

## 복합제품시스템 혁신의 관점에서 바라본 우리나라 해양플랜트 산업의 난관\*

곽 기 호\*\*

2000년대 중후반 이후 중국 조선 산업의 추격 및 세계 경제 위기에 따른 조선 수요 급감, 그리고 국제 유가 상승에 따른 해양플랜트 발주 증가에 대한 전략적 대응을 위해 우리나라는 해양플랜트 산업에 적극 진출하였다. 그 결과 2010년대 초 우리나라는 세계 해양플랜트 발주 시장을 석권하였다. 그러나 2014년 이후 유가 하락으로 인한 프로젝트 발주 급감과 함께 과거 수주 프로젝트에서 대규모 적자 발생에 따라 해양플랜트 산업은 2014년~2015년 누적 영업적자 11.2조원을 기록하는 등 큰 위기에 직면하였다. 본 연구에서는 우리나라 해양플랜트 산업의 난관을 복합제품시스템(Complex Product System, CoPS)의 혁신 특성 관점에서 고찰하였다. 먼저 해양플랜트는 건조에 있어 발주자 관여가 매우 높은 제품으로, 발주자가 해양 자원의 시추와 생산에 필요한 기자재 사양과 제작사 선정과 같은 제품 설계에 직접 관여한다. 또한 해양플랜트는 프로젝트 기반으로 건조되며, 가치사슬 단계별로 전문기업의 역할이 명확히 구분되어 있어 다수의 혁신 주체의 참여와 이들 간의 긴밀한 제휴를 요구한다. 더불어 이질적인 시추·생산 환경에 따라 고도의 맞춤형 설계와 생산을 요구하고, 건조 과정에서 잦은 설계 변경 요구가 발생할 뿐 아니라 이에 따른 기술적·재무적 리스크도 매우 크다. 이와 함께 해양플랜트는 에너지·환경 및 제조업 정책 관점에서 자원 보유국 정부가 깊이 개입하는 분야로 정부에 의해 발주 시기가 변경되고, 건조에서의 환경 규제, 자국 생산품 의무 사용 등의 정책적 개입이 매우 높다. 이와 같은 해양플랜트 고유의 혁신 특성에도 불구하고 우리나라는 복합제품시스템 개발 및 생산에 필요한 혁신주체와의 긴밀한 네트워킹·파트너링 역량, 넓고, 깊으며 통합된 지식과 스킬, 그리고 가치사슬 전주기 통합 역량 확보를 위한 정책 지원 활용에 어려움을 겪으면서 대규모 적자 발생과 같은 위기에 봉착하였다. 본고는 복합제품시스템 혁신의 관점에서 우리나라 해양플랜트 산업 위기의 원인을 고찰하였다는 점에서 복합제품시스템 혁신 특성의 분석적 일반화에 기여할 것으로 기대된다. 아울러 본 연구가 향후 우리나라 해양플랜트 산업의 부흥을 위한 기술 및 산업 혁신 전략 수립에 널리 활용되기를 기대한다.

주제어: 해양플랜트, 복합제품시스템, 위기, 혁신전략

### 1. 서론

해양플랜트(Offshore Plant)는 해상에 매장된 원유·가스 등의 자원을 탐사, 시추, 그리고 생산·처리하기 위해 해상 및 해저에 설치된 기계와 장비를 의미한다(김원식 외, 2014; 이수 외, 2014; 도현재 외, 2015). 여기서 탐사는 해저 지반 물성 파악,

경로 탐사 등을 통해 매장량, 시추 및 생산 장비 설치 조건 등의 정보를 획득하는 것을 의미하며, 시추는 원유·가스를 생산하기 위해 유전 굴착 및 유정을 형성하는 것으로 이해할 수 있다. 마지막으로 생산·처리는 시추된 유정에서 원유·가스를 추출하고, 여기에 포함된 물과 모래 등을 분리하는 작업을 의미한다(한국기계연구원, 2015). 또한 해양플랜트는 설치 방식과 위치에 따라 크게 해수면 위에 모습을

논문접수일: 2017. 08. 29.

1차 수정본 접수일: 2017. 10. 22.

게재확정일: 2017. 11. 07.

\* 본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 기술경영 전문대학원 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구(N0001613)임.

\*\* 부경대학교 기술경영전문대학원 조교수(cloudnine@pknu.ac.kr), 단독저자

드러내어 시추와 생산을 담당하는 해상플랫폼(Offshore Platform, Surface Structure), 해저면에 설치되어 생산과 회수율 제고를 담당하는 해저생산시스템(Subsea Production and Processing System), 그리고 해저생산시스템에서 생산된 자원을 운송하는 이송설비(URF, Umbilicals, Risers, Flowlines)으로 분류할 수 있다(김원식 외, 2014; 도현재 외, 2015; 한국기계연구원, 2015).

해양플랜트는 2000년대 중반 이후 지속된 고유가와 육상 자원의 고갈 우려, 그리고 해양 자원 탐사, 시추, 생산·처리 기술의 경제성 확보에 따라 본격적으로 시장이 성장하였다. 실제로 자본지출(CAPEX, Capital Expenditure)에 기반한 해양플랜트 시장 규모는 2000년 약 200억 달러에 불과하였으나, 2005년 약 380억 달러로 확대되었으며, 2010년에는 약 1,450억 달러로 확대되었다(홍성인, 2006; Douglas Westwood, 2013). 뿐만 아니라 당시 중장기 국제유가가 해양자원 개발의 손익분기점인 배럴 당 70~80달러를 훌쩍 뛰어넘는 배럴 당 100~150달러를 기록할 것으로 전망됨에 따라(International Energy Agency, 2010; 2011; 2012), 해양플랜트 시장도 2020년 약 3,300억 달러로 가파른 성장이 예측된 바 있다(Douglas Westwood, 2012).

이와 같은 해양플랜트 시장 성장과 장밋빛 전망에 따라 우리나라 또한 2000년대 중반이후 해상플랫폼을 중심으로 해양플랜트 발주 시장에 본격 진출하였다. 사실 우리나라 조선업계의 해양플랜트 시장 진출은 조선업의 불황 속 중국의 추격을 극복함과 동시에 고부가가치 성장동력을 확보하기 위한 전략적 선택이었다(김용환, 2015). 먼저 2000년대 후반은 세계 조선시장의 호황기가 끝나는데다 세계 금융 위

기에 따른 해운 불황이 겹치면서 발주량이 급격히 감소한 시기였다. 당시 세계 조선산업의 수주량은 2007년 사상 최대치인 9,393만 CGT<sup>1)</sup>에서 2009년 1,690만 CGT로 격감하였다(장진원, 2015). 또한 중국 조선산업은 2005년 수주량 점유율 15.8%를 차지하며 우리나라(32.4%)를 본격적으로 추격한 이후 2010년에는 수주량 세계 점유율 41.6%를 기록하며 한국(28.9%)을 제치고 1위에 오르기도 하였다(홍성인, 2015). 더불어 해양플랜트는 조선과 유사한 해양 구조물의 성격을 가지면서 동시에 건당 발주 규모(금액 기준)가 조선의 최대 10배에 이를 정도로 매우 크다.<sup>2)</sup> 따라서 해양플랜트는 조선 기업의 매출 확대 측면에서도 매우 매력적인 사업이었다(김용환, 2015).

실제로 이러한 해양플랜트 시장 진출은 초기 수주에서 상당한 성과를 거두었다. <부록 1>에서 확인할 수 있듯이 우리나라의 해양플랜트 수주액은 2005년 53억 달러에서 2011년~2013년 평균 250억 달러로 크게 확대되었으며(한국플랜트산업협회, 2017), 드릴십, FPSO(Floating Production Storage and Offloading) 등의 수주를 독식하는 성과를 거두었다(이수 외, 2014; 정홍열, 2015; 하창승, 정대현, 2015). 그러나 우리나라 해양플랜트 산업은 2014년 이후 유가 하락으로 인한 프로젝트 발주 급감 및 취소와 함께 과거 수주한 프로젝트에서 대규모 적자가 발생함에 따라 큰 위기에 직면하였다. 특히 2014년~2015년 사이 우리나라의 조선 3社(삼성중공업, 현대중공업, 대우조선해양)가 기록한 영업 손실은 무려 11.2조 원에 이를 정도로 심각했고(부록 2), 이에 따라 대규모의 인력 감축, 기자재 업체의 도산, 막대한 공적 자금 투입 등과 같은 어려움

1) Compensated Gross Tonnage의 약어로, 선박의 단순한 무게(Gross Tonnage)에 선박의 부가가치, 작업 난이도 등을 고려한 계수를 곱해 산출한 무게 단위를 의미

2) 일반적으로 해양플랜트의 수주액은 반잠수식 시추선(시추)은 5억 달러, 드릴십(시추)은 10억 달러, FPSO(생산)은 20억~50억 달러에 달함(정인, 2012)

에 직면하였다(이정희, 2017; 엄혜원, 2015).

왜 우리나라는 조선 산업에서 세계적인 경쟁력을 확보했음에도 불구하고 해양플랜트 산업에서 막대한 손실에 직면하였는가? 본 연구에서는 상기 연구문제에 대한 논의를 위해 우리나라 해양플랜트산업의 난관을 해양플랜트 고유의 복합제품시스템(Complex Product System, CoPS) 혁신 특성에 대한 이해 부족 및 이에 따른 복합제품시스템 개발·생산을 위한 역량 확보 부족으로 이해하고 이를 상세히 고찰하고자 한다. 이를 위해 II장에서 복합제품시스템 혁신 특성과 개발·생산에 필요한 역량을 이론적으로 살펴보고, 국내 해양플랜트 산업 관련 선행 연구를 고찰하였다. 이어 III장에서는 연구방법을 서술하였으며, IV장에서 복합제품시스템의 혁신 특성 관점에서 해양플랜트 산업의 특성을 이해하고, 우리나라의 위기 원인을 고찰하였다. 이어 V장에서 연구의 결론을 제시하였다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 복합제품시스템 혁신 특성과 개발을 위한 역량

복합제품시스템이란 고도의 엔지니어링과 설계 기술 집약을 통해 구현되는 대규모 시스템 형태의 제품으로 정의할 수 있으며(Hobday, 1998; Miller et al., 1995), 대표적인 사례로 해양플랜트, 원자력 발전 플랜트, 항공기 엔진, 전투기, 통신 장비, 철도 교통 시스템, 복합화력 발전용 가스터빈, 반도체 리소그래피 장비 등을 들 수 있다(Dedehayir et al., 2014; Hobday, 1998; Park, 2012). 여기서 ‘복합’은 복합제품시스템이 다수의 부품으로 구성

되어 있고, 혁신에 다양한 분야의 지식과 기술을 보유한 이해관계자의 참여가 필요함을 의미한다(Barlow, 2000; Hobday, 1998). 이에 따라 복합제품시스템은 제품 개발 및 생산에 소요되는 비용이 매우 높고, 그에 따라 가격도 비싼 고부가가치 자본재의 형태를 띠는 경우가 많다(Dedehayir et al., 2014; Lee and Yoon, 2015). 더불어 ‘시스템’은 부품 간 인터페이스, 즉 부품 간 공간 및 구조적 의존성, 에너지·재료·정보 교환 및 제어가 매우 체계적이고 긴밀함을 의미한다. 이는 복합제품시스템의 운영 성능은 부품 간 상호작용에 대한 숙달과 엄격한 제어를 통해 결정됨을 의미한다(Barlow, 2000; Hobday, 1998; Markard and Truffer, 2006). 이와 같은 특성으로 인해 복합제품시스템은 대량생산 제품과 달리 고객의 요구에 기반하여 단일 프로젝트 기반 맞춤형 생산 또는 소량의 배치(Batch) 생산되는 경향을 보인다(Barlow, 2000; Hobday, 1998; Dedehayir et al., 2014).

상기 제시한 바와 같이 복합제품시스템에 대한 이론적 접근은 대량생산제품(MPG, Mass-Produced Good)과 비교했을 때, 복합제품시스템이 제품 개발, 혁신 프로세스, 경쟁전략, 산업 진화, 시장 특성 측면에서 차별적인 특성을 보인다는 생각에서 출발하였다(Hobday, 1998). 이후 Park (2012)은 기존 복합제품시스템에 대한 논의에 기반하여 제품 및 시장 개발로 대변되는 복합제품시스템 고유의 혁신 특성을 보다 일반적인 관점에서 6가지 범주로 제시하였다. 이는 다음의 <표 1>과 같이 크게 제품 특성 관점에서 ‘(1) 제품 개발의 형태’, ‘(2) 혁신 프로세스 특성과 주체의 다양성’, ‘(3) 구성 부품의 수와 표준화 정도’, ‘(4) 제품 설계 변경의 예측 가능성’과 시장 특성 관점에서 ‘(5) 혁신에 대한 사용자의 관여’와 ‘(6) 시장 형태’로 이해할 수 있다.<sup>3)</sup>

3) 본 연구에서는 혁신에 관한 Utterback(1971)의 논의에 의거하여 혁신특성을 제품 개발과 시장 개발로 나누어 재정리함.

〈표 1〉 대량생산제품과 복합제품시스템의 제품 및 시장 특성 구분

	제품 특성				시장 특성	
	1 개발 형태	2 혁신 프로세스와 주체의 다양성	3 구성 부품의 수와 표준화 정도	4 제품 설계 변경의 예측 가능성	5 혁신에 대한 사용자의 관여	6 시장 형태
대량 생산 제품	<ul style="list-style-type: none"> <li>단일 대규모 제조업체 중심의 지속 운영 공급사슬 중심</li> <li>- 생산공정이 체계적/표준화</li> <li>- 기업 별 참여 공정이 나뉨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제품혁신, 공정혁신 순으로 진행</li> <li>■비교적 소수의 혁신주체 참여 (완제품 생산 기업 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■소수 / 대부분 표준화</li> <li>- 낮은 단위 생산 비용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■높음</li> <li>■제품 아키텍처 단순</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■공급자 중심 혁신</li> <li>■정형화된 혁신 과정</li> <li>- 순차적 제품 개발, 시장 확산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■최소한의 규제</li> <li>■반빈한 거래</li> <li>■다수의 공급자 구성 (높은 경쟁)</li> <li>■다수의 민간/소비재 사용자</li> </ul>
복합 제품 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>■다수의 기업이 일시적 제휴 형태로 참여</li> <li>- 프로젝트 기반</li> <li>- 생산공정이 상대적으로 비체계적/비표준화</li> <li>- 전 공정에서 지속 참여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■제품혁신의 지속</li> <li>■다수/다양한 혁신주체 참여 (중소기업, 정부, 규제 기관, 대규모 공급사, 구매 업체 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■다수 / 고도의 맞춤형 설계</li> <li>- 높은 단위 생산 비용</li> <li>■다양한 설계 대안 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■낮음</li> <li>■제품 아키텍처 복잡, 다수의 위계로 구성</li> <li>■특정 부분의 설계 변경이 제품의 다른 분야에 미치는 영향 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■소수의 사용자의 높은 혁신 관여도</li> <li>■비정형화된 혁신 과정</li> <li>- 동시적 제품 개발, 시장 확산</li> <li>■주문기반 생산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■정치화, 제도화, 규제, 통제된 시장 (정부의 높은 개입)</li> <li>■제한된 거래</li> <li>■소수의 공급자 구성 (과점)</li> <li>■소수의 공공/산업재 사용자</li> <li>- 구매 전략이 시장 구조에 큰 영향</li> </ul>

주: Barlow(2000), Hobday(1998), Park(2012) 및 Teixeira et al.(2006) 참고하여 연구자 재구성

제품 특성의 경우 먼저 개발 형태의 관점에서 복합제품시스템은 자동차나 스마트 폰 등과 같이 완제품 제조업체 주도에 의해 지속적으로 운영되는 대규모 공급사슬 구조가 아닌 다수의 기업이 프로젝트에 기반하여 일시적 제휴 형태로 참여하는 네트워크 구조를 보인다. 일례로 펌프, 밸브, 압력용기, 배관, 케이블 등 원자력 발전 플랜트용 부품을 생산하는 업체들은 기계, 조선, 석유화학, 정유, 전기 등 다양한 전방 산업에서 종사하다 원전 발주에 따른 주문이 발생하면 해당 프로젝트 참여를 통해 사업을 영위한다.

둘째, 복합제품시스템은 제품혁신 이후 공정혁신이 진행되는 대량생산제품과 달리 제품혁신이 지속되는 혁신 패턴을 보인다(Davies, 1997). 복합제품시스템에 대한 고객의 요구사항은 매우 이질적이며, 고도의 맞춤형 생산 및 소량의 배치 생산 특성으로 인해 제품혁신이 지속되는 반면, 대량생산체제의 도입을 위한 공정혁신 추진이 어렵고, 그 필요성도 낮기 때문이다. 또한 복합제품시스템의 개발에는 대량생산제품에 비해 다수·다양한 주체가 참여한다. 일례로 네덜란드의 ASML은 반도체 리소그래피 장비 생산을 위해 자사 뿐 아니라 독일의 Carl Zeiss

4) Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek의 약어이며, 우리나라에는 네덜란드 응용과학 연구기구로 소개됨(한국기계연구원, 2011).  
 5) Interuniversity Microelectronics Center의 약어이며, 벨기에에 위치한 반도체 분야 세계 최대의 공공 연구소(Leten et al., 2013).

(광학렌즈), 미국의 Cymer(광원) 뿐 아니라 네덜란드의 국책연구기관인 TNO,<sup>4)</sup> 벨기에 IMEC<sup>5)</sup> 등과 제품 혁신을 위한 장기 협력 관계를 구축하고 있으며, 차세대 극자외선(EUV) 장비 개발을 위해 주요 수요기업인 인텔, 삼성전자, TSMC 등과도 협력 관계를 유지하고 있다(유필화, 2013; 한국기계연구원, 2011; 한주엽, 2012).

셋째, 복합제품시스템은 대량생산제품에 비해 구성 부품 수가 많으며, 대부분 표준화되어 있지 않아 단위 생산 비용이 높은 편이다. 발전용 가스터빈의 경우 1기에 대당 600~750억 원이 넘으며(유창선, 2014; 홍서운, 2016), 크케 압축기, 연소기, 터빈, 제어 시스템 등과 같은 서브시스템(Subsystem)으로 구성되어 있으나 각각의 서브시스템은 다시 세부 부품 등으로 구성되며(한국기계연구원, 2014), 전장이 최대 55m에 달할 정도로 규모도 매우 크다.

마지막으로 상기 특성과 연계하여 복합제품시스템은 대량생산제품에 비해 제품 아키텍처가 복잡하고, 다수의 위계(Hierarchy)로 이루어져 있어 특정 부분의 설계 변경이 제품 내 다른 분야에 미치는 영향이 클 뿐 아니라 그 영향을 예측하기 어려운 편이다. 예를 들어 Sosa et al.(2004)에서는 항공기 제트 엔진 개발 사례에 대한 연구를 통해 아키텍처와 조직 구조 간의 정합성의 관점에서 복잡한 아키텍처의 제품 개발 시, 성능 최적화를 위해 서브시스템 및 부품을 개발하는 팀 간의 빈번한 상호작용이 매우 중요함을 밝힌 바 있다.

한편 시장 특성 관점에서 복합제품시스템은 주문 기반 생산으로 인해 소수의 사용자가 높은 혁신 관여도를 보이며, 제품 개발과 시장 확산이 동시에 나타나는 비정형화된 특성을 나타낸다. 실제로 앞서 살펴본 반도체 리소그래피 장비의 경우 소수의 반도체 생산기업이 자본 투자, 운용 테스트, 생산 공정 최적화 등 다양한 장비 개발 과정에 깊이 관여한다(오은지, 2017; 최다현, 2017).

아울러 복합제품시스템 시장은 정부의 개입이 높은 정치화·제도화·규제화·통제화된 특성을 띄며, 대량생산제품에 비해 제한된 수의 공급자에 의한 과점 구조가 특징이다. 또한 공공·산업부문을 중심으로 하는 소수의 사용자가 개별 거래마다 별도의 협상을 통해 제품을 구매하는 특성이 나타나며, 이들의 구매 전략이 시장 구조에 큰 영향을 끼친다(Teixeira et al., 2006). 이러한 시장 특성은 우리나라의 원전 건설 시에도 초기부터 운영공기업인 한국수력원자력이 개입하여 소수의 핵심 기자재 공급 업체, 그리고 건설기업과의 협상을 주도하며, UAE 해외 수출 시에도 해당국 정부와의 협상을 통해 수주와 운행 계약을 달성 한 바에서도 확인할 수 있다(곽기호 외, 2017).

한편 Park(2012)는 상기 제시한 복합제품시스템의 차별적 특성으로 말미암아 복합제품시스템의 개발을 위해서는 특유의 역량이 필요함을 주장하고, ‘(1) 다양한 혁신주체(참여자) 간의 긴밀한 네트워킹 역량’, ‘(2) 넓고, 깊고, 통합된 지식과 스킬’, ‘(3) 제도 및 정책의 활용(Leverage) 역량’과 같은 3가지 역량을 제시하였다. 먼저 ‘(1) 다양한 혁신주체(참여자) 간의 긴밀한 네트워킹 역량’은 복합제품시스템 개발 시, 다수의 기업이 프로젝트에 기반하여 일시적 제휴 형태로 참여하며, 혁신에 대한 사용자의 높은 관여가 필요하고, 다양한 혁신주체의 참여가 필수적인 특성에 기인한다. 또한 ‘(2) 넓고, 깊고, 통합된 지식과 스킬’은 복합제품시스템의 많은 수의 구성부품과 높은 수준의 맞춤형 설계 특성으로 인해 부품 간의 상호작용에 대한 다양한 지식이 요구되며, 동시에 제품 설계 변경의 파급효과에 대비하기 위한 지식의 통합이 필요함을 의미한다. 마지막으로 ‘(3) 제도 및 정책의 활용 역량’은 제도화·정치화되어 있는 복합제품시스템시장에서 성과를 거두기 위해서는 자신에게 유리한 시장 상황을 전개하는데 필요한 지원 제도나 정책의 활용이 요구됨을

의미한다.

물론 Park(2012)의 논의 이전에도 복합제품시스템 개발에 필요한 역량을 제시한 연구들이 존재하였다. 일례로 다양한 자원과 기술의 유동화와 같은 동적 조직역량(Dynamic and Organizational Capability)을 강조한 Davies and Brady(2000) 및 이를 다시 세분화하여 자원의 배분과 조직역량의 유지·갱신·확장을 위한 장기 계획 실행과 같은 전략적 역량(Strategic Capability), 설계·엔지니어링 및 다양한 지식의 통합 역량을 의미하는 기능적 역량(Functional Capability), 그리고 제품 설계 및 개발 전 과정에서 다양한 파트너와의 협력을 강조한 프로젝트 역량(Project Capability)을 강조한 Davies and Hobday(2005)이 대표적이다. 이 밖에 Jun(2011)은 후발국의 경우 자국 시장에서의 설치 기반(Installed Base) 구축과 같은 우호적 시장 조건을 확보하는 것이 중요함을 강조하였다. 이에 비해 Park(2012)의 논의는 제품 개발 뿐 아니라, 시장 개발 측면에서 중요한 역량을 포괄적으로 제시하고 있다는 점에서 복합제품시스템 혁신을 통합적으로 이해하는데 보다 적합한 것으로 판단된다.

## 2.2 우리나라 해양플랜트 산업 관련 선행 연구

기술·산업 혁신의 관점에서 바라본 우리나라의 해양플랜트 산업 연구는 해양플랜트 수주가 가파르게 증가한 2010년대 이후부터 본격화되었다. 김신(2011)은 조선대기업 중 하나인 대우조선해양의 성장사에 대한 연구에서 향후 해양플랜트 산업이 우리나라 조선업계의 신성장동력으로 자리매김할 것으로 전망하였으며, 오진석 외(2014)에서는 수주 확대에 성공한 해양플랜트 산업의 고부가가치화를 위해서는 해양플랜트의 운영과 유지보수, 해체와 같은 서비스 시장 진출의 중요성을 강조하였다. 한편 이수 외(2014)는 2010년대 초 우리나라의 해양플랜트 수

주 1위의 성과는 조선에서부터 장기간에 걸쳐 누적된 원가혁신과 다양한 조선 공법을 제안하는 공정설계 혁신, 그리고 다양한 기능의 융합을 고려한 건조 능력으로 이어지는 공정기술혁신 역량에 기인함을 주장하였다. 한편 하창승, 정대현(2015)와 정홍열(2015)은 2014년부터 시작된 우리나라 해양플랜트 산업 위기의 원인으로 저가 수주 경쟁과 낮은 기자재 국산화율, 그리고 유가하락으로 인한 발주 급감을 탐색적으로 제시하였다.

상기 선행 연구 고찰을 통해 우리는 국내 해양플랜트 산업에 대한 논의가 동 산업 성장의 원인과 미래 전망, 그리고 산업의 고부가가치화를 위한 제언으로부터 시작하여 최근 위기의 원인에 대한 탐색적 제언으로 이어짐을 확인할 수 있다. 그러나 아직까지 고유의 이론적 관점(Theoretical Framework)에 기반하여 최근의 어려움에 대해 심층적으로 고찰한 연구는 이루어지지 못하였다. 만약 최근의 위기를 초래한 원인을 체계적 원인과 비체계적 원인으로 나눌 수 있다면 체계적 원인은 무엇이며, 추후 이를 극복하기 위해서는 어떠한 자원과 정책 지원이 필요한지에 대한 함의를 찾는 것이 매우 중요할 것이다(Bennet, 1991). 특히 해양플랜트는 여전히 선진국이 주도권을 확보하고 있는 고부가가치·고기술 산업으로써, 장차 우리나라의 지속가능한 성장을 위해서는 반드시 경쟁력 확보가 필요한 분야로 판단된다. 이러한 관점에서 본 논의는 향후 해양플랜트 산업의 경쟁력 제고를 위해 필요한 정책적 지원의 방향 설정과 효과성 제고, 그리고 이와 관련한 사회적 비용 최소화, 기획 및 추진 단계에서의 오류 파악을 통한 전략적 실행 등 경쟁 우위 확보를 위한 필요조건을 규명한다는 점에서 의의가 클 것이다.

### III. 연구방법

앞서 제기한 바와 같이 본 연구는 우리나라 해양플랜트 산업이 막대한 손실에 직면하게 된 원인을 복합제품시스템의 혁신 특성 관점에서 고찰하였다. 이를 위해 본 연구는 유의 추출법(Purposive Sampling)에 기반한 단일 사례연구(Single Case Study) 방법을 사용하였다. 먼저 유의 추출법은 연구목적에 적합하다고 판단되는 사례를 건전한 판단력에 의거하여 직접 선택하는 방식으로 일반적인 경우와는 크게 다른 성과를 기록한 예외적 사례를 선택해서 연구자가 제시한 연구문제를 해결하는데 적합한 표본 추출 방법이다(Kemper et al., 2003; Palys, 2008). 유럽 내 15개 기업에 대한 유의 추출을 통해 제조기업의 서비스 전략이 고객 서비스에서 고객 지원 및 개발·아웃소싱 파트너로 진화함을 논의한 Gebauer et al.(2006)과 3D 프린팅 산업에 대한 사례연구를 통해 혁신 생태계의 성장에 있어 상호보완적 멀티 플랫폼(Complementary Multiplatforms)의 역할을 고찰한 Kwak et al.(2017) 등이 유의 추출법을 적용한 대표적인 사례이다.

또한 사례연구는 “왜” 또는 “어떻게”와 같은 형태의 연구문제를 해결하는데 적합한 방법이며(Eisenhardt, 1989; Yin, 2009), 단일 사례연구의 경우 드물게 발생하지만 중요한 연구 대상에 대한 심층적인 분석을 통해 분석적 일반화를 달성하고, 관련 이론의 정교화에 기여할 수 있다는 장점이 있다(Dyer and Wilkins, 1991; Yin, 2009). 해양플랜트는 복합제품시스템의 대표사례로서(Barlow, 2000; Hobday, 1998; Teixeira et al., 2006), 1,500억 달러에 이를 정도로 세계 시장 규모가 매우 크며(Douglas Westwood, 2012; 2013), 원유·가스 공급 산업으로서의 위상, 그리고 최근 우리나라가 동 산업에

서 기록적인 적자를 기록하였다는 점에서 유의 추출법과 단일 사례연구 방법을 적용하기에 적합한 연구대상임을 이해할 수 있다.

본 연구 수행을 위해 연구진은 먼저 해양플랜트 산업의 동향 및 이를 둘러싼 환경적 요인을 확인할 수 있는 연구 보고서, 시장 조사, 학술논문 등 다양한 2차 자료(Secondary Data)와 우리나라 해양플랜트 관련 정부출연연구기관에 종사하는 본부장급 연구원 및 산업계 연구 인력 2명(부장급 1명, 차장급 1명)에 대한 인터뷰에 기반한 1차 자료(Primary Data)를 동시에 수집·분석하는 삼각측정법(Triangulation)을 활용하였다. 각 인터뷰는 대면, 서면 또는 전화 방식으로 회당 30분~1시간 내외의 시간이 소요되었으며, 이후 연구 결과 초안을 공유하고 이에 대한 피드백을 통해 1차 자료의 정확성을 높이고자 하였다. 결과적으로 이러한 접근은 엄격한 실증의 연쇄(Chain of Evidence)를 구축함으로써 본 연구의 개념 타당성(Construct Validity)과 신뢰성을(Reliability) 강화하는데 공헌하였다(Andrade, 2009; Yin, 2009). 더불어 우리나라 해양플랜트 산업 위기의 원인을 복합제품시스템과 같은 기술혁신이론에 기반하여 해석, 고찰함으로써 연구결과의 신뢰성을 제고하였다(Beverland and Lindgreen, 2010).

### IV. 연구결과

#### 4.1 복합제품시스템 혁신 관점에서 바라본 해양플랜트 산업의 특성

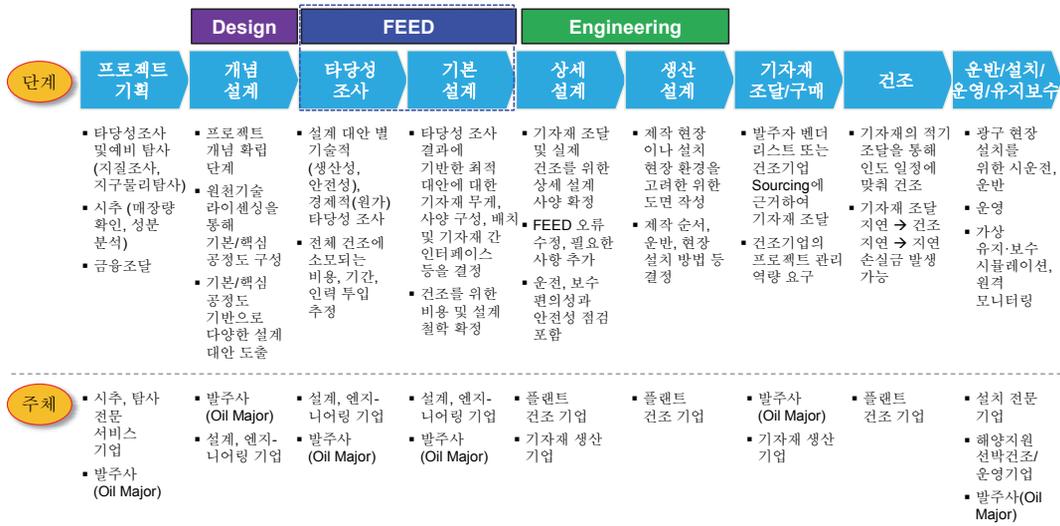
앞서 언급한 바와 같이 해양플랜트는 발주 규모가 매우 크고, 극한 환경에서의 작업으로 인해 기술적으로 매우 복잡할 뿐 아니라, 고객 맞춤형 생산이 필

요한 복합제품시스템이다(Barlow, 2000; Hobday, 1998; Teixeira et al., 2006). 이와 함께 복합제품시스템의 제품 및 시장 특성 관점에서 해양플랜트는 (1) 혁신에 대한 사용자의 높은 관여, (2) 프로젝트에 기반한 제휴 형태의 다수의 혁신 주체 참여, (3) 비표준화된 다수의 기자재의 구성 및 설계 변경에 따른 제품 개발의 변동성 확대, 그리고 (4) 발주국 정부의 개입이 높은 정치화·제도화된 시장 특성을 갖고 있음을 발견하였다.

먼저 해양플랜트는 철저한 발주자(사용자) 주도 시장이며, 혁신 등 제품 설계에 있어 발주자(사용자)의 관여도가 높은 특성을 갖고 있다. 해양플랜트의 발주는 이를 활용하여 직접 해양 자원을 탐사·시추·생산하는 소수의 다국적 석유회사(IOC, International Oil Company)와 국영석유회사(NOC, National Oil Company)에 의해 이루어지며, 이들은 발주한 해양플랜트 프로젝트의 기획에서 건조

에 이르는 전 가치사슬에서 주도적인 역할을 수행한다. 이는 프로젝트의 기술적·경제적 타당성과 해양플랜트에 탑재되는 기자재의 무게, 사양 구성, 배치 및 기자재 간의 인터페이스 등에 대한 정보를 포함하는 FEED(Front-End Engineering & Design)를 통해 이루어진다(김원식 외, 2014; 하창승, 정대현, 2015; 한국기계연구원, 2015).<sup>6)</sup> 특히 발주자는 FEED를 통해 자사의 요구조건을 만족하여 납기와 운영에 성공한 제작사 리스트(Vendor List)를 관리한다(박기흠 외, 2015). 이와 같은 발주자의 제작사 리스트에 기반하여 기자재 별로 제작사가 선택되는데 이 과정에서 해양플랜트 건조기업이 제작사 리스트에 없는 기업의 제품을 추천하더라도, 그 의견은 거의 반영되지 않는다.

두 번째 특징으로 해양플랜트는 프로젝트 기반으로 건조되며, 아래 <그림 1>과 같이 가치사슬 단계 별로 전문기업의 역할이 명확히 구분되어 있어 다수



주: 부산발전연구원(2013), 한국조선협회(2011) 및 전문가 인터뷰에 기반하여 연구진 구성

<그림 1> 해양플랜트 산업의 가치사슬

6) 기술적 타당성으로는 안전성 평가, 기자재 간 구조적 의존성 및 에너지·재료·정보(제어) 교환의 균형성, 경제적 타당성으로는 예상 비용(원가) 및 인력 투입, 예상 스케줄 등이 포함(박기흠 외, 2015; 전문가 인터뷰).

의 혁신 주체가 긴밀한 제휴를 통해 참여한다(김영훈, 2010; Barlow, 2000). 이러한 제휴는 발주사를 중심으로 이루어진다. FEED 개발의 경우 발주사와 전문 설계·엔지니어링 기업과의 긴밀한 연계를 통해 이루어지며, 기자재 업체 또한 사업 수행 실적(Track Record) 여부에 따라 발주사의 제작사 리스트에 전략적 파트너로서 포함된다. 이러한 혁신 주체 간 긴밀한 제휴는 장기 계약 관계에 기반한 폐쇄적 형태를 띄는데(삼성경제연구소, 2012; 한국기계연구원, 2015), 이는 해양플랜트가 기본적으로 극한 환경에 설치되어 장기간(25~30년) 운용되고, 경우에 따라서는 작업 지역을 이동해야 하기 때문에 가격 경쟁력을 확보한 신생기업보다는 작업의 안전성과 신뢰성을 담보하고, 사업 수행 실적이 풍부한 전문 기업을 선호하는 경향이 매우 높기 때문이다(도현재 외, 2015; 하창승, 정대현, 2015). 예를 들어 드릴십의 시추공을 뚫는 기능을 담당하는 드릴링 타워(Drilling Tower)는 대당 1.5억 달러에 이르는 고가의 기자재로 미국의 NOV, 노르웨이의 AkerSolution이 세계 시장을 독점하고 있으며, FPSO의 계류 및 심해저 유정과 연결하는 기능을 수행하는 Turret은 대당 1~2억 달러에 이르는 고가 기자재임에도 불구하고 네덜란드의 SBM가 독점하고 있다(전문가 인터뷰). 특히 최근 들어 해양자원의 개발이 근해보다는 원양의 심해지역을 중심으로 이루어짐에 따라 이와 같은 가치사슬 단계별 전문화와 폐쇄적 운영 경향은 더욱 강화되고 있다(곽기호, 이정호, 2013; 삼성경제연구소, 2012; 전문가 인터뷰). 이에 따라 해양플랜트 산업은 타 산업에 비해 신규 진입이 매우 어려운 특성을 띄며, 이러한 경향은 설계·엔지니어링 뿐 아니라, 기자재 등 전분야에서 강하게 나타난다(김원식 외, 2014; 오진석 외, 2014).

셋째, 해양플랜트에 탑재되는 기자재는 매우 많으

며, 대부분 표준화되어있지 않다는 점이다. 앞서 언급한 바와 같이 해양플랜트는 파고와 수압, 온도차, 바람, 해류 등의 측면에서 작업 환경이 매우 가혹할 뿐 아니라 설치 지역별 이질적인 환경 조건, 그리고 국가별로 상이한 환경·선급 규제를 충족해야 한다(도현재 외, 2015; 삼성경제연구소, 2012). 또한 육상플랜트에 비해 유지보수에 따른 제약이 크기 때문에 제작 시에 상기 환경·규제 조건을 고려한 성능 최적화(Optimization)를 최우선으로 한다.<sup>7)</sup> 이로 인해 해양플랜트에 탑재되는 기자재는 그 종류가 매우 다양하며, 고도의 맞춤형 설계를 요구한다. 이에 따라 해양플랜트 전체 수주금액의 50~60% 가량이 기자재가 차지할 정도로 기자재의 가격이 매우 비싼 편이다(정인, 2012; 한국기계연구원, 2015). 이러한 기자재의 맞춤형·최적화 설계의 구현 과정에서 발주자가 적극 개입하게 되는데, 발주자 또한 경험 부족으로 인해 수주 계약 시 어떠한 설계 대안이 최적인지에 대한 판단이 정확하지 않아 건조 과정에서 설계 변경 요구가 잦고, 설계 변경에 대한 예측 또한 어렵다(Barlow, 2000). 일례로 노르웨이의 석유·가스 생산업체인 에니 노르게(Eni Norge)가 발주한 원통형 FPSO는 2010년 현대중공업이 11억 달러에 수주하였으나, 수차례 설계 변경 끝에 예정 납기보다 1년 4개월 늦게 인도되었으며, 건조비용에만 26억 달러가 소요가면서 현대중공업에 큰 손실을 야기하였다(전문가 인터뷰; 김호연, 2015). 또한 노르웨이 석유 시추업체인 송가 오프쇼어(Songa Offshore)가 발주한 송가 반잠수식 시추선(송가 프로젝트)은 2016년 3월 최종 인도까지 총 110차례나 설계가 변경되었고 이로 인해 대우조선해양은 해당 프로젝트에서만 1조원의 손실을 야기하였다(조선비즈, 2016). 이러한 특성은 해양플랜트의 작업 지역이 심해저 및 유정이 분산되어있는 한계 유전 등

7) 해양플랜트의 유지보수는 교정 유지(Corrective Maintenance)보다는 예방 및 예측 유지(Preventive and Predictive Maintenance)를 위한 가상 유지·보수 시뮬레이션, 원격모니터링에 초점을 맞춘다.

으로 이전됨에 따라 더욱 강화되고 있다.

마지막 특성은 해양플랜트 시장은 해양자원을 보유한 국가의 정부가 정책적으로 깊이 개입한다는 점이다. 이는 무엇보다도 해양플랜트의 핵심 발주자가 국영석유회사(NOC) 라는 점에서 쉽게 이해할 수 있다. 특히 정부의 개입은 에너지, 제조업, 그리고 환경 정책으로 나누어 살펴볼 수 있다. 먼저 에너지 정책 관점에서 국영석유회사들은 국제 유가·천연가스 가격 변동에 따른 에너지 교역 실적 및 자국 경기 상황 등을 고려하여 발주시기를 조절하거나, 아예 인도를 연기·취소하는 경향을 보인다. 이러한 경향은 국영석유회사들이 다국적 석유회사를 제치고 해양자원 개발을 주도함에 따라 더욱 강화되고 있다(발레리 마르셀, 2010; 삼성경제연구소, 2012).<sup>8)</sup> 실제로 덴마크의 동에너지, 앙골라의 소난골(이상 대우조선해양), 말레이시아의 페트로나스(삼성중공업), 노르웨이 스타토일(현대중공업) 등의 국영석유회사는 2014년 이후 유가 급락에 따라 국내 기업에게 발주했던 해양플랜트 인도를 연기 또는 취소한 바 있으며, 이로 인해 국내 기업에게 막대한 손실을 야기한 바 있다(전문가 인터뷰).

또한 제조업 정책 측면에서는 단순 자원 생산을 넘어 해양플랜트 관련 제조업 육성을 위해 해양플랜트 건조에 필요한 기자재나 서비스, 인프라를 자국에서 생산하게 하거나, 자국 생산품을 활용하게 하는 현지조달법(Local Contents Act)의 적용을 점차 강화하고 있다(도현재 외, 2015; 한국선주협회, 2013). 이와 같은 현지조달법은 1970년대~1980년대 노르웨이, 캐나다 등 선진 경제권에서 기원하였으나, 현재는 신흥국으로 크게 확산되었다. 예를 들어 브라질 정부는 'Regulation ANP no. 6'를 통해 자국 기자재와 서비스를 최대 84%(평균 70%)까지 사용할 것을 의무화하였으며, 나이지리아 정부

는 '나이지리아 석유가스 산업 콘텐츠 개발법'을 통해 분야에 따라 30%~100% 범위 내에서 자국 생산 기자재 및 서비스를 사용하도록 규정하고 있다(한국선주협회, 2013). 이 밖에 베네수엘라, 앙골라, 알제리, 가나, 이란, 모잠비크 등의 해양자원 보유 국가들도 현지조달법을 도입하였거나 도입을 준비하는 등 동 법을 통해 자국 내 생산 및 고용 창출 효과를 꾀하고 있다. 최근에는 이러한 현지조달법 적용이 인도네시아, 태국, 베트남 등 동남아시아 국가로 빠르게 확산되고 있다(전문가 인터뷰).

아울러 환경 정책은 해양플랜트 운영 시 사용하는 화석연료로부터 발생하는 배기가스 저감, 염해로부터 구조물을 보호하기 위한 보호도장의 친환경화 등의 관점에서 각국 정부의 규제가 점차 강화되는 추세다. 먼저 배기가스 저감의 경우 각국 정부는 ECA(Emission Control Area) 지정을 통해 해양플랜트에서 배출하는 배기가스를 규제하고 있는데, 이 규제의 강도와 적용 범위가 점차 확대되고 있다(전문가 인터뷰). 북미의 경우 해양플랜트의 동력 발생 기관으로 디젤엔진 대신 가스엔진을 의무 사용하게 하고, 이를 통해 질소산화물과 미세먼지 발생률을 90~100% 저감하게 하는 규제가 대표적이다. 또한 구조물로부터 마모되어 나온 보호도장이 바닷물 오염과 생태계 파괴에 미치는 영향을 최소화할 수 있도록 보다 엄격한 보호도장 공정과 기준치를 요구하고 있다(전문가 인터뷰). 이러한 규제는 조선에 비해 훨씬 엄격한데, 그 이유는 해양플랜트의 경우 조선에 비해 한 곳에 계류하며 자원을 생산하고, 수명주기(25년~30년) 또한 10년가량 길기 때문에(도현재 외, 2015; 임재묵, 2008; Barlow, 2000), 환경에 미치는 영향이 더욱 크기 때문이다. 이와 같은 환경보호를 위한 해양플랜트 보호도장의 엄격한 규제는 다음의 <표 2>에서도 확인할 수 있다.

8) 2010년 기준 국영석유회사는 전세계 원유·가스매장량의 90%를 소유.

(표 2) 해양플랜트 및 선박 건조에서의 보호도장 관련 요구 수준 비교 사례

구분	항목	해양플랜트	선박
모서리 가공	Sharp Edge Treatment	2R(2mm Radius Edge)	3C(3 Corrosion)
전처리	기본 등급	Full Blasting	Sweep Blasting
	1 <sup>st</sup> Surface Treatment	Sa 3	Sa 2.5
	2 <sup>nd</sup> Surface Treatment (Intact Shop Primer 제거)	100% 제거	미제거 또는 손상부 70% 제거
	Surface Profile	25~120 $\mu$ m	30~75 $\mu$ m
	Preparation for repair area	Blasting	Power Tool
염분오염	Salt Contamination	$\leq 20\text{mg}/\text{m}^2$	$\leq 50\text{mg}/\text{m}^2$
	Abrasive Conductivity	$\leq 30\mu\text{s}/\text{cm}$	$\leq 250\mu\text{s}/\text{cm}$
터치업 도장	Stripe Coating	Brush	Roller

주: A사 내부자료

#### 4.2 복합제품시스템 개발역량 관점에서 바라본 우리나라 해양플랜트 산업의 난관

상기 살펴본 바와 같이 해양플랜트는 복합제품시스템 고유의 혁신 특성을 지니고 있다. 이는 해양플랜트에서의 성공적인 혁신을 위해서는 대량생산제품 혁신과는 다른 복합제품시스템 개발을 위한 특유의 역량이 요구됨을 의미하며, 그 역량은 앞서 제시한 바와 같이 ‘(1) 다양한 혁신주체(참여자)와의 긴밀한 네트워킹 역량’, ‘(2) 넓고, 깊으며, 통합된 지식과 스킬’, ‘(3) 제도 및 정책의 활용 역량’의 관점에서 이해할 수 있다. 그러나 우리나라 해양플랜트 산업은 조선 부문에서 축적한 건조 경험과 그에 대한 자신감에만 의존한 나머지 상기 세 가지 역량을 확보·축적하는데 어려움을 겪으면서 대규모 영업이익 적자에 직면하고 말았다.

먼저 우리나라 해양플랜트 산업은 해양플랜트 분야의 설계·엔지니어링 기업, 기자재 생산기업, 발주사 등 다양한 혁신 주체와의 긴밀한 네트워킹 역량을 확보하는데 필요한 FEED 개발 역량이 부족하였다. 앞서 언급한 바와 같이 FEED 개발은 해양플랜트 건조 프로젝트의 기술적·경제적 타당성과 이

에 기반한 최적 설계 대안의 핵심 정보를 포함하고 있다. 이는 FEED 개발은 건조사의 입장에서 최적의 기자재 조합을 통한 견적가액을 산출하고, 목표 수익을 고려한 적정 수주액을 산출해서 발주 입찰 참여 여부를 독자적으로 결정할 수 있는 역량을 의미한다(부산발전연구원, 2013; 전문가 인터뷰). 즉, FEED 개발이 가능해야 다양한 혁신주체들과의 소통·협력 및 파트너링을 통해 해양플랜트 건조에서의 수익을 창출할 수 있는 것이다.

그러나 국내 산업계는 FEED 개발 역량 부족으로 인해 발주사는 물론 설계·엔지니어링 기업, 기자재 생산기업과의 소통·협력, 그리고 이를 통한 파트너링에 한계를 드러냈다. 먼저 국내 해양플랜트 산업은 핵심 기자재 업체와의 사업 수행 경험 부족으로 인해 소통, 기술 사양 협의를 위한 출장, 납기 등에 있어 불리한 조건에 직면하는 것이 다반사였다(전문가 인터뷰). 그러다보니 발주사에 의한 설계 변경 시 기자재 생산 기업이 제시한 추가 비용과 조달 일정을 전적으로 따를 수밖에 없었고, 이로 인해 인도 지연 리스크 노출 및 이에 따른 막대한 패널티(Penalty) 부담으로 이어지게 되었다. 뿐만 아니라 FEED 개발 역량 열위는 기본설계에 대한 이해 부

족으로 이어지면서 기자재 사양 및 제작사 결정, 배치 권한, 건조 비용 산출 등에서 발주사 및 설계·엔지니어링 기업과의 전략적 협력을 이끌어내는데 많은 어려움을 야기하였다. 특히 발주사와의 전략적 파트너링 한계는 설계·엔지니어링 기업, 기자재 기업, 그리고 우리나라의 건조 기업 간 갈등이나 편의 요구 사항이 발생했을 때, 설계·엔지니어링 및 기자재 기업의 손을 들게 함으로써 우리나라 건조 기업의 어려움을 가중시켰다. 즉, 발주사는 설계·엔지니어링 기업, 기자재 기업과는 달리 우리나라의 건조 기업을 사업 위험을 공유하고 동반 성장을 꾀하는 파트너가 아닌 하청업체(Subcontractor)로 인식했던 것이다(전문가 인터뷰). 이와 같은 어려움에 대해 우리나라 해양플랜트 건조기업은 공수(man hour)의 조절과 특근에 의한 조기 인도를 통한 인센티브 확보로 대처하고자 하였다. 그러나 이러한 노력만으로는 FEED 개발 역량의 열위에 따른 전략적 파트너링 부족을 극복할 수는 없었고, 인도 지연에 따라 그 목적도 달성할 수 없었다.

둘째, 우리나라 해양플랜트 산업은 넓고, 깊은 통합된 지식과 스킬이 부족하였다. 이는 해양플랜트 설계·건조 부문과 기자재 부문으로 나누어 살펴볼 수 있는데, 먼저 해양플랜트 건조를 위해서는 조선공학 뿐 아니라 기계공학, 전기공학, 지질공학, 석유·가스공학, 자원공학 등 다양한 전공이 필요하며, 특히 최근 들어서는 무인화 기술 적용이 확대되면서 계측·제어 분야의 지식 또한 크게 요구되고 있다(전문가 인터뷰). 그러나 우리나라는 해양플랜트 수주가 본격화된 2000년대 중반 이후에도 관련 학과의 인력 배출은 조선공학에 집중되었다(김용환, 2015; 이성근, 2004; 한국조선협회, 2011). 이는 한국엔지니어링협회의 조사에서도 확인할 수 있는데 해양플랜트 수주 실적이 최대치를 기록한 2013년

당시에도 오일·가스·화공 분야의 엔지니어 부족률이 가장 높은 것으로 조사된 바 있다(한국엔지니어링협회, 2014). 이와 같은 전문 인력 부족에 대해 산업계 내부에서도 해외 기업 인수를 통한 숙련된 엔지니어의 해외 인재 영입의 필요성을 제기하였으나, 당시 기록적인 수주 실적에 가려지면서 설득력을 얻지 못하였고, 결국 적극적으로 실행하지 못하였다(전문가 인터뷰). 반면 국내 기업에 근무하던 소수의 숙련 엔지니어는 점차 고령화되거나, 높은 연봉을 제시하는 중국 기업 등으로 이직함에 따라 이러한 인력구조의 불균형은 더욱 심화되었다(한형용, 2015; 전문가 인터뷰). 이와 같은 인력구조의 불균형은 결과적으로 해양플랜트 설계와 건조에 필요한 광범위하며 깊은 지식과 스킬의 통합을 달성하는데 큰 걸림돌로 작용하였다.

한편 기자재 부문의 경우 발주자가 요구하는 해양플랜트의 안전성과 신뢰성 확보에 필요한 고도의 맞춤형 설계 지식, 기자재 간 상호작용에 대한 지식, 그리고 설계 변경이 다른 기자재의 성능 구현에 미치는 영향에 대한 이해가 부족하였다. 조선 기자재의 경우 1990년대 이후 벌크선, 유조선, 컨테이너선 등과 같은 주요 선종의 지배적 디자인이 확립되면서 상당부분 표준화되었으며, 그 결과 대량생산체제에 근접한 생산이 확립되었다(강성욱, 2006; 하나금융경영연구소, 2010).<sup>9)</sup> 특히 조선업의 경우 일반적으로 동일한 사양의 배를 3~10척을 수주하고, 반복적인 건조를 통해 수익성을 확보하는 경향이 이어짐에 따라 조선 기자재의 표준화는 더욱 심화되었다(전문가 인터뷰). 그러나 해양플랜트 기자재의 경우 조선 기자재에 비해 훨씬 더 높은 수준의 맞춤형 설계 지식을 요구한다(안요한, 2013; 전문가 인터뷰). 이는 해양플랜트는 배에 비해 해양자원 매장지의 구조 및 생산여건 등이 많이 다르고, 안전성과 신

9) 이에 따라 조선 기자재의 경쟁 우위는 표준화에 기반한 고객 요구 사항의 빠른 대응으로 변화하였고, 이에 대한 확보를 통해 우리나라 조선산업은 2000년대 이후 일본을 추월함(이수 외, 2014).

뢰성을 더욱 중시하기 때문이다. 이는 조선 기자재에서 축적한 지식만으로는 발주자가 요구하는 수준의 해양플랜트 기자재를 개발·생산하기 어려움의 의미이며, 상당한 수준의 맞춤형 설계 지식 축적이 요구됨을 시사한다(김영표, 2013).

그러나 우리나라의 해양플랜트 기자재 부문은 지난 10년간 이러한 광범위하며 깊은 지식과 스킬을 확보한 전문 기자재기업을 양성하지 못했으며, 이로 인해 납품 실적 확보, 발주사 벤더리스트 등록과 같은 기자재 수주를 위한 실적을 쌓는데 많은 어려움을 겪었다(오진석 외, 2014). 이는 조선 기자재의 경우 평균 85~90%의 국산화율을 달성하였음에도 불구하고, 해양플랜트 기자재에서는 20%에 불과한 국산화율에 그치는 문제점에서도 재확인할 수 있다(김영훈, 2010; 한국조선협회, 2011).<sup>10)</sup> 이러한 국산화의 어려움은 앞서 언급한 해양플랜트 발주국의 현지조달법 적용으로 인해 더욱 가중되었다. 또한 궁극적으로 산업 전체의 부가가치 창출 저하 뿐 아니라, 납기 관리, 설치시의 문제 대응, 성능 최적화 등에서 부정적인 영향을 미쳤다(한국기계연구원, 2015).

마지막으로 프로젝트 기획·개념 설계 역량, 그리고 운반·설치·운영과 같은 해양플랜트 산업 가치사슬 전주기에서의 통합 역량 확보를 위한 정부의 지원 제도·정책의 활용 역량이 미흡하였다. 이와 같은 전주기 통합 역량 확보는 앞서 살펴본 다양한 혁신 주체와의 긴밀한 연계의 중요성, 정치화·제도화되어있는 시장 특성 등을 고려했을 때 산업의 부가가치 제고를 위해 매우 중요하다. 그러나 이러한 역량 확보는 개별 기업이 단독으로 확보하기 어렵기 때문에, 기업 간 인수·합병을 통해 이를 확보하거나, 국가 차원에서 광구 확보, 이를 통한 시추 경험을 확

보하고 이를 개념설계, FEED 및 건조와 운영까지 연계하는 노력이 필요하다(삼성경제연구소, 2012; 전문가 인터뷰). 특히 복합제품시스템 시장을 개발하기 위해서는 개별 기업이 상당한 수준의 자원을 투입하거나, 정부가 시장 개척을 중요한 정책 수단으로 활용해야 한다는 논의(Park and Ji, 2015)를 고려한다면 해양플랜트 또한 기업과 정부 모두 광구 확보, 자원 생산과 같은 시장 개척에 보다 많은 노력을 기울여야 했다.

물론 그간 우리나라 기업들은 여러 해상 광구 개발에서 지분 참여를 통해 석유와 천연가스를 생산하고, 국내에 도입하기 위한 노력을 지속해 왔다. 그러나 많은 경우 다국적 석유회사가 주요 지분·운영권을 소유하고 있기 때문에 시추·탐사 및 FEED를 해외 기업에 의존하거나, 현지조달법으로 인해 건조에 참여하지 못하는 등의 어려움에 노정되어 있다. 이에 따라 가치사슬 전주기에서의 통합 역량 및 독자적인 시장개척 실적 확보에는 어려움을 겪고 있다. 대우인터내셔널과 한국가스공사가 총 지분 70%를 확보하여 시작한 미얀마 A-1, A-3광구(천연가스) 개발(쉐(Shwe) 프로젝트)은 탐사·시추를 대우인터내셔널이 주도하고, 현대중공업이 개념설계를 제외한 전 부분을 일괄 수행한 후에 직접 운영·생산하는 성과를 보이고 있으나(유진투자증권, 2013; offshretechnology.com, 2010), 이러한 성과는 극히 예외적이다(전문가 인터뷰). 따라서 전주기 통합 역량과 수요기반 확립을 위해서는 보다 다양한 지역에서 시장개척 실적 확보가 필요했다. 특히 우리나라가 보유한 시추선 '두성호' 또한 설계수명(30년) 초과 운영(33년)에 따라 매각이 결정되면서(박민우, 2017), 이와 같은 전주기 통합 역량 확보의 어려움은 더욱 가중될 것으로 우려되고 있다. 반면 중국과

10) 조선 기자재의 경우 2000년대 중반 이미 70~80%의 국산화율을 달성하였으며, 이는 2010년 이후 90%까지 상승함(김영주, 2007; 김영훈, 2010; 한국조선협회, 2011).

일본은 CNOOC, INPEX 등의 국영석유회사를 중심으로 해상광구의 매입과 설계·엔지니어링 업체 인수를 적극 추진하고 있으며, 건조사·서비스 기업의 동반 진출을 통해 전주기 통합 역량 및 시장개척 실적의 확보를 시도하고 있다(삼성경제연구소, 2012; 안요한, 2013).

정부의 해양플랜트 산업 정책 또한 가치사슬 전주기 통합 역량 및 시장개척 실적 확보의 관점에서는 다소 미흡한 것으로 판단된다. 실제로 내용분석(Content Analysis)(Berelson, 1952)(부록 3)과 전문가 인터뷰 결과, 그간 정부 정책은 주로 해외 수주 타당성 조사 및 컨설팅 지원, 전문 설계 인력 양성, 핵심 기자재 국산화, 범용 기자재 표준화, 서비스 시장 진출 등 해양플랜트 가치사슬 전주기 상의 주요 활동 별 전문화에 집중해왔음을 확인하였다. 반면, 각 활동 별 전문화를 넘어 이를 통합 적용한 결과인 광구 확보, 해양플랜트 건조 시장 창출, 그리고 운영 및 자원 생산에 이르는 우리나라 고유의 해양플랜트 참조 모델(Reference Model)을 확보하는데 어려움을 겪고 있다. 이는 기업과 정부 모두 조선업에서 축적한 실적에 대한 자신감으로 인해 해양플랜트 고유의 혁신 특성에 대한 면밀한 이해와 상호간 소통 부족이 중요한 원인 중 하나이다(전문가 인터뷰). 더불어 2010년대 초중반 해양플랜트의 기록적 수주 성과 또한 수요 기반 창출·확립 필요성에 대한 주장이 상대적으로 주목받기가 어려웠던 중요한 원인으로 꼽을 수 있다. 마지막으로 통신장비 기술 개발의 난관에 대한 연구(Park and Ji, 2015)에서도 알 수 있듯이, 우리나라의 세계무역기구 가입에 따라 국고를 활용한 기업의 지원에 대한 불공정 이슈, 그에 따른 경쟁국의 제소와 통상 마찰 등에 대한 우려로 인해 정부의 직접적 개입이 점차 어려워진 점도 정부의 가치사슬 전주기 통합 역량 및 시장개척 지원이 미흡했던 주요 원인으로 꼽을 수 있겠다.

## V. 결론

본 사례 연구는 다양한 2차 자료와 1차 자료를 통합 수집·분석하는 삼각측정법을 활용하여 2010년대 중반에 본격화된 우리나라 해양플랜트 산업 위기의 원인을 복합제품시스템 혁신에 요구되는 역량 확보 부족의 관점에서 심층 고찰하였다. 그 결과 우리는 해양플랜트 산업은 FEED 개발 역량 부족으로 인해 성공적인 해양플랜트 건조에 필요한 가치사슬 상의 다양한 혁신 주체와의 긴밀한 네트워킹 역량을 확보하지 못했음을 확인하였다. 또한 본 연구는 우리나라 해양플랜트 산업의 인력 구조가 지질, 석유·가스, 지질, 계측·제어공학과 같은 다양한 전공 인력을 확보하지 못한 채 조선공학 전공자에 편중됨으로써 해양플랜트 건조에 필요한 넓고, 깊은, 그리고 통합된 지식과 스킬을 확보하지 못했음을 관찰하였다. 마지막으로 해양플랜트 프로젝트 기획에서 건조 후 운영에 이르는 가치사슬 전주기 통합 역량 확보가 부족했음을 관찰하였다. 이러한 역량은 해상 광구 개발에서부터 자원 생산 주도에 이르는 가치사슬 전주기에서의 정부의 지원과 같은 제도·정책의 활용을 통해 확보할 수 있었으나, 산업계와 정부 간 소통 부족, 2010년대 초중반 해양플랜트의 기록적 수주 성과에 따른 외면, 그리고 세계무역기구 가입에 따른 정부의 정책적 개입이 점차 어려워짐에 따라 그 확보에 한계를 보였다.

본 연구는 복합제품시스템 혁신 특성을 활용하여 우리나라 해양플랜트 산업이 처한 위기의 원인을 심층적으로 고찰함으로써 본 논의의 분석적 일반화(Analytic Generalization)를 달성할 수 있을 것이다(Yin, 2014). 특히 그간 우리나라의 복합제품시스템 혁신에 대한 실증 연구가 성공 사례 또는 제한된 성공에 그친 사례를 중심으로 이루어진 점을 고려할 때(예: Lee and Yoon, 2015; Park, 2012;

Park and Kim, 2014; Park and Ji, 2015). 해양플랜트와 같이 국가 경제·산업에 큰 문제를 야기한 위기 사례에 대한 논의는 본 이론의 발전과 심화에 기여하는 바가 크다 하겠다. 특히 본 연구는 위기를 야기했던 원인은 무엇이며, 추후 경쟁력 강화를 위해 필요한 노력과 정책 지원을 모색할 수 있는 기회를 제공한다는 점에서 그 의의가 크며(심형석, 홍선관, 2014; Bennet, 1991), 향후 위기 또는 실패 사례에 대한 연구의 활성화에도 기여할 것으로 기대된다.

아울러 본 연구는 우리나라 해양플랜트 산업의 부흥과 경쟁력 제고를 위한 기업의 전략과 산업 정책 수립에도 중요한 실무적 시사점을 제공한다. 먼저 산업계는 해양플랜트를 배와는 전혀 다른 관점에서 바라봐야 할 것이다. 조선의 경우 이미 1990년대부터 일본을 중심으로 설계·부품 표준화, 그리고 지배적 디자인이 확립되었으며, 이를 통해 대량생산체계가 생산 관리에 적용되었다(박명환 외, 1995; 이수 외, 2014). 특히 조선업의 경우 일반적으로 동일한 사양의 배를 선단의 형태로 반복 건조함으로써 학습을 통한 수익성을 확보하는 접근이 보편화되어 있다. 그러나 해양플랜트는 조선에 비해 맞춤형 건조가 이루어지는 프로젝트 기반의 주문 생산체제의 성격이 훨씬 강하고(낮은 표준화), 탑재되는 기자재의 기술적 난이도가 훨씬 높아서 설계 변경이 다른 분야에 미치는 영향에 대한 예측 가능성도 매우 낮다(안요한, 2013; 하창승, 정대현, 2015). 따라서 산업계는 해양플랜트의 복합제품시스템적 특성을 충분히 이해하고 이에 기반한 수주 전략 및 설계 인력 운영, 기자재 조달 등의 건조 전략을 마련해야 할 것이다.

정부 또한 그간 축적해왔던 대량생산제품 위주의 산업 정책에서 벗어나 복합제품시스템의 혁신 특성을 고려한 해양플랜트 산업 정책 수립에 박차를 가해야 할 것이다. 무엇보다 가치사슬 통합 역량 확보를 위한 정책 지원이 무엇보다 시급할 것으로 판단

된다. 즉, 정부는 우선적으로 경제성이 높은 해상 광구를 확보하고, 이를 활용하여 해양플랜트 개념·FEED 역량 자립화, 기자재 개발 및 자원 생산에 이르는 우리나라 고유의 해양플랜트 참조 모델을 개발해야 할 것이다. 이와 같은 한국형 모델을 개발하여 시장성과를 거둔 다음 이를 기반으로 가치사슬 단계별 지원 정책을 추진한다면 수주 경쟁력 강화는 물론 수익성 제고에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 이러한 정책은 발전용 가스터빈과 같이 최근 국산화가 진행되고 있는 다른 복합제품시스템 개발에서도 공히 지원될 필요가 있을 것이다(곽기호, 박주형, 2016).

다만 본 연구의 한계로 연구 결과와 이론·정책적 시사점이 해양플랜트의 위기 사례에 국한되어 있는 점을 꼽을 수 있다. 향후에는 유사한 사례를 확충하여(Replication Logic), 복합제품시스템의 개념과 실재를 보다 일반화할 필요가 있을 것이다. 또한 해양플랜트 산업 위기의 원인을 복합제품시스템의 관점에서만 해석했다는 점에서 한계를 보이고 있다. 경영진의 도덕적 해이와 분식회계, 국내 업체 간 과도한 가격 경쟁 등과 같은 다양한 원인이 제시된 만큼(예: 이샘물, 2015; 산업통상자원부, 2016), 향후 자원기반 관점, 기업생태계와 같은 경쟁전략, 회계, 기업 지배 구조 등 다양한 관점에서 위기의 원인을 분석하기 위한 노력도 필요할 것으로 보인다.

## REFERENCES

- Andrade, A. D.(2009), "Interpretive Research Aiming at Theory Building : Adopting and Adapting the Case Study Design," *Qualitative Report*, 14, 42-60.
- Barlow, J.(2000), "Innovation and learning in complex offshore construction projects," *Re-*

- search Policy*, 29, 973-989.
- Bennet, C. J.(1991), "How states utilize foreign evidence," *Journal of Public Policy*, 11, 31-54.
- Beverland, M., and A. Lindgreen(2010), "What makes a good case study? A positivist review of qualitative case research published in *Industrial Marketing Management*, 1971-2006," *Industrial Marketing Management*, 39, 56-63.
- Davies, A. and M. Hobday(2005), *The Business of Projects: Managing Innovation in Complex Products and Systems*, New York, Cambridge University Press.
- Davies, A. and T. Brady(2000), "Organisational capabilities and learning in complex product systems: towards repeatable solutions," *Research Policy*, 29, 931-953.
- Dedehayir, O., T. Nokelainen and S.J. Mäkinen (2014), "Disruptive innovations in complex product systems industries: A case study," *Journal of Engineering and Technology Management*, 33, 174-192.
- Douglas Westwood(2013), *Global Offshore Prospects*, New York, Douglas-Westwood.
- Douglas Westwood(2012), *Global Offshore Prospects*, New York, Douglas-Westwood.
- Dyer, W. G. and A. L. Wilkins(1991), "Better stories, not better constructs, to generate better theory: A rejoinder to Eisenhardt," *Academy of Management Review*, 16, 613-619.
- Ha, C. and D. Jung(2015), "A Study on Accelerating Marine Equipments Industry for Enforcing Competitiveness of the Offshore Plants Industry," *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 27, 1369-1379. [printed in Korean]
- Hobday, M(1998), "Product complexity innovation and industrial organisation," *Research Policy*, 26, 689-710.
- International Energy Agency(2010), *World Energy Outlook 2010*, Paris, IEA Publications.
- International Energy Agency(2011), *World Energy Outlook 2011*, Paris, IEA Publications.
- International Energy Agency(2012), *World Energy Outlook 2012*, Paris, IEA Publications.
- Jeong, H.(2015), "The Korean Shipbuilding Industries : Retrospect and Prospect," *Journal of Maritime Business*, 30, 79-115. [printed in Korean]
- Jeong, I.(2012), "The review of offshore plant equipment industry," *Journal of KSME*, 52, 60-67. [printed in Korean]
- Jun, Y.(2011), "Technological catching-up and isolation avoidance: the case of the mobile communications industry in Korea and Japan," *Asian Journal of Technology Innovation*, 19, 149-168.
- Kemper, E., S. Stringfield, and C. Teddlie(2003), "Mixed Methods Sampling Strategies in Social Science Research," In T. Abbas and T. Charles (Ed.), *Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Korea Institute of Machinery and Materials(2011), "The review of TNO on research and development," *Technology Policy for Mechanical Engineering*, 50. [printed in Korean]
- Korea Institute of Machinery and Materials(2014), "The review of technology innovation and industry development on gas turbine for power generation," *Insight on Mechanical Engineering*, 6. [printed in Korean]
- Korea Institute of Machinery and Materials(2015), "The analysis on the crisis of the Korean offshore platform industry and the plan for strengthening competitiveness," *Technology Policy for Mechanical Engineering*, 81,

- [printed in Korean]
- Kwak, K., W. Kim, M. Kim and C. Cho(2017), "Macro-environmental Drivers and Technological Evolution of Complex Product System: Evidence from Nuclear Power Plant," *Journal of Technology Innovation*, 25, 89-126. [printed in Korean]
- Kwak, K., W. Kim and K. Park(2017), "Complementary multiplatforms in the growing innovation ecosystem: Evidence from 3D printing technology," *Technological Forecasting and Social Change*, doi:10.1016/j.techfore.2017.06.022
- Kwak, K. and J. Lee(2013), "The review of world subsea Oil&Gas production and processing system market," *Journal of KSME*, 53, 60-67. [printed in Korean]
- Kim, S.(2011), "A Case Study on the History and Future of the DSME," *The Review of Business History*, 26, 305-326. [printed in Korean]
- Kim, Y.(2010), "Study on the Development of the Business Model of Global A/S System at Marine Equipments," *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, 34, 1230-1238. [printed in Korean]
- Kim, W., N. Woo, J. Park, H. Kim, D. Kim, I. Park, Y. Kim, Y. Joo and H. Lee(2014), "Marine Survey for Designing and Installing Offshore Oil-Gas Plant," *Jigu-Mulli-wa-Mulli-Tamsa*, 17, 34-44. [printed in Korean]
- Lee, J. J. and H. Yoon(2015), "A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems: Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry," *Research Policy*, 44, 1296-1313.
- Lee, S., K. Kim and J. Park(2014), "The Evolution of Process Technology Innovation to Determine the Dominant Design: Process Technology Innovation in the Shipbuilding Industry," *Korean Management Review*, 43, 1379-1410. [printed in Korean]
- Leten, B., Vanhaverbeke, W., Roijakkers, N., Clerix, A. and J. Van Helleputte (J013), "IP Models to Orchestrate Innovation Ecosystems," *California Management Review*, 55, 51-64.
- Markard, J. and B. Truffer(2006), "Innovation processes in large technical systems: Market liberalization as a driver for radical change?" *Research Policy*, 35, 609-625.
- Miller, R., Hobday, M., Leroux-Demers, T. and X. Olleros(1995), "Innovation in complex systems industries: the case of fighter simulation," *Industrial and Corporate Change*, 4, 363-400.
- offshoretechnology.com(2013), Shwe Natural Gas Project, Myanmar. (Available at <http://www.offshore-technology.com/projects/shwe-natural-gas-project/> (accessed August 28, 2017).
- Oh, J., G. Kim, R. Merdas and J. Jang(2014), "A study on entry into the offshore service market through slack model," *Journal of Korean Navigation and Port Reserch*, 38, 163-170.
- Palys, T.(2008), "Purposive Sampling," In L.M. Given (Ed.), *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Method*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Park, M., W. Lee, Y. Ock and T. Lee (1995), "A Review of Korean Shipbuilding Industry and Industrial Engineering Research," *IE interfaces*, 8, 5-20. [printed in Korean]
- Park, T.-Y.(2012), "How a latecomer succeeded in a complex product system industry: three case studies in the Korean telecommunication systems," *Industrial and Corporate Change*, 22, 363-396.
- Park, T.-Y. and J.-Y. Kim(2014), "The capabilities

- required for being successful in complex product systems: case study of Korean e-government," *Asian Journal of Technology Innovation*, 22, 268-285.
- Park, T.-Y. and I. Ji(2015), "From mass production to complex production: case of the Korean telecom equipment sector," *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 22, 78-102.
- Shim, H. and S. Hong (2014), "A Study of the Trait of Leadership Failure Using Failure Knowledge," *The Knowledge Management Society of Korea*, 15, 1-12. [printed Korean]
- Sosa, M. E., Steven D.E, and C.M. Rowles(2004), "The Misalignment of Product Architecture and Organizational Structure in Complex Product Development," *Management Science*, 50, 1674-1689.
- Teixeira, F., O. Guerra, O. and A. Ghirardi, A.(2006), "Barriers to the Implementation of Learning Networks in Complex Production Systems: A Case Study on Offshore Oil Rigs," *Latin American Business Review*, 7, 71-92.
- Utterback, J. M.(1971), "The process of technological innovation within the firm," *Academy of Management Journal*, 14, 75-88.
- Yin, R. K.(2009), *Case Study Research: Design and Methods*, 4th ed. London, Sage.
- 김신(2011), "대우조선해양의 성장사와 미래전략 연구," **경영사학**, 26, 305-326.
- 김영표(2013), "경남의 해양플랜트산업 투자유치 활성화 방안," 2013-15, 경남발전연구원
- 김영훈(2010), "조선기자재 글로벌A/S시스템의 비즈니스 모델 개발 연구," **한국마린엔지니어링학회지**, 34(8), 1230-1238
- 김용환(2015), "축적된 경험을 통해서만 배울 수 있는 지식을 구하라!," 서울대학교공과대학(편), **축적의 시간**, 서울, 지식노마드,
- 김원식, 우남섭, 박종명, 김현도, 강동효, 박인석, 김영준, 주용환, 이호영(2014), "오일-가스 해양플랜트 설계 및 설치를 위한 해양탐사," **지구물리와 물리탐사**, 17(3), 34-44.
- 김호연(2015), "현대중, 골리앗 FPSO 내달초 인도," **파이낸셜뉴스**, 2015년 1월 18일자.
- 도현재, 정우진, 현지원, 김윤경, 김현태(2015), "국내 자원 개발 해양플랜트 산업의 과제와 대응방안," 수시연 구보고서 14-09, 에너지경제연구원.
- 박기흠, 박정호, 이원희, 주한백, 최규석, 양영순(2015), "Front - End Development에 대한 이해와 개선 방안: 해양플랜트 프로젝트를 중심으로," **대한조선학회지**, 52(1), 49-54.
- 박명환, 이운식, 옥영석, 이태역(1995), "국내 조선산업의 개요와 국내외 산업공학관련 연구," **산업공학**, 8(2), 5-20.
- 박민우(2017), "국내 유일 시추선 두성호 매각," **동아일보**, 2017년 3월 8일자.
- 발레리 마르셀(2010), 신승미 역, **떠오르는 국영 석유기업**, 서울, 에버리치홀딩스.
- 부산발전연구원(2013), "해양플랜트 산업 거점지역화 전략," **현안연구** 2013-08-494, 부산발전연구원.
- 산업통상자원부(2011), "'신시장 창출형'미래 산업 선도 기술 개요," 산업통상자원부, 2011년 3월 22일자.
- 산업통상자원부(2012a), "해양플랜트 제2의 조선산업으로 키운다!," 산업통상자원부, 2012년 5월 9일자.
- 산업통상자원부(2012b), "쫄 주기 해양플랜트 산업강국 실현에 박차," 산업통상자원부, 2012년 8월 29일자.
- 산업통상자원부(2013a), "산업통상자원부 해양플랜트 특성

## 국내참고문헌

- 강성욱(2006), "국내 조선기자재산업의 현황과 전망," **신보리서치**, 304호, 125-147.
- 곽기호, 김원준, 김민기, 조창연(2017), "거시환경요인과 복합제품시스템의 기술진화: 원자력 발전 플랜트의 사례를 중심으로," **기술혁신연구**, 25(2), 89-126.
- 곽기호, 이정호(2013), "세계 해저 Oil&Gas 플랜트 시장 동향과 전망," **대한기계학회지**, 53(8), 60-67.

- 화대학 3개교 선정,” 산업통상자원부, 2013년 4월 2일자.
- 산업통상자원부(2013b), “해양플랜트 100대 전략기술 선정 - 「해양플랜트산업 기술 로드맵」 수립 -,” 산업통상자원부, 2013년 4월 26일자.
- 산업통상자원부(2014), “해양플랜트 건조강국을 넘어 설계 강국으로! - 해외 엔지니어링 업체와 연계, 해양플랜트 최고급 설계엔지니어 양성 추진 -,” 산업통상자원부, 2014년 6월 13일자.
- 산업통상자원부(2015a), “산업부 장관, 해양플랜트 발주사 초청 해양플랜트 산업 현안점검 회의 개최,” 산업통상자원부, 2015년 10월 8일자.
- 산업통상자원부(2015b), “글로벌 표준화, 해양플랜트 수익 개선의 열쇠 - 국표원, 해양플랜트 표준화 기술정책 워크숍 개최 -,” 산업통상자원부, 2015년 12월 4일자.
- 산업통상자원부(2016), “「조선산업 경쟁력 강화방안」 마련,” 산업통상자원부, 2016년 10월 31일자.
- 삼성경제연구소(2012), “해양플랜트 산업의 변화와 기회,” **SERI CEO Information**, 877호.
- 심형석, 홍선관(2014), “실패지식을 활용한 리더십 실패 특성 도출에 관한 연구,” **지식경영연구**, 15(3), 1-12.
- 안요한(2013), “해양플랜트 서비스 산업 금융지원 방안에 대한 소고,” **해양수산**, 3(4), 110-124.
- 염혜원(2015), “대우조선에 혈세 4.2조...누가 책임지나,” **연합뉴스**, 2015년 10월 30일자.
- 오은지(2017), “삼성전자, 올해 EUV 투자 원년 - 내년 초 7nm 반도체 양산 대비, EUV 시대 온다,” **Korea IT&Industry News**, 2017년 1월 24일자.
- 오진석, 김길수, 장재희(2014), “해양플랜트 서비스 시장에서의 진입 방안 연구: 슬랙모델을 이용하여,” **한국항해항만학회지**, 38, 163-170.
- 유창선(2014), “두산중공업·남부발전, LNG 가스터빈 국산화 공조,” **전자신문**, 2014년 6월 27일자.
- 유진투자증권(2013), “대우인터내셔널 - 미얀마 가스전 현장 방문,” **유진투자증권**, 2013년 11월 11일.
- 유필화(2013), “진짜 혁신은 양자택일이 아니다,” **매일경제**, 2013년 8월 30일자.
- 이샘물(2015), “해양플랜트의 늘... 조선 3사 4조 7000억 적자,” **동아일보**, 2015년 7월 30일자.
- 이성근(2004), “조선산업에서 바라는 기술 인재상,” **대한조선학회지**, 41(4), 11-15.
- 이수, 김길선, 박진한(2014), “지배적디자인 확보를 위한 공정기술혁신의 진화 : 조선산업의 공정기술혁신,” **경영학연구**, 43(4), 1379-1410.
- 이정희(2017), “대우조선해양에 신규자금 2조 9000억 원 투입...정부 구조조정 방안 발표,” **부산일보**, 2017년 3월 23일자.
- 임재묵(2008), “국내 조선산업의 전망과 발전과제,” **산은조사월보**, 2008년 11월호, 56-84.
- 정인(2012), “해양플랜트 기자재산업 현황,” **대한기계학회지**, 52(10), 36-40.
- 정홍열(2015), “한국 조선산업의 발전역사와 미래과제,” **해양비즈니스**, 30, 79-115.
- 조지원(2016), “통한의 송가 해양프로젝트’ 대우조선 이달 말 인도...설계변경 110차례, 1조 손실,” **조선비즈**, 2016년 3월 30일자.
- 장진원(2015), “한국 산업 주력 업종 점검② - 조선 세계 1 등 저력...‘교부가가치’ 기술로 지킨다,” **한경비즈니스**, 999호, 2015년 1월 28일 발행.
- 최다현(2017), “삼성전자, 미세공정 ‘마의 벽’ 독자기술로 극복,” **EBN**, 2017년 5월 25일자.
- 하창승, 정대현(2015), “해양플랜트산업 경쟁력 강화를 위한 조선기자재산업 고도화에 관한 연구,” **수산해양교육연구**, 27(5), 1369-1379.
- 하나금융경영연구소(2010), “조선기자재업체의 경쟁력 분석,” **산업연구시리즈 제14호**.
- 하이투자증권(2017), “조선 - Big2의 시대,” **하이투자증권 리서치 센터**, 2017년 1월 9일.
- 한국기계연구원(2011), “네덜란드 TNO 현황 및 연구분야,” **기계기술정책**, 제50호, 한국기계연구원.
- 한국기계연구원(2014), “발전용 가스터빈의 기술혁신과 산업동향,” **Insight ME**, 제6호, 한국기계연구원.
- 한국기계연구원(2015), “우리나라 해양플랜트 산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안,” **기계기술정책**, 제81호, 한국기계연구원.
- 한국선주협회(2013), “해운이슈 - KMI, 오프쇼어(Offshore) 산업 로컬 콘텐츠 정책 발표,” **월간 해운**, 2013년

3월호, 12-18.

한국엔지니어링협회(2014), "2013 엔지니어링산업 인력수  
급 실태조사 보고서," 한국엔지니어링협회.

한형용(2015), "해양플랜트 엔지니어링 인력감소·노령화  
심각," 건설경제, 2015년 9월 14일자.

한국조선협회(2011), "해양플랜트산업 경쟁력 분석 및 장  
단기 발전전략," 한국조선협회/지식경제부.

한국플랜트산업협회(2017), 수주통계, (<http://www.kopia.or.kr>) (2017년 8월 28일 접속).

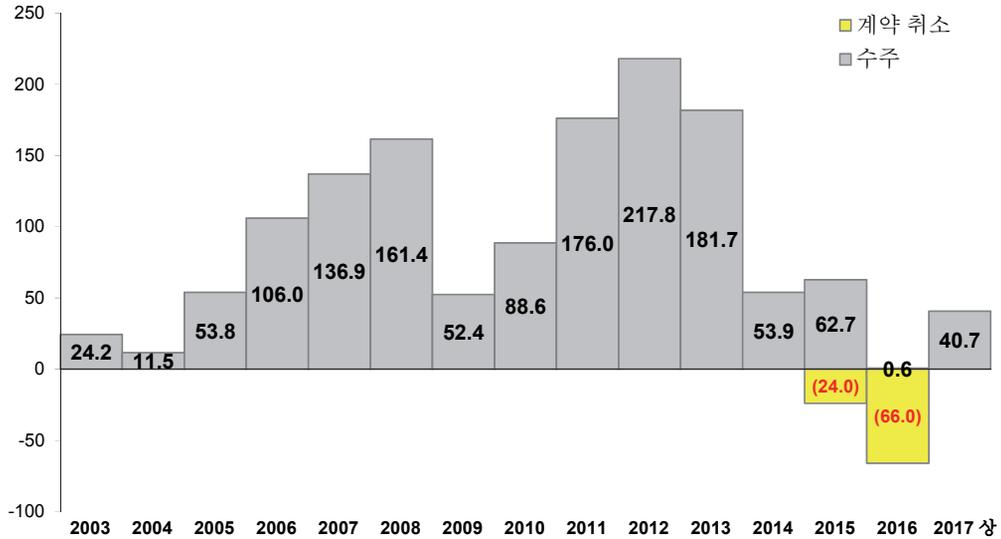
한주엽(2012), "삼성·인텔과 피 쉰 ASML... 10나노 반  
도체 위한 EUV 노광 장비 고도화 박차," 디지털데  
일리, 2012년 8월 28일자.

홍서윤(2016), "한국기계연구원 - 가스터빈 연구 미래 산업  
불 밝힌다," 충청투데이, 2016년 4월 21일자.

홍성인(2006), "해양구조물 분야의 시장확대와 대응전략,"  
**산업경제분석**, 2006년 7월호, 38-48.

홍성인(2015), "조선산업의 글로벌 위상 변화와 향후 전  
략," **e-KIET 산업경제정보**, 606호, 1-11.

〈부록 1〉 국내 해양플랜트 수주 실적 추이(억 달러)



주: 한국플랜트산업협회(2017), 하이투자증권(2017) 참고하여 연구자 재구성

〈부록 2〉 국내 해양플랜트 업계 (조선 3社) 의 영업 손실 합계 ('14년~'15년)(억 원)

연도	분기	현대중공업	삼성중공업	대우조선해양	계
2014	1	-1,889	-3,625	806	-2,819
	2	-11,037	2,623	1,027	-7,387
	3	-19,347	1,815	1,350	-16,182
	4	-222	1,017	1,529	2,324
2015	1	-1,924	263	-433	-2,094
	2	-1,709	-15,481	-30,399	-47,589
	3	-8,977	-100	-12,171	-23,563
	4	-2,791	299	-12,048	-14,540
누적		-47,896	-13,189	-50,339	-111,850

주: 금융감독원 전자공시시스템, dart.fss.or.kr 및 3사 공시자료 취합하여 연구진 작성

### 〈부록 3〉 우리나라의 주요 해양플랜트 산업 정책(2010~2016)

주요 정책 내용(목표 및 수단)	시기	해당 기간 해양플랜트 수주액
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6대 신시장 창출형 미래산업선도 기술 중 하나로 “해양플랜트 선정” ☞ 심해자원 생산용 해양플랜트 기술개발 본격화(2012년 7월)</li> </ul>	2011년 3월	176억 달러('11)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양플랜트 기자재 국산화율 제고 목표 제시(2020년 50%) ☞ 기자재 산업의 시장진출 확대 지원 ☞ 핵심 기자재 기술개발을 통한 기술경쟁력 강화 및 시험인증 기반 조성</li> </ul>	2012년 2월	218억 달러('12)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양플랜트 전문인력 양성을 위한 특성화 대학 선정 ☞ 서울대학교, 해양대학교, 인하대학교 ☞ 해양플랜트 교과과정 개설, 교수인력 확충 및 교육인프라 구축, 국내외 인턴쉽 및 국제 협력프로그램 등</li> </ul>	2013년 4월	182억 달러('13)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양플랜트 100대 전략기술 선정 및 기술 로드맵 수립 ☞ 개발 난이도에 따라 단기(3년 이내, 30개)·중기(5년 이내, 57개)·장기(5년 초과, 14개) 기술 개발 과제로 분류</li> </ul>	2013년 4월	182억 달러('13)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양플랜트 산업 발전방안('13~'17) 수립 ☞ 수요자 연계형 기자재 국산화 ☞ 심해해양공학 수조 신규 구축을 통한 설계·엔지니어링 역량 개선 ☞ 해양플랜트 서비스(운반, 설치, 시운전, 유지보수, 해체, 개조 등) 시장 진출을 위한기반 구축 ☞ 자원부국, 해양플랜트 선도국과 전략적 협력 확대</li> </ul>	2013년 11월	182억 달러('13)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양플랜트 설계전문인력 양성사업 출범 ☞ 해외전문가 기술상담과 실습을 통해 실제 현장에서 활용되는 프로젝트 기반의 설계기술요소 학습에 초점</li> </ul>	2014년 6월	54억 달러('14)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양플랜트 발주사 초청 해양플랜트 산업 현안점검 회의 개최 ☞ 발주 감소, 발주사의 인도 취소·연기에 대한 동향 청취 및 대응방안 모색을 위해 주요 오일 메이저(셸, 엑손모빌, 스텡오일, 송가 오프쇼어) 초청</li> </ul>	2015년 10월	39억 달러('15), (24억 달러 취소 반영)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양플랜트 범용 기자재 표준화 추진 계획 마련 ☞ 배관, 전기 벌크성 자재 표준화를 통한 비용·공정기간 단축 추진</li> </ul>	2015년 12월	39억 달러('15), (24억 달러 취소 반영)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 조선산업 경쟁력 강화방안 수립 ☞ 조선사 및 육상플랜트 분야 엔지니어링사 공동출자를 통한 플랜트 설계 전문회사(Joint Venture) 설립 추진 ☞ 해양플랜트 기자재 국산화율 제고(2020년 40%) ☞ 저가수주 방지를 위한 프로젝트매니저(PM) 인력 양성 ☞ 해양플랜트 유지·보수 시장 신규 진출을 위한 기술 개발 및 석유공사 동해 가스전 해체사업을 통해 Track-Record 확보 지원</li> </ul>	2016년 10월	-65억 달러('16) (0.6억 달러 수주, 66억 달러 계약 취소 반영)

주: 산업통상자원부(2011, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b, 2014, 2015a, 2015b, 2016) 및 한국플랜트산업협회(2017), 하이투 자증권(2017) 참고하여 연구자 재구성

## Understanding the Crisis of Korean Offshore Platform Industry: From the perspective of Complex Product System Innovation\*

Kiho Kwak\*\*

### Abstract

Why Korean offshore platform industry has recently faced a serious financial crisis in spite of the global competitiveness in shipbuilding industry? To investigate the question, we apply 'complex product system (CoPS)' theory to the Korean offshore platform from the perspective of the unique characteristics of the CoPS compared with those of mass produced goods and capabilities for developing the CoPS. We found that offshore platform industry has the characteristics of the CoPS, such as 'high involvement of contractors', 'project based construction by a strategic alliance', 'high customization of the platform with substantial risk', and 'high level of government-side inclusion in market development'. Nonetheless, the Korean industry had failed to develop the capabilities sufficiently that consist of networking and partnering capabilities among innovation actors, broad, deep, and integrated knowledge for designing and developing the platform, and leveraging capabilities of supportive policies for integration of whole activities in value chain. Our findings contribute to the extension of 'CoPS' theory by achieving analytical generalization of case study. We also provide strategies and policies settings to overcome the crisis of the industry as well as other CoPS industry.

Key Words: Offshore platform, complex product system, crisis, innovation strategy

---

\* This research was supported by the Technology Innovation Program (Graduate School of Management of Technology) funded by the ministry of Trade, Industry and Energy (N0001613).

\*\* Assistance Professor, Graduate School of Management of Technology, Pukyong National University.

## 〈Teaching Note〉

# 복합제품시스템 혁신의 관점에서 바라본 우리나라 해양플랜트 산업의 난관

### Synopsis

해양플랜트(Offshore Plant)는 해양에 매장된 원유·가스 등의 자원을 탐사, 시추, 그리고 생산·처리하기 위해 해상 및 해저에 설치된 기계와 장비를 의미한다. 이러한 해양플랜트는 2000년대 중반 이후 지속된 고유가와 육상 자원의 고갈 우려, 그리고 해양 자원 탐사·시추·생산·처리 기술의 경제성 확보에 따라 본격적으로 시장이 성장하였다. 이와 같은 시장 성장에 따라 우리나라 또한 2000년대 중반 이후 조선업계를 중심으로 해양플랜트 시장에 본격 진출하였다. 이러한 조선업계의 해양플랜트 시장 진출은 조선업의 불황과 중국의 추격을 극복함과 동시에 고부가가치의 성장동력을 확보한다는 점에서 매우 합리적인 선택이었으며, 실제로 시장 진출 초기에 수주 실적 측면에서 상당한 성과를 거두었다.

그러나 우리나라 해양플랜트 산업은 2014년 이후 유가 하락으로 인한 프로젝트 발주 급감 및 발주 취소와 함께 과거 수주한 프로젝트에서 대규모 적자가 발생함에 따라 큰 위기에 직면하였다. 특히 2014년~2015년 사이 우리나라의 조선 3社(삼성중공업, 현대중공업, 대우조선해양)가 기록한 영업 손실은 무려 11.2조 원에 이를 정도로 심각했고, 이에 따라 대규모의 인력 감축, 기자재 업체의 도산, 막대한 공적 자금 투입과 같은 어려움에 직면하였다.

이에 따라 본 사례에서는 우리나라가 왜 조선업에

서 세계적인 경쟁력을 확보했음에도 불구하고 해양플랜트 산업에서 막대한 손실에 직면하게 된 이유를 해양플랜트 고유의 혁신 특성 관점에서 심층 분석하고자 한다. 이를 통해 해양플랜트 산업의 난관에 대한 기존의 단편적인 논의의 한계를 극복하고, 해양플랜트 산업의 경쟁력 강화를 위한 교훈을 제공하고 경영사례 교육의 발전에 기여하고자 한다.

### Teaching Point

본 사례에서는 복합제품시스템의 관점에서 해양플랜트 고유의 혁신 특성을 이해하였다. 복합제품시스템(Complex Product System)이란 고도의 엔지니어링과 설계 기술이 집약되어 있는 복잡한 시스템 형태의 제품으로 그 예로는 해양플랜트, 원자력 발전 플랜트, 항공기 엔진, 전투기, 통신 장비, 철도 교통 시스템, 복합화력 발전용 가스터빈, 반도체 리소그래피 장비 등을 들 수 있다(Dedehayir et al., 2014; Hobday, 1998; Park, 2012). 이러한 복합제품시스템은 ‘(1) 참여기업의 수와 형태’, ‘(2) 혁신 프로세스 특성과 주체의 다양성’, ‘(3) 구성 부품의 수와 표준화 정도’, ‘(4) 제품 설계 변경의 예측 가능성’으로 구성되는 제품 특성과 ‘(5) 혁신에 대한 사용자의 관여’와 ‘(6) 시장 형태’로 구성되는 시장 특성 관점에서 대량생산제품과 차별화된 특성을 보

유하고 있음을 이해하는 것이 필요하다. 이에 따라 복합제품시스템의 혁신을 위해서는 대량생산제품 혁신과는 다른 특유의 역량이 필요함을 이해하는 것이 중요하다. 이는 '(1) 다양한 혁신주체(참여자) 간의 긴밀한 네트워킹 역량', '(2) 넓고, 깊고, 통합된 지식과 스킬', '(3) 제도 및 정책의 활용(Leverage) 역량' 등으로 이해할 수 있다.

## Assignment Question

1. 복합제품시스템은 제품과 시장 특성 관점에서 대량 생산제품과 어떠한 점이 다른지 논의해 보시오.
2. 복합제품시스템 고유의 제품 및 시장 특성으로 인해 요구되는 혁신 역량은 무엇인지 분석해 보시오.
3. 복합제품시스템의 관점에서 해양플랜트 고유의 제품 및 시장 특성에 대해 논의해 보시오.
4. 우리나라 해양플랜트 산업이 조선 산업에서 세계적인 경쟁력을 확보했음에도 불구하고 왜 막대한 손실에 직면하였는지 복합제품시스템 혁신을 위해 요구되는 역량의 부족 관점에서 설명해 보시오.
5. 향후 우리나라 해양플랜트 산업의 경쟁력 강화를 위해 필요한 경영실무적, 정책적 대응 방안은 무엇이 있을지 토의해 보시오.

## Analysis

1. 복합제품시스템 고유의 제품 및 시장 특성

복합제품시스템에서 '복합'은 복합제품시스템이 다수의 부품으로 구성되어 있고, 혁신에 다양한 분야의 지식과 기술을 보유한 이해관계자의 참여가 필요함을 의미한다(Barlow, 2000; Hobday, 1998). 이에 따라 복합제품시스템은 제품 개발 및 생산에 소요되는 비용이 매우 높고, 그에 따라 가격도 비싼 고부가가치 자본재의 형태를 띠는 경우가 많다(Dedehayir et al., 2014; Lee and Yoon, 2015). 더불어 '시스템'은 부품 간 인터페이스, 즉 부품 간 공간 및 구조적 의존성, 에너지·재료·정보 교환 및 제어가 매우 체계적이고 긴밀함을 의미한다. 이는 복합제품시스템의 운영 성능은 부품 간 상호작용에 대한 숙달과 엄격한 제어를 통해 결정됨을 의미한다(Barlow, 2000; Hobday, 1998; Markard and Truffer, 2006).

상기 관점에서 복합제품시스템은 제품과 시장 개발 측면에서 고유의 특성을 나타낸다(Park, 2012). 먼저 제품 개발 시 다수의 기업이 프로젝트에 기반하여 지속적으로 운영되는 대규모 공급사슬 구조가 아닌 일시적 제휴 형태로 참여하는 네트워크 구조를 보인다. 둘째, 복합제품시스템의 혁신에는 대량생산 제품에 비해 다수·다양한 주체가 참여한다. 셋째, 복합제품시스템은 대량생산제품에 비해 구성 부품 수가 많으며, 대부분 표준화되어 있지 않아 단위 생산 비용이 높은 편이다. 넷째, 복합제품시스템은 대량생산제품에 비해 제품 아키텍처가 복잡하고, 다수의 위계(Hierarchy)로 이루어져 있어 특정 부문의 설계 변경이 제품의 다른 분야에 미치는 영향이 커서 그 영향을 예측하기 어려운 특성이 있다.

또한 복합제품시스템의 시장은 대량생산제품에 비해 주문기반 생산으로 인해 소수의 사용자에게 의한 높은 혁신 관여도를 보이며, 제품 개발과 시장 확산이 동시에 나타나는 비정형화된 혁신 과정이 특징이다. 마지막으로 복합제품시스템 시장은 정부의 개입이 높은 정치화·제도화·규제화·통제화된 특성을

떠며, 대량생산제품에 비해 제한된 수의 공급자에 의한 과점 구조가 특징이다. 또한 공공·산업부문을 중심으로 하는 소수의 사용자가 개별 거래마다 별도의 협상을 통해 제품을 구매하는 특성이 나타나며, 이들의 구매 전략이 시장 구조에 큰 영향을 끼친다 (Teixeira et al., 2006).

## 2. 복합제품시스템 고유의 제품 및 시장 특성으로 인해 요구되는 혁신 역량

고유의 특성으로 말미암아 복합제품시스템의 개발을 위해서는 아래와 같은 3가지 특유의 혁신 역량이 필요하다. 먼저 '(1) 다양한 혁신주체(참여자) 간의 긴밀한 네트워크 역량'으로 복합제품시스템을 개발하기 위해서는 제휴 형태의 다수의 기업 참여가 필요하며, 혁신에 대한 사용자의 높은 관여가 필요하고, 다양한 혁신주체의 참여가 필수적임을 의미한다. 둘째, '(2) 넓고, 깊고, 통합된 지식과 스킬'은 복합제품시스템의 많은 수의 구성부품과 높은 수준의 맞춤형 설계 특성으로 인해 부품 간의 상호작용에 대한 다양한 지식이 요구되며, 동시에 제품 설계 변경의 파급효과에 대비하기 위한 지식의 통합이 필요함을 의미한다. 마지막으로 '(3) 제도 및 정책의 활용 역량'은 시장이 제도화·정치화되어 있어 강한 규제와 통제가 동반되는 시장에서의 경쟁과 자신에게 유리한 상황을 전개하는데 필요한 지원 제도나 정책의 활용이 요구됨을 의미한다.

## 3. 복합제품시스템 관점에서 바라본 해양플랜트 고유의 제품 및 시장 특성

복합제품시스템의 제품 및 시장 특성 관점에서 해양플랜트는 (1) 혁신에 대한 사용자의 높은 관여, (2) 프로젝트에 기반한 제휴 형태의 다수의 혁신주체 참여, (3) 비표준화된 다수의 기자재의 구성 및

설계 변경에 따른 제품 개발의 변동성 확대, 그리고 (4) 발주국 정부의 개입이 높은 정치화·제도화된 시장 특성을 갖고 있다. 먼저 해양플랜트는 철저한 발주자(사용자) 주도 시장이며, 혁신 등 제품 설계에 있어 발주자의 관여도가 높은 특성을 갖고 있다. 이들 발주자는 다국적 석유회사(IOC, International Oil Company)와 국영석유회사(NOC, National Oil Company)로 구성되는데, 이들은 발주한 해양플랜트 프로젝트의 기술적·경제적 타당성과 해양플랜트에 탑재되는 기자재의 무게, 사양 구성, 배치 및 기자재 간의 인터페이스 등 전 가치사슬에서 주도적인 역할을 수행한다.

두 번째 특징으로 해양플랜트는 프로젝트 기반으로 건조되며, 가치사슬 단계별로 전문기업의 역할이 명확히 구분되어 있어 다수의 혁신주체가 긴밀한 제휴를 통해 참여하는 특징을 가진다(Barlow, 2000). 이러한 혁신주체 간 긴밀한 제휴는 장기 계약 관계에 기반한 폐쇄적 형태를 띠는데, 이는 해양플랜트가 기본적으로 극한 환경에 설치되어 장기간(25~30년) 운용되고, 경우에 따라서는 작업 지역을 이동해야 하기 때문에 가격 경쟁력을 확보한 신생기업보다는 사업 수행 실적이 풍부해서, 작업의 안전성과 신뢰성을 담보하는 전문 기업을 선호하는 경향이 매우 높기 때문이다.

세 번째 특징으로 해양플랜트에 탑재되는 기자재는 매우 많으며, 대부분 표준화되어있지 않다는 점이다. 이는 해양플랜트는 작업 환경이 매우 가혹할 뿐 아니라 설치 지역별 이질적인 환경 조건, 그리고 국가별로 상이한 환경·선급 규제를 충족해야 한다는 점, 그리고 육상플랜트에 비해 유지보수에 따른 제약이 크기 때문에 제작 시에 상기 환경·규제 조건을 고려한 성능 최적화를 최우선으로 하는데 기인한다. 이로 인해 해양플랜트에 탑재되는 기자재는 고도의 맞춤형 설계를 요구하며, 해양플랜트 전체 수주금액의 50~60% 가량이 기자재가 차지할 정도

로 기자재의 가격이 매우 비싼 편이다.

마지막 특징으로 해양플랜트 시장은 에너지, 제조업, 그리고 환경 정책 측면에서 해양자원을 보유한 국가의 정부가 깊이 개입하는 시장이다. 먼저 에너지 정책 관점에서 국영석유회사들은 국제 유가·천연가스 가격 변동에 따른 에너지 교역 실적 및 자국 경기 상황 등을 고려하여 발주시기를 조절하거나, 아예 인도를 연기·취소하는 경향을 보인다. 또한 제조업 정책 측면에서 단순 자원 생산을 넘어 해양플랜트 관련 제조업 육성을 위해 해양플랜트 건조에 필요한 기자재나 서비스, 인프라를 자국에서 생산하게 하거나, 자국 생산품을 활용하게 하는 현지조달법(Local Contents Act)의 적용을 점차 강화하고 있다. 아울러 환경 정책은 해양플랜트 운영 시 사용하는 화석연료로부터 발생하는 배기가스 저감, 염해로부터 구조물을 보호하기 위한 보호도장의 친환경화 등의 관점에서 각국 정부의 규제가 점차 강화되는 추세이다.

#### 4. 우리나라 해양플랜트 산업의 혁신 역량 부족

앞서 살펴본 복합제품시스템 개발을 위한 3가지 특유의 혁신 역량, 즉, ‘(1) 다양한 혁신주체(참여자) 간의 긴밀한 네트워킹 역량’, ‘(2) 넓고, 깊고, 통합된 지식과 스킬’, ‘(3) 제도 및 정책의 활용 역량’과 관련하여 우리나라 해양플랜트 산업은 설계·엔지니어링 기업, 기자재 생산기업, 발주사 등 다양한 혁신 주체와의 긴밀한 네트워킹·파트너링 역량을 확보하는데 필요한 FEED(Front-End Engineering & Design) 개발 역량이 부족하였다. 이로 인해 국내 해양플랜트 산업은 기자재 기업, 설계·엔지니어링 기업, 발주사와의 소통, 납기, 비용 부담, 의사결정 등 다양한 부분에서 불리한 조건에 직면하였다. 결과적으로 국내 기업은 해양플랜트 건조 가치사슬 내에서 사업 위험을 공유하고 동반 성장을 꾀

하는 파트너가 아닌 하청벤더로 전락하고 말았다.

또한 우리나라 해양플랜트 산업은 조선공학분야에 편중된 인력으로 인해 해양플랜트 건조 및 기자재 산업에서 필요한 필요한 넓고, 깊은 통합된 지식과 스킬이 부족하였다. 산업계 내부에서도 이러한 문제를 인식하고 해외 기업 인수를 통한 숙련된 엔지니어의 해외 인재 영입의 필요성을 제시하였으나, 당시 기록적인 수주 실적으로 인해 설득력을 얻지 못하였다. 동시에 국내 기업에 근무하던 소수의 숙련 엔지니어는 점차 고령화되거나, 높은 연봉을 제시하는 중국 기업 등으로 이직함에 따라 이러한 인력구조의 불균형은 더욱 심화되면서 광범위하며 깊은 지식과 스킬의 통합을 달성하는데 큰 걸림돌로 작용하였다.

마지막으로 프로젝트 기획·개념 설계 역량, 그리고 운반·설치·운영과 같은 해양플랜트 산업 가치사슬 전주기에서의 통합 역량 확보를 위한 정부의 지원 제도·정책의 활용 역량이 미흡하였다. 전주기 통합 역량 확보는 정치화·제도화되어있는 시장 특성 등을 고려했을 때 산업의 부가가치 제고를 위해 매우 중요하나 개별 기업이 단독으로 확보하기 어려운 역량이다. 따라서 기업 간 인수·합병을 통해 이를 확보하거나, 국가 차원에서 광구 확보, 이를 통한 시추 경험을 확보하고 이를 개념설계, FEED 및 건조와 운영까지 연계하는 노력이 필요하다. 그러나 산업계와 정부 간 소통 부족, 2010년대 초중반 해양플랜트의 기록적 수주 성과로 인한 착시효과, 세계무역기구(WTO) 가입에 따라 국고를 활용한 기업 지원에 대한 불공정 이슈, 그에 따른 경쟁국의 제소와 통상 마찰 등에 대한 우려로 인해 직접적인 산업 정책 개입이 점차 어려워지면서 이러한 역량 확보에 한계를 노정하였다.

#### 5. 우리나라 해양플랜트 산업의 경쟁력 강화를 위해 필요한 정책적, 경영실무적 대응 방안

먼저 해양플랜트 산업계는 조선과 전혀 다른 관점에서 해양플랜트 건조를 바라봐야 할 것이다. 조선의 경우 이미 1990년대부터 일본을 중심으로 설계·부품 표준화, 그리고 지배적 디자인이 확립되었으며, 이를 통해 대량생산체계가 생산 관리에 적용되었다. 그러나 해양플랜트는 조선에 비해 맞춤형 건조가 이루어지는 프로젝트 기반의 주문 생산체제의 성격이 훨씬 강하고, 탑재되는 기자재의 기술적 난이도가 훨씬 높아 표준화가 어려운 데다 설계 변경이 다른 분야에 미치는 영향에 대한 예측 가능성도 매우 낮다. 따라서 산업계는 해양플랜트의 복합제품시스템 특성을 충분히 이해하고 이에 기반한 수주 전략 및 설계 인력 운영, 기자재 조달 등의 건조 전략을 마련해야 할 것이다.

이를 위해 산업계는 FEED 기술 확보 및 인력 양성을 시급히 추진해야 할 것이다. 즉 FEED 개발 역량 확보 및 이것이 산업계 내에 지속적으로 축적될 수 있도록 직장 내 훈련, 재직자 재교육, 신규 인력 양성 등 다양한 수준의 인력 양성 프로그램을 지속적으로 운영해야 할 것이다. 더불어 기존의 플랜트 건조 경쟁력을 활용한 네트워킹 역량을 제고하는 것이 필요할 것이다. 현재의 위기에도 불구하고 건조 역량과 자원만큼은 세계 최고 수준의 경쟁력을 유지하고 있는만큼 발주사, 설계·엔지니어링 기업, 기자재 기업과의 인력 교류·공동 연구·배타적 기술 공개 등을 적극적으로 추진해야 할 것이다. 이를 위해서는 선진 기업의 사례를 참고하여 외부 인재 영입과 M&A도 전향적으로 검토해야 할 것이다.

정부 또한 그간 축적해왔던 대량생산제품 위주의 산업 정책에서 벗어나 복합제품시스템의 제품과 시장 특성을 고려한 해양플랜트 산업 정책 수립에 박차를 가해야 할 것이다. 무엇보다 가치사슬 통합 역량 확보를 위한 정책 지원이 무엇보다 시급할 것으로 판단된다. 즉, 정부는 우선적으로 경제성이 높은 해상 광구를 확보하고, 이를 활용하여 해양플랜트

개념·FEED 역량 자립화, 기자재 개발 및 자원 생산에 이르는 우리나라 고유의 해양플랜트 참조 모델을 개발해야 할 것이다. 이와 같은 한국형 모델을 개발한 다음 이를 기반으로 가치사슬 단계별 지원 정책을 추진한다면 수주 경쟁력 강화는 물론 수익성 제고에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- Barlow, J.(2000), "Innovation and learning in complex offshore construction projects," *Research Policy*, 29, 973-989.
- Dedehayir, O., T. Nokelainen and S.J. Mäkinen (2014), "Disruptive innovations in complex product systems industries: A case study," *Journal of Engineering and Technology Management*, 33, 174-192.
- Hobday, M(1998), "Product complexity innovation and industrial organisation," *Research Policy*, 26, 689-710.
- Korea Institute of Machinery and Materials(2015), "The analysis on the crisis of the Korean offshore platform industry and the plan for strengthening competitiveness," *Technology Policy for Mechanical Engineering*, 81. [printed in Korean]
- Lee, J.J. and H. Yoon(2015), "A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems: Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry," *Research Policy*, 44, 1296-1313.
- Markard, J. and B. Truffer(2006), "Innovation processes in large technical systems: Market liberalization as a driver for radical change?" *Research Policy*, 35, 609-625.

Teixeira, F., O. Guerra, O. and A. Ghirardi, A. (2006),  
“Barriers to the Implementation of Learning  
Networks in Complex Production Systems:  
A Case Study on Offshore Oil Rigs,” *Latin  
American Business Review*, 7, 71-92.

## 국내참고문헌

한국기계연구원(2015), “우리나라 해양플랜트 산업의 문제  
점 진단과 경쟁력 강화 방안,” **기계기술정책**, 제81  
호, 한국기계연구원.