

시설입지모델을 적용한 의료폐기물 처리업체 설립에 관한 연구

A study on building Medical waste disposal firms using
facility location problem

인하대 물류전문대학원 석사과정 전선영
지도교수 황태성



The background features a collage of images related to logistics and technology. It includes a white delivery truck, a large red container ship, a warehouse interior with high shelves, a port with many colorful shipping containers, a person using a tablet, and a man in a shirt and tie holding a clipboard. A network of white lines with circular nodes is overlaid on the collage. The word "Outline" is written in a large, black, sans-serif font on the left side of the slide.

Outline

- 1 Introduction
- 2 Literature Review
- 3 Proposed Model
- 4 Real World Application
- 5 Conclusion

INTRODUCTION

배경 [Background]

의료폐기물 정의

- 병·의원, 보건소, 의료관계 연구소와 교육기관 등에서 배출하는 폐기물로서 사업계 일반폐기물을 포함한 각종 폐기물
- 탈지면·가제·붕대·기저귀·인체 적출물·주사기·주사침·체온계·시험관 등의 검사기구, 분석장치·엑스선필름 폐현상액·유기용제 등이 이에 속하며, 의료관계 폐기물 또는 병원 폐기물에 해당

- 전국에 약 6만개업소에서 의료폐기물을 배출하고 있으나 의료폐기물 처리업체는 단 13업체 (2014년도 기준)
 - 의료폐기물 배출량이 연간 17만톤이며 처리업체는 연간 21만톤을 처리할 수 있음



의료폐기물 배출업소
17만톤/연



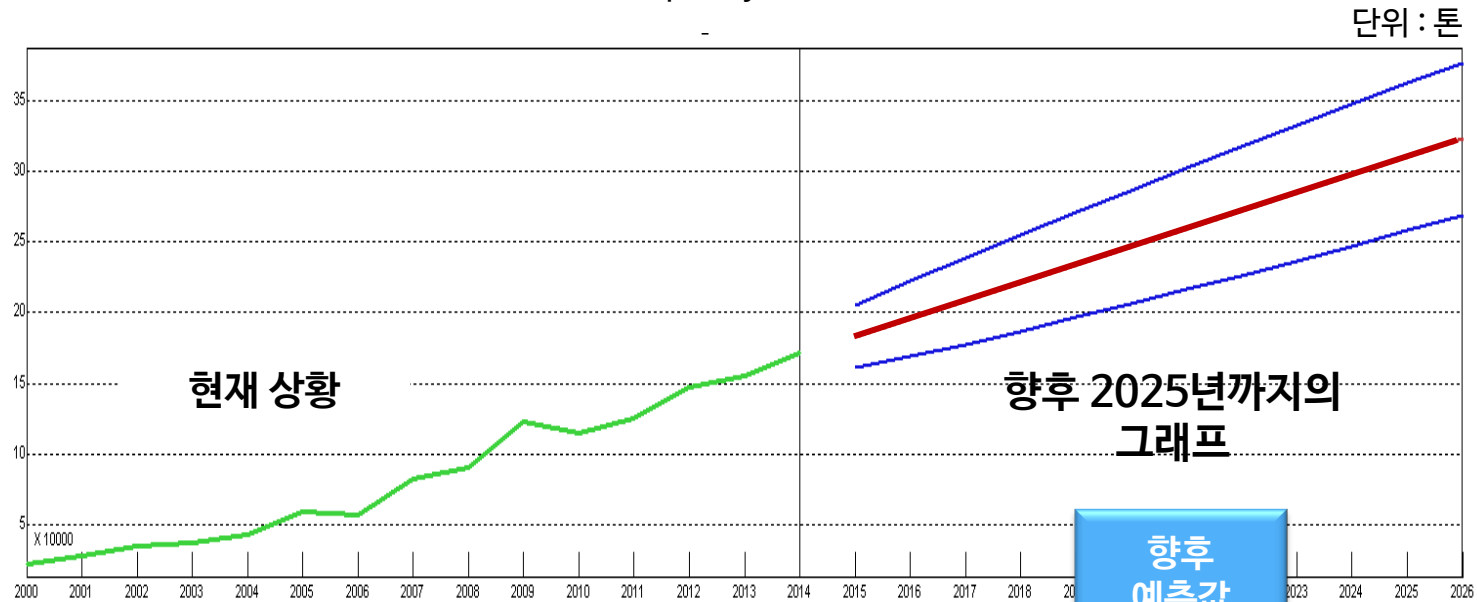
의료폐기물 처리업체
21만톤/연

현재 상황 (2014년기준)으로는 의료폐기물 처리업체가
부족하지 않은 것으로 나타남

INTRODUCTION

배경 [Background]

- Forecast Pro를 통해 수요예측을 해 본 결과 의료폐기물이 향후에도 지속적으로 증가함을 알 수 있음
- 2020년에는 현재(2014년기준)의 처리업체 Capacity를 넘는 것으로 나타남



지수평활법 (Holt Exponential Smoothing Model)

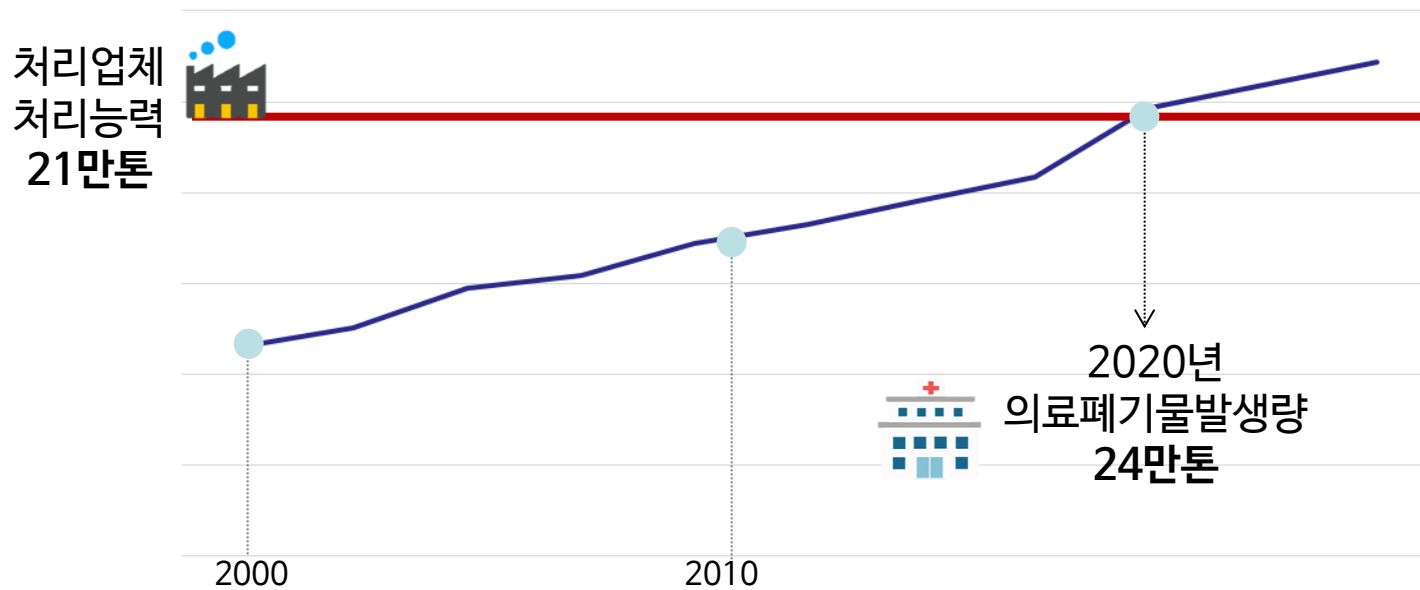
단위 : 톤/연

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
182,824	195,569	208,313	246,548	259,293	272,038	284,783	297,528	310,273	323,018

INTRODUCTION

배경 [Background]

- 2020년에 약 24만톤의 의료폐기물이 발생됨에 따라 처리업체의 처리능력이 부족하여 추가적인 처리업체의 처리 능력(Capacity) 증설이 필요



[그림 1-2] 의료폐기물 향후 발생량 변화추이

의료폐기물 처리업체의 추가적 설립
혹은 기존 처리업체의 Capacity 증설 필요

INTRODUCTION

목적 [Objective]

- 시나리오 1(기존처리업체외의 추가 설립)과 시나리오 2(기존처리업체를 추가 증설)로 나누어 연구 진행
- 수리적 모형인 시설입지모형을 적용하여 운송비, 처리(소각)비, 설립(or 증설)비를 합한 총 비용이 최소화되는 시나리오를 택함



Literature Review

의료폐기물에 관한 선행연구

저 자	논문제목	요 약
안세희 안상훈	의료폐기물 처리의 권역화 방안연구(2016)	문헌연구 비교방법으로 연구를 진행했 으며, 의료폐기물 장거리이동 방지를 위 해 국가의 적극 개입 필요함
김혜진	의료폐기물 장거리 이동현 황과 관리시스템 구축방안 (2015)	의료폐기물 장거리 이동 방지를 위해 경 향법 및 다중회귀분석으로 분석하여 권 역화 실시. 그 결과 평균적으로 약 50km 이상 거리 감소 가능함
오세은 외	한국의 의료폐기물 발생 및 처리의 공간적 분포에 관한 연구 (2015)	병원데이터를 통해 GIS기법으로 배출기 관에서 의료폐기물소각처리까지 이동거 리 조사 결과 경상권에 편중됨을 확인
Mehme t Emin Birpina r et al.	medical waste management in Turkey A case study of Istanbul (2009)	설문조사를 통해 실시되었으며 의료폐기 물 증가에 따른 적절한 의료폐기물 관리 를 위해 부적절한 보관을 배제해야하며 올바른 용기사용이 필요함
Fayez Abdulla et al.	Site investigation on medical waste management in nourthern Jordan (2008)	의료폐기물 관리실태로 설문조사를 실시 그 결과 모두 보건부 규정을 충족하지 못 한 것으로 나타났으며 재활용 비율을 높 여야하는 정책가이드 필요함

시설입지문제에 관한 선행연구

저 자	논문제목	요 약
박환용 외	도시공공시설의 적정입지 선정에 관한 연구 : 파주시를 중심으로 (2010)	20개의 공공시설의 입지결정을 선행 연구를 기반으로 설문조사를 실시하 였으며, GIS 버퍼링분석을 통해 각 공 공시설의 공급 우선순위 분석
김항배 김시곤	접근성이론과 GIS 공간분석기법을 활용한 행정기관의 입지선정(2006)	GIS와 설문조사를 통해 청주시 폐기 물 매립지 입지선정하였고 환경적요 인, 사회경제적 요인 등 다양한 요인 으로 분석
정기호	혐오시설의 입지선정문제 관한 수리적 모형 분류(2003)	혐오시설에 대한 입지선정문제에 대 한 연구를 진행했으며 소각장개수, 소 각장 위치에 따라 수리적 모형으로 제 시하였다. 수리적 모형으로는 단일 기 준문제와 목표계획법문제를 이용
Chawis Boonm ee, Mikiha ru Arimur a	Facility location Optimization Model for emergency Humanitarian Logistics(2017)	기존의 선행연구를 바탕으로 4개의 주된 시설입지문제인 deterministic, dynamic, stochastic, robust 에 중점을 두어 연구를 진행함. 인간의 나이, 긴급상황에서의 행동평가 등을 설문조사하여 현실성있는 수리적 모 형을 개발

Literature Review

기존연구와의 차이점

기존연구(As-Is)



정성적분석 [Qualitative analysis]

설문조사에 의해 조사된 정성적 효과척도인
이용자 만족도, 신뢰성 등을 파악하고 분석하는 것



정량적분석 [Quantitative analysis]

전·후 효과척도의 변화량 또는 증감률을 조사하여
비교·분석하는 것

의료
폐기물

시설
입지
문제

처리단가를 포함하지 않음

(특정 구역을 벗어날 수 없도록
이동거리에 제한이 있으므로 처리단가를
포함해도 의미가 없음)

처리단가(소각비용) 포함

(처리단가에 대한 기준이 없으므로
이동거리에 제한 없이 의료폐기물을
운송함)

Proposed Model

가정 [Assumption]

1. 모든 트럭의 적재용량은 동일하다.
2. 모든 트럭은 적재용량을 가득 채운 채로 운반한다.
3. 새로 설립되는 의료폐기물 처리업체의 시간당 최대 처리능력은 1.85톤이다.

Ref. X_n = 기존에 설립되어 있는 의료폐기물 처리업체의 최대 처리 용량
 N = 기존에 설립되어 있는 의료폐기물 처리업체 수
 $(X_1 + X_2 + X_3 \cdots + X_n) / n$

4. 새로 설립되는 의료폐기물 처리업체의 소각시설 일일 가동시간은 24시간으로 가정한다.

Ref. : 환경부

5. (새로 설립하는 경우에 한하여) 의료폐기물 처리업체의 건설을 위해 필요한 면적은 2,436 으로 가정한다.

Ref.	분 류		요 구 면적
	의료폐기물	100 ton/day 이하	40m ² /ton
	이 외에 편의시설 : 660m ² (ex 주차장, 사무실)		

Source : 환경부, 폐기물처리시설 설치비용 산정에 관한 표준 조례, 2012.6

6. (새로 설립하는 경우에 한하여) 의료폐기물 처리업체의 건설비용은 164×10^3 으로 가정한다.

Ref.	분 류		비 용
	의료 폐기물	30ton/day ~ 100ton/day	3.7×10^8 원/ton

Source : 환경부, 폐기물처리시설 국고보조금 예산지원 및 통합업무처리지침, 2015

7. (기존의 처리업체의 증설에 한하여) 기존 처리업체 처리능력은 2020년에 기존의 40%를 추가하여 증설하는 것으로 가정한다.

Ref. 2014년 기준으로 2020년의 의료폐기물량이 40% 증가

Proposed Model

모델의 표기법 [Notation]

I 의료폐기물 발생 지역들의 집합 $|I| = n$

J 기존의 의료폐기물 처리업체와 새로 선택되는 업체들의 집합 $|J| = m$

J' 새롭게 선택되는 업체들의 집합 ($J' \subseteq J$)

a_i i 에서의 의료폐기물 발생량 (ton/day) ($i \in I$)

c_j j 에서의 의료폐기물 평균처리비용 (won/ton) ($j \in J$)

d_{ij} i 에서의 j 까지의 거리 (km) ($i \in I, j \in J$)

f_j 선택된 후보지 j 에서의 건설비용(추가설립의 경우)
또는 기존 처리업체들의 증설비용(추가설립하지 않는 경우) ($j \in J$), $f_j = 0$ for $j \in J/J'$

k_j 기존처리업체와 새로이 설립되는 후보지들의 일일 최대처리용량 (ton/day) ($j \in J$)

α 운송비용 (won/ ton · km)

x_{ij} i 에서 j 로 할당되는 수요(의료폐기물) (ton) ($i \in I, j \in J$)

y_j 만약 기존 혹은 새로 설립되는 후보지로 할당되면 1, 그렇지 않으면 0

Proposed Model

제안된 모델 [Proposed Model]

Minimize $\alpha \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_j x_{ij} + \sum_{j \in J} f_j y_j$ (1) 운송비용, 처리(소각)비용, 설립(증설) 비용의 합을 최소화하는 식

s.t

$\sum_{j=1} x_{ij} = a_i \quad \forall i \in I$ (2) 교통류보존(Flow Conservation)으로 의료폐기물 발생지 i 가 모든 j 로 할당된 양은 i 에서의 의료폐기물 총량과 같음

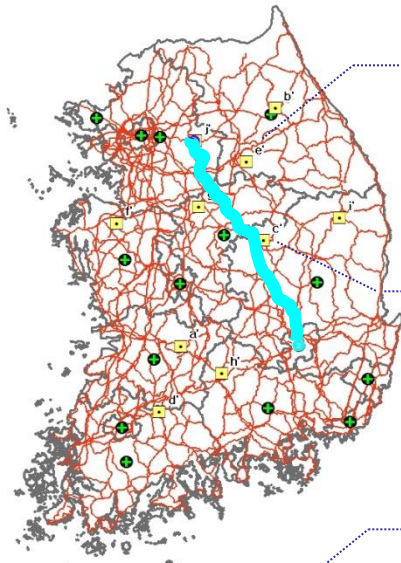
$\sum_{i=1} x_{ij} \leq k_j y_j \quad \forall j \in J$ (3) 만약 후보지 $j \in J$ 가 최종적으로 선택되지 않는다면 노드(node) $i \in I$ 에서의 의료폐기물은 그 후보지로 할당되지 않음

$\sum_{j \in J} k_j y_j \geq \sum_{i \in I} a_i$ (4) 전국에 있는 총 의료폐기물 발생량은 모든 의료폐기물 처리업체의 처리용량보다 작거나 같다.

$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J$ (5) 0보다 크거나 같은 정수 (Nonnegativity constraints)

$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J$ (6) 2진수의 제약식(Binary constraints)

Real World Application



무게중심 (Center of Gravity)

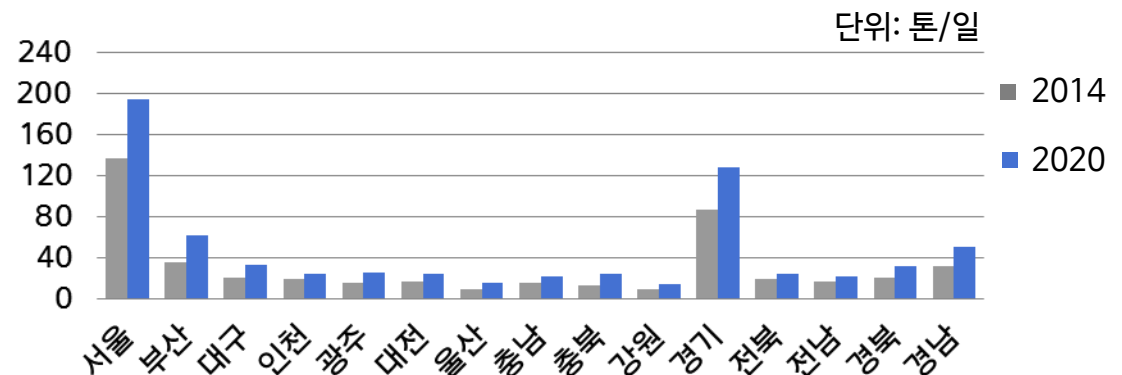
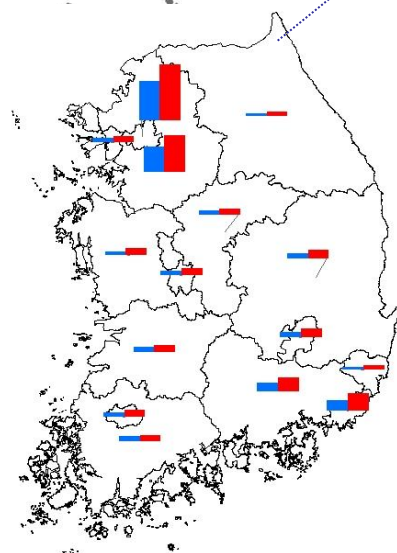
- 의료폐기물 발생지점을 각 지역별로 측정함
- ArcGis를 활용하여 무게중심점 도출

네트워크분석 (Network Analyst)

- ArcGis 기능 중 네트워크분석을 활용하여 가장 짧은 구간을 찾음
- 본 연구에서는 의료폐기물 발생지점과 처리업체간의 거리를 측정

수요예측 (Forecast Pro)

- 2000년부터 2014년까지의 데이터로 수요예측을 통해 향후 수요값을 예측
- 예측결과 2020년 의료폐기물 발생량은 총 24만톤/연으로 처리업체 처리능력을 뛰어 넘는 것으로 나타남



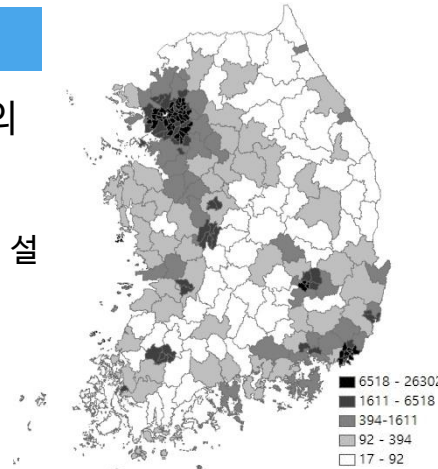
Real World Application

새로운 처리업체 후보지선정기준

1 인구밀도

1km²당 1600명 이하의
지역에만 설립

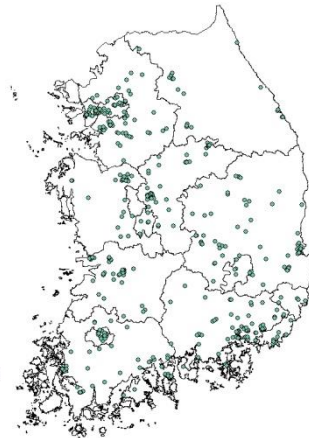
(기존의 의료폐기물 처리업체 설
립지역을 토대로 기준 선정)



2 약수터

약수터에는 설립 불가

(Ref. 자치법규정보시스템, 파주
시 폐기물처리시설 설치 및 운영
지침 (2008))

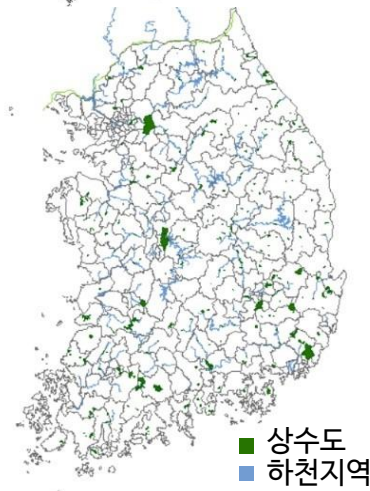


3 상수도 및 하천지역

하천으로부터 3km떨어진
지역에 설립가능

상수도로부터 3km 떨어진
지역에 설립 가능

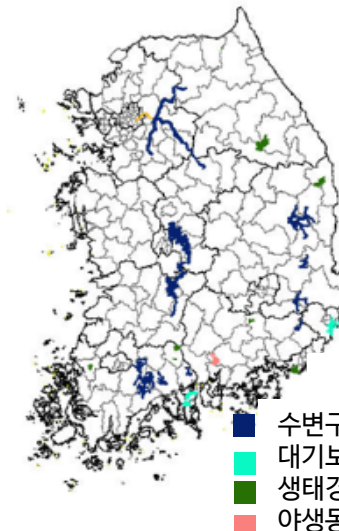
(Ref. 자치법규정보시스템, 파주
시 폐기물처리시설 설치 및 운영
지침 (2008))



4 보호구역

대기보전특별보호구역
생태경관보전지역
야생동식물 특별보호구역
설립 불가

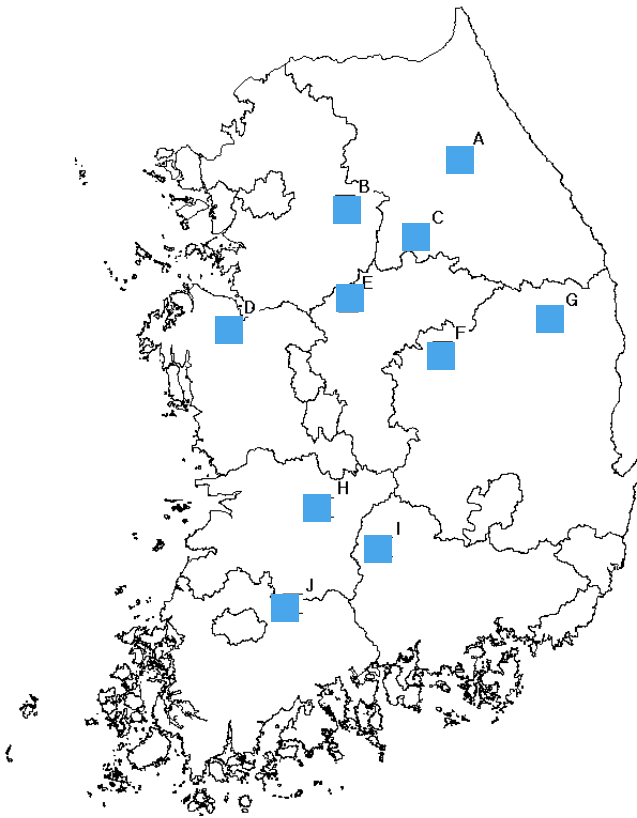
(Ref. 국토환경정보센터)



Real World Application

후보지 지역 선정

- 새로운 후보지 선정 기준에 따라 총 10 업체 의 후보지 선정
- 수도권 1업체 , 강원도 2 업체, 충남 2 업체, 경북 2 업체, 경남 1 업체, 전북 1 업체, 전남 1 업체 (제주도제외)



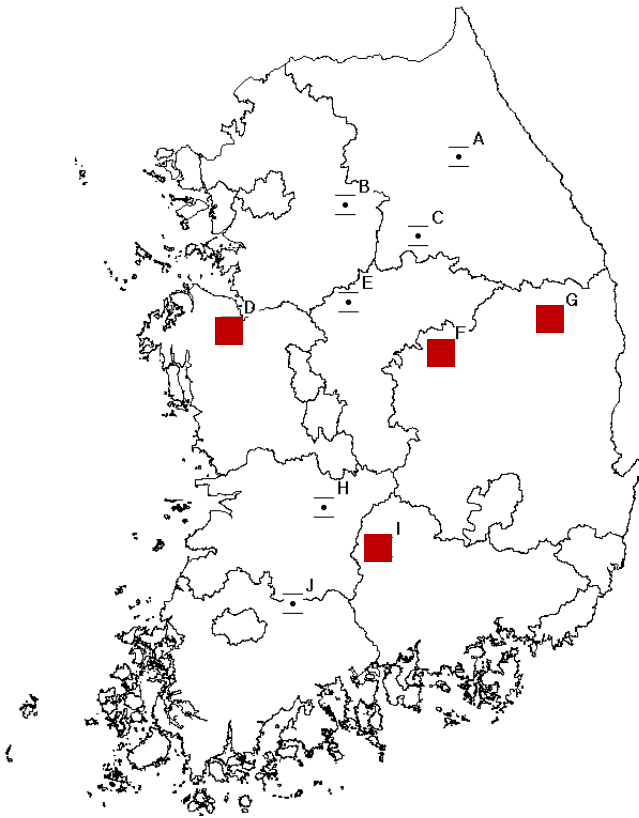
[후보지 선정 지역]

ID	후보지 지역
A	강원도 홍천군
B	경기도 양평군
C	강원도 원주시
D	충청남도 당진시
E	충청남도 음성군
F	경상북도 문경시
G	경상북도 봉화군
H	전라북도 진안군
I	경상남도 함양군
J	전라남도 곡성군

Real World Application

결과_시나리오 1 [Result_Scenario 1]

- 시나리오 1 (새로운 처리업체 추가 설립)에 따르면 총 4 업체에 추가 설립이 되었짐
- 운송비용, 소각비용, 설립비용의 총 비용은 4억 4천만원 발생



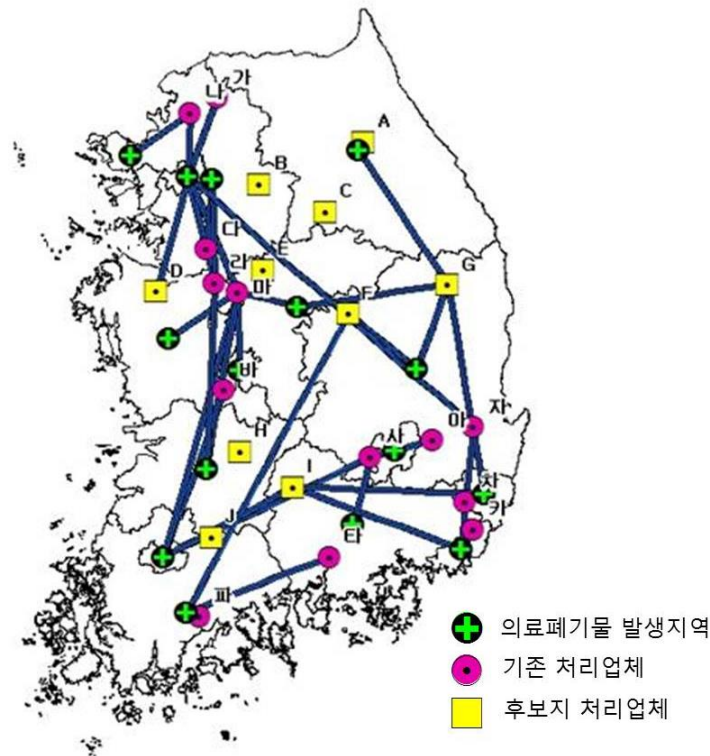
[최종 후보지 설립 지역]

ID	후보지 지역
A	강원도 홍천군
B	경기도 양평군
C	강원도 원주시
D	충청남도 당진시
E	충청남도 음성군
F	경상북도 문경시
G	경상북도 봉화군
H	전라북도 진안군
I	경상남도 함양군
J	전라남도 곡성군

Real World Application

결과_시나리오 1 [Result_Scenario 1]

- 최장거리 중 100km이상의 이동거리가 나타나는 지역으로는 서울, 부산, 광주, 울산, 강원, 충북, 전북, 전남, 경북 9지역으로 나타남
- 최단거리임에도 100km이상 이동거리가 나타나는 지역이 4군데로 나타남



[시나리오 1의 의료폐기물 할당 지도]

지역명	최장이동거리	최단이동거리
서울	343.5	51
부산	174.2	38.7
대구	46.7	29.7
인천	81.9	81.9
광주	220.8	126
대전	78.7	78.7
울산	202.2	202.2
경기	82	58.1
강원	194.1	194.1
충북	145.9	52.5
충남	96.5	96.5
전북	157.2	149.2
전남	296.2	154.1
경북	106.4	71.4
경남	77.7	77.7

[시나리오 1의 최장·최단 이동거리]

Real World Application

결과_시나리오 2 [Result_Scenario 2]

- 시나리오 2(기존 처리업체 처리능력 증설)에 따르면 운송비용, 소각비용, 설립비용의 총 비용은 5억 4천만원 발생
- 최장 이동거리와 최단 이동거리가 100km이상 넘는 지역으로는 각각 8지역, 4지역으로 나타남



[시나리오 2의 의료폐기물 할당 지도]

지역명	최장이동거리	최단이동거리
서울	93.7	51
부산	108.5	20
대구	76.9	76
인천	81.9	81.9
광주	196.4	196.4
대전	176.7	22.9
울산	72.7	72.7
경기	97.7	82
강원	312.1	312.1
충북	181	52.5
충남	96.5	96.5
전북	190.5	180.5
전남	227.8	154.1
경북	82.05	82.05
경남	160.3	77.7

[시나리오 2의 최장·최단 이동거리]

Real World Application

결과_시나리오 간 비교

✓ 비용측면

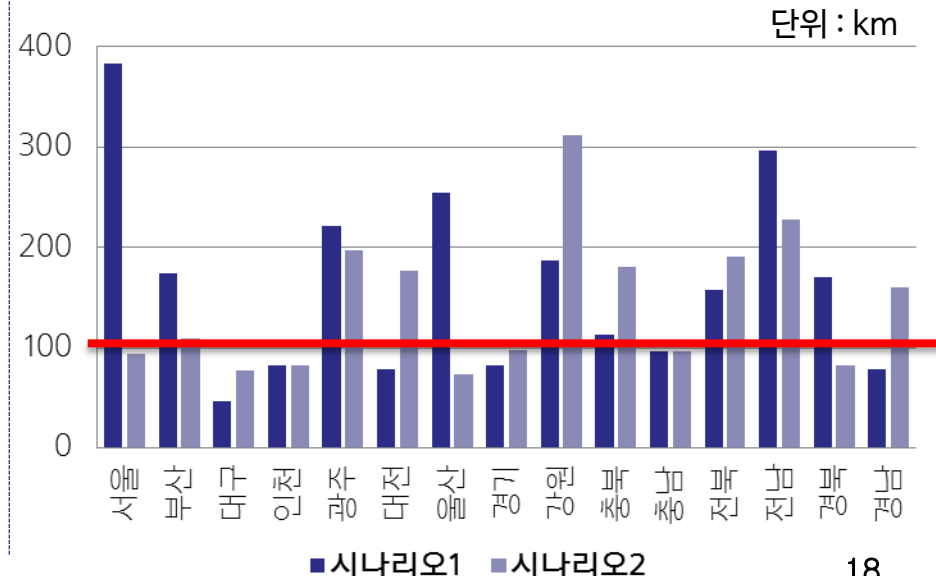
Minimize Total Cost
=운송비 +처리비 + 설립(증설)비

- 본 연구의 두 시나리오 간의 채택여부를 결정하기 위한 요소
- 시나리오 1의 총비용 총 4억 4천만, 시나리오 2의 총비용은 총 5억 4천만으로 시나리오 1인 의료폐기물 추가 설립을 최종 채택
- 국가에서 의료폐기물 사업비를 지원함으로 국가의 이익을 위해 비용측면에서 채택을 고려하는 것이 타당함을 제시

최종적으로 시나리오 1 채택

✓ 거리측면

- 이동거리측면에서 시나리오 1과 시나리오 2 모두 100km이상 이동거리가 많음
- 최단 이동거리 대상으로 두 시나리오를 비교했을 때 시나리오 1이 시나리오 2에 비해 7지역이 이동거리가 축소됨을 보아 향후 폐기물이동거리 축소방안에 도움이 되리라 기대됨



Conclusion

요약 [Summary]

- 의료폐기물의 지속적인 증가
- 수요예측결과 2020년 약 24만톤 발생
- 의료폐기물 처리업체의 처리능력을 초과하는 것으로 나타남

- 모델 적용 결과 시나리오 1이 4억 4천만원, 시나리오 2는 5억 4천만원으로 최종적으로 시나리오 1인 새로운 처리업체 설립을 채택
- 설립지역으로는 충청남도 당진시, 경상북도 문경시, 경상북도 봉화군, 경상남도 함양군 로 나타남

서론

본론

결론



- 수리적 모형인 시설입지모델을 적용함
- 운송비, 처리(소각)비, 설립(증설)비를 고려
- 시나리오 1-기존처리업체 외의 후보지 설립
- 시나리오 2-기존처리업체 처리능력 증설
- 두 가지 시나리오로 연구 진행

Conclusion

결론 및 시사점 [Result & Implication]

✓ 결론

시나리오 1 채택
의료폐기물 처리업체 추가 설립



의료폐기물 처리업체는
님비(NIMBY)시설로
주민들의 반대가 극심함

ISO26000 - 기업의 사회적책임 강화 필요

윤리적 책임

환경적 책임

사회적 책임

의료폐기물 처리업체를
사회적 기업화(CSR)을
통해 책임을 강화하고 기
업에 맞는 정기적 진단이
필요

✓ 시사점

- 국내의 정성적 방법론 위주의 의료폐기물 연구 혹은 의료폐기물 관리측면에서의 연구가 이루어졌지만, 본 연구는 정량적 방법론인 시설입지모형을 적용함으로써 향후 의료폐기물 증가에 대비할 수 있는 방안을 제시함
- 기존의 선행연구는 최단 이동거리를 위해 권역화방안만 제안을 했으나 그 외의 의료폐기물의 이동거리를 단축시킬 수 있는 방안을 제안함
- 비용측면에서 향후 의료폐기물 처리업체를 추가로 설립하는 방안이 더 효율적임을 제시
- 추가 처리업체 설립을 위해 처리업체를 ISO26000을 적용하여 사회적 기업화(CSR) 함으로써 처리업체의 책임감을 강조할 수 있도록 제안

REFERENCE

- 오세은 외, 한국의 의료폐기물 발생 및 처리의 공간적 분포에 관한 연구, 고려대 대학원 보건학전공 석사학위논문, 2015
- 김혜진, 의료폐기물 장거리이동 현황과 관리시스템 구축 방안, 서울과학기술대 대학원 환경공학전공, 2015
- 환경부·한국환경공단, 지정폐기물 발생 및 처리 현황[2014년도] , 2015
- 환경부(폐자원관리과), 의료폐기물 분류·관리 방법 안내 , 2014
- 환경부(폐자원관리과),의료폐기물 처리단가 정보공개 및 계근대 설치정보, 2010
- 국립환경과학원·한국환경자원공사, 2007지정 폐기물 발생 및 처리현황 2008 p11
- 자치법규정보시스템, 파주시 폐기물처리시설 설치 및 운영지침, 2008
- 권오경, 공급사슬관리, 박영사(2010), p123-130
- 이희연·심재현, GIS지리정보학, 법문사(2011)
- 황상규, ISO26000(사회책임) 제정과 정부, 기업, 시민사회의 대응전략, 한국기업지배구조원 (2010)
- 청년 의사, [커버스토리] 의료폐기물 처리 권역화, 명분vs 실리, 2014.02.10., 광성순기자,
<http://www.docdocdoc.co.kr/147528>
- 두산백과. “수요예측”, <http://www.doopedia.co.kr> (2017.03.25.)
- WAMIS 국가수자원관리종합정보시스템, www.wamis.go.kr/
- 2008년 구축된 환경용도 지역 지구도의 종류,<http://www.neins.go.kr/gis/mnu01/doc05a.asp>