

# 대도시권 화물 기종점 통행량 전수화에 관한 연구 - 수도권 지역을 중심으로 -

A Study on the Weighting and Expansion of Sample O-D Freight Data,  
Focusing on the Seoul Metropolitan Area

김강수\* · 조혜진\*\*

Kim, Kang-Soo · Cho, Hey-Jin

## Abstract

Though freight origin and destination data is essential for analysing transport investment and planning logistics facilities, the study on the establishment of the freight origin and destination data is very rare. The purpose of this study is to introduce a method on weight and expansion of sample freight data focusing on the Seoul metropolitan area. In particular, this study suggests the weight and expansion method which consider truck and commodity tonnage together. This paper also discuss the origin and destination trips in Seoul metropolitan area. This paper will contribute to establish more reliable freight origin and destination data.

**Keywords** : freight, origin and destination data, commodity, truck, expansion and weight

## 요 지

대도시 화물 기·종점 통행량(O/D) 자료는 각종 교통계획 및 물류계획의 효과적인 수립, 시행, 평가를 위해 필수적으로 요구되는 기초자료이나 우리나라의 경우 이에 대한 조사 및 연구가 매우 미약한 실정이다. 특히, 조사자료를 이용하여 기종점 화물통행을 구축하는 전수화 방법에 대해서는 외국의 경우나 국내의 경우 연구가 모두 매우 미흡한 실정이다. 본 논문의 목적은 우리나라의 수도권의 화물통행실태 조사자료를 이용하여 화물기종점 통행량을 구축하기 위한 전수화 방법을 소개하는데 있다. 즉, 대도시권 화물통행 조사를 이용하여 기종점 통행량 전수화 과정 및 방법을 설명하고 구축된 대도시권 화물 기종점 통행량 통행 특성을 분석하였다. 특히, 본 연구에서는 화물자동차와 품목별 기종점 물동량을 개별적으로 분리한 전수화한 방법에서 벗어나 이를 동시에 고려하는 전수화 방법론을 제시하였다. 본 연구를 통해 그동안 공개되지 않았던 화물통행 전수화 상세과정을 통해 좀 더 신뢰성 있고 정확한 전수화 연구에 대한 초석이 되기를 기대한다.

**핵심용어** : 화물, 기종점자료, 화물물동량, 화물자동차, 전수화

## 1. 서 론

대도시 화물 기·종점 통행량(O/D) 자료는 각종 교통계획 및 물류계획의 효과적인 수립, 시행, 평가를 위해 필수적으로 요구되는 기초자료이나 우리나라의 경우 이에 대한 조사 및 연구가 매우 미약한 실정이다. 특히, 택배 산업의 활성화로 소량 다빈도 특성을 보이는 도시권 화물은 IT 및 전자상거래의 발달로 지속적인 증가세를 보여주고 있으나 대도시권 여객 통행과는 달리 화물통행에 대한 조사 및 연구가 매우 미약한 실정이다. 이와 더불어, 조사자료를 이용하여 기종점 화물통행을 구축하는 전수화 방법에 대해서는 외국의 경우나 국내의 경우에서도 전혀 소개되지 않아 이 부분에 대한 논의도 전무하고 발전도 없는 상황이다.

본 논문의 목적은 우리나라의 수도권의 화물통행실태 조사자료를 이용하여 각종 화물물류계획의 효과적인 수립, 시행, 평가를 위해 필수적으로 요구되는 기종점 화물기종점 통행량을 구축하기 위한 전수화 방법을 소개하는데 있다. 화물자동차와 품목별 기종점 물동량을 개별적으로 분리한 전수화 방법에서 벗어나 이를 동시에 고려하는 전수화 방법론을 제시한다. 이를 위해 본 논문에서는 수도권 화물통행 조사를 통한 조사자료를 이용하여 기종점 통행량 전수화 과정 및 방법을 설명하고 구축된 대도시권 화물 기종점 통행량 통행 특성을 분석한다.

본 논문의 구성은 연구의 배경 및 목적 부분을 설명하는 서론 부분에 이어 II장에서는 기존 국내의 전수화 방법을 고찰한다. III장에서는 본 논문에 활용되어지는 조사자료에 대

\*정회원 · 한국개발연구원 연구위원 (E-mail : kskim@kdi.re.kr)

\*\*한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : hjcho@kict.re.kr)

한 표본수 및 표본율에 대해서 살펴보고 IV장에서는 본 연구의 주요 내용인 전수화 방법에 대해서 소개한다. 여기서는 먼저 전수화의 기본방향에 대해서 논의하고 각 준별 발생량 및 도착량을 산정한 후 표본 기종점 품목별 물동량 및 화물자동차 통행량을 구축하는 방법을 제시한다. 표본 기종점 물동량/통행량 구축시에는 연간 화물통행의 변화를 반영하기 위해 다양한 방법이 강구되어 지며 이때 물동량과 화물자동차 통행과의 관계를 파악하여 물동량-화물자동차 기종점 통행량을 구축하는 정보를 획득한다. V장에서는 본 연구에서 제시된 전수화 결과를 제시하고 VI장 결론에는 본 연구의 요약 및 향후 연구과제에 대해서 제시한다.

## 2. 기존 전수화 방법 고찰

본 절에서는 화물관련 조사 자료를 이용하여 전수화한 기존 사례와 방법론을 고찰한다. 앞서 언급한바와 같이 조사 자료를 이용한 전수화에 대한 논의 및 연구는 전무한 형편<sup>1)</sup>이나 기존 단편적으로 제시되어 있는 국내 문헌을 중심으로 전수화 방법론을 고찰한다.

전국도로망 기본계획조사(1984년)에서는 화물교통유발시설에 대한 설문조사와 주요 공업단지를 대상으로 기종점(이하 O/D)을 조사한 후 철도, 공로, 해운에 대한 시멘트, 석탄, 유류, 농림수산물 및 기타 품목으로 구분하여 유통경로를 파악하고 기 보고된 정부 통계자료를 이용하여 품목별로 O/D 전수화를 실시하였다. 그러나 구체적인 전수화 방법론은 기술되지 않았다.

화물수송체계개선에 관한 연구(1986)에서는 각 조사지점별 24시간 교통량자료를 이용하여 전수화 하였다. 1일 교통량으로 전수화된 물동량을 품목별 월별 변동지수를 기초로 하여 연간 물동량으로 전수화하고 전수화된 교통지구별 발생량 및 도착량은 교통지구간 최단거리를 사용한 중력모형을 이용하여 O/D를 산출 하였다.

복합화물터미널 타당성에 관한 연구(1989) 및 화물유통체계 합리화 방안 연구(1990)에서는 지역별로 표본 추출된 현장조사 자료를 전수화하기 위해 현장조사시 각 조사지점별로 24시간 교통량을 조사하고 전일조사가 불가능한 조사지점에 대해서는 기존 도로교통량통계연보, 고속도로교통량조사 등의 보고서를 이용하였다. 각 조사지점별로 1일 통과교통량 대비 비율을 각 조사지점별 통과교통량에 곱하여 1일 물동량을 추정하고 전수화한 교통지구별 화물발생량 및 도착량, 표본 O/D 및 교통존간 거리행렬에 중력모형을 적용하였다. 구체적인 표본 O/D 구축방법, 중력모형 정산과정에 대해서는 제시되지 못했다.

중부, 영남, 호남권 터미널 건설의 타당성 조사(1994)에서는 수단 구분없이 공로화물 물동량을 제시하고 있다. 즉, 수단구분 없이 공로화물 물동량을 제시하고 있으며 품목별 물동량만을 전수화 하였다. 보고서에 의하면, 기존 통계보고서

1) 전수화된 자료를 이용하여 화물수요관련 모형을 구축분석한 결과를 제시한 국내 연구사례로는 교통개발연구원의 물류 체계개선에 관한 연구(1986), 서울시의 물류조사 및 물류종합계획수립 구상(1989), 하원익·남기찬(1995), 최창호(1997) 등이 있다.

및 GRDP를 이용한 준별 화물 발생량 및 도착량을 산정하고 정산된 발생량과 도착량을 엔트로피 극대화 모형에 적용하여 준별 기·종점간 물동량을 전수화 한다고 하였으나 구체적인 정산 방법에 대한 언급은 없다.

제1차 전국 물류현황 조사(1997)에서는 순물동량을 대상으로 연구를 수행하였다. 출하량과 보조정보의 비를 이용하는 비추정방법을 사용하여 7개 품목별 기·종점 출하량을 정산한다고 기술되었다. 그러나 전수화 방법에 대해서 명확한 설명은 없다.

기존 연구를 고찰한 결과, 대부분의 연구에서 화물통행관련 조사도 실시하고, 이를 통하여 화물관련 정책 및 화물시설에 대한 타당성도 분석하였으나, 조사 자료에 대한 구체적인 전수화 방법에 대해서는 명확한 설명 없이 조사결과만 제시하고 있어 이 부분에 대한 연구가 부족한 상황이다.

## 3. 분석자료

전수화란 기본적으로 표본 조사자료를 가중하여 확장하는 일체의 과정을 말한다. 따라서 자료의 조사내용과 표본율은 전수화에 있어 매우 중요한 정보이며 이에 대한 사전 조사설계가 매우 중요하다.

본 연구에서 사용하는 자료는 2001년 서울, 인천, 경기를 포함하는 수도권에서 조사한 화물기종점 조사 자료이다<sup>2)</sup>. 조사내용은 사업체 대상 물류현황, 화물발생중계거점 및 노측조사로 사업체 업종(광업, 도소매업 등 4개 분류), 화물자동차통행실태, 3일간 물동량 및 화물자동차의 통행일시, 출발지(유형), 출발시간, 도착지(유형), 도착시간, 화물품목(농산물, 임산물 등 3개 분류), 적재톤수, 통행거리 등이 주요 내용이다.

표 1은 자료의 사업체 및 화물자동차의 수도권 지역별 표본수 및 표본율을 제시하고 있다. 통계청에서는 5년마다 사업체 전수 조사를 실시하기 때문에 부득이 하게 2000년 기준으로 표본수 및 표본율을 분석하였다. 분석결과, 수도권 전체 광업인 경우 표본율이 51.3%, 도소매업 4.10%, 제조업 6.8%, 창고업이 1.53%이다.

표 1. 조사된 사업체수 및 표본율

구분	광업			도소매업			
	모집단(개)	표본(개)	표본율(%)	모집단(개)	표본(개)	표본율(%)	
수도권	서울	49	31	63.3	25990	568	2.1
	인천	33	20	60.6	2875	248	8.6
	경기	68	26	38.2	9909	773	7.8
구분	제조업			창고업			
	모집단(개)	표본(개)	표본율(%)	모집단(개)	표본(개)	표본율(%)	
수도권	서울	19421	798	4.1	3744	12	0.3
	인천	7579	658	8.7	719	27	3.8
	경기	26783	2209	8.2	1799	57	3.2

모집단 자료 출처: 통계청, 사업체기초통계조사 보고서, 2000

2) 구체적인 조사개요 및 내용은 교통개발연구원의 「2002년 국가교통DB사업 수도권 및 지방5개광역권 화물통행량 분석(2003)」에 제시되어 있다

#### 4. 전수화

본 연구의 전수화는 분석자료의 분류인 산업분류(광업, 제조업, 도소매업, 창고업)를 기초로 하고 모집단 자료인 경우 통계청 공식자료인 광공업통계조사보고서(2000), 도소매업 총조사보고서(1996), 운수업통계조사보고서(2000)를 활용한다. 즉, 표본 조사된 업체의 업종과 이 업종에 속한 사업체의 화물품목별<sup>3)</sup> 물동량과의 관계를 먼저 파악한 후 앞서 제시한 업종별 모집단 자료와 표본 조사된 업체의 업종 비교를 통해 전수화 계수를 산출한다. 그리고 이를 표본 조사된 사업체의 화물품목별 물동량에 적용하여 표본조사된 화물품목별 물동량을 가중, 확장하여 전수화를 수행한다.

전수화 방법의 적용은 본 연구가 수도권의 대도시권 화물통행을 대상으로 한다는 점에서 화물자동차 중심의 전수화도 고려할 수 있으나 조사 화물자동차 통행 표본을 전수화할 수 있는 모집단 자료가 없는 점을 감안하여 화물물동량 중심으로 전수화하도록 한다.

화물자동차<sup>4)</sup> 통행의 경우는 조사 표본자료의 화물물동량과 화물자동차 통행관계를 통해 화물자동차 통행 전수화를 수행한다. 즉, 화물자동차 기종점 통행량 구축을 위해 화물자동차 실태조사자료를, 화물물동량 기종점 통행량 구축을 위해서는 사업체 대상물류 현황조사자료(3일간 물동량 조사)를 활용하여 화물물동량과 화물자동차 통행량의 관계를 분석한 후 화물기종점 통행량 및 물동량을 구축한다. 한편, 표본 기종점 물동량 구축시 계절별, 월별 변동을 고려하기 위해 연간 물동량의 월별 업종별 지역별 입하량 비중을 고려한다.

##### 4.1 화물 발생량/도착량 추정

화물발생량과 도착량을 추정하기 위해서 본 연구자료의 모집단인 광공업통계조사보고서, 도소매업 총조사보고서, 운수업통계조사보고서에 본 연구의 관심사항인 물동량(출하량, 입하량) 등에 대한 정보는 없고 사업체의 출하액/입하액관련한 자료만 기록되어 있다. 따라서, 이러한 출하액/입하액에 대한 정보를 물동량 정보로 전환하여 모집단의 발생량(출하량)/도착량(입하량)을 예측한다.

모집단 발생량(출하량) 추정은 표본 사업체의 산업별(광공업, 도소매업, 창고업) 출하량과 출하액의 관계를 식 (1)과 같이 예측한다.

$$\begin{aligned} & \text{산업별 모집단의 발생량(출하량)} \\ &= \frac{\text{산업별 표본 사업체의 출하량}}{\text{산업별 표본 사업체의 출하액}} \times \text{산업별 모집단 출하액} \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서 산출한 수도권 및 지방 5개 광역권의 구별 품

3) 화물품목 구분은 화물운송의 대중을 이루는 농수임산물, 광산물, 잡공업품, 경공업품, 화학공업품, 금속기계공업품, 기타 등 7개의 품목으로 구분하였으며 최초 조사된 품목구분과 7개의 대분류 품목관계는 교통개발연구원(2003) 63쪽에 제시되어있다.

4) 화물자동차는 대형, 중형, 소형으로 구분하기 위해 1톤 이하, 1톤 초과~8톤 미만, 8톤 이상 화물자동차로 구분하고 전수화한다.

목별 광공업, 도소매업의 출하/입하량과 표본 조사자료의 구별 품목별 광공업, 도소매업의 출하/입하량을 이용하여 품목별 발생량 전수화 계수를 구하고, 이 전수화 계수를 표본 조사의 출하/입하량에 곱하여 구별 품목별 화물물동량을 추정한다.

한편, 창고업인 경우 조사시 출하/입하액 대신에 보관료를 사용하였고, 이 보관료는 화물의 출하량과 직접적인 관계가 없어 운수업 통계조사보고서의 업체수와 조사된 업체당 출하/입하액을 활용하여 창고업의 출하/입하량을 예측하였다. 또한, 창고업인 경우 산업별 품목구분 자료가 없는 관계로 표본조사자료의 산업별 화물품목별 출하/입하비율을 이용한다.

창고업 모집단의 발생량(출하량)

$$= \frac{\text{창고업 표본 업체수}}{\text{창고업 표본 출하량}} \times \text{창고업 운수업통계조사보고서상 업체수} \quad (2)$$

추정된 수도권의 구별 품목별 출하량은 각 구별 사회, 경제적 지표를 이용하여 검증하였다. 한편, 추정된 구별 품목별 물동량을 동 단위인 소준 단위로 변환하기 위해 2001년 전화번호부 등 상에 등재되어 있는 수도권 모든 동별 품목별 기업체수를 파악하여 동별 기업체수별로 구별 품목별 물동량을 동별 물동량으로 변환하였다. 한편, 구축된 소준별 품목별 발생/도착량과 표본 조사자료의 소준별 화물자동차 톤급별 적재톤수, 소준별 품목별 톤급별 물동량 비율을 이용하여 수도권 소준별 화물자동차 톤급별 발생/도착량을 추정하였다.

##### 4.2 표본 기종점 물동량/통행량 구축

화물자동차 물동량과 화물자동차의 관계를 통해 전수화를 실시하고 연도별 물동량의 변화를 반영하기 위해서는 전수화시 표본기종점 물동량 및 표본 화물자동차 통행량 구축이 중요하다. 본 연구에서는 물동량과 화물자동차의 관계를 반영하고 계절별 변화를 반영하는 전수화 방법론을 적용한다. 표본 기종점 물동량/통행량 구축과정은 다음과 같다.

1) 화물자동차 실태조사 자료를 이용하여 1일 표본 기종점 통행량 구축 및 존간 화물자동차 톤급별 평균적재톤수를 산정한다.

- 톤급별(1톤 이하, 1톤 초과~8톤 미만, 8톤 이상) 화물자동차 표본O/D를 구축한다.

- 화물자동차 톤급별 품목별 (농수임산물, 광산물, 잡공업품, 경공업품, 화학공업품, 금속기계공업품, 기타) 화물물동량 표본O/D를 구축한다.

- 존간 화물물동량(총 품목)과 존간 톤급별 화물자동차 통행량을 이용하여 존간 화물자동차 톤급별 평균적재톤수를 산정한다.

$$ALD_{ijk}^{\alpha} = \frac{LD_{ijk}^{\alpha}}{STP_{ijk}^{\alpha}} \quad (3)$$

$ALD_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의  $k$ 톤급 화물자동차를 이용하여 존  $i$ 에서  $j$ 로의 평균 적재량

$LD_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의  $k$ 톤급 화물자동차를 이용하여 존  $i$ 에서  $j$

로의 총 적재량

$STP_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의 존  $i$ 에서  $j$ 로의  $k$  등급 화물자동차의 총 통행량

2) 사업체 대상 물류 현황조사자료(3일간 입하/출하량 자료)를 이용하여 화물자동차 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 구축한다.

- 화물자동차에 의해서 수송되는 물동량 자료만을 추출하여 화물자동차 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 구축한다.

$Q_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의 존  $i$ 에서  $j$ 로의  $k$ 등급 화물자동차를 이용한 품목  $r$ 의 조사된 1일 물동량 (1차)

- 표본 O/D를 구축 시 입하량과 출하량을 분리하지 않고 이를 합하여 표본 O/D 구축 시 활용한다. 이때 동일 자료가 표본 O/D 구축시 2번 이상 활용됨을 방지하기 위하여 입하/출하량 자료에서 출발지, 도착지, 품목, 입하량/출하량이 일치하는 입하/출하량 자료는 표본 O/D 구축시 1번만 사용한다<sup>5)</sup>.

3) 화물자동차 실태조사와 3일간 입하/출하량 자료를 이용하여 구축한 화물자동차 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 상호 비교한 후 화물자동차 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 보완하고 수정한다.

- 화물자동차 실태조사와 3일간 입하/출하량 자료를 이용하여 구축한 화물자동차 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 각 기준점별로 비교한 후 물동량이 큰 표본 O/D의 기준점 물동량을 사용하여 화물자동차 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 보완하고 수정한다.

$Q_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의 존  $i$ 에서  $j$ 로의  $k$ 등급 화물자동차를 이용한 품목  $r$ 의 조사된 1일 물동량 (2차)

4) 수정된 화물자동차 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D에 연간물동량의 지역별, 월별, 품목별 입/출하량의 변화를 고려하여 최종 연평균 1일 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 구축한다.

- 조사된 연간 물동량의 지역별(16개 시도), 월별, 업종별(광업, 도소매업, 제조업, 창고업), 품목별 입/출하량 변화를 연평균 표본 O/D 구축 시 반영한다.

- 이 때 위의 연간 물동량 변화 자료가 4개 업종(광업, 도소매업, 제조업, 창고업)으로 조사가 되어 있음을 감안하여 본 연구의 7개 품목을 4개 업종으로 전환하여 표본 O/D 구축에 활용한다.

$$AADQ_{ijk}^{\alpha} = Q_{ijk}^{\alpha} \times \mu_r^{\alpha} \quad (4)$$

$AADQ_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의 존  $i$ 에서  $j$ 로의  $k$ 등급 화물자동차를 이용한 품목  $r$ 의 연평균 1일 물동량

$Q_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의 존  $i$ 에서  $j$ 로의  $k$ 등급 화물자동차를 이용한 품목  $r$ 의 조사된 1일 물동량(2차)

$\mu_r^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의 품목  $r$ 의 월별 입출하 비중

5) 총 81,196 자료 중 566개의 자료가 일치. 이 중 283개의 자료만 표본 O/D 구축시 활용

5) 연간 물동량 변화가 반영된 최종 연평균 1일 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 이용하여 화물자동차 등급별 표본 O/D를 수정하고 보완한다.

- 연평균 1일 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D를 앞서 산정된 존간 화물자동차 등급별 평균적재톤수로 나눈 후 이를 다시 조사 자료의 지역별 평균공차율로 나누어 등급별 화물자동차 표본 O/D를 수정하고 보완한다. 이때 1일 등급별 품목별 화물물동량 표본 O/D에 zero cell이 존재하는 경우 발생기준 또는 도착기준 평균 등급별 품목별 화물물동량 적재톤수를 사용한다.

$$T_{ijk}^{\alpha} = \frac{AADQ_{ijk}^{\alpha} \times u^{\alpha}}{ALD_{ijk}^{\alpha}} \quad (5)$$

$T_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역의 존  $i$ 에서  $j$ 로의  $k$ 등급 화물자동차의 통행량

$AADQ_{ijk}^{\alpha}$  :  $\alpha$  지역에서  $k$ 등급 화물자동차를 이용하여 존  $i$ 에서  $j$ 로의 연평균 1일 물동량

$ALD_{ijk}^{\alpha}$  : 지역에서 등급 화물자동차를 이용하여 존  $i$ 에서  $j$ 로의 평균 적재량

$u^{\alpha}$  : 지역의 평균 공차율

6) 위에서 구한 화물자동차 등급별 표본 O/D와 화물자동차 실태조사 자료를 이용하여 구축된 화물자동차 등급별 표본 O/D를 상호 비교하여 최종 화물자동차 등급별 표본 O/D를 구축한다. 그림 1은 이러한 구축과정을 나타낸 것이다.

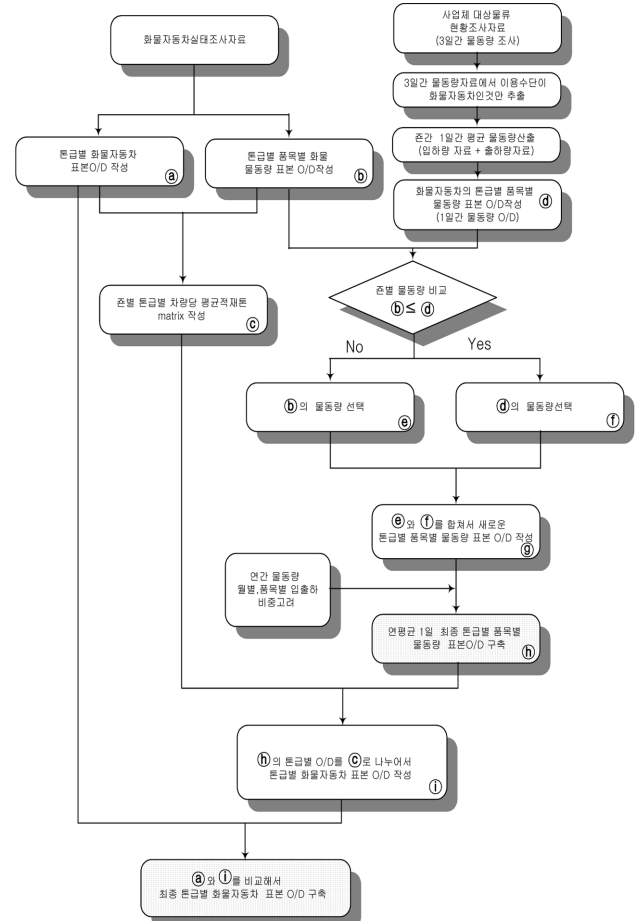


그림 1. 표본 O/D 구축과정

- 즉, 연평균 1일 톤급별 품목별 화물물동량 표본 O/D 및 평균적재톤수와 구축된 화물자동차 톤급별 표본 O/D와 화물자동차 실태조사 자료를 이용하여 구축된 화물자동차 톤급별 표본 O/D를 각 기종점별로 비교한 후 화물자동차 통행량이 큰 표본 O/D의 기종점 화물자동차 통행량을 사용하여 최종 화물자동차 톤급별 표본 O/D를 구축한다.

### 4.3 기종점 통행량 모형구축

표본 O/D에 포함되어 있는 zero cell을 보정하기 위해 수도권 화물자동차 통행분포 모형을 구축한 후 그 모형결과를 이용하여 zero cell을 보정한다.

구축되어진 모형은 존별 발생량/도착량이 보전되는 이중계약 엔트로피 중력모형을 사용하고 통행저항( $C_{ij}$ )은 free flow 상에서의 통행시간을 사용하였다.

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j \exp(-\beta C_{ij}) \quad (6)$$

여기서,

$T_{ij}$ : 존  $i$ 에서  $j$ 의 통행량

$O_i$ : 존  $i$  발생량 ( $\sum_j T_{ij}$ )

$D_j$ : 존  $j$  도착량 ( $\sum_i T_{ij}$ )

$A_i B_j$ : 존  $i$  발생, 존  $j$  도착 균형계수 파라미터.

$$\text{즉, } A_i = \frac{O_i}{\sum_j B_j D_j \exp(-\beta C_{ij})}$$

$$B_j = \frac{D_j}{\sum_i A_i O_i \exp(-\beta C_{ij})}$$

여기서,

$\beta$ : 통행저항(시간) 파라미터

$C_{ij}$ : free flow 하에서의 존  $i$ 에서  $j$ 의 통행시간

화물자동차 톤급별로 추정된  $\beta$ 값 결과, 1톤 이하에서는 0.035846, 1톤~8톤에서는 0.030665, 8톤 이상인 경우 0.034185로 통행시간에 대한 파라미터 값이 양으로 추정되어 합당한 부호를 보여주고 있다<sup>6)</sup>. 1톤 이하 화물자동차인 통행시간에 가장 민감하게 반응하는 것으로 분석되었다. 한편, 품목별 화물물동량 표본 O/D의 zero cell은 보정된 화물자동차 톤급별 표본 O/D 기종점 통행량과 표본조사자료의 평균적재톤수를 이용하여 품목별 화물물동량 zero cell이 보정되었다.

### 4.4 1차 화물자동차 전수 O/D

소존별 화물자동차 톤급별 발생/도착량 및 zero cell이 보정된 표본 O/D 정보를 이용하여 1차 화물자동차 전수 O/D를 작성하였고 이때 이중계약프라타모형을 이용하였다. 이중계약 프라타 모형을 사용한 이유는 조사된 표본 조사자료의 정보를 최대한 이용하는 측면과 신뢰성 있게 추정된 존별 화물자동차 톤급별 발생량/도착량을 보전하는데 있고 사용된 식은 식 (7)과 같다. 이중계약 프라타모형은 EMME/2의 메크로기능을 이용한 Hyman의 방법을 사용하여 추정하였다.

6) 식 (6)에서 보는 바와 같이 추정계수  $\beta$  앞에 “-”가 붙어 있다.

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j t_{ij} \quad (7)$$

여기서,

$t_{ij}$ : 승용차, 1톤 이하, 1톤 초과~8톤 미만, 8톤 이상의 화물자동차 각 표본 O/D

### 4.5 2차 화물 물동량 추정<sup>7)</sup>

추정된 소존별 화물자동차 톤급별 1차 전수 O/D 기종점 통행량과 평균적재톤수, 톤급별 품목별 차량 배분 비율을 이용하여 2차 7개 품목별 화물물동량 기종점 통행량을 추정하였다.

$$T_{ijr} = \sum_{k=1}^3 t_{ijk} \times Aver_{ijk} \times Veh_{ijk} \quad (8)$$

여기서,

$T_{ijr}$ :  $r$  품목의 화물물동량 전수 O/D

$t_{ijk}$ :  $k$ 톤급의 화물자동차 1차 전수 O/D

$Aver_{ijk}$ :  $k$ 톤급의 평균적재톤수

$Veh_{ijk}$ :  $k$ 톤급  $r$  품목의 차량 배분비율

1차 품목별 화물물동량 기종점 통행량에서 추정된 품목별 화물물동량 발생량/도착량을 보정하기 위해 이중계약프라타 모형을 이용하여 2차 품목별 화물물동량 기종점 통행량을 추정하였다.

### 4.6 2차 화물 자동차 기종점 통행량 추정

2차 품목별 화물물동량 기종점통행량과 평균적재톤수, 품목별 톤급별 물동량비율을 이용하여 2차 화물자동차 기종점 통행량을 추정하였다.

$$T_{ijk} = \sum_{r=1}^7 \frac{M_{ijr} \times \mu_{ijrk}}{Aver_{ijk}} \quad (9)$$

$T_{ijk}$ :  $k$ 톤급의 화물자동차 2차 전수 O/D

$M_{ijr}$ :  $r$  품목의 화물물동량 2차 전수 O/D

$\mu_{ijrk}$ :  $r$  품목 물동량의  $k$ 톤급으로의 물동량 배분비율

$Aver_{ijk}$ :  $k$ 톤급의 평균적재톤수

## 5. 전수화 결과분석

위에서 수행한 전수화 결과는 먼저 품목별 화물 물동량과 톤급별 화물자동차통행량을 분석하고 화물자동차 평균 적재톤수부터 살펴보면 다음과 같다. 2001년 1일 수도권내부의 총 화물물동량은 645,794톤으로 이 중 금속기계공업품이 35.3%를 차지해 227,817톤이 이동하는 것으로 분석되었다. 다음으로는 집공업품이 20%를 차지하고 경공업품이 17.8%, 화학공업품이 16.8%를 차지해 이 네 가지 품목이 전체 수도권 물동량의 약 90%를 차지하는 것으로 분석되었다. 한편

7) 2차 화물물동량의 개념은, 전수화를 수행하는 과정에서의 2번째로 계산이 되어지는 물동량을 의미한다. 즉, 1차 화물물동량은 화물자동차와 물동량의 조사 자료로부터 산출되어지는 “표본” 화물물동량을 의미하며 2차 물동량은, 이러한 관계를 이용하여 전수화된 화물자동차로부터 계산되어지는 “전수” 화물물동량을 의미한다.

표 2. 수도권 품목별 물동량

단위: 톤/일, %

구분	경공업품	광산품	금속기계공업품	기타	농수임산품	잡공업품	화학공업품	총계
수도권	114,825	5,726	227,817	23,702	36,561	128,964	108,198	645,794
	17.8	0.9	35.3	3.7	5.7	20.0	16.8	100.0

표 3. 수도권 권역별 품목별 물동량(발생)

단위: 톤/일

구분	경공업품	광산품	금속공업품	기타	농수임산품	잡공업품	화학공업품	총 물동량
서울권	27,327	973	73,221	9,214	20,441	46,603	15,787	193,567
수도권서부권	27,577	690	54,832	3,231	4,595	63,391	13,345	167,662
수도권북부권	20,772	1,201	13,136	1,444	1,671	5,415	24,975	68,613
수도권동부권	9,207	788	9,833	402	2,371	4,442	7,448	34,491
수도권남부권	29,942	2,074	76,795	9,412	7,483	9,113	46,643	181,461

표 4. 수도권 권역별 품목별 물동량(도착)

단위: 톤/일

구분	경공업품	광산품	금속공업품	기타	농수임산품	잡공업품	화학공업품	총 물동량
서울권	24,219	467	85,928	9,888	20,314	51,851	21,561	214,227
수도권서부권	23,936	4,059	45,530	3,985	5,739	41,546	14,288	139,084
수도권북부권	20,492	279	18,823	1,424	1,509	11,812	22,565	76,905
수도권동부권	16,264	215	13,356	711	2,338	10,048	5,077	48,008
수도권남부권	29,914	707	64,180	7,694	6,661	13,707	44,706	167,570

광산품은 전체 화물물동량의 1% 정도 수준에도 못 미치는 것으로 분석되어 대도시권 화물통행특성을 보여 주고 있다.

수도권의 물동량을 권역별로 그리고 발생/도착량 별로 분석하였다. 전기, 전자, 기계공업품이 포함된 금속공업품의 경우 수원, 화성, 안산, 의왕복합화물터미널 등 대규모 산업체 및 물류시설이 비교적 많은 수도권 남부권이 76,795톤/일로 가장 많았으며, 목재 및 나무제품 등이 포함된 잡공업품의 경우는 인천항이 있는 수도권 서부권이 63,391톤/일이 가장 많은 것으로 분석되었다. 한편, 수도권 동부권인 경우 가평, 양평 등 산악 및 그린벨트 지역으로 인해 화물발생량이 가장 적은 것으로 분석되었는데 물동량이 가장 많이 발생하는 수도권 남부 지역의 19% 정도에 그치는 것으로 분석되었다. 시멘트, 석탄광물이 포함된 광산품인 경우 대부분 수도권 지역으로는 철도에 의해 운송이 된 후 화물자동차에 의해 수도권 각 지역별로 수송되어지는데, 광산품이 도착하는 수색역이 있는 수도권 북부 지역 및 의왕복합화물터미널이 있는 수도권 남부에서 타 지역보다 발생량이 많은 것으로 분석되어 전수화 결과가 합리적인 것으로 판단되어진다<sup>8)</sup>.

수도권 도착 물동량은 금속공업품이 가장 많은 비중을 차지하였으며, 권역별로 보면 서울권의 금속공업품 도착량이 가장 많은 85,928톤/일로 나타났다. 잡공업품 또한 서울권으로의 도착량이 가장 많았다. 또한 도착량의 경우 서울권에 도착하는 물동량이 가장 많은 것으로 나타났다.

한편, 수도권 톤급별 화물자동차의 통행량 전수화 결과는 표 5와 같다. 1톤 이하의 화물자동차의 통행수가 가장 많아

전체통행량 중 52.7%를 차지하였으며 다음으로 1톤 초과 8톤 미만의 화물자동차의 통행이 43.5%로 전체의 96.2%의 통행이 8톤 미만의 화물자동차의 통행으로 분석되어져 대도시권 화물통행인 경우 비교적 중량 화물자동차 수송빈도가 높은 지역간 화물통행과는 상이한 수송양상을 보여 주며 소량 다빈도의 특성을 보여 주고 있다.

수도권의 권역별 화물자동차 발생 통행량의 경우 1톤 이하와 1톤 초과 8톤 미만의 화물자동차의 경우 서울권의 통행량이 가장 많으나, 8톤 이상의 화물자동차 통행의 경우 수도권 서부권이 가장 많은 것으로 나타났다. 이는 부도가 있는 인천광역시를 포함하고 있기 때문인 것으로 분석되어진다. 다음으로는 8톤 이상의 화물자동차 통행이 많이 발생하는 지역은 수도권 남부로서 수도권 지역이 서남부 축으로 공장을 비롯한 산업체가 많이 산재해 있기 때문이다.

톤급별 화물자동차의 도착 통행량의 경우 모든 화물차의

표 5. 수도권 화물자동차 총통행량

단위: 대일, %

구분	1톤 이하	1톤 초과 8톤 미만	8톤 이상	총 통행량
수도권	450,314	351,835	28,354	830,503
	54.2	42.4	3.4	100.0

표 6. 수도권 화물자동차 발생통행량 (발생)

단위: 대일

구분	1톤 이하	1톤 초과 8톤 미만	8톤 이상	총통행량
서울권	215,964	106,659	5,552	328,174
수도권서부권	88,899	71,309	10,151	170,358
수도권북부권	32,141	51,067	1,521	84,729
수도권동부권	11,646	19,119	2,256	33,021
수도권남부권	101,665	103,681	8,874	214,220

8) 본 논문은 수도권만을 대상으로 하였으나 본 연구에 사용된 동일한 전수화 방법으로 부산울산권, 광주광역시권, 대구권, 대전권도 전수화를 수행하였다. 전수화 결과, 품목별 물동량 비율이 대구권인 경우 섬유 산업등의 발달로 경공업품의 비율이 제일 높고, 광주권인 경우 농수임산품의 비중이 상대적으로 높게 나오는 등 전수화 방법이 비교적 타당한 결로 판명되었다.

표 7. 수도권 화물자동차 도착통행량

단위: 대/일

구분	1톤 이하	1톤 초과 8톤 미만	8톤 이상	총통행량
서울권	181,213	113,800	8,446	303,458
수도권서부권	84,150	68,700	7,312	160,161
수도권북부권	49,197	47,316	2,708	99,221
수도권동부권	24,887	26,771	2,430	54,088
수도권남부권	110,868	95,249	7,459	213,575

표 8. 품목별 화물자동차 통행량

단위: 대/일

구분	1톤 이하	1톤 초과 8톤 미만	8톤 이상	총통행량
경공업품	63,407	77,917	3,418	144,741
광산품	1,210	2,497	510	4,216
금속공업품	183,806	123,197	9,364	316,368
농수임산품	17,611	14,247	2,893	34,751
잡공업품	90,376	51,514	7,865	149,755
화학공업품	80,135	63,937	4,062	148,133
기타	13,771	18,526	243	32,539

통행량이 서울권이 가장 많고 총통행량의 경우 화물자동차 발생/도착 통행량은 서울권, 수도권 남부권, 수도권 서부권의 순으로 나타났다.

품목별 톤급별 화물자동차 통행량 전수화 결과는 표 8과 같다. 경공업품, 광산품, 기타품목인 경우 1톤 초과 8톤 미만의 화물자동차 통행이 가장 큰 것으로 나타났고 금속공업품, 농수임산품, 잡공업품, 화학공업품인 경우 1톤 이하의 차량을 이용하여 운송되는 물동량이 가장 많은 것으로 분석되었다.

톤급별 화물자동차 적재 톤수는 1톤 이하인 경우 0.32톤, 1톤 초과 8톤 미만인 경우 1.06톤, 8톤 이상인 경우 5.37톤으로 분석되어 8톤 미만인 화물차인 경우 평균적재율이 그다지 높지 않은 것으로 분석되었다.

## 6. 결 론

대도시 화물 기·종점 통행량(O/D) 자료는 각종 교통계획 및 물류계획의 효과적인 수립, 시행, 평가를 위해 필수적으로 요구되는 기초자료이나 우리나라의 경우 이에 대한 조사 및 연구가 매우 미약한 실정이다. 특히, 조사자료를 이용하여 기종점 화물통행을 구축하는 전수화 방법에 대해서는 외국의 경우나 국내의 경우에서도 전혀 소개되지 않아 이 부

분에 대한 논의도 전무하고 발전도 없는 상황이다.

본 논문의 목적은 우리나라의 수도권의 화물통행실태 조사 자료를 이용하여 기종점 화물기종점 통행량을 구축하기 위한 전수화 방법을 소개하는데 있다. 즉, 대도시권 화물통행 조사를 이용하여 기종점 통행량 전수화 과정 및 방법을 설명하고 구축된 대도시권 화물 기종점 통행량 통행 특성을 분석하였다. 특히, 본 연구에서는 화물자동차와 품목별 기종점 물동량을 개별적으로 분리한 전수화한 방법에서 벗어나 이를 동시에 고려하는 전수화 방법론을 제시하였다.

본 연구를 통해 그동안 공개되지 않았던 화물통행 전수화에 대한 상세한 과정이 제시되었으며 이를 통한 신뢰성 있는 자료 구축을 통해 화물물류시설에 대한 타당성 평가가 보다 객관적으로 수행될 수 있기를 기대한다.

본 연구의 한계 및 향후 연구과제는 전수화를 위한 표본을 설계에 대한 연구이다. 전수화는 기본적으로 조사 자료를 확장 및 검증시키는 과정이므로 조사 자료의 표본율이 매우 중요하나 본 연구에서는 기존 이미 조사된 자료를 이용하여 이에 대한 고려가 미흡하였다. 표본율을 설정하는 통계적인 기법과 이를 바탕으로 하는 전수화 기법의 개발에 대한 추후 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- 국토개발연구원(1984) 전국도로망 기본계획조사, 건설부.
- 교통개발연구원(1986) 화물수송체계개선에 관한 연구, 교통부.
- 교통개발연구원(1986) 물류체계개선에 관한 연구, 교통부.
- 교통개발연구원(1989) 복합화물터미널 타당성에 관한 연구, 교통부.
- 교통개발연구원(1994) 중부, 영남, 호남권 터미널 건설의 타당성 조사, 건설교통부.
- 교통개발연구원(1997) 제1차 전국 물류현황 조사, 건설교통부.
- 교통개발연구원(1997) 물류조사 및 물류종합계획수립구상, 서울시.
- 교통개발연구원(2003) 2002년 국가교통DB구축사업 수도권 및 지방5개광역권 화물통행량 분석, 건설교통부.
- 최창호(1997) 형태요소를 적용한 화물운송수단 선택모형의 개발, 대한교통학회 제35회 학술발표회 학술논문집.
- 하원의·남기찬(1996) SP 자료를 이용한 화물운송수단 선택모형의 개발, 대한교통학회지, 대한교통학회, Vol. 14. No. 1.
- Cambridge Systematics, Inc. (1995) *Characteristics and Changes in Freight Transportation Demand - A Guidebook for Planners and Policy Analysts*, National Cooperative Highway Research Program Project 8-30
- Cambridge Systematics, Inc. (1995) *Quick Response Freight Manual*, Federal Highway Administration, Office of Planning and Environment.
- INRO Consultants Inc. (1999) *EMME/2 Users' Manual*, Montreal, Quebec : INRO.Publ. No. FHWA-RD-94-034.

(접수일: 2006.4.20/심사일: 2006.6.2/심사완료일: 2006.7.4)