

戦前における 水力発電の取水方法の変化とその背景

中尾 隼人¹・真田 純子²

¹学生会員 徳島大学大学院（〒770-8506 徳島県徳島市南常三島2-1）
E-mail:n8810nex@gmail.com

²正会員 徳島大学大学院（〒770-8506 徳島県徳島市南常三島2-1）
E-mail:hanako@sanajun@ce.tokushima-u.ac.jp

本研究では、戦前における水力発電の取水方法の変化について、当時の教科書や雑誌記事から、環境への影響から見た取水方法の変化、取水方法の変化の背景や変化に関する議論を明らかにすることを目的とした。その結果、環境への影響から取水方法4つに分類でき、その変化や堰堤を設ける目的、その背景にあった「火力と水力の関係」「水源涵養林」「河川の権利」などの言説が、ダムや貯水池の建設を促すようなものへと変化していったことを明らかにした。

Key Words : 取水 水力発電

1. はじめに

(1) 背景および目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災以降、クリーンな再生可能エネルギーに注目が集まっている。そのひとつが水力発電である。そのような再生可能エネルギーに対し火力発電は、化石燃料を用いることから、持続性や地球環境への影響が問題視されている。

しかし、クリーンな再生可能エネルギーのひとつである水力発電も、ダム建設による河川環境への影響が大きく、住民の建設反対運動も起こってしまうなど問題も多く抱えている。

ここで、水力発電の歴史を遡ると、水力発電が始められた当初は堰を造らない取水または小規模な取水堰による取水が主流であったが、時代の流れと共に大規模なダムによる取水へと変わっていった。そのような取水方法の変化の背景にどのような議論があったのかを明らかにすることは、今後の環境負荷の少ない水力発電普及の参考になるのではないかと考える。

本研究では戦前期の水力発電の取水について、以下の2点を明らかにすることを目的とする。

- a) 環境の影響からみた取水方法の変化
- b) 取水方法の変化の背景や変化に関する議論

(2) 研究方法および構成

第2章では、日本土木史と水力技術百年史で明かにさ

れている水力発電の歴史をまとめる。また「水力と火力の関係」「水源涵養林についての考え方」「水力発電と河川の権利」について、既往研究で述べられていることをまとめる。

第3章では、環境への影響からみた取水方法の変化を明らかにする。取水方法について、当時において一般的とされる知識、方法を知るための資料として、水力発電に関する教科書的な位置づけの文献を用いる。国会図書館の検索システムで「水力」と入力し、ヒットした2059件の図書のうち、「発電機器」「タービン」といった機械に関するものを除外し、さらに取水について述べられている教科書的な位置づけの48件の文献を抽出し使用した。

第4章では、3章で明かにした環境の影響からみた取水方法の変化について、その背景や議論を明らかにする。本論文では、研究を進めるうえで取水方法の変化との関連が見られた「火力と水力の関係から見る取水方法の変化」「水源涵養林についての言説の変化」「河川の権利としての水力発電の捉えられ方」「その他取水に関する個別の記事」の項目について見ていく。当時の最新の話題を知るための資料として、表-1に示す水力発電に関する雑誌記事を用いた。

表-1 使用した雑誌と出版期間

期間	雑誌	発行・編集者
1912.9-1943.12	電気工学	技能図書出版社
1915.2-1944.5	土木学会誌	土木学会
1915.8-1922.4	発電水力	発電水力研究会
1928.7-1941.12	水利と土木	河川協会
1938.11-1944.2	水力	水力協会

2. 既往研究

本章では、日本土木史と水力技術百年史で述べられている水力発電の取水方法の変遷と、「水力と火力の関係」「水源涵養についての認識の変化」「河川の権利」の項目について明かになっていることを述べる。

(1) 日本における水力発電の発達

日本において水力発電所ではじめて営業用として使用されたのは、京都で明治23年に竣工の琵琶湖の疏水を利用した蹴上発電所（160kW）である¹⁾。この蹴上発電所により水力の開発の可能性が実証されてから、しだいに水力発電所が建設されはじめた²⁾。

明治40年、大規模水力として東京電灯が桂川に駒橋発電所（15000kW）を開発し、55 000Vの高圧により80kmの遠距離送電を実施して水力地点の経済的有利性を実施してより、全国各地で大水力発電会社が相ついで創設³⁾され、これを期に発電は水主火従へと転換していった。

発電所もしだいに大規模・大容量になり、最大使用水量も、大正年代の初期までは渇水量を標準として開発されたが、漸次低水量へ、ついで平水量を標準として開発される⁴⁾こととなった。大正年代に開発された発電所の開発方式は日本の地勢の特性に基づき、勾配の急な河川の上中流部を利用した水路式、調整池式の高落差地点が大部分⁵⁾であった。

昭和初期までのダムはまだ設計理論が確立していなかったが、関東大震災を経て大正14年に物部長穂が重力ダムに関する理論的研究を発表して以来、施工法の進歩と相まって急速の発達をなし、昭和5年には庄川に高さ75mの小牧ダムおよび高さ69.7mの祖山ダムが相次いで完成するに至った。⁶⁾

この時代に開発された主な大容量水力発電所はいずれもハイダムをもつ貯水池・調整池式でありダム建設の一時代を築いたといえる。一方で河川の治水と各種水利、すなわち水力のほかに、水道、かんがい用水、工業用水などをもっとも公平、有効にしかも合理的に按配統制しようという、いわゆる河川総合開発の問題がようやく議論⁷⁾されるようになった。

この後昭和14（1939）年に国策会社である日発送電株式会社が発足し、電力事業に対する国家的統制⁸⁾が行われることとなる。

(2) 火力と水力の関係

日本における一般供給用発電所は明治20年に完成した小規模火力から始まった。⁹⁾その前後より水力発電所の開発も始まるが、なお消費地に近接する火力発電が主力であった。¹⁰⁾その後、明治30年代後半に、日露戦争の勃発による炭価の高騰と、保安上から特に市街地における火力発電に対する行政監督が年を追ってきびしくなった

ため、その頃から盛んになりかけた水力による電源開発を積極的に手がける電気事業者が出現した。¹¹⁾

明治36年末における発電所出力は、火力3.1万kWに対して水力1.3万kWにすぎない状態であったが、漸次水力発電所の建設が進められ、大正元年に発電所出力において水力と火力がほぼ同じになる。¹²⁾

その後、遠距離送電の技術の進歩にともなって、大容量の水力発電所が建設されるようになった結果、大正14年末には水力181.4万kWに対して火力は95.5万kWであつて、水力は当時の日本における発電所出力の66%を占め、いわゆる水主火従の実態を示す¹³⁾こととなる。

大正末期から、平水量基準と火力発電所を渇水期に補助用として運転する水火力併用方式の経済的価値がしだいに認識¹⁴⁾されるようになった。

(3) 水源涵養林についての考え方

日本の河川の特徴は季節的に水力発電量を激変させるため、安定した発電量を得るためには河川流量を調節することが必要となる。その河川流量を調節するものとしては、水源涵養林やダムによる貯水が挙げられるが、日本土木史や水力技術百年史にはダムや治水に関する考察は多く述べられているが水源涵養林については触れられていない。

(4) 水力発電と河川の権利¹⁵⁾

明治中期までの河川利水の実態は小規模なものであり、農業利水を中心とする従来の慣行が支配する時代であったので、河川行政はもっぱら治水に重点が置かれた。明治29年に内務省が河川法を制定し公布したが、当時の水利使用の実態から河川法は利水関係の規定については充分ではなかった。しかし、明治中期以降の水力事業の勃興は慣行水利支配に大きな影響をもたらすもので、これ以後水利権に関する法整備が進んだ。

大正8年には水利権許可は水の経済的利用を配意するものとする通牒が出された。昭和13年に電力国家管理に関する一連の法律は、許可未開発の水利権を没収して河川の一貫開発を行い、水資源の有効活用を図る画期的なものであったと述べられている。

3. 環境への影響から見た取水方法の変化

本章では、戦前の水力発電の教科書で取り扱われている取水方法について環境への影響から取水方法を分類し、その変化を明かにする。さらに、当時の教科書における堰堤設置の目的を明かにする。

(1) 環境への影響から見た取水方法の分類

水力発電の教科書の取水方法に関する記述や挿絵から判断した。図-1の①のような堰を造らず流れ込む水をそのまま取水するものを「直接取水」、②のような常に越流する小規模な取水堰で水頭を上げ取水するものを「堰による水頭上昇」、③のような土砂吐や洪水吐きを備え、堰堤によって水路変更を行ない取水するものを「水路変更」、④のようなダムによる貯水池を利用するものを「貯水池」としてそれぞれ分類を行なった。それぞれの取水方法に対して環境に影響を与える要因として考えられるものは、「堰による水頭上昇」では河川分断による生態系への影響や河川流量の変化など、「水路変更」ではより大きな河川分断や河川流量の変化、堰堤工事による自然破壊など、「貯水池」については、上記に加えてダム湖を形成による河川環境の影響が挙げられる。以上のことから「直接取水」「堰による水頭上昇」「水路変更」「貯水池」の順に河川環境への影響が大きくなると考えられる。

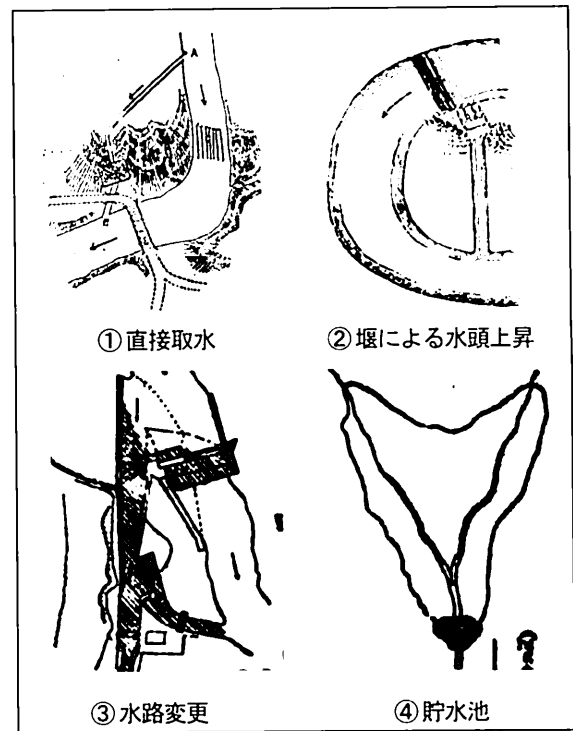


図-1 環境の影響から見た取水方法

(2) 取水方法の変化とその時代区分

表-2に示すように、時代が進むごとに水力発電の取水が河川環境に影響を及ぼすようになってきている事が分かる。さらにこの取水方法の変化を3つの時代に区分した。

1915年頃までの「直接取水」もしくは「堰による水頭上昇」が一般的な取水方法として、堰き止めダムや貯水池ダムが新しい方法として取り扱われていた時代を第Ⅰ期とする。まだ、水力発電が河川環境に大きな影響を与えていない時代と考えることが出来る。

1916年から1925年の間は、「水路変更」と「貯水池」が徐々に一般的な取水方法として紹介されているが、一方で「直接取水」がほとんど取り扱われなくなっていく。

この時代を第Ⅱ期とする。水力発電の取水が徐々に河川環境に影響を及ぼし始めた時代と考えられる。1925年以降は「水路変更」「貯水池」による取水のみを取り扱ったものがほとんどとなっている。この時代を第Ⅲ期とする。取水が河川環境に大きく影響を及ぼすようになった時代と考えられる。

この区分結果を表3にまとめる。

表-3 取水方法の時代区分

年代	一般的な取水方法	区分
1915年以前	直接取水、堰による水頭上昇	第Ⅰ期
1915～1925年	堰による水頭上昇、水路変更、貯水池	第Ⅱ期
1925年以降	水路変更、貯水池	第Ⅲ期

(3) 堰堤を設ける目的について

堰堤を設ける目的について、第Ⅰ期では堰堤を設ける主な目的は水頭を上げて取水を容易にするためというものが多く見られる。第Ⅰ期以降については、取水に加え、

表-2 環境への影響から見た取水方法の変化と堰の目的

(●=一般的な方法、△=新しい方法)

年	タイトル	著者・編纂者	取水方法			堰堤を設ける目的		
			直接取水	水頭を上げる	水路変更	有効落差を得るため	引水容易にするため	貯水のため
1910	電気工学(電学) 上巻	荒川文六	●	●	△		○	
1911	発電水力	森田徳平		●	△		○	
1911	水力事業論	栗原忠	●	●	△		○	
1912	水力	金子登		●				
1913	事業論	中村康之助					○	
1914	水力発電工学(上巻)	井上福一郎		●	△		○	○
1914	水力発電工学 下巻	荒川文六	●	●	△		○	
1915	水力発電所及発電所之設計	久保達		●	△			
1915	発電所及発電機	森本寛治 他		●	△	○	○	○
1916	水力発電所及発電所之設計	朝倉元次		●	●			
1918	通称電気工学講座	土田保五郎		●	●			
1919	現代の化学工業 通称概要	小栗清蔵		●	●			
1920	日本水力電気 上巻	小山柳		●	●	○	○	
1920	現代の水力電気	岡崎文彦		●	●			
1924	我が国水力電気の利用展望(概説)	東京市調査会		●	●			
1925	電力水力電気	森谷武助		●	●	○	○	○
1925	水力電気 上巻	電気工学		●	●			
1925	水力工学の経済的利用 説	木多裕 郎			●			
1926	電気学校標準テキスト	電機学校	●		●			
1926	1. 引出部 2. 設計	佐藤謙			●			
1926	電気学校標準テキスト	電機学校			●	○	○	○
1926	電気学校標準テキスト	電機学校			●			
1926	最新図解電気工学読本	大日本工業新聞		●	●			
1927	新編水力発電	電気学校		●	●	○	○	○
1928	水力発電所	コリス		●	●			
1927	電力統制と水力開発	山本留太郎		●	●			
1929	電気事業の発展	阿部留太		●	●			
1929	発電水力	山田福治		●	●			
1929	水力工学及水力発電	電気学校		●	●	○	○	○
1932	最新水力発電	原部勝馬		●	●		○	○
1932	発電所及発電機 上巻	木多裕 郎		●	●	○	○	○
1933	水力及水力発電	野中正雄		●	●			
1933	発電水力	森原俊		●	●			
1934	発電水力之設計並実例	山本留太郎		●	●			
1935	電力工学大講座 第10巻	アリス		●	●		○	○
1935	発電水力	高橋 庄		●	●			
1935	発電水力の経済的研究	松本政雄		●	●			
1935	新編水力発電	電機学校		●	●			
1937	発電水力学大要	山本留太郎		●	●			
1938	最新水力発電	岡村雅夫		●	●			
1936	水力機械	工業教育振興会		●	●			
1938	電気工学	電機学校	●		●			
1942	新編水力発電	阿部良		●	●	○	○	○
1944	電気の世界	青芝港		●	●			
1944	水力工学及水力発電	電機学校		●	●	○	○	○

ダム式発電のために有効落差を高めるため、貯水を行なうためという目的が見られるようになる。以後の堰堤の目的について書式が類似している。しかし、1944年の水力学及水力発電におけるダム式発電の説明には「我国にては水量の多い河川が無いから殆どこの方式を見ることが出来ない」とあることや、第Ⅰ期以降の教科書には、堰堤とは水路に安全に水を引入れるために設置するものといった前提で説明されており、日本における戦前の水力発電にともなうダムはダム式発電のため有効落差を高めることではなく、取水と貯水を目的として発展し、しだいに環境に影響を与えるようになったといえる。

4. 取水方法の変化の背景と議論

本章では、当時の雑誌記事から「火力と水力の関係から見る取水方法の変化」「水源涵養についての認識の変化」「河川の権利としての水力発電の捉えられ方」「その他取水に関する議論」について明かにする。

(1) 火力と水力の関係から見る取水方法の変化

日本土木史では「水力発電所の使用水量は、大正年代の初期までは渇水量を標準として開発されたが、(中略)漸次低水量へ、ついで平水量を標準として開発されることとなった」とあるが、この使用水量拡大にどのような背景があったのかについては詳しく述べられていない。そこで、当時の雑誌記事をもとに発電力と使用水量の関係に着目して見ていきたい。

大正時代初期における水力発電は水路式が主流であり、貯水池は用いられていなかった。安定した電力量を確保するには使用水量を渇水量に定める必要があるが、実際は以下のように火力設備併用により渇水量以上の発電が行なわれるようになっていた。

「既に水力発電所を以て営業をして居るものが、電力需要の増加の為に其発電所丈では最大負荷を背負ひ切れなくなつたときに、火力発電所を併用して、毎日数時間、負荷が発電容量を超過する間だけ運転し、水力発電所を良い負荷率の下に運転する様にして発電量を安くする。

(中略) 渇水期にピークロードを供給してやるのを少し範囲を廣くして一カ年中常に行ふ事になるのである」

16)

「水力が如何に発達しても河川の流量が年中変化増減して居る故之を最も経済的に利用し、のみならず其不時の故障に應ずる為には若干の火力は必要である。故に水力が発達するに従ひ火力も亦初めの程では無いが矢張り増加していく」¹⁷⁾

「(水力発電所は) 多くの場合は水量が不足すると云ふのが多いようではありますが(中略) 水量の不足する場合、雨が少ない為めに水量が足りないと云ふ處では火力

設備を併用して居る」¹⁷⁾

以上のように、この頃には昼夜で異なる尖頭負荷の調整や、冬の渇水期に足りなくなる発電量を補う目的で火力設備を併用し、渇水量基準の発電量以上で供給が行なわれていることが読み取れる。また、冬期渇水における実際の問題として次のようなことが述べられている。

「諸工業其他の動力応用せらるゝ事益々盛んなるは、累年各社に於ける其需要額が一割宛増加しつつあるに見るも明か也、而も如何せん我が国の水電界は冬期渇水の為め、各社とも公称馬力だけの発電不可能にて、常に電力の欠乏を訴へ居れる始末なるより、将来是等に対して其負荷率を如何にして補充せんかとは、近時水電界に於る一代懸案たり」¹⁹⁾とあるように、冬の渇水による電力欠乏が起こっている。そのため火力設備の併用による発電力の拡大の機運が高まっていたことが考えられる。このような動きの中で、次のような石炭価格の急騰が起こる。

「電力の基礎たる石炭に就て視れば戦前石炭価一万斤に付三十五万圓乃至四十万圓なりしものが今日は百二十圓に暴騰したるが其産額著しく増加たるに拘はらず尚需要を満す能はざりしものなれば戦後価格低落は望むべからず」²⁰⁾

「電力の基礎たる」という記述から、この石炭価格の急騰が電力供給に影響していることが分かる。この石炭価格の急騰は第一次世界大戦の影響によるもので、これを契機に、次のように火力発電は抑制されるべき、または補助的であるべきという方向に進み始める。

「予はじつに火力、水力の優劣を論じて火力機関を排除せんとする者にあらず、水力、火力は彼是長短あるを以て事業者は四囲の状況より判断し両者相呼応して世の需要を充たすが如く経営をせざるべからず、水力発電所の渇水時の補給、又は故障の際の準備をなすとき(中略)火力機関の設置を必要とす」²¹⁾

「今後努めて水力も利用を容易ならしめ且つ之を有効経済的ならしめる方策を講じ成るべく火力発電を廃し水力電気の世の中としたいものである」²²⁾

以上のような火力抑制の動きの理由のひとつとして、次のように石炭が有限な資源であり頼りすぎてはいけないということが認識され始めたことも挙げられる。

「平時では石炭は船舶用、瓦斯発生等にものみ用ゆることにしないと我邦の石炭埋蔵量は六十億噸で今後三十四年で命脈が尽きるということです。石油も年産三百萬石を超えず。余程節約の必要があるそうです。此の石炭石油を節約するには是非水力電気を代用するの他ない」²³⁾

「水力電気の利用は石炭の消費を節約し、炭価の騰貴を防止すると同時に石油の使用を節減するもの」²⁴⁾

以上のような石炭保存論が高まっていることが読み取れる。こういった石炭が限りある資源であり節約する必

要があるということは、石炭価格高騰以前のまだ石炭が豊富にあると考えられていた時代にも以下のようなものがあった。

「蒸気機関及びボイラー等の能率は年々よくなりつゝあること明かであるが、石炭の需要は此れ以上に増加して、今後幾年の後には遂に不足を感ずるような時代が来ないとも限らない。幸に我が国に現在では石炭は極めて豊富であるが此れとても無限にある訳ではなからうから以上の點につきて考ふべき必要があらうと思われる」²⁵⁾

しかし、このような考えはまだごく一部であり、1917年の石炭価格の急騰を契機に石炭の有限性が盛んに叫ばれるようになった。このような石炭節約の必要性は、次のように10年たった昭和初期でも継続していることが分かる。

「石炭の埋蔵量と消費量を採算すれば、其前途が大に悲観され、文明と石炭とは将来道伴れとなる事が漸く解って来た。(中略) 跡を承いで永久に動源たらんとするものは、水力と風力である。風力の利用法は完成の域に至らざるも、水力の利用は全く完成の域に達している」²⁶⁾

石炭の有限であり節約すべきであるという認識は継続しているが、まだこの時代には火力による渇水補助が行なわれている。しかし、次のような1940年、1941年の記事に見られるように、昭和時代の長期にわたる戦争において資材、石炭不足が現実の問題となる事で、その不足を補うものとして貯水池設置などが具体的な方策として考えられるようになっていく。

「資材不足の時局に於ては湖沼の利用を最大限拡大すると共に山間の適地に貯水池を設置して洪水を貯留し、之を渇水時に放流せば下流既設発電所の発電力を増加し、之が直に火力発電用の石炭の代用を成すのみならず、或は灌漑用水となりて食糧増産に資し、或は工業用水となりて生産拡充を援け、或は都市用水となりて健康増進に益す」²⁷⁾

「水力地点、貯水池及び調整池地点、河川流量、貯水池容量等本邦資源を余す所無く明かにし、以て新規開発並に既設水力地点の改良等に有効適切なる指針を与ふるは勿論、貯水池、調整池の設置は洪水時水量を貯留して渇水時に放流することに依り、禍転じて福をなすことを得、貴重なる水力資源を完全に利用することに依り、火力代用として燃料資源の愛惜を期し得るものであることを信じて疑わない」²⁸⁾

以上にあるように、貯水池が火力の代用として渇水の補給の役割を果たすことにより、石炭の保存に資するものとして捉えられていると読み取ることが出来る。

このように石炭不足が現実のものとなっていく中で、火力設備併用により一度増やした供給を維持する為、また増大する電気需要に応えるための方法として、貯水池に

よる渇水補給・使用水量増大が行なわれたと考えることが出来る。

(2) 水源涵養林についての言説の変化

日本の河川は季節による流量の変化が大きく、安定した発電量を得るためには河川流量を調節することが必要となる。その河川流量を調節するものとしては、水源涵養林やダムによる貯水が挙げられる。ここでは、ダムによる貯水が行なわれるようになる前後でそれぞれの流量調節方法の認識がどのような変化していったのかを見ていく。

水路式による渇水量基準での発電が主流であり、ダムによる貯水がほとんど行なわれていなかった大正初期において、「森林が河川の水源を涵養し、水量を調節する有力なものであって、河川の整理は一に森林の育成に因るものと考えられて居る」²⁹⁾ というように、河川の流量を調節するものとして森林が有力なものとして考えられていることが分かる。

一方で、以下のように森林の効用は現時点では未知の部分が多く、「複雑な組織体」であるという認識もあった。

「従来学説上幾多の曲折ありたることなり最近に至る迄此点に関し森林の効用は過大視せられたるに引換へ近時に至りては單に数字に依り証し得べき部分に限り之を森林に帰せしめんとするの傾向生じたり(中略) 森林に対し過大の要求を成すことを得ざるは勿論なりと雖も森林は其成立する土地と共に一の複雑なる組織体を構成し其効用関係は今日の學術の程度に於ては之を氣象學上の公式に当て嵌めて数字を以て表示するには其組織余りに複雑に過ぐる事を閉却すべからず」³⁰⁾

大正時代中期において、電力需要が増大や使用水量拡大が行われていくなかで、徐々に貯水池という考えが出てくる。しかし、高堰堤建設による貯水池は利用能率を高め、洪水被害を防ぐ手段とされる一方で、森林は最もよく降水を調節するものであるとされている。

「今や一箇の水も直に電力と化し得べし、されど一時に多き水は其効なく之を延して平均したる水を必要とす、相成るべく流るゝ水は全部平均して之を利用したきが理想なり。高堰堤を築きて高水洪水を貯留する如き一面に利用能率を高め、他面に洪水の被害を防ぐ手段に外ならず、然りと雖最も好く降水を直接調節するものは森林経営なり」³¹⁾

最もよく降水を調節する理由としては以下のように、豊かな森林を水源とする名古屋方面の河川の水量が平時豊富であるのに対し、中国地方の河川の流量が少ないことを挙げている。

「我が御料林又は国有林に発する諸川の水が清く而も

平時豊富なる、例を求むれば名古屋方面なる木曽川と、流域を接する雲出川、横山川とを比すべく、又中国地方に利用し得べき水力の甚だ少なき一に河川流量の少きに帰因するものにして、其林野状態を見る時は思ひ半ばに過ぐるものあるなり」³⁹

さらに、この記事では森林が降水を調節する以外に、

「森林は洪水を減じて流水の破壊作用を防御すると同時に渇水量を増加し、一年を通じて流るゝ水量を調節し、以て使用し得べき水量を増加せしむるものなり」³⁹と述べられているように、洪水の破壊作用を減少させると同時に、渇水量を増加し、使用できる水量を増加させるものであるという認識がされていることが読み取れる。

しかし、森林に対するそのような言説は、1928年の取水方法の第Ⅲ期における記事を見ると変化していることが分かる。記事には森林の水源涵養機能を認めながらも、一方で森林は水の消費者であり、少雨乾燥期において渇水を招くものであり、その備えのためにも貯水池が必要であるということが述べられている。

「森林は一種貯水池の如き昨日はあつても、貯水池其の物ではない。水源地方の大貯水池の目的は、森林の貯水作用のみでは満足できず、即ち貯水の大任を森林のみに任して置いては、折角の天興の水を空しく放下されることあるを慮り（中略）乾燥小雨時の雨水は、森林材木の自己生活や、水地を廻流迂廻している間の蒸発に消費され、水系の水量増加には影響を来さない時の、備ひにも貯水池が必要である。森林は一種貯水池の如き作用があつても、森林は、一面に於て水の消費者である（中略）森林は水源の涵養を意味する場合も無論あるが、外界の事情によって、その枯渇を招致せぬとも限らぬ（中略）小雨乾期では、貯水池が水源の用をなし、湿潤多雨に際しては、森林其れ自身貯水池の用をなすと同時に、山中山下の貯水池をも擁護する（中略）水利使用のためには水源山地に貯水池のみがあつても事を欠き、森林のみがあつても不安心である。森林と貯水池の共同動作を必要とする」³⁹

森林の水の消費に着目しその対策として貯水池の必要性を訴えている。しかし、多雨に対する森林の貯水作用は必要であり、森林と貯水池の共同作用という考え方も見られる。

このような森林が水の消費者であるという認識は1940年の記事にも見られる。この記事では、実際の国内の観測データによって説明されている。

「森林が洪水を調節し渇水を補給すると云ふことは今日の常識であつて敢へて之に異論を唱える者は無からう。夫では森林は幾干の洪水を減じ渇水を補うのかと云ふ問題になると之に理論的の証明を與へている者を聞かない。更に森林が洪水を調節すると云ふことは森林が洪水を貯留することであるから渇水期に降水を貯留されたのでは

下流の利水事業に悪影響を及ぼすのではなかろうかと云う当然起こるべき疑問にも触れたものが少ない。（観測データを提示（中略））森林の発電利水に及ぼす影響は以上の如く洪水を調節する反面には多くの水を消失し又夏の渇水を補給する代りに多くの渇水を激化して少なくとも効益のみを齎すと考えるのは誤りである。然し森林が斯くの如き利害の両面を有するとしても、之を以て発電利水に森林水源の有無は無関係なりと考へ森林対策を怠ることも亦誤りである。吾々は森林の長所は飽く迄も之を生かし其の短所を是正して最も合理的な水源森林工作に努力しなければならない」³⁹

森林は渇水を激化するものとして、その短所を是正すべきとしている。これは、貯水池による渇水補給を示唆するものであると考えられる。

以上述べてきたように、ダムによる貯水が行なわれるようになる以前は、森林は「複雑な組織体」として未知の部分が多いとされながらも、降水を調節し、洪水を減じると同時に渇水量を増加するものと述べられている。このことから河川流量を調節するものとして期待されていたと考えられる。しかし、取水方法の第Ⅲ期（表-3参照）にダムによる貯水による河川の流量調節ということが実際に考えられるとなると、森林は「水の消費者」として渇水を激化させるものとされ、貯水池の建設を促すような言説に変わっている事が分かった。

(3) 河川の権利としての水力発電の捉えられ方

河川は水力発電以外にも様々な水利利用がされている。水力発電のダム建設による取水や河川の分断により他の水利利用にも大きな影響を及ぼすと考えられるため、ここでは水利権と取水の変化の関係について見ていきたい。

水力技術百年史で「明治中期以降の水力事業の勃興は慣行水利支配に大きな影響をもたらすもので、これ以後水利権に関する法整備が進んだ」³⁹と述べられているように、この頃より水力開発が河川の他の水利利用に影響を与えるようになったと考えられる。当時の発電水力の雑誌にも当時の問題が紹介されている。例えば、1917年の記事「高梁川水電許可難」では「高梁川全部の水を堰きて30尺計の落差を作る計画にて別に舟路の開き舟航には差支無からしむ筈なるも実際に於ては多少の支障は免れざるべく地元の反対多く設計の変更を成さざれば容易に許可されざるべしと云う」³⁹ というように、水力発電にともなう取水堰がこれまでの舟路に支障をきたす事から住民の反対が起こっていることが分かる。また、水力発電開発によってそれまでの河川利用に変化をもたらしている事が以下のように述べられている。

「船の此樋邊に到達するや一旦積荷を河原に卸し、数人力を合せて空船を上流に曳上げ荷役を成して更に進む

が如き奇観を呈す（中略）水量を横取りせられ船筏其取水堰に来れば通過するもの能はず下流廻り来る船は上流より来る船と堰の良石垣上に於て積荷を交換してお互いに上下せざるを得ず」³⁸⁾

このような問題は舟路に限らず、河川を利用する他の権益にも起こっていたと考えられる。さらに以下には河川の利用が複雑になるにつれ河川の水利権同士の衝突が激しくなっていることが述べられている。

「灌漑用水を導引し河水の横用漸やく盛んになり、今哉一層文化の度高まるに及び飲料用、発電用、工業用其他の為水を要すること急にして河川流水の横用亦昔の比に非ず河川縦横の権利益々複雑を加へ両者の衝突將に其極度に達せん」³⁹⁾

以上のように、水力開発がそれまでの河川利用に変化をもたらし、河川の権益をめぐっての争が盛んに起こっていたと読み取れる。

当時における河川利用における水利権のそれぞれの認識は、「方今水の使用益々大を到すの方りて河川の縦横両権を公平且つ経済的に觀察し以て孰れの両端にも趨らざるに留意せざる可らず」⁴⁰⁾とあることから、河川の権利は公平かつ経済的に觀察し、どれか一方に偏らないようにするべきと述べられている。また、以下の記事では当時の水力発電の水利権の交付は他の既得権に抵触しないと認められて初めて与えられるものと述べられている。

「所轄府県庁は技術上及び行政上（用水舟筏漁業など其の他既得水利権者）に涉て、夫々調査の上、何等支障認めし後之を内務省及び逓信省に廻送するものなり。即右両庁にて夫々査了の結果計画確実にして且つは他者の既得権にも抵触せずと認めしものに就き初めて水利使用並に付属施設の許可を與ふるものなり（中略）堰堤には出願手続中にも指示してある如く必ず土砂吐口、水叩、魚道、溢水口を具備すべく必要に応じては船筏、流木類の通路も取り設くるの要あり」⁴¹⁾

必ず魚道を設置し、また必要に応じては舟筏や流木路の設置を要するということから、水力発電以外の既得権にも充分配慮した開発が行なわれていたと読み取れる。

しかし、こういった認識は大量取水期に変化が見られる。1930年当時大同電力社長、後に国策会社の日本発電電初代総裁に就く増田次郎の記事に、「異種権益が競合する場合に於て国民経済上最も重要を置くべきものは発電事業である」⁴²⁾とあることから、河川における権利は水力発電を優先するべきであるというように変わっていることが分かる。また、水力開発における他の権利の侵害はある程度やむを得ないものとし、金銭による補償は原則として国が負担するべきで、補償は完全である必要は無いと述べられている。

「他の権利の侵害は或る程度迄已むを得ぬものとして

水利権の内容を定め又此の補償は原則として国家が負担し一時的特殊のものに限り事業者が負担或は全負担を国家と事業者とが分担することとし補償の程度は完全なるを要しない」⁴³⁾

このような認識の変化は、以下のように魚道や流木路などの設備の設置費用がその経済効果より高ければ設置する意味が無いという意味の記述からも読み取れる。

「例へば当該発電事業が漁業よりも経済価値が小なる場合堰堤の築造等に依り一ヶ年千圓の漁獲高減少があるとき之に対する魚梯設置の諸費用が年額千圓を超ゆる場合は其の設置は国民経済上意味を成さぬものとなる。流木路等に関しても亦同様である」⁴⁴⁾

これまで述べてきたように、第Ⅰ期～第Ⅱ期において水力発電の取水が河川環境に影響を与え始めた頃は、水力発電とその他の既得権との対立が激しくなったとあるが、河川の権益は平等であるべきという言説が見られることや、水利権の許可は他の既得権に抵触しないと認められて初めて与えられるものであったことなどから、それぞれが両立関係の下解決が図られていたと考えられる。しかし、第Ⅲ期には金銭による補償により、魚道や流木路の設置は必ずしも必要ないというようにダム建設を前提としたものになっていることが分かった。

(4) その他取水に関する議論

a) 堰堤の安全性に対する反対運動

1916年ごろ、堰堤の安全性への不安から住民の建設反対運動が起こっている。ここでは、取水方法が小規模な堰によるものから次第に高堰堤によるものに移り変わっていく過程にあったこの反対運動を見ていく。

1916年の記事に、宇治川水電の計画する高さ109尺の堰堤に対し、地元住民がその安全性を不安視し、堰堤建設反対の運動が起こっているため、施工の許可が政府から下りないということが紹介されている。

「宇治川水電が、漸次供給力の足らざるに至れる結果として高サ百九尺の堰堤を築き一億五千万立方尺の水量をここに湛えんとして政府に對し施工の許可を求めつつあるが仲々容易に認可状が下附されない、其原因は一たび堰堤が破壊する所あれば未曾有の大惨害を必然なればとて地方民に對して反対運動が起こって居り…」⁴⁵⁾

続けてこの記事では、以下のように、現在の堰堤は多くが土堰堤であるのに対し、今回の宇治川水電の計画する堰堤は石造堰堤であるため、漏水、破損の心配は無いということが述べられている。

「現に堰堤式を採用せるものは土堰堤が多くある（中略）宇治川水電に在っては尤とも堅い石塊を撰び、セメントにて之を固め、一個の巨大なる岩石のやうに造らうとするのである。故に継手の所より漏水したり、破損し

たりする心配はない、故に土堰堤などとは危険の程度に於て大差がある仮りに破損することがありと夢想しても之がため屏風倒しに一時に倒壊し湛水の全量が一瞬間にドット流れ出すやうなことは断じてないのである」⁴⁶⁾

同年の記事にはこの宇治川水電の堰堤問題について、代議士によって帝国議会に出された建議の要旨が紹介されている。この建議では、スイスの堰堤や若松炭鉱の貯水池の破壊を例に挙げた上で、宇治川水電が計画している堰堤は危険な工事であるとして、この工事に許可を与えるべきでないということが述べられている。

「最近西洋の各国に於いて破壊した例が一五六あることで、其内最もひどいのは瑞西に於て二千戸以上の都会が流失したと云ふ例があるのであります、我国に於いても先年彼の若松炭鉱の注水地の貯水池が破壊して大なる害を及ぼしたことがあります故に、吾々は決して此の如き公共事業を妨害するものではありませんけれども、又獨り会社が僅か数百万圓の工費を吝むために、下流沿岸に於て此の如き一朝破壊したならば多大なる災害を及ぼすと云うやうな危険な事は許さないやうにしてもらいたいと云ふのが、吾々の希望であります（中略）賢明なる政府は此の如き危険なる工事に対して、許可を与えることは無かろうと存じますけれども、彼の会社等は随分無理な運動をやつて、巧妙なる策を施すものでありますから、斯ふ云ふことの出来ないやうに予め政府に対して此警告を与える次第であります」⁴⁷⁾

以上のように、宇治川水電が計画する堰堤は、その安全性への不安から反対運動や建議が行なわれ難航していることが分かる。しかし、このような反対の動きは1918年の記事を見ると、工法に対する検討や地質に対する安全の確認、竣工時には京都府下への動力供給などを条件に解決したということが述べられている。

「宇治川電気第二期堰堤問題に就ては京都府関係郡の反対烈しく反対期成同盟会急先鋒となり運動を継続しつつありしが最近會社より堰堤は礎石を混凝土にして巻く事、岩盤の土留め工事を施す事等工法に對する新条件提出と調査により地質の安全を確かめたる事、竣工の暁には京都府下に一萬基以上の動力供給に盡力すべしとの条件の下に代表者は知事と會見、凡て一任することとし京都府下の反対運動は解けたりと云う」⁴⁸⁾

第3章において明かにした取水方法の変化を見ると、1916年頃は第Ⅰ期～第Ⅱ期の転換期であり、水路変更による大規模取水が徐々に一般的となり始めていることが分かる。それまでの取水は小規模な堰堤が主な方法であり、宇治川の堰堤の反対運動からも、それまでなかったような大きな堰堤は安全性など未知な部分が多く、不安があったことが分かる。

b) 発電所間の電力共助

前記の火力と水力と関係でも述べたように、大正初期ごろの工業勃興による電力欠乏で、その供給力を上げる方法として、火力の補助によって渇水期に足りなくなる発電力を補充することで、渇水量以上での取水が行なわれていた。この当時、発電所間を連絡させ、渇水補助や火力などの補助設備を共有するべきだということが言われていた。

1917年の記事を見ると、渇水期における発電力の減少の対策として発電所間の電力共助が挙げられている。渇水期が流域ごとに異なるとすれば、流域の違う位置にある発電所間の連絡を行ない、電力を融通しあうことで使用水量を渇水量と定めなくてもよいという考えが述べられている。

「電力欠乏の折柄流域の相違なる発電所の連絡を計る事は最も手近に少なからざる発電力を増加せしむる事の出来る良法である。我国の水力は渇水時には余程の減少をするのであります。しかしその渇水が流域を異にする為に異なつた時間に来るものとすれば互に発電の連絡が出来ていれば直ぐ発電力の融通を計る事が出来大変利益になる。（中略）発電の計画をするに流域の変ふ相方さえ都合よく行けば取えて渇水量を使用水量と定めなくとも良いのである」⁴⁹⁾

また以下の同年の記事には、各発電所ごとに補助機関を設置し、負荷を高めることは困難であるが、発電所間の共助ができれば連絡されている発電所の補助機関は共通のものとなり、それぞれに補助を持つ必要はないとしている。

「発電所連絡統一を保ち発電所相互に有無相通ずるの設備を成し得れば多くの場合に於いては発電所の予備は各発電所毎に各別に之を設くるに及ばず共通的の予備を以て足りとし又各個別々の発電所の負荷を高むる事は比較的困難なるも連絡発電所と通じて負荷高上を計れば結果に於て有利なるものあるは疑を容れざる所也」⁵⁰⁾

このような発電所間の電力共助による使用水量や負荷の調節は1919年の記事でも見られる。この記事では工業が発展するにつれて僅かな停電でも工場に大きな損害をあたえる為、確実な電気供給が求められており、そのためには使用水量は渇水量と定める必要があるとしている。平水量を使用水量として渇水量と様に安定した電力供給を行なうためには、火力が貯水池の補助を必要とするが、それは大きな資本を要するため簡単ではない。そこで、発電所間の電力共助を行なうことにより、連絡した発電所間の火力設備、貯水池を補助とすることが出来ると述べられている。

「第一に送電上の安固と謂う事、殊に工業地に於て電気が有用なる動力として工場に需要せらるる場合においては一分間の停電も十分間の些細なる故障も遂には其工

場の存亡に関する大問題になる場合がしばしば起こることをも記憶せねばなりません（中略）確実なる発電設備としては渇水を基として設計を立てねばなりません、平水量で設計を定めて置いて渇水期に応ずるには貯水池か又は火力の補助機関を設けて足りないところを償って行く工夫が生じますがこの為大きな資本を固定させます。ところが茲に二つ以上の水力或は火力の間連絡が出来ますと、その系統内にあるどの貯水池もどの火力設備も皆自家の貯水池が或は自家の補助機関として利用して行けます」⁵⁰⁾

以上のように、渇水期の違う流域の発電所間を連絡することで渇水補助とできるという言説や火力や貯水池などの補助設備は、発電所間が連絡されていればそれぞれに設ける必要は無いということが述べられていた。このことから渇水の補助として、この電力共助という方法が位置付けられていたものと思われる。

5. まとめ

当時の水力発電に関する教科書の分析から環境の影響から取水方法を「直接取水」「堰による水頭上昇」「水路変更」「貯水池」の4種類に分類し、変化を明かにした。さらに、取水方法を3つの時代に区分した。第Ⅰ期は1915年以前の「直接取水」「堰による水頭上昇」による取水が一般的な時代、第Ⅱ期は1915年～1925年頃の「堰による水頭上昇」「水路変更」「貯水池」による取水が一般的な時代、第Ⅲ期は1925年以降の「水路変更」「貯水池」による取水が主流となる時代にそれぞれ区分した。また、堰堤を設ける目的は、有効落差を高めるためでなく、取水・貯水にあったことを明かにした。このような変化の中でどのような背景や議論があったのかを以下にまとめる。

1916年は第Ⅰ期～第Ⅱ期の転換期であり、徐々に「水路変更」や「貯水池」が一般的な方法として紹介され始めている。その当時に宇治川水電が計画した高堰堤に対して、安全性の不安から反対運動が起こることや、水力発電とその他の権益の衝突が激化していると述べられていたのもこの頃である。水力発電とその他の権益は平等であるべきという言説も見られ、魚道や流木路設置など、水力発電とその他の権益は両立関係のもと解決が図られていたと考えられる。

1915年頃はダムによる貯水は一般的でなく、河川流量を調節するものとしては森林が最も期待されている一方で、森林は「複雑な組織体」として未知の部分が多いということも言われている。ダムによる河川流量調節が行われていない当時において、安定した電力量を確保するには使用水量を渇水量に定める必要があるが、実際は増大する電気需要に対し、火力発電を補助として、尖頭負

荷の調整や冬期渇水に不足する発電力を補うことで使用水量の拡大が行なわれていた。このような使用水量の拡大は他にも、違う流域の発電所間を連絡することで渇水補助とできるという言説や火力や貯水池などの補助設備は、発電所間が連絡されていればそれぞれに設ける必要は無いという言説から、渇水の補助として、この電力共助という方法も検討されていたと考えられる。

第Ⅲ期には、「直接取水」や「堰による水頭上昇」は一般的な方法では無くなり、「水路変更」や「貯水池」が一般的なものとして紹介されている。この時代の水力発電とその他権益との調整は、金銭による補償によって、魚道や流木路の設置は必ずしも必要ないと述べられていることからダム建設を前提としていることが分かる。

第Ⅱ期に起きた第一次世界大戦による炭価急騰に端を発し、石炭は有限であり節約すべきであるという機運の高まりが第Ⅲ期にも継続しており、その後の昭和時代の長期にわたる戦争において石炭不足が現実の問題となる事で火力設備併用により一度増やした需要を維持する為、また増大する電気需要に応えるための方法として、貯水池による渇水補給・使用水量増大が行なわれたと考えられる。このように、第Ⅲ期にダムによる貯水による河川の流量調節ということが実際に考えられるようになると、森林は「水の消費者」として渇水を激化させるものと、貯水池の建設を促すような言説に変わっている事が分かった。

参考文献

- 1) 日本土木史編集委員会：日本土木史, 社団法人土木学会, 1964, p1119
- 2) 前掲 1), p1119
- 3) 前掲 1), p1119
- 4) 前掲 1), p1101
- 5) 前掲 1), p1120
- 6) 前掲 1), p1136
- 7) 前掲 1), p1089
- 8) 水力技術百年史委員会：水力技術百年史, 電力土木技術協会, 1992, p15
- 9) 前掲 8), p5
- 10) 前掲 8), p16
- 11) 前掲 8), p50
- 12) 前掲 1), pp. 1099-1100
- 13) 前掲 8), p. 1101
- 14) 前掲 1), pp. 1099-1100
- 15) 前掲 8) p19-20
- 16) 木多勘一郎, 「水力の利用に就て」 電気工学, 3 巻 3 号, 1914, p189
- 17) 森忠蔵, 「日本に於ける水力事業の発達」 発電水力, 6 号, 1915, p3

- 18) 中原岩三郎, 「水力電気能率増進策」, 発電水力, 9号, 1915, pp. 2-3
- 19) 「東京付近水電の需給率問題」, 発電水力, 13号, 1916, p8
- 20) 中川浅之助, 「講話と動力問題」, 発電水力, 46号, 1917, p1
- 21) 「将に來らんとする動力問題」, 発電水力, 28号, 1917, pp. 2-3
- 22) 「水力利用の經濟を図れ」 発電水力, 56号, 1918, p1
- 23) 「大正5年に於ける電気事業界と将来の電気事業」, 発電水力, 23号, 1917, pp. 2-3
- 24) 廣田精一, 「水力電気の国防上の価値」, 発電水力, 50号, 1918, pp12-13
- 25) 肥後八次, 「水力の利用」, 発電水力, 50号, 1918, p13
- 26) 道田貞治, 「電気工学水電事業經營上の制限と其の特長」, 電気工学, 4巻29号, 1915, p25,
- 27) 山里尚行, 「発電水力の趨勢」, 水利と土木, 1巻2号, 1928, p89
- 28) 「水力電力拡充に関する意見書」, 水力, 3巻2号, 1940, p6
- 29) 目里雄平, 「発電水力の調査と発電水力開發の概況に就て」, 水力, 4巻6号, 1941, p29
- 30) 平田徳太郎, 「森林と雨量の關係」 発電水力, 20号, 1916, p2
- 31) 農商務省山林局, 「森林と雨量の關係」 発電水力, 57号, 1918, p 1
- 32) 森忠藏, 「日本に於ける水力電気の現状並水力と山林との關係」, 発電水力, 71号, 1919, pp4-5
- 33) 前掲 32)
- 34) 前掲 32)
- 35) 山本徳三郎, 「水利使用と森林及貯水池」, 水利と土木, 1巻1号, 1928, pp. 117~119
- 36) 米屋秀三, 「森林の発電水利に及ぼす影響」, 水力, 3巻6号, 1940, p27
- 37) 田尻稻治朗, 「河川に対する縦横の權利」, 発電水力, 63号, 1919, p10
- 38) 前掲 37)
- 39) 前掲 37)
- 40) 田尻稻治朗, 「河川縦横權の衝突」, 発電水力, 69号, 1919, p9
- 41) 白石信親, 「水力工事の終始」, 電気工学, 8巻80号, 1919, p299
- 42) 増田次郎, 「発電水利法規の制定に就て」, 水利と土木, 3巻5号, 1930, p2~7
- 43) 前掲 42)
- 44) 前掲 42)
- 45) 「宇治川電気第二工事の堰堤」, 発電水力, 20号, 1916, p8
- 46) 前掲 48
- 47) 「宇治川電気 堰堤築造に就て」, 発電水力, 22号, 1917, p7
- 48) 「宇治川堰堤問題」, 発電水力, 48号, 1918, p7
- 49) 山崎四郎, 「発電力の欠乏と其促進に於いて」, 発電水力, 40号, 1917, p1
- 50) 畠山敏行, 「電気供給業者の考究問題」, 発電水力, 34号, 1917, p8
- 51) 「電力系統の統一」, 発電水力, 65号, 1919, p2

(2013. 4. 5 受付)