

現地ルポ

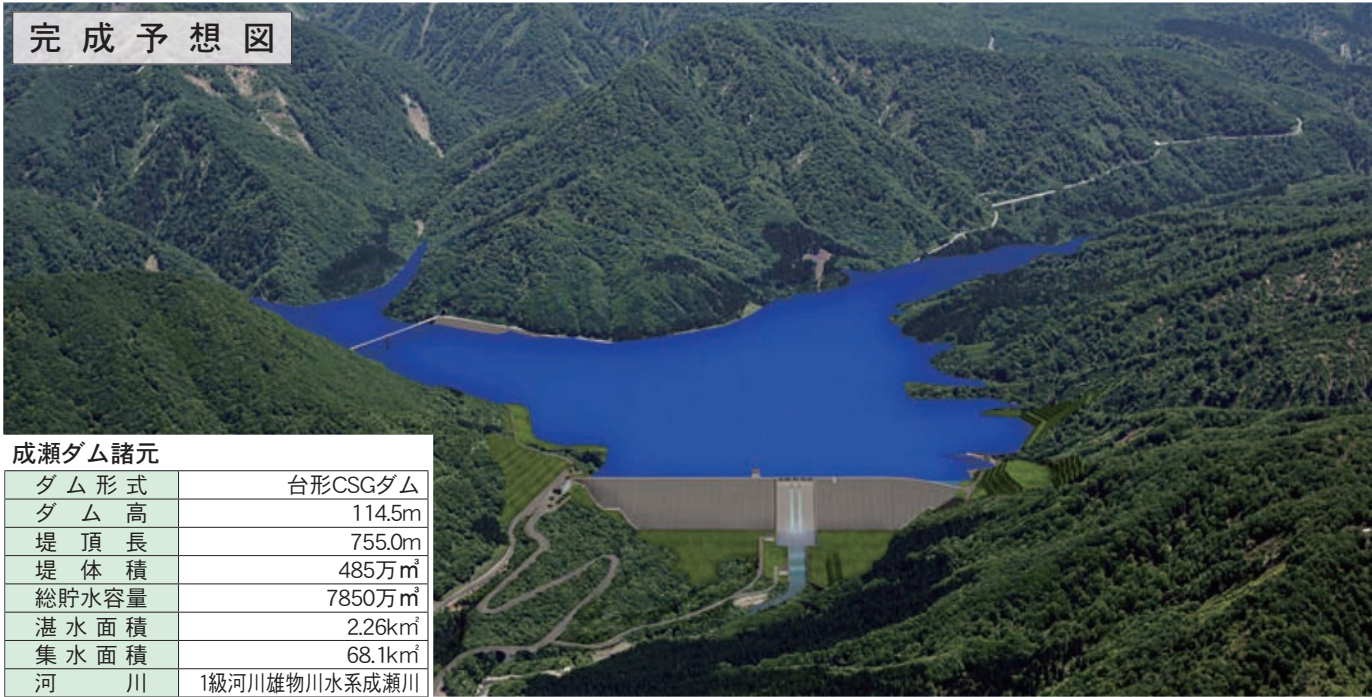
栗駒国立公園の山々に抱かれ、美しい自然、日本の原風景が色濃く残る秋田県東南端の東成瀬村。冬には「美しい星空日本一」にも選ばれた満天の星空を見ることができ、一方、辺り一面を雪に覆われた東北有数の豪雪地帯ともなる。この地で現在、日本中の注目が集まる「成瀬ダム」建設が進む。一体となって取り組む堤体打設工事（施工＝鹿島・前田建設工業・竹中土木JV）、原石山採取工事（同＝大成建設・佐藤工業・岩田地崎建設JV）がそれぞれ最新技術の粋を集め、さながら工場のように巨大ダムを形づくる。国内最大のビックプロジェクトに挑戦するそれぞれの施工者を訪ねた。（文 小林貴斗）

「最新建設業」のショーケース

先端技術の粋を集めた 「巨大ダム工場」

成瀬ダム堤体打設工事、原石山採取工事（秋田県東成瀬村）





完成予想図

| 成瀬ダム諸元 | |
|--------|---------------------|
| ダム形式 | 台形CSGダム |
| ダム高 | 114.5m |
| 堤頂長 | 755.0m |
| 堤体積 | 485万m ³ |
| 総貯水容量 | 7850万m ³ |
| 湛水面積 | 2.26km ² |
| 集水面積 | 68.1km ² |
| 河川 | 1級河川雄物川水系成瀬川 |

秋田県東成瀬村に国土交通省が建設を進める成瀬ダムは、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい、水道、発電の目的を持つ多目的ダムだ。総事業費は約2230億円、工期は26年度まで※（物価上昇や時間外労働上限規制等への対応に伴う事業変更で事業費約2600億円、完成27年度となる予定）。

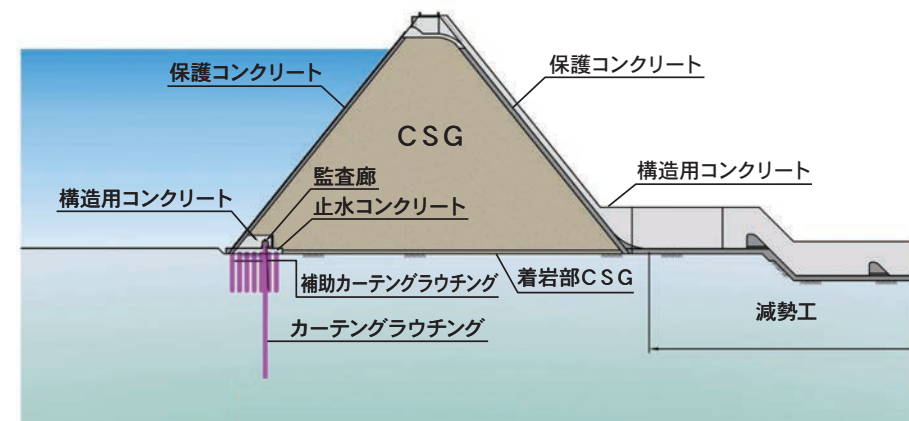
ダム形式は、現場周辺で得られる石や砂れき、セメント、水を混合して作るCSG（Cemented Sand and Gravel）を使用して造る日本が開発した「台形CSGダム」を採用。現地材料を有効活用するほか、コンクリートダムで使用される材料のように分級・粒度調整・洗浄といった手間も基本的に不要など材料の合理化を実現する。また、台形の構造上、従来の直角三角形形状と比べて大規模地震発生時の応力を抑えられ、必

工事内容

| 工事内容 | 数量 |
|-----------|-------------------------|
| 本体基礎掘削工 | 3,218,260m ³ |
| CSG打設 | 4,312,000m ³ |
| コンクリート打設 | 596,900m ³ |
| 基礎処理工 | 70,100m |
| 法面工 | 1式 |
| 管理設備設置工 | 1式 |
| 閉塞工 | 1式 |
| 濁水処理設備運転工 | 1式 |
| 雑工事 | 1式 |
| 仮設工 | 1式 |

要強度を小さくすることができることもメリットだ。ダム高114.5m、堤頂長755.0m、堤体積485万m³、総貯水容量7850万m³はいずれも台形CSGダムで日本一。従来の台形CSGダムのダム高の最高が52.0m（北海道当別町の当別ダム）で、その倍以上となることからスケールの大きさがうかがえる。

ダム建設の目的は、①建設地点の計画高水量460m³毎秒のうち、410m³毎秒の洪水調整②生物の生息環境など河川環境を守る流水の正常な機能維持③平鹿平野地区約1万0050haの農地のかんがい用水補給④周辺地域の水需要に応え湯沢、横手、大仙の各市に対する1日最大1万3164m³の水道用水を取水⑤ダム建設に伴い新設される成瀬発電所（秋田県）において最大出力5800kwの水力発電—の5つ。



山間の巨大な「未来現場」

新緑がまばゆい若葉の薫る大自然の中、車を走らせると山間に突如広大な現場が現れ、その中で巨大建機が正確に動き回っている様子を見ることができる。成瀬ダム堤体打設の現場だ。取材に訪れた6月上旬はすでに、ダムの形がはっきりと分かる9割ほど堤体打設が進んでいた。CSG打設は本年中、外側の保護コンクリート等の打設は25年中に完了する予定。

東北でも有数の豪雪地帯となる現場は冬に3～6mの雪に閉ざされ、ダム構築作業が4月中旬～11月中旬の7カ月に限られる。冬期にも設備のメンテナンス作業や除雪作業、ダム堤体内から岩盤へのセメント注入などの作業を実施しているが、打設



自動化施工の様子

自体は雪のない短期間での施工が必要となる。その堤体打設工事（第2期）に挑むのは鹿島・前田建設工業・竹中土木JV。これまで5つのダムを経験したスペシャリストの松本孝矢所長（鹿島）をはじめ、経験豊富な土木の匠たちが多数在籍する。

同JVが駆使した最新鋭の技術も注目を集める。特に鹿島が開発し、同現場で本格導入した自動化施工システム「A⁴CSEL[®]（クワッドアクセル）」は、人の手を介さない無人のブルドーザー、振動ローラー、ダンプトラックが稼働し『未来の現場』を連想させる。従来の建設機械の遠隔操作とは異なり、複数の建機に作業計画を指示することで自動・自律運転を行うことができる技術。昼夜2交替制の現場において燃料補給以外は70時間休むことなく施工スピードを落とさず作業し続けられるほか、熟練オペレーターの操作データを収集・分析しプログラミングしているため、人間が行う約130%（254.4m³：有人128.6m³の約2倍）以上の作業を実現。副次的な効果としてムラがない最短作業で通常の約50%の省エネ運転も可能となった。リアル

タイムで位置・姿勢、周辺状況を計測し、走路の安全性などを認識し、自動停止・自動再開などの機能を備えており、災害リスク低減にもつながる。

A⁴CSEL[®]の施工スピードを活かすためには、付随作業の高速化も必要だ。その一つがCSG打設と並行して堤体の側面を覆う保護コンクリートの施工を自動で行う「置き型枠自動スライドシステム」。自動スライドリフト、止水板台車、おもり台車の3種類の台車で構成。自動スライドリフトはボタン一つでH鋼型枠を連続で吊り上げるもので、クレーンや人手を削減できた。また、CSG製造設備から800m超のベルトコンベアや「SP-TOM」という搬送装置を3条設置して堤体内まで迅速に材料を運搬した。このほかにも▽基礎処理のボーリング検尺におけるロッド引き抜き監視、延長確認を早送り可能なビデオオンデマンドで視聴し、待ち時間短縮▽3次元データにより現場データを管理▽画像解析によるCSG粒度連続監視により品質試験の人員を9割削減—など多くの技術を取り入れた。

現場最盛期の昨年の5月には、前人未到の月間打設量28万1000m³を達成。高度経済成長期に整備された黒部ダムが持つコンクリート系ダム工事の国内最高（14万7000m³）を大きく更新するなど、最新技術活用の真価が発揮された。松本所長も「地盤調査で打設が遅れた左岸側



A⁴CSEL[®]の管制室。ITパイロットと呼ばれる技術者が常駐。作業着ではないオフィスカジュアルで複数のモニターを監視する。現在は現場付近に設置しているが、昨年まで現場から400km離れた西湘実験フィールド（神奈川県小田原市）から見守っていた



奥に見えるのがSP-TOM

の堤体面が右岸側に追い付き、広大な施工範囲となってからは、一連の作業を組み合わせると一気に通貫で施工できた。時間外労働上限規制が適用されたため、今後この記録を抜くダムは現れないはずだ」と笑顔で語る。

安全施工で胸を張れる仕事を

さまざまな現場を経験した松本所長だからこそ「事故がひとたび起こればその工事に後悔が残る。従事した皆が「良いものができた」と胸を張るためにも、事故を無くす」と安全に神経を尖らせる。大量施工では



松本所長「諸先輩から指導された『何もない現場を見渡しダムの姿を想像できた一人前』と聞き感銘を受けた。今はかすかに見える気がする」



最盛期の昨年度には約1日最大700人が作業。スリランカ人をはじめ多くの外国人も従事する

原石山



製造プラント。昨年度、堤体打設のピークに合わせて、最大となる1日約1万トンの材料を製造した。

資機材搬入が頻繁となり、特に秋田県の年間使用量の約半数を使用するセメントの搬入には気を遣った。ピーク時に1日120台のセメントローリー車が村内を往復。そのため、全てのタンクローリー車にGPSを備え付け、運行位置・速度をリアルタイムで確認し運転手にフィードバックし交通事故等を防止した。現場では、一人一人が安全への思いを統一するため安全基本行動「一声かけ、現地KY、指差喚呼」を浸透させ、人と重機類の分離などを徹底した。「工程の遅れなどを取り返そうと皆が頑張る時に事故が起きやすい。そこで焦らずひとつひとつ解決することが大切」と松本所長は考え、実行している。

これだけ先端技術を集結した現場を指揮する松本所長だが理想はまだ先にある。「1日中現場が稼働し、昼は人しかできない作業、夜の間は人が見守らなくても建機が指示通り造り上げる省力化が進んだ現場になれば良い」と思い描く未来の建設現場を教えてくれた。そして最後に「鹿島では『100年をつくる会社』を

公言しているが、成瀬ダムはそのスローガンを超えて永久構造物となり、良好な社会資本として未来永劫役割を果たすべく関係者一丸で尽力する。皆で将来に誇れるダムにした」と力強く語った。

打設と両輪で大量の材料を製造

堤体積485万m³を誇る巨大ダムだけに、打設には途方もない大量の材料が必要となる。堤体打設と両輪で進む「成瀬ダム原石山採取工事」がその役割を担う。ダムを形成するCSG材やコンクリート骨材の採取・製造・貯蔵、材料採取に伴い発生する廃棄岩処理、法面保護工などを実施。施工は大成建設・佐藤工業・岩田地崎建設JVが担当する。工期は18年5月から26年2月までで、取材時点の進捗率は約80%。材料の掘削は本年度中に完了する見込みだ。

成瀬ダムの堤体にはA、B、Cの3つの材料を使用。A材は耐久性が必要な堤体外側の保護コンクリート等に使用する骨材で、地元の採石場から購入しプラントで貯蔵している。原石山から採取した岩石は止水コンクリート・監

査廊など外気に触れない堤体内部で使う骨材「B材」、所定の品質になるようにブレンドして使用するCSG母材「C材」に分けられる。

原石採取の主な工程は①1日1回、12時20分に行う発破掘削により砕けた母材の採取②大型バックホウ、重ダンプトラックに積み込みプラントへ運搬③所定の大きさになるように段階的に破碎④破碎材の扁平材を除去するため、スクリーン(オーバーサイズ選別機)を使用してオーバー材を分別しCSGダムに適した性状を有する材料を製造⑤ストックヤードで貯蔵―の流れ。昼夜2交替制で現場は稼働しており、それぞれの作業に最新技術が盛り込まれ、生産性、安全・品質の向上を図っている。

DXで大量・迅速・正確に掘削

発破のための穿孔にはマシンガイド機能を持ったインテリジェンスクロードリルを採用。GPSと穿孔エネルギー評価を搭載しているため、リアルタイムでどのような岩石を削孔しているかを把握し、使用する材料と廃棄岩の境目を正確に見極めることで効率的な材料採取が可能となった。また、発破後に採取し



クローラードリル



UAVの測量結果から出来形を自動で3Dモデル化し、土量の自動計算を行う「3DR Site」の活用や図面作成などで2日かかる作業を半日に短縮した。



▲オンサイト測定法の様子

自動運転ダンプ▼



た材料が、CSG材・コンクリート骨材・廃棄岩のどれに当たるかを速やかに把握するため、軽量のエコチップとコンクリートテスターの2つの装置を使用したオンサイト測定法でスムーズに区分。その後の運搬も、自動運転リジッドダンプ「T-iROBO Rigid Dump」を導入し、積込場からプラントの排土場までを無人で走行するなど、省力化を図りつつ大量・迅速・正確な掘削を実現した。

作業の中で特に材料の品質管理の重要性、難しさを強調するのは、ダム建設の経験が豊富な緒方恒作業所長。本工事においては材料の粒度・水分量を連続的に監視するデジタルシステムなどを導入し、合理化・省力化しつつ品質を確保しているが、デジタルに依存できないCSG母材の振り分けに苦労したという。CSG



緒方作業所長 思い出が残る現場に沖縄県の「大保ダム」を挙げる

材はもともと廃棄していた一定ではない材料を利活用するためバラつきが生じ、それらを規定内の品質を確保して、納めるのは至難の業だ。「CSG材を加工する設備は『ジョークラッシャー』と呼ばれる母材を破碎するための機械だけだったので、歯の間をすり抜ける規定外の扁平材が出てしまっていた。それらを振り分けのオーバーサイズ選別機を増設することで、適した材料を大量に確保している」と振り返る。

ラストスパートでも気を緩めることはない。緒方作業所長は、堤体打設工事と一蓮托生の気持ちを示しながら「掘削、プラントでの製造が止まれば堤体打設も止まってしまう。滞らせないためにも基準内の品質の材料を大量に製造することに重きを置く。また、現場は大型重機を使用しているため死亡災害に直結する。万全の安全管理体制を取り、最後まで無事故・無災害での竣工を目指す」と力を込めた。

PR、人材育成のフィールドに

成瀬ダムの現場は、業界の魅力、新技術を紹介するショーケースとしての側面も持ち、見学会の頻度、参加人数の多さが関心の高さを物語る。東北地方整備局成瀬ダム工事事務所では市民や教育機関、女性技術者などを受け入れ、定期的に現場見学会を開催。打設が終了する本年度は「自動施工は見納め」をキャッチフレーズに、施工の様子を間近で見るアドベンチャーバスツアー等を展開しているほか、夏休み自由研究応援企画「こども見学会」の実施を予定するなど、次世代を担う若い世代に対し、インフラ整備分野の魅力発信に注力しているという。教育機関等の視察者は22年に836人、23年は1320人と年々増加中であり、その効果がうかがえる。

さらに、管制室がある建物の1階は鹿島が考える「土木の未来の姿」を体感できる「KAJIMA DX LABO」として公開(予約制)。ARが組み込まれた成瀬ダムのジオラマやパネル、シアタールーム、展望デッ



▲現場見学会

KAJIMA DX LABO▼



キなどでクワッドアクセルをはじめとする新技術や施工の手順などを視覚的に学べる。これまでの来場者は約9000人で、本年度中に1万人の大会を見込む大盛況だ。

受発注者とも担い手確保、人材育成にかける思いは同じ。事業の理解促進だけでなく、将来の建設産業を担う若手世代や女性に魅力を伝えるとともに、人材育成を図るフィールドとなっていることをそれぞれが強調していた。併せて、快く受け入れてくれた地域への感謝の気持ちも大きい。植樹等を行う「成瀬の森づくり」や東成瀬村と下流自治体の交流会、インフラツーリズムの検討を実施するなど、完成後を見据え、「造って終わり」ではない、ダムを活用した持続的な地域・水源振興にも力を注ぐ。

CSG打設、原石掘削は本年度中の完了が見えてきた。今後もクラウチングや管理設備等の工事は続くが、地域住民、県内、そして日本中の期待がかかる事業完了に向けて受発注者一体となり同じ方向を見つめる。