

エネルギー供給、電力供給

3.4.1 水力発電

水力のエネルギーは、昔から水車を使って脱穀や製粉に利用していました。農業用が中心だったのです。ところが19世紀に電灯が発明されると、発電用の需要が大きくなり、落差の大きい河川に多くのダムが建設されました。現在、日本には約2000カ所に水力発電所があり、2016年には電力需要の7.6%分を供給しています。発電能力は3万kW以下が多く、小規模分散型のエネルギーです。

日本初の長距離送電(228Km)が始まり、大正から昭和初期にかけて多くの水力発電所が建設されています。日本の電力供給は、1950年代まで水力発電が中心で、1955年には全電力供給の78.7%を占めていました。しかし1960年代に入ると、燃料に輸入石油を使う火力発電が多くなり、1962年には水力発電の寄与率が46.1%に低下しています。なお2015年度末の時点で、日本の事業用水力発電所は約2000カ所、設備容量は約5千万

kW、年間の発電電力量は約850億kW時です。全電力量に対する水力発電の比率は、2016年で7.6%です。

1. 水力発電の発展経緯と現状

太陽光と風と水の流れは、どこにでもある自然のエネルギーです。その中でも水の流れは安定しているので、古くから水車を脱穀や製粉の動力源に利用してきました。一方、電力として使い始めたのは19世紀になってからです。というも、1878年にエジソンが白熱電球を発明し、電力の需要が顕在化したからです。世界で最初の水力発電は、1878年にイギリスのウィリアム・アームストロングが、自分の屋敷の照明を目的に設置したものとされています。なお、アームストロングは水力発電機の発明者とも推察されています。米国では1881年にナイアガラの滝の近くに水力発電所が竣工し、1886年には米国とカナダに45の水力発電所ができています。1889年には、米国だけで200の水力発電所が稼働しています。日本では1888年に宮城紡績が設置した自家用の三居沢発電所(5kW)が最初で、1891年には琵琶湖疏水の落差を利用した蹴上水力発電所(水路式、直流、160kW)が運用を開始しました。これが日本で最初の事業用水力発電です。

電力の需要は電灯から始まりましたが、日本では1913年に動力用の需要が照明需要より大きくなっています。1915年には猪苗代水力発電所から

2. 水力発電の種類

水力発電には水の利用形態に応じて四つの種類があります。一つは図1に示す「流れ込み方式」で、川の流れに堰を設け、そこで取水した水を下流に設置した発電所に送ります。河川水を貯水せずにそのまま利用するので、渇水期には発電量が少なくなります。また、水路の流量や発電設備の容量には限界があるので、雨量が多い時期には増加した河川水の一部しか利用できません。河川水の量に応じて発電量が変わるので、電源として不安定な側面がありますが、ダムを設置しないので建設費を低く抑えることができます。水量が安定している河川に適していて、アフリカなど海外の一部では発電方法の主流になっています。

二つ目は図2に示す「調整池方式」で、1日分から1週間分の水を調整池に貯めて発電します。このため雨量が変化しても、発電量を一定の範囲で調整することができます。電力需要は昼間が夜間の2倍を超えることが珍しくありませんが、調整池方式なら夜間に貯めた水を昼間の発電に利用

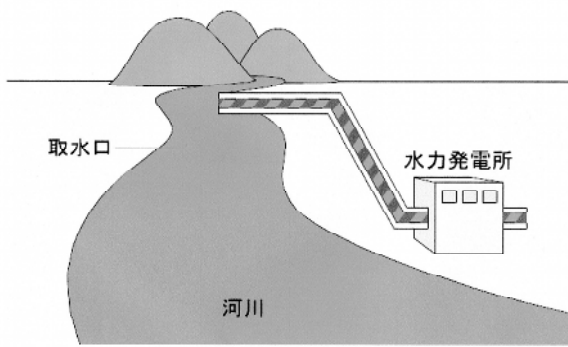


図 1. 流れ込み方式

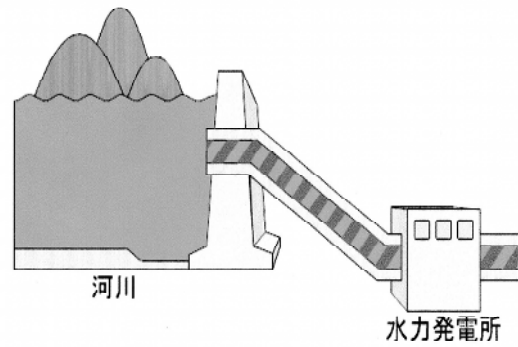


図 2. 調整池方式

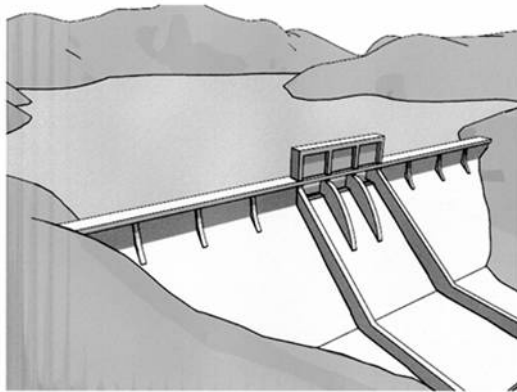


図 3. 貯水方式

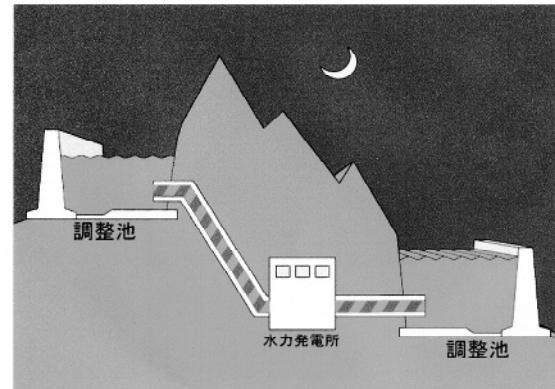


図 4. 揚水方式

できます。したがって、流れ込み方式と比べて、同じ水量でも発電量を大きくできます。

三つめは図 3 に示す「貯水方式」で、河川にダムを設置し、流域に降る雨水や融雪水を貯めて発電に利用します。梅雨の豪雨も貯水し、夏場の渇水期に利用することができます。河川の水を完全にせき止めるので、発電量を自在に調整できますが、ダムの建設工事に多大な費用が必要です。また、ダムの建設は自然破壊をとまなうので、環境アセスメントや自然保護対策が必要になり、計画から発電に至るまでに長期間を要します。ダムの建設のために、周辺の家屋や農地が水没することが多く、その調整や保障にも多くの時間と費用が必要です。水力発電所の中ではもっとも環境負荷が大きい方式といえるでしょう。日本は河川の距

離が短いので、流れ込み方式も貯水方式も建設に適した場所が少なく、新たに建設が可能な候補地は多く残っていません。

四つ目は図 4 に示す「揚水方式」で、目的は昼間と夜間の電力需要の格差を調整することにあります。発電所の上流と下流の両方に調整池を設け、電力需要の少ない夜間の電力で、下流の調整池から上流の調整池に水を汲み上げます。昼間は電力需要が多いので、上流に汲み上げた水を落下させて発電に使用します。電力貯蔵の一種ともいえますが、蓄電池よりはるかに大容量の調整が可能です。一方、汲み上げるのに電力を使うので、発電効率は 3 割ほど低下します。なお、図 1～図 4 の出典は電気事業連合会の HP を引用しています。

3. 水車の形式

水車の形式は、主に図5～図7に示す3種類です。図5のベルトン水車は、ノズルから強い勢いで吹き出す水を、おわん形の羽根に吹きあてて回転させます。水の速度のみを利用する水車で、水の勢いが強い落差200m以上の高度差で採用されます。図6のフランシス水車は、流水をケーシングと呼ばれる渦巻き状の円管に充満させ、その中

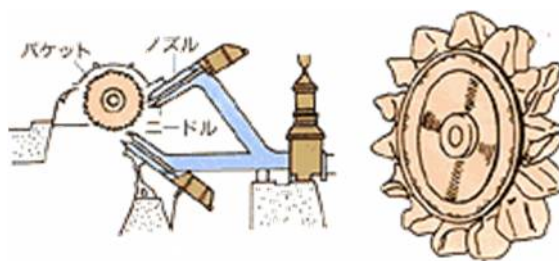


図5. ベルトン水車

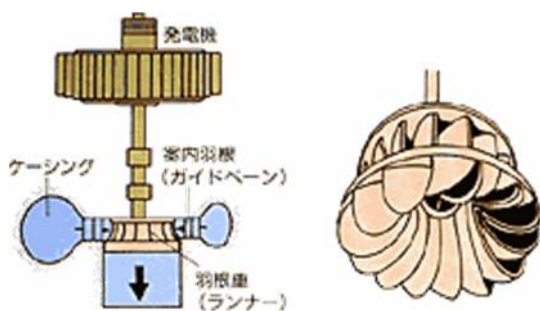


図6. フランシス水車

央部から案内羽根（ガイドベーン）を通して羽根車についたランナーに導きます。水はランナーの外周から入って中心部に集まり、ランナーの下部から放出されます。広い範囲（50～500m程度）の中落差で使用でき、日本の水力発電所の約7割が採用しています。図8のカプラン水車は、理論的にはフランシス水車と同じですが、水の圧力の変化に応じて羽根を動かすことができるので、効率的な発電ができます。なだらかな河川で、落差が3mから90mの低落差の場合に採用されます。

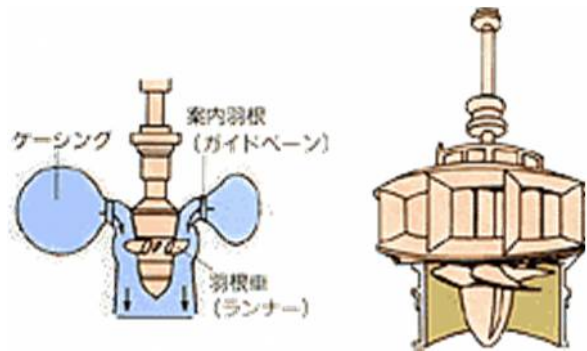


図7. カプラン水車

4. 水力発電の出力分布

表1が日本の既開発水力発電所の出力分布です。出力が1000kWに満たない発電所が全数の27%を占めており、火力発電や原子力発電に比べて容量の小さい発電所が多いことがわかります。10万kW以上の発電所は26カ所と全数の約1.3%に過ぎませんが、全発電量の15%を担っています。

表1. 既開発の水力発電出力分布（2017.3）

出力区分 (千kW)	地点	総出力 (千kW)	電力量 (百万kWh)
1未満	556	230	1,430
1～3	430	766	4,274
3～5	167	629	3,297
5～10	285	1,935	9,820
10～30	368	6,153	28,315
30～50	89	3,380	14,949
50～100	67	4,384	16,896
100以上	26	4,938	14,037
計	1,988	22,419	93,020
平均		11.	46

5. 全国水力発電ランキング

水力発電所が発電する電力は、それぞれが所属する発電事業者の商品として、小売り電気事業者を通じて不特定多数の顧客に販売されます。水力発電量の多い発電事業者を、上位 50 社まで表 2 に示します。上位は旧大手の電力会社ですが、発電量の多い大規模な水力発電所を保有しているからです。企業が保有する水力発電所がかなりありま

すが、電力依存度の高い工場が自家用に建設したもので、現在は自家用の需要を超える電力を外部に販売しています。企業局が多いのは、地方自治体が治水対策も兼ねて多くの多目的ダムを建設してきたからです。 (おわり)

参考：電気事業連合会 HP、資源エネルギー庁 HP
新電力ネット HP、Wikipedia

表 2. 水力発電実績ランキング 50 位 発電実績は (百万 kW 時)、最大出力は (千 kW)

出典：新電力ネット HP(2020 年 10 月)

電力会社名	発電実績	最大出力	電力会社名	発電実績	最大出力
関西電力	6776	30589	秋田県公営企業課	20	
東京電力リニューアブルパワー	749	9925	黒部川電力	18	110
中部電力	777	9163	高知県公営企業局	19	40
電源開発	4712	16971	愛媛県公営企業管理局	18	67
東北電力	4330	16637	東京都交通局	17	
九州電力	4081	17549	三峰川電力	18	36
北陸電力	1908	8246	栃木県企業局	15	62
北海道電力	1468	8364	岩手県企業局	19	173
四国電力	1041	5435	大分県企業局	14	71
中国電力	2252	10645	神岡鉱業	13	34
東日本旅客鉄道	311	1202	富山共同自家発電	12	50
日本軽金属	80	144	岡山県企業局 (電気事業)	12	64
東京発電	57	174	富山県企業局	10	146
山梨県企業局	52	122	イビデン	9	27
徳島県	45	91	王子製紙	192	584
群馬県企業局 (発電事業)	44	251	北海道企業局	9	84
住友共同電力	31	663	山形県企業局	9	90
神奈川県企業庁	33	357	王子エフテックス	8	14
JNC	31	100	鳥取県	8	39
ほくでんエネルギー	28	66	山口県企業局	7	51
長野県企業局	27	101	新日本電工	6	10
東北自然エネルギー	35	147	福岡県企業局	4	14
宮崎県企業局	25	159	熊本県企業局	3	54
昭和電工	111	211	三菱マテリアル	92	164
新潟県	24	157	日本海発電	5	58