www.kjc.or.kr

24년 9월호

JAPAN INSIGHT

CONTENTS

SUMMARY 2

일본경제, 디플레이션 탈출의 착실한 흐름 6

양자 인스파이어드 기술로 산업 고도화 도모 11

탄소순환 경쟁력 구축에 나선 일본 화학산업 25

일본의 소셜 비즈니스와 저출생 고령화 사회 대응 36

TDK, 배터리의 숨은 강자로서 경영실적 호조 지속 46

KJCF (재)한일산업·기술협력재단
KOREA-JAPAN COOPERATION FOUNDATION FOR INDUSTRY AND TECHNOLOGY

SUMMARY

일본경제, 디플레이션 탈출의 착실한 흐름

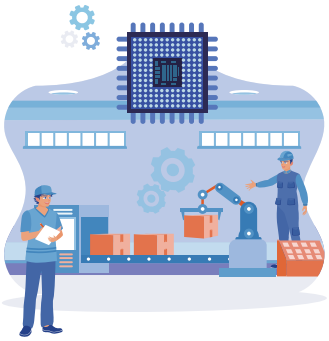
» 일본경제는 1분기 마이너스 성장에서 2분기에 실질 GDP가 전분기 대비 0.8%, 연율 환산치로 3.1% 성장. 이는 개인소비가 5분기 만에 플러스로 전환된 것이 원동력이 되었다고 할 수 있음. 또한 일본정부는 2024년 경제재정백서에서 디플레이션 탈출이 순조롭게 진행되고 있다고 평가. 다만 인력부족 문제가 일본경제 성장을 제약하므로 고령층 활용 방안 등을 모색할 필요성이 있다고 강조

» 일본은행은 디플레이션 탈출과 함께 초금융완화 정책의 정상화에 나섰음. 7월 말 정책금리를 0.1%에서 0.25%로 인상한 후, 미국 경기의 불안감 등으로 일본 포함 세계적으로 주가가 급락했으나, 일본 주식시장은 빠르게 안정을 되찾음

» 우에다 총재는 2%대의 소비자물가 달성 시 금리 인상을 계속할 것이라고 밝혔으나, 주가와 환율의 불안정성이 지속되면 금리 인상은 지연될 수 있음. 또한 9월 자민당 총재, 선거 미국 대선 등 정치적 불확실성이 금리 인상 타이밍에 영향을 줄 수 있음

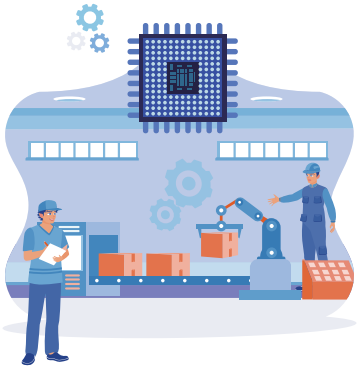
양자 인스파이어드 기술로 산업 고도화 도모

» 후지쓰와 도시바 등이 양자 인스파이어드 기술을 기반으로 한 컴퓨터 기술 개발 및 기업과의 협업을 추진하고 있음. 예를 들어 후지쓰는 병원 수술실 운영 최적화를 위해 수술실 가동률과 병원 경영 수익을 향상시키는 외과 수술 능력 최적화 프로그램을 개발해 23년 1월부터 북미시장을 공략. 또한 도요타와 협력해, 양자 인스파이어드 기술을 활용해 차량 생산 순서를 최적화함



» 반도체 제조 공정에서도 양자 인스파이어드 기술을 적용하는 사례가 나오고 있음. 일본 특수반도체 회사 로옴(Rohm)은 23년 1월부터 주식회사 Quanmatic와 협력해 반도체 제조 공정의 일부인 EDS 공정에 양자 인스파이어드 기술을 시험 도입하여, 제조 공정에서의 조합 최적화 실증실험을 진행

» 일본 주요 반도체 소재기업인 Resonac은 22년, 반도체 재료 최적의 배합 탐색에 소요되는 시간을 양자 컴퓨팅 기술을 활용해, 기존 수십 년 이상 걸리던 것을 수십 초로 대폭 단축할 수 있음을 입증. 그 외 Denso, DNP가 양자 인스파이어드 기술을 활용해 물류 효율화에 힘쓰고, KDDI가 후지쓰와 협력해 이동통신 기지국 설정 최적화로 통신 품질 개선에 성과를 보임 후지쓰와 협력해 이동통신 기지국 설정 최적화로 통신 품질 개선에 성과를 보임



탄소순환 경쟁력 구축에 나선 일본 화학산업

» 일본 화학 산업계는 중국발 석유화학 공급 과잉 압력을 극복하고 탈탄소화 과제를 해결해야 할 어려운 시기를 맞고 있음. 일본 화학 산업계 및 정부, 환경단체는 화학산업 탈탄소화를 위해 바이오 소재, 암모니아, 수소 활용 등 개별 기술을 포함해 체계적인 순환형 탈탄소화학 산업구조를 구축해야 한다고 보고 있음

» 자연에너지재단은 2023년 보고서에서 석유화학산업 탈탄소화를 위해 '선별 센터의 도입', '폐기물계 바이오매스의 유효 이용', '나프타 분해로에서의 자연 에너지 전환'을 과제로 지적함. 한편, 경산성도 석유화학산업 탈탄소화를 위해 플라스틱 폐기물, 이산화탄소, 수소를 활용하면서 기초석유화학 생산체제의 재구축을 위해 정부의 GX 지원 자금을 활용하고 있음. 또한 보고서에서 탈탄소 전환을 위해 강화해야 할 기술로 △연료전환 및 원료전환기술 △혼합플라스틱의 케미컬 리사이클 관련 기술 등을 제시함

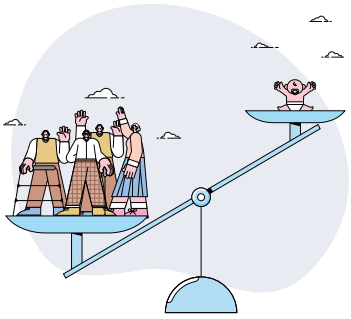
» 일본 정부 및 화학회사들은 플라스틱 폐기물을 화학생산용 재료로 활용하는 리사이클 시스템을 통해 석유화학 탈탄소화에 힘씀. 미쓰비시케미컬과 ENEOS 주식회사는 2019년에 공동 설립한 회사에서 플라스틱 폐기물을 석유정제·석유화학 원료로 재생 이용하는 케미컬 리사이클을 실시. 스미토모화학은 플라스틱 폐기물을 직접 분해하여 올레핀을 제조하는 기술을 개발중

일본의 소셜 비즈니스와 저출생 고령화 사회 대응

» 일본 정부는 그동안 다양한 저출생 대책을 시행해 왔으나 문제 해결이 쉽지 않아 새로운 정책을 모색하고 있음. 내각부는 2023년 '어린이 미래전략'에서 젊은 층 인구가 급격히 감소하는 2030년까지가 저출생 문제를 반전시킬 수 있는 중요한 분기점으로 인식함. 특히 가장 중요한 포인트가 젊은 층과 육아 세대의 소득을 증가시키지 않으면 저출생 반전은 어렵다고 명확하게 인식하고 있는 부분임

» 일본정부는 저출생 해결을 위해 (1)생애주기별 양육관련 경제적 지원 강화 및 젊은 세대 소득향상을 유도 (2)모든 어린이와 양육세대를 대상으로 지원 확충 (3)맞벌이 및 함께 하는 육아 추진이라는 '가속화 플랜'을 수립해 3년간 집중 지원할 계획임

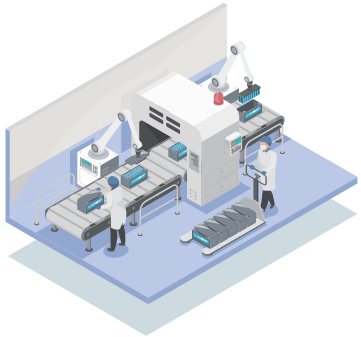
» 경산성은 육아, 요양보호, 환경대책, 지역활성화 등 사회적 과제를 비즈니스를 통해 해결하는 소셜·커뮤니티 비즈니스를 지원하고 선진 사례를 모아 사례집으로 발표함. 사례집에서는 (1)지역활성화를 위한 인재육성 및 시스템 정비 기여 (2)양육지원 및 고령자 대책 등 지역 문제에 대응하는 기업 (3)사회기업가 육성 및 창업, 경영지원 관련 기업 (4)소셜 비즈니스 활성화 관련 금융, 세제 지원 등으로 구분해 놓음



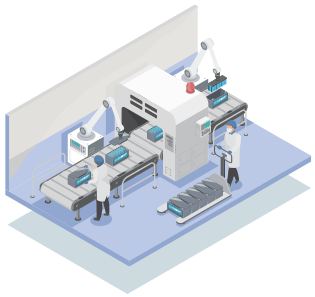
TDK, 배터리의 숨은 강자로서 경영실적 호조 지속

» TDK는 수동부품, 센서, 자기, 에너지 등 각종 전자 부품을 제조하는 전형적인 B2B 소부장 기업임. 과거, 음악 테이프로 세계시장을 석권해 소비자들에게도 브랜드 인지도가 높은 특이한 기업으로, 최근에는 스마트폰용 배터리 사업에 호조를 보이고 있음

» TDK의 스마트폰용 소형 2차전지는 중국 자회사인 ATL에서 주로 생산됨. TDK가 소형 배터리 시장에서 단시일에 도약할 수 있었던 이유는 ATL를 인수한 덕분임. ATL은 CATL의 창업자인 로빈젠(曽毓群)이 창업했으며, 그는 CATL를 창업하기 이전부터 TDK와 협력해 왔음. 한편, 미중대립 등 지정학적 리스크에 대응하고자 중국+1 거점전략도 실시해, 25년부터 인도에서 배터리 생산을 할 예정



» TDK는 충·방전이 가능한 올세라믹 고체전지인 CeraCharge의 차세대 제품으로 기존 제품보다 약 100배의 에너지 밀도를 지닌 1,000 Wh/L의 전고체전지용 소재개발에 성공했다고 발표. 실리콘 사용 음극재 약점을 보완하기 위한 기술 개발도 진행 중으로, 소형 배터리에서 향후 EV 등 대형 배터리 분야까지 사업이 확장될 가능성도 있음



일본경제, 디플레이션 탈출의 착실한 흐름

임금, 소비, 물가의 선순환

일본경제가 1분기 마이너스 성장에서 회복되면서 2분기 실질국내총생산(GDP) 성장률(1차 발표치)은 전분기대비 0.8%, 연율 환산치로 3.1%의 플러스 성장을 기록했음

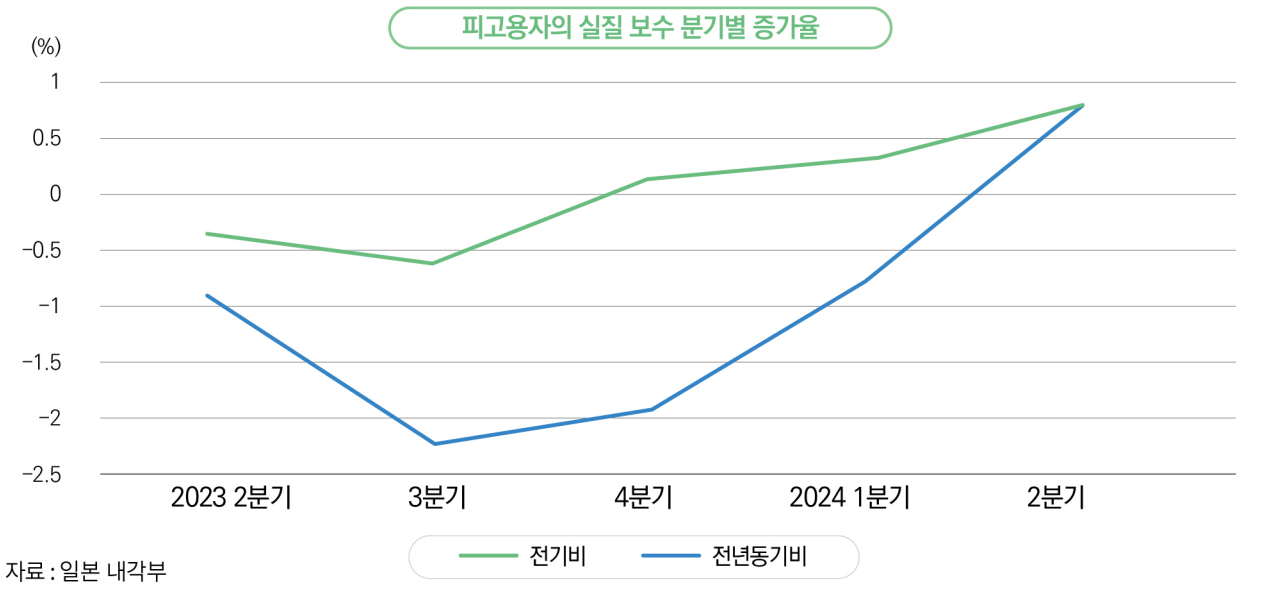
» 명목GDP 성장률은 전분기 대비 연율로 7.4%를 기록하여 처음으로 600조엔을 돌파해 607조엔을 기록했음

» 다만 장기금리가 급격히 상승할 경우, 유동적으로 국채 매입액 증액, 금리 지정식 국채매입 방식 활용 등에 나설 수 있음

» 수요항목별 연율 성장기여도를 보면 개인소비가 2.2%p, 민간주택 0.2%p, 설비투자 0.6%p, 공공수요 0.9%p로 내수 대부분이 성장에 기여했음

- 순수출은 -0.4%p였지만 수출은 1.2%p 플러스였음. 수입이 -1.6%p를 기록한 것이 순수출의 마이너스 요인이 되었으나, 수입 급증은 일본 내수 호조를 의미하기도 함

피고용자 소득 개선 추세



자료 : 일본 내각부

그동안 상대적으로 부진했던 개인소비가 5분기 만에 플러스가 된 이유는 GDP 통계 기준의 실질 피고용자 보수가 전분기 대비 0.8%, 전년동기 대비 5분기만에 플러스로 돌아선 것이 원동력이 됐기 때문임

» 일본기업은 수익에서 호조세를 보이나 인력부족 문제가 심해지고 있음. 한편, 일본인들은 디플레이션 심리가 약해지고 임금상승세도 높아져, 이것이 소비확대로 이어짐

» 임금인상과 함께 소비자물가 상승률(신선식품 제외 기준)도 7월 2.7%를 기록, 일본은행이 목표로 하고 있는 2% 물가가 지속

» 물가상승 기조 속에서도 실질임금은 지난 6월 전년동월비 1.1%로 27개월 만에 플러스를 회복

- 6월 실질임금 증가세 전환에는 보너스 증가 등 일시적인 요인도 작용해 계속 지속될지 불확실한 부분도 있으나, 일본 연구기관들은 하반기에 실질임금이 플러스로 회복할 것이라 예상

» 임금 상승과 함께 소비가 회복되고 물가 상승 심리도 확대되면서 일본경제의 디플레이션 기조 후퇴가 명확해지고 있음

최저 임금이 인상되어 대학생 아르바이트 보수도 증가, 이들의 오락 관련 지출은 1980년대 말에서 1990년대 초 버블 경제기 수준으로 회복되는 등 디플레이션 경제 탈피의 구조적 변화를 보여 주는 현상도 나타남

» 학생생활실태조사(전국대학생활협동조합연합회) 결과에 따르면 대학생들의 취미활동, 여행, 콘서트, 브랜드 쇼핑 등 오락 관련 지출은 1992년의 1만 3,390엔에서 급락해 2001~2018년까지 1970년대 말 수준인 8천엔에서 1만엔 전후로 정체됐으나 2023년에는 1만 2,840엔으로 증가함 (学生,自給自足の「推し活」 バイト代, 30年で1.5倍仕送り減でも購買力, Nikkei, 2024.8.19.)

» 2023년 기준으로 대학생이 부모에게 받는 용돈은 버블 경제기 대비 30% 감소했으나 아르바이트 수입이 이를 보완한 것으로 나타남. 이를 통해 학생들의 오락 관련 지출이 버블 경제기 수준으로 회복한 것으로 보임

» 버블 경제기 대학생들은 브랜드 쇼핑이나 스키 리조트 여행, 자가용차(중고차 포함) 구입 등 화려한 소비가 중심이었음. 그러나 최근에는 콘서트, SNS 등 자신의 취미를 위한 체험성 소비를 중시하는 등 소비가 다양한 분야로 분산되어 하나의 제품, 서비스가 압도적인 붐을 일으키기가 어려운 부분도 있음

일본경제는 구조적으로 변화하면서 금년 하반기 이후에도 견실한 성장세를 지속할 것으로 보임. 일본정부가 2024년에 발간한 경제재정백서에서도 디플레이션 탈출의 흐름이 확실해지고 있다고 평가함

» 가격 인상을 자제하던 일본기업들도 임금상승분을 가격에 전가하는 움직임이 커지며, 지금은 확실하게 디플레이션 상황이 아니라고 함

» 다만, 백서에서는 향후 디플레이션 경제로 돌아가지 않는 것을 확인한 후 디플레이션 탈출 여부를 정해야 한다고 강조

» 일본 정부는 물가가 지속적으로 하락하지 않고, 다시 디플레이션 상태로 되돌아가지 않는 것을 디플레이션 탈출이라고 정의

이와 함께 경제재정백서는 인력 부족 문제가 일본경제 성장을 제약하고 있음을 지적하며, 지속적으로 고령층을 활용하는 제도 정비를 해야 한다고 강조

» 일본 고령자는 전세계 대비 상대적으로 건강하고 일하고자 하는 의욕도 강하다고 백서는 분석. 이와 함께 고령자의 정년 연장은 인건비 비율을 상승시키나 기업 수익률에 관해서는 통계적으로 유의미한 차이는 없었으며, 정년 연장이 기업 업적에 미칠 영향은 작다고 결론을 내림

» 고령자 활용을 촉진하는 제도개혁의 중요성을 강조하고, 고령자가 연금을 일부 받으면서 일할 수 있도록 하는 것이 중요하다고 함

» 일본기업의 고용 관행때문에 지명 해고가 어려워 정년제도는 기업이 해고하고 싶은 인력을 해고할 수 있는 기회인 것은 사실임. 이를 고려하면 고용 보장과 해고의 자유를 균형 있게 설계하는 것도 고령화 사회 대응에서 중요함

- 일정 연령을 지난 근로자에게는 기업에게 정리해고 자유도를 주고(지명 해고에 대한 현금 보상 규칙 강화, 퇴직금 배려 및 퇴직금 외부 적립 철저화 등) 고령자의 정년 연장 및 정년 폐지, 연령으로 인한 차별 금지 등을 모색

일본은행 금융정책 정상화 자세 유지, 미국 대선 결과 불확실성

일본경제의 디플레이션 탈출과 함께 일본은행은 초금융완화 정책의 정상화에 나섬. 지난 7월 말, 정책금리를 0.1%에서 0.25%로 인상한 이후, 미국 경기의 불안감으로 인해 일본을 포함해 세계적으로 주가가 급락했으나, 일본 주식시장은 바로 안정을 되찾았음

» 일본은행 우에다 총재는 8월 23일 국회에서 향후 금융 정책에 관해 2%대의 소비자물가가 달성되면 지금의 초금융완화 정책을 조정해 나가겠다고 발언함. 이는 추가적으로 금리 인상을 계속하겠다는 뜻임

» 일본경제가 2024년 하반기 이후에도 플러스 성장 추세를 보이고 2025년에도 1% 내외의 성장세를 유지하는 한편 소비자물가 상승률이 일본은행 예상대로 2%대를 계속 유지할 경우 일본은행은 2026년 초반 정도까지 현재 0.25%의 단기 정책금리를 0.75~1% 수준으로 인상할 가능성도 있음

» 2024년 중에 또 한 차례 금리를 인상할 가능성이 있으나 지난 8월 7일에 일본은행 우에다 총재가 '주가와 환율이 혼란한 상황에서는 금리를 인상하지 않겠다'고 발언했음. 일본 및 세계 금융시장이 불안한 기조가 있으면 추가금리 인상을 2025년 이후로 연기할 가능성이 있음

9월 자민당 총재 선거, 10월 혹은 11월에 있을 수 있는 총선거, 11월 미국 대통령 선거 등 불확실한 정치 일정도 일본은행으로서는 금리인상 타이밍을 결정하는 데에 어려움이 있을 것임

» 특히 미국 대선이 끝나면 정책의 불확실성이 해소되는 효과도 있으나 선거 결과에 따라 미국경제의 소프트랜딩 시나리오가 어려워질 가능성도 경계

» 트럼프 후보가 중국에 60% 관세율, 각국에 10%의 일반 관세율을 부과하겠다는 공약을 실제로 이행할 경우 각국의 보복 관세나 보호주의 정책의 확산을 초래하여 세계경제가 위축될 수도 있음

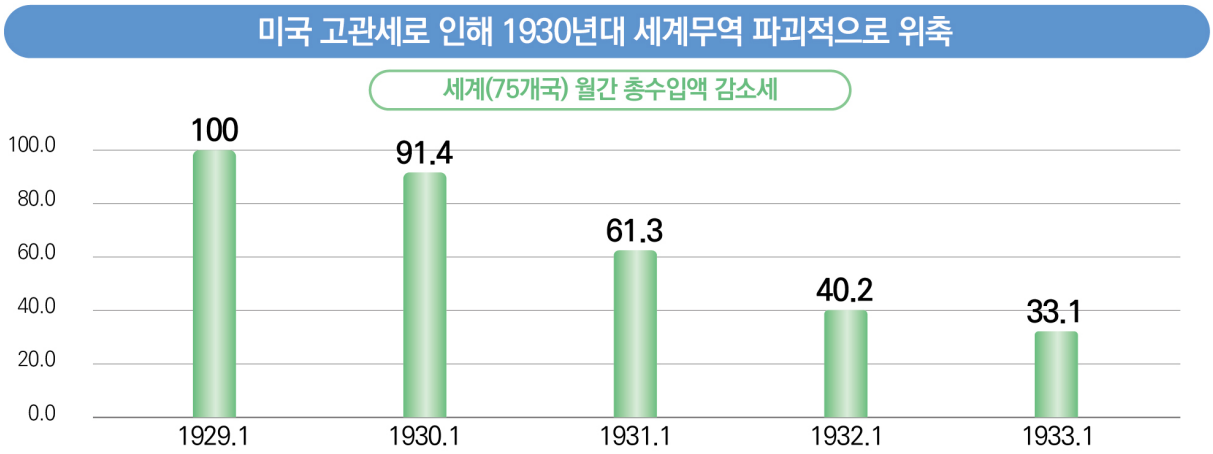
» 미국 및 중국경제의 성장세가 급락할 경우 일본경제도 타격을 받을 수 있음

- 물론, 가능성은 높지 않다고 볼 수 있으나 미국 경기의 소프트랜딩과 어느 정도의 금리 인하라는 기본 시나리오가 무너져 미국경제의 위축과 함께 미국 금리가 다시 리먼쇼크 직후나 코로나19 위기 직후와 같이 0%대로 하락할 경우 엔화의 급등락 현상이 일본경제나 기업에게 부담이 될 수 있음. 그렇게 되면 일본은행도 다시 초금융완화 정책으로 극심한 엔고를 억제하는 방향으로 급선회할 수도 있음

- 코로나19 위기 때도 리먼쇼크 이후와 같이 미국 금리가 0%대로 떨어졌으나 일본은행의 대규모 금융완화 정책으로 극심한 엔고는 피한 바 있음. 만약 이번에 디플레이션 탈출 환경에서 초금융완화 정책으로 다시 회귀할 경우 일본 서민층의 물가 상승에 대한 불만은 정치적 부담이 될 수도 있음

» 역사적으로 보면 미국의 고관세 정책은 1929년에 시작된 미국발 대공황을 세계 각국으로 확산시키는 역할을 했음. 악명 높은 '1930년 관세법(일명, The Smoot Hawley Tariff Act)'은 당시 2만 개 정도되는 미국의 수입 품목 평균 관세율을 33%에서 40%로 7%p 올림. 이는 독일 등 유럽경제 파탄, 나치 대두와 제2차 세계대전의 원인을 제공

- 그림과 같이 세계 무역은 미국의 고관세 정책으로 인해 괴멸적인 수축현상을 보인 바 있음



자료 : キンドルバーガー,『大不況下の世界』, , 東京大学出版会, 1982.1.1.

물론, 미국이 의회를 포함한 범 정치권에서 자유롭고 개방적인 무역 체제라는 세계경제의 중요한 인프라를 파괴할 결정을 내리지는 않을 가능성이 높지만, 불확실한 상황이 당분간 지속될 전망

» 대중 관세율 인상은 통상법 301조 등을 근거로 대통령 권한으로 어느 정도 가능함. 그러나 동맹국을 포함한 각국에 대한 일률적인 관세율 인상에는 의회 승인을 필요로 하는 새로운 법률이 필요할 수 있음. 미국 대선과 함께 실시될 상하원 의원 선거의 향방도 주목받고 있음

양자 인스파이어드 기술로 산업 고도화 도모

양자컴퓨터 과도기의 양자 인스파이어드 활용 사례 확대

미시적인 세계에서 물체의 존재가 불확실성을 가지며 1이면서 동시에 0인 상태로 존재하는 중첩과 같은 물리현상이 발생함. 이러한 이유로 우리가 현실 세계를 세밀하게 파악하는데 기술적 한계가 존재함. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 원자와 같은 양자비트를 활용한 양자컴퓨터가 필요함

» 양자 컴퓨터는 현재의 디지털 컴퓨터 기술을 대체하여 보다 고차원적인 인공지능(AI)을 실현할 것으로 기대되며 현재 미국, 중국이 개발을 주도하고 있음. 그러나 상용화에는 앞으로도 많은 시간이 소요될 전망

- 최근 연구에 따르면 인간 두뇌의 정보 처리 과정에서 양자 물리적인 현상이 확인되기 시작했으며, 단순한 디지털 컴퓨팅 기술로 인간 지능이나 의식을 완전히 재현하는 데에 대한 한계가 있음

» 이처럼 잠재력은 크나 실현까지 시간이 걸릴 것으로 보이는 양자 컴퓨터 기술을 구글 등 주요 빅테크 기업들이 계속해서 개발 중인 가운데 일본 산업계에서는 양자 컴퓨터개발과 함께 디지털 컴퓨터에서 양자 현상을 참고하여 복수의 연산 고속화 기술을 적용한 양자 인스파이어드(Quantum Inspired) 기술에 주목해 왔음. 이 기술은 기존 범용 컴퓨터로는 거의 불가능한 복잡한 계산을 고속으로 처리할 수 있으며, 그 적용 사례가 꾸준히 확대되고 있음

- 양자 인스파이어드 기술은 양자 현상인 중첩(1이기도 하고 0이기도 한 상태), 얽힘(2개 이상의 양자 입자, 비트가 아무리 멀리 있어도 서로 연계되고 한쪽 상태가 변화하면 다른 한쪽도 변화하게 됨) 등의 양자현상을 참고로 연산기술을 개선하여 기존 디지털 컴퓨터로도 고도의 계산 능력을 발휘할 수 있도록 하는 것임 (이지평, 경제시평 양자응용 기술 앞서가는 일본, 내일경제신문, 2024.8.20.)

일본 기업 중에는 후지쓰와 도시바 등이 양자 인스파이어드 기술을 기반으로 한 컴퓨팅 기술 개발을 여러 기업과 협업하고 있음

» 양자 인스파이어드 기술이 어느 정도 성과를 거둘지 불확실한 부분도 있으나 일본에서 이를 활용한 혁신 사례가 다양해지고 있음. 자동차 산업, 물류, 농업 이노베이션에 활용되기도 함

» 양자 인스파이어드 기술이 각 분야에서 확산되고, 관련 소프트웨어가 기업에서 개발되어 응용 능력이 강화되는 것은, 추후 본격적인 양자 컴퓨터 기술이 상용화될 때에도 우위를 점하기 쉽게 만드는 요인으로 기대되고 있음

도시바 디지털 솔루션즈 주식회사는 미국의 Strangeworks, Inc.와 사회적 과제를 해결하기 위해 양자 인스파이어드 최적화 기술 협업을 강화함. 또한 Strangeworks가 추진하는 양자 기술 클라우드 플랫폼「Strangeworks Platform」에서 도시바 디지털 솔루션즈의 양자 인스파이어드 최적화 솔루션 'SQBM+'를 본격적으로 제공하기 시작함

*東芝デジタルソリューションズ株式会社, 量子技術のためのクラウドプラットフォーム「Strangeworks Platform」で, 量子インスパイアード最適化ソリューション「SQBM+™」の提供を開始, 2024年4月25日

» 다양한 최적화 서비스를 원스톱으로 이용할 수 있는 Starangeworks Platform을 통해 SQBM+를 쉽게 도입할 수 있음

» SQBM+는 주식회사 도시바가 개발한 기술「시뮬레이티드 분기 알고리즘」을 이용한 조합 최적화 솔버인「시뮬레이티드 분기 머신」을 핵심으로 한 양자 인스파이어드 최적화 솔루션임

» 조합 최적화는 포트폴리오 최적화, 신약 개발, 물류 관리와 같은 중요한 과제를 해결하기 위한 효과적인 접근 방식임. 실제로 SQBM+를 이용하는 고객에게는 금융 서비스, 항공우주, 에너지 분야 등 대기업이 포함되어 있음

» Strangeworks는 양자 기술을 위한 클라우드 플랫폼을 제공하는 미국의 양자 소프트웨어 기업으로, 다양한 과제에 양자 기술을 적용하는 방법을 지원함

» Strangeworks Platform은 다양한 양자 기술을 쉽게 이용할 수 있는 기업용 QaaS(Quantum as a Service)의 에코시스템으로 클라우드 환경 구축이나 운영 관리가 필요 없음

» 이번에 Strangeworks Platform에서 제공하는 SQBM+는 계산 시간당 종량제 요금으로 이용할 수 있음. 최대 1,000만 변수의 문제에 대응 가능하며, 복잡하고 대규모 문제의 고정밀한 근사해(近似解)를 단시간에 구할 수 있음

» 또한 Strangeworks Platform의 주력 최적화 서비스인 Strangeworks Optimization Service에서 제공됨으로써, Strangeworks Platform이 제공하는 다양한 최적화 솔버와 SQBM+를 함께 사용할 수 있음

» Strangeworks Optimization Service는 솔버에 관계없이 문제 데이터의 입력 형식이 통합되어 있음. 고객은 문제 데이터를 생성하기 위한 프로그램을 한 번 만들면, 그 코드를 1행 변경하는 것만으로 다양한 솔버에 적용할 수 있으며, 이를 통해 문제에 가장 적합한 솔버를 쉽게 선택할 수 있음

» 도시바 디지털 솔루션즈는 양자 인스파이어드 분야에서 탄탄한 실적을 쌓아 온 최적화계산의 전문가이며, SQBM + 솔버는 탁월한 확장성으로 Strangeworks 고객 기업에 입증 가능한 가치를 제공

후지쓰의 경우 양자 인스파이어드 기술로서는 Digital Annealer(Annealing은 열처리 기법)라는양자현상을 활용한 컴퓨팅 기술을 개발해 기존 범용 컴퓨터로도 효율적으로 최적의 순회 경로를 찾는 문제를 해결

» 예를 들면 세일즈맨이 각 도시를 효율적으로 방문할 수 있는 경로를 선택하는 문제가 있음. 도시 수가 5개면 120가지 조합이 가능하나, 32개 도시가 되면 263X10의 33승이란 조합이 나와, 수퍼 컴퓨터로도 풀기 어려움. 후지쓰는 2018년에 제1세대 양자 인스파이어드 기술을 개발해 이 문제를 해결함

» 후지쓰는 4세대 모델에 대규모 Annealing Core(Multi GPU 탑재)라는 독자적인 기술을 사용해 최적화 문제를 빠르게 해결함. 또한 API를 추가해 입력 데이터의 양도 줄여 입력할 때 발생할 수 있는 복잡함을 줄임

예를 들어 후지쓰는 병원 수술실 운영 최적화를 위해 수술실 가동률과 병원 경영 수익을 향상시키는 'Surgical Capacity Optimization(외과 수술 능력 최적화, SCO)'를 개발하여 2023년 10월부터 북미 시장에 판매함

*富士通株式会社, PRESS RELEASE, 米国 Baptist Health South Floridaと有効性を検証した手術室の稼働率を向上させるオファリングを提供し、ウェルビーイング向上に貢献, 2023年9月14日

» 복잡한 제약 조건에 대한 대응 능력을 더욱 강화하여, 시스템의 편의성도 한층 향상되었음

» SCO'는, 후지쓰의 양자 인스파이어드 기술인 「Fujitsu Quantum-inspired Computing Digital Annealer」를 활용한 것임. 수술 전후의 환자 치료 스케줄에 맞춰 수술실이나 수술에 필요한 장비·인력 등의 스케줄을 신속하게 제시할 수 있음

» 환자의 수술 대기 시간을 단축하고 수술실 가동률을 개선해 병원 수익 향상을 실현함

» 미국 Baptist Health South Florida(BHSF)의 병원 중 하나인 Doctors Hospital에서 실증 실험을 통해 수술이 집중되는 골든 타임(평일 7시 반부터 17시 반까지)의 이용 가능 시간이 3개월간 37% 개선되는 성과를 확인할 수 있었음

» 수술 스케줄을 작성하는 과정에서 고려해야 할 변수가 많아 기존의 수작업으로는 효율적인 스케줄을 작성하거나 일정 변경에 신속하게 대응하기가 어려웠음

» 수술팀에는 외과의사를 비롯한 마취과 의사, 간호사, 영양사, 물리 치료사 등 많은 관계자가 있어 각 전문 분야에서의 최적화가 전체 최적화와 충돌할 수 있기 때문에, 병원 내 모든 수술실을 대상으로 한 효과적인 스케줄을 구축하기 어려웠음

» 이러한 과제를 해결하기 위해 후지쓰는 병원 수술실 운영 최적화를 위해 고도의 최적화 기능을 탑재한 'SCO'를 개발하여 판매함

» SCO 개요: SCO는 수술실의 과거 실적 데이터와 미래 예측 데이터를 분석하는 기능 추천 엔진을 통해 전자 의무 기록 시스템에 기재된 수술 예정일로부터 수술실 스케줄을 적절한 단위로 구분하여 최적화를 수행

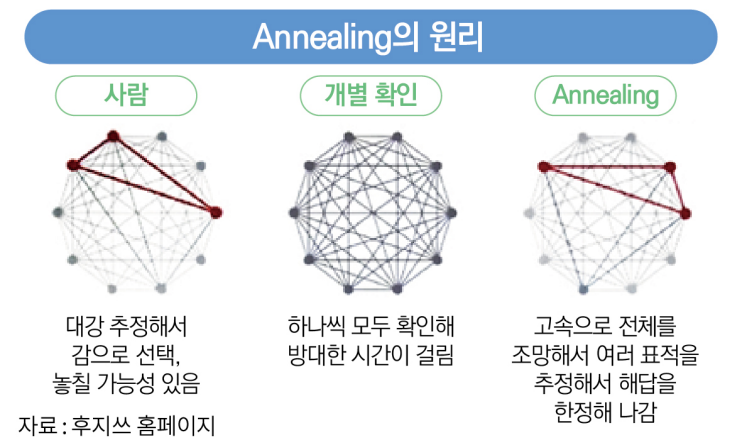
- 수술로 의료 생산성을 향상시키기 위해 개별 수술 의료진의 스케줄에 맞는 블록(수술실 이용 시간대)의 적절한 수와 배분을 고려하여 골든 타임에 최적인 수술실 타임 테이블을 작성하여 수술팀에 제시함
- 또한 「SCO」에는 수술실 환경을 디지털 트윈으로 재현하는 기능이 도입되었음. 이 기능을 통해 외과의사나 주요 의료진, 수술실 및 의료장비 등 수술 시설을 디지털 트윈으로 재현하여 잠재적인 영향을 사전에 시각화 할 수 있음
- 이를 통해 스케줄을 작성하는 팀은 수술실 스케줄에 영향을 주지 않고 블록당 수술 스케줄 변경, 수술 가능 시간 연장, 신규 장비 교체 등을 할 수 있음. 또한, 병원 경영진은 수술실 가동률과 병원 수익에 미치는 영향을 파악할 수 있어 스케줄이나 설비 투자 등 중요한 의사 결정을 지원함
- SCO는 수술실의 정확한 가동률과 이용 예측 데이터를 제공함으로써 환자 수요에 맞춰 수술 대기 기간을 단축하고, 필요한 의료 서비스를 신속하게 진행할 수 있도록 도움. 미사용 수술실의 시간을 활용하여 가동률을 향상시켜 지역 사회에서 병원의 가치를 높이고, 모든 사람의 웰빙 향상에 기여

» BHSF의 병원 중 하나인 Doctors Hospital의 14개 수술실을 대상으로 한 실증 실험에서는 Doctors Hospital의 전자 의무 기록 시스템 데이터 및 수술실 이용 실적 데이터를 바탕으로 최적의 스케줄을 제안하고, 이를 바탕으로 수술팀이 디지털 트윈을 활용하여 수술 스케줄을 결정했음. 이를 통해 골든 타임 수술실 가용 시간을 3개월간 37% 늘리는 데 성공함

후지쓰의 양자 인스파이어드 기술인 Digital Annealer

후지쓰 연구소는 양자 현상에서 아이디어를 얻어 「디지털 어닐러」라는 새로운 컴퓨터 아키텍처를 개발했다. 디지털 어닐러는 복잡한 문제를 해결하는데 특화된 시스템으로, 특히 '조합 최적화 문제'를 빠르게 해결할 수 있다.

디지털 어닐러라는 명칭은 금속 가공에서 사용되는 '어닐링'이라고 불리는 물리 현상에서 유래한다. 어닐링은 금속을 가열한 후 서서히 냉각시켜 안정된 상태로 만드는 과정이다. '물을 끓인 후 천천히 냉각하면 투명하고 깨끗한 얼음이 생긴다'는 비유로 이해하면 된다. 이처럼 디지털 어닐러는 복잡한 문제를 고속으로 해결하는 과정에서 최적의 상태를 찾아내는 역할을 한다.



자료 : 후지쓰 홈페이지

조합 최적화 문제에서 어닐링은 매개변수를 조금씩 변경하며 최종적으로 가장 안정적인 상태를 찾는 과정이다. 디지털 어닐러는 이 원리를 이용해 특정 수식을 기반으로 매개변수를 변경하여 최적의 솔루션을 제공한다.

기존 컴퓨터 기술은 모든 경우의 수를 하나하나 시도해야 하므로 계산에 방대한 시간이 필요했다. 반면, 인간은 경험을 바탕으로 대략적인 답을 도출할 수 있어도, 그 답이 최선인지 여부는 경험에 의존하기에 중요한 부분을 놓칠 가능성도 있다.

디지털 어닐러는 문제를 전체적으로 파악하고 핵심 포인트를 잡은 다음, 부족한 부분을 보완해 나가기 때문에 중요한 요소를 놓칠 가능성이 매우 낮다.

디지털 어닐러의 소프트웨어 개발은 여러 단계로 이루어진다. 우선, 해결할 과제를 선정하는데, 이는 복잡한 의사 결정이나 조합이 너무 많아 기존 방식으로 해결하기 어려운 문제를 선택하는 것이 좋다. 다음으로 현재 그 과제를 어떻게 해결하고 있는지를 분석하고, 디지털 어닐러를 사용했을 때 얼마나 개선할 수 있는지 목표를 설정한다. 여기까지가 준비단계에 해당한다.

다음에 선택한 과제가 실제로 조합 최적화 문제로 풀 수 있는지 검토한다. 선택사항을 조사하고 이를 조합하여 해결책을 낮는 문제로 변환한다. 이후 제약 조건을 나열하고 평가 방법을 결정하여 이를 수식으로 공식화할 수 있다. 이 수식을 만드는 것이 디지털 어닐러의 코딩이다.

예를 들어 저녁식사를 선택하는 문제를 공식화 할 때 각 옵션을 1비트 변수로 나타내고, 제약 조건은 이 변수의 관계식으로 표현한다. 제약 조건 반영한 평가식은 작은 값일수록 더 좋은 결과를 만든다. 이렇게 만들어진 수식을 디지털 어닐러에 입력하면, 평가식이 가장 작은 값이 되도록 변수 조합을 찾아낸다.

디지털 어닐러 내부에서는 모든 변수를 무작위로 변경하며 최적해를 찾는다. 초기에는 평가식이 악화될 가능성도 허용하나 시간이 지남에 따라 이러한 변화의 허용범위를 줄여가며 최적해를 찾아내는 방식이다. 이는 전반적인 변수 변화를 통해 단시간에 최적해를 얻을 수 있도록 돕는다.

후지쓰의 디지털 어닐러는 기존 디지털 회로를 사용하기 때문에 일반적인 설비로 구동할 수있다. 반면, D사의 머신은 초전도 회로를 사용하여 초저온 상태에서만 작동하며 X사의 머신은 광 파라메트릭 발진 원리를 이용하여 대규모 장치가 필요하다. 이러한 점에서 후지쓰의 디지털 어닐러는 실용적이고 접근성이 뛰어나다.

후지쓰가 2018 년에 출시한 1 세대 디지털 어닐러는 1,024비트로 시작하여 32개 도시문제를 해결할 수 있었고, 3세대에서는 8,192비트를 달성하였으며, 4세대 모델에서는 최대 10만 비트의 문제까지 대응할 수 있다. 이는 더 복잡한 문제를 더 빠르게 해결할 수 있는 성능을 제공한 것을 의미한다.

자료:富士通, 量子インスパイアード技術の活用 「組合せ最適化問題」をアニーリング方式で解決する「デジタルアニーラ」とは, 2018年5月17日 富士通 デジタルアニーラご紹介, 2022

자동차 생산의 고도화에 양자 인스파이어드 기술 활용

자동차 분야는 기능의 전자화와 EV화, 자율주행화가 동시에 진행되고 있음. 완성차 업체의 소프트웨어 개발 부담도 커져, 이를 양자 인스파이어드 기술로 효율화하려는 시도가 늘고 있음

» BMW 그룹은 전문 양자 컴퓨팅 팀을 구성하고 개발, 생산, 유통 등 다양한 분야에서의 실제 문제를 양자 인스파이어드 알고리즘으로 재구성해 해결함으로써 기업의 가치창출에 기여하고 있음(森脇稔, BMWグループ、量子コンピューターの研究を加速…ドイツの大学に新たな教授職, 2024年1月23日)

» 예를 들어, 아마존 웹 서비스와의 협력으로 차체 하단의 실링 작업 시 로봇 암의 움직임을 최적화함. 뮌헨 공장의 사이클 타임을 최대 10% 단축할 수 있는 양자 컴퓨팅 인스파이어드 알고리즘을 발견함

» 다른 유망한 사용 사례로 배터리 및 연료 전지 시뮬레이션, 차량 공기 역학 및 음향 수치 시뮬레이션, 기계 학습 모델의 효율적인 트레이닝 등이 있음. 오늘날 이러한 컴퓨팅 집약적인 프로세스 처리는 종종 새로운 어플리케이션 및 제품 개발의 병목현상이 되고 있으므로, 이번과 같은 개선이 효과가 있을 것임

» BMW 그룹은 QUTAC 컨소시엄의 공동 창립자임. 이 컨소시엄에는 독일의 11개 대기업이 산업계의 관점에서 양자 컴퓨팅을 촉진하고 응용 관련 연구를 진행함. 또한 BMW 그룹은 실제 산업 사용 사례를 통해 양자 컴퓨팅의 잠재력을 조사하기 위해 우수한 학술 파트너와 상업 기업, 스타트업 등 다른 시각을 가지고 모인 총 4개의 자금 지원 프로젝트의 멤버이기도 함

도요타자동차도 후지쓰와 협력하여 양자 인스파이어드 기술을 활용하며 차량 생산 순서의 최적화에 주력하고 있음

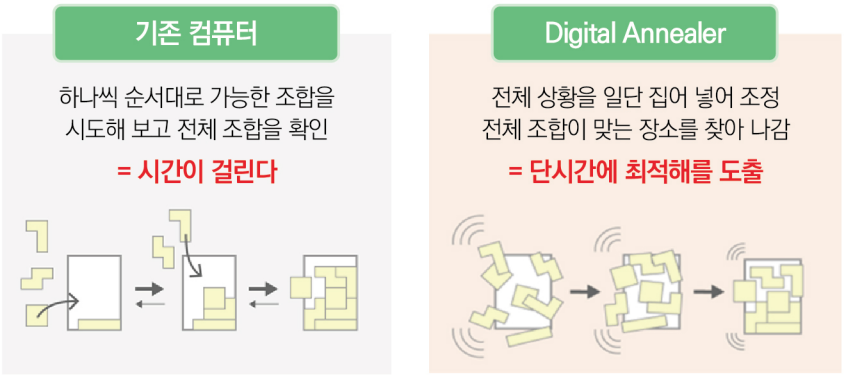
*富士通H.P., 量子インスパイアード技術活用による車両生産順序の最適化,2024.8.12. 검색

» 도요타자동차의 저스트인타임(JIT) 생산 방식에서는 생산 효율을 최적화하는데 평준화라는 개념이 있음. 생산할 제품(고객에게 수주받은 것)의 종류와 양을 종합적으로 평준화하는 것임

» 예를 들어 A제품 100개, B제품 100개, C제품 50개를 주문받았다고 가정하면 이를 하나의 라인에서 생산할 경우, 「A제품→B제품→C제품」의 순서로 생산하는 것이, 제조 제품이 바뀔 때마다 발생하는 가공기나 도구·장비 세팅을 변경하는 작업의 부담을 줄일 수 있어서 효율적이라고 생각하기 쉽지만, 실제로 다음과 같은 문제가 발생함

- B, C제품을 만드는 시기에 A제품의 추가 주문이 들어와도 즉시 대응할 수 없음
- 공정수가 가장 많은 제품을 기준으로 정리하여 제조하기 위해 재고나 인력, 설비에 낭비가 발생할 수 있음
- 과잉 생산이나 재고 낭비를 시각화하기 어려워져서 작업개선의 포인트를 찾기 어려워짐

후지쓰의 양자 인스파이어드 기술 구조 이미지



자료 : 富士通H.P., 量子インスパイアード技術活用による車両生産順序の最適化, 2024.8.12.

» 평준화의 장점은 제조하는 순서를 평준화하여 「A제품→B제품→A제품→C제품→A제품」과 같이 번갈아 제조함으로써 재고나 재료 조달에 있어 어려움이나 낭비, 생산 리듬의 부조화를 없앨 수가 있고, 고객의 요구 변경도 대응하기 쉬운 것임

» 다만, 평준화라고 해도 단순하게 「A, B, C, A, B, C」 처럼 순서대로 재정렬하면 최적화되는 것이 아님. 실제 현장에서는 장비 배치나 제조 차량의 형태, 직원 인건비 등 다양한 제약조건에 따라 최적의 조합이 달라짐

» 최적의 생산조합을 산출하기 위해 모든 조합 패턴 중에서 최적해를 구하려고 하면, 기존 컴퓨터에서는 문제가 발생함

» 3대의 차량 제조 생산 순서에 대한 총 조합 수는 「6가지」, 4대의 경우는 「24가지」로 그 수가 적을 때는 최적 조합을 찾아내기 쉬움. 그러나 5대의 경우는 「120가지」, 6대의 경우 「720가지」, 7대의 경우 「5,040가지」로 생산 대수가 1개 늘어날 때 마다 총 조합 수는 기하급수적으로 증가함. 10대의 차량 제조 생산 순서에 대한 총 조합 수는 「3,628,800가지」로 100만 가지가 넘어 버림

» 하루 1,000대를 공장에서 제조할 경우, 1000개의 총 조합 수는 무려 약 4.02×102567로, 2,568자리수라는 천문학적인 수치가 됨. 여기에 제조 공정 수까지 곱하면 그 조합수는 더 방대해짐

» 이 끝없는 생산 패턴 조합 수 중에서 최적의 조합을 찾으려면 기존 컴퓨터로는 아무리 처리 속도가 빨라도 현실적으로 업무 운용 가능한 시간에 조합을 생성할 수 없음. 여기서 디지털 어닐러를 활용하는 것임

» 디지털 어닐러는 ABC의 조합을 오셀로와 같은 판에 담아 계산해 감

» 거기에 △여러 종류의 차를 동시에 제조할 수 없다 △전기차는 2제품 분의 생산 라인 공간을 비워야만 제조할 수 있다 △검정색 차량은 연속으로 제조할 수 없다 등의 조건을 설정

» 제한을 정의하고 무수한 조합 중에서 최적의 패턴을 필터링함. 그리고 이들 수식에 대입해 계산함으로써 실용적인 수준까지 시간을 단축할 수 있음

한편, 자동차용 배터리, 소프트웨어 정의 차량(SDV)의 설계, 차량 탑재 연결 시스템 최적화에 양자 인스파이어드 기술을 적용하여 성공을 거둔 자동차 제조업체 특히, 테슬라는 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)에 양자 인스파이어드 기술 적용을 목표로 하고 있음

» 양자 AI의 장점을 활용하여 테슬라 등은 향후 완전 자율 주행(FSD) 기능에 통합될 것으로 기대하고 있음(Ziv Chang, 自動運転車の新たな可能性を切り拓く量子コンピューティング, https://vicone.com/jp/blog/quantum-computing-forging-new-frontiers-for-autonomous-vehicles, 2024年4月15日).

» 기존 차량용 센서에 비해 「양자 얽힘」이나 「양자 중첩」 등 양자 역학의 특성을 활용하는 양자 센서는 자율주행차용으로도 큰 잠재력을 지님

» 이 최첨단 센서는 아직 초기 단계이지만, 다음과 같은 특징으로 ADAS의 안전성과 신뢰성을 높임

» 지각 능력의 향상: 양자 센서를 ADAS에 통합하면 차량의 인지 능력을 향상시킬 수 있음. 양자 센서의 높은 감도와 고정밀도로 도로상의 장애물, 다른 차량 및 보행자 위치와 움직임을 식별할 때 주변 환경의 미세한 변화를 감지할 수 있어, 시스템이 잠재적인 위험을 더 빨리 감지할 수 있음

» 정확한 위치결정 및 내비게이션: 양자 센서의 고정밀 측정 능력을 활용하여 보다 정확한 위치결정과 내비게이션 기능을 구현할 수 있음. 이를 통해 ADAS 차량 위치결정, 도로 지도 업데이트, 자율주행 경로계획을 개선하여 차량이 보다 정확하게 운전하고 복잡한 교통 상황에 대응할 수 있음

» 오경보 및 오판 감소: 양자 센서의 고감도 및 저노이즈 특성은 ADAS의 오경보 및 오판을 줄이는 데 도움이 됨. 양자 센서가 제공하는 정밀한 데이터를 통해 시스템은 진짜 위험한 상황과 다른 무해한 환경 변화를 보다 적절하게 구별할 수 있어 시스템의 신뢰성과 성능을 향상시킬 수 있음

» 자가 학습 및 최적화 향상: 양자 센서와 ADAS의 지능형 학습 및 최적화 기능을 결합하여 높은 수준의 자가 학습 및 최적화를 실현할 수 있음. 시스템은 양자 센서에서 얻은 데이터를 기반으로 동작과 의사결정을 개선하여 성능과 적응성을 지속적으로 향상시킬 수 있음

ADAS는 칩당 254조 번의 연산 처리 능력(255 TOPS)을 제공할 수 있는 NVIDIA의 Orin X 컴퓨팅 칩 등, AI 기능에 상당한 연산 능력을 필요로 함

» 특히 테슬라의 Tesla Model 3 Highland는 더 높은 연산 능력을 제공하며, 연산 처리능력은 720 TOPS에 달함. 이러한 성능 향상과 더 많은 연산 능력을 제공하기 위한 CPU와 GPU의 기능이 강화되면서, NPU (Neural Processing Unit, 신경처리장치)도 최근 빠르게 보급되고 있음. 또한 QPU(양자 프로세싱 유닛)는 차량용에 더 높은 연산 능력을 약속하는 미래의 주역으로 여겨짐

» 양자 컴퓨터는 차량에서 높은 연산 능력을 제공하는 것 외에도 클라우드에서 더 크고 우수하고 안정적인 연산능력을 제공할 수 있음. IBM이 지난해 유럽 최초로 양자 데이터 센터를 개설한 것은 놀라운 일이 아님

반도체 분야에서의 양자 인스파이어드 기술 활용 모색

반도체 제조 공정에서도 양자 인스파이어드 기술을 적용하는 사례가 나오고 있음. 일본의 특수 반도체의 강자인 로옴(Rohm)사는 2023년 1월부터 주식회사 Quanmatic와 협력해 반도체 제조 공정의 일부인 EDS 공정에 양자 인스파이어드 기술을 시험 도입하여, 제조 공정에서의 조합 최적화를 목표로 한 실증을 진행함. 생산 효율 개선에 일정한 성과를 얻어 이를 본격 도입하기로 함

*ローム, Quanmatic社と量子技術による製造工程最適化の実証完了 大規模半導体製造工場 では世界初の成果, 2024年4月にEDS工程で本格導入を目指す, Rohm H.P., 2023年12月5日

» 반도체 제조 공장의 대규모 양산 라인에서 양자 기술을 통한 제조 공정 최적화를 실증한 것은 세계 최초의 성과

» 반도체 업계에서는 대규모 제조 공정으로 갈수록 조합 수가 기하급수적으로 증가하고, 제약조건이 많아 최적해를 구하기 어려워, 기존 컴퓨터로도 대략적으로 연간 가능 규모의 공정 도입에 한정됐음

» EDS 공정(Electric Die Sorting, 웨이퍼 형성 집적회로 칩 전기 동작이 양호한지 검사하는 공정)도, 제조 디바이스, 테스트 장치, 테스트 조건 등 조합 수가 방대하여, 공정의 일부라 하더라도 제조 공정을 최적화하는 해법 도출이 매우 어려웠음

» 따라서 기존에는 기본적인 계산 규칙을 바탕으로 축적된 지식과 노하우를 활용해 오퍼레이션(공정 할당)을 수행하는 것이 일반적이었음

» 이러한 가운데, 로옴과 Quanmatic사는 2023년 1월부터 EDS 공정의 다양한 제약조건을 고려한 양자 솔루션을 이용한 오퍼레이션 시스템의 검토를 시작함. Quanmatic 사가 보유한 와세다대학, 게이오대학의 연구를 기반으로 한 양자 연산 기술 효율화 제품군과 양자 및 고전 연산 기술을 구사한 연산 프레임워크 및 전문적 공식화 기술에 로옴이 지금까지 축적해 온 방대한 지식과 노하우, 각종 데이터를 융합하여, 2023년 9월에 프로토 타입을 구축하는 데 성공함

» 본 프로토타입을 로옴의 국내외 공장에 시험 도입하고 검증한 결과, 가동률, 납기 지연율 등 타겟 지표를 각각 수 %씩 향상시킬 수 있다는 실증 성과를 얻었음. 알고리즘화를 통해 연산 시간도 대폭 단축할 수 있어, 제조 조건 변화에 맞춰 적시에 최적의 오퍼레이션을 할 수 있게 됨

한편, 일본의 주요 반도체 소재기업인 Resonac은 지난 2022년에 반도체 재료의 최적의 배합 탐색에 소요되는 시간을 양자 컴퓨팅 기술을 활용해, 기존 수십 년 이상 걸리던 것을 수십 초로 대폭 단축할 수 있음을 입증

*Resonac, 量子コンピューティング技術の活用により半導体材料の最適配合探索の大幅な高速化を実現, 2024.8.13 검색

» 반도체 재료에는 수지, 필러, 첨가제 등 수많은 재료를 다양한 비율로 배합해, 종류와 양의 배합을 최적화하여 고성능화를 도모

» 그러나, 레조낙이 연구하는 개발 테마의 배합 조합은 이론적으로 1050 개가 넘는 방대한 수가 존재하며, 기존 AI 기술로 탐색할 경우 최적의 성능을 제시하려면 수십 년 이상의 시간이 필요함. 이 때문에 조합 중 일부만을 추출하여 최적의 배합 조합을 탐색했음

» 탐색에 소요되는 시간을 단축하기 위해 동사는 후지쓰의 양자 인스파이어드 기술인 디지털 어닐러에 주목함

- 디지털 어닐러를 활용하기 위해서는 통계역학의 해석 기법인 이징 모델(Ising Model)에서 입력해야 하는데, 동사는 재료의 복잡한 배합 조건에서 반도체 재료의 특성을 예측할 수 있는 독자적으로 개발한 AI 모델을 이징 모델로 표현하는 데 성공했음
- 이징 모델은 통계 역학에서 사용되는 다양한 분야에 응용하기 쉬운 모델임. 방대한 개수의 미세한 요소가 서로 작용하고, 또한 각각의 미세한 요소에 외부에서 힘이 가해졌을 때, 전체(매크로)가 어떠한 행동을 나타내는지를 표현하기 위해 사용
- 이를 통해 동사의 AI 모델과 「디지털 어닐러」와의 연계를 실현해, 재료 배합의 종류와 양을 한정한 조건에서 탐색하는 기존의 AI 모델만을 활용했을 때와 비교해 재료 탐색 시간을 약 72,000분의 1인 수십 초 수준으로 단축할 수 있었음. 또한 반도체 재료로서 약 30% 높은 성능을 실현하는 배합을 얻을 수 있었음

» 동사는 기초연구의 한 축으로, AI·연산 과학에 집중하고 있음. 이번 성과는 동사가 지향하는 「생각하는 화학」을 「혼합하는 화학」에 적용한 사례임. 본 개발 성과를 동사의 다양한 소재 개발에 응용하여 개발을 가속화하고, 고객의 과제를 해결할 수 있는 솔루션을 제공함으로써 지속 가능한 사회 발전에 기여해 나갈 것임

물류, 농업, 통신에도 활용, AI 및 로봇 연계도 강화

양자 인스파이어드 기술은 그 외에 물류, 농업, 통신 분야에서 실용화되거나 추진 중임. 도요타 계열 자동차 부품사인 Denso는 독자적으로 양자 인스파이어드 기술을 개발하면서 물류 효율화에 힘쓰고 있음

*Denso, 現実社会の課題を解くための, 擬似量子によるアプローチ大規模かつ複雑な物流課題の解決に向けた, 量子コンピューティングの新たな方向性, 2024.4.16.

» 덴소는 아이치현에 있는 덴소 최대 규모의 물류 센터인 D-Stream에서 복잡한 물류 프로레스를 효율화하기 위해, 양자 인스파이어드 기술을 활용함. 실제 데이터를 이용해 최적화 연산을 하여 하루에 사용하는 트랙을 77대에서 58대로 축소하는 데 성공함

» 물류 프로세스에서는 하루에 사용하는 트럭 수, 배송 경로, 운전자 휴식 시간, 적재 시간, 배송 시간 제한 등 많은 요소가 복잡하게 얽혀 있으며, 5백만 개의 변수를 포함하는 매우 복잡한 문제임.

» 복잡한 물류 프로세스를 효율화 하기 위해 개발한 양자 인스파이어드 기술인 DENSO Mk-D를 사용하여 트럭 배송 스케줄을 최적화하는 작업을 함

» 덴소는 앞으로 이 기술을 발전시켜 소규모 물류에 도입할 계획임. 또 공장내 효율화, MaaS, 소재 및 제품 설계에도 응용할 계획

» 동사는 2017년도부터 태국에서 택시 배차 매칭 및 복합 운송(multimodal transportation) 시스템에 관한 연구를 진행하고, 2018년도부터는 공장 내 무인 반송차(AGV)의 경로 최적화를 위한 실증 실험(Proof of Concept, PoC)을 실시해 왔음

» 2020년도부터는 제품 설계의 최적화를 위한 블랙박스 최적화에 양자 컴퓨팅을 적용하는 연구도 지속적으로 진행

- 블랙박스 최적화는 설계나 머티리얼 탐색 같이 최소화(또는 최대화)하고 싶은 지표 중 시뮬레이션을 하지 않으면 알 수 없는 문제에 대해 최적화하는 것. 또는 효율화를 하는 것임

» 덴소가 개발한 유사 양자 인스파이어드 기술인 「DENSO Mk-D」는, 양자 컴퓨터의 대표적인 방식인 「양자 어닐링 방식」을 기반으로 함. DENSO Mk-D는 실제 데이터를 이용한 실제 문제라면 500만 변수, 가상 데이터를 사용한 실제 문제라면 1,200만 변수까지의 대규모 최적화 문제를 해결할 수 있음

» DNP와 BIPROGY 주식회사는 신에너지·산업기술종합개발기구(NEDO)의 '양자+AI 하이브리드 기술의 사이버·피지컬 개발 사업'의 '양자·AI 어플리케이션 개발·실증' 위탁 사업의 공모에, '양자+AI를 통한 물류 업무 효율화 어플리케이션 개발'을 공동 제안하여 수행 예정기관으로 선정됨

» 양사는 이번에 채택된 R&D 주제로 양자 인스파이어드 기술을 포함한 양자 어닐링과 고전 AI 기술을 조합한 '양자·AI 하이브리드 기술'을 활용한 최적화 어플리케이션을 개발하기로 함

» 연구 성과는 물류·교통 분야의 배송 계획 최적화나, 창고 내 피킹 계획 최적화 등 과제에 적용함. 개발된 애플리케이션은 DNP 그룹 내 제조·물류 현장과 BIPROGY의 고객 기업에서 도입 실증을 거쳐, 본격적인 서비스 도입으로 이어질 예정임. 또한, 본 어플리케이션의 보급과 도입 지원으로 이어지는 다양한 활동을 추진해 나갈 것이라고 함

» 피킹 계획 최적화 어플리케이션의 개발

- 자율 주행 로봇과 작업자가 협업하는 창고를 위해, 효율적인 피킹 계획을 수립하고, 로봇의 주행 시간을 최소화할 수 있는 이동 경로를 계산하는 어플리케이션을 개발함
- 개발 시 「DNP 어닐링 소프트웨어」의 적용도 검토하면서, 창고에서 일하는 사람의 움직임과 작업 진행상황, 장애물 상황을 항상 파악해, 실시간으로 고속 처리해야 하는 과제를 해결할 수 있음
- 본 어플리케이션 개발로, 제조·물류 현장에의 산업용 로봇의 도입을 촉진하여, 작업 효율 향상과 생산 연령 인구 감소라는 사회 문제의 해결에 기여하고자 함

» 메타 해법을 활용한 범용 모듈의 개발

- 기존 양자 어닐링을 이용한 조합 최적화 문제 해결은, 제약 조건이 많아질수록 계산 속도와 해석 정확도가 떨어져, 비즈니스에 적용하기 어려운 문제가 있음. 본 연구 개발에서는 양자 어닐링을 적용하는 전처리를 위해 채택하는 고전 AI 기술의 「메타 해법」을 이용할 수 있는 범용 모듈 개발하여 최적해가 될 수 있는 후보 집합인 해공간의 범위를 좁혀 계산 속도와 해정도를 획기적으로 향상시키는 것을 목표로 함
- 메타 해법이란? 오퍼레이셔널 리서치 분야에서 최적화 프로그램을 구현할 때 범용 솔버를 이용하는 것만으로는 정밀도·처리 성능이 불충분할 때 채용되는 다양한 수법의 총칭
- 이 모듈은 양사가 개발하는 최적화 애플리케이션에 적용할 뿐만 아니라 다른 프로그램에서도 호출하여 범용적으로 사용할 수 있도록 구성함. 양자 기술자가 폭넓게 장기간 사용할 수 있도록 오픈 소스로 공개할 예정

» DNP와 BIPROGY는 이번 채택 사업을 통해 '양자·AI 하이브리드 기술'의 연구 개발을 가속화할 예정. 또한 개발한 어플리케이션 보급을 위한 지원 서비스도 확충하여 양사의 고객사·단체 등에 제공하여 양자기술 보급

한편, 후지쓰는 독일 화학 기업인 바이엘과 양자 인스파이어드 기술을 활용해 농업 혁신에 힘씀

» 바이엘사는 글로벌로 전개하는 자사 농업 공급망 관리·운용을 위해 신속하고 정확하게 시뮬레이션 할 수 있는 신기술 개발에 힘써 왔으나 기존 컴퓨터의 정확도에 한계를 느꼈음. 그래서 후지쓰의 양자 인스파이어드 기술로 이 문제를 해결하고자 함

통신 분야에서는 KDDI가 후지쓰와 협력하여 이동통신 기지국 설정 최적화로 통신 품질 개선에 성과를 보임

진정한 양자 컴퓨터를 개발하는 데까지, 다양한 과제를 해결하기 위한 시간이 많이 소요될 것임. 그러나 이미 기존 기술과 접목해 산업 현장에서 다양하게 활용하기 시작했으며, 현장에서의 응용을 통해 효율성 제고와 함께 진정한 양자 컴퓨터 시대를 대비할 수 있는 산업경쟁력, 기업 경영 역량이 강화될 것임

» 일본 후지쓰 등은 양자 인스파이어드 기술을 4세대 제품까지 개량, 고도화하고 클라우드 컴퓨팅 서비스 제공 사업도 강화하고 있음. 현재는 AI 및 수퍼 컴퓨터와 연계도 힘쓰고 있음

» 한국으로서도 차세대 자동차, 자율주행, 반도체, 물류, 로봇, 농업, 통신, 소재, 에너지 분야 등 중요 산업 경쟁력을 키우는 데 새로운 축이 될 것으로 보이는 양자 인스파이어드 기술 개발 및 고도화와 적극적인 활용이 중요한 시점일 것임

탄소순환 경쟁력 구축 나선 일본 화학산업

석유화학 산업의 공급 압력과 탈탄소화 대응 과제

일본의 화학 산업은 반도체, 디스플레이, 배터리 등에 특수 핵심 소재 분야에서 경쟁력을 갖고 있음. 한편 자동차, 전기전자, 생활기반을 위한 범용 소재를 공급하는 중요 분야이기도 함. 그러나 현재 중국발 석유화학 공급 과잉 압력을 극복하고 탈탄소화 과제를 해결해야 할 어려운 시기를 맞고 있음

» 일본의 에틸렌, 합성수지 등 기초 석유화학 분야는 내수용이 중심이나 경기동향에 따라 공급 과잉 시에는 수출로 활로를 모색해 왔음. 그러나 중국 석유화학 산업의 공급능력 확충 및 순수출 구조화로 어려움이 가중되고 있음

- 일본의 석유화학공업협회에 따르면 일본 내 에틸렌 생산설비 가동률은 불황의 분기점이라 여겨지는 90%를 2022년 8월부터 22개월 연속 밑돌고 있는 상황임(石化事業, 再編の動き 設備集約へ、中国の増産で一化学大手, 時事通信 経済部, 2024年7月3日)

» 이 때문에 일본 석유화학 기업들은 사업 재편성에 나서고 있음. 1위 기업인 미쓰비시케미컬은 사업 재편성에서 반드시 자사가 주도해야 한다는 기존 입장도 바꿈

» 석유화학 단지 중심인 에틸렌 생산설비를 집약하기 위해 기업 간 제휴를 모색. 오이타시에 에틸렌 제조 설비를 운영하는 Resonac사는 2024년 2월에 석유화학 사업을 분리 및 상장할 방침을 세움

» 미쓰이화학은 3월에 치바현 공업지구에서 이데미츠코산과 공동 운영하는 에틸렌 생산설비 2개에 대해, 이데미츠 설비를 2027년도에 중지하고 미쓰이화학 설비만 운영하는 방안을 검토한다고 발표

» 미쓰비시케미컬, 아사히화학, 미쓰이화학의 3사는 2024년 5월에 오카야마현 미즈시마지구와 오사카 다카이시시에서 운영하고 있는 생산 설비의 생산량 조정에 협력하겠다고 발표

일본의 화학 산업은 반도체, 디스플레이, 배터리 등에 특수 핵심 소재 분야에서 경쟁력을 갖고 있음. 한편 자동차, 전기전자, 생활기반을 위한 범용 소재를 공급하는 중요 분야이기도 함. 그러나 현재 중국발 석유화학 공급 과잉 압력을 극복하고 탈탄소화 과제를 해결해야 할 어려운 시기를 맞고 있음

» 중국의 동북, 화북 등 북부 지역은 태양광, 풍력과 같은 재생에너지 여건이 좋음. 그렇기 때문에 재생에너지를 전력으로 물을 전기분해해 수소로 만드는 그린 수소의 잠재력이 큼. 또한 중국 내몽고 지역의 거대 풍력 발전 에너지를 활용해 수소 및 암모니아를 만들어 이를 활용하는 석유화학 플랜트가 잇따라 지어지고 있음

일본 화학 산업계 및 정부, 환경단체는 화학산업의 탈탄소화를 위해 바이오 소재, 암모니아 및 수소 활용 등 개별 기술을 포함해 체계적인 순환형 탈탄소 화학 산업구조를 에너지 및 다른 산업과의 연계성도 고려하면서 구축해야 할 것으로 보고 있음

» 일본에서는 태양광·풍력 발전의 여건, 비용면에서 경쟁력이 약해, 그린 수소를 자체 생산하는 데에 어려움도 있음. 이 때문에 해외 수소 및 암모니아 수입 기반도 강화하고 탄소 순환형 공법도 개발하고 있음

자연에너지재단의 2023년 말 보고서에 따르면 석유화학산업 탈탄소화에서는 에너지 소비 과정에서 나오는 이산화탄소, 석유화학 제품 중에 있는 이산화탄소의 양면에서의 탈탄소화, 탄소 활용의 중요성을 지적

*古澤 康夫, 石油化学の脱炭素化への道筋 大量消費見直し・炭素循環し・自然エネルギー, 自然エネルギー財団, 2023.12.

» 탈탄소화 사회 실현을 위한 중요한 컨셉인 '순환 경제로의 전환'을 위해 필요한 대책으로서 3가지를 제시(THAIBIZ Chief News Editor 増田篤, 石油化学産業の脱炭素化と炭素循環～循環型ケミカルリサイクルとは～, 2024.1.29.)

» 첫 번째는 '생산·소비량 감축'임. '플라스틱의 대량 소비에 의존하지 않는 경제 모델'을 보여주기 위해서도 쓰레기를 줄이기 위한 3R(Reduse, Reuse, Recycle) 중 감축, 재사용에 더 노력할 것을 강조

» 두 번째가 원료의 전환, 즉 탄소의 순환 이용임. 새로운 화석 연료 대신, 사용 후 화학제품에 포함된 탄소를 원료로 활용하는 것이 중요함

- 구체적인 방법으로, 「에너지 투입을 최대한 억제하는 작은 고리로 순환시킬 필요가 있다」고 하고, 그 가장 작은 고리가 플라스틱이나 화학섬유, 합성고무의 고분자(폴리머)를 변화시키지 않고 그대로 활용하는 머티리얼 리사이클이라고 강조함
- 지금까지의 머리티얼 리사이클이나 케미컬 리사이클은 반드시 고품질의 재생 수지를 얻을 수 있는 것은 아니었지만, 물성을 회복시키는 등 신기술 개발·도입, 제품 설계 단계부터 리사이클를 고려한 설계를 진행하면 첫 생산 수지에 가까운 높은 품질을 얻을 수 있을 것이라 함

» 세 번째로 케미컬 리사이클은 기존에는 화석 연료 대체품으로써 사용해, 최종적으로 CO_2로 대기 중에 배출되었으나, 최근 기술 개발하는 순환형 케미컬 리사이클은 플라스틱의 폴리머를 작은 분자(단량체 및 기초화학품)로 분해한 후, 다시 고분자에 중합 시키는 방식임

- 오염된 폐 플라스틱이라도 기존 화석연료를 원료로 하는 것과 마찬가지로 플라스틱(재생수지)로 재활용할 수 있음. 다만, 이 방법으로는 고분자를 열분해하기 위해 에너지 투입이 필요하고, 또한 모든 탄소를 회수하기 어렵다는 문제점도 있기 때문에 우선 머티리얼 리사이클을 우선으로 하면서 케미컬 리사이클을 적절히 조합하여 고품질 재생 수지를 얻을 수 있는 시스템을 만들어야 한다고 결론 지음

이 보고서는 탄소 순환 이용을 위해 '선별 센터의 도입', '폐기물계 바이오매스의 유효 이용', '나프타 분해로에서의 자연 에너지 전환'을 과제로 지적

» 석유 화학 공정 중 CO2 배출량이 가장 많은 공정은 원료 나프타를 850℃ 로 가열하는 나프타 분해로 공정이며, 여기서 사용하는 열을 자연 에너지로 공급해야 한다고 함

» 또한 일본은 기초화학품과 플라스틱 수출입이 수출과잉 상태로 자국 내의 사용이 끝난 플라스틱 제품에서 얻을 수 있는 탄소만으로는 필요량을 충당할 수 없기 때문에, 탄소 자원 부족분을 폐기물계·미활용 바이오매스의 사용을 우선적으로 고려해야 한다고 주장

» 그리고 '선별 센터' 도입을 제안함. '플라스틱 폐기물의 대부분은 다양한 종류의 수지나 이물질이 혼합'되어 있어, 이들을 각각의 리사이클 방식에 맞게 선별하는 선별 기술이 중요하다고 지적

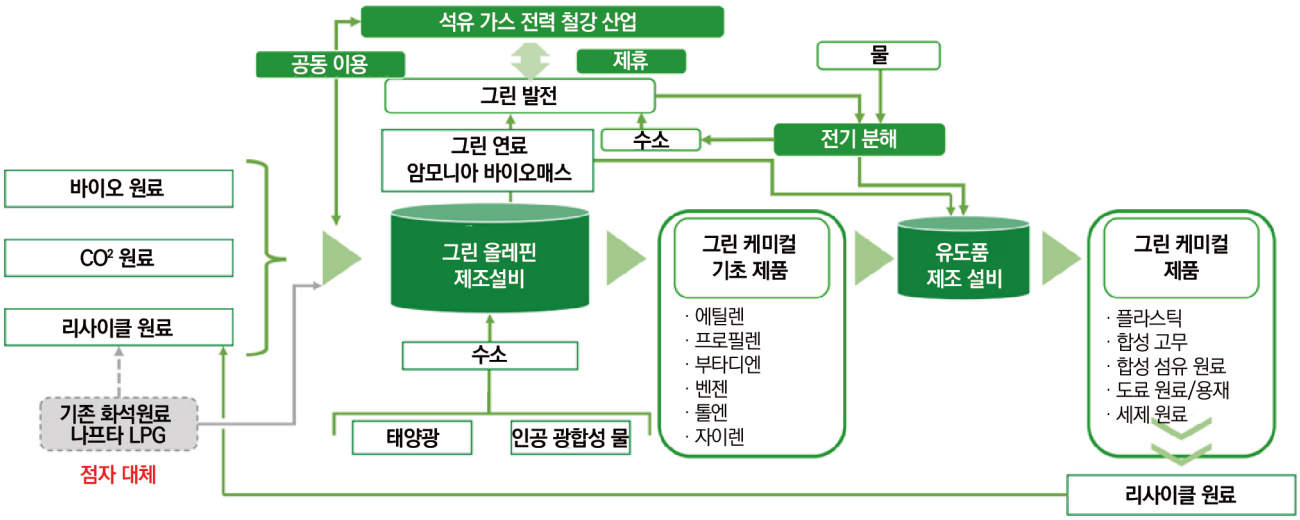
- 선별되지 않은 수지는 열회수 장치로 보내져 CO_2가 되어 버림. 그러나 EU 지역의 대형 선별 센터에서는 다수의 선별기를 배치해 폐 플라스틱을 수지별, 착색 유무별로 선별을 하고, 선별된 소재는 수지별 전문 리사이클시설에 보내는 구조로 되어 있음. 일본도 EU와 같은 시스템을 조속히 도입해야 한다고 제안

한편, 일본 석유화학 공업협회는 2050년까지 석유화학 분야 온실가스 넷제로를 달성하기 위한 방안 제시

» 2030년까지는 기존 저탄소 기술 개발 및 기존 장비 고도화에 주력, 2030년 이후에는 혁신 기술 완성 및 사회 보급에 주력할 것을 제시

» 사용 기술로서 △바이오 원료 △CCUS △그린 연료 △환경부하 저감소재 개발 △리사이클 등을 제안

올레핀 제조장치를 중심으로 한 석유화학산업 탈탄소화 구도



자료 : 石油化学工業協会, サステナブル社会実現に向けた石油化学産業の取り組み, 2024.1.

» 향후 석유화학단지의 지속가능성 제고 및 탈탄소화를 위해서는 올레핀 제조장치가 핵심 역할을 할 것으로 분석. 지속 가능한 석유화학 산업 효과를 극대화 하기 위해 산업간 협력이 필요하다 강조

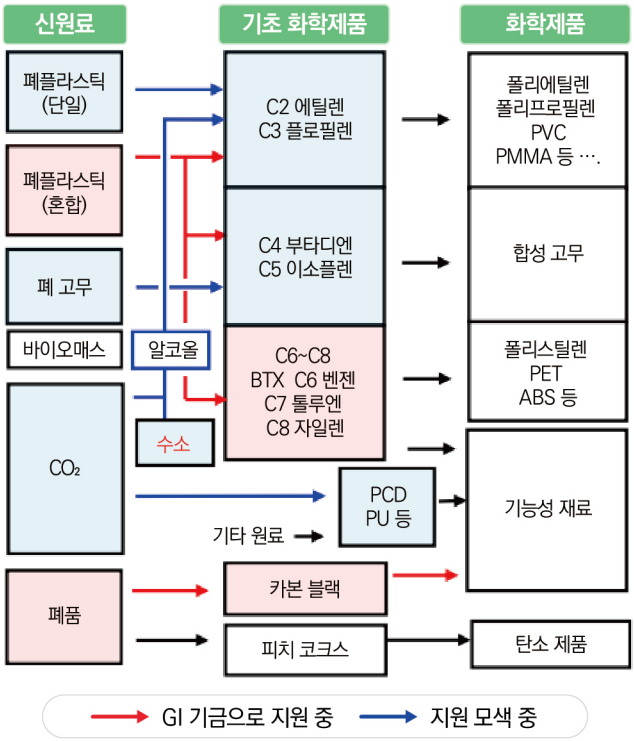
한편, 일본경제산업성도 석유화학산업의 탈탄소화를 위해 플라스틱 폐기물, 이산화탄소, 수소 등을 활용하면서 기초석유화학 제품을 포함한 생산체제의 재구축을 위해 정부의 그린 혁명 이행(GX: Green Transformation) 지원 자금을 활용하고 있음

» 일본정부는 GX채권을 통해 지금까지 3조엔을 선행투자 촉진 지원책으로서 활용하였고, 2025년도 이후 2.4조엔을 추가 지원할 전망

» 탄소 배출 제조업의 탈탄소화를 위한 대형 장비 투자 지원(10년간 1.3조엔), 수소 등 가격 보전 지원금(15년간 3조엔) 지원 등 향후 총 13조엔 규모의 지원 방침을 명확화

» 이와 함께 중소기업의 탈탄소화 지원, GX 관련 혁신 기술 및 관련 사업에 종사하는 스타트업 지원, 동남아 등 해외 수소 및 암모니아 공급망, 탄소 포집 및 저장 관련 국제협력에 지원

탄소 중립화에 대응한 차세대 석유화학 생산 구조와 정부 지원금 현황



자료 : 経済産業省 製造産業局, 化学産業のカーボンニュートラルに向けた国内外の動向, 2024.年6月20日

경제산업성 보고서에서는 탈탄소화 전환 위해 강화해야 할 기술로서 △연료전환 및 원료전환기술 △혼합플라스틱의 케미컬 리사이클 관련 기술 등을 제시

» 연료 및 원료 전환 기술로서 ① 나프타 분해로 열원을 암모니아 등 탈탄소 연료로 전환하는 「연료 전환」 ② 나프타 등 화석 유래 원료를 플라스틱 폐기물, CO_2 등으로 전환하는 「원료 전환」을 병행

- 또한 메탄올에서 에틸렌, 프로필렌 등 올레핀을 제조(MTO)하는 촉매 수율 향상(80~90%), 인공광합성은 높은 변환 효율과 우수한 양산성이 양립할 수 있는 광 촉매를 개발하고 실용화

» 혼합 플라스틱을 유화·가스화 하는 기술이 일부 상용화되었으나, 기름이나 가스에서 화학품을 얻는 프로세스도 필요

- 혼합 플라스틱·복합재는 유화·가스화 재이용이 일반적으로, 가치가 높은 소재로 만들기 어려움. 이 때문에 혼합 플라스틱이나 복합재에서 방향족 화합물, 올레핀 등 가치가 높은 화학품을 비교적 적은 에너지를 투입해 제조하는 기술 개발도 검토

- 예를 들면, 마이크로파 발사는 필러를 직접 발열시켜 에너지를 반응장에 직접 전달할 수 있기 때문에 에너지 효율이 높음
- 마이크로파 발생기를 대형화·고출력화해, 용기 포장 플라스틱 등 다량의 혼합 플라스틱에 적용 가능
- 주요 기술 과제는 분해 수율과 에너지 효율 향상, 실용성, 내구성이 뛰어난 공정 설계, 마이크로파 발생기의 대형·고출력화, 염소·유황을 포함하는 불순물 처리

일본 화학기업의 연료 및 원료 전환 기술 전략 사례

미쓰이화학은 2020년 11월 탄소 중립을 선언하고, 2030년에 이산화탄소를 2013년 대비 40% 감축하고 2050년에 넷제로로 하기로 함

*三井化学株式会社 代表取締役社長執行役員 橋本修, 第8回GX実行会議三井化学のカーボンニュートラルと競争力強化の実現に向けて, 2023.11.7.

» 2050년까지 3기로 나누어 필요한 생산기술, 연구개발을 파악하고 구체적 감축 계획을 담은 로드맵을 작성해, 적용 기술 개발을 서두르고 있음

» 우선, CO_2 배출량이 많은 에틸렌 생산설비에서 원료 및 연료 전환, CCUS를 추진하며 대폭적인 CO_2 감축을 목표로 세움

» 에틸렌 생산 시설 연료를 메탄에서 클린 암모니아로 전환 위해 마루젠 석유화학사, 동양엔지니어링, 소지츠머시너리와 공동으로 대책 추진

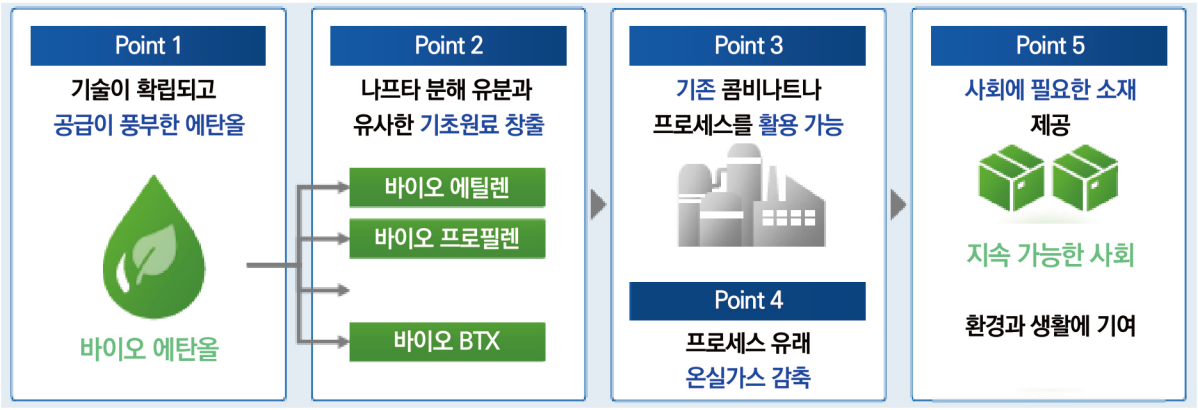
- 암모니아 연소 배너 개발을 추진, 연속 연소 실증 평가를 실시해 연소 현상 안전성 제고, 비용 절감 등에 주력. 오사카 공장에서 2026년 실증을 목표로 함
- 암모니아 연소용 버너는 정확한 설비 설계가 중요함. 안정된 연소 버너는 소지츠머시너리가 개발, 시험로 설계는 동양엔지니어링이 담당
- 해외 암모니아의 안정적인 조달을 위해 암모니아 공급체인 구축에 힘써, 미쓰이물산, IHI, 간사이전력 등과 협업

» 에틸렌 생산 원료의 전환과 관련해서는 2021년에 기존 나프타에서 폐식물유 바이오매스 나프타를 활용하는 기술을 실현, 이와 함께 폐기 플라스틱 분해 유분 활용을 모색

- 오사카가스와 협력하여 2030년까지 CO_2의 조달 체계를 확충하고 CO_2를 석유화학 원료로 활용하는 기술 실용화 추진

• 2050년 탄소 중립 달성 위해 규슈대학과 연계하여 CCUS 등 혁신기술을 개발 중

아사히카세이의 바이오 에탄올 기초화학제품 생산 구조



주 : BTX는 벤젠, 톨루엔, 자일렌
자료 : Asahi KASEI 代表取締役社長 工藤幸四郎, サステナビリティ説明会, 2023年1月20日

미쓰이화학 이외에도 원료의 탈탄소화, 바이오매스 원료 활용 기술에 관해 많은 일본기업이 다양한 대책을 추진 중

*石油化学工業協会, サステナブル社会実現に向けた石油化学産業の取り組み, 2024.1.

» 이데미츠코산의 경우 세계 최고 수준의 미생물 개발 기술을 보유한 고베대학에 「이데미츠 바이오 모노즈쿠리 공동 연구 부문」을 설립해 바이오 모노즈쿠리 밸류체인 구축을 위한 스마트 셀 개발을 추진

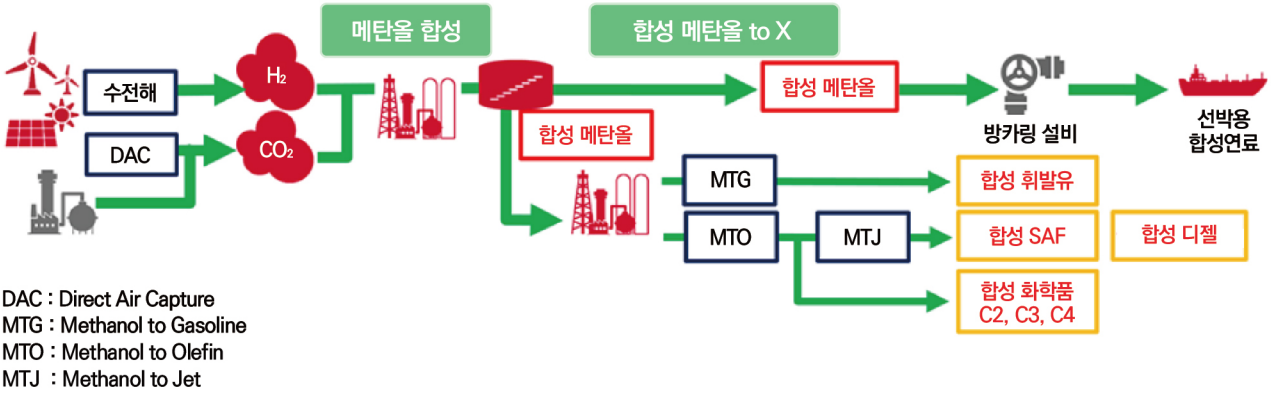
» 클라레사는 바이오매스 원료로 식품포장 재료 원료를 생산함. PLANTIC이라는 호주 산학 협력 연구에서 탄생한 바이오매스 원료 유래의 가스 배리어 재료를 활용. 2003년상업화 이후 바이오매스 활용도가 높다고 평가 받아 호주·구미의 대형 리테일러, 식품 업체들이 환경 대응 소재로서 잇달아 채택

» 아사히카세이는 이미 기술적으로 확립된 바이오 에탄올을 활용해 바이오 에틸렌, 바이오 프로필렌, 바이오 BTX(벤젠, 톨루엔, 자일렌) 등 기초화학 제품 생산을 위해 기존 석유화학 공장 생산 프로세스에 적용하고자 추진 중

일본 화학기업은 기존의 석유화학 공장에서 CO_2를 생산 원료로 활용하는 방법도 개발중임

» 아사히카세이는 CO_2와 EO(Ethylene Oxide)를 원료로 PC수지(자동차, 전자제품용), EV용 배터리 전해액을 제조하는 기술을 상용화

이데미츠코산 합성 메탄올 Supply Chain 구상



DAC : Direct Air Capture
MTG : Methanol to Gasoline
MTO : Methanol to Olefin
MTJ : Methanol to Jet

» 이데미츠코산은 HIF Global사와 합성 메탄올(e-메탄올)에 관해서 공동 검토를 시작. 합성 연료(e-fuel)는 재생가능 에너지 유래의 수소와 대기 중의 CO_2를 합성하여 생성된 액체 연료임. 이를 이용하여 합성 휘발유 등과 함께 C2, C3, C4 등 화학 제품을 생산할 방침

» ENEOS는 가스 확산 전극을 이용한 CO_2 전해 환원 기술 개발을 추진하고 재생 가능 에너지를 이용하여 CO_2를 CO로 분해(CO_2 전해장치 사용). 수소와 결합하여 고효율로 화학품이나 연료 등 유용 물질을 제조하는 기술을 확립. CO_2 재이용으로 탄소 중립 실현에 공헌할 계획을 수립

» 도호쿠전력, 미쓰비시가스화학, JAPEX, NRI 등은 니가타 항만 지역에 △탄소중립 연료 수입 기반 △탈탄소 화력발전소 △블루수소 제조 설비 △탄소 리사이클 메탄올 제조 설비 △탄소 중립 대규모 공장 △바이오 유래 BECC(Bio-Energy with Carbon Dioxide Capture and Storage) 설비 △CO_2 및 수소 파이프라인 △CO_2 이용 및 저장 설비를 갖춘 CCUS & 클러스터 거점 개발 구상 진행

일본 화학기업의 혼합 플라스틱 케미컬 리사이클 사업화

일본 정부 및 화학회사들은 플라스틱 폐기물을 화학생산용 재료로 활용하는 리사이클 체계를 통해 석유화학 탈탄소화에도 주력

» 일본의 플라스틱 폐기물은 연간 약 820만톤이며, 플라스틱은 다양한 제품에 복합재사용되고 사용 후에는 다양한 플라스틱이 혼합된 상태(혼합 플라스틱)로 폐기되어, 복합·접착 제품의 선별은 어려움

» 머티리얼 리사이클이 용이한 이유는 단일 플라스틱에 성분이 비교적 균일하기 때문임. 케미컬 리사이클이 용이한 폴리올레핀은 경제면·투입에너지 측면에서 가치가 높은 소재로 재이용하는 것이 바람직함

» 그러나 일반 쓰레기나 선별이 곤란한 복합 제품을 포함한 혼합 플라스틱 대부분이 서멀 리사이클(연료로서 활용)로 처리되고 있는 상황. 이 과정에서 탄소가 배출되는 비효율성이 발생

» 따라서 일본정부도 혼합 플라스틱이나 복합재에서 방향족, 올레핀 등 가치가 높은 화학품을 비교적 적은 에너지를 투입해 제조하는 기술 개발을 추진

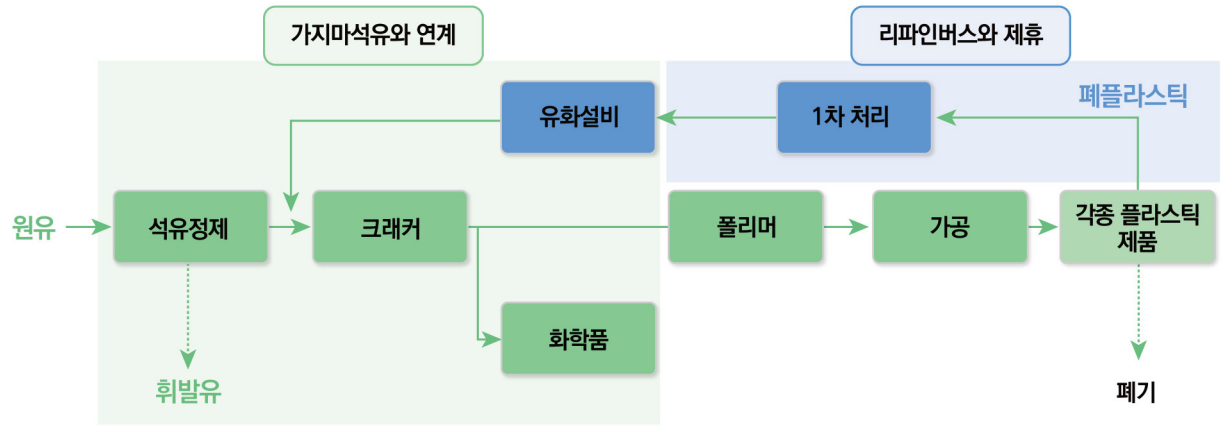
예를 들어, 혼합 플라스틱 유래 기초 화학품 제조 기술 개발에서는 앞서 언급한 마이크로파 발사의 경우 필러를 직접 발열시켜 에너지를 반응장에 직접 전달할 수 있기 때문에 에너지효율이 높음

» 마이크로파 발생기의 대형·고출력화로, 용기 및 포장 플라스틱 등 다량의 혼합 플라스틱에 적용 가능함

한편, 미쓰비시케미컬과 ENEOS 주식회사는 2019년에 공동 설립한 가시마 콤플렉스 유한책임 사업조합에서 플라스틱 폐기물을 석유정제·석유화학 원료로 재생 이용하는 케미컬 리사이클의 사업화를 추진함

» 구체적으로 미쓰비시케미컬 이바라키 사업소에 일본내 최대규모(연간 2만 톤) 처리능력을 가진 플라스틱 유화 설비를 건설

미쓰비시케미컬의 제휴 통한 케미컬 리사이클 구조



자료 : 미쓰비시케미컬 홈페이지

» 유화 처리에는 영국의 Mura Technology Limited의 초임계수기술을 도입하고 제조되는 재활용 생성유는 ENEOS 및 미쓰비시케미칼의 기존 설비인 석유정제장치나 나프타 크래커의 원료로 사용되어 석유제품과 화학품, 각종 플라스틱으로 재제품화함으로써 높은 효율을 자랑하는 케미컬 리사이클이 실현됨.

» 또한 원료가 되는 플라스틱 폐기물은 2020년 8월에 자본업무 제휴를 한 리파인버스 주식회사에서 조달받기로 함. 그리고 플라스틱 케미컬 리사이클 설비 가동을 위해, 매스 밸런스 방식으로 케미컬 리사이클품 인증을 취득

- 매스 밸런스(물질 수지) 방식: 석유 유래 원료와 플라스틱 폐기물 유래의 재활용 원료를 혼합하여 제품을 제조할 때 제3자 인증을 취득해 재활용 폐기물 원료 비율을 임의 제품에 할당하는 유통 관리 방식

» 미쓰비시 케미컬은 ISCC(International Sustainability and Carbon Certification)의 최신 규정에 따라 ISCC PLUS 인증 요구 사항을 준수할 것을 선언

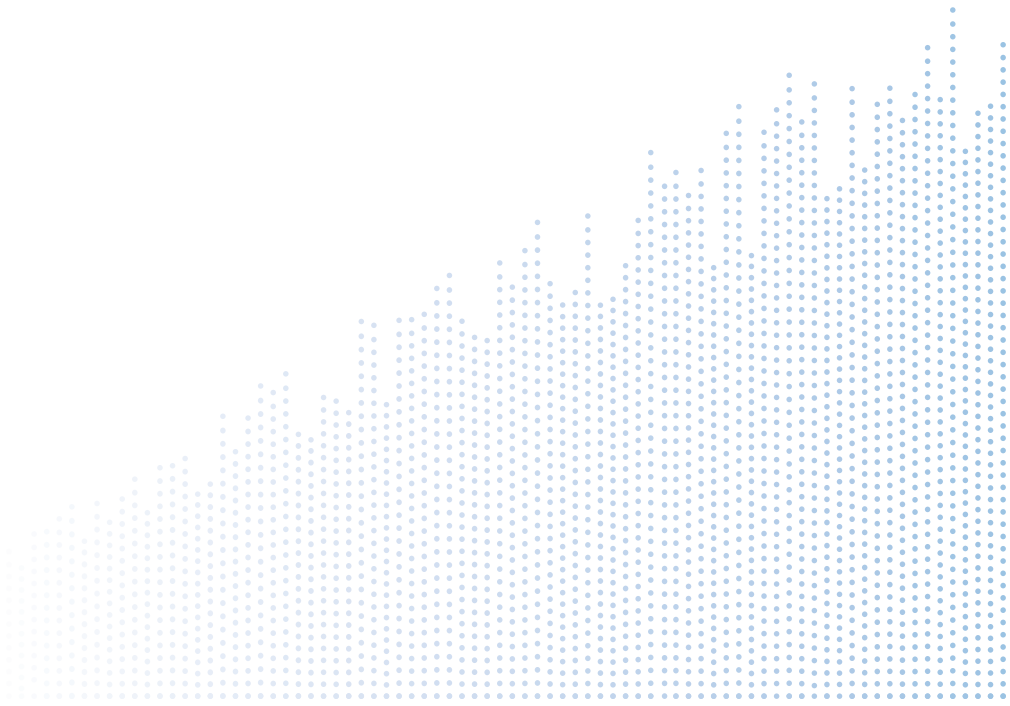
스미토모화학은 플라스틱 폐기물을 직접 분해 하여 올레핀을 제조하는 기술을 개발중

» 폴리올레핀계 플라스틱 폐기물에서 기초 화학 원료를 알코올 등을 경유하지 않고 제조하는 기술을 개발

» 제품 분리 및 부생유 처리에 기존 나프타 분해 설비를 사용해 투자액을 절약해 경쟁높은 프로세스를 구축

» 또한 스미토모화학은 플라스틱 폐기물 유래 합성 가스를 이용한 에탄올 제조도 연구함

- 다양한 성분으로 구성된 플라스틱 폐기물에서 얻은 합성가스를 원료로, 촉매를 이용하여 고효율로 에탄올을 제조하는 프로세스를 구축
- 여기서 나오는 에탄올은 별도로 개발 중인 '알코올을 통한 올레핀 제조'의 원료로 사용하여 기초 화학품 원료로 재활용



일본의 소셜 비즈니스와 저출생 고령화 사회 대응

저출생 대책의 한계와 사회 혁신 필요성

일본 정부는 그동안 다양한 저출생 대책을 시행해 왔음. 2015년에는 '저출산사회 대책 대강'을 통해 저출생 인구감소 사회에 대한 대응책, 사회 혁신도 모색했으나 저출생 문제 해결은 쉽지 않은 실정임

» 정부 재정면에서는 가족 지원지출을 강화해 여성의 사회진출 기반을 확충하는데 힘쓰기도 함(日本総研, 出生数急減の背景と今後の少子化対策, 2020.8.19.)

» 그러나 일본 합계 특수 출생률은 2023년 1.2로, '저출산사회 대책 대강'의 목표인 2025년까지 희망 출생률 1.8 달성은 힘들어 보임

일본 정부의 저출생 대책의 주요 축인 다양한 가족 지원책에도 불구하고 출생률이 계속 감소해, 지금까지 내놓은 정책에 한계를 느끼고 새로운 부분에서 정책을 모색하고 있음

» 2015년 이후, 저출생 대책과 육아 지원책의 일환으로 주요 도심부를 중심으로 어린이집 수용인원을 크게 늘리는 등 육아 지원 환경이 상당히 개선되었음. 그럼에도 불구하고 출생률 감소는 멈추지 않음. 이러한 현상을 고려하면 현재 저출생 대책과는 다른 방향에서 개선할 필요성이 있음

» 그동안 가족 관련 사회 지출 관련 대책은 현물급부, 취학 전 교육·보육이 중심이 되었고, 현금 급부는 감소경향에 있음

» 이러한 배경에는 국제적인 흐름과 함께, 양육지원, 저출생 대책으로써 현물급부를 더 선호하는 사회적인 합의가 있었음. 특히, OECD가 취학 전 교육의 중요성을 지적하면서 일본도 현물급부를 늘리고, 어린이집 수용인원 확대 등 대책을 도모함

그러나 출산 연령인 젊은 세대의 최대 고민은 경제환경에 대한 불안임. 이 때문에 결혼과 출산을 주저하는 면도 있어, 육아 관련 현물급부 위주의 정책은 이러한 원인을 해결하는 데 한계가 있음

» 젊은 세대의 미래 소득에 대한 불안함이 저출생을 불러일으키는 하나의 원인이 되고 있음

» 30년간 지속된 장기불황으로 비정규직이 확대되는 등 젊은 세대의 소득 환경이 악화되어, 이를 극복하는 대책이 중요함

» 예를 들어 결혼과 출산으로 젊은 층의 소득과 각종 레저 기회가 늘어나는 가족수당 확충, 결혼 비용 절감 및 비용 지원책, 가족 전용 레저 기회 및 공간 확대, 소득세와 재산세 연금 등에서 가족 혜택 확충, 결혼 및 출산에 따른 주택 복지 확충 등이 있음

» 젊은 세대가 경제적인 불안을 느끼지 않고 결혼과 육아를 통해 보다 행복하고 윤택한 생활이 가능하도록 현물급부, 각종 기회와 편의, 세제혜택, 현금지원, 기업 및 공무원 급여체계 등을 가족 친화적인 방향으로 대책을 강화하는 것이 중요

새로운 라이프 스타일을 지원

일본 내각부는 2023년 '어린이 미래전략'에서 젊은 층 인구가 급격히 감소하는 2030년까지가 저출생 문제를 반전시킬 수 있는 중요한 분기점으로 인식하였음

*「こども未来戦略」～次元の異なる少子化対策の実現に向けて～, 2023.12.

» 이번 저출생 대책에서 가장 중요한 포인트는 젊은 층과 육아 세대의 소득을 늘리지 않는 한 저출생을 반전시키기 어렵다고 명확하게 인식하고 있다는 부분임

» 경제적인 면뿐만 아니라 젊은 층이 누구나 희망을 가실 수 있는 사회를 만들고, 개인의 행복추구를 지원하여 저출생 트랜드를 반전시키는 것이 저출생 대책이 추구할 기본 방향이라고 언급

일본 정부는 앞으로 저출생을 해결하기 위해 '가속화 플랜'을 책정하여 3가지 축으로 구체적인 정책을 마련하고 3년 간 집중지원할 계획임

*こども家庭庁, 全国こども政策関係部局長会議, 2024.1.

<가속화 플랜 정책 포인트>

1) 생애주기별 양육 관련 경제적 지원 강화 및 젊은 세대 소득향상을 유도

» 이 항목에서는 임금인상, 삼위일체의 노동시장 개혁, 정규 및 비정규 급여 차별화 문제에 대한 개선 움직임을 가속화하기 위한 지원에 주력

- 임금인상: 성장과 분배의 선순환과 임금과 물가의 선순환이라는 2개의 선순환을 실현, 신입 직원 임금인상 유도
- 삼위일체 노동시장개혁: 리스킬링을 통한 능력향상 지원, 기업실태에 맞는 직무급 도입, 성장분야로의 노동력 이동 실현
- 정규 및 비정규의 문제: 동일노동 동일임금 실현, 비정규직의 정규직화 실현
- 아동수당의 확충: 소득제한을 철폐, 고등학생까지 연장, 세번째 자녀부터 지원금을 월간 3만엔으로 확대. 자녀가 3명 있는 가정은 전체 금액이 최대 400만엔 늘어난 1,100만엔으로 확대

아동 수당 지급 상황

지급금액	3세미만	3세~고등학생
첫째, 둘째	월 1만5천엔	월1만엔
셋째 이후	월 3만엔	

- 임신, 출산시 지원강화: 출산 및 육아 지원금으로 10만엔 상당의 경제지원, 반주형 상담지원(2025년부터 지원강화)
- 출산비용 경감: 출산육아 지원 일시금을 42만엔에서 50만엔으로 상향, 출산비용 보험 적용(실시 중)
- 양육세대 주택지원: 공영주택입주 10년간 30만호(실시 중), 금리우대(2026년 목표로 검토)
- 고등교육 대학 등: 세대수입 600만 엔까지 다자녀 세대로 확충(2024년부터), 다자녀 세대 수업료 무상화(2025년부터)

2) 모든 어린이·양육세대를 대상으로 한 지원 확충

» 이 항목에서는 사각지대 없이 모든 아동 및 양육세대를 지원하는 것이 목표

- '모든 어린이를 위한 통원제도(가칭)' 창설
  - 월 일정시간까지 이용 가능한 범위 내에서 시간 단위로 유연하게 이용 가능(2024년부터 본격실시 목표)
- 어린이집의 양적 확대에서 질적 확대로의 변화
  - 76년 만에 입학 경쟁률 개선(1세 아동의 경우 6:1→5:1, 4~5세 아동의 경우 30:1 →25:1), 민간급여 동향을 고려한 어린이집 교사의 처우개선, '초등학교 1학년 적응문제'를 없애기 위한 방과 후 수업 확충

• 다양한 요구에 대응

- 빈곤 및 아사 방지, 장애아동 및 의료적 지원 아동 케어 강화, 아동부양 수당확충 및 보호구(의족 및 휠체어 등) 지원에 소득 제한 철폐

3) 맞벌이 및 함께하는 육아 추진

» 이 항목에서는 육아휴직을 받을 수 있는 직장 분위기 조성 및 육아휴직 제도의 확충이 목표(こども未来戦略「加速化プラン3.6兆円」の施策詳細, こども家庭庁 全国こども政策関係部局長会議, 2024.1.)

• 남성의 육아휴직

- 남성 육아 휴직 목표를 2022년 기준 17.13%에서 2030년 기준 85%로 설정, 업무를 대신하는 사원에게 응원수당을 지원하는 등 제도개선 통해 중소기업의 도입을 크게 강화할 예정

• 육아휴직 제도의 확충

- 출산 후 남녀가 일정기간 육아휴직을 할 수 있도록 급부율을 실수령액 10%에 상응하게 하도록 할 계획. '부모와 아이가 선택하는 근무형태(가칭)' 창설을 통해 단축근무·원격근무·유연근무를 선택할 수 있도록 지원, 단축근무 시 새로운 급부의 지원을 통해 지원책을 세계 최고 수준으로 설정할 계획

저출생 문제는 과거에는 사회적 과제로 보고 행정적인 해결 및 시민 봉사활동자, NPO 등이 이를 개선하기 위해 노력해 왔음. 그러나 사회적인 인식 변화로 한계에 다다르고 있음

» 사회적인 과제를 자원봉사가 아닌 비즈니스로 취급함으로써 사업성과 지속성을 확보하고 과제를 해결하는 것을 목표로 하는 사회기업가가 등장하기 시작

» 소셜 비즈니스란 이익 추구가 목적이 아닌, 사회적인 과제 해결을 목표로 한 비즈니스

» 밀레니엄 세대나 Z세대는 성장했을 때 이미 불경기였기 때문에 경제성장의 혜택을 받지 못하고 성장한 세대임. 이들은 사회나 환경에 대한 관심도가 높기 때문에 소셜 비스지스와의 친화력이 높음

» 하지만 소셜 비즈니스의 성공을 위해서는 인재 확보와 육성이 필요함. 일본정책금융공고 종합연구소의 2014년 조사에 따르면 소셜 비즈니스의 추진과제로 '인력 부족(49%)'이 가장 높게 나타남

» 사회적 과제 해결을 목표로 하기 때문에 사업화가 어려운 경우가 많음. 저출생 고령화문제로 노동인구가 감소해 인재 확보가 어려워 사업 유지가 어려운 상황이나, 세대 들의 생각 변화로 유럽처럼 저출생 문제를 소셜 비즈니스를 통해 해결하려는 움직임도 있음

소셜 비즈니스 사례, 뉴패밀리 지원, 교육 지원, 고령자 장애인 일자리 지원 등

경제산업성에서는 육아나 요양보호, 환경대책, 지역활성화 등 사회적 과제를 비즈니스를 통해 해결하는 소셜 커뮤니티 비즈니스를 지원하고 있음. 또한 소셜 커뮤니티 비즈니스의 선진 사례를 모아 사례집으로 정리함

*経済産業省, ソーシャルビジネス55選 및 ソーシャルビジネスの企業事例20選！日本・海外の取り組みを紹介, 2024.8.22. 검색

1) 지역정비·관광·농업체험 분야에서 지역활성화를 위한 인재육성·시스템 정비에 기여

NPO 홋카이도 장인 의숙(義塾) 대학교: 장인의 기술을 미래세대에 전달

» 장인의 기술과 지식에 대한 교육 및 훈련을 제공. 구체적으로는 장인 학원 운영을 통해 후계자 양성, 교육사업과 장인 체험학습사업을 실시

» 초기에는 지역의 영세사업자를 지원했음. 영세사업자와 장인들을 만나며 장인들의 최대 고민은 '후계자 문제'라는 것을 발견. 이 문제의식을 바탕으로 '지역 기술을 지역의 아이들에게'라는 컨셉으로 NPO법인 홋카이도 장인 의숙 대학교가 설립됨

» 가격은 90분간 1,500엔, 다른 관광 체험 코스는 30분간 3,000엔의 클래스로 운영. 가격은 모든 업종 동일 요금으로 설정해 신청하는 사람들의 번거로움을 경감시킴

2) 양육지원·고령자 대책 등 지역주민이 느끼는 문제점에 대응

주식회사 Mammy Pro: '엄마의 소리'를 상품으로, SNS운영을 활용한 양육지원

» 지역밀착형 양육 정보 사이트 '마마나비'를 축으로 한 SNS 운영. 육아잡지 발행, 이벤트 기획, 상품개발, 마케팅 등 육아에 특화한 사업 추진

» 유치원이나 학습 정보, 수상한 사람 출몰정보 등 다양한 정보를 제공해 하루 방문자가 1만건에 달함

» 대표인 아베 씨가 15년간 근무한 컴퓨터 학교가 무료 어린이집이 병설된 근무지로, '컴퓨터 기술을 활용해 재취업하고 싶다'는 엄마들을 지원하고자 설립

» 아베 씨의 경우 육아 고민을 주로 인터넷으로 해결했는데, 인터넷상에 질문을 적으면 실시간으로 엄마들이 대답을 해줬던 경험을 바탕으로 사업 구상

» 자금계획과 사업계획 등을 배우고 2006년 7월 주식회사 MammyPro를 설립. 9월에는 육아정보사이트 '마마나비'를 개설. 주요 수입원은 기업 광고 수입으로 다양한 정보를 제공

JCI Teleworkers' Network: 시간과 장소의 제약을 넘은 워킹스타일을 도모

» 장애를 가진 사람이 장애를 가진 사람을 위해 교육하는 확대 재생산 구조. 행정에 의존하지 않는 수익구조와 자신의 장점을 활용하는 '액세스 빌리티' 기술이 포인트임

» 챌린져(사회참가 의욕은 높으나 사회생활 및 취업생활에서 약자가 되는 사람들)가 자신의 장애 특성에 맞춰 '살아갈 힘'과 '일하는 힘'을 습득함으로써 '시간과 장소'의 제약에서 해방된 워크·라이프 스타일의 실현하기 위해 ICT 활용 기술을 기반으로 새로운 취업 형태를 다각적으로 추진

» 지역내 거점을 만들어 LAN을 구축. 다양한 장애특성을 갖고 있는 장애인을 고려하여 입출력 장치나 스크린 리더 같은 소프트웨어를 준비. 또한 시각·신체장애, 지적장애 등 장애 특성에 맞는 코스 개설

» 설립 초기에는 장애가 없는 사람이 장애가 있는 사람을 교육했으나, 2년차부터 장애가 있는 사람이 장애가 있는 사람을 교육하도록 시스템을 정비. 10년차인 지금 강사업무의 80%를 장애인이 실시

» 현재 약 240명의 회원 보유. 2,300만엔의 매출을 달성함

특정비영리활동법인 와하하넷: 와하하로 가가와현 출생률이 향상

» 와하하넷은 가가와현에서 처음으로 지역밀착형 양육 정보지를 발행. 또한 정보지 작성노하우를 살려 등록자에게 필요한 정보만 지역이나 어린이 연령에 맞게 자동적으로 세그먼트 발신하는 휴대전화 시스템을 구축

» 처음에는 책자 형태 정보지였으나 서점에 갈 수 없는 주부들에게 정보 발신을 어떻할지 고민. 이벤트 정보를 휴대폰으로 보내는 시스템에 주목하여 개발. 또한 주부들의 의견을 알고 싶은 기업에게 설문조사 대행을 하며, 이에 대한 수수료를 새로운 수입원으로

» 오프라인에서는 임신했을 때 택시 운전자의 따뜻한 응대에 고마워했던 경험을 바탕으로 육아에 도움이 되는 '육아택시' 기획서를 작성. 택시 회사가 사회적 공헌을 통해 이미지를 향상시킬 수 있음을 어필해 54개사가 가입

» 가입기업에게 회비를 받아 해당 수입을 매출로 연결. 또한 '육아택시' 홍보도 적극적으로 하며 미래 매출을 향상시키는 등 Win-Win 관계를 구축

합동회사 마마노엔: 엄마들의 사회활동을 지원

» 마마노엔은 엄마가 된 여성이 엄마로서의 역할이 아닌 자신이 하고싶은 일과 경험을 통해 새롭게 도전할 기회를 만들어주는 것을 목표로 2010년에 설립한 기업

» 동사는 육아 중인 엄마를 대상으로 강좌나 세미나 개최. 또한 탁아사업, 로코워킹 사업, 취미활동 등을 운영

- 로코워킹(Loco-working): Loco(지역)과 Coworking(협업)의 합성어, 지역내 일자리를 지역 사람들이 맡는 구조
- 약 5,000명의 여성을 대상으로 일할 기회나 스킬 향상의 장을 제공하여 여성 활약사회 실현에 기여

3) 사회기업가 육성, 창업 및 경영 지원

특정비영리활동법인 오사카NPO센터: 산학관과 연계하며 시민이 주체인 사회 만들기

» 오사카 NPO센터는 1996년 11월, 오사카 청년회의소의 멤버가 중심이 되어 시민단체의 과제 해결을 지원하는 기관으로서 설립

» '매니지먼트 지원', '정보 싱크탱크', '소셜 릴레이션' 을 추진

» 오사카 NPO센터는 초기 단계부터 변호사, 변리사, 회계사, 노무사 등 전문가가 봉사활동으로 다수 참가해 온 것이 특징임. 이러한 인재가 있어 매니지먼트 강좌, 지원 관련 활동을 시작할 수 있었다고 함

» 또한 2002년경부터는 NPO 활동 관련 컨설턴트 양성소를 설립하고, ㈜ NPO 그레듀에이트 스쿨을 만들어 NPO인재 양성에도 힘씀

4) 소셜 비즈니스 활성화 지원 - 세제 지원, 금융 지원 등

일본정책금융공고(日本政策金融公庫)에서는 지역 사회가 앉고 있는 과제 해결에 뛰어 든 중소기업이나 소규모 사업자를 대상으로 융자를 지원하고 있음

*日本政策金融公庫のソーシャルビジネス支援資金やソーシャルビジネスへの取り組みを解説！, ソーシャルエッグ2023.5.24.

» 일본정책금융금고는 중소규모 사업자, 스타트업 기업에 자금원조를 하는 공적정책금융기관으로, 국가 정책에 따라 적절한 기업에게 적절한 융자를 지원함으로써 일본사회 발전을 도모

» 일본정책금융금고는 소셜 비즈니스에 적극적으로 대응하고 있는 금융기관이기도 함. 주로 중소기업이나 NPO법인, 농림수산성, 벤처기업에 융자를 제공

지원대상	(1) 특정비영리활동법인 (2) (1)에 해당하면서 ① 사회적 과제 해결을 목적으로 하는 사업을 새롭게 운영하려는 자 또는 운영하고 있는 자 ② 보육서비스 사업, 요양보호 서비스 사업을 새롭게 운영하려는 자 또는 운영하고 있는 자
자금사용처	사업을 수행하기 위해 필요한 설비자금 및 운용자금
융자한도액	7,200만엔(그 중 운용자금 4,800만엔)
변제기간	설비자금: 20년이내(그 중 거치기간 2년 이내) 운용자금: 7년이내(그 중 거치기간 2년 이내)

융자이율	기준이율을 사용.단, ② 이하 중 해당하는 자는 기준금리0.56% 보육서비스사업, 개호서비스사업 등을 새롭게 운영하려는 자 또는 운영하고 있는 자 인구 과소지역에서 사회적 과제 해결을 목적으로 하는 사업을 새롭게 운영하려는자 또는 운영하고 있는 자 사회적 과제 해결을 목적으로 사업을 신규개업 하려는 자 또는 신규개업 후 7년 이내의 자 ② 이하 중 해당하는 자는 기준금리0.4% 인정특정비영리활동법인(특례인성특정비영리활동법인 포함) 사회적 과제 해결을 목적으로 사업을 새롭게 운영하려는 자 또는 운영하고 있는 자

*자료: 日本政策金融公庫, 『ソーシャルビジネス向けの融資をうけたい』 ソーシャルビジネス支援資金, 2024.8.21. 검색

일본정책금융공고에서는 소셜 비즈니스 사업계획을 지원하는 업무도 병행

» 소셜 비즈니스 전용 사업계획책정 툴 '비즈니스플랜 눈에 보이는 BOOK'을 발행. 이 책을 통해 사회과제의 문제구조를 파악하고 소셜 임팩트를 만들어내는 움직임을 구축, 재원확보 방법, 사업 설립 방법, 목표로 하는 조직상 등을 파악할 수 있음. 한마디로 소셜 비즈니스를 위한 사업계획서 만들기 툴이라고 할 수 있음.

소셜비즈니스 활성화를 위한 지원책으로 지자체내에서 감세, 과세 면제 등도 있음

*NPO法人に対する支援税制-富山県, 創業応援減税-中小法人・NPO法人-長野県, 2024.8.22. 검색

» 나가노현: 자본금 또는 출자금액이 1천만엔 이하의 주식회사, 합병회사, 합자회사, 합동회사, 기업조합 등을 대상으로 창업부터 3년간은 전액 과세 면제, 4년째부터 과세액의 2/3 면제, 5년째는 과세액의 1/3을 면제함(단, 과세표준 소득을 1억엔 상한으로 함)

- NPO법인 설립 감세로는 설립부터 3년간은 전액 과세 면제, 4년째는 과세액의 2/3을 면제, 5년째는 과세액의 1/3을 면제

» 도야마현: NPO법인 설립을 촉진하고 NPO법인을 통한 사회공헌 활동을 지원하기 위해 2003년 4월 1일부터 NPO법인에 대한 세제상 지원조치를 마련

- 수익사업을 행하지 않는 NPO법인에 대해서는 법인 현민세 전액을 면제, 수익사업을 행하는 NPO법인은 설립 후 3년 이내 적자사업 년도의 법인 현민세를 전액 감면
- 또한 부동산취득세를 통해 설립 후 3년 이내에 부동산을 무상으로 취득한 경우 부동산 취득세의 전액 감면

일본의 경우 저출생이 지속되고 있는 상황 속에서, 저출생 정책의 방향 전환이 필요하다고 봄. 방향 전환에서 중점적으로 생각한 부분은 다양한 생활 형태가 유지 가능하도록 지원하는 것임

» 경제적 지원의 지속적인 유지가 중요하다고 하여 젊은 층의 경제활동이 출산 등을 이유로 단절되지 않도록 일하는 방식의 다양화를 지원하는 정책을 생각해보고, 현금 지원 등도 확대할 필요가 있다고 인지함

» 사회적 공헌에 비교적 생각이 열려 있는 젊은 층을 대상으로 저출생 문제 해결을 위해 사회적 기업 및 단체가 주도적으로 움직일 수 있도록 NPO가 보다 활발하게 활동할 수 있는 기반을 마련하고 지원하는데 중점을 두고 있음을 알 수 있음

TDK, 배터리의 숨은 강자로서 경영실적 호조 지속

스마트폰 배터리 호조로 2024년 2분기 순이익 4배로 확대

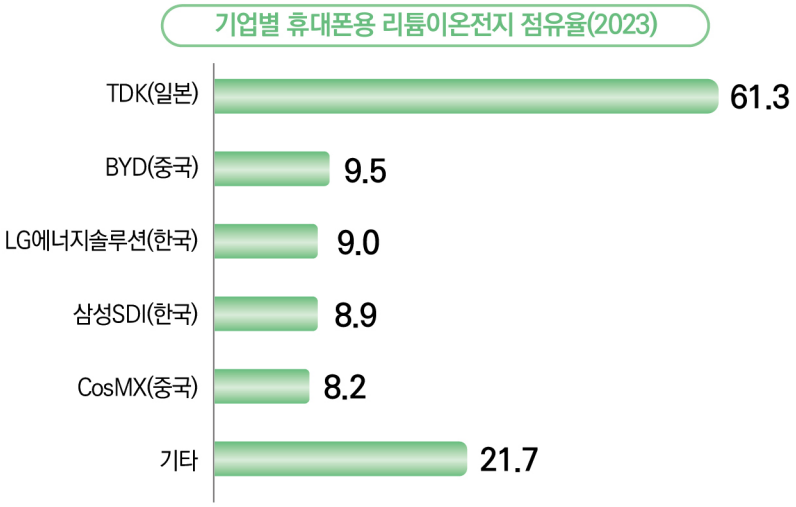
TDK는 수동부품(콘덴서 등), 센서(온도, 압력, 자기, MEMS 등), 자기(磁氣 : 자석, HDD 관련 등), 에너지(2차전지) 등 각종 전자 부품을 제조하는 전형적인 B2B 소부장 기업임. 과거, 음악 테이프로 세계시장을 석권해 소비자들에게도 브랜드 인지도가 높은 특이한 기업으로, 최근에는 스마트폰용 배터리 사업을 호조를 보이고 있음

» TDK는 2024년 4~6월기 연결결산에서 순이익이 전년동기대비 4배인 596억엔을 기록함. 여기에는 스마트폰용 배터리 판매 성장이 크게 기여했음(TDK, 純利益4倍 4～6月, スマホ向け電池好調, 10月に株式5分割, Nikkei, 2024.7.31.)

» 생성형 AI를 탑재한 스마트폰 단말기가 출시되면서, 스마트폰 교체 수요가 호재로 작용함

» 배터리 사업은 TDK의 신규사업 쪽에 속하나, 매출의 50%를 차지하고, 영업이익은 72%나 증가함. 특히 소형 리튬이온 전지가 중국계 스마트폰 수요 증가와 점유율 확대에 힘입어, 실적이 개선되고 있는 것임

휴대폰용 배터리 시장에서 TDK의 압도적인 지위

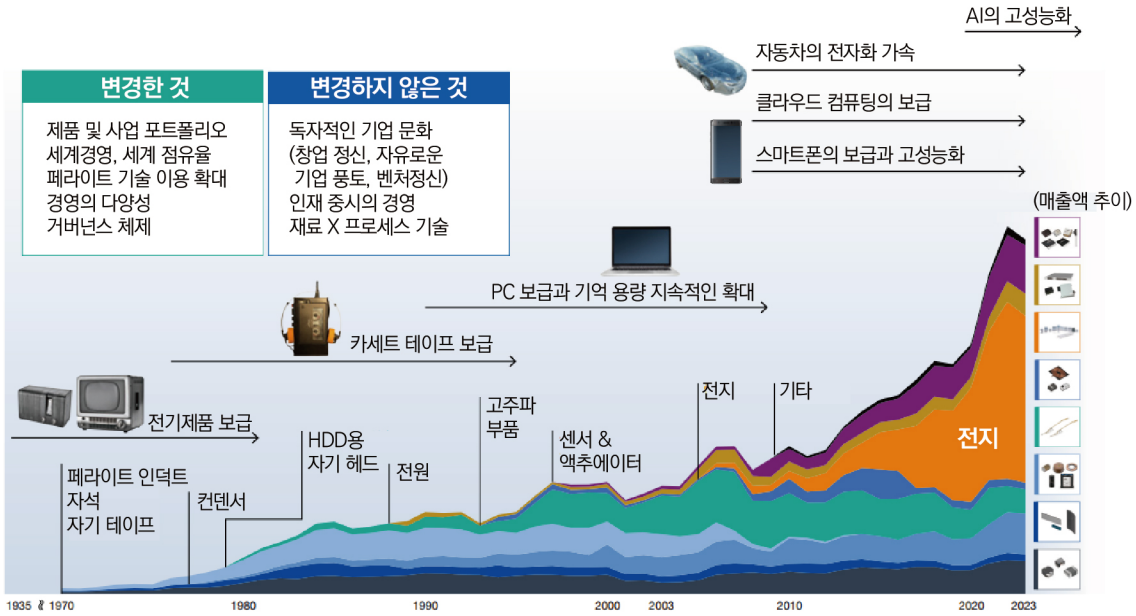


주 : 2023년 메이커별 출하량 기준. TDK는 자회사인 ATL사의 실적
자료 : 테크노 리서치 시스템 조사. 高付加価値電池で攻勢かける, TDKの稼ぐ力の高め方, Newswitch, 2024年6月18日)

TDK의 스마트폰용 등에 사용되는 소형 2차전지는 중국 자회사인 ATL에서 주로 생산됨. 미중 대립도 고려해 인도에도 생산 중이며, 인도시장에서의 수요 확대를 예상하고 인도에 신공장을 추가 설립하고 2025년부터 생산을 시작할 예정

*高付加価値電池で攻勢かける, TDKの稼ぐ力の高め方, Newswitch, 2024年6月18日

TDK의 사업 변화



주 : 2023년 메이커별 출하량 기준. TDK는 자회사인 ATL사의 실적
자료 : 테크노 리서치 시스템 조사. 高付加価値電池で攻勢かける, TDKの稼ぐ力の高め方, Newswitch, 2024年6月18日)

» TDK는 소형 2차전지의 성능 향상을 위한 투자를 지속할 예정. 한편, 중형 2차전지도 성장사업으로 보고, 에너지저장 시스템(ESS) 외에 전동공구, 전동이륜차, 드론을 비롯한 산업기기용 중형 2차전지 사업에 투자할 예정

» 전기차(EV) 등 대형 배터리 시장 진출 계획은 아직 발표되지 않았으나 장기적으로 봤을 때 중국 비즈니스 파트너와의 협력 가능성은 부정할 수는 없음

TDK는 성장 과정에서 실리콘, 세라믹 등 소재 기술을 고도화하며, 첨단소재를 기반으로 한 고성능 전자 부품 기술을 강화해 왔음. 배터리 사업도 양적 성장을 뒷받침하는 고기술 신제품 개발에 투자하며, 중국 거점 양산 기술과 시너지 효과를 추구하겠다는 전략

» 예를 들면 동사는 음극재에 실리콘을 사용한 배터리 신제품을 개발해, 부피당 에너지 밀도를 높여 용량 향상과 배터리 소형화를 실현해 부가가치를 높이는 전략을 세움. 해당 배터리는 이미 폴더블 스마트폰용에 도입되는 등 고객 기업의 배터리 소형화 요구에 대응하며 실적을 거두고 있음

한편, TDK는 레이저 모듈을 소형화해 스마트 글라스에 탑재할 수 있도록 하는 등 디지털 트랜스포메이션(DX), 에너지 트랜스포메이션(EX)에 대응하는 신사업 창출도 목표로 하고 있음

» 데이터 양이 지속적으로 증가하는 DX사회에 대응하며, 동사 센서 사업의 부가가치를 높이기 위해 관련 소프트웨어 기술 강화에도 주력

» 단말기에서 AI를 구동하는 기술(엣지 AI) 트렌드를 보고, 엣지 AI 수요 확대에 대응하기 위해 미국 Qeexo를 2023년에 인수함. Qeexo의 소프트웨어 기술과 TDK의 센서를 결합하여 기계나 설비 고장을 미연에 방지하는 서비스를 제공

» 엣지 AI를 사용한 DX로 트래픽이 증가해, 이로 인한 전력 부족 문제가 예상됨. TDK는 이러한 문제를 해결할 수 있는 기술 서비스 개발에도 주력

» TDK는 스마트 글라스에 영상을 표시할 때 필요한 레이저 모듈 사업도 실시. 이 모듈의 부품 가짓수가 많은 점이 스마트 글라스의 부피를 늘리는 원인임. TDK는 이 문제를 해결하고자 함

- 3색 레이저 소자의 빛을 렌즈와 밀러에 반사시켜 화상을 표시하던 기존 방식에서 벗어나, 레이저에 직접 투영하는 스마트 글라스를 개발. 소형화로 인한 수요 확대를 기대하고 있음

배터리 세계시장 1위 중국 CATL과의 깊은 유대 관계

TDK가 소형 배터리 시장에서 단시일에 도약할 수 있었던 이유는 중국 배터리 기업인 ATL를 인수한 덕분임. ATL은 현재 자동차용 배터리 세계 1위 기업인 CATL의 창업자인 로빈 젠(曽毓群)이 창업했으며,그는 CATL를 창업하기 이전부터 TDK와 협력해 왔음

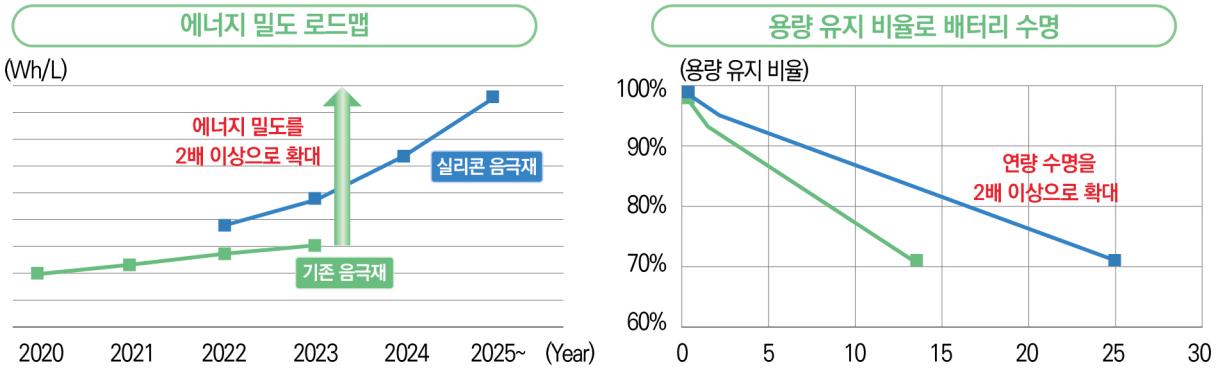
» 로빈 젠은 푸젠성 닝더(寧徳)출신으로, 광둥성에서 자기 헤드를 생산하고 있었던 TDK 자회사에서 근무한 바 있음(田中信彦, EVバッテリーの覇者、中国CATLが急成長した理由, 国策と〝民営企業〟鮮やかな連携の功罪, https://wisdom.nec.com/, 2023.11.15.)

» 여기서 그는 고속 승진하였으나 1990년대 후반, 휴대폰이 급속히 보급되고 MP3 성장과 전자기기용 배터리 수요가 급증하던 것을 기회로 포착하고 독립. 1999년에 소형 배터리를 설계, 개발, 생산하는 기업인 ATL사를 홍콩에서 창업함

» ATL의 배터리는 2004년 애플 iPod에 채택되어 판매량이 급증했으나, 이후 경쟁업체 증가로 투자자들이 자금을 회수하기 시작함. 로빈 젠은 이전에 근무한 TDK에 투자를 요청

- 당시 상황에 대해 TDK의 이시구로 시게나오 사장(당시)은 닛케이비즈니스(2021.8.6.)에서 'TDK 출신 엔지니어인 로빈 젠 사장이 ATL를 성장시키고 싶다고 TDK에게 협력을 요청해, 내용을 살펴보니 기술력도 훌륭하고 창업 정신도 우수했다. 인수 당시 출신도 모르는 홍콩회사를 인수해도 괜찮겠냐라는 분위기가 있었으나 TDK 그룹에 편입하면 새로운 도전을 할 수 있다고 판단하여 인수에 나섰으며, 그후 로빈젠 사장은 ATL에서 독립하여 CATL을 설립했다.'라고 말해 한때 TDK와 인연은 있으나 처음엔 인수에 적극적인 편이 아니었다는 점도 알 수 있었음

TDK의 2차 전지 전략 목표



자료 : TDK 통합보고서 2024)

» TDK의 인수 금액은 107억 엔 정도라고 함. 그 후 ATL은 급성장하여 2012년에는 10억개의 배터리(누계)를 출하, '라미네이트형'으로 불리는 스마트폰용 박형 리튬이온전지 세계 1위 기업이 됨

- ATL이란 「Amperex Technology Co., Ltd」의 약칭이며, 중국어의 정식 사명은 「新能源科技」로 본사는 홍콩이나 실질적인 본부와 개발 및 생산거점은 CATL와 같은 푸젠성 닝더시에 있으며, 그 법인명은 「寧德新能源科技」임

» 한편 TDK는 로빈 젠이 창업한 CATL에도 ATL을 통해 15% 출자했으나 중국 정부의 차량용 배터리 국산화 및 외자 규제 조치(2019년 폐지)로 인해 다른 중국기업에게 양도해 막대한 자본 이득의 획득 기회를 놓치기는 했음

동사의 배터리 사업 전략 방향을 보면 소형 이차전지 분야에서는 첨단·혁신 기술로 스마트폰을 비롯한 소형전자기기의 진화를 지원해 나갈 것이라고 함(TDK 통합보고서, 2024)

» 구체적으로 새로운 구조의 실리콘으로 충방전 중 안정성 향상시킴. 실리콘 함량을 높이고 에너지 밀도를 높임으로써 소형화·박형화나 장시간 사용 용도에 기여함

TDK는 핵심 사업인 자기 테이프 제조용 Roll to Roll 공정 기술을 배터리용 전극 제조 기술에 응용하며 고품질 기술력을 강화해 왔음

» 전지도 테이프 생산과 같이 높은 정밀도로 고속 도포 가공하는 기술이 중요함. TDK는 믹싱, 코팅, 칼렌더링, 슬리팅 등 기술에 강점 보유

» 또한 TDK는 실리콘 음극재 기술, 적층 기술, 멀티탭 등 3가지 강점 기술로 소형 2차전지의 성능 향상에 주력

» 실리콘 음극 기술로 고에너지밀도를 실현하고, 적층 기술로 소형화·박형화, 장시간 사용성 제고, 적층기술과 멀티탭 기술을 합쳐 초급속 충전 성능 향상 및 장시간 연속 사용(드론 등), 수명 성능 향상

TDK가 개발한 실리콘 음극재 물질의 구조

실리콘 음극재 혁신을 통해 새로운 구조를 가진 실리콘이 충·방전 중 안정성을 향상시키고 전극과 전행액의 설계도 개선했다. 음극 활물질은 일반적으로 흑연을 사용하나, 기존 흑연보다 높은 성능을 가진 실리콘을 음극재로 사용하기 위해서는 과도한 발열을 억제하는 기술이 필요하다. 이 부분에서 TDK가 새로운 구조의 기술을 개발한 것으로 보인다.

1) 제1 상태에 속한 음극 활물질은 실리콘 입자를 포함하고, 결합 에너지가 678eV 이상 698eV 이하의 범위의 X-선 광전자 분광 스펙트럼을 표면에서 깊이 방향으로 측정했을 때, 깊이 방향의 어느 한 위치에서 측정된 X-선 광전자 분광 스펙트럼이 결합 에너지가 687eV 이상인 제1피크를 갖는다.

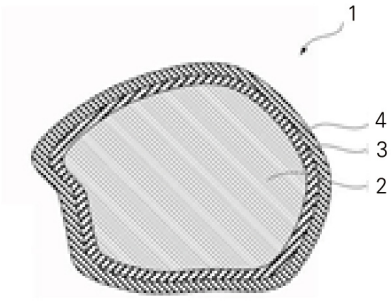
(2) 위와 같은 상태에 속한 음극 활물질은, 상기 제1피크가 측정된 깊이 위치와 다른 깊이 위치에서 측정된 X-선 광전자 분광 스펙트럼이, 상기 제1 피크와 다른 위치에서 제2 피크를 갖는다. 제1피크의 결합 에너지와 제2피크의 결합 에너지의 에너지 차이는 1eV 이상일 수 있다.

(3) 제2 상태에 속한 음극은 상기 상태에 속한 음극 활물질을 포함한다.

(4) 제3 상태에 속한 리튬이온 2차전지는, 상기 상태에 속한 음극, 양극, 전해질을 포함한다.

자료 : 富士通, 量子インスパイアード技術の活用 「組合せ最適化問題」をアニーリング方式で解決する「デジタルアニーラ」とは, 2018年5月17日 富士通 デジタルアニーラご紹介, 2022

음극 활물질의 구조



상기 상태에 속한 리튬이온 2차전지는, 과도한 발열을 억제할 수 있다. 상기 도면은 제1 실시 형태에 속한 음극 활물질의 단면 모식도이다. 음극 활물질(1)은, 실리콘 입자(2) 표면층(3) 및 피복층(4)을 갖는다.

실리콘 입자(2)는 단일 실리콘 이외에 실리콘 합금, 실리콘 화합물, 실리콘 복합체일 수 있다. 실리콘 입자(2)는 결정질 또는 비정질일 수 있다.

실리콘 합금은 XnSi로 표시된다. X는 양이온이며, X는 Ba, Mg, Al, Zn, Sn, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, Y, Zr, Nb, Mo, W, Au, Ti, Na, K(원자기호) 등이 될 수 있다. n은 0≤n≤0.5를 만족한다.

실리콘 화합물은, SiOx로 표기되는 산화 실리콘이다. x는, 0.8≤x≤2를 만족한다. 산화 실리콘은 SiO2만으로 구성될 수도 있고, SiO만으로 구성될 수 있다. SiO와 SiO2의 혼합물일 수도 있다. 또한, 산화 실리콘은 산소의 일부가 결손되어도 무방하다.

실리콘 복합체는, 실리콘 또는 실리콘 화합물 입자 표면의 적어도 일부가 전도성 재료로 피복된 것이다. 전도성 재료는, 탄소 재료, Al, Ti, Fe, Ni, Cu, Zn, Ag, Sn 등이다. 실리콘 탄소 복합 재료 (Si-C)는 복합체의 일례이다.

표면층(3)은 실리콘 입자(2) 표면의 일부에 형성된다. 표면층(3)은 결합 에너지가 678eV 이상 698eV 이하의 범위의 X-선 광전자 분광(XPS) 스펙트럼을 표면에서 깊이 방향으로 측정했을 때, 결합에너지가 687eV 이상의 위치에 피크가 발생하는 부분이다.

XPS 스펙트럼은 F1s 스펙트럼이다. 이하, 결합 에너지가 687eV 이상인 위치에서 발생하는 피크를 제1 피크라고 부른다. 제1 피크는 결합 에너지가 687eV 이상 690eV 이하인 위치에 발생한다.

표면층(3)에서는 실리콘과 불소가 결합되어 있다. 표면층(3)은 실리콘 입자(2)의 표면을 미리 불소 처리하여 형성된다.

피복층(4)는, 음극 활물질(1)에서 표면층(3)보다 바깥측에 있다. 음극 활물질(1)의 표면에서 깊이 방향으로 에칭하면서 X-선 광전자 분광을 행하면, 일정 깊이까지 파고 들어간 위치의 XPS스펙트럼에서 제2 피크가 검출되고, 그 후 추가적으로 에칭을 실시한 위치의 XPS스펙트럼에서 제1 피크가 감지된다.

음극 활물질(1)의 평균 입자크기는 0.1μm 이상 10μm 이하, 바람직한 크기는 0.5μm 이상 8μm 이하, 보다 바람직한 크기는 1μm 이상 7μm 이하이다.

자료 : 特開2023-134263負極活物質、負極及びリチウムイオン二次電池

TDK는 지정학적 리스크에 대응하고자 중국+1 거점 전략을 실시

» 2017년부터 인도에서 전지 팩 공정 생산을 시작했으며, 2022년부터 셀 생산도 시작함. 2025년부터 인도 소나에서 배터리 생산을 시작할 예정

» 소형 2차전지의 첨단 혁신 기술로 스마트폰을 비롯한 소형 전자기기의 진화를 뒷받침함

가치 사슬 강화로 비즈니스 가치 극대화

» 재료 조달 대책의 일환으로 재료 공급 업체에 대한 투자 등 전략적인 노력을 포함하여 가치 사슬을 강화하고 비즈니스 가치를 극대화

중형 2차전지에서는 중장기적으로 글로벌 No.1의 포지션을 목표로 다음 세 가지 핵심 가치를 추구

» Superior Customer Service에 주력. ESS, 전동 2륜차, 파워 디바이스(드론 등)와 어플리케이션 시장을 대상으로 함

» TDK가 보유한 재료 기술이나 제품 플랫폼 등 폭넓은 선택지 속에서 고객 요구나 디바이스의 특성에 맞춘 제품을 제공할 수 있는 것이 강점

» Technology Advancement, 고객 가치를 더욱 높이는 기술 및 제품 전략으로 점유율 확대

- 특히 ESS 시장에서는 태양광 패널의 수명을 고려한 20~25년의 초장수명 제품, 파워 디바이스에서는 고출력 점포 파워를 내세워 점유율 확대를 목표로 함

» Operational excellence, 향후 수요, 매출 성장에 맞춰 신공장의 생산능력을 확대. Q(Quality), C(Cost), D(Delivery) 측면에서 업계내 No.1의 위상 확립을 목표로 함

차세대 배터리 기술로 도약 모색

TDK는 충·방전이 가능한 올세라믹 고체전지인 CeraCharge의 차세대 제품으로 기존 제품보다 약 100배의 에너지 밀도 1,000 Wh/L의 전고체전지용 소재개발에 성공했다고 발표

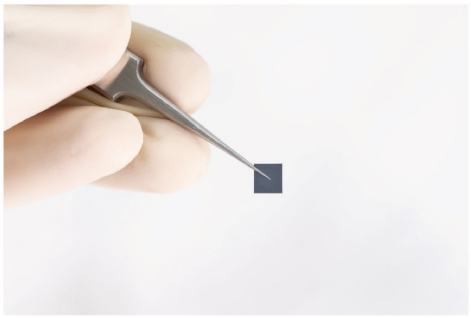
*高付加価値電池で攻勢かける, TDKの稼ぐ力の高め方, Newswitch, 2024年6月18日

» 아직 소재 개발 단계로 실제 제품화를 위해 다층화, 페키지화, 동작 온도범위 확대 등 디바이스 적용을 위한 개발이 필요함. 이를 성공할 경우 무선 이어폰, 보청기, 스마트 워치 등 각종 웨어러블 디바이스용 기기는 물론 기존 코인 배터리를 대체할 수 있음

» 이번 제품은 구조상 전기차 등 대형 제품에는 활용하기 어려우나, 스마트워치에 탑재되면 판매량 확보가 가능

» 일본에서는 앞서 소형 전고체전지를 개발한 무라타제작소 등이 있어, 판매량 확대와 사용처 개발이 과제가 되고 있음

TDK 전고체전지의 단층 셀



자료 : TDK 홈페이지

» TDK는 기존에 판매해 온 전고체전지(제품명 : CeraCharge, 2017년에 세계최초로 개발된 전고체전지) 보다 에너지 밀도가 훨씬 높기 때문에 판매량 증가를 기대

높은 에너지 밀도를 가진 전고체전지 소재 개발과 관련해 TDK는 산화물 고체전해질을 활용

» 도요타 등 완성체 업체가 유화물 고체전해질을 활용하는 것과 달리 진동에 상대적으로 약한 산화물 고체전해질은 자동차용에 활용하기는 어려움

TDK는 음극재를 실리콘으로 대체하는 등 음극재 기술에 강점이 있음. 이번 전고체전지의 경우도 리튬과 실리콘을 합한 리튬 금속 소재를 활용해 흑연보다 훨씬 많은 배터리 용량을 달성

» 다만, 실리콘을 합한 리튬 금속 재료의 과열 가능성 문제에 대응할 필요가 있으며, TDK는 이 문제를 계속 개선해 왔음

» TDK의 2021년 전고체전지 특허(WO2021/079700 A1) 정보를 보면, 양극재와 음극재의 활물질층 중 적어도 하나에는 내부에 복수의 빈 공간과 복수의 탄소재가 있고, 이 빈 공간 중 8% 이상은 복수의 탄소재와 접하고 있다고 함

- 이 탄소재는 흑연, 카본 나노튜브, 카본 블랙, 그래핀 등이라고 함

이와 같이 실리콘 음극재의 높은 에너지 용량을 활용하기 위한 탄소 재료 결합 활용 공법은 일본의 국립연구개발법인 물질·재료연구기구(NIMS)와 같은 공공연구기관을 포함 새로운 공법을 개발 중임

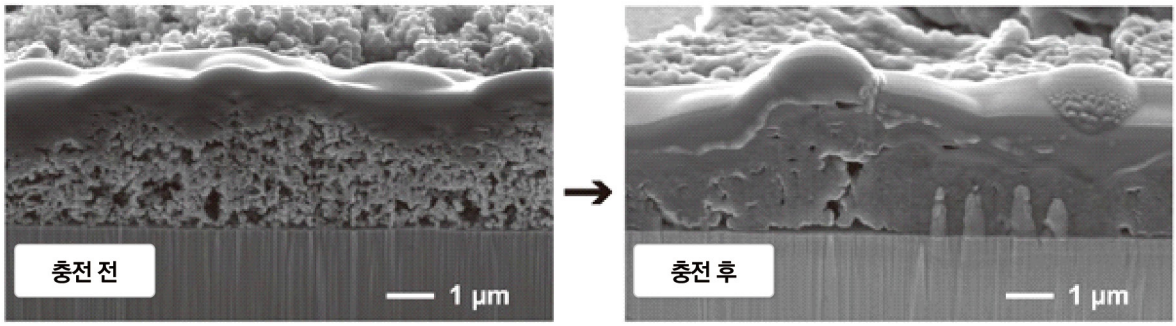
» NIMS의 오타 박사팀은 지난 2019년에 실리콘 나노 입자만으로 고출력 전고체전지용 음극을 실현하는 기술을 개발, 과제였던 음극재의 체적 팽창 문제를 해결하는 데 효과를 보였음

» 이 팀은 시판 실리콘 나노 입자를 이용해 스프레이 도공 공법으로 작성한 실리콘 나노 입자 전극체가 전고체 전지 중에서 높은 출력 특성 및 사이클 특성을 내는 것을 확인

» 고비용의 실리콘 증착막이 아닌 비교적으로 저렴한 스프레이 도공법으로 제조한 실리콘 나노 입자 전극체를 제조

- 이 공법은 충전 시 한정된 공간에서 각 입자에 일어날 체적 팽창을 활용함으로써 전극체를 구성하는 입자끼리 강하게 접합되고 바로 연속막으로 형태가 변화하는 현상에 기초한 것임
- 즉, 전고체전지 중 문제가 되는 팽창 문제를 활용해 액체계 전지의 문제였던 체적 변화를 역으로 잘 활용한 성과임
- 이 방법은 대기 중에서 실리콘 나노 입자의 분산 액체를 집전체 상에 분포 도포하는 것만으로 간편하게 할 수 있고 큰 면적도 가능해 높은 생산성이 기대됨
- NIMS는 연속막으로 변화하면서 생성되는 실리콘 나노 입자 전극체의 충전량을 늘리고 이 성과를 전기차용 전고체전지의 고용량화 등으로 연계할 수 있도록 개발을 진행 중임

전자현미경으로 관찰한 실리콘 나노 입자 전극체의 충전 전후 단면상



자료 : NIMS

실리콘 사용 음극재의 약점인 부러지기 쉬운 점을 해결할 수 있도록 개발을 진행 중으로, 소형 배터리 중심의 TDK 전고체전지 기술도 향후 EV 등 대형 배터리 분야까지 확장 가능성도 있음

참고문헌

- 学生,自給自足の「推し活」 バイト代, 30年で1.5倍仕送り減でも購買力, Nikkei, 2024.8.19.
- 東芝デジタルソリューションズ株式会社, 量子技術のためのクラウドプラットフォーム「Strangeworks Platform」で, 量子インスパイアード最適化ソリューション「SQBM+™」の提供を開始, 2024年4月25日
- 富士通, PRESS RELEASE, 米国 Baptist Health South Floridaと有効性を検証した手術室の稼働率を向上させるオファリングを提供し、ウェルビーイング向上に貢献, 2023年9月14日
- 富士通, 量子インスパイアード技術の活用 「組合せ最適化問題」をアニーリング方式で解決する「デジタルアニーラ」とは, 2018年5月17日
- 富士通 デジタルアニーラご紹介, 2022
- 森脇稔, BMWグループ、量子コンピューターの研究を加速…ドイツの大学に新たな教授職, 2024年1月23日
- 富士通H.P., 量子インスパイアード技術活用による車両生産順序の最適化, 2024.8.12. 검색.
- Ziv Chang, 自動運転車の新たな可能性を切り拓く量子コンピューティング, https://vicone.com/jp/blog/quantum-computing-forging-new-frontiers-for-autonomous-vehicles, 2024年4月15日
- Ｄｅｎｓｏ，現実社会の課題を解くための，擬似量子によるアプローチ 大規模かつ複雑な物流課題の解決に向けた，量子コンピューティングの新たな方向性，2024.4.16.
- 大日本印刷株式会社, BIPROGY株式会社, NEDOが公募した「量子・AIハイブリッド技術のサイバー・フィジカル開発事業」に採択 量子技術と古典AI技術を活用した物流業務効率化アプリケーションの開発を開始, 2024年1月11日
- 石化事業, 再編の動き　設備集約へ、中国の増産で一化学大手, 時事通信 経済部, 2024.7.3.
- 古澤 康夫, 石油化学の脱炭素化への道筋 大量消費見直し・炭素循環し・自然エネルギー, 自然エネルギー財団, 2023.12.
- THAIBIZ Chief News Editor 増田篤, 石油化学産業の脱炭素化と炭素循環～循環型ケミカルリサイクルとは～, 2024.1.29.

- 三井化学株式会社 代表取締役社長執行役員 橋本修, 第8回GX実行会議三井化学のカーボンニュートラルと競争力強化の実現に向けて, 2023.11.7.
- 石油化学工業協会, サステナブル社会実現に向けた石油化学産業の取り組み, 2024.1.
- 日本総研, 出生数急減の背景と今後の少子化対策, 2020.8.19.
- 「こども未来戦略」～次元の異なる少子化対策の実現に向けて～, 2023.12.
- こども家庭庁, 全国こども政策関係部局長会議, 2024.1.
- こども未来戦略「加速化プラン3.6兆円」の施策詳細, こども家庭庁全国こども政策関係部局長会議, 2024.1.
- 経済産業省, ソーシャルビジネス55選 및 ソーシャルビジネスの企業事例20選！日本・海外の取り組みを紹介, 2024.8.22. 검색
- 日本政策金融公庫のソーシャルビジネス支援資金やソーシャルビジネスへの取り組みを解説！, ソーシャルエッグ2023.5.24.
- 日本政策金融公庫, 『ソーシャルビジネス向けの融資をうけたい』ソーシャルビジネス支援資金, 2024.8.21. 검색
- NPO法人に対する支援税制-富山県, 創業応援減税-中小法人・NPO法人-長野県, 2024.8.22. 검색
- TDK, 純利益4倍 4～6月, スマホ向け電池好調, 10月に株式5分割, Nikkei, 2024.7.31.
- 高付加価値電池で攻勢かける, TDKの稼ぐ力の高め方, Newswitch, 2024年6月18日
- 田中信彦, EVバッテリーの覇者、中国CATLが急成長した理由, 国策と民営企業、鮮やかな連携の功罪, https://wisdom.nec.com/, 2023.11.15.
- 特開2023-134263負極活物質、負極及びリチウムイオン二次電池
- TDK, エネルギー密度100倍の全固体電池の材料開発に成功, 2024年6月17日

24년 9월호

JAPAN INSIGHT

저자 **이지평**(한일기업연구소 소장), **이인숙**(한일기업연구소 간사)

홈페이지 등록 2024.9.

발행처 한일산업기술협력재단 경영기획실

주소 135-821 서울 강남구 선릉로 131길 18-4(논현동)

전화 02-3014-9825

팩스 02-3014-9807

http://www.kjc.or.kr

* 이 보고서의 내용은 한일산업·기술협력재단과 한일기업연구소의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관이 없습니다.
* 저작권법에 의해 한국 내에서 보호받는 저작물이므로 무단으로 전제와 복사를 금합니다.
Copyright©2024 by KJCF and KJ all rights reserved.