

생활가뭄에 대한 피해규모 추정기법 개발 및 적용

Development and Application of Estimation Method for the Scale of Damage in Domestic Drought

송영석* · 이형준** · 송양호*** · 박무중****

Song, Youngseok*, Lee, Hyeongjun**, Song, Yangho***, and Park, Moojong****

Abstract

In this study, an estimation method for damage and recovery costs on account of domestic droughts was developed. The estimation method for the scale of damage was applied based on the national drought statistics generated by the Ministry of Public Administration and Security. The damage and recovery costs of domestic droughts were calculated based on the damage data of domestic droughts that occurred in 2018 and 2019. The estimation method was developed for damage costs incurred due to domestic droughts by considering the number of people affected by water supply restrictions, accommodation, and restaurants. The method for estimating recovery costs after domestic droughts was developed considering domestic disaster support, water support, water development support, equipment support, and human resource support for victims. Due to the construction of a DB of limited domestic drought damage status, the damage costs were calculated for the number of people affected by water supply restrictions, and the recovery costs were calculated for the domestic disaster and water support. The total damage costs caused by domestic droughts in 2018 amounted to 612.471 M KRW, and in Gangwon-do and Jeollanam-do, they were 218.616 M KRW in 2019, and more than 90% of Incheon metropolitan city was calculated. The total recovery costs caused by domestic droughts in 2018 were 5,994.555 M KRW, and in Gangwon-do and Jeollanam-do, they amounted to 4,882.024 M KRW in 2019, and more than 90% of Chungcheongnam-do was calculated. The difference between the damage and recovery costs of domestic droughts was approximately tenfold in 2018 and twentyfold in 2019.

Key words : Domestic Drought, Damage Cost, Recovery Cost, Damage Scale, Drought Information Statistics

요 지

본 연구에서는 생활가뭄의 피해액과 복구액에 대한 피해규모 추정기법을 개발하였다. 행정안전부에서 발행한 국가가뭄통계집의 자료를 기반으로 개발된 피해규모 추정기법을 적용하였다. 생활가뭄의 피해액과 복구액은 2018년과 2019년에 발생한 생활가뭄피해자료를 적용하였다. 생활가뭄 피해액은 용수공급 제한에 대한 피해인원과 숙박 및 음식점을 고려한 산정식을 개발하였다. 생활가뭄 복구액은 피해인원에 대한 생활재난지원, 용수지원, 용수개발지원, 장비 및 인력지원을 고려한 산정식을 개발하였다. 한정적인 생활가뭄 피해현황의 DB 구축으로 피해액은 피해인원 항목, 복구액은 생활재난지원과 용수지원 항목에 대하여 산정하였다. 생활가뭄의 피해액은 2018년이 총 612.471백만 원으로 강원도와 전라남도에서 2019년은 총 218.616백만 원으로 인천광역시에서 약 90% 이상이 산정되었다. 생활가뭄의 복구액은 2018년이 총 5,994.555백만 원으로 강원도와 전라남도에서 2019년은 총 4,882.024백만 원으로 충청남도에서 약 90%이상이 산정되었다. 생활가뭄의 피해액과 복구액은 2018년에는 약 10배, 2019년에는 약 20배의 차이가 발생하였다.

핵심용어 : 생활가뭄, 피해액, 복구액, 피해규모, 가뭄정보통계

*정회원, 대구공업대학교 토목조경과 조교수(E-mail: kind711@hanmail.net)

Member, Assistant Professor, Civil Engineering and Landscape Architectural, Daegu Technical University

**정회원, 한서대학교 건설공학과 박사과정

Member, Ph.D. Candidate, Department of Construction Engineering, Hanseo University

***정회원, 대전세종연구원 미래기획실 연구위원

Member, Researcher Fellow, Daejeon Sejong Research Institute

****교신저자, 정회원은, 한서대학교 토목공학과 교수(Tel: +82-70-8238-5646, Fax: +82-41-660-1119, E-mail: mjpark@hanseo.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Hanseo University

1. 서론

가뭄은 태풍, 호우 등의 재해와는 달리 넓은 지역에 피해가 발생될 뿐만 아니라 재해의 시작시점을 확인할 수 없어 일정기간이 지난 후에야 피해가 확인되는 재해이다. 최근에는 기후변화의 영향으로 기온이 상승하여 빈번한 가뭄피해 뿐만 아니라 수년간 지속되는 가뭄인 메가가뭄이 발생하고 있다(Aldunce et al., 2017; Garreaud et al., 2017; González et al., 2018). 우리나라는 강우가 여름철에만 집중적으로 내리는 기후특성으로 태풍, 호우 등의 피해가 지속적으로 발생한다. 집중적인 여름철의 강우발생으로 봄과 가을에는 강우가 평균보다 적을 가능성이 있으며 이는 곧 가뭄발생으로 이어진다. 우리나라의 계절특성으로 여름에는 호우피해, 봄과 가을에는 가뭄피해가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 기후특성으로 우리나라는 ‘물 부족국가’ 보다는 정확히는 ‘물 스트레스 국가’로 분류되어 있다(RMC, 2020).

국외의 가뭄 피해액 산정에 대한 연구는 Ward et al. (2001)에서 미국의 Rio Grande 유역을 대상으로 가뭄피해에 대한 피해액 산정식을 각 유역별로 제안하였다. NDMC (2008)에서는 다양한 피해인자의 항목을 세분화 하여 가뭄 피해액을 산정하였다. 우리나라의 대표적인 가뭄에 대한 피해규모 추정방법은 MCT (2002)에서 발간한 ‘2001 가뭄기록조사 보고서’, KREI (2016)에서 발간한 ‘가뭄으로 인한 농업피해액 계측 연구’, Seo et al. (2009)이 개발한 ‘농업 및 생활용수에 대한 가뭄피해액 산정’에서 확인할 수 있다. 물론 가뭄의 피해규모를 추정하는 다양한 연구가 있지만 정량적인 금액을 추정할 수 있는 산정식이나 방법론이 정립된 연구는 미미한 실정이다. 또한, 가뭄정보에 대한 통계자료는 KICT (1995), MCT (2002), MOIS (2009a)이 대표적이며 2010년 이후에는 관계부처합동으로 자료가 공유되었을 뿐 공식적인 자료는 고시되지 않았다.

국내외에서 개발된 가뭄피해에 대한 산정식은 대부분 농업가뭄에 대한 피해액을 산정하는 것이 대부분이다. 일부 연구에서는 갈수기에 대한 피해액을 일본과 우리나라에 적용하여 산정식을 제안하였다. 또한, 선행연구된 가뭄피해는 주로 피해액에 대한 산정식이 제시되었을 뿐 재해복구를 위한 복구액에 대한 산정식의 연구는 수행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 생활가뭄을 대상으로 피해규모를 추정하기 위해 피해액 산정식과 복구액 산정식을 개발하고자 한다. 국내외 선행연구와 부처별 법령 및 규정, 직간접 가뭄피해인자, 가뭄피해 통계자료 등을 검토하여 개발된 피해액 및 복구액 산정식은 재난관리를 위한 예방, 대비, 대응, 복구에 활용하고자 한다. 또한, 2020년부터 고시되고 있는 국가가뭄정보통계집 자료를 적용한 피해액과 복구액을 산정하여 적용성을 평가하고자 한다.

2. 선행연구 및 관련 규정

2.1 국내외 생활가뭄관련 선행연구

국내외의 생활가뭄에 대한 연구는 농업가뭄 보다는 많은 연구가 수행되지 않은 분야이다. 일부 연구에서는 농업가뭄의 용수관련 산정식에 대하여 생활가뭄과 공업가뭄에 적용하는 방안을 제시하였다(Ward et al., 2001; Ding et al., 2008). 그러나, 생활가뭄에 대한 피해는 용수피해뿐만 아니라 사회경제적인 영향도 고려가 되어야 한다. 이러한 영향을 고려한 생활가뭄의 피해산정방법 연구는 일본과 국내에서 수행되었다.

일본의 가뭄피해액 연구는 갈수피해를 고려한 경제분석에 대하여 피해산정식을 제안하였다(MCT, 2002). 일본의 지역별 갈수특성을 반영한 생활, 농업, 공업 용수의 갈수피해액 추정방법은 Eq. (1)과 같이 제시하였다. 일본 갈수기에 경제분석을 이용한 가뭄피해액 산정은 갈수지역의 자료조사로 가뭄이 사회적 및 경제적으로 미치는 간접적인 피해 영향을 고려하였다. 또한, 지역별 갈수대책을 수립하기 위한 기초자료로도 활용이 가능하였다. 갈수 피해액은 수요자와 공급자를 기준으로 농업용수, 생활용수(가정 및 도시 등에서의 생활 활동(목욕탕, 숙박 등)), 공업용수에 대하여 산정하였으며 각 용수이용별 총합을 갈수기간 동안의 피해액으로 산정하였다.

$$D = \sum_i \sum_{S_i} Q_i \times S_i \times f_i(S_i) \times d_i(S_i) \quad (1)$$

여기서, D는 갈수 피해액, i는 용수(생활·농업·공업 등), S_i는 용수(i)의 절수율, Q_i는 용수(i)의 평상시 취수량(m³/day), F_i(S_i)는 i의 목적에 S_i에 대한 피해액 원단위(원/m³), d_i(S_i)는 i목적의 S_i에 대한 일수

농업, 생활, 공업에 대한 갈수기의 피해액 산정방법은 갈수조정, 갈수 시 저수지 운용 등을 고려한 용수별 1 m³ 당의 피해액이 가장 중요하다. 각 용수별 부가가치액(P_i, 원/day)과 용수별 절수율에 대한 피해율(f_i(S_i))을 이용하여 Eq. (2)와 같은 산정식을 제안하였다.

$$Q_i \times S_i \times f_i(S_i) = P_i \times f_i(S_i) \rightarrow f_i(S_i) = \frac{P_i \times f_i(S_i)}{Q_i \times S_i} \quad (2)$$

여기서, P_i는 용수(i)의 부가 가치액(원/day), f_i(S_i)는 용수(i)에 대한 피해율

국내의 생활가뭄에 대한 피해액 산정은 일본의 갈수기 피해액 산정식을 고려하여 국내 상황에 적합한 피해액 산정식을 개발하였다(Seo et al., 2009). 기존의 일본에서 제안한

생활가뭄 피해액 산정방법뿐만 아니라 간접적인 피해영향이 추가적으로 포함되었다. 간접적인 생활가뭄의 피해산정 방법으로는 조건부 가치추정법(CVM)을 활용한 고통비용을 적용하여 산정식을 Eq. (3)과 같이 제안하였다.

$$((I_0 - I_f) \times (-P_u + H_T)) \times M_T \times D_L = Q_m \quad (3)$$

여기서, I_0 는 가뭄발생 전 대상지역의 주민들의 1인 1일당 평균 용수사용량(ℓ_{pcd}), D_L 은 제한급수 시간(hr), I_f 는 가뭄발생 후 대상지역 주민들의 1인 1일당 평균 용수사용량(ℓ_{pcd}), H_T 는 고통비용(원/ m^3), P_u 는 수도요금(원/ m^3), M_T 는 주문 총 인구, Q_m 은 가뭄으로 인한 생활용수의 피해 추정금액(원)

2.2 생활가뭄관련 법령 및 규정

생활가뭄의 피해는 생활용수에 대한 불안정한 공급으로 발생되므로 생활을 위해 공급되는 다양한 용수와 관련하여 부처별 규정 및 지침을 검토하였다. 생활가뭄은 용수공급의 제한으로 직간접적인 피해를 모두 고려해야 하므로 다양한 부처에서 고시한 규정, 지침, 요령 등을 조사하였다. 생활가뭄 관련 환경부, 행정안전부, 중소벤처기업부 등에서 고시한 규정 및 지침은 Table 1과 같다. 생활가뭄 관련 규정 및 지침은 ‘하천법’, ‘한국수자원공사법’, ‘수돗물공급규정’, ‘수도법’, ‘수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률’, ‘소기업 및 소상공인 지원을 위한 특별조치법’, ‘자연재난 구호 및 복구 비용 부담기준 등에 관한 규정’, ‘전국 16개 지자체

Table 1. Acts and Regulations Related to Domestic Drought

Acts and Regulations	Related Damage Cost	Related Recovery Cost
River Act (2021.01.23.)	<ul style="list-style-type: none"> - Survey on the current status of drought damage when establishing a river basic plan - Distribution of water in river water is in order of domestic water, industrial water, and agricultural water - Temporary use of river water for agricultural water supply in drought - Restriction on the use of river water or adjustment of the permit quantity due to prolonged drought - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of recovery cost
Korea Water Resources Corporation Act (2021.04.13.)	<ul style="list-style-type: none"> - Basic purpose is to improve the quality of water and to supply water for living - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of recovery cost
Tap Water Supply Regulations (2011.12.20.)	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of recovery cost
Water Supply and Waterworks Installation Act (2021.04.01.)	<ul style="list-style-type: none"> - Use of water for rural areas in emergency such as drought - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of recovery cost
Act on the Investigation, Planning and Management of Water Resources (2020.05.26.)	<ul style="list-style-type: none"> - If the normal distribution of water resources is difficult due to prolonged drought, the basic life of the water, such as eating water, and the essential use of economic activities are first distributed - Surveying drought situations in the event of a drought, and creating a drought-vulnerable map based on areas where water shortages are expected - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of recovery cost
Regulations on Standards for Natural Disaster Relief and Recovery Costs (2021.06.01.)	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - Supporting the cost of securing and supplying Suwon, the cost of purchasing water and water supply equipment
Special Measures Act to Support Small Businesses and Small Businesses (2014.01.01.)	<ul style="list-style-type: none"> - Surveys on the actual conditions necessary for establishing policies for fostering small business owners, such as start-ups, business performance, and business conversion status of small business owners. - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of recovery cost
16 local government ordinances nationwide (2019.12.25.)	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of damage cost 	<ul style="list-style-type: none"> - No items based on the calculation of recovery cost

조례' 등을 조사하였으며 피해와 복구에 대한 내용을 검토하였다.

부처별 규정 및 지침에는 생활가물의 피해규모를 추정하는 피해액 또는 복구액 관련 산정식을 확인할 수 없다. 생활가물의 피해 및 복구에 대한 내용보다는 가물피해 발생 시 용수배분과 용수사용에 대한 내용이 제시되어 있다. 생활가물의 피해액 산정에 대한 관련 법령 및 규정은 제시되어 있지 않으며 용수배분의 순서, 일시적 용수사용, 가물취약지 등 등의 피해규모와 대응방안이 제시되어 있다. 또한, 생활가물의 복구액은 '자연재난 구호 및 복구비용 부담기준 등에 관한 규정'에서 수원확보 및 공급을 위한 비용 및 급수장비 구입비를 지원할 뿐 산정하는 방법은 제시되지 않았다.

3. 생활가물 피해규모 추정기법 개발

3.1 생활가물에 대한 피해인자 검토

생활가물의 용수공급 제한에 따른 부족현상은 공급의 차단과 단수에 대한 직간접적인 피해를 발생시킨다. 생활가물 발생시 대응과 복구를 위한 피해인자는 크게 가물대응과 가물복구에 대하여 직접피해와 간접피해로 피해특성을 구분할 수 있다(MOIS, 2009b). 생활가물의 가물피해에 대한 직접적인 영향인자로는 용수 부족, 관련 사업지원, 인력 및 장비지원, 홍보 등이며, 간접적인 영향인자로는 국민경제 부담, 물가변동, 보조 및 지원 등으로 Table 2와 같다.

생활가물의 직접피해는 피해발생에 따른 영향인자로서 용수공급을 위한 급수장비, 용수개발, 인력지원, 장비지원,

방송매체 이용 등의 특성을 제시하였다. 간접피해는 생활가물으로 파생되는 영향인자로서 물 사용제한에 따른 소상공인 영업일수 제한, 각종행사 피해, 물가상승, 소상공인 생계 안전 및 경영유지가 대표적이다. 또한, 생활가물 발생에 따른 사회 불안감 발생이나 용수감소에 따른 수질오염과 생태피해 등이 고려될 수 있다.

3.2 생활가물의 피해액 및 복구액 산정기법 개발

생활가물의 피해규모 추정기법을 개발하기 위해 국내외 선행연구, 부처별 법령 및 규정, 직간접 피해원인, 가물정보 통계자료 등을 검토하였다. 그 결과 생활가물의 피해영향 산정은 크게 가물대응과 가물복구로 구분된다. 생활가물 발생에 대응하기 위해서는 정확한 피해규모를 파악해야 복구에 대한 범위와 규모를 산정할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 생활가물의 피해규모를 추정하기 위해 피해액과 복구액의 산정식을 개발하고자 한다.

생활가물의 피해액은 제한적인 용수이용에 대한 피해산정으로 제한급수 발생시 피해인원과 숙박 및 음식점의 매출 피해를 고려한 산정식을 개발하였다. 국내외 선행연구에서는 제한적인 용수이용에 대하여 절수율이나 피해율을 적용하였으며 관련 법령 및 지침에서는 제한급수에 대한 용수지원을 대책으로 제안하였다. 생활가물의 제한급수에 따른 피해액은 피해인원과 숙박 및 음식점을 대상으로 산정식을 개발하였다.

생활가물의 용수이용 제한에 따른 피해인원과 숙박 및 음식점에 대한 피해액 산정식은 Eq. (4)와 같다. 생활가물의

Table 2. Direct and Indirect Damage Characteristics of Domestic Disaster

Damage Dactor		Parameter
Direct Damage	Domestic Water, Drinking Water	Shortage of domestic drought
	Business Support	Emergency disaster countermeasures (governmental affairs, simple water supply facilities, etc.)
		Pumping support
		Waste disposal
	Equipment and Human Resource Support	Human resource support
		Equipment support
Indirect Support such as Public Relations	Cost of media use such as TV, radio, etc.	
Indirect Damage	National Economic Burden	Restrictions on business at water-mass offices
		Various events restraint
	Fluctuation	Agricultural product price rise
		Material price rise
	Assistance and Support	Life safety and management maintenance due to disaster damage
	Others	National stress, social anxiety, disease
Mobilization of personnel such as fund raising events		
Life uncomfortableness, water pollution and ecological damage due to lack of water		

피해인원에 대한 피해액 산정식은 1인 1일 용수사용량, 제한 급수 시간, 정수요금, 피해인원을 고려하였다. 또한, 숙박 및 음식점에 대한 피해액 산정식은 전년도 일평균 매출액과 가물기간 일평균 매출액의 차이를 가물일수에 대하여 산정하였다.

$$d_{dd} = \sum (w_{udd} \times t_{rw} \times c_{wt} \times p_{dp}) + \sum [(s_{os} - s_{ds}) \times d_{dp}] \quad (4)$$

여기서, d_{dd} 은 생활가물 피해액(원), w_{udd} 은 1인1일용수사용량(L/day), t_{rw} 은 제한급수 시간(hr), c_{wt} 은 정수요금(원/m³), p_{dp} 은 피해인원(명), s_{os} 은 전년도 일평균 매출액(원), s_{ds} 은 가물기간 일평균 매출액(원), d_{dp} 은 가물일수(day)

생활가물의 복구액은 과거 선행연구와 부처별 법령 및 규정에도 제시되지 않은 피해규모의 추정방법이다. 재난관리는 예방, 대비, 대응, 복구의 4단계로 나누어지며 피해액은 재난에 예방, 대비, 대응에서 발생하는 피해부분을 산정하는 방법이다. 대부분의 연구 및 법령에서 생활가물의 피해를 중심으로 피해규모, 범위, 피해액 등을 산정하였을 뿐 복구에 대한 항목은 고려하지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 생활가물의 복구액 산정인자로 생활재난지원, 용수지원, 용수개발지원, 장비 및 인력지원을 선정하였다. 생활재난지원은 국내 연구에서 제안한 고통비용을 참고하였으며 제한급수로 의식주 해결과 숙박 및 음식점의 생계안전 및 경영유지를 지원하기 위한 복구금액이다. 용수지원 및 용수개발지원은 제한급수에 따른 생활용수 공급을 위한 복구지원이다. 장비 및 인력지원은 제한급수로 용수공급을 위한 장비나 인력을 지원하는 복구금액이다. 생활가물의 복구금액 산정식은 Eq. (5)와 같다.

$$r_{dd} = \sum_{d=1}^6 dm_d + \sum_{w=1}^6 ws_w + \sum_{i=1}^3 iw_i + \sum_{e=1}^6 em_e \quad (5)$$

여기서, r_{dd} 은 생활가물 복구액, dm_d 은 생활재난지원, ws_w

은 용수지원, iw_i 은 용수개발지원, em_e 은 장비 및 인력지원

생활가물의 복구액에 대한 산정인자는 생활재난지원이 6개, 용수지원이 6개, 용수개발지원이 3개, 장비 및 인력지원이 6개로 총 21개의 매개변수를 구성하였다(Table 3). 생활재난지원의 매개변수는 급수제한에 따른 의식주 지원과 숙박 및 음식점의 생계안전 및 경영유지를 위한 학자금 면제와 대출금 상환기간 연기 및 이자 감면을 제시하였다. 용수지원은 댐, 상수도, 보용수, 지하수 등의 수자원분야와 급수차, 물백, 병물 등 생활용수의 공급방법으로 구성하였다. 용수개발지원은 관정, 상·중수도 신설 및 증설, 해수담수화 시설개발로 근본적인 제한급수의 해결방안을 제시하였다. 장비 및 인력지원은 시급한 용수공급을 위한 장비와 동원 가능한 인력으로 구성하였다.

4. 과거 가물피해에 대한 생활가물 피해규모 추정기법 적용

4.1 생활가물 피해액 추정기법 적용

과거 우리나라의 가물피해기록은 대규모의 피해 발생시 부처에서 피해현황을 파악하기 위해 보고서가 발간되었다. 대표적인 가물피해관련 보고서는 1995년, 2001년의 가물기록조사 보고서와 2008년 가물극복추진 성과보고서로서 지역별 피해현황을 확인할 수 있다. 2010년부터는 관계부처 합동으로 이상기후보고서가 발간되었으며 다양한 재해 중에 가물에 대한 피해기록이 일부 명시되어 있다. 2020년부터 관계부처 합동으로 국가가물정보통계집이 발간되었으며 차차년도에 발생한 가물에 대하여 기상가물, 농업가물, 생활가물, 공업가물로 구분하여 피해, 대응, 복구 등의 항목에 대하여 제시하고 있다.

3.2절에서 개발한 생활가물의 피해액 산정식에 국가가물정보통계집에서 제시한 2018년과 2019년의 피해현황을 적용하였다(RMC, 2020; RMC, 2021). 생활가물 피해액 산정식은 크게 용수사용 제한에 따른 피해인원과 숙박 및 음식점업

Table 3. Parameters of Calculation Factor for Recovery Cost of Domestic Disaster

Calculation Factor	Parameter
Domestic Disaster Support (dm_d)	Meals (3 times/day) (dm_1), Bath cost (1 time/day) (dm_2), Drinking water (2 L/day) (dm_3), Washing costs (1 time/day) (dm_4), Middle and high school student exemption (1 time/year) (dm_5), Deferred loan repayment period and interest reduction (1 time/month) (dm_6),
Water Support (ws_w)	Dam water support (ws_1), Water network support (ws_2), Weirs water supply (ws_3), National underground network support (ws_4), Water supply support (water supply cars, water bags, etc.) (ws_5), Bottle support (ws_6)
Water Development Support (iw_i)	Well Water (iw_1), New and Expansion of Upper and Lower Waters (iw_2), Seawater desalination facility (iw_3)
Equipment and Human Resource Support (em_e)	Water pump (em_1), Well drilling machine (em_2), Water supply pipe (em_3), Government employe (em_4), Soldier (em_5), General public (em_6)

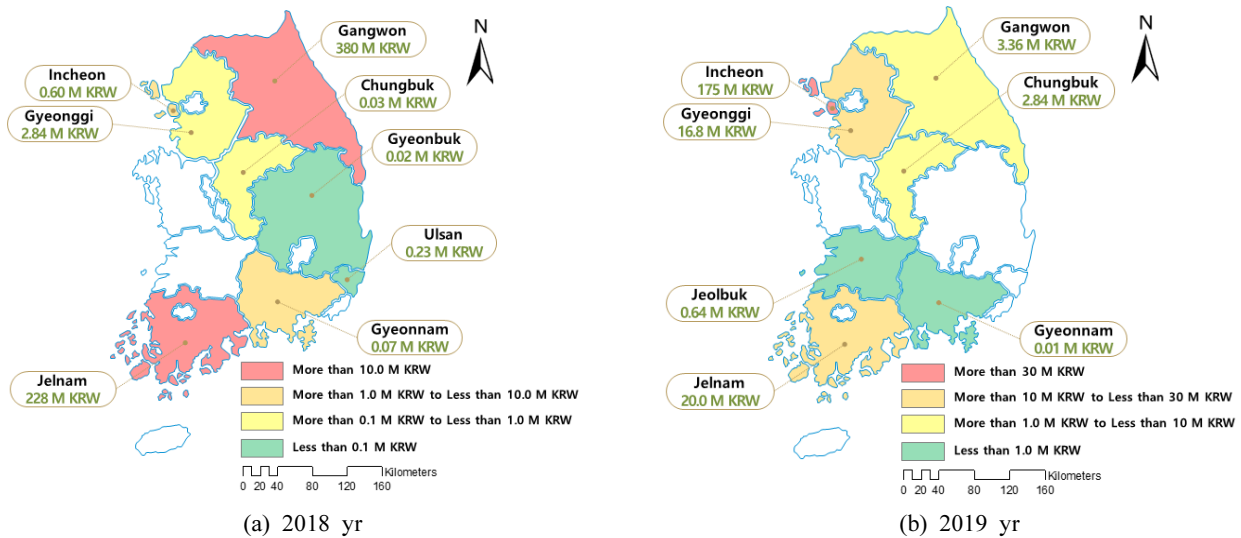


Fig. 1. Estimation of Damages Cost from Domestic Drought by Year

의 피해를 고려하였다. 용수사용 제한에 대한 피해액은 1인 1일 용수사용량과 지역별 수도요금 기준인 ‘상수도 통계 (ME, 2021)’의 295 L/day와 수도요금 738.61원/m³을 적용하였다. 숙박 및 음식점업의 통계청의 통계분류포털의 ‘한국표준산업분류(KOSTAT, 2021)’를 기준으로 구분하였으며 매출액은 음식점업은 ‘식품외식통계(MAFRA, 2021)’, 숙박업은 ‘관광사업체조사(MCST, 2021)’의 기준으로 적용하였다. 그러나, 국가가물정보통계집에는 숙박 및 음식점업에 대한 피해현황이 제시되지 않아 용수공급 제한에 따른 피해인원을 고려한 피해액만을 산정하였다.

2018년과 2019년에 발생한 생활가물의 지역별 피해액은 Fig. 1과 같다. 2018년도의 생활가물에 대한 총 피해액은 612.471백만 원이 산정되었으며 피해지역은 인천광역시, 경기도, 강원도, 충청북도, 경상북도, 울산광역시, 경상남도, 전라남도로 총 7개 시도에서 발생하였다. 2018년에 생활가물의 상위 피해액은 강원도가 380.072백만 원, 전라남도가 228.615백만 원이며 하위 피해액은 경상북도가 0.016백만 원, 충청북도가 0.033백만 원이 산정되었다. 2019년도의 생활가물에 대한 총 피해액은 218,615백만 원이 산정되었으며 피해지역은 인천광역시, 경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 울산광역시, 경상남도, 전라남도로 총 8개 시도에서 발생하였다. 2019년에 생활가물의 상위 피해액은 경기도의 175.055백만 원이며 하위 피해액은 경상남도가 0.005백만 원, 전라북도가 0.643백만 원이 산정되었다.

생활가물의 피해액은 용수공급 제한에 따른 피해인원과 지속기간에 따라 피해액이 비례하게 증가한다. 2018년과 2019년에 특광역시에 대한 피해규모는 발생하지 않거나 피해액이 크지 않았다(Table 4). 다만 인천광역시의 경우 섬지역이 포함되어 제한급수에 대한 피해가 크게 산정되었다. 2018년의 생활가물 피해액은 강원도와 전라남도에서

피해인원과 피해기간이 길어 전체 피해액의 약 99%가 산정되었다. 그 외의 지역에서는 10일 이내의 제한급수가 발생하였으며 울산광역시의 경우 피해기간이 31일이지만 피해인원 100명 미만으로 적은 피해액이 산정되었다.

2019년의 생활가물 피해액은 인천광역시에서 전체의 약 80%가 발생하였으며 도시지역보다는 인근 섬지역인 강화군 및 옹진군의 제한급수로 큰 피해액이 산정되었다. 시군구별 피해기간의 합계가 1,858일로서 각각의 시군구에서 동시다발적인 제한급수가 발생하였다. 경기도와 전라남도도 전체의 약 7%~8%의 피해가 발생하였으며 경기도는 각각의 시군구에서 적은 인원과 짧은 피해기간의 피해액이라면 전라남도도 1개 시군구에서 대부분의 피해가 밀집되어 발생하였다. 그 외의 지역은 넓은 시군구에 걸쳐 소규모 피해가 발생하였다.

4.2 생활가물 복구액 추정기법 적용

생활가물의 복구액은 피해액과 동일하게 2018년과 2019년의 국가가물정보통계집 자료를 활용하여 산정하였다. 생활가물 복구액의 산정인자는 생활재난지원, 용수지원, 용수개발지원, 장비 및 인력지역으로 구성하였으며 21개의 매개변수를 고려하였다. 생활재난지원은 6개의 매개변수로 구성되었으며 4개는 의식주 지원, 2개는 숙박 및 음식점업의 학자금 면제와 대출금 상환기간 연기 및 이자 감면이다. 의식주 지원은 행정안전부가 제공하는 ‘지방물가 정보(통계청)’의 시군구별 금액을 기준으로 생활가물 일수에 대한 복구액을 산정한다. 학자금 면제와 대출금 상환기간 연기 및 이자 감면은 각 숙박 및 음식점업 관련 업체의 가족관계 및 대출 등의 특성을 파악하여 산정한다.

용수지원은 6개의 매개변수로 구성하였으며 댐용수, 상수도망, 보용수, 국가지하수망은 수자원공사에서 제공하는

Table 4. Estimation of Damages Cost from Domestic Drought by Regions

Region	2018 yr			2019 yr		
	Damage People	Damage Period (Day)	Damage Cost (M KRW)	Damage People	Damage Period (Day)	Damage Cost (M KRW)
Seoul	0	0	0	0	0	0
Busan	0	0	0	0	0	0
Daegu	0	0	0	0	0	0
Incheon	2,734	4	0.596	2,675	1,858	175.055
Gwangju	0	0	0	0	0	0
Daejeon	0	0	0	0	0	0
Ulsan	34	31	0.230	0	0	0
Sejong-si	0	0	0	0	0	0
Gyeonggi-do	600	220	2.842	1,932	1,135	16.760
Gangwon-do	85,510	216	380.072	2,957	270	3.357
Chungcheongbuk-do	92	6	0.033	999	216	2.837
Chungcheongnam-do	0	0	0	0	68	0
Jeollabuk-do	0	0	0	1,206	18	0.643
Jellanam-do	20,898	211	228.615	1,573	136	19.959
Gyeongsangbuk-do	73	4	0.016	0	0	0
Gyeongsangnam-do	875	3	0.067	24	1	0.005
Jeju-do	0	0	0	0	0	0
Sum	110,816	695	612.471	11,366	3,702	218.616

요금단가를 기준으로 산정하였다. 급수지원에서 물치는 전국 물차연합회의 단가를 병물지원은 인터넷 가격을 적용한다. 용수개발지원은 3개의 매개변수로 구성되었으며 관정, 상·중수도 신설 및 증설, 해수담수화시설개발로서 지형특성 및 공사특성에 따른 견적서를 기준으로 복구액을 산정한다. 장비 및 인력지원은 6개의 매개변수로 구성되었으며 양수기, 착정기, 송수호수는 장비지원으로 공무원, 군인, 일반인은 인력지원으로 구성하였다. 양수기, 착정기, 송수호수는 인터넷 가격 및 견적서를 기준으로 복구액을 산정한다. 인력지원의 공무원과 군인은 근무 외 수당으로 일반인은 공공근로 임금을 적용한다.

생활가물의 복구액 산정은 국가가물정보통계집에 제시된 복구현황을 고려하여 4개의 산정인자 중 생활재난지원의 4개와 용수지원의 6개에 대한 총 10개의 매개변수를 고려하여 산정하였다. 생활재난지원의 지역별 평균가격은 식대는 3식/1일로 23,500원, 목욕료는 1회/1일로 6,100원, 세탁료는 1회/1일로 6,900원, 식수는 2L/1일로 500원을 적용하였다. 용수지원은 수자원공사의 요금단가를 기준으로 댐용수는 52.7원/m³, 상수도망은 432.8원/m³, 보용수는 432.8원/m³, 지하수는 85원/m³, 물치는 전국 물차연합회의 단가를 기준으로 5 m³이 50만 원, 15 m³이 60만 원, 병물은 0.5 L를 기준으로 150원을 적용하였다.

2018년과 2019년에 발생한 생활가물의 지역별 복구액은

Fig. 2와 같다. 2018년도의 생활가물 총 복구액은 5,994.555백만 원이 산정되었으며 피해지역은 인천광역시, 경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 울산광역시, 경상남도, 전라남도 등 총 9개 시도에서 발생하였다. 2018년도 생활가물의 상위 피해액은 강원도가 3,199.597백만 원, 전라남도가 2,384.364백만 원이며 하위 피해액은 충청남도가 0.450백만 원, 울산광역시가 1.298백만 원이 산정되었다. 2019년도의 생활가물 총 복구액은 4,882.024백만 원이 산정되었으며 피해지역은 인천광역시, 경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 등 총 8개 시도에서 발생하였다. 2019년도 생활가물의 상위 피해액은 충청남도의 4,389.872백만 원이며 하위 피해액은 경상남도가 0.962백만 원이 산정되었다.

생활가물의 복구액은 생활재난지원과 용수공급에 지역 특성을 고려하여 산정된다(Table 5). 생활재난지원의 경우 제한급수에 따른 피해인원을 기준으로 산정되며 용수지원은 지역적 특성에 따라 공급 가능한 용수가 다르게 산정된다. 2018년과 2019년에 발생한 생활가물 복구액은 피해액이 산정된 지역뿐만 아니라 가물발생 대응을 위한 용수지원 지역까지 포함하여 총 복구액을 산정하였다. 2018년의 생활가물 복구액은 강원도와 전라남도에서 전체의 약 93%의 복구액이 산정되었으며 제한급수로 인한 피해인원이 많은 지역이다. 그 외 지역으로 인천광역시는 생활재난지원, 경기

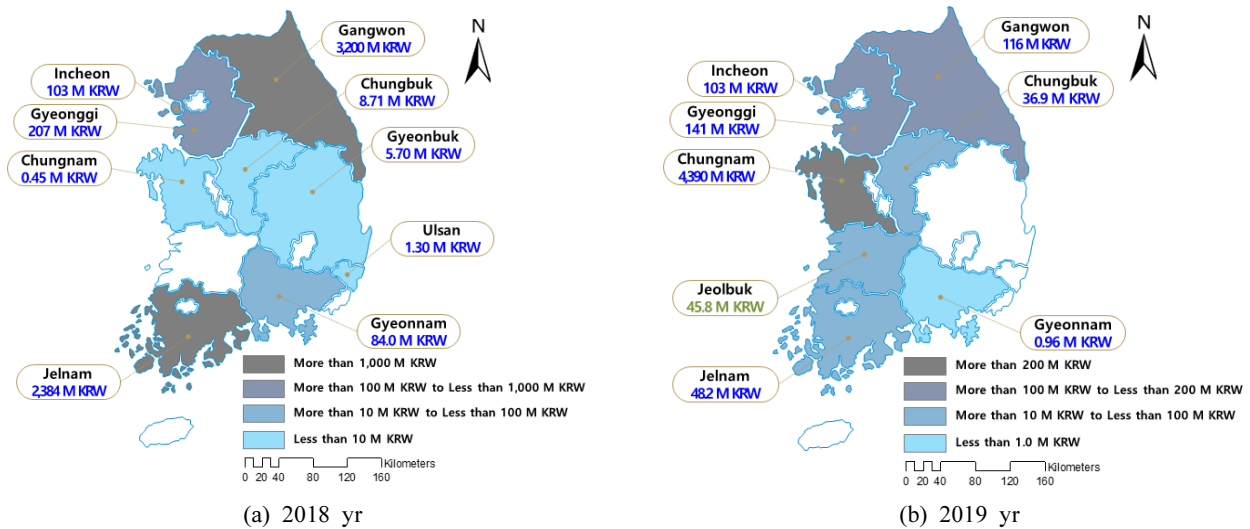


Fig. 2. Estimation of Recovery Cost from Domestic Drought by Year

Table 5. Estimation of Recovery Cost from Domestic Drought by Regions

Region	2018 yr			2019 yr		
	Life Disaster Management (M KRW)	Water Support (M KRW)	Recover Cost (M KRW)	Life Disaster Management (M KRW)	Water Support (M KRW)	Recover Cost (M KRW)
Seoul	0	0	0	0	0	0
Busan	0	0	0	0	0	0
Daegu	0	0	0	0	0	0
Incheon	103.125	0	103.125	103.158	0	103.158
Gwangju	0	0	0	0	0	0
Daejeon	0	0	0	0	0	0
Ulsan	1,298	0	1,298	0	0	0
Sejong-si	0	0	0	0	0	0
Gyeonggi-do	27.108	180.180	207.288	70.864	70.000	140.864
Gangwon-do	3,179.347	20.250	3,199.597	115.602	0.750	116.352
Chungcheongbuk-do	8.707	0	8.707	36.890	0	36.890
Chungcheongnam-do	0	0.450	0.450	0	4,389.872	4,389.872
Jeollabuk-do	0	0	0	45.477	0.300	45.777
Jellanam-do	773.028	1,611.335	2,384.364	40.770	7.381	48.150
Gyeongsangbuk-do	2.635	3.060	5.695	0	0	0
Gyeongsangnam-do	31.841	52.190	84.031	0.881	0.081	0.962
Jeju-do	0	0	0	0	0	0
Sum	4,127.089	1,867.465	5,994.555	413.641	4,468.383	4,882.024

도는 용수지원, 경상남도는 생활재난지원과 용수지원이 복합적인 지역으로 전체의 약 3% 미만의 복구액이 산정되었다.

2019년의 생활가품 복구액은 충청남도에서 전체 약 80%의 피해가 발생하였으며 생활가품의 피해에 대한 피해인원은 집계되지 않았지만 용수지원을 위한 복구가 수행된 지역이다. 그 외에 인천광역시, 경기도, 강원도, 충청북도, 전라북

도, 전라남도에서 약 3% 미만의 복구액이 산정되었다. 인천광역시, 강원도, 충청북도, 전라북도, 전라남도도 피해액과 동일한 지역으로 대부분의 복구액이 생활재난지원에서 산정되었다. 경기도와 경상남도의 경우는 생활재난지원과 용수지원이 1:1의 비율로 복구액이 산정되었다.

5. 결론

본 연구에서는 생활가뭄에 대한 국내외의 선행연구와 부처별 규정 및 지침, 직간접 가뭄피해인자, 가뭄피해 통계자료 등을 조사하여 피해액 및 복구액 산정식을 개발하였다. 생활가뭄 피해액은 2개의 산정인자와 7개의 매개변수, 복구액은 4개의 산정인자와 21개의 매개변수로 구성하였다. 본 연구에서 제안한 피해규모 산정식의 매개변수는 현재의 가뭄정보 통계자료 및 가뭄피해 DB 자료와 모두 연계되어 있지 않다. 현재, 제한적인 조건에서의 피해액과 복구액이 산정되어야 하며 향후 매개변수의 피해정보가 모두 고려된다면 과대평가될 우려도 있다. 그러나, 제한적인 조건에서도 향후 재난관리 기관에서 생활가뭄에 대한 정밀한 평가를 위한 방법론을 제안하고자 하였다.

과거에는 큰 가뭄피해 발생시 보고서를 작성하였으되 2010년 이후에는 이상기후보고서에서 일부 가뭄에 대한 피해현황이 제시되고 있다. 2020년부터 국내 가뭄피해에 대한 발생, 피해, 대응, 복구의 현황에 대하여 관계부처 합동으로 국가가뭄정보통계집을 발간하고 있다. 현재 2020년 보고서는 2018년, 2021년 보고서는 2019년의 지역별 가뭄피해에 대한 통계자료를 제공하고 있다. 따라서 본 연구에서는 2018년과 2019년의 국가 가뭄정보 통계자료를 이용하여 생활가뭄에 대한 피해액과 복구액을 산정하였다.

생활가뭄의 피해액 산정식은 제한급수에 대한 피해인원과 숙박 및 음식점을 산정하였다. 가뭄통계자료에는 지역별 제한급수 시간과 피해인원이 제시되어 제한급수 시간을 고려한 피해인원에 대한 피해액을 산정하였다. 생활가뭄의 피해액은 2018년 총 612,471백만 원, 2019년은 총 218,616백만 원이 산정되었다. 2018년도는 강원도와 전라남도에서 비도시지역 대부분에서 피해가 발생하였다면 2019년에는 인천광역시 도시외곽지역 및 섬지역에서 제한급수에 대한 대부분의 피해가 발생하였다.

생활가뭄의 복구액 산정식은 제한급수로 인한 피해인원을 고려한 생활재난지원, 용수공급을 위한 용수지원과 용수개발지원 그리고 복구를 위한 장비 및 인력지원을 산정하였다. 가뭄통계자료에는 피해인원과 용수공급의 종류가 제시되어 본 연구에서는 4개 인자 중 생활재난지원과 용수지원에 대하여 복구액을 산정하였다. 생활가뭄의 복구액은 2018년은 총 5,994,555백만 원, 2019년은 총 4,882,024백만 원으로 피해액 대비 2018년은 약 10배, 2019년은 약 20배가 산정되었다. 생활가뭄의 복구액은 피해인원이 발생하지 않은 지역도 재해저감을 위한 용수지원의 피해현황을 산정하여 피해액과 복구액의 대상지역이 모두 중복되지는 않는다.

2018년에는 강원도와 전라남도가 피해액과 동일하게 복구액도 높게 산정되었으나 강원도는 생활재난지원이 전라남도는 용수지원이 복구액의 대부분을 차지하였다. 2019년에는 충청남도에서 대부분의 복구액이 산정되었으며 모든

복구액이 용수지원에 대한 금액으로서 피해인원에 대한 영향은 반영되지 않았다. 2018년과 2019년의 생활가뭄에 대한 피해액과 복구액을 산정하였으나 한정적인 가뭄피해의 통계자료를 적용하여 모든 산정인자를 고려하지 못하는 한계점이 있었다. 그러나, 개발된 산정식은 우리나라의 부처별 통계자료에서 확보가 가능한 자료이며 관계부처 합동으로 다양한 산정인자에 대한 매개변수를 제공한다면 산정식의 정밀도 및 활용도는 향상될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 극한재난대응기반기술개발사업의 연구비 지원(2019-MOIS31-010)에 의해 수행되었습니다.

References

- Aldunce, P., Araya, D., Sapiains, R., Ramos, I., Lillo, G., Urquiza, A., and Garreaud, R. (2017). Local perception of drought impacts in a changing climate: The mega-drought in Central Chile. *Sustainability*, Vol. 9, No. 11, 2053.
- Ding, Y., Hayes, M.J., and Widhalm, M. (2008). *Measuring economic impacts of drought: A review and discussion*. National Drought Mitigation, pp. 8-11.
- Garreaud, R.D., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J.P., Christie, D., Galleguillos, M., et al. (2017). The 2010-2015 megadrought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrol Earth Syst Sci*, Vol. 21, No. 12, pp. 6307-6327.
- González, M.E., Gómez-González, S., Lara, A., Garreaud, R., and Díaz-Hormazábal, I. (2018). The 2010-2015 megadrought and its influence on the fire regime in central and south Central Chile. *Ecosphere*, Vol. 9, No. 8, pp. 1-17.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT). (1995). *Record drought research report*.
- Korea Rural Economic Institute (KREI). (2016). *A study on the measurement of agricultural damages cost due to drought*.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). (2021). *Food & Food Service Statistics (Domestic Edition)*.
- Ministry of Construction and Transportation (MCT). (2002). *2001 record drought research report*.
- Ministry of Culture, Sports and Tourism (MCST). (2021). *The Census Basic Characteristics of Tourism Establishments*.
- Ministry of Environment (ME). (2021). *Statistics of Waterworks*.

Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2009a). *Drought overcoming promotion performance report*.

Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2009b). *A study on institutionalization of criteria for damage cost calculation standards of disaster related to drought, yellow dust, heat wave, cold wave and forest fire*.

Nation Drought Mitigation Center (NDMC). (2008). *Economic impacts of drought: a review and discussion*. National Drought Mitigation, pp. 8-11.

Relation Ministry Cooperation (RMC). (2020). *2018 national drought information statistics*.

Relation Ministry Cooperation (RMC). (2021). *2019 national drought information statistics*.

Seo, S.S., Kim, D.G., Lee, K.H., Kim, H.S., and Kim, T.W. (2009). Estimation of drought damage based on agricultural and domestic water use. *Journal of Korean*

Wetland Society, KWS, Vol. 11, No. 2, pp. 77-87.

Statistics Korea (KOSTAT). (2021). *Korean Statistical Classification*. Retrieved Jan 12, 2021, from https://ks sc.kostat.go.kr:8443/ksscNew_web/index.jsp

Ward, F.A., Young, R., Lacewell, R., King, J.P., Frasier, M., McGuckin, J.T., et al. (2001). *Institutional adjustments for coping with prolonged and severe drought in the rio grande basin*. NEW MEXICO WRRI, Technical Completion Report, No. 317, pp. 106-148.

<i>Received</i>	October 4, 2021
<i>Revised</i>	October 5, 2021
<i>Accepted</i>	October 19, 2021