

해상운송업의 기상기후정보 경제적 효과에 관한 연구[†]

노상환*·임동순**

요약 : 해상물류업에 기상기후정보의 이용은 자연재난으로 인한 리스크 감소, 정시도착, 고객으로부터 클레임 수 및 금액 감소, 화물파손 감소, 연료절감 등 다양한 효과를 기대할 수 있다. 기상기후정보 활용의 효율성을 표준화하는 데는 어려움이 있으나 Jeppesen사의 연료절감 성과를 적용하여 한국의 해상물류업에서 기상기후정보 활용의 경제적 성과를 WOS의 성과를 기초로 분석한 결과, 2012년 기준으로 외항항해 국적선의 경우 약 622억 원의 연료 절감할 수 있었다. 그리고 내항항해의 경우, 연안의 풍속, 파고, 파주기 등이 화물운송에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 내항운송에 악영향을 미치는 주요 기상요소는 풍속, 파고, 파주기라고 할 수 있는데, 선박 입출항실적과 기상요소와의 관계는 파고와 풍속과는 음의 관계를 파주기와는 양의 관계를 보이고 있어, 기상기후를 정확히 예측하면 입출항 실적을 제고할 수 있을 것으로 기대된다. 구체적으로, 고정효과모형에서 5% 유의수준 하에서 파고 1m 이상인 일수가 1일 증가하면 선박입출항 실적이 9.605천 톤이, 평균 풍속이 1m/s 증가하면 35.391천 톤이 감소하였다. 그리고 파주기 1초 증가하면 31.204천 톤의 실적이 증가하였다.

주제어 : 기상기후정보, WOS, 외항항해, 내항항해

JEL 분류 : L20, Q54, Q59

접수일(2013년 12월 23일), 수정일(2014년 3월 6일), 게재확정일(2014년 3월 9일)

[†] 본 논문은 2013년 APCC 용역보고서 “주요 산업의 기상기후정보 활용시스템 구축방안”(노상환·임동순 (2013))을 발췌 보완한 것이다. 익명의 심사위원들의 유익한 조언과 논평에 깊이 감사드리며, 혹시 남아 있을 지 모르는 오류는 전적으로 저자들의 책임임을 밝혀둔다.

* 경남대학교 경제금융학과 교수, 교신저자(e-mail: swlho@kyungnam.ac.kr)

** 동의대학교 경제학과 교수(e-mail: dslim@deu.ac.kr)

A study of the economic effects of weather and climate information on marine logistics

Sangwhan Lho* and Dongsoon Lim**

ABSTRACT : Weather seems to influence industries in a variety of ways. On a day-to-day basis, it is the most volatile external factor influencing consumer and market behavior. And, because weather is constantly changing, industries must deal with a continuously shifting array of opportunities and risks. This study aims to examine how climate and weather changes and information, as external environmental factors, have affected the Korean industries, particularly marine shipping and logistics.

To find out the economic value of marine weather information, we use measurable results of VVOS(Vessel and Voyage Optimization Services) in the ocean shipping, which the marine weather software tool can save fuel costs up to 4%. When the fuel saving is same as VVOS's performance, the saving of Korean flag ship is estimated about 62 billion won and the saving of total flag ship is estimated about 519 billion won. However, coastal shipping companies have been struggling with the heavy weather factors, such as wave height, wave period and wind. Major findings are that wind and wave height have a significant negative effect on cargo transport, while wave period has a significant positive effect on cargo transport. And to conclude, when we use efficiently the marine weather information, we can increase cargo transport and save fuel costs etc.

Keywords : weather and climate information, marine logistics, VVOS(Vessel and Voyage Optimization Services), ocean shipping, coastal shipping

Received: December 23, 2013. Revised: March 6, 2014. Accepted: March 9, 2014.

* Department of Economics and Finance, Kyungnam University, Corresponding author (e-mail: swlho@kyungnam.ac.kr)

* Department of Economics, Dong Eui University (e-mail: dslim@deu.ac.kr)

I. 서론

세계 경제의 80%가 기상기후에 직간접적인 영향을 받고 있으며, 이 중 GDP의 10%가 직접적인 영향을 받고 있다. 기상기후정보는 단순히 재해예방 차원을 넘어 고부가가치를 창출하는 필수적인 요소로 인식되고 있어, 기상기후정보를 어떻게 활용하는가에 따라 기업의 리스크를 최소화하고, 이익 창출 규모가 결정된다.¹⁾ 기상기후정보의 효율적 활용은 기업의 비용을 감소하고, 매출을 증대하여 기존의 다른 산업의 영역을 침해하지 않고 경쟁력을 창출할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 그리고 녹색산업의 위험성 및 평가비용을 절감하여 경영을 합리화하고, 기상위험 대응체계 구축이 필요한 기업운영의 의사결정 단계에서 기상 영향을 고려하거나 적극 활용하여 경영목표 달성을 용이하게 한다.

특히, 기상기후 민감도가 높은 건설, 음식료, 유통, 에너지 등 산업분야와 항공, 해양, 도로 등 교통분야에 기상기후정보의 활용은 매우 큰 경제적 성과를 창출할 수 있다. 이들 산업 중에서 대외의존도가 매우 높은 한국의 경제 현실을 고려할 때, 해상물류업을 대상으로 기상기후정보의 경제적 효과를 분석하는 연구가 시급하다고 생각된다. 해상물류는 해상운송과 물류가 결합된 개념인데, 해상운송에 영향을 미치는 기상요소는 풍속, 풍향, 파고, 파주기 등인데 항해의 종류에 따라서 그 영향을 다르다. 구체적으로, 외항항해인 경우는 개별적인 기상요소 보다는 종합적인 기상 프로그램을 활용하여 최적항로를 선정하여 비용을 절감할 수 있고, 내항항해의 경우는 개별 기상요소들의 정보를 활용하여 매출증대를 도모할 수 있다. 그러나 지금까지 해상운송업에 기상기후정보의 경제적 효과는 단편적으로 개별선사의 경험을 토대로 제시되었을 뿐이고 이론적인 분석이나 실증적인 연구는 전무한 실정이다.

본 논문은 해상운송업을 대상으로 기상기후정보의 경제적 효과를 이론적으로 그리고 실증적으로 연구하기 위하여 다음과 같이 구성하였다. II절에서는 기상기후정보 활용을 통한 경제적 편익을 이론적으로 분석하고, 교통분야 활용분야와 경제적 비용을 추계한 선행연구를 조사하며, 기상기후정보 프로그램인 VVOS(Vessel and Voyage Optimization Services), Bonvoage 프로그램, Fuel Routing Service 등을 활용하여 이

1) 한국기상산업진흥원(2011) 참조.

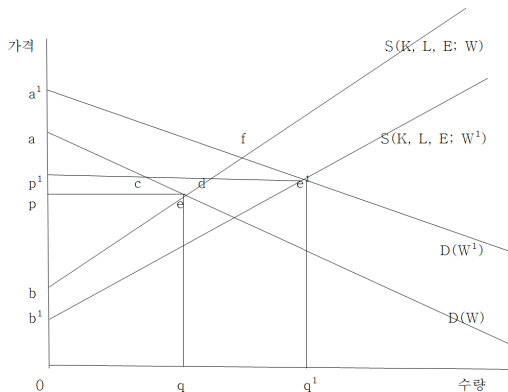
운을 창출하고 있는 국내외 해상물류업체인 BP해운, SCF Unicom, SK해운 등의 활용 사례를 고찰한다. 그리고 III절에서는 해상물류업의 개념과 경제적 효과를 도출하기 위한 분석모형을 설정하고 분석결과를 제시한다. 마지막으로, 요약 및 결론을 도출한다.

II. 기상기후정보 활용의 이론적 접근 및 선행연구

1. 기상기후정보 활용의 이론적 접근

기상기후자료의 수요곡선은 소비자의 소득이나 취향 등 주어진 여러 조건하에서 자료의 양과 가격간의 관계를 나타낸 곡선인데, 수요곡선 $D(W)$ 와 공급곡선 $S(K, L, E; W)$ 가 만나는 e 점에서 p 의 가격에서 q 만큼의 기상기후정보가 시장에서 사용된다. 기상기후자료의 질적수준이 W 에서 W^1 으로 향상된다면, 기상기후 수요곡선은 $D(W)$ 에서 $D(W^1)$ 으로 수요곡선이 이동(shift to the demand curve)한다. 그리고 기상기후 공급곡선은 $S(K, L, E; W)$ 에서 $S(K, L, E; W^1)$ 로 공급곡선의 이동(shift to the supply curve)이 일어난다. 여기에서 K, L, E 은 자본, 노동, 기타 각종 생산요소를 나타낸다. 기상기후정보 시장에서 기상기후정보의 질적증가는 새로운 수요곡선($D(W^1)$)과 공급곡선($S(K, L, E; W^1)$)이 만나는 e^1 점에서 p^1 의 가격에서 q^1 만큼의 기상기후정보가 시장에서 사용된다.(<그림 1> 참조)²⁾

<그림 1> 기상기후정보의 질적증가에 따른 경제적 효과



2) 노상환·임동순·유진호(2012) 참조.

이의 결과로 소비자들의 잉여는 Δape 에서 $\Delta a^1 p^1 e^1$ 로 변하고, 생산자 잉여는 Δbpe 에서 $\Delta b^1 p^1 e^1$ 로 증가하고, 사회적 총 잉여 역시 Δabe 에서 $\Delta a^1 b^1 e^1$ 로 증가한다. 기상기후정보 수준의 향상으로 소비자잉여의 변화는 $\square aa^1 ce^1$ 와 $\square pp^1 ce$ 의 상대적인 크기에 따라 결정되는데, $\square aa^1 ce^1$ 가 $\square pp^1 ce$ 보다 크다면 소비자잉여는 증가하고, 반대이면 소비자잉여는 감소한다. 기상기후정보 수준의 향상으로 생산자잉여는 $\square pp^1 de + \square bb^1 de^1$ 만큼 증가하고, 사회적 총 잉여 역시 $\square bb^1 e^1 f + \square aa^1 fe$ 만큼 증가한다(<표 1> 참조). 즉, 기상기후정보의 활용의 양이나 질이 향상되면, 소비자잉여의 증감은 불확실하나 생산자잉여와 사회적 총잉여는 항상 증가한다.

<표 1> 기상기후정보의 변화로 인한 후생효과

구분	W 수준하에서	W ¹ 수준 하에서	후생수준의 변화
소비자잉여	Δape	$\Delta a^1 p^1 e^1$	$\square aa^1 ce^1 - \square pp^1 ce$
생산자잉여	Δbpe	$\Delta b^1 p^1 e^1$	$\square pp^1 de + \square bb^1 de^1$
사회적 총잉여	Δabe	$\Delta a^1 b^1 e^1$	$\square bb^1 e^1 f + \square aa^1 fe$

자료: 노상환·임동순·유진호(2012)

기업의 기상기후정보 활용수준은 정보비용과 악천후로 인한 손실에 의존한다. 악기상하에서 기상기후정보를 활용하면 비용은 C이고, 기상기후정보를 활용하지 않으면 비용 C보다 훨씬 큰 손실 L이 발생한다. 즉, $C < L$ 이다. 그리고 정상기상일 경우, 기상기후정보를 활용하면 비용이 C이나 기상기후정보를 활용하지 않으면 아무런 비용도 발생하지 않는다. 만약, 기상기후정보를 활용하여 악기상의 손실을 모두 피할 수 있고, 악기상이 발생할 확률이 p라면, 기상기후정보를 활용할 경우 기대비용은 $C(p * C + (1-p) * C)$ 이고, 기상기후정보를 활용하지 않을 경우 기대비용은 $p * L(p * L + (1-p) * 0)$ 이 된다. 해상물류기업들은 비용절감을 위해 기상정보를 활용할지, 활용하지 않을지는 (식 1)과 같이 기대비용에 의존한다.³⁾ 즉,

$$\begin{aligned}
 & p * L \geq C; \text{ 기상기후정보의 활용} \\
 & p * L < C; \text{ 기상기후정보의 미활용}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

3) 노상환·임동순(2013) 참조

그래서 해상물류 기업의 기상기후정보 최적 활용조건은 $p \cdot L = C$ 이다.(C: 기상기후 활용 비용, L: 악천후로 인한 손실, p: 악기상이 발생할 확률, $C < L, 1 \geq p \geq 0$)

〈표 2〉 기상기후정보 활용으로 인한 비용 및 손실

구분	악기상	정상기상
정보 활용	C	C
정보 비활용	L	0

자료: 노상환·임동순(2013)

2. 기상기후정보의 경제적 효과에 대한 선행연구

교통분야에 기상기후정보는 항공, 해양, 도로, 철도 등에 다양한 분야에 활용되어 왔는데, 해양에서의 기상기후정보는 연안 석유 및 가스사업, 신재생에너지 분야, 항구 및 항만, 선박 운항 등에 활용되어 왔다. 항구 및 항만과 선박에서는 Nowcast 설비를 통한 시간별 예보, 지점 예보(텍스터, 탭, 그래프) 등을 통하여 기상기후 정보를 활용하여 왔다.(〈표 3〉 참조)

〈표 3〉 기상정보의 교통분야 활용분야 및 내용(계속)

분류		세부내역
항공	항공사	Global briefing system, 항공기 제빙예보 서비스, SITA를 활용한 예보(자동 브리핑 차트 서비스, 세계 5일 예보), 화산재 예보, 기후자료, 항공기후에 대한 자문활동
	공항	Open Runway를 위한 서비스, 기타 항공사에 제공하는 서비스와 유사
	관제탑	항공기 최적루트의 5일 예보, 항공기상을 위한 전문가 양성, 화산재 예보
	항공기상관련 서비스 제공자	Terminal Aerodrome Forecasts, Single European Skies, International Civil Aviation Organization
해양	연안 석유/가스	Aberdeen의 해상기상 예보센터에서 정보제공(5일예보, 운영시간 동안 예보 지원, 예인 예보, 확률 예보, 지점 예보)
	신재생에너지	산업/에너지/onshore/offshore 풍력 참고
	항구/항만	Nowcast 설비를 통한 시간별 예보, 지점 예보(텍스터, 탭, 그래프), 위험기상 경고
	선박	Nowcast 설비를 통한 시간별 예보, Surge 예보, 위험기상 경고, 지점 예보(텍스트, 탭, 그래프)

〈표 3〉 기상정보의 교통분야 활용분야 및 내용(계속)

분류		세부내역
도로	이벤트 캘린더	Cold Comfort 2010, Extreme Events, Resilient Transport Networks: Planning for Severe Weather Conditions
	겨울철 유지	Ice-prediction system, road weather information service, 24시간 예보, 2-5일 예보, 야간 업데이터, 지점 결빙 그래프, 강수/범람경고, 연별 비교, 합법적인 자문, 핵심 인력을 위한 트레이닝
	여름철 유지	기온, 바람, 강수예보
	교각	Threshold에 의한 날씨 경고, 24시간 겨울예보, 지점 결빙예측/그래프, 24시간 교각 바람예보, 2-5일 예보
철도	Open Rail	기상청의 도움으로 철도에 피해를 주거나 서비스를 지연시킬 수 있는 기상사건에 대한 계획을 세울 수 있음-강풍, 강우, 결빙/강설, 고온
	맞춤예보	가을철 레일접착 문제를 야기하는 적은 강우량 예보, 결빙을 야기하는 온도 예보, 결빙형성 경보
	낙엽예보	가을철 레일위에 떨어진 낙엽으로 인해 바퀴와 레일 사이의 접착력 저하 위험을 제거하기 위하여 5일 전에 낙엽발생에 예보

자료: <http://www.metoffice.gov.uk/services>; 김정운·김인겸(2010)에서 발췌 재인용.

기상이변이나 기후변화로 인한 경제적인 비용을 추정한 연구는 홍수, 농업, 운송, 태풍 등 다양한 분야에서 연구가 수행되어 왔다. 구체적으로, National Center for Atmospheric Research(2011), Risk Management Solutions(2007) 등은 1955년부터 2008년 동안 미국의 홍수로 인한 피해를 추정하였고, Bureau of Transportation Statistics (2011)와 U. S. Congressional Joint Economic Committee(2008)에서 2010년 기준으로 항공기의 운행지연으로 인한 손실을 추정하였다. 그리고 Adams, R. M. et al.(1999)는 농작물 수익 향상을 위해 NOAA의 기상기후정보를 활용방안을 제시하였고, Lazo et al.(2011)는 일반적인 기상상태나 폭풍우로 인한 피해비용을, 그리고 Insurance Information Institute(2010)에서는 겨울기상으로 인한 피해비용을 분석하였다(<표 4> 참조).

〈표 4〉 기상기후의 경제적 비용

구 분	자 료	경제적 가치
홍수	National Center for Atmospheric Research(2011), Risk Management Solutions(2007)	- 1955년부터 2008년 까지 U. S.의 홍수로 인한 피해는 2,520억 \$로 추정됨(2008년 기준) - U. S의 최대 홍수 중 하나인 Mississippi 강변을 따라 발생한 1927년 봄 홍수의 경우 7개 주(Arkansas, Illinois, Louisiana, Mississippi, Missouri, Tennessee)에 걸쳐 약 27,000 square mile을 범람시켜 당시 가치로 2.5억 \$~3.5억 \$을 경제적 손실을 가져옴(2007년 기준으로는 31~44억 \$에 이룸).
운송	Bureau of Transportation Statistics(2011), U. S. Congressional Joint Economic Committee(2008) 등	- 2010년 기준으로 37%이상이 비행기 지연 원인은 기상 때문으로 추정됨. 지연된 시간은 약 24.7백만분임. - 2007년 미국 국내항공기의 연착으로 인한 총비용은 410억 \$로 추정됨. 즉, 비행기의 운행비용 증가 비용이 190억 \$이고 승객의 시간 비용은 120억 \$임.) - 기상관련 교통 정체 때문에 트럭회사나 운송회사의 시간 손실은 U. S 281개 도시지역에서 매년 326억 추정됨. - 기후 관련 연착비용은 연간 22~35억 \$로 추정됨.
농업	Adams, R. M. et al. (1999)	- 농업 분야에서 농작물 수익 향상을 위해 NOAA의 기상 기후정보를 활용 - 구체적으로 환경적 요인(즉, 계절별 강수량, 기온에의 취약성, 평균 및 극한 기온(최저/최고), 성장기간) 등의 정보를 이용하여 수익을 증가시킬 수 있도록 작물선택 및 관리를 함. - 1997~1998년 엘니뇨 기간 동안 2010년 기준으로 U. S.의 농작물 손실은 24~28억 \$에 이르고, 1998~1999년 라니냐 기간 동안의 경우는 36억 \$~107억 \$에 이룸.
일반적인 기상상태나 폭풍우	Lazo et al.(2011)	- 평년보다 심각한 한파나 강우로 인한 비용은 4,850억 \$(2008년 기준)에 이르는데, 이는 2008년 GDP의 3.4%에 이룸.
겨울기상	Insurance Information Institute(2010)	- 1990~2009년 20년 동안 U. S의 겨울 폭풍우로 인해 보장된 손실은 250억 \$에 이룸.

자료: 노상환·임동순·유진호(2012).

한국기상진흥원(2011)에 의하면 미국서부해안까지 10일에서 11일이 소요되는 항해를 기상기후정보 프로그램을 활용하면 1.5일 항해를 단축시킬 수 있어, 시간으로 약 16%를 절약할 수 있다고 분석하였고, SK해운의 경우 기상기후정보의 활용으로 선박 운항 손실을 66% 절감한 것으로 분석하였다.⁴⁾ 그리고 Jeppesen의 VVOS를 사

4) <http://www.skshipping.com>

용한 장기고객을 대상으로 설문조사를 한 결과 악기상으로 인한 연착시간이 80% 줄어들었고, 불만 고객수는 73%, 불만비용은 29%, 화물손실은 87% 감소하였으며, 연료는 4%까지 절감하였다고 하였다.⁵⁾

3. 기상기후정보의 활용사례

해상물류에 기상기후정보의 이용은 자연재난으로 인한 리스크 감소, 정시도착, 고객으로부터 클레임 수 및 금액 감소, 화물파손 감소, 연료절감 등 다양한 효과를 기대할 수 있다. 그래서 국내외 기업들은 Jeppesen의 VVOS 프로그램과 AWT에서 제공하는 Bonvoyage 프로그램, 그리고 WNI Inc. Fuel Routeing Service 등 기상기후 프로그램을 활용하고 있다.⁶⁾

구체적으로, BP선사는 원유 및 액화천연가스(LNG) 탱크의 최대 운영기업 중 하나인 Jeppesen의 VVOS 프로그램을 LNG, 제품, 원유 선박의 효율 상승, 위험 및 연료 절감을 위해 사용하고 있다. VVOS 프로그램의 운항관리자는 BP의 내륙 매니저에게 바다의 함선관리와 선박의 운항환경에 대한 구체적인 정보를 제공하고, 또, 선박 관리자에게 함선 데이터를 분석하여 운영 효율을 향상시키기 위해 24시간 항로 계획 및 조연 서비스를 한다.⁷⁾ 그래서 선박 관리자는 속도, 도착예정시간(ETA), 연료소비, 선박 움직임(BP 선박 컴퓨터 모델과 기후에 따른 예상을 기반으로)에 따라 판단을 내릴 수 있었다. 즉, VVOS 프로그램은 BP선사 선박이 항로와 엔진 설정의 최적화를 통해 효율 증가, 화물 분실 및 기후영향 감소, 연료비용 절감의 효과를 제공한다. 이 결과 악기상으로 인한 연착시간이 80%까지 감소하고, 불만 고객수가 73%까지 감소하였으며 불만비용은 29% 감소하였으며, 악기상으로 인한 화물손실이 87% 감소하였다. 그리고 이 프로그램의 사용으로 연료를 4%까지 절감할 수 있었다.⁸⁾

그리고 SCF Unicom은 AWT에서 제공하는 기상기후 소프트웨어인 BonVoyage 시스템을 이용하여 최적항로를 제시한다. BonVoyage 시스템은 정확한 기상기후정

5) http://ww1.jeppesen.com/documents/marine/commercial/MR_1_VVOS_1_VVOS_1_03_08.pdf

6) <http://www.jeppesen.com/marine>; <http://www.awtworldwide.com>; <http://weathernews.com/kr/c/services/vp>; <http://weathernews.com/kr/c/press/2006/061012.html> 참조.

7) <http://www.bp.com/shipping> 참조.

8) http://ww1.jeppesen.com/documents/marine/commercial/MR_1_VVOS_1_VVOS_1_03_08.pdf

보를 제공하여 최적항로를 제시하는 시스템인데 이 시스템은 선장에게 최적 항로를 컴퓨터 그림 형태로 제시해 주고, 하루에 두 번씩 16일 예상자료를 운항 선박에 제공하는 사용자 편의 위주의 형태의 프로그램이다.

마지막으로, 국내선사인 SK해운은 기상정보시스템인 폴라리스(Polaris)와 Fuel Routeing Service를 활용하여 선박운항 항로의 정확한 기상을 사전에 예측 관리하여 선박 안전운항은 물론, 실시간으로 기상정보와 각종 항해정보를 실시간으로 관리하여 왔다. 이 시스템은 WNI Ocean route에서 개발한 관리자용 선박관리시스템으로 선박 운항자가 자신의 컴퓨터에서 전 해상의 기상정보뿐만 아니라 선박 ETA, 진행항로 등 각종 항해정보를 그래픽으로 확인할 수 있는 실시간 최첨단 기상정보 시스템이다.⁹⁾

III. 기상기후정보의 경제적 효과

1. 해상물류업의 개념 및 분석모형

물류정책기본법에서 물류란 재화가 공급자로부터 조달·생산되어 수요자에게 전달되거나 소비자로부터 회수되어 폐기될 때까지 이루어지는 운송·보관·하역 등과 이에 부가되어 가치를 창출하는 가공·조립·분류·수리·포장·상표부착·판매·정보통신 등을 말한다.¹⁰⁾ 이러한 물류 중에서 해상물류란 해상운송과 물류가 결합된 개념으로서, 국제 또는 연안의 해상운송을 매개로 한 물류의 한 부분이다. 즉, 해상물류는 기본적으로 운송, 보관(또는 저장), 포장, 하역(이송 포함) 정보, 서비스(또는 관리) 등의 기능으로 구성되며, 그 활동형태는 해상운송과 내륙운송이 결합적으로 이루어져 있다. 해상운송은 해상의 선박을 운반도구로 하여 여객이나 화물을 운송하는 것을 말하는데, 경영방법에 따라 정기 항로 운송과 부정기 항로 운송, 명령항로 경영과 자유항로 경영, 그리고 전문적인 해운과 부업으로 구분된다. 그리고 항로에 따라 외국항로 해운과 내국항로 해운이 있는데, 이의 필요 요소로는 선박(ship), 선원(mariner), 항로(route), 항만(port) 등으로 이루어진다. 내륙운송은 수출의 경우 공장에서 항구의 CFS(container freight station), CY(container yard)까지 수입의 경

9) SK해운(2002); <http://www.skshipping.com> 참조.

10) 물류정책기본법 참조.

우는 CFS, CY로부터 수입자의 창고로 운송하는 것으로 컨테이너 운송 및 LCL 및 벌크화물을 운송하는 트럭, 트레일러 운송 등이 있다.

해상물류는 해상운송과 항만 선적·하역, 보관·저장에 따라서 영향을 미치는 기상요소는 상이하다. 일반적으로, 해상운송에 영향을 미치는 기상요소로는 풍속, 풍향, 파고, 파주기 등이고, 선적·하역에는 강수, 안개, 풍속이 주요 기상요소이며, 보관·저장에 가장 큰 영향을 주는 것은 습도이다(<표 5> 참조). 그런데 본 연구에서 분석하고자 하는 해상운송은 내항항해 인지 아니면 외항항해 인지에 따라서 기상기후정보의 활용이 상이하다. 구체적으로, 외항항해인 경우는 개별적인 기상요소 보다는 종합적인 기상요소를 고려한 최적항로 선정에 영향을 미쳐 기상기후정보의 경제적 효과는 선사들의 실제적인 경험을 기초로 분석할 수 밖에 없다. 그러나 내항항해의 경우는 개별 기상요소들이 선박입출항 실적에 어떻게 영향을 미치는지를 회귀분석으로 분석할 수 있다.

<표 5> 해상물류에 영향을 미치는 기상요소

구분	강수	습도	안개	풍속	풍향	파고	파주기
해상운송				V	V	V	V
선적·하역	V		V	V			
보관·저장		V					

내항항해의 경우, 기상기후정보의 경제적 성과를 분석하기 위하여, 핵심 기상기후요소를 도출하여 다음과 같은 모형에서 다중회귀분석을 통하여 도출할 수 있다. 즉,

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it}$$

여기서, y는 해상항만정보센터에서 해상물류업의 선박입출항 실적을 나타내고, x는 기상기후정보를 포함한 경제적 성과에 영향을 주는 각종 변수 벡터로 기상요소 즉, 기온, 풍향, 풍속, 파고, 파주기 등인데 기상청(2013)의 자료를 이용하였다. 그리고 i는 내항항해에서 입출항하는 항만인 부산항, 인천항, 군산항, 울산항을 나타내며, t는 분석대상인 2008년 1월부터 2013년 1월까지 관련 자료들 중 가용한 월별 자료를 가지고 있는 기간을 대상으로 한다.

2. 분석결과

해양운송은 내항운송과 외항운송으로 나눌 수 있다. 일반적으로 외항항해의 경우 개별 기상요소가 직접적으로 비용절감이나 매출증감에 영향을 미치지 않고 기상기후 프로그램을 통한 운항 노선최적화 등을 통하여 정확한 ETA 예측, 고객불만 감소, 운송비용 절감 등으로 경제적 효과가 나타난다. 이들 중에서 계량화할 수 있는 비용은 해양운송에 소요되는 비용 절감이다. 구체적으로 운송비용은 운임율, 커미션, 벙커, 항만 벙커, 통과료, 항만 사용료 등 항로에 따라 다양한데, 노르웨이 해운 선사인 TSCHUDI의 북유럽에서 상하이까지 전 대양 항해하는 항로를 수에즈 운하를 통과하는 경우와 북해 항로를 나누어 분석한 평균비용을 기초로 외항항해의 경제적 효과를 분석해 본다. 전세계를 무대로 하는 항로의 연료비용은 수에즈 운하를 통과하는 경우 전체 비용의 22.5%가 소요되고, 북해 항로를 통과하는 경우 16.2%로 매우 큰 비중을 차지하고 있었다. 이들 항로에서 소요되는 톤당 벙커유의 소요비용은 수에즈 운하를 통과하는 경우 톤당 평균 \$ 12.54이고, 북해 항로의 경우 톤당 \$ 8.76로 톤당 평균 \$ 10.65이 소요된다고 할 수 있다(<표 6> 참조).¹¹⁾

〈표 6〉 북유럽에서 상하이 운송비용 - 벌크의 경우

구분	수에즈 운하 항로		북해 항로	
	내역	비용	내역	비용
운임율	82,000mt × \$33.5	\$ 2,747,000	70,000mt × \$33.5	\$ 2,345,000
커미션	5%	\$ 137,000	5%	\$ 117,000
벙커	44일 × 33mt × \$700	\$ 1,016,000	26일 × 33mt × \$700	\$ 601,000
항만 벙커	4일 × 3mt × \$1,000	\$ 12,000	4일 × 3mt × \$1,000	\$ 12,000
통과료		\$ 250,000		\$ 350,000
항만 사용료		\$ 250,000		\$ 250,000
보험		\$ 110,000		\$ 70,000
기타		\$ 50,000		\$ 50,000
계		\$ 4,572,000		\$ 3,795,000
톤당 평균 벙커비용		\$ 12.54		\$ 8.76

11) Henrik Falck(2012).

한국의 해운항만 화물 수송량은 2012년 외항화물 기준으로 총 1,223.18백만 톤인데, 이 중에서 외항화물은 1,108.41백만 톤이고, 연안화물은 114.77백만 톤이다(<표 7> 참조).

<표 7> 해운항만 화물 수송물량(단위: 백만 톤(R/T))

구분	합계	외항화물			연안화물
		계	국적선	외국선	
2001	751.5	610.9	112.5	498.4	137.7
2002	776.5	635.5	122.7	512.8	137.7
2003	812.9	667.6	118.9	548.7	141.8
2004	849.01	733.38	127.50	605.88	111.94
2005	874.35	754.94	138.89	616.05	115.49
2006	927.63	809.83	146.50	663.33	113.56
2007	982.60	862.52	147.20	715.32	115.54
2008	1,021.66	894.69	151.65	743.05	122.20
2009	968.33	848.30	145.08	703.22	114.24
2010	1,085.21	966.19	145.65	820.54	119.02
2011	1,190.61	1,069.57	154.45	915.12	121.04
2012	1,223.18	1,108.41	132.92	975.50	114.77

자료: 해운항만정보센터(<http://www.spidc.go.kr>).

외항항해 시 기상정보를 활용함으로써 연착륙 시간의 감소, 클레임 고객 수 및 비용 감소, 화물손실 감소 연료 절감의 효과를 기대할 수 있다. Jeppesen의 경우 자사의 해상기상 프로그램인 VVOS를 이용하는 장기 고객들을 대상으로 조사한 결과 4%까지 벙커유의 절감을 가져올 수 있다고 평가하고 있다. 이러한 Jeppesen의 성과를 benchmarking하여 한국 국적선이 외항항해 시 4% 연료절감이 된다면, 기상기후정보를 활용한 해상물류업의 경제적 성과를 파악할 수 있다. 이러한 기상기후정보는 외항화물에만 적용될 것이므로 2012년 기준으로 국적선이 외항항해에서 해상기상정보를 이용하여 국적선에서 약 622억원의 비용을 절감할 수 있을 것으로 평가되고, 외국선 모두를 포함할 경우 약 5,194억원의 연료 절감을 가져올 수 있을 것이다 (<표 8> 참조). 물론, 이와 같은 기상기후정보의 경제적 가치는 외항항해의 기상조

건이나 유류가격 등에 따라 차이가 있겠지만 기상기후정보의 적절한 활용은 해상물류업의 경쟁력 확충에 많은 기여를 할 수 있을 것이다.

〈표 8〉 외항화물의 해상기상 이용의 경제적 효과(단위: 백만 원)

구분	합계	국적선	외국선
2001	286272.426	52738.1184	233533.839
2002	297816.387	57507.0606	240308.8578
2003	312841.1088	55705.2936	257135.3466
2004	343660.4622	59746.0314	283913.9622
2005	353763.0096	64146.1854	288679.1556
2006	379485.8694	68647.557	310838.3124
2007	404178.2778	68978.3886	335199.4206
2008	419253.1398	71062.2528	348190.887
2009	397512.4428	67984.0194	329528.4234
2010	452758.0398	68252.5272	384505.044
2011	501198.159	72374.3328	428823.3576
2012	519402.3318	62284.9062	457117.4256
2013. 01	45317.3688	4916.5512	40400.349

주: 1\$당 환율은 1,100원 기준임.

다음으로, 내항항해의 경우 연안의 풍속, 파고, 파주기 등이 화물운송에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 그래서 기상청은 해상활동에 특별한 주의를 요하는 경우 풍랑특보를 발효하고 있다. 풍랑특보는 풍랑주의보와 풍랑경보로 나누어 지는데, 풍랑주의보는 해상에서 풍속 14m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 3m를 초과할 것으로 예상될 때이고, 풍랑경보는 해상에서 풍속 21m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 5m를 초과할 것으로 예상될 때 발효된다.¹²⁾ 이와 같은 해상악기상일 경우 연안화물 처리는 심각한 영향을 받는다. 그래서 이들 기상요소와 화물처리량과의 관계를 분석하기 분석모형은 다음과 같이 구성한다.

12) <http://www.kma.go.kr>

모형 1: $Cargo_{it} = a_{it} + \beta_1 wavenum_{it} + \varepsilon_{it}$

모형 2: $Cargo_{it} = a_{it} + \beta_2 wavecy_{it} + \varepsilon_{it}$

모형 3: $Cargo_{it} = a_{it} + \beta_3 wind_{it} + \varepsilon_{it}$

모형 4: $Cargo_{it} = a_{it} + \beta_1 wavenum_{it} + \beta_2 wavecy_{it} + \beta_3 wind_{it} + \varepsilon_{it}$

여기서, Cargo는 연안 선박입출항 실적이고, wavenum은 1m 이상 파고발생 일수이며, wavecy는 파주기, wind는 평균풍속을 나타낸다. 그리고, i는 부산항, 인천항, 군산항, 울산항 등 한국의 주요 항만이며, t는 기상자료가 가용한 기간의 월별 자료를 나타낸다.

연안 선박 입출항 실적과 파고 1m 이상의 일수, 파주기, 평균풍속과의 상관계수는 <표 9>와 같은데, 대체적으로 선박 입출항 실적과 분석 기상자료와는 높은 상관관계를 보이지 못했다.

<표 9> 항만별 선박입출입실적과 기상요소와의 상관관계

구분		선박실적	파고 1m 이상 일수	파주기	평균풍속
부산항	선박실적	1.000	-0.186	-0.111	-0.252
	파고 1m 이상 일수	-0.186	1.000	0.528	0.201
	파주기	-0.111	0.528	1.000	-0.031
	평균풍속	-0.252	0.201	-0.031	1.000
인천항	선박실적	1.000	-0.265	0.449	-0.145
	파고 1m 이상 일수	-0.265	1.000	-0.406	0.666
	파주기	0.449	-0.406	1.000	-0.024
	평균풍속	-0.145	0.666	-0.024	1.000
군산항	선박실적	1.000	-0.025	-0.371	-0.237
	파고 1m 이상 일수	-0.025	1.000	-0.098	0.139
	파주기	-0.371	-0.098	1.000	-0.126
	평균풍속	-0.237	0.139	-0.126	1.000
울산항	선박실적	1.000	0.128	0.023	-0.186
	파고 1m 이상 일수	0.128	1.000	0.582	0.444
	파주기	0.023	0.582	1.000	0.795
	평균풍속	-0.186	0.444	0.795	1.000

항만별 기상기후로 인한 경제적 효과를 분석하기 위해 4개 항만의 패널분석모형을 설정하였다. 일반적으로, 패널분석결과는 일반모형, 고정효과모형(fixed effect model), 임의효과모형(random effect model)으로 분석한다. 일반모형은 상수 α_{it} 가 항상 α 라고 가정한 분석이고, 고정효과모형은 상수 α_{it} 가 횡단면 자료별로 동일한 α_i 라고 가정한 분석모형이며, 임의효과모형은 상수 α_{it} 가 횡단면 자료별로 동일한 α_i 라고 가정하고 $E(\alpha_i * \varepsilon_{it}) = 0$ 이라는 가정하에서 분석하는 모형이다. 고정효과모형과 임의효과모형의 적합성을 판단하기 위해서 하우스만 테스트(Hausman specification test)를 시행한 결과, (모형 1)~(모형 4)에서 설명변수와 오차항과 관계가 없다는 귀무가설이 기각되어 임의효과모형 보다는 고정효과모형이 더 적합하다고 판단되었다.

먼저, 일반모형의 회귀분석결과는 (모형 1)과 (모형 3)에서 파고와 평균풍속과 입출항 실적은 5% 유의수준 하에서 음의 관계가 있었고, (모형 2)에서 파주기와 입출항 실적과는 양의 관계를 나타내어 주고 있었다. 이를 종합한 (모형 4)에서는 파고 1m 이상인 일수가 1일 증가하면 선박입출항 실적이 47천 톤이, 그리고 평균풍속이 1m/s 증가하면, 168천 톤이 감소하였다. 그리고 파주기 1초가 증가하면, 102천 톤의 실적이 증가할 것으로 기대된다. 다음으로, 고정효과모형에서 회귀분석을 한 결과는 일반모형과 유사하게 (모형 1)과 (모형 3)에서 파고와 평균풍속과 입출항 실적은 음의 관계가 있었고, (모형 2)에서 양의 관계를 보여주고 있었다. 그리고 (모형 4)에서 5% 유의수준 하에서 파고 1m 이상인 일수가 1일 증가하면, 선박입출항 실적이 9.605천 톤이, 평균풍속이 1m/s 증가하면 35.391천 톤이 감소하였고, 파주기 1 초가 증가하면, 31.204천 톤의 실적이 증가하였다(<표 10> 참조).

<표 10> 패널자료 이용 연안 선박입출항 실적과 기상요소간 회귀분석(계속)

구분	모형	상수	파고 1m 이상 일수	파주기	평균풍속	자료수	R ²
일반 패널모형	모형1	1922.842 (16.350)***	-49.996 (-4.053)***			172	0.088
	모형2	1125.45 (6.751)***		66.631 (2.481)**			0.035
	모형3	2365.570 (8.790)***			-168.250 (-3.259)***		0.059
	모형4	1902.630 (6.987)***	-47.081 (-3.453)***	102.421 (3.968)***	-117.285 (-2.091)**		0.178

〈표 10〉 패널자료 이용 연안 선박입출항 실적과 기상요소간 회귀분석(계속)

고 정 효 과 모 형	모형1	413.914-2518.502	-9.256 (-2.230)**			172	0.913
	모형2	206.079-2315.573		22.079 (2.533)**			0.913
	모형3	539.787-1725.849			-39.891 (-2.350)**		0.913
	모형4	434.722-2478.800	-9.605 (-2.219)**	31.204 (3.548)***	-35.391 (-1.950)**		0.919

주: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

결론적으로, 외항항해의 경우 기상청이나 관련 공공 기상기관의 기상정보와 민간 기상업체의 정보를 활용한 기상기후 프로그램을 활성화하여 항로최적화를 통하여 매출증대나 비용절감을 할 수 있고, 내항항해에는 파고, 파주기, 풍속을 관측, 측정 한 자료를 이용하여 정확하게 해상기상정보를 활용하면 화물량 처리 실적을 통해 경영합리화를 제고할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

해상물류에 기상기후정보의 이용은 자연재난으로 인한 리스크 감소, 정시도착, 고객으로부터 클레임 수 및 금액 감소, 화물파손 감소, 연료절감 등 다양한 효과를 기대할 수 있다. 그래서 국내외 선사들은 Jeppesen의 VVOS 프로그램, AWT에서 제공하는 Bonvoyage 프로그램, 그리고 WNI Inc.의 Fuel Routeing Service 등을 활용하고 있다. 특히, Jeppesen의 VVOS 프로그램을 장기간 사용하는 고객들을 대상으로 분석한 결과 악기상으로 인한 연착시간이 80%까지 감소하고, 불만 고객수가 73%까지 감소하였으며 불만비용은 29% 감고하였으며, 악기상으로 인한 화물손실이 87% 감소하였고, 이 프로그램의 사용으로 연료를 4%까지 절감할 수 있었다.

이러한 기상기후정보 활용의 효율성을 표준화하는 데는 어려움이 있으나 Jeppesen사의 연료절감 성과를 적용하여 한국의 해상물류업에서 기상기후정보 활용의 경제적 성과를 VVOS의 성과를 기초로 분석한 결과, 2012년 기준으로 외항항해

국적선의 경우 약 622억 원의 연료 절감할 수 있었다. 그리고, 내항항해의 경우, 연안의 풍속, 파고, 파주기 등이 화물운송에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 내항운송에 악영향을 미치는 주요 기상요소는 풍속, 파고, 파주기라고 할 수 있는데, 선박 입출항실적과 기상요소와의 관계는 파고와 풍속과는 음의 관계를 파주기와는 양의 관계를 보이고 있어, 기상기후를 정확히 예측하면 입출항 실적을 제고할 수 있을 것으로 기대된다. 구체적으로, 고정효과모형에서 5% 유의수준 하에서 파고 1m 이상인 일수가 1일 증가하면 선박입출항 실적이 9.605천 톤이, 평균 풍속이 1m/s 증가하면 35.391천 톤이 감소하였다. 그리고 파주기 1초 증가하면 31.204천 톤의 실적이 증가하였다.

[References]

1. 국가법령정보센터, 물류정책기본법.
2. 기상청, 『해양기상월보』, 2013.
3. 김정윤·김인겸, “기상정보의 사회·경제적 평가에 관한 해외동향”, 기상기술정책, 2010.
4. 노상환·임동순·유진호, 『기상기후정보의 활용 극대화 방안』, APCC, 2012.
5. 노상환·임동순, 『주요 산업의 기상기후정보 활용시스템 구축방안』, APCC, 2013.
6. SK해운(주), 『과학적 기상정보시스템에 기초한 손실감소』, 2002.
7. 한국기상진흥원, 『기상정보 활용 성공사례집 - 교통·운송업편』, 2011.
8. Adams, R. M., C. C. Chen, B. A. McCarl, and R. W. Weiher, “The Economic Consequences of ENSO Events for Agriculture,” *Climate Research*, 13, 1999.
9. Bureau of Transportation Statistics, *Airline On-Time Statistics and Delay Causes: Weather’s Share of Delayed Flights*, 2011.
10. Falck, H., *Voyage Calculations - the Northern Sea Route*, TFMS Forum, Copenhagen, 2012.
11. Insurance Information Institute, *Winter Storms*, 2010.
12. Lazo, J. K., J. K. Lawson, M. Larsen, P. H., and D. M. Waldman, “U.S. Economic

Sensitivity to Weather Variability”, Bulletin of the American Meteorological Society, 92(6), 2011.

13. National Center for Atmospheric Research, Extreme Weather Sourcebook: Economic and Other Societal Impacts Related to Hurricanes, Floods, Tornados, Lightning, and Other U. S. Weather Phenomena, 2011.
14. Risk Management Solutions, The 1927, Great Mississippi Flood: 80-Year Retrospective, Hoboken, NJ, 2007.
15. U. S. Congressional Joint Economic Committee, Your Flight Has Been Delayed Again, Washington, DC, 2008.

<http://www.awtworldwide.com>

<http://www.bp.com/shipping>

<http://www.jeppesen.com/marine>

http://ww1.jeppesen.com/documents/marine/commercial/MR_1_VVOS_1_VVOS_1_03_08.pdf

<http://www.kma.go.kr>

<http://www.metoffice.gov.uk/services>

<http://www.skshipping.com>

<http://www.spidc.go.kr>

<http://weathernews.com/kr/c/press/2006/061012.html>

<http://weathernews.com/kr/c/services/vp>