

디지털 기술 기반 건식 니켈 프로세스 성공사례 분석

: (주)에스엔엔씨 사례를 중심으로

유 제 형 (서울과학종합대학원 박사과정, yjhrkaw1@naver.com)

1. 서론

글로벌 전기차는 '19년 2.3 백만대, '20년 3.2 백만대, '21년 6.6 백만대 판매되고 있으며 연간 105%의 성장률을 보이고 있다(SNE Research, 2022). 이는 각국 친환경 규제 강화 및 내연기관 판매금지 정책 확대 및 우크라이나-러시아 전쟁에 의한 국제 유가 상승에 의한 것으로 폭스바겐은 2030년 전기차 비중을 50%까지 확대하는 등 글로벌 완성차 공급사는 라인업 확대 및 전기차 전환 조기 가속화를 발표하고 있다(SNE Research, 2022). 전기차 배터리의 양극재 소재는 '25년 285 만톤, '30년 605 만톤이 소요될 것으로 전망된다. 전기차 배터리는 양극재의 소재 종류에 따라 NCA(Nickel Cobalt Aluminium), NCM(Nickel Cobalt Manganese) 타입으로 크게 분류되며 배터리 중 니켈의 함량은 60~80%를 차지한다. 이에 니켈은 '23년 51 만톤, '30년 237 만톤이 소요될 것으로 전망된다(Energsoft, 2021).

유럽연합(이하, EU 로 통일)은 '24년부터 배터리 Carbon Footprint 신고의무화를 위해 '22년 EU 집행위에서 탄소배출량, 재활용 원료 사용 및 윤리적 원자재 수급을 포함한 관련 입법절차를 추진 중이며 '27년부터 Carbon Footprint 초과시 EU 내 판매를 금지하는 배출량 규제를 실시할 예정이다(ANL GREET Model, 2020). 미국은 이런 EU를 벤치마킹 할것으로 시사한바 있다. 전기차 배터리의 Carbon Footprint 중 양극재가 38%를 차지하며, 이 중 니켈이 18%를 차지한다. 이에 테슬라는 '21년 BHP Nickel West 및 Prony와 공급계약을 체결하는 등 글로벌 완성차 공급사는 저탄소 니켈 공급사와 직접 공급계약 체결 및 투자를 추진중이다(CRU,2021).

건식 니켈 생산 공정을 대표하는 Rotary Kiln & Electric Furnace 공정 (이하, RK-EF 공정으로 통일)은 산화 니켈광석을 로터리 킬른(Rotary Kiln)과 전기로(Electric Furnace) 설비를 이용하여 용융 환원 공정을 거쳐 페로니켈(Ferro Nickel) 제품을 생산하는 공법을 말한다(이상홍,2012). 로터리 킬른은 전기로에 니켈광석을 투입하기 위해 부착 수분과 결정수분의 건조와 예비환원을 하는 공정이며 전기로는 킬른에서 생산된 소성된 광석(이하, Calcine 으로 통일)을 전기열을 이용하여 용융환원 과정을 통해 페로니켈 용선을 생산하는 공정을 말한다.

페로니켈 제품은 스테인리스 스틸의 니켈 원료로 주로 사용되고 있으며, 최근 전기차 시장의 확대에 따라 탈철공정을 거쳐 Matte 형태로 전환을 통해 배터리 양극재 소재로 공급되고 있다(WoodMackenzie,2020). RK-EF 공정은 1958년 뉴칼레도니아에 소재한 SLN 으로부터 상용화가 시작되었다. RK-EF 공정은 개발되어 사용된지 오래되었기 때문에 안정화된 기술이지만 동시에 디지털 전환을 통해 개선할 수 있는 영역이 많은 공정이기도 하다. 2012년 독일의 Industry 4.0 전략 발표 이후 건식 니켈 생산 업계에도 빅데이터, 머신러닝 등의 스마트공장 기술을 적용하는 디지털 전환이 확산되고 있다.

최근에 (주)에스엔엔씨 (이하, SNNC 로 통일)는 MES, ERP 등 Infra 를 기반으로 Process Innovation 과정을 거쳐 현장 계측 데이터의 정합성을 확보하였으며 이를 바탕으로 빅데이터 분석을 통한 머신러닝 기술을 도입하여 탄소저감, 품질 향상 및 생산성 향상의 성과를 창출하고 있다.

전통적인 장치산업인 건식 니켈 제련업의 경쟁력을 높이기 위한 경영전략을 경영자와 시장 환경 및 자원을 연결하는 메커니즘 기반의 관점에서 연구하는 것은 의미가 있다고 할 수 있다. 모든 건식 니켈 제련업은 주체(Subject), 환경(Environment), 자원(Resource) 등 경영의 요소를 갖고 있으며 경영 요소를 전략적으로 조합하여 기업의 경쟁력을 높이는 메커니즘을 가지고 있을 수 있다.

본 논문은 한국 유일의 건식니켈 제련업체인 'SNNC'를 사례 중심으로 기업의 주체(Subject)인 경영자와

기업에 영향을 주는 환경(Environment) 및 기업이 보유한 자원(Resource)에 기반한 SER-M Framework 을 적용하여 분석해보고자 한다. 특히 기업을 구성하고 있는 주체, 환경 및 자원을 연결하고 있는 독특한 메커니즘을 분석을 통한 Industry 4.0 시대에서 전통적인 장치산업이 경쟁력을 갖기 위한 전략적 시사점을 도출하여 경영 전략 측면에서 학술적으로나 실무적으로 도움이 되고자 한다. 이와 같은 SNNC 의 성공사례 분석을 통해 디지털 전환을 피하고 있는 비철업계에서 필요한 경영 전략과 리더십을 벤치마킹할 수 있을 것으로 기대한다.

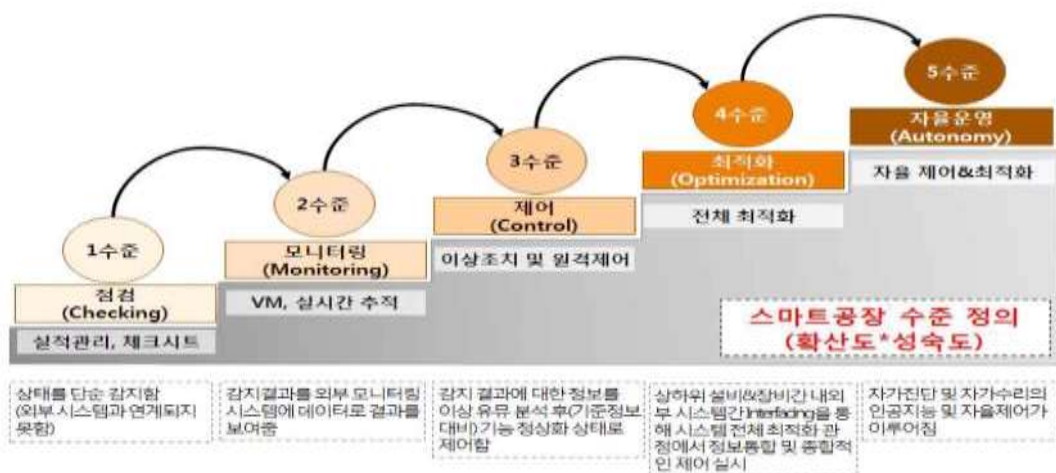
본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 1 장에서는 연구 배경과 목적을 기술하였으며, 제 2 장에서는 이론적 배경과 선행연구를 설명하였다. 제 3 장에서는 SER-M 기법 관련 연구 방법 및 SER-M Framework 를 설명하였고, 제 4 장에서는 SNNC 의 주체(S), 환경(E), 자원(R)과 이를 상호 연결하는 메커니즘에 대해 분석하고자 한다. 제 5 장에서는 연구결과인 모델링에 대해 마지막으로 제 6 장에서는 결론, 시사점 및 연구의 한계점에 대해 논의하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 스마트 공장의 특징

스마트 공장은 독일 연방교육연구부(Federal Ministry of Education and Research)의 첨단기술전략(High-Tech Strategy,2006)에서 사물인터넷(Internet of Things)에 대한 연구 필요성이 제안된 후 독일정부가 2011년 Industry 4.0 정책을 발표함에 따라 시작되었다(Forschungsunion,2013).

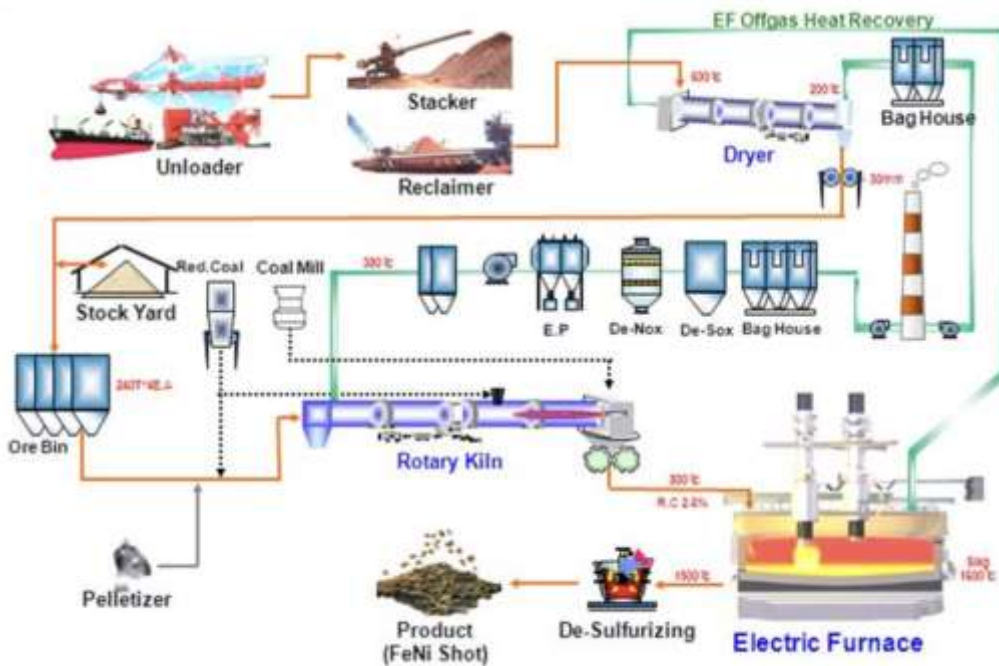
우리나라에서는 산업통상자원부에서 스마트 생산방식 확산을 통한 창조경제를 구현하고자 제조업 혁신 3.0 전략을 수립하였다(산업통상자원부,2014). 국가기술표준원은 스마트 공장 구축과 운영 용이성을 강화하여 산업통상자원부의 스마트 공장 육성 정책을 효과적으로 지원하고자 스마트 공장 표준화 전략을 수립하였다(산업통상자원부,2015). 산업통상자원부에서 정의한 스마트공장 수준은 <Figure 1>과 같이, 1 수준 점검, 2 수준 모니터링, 3 수준 제어, 4 수준 최적화, 5 수준 자율운영으로 구분되어진다. 스마트공장 수준 정의로부터 스마트 공장의 특징을 살펴볼 수 있다. 스마트 공장에서는 현장의 여러 데이터를 실시간 각종 센서를 통해 파악하고 감지된 데이터를 기반으로 단위 설비별 제어를 한다. 단위 설비별 자동화가 완료되면 설비간 정보 교환을 통해 종합적인 제어하며 최종적으로 설비 상태에 대해 자가진단 및 자가수리까지 이루어지는 자율운영되는 공장이 스마트공장이다. 내부에 포함되는 프로세스는 제품개발, 생산계획, 공정관리, 품질관리, 설비관리 및 물류운영으로 ERP, SCM, MES, PLM, EMS 등의 정보시스템을 기반으로 구축된다(산업통상자원부,2015). 이처럼 스마트 공장은 제품개발에서 설비관리까지 비즈니스 전반을 포함한다.



<Figure 1> 스마트 공장 수준 정의

2.2 건식 니켈 생산 공정과 디지털 기술

건식 니켈 생산 공정은 1958년 뉴칼레도니아의 SLN에 의해 개발되었다. 최초에는 고로(Blast Furnace)를 사용하여 니켈 용선을 생산하였으나 생산규모를 확대하고 에너지 소요량을 절감하고자 현재의 RK-EF 공정으로 발전하게 되었다. RK-EF 공정에 적합한 니켈 광석은 산화광(Laterite)이며 전세계에 뉴칼레도니아, 필리핀, 인도네시아, 브라질, 과테말라 등에서 생산되고 있다. 니켈 산화광은 저품위 니켈광석(Limonite, 니켈 함유량 1.5% 이하)과 고품위 니켈광석(Saprolite, 니켈 함유량 1.6% 이상)로 나뉜다. 저품위 니켈광석은 HPAL(High Pressure Acid Leaching) 등의 습식 공정을 통한 제련이 경제적이며, 고품위 니켈광석은 RK-EF 공정을 통해 제련할 수 있다. RK-EF 공정을 적용한 SNNC의 General Process는 <Figure 2>와 같다. 자연에서 채굴되는 니켈광석에는 약 30%의 수분이 함유되어 있으며 물류 라인의 막힘 등 문제점을 해소하고자 로터리 드라이어 설비를 이용하여 수분을 20% 이하로 건조시킨다. 로터리 킬른 설비에는 광석과 환원재(유연탄)를 혼합하여 투입하며 로터리 킬른의 버너로 투입되는 열원에 의해 광석은 건조가 되며 함께 투입된 유연탄은 착화되어 열을 공급하며 동시에 발생된 CO 가스는 광석내 산화된 니켈 및 철을 예비환원시킨다. 로터리 킬른에서 소성된 Calcine은 전기로에 투입되며, 전력에 의해 생성된 아크열과 슬래그 저항열을 이용하여 Calcine은 용융환원되며, 전기로내에서 슬래그와 비중분리를 통해 니켈 용선이 생산되게 된다. 통상 석탄에는 황 성분이 포함되어 있기 때문에 니켈 용선에는 0.4% 수준의 황 성분이 함유되어 있고 탈유공정을 거쳐 황 성분이 0.06% 이하로 조절된 페로니켈 제품이 생산되며, 페로니켈은 300계 스테인리스 스틸의 주요 소재로 사용된다.



<Figure 2> SNNC RK-EF General Process

산업통상자원부의 산업기술개발과에서는 제조업 혁신을 촉진하기 위한 스마트 제조 R&D 로드맵 발표에서 8대 스마트 제조기술을 발표하였다. 8대 스마트 제조기술은 스마트센서, CPS, 3D 프린팅, 에너지 절감, 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 클라우드 및 홀로그래프를 말한다(산업통상자원부, 2015). 이 중 RK-EF 공정에는 다양한 정보를 감지할 수 있는 스마트 센서, 제조 기업의 정보, 컴퓨터 시스템과 사람, 공정, 설비와 같은 물리적 시스템을 네트워크로 통합하여 안전하고 신뢰성 있게 분산제어하는 지능형 제조시스템인 CPS(Cyber-Physical System), 에너지 절감기술, 인터넷을 기반으로 다양한 사물들을 연결하는 사물 인터넷, 제조과정에서 발생하는 데이터 분석 기술인 빅데이터 및 저장을 하는 클라우드 기술이 적용될 수 있다.

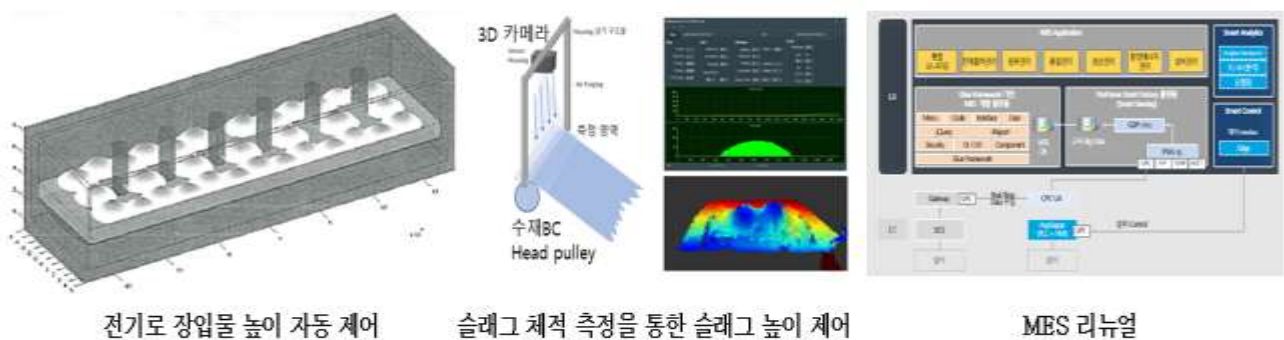
앞서 설명된바와 같이 로터리 드라이어는 자연에서 채굴되어 수분을 30% 함유된 광석의 수분을 20%로 건조하는 설비이다. 로터리 드라이어에 투입되고 배출되는 광석 수분, 광석량 등 광석 정보가 수분 분석계 및 벨트 스케일을 통해 측정되며 로터리 드라이어에서 열교환을 마치고 대기로 배출되는 배기 가스의 유량 및 온도는 유량계(Flowmeter) 및 온도계(Thermocouple)를 통해 실시간 측정된다. 상기 실시간 측정된 정보를 바탕으로 로터리 드라이어에 유입된 열량과 배출된 열량을 모니터링 할 수 있으며 부족한 열량은 실시간 Feed Back 제어로 열풍기를 통해 공급된다. 이런 조업 데이터는 클라우드 등 데이터 스토리지에 보관되며 빅데이터 분석 및 머신러닝 기법을 통해서 Feed Back 제어 모델의 정확도를 높이는 <Figure1>의 4 수준인 최적화 단계까지 도달 할 수 있다.

3. 연구 방법

3.1 연구 대상 선정

본 연구에서는 RK-EF 공법을 기반으로 한 건식니켈 생산공정에 디지털 기술 적용을 통한 성공사례로 국내의 SNNC 를 연구 대상으로 하였다. 포스코 그룹사인 SNNC 는 국내 유일하게 2007 년부터 RK-EF 설비를 도입하여 스테인리스 스틸의 소재로 공급을 하고 있으며, 전기차 시장의 성장으로 탈철로(Pierce Smith Converter) 설비를 통한 철 성분을 제거하는 공정을 거쳐 배터리 양극재 소재인 Matte 제품의 생산을 위해 2023 년 준공을 목표로 설비 투자를 진행중에 있다.

SNNC 는 2009 년 공장 준공시 ERP, MES 를 도입 후 PLC 기반의 부분 자동화 설비를 도입하였다. 로터리 킬른에서 생산된 갈사인은 무인 대차 및 천장 크레인을 통해 전기로의 원료 저장공간으로 이송이 되며, 전기로의 전극봉은 전력 및 저항치 설정치에 따라 Feed Back 제어를 하고 있다. 2014 년도 2 기 능력증강사업시 전기로 장입물 높이를 자동으로 제어하는 Radar 계측 및 제어 시스템을 도입하였고, 2019 년도에는 전기로내 슬래그 높이 제어를 위해 배출되는 슬래그의 체적을 3D 스캐너를 이용해 산출하는 시스템을 도입하였다. 2022 년도에는 2009 년도에 도입된 MES 를 리뉴얼하는 사업을 추진하여 품질, 생산, 설비관리, 판매, 환경 등 전사의 시스템을 관통하는 프로세스 및 마이크로 조업 데이터를 수집 및 분석할 수 있는 Posframe 을 도입하여 빅데이터 기술 및 머신러닝 기법을 이용하여 조업 제어 고도화를 추진중에 있다.

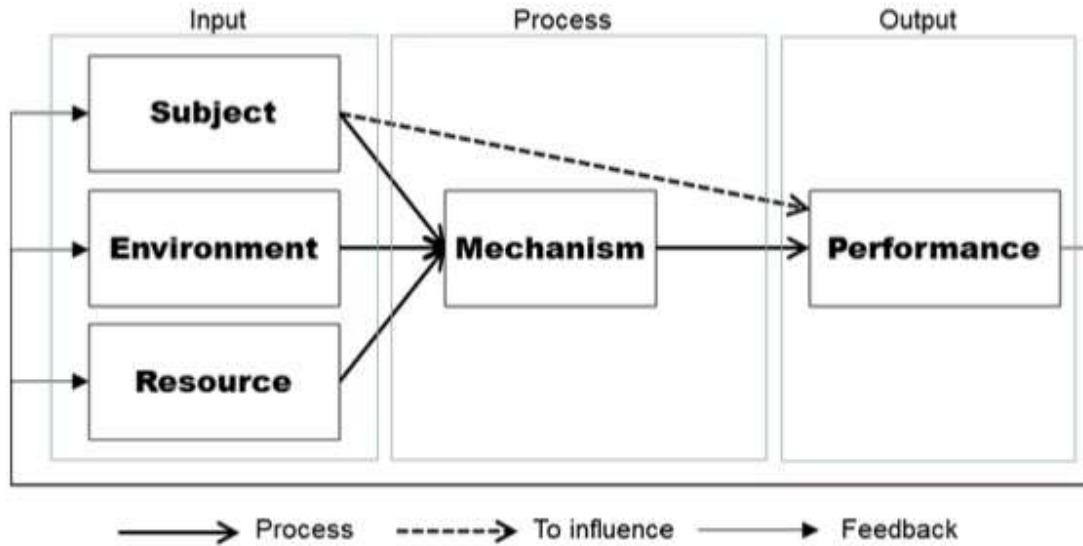


<Figure 3> SNNC 디지털 기술 적용 대표 사례

이러한 SNNC 는 전통 산업에 속한 건식니켈 제련사가 스마트 IT 기술을 도입하여 탄소저감, 품질 및 생산성 향상 등 성장동력 확보에 성공하였으므로 본 연구에서는 SNNC 의 사례를 연구 대상으로 설정하였다.

3.2 분석 프레임

본 연구에서는 SNNC의 디지털 기술 적용을 통한 스마트 공장 구축에 대한 기업 전반의 경영전략을 분석하기 위해 SER-M 모델을 선정하였다. SER-M 모델은 주체(Subject), 환경(Environment), 자원(Resource), 메커니즘(Mechanism)으로 구성된 모델이며 아래 <Figure 4>와 같이 도식화하여 살펴볼 수 있다(Cho, 2014).



<Figure 4> SER-M Framework

주체(Subject)는 각 기업에 연관되어 있는 인적요소를 말하며 창업가, 관리자, 근로자 및 정부관계자 등으로 구성될 수 있다. 환경(Environment)은 기술혁신, 기후변화 등 외부여건을 말하며, 자원(Resource)는 투자금, 인적 자원 등 물적요소를 말한다. 메커니즘은 각 기업이 보유한 주체, 환경 및 자원의 순서 및 비중의 조정(Composition), 균형(Balancing)을 통해 기업의 효율 및 성과를 극대화 하기 위한 방법을 말한다(조동성,2014).

메커니즘은 창조형 메커니즘, 혁신형 메커니즘, 적응형 메커니즘으로 구분되며, 구성 순서에 따라 환경창조 메커니즘(SER), 자원창조 메커니즘(SRE), 환경혁신 메커니즘(RSE), 자원혁신 메커니즘(ESR), 환경적응 메커니즘(ERS) 및 자원적응 메커니즘(RES)의 여섯가지로 구분하였다(조동성,2014).

창조형 메커니즘은 주체가 강한 비전과 창의적 발상으로 환경과 자원을 이용하여 새로운 경영전략을 창조하는 것을 말하며 주체가 새로운 환경을 적극 창조하는 환경창조 메커니즘(SER)과 주체가 새로운 자원을 창출하는 자원창조 메커니즘(SRE)으로 나누어 진다.

혁신형 메커니즘은 기존의 자원과 환경을 이용하여 주체가 자원과 환경을 혁신하는 유형으로 기존 자원을 주어진 조건으로 주체가 환경을 적극적으로 혁신하는 유형인 환경혁신 메커니즘(RSE)와 기존 환경을 주어진 조건으로 주체가 자원을 적극적으로 혁신하는 자원혁신 메커니즘(ESR)로 구분할 수 있다.

적응형 메커니즘은 보유하고 있는 여건하에서 최대한 성과를 창출하는 메커니즘으로 주어진 환경 하에서 기존 자원을 유지하는 환경적응 메커니즘(ERS)와 기존 자원을 활용하여 주체가 소극적으로 환경을 활용하는 자원적응 메커니즘(RES)로 나눌 수 있다.

4. 사례 분석(SNNC 의 SER-M 분석)

4.1. 주체(Subject)의 분석

1 대 이상홍 사장은 1970 년 포스코에 입사하여 광양제철소 제선부장을 역임 후 니켈 국내 자급도를 높이고자 SNNC 설립 후 초대사장으로 역임하였다. 당시 국내에는 RK-EF 공법을 적용한 니켈 광석 제련을 통해 니켈을 생산하는 업체가 없는 상태에서 일본, 브라질, 콜롬비아 등 동종업계를 통한 벤치마킹을 통해 연산 30,000 톤의 니켈을 생산할 수 있는 SNNC 를 2007 년 창립하고, 단 2 년 후인 2009 년 공장을 준공 하였다. Scale Merit 를 통한 가공비를 줄이기 위해 대형 로터리 킬른 및 전세계에서 가장 큰 단일 전기로 설비를 도입하였고, 이런 대형설비를 안전하게 가동율을 높일 수 있도록 HMI 를 통한 자동 운전이 가능한 설비를 도입하였다. 전기로의 전극봉은 전력설정값에 의해 자동으로 승/하강을 통해 전력을 일정하게 투입이 가능하였고, 로터리 킬른에서 생산된 Calcine 은 무인 대차 및 천장 크레인을 통해 전기로 원료저장공간에 장입되는 설비를 도입하여 인적 에러를 줄여 생산성과 에너지원단위를 낮추는 경쟁력 있는 프로세스를 도입할 수 있었다. 초기부터 생산, 품질, 환경, 설비관리 및 재무상태 등 전사 경영정보를 실시간 모니터링 할 수 있는 MES 를 도입하여 경영 효율화를 추진하였다. 특히 이상홍 사장은 해외 동종업체와의 기술교류 중요성을 강조하였고 창립 후 매년 말 자체 컨퍼런스를 개최하여 일년동안의 주요기술개발 현황을 공유하는 자리를 갖았다. FeNi 컨퍼런스는 2019 년부터는 해외 동종사 및 설비공급사와 함께하는 국제 FeNi 컨퍼런스로 확대하여 활발한 기술교류를 통해 공정 생산성 향상 및 에너지효율 향상을 위한 스마트 기술의 도입을 적극적으로 추진하고 있다.

이은석 사장은 1975 년 포스코에 입사하여 포항제철소 스테인리스 부문 부소장을 역임 후 제 7 대 SNNC 사장으로 부임하였다. 부임 직 후 신년사에서 원가혁신의 중요성을 강조하였다. 2016 년부터 중국은 소형 고로를 이용하여 니켈 냉선을 생산하기 시작하였고 원가를 낮추기 위해 전기로 설비를 도입 후 최종적으로 SNNC 와 동일한 RK-EF 공법을 적용하였다. 중국 니켈 냉선 생산업체는 니켈광석을 인도네시아 및 필리핀에서 수입하여 사용하였는데, 2017 년부터 시작된 인도네시아의 니켈광석 수출금지법과 연계하여 인도네시아에 대규모 RK-EF 공장을 건설하여 원가혁신을 추진하기 시작하였다. 이에 이은석 사장은 공정혁신(Process Innovation)을 시작으로 센서를 이용한 전기로 장입물 높이 측정 및 자동공급 시스템 등 단위설비별 자동화 추진을 통해 주요설비의 열효율을 7% 저감하는 성과를 거두었다.

김준형 사장은 1975 년 포스코에 입사하여 포항제철소 전기장판 부장, 포스코 신사업실장, 포스코케미칼 이차전지사업실장을 역임 후 SNNC 8 대 사장으로 부임하였다. 김준형 사장은 품질경영 전문가로 공정의 COPQ(Cost of poor quality) 저감을 통한 원가 혁신을 주도하였으며 포스코 신사업실장 경험을 바탕으로 스마트공장 기술 적용을 본격적으로 추진하였다. 2009 년 도입된 MES 를 2.0 버전에서 3.0 버전으로 업그레이드 사업을 추진하였고 각 설비의 센서에서 수집된 밀리초 단위의 마이크로 데이터까지 수집하여 빅데이터 및 머신러닝 모델링을 할 수 있는 Posframe 데이터베이스를 도입하여 스마트공장 구축의 기반을 다졌다. 또한 드론을 이용한 야드 광석재고 측정 자동화, 3D 스캐너를 이용한 건조광석 텐트 내의 광석재고 측정 자동화, 중성자를 이용한 로터리 킬른 투입광석 성분 실시간 분석을 통한 환원재량 자동 제어 시스템 구축, 전기로 슬래그량 3D 스캐너를 이용한 측정 시스템, 광석 수분 및 전기로 배가스 열량 등 조업정보에 기초한 로터리 드라이어 열풍기 미분탄량 제어 등 전 공정 자동화를 통한 스마트공장 구축을 본격화 하였다. 특히 로봇을 이용한 Ladle 노즐 산소개공 작업 등 위험작업 대체를 통해 작업자의 안전을 확보함으로써 지속경영의 기반을 다질 수 있었다.



<Figure 6> 드론을 이용한 야드 광석재고 측정 시스템

SNNC의 경영자는 각 분야별 30년 이상 전문 경력을 모사(포스코)로부터 경험하였다. 제 1대 이상홍 사장은 광양 제철소 제선부장으로의 리더십과 제철소의 원료-제선 공정의 전문성을 바탕으로 원료-제선-제강 공정을 포함한 SNNC의 RK-EF 공정을 성공적으로 준공할 수 있었으며 Power On 후 5개월만에 정상조업도에 도달할 수 있었다. MES, ERP 등 경영정보 시스템을 초기부터 도입하였고 해외 동종사 벤치마킹을 통해 대형 로터리 킬른 및 전기로 설비를 안정적으로 가동할 수 있도록 PLC에 의해 제어되는 자동화 설비를 도입하였다. 제 7대 이은석 사장은 포항 제철소의 스테인리스 부소장을 역임하여 원가혁신에 기반한 공정혁신(Process Innovation)을 추진하였다. 사업 초기에 도입된 계측기기의 정합성을 높이는 공정혁신을 통해 향후 빅데이터 및 머신러닝 기법을 통한 공정 제어 모델 운영의 초석을 다질 수 있었다. 제 8대 김준형 사장은 포항 제철소의 전기강관 부장, 본사의 신사업실장을 역임하여 품질경영을 주도적으로 추진하였으며 다수의 디지털 기술을 공정에 접목할 수 있었다. 김준형 사장은 공정능력지수 및 스마트팩토리 구축 CFT(Cross Functional Team)를 주관하였으며 이를 통해 MES 리뉴얼을 시작으로 전 공정 디지털 기술 도입을 본격화 하였다. 특히 드론을 이용한 야드 광석재고 측정 시스템 도입 등 부분 자동화 뿐만 아니라 로터리 드라이어 열풍기 미분탄량 제어 및 로터리 킬른 투입광석 성분 실시간 분석을 통한 환원재량 자동 제어 시스템 등 머신러닝 기법을 통한 주요 공정별 제어모델 구축을 추진하였다.

4.2. 환경(Environment)의 분석

(1) 친환경 니켈 소재 시장의 성장 및 ESG 경영 가속화

ESG 경영은 기업의 재무적 성과만을 판단하던 전통적 방식과 달리, 장기적 관점에서 기업 가치와 지속 가능성에 영향을 주는 환경, 사회, 지배구조의 비 재무적 요소를 고려한 경영이다. 문재인 대통령은 2020년 11월 탄소중립 선언을 하였고, 2050년 저탄소발전전략 보고회의에서 “탄소중립은 우리 정부의 가치 지향이나 철학이 아니라 세계적으로 요구되는 새로운 경제, 국제질서”라며 “세계 조류와 동떨어져서 따로 가다가는 탄소국경세 등 규제에 부딪힐 수 밖에 없으며, 국제사회와 함께 가지 않을 수 없는 일”이라고 강조했다. 유엔은 2015년 파리 협정에 따라 각국에 2030년 국가온실가스 감축 목표와 2050년 장기저탄소발전전략(LEDs)의 제출을 2022년까지 요구하였다.

이에 EU는 ‘24년부터 배터리 Carbon Footprint 신고의무화를 위해 ‘22년 EU 집행위에서 탄소배출량, 재활용 원료 사용 및 윤리적 원자재 수급을 포함한 관련 입법절차를 추진 중이며 ‘27년부터 Carbon Footprint 초과시 EU내 판매를 금지하는 배출량 규제를 실시할 예정이다. 미국은 이런 EU를 벤치마킹 할 것으로 시사한바 있다. 전기차 배터리의 Carbon Footprint 중 양극재가 38%를 차지하며, 이 중 니켈이 18%를 차지한다. 이에 테슬라는 ‘21년 BHP Nickel West 및 Prony와 공급계약을 체결하는 등 글로벌 완성차 공급사는 저탄소 니켈 공급사와 직접 공급계약 체결 및 투자를 추진중이다. 이처럼 전세계는 탄소 저감을 위해 노력하고 있으며, 이런 압박은 니켈을 친환경 방법으로 제조해야 하는 주문으로 이어졌다.

RK-EF 공정은 로터리 킬른에서 환원재(유연탄)를 전기로 공정에서 전력을 에너지로 사용하며, 이 때문에 RK-EF 공정에서는 1톤의 니켈을 생산하는데 30~40톤의 온실가스가 발생하게 된다. 스마트 공장 구축을 통해 생산성은 30% 증가, 불량률 45% 감소, 원가 15% 절감의 효과를 거둘 수 있다(대통령직속 4차산업혁명위원회, 2018). 스테인리스 스틸을 생산하는 철강사 및 완성차 공급사의 저탄소 니켈 공급 요청에 따라 SNNC는 생산성 향상 및 에너지 효율을 높일 수 있는 디지털 기술 도입을 통한 스마트 공장 구축을 집중적으로 추진하게 되었다.

(2) 디지털 기술의 급성장

스마트 공장은 기존의 단위 설비 및 공장의 자동화를 넘어 각 자동화 된 모듈의 지능화에 기반한 통합 자동 운전이 가능한 공장을 말한다. 스마트 공장은 2011년 독일정부가 Industry 4.0 정책을 발표함에 따라 시작되었다. 우리나라에는 산업통상자원부에서 2014년 제조업 혁신 3.0 전략을 발표하였고 국가기술표준원은 2015년 스마트 공장 표준화 전략을 발표하였다. 또한 산업통상자원부는 2015년 제조업 혁신을 촉진하기 위한 스마트 제조 R&D 로드맵을 발표하여 국내 제조업이 디지털 기술에 기반한 스마트 공장으로 전환을 위해 지원을 하고 있다.

스마트 공장을 구성하고 있는 디지털 기술은 Application, Platform, Device 로 구분할 수 있다. Application 은 MES(Manufacturing Execution System), ERP(Enterprise Resource Planning), PLM(Product Lifecycle Management), SCM(Supply Chain Management)이 있고 Platform 에는 빅데이터, 머신러닝, 클라우드 등의 기술을 예로 들 수 있다. Device 에는 로봇, RFID 등의 각종 센서와 컨트롤러 등이 있으며, 이는 스마트공장을 구성하는 주요 요소기술이다.

디지털 기술의 발전에 따라 MES 는 전통적인 하나의 서버에 모든 정보를 관리하는 방식에서 벗어나 탈중앙화, 수직적 통합, 모바일과의 연결, 클라우드 컴퓨팅의 방향으로 진화하고 있다(Almada-Lodo,2015). 빅데이터 기술은 다양한 형태의 사물 내부로 탑재될 것이다(강만모,2014). 테슬라는 전세계의 테슬라 차량에서 수집한 교통정보를 테슬라의 도조(Do Jo) 컴퓨터로 빅데이터 분석 후 각 테슬라 차량에서 FSD(Full Self Driving)를 통해 시내자율주행 서비스를 제공하고 있다. 로봇은 고온의 용선을 샘플링하고 Ladle 의 노즐을 산소개공하는 등 위험작업에 적용되고 있다.

SNNC 는 발전된 디지털 기술을 기존의 RK-EF 공정에 적극적 접목을 하여 전기로의 전극봉 높이 자동제어, 장입물 높이 자동제어, 용융물 높이 자동제어, 전기로체 평창 및 수축 자동제어 등 각 개소의 자동화 모듈을 통합관제하는 종합 지능화 시스템 구축을 통해 스마트 전기로로 전환 중에 있다.

4.3. 자원(Resource)의 분석

(1) 자본 투자

SNNC 는 매출의 1%를 스마트 공장 구축과 관련된 투자에 집중하고 있다. 2009 년 창업 후 2022 년까지 총 120 억원 규모의 투자가 진행되었고, 향후 5 년간 70 억원을 추가 투자할 계획이다. 2022 년 각설비에서 발생하는 마이크로 데이터를 수집할 수 있는 Posframe 의 가동 시작으로 각 설비별 데이터가 수집되면, 데이터 분석을 통해 머신러닝 기법을 활용한 공정 자동화 투자가 집중적으로 진행될 예정이다. 로터리 킬른의 경우 로터리 킬른 동체에 투입되거나 유입되는 전체 공기량 제어를 통해 석탄 연소율 향상과 관련된 모델을 적용할 계획이며, 전기로의 경우 공급되는 Calcine 에 포함된 탄소량 및 Freeboard 의 압력 제어를 통해 전기로에서 배출되는 배가스의 열량을 최소화하는 모델 개발로 전력 원단위를 저감할 계획이다.

(2) 내/외부 우수인력과 기술역량

효과적 스마트 공장 기술 도입을 위해 관리자 및 핵심인력을 대상으로 AI 교육을 2019 년 완료하였고, 매년 모사의 AI 전문가 과정을 통해 전문인력을 육성하여 외부의 전문인력을 효과적으로 활용하기 위한 능력을 배양하고 있다.

모사의 기술연구소 및 외부 대학 등 전문기관과의 R&D 협업을 통해 전통적 RK-EF 공정을 디지털 기술이 접목된 스마트 공장으로 변모 시키고 있다. 12 월 초 FeNi 컨퍼런스를 통해 각 기관과 협업을 통해 개발한 스마트 기술들을 공유하고 그 성과를 평가하는 시간을 가짐으로써 개발된 기술이 실제 공정에 적용되고 지속 향상될 수 있는 계기로 삼고 있다.

(3) Agile 조직 운영

SNNC 의 임직원수는 400 명이고 조직은 임원, 그룹리더, 팀리더, 직원의 단계로 조직 구조가 단순하다. 또한 스마트 공장 구축을 위한 CFT 조직을 구성하여 전사의 역량을 스마트 공장 구축에 집중하고 있다. SNNC 는 2007 년에 설립되어 직원의 평균 근속연수는 8.5 년으로 매우 젊은 조직이며 입사 후 6 Sigma 를 기반한 혁신 및 통계교육을 전원 이수하여 기술 수용 및 혁신 업무 능력이 탁월하여 스마트 공장 구축 등 디지털 기술 도입이 전사적으로 원활하게 진행 중이다.

4.4. 메커니즘 분석

스마트 공장 구축을 통해 SNNC 는 에너지 원단위 감소를 통한 온실가스 배출량 저감 등 다른 건식니켈

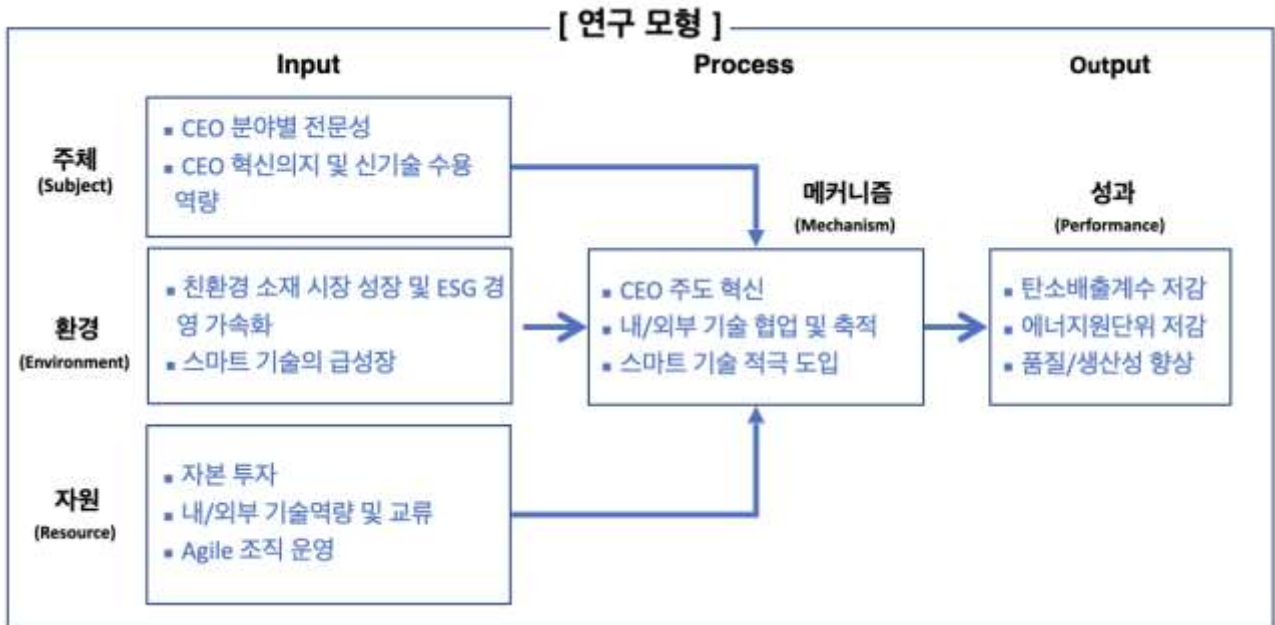
제련사와 차별되는 성과를 거둘 수 있었다. 이것은 SNNC의 경영자가 환경의 변화 조건에서 자원의 효율적 활용을 통한 메커니즘적 차별점을 보였기 때문이다. SER-M Framework에 기반한 SNNC의 경영 메커니즘을 도출해 보았다.

첫째, SNNC는 모사(포스코)에서 각 분야별 전문 경력을 보유한 경영층의 강력한 리더십 및 역량을 기반으로 외부 환경 변화에 선제적으로 대응을 할 수 있었다.

둘째, SNNC는 내부의 6 Sigma에 기반한 혁신역량 및 AI 역량을 보유한 Agile한 조직이 모사 및 외부 전문 인력과의 적극적 연구 협업을 통해 SNNC만의 고유한 핵심역량을 구축하였다고 볼 수 있다. 특히 SNNC FeNi 국제 컨퍼런스를 통해 동종업계 및 설비공급사와의 적극적인 기술 소통을 통해 스마트 기술의 단계별 축적을 이룰 수 있었다.

셋째, 친환경 니켈 제품의 수요 증대 및 주주사의 저탄소 생산전환 요구에 따라 발전하고 있는 디지털 기술을 적극적 도입으로 시장 및 이해관계자의 요구를 모두 충족함으로써 경쟁우위를 확보할 수 있었다.

결론적으로 CEO의 전문성을 활용한 강력한 혁신, 외부 전문 역량과의 기술 결합 및 스마트 공장 기술 도입의 세 가지 메커니즘이 SNNC의 성공사례를 이끌었다고 볼 수 있다. 이런 SNNC의 성공사례를 SER-M 모델을 통해 분석한 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.



<Figure 7> SER-M 분석 모형

5. 결론

5.1 시사점

건식 니켈 제련 분야에서 스마트공장 기술 적용을 통한 성공 사례에 대해 연구하였다. SNNC는 국내 유일의 FeNi 생산 업체로 국내 스테인리스 및 전기자동차 산업의 니켈 자급을 통해 경쟁력 향상에 기여할 수 있도록 디지털 기술에 기반한 스마트 공장 구축을 통해 지속 성장하고 있다.

SNNC는 혁신, 안전, 원가 혁신 등 각 분야 전문성을 보유한 경영자 주도의 혁신과 내/외부 기술 협업, 축적 및 스마트 기술의 적극 도입의 메커니즘을 통해 생산성 향상, 에너지 원단위 절감을 통해 온실가스 원단위를 36tCO₂/t.Ni에서 33tCO₂/t.Ni로 저감할 수 있었다. 이를 통해 저탄소 니켈 소재를 경쟁력 있게 공급함으로써

지속경영기반을 구축할 수 있었다.

본 논문은 SNNC 의 디지털 기술에 기반한 스마트 팩토리 구축에 기반한 경영 메커니즘을 SER-M Framework 관점에서 분석함으로써 학문적 가치와 실무적인 시사점을 갖고 있으며 학문적 가치는 다음과 같다.

첫째, 국내 유일의 RK-EF 공정을 운영 중인 SNNC 의 경영 메커니즘을 처음으로 연구했다는 점에서 의의가 있다.

둘째, 모사(포스코)에서 각 분야별 전문 경력을 보유한 경영층의 강력한 리더십 및 역량을 기반으로 친환경 소재 시장 및 디지털 기술의 성장의 외부 환경 변화를 내부의 자본, 내/외부 기술역량 및 Agile 조직의 자원을 효율적으로 활용한 자원혁신적 메커니즘(ESR)을 보유하고 있는 것으로 연구되었다.

셋째, 전세계적으로 전기차 시장이 급성장 되고 있는 상황에서 디지털 기술에 기반한 스마트 공장 구축을 통한 저탄소 니켈 생산을 하고 있는 메커니즘을 연구함에 의의가 있다.

본 논문의 실무적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 건식 니켈 생산업의 경영을 주체(Subject), 환경(Environment), 자원(Resource)의 메커니즘을 고찰함으로써 저탄소 니켈 소재 공급 요청에 대한 문제점과 해결 방법을 제시한 점에서 니켈 제련업과 유사한 구리, 아연 등 비철업계의 경영적 운영에 실무적인 참고가 될 것이다.

둘째, 디지털 기술에 기반한 스마트 공장 구축 사례를 통해 비철제련업의 스마트화를 계획하고 전략을 수립하는데 시사점을 줄 수 있다.

셋째, 기업간 경쟁이 치열한 국제 경영 환경에서 경영 전략에 대한 기업 교육에 활용되어 도움이 될 것으로 판단된다.

5.2 한계점 및 향후 연구 방향

연구의 결과로 시사점을 도출한 것은 의미가 있으나 단일 사례를 통한 분석으로 일반화하기에는 무리가 있다. 그리고 질적연구방법론에 근거한 사례 분석 연구에 그쳐 실증연구를 하지 못하였으므로 객관성 확보가 미흡하다고 볼 수 있다.

따라서 향후 연구는 니켈 이외의 다른 비철 산업, 철강 산업 등의 사례를 다양하게 분석하는 연구나 복수 기업의 사례를 통한 분석 및 실증연구를 통해 자원을 대단위 장치를 통해 제련하는 산업 경영에 대한 다양한 연구가 진행될 필요가 있다.