

# 연구발표자료 - 1

## 물레방아를 접자!

### 1. 기본적인 물레방아

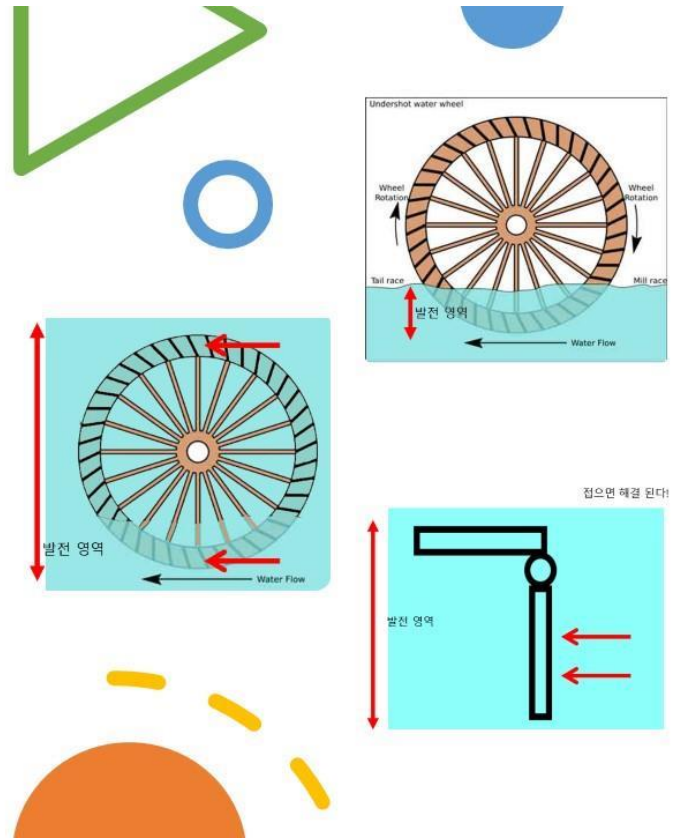
발전 영역이 전체 수로를 활용하지 못함, 낮은 효율

### 2. 물레방아를 다 담구면?

발전 영역은 커지지만, **대칭적인 저항으로 인해 회전 X**

### 3. 접어서 해결하자!

발전 영역에 손실도 없으며, 여전히 회전하게 된다.



저희의 연구 목표는 느린 유속에서 값싸게 발전가능한 지속 가능한 에너지를 만들어내는 것이었습니다.

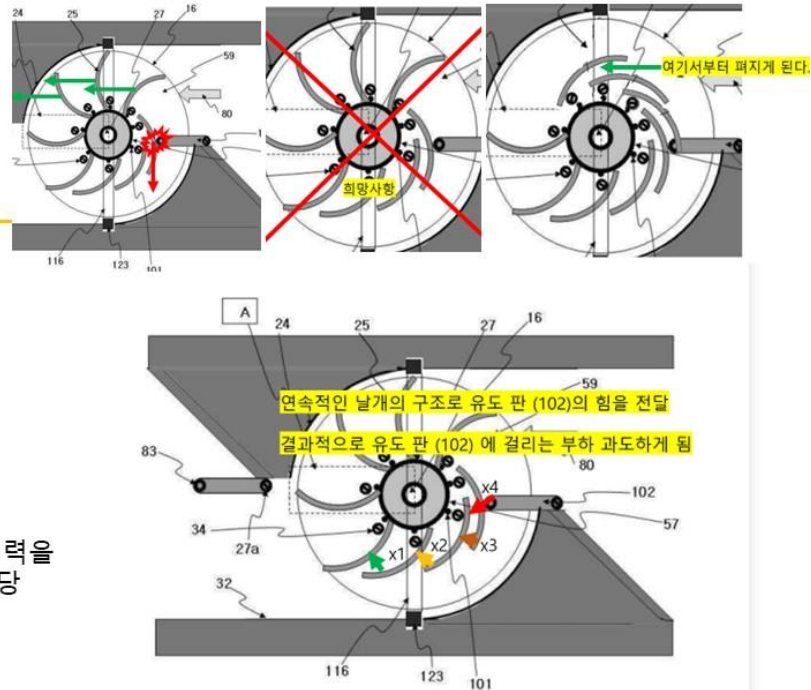
이러한 목표를 달성하기 위한 아이디어로 물레방아를 떠올렸습니다. 그런데, 물레방아는 강물에 담겨 발전하게 되는 단면적이 적어 강물의 에너지를 한껏 쓰지 못하는 한계가 있습니다. 저희는 강물의 에너지를 최대한 사용하길 원했고, 우선 물레방아 전체를 물에 담그는 방법을 고민했습니다. 그런데, 물레방아를 그대로 물에 담그면 상하 대칭적인 구조로 토크가 상쇄되어 회전하지 않습니다.

그러나, 물레방아의 위쪽 있는 날개를 접으면 단방향 토크만 생기게 되어 수차가 회전하게 될 것이란 아이디어가 생각났고, 이를 발전시켜 두 가지 접이식 수차를 개발하게 되었습니다.

## 연구발표자료 - 2

### 기존 연구 - 수정 접이식 수차 특허의 단점

1. 유도판과 날개의 마찰, 충격  
날개의 변형과 파손이 초래됨.
2. 하나의 날개가 접힐 때 그 이후 날개들이  
연쇄적으로 접히게 되어, 유도판에 가해지는  
부하가 커져 내구도 약화.
3. 수차 집에서 벗어난 날개가 다시 펴져 회전력을  
발생하기 위해서는 임계각에 도달해야 함. 해당  
특허에서는 임계각을 고려하지 않음.

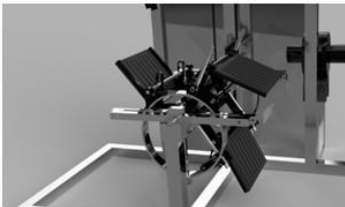


접이식 수차를 본격적으로 개발하기 이전에 접이식 수차에 대한 기존 연구를 검색해 보았습니다. 기존 연구와 중복되는 연구인지 혹은 기존 연구를 참고하여 개선할 만한 점이 있는지를 확인하기 위한 과정이었습니다.

찾아보니 댐에 적용될 수 있는 접이식 수차에 대한 특허가 있었습니다. 이 특허를 자세히 검토해보니 특허 출원자가 충분히 고려하지 못한 다양한 문제를 발견하게 되었습니다. 기존 접이식 수차의 원리는 위쪽 날개는 전부 펴지고, 아래 날개는 전부 접혀 회전력을 만들어내는 원리로 날개와 유도판의 "충돌"을 이용해서 날개를 접습니다. 그런데, 강한 충돌로 인해 날개와 유도판의 내구성에 문제가 생기며, 유도판의 굽은 형상으로 인해 회전력 발생 영역이 크게 감소하여, 실제로는 특허 본문에 언급된 것과 다르게 작동합니다.

저희는 이러한 점을 보완하여 각도 접이식 수차를 개발하였습니다. 즉, 날개의 위치에 따라 각 날개의 각도를 다르게 조정하였으며, 충돌 없이 지속가능한 형태의 높은 내구성을 가진 접이식 수차를 개발하였습니다.

# 연구발표자료 - 3



## 피쉬파워의 연구는 무엇이 다른가?

1. 입수구와 출수구를 만드는 **시멘트 구조물 없음!**

-> **친환경적, 저비용과 빠른 공사기간.**

2. FRW, 물의 흐름에 완전히 맡겨 날개가 자연스레 접힘.

-> 날개의 **내구도 개선, 충격 없음.**

3. ADW 구조로, Angle Block을 통해 **최적 성능 각도 구현**

-> 기계적으로 구속되는 구조, **최대의 성능 얻어냄.**

저희가 개발한 수차는 댐이나 기존 연구와는 달리 시멘트 구조물을 사용하지 않고 오로지 수차만으로 발전할 수 있기 때문에, 친환경적이고, 비용도 적게 들며, 빠르게 공사할 수 있어, 개발도상국에 적용하기 매우 적합합니다.

또한, 접이식 수차에 대한 기존 연구에서 사용된 방식인 유도판을 통해 기계적 마찰을 일으켜 날개를 접는 방식 대신 제한된 범위 내에서 자유롭게 움직일 수 있는 날개 구조로 물의 흐름에 의해 자연스레 날개가 접히고 펴지는 FRW (Free Rotating Wheel) 구조를 제안해 유도판과의 충돌 과정에서 발생하는 내구도 문제를 해결했습니다.

Angle Defined Wheel(ADW)로는 자동차의 Cam 구조와 유사한 Angleblock을 통해 어느 위치에서든 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 했습니다. 이로써 일반적인 물레방아에 비하여 동면적 2배의 발전 효율을 거둘 수 있습니다.

# 연구발표자료 - 4



## 수력 발전의 뉴 패러다임, ADW

### 댐 :

1. 엄청난 양의 **콘크리트**
2. 큰 건설 비용
3. 수생태계의 파괴

### 물레방아 :

1. 물 위로 튀어 나옴.
2. 폭을 확장하기 어려움.
3. **낮은 발전 효율**

댐 없이 발전 가능

콘크리트 없이, 적은 건설 비용.

수생태계 파괴 없음

물 안에 완전히 담겨서 구동.

광폭 수로에서 발전 용이

물레방아에 비해 동 면적 2배의 효율을 가짐.

저희가 개발한 수차는 두 가지 수력발전 방식과 대조하여 개선점을 가집니다.

첫째로, 댐입니다. 댐은 수생태계를 파괴하여 친환경적이지 않고, 초기 투자 비용이 큰 수력발전임에 비하여, 저희가 개발한 수차는 댐을 짓지 않아도 되기에 더 개선된 경제성을 가지고 있고, 물고기들의 생활 환경에 피해를 거의 끼치지 않습니다.

둘째로, 물레방아입니다. 물레방아는 물 위로 튀어나와 있어 수상운송수단의 이동이 제한되며, 미관 상 좋지 않습니다. 또한, 깊은 물에 도달하기 어려워 수로의 깊이 또한 완전히 활용하지 못합니다.

저희 수차는 "접이식 수차의 뉴 패러다임"을 제시함으로써 이러한 문제를 완전히 해결했습니다. 물레방아의 장점인 저비용과 환경 친화적인 특성을 그대로 유지하면서, 수로의 폭과 깊이를 완전히 활용 할 수 있도록 개선하였습니다. 최적화시 동일 크기 물레방아에 비해 약 200%의 발전량을 얻을 수 있습니다.

# 연구자료발표 - 5

## CFD & 코드 최적화

어떠한 날개가 최적의 결과를 내줄까요?  
어떠한 각도 배분이 최적의 결과를 내줄까요?

30cm 정육면체, 1m/s Water Flow Test

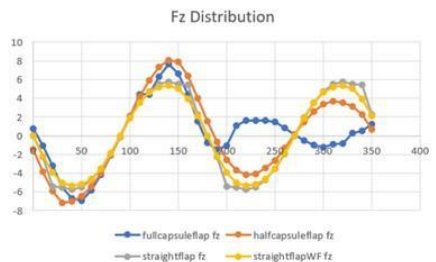
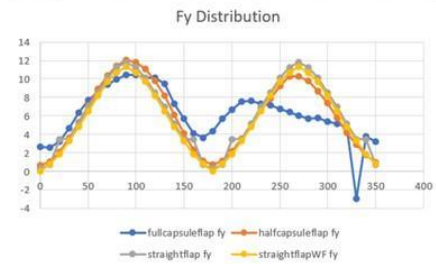
**Flap** 각도에 따른 힘 데이터 수집

모든 날개의 각도를 제어할 수 있는 수차, **ADW**

CFD 힘 데이터와 모멘트암을 계산하여 **최대 토크각도 배분**을 구함.

**Smoothing**을 통해 실사용시 안정성 타협함.

: K번째 요소는 K+1와 K-1 요소의 평균으로 업데이트!



최적의 효율을 내기 위한 날개 형태 및 날개가 접히는 각도를 찾아내기 위해 Computational Fluid Mechanics로 시뮬레이션을 돌렸습니다.

한 모서리의 길이가 30cm인 물로 구성된 정육면체의 중심에 날개의 중심을 두고, 한 쪽 면의 유속을 1m/s, 다른 면의 압력을 0으로 두어, 유속 1m/s에서 날개의 각도에 따른, 날개가 물에 의해 받게 되는 힘을 구하였습니다.

이렇게 구한 Computational Fluid Dynamics(CFD) 각도 별 힘 데이터를 바탕으로, Angle Defined Wheel(ADW)의 각도 배분을 최적화 했습니다. ADW는 모든 날개의 각도 접힘을 제어할 수 있는 구조이므로, 코드를 통해 주어진 힘 데이터와 ADW의 구조에서 나올 수 있는 모멘트암을 계산하여 최적화된 각도 배분을 구하였습니다.

Smoothing 이란 이러한 최적화된 구조가 실제 사용시 부드럽게 구동될 수 있도록 평균 값으로 부드럽게 만들어주는 계산 과정입니다.

# 연구발표자료 - 6

## 결과

CFD 데이터를 바탕으로, 토크는 FullCapsuleFlap의 최적화 ADW에서 최대 40%, 평균적으로 12%의 향상이 있었습니다. 물 내부는 저항력이 높은 환경이므로, 회전수가 토크에 비례합니다. 따라서, 저희의 수차는 최대 2배, 평균적으로 1.4배의 발전량 개선을 거뒀습니다.

실험을 통해 ADW의 구조가 실현 가능함을 확인하였으며, 더 높은 정밀 제작을 통해 실제 이론에 근접한 효율을 얻어낼 수 있을 것입니다!

**동면적 200%의 발전량**

**NO 큰 초기비용!**

**광폭 수로 적용 가능!**

**NO 수생태계 파괴!**

**수상 선박 정상 운행 가능!**

**NO 저효율 물레방아!**

저희 수차는, 일반적인 댐의 단점을 개선하고 수력 발전의 기본인 물레방아보다 효율을 높인 미래형 수력발전입니다.

이를 위해, 일반적인 물레방아가 물에 정확히 절반만 담겼을 경우, 모든 영역에서 받을 수 있는 최대 토크의 합과 저희의 수차의 날개 별 최대 토크 합을 계산해서 비교해 보았습니다. 단순 토크만으로 비교하였을 때, 최대 40%, 평균적으로 12%의 향상이 있었습니다. 물 내부는 저항력이 높은 환경이므로, 회전수가 토크에 비례한다고 가정해도 무리가 없습니다. 따라서, 저희의 수차는 동일한 날개 구조를 적용한 물레방아에 비하여 최대 2배의 발전량 개선을 거둘 수 있었습니다.

일반적인 물레방아는 수면 위로 드러나 있는 부분이 매우 커, 설계상 폭을 매우 넓게 하지 못하며 수상운송수단에도 제한을 줍니다. 하지만 저희 수차는 물에 완전히 담겨 구동되어 폭을 더 넓힐 수 있으며 물레방아보다 더 많은 물의 단면적을 활용할 수 있는 구조입니다. 그와 동시에 댐의 초기 비용 또한 존재하지 않으며, 댐의 수생태계 파괴 또한 없었습니다.

그렇기에 저희의 수차는 수력발전의 미래가 될 수 있습니다.