

# 環境保全と開発事業の共存における 時間管理概念の重要性について

電源開発㈱ ○嶋田 善多<sup>\*1</sup>

By Yoshikazu SHIMADA

より良い社会資本整備に向けて品質、費用、時間及び環境の観点から総合的にプロジェクトをマネジメントし、社会資本の持つ便益をより早く国民に提供する必要がある。近年、環境保護という観点から合意形成の遅れや事業に対する制約が生じ、建設事業を長期化させる一因となっている。今後、建設マネジメントにおける時間管理は、事業工程の確保のみならず事業価値の低下防止及びコスト縮減を図るうえで重要性を増すものと考えられる。

電源開発㈱奥只見発電所増設工事では希少猛禽類保護も含めた自然環境への配慮から厳しい工期制約や条件変更を求められて、放水路工事は計画工期を延長せざるを得ない状況に至ったが、施工性を重視した設計合理化を図り工程確保の見通しを得た。本稿では、この事例をもとに建設マネジメントを行なううえで、運営・維持管理まで考慮した時間管理概念の重要性について事業者の観点から述べる。

【キーワード】時間管理、環境保全、リスクマネジメント

## 1. 公共事業を取り巻く背景と課題

我が国の社会基盤施設は戦後急速に整備され、目覚ましい経済成長を支えてきた。今後も土木技術者は、自然環境に配慮しつつ豊かな社会生活を安心して営めるよう社会基盤の整備並びに維持運営に努めなければならない。

右肩上がり成長を遂げていた時代には、国民にとって公共事業はミッションが明確であり、理解されやすく評価もされていた。昨今の公共事業は、事業の長期化、事業費の高騰や環境との共存といった問題に直面し、更に公共事業を取り巻く不祥事等が発生し、その財源となる税金を負担する国民からは公共事業のあり方を問われている。

公共事業は元来、以下の特徴を有している。

- ① 事業目的のなかに地域住民を含む不特定多数のニーズを包含している。
- ② 社会および自然環境等の現地条件に左右され

る単品生産である。

- ③ 事業規模が大きく、工期、そしてその後の運用期間が非常に長期に亘る。

そのため、公共事業の目的が多くニーズを含んだ包括的なものとなり、また現地ごとの条件や基準が各々異なることから構築物の仕様や設計も個別的なものとなる。また建設過程では、自然条件等の不可抗力により設計変更が為されることが一般的である。その結果、国民には公共事業の目的が判りづらく、その本質及び事業プロセスが曖昧かつ不透明に映るものと思われる。今後公共事業を円滑かつ効果的に進めるには、計画段階から透明性を確保し如何に国民の理解を得た事業とするかが極めて重要となる。公共事業に携わる者はこの状況を認識し、国民が求める価値に合致した公共事業システムを再構築する必要がある。<sup>1)</sup>

近年は国民生活も豊かになり、生活向上や産業

<sup>\*1</sup> 電源開発株式会社 エンジニアリング事業部 TEL03 - 3546 - 3223

振興といった視点よりも「環境」を重視する傾向にあり、環境に対する価値が高まっているといえる。そのため、環境に対する考え方が合意形成の争点となる例や環境保全に係る制約が付加される例が一般化している。これらが公共事業を長期化させる一因になっており、事業価値、費用及び環境という面に以下の影響を与えている。

- ① 当初計画時点に求めた事業価値が事業の遅れが生じる間に社会環境等が変化し、国民のニーズとの乖離が生じる。
- ② 事業の工期延長とともに、事業費が増大する。
- ③ 同一の環境負荷レベルであれば、工期延長は長期に亘り環境に影響を与えることになる。

このように事業における時間管理を適切に行うことは、公共事業の便益を早期に提供し、かつ事業価値低下の防止、コスト縮減、環境影響の負荷低減を図るうえで不可欠なマネジメントである。公共事業に対するニーズも多様化し社会環境の変化も早く、加えて公共事業費の縮減傾向にあるなか、効率的かつ合理的な公共事業を推進するうえで、時間管理を常に意識したマネジメント技術の重要性が増していくものと考ええる。

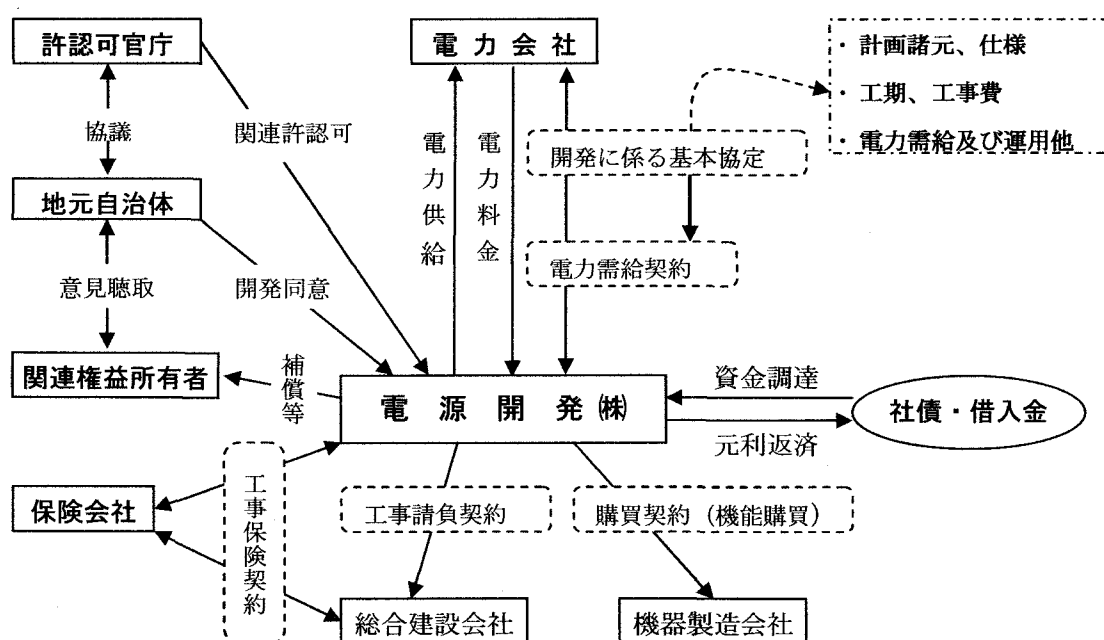
## 2. 電源開発㈱における時間管理の重要性

電源開発㈱は、各地域の電力会社に電力を卸売

する会社であり、発電所の調査、計画、設計、施工及び運営・維持管理まで行う。卸売り電力に関する発電事業は、図－１に示すような開発スキームで行われている。発電事業の開発に向けた主な流れとしては、以下の通りである。

- ① 電源開発㈱が電力会社に卸売り契約できる有望な開発地点を発掘する。
- ② 電力会社と電源開発㈱間で、計画諸元、工期、工事費、電力需給等に関する「開発に係る基本協定」を結ぶ。この基本協定で結ばれた工事費は運転開始後の売電単価の基本となるものであり、一般的に上限となる。
- ③ 電源開発㈱が官庁及び自治体等の関係機関との協議により、開発に向けた開発同意及び許認可を取得する。
- ④ 開発事業に係る資金については、電源開発㈱自らが調達する。調達した資金及び利子は、発電所運転開始後の電力料金収入で返済する。
- ⑤ 電源開発㈱で設計及び施工計画を策定後、建設会社等に工事発注し、開発に伴う同意及び許認可が整い次第、発電所工事に着手する。
- ⑥ 電力会社と電源開発㈱との電力需給契約は原価主義であることから、発電所運転開始前に事業に係った費用について精算協議を行う。

この発電事業の特徴としては、電力会社との協



図－１ 電源開発㈱における発電事業の開発スキーム

定に基づいて、許認可、地元補償、資金調達及び不可抗力も含めたリスクを負って限られた予算と工期の範囲内で発電所を建設することにある。投資した事業費を電力料金で回収することから、事業工程の確保は最優先となる。また事業の遅れは事業費増大（管理費や金利負担等の増加）を生む結果となり、事業の価値低下に繋がりがねない。

電源開発㈱奥只見発電所増設工事は、工事区域に生息する希少猛禽類への配慮から、工事期間の制約や仮設計画の変更を実施することとなり、放水路工事（全長 3,445m）は当初の工事工期を延長せざるを得ない状況に至った。そのため、環境と開発が共存すべく計画内容を詳細検討した結果、施工性を重視した設計合理化等を図りコストの維持及び工程確保の見通しを得た。

本論では、この事例を踏まえて運営・維持管理まで考慮した時間管理概念の重要性を事業者側の観点から述べることとする。

### 3. 奥只見発電所増設工事の概要<sup>2)</sup>

奥只見発電所増設工事（以下「増設工事」）は、新潟県と福島県の県境を流れる阿賀野川水系只見川最上流部に位置する既設奥只見発電所に隣接して、最大出力 20 万 kW の発電所を増設するものである。奥只見発電所下流にある大鳥発電所の増設と併せて 28 万 7 千 kW のピーク供給力を増強し、一般水力として国内最大の増設計画である。（表－1、表－2 参照）

表－1 発電所増設計画

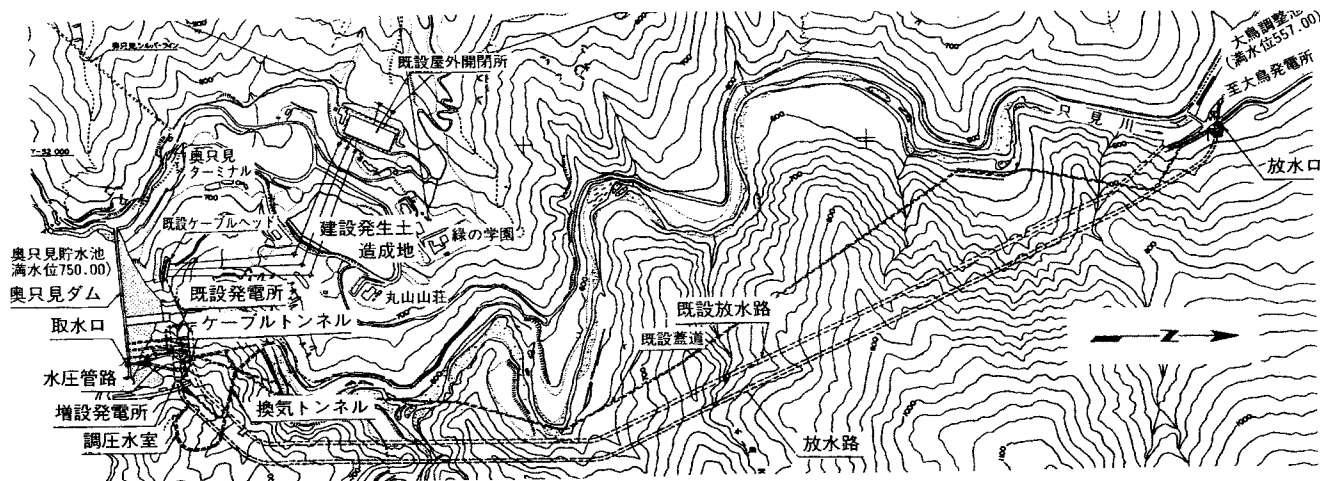
|                           | 奥只見発電所 |       | 大鳥発電所 |      |
|---------------------------|--------|-------|-------|------|
|                           | 既設     | 増設    | 既設    | 増設   |
| 発電方式                      | ダム水路式  |       | ダム式   |      |
| 利用水深（m）                   | 60     | 25    | 6     |      |
| 最大出力（KW）                  | 360 千  | 200 千 | 95 千  | 87 千 |
| 最大使用水量（m <sup>3</sup> /s） | 249    | 138   | 220   | 207  |
| 有効落差（m）                   | 170.0  | 164.2 | 50.8  | 48.1 |

表－2 奥只見増設発電所 設備諸元

|        |                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------|
| ダム（既設） | 重力式コンクリートダム 堤長 480m<br>高さ 157m 総貯水量 601×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| 取水口    | ダム付属式 高さ 10.80m 幅 3.00m×3 連                                            |
| 水圧管路   | 埋設型 内径 6.50～4.00m 延長 280.41m 1 条                                       |
| 発電所    | 地下式幅 17.90m 高さ 39.20m 延長 45.00m                                        |
| 放水路    | 上部半円下部矩形無圧トンネル<br>幅 8.34m 高さ 6.10～6.02m 延長 3444.67m                    |
| 調圧水室   | 単動式 幅 5.16m 高さ 6.33m 延長 129.00m                                        |
| 放水口    | 側方放水型 幅 6.30m 高さ 6.30m 延長 25.50m                                       |
| 水車     | 立軸フランシス水車 出力 205,000KW                                                 |
| 発電機    | 三相交流同期発電機 容量 223,000kVA                                                |

増設発電所の貯水池は、既存の奥只見ダム湖を利用する。取水口は既設取水口の右岸側に奥只見ダムに穴をあけて設置し、取水した水は水圧管路でダム堤体内を通過させた後、立坑で既設地下発電所の奥行き方向（地山深部方向）に延長した増設発電所に導水する。その後既設放水路に並行して設ける放水路を通して、新設放水口より大鳥調整池に放流する。（図－2 参照）

本増設工事の特筆すべき点は、環境、特に希少猛禽類と開発事業との共存を図るべく、工事期間（地上部工事は年間 4 ヶ月に限定）等の種々の条件制約のもと 4 ヶ年で工事を完遂することにある。



図－2 奥只見発電所増設計画 全体平面

具体的には会社収支、コスト縮減及び環境保全の観点から、設計、施工において以下の前提条件を考慮する必要があった。

- ① 電力需給上並びに収入源として重要な既設奥只見及び大鳥発電所の発電運用を継続しながら施工する。その特徴的な工事例として、i) 貯水池の水位を下げずに取水口設置及びダム堤体の穴あけ実施、ii) 運転している既設発電所の近傍で地下空洞の拡張掘削等が挙げられる。
- ② 工事区域が国定公園内にあり、イヌワシ等の

希少猛禽類が生息することから、環境保全に万全を期す。特に自然の改変を極力抑えるべく、可能な限り構造物の配置を地下式とし、仮設備として既設設備（道路、広場等）を最大限利用する計画とした。

工程としては1999年（平成11年）3月に河川法の許可を得て許認可が整い、7月に本格着工した。周辺環境と既設発電所の運転に影響を与えないよう、各種の環境保全対策及び設計・施工の工夫を行いながら4年の工期で2003年（平成15年）6月に運転開始した。主要工事工程を表-3に示す。

表-3 奥只見発電所増設工事 主要工程

|      | 1999年度       | 2000年度    | 2001年度      | 2002年度           | 2003年度 |
|------|--------------|-----------|-------------|------------------|--------|
| 取水口  | 仮締切設置        | 仮締切設置     | 本体・ゲート      | 仮締切撤去            | 運転開始   |
| 水圧管路 | 掘削           | 掘削・鉄管     | 鉄管・コンクリート   | 鉄管・コンクリート        |        |
| 放水路  | 掘削           | 掘削・コンクリート | 掘削・コンクリート   | コンクリート           |        |
| 放水口  | 仮締切・掘削       | 掘削・コンクリート | コンクリート      | コンクリート・ゲート・仮締切撤去 |        |
| 発電所  | 掘削・アーチコンクリート | 掘削・コンクリート | コンクリート・建築工事 | 電気機器据付           |        |

※1 着色期間が工事制約を伴うイヌワシ営巣期 ※2 放水路の作業坑別の工程は表-4に示す ※3 掘削 〓 その他

#### 4. 希少猛禽類保護に伴う制約と対策

増設工事区域は国定公園特別地域内に位置し、その周辺にイヌワシ等の希少猛禽類の生息が確認されている。希少猛禽類保護の基本対策としてその行動圏や繁殖状況を把握すべく鳥類調査を行い、工事中は工事の影響を監視するためのモニタリングを実施することとした。更にこの基本方策に加えて、環境保全との両立に万全を図るべく以下に挙げる希少猛禽類保護対策を施した。<sup>2)</sup>

##### (1) 営巣期の工事制約

一般的にイヌワシやクマタカはその個体数が少なく希少種として扱われ、その生活サイクル（図-3参照）のうち繁殖に係る営巣期には敏感度が大きくなるとされている。

この営巣期を含めて工事中による影響負荷を極力軽減すべく、関係行政機関と協議を重ねた結果、『営巣期(11月～6月)においては、営巣地から半径1.2kmの範囲内では、地上部の工事及び工事車両の通行は行わない』こととなった。放水路工事

は、上口作業坑（ダム直下）の坑口が営巣地から1.2km以内に位置し、下口作業坑（放水口近傍）の坑口はその範囲外にある。そのため、各作業坑で以下に示す異なる工事条件となった。

- ① 地上部工事は非営巣期の7月1日～10月31日の4ヶ月間とした。
- ② 上口作業坑からの地下発電所掘削及び放水路掘削工事は坑口及び掘削ずり運搬路が営巣地の半径1.2km以内に位置し、工事車両の通行が制約されることから地上部工事と同様に非営巣期の4ヶ月間とした。

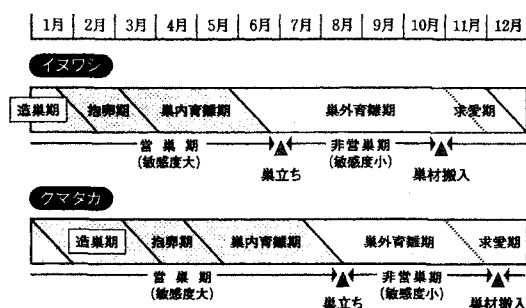


図-3 希少猛禽類の生活サイクル<sup>3)</sup>

- ③ 下口作業坑からの放水路掘削工事は坑口が営巣地から 1.2km 以遠に位置し、坑口に 2 ヶ月分程度の掘削ずり仮置場を設置できることから工事期間を 7 月～12 月の 6 ヶ月間とした。

## (2) 幼鳥巣立ちに配慮した工事制約

営巣期にイヌワシの繁殖が成功すれば、上述の厳しい工事制約に加えて、7 月からの工事再開において幼鳥の巣立ちに配慮する必要がある。巣立ち直後の幼鳥は、飛翔能力が乏しく巣周辺を離れず親鳥の給餌が不可欠であることから、工事再開の行為が親鳥の警戒心を招き幼鳥が孤立しないように配慮する必要がある。そのため、以下の保護対策を実施することとした。

- ① 営巣地周辺のモニタリングを実施する。
- ② 幼鳥の異常行動（警戒鳴声等）が確認されれば、直ちに作業休止を指示する体制を敷く。
- ③ 工事車両を少ない台数から増やしていく等、時間的に徐々に工事を立ち上げる。
- ④ 空間的にも営巣地から遠い区域から工事を開始して徐々に本格的工事へ移行する。
- ⑤ 工事の進め方は、モニタリング結果をもとに専門家等の指導・助言を得て実施する。

2000 年（平成 12 年）に奥只見ダム近傍に営巣しているイヌワシペアの幼鳥が 6 年ぶりに巣立ちした。その事例では上述の工事規制を実施し、7 月 2 日に巣立ちし、最終的には巣立ち後 1 ヶ月経過した 8 月 2 日に工事規制を全面解除した。このイヌワシの繁殖事例は、増設工事と環境保全の共存を示す結果とも言える。

## (3) 照明及び色彩対策

仮設備・工事用機械の外観色彩は、鳥の警戒色（赤、黄、オレンジ）を極力避ける。夜間の生態系保護のため、照明範囲は工事安全上必要最小限とし、昆虫や植物に影響の少ない波長域を有する高圧ナトリウムランプを使用する。

## (4) 環境マネジメントシステムの導入<sup>4)</sup>

増設工事の当社建設機関は施工会社との協力のもと、上述の希少猛禽類保護を含めて環境保全対策に万全を期す必要がある。建設機関としては国内で初めて環境マネジメントシステム ISO14001 を認証取得し、環境保全対策の運営ツールとして環境マネジメントシステムを運用している。

## (5) 環境に配慮した特徴的な設計施工<sup>2)</sup>

本増設工事では、環境に配慮した特筆すべき設計施工を行った。ダムの堤体に取水口を増設し穴をあける場合、一般的にはダム貯水池の水位を下げて施工する。本工事では、既設発電所を運転しながら、かつ貯水池環境を維持し生態環境に影響を与えないように、水を貯めた状態でダム上流面に半円筒形の仮締切（高さ約 50m、半径約 8m：ダムの事例として国内最大）を設置し、その内側の水を抜いて取水口工事を実施した。

地下発電所工事においては、掘削の工事量を削減して工程を確保するとともに環境負荷を低減させるために、新設ではなく既設発電所の地下空洞を拡張掘削して発電機を据え付けることとした。

## 5. 放水路トンネルの設計・施工計画<sup>5)</sup>

増設工事のなかでも放水路工事（全長 3,445m）は、希少猛禽類の営巣期に対する工事制約により発電所工事の仮設備的役割を担い、プロジェクトとして重要度の高い工事である。

### (1) 増設工事のリスク

工事費を抑えて工期を厳守するうえで本増設工事の最大のリスクは、環境対策上単年度に許される工事期間の短さにある。工程の少しの遅れを工事期間が短いために簡単に回復できず、全体工期の延長、管理費等の事業費増加及び事業価値の低下につながりかねない。設計、施工にあたっては、イヌワシ保護等の環境対策を中心に以下の点を念頭において取組んだ。

- ・ 工事に関わる法令手続き（自然公園法等）の迅速な対応（工事変更に伴うものを含む）
- ・ 具体的な先行事例がないなか、イヌワシが繁殖した場合の工事の対応
- ・ 安全かつ施工性に優れた設計及び施工法の採用
- ・ 不可抗力等を想定して、計画前倒しの工事施工（次年度繰越を避ける）
- ・ 上述の内容に伴う追加の環境対策や急速施工等に伴う工事費の増加

### (2) 当初の放水路設計断面

放水路の役割は、自由水面を持つ無圧水路として発電所で使用される最大使用水量 138m<sup>3</sup>/秒を

3,445m下流の増設放水口に流下させることである。水路トンネルの断面形状は、地盤等の外圧や水理特性を考え馬蹄形や円形の断面を用いることが多く、二次覆工はコンクリートで巻立てて水路の摩擦損失を小さくすることが一般的である。当初の設計断面は、これらの設計思想を反映して扁平馬蹄形とし、標準部でコンクリート厚さ 30cm の二次覆工を予定していた。(図-4 参照)

放水路地点の地質は粘板岩等の堆積岩が主体である。粘板岩中に変斑レイ岩、変玄武岩、蛇紋岩が不規則に分布するが連続性は乏しい。粘板岩と比較的堅硬な変斑レイ岩及び変玄武岩の岩体との境界部の一部では顕著なせん断変形、破碎を被り、大量の湧水を伴うことが確認されている。蛇紋岩は放水口付近に分布し脆弱である。

### (3) 当初の施工計画と工程条件

当初の施工計画としては、図-5に示す作業坑を上口、中間部、下口に3本設けて、合計6箇所の切羽より全断面掘削を行い、掘削完了後に7分巻で覆工し、最後にインバートコンクリートを施工する計画であった。この3本の作業坑のうち、中間部の坑口へは只見川を横断する必要があるため、調査工事の際に設置した橋長約120mの仮設橋梁を使用する計画であった。この仮設橋梁が自然保護団体との争点となり、結局中間部作業坑の使用は取止めることとなった。詳細は6章で述べる。

放水路は工事中の仮設備として、以下に述べる

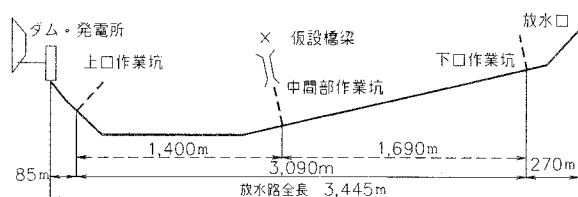
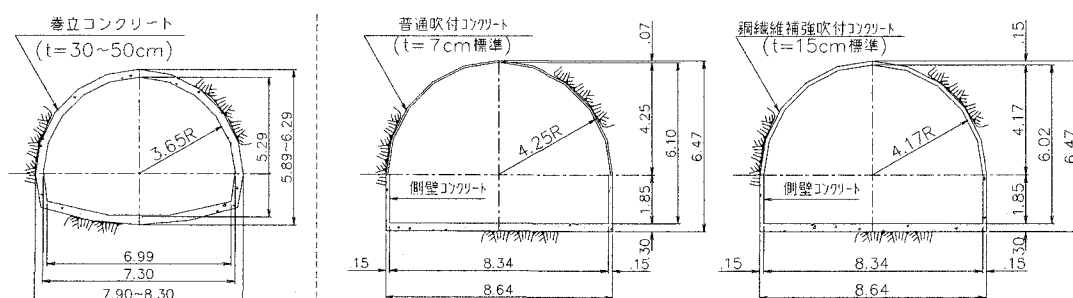


図-5 作業坑概要



当初設計 内空断面積 約  $37\text{m}^2$  変更(地質良好部) 内空断面積 約  $44\text{m}^2$  変更(地質不良部) 内空断面積 約  $43\text{m}^2$

図-4 放水路断面の新旧比較

施工上の理由から地下発電所コンクリート工事の運搬路として利用する。地下発電所のコンクリート工事は発電機据付工事と並行作業であり、全体の工程から見てタイトである。発電所は地下深部に位置しイヌワシの営巣に対する影響がなく、発電機据付及びコンクリート工事は通年可能であるが、レディミクストコンクリートの運搬には営巣地近傍の工事用道路を通行することから、営巣期には運搬できない。その結果、営巣地から1.2km以遠に位置する放水口仮設用地(下段作業坑口近傍)にコンクリートプラントを設置し、放水路を地下発電所への運搬路とする施工計画を立案した。放水路工事の工程を表-4に示す。そのうち以下の工程確保が重要となる。

【2001年11月】放水路のトンネル貫通：コンクリート運搬路として供用開始

【2002年12月】放水路工事完了：発電機の試験運転開始

表-4 作業坑ごとの工程条件

| 年度 | 1999 | 2000             | 2001         | 2002         | 03                         |
|----|------|------------------|--------------|--------------|----------------------------|
| 上口 | 7 10 | 7 10             | 貫通 ▼<br>7 10 | 完了 ▼<br>7 10 | ▼<br>6<br>運<br>転<br>開<br>始 |
| 下口 | 7 12 | 7 12             | 7 12         | 7 12         |                            |
|    |      | コンクリート運搬路 11 → 6 |              |              |                            |

## 6. 環境と開発の共存に向けたマネジメント

5章で述べた設計及び施工計画で事業を進めていたが、種々の対外協議のなかで環境への配慮から施工条件の変更をせざるを得なくなった。そのため、計画工事工程の4カ年が確保できない状況に至り、工程確保を最優先に設計・施工の合理化を図った。

### (1) 増設工事を取巻く状況

電力会社との協定は既に締結し、環境アセスメントも終えており、希少猛禽類等を含めた環境保全対策については対外的に整理されていると判断していた。河川法、自然公園法等に関する許認可が整い次第、速やかに土木工事が着工できるように5章で述べた設計・施工計画に基づいて、建設会社と契約済みの状況にあった。

一部の自然保護団体による本工事への反対行動が激しくなり、『中間部作業坑口の仮設橋梁がイヌワシ営巣地から1.2km以内に存在することから、その存在がイヌワシの営巣に影響を及ぼす。』という強硬な主張がなされた。公共事業中止に向けた社会動向にあわせて、希少猛禽類保護に対する自然保護団体の動きやマスコミ報道が激しくなり、許認可庁も自然保護団体と事業者双方の言い分を聞取る形で許認可手続きは膠着状態となった。

自然保護団体が主張する仮設橋梁に対する論旨は一方的であり、事業者としてその妥当性に同意できなかった。しかし、環境保全に対する事業者としての積極的な取組み姿勢を示す一方で仮設橋梁も含めた事業に係る許認可手続きへの影響等を考慮し、中間部作業坑の使用を断念し当該仮設橋梁を撤去することとした。その後も、自然保護団体による許認可庁への申入れ等は頻繁にあった。しかし、自然保護団体との争点である仮設橋梁が無くなり、電源開発側から事業の理解を得るべく自然保護団体への説明会を行なう等の姿勢を示したことから、許認可手続きも動き始めた。その結果1999年春に全て許認可が整い、同年7月から本格工事に着手することができた。

### (2) 仮設橋梁撤去に伴う工事への影響

上口と下口の両作業坑間約3,100mのトンネル貫通に費やせる作業期間(2001年11月迄)は、初年度約1.5カ月、2年目以降約0.5カ月の準備及び片付けを想定すれば、上口及び中間部作業坑が9.5カ月、下口作業坑が14.5カ月となる。

【当初計画】中間部は2つの切羽を有することから、トンネル貫通に向けた掘削可能延べ月数は合計43カ月となり工程的には十分である。

【中間部作業坑中止案】仮設橋梁の撤去により使用できる上口及び下口の両作業坑では、掘削可能

延べ月数は合計24カ月となる。坑口ごとに平均月進130mを掘削して、2002年12月までには作業坑閉塞を含めて全て工事完了するには、掘削作業と並行して後方から巻立てることが必要となる。原設計の内空断面では門型セントルを据えた内側をずり搬出用大型ダンプトラックが頻繁に通行することは、安全並びに作業上不可能と判断した。

放水路作業坑が2本という条件で、当初の設計及び施工計画であれば工期を延長せざるを得ない結論に至り、工程確保に向けた取組を実施することとなった。

### (3) 『仮設橋梁の撤去』におけるマネジメント

『仮設橋梁の撤去』を判断する時点での最大の懸案は、自然保護団体との争点を抱えたままに関係官庁との許認可手続きも進まない状態にあり、事業の見通しがつかないことであった。ここでの時間管理の視点は自然保護団体の言い分に異論はあるものの、一步譲ることによる増設工事の着手に向けた前進にある。

リスクマネジメントとしては、第一に工事期間の延長並びにそれに伴う事業費増大等のリスクを保有する『仮設橋梁の撤去』という意思決定を行い、プロジェクト全体を左右する不確定な工程に見通しをつけたこと、第二に、この意思決定により発生するリスクを極力小さくするために、後述する「放水路断面変更」の技術検討を同時並行で進めたことにある。『仮設橋梁の撤去』に係るマネジメントについて、環境、工程(時間)、事業費の観点から整理した内容を表-5に示す。

表-5 仮設橋梁に係るマネジメント

|            | 仮設橋梁を使用し<br>中間作業坑を供用                                      | 仮設橋梁を撤去し<br>中間作業坑を取止め                                |
|------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 環境         | 事業者として問題ないと判断している。                                        | 環境保護団体との争点が無くなる。                                     |
| 工程<br>(時間) | 自然保護団体との平行線で、許認可手続きが進まず、事業の見通しが得られない。場合によっては、事業価値を失いかねない。 | 自然保護団体との争点が無くなり、許認可取得へ一歩前進する。工期延長の可能性が高いが、事業の見通しが立つ。 |
| 事業費        | 許認可の見通しがみえず、調達資金の回収の目途が立たず、事業費等が増大する一方である。                | 事業全体の見通しが立ち、事業費の目途も立つ。                               |
| 結論         | 当初計画 ⇒ 仮橋撤去案採択                                            |                                                      |

#### (4) 設計・施工の合理化

##### a) 合理化の視点

作業坑数の減少に伴い、設計施工の合理化を検討するうえで、以下の点を考慮する必要がある。

- ・ トンネル貫通時期等の工程を厳守すること
- ・ 設備機能上必要な性能を持つこと
- ・ 工事費増大を可能な限り抑えること

工程確保という視点での検討項目を以下に示す。

- ① 掘削及び覆工の施工性を向上させる。
- ② 放水路を発電所への運搬路として供用するために、トンネル覆工工事とコンクリート運搬作業との錯綜を回避する。
- ③ 上記の対策にはコストアップを伴う可能性が高く、コスト縮減方策もあわせて検討する。

これらの条件を踏まえて検討した結論を述べると、セントル等の型枠が不要で施工能力の高い『吹付コンクリートによる二次覆工』を採用することである。吹付コンクリートを採用することにより、粗度係数の関係から断面を拡大せざるを得なくなる一方で、掘削の施工性は向上する結果となった。設計・施工合理化の検討結果を表－6に示し、詳細を以下に述べる。

表－6 放水路トンネルの合理化

| 求めた条件                                 | 結 論                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 【工程】13年11月貫通、14年12月完了                 | ・ 吹付二次覆工の採用<br>・ 平坦インバートの採用       |
| 【水理機能】通水能力を確保する(138m <sup>3</sup> /s) | ・ 内空断面の拡大<br>・ 側壁コンクリートで粗度改善      |
| 【構造機能】二次覆工の構造的強度を有する                  | ・ 岩盤不良部は鋼繊維補強吹付採用(15cm厚標準)        |
| 【経済性】原案と比較して工事費増大が小さい                 | ・ 掘削量増加による工事費増加と吹付覆工による工事費削減で概ね相殺 |

##### b) トンネルの断面設計

水路トンネルの二次覆工に吹付コンクリートを適用することは、巻立コンクリートに比べて以下の理由がありこれまで見送られてきた。

- ・ 粗度係数が大きくなることから、同一の通水能力を得るには大きな水路断面を必要とし、掘削工事費が増加すること。
- ・ 断面変形等に対して強度的に劣ること。
- ・ 水路トンネルという条件下で長期耐久性における信頼性が懸念されること。

増設工事の工期短縮に向けて、吹付コンクリー

トの施工能力が高いことに着目し、強度的な面について、材料試験により鋼繊維補強吹付コンクリート(表－7参照)がコンクリートと同程度の強度を有することを確認した。粗度係数の関係から掘削断面が大きくなり工事費増加という短所もあるが、今回の工事では掘削作業の施工性を向上させる点に主眼を置いた。またインバート形状も、掘削や吹付の作業性を高めるために平坦にした。

経済性を考慮し、全周吹付覆工(内空断面積約47m<sup>2</sup>)では掘削工事費の増分が大きくなることから、粗度係数を改善すべく型枠打設が容易な側壁コンクリートを併用することとした。あわせて地山の岩盤性状に応じて、以下に述べる吹付覆工断面を使い分けることとした。なお土被りが薄く、脆弱な蛇紋岩が卓越する放水路終端部についてはコンクリート巻立構造とした。(図－4参照)

- ① 岩盤不良部：コンクリート巻立と同等に近い強度を持つ鋼繊維補強吹付(厚さ15cm)を採用した。
- ② 岩盤良好部：長期的にみて外力変化の可能性は小さいことから、鋼繊維を含まない普通吹付(厚さ7cm)を採用した。

表－7 吹付コンクリートの仕様

| 種類      | 設定強度(N/mm <sup>2</sup> ) | フライッシュセメントB種(kg/m <sup>3</sup> ) | 鋼繊維混入量(vol%) |
|---------|--------------------------|----------------------------------|--------------|
| 普通吹付    | 圧縮 24                    | 350                              | —            |
| 鋼繊維補強吹付 | 圧縮 24<br>曲げ 6            | 425                              | 0.85         |

##### c) 経済性

コスト面では内空断面の大型化に伴い掘削費が増額となる一方、覆工を吹付コンクリートへ変更することにより減額となる。吹付けについても、岩盤性状による使い分け、鋼繊維混入量の削減等によるコストダウンを行い、総額的には当初工事費と余り大差がない見通しが得られた。

##### (5) 設計変更に伴う対外対応

設計変更に伴う対外的な手続きについて、開発に係る基本協定を結んでいる電力会社には一連の状況報告はするが、2章でも述べたように自社がリスクを負う形態の事業であり、原則自社で責任を取る形となる。

既に工事請負契約を結んでいる建設会社には、

着手後は掘削工事が主であったことから工種ごとの単価契約に基づいて出来高部分払いを支障なく行った。工事を1年経た2000年春に覆工に係る吹付コンクリート等の新工種及び仮設備について変更契約を結んだ。

自然公園法の許認可庁である県等には許認可変更申請を行い、定期的に工事の実施状況も含めた環境報告書を提出している。環境マネジメントシステムの趣旨に則り、一般の方にも透明性を確保すべく、この環境報告書をホームページにおいて開示している。

#### (6) 『放水路断面変更』におけるマネジメント

『放水路断面変更』は、材料試験等を踏まえた技術検討で吹付コンクリートに対する一般的な設計概念を見直したことが切欠となって、環境、工程、品質及びコストを基本的には満足する形となった。時間管理というマネジメントからみれば、工程確保を第一に施工性を優先して、吹付コンクリートの高い施工能力、それに伴う水路掘削断面の拡幅による作業性向上に着目し、強度及びコスト面で技術的に突き詰めた説明を行なった結果と言える。「水路トンネルという条件下で、吹付コンクリートが巻立コンクリートに比べ長期耐久性における信頼性が懸念される。」という定性的な見解については、建設後の点検時において十分留意して確認していく必要がある。

『放水路断面変更』に係るマネジメントについて、工程、コスト、品質及び環境の観点から整理した内容を表-8に示す。

表-8 放水路断面変更でのマネジメント

|           | 設計断面拡大                                    | 吹付による覆工                                 |
|-----------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 工程<br>時間) | 工事の作業性が高くなる。                              | 施工性が高い。コンクリート運搬に対する錯綜なし。                |
| コスト       | 掘削量増によりコストアップ                             | 巻立コンクリートに比べコストダウン                       |
| 品質        | —————                                     | 強度は確認済であるが、長期耐久性の信頼性に懸念あり。建設後の点検が重要となる。 |
| 環境        | 掘削量が20%程度増えるが、工事期間が当初通りとなり、影響を与える期間が短くなる。 |                                         |
| 総合        | 事業の価値を維持できた合理化方策である。                      |                                         |

## 7. 考 察

本増設工事は、環境保護に伴う許認可協議対応や工事制約により工事工期を延長せざるを得ない

状況となった。トンネル覆工に吹付コンクリートを採用することにより、工程確保、コスト面でもほぼ維持できる見通しが立ち、事業価値の低下を回避することができた。これは、環境、工程、品質及びコストについての的確なマネジメントを行なうことにより、Value Engineering (VE) が発揮できた結果といえよう。このマネジメント事例の体系化に向けて、特徴的な点を以下に述べる。

#### (1) PM, CMとしての視点

放水路工事におけるマネジメントとしての大きな判断は、以下の2局面にあったと考える。

- ・仮設橋梁撤去による中間部作業坑の取止め
- ・工程確保に向けた放水路断面変更

『仮設橋梁の撤去』という判断は、プロジェクトを建設段階に進めるか否かというプロジェクトマネジメント (PM) 的な判断であり、もう一つの『放水路断面変更』は、工程確保並びにコスト縮減に向けたコンストラクションマネジメント (CM) 的な判断といえる。『仮設橋梁の撤去』というPM的な総合判断は、同時並行で進めていた『放水路断面変更』の技術的根拠に基づいている。当然のことながらCM的な設計・施工の土木技術があつて、プロジェクトを左右する大きな判断が成り立っている。

#### (2) 契約としての視点

今回の事例は請負契約のように設計を提示されて拘束されるわけではなく、事業者の立場で電力協定に基づく限られた事業費と工程を含めて自社が全体のリスクを取る形でマネジメントを行った。

電源開発(株)は自社設備として発電所を保有する電力会社であるが、他の地域電力会社と異なり電力卸売りという電力会社との契約行為に基づいて発電事業を行う点にある。工期、事業費が定められた契約に基づいて、自社で資金調達し運転開始後電力料金で資金回収する形態であり、PFI (Private Finance Initiative) 事業に類似する。公共事業の推進手法の一つとしてPFI事業が広く活用されるなか、今回の事例等を定量的に評価することにより、事業のリスクマネジメント技術の向上に結びつけていきたいと考えている。

#### (3) マネジメント項目としての視点

奥只見の例では総合的なマネジメントを行なっ

た結果、事業価値を維持することができた。この例をもとに環境、品質、工程及び費用の面について、現状の土木事業と対比させて整理する。

#### a) 環境管理

戦後は国民の指向も生活向上や産業振興に向いており、環境に対して制約も小さく軽視されていたとも言える。しかし、最近では社会基盤の整備も進み国民生活も豊かになり、「環境」に価値を求めるように環境保全対策が無くして事業は成り立たない時代となっている。しかし、環境保全に係る工事条件が付加されても、未だ定性的な条件提示が多いと言えよう。

奥只見発電所増設工事で特筆すべきことは、

- ① イヌワシ保護の基準として、工事期間及び工事範囲を数字で明確に示されたこと。
- ② 2度のイヌワシ繁殖事例に示されるように、環境と開発が共存できたこと。
- ③ 工期を守ることで、時間軸としての環境への工事による影響を最小限に留めたこと。

が挙げられる。しかし時間管理を評価するうえで、環境に関する時間軸の影響を定量化するまでには至っていない。

将来、環境条件を定量的に数字で提示されて、厳格な環境管理が前提となるプロジェクトマネジメントが求められると想定される。事業の透明性を確保するうえで、環境影響の定量的評価がより重要になるものと考える。

#### b) 工程及びコスト管理

本工事における判断の根幹にあるのは、発電事業において早期に電力料金収入を得るべく、如何にプロジェクトを早期に完成させるかという視点である。公共事業でいえば、より早く事業を完了させ国民に便益を提供するという視点である。

最近の公共事業は長期化傾向にあり、それに連動して事業費も増大しており、工程と費用がある程度相関性があると仮定できる。マネジメント項目のなかで環境条件遵守を絶対とすれば、事業の早期完成には合理的な施工技術の導入も必要であるが、品質として施工性を考慮した設計領域に踏み込まざるを得ないと考える。

#### c) 設計としての品質管理

奥只見の変更案は仮設備計画を含めて全体工程

を確保するために掘削断面を大きくしコストアップするが、覆工構造を吹付コンクリートに変更することにより工事の施工性を上げて経済性も維持したVEである。

吹付コンクリートの採用について特徴的な点は、第一に最終仕上り形状で最適断面を設計する一般的な設計例からすれば、この設計断面は工事のプロセスで最適設計を図っていること、第二に鋼繊維補強という方法を材料試験により確認して、巻立コンクリートに対する経験的設計概念を見直したこと、第三に水路トンネルにおける長期耐久性に関する懸念は経験や実績による技術者の知見であり、運転後の維持管理段階における点検に留意する必要があることが挙げられる。

品質としての設計にはリスク回避の手法の一つとして、経験的な設計概念や安全率といった形で設計条件に余裕度を持たしている。本例は環境遵守、工程確保及びコスト縮減という命題に対し、工事のプロセスを重視し、材料試験等による技術的検討により技術的に解明して、品質を落とすことなくこの設計の余裕度を絞り込んだ結果といえる。全てが解明された訳でなく、一部の定性的な考えについては維持管理の点検に委ねており、将来の維持管理結果を踏まえて新たな知見として蓄えていくことを忘れてはならない。

今後、事業に種々の厳しい条件制約が課せられるなか、早期事業完了という目的達成に向けた時間管理を行なううえで、設計においては、以下の視点から設計の余裕度を絞りこみ、的確な技術判断が求められるものと考える。

- ① 設備機能として最終設計断面で最適を求めるのではなく、工事のプロセスを考慮する。
- ② 定性論や経験則による部分について技術開発や試験等により技術的解明度を上げる。
- ③ メンテナンスフリーといった観点から建設時に良質の品質を求めて初期投資を大きくするのではなく、将来の運営収入のなかで改良していくライフサイクル的な考えも入れる、

#### (4) 事業運営まで考慮した時間管理概念

奥只見発電所増設におけるマネジメントは、建設を円滑に進めるプロセスにおいて、工程管理といった時間管理だけでなく、事業運営までの時間

軸を考慮したマネジメントの結果といえる。上述の検討を踏まえて、工程、費用、環境、品質に加えて、運営時の維持管理もあわせた概念を図-6に示す。ここでは、工程と費用の相関性が高いことから工程及び費用を一項目として扱うこととし、品質についてリスクの幅を設計の余裕度として表現することとする。

- ① 従来の事業（図-6に示す実線部）は、従来の一般的設計概念に基づき品質レベルとして技術的な余裕度も大きいA点（○印）にあり、維持管理上もメンテナンスフリーに近い。環境も比較的制約も少ないことから、その結果工程・費用も許容範囲内に収まっている。奥只見増設において、当初計画で工事を発注した時点も概ねこの認識であったと言える。
- ② 奥只見増設の原案（仮設橋梁撤去時、図-6に示す点線部）は、当初設計の品質レベルをA点（○印）に置いたが、環境制約は仮設橋梁撤去に伴う条件変更で厳しくなる点B（●印）の方向に移動する。その結果、工程及び費用は計画外の領域に入ることになる。最近の公共事業の長期化や事業費増大を示している例とも言える。
- ③ 放水路断面の設計変更案（図-6に示す一点鎖線部）は、仮設橋梁撤去に伴って求められる環境制約であるB点（●印）が前提条件となる。この点を軸に工程・費用を計画レベル内に収めるには、品質を落とさず、設計の持つ余裕度を技術的に解明し少し下げることが解となる。維持管理については、定性的に言われる長期耐久性の懸念（例：pからqの範囲）を維持管理で確認していくことになる。

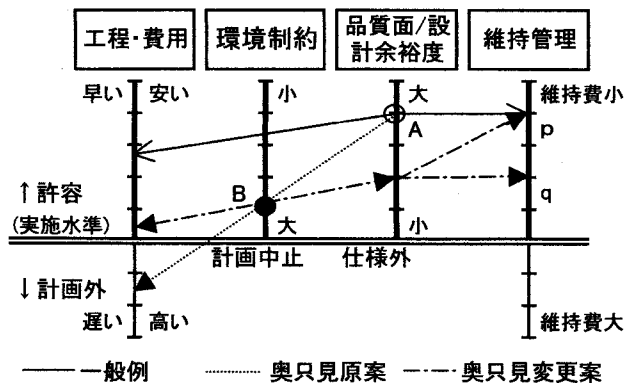


図-6 奥只見での時間管理の概念

公共事業の出資者である国民に対して社会資本の便益を早く提供し、税金の恩恵を還元するという点で、現状、時間という概念が失われつつあると感じる。公共事業を取巻く社会環境も複雑になり、一概に公共事業に携わる者の責任とは言えないが、環境等の様々な要因がプロジェクトに与える影響に対して、計画から維持管理までの過程において最適でかつ総合的なマネジメントを駆使して対処していくことが求められている。設計段階でライフサイクルコストを最小にすることは当然のことであるが、本事例のように建設段階においても常に時間の概念を念頭におき、各プロセスでの状況変化に柔軟に対応するマネジメント技術が重要である。またマネジメント技術に加えて、環境負荷低減、コストダウン及び急速施工等に関する土木技術力を向上させ、設計の余裕度を下げる技術的な解明に努めなければならない。

#### (5) 今後の検討課題

本件のような電力料金で事業費を回収する発電事業は、工程が事業価値に与える影響を定量的に判断しやすい例であるが、環境の影響を時間軸も含めて定量化することが必要と考える。

本増設工事も近々竣工し設計変更等を含めて工事費が確定する。今後は、本稿で提示した時間軸を考慮したマネジメントの概念について、実績データをもとに定量的分析を行い、この概念の評価をしたいと考えている。こういった検討が、環境条件の遵守を前提に限られた予算と時間で事業を実施するPFI事業者等のマネジメント技術向上の一助となるよう展開できればと考えている次第である。

#### 8. まとめ

本工事は貴重鳥類と共存を図り、設計、施工計画、環境保全等に万全を期しながら、1999年（平成11年）7月より本格着工し、2003年（平成15年）6月運転開始を迎えることとなった。実際の掘削作業は、交代勤務体制による連続稼働体制、ノネル雷管等使用による効率的な爆破、コンテナダンプトラックによる効率的なずり運搬処理方法などの工夫を施したこともあり、2000年（平成12年）、2002年（平成14年）の2度に亘るイヌ

ワシ幼鳥保護対策に伴う約1カ月の工事自粛，異常突出水による切羽崩落など工程阻害要素にも遭遇したが，計画工期の4年で工事を竣工することができた。

このように途中イヌワシの保護ということから余儀なく施工条件の変更を求められたが，環境と時間を重視し，そのプロセスで的確なマネジメントを行うことにより，イヌワシ繁殖の事例に見られるように環境保全と開発が共存できたと考える。

これからの社会基盤整備において，環境との更なる調和が求められていくなか工期制約等の厳しい環境条件が付加されるものと思われる。そういった制約を克服し，国民にとって価値のある事業を早期に完遂させるには，そのプロセスにおいて常に時間管理を念頭に環境，安全，品質及びコストについての的確なマネジメントを行うことが更に重要になるものとする。

最後に，本稿執筆にあたりご協力頂いた本工事の関係各位に厚く感謝の意を表するものである。

#### 【参考文献】

- 1) 小澤，嶋田：公共事業システムの『将来像』，第20回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会 参考資料，pp45-52，2002.11.
- 2) 殿村，佐藤：自然に配慮した奥只見・大鳥発電所増設工事について，ダム日本，No682，pp.19-31，2000.8.
- 3) 環境庁編：猛禽類保護の進め方，1996.8.
- 4) 鳥羽瀬，山上：奥只見・大鳥発電所増設工事における環境管理システムの構築，土と基礎，No525，2001.10.
- 5) 嶋田，橋本，佐藤：奥只見発電所増設工事における環境保全に配慮した工事施工，土木建設技術シンポジウム2002，pp.33-40，2002.5.

## Importance of Management Considering Factor of Time for Coexistence of Environment and Development

By Yoshikazu SHIMADA

We need to offer the benefit of infrastructure as soon as possible by comprehensive project management from quality, cost, time, and environment in order to enhance the infrastructure. Today, the environmental protection causes the delay of the construction agreements and further constraints on the project. It becomes one reason that the project is prolonged. Time management in construction becomes more important than before in order not to control the time schedule, but also to keep the project value from decaying and cut the project cost. Okutadami-Otori hydro power enhancement project of Electric Power Development Co.,Ltd faced severe constraints on time schedule and some changes of the project conditions because it had to pay attention to the natural environment including raptorial birds. While the tailrace work had to be prolonged, we could make the project on schedule by rationalization of the design and works. This paper describes importance of time management out of management skills from the owner side with the case study of this project including environmental protection and schedule control.

【Keyword】 time management, environmental protection, and risk management