

# Bulk 부두의 선박 대형화에 따른 선석별 점유율 비교 분석 - P제철 원료부두를 중심으로 -

김창곤<sup>1</sup> · 장성용<sup>2\*</sup>

## A Study on the Relationship Between Berth Occupancy Rate and Ship Size at Exclusive Bulk Terminal

Chang Gon Kim · Seong Yong Jang

### ABSTRACT

The aim of study is to analyze the berth occupancy rate according to the ship size. P Iron and steel company operate exclusive bulk terminal at P port and G port and the depth of water at berth are not so equal each other. And to reduce the sea transport cost between loading port and unloading port P and G, P company increases the number of large ship while ship scheduling. But it causes to increase the berth congestion at the specific water depth berth owing to the draught of large ship. At this point, usually ship waiting time starts to rise even at low levels of berth occupancy rate, and will rise more and more sharply at the level of full utilization. But it is not common at exclusive terminal like P port and G port. Bulk ships arrive at port according to the early planned arrival time and the coefficient of variation of ship arrival time is not so big. So queuing time at exclusive terminal does not rise sharply near 80-90 berth occupancy rate.

**Key words** : Port time, Berth occupancy rate, Ship scheduling

### 요 약

P제철은 수심, 하역장비 및 야드와의 Belt Conveyer 연결 가능성 등에 따라 3만톤급이 접안 가능한 선석에서부터 25만톤급 선박이 접안 가능한 선석을 각각 운영하고 있다. 또한 3만톤급에서 25만톤급의 Bulk선을 운영하고 있는데, 해상운임을 줄이기 위해 15만톤 이상의 대형선 배선비율을 증가하여 왔다. 그리고 선형별 홀수 및 선폭에 따라 접안 가능한 선석이 제한되기 때문에 대형선의 배선비율 증가는 특정 선석의 선석점유율 증가 요인이 되고, 선석점유율이 증가하면 결과적으로 대형선의 대기시간이 증가하여 체선료가 증가한다. 일반적인 대기이론에서 선석점유율이 일정 수준이 이상이 되면 대기시간이 급격히 증가하지만, P제철 원료부두의 경우 부두운영 및 선석운영 계획을 직접 수행함으로써 선박도착 및 하역생산성의 변동성이 적고 선박도착이 정기성이 확보되어 선석점유율 증가에 따른 선박대기 시간이 일반 대기이론에서 언급하고 있는 것보다 증가율이 낮다.

**주요어** : 재항시간, 선석점유율, 배선계획

## 1. 서 론

항만은 하역하는 화물에 따라 컨테이너부두, Bulk 부

두, 양곡부두, 액체화물 부두 및 두 종류 이상의 화물을 하역하는 다목적 부두로 구분되며, 각 화물별 특성에 따라 부두에서의 하역시스템이 서로 다르다. 하역시스템은 부두에 고정식 하역장비의 설치 여부, 장치장의 화물 장치시스템 등에 따라 구분된다. Bulk 전용부두는 원료탄, 철광석, 양곡, 고철 등 단일 화물만을 하역하는 전용부두로서 화물별 특성에 따라 선석에 고정식 하역장비를 설치하고 있다. 원료탄은 제철소와 화력발전소에서 사용되는 원료로서, 제철소와 화력발전소는 원료탄을 하역하기 위

2008년 7월 8일 접수, 2008년 7월 30일 채택

<sup>1)</sup> 순천대학교 경영통상학부

<sup>2)</sup> 서울산업대학교 산업정보시스템공학과

주 저 자 : 김창곤

교신저자 : 장성용

E-mail: syjang@snut.ac.kr

한 전용부두를 운영하고 있다. 철광석은 제철소의 주요 원료로서 부두에서의 하역시스템이 원료탄과 비슷하기 때문에 제철소 원료부두에서는 원료탄과 철광석이 동일 부두에서 하역되고 있다. 제철산업은 많은 양의 원료탄과 철광석을 필요로 한다. 그리고 용광로는 한번 가동이 시작되면 수명이 다 할 때까지 운영하는 것을 원칙으로 하기 때문에 안정적으로 물량을 공급받는 것이 중요하다. 제철소는 장단기 수요에 따라 설비능력과 생산 계획을 수립하고 이에 근거하여 원료탄과 철광석의 공급능력을 계획한다. 따라서 제철소는 국제 시장에서 원료탄과 철광석의 가격 변화에 대응하기 위해 광산업자 등과 장기적 공급계약을 체결한다. 제철소는 냉각수 공급, 국내외로부터 대량의 원료탄과 철광석의 안정적 공급, 선박을 이용한 물류비 절감 필요성 등의 요인으로 해안에 건설된다. 또한 제철소는 제철원료를 국내의 광산으로부터 공급받는데 주로 선박을 이용한 해상운송이 이루어지고 있고, 이들을 하역하기 위해 원료전용부두를 운영하고 있다.

그리고 국외 광산으로부터 대량의 제철원료를 공급받는 제철소의 경우 해상운임이 물류비의 중요한 부분을 차지한다. 단위 톤당 해상운임을 줄이기 위해 대형선의 투입 비율이 증가하고 있다. 그러나 대형 Bulk선의 배선비율이 증가함에 따라, 원료부두에서는 특정 선석에 대한 부하가 집중되는 현상이 발생한다. 해상운임을 줄이기 위해 대형 Bulk선의 배선비율이 증가하면, 대형 Bulk선이 접안 가능한 선석의 선석점유율(Berth Occupancy Rate)이 증가하여 결과적으로 대형 Bulk선의 체선현상이 발생한다.

본 논문에서는 P제철의 원료부두를 대상으로 해상운임을 줄이기 위한 대형 Bulk선의 대형선 배선비용 증가에 따른 재항시간 및 선석점유율 변화를 분석하였다. 선석점유율이 증가하면 대형선의 체선시간이 증가한다. 대형선의 체선 시간이 증가하면 선사의 기회손실 비용이 증가하고, P제철이 체선료를 선사에 지불해야 한다. 따라서 P제철은 해상운임 절감과 체선료 증가를 고려한 적정 선석점유율을 유지하는 것이 중요하다. 본 논문의 목적을 구체적으로 기술하면 첫째, 항만 개발 과정에서 신규 항만의 개발 규모 및 운영 중인 항만에 대한 평가지표와 관련된 기존의 다양한 연구를 살펴보고, 둘째, P제철 원료부두 하역시스템의 이항양하(two port system), Shifting 등 일반적인 항만 운영시스템과의 차이점을 살펴보고, 셋째, P제철 원료부두 하역시스템을 시뮬레이션 모델로 개발하여 선박대형화에 따른 선박재항시간 및 선석별 점유율을 비교 분석하였다.

## 2. 기존 연구

항만하역시스템에 대한 평가는 대기이론적(queueing theory)으로 접근하는 방법과 시뮬레이션을 이용하여 분석하는 방법이 있다. 항만은 선박이 도착하고 선석에 접안하여 양적하 서비스를 받고 떠나는 대기시스템(queueing system)으로서 초기에는 대기이론적 개념에서 분석하였다. UN은 개발도상국의 항만 개발을 지원하기 위해 항만개발규모, 항만 서비스 평가 지표 등을 대기이론을 적용하여 제시하였다(UNITED NATIONS 1973, 1985, Hiller 1981). UN(1973), Winkelmaus (2000), Jansson (1982), Johnston(1984) 등은 항만개발에 따라 발생하는 비용을 항만운영자가 부담하는 비용과 항만이용자가 부담하는 비용으로 구분하여 이들의 합이 최소가 되도록 선석 수, 하역장비 투자 규모 등 항만 개발 규모가 결정되어야 한다고 지적하였다. 항만운영자가 부담하는 비용은 항만개발에 따른 투자비를 포함하고 있고, 항만이용자가 부담하는 비용은 항만에 도착한 선박이 양적하 서비스가 지연됨에 따라 발생하는 기회비용(opportunity cost), 즉 대기비용(queueing cost) 등이 포함되어 있다. 대기비용을 추출하기 위해서 UN에서는 대기이론을 적용하여 선박의 기대 대기시간을 구하고 이를 기회손실비용으로 가정하였다.

그리고 물동량과 비교하여 항만개발규모를 산정하기 위해서는 항만하역시스템이 목표로 하고 있는 고객 서비스 수준, 시스템 평가지표 등에 대한 기준이 설정되어야 하는데 이와 관련하여 다양한 지표가 제시되고 있다(UN 1973, 1985, Frankel 1987, Dollt Robinsons 1999).

UN(1973)이 제시하고 있는 항만평가지표는 선석별 생산성(Tonnage handled perberth), 재항시간(Total time in port), 선박 대기시간(Ship,s queueing time), 서비스 시간 등을 제시하였다. 그리고 Robinson(1999)는 항만을 공간적으로 선석, 야드, 게이트 등으로 구분하여 각각의 작업 특성에 따라 단위시간당, 단위 면적당 또는 단위 길이당 생산성 등으로 제시하였다.

Ronbinson은 선석과 관련한 지표는 총생산성, 순생산성, 사이클 타임, 선박시간(Ship hours), 작업시간(Work hours)으로 세분하고, 야드와 관련하여서는 총작업량, 순작업량, 야드장비 작업시간 등으로 세분하였다.

이와 같은 연구들은 기본적으로 대기이론의 개념(Kleinrock 1975, Page 1972, 이호우 1999)을 이용하여 설명하고 있다. 그러나 항만의 특성상 대기이론을 전개할 때 전제하는 가정들이 현실과는 차이가 있어 최근에는 시뮬레

이션을 이용하여 항만을 분석하는 연구들이 진행되어 왔다. 선사는 자사 소유 선박에 대한 장기적인 운항계획을 수립하면서 운항항로, 기항항만, 항만도착시각 등이 이미 정해져 있다. 따라서 랜덤성(Randomness)의 고객도착을 가정하고 있는 대기이론을 적용하는데 한계를 보이고 있다. 김창곤(2001)은 국내 컨테이너 터미널을 대상으로 한 선박 도착분포에 대한 통계적 검증 결과 차수가 2이상의 일량분포 가정은 모두 기각되고 있음을 보이고 있다. 그러면서 김창곤은 컨테이너 터미널에 도착하는 선박 도착 간격을 확률변수로 가정한 것은 각 선사들의 항로별로장·단기 배선계획을 고려하지 않은 결과라고 지적하고, 각 선사의 배선계획에 따른 예정도착시각과 실제도착시각과의 차이를 확률변수로 지정하여 선박도착분포를 구현하는 것이 바람직하다고 지적하고 있다.

또한 항만을 시뮬레이션을 이용하여 분석하는 연구도 다양하게 진행되고 있다(Pollatsch 1994, 이홍걸 1995, Ramani 1996, 윤원형 등 1998, Gambadella 1998, Nenins 등 1998). 윤원형(1998) 등은 터미널의 선석배정, 하역장비 할당 등 운영 실적을 근거로 컨테이너 터미널에 대한 운영계획을 시뮬레이션을 이용하여 분석하였다. 이홍걸(1995) 등은 특정 항만의 입장에서 해당 항만에 기항하는 선사별 배선계획에 따라 도착하는 각각의 선박에 대한 선석배정 계획을 분석하였다. 선석배정에서는 C/C(Container Crane), Y/T(Yrad Truck), 야드운영계획 등도 동시에 고려하고 있다.

시뮬레이션 기법에서는 대기이론에서 유추하기 곤란한 지표들을 제시하여 항만을 평가하고 있다. KPC(1998)와 JWD(1998)는 부산 신항만의 개발규모를 분석하는 시뮬레이션에서 Norm-time 초과 비율을 기준으로 제시하였다. Norm-time 초과 비율은 선박별 LPC(Lift per call)<sup>1)</sup>에 따른 기준 양적하 시간(Norm-time)을 미리 예시하여 항만의 사정에 의하여 이 시간을 초과하는 선박 수 비율이다. 선박별 Norm-time은 선박별 LPC에 따라 양·적하 작업을 완료해야 하는 시간 기준으로써, 선박별 LPC에 따라 정책적으로 할당할 C/C 대수 기준에 의하여 결정된다. 그러나 터미널의 사정에 의하여 각각의 모든 선박에 대해서 정책적으로 할당할 C/C를 충분히 할당할 수 없는 경우가 발생할 수 있으며 따라서 이때는 Norm-time을 초과하게 된다. 이와 같은 Norm-time은 시뮬레이션의 결과로서 추출 가능하다.

이와 같은 다양한 연구에서 ①비용 측면에서의 항만운영자 비용과 이용자 비용 비교, ②방법론적인 측면에서의 대기이론적 접근과 시뮬레이션 방법 등에서 항만하역시스템에 대한 운영 효율성을 나타내는 지표로 선석점유율과 대기시간비율이 공통적으로 인용되고 있다. 선석점유율은 항만운영자의 입장에서는 운영 효율성 지표, 주요 고객인 선사의 입장에서는 서비스 수준을 나타내는 지표로 인식되고 있다. 문제는 항만하역시스템에 대표적 평가 지표인 선석점유율을 어떻게 설정하느냐가 관건이 된다. 적정 선석점유율을 설정하는 방법의 하나로 UN(1985)은 선박대기시간비율(queieing time in unit of srevice time)을 제시하였다. 선박대기시간 비율은 서비스 시간에 대한 대기시간의 상대적 비율로서 UN은 1980년 30%를 제시하였다. 그러나 하역시스템의 향상, 선사들의 배선계획 합리화, EDI, 유비쿼터스 등 항만 운영능력 향상과 실시간 정보교류의 활성화 등으로 대기시간비율은 10%이내에서 발생하고 있다.

또한 전일수(1999), 김범중(1999), Baird(1999) 등은 선박대형화의 필요성에 따른 컨테이너선의 대형화 현황 및 이에 따른 항만의 대응 방안을 제시하고 있다. 선박대형화는 선사의 해상운임 절감 필요성에 따라 추구하고 있지만 항만의 입장에서는 그와 같은 대형선의 기항이 가능하도록 수심, 하역장비 등이 갖추어 져야 한다. 본 연구에서는 선박도착 특성이 컨테이너 부두와 유사하지만, 배선계획과 부두 운영계획을 P제철이 동시에 수립한다는 측면에서 컨테이너 부두와는 다른 점이다.

본 연구에서는 P제철의 해상운임 절감을 위한 대형선 배선비율에 따른 항만의 재항시간, 선석점유율 등의 변화를 원료부두 하역시스템을 중심으로 분석하고자 한다.

### 3. Bulk 부두 하역시스템

#### 3.1 P제철의 제철원료 물류네트워크

P제철은 P항과 G항에 제철소를 운영하고 있으며, 원료부두에서 하역되는 주요 브랜드는 국내부원료, 수입부원료, 철원료탄, 철광석로 구분되어 있다. 국내에서 공급되는 부원료의 하나인 석회석은 동해항에서 선적되어 P항과 G항으로 운송된다. 그리고 중국에서 수입하는 수입부원료를 제외한 대부분의 원료탄과 철광석은 브라질, 케나다, 호주 등으로부터 수입하고 있다. 2006년 기준 약 8,000만톤의 제철원료 중 철광석이 4,457만톤으로 55%, 원료탄이 2,316만톤으로 29%를 차지하고 있고, 부원료가 838만톤으로 10%, CTS가 429만톤으로 5%를 차지하고

1) 컨테이너선의 작업량을 나타내는 단위로서 C/C가 20' 컨테이너 기준으로 양적하 작업한 회수를 나타냄.

있다. CTS는 화력발전소에 소요되는 원료탄을 P제철의 원료부두를 이용하여 하역되어 야드에 보관되어 있다가 발전소의 요구에 따라 다시 반출되기 때문에 P제철의 원료와는 무관하나 원료부두에서 하역되기 때문에 선석점유율 및 야드 장치장 등에 영향을 미친다(그림 1). 그림 1에서 B는 P항과 G항간의 선박이동(이하 이항양하)을 나타내고, A는 P항에서 선석간 선박이동(이하 Shifting)을 나타낸다.

제철원료를 수송하기 위해 P제철소는 선사와 장단기 계약을 수립하여 배선계획을 수립하고 있다. 선박은 계약 형태에 따라 전용선, COA(Contract of Association), Spot 등 3종류가 있다. 전용선은 P제철이 20년 이상 전용으로 사용한다는 조건으로 건조된 선박으로 주로 브라질, 케나다, 호주 등 장거리 노선에 투입되는 15만 톤급 전후의 선박이다.

COA와 Spot는 철 생산에 따른 브랜드별 야드 재고 수준 변화에 탄력적으로 대응하기 위해 단기적으로 선사와 계약하는 형태로 COA는 5항차 전후로 계약하고, Spot은 항차단위로 계약한다. 화물별 단위 톤당 해상 운임은 장기 사용을 전제로 한 전용선이 가장 낮고, 항차 단위로 계약하는 Spot 계약이 가장 높다. 따라서 Bulk선의 해운 운임 시황에 따라 장단기 계약을 달리하고 있다. 또한 제철 원료의 안정적 수급을 위해 적정 수준의 전용선을 확보하는 것도 중요하다. 2006년 기준 42척의 전용선을 운영하고 있는데, 물동량 증가에 따라 이와 같은 전용선 배선비율이 증가하고 있다.

### 3.2 원료부두 하역시스템

P제철은 P항과 G항에 각각 원료전용부두를 운영하고

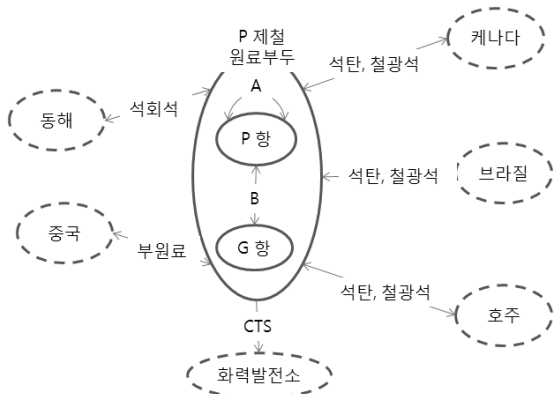


그림 1. P제철 물류네트워크

있는데, 각 선석별로 접안 가능한 선석 규모, 하역장비 수가 각각 다르다. P항의 경우 10번 선석이 최대 선석으로 선적량 기준 20만톤 선박까지 접안 가능하며, 2006년 기준 P항에 도착한 모든 선박이 접안 가능하다. 11번 선석은 15만톤 미만 선박, 13번 선석과 14번 선석은 10만톤 미만 선박이 접안 가능하다. G항의 경우 3번 선석과 4번 선석이 최대 선석으로 철광석을 적재한 24만톤 선박까지 접안 가능하며 2006년 기준 G항에 도착하는 모든 선박이 접안 가능하다. 선석별 접안 가능한 선박규모에 따라 각 선석에 설치된 하역기 능력은 각각 다르다(표 1).

이와 같이 선석별 수심 등의 조건에 따라 접안 가능한 선형이 다르기 때문에 대형선 배선비용 증가에 따라 선석 점유율이 달라진다. P제철은 해상운송에 따른 물류비를 절감하고 원활한 원료 공급 및 원료부두에 대한 효율을 높이기 위해 다섯 가지 기준을 가지고 있다.

첫째, 단위 톤당 해상 운임을 줄이기 위해 대형선의 배선 비율을 높이고 있다. 철광석, 원료탄 등 주요 제철 원료는 케나다, 브라질, 호주 등으로부터 공급되는데 이때 대형선을 투입하여 해상운임을 줄임으로서

표 1. 선석별 접안능력/하역능력 및 하역브랜드

구분	선석 번호	하역기	접안선형	비고*
P항	10	3000T/H×1대 2000T/H×2대	20만톤 미만	철광석 최초 접안*
	11	3000T/H×1대 1800T/H×1대 1500T/H×1대	15만톤 미만	-
	13	1500T/H×2대	10만톤 미만	-
	14	1500T/H×2대	10만톤 미만	-
	22	1500T/H×1대	3만톤 미만	부원료만 하역**
G항	1	700T/H×1대 500T/H×1대	3만톤 미만	부원료만 하역**
	2	2000T/H×2대	20만톤 미만	-
	3	3000T/H×1대 2000T/H×2대	25만톤 미만	-
	4	3000T/H×1대 2000T/H×2대	20만톤 미만	-
	5	2000T/H×3대	20만톤 미만	-

\* P항에 도착한 철광석 선석 선박은 15만톤 이상을 선석하고 있어 최초 접안에는 10번 선석에만 접안 가능함

\*\* P항 22선석과 G항 1번 선석은 3만톤 미만 선박이 접안 가능한 소형 선석으로 부원료 선석 선박만 접안 가능

물류비를 절감하고 있다.

둘째, 야드 재고는 생산계획에 따른 수요량을 공급할 수 있도록 적정 수준의 운영재고를 유지해야 한다. 재고부족에 따라 발생하는 기회비용이 막대하기 때문에 재고부족을 절대 허용하지 않으며 따라서 충분한 운영재고를 확보해야 한다.

셋째, 대형선의 경우에는 선박 회전율을 높이기 위해 항만에 도착 후 우선적으로 접안한다.

넷째, 대형 선석에서의 높은 하역생산성을 이용하기 위해 대형선석에 우선적으로 접안한다.

다섯째, 석회석 등 부원료는 3만톤 미만인 소형 선박을 이용하기 때문에 소형선석에 우선적으로 접안한다.

이와 같은 기본적인 기준과 더불어 선석별로 하역할 수 있는 브랜드는 선석별 접안 능력과 선박 규모, 브랜드별 선적량의 선석 조건에 따른 선박 규모, 특정 시점에서 특정 야드까지의 B/C(Belt Conveyer) 라인 존재 여부, 선석에서의 생산성 여건 및 원료부두에 대한 종합적인 선석 점유율 등을 고려하여 결정한다.

### 3.2.1 이항양하 시스템(two port system)

P항과 G항의 하역시스템은 유사하나, G항의 수심이 P항보다 깊어 25만톤급 이상의 선박 접안이 가능하다. 그러나 P항의 경우에는 25만톤 급 선박이 원료를 만재한 상태에서는 접안이 곤란하다. 따라서 원료를 만재한 25만톤급 이상 선박의 경우에는 G항에 기항하여 하역을 하고, 출수가 어느 정도 확보되면 하역을 멈추고 P항으로 이항하여 하역을 한다. 이와 같이 이항양하 시스템은 해상운임을 줄이기 위한 대형선의 배선비율, P항과 G항의 야드 재고수준 등을 고려하여 이루어지고 있다. G항에서 P항으로 이동한 선박은 P항의 10번, 11번, 13번, 14번 선석으로 접안하여 하역한다(표 2).

표 2. G항에서 P항으로의 이항양하 항차 수

선석 번호	10	11	13	14	합 계
2	6	20	11	12	49
3	13	14	21	10	58
4	8	15	12	19	54
5	9	22	10	13	54
합 계	36	71	54	54	215

주) 2004, 2005, 2006년 실적 기준

### 3.2.2 Shifting

이항양하 시스템과 더2불어 P항에서는 선석별 점유율 재고를 위해 선석간 Shifting이 자주 발생한다. G항의 경우에는 선석별 수심 및 하역능력이 균형을 이루고 있으나, P항의 경우에는 선석별로 수심 및 하역능력에 있어서 차이를 보이고 있기 때문에 조건에 따라서는 선석 간 Shifting이 발생한다(표 3).

이와 같은 항만간 이항양하 시스템과 항만내의 Shifting은 각 항에서의 야드 운영재고 관리뿐만 아니라, 항만내 선석별 점유율 균형을 유도한다. 즉 Shifting 전략은 대형선 배선비율 증가에 따라 과부하되는 특정 대형선석의 점유율 증가를 완화 시켜준다. 선석별 접안조건 및 하역생산성, 항간 야드 운영재고 수준, 선석별 점유율 균형 유지 등을 고려한 원료부두 하역시스템은 일반적인 항만의 하역시스템과 다르다.

## 4. Bulk 부두 선박 도착/서비스 특성

### 4.1 선형별 배선비율 및 선박도착 분포

선박도착 특성에 있어서 P제철이 운영하는 원료부두가 일반적인 항만 또는 컨테이너 부두와 다른 점은 선박도착의 정시성이 높다는 것이다. 비교적 정시성이 높은 컨테이너 터미널의 경우에는 기항 선사별 항로별 배선계획이 미리 수립되어 있기 때문에 터미널의 입장에서 주간 단위의 선박도착 시각을 예상할 수 있다. 그러나 선적량의 여건, 항해중 기상 상태 등에 따라 실제도착시각은 예정시각과 차이를 보이고 있다. 그리고 터미널은 이러한 예측 정보를 이용하여 선석배정, 장비운용 및 야드 운영계획 등 전반적인 터미널 운영계획을 합리적으로 수립할 수 있다. 즉 선박배선계획은 선사가 수립하고 터미널 운영계획은 터미널 운영자가 수립한다.

그리고 P제철은 자사에서 필요로 하는 철광석과 원료

표 3. P항의 선석 간 Shifting 항차 수

선석 번호	10	11	13	14	23	합 계
10	-	86	103	85	4	278
11	-	-	18	6	37	61
13	2	4	-	2	3	11
14	-	5	-	-	5	10
22	4	40	4	4	-	52
합 계	6	135	125	97	49	412

주) 2004, 2005, 2006년 실적 기준

탄을 안정적으로 수급하기 위해 선박 배선계획과 터미널 운영계획을 P제철이 수립한다. 즉 선박도착의 정시성이 증가하는 요인이 된다. 그러나 브라질, 캐나다 등으로부터 P항과 G항과의 항해 기간이 40일 전후로 장기기간이 소요 되어 항해기간의 변동이 증가한다. 따라서 시뮬레이션 모델에서는 배선계획에 따른 도착예정시각과 실제도착시각과의 차이를 확률변수로 하여 도착분포를 구현하였다. P제철의 배선계획은 용광로의 조강능력 및 생산계획에 따른 철광석, 원료탄 및 석회석 등 제철원료의 수요량을 근거로 선형별 항차 수를 계획한다. 표 4는 브랜드별 선적항의 부두 규모에 따른 선형별 항차수를 나타낸다. 국내 부원료는 동해항에서 선적되기 때문에 3만 5천톤에서 1만 7천톤 급의 소형선이 배선되고, 국외에서 수입되는 원료탄과 철광석은 10만톤 이상의 대형선이 배선된다. 특히 해상운임을 줄이기 위해서 25만톤 이상의 선형이 추가 배선되는 경향이 있다.

따라서 연간 생산계획이 수립되고 그에 따른 배선계획이 수립되면 선박은 비교적 계획적으로 원료부두에 도착한다. 즉 연간 브랜드별 선형별 항차수가 결정되면 선박은 브랜드별 선형별로 일정한 시간 간격마다 부두에 도착한다. 다만 선적항의 사정 및 항해중 여건에 따라 계획시간보다 일찍 또는 늦게 도착할 뿐이다. 따라서 이와 같은 배선계획에 따라 향후 선박도착 일정이 미리 주어져 있기 때문에 원료부두는 선박별 접안 우선순위, 접안 선석 선택 및 야드 운영계획을 수립한다. 시뮬레이션 모델에서는 선형별 도착예정시각에 일정시간의 오차를 부여하여 선박도착을 구현하였다.

### 4.2 선석운영

도착선박에 대한 선석배정은 선형의 흘수와 선석 수심

표 4. P제철의 선형별 배선비용(단위:천톤,항차)

선형(천톤)	국내부원료	수입부원료	원료탄	철광석	CTS	계
3.5-6.5	717.6	0	0	0	7	724.6
7-17	135.8	39.7	0	0	15	190.6
19-34	0	79.5	6	0	0	85.5
35-58	53	0	90	4	44	191
60-90	1.5	0	11	24	19	55.5
120-175	0	0	110.2	98.5	0	208.7
180-270	0	0	3	145	0	148
계	907.9	119.2	220.2	271.5	85	1603.8

주) 2004, 2005, 2006년 실적 기준

등 물리적 조건과 야드운영전략에 따른 선석과 야드간 간섭 등을 고려하여 효율적으로 결정되어야 한다(Lim 1998). P제철은 대형선이 소형선보다 접안 우선순위가 있다. 대형선의 단위 대기시간당 체선료가 소형선보다 높기 때문에 대형선을 우선적으로 접안한다. 또한 접안 선석 선택에 있어서도 대형선석의 높은 하역생산성을 이용하기 위해 대형선석 접안을 먼저 검토한다. 경우에 따라서는 B/C 라인 여건과 야드 사정에 따라 대형선석 접안 우선이 재고될 수 있으나 시뮬레이션 모델에서는 이러한 경우를 고려하지 않았다. 또한 선석별 하역생산성도 브랜드별로 차별화 하였다. 표 5-6에서 선석별 브랜드별 하역생산성은 2006년 실적자료를 분석한 결과인데, 선석에 설치된 하역기 능력이 다르고 또한 작업 여건이 다르기 때문이다. 또한 부원료의 경우 P항과 G항에서 각각 22번 선석과 1번 선석에 우선적으로 접안하나, 기타 선석이 비어있을 때는 해당 선석에 접안 한다. 이때는 1만톤 미만 선박과 1만톤 이상 선박으로 구분하여 하역생산성을 조사하였다. 이와 같은 선석별 브랜드별 하역생산성에 따라 선박별 하역 서비스 시간이 결정된다.

표 5에서 11번, 13번, 14번 선석에서 철광석과 원료탄의 하역생산성이 상대적으로 낮은 이유는 이항양하 또는 Shifting 이후 작업에서는 하역기의 단위 사이클당 작업

표 5. P항의 선석별 브랜드별 하역생산성(톤)

선석번호	접안선형	하역브랜드	하역생산성
10	20만톤 미만	국내부원료	355/712
		수입부원료	526
		원료탄	2,373
		철광석	2,559
11	15만톤 미만	국내부원료	305/475
		수입부원료	531
		원료탄	1,385
		철광석	1,037
13	10만톤 미만	CTS	801
		국내부원료	307/603
		수입부원료	302
		원료탄	1159
14	10만톤 미만	철광석	469
		CTS	763
		국내부원료	281/619
		수입부원료	468
22	3만톤 미만	원료탄	926
		철광석	865
		CTS	812
		국내부원료	204

주) 2006년 실적 기준

표 6. G항의 선석별 브랜드별 하역생산성(톤)

선석번호	접안선형	하역브랜드	하역생산성
1	3만톤 미만	국내부원료	131/179
2	20만톤 미만	국내부원료	821/965
		수입부원료	675
		원료탄	1,335
		철광석	2081
3	25만톤 미만	CTS	992
		국내부원료	297/1,116
		수입부원료	365
		원료탄	1,491
4	25만톤 미만	철광석	2,857
		CTS	914
		국내부원료	292/932
		수입부원료	489
5	20만톤 미만	원료탄	1,493
		철광석	2,167
		CTS	1,125
		국내부원료	261/816
		수입부원료	554
		원료탄	1,314
		철광석	1,380
		CTS	751

주) 2006년 실적 기준

량이 낮아지기 때문이다. 그리고 G항 1번 선석의 경우 하역기가 두 대 설치되어 있는데, 1만톤 미만 선박의 경우는 동시에 두 대의 선박이 접안 가능하고 이때는 선박별로 각각 한 대의 크레인 이 할당된다.

## 5. 선석점유율 비교 분석

### 5.1 시뮬레이션 모델

선박대형화에 따른 P제철 원료부두의 선석별 점유율을 분석하기 위해 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 모델의 공간적 범위는 P항과 G항의 원료 전용부두로 하며, 서버는 각 항의 선석으로 정의 한다. 서버는 표 5에 주어진 것과 같이 접안 가능한 선박규모, 하역 가능한 브랜드, 단위 시간당 하역생산성에 따라 각각의 서버로 구분한다. 그리고 시스템에 도착하는 고객, 즉 선박은 일차적으로 브랜드별로 구분하고, 이차적으로 각 브랜드별 배선계획에 따른 선형별 도착으로 구분하였다(표 4). 선박 도착은 P제철의 항별 배선계획에 따라 각각 독립적으로 구현하였다. 선박 도착, 하역, 이항양하 및 Shifting으로 이루어지는 원료부두 시뮬레이션 로직은 그림 2와 같다.

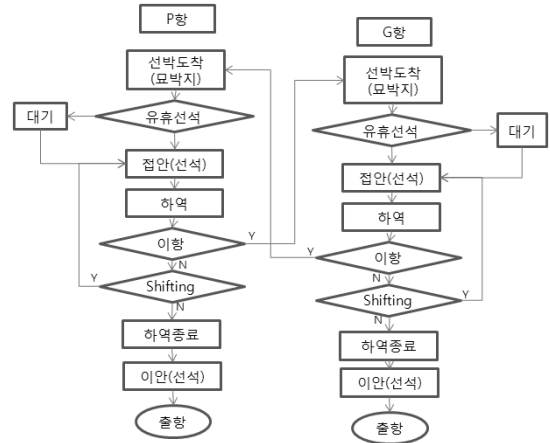


그림 2. 원료부두 시뮬레이션 로직

### 5.2 선박도착분포 구현

선박도착은 P제철의 항별 예측 물동량에 따른 배선계획을 근거로 P항과 G항에 각각 독립적으로 도착한다. 브랜드별 도착분포는 브랜드별 선형을 기준으로 예측물동량 증가에 따른 연간 항차수를 계산하여 이를 구현하였다. 선형별 도착분포는 물동량 증가에 따른 선형별 항차수를 고려하였다. 예를 들어 1차년도의 물동량은 기준 년도와 비교하여 철광석 38.5%, CTS 46.2%가 증가하고 원료탄과 부원료가 각각 30.7%, 29.1%가 증가하는 것으로 예상되어 이를 기준으로 선박도착분포를 구현하였다. 각 년도별 물동량 증가를 고려하여 표 4의 브랜드별 선형에 따라 년도별 브랜드별 선형별 항차수를 계산하였다. 그리고 이를 근거로 선박도착 예정시각을 계산하고, 이 시각에  $\pm 6 \sim \pm 12$ 시간의 오차를 부여하여 도착시각을 구현하였다.

#### • 이항양하 조건

P항과 G항의 야드 재고수준을 고려하여 이항양하를 고려해야 하지만 시뮬레이션 모델에서 야드재고 수준에 따른 이항양하를 고려하지 않고 실적을 반영하여 일정비율을 반영하였다. 철광석이나 원료탄을 적재하고 G항에 도착한 10만톤급 이상의 선박 중에서 9.7% P항으로 이항양하하는 것으로 가정하였다. P항에서 G항으로 이항양하하는 것은 빈도가 많지 않아 고려하지 않았다.

### 5.3 선박별 접안 우선순위

P항과 G항에 최초로 도착하는 선박 중 철광석과 원료

탄을 적재한 선박이 접안 우선순위를 갖고, 다음으로 수입부원료와 국내부원료를 적재한 선박이 접안 우선 순위를 갖는다. 그리고 P항의 경우에는 철광석과 원료탄을 적재한 선박이 이항양하 선박으로 도착한 경우에 최우선 접안을 시도한다. 이때 선박에 적재된 잔여작업량을 기준으로 P항에서의 접안조건을 검토한다.

#### 5.4 선석운영 및 접안 우선순위

도착선박의 물리적 접안 조건은 표 5와 표 6에 명시된 브랜드별 선형별 선박을 우선적으로 고려한다. 그리고 하역장비의 생산성이 높은 선석 순으로 P항의 경우에는 10번 선석, 11번 선석, 13번-14번 선석, 22번 선석 순으로 접안을 시도한다. G항은 3번-4번선석, 2번-5번선석, 1번 선석 순으로 접안을 시도한다. 특히 G항 1번 선석은 소형 선박인 부원료를 적재한 3만톤급 이하의 선박만 접안 가능한데 하역기가 두 대 설치되어 있다. 그러나 1만톤 이만의 선박은 동시에 두 대의 하역기가 접안하는 것이 곤란하여 한 대의 하역기만 할당되고, 1만톤 이상 선박은 두 대가 할당된다. 각각의 경우에 대해서 하역생산성은 표 5에 명시된 하역생산성을 적용한다. 이와 같은 기준은 부원료를 적재한 선박이 P항 11번, 13번, 14번 선석에 접안한 경우와 G항 2번, 3번, 4번, 5번 선석에 접안한 경우에도 적용하고 적용 하역생산성은 표 5와 표 6에 명시된 생산성을 각각 적용한다.

그리고 묘박지에 대기중인 선박이 선석에 접안할 때까지 소요되는 시간은 철광석과 원료탄을 적재한 대형 선박은 2시간, CTS 선박은 1.5시간, 부원료를 적재한 소형 선박은 0.5시간이 소요되고 이 시간은 해당선석의 점유시간에 포함된다. P항에서의 선석간 Shifting 조건은 다음과 같다.

#### • Shifting 조건

G항은 선석간 수심, 하역장비 특성 등 접안조건이 유사하여 선석간 Shifting이 발생하지 않지만, P항은 10번 선석과 11번, 13번, 14번 선간에 접안조건이 달라 하역중 Shifting이 자주 발생한다. Shifting 조건은 다음과 같다.

- 10번 선석에만 접안 가능한 15만톤급 이상인 선박이 대기 중일 때
- 10번 선석에 작업중인 선박만 검토
- 철광석과 원료탄을 적재한 선박만 검토
- 선적량의 1/3을 하역한 시점부터 Shifting 시도

- 10번 선석에의 잔여 작업시간이 4시간 이내일 때
- Shifting 소요시간은 2시간으로 가정하고, 이 시간은 Shifting 이후 선석의 점유시간에 포함

#### 5.5 선석점유율 비교

P항과 G항의 2004년부터 2006년까지 평균 선석점유율은 각각 75%, 82%를 보이고 있다. P항의 경우 대형선석인 10번 선석이 접안우선 순위를 가지기 때문에 선석점유율이 90% 가까이 되고, 11번 선석 85%, 13번 선석과 14번 선석이 각각 68%, 63%를 보이고 있다. G항의 경우에는 안벽수심 및 하역기 능력에 있어서 선석간 규모의 차이가 크지 않아 선석별 점유율이 84% 전후로 평균화되어 있다. P항의 경우 10번 선석의 점유율이 90%에 육박하고 있는데, 이는 해상운임을 줄이기 위한 15만톤급 이상의 대형선 배선비율이 높기 때문이다. 일반적으로 대기 이론에서는 선석점유율이 70%가 넘으면 급격한 대기시간의 증가가 우려되는데 P항과 G항의 경우에는 선박대기가 상대적으로 낮게 발생하고 있다.

물동량 증가에 따른 대형선 배선비율을 고려하여 9차년도까지 시뮬레이션을 시행하였다. 시뮬레이션 실행기간은 5년으로 하고 각각 3회 반복하였다. 실행기간은 선석 점유율이 100%가까이에 다다를 때 연말 단위로 하역을 하지 못한 작업량을 누적하기 위해 고려하였다. 그리고 반복회수는 선박도착의 정시성을 고려하여 실험간 변동이 크지 않아 3회 반복하였다. 표 8과 표 9는 대형선 배선비율에 따른 선석별 점유율을 나타내고 있다. 1차년부터 P항 10번 선석의 점유율이 100%, 11번 선석, 13번 선석의 점유율이 87%에 육박하고 있어 평균 선석점유율이 90%가 된다. G항의 경우에는 물동량 증가율이 CTS 27%,

표 7. 항별/년도별 선석별 선석점유율(%)

항	선석 번호	2004	2005	2006
P항	10	76	84	88
	11	77	80	86
	13	69	69	68
	14	72	67	63
	평균	73	75	76
G항	1	82	86	86
	2	82	85	82
	3	80	87	85
	4	80	85	85
	5	73	82	85
	평균	79	85	85



표 8. P항의 선석점유율/재항시간 변화(만톤, %)

구분(년차)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
물동량	4,153	4,280	4,236	4,433	4,591	5,000	5,055	5,148	5,148
선석별 점유율	10	99	99	99	99	99	100	100	100
	11	86	87	86	89	90	93	93	93
	13	83	86	87	87	92	91	92	93
	14	75	81	78	82	84	90	89	93
재항시간	49	47	47	51	-	-	-	-	-
미처리 물동량	-	-	-	-	196	222	282	274	274

주) 2009년을 기준년도로 연차별 비교

표 9. G항의 선석점유율/재항시간 변화(만톤, %)

구분(년차)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
물동량	5,160	5,330	5,950	5,985	6,678	6,700	7,437	7,437	7,437
선석별 점유율	1	97	98	59	55	63	53	58	63
	2	88	94	85	88	99	99	100	100
	3	91	92	91	90	99	100	100	100
	4	88	92	87	89	99	98	100	100
	5	85	89	89	86	99	99	100	100
재항시간	62	45	87	91	99	99	-	-	-
미처리 물동량	-	-	-	-	-	-	673	680	680

주) 2009년을 기준년도로 연차별 비교

철광석 9%, 부원료 8% 증가하고 철광석이 2% 감소한다. 그러나 3차년을 기준으로 부원료 34%, CTS 34%, 원료탄과 철광석도 각각 15%, 18% 증가하고, 5차년의 경우에는 원료탄과 철광석이 각각 33%, 28% 증가한다. 이와 같은 물동량 증가에 따라 표 4에 명시된 브랜드별 선형에 따라 연차별로 각각 구현하였다.

P항은 대기시간을 포함한 선박별 평균재항시간이 1차년부터 각각 49시간, 47시간, 51시간으로 나타났다. 4년차를 기준으로 접안 우선순위가 가장 높은 10번 선석의 점유율은 100%에 가깝지만 11번 선석, 13번 선석, 14번 선석의 점유율은 각각 89%, 87%, 78%를 보이고 있다. 이는 10번 선석에서의 부하가 11번, 13번, 14번 선석으로 순차적으로 전이된 결과로 해석된다. 5년차 부터는 하역능력의 절대부족으로 총196만톤을 하역하지 못하였고, 이후 계속하여 200만톤, 300만톤을 하역하지 못한다. 6년차부터는 모든 선석의 점유율이 90%를 초과하여 체선현상이 심각하게 예상된다.

G항의 경우에는 선석간 접안조건 등이 유사하여 선석

점유율이 균형을 이루고 있다. 1번 선석을 제외한 2번, 3번, 4번, 5번 선석의 평균점유율이 90%로 체선현상의 증가가 예상되고 6년차부터는 100%로 심각한 선박대기가 발생한다. 그리고 7년차에 하역하지 못한 물동량이 673만톤으로 P제철의 조강능력 계획에 심각한 장애요인으로 예상된다.

P제철은 자체 배선계획이 이루어지고 있지만, 대기현상이 증가하는 특정 시점을 기준으로 체선현상은 계속적으로 누적된다. 따라서 특정 시점은 원료부두의 하역능력 증강 필요성에 대한 정보를 제공하고 있다. 뿐만 아니라 용광로 조강능력 및 생산계획에 따른 절대 수요량을 하역하지 못함으로써 절대적인 하역능력 부족 상태에 도달한다. 따라서 5차년을 기점으로 신규 선석 건설 및 하역기능력을 향상해야 할 필요성이 제기된다.

## 6. 결 론

P제철은 P항과 G항에 있는 제철소의 조강능력 및 생산계획에 따라 배선계획을 수립하고 있다. 따라서 원료부두에 도착하는 선박은 도착시점에 있어서 배선계획에 따른 정시성이 있기 때문에 일반적인 대기시스템에서의 고객도착 특성과 차이가 있다. 고객 도착의 랜덤성을 강조하는 일반적인 대기이론에서는 이용율이 50%를 넘으면 고객 대기현상이 심각하게 예상된다. 선박도착에 있어서 선사별 배선계획에 따라 특정 터미널에 도착하는 컨테이너 터미널의 경우에는 정요일 서비스를 하기 때문에 선박도착 시점이 정시성을 갖는다. 따라서 컨테이너 터미널의 경우에는 선석점유율이 60% 이상인 경우에도 선박대기가 심각하게 발생하지 않는다. 국내외 컨테이너 터미널에서 선석점유율이 70% 이상인 경우에도 문제의 심각성이 부각되지 않는다.

본 연구의 대상이 된 P제철 원료부두의 경우에도 선석에 따라서는 선석점유율이 80%를 넘어 90%에 육박하고 있음에도 불구하고 선박 대기율 증가가 그렇게 높지 않으며, 높은 선석점유율에 따른 문제점 또한 현실적으로 심각하게 받아들여지지 않고 있다.

P제철의 원료부두는 다음 두 가지 측면에서 일반적인 대기시스템이나 컨테이너 부두와 다른 측면이 있다. 첫째, 배선계획을 P제철이 수립한다. 즉 조강능력에 따른 생산계획 뿐만 아니라 배선계획을 P제철이 수립한다. 따라서 선사와의 전용선 계약, 선적항별 운항계획을 P제철이 수립하기 때문에 선박도착 시점에 있어서 변동성이 적다. 둘째, 원료부두 건설계획 및 운영계획을 P제철이 수립한

다. 신규 선석투자 및 하역기 설치 계획 등 투자에서부터 접안 선석 결정, 선박별 하역기 할당 등 운영이 P제철의 의사결정에 의하여 이루어진다. 결론적으로 화주, 선사 및 부두 운영이 한 주체에 의하여 의사결정이 이루어지기 때문에 P제철의 입장에서 가장 합리적인 의사결정이 이루어진다. 이와 같은 P제철의 종합적인 합리성 추구에도 불구하고 물동량 증가에 따른 신규 선석건설 및 하역기 투자가 이루어지지 않으면 용광로의 조강능력은 한계를 보일 것이다.

그러나 해상운임을 줄이기 위한 대형선 배선비율의 증가는 P항과 같이 특정 선석, 즉 10번 선석에 과중한 부하가 걸린다. 물론 Shifting에 의하여 선석간 부하가 균형을 이루어가지만, G항과 같이 Shifting이 배제되었다면 대형선의 체선은 심각하게 누적될 것이다. P제철의 경우 이항양하나 Shifting을 이용하여 항간 야드재고, 선석별 점유율 등에 있어서 균형을 이루고 있다. 그러나 지속적인 대형선의 배선비율 증가로 인한 해상운임 절감은 부두에서의 체선료 증가로 그 의미가 희석될 것이다.

본 연구의 한계는 B/C나 야드에서의 작업조건에 따라 선석에서 하역작업이 지연되는 상황은 고려하지 않았다. 선석에서의 하역작업은 B/C 라인 교체, 야드 반입 위치 변경 등으로 선석작업이 멈추는 경우가 있다. 추후 연구에서는 선석 이후의 작업조건에 따른 선석에서의 작업 상황을 반영하는 것이 필요하다.

### 참 고 문 헌

1. 김창곤, “컨테이너 터미널에서 선박도착분포의 허와 실”, *한국해운학회지*, 제32호, 2001. 6.
2. 이홍걸, 이철영, “발견적 알고리즘에 의한 컨테이너터미널의 선석배정에 관한 연구”, *한국항만학회지*, 제9권 제2호, 1995.
3. 장성용, 박진우, “시뮬레이션 기법을 이용한 컨테이너터미널의 운영시스템 결정”, *산업공학회지*, 제1권 제1호, 1988.
4. 김범중, “컨테이너선의 대형화 현황과 항만의 대응 추이”, *월간 해양수산*, 제182호, 1999. 11.
5. 이호우, 「대기행렬이론」, 시그마프레스, 1999.
6. 전일수, “컨테이너 선박의 대형화와 항만의 대응 방안”, *항만* 1999.
7. Brown, G.G., Siriphong Lawphongpanish and Katie Podolak Thurman, *Optimizing Ship Berthing*, Naval Research Logistics, Vol. 41, 1994.
8. Hauth, Y., Pollatsch, M. A. and Roll, Y., “Building a Port Simulator”, *Simulation*, Vol. 63, No. 3, 1994.
9. Nevins, M. R., Macal, C. M. and Joines, J. C., “A Discrete-Event Simulation Model for Seaport Operation”, *Simulation*, Vol. 70, No. 4, 1998.
10. Ramani, K. V., “An Interactive Simulation Model for the Logistics Planning of Container Operations in Seaports”, *Simulation*, Vol. 66, No. 5, 1996.
11. L.M. Gambadella, A.E. Rizzoli, and Zafflon, *Simulation and Planning of Intermodal Container Terminal*, *Simulation*, Vol. 71, No. 2, 1998.
12. P. Schonfeld and O. Sharafeldien, “Optimal Berth and crane Combinations in Container Ports”, *J. Waterway Port Coast Ocean Engineering Div.*, Vol. 111, 1985.
13. Y.Roll and Y.Hayuth, “Port performance comparison applying data envelopment analysis(DEA)”, *Maritime policy and Management*, Vol. 20, No. 2, pp. 153-161, 1993.
14. Y.Chung, S.U. Randhawa and D. Edward, “A simulation analysis for transtainer-based container handling facility”, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 14, No. 2, pp. 113-125, 1988.
15. Dollt Robinson, *Measurement of Port Productivity and Container Terminal Design*, Cargo systems, 1999.
16. E.G. Frankel, *Port Planning and Development*, John Wiley & Sons, 1987.
17. E. Page and B. Sc, *Queueing Theory in OR*, 1972.
18. F.S. Hiller and O.S. Yu, *Queueing Tables and Graphs*, Elsevier North Holand, Inc., 1981.
19. J. Johnston, *Econometric Methods*, McGRAW-HILL International Book Company, 1984.
20. J.O. Jansson, and D. Shneerson, *Port Economics*, MIT, 1982.
21. Leonard Kleinrock, *Queueing Systems, Volume 1: Theory*, John Wiley & Sons, Inc., 1975.
22. Lim, A., “The berth planning problem”, *Operation Research Letters*, Vol. 22, 1998.
23. UNCTAD, *Berth throughput*, UNITED NATIONS, New York, 1973.
24. UNCTAD, *Port Development*, United Nations, 1985.
25. Jordan Woodman Dobson(JWD), *Pusan Newport Container Terminal Development*, Pusan New Port, 1998.
26. Korean Port Consultants(KPC), *Pusan Newport Terminal Planning Study*, Pusan new port, 1998.
27. W. Winkelmaus, *Advanced port Economics*, Institute of Transport, 2000.



**김 창 곤** (cgkim@sunchon.ac.kr)

1985 경희대학교 산업공학과(공학사)  
1988 서울대학교 대학원 산업공학과(공학석사)  
2000 경희대학교 대학원 산업공학과(공학박사)  
1987~1997 한국해양연구소 선임연구원  
1997~2001 한국해양수산개발원 연구위원  
2002~현재 순천대학교 물류학과 조교수

관심분야 : 대기행렬, 항만물류, 시뮬레이션 등



**장 성 용** (syjang@snut.ac.kr)

1980 서울대학교 산업공학과(공학사)  
1982 서울대학교 대학원 산업공학과(공학석사)  
1991 경희대학교 대학원 산업공학과(공학박사)  
1983~1985 한국해양연구소 연구원  
1985~1987 한국해양수산개발원 연구원  
1987~현재 서울산업대학교 산업정보시스템공학과 교수

관심분야 : 시뮬레이션, 전자상거래, 물류시스템, TOC 등