 미쓰비시자동차 3사가 원인 조사에 참가
- 원인은 2012년 11월 도입한 새로운 스크린검사 공정으로, 완성된 전지를 여러 방향으로 진동을 주어 이물질이 들어간 전지를 찾는 공정.

<도표36> 미쓰비시 자동차 리콜 공지 내용



출처) 미쓰비시자동차 홈페이지

- 제작상에서 2가지의 실수가 있었는데 첫째 검사기에서 가하는 진동의 세기를 잘못 설정하여 기준치의 수배의 힘으로 가진하였으며 이로 인해 전지내 부극판의 일부가 박리하여 내부에 미소한 단락이 발생
- 둘째, 스크린 검사 공정에서 자동화가 되어 있지 않는 곳에서 작업자가 실수로 셀을 바닥에 떨어뜨리고 이때 분리막에 작은 상처가 생긴 상태에서 출하가 되었음
- 한편 미쓰비시 자동차가 교통사고의 충격에 견디기 위해서 시속 55km/h에도 견딜 수 있게 만들어 져 있으나, 이때 발생하는 충격은 약32G 이지만, 실제 1.1m의 높이에서 콘크리트 바닥에 전지를 떨어뜨릴 때의 충격은 400~500G로 차량 탑재시의 충격 실험의 약 6배 이상에 해당하는 것을 밝혀짐

2. 2013년 보잉787 배터리 화재: GS유아사

- 2013년 1월 16일 전일본항공(ANA)이 운항 중인 보잉 787기가 배터리에서 연기가 나는 바람에 긴급 착륙, 7일에는 일본항공(JAL) 소속 보잉 787기의 배터리에 화재가 발생하였고, 모두 일본의 GS유아사에서 만는 리튬이온 배터리 사용
- GS유아사는 전기자동차 및 하이브리드차량에 탑재한 자동차 리튬이온전지의 기술을 이용하여 항공기용으로 실용화하였고 그 첫 번째 적용된 것이 B787비행기

<도표37> 보잉787에 사용된 GS유아사의 정상배터리(좌측)과 화재가 난 배터리(우측)



출처) 미국운송안전위원회(NTSB), AviationWire.jp

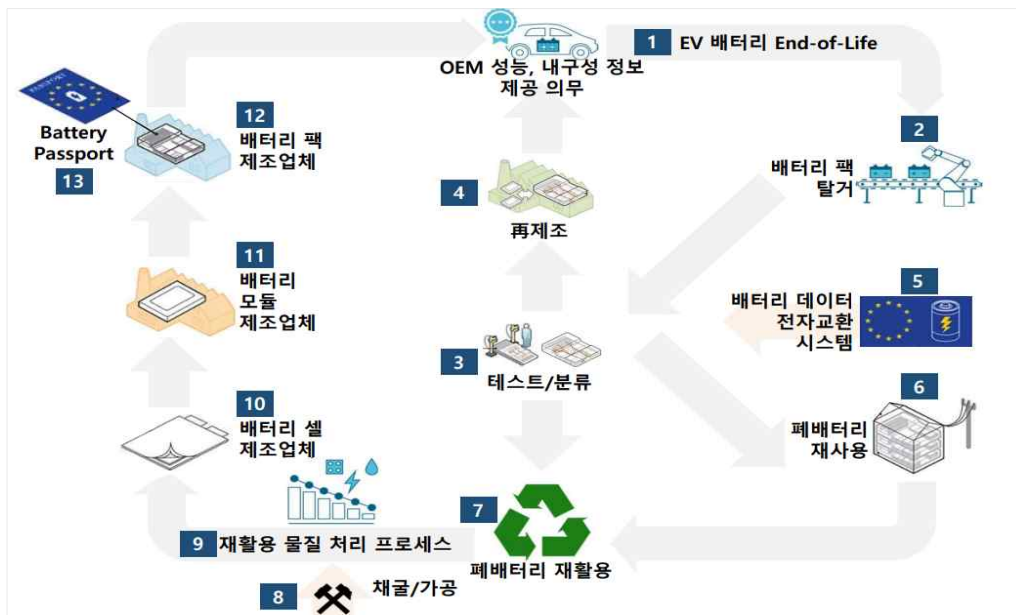
- 화재가 난 리튬이온 배터리는 GS유아사가 제조하여 프랑스의 텔레스사에 공급하였고 탈레스사는 배터리가 들어간 전체 시스템을 조립하여 보잉사에 납품하였고, 원인을 규명하기 위해서는 GS유아사 뿐만 아니라 프랑스 탈레스사에 대한 조사도 필요
- 화재가 나기 전 기존 항공기는 니카드 전지를 이용했지만, B787에서는 항공기 기체를 경량화하기 위해 리튬이온전지를 처음으로 적용
- 리튬이온전지와 니카드전지는 사이즈와 질량 측면에서 2~3배 차이가 남
- 2013년 B787화재 사고로 당시 개발중인 유럽의 에어버스 신형기 A350은 리튬이온전지를 사용하지 않고 구형 전지를 사용하기로 결정
- 사고 조사에 상당한 시간이 소요되었으며 2014년 12월에 미국운송안전위원회(NTSB)는 미국 보잉기 787의 발연(發煙)사고에 대해서 배터리의 설계와 제조공정에 결함이 있었다고 최종 보고
- 발연(發煙)은 보잉기 B787에 있는 8개의 GS유아사 리튬이온 배터리에 단락(쇼트)가 생겨 열폭주로 불리는 이상 고온 현상이 발생되었다고 판단
- 단락(쇼트)의 이유는 보잉사의 설계가 적절하지 않았고, 배터리를 생산하는 GS유아사의 제조공정에도 개선이 필요하다고 지적

VII. 배터리 리사이클 (도시광산)

1. 배터리 리사이클 필요성과 사업 전개 양상

- 리튬이온 2차전지(LIB)를 만들 때 한정된 자원을 사용해야 하며 제작시 이산화탄소를 많이 만들어 내는 문제 등 해결해야 할 과제가 있으며 LiB의 재사용 및 리사이클 사업은 전기자동차의 대중화를 위해서 필요한 사업으로 인식하기 시작
- '22년 초반에 LIB의 재사용/리사이클 처리량은 불과 연간 수만톤에 불과하였지만, '25년에는 연간 150만톤이 되어 100배 증가할 것으로 예측('22년 2월 일본경제신문, xtech 추정)

<도표38> 배터리의 리사이클 과정



- 배터리의 라이프 사이클 전과정에 대해서 데이터 공개 및 각종 책임과 의무 사항이 있으며 특히 유럽은 배터리 여권(Battery Passport)제도를 만들어 '26년부터 시행할 예정이며 일본을 비롯한 독일, 중국이 이에 발빠르게 대응하고 있음
- 과거 일본은 2001년 4월에 자원유효 이용촉진법을 시행하고 소형충전식전지의 회사, 재자원화를 의무화하는 JBRC(Japan Portable Rechargeble Battery Recycling Ceter)를 발족하여 현재 약 350개 법인이 JBRC의 회원으로 소속되더 있음.
- 21년 4월에는 도요타 그룹과 스미토모 금속광산 등 55개사가 차량용 리튬이온전지의 일

본 국내 공급망 정비를 연계하기 위한 민간 주도의 단체 ‘배터리 공급망 협의회(BASC)’를 만들었고, ‘일본식 배터리 이력 추적 관리 플랫폼’ 구축 제안서를 ‘22년 4월에 공개했음

- ‘22년 7월 시점에 BASC(일본 배터리 공급망 협의회)의 참가 회사는 총 101개사로 배터리 관련사와 완성차 메이커 뿐만 아니라, 종합상사, IT기업, 금융 기업도 참가하여 정부에 정책을 제안하고 배터리 서플라이체인에 대한 규칙(Rule)을 정하는 활동을 진행

<도표39> 일본 전지 서플라이 체인협의회 참가 기업

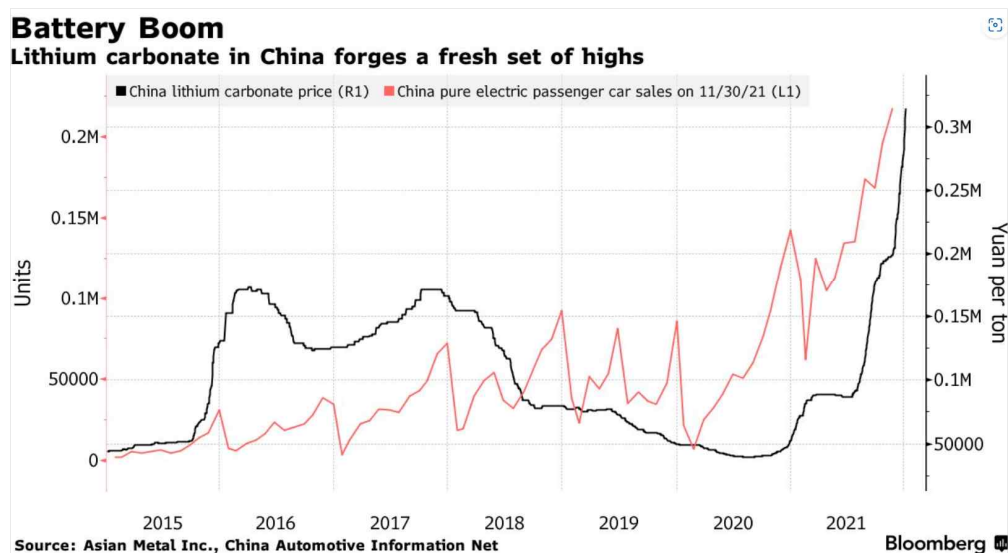


출처) 일본 배터리 공급망 협의회 홈페이지

- BASC는 2050년 탈탄소 사회를 실현하기 위해서 2030년까지 일본 국내에 연간 150GWh, 글로벌로 600GWh의 배터리 생산 규모를 확보해야 한다고 파악하고 일본 국내에서 생산량의 상당분을 배터리 재활용한 재료를 이용해서 만들어야 한다고 제안
- 2030년 150GWh의 배터리를 일본 국내에서 제조하기 위해 필요한 인력은 약 2.5만 명으로 이중 설비보전에 2만명 정도의 인력이 필요하다고 판단
- 재사용/리사이클이 필요한 배경에는 ① LIB 자원의 공급 불안 ② 전기차 보급 이후 발생하게 될 배터리의 처리 방법의 필요 ③ LIB 제조시 배출되는 이산화탄소(CO2)의 배출량 저감
- LIB 자원의 공급 불안 : 자동차 메이커와 배터리 메이커가 발표한 LIB를 제조하는 투자비용만 다 합치면 100조원을 넘어설 정도로 많으며 ‘30년 시점에서의 연간 생산 계획량은 5TWh (5000GWh)에 달할 정도로 많아 LIB를 만드는데 필요한 각종 자원, 즉 Li, 니켈(Ni), 코발트(Co)의 시장 가격은 급등하고 있음

- 아래의 그래프는 중국에서의 전기차 판매량(적색)과 탄산리튬(Li₂CO₃)의 가격을 비교한 것으로 '22년 2월 시점에서 1kg당 약 6,700원으로 '20년 후반 수준의 약 9배에 달함 (출처: bloomberg)
- Co와 Ni은 채굴가능량이 한정되어 있기 때문에 향후 공급 부족이 지속될 것으로 전망됨
- Ni과 Li의 발굴에서부터 LIB의 제조, 정제 까지는 1년 정도의 시간이 필요하기 때문에 수요의 급격한 변동에 대응하기 힘들

<도표40> 중국의 탄산리튬(검정색)과 전기차 판매량(적색) 추이 비교



출처) 블룸버그

- LIB 제조시 배출되는 이산화탄소(CO₂)의 배출량 저감 : LIB 제조시 사용하는 금속 Li, Ni, Co 금속의 채굴에서부터 제련, 정제까지에는 대량의 CO₂를 배출
 - Co(코발트) 1톤 정제시에 40톤의 CO₂를 배출하며 Ni은 약 10톤, LiCO₃는 광산에서 채굴시 약 10~15톤, 호수에서 채굴시 약 5톤이 발생
 - 이로 인해 EV 1대를 제조할 때 CO₂ 배출량은 가솔린 차량 대비 약 2배가 되며 초과분의 대부분은 LIB 제조시에 발생하는 CO₂ 배출량임
 - EV는 주행시에 CO₂ 배출량이 가솔린 대비 적지만 실제 위에서 언급한 LIB 제조시의 CO₂ 발생량을 고려할 경우 만약 EV 충전 전력원이 재생가능 에너지가 아닌 경우라면 전기차가 11만km를 달려야 CO₂ 배출량이 가솔린 차량과 동등한 수준이 됨(Volve자동차에서 추정한 계산)
- LIB 자원 순환을 위해서는 ① 차량용 전지를 EV에서 사용 이후 그대로 정치용 배터리(ESS 등)으로 사용하는 Repurpose, ② 배터리 팩을 분해해서 사용할 수

있는 배터리 셀을 다시 사용하는 Reuse 그리고 ③ 배터리를 재료 상태로 분해해서 새로운 전지 제조에 사용하는 Recycle 단계가 존재함

□ ① Repurpose 사업을 전개하고 있는 회사는 일본의 이토추상사(伊藤忠商事)와 마루베니(丸紅)와 같은 종합 상사가 실시

- 이토추 상사는 Repurpose사업으로 중국에서 전기버스용 배터리 모듈을 회수해서 정치형 축전지 시스템인 Bluestorage를 야마구치현에 처음으로 설치하여 가동 중

<도표41> 이토추 상사의 정치형 축전지 시스템



출처) 이토추상사 홈페이지

- 마루베니는 미국의 B2U Storage회사에 출자를 하고 전기차의 배터리 팩을 회수하여 캘리포니아주에 정치형 축전지 시스템을 구축 (*참조 B2U는 Battery Second Use의 약자로 사용)

<도표42> 마루베니의 축전지 시스템 B2U



출처) b2u 홈페이지

□ ② Reuse 사업을 전개하는 일본의 대표적인 회사는 닛산자동차와 스미토모상사가 2010년도에 공동 출자하여 만든 '4R에너지' 라는 회사가 있음

- 2018년 후쿠지마현에 재사용(Reuse)을 하는 공장을 가동시키고 재생한 전지팩으로 정치형축전지 시스템을 구축하거나 차량용 전지팩을 만들기도 하였음. 사업은 확대되고 있는 상황은 아니며 시험품을 만드는 수준임

<도표43> 재사용 전지팩 제작 작업



출처) 4R에너지 홈페이지

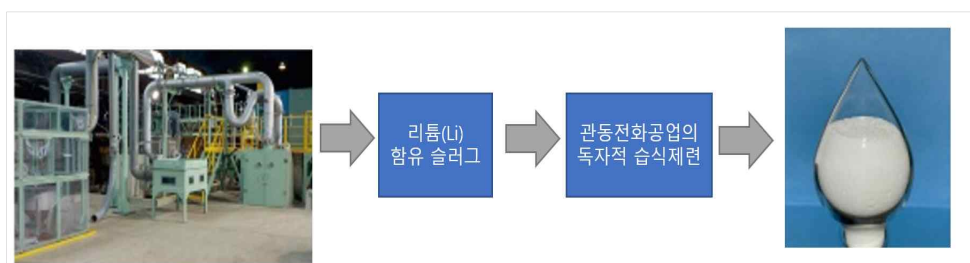
□ ③ Recycle 사업은 최근 1~2년간에는 벨기에의 Umicore라는 회사가 LIB을 연간 7000톤 회수하여 처리하는 사업 규모 정도 였지만, 최근에는 사업규모가 급격하게 확대

- 미국 테슬라의 전 CTO가 설립한 Redwood Material 이 대표적인 회사로 20억달러를 투자하여 2025년까지 100GWh 규모의 처리 공장을 가동할 계획
- 리사이클을 하기 위해서는 큰 전기차 시장이 존재해야 하나 일본의 전기차 시장이 작아 폐기하는 EV차량에서 구할 수 있는 배터리량이 작음
- EV가 사용되어 폐차까지 10년 이상이 걸리기 때문에 현재는 EV차량 중 리콜로 인해서 더 이상 사용할 수 없는 배터리, 또는 생산 도중 불량품이 된 LIB를 수거하여 리사이클하는 방안이 강구 되고 있음
- 일본에서는 동경대학과 도요타통상 그리고 파나소닉이 리사이클까지 고려하여 배터리 제조 공정을 재검토하는 연구개발하고 있다고 발표하였음

2. 배터리 리사이클의 기술 혁신

- 배터리 리사이클을 하기 위해서는 ①가능한 저비용으로 CO2 배출량 축소, ②가능한 구조 자체를 파괴하지 않고 분해해서 원부재의 높은 활용, ③ 니켈(Ni)와 코발트(Co)이외에 Li를 포함한 금속과 그 이외 흑연 등까지 회수 기술이 요구됨
 - 구체적으로 리사이클 방법은 건식제련, 습식제련, 그리고 다이렉트 리사이클 방법으로 구별 가능
- 건식 제련 방식은 배터리를 분쇄해 가루형태의 중간 가공물인 블랙매스를 고온에서 용해하여 원소의 이온화 경향(산화하기 쉬운 정도)의 차이를 이용하며, 산화하기 어려운 원소 순서대로 분리함.
 - 고온(1300~1500℃)에서 재료를 용해하기 때문에 블랙매스안에 흑연 등이 소실하기 쉬우며, Ni, Cu, Co 등의 이온화 경향이 비슷하여 건식 공정 만으로 높은 순도로 분리하기 어려운 점이 있음
 - 특히 리튬이 산화하기 가장 쉽기 때문에 가장 마지막 단계에서 추출 가능
- 습식 제련 방식은 100℃ 이하의 저온에서 여러 가지 약제로 화학적인 처리를 하여 각종 금속을 추출하나 공정이 복잡하고 여러 유해 가스가 배출되며 추출방식을 학습하는데 상당한 경험이 요구됨.
 - 최근에는 기술의 발전에 따라 습식 제련 방식이 주류가 되고 있음
- 스미토모금속광산과 관동전화공업은 '22년 1월, 건식 제련 방식을 통해 폐배터리(LIB)에서 Li를 회수를 경제성있게 할 수 있는 방식을 발견했다고 발표
 - 건식제련에서 무독성화 시킨 블랙매스에서 Ni를 분리한 이후 남아 있는 슬러그에서 관동전화공업이 만든 독자적인 습식 제련 방법으로 고순도의 Li화합물을 추출하는 방식

<도표44> 재사용 전지팩 제작 작업

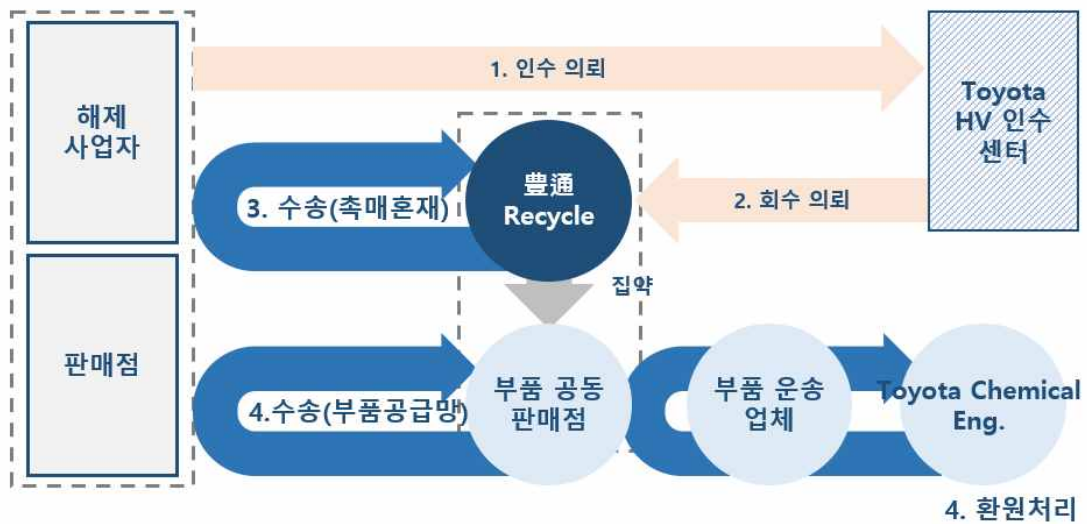


출처) 일본경제 일렉트로닉스 22년 2월호

□ 도요타통상은 Toyotsu(豊通)리사이클 회사를 자회사로 설립하고 도요타자동차의
사용이 끝난 배터리를 회수하는 네트워크를 구축

- Toyotsu(豊通)리사이클은 1985년 12월에 설립된 회사로 사용이 끝난 자동차 축매의 회수에서부터 귀금속의 회수와 판매, 자동차 해체부품의 회수 및 판매, 자동차 리사이클법 대응을 목적으로 설립

<도표45> 회수배터리 리사이클의 흐름



출처) 豊通Recycle 홈페이지

VIII. 배터리 교환/충전 방식 동향

1. 2륜차에서의 배터리 스와핑(교환) 방식

- 배터리의 약점중 하나는 충전시간이 길다는 점이며, 이것을 보완하기 위해서 배터리를 교체하는 방식이 제안되어 왔으나 승용차의 경우 기술적인 어려움으로 보급이 늦었으나 2륜차에서는 비교적 보급되고 있으며 일본에서는 혼다가 교환형 배터리 보급을 주도하고 있음
- '21년 3월 일본 혼다는 전기 오토바이의 배터리를 교환가능한 Honda Mobile Power Pack을 개발하여 발표
 - 혼다는 '18년 11월에 EV스쿠터인 PCX Electric에서 교환형 전지팩을 처음 사용하였으며 전지용량은 약 1kWh이며 질량은 약 10kg으로 전압 48V를 2개 직렬로 연결하여 96V의 2차전지 시스템을 만들어 보급했음.
 - 배터리 질량은 10kg으로 파나소닉의 원통형 리튬이온전지로 구성되어 있으며 전동바이크의 국제 규격에 따라 높이 1m에서 자유낙하시켜도 발화하지 않는 성능을 달성하고 있음 (사진 출처 : 일본경제 xtech '21년 3월 기사)
 - 개발한 교환형 배터리를 향후 소형전기차에서도 사용할 수 있을지 검토 예정

<도표46> 혼다 오토바이의 교환용 배터리팩



출처) 혼다 홈페이지

- 교환형 배터리팩을 표준화하기 일본내에서 표준화 하기 위해서 혼다, 야마하, 스즈키, 가와사키 중공업의 전동 오토바이와 협의체를 구성하고 '21년 3월에 관련 시스템을 표준화하기로 합의 발표
- 표준화를 위한 관련 실증실험은 오사카후(大阪府)와 오사카대학 및 일본자동차공업회 2

륜차 특별위원회에서 실시

- 혼다가 개발한 교환형 배터리의 보급 확대를 위해 타기업과 공동 개발도 실시중이며 일본의 중장비업체인 고마츠가 Micro Shovel에 혼다 배터리 적용 (하단 사진 참조)
- 국제적으로는 혼다, 야마하, 이태리의 Piaggio, 오스트리아의 KTM과 표준화 협약을 체결

<도표47> 고마츠의 교환형 배터리 활용 사례



출처) 고마츠홈페이지

2. 전기차 배터리 스와핑

- 자동차에서의 배터리 교환은 2010년초 베티 플레이스(Better Place)라는 이스라엘의 전기차 배터리 서비스업체가 시작하였고 일본에서도 서비스를 제공할 것을 약속하였으나 실패
 - 당시 전기자동차 시장은 막 시작되는 단계였으며 자동차 메이커와 전지 메이커에게 있어 배터리는 경쟁영역이었기에 배터리 교환형에 대해 소극적있으며 교환한 배터리에 대한 품질보증에 대한 문제도 존재하여 배터리 교환 모델은 보급되지 못했고 결국 '13년 5월에 사업 청산
- 중국 정부는 적극적으로 배터리 교환 시스템을 보급하고 있으나 하기와 같은 주요 문제점을 해결해야 할 필요가 존재
 - ① 배터리의 규격화가 진행되면 전기차의 진보를 저해할 수 있으며 ②배터리가 고전압이기 때문에 전문가격증 보유자가 필요, ③탈부착식이기 때문에 접점에서의 방수 등 문제 발생 여부 ④ 고액의 배터리가 손상될 경우 책임 소재 등이
- 일본에서는 '21년 6월, ENEOS홀딩스社가 북미 스타트업인 Ample와 협력하여

전지교환식 실증시험을 시작했다고 발표

- ENEOS홀딩스社は 일본에서 주유소를 운영하는 회사로 향후 전기차로 전환시 비즈니스 모델을 변경을 염두에 두고 전지 교환 사업 검토하고 있으며, '21년 8월 ENEOS는 Ample에 1.6억 달러를 투자
- 완성차 메이커 중에서 닛산과 협력을 하는 것으로 보이니 명시적으로 밝히지는 않았음
- ENEOS 배터리 교환 스테이션은 모듈화된 소형 배터리를 대상으로 교환하여 교환시 발생 할 수 있는 문제점을 해결
- 주차장 2개분의 공간이 있으면 대규모의 공사가 없이 배터리 교환 스테이션을 만들 수 있을 정도로 컴팩트하며 자동화되었다는 점이 장점으로 1대 교환시 5분 정도 소요되고 1시간에 10대 이상의 EV 충전이 가능 (사진 출처: ample 유튜브에서 캡처)

<도표48> Ample의 배터리 교환 설비



출처) ample 유튜브에서 캡처

□ 미쓰비시 상사는 22년 3월에 독일의 부품 메이커인 보쉬와 연계하여 배터리 교환식 전기자동차에 대한 실증 실험을 시작한다고 발표

- 교환식 EV가 보급하고 있는 중국에서 배터리 데이터를 해석하고 배터리의 수명을 예측하고 異常발생을 검지할 수 있는지를 중국에서 실증 실험할 예정

- 대상 차종은 북경기차그룹 산하에 배터리 교환사업을 하는 Blue Park Smart Energy Techonolgy(중국회사명:北汽藍谷智慧(北京)能源科技) 와 협업하여 차량 200대에 보쉬가 개발한 전지 성능 진단시스템을 탑재 예정
- 교환식 EV 에 사용하는 전지의 온도와 충전습관 등의 데이터를 리얼타임으로 수집하여 전지의 열화도와 수명을 예측할 예정 (사진은 Blue Park Smart Energy Technology가 운영하는 배터리 교환 스테이션)

<도표49> Blue Park Smart energy Technology 배터리 교환 스테이션



출처) 미쓰비시 상사 홈페이지

3. 전기차 충전 방식

- EV, PHEV의 충전구는 보통충전과 급속충전용으로 2개가 준비되어 있는 차량이 있고, 소형차량인 경우 보통 충전만, EV버스인 경우 급속 충전구만 준비되어 있는 차량이 존재함
- Honda e 차량(소형전기차)는 보통 충전기만, 미쓰비시의 아웃랜드 PHEV 및 닛산 리프(Leaf)는 보통충전과 급속충전 방식이 동시에 존재

<도표50> 차종별 충전 방식

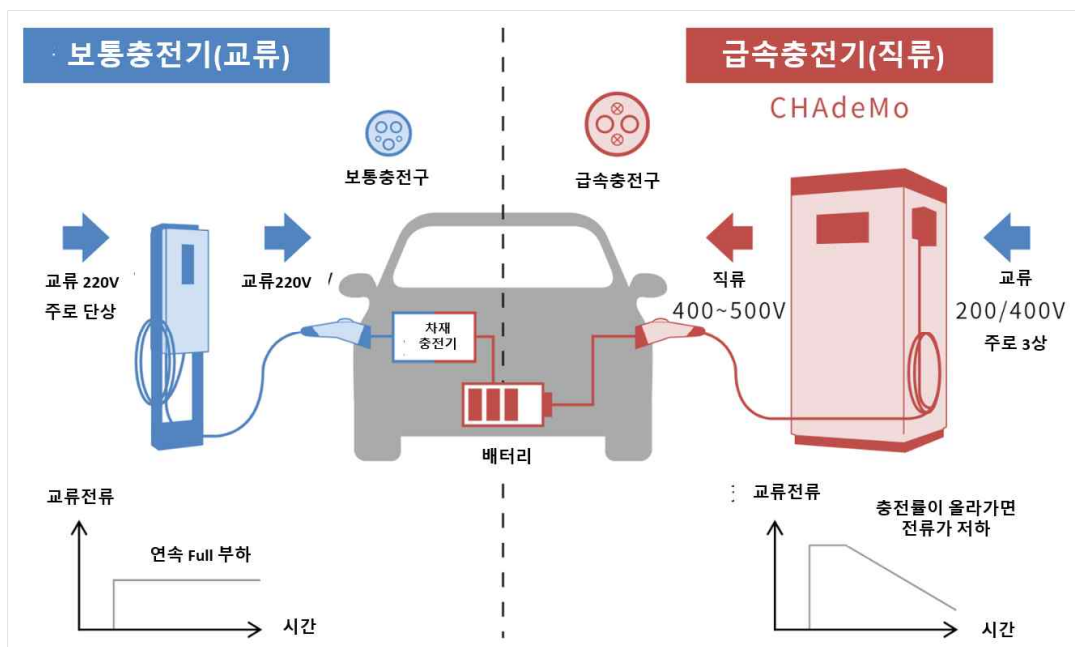


출처)니토공업 홈페이지

□ 일본에서 보통과 급속 충전의 충전속도의 차이가 있지만, 근본적으로 보통 충전은 교류를 급속 충전은 직류 방식을 이용

- (보통충전) 교류 전류를 자동차에 보내면 차량내의 충전기에서 직류로 변환하여 배터리에 충전
- (급속충전) 급속충전기는 교류 전압을 받아서 고전압의 직류로 변환한 상태에서 배터리에 충전하는 방식으로 급속 충전기는 직류로 전환하는 장치가 필요하기에 급속충전기 내부에 인버터와 컨버터를 설비가 내장하고 있음

<도표51> 충전방식의 차이



출처)니토공업 홈페이지

□ 전기자동차 보급에는 맨션의 충전 인프라 도입이 필요하기에 22년 3월 일본 경제산업성은 맨션이 고압 수전설비(受電設備)를 도입할 경우 최대 400만엔의 보조금을 지급할 방침을 새움

- 구체적으로 출력 50kW이상 90kW 미만의 설비에는 최대 200만엔, 150kW이상의 설비에는 최대 400만엔의 보조 지급 방침
- 정부는 2030년까지 충전설비를 15만기 설치할 방침 설정

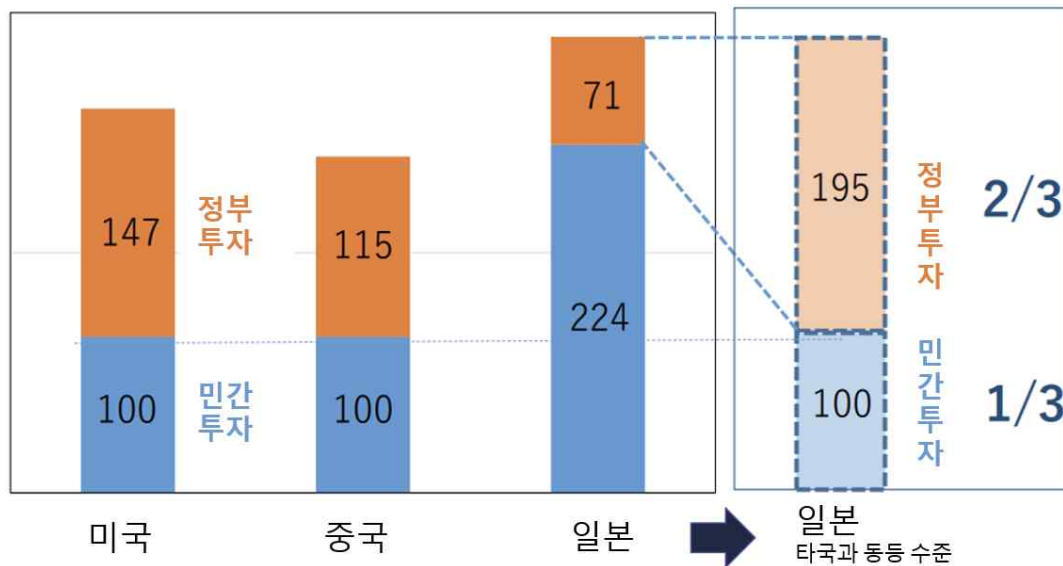
IX. 일본 정부 정책

1. 정책안

□ 전지서플라이체인 협의회(BASC = Battery Association for Supply Chain)는 일본 정부가 전지산업에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 연간 일본 국내 150GWh와 글로벌로 600GWh의 전지 생산 능력을 확보해야 한다고 제시

- 전지공장 건설에 있어 설비(건물) 및 토지 투자 비용시 미국은 총비용 246 중 민간 100, 정부 147의 비율로 투자. 중국은 총투자비 225중 민간 100, 정부115를 투자.
- 일본 국내는 설비/토지 비용이 많이 들어 총 비용 295가 소요되며 이중 민간 224, 정부가 71을 지원
- 민간이 100을 투자할 경우 미국 정부는 147을 추가로 투자하고, 중국 정부는 115를 투자
- 일본 기업이 외국 기업과 동일하게 경쟁하기 위해서 민간 기업이 100을 투자하고 일본 정부가 195의 비용을 재원해야 한다고 정책안 제시

<도표52> 배터리 생산시 미국/중국/일본 정부투자/민간투자 비율



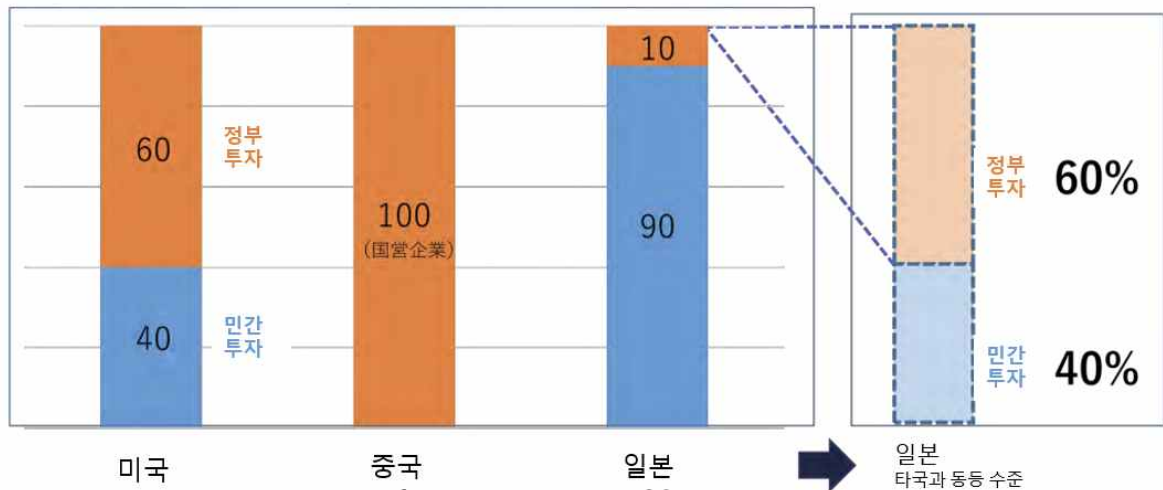
출처) BASC홈페이지

□ 한편, 전지서플라이체인 협의회(BASC)는 배터리 원자재(메탈)의 경우 일본은 민간 기업이 90, 정부가 10의 비율로 투자하고 있으나 이를 민간 기업 40, 정

부 60의 비율로 수정해야 한다고 정책 제안

- 미국의 경우 민간 40, 정부투자비 60이며, 중국의 경우 100% 국영기업이 운영하지만, 일본의 경우 민간이 90, 정부가 10의 비율로 투자

<도표53> 배터리 원자재 미국/중국/일본 정부투자/민간투자 비율



출처) BASC홈페이지

2. 인력 양성

- 배터리 제조 능력을 확대하기 위해 일본 경제산업성은 2030년까지 3만 명의 기술자를 육성하기 위한 목표를 설정하고 그 실현을 위해 간사이지역 인재육성 컨소시엄을 '22년 8월 31일에 설립

- 구체적으로 3만명의 인력 중, 2.2만 명은 배터리 제조에 관련된 인원 (공장 제조라인에서 제조, 설비보전 등을 직접 담당하는 인원 1.8만명, 제품,기술개발,라인설계등의 기술계 인재에 0.4만명을 합쳐 2.2만명)
- 배터리 제조 인력 2.2만 명 이외에 재료 등 배터리 관련 서플라이체인 전체의 인력 0.8만명 포함하여 총 3만명 인력 필요
- 일본의 배터리 산업은 주로 간사이(関西) 지방 거점의 기업에 의해 주도되어 있기에 먼저 '24년까지 간사이 지방 공업고등학교 고등전문학교 등에 기술자를 육성하는 전문적 교육 프로그램을 우선 실시할 예정이며 이 프로그램을 일본 타지역에 확대 전개 예정
- 컨소시엄에 참가하는 단체는 전지서플라이체인 협의회(BASC = Battery Association for Supply Chain)과 BAJ(Battery Association for Japan)그리고 경제산업성 긴키경제산업국이 참가

3. 정책수정 : 전고체전지에서 리튬이온전지로

- '22년 3월 일본경제산업성의 축전지산업전략 관민협의회에 제출한 자료에서 전고체전지에서 리튬이온 전지로의 지원 정책을 변경할 것을 밝힘
 - ‘지금까지의 정책에 대한 반성’이라는 제목으로 게임체인저로 불리는 전고체전지의 개발에 집중적으로 투자하는 기본 정책을 세웠으나, 한국/중국이 리튬이온전지를 집중 지원하면서 일본 기업이 국제 경쟁력 측면에서 역전당했다고 판단.
 - 즉, 일본은 차세대 전고체전지 개발에 관민 합동으로 추진했다면, 한국/중국은 기존 스마트폰에 사용되는 리튬이온 전지의 품질 향상과 생산 능력 향상을 강화하여 일본의 기존 시장 점유율을 잠식했다고 판단하면서 정책 변경을 시사함
 - 이후 배터리 정책의 방향성을 새로 수정: ① 액계(液系)LiB의 제조기반 강화를 위한 대규모 투자와 국내제조기반 확립 → ② 글로벌로 일본 기업의 존재감 확보 → ③ 전고체전지 등 차세대 전지 기술 개발하여 시장 확보

X. 제언

- 배터리 산업은 반도체 산업과 달리 설비 자체보다는 소재 자체의 기술력에 보다 많이 의존하는 산업으로 전지 산업의 기본적인 특징을 명확히 인식할 필요성 존재
 - 한국은 반도체, 디스플레이 산업에서 강한 성공 체험을 하였기에 배터리 산업 또한 비슷한 방식으로 접근하는 경향이 있으나 배터리 산업이 가지는 독특한 산업의 특성을 명확히 인식할 필요
 - 배터리 기술은 소재 자체의 기술력에 의존하며 소재의 원가 비중이 반도체/디스플레이 대비 높은 산업
- 전기차 개발에 있어 완성차 메이커와 배터리 메이커간의 협력과 경쟁을 할 수 있지만, 때에 따라서는 대립과 반목이 생길 수 있는 산업이기에 정부는 명확한 경쟁의 료를 제시하고 엄격하게 적용 필요
 - 인력 스카웃 문제에 대한 명확한 기준과 빠른 의사 결정
 - 완성차 메이커와 배터리 기업 간의 합작사 설립이 용이할 수 있도록 제도 정비
- 소재 기업의 육성과 원자재 확보를 위한 지원 정책 필요
 - 배터리 제조는 결국 소재를 확보한 상태에서만 가능하며 실제 전기차 메이커의 차량 생산 계획에 맞게 원자재를 확보 가능하도록 다양한 루트 확보 필요
 - 각국 정부는 자국내에 배터리 산업을 유치하기 위하여 각종 보조금을 지급하고 자국에 유리한 각종 규제를 만들고 있기에 이에 대한 적절한 대응이 필요
- 배터리 기술을 보유한 일본 퇴역 기술자 초빙 사업 등을 통해 배터리 산업중에 취약한 부분에 대한 보완이 필요하여 특히 전기차 화재 발생시 발생 원인을 규명할 수 있는 기술 확보 필요
 - 국내 전지 메이커가 초창기 기술 확보를 위해 일본 기술자를 영입하여 기술을 확보하였으나, 최근에는 다소 미흡한 상태로 보임
 - 국내 전기차의 각종 화재 사건시 실제 원인을 명확하게 밝힐 필요가 있고 완성차 뿐만 아니라 배터리 소재, 부품사의 모듈, 팩 조립 과정에서 일어나는 각종 화재 사건에 대해서 면밀한 원인 조사를 실시하는 것이 배터리 기술 향상을 위해 필요
 - 특히 국내 배터리 메이커의 품질 이슈는 최근 전기차 화재 발생 건수를 보면 알 수 있듯

이 여전히 해결해야 하는 과제인지라, 일본 퇴역 기술자중 배터리 생산기술 및 품질관리 기술자를 영입하여 관련 노하우를 적극 활용 필요

□ 자동차 메이커는 소량이라도 직접 EV 배터리를 만들고 시험 평가하여 자체 품질 능력 확보 필요

- 과거 산요전기의 배터리 기술 수준이 가장 높았는데 현재 도요타의 자회사인 PPES에서 상당히 근무하고 있으며 이는 상당한 기술력으로 평가됨
- 배터리 산업을 유지 발전하기 위해서는 관련 설비를 운영하는 현장 인력이 중요한 위치를 차지하기 때문에 석박사과정의 인력 뿐만 아니라 공업고등학교/전문대학의 관련 학과에 대한 교육이 무척 중요
- 국내 완성차 메이커도 일정 정도 이상의 배터리 기술자는 확보할 필요가 있으며 배터리 관련 조직을 기존 자동차 메이커의 조직 구조가 아니라 배터리 산업에 맞게 정비해야 할 필요가 있음