지배적디자인 확보를 위한 공정기술혁신의 진화: 조선산업의 공정기술혁신*

이 수(제1저자)
경영학박사
(freepack@empas.com)
김길선(공동저자)
서강대학교 경영학부/경영전문대학원
(kilsunkim@sogang.ac.kr)
박진한(교신저자)
서강대학교 경영전문대학원
(jinhanpark@sogang.ac.kr)

본 연구는 '공정기술혁신 진화모형'을 통해 공정혁신이 지배적디자인의 결정에 미치는 영향을 분석하고, 공정혁신이 원가혁신—공정디자인혁신—융·복합혁신의 단계들을 거쳐 진화하고 있다는 것에 대한 이론적 논거를 구축하는데 목적을 두고 있다. 지배적디자인에 관한 선행연구들은 제품 자체나 제품기술혁신 측면에서만 이슈를 논하고 있는데 반해 본 연구는 지배적디자인 개념이 제품뿐만 아니라 공정과 공정기술에도 적용될 수 있으며, 공정기술이 지배적디자인을 형성하는 과정에서 발생하는 혁신의 패턴을 분석하여 공정기술혁신의 진화모형을 제안하고자 한다.
공정기술의 혁신 과정을 살펴보면 초기 공정시스템의 구축 이 후 몇 가지 특징적인 성격을 지닌 단계들을 거치며 진화한다는 사실을 발견할 수 있다. 공정기술혁신의 진화과정은 1) 원가혁신의 단계, 2) 공정디자인혁신의 단계, 3) 융·복합혁신의 단계로 구성된다. 공정기술의 초기혁신은 원가절감 위주의 혁신이 주를 이루지만, 공정에 관한 경험과 이해가 축적되면서 공정을 분할하고 재구성하는 이른바 공정디자인혁신이 발생한다. 공정디자인혁신 단계에서는 모듈 개념을 활용하여 공정구조를 변경하는 역량과 이를 통합적으로 관리하는 역량이 필요하다. 마지막으로 공정기술에 대한 지식과 노우하우(know-how)를 바탕으로 연관 공정들을 융·복합하여 새로운 제품개념을 구현할 수 있을 정도로 고도화된 공정기술의 혁신능력이 갖추어 진다.
본 연구는 공정기술혁신의 발전과정을 이해하고 공정기술과 지배적디자인과의 관계를 분석하기 위하여 공정기술혁신을 관찰하고 자료 수집이 용이한 조선산업을 분석 대상으로 하고 있다. 조선산업은 한국 기업들이 현재 지배적 경쟁력을 확보하고 있는 산업으로서, 지배적디자인의 개념이 형성된 제품들은 초창기의 유조선, 벌크선, 컨테이너선에서 시작하여 LNG운반선, 초대형 컨테이너선을 지나 현재는 해양플랜트와 같은 고부가가치 제품들을 중심으로 구성되어 있다. 각 제품들마다 유럽, 일본, 중국 등 해외 국가의 기업들과 경쟁하였지만 우수한 공정기술을 바탕으로 현재까지도 해양플랜트 부문에서 시장점유율 전 세계 1위의 위치를 지키고 있기 때문에 공정기술과 지배적디자인의 관계를 실증적으로 분석하기에 매우 적절한 자료를 확보할 수 있다.
본 연구가 제시하는 '공정기술혁신 진화모형'의 공헌 점은 다음과 같다. 첫째, 제품디자인 중심으로 연구되어온 지배적디자인의 개념에 공정디자인의 개념을 함께 포함하는 것이 타당함을 보이고 있다. 둘째, 그간 제품혁신에 비해 연구가 충분히 이루어지지 못했던 공정혁신에 관한 이론적인 틀을 제공하는 동시에 Utterback & Abernathy(1975), Abernathy & Utterback(1978)의 제품·공정혁신 모형의 한계점을 보완하고 있다. 과거의 모형은 제품혁신이 출현한 이후에 공정혁신이 뒤따르는 혁신의 순차성을 전제하고 있지만, 본 연구가 제안하는 연구모형은 공정기술의 혁신과 연관 공정기술들 간 융·복합이 새로운 제품개념의 출현으로 이어지는 '제품-공정-제품'의 발전과정과 이를 뒷받침하는 논리를 제시하여 차별 점을 두고 있다. 마지막으로, 본 논문의 분석 대상인 조선산업에서 한국 기업들의 경쟁우위는 저렴한 인건비를 기반으로 하는 원가경쟁력이 아닌 생산 공정과 제품에 대한 깊은 이해를 바탕으로 프로세스를 재 디자인 하고, 통합적으로 관리하며 연관 공정들과의 융·복합을 통해 새로운 제품개념을 창출하는 공정기술역량에 있음을 제시하고 있다.

주제어: 지배적디자인, 공정기술, 제품기술, 조선산업, 수주산업, 해양플랜트, 혁신모형

최초투고일: 2013. 12. 23 게재확정일: 2014. 7. 1
* 이 연구는 2009년도 서강대학교 교내연구비 지원에 의한 연구임 (200910026.01)

Ⅰ. 서 론

지배적디자인(dominant design)이란 공식적 또는 법적으로 산업표준이라고 정해져 있지는 않지만 시장에서 사실상 표준(de-facto standard) 위치를 차지하고 있는 디자인을 의미한다(Schilling, 2010; Utterback, 1994). 지배적디자인 개념을 소개하고 있는 Utterback & Abernathy(1975), Utterback (1994)의 산업혁신모형(Industrial Innovation Model)에 따르면, 산업 초창기에 제품혁신(product innovation)이 왕성하게 일어나다가 지배적디자인이 출현하면서 제품혁신 빈도수는 줄어드는 반면 생산공정효율성에 초점을 맞춘 공정혁신(process innovation) 빈도수가 증가하게 된다. 특정 기술을 기반으로 형성된 산업이 지배적디자인 출현을 기점으로 안정화되고 혁신의 주된 대상이 제품에서 공정으로 이동한다는 이 규범적 모델은 한 산업의 수명주기에 걸친 혁신의 기본적 동태성을 이해하는데 도움을 주며, 특히 이 모델에서 지배적디자인 개념은 한 산업이 본격적으로 자리를 잡으면서 성장과 성숙기로 진입하는 시점을 알리는 신호탄 역할을 하고 있다. 비록 Utterback & Abernathy(1975), Abernathy & Utterback(1978)의 논문에서는 지배적디자인 개념에 대한 구체적 정의를 하고 있지는 않지만 이들 논문에 언급된 내용으로 유추할 때 지배적디자인이란 제품기술에 한정된 '제품(product)' 디자인에 관한 지배적 개념을 의미하며, 이때 '디자인' 개념은 제품을 규정하는 제품기술(product technology), 제품구조(product architecture)와 제품형태(product form)를 포함하는 포괄적 개념으로 이해할 수 있다.[1] 따라서 지배적디자인의 개념은 제품구조가 공정 구조에 큰 영향을 미치는 일반적 제조 산업에서의 혁신과정을 묘사하는데 무리 없이 적용될 수 있지만, 제품개념보다는 생산공정 자체가 산업의 특성을 좌우하거나 생산공정의 개념이 제품의 개념과 상호작용을 통해 진화 · 발전하면서 최종적으로 제품과 공정의 개념이 동시에 안정화되는 경우에는 제품 개념에만 바탕을 둔 지배적디자인 개념으로는 혁신에 따른 산업의 진화과정을 충분히 설명할 수 없다. 이런 이유로 Abernathy & Utterback(1978)은 공정기술이 중요한 비조립제품산업(석유화학, 시멘트, 유리, 철강 등)에서는 지배적디자인이 존재하지 않는다고까지 주장하였다.

산업혁신모형에 소개된 지배적디자인 개념은 제품을 기반으로 한 개념으로서 공정기술이 산업 성격에 커다란 영향을 미치는 경우에는 이런 내용을 담아내기에는 적절하지 않다. 그러나 이후 출간된 학술자료들에서는 지배적디자인 개념이 보다 포괄적으로 정의되면서 지배적디자인 개념에 공정(Anderson & Tushman, 1990)과 공정구조(process architecture; Schilling, 2010)를 포함시키고 있기는 하지만 이에 관한 구체적 실증자료가 제시된 적은 없다.[2] 따라서 공정기술(process technology) 발전에 의해

1) Utterback(1994)에서는 지배적디자인이 다음과 같이 정의되어 있다. "...A dominant design in a product class is, by definition, the one that wins the allegiance of the marketplace, the one that competitors and innovators must adhere to if they hope to command significant market following. The dominant design usually takes the form of a new product (or a set of features) synthesized from individual technological introduced independently in prior product variants..." in *Mastering Dynamics of Innovation*.

2) Schilling(2010)에서는 지배적디자인이 다음과 같이 정의되어 있다. "A single design or process architecture that dominates a product category - usually 50 percent or more of the market. A dominant design is a "de facto standard," meaning that while it may not be officially enforced or acknowledged, it has become a standard for the industry."

안정적 공정구조가 정착되는 산업들을 실증적으로 분석하여 지배적디자인 개념에 공정기술을 포함하는 것이 적절함을 보일 필요가 있다.

혁신 대상을 제품과 공정으로 나누는 이분법은 가장 흔히 사용되는 접근방식이다. 그러나 기술경영관련 문헌들을 살펴보면, 상당 수 문헌들이 제품기술을 연구대상으로 하고 있는 반면 공정기술을 주된 연구대상으로 삼고 있는 경우는 찾아보기 어렵다. 이런 흐름에는 몇 가지 이유가 있을 수 있다. 첫째, 일반적 제조 산업의 경우 큰 흐름에서 보면 제품기술의 성격이 공정기술의 성격을 규정함으로 제품기술을 중심으로 하는 연구가 보다 더 의미가 있을 수 있다. 둘째, 공정기술 구성 자체가 제품기술들의 조합으로 이루어지는 경우에는 제품기술에 대한 연구를 통해 공정기술을 이해할 수 있다는 믿음이 있을 수 있다. 셋째, 연구자들이 연구 자료를 수집하는 과정에서 제품기술에 관한 정보수집이 공정기술에 관한 정보수집보다 훨씬 더 용이할 수 있다. 소비자의 눈으로 보더라도 제품기술에 관한 정보가 훨씬 더 가시적이고 직접적이라서 연구자가 자료에 접근하고 이해하기 쉬운 반면 공정기술을 이해하기 위해서는 현장의 생산공정에 관한 배경지식과 경험이 수반되어야 하는데, 이런 정보들은 공학적 배경을 갖지 않은 연구자들의 입장에서는 접근하고 이해하기 어려운 정보로서 자료 수집을 위해 훨씬 많은 노력이 필요하다. 이런 이유들로 인해 공정기술에 관한 연구는 상대적으로 열악하다고 볼 수 있으며, 특히 공정기술이 산업 성격을 규정하거나 제품기술과 공정기술이 상호작용을 하면서 발전하는 경우들에 대한 충분한 연구가 이루어지지 못했다고 볼 수 있다.

공정기술혁신을 주제로 한 본 논문의 연구목적은 다음과 같다. 첫째, 한 산업의 기술적 특성을 규정한다는 의미로서 지배적디자인 개념은 제품기술과 더불어 공정기술까지 포함하여 보다 포괄적으로 정의될 필요가 있음을 보이고, 이에 관한 구체적 증거들을 조선산업을 통해 살펴보고자한다. 고부가가치 선박에서 한국 조선산업이 지배적디자인을 확보하게 된 근간이 공정기술혁신이기 때문이다. 둘째, 제품기술에 비하여 연구가 상대적으로 부족한 공정기술을 대상으로 공정기술혁신 발전궤도에 대한 규범적 모형을 제시하고자 한다. 기존 산업혁신모형(Utterback & Abernathy, 1975; Utterback, 1994)이 제품혁신과 공정혁신의 순차성을 전제하면서 한 산업의 혁신 주기가 끝난 뒤 새로운 혁신 주기로 이동하려면 기술혁신이 필요하다는 단순한 설명을 제공하는데 그치는데 반해, 본 연구가 제안하는 연구모형은 공정기술혁신이 제품-공정-제품으로 이어지는 혁신 주기를 창출할 수 있으며 공정혁신에 의하여 신제품이 출현하게 되는 과정에서 공정기술들에 대한 깊은 이해와 혁신능력이 연관 공정기술들 간 융·복합혁신에 중요한 역할을 한다는 점을 제시하고자 한다.

본 연구는 상기의 목적들을 달성하기 위해 공정기술이 산업의 성격에 큰 영향을 미치는 조선산업을 분석하고자 한다. 지배적디자인에 관한 연구로서 조선산업의 선박과 해양플랜트 제품들을 다루는 것은 다음과 같은 장점들이 있다. 첫째, 조선산업은 수요자 주문에 의해 제품 생산이 이루어지는 수주산업으로서, 수요량이 적고 제품가격이 고가이며 제품개념을 구현하는 과정에서 비교적 장기간에 걸친 공정기술의 역할이 두드러지는 산업이다. 따라서 제품기술 위주로 진행된 지배적디자인에 관한 기존 연구들의 단점을 명시적으로 보완할 수 있는 장점이 있다. 둘째, 조선산업은 공정기술이 중요하면서도 구체적 형태와 구조를 지닌 제품을 생산하기 때문에 전 세계에 걸쳐 존재하는 제품시장에 대한 정의를 내릴 수 있으며 새로운 제품에 대한 개념이 존재한다. 예를

들어 동일한 수주산업인 건설산업 경우에는 제품이 동이 불가능하기 때문에 중동과 같은 특수한 시장을 제외하면 대부분 자국 내 건설사업은 자국기업이 실행하는 경향이 강해서 전 세계 시장을 지배하는 기업이나 제품디자인이 따로 존재하기 어렵다. 반면 조선산업은 지배적디자인 제품개념이 존재하는 수주산업으로 신제품 개념이 존재하면서 공정기술이 성과를 결정짓는 적절한 연구대상이다. 셋째, 조선산업은 현재 한국기업들이 지배적 경쟁력을 확보하고 있음으로 분석을 위한 자료 확보가 상대적으로 용이하며, 공정기술 측면에서 지배적디자인 경쟁이 국가들 간에 존재하여 동태적 접근이 가능하다. 한국무역협회 국제무역연구원(2013)에 따르면 2011년 기준 한국의 세계 특수선시장 점유율은 75%로 2위인 중국 9%와 비교했을 때 66% 포인트 시장점유율 차이가 있다. 특수선의 제품 정의가 해양플랜트 이외에 조명선, 소방선, 기중기선 등을 포함하기 때문에 실제로 해양플랜트만의 시장점유율은 거의 90%에 가깝다고 볼 수 있다.

추가적으로, 수주산업은 체계적 분석이 어려워 그간 학문적 연구가 활발히 진행되지 못했던 분야이기 때문에 본 논문이 다루는 한국 조선산업에 대한 분석 틀과 이에 수반되는 제반 정보는 기술경영분야를 연구하는 연구자들에게 일정부분 도움이 될 것으로 사료된다.

II. 이론적 배경

2.1 지배적디자인 결정요인과 공정기술혁신

대부분의 제품군에서는 표준이나 지배적디자인 같이 단일 혹은 소수 기술이나 제품을 중심으로 시장점유율이 모아지는 것이 일반적 현상이다(Lapré et al., 2000; Yelle, 1979). 지배적디자인(dominant design)의 일반적 정의는 공식적 또는 법적으로 산업표준이라고 정해져 있지는 않지만 시장에서 사실상 표준(de-facto standard)의 위치를 차지하고 있는 디자인을 의미한다(Anderson & Tuchman, 1990; Narayanan & Chen, 2012; Schilling, 2010; Utterback, 1994). 그러나 지배적디자인은 시장에서 경쟁 없이 법적으로 보장된 표준과는 다른 의미로 보아야한다. 정부에 의해 표준이 규정된 경우에는 제품이나 보완재를 생산함에 있어 표준규격에서 벗어날 수 없다. 예를 들어 휴대전화 시장에서 CDMA가 표준인 상황에서 다른 방식의 휴대전화를 생산하는 것은 불가능하다. 하지만 법적으로 표준이 지정되지 않는 경우에는 하나 이상의 디자인들이 지배적 위치를 확보하기 위해 경쟁하는 것이 일반적이며, 특정 시점에서 지배적디자인으로 결정된 이후라도 추후 더 나은 경쟁력을 가진 대안이 출현한다면 지배적디자인은 바뀔 수도 있다. 또한 경쟁디자인들이 각기 다른 세부시장에서 지배적디자인 위치를 각각 차지할 수도 있다. 예를 들어 VCR 경쟁에서 소니의 베타방식은 일반 대중소비자들을 대상으로 하는 시장에서는 VHS방식에 패퇴하였지만, 관련 제품과 기술은 고화질이 요구되는 전문적 방송관련 산업에서는 여전히 사용되고 있다. 특히 방송카메라와 같은 방송관련 핵심기기들이 대부분 소니 제품들이어서 서로 호환하여 사용하는데 큰 어려움이 없다. 따라서 복수의 지배적디자인들이 동시에 존재할 수 도 있다는 점을 감안한다면 지배적디자인이라는 개념 자체가 유일한 한 가지를 지칭하는 용어라기보다는 시장에서 강한 지배력을 갖는 디자인들을 포괄하는 의미라고 할 수 있을 것이다. 또한

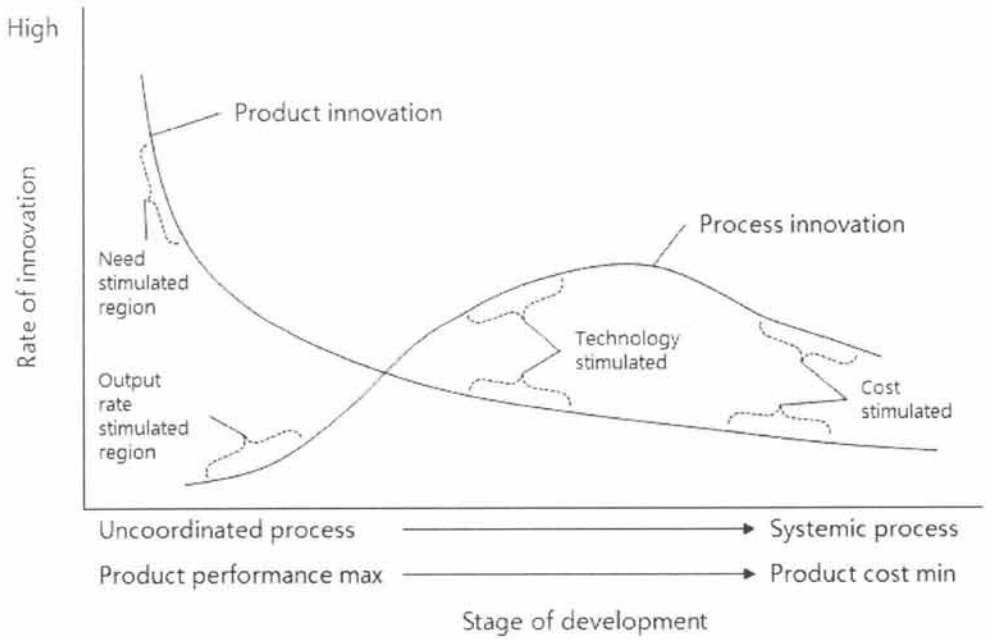
지배적디자인을 정의하기 위해 소비자와 시장 관점에서 시장점유율을 중요하게 생각할 수도 있지만(Anderson & Tuchman(1990), Schilling(2010)은 50% 이상이라고 언급함) 시장점유율만을 절대적 기준으로 삼는 것도 적절하지는 않다. 제품구조 관점에서, 특정 제품디자인 중 시간에 따라 더 이상 진화하지 않고 안정적으로 정착되어 다수 기업들이 큰 변화 없이 상용하는 디자인 요소들이 존재한다면 이런 디자인 요소들의 조합을 지배적디자인이라고 볼 수도 있다(Narayanan & Chen, 2012). 예를 들어, 초기 자동차 디자인은 말이 없이 달리는 마차(the cart without the horse)에 불과하였다. 그래서 마차와 같이 자동차의 중요한 차체 프레임은 전부 나무로 만들었다. 잘 알려진 포드(Ford) 사의 T-모델의 차체 프레임 재료도 나무를 사용하여 마차 디자인 범위를 벗어나지 못한 제품구조였다. 이후 닷지(Dodge)처럼 시장점유율은 낮았지만 혁신적 기업들은 마차 개념의 자동차 디자인에 큰 변화를 일으켰다. 닷지의 혁신은 오늘날 자동차 구조에서 지배적디자인이 된 enclosed all steel body 구조의 원형이 되었다(Nieuwenhuis & Wells, 2007). 당시를 대표하는 자동차는 포드의 T-모델이지만 오늘날 자동차의 지배적디자인 원형은 닷지의 자동차 디자인인 것이다.

한편, 선행연구들에 따르면 제품이나 기술이 시장에서 지배적디자인이 되거나 기업 스스로가 지배적 경쟁력을 확보하기 위해서는 기업 간 연대능력을 통한 양산과 유통능력, 소비자 니즈 이해 능력, 규모의 경제 효과, 기존 평판, 기존 고객 기반, 네트워크 외부성 효과, 우수한 기술력 등이 존재해야한다고 한다(Narayanan & Chen, 2012; Schilling, 2010, Suarez, 2004). 그러나 기존 연구들은 지배적디자인 결정요인을 사후적 관점에서만 보고 있으며 원천기술 단위에서는 규명하지 못하고 있다. 제품기술과 지배적디자인 관계를 다룬 연구(이수 등, 2012)를 제외하고는 기술과 지배적디자인 관계 연구는 찾아보기 힘든 실정이며, 특히 지배적디자인에 관한 결정 요인을 공정기술단위에서 분석한 연구는 본 연구진이 인지하는 범위 내에서는 존재하지 않는다.

기존 연구들은 지배적디자인 개념을 제품과 연관시켜 분석하는 경향이 두드러졌는데 이는 공정은 제품구조 안에서 정립되는 것이라고 보는 경향이 컸기 때문이며, 공정기술 역할은 지배적 제품이 출현한 이후 생산 효율성을 증대시키는 것으로만 한정하였기 때문으로 이해된다. Abernathy & Utterback (1978)은 공정기술로만 이루어진 철강, 석유화학, 시멘트와 같은 제품에는 지배적디자인이라는 개념이 존재할 수 없다고 기술하고 있지만 Anderson & Tushman(1990)은 비조립 제품에 관한 연구에서 50% 이상이 사용하는 공정 형태도 지배적디자인이라고 정의하고 있어 이 부분은 논란의 여지가 존재하는 부분이다. 그러나 앞에서 언급한 지배적디자인을 결정하는 원인들(학습효과, 양산능력, 규모의 경제로 인한 효과, 평판, 네트워크 외부성 효과 등)을 자세히 살펴보면 지배적디자인이 된 제품들이 제품기술 혹은 공정기술 기반인지의 여부는 중요한 기준으로 보이지 않는다. 제품생산에 있어 공정기술이 핵심을 이루고 있는 화학 산업의 선두기업인 독일의 바스프(BASF)나 미국의 듀퐁(Dupont)사 등은 글로벌 시장에서 지배적디자인이 된 다수 제품들을 확보하고 있는데 이는 생산공정과 촉매제 활용 등에서 핵심이 되는 원천기술을 확보하고 있기 때문이며, 공정기술혁신을 통해 경쟁제품들보다 향상된 품질성과를 이루었기 때문이다. 이런 비조립제품 산업에서 제품성능과 품질은 공정기술에서 비롯되기 때문에 공정기술 그 자체가 다른 무엇보다도 중요하다.

Anderson & Tushman(1990)은 공정기술 경우에는 단속적 혁신(discontinuous innovation)의 출현이 산업 전반적 혁신에 큰 영향을 미치지만 이런 단속적 혁신은 제품기술혁신 경우보다 간헐적으로 발생하며 대부분 혁신들은 점진적 성격을 지닌다고 주장한다. 이런 공정기술혁신은 비단 비조립제품 산업뿐만 아니라 제품의 조립 기간이 길고 복잡한 부품들로 이루어진 조선산업에서도 제품성능과 공정효율성을 높이기 위한 핵심요인이 된다.

제품기술과 공정기술[3]을 명확히 구분하는 것은 불가능하지만 이들 간 차이점을 중심으로 중요한 특성들을 나열하는 것은 가능하다. 우선 두 기술을 구분할 수 있는 기준점 중 하나는 '혁신 시점' 측면에서 선 제품기술, 후 공정기술이다(Utterback & Abernathy, 1975). 둘째, 공정기술은 제품기술에 비해서 보다 점진적혁신 성향을 갖는다. 상당 수 공정기술혁신은 업그레이드(upgrade), 추가(add-ons), 적용(adaptation) 형태로 이미 결정된 지배적디자인의 수명주기 상에서 발생한다(Ulrich, 1995). 이런 변화들은 기존의 정해진 제품기술을 보다 효과적으로 활용하기 위한 것으로 시장 경쟁구조를 바꾸거나 경쟁 패러다임을 전환하는 급진적혁신이 아닌 기



출처: Utterback & Abernathy(1975), "A Dynamic Model of Process and Product Innovation," *Omega*, Vol. 3, No. 2, p. 645.

〈그림 1〉 제품, 공정혁신과 발전 단계

3) 이경환과 임재화(1993)는 Skinner(1978)의 기술에 대한 정의를 활용하여 생산기술(공정기술)을 하나의 작업방식에 의하여 투입된 자원을 필요한 생산물로 변형시키는 일련의 원리와 관련 기술로 정의하고 있는데 이는 투입물을 산출물로 변화시키는 물리적 변화과정 뿐만 아니라 기업 조직내부 요인까지도 공정기술로 포함시킨 개념이다.

존 선두주자에 의한 제품개선, 공정효율성 등을 높이기 위한 것들이 많다. 셋째, 공정기술혁신은 그 특성상 생산과정에서 사용되는 설비장비의 물리적 개선이나 새로운 사용방법 개발에 기인하는 경우가 많다. 공정기술 개념은 투입된 자원을 생산물로 변형하는데 필요한 모든 기술을 의미하지만 실제로 차별적 경쟁력으로 인정받을 수 있는 부분은 대부분 장비(생산설비)의 진보성에서부터 시작된다. 예를 들어 국내 특허청에서 발간하는 특허실용신안지침서(2013)에 따르면 공정기술혁신을 제품·서비스생산의 과정·관리 및 관련 장비 등을 효율화하는 활동으로 보고 있다.

공정 및 제품기술혁신을 설명하는 모형(〈그림 1〉)에서도 공정과 제품혁신 특징들을 살펴볼 수 있다. 공정과 제품혁신 특징과 이들 관계를 산업 수명주기에 측면에서 유동기(fluid phase)—과도기(transitional phase)—경화기(specific phase)로 구분하여 설명하고 있다.[4] 유동기에는 제품혁신에 초점이 맞추어져 있어 다양한 형태의 제품들이 출현하고 제품디자인과 규격에 대한 변화가 빈번히 일어나는 반면 공정혁신 비율은 매우 낮은 것이 특징이다. 과도기는 시장 성장기이며 제품혁신 결과가 시장에서 수용되고 지배적디자인이 출현하게 된다. 이 시기는 제품혁신과 공정혁신이 보다 밀접하게 연결되어 생산방식과 원자재 등이 구체화되며, 고가의 생산인프라가 구축되고, 자동화가 시작되는 등 생산운영효율성이 강조되어 혁신 초점이 대량생산이 가능한 생산공정으로 옮겨간다. 제품혁신 비율은 차츰 감소하기 시작하며 공정혁신 비율은 급격히 증가하게 된다. 경화기에는 제품생산이 높은 수준의 효율을 가지게 되고 제품과 공정 간 관계는 극도로 긴밀해져 제품이나 공정에서 작은 변화가 많은 비용을 유발하며 서로 간에 상응하는 변화를 요구하게 된다. 이 시기에는 생산공정의 아주 작은 변화도 혁신으로 보이기도 한다.

2.2 조선산업의 지배적디자인 결정요인

조선산업은 수주산업 범주에 속하는 대표적 산업으로서 수주산업의 구체적 정의와 특징을 먼저 알아보는 것이 조선산업의 특징을 파악하는데 도움이 된다. 수주산업은 수요자(발주자) 주문에 의해서 공급자(수주자)가 맞춤형으로 제품을 생산하는 산업을 의미한다. 일반적으로 제품 수요량이 적고, 가격이 고가이며, 물리적 크기가 대형이라는 특징이 있다. 수주산업 제품의 대표적 예는 대형 발전설비, 조선, 산업용 기계설비, 대형 플랜트, 원자력발전소, 도로, 항만 설비 등이다. 수주산업은 주문설계(Engineering To Order: ETO)생산방식을 따르기 때문에 ETO 생산방식이 갖는 특징들을 포함하고 있다. ETO란 고객으로부터 주문을 먼저 받은 다음 고객 요구에 맞추어 제품을 설계하고 생산하는 것을 의미하며, 개념상 약간의 차이는 있지만 ETO와 비슷한 환경적 특징을 가지는 Project(Elfving et al., 2005), Craft(Barlow, 1999), One-of-a-kind (Hameri, 1997; Tu, 1997), Design-To-Order(Hicks et al., 2000)란 용어들이 ETO와 같은 의미로 혼용되어 사용된다(Hicks et al., 2000, 2001). ETO와 반대되는 개념으로 MTS(Make To Stock)가 있는데 개별 고객의 주문이 아닌 시장 수요를 보고 생산

4) 유동기, 과도기, 경화기라는 국문용어는 Utterback(1994)의 한국어판인 김인수 등(2000)에서 번역한 용어로 원문의 의미를 이해하는데 도움이 된다. Anderson & Tushman(1990)은 비조립제품의 혁신 주기를 Era of Ferment, Era of Incremental Change의 용어로 구분하고 있다.

하는 방식으로 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 일반 제조업(주로, 대량생산이 가능한)이 여기에 속한다고 볼 수 있다.

ETO생산방식 하 제품들은 고객맞춤화 정도가 높고 비반복적으로 생산되며, 개별 수주프로젝트처럼 프로젝트 자체나 제품이 독립적 성격을 가지므로 불연속적 생산공정을 갖는다. 부품 종류는 매우 다양하고 개별 부품 중 표준화 정도가 낮은 것은 맞춤형이나 소량으로 자체 생산하거나 공급자로부터 공급받기도 한다(Caron & Fiore, 1995; Hicks et al., 2000). 따라서 이런 수요자와 공급자 특성에 얼마나 적응할 수 있는 공정시스템을 만들어서 제품을 빠른 시기에 합리적 가격에 제공하느냐가 ETO 생산 시스템의 성공여부를 결정한다고 볼 수 있다.

이런 관점에서 조선산업은 ETO생산방식으로 제작되는 선박에 고객의 모든 요구가 반영되어야하기 때문에 설계, 제조, 설치, 시운전까지 전체공정에 대한 깊은 이해를 바탕으로 하는 통합적 공정 운영능력이 요구된다. 이 과정에서 설계, R&D, 부품 조달, 리드타임관리, 탑재, 용접과 같은 일련의 특화된 기능들이 반드시 필요한데, 이런 부분들은 ETO생산방식을 활용하는 기업의 특징을 잘 말해준다(Caron & Fiore, 1995). 즉 ETO 생산방식을 기반으로 하는 조선산업의 경쟁력은, 기업 내 · 외부 프로세스 측면에서 부품조달활동과 수주마케팅 활동 등이 입찰단계와 통합되거나 설계단계와 통합되는 등, 프로세스와 프로세스가 항상 잘 통합되어 있어야 한다. 또한 전체 프로젝트를 관리하는 측면에서, 입찰, 설계, 조달, 생산 등 주요 프로세스가 하위시스템(비용 산정, 계획, 공급자 성과 정보, 아웃소싱 정보, 설계 데이터, 표준화된 부품 정보 등)과 통합되거나 긴밀하게 연결되어 있어야 한다. 수주산업 제품 특성상 프로세스간 긴밀하고 융통성 있는 통합이 공기단축과 납기일 준수를 위한 중요한 요인으로 작용하며, 이 요인들을 잘 관리하는 기업이 ETO환경에서 경쟁우위를 확보하기 유리해진다(Hicks et al., 2000). ETO생산방식의 특징을 통해 거시적 관점에서 바라본 조선산업은 제품혁신도 중요하지만 경쟁력확보를 위해 공정혁신이 매우 중요한 요인으로 작용한다는 사실을 인지할 수가 있다.

지금까지 살펴본 선행연구들은 수주산업의 고유한 특성에서 비롯되는 문제점들에 대한 대처방안들을 제시하고 있으며, 주로 통합적 운영능력처럼 관리적 차원의 해결방법을 논하고 있다는 한계점이 존재한다. 이런 전략적 방안들이 공통적으로 지향하는 목적은 생산효율성을 증대시키는 것이며, 이는 공정혁신에서 비롯된다는 것을 유추할 수 있다. 하지만 ETO환경을 다룬 연구들뿐만 아니라 공정혁신에 관한 일반 연구들에서도 공정혁신의 진행과정이나 중요한 요인들 간 선행관계에 대한 체계적 정보를 찾기는 어렵다. 다시 말해, 수주산업에서 리드타임 감소는 공정혁신에 의한 성과이지만 이것이 어떤 선행과정을 필요로 하며, 어떤 기술혁신 활동을 필요로 하는 것인지, 누구나 시도할 수 있으며 항상 좋은 성과를 얻을 수 있는 것인지에 대한 명확한 설명은 존재하지 않는다. 또한 수주산업에서도 운영관리가 중요함을 시사 하는 공급사슬 통합이나 유연성 확보 등 요인들은 지배적디자인 확보과정과 어떠한 관계가 있는지를 설명하는 데는 여전히 한계가 존재한다. 지배적디자인 결정요인들을 통합하여 제시한 Suarez(2004) 연구처럼 ETO에 관한 연구들이 이 산업에 속한 기업들에게 경쟁력을 확보하는데 필요한 요인들에 대한 정보를 제공하고는 있지만, ETO 산업에서 경쟁력으로서 큰 비중을 차지하고 있는 공정기술혁신과 발전 과정에 초점을 맞춘 이론적 연구모델을 제시하지는 못한다.

다음에서는 지금까지 살펴본 공정기술혁신과 ETO 산업에 대한 선행연구들을 바탕으로 한국 조선산업 기업들의 공정기술혁신을 구체적으로 살펴보면서 연구모형을 설정하고자 한다. 지배적디자인 제품을 확보하고 있는 조선산업 기업들의 공정기술은 일련의 단계들을 거치면서 발전한다는 사실과 공정기술 진화와 혁신의 결과물로서 새로운 제품개념이 출현할 수 있다는 사실을 발견할 수 있다.

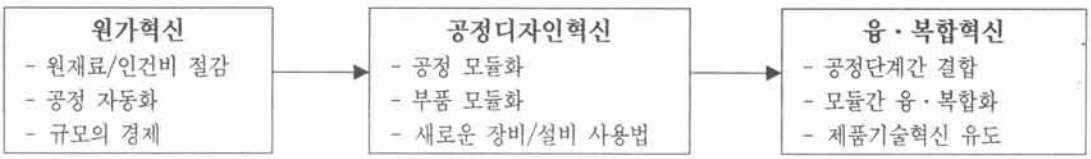
2.3 연구모형 설정

대량생산 개념을 전제로 하는 일반 제조산업은 공장 내에 이미 투자한 생산설비들을 기반으로 효율성 증대에 치중하는 경향이 있기 때문에 공정혁신은 주로 작은 변화들로 이루어진 점진적혁신 성격이 강하다. 또한 공정혁신 범주는 제품기술이 출현한 이후 제품을 제조하는 과정에 필요한 기술이거나 이 때 발생하는 혁신 범위에 한정될 가능성이 높다. 그러나 조선산업은 주문생산방식, 프로젝트운영방식의 성격이 강하여 일반 제조업 대비 대량생산 개념이 약하고 해양플랜트의 경우 수주지역이 바로 생산현장이 되므로 물리적 '공장'이라는 개념도 약하다. 반면 생산공정을 어떻게 기획하고 설계하는가에 따라 제품과 공정에 커다란 영향을 미칠 수 있는 획기적 혁신을 창출할 수 있다.

선행연구들에서는 공정과 제품에 커다란 영향을 미치는 획기적 공정혁신이 발생했다는 신호로서 원가와 품질상 획기적 개선(order-of-magnitude cost and quality improvements)이 이루어지거나(Anderson & Tushman, 1990; Utterback, 1994, p. 135), 몇 가지 공정들을 결합하거나 제거하여 공정 구조에 큰 변화를 발생시키는 지점들이 존재함을 지적하고 있다(Utterback, 1994, p. 116). 이 두 연구들은 제품혁신보다는 공정혁신이 상대적으로 더욱 중요한 비조립제품(유리, 철강 등)에서 단속적 공정혁신을 설명하고 있지만, 공정혁신이 프로젝트 전체 성과에 큰 영향을 미치는 조선산업에서도 이 신호들은 공정혁신의 전환점이 된다.

공정 구조를 변화시킬 만큼 영향력이 큰 공정혁신(단속적 혁신)은 일반적으로 간헐적이고 오랜 시간적 간격을 두고 발생하며, 그 사이를 사소한 점진적 개선들이 채우는 패턴을 보인다(Tushman & Anderson, 1986; Anderson & Tushman, 1990). 공정혁신 주기 상에서 발견할 수 있는 단속적 혁신은 원가혁신과 공정디자인혁신이 대표적이다(Anderson & Tushman, 1990; Utterback & Abernathy, 1975; Utterback, 1994). 조선산업에서도 선박이라는 제품개념이 완성이 된 이후에 원재료비와 인건비를 절감하려는 노력과 대규모 전용설비를 설치하거나 생산공정 상 부분적 자동화를 시작하는 등 원가혁신 중심의 생산전략을 실행한다. 이후 조선산업이 성숙해짐에 따라 기존 생산설비 대비 비용, 리드타임, 제품성능과 품질에 큰 영향을 미칠 수 있는 새로운 공법이나 생산설비가 개발되거나 공정기술 노하우가 축적되어 공정구조 자체에 변화를 가져올 수 있는 단속적 혁신이 발생한다. 생산공정에 모듈 개념을 도입한 것이 공정구조에 큰 변화를 유발한 것이다. 이 후 한동안 조선산업은 제품과 공정혁신이 거의 발생하지 않는 상태로 경화기에 들어가 있었는데, 한국 조선산업이 생산공정에 융·복합 개념을 도입한 것이 단속적 혁신으로 작용하여 조선산업을 경화기에서 벗어나게 하는 새로운 계기가 이루어질 수 있었다. 한국 조선산업이 제시한 융·복합 개념의 공정혁신은 제품혁신과 긴밀하게 연결되어 새로운 제품개념 개발로 이어졌으며, 경화기의 조선산업을 제2의 혁신기(the next wave of innovation;

〈표 1〉 공정기술혁신 진화모형

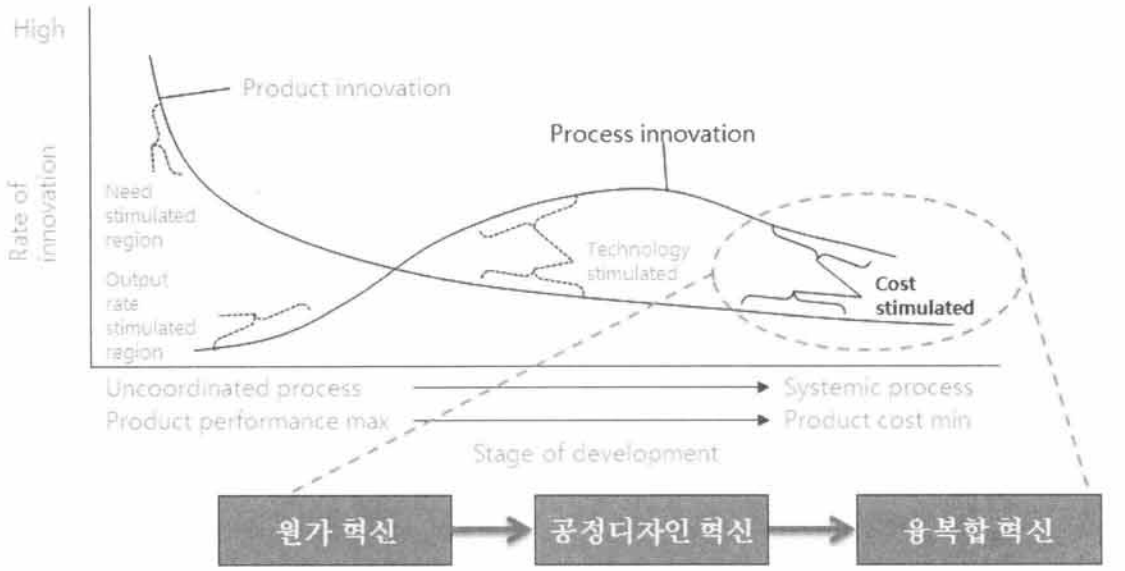


Utterback, 1994, p. 99)로 인도하고 있다.

이상 이론적 근거와 고부가가치 선박 시장에서 지배적디자인이 된 한국 조선산업 공정혁신 증거들을 통해 '원가혁신 ➡ 공정디자인혁신 ➡ 융 · 복합혁신' 3단계로 이루어진 공정기술혁신 진화모형을 제안한다.

선행 연구들에서는 공정혁신을 대량생산, 원가절감, 품질향상 등 효율성을 높이기 위한 방법의 일환으로만 이해하는 경향이 있다. 하지만 본 연구모형은 공정혁신이 점차적으로 제품디자인을 변경하고 최종적으로 신제품 개발 단초를 제공하고 있음을 보이고 있다. 결국 혁신주기가 제품-공정-제품 단계를 거친다는 개념적 모형을 적용하는 것이 가능하다. 지배적 제품이 출현한 뒤 제품기술혁신이 잠잠해지면 혁신 대상은 제품에서 공정으로 옮겨가게 되고 공정혁신 초창기에는 주어진 공정구조를 중심으로 양산-효율-원가절감위주 혁신이 진행되지만, 보다 근원적 원가효율성 개선을 위해서는 기존 공정구조를 재해석하고 재배치함으로써 새로운 제품디자인을 만들어내게 된다. 이 과정에서 공정에 대한 깊은 이해를 바탕으로 하는 모듈 개념이 중요한 역할을 하게 된다. 마지막으로 연관공정기술들과 구조들 간 융 · 복합을 통해 새로운 제품개념을 구현할 정도로 고도화된 공정구조 혁신을 이루어내게 된다. 공정혁신 진화 단계(원가혁신, 디자인혁신, 융 · 복합혁신)를 통해 전혀 새로운 제품을 만들 수 있는 제품기술혁신이 유도되는 것이다. 추가적으로, 융 · 복합은 많은 다른 제품들에서 충분히 관찰 가능하며 언제나 발생할 수 있다는 특성을 지니는 개념이라고 할 수 있다. 하지만 본 연구모형에서 융 · 복합이 의미하는 바는 단순히 제품 개념들의 만남을 의미하는 것이 아니라, 공정에 대한 지식과 노하우가 축적되고 공정기술이 고도화되는 등 공정에 관련된 전반적 역량들이 매우 성숙한 단계에 접어든 이 후, 공정을 효율적으로 단순화시키고 기존에 상이했던 여러 공정들을 긴밀하게 연결시키면서 두 개 이상의 제품 및 공정 개념들을 결합하여 새로운 제품의 개념을 탄생시킬 수 있는 고난이도의 단계를 의미한다.

본 연구가 제안하는 공정기술혁신 진화모형은 다음 〈그림 2〉에 표시한 대로 기존 Utterback & Abernathy (1975)가 제안한 공정혁신모형을 융복합 단계까지 구체적으로 확장하는 모형으로 이해할 수 있다. 즉, 기존 모형에서처럼 공정혁신의 초기 단계에는 양산이 가능한 공정시스템(output stimulated)과 생산자동화기술 등을 활용하여 효율적 공정시스템(technology stimulated)을 구축하는 방향으로 공정기술혁신이 이루어진다. 공정기술 진화로 본다면, 본 연구에서는 여기까지가 제품기술 구현에 필요한 기본 형태의 생산공정시스템의 구색이 갖추어지는 단계로 보고자 한다. 그 이후 생산시스템이 안정되고 제품 수명주기 상 성숙기에 이르게 되면 생산원가절감을 통한 경쟁력향상단계(cost stimulated)에 진입하게 되면서, 본격적으로 생산공정의 진화가 발생한다고 본다. Utterback & Abernathy (1975)



〈그림 2〉 융·복합혁신과 혁신의 다음 물결

는 원가절감형 공정혁신이 산업혁신주기 끝까지 계속하여 전개되는 것으로 모형을 설정하고 있지만, 본 연구는 이후 생산공정의 진화과정을 보다 구체적으로 나누어 볼 때 원가혁신, 공정디자인혁신, 융·복합혁신 단계들로 구분할 수 있으며, 이 과정에서 축적된 지식들을 바탕으로 궁극적으로는 새로운 제품개념이 창출되는 혁신 흐름으로 이어진다고 제안한다. 즉, 융·복합혁신은 원가혁신과 공정디자인혁신 노하우가 충분히 축적된 이후에 출현하는데, 이는 경화기에 들어선 산업을 제2의 혁신 주기로 옮겨주는 전환점 역할을 하게 된다.

본 연구가 제안하는 원가혁신, 공정디자인혁신, 융·복합혁신의 구체적 성격은 아래와 같다.

2.3.1 공정기술혁신 진화과정: 원가혁신

이 단계에서는 원가절감 방향성을 바탕으로 개선이 비교적 쉽고, 가시적이면서 직접적 성과가 바로 도출되는 부분에 혁신의 초점이 맞추어진다. 이 단계에서 볼 수 있는 혁신들로써 저렴한 노동력 확보 혹은 인력을 대체하는 자동화 시설 도입, 원부자재 구입처 전환 등을 통한 구매비용절감, 설비확장을 통한 규모의 경제실현 등을 예로 들 수 있다. 이 단계의 혁신은 비단 수주산업뿐만 아니라 일반 산업에서도 기본원리로 받아들여지고 가장 먼저 고민하게 되는 전략적 의사결정일 것이다. 그렇기 때문에 이런 성격의 공정기술혁신은 경쟁자에 의한 모방이 쉽고, 외부환경변화에 많은 영향을 받으며, 혁신 범위는 매우 제한적이라서 장기적 경쟁력으로 삼기에는 한계가 존재한다.

2.3.2 공정기술혁신 진화과정: 공정디자인혁신

공정기술혁신의 다음 단계는 원가혁신이 성숙기에

도달한 이후 이미 구축되어 있는 생산공정에 분리(decomposition)와 재구성(re-configuration) 개념을 적용하는 공정디자인(process design)혁신이다. 산업과 생산공정에 대한 이해가 깊어지고 기업의 지적자산과 역량이 축적되면 기존 생산공정을 재해석하고 재배치하는 등, 원가절감 혁신보다는 좀 더 근본적 차원의 공정기술혁신이 가능해진다. 원가중심 혁신이 제품디자인 변경 없는 공정과정에 제한된 혁신이었다면 공정디자인혁신은 어느 정도 제한된 제품디자인 변화를 수반한 공정혁신으로 볼 수 있다. 조선산업에서 2단계 혁신은 모듈[5] 개념으로 형상화 된다. Ulrich(1995)는 제품 수명주기 상에서 일어나는 제품 변화를 업그레이드(upgrade), 추가(add-ons), 적용(adaptation) 등으로 보았는데 이런 제품 변화를 모듈 구조를 통해서 쉽게 수용될 수 있다고 설명하였다. 즉 공정에 모듈 개념을 도입하면 제품구조를 개선시켜 제품의 다양한 변화와 진화가 가능하다는 것이다(Sanchez & Mahoney, 1996). 일반적으로 제품과 공정에 모듈화 개념을 도입하면 다양한 고객 요구를 반영하는 동시에 빠른 생산이 가능하기 때문에 주문자 생산방식을 바탕으로 고객맞춤화 성격이 강한 수주산업에서 모듈화는 큰 역할을 하였다.

2.3.3 공정기술혁신 진화과정: 융 · 복합혁신

공정혁신의 세 번째 단계는 융 · 복합혁신이다. Utterback & Abernathy(1975), Utterback (1994)은 산업이 혁신 경화기에 들어서게 되면 제품은 명확하게 정의되고, 경쟁 제품들 간 본질적 차별 점은 거의 없으며, 마케팅능력 등 전략적 역량을 제외한 제조상 경쟁력은 품질 정도로 축소되며, 완전히 새로운 혁신기술이 개발되거나 신제품이 출현하여 기존시장을 와해시키지 않는 이상 기존 제품 및 공정혁신 주기의 경화기에서 벗어날 수 있는 방법은 없다고 기술하고 있다. 본 연구가 특히 주목하는 부분이 '신제품출현' 인데, 현존하는 디자인에 큰 변화를 줄 수 있는 완전히 새로운 제품이 개발되거나, 이미 존재하는 기술의 응용에 성공하는 두 가지 경우가 탈 경화기(de-specific)를 이끌 동력이 된다는 점이다. 완전히 새로운 기술 개발이 신 시장을 창출한다는 것은 익히 알려져 있는 사실이지만, 이미 존재하는 기술들을 융 · 복합하여 기존 제품과 차별성을 지니는 신제품을 개발하는 것 또한 새로운 시장을 창출하는 혁신의 원동력이 된다. 즉 혁신이 일어나기 어려운 경화기 단계에서 이미 존재하는 제품기술이나 공정기술들에 대한 깊이 있는 이해를 바탕으로 연관 제품기술이나 공정기술들의 융 · 복합화[6]를 통하여 기존 제품과 차별성을 지니는 신제품 개

5) 모듈은 독자적 기능을 수행할 수 있는 구분 가능한 단위를 의미하며, 모듈 간 규격화된 접점(interface)을 가지고 있다. 모듈화 설계(modular design)는 마케팅프로세스 상 변화를 가져와 구분된 고객집단들의 니즈를 신속하고 저렴한 가격에 충족시키는데 기여하며(Sanchez, 1999), 제품구조로서 모듈은 제품설계나 생산공정에 영향을 주어 기술혁신과 제품개발절차에도 영향을 미치게 된다. 모듈은 (1)최적화된 중간재들로서 그 구분이 확실해지며 모듈 상호 간 결합이 쉬워지기 때문에 모듈에 내포된 기술과 지식의 능동적 교환과 공유가 가능하다. (2)모듈은 제품 생산에 필요한 여러 가지 기술들을 모듈단위로 구분하거나 그룹으로 묶는 것이 용이하기 때문에 위험과 불확실성을 최소화 하는 선에서 단위 구분이 가능하다. (3)모듈 단위 생산은 공정 구분을 명확히 해주어 공정 복잡성을 감소시켜준다. 모듈의 이런 장점들은 모듈 단위 기술혁신의 가능성을 높여주게 된다. 즉 특정 모듈을 사용하는 모든 기업들에 의하여 개선과 혁신이 이루어질 수 있어서 혁신 과정이 개방적 성격을 갖게 된다(Chesbrough, 2003; Ulrich & Eppinger, 1999).

6) 선행연구에서는 기술 간 융 · 복합화에 의한 혁신은 신기술 출현이나 신제품 출현으로 간주한다(황다영 등, 2008). 또한 다른 제품을 결합하거나, 기능들을 결합하는 것은 제품기술에 의한 혁신으로 간주하며 이를 컨버전스(convergence)형 신제품으로 본다(하영원과 허정, 2002).

발이 가능하다는 것이다.

III. 조선산업 분석

한국 조선산업은 2013년 현재 세계 선박시장 점유율 1위를 고수하고 있으며, 동 산업 내 다양한 제품군 중에서도 특히 해양플랜트 부문에 속한 고부가가치 선박의 세계시장점유율은 80%를 상회하고 있다. 여기서 고부가가치 선박이란 한국에서 건조한 드릴쉽, LNG-RV와 같은 신 개념 선박을 의미하며, 한국 조선 기업들이 해외 경쟁기업과 차별화 되는 이런 차세대 선박을 제조하지 않았다면 해양플랜트[7]라는 산업이 존재하지 않았을 것이라는 평가가 나올 정도로 해양플랜트 시장에서는 지배적 경쟁력을 확보하고 있다. 그럼에도 불구하고 수주산업은 고객별로 차별화 정도가 높고 기술에 대한 심층적 이해가 필요하여 체계화된 연구가 어려웠다. 이에 본 절에서는 대표적 수주산업이면서 한국 기업이 세계 시장을 석권하고 있는 조선산업을 대상으로 제품, 공정, 기술 측면에서 통합적이고 체계적으로 접근하고자 한다.

본 절에서 한국 조선산업을 분석하면서 공정기술 간 융·복합에 의한 신기술 혹은 신제품 출현이 가능함을 확인할 수 있었다. 한국 기업들의 경우, 세계 조선시장에 후발주자로 진입했던 초기에는 보통 기술력만으로도 건조가 가능한 벌크선이나 유조선 위주로 생산하면서 제품과 공정에 대한 기술을 축적해 왔다. 이후 많은 경험들을 통하여 공정기술(설계능력)이 축적되었고, 이를 기반으로 시추선이나 LNG 운반선처럼 고급 기술이 필요한 고부가가치 선박을 경쟁사 대비 효율적으로 생산하게 된다. 한국 조선 기업들이 세계시장에서 경쟁우위를 확보한 시점부터 두 개의 독립된 기능이 한 제품으로 결합된 드릴쉽(drill ship)과 같은 혁신적 신제품을 생산하게 된다. 공정기술혁신을 통한 융·복합화 실현으로 드릴쉽(시추선+유조선), LNG-RV(regasification vessels; LNG운반선+육상기화플랜트)[8]와 같은 신제품을 시장에 출시한 것이다. 더욱 놀라운 것은 한국 조선산업이 융·복합 개념의 해양플랜트 생산에 필요한 원천기술에 대한 국산화율이 낮은 상황임에도 불구하고 공정상 융·복합혁신 역량만으로 세계시장에서 지배적디자인을 확보한 점이다. 신개념 해양플랜트 제품인 드릴쉽을 만들기 위해서는 시추기능과 유조선 기능을 합친 제품구조를 디자인해야 하는데, 이를 실제로 생산할 수 있도록 현재 보유한 공정기술을 기준으로 제품설계를 조정하고 설계상 조립 방식을 실제 생산공정에서 구현하는데 필요한 새로운 공법들을 기존 공정기술들에서 '융합하거나 복합하거나 혹은 응용할 수 있는 공정혁신'을 주도하였기에 가능한 일이었다. 이런 공정혁신은 그동안 개념적으로만 존재하였던 고부가가치 신제품을 세계 최초로 생산하여 제품화할 수 있는 기술적 근거가

7) 해양플랜트는 해양자원(석유, 천연가스, 조력 등)을 개발하여 에너지를 생산하는 시설을 의미하며, 플랜트가 갖는 의미(산업기계, 공작기계, 전기통신기계 등 종합체)처럼 해상에 설치되는 생산설비 혹은 공장을 의미한다. 그 시설 형태에 따라 고정식, 유연식, 부유식으로, 용도에 따라 시추용과 생산용으로 구분이 가능하다. 드릴쉽은 일반 선박처럼 부유식으로 해상에서 이동이 가능함과 동시에 시추용 설비를 탑재하고 있어 해상플랜트에 속한다. 드릴쉽은 선박+플랜트+저장소의 기능을 복합적으로 보유하고 있어, 기존 세 가지 종류의 제품 카테고리를 단일 제품에 구현해놓은 것을 의미하며, 본 논문에서 언급한 바와 같이 신개념의 고부가가치 선박에 속한다.

8) LNG-RV는 액화천연가스(LNG)를 영하 163도로 냉각·액화시켜 부피를 600분의 1로 줄인 뒤 저장하여 운반하는 일반 LNG선에 액화된 가스를 다시 기화시킬 수 있는 설비를 추가로 갖추고 있는 선박이다.

되었다.

다음에서는 한국 조선산업에 대한 설명을 시작으로 공정혁신의 각 단계별 구체적 내용을 기술하고자 한다.

3.1 조선산업

조선산업은 프로젝트 운영 방식으로 제품을 생산하는 산업이다. 원래 조선산업은 벌크선(bulk carrier), 유조선, 컨테이너 운반선, LNG 운반선 등 광물, 곡물, 원유, 석유화학 제품 등 운송에 필요한 선박을 제조하는 산업을 의미하였다.[9] 그러나 운송 중심의 선박 개념은 한국 조선기업들에 의해 '생산 기능'이 추가되었다. 단순운송 기능만을 가진 기존 선박에 해양자원을 직접 생산하고 정제하는 기능을 추가하면서 공장 역할을 하는 선박이라는 새로운 부가가치를 제공하는 신제품을 개발하였다. 오늘날 조선산업의 공정기술은 플랜트[10] 선박을 중심으로 빠르게 융·복합화 되고 있는 추세이며 동시에 조선기업들뿐만 아니라 육상 플랜트 기업들과 기술제휴를 통해서 새로운 가치를 추가한 선박제품을 중심으로 시장을 개척하고 있다. 가까운 장래의 조선산업은 범용선 → 고성능 선박 → 플랜트로 제품이 부여하는 가치가 이동하면서 플랜트 기반 선박이 조선 시장을 주도할 핵심 경쟁력이 될 것으로 판단된다.

플랜트는 고객으로부터 수주를 받아 기획, 설계(engineering)하고 필요한 자재를 조달하여(procurement) 시공(construction)하여 완제품이 생산되는데, 이런 과정을 거쳐 생산되는 제품들은 EPC(Engineering, Procurement and Construction) 범주에 속한다. 플랜트 제품 특징을 살펴보면 크게 세 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 플랜트 제품은 설계, 기자재 공급, 시공 등 기술개발이 통합적이고 체계적으로 이루어져야 시너지 효과를 얻을 수 있기 때문에 단일 기업이 일괄적으로 수주하는 것이 보편화되어 있다. 플랜트 시공과정에는 다양한 업체들이 참여하는데 이런 업체들을 효율적으로 관리하고 시너지 효과를 내기 위해서는 풍부한 건조 경험을 보유한 기업을 중심으로 수주가 이루어져야 경쟁력이 있기 때문이다. 둘째, 플랜트 시공에 사용되는 모든 자재와 설비, 공정방법 등은 높은 신뢰성을 요구한다. 플랜트 설비시장에서는 성능이 뛰어난 제품이 출시되어도 공인된 기관의 인증이나 사용경험을 통한 신뢰성이 확보되지 않은 상황이라면 이 제품은 사용될 수 없는 것이 일반적이다. 일반 상선의 경우에는 고객이 사용하다가 문제가 발생하면 반품이나 리콜을 요구하면 되지만, 플랜트 경우에는 사용과정에서 일어난 작은 문제점들이 엄청난 손실을 가져오며 사회적으로 큰 파장을 가져오고 회복할 수 없는 피해[11]를 가져오기 때문이다. 셋째, 플랜트

9) WCO(세계관세무역기구)는 품목분류 체계(HS 2007 기준)로 일반 선박관련 제품은 890120 탱커(선박)와 890590 특수선(조명선, 소방선, 기중기선 등)로 구분되어 해양플랜트는 특수선에 속하나 당초 특수선 제품정의와 일치하지는 않는다.

10) 플랜트는 발전소나 정유공장과 같이 기계와 장치를 기술적으로 설치하여 생산자가 목적으로 하는 원료 또는 중간재, 최종 제품을 제조할 수 있는 생산설비를 의미한다(최병일 등, 2012). 본 연구에서는 대부분 플랜트가 조선 및 건설산업 기업들에 의해서 생산되는 상황을 고려하여 플랜트를 별도 산업으로 분류하지 않고 제품 단위로 접근 한다. 세계적 건설전문잡지인 ENR(Engineering News Record, 2012)은 플랜트를 별도 산업으로 분류하지 않고 EPC 중심의 국제 도급자(International Contractors: 시공사) 중심으로 순위를 발표하고 있다. 플랜트 제품영역은 방대하나 별도 전문 기업들이 존재하는 독립된 산업이 아니며 주로 조선이나 건설 기업들이 시장에 참여하고 있다.

11) 미국 대표적 해양 플랜트 운영사인 트랜스오션은 201년 4월 21일에 멕시코만에 원유를 유출하여 14억 달러 벌금을 부과 받았고, 발주처인 영국 석유회사 BP는 트랜스오션을 상대로 160억 달러 합의금을 요구하였다.

는 설계단계에서 고객 요구를 반영하고 이를 시공과정에서 실현시켜야 되기 때문에 고객접점관리와 고객서비스가 매우 중요하다. 플랜트 수주를 위한 첫 단계는 초기 설계과정에서 고객 요구를 정확히 반영하고 자사 기술역량을 평가하여 이에 대한 정확한 손익분석을 제시하는 것에서부터 시작한다. 비단 설계과정뿐만 아니라 고객요구에 대한 정확한 분석을 기반으로 시공과정과 시운전 단계에서 고객에게 새로운 대안을 제공할 수 있는 서비스 능력도 매우 중요하다.

이상 설명에서처럼 플랜트 제품은 일괄수주 능력, 높은 신뢰성, 차별화된 서비스 제공능력을 확보하는 것이 곧 핵심 경쟁력이었기 때문에 그동안 선진국 기업들의 전유물이었으며 개발도상국의 후발 기업들의 참여는 매우 어려운 것으로 여겨져 왔다(최병일 등, 2012). 조선산업에서 후발 그룹에 속했던 한국 조선기업들은 후발 기업들이 일반적으로 취했던 전략인 플랜트 설비와 자재의 기술력을 높여 국산화하는 대신 공정기술혁신을 통해서 해양 플랜트 시장의 지배적디자인을 선점할 수 있었다(〈표 2〉참조).

원천기술 미확보, 핵심부품의 낮은 국산화율에서 알 수 있듯이 제품기술 수준이 낮은 상황에도 불구하고 한국 조선기업들이 해양플랜트 부문 시장점유율 1위[12]를 확보할 수 있었던 것은 벌크선, 유조선, 컨테이너선에서 해양플랜트 선박까지 이어지는 지배적디자인 경쟁력이 공정기술혁신에 있음을 간접적으로 보여주는 것이다.

3.2 조선산업 공정혁신 단계

한국 조선기업들의 플랜트 시장 진출을 이해하기 위해서는 한국기업들이 과거처럼 저렴한 노동력에 기반을 둔 원가혁신을 하는 것이 아니라 새로운 공정기술혁신을 기반으로 경쟁력을 확보하여 세계적으로 지배적디자인 위치에 도달한 점을 인지하는 접근이 필요하다. 또한, 전술한 바와 같이 조선산업은 발주고객의 다양한 요구를 제품에 반영하기 위해서 제품에 대한 깊은 이해가 반드시 전제되어야 하며, 때

〈표 2〉 일반선박과 해양플랜트(FPSO, 드릴쉽) 국산화 비율

선박	국산화 비율(%)
VLCC(대형 유조선)	90
BC(벌크선)	90
Container Ship	90
LNGC	80
FPSO	**20**
Semi-Rig	**20**
Drillship	**20**

출처: 특허청블로그(http://blog.daum.net/kipoworld/3219), 선종별 기자재 국산화율(한국조선협회, 2011).
일반선박: 유조선, 벌크선, 컨테이너선 등.
해양플랜트: 드릴쉽, FPSO 등.

12) 한국의 조선 기업들은 해양플랜트(드릴쉽, FPSO, LNG RV 등)분야에서 90%이상의 세계 시장점유율을 갖고 있다(한국무역협회 국제무역연구원, 2013).

로는 고객이 요구한 방법보다 더 효율적 방법이 있다면 이를 역으로 발주자에게 제안해 반영하는 '대안설계' 능력도 필요하다. 조선산업의 공정기술혁신은 지속적으로 제품과 프로세스를 재해석하면서 얻은 통찰을 바탕으로 꾸준히 공정혁신을 이룬 결과라고 할 수 있으며, 나아가 연관공정기술들의 융·복합을 통해 새로운 제품개념을 구현할 정도로 고도화된 공정혁신을 이루는 바탕이 된다. 이런 노력과 결과들이 한국 기업들의 지속적 경쟁력의 근간을 구성하고 있으며, 한국기업들이 중국과 같은 개발도상국 기업들에게 1위 자리를 내줄 것이라고 예측한 국가간 국제 경쟁력에 대한 기존 연구(Cho & Porter, 1986)에도 불구하고 향후에도 지속적으로 경쟁력을 유지해 나갈 수 있다고 판단된다.

3.2.1 원가혁신

조선산업에서 기술변화를 통한 대표적 원가혁신 중심의 공정혁신은 '리벳공법'에서 '블록용접공법[13]'으로 변화이다. 목선이 주도했던 19세기에 영국은 리벳공법이라는 혁신적 공정기술을 개발하여 전함, 여객선, 상선 등 철강선박을 건조하여 세계 조선 시장에서 장기간 동안 지배적 경쟁력을 보유하고 있었다. 20세기 초반 선박의 주요소재가 나무에서 철강으로 변경되었지만 기본적 결합 방식은 두 판을 리벳을 이용해 고정시키는 방식이었다. 한편, 1950년대 일본은 조선산업에 용접방식을 본격적으로 도입하면서 용접건조를 위한 자동화 설비를 구축하였고, 블록조립방식이라는 공정기술을 처음 개발하여 대규모 도크 건조 생산성을 획기적으로 향상시켰다. 용접 방식은 기존 리벳방식에 비해 생산효율성을 3배 이상 높일 수 있었기 때문에 그 만큼 원가절감이 가능하였다.[14] 조선산업 전체에서 도크 설비 규모를 늘려 대량생산 인프라를 구축한 일본은 핵심기술인 블록용접공법으로 유조선과 벌크선을 중심으로 새로운 시장 지배자로서 세계 조선시장을 30년간 제패하였다.

대부분 산업에서 원가경쟁력의 핵심은 저렴한 노동력에서 출발하는 경우가 많다. 특히 선진국들은 우수한 제품기술을 확보하고 노동이 집약되는 공정은 해외 후진국에 두는 경우가 많다. 과거 조선산업 경우에도 국가별 경쟁력 이동은 순전히 이런 원가요인에 의해서 결정되었다(Cho & Porter, 1986). 실제로 한국의 경우 1970~80년대 저렴한 인건비와 경쟁국가인 일본의 엔고효과 등으로 단기간에 조선산업 경쟁력을 확보할 수 있었다. 한국 기업들이 조선시장에 처음 진출하던 시기에는 공법 측면보다는 원가절감 측면에서 공정혁신이 이루어졌다. 대부분 수주산업은 제품기술에 큰 변화가 있기 어려운 점진적 기술혁신 환경에 처해있음으로 원가절감 위주 전략들이 공정혁신에 큰 줄기를 형성할 수밖에 없다(최병일 등, 2012). 1970년대 한국 조선기업들의 건조기술수준은 강판만 용접할 수 있으면 누구나 배를 만들 수 있다는 논리로[15] 기술보다는 저렴

13) 리벳(rivet)공법은 선박용 판을 포갠 상태에서 두 판에 구멍을 내고 구멍사이로 리벳을 넣은 뒤 리벳 아래 부분을 가열 후 해머로 내려쳐 판에 단단히 고정시키는 방식이며, 블록용접공법(block sequence welding)은 선체를 여러 블록으로 나누어 제작한 뒤 블록들을 용접하여 전체를 결합시키는 공법이다. 1920년 미국 주도로 용접이 산업에서 본격적으로 사용되기 시작했고(American Welding Society참조), 1953년 일본이 선박건조를 위해 선박 건조에 용접기술을 도입, 블록 단위로 용접하는 혁신공법을 운영하였다. 리벳은 볼트 접합 방식처럼 두 판을 리벳으로 고정시키는 것이지만, 용접은 두 자재를 녹여서 직접 붙이는 방법이라는 차이가 있다.

14) 국가경영전략연구원(NSI) 수요정책 포럼 김징완 조선공업협회 회장(삼성중공업 전사장) '한국 조선업-세계시장 제패 비결과 향후 전망' 2006년 4월 19일(이투데이, "글로벌톱의 길-일본에 묻다: 조선-꾸준한 선형 개발이 경쟁력", 2011.01.31.).

15) "...조선이라서 공장 짓는 것과 다를 바 뭐 있냐? 철판을 잘라 용접하고 엔진 올려놓고 하는 일인데..." 정주영(2009), p.116.

한 노동력을 중심으로 원가경쟁력 확보에 주력하였다. 한국은 일본의 1/4에 불과한 인건비를 경쟁력으로 하여 수주경쟁에 참여하였다(전상헌, 2009). 1차 오일쇼크 이후 조선시장이 침체되고 엔화가치가 상승하여 일본 조선산업의 원가경쟁력은 급격히 하락하게 되었다. 결국 일본은 정부 주도하에 조선산업의 생산규모를 줄였으며 이에 따라 일본 조선기업의 고객들은 자연스럽게 한국 기업으로 몰리게 되었다.[16] 당시 한국 조선기업은 규모의 경제(economies of scale)를 통한 원가절감을 이루기 위해 정책적으로 생산설비에 대규모 투자를 진행하였다. 1981년, 대우조선은 세계 최대 규모의 도크(길이 530m, 폭 131m, 깊이 14m)를 준공하였고, 국내 다른 조선기업들도 경쟁적으로 도크시설에 투자하면서 대규모 조선산업 클러스터가 구축되었다. 그 결과 현재까지도 도크 규모 면에서 세계 5위 안에 드는 조선소는 모두 한국기업들이 차지하고 있다.

이와 같이 한국 조선기업들의 첫 번째 공정혁신은 저렴한 인건비와 규모의 경제를 통한 비용절감에 집중하는 것이었다. 한국과 중국의 조선 수주량이 비슷했던 2006년의 조선산업 인건비를 비교해보면, 중국의 경우 한국의 1/8에 불과하다는 사실을 발견할 수 있다. 중국의 조선기업들도 규모의 경제를 통한 원가우위를 확보하기 위해 2015년까지 세계 최대 조선단지를 조성하는 계획을 추진 중에 있다(중국공업정보화부: 선박공업 12차 5개년 발전 계획[17]).

조선산업 초기에는 저렴한 노동력과 규모의 경제(대규모 시설투자, 특정지역 중심의 수주)를 중심으로 한 원가절감 방식의 공정혁신이 주를 이루었다. 이런 종류의 혁신은 경쟁자에 의하여 쉽게 모방된다는 단점에도 불구하고 한국 기업들에게 수주경험을 통해 기술력과 노하우를 충분히 축적할 수 있는 유인을 제공해 주었다. 공정혁신 진화모형 1단계는 노동력이나 시설투자와 같은 원가절감 요인을 통한 혁신으로 순수한 의미에서 기술기반(technology-based) 혁신은 아니다. 그렇기 때문에 경쟁력 차별화가 어렵고 경쟁자에 의해서 쉽게 모방이 가능하기 때문에 후발진입자에 의해 쉽게 추격당할 수 있는 한계가 존재한다. 특히 1998년까지 한국 조선산업의 인건비는 일본의 43%, 독일의 32%에 불과하였지만 2005년 국회 조사 자료에 따르면 한국 3대 조선기업 근로자들의 월소득은 일본보다 높은 수준으로 상승하였다. 이는 더 이상 한국 조선산업이 원가절감형 혁신으로만 경쟁할 수 없음을 의미하고 있다.

〈표 3〉 한국과 중국 조선업 인력규모와 월평균 임금 비교

구분	한국	중국
중대형 조선소 인력	80,573명	219,058명
월평균 임금	약 4,090달러	약 490달러

출처: 한국조선공업협회 (2006), 조선자료집, 업계자료 종합(협력사 추정치 포함)
中國機械工業年鑑編輯委員會, 「中國機械工業年鑑」, 각호
(중국의 경우 정해진 급료이외 주택, 교육수당 별도 수당 반영 시 680달러임)

16) 특히 1990년 4월부터 1996년 2월에 걸친 총 71개월 기간 동안 엔/달러 환율이 159.9에서 79.8로 2배 가량 급격히 상승하면서 일본 조선기업들의 가격경쟁력은 급속히 약화되었다. 1977년부터 2005년까지 한국 선박수출과 원/엔의 상관관계는 0.8920으로 매우 높은 수치를 보였다(산업자원부, 2007).

17) 연합뉴스, "中 철강업, 저성장·저이윤 시대 진입, 2011.11.08.

2000년대 이후 한국 조선산업은 원가중심 혁신에서 벗어나게 된다. 배미경(2006)은 조선 산업에서 총요소생산성 증가에 영향을 미친 요인들로서 기술진보, 기술적 효율성, 배분 효율성, 규모의 효과 요인들을 제시하여, 이 중에서 기술 진보가 조선산업의 총요소생산성 증가에 가장 큰 영향을 미친 요인임을 지적하고 있다. 또한 조영상(2012)의 연구도 한국 조선산업 경쟁력이 기술경쟁력 단계에 도달하고 있음을 간접적으로 증명하고 있다. 반면에 일본 조선기업들은 1990년대 한국 조선기업들의 가격경쟁력에 대응하기 위해서 설계 표준화를 통해서 설계인력을 감축하고 다양한 모듈 생산시스템을 강화하는 것 보다 원가혁신에 치우친 노력을 하였으나 시장 주도권을 되찾지는 못하였다. 최근 중국 조선기업들도 과거 한국처럼 저렴한 인건비를 토대로 대규모 설비투자로 원가절감형 혁신을 주도하고 있으나 일본이 한국에게 경쟁에서 밀린 것과는 달리 한국은 중국에게 경쟁에서 밀리지 않고 있다. 이는 과거 조선산업 경쟁력 원천이 원가혁신에 있었다면 최근에는 단순 원가혁신을 넘어서 다음 단계로 경쟁력 원천이 이동한 것이라는 간접적 증거가 된다.

3.2.2 공정디자인혁신

2000년대 이전까지 조선시장의 주요 선박은 유조선, 벌크선, 컨테이너선과 같이 일반화된 상선을 중심으로 한국과 일본 조선기업들이 지배적디자인 경쟁을 하였다. 당시 지배적디자인 결정의 핵심요인은 원가절감 혁신의 성공여부로 한국이 보다 우월한 위치에서 세계시장을 조기에 선점하였다. 그러나 2000년대 이후 세계 무역 증가로 선박발주가 크게 늘어나면서 선박시장의 지배적디자인 경쟁에는 새로운 혁신이 요구되었다.

2003년부터 글로벌 조선시장은 세계무역에서 중국의 생산력 증대와 국제적으로 노후선박에 대한 규제가 강화되면서 큰 폭으로 성장하였다. 2004년 1월 산업자원부가 발표한 '2003~2004년 조선동향 및 전망'에 따르면 2003년은 2002년 대비 수주실적이 2배 이상 증가하여 대부분 조선기업들이 3년치 일감을 미리 확보한 상황이었다.

이런 조선시장 변화에 대해 당시 조선강국이었던 일본과 한국은 서로 다른 혁신을 추구하였다. 일본 조선기업들은 1990년대부터 원가중심 혁신을 강화하여 지속적으로 혁신을 하는 반면 한국 조선기업들은 원가중심 혁신에서 한 단계 진화하여 공정과 제품디자인을 변경하는 혁신을 추구하였다.

조선산업에서 모듈화를 처음으로 도입한 것은 일본 기업들이었다.[18] 일본 조선기업들은 기존 리벳 방식의 결합방식 대신 블록용접 방식을 선택하였는데 이는 설계단계에서 배를 쪼개 블록을 만들고 이를 선체 구조물에 결합(탑재)하는 방식이었다. 전체 공정에 큰 변화를 주지 않은 상태에서 부품을 표준화하여 선박 건조 역량을 강화하는 동시에 품질개선에 주력하였고 설계 표준화를 통해 고임금을 받는 설계인력(엔지니어)을 감축하고 선박건조에 필요한 비용과 공기를 절감하고자 하였다. 일본기업들은 이런 설계방식으로 선박(탱커)시장에서 30년간 유조선과 벌크선 제품카테고리에서 지배적디자인을 확보할 수 있었다.

그러나 일본 조선기업들은 표준화에 집착하여 고객 개별화된 요구에 대응해야 하는 수주산업의 기본적 특성을 고려하지 못하였고 고부가가치 선박 수요에 적절히 대응하지 못하였다. 또한 블록 표준화를

18) 1990년 이후 일본 조선기업들은 과거 도입한 용접 블록 방식을 심화시키는 공정혁신을 통해서 모듈 표준화를 시도하였다(전성헌, 2009)

통한 공기단축은 도크라는 공간적 한계를 극복하지 못해 당시에 폭발적으로 증가하는 선박 수주에도 불구하고 제한된 도크 생산성은 늘리지 못하였다. 블록 용접 공법은 배보다 큰 도크 내에서 이루어지는 작업이고 필요한 철재블록을 차곡차곡 쌓아올린 후 용접으로 마무리하는 방식으로 표준화된 건조공정이었기 때문에 물리적으로 정해진 도크를 벗어날 수 없었다.

반면에 한국 조선기업들은 2000년대 이후 원가중심 공정혁신에서 진화하여 다음 단계인 제품과 공정디자인 변화를 통한 고객 중심의 유연한 생산시스템으로 진화하게 된다. 일본 조선기업들이 생산공정기술에 대해 변화없는 모듈 표준화를 추구하였다면 한국 조선기업들은 폭발적으로 증가하는 선박수주에 대응하기 위해서 한정된 도크를 벗어나는 다양한 조선공법을 제안하고 그에 따른 제품설계 능력을 강화하여 일반선박은 물론 고부가가치 선박을 중심으로 시장을 확장하였다. 한국 조선기업들의 2단계 공정혁신은 용접과 블록 방식을 뛰어넘는 새로운 공정혁신이었고 그간 축적된 풍부한 수주경험을 바탕으로 제품과 공정에 대한 재해석을 하는 디자인 혁신으로서 2단계 공정혁신으로 볼 수 있다.

구체적으로 한국 조선기업들의 2단계 공정혁신은 2가지 방법으로 이루어졌는데 첫째, 기존 생산방식을 벗어나 새로운 공정을 제시하였다. 〈표 4〉는 당시 한국 조선기업들에 의해 새롭게 제안된 혁신적 공법들로서 그동안 관행처럼 여겨져 오던 표준화된 도크(dry dock)를 재해석한 공정디자인혁신의 중요한 증거들이다. 일본이 블록용접방식의 틀 속에서 표준화된 모듈로 원가절감 효과만을 극대화하고 있을 때 한국은 이 틀을 뛰어 넘어 다양한 대안설계들을 개발하게 된다. 한국 조선산업의 공정디자인혁신은 초대형 블록(모듈)을 포함하여 부유식 도크(floating dock)와 같은 혁신적 아이디어의 현실화로 이어지게 된다.

둘째, 표준화된 모듈이 아닌 공정에 맞는 혁신적 모듈을 새롭게 디자인 하였다. 대형 블록 공법은 하나의 선박을 소수의 초대형 블록으로 나누어 조립하는 개념으로 한국의 초대형 블록 규모는 공정디자인혁신 진화에 따라 점차 증가하게 된다. 삼성중공업은 2001년 메가블록(mega block; 3,000t급/단위

〈표 4〉 한국이 세계 최초로 도입한 선박 진수 및 건조 기법

건조공법	특허 등록번호	내용	비고
육상건조기법	10-0949891	기존 육상 도크를 이용하지 않고 선박 건조(바지선을 이용하여 진수)	현대중공업
플로팅 도크 건조기법	10-0496137	플로팅 도크와 메가블록(3천톤급)공법을 이용하여 선체블록 조립/탑재	삼성중공업
복수 크레인 동기화 작업시스템	10-987022	두 대의 해상 크레인을 사용하여 선박건조기간 단축 (세계 최초 해상크레인 사용)	대우중공업
스키드 론칭 시스템	10-0623201	육상조립/탑재→플로팅도크로 탑재에서 인도까지 100일로 단축	STX조선
댐공법	10-0511946	도크보다 더 큰 선박건조 가능한 공법으로 도크건조 후 초과구간은 육상에서 만든 후 해상에서 조립	한진중공업

출처: 특허청, 저자 수정.

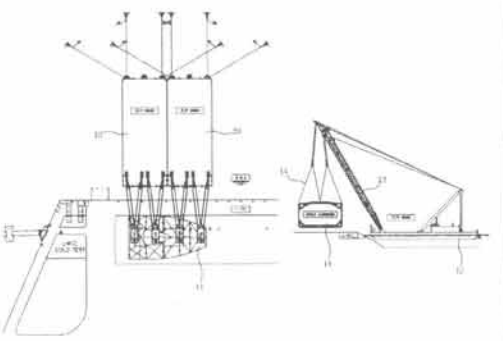
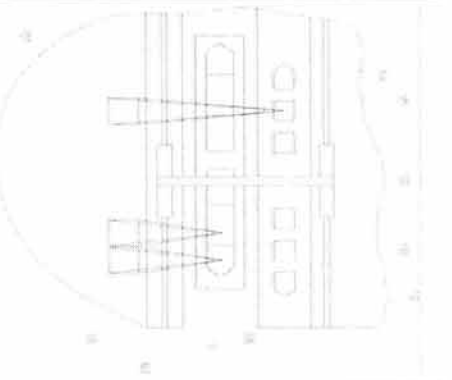
블록) 공법으로 하나의 선박을 10여 개의 블록들로 나누어 생산했고, 2006년에는 5개의 블록으로 줄이는 기가블록(giga block; 5,000t급/단위블록) 공법을 선보였으며, 2007년에는 이를 2개의 블록으로 줄이는 테라블록(tera block; 10,000t급 이상/단위블록)공법을 선보였다. 도크 밖 육상에서 몇 개의 블록을 먼저 조립한 뒤 최종결합 하는 이 공법은 한정된 도크(dry dock)안에서 몇 백 개의 블록을 조립하는 방식보다 획기적 공기 단축을 이루어 낼 수 있다.

한국 조선기업들은 새로운 공정을 만들고 그 공정에 따라서 관련 모듈을 정비하여 제품 설계를 새롭게 창조하였다. 이런 공정과 제품디자인 재해석 능력은 고객 요구에 대한 충분한 이해, 차별화된 설계역량, 생산설비 운용역량에 기반을 두고 있다. 일본의 공정혁신 경우에는 공급품을 표준화시켜 생산원가를 낮추는 방식을 지향하였지만 한국의 공정혁신은 고객 요구사항을 충분히 반영하고자 하는 방향성을 가지고 있었다. 또한 일본과는 달리 설계인력과 같은 고급인력을 지속적으로 확보하고, 이들로 하여금 경험을 축적하고 훈련 및 교육을 통하여 기존 공정에 대한 재해석을 가능하게 하였다. 나아가 공정디자인혁신이 현장에서 실현 가능했던 이유는 특수한 생산설비를 개발하는 역량과 이를 정확하게 활용하는 역량 때문이었다. 부유식 도크, 반잠수식 바지선, 스키드 레일, 해상 크레인 병렬 사용 등은 초대형 블록 공법을 현실화 시키고, 도크 밖에서 선체 조립을 가능하게 만들었다. 부유식 도크 안에서 선박을 조립할 때 선체가 흔들리지 않게 하는 기술이나, 초대형 블록을 결합할 때 해상크레인 두 대를 동기화시켜 두 개 이상의 블록을 흔들림 없이 정확히 조립할 수 있도록 하는 기술을 보유하고 있기에 가능한 것이다.[19] 이런 공정혁신은 단순한 원가혁신 단계를 뛰어넘는 것으로 초기 설계단계에서부터 철저한 계획능력과 장비운영 능력이 반드시 요구된다. 외관상으로는 단순히 두 개의 초대형 모듈블록을 결합하는 것에 불과하지만 이를 이루기 위해서는 이런 결합 방식을 설계할 수 있는 초기 설계능력과 초대형 모듈을 운반하는 크레인 운용기술(양중화 기술), 수천 개의 파이프들을 관리하고 이들을 조립하는데 필요한 용접기술 등, 종합적 역량들이 모두 갖추어져야만 하기 때문이다. 이는 가장 효율적 방법으로 제품을 조립하기 위하여 설계단계에서 제품과 생산공정디자인 자체를 변경하는 혁신으로서 공정을 결합하고 제거하는 개념(Utterback, 1994)이 포함된 한 차원 진보된 단속적 공정혁신인 것이다.

조선산업의 경우 공정 모듈화를 통한 혁신 가능성이 설계(engineering) 과정에 자유롭게 반영될 수 있기 때문에 기업의 역량에 따라 유연한 생산공정의 기획과 운영, 그리고 이를 통한 차별화가 가능해진다. 모듈화된 부품이나 공정은 외주가 용이하며, 모듈 특성에 따른 개방적 기술혁신 가능성이 높아지면서 해당 기업의 공정기술혁신 정도는 높아지게 되며, 나아가 해당 산업 전체 기술혁신 수준도 높아지게 된다(이수 등, 2012). 하지만 이 때 해당 기업은 모듈화 개념을 활용한 공정혁신을 수행할 역량이 축적되어 있어야 하고, 동시에 외주 가능성을 전제로 통합적 공급사슬관리 능력을 보유하고 있어야 한다. 다시 말해, 생산공정에 대한 깊은 이해가 바탕이 되

19) 해상 크레인 동기화 기술: 마지막에 남은 두 개의 블록들을 결합하여 선체를 최종 조립할 두 개의 블록들을 들어 올리는 기술로서, 1만 톤 이상의 테라 블록 두 개를 들어 올려 정교한 접합 작업을 할 수 있도록 해상에서 두 대 이상의 크레인을 병렬로 운용하는 기술로 유일하게 한국 조선기업들만 보유하고 있는 특허기술이다. 현재 국내에 있는 최대 규모의 단일 해상크레인은 8천 톤 규모를 올릴 수 있는 것으로 이 크레인은 가로 170m, 세로 67m에 축구장 1.5배 크기이며, 용량이 큰 크레인을 건조하여 사용하는 것보다 적은 용량의 크레인 여러 대를 동기화하여 사용하는 것이 경제적이다.

〈표 5〉 한국 조선산업 초대형 블록 관련 핵심기술

구분	두 대의 해상크레인을 이용한 대형 선체 블록의 런칭 및 탑재방법(1020070075552)	해상과 육상을 겸한 선박 건조 공법 (1020050109561)
사진		
설명	대형 상선블록이나 해양구조물 등 해상 크레인 2대 이상을 이용하여 인양 후 탑재 또는 이동함에 있어서 1대의 해상크레인에서 2대 이상의 해상크레인을 동기화하여 제어할 수 있는 시스템이다.	초대형 블록을 육상에서 제작하여 이를 초대형 육상 크레인 또는 해상 크레인 등을 통해서 플로팅도크나 바지선에 옮긴 후 조립하여 이를 해상에서 로드아웃(Load-Out)시킴
비고	선박의 선체블록, 골리앗 크레인 등 이송, 해양플랜트 장비/설비 탑재 시 사용한다.	한정된 도크를 벗어나 플로팅 도크위에서 대형 블록을 조립하는 방법으로 제조업의 일괄생산시스템 방식과 유사

출처: 특허청, 저자 수정.

어야만 모듈 개념의 도입이 가능하며, 모듈 개념의 장점을 최대한 활용할 수 있는 관리역량도 일정한 수준에 도달해야만 공정디자인혁신단계에 도달했다고 볼 수 있다.

3.2.3 융·복합혁신

2000년대 중반까지 폭발적으로 늘어나던 선박수요는 2000년대 중반을 지나면서 차별화되기 시작하였다. 우선 저기술 선박시장인 벌크선, 유조선 등에서 중국 조선기업들이 영향력이 크게 증가하였다. 일반 선박시장에서는 중국 공기업 발주, 중국 조선기업 생산이라는 구조가 정착되기 시작하였고 중국은 저렴한 인건비를 바탕으로 자국내 풍부한 선박수요를 대체하기 시작하였다. 중국은 기술적 난이도가 낮은 범용선인 벌크선, 유조선 등을 생산하였고 수주물량의 단순 총합만으로 2000년 중반부터 세계1위를 넘보는 조선업 강국으로 급성장하게 되었다.[20]

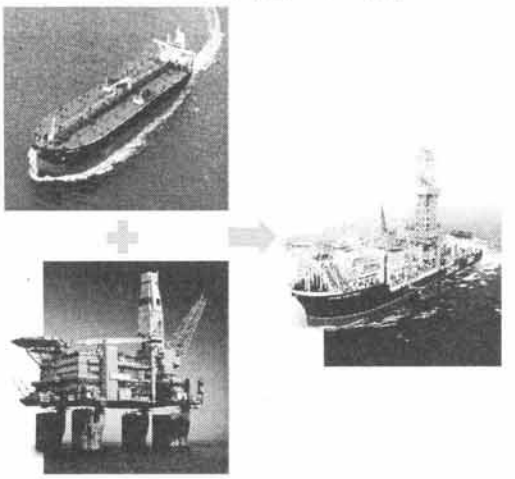
20) 글로벌 선박·해운 분석기관 클락슨리서치에 따르면, 국내 조선업계의 2014년 1~5월 기간 동안 총 수주물량은 중국(760CGT)이 1위, 한국(520만CGT)이 2위를 기록했다(머니투데이, "중국에 1위 자리 내준 한국 조선산업", 2014.06.18.). 그러나 한국의 경우 본문에서 언급한 바와 같이 해양플랜트 시장에서 압도적인 시장지배력을 갖고 있다. 하지만 수주금액 중심으로 할 경우 중국은 327억 달러인 반면 한국은 411억 달러로 큰 차이를 보이는데, 이는 고가의 해양플랜트 선박을 많이 수주하였기 때문이다(머니투데이, "韓 작년 선박 수주량 2배 늘었지만...2년째 中에 1위 내줘," 2014.01.10).

이후 조선산업은 불황기에 접어들면서 발주물량이 감소하였고 한국, 일본, 중국 조선소에는 빈 도크마저 나타나기 시작하였다. 이런 상황에서 한국 기업들은 원가혁신과 공정디자인혁신 단계를 거쳐 융·복합혁신 단계로 진입한다. 실질적으로 선박에 대한 개념이 운반에만 치우쳐 있을 때 한국 조선기업들은 진보된 설계 기술을 바탕으로 신개념 선박을 건조하였다. 기존 조선산업은 단일 기능을 수행하는 선박(예를 들어, 운송을 목적으로 하는 벌크선, 컨테이너선, 유조선, LNG운반선 등)이나 단일 기능 해양 플랜트(예를 들어, 시추를 목적으로 하는 잭업(Jack-up), 고정식 해양플랫폼(Fixed platform)) 만이 시장에 존재하였다. 한국은 3면이 바다이나 자원 채집이 가능한 유전이나 가스전 등이 없어서 신뢰성이 중요한 해양 플랜트 분야에 진출할 기회가 없었고, 소수 글로벌 메이저사들의 과점형태인 세계 자원시장의 특성으로 인해 한국 조선기업들의 투자재원도 한정되어 있던 것이 사실이다. 이런 사업환경에도 불구하고 한국 조선기업들은 공정기술혁신만으로 세계 최초로 해양플랜트 산업 중심으로 성장하게 되었다. 우수한 설계능력과 안정적 설비 탑재능력으로 플랜트 설비들을 대형 선박에 장착시켰으며 신개념 선박을 현실화시켜 많은 해양 플랜트에서 세계 최초라는 명성을 얻게 되었다. LNG-RV, 쇄빙유조선(Arctic Shuttle Tanker)이나 드릴십(Drill Ship), LNG-FPSO(Floating Production Storage and Offloading Vessel)와 같은 혁신적 신제품들을 개발하여 시장에서 앞선 지배력을 확보하는데 성공하였다.

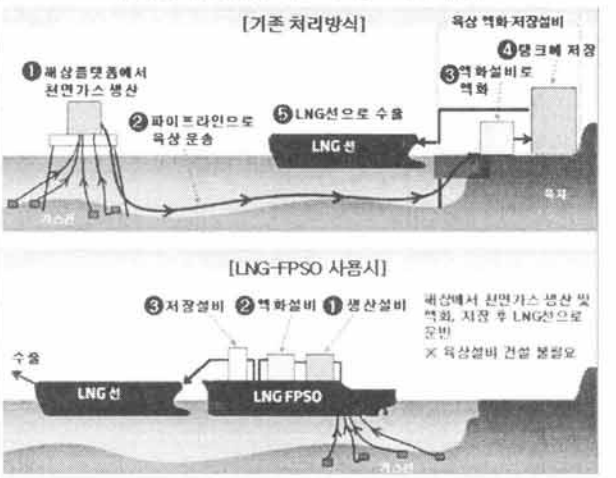
플랜트는 전/후방 연관산업에 대한 파급효과가 매우 높은 특성을 가지고 있기 때문에 다양한 산업들과 밀접하게 연관되어 있다.[21] 또한 표준화된 제품이 존재하지 않으며, 고객 요구에 대한 의존도가 매우 높다는 플랜트의 특징 때문에 고객 요구에 대한 정확한 이해와 이를 기술력으로 현실화 하는 역량이 핵심 경쟁력이다. 한국 조선산업은 이런 요구에 대응하기 위하여 고객의 가치사슬(value chain)을 분석하여 기술적으로 현실화 가능성이 높은 부분들을 결합하는 설계 능력을 갖고 있다. 즉 제품에 대한 기본 설계는 고객이 직접 담당하나 이를 실현시키고 선박으로 구체화시키는 것이다. LNG의 가치사슬은 '해상에서 (a)시추 → (b)정제 → ©액화 → (d)저장 → (e)운송 → (f)육상저장시설에저장 → (g)재기화(re-gasification) → (h)소비자에 공급' 과정을 통해서 이루어진다. 기존 LNG선의 시추 및 공급 방식은 해상에서 시추 플랜트로 가스를 채집하여 육상기지로 운송 후 정제하고 이를 다시 액화시켜 LNG 운반선으로 필요한 지역에서 기화시켜 사용하기 때문에 리드타임이 길고 육상의 각종 시설들을 사용할 때 고가의 비용을 지불해야한다는 단점이 존재한다. 무엇보다도 플랜트와 육상 정제공장의 협업이 필요하기 때문에 심해나 육지에서 먼 바다의 자원은 사용이 불가능하였다. 해양 플랜트 개념은 이런 육상기지의 활용을 최소화하여 먼 바다에서 필요한 자원을 직접 채취하여 필요한 지역으로 바로 운송한다는 개념에서 시작한다. 예를 들어 LNG-FPSO(LNG의 (a)시추, (b)정제, (c)액화, (d)저장, (e)LNG 운반선으로 직접 하역하여 운송이 가능)이나 LNG-RV(LNG의 (e)운송, (f)저장, (g)기화 장치를 동시에 갖추고 소비자에 직접 (h)공급이 가능)를 개발하게 된다. LNG-FPSO와 LNG-RV는 가치사슬상 다양한 기능들을 융·복합함에 따라 각종 육상

21) 전방후방 산업연관효과 합이 농림수산품 1.8/ 전기전자 2.33/건축 1.53/금융보험 1.97/플랜트 2.43로 플랜트 산업은 높은 편에 속한다(e-나라지표 http://www.index.go.kr/).

〈유조선과 시추플랜트 융·복합〉



〈LNG 생산공정 비교와 융·복합혁신〉



사진출처: 삼성중공업 홈페이지/삼성중공업 블로그(http://blog.samsungshi.com/).

〈그림 3〉 해양플랜트 융·복합혁신

시설이 필요 없게 되어 기존 공정 개념에 큰 변화를 야기하게 되었다. 유동성이 높은 선박과 고정된 플랜트가 결합되어 새로운 개념의 선박형-해양플랜트가 창조되어 공정디자인의 혁신적 변화와 함께 제품디자인에도 혁신적 변화를 유발하였다.

LNG-RV는 육상의 대형 재기화 장치를 소형화시켜 배에 장착하는 문제와 해저터미널과 배를 연결하는 문제 등 기술적 어려움 때문에 이론적으로만 존재하는 개념이었다. 하지만 한국 조선기업들은 이런 개념을 현실화하기 위하여 육상기지의 재기화 장치와는 다른 소형의 새로운 재기화 장치를 개발하여 갑판 앞부분에 설치하였다. 물 속 깊은 곳에 위치한 해저터미널의 위치를 정확히 찾고 선체와 터미널을 정확히 도킹하기 위해 인공위성의 GPS신호, 수중음향장치 등을 개발하고, 터미널과 연결 후 LNG를 공급 과정에서 선체의 위치와 균형을 유지하기 위해 MAPS라는 시스템을 개발(유병용, 2005)하는 등 다양한 기술들의 융·복합과 집적을 통하여 신제품 개발에 성공한 것이다. 고객 요구를 실현하는 과정에서 탄생한 LNG-FPSO와 LNG-RV를 통하여 LNG 가치사슬의 독립적 각 부문들을 하나로 만드는 모듈화 개념이 적용되어 있음을 발견할 수 있으며, 동시에 각 구간 기능들이 용도에 맞게 하나의 제품으로 결합된 융·복합혁신임을 확인할 수 있다.

현재 LNG RV/FPSO/FRSU를 만들 수 있는 기업은 한국 조선기업들 뿐이다. 이밖에 드릴쉽도 고정식 플랜트의 시추 기능이 선박과 융·복합된 제품이며, 극지방에서 얼음을 부수는 쇄빙 기능과 유조선 기능이 복합된 '극지 운항용 양방향 쇄빙 유조선' 역시 대표적 융·복합혁신 제품이다. 이런 해양 플랜트들은 발주처의 요구사항들을 정확히 이해하기 위하여 선박에 대한 설계능력뿐만 아니라 고객의 전문사업분야인 플랜트에 대한 이해도 반드시 필요하다. 즉 조선산업이 앞서 설명한 공정디자인혁신을

〈표 6〉 LNG 해양 플랜트(RV, FPSO, FRSU) 융 · 복합과 진화

구분	기존 방식	LNG RV	LNG FPSO	LNG FSRU
시추기능	시추 플랜트 이용	×	○	×
정제기능	해저에 파이프라인을 설치하여 이송 후 육상 처리시설에서 정제/저장	×	○	×
액화기능		○	○	○
저장기능 (운반선)		○	○	○
운송기능	LNG 운반선 /파이프라인	○	○	○
저장기능 (육상)	육상저장설비	○	○	○ (기능이 특화됨)
재기화기능	육상재기화설비	○	○	○
직접공급기능		○	×	○ (기능이 특화됨)
개발자		대우조선 (2005년)	삼성중공업 (2008년)	현대중공업 (2014년)

○표시는 특정 선박이 해당 기능을 수행함을 의미함.
LNG RV(Regasification Vessel): 가스 공급지점과 도킹을 통해 선박에서 직접 가스를 공급하는 시설이 탑재된 것이 특징이다.
LNG FPSO(Floating Production Storage and Offloading Vessel): 시추 기능 탑재와 함께 육상의 정제/액화/재기화/저장 시설을 모두 탑재하고 있다는 것이 특징이다.
LNG FSRU(Floating Storage & Regasification Unit): 액화 및 재기화 장치를 탑재하고 있으며 특히 5년 동안 사용이 가능할 정도의 가스를 저장할 수 있는 대형 저장소가 선박에 탑재되어 있는 것이 특징이다.

출처: 저자 직접 정리

통해서 경쟁력을 확보하였다고 하더라도 선박건조와 직접적 관련이 없는 분야, 예를 들어 해양자원개발, 플랜트, 극지방 환경 특성 등에 대한 지식도 보유하지 않은 상황이라면 발주 고객의 특별한 요구를 충족시킬 수 없기 때문이다. 이런 측면에서 한국 조선산업은 석유/유화, 화학제품 등 다양한 플랜트 제품들에 대한 경쟁력을 확보하고 있었기 때문에 기계화학 분야에서 풍부한 인적자원과 기술 정보를 충분히 보유하고 있다고 할 수 있다.[22] 한 때 선박건조 시장에서 지배적 위치에 있었던 일본 조선산업이 해양플랜트 시장점유율은 1%에도 미치지 못하고 있는 현재 상황을 미루어 볼 때, 신개념 해양플랜트 제작 능력은 단순히 선박건조 기술력에서 나오는 것이 아니라 서로 다른 별개 공정에 대한 완전한 이해와 공정 기술들 간 결합을 성공적으로 이끌 수 있는 기술력을 확보하는데서 비롯된다는 사실을 알 수 있다.[23]

22) 009년 기준 한국이 1위를 차지한 품목이 74개이며 업종별로는 플랜트가 중요한 화학(17개)과 철강(16개)에서 1위 품목이 많았다(한국무역협회 국제무역연구원, 2011).
23) "현재 일본 조선업계의 해양플랜트 세계 시장점유율은 채 1%가 안 되는 실정이다. 지난해 세계 해양플랜트시장은 한국이 34%로 1위를 차지하고 있다. 이어 브라질(15.5%) · 중국(15.0%) · 싱가포르(14.3%) 등이 뒤따르고 있다."(아시아경제, '日 조선산업, 해양플랜트시장 공략…한국과 격돌 불가피', 2013.02.24).

〈표 7〉 IPC* 기술 분야별 국내기업 특허출원 통계(B63)
(특허청 출허 DB, 조선 5사)

출처: 특허청 보도자료, "세계 최강 한국 조선, 이유 있었네(한국 조선을 세계 1위로 만든 명품 특허기술들)", 2011.06.30.
*International Patent Classification: 세계지식재산권기수(WIPO)에서 정한 특허기술분류.

2000년대 중반이후 국내 조선업체들의 특허내용에 관한 추이는 크게 변화하였는데 〈표 7〉과 같이 선체 블록제작과정에서 도크 효율성을 높이는 특허들과 달리 실제적으로 선박구조나 부품에 대한 내용이 폭발적으로 증가하였다. 선박의 선체, 해양구조물, 의장품과 관련된 특허가 2001년(34건)에서 2010년(681건) 으로 약 20배가 증가하였다. 이런 변화는 고객이 원하는 제품을 만들기 위한 선형개발과 구조개선 과정에서 나온 결과로서 융·복합 공정기술혁신을 유발한 중요한 요인이라고 할 수 있다.

Ⅳ. 결 론

공정혁신에 관한 선행연구들과 한국 조선산업의 공정혁신 과정을 분석한 결과를 정리하면 〈표 8〉과 같다. 한국 조선기업들은 우수한 공정기술을 바탕으로 시장 환경에 따라서 범용선-고부가가치선-해양플랜트라는 지배적디자인 제품들을 순차적으로 제시하였다. 이는 '운송을 위한 선박'이 아닌 '생산을 위한 선박'이며, 해양플랜트를 건조하기 위한 플랫폼 구축이라는 측면에서 매우 진보된 공정혁신이다. 모듈화 개념을 도입하여 과거 조선산업을 선도하였지만 지속적 혁신을 창출하지 못한 일본 조선산업과는 달리

〈표 8〉 조선산업 공정기술혁신 단계

구분	원가 개선 중심	제품/프로세스 디자인	융 · 복합 기술
기간	1980년대	2000년대	2010년 이후
개념	단순건조(블록용접방식)	모듈화 및 제품전문성 강화	가치사슬 통합 및 확장 (산업경계 통합과 확장)
요인	높은 노동생산성	제품디자인 및 설계 능력	수주경험, 사업 이해력
조선산업	범용선박(벌크선, 유조선, 컨테이너 운반선)	고부가가치 선박(대형 컨테이너선, LNG운반선 등)	플랜트 중심 수주 - 해양플랜트 (드릴쉽, FPSO 등)
공정혁신 내용	① 규모의 경제 - 조선 산업 : 정부주도로 대형 도크 건설 및 관련 산업(철강) 연계 ② 저렴한 노동력 :주요 경쟁국 대비 저렴한 인건비 형성	① 제품디자인 변화 - 조선산업 : 블록크기 대형화 ② 공정과정 효율화 - 조선 산업 : 도크중심→육상, 플로팅 도크 활용 ③ 효율적 장비운용	① 석유화학 제품 경쟁력 - 유화, 기타화학제품에 대한 높은 경쟁력을 토대로 발주 고객 요구 선제적 파악 (석유화학 수출품 1위) ② 설계 최적화 기술 확보 - 우수한 대형장비 탑재능력 및 시공과정에서 대안설계 제시 - 제품기술로 특허출현

출처: 저자 직접 정리

한국 조선산업은 원가혁신, 공정디자인혁신, 융 · 복합혁신 관점으로 진화하였고, 이 과정에서 선박시장에서 지배적디자인을 확보하였다.

본 연구의 이론적 공헌은 다음과 같다. 본 연구에서 제시한 연구모형과 공정기술혁신에 관한 조선산업의 분석 내용은 그 동안 제품기술 중심으로 이해되고 사용되어왔던 지배적디자인 개념을 공정기술까지 포함하는 것이 타당하다는 실제적 증거들을 제시하고 있다. 기존 문헌들을 볼 때, 제품기술 중심의 지배적디자인 개념을 적용하기 어려운 산업들이 있다는 지적이 있었으며 (예를 들어, 연속프로세스나 비조립제품; Utterback, 1994), 지배적디자인 정의에 제품구조와 공정구조(product and process architecture)를 포함하고 있는 문헌도 소수 존재하지만(Anderson & Tushman, 1990; Schilling, 2010), 본 연구처럼 공정기술/공정구조 안정화 및 고도화가 산업의 기술적 특성을 결정하는 구체적 실례를 다룬 체계적 연구는 찾아보기 힘들다. 본 연구는 제품과 부품에 관한 원천기술을 많이 보유하고 있지 않은 한국기업들이 공정기술에 관한 혁신경쟁력을 바탕으로 조선산업에서 지배적 경쟁력을 확보하고 있는 구체적 증거들을 제시함으로서 공정기술 발달이 산업의 기술적 특성 발현과 안정화 및 고도화에 상당한 영향을 미친다는 결론을 얻을 수 있었다.

본 연구는 그간 체계적 연구가 어려웠던 공정기술에 초점을 맞춤으로써 이론적 측면에서도 일정부분 공헌을 하고 있다. 본 연구모형의 원가혁신-공정디자인혁신-융 · 복합혁신 개념은 산업혁신모형(Utterback & Abernathy, 1975)의 한계점을 보완하며, 융 · 복합혁신 개념은 새로운 혁신 주기를 이끌어내는 유인이 된다. 제품기술과 공정기술을 분리하여 제품기술이 더 중요하다는 '선 제품혁신, 후 공정혁신'이라

는 개념이 조선산업에는 다르게 적용될 수 있음을 보여주고 있다. 나아가 융·복합혁신 개념은 공정혁신의 지속적 진화와 고도화의 결과물로서 신제품 개념을 창출하는 기초가 될 수 있으며, 결과적으로 융·복합이 가능한 관련 기술들에 대한 플랫폼으로서 역할을 수행할 수 있음을 시사한다. 특히 공정기술 발달은 대량화와 효율화 중심으로 진행된다는 기존연구 내용을 확장하여 공정기술혁신이 일련의 단계(원가위주 혁신, 공정과 제품디자인혁신, 그리고 융·복합혁신)들을 거쳐 발전한다는 개념적 모형을 제시할 수 있었다. 이 과정에서 조선산업의 공정기술혁신을 분석하고 구체적이고 체계적 증거들을 제시하여 실증자료와 각 단계의 개념들 간 연결성과 명확성을 확보할 수 있었다. 무엇보다도 모형의 마지막 단계에서 연관 공정기술들의 발달과 융·복합 과정을 통해 신제품 개념이 형성될 수 있다는 접근법은 점진적혁신 성격이 강한 공정혁신에서는 신제품 출현과 같은 급진적혁신이 발생하기 어렵다는 기존 견해들과는 상반되는 내용이다. 즉, 점진적혁신 과정에서는 제품과 공정 구조 측면에서 변동성과 불확실성이 감소하기 때문에 급진적혁신이 방해를 받을 수 있다는 기존 견해들(Samaha, 1996; Sethi & Sethi, 2009)과는 상반된 결론을 제시하고 있다는 점에서 본 연구의 가치를 발견할 수 있다.

나아가 조선산업을 통해 제시한 이런 내용들은 다른 산업들에도 적용될 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 석유화학제품산업이나 철강산업 처럼 공정혁신의 비중이 크거나 중요한 특성을 지닌 비조립제품산업이 혁신의 정체기에 들어섰을 때 본 연구모형의 시사점을 기반으로 혁신 방향성을 설정할 수 있을 것이다. 또한 본 연구모형은 비단 비조립산업 뿐만 아니라 일반 제조업에서도 응용하여 적용할 수 있는 부분이 존재한다. 전통 방식의 가솔린엔진에 전기엔진을 결합한 하이브리드 자동차의 경우, 이를 상이한 두 엔진 기술이 고도로 축적되고 일정 수준에 도달한 이후 이들 엔진들을 결합한 제품 생산이 가능해진 것이라는 관점에서 본다면 본 연구 모형이 내포하는 의미와 일정 부분 동일한 맥락에서 이해할 수 있다고 판단된다. 그럼에도 불구하고 대량생산이 가능한 일반 조립제품산업에서 본 연구모형을 그대로 적용하기에는 여전히 미흡한 점이 존재한다.

본 연구의 실무적 시사점은 조선산업에서 한국 기업들의 경쟁력이 저렴한 노동력과 원가혁신에 바탕을 두기 보다는 수주산업에 대한 이해를 바탕으로 제품과 공정을 끊임없이 재해석하고 시장 요구에 따라 새롭게 혁신할 수 있는 지적 능력과 프로세스에 관한 통합적 관리능력에 기반을 두고 있음을 알 수 있었다. 이런 능력은 자연스럽게 연관제품들과 공정들을 융·복합하여 새로운 제품개념을 탄생시키는 원동력이 되었음을 이해할 수 있었다. 한국 조선산업의 설계, 기획, 운영에 관한 지적 경쟁력은 한국이 조선산업에서 제품이나 부품의 원천기술 보유 측면에서 상대적으로 열세인 상황에서 일괄수주기업으로서 지배적 시장점유율을 차지하고 있는 이유를 충분히 설명하고 있다. 비록 본 논문에서는 한국 조선산업의 지적경쟁력 원천에 관해서는 다루고 있지는 않지만 국내 조선산업 기업들 간 치열한 경쟁을 통한 경쟁력 향상, 우수한 인적자원 보유, 해외시장 개척 지향적 시장개발전략 등 요소들 상호작용에 의한 시너지 효과라고 판단되며, 이런 종류의 경쟁력은 비단 수주산업뿐만이 아니라 경험과 지적경쟁력이 필요한 다른 산업들에서도 충분히 발현될 수 있는 경쟁력이라 사료된다.

마지막으로 본 논문의 한계점은 지배적디자인 정의의 범위에 관한 명확한 판단 기준에 대한 논란의 존재 여부를 부정할 수 없다는 점이다. 그동안 지배

적디자인 정의에 대한 논의는 지배력을 갖고 있다는 점을 증명하는 측면에서 이의 정량적 수치에서 의미를 찾으려는 접근이 정성적 차원의 의미보다는 명료한 인상을 준다는 느낌이 강하다고 할 수 있었다. 이렇다 보니 지배적이란 의미의 범위가 특정 제품과 경쟁이 가능한 모든 제품을 포함하는 의미로서의 산업 전체를 범위로 하는 것인지, 이와 반대로 특정 제품에 대해서만 범위를 한정할 수 있는 것인지, 나아가 이런 범위의 구분이 과연 기업의 경쟁전략과 기술력의 측면에서 명확한 공헌점이 존재하는지에 대한 불분명한 점이 존재한다고 할 수 있다.

지배적디자인을 확보하게 된 한국 조선산업은 원천기술을 확보하지 못한 개발도상국들이 선진국에 대한 기술추격자 위치에서 어떠한 과정을 통해 기술선도자 위치에 올라설 수 있는지에 대한 고민을 새로이 불러일으키는 단초가 될 것이다. 영국과 일본 조선산업이 한국 조선산업에 의해 경쟁력을 상실하게 된 점에서는 기술추격자로서 교훈을, 중국 조선산업 경쟁력이 점차 강화되고 있는 이 시점에서는 기술선도자로서 교훈을 깊이 고민해 보아야 할 것이다.

참고문헌

김인수, 김영배, 서의호 (2000), 기술변화와 혁신전략, 경문사.

배미경 (2006), "한국 조선산업의 거침없는 성장 동인은 무엇인가?," **산업조직연구**, Vol.14, No.4, pp.145-170.

산업자원부 (2007), 중형조선산업 현황과 발전방향, 서울: 산업연구원.

유병용 (2005), 과학으로 만드는 배: 쉽게 풀어 쓴 물과 배, 그리고 유체역학 이야기, 지성사.

이경환, 임재화 (1993), "제품구조와 생산기술간의 적합성에 관한 실증적 연구-우리나라 전기, 전자산업을 중심으로," **기술혁신연구**, Vol.1, No.1, pp.124-156.

이 수, 이상현, 김길선 (2012), "디스플레이 시장에서 기술특성이 지배적디자인 결정에 미치는 영향에 관한 연구: LCD와 PDP기술 경쟁을 중심으로," **경영학연구**, Vol.1, No.2, pp.279-309.

전상헌 (2009), "한 · 일 조선산업 발전의 비교연구 : 정부의 제도 · 정책 및 기업역량을 중심으로," 박사학위논문, 성균관대학교.

정주영 (2009), 시련은 있어도 실패는 없다, 제3판, 제삼기획.

조영상 (2012), "한국 · 중국 · 일본 조선해양산업 경쟁력에 관한 실증연구 : 포터의 다이아몬드 모델을 중심으로," 박사학위논문, 부산대학교

최병일, 이정호, 윤의수 (2012), "특집: 에너지플랜트 및 핵심기자재 기술-플랜트 산업 기술 개요 및 산업 현황," **기계와 재료**, Vol.24, No.1, pp.6-12.

특허실용신안 심사지침서 (2013), 특허청.

한국무역협회 국제무역연구원 (2011), 2009년 우리나라 세계 수출시장 점유율 1위 품목 조사, IIT Trade Focus, Vol.10 No.31.

한국무역협회 국제무역연구원 (2013), "추격하는 개도국, 쫓기는 한국: 2011년 우리나라 세계 수출시장 점유율 1위 품목 분석," IIT Trade Focus, Vol.12, No.3.

하영원, 허정 (2006), "혁신적 컨버전스 제품의 범주화에 있어 비분석적 제품정보 제시의 역할," **마케팅연구**, Vol.21, No.3, pp.81-99.

황다영, 김영인, 이병민 (2008), "기술융합 특성에 따른 새로운 분류체계의 제안," **기술혁신학회지**, Vol.11, No.4, pp.592-612.

Abernathy, W. J., and J. M. Utterback (1978), "Patterns of Innovation in Technology," *Technology Review*, Vol.80, No.7, pp.40-47.

Anderson, P., & Tushman, M. L. (1990), "Tech-

nological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change," *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, No.4, pp.604-633.

Barlow, J. (1999), "From Craft Production to Mass Customization: Innovation Requirements for the UK Housebuilding Industry," *Housing Studies*, Vol.14, No.1, pp.23 - 42.

Caron, F., and A. Fiore (1995), "'Engineer To Order' Companies: How to Integrate Manufacturing and Innovative Processes," *International Journal of Project Management*, Vol.13, No.5, pp.313-319.

Chesbrough, H. W. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Press.

Cho, D. S., and M. E. Porter (1986), "Changing Global Industry Leadership: the Case of Shipbuilding," *Competition in global industries. Boston: Harvard Business School*, pp.539-567.

Elfving, J. A., I. D. Tommelein, and G. Ballard (2005), "Consequences of Competitive Bidding in Project-Based Production," *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. 11, No.4, pp.173-181.

Engineering News Record, McGraw-Hill Construction, 2012, 8, 27.

Hameri, A. P. (1997), "Project Management in a Long-term and Global One-of-a-kind Project," *International Journal of Project Management*, Vol.15, No.3, pp.151-157.

Hicks, C., T. McGovern, and C. F. Earl (2000), "Supply Chain Management: A Strategic Issue in Engineer To Order Manufacturing," *International Journal of Production Economics*, Vol.65, No.2, pp.179-190.

Hicks, C., T. McGovern, and C. F. Earl(2001), "A typology of UK engineer-to-order companies," *International Journal of Logistics*, Vol.4, No.1, pp.43 - 56.

Lapré, M. A. and L. N. Van Wassenhove(2001), "Creating and transferring knowledge for productivity improvement in factories," *Management Science*, Vol. 47, pp. 1311-1325.

Narayanan, V. K., & Chen, T. (2012), "Research on technology standards: Accomplishment and challenges," *Research Policy*, Vol. 41, No.8, pp.1375-1406.

Nieuwenhuis, P., and P., Wells (2007), "The All-steel Body as a Cornerstone to the Foundations of the Mass Production Car Industry," *Industrial and Corporate Change*, Vol.16, No.2, pp.183-211.

Samaha, H. E. (1996), "Overcoming the TQM Barrier to Innovation: TQM Focuses Only on Improving Current Practices, but Identifying Work Processes That Need Revamping or Replacing Is Vital to Finding New, More Efficient Ways of Doing Business," *HR Magazine*, Vol.41, pp.144-149.

Sanchez, R. (1999), "Modular Architectures in the Marketing Process," *Journal of Marketing*, Vol. 63(Special Issue, 1999), pp.92-111.

Sanchez, R., and J. T. Mahoney (1996), "Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design," *Strategic Management Journal*, Vol.17 (Winter Special Issue), pp.63-76.

Schilling, M. A.(2010), *Strategic Management of Technological Innovation*, McGraw-Hill Higher Education.

Sethi, R., and A. Sethi (2009), "Can Quality-Oriented Firms Develop Innovative New

Products?" *Journal of Product Innovation Management*, Vol.26, No.2, pp.206 - 221.

Suarez, F. F.(2004), "Battles for Technological Dominance: an Integrative Framework," *Research Policy*, Vol.33, No.2. pp.271-286.

Tu, Y. (1997), "Production Planning and Control in a Virtual One-of-a-kind Production Company," *Computers in Industry*, Vol.34, No. 3, pp.271-283.

Tushman, M. L., and P. Anderson (1986), "Technological discontinuities and organizational environments," *Administrative Science Quarterly*, Vol.31, No.3, pp.439-465.

Ulrich, K. (1995), "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm," *Research Policy*, Vol.24, No.3, pp.419-440.

Ulrich, K. T., and S. D. Eppinger(1999), *Product Design and Development*, 2nd ed. McGraw-Hill, New York.

Utterback, J. M. (1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Boston: Harvard Business School Press.

Utterback, J. M., & Abernathy, W. J. (1975), A dynamic model of process and product innovation. *Omega*, 3(6), 639-656.

Yelle, L. E.(1979), "The learning curve: Historical review and comprehensive survey," *Decision Sciences*, Vol. 10, 302-328.

The Evolution of Process Technology Innovation to Determine the Dominant Design: Process Technology Innovation in the Shipbuilding Industry*

Su Lee** · Kilsun Kim*** · Jinhan Park****

Abstract

In this study, we examine the impact of process innovation on the determination of dominant design by using "The Model of Evolution of Process Technology Innovation" and establish the theoretical basis for the evolution of process innovation in three stages: the cost innovation stage, the process design innovation stage, and the conversion in innovation stage. Prior studies on dominant design discussed issues limited to aspects of the product itself or product technology innovation. However, in this study we analyze patterns of process technology innovation generated in the course of creating dominant designs with the Model of Evolution of Process Technology Innovation to present a concept of dominant design that could be applied to the process and process technology behind the products.

In process technology innovation, there is an evolution consisting of some characteristic stages occurring after the initial setup of the process system. These stages in the evolution of process technology innovation include: 1) the cost innovation stage, 2) the process design innovation stage, and 3) the conversion in innovation stage. Initial innovation of process technology consists mainly of innovations for cost reduction. The innovation of process design stage, that can divide or reconfigure the process, occurs after accumulating experience and understanding of the corresponding process. In this stage the capability to change process structure by employing the module concept, and the capability to conduct the integrated control of changing the whole

* This work was supported by the Sogang University Research Grant of 200910026.01
** Ph.D. Business Management, First author.
*** College of Business, Sogang University.
**** College of Business, Sogang University, Corresponding author.

process are required. Finally, the advanced capability of process technology innovation that can create a new product concept through integrating and/or fusing associated processes with the knowledge and capabilities of the original process can be implemented.

In this study, using the process technology innovation in the shipbuilding industry enabled the collection of feasible data and information to examine and understand the progress of process technology innovation and analyze the relationship between process technology and dominant design. The Korean shipbuilding industry currently has the dominant position globally, along with its products embodying dominant designs, such as oil tankers (in the early days), bulk carriers, container ships, LNG carriers, ultra large container ships, and the high value added offshore plants. Each product competed with products from other suppliers in Europe, Japan, and China. Based on its superior process technology, the Korean shipbuilding industry attained the largest portion of the global market. This allowed us quite pertinent data and information for the empirical analysis of the relationship between process technology and dominant design.

The contributions of the 'Model of Evolution of Process Technology Innovation' presented in this study are as follows: First, it shows that the addition of the concept of process design to the concept of dominant design, which had previously been studied mainly in terms of product design, is valuable. Second, it provided us with the theoretical framework to explore process innovation, which has been insufficiently studied when compared with product innovation. It also complemented the limitations of the Product/Process Innovation Model presented by Utterback & Abernathy (1975) and Abernathy & Utterback (1978). The previous model of product/process innovation assumed that process innovation followed product innovation. However, this study shows the basis for the model presented, and the product-process-product sequence that integrates and fuses the process innovations and associated process technologies that could lead to the introduction of a new product. Finally, the capability of process technology innovation that enabled process re-design through a comprehensive understanding of products and production processes beyond cost competitiveness, and provided the integration/fusion of associated processes along with integrated control of processes, was suggested as the foundation of the competitiveness of the Korean shipbuilding industry.

Key words: Dominant Design, Process Technology, Product Technology, Shipbuilding Industry, Innovation Model