

# 대한기계학회 주최

## 제12회 전국학생설계경진대회(2022년)

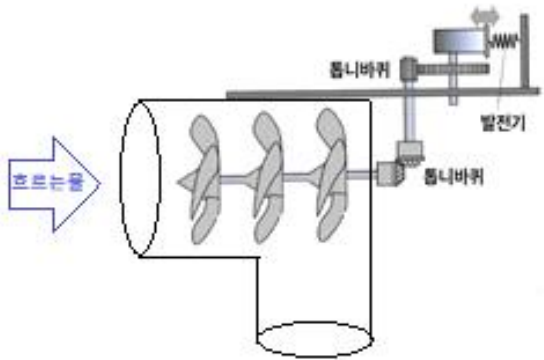
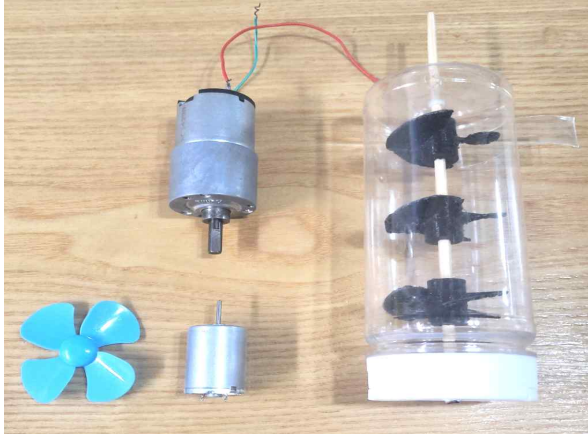
# 설계 최종 보고서

참가부	고등부 ( O )				
참가분야	공모주제 ( O ) / 자유주제 ( )				
참가팀명	다다익선				
설계제목	IoT를 접목한 마이크로 수력발전 샤워기				
지도교수/교사	(소속)동양미래대학교 (성명)황우현				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	전다윗	Cornerstone Collegiate Academy of Seoul			

# 참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	전다윗	Cornerstone Collegiate Academy of Seoul / 10학년	
2	전다희	Cornerstone Collegiate Academy of Seoul / 10학년	
3			
4			
5			
6			

# 설계 요약문

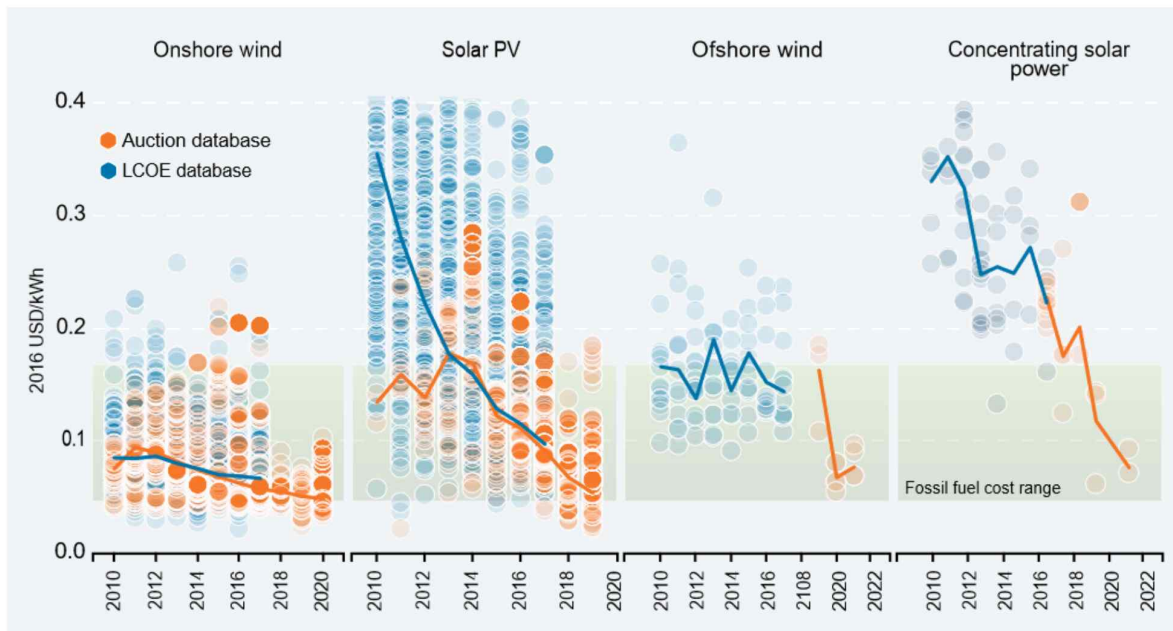
<b>참가분야</b>	공모주제 ( V ) / 자유주제 ( )
<b>참가팀명</b>	다다익선 (다윗과 다희가 이롭게 선함을 만든다)
<b>설계제목</b>	IoT를 접목한 마이크로 수력발전 샤워기
<b>대표자명</b>	전다윗
<b>요약문</b>	<p>           본 설계는 샤워시 수도관의 수압을 이용하여 전기 에너지를 발생시키는 기계 장치이다. 특히 샤워할 때 사용자가 원하는 온도의 물이 바로 나오지 않아 버려지는 물의 낭비를 막고 수도관을 흐르는 수압을 이용하여 전지 에너지를 발생시켜 직접 전기에너지로 활용하는 장치와 이물질 제거를 효과적으로 제거하는데도 활용할 수 있는 기계장치이다.         </p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="flex: 1;">  </div> </div> <p>           이 장치로 만들어진 전기 에너지는 물의 온도와 샤워기의 필터교환 주기, 물의 사용량을 샤워기에 디스플레이 하고 사용자 단말기와 블루투스 통신이 가능하게 함으로 물의 흐름이 있는 곳이라면 사용 가능한 소형 발전시스템을 IoT와 연결하여 블루투스로 디스플레이 하고 평가할 수 있는 샤워장치를 설계하여 제작한다.         </p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="flex: 1;">  </div> </div>
<b>설계프로젝트의 입상 이력</b>	<p>※ 교외 출품실적이 있는 경우 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 출품작명 :</li> <li>- 대회명 :</li> <li>- 수상내역 :</li> </ul>

## 1. 설계의 필요성 및 목적

소수력발전은 그 이름처럼 규모가 작고 비록 적은 발전량이라고 할지라도 전기를 만들어내는데 걸리는 시간이 짧다. 또한, 바이오 연료처럼 시세가 변동하지 않으며 태양전지처럼 소모성 제품이 많이 사용되는 것이 아니기 때문에 유지보수도 쉽다는 장점이 있다. 현재 소수력발전은 공해가 없는 청정 에너지로서 정부에서 지정한 11종류의 신재생에너지 중의 하나이며 다른 대체 에너지원에 비해 높은 에너지 밀도를 갖는 동시에 개발가치가 큰 부존자원으로 평가받고 있다.

보통 수력발전은 댐과 하천을 이용하며 특별한 장소와 설비가 있어야만 가능하다는 편견이 있었다. 그러나 최근에 주목받는 소수력발전(small hydropower)은 친환경적 청정에너지일 뿐만 아니라 설치가 간단하고, 저낙차 및 저유량에 적용 가능하며 설치도 쉽기 때문에 수력발전의 대상이 되지 않았던 곳에서도 충분히 수력발전을 할 수 있는 잠재력을 인식할 필요가 있다. 나라마다 소수력이라고 정의하는 발전의 규모는 다르지만, 대한민국 정부는 1000kW~ 10MW까지를 소수력발전, 5~100kW 는 마이크로급으로 정하고 있다.

강과 하천 혹은 계곡과 같은 곳에서 하는 기존 수력발전의 형태가 아니라 정화조로 흘러가는 하수, 상수도 관로나 빌딩에서 사용하는 물의 낙차를 이용하는 등의 우리 주변의 생활 가까운 곳에도 쉽게 적용할 수 있는 에너지를 이용해 터빈이 돌아가는 운동에너지로 전기를 만드는 ‘발전’을 가능케 하고 그 발전의 효율을 높이는 기계장치를 만든다면 기존에 활용하지 못했던 에너지의 가능성을 직접 실생활에서 경험, 활용하는 친환경 에너지 기계장치가 될 것으로 생각한다.



Source: IRENA Renewable Cost Database and Auctions Database.

[그림 1] 2010-2022 주요 재생에너지 프로젝트의 발전비용과 세계 가중평균

우리 팀은 배관을 따라 흐르는 상하수도, 아파트와 같은 고층빌딩 시스템에서 물의 유속 (1.2Mpa~1.4Mpa)을 활용하여 자가발전 에너지를 형성시키는 기계장치에 관한 것이다. 샤프기의 관

을 따라 흐르는 물을 이용한 소수력발전을 실행하고 이 전기에너지를 바탕으로 온도, 샤워기 필터교환 주기, 물 사용량을 디스플레이하고 사용자의 단말기와 블루투스 통신을 가능하게 하는 고효율 마이크로 수력발전 샤워기를 만들고자 한다.

샤워시 수도관의 수압을 이용하여 전기에너지를 발생시키는 장치에 관한 것이다. 특히 샤워할 때 사용자가 원하는 온도의 물이 바로 나오지 않아 버려지는 물의 낭비를 막고 수도관을 흐르는 수압을 이용하여 전지 에너지를 발생시켜 직접 전기에너지로 활용하는 장치에 관한 설계이다. 이 장치는 물의 흐름이 있는 곳이라면 사용 가능한 소형 발전시스템을 IoT와 연결하여 블루투스로 디스플레이 하고 평가할 수 있는 샤워장치를 설계하여 제작하고자 한다.

## 2. 설계 핵심 내용

### (1) 설계 문제의 정의

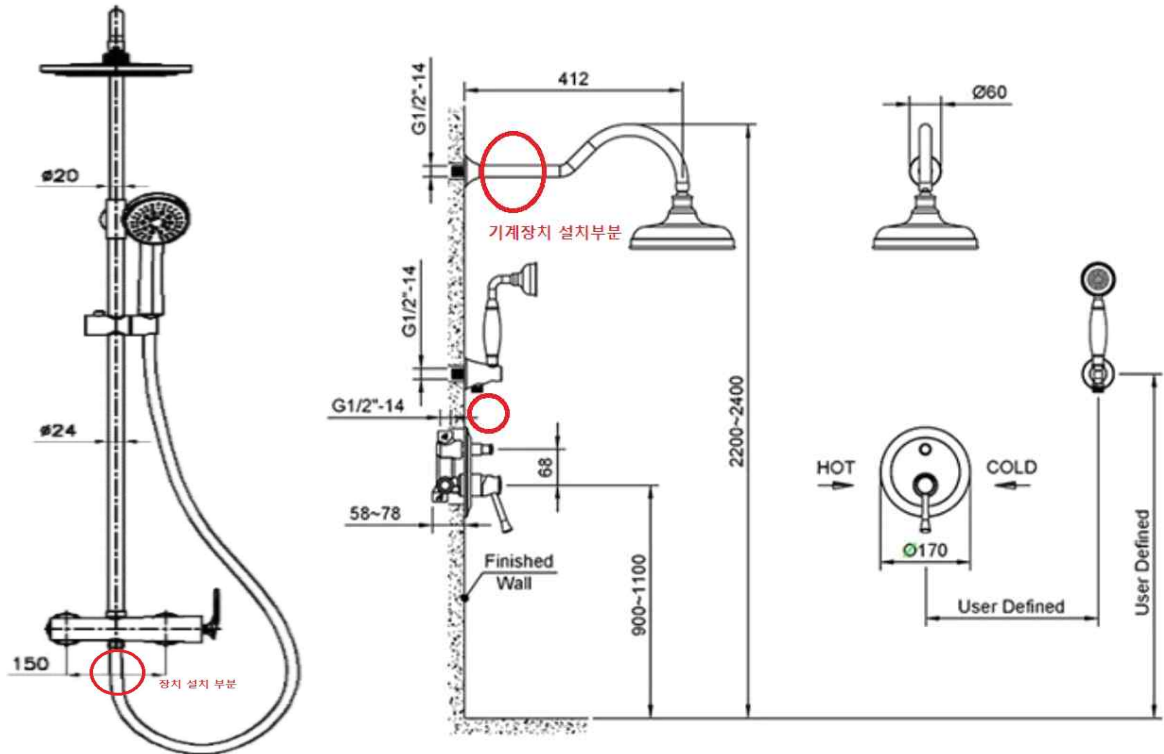
본 설계는 샤워시 수도관의 수압을 이용하여 전기에너지를 발생시키는 장치로, 샤워시 사용자가 원하는 온도의 물이 바로 나오지 않아 버려지는 물의 낭비를 막고 수도관을 흐르는 수압을 이용하여 전기에너지를 발생시켜 직접 전기에너지로 활용하는 장치에 관한 설계이다. 만들어진 에너지는 물의 온도와 샤워기의 필터 교환 주기, 물의 사용량을 샤워기에 디스플레이 하고 사용자 단말기와 블루투스 통신이 가능하게 함으로 물의 흐름이 있는 곳이라면 사용 가능한 소형 발전시스템을 IoT와 연결하여 블루투스로 디스플레이 하고 평가할 수 있는 기계장치를 설계하는 것을 목표로 한다.

이를 위하여 최적의 전기효율성을 만들어내는 수로관 내에 탈착이 편리한 소형 수력발전장치를 설계, 경제적 타당성 검토, 기존 소형 수력발전기와의 차별적 우월성 검증, 발전기에서 생성된 전기를 샤워기의 어떤 기능과 연결시켜 절수와 친환경적 샤워를 가능하게 할지를 더욱 연구하고자 한다.

### (2) 설계의 독창성 및 접근 방법

#### 1) 설계 방법 및 배경

설계의 목적을 달성하기 위해서 수도관과 샤워기 사이에 전기에너지를 발생시키기 위한 유닛을 결합 구성하고, 그 유닛에 흐르는 수압에 의해 회전운동으로 변환하여 동력을 얻는 터빈 날개를 배열하며, 터빈 날개가 회전하면서 연결된 터빈 샤프트를 회전시키면서 이것이 다시 전기에너지를 발생시키는 발전기와 결합하게 한다. 발전기에 의해 발생하는 AC 전압을 DC 전압으로 변환하는 정류기와 변환된 전기를 저장하는 축전지를 구성한다. 관을 통하여 흐르는 수류를 이용하여 에너지를 발생시키는 소형 수력 발전장치로 물이 나오는 관과 장치를 연결해 장치 안 고효율 팬을 돌리게 한다. 흐름이 진행되는 동안 압력 차이를 최소화시키는 효과를 이용하여 물을 흡입하고 최대한 많은 양의 에너지를 발생시키며 간단한 소형 기계장치를 제안한다.



[그림 2] 샤워기 도면상 기계장치 설치 가능 부분

## 2) 설계의 독창성

우리 팀은 설계의 독창성을 만들기 위해 가장 중점적으로 고려사항은 다음과 같다.

중점 설계 요소	고려사항 1	고려사항 2	고려사항 3
1) 수로내에서 회전을 가장 빠르게 만드는 프로펠러(수차)의 설계	수차의 모양 선택과 배치방법	수차의 개수	수차의 재질
2) 유속과 물의 흡입력, 회전력을 높이는 배관(튜브)설계	배관의 외적 형태와 기존배관과의 연결 편리성 고려	배관의 위치, 폭과 길이	배관의 재질
3) 프로펠러와 배관, 발전기의 연결 조인트의 설계	프로펠러의 회전을 원활하게 하는 디자인과 크기	배관 외부로 물이 새어 나오지 않게 하는 방수기능	
4) 기어의 설계	기어의 종류와 모양 선택	최적의 기어비	기어들 간의 안정적 작동을 위한 장치
5) 발전기의 선택	발전기의 종류와 선택	전기양의 측정 분석과 경제적 효율성	감전에 대한 안정성을 위한 디자인 고려

### 3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

세부적인 제작방법은 우선 3D 설계를 진행하고, 이를 2D(AutoCAD)로 바꾸어서 가공도면을 제작하고 레이저 커팅을 통해 부품을 만들고, 설계한 샤워기를 조립하여 3D 제품을 완성한다. 이를 진행하면서 문제점을 찾아내고 해결해서 설계를 수정하고 다시 이러한 제작방법을 반복해서 진행한다.

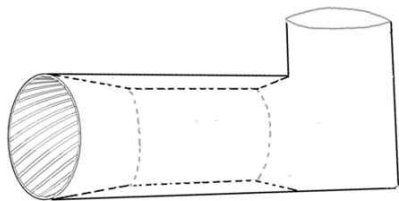
이를 위한 재질은 레진으로, 적용하는 재질과 동일하고, 시제품은 3D 프린터를 이용하여 시간을 줄일 수는 있지만 이로 인해 약할 수 있다는 단점이 있다.

특히 프로펠러를 설치함으로 인해 기존의 물의 흐름이 방해받을지 점검하여 허용하는 범위 안에서 설계를 진행하고자 한다. 또한 제작한 발전용 샤워기의 설치가 용이한지를 검토하고, 기존의 설치된 샤워기 또는 신축하는 곳에 설치하는지에 따라 다르게 설계해서 제작하고자 한다.

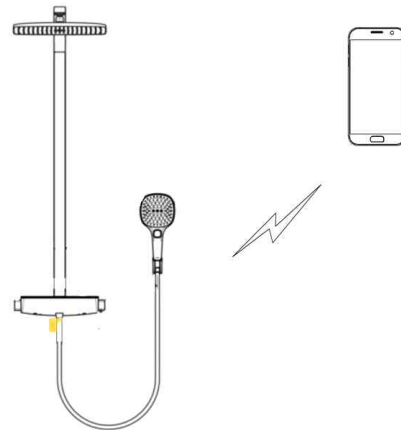
### (3) 설계 내용

본 팀이 제안한 발전용 샤워기를 기본설계하고 이를 제작하기 위한 상세설계를 진행하기 위한 세부적인 핵심 내용만을 정리하면 다음과 같다.

- 프로펠러: 어떻게? 기존, 변형, 새로운 아이디어, 개수(1, 여러개)
- 연결하는 기어: 없다면? 왜 있어야 하는지? 기어비 얼마일 때 효율적인지?
- 파이프(튜브) 관: 입구(암)/출구(수), 메인몸체, 간편하게 연결/탈착이 가능
- 조인트(연결부위): 프로펠러/기어/발전기
- 발전기: 만들것인가? 기존 구입? 원리?
- 모듈화 필요(기축 적용), 세트 제작(신축)



[그림 3] 본 팀의 설계 유닛의 내부형태



[그림 4] 기계장치와 단말기의 연동

특수 고안한 튜브안에 유속에 의하여 돌아가는 프로펠러를 관을 따라 연이어 부착하고 프로펠러를 이용하여 물이 흐르는 관 안에서 회전을 만들고 톱니바퀴와 나사로 기어장치를 연결시켜 물 속이나 관 속에서가 아닌 물 밖에서 모터를 돌려 전기를 충전할 수 있도록 한다. 유닛 내부에 삽입되는 팬은 나사(screw) 형태로 프로펠러와 연결시켜 관 밖에 까지 나와 있으며 이 나사와 연결된 다른 스크류는 발전기의 모터를 작동시키게 된다. 결국 기어에 수직으로 붙어있는 다른 기어와 맞물려 물 속이나 관 속이 아닌 장치 밖에 모터를 돌려 전기를 생성한다. 특별히 베벨기어를 이용하려는 이유는 에너지 효율을 (96~98%)을 향상시켜 전기에너지로 바꾸기 위함이다. 더불어 수질정화 필터와 디스플레이기능을 탑재하여 양질의 물을 사용할 수 있게 하는 동시에 관리자의 단말기와 블루투스 통신을 가능하게 함으로 물의 사용량에 에너지발전량을 확인하게 하는 IoT 마이크로 수력에너지 발전 기계장치라고 할 수 있다.

### 3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
샤워기 종류 및 특징의 시장조사	■					
샤워기를 개선하는 방안연구		■				
발전용 샤워기의 기본설계			■			
발전용 샤워기의 상세설계			■			
샤워기의 시제품 제작 및 테스트				■		
샤워기 설계 수정 및 완성				■		
보고서 및 발표자료 작성		■		■		■

### 4. 설계 결과물

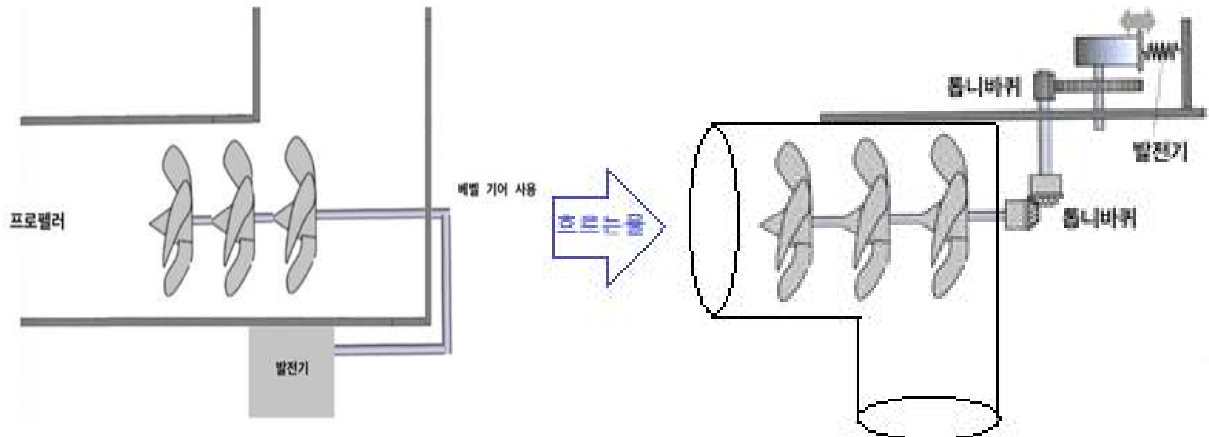
#### (1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

본 장치는 수도를 사용하는 장소(가정집, 목욕탕, 사우나, 찜질방, 집합건물 등)이면 어디든 가능하며 특정 장소(수도사업소, 폐수처리장 등)에서도 가능할 것으로 예상된다.

#### 1) 샤워기 기계장치의 설계 및 제작

샤워기는 일반적으로 그림 2와 비슷한 모형이다. 또한, 배수관은 대부분 일자 형태를 가지고 있기 때문에 그 배관과 일치하는 지름의 장치를 끼운다. 장치를 “ㄴ” 자로 만들어진 배관을 만들게 되는데 샤워장치와 기계장치를 연결할 때 공간차지를 최소화 해야 하며 배수관의 형태가 대부분 일자형관의 형태를 가지고 있기 때문에 의도적으로 유속을 증가시켜 물의 흡입력과 회전력을 높이는 벤츄리효과를 사용하여 효율을 높여야 한다. 나팔형태의 관통부로 물이 유입되도록 노즐을 디자인하고 그 나팔형태의 노즐의 표면에 내면의 경사에 따라 나선형의 무늬를 넣어 물의 흡입력과 회전력을 높여 물과의 마찰을 최소화하여, 높은 추진력을 얻게 한다.

배관을 설계할 때 안으로 흐르는 유체의 유속이 중요한 이유는 유속이 너무 빨라지면 에너지가 손실되어 압력의 손실이 커지거나 기기의 수명을 단축시키기 때문이다. 압력의 손실이 크면 사용처인 샤워기에서 원하는 유량을 확보하지 못하고 기기의 능력이 저하될 수 있음을 고려하여 기존 배관에 탈착이 가능한 자가발전 전기에너지 생성장치를 설계할 때 최대 효율을 갖는 단면적(배관경)을 결정해야 한다.



[그림 5] 본 팀의 기계장치 설계 구성도

기존 건물이나 가정의 수도 배관의 규격은 표준 규격을 가지고 있기 때문에 본 팀이 설계한 장치의 연결부분은 직접 그 직경을 측정하여 설계하였고 수도꼭지와 샤워기를 각각 연결하기 위해 입수구 쪽은 암나사, 출수구쪽은 수나사의 형태로 설계하였다. 또한, 4분구 너트를 사용하여 특별한 도구 없이 쉽게 끼워 고정할 수 있도록 설계하였다.

< 배관 유속 계산의 3단계 >

- ① 체적유량을 계산:  $\text{체적유량} [m^3/h] = \text{비체적} [m^3/kg] \times \text{질량유량} [kg/h]$
- ② 배관의 단면적을 계산:  $\text{단면적} [m^2] = \text{내경} [m] \times \text{내경} [m] \times \pi \div 4$
- ③ 체적유량을 단면적으로 나눈다:  $\text{배관유속} [m/s] = \frac{\text{체적유량} [m^3/s]}{m^2}$



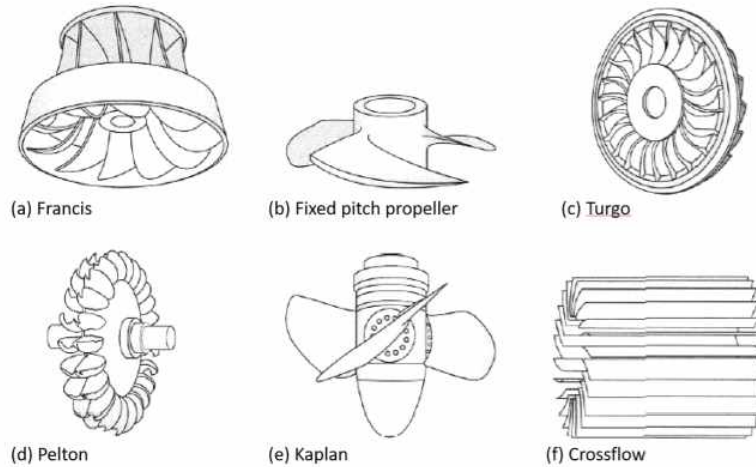
[그림 6] 기존 샤워기의 연결 부분 검토



## 2) 수로내에서 프로펠러와 수차의 조사 및 설계

### ㉠ 프로펠러와 발전기 조사

프로펠러와 발전기를 결정하기 위해서 공개된 설계를 인터넷에서 찾아서 살펴보면 아래와 같다. 이와 같은 프로펠러를 대상으로 직접 실험을 진행하였다.



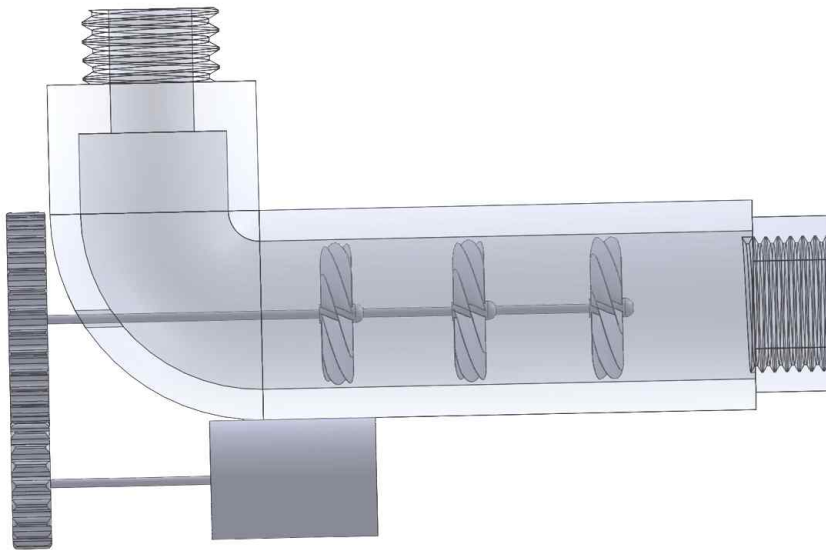
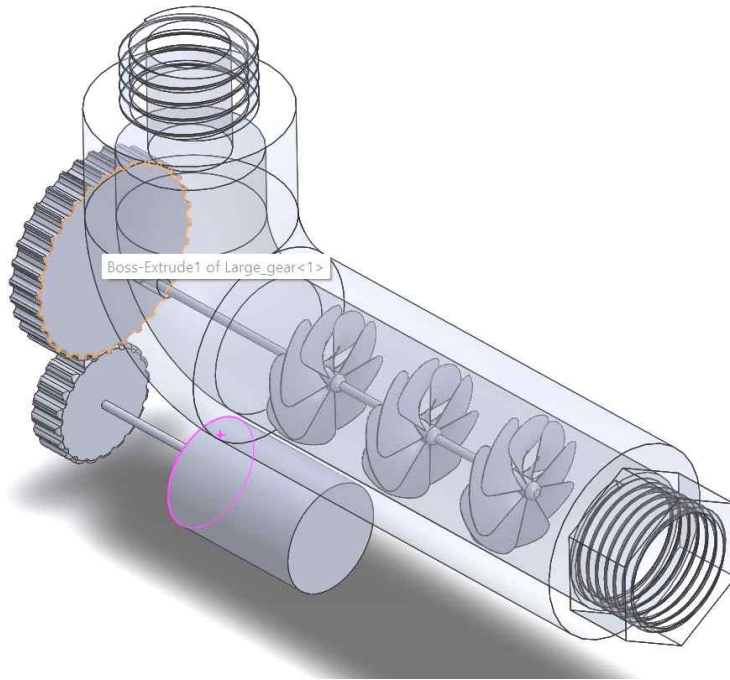
[그림 7] 일반적인 프로펠러의 모양과 특징 (구글 사진)

### ㉡ 수차의 다양한 형태

수차는 충동수차와, 반동수차로 구분되는데, 충동수차는 펠톤(Pelton)수차, 튜고(turgo)수차, 오스버그(Ossberger)수차 등이 있다. 이러한 충동수차는 수차가 물에 완전히 잠기지 않고, 물이 수차의 일부 방향에서만 공급되며, 물의 운동에너지만을 전환하여 발전 효율이 떨어지는 문제점이 있다. 또한, 반동수차는 프란시스(Francis)수차, 튜브라(Tubular)수차, 벌브(Bulb)수차, 림(Rim)수차 등이 있는데 이러한 반동수차는 수차의 원주방향에서 물이 공급되는 구조이기 때문에 설치에 많은 제약이 있는 문제가 있다. 또한, 유량 감소시 소수력발전 용량의 급격한 저하와, 저수 및 도수로 인한 문제와, 홍수시 부유 물질로 인한 수차의 파손이 발생하는 문제점이 있다는 것을 조사하였다.

## 3) 솔리드웍스로 설계한 샤프기

샤프기를 연결하는 부분에 본 팀이 개발한 발전용 샤프기 모듈을 손쉽게 연결하기 위한 세부적인 설계를 솔리드웍스 2022로 진행한 내용은 다음과 같이 세부 설계 유닛과 연결부품, 그리고 발전기와 연결할 수 있는 부분으로 진행하였다.



**[그림 8] 본 팀의 발전용 샤워기 설계의 솔리드웍스 도면**

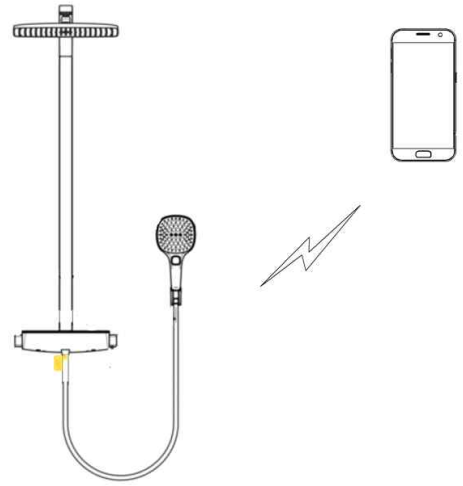
특수 고안한 튜브 안에 유속에 의하여 돌아가는 프로펠러를 관을 따라 연이어 부착하고 프로펠러를 이용하여 물이 흐르는 관 안에서 회전을 만들고 톱니바퀴와 나사로 기어장치를 연결시켜 물 속이나 관 속이 아닌 물 밖에서 모터를 돌려 전기를 충전할 수 있도록 한다. 유닛 내부에 삽입되는 팬은 나사(screw) 형태로 프로펠러와 연결시켜 관 밖에까지 나와 있으며 이 나사와 연결된 다른 스크류는 발전기의 모터를 작동시키게 된다.

결국 기어에 수직으로 붙어있는 다른 기어와 맞물려 물 속이나 관 속이 아닌 장치 밖에 모터를 돌려 전기를 생성한다. 특별히 베벨기어를 이용하려는 이유는 에너지 효율을 (96~98%)을 향상시켜 전기에너지로 바꾸기 위함이다. 더불어 수질정화 필터와 디스플레이기능을 탑재하여 양질의 물을 사용할 수 있게 하는 동시에 관리자의 단말기와 블루투스 통신을 가능하게 함으로 물의 사용량에 에너지

발전량을 확인하게 하는 IoT 마이크로 수력에너지 발전 기계장치이다.

### 3) 수도내에서 회전을 가장 빠르게 만드는 프로펠러(수차)의 설계

소수력 발전 모듈을 설계하기 위해서는 먼저 설치장소의 유량과 수압을 확인해야 하며 최적의 효율을 만드는 프로펠러의 형태를 선정해야 한다. 다양한 팬의 형식과 유량에 따른 수차의 변수를 확인하여야 하는데 일반적으로 저낙차에는 카플란, 프란시스, 튜블러의 형태를 적용하고 있다. 먼저 고정된 피치형태의 프로펠러를 만들어 실험하였으나 비교선정이 필요한 부분이기 때문에 각 프로펠러를 솔리드웍스를 이용하여 디자인한 후 3D 프린터로 모형을 만든 후 실험을 통해 선별할 예정이다.



[그림 9] 기계장치와 단말기의 연동



[그림 10] 시제품으로 제작한 프로펠러와 발전기 사진

## (2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

프로펠러의 형태를 선풍기의 팬 형태로 만들어 수도 배관들과 연결할 때 팬의 회전 속력이 연결된 장치 밖에 설치된 베벨기어를 충분히 돌릴 정도의 힘이 필요하다.

실제로 어느 정도의 물 사용이 있어야 이 기계장치가 실용성이 있을지는 많은 실험을 필요로 한다.

하나의 스크류로 연결시킨 장치 내부의 팬들이 안정적으로 작동하며, 동시에 90도로 꺾인 장치와 프로펠러를 통과한 이후에도 물의 이동과 흐름이 원활하도록 고려해야 한다. 즉 일정한 수압과 속력으로 물이 흐를 수 있도록 하는 배수부를 고려할 필요가 있다.

발전기에 모아지는 전류의 양이 이후 샤워기의 편리성과 절수를 위한 시스템과 연동되어 사용될 수 있을 정도의 적절한 양이 생성될 것인지 확인해야 한다.

## 5. 활용방안 및 기대효과

- 수도관의 흐르는 수압을 이용하여 전기에너지를 발생시키며, 전기 에너지를 절약할 수 있고 샤워기와 연결하여 절수효과를 만들 수 있다. (친환경)
- 본 전기 에너지 발생장치는 간단한 구성으로 간편하고 용이하게 설치 구성할 수 있고, 저렴한 비용으로 설치 할 수 있다.
- 외부 에너지 저장장치는 튜브 외부에서 튜브내부의 작동상태를 확인할 수 있기 때문에 설치 후 관리에 있어 더욱 편리하고 IoT로 연결할 수 있게 하여 관리자가 전력량을 쉽게 디스플레이 할 수 있다. 또한 추가적으로 탈, 부착이 가능한 축전지를 설치하여 전력을 충전하게되는 형태로 만들어 휴대용 USB 전원으로 쓰게 제작하는 것도 가능하다.
- 이 장치의 특수한 점은 물의 흐름이 있는 곳이면 그 흐름이 수직이던 수평이던 프로펠러를 돌려 발전기를 작동하게 한다는 점인데 각종 형태의 수로관에 연결된 마이크로 수력에너지 발전장치가 가정 내 물의 사용이 많은 관들에 연결되고, 활용될 수 있다.
- 많은 가정이 태양열 패널을 설치하고 태양광 에너지를 전기에너지로 변환시켜 전기세 절감을 하고 있다고 하지만 사용자가 직접 느끼는 유용성은 크지 않다. 그러나 이 장치는 가정에서 흘러보내는 물을 사용하여 전기를 만들어 사용한다는 것을 사용자가 느낄 수 있고 설치가 간단하기 때문에 재생에너지에 대한 인식 전환과 참여에 영향을 미칠 수 있다.
- 태양광과 풍력처럼 날씨에 영향을 받지 않기 때문에 각 가정들과 사업장 여러 곳에 설치한다면 작은 에너지원들이 모여 사용될 수 있는 많은 양의 전력으로 충분히 활용될 수 있을 것이다.

### <참고문헌>

1. RENT 21, 재생에너지 현황보고서 (Renewables 2020-Global Status Report), 2020
2. IRENA, <2010-2022 주요 재생에너지 프로젝트의 발전비용과 세계 가중평균>
3. ENOMAD UNO, <https://www.ispo.com/en/ispo-brandnew/2020/winner/outdoor-adventure/enomad>
4. 기계로봇 연구정보센터, <https://www.materic.or.kr>
5. 이노마드 박혜린, “미국이 주목한 휴대용 수력 발전기,” <https://youtu.be/ygni8GMtVOM>