

연구발표자료 - 1

HSC2023

아이디어

아이디어의 구현

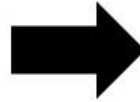
➔ 구현 가능한 아이디어임을 확인

KSEF

어떻게 더 효율화시킬까?

수차의 발전 성능은 얼마인가?

➔ 실질적인 검증 완료

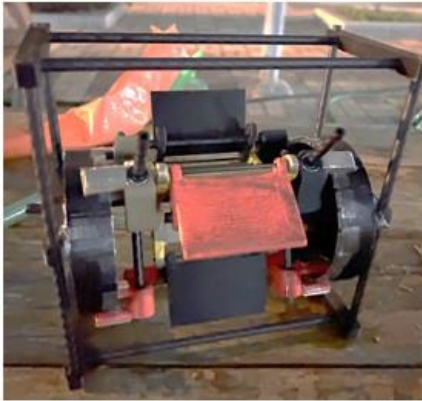


한화 사이언스 챌린지에서는, 새로운 아이디어를 제안하고 그 아이디어를 실제로 구현하는 과정에 중점을 두었습니다. 이를 통해 구현 가능한 아이디어임을 확인하였습니다. 반면, KSEF에 출전할 때에는, 아이디어의 효율성을 높이고, 그 성능을 실질적으로 검증하는 데 초점을 맞췄습니다.

연구발표자료 - 2

프로토타입 & 3-Flat Version

〈프로토타입〉

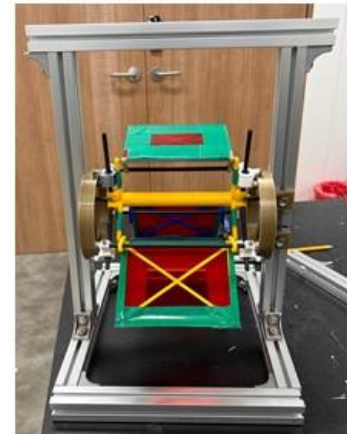


회전 X



- ① 날개 크기 증가
- ② 모델링 변화를 통한 경량화
- ③ 알루미늄 프레임 적용

〈3-Flat Version〉



프로토타입 (좌측 이미지):

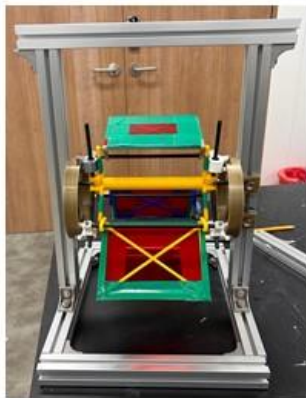
- 실험을 위해 제작한 초기 프로토타입은 자석 간의 척력을 이용해 마찰을 최소화 시킨 Angleblock인 자기부상 Angleblock을 사용했으며, 날개의 크기가 작았습니다. 하지만 자기부상 Angleblock의 구조적 문제와 작은 날개 크기로 인해 프로토타입은 회전하지 않았습니다.

3-Flat Version (우측 이미지):

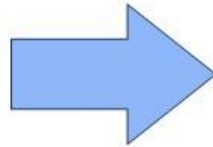
- 이를 개선하기 위해, 첫 번째로, 날개의 크기를 증가시켰습니다. 더 큰 날개는 더 많은 물을 받아 더 큰 토크로 회전하게 됩니다.
- 두 번째로, 모델링 변화를 통해 구조를 경량화하였습니다. 자기부상 Angleblock 대신 기존의 베어링 Angleblock을 사용하였으며, 날개 전체를 3D 프린터로 출력하는 대신 뼈대만 3D 프린터로 출력하고 셀로판지를 붙여 경량화했습니다.
- 세 번째로, 30X30 알루미늄 프로파일로 실험대를 제작해 기존의 탄소섬유 봉으로 만든 실험대에 비해 실험대의 안정성을 향상시키고 비틀림을 감소시켰습니다.

결론: 이러한 개선점들을 통해 3-Flat Version은 초기 프로토타입에 비해 월등히 잘 회전하였으며, 발전 가능성을 보여주었습니다.

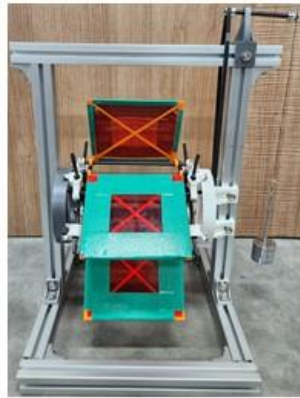
개선: Flat Version & Curved Version



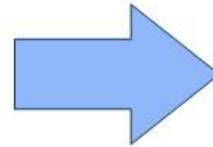
〈3-Flat Version〉



Flap 개수
3개 → 4개
(Appendix)



〈4-Flat Version〉



Flap 모양
(반원)
(Appendix)



〈4- Curved Version〉

Research Q. 최적의 날개 개수는?

Research Q. 최적의 날개 모양은?

3-Flat Version (좌측 이미지):

- 초기 모델인 3-Flat Version에서는 날개 3개를 사용하였습니다. 이 모델을 통해 기본적인 설계를 확인하고 초기 실험을 진행하였습니다.

4-Flat Version (중앙 이미지):

- 3-Flat Version에서 얻은 데이터를 바탕으로, 날개 개수를 3개에서 4개로 늘렸습니다. 구조적으로 가능한 최대 날개 수는 4개였으며, 회전 시 수차가 정지하지 않고 회전하기 위해 날개 수를 4개로 늘렸습니다.

4-Curved Version (우측 이미지):

- 날개 개수 증가뿐만 아니라 날개의 형태도 반원 형태로 변경하여 성능을 비교했습니다. 반원 형태의 날개는 물의 저항을 줄이고 더 큰 발전량을 얻기 위해 설계되었습니다.

연구발표자료 - 4

실험 환경



**Endless Pool
(대여)**



**학교 테스트 베드
(직접 제작)**

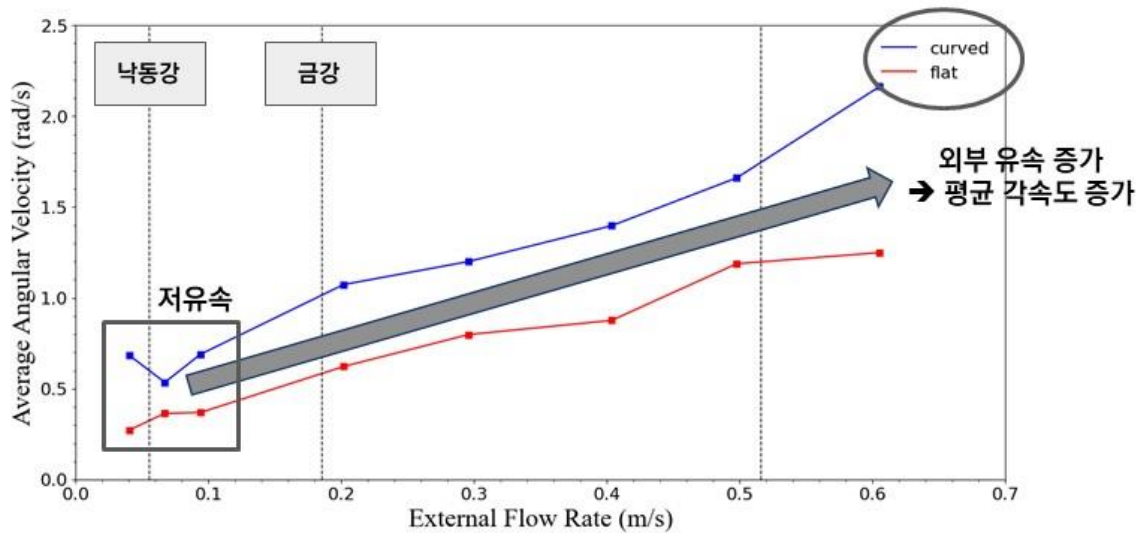
왼쪽 이미지의 Endless Pool은 일정한 물의 흐름을 제공하여 다양한 수중 실험을 진행할 수 있는 시설입니다. 저희는 돈을 모아 풀을 대여하여 유속 변화에 따른 수차의 회전 속도를 측정하는 실험을 수행하였습니다. Endless Pool은 큰 유속 균일성과 정밀한 유속 제어가 가능해 유속에 대한 변수를 실험할 수 있었지만, 추를 매달아 발전량을 측정할 수는 없었습니다.

오른쪽 이미지의 테스트 베드는 이 프로젝트를 위해 선재가 학교 내에 직접 제작한 실험 환경입니다. 1000L 물탱크 3개로 구성되어 있으며, 유속을 조절할 수 없어서 일정한 유속으로 물이 흘렀습니다. 이 점을 활용하여 학교 테스트 베드에서는 일정한 유속에서, 추의 무게로 수차에 걸리는 부하를 바꾸어가며 발전량 실험을 했습니다.

이 두 실험 환경을 통해 저희는 각각 유속과 부하를 바꾸어가며 유의미한 성능 측정을 할 수 있었습니다.

연구발표자료 - 5

평균 각속도 vs. 외부 유속



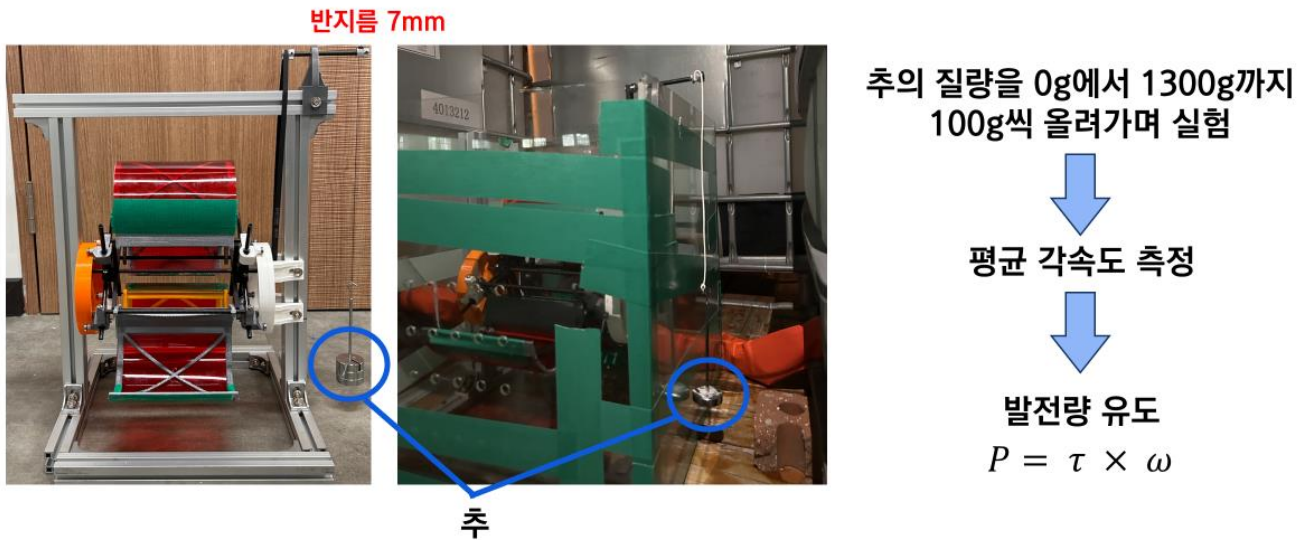
저희는 Endless Pool에서 실험한 데이터를 바탕으로 외부 유속에 따른 평균 각속도의 변화를 분석했습니다. 그래프에는 두 가지 형태의 날개, 곡선형(Curved)과 평면형(Flat)의 성능 차이가 비교되어 있습니다.

그래프의 X축은 외부 유속 (m/s)을 나타내고, Y축은 평균 각속도 (rad/s)를 나타냅니다. 두 종류의 날개가 각각 파란색 (Curved)과 빨간색 (Flat) 선으로 표시되어 있습니다.

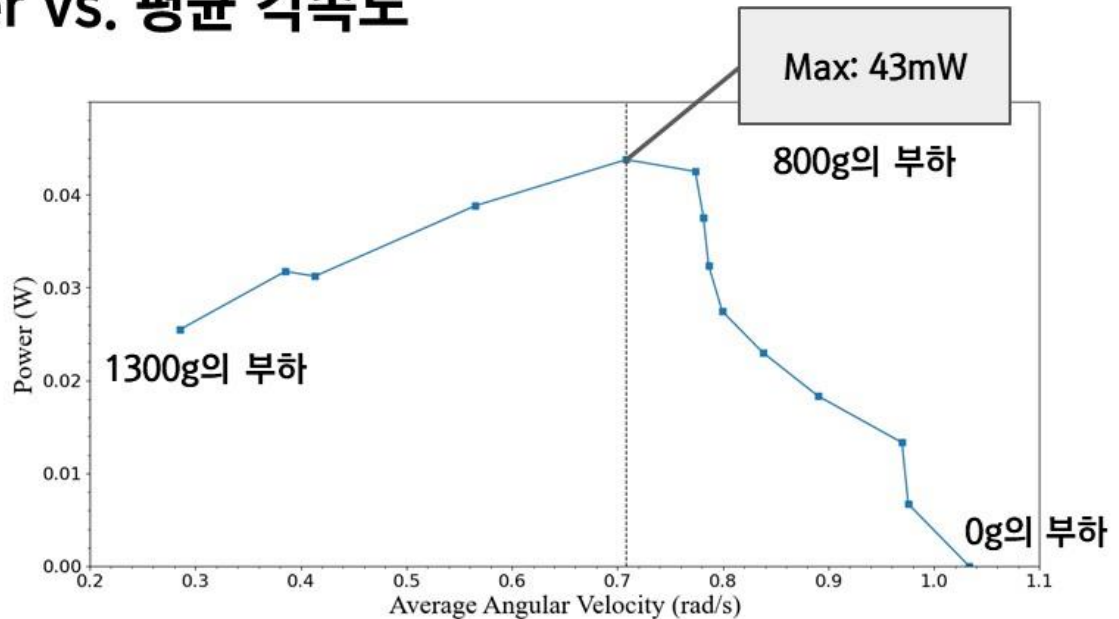
외부 유속이 증가함에 따라 두 종류의 날개 모두 평균 각속도가 증가하지만, 곡선형 날개가 평면형 날개보다 모든 구간에서 더 높은 각속도를 보입니다. 따라서 곡선형 날개가 평면형 날개에 비해 더 효율적으로 설계되었음을 알 수 있습니다. 이와 같은 분석을 통해 저희는 곡선형 날개의 설계가 수차의 성능을 향상시킬 수 있는 중요한 요소임을 확인할 수 있었습니다.

연구자료발표 - 6

학교 테스트 베드 실험



Power vs. 평균 각속도



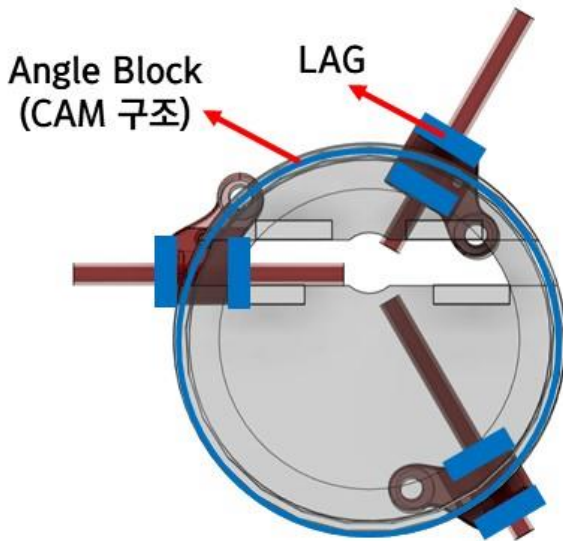
저희는 다양한 부하 조건에서의 성능을 비교하기 위해 위의 발전량 실험을 설계하였습니다. 발전량은 수차가 반지름이 7mm인 폴리에 매달린 추에 하는 일률을 기준으로 측정하였으며, 그래프의 X축은 평균 각속도(rad/s)를 나타내고, Y축은 발전량(W)을 나타냅니다.

부하가 증가함에 따라 평균 각속도는 감소하지만, 일정 부하(800g) 조건에서 최대 발전량을 기록하는 것을 확인할 수 있었습니다.

이와 같은 분석을 통해 최적의 부하 조건을 찾는 것이 중요하며, 800g의 부하 조건이 곡선형 날개의 효율을 극대화할 수 있는 적절한 조건임을 확인할 수 있었습니다.

연구발표자료 - 7

효율 개선: 자기부상



LAG 회전 중
Angle block의 자석과
LAG의 자석이 붙는 문제 발생

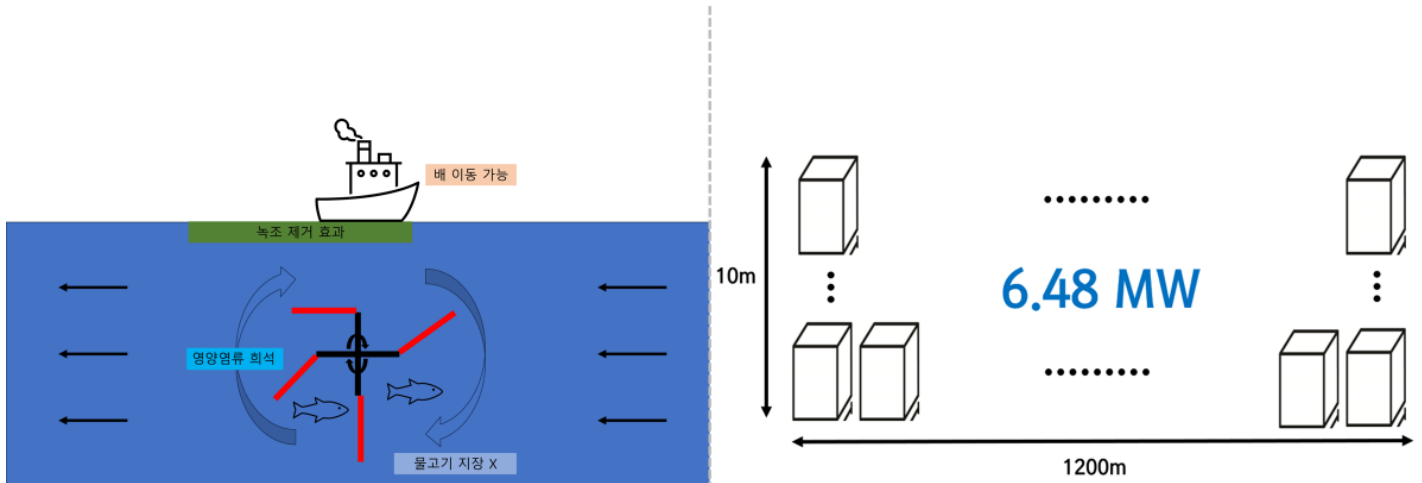
기존의 베어링 Angleblock에서는 베어링과 Angleblock가 서로 맞물려 회전하기 때문에, 마찰로 인한 손실과 Angleblock과 베어링의 마모가 발생합니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제가 자기부상 Angleblock 아이디어를 제안하여 만들어보게 되었습니다.

하지만, LAG (Linear Axis Guide, 왼쪽 이미지에서 Angleblock에 맞물려 회전한다) 회전 중 Angleblock의 자석과 LAG의 자석이 서로 붙는 문제가 발생했습니다. 이는 막대 자석을 여러 개 꽂아 곡면 구조를 만들려고 했기에 발생한 문제입니다. 이를 해결하기 위해서는 강자성체로 막대 자석들의 자기장을 부드럽게 만들거나, 별도의 원형 자석을 만들어야 합니다.

왼쪽 이미지는 자기부상 Angle Block과 LAG의 상호작용을 보여줍니다.

오른쪽 이미지는 자기부상 Angleblock의 제작 사진입니다. 저희는 자석의 종류, 간격, 두께, 3D 프린팅 구조물로 감싼 여부를 바꾸어가며 엄청나게 많은 시도를 했지만 모두 실패했습니다.

Clean and Powerful Energy Harvesting!



저희 수차를 실제 발전 환경에 적용하였을 때, 예상되는 효과는 다음과 같습니다.

강에서의 적용:

- **녹조 제거 효과:** 제안된 시스템은 강에서 녹조를 제거하는 데 도움이 될 수 있습니다.
- **배 이동 가능:** 시스템 설치가 배의 이동에 방해가 되지 않도록 설계되었습니다.
- **어류 보호:** 느린 유속에서 천천히 큰 토크로 회전하기 때문에 어류를 보호할 수 있습니다.

시스템 설치 및 발전량:

- 저희가 제안한 수차는, 수차가 유체 속도와 수직한 축으로 회전하며, 회전 원리가 유사하다는 점에서 VAWT(Vertical Axis Wind Turbine)와 유사합니다. 따라서, 저희가 제안한 수차의 발전량은 VAWT의 발전량이 유속의 세제곱에 비례하며, 단면적에 비례한다는 사실을 기반으로 계산했습니다. 이러한 원리를 저희 수차에도 근사적으로 적용하여 예상 발전량을 산출하였습니다.
- 제안된 시스템을 한강에 설치할 경우, 10m 깊이에서 1200m의 간격으로 설치하여 총 6.48MW의 발전량을 확보할 수 있습니다.

결론:

- 저희 연구는 청정하고 강력한 에너지 수확 방법을 제안하며, 이는 환경을 보호하고 지속 가능한 에너지 생산을 가능하게 합니다.