

택배서비스산업에서 탄소배출비용을 고려한 물류정책 수립 연구*

유지돈** · 최유준** · †이익선**

A Study on the Logistics Policy Considering the Cost of Carbon Emission in Parcel Express Industry

Ji Don Yu** · Yu Jun Choi** · †Ik Sun Lee**

■ Abstract ■

This paper researches on the effective and efficient logistics policy for the parcel express company. The paper derives new policy by considering the number of used vehicles, carbon emission amount, delivery completion time, etc. The maximum waiting of delivery is considered as the time limit T day. To verify the effectiveness of the derived policy, the data of 30 days is generated, and it was shown that the derived policy is very effective compared with the conventional one.

Keywords : Parcel Express Industry, Efficient Logistic Heuristic, Carbon Emission Output

1. 서 론

본 연구는 택배 산업의 물류 시스템 개선과 향상
을 위해 기존에 유지되고 있는 물류정책과 제안정책

의 시뮬레이션 비교를 통해 효과적인 물류정책을
제안하고자 한다.

공정거래위원회 택배 표준약관에 명시되어 있는
택배서비스란 “택배서비스 업자가 배송의뢰를 받은

논문접수일 : 2012년 05월 15일 논문수정일 : 2012년 07월 13일 논문게재확정일 : 2012년 07월 16일

* 이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

** 동아대학교 경영대학 경영학과

† 교신저자

의뢰인의 문 앞에서 화물을 인수하여 포장, 운송, 배송 등의 일체를 일관책임으로 담당하여 수하인에게 직접 배송해 주는 서비스”라 정의하고 있다. 즉, 도시 간 및 도시 내 소형, 소량화물 운송에 적합한 운송체계를 일컬어 택배서비스라 말하며, 이는 고도화된 혁신성을 가진 운송체계이다. 국내의 택배산업은 1992년을 기점으로 매년 두 자릿수 성장을 이어왔고, 경기 상황에 관계없이 홈쇼핑, 온라인 마켓 등의 급성장으로 인한 물동량의 증대에도 불구하고 수익성은 저하되고 있다. 이는 유가상승에 따른 부가가치의 하락, 인건비(운영비용)상승, 고객의 니즈 변화, 경쟁기업의 원가절감 가열로 인한 저가경쟁 심화가 원인으로 작용되고 있다. 또한 국가차원의 중장기적인 온실가스 감축목표설정(2009. 11)과 저탄소 녹색성장기본법(2010. 4)을 근간으로 정부는 녹색성장 국가전략을 위해 5개년 계획을 수립하고 신재생 에너지의 개발과 온실가스 배출에 대한 규정과 제도적 장치는 택배물류기업에 큰 압박과 제약으로 작용하고 있다. 물류산업에서도 도로 수송부문의 온실가스 배출량이 항공, 철도, 해운을 합친 온실가스 배출량보다 대략 6배 많은 양을 배출하고 있는 실정이기 때문에 기존 물류산업에서의 정책적 패러다임 한계에 직면하고 있으며 새로운 전환을 통한 대안을 모색해야만 한다. 따라서 본 논문은 녹색성장을 국가전략의 일환으로써 탄소배출량을 조절할 수 있는 수송체계와 배차 시스템을 통해 탄소배출비용을 산출하여 합리적인 택배서비스 정책을 제안하고자 한다.

일반적으로 택배서비스 분야의 연구는 다음과 같다. 이하영[12]은 택배서비스 품질이 택배업체에 대한 신뢰에 미치는 영향과 택배업체에 대한 신뢰가 택배업체에 대한 몰입에 미치는 영향을 분석하였고, 최용혜[14]는 고객을 대상으로 서비스 품질의 기대와 성과가 기대불일치에 미치는 영향, 고객만족이 고객충성도에 영향을 미치는 인과관계 구조를 밝히고 택배회사들의 기업고객에 대한 고객지향성을 높이기 위한 마케팅전략 수립 방향을 제시하였다. 홍상태[16]는 환경친화적 물류시스템 구축이 물류활동 성

과에 어떠한 영향을 미치고 있는가에 대하여 연구하였고, 고창성[2] 연구는 매출이익을 최대화하는 것을 목적으로 화물터미널과 영업소간의 화물 배달 및 수집시간 증감을 통해 총 이익이 최대로 하는 서비스 네트워크를 설계하였다. 하재원[15]은 Hybrid hub and spoke 형태의 운송망을 운영하고 있는 택배업체의 실제 제약과 가정 사항을 고려하여 운송계획 문제에 대한 정수계획 모형을 제시하고 유전알고리즘을 활용하여 문제 해결을 하였다. 이성현[9]은 택배업체의 경쟁우위 확보를 위한 물류비용과 탄소배출비용을 최소화하는 의사결정 도구로써, A택배사의 수도권 영업소를 중심으로 한 택배차량 크기 최적화 결정 모형을 연구하였고, 강정훈[1]은 택배 물류서비스를 소비자가 기대하는 택배물류서비스 기대치와 현실 서비스 제공과의 차이를 극복하여 소비자 편리성을 제공할 수 있는 방법을 연구하였다. 박경서[5]는 국내 택배산업의 구조적인 문제점과 수익성 개선방안을 제시하였고, 신기호[6]는 택배 산업의 매출액에 영향을 미치는 우위요인들을 분석하고 국내 택배 산업의 문제점을 파악하여 택배산업의 경쟁력 강화를 위한 대안을 제시하였다. 이용대[10]는 하이브리드 다중 Hub-and-Spoke 시스템의 차량 경로 계획 문제에서 차량 크기, 차량 이용횟수, 운영 형태(계약차 또는 용차 등)를 결정하는 문제를 연구하였다.

위의 관련연구 고찰에서와 같이 현재 택배시장의 연구는 탄소배출을 고려하지 않은 익일 배송시스템의 고객만족 우위요인을 찾거나 고객만족 극대화를 위한 새로운 물류 네트워크 설계, 물류계획 수립연구에 집중되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 온실가스 배출에 대한 규정과 제도적 장치에 대비하기 위하여 현재 택배서비스 산업에서 운영 중인 물류정책과 논문에서 제안하는 새로운 물류정책과의 비교를 하였다. 또한 차량이동횟수, 탄소배출량, 배송완료시간을 환산한 탄소배출비용을 산정하여 시뮬레이션 비교·분석을 실시하였다.

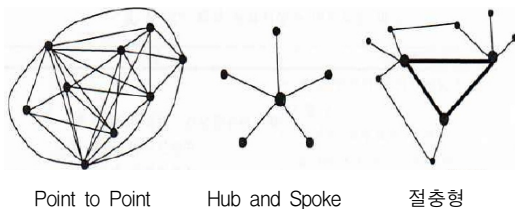
본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 일반적으로 사용되는 택배 네트워크의 정의와 기존

에 운영 중인 물류정책과 본 연구에서 제안하는 물류정책을 정의하고 그 물류흐름의 절차를 규명한다. 또한 탄소배출량의 산정을 위한 방법을 제시한다. 제 3장에서는 각 물류정책의 특성과 절차 및 연구모형을 비교·검증한다. 제 4장에서는 수치실험을 통한 시뮬레이션 비교·분석을 통해 성능을 평가한다. 제 5장에서는 연구의 결론과 추후 연구과제에 대한 논의가 이루어진다.

2. 택배 네트워크의 정의와 탄소 배출량 산정

2.1 택배서비스산업의 네트워크 방식

택배서비스 산업의 운영에 주요한 부분을 차지하는 택배 네트워크 방식은 크게 Point to Point 방식, Hub and Spoke 방식, 이 두 방식을 혼합한 절충형 방식으로 분류된다. <그림 1>에서와 같이 Point to Point 방식은 각 지역 터미널에서 다른 지역 터미널로 직접 물동량을 이동시키는 수송방식이며, Hub and Spoke 방식은 각 지역 터미널에서 집합한 화물을 하나의 허브터미널로 재집하시키고 재분류를 거쳐 각 지역 터미널로 운송하는 방식이다. 절충형 방식은 Point to Point 방식과 Hub and Spoke 방식을 혼합한 것으로 배송물량이 많은 경우 각 지역 터미널로 직배송하고, 화물량의 불균형이 생길 경우 불균형 물량을 허브 터미널로 이동시켜 중계하는 시스템이다.



<그림 1> 택배 네트워크의 유형

대부분의 국내 대형 택배 기업들은 Hub and Spoke 방식이 주이면서 절충형의 성격을 띄고 있

지만, 전체적으로는 운행경비를 감소시키고, 전 터미널에 신속하게 물량을 이동시킬 수 있으며, 작업 인력의 감소로 노무관리가 효율적인 Hub Terminal의 성격을 가지고 운영하고 있다.

2.2 탄소배출량 산정

택배기업의 주 수송수단인 트럭은 이동하기 위해서 화석연료를 연소하며, 그 결과 CO₂, CH₄, N₂O 등의 온실가스를 배출한다. 온실가스 배출량 산정 방법은 종류에 따라 각기 다른 방법을 적용하게 되는데 크게 ‘이동연소’와 ‘기타 이동연소’가 있다. 이동연소에 의한 온실가스 배출량 산정은 화석연료를 동력으로 하는 도로운송을 대상으로 한다.

온실가스 배출량을 산정하는 방법으로는 산정의 기준 지표에 따라 Simple Method와 Advanced Method가 있다. Simple Method는 도로운송운행에 따른 총 연료사용량 정보를 사용하고 Advanced Method는 차량별 타입 및 배출 저감 기술 등을 사용한다.

Simple Method는 차량에 사용된 총 연료 사용량이 연료원별로 관리될 경우 사용 가능한 방법으로, 연료 사용량에 연료원별 배출계수를 적용하여 배출량을 산정한다. 배출계수는 국가별 배출계수가 존재할 경우 이를 적용토록 하며, 없을 경우에는 IPCC 가이드라인에서 제시하는 배출계수를 적용한다.

<표 1> 배출량 산정 방법 선택 기준

방법론	Activity Data	Reference
Simple Method	사업장에서 사용한 총 연료 사용량이 연료원별로 관리 되는 경우	2006 IPCC Guideline Tier 1
Advanced Method	사업장에서 사용한 총 연료 사용량이 연료설비별로 관리 되는 경우	2006 IPCC Guideline Tier 2

Advanced Method는 차량 타입별 연료 사용량이 관리되는 경우 사용하는 방법으로 차량에 의한 CH₄, N₂O 배출량은 사용 연료 및 엔진 타입 등 차량 중

류에 따라 온실가스 배출량이 변동하기 때문에 정확한 배출량 산정을 위해서는 각 차량 고유의 국가별 배출계수를 사용해야 한다. 단, 국가별 배출계수가 존재하지 않을 경우, 배출량 산정 실험을 통해 차량 고유의 배출계수 값을 계산하여 적용한다.

본 연구에서는 CO₂가 설비 특성보다는 연료특성에 따라 배출량이 결정됨으로 Simple Method를 사용하여 배출량을 산정한다. 온실가스 배출계수 선정은 사용된 화석연료량과 단위 연료 당 온실가스 배출량을 나타내는 배출계수를 이용하여 온실가스 배출량을 산정한다. 온실가스 배출계수는 CO₂의 경우 국가 배출계수를 적용하고, CH₄와 N₂O는 국가 배출계수가 존재하지 않으므로 IPCC 2006 가이드라인에서 제시한 배출계수를 사용한다.

온실가스 배출량 산정은 아래와 같다.

$$\text{※ 온실가스 배출량} = \sum[\text{차량의 연료 소비량} \times \text{발열량} \times \text{환산계수} \times \text{온실가스 배출계수}]$$

3. 문제의 정의와 정책적 절차 비교

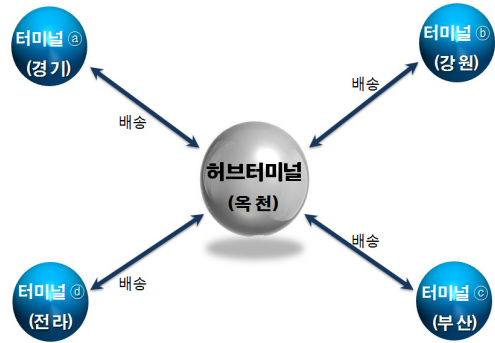
3.1 문제의 정의

본 연구에서는 국내 주요 거점 지역을 중심으로 각 4개의 ①, ②, ③, ④ 지역 노드와 C사의 중심 허브터미널 1개를 노드로 지정한다. 이동되는 5t 트럭의 차량은 각 노드와 상관없이 무한대로 가정한다. 각 노드에서 발송되는 1일치 배송물량은 각 지역을 의미하는 노드의 인구통계학적 밀도를 감안하여 최소, 최대량을 임의 생성한다. 트럭의 운행에 따른 탄소배출량과 이동횟수, 배송완료시간을 합산한 탄소배출비용을 최소화 하고자 한다.

즉, 본 연구에서는 탄소배출비용을 최소화 하는 것을 목적으로 하며, 탄소배출비용은 탄소배출량과 차량이동횟수, 배송완료시간을 합산한 것을 탄소배출비용이라고 한다. 고객불만비용은 배송완료시간이 길어질수록 비용발생이 커질 것이라고 가정한다. 배송이 지연될수록 고객의 만족도는 저하될 것

이기에 고객만족도와 차량연료비, 탄소배출비용 간에 균형을 맞추어 최적의 방안을 도출한다.

3.2 C사의 연구모형

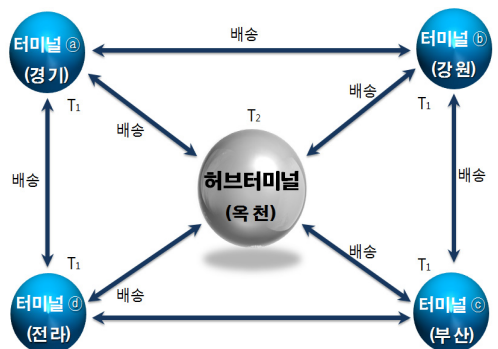


〈그림 2〉 C택배 회사의 배송정책 구성(Hub and Spoke)

3.2.1 C사의 배송절차

- step 1 : 터미널 ①, ②, ③, ④ 지역의 모든 물량은 허브터미널로 이동되어진다.
- step 2 : 허브터미널에서 목적지 별로 분류해서 배송이 이루어진다.
- step 3 : 당일 접수된 택배는 반드시 익일 배송된다.

3.3 본 논문의 연구모형



〈그림 3〉 본 연구의 배송정책 구성

본 연구의 배송 시스템은 배송 횟수를 줄이기 위해 가능하면 트럭을 완전히 채워서 목적지로 이동

시키며, 트럭을 채우기 위해서 물량이 서브터미널에서 T_1 (3일), 허브터미널에서 T_2 (3일)일 대기가 주어진다. 택배물류산업의 탄소배출 저감을 위해 고려해야 할 부분은 운송차량의 이동 횟수를 줄이는 것이기 때문에 서브 및 허브터미널에 T일 동안 물량을 대기시킬 수 있는 정책을 제안한다. 이는 대기 시간을 의미하는 T일이 지나기 전에 트럭의 한계 용량이 채워지면 서브터미널로 직접 배송하도록 하였다. 또한 서브터미널로의 직접배송이 끝난 잔여 물량들(자투리 물량)이 트럭 한계용량을 넘어서게 되면 허브터미널로 배송을 시키며 그렇지 않은 경우에는 T일 동안 대기시키도록 하였다. 공통적으로 서브 및 허브터미널로 배송된 트럭의 복귀시 대상 터미널의 발생물량을 전량 회수하도록 하였다

3.3.1 본 연구의 배송절차

3.3.1.1 서브터미널 입장

step 1 : 터미널 ①, ②, ③, ④로의 물류이동은 차량(5t)이 꽉 채워지면 해당터미널로 직접 배송한다.

step 2 : 터미널 ①, ②, ③, ④로 직접 보낸 후 잔여 물량이 발생하는 경우에는 남은 잔량의 합이 5t이 되면 허브 터미널로 보내고, 5t을 넘지 않으면 최대 T_1 (3일)일까지 대기한다 (단, 보내는 물량은 많이 남은 비율순으로 계산해서 보낸다).

step 3 : T_1 일이 경과될 때까지 물량이 꽉 차지 않으면 허브로 보낸다.

step 4 : 다른 터미널에서 복귀 시 남은 물량을 신고 온다.

step 5 : 허브에서 트럭이 배송되어 왔다면, 모든 배송 잔여 물량을 실어서 허브로 복귀시킨다.

3.3.1.2 허브터미널 입장

step 1 : 다른 터미널로부터 물량을 배송 받는다.

step 2 : 각 목적지 별로 물량을 재분류한다.

step 3 : 트럭이 소속된 터미널로 돌아갈 때도 해당 터미널에 대한 배송물량을 최대한 많이 싣

고 복귀한다.

step 4 : 터미널 ①, ②, ③, ④로 5t이 채워지면 직접 배송하고, 잔여 물량은 최대 T_2 (3일)일까지 대기한다.

step 5 : T_2 일이 경과되면 물량이 꽉 차지 않더라도 터미널 ①, ②, ③, ④로 직접 배송한다.

step 6 : 다른 터미널에서 복귀 시 남은 물량을 전량 싣고 허브로 돌아온다.

3.4 예제 문제

<표 2>는 C사의 Hub and Spoke 방식의 정책과 본 연구에서 제안하는 정책의 비교를 위하여 각 지역에서 1~4일차 물량이 발생된 경우에 대한 예제 문제의 입력 데이터이다. 본 예제는 부산, 옥천, 강원 에 한하여 지역적으로 차등된 물량을 임의로 생성하였고, 이외 지역은 물량이 발생되지 않은 경우로 한정하였다. 또한 각 서브터미널마다 $T_1 = 3$ 일, 허브터미널(옥천) $T_2 = 3$ 일의 대기시간, 차량용량 5t 트럭으로 가정하였다.

<표 2> 각 지역별 운송량 예제 데이터

출고지역	입고지역	1일차	2일차	3일차	4일차
부산	강원	300kg	350kg	250kg	300kg
	경기	1,600kg	1,850kg	1,650kg	1,700kg
	전라	450kg	550kg	450kg	400kg
옥천	부산	1,000kg			
강원	부산	2,000kg			

<표 3>은 제 3.3절의 절차에 의하여 각 출고지역에서 발생된 물량은 당일 배송을 원칙으로 하여 물량의 대기가 발생되지 않으며, 총 차량운행횟수 16회, 탄소배출량 2.1tCO_{2e}의 결과를 보여준다.

<표 4>는 본 연구정책의 예제문제 결과로써 1일차 물량은 제 3.3.1.1절의 step 1에 의하여 입고지역으로 직접배송이 이루어지지 않고, step 2에 의하여 물량 합이 5,000kg가 되지 않음으로 허브 터미널로도 배송이 이루어지지 않게 된다. 이러한 경

〈표 3〉 기존정책의 예제문제 결과

	물량이동
1일차	부산 → 옥천(300kg, 1,600kg, 450kg)
	강원 → 옥천(2,000kg)
	옥천 → 부산(3,000kg)
	옥천 → 강원(300kg)
	옥천 → 경기(1,600kg)
	옥천 → 전라(450kg)
2일차	부산 → 옥천(350kg, 1,850kg, 550kg)
	옥천 → 강원(350kg)
	옥천 → 경기(1,850kg)
	옥천 → 전라(550kg)
3일차	부산 → 옥천(250kg, 1,650kg, 450kg)
	옥천 → 강원(250kg)
	옥천 → 경기(1,650kg)
	옥천 → 전라(450kg)
4일차	부산 → 옥천(300kg, 1,700kg, 400kg)
	옥천 → 강원(300kg)
	옥천 → 경기(1,700kg)
	옥천 → 전라(400kg)
※ 차량이동 횟수(CNT) : 16회	
※ 평균 대기일(DAY) : 1일	
※ 탄소배출량(CO ₂) : 2.1tCO _{2e}	

우 물량의 무한정 대기를 초래할 수 있으므로 T₁의 대기시간을 최대 3일로 한정하여 물량의 대기일이 T₁일이 되면 강제적으로 물류를 이동하도록 하였다(제 3.3.1.2절의 step 4의 경우도 동일함). 2일차, 3일차, 4일차의 물량 배송 또한 각 출고지역의 물량이 입고지역으로 직접배송이 되거나 이 이후 잔량이 남았을 경우 그리고 직접배송이 이루어지지 않은 경우에 한하여 제 3.3.1.1절의 step 2에 의하여 잔량의 합을 구하고 그 합이 5000kg이 넘게 되면 허브 터미널로 잔량을 비율적으로 배송시키게 된다. 예제문제의 결과로써 1~4일차 입고물량은 제 3.3.1.1절, 제 3.3.1.2절의 절차에 의해 8일차에 모든 배송이 완료되고, 배송완료시간의 평균은 2.7일이 소요되었다. 차량이동 횟수는 7회, 탄소배출량은 0.9t CO_{2e}로 기존정책보다 2배 이상 감소함을 확인할 수 있었다.

〈표 4〉 본 연구정책의 예제문제 결과

	물량이동	대기물량
1일차		부산(300kg, 1,600kg, 450kg)
		강원(2,000kg)
		옥천(1,000kg)
2일차	부산 → 옥천(637kg, 3,382kg, 980kg)	부산(13kg, 68kg, 20kg)
	옥천 → 부산(1,000kg)	강원(2,000kg)
3일차		부산(263kg, 1,718kg, 470kg)
		강원(2,000kg)
		옥천(637kg, 3,382kg, 980kg)
4일차	강원 → 옥천(2,000kg)	부산(563kg, 3,418kg, 870kg)
	옥천 → 강원(637kg)	옥천(3,382kg, 980kg)
5일차	부산 → 옥천(563kg, 3,418kg, 870kg)	강원(563kg)
	옥천 → 부산(2,000kg)	경기(1,800kg)
	옥천 → 경기(5,000kg)	
	옥천 → 전라(1,850kg)	
8일차	옥천 → 강원(563kg)	
	옥천 → 경기(1,800kg)	
※ 차량이동 횟수(CNT) : 7회		
※ 평균 대기일(DAY) : 2.7일		
※ 탄소배출량(CO ₂) : 0.9tCO _{2e}		

4. 성능평가

4.1 연구의 범위 및 문제의 소개

4.1.1 연구의 범위

일반적으로 대기업 형태의 택배기업은 Hub and Spoke 방식을 사용하고 있다. Hub and Spoke 방식은 각 지역영업소에서 서브터미널로 택배 물량을 배송하게 되고, 서브터미널에서는 다시 허브터미널로 물동량을 배송하게 된다. 차량을 가득 채워서 보내는 정책이지만, 익일배송을 원칙으로 하기에 공차로 이동할 경우가 발생한다. 본 논문에서는 Hub and Spoke 방식과의 차별성을 두기 위해 각 터미

널마다 T(3일)일이라는 대기시간을 주었다. 트럭은 5톤 차량을 무한대수로 지정하였고, 유류사용량은 트럭 1대가 1일 평균 경유 50ℓ를 소비한다고 가정한다. 노드는 주요 도시의 거점을 중심으로 각 서브터미널 4개와 허브터미널 1개를 연구의 범위로 삼고자 한다.

4.1.2 문제의 소개

본 연구에서는 C사에 대해서 정책적 비교를 위해 차량이동 횟수, 탄소배출량, 배송완료시간을 환산한 탄소배출비용을 산정하고, 절감효과에 대한 새로운 물류정책을 제시하여 이의 성능을 비교·분석하고자 한다. 기존 정책은 익일배송을 위한 원칙이지만, 환경문제에 대한 정부규제와 탄소배출권 거래제의 대안이 될 수 있는 본 논문의 정책은 익일배송의 원칙을 과감히 포기하고 트럭의 용량을 가급적 가득 채울 수 있도록 배송의 지연을 허용하였다. 단, 트럭 최대 대기시간은 T일까지 제한했다. 탄소배출량, 차량이동 횟수, 배송완료시간을 고려하여 본 논문의 물류정책의 효과성을 검증하기 위해 지역별 인구분포에 따라 임의적으로 30일치의 데이터를 산정하였으며, 물량의 범위(기본, 최소, 최대)와 대기시간(T일)등을 고려해 다양한 실험군을 통하여 비교·검증하고자 한다.

4.2 실험분석

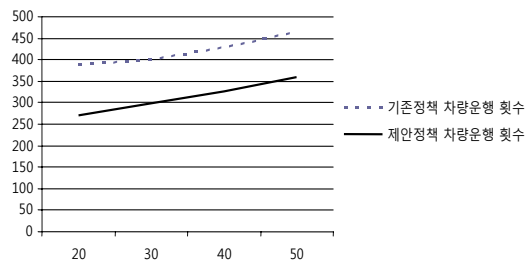
4.2.1 기본적인 물량을 줄 경우

표준이 되는 실험값을 통해 다양한 실험군과 비교·검증을 하고자 물량을 20%, 30%, 40%, 50%~100%로 일정하게 주고, 최소물량을 10%씩 증가시켜 실험을 진행하였다. 최대 물량은 5000kg을 두고 실험한 결과 차량이동 횟수, 배송완료시간, 탄소배출량의 평균 수치는 <표 5>와 같다. 이 기본패턴은 각 지역 서브터미널의 물량들이 일정하게 증가하였을 경우만을 조합하여 본 연구의 정책이 얼마나 우수한지를 비교할 수 있도록 하기위한 패턴이다.

<표 5> 기본물량 변화 실험

물량범위	기존정책			본 연구정책		
	CNT	DAY	CO ₂	CNT	DAY	CO ₂
20%~100%	388.5	1	50.7	271	1.437665	35.4
30%~100%	399.7	1	52.2	297.3	1.388315	38.9
40%~100%	428	1	55.9	326.2	1.352499	42.6
50%~100%	464.6	1	60.7	359.2	1.313756	46.9

30일치의 임의 생성된 데이터를 실험한 결과 차량이동 횟수는 본 연구의 정책이 약 271회~359회를 이동한 반면, 기존정책은 약 388회~464회로 최소 약 23% 이상 감소한 것을 <그림 4>에서 알 수 있다.

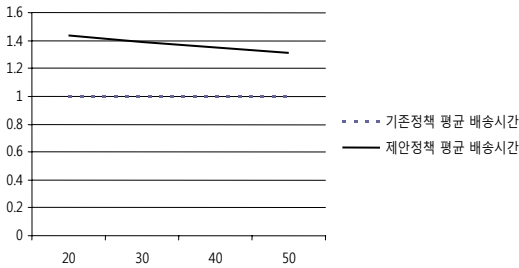


<그림 4> 차량운행 횟수의 비교

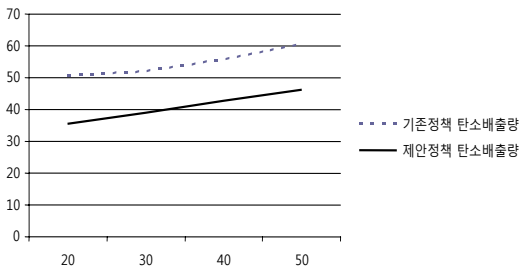
기존 정책은 익일배송을 원칙으로 하기에 배송완료시간이 일정하게 1일을 유지하지만 본 논문의 정책은 대기시간 T일을 고려해 차량이 이동하기에 기존 정책보다 약 0.3~0.4일이 더 걸리는 것을 <그림 5>에서 볼 수 있다. 하지만, 최소물량이 증가할수록 배송완료시간은 꾸준히 감소하는 것을 알 수 있는데, 이는 물량이 증가할수록 본 논문의 정책이 우수하다는 것을 검증할 수 있다. 탄소배출량도 <그림 6>과 같이 최소 약 23% 이상 감소한다는 것을 알 수 있는데, ℓ당 유류가격이 증가하고 kg당 탄소배출비용이 증가함에 있어서 본 논문의 정책이 총 물류비용을 절감하는 효과가 있다는 것을 실험을 통해 확인할 수 있다.

위의 기본적인 실험뿐만 아니라 현실적인 택배시장의 환경을 고려하여 비교·검증하고자 다양한

패턴의 실험을 하였다. 지역별로 차등적인 물량을 주는 패턴 이외에도 대기시간을 T+2, T+4일로 변화시켜 차량이동 횟수, 배송완료시간, 탄소배출량의 평균 수치가 대기시간이 변화에 따라서 본 논문이 제안한 정책의 적용이 얼마만큼 유효한지를 알아보았다.



〈그림 5〉 배송시간의 비교



〈그림 6〉 탄소배출량의 비교

〈표 6〉 지역별 차등적 변화 실험

물량범위	기존정책			본 연구정책		
	CNT	DAY	CO ₂	CNT	DAY	CO ₂
25, 20, 30, 25%	390.4	1	51	286.5	1.419676	37.4
35, 30, 40, 35%	424.4	1	55.4	311.5	1.374869	40.7
45, 40, 50, 45%	428.9	1	56	338.3	1.331451	44.2

〈표 7〉 최대물량(5t) 변화 실험(감소)

물량범위	기존정책			본 연구정책		
	CNT	DAY	CO ₂	CNT	DAY	CO ₂
20%~80%	284.8	1	37.2	227.8	1.520048	29.7
20%~70%	268.6	1	35.1	206.5	1.552239	26.9
20%~60%	243.7	1	31.8	183.4	1.595624	23.9

〈표 8〉 최대물량(5t) 변화 실험(증가)

물량범위	기존정책			본 연구정책		
	CNT	DAY	CO ₂	CNT	DAY	CO ₂
25%~110%	424.9	1	55.5	303.3	1.366801	39.6
25%~130%	475.8	1	62.1	343.4	1.308838	44.8
25%~150%	543.9	1	71	373.3	1.277034	48.7

〈표 9〉 대기시간 변화 실험

대기시간	실험군		
	CNT	DAY	CO ₂
기존정책	390.4	1	51
T+2	288.9	1.374868	37.7
T+3	286.5	1.419676	37.4
T+4	283.5	1.414969	37

본 연구에서는 익일배송을 원칙으로 하는 C사의 정책과 비교 실험을 통해 차량이동 횟수 및 탄소배출량이 최소 20% 이상을 절감하는 효과를 보였다. 배송물량의 증감 범위에 따라 평균 배송완료시간의 차이를 보이나 물량의 증가에 따라 익일배송과 비슷한 효과를 보였다. 즉, 평균 배송완료시간의 증가를 위한 극단적인 실험을 제외한 실험에서는 익일배송과의 Gap이 0.1~0.5로 비교적 우수함을 확인할 수 있었다. 따라서 ℓ당 유류 가격과 kg당 탄소배출비용이 증가할 경우, 연료절감을 최우선으로 고려한 본 연구의 정책이 비용을 절감효과는 더욱 커질 것이고 탄소배출제도의 실행에 앞서 택배산업의 저탄소 물류배송을 위한 정책적 대안이 될 수 있을 것으로 예상된다.

5. 결 론

본 연구는 택배 산업의 물류시스템을 개선하고 향상시키기 위해 기존정책인 Hub and Spoke 시스템과 정책적 비교를 함으로써 효과적인 물류정책을 제안하는 연구를 수행하였다. 극단적인 경우를 제외하고는 차량이동 횟수와 탄소배출량이 절감하는

효과를 보였지만, 실제 데이터를 사용하지 못해 배송완료시간의 Gap이 0.1~0.5일에 이르는 손실에 대해서는 얼마만큼의 고객이 이탈할지에 대해서는 예측하기가 어렵다. 그리고 현재 국내 탄소배출과 관련한 법적 제도가 발효되지 않은 상황에서 고려해야 할 여러 가지 조건들을 종합적으로 참고하지 못하였기에 앞으로 향후 연구과제로는 실제 데이터를 가지고 더 현실과 비슷한 조건에서 탄소배출비용을 산출할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 강정훈, “택배 물류서비스 향상방안에 관한 연구”, 명지대학교 석사학위논문, 2010.
- [2] 고창성, “택배화물 유동의 지리적 특성과 택배 물류시설의 네트워크에 관한 연구”, 이화여자대학교 석사학위논문, 2002.
- [3] 김정연, “택배화물 유동의 지리적 특성과 택배 물류시설의 네트워크에 관한 연구”, 이화여자대학교 석사학위논문, 2002.
- [4] 녹색성장위원회, 녹색성장 국가전략, <http://greengrowth.go.kr>, 2009.
- [5] 박경서, “한국택배산업 현황 및 발전방향에 대한 연구”, 서울시립대학교 경영대학원, 2011.
- [6] 신기호, “국내 택배업의 경쟁력향상 요인에 관한 연구”, 중앙대학교 산업경영대학원 석사학위논문, 2011.
- [7] 에너지관리공단, 도로운송 업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인, <http://www.kemco.or.kr>, 2009.
- [8] 윤문규, 물류총론, 범한출판사, 2008.
- [9] 이성현, “탄소배출비용을 고려한 택배차량 크기의 최적화 연구”, 경기대학교 대학원 석사학위논문, 2009.
- [10] 이용대, 정현중, 손영수, 윤치환, “하이브리드 다중 Hub-and-Spoke 차량경로계획”, 『경영과학』, 제28권, 제3호(2011).
- [11] 이인수, “물류 허브터미널 건축계획에 관한 연구”, 연세대학교 공학대학원 석사학위논문, 2009.
- [12] 이하영, “택배서비스 품질이 신뢰와 몰입에 미치는 영향에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위논문, 2006.
- [13] 정규호, 물류기업 77% “실적, 지난해와 같거나 악화”, 운송신문, 2011.
- [14] 최용혜, “택배서비스 품질이 기업고객 만족과 충성도에 미치는 영향”, 세종대학교 박사학위논문, 2007.
- [15] 하재원, “Hybrid Hub-and-Spoke 운송망의 차량경로계획”, 『로지스틱스연구』, 제17권, 제1호(2009).
- [16] 홍상태, “택배서비스 품질이 고객만족에 미치는 영향에 관한 연구”, 동덕여자대학교 대학원 박사학위논문, 2001.
- [17] Taafee Gauthier, and O'Kelly, 1996.