

생활 폐기물 수집·수송 관리를 위한 Expert-System 개발 Development of Expert-System for Municipal Solid Waste Collection and Transportation

강 동 구* · 류 돈 식* · 이 해 승** · 이 찬 기***

Kang, Dong-Gu · Ryu, Don-Sik · Lee, Hae-Seung · Lee, Chan-Ki

Abstract

This study aims to provide a program for the municipal solid waste collection and transportation management through data consolidation and field research of the materials about waste collection and transportation in a small city. The field research was conducted in the collection zone of the housing, apartment and business section within C city area. As a result, the main factor of collection and transportation plan required at the waste collection and transportation process and the central mean applying at the small city were calculated. The process that systemize the waste collection and transportation step and the expert system were constructed. In conclusion, the developed management system of the municipal solid waste collection and transportation can be widely used by adding the data of other zone.

Key Words : Management system, Main factor

요 지

본 연구에서는 체계화되지 못한 중소도시의 쓰레기 수집·수송의 자료를 정리, 현장 조사를 통한 쓰레기 수집·수송 관리를 위한 프로그램을 작성하였다. 대상은 C시로 하였으며, 수집 구역을 주택, 아파트, 상가지역으로 한정지어 현장 조사를 실시하였고, 폐기물 관리 프로그램을 작성하였다. 연구 결과는 쓰레기 수집·수송단계의 필요한 인자와 중소도시에 적용가능한 평균 값을 도출하였고, 중소도시의 쓰레기 수집·수송단계를 체계화하는 단계와 expert system을 구축하였다. 또한, Visual Basic을 이용한 쓰레기 수집·수송 관리 프로그램을 개발하였다. 결과적으로 본 연구로 개발되어진 도시폐기물의 수집·수송 관리 시스템은 다른 지역의 현장 Data를 추가함으로써 광범위하게 이용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 관리 시스템, 수집·수송 인자

* 강원대학교 환경생물공학부 대학원생

** 강원도립대학 환경시스템공학과 전임강사

*** 정희원, 강원대학교 환경생물공학부 교수(E-mail : chanl@cc.kangwon.ac.kr)

1. 서론

급속한 산업발달과 도시화과정에서 필연적으로 동반된 현대사회의 가장 큰 문제점 중 하나는 환경문제이다. 근래에 와서 환경문제는 지구생태계와 인간 생활 전반의 문제로 확대되어 인식되고 있다. 환경오염은 수질, 대기, 폐기물 등 다양한 분야에서 심각하게 나타나고 있으며, 이중 폐기물에 의한 오염은 인간의 일상생활과 가장 밀접하다 할 수 있다. 환경문제의 심각성이 증가함에 따라 국내 외적으로 폐기물처리 및 관리를 위한 많은 연구가 수행되었고, 정책 입안에도 많이 이용되고 있는 실정이다. 일반적으로 일반폐기물의 처리형태는 크게 폐기물 발생, 수집·수송, 중간처리 및 최종 처리단계의 3단계로 나뉘어져 있으며, 이중 경제적으로 가장 큰 비중을 차지하고 있는 부분은 가정이나 상가 등에서 배출 후부터 중간처리와 최종처분의 중간단계로 폐기물의 이동을 나타내고 있는 폐기물의 수집·수송과정이다.

현재 국내에서 배출되는 폐기물 종류와 양이 다양해지고, 증가함에도 불구하고, 중소도시의 경우 폐기물의 수집운반처리가 체계화되어 있지 않은 관계로 처리의 적정화를 위한 기초 및 방법이 확립되어 있지 못한 실정이다. 또한 적절한 계획을 설정한 자치단체가 없고, 더불어 규모가 작은 지방자치단체에서는 더욱 전무하여 현재에는 적절한 폐기물 수집·수송체계의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

외국의 경우 영국, 스웨덴, 네덜란드 등의 유럽 국가들을 중심으로 1980년대 후반에 들어 국가 혹은 지방자치단체의 효율적인 폐기물 관리를 위해 전과정평가를 이용한 심층연구를 진행하고 있다(Cliff Roland, 1996). 또한 미국에서는 미국 환경청(US - EPA)을

주축으로 통합폐기물관리 정책을 비교하기 위해 1998년 말을 목표로 폐기물관리에 대한 방대한 규모의 전과정적 시도를 진행하였다(Thorneloe et al., 1997). 국내의 경우 생활폐기물의 처리를 위해 도시규모별 사례연구를 통한 재활용, 소각, 매립의 적정비율을 추정한 연구들이 있었고, 대부분이 각 처리방법별 경제성 비교에 국한되어 있다(김준한 등, 1995; 부경진, 1994; 유희찬, 1992; 이승무 외 3인, 1995). 폐기물 수집·수송에 관한 연구 또한 프로그램 개발을 위한 연구가 아닌 경제적 이론에 많이 치우쳐 있다(남형길, 1998; 신현덕, 1998; 한국경제조사연구소, 1999; 한국환경기술개발원, 1995).

또한, 최근 일반인들의 환경문제에 대한 관심이 증대되어지고 있으며, 적극적으로 참여, 해결하고자 하는 의식을 지니고 있다. 이러한 시대적 흐름은 폐기물 관리에 관하여 일반인이 전문가가 갖고 있는 지식을 이용할 수 있는 시스템을 시급히 갖추어야 할 필요성이 대두되고 있음을 의미한다. 이처럼 전문가의 지식을 일반인이 이용할 수 있는 시스템을 전문가 시스템(expert system)이라고 하며, 전문가 시스템은 사용자들이 생활 폐기물 문제에 보다 많은 관심과 해결하고자하는 의지를 가질 수 있도록 도와 줄 수 있을 것이다.

그러므로 본 연구는 폐기물 관리 단계 중 쓰레기 봉투에 투입되어 지정된 장소로 배출되는 생활폐기물의 수집·수송단계를 주 대상으로 C시에서의 현재 생활폐기물 수집·수송체계를 실측, 자료정비를 통한 체계화와 수집·수송의 개선을 위한 system 구축을 연구하였다.

2. 연구 방법

2.1 조사지역

본 연구는 조사지역으로 중소규모 지역인 C시를 선정하였고, C시의 지역적인 현황, 생활폐기물의 배출현황 조사를 통해 구해진 수집·수송 관련인자를 바탕으로 생활 폐기물 수집·수송 expert - system을 구축하였다.

C시의 조사지역은 크게 상가지역, 주택지역, 아파트지역으로 구분하였고, 각 지역별 노선의 수집·수송 현황을 조사하여 수집·수송에 관련되어지는 인자를 구하였다.

2.2 배출량과 수거노선 조사방법

대상지역의 배출량 조사는 요일별로 배출 시간에 맞추어 각 지역마다 7회씩 선정된 지역의 총 배출량을 측정하였다. 쓰레기 봉투에 관한 조사는 배출되어지는 종량제 봉투 전량에 대해 봉투의 부피별 사용분포, 무게분포를 측정하였고, 전량조사를 통하여 폐기물 조성비와 걸보기 비중 조사에서 사용되는 폐기물 시료의 보편성과 대표성을 확보하였다. 폐기물 조성비와 걸보기 비중의 조사대상은 종량제 봉투조사 결과 선정된 10 L와 20 L의 시료를 사용하였고(강원도, 1997), 1일 동안 발생되어지는 모든 시료를 대상으로 하였다. 걸보기 비중(Tchobanoglous et al., 1993)에 대한 조사 회수는 각 지역에 대해 7회씩 측정하였다. 걸보기 비중 조사는 조사 구역 내의 모든 시료를 대상으로 하였으며, 현장에서 아날로그 저울을 사용하여 무게를 측정하고, 종량제 봉투의 부피로 나누어 산출하였다. 또한, 걸보기비중은 걸보기 비중 조사시 배출된 종량제 봉투의 부피별 배출빈도를 고려하여(춘천시, 1999) 산출하였다.

수거노선은 실제 청소차량이 다니는 길을 노선으로 간주하였으며, 지역의 구분은 전체 노선 중 상가지역 및 주택지역을 70 %이상 경유하는 노선일 경우 그 지역을 상가 및 주택지역으로 간주하였다. station의 의미는 일정 구역내의 주민들이 쓰레기를 일상적으로 수집하는 장소로 설정하였다. 주택과 상가지역에서는 기존의 station 위치를 사용하였으며, 아파트 지역의 경우는 각 동마다 혹은 몇 개의 동 사이에 놓여 있는 대형 쓰레기통을 station으로 간주하였다. 이동시간, 적재 준비시간, 적재시간과 같은 수집·수송에 관련된 시간인자의 조사는 초시계를 이용하여 측정하였다. 차량의 이동거리, 수송거리와 같은 수집·수송에 관련된 거리인자의 조사는 정확한 거리의 측정을 위해 각각 중복되게 실측하였다. 거리는 각 지역별로 1회 실측 후 주간시간을 이용하여 100 m미만의 경우 줄자를 이용하였고, 100 m이상의 거리는 차량의 미터계를 이용하여 측정하였다.

2.3 폐기물 관리 System

폐기물 관리 system은 현재의 C시 수집구역내의 지역 현황(인구, 세대수, 면적, 인구밀도 등)과 폐기물 현황(배출되어진 생활폐기물의 수집·수송경로, 수집되어지는 station 수, 쓰레기별 적재시간 등)을 실측 또는 기존 자료를 이용하여 대표구역과 대표치를 설정하고, 수집운반 위탁업체의 현황 파악(수집업체의 수, 사용중인 수집 차종, 수집차의 적재량 등)등과 기타 폐기물 통계 자료를 사용하여 생활폐기물수집·수송관리 system의 현재 폐기물 처리에 대한 현황을 조사하였다(Roland, 1996; 한국환경기술개발원, 1995; 환경부, 1998; 강원도, 2000).

생활폐기물 수집·수송관리 system 구성은

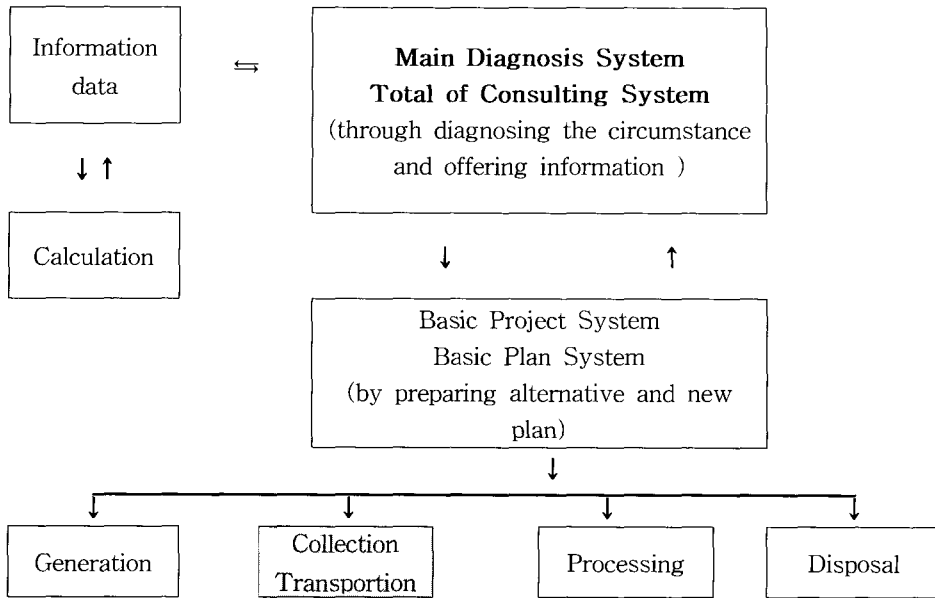


Fig.1. Simplified diagram of total solid waste management

Fig.1과 같이 2개의 system으로 구성하였다. 첫 번째는 종합진단 system으로 폐기물 처리의 전현상을 진단하고, 전체 구성의 축으로 이용하였다. 두 번째는 기본 계획 system으로 각각 process의 계획 sub-system의 현상을 진단하는데 이용하였다.

전체 구성의 기초 단계로는 폐기물 관리의 4단계(발생, 수집, 중간처리, 최종처분)를 이용하였다.

수집·수송관리를 위한 순서는 Fig.2에 제시된 바와 같이, 수집·수송관리 system의 대상설정과 정보수집을 통하여 기존 자료를 정리 편집하여 DB(Data Base)를 구축하는 과정과 이를 통한 수집·수송관리 system의 과정을 나타낸다. 본 연구에서 도출되어진 수집·수송관리 DB는 현장에서 실측되거나 차후 연구로 얻어지는 자료에 의해 보충되거나 확대될 수 있다.

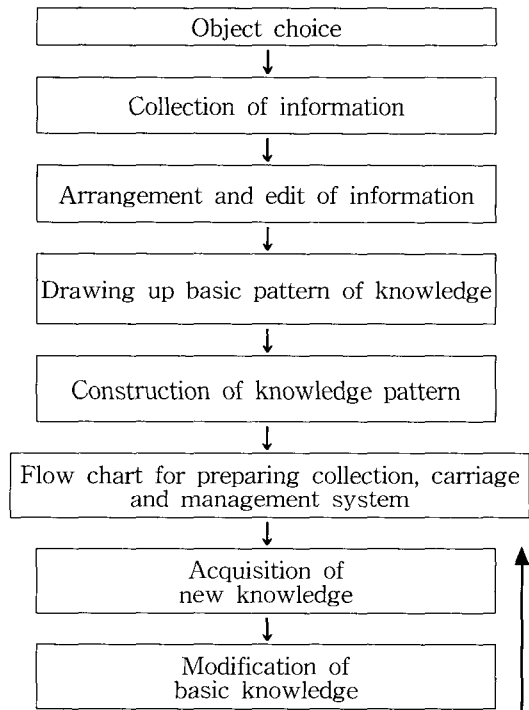


Fig.2. Planning step of solid waste collection and transportation management system

수집·수송계획 결정에 있어서 주요인자는 크게 지역적 특성, 수집횟수, 수거형태, 인력, 차량의 특성, 수거방법의 6개 부분으로 대별되고, Fig.3으로 나타낸다(한국기술개발원, 1995; 오길중, 1997). 지역적 특성은 인구, 면적, 인구밀도, 경제적 특성 등을 의미하고, 수집횟수는 주당 쓰레기 수거 횟수를, 수거형태는 생활폐기물의 형태가 혼합폐기물인지, 분리형 폐기물인지를 구별한다. 인력은 폐기물 수집·수송시 작업원과 작업시간 등을 의미하며, 차량의 특성은 폐기물 수집·수송시 사용되어지는 작업차량의 종류 및 적재 용량을 변수로 사용한다. 수거 방법은 폐기물 수거시 station 수집, container 수집, 각호 수집의 구별을 의미한다. 이러한 6가지의 인자들은 수집·수송계획에 주요인자로 작용하며 이에 대한 자료와 분석을 함으로써 수집·수송 system을 구축한다.

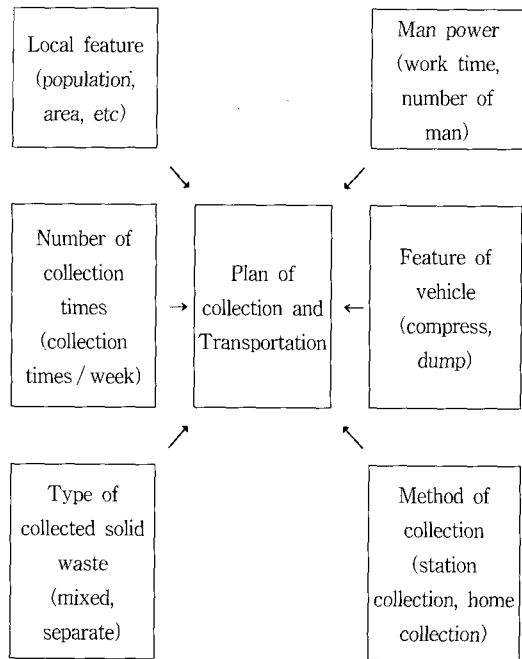


Fig.3. Main factors of collection and transportation plan

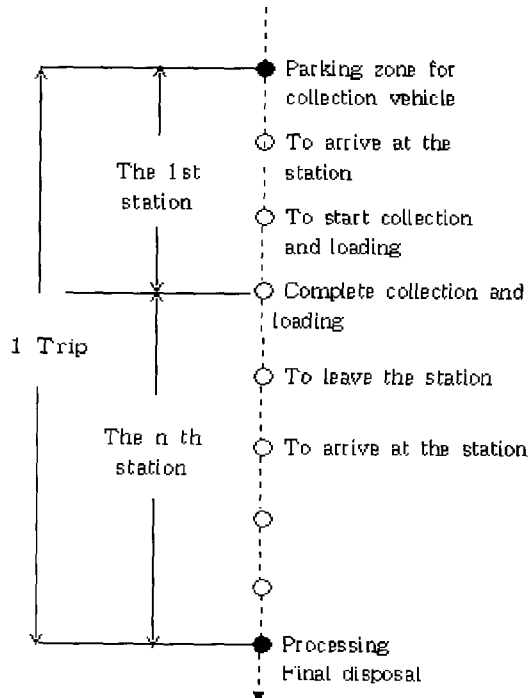


Fig.4. Flow chart of collection route (1 trip)

수집·수송 작업에서의 작업흐름도는 Fig.4에 제시되었고, station의 의미는 일반적인 container나 중간적치함을 뜻하는 것이 아니라 폐기물이 발생원으로부터 노상에 배출되는 지점을 의미한다. 수집·수송작업에 있어서 처음 단계는 수집차의 집결소부터 station에 도착하는 단계이며, 수집적재가 시작 후 완료되는 시점까지를 한 station으로 설정하였고 n개의 station을 거쳐서 수집차량의 적재량이 적정량이 되었을 경우 중간처리장이거나 최종처리장으로 수송되어지는 경우를 1 Trip으로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수거노선과 Station 수

C시의 폐기물 수거노선은 현재 총 42개의 노선으로 운영되고 있으며 일반 주택의 22개 노선과 공동주택지역의 20개 노선으로 분류되어 있다. 이중 일반 주택의 노선은 시의 동지역이 12개 노선, 읍, 면 지역이 10개의 노선으로 구성되어 있다. 운행되어지고 있는 수거차량대수와 종류는 총 수거노선 42개 노선에 48대로 5 ton 청소차량이 주를 이루고 있

으며, 수거인부 수는 운전사를 제외하고 87명으로 수거되어지고 있다(춘천시, 1999).

수집 폐기물량은 시직영의 경우 일일 매립량 86 ton, 대행업체의 경우 공동주택, 일반주택, 사업장을 포함하여 77 ton이며 이외에 인근 군부대에서 약 6 ton이 수집된다. 조사대상지역의 평균 station 수는 주택지역이 42개, 상가지역이 44개, 아파트지역이 44개로 조사되었다.

3.2 배출량과 적재시간

본 연구의 측정항목으로는 station 간 이동거리, 이동시간, 쓰레기 적재시간 및 쓰레기 배출량으로 나누어 측정하였다. 쓰레기 배출량은 종량제 봉투의 부피별로 10, 20, 50, 100 L 봉투로 나누어 조사하였으며, 그 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 봉투의 수는 주택지역 봉투 수 10개, 상가지역 16개, 아파트지역 14개로 비슷한 봉투 수를 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 평균 적재시간은 주택지역 38초, 상가지역 59초, 아파트지역이 70초를 소비하는 것으로 조사되었다. 아파트지역에서 비교적 많은 적재시간이 소비되는 것으로 나타났으며, 아파트지역은 station 사정

Section Zone	Number of station	Area (km ²)	Average weight (kg)	Population	Household
Housing	42	Soyang-dong (0.32)	4316.7	9,689	2,188
Business	44	Myong-dong (0.28)	3755.0	6,683	3,604
Apartment	44	Bobai, Hanju apartment (0.091)	2756.7	3,300	816

<Table 1> Present collection condition of investigating zone

Zone	Factor	Avg. loading time by station (sec/station)	Number of avg. solid wastes envelope by station (EA/station)				
			10 L	20 L	50 L	100 L	Total
	Housing	38	1.8	4.8	2.1	1.7	10.4
	Business	59	2.9	5.1	4.6	3.0	15.6
	Apartment	70	5.0	6.8	1.4	0.4	13.6

<Table 2> Exhaust volume and loading time

상 노상 station이 아닌 박스에 봉투를 모으는 사실에 기인한 것으로 조사되었다. station별 쓰레기 적재시간은 측정항목 중 이동거리, 이동시간과는 관계가 적고 쓰레기량(개수), 쓰레기 봉투 부피(L), 쓰레기무게(kg)에 크게 관계되었다. 주택지역과 같이 작은 봉투의 사용비율이 높은 지역은 쓰레기봉투의 배출개수와 적재시간의 관계가 깊으며, 큰 봉투의 사용비율이 높을수록 쓰레기 봉투의 용량과 관계가 더 크게 조사되었다. 그러나 아파트와 같이 기계식 수거인 경우 쓰레기의 개수, 용량, 무게보다는 쓰레기통의 수와 큰 관계를 갖고 있다.

3.3 이동거리와 이동시간

이동거리, 이동시간을 측정한 결과는 <Table 3>에 나타내었다. 평균 이동거리는 주택지역이 약 40 m, 상가지역이 65 m, 아파트지역이 489 m로 조사되었다. 평균 이동시간은 주택지역이 40초, 상가지역이 50초, 아파트지역이 112초로 조사되었다. 이동속도는 조사되어진 평균 이동거리를 평균 이동시간으로 나누어 추정하였으며, 주택지역이 약 3.66 km/hr, 상가지역이 4.67 km/hr, 아파트지역이 15.67 km/hr로 계산되었다. 계산된 이동속도는 실 station 간의 이동속도보다는 낮은 값이라고 추정되며, 추정되는 이유로는

수거차량이 후진하여 이동하거나 신호대기, 또는 교차로 내에서 차량의 움직임을 파악하는 것, 수거노선에 불법 주차되어 있는 차량으로 인한 지체시간 및 소요시간, 주 station 이외에 불법으로 버려져 있는 쓰레기 수거소 요시간 등에 의해 이동시간이 지체될 수 있는 경우를 고려한다면 전체 이동속도가 낮아질 수 있기 때문이다. 특히 주택지역의 경우 좁은 골목길에서 운행해야 하기 때문에 그 속도는 더욱 느려진다. 아파트의 경우 단지 외 다른 아파트로의 이동속도가 현저히 빠르기 때문에 전체적인 이동속도는 크게 나타났다. 조사 결과 station 간 이동거리가 짧을수록 이동속도가 낮아지는 경향이 나타났다. 아파트지역에서의 평균이동거리는 아파트 안의 station 간의 거리를 나타낸 것으로 다른 지역과 비교하여 길다는 것을 알 수 있었다.

<Table 3>에서 나타내어진 것과 같이 평균 이동시간과 평균이동거리는 주택지역, 상가지역에 비하여 아파트지역이 크게 나타나고 있다. 이러한 이유는 주택 및 상가 지역의 수거대상지역은 서로 가까운 위치에 있지만 아파트의 경우는 아파트와 아파트 거리가 멀리 떨어져 있기 때문이다. 아파트지역의 경우는 민간업체의 입찰에 의해 대상 아파트가 정해지기 때문에 인근 지역이 아니고 분산되어진 아파트들이 수거대상으로 되기 때문이다.

Zone \ Factor	Number of station (EA/trip)	Avg. of move-ment distance (m)	Avg. of move-ment time (sec)	Avg. of move-ment velocity (km/hr)
Housing	42	39.90	39.24	3.66
Business	44	65.02	50.16	4.67
Apartment	44	489.09	112.38	15.67

<Table 3> Movement distance and time

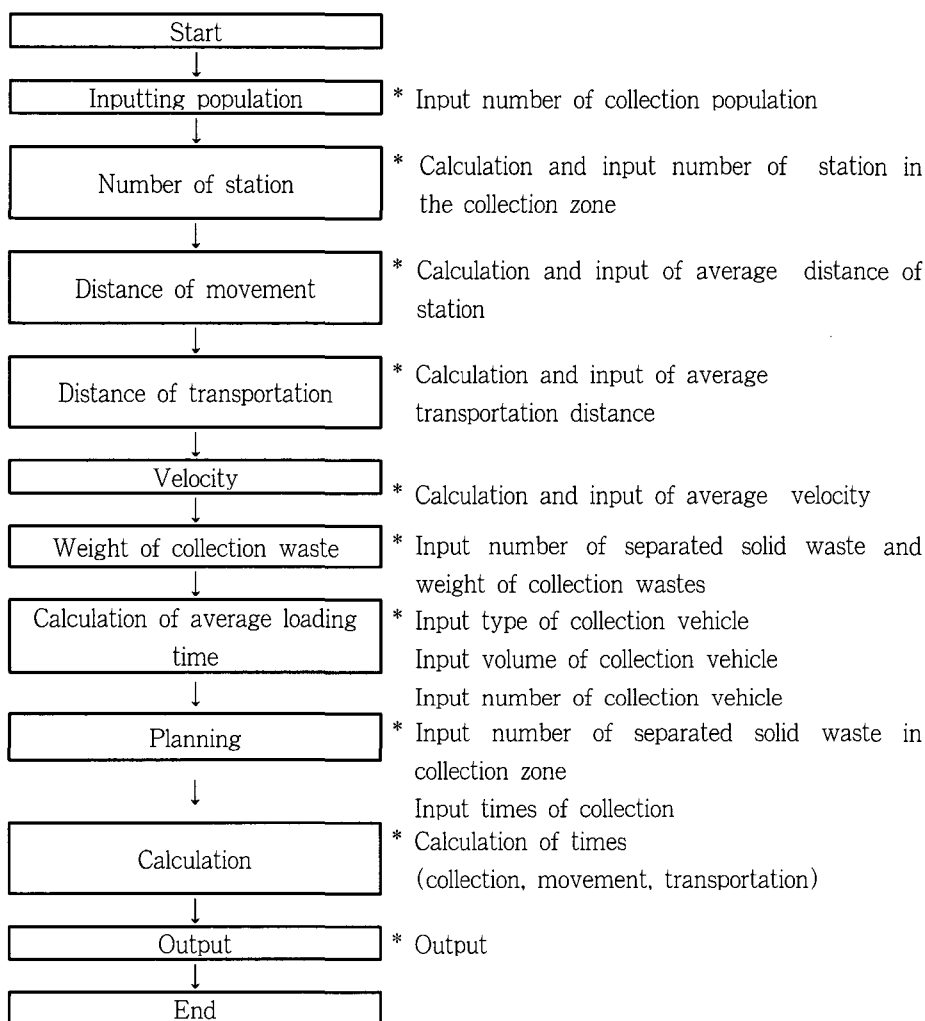


Fig.5. Total flow chart of collection and transportation management system

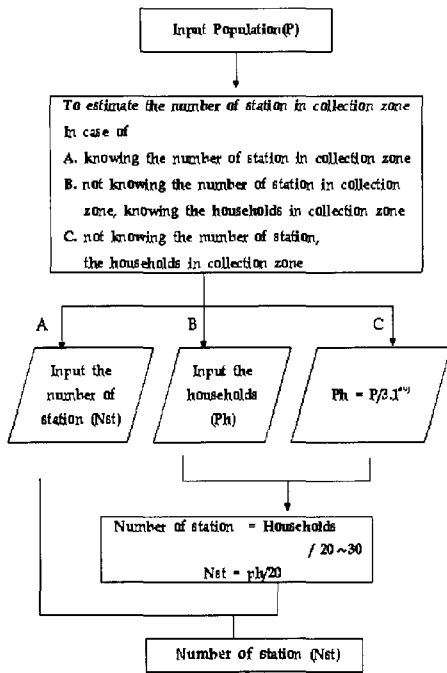


Fig.6. Number of station in collection zone

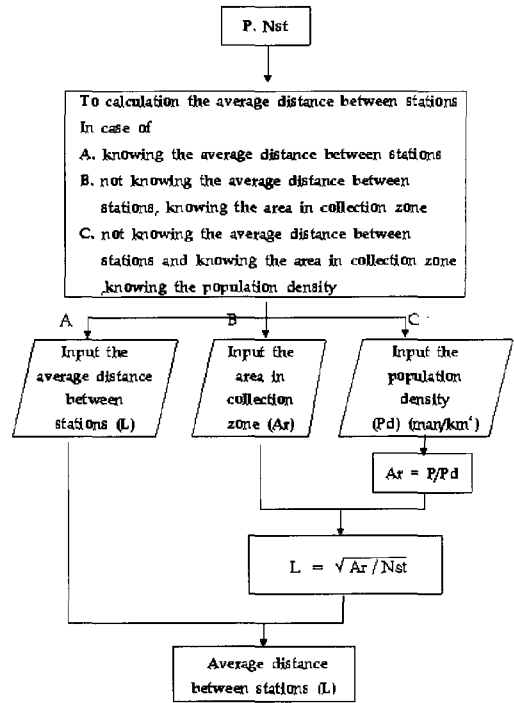


Fig.7. Average distance of between stations

3.4 관리 Program

관리 program의 전체 Flow chart는 Fig.5로 나타내었다. 전체 과정은 수집구역내의 상황 추정, 수집과정의 상황 추정, 수송과정의 상황 추정으로 구분되며 단계별로 설정과정의 예는 Fig.6~Fig.11에 나타내었다.

수집구역내의 상황 추정은 Fig.6의 과정으로 수집 인구, 수집구역내의 가구당 인구수와 수집구역내의 면적을 인자로 이용하여 수집구역내의 station 수를 추정한다.

수집과정의 상황 추정은 Fig.7의 과정으로 수집구역내의 상황에서 추정되어진 station 수, 현장에서 조사되어진 station 간의 거리, 수집구역의 면적, 수집구역의 인구밀도를 이용하여 수집 구역내의 station 간의 거리를 추정한다.

수송과정의 상황 추정은 Fig.8의 과정으로 수집구역에서 최종처분지까지의 거리와 수집차량의 연간 운행 거리를 이용하여 수송거리를 추정한다.

수집·수송과정에서 거리에 따른 이동속도는 Fig.9의 과정이며, station 간의 거리를 200m 이하, 200m~600m, 600m 이상으로 구분하여 계산식을 구성하였다.

수집·수송과정에서의 station 당 수집되어지는 쓰레기량은 수집되어지는 station 수, 주당 수거되어지는 횟수에 의하여 결정되어지는 과정은 Fig.10에 나타내었다.

수집·수송과정에서의 소요시간계산은 Fig.11의 과정으로 나타내었다. 소모시간은 이동시간과 수송시간, 적재시간, 소요되어지는 Trip 수를 고려하여 계산되어졌다.

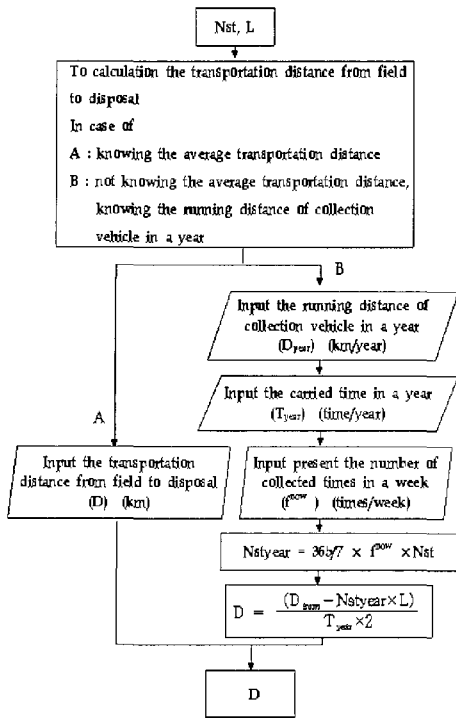


Fig.8. Distance of transportation

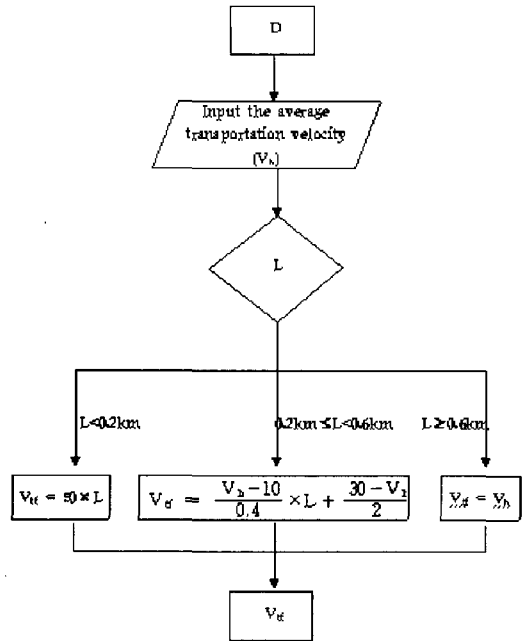


Fig.9. Movement velocity between stations

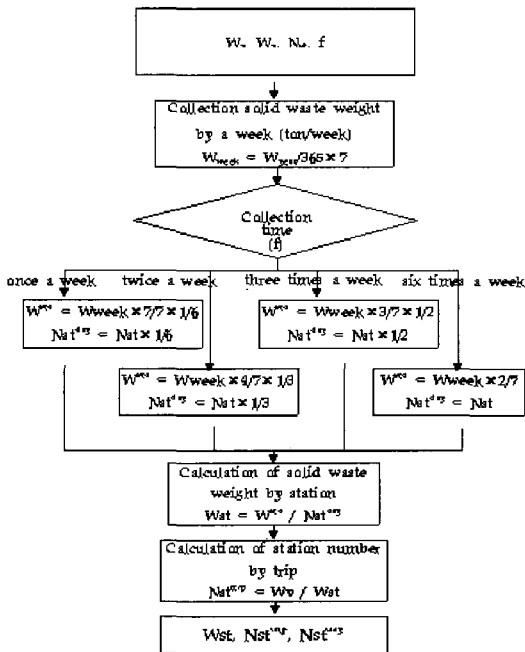


Fig.10. Waste capacities of collection classified by station and number of collection station (average)

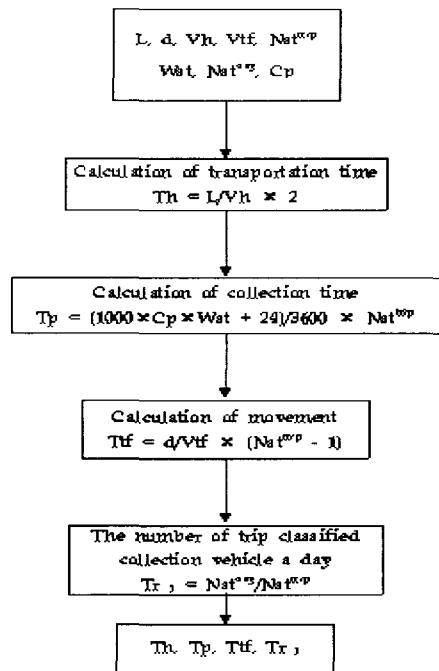


Fig.11. Calculation of transportation, collection, movement time

기본 결과			
	표준 쓰레기량일때	Max 쓰레기량일때	Min 쓰레기량일때
수집횟수 (회/주)	6	6	6
수집차 대수 (대)	1	1	1
1일 Trip 수 (Trip)	3	5	2
수집차 평균 적재량 (ton/대)	2.5	2.5	2.5
연간 수집량 (ton/년)	1350.51	2025.765	67.755
연간 이동시간 (hr)	263.768	547.536	169.178
연간 적재시간 (hr)	2298.542	4598.264	1970.2646
연간 수송시간 (hr)	150	250	100
1 Trip당 시간 (hr)	2.8899	3.4498	3.5790

초기 설정치			
인구 (인)	9689	평균 수송속도 (km/hr)	50
평균 수송거리 (m)	4500	평균 이동속도 (km/hr)	3.66
평균 이동거리 (m)	40		

Fig.12. Form of example

관리 program의 전체 Flow chart의 과정을 Visual Basic으로 작성하여 결과 폼의 예를 Fig.12에 나타내었다. 조사되어진 수집·수송 과정의 인자 값을 기반으로 수집구역내의 상황 추정, 수집과정의 상황 추정, 수송과정의 상황 추정 과정을 통하여 추정되어지는 결과 값을 출력하는 폼이다. 이때 쓰여진 인자값은 <Table 1>, <Table 2>, <Table 3>의 주택지역에서 조사되어진 값을 이용하였으며, 조사구역에서 수집·수송 되어질 수 있는 연간 평균 수집량, 최대 수집량, 최소 수집량으로 구분하여 폐기물의 수집·수송 과정을 보다 효율적으로 관리하기 쉽도록 구성되어졌다.

4. 결론

본 연구는 체계화되지 못한 중소도시의 폐기물 수집·수송의 자료를 정리하고, 지역의 현장 조사를 통한 폐기물 수집·수송 관리를

위한 프로그램 작성에 목적이 있다. 그 대상은 C시로 하였으며, 수집구역을 주택, 아파트, 상가지역으로 한정지어 현장 조사를 실시하고 그 결과를 이용하여 프로그램안을 작성하였다. 연구의 결과를 통해 얻어진 결론은 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 폐기물 수집·수송단계의 필요한 인자료를 도출하였고 조사대상의 중소도시에 적용가능한 평균 값을 도출하였다.
2. 중소도시의 폐기물 수집·수송단계를 체계화하는 단계와 expert system을 구축하였다.
3. Visual Basic을 이용하여 수집구역내 station 수 설정, 평균 station 간 거리 설정, 평균 수송거리 설정, 평균 수송속도 설정, 평균 이동속도 설정, 현재 수집 폐기물 분별수의 설정, 연간 수집 폐기물량의 설정 등의 프로그램 과정을 coding하여 폐기물 수집·수송 관리 프로그램을 개발하였다.

참 고 문 헌

- 1) 강원도(2000), 강원통계연보.
- 2) 강원도(1997), 사회통계조사보고서, pp.79~81.
- 3) 김준한 등(1995), 생활폐기물 처리방법별 경제성 비교분석, 산업연구 제1집, pp. 115~163.
- 4) 남형길(1998), 도시폐기물 수거 및 수송 체계 개선에 관한 연구, 석사학위논문, 대전대학교.
- 5) 부경진(1994), 도시쓰레기 종합 처리 시스템의 경제적 타당성 분석, 첨단환경기술 94년 5월호, pp. 74~80.
- 6) 신현덕(1998), 대도시 일반폐기물 수거방안에 관한 연구, 석사학위논문, 경희대학교.
- 7) 유희찬(1992), 지역특성과 분리수거형태를 고려한 일반폐기물 관리 시스템의 최적화, 박사학위논문, 한국과학기술원.
- 8) 이승무 외 3인(1995), 도시 폐기물 소각을 위한 지역별 쓰레기 성상에 관한 비교 연구, 한국폐기물학회지, 제12권, 제1호, pp 111~119.
- 9) 춘천시(1999), 춘천시 쓰레기 수집·운반 관련자료.
- 10) 한국경제조사연구소(1999), 청소행정 민간 위탁을 위한 원가조사 연구보고서, p. 18.
- 11) 한국 환경기술 개발원(1995), 폐기물 처리시설 적정관리를 위한 폐기물 유통체계 개선방안, p. 2.
- 12) 환경부(1998), 환경통계연감.
- 13) 오길중(1997), 都市ごみの総合的管理を支援する評價計算システムの開発に関する研究, 박사학위논문, 北海道大學.
- 14) 田中信壽 외 4인(1993), 都市ごみ収集輸送計劃策定 エキスパートシステムの知識ベース案作成, 第4回日本廢棄物學會研究發表會 講演論文集, pp.157~159.
- 15) Clift Roland(1996), Social and Environmental Life Cycle Assessment (SELC), The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 1, No. 4, pp. 231~237.
- 16) George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil(1993), Integrated Solid Waste Management, Mcgraw-Hill.
- 17) Thorneloe S. A., et al., (1997), Update on the U.S. study applying life-cycle management to compare integrated waste management strategies, Proceeding Sardinia 97, Sixth International Landfill Symposium, S. Margjerita di Pula, Cagliari, Italy, pp. 1~5.