

Waste Management at Flood Disaster Site

- Focusing on Cheongju City -

Won Kyu Kim[#], Su Won Lee, Seo Hyeon Na, Joo Won Kim, Seong Joon Byeon⁺

International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, 169 Gaetbeol-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Korea

Abstract

The study aims to prepare practical policy alternatives for local government by investigating the case of flood waste management in the Cheongju City. Judging from the case study, the flood waste management in Korea has been limited to increased work intensity during the disaster or entrusted disposal of the excessive flood waste. The problems with these conditions were found to be the delayed recovery, the vulnerability of household hazardous waste management, and the lack of recycling and reuse. Therefore, it is necessary to establish detailed plans for the management of flood wastes at the site, town, and village levels in preparation for continued generation of flood waste, along with a separate management of hazardous wastes. In the waste treatment process, all combustible materials were incinerated, and inorganic materials such as gravel were all buried. Diversification of wastewater disposal would be necessary to handle a large amount of wastes, such as the increase of recycling rate of combustible and inorganic materials.

Key words: flood disaster, flood waste, debris management

1. 서론

2017년 7월 16일 청주시에 집중호우가 발생하였다. 시간당 강수량은 최대 91.8mm, 일일 누적 강수량은 290.2mm를 나타내었다. 기록적인 폭우로 1971년 이래 청주시 7월 강수량 중 가장 많은 일일 강수량을 기록하였다. 이는 1995년 8월 청주시의 가장 큰 일일 강수량을 기록한 293.0mm와 비슷한 수준이었다(National Climate Data Service System). 이 호우로 인해 언론에서 밝힌 공공·민간시설 피해액은 784억원이며, 복

구비는 2,575억원이 책정되었다(Ministry of the Interior and Safety, 2017). 이번 집중호우로 인해 발생한 청주시 수해폐기물은 대략 14,179톤이며, 수해폐기물 수거와 처리를 위해 청주시는 국비 19.6억원을 정부에 요청하였다(Segye times, 2017. 08. 08).

수해 발생 후 약 7일이 지난 시점에서 청주시 폐기물 처리시설로 반입되는 생활폐기물 및 대형폐기물은 하루 평균 약 760톤으로 2015년 청주시 생활폐기물 배출량 322.2톤/일과 비교할 때 약 2배가량 증가한 상태였다(Yeonhap News, 2017. 07. 22). 수해가 발생한 후

[#] The 1st author: Won Kyu Kim, Tel. +82-32-851-5731, Fax. +82-32-851-5730, e-mail. k10609@hanmail.net

⁺ Corresponding author: Seong Joon Byeon, Tel. +82-70-4756-3183, e-mail. seongjune@paran.com

폐기물이 발생한 것도 문제지만 방치될 시 악취와 전염병과 같은 2차 피해가 발생할 수 있는 상황이었다.

현대사회에서 발생하는 수해라는 재난은 기후변화로 인해 점점 발생횟수와 피해 강도가 커지고 있으나, 홍수 빈도에 따른 하수관거, 저수지 등의 인공구조물은 과거의 홍수빈도에 설계가 이루어져 있어 홍수 시 피해액과 피해면적은 늘어날 수 밖에 없는 구조이다(National Institute for Disaster Prevention, 2005). 이러한 새로운 유형의 수해는 폐기물을 일시적으로 다량 배출되게 하여, 폐기물의 처리에 일차적인 책임이 있는 지방정부로 하여금 어려움을 겪게 하고 있는 실정이다.

환경부(2013)에서 발간한 “재난폐기물 안전관리 지침”이 있지만, 이는 재난유형별 폐기물의 수거 및 처리에 관한 기본사항만을 담고 있다. 지역의 수해폐기물을 실질적으로 관리하기 위해서는 지방정부가 나서서 구체적인 사전계획을 마련해야 하는 상황이다. 그러나 현재 청주시를 포함한 각 시·도는 수해폐기물과 관련된 어떠한 사전계획도 마련되지 않은 상태이며, 서울시와 대전시를 제외하면 우리나라 지방정부는 어떠한 연구도 진행되지 않은 상태이다(Seoul metropolitan government, 2013; Daejeon Development Institute, 2013).

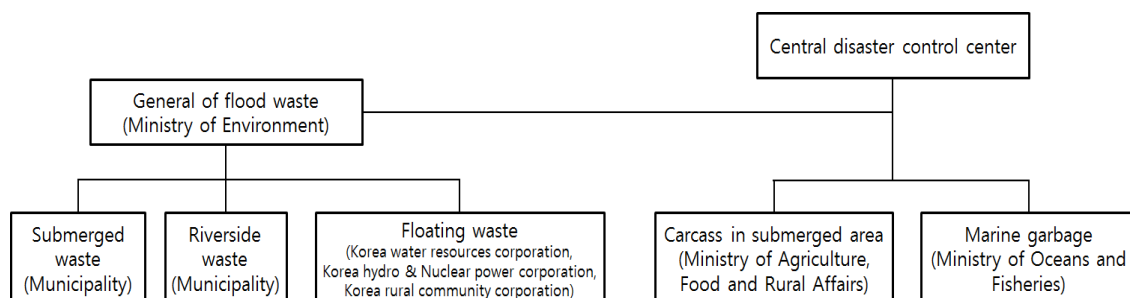
이러한 현 상황에서 본 연구는 집중호우로 인해 새롭게 등장한 청주시 수해폐기물 관리의 미흡한 점에 대해서 현장조사를 진행하였고, 청주시의 수해폐기물 수거 및 처리에 실질적으로 도움이 될 수 있는 정책적 대안을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 수해폐기물의 개념

1) 수해폐기물 정의

우리나라의 수해폐기물 정의는 3단계에 의해 규정된다. 먼저 「재난 및 안전관리 기본법」 제3조 1호에 명시된 재난이어야 한다. 여기서 정의하는 재난은 자연 현상으로 인해 발생하는 “자연재난”과 인간 활동으로 인해 발생하는 “사회재난”으로 사실상 모든 재난이 포함된다. 두번째는 「폐기물관리법」 제2조 제1호에 따른 폐기물이어야 한다. 생활 폐기물, 사업장 폐기물, 지정폐기물 및 의료폐기물이 모두 포함되어 방사성 폐기물을 제외한 폐기물 전체를 통칭한다. 세번째는 모든 재난 유형 중 수해폐기물은 “태풍, 집중호우, 해일 등의 풍수해”에 의해 발생한 폐기물로 규정하며, 「폐기물관리법 시행령」 제2조에 해당하는 “사업장”을 제외한 곳에서 발생하는 폐기물이 해당된다. 대규모 사업장을 제외한 소규모 상업들은 대부분 해당된다. 세부적으로 관리주체에 따라 구분하면 <Figure 1>과 같이 침수쓰레기 및 하천변의 폐기물은 지방정부가 담당하고, 댐이나 호소의 부유폐기물은 수자원공사·한국수력원자력·한국농어촌공사가 담당한다. 가축사체는 농림축산식품부가 담당하고, 해양쓰레기는 해양수산부 소관이다. 이러한 수해폐기물 발생 및 처리상황에 대한 관리는 환경부로 일원화 되어 있으며 중앙재해대책본부의 통제를 받도록 되어 있다. 여기서 청주시 수해폐기물 관리실태 조사는 침수쓰레기 및 하천변의 폐기물에 대해 조사하였다.



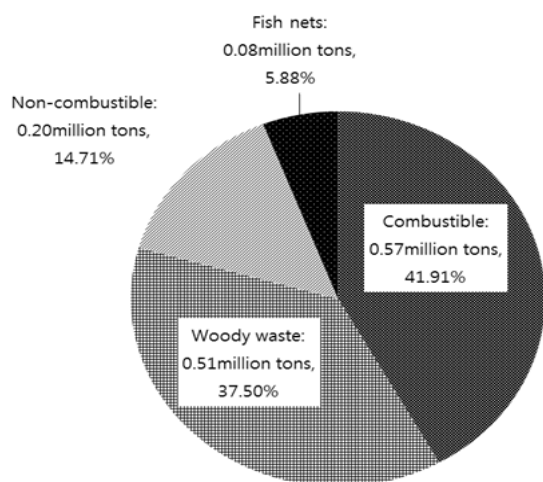
※ Source: Ministry of Environment, 2003

Figure 1. Flood waste generation and disposal management system

2) 수해폐기물 발생 특성

가장 최근의 수해 폐기물 성상에 대한 자료는 2011년 동일본 대지진 당시의 자료가 있다. 아래 그림은 이와 태현과 미야기현에서 수거한 폐기물 자료이며 4가지 종류로 구분되었다. 가연성 폐기물(41.91%)과 목재류(37.50%)를 합하면 약 80%에 달하는 가연물이 발생하였다. 비가연성(금속, 콘크리트, 가전제품, 자동차, 선박 등)은 약 14.71%가 발생하였으며, 해안가 지리적 특성상 바다로부터 밀려온 그물이 5.88%를 차지하였다. 수해폐기물은 이처럼 다량의 가연물을 포함하고 있어 선별만 제대로 이루어진다면 자원화에 유용하며, 비가연물도 금속, 콘크리트 등 재활용이 가능한 물질이 대부분이다(〈Figure 2〉).

그러나 수해폐기물은 모든 물질이 혼합되어 배출되므로 처리에 어려움으로 작용한다. 또한 수해로 인해 발생한 폐기물은 수분간의 점착성이 생기고 진흙으로 뒤덮여 있어 폐기물 전처리 시설조차도 선별효율이 낮게 나타나 처리에 어려움을 겪게 된다(Zang, *et. al.*, 2009). 미국 환경보호국(EPA)에서 발행한 가이드라인에서 수해 폐기물은 모든 종류의 폐기물이 혼합되어 있어 분류에 많은 비용이 발생한다고 지적하고 있다. 미국에 “카트리나”가 발생하고 난 후 해당 지자체 폐기물 처리 담당자는 모든 폐기물을 선별하는 것은 사실상 불가능하다고 지적하였다(U.S. EPA, 2016).



※ Source: Ministry of Environment(Japan), 2012
Figure 2. Composition of debris from 3/11 Northeast Japan disaster

이러한 이유로 수해폐기물 관리의 핵심은 각 지자체가 지리적 여건과 보유시설의 선별능력 등을 고려하여 모든 수해폐기물을 선별하지 않더라도 사전에 재활용 및 재이용(열적 이용)방안에 대하여 계획을 세우는 것이 관리에 있어서 중요하다. 이유는 수해폐기물의 재활용과 재이용이 어렵더라도 폐기물의 감량과 자원으로서의 활용이 유리하기 때문이다.

2. 수해폐기물 관리

1) 수해폐기물 관리 방향

수해폐기물의 전체적인 관리방향은 앞서 설명한 잠재적 자원을 포함하여 복구 방해, 공중보건 위협의 총 3가지 방향이다(OCHA/UNEP, 2013).

먼저 복구 방해이다. 수해폐기물은 재해 현장의 진입을 차단하여 복구 활동에 걸림돌이 될 수 있다. 수해폐기물이 수거되지 않거나 혹은 임시로 적재한 폐기물이 적환장 등의 적재적소에 배치되지 않으면 재난 현장에서 복구 진입로를 차단할 수 있다. 또한 수해폐기물을 임시적환장에 야적하더라도 기준 없이 적재할 경우 폐기물더미가 무너져 2차 피해가 발생할 수 있다.

두번째는 공중보건 위협이다. 우리가 생활할 때 사용하는 물품들 중에는 평상시에는 필요로 해서 사용하지만, 폐기물로 배출될 때는 유해성을 띄는 생활계 유해폐기물이 다량 존재한다. 보통 재난이 아닌 평상시 폐기물(municipal solid waste, MSW) 수거 시 중량기준으로 약 1% 가량이 생활계 유해폐기물로 분류된다(Dana, *et. al.*, 2016). 그러나 재난이 발생할 시 가정에서 보관하고 있는 살충제·용매제 및 기름류 등은 수해폐기물로 배출되어 그 양이 더욱 늘어날 것으로 예측된다. 이러한 유해폐기물은 직접적인 접촉에 의해 사람에게 위협요인이 될 수 있고, 잠재적으로는 상수관, 농업지역, 상업지구 등에 영향을 미칠 수 있다. 석면과 같은 물질은 수충격에 의해 건물이 무너질 때 발생할 수 있고, 수해가 발생한 이후에도 지속적으로 인간환경에 영향을 미칠 수 있다.

세번째는 자원으로서의 활용 가능성이다. 콘크리트,

금속류, 목재, 퇴비용 유기물 등은 자원으로 재활용 할 경우 일부 복구비에 사용될 수 있고, 기타 자원 재이용(열적 이용)에도 활용될 수 있다. 재활용(가연성과 자갈·모래 등의 비가연성 포함)과 재이용은 폐기물을 감량할 수 있고 매립지 관리 측면에서도 유리하게 작용하여 별도의 폐기물 처리보다 적합한 방법이다.

2) 수해폐기물 관리 고려사항

수해폐기물은 재난 대응 및 복구과정에서 인간환경에 미칠 수 있는 위협요인을 제거하고, 복구에 도움이 될 수 있도록 폐기물 자원을 효율적으로 재활용하는데 있다.

이를 위해서는 우선적으로 수해폐기물 관리는 복구 계획과 관련하여 관계자들간의 이해가 실현될 수 있어야 한다. 임시적환장이 산재되어 확산됨에 따라 피난민 대피소, 상수도 공급망 등의 주요시설과 가까운 곳에 부적절하게 위치할 시 유해물질 오염·전염병 발생·적재폐기물 무너짐·화재 위험 등에 취약해 질 수 있다. 또한 수해폐기물의 수거가 체계적으로 이루어지지 않을 때 피해지역 건물에서 발생하여 방치된 잡석 등은 주민들에게 임시적환장처럼 여겨져 폐기물이 무분별하게 야적되는 경우가 있다. 이러한 이유로 시·군·구

계획을 중심으로 상위계획과의 정합성을 확보하고 하위계획 및 부문별 사업계획과는 연계·활용(사업내용, 자원, 조직 등)을 통해 효율적인 수해폐기물 관리 방안을 모색해야 한다.

수해 폐기물 관리 지침은 전문가가 기술적으로 작성하기 보다는 비전문가인 관계자나 주민들이 이해할 수 있도록 친숙하게 작성되어야 한다. 수해가 발생하였을 때 폐기물 관련분야 뿐만 아니라 여러 부처와 기존 복구 계획, 수해폐기물 관리지침과의 연관성을 고려하여야 하므로, 지침은 누구나가 쉽게 이해할 수 있도록 작성되어야 한다. 또한 지침은 쉽게 설명되어야만 수해 현장의 주민들에게 생활계 유해폐기물의 분류 배출 시 실질적인 도움을 줄 수 있다.

III. 피해현황 및 임시적환장 운영 실태 분석

청주시는 수해가 빈번하게 발생하는 지역이 아님에도 불구하고 2017년 일일 누적강수량 290.2mm로 설계 홍수빈도를 크게 상회하는 강수량으로 인해 하천이 범람하였으며, 큰 수해가 발생하였다. 이번 집중호우로 인해 청주시에서 발생한 수해폐기물은 약 14,179톤이다. 이 중 미원면 청석골은 소규모 마을이지만 피해가



※ Source: Field survey

Figure 3. Geographic information of field survey area

가장 심각했던 지역 중 하나로 본 연구의 사례지역으로 선정하였다.

1. 대상지역 피해현황 개요

청주시 집중 호우 발생 후 피해가 심각했던 지역 중 하나인 미원면 청석굴 일대를 사례지역으로 선정하고, 수해 발생 후 2일 후인 7월 18일부터 7월 19일까지 2일간 수해폐기물 발생실태에 대해서 파악하고자 <Figure 3>에 나타난 지역의 현장 조사를 진행하였다.

소규모 마을로 분류되지만 자원봉사자, 중장비 등이 대량 투입될 정도로 피해가 심각한 상황이었다. 미원면의 피해가 특히 심각했던 데에는 기록적인 집중호우 의

에도 두 가지 요인이 있었다. 하나는 일시적인 집중호우로 인해 상류에 저수지가 붕괴되어 다량의 물이 일시적으로 마을로 흘러들어 피해가 커진 상황이었다. 그리고 두번째는 하천의 제방보다 마을이 상대적으로 낮게 위치해 있어 흘러들어온 물이 빠져나가지 못하고 마을의 침수피해를 크게 만들었다.

<Figure 4>는 수해발생 이후의 상황이다. 침수심은 약 1.5m로 약 1층 높이로 침수가 발생하였으며, 1층 높이가 대부분인 마을은 대부분 침수에 의해 피해를 입게 되었다. 수해폐기물은 발생 특성상 일반 생활폐기물과 달리 가전제품, 가구 등의 평상시 배출되지 않는 대형 폐기물이 동시에 다량 배출되는 특성을 가지며, 사진



※ Source: Field survey

Figure 4. Inundation damage and flood waste generation

자료를 통해서도 알 수 있듯이 일반 생활폐기물과 함께 다량의 대형폐기물이 함께 발생되고 있음을 알 수 있었다.

2. 임시적환장 설치

상당량의 수해폐기물이 배출되고 있었음에도 불구하고 미원면 현장에서 임시 적환장은 당시 운영되고 있지 않았다. 환경부(2013)에서 발간한 「재난폐기물 안전 관리 지침」은 수해폐기물 수거에 있어서 임시적환장 설치기준을 피해가옥 수와 피해면적으로 정하고 있다 (Ministry of Environment, 2013). 지침은 피해가옥 수 기준 360호당 1개소 혹은 8만 m^2 당 1개로 1차 임시적환장 설치기준을 일괄적으로 규정하고 있으며, 〈Table 1〉과 같이 청주시 미원면은 피해가옥 수 약 40호, 피해면적 약 240 m^2 (40호 $\times$ 6 m^2 / 피해가옥 1호)로 1차 임시적환장 설치기준에 해당되지 않는다.

그럼에도 불구하고 실제 청석굴 일대는 다량의 하천 퇴적물, 자갈, 나무 등의 하천 폐기물과 뒤섞여 다량의 수해폐기물이 발생하고 있었다. 좁은 진입로 등으로 인

해 수거한 수해폐기물의 즉각적인 수거가 필요하였다. 청주시는 수해발생 후 일주일 뒤(7월 22일) 필요성을 느끼고 뒤늦게 미원면 월용리 81-2번지(1,200 m^2) 야적지에 1차 임시적환장을 설치하였으며(NewDaily, 2017. 07. 23), 2차 임시적환장은 설치되지 않았다. 〈Figure 5〉에 1차 임시적환장 설치 현황과 폐기물 이송 경로를 나타내었다.

3. 임시적환장 설치 기준 문제점

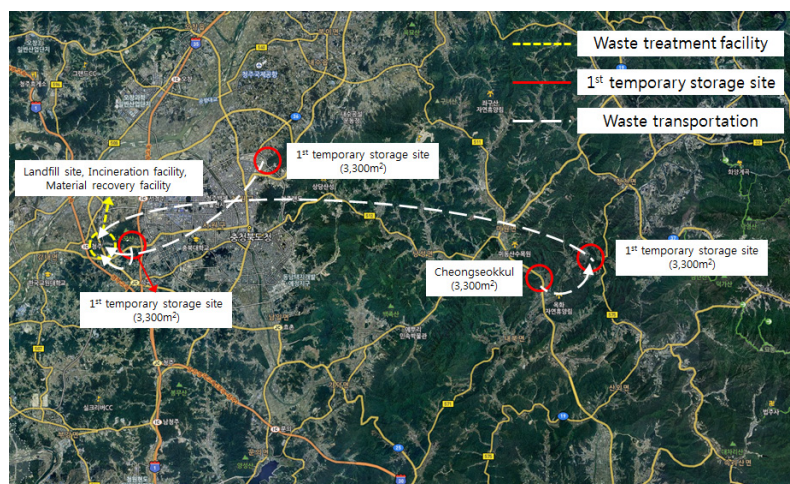
임시적환장은 재난 현장에서의 신속한 수거와 처리장에서 혼잡을 미연에 방지하는 완충작용을 하는 기능을 가지고 있어, 수해 발생 후 폐기물의 효율적인 처리를 위해 반드시 필요한 시설이다(Jeong & Kim, 2012). 그러나 이번 청주시 집중호우 사건으로 볼 때 임시적환장 설치기준이 모호하였으며, 환경부 지침상 문제점은 다음과 같다.

첫째, 수해지역의 임시적환장 설치기준이 일괄적으로 설정되어 있다. 실제 소규모 지역에 침수 피해가 일

Table 1. 1st temporary storage site installation criteria

	Disaster waste safety management (Ministry of Environment, 2013)	Miwon-myeon (Cheongseokkul)
Number of damaged housed	one place per 360 damaged houses	about 40 damaged houses
Damaged area	one place per 80,000 m^2	about 240 m^2 (40 houses $\times$ 6 m^2 / damaged house)
1 st temporary storage site	—	N/A

※ Source: Ministry of Environment, 2013 & field survey



※ Source: NewDaily, 2017. 07. 23

Figure 5. 1st temporary storage site installation status and waste transportation in Cheongju-si

어났더라도 복구 장비 진입로 등의 방해가 될 시 임시적환장을 설치해야 하는데 이에 대한 기준이 없는 상태이다.

둘째는 1차 임시적환장을 설치할 때 수해지역을 어느 범위로 설정해야 하는지의 문제가 제기된다. 청주시 전역에 걸쳐 집중호우가 일어났지만, 침수지역은 연속되지 않은 지역에 발생하였다. 이러한 문제는 향후 1차 임시적환장을 설치하는 기준이 되므로 수해폐기물을 수거하는데 있어 우선적으로 중요하게 고려하여야 한다.

청주시의 집중호우 이후 정부는 특별재난지역 선포지역을 기존 시·군·구 단위에서 시·군·구와 읍·면·동으로 확대한다고 밝혔다(Office for Government Policy Coordination Prime Minister's Secretariat, 2017. 11. 02). 이는 재난안전관리의 사각지대에 있는 취약계층에 대한 지원마련을 위한 근거로 해석된다. 수해폐기물 관리도 이러한 정책 방향과 기조를 같이 하여 임시적환장 설치기준에 대하여 소규모 읍·면·동 단위의 설정을 고려해야 한다.

처리현황」 자료에 따르면 2015년 청주시는 일일 약 989.4톤의 생활폐기물이 발생하고 처리방법별 처리는 재활용 656.5톤/일, 소각 255.7톤/일, 매립 77.2톤/일로 구성되어 있다(Ministry of Environment, 2016). 〈Figure 6〉은 청주시 매립장과 소각장의 위치이다.

청주시 매립장은 총 매립지 면적 105,900 m²에 총 매립 용량 1,454,000 m³의 용량이며, 2014년까지 1,389,725 m³의 양이 매립되었으며, 95.58%의 매립이 진행되었고, 2019년 매립이 완료될 예정에 있다.

한편 청주시 소각장은 매립장 인근에 위치해 있으며 2009년 4월부터 가동을 개시한 1호기의 시설용량은 200톤/일의 규모이다. 2015년 가동을 시작한 2호기의 시설용량은 1호기와 동일한 200톤/일의 규모이며, 총 400톤/일의 소각 처리용량을 가지고 있었다. 소각로로 대형폐기물을 반입하기 위해서는 파쇄공정을 거치게 되는데, 최근 파쇄기의 화재로 인하여 사용이 중단된 상태였다.

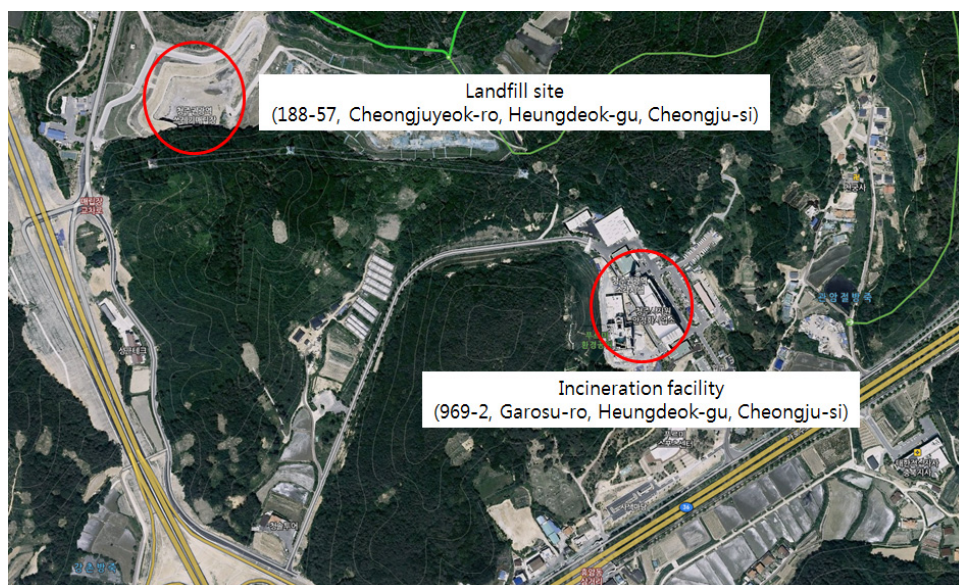
IV. 수거 및 처리 실태 분석

1. 청주시 매립지 및 소각장 개요

매년 발간되는 환경부(2016) 「전국폐기물 발생 및

2. 수해폐기물의 소각장 이송

청주시 제 1 소각장에 반입되고 있는 수해폐기물은 대부분 생활폐기물과 혼재되어 있는 상태였다. 청주시는 수해폐기물 수거와 관련하여 별도의 수거차량을 두



※ Source: Field survey

Figure 6. Location of incineration facility and landfill site in Cheongju-si

지 않고 일반 생활폐기물 차량을 이용하여 가연성폐기물에 한해 소각장 반입구(hopper)로 반입하고 있는 실정이었다. 가연성 폐기물에 대해서 재활용이 이루어지는 경우는 없고 전량 소각처리가 이루어지고 있었다. 소각장은 24시간 운영 기준 200톤/일 규모로 수해폐기물이 다량 혼합되어 반입될 시 처리에 지체가 있을 것으로 우려되었다.

청주시 제 2 소각장에 수해폐기물이 주로 반입되고 있었으며, 제 2 소각장 규모는 제 1 소각장과 같은 24시간 운영 기준 200톤/일 규모이다. 보통 대형 폐기물이 반입되면 소각장으로 직접투입하기 어려워 파쇄기를 이용하여 파쇄한 후 소각장으로 투입하게 되나, 2017년 6월 11일에 제 2 소각장에 화재가 발생하여 대형 파쇄기가 운영되고 있지 못하고 있는 상태였다. 수해폐기물이 보통 대형 폐기물과 함께 배출되기 때문에 이 상태로 운영할 시 청주시 수해폐기물 중 대형 폐기물의 처리가 어려워질 것으로 판단되었다. 대형폐기물을 제외한 수해폐기물은 불연성인 금속류를 수작업으로 제거한 후 소각장 반입구로 투입하고 있었다.

수해가 발생한지 2일이 지난 시점에서 소각장으로 반입되는 폐기물의 반입량의 변화를 계근대 자료를 통

해 일부 확인할 수 있었으나, <Figure 7>과 같이 생활폐기물과 혼재하여 반입하고 있는 상황에서 수해폐기물의 반입량을 구분하기는 어려운 상태였다.

3. 수해폐기물의 매립지 이송

하천, 수로와 같은 지역에서 발생한 자갈, 진흙등의 불연성 물질은 곧바로 매립장으로 반입되어 매립처분이 이루어지게 된다. 7월 18일 당시 하천 복구 작업이 시작되고 있는 시점이었으므로 불연물의 매립은 직접 확인하지 못하였으나, 앞서 대형폐기물을 파쇄하는 파쇄기의 화재로 인하여 대형폐기물이 매립장에 아래 그림과 같이 적재되어 있는 상태를 확인할 수 있었다. 또한 수해 현장에서 트럭으로 수거된 나무류의 수해폐기물도 파쇄 공정을 거친 후 소각처리 되었어야 했으나, 파쇄기의 고장으로 인해 매립지에 임시 야적하고 있는 실태였다. 수해폐기물이 본격적으로 발생하기 시작할 시 매립장의 임시 야적이 한계가 있으므로 타 시·도의 협조를 통한 광역처리가 필요한 실정이었다. 실제 7월 22일 청주시 소각장과 매립장에는 대형폐기물 2,500톤과 생활폐기물 1,500톤이 쌓이게 되었고, 청주시는 대형폐기물 2,000톤을 외부업체에 위탁처리하는 방안을



※ Source: Field survey

Figure 7. Transfer of flood wastes to incineration facility



※ Source: Field survey

Figure 8. Transfer of flood wastes to landfill site

고려하였다(Yeonhap News, 2017. 07. 22).

4. 해외 지침과 청주시 사례의 비교

OCHA/UNEP(2013) 지침은 <Table 2>와 같이 폐기물의 처리 단계별로 구분하여 잔재물(debris)과 유해폐

Table 2. Management of debris and hazardous waste by classifying waste stream

Category	Details
Waste stream	① Cash for work ② Transportation options ③ Disposal options ④ Recycling ⑤ Reuse
(1) Debris	① Concrete/bricks ② Household furnishings and belongings ③ Other waste such plastics, cardboard, paper ④ Timber ⑤ Cables etc. ⑥ Soils and sediments ⑦ Bulky items
(2) Hazardous materials and substances	① Heavy metal contaminated materials ② Hydrocarbons such as oil and fuel ③ Paint, varnishes and solvents ④ Pesticides and fertilizers ⑤ Household cleaning products ⑥ Medical waste in the debris ⑦ Healthcare risk waste

※ Source: OCHA/UNEP, 2013

기물의 관리 방안을 설명하고 있다.

폐기물 처리단계는 ① 수거단계(cash for work), ② 폐기물 이송단계(transportation options), ③최종처리(disposal options), ④ 재활용(recycling), ⑤ 재사용(reuse) 단계로 나누어진다.

폐기물 처리단계별 고려사항으로 잔재물과 유해폐기물을 구분하여 나타내었다. 잔재물(debris)은 콘크리트/벽돌, 가구류, 플라스틱·판지·종이류, 목재류, 전선, 퇴적물, 기타 부피가 큰 물건으로 구분된다. 잔재물은 크게 가연성과 불연성으로 나뉘어져 위급한 상황이 아닐 시 재활용과 재사용을 하도록 권고하고 있다.

유해 폐기물은 중금속 혼합물질, 탄화수소계열의 기름·연료, 페인트·용매제 등, 살충제, 세척용품, 의약품, 기타 인간건강에 위협이 되는 물질로 구분된다. 생활계에서 발생할 수 있는 유해물질 중 독성, 인화성, 감염성으로 구분하여 안전장구를 착용한 채 다루도록 하고 있다. 처리는 재활용 및 재사용은 불가능하여 위생매립지에 매립하여 최종처리 하도록 권고하고 있다.

OCHA/UNEP 지침과 청주시 사례를 비교하여 <Figure 9>에 나타내었다. 수해폐기물의 수거는 매뉴얼과 비슷하게 나타났다. 그러나 최종처리·재활용·

Disaster waste management guidelines, 2013 (OCHA/UNEP)					Cheongju-si field survey, 2017 (S. Korea)					
• Waste stream	• Cash for work	• Transportation options	• Disposal options	• Recycling	• Reuse	• Cash for work	• Transportation options	• Disposal options	• Recycling	• Reuse
• Debris										
• Concrete/bricks	Manual collection possible	Wheel barrow or excavator/ bulldozer offload into truck for haulage	Disposal temporary site for future recycling if uncontaminated debris. Otherwise disposal at dumpsite/landfill to be used as cover material	Attempt to store for future recycling. If not possible, then limited options for recycling during immediate and short term actions	Can extract bricks, steel etc. for reuse	no specific plan, but depending on the situation			Landfill (No recycling and reuse)	
• Household furnishings and belongings			Mixed debris disposal at dumpsite/landfill	Not during immediate and short term actions	Not in emergency phase					
• Other wastes such plastics, cardboard, paper			If separated, reuse. Otherwise dispose at dumpsite/landfill	Possible to separate timber for heating, cooking, shelter	Can extract for heating, cooking, shelter					
• Timber	Manual sorting possible		Mixed debris disposal at dumpsite/landfill	Not during immediate and short term actions	No	no specific plan, but depending on the situation			Landfill (No recycling and reuse)	Incineration with heat recovery (no recycling and reuse but some for operational reasons of incinerator)
• Cables etc.	Mechanical means are often most appropriate but can use manual									
• Soils and sediments	Mechanical means most appropriate									
• Bulky items										
• Hazardous materials and substances										
• Heavy metal contaminated materials	Manual collection possible but with PPE (personal protective equipment, PPE)	Put in proper drums, bins or other container before loading onto trucks for haulage	Dispose at sanitary landfill under controlled management. If no controlled disposal available, store until sanitary landfill available	No	No	(No regulations)	(No regulations)	(No regulations and disposed at incineration facility)	X (Incineration with heat recovery)	No (but some for the operational reasons of incinerator)
• Hydrocarbons such as oil and fuel										
• Paint, varnishes and solvents										
• Pesticides and fertilizers										
• Household cleaning products										
• Medical waste in the debris										
• Healthcare risk waste										

※ Source: OCHA/UNEP, 2013 & field survey

Figure 9. Comparison of disaster waste management between OCHA/UNEP and S. Korea

재사용에서 지침은 가연성폐기물과 불연성 모두 가능한 재활용과 재사용을 권고하고 있었으나, 청주시 사례는 “가연성-소각, 불연성-매립”의 이원화된 처리가 이루어지고 있었다. 또한 생활계 유해폐기물 부문에서 지침은 수거단계에서 안전장구를 착용하고, 위생매립지에 매립하도록 권고하였다. 그러나 청주시 사례는 전량이 파악되진 않지만 수거 시 가연성 폐기물과 혼합되어 소각장으로 반입된 것으로 판단된다.

5. 청주시 대응 및 시사점

수해가 발생한 후 약 20여일이 지난 상황에서 청주시는 3,267대의 장비와 8,275명의 인력을 수거에 투입하였으며, 일일 투입인력은 환경관리원 257명, 수거차량 115대, 대행업체 수거차량 38대, 집계차 19대, 굴삭기 1대, 덤프트럭 3대 등을 동원하여 수해폐기물을 수거하고 있었다. 또한 수거한 수해폐기물 처리를 위해 관내 소각업체 4곳의 협조를 받아 7월 27일 위탁처리를 시작하였다(Segye times, 2017. 08. 08).

종합적으로 수해폐기물의 수거 및 처리를 위한 청주시의 대응이 늦은 것은 아니라고 판단되나, 체계적인 대응은 아니었다. 시사점을 수해폐기물 관리 방향과 비교하여 <Table 3>과 같이 몇 가지 제시하였다.

첫째, 수해폐기물로 인한 복구 지체이다. 청주시는 대량의 장비와 인력을 투입하여 수해폐기물을 약 3개월 간에 걸쳐 빠르게 수거하고 처리하였지만, 수해폐기물 관리 기본계획의 부재로 인해 관리자가 동원 가능한 인력과 동원 가능한 장비를 투입할 수밖에 없었다. 또한

임시적환장의 설치에 있어서 청주시는 뒤늦게 1차 임시적환장 3개소를 설치하였지만, 임시적환장을 설치하기 위한 수해범위 설정의 문제 및 지자체 동·면·읍 단위의 지리적 여건을 고려한 세부기준이 필요하다. 향후 지자체 수해 규모별 폐기물 관리계획 수립이 필요한 이유이다.

둘째, 생활계 유해폐기물에 대한 별도의 관리 부재이다. 평상시와는 다르게 각 가정은 일시에 다양하고 많은 폐기물을 배출하게 되는데, 여기에는 살충제, 용매제, 주사바늘 등의 유해폐기물이 포함된다. 또한 청주시는 건축물의 붕괴가 많진 않았지만, 석면은 건축물 잔해에서 발생할 수 있다. 이러한 유해폐기물은 작업자와 주민에게 위협요인으로 다가올 수 있으므로 유해폐기물에 대한 별도의 관리가 필요하다.

셋째, 수해폐기물의 자원화이다. 청주시에서 발생한 수해폐기물은 가연성은 전량 소각, 불연성은 매립으로 이원화된 처리가 이루어졌다. 소각장에서 일부 고철류를 수거한 부분은 있지만, 소각로의 운영상 불연성인 고철류의 제거가 필요해서 별도의 분리가 이루어진 것이며 수해폐기물의 자원화로 보기는 어려웠다. 청주시 사례는 동일본 대지진 사례와 비교할 때 건축폐기물과 더불어 다량의 수해폐기물이 발생할 만큼의 큰 수해는 아니었지만, 점점 강우강도가 커지고 있는 상황이다. 추후 이번 집중호우보다 더 큰 대규모 수해가 발생하였을 때 소각과 매립처분 능력 초과 등의 문제가 발생할 수 있다. 여기서 대안은 수해폐기물의 자원화이다. 수

Table 3. Comparison of management direction of flood waste and Cheongju-si case

Management direction of flood waste	Cheongju-si
1. Flood waste can obstruct the access to the disaster site and therefore interfere with recovery activities	- Although the response was not delayed, but there is no basic plan - Not applicable to the guidelines but three temporary storage sites was installed
2. Among the items we use in our lives, we usually use them as necessary, but when they are released to waste, there can be a great deal of harmful public health risks	- No household hazardous waste management plan guidelines - Incineration or landfilled after collecting all flood waste
3. Flood wastes is worth as a resource.	- Flammable waste is incinerated without heat recovery - Non-flammable waste is landfilled - No recycling

※ Source: OCHA/UNEP, 2013 & field survey

해폐기물 자원화는 현재의 이원화된 처리를 벗어나 다양한 처리를 가능하게 할 수 있다. 또한 매립지 관리 측면, 소각장 등의 폐기물 처리시설 부하 경감 측면에서도 중요하게 작용할 수 있기 때문이다.

V. 결 론

본 연구는 수해폐기물의 관리가 과거의 체계로는 한계가 있다고 보고, 수해폐기물 관리에 대한 청주시 사례조사를 통하여 실제적인 지방정부의 정책대안을 마련하고자 하였다. 2017년에 발생한 청주시 집중호우는 동일본 대지진 사례와 비교할 때 미약한 수준이나, 향후 우리나라에 잦은 집중호우 및 태풍의 수해에 대비하여 수해폐기물 관리가 필요한 상황이었다.

수해폐기물 정의에 따라 지방정부의 책임하에 있는 수해폐기물 관리 개선 방향은 다음과 같다.

첫째, 수해폐기물 관리에 있어서 체계적인 인력 및 장비 동원이 필요하다. 청주시 사례는 약 3개월간 처리해야 될 폐기물이 발생된 반면 향후 처리기간 내에 연속적인 수해가 발생하거나 몇 년이 걸릴 수 있는 폐기물이 발생될 수 있다. 이러한 폐기물 발생에 대비하기 위해서는 기본계획 수립이 필수적이며, 임시적환장 설치기준의 모호함 등을 보완하여 각 지방정부의 지리적 여건과 동·면·읍 단위의 구체적인 세부계획이 필요할 것으로 판단된다.

둘째, 생활계 유해폐기물에 대한 적절한 관리가 이루어져야 한다. 청주시 사례를 통해 볼 때 별도의 사고가 발생하지는 않았으나, 현재 여기에 따른 별도의 지침이나 규정은 없는 상태로 유해폐기물에 대한 관리는 취약하다고 판단된다. 향후 많은 양의 폐기물이 발생할 시 인화성(ignitable), 부식성(corrosive), 반응성(reactive), 폭발성(explosive), 독성(toxic) 등을 가진 유해폐기물은 관리 부주의로 인해 2차 재난으로 이어질 가능성이 있으므로, 이에 대한 별도의 보완이 필요한 상태이다.

셋째, 수해폐기물은 자원으로서 인식되어야 한다. 지금까지 수해폐기물은 재난이라는 특성상 이미 발생

된 폐기물을 어떻게 빠르게 처리하느냐에 초점을 두어 소각과 매립 위주의 처리가 이루어져 왔다. 그러나 자원순환형 사회에서 폐기물 관리법에 따른 폐기물로 분류되는 수해폐기물은 생활폐기물과 마찬가지로 적절한 재활용 및 재이용이 필요하다. 앞서 미국의 사례와 같이 모든 수해폐기물을 분류하여 재활용하기는 사실상 불가능하며, 재활용과 재이용이 소각과 매립에 비해 처리 속도도 느리다. 그러나 기본계획의 수립으로 어느 정도의 폐기물을 재활용 할 수 있는지에 대한 현실적인 결정은 가능하며 재활용과 재이용이 수해폐기물을 처리할 수 있는 하나의 처리방법으로 인식 전환이 필요하다.

청주시의 사례를 통해 종합적으로 판단해 볼 때 우리나라의 수해폐기물 관리는 평상 시 생활폐기물 체계에서 업무강도를 늘리거나, 그럼에도 불구하고 초과하는 수해폐기물에 대해서는 위탁 처리하는 수준에 있었다. 이러한 실태에 따른 문제는 앞서 기술하였듯이 다양하게 나타날 수 있다. 따라서 향후 지속적으로 발생할 수 있는 수해폐기물에 대비하기 위해서는 동·면·읍 단위의 수해폐기물 관리 세부계획 수립, 유해폐기물의 별도 관리가 필요하다. 또한 소각과 매립의 재활용 비율을 늘려나가 폐기물 처리 다변화가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 정부(행정안전부)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임[MOIS-재난-2014-02].

References

- Daejeon Development Institute. 2013. *Disaster waste management in Daejeon metropolitan city*.
- Dana Adamcová, Magdalena Daria Vaverková, Bohdan Stejskal, and Eliška Broušková. 2016. Household Solid Waste Composition Focusing on Hazardous Waste. *Polish Journal of Environmental Studies*. 25(2): 487-493.
- Jeong, Sang Jae and Jae Yeong Kim. 2012. Comparison of Disaster

- Debris Guidelines and Analysis of Flood Debris Recovery. *Journal of Korea Society of Waste Management*. 29(5): 497-503.
- Ministry of Environment. 2003. *Countermeasures to promote disposal of flood wastes in the rainy season*.
- Ministry of Environment. 2013. *Disaster waste safety management guideline*.
- Ministry of Environment. 2016. *Status of waste generation and treatment*.
- Ministry of the Environment(Japan). 2012. *Process of disaster debris in the three affected coastal prefectures*. http://kouikishori.env.go.jp/archive/h23_shinsai/implementation/table/pdf/20121214_gaiyou.pdf.
- Ministry of the Interior and Safety. 2017. 08. 17. *Government clarify rainfall damage recovery costs in July to 287.6 billion KRW*.
- National Climate Data Service System. *Cheongju-si climate data*.
- National Institute for Disaster Prevention. 2005. *Study on the countermeasures for the natural disasters by climate change*.
- NewDaily. 2017. 07. 23. *Cheongju, 760 tons of wastes per day in disaster area 'restlessness'*.
- OCHA/UNEP. 2013. *Disaster waste management guidelines*.
- Office for Government Policy Coordination Prime Minister's Secretariat. 2017. 11. 02. *Eup, Myeon, Dong (town) units can be de declared special disaster area*.
- Segye times. 2017. 08. 08. *Chungbuk province casts up to 11,027 tons of waste from flood*.
- Seoul metropolitan government. 2013. *Flood waste disposal countermeasure in heavy rains*.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2016. *EPA has developed guidance for disaster debris but has limited knowledge of state preparedness*.
- Yeonhap News. 2017. 07. 22. *2 times, the amount of generated flood waste 'emergency'*
- Zang, D. Q., P. J. He, and L. M. Shao. 2009. Sorting efficiency and combustion properties of municipal solid waste during bio-drying. *Waste Management*. 29: 2816-2823.

Korean References Translated from the English

- 국립방재연구소. 2005. 기후변화에 대한 자연재난 대처방안 연구.
- 국무조정실 국무총리비서실. 2017. 11. 02. 읍면동 단위까지 특별재난지역으로 선포 가능해진다.
- 기상청 국가기후데이터센터. 청주시 기상자료.
- 뉴데일리. 2017. 07. 23. 청주시, 수해지역 하루 760톤 폐기물 처리 '분주'.
- 대전발전연구원. 2013. 대전광역시 재해폐기물 관리방안.
- 서울특별시. 2013. 집중 호우시 수해쓰레기 처리대책.
- 세계타임즈. 2017. 08. 08. 충북도, 수해쓰레기 11,027톤 신속 처리.
- 연합뉴스. 2017. 07. 22. 발생량 2배 수해폐기물 '산더미' 쓰레기 대란 '비상'.
- 정상재, 김재영. 2012. 국내외 재해폐기물 관리 지침 비교 및 수해폐기물 처리 현황 분석. *폐기물자원순환학회*. 29(5): 497-503.
- 행정안전부. 2017년 8월 17일 보도자료. 정부, 7월 호우피해 복구비 2,876억원 확정.
- 환경부. 2003. 장마철 수해쓰레기 처리 추진대책.
- 환경부. 2013. 재난폐기물 안전관리 지침.
- 환경부. 2016. 전국폐기물 발생 및 처리현황.

Received: Jan. 17, 2018 / Revised: Mar. 27, 2018 / Accepted: Apr. 4, 2018

수해 현장에서의 폐기물 관리 실태

— 청주시 사례 중심으로 —

국문초록 본 연구는 수해폐기물 관리에 대한 청주시 사례조사를 통하여 실제적인 지방정부의 정책대안을 마련하고자 하였다. 청주시의 사례를 통해 종합적으로 판단해 볼 때 우리나라의 수해폐기물 관리는 평상 시 생활폐기물 체계에서 업무강도를 늘리거나, 그럼에도 불구하고 초과하는 수해폐기물에 대해서는 위탁 처리하는 수준에 그치고 있었다. 이러한 실태에 따른 문제는 복구지체, 생활계 유해폐기물 관리 취약성, 재활용 및 재이용 부족으로 나타나고 있었다. 향후 지속적으로 발생할 수 있는 수해폐기물에 대비하기 위해서는 동·면·읍 단위의 수해폐기물 관리 세부계획 수립, 유해폐기물의 별도 관리가 필요하다. 그리고 폐기물 처리에 있어서 가연성 물질은 전량 소각처리가 이루어지고 있으며, 자갈과 같은 무기물은 전량 매립처리 되고 있었다. 수해폐기물은 다량으로 많은 양의 폐기물이 발생하는 만큼 처리의 다변화가 필요하며, 이를 위해 가연물과 무기물의 재활용 비율을 늘려나가는 방안이 필요하다고 판단된다.

주제어 : 수해, 수해폐기물, 수해폐기물 관리

-
- Profiles**
- Won Kyu Kim** : He received his B.A., M.A., from University of Seoul, Korea in 2015. He is a researcher at International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, in which he has worked since 2017. His interesting subject and area of research and education is interdisciplinary research(k10609@hanmail.net).
- Su Won Lee** : He received his B.A. from Hanbat National University, Korea in 2015. He is a researcher at International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, in which he has worked 2017. His interesting subject and area of research and education is interdisciplinary research(track0614@gmail.com).
- Seo Hyeon Na** : She received Bachelor's degree from Hanseo University, Korea in 2017. She is a researcher at International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, in which she has worked since 2016. Her interesting subject and area of research and education is interdisciplinary research(shnaa102@hanmail.net).
- Joo Won Kim** : He received his B.A. from Korea National Open University, M.A. from Soongsil University and Ph.D. from Incheon National University, Korea in 2011. He is a researcher at International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, in which he has worked since 2015. His interesting subject and area of research and education is interdisciplinary research(kjw-0517@hanmail.net).
- Seong Joon Byeon** : He received his B.A., M.A., Degree in Hydroinformatics (Engineering) from Incheon National University, Incheon, Korea, in 2005 and 2008 respectively. And He received his Ph.D. degree in Hydroinformatics (Engineering) from Incheon National University, Incheon, Korea, and University of Nice Sophia Antipolis, Nice, France as dual degree program. His research interest is convergence of computer science and water engineering(seongjune@paran.com).