

# 초소수력 발전 잠재량의 가시화를 위한 앱 개발

## Development of App. for Visualization of Micro Hydro Power Potential

김동현\*, 양창욱\*\*, 이승오\*\*\*

홍익대학교 토목공학과\*, 홍익대학교 정보컴퓨터공학과\*\*, 홍익대학교 건설도시공학부\*\*\*

Dong Hyun Kim(uou543@gmail.com)\*, Chang Wook Yang(ycw92325@naver.com)\*\*,  
Seung Oh Lee(seungoh.lee@hongik.ac.kr)\*\*\*

### 요약

신재생에너지에 대한 관심이 증가하고 있지만 부정적인 여론으로 인해 초소수력 발전소 개발이 부진한 실정이다. 그러나 다른 신재생에너지에 비해 에너지 변환효율이 높고 이산화탄소를 배출하지 않아 대체에너지로써 개발 및 확대에 대한 관심이 필요하다. 이에 본 연구는 이클립스(Eclipse)를 이용하여 초소수력 발전량을 가시화하는 지도를 담은 애플리케이션을 개발하였다. 이를 통해 먼저 대상지점을 선택하고 미 공병단에서 제공하는 HEC-HMS으로 산출한 확률 설계유량으로 발전용량을 산정한 후 경제성 분석을 수행할 수 있다. 시범지역으로 강수량이 풍부한 강원도 영월군을 선정하고, 국가수자원관리종합정보에서 제공하는 기초자료를 이용하여 초소수력 발전 잠재량 분석을 수행하였다. 본 연구 결과로 대상지점의 예상발전량, 연간전기생산량, 경제성분석 등을 단시간에 평가할 수 있고, 전국을 대상으로 잠재되어 있는 초소수력 발전 가능지역을 선별하는데 활용될 것으로 기대된다. 또한 간편하게 발전 가능지역을 선별할 수 있기 때문에 초기 투자비용을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

■ 중심어 : | 초소수력발전 | 애플리케이션 | 가시화 | 경제성 평가 |

### Abstract

Interest in all kinds of renewable energies has been highly increased while the micro-small-hydro power(MSHP) development has shown relatively slowly growth because of the negative public recognition about dam site development. It is, however, announced that the micro-SHP shows higher energy conversion efficiency compared to other renewable energies and does not emit any carbon dioxide. Thus, it is concerned about the development and application of micro-SHP as an alternative energy. In this study, the application for Android was exploited with Eclipse to visualize readily the potential realizable amount of hydropower by micro-SHP. With this application, we can select the region from the map, obtain the design discharge of the selected site was calculated with HEC-HMS, presented by U.S. Army of Corp. and perform the simply economic analysis in sequence. Yeongwol in Gangwon-do Province, Korea was chosen as the target area since historically abundant precipitation was found and it is possible to obtain fundamental data from WAMIS. Results from this study could be expanded the whole region of Korea. Also, the initial investment cost would be reduced if the location for micro-SHP would be determined properly, because this application can help us easily select and examine the potential micro-SHP sites without on-the-spot visit.

■ keyword : | Micro-Small-Hydro Power | Application | Visualization | Economic Evaluation |

\* 본 연구는 국토교통부 국토교통기술지역특성화사업 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 16RDRP-B076564-03)에 의해 수행되었습니다.

접수일자 : 2016년 12월 14일

수정일자 : 2017년 03월 16일

심사완료일 : 2017년 04월 12일

교신저자 : 이승오, e-mail : seungoh.lee@hongik.ac.kr

## 1. 서론

국내의 경우 에너지자원이 부족하여 에너지 해외의존도가 97%로 매우 높은 실정이다. 기존의 에너지원인 석유나 석탄과 같은 화석에너지도 머지않아 고갈될 것이라는 예측은 수년 전부터 나왔고, 이러한 화석에너지의 사용으로 인하여 발생하는 이산화탄소와 같은 온실효과 가스는 지구 온난화를 심화시키는 원인으로 꼽히고 있다. 이산화탄소 배출량을 줄이고, 부족한 에너지를 경제적으로 충분히 생산하는 원자력 에너지의 경우에도 '방사선 오염'의 문제로 사람들의 거센 저항을 받고 있어 현실적으로 더 많은 원자력 에너지 이용이 불가능하다. 이러한 상황에 전 세계적으로 청정한 에너지를 적극 개발하는 신·재생에너지에 대한 관심이 집중되었다. 또한 정책적으로 신·재생에너지공급의무화(RPS, Renewable Portfolio Standard)제도로 인하여 총 발전량의 일정비율 이상을 신·재생에너지를 이용하여 공급하여야 한다. 신·재생에너지 중의 하나인 초소수력발전은 대수력에 비해 친환경적이며 수명이 길고, 다른 자원을 사용하는 발전소들보다 효율적이다. 국내에는 초소수력 발전의 부존 잠재량이 150 MW로 확인되어 있고, 에너지원일 뿐만 아니라 식수공급체계와 관계기능 등의 다양한 부수적인 효과를 거둘 수 있다고 평가되고 있다.

일반적으로 댐 사업은 댐의 필요성, 경제성, 환경성, 공사비 등을 충분히 검토하고 관련된 상위계획도 사전에 조사하여야 한다. 조사계획에 있어서 계획조사, 기본조사, 실시조사 등 단계를 거쳐 수립한다. 그 중 계획조사에서는 2~3개 후보지를 선정하고 수문, 기상, 지형, 지질 및 입지조건 등 기존 자료를 광범위하게 수집·검토하여 타당성 조사 시 댐 건설의 가능성 판단과 장·단점을 비교·검토하여 선정한다. 또한 사업절차는 크게 3단계로 ① 예비타당성조사(prefeasibility study), ② 타당성조사(feasibility study), ③ 기본설계(basic design)와 실시설계(detail design)로 나뉜다. 이에 본 연구의 대상범위는 예비타당성 조사 단계 시 필수 사항인 기상, 수문, 하천상황 및 경제성 분석으로 대상지점의 초소수력발전 가능 잠재량 평가와 경제성 분석이 수행 가능한

애플리케이션을 개발함에 있다. 본 연구에서는 예비타당성조사의 일환으로 비교적 짧은 시간과 적은 비용으로 사업의 추진필요성 등을 판단할 수 있도록 하였고, 경제적이고 단순한 방법을 활용하여 발전가능 잠재량을 가시화 하여 초소수력발전 개발에 대한 부정적인 시각과 초기 높은 투자비용을 감소시키고자 하였다. 유량분석은 WAMIS(국가수자원관리종합정보시스템)의 관측소 유량 자료와 기상청의 강우자료를 이용한 유출량을 비교 검정하여 산정하였고, 산정된 설계유량을 근거로 발전용량을 추정한 후, 경제성 타당성을 간략히 분석하였다. 경제성 분석은 일반적으로 활용도 높은 비용편익법을 이용하여 관측소 지점의 초소수력발전 가능 잠재량을 비교 분석하였다. 특히 이클립스(Eclipse) 프로그램을 이용하여 안드로이드 기반의 애플리케이션을 제작하였다.

미래의 토목구조물의 인프라도 모바일 애플리케이션을 통하여 관계자의 피로도를 낮추고 정보제공자 간 상호작용이 가능하도록 구축되어야 할 것이다[1]. 기존의 소수력발전 성능 예측 프로그램의 방법론[2]과 큰 차이는 없으나 애플리케이션 제작을 통해 미리 가능 지역을 검토하고 혹은 현장에서 직접 편리하게 대략적인 발전량과 경제성 검토를 진행함으로써 사업의 추진필요성 등을 판단할 수 있을 것이라 생각된다. 김인겸(2014) 등은 제주시를 대상으로 기상 콘텐츠 및 해양레저 콘텐츠 앱을 위해 설문결과를 이용한 사례가 있다[3]. 또한 신동희(2014) 등은 사용자 측면의 신속성과 콘텐츠 측면의 신뢰도가 앱의 활용에 큰 영향을 준다는 것을 도출하였다[4]. 강상구(2010) 등은 위성영상정보를 가시화뿐만 아니라 분석 알고리즘을 처리하는 앱을 개발하였다[5]. 지도 정보와 관련하여서는 강상구(2011) 등이 지도 정보의 대중화에는 크게 기여하고 있지만 공간영상정보와 같은 고부가 정보자원을 이용하여 분석기능을 제공하는 전문적인 앱은 보고된 사례가 없다고 하였다[6]. 이후 박진우(2013) 등은 스마트폰에서 트래버스 및 현황 측량이 가능한 안드로이드용 앱을 개발한 사례가 있다[7].

## II. 본론

### 1. 발전 가능량 산정

#### 1.1 발전용량

초소수력발전은 형식 및 규모에 따라 차이가 있지만 기본적으로 수위차로 발생하는 중력으로 인해 수차를 회전시키고 수차에 연결된 발전기가 전기를 생산하는 방식이다. 본 연구에서는 발전형식을 댐식으로 제한하고 각 지점의 발전량 산정은 실제 초소수력 발전소 설계에서 일반적으로 사용되는 식 (1)을 이용하였다.

$$P = 9.81 \times Q \times H_e \times \eta_t \times \eta_r \quad (1)$$

여기서  $P$ =시설용량(kW),  $Q$ =설계수량( $m^3/s$ ),  $H_e$ =유효낙차(m),  $\eta_t$ =수차효율,  $\eta_r$ =발전기효율이다.

#### 1.2 설계유량

초소수력발전 가능량 산정에 있어서 매우 중요한 인자이지만 일반적으로 하천에서 시간과 공간에 따라 기상 및 강우특성에 영향을 많이 받는다. 본 연구에서는 계측지역과 미계측지역으로 나누어 유량을 산정한 후 비교 검증은 해보았다. 관측소가 있는 지점의 관측자료와 똑같은 지점에서의 강우자료를 통하여 산정한 유출량과 비교를 한 후 30% 확률유량을 설계유량으로 산정하였다. 2010년 강원발전연구원의 조사에 따르면, 소수력의 연간 이용률은 30~40%로 나타났고, 본 연구에서는 30%의 이용률을 목표로 하여 설계유량을 30%의 확률유량으로 가정하였다[8].

#### 1.3 유효낙차

설계유량만큼 중요한 인자로 형식에 따라 산정방법이 다르고 물이 수차발전기에 도달하는 수직거리를 말한다. 소수력 발전소는 형식에 따라 유효낙차를 산정하는 식이 제시되어 있으나 본 연구에서는 댐식으로 형식을 제한하였고, 손실낙차를 고려한 식 (2)을 이용하였다. 댐식의 경우 보와 같이 월류식 댐을 만들어 수압관을 통해 발전기에 보내는 형태로 방수구와 댐의 상단 높이차로 계산한다. 최대 유효낙차는 최대사용낙차의

95%로 하고 댐식 발전소의 경우에는 저수위로 인한 유효낙차의 변화가 발생하고 보통은 평균유효낙차를 사용하는데 소수력의 경우 보의 높이가 낮아 평균유효낙차의 95%를 유효낙차로 사용한다[9].

$$H_e = H \times 0.9 \quad (2)$$

여기서  $H_e$ =유효낙차(m),  $H$ =댐 높이(m)이다.

#### 1.4 연간 전기생산량

경제성 분석을 위해서는 그 지점에서의 연간 전기생산량을 산정해야 하는데 여기에다 발전시설의 가동률을 적용하여야 한다. 본 연구에서는 강원발전연구원의 조사에 따라 가동률을 30%로 가정하였고 연간 전기생산량 식은 식 (3)과 같이 산정하였다[10].

$$E_a = 8760 \times C \times L_f \quad (3)$$

여기서  $E_a$ =연간 전기생산량(MWh),  $C$ =발전용량(kW),  $L_f$ =가동률(0.3)이다.

## 2. 초소수력발전 후보지 선정

본 연구에서는 초소수력발전 후보지를 강원도 영월군으로 시범적으로 선정하였다. 강원도는 연평균 강수량이 1,245 mm로 풍부하고 전체 면적의 82%가 산지로 구성되어 있어서 상대적으로 일반하천 발전사업을 진행하기 용이하다고 판단하였다. 또한, 강원도 내의 영월군은 수위관측소와 유량관측소의 수가 상대적으로 많아 정확한 설계유량을 산정하기 유리하다.



그림 1. 강원도 영월군 후보지 선정(신천 관측소)

### 3. 설계유량 산정

#### 3.1 유량지속곡선

유량지속곡선은 지점에서 사용할 수 있는 하천유량을 평가하는 것으로 하천유량이 특정 유량 이상일 크기의 확률을 구하고자 하는데 목적이 있다. 유량지속곡선은 x축이 시간비(exceedance probability, %), y축이 유량( $m^3/s$ )인 그래프이며 x축이 의미하는 시간비는 전체 데이터에 대해 유량이 해당 유량 이상일 확률을 나타낸 값이다. 본 연구에서는 가동률을 30%로 가정하였기 때문에 유량지속곡선 상의 시간비 30%의 유량을 설계유량으로 산정하였다.

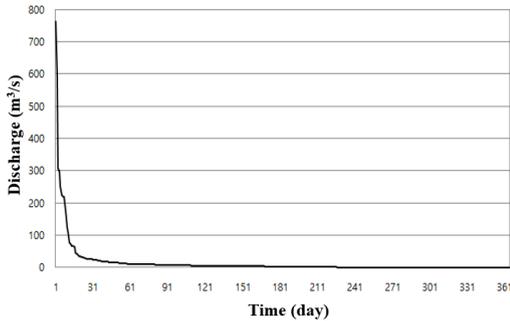


그림 2. 신천관측소 지점 유량지속곡선(수위자료)

#### 3.2 계측지역 설계유량

영월군 내의 수위관측소는 영월, 거운 신천 영월2, 옥동, 주천, 팔괴 총 7개의 수위관측소가 존재한다. WAMIS에서 각 관측소의 수위자료를 수위-유량관계곡선에 의하여 유량자료로 변환하고 이를 이용하여 유량지속곡선을 그리고 유량지속곡선의 30%에 해당하는 유량을 설계유량으로 산정하였다. [그림 2]는 2009년도 영월 수위관측자료를 이용한 유량지속곡선이다.

#### 3.3 미계측지역 설계유량

현실적으로 하천의 관측소가 없는 지점이 더 많기 때문에 미계측 지점의 유출량은 기상청의 강우자료를 이용하여 Arc GIS와 HEC-HMS로 산출하였다.

유역에 강수가 발생하면 최종적으로 유역출구에서 유출로 나타나며 강수와 유출간의 관계를 Arc GIS를 이용하여 전처리 과정을 거치고 전처리를 통한 자료를 HEC-HMS를 이용하여 지점의 유출량을 산정하였다. 토양의 종류, 토지이용상태, 식생의 피복상태 및 선행토양함수조건 등을 고려하여 유출량을 산정하였다. 계측지역의 자료와 비교를 위해 영월군 내의 관측소 지점에서의 유출량을 산정하여 비교해 보았다. [그림 3]은 이 자료로 유량지속곡선을 나타낸 것이고 [그림 4]는 2009년 강우유출량을 나타낸 것이다.

표 1. 관측소지점 발전량 및 경제성 검토

지점	신천	팔괴	영월2	거운	옥동	주천	영월
가동률(%)	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
유효낙차(m)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
하천폭(m)	200	170	170	210	165	129	260
설계유량(cms)	6.25	73.58	19.3	24.36	1.95	3.33	22.78
발전용량(KW)	220.5	2595.9	680.9	859.4	68.8	117.5	803.7
연간발전량(KWh)	579474	6822032	1789416	2258558	180796	308744	2112067
발전방식	댐식	댐식	댐식	댐식	댐식	댐식	댐식
구조물건설비(억원)	3.47	2.95	2.95	3.64	2.86	2.24	4.51
수차발전설비(억원)	2.32	13.05	5.11	6.02	1.03	1.49	5.74
변전설비(억원)	0.42	0.65	0.47	0.48	0.41	0.42	0.48
초기투자비(억원)	8.21	21.98	11.26	13.39	5.68	5.48	14.16
30년총투자비용(억원)	14.53	38.92	19.94	23.71	10.05	9.7	25.08
발전단가(원/kWh)	143	143	143	143	143	143	143
30년전기판매액(억원/년)	16.99	200.06	52.48	66.23	5.3	9.05	61.94
B/C비	1.17	5.14	2.63	2.79	0.53	0.93	2.47

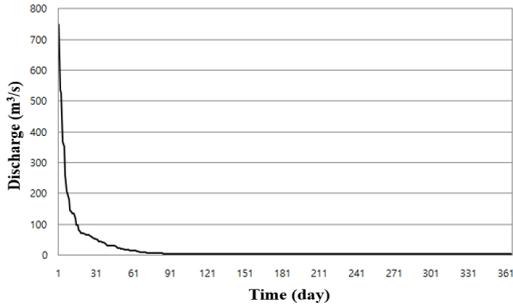


그림 3. 신천관측소 지점 유량지속곡선(강우자료)

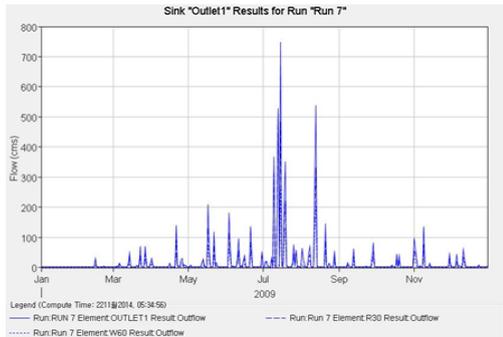


그림 4. 신천관측소 지점 유출량 그래프(HEC-HMS)

정확한 설계자료에 의하여 산정되지만 본 연구에서는 예비조사지의 개략적인 경제성을 분석하기 위함임으로 중요한 몇가지 요소로 구분하여 산정하였다. 다음의 식은 박완순(2004)의 식을 참고하였고, 이를 참고로 하여 가장 보편적이고 분석년도에서 적절한 입력데이터를 설정하였다[9]. 입지개발과 관련된 비용은 크게 직접비와 간접비로 구분하며, 직접비로는 댐공사비, 터널공사비, 발전설비비, 변전설비비, 송배전설비비 및 발전소 부속 건물비가 있으며 간접비는 설계비, 인허가 및 공사감리로 구분될 수 있다. 본 연구에서는 직접비 비용으로 구조물건설비, 수차발전설비, 변전설비비 총 3가지로 구분하여 산출하였다. 각 비용은 다음 식과 같다.

$$C_d = (42,600H_d^2 + 111,560H_d + 111,560) \times L_d \quad (4)$$

$$C_m = 9,000,000 \times C^{0.7} \times H_e^{-0.35} \quad (5)$$

$$C_{tr} = 0.36C^2 + 8,529C + 40,584,150 \quad (6)$$

여기서  $C_d$ =댐 건설 비용(원),  $H_d$ =댐 높이(m),  $L_d$ =댐 길이(m),  $C_m$ =수차발전설비 비용(원),  $C$ =발전용량(kW),  $H_e$ =유효낙차(m),  $C_{tr}$ =변전설비 비용(원)이다.

### 3.4 유량자료 비교·검토

관측소가 있는 지점에서 2009년의 WAMIS 수위자료와 기상청의 강우자료를 이용하여 각각 그 지점의 유량 지속곡선을 그리고 30% 해당하는 설계유량을 산정한 결과  $6.25 \text{ m}^3/\text{s}$ (수위관측소),  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$ (HEC-HMS)로 나타났다. 약 10%의 오차가 발생함을 확인하였다.

## 4. 경제성 분석

### 4.1 비용·편익 분석법

비용·편익 분석법은 사업에 투입되는 비용과 산출되는 이익을 비교분석하여 경제성을 검토하는 기법을 말한다. 그 사업의 가치는 B/C 비율로 나타내며 B는 이익, C는 비용을 말한다. 사업이 경제성을 갖기 위해서는 B/C 비율이 1보다 커야 한다.

### 4.2 비용 분석

초소수력발전 입지선정을 위한 비용산정은 많은 자료와

이러한 직접비 외의 부속건물비는 발전소의 크기에 비례하므로 3가지 직접비의 10%로 가정하고 간접비는 직접비 총액의 20%로 가정하였다. 따라서 초기투자비는 식 (7)과 같고, 총 투자비용은 초기 건설비와 매년 발전소 운영상 소요되는 유지관리비용을 합쳐 산출하였다. 발전소 건설기간을 1년으로 가정하고 N년 후의 총 투자비용은 식 (8)과 같다.

$$C_i = \{(C_d + C_m + C_{tr}) \times 1.1\} \times 1.2 \quad (7)$$

$$C_c = C_i(1 + i_r) + C_i \sum_{N=1}^N \frac{o_m}{(1 + i_r)^N} \quad (8)$$

여기서  $C_i$ =초기투자비(원),  $C_c$ =총 투자비(원),  $i_r$ =이자율,  $o_m$ =유지관리비용,  $N$ =발전소 운영기간(년)이다. 유지관리비용은 3.63%로 가정하고 이자율은 2009년 기준으로 적용하여 산출하였다.

### 4.3 이익 분석

초소수력 발전소 운영을 통해 발생하는 수익을 계산하기 위해 본 연구에서는 발전된 전력량과 판매가격을 다음 식을 이용하여 고려하였다.

$$B = \sum_{N=1}^N \frac{E_a C_e}{(1+i_r)^N} \quad (9)$$

여기서  $E_a$ =연간전기생산량(kWh),  $C_e$ =전력판매가격(원/kWh)이다. 전력판매가격은 2009년 고정요금인 143(원/kWh)을 적용하였다.

[표 1]은 영월군의 수위관측소 지점을 대상으로 가소수력 발전용량과 그에 따른 경제성 분석을 실시한 결과이다. 유효낙차는 모두 4.5 m로 가정하였고 이는 현장조사에 따라 변경가능하여 산정할 수 있는 값이며 팔괴지점에서 B/C의 값이 5.14로 가장 크게 나타났다.

### 4.4 애플리케이션 검증

김정현 외 3명(2011)은 경북 북부지역을 대상으로 소수력발전 자원조사에 관한 연구를 진행하였다[11]. 총 5곳의 후보지 중 3개소를 선정(경상북도 봉화군, 경상북도 영주시 문수면, 경상북도 예천군)하여 지형자료 구축, 유량관측을 통하여 발전용량과 수차형식 및 대수를 결정하였다. 또한 이를 토대로 경제성 평가를 실시하였다. 이를 본 연구에서 애플리케이션을 이용하여 산정한 결과와 비교하였다. 유효낙차와 설계유량이 비슷한 경상북도 영주시 문수면과 경상북도 예천군의 결과를 본 연구의 대상지인 신천 관측소 지점을 비교하였다.

그 결과, 유효낙차와 설계유량이 비슷한 곳의 연간발전량과 설비용량은 상대오차 7% 이내로 나타났고, 경제성 평가와 관련된 B/C 비같은 경우에는 약 10% 정도로 나타났다. 이는 각각 설계유량과 유효낙차가 조금씩 차이를 나타내기 때문으로 사료된다. 상대오차는 [표 2]에서 제시한 발전용량과 B/C비를 이용하여 산정하였다. 따라서, 애플리케이션의 계산과정은 충분히 이용될 수 있다고 판단되며 각 지점별로 설계유량 및 유효낙차의 DB가 구축된다면 애플리케이션의 실효성이 증대될 것으로 기대된다.

## 5. 초소수력 발전 가능량 지도

### 5.1 관측소지점 발전 가능량 검토

영월군 내의 관측소 지점에서의 발전 가능량과 경제성 검토를 하였다. 설계유량은 WAMIS 수위자료를 이용하였고 유효낙차는 4.5 m로 가정하였다. 강원발전연구원에 따르면 소수력발전 설계 시 사용되는 수차발전

표 2. 관측소지점과 선행연구 선정지 결과 비교

지점	권선리	형호리	신천
가동률(%)	30%	30%	30%
유효낙차(m)	4.5	4.0	4.5
설계유량(cms)	6.72	6.53	6.25
발전용량(KW)	237.0	205.0	220.5
연간발전량(MWh/년)	623.1	538.2	579.5
발전방식	댐식	댐식	댐식
초기투자비(억원)	6.31	5.45	8.21
30년총투자비용(억원)	-	-	14.53
발전단가(원/kWh)	137.62	137.62	143
30년전기판매액(억원)	-	-	16.99
전기판매액(억원/년)	0.86	0.74	0.57
B/C비	1.05	10.5	1.17

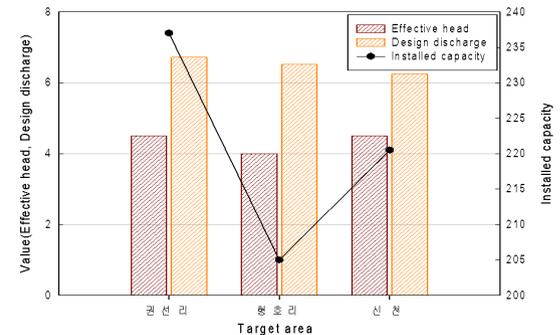


그림 5. 결과 비교 검증1(입력자료)

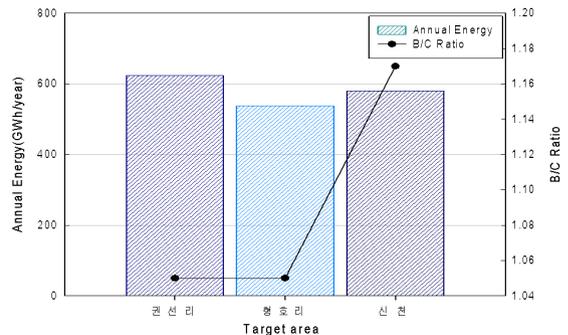


그림 6. 결과 비교 검증2(출력자료)

기 개략 설계메뉴얼에 따라 수차효율과 발전기 효율도 가정하여 합성효율을 80%로 하였다[12]. 각 지점의 하천폭은 위성사진을 이용하여 대략적인 값으로 나타내었다. [표 2]는 각 지점의 발전량과 경제성을 나타낸 것이다.

### 5.2 초소수력 발전 가능량 지도

Arc GIS를 이용하여 영월군 내 하천 격자에 B/C 비율을 적용하여 발전가능량 지도를 제작하였다. 자료를 지도로 가시화 함으로써 한 눈에 발전량을 검토할 수 있는 장점이 있다.

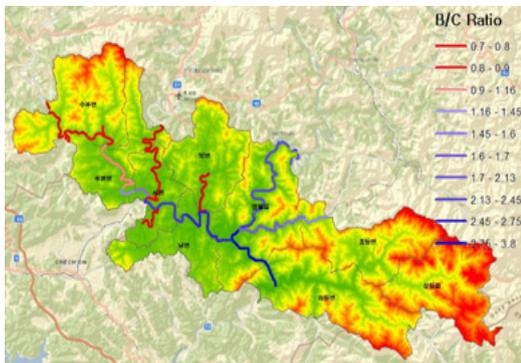


그림 7. 영월군 초소수력 발전 가능량 지도(Arc GIS)

## 6. 애플리케이션 개발

MEMS(micro-electro mechanical systems) 기술의 발달과 함께 첨단 기능을 가진 센서들이 초소형화, 저가격화 되면서 스마트폰의 활용도가 점점 증가하고 있다. 스마트폰은 고해상도 카메라, GPS, 자이로스코프, 자기 센서 등과 같은 다양한 센서를 탑재하고 있어 다양한 연구에 활용될 수 있다[13]. 이를 이용한 스마트폰의 3차원 위치 결정과 자세정보 결정 등 공간정보와 함께 고해상도 영상 획득이 가능하다. 이로 인해 스마트폰은 한정적인 공간의 정보습득과 장소에 대한 제약사항을 해결 할 수 있다[14]. 따라서 스마트폰은 토목분야에도 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

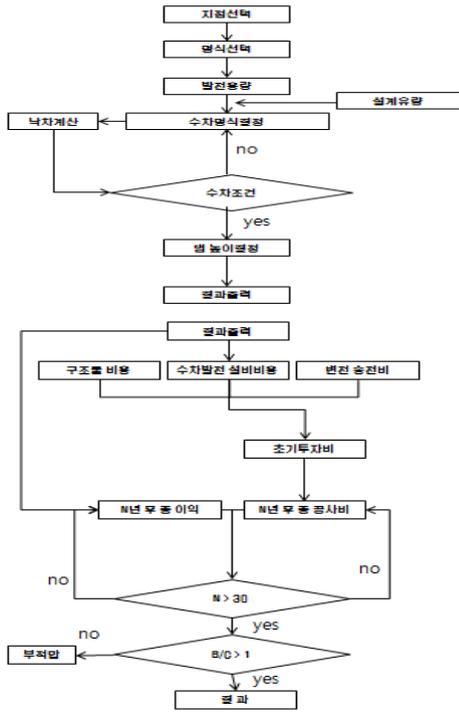
본 연구에서는 Java로 만들어진 통합 개발 환경인 이클립스(Eclipse)를 이용하여 안드로이드 기반의 발전량

산정과 경제성 분석이 가능한 애플리케이션을 개발하였다. Google Map Android V2를 이용하여 지도 화면을 구현하고 DBMS인 SQLite DB에 GIS 데이터를 적재하여 안드로이드 자체 DB인 SQLite에 저장하였다. 이 SQLite는 내·외장 메모리도 지원가능하며 실시간으로 데이터 저장 및 처리가 가능하다. 모바일로도 사용자가 요청한 위치정보를 구글맵과 같은 지도서비스와 애플리케이션을 통해 빠르게 제공받고 처리할 수 있다 [15]. 해당 DB Table은 번호, 위도, 경도, 사용 수량, 하천 폭 5개의 필드로 구성되며, 기본키는 번호이다. 사용자가 원하는 지점 선택 후 인자를 결정하여 주면 그것에 맞게 발전용량이 산정되고 경제성 분석이 이루어진다. B/C 비율의 값을 통해 인자의 결정이 경제성을 갖는지 판단할 수 있다.

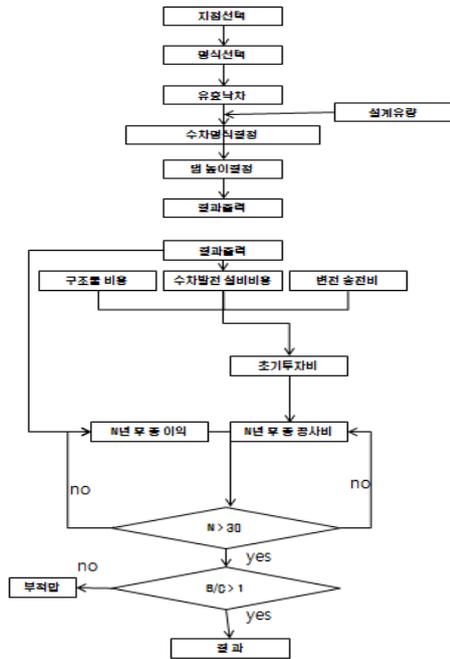
### 6.1 프로세스

3가지 형식의 구현 프로세스를 구성하였다. 애플리케이션 사용자의 초기 인자 선택에 따라 구현된다. 사용자가 발전용량을 선택하는 경우, 유효낙차를 선택하는 경우, 인자선택을 하지 않는 경우에 따른 프로세스는 [그림 8]에 나타나있다. 프로세스 1의 경우는 사용자가 원하는 발전용량을 선택하게 되면 현장조건에 맞는 수차와 낙차가 계산되고 수차조건이 만족하면 그 값으로 경제성 분석을 수행한다.

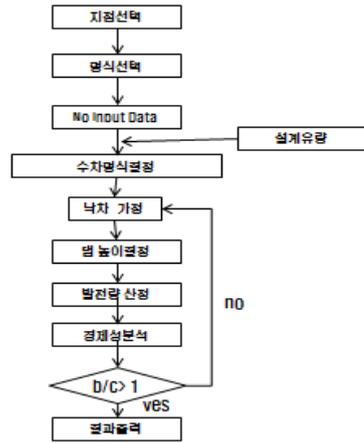
프로세스 2의 경우에는 사용자가 원하는 댐 높이를 설정하면 그 값에 맞는 유효낙차와 수차가 선정되어 프로세스가 진행된다. 프로세스 3의 경우에는 사용자가 어떠한 입력값도 설정하지 않으면 수차형식과 낙차의 가정을 통해 발전량과 경제성 분석이 이루어지며 B/C 비율이 1이 넘을 때의 값을 결과로 출력하게 된다. 초소수력 발전소의 수명을 평균 30년으로 보고 30년까지 운영된다고 가정하여 경제성분석을 실시하였으며 30년 후의 이익과 비용을 비교하여 적합성을 판단하였다. 인자를 선택하지 않는 경우는 B/C 비율이 1이 넘는 최소 운영기간도 표시하도록 제작하였다.



(a) 프로세스 1



(b) 프로세스 2



(c) 프로세스 3

그림 8. 프로세스의 구성

### 6.2 애플리케이션 화면구성

화면구성은 초기화면, 지도화면, 발전형식 선택, 인자 선택, 결과화면으로 구성되어있다. [그림 9-(a)]과 같이 초기화면은 4가지 버튼으로 구성되어있는데 화면 중앙에 배치되어있는 ATLAS의 아이콘을 선택하면 지도화면으로 전환되도록 제작되었다. 지도화면에서는 하천에 따라 분석되어있는 지점이 초록점과 빨간점으로 나타나 있다. 빨간점은 관측소가 있는 위치이며 초록점은 일반적인 하천을 나타낸다. [그림 9-(c)]는 지점을 선택 하였을 때 나타나는 화면으로 그 지점의 유역면적, 설계유량, 하천폭이 화면에 나타난다. 화면 아래쪽에 SELECTION 버튼을 누르면 지점분석을 실시한다. [그림 9-(d)]과 같이 지점분석 첫 단계로 발전형식 선택화면이 나타나고 댐식과 자연유하식을 선택할 수 있으나 현재는 댐식만 가능하다. [그림 9-(e)]의 인자선택 화면에서는 발전용량, 구조물 높이, 수차형식을 선택할 수 있으며 사용자가 충족시키고자 하는 인자를 선택하면 다음 화면에서 그 값을 입력할 수 있다. [그림 9-(f)]를 보면 입력가능한 범위의 값이 기록되어 있다. [그림 9-(g)]는 분석 결과화면으로 설계유량 우측에 그래프 버튼을 선택하면 유량지속곡선이 나타나고 화면 하단에 MONEY 버튼을 선택하면 경제성분석화면이 나타난다. 경제성분석화면은 [그림 9-(h)]에 나타나있다. B/C 비

율이 1이 넘지 않을 경우엔 빨간색으로 표시되도록 제작하였다.

### 6.2 애플리케이션 검증

본 연구에서 개발한 애플리케이션의 계산과정은 예비설계 과정에서 사용하고 비교적 간단한 식들로 이루어져있다. 기준이 되는 B/C 비율에 의해 간단히 판단하게 됨으로 애플리케이션 자체적인 값에 대한 검증보다 애플리케이션과 실제 소수력발전소의 설치 지역의 설계당시 제원으로 애플리케이션 결과와 실적자료의 비교를 통해 검증할 필요가 있다.



(a) 초기화면



(b) 지도화면



(c) 지점선택



(d) 발전 형식



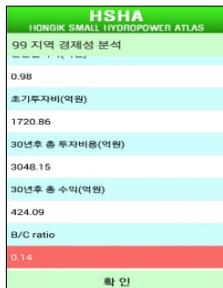
(e) 댐식 인자



(f) 인자값 입력



(g) 결과화면



(h) 경제성분석 화면

그림 9. 애플리케이션 화면 구성

### III. 결론 및 추후연구

신·재생에너지가 기존의 화석연료에 비해 에너지효율이 떨어지는 것은 사실이나, 친환경적인 에너지이며 RPS제도로 인하여 신·재생에너지의 개발은 불가피하다. 신·재생에너지 중의 하나인 초소수력발전은 다른 신·재생에너지의 비해 초기 투자비용이 높지만, 효율이 좋고 수명도 길다는 장점이 있다. 또한 국내에는 초소수력 발전 잠재 부존량이 풍부하기 때문에 개발할 가치가 있다고 판단된다. 본 연구에서는 초기 투자비용을 감소시키기 위한 목적으로 하천지역의 초소수력발전 가능량을 평가할 수 있고, 경제성을 분석해주는 안드로이드 기반의 애플리케이션을 개발하였다. 기존 선행연구의 예측기법 자체는 동일하나, 웹에서만 구현하였던 것을 애플리케이션으로 제작함으로써 예비타당성 조사를 현장에서 혹은 보다 간편하게 실시할 수 있는 장점이 있다.

산지가 많고 강수량이 풍부한 강원도 내에 관측소 제원이 다수 존재하는 영월군을 우선적으로 분석하였고, 관측소가 설치되어 있는 지점에 관측자료와 강우자료를 통한 확률론적 유출량을 비교하여 설계유량을 산정하였다. 그 결과 관측값과 강우자료의 유출량 값은 경향은 비슷하나 약 10% 정도의 차이를 보였다. 발전형식은 국내 초소수력발전소의 약 80%를 차지하는 댐식을 우선 선택하여 애플리케이션을 제작하였고, 수차 선택이 가능하게 하여 효율 계산을 하였다. 2009년 관측자료를 이용하였기 때문에 경제성 분석 시 2009년 당시 이자율이나 전기요금을 적용하였고 초소수력발전소의

구조 수명은 30년으로 가정하였다.

영월군 내의 관측소 지점 별 경제성 분석을 한 결과 유효낙차를 4.5 m로 가정하였을 때 유량이 풍부한 팔곡수위관측소 지점이 가장 높은 경제성을 보였다. 이러한 발전량 분석을 하는 과정을 이클립스(Eclipse) 프로그램을 이용하여 제작하였고, 이용자가 이해하기 쉽게 화면에 지도를 나타내었다. 설계유량은 앞서 분석되어 있는 자료를 불러들이도록 제작하였고, 각 프로세스에 따라 유효낙차나 수차형식을 가정하여 반복 계산한 후 조건을 만족하는 결과 값이 출력되도록 하였다. 이 결과를 기존의 선행연구의 유사한 유효낙차와 설계유량을 갖는 소수력발전 후보지점과 대상지에 대한 기본 설계제원과 비교를 실시하였고, 각 결과의 오차가 10% 이내로 나타났다. 추후 경제성 분석 시 배전설비비 부분이 포함된다면 비용 산정의 정확성을 높이고, 강우자료와 유량자료를 더 확보하여 사용하는 연구가 진행된다면 정확성을 높일 수 있을 것이라 판단된다. 또한 유효낙차를 수치지도 자료를 이용하여 애플리케이션에 적용한다면 좀 더 정확한 결과 값이 나올 것이라 예상된다. 전문가뿐만 아니라 일반시민들도 애플리케이션을 사용한다면 댐건설이라는 부정적 시각을 완화하고 예비조사 단계의 번거로움을 줄임으로써 경제성이 높아질 것으로 기대한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 강현수, 이주신, 정철, “모바일 관광정보 애플리케이션 분석을 통한 관광정보 콘텐츠 개선방안,” 한국콘텐츠학회 2015 춘계 종합학술대회, pp.237-238, 2015.
- [2] 박완순, 이철형, “소수력발전 성능특성 분석기법,” 한국태양에너지학회, 제21권, 제1호, pp.21-25, 2001.
- [3] 김인걸, 박기준, 김경윤, 김백조, 박길운, “제주지역 관광 - 기상서비스 콘텐츠 개발 연구,” 한국콘텐츠학회 2014 추계 종합학술대회 논문집, pp.361-362, 2014.
- [4] 신동희, 김용문, “국내 재난관련 공공 앱의 활성화 방안 연구,” 한국콘텐츠학회, 제14권, 제11호, pp.644-656, 2014.
- [5] 강상구, 이기원, “위성영상정보 분석을 위한 안드로이드 스마트폰 앱 개발,” 대한원격탐사학회지, 제26권, 제5호, pp.561-570, 2010.
- [6] 강상구, 이기원, “위성영상정보 기반 코너 포인트 객체 추출 안드로이드 스마트폰 앱 개발,” 대한원격탐사학회지, 제27권, 제1호, pp.33-41, 2011.
- [7] 박진우, 이성규, 서용철, “스마트폰과 Google Earth를 이용한 TS 측량 및 가시화 안드로이드 앱 개발,” 대한원격탐사학회지, 제29권, 제2호, pp.253-261, 2013.
- [8] 강원도, 강원도 소수력발전의 현황과 과제, 강원발전연구원, 2010.
- [9] 한국에너지기술연구원, 소수력 에너지 이용기술, 2004.
- [10] 김길호, 이충성, 이진희, 심명필, “경제성분석에 의한 소수력 개발의 최적규모 결정 방안,” 한국수자원학회논문집, 제12권, 제185호, pp.995-1005, 2007.
- [11] 김정현, 김동현, 황종규, 김성원, “경북 북부지역 소수력발전 자원조사에 관한 연구,” 대한토목학회논문집, 제31권, 제5B호, pp.459-466, 2011.
- [12] ESHA, “Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant,” 2004.
- [13] 이성규, 김진수, 김영섭, 최철용, “카메라 기반의 원격 모니터링 시스템을 위한 안드로이드 스마트폰 앱 개발,” 한국공간정보학회지, 제19권, 제5호, pp.87-95, 2011.
- [14] 이영호, 김종훈, 김재권, 민경필, 정은영, 박동근, “스마트 폰 기반의 당뇨병 환자를 위한 개인 맞춤형 식단 관리 시스템,” 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제12호, pp.1-9, 2010.
- [15] 김형준, 이근상, 박진호, 모바일 GIS 프로그래밍, 지앤선 출판사, 2012.

저 자 소 개

김 동 현(Dong Hyun Kim)

정회원



- 2015년 2월 : 홍익대학교 토목공학  
학과(공학사)
- 2017년 2월 : 홍익대학교 토목공학  
학과(공학석사)

<관심분야> : 수공학, 수문학

양 창 옥(Chang Wook Yang)

준회원



- 2015년 2월 : 홍익대학교 정보컴  
퓨터공학과(공학사)

<관심분야> : 애플리케이션, 컴퓨터공학

이 승 오(Seung Oh Lee)

정회원



- 1997년 2월 : 한양대학교 토목공학  
학과(공학사)
- 1999년 2월 : 한양대학교 토목공학  
학과(공학석사)
- 2006년 2월 : Georgia Institute  
of Technology 토목공학과(공학  
박사)

- 2007년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 건설도시공학부 교수

<관심분야> : 수공학, 환경수리학