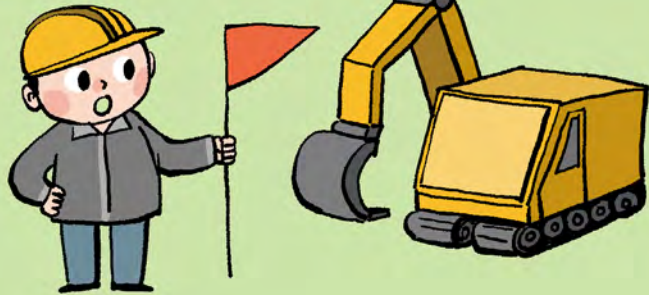
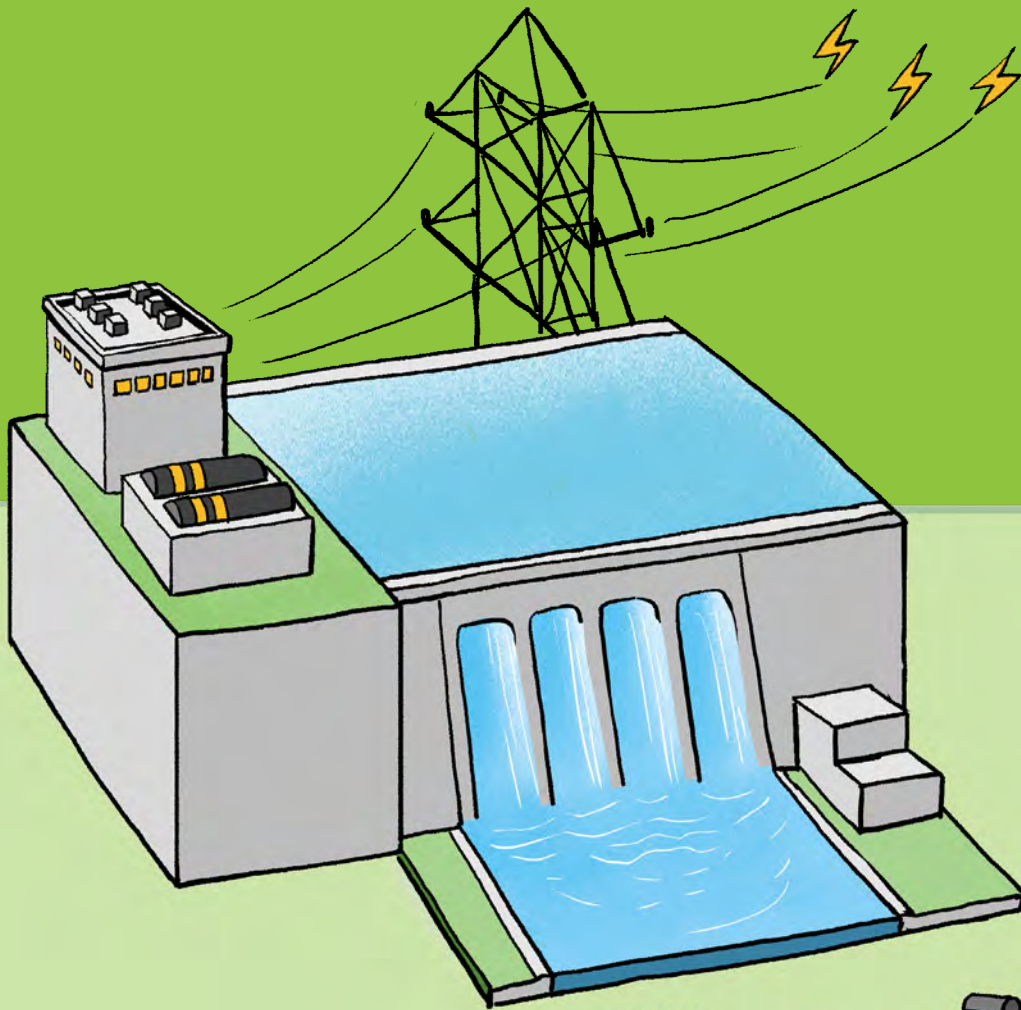


전기를 만드는 다양한 방법 ③

## 물의 위치에너지를 이용한 수력 발전





## 전기를 만드는 다양한 방법 ③

## 물의 위치에너지를 이용한 수력 발전



## 빙빙 돌아가는 물레방아처럼... 물의 흐름으로 터빈을 돌린다

지난 시간에는 모든 물질의 근본인 원자가 가진 힘을 이용하여 전기를 만드는 방법을 살펴보았습니다. 우리가 흔히 말하는 '원자력 발전' 그리고 뭔가 첨단기술 느낌이 물씬 풍기는 '핵융합 발전'이예요. 보이지도 않는 원자를 쪼개거나 합쳐 엄청난 에너지를 만든다는 사실이 매우 신기하기도 하지만, 사실 직접 만지거나 느낄 수 없는 존재를 이해하기는 어렵기도 합니다.

그러나 모든 전기가 이렇게 거창한 힘을 바탕으로 만들어지는 것은 아닙니다. 주변에서 흔히 볼 수 있는 것에서도 에너지를 만들어 낼 수 있어요. 오늘 얘기할 주제는 바로 '물'입니다. 물의 흐름을 바탕으로

전기를 만들어 내는 수력 발전을 알아봅시다.

여기서 잠깐, 아주 짧게 복습을 해볼게요. 지난 ‘기력 발전’ 강의 때 어떤 운동을 통해 전기를 만들어 낸다고 했는지 기억나나요? 바로 ‘원 운동’이에요. 동그랗게 제자리에서 돌아가는 터빈이 ‘전자기 유도’를 발생시켜 전기를 만든다고 했죠. 이 터빈을 돌리기 위해 증기를 사용하는 것이 바로 ‘기력발전’인 것도 잊지 않았겠죠?

수력 발전도 기본적 원리는 같아요. 차이가 있다면, ‘증기’ 대신 ‘물’을 이용해 터빈을 돌린다는 것이지요. 기력 발전이 터빈을 돌리기 위해선, 증기를 한데 모아 높은 압력으로 큰 힘을 주어야 해요. 수력 발전은 대신 많은 양의 물을 위에서 아래로 흘려보내 그 힘으로 터빈을 돌리는 것이지요. 물레방아를 생각하면 물의 흐름이 어떻게 원 운동으로 이어지는지 이해가 쉬울 거예요.

그런데 증기를 모으기 위해선 보일러에 있는 물을 끓이면 되지만, 물을 모으기 위해선 어떻게 해야 할까요? 여기서 등장하는 것이 여러분도 잘 아는 ‘댐’입니다. 계곡이나 강의 물을 모아두기 위해 건설한 거대한 구조물이죠.

### 오래된 친구 수력 발전, 종류도 다양해

이런 수력 발전은 생각보다 오래된 전통적인 친환경에너지입니다. 지금으로부터 약 340년 전인 1882년 미국 위스콘신 주의 폭스강에 세계 최초의 상업용 수력 발전소가 세워졌는데요, 이후 세계 여러 곳에서 수력 발전을 통해 전기를 공급하기 시작했습니다.

우리나라에서도 지난 1931년 전라북도 정읍에 위치한 운암댐을 시작으로 전국 곳곳의 하천에 수력 발전소가 세워졌습니다. 현재 한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강에 총 10개의 수력 발전소가 설치되어 있어요. 이 수력 발전소들은 모두 물의 양이 많고, 높낮이가 커서 보다 많은 에너지를 발전에 활용할 수 있는 곳에 위치해 있어요. 이에 더해 최대한 저렴한 비용으로 물을 많이 보관하기 위해서는 큰 저수지를 확보할 수 있을 만큼 넓으면서도, 목이 좁아 댐을 조금만 이어도 되는 지형이 필요하겠죠. 또 전기는 수송하는 과정에서 많은 낭비가 이뤄지기 때문에 최대한 전기를 많이 사용하는 공장지대나 대도시 근처에 발전소가 위치하면 좋겠죠? 이렇게 여러 조건을 만족해야 하기에 수력 발전소를 효율적으로 지을 수 있는 위치는 굉장히 찾기 어렵습니다. 그래서 오늘날처럼 전기 사용량이 많아질수록, 수력 발전이 차지하는 비중은 점점 줄어들고 있지요. 전기는 더 많이 필요한데 수력 발전용 댐을 건설할 수 있는 곳은 한정되어 있으니까요.

그래서 최근엔 이러한 위치 선정에서 비교적 자유로운 소규모 수력 발전이 이뤄지고 있어요. 하천, 저수지, 하수처리장 등에 수력 터빈을 설치해 전기를 만드는 ‘소수력 발전’이죠. 발전시설 건설 기간도 짧고, 주변 자연물을 최대한 활용할 수 있기 때문에 소량이지만 보다 친환경적으로 전력을 생산할 수 있죠. 현재 우리나라에서만 이런 소수력 발전소가 142군데 운영되고 있습니다.

한편 전기 사용량이 적은 밤에 남아도는 잉여전기를 활용하는 방법도 있어요. 아래 부분에 있는 물

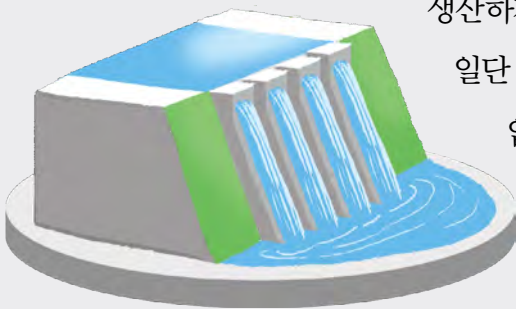
을 높은 댐 위로 퍼올려 저장해두었다가, 전기 사용량이 많은 낮에 다시 아래로 흘려보내 전기를 생산하는 방법이죠. 주로 일정하게 많은 전기를 생산하는 원자력 발전소 옆에 이런 장치를 설치하는데, 이를 ‘양수 발전’이라고 한답니다. 양수발전은 폭염처럼 전기를 갑자기 많이 쓰는 상황에서 가장 먼저 전기를 공급해서 대규모 정전을 예방하는 ‘소방수’ 역할을 합니다.

### 저렴하지만 만능은 아닌 수력 발전, 그러나 여전히 중요

지금도 수력 발전소는 꾸준히 건설되고 있습니다. 무엇보다 발전 과정에서 이산화탄소를 배출하지도 않고 연료도 필요하지 않으니까요.

물론 수력 발전 역시 만능은 아니에요. 앞서 얘기한 여러 조건에 적합한 위치를 확보하더라도 큰 저수지를 만드는 과정에서 넓은 지형이 물에 잠기게 돼 있어요. 이 과정에서 많은 자연환경, 동식물은 물론 사람들도 살 곳을 잃고 어려움을 겪곤 한답니다. 물을 많이 모아 놓은 저수지에서 온실가스(이산화탄소, 메탄가스)들이 발생한다는 연구도 있어요.

가장 큰 문제점은 발전량의 한계입니다. 기본적으로 높은 곳에 있는 물을 아래로 흘려보내며 전기를 생산하기에 사용할 수 있는 연료(물)의 총량이 한정적이라는 단점이 있죠.



일단 내려간 물은 증발하여 다시 비가 되어 내리기 전까지는 사용할 수 없습니다. 물론 양수 발전처럼 역지로 물을 끌어올리는 경우도 있으나, 이는 남은 전기 에너지를 활용하기 위한 임시방편에 불과해요. 반면 화력이나 원자력 발전은 연료만 있으면 지속적으로 전기를 생산할 수 있어요. 실제로 전세계에서 새로 건설되는 수력 발전소의 규모는 매년 증가하는 전기 소비량과 비교하면 매우 적습니다.

이처럼 현대 사회에서는 더이상 큰 역할을 하지 못하는 것처럼 보이는데도 수력 발전이 중요한 이유는 ‘유연성’에 있습니다. 댐의 수문을 열어 물을 흘려보내면 바로 발전이 가능하기에 길어도 5분, 짧으면 1분 정도의 짧은 시간 안에 바로 전기를 생산할 수 있어요. 때문에 갑자기 전기가 필요할 경우 빠르게 대응이 가능하답니다. 앞에서 설명한 양수발전 역시 전력 수요에 따라 발전량을 조절하는 사례라고 할 수 있어요.

발전비용이 저렴한 것도 수력 발전의 장점이에요. 처음에 댐을 건설할 때는 비용이 많이 들지만, 따로 연료를 구입할 필요가 없기 때문에 추가적인 비용이 적게 들어요. 발전소 수명 자체도 50~100년으로 매우 길고, 관리 인원도 다른 발전소에 비해 적게 든답니다. 이에 더해 수력 발전을 담당하는 댐은 관광 자원, 농업용수 공급, 홍수 방지 등 다양한 용도로 사용할 수도 있죠.

### 전체 전력망 살리는 구원투수, 수력 발전이 중요한 이유

그래서 수력 발전은 여러 한계에도 불구하고 한 국가가 전력망을 구축하고자 할 때 가장 먼저 고려하

는 발전방식입니다. 수력 발전의 유연성은 발전방식 자체에서 비롯되기에 갑자기 기후나 지형이 완전히 바뀌어 강의 물이 말라버리지만 않는 이상, 오늘날에도 그 역할은 여전히 중요하지요.

그래서 전쟁, 천재지변 등의 사태로 국가 전체 전력망이 마비돼도 수력 발전소만 살아있다면, 빠르고 확실하게 전기를 만들어 다른 발전소를 가동시킬 수 있어요. 불씨를 살려 불을 피우는 불쏘시개, 불꽃을 튀겨 라이터에 불을 붙이는 부싯돌, 심장에 자극을 주어 목숨을 살리는 자동심장충격기와 같다고 할까요? 2014년 나온 영화인 ‘혹성 탈출: 반격의 서막’에서 인간 세계가 멸망한 이후에 살아남은 사람들이 수력 발전소를 중심으로 뭉쳐 살아가는 모습에서 수력 발전의 역할이 잘 보이지요.

이렇게 꾸준하고 저렴하게 전력을 공급해주면서도, 급격한 전력수요에 대응할 수도 있고, 전체 전력망을 살리는 최후의 보루 역할까지 가능하다니... 많은 국가들이 수력 발전을 중요시 할 수밖에 없겠지요? 2019년 기준, 여전히 전 세계 발전량의 15.6%가 수력으로 만들어지고 있습니다(출처: BP세계 에너지 통계 리뷰 2020). 이는 석탄(36.4%), 천연가스(23.3%)에 이은 3번째이며, 다른 재생에너지(10.4%)를 모두 합친 것보다 많은 비중이기도 해요. 오늘은 전통과 역사를 자랑하는 재생에너지인 수력 발전을 알아봤으니, 다음 시간엔 유력한 후발주자인 풍력을 알아볼게요.



## 전기를 만드는 다양한 방법 ③

# 물의 위치에너지를 이용한 수력 발전

흐르는 물의 힘은 인류가 가장 먼저 이용한 자연의 에너지 중 하나입니다. 게다가 물을 이용하면 큰 힘을 지닌 원운동을 쉽게 만들어낼 수 있지요. 물을 이용해서 발전하는 방식을 알아볼까요?



흐르는 물의 힘을 이용하는 방법 중 가장 쉽게 생각할 수 있는 것은 바퀴에 물을 흘려보내 회전시키는 것입니다. 한편 물의 힘을 최대한 활용하려면 물의 흐름이 바퀴에 고스란히 전달돼야 하지요. 그렇다면 바퀴에 물의 힘을 어떻게 효과적으로 전달할 수 있을까요?

세차게 흐르는 물의 표면에 자전거 바퀴를 조심스럽게 대 봅시다. 어떤 일이 일어날까요?

회전합니다

바퀴가 더 빠르게 회전하도록 하려면 바퀴를 어떻게 개조하면 좋을까요? 그림으로 그려봅시다.

물과 닿는 부분이 넓어지도록 날개를 넓고 크게 합니다

이번에는 물이 흐르는 힘이 바퀴 전체에 전해지도록 바퀴를 물에 완전히 잠기게 해 봅시다.  
어떤 일이 일어날까요?

바퀴가 회전하지 않습니다

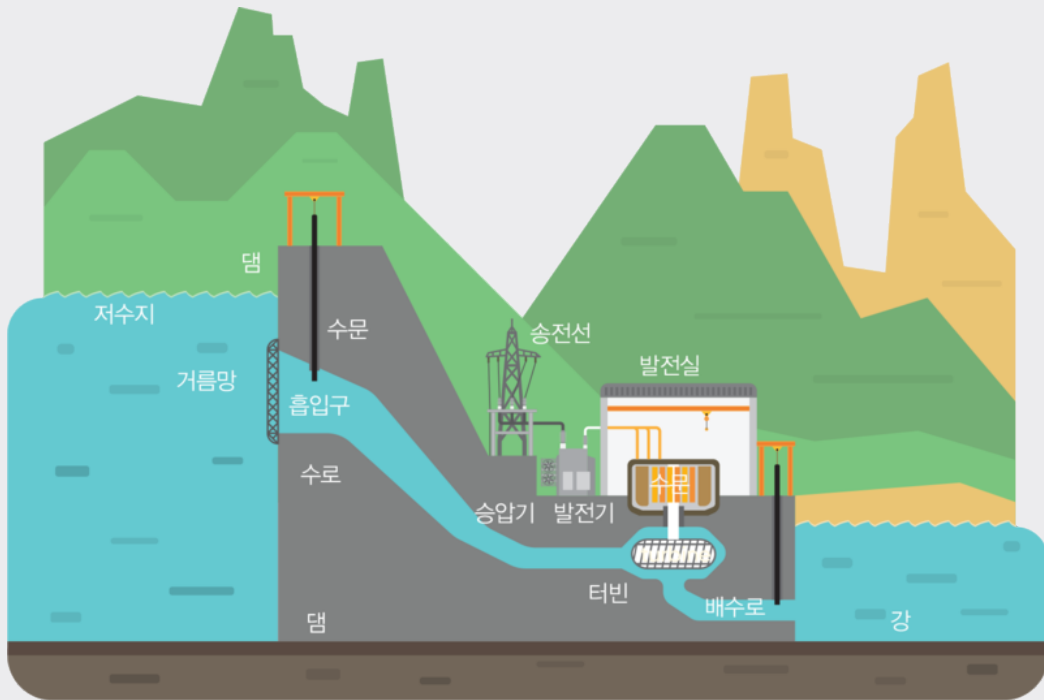
바람개비는 보통 회전축이 바람 방향에 수직인 물레방아보다는 회전축의 방향이  
바람 방향과 나란한 회전날개 모양으로 만듭니다. 그 원리는 무엇일까요?  
그리고 이를 이용해서 물속에 완전히 잠긴 채로 물이 흐르는 힘을 모두 활용할 수 있는  
수차를 만들 수 있을까요? 그림으로 그려봅시다.

물레방아는 물에 잠기면 위쪽과 아래쪽 모두에 똑같은 힘이 가해져서 회전하지 않습니다.  
그러나 바람개비 모양은 물의 흐름과 회전방향이 수직이므로 물속에서도 회전합니다.

여러분이 생각한 '효율적인 바퀴'와 실제 물레방아,  
그리고 친구들의 그림을 비교해 봅시다. 어떤 점이 비슷하고 어떤 점이 다른가요?



아래는 수력 발전소의 구조입니다. 흐르는 물을 가둬서 깊은 저수지를 만들고 여기에 수로를 내서 강한 물의 흐름을 만들어 발전기를 가동하는데요, 수력 발전의 특징과 관련된 다음 질문에 대해 각자 아이디어를 내고 토의해 봅시다.



세로로 긴 모양 물통의 서로 다른 높이에 구멍을 뚫고 물을 채워봅시다. 뚫어 놓은 구멍으로 물이 빠져나올 것입니다. 높은 위치의 구멍과 낮은 위치의 구멍, 어느 쪽에서 물이 더 세차게 나오나요? 그 이유는 무엇인지 함께 토론해보세요.

높은 위치에서 더 세차게 나옵니다. 수압이 높기 때문입니다.





이번에는 수력 발전소의 구조를 봅시다.  
흡입구와 배수로의 높이 차이가 큰 쪽이 유리한데 왜 그럴까요?  
그리고 높이 차이를 최대한 크게 했을 때 문제는 무엇일지 토의해보세요.

높이 차가 클수록 물살이 더 세차서 회전속도가 빨라집니다



가뭄이 들어 저수지의 물이 마르면 수력 발전소에서 만드는 전기의 양은  
어떻게 변할지 이야기해 봅시다.

물의 흐름이 약해지므로 발전량은 줄어듭니다



## 전기를 만드는 다양한 방법 ③

# 물의 위치에너지를 이용한 수력 발전

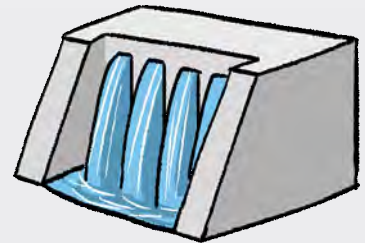
큰 강이 있는 국가에서 수력 발전은 국가 전력망의 근간 역할을 합니다. 일단 설치하면 강의 수량이 유지되는 한 지속적인 발전이 가능하기 때문입니다. 이 때문에 비상시 국가 단위 전력망의 복구 절차에서도 발전소에 필요한 전력을 공급하는 역할, 즉 도화선 역할을 수력 발전이 담당하고 있습니다. 수력 발전 자체만으로는 원리도 기력발전과 동일하고 한국에서 차지하는 비중도 작아 크게 언급할 것이 없어 보이지만, 그러함에도 중요한 이유가 전력망에서 차지하는 위상에 있습니다. 이 점을 중점적으로 강조할 필요가 있습니다.



## 생각해 볼 문제

### 수력이 중요한 이유

수력 발전은 인류가 가장 먼저 이용한 발전방식 중 하나였습니다. 일단 저수지를 만들어 낙차를 확보하기만 하면 꾸준히 일정한 양의 전기를 만들어낼 수 있기 때문입니다. 전기 수요가 크지 않은 옛날에는 수력 발전소만 잘 건설해도 전력 수요를 상당 부분 감당할 수 있었지요. 그래서 20세기 중반까지만 해도 국가 전력망은 수력 발전을 바탕으로 두고 화력발전이 부족한 부분을 보조하는 형태가 많았습니다.



물론 전력 수요가 크게 늘어난 지금 수력은 전체 전력 수요 중 적은 부분만을 담당하고 있습니다. 수력 발전소를 건설하려면 유량이 어느 정도 보장되는 하천과 이를 효과적으로 막아 저수지를 만들만한 지형이 필요하기에 필요한 만큼 건설할 수 없기 때문입니다. 그러나 수력 발전은 별도의 연료 공급이나 조작 없이도 전력을 계속해서 생산할 수 있어 비상시 매우 중요한 역할을 하므로 여전히 중요도가 높습니다.

전쟁이나 재해 등으로 국가 전력망이 완전히 파괴되는 경우, 가장 시급한 것은 전력을 다시 공급하는 일입니다. 그러려면 멈춘 발전소들을 재가동해야 하는데, 이 과정에서 발전소에 시동을 걸 에너지원이 필요합니다. 마치 내연기관 자동차를 운행하기 위해 배터리의 전기를 이용하여 엔진을 초기 작동하는

과정이 필요한 것과 마찬가지로입니다. 수력 발전은 수량이 유지되는 한 늘 가동되는 상태이므로 전력망의 발전소에 최초의 비상전력을 공급하는 역할에 적합합니다.

비상시 수력 발전의 역할을 설명함으로써 에너지를 안보 측면에서 바라보는 관점도 익힐 수 있습니다. 흔히 발전방식을 생각할 때 단순히 발전량과 비용만 고려하는 경우가 많습니다. 이러한 기준으로 보면 수력 발전은 연료비가 적게 들어 저렴하지만 대신 공사비가 만만치 않고, 입지를 따져야 하므로 에너지 소비가 많은 현대 사회에는 부적합해 보입니다. 그러함에도 수력 발전이 중요한 이유는 에너지가 산업과 일상의 근간인 만큼 비상상황에서도 에너지 수급이 유지되는 '복원력'이 반드시 필요하며, 여기에 가장 적합한 에너지원이기 때문입니다.



### 생각해 볼 문제

#### 수력의 또 다른 가능성, 소수력과 ESS

최근에는 대형 수력 발전보다 소수력이 더 각광받고 있습니다. 기술 발전으로 수력 발전 모듈을 저렴하게 제작할 수 있게 되자 수량이 적은 곳에서도 지역 수준에서 사용할 수 있을 만큼의 발전이 가능해졌습니다. 이러한 발전방식을 소수력 발전이라고 하며 청정 에너지원으로 각광받고 있습니다.

소수력 발전은 수력 발전의 단점을 극복한다는 점에서 중요한 의미가 있습니다. 수력은 역사가 오래된 만큼 수력 발전이 가능한 곳에는 거의 모두 수력 발전소가 들어선 탓에 더 이상 발전량 확대가 어렵습니다. 강줄기가 단시간에 바뀌는 것도 아니어서 수력 발전소를 새로 건설할 곳도 마땅치 않지요. 자연히 현재 수력 발전은 전체 발전원에서 비중이 줄어들고 있습니다.

그러나 소수력 발전은 수력 발전보다 훨씬 작은 수량만 있으면 충분하기에 입지의 제약이 크지 않습니다. 발전소의 인근 지역에서 사용할 전기만 생산하면 되므로 굳이 규모를 키울 필요가 없고, 주 전력원의 보조 전력으로서 지역 내 소비 목적으로 운영하기에 유지관리의 부담이 크지 않습니다. 소수력 발전에 필요한 수준의 하천은 대규모 수력 발전에 필요한 하천보다 훨씬 많이 존재하므로 소수력 발전을 활성화하면 수력 발전의 연료 없이도 지속적인 발전이 가능하다는 장점을 살리면서도 기존 수력 발전으로 커버하지 못하는 소규모 수요에도 대응할 수 있습니다.

한편 소수력 발전과 양수시스템을 결합하면 대규모 에너지저장장치(ESS)로 활용할 수도 있습니다. 수력 발전은 낙차에 의한 물의 흐름을 이용합니다. 따라서 여분의 에너지로 물을 높은 곳으로 끌어올려서 인위적으로 물의 흐름을 만들 수 있다면 이를 소수력 발전에 활용함으로써 에너지를 저장할 수 있습니다. 전기로 펌프를 가동해서 전기에너지를 위치에너지를 저장하는 것입니다. 이처럼 수력 발전은 발전 비중과 같은 수치로 보이는 것보다 훨씬 많은 역할을 하므로 수력 발전이 전력망에서 하는 역할을 다양한 측면에서 설명할 필요가 있습니다.



# MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing a memo.