



유체역학의 원리를 이용하는 수상스키



김 병 식
 강원대학교 도시환경방재전공 교수
 hydrokbs@kangwon.ac.kr

1. 서론

본 저자는 대학원에서 수자원을 전공하고 수자원 공학 전공자로 20년 이상을 살아오고 있다. 2005년 우연히 수상스키를 접하게 되었고 지금까지 이 운동을 하고 있다. 물을 전공하는 사람으로 물위를 달리는 스포츠를 하게 되었다는 점이 참 행운이라고 생각한다. 본 저자는 학교에서 유체역학을 강의하면서 수시로 수상스키에서 역학을 예를 들고 한다. 항상 수상스키를 수자원 관련 전공자들에게 소개를 했으며 하는 생각을 갖고 있었으며 이렇게 본 기사를 통해 소개하고자 한다.

수상스키는 물 위를 걷는 것은 아니지만 그와 비슷한 혹은 더 흥미로운 활동이라고 할 수 있다. 이는 물 위를 시속 58킬로미터 활주하며 머리칼에 바람이 스치는 특별한 느낌을 선사한다. 또한 이러한 경험을 제공하는 수상스키에 대해 본 저자는 감사함을 느낀다.

수상스키는 간단한 운동이다. 설상스키처럼 생긴 장비를 장착하고 모터보트가 앞에서 끌어주면 물 위를 활주한다. 수상스키는 약 100년의 역사를 자랑하여 이는 동력 수상기술의 개발과 더불어 발전해 왔다. 카누가 끌어주는 수상스키는 탈 수 없으며 최소 시속이 30 킬로미터 이상의 모터보트가 앞에서 끌어주어야 한다. 그렇기에 모터 기술의 발전은 수상스키의 진화에 기여해왔다. 보트가 빠를수록 더욱 빠르게 스키를 탈 수 있으며 이러한 속도감은 새로운 묘기 및 기동성으로 이어진다. 수상스키는 단순한 스포츠라기보다는 유체역학과 물리학의 원리가 숨어있다고 할 수 있다. 본 기사에서는 수상스키의 원리, 역사 등을 언급하고 수상스키 속의 유체역학을 소개하고자 한다.



그림 1. 수상스키 타는 장면

2. 수상스키의 역사

비록 기록에 남아있는 정보는 매우 적지만 바턴스키다(vatternskida)라는 용어를 감안해 볼 때 수상스키는 스웨덴에서 유래한 것으로 추정된다. '바턴스키다'는 물 위에서 스키를 탄다는 의미의 동사이며 1921년 당시 스웨덴어 사전에서 이 단어를 찾아볼 수 있다.

하지만 공식적으로는 미네소타의 두 청년이 수상스키를 처음 시작한 것으로 알려져 있다. 이는 1922년 6월로 거슬러 올라간다. 당시 미네소타 레이크시티의 페핀호수(Lake Pepin) 근처에 살았던 18세 청년인 랄프 새뮤얼슨(Ralph Samuelson)은 눈 위에서 스키를 탈 수 있다면 물 위에서도 탈 수 있지 않겠냐는 참신한 아이디어를 떠올렸다고 한다. 새뮤얼슨과 그의 형제인 벤은 며칠 동안 이 아이디어의 실행에 몰두했으며 1922년 7월 초 새뮤얼슨은 벤이 운전하는 보트에 매달려 두 스키를 신은 채 물 위에서 수상스키를 탈 수 있게 되었다.

그들이 사용한 장비는 매우 기본적인 것들이었다. 처음 실험을 위해 새뮤얼슨은 배럴통의 장대와 긴 목재를 가죽 끈으로 묶어 스키를 만들었다. 또한 창틀을 이용하여 스키 줄을 만들었다. 새뮤얼슨은 몸을 뒤로 기울여 스키 앞코를 들어 올리면 물 위에서 성공적으로 활주할 수 있음을 발견하였다.

3. 수상스키의 유체역학적 원리

이제 수상스키를 발명한 사람이 스키 앞코를 들어 올리면 스키 능력이 향상된다는 사실을 실험 끝에 깨달았다는 것은 알게 되었다. 그럼 이는 과연 왜 그러한 것일까?

수상스키의 기본원리를 이해하기 위해 이와 연관된 물리학적 측면에 대해 알게 되면 도움이 될 것이다. 수상스키를 타기 위해서는 몇 가지 요소들이 적용되어야 한다.

우선 물의 기본적인 특성에 대해서 알아야 한다. 액체는 움직이는 상태에서 역동적이거나 얇은 판과 같은 성격을 지닌다. 요동치는 난류의 경우 표면이 거칠고 흐름도 불규칙적인 반면 판 형태의 물은 더 매끄럽다. 이러한 물의 두 성격을 비교하기 위해 '레이놀즈 수 (Reynolds number)'라고 불리는 공식이 사용되며 이는 다음과 같다

$$Re = \rho(\text{밀도}) \times l(\text{장애물 길이}) \times V(\text{유속}) / \mu(\text{점성계수})$$

레이놀즈 수 (Reynolds number)가 높다는 것은 물이 격동적이라는 의미이며 유체역학에서는 난류(turbulent flow)라고 표현한다. 또한 레이놀즈 수가 낮으면 물이 판과 같이 평평하다는 의미이며, 이는 물이 매끄럽고 규칙적인 흐름을 유지하고 있다는

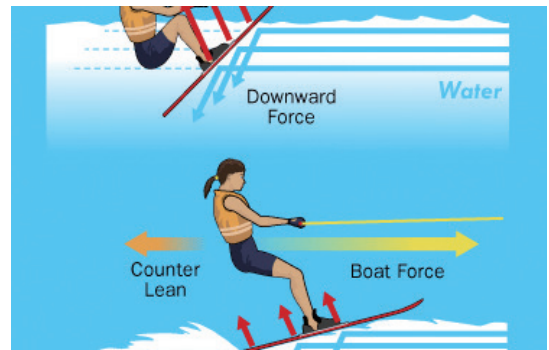
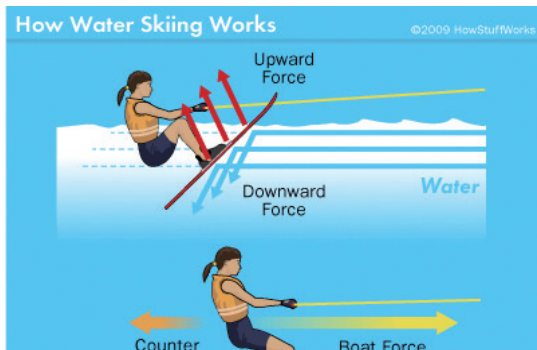


그림 3. 보트의 속력과 반력을 이용하여 수상스키가 부상하는 원리(<https://adventure.howstuffworks.com>)

의미이기에 수상스키의 최적 여건으로 간주된다.

수상스키를 본격적으로 타기에 앞서 스키 앞코가 물 밖으로 나와 있는지 확인해야 한다. 스키의 앞코를 물 밖에 들고 있으면 스키 타는 사람의 자세는 보트가 끌어당기는 힘에 반하는 힘을 주게 될 것이다. 이렇게 스키 앞을 들어 올리는 동작은 타는 사람을 물 밖으로 끌어내주는 힘의 원동력이 된다. 스키의 앞코를 들어 올린 채 앞으로 나아가면 물은 스키에 힘을 가하게 될 것이고 이는 스키 밑으로 반동을 주게 된다. 그에 따라 스키 및 스키를 타는 사람에는 위로 작용하는 힘이 가해진다. 위쪽으로 향하는 물의 힘이 중력의 힘, 즉 스키를 타는 사람의 몸무게와 같게 유지 된다면, 그 사람은 물 위에 계속 떠 있게 될 것이다. 중력은 스키를 타는 사람, 스키 및 물 위의 공기의 무게를 결정하는 일정한 힘이다. 물은 수면 위에 가해지는 무게에 반하는 힘을 가한다.

뉴턴의 운동의 제 3의 법칙에 의하면 모든 동작에 대해서는 동등한 크기의 반작용이 있다. 보트에 가속도가 붙으면 스키를 타는 사람을 끌어주게 된다. 이에 따라 타는 사람은 보트에 대해 동일한 크기의

반작용을 가하게 된다. 즉, 몸을 뒤로 젖혀 보트의 힘에 대한 반작용을 가하는 것이다. 보트의 힘이 타는 사람이 가하는 반작용 보다 크기 때문에 그 사람을 물 위로 끌어올려주게 된다. (그림 3 참조)

수상스키의 또 다른 중요한 물리학적 요소 중 하나는 끌어주는 배의 속도이다. 몸무게가 150 파운드인 사람이 수상스키를 타기 위해서는 평균 속도가 시속 20~25 마일(32~40 킬로미터)이 되어야 한다. 하지만 만약 스키 한 짝만 이용해서 탄다면 물 안에서 힘을 쌓을 수 있는 면적이 적어지기 때문에 속도는 더 높아져야 한다. 수상스키를 탈 때 보트가 앞에서 일직선의 줄로 끌어당긴다면, 스키를 타는 사람이 받게 되는 두 가지 주된 힘은 보트가 앞으로 나아가는 움직임에서 발생하는 줄의 장력과 물이 스키에 가하는 힘이다. 끌어당겨주는 줄에서 일정한 장력이 유지되면 타는 사람도 보트와 동일한 속도로 움직이게 된다.

웨이크, 즉 보트 및 엔진이 만들어 내는 물결을 가로질러 보트와 수직 방향으로 움직이면 구심력이 작용되게 된다. 구심력은 사람이 한 대상을 중심으로

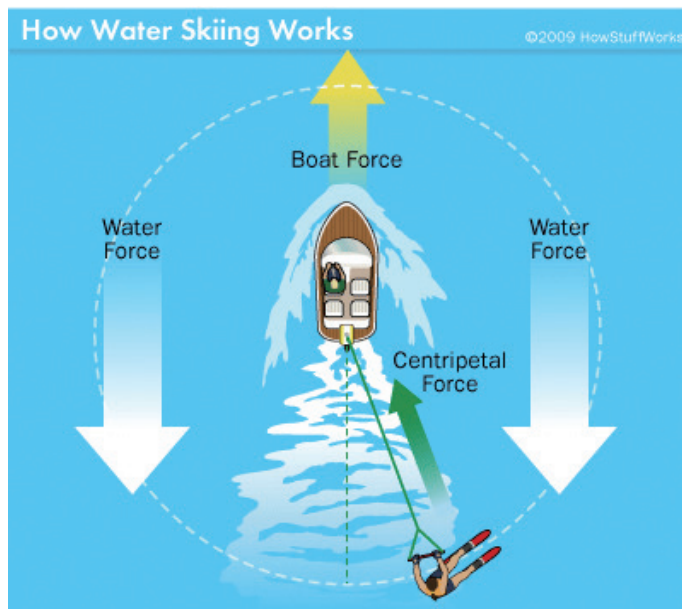


그림 3. 보트의 속력과 구심력을 이용하는 수상스키 힘의 작용 원리

돌게 되면 발생하는 힘이며 특정 힘이 몸을 중심으로 끌어당긴다는 사실을 기반으로 한다. 한 예로 지구 주위를 도는 인공위성을 생각해 보자. 이 경우 중력의 끌어당기는 힘은 인공위성으로 하여금 지구를 중심으로 원형 경로를 그리며 돌게 한다. 수상스키에서의 경우 보트의 줄이 타는 사람으로 하여금 보트 주변을 둥글게 돌도록 한다. 한 대상이 곡선으로 움직이면 가속도가 붙게 된다. 따라서 타는 사람이 보트 주변에서 곡선으로 움직이기 시작하면 그 사람은 가속도를 내게 된다. 물 및 보트에서 발생하는 구심력이 타는 사람에 적용되면 그 사람은 앞에서 끌어당겨주는 보트보다 더 빠르게 움직이게 된다. 위의 그림은 이러한 힘의 작용 원리를 보여준다.

4. 수상스키 기초

수상스키를 타기 위해서는 물 안에서 무릎을 접고 앉은 자세를 취하며 스키 뒤에 무게를 실은 상태로 시작해야 한다. 이러한 자세에서 스키의 앞코는 수

면 위에 드러나게 된다. 이 상태에서 중심을 잡도록 해야 하는데 미는 힘과 끌어당기는 힘이 함께 작용되기 때문에 중심을 잡기 조금 힘들 수도 있다. 보트가 가속되면서 타는 사람을 끌어주기 시작한다. 이때 타는 사람은 일어서기만 하면 된다. 이를 위해 양 팔은 앞으로 쭉 뻗고 등은 올곧게 펴야 하며 무릎은 계속 굽힌 채로 있어야 한다. 물에서 이를 시도하기 전 집에서 연습해보고자 한다면 의자 위에서 팔을 앞으로 뻗고 몸을 낮추는 자세를 취해 봄으로써 미리 자세를 익혀볼 수 있을 것이다.

물 위를 활주하기 시작한 후에도 무릎은 계속 굽히고 있어야 한다. 이를 통해 무언가에 충격을 받아도 이를 흡수할 수 있을 것이다. 스키를 타는 중 보트가 턴을 할 때에도 타는 사람은 보트 뒤에 있어야 한다. 그래야만 보트의 웨이크, 즉 보트가 생성하는 물결 내에서 스키를 탈 수 있게 된다. 보트 옆을 따라 웨이크 밖에서 타게 된다면 보트가 턴을 할 때 타는 사람도 꽤나 빠르게 턴을 하게 될 것이다. 좀 더 실력을 갖춘 후에는 웨이크 밖에서 움직임, 물살 가



그림 4. 수상스키 장비

르기, 점프 등을 시도해 볼 수 있을 것이다. 스키를 멈추고자 한다면 스키위에 앉는 동작을 취하면서 줄을 놓으면 된다. 이렇게 하면 물 위에서 잠시 미끄러져 가다가 순조롭게 연착할 수 있다.

5. 수상스키 장비

수상스키를 타면 시속 50 마일(80 킬로미터)까지 활주할 수 있기에 타다가 넘어지게 되면 꽤나 심각한 부상으로 이어질 수 있다. 수상스키 관련 부상 중 무릎 및 안면 부상의 비중이 가장 높다. 이에 더해 팔 및 상체까지 부상이 이어질 수 있다. 점프 및 비틀기 동작을 실행할 시 무릎에 특히 많은 부담을 가할 수 있기에 항상 무릎은 굽히도록 하여 물에 부적절한 각도 혹은 부위로 충돌하는 것을 방지해야 한다. 런지나 스쿼트를 통해 종아리 근육을 강화하면 무릎을 구부리고 펴는 동작을 더 손쉽게 할 수 있을 것이며 물 위에서 더 균형을 잡기 용이해 질 것이다.

수상스키를 타기 위해 필요한 장비로는 우선 두 말할 나위 없이 구명조끼가 필요하다. 안전이 항상 최우선이기 때문이다. 그 다음으로는 최소 시속 20~25 마일(32~40 킬로미터)의 속도를 낼 수 있는 보트가 필요하다. 섬유유리 재질의 스키 또한 필요하다. 스키의 길이는 스키 방식 및 숙련도에 따라

결정된다. 초급자라면 긴 스키를 사용해야 하는데, 이러한 스키의 평평한 바닥은 스키를 안정적으로 탈 수 있게 해주고 더 쉽게 턴을 할 수 있게 해주기 때문이다. 스키 날이 날카로운 스키는 더 빠르게 움직일 수 있게 해주며 앞코가 큰 스키는 더 신속하게 물 위로 올라오게끔 해 준다. 스키 밑쪽에 달린 지느러미는 기동성을 높여주며 스키 바닥의 굴곡의 크기는 다양한 정도의 가속화를 가능케 한다.

6. 맺음말

본 저자는 수자원전공자로서 물을 사랑하고 물 때문에 먹고 산다고 할 수 있다. 그리고 물로 건강을 지키고 있다. 올해처럼 극한 무더위가 기승을 부릴 때는 더욱 더 수상스키를 취미로 삼았다는 점이 다행이라고 생각한다. 수상스키 속에서는 심오한 유체역학의 원리가 숨어 있다. 수상스키 장비를 신고 물위를 달리고 슬라롬이라는 기술을 부릴 때면 본 저자는 흐르는 강물의 속도, 표면의 조도계수, 점성 그리고 바람의 세기, 방향 등을 생각한다. 또한 내 몸 무게를 통해 중력과 반력을 생각하게 된다. 이 기사를 통해 수자원을 전공하는 여러 분들이 이 스포츠를 쉽게 접했으며 하며 본 저자처럼 더욱더 물의 역학적 원리를 몸으로 느끼었으면 하는 바램이다.



<https://adventure.howstuffworks.com/outdoor-activities/water-sports/water-skiing.htm>