

국내 조선산업의 개요와 국내외 산업공학관련 연구

박명환* · 이운식** · 옥영석** · 이태억***

A Review of Korean Shipbuilding Industry and Industrial Engineering Research

Myoung-Hwan Park · Woon-Sik Lee · Young-Seok Ock · Tae-Eog Lee

1. 서론

본고에서는 국내 조선공업의 현황과 전망에 대하여 간단히 살펴보고 조선공업의 특성과 생산공정을 소개한다. 또한, 국내 조선공업에 있어서 산업공학 분야가 어떠한 역할을 하였으며 국내외에서 어떠한 연구가 진행되어 왔는가를 소개한다.

2. 국내 조선공업의 현황 및 전망

본 절의 내용은 본 특집을 준비하면서 국내 조선공업의 현황과 전망을 간략히 소개하기 위하여 '한국조선공업협회'의 양해를 얻어 본협회에서 발간한 "조선산업개관, 1995"[1]을 중심으로 편집, 재구성하였다.

조선산업은 기계, 철강, 전기, 전자, 해운 등 산업전반에 걸쳐 높은 전후방 연쇄 효과를 지니는 자본집약적, 노동집약적, 기술집약적 산업으로 국민경제에 미치는 영향이 지대한 산업중 하나이다.

우리나라 조선산업의 발전과정을 분류한다면 「60년대의 기반 조성기」, 「70년대의 도약기」, 「80년대의 성장기」, 「90년대의 성숙기」로 구분해 볼 수 있다. 60년대에는 대부분의 조선소가 영세하고 기술도 낙후되었던 상황하에서 정부가 1967년에 조선공업진흥법을 제정함으로써 발전의 기반을 구축하였고, 70년대에는 중화학공업 육성책과 대형 조선소 건설 등으로 세계시

장에 본격 참여하여 수주량기준으로 일본에 이어 세계 제2위의 위치에 올라서는 도약기를 거쳤다. 80년대에 들어서 해운, 조선산업의 장기 동시불황에도 불구하고 성장은 지속되어 80년대 후반에 세계시장 점유비는 20%대에 이르게 되었다. 한편, 90년대에는 전반적으로 상황이 회복되고 채산성이 호전되었고, 고부가가치의 건조 확대 등으로 질적성장을 꾀하게 되어 성숙기를 맞을 것으로 예상된다. 1993년에는 수주량 기준으로 일본을 제치고 일시적이거나 세계 순위의 자리에 올라섰고, 이러한 성장에 힘입어 OECD WP6에 가입하여 경제 대국인 미국, 일본, 서구제국 등과 무릎을 맞대고 세계 조선시장의 질서유지를 위한 협상에 주도적으로 참여하고 있다.

하지만, 이러한 양적인 성장에도 불구하고 한국의 조선산업은 현재 생산성, 기술력, 선박금융, 노사문제, 산업구조 등의 적극적인 개선을 통해 질적인 발전을 추구함으로써 명실상부한 세계 조선 강국을 지향할 때이기도 하다.

2-1 국내 조선공업의 역사

1960년대에 들어서 2차에 걸친 5개년 계획의 적극적인 추진으로 원양어선을 비롯하여 각종 수산업이 발전함에 따라 선박의 국내수요가 급격히 증대되었다. 제2차 경제개발 5개년계획 기간중 정부는 「조선공업

* 한성대학교 산업공학과

** 부산공업대학 산업공학과

*** 한국과학기술원 산업공학과

진흥법」과「기계공업진흥법」을 제정하여 조선공업을 육성할 수 있는 법적 근거를 마련하여 70년대 이후 조선공업 도약을 위한 기반을 조성하였다. 또한 기술적인 면에서는 표준선형의 설계를 제정하고 선체를 목선에서 강선으로 개량하면서 조선기술이 급격히 발전되었다. 1962년 당시 조선업체수는 강선 조선소 9개소, 목선 조선소 97개소, 선박용엔진 제조 및 수리 103개소, 의장품 제조 6개 등 총 215개소로 1957년의 173개소에 비해 20%이상 증가했다. 이 시기 조선소 중 가장 규모가 큰 것은 대한조선공사로서 3,000톤급 선대 3기와 인양대가 각 1기씩 있었으며, 대한조선공사와 대선조선이 건조한 Barge선 30척을 1967년에 최초로 월남에 수출함으로써 수출산업화의 기반을 구축하였다.

1970년대에는 정부의 경제개발 계획에서 주요 육성 산업으로 채택되어 국가의 재정적 지원아래 괄목할 만한 성장을 이루었던 도약기로 볼 수 있다. 1973년 현대중공업 울산조선소 완공을 필두로 대우, 삼성 등 주요 대기업들이 조선업에 참여하게 되었다. 현대중공업은 1973년 조선소 준공과 더불어 26만톤급 VLCC를 건조, 우리나라 조선업은 본격적으로 세계 조선시장에 참여하였다. 1976년에는 「해운조선종합육성방안」의 일환으로 우리 선박은 우리 조선소가 건조하고 우리 화물은 우리 선박으로 수송한다는 목표아래 계획 조선이 실시되어 조선 산업 육성에 일익을 담당했으며, 1973년에는 선박연구소가 발족되었고 1977년에는 조선협회가 설립되었다. 이후 1970년대 후반에는 지금의 삼성중공업과 대우중공업의 조선소 건설로 국제 경쟁 체제를 구축하는 한편 시설 확대에 대한 정부의 각종 지원책이 있었다. 70년대의 특징으로는 72년부터 실시한 선박연불수출제도를 들 수 있으며 이 제도는 대외경쟁력을 높여 주었다.

1976년에 매출액과 부가가치가 각각 2,380억원, 1,200억원으로 제조업에서 차지하는 비중이 2%에 불과했던 국내 조선공업은 이후 연평균 30%이상의 고속성장을 이룩하며 1985년에는 각각 3.3조원, 1.3조원으로 제조업에 대한 비중이 4%이상으로 괄목할 만한 양적성장을 기록하였으며, 특히 고용인력면에서는 1976년 대비 3배 이상의 고용창출 효과를 거두게 되

었다.

1987년대부터 조선산업은 노사분규로 인한 납기 지연, 인건비 상승 그리고 이에 따른 원가상승으로 경쟁력이 급격히 약화되었지만 1987년에 해운사황의 일시적 회복세와 더불어 발주량이 증가하였고, 이러한 발주물량이 대부분 한국으로 몰려옴에 따라 한국의 세계시장 점유비는 30.2%를 기록하였다. 그러나, 불황의 지속과 세계 신 조선가 하락, 초기 단계의 금융비용과 감가상각 부담, 1987년부터의 원화절상과 노사분규 발생등이 겹쳐 결국은 1989년에 「조선산업합리화조치」를 맞게 되었다.

1990년대로 접어들면서 세계 조선경기호황과 생산성향상으로 조선 각사는 유례없는 호황을 누리고 세계조선시장도 주도하게 되었다.

2-2 국내 조선공업의 현황 및 위상

1) 현황

'93년말 조선업체 현황은 <표 2-1>과 같다.

(표 2-1) 조선업체 현황

구분	업체수(개)	건조량(만 GT)	종업원수(명)	매출액(억원)
대형 (수리전문)	4 (1)	320 (년400척)	48,107 2,451	63,012 1,642
중형	5	18	6,162	4,541
소형	122	5	2,389	1,107
합계	132	343	59,109	70,302

추가로 삼성이 1994년 10월에 제 3도크를 준공하였고, 현대는 8도크와 9도크를 1995년 8월과 11월에 각각 준공예정이다.

조선업체의 1993년말 현재 종업원수는 59,109명이며, 이중 대형 4사의 종업원수는 전체의 81%를 점유하고 있다. 1984년을 정점으로 1988년까지 하향 추세를 보였으며 이후에는 미미하게 증가한 것으로 나타나고 있는데, 1984년부터의 종업원 감소는 80년대 세계조선불황의 지속으로 인한 감량경영과 설비 자동화의 추진등 생산성 향상을 위한 노력의 결과이다. 1994년말 현재 직능별 종업원수는 기능직이 36,797명으로

전체 종업원의 52.4%, 기술직이 9,040명으로 12.8%, 사무직이 9,211명으로 13.0%, 하도급 및 기타 분야가 15,549명으로 22.05%를 각각 점유하고 있다.

수주현황을 살펴보면 1986년 이후 연간 건조량이 400만GT를 상회하는 안정된 상황을 보이고 있으며, 1993년의 수주량은 951만GT로 세계1위를 기록하였다. <표 2-2>와 <표 2-3>는 각각 연도별, 선종별 수주량을 나타낸다. 기술향상에 따라 선종도 고급선종을 포함하여 다양화되고 있다.

<표 2-2> 우리나라의 건조실적

구 분	수 주 량								
	국 내 선			수 출 선			합 계		
	척	천GT	백만\$	척	천GT	백만\$	척	천GT	백만\$
75	40	83	68	32	322	334	72	405	402
80	37	259	234	67	1,431	1,538	104	1,690	1,772
85	25	437	188	40	931	606	65	1,368	794
90	15	64	132	61	4,319	3,538	76	4,383	3,670
94	7	5	87	159	6,366	5,794	166	6,371	5,881

<표 2-3> 선종별 수주량

선 종	1992		1993		1994	
	척	천GT	척	천GT	척	천GT
Tanker	5	652	41	4,269	15	1,236
Product Carrier	5	116	15	307	13	250
Chemical Tanker	1	2	3	6	4	22
겸 용 선					2	106
Bulk Carrier	7		78	3,547	59	2,726
General Cargo Carrier		173	3	15	3	20
Full container선	20		34	1,039	58	1,825
Pure Car Carrier	2	516	6	320	2	82
Gas Carrier	1	82			1	103
어 선		97				
기 타	10	5	4	4	8	2

개선되는 모습을 보이고 있으며, 제조업 평균에 비해서 비교적 건실한 것으로 나타나고 있다. 1993년 현재 전 제조업의 자기자본 비율이 25.5%인 데 비하여 조선산업은 32.0%이며 유동비율은 전 제조업이 94.1%인데 비하여 조선산업은 98.4%이다. 그리고 총자본회전은 우리나라 제조업 전체가 0.93회에 비하여 조선공업은 0.69회로 자본의 회임기간이 긴 산업임을 알 수 있다. 조선산업의 경영지표는 <표 2-4>와 같다.

<표 2-4> 조선산업의 주요 경영지표

구 분	1991		1992		1993	
	조선업	제조업	조선업	제조업	조선업	제조업
자기자본비율	20.0	24.6	24.4	23.9	32.0	25.3
유동비율	86.2	95.3	90.3	92.7	98.4	94.1
고정비율	260.9	219.4	225.7	227.4	166.9	218.5
부채비율	398.5	306.7	308.6	318.7	211.6	294.9
총자본순이익율	4.10	1.41	6.67	0.89	4.56	1.04
매출액순이익율	5.21	1.41	8.56	0.94	6.61	1.11
총자본 회전율	0.79	1.00	0.78	0.95	0.69	0.93

제조업에 대한 조선산업의 비중은 매출액 기준으로 1980년도의 1.96%에서 1992년도에는 2.57%로 신장되었다. 또한 부가가치 기준으로도 1980년도의 2.9%에서 1992년에는 3.2%로 증가했다. 또한 고용면에서는 1992년에 제조업대비 1.79%로 매출액, 부가가치의 비중에 비해 작게 나타나고 있는데 이는 통념과는 달리 조선산업이 타업종에 비해 기술집약적, 자본집약적 산업임을 반영하는 것이다. 한편, 1993년의 제조업 대비 조선산업의 수출비중은 5.3%로 매출액 비중의 거의 2배에 달하고 있는데 이는 조선산업의 수출비중이 높음을 의미한다. 조선산업의 산업상 비중은 <표 2-5>에 나타나 있다.

2) 국제적 위상

국내 조선산업의 국제적 위상을 살펴보면 1973년도에 957천GT의 수주량으로 Lloyd's에 처음 기록된 우리나라는 당시의 세계시장 점유비가 1.3%에 불과했지만 1979년에는 106만GT를 수주함에 따라 6.3%의 시장 점유비로 2위 조선국으로 올라섰다 (표 <2-6>).

경영상태를 살펴보면 1991년부터 3년간 한국 조선산업의 재무구조는 자기자본 비율과 유동비율이 상향하였으며, 고정비율은 하락하는 등 전반적으로 대폭

〈표 2-5〉 조선산업의 산업상 비중

조선 능력		'75	'80	'86	'90	'92	'93
제조업대비	매출액	2.01	1.96	3.24	2.09	2.57	-
	부가가치	1.85	2.90	3.24	2.00	3.15	-
	고용	1.58	2.12	2.65	1.78	1.79	-
	수출	2.70	3.54	5.24	4.31	5.36	4.94
	수입	-	2.11	1.65	1.07	1.03	0.86
기계공업대비	매출액	-	10.18	10.45	5.48	6.66	-
	부가가치	-	13.27	9.58	5.18	8.37	-
	고용	-	7.99	8.47	4.71	4.58	-
	수출	-	12.81	6.58	9.85	11.25	8.93
	수입	-	-	-	2.73	2.48	2.16

〈2-7〉 참조). 그리고, 1993년에는 889만GT로 세계 전체의 약 38%를 점유함으로써 32%를 점유한 일본을 제치고 일시적이거나 세계 1위를 기록했다.

〈표 2-6〉 조선 산업의 세계적 위상변화

구분	1975		1979		1981		1993	
	점유비	순위	점유비	순위	점유비	순위	점유비	순위
수주량	3.7	6위	6.3	2위			37.8	1위
한국								
일본	49.2	1위	49.5	1위			32.3	2위
한국	1.2	14위			5.5	2위	22.0	2위
일본	49.7	1위			49.6	1위	45.7	1위

〈표 2-7〉 세계 신조선 수주량

연도	한국		일본		AWES		기타		세계	
	천GT	%	천GT	%	천GT	%	천GT	%	천GT	%
1981	1,372	8.1	8,303	49.2	4,130	24.5	3,072	18.2	16,877	100
1993	8,888	37.8	7,599	32.3	4,334	18.4	2,709	11.5	23,538	100

조선공업에 있어서 아직도 세계 1위의 자리를 차지하고 있는 일본과의 비교를 통하여 국내 조선공업의 경쟁력 변화 추이를 종합적으로 살펴보면 〈표 2-8〉과 같다.

1985년경의 한국 제조업의 임금수준은 일본의 1/5 정도로 낮았지만, 1987년 이후 그 우위성을 상실하고 있다. 〈표 2-9〉에서 볼 수 있듯이 1993년에 한국이 일

〈표 2-8〉 대일 경쟁력 변화

연도	조선 환경	경쟁력	시장점유비	
			한국	일본
86	조선 시장 확대, 신조선가 상승	우위	24.1%	43.6%
87	3고 및 노사분규: 경쟁력 저하		30.2%	34.7%
88	생산성 개선: 임금 거대에 못미침	악화시작	23.3%	39.1%
89	점유비 증가세		16.7%	50.2%
90	경쟁력회복, 독자 권한, 노사 안정	회복시작	23.8%	46.3%
91	신조별주 감소 (단기침체) 점유비 감소 (내수비중저하) 신조선가 하락		25.6%	40.5%
92	연화 결장으로 경쟁력 우위 수주입기초 세계 1위	우위	17.3%	40.7%
93			37.8%	32.3%

본에 비해 경쟁력이 우위에 있는 것은 건조비의 약 60% 이상을 점하고 있는 자재의 일본 국내가격이 엔고에 의해 상대적으로 비싸졌기 때문인 것으로 추정된다. 〈표 2-10〉은 한일간 건조 코스트를 비교한 것으로 한국의 선각 강제 코스트는 일본의 75%에 불과함을 보여준다.

〈표 2-9〉 한일간 월평균 임금 비교

연도	한국(천원)	일본		한/일(%)
		금액(천엔)	금액(천엔)	
1989	812	349	1,700	47.7
1990	1,037	382	1,867	55.5
1991	1,255	402	2,211	56.7
1992	1,313	416	2,563	51.2
1993	1,353	425	3,073	44.0
1994	1,506	431	3,491	43.1
평균인상률	13.2%	4.3%		

마지막으로, 선박은 자금집약도가 큰 거래로 일본과 같이 저금리 국가의 선박금융 공여는 신조선 상담에 있어서 비교우위 확보를 위한 지렛대 역할을 하고 있다.

80년대 중반만 해도 한국 조선산업의 생산성은 일본의 절반 수준인 것으로 평가되었으나 1987년 이후

〈표 2-10〉 한·일 건조 코스트 비교

구 분	강재	주기	기타	자재비	직간접공비	설계비	용역·기타	합계
한 국	15	13	23	51	18	4	3	76
일 본	20	13	27	60	30	5	5	100
일·한	-5	0	-4	-9	-12	-1	-2	-24

노사분규를 거치면서 설비자동화의 진전, 건조공정의 옥내화 확대, 공법개선 등의 다각적인 생산성향상 노력에 힘입어 최근에는 일본의 약 80%수준까지 근접한 것으로 알려지고 있다. 노동생산성의 경우 일본의 2/3수준으로 나타나고 있으며 (표 <2-11> 참조), 설비투자효율면에서도 일본대비 약 10% 정도 떨어지고 있어 설비의 효율적 운영이 이루어지지 않고 있음을 나타내고 있다(〈표 2-12〉, 〈표 2-13〉 참조). 이는 일본에 비해 생산관리 기술이 열위에 있기 때문이다.

우리나라 조선산업의 문제점은 높은 이직율, 개인주의, 현장경시풍조라 하겠다. 하지만 우리 조선업의 생산성은 아직 일본에 비해 열위에 있으나 생산성 향상의 폭은 큰 것으로 나타나고 있다. 이는 역설적으로 일본의 생산성 향상은 거의 한계수준에 달해 더 이상 생산성 향상을 꾀하기가 어려워지고 있다는 것을 의미하고 있다.

한일 조선업의 생산성향상 전망에 대해 일본은 연평균 3~5%, 한국은 8~10%의 증가를 예상하고 있다. 한국의 생산성 향상율이 일본에 비해 높을 것으로 전망하는 구체적 요인으로는 첫째, 한국의 조선소 종업원의 평균연령이 35세로 곧 숙련기에 달할 것으로 전망되며, 둘째, 임금수준의 상승과 복리후생의 충실로 한국 조선업계의 이직율이 낮아지고 있으며, 셋째, 대학, 전문학교의 조선학과 졸업생의 수가 일본의 2배에 가까워 젊은 기술자의 공급이 충분하다는 점을 들 수 있다.

국내 조선업계는 해외 선진기술의 도입, 관련 연구소와의 공동 위탁연구, 기업단독 연구 등 다각적인 기술개발 활동을 전개하여 선박건조기술을 꾸준히 향상시켜 왔으나 아직도 일본, 독일 등의 선진국에 비하면 전반적으로 열위인 것으로 나타났다. 특히 경영관리기술과 설계기술분야에서 뒤지는 것으로 나타내는

〈표 2-11〉 1인당 부가가치/노동생산성

구 분	한 국(A)	일 본(B)	A/B(%)
1991	34,069천원(44,780\$)	8,862천엔(70,783\$)	63.3
1992	42,098천원(53,397\$)	8,856천엔(70,990\$)	75.2
1993	39,700천원(49,128\$)	8,626천엔(77,121\$)	63.7

〈표 2-12〉 설비투자효율

구 분	한 국(A)	일 본(B)	A/B(%)
1991	72.5	96.3	75.3
1992	79.5	86.6	91.8
1993	68.6	76.6	89.6

〈표 2-13〉 노동장비율 (1인당 설비자산)

구 분	한 국(A)	일 본(B)	A/B(%)
1991	46,992천원(61,767\$)	9,228천엔(73,706\$)	83.8
1992	52,953천원(67,165\$)	10,228천엔(81,988\$)	81.9
1993	57,871천원(71,614\$)	11,260천엔(100,671\$)	71.1

데 일본을 100으로 할 때 국내 설계기술 수준은 80~85 내외로 초기 견적설계, 기초설계 분야에서 낙후되어 있다 (〈표 2-14〉 참조). 하지만 기술난이도가 낮은 개래 단순 선종의 설계기술은 거의 선진국 수준에 도달하여 대등한 기술경쟁을 하고 있다. 생산기술 분야는 일본에 비해서는 기술수준이 85 내외로 열위이다. 경영관리기술 분야는 대일 기술수준이 75내외로 타 건조기술 분야에 비해 더욱 취약한데, 특히 생산공정 관리 및 자재관리 기술이 원가관리, 인력관리 기술보다 더욱 취약한 것으로 보인다.

〈표 2-14〉 한·일 조선기술수준 비교

기술 분야	한 국	일 본	중 국
설 계 기 술	80~85	100	65~70
생 산 기 술	85내외	100	65내외
관 리 기 술	75내외	100	50~55

3) 조선공업의 전망

세계의 선박기술 개발방향은 초고속을 실현하기 위한 새로운 개념의 선형, 추진시스템, 고강도 경량 선체구조기술, 자동항해 선박기술과 생산성 향상기술 등

으로 집약되며 초고속 대형 화물선, 해면효과 익선, 초전도 전자 추진선 등이 개발중에 있으며, 심해용 탐사 및 작업 장비와 무한 에너지인 해양의 파도, 조류 온도차등을 이용한 발전시스템 등 대형 연구개발사업이 국가적 차원에서 추진되고 있다 (<표 2-15>, <표 2-16> 참조).

국내에서는 현재 40노트급대의 초고속 여객선 개발이 추진 중이며, 50노트급 이상의 대형 선박에 대한 연구는 아직 초기단계에 있다.

2000년대 선박기술은 요소기술 및 수치해석 기법의 발전으로 실험과 경험보다는 전산해석 방법으로 선박을 개발하는 방향으로 진전될 것으로 예측되며, 고신뢰도 지능화 선박, 초고속 화물선의 개발이 실현되며, 조선소에 CIMSG기술활용에 따른 조선 생산성의 획기적 향상과 작업환경의 개선이 가능해질 것으로 예상된다. 그러므로 2000년대 조선산업 고도화를 위해서는 업계는 노사안정을 바탕으로, 생산성 향상과 기술개발을 통한 공정개선 및 자동화를 확대하고 이를 위한 과감한 R & D투자를 지속하며, 아울러 기자재의 공동개발 등을 통해 원가절감 및 품질향상을 이루어야 한다. 이러한 노력과 더불어 조선전업도를 점진적으로 낮추어 가야 한다. 일본의 대형 조선업체들의 전업도가 10%대의 수준인데 반하여 우리의 조선전업도는 50%수준으로 아직 높은 상태이다. 한편, 정부는 산업의 고도화를 위한 환경을 조성하고, 행정규제 완화로 기업활동에 장애되는 요인을 제거하여 기업의 자율성을 보장해 주어야 할 것이다.

1994~2005년 사이에 세계 전체적인 건조수요는 신조선 및 대체수요를 포함하여 연평균 23.3백만 GT로 예상되고 있다. 선종별 기간별 연평균 건조수요가 <표 2-20>에 정리되어 있다.

세계경제가 연평균 3%정도로 안정적으로 성장할 것이며 특히 동아시아의 고도성장, OECD제국의 투자활발, 동구권 및 중남미의 경제회복과 WTO 체제 출범이 성장의 견인차 역할을 할 것이다. 유가는 현재 수준 16 US\$/BL (두바이산 기준)에 비추어 하향 안정될 전망이다. 세계경제 안정에 좋은 환경을 제공할 것이다. 이에 따라 해상물동량은 기초원자재, 농산물 및 공산품 교역 증대에 힘입어 전세계 교역이 연평균

<표 2-15> 향후의 기술진망

연도	선진국	한국
'95~'98	·수심 10,000m급의 수중 로봇 개발 ·전자 해도 개발 ·조선 자동화 시스템 개발	·초고속 화물선 설계 개발 ·400m급 AUV 개발 ·대륙붕에서의 유전 개발 ·선박 생산 자동화 시스템 모델 개발
'99~'01	·50노트, 1,000톤급 초고속선 실용화 ·심해저 망간광과 채광기술 실용화 ·조선 자동화 시스템 실용화	·50노트, 1,000톤급 초고속 화물선 개발 ·항만시설 개선을 위한 방파 시설 개발 ·대형 유출유 처리시 개발
'02~'03	·전도 추진선 실용화 ·해저 관광시설의 건설기술 보급 ·망간단과 체련시설의 실용화 ·대규모 부유식 방파제 곁파력발전방치 개발	·중형 해면 효과익선(WISE) 개발 ·해양 목장시스템의 실용화 개발 ·망간단과 채광기술의 확립 ·수심 1,000m급 RDV개발 ·조선 자동화 시스템의 실용화
'06~'10	·수심 100m의 해상도시 건설 ·심해저 광물자원 채취기술의 실용화 ·위성이용 위치결정시스템 개발	·100노트급 화물선 설계 기술 ·조력발전소의 건설 ·망간단과 체련기술의 확립 ·잠항심도 6,000m급 심해 잠수선 개발

<표 2-16> 관련기술 및 산업시장의 규모

구분	1982	2000	2010
해저 석유 시추 및 생산	7,280	38,535	81,666
해양토목 건설업	2,119	6,583	10,723
수산업	7,163	12,195	16,389
해운 및 조선공업	7,477	15,411	19,727
해저광업	258	1,048	2,120
해양자원 탐사	100	434	981
소계	24,397	74,206	131,606
사회 간접자본 및 기타 서비스부문	24,397	74,206	131,606
총계(A)	48,794	148,412	263,212
국민 총생산 규모(B)	517,866	1,538,410	2,716,150
해양산업의 비중(A/B)	9.4%	9.6%	9.7%

2.9%(톤기준) 신장될 것이다.

(표 2-17) 연평균 선박건조량 예측
(단위 : 백만GT)

구 분	94 ~ 95	96 ~ 00	01 ~ 05	94 ~ 05
유 조 선	8.1	11.0	8.8	9.6
산 물 선	8.5	9.6	8.8	9.1
일반화물선	3.8	4.3	5.1	4.6
합 계	20.4	24.9	22.7	23.3

3. 조선 생산기술 및 공정의 개요

1) 조선공업의 특징

조선공업의 생산 및 생산관리 전반에 영향을 미치는 조선공업의 특성을 살펴보면 조선업은 영어로 'Ship Building'으로 표현되어 왔듯이 건축 및 토목업과 유사한 특성을 나타내는것으로 여겨져 왔다. 따라서 다음과 같은 대규모 수주생산형 프로젝트 사업의 특성이 조선업의 특성을 대변하였다.

- 장기간을 요하는 수주생산형 프로젝트 사업으로 선종/선형이 다양하다.
- 기계화, 자동화가 어려운 노동집약적 산업이다.
- 중량물을 다뤄야 하므로 운반과 취급이 어렵다.
- 설계가 완벽하지 않은 상태에서 자재조달, 생산이 착수되어 잦은 수정사항이 발생한다.

하지만 1970년 말부터 1980년대를 거치면서 'Ship Building'에서 'Ship Production'으로 변천을 겪으면서 일반적인 대량생산체계의 장점을 생산 및 생산관리에 적용하고자 하는 움직임이 본격화되어 현재는 일반적인 조립생산체계에 많이 접근해 있다. 이러한 특성의 변화를 유도한 것은 주로 일본 조선소들의 노력이었으며 기본적인 사고방식은 되도록 작업조건이 좋은 Shop내부에서의 작업을 늘이고 상대적으로 작업조건이 열악한 Dock 및 Dock주변과 외장안벽에서의 작업을 줄이고자 노력한 것이었다. 그 주요 방법론은 Group Technology(GT), Work Breakdown Structure, Unit(Module) 공법, 정보시스템의 활용 등이었다. 오늘날에 있어서 조선업의 특징은 일반적인 조립공업을 닮아가려는 '대규모 중량물 생산업'으로 정의될 수 있을 것이다.

2) 조선생산과정

조선업은 일반적인 제품과 마찬가지로 수주단계로부터 제품설계, 자재조달, 생산, 시운전 및 인도의 제 단계를 거치게 된다. 각 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

○ 수주단계는 선주와의 협상을 통하여 선박의 사양과 인도시기, 지불 및 금융조건 등을 정의하는 단계로 대부분의 경우 선주가 사양을 결정하고 있으며 가끔 조선소가 제시하는 표준선형을 기초로 선주의 사양을 결정하는 경우도 있다.

○ 설계단계는 경우 기본적인 생산방식을 결정하는 기본설계, 작업에 필요한 상세설계로 구분되며 상세설계의 일부가 진행된 상태에서 자재조달 및 생산이 착수되어 설계/자재조달/생산과정이 중첩되어 진행되는 경우가 많다.

○ 자재조달의 경우는 엔진 등 Engineing Item의 경우에는 사양확정을 위한 Vendor와의 협의 절차가 필요하며 철판, 배관재 등 Bulk Item은 이러한 절차 없이 조달절차가 진행된다. 일반적으로 자재소요시간에서 인도시간을 고려하여 역산된 기일을 기준으로 발주가 진행된다.

○ 조선생산공정은 크게 선체의 골격과 외형을 만드는 선각작업(Hull Construction)과 추진, 운항, 거주 환경 등 중요기관과 이를 연결하는 기능을 만드는 외장작업(Outfitting)과 부식을 방지하기 위한 도장작업(Painting)으로 구분된다.

· 설계과정에서 선체를 분할하여 재공품인 Block을 정의하고 Block을 구성하는 중·소 부품이 정의되면 선각작업에서는 이의 역순으로 철판이나 형강으로부터 부분품을 절단하는 철판절단(Steel Cutting), 부분품을 재공단계의 좀더 큰 구조물로 만드는 Block 조립, Dock내에서 Block들을 조립하여 선박의 형상을 갖춰가는 탑재(Erection) 등으로 구성되어 있다.

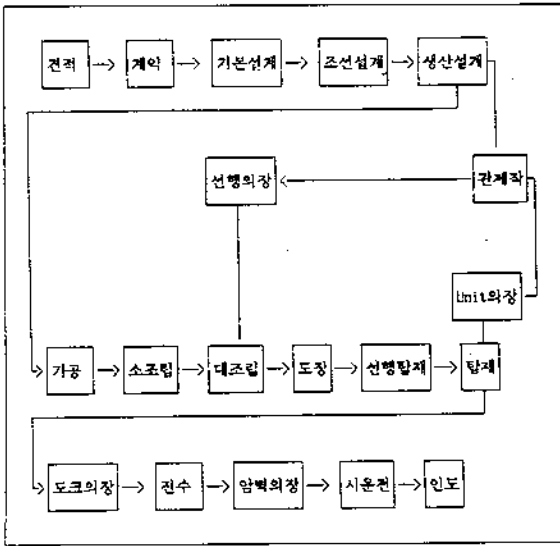
· 외장작업은 작업의 특성상 기계의장, 배관, 철의장, 전기의장 등으로 구별된다. 외장작업은 Block조립과정에서 행해지는 선행의장(Unit 공법)과 Dock에서 행하여지는 외장작업 및 외장안벽에서 행하여지는 작업으로 구분된다.

· 도장작업은 부분품 및 Block단계에서의 도장작

업과 선체 상태에서의 도장작업으로 구분되며 전자는 가공공장이나 도장전용 Shop 내부에서 이루어지며 후자는 Dry Dock 및 의장안벽에서 이루어진다.

· 시운전 및 Commissioning은 일단 시스템별로 이루어지며 최종적으로 시운전 항해를 통하여 선박의 품질을 확인한다.

<그림 3-1>에 개략적인 선박 생산공정을 나타내었다.



(그림 3-1) 선박 생산공정 (출처: 조선공업협회간 "조선공업개관, 1995")

3) 주요 생산설비 및 시설

조선업의 설비는 대부분 중량물을 들거나 세우거나 뒤집을 수 있는 보조설비를 구비하고 있으며 제품화 되는 순서에 따라 주요 생산설비를 나누면 다음과 같다.

○ Steel Stock Yard 및 자재창고 : 주요자재인 철관 및 형강과 기타 자재를 보관하는 곳

○ Shop (강제절단공장/ 소조립·중조립·대조립공장/ 의장품 가공공장 / 도장공장) :

일반적으로 지붕이 있어서 우천에 관계없이 작업이 가능하고 전기/gas/air 등의 Utility, Crane 등에 대한 접근성이 좋아 생산성이 높다. 평block, 곡block의 작업 대라 할 수 있는 정반이 중요한 자원이다.

○ 선대 또는 Dry Dock 및 Dockside

최초로 선박의 형체를 이루게 되는 곳으로 Gantry

Type Crane 또는 Jib Crane 등이 Block을 들고 돌리고 방향을 잡는데 사용된다. 기상에 영향을 받으며 특히 의장작업이 이루어질 장소가 접근이 어려워지기 시작한다. 선체의 형상이 갖춰짐에 따라 작업의 대부분이 고소(高所)에서 이루어지게 되므로 안전사고의 가능성이 높아진다.

○ 의장안벽

진수(선대작업의 경우) 또는 주수(Dry Dock의 경우)에 의하여 물위에 뜬 선체의 최종 마무리 내부작업을 위하여 만들어진 부두로 모든 Utility 및 Crane 등에 대한 접근성이 떨어지고 고소작업이 많아 안전위험요소도 많다.

기타 주요시설로는 중량물을 운반하는 대차, 작업물을 올려놓는 정반, Crane류 및 Gas/Air공장 등이 있다.

4) 조선 생산기술의 발달

오늘날과 같이 강재를 이용한 선박의 건조는 영국을 비롯한 유럽 여러나라 특히 북유럽 국가들에 의하여 발전되어 왔다. 초기의 건조방법은 주로 선대작업으로 선박을 형성하는 강재와 주요기능을 수행하는 시스템들을 선대에서 하나씩 결합하여 선박을 완성하였으며 강재와 강재의 연결은 리벳을 사용한 기계적 결합방법이 사용되었다. 이후 용접기술의 개발 및 발전에 따른 용접에 의한 선체의 건조는 조선공업의 생산성을 획기적으로 향상시키는 데 기여하였다. 결합작업의 측면에서 용접작업이 리벳작업에 비하여 높은 수준의 생산성이나 강도를 보장하였을 뿐 만 아니라 비로소 조선공업에도 공장개념이 도입되어 절단된 소부재를 중간규모의 부품으로 결합하고 이를 다시 모아 Block을 완성하는 공정이 공장내부에서 진행될 수 있었다. 이로 말미암아 선각부문의 생산성이 비약적으로 향상되었다. 하지만 의장 부문의 생산성은 여전히 낮은 상태에 머물러 있었는데 그 이유는 대부분의 의장작업이 추진시스템, 운항시스템 등 기능수행 시스템 별로 진행되었고 선대 또는 Dry Dock와 의장안벽에서 진행되었기 때문이다.

이러한 상황에 있어서 돌파구를 여는 노력이 일본의 조선소들을 중심으로 진행되어 그 결실을 이룬 기

법이 Zone Production의 개념이다. 이 개념을 확립하는 데에는 비반복적인 프로젝트형 산업인 조선업에 있어서 GT기법을 도입하여 대량생산 시스템의 장점을 도입하고자 하는 사고방식이 핵심적인 역할을 하였다. 일차적으로 Block의 특성에 따라 전문공장을 설립하는 방안이 모색되어 선수(船首)와 선미(船尾)와 같이 곡선 부분이 집중된 부분의 곡면 Block을 주로 생산하는 곡Block 공장과 선체의 중간부분과 같이 평평한 부분이 많은 평Block을 생산하는 평Block 공장으로 전문화된 공장 형태를 갖추게 되었다. 의장작업의 경우는 선각작업 진행중에 Block에 설치할 수 있는 의장품을 설치하는 선형의장이 활성화되었으며 과거 기능시스템별로 수행되던 작업이 분할된 선체로 정의되는 Zone별로 수행되어 다기능을 지닌 작업자들에 의한 Zone Production이 실현되어 선박의 형태나 종류와는 무관하게 담당하고 있는 Zone을 중심으로 반복적인 작업에 의한 학습효과가 증대되는 등 GT의 효과에 의한 생산성 향상을 이룰 수 있었다. 즉 GT의 개념을 활용하여 비반복적인 프로젝트 산업을 대량생산 효과를 가지는 산업으로 변화시켰다. 한 예를 들어 GT개념이 전반적인 생산공정에 미친 영향을 살펴보면 다음과 같다. 선체의 맨 앞부분에 있는 Bulbous Bow(선박에 미치는 조파저항을 줄이기 위하여 선체 맨 앞부분에 볼록하게 튀어나온 부분)는 탑재가 완료되면 선체의 맨 구석에 해당하는 부분으로 접근도 어려울 뿐만 아니라 비좁아 작업하기가 아주 어려운 부분이다. 이 부분에 대한 의장작업은 과거에는 배관팀, 철의장팀, 전기의장 팀 등이 번갈아 드나들며 작업을 진행하였다. 하지만 최근에는 해당 부분에 대한 전문가 팀이 다기능을 갖고 여러 종류의 의장작업을 동시에 수행함으로써 기능 중심이 아니라 작업장/대상 중심의 전문화를 이루게 되었다.

최근에는 CIM(Computer Integrated Manufacturing)을 구축하여 정보기술을 이용하여 설계/기술/자재/생산 등 전 분야를 유기적으로 연결함으로써 기술축적, 관리능력 향상, 생산성 향상을 모색하고 있다. 하지만 생산분야에 있어서 거대 중량물을 취급하여야 하고 별변형이 쉬운 강재의 정도유지가 보장되어야 하며 용접작업의 특성상 자동화, 기계화가 어렵다는 것이

난점으로 지적되고 있다. 그래서 정도유지를 위한 정도관리, 용접 자동화 등이 집중 연구되고 있으며 소프트웨어 측면에서는 효과적인 생산계획 및 관리를 위한 수단으로 공정계획 및 생산관리 시스템 개발등에 대한 연구가 진행중이다.

4. 국내외 연구사례

본 절에서는 조선산업에 대한 국내외 산업공학 관련 연구현황을 간략히 소개한다. 일본을 제외한 선진국에서는 조선산업이 초기에 쇠퇴하였기 때문인지 산업공학관련 학회지에 발표된 조선 관련 연구는 찾기가 쉽지 않았다. 따라서, 조선생산기술과 관리기술이 전문적으로 소개되고 있는 Journal of Ship Production을 중심으로 지난 10년간의 주요 연구를 조사하였다. 제한된 조사내용을 분류하기는 쉽지 않지만 연구대상 측면에서 조선소 Layout, 조선소 운영 전반, 생산개념 및 생산기술, 생산단계, 관리활동, 기타 등으로 분류하였다. 세부적인 분류는 <표 4-1>와 같다.

(표 4-1) 연구결과 분류체계(조선공업 측면의 분류)

대 분류	세 부분류
조선소 Layout (A)	
조선소 운영 전반 (B)	· CIM/MIS (B1) · Performance (B2)
생산개념 및 생산기술 (C)	· Group Technology (C1) · Zone Production (C2) · 기타 (C3)
생산 (D)	
관리활동 (E)	· Project Management (E1) · 설비관리 (E2) · 자재관리 (E3) · 생산관리 (E4) · 품질관리 (E5) · 기타 (E6)
기타 (F)	

또한, 각 연구에서 다루는 주제나 적용한 기법을 중심으로 분류하려고 시도해보았다. 이를 위해 생산자동화(I1), 정보시스템 응용(I2), 최적화(I3), 응용통계(I4), 생산계획 및 통제(I5), 신뢰성(I6), 품질관리(I7),

원가관리 및 경제성(I8), 작업관리(I9), 인간공학(I10), 재고관리(I11), 기타(I12) 등의 분류를 사용하였다.

4-1. 국내외 연구

1) B1 (CIM/MIS)

다른 제조업 분야와 마찬가지로 조선공업에 있어서도 CIM구현을 위한 연구가 활발하다. 일반 제조업과는 다른 특성이 많은 조선공업에 있어서 CIM의 구현이 어느 단계까지 이루어질 수 있는가는 아직까지 미지수이지만 설계단계(CAD)부터 시작하여 공정설계(Process Planning), 절단작업을 주 대상으로 하는 CAM에 이르기까지 정보통합 및 자동화와 관리시스템 구축에 대한 연구가 수행되고 있다. 세부적으로는 조선공업에 있어서의 CIM구현에 관한 전망 및 필요성(B1 : Fujita et al. [2], Latorre & Zeidner [3], Brodda [4], Gorcia and Alonso[5]), 제품모델링 및 공정설계 자동화(B1-I1 : 정귀훈 외 2인 [6], 서승완 [7], 김용대 [8], 이규열 & 한순홍 [9], Welsh et al. [10]), 제품모델링을 위한 국제표준기구(ISO)의 표준화 규칙 STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data)을 이용한 접속기술 (B1-I2 : 한순홍 & 이성구 [11], Lovdahl et al. [12], Higney & Ouillette [13]), CAD/CAM 및 Engineering Database, CAD/CAM과 MIS와의 결합 (B1-II/I2 : Xia [14], O'Hare & Anderson [15], Johansson [16], Koops et al. [17], Storch & Chirillo [18]) 등에 대한 연구가 있다. 최근 들어 CAD 및 CAPP시스템에 AI기법을 적용 (B1-I2 : 이경호 [19], 이동곤 [20], Leite & Morishita [21], Sha & Gokarn [22], Xinlian & Weiwen [23], Nakayama [24]), 조선소에 있어서의 정보체계(B1-I2: Odabasi & Patterson [25], Bensten[26], Stewart[27], 이종갑 [28]) 등이 활발하게 연구되고 있다. Arguto [29]는 설계와 생산을 통합하는 방법으로 통합된 Design Package를 제안하였다.

2) B2 (Performance)

IE의 활성화를 통한 대량생산 효과(B2-I12: Cauthen

[30], Tedesco [31])와 수리조선소에 있어서 IE기법의 활성화와 능동적 역할이 생산성 향상에 미치는 영향(B2-I12: MacGregor [32]) 등이 연구되었다. 생산성을 평가하거나 생산성의 차이를 평가, 분석하는 방법론(B2-12: Hatley [33], Bunch [34], Wilkins et al. [35], Bunch [36]), Regression기법을 이용한 소요시수 예측방법(B2-I4: Hagemester & Perakis [37], 정동수 & 윤성태 [38]) 등에 대한 연구도 수행되었다.

3) C1 (Group Technology)

조선공업에 있어서 GT의 활용은 생산기술 뿐만 아니라 작업관리 측면에서도 생산성 향상에 기여한 바가 크다. GT는 Zone Production의 개념의 개발에 활용되었으며 최근에는 Scheduling에 적용(C1-I5: Grib-skov[39]), CAPP(Computer Aided Process Planning)에 적용(C1-I1: DeVris [40]), GT를 이용한 가공열 편성(C1-I9: 문장호 외 3인 [41]) 등에 대한 연구가 진행되었다.

4) C2 (Zone Production)

Zone Production에 대한 개념과 방법론은 일본을 비롯한 여러 조선소에서 생산성향상을 위한 방안으로 제시되었으며 미 상무성 해사국에 의하여 조직적으로 연구되어 널리 소개되었다(C2-I5: NSRP [42], [43]). 이후 이 방법론에 대한 적용사례(C2-I12: Sasaki [44], Sterns [45], Burrill et al. [46], Sato & Suzuki [47]) 등이 발표되었으며 Zone Production을 위한 다기능 인력운용에 대한 연구(C2-I9: Stravinski [48]), Zone Oriented 유지보수를 위한 설계(C2-I6: Wilkins [49])와 정보체계의 구성(C2-I2: Storch & Chirillo [50]), Zone의 정의에 관한 Product Work Breakdown Structure (C2-I5/I9: Chirillo [51], [52]) 등에 대한 연구가 수행되었다.

5) D (생산)

생산에 있어서 제품조립, 제품배열을 어떻게 할 것인가에 관한 연구는 주로 최적화 이론을 이용한 제품조합 결정(D-I3: 신형기 & 김희원 [53], 장현무 외 2인 [54]), 시뮬레이션기법을 이용한 최적조합 및 결

정문제(D-I3: Feng et al. [55]) 등이 연구되었다.

6) E1 (Project Management)

대규모 프로젝트 산업인 조선공업에 있어서 프로젝트 관리는 납기준수, 공수 및 원가 절감을 위한 가장 중요한 과제이다. 이 분야의 연구는 주로 정보시스템을 이용한 프로젝트관리 시스템에 관한 연구(E1-I2: Tzannatos & Markakis [56], Neumann & McQuaide [57])가 있다. 설계 및 생산공정의 대안선택을 위하여 AHP(Analytic Hierarchical Process)기법을 이용한 의사결정기법에 대한 연구(Frankel [58])가 있다. 또한 GERT(Graphical Evaluation and Review Technique), 시뮬레이션 등의 적용방법(Alkaner [59])이 연구되었다. 프로젝트의 일정관리 및 예산/원가관리를 위해 자원예산기준의 작업진척량을 나타내는 Earned Value 개념을 활용한 분석방법을 미국방성 등에서 표준으로 제정하여 널리 활용하고 있으나(E4-I8: Gessis [60], Reid 및 Dougherty [61] 참조) 국내에서는 아직 본격적으로 활용되고 있지는 않다. 효과적인 프로젝트관리를 위해서는 체계적인 작업구분을 위해 Work Breakdown Structure가 필수적이므로 이에 대한 연구도 프로젝트관리의 범주에 포함시켜 볼 수도 있다.

7) E3 (자재관리)

조선산업에 있어서의 자재관리는 설계 부문과 밀접한 관련이 있다. 그 이유는 대부분의 자재의 사양이 설계작업이 진행되어야 결정되며 경우에 따라서는 설계과정에서 필요한 정보가 엔진 등 주요기자재의 사양확정과 함께 결정되기 때문이다. 이 분야에 있어서의 연구로는 설계와 주요기자재의 조달계획을 통합하는 방법론에 대한 연구(E3-I5: Wilkins [62])와 자재관리 정보시스템에 관한 연구(E3-I2: Kar & Sha [63])등이 있다.

8) E4 (생산관리)

생산관리 부문에 있어서서는 주로 생산계획 및 통제에 관련된 내용이 주로 연구되었다. 최적 Scheduling 문제 (E4-I5: Burler & Ohtsubo [64], Neumann [65]), 생산계획에 있어서의 전문가시스템 응용(E4-I2 :

Spicknall [66]), 기본계획수립을 위한 시스템 개발 (E4-I2: 정동수 외 7인 [67], 정동수 외 7인 [68])등이 있다. 특히 Neuman [65]은 조선공정의 특성을 반영하여 Network Scheduling과 MRP II를 통합한 Scheduling System을 제시하고 있다. Ennis 등 [69]은 제조소요기간(MLT: Manufacturing Lead Time)관리의 중요성을 지적하고 이를 관리하는 기법을 논하였다. 조선소의 생산계획 및 관리를 위한 시뮬레이션 연구는 Aga & Hading [70], Amemiya[71] 등이 있다. Storch & Chirillo [18]는 조선소내의 정보관리, 영업, 생산계획 및 관리 등의 제반계획수립자재중심으로 작성되어야 함을 주장하였다. Minemura [72]은 CIM구축을 위한 일정계획시스템에 대해 논하였다. 또한 국내에서 산학협동으로 탑재공정과 block조립공정의 일정계획전문가시스템[73]이 개발된 바 있다.

9) E5 (품질관리)

조선공업은 제품의 특성상 품질관리 노력이 어느 분야보다도 강조되어 왔으며 선급협회 등의 품질을 감리하고 보증할 수 있는 체계가 비교적 잘 구축되어 있다. 최근에 연구되고 있는 내용들은 TQM(Total Quality Management)의 중요성과 적용효과에 관한 연구(E5-I12: Chirillo [74], Adams [75])가 있으며 조선공업에 있어서의 품질향상을 위한 접근방법으로써 설계 및 생산능력의 평가를 위한 통계적기법(E5-I4: Al-Kattan [76])에 대한 연구, 해양산업에 있어서의 최적 보수정책 연구(Inozu & Karabakal [77])가 있다.

10) F (기타)

기타 연구로는 Goal Programming을 이용한 선각구조 최적화 모형 (F-I3: Shi et al. [78], Risk Analysis 기법을 선박수리에 응용한 사례(F-I6: Gorgone [79]), 비선형 수리모형을 이용한 설계방법(Krol [80]) 등이 있다.

5. 향후 연구방향

국내 조선공업이 앞으로도 국제경쟁력을 유지하고 더 나아가 일본을 능가하기 위해서는 초고속선, 이중선

체 유조선 등 선종 고급화에 주력할 뿐만 아니라 건조량에 있어서 대다수를 차지하고 있는 유조선 및 Bulk Carrier의 생산을 위한 생산성향상과 공기단축을 동시에 추진해야 한다. 이를 위하여 조선사들은 대형 조선소를 중심으로 기술능력 제고와 생산성 향상노력을 기울이고 있다. 산업공학관련 분야의 주요 연구과제로는 CIM구축을 위한 선각 및 의장을 통합하는 제품정보모델, 설계/구매/생산을 통합하는 데이터베이스(EDB, MDB), 다양한 제품도면과 Vendor기기정보 등의 관리를 위한 설계기술정보관리시스템, 선각 및 의장작업을 위한 공정계획시스템, Concurrent Engineering 및 GT 등을 활용한 설계합리화기술, 자재구매합리화를 위한 Vendor정보시스템과 Electronic Data Interchange(EDI) 및 CALS(Computer Aided Logistics System), 넓은 공장, 열악한 작업환경, 다양하고 유동적인 작업장 등의 특성을 지닌 조선공정에 적합한 LAN기술 및 생산시점관리(POP)기술, 중량물 취급을 감안한 선각 및 의장의 물류자동화 기술, 선각 및 의장분야의 CAM시스템, 제품정보모델 및 EDB/MDB 등과 통합된 프로젝트관리시스템, 작업부하상황을 반영한 부하중심의 생산계획 및 작업지시 시스템, 국내 작업실정과 자동화를 감안한 품셈표 개발, 품질공학적 접근방법에 의한 Block 정도관리(Precision Control), 신공법 및 공장의 설계 등에 대한 연구 등을 들 수 있다.

[참고문헌]

- [1] 한국조선공업협회, "조선산업개관", 1995.
B1[CIM/MIS]
- [2] Fujita, Y., Sunagaya, Y., Mizutani, T. and Morita, Y., "CIM(COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING) IN SHIPBUILDING" Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and ship Design V
- [3] Latorre, Robert. & Zeidner, Lawrence. "Computer-Integrated Manufacturing: A Perspective" Journal of Ship Production, Vol.10, No.2, May 1994, pp. 99-109
- [4] Brodda, Joachim. "Shipyard Modeling- An Approach to a Comprehensive Understanding of Functions and Activities" Journal of Ship Production, Vol.7, No.2, May 1991, pp.79-93
- [5] Garcia, Lvis & Alonso, Fernando "TOWARDS INTEGRATED COMPUTING IN SHIPYARDS" Computer Applications in Automation of Shipyard Operation and Design V
- [6] 정귀훈, 이동주, 정수원, "조선 CIMS 구축을 위한 부품분류시스템 및 공정설계의 자동화 : GT응용(II)", 기술현대, VOL.13, NO.2, pp.34-41, 1993
- [7] 서승완, "제품 모델링 기술", 大韓造船學會誌, 第29卷, 第2號, pp.51-54, 1992
- [8] 김용대, "조선 산업에서의 제품 모델링", 大韓造船學會誌, 第29卷, 第2號, pp.55-58, 1992
- [9] 이규열, 한순홍, "조선 CIM을 위한 시스템 요소 기술의 현황", 大韓造船學會誌, 第29卷, 第2號, pp. 48-49, 1992
- [10] Welsh et al., "A Data Model for Integration of the Precommissioning Life-Cycle Stages of the Shipbuilding Product", J. of Ship Production, Vol. 8, No. 4, pp.220-234, 1992.
- [11] 한순홍, 이성구, "STEP 표준을 이용한 CAD 시스템간의 접속에 대한 조사연구", 大韓造船學會誌, 第32卷, 第1號, pp.41-47, 1995
- [12] Lovdahi, Richard H. Jr. & Martin, Douglas J. & Polini, Michael A. & Wood, Ron W. & Gerardi, Michael L. & Lazo, Peter L. & Wooley, Dan. "The NIDDESC Ship Product Model: The STEP Solution" Journal of Ship Production, Vol.10, No. 1, Feb. 1994, pp.39-50
- [13] Higney, James T. & Ouillette, Joanne J. "An Engineering Product Model Based on STEP Protocols" Journal of Ship Production, Vol. 10, No. 4, Nov.1994, pp.281-286
- [14] Xia, D., "AN APPROACH OF INTEGRATED DBMS FOR CAD/CAM AND MIS" Computer Applications in the Automation fo Shipyard Operation and Ship Design V P. Bands and C.

- Kuo(Eds.) Elsevier Science Publishers B.V(North-Holland) 1985
- [15] O'Hare, M. S. & Anderson, M.J. "An Integrsted CAD/CAM Network for Work Packaging Development and Database Management" *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.2, May 1989, pp.90-109
- [16] Johansson, Kaj. "INTEGRATION OF CAD/CAM AND MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS" *Computer Applications in the Autoamtion of Shipyard Operation and ship Dasign V I*
- [17] Koops,a. & Oomen A.C.W.J. & Bras, B.A. "COMPUTER BASED DESIGN ASSISTANCE AND DECISION SUPPORT" *Computer Applications in the Automation of Shipyard Opreation and Ship Design V*
- [18] Storch, Richard Lee. & Chirillo, Louis D. "The Effective Use of CAD in Shipyards" *Journal of Ship Production*, Vol.10, No.2, May. 1994, pp.125-132
- [19] 이경호, "전문가 시스템과 그 개발 동향", *大韓造船學會誌*, 第29卷, 第2號, pp.79-80, 1992
- [20] 이동곤, "조선 및 해운분야에 있어서 전문가시스템의 응용현황과 전망", *大韓造船學會誌*, 第29卷, 第2號, pp.85-90, 1992
- [21] Leite, A.J. & Morishita, H.M. "Applications of expert systems to Marine engineering" *Computer Applications in the Automation of Shipyard Opreation and ship Design v I*
- [22] Sha, O.P. & Gokarn, R. P. "A KNOWLEDGE BASED SYSTEM FOR HULL STRUCTURAL INFORMATION" *Computer Applications in the Automation of Shipyard Opreation and ship Design v I*
- [23] Xinlian, Xie., and Weiwen, Pan., "A Program System for Layout Design of Ship's Apartments with the Artificial Intelligence Method", *Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Ship Design VI*. pp. E1-1 ~ E1-6
- [24] Nakayama, H., "Expert Process Planning System of CIM for Shipbuilding", *Proceedings of ICCAS*, pp. 12.55-12.66, 1994.
- [25] Odadasi, A. Y. & Patterson, D. R. "Information System Models - as a Tool for Shipyard Planning and Control" *Journal of Ship Production*, vol.6, No. 4, Nov.1990, pp.219-231
- [26] Bensten, Charles E. "Index- Based Management Information Systems : A Study in Structured Operations" *Journal of Ship Production*, Vol.7, No. 3, Aug. 1991, pp.170-175
- [27] Stewart, Eric W. "The Use of Computers in Establishing a Company-Wide Perspective Toward Advanced Ship Production" *Journal of Ship Production*, Vol.5, No. 4, Nov. 1989, pp.256-263
- [28] 이종갑, "造船에서의 데이터베이스 기술 - 응용현황과 전망", *大韓造船學會誌*, 第29卷, 第2號, pp.63-65, 1992
- [29] Arguto W., "Integrated Design Packages: The Link Between Manufacturing and Design", *J. of Ship Production*, Vol. 9, No. 1, pp.51-57, 1993. B2[Performance]
- [30] Cauthen, Tommy L. "Improving Shopyard Productivity Through the Combined Use of Process Engineering and Industrial Engineering Methods Analyses Techniques" *Journal of Ship Production*, Vol.2, No.1, Feb.1986, pp.42-45
- [31] Tedesco, M. T. , "Mass Customization" a manuscript
- [32] MacGregor, Roy M. "Revitalization of Industrial Engineering in the Naval Shipyards" *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.4, Nov.1989, pp. 228-233
- [33] Hatley, John F. "Simulation for Shipyards Performance Analysis" *Journal of Ship Production*, Vol.2, No.4, Nov.1986, pp.250-259
- [34] Bunch, Howard M. "A Study of the Causes of Man-Hour Variance of Naval Shipyaed Work Standards" *Journal of Ship Production*, Vol.6, No. 4, Nov.1990, pp.268-275
- [35] Wilkins, James R. Jr. & Kraine, Gilbert L. &

- Thompson, Daniel H. "Evaluating the Producibility of Ship Design Alternatives" *Journal of Ship Production*, Vol.9, No.3, Aug.1993, pp.188-201
- [36] Bunch, Howard M. "A Study of the Construction Planning and Manpower Schedules for Building the Multipurpose Mobilization Ship, PD214, in a Shipyard of the People's Republic of China" *Journal of Ship Production*, Vol.4, No.4, Nov.1988, pp.244-266
- [37] Hagemeister, Kurt W. & Perakis, A.N. "Applications of Regression Analysis in Shipbuilding Planning and Control" *Journal of Ship Production*, Vol.4, No.2, May 1988, pp.94-103
- [38] 정동수, 윤성태, "船舶建造工數豫測模型의開發에 관한 연구", *기술현대*, VOL.13, NO.2, pp.3-17, 1993.
- C1[Group Technology]
- [39] Gribskov, J., "A Group Technology Approach to Master Scheduling of Shipbuilding Projects", *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.4, Nov.1989, pp.249-255
- [40] Devries, R. L., "Computer-Aided Process Planning: A Path to Just-in-Time Manufacturing for shipyards", *Journal of Ship Production*, Vol.4, No.3, Aug.1988, pp.197-215
- [41] 문장효, 강희, 장현우, "GT에 있어서 集落法の遂行度 比較 및 造船 加工系列表의 適用", *기술현대*, VOL.13, NO.2, pp.24-30, 1993
- C2[Zone Production]
- [42] NSRP : The National Shipbuilding Research Program, "Outfit Planning", U.S. Department of Commerce Maritime Administration, 1979. 12.
- [43] NSRP : The National Shipbuilding Research Program, "Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)", U.S. Department of Commerce Maritime Administration, 1983. 3.
- [44] Sasaki, Hiroshi, "IHI's Experience of Technical Transfer and Some Considerations on Further Productivity Improvement in U.S. Shipyards", *Journal of Ship Production*, Vol.4, No.2, May.1988, pp.104-115
- [45] Sterns, Anthony A, "Shop and Zone Administration and Management : The Transition to Zone Outfitting in Repair and Overhaul at Puget Sound Naval Shipyard", *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.1, Feb.1989, pp.22-35
- [46] Burrill, Larry D. & Munro, Barry S. & O'Hare, Mark S. & Baba, Koichi, "Strategizing and Executing the Implementation and Utilization of Zone Technology at Philadelphia Naval Shipyard", *Journal of Ship Production*, Vol.6, No.3, Aug.1990, pp.164-174
- [47] Sato, Shuji. & Suzuki, Shizuo. "IHI Zone Logic Application to Electrical Outfitting on Highly Sophisticated Ships", *Journal of Ship Production*, Vol.6, No.2, May.1990, pp.93-100
- [48] Stravinski, Daniel J. "Multiskilled, Self-Managing Work Teams in a Zone-Construction Environment" *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.1, Feb.1990, pp.36-53
- [49] Wilkins, James R. Jr "Zone-Oriented Drawings for Life-Cycle Management" *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.2, May.1989, pp.126-134
- [50] Storch, Richard Lee & Chirillo, Louis D. "Information Required from Planning Yards to Support Zone Logic" *Journal of Ship Production*, Vol.9, No.2, May.1983, pp.69-87
- [51] Chirillo, L.D. "Product Work Breakdown : The Challenge to Production and Design Engineers" *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.2, May.1989, pp.110-114
- [52] Chirillo, L.D. "Product Work Breakdown : An Essential Approach for Ship Overhauls" *Journal of Ship Production*, Vol.5, No.3, Aug.1989, pp.167-178
- D[생산]
- [53] 신형기, 김희원, "선형계획법을 이용한 PRO-DUCT MIX 분석 및 응용 사례", *기술현대*,

- VOL.14, NO.4, pp.35-47, 1994
- [54] 장현무, 최원준, 박해규, “船舶의 DOCK 配置計劃 作成에 있어서 數理的 方法論의 適用 및 電算化에 관한 研究”, 기술현대, VOL.13, NO.2, pp. 18, 1993
- [55] Feng, X., Jiefeng, C. and Pingan, Z., “A Tentative Use of Stochastic Network Simulation Technique in Shipyard Production Management”, Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Ship Design VI, pp. B1-1 - B1-7
- E1[Project Management]
- [56] Tzannatos, E. and Markakis, K., “Computer-Aided Planning of Shipbuilding Operations”, Proceedings of ICCAS, pp. 12.67-12.77, 1994.
- [57] Neumann, Richard J. and McQuaide, David J., “Application of PC-Based Project Management in an Integrated Planning Process”, J. of Ship Production, Vol. 8, No. 4, pp. 191-204, 1992
- [58] Frankel, E. G., “Stochastic Expert Choice in Ship Production Project Management”, J. of Ship Production, Vol. 8, No. 3, pp. 184-189, 1992.
- [59] Alkaner, S. and Ölçer, İ.A., “Ship Production Scenario Analysis Using Multiple Operations Research Techniques”, Proceedings of ICCAS, pp. 8.85-8.102, 1994.
- [60] Gessis Scdtt N. “Evolutin of Cost/Schedule Control (Direct Labor) in Naval Shipyards” Journal of Ship Production, Vol.9, No.4, Nov.1993, pp.245-253
- [61] Reid Matthew & Dougherty John J. “First-Time Intergration of Product by Stage of Construction with Cost/Schedule Control Application” Journal of Ship Production, Vol.6, No.2, May.1990, pp. 101-124
- E3[자재관리]
- [62] Wilkins, James R. Jr. “REsults from Use of an Integrated Schedule for Drawing Development and Equipment Procurement” Journal of Ship Production, Vol.6, No.3, Aug.1990, pp.180-190
- [63] Kar, A.R. & Sha, O.P. “Computer-Aided Materials Management and Control for a Shipbuilding Yaed” Journal of Ship Production, Vol. 9, No. 4, Nov. 1993, pp.254-259
- E4[생산관리]
- [64] Butler Jim & Ohtsubo Hideomi “A Distributed Problem Slosing Based Model for Shipyard Scheduling” Computer Applications in the Autoamtion of Shipyard Operation and ship Design VI
- [65] Neumann Richard J. “Network Scheduling Development in MRP II Environment” Journal of Ship Production, Vol.10, No.4, Nov.1994, pp. 223-232
- [66] Spicknall, Mark. “Developing and Using an Expert System for Planning the Production of Structural Piece-Parts” Journal of Ship Production, Vol.8, No. 3, Aug 1992, pp.163-183
- [67] 정동수, 장정호, 문동욱, 김수경, 조덕래, 정문호, 박주철, 옥철영, “基本計劃 시스템(CRP) 開發에 관하여”, 기술현대, VOL.14, NO.4, pp.2-8, 1994
- [68] 정동수, 장정호, 문동욱, 김수경, 조덕래, 정문호, 박주철, 이태억, “CRP 시스템에서의 알고리즘 적용에 대한 고찰”, 기술현대, VOL.14, NO.4, pp. 14-26, 1994
- [69] Ennis, Speth, and Mieskolainen, “Manufacturing Lead Time-A Factor to Consider During Planning and Acquisition of Navy Ships”, J. of Ship Production, Vol.7, No.3, pp.153-162, 1991.
- [70] Aga, S. and Hatling, J. F., “Simulation-A Powerful Tool for the Shipbuilding Industry”, Proceedings of ICCAS, pp.8.103-8.117, 1994.
- [71] Amemiya, T., “Production Planning System for OPPAMA Shipyards”, Proceedings of ICCAS, pp. 12.3-12.14, 1994.
- [72] Minemura, T., “Scheduling Model of CIM for Shipbuilding”, Proceedings of ICCAS, pp. 12.25-12.37, 1994.
- [73] 대우조선공업(주), 한국과학기술원 경영정보공학과, “대우조선의 일정관리 전문가시스템의 개발”, 3차년도 연구보고서, 1994.1

E5[품질관리]

- [74] Chirillo, Louis, "TQM? Inconceivable in Most Shipyards", J. of Ship Production, Vol. 8, No. 4, pp. 205-209, 1992.
- [75] Adams, G., "TQM for Survival", J. of Ship Production, Vol. 7, No. 3, pp. 163-169, 1991.
- [76] Al-Kattan, M. R., "A Future Role of Quality in Shipbuilding-Reducing the Odds", J. of Ship Production, Vol. 8, No. 3, pp. 137-147, 1992
- [77] Inozu, B. and Karabakal, N., "Optimizing Maintenance: Models with Applications to the Marine Industry," J. of Ship Production, Vol. 10, No. 2, pp. 133-139, 1994.

F[기타]

- [78] Sen. P. & Caldwell, J.B. "OPTIMIZATION OF SHIP STRUCTURAL FORMS A" A Multi-Level and Multi-Goal Design Approach Computer Applications in the Automation of Shipyard Opreation and ship Design v I
- [79] Gorgone, Robert G. "Improving Overhaul Planning Through Risk Assessment and Risk Management" Journal of Ship Production, Vol.8, No. 4, Nov. 1992, pp.235-243
- [80] Krol Jr. W.P., "Midship Section Design Using a Bilevel Production Cost Optimization Scheme", J. of Ship Production, Vol. 7, No. 1, pp. 29-36, 1991.



박명환

- 1981 서울대학교 산업공학과 공학사
- 1983 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
- 1983 - 1987 대우조선공업(주) MIS실 및 생산계획실
- 1993 한국과학기술원 산업공학과 공

학박사

현재 한성대학교 산업공학과 조교수
관심분야: Queuing Network, Scheduling, 생산관리 일반



이운식(李雲植)

- 1984 고려대학교 산업공학과 공학사
- 1986 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
- 1994 한국과학기술원 산업공학과 공학박사
- 현재 부산공업대학교 산업공학과 조교수
- 관심분야: 시스템 최적화, 생산 계획 및 통제, 시뮬레이션



유영석(玉英碩)

- 1982 서울대학교 산업공학과 공학사
- 1984 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
- 1993 한국과학기술원 산업공학과 공학박사
- 현재 부산공업대학교 산업공학과 부교수
- 관심분야: 생산 계획 및 통제



이태억

- 1980 서울대학교 산업공학과 공학사
- 1982 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
- 1982 - 1986 대우조선
- 1991 미국 Ohio State University 산업공학 박사
- 현재 한국과학기술원 산업공학과 조교수
- 관심분야: 확률 및 이산사건시스템 모델링, Periodic Scheduling