初瀬水路発電所設置工事の施工に関する取り組みについて

原　博昭

独立行政法人水資源機構　琵琶湖開発総合管理所　機械課（〒520-0243滋賀県大津市堅田2-1-10）

初瀬水路発電所は、奈良県桜井浄水場へ室生ダムの水を『24時間、365日』お届けすることを目的に設置された初瀬取水施設において、要求取水量を用いて発電するもので2014年2月に完成した。この発電所は、設置環境等に検討課題が多く、設置計画を断念してきた経緯があったが水資源機構が取り組む「小水力発電の推進」の後押しを受け、機構が新設した小水力発電所では再生可能エネルギー固定価格買取制度認証の第1号となる水力発電所として運用している。

本稿は、初瀬水路発電所の概要と設置に至るまでの経緯、そして施工に関する取り組みと、クリーンエネルギー効果の検証について紹介するものである。

キーワード　小水力発電，地下施設，設置工事，クリーンエネルギー，CO2削減

1.　はじめに

室生ダムは、淀川水系木津川支川名張川支川宇陀川の宇陀市（旧室生村）に建設された重力式コンクリートダムで1974年に管理を開始したダムであり、1986年には利水従属型として管理用水力発電所を開設した。ダムからの用水補給はこの他に、奈良県への水道用水補給のため初瀬取水施設を有している。

2. 初瀬水路発電所の概要

(1) 初瀬取水施設

初瀬取水施設は、室生ダム貯水池内上流約2.5km左岸に取水塔を設置し、地下30m、延長約5,500m（内径1.8m(馬蹄形)）の初瀬水路を有している。

写真-1　初瀬取水施設（取水塔）

古くから水不足に悩んできた大和平野では、宇陀川の水を奈良県側に引く分水計画を切望しており、室生ダム建設の一環として1974年3月に初瀬取水施設は建設された。

取水塔から取水した室生湖の水は、初瀬水路を経て、奈良県営水道の接合井に接続したあと、奈良県桜井市にある浄水場で処理され、大和平野の水道用水として使用される。

要求取水量は、4月16日から10月15日までは最大1.6㎥/s、その他の期間は最大1.2㎥/sであり、年平均取水量は1.0㎥/s程度である。その操作は、室生ダム管理所にて浄水場からの指示を受けて行っている。

図-1　初瀬取水施設　一般概要図

(2) 目　的

初瀬水路発電所は、初瀬取水施設の安定した取水量と取水塔での落差（総落差 28.3m）を利用して発電を行うものであり、その目的は当施設の管理用電力を賄うと共に、余剰電力は一般電気事業者に売電することで、ダム管理費の軽減及びクリーンエネルギーによる二酸化炭素排出抑制に寄与するものである。

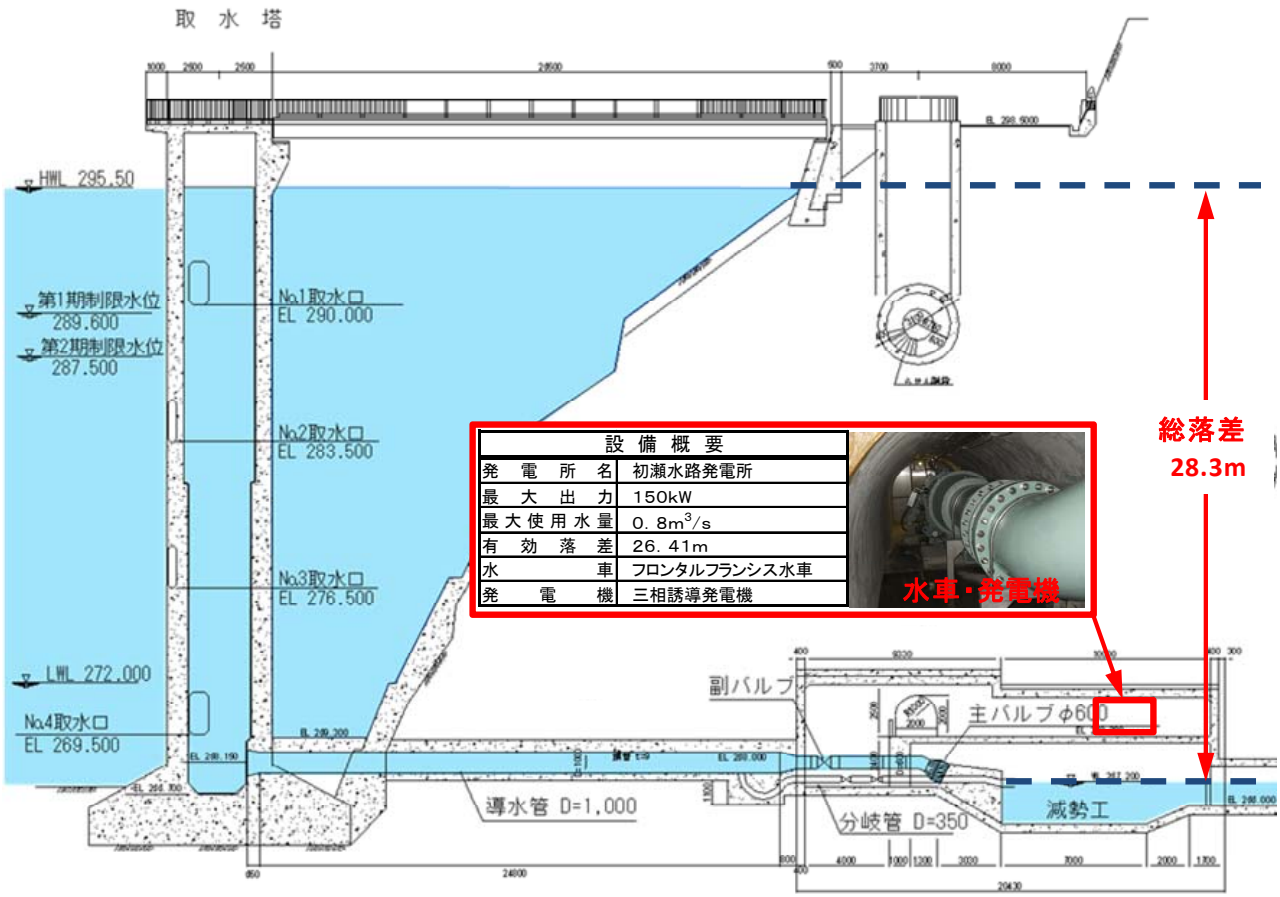

図-2　初瀬取水施設　構造図

(3) 構　造

これまで取水塔から取水された水は、主管主バルブ（以下「主管バルブ」という）から減勢池へ放流していたが、今般、水力発電設備を設置したことにより取水された水は図-3のとおり、主管バルブより手前で分岐した導水管を経て水車を介し減勢池へ流すことを基本とした。

これにより発生する最大出力は150kW（最大使用水量0.8㎥/s）であり、平成26年度の年間発電電力量は約1,080MWhであった。これは一般家庭の約300 世帯に相当する。

また、分岐管主バルブ（以下「分岐管バルブ」という）の用途は、主管バルブの点検時等に使用するものであったが、今回、最大発電流量（0.8㎥/s）以上の取水量を必要とするときに使用するものとした。

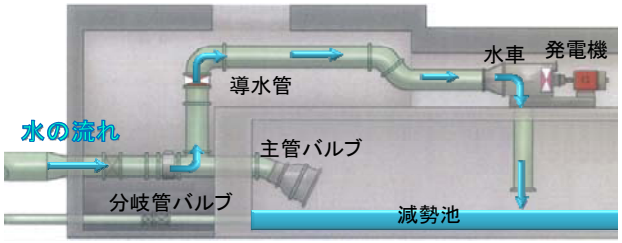

図-3　取水した水の流れ

3.　初瀬水路発電所設置までの経緯

初瀬水路施設への水力発電の設置計画は、1986 年に設置したダム管理用水力発電の設置計画と同時にあったが、湿気が多い地下施設には当時の水車・発電機を設置できるスペースと、保守スペースがなかった。仮に設置してもごく小規模（30kW 程度）な発電となってしまい、費用対効果、費用便益比（B/C）による検討でも評価が低いもので設置推進までには至らないものであった。

その後、地球温暖化などの影響を受けマイクロ水力発電などの開発も積極的に行われ、また「地域新エネルギー等導入促進対策費補助金」による事業もあり、再検討した結果、B/Cも1に届くことが判明した。

設置への最大の契機となったのは2011年3月に発生した東日本大震災である。同年8月には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が制定され、同年11 月に国土交通大臣から「持続可能で活力ある国土・地域づくり」（再生エネルギーの活用）の推進が指示された。また、自然エネルギーへの国民の関心、期待が一層高まっているという背景から、2012年1月には水資源機構としても理事長プロジェクトに位置づけられ、初瀬取水施設への小水力発電設備の設置が現実のものとなった。

4. 設置工事の特徴（課題）とその対応

(1) 劣悪な環境条件とその対策

a) 劣悪な環境条件

工事は、2012 年 9 月から 2014 年 2 月までの期間で行われたが、実質は 4 ヶ月というタイトな工事であった。無事に無事故・無災害で工事を終えることができたが、その劣悪な環境条件から完成までの道のりは困難を極めるものであった。

水車・発電機といった機器は、竪坑より30m下にある地下施設に搬入し設置する必要があるが、全ての空間において非常に狭く、暗い環境である。また、地下施設内では、会話が出来ないほどの取水音が鳴り響くと同時に猛烈な湿気で覆われている状況である。

当然ながら、地下施設では携帯電話は使えず、地上との連絡手段はない。

写真-2 施設状況（工事前）

b) 環境改善への取り組み

劣悪な環境下では労働災害が懸念されるため、工事が始まる前に環境条件を改善する対策を施した。

まず、地下施設内部には作業用照明を随所に追加した。照明は可動式にするなどし、各作業エリアを集中的に照らせるよう設置することで据付などの通常作業に支障を来さない程度の明るさを確保した。

湿気の主な原因は、減勢池へのバルブ放流による飛沫と壁からの漏水であるため、通路奥に飛沫防止用の扉を設置し、壁の漏水箇所にはモルタル塗装を施した。

また、竪坑の上下に連絡用インターホンを設置することで地上との連絡手段を確保した。

写真-3 環境条件の改善策

狭い空間への対策については、当初は螺旋階段の撤去や既設構造物を削る等といった方法も考えられたが、結果として既設構造物には手をつけず、施工方法を工夫することで対応することとした。また、取水音に対しても対策がなく、入坑前に綿密な作業内容の確認を実施するなど作業員全員が意識して取り組んだ。

c) 安全管理

基本的に地下は二酸化炭素など空気より重いガスが溜まりやすい傾向にある。本工事においては、溶接作業など行うため有害ガス等による労働災害が懸念された。そのため竪坑入り口に換気ファンを設置し、地下施設内では定期的に酸素濃度測定を実施するなど安全対策を講じた。また、当然であるが発動発電機は地上に設置した。

写真-4 安全管理への取り組み

(2) 施工事例の紹介

a) 水車・発電機の搬入据付作業

水車・発電機を地下施設に搬入するために竪坑中央部の空間を利用するが、その空間は幅 1.5m という非常に狭いものである。その限られたスペースに対応するため、機器は梱包材を外した最小サイズにより搬入することとした。その際、本来であれば既設構造物には緩衝材等を設置し養生することが基本であるが、搬入スペースを最大限確保することを優先に養生作業は行わないものとした。

地下施設への搬入後は据付位置まで運ぶ必要があるが、水車・発電機の重量物であるため、搬入直後に小回りが利く台車へ載せ、据付位置である通路奥まで運搬し、組立作業を行った。

地下施設内も竪坑と同様に狭い空間であり、機器の搬入順序を間違えると組立作業やその他並行作業の進捗に支障を来すため、細心の注意を払いながら順序良く慎重に搬入し運搬を行った。

なお、地下施設内の運搬においても、竪坑同様に狭い空間を少しでも確保するため既設構造物に対する養生は行わないものとした。

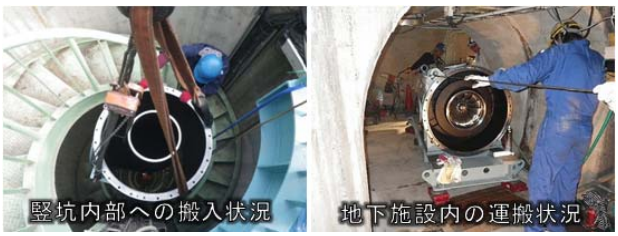

写真-5 水車・発電機の搬入状況

b) 現地合わせによる三次元的な導水管の配置

主管バルブ手前から分岐した導水管は、地下施設の構造から三次元的な配置を要し、その曲がり箇所は現地合わせによる溶接作業を必要とした。しかし、作業用照明では品質管理が難しく、また、溶接後の塗装も必要であるため、地下施設では仮溶接のみとした。その後、一旦屋外へ搬出し本溶接と塗装を行った後に再度地下施設へ搬入し据付、という流れで搬入搬出作業が幾度なく行われた。それと同時に高低差 30m ある螺旋階段（150 段）の往復運動は監督員にも辛いものであった。

写真-6　現地合わせによる導水管設置状況

なお、点検スペースの確保についても考慮した配置としている。水車・発電機の設置位置は内径 2,000mm の馬蹄形であり、水車・発電機は基礎を含めると 1,250mm ある。そのため、導水管を極限まで構造物に寄せて配置するなど受注者の高い技術力もあり、最大で 50cm 程度の点検スペースを確保した。

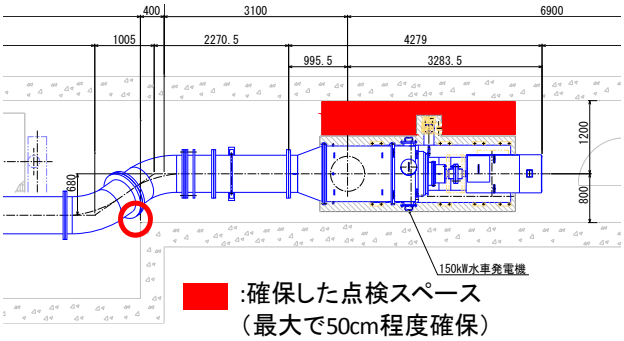

図-4　点検スペース確保に配慮した導水管の配置（平面図）

写真-7　極限まで構造物に寄せた導水管

c) 減勢池内作業

減勢池は、図-3 のとおり床スラブの下階に位置し、その役目は主管バルブから放流された水の勢いにより構造物が洗掘されないように貯めた池により受け止めて勢いを弱めることを目的としたもので、地下施設内に響きわたる取水音はその音である。

その空間は通常、人が出入りする場所ではないため照明設備はなく、高湿度である。また、減勢池の水深は 2m あることから、環境条件は地下施設の中でも最悪である。

今回、作業員が減勢池内に入って行う作業は水車の吸出管据付時であるが、労働災害防止のため、まず、奈良県へ 365 日水道用水を供給している取水を停止しなければならない。浄水場との協議を重ねた結果、1 日 2 回（2 時間/回）という時間限定での許可が得られた。

作業は、必要な養生と後片付けを含めて 2 時間以内というタイトな工程の中、綿密な準備と施工手順を何度も確認しながら実施された。中でも特に気を遣った作業は濁水防止等の養生である。スラブをはつる際に発生する濁水やコンクリート殻を減勢池に落とさないよう麻袋で受け止めたり、作業後も残骸等が減勢池内に取り残されていないか再度確認を行うなど、工事期間中であっても奈良県へ安全で良質な水を届けられるよう心がけた。

写真-8　取水停止中の作業

(3) 今後の維持管理を見据えた検討

a) 導水管の配置計画

工事完了後は、水車発電機の維持管理を当然行っていく必要があるが、それは同室内にある主管バルブ等の機械設備においても同様である。狭い地下施設の限られたスペースに導水管どのように配置したら維持管理しやすいか検討した。

発注当初の考えは、図-5 のように主管バルブ手前で導水管を横方向にＹ分岐させ、減勢池のスペースに配置することで通路スペースを確保し、点検時には作業スペースとして活用する計画であった。この配置は、定期点検時の作業効率向上と併せて、水車・発電機を設置しさ

らに窮屈となってしまったな地下施設に少しでも開放感をもたらすよう配慮したものである。

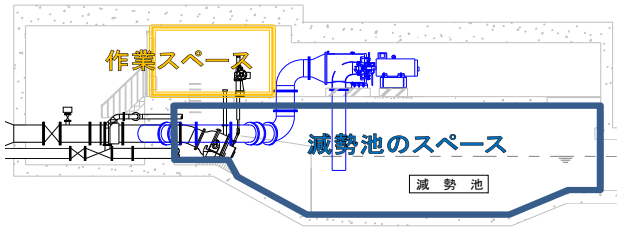

図-5 定期点検を考慮した導水管の配置（断面図）

b) 長期整備計画に配慮した導水管の配置

工事契約後、維持管理計画について受注業者の経験等も参考にして再度検討協議した結果、図-6 のように主管バルブ手前で導水管を上方向にT分岐させ、作業スペースに導水管を配置するものとした。

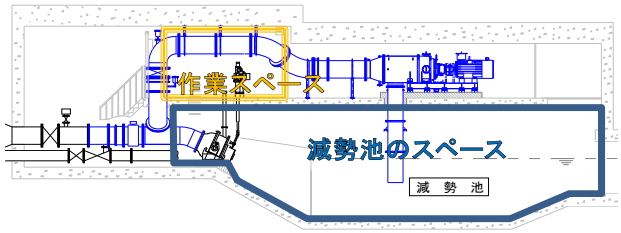

図-6 分解整備を考慮した導水管の配置（断面図）

この配置による効果は、分解整備時における浄水場への送水停止時間を短くできることである。

図-5の場合、主管バルブの分解整備時には導水管が作業の支障となり、導水管の一時撤去などの養生が必要で時間を要する。また、その撤去時は減勢池内作業となり、作業員の安全を確保するために、分岐管バルブからも減勢池へ放流もできない。つまり、浄水場への長期の送水停止が危惧されたのである。

図-6 の場合であれば、導水管が既に通路スペースに露出しているため、主管バルブの分解整備時は手早く撤去できる。結果として減勢池内での作業時間が短くなった分だけ、分岐管バルブからの代替放流も早く実施できるということである。

5. 初瀬水路発電所のクリーンエネルギー効果

初瀬水路発電所の目的の一つである「クリーンエネルギーによる二酸化炭素排出抑制」について、どれだけの CO2 の削減効果があるか算出してみる。一般に 1kWh の発電に対し、どれだけの CO2 を排出しているかを表す値として「CO2 排出係数」がある。CO2 排出係数は、発表している団体で違いがあるが、ここでは環境省が公表する CO2 排出係数 0.551 kg/kWh（2014 年 12 月 5 日発表）を使用し、次の式より試算する。

年間発電電力量は、初瀬水路発電所が平成 26 年度に発電した電力量で表-1 のとおり約 1,080,000kWh である。

CO2 削減量(kg)＝年間発電電力量(kWh) × CO2 排出係数
＝1,080,000(kWh) × 0.551(kg/kWh)
＝ 594,000(kg)

この値は火力発電等と比較すると年間 594 トンの CO2 削減が出来ていることになるが、具体的にイメージしやすいものとして、身近な『杉の木』で考えてみる。大きく成長した杉の木（50 年で高さが約 20～30m 程度のもの）は 1 年間で平均して約 14kg の CO2 を吸収すると言われている。つまり、初瀬水路発電所は大きく成長した杉の木を、年間で『約 4 万 2,430 本分』の植樹していることになる。

平 成 26年度	積算電力量(kWh)				発電日数(日)
	発生電力量	管理用消費電力量	売電電力量	買電電力量	
4月	107,429	4,504	102,925	0	31
5月	104,301	4,454	99,847	0	30
6月	99,119	4,154	94,965	0	31
7月	74,816	3,754	71,062	8	30
8月	78,192	4,656	73,536	22	31
9月	73,503	4,614	68,889	3	31
10月	71,866	4,009	67,857	0	30
11月	76,367	4,150	72,217	0	31
12月	81,333	4,381	76,952	44	30
1月	105,178	5,393	99,785	0	31
2月	108,476	4,910	103,566	0	31
3月	97,695	4,172	93,523	0	28
合計	1,078,275	53,151	1,025,124	77	365

表-1 初瀬水路発電所の発電実績（平成26年度）

6. おわりに

2014 年 2 月 18 日より本格的に運用開始した初瀬水路発電所は、これまで長時間の停止もなく、水車・発電機における障害もなく、浄水場への安定した送水と順調な発電を行っている。

過去を辿れば、初瀬取水施設における小水力発電の可能性については何度も検討されてきた。その劣悪な環境が故にその都度断念してきたこの一大プロジェクトであるが、30 年以上の時を経て、今回、このような最高の結果で成し遂げることができた。この成功の裏には、受注者の技術力もさることながら、関係者の御協力、御尽力があってこそである。

今後もこれまでと変わらず浄水場へ『24 時間、365 日、安全で良質な水を安定して安くお届けする』ことをモットーに、水力発電設備の更なる安全と、信頼ある管理運営について引き続き取り組むことが重要である。

謝辞：本工事に全面的に御協力をいただいた奈良県水道局及び桜井浄水場の皆様、そして運用開始までに至る数多くの手続きに御尽力いただいた機構内の皆様に、厚く御礼を申し上げます。