

## 도로 제설 시나리오별 소요 제설장비 및 차량 추정에 관한 연구

# Estimating Equipment and vehicle Demands for Snow Removal Tasks by Road Snow Removal Scenarios

Heejae Kim<sup>a,\*</sup>, Sunyoung Kim<sup>a,1</sup>, Geunyoung Kim<sup>a,2</sup>

<sup>a</sup> Department of Urban Planning, Kangnam University, 40 Kangnam-ro, Gigeung-gu, Yongin, Republic of Korea

### ABSTRACT

Rapid roadway snow removal is significantly important due to difficult occurrence estimation of heavy snowfall disasters by global warming and climate change. Local governments of S. Korea have snow removal equipments and vehicles based on past experiences without considering snowfall and roadway characteristics. The objective of this research is to develop the demand estimation procedure for snow removal equipments and vehicles based on regional snowfall and roadway characteristics. This research first classifies regional snowfall characteristics using KMO's ten-year snowfall data. Second, roadway snow removal length is computed for local governments. Real possession data is compared with demand estimation of snow removal equipments & vehicles for each local government with roadway snow removal scenarios. Finally, required demands of snow removal equipments & vehicles are predicted by concerning regional snowfall amount and required snow removal hours. Results from this research are used for developing heavy snowfall disaster management policies for optimal demands and snow removal routes of 229 local governments.

### KEYWORDS

Road snow removal scenario, Road type, Regional snowfall classification, Snow removal equipment, Snow removal vehicle

기후변화로 인한 지구 온난화 현상으로 대설재난의 발생을 예측하기가 더욱 어려워지면서 신속한 도로제설이 중요해지고 있다. 우리나라의 지자체는 관할 행정구역의 강설 및 도로 특성을 고려하지 않고 과거 경험을 참고하여 제설장비와 차량을 보유하고 있다. 본 연구는 우리나라 지자체의 강설과 도로 특성을 고려하여 제설장비와 차량 수요를 추정하는 절차를 개발하는 데 목적이 있다. 본 연구는 첫 단계로 기상청의 과거 10년 강설자료를 이용하여 지역의 강설 특성을 유형화한 후 관리기관별 도로제설 연장을 산정하였다. 다음으로 도로 제설 시나리오를 설정하여 지자체의 제설장비와 차량 수요를 추정하고 실제 보유량과 비교하였다. 마지막으로 지역별 강설량과 제설시간을 고려하여 지자체별 필요 제설장비와 차량 수요를 추정하였다. 본 연구의 결과는 229개 지자체별로 적정 제설차량과 장비를 보유하고, 제설노선을 결정하는 대설재난 관리정책을 수립하는데 활용할 수 있다.

도로제설 시나리오  
도로유형  
지역별 강설유형  
제설장비  
제설차량

© 2017 Society of Disaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. Tel. 82-31-899-7174. Fax. 82-31-280-3937. Email. [irex1@naver.com](mailto:irex1@naver.com)

1 Tel. 82-31-899-7174. Email. [ggsunny@naver.com](mailto:ggsunny@naver.com)

2 Tel. 82-31-899-7174. Email. [gykimusc@empas.com](mailto:gykimusc@empas.com)

### ARTICLE HISTORY

Received May. 17, 2017

Revised May. 19, 2017

Accepted Jun. 30, 2017

## 1. 서론

최근 범지구적인 기후변화 현상으로 인하여 극한 기상이변이 빈번하게 발생하고 있으며, 이에 따라 이상고온, 태풍, 집중호우, 대설 등과 같은 자연재난 발생빈도가 급격하게 증가하고 있다. 2012년에 발생한 유럽의 한파 및 폭설재난과 2011년도 미국의 폭염, 2005년 미국의 초대형 폭풍(허리케인) 등이 그 현상들의 일부이며 그 횟수와 규모는 점점 증가하고 있다. 우리나라도 예외는 아니다. 2016년 우리나라 여름에 내리쬐었던 폭염은 1994년 이후 22년만의 최고에 육박하는 폭염으로 이로 인하여 사람뿐만 아니라 가축, 식물 등 많은 인적 물적 피해가 발생하였다. 이러한 폭염으로 인한 피해 뿐 만 아니라 풍수해에 의한 피해도 많이 발생하였다. 서울시 소방재난본부에서 발표한 최근 3년간(2014년~2016년) 서울에서 발생한 풍수해는 총 3601건이며 이 중 시설 피해로 연결된 건수는 2107건인 약 58.5%에 해당한다고 발표하였다<sup>2)</sup>. 자연재난에 대한 피해를 줄이기 위해 사전에 대비한다면 그 피해는 현저히 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

자연재난 연보에 의하면, 대설은 연평균 피해액이 8.8백억 원으로 태풍·호우와 같은 풍수해 다음으로 두 번째로 많은 피해액을 보이고 있다. 자연 현상으로 인하여 증가하고 있는 자연재난의 발생 빈도를 인력으로 막을 수는 없지만, 재산과 인명에 대한 피해를 줄이기 위한 대책을 준비할 수는 있다. 대설재난의 효율적인 대응방안 마련은 우리나라 재난대응체계 개편의 핵심과제이며, 발생하는 사건사고의 피해를 줄이고자 더욱 중요시되고 있다.

자연재난 중 대설에 의한 재난은 사전에 대응이 가능한 것으로 특히 타 재난에 비하여 정부 및 지자체의 사전 대비 역할이 중요하다고 볼 수 있다. 대설에 의한 피해는 크게 대설로 인한 건축물 및 시설붕괴 사고와 도로 미제설로 인한 사고로 구분할 수 있는데 사전에 건축물 붕괴 위험을 대비하여 보강하는 것과, 제설자재와 제설장비, 제설차량 등을 충분히 확보하여 도로제설을 사전에 대비함으로써 피해의 규모를 충분히 줄일 수 있다.

겨울철 대설상황이 발생할 경우 도로의 적설 및 결빙으로 인하여 대규모 안전사고 발생 및 이동의 어려움 등 여러 가지 문제점을 발생하고 있다. 특히 평소에 제설에 대비하지 못한 지자체들은 대설 발생 시 일시적인 교통두절 사태와 운전자의 고립 등도 발생하고 있다. 이는 교통 지·정체 현상 및 교통사고 등이 이 발생하게 되고, 이로 인하여 도로교통 이용자 들은 큰 불편을 겪게 되어 결국 사회적비용 발생의 문제로 가져오게 된다.

우리나라는 짧은 시간 동안 도로망의 확충과 도로의 고속화가 이루어졌지만, 대설에 대한 대비 및 도로 관리 등에 대한 이해가 부족하여 각 제설관리기관 및 지자체 담당부서에서는 도로제설 상황에 대비하기 위한 제설자재, 제설장비, 제설차량 등에 대한 정확한 수요 파악 없이 작년 또는 과거의 사용량을 바탕으로 겨울철 제설 대책을 세우는 경우가 종종 발생하였다. 따라서 최근 우리나라도 재난에 대한 대비가 중요시 되면서 도로 이용자들의 안전한 이용을 위하여 도로 제설에 대한 대응책을 연구하기 시작하고 있다. 그러나 아직까지는 도로 제설에 필요한 제설장비 및 제설차량의 수요에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 각 지자체에서 필요한 제설장비 및 차량의 수요를 파악하기 위하여 첫째, 각 지자체별 과거 강설 자료를 이용하여 지역별 강설 특성 유형을 구분하였고, 둘째, 각 지자체별 도로 제설이 필요한 관리기관별 연장을 산정하였다. 셋째, 도로를 제설을 위한 시나리오를 설정하였고, 넷째, 시나리오를 바탕으로 각 지자체별로 필요한 제설차량 및 제설장비를 추정하였으며, 마지막으로 본 결과를 바탕으로 시사점을 도출하였다. 본 연구의 결과는 지자체의 도로제설 관련 장비 및 차량 보유에 대한 효율성을 높이기 위한 기초자료로 사용될 것으로 판단된다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 국·내외도로 제설 수준

각 나라별로 제설 작업에 기본적인 기준이 마련되어 있기는 하지만 지형 및 기후에 따라 상이한 기준을 가지고 있다. 미국의 경우를 살펴보면 노면온도를 측정하여 노면의 온도에 따라 제설 작업을 결정하고 있다. 또한 나라별로 도로의 위계에 따라 주고속도로는 교통국에서 담당하고, 시가지도로는 시와 타운(City and towns)에서 제설 업무를 담당하는 방법을 취하고

2) 서울시 보도자료, 2017.5.16, 서울시 소방재난본부, 풍수해 대비 안전대책 추진

있다. 또한 나라별로 상이한 제설 기준을 가지고 있다. 일본의 경우 지역별로 상이한 기준을 가지고 있지만 동북지역에서는 -8℃이하, -8℃~4℃이하, 4℃이상 기준에 따라 제설제 살포 여부를 결정하고 있다. 북해도 지역에서는 -8℃를 기준으로, 호쿠리쿠지역에서는 -6℃이하, -3℃~6℃이하, -3℃이상에서 제설제 살포를 정하고 있다. 노르웨이는 -6℃, -4℃, -2℃, 0℃를 기준으로 제설제 살포 량을 상이하게 하고 있으며, 스위스의 경우에는 -20℃, -8℃, 0℃에서 살포 방식을 다르게 하여 제설작업을 진행하고 있다. 미국의 경우 주마다 날씨, 온도조건, 도로 상태에 따라 서로 다른 기준을 가지고 제설작업을 진행하고 있다(국토교통부, 2014).

우리나라의 경우 적설량 기준 3cm, 10cm를 기준으로 기온에 따라 상이한 제설방법을 취하고 있다. 우선 적설량에 따라 기본적으로 3가지 단계로 나눌 수 있다. 서울특별시를 기준으로 1단계는 3cm이내의 적설량이 내렸을 때로 제설제 및 제설제와 마찰제를 사용하는 방법, 2단계는 3-10cm 미만의 적설량을 나타낼 때로 제설제 살포와 밀어내기를 반복하여 실행하는 단계이다. 마지막인 3단계는 적설량 10cm이상일 때로 밀어내기와 실어내기, 제설제 살포를 반복하는 단계이다. 또한 기온은 0℃ 기준으로 결빙구간이 발생하지 않게 제설작업을 진행하며, 평면 교차로, 입체 교차로, 교량구간, 산악지역, 콘크리트 포장구간, 터널 진출입부 여부에 따라 마찰제 또는 용설제를 함께 살포한다. 우리나라의 제설 작업은 통행로를 확보하고, 제설작업 중반에는 목표 제설 수준 확보, 제설작업 중반에는 잔설 제거 및 결빙 작업 예방을 수행하는 작업을 진행하고 있다(서울시 재난안전대책본부, 2014).

Table 1. Snow removal level by roadways

제설수준	목표도달시간	지방부	도시부	적용수준
A	2시간	- 고속도로 - 4차로 이상 일반도로 (20,000대/일 이상)	- 도시고속도로 - 주간선도로	평 시 운 행 수 준 의 50~60%
B	3시간	- 4차로 이상 일반도로 (20,000대/일 이하) - 2차로 일반도로 (5,000대/일 이상)	- 보조간선도로 - 집산 도로	평 시 운 행 수 준 의 40~50%
C	5시간	- 2차로 일반도로 (5,000대/일 미만)	- 집산 도로 - 국지 도로	통행로 확보
D	-	- 2차로 일반도로 (500대/일 미만)	- 국지 도로	추후 제설

주 : 1) 위의 도로 제설수준에서 이상기후 등으로 인한 대설에서는 위의 제설수준을 하향 조정하여 적용할 수 있음  
 2) 고속도로 : 고속국도, 자동차 전용도로  
 3) 지방부 일반도로 : 일반국도, (국가지원)지방도, 군도  
 자료 : 국토교통부(2014), 도로제설 업무 수행 요령

## 2.2 도로제설 장비 및 차량에 관한 연구

우리나라의 현실에 적합한 도로제설 장비 및 차량 수요 추정에 관한 연구는 거의 전무한 현실이다. 양충현 외(2012)는 제설 장비 필요 개수 추정을 위한 기초연구로 과거의 적설량, 강설시간, 제설제 양을 이용하여 필요한 장비를 추정하는 기초 연구를 하였다. 이후 양충현 외(2013)의 연구에서는 업무활용도 기반 AHP기법을 이용하여 국토관리사무소에서 사용될 제설 장비 및 차량 소요량에 대한 추정을 하였다. 그러나 앞의 연구들은 관할 국토관리사무소에 필요한 제설 장비 및 차량 추정을 하여 각 지자체에서 필요한 제설 장비 및 차량에 대한 추정을 하지 못한 부분이 있다.

이에 따라 본 연구의 범위는 전국의 모든 지역을 대상으로 하고 있기 때문에 국토관리청이 아닌 각 지방자치에서 실제로 운영될 제설 장비 및 차량을 추정하는 것에 목적이 있어 기존의 연구와는 차별성을 갖는다. 특히 각 지역별 강설유형, 강설량, 차로별 도로 연 장등을 이용하여 각각의 도로제설 시나리오를 구성하여 각 지자체에 적합한 도로제설 방법과 이에 필요한 제설장비 및 차량을 추정하여 그 결과를 보여주고 있다. 본 연구는 각 지자체의 제설장비 및 차량의 적절 보유량에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 연구방법

#### 3.1 연구의 방법

본 연구는 몇 가지 단계에 걸쳐 이루어진다. 지자체 특성에 맞는 제설장비와 제설차량을 선정하기 위해서는 먼저 각 지역의 강설량과 도로연장이 고려되어야 한다. 따라서 각 지역의 강설량을 파악하는 것이 선행되어야 한다. 이를 위해 우리나라 229개 지자체의 강설특성을 최근 10년간 강설량 데이터를 이용하여 적설량, 연속강설시간 등을 고려하여 다섯 가지 강설유형으로 구분하였다.

두 번째로 각 지자체별 도로 연장을 산정하여야 한다. 우리나라 모든 도로는 도로 유형별 관리기관이 있다. 제설작업도 관리기관에서 직접 실시하게 된다, 따라서 본 연구의 범위인 전국 229개 지자체가 관리하는 도로를 추출하여 그에 따른 차로수와 연장을 산정하여야 한다. 도로제설시 한 개 차로만 제설하는 경우도 있지만 여러 개의 차로를 제설하는 경우도 있기 때문이다.

세 번째 단계는 제설차로수와 제설시간을 고려한 도로 제설 시나리오를 설정해야 한다. 각 지자체별로 모든 차로를 제설하는 경우도 있지만 한 개의 차로만을 제설하는 경우에 따라 소요되는 장비 및 차량과 목표 제설완료시간이 다르기 때문에 각각의 시나리오를 설정한다.

네 번째 단계는 제설 장비 및 차량별 제설 시간을 설정하고 그에 따른 각 시나리오별 제설 장비 및 차량을 추정한다. 각 제설장비 및 제설차량이 한 시간에 제설하는 속도를 고려하여 시나리오별 시간 내에 제설을 완료할 수 있는 제설 장비 및 차량을 추정한다.

마지막 단계는 앞에서 분류한 지역 강설유형과 지자체별 제설소요 시간을 고려하여 최종 제설장비를 추정하여 지역별 제설장비를 추정한다. 추정된 결과를 바탕으로 정책적 시사점을 도출하였다.

본 연구는 전국 229개 모든 지자체를 대상으로 하나 지면상의 한계로 제설의 대표성을 보여주는 지역인 강원도 지역을 중심으로 결과물을 보여주고 있다. 또한 본 연구는 데이터의 시간적 일치의 문제로 2015년을 기준의 데이터를 이용하였다.

#### 3.2 분석 자료 설명

본 연구를 위하여 사용된 데이터는 다음과 같다. 먼저 전국 229개 지자체의 강설 유형을구분하기 위해 기상청 방재기상정보시스템에서 제공하는 시간대별 적설량 데이터를 사용하였다. 최근 10년간인 2006년에서 2015년 사이의 지역별 강설 패턴을 구분하기 위하여 전국 91개의 기상관측소를 기준으로 데이터를 수집하였으며, 이를 이용하여 시간대별 데이터를 구축하여 지역별로 강설량 및 연속 적설시간 등을 추출하였다.

또한 도로제설 도로를 파악하기 위하여 국토교통부 도로 및 보수현황 시스템에서 제공하고 있는 2015년 전국 도로유형별 데이터를 수집하여 본 연구에 맞게 가공하였다. 관리기관별 도로연장 데이터에는 각 도로의 차로수와, 도로 관리기관, 도로구분 등에 대한 정보가 포함되어 있다.

Table 2. Analysis data description used for this research

데이터 명	사용 목적	시간적 범위	공간적 범위	출처
시간대별 적설량	전국 229개 지자체의 강설 유형 구분	2006~2015년	전국 229개 지자체	기상청 방재기상정보시스템
관리기관별 도로연장 데이터	전국 지자체별 도로연장 및 차로수	2015년	고속도로 제외 전국도로	국토교통부 도로 및 보수현황 시스템
전국 GIS 지도	전국 강설유형 표현, 제설장비 및 차량 표현	2015년	전국 229개 지자체	통계청 통계지리정보서비스
도시지역 비율	강설 유형별 제설 시간 설정	2015년	전국 229개 지자체	통계청 도시지역 면적

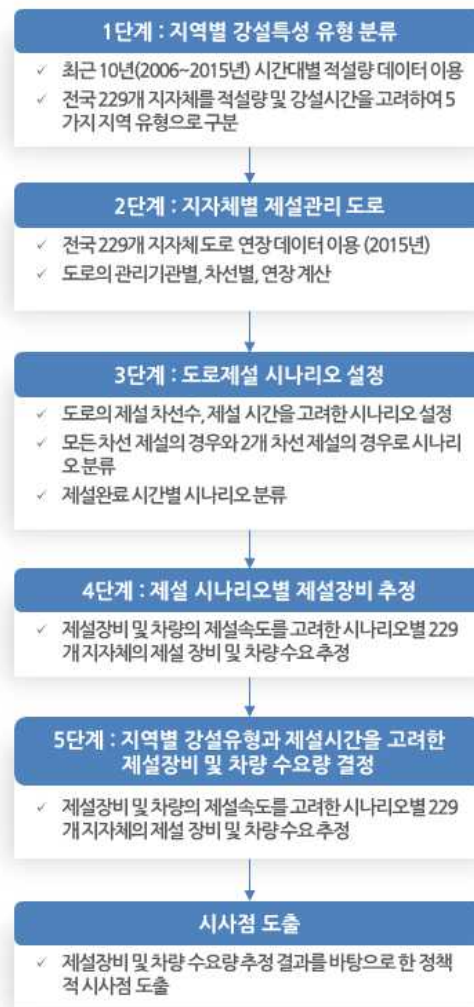


Fig. 1. Research procedure

#### 4. 도로제설 시나리오별 제설 차량 및 장비 추정

##### 4.1 지역별 강설특성 유형 분류

본 연구의 목적인 전국의 제설장비 및 차량 소요량을 추정하기 위해 먼저 전국 지역별 강설특성을 파악하였다. 제설차량과 제설장비의 소요량은 크게 두 가지 영향을 미치고 있는데 하나는 도로의 연장이며 다른 하나는 지역의 강설량이다. 강설량을 기준으로 강설 지역유형을 먼저 구분하고 이를 바탕으로 지역적 특성에 맞는 제설장비 및 차량을 추정할 수 있다.

강설량은 방재기상정보시스템을 이용하여 최근 10년(2006년~2015년) 사이에 내린 시간대별 적설량 데이터를 이용하여 시간대별 강설량으로 전환하여 데이터로 사용하였다. 각 기상관측소별 데이터를 전국 229개 지자체에 맞추어 변환하였고, 다음 Table 3과 같은 기준으로 구분하여 5가지 강설 지역유형으로 구분하였다. Table 3의 기준은 Jenks(1976)이 개발한 최적화 분류방법을 기본으로 한 자연적 분류(natural break) 방법으로 적용한 기준이다. 강설유형은 다섯가지 유형으로 구분하였으며 유형 1에 가까워 질수록 많은 양의 눈이 내려 신속한 제설이 필요함을 의미한다.

첫 번째 유형은 10년간 강설 총시간이 600시간이상이면서 시간당 1cm 이상의 강설량이 19%가 넘는 지역으로 선정하였다. 두 번째 유형은 10년간 강설 총시간이 600시간 이상이면서 시간당 1cm 이상의 강설량이 19% 미만인 지역으로 선정하였다.

세 번째 유형은 10년간 강설 총시간이 110시간 이상 600시간 이하이면서 시간당 1cm 이상의 강설량이 29%가 넘는 지역으로 선정하였다. 네 번째 유형은 10년간 강설 총시간이 110시간이상 600시간 미만이면서 시간당 1cm 이상의 강설량이 10%이상 29% 미만인 지역으로 선정하였다. 마지막으로 다섯 번째 강설 유형 지역은 10년간 강설 총시간이 110시간 이하인 지역으로 선정하였다. 본 강설 지역유형으로 구분된 전국 강설유형별 지도는 그림 2와 같다. 그림 2를 살펴보면 같이 우리나라의 지역별 강설유형은 강원도 동해안과 충남 서해안, 전남지역에 집중되어 있는 것을 알 수 있으며, 경남지역 및 경남지역의 동해안 및 남해안 지역이 강설량이 적은 것을 알 수 있다.

Table 3. Snowfall classification standard by KMO observatories

강설유형	강설 총시간 (시간)	시간당 1cm이상 강설 (%)
1	600이상	19이상
2	600이상	19미만
3	110~600미만	29이상
4	110~600미만	10~29미만
5	110시간이하	-

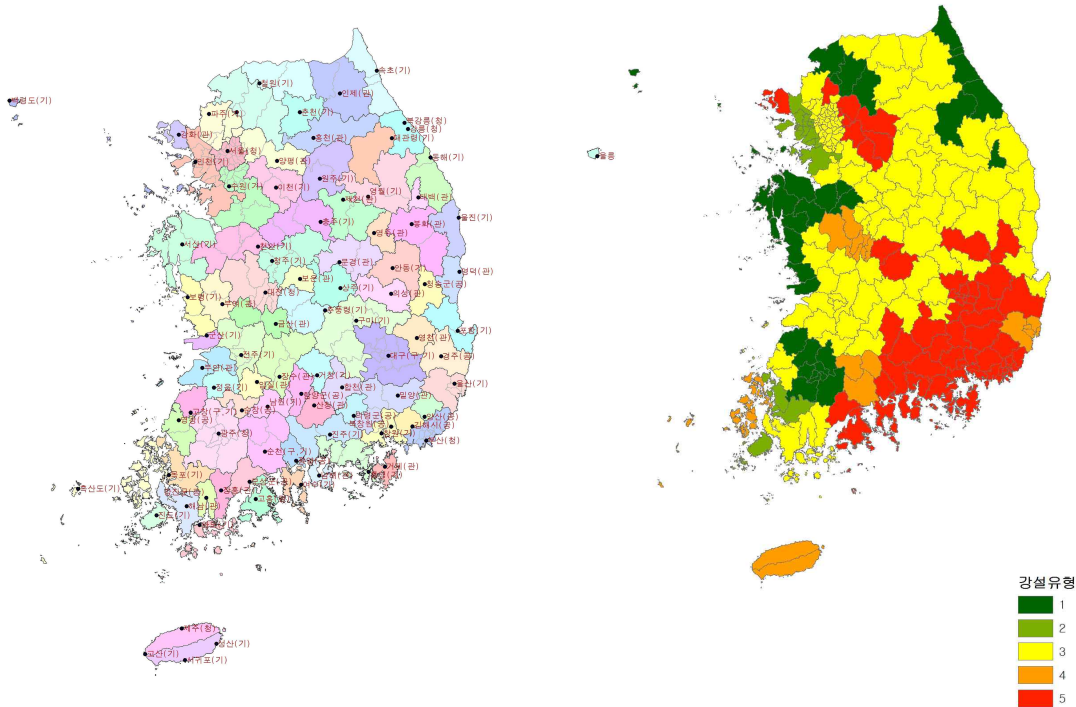


Fig. 2. Maps of KMO observatory locations and regional snowfall levels

#### 4.2 지자체별 관리 도로 연장

현재 우리나라 각 지역을 통과하는 도로는 고속국도, 일반국도, 지방도, 시·군·구도, 특별·광역시도 등으로 구분되어지며 각 도로들은 각각의 다양한 기관에 의해 관리가 이루어지고 있다. 따라서 본 연구의 범위인 지자체별 관리도로를 파악하기 위하여 먼저 우리나라 도로의 전체 연장 중 지자체가 관리하는 도로의 추출이 선행되어야 한다. Table 4는 국토교통부에서 제공하는 도로관리기관별 연장 데이터를 이용하여 각 지자체별 관리도로를 정리한 것이다. Table 4에서 나타나듯이 각 지자체에서는 고속도로를 제외한 나머지 도로에 대해서 제설에 대한 책임이 있다.

일반적으로 특별·광역시, 특별자치시(도)의 도로 제설 관리기관은 지역을 통과하는 국도와 특별·광역시도, 지방도(서울시

제외)를 관리하는 것을 원칙으로 하고 있으나, 부산광역시의 경우에만 모든 도로에 대한 관리 책임은 구·군으로 일임하고 있는 것으로 나타났다. 각 도의 총괄기관 또한 국도와 지방도를 관리하는 것을 원칙으로 하고 있으나, 강원도는 춘천시, 충청북도는 청주시, 전라북도는 전주시, 전라남도는 각 시와 함께 지방도를 함께 관리하고 있다. 군·구기관은 각 해당 군도, 구도만 관리하는 것을 원칙으로 하고 있으나 강원도, 충청북도 등 지방 기관에서는 시에서 협조하여 군도를 관리하고 있다.

Table 4. Management organizations by roadway types of metropolitan cities and provinces

● : 관리

구분	기관	국도	특별광역시도	지방도	시도	군도	구도
1	서울특별시 구	●	●				●
2	부산광역시 구·군	●(일부)	●(일부)	●(일부)		●(군)	●(구)
3	대구광역시 구·군	●	●	●		●	●
4	인천광역시 구·군	●	●	●		●	●
5	광주광역시 구	●	●	●			●
6	대전광역시 구	●	●	●			●
7	울산광역시 구·군	●	●	●		●	●
8	세종특별자치시	●		●	●		
9	경기도 시	●		●	●	●(남양주시)	
10	강원도 시·군	●(시)		●(춘천시)	●(시)	●(시·군)	
11	충청북도 시·군	●(시)		●(청주시)	●(시)	●(시·군)	
12	충청남도 시·군	●(시)		●	●(시)	●(군)	
13	전라북도 시·군	●(시)		●(전주시)	●(시)	●(시·군)	
14	전라남도 시·군	●(시)		●	●(시)	●(시·군)	
15	경상북도 시·군	●(시)		●(시)	●(시)	●(시·군)	
16	경상남도 시·군	●(시)		●	●(시·군)	●(시·군)	
17	제주특별자치도 제주시 서귀포시			●	● ●		

### 4.3 도로제설 시나리오 설정

우리나라는 강설 특성은 지역별로 차이가 나기 때문에 동일한 기준으로 필요한 제설 장비 및 차량의 수요를 추정하는 데에 한계가 있다. 따라서 몇 가지 시나리오를 설정하고 이에 적합한 도로제설 장비 및 차량의 수요를 추정하여야 한다. 먼저 앞에서 구분한 지역별 관리도로의 연장에 대해 모든 도로를 제설할 것인지 편도 1차로, 즉 도로 가운데 2개차로만 제설할 것인지 결정해야 하며, 몇 시간 이내에 제설을 완료할 것인지를 결정해야 한다. 제설 차로수와 제설시간에 따라 추정될 제설장비 및 차량의 대수가 상이하기 때문이다.

관리기관별 도로 연장데이터는 국토교통부 도로 및 보수 현황시스템(www.rsis.kr)의 2015년 데이터를 이용하였다. 본 데이

터를 이용하여 고속도로를 제외한 나머지 도로의 각 관리기관별 연장과 차로수를 산정하였다. 도로제설의 현실성을 감안하여 미개통도로, 비포장도로, 1차로 도로(중앙선 없는 도로)는 도로연장에 제외하였다.

도로 시나리오는 크게 도로 전체를 제설하는 시나리오와 2개 차로만 제설하는 시나리오로 구분하였고, 여기에 세부적으로 1시간 내, 2시간 내, 3시간 내, 4시간 내에 제설을 완료할 수 있는 시나리오로 구분하여 총 8개 시나리오를 구축하였다.

#### 4.4 제설 장비별 제설 시간에 따른 시나리오별 제설 차량 및 장비 추정

본 연구에서는 제설에 필요한 필요차량 투입 대수를 산정하기 위해서 표준 제설장비를 설정하여 산정하였다. 제설장비로는 적설심에 따라 제설삽날이 설치된 차량과 제설제 살포기로 설정하여 진행하였다. 2가지 제설장비의 능력을 이용하여 제설작업에 소요되는 시간을 추정하였다. 표준 제설삽날의 경우 약 3.2m의 폭원(한 차로의 폭)으로 제설 작업을 실시하며, 시간당 속도는 실제 제설 작업시 운행 속도를 참고하여 15km/h로 설정하였다. 제설살포기의 경우는 30km/h를 적용하였다.

Table 5. Specification of standard snow removal equipment

제조회사	제품명	모델명
이텍산업	트럭장착식 제설기	RTP1500NV
제원	제설능력(m <sup>3</sup> /h)	
3200mm(폭)×1180mm(높이)		96,000m <sup>2</sup> × Am
8~15톤 트럭용		



(source : www.retech.kr)

Fig. 3. Truck mounted snow throwers (RTP1500NV)

위와 같은 조건으로 표준 제설장비(삽날, 살포기)의 차량속도와 도로시나리오에 대한 연장 자료를 통하여 각 시나리오 별로 필요한 제설차량 및 장비 대수를 산출하였다. 앞에서 산정한 추출한 시나리오별 도로 연장, 제설시간, 제설차량 및 장비의 작업속도를 고려하여 전국 지자체별 소요 제설차량 및 장비를 추정하였다. 또한 각 지자체별 실제 장비 보유 현황자료를 이용하여 가장 현실적인 시나리오를 선택할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 전국 229개의 모든 데이터를 보여주기에 지면상의 한계가 있어 그 중 우리나라에서 눈이 가장 많이 내리는 강원도를 예시로 하였다. 그 결과는 Table 6과 같다. 강원도는 각 지자체 뿐만 아니라 국토관리청 산하 도로관리사업소에서도 제설을 담당하고 있다. 도로관리사업소의 데이터의 수집에는 한계가 있어 실제장비 보유현황과 비교할 수 없는 한계점이 있다.

시나리오별로 소요장비를 산정한 결과 추정된 삽날 및 살포기의 양을 실제장비 보유현황과 비교하였을 때 과소 추정되거나 과다 추정된 부분이 있다. 따라서 각 지자체의 강설특성에 맞는 시나리오를 선택하기 위해 앞에서 분류된 지역별 강설 유형을 적용하여 각 지자체별 도로제설 시나리오를 적용한 장비와 차량을 추정하고자 한다.

Table 6. Demand estimation of Snow Removal Equipments by Roadway Scenarios (Gangwon)

도로 관리 기관	관리도로 연장 (m)	전체차로 (m)	2차로 (m)	도로제설 시나리오												실제 장비 보유 현황					
				시나리오1		시나리오2		시나리오3		시나리오4		시나리오5		시나리오6			시나리오7		시나리오8		
				전체차로 1시간	전체차로 2시간	전체차로 3시간	전체차로 4시간	2차로 1시간	2차로 2시간	2차로 3시간	2차로 4시간	삽날 살포기	삽날 살포기	삽날 살포기	삽날 살포기		삽날 살포기	삽날 살포기	삽날 살포기	삽날 살포기	
춘천시	517,179	1,279,708	1,034,358	86	43	43	22	29	15	22	11	69	35	35	18	23	12	18	9	0	26



도로 관리 기관	관리도로 연장 (m)	전체차로 (m)	2차로 (m)	도로제설 시나리오																실제 장비 보유 현황	
				시나리오1		시나리오2		시나리오3		시나리오4		시나리오5		시나리오6		시나리오7		시나리오8			
				전체차로 1시간	살포기	전체차로 2시간	살포기	전체차로 3시간	살포기	전체차로 4시간	살포기	2차로 1시간	살포기	2차로 2시간	살포기	2차로 3시간	살포기	2차로 4시간	살포기		
원주시	587,599	1,634,782	1,175,198	109	55	55	28	37	19	28	14	79	40	40	20	27	14	20	10	데이터없음	
강릉시	391,417	967,844	782,834	65	33	33	17	22	11	17	9	53	27	27	14	18	9	14	7	74	15
동해시	204,369	582,228	408,738	39	20	20	10	13	7	10	5	28	14	14	7	10	5	7	4	22	7
태백시	181,968	459,862	363,936	31	16	16	8	11	6	8	4	25	13	13	7	9	5	7	4	37	18
속초시	125,138	379,804	250,276	26	13	13	7	9	5	7	4	17	9	9	5	6	3	5	3	20	23
삼척시	305,310	674,516	610,620	45	23	23	12	15	8	12	6	41	21	21	11	14	7	11	6	15	8
홍천군	167,707	335,414	335,414	23	12	12	6	8	4	6	3	23	12	12	6	8	4	6	3	1	11
횡성군	155,145	313,904	310,290	21	11	11	6	7	4	6	3	21	11	11	6	7	4	6	3	3	14
영월군	132,670	267,940	265,340	18	9	9	5	6	3	5	3	18	9	9	5	6	3	5	3	2	16
평창군	124,600	249,200	249,200	17	9	9	5	6	3	5	3	17	9	9	5	6	3	5	3	16	12
정선군	132,930	265,860	265,860	18	9	9	5	6	3	5	3	18	9	9	5	6	3	5	3	0	10
철원군	92,010	186,220	184,020	13	7	7	4	5	3	4	2	13	7	7	4	5	3	4	2	0	6
화천군	113,750	227,500	227,500	16	8	8	4	6	3	4	2	16	8	8	4	6	3	4	2	3	4
양구군	171,903	389,890	343,806	26	13	13	7	9	5	7	4	23	12	12	6	8	4	6	3	0	0
인제군	134,880	269,760	269,760	18	9	9	5	6	3	5	3	18	9	9	5	6	3	5	3	4	31
고성군	109,680	236,360	219,360	16	8	8	4	6	3	4	2	15	8	8	4	5	3	4	2	3	8
양양군	66,500	154,052	133,000	11	6	6	3	4	2	3	2	9	5	5	3	3	2	3	2	7	3
도로관리 사업소	682,594	1,402,048	1,365,188	94	47	47	24	32	16	24	12	92	46	46	23	31	16	23	12		
강릉지소	309,011	647,042	618,022	44	22	22	11	15	8	11	6	42	21	21	11	14	7	11	6	데이터 없음	
태백지소	371,703	767,406	743,406	52	26	26	13	18	9	13	7	50	25	25	13	17	9	13	7		
북부지소	513,051	1,043,142	1,026,102	70	35	35	18	24	12	18	9	69	35	35	18	23	12	18	9		

#### 4.5 강설유형과 지자체별 제설소요 시간을 고려한 제설장비 추정

앞에서 강설 총시간과 시간별 지역별 강설 유형을 분류한 바 있다. 이를 이용하여 강설 유형별 제설시간을 다음 Table 7과 같이 설정하였다. 지역은 크게 특별시·광역시 지역과 이외 지역으로 구분하였으며, 특별시·광역시는 구와 군으로, 이외 지역은 도시지역, 도농지역, 군 지역으로 구분하였다. 이중 도농지역의 경우 통계청에서 제공하는 도시지역 면적 비율의 90%이 하인 시를 말한다. 또한 본 연구에서는 강설량에 따라 지역별로 1~4시간 이내에 제설을 하는 것을 범위로 설정하였으며, 광역시의 군, 도농시, 군 지역의 경우 제설 시간이 오래 걸릴 것으로 예상하여 차등하여 기준으로 적용하였다.

Table 7. Snow removal duration standard by snowfall levels

강설 유형	강설유형/도시규모		특별시·광역시		이외 지역		
	강설 총시간 (시간)	시간당 1cm이상 (%)	구 적용시간 (시간)	군 적용시간 (시간)	시		
					도시 적용시간 (시간)	도농 적용시간 (시간)	군 적용시간 (시간)
1	600이상	19이상	1	1	1	1	2
2	600이상	19미만	1	2	1	2	2
3	110~600미만	29이상	2	2	1	2	2
4	110~600미만	10~29미만	3	3	3	3	3
5	110시간이하	-	4	4	4	4	4

앞의 기준을 적용하여 다음 Table 8과 같이 각 지자체에서 필요한 제설장비 및 차량을 추정하였다. 지자체별로 전체차로를 제설 하는 것과 2차로만 제설하는 것은 지자체 상황에 맞게 선택을 할 수 있다. 강원도 춘천시를 예로 들면 현재 삼날차량은 춘천에서 보유하고 있지 않고 있다. 춘천시는 강설특성과 도로 연장, 2시간의 제설시간을 고려하여 35~43대의 제설삼날차량이 필요하다고 볼 수 있다. 반면에 우리나라에서 가장 제설체계가 잘 갖추어진 강릉시의 경우 추정치보다 보유치가 높아 제설장비 및 차량을 충분히 보유하고 있는 것으로 나타났다. 그 외 강원도의 지자체의 경우 수요치보다 조금 부족하게 보유하고 있는 것으로 나타났다.

Table 8. Local government demand of snow removal equipments by snowfall levels (Gangwon)

행정기관	도시 지역 비율	강설 유형	제설 시간	지자체별 장비 수요				장비보유현황	
				전체차로		2차로		삼날 차량	살포기
				삼날 차량	살포기	삼날 차량	살포기		
춘천시	0.30	3	2	43	22	35	18	0	26
원주시	0.10	3	2	55	28	40	20	데이터없음	
강릉시	0.08	1	1	65	33	53	27	74	16
동해시	0.59	3	2	20	10	14	7	22	7
태백시	0.22	1	1	31	16	25	13	37	18
속초시	0.35	1	1	26	13	17	9	20	23
삼척시	0.06	3	2	23	12	21	11	15	8
홍천군	0.02	3	2	12	6	12	6	1	11
횡성군	0.01	3	2	11	6	11	6	3	14
영월군	0.02	3	2	9	5	9	5	2	16
평창군	0.01	1	2	9	5	9	5	16	12
정선군	0.03	3	2	9	5	9	5	0	10
철원군	0.03	1	2	7	4	7	4	0	6
화천군	0.01	1	2	8	4	8	4	3	4
양구군	0.01	3	2	13	7	12	6	0	0
인제군	0.01	3	2	9	5	9	5	4	31
고성군	0.02	1	2	8	4	8	4	3	8
양양군	0.02	1	2	6	3	5	3	7	3
도로관리사업소			2	47	24	46	23		
강릉지소			2	22	11	21	11		
태백지소			2	26	13	25	13		
북부지소			2	35	18	35	18		

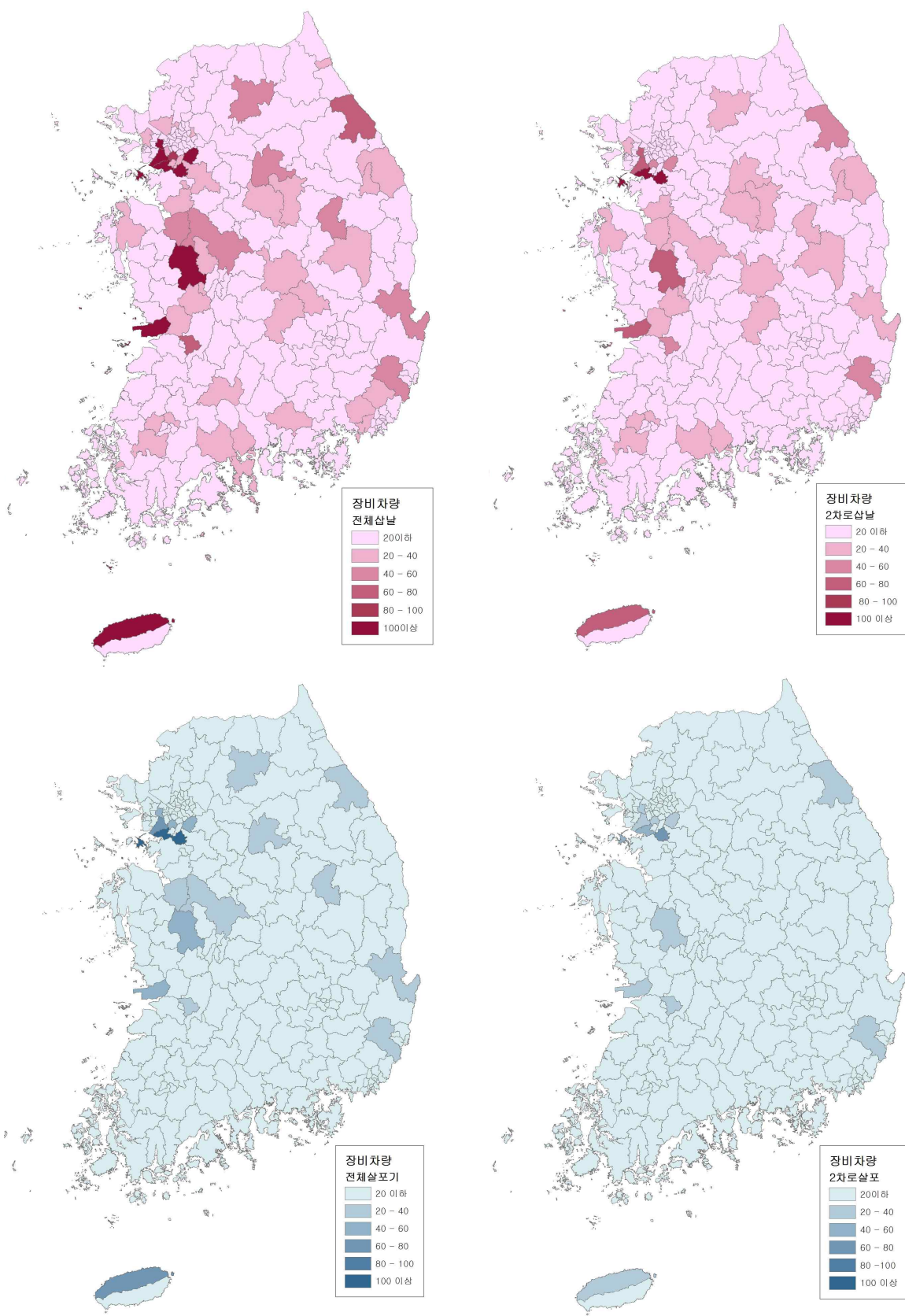


Fig. 4. Estimation maps of snow removal equipments and vehicles by local governments

### 4.6 시사점

본 연구를 통하여 우리나라 전국 지자체를 대상으로 지역별 강설특성과 도로연장, 도로관리기관, 제설시간 등을 고려하여 각 지자체가 필요한 제설차량 및 제설장비를 추정하였다. 추정결과 대부분의 지자체에서는 예측 소요량에 비해 실제 보유량이 적은 것으로 나타났다. 이는 결국 각 지자체에서 장비를 구매할 수 있는 지자체의 재정과도 직접적으로 영향이 있다고 볼 수 있다. 또한 실제 보유량에서 부족한 부분은 임대 및 민간업체 계약을 통해 충원하기 때문이기도 하다. 따라서 현실적인 측면을 감안하였을 때 지역별 제설응원체계를 이용하거나 지역별로 하나의 제설 HUB 창고를 운영할 수 있다. 전국중 강원도의 경우에는 눈이 빈번하게 내리는 특성상 제설차량과 살포기를 여유 있게 보유하고 있는 편이지만 남부지역의 경우 눈이 오는 경우가 희박하기 때문에 제설차량 및 장비를 잘 보유하고 있지 않다. 따라서 지역별 제설 HUB 창고를 두어 긴급한 상황에 추가로 제설 장비 등을 도입할 수 있도록 시스템을 만들어야 할 것이다.

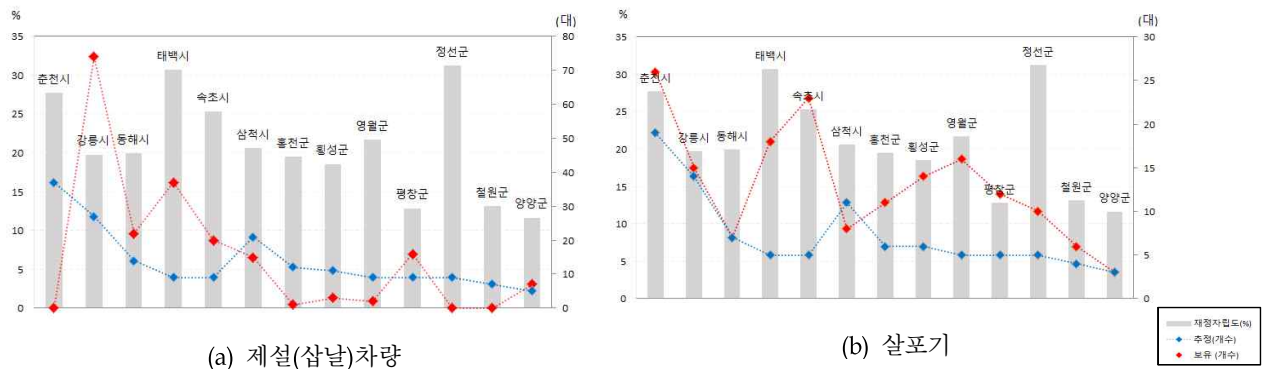


Fig. 5. Possession and estimation of snow removal equipments comparing with financial independence rates of local governments

앞서 각 지자체별 추정된 제설차량 및 장비를 이용하여 Table 9 와 같이 최소자체보유량을 산정하여 보았다. Table 9의 각 지자체별 수요 평균은 전체차로 제설시와 2차로만 제설시에 필요한 장비의 평균이며, 각 지자체의 4차로 이상 도로율이 많을수록 제설이 많이 필요할 것으로 판단되어 각 지자체의 4차로 이상의 도로율을 적용하여 최소 지자체 자체 보유량을 산정하였다. 그리고 최소 보유량을 제외한 나머지 보유량은 민간 또는 지역별 HUB창고 보유량으로 산정하였다. 따라서 지자체 재정상 제설에 소요되는 장비 및 차량을 모두 보유하기에 부담스럽다면 최소 보유량만 보유하되 나머지 소요량은 민간 또는 제설 HUB창고를 이용하여 부족량을 채운다면, 지자체의 부족한 제설장비 및 차량을 효율적으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 9. Combining minimal possession requirement with rental/support demand of snow removal equipments for local governments

행정기관	수요평균		4차로이상 도로율	최소자체보유		민간 또는HUB지원	
	삽날차량	살포기		삽날차량	살포기	삽날차량	살포기
춘천시	39	20	0.21	9	5	30	15
원주시	48	24	0.29	14	7	34	17
강릉시	59	30	0.21	13	7	46	23
동해시	17	9	0.35	6	4	11	5
태백시	28	15	0.26	8	4	20	11
속초시	22	11	0.46	11	6	11	5
삼척시	22	12	0.09	3	2	19	10
홍천군	12	6	0.00	0	3	12	3
횡성군	11	6	0.01	1	1	10	5
영월군	9	5	0.01	1	1	8	4
평창군	9	5	0.00	0	2.5	9	2.5

행정기관	수요평균		4차로이상 도로율	최소자체보유		민간 또는HUB지원	
	삼날차량	살포기		삼날차량	살포기	삼날차량	살포기
정선군	9	5	0.00	0	2.5	9	2.5
철원군	7	4	0.01	1	1	6	3
화천군	8	4	0.00	0	2	8	2
양구군	13	7	0.13	2	1	11	6
인제군	9	5	0.00	0	2.5	9	2.5
고성군	8	4	0.08	1	1	7	3
양양군	6	3	0.16	1	1	5	2
도로관리사 업소	47	24	0.03	2	1	45	23
강릉지소	22	11	0.05	2	1	20	10
태백지소	26	13	0.03	1	1	25	12
북부지소	35	18	0.02	1	1	34	17

## 5. 결론

최근 급격한 기후변화 현상으로 자연재난 현상을 쉽게 예측하기가 어려워짐에 따라, 이에 대비하여 자연재난으로 인한 피해를 줄이려는 노력들이 증가하고 있다. 대설은 건축물 및 시설물 붕괴와 도로 결빙 등으로 우리에게 피해를 주고 있다. 특히 대설로 인한 도로 결빙은 우리 생활에 직접적으로 피해를 줌으로써 가장 시급하게 대비해야할 부분으로 판단된다. 그러나 우리나라는 지역별로 적설량, 기온, 도로 구간 특성이 달라 이를 고려한 제설 작업을 진행하여야 함에도 불구하고 이러한 기준이 전국적으로 동일하게 적용되고 있어 도로제설에 대비하기 위한 제설장비 및 차량에 대한 정확한 수요예측이 어렵고 대부분이 지자체 예산에 맞추어 보유하고 있어 예상치 못한 대설에 대응하기 어려운 점이 발생하여, 제설차량 및 장비에 대한 보다 정확한 수요예측이 필요하다.

따라서 본 연구는 우리나라 전국 지자체의 제설장비 및 차량에 대한 수요를 추정하는 것을 목적으로, 각 지자체의 과거 기상청의 강설량 자료를 이용하여 지역의 강설 특성을 유형화 하였고, 각 지자체별 차로별 도로연장 데이터를 이용하여 도로제설이 필요한 관리기관별 연장을 산정하였다. 그리고 지자체별로 도로연장, 차로수, 도로제설시간 등을 고려하여 도로제설 시나리오를 설정하였으며, 시나리오를 바탕으로 각 지자체에 필요한 제설장비 및 차량 수요를 추정하였으며 실제 보유량과 비교하였다. 추정결과 강원도를 제외한 대부분의 지역에서는 실제 보유량이 추정량에 비해 모자라게 보유하고 있는 지역이 대부분으로 나타났다.

그러나 현실적으로 각 지자체의 재정은 추정된 제설 장비 및 차량을 모두 구매하기에는 한계가 있다. 따라서 각 지자체에서는 최소 보유량을 제외한 나머지 소요량을 지역별 제설HUB창고를 구축하여 제설장비 및 차량을 공동으로 사용하는 방법이 바람직할 것으로 판단된다. 이를 활용하여 제설장비 및 차량구입에 대한 비용을 절약하고, 또한 긴급 상황시 제설 응원 장비로 사용할 수 있다. 그리고 동시에 재정 절감효과도 발생시킬 수 있다.

본 연구의 결과는 제설장비 및 차량의 효율적인 관리를 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 더 나아가 제설자재 및 제설제에 대한 수요량에 대한 후속연구를 진행하여 지자체의 제설에 대한 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구 결과[MPSS-자연-2014-72]이며 이에 감사드립니다.

## References

- City of Altoona Public Works Department (2015). Snow and Ice Control Plan
- Jenks, G. F. (1967). The data model concept in statistical mapping. *International yearbook of cartography*, 7(1), 186-190.
- Korea Ministry of Public Safety and Security (2015). Disaster Report.
- Ministry of Construction and Transportation (2003). Road Snow Removal Handbook.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2014). Road Snow Removal Guidelines.
- National Emergency Management Agency (2012). The Development of Heavy Snowfall Casualty Minimization Policies and Optimal Road Snow Removal Systems Considering Climate Change.
- Pierce County (2010). All Hazards Emergency Response and Continuity of Operation Plan
- Road Management Division (2004). Overseas snow removal materials
- Seoul City Press Report, (2017). Seoul Firefighting Disaster Management Headquarter, Safety Preparedness Policy Implementation for Typhoon & Heavy Rainfall Disasters, 2017.5.16.
- Seoul city (2014). Plan for winter snow removal 2014  
[www.retech.kr](http://www.retech.kr)
- Yang, C.H et al.(2013). A study on the construction method of snow removal system of advanced road, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology.
- Yang, C.H., Kim, I.S.(2012). Fundamental Examination for Estimation of Snow Removal Instruments, Korean society of Transportaion Conference Proceedings 2012. 327-331
- Yoon, S., Park, K., & Kim, G. (2015). An Analysis of Potential Danger Factors by the Characteristics of Heavy Snow-Focused 11 Cities and Guns in Chungcheongbuk-do. *Journal of The Korean Society of Disaster Information*, 11(1), 23-34.
- 冬センター (2003). Basic knowledge and phenomenon of freezing prevention
- 北海道開発局 (1997). Winter road management manual