

## 수산물의 기능성 재사용 포장용기 사용을 통한 물류합리화에 관한 연구\*

김 병 찬\* · 양 대 용\*\*

### *A Study on the Effects of Functional Reusable Packing Containers for Marine Products on Logistics Rationalization*

Kim Byeongchan · Yang Daeyong

#### 〈Abstract〉

Disposable marine product packaging materials such as wooden, Styrofoam, and corrugated cardboard boxes have a very low reuse rate, thus causing the logistics costs to rise and making it difficult to establish a unit load system for marine products. Disposable packing containers to be discarded are accompanied by resource and environmental issues home and abroad. Transportation vehicles for marine products have to return empty without loading different kinds of products after delivery due to the smell and properties of marine products, thus posing as an obstacle to logistics rationalization.

In an effort to overcome those limitations, this study examined the stages of transportation including “producer-wholesale market in the producing area-commission merchant-wholesale market in the consumption area-commission merchant-quasi-wholesale market-consumer” and also analyzed the utilization and distribution of disposable packaging materials currently used in the circulation of marine products including wooden, Styrofoam, and corrugated cardboard boxes. Based on the analysis results, the investigator developed a logistics rationalization model capable of promoting semi-permanent reuse and lowering empty vehicle rate on return routes as an alternative to address environmental issues caused by disposable packaging materials, which have been an obstacle to the logistics rationalization of marine products, packaging costs in the process of repeating packing and unpacking at each stage of marine products circulation, and empty vehicle rates on return routes after marine products delivery.

Key Words : Marine Product, Reusable Packing Container, Load Efficiency, Empty Vehicle Rate on Return Routes

## I. 서론

국내 어류의 유통은 대부분 스티로폼상자, 나무상

자, 골판지상자가 주로 이용되고 있다. 스티로폼 상자의 사용비율은 약 60%, 골판지상자를 포함한 지대가 약 10%, 나무상자 및 플라스틱 상자가 각각 5%정도를 사용하고 있다. 판매를 위한 소비자 포장보다는 수송과 보관 수단인 대단위 포장이 주류를 이루고 있

\* 사)한국기술거래사회 대외협력 부회장

\*\* 수원과학대학교 산업경영과 부교수

으며, 산지에서의 보관용은 주로 나무상자가 주종을 이루고 있다. 어획, 경매 후 나무상자는 대부분 폐기하고 수송 및 판매용 포장으로는 선도 유지를 위하여 EPS(스티로폼)상자에 다시 포장되고 있다. 수입물량 중 냉동 수산물만은 지대로 1차 포장 후 나무상자로 2차 포장이 주로 이루어지며, 선어 수산물은 생물에 얼음을 채운 빙장형태로 스티로폼 상자로 포장되어 수입되고 있다. 이와 같이 국내유통 및 수입 수산물 포장에는 나무상자, 스티로폼상자, 골판지상자가 주로 활용되고 있다[1].

그러나 나무상자, 스티로폼상자, 골판지상자 등의 1회용 포장상자는 재 사용률이 매우 낮아 수산물 물류비용 증가의 원인이 되고 있으며, 수산물의 일관수송체계(Unit Load System)구축이 어렵다. 또한 국내 외적으로 전개되는 자원절약 및 환경오염 규제에 적절한 대응방안이 되지 못하며, 환경보호 차원의 도매 시장 쓰레기 발생 부담금제 신설 등으로 비용부담이 증대되고 있다. 국토부 발표에 따르면 나무상자, 스티로폼상자, 골판지상자 등의 1회용 포장상자를 사용할 경우 파렛트 적재효율은 약 70%이고 재사용 가능 포장상자를 활용할 경우 파렛트 적재효율은 90%로 1회용 포장재의 사용은 수송효율이 낮아 비경제적이며, 수산물 수송차량의 경우 제품 수송 후 회차시 대부분 공차로 운영하고 있어 물류합리화에 걸림돌로 작용하고 있다[1]. 따라서 수산물 조달관련 산업에서 제품 포장과 관련된 물류효율화에 대한 특별한 관심과 연구가 진행되어 오고 있다.

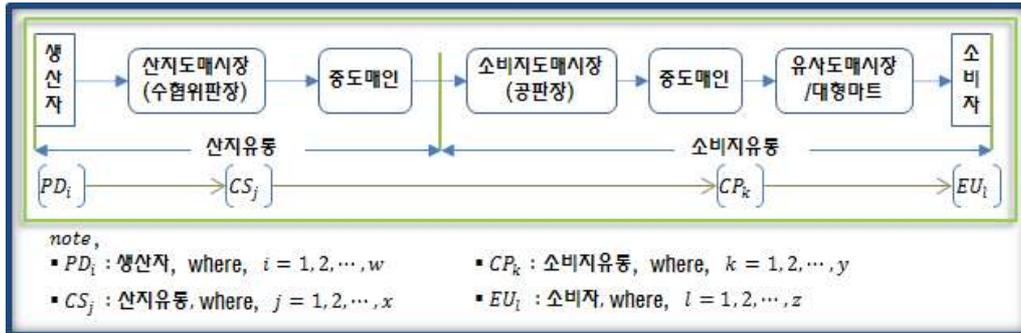
수산물의 기능성 재사용 포장용기 사용과 관련한 물류관리시스템에 대한 기존의 연구는 물류시스템 설계와 물류정책운영으로 구분할 수 있다[2]. 지속가능한 공급사슬(supply chain)을 위한 비즈니스 프로세스 모델 연구[3], 물류시스템의 설계와 관련된 기존의 연구들은 2단계 물류설비에 관한 연구[4], 다단계 물류네트워크 통합 설계에 관한 연구[5], 수요의 불확

실성하에서 공급체인 네트워크 설계에 관한 연구[6], 포워드(forward)-역(reverse) 물류 통합설계에 관한 연구[7] 등이 수행 되었다. 물류시스템의 운영적 측면에 관한 연구로는 역물류를 고려한 통합물류망에서 입지 및 경로에 관한 연구[8], 수요의 불확실성하에서 동적 역물류 설계에 관한 연구[9], 효율적인 물류 솔루션에 관한 연구[10] 등이 연구되었으며, 포장용기와 관련한 연구로는 포장용기 표준화를 통한 물류효과 분석에 관한 연구[11], 물류 절감형 포장용기 운영시스템에 관한 연구[12], 접이식 표준 플라스틱 포장용기 개발[13]등의 연구가 수행되었다. 수산물과 관련된 연구로는 복합물류단지 구성을 통한 농산물 수출입 물류비용 절감에 관한 연구[14], 수산물 유통구조 개선 정책방향에 관한 연구[15], 수산물 및 수산식품 동향조사[16]등이 진행되어 오고 있다<표 1>.

<표 1> 선행연구

구분	연구내용
물류설계	[2] 김병찬 · 양대용, 2012. [3] 안경림 · 이주연, 2014. [4] Chardaire P, Lutton J. L, Sutter A, 1999. [5] Lin Lin, Mitsuo Gen, Xiaoguang Wang, 2008. [6] Mir-Bahador A, jalali Naini S. G, Armin J, 2012. [7] Babazadeh R, Tavakkoli-moghaddam R, Razmi J, 2012.
물류 운영	물류 정책 및 운영 [8] 나호영 · 이상현, 2009. [9] Der-Horng Lee, Meng Dong, 2009. [10] Amiri A, 2006.
	포장 용기 [1] 국토부, 2010. [11] 원유준 · 김진호 · 김동규, 2012. [12] 권근혜 · 김윤정 · 이강대, 2012. [13] 국토부 국토교통과학기술진흥원, 2012.
수산물	[14] 김병찬 · 양대용, 2014. [15] 이경규, 2013. [16] 농수산물유통공사, 2014

기존의 연구들은 수산물 유통과 관련된 대규모 물류시스템 네트워크를 정의된 기호를 통하여 하나의



<그림 1> 본 연구의 범위

통일된 수식으로 표현함으로써 수산물의 보관, 수송, 저장창고의 입지 및 포장 등의 물류네트워크에 대한 시스템적 접근을 가능케 했다는 점에서 높이 평가 될 수 있다. 그러나 물류시스템 효율화와 관련된 운영방법을 전통적 방법으로 한정하고 있으며, 수산물 포장과 관련하여 일부 수산물 가공식품을 제외하고 보관수명이나 신선도 연장 등의 포장자체의 기능성에 관한 연구에 치중하고 있기 때문에 반영구적으로 사용한 포장재 사용을 통한 일관수송을 위한 진전된 개선방안을 고려하지 않고 있다. 따라서 수산물 유통에 따른 1회용 포장재 사용은 수산물 물류주체들이 관심을 갖고 있는 물류합리화의 중요 요소인 자원절약 및 환경오염 규제에 적절히 대응하기 어려워 환경보호 차원의 도매시장 쓰레기 발생 부담금제 등으로 비용이 증가되고 있다. 또한 수산물을 수송하고 회차 할 때 냄새, 부패성 등 수산물의 물성 특징으로 이중 제품을 환적 할 수 없어 공차로 차량을 운행하고 있기 때문에 물류비용상승으로 인한 부담 등에 대한 대처방안을 고려하지 않는 한계를 가지고 있다.

이러한 한계를 극복하기 위하여 본 연구에서는 “생산자-산지도매시장(수협위판장)-중도매인-소비지도매시장(공판장)-중도매인-유사도매시장(수산물시장, 대형마트 포함)-소비자”로 연결되는 수송단계를 고찰하였으며, 현재 대부분 수산물 유통에서 사용되고 있

는 1회용 포장재인 나무상자, EPS(스티로폼, 이하 스티로폼)상자, 골판지상자의 활용현황을 분석하였다. 기존의 수산물 유통과 관련된 물류시스템, 포장용기의 현황과 문제점 분석을 통하여 본 연구에서는 수산물 물류합리화의 걸림돌로 작용해오고 있는 1회용 포장재 사용에 따른 환경문제, 각 단계에서 포장 및 해체를 반복하기 때문에 발생하는 포장비용, 수산물을 운송하고 회차 할 때 발생하는 공차율 등 수산물 유통의 제반 문제를 해결하기 위한 대안으로 반영구적 재사용과 회차 할 때 공차율을 개선할 수 있는 물류합리화 모형을 개발하였다. 본 연구에서는 1회용 포장용기와 재사용 포장용기 사용에 따른 정규수송비용, 수송 후 회차비용 및 포장비용의 세 가지 비용분석을 하였으며, 비용변화가 반복회차에 따라 어떻게 변화되는지를 비교, 분석한 후 비용에 따른 최적의 포장용기 사용방안을 도출하였다. 또한 본 연구의 객관성과 보편성을 검증하기 위하여 수치분석을 통하여 본 연구의 우수성을 입증하였다.

## II. 문제분석 및 가정

본 연구는 수산물 생산자(Producing District :  $PD_i$ ), 산지도매시장(수협위판장 A Consignment Sales :

CS) 및 중도매인, 소비자 도매시장(공판장), 중도매인, 유사 도매시장(대형마트 포함)을 포함하는 소비자 유통(Consumption Place :  $CP_k$ ), 소비자(End-User : EU)를 연결하는 수송단계를 고찰해 보고 특히, 수산물 유통과정에서 수송차량의 운용형태와 수산물의 포장비용, 1회용 포장재 사용의 문제점 및 대응방안을 통한 물적 분배시스템 운용비용을 검토하였다.

본 연구에서 고려하는 수산물의 유통과정은 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있다.

국내에서 유통되는 수산물 중 선어류는 유통 및 판매 특성상 수송포장이 주류이다. 어류를 가공하여 유통하는 외국과는 달리 전어체를 1회용 스티로폼상자, 골판지상자 등의 포장용기에 담아 유통·판매되고 있다. 나무상자는 재 사용시 세척문제로 수산물의 부패가 심화되고 있으며, 재질은 국내에서 별목하여 타 용도로 거의 사용이 불가능한 소나무 등의 건축자재가 대부분 사용되고 있으며, 플라타나스나무, 버드나무 등 활엽수의 경우 세척 후 나무의 특성에 따른 뒤틀림 현상으로 거의 사용하고 있지 않다. 연간 사용량 약 2천 3백만 개 중 10% 이하만 재활용 하고 있는 실정이다. 냉동어류에 주로 사용되고 있는 골판지상자의 경우는 생산, 보관 및 유통의 복잡한 환경에 적응하지 못하고 포장이 훼손되는 경우가 많으며, 물기가 많은 작업환경, 보관 장소의 수분 및 온도변화, 작업횟수 및 방법 등 열악한 환경에서 견디지 못하므로 포장의 기능 중 가장 중요한 제품보호의 역할을 제대로 하지 못하고 있다. 스티로폼 상자는 어종별 품질 특성에 따라 다양한 규격이 사용되고 있으며, Cold chain system 체계 미비로 신선도 유지용으로 선호하고 있으나 사용 후 환경문제가 심각하다<그림 2>.

따라서 1회용 포장재 및 수산물의 물성 특성으로 차량은 냉방장치가 부착된 전용냉장차량이나 전용냉동차량이 이용되고 있으나 이는 유가상승, 유료도로 통행료 인상 등으로 물류비용 과 수산물의 원가상승



<그림 2> 기존 수산물의 1회용 포장용기 출처: 국토부, 회수물류비절감을 위한 재사용 포장용기 개발, 2010.

요인으로 작용하고 있으며, 이들 1회용 포장용기의 사용은 국내·외적으로 전개되고 있는 환경규제에 대한 대처방안으로 부적절하다. 또한 수산물을 수송 후 회차 할 때 냄새, 수산물 특유의 물성으로 타 제품을 신지 못하여 공차율이 높아 기업 물류합리화에 걸림돌로 작용하고 있다. <그림 2>는 기존 수산물 유통 시장에서 주로 사용하는 1회용 포장용기이다. <그림 2 a)>는 나무상자를 활용하는 경우이고, <그림 2 b)>는 스티로폼 상자, <그림 2 c)>는 골판지상자를 사용하고 있는 그림이다.



<그림 3> 반영구적 사용가능한 재사용 포장용기 출처: 국토부, 회수물류비절감을 위한 재사용 포장용기 개발, 2010.

기존 1회성 포장재의 단점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 <그림 3>에서 보는 바와 같은 반영구적 재사용이 가능한 포장용기 사용을 제시하였다. 반영구적 재사용가능 포장용기와 관련하여 기술적으로는 이미 높은 수준에 도달되어 물류합리화의 인식이 바뀌면 널리 적용이 가능하다. 재사용 가능 포장용기는 보냉 기능이 가능하여 일정시간이상 선도를 유지할 수 있도록 제작이 되어 특정 시간 구간 안에서는 전용 특장차를 대체할 수 있는 이점이 있으므로 수산물

수·배송 후 이종의 타 물성의 제품을 싣고 되돌아 갈수 있다. 또한 재사용가능 용기는 초기 구입비용이 기존의 1회용 포장용기에 비하여 다소 높지만, 반복 재사용으로 분기점에 도달한 이후에는 기존 1회용 포장용기를 사용할 때보다 물류비용을 절감할 수 있으며, 환경보호 차원의 도매시장 쓰레기 발생 부담금등 으로부터 자유로워 질 수 있다. <그림 3>은 본 연구에서 제시하고 있는 반 영구적 재사용가능 포장용기이다. <그림 3 a><그림 3b>는 재사용을 위한 수거시 용기의 단면이며, <그림 3 c>는 수송단위 포장 그림이다.

본 연구에서는 산지부터 소비자까지 유통되는 수산물 수·배송에 보낸 기능을 보유한 반영구적 재사용이 가능한 포장용기 사용을 통한 환경문제를 해결하고, 포장비용 절감 및 공차율을 최소화함으로써 수송비용을 절감할 수 있는 물류합리화를 위한 모형을 개발하였다.

본 연구에서 개발된 물류합리화 모형을 객관적으로 입증하기 위한 비교분석에서 연간 총 비용절감을 위한 포장비용 및 회차비용이 포함된 수송비용의 2가지 비용요소를 고려하여 적용하였다.

본 연구에서 사용되는 가정은 다음과 같다.

첫째, 수산물의 유통경로는 다양하지만 본 연구에서는 “생산자-산지도매시장(수협위판장)-중도매인-소비지도매시장(공판장)-중도매인-유사도매시장(수산물시장, 대형마트)-소비자”로 유통되는 경로만을 고려하여 적용한다.

둘째, 수산물은 산지와 취급품목의 특성에 따라 크게 활어, 선어, 냉동어로 구분되지만 본 연구에서는 선어로 한정하여 적용한다.

셋째, 생산자, 산지도매시장, 소비자 도매시장 및 유사도매시장의 상·하차와 관련된 비용은 고려하지 않는다.

넷째, 재사용 포장용기의 세척, 회수와 관련된 제

반 사항은 포장용기 활용 비용에 포함시킨다.

### III. 수식모형 및 해법

본 연구의 수식모형전개에 사용되는 기호는 다음과 같다.

$TC^s$  = 1회용 포장용기를 사용하는 경우 총 평균 물류비용.

$TC^A$  = 반복 재사용 포장용기를 사용하는 경우 총 평균 물류비용.

$W_{ijp}^s$  = 1회용 포장용기를 사용할 경우 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로의 수송량.

$W_{ijp}^A$  = 반복 재사용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 수송시 수송량.

$NT_p^s$  = 품목  $p$ 에 대하여 1회용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 수송할 경우 정규수송비용.

$NT_p^A$  = 품목  $p$ 에 대하여 반복 재사용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 수송할 경우 정규수송비용.

$RT_p^s$  = 1회용 포장용기를 사용할 경우 품목  $p$ 에 대하여 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 수송 후 품목을 하차한 후 소비자유통지역  $k$ 와 산지유통  $j$ 로의 회차시 총 평균 수송비용.

$RT_p^A$  = 반복 재사용 포장용기를 사용하는 경우 품목  $p$ 에 대하여 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 수송 후 품목을 하차한 후 소비자유통지역  $k$ 와 산지유통  $j$ 로의 회차시 총 평균 수송비용.

$\alpha^s$  = 1회용 포장용기를 사용할 경우 적재효율.

$\alpha^A$  = 반복 재사용 포장용기를 사용하는 경우 적재효율.

$\beta^s$  = 1회용 포장용기를 사용할 경우 공차율.

$\beta^A$  = 반복 재사용 포장용기를 사용하는 경우 생산자  $i$ 와 산지유통지역  $j$ 간, 산지유통지역  $j$ 와 소비지유통지역  $k$ 간, 소비지유통지역  $k$ 와 소비자  $l$ 간에 품목  $p$ 를 수송하고 난 후 수산물 이외의 이중제품을 환적 하여 운영할 때 공차율.

$P_c^\delta$  = 1회용 포장용기를 사용할 경우 총 평균 포장비용.

$P_c^A$  = 반복 재사용 포장용기를 사용하는 경우 총 평균 포장비용.

$\omega_{ij}$  = 생산자로  $i$ 부터 산지유통지역  $j$ 로 수송할 때 수송요율에 따른 횡수당 수송비용.

$\omega_{jk}$  = 산지유통지역  $j$ 로부터 소비지유통지역  $k$ 로 수송할 때 수송요율에 따른 횡수당 수송비용.

$\omega_{kl}$  = 소비지유통지역  $k$ 에서 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 수송할 때 수송요율에 따른 횡수당 수송비용.

$\vartheta_w^\eta$  =  $\eta$  kg 단위의 1회용 나무상자의 포장용기 가격.

$\vartheta_s^\eta$  =  $\eta$  kg 단위의 1회용 스티로폼 포장용기 가격.

$\vartheta_{cc}^\eta$  =  $\eta$  kg 단위의 1회용골판지 포장용기 가격.

$\vartheta_A^\eta$  =  $\eta$  kg 단위의 반복 재사용가능 포장용기 가격.

$\frac{1}{g}$  = 연간 평균 적용 값을 의미함.

구성된 산지유통영역  $j$  와 소비지도매시장(공판장), 유사도매시장(대형마트)로 구성된 소비지유통영역  $k$ 를 경유하여 소비자  $l$ 로 운송하는 수산물 물류시스템의 수식모형 전개 및 계산절차는 다음과 같다.

### 3.1.1 수송비용

수산물의 수·배송은 산지와 취급품목에 따라 다양한 경로를 보이고 있지만 본 연구에서는 선어류 제품의 주요 경로인 “생산자-산지도매시장(수협위판장)-중도매인-소비지도매시장(공판장)-중도매인-유사도매시장(수산물시장, 대형마트)-소비자”로 한정하여 적용하였다.  $W_{ijp}^\delta$  는 1회용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 수송시 수송량이며, 1회용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 산지유통지역  $j$ 로 수·배송하는 품목  $p$ 에 대하여  $W_{ijp}^\delta$  을  $t$ 톤 적용차량( $V_t$ )으로 수송할 때 총 평균 수송량( $Q_{ijp}^\delta$ )은 식(1)과 같으며, 연 평균 수송횟수( $N_{ijp}^\delta$ )는 식(2)와 같다. 산지유통지역  $j$ 에서 소비지 유통지역  $k$ 로 수·배송하는 총 평균 수송량( $Q_{jkp}^\delta$ )은 식(3)과 같으며 연 평균 수송횟수( $N_{jkp}^\delta$ )는 식(4)와 같다. 소비지유통지역  $k$ 에서 소비자  $l$ 로 수송하는 품목  $p$ 의 수송량( $Q_{klp}^\delta$ )은 식(5)와 같으며, 연 평균 수송횟수( $N_{klp}^\delta$ )는 식(7)과 같이 계산된다(단,  $O_{ijp}^\delta$  는 품목  $p$ 에 대하여 1회용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 산지유통지역  $j$ 로 수송시 1회 수송량,  $O_{jkp}^\delta$  는 산지유통지역  $j$ 에서 소비지 유통지역  $k$ 로 1회 수송량,  $O_{klp}^\delta$  는 소비지유통지역  $k$ 에서 소비자  $l$ 로 수송할 때 1회 수송량을 의미함)

### 3.1 1회용 수산물 포장용기 운용 시 물류비용분석

기존의 수산물 유통에서 주로 사용하는 나무상자, 스티로폼상자 등 1회용 포장용기를 활용 하여 생산자  $i$  부터 산지도매시장(수협위판장) 및 중도매인으로

$$Q_{ijp}^\delta = \frac{1}{g} \left[ \sum_i \sum_j \sum_p \left( \frac{W_{ijp}^\delta}{V_t} \right) \right] \dots\dots\dots (1)$$

$$N_{ijp}^\delta = \frac{1}{g} \left[ \sum_i \sum_j \sum_p \left( \frac{W_{ijp}^\delta}{O_{ijp}^\delta} \right) \right] \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_{jkp}^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \sum_j \sum_k \sum_p \left( \frac{W_{jkp}^{\delta}}{V_t} \right) \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$N_{jkp}^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \sum_j \sum_k \sum_p \left( \frac{W_{jkp}^{\delta}}{O_{jkp}^{\delta}} \right) \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_{klp}^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \sum_k \sum_l \sum_p \left( \frac{W_{klp}^{\delta}}{V_t} \right) \right] \dots\dots\dots (5)$$

$$N_{klp}^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \sum_k \sum_l \sum_p \left( \frac{W_{klp}^{\delta}}{O_{klp}^{\delta}} \right) \right] \dots\dots\dots (6)$$

생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 수송할 경우 정규수송비용( $NT_p^{\delta}$ )은 식(1)-식(6)에 의하여 식(7)과 같이 표현할 수 있다(단,  $\omega_{ij}$ 는 생산자로부터 산지유통지역  $j$ 로 1회용 포장용기를 사용하여 수송할 때 적재효율  $\alpha^{\delta}$ 에 따른 수송요율에 따른 횡수당 수송비용,  $\omega_{jk}$ 는 산지유통지역  $j$ 로부터 소비자유��지역  $k$ 로 수송할 때 수송요율에 따른 횡수당 수송비용,  $\omega_{kl}$ 은 소비자유��지역  $k$ 에서 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 수송할 때 수송요율에 따른 횡수당 수송비용을 의미함).

$$NT_p^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \sum_p \left[ \sum_i \sum_j \left( \left( \frac{W_{ijp}^{\delta}}{O_{ijp}^{\delta}} \right) \times (\alpha^{\delta} \cdot \omega_{ij}) \right) + \sum_j \sum_k \left( \left( \frac{W_{jkp}^{\delta}}{O_{jkp}^{\delta}} \right) \times (\alpha^{\delta} \cdot \omega_{jk}) \right) + \sum_k \sum_l \left( \left( \frac{W_{klp}^{\delta}}{O_{klp}^{\delta}} \right) \times (\alpha^{\delta} \cdot \omega_{kl}) \right) \right] \right] \dots\dots\dots (7)$$

소비자  $l$ 에서 품목  $p$ 를 수송하여 하차한 후 소비자유��지역  $k$ 로 되돌아가는 회차시 수송비용( $E_{lk}$ )은 식(8)과 같고, 소비자유��지역  $k$ 에서 산지유통지역  $j$ 로의 회차와 관련된 수송비용( $E_{kj}$ )은 식(9)와 같다(단, 1회용 포장용기를 사용할 경우  $\beta^{\delta}$ 는 수산물 특장차를

활용하여 회차 하는 경우 공차율을 의미하고,  $\nu_{lk}$ 은 소비자  $l$ 에서 소비자유��지역  $k$ 로 회차 할 때 공차율에 따른 수송요율을 의미하며,  $\nu_{lk}$ 은 소비자유��지역  $k$ 에서 산지유통지역  $j$ 로 회차 할 때 공차율에 따른 수송요율을 의미함).

$$E_{lkp}^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \left( \sum_l \sum_k \sum_p \left( \frac{W_{lkp}^{\delta}}{O_{lkp}^{\delta}} \right) \right) \times (\beta^{\delta} \cdot \nu_{lk}) \right] \dots\dots\dots (8)$$

$$E_{kjp}^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \left( \sum_k \sum_j \sum_p \left( \frac{W_{kjp}^{\delta}}{O_{kjp}^{\delta}} \right) \right) \times (\beta^{\delta} \cdot \nu_{kj}) \right] \dots\dots\dots (9)$$

1회용 포장용기를 사용할 경우 품목  $p$ 에 대한 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 수송 후 품목을 하차한 후 소비자유��지역  $k$ 와 산지유통  $j$ 로의 회차시 총 평균 수송비용( $RT_p^{\delta}$ )은 식(8), 식(9)에 의하여 식(10)과 같이 계산된다.

$$RT_p^{\delta} = \frac{1}{g} \left[ \sum_p \left[ \left( \sum_l \sum_k \left( \frac{W_{lkp}^{\delta}}{O_{lkp}^{\delta}} \right) \times (\beta^{\delta} \cdot \nu_{lk}) \right) + \left( \sum_k \sum_j \left( \frac{W_{kjp}^{\delta}}{O_{kjp}^{\delta}} \right) \times (\beta^{\delta} \cdot \nu_{kj}) \right) \right] \right] \dots\dots\dots (10)$$

### 3.1.2 포장비용

취급품목이나 유통주체에 따라 다양하지만 주로 수산물의 포장은 나무상자로 포장되어 산지도매시장(수협위판장)에서 경매 후 해체된 후 소비자유��은 스티로폼이나 골판지 상자가 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 수산물의 산지부터 경매를 위한 산지도매시장까지의 포장은 나무상자를 적용하였으며, 경매 후 소비자유��단계는 스티로폼상자와 골판지상자를 사용하는 것으로 가정하여 적용하였다<그림 2>. 1

회용 포장용기를 사용할 경우 총 평균 포장비용( $P_c^\delta$ ) 은 식(11)과 같이 계산된다(단,  $N_{ijp}^\delta$  는 1회용 나무상자 를 사용하여 생산자  $i$ 로부터 산지유통지역  $j$ 로의 수 송횟수이며,  $N_{jkp}^\delta$  는 1회용 스티로폼상자 또는 골판지 상자를 활용하여 산지유통지역  $j$ 에서 소비지유통 $k$  및 소비자  $l$ 간의 수송횟수를 의미한다.  $\vartheta_w^n$  는  $\eta$  kg 단위의 1회용 나무상자의 포장용기 가격,  $\vartheta_s^n$  는 스티 로폼상자 포장용기 가격,  $\vartheta_{cc}^n$  는 골판지상자 포장용기 가격임).

$$P_c^\delta = \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{1}{g} \sum_p \left[ \sum_i \sum_j \left( \frac{O_{ijp}}{\eta} \cdot N_{ijp}^\delta \right) \times \vartheta_w \right. \\ \left. + \sum_j \sum_k \sum_l \left( \frac{O_{jkp}}{\eta} \cdot N_{jkp}^\delta \right) \right] \\ \times (\vartheta_s \text{ or } \vartheta_{cc})$$

따라서 수산물 포장에 있어 기존의 나무상자, 스티 로폼상자 및 골판지상자 등의 1회용 포장상자를 활용 하는 경우 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 유통 하기 위한 총 평균 물류비용( $TC^\delta$ )은 식(7), 식(10) 및 식(11)에 의하여 식(12)와 같이 계산된다.

$$TC^\delta = \frac{1}{g} \left\{ \sum_p \left[ \sum_i \sum_j \left( \left( \frac{W_{ijp}^\delta}{V_t} \right) \times (\alpha^\delta \cdot \omega_{ij}) \right) \right. \right. \\ \left. \left. + \sum_j \sum_k \left( \left( \frac{W_{jkp}^\delta}{V_t} \right) \times (\alpha^\delta \cdot \omega_{jk}) \right) \right. \right. \\ \left. \left. + \sum_k \sum_l \left( \left( \frac{W_{klp}^\delta}{V_t} \right) \times (\alpha^\delta \cdot \omega_{kl}) \right) \right] \right\} \dots\dots\dots (12)$$

$$+ \frac{1}{g} \left\{ \sum_p \left[ \sum_l \sum_k \left( \left( \frac{W_{lkp}^\delta}{V_t} \right) \times (\beta^\delta \cdot \nu_{lk}) \right) \right. \right. \\ \left. \left. + \sum_k \sum_j \left( \left( \frac{W_{kjp}^\delta}{V_t} \right) \times (\beta^\delta \cdot \nu_{kj}) \right) \right] \right\}$$

$$+ \frac{1}{g} \left\{ \sum_p \left[ \sum_i \sum_j \left( \frac{O_{ijp}}{\eta} \cdot N_{ijp}^\delta \right) \times \vartheta_w \right. \right. \\ \left. \left. + \sum_j \sum_k \sum_l \left( \frac{O_{jkp}}{\eta} \cdot N_{jkp}^\delta \right) \right] \right\} \\ \times (\vartheta_s \text{ or } \vartheta_{cc})$$

### 3.2 반영구적 사용이 가능한 재사용 포장용기

본 연구에서 제시한 반영구적 사용이 가능한 포장 용기를 활용 하여 생산자  $i$  부터 산지도매시장(수협 위판장) 및 중도매인으로 구성된 산지유통영역  $j$  와 소비지도매시장(공판장), 유사도매시장(대형마트)로 구성된 소비지유통영역  $k$  를 경유하여 소비자  $l$ 로 운 송하는 수산물 물류시스템의 수식모형 전개 및 계산 절차는 다음과 같다.

#### 3.2.1 수송비용

$W_{ijp}^A$  이 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 운송하는 수송 량일 때 반영구적 사용이 가능한 재사용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 산지유통지역  $j$ 로의 수 · 배 송하는 품목  $p$ 의 총 평균 수송량( $Q_{ijp}^A$ )은 식(13)과 같 고 연 평균 수송횟수( $N_{ijp}^A$ )는 식(14)와 같다. 산지유통 지역  $j$ 에서 소비지 유통지역  $k$ 로 수 · 배송하는 총 평 균 수송량( $Q_{jkp}^A$ )은 식(15)와 같으며 연 평균 수송횟수 ( $N_{jkp}^A$ )는 식(16)과 같다. 소비지유통지역  $k$ 에서 소비 자  $l$ 로 수송하는 품목  $p$ 의 수송량( $Q_{klp}^A$ )은 식(17)과 같 으며, 연 평균 수송횟수( $N_{klp}^A$ )는 식(18)과 같이 계산된 다(단,  $O_{ijp}^A$  는 품목  $p$ 에 대하여 반영구적 사용이 가능 한 재사용 포장용기를 활용하여 생산자  $i$ 로부터 산지 유통지역  $j$ 로 수송시 1회 수송량,  $O_{jkp}^A$  는 산지유통지 역  $j$ 에서 소비지 유통지역  $k$ 로 1회 수송량,  $O_{klp}^A$  는 소비지유통지역  $k$ 에서 소비자  $l$ 로 수송할 때 1회 수 송량을 의미함).

$$Q_{ijp}^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_i \sum_j \sum_p \left( \frac{W_{ijp}^A}{V_t} \right) \right] \dots\dots\dots (13)$$

$$N_{ijp}^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_i \sum_j \sum_p \left( \frac{W_{ijp}^A}{O_{ijp}^A} \right) \right] \dots\dots\dots (14)$$

$$Q_{jkp}^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_j \sum_k \sum_p \left( \frac{W_{jkp}^A}{V_t} \right) \right] \dots\dots\dots (15)$$

$$N_{jkp}^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_j \sum_k \sum_p \left( \frac{W_{jkp}^A}{O_{jkp}^A} \right) \right] \dots\dots\dots (16)$$

$$Q_{klp}^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_k \sum_l \sum_p \left( \frac{W_{klp}^A}{V_t} \right) \right] \dots\dots\dots (17)$$

$$N_{klp}^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_k \sum_l \sum_p \left( \frac{W_{klp}^A}{O_{klp}^A} \right) \right] \dots\dots\dots (18)$$

생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 수송할 경우 정규수송비용( $NT_p^A$ )은 식(13)-식(18)에 의하여 식(19)와 같이 표현할 수 있다.  $\omega_{ij}$ 는 생산자  $i$ 부터 산지유통지역  $j$ 로 수송할 때 반영구적 사용이 가능한 재사용 포장용기를 활용할 경우 적재효율  $\alpha^A$ 에 따른 헛수당 수송비용,  $\omega_{jk}$ 는 산지유통지역  $j$ 로부터 소비자유통지역  $k$ 로 수송할 때 헛수당 수송비용,  $\omega_{kl}$ 은 소비자유통지역  $k$ 에서 소비자  $l$ 로 품목  $p$ 를 수송할 때 헛수당 수송비용을 의미한다.

$$NT_p^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_p \left( \sum_i \sum_j \left( \frac{W_{ijp}^A}{O_{ijp}^A} \right) \times (\alpha^A \cdot \omega_{ij}) \right) + \sum_j \sum_k \left( \frac{W_{jkp}^A}{O_{jkp}^A} \right) \times (\alpha^A \cdot \omega_{jk}) \right) + \sum_k \sum_l \left( \frac{W_{klp}^A}{O_{klp}^A} \right) \times (\alpha^A \cdot \omega_{kl}) \right) \right] \dots\dots\dots (19)$$

소비자  $l$ 에서 품목  $p$ 를 수송하여 하차한 후 소비자

유통영역  $k$ 로 되돌아가는 회차시 수송비용( $E_{ik}$ )은 식(20)과 같고, 소비자유통영역  $k$ 에서 산지유통영역  $j$ 로의 회차와 관련된 수송비용( $E_{kj}$ )은 식(21)와 같다(단,  $\beta^A$ 는 반복 재사용 포장용기 사용에 의하여 산지에서 소비지로 수송하고 난 후 수산물 이외의 이종제품을 환적 하여 운영할 때 공차율,  $\nu_{lk}$ 은 소비자  $l$ 에서 소비자유통지역  $k$ 로 회차할 때 공차율에 따른 수송요율,  $\nu_{kj}$ 은 소비자유통지역  $k$ 에서 산지유통지역  $j$ 로 회차할 때 공차율에 따른 수송요율을 의미함).

$$E_{ik}^A = \frac{1}{g} \left[ \left( \sum_l \sum_k \sum_p \left( \frac{W_{lkp}^A}{O_{lkp}^A} \right) \right) \times (\beta^A \cdot \nu_{lk}) \right] \dots\dots\dots (20)$$

$$E_{kj}^A = \frac{1}{g} \left[ \left( \sum_k \sum_j \sum_p \left( \frac{W_{kjp}^A}{O_{kjp}^A} \right) \right) \times (\beta^A \cdot \nu_{kj}) \right] \dots\dots\dots (21)$$

반영구적 사용이 가능한 재사용 포장재를 사용할 경우 품목  $p$ 에 대한 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 수송 후 품목을 하차한 후 소비자유통지역  $k$ 와 산지유통  $j$ 로의 회차시 수송비용( $RT_p^A$ )은 식(20), 식(21)에 의하여 식(22)과 같이 계산된다.

$$RT_p^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_p \left( \sum_l \sum_k \left( \frac{W_{lkp}^A}{O_{lkp}^A} \right) \times (\beta^A \cdot \nu_{lk}) \right) + \sum_k \sum_j \left( \frac{W_{kjp}^A}{O_{kjp}^A} \right) \times (\beta^A \cdot \nu_{kj}) \right) \right] \dots\dots\dots (22)$$

### 3.2.2 포장비용

기존 수산물 품목  $p$ 에 대하여 산지  $i$ 부터 경매를 위한 산지도매시장  $j$ 까지의 포장은 나무상자를 사용하고, 경매 후 소비자유통단계  $k$ 는 스티로폼과 골판지상자를 사용함으로써 여러 단계에서 포장의 해체

와 재포장 과정을 거치는 방식이 운용되고 있다. 이에 반해 본 연구에서는 제시하고 있는 수산물의 기능성 재사용 포장용기를 사용하는 방안은 수산물 포장을 재사용 가능 포장용기로 일원하여 생산자  $i$ 부터 소비자  $l$ 에 이르는 전 과정에서 활용하고, 회수하여 재사용하는 방식의 운용방식을 적용하였다. <그림 3>에서 보는 것과 같이 재사용 포장용기를 사용할 경우 총 평균 포장비용( $P_c^A$ )은 식(23)과 같이 계산된다(단,  $N_{ijp}^A$ 는 반복 재사용 포장상자를 사용하여 생산자  $i$ 로부터 산지유통영역  $j$ 로의 수송횟수이며,  $N_{ijp}^A$ 는 산지유통영역  $j$ 에서 소비자유통영역  $k$  및 소비자  $l$ 간의 수송횟수를 의미한다.  $\vartheta_A^n$ 는  $\eta$  kg 단위의 반복 재사용 포장재 가격임).

$$P_c^A = \frac{1}{g} \left[ \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_p \left( \frac{O_{ijklp}}{\eta} \cdot N_{ijklp}^A \right) \right] \times (\vartheta_A^n) \quad \dots\dots\dots (23)$$

따라서 수산물 포장에 있어 반영구적으로 재사용이 가능한 포장용기를 사용하는 경우 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로 수산물을 유통하기 위한 총 평균 물류비용( $TC^A$ )은 식(19), 식(22) 및 식(23)에 의하여 식(24)와 같이 계산된다.

$$TC^A = \frac{1}{g} \left\{ \sum_p \left[ \sum_i \sum_j \left( \left( \frac{W_{ijp}^A}{V_t} \right) \times (\alpha^A \cdot \omega_{ij}) \right) + \sum_k \left( \left( \frac{W_{jkp}^A}{V_t} \right) \times (\alpha^A \cdot \omega_{jk}) \right) + \sum_l \left( \left( \frac{W_{klp}^A}{V_t} \right) \times (\alpha^A \cdot \omega_{kl}) \right) \right] \right\} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$+ \frac{1}{g} \left\{ \sum_p \left[ \sum_l \sum_k \left( \left( \frac{W_{lkp}^A}{V_t} \right) \times (\beta^A \cdot \nu_{lk}) \right) + \sum_j \left( \left( \frac{W_{kjp}^A}{V_t} \right) \times (\beta^A \cdot \nu_{kj}) \right) \right] \right\} + \frac{1}{g} \left[ \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_p \left( \frac{O_{ijklp}}{\eta} \cdot N_{ijklp}^A \right) \right] \times (\vartheta_A^n)$$

#### IV. 운용비용분석

기존 수산물에서 주로 사용되고 있는 포장용기인 나무상자, 스티로폼상자, 골판지상자 등의 1회용 포장용기를 활용하여 생산자로부터 소비자에게 수·배송하는 물류대안과 반영구적 사용이 가능한 재사용 포장용기를 활용하여 수·배송하는 물류대안의 총 평균비용을 비교·분석하였다.

실제 시스템과 완전히 일치하는 시뮬레이션 모형 적용은 현실적인 한계를 가지고 있다. 따라서 실제 시스템과 근접하며 두 가지의 비교 대안에 대한 적용 조건을 동일하게 적용하여 본 연구에서 개발한 모형에 대한 물류비용을 분석하였다. 수산물의 주요 유통 경로인 “생산자-산지도매시장(수협위판장)-중도매인-소비지도매시장(공판장)-중도매인-유사도매시장(수산물시장, 대형마트 포함)-소비자”를 대상으로 정규수송비용과 각 단계의 수·배송 목적지에서 제품을 하차한 후 회차하는 회차비용 및 제품의 포장용기비용으로 구성된 물류시스템 운용비용을 분석하였다.

본 연구의 비교분석에서 사용된 수치 및 해당수치의 특성은 <표 2>와 같다.

물류주체와 경로, 어획시기의 기상상황 등에 따라 차이를 보이지만 2010년 이후 수산물의 평균 거래량은 450 ~ 500만톤 정도이며, 이중 약 20%정도가 대형

유통업체와 소비자 도매상에서 거래되고 있다(농수산물유통공사, 2014). 본 연구에서는 선어류의 대표품목인 고등어를 대상으로 수치분석을 하였다. 고등어의 경우 전국 거래량의 90% 이상이 부산공동어시장을 통하여 거래되고 있다. 부산공동어시장의 평균 위판 거래량은 187,000 톤 정도이며 그중 40% 정도는 부산에서 소비되고 있지만 본 연구에서는 두 가지 비교대안의 수치분석을 위하여 생산자  $i$ 로부터 소비자  $l$ 로의 수송물량을 편의상 100톤을 가정하여 적용하였다. 포장용기의 가격은 시중에서 거래되고 있는 시장가격을 적용하였으며, 물류비와 관련된 포장용기에 관한 연구[1, 11-16] 를 토대로 수송단위의 적재효율 및 공차율을 적용하였다.

<표 2> 분석을 위한 기본정보

항목	적용수치
생산자 $i$ 부터 소비자 $l$ 로의 수송량 ( $W_p$ )	100 톤
10 kg 단위의 1회용 나무상자의 포장용기 가격( $\theta_w^1$ )	1,000 원
10 kg 단위의 1회용 스티로폼 포장용기 가격( $\theta_w^2$ )	1,800 원
10 kg 단위의 1회용 골판지 포장용기 가격( $\theta_w^3$ )	2,500 원
10 kg 단위의 반복 재사용가능 포장용기 가격( $\theta_w^4$ )	20,000 원
생산자 $i$ 부터 산지유통지역 $j$ 로 수송할 때 수송요율에 따른 횟수당 수송비용( $\omega_{ij}$ )	300,000 원
산지유통지역 $j$ 로부터 소비자유통지역 $k$ 로 수송할 때 수송요율에 따른 횟수당 수송비용( $\omega_{jk}$ )	600,000 원
소비자유통지역 $k$ 에서 소비자 $l$ 로 품목 $p$ 를 수송할 때 수송요율에 따른 횟수당 수송비용( $\omega_{kl}$ )	300,000 원
1회용 포장용기를 사용할 경우 적재효율( $\alpha^1$ )	70 %
반복 재사용 포장용기를 사용하는 경우 적재효율( $\alpha^4$ )	90 %
1회용 포장용기를 사용할 경우 공차율( $\beta^1$ )	100 %

1회용 포장용기 운용시 총 평균 물류비용 식(12)와 반영구적 재사용이 가능한 포장용기 운용시 총 평균 물류비용 식(24)에 의하여 계산된 결과는 <표 3>과 같으며, <그림 4>는 <표 3>을 그림으로 나타낸 것이다.

<표 3>의 결과를 고찰해 보면 다음과 같다.

기존의 1회용 포장용기인 나무상자, 스티로폼상자, 골판지 상자로 포장하여 운용하는 방안과 보냉 기능을 가진 반영구적 재사용이 가능한 포장용기로 포장하여 운용하는 방안에 대한 물류비용을 분석해보면 다음과 같다.

<표 3> 대안별 물류운영비용 비교

구분		1회용 포장용기 운용	재사용 포장용기 운용
1회 운영	정규 수송비용	53,333,333	41,481,481
	회차비용	37,333,333	11,614,815
	포장비용	31,500,000	200,000,000
	합계	122,166,667	253,096,296
2회 반복운영	정규 수송비용	106,666,667	82,962,963
	회차비용	74,666,667	23,229,630
	포장비용	63,000,000	200,000,000
	합계	244,333,333	306,192,593
3회 반복운영	정규 수송비용	160,000,000	124,444,444
	회차비용	112,000,000	34,844,444
	포장비용	94,500,000	200,000,000
	합계	366,500,000	359,288,889
4회 반복운영	정규 수송비용	213,333,333	165,925,926
	회차비용	149,333,333	46,459,259
	포장비용	126,000,000	200,000,000
	합계	488,666,667	412,385,185



<그림 4> 대안별 물류운영비용 비교

각 운영방식에서 동일한 변수를 적용하였으며, 1회용 포장용기를 사용할 경우 반복횟수에서 2회까지는

1회용 포장용기 운용비용이 적게 소요됨을 볼 수 있다. 이는 정규수송비용 및 회차비용은 재사용 포장용기 운용시 적재효율 및 이중제품으로 환적이 가능하므로 물류비용이 적게 소요되지만, 초기 포장용기 구입가격 차이가 원인이 되어 나타난 결과이다. 3회 반복 수산물 물류운영을 할 경우 두 가지 대안의 물류비용이 근접해진다. 3회 이상 반복하여 본 모형을 운영할 경우 반복 재사용으로 포장비용은 상쇄되고 정규수송비와 회차비용에서 차이를 보인 결과 1회용 포장용기를 운영할 때에 비하여 재사용 포장용기를 운영하는 경우에 물류운용비용은 현저히 낮아지며 회차가 반복될수록 절감 폭은 점점 더 커진다<그림 4>.

따라서, 본 모형에서 개발한 수산물의 기능성 재사용 포장용기 사용을 통한 우수성을 수치분석결과 객관적으로 입증되었다.

## V. 결론

국내에서 생산, 유통되는 어류의 포장은 대부분 나무상자, 골판지상자, 스티로폼 상자가 사용되고 있다. 산지에서 수산물 보관용은 주로 나무상자가 주종을 이루며 어획, 경매 후에는 대부분 폐기되고 수송 및 판매용 포장은 스티로폼상자와 골판지 상자가 사용되고 있다. 그러나 나무상자, 스티로폼상자, 골판지상자 등의 1회용 포장재는 재사용율이 매우 낮아 수산물 물류비용 증가의 원인이 되고 있으며, 수산물의 일관수송체계(ULS)구축이 어렵고 폐기되는 1회용 포장용기는 국내외적으로 전개되는 자원 및 환경문제를 수반하고 있다. 또한 수산물을 1회용 포장용기로 포장할 경우 파렛트 적재효율이 규격화된 재사용 포장용기에 비하여 20% 이상 낮으며, 냄새, 부패 등의 물성 특성때문에 수산물 수송 차량은 제품 운송 후 수산물 이외의 이중제품을 싣지 못하여 공차로 되들

아가고 있어 물류합리화의 걸림돌로 작용하고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 본 연구에서는 '생산자-산지도매시장(수협위판장)-중도매인-소비지도매시장(공판장)-중도매인-유사도매시장(수산물시장, 대형마트 포함)-소비자'로 연결되는 수송단계의 고찰과 현재 수산물 유통에서 주로 사용되고 있는 1회용 포장재인 나무상자, 스티로폼상자, 골판지 상자의 활용 및 유통현황을 분석하였다. 기존 수산물 물류합리화의 걸림돌로 작용해오고 있는 1회용 포장재 사용에 따른 환경문제, 수산물 유통경로의 각 단계에서 포장과 해체를 반복함으로써 발생하는 포장비용, 수산물 운송 후 회차시 발생하는 공차율 문제를 해결하기 위한 대안으로 반영구적 재사용과 회차시 공차율을 줄일 수 있는 물류합리화 모형을 개발하였다.

대안별 모형에 대한 수치분석결과 수산물의 기능성 재사용 포장용기 사용은 나무상자, 스티로폼상자, 골판지상자로 포장되는 기존 1회용 포장용기의 사용에 비하여 반복 운영횟수 2회까지는 1회용 포장용기 운용비용이 적게 소요됨을 볼 수 있다. 정규수송비용 및 회차비용은 재사용 포장용기 운용시 적재효율 및 이중제품으로 환적이 가능하므로 물류비용이 적게 소요되지만, 초기 포장용기 구입가격 차이가 원인이 되어 나타난 결과이다. 3회 반복 수산물 물류운영을 할 경우 두 대안의 물류비용이 근접해진다. 3회 이상 반복하여 본 모형을 운영할 경우 반복 재사용으로 포장비는 상쇄되고 정규수송비와 회차비용에서 차이를 보인 결과 1회용 포장용기를 운영할 때에 비하여 재사용 포장용기를 운영하는 경우에 물류운용비용은 현저히 낮아진다. 특히 회차가 반복될수록 절감 폭은 점점 더 커짐을 각 운영대안에 동일한 변수를 적용한 수치분석결과 본 연구에서 제시한 반영구적으로 재사용이 가능한 수산물의 기능성 포장용기를 사용할 경우 물류합리화를 위한 객관적인 우수성을 입증하였다.

결국, 본 연구에서 제시하고 있는 수산물의 기능성 재사용 포장용기를 사용하는 물류정책은 기존의 1회용 포장용기를 사용하는 경우와 비교하여 물류비용을 현저히 절감하는 수치분석결과를 통하여 본 연구의 우수성을 입증하였다.

또한 본 연구에서 제시하고 개발한 모형은 대규모 물류시스템의 운영과 관련된 제반 문제에 대한 보다 현실적인 접근을 가능케 하였으며, 선어류의 유통과 관련된 정책수립을 위한 지침으로 활용할 수 있는 토대를 마련하였다.

또한, 본 연구를 활용하면 다음과 같은 장점이 기대된다.

첫째, '생산자-산지도매시장(수협위판장)-중도매인-소비지도매시장(공판장)-중도매인-유사도매시장(수산물시장, 대형마트 포함)-소비자'의 경로 뿐만 아니라 '생산자-산지유통인-소비지도매시장-중도매인-소비자', '생산자-소비지도매시장(대형마트)-소비자' 등의 물류주체와 경로에서 본 모형을 응용 적용할 경우 물류합리화 등의 물류정책 입안에 도움이 된다.

둘째, 본 연구결과를 확대하여 선어류 이외에 냉동어류, 수산물 가공식품 등으로 확대할 경우 물류비용 절감을 위한 물류효율화의 성과가 기대된다.

셋째, 유가상승, 인건비 부담 증가 등에 의하여 물류비용이 상승하는 현실에서 포장비용을 최소화하고 수·배송과 관련된 합리적인 물류합리화 전략수립의 기초를 제공한다.

추후 연구과제로서 본 연구 적용에서 제한하고 있는 '생산자-산지도매시장(수협위판장)-중도매인-소비지도매시장(공판장)-중도매인-유사도매시장(수산물시장, 대형마트 포함)-소비자' 경로뿐만 아니라 '생산자-산지유통인-소비지도매시장-중도매인-소비자', '생산

자-소비지도매시장(대형마트)-소비자' 등으로 확장시켜 연구를 진행하며, 재사용 포장용기의 회수비용 및 재고관리비용에 대하여 연구하고자 한다.

## 참고문헌

- [1] 국토부, "회수물류비용절감을 위한 포장용기 개발," 2010.
- [2] 김병찬·양대용, "공차율을 고려한 유연한 수입 곡물 화물차운영이 물류비용에 미치는 영향에 관한 연구," 디지털산업정보학회논문지, 제8권, 제4호, 2012, pp. 193-203.
- [3] 안경림·이주연, "지속가능한 공급사슬을 위한 비즈니스 프로세스 모델 연구," 디지털산업정보학회논문지, 제10권, 제1호, 2014, pp. 181-193.
- [4] Chardaire P, Lutton J. L, Sutter A, "Upper and lower bounds for the two-level simple plant location problem," Annals of operations research, Volume 86, 1999, pp. 117-140.
- [5] Lin Lin, Mitsuo Gen, Xiaoguang Wang, "Integrated Multistage Logistics Network Design by Using Hybrid Evolutionary Algorithm," Computers & Industrial Engineering, In Press, Accepted Manuscript, Available online 27 September 2008.
- [6] Mir-Bahador A, jalali Naini S. G, Armin J, "An intergrated model for designing supply chain network under demand and supply uncertainty," African journal of Business management, Volume 6, No. 7, 2012, pp. 2678-2696.
- [7] Babazadeh R, Tavakkoli-moghaddam R, Razmi J, "A complex design of the intergrated

- forward-reverse logistics network under uncertainty," International journal of industrial Engineering & Production Research, Volume 23, No. 2, 2012, pp. 113-123.
- [8] 나호영 · 이상헌, "역물류를 고려한 통합물류망에서의 입지 : 경로문제," 산업공학회지, 제22권, 제2호, 2009, pp. 153-164.
- [9] Der-Horng Lee, Meng Dong, "Dynamic network design for reverse logistics operations under uncertainty," Transportation Research Part E, Volume 45, 2009, pp. 61-71.
- [10] Amiri A, "Designing a distribution network in a supply chain: formulation and efficient solution procedure," European Journal of Operational Research, Volume 171, 2006, pp. 567-576.
- [11] 원유준 · 김진호 · 김동규, "포장용기 표준화를 통한 기업 내 물류효과 분석," 대한안전경영과학회지, 제14권, 제4호, 2012, pp. 193-203.
- [12] 권근혜 · 김윤정 · 이강대, "물류비 절감형 포장용기 및 운영시스템 개발," 교통 기술과 정책, 제9권, 제2호, 2012, pp. 41-46.
- [13] 국토부 국토교통과학기술진흥원, "국가물류표준 종합시스템 개발 : 별권. 2, 접이식 표준 플라스틱 포장용기 개발," 2012.
- [14] 김병찬 · 양대용, "복합물류단지 구성에 따른 농산물 수출입 물류비용 절감에 관한 연구," 디지털 산업정보학회 논문지, 제10권, 제3호, 2014, pp. 273-283.
- [15] 이경규, "수산물 유통구조 개선 정책방향 : 도매 시장 거래제도 개선효과 미흡 유통경로와 비용 축소에 초점," 현대해양, 통권518호, 2013, pp. 49-51.
- [16] 농수산식품유통공사, "수산물 및 수산식품 동향 조사," 2014년, 5월호.

■ 저자소개 ■



김 병 찬  
Kim Byeongchan

2014년 7월 현재  
사)한국기술거래사회 대외협력  
부회장  
2009년 2월 경기대학교 산업공학과(공학박사)  
1998년 2월 경기대학교 산업공학과(공학석사)  
1996년 2월 경기대학교 산업공학과(공학사)

관심분야 : 물류경영, 생산공학, SCM  
E-mail : pckim4759@korea.com



양 대 용  
(Yang Daeyong)

2014년 10월 현재  
수원과학기술대학교 산업경영과  
부교수  
1993년 2월 숭실대학교 산업공학과(공학박사)  
1983년 2월 동아대학교 산업공학과(공학석사)  
1981년 2월 숭실대학교 산업공학과(공학사)

관심분야 : 물류경영, 생산혁신, SCM  
E-mail : dyyang@ssc.ac.kr

논문접수일: 2015년 7월 27일
수 정 일: 2015년 8월 10일
게재확정일: 2015년 8월 13일