

# 中国のダム建設と水力発電

小川 範之

近年発展著しい中国において、エネルギー生産が需給を賄いきれず、需給は慢性的に逼迫している状況にある（図-1）。しかし、2012年12月10日付け人民日報の報道に、水力発電、風力発電の設備容量が共に世界一になったとあるように、その経済成長に合わせ、エネルギー全般への投資は積極的である。さらには水力、風力、太陽光などいわゆる再生可能エネルギーへの設備投資にも積極的である。本稿では、その中でも水力発電についてダム建設事情とそこで使用されるコンクリートパイプレータを合わせて紹介する。

キーワード：中国、ダム、パイプレータ、マスコン、ダム打設、電力生産量

中国におけるエネルギー生産量と消費量の推移

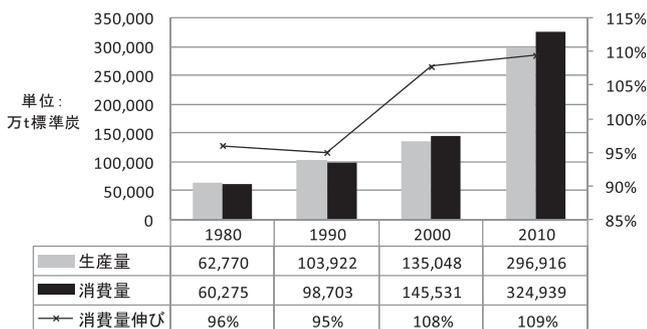
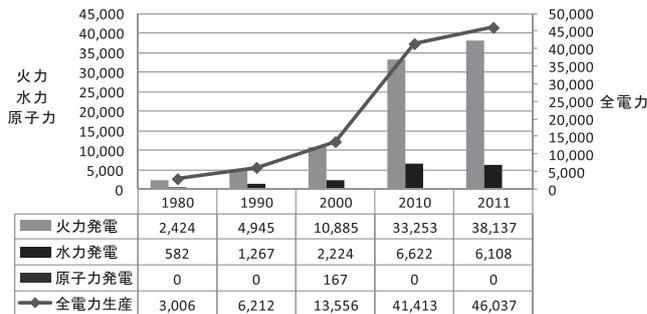


図-1 中国におけるエネルギー需給状況

単位：億kWh



\*原子力発電で「0」とあるのは、データがないため

図-2 電力生産量の推移

## 1. はじめに

1978年に計画経済から市場経済に移行した中国では、1992年から1996年と2003年から2007年のそれぞれ5年間に毎年GDP成長率で2桁の成長を続けた。リーマンショックの影響で2008年度は前年の14%台から9%台に急降下したものの、4兆元（約56兆円）に上るインフラ整備や下郷政策<sup>\*1</sup>などの景気対策により、2010年度には10%台を回復した。その後、2012年度に8%を下回ったとはいえ依然として高い成長率を誇っている。

このような状況において中国の電力生産量は、図-2の様に推移しており、年間発電量ベースで2011年時点において年間4兆6千億kWhを達成した。1980年から2000年の20年間で約1兆kWh増加したのに

対し、2001年以降10年間でその3倍にあたる約3兆kWh増加していることからこの10年の成長が窺い知れる。

この中で、水力発電量は6,108億kWhであり、水力発電の占有率は13.2%となっている。日本の水力発電量907億kWh（占有率8%、2010年度）に対して約7倍の発電量であるが、2010年時点での日本は、原子力発電など多様化が計られているため水力発電への依存度は低下している。

## 2. 中国のダム建設計画

近代化の波につれてダムの建設も規模を増大してきたが、リーマンショック後のここ数年は、大型景気対策の反動と欧州危機の影響もあり、投資を抑えるような局面も見られた。

しかし新しい政権下において、2013年度以降は鉄

脚注1 下郷政策：中国政府が実施した経済政策の一つで、農村部への家電や自動車の普及を目的とした政策である。

道や道路などと共に更なるインフラ整備に対する投資が計画されている。

### (1) 中国十三大水力発電基地計画

中国の水力発電計画においては、全国13の地区を重点開発地域に指定し、それぞれでダム建設が進められている(表一1)。総事業費2兆元(30兆円)以上、プロジェクト期限1989年から2050年までとされる。1年当たりの事業費は5,000億円で、日本の八ツ場ダムの総事業費が4,600億円とされているので毎年八ツ場ダムと同じ規模のダムが作られてゆく計算になる。

中国は1953年から当時のソビエト連邦に倣い五カ年計画を導入し、現在は第12次五カ年計画(2011～2015年)となっており、この第12次五カ年計画においての水力発電計画は、これら13地域の中から特に西部の金沙江(ジンサージャン、長江上流)、雅礮江

(ヤーロンジャン、金沙江支流)、大渡河(ダードゥフー、雅礮江東部)地域を重点プロジェクトに指定し、予定されているダムの建設を推進し、水力発電設備全体の容量を2億1,600万kW(2011年度)から3億3,600万kW(2015年度)と1.5倍にする計画となっている。また、中国では『西電東送』と言われるように水力発電基地が西部地区に多いため、経済活動が活発な東部地区への送電事業も合わせてインフラ整備の大きな柱になっている。

### (2) 重点プロジェクト

前述した重点プロジェクトに指定された3地域では既設、建設中あるいは計画段階のプロジェクトを含めて大小51ものダムがある。主だったプロジェクトは表一2に示す。

いずれも大型ダムが多く、重点開発地域たる所以が

表一1 中国水力発電重点開発地域

中国十三大水力発電基地計画

		発電ユニット容量	年間発電量	備考
1	金沙江	6,338 万 kW	-	
2	長江上流	2,542 万 kW	1,275 億 kWh	三峡ダム
3	雅礮江	2,265 万 kW	1,360 億 kWh	
4	大渡河	2,348 万 kW	922 億 kWh	
5	瀾滄江干流	2,137 万 kW	1,094 億 kWh	
6	怒江	2,132 万 kW	1,030 億 kWh	
7	閩, 浙, 贛	1,680 万 kW	-	
8	黄河上流	1,415 万 kW	508 億 kWh	
9	南盤江, 紅水河	1,252 万 kW	504 億 kWh	
10	東北	1,131 万 kW	309 億 kWh	
11	烏江	921 万 kW	418 億 kWh	
12	湘西	661 万 kW	266 億 kWh	
13	黄河中流	609 万 kW	193 億 kWh	

表一2 第12次五カ年計画重点プロジェクト

地域	ダムプロジェクト	発電ユニット総容量	ユニット単体容量×台数	年間発電量
金沙江	溪落渡ダム	1,386 万 kW	77 万 kW × 18 台	571.2 億 kWh
	白鶴灘ダム	1,200 万 kW	75 万 kW × 16 台	515 億 kWh
	烏東徳ダム	870 万 kW	72.5 万 kW × 12 台	387 億 kWh
	向家壩ダム	640 万 kW	80 万 kW × 8 台	307.47 億 kWh
雅礮江	錦屏ダム	840 万 kW	60 万 kW × 14 台	416.4 億 kWh
	両河口ダム	300 万 kW	50 万 kW × 6 台	110.62 億 kWh
	愣古ダム	264 万 kW	-	117.8 億 kWh
	官地ダム	240 万 kW	60 万 kW × 4 台	118.7 億 kWh
大渡河	大岡山ダム	260 万 kW	65 万 kW × 4 台	114.5 億 kWh
	長河壩ダム	260 万 kW	65 万 kW × 4 台	108 億 kWh
	双江口ダム	200 万 kW	-	83.41 億 kWh
参考	南相木/上野ダム (神流川発電所, 日本最大)	282 万 kW	47 万 kW × 6 台	-

わかる。この3地域は四川省または雲南省に位置し、両省はダム建設の要所となっている。また『金沙江』は長江上流発電基地よりも更に上流域で、三峡ダムから約千 km 上流に位置する。川幅も広く水量が多いため、発電設備容量が1,200 万 kW を超える大型ダムが2基も計画あるいは建設中である。雅礮江は金沙江の支流で、堤高（ダム本体の高さ）が高いダムが多い。錦屏ダム 305 m（完成すれば堤高世界一）、両河口 293 m など。大渡河は雅礮江の東に位置する河で、こちらも既に開発が進んでいる。

これらの重点プロジェクトに指定されたダムのほとんどは2015年完成運用開始が予定されているが、実際にはこれから本体工事が始まるダムもあり、完成は2020年と見込まれる。

### 3. 中国のダムの紹介

ここで数あるダムの中から、後述する当社バイバック（以下「本装置」という）が打設に使用された、特徴的な3ダムを抜粋して紹介する。

#### ①三峡ダム

中部の湖北省に位置し、長江を遮るダムで、高さ185 m 幅 2.3 km に及ぶ大型ダムである。1993年に着工され、2009年に完成し、2012年7月によりやく水力発電がフル稼働となった。年間発電量は1,000 億 kWh で世界一の発電量を誇り、中国国内の水力発電全体の16%を占め、同じく全発電量の2%に上る。コンクリート使用量は2,700 万 m<sup>3</sup> に上る。建設開始に当たり技術交流会を開催した折、当社現社長のみが別室に呼ばれ「ハヤシのこの装置で締め固めたダム堤体は、米軍からトマホークミサイルを打ち込まれても耐えるか？」と真顔で聞かれたことは、今だから話せる裏話であるが、ダムは国家の重要戦略拠点であるという発想が、この話からも伺える。米国を見ても、観光地となったフーバーダムにおいてすら、象徴的に星条旗の下にライフル銃を持った兵士2名が24時間立哨を続けている姿が見られる。

長江流域は大型船などの往来も活発なため左岸にはパナマ運河にあるのと同じ階段式の船舶用通路も設けられている（写真—1, 2）。

#### ②溪落渡ダム

雲南省と四川省の境に位置し、金沙江に現在建設中。完成すれば発電容量が1,386 万 kW、年間発電量 571.2 億 kWh と発電計画が大きい金沙江地域において最も大きなダムになる。高さ 278 m、幅 698 m。右岸、左岸に発電ユニットを埋設する設計で、そのスペースは、



写真—1 三峡ダムの全景



写真—2 三峡ダムの船舶用通路

幅 40 m、高さ 70 m、奥行き 400 m。またダムサイトは永善県の街に隣接しており、街には土木工学などが学べる大学も新たに建設されている。

#### ③錦屏ダム

四川省に位置し、雅礮江に建設中。第1と第2ダムの2つのダムで構成され、第1ダムは完成すると堤高（高さ）が305 m となり、既存あるいは建設中のダム



図—3 雅礮江



写真—3 コンクリート打設風景

の中では世界一の高さになる。ちなみに日本で一番堤高が高いダムは黒部第四ダムの186mである。錦屏第1ダムはその高さを利用して発電効率が上げられている。第2ダムは雅礪江がヘアピンカーブしているのを利用し、第1ダムとは反対側の下流域に設けられている。そこまでの水の運搬はバイパス水路を經由して送られる（図—3、写真—3）。

#### 4. バイブレータの紹介

ダム堤体打設用のバイブレータとしては、以下の2種類がある。

- ・「本装置」：エクスカベータ（バックホー）のブーム先端に専用バイブレータを取り付けたフレーム（以



写真—4 「本装置」外観

- 下フロントアッセン）を装着するタイプ（写真—4）
- ・手持ち式：人力で打設。

##### (1) 「本装置」

固練りマスコンクリート打設作業の省人力化と効率的な連続作業を目的に、それまで人力によりバイブレータを操作していたものからエクスカベータにフロントアッセンを取り付け、オペレーター一人で1本から最大8本までの複数のバイブレータを操作できるようになった（表—3）。

表—3 「本装置」導入に伴う人員削減

必要作業員比較	単位：人	
	「本装置」	手持ち式
「本装置」オペレータ	1	—
手持ち式作業員	4	16
信号員	2	2
補助員	2	2
合計	9	20

\*打設 150 m<sup>3</sup>/h, 2交代, 「本装置」6本付き1台使用したケース

ベースマシンは取り付けるバイブレータの本数によって7tタイプ、13tタイプが選択される。

現在、世界でこの種の機械を生産できる企業は日本の当社とヨーロッパの1社のみである。中国で某国営企業が油圧式バイブレータのコピー品製作を試みたが、とても実用に耐えうる製品とはならなかった。当社が過去40年間にわたり国内大手ゼネコンまた専門打設業者殿等とつちかかってきた現場での作業性を高めるためのノウハウ、工夫の一端を紹介する。

##### ①幅広グロースーシュー

スランプ3cm程度のフレッシュコンクリート上を沈まずに走行できるように幅広グロースーシューを装着（接地圧を40kPa以下になるようにするのが望ましい）。

##### ②本体吊り上げフック

打設ブロックへの移動あるいは、作業終了後、所定の保管場所に移動する場合などダム現場では自走ができないケースが多いためクレーン移動となる。そのため専用の吊り上げフックを取り付ける（写真—5）。

##### ③増量カウンターウェイト

フロントアッセンとの重量バランスを確保して作業安全性を増す。

##### ④保管スタンド

「本装置」保管時にフロントアッセンの重量でバイブレータが地面に押し付けられ、防振部分が破損することがある。それを未然に防ぐためにベースマシンの



写真一五 現場遠景

アーム部分に格納式のスタンドを取り付ける。

#### ⑤回転警告灯および走行警告音

「本装置」での打設時、周囲には手持ち式バイブレータなどで作業している者もいるため運転時の警告灯あるいは走行時に警告音が鳴るようにして安全性を高める。

などである。

当初、「本装置」専用バイブレータは電動式であった。エクスカベータに発電機とインバータを搭載し、それらをバイブレータ用の電源として利用していたが、エクスカベータの進化に伴い、バイブレータも電動式から油圧式に変化していった。

バイブレータはコンクリート打設層厚に応じて2種類を生産している（表一4）。

表一4 「本装置」専用油圧バイブレータ仕様

	HIB150H	HIB150HL
適用打設層厚 (mm)	500	750
加振深さ (mm)	600	850
振動部寸法 (mm)	φ 150 × 600	φ 150 × 850
振動有効範囲 (m)	1	
振動数 (Hz)	117 ~ 133	
遠心力 (kN)	13.6 ~ 17.8	
使用圧力 (MPa)	15.7	

HIB150H/HL バイブレータは、小型で強力な油圧モータを採用しており、フレームやベースマシンに対して防振するために二重の防振構造となっている。先端はダクタイル鋳鉄に熱処理を施し、耐磨耗性に優れ岩着時の耐久性も向上しているが、磨耗に応じて先端部は交換可能となっている。

#### 打設能力

上記 HIB150H/HL バイブレータの打設能力は1本当たり 25 m<sup>3</sup>/h である。

中国の現場で使用されているコンクリートバケット

の容量は9～10 m<sup>3</sup>で、運搬サイクルは4～5分となっている。

例えば運搬サイクルを4分とし、バイブレータ処理能力 (25 m<sup>3</sup>/h) から必要バイブレータの本数を計算すると、

1時間当たりのコンクリート量は

$$10 \text{ m}^3 \times 15 \text{ 回/h (4分に1回)} = 150 \text{ m}^3$$

$$150 \text{ m}^3 \div 25 \text{ m}^3/\text{h} = 6 \text{ 本}$$

になる。6本付きの「本装置」をコンクリートバケットの数だけ揃えれば一番効率のよいコンクリート打設作業が行える。

また、RCC/RCD 工法においても「本装置」は岩着部分や後背型枠部分などの打設に利用されている。

他方中国では電動式バイブレータをコピーした「本装置」もまだ一部存在し、エクスカベータ後部に電源ケーブルを巻き付け、あたかもワイヤーリモコンで動くエクスカベータのような外観である。実際の作業ではケーブルを捌く作業員が必要となること、打設済みのコンクリート面や付帯設備に傷をつけたり、人身事故に繋がる可能性もあるため、現場に適さない事は自明である（写真一6）。



写真一六 中国電動式バイバック

#### (2) 手持ち式

「本装置」では締め固めができない型枠付近やコーナー部分あるいは「本装置」の補助用として使われている。

HIB100 と HIB130 の2種類がある。型式の数字は振動部の直径を表し、最大骨材粒径により選択される（写真一7）。

## 5. おわりに

最後に、中国でも環境問題が大きくクローズアップされ人民の関心を集めている。ダム建設においても環境問題と合わせて議論されることがあり、ダム建設に



写真一七 手持ち式バイブレータ

としては逆風である。かといってクリーンエネルギーとして注目されてきた原子力発電も福島原発事故以降厳しい状況に置かれており、経済の発展を下支えする電力生産は、名目 GDP でアメリカに次ぐ規模となった中国において重要な課題の一つであると共に、現場の実態を知る我々にはインドシナ方面への水源、電力

を握ろうとする中国共産党政府の、衣の下のよろいも見え隠れしている。

当社は 40 年に及ぶバイバック開発、生産の歴史の中で、日本を含めた全世界に 300 台近い、中国だけでも 20 数現場に 100 台近い納入実績を持つ。

「コンクリートから人へ」から「国土強靱化」に向かい始めた今、当社が 97 年前の創業以来最も得意としてきた技術を活かして世界のダム作りに貢献したいと考える。

JICMA

## 《参考文献》

- 1) 中国国家统计局資料
- 2) エネルギー白書 2010 (経済産業省資源エネルギー庁)
- 3) 東京三菱 UFJ 銀行調査資料 (web サイト)
- 4) 中国人民網 web サイト
- 5) 百度百科

## 【筆者紹介】

小川 範之 (おがわ のりゆき)  
エクセン(株)  
海外事業部  
中国担当課長



## 大口径岩盤削孔工法の積算

——平成 24 年度版——

### ■改訂内容

- ・国交省の損料改正に伴う関連箇所全面改訂
- ・ダウンザホールハンマ工、ロータリ掘削工法の積算方法の改定
- ・工法写真、標準積算例による解りやすい説明
- ・施工条件等に対応した新たな岩盤削孔技術事例の追加
- ・施工実績の改定

- A4 判 / 約 250 頁 (カラー写真入り)
- 定 価  
非会員：5,880 円 (本体 5,600 円)  
会 員：5,000 円 (本体 4,762 円)  
※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。
- ※送料は会員・非会員とも  
沖縄県以外 450 円  
沖縄県 340 円 (但し県内に限る)
- 発刊 平成 24 年 5 月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>