

## 항만 서비스 혁신 관점에서의 선박 재항 시간의 결정요인 분석

이 민 규\*

### 초 록

항만 경쟁력의 제고를 위해서는 체선 현상의 최소화와 항만 운영의 효율화를 통한 항만 서비스 혁신이 추진되어야 한다. 본 연구에서는 선박 재항 시간의 결정요인을 분석함으로써 선박 재항 시간을 줄이기 위한 항만 운영 전략을 도출한다. 실증 분석 과정에서 2006년부터 2010년까지 5년 동안 인천항의 컨테이너부두에 입항한 외항 풀컨테이너선의 데이터를 이용하여 가속화 시간 모형을 적용하였다. 분석 결과, 로그로지스틱 분포가 최적의 가속화 시간 모형 분포라는 것과 화물 혼재 처리 비율이 높은 부두일수록 선박 재항 시간이 증가하는 경향이 있다는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 부두별 고유한 기능의 정립이 체선 현상을 줄일 수 있는 중요한 수단인 것으로 판단된다. 본 연구는 효율적인 항만 운영을 위한 중요한 근거 자료로 활용될 수 있으며, 본 연구의 추정 결과는 외항 컨테이너선의 재항 시간을 예측하는 데 활용될 수 있을 것이다.

**주제어** ; 선박 재항 시간, 항만 서비스 혁신, 가속화 시간 모형, 풀컨테이너선, 인천항

\* 한국해양수산개발원 항만수요예측센터 전문연구원, minkyu@kmi.re.kr

## I. 서 론

2010년 우리나라의 무역 의존도<sup>1)</sup>는 87.9%로 OECD 국가 가운데 7위를 차지할 정도로 높은 수준을 나타내고 있다. 무역 의존도가 높은 우리나라 경제 상황 하에서 수출입 국제 물류의 핵심 인프라 시설인 항만과 공항이 수행하는 역할이 중요하다. 특히 물동량 기준으로 수출입 화물의 99.8%가 항만에서 처리되기 때문에 항만이 우리나라 경제의 발전에 기여하는 바가 매우 크다고 할 수 있다.

최근 컨테이너선의 대형화, 해운회사의 제휴 그룹 결성, 중국 항만의 비약적인 성장 등 국내 항만을 둘러싼 여건이 빠르게 변하고 있다. 이에 따라 정부는 국내 항만의 경쟁력을 제고시키기 위해 항만 시설을 확충하고 항만 산업에 대한 인센티브 지원 정책을 꾸준히 시행하고 있다. 항만 시설을 확충하려면 오랜 건설 기간 및 많은 투자 재원이 필요하기 때문에 정부 예산의 부족이나 민간 기업의 참여 의지 약화 등의 이유로 항만 시설의 확충이 여의치 않은 상황이다.

항만의 경쟁력을 좌우하는 중요한 요소 가운데 한 가지는 항만에 입항하는 선박이 대기 시간 없이 하역 작업을 신속하게 완료하고 출항할 수 있는지의 여부이다. 이른바 선박이 하역 작업과 관련 없이 항내에서 대기하는 상태인 체선<sup>2)</sup>을 최소화하는 것이 항만 경쟁력 제고를 위한 중요한 조건인 셈이다.<sup>3)</sup> 물론 체선 현상을 근본적으로 감소시키려면 항만 시설의 적절한 확충이 필요하지만, 이는 장기적으로 추진해야 할 전략이다. 체선 현상에 대한 적절한 단기적 처방은 선박 입출항 시스템과 하역 시스템을 효율적으로 관리하는 항만 운영의 효율화이다(장영태, 1994). 요컨대, 항만 시설의 확충보다는 항만 운영 시스템의 관리를 통한 항만 서비스 혁신이 가장 우선적으로 추진해야 할 전략인 셈이다. 효율적인 항만 운영을 꾀하려면 먼저 선박 재항 시간<sup>4)</sup>의 분포를 파악하고 선박 재항 시간의 결정요인을 자세하게 분석할 필요가 있다. 이를 통해 항만 운영의 문제점을 발견하고 선박 재항 시간을 줄이기 위한 세부 전략을 세울 수 있다.

- 1) 무역 의존도는 재화의 수출액과 수입액 합계를 명목 국내 총생산(GDP)으로 나눈 값이다. 무역 의존도가 높은 국가일수록 내수보다 수출입의 비중이 크며 외부 경제 변수에 위험이 많이 노출되어 있다.
- 2) 일반적으로 선박이 12시간 이상 접안을 위해 대기하고 있는 상태를 체선이라고 하며, 체선율은 전체 입항 선박 중 즉시 접안하지 못하고 대기하는 선박의 비율을 의미한다.
- 3) 체선 현상은 시간 지체 비용, 화물 유치 상실에 따른 기회 비용 등의 경제적 손실을 야기한다.
- 4) 본 연구에서 정의한 선박의 재항 시간은 선박의 입항부터 출항까지 소요된 시간이다.

본 연구에서는 선박 재항 시간의 결정요인을 분석하기 위해 생존 분석 모형(Duration Model)의 범주에 속하는 가속화 시간 모형(Accelerated Failure Time Model)을 적용한다. 즉, 선박 재항 시간을 생존 시간의 한 형태로 간주하여 생존 시간의 통계적 추론에 사용되는 생존 분석의 적용을 시도한다. 실증 분석에서는 2006년부터 2010년까지 5년 동안 인천항의 컨테이너부두에 입항한 외항 선박의 선박 재항 시간 데이터를 이용한다. 본 연구는 선박 재항 시간의 결정요인을 구체적으로 파악함으로써 효율적인 항만 운영을 위한 중요한 근거 자료로 활용될 수 있다. 더군다나 추정 결과는 인천항의 컨테이너부두에 입항하는 외항 선박의 재항 시간을 예측하고 선박 재항 시간을 감소시키기 위한 전략을 수립하는 데 활용될 수 있을 것이다.

I 장 이후의 본 논문은 다음과 같이 구성된다. II 장에서는 선박 재항시간의 결정요인 분석에 관한 선행 연구에 관해 살펴보고, III 장에서는 가속화 시간 모형에 대해 상세하게 설명한다. IV 장에서는 분석 자료와 추정 결과를 기술한다. 마지막으로 V 장에서는 연구 내용을 요약하고 본 연구의 시사점을 제시한다.

## II. 선행 연구 검토

본 장에서는 선박 재항 시간 분석에 관한 선행 연구에 대해 살펴본다. 선박 재항 시간 분석은 선박 재항 시간 분포의 추정, 선박 재항 시간의 요인 분석으로 나눌 수 있다. 선박 재항 시간 분포 추정 연구는 일반적으로 선박 재항 시간이 특정 분포에 근사한지 분석하고 최적의 분포 모형을 추정한다(장영태, 1994; 김창곤·홍동희·최종희, 1997; 백인흠, 1998; 박병인, 1998, 이민규·김근섭, 2010). 또한 추정 결과에서 입항 선박의 입출항 패턴을 파악하고 대기행렬 모형과 시뮬레이션 모형을 구축한다.

선박 재항 시간의 요인 분석 연구는 선박의 총중량, 입항 시기, 부두의 특징과 같은 다양한 요인이 선박 재항 시간에 미치는 영향을 분석함으로써 선박 재항 시간을 감소시키기 위한 방법을 모색하고 선박 재항 시간을 예측할 수 있다. <표 1>은 선박 재항 시간의 요인 분석 관련 연구의 특징 및 한계점을 나타낸다.

〈표 1〉 선박 재항 시간의 요인 분석 관련 연구

연구목록	특징	한계점
윤신희(2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목적: 선박의 재항시간을 예측함으로써 컨테이너 터미널의 생산성을 평가</li> <li>- 방법론: 기계적 학습기법</li> <li>- 설명변수: 작업할 컨테이너 수, 컨테이너의 분포, 재취급 개수, 장비 성능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설명변수의 통계적 유의성을 검증할 수 없음</li> </ul>
사공범 · 최석범(2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목적: 벌크선박의 체선현상을 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 강구하여 벌크선박의 운항관리의 효율성을 도모</li> <li>- 방법론: <math>t</math>-검정, 분산 분석</li> <li>- 설명변수: 적재능력, 입항시기, 항만의 특성, 항만의 입지, 적당 화물처리량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방법론의 한계로 인해 다양한 요인의 효과를 함께 분석하는 것이 아니라 단일 요인의 효과를 분석</li> </ul>
신강원 · 정장표(2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목적: 부산항 입항 선박의 재항시간에 영향을 미치는 요인들의 효과 분석 및 선박의 온실가스 배출량 산정</li> <li>- 방법론: 생존분석모형</li> <li>- 설명변수: 선박 총톤수, 부두 서비스용량, 선박 종류</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2008년 한 해 동안의 데이터를 분석</li> <li>- 양·적하 및 여객 수송을 목적으로 입항한 선박을 대상으로 함</li> </ul>

윤신희(2009)는 기계적 학습기법을 사용하여 컨테이너 선박의 재항 시간<sup>5)</sup>을 예측하였다. 먼저 영향 다이어그램을 사용하여 재항 시간에 영향을 주는 요인을 추출하고, 각 요인들과 재항 시간의 관계를 추정하였다. 윤신희(2009)는 작업할 컨테이너 수, 컨테이너의 분포, 재취급 개수, 하역장비의 성능을 선박 재항 시간에 영향을 끼치는 주요 요인으로 파악하였다.

사공범 · 최석범(2009)은 벌크 선박의 체선 현상을 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 강구하기 위해 벌크 선박의 접안 대기 시간을  $t$ -검정과 분산 분석을 통해 실증적으로 분석하였다. 선박의 적재 능력, 항만의 운영 형태, 항만의 입지, 입항 시기, 적당 화물 처리량에 따른 접안 대기 시간의 차이를 실증적으로 검증하였으며, 입항 시기를 제외한 나머지 요인들은 체선 시간에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

신강원 · 정장표(2010)는 선박의 온실가스 배출량을 산정하기 위해 생존 분석모형을 이용해 선박 재항 시간을 추정하였다. 2008년 부산항에 양·적하 및 여객

5) 윤신희(2009)는 컨테이너 선박이 크레인 서비스를 받는 시점부터 끝나는 시점까지를 선박 재항 시간으로 정의하였다.

수송의 목적으로 입항한 19,167척의 외항 선박들을 대상으로 생존 분석 모형을 적용하여 재항 시간에 영향을 끼치는 요인을 분석하였다. 신강원·정장표(2010)의 분석 결과, 부두의 서비스 용량, 선박의 총중량, 선박의 종류가 재항 시간에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구는 신강원·정장표(2010)가 활용했던 방법론과 마찬가지로 가속화 시간 모형을 적용하여 선박 재항 시간의 결정요인을 분석하고자 한다. 하지만 기존 연구와는 다르게 본 연구는 시기별 항만 재항 시간의 변화 추세에 주목하여 2006년부터 2010년까지 5년간 인천항 컨테이너부두에 입항한 외항 풀컨테이너선의 입항 시기의 연도별 추세를 중요한 결정요인으로 반영한다. 또한 입항 목적으로 양·적하뿐만 아니라 양하와 적하까지 함께 고려함으로써 항만 물동량 창출과 관련된 모든 선박 재항 시간의 데이터를 활용한다.

### III. 가속화 시간 모형

생존 시간은 특정 사건이 어떤 시점부터 발생할 때까지의 시간을 말하며, 이러한 맥락에서 선박의 입항 시점부터 출항 시점까지 소요된 시간인 선박 재항 시간을 생존 시간으로 간주할 수 있다. 혁신의 생존 시간에 대한 통계적 추론을 하기 위한 목적으로 생존 분석이 적용되며<sup>6)</sup>, 생존 분석은 특히 분석(추기능·박규호, 2010), 기술 혁신의 확산(Sinha and Chandrashekar, 1992; Dekimpe et al., 2000), 의료 분야(Kay and Kinnersley, 2002; 강중철·이도수, 2001), 제품의 마케팅(Helsen and Schmittlein, 1993), 기업 분석(이병기·신광철, 2005; 강미·이재우, 2009; 이영찬, 2010) 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다.

본 연구에서는 선박 재항 시간의 분석을 위해 생존 분석을 적용한다.<sup>7)</sup> 선박 재항 시간의 확률 변수를  $T$ 로 정의하면, 실제로 관측된 특정 시점  $t$ 까지 선박이 출항할 확률<sup>8)</sup>  $F(t)$ 는 식 (1)과 같이 정의된다.

6) 생존 시간을 분석할 때는 항상 중도 절단된 자료(censored data)를 고려해야 하는 점이 다른 일반적인 통계 분석 방법과 차별된다(이영찬, 2010).

7) 본 연구에서 생존 분석에 관한 전개 과정은 Kalbfleish and Prentice(2002)와 Greene(2003)을 참고한다.

8) 선박이 출항할 확률  $F(t)$ 는 전체 선박 수 대비  $t$ 시점까지 출항한 선박 수의 비율을 의미한다.

$$F(t) = \int_0^t f(s)ds = \text{Prob}(T \leq t) \dots\dots\dots (1)$$

생존 함수(survival function)  $S(t)$ 는  $t$ 시점까지 선박이 출항하지 않을 확률을 나타내며, 식 (2)와 같다.

$$S(t) = 1 - F(t) = \text{Prob}(T \geq t) \dots\dots\dots (2)$$

위험 함수(hazard function)  $\lambda(t)$ 는  $t$ 시점까지 선박이 출항하지 않다가  $t$ 시점에 출항할 조건부 확률로 정의된다.

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\text{Prob}(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{S(t)} \dots\dots\dots (3)$$

위험 함수, 생존 함수, 확률 밀도 함수는 다음과 같이 서로 관련되어 있다.

$$\lambda(t) = \frac{-d \ln S(t)}{dt} \dots\dots\dots (4)$$

$$S(t) = \exp \left[ - \int_0^t \lambda(s)ds \right] \dots\dots\dots (5)$$

$$f(t) = \lambda(t)S(t) = \lambda(t) \exp \left[ - \int_0^t \lambda(s)ds \right] \dots\dots\dots (6)$$

선박 재항 시간에 영향을 미치는 결정요인을 파악하기 위해서는 공변량(covariate)의 효과를 반영한 생존 분석 모형을 고려해야 한다. Cox(1972)의 비례 위험 모형(Proportional Hazard Model)과 가속화 시간 모형이 공변량의 효과를 감안한 생존 분석 모형에 해당된다(Kiefer, 1988). Cox의 비례 위험 모형<sup>9)</sup>은 공변량이 생존 시간에 미치는 영향보다는 공변량이 위험률에 미치는 영향을 쉽게 파악할 수 있다(Wei, 1992). 또한 많은 실증 사례로부터 가속화 시간 모형이 Cox의 비례 위험 모형에 비해 뛰어난 모형 적합성을 보이고 있다(Kay and Kinnersley, 2002).

9) Cox의 비례 위험 모형은  $h_i(t) = h_0(t) \exp(x_i' \beta)$ 를 만족한다.

따라서 본 연구에서는 선박 재항 시간의 결정요인을 분석하기 위해 가속화 시간 모형을 적용한다.

가속화 시간 모형에서는 위험 함수가 식 (7)과 같이 공변량  $x_i^{10}$ 의 함수로 정의된다.

$$\lambda_i = e^{-x_i' \beta} \dots\dots\dots (7)$$

식 (7)의 양변에  $t_i$ 를 곱하고 자연로그를 취한 후  $\sigma$ 로 나누면, 식 (8)이 도출된다.

$$w_i = \frac{\ln(\lambda_i t_i)}{\sigma} = \frac{(\ln t_i - x_i' \beta)}{\sigma} \dots\dots\dots (8)$$

식 (8)로부터 선박 재항 시간  $t_i$ 의 자연로그 값이 공변량의 선형 함수로 결정된다.

$$\ln t_i = x_i' \beta + \sigma w_i \dots\dots\dots (9)$$

$w_i$ 는 확률 밀도 함수  $f(w_i)$ 를 가지는 오차항이다. 관측치  $t_i$ 가 우측 절단되었는지를 나타내는 변수  $\delta_i^{11}$ 를 추가하여 식 (10)과 같이 우도 함수를 도출한다.

$$L = \prod_{i=1}^n \left[ \frac{1}{\sigma} f(w_i) \right]^{\delta_i} [S(w_i)]^{1-\delta_i} \dots\dots\dots (10)$$

그리고 식 (10)에 자연로그를 취하여 식 (11)의 로그 우도함수를 유도한다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^n [\delta_i \{-\ln \sigma + \ln f(w_i)\} + (1 - \delta_i) \ln S(w_i)] \dots\dots\dots (11)$$

식 (11)에 최우추정법(maximum likelihood estimator)을 적용하여 우도함수를 최

---

10)  $x_i$ 는  $T=0$ 부터  $T=t_i$ 까지 일정한 값을 가진다.

11) 관측치가 우측 절단되었으면  $\delta_i = 0$ 이고, 우측 절단되지 않았으면  $\delta_i = 1$ 이다. 본 연구의 모든 관측치 데이터는 우측 절단되지 않았다.

대로 하는 모수 값을 추정할 수 있다.

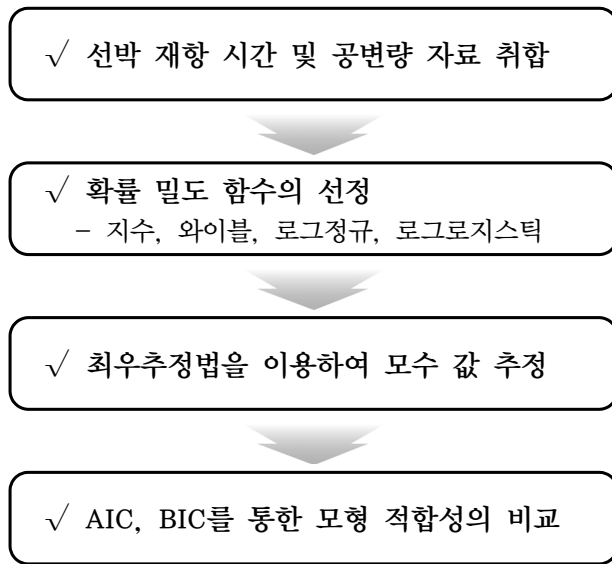
확률 밀도 함수  $f(w_i)$ 에 따른 모형의 적합성을 판별하기 위해서는 추정 결과가 모형 선택 기준에 부합하는지 검증해야 한다. 본 연구에서는 최적 모형의 선택 기준으로 AIC(Akaike Information Criteria), BIC(Bayesian Information Criteria)를 살펴본다. 식 (12), (13)에서  $L$ ,  $p$ ,  $n$ 은 각각 우도함수 값, 추정 모수의 개수, 전체 관측치의 개수를 의미한다.

$$AIC = -2\ln L + 2p \dots\dots\dots (11)$$

$$BIC = -2\ln L + p\ln n \dots\dots\dots (12)$$

앞에서 설명한 가속화 시간 모형의 실행 절차는 <그림 1>에 제시되어 있다.

<그림 1> 가속화 시간 모형의 수행 절차





## IV. 분석 결과

### 4.1 분석 자료

본 연구에서는 2006년부터 2010년까지 5년 동안 인천항의 컨테이너부두에 양·적하, 양하, 적하 등의 목적으로 입항한 외항 풀컨테이너선<sup>12)</sup>의 데이터를 이용한다.<sup>13)</sup> <표 2>에서 알 수 있듯이 외항 컨테이너물동량이 인천항 컨테이너 물동량의 대부분을 차지하고 있다.

〈표 2〉 연도별 인천항 컨테이너 물동량 처리 실적

(단위: 천TEU, %)

연도	외항	내항	전체
2006	1,344 (97.6)	33 (2.4)	1,377 (100.0)
2007	1,646 (98.9)	18 (1.1)	1,664 (100.0)
2008	1,692 (99.3)	12 (0.7)	1,703 (100.0)
2009	1,542 (97.7)	36 (2.3)	1,578 (100.0)
2010	1,858 (97.7)	44 (2.3)	1,903 (100.0)

자료: 국토해양부 SP-IDC(www.spidc.go.kr), 2011, 4, 6.

주: 1) 외항은 수입·수출·환적 물동량의 합계이며, 내항은 연안 물동량을 나타냄

2) ( )의 값은 외항과 내항 물동량이 전체 물동량에서 차지하는 비중을 의미함

외항 풀컨테이너선이 입항하는 컨테이너부두로서 인천 내항의 4부두, 인천 남항의 선광부두, E1부두, ICT부두, 대한통운부두를 고려한다.<sup>14)</sup>

12) 입항 선박의 종류는 풀컨테이너선, 세미컨테이너선, 일반화물선, 자동차운반선, 케미칼운반선, 여객선 등이다.

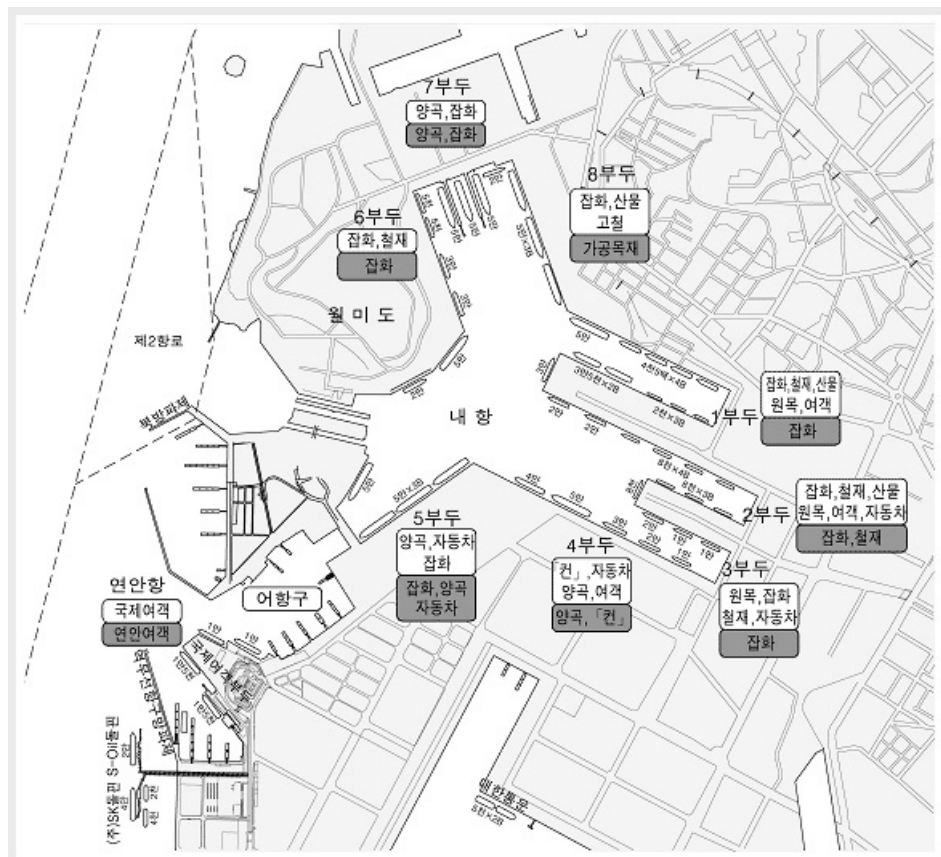
13) 분석 자료는 인천지방해양항만청의 항만운영 정보시스템(PORT-MIS)을 통해 획득하였다.

14) 분석 대상으로 설정된 5개의 컨테이너 부두에서 인천항 전체 컨테이너물동량의 80% 가량을 처리하고 있다. 이들 부두 이외에 1부두, 국제여객부두 등에서 컨테이너물동량을 처리하고 있다.

〈표 3〉 분석 대상 컨테이너 부두

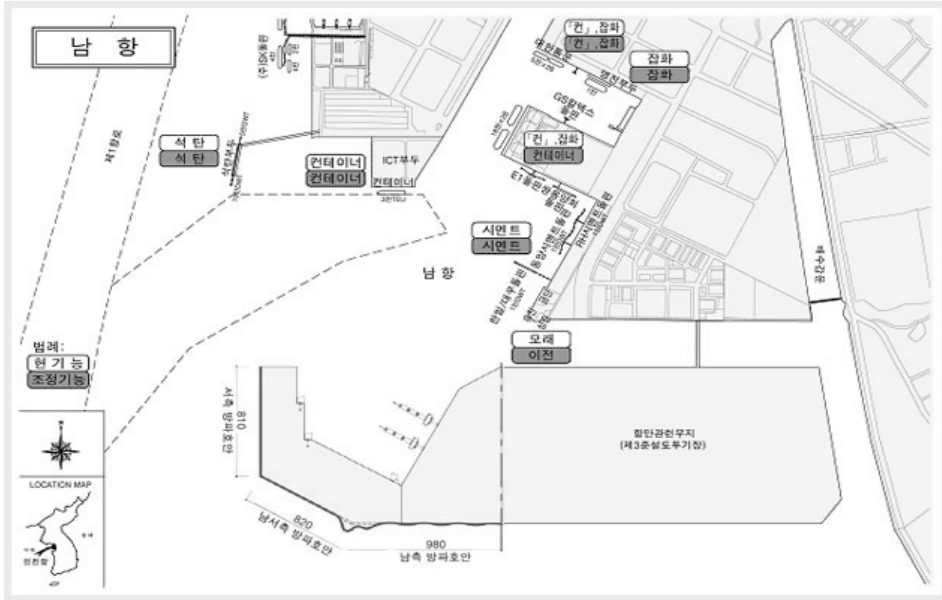
구분	부두	비고
내항	4부두	
남항	선광부두	2007년 2월, 2단계 개장
	E1부두	2009년 3월, 개장
	ICT부두	2008년 8월, 2단계 개장
	대한통운부두	

〈그림 2〉 인천 내항의 부두별 배치도



자료: 인천지방해양항만청(www.portincheon.go.kr)

〈그림 3〉 인천 남항의 부두별 배치도



자료: 인천지방해양항만청(www.portincheon.go.kr)

인천항의 컨테이너 부두에 입항한 풀컨테이너선에서 재항 시간이 2시간 미만이거나 72시간 초과인 경우는 분석에서 제외한다.<sup>15)</sup> 연도별 부두별 표본의 수는 <표 4>에 제시되어 있다. 총 데이터 개수는 8,345개이며, 연도가 증가할수록 데이터의 개수가 증가한다. 부두별 데이터 개수는 선광부두, ICT부두, 4부두, 남항 대한통운부두, E1부두의 순서대로 많다.

〈표 4〉 연도별 부두별 표본의 수

연도	4부두	선광부두	E1부두	ICT부두	남항 대한통운부두	합계
2006	384	369	0	339	299	1,391
2007	491	490	0	380	323	1,684
2008	522	497	0	375	296	1,690
2009	376	418	55	555	331	1,735
2010	278	493	175	582	317	1,845
합계	2,051	2,267	230	2,231	1,566	8,345

15) 이들 데이터는 이민규·김근섭(2010)과 마찬가지로의 이유로 분석에서 제외한다. 즉, 재항 시간이 2시간 미만일 때는 실제로 하역 작업이 이루어지지 않았다고 판단했고, 재항 시간이 72시간 초과일 때는 기상 악화 및 다른 이유로 인해 선박의 출항이 지연된 경우로 간주했다.

<표 5>는 분석에 사용된 변수의 정의 및 요약 통계량을 나타내고 있다. 선박 재항 시간의 결정요인으로는 선박 총톤수, 부두의 종류, 입항 목적, 연도별 선박 입항 시기, 분기별 선박 입항 시기이다. 평균 선박 재항 시간과 평균 선박 총톤수는 각각 14.064시간과 1.026만 톤이다. 분석 대상 선박의 96.6%가 양·적하 목적으로 입항하고 있으며, 분기별 선박 입항 시기는 거의 차이가 없다.

〈표 5〉 변수의 정의 및 요약 통계량

구분		정의		평균	표준편차
종속변수	Time	선박 재항 시간(hour)		14.064	7.995
	Ton	선박 총톤수(만 톤)		1.026	0.678
설명변수	Terminal1	부두의 종류 (1: 그렇다, 0: 아니다)	4부두	0.246	0.431
	Terminal2		선광부두	0.272	0.445
	Terminal3		E1부두	0.028	0.164
	Terminal4		ICT부두	0.267	0.443
	Terminal5*		남항 대한통운부두	0.188	0.390
	Purpose1	입항 목적 (1: 그렇다, 0: 아니다)	양·적하	0.966	0.181
	Purpose2		양하	0.016	0.125
	Purpose3*		적하	0.018	0.134
	Year	연도별 선박 입항 시기(해당 연도-2006)		2.115	1.396
	Quarter1	분기별 선박 입항 시기 (1: 그렇다, 0: 아니다)	1분기	0.234	0.423
	Quarter2		2분기	0.249	0.433
	Quarter3		3분기	0.261	0.439
	Quarter4*		4분기	0.256	0.436

주: \*는 참조 집단으로 추정 과정에서 제외됨

## 4.2 추정 결과

본 절에서는 식 (9)의 가속화 시간 모형의 확률 밀도 함수  $f(w_i)$ 로 네 가지 분포(지수, 와이블, 로그정규, 로그로지스틱)에 대해 각각 추정을 시도하였다.<sup>16)</sup> <표 6>은 네 가지 확률 밀도 함수에 따른 AIC, BIC를 나타낸다.<sup>17)</sup> 모형 적합성 비교 결과, 로그로지스틱 분포의 모형 적합성이 가장 뛰어나기 때문에 로그로지스틱 분

16) 추정 프로그램으로는 제약된 종속 변수(limited dependent variable)를 가진 계량 모형의 분석에 많이 활용되는 LIMDEP 9.0을 사용하였다.

17) AIC와 BIC가 작은 모형일수록 모형의 적합성이 뛰어나다는 것을 의미한다.

포를 최종 추정 모형으로 결정한다.

〈표 6〉 분포의 모형 적합성 비교

분포	추정 모수의 개수	AIC	BIC
지수	12	2,239	2,249
와이블	13	1,607	1,618
로그정규	13	1,337	1,348
로그로지스틱	13	1,317	1,328

로그로지스틱 분포의 추정 결과가 <표 7>에 제시되어 있다. 로그로지스틱 분포의 추정 결과에 의하면, 양하 입항 목적의 터미 변수와 1분기 입항의 터미 변수 및 3분기 입항의 터미 변수를 제외한 모든 설명 변수가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

〈표 7〉 로그로지스틱 분포의 추정 결과

변수	추정 계수	표준 오차
Constant	2.042***	0.037
Ton	0.238***	0.010
Terminal1	0.141***	0.015
Terminal2	-0.029*	0.015
Terminal3	-0.281***	0.033
Terminal4	-0.312***	0.018
Purpose1	0.323***	0.033
Purpose2	-0.062	0.048
Year	-0.016***	0.004
Quarter1	-0.010	0.014
Quarter2	0.028**	0.014
Quarter3	-0.010	0.014
$\sigma$	0.261***	0.002
관측치의 개수	8,345	
Log Likelihood	-5,483.453	

주: \*, \*\*, \*\*\*는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계적으로 유의함

추정 결과에 대해 자세히 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 선박 총톤수에 대한 추정 계수는 양수이다. 입항하는 선박의 총톤수가 증가할수록 선박 재항 시간이 늘어나는 경향을 보인다. 총톤수가 1,000톤 증가할수록 선박 재항 시간이 약 2.4%씩<sup>18)</sup> 늘어난다. 풀컨테이너선의 총톤수가 클수록 일반적으로 많은 화물을 적재하기 때문에 양·적하 작업 시간이 늘어난다는 것을 쉽게 짐작할 수 있다.

둘째, 부두별 재항 시간의 비교에서는 4부두가 남항 대한통운부두에 비해 선박 재항 시간이 길지만, 선광부두, E1부두, ICT부두는 남항 대한통운부두보다 재항 시간이 짧다. 부두별 선박 재항 시간은 ICT부두, E1부두, 선광부두, 대한통운부두, 4부두의 순서대로 길어진다. 인천 내항에 위치한 4부두의 선박재항 시간이 가장 긴 이유는 4부두는 갑문 밖에 위치한 인천 남항의 다른 컨테이너부두와 달리 갑문 내에 위치하고 있기 때문이다. 즉, 선박이 4부두에 접안하기 위해서는 갑문을 반드시 통과해야 하기 때문에 만성적인 체선 현상이 발생하고 있는 것이다. 부두별 재항 시간이 서로 다른 것은 부두별 하역 능력 차이, 부두 운영 노하우 차이 등의 다양한 요인이 있지만, 화물 혼재 처리 정도가 중요한 요인이 될 수 있다. 컨테이너 전용부두에서 컨테이너 이외의 다른 화물이 처리되는 비율이 높을수록 컨테이너 작업이 지연될 가능성이 높다. <표 8>은 연도별 부두별 입항 선박 중 풀컨테이너선의 비율을 나타내고 있다. 연도별 풀컨테이너선의 입항 비율이 높은 부두일수록 선박 재항 시간이 짧다는 것을 알 수 있다.

〈표 8〉 입항 선박 중 풀컨테이너선의 비율

연도	4부두	선광부두	E1부두	ICT부두	남항 대한통운부두
2006	50.1	68.9	—	96.6	71.9
2007	62.4	75.3	—	99.7	93.7
2008	70.0	75.6	—	99.7	72.6
2009	66.3	75.1	87.3	99.8	72.6
2010	50.1	84.2	82.4	99.8	73.3
전체	59.9	76.0	83.5	99.3	76.1

18)  $[(\exp(0.024) - 1) \times 100 = 2.429]$

셋째, 적하 목적보다는 양·적하 목적으로 입항하는 선박의 재항 시간이 길다. 반면 양하와 적하 목적의 선박 재항 시간은 통계적으로 유의한 차이가 없다. 양·적하 목적으로 입항하는 풀컨테이너선의 평균 재항 시간은 적하 목적의 풀컨테이너선의 평균 재항 시간에 비해 약 38.1% 가량 길게 나타난다.<sup>19)</sup>

넷째, 선박의 재항 시간이 매년 감소하고 있는 추세를 보이고 있다. 매년 전년 대비 1.6%씩 선박 재항 시간이 감소하고 있어서 풀컨테이너선의 체선 현상이 조금씩 완화되고 있음을 알 수 있다. 이는 컨테이너 전용 부두가 적절하게 개장되면서 컨테이너물동량을 잘 소화하고 있는 것으로 풀이된다. 그리고 최근 선박의 자동화, 항만간 경쟁 심화, 컨테이너 선사의 원가 절감 등의 노력을 통해 전반적으로 풀컨테이너선의 선박 재항 시간이 감소하는 추세를 보이고 있다.

마지막으로 분기별 입항 시기에 따른 선박 재항 시간은 큰 차이가 없다. 다만 2분기에 입항한 선박이 4분기에 입항한 선박에 비해 선박 재항 시간이 약간 긴 것(약 2.8%)으로 나타났다.

## V. 결론

국내 항만을 둘러싼 여건이 변화하고 있는 상황에서 국내 항만의 경쟁력을 제고시키기 위해서는 체선 현상의 최소화과 항만 운영의 효율화를 도모할 필요가 있다. 이를 위해 장기적 건설 기간과 많은 투자 재원이 소요되는 항만 시설의 확충보다는 항만 운영 시스템의 관리를 통한 항만 서비스 혁신을 우선적으로 추진해야 한다. 이러한 맥락에서 본 연구에서는 선박 재항 시간을 줄이고 항만의 운영상 문제점을 파악하기 위해 가속화 시간 모형을 적용하여 선박 재항 시간의 결정요인을 분석하였다. 선박 총톤수, 부두의 종류, 입항 목적, 연도별 선박 입항 시기, 분기별 입항 시기가 선박 재항 시간에 미치는 영향을 검증하였으며, 2006년부터 2010년까지 5년 동안 인천항의 컨테이너부두에 입항한 외항 풀컨테이너선의 선박 재항 시간 데이터를 이용하였다.

추정 과정에서 로그로지스틱 분포의 모형 적합성이 가장 우수하였으며, 로그로

19)  $[(\exp(-0.323) - 1) \times 100 = 38.137$

지스틱 분포의 가속화 시간 모형의 추정 결과로부터 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다. 첫째, 선박 총톤수가 증가할수록 선박 재항 시간이 길어진다. 둘째, 부두별 선박 재항 시간은 ICT부두, E1부두, 선광부두, 남항 대한통운부두, 4부두의 순서대로 길게 나타났다. 이는 선박의 갑문 통과 여부 및 부두별 화물 혼재 처리 정도와 많은 관련성이 있는 것으로 보인다. 셋째, 양·적하 목적의 선박 재항 시간이 적하 목적의 선박 재항 시간보다 길다. 넷째, 풀컨테이너선의 선박 재항 시간이 매년 전년 대비 1.6%씩 감소하고 있다. 이는 컨테이너 전용 부두가 적절한 시기에 개장되면서 컨테이너물동량을 부두별로 분산시키고 있다는 것을 의미한다. 다섯째, 분기별 입항 시기는 선박 재항 시간에 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 다만 2분기에 입항한 선박은 4분기에 입항한 선박에 비해 선박 재항 시간이 약간 길게 나타났다.

본 연구는 선박 재항 시간의 결정요인을 구체적으로 파악함으로써 효율적인 항만 운영을 위한 중요한 근거 자료로 활용될 수 있다. 또한 추정 결과는 인천항의 컨테이너부두에 입항하는 외항 컨테이너선의 재항 시간을 예측하고 선박 재항 시간을 감소시키기 위한 전략을 수립하는 데 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 화물 혼재 처리를 많이 하는 부두일수록 재항 시간이 증가하는 경향이 있기 때문에 부두에 따른 확실한 기능 정립이 체선 현상을 줄일 수 있는 중요한 정책적 수단이다. 따라서 국토해양부의 「항만기본계획」상 부여한 부두의 고유 기능을 유지하기 위해 노력해야 하며, 특히 부두운영사의 과도한 타부두 화물 유치 경쟁에 대해 적절히 규제할 필요가 있다. 본 연구는 항만의 경쟁력을 제고시키기 위한 방법으로 항만 시설의 확충보다는 오히려 항만 운영의 효율화를 통한 항만 서비스 혁신을 강조했다는 점에서 의의가 있는 것으로 판단된다.

본 연구는 데이터의 한계로 인해 부두별 하역 능력, 운영 노하우 등의 다양한 변수를 선박 재항 시간의 결정요인으로 포함시키지 못한 한계점이 있다. 또한 선박 재항 시간으로부터 하역 작업 시간을 분리할 수 없었다. 본 연구에서 제안한 가속화 시간 모형의 적용 가능성을 높이기 위해서는 향후 국내외 여러 항만시설을 대상으로 지속적인 연구가 필요할 것이다.



<참고문헌>

- 강미 · 이재우 (2009), “Cox의 비례위험모형을 이용한 중소건설기업의 생존요인분석,” 『부동산학연구』, 15(2), 41-57.
- 강중철 · 이도수 (2001), “생존분석을 이용한 입원기간 추정방법에 관한 연구,” 『리스크관리연구』, 12(2), 133-157.
- 김창곤 · 홍동희 · 최종희 (1997), “항만 대기시스템에서 시간분포의 통계적 검증에 대한 사례연구,” 『해양정책연구』, 12(1), 205-215.
- 박병인 (1998), “이질적 복수서버를 갖는 혼잡 컨테이너터미널의 선박관련 시간분포 추정,” 『해양정책연구』, 13(1), 171-184.
- 백인흠 (1998), “선박재항시간에 대한 분석연구: 인천항의 경우,” 『수산해양교육연구』, 10(1), 1-14.
- 사공훈 · 최석범 (2009), “국내 벌크선박의 체선원인에 관한 실증적 분석: 접안대기시간을 중심으로,” 『해운물류연구』, 25(2), 263-284.
- 신강원 · 정장표 (2010), “생존분석모형을 이용한 선박의 재항시간 및 온실가스 배출량 분석,” 『대한토목학회논문집』, 30(4D), 323-330.
- 윤신희 (2009), 『기계학습 기법을 이용한 본선의 재항시간 예측』, 부산대학교 석사학위논문.
- 이민규 · 김근섭 (2010), “베이지안 혼합 정규 분포를 이용한 선박 재항시간 분포의 추정,” 『해양정책연구』, 25(2), 25-49.
- 이병기 · 신광철 (2005), “해저드모형에 의한 신생기업의 생존요인 분석,” 『국제경제연구』, 11(1), 131-154.
- 이영찬 (2010), “기술평가 자료를 이용한 중소기업의 생존율 추정 및 생존요인 분석,” 『지식경영연구』, 11(2), 95-109.
- 장영태 (1994), “우리나라 주요 수출입 항만에서의 선박 입출항시간 분포 추정에 관한 연구,” 『해운물류연구』, 19, 123-163.
- 추기능 · 박규호 (2010), “특허의 경제적 수명의 결정요인에 관한 연구: 갱신자료를 활용한 생존분석,” 『지식경영연구』, 11(1), 65-81.
- Cox, D.R. (1972), “Regression Models and Life-Tables,” *Journal of Royal Statistical Society*.

*Series B (Methodological)*, 34(2), 187-220.

Dekimpe, M.G., P.M. Parker, and M. Sarvary (2000), "Global Diffusion of Technological Innovations: A Coupled-Hazard Approach," *Journal of Marketing Research*, 37(1), 47-59.

Greene, W.H. (2003), *Econometrics Analysis*, New Jersey: Prentice Hall.

Helsen, K. and D.C. Schmittlein (1993), "Analyzing Duration Times in Marketing: Evidence for the Effectiveness of Hazard Rate Models," *Marketing Science*, 12(4), 395-414.

Kalbfleish, J.D. and R.L. Prentice (2002), *The Statistical Analysis of Failure Time Data*, New York, Wiley.

Kay, R. and N. Kinnersley (2002), "On the Use of the Accelerated Failure Time Model as an Alternative to the Proportional Hazard Model in the Treatment of Time to Event Data: A Case Study in Influenza," *Drug Information Journal*, 36, 571-579.

Kiefer, N.M. (1988), "Economic Duration Data and Hazard Functions," *Journal of Economic Literature*, 26, 646-679.

Sinha, R.K. and M. Chandrashekaran (1992), "A Split Hazard Model for Analyzing the Diffusion of Innovations," *Journal of Marketing Research*, 29(1), 116-127.

Wei, L.J. (1992), "The Accelerated Failure Time Model: A Useful Alternative to the Cox Regression Model in Survival Analysis," *Statistics in Medicine*, 11, 1871-1879.

국토해양부 SP-IDC([www.spidc.go.kr](http://www.spidc.go.kr))

인천지방해양항만청([www.portincheon.go.kr](http://www.portincheon.go.kr))

# A Study on Determinants of the Ship's Time in a Port in the Perspective of Port Service Innovation

Minkyu Lee\*

## Abstract

---

To accomplish port service innovation through the minimization of congestion and enhanced efficiency of port operation is required to increase a port's competitive power. This study develops port operation strategies to reduce the ship's time in a port by analyzing determinants of the time. This study adopts accelerated failure time model to analyze determinants of the time. Data on full-container vessels which arrived at container terminals of Incheon outer port from 2006 to 2010 are used for empirical study. The results show that the log-logistic accelerated failure time model is appropriate to explain the time in port for 8,345 full-container vessels and terminals with higher mixed loading ratio show a tendency to have the longer vessel's time in a port. Accordingly, the establishment of the distinctive role of terminals is an important method to decrease congestion. This study will be applied to a core reference for the efficient port operation. Finally, analysis results can be used for forecasting the full-container vessel's time in a port.

**Key Words ;** Ship's Time in a Port, Port Service Innovation Accelerated Failure Time Model, Full-Container Vessel, Incheon Port

---

\* Senior Researcher, Port Demand Analysis Center, Korea Maritime Institute