

配付用・複写禁止

ポスト危険学プロジェクト「八ツ場ダム」見学印象記

ポスト危険学プロジェクト, (株)畑村創造工学研究所
代表 畑村洋太郎

- 見学日 : 2017年6月3日(土) 晴れ
案内 : 国土交通省関東地方整備局八ツ場ダム工事事務所
見学者 : (主に) ポスト危険学プロジェクト G(10)メンバー (17人)
行程(図1): 2017年6月3日(土) (図1, 2)
- 9:44~11:02 東京駅~軽井沢 北陸新幹線あさま605号
 - 11:05 JR 軽井沢駅新幹線改札口 集合
 - 11:10 同駅出発(マイクロバス)
 - 12:10~13:00 昼食(道の駅八ツ場ふるさと館)
 - 13:10 コンクリート骨材製造プラント見学
 - 14:05 ダム本体建設工事見学(右岸天端から)
 - 14:40 ダム本体建設工事見学(左岸側下流展望台から)
 - 15:30 道の駅八ツ場ふるさと館発
 - 16:30 軽井沢駅着
 - 16:46~17:52 軽井沢~東京 北陸新幹線はくたか568号
 - 18:10~ 懇親会@加賀屋(神田)

記録 : 2017年6月10, 16日





図2 ハッ場ダム地図(詳細)

A. 見学で見たこと、知ったこと

(1) コンクリート骨材作り

不動大橋のたもとの近くから一山越えたところまでコンクリート骨材運搬用のトンネルが作られていた。ダンプ 2 台がすれ違うことができる幅があり、脇にベルトコンベアが設けられていた。このトンネルは約 3km の長さがある。また、コンクリート骨材運搬用ベルトコンベアの総延長は 10km と聞いた。コンベアがトンネルの中を走り、トンネルの外で積み替えが行われていたが、全ての場所が鋼製カバーで遮音されていた。

骨材の製造は、先ず発破で岩石を砕き、大きなものはさらにブレイカーで砕くとのことだった。約 600mm 角の砕石を作り、これをアーティキュレイトダンプで砕石処理場まで運び、ホップの上から平行に並べたアイビームの間を落として、大きさを揃えていた。その後、600mm 角の砕石をジョークラッシャで砕き、さらにふるい分け設備で 3 種類の大きさの粗骨材と鉄棒を入れた回転ミルの中に入れて作った砂の 4 つに選別する。アーティキュレイトダンプは巡回半径が小さいことと、道幅が狭くてよいという利点があるため、これを使うとの説明だった。投資額を小さくするための工夫である。

ここで使われるダム用のコンクリートはスランプゼロの RCD (Roller Compacted Dam-Concrete) だそうである。スランプゼロというのは、検査用の筒の中に入れて筒を上から引き抜いたとき、形がそのまま保たれて、液体としての性質を全く持たないというものである。RCD の実物は浜松の防潮堤を見学したときに、防潮堤の芯材として使われていた CSG (Cemented Sand and Gravel) とほぼ同じだと思った。ふつう「生コン」という言葉で思い浮かべるのは流動体のコンクリートであるが、ここで扱っている物は液体のような扱いは全く

不要である。道路の建設などで砕石や砂を扱うのと同じように、ブルドーザで敷き均し、さらに振動ローラで加圧して締め固めるという方法が採られていた。同じコンクリートといっても、土木用の物は粉粒体または固体としての扱いができ、「ガサガサ」のものであるが、建築用の物は自由な形に流れて変形するの必要があり、「ビチャビチャ」という言葉がピッタリくるものである。

(2) 工事全景を右岸上から見る

ダム右岸のダム本体の上部が山にぶつかる場所から足下を眺めると、ダム工事の全景を見渡すことができた(図3)。写真の正面のコンクリートの斜面に、垂直の直線と右下がりの直線が描いてあるが、これらがダム本体の外形線である。頭上にクレーン用のケーブルが張り渡してあり、そのケーブルは右岸の山の斜面に設けられた反力台に繋がっている。また、そのケーブルを伝って可動車が対岸との間に行き来している。総計で20トンはありそうなコンクリート容器(バケット)が可動車によって運ばれ、所定の場所に着くと滑るように下へ降ろされていた。可動車も、バケットの上下も非常に高速で動くのに驚いた。また、ここのダム建設に使用している機械の多くは一般の工事で使われる建設機械で、ダム用専用機は一部だそうだ。このように量産されている建設機械を使うことで、コストダウンの効果があるとのことだった。

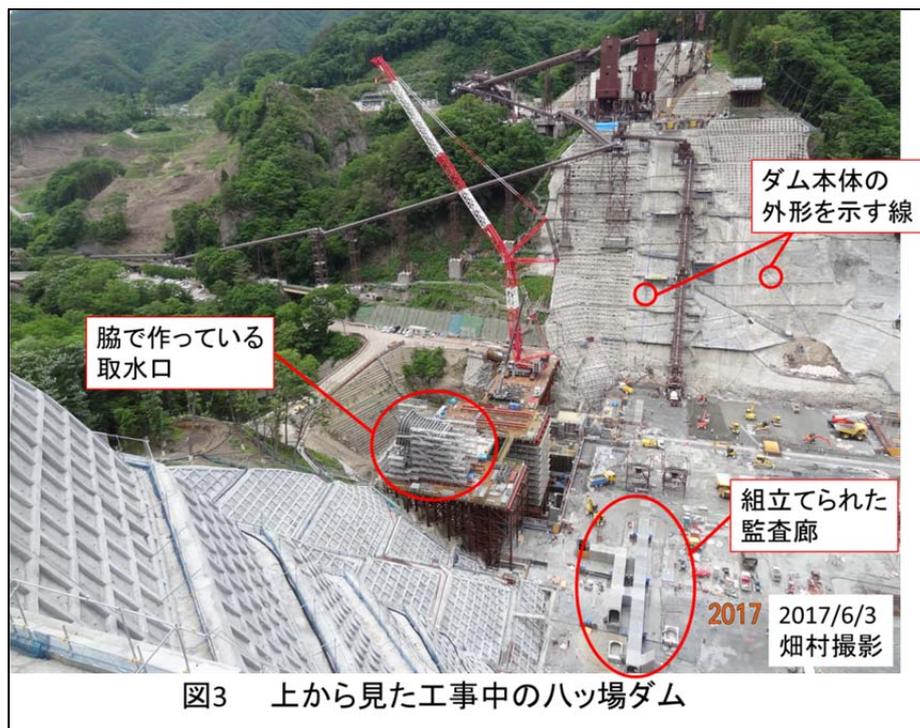


図3 上から見た工事中のハツ場ダム

現場では、コンクリートの打設作業を行っており、ガサガサのコンクリートが所定の位置に吐き出され、それをブルドーザで敷き均し、振動ローラで加圧し締め固めをしていた。コンクリートはブルドーザで敷き均して1mの高さまで積み上げ、それを、振動ローラで加圧・転圧する。一つの平面を作るのに、最速で丸3日ぐらいで、これを積み上げていくのだという説明が

あった。高さ 100m までコンクリートを打設するのに、約 300 日かかることになる。元々の山の岩盤との接続が非常に大事で、バージンの（表土などの汚れがついていない）岩盤にして、コンクリートが岩盤と完全に密着するようにするのだそうだ。

ダム本体の位置の脇のところで大きな取水口の構造物を建設していた（図 4）。取水口の建設



を本体の建築の進行と切り離し、本来取り付ける位置とは別の場所で組み立ててしまい、取水口を取り付ける高さまでダム本体のコンクリートを打った段階で、組み立てた取水口を横にずらして取り付けるという工程になっているそうだ。このようにすることで、工期を短縮できるという利点がある。

これとは別に、敷き均した硬い RCD 上で、ダム完成後にダム本体の内側を監視するための見回り通路用のトンネル（監査廊）をプレハブのセグメント方式で作っていた。従来の方法では、コンクリート用の型枠を作り、コンクリートを流し込み、最後に型枠を取り除いて完成となるが、ここでは、別の場所で作ったプレハブのセグメン

トを組み立てて、セグメントを型枠として使い、本体の中に見回り用の通路を作るといったやり方になっていた。これも工期の短縮と完成後の通路の品質という 2 つの点で、非常に有効である。

(3) 工事の詳細を左岸下部から見る

ダム本体の下部に移動し、間近なところで工事の現況を見た（図 5）。

ここでダムの取水方法について説明があった。ダム湖の水は、最も深い所の水が低温で、浅い所の水の温度が高い。これは水温による比重の違いでこのような現象が起こるが、農業用に水を使うときには、吐き出す水温が問題になる。温度が低すぎると農作物に害が及ぶため、適当な温度の水を取水できれば一番良い。そのためには、適切な水温のところから取水できるように、可動の取水口を設けるか、異なる深さにいくつもの取水口を設け、その中から選択して取水できるようにしなければならない。ここでは、後者が採用されているとのことで、そのゲートの構造の説明があった（図 6 中の「選択取水設備」）。取水設備は、逆 V 字型の仕切板が積み重ねられており、その頂部のところの空気圧の調整で取水路を開閉し、選択取水ができるようにするという説明だった。



図5 下から見た工事中のハツ場ダム

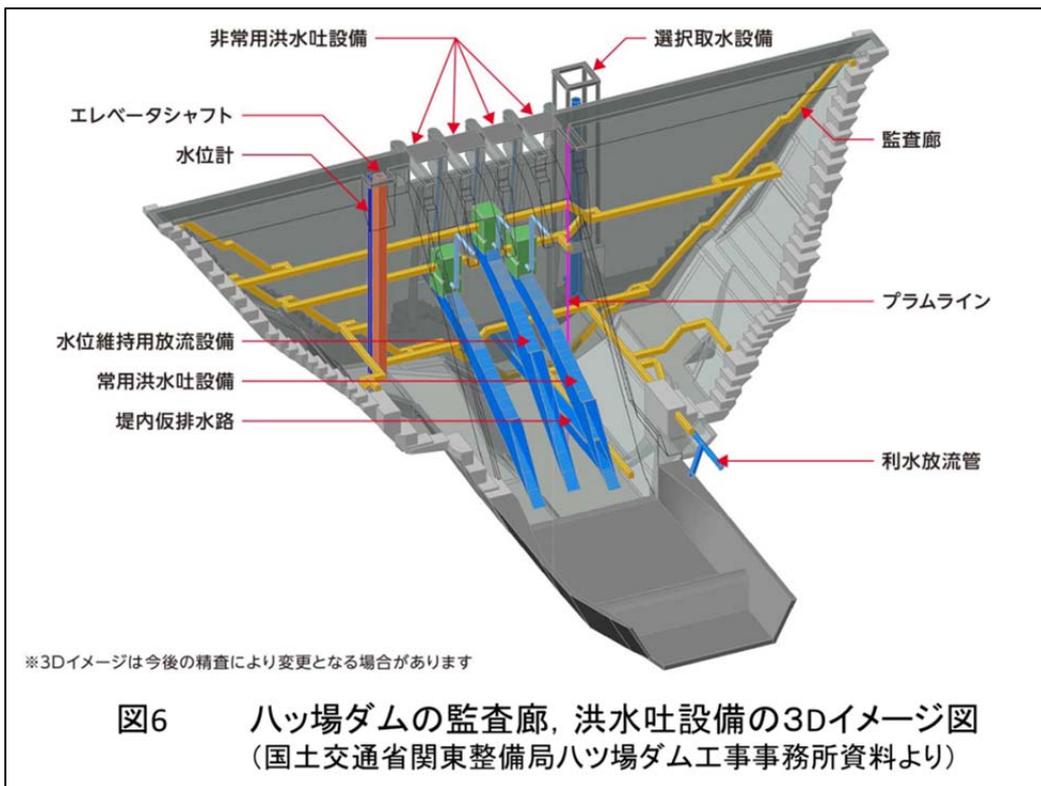


図6 ハツ場ダムの監査廊、洪水吐設備の3Dイメージ図
(国土交通省関東整備局ハツ場ダム工事事務所資料より)

なお、以前自分で勝手にハツ場ダム工事の見学に来た時には、左岸上部の見学台とハツ場大橋の右岸のたもとのところにある資料館に行った。今回もこれが見学場所に入っているといいと思ったが、今回の見学コースには入っていなかった。あの資料館を見ると、様々な疑問が解決したのではないかと思う。

B. 見学時と見学後に考えたこと

(1) 施工者からの提案取入れによる工事の合理化

見学の中で、面白いことを聞いた。この工事では工事業者からの提案を取り入れて、工期の短縮とコスト削減を行っている、というのである。コンクリート骨材の運搬方法はその例で、元々はトンネルを作り、ダンプトラックによる運搬を予定していたが、工事業者からベルトコンベアの方が安く、速く、安全に運べるという提案があり、それが採用された由である。

公共工事は、発注者側が設計し、工事業者を入札で選び、始めに決めた通りの方法で工事が行われるのが普通である。そして、それが世の中では一番正しい方法だと考えられ、公共工事は基本的にはこのやり方で行われている。その背後には、「入札制が最も公正で、そこで決められたことは何も変えてはいけない」という社会全体の見方があるように思う。しかし、このような方法は一見公正に見えるが、工事を正確に速く安く行うという大きな目標から見ると、外れた部分がある。発注者側の経験だけで工事方法が決められ、施工業者が他の様々な工事で獲得した知見が生かされず、結果的に技術進歩を停滞させる面がある。技術の発展（イノベーション）に不可欠なのは、他分野で得られた知見を転用できるようにするための知識化・制度自身の柔軟化がある。決められた手続きや方法以外で工事を行うのは不正であるという、社会全体が持っている硬直化したものの考え方が、社会全体に大きな損をもたらしていると思う。

ここで行われている提案制度はどんなもので、どんな手続きでやっているかについて、詳細を知ることはできなかったが、このようなやり方はとても合理的で正しいやり方だと思う。

(2) 工程の直列の並列化による工期短縮

すべての産業分野でリードタイムの縮減が求められる。それを実現する考え方（シナリオ）が「直列の並列化」である。今回見せてもらった中では、取水口の組立がその好例である。

本体工事が進行し、取付け空間が完成してからその場で一から取水口を組み立てるというのが従来の方法であった。ここでは、本来取り付ける場所の横で組み立て、取付け空間を作りながら、既に完成させてある取水口を水平移動して取り付けるということが行われていた。これは、工事全体の進捗を時間軸で見たとき、直列になるものを、並列にしているのである。

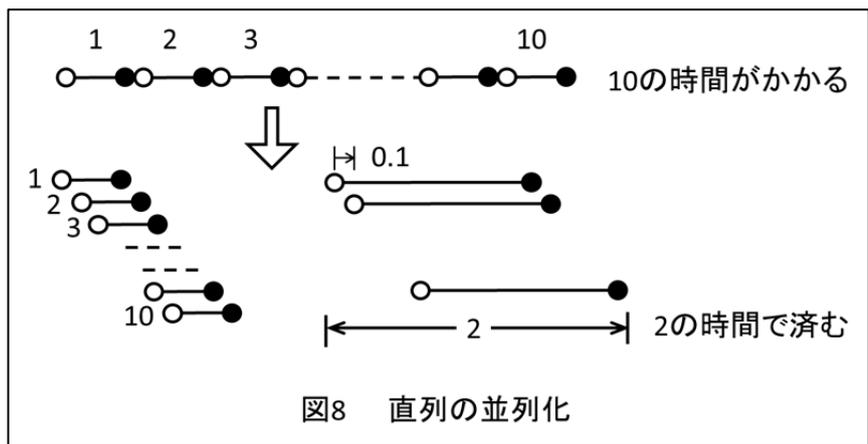
点検用の監査廊のプレハブ化も同じ思想の物である。工事業者が他の分野で得た知見をこの場所に適用することを提案できるというようなやり方（提案制）が行われて、「直列の並列化」が行われていることがとても面白い。

C. 直列の並列化について詳しく考えたこと

(1) 八ツ場ダム工事に見る直列の並列化

これまで私が見学した普通のダムの工事では、一つの工程が進み、ある段階になると次の工程が始められるというように、工事は順を追って進められる。ところが八ツ場ダムの工事では、ダム本体の中に組み込まれる取水口およびダム本体の中を監査するために設けられる監査廊を作る工程が、ダム本体の工事と並列に行われていた（ 7）。

通常はダム本体のコンクリートが下から順に積み上げられて取水口の取り付け位置まで来たときに、取水口を組み立てながら、それらの周辺をコンクリートで固めていくという工程を通る。しかしここでは、取水口はダム

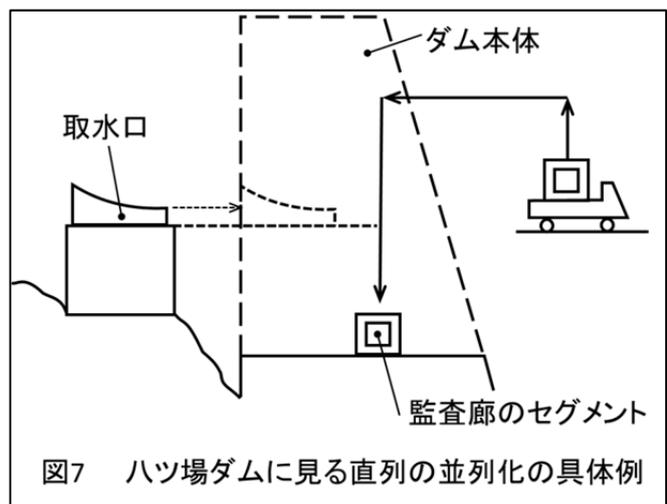


本体の脇に作られた、ダムへの取り付け位置と同じ高さの檣の上で組み立て工事が行われていた。本体の工事が進行してコンクリートの高さが取り付け位置まで来た時に、別途組み立てた取水口を水平移動してダム本体の所定の位置に取り付ける。取り付けられた取水口の枠がコンクリートの型枠としての役割を果たして埋め込まれていく。

ダムの本体の中には完成後にダムの状態を内部から監視するために、水平方向や垂直方向に監査廊がはり巡らされる。従来は、ダム本体の工事が所定の場所まで進んだときに、そこでコンクリート用の型枠を組み、その周辺をコンクリートで固めるという手順で監査廊が作られていた。ここでは、別の場所でコンクリートの四角い枠を作り、それを運んできて所定の位置に設置し、周辺をコンクリートで固めて監査廊を作っていた。

(2) 直列の並列化

直列の並列化のイメージを描いたのが図8である。ここでは、全部で10の工程があり、その1工程にかかる時間を1として、直列の工程と並列の工程を比較して示した。目標を決めてスタートしたところを○、その工程が終わったところを●で示した。図に示したように、10の工程を直列に進めると10の時間がかかることになる。しかし、1番目の工程の1/10まで進んだ時に2の

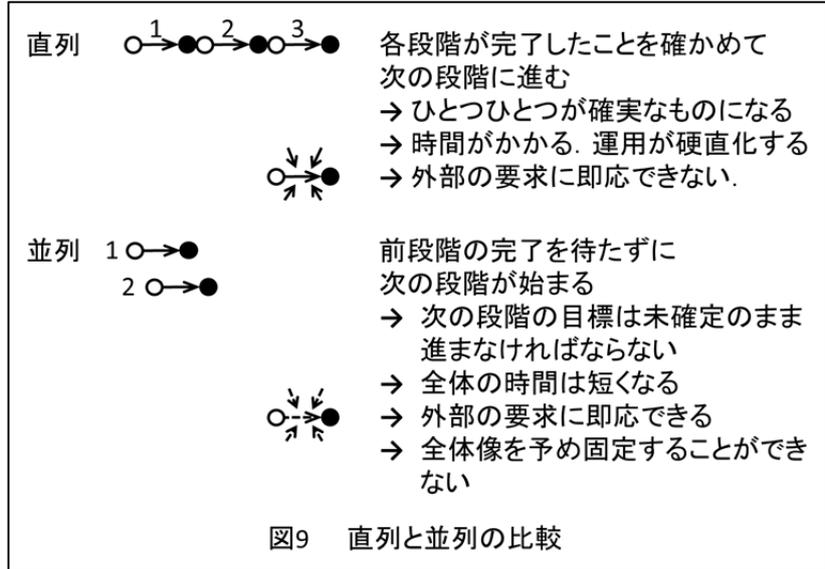


工程を始め、さらに2の工程が1/10まで進んだときに3の工程を始めるというように、それぞれの工程が完了しないうちに次々と次工程をスタートすれば、10の工程が全て完了するのにかかる時間は2ということになる。直列ですと10の時間がかかるものが、並列ですれば2の時間済むことになる。このように全体の工程を非常に短時間で終了することが出来るのが並列化の利点である。

(3) 直列と並列の比較

直列と並列の比較を図9に示す。

工程を直列に進めていくということは、各段階ごとの目標が達成されたことを確認してから次の工程に進むことができるので、それぞれの工程が確実なものになるという利点がある。ただし全体としては非常に時間がかかる。また、それぞれの工程で採用

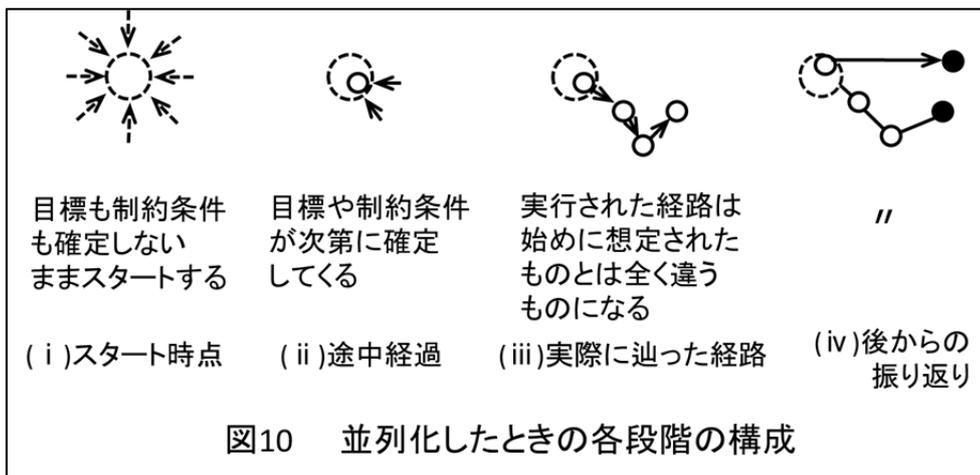


するやり方を事前に決めて固定化するので、運用が硬直化し、工程の進行中に周囲状況が変わったとしても外部の要求に即応することが非常に難しい。

一方、並列では、前段階の工程の完了を待たずに次の工程が始まるので、次の段階の目標が確定しないまま工程に着手しなければならないという不確かさがある。しかし、このようなやり方をすれば全体の時間は短くなる。そして周囲状況が変わった時に外部の要求に即応して工程の中身自身を変化させることが可能になる。ただし、全体を予めきっちりと固定することができず、全体像を提示することも出来ない。

(4) 並列化したときの各段階の構成

工程を並列化したときに、各工程がどのように進んで行くか、その構成を表したのが図10である。各工程のスタート時点では目標も制約条件も確定できないため、おおよそのところを目標にして、すべての制約条件もはっきりとしない状況のまま、スタートすることになる。目標や制約条件は工程が進むにつれて確定してくる。各工程が完了してみると、実行された内容は始めに想定されたものとは異なるものになる可能性もある。



(5) 並列化の実行で覚悟すべきこと
工程を並列化する上で覚悟しなければならないことはどのようなことか、それを描いたのが図 11 である。

まず、目標は確定できないが、おおまかな目標は立てておかなければならない。何も目標なしに動くということはありません。また、先に述べたように、全ての制約条件を予め確定することができず、工程が進むにつれて制約条件が確定されてくる。しかし、予めできるだけ深く広く考えて、目標と制約条件を明らかにしておくことが求められる。

直列の工程では、先にすべてが確定しているため、マニュアルに従っていれば、ほぼ予期している通りに工程が進むが、目標も制約条件も確定していない並列化工程では、常に最深の注意を払って周囲を観察し、考え続けなければならない。

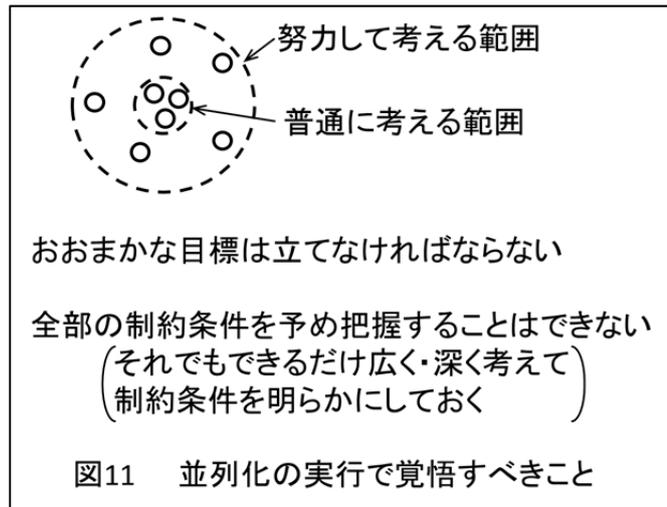
(6) 並列化と変化への対応

ここまで直列の並列化について仔細に述べたが、現在の日本の置かれている状況と比較しておこう。現在の日本は、上述した直列の工程が正しく、それ以外のやり方を肯じることが出来ないような考え方に凝り固まっているように見える。直列の工程では、やり方を決めてその通りにやりさえすれば、きちんとした所期の結果が得られるが、現在のように時々刻々と周囲の要求が変わる現在、それでは、その変化に即応することができないという大きな問題が起こっている。変化への対応が遅ればその企業や産業が力を失っていくのは当然であるし、それが現実となっている。日本の電機産業は高度成長期に急速に発展したが、次第に停滞し、結局ほとんど競争に敗れてしまったという現実を見ると、ここで述べた直列の並列化のような柔軟な考えを取り込まなかったことの欠点が出ているように見える。

ダムの工事を見て、直列の並列化というような概念でこれを見た時、すばらしい工程の組立が出来ていると感じた。ダム工事を見て、単純に大規模な工事を面白がるという見方もあるかもしれないが、上述したように、工程自体を設計し、期間の短縮を図るとともに、社会の要求に柔軟に対応出来るようにする、という考え方を皆で学ぶことも大事なのではないだろうか。

<謝辞>

小生は 20 年ほど前から毎年鹿沢にスキーに行くが、鹿沢は八ツ場ダムから近いので、何かの折にはダムの工事がどこまでどう進んだかを見てきた。本体工事に着手する前に、ダム完成後に水没する集落の移転を完了し、その他にも鉄道の付替え、道路の付替え等がすべて終わっていた。それなのに、なかなか本体工事が始まらず、一度はダムの建設が中止されたこともあった。結局、洪水調節のために必須のものだということが認められて工事が再開し、現在鋭意



建設が行われている。

今回の見学では、ダムの内部構造だけでなく、建設工程の柔軟化などについても学ぶことができた。このような貴重なチャンスを作ってくださった八ツ場ダム工事事務所の方々に深く感謝いたします。有難うございました。これからも、折々、見学させて戴き、「定点観測」を継続したいと思っています。出来上がった物を見て理解するだけでなく、ダムが建設されていく過程を含め、自分の全体知識の中に取り込んでいきたいと思っています。これから先もお世話になるとは思いますが、どうぞよろしくお願い致します。

以上