

# 水と土

No.128  
2002

Japanese Association for  
the Study of Irrigation,  
Drainage and Reclamation  
Engineering





## フィリピンの水管理改善事例について (本文 12 頁)



カバヤスタム洪水吐から



プロジェクト職員による水管理指導

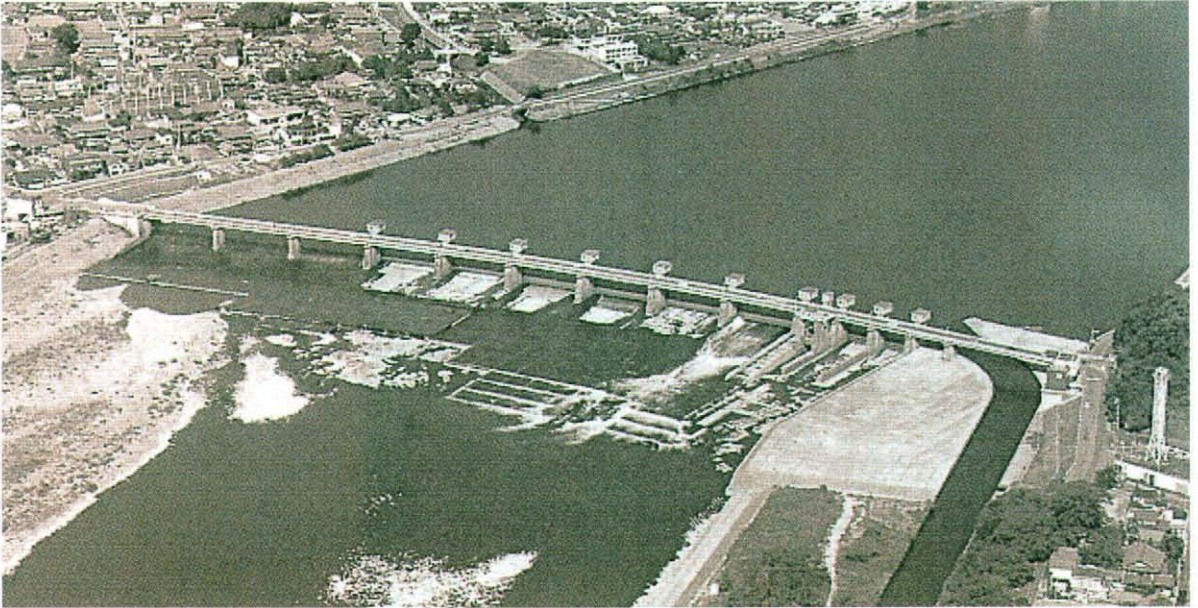
## 高透水性地層における止水及び用水対策について (本文 39 頁)



止水壁 (SMW) の施工状況



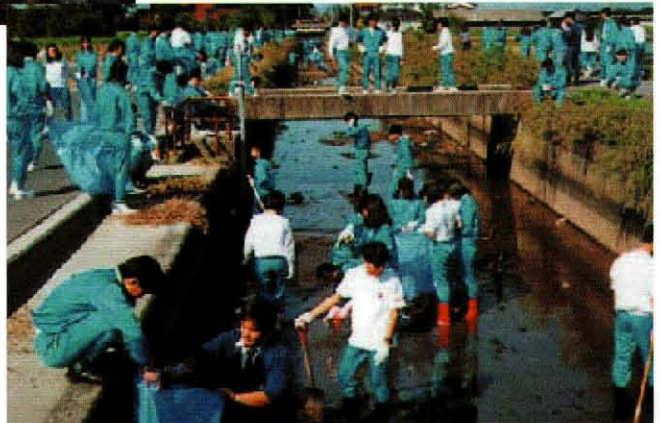
## 犬山頭首工の補修について (本文 56 頁)



## とっとり井手物語 (本文 85 頁)



「とっとり井手物語」を活用した現地学習



中学生による米川清掃状況

# 水 と 土

No. 128

2002

## 表紙写真

三重県美杉村

写真提供・農林水産省むらづくり対策室（第9回美しい日本のむら景観コンテストより）

## 目 次

報文内容紹介……………(7)

### 巻 頭 文

周辺環境の保全に配慮した新宮川ダムの建設

岩井 孝道…………(9)

### 報 文

フィリピンの水管理改善事例について  
(農民参加型の組織強化と合せて)

杉本 幸雄…………(12)

小田ダムの堤体盛立初期における埋設計器の挙動について

原田 幸治 鈴木 元和

渡部 均 齋藤 高志…………(21)

管更正工法による既設管の改修

豊福 真…………(31)

高透水性地層における止水及び揚水対策について

—巨椋池排水機場工事における地下水処理対策(2)—

山口 康晴 加治屋 強 三好 孝之…………(39)

クローズドパイプラインの経験則水撃圧について

金子 正一 木村 章…………(47)

犬山頭首工の補修について

糸賀 信之 阪本 勝 富岡 和夫…………(56)

水田配水系パイプラインにおける水撃圧特性について

吉野 秀雄 中 達雄 向井 章恵…………(66)

### 技術情報紹介

資源循環

—平成13年度農業土木技術研究会研修レポート—

編集事務局…………(76)

### 歴史的な土地改良施設

とっとり井手物語

平岩 昌彦…………(85)

### お知らせ

会告……………(92)

入会案内……………(93)

投稿規定……………(95)



# 水と土 第128号 報文内容紹介

## フィリピンの水管理改善事例について (農民参加型の組織強化と合せて)

杉本幸雄

JICAの海外技術協力プロジェクトでフィリピン国ボホール島に赴任し、水管理を通じて初めて接した海外の水利組織に驚き、日本の土地改良区とのギャップに頭を抱え、農家と接するなかからその強化策を模索し、試行錯誤したさまざまな取り組みを紹介した。

(水と土 第128号 2002 P.12 企・計)

## 小田ダムの堤体盛立初期における埋設計器の挙動について

原田幸治・鈴木元和・渡部 均・齋藤高志

国営迫川上流(二期)事業の基幹水源としての小田ダムについては、平成17年度の事業完了へ向けて現在建設が進められており、平成12年6月から盛立を開始し、平成13年5月の定礎式を経て本格的な盛立が進んでおり、平成15年に盛立を完了する予定である。本堤盛立(EL.125~EL.168.5)は平成12年6月19日より開始され、平成13年末には、EL.147.5まで約65万 $\text{m}^3$ (総盛立量134万 $\text{m}^3$ )の盛立を行っている。

本報文は、小田ダムに設置されている埋設計器の盛立初期の挙動について紹介するものである。

(水と土 第128号 2002 P.21 設・施)

## 管更正工法による既設管の改修

豊福 真

国営開拓パイロット事業「勝英地区」で昭和40年代に造成されたパイプラインの改修にあたり、既設管の埋設状況等を調査・検討した結果、在来工法である開削工法では周辺宅地等への影響が懸念されることから、既設管の内面から補修する管更正工法を計画し、平成12年度から5ヶ年計画で、県営基幹水利施設補修事業「勝英第二地区」にて、改修を行うものである。

(水と土 第128号 2002 P.31 企・設)

## 高透水性地層における止水及び揚水対策について —巨小掠池排水機場工事における地下水処理対策(2)—

山口康晴・加治屋強・三好孝之

巨小掠池排水機場(下部工)工事の実施にあたり、ドライワークの確保及び盤ぶくれ防止のため、地下水を揚水する必要がある。工事着手後、揚水域において想定をはるかに上回る高透水性地層が出現したことなどから、その揚水量を軽減させることが大きな課題となった。そのため、止水対策、揚水対策、復水対策、除鉄対策及びこれらを踏まえた排水処理計画について検討を加え工事を進めたので、その内容について報告する。

(水と土 第128号 2002 P.39 設・施)

## クローズドパイプラインの経験則水撃圧について

金子正一・木村 章

水撃圧は管体の構造要件や制水弁等の操作方法を規定する重要な要素であり、農水分野では専ら経験則が使用されている。この方法によれば、水撃圧の大きさは静水圧との関係だけで簡便に求めることができるが、計算の簡便さゆえに不合理な結果を招くおそれものもされている。本報分は、自然圧系パイプラインの「経験則による水撃圧」の特性を明らかにし、「経験則」のより合理的な利用方法を提案するものである。」

(水と土 第128号 2002 P.47 設・施)

## 犬山頭首工の補修について

糸賀信之・阪本 勝・富岡和夫

1600年代初頭から濃尾平野を潤してきた濃尾用水。犬山頭首工は、昭和32年から昭和38年にかけて国営濃尾用水農業水利事業により宮田・木津・羽島の三用水を合口した。

新濃尾農地防災事業では、木曾川の河床低下により堰上下流の水位差が増大したことによる基礎構造の安定性の低下をはじめとした諸機能低下の補修を実施しており、その概要を報告するものである。

(水と土 第128号 2002 P.56 設・施)

## 水田配水系パイプラインにおける水撃圧特性について

吉野秀雄・中 達雄・向井章恵

水田配水系パイプラインを対象に取り扱いが容易な微小項を省略した管路の非定常流の基礎方程式によるFORTRANプログラムを用いて水撃圧の予測を行い、その有効性を明らかにした。また、水撃圧解析の結果から、素早く給水栓が閉そくされると、経験則の2倍の水撃圧が発生していること、最低水圧時には負圧が発生していること、水撃圧対策においても管網配管が有利であることなどを明らかにした。

(水と土 第128号 2002 P.66 企・計)

## <技術情報紹介>

### 資源循環

#### —平成13年度農業土木技術研究会研修会レポート—

編集事務局

限りある資源の有効利用や美しい農村の自然環境の維持等のため、廃棄物の発生抑制、資材の再利用及び再生利用を基本とする「循環型社会」への変革が急務とされるような状況の下、農業農村整備事業においても、循環型社会の形成及び公共工事コスト縮減を図るため、生活排水汚泥などの生物系廃棄物のリサイクルや建設副産物等のリサイクルを推進しており、農業土木技術研究会では、「資源循環」をテーマに平成13年度の研修会を開催しました。本報文は、研修成果の普及を目的に講演の要旨を取りまとめたものである。

(水と土 第128号 2002 P.76 設・施)

## <歴史的な土地改良施設>

### とっとり井手物語

平岩昌彦

鳥取県は、農業用水路の歴史や現状を紹介することにより農業・農村及び土地改良施設の役割に対する県民の方々の理解を深めてもらうため、平成12年度に「とっとり井手物語」を作成した。

本稿はこの内容を大人向けに加筆・修正し、紹介するものである。

(水と土 第128号 2002 P.85)

## 周辺環境の保全に配慮した新宮川ダムの建設

岩井 孝道\*  
(Takamichi IWAI)

### 1. 新宮川ダム

会津宮川農業水利事業の基幹施設である新宮川ダムは、提高69m、提長325m、提体積48万 $\text{m}^3$ 、有効貯水量930万 $\text{m}^3$ の重力式コンクリートダムである。本ダムは、提長が比較的長いことを考慮して提頂部付近の比較的狭くなる部分を除き主用部分のコンクリート打設をRCD工法により施工しており、農林水産省において本工法を採用した最初のダムである。

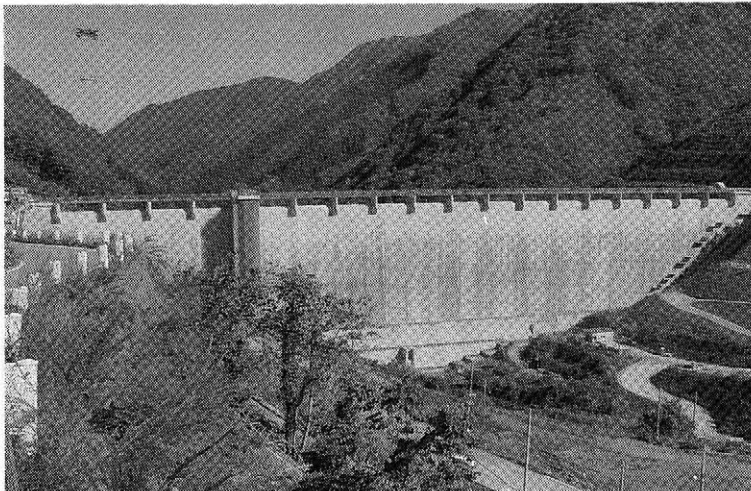
本体コンクリート打設は、施工期間を厳冬期を避け4月末から12月と計画し、平成9年6月から開始し、平成13年8月末に完了した。また、残りの工種（例えば、天端橋梁工、取水放流設備、係船設備、網場、ダム管理事務所、管理施設、小水力発電所、池敷内地滑り対策工、閉塞工等）は、平成14年度中に完成させ平成15年3月より湛水試験に入る予定となっている。

### 2. 周辺環境と保全対策

#### (1) クマタカ

新宮川ダムの近傍にはクマタカが3つがい生息していることが確認されている。

クマタカは環境省より絶滅が危惧される希少猛禽類と指定されており、捕獲を禁止されているだけでなく、その繁殖を妨げることなく保護すべき種とされており、新宮川ダムの周辺の生態系保全を図る上で最も注意を払う必要がある。このことから、新宮川ダムや関連施設の建設がこれらの生息や繁殖活動に支障



新宮川ダム（平成13年10月撮影）

\*前東北農政局会津農業水利事務所 所長



を与えることなく進められるよう「新宮川ダム周辺環境対策検討委員会」を設置した。委員会は農村環境整備センターが運営し、3名の学識経験者等の委員と農政局の資源課長、水利整備課長等の幹事により構成され各種工事は、委員会の指導、助言を得かつ福島県環境部局と連絡調整をとりつつ進めてきている。なお、委員会は平成10年度までは1名の委員による指導、助言により進めてきたが、平成11年度からはより客観的に検討できるよう現在の体制に変更している。

工事における具体的な保護対策としては、委員会の指導、助言により、骨材製造設備の周りに防音壁を設け、設備の外壁、屋根の色を刺激の少ないものとしたこと、夜間工事に用いる照明を非拡散型にしてできる限り刺激しないよう配慮したこと、管理事務所や小水力発電所外壁等も自然になじむ色とすること等を実施することとした。なお、本体コンクリート打設期間を4月末から12月までとしたのは、クマタカの繁殖期において最も敏感な2月から4月に大勢の人々がクマタカを刺激するのを避ける意味から、気温が上がり施工可能となってもすぐには工事を再開せず、クマタカの繁殖状況を確認しながら5月の連休明け頃より本格的に工事を再開するといった配慮を行うこととしたためである。

クマタカの繁殖成功率は平成5年から13年までのモニタリング調査等の結果55.6%となっており、他地域の成功率よりかなり高い値となっている。このことは、本工事がクマタカの繁殖に重大な影響を与えることなく生活環境が保持されているものと判断することができました、委員会においても今後の模範になるべき優良な事例であろうとのお墨付きを頂くことができた。



大空を舞うクマタカのつがい (平成13年11月13日撮影)

## (2) その他の希少猛禽類

新宮川ダムから南西約6km先に頂上がある博士山には、かつて絶滅が危惧されるだけでなく天然記念物にも指定されているイヌワシが生息し、平成5年には繁殖に成功した事例が報告されている。しかし、平成7年ごろからはイヌワシは移転したものと見られ、近傍で生息している痕跡はない。飛翔する姿も平成11年3月23日以降は確認されていない。なお、最近確認された3番目のクマタカのつがいは、このイヌワシが抜けた空白区域に住み着いたものと思われる。

その他の希少猛禽類としてオオタカ、ハイタカ、ハチクマ及びミサゴが確認されている。このうちハイ

タカは繁殖期にえさを持って飛翔しているところの確認されていることから、近傍で繁殖していると思われるが、工事区域からはかなり離れているため、工事の影響はほとんど受けないとされている。

### (3) その他の生態系保全のための対策

ダムの周辺整備の一環として、植樹を考えているが、次のような観点から、ヤマモミジ、桐、桑等が適当であると考えている。ヤマモミジは現地に自生しており秋には紅葉し美しいことから環境整備用として適している。桐、桑は蝶の希少種であるキマダラルリツバメの幼虫が共生するハリブトシリアゲアリが巣をつくる樹木であることからキマダラルリツバメの生息を助けるものである。なお、桜はクマタカ繁殖の敏感期に大勢の人々が花見に来ることが想定されるため採用しないこととした。

また、ダム周辺に生息するモリアオガエルやサンショウウオ類に配慮して、ダムへの沢水の流入部に水たまりを創出することとしている。さらに閉塞後の仮排水路トンネルの下流側には人の進入による事故防止のために扉を設置することとしているが、コウモリが出入りできる穴を設置することを委員会による指導を受け検討することとしている。

## 3. まとめ

以上述べたように新宮川ダムの建設を進める過程で様々な環境配慮を実施しており、今後もこのような配慮を続けていくつもりである。これまで、新宮川ダムの工事を実施しながらも生態系への保全がなされている結果が得られているのは、委員会による様々な指導、助言のおかげであると考えている。さらにダム施工業者が環境保全の必要性を理解し、施工に当たり十分な協力が得られたこと、クマタカに関するモニタリング調査に、優秀な技術者が得られたことも幸いしたものと考えており、本誌をかりて感謝を申し上げます。

土地改良法の改正により自然に対する国民的な評価の高まり等、農業・農村を取り巻く情勢の変化に対応し、環境との調和への配慮が土地改良全域に及ぶこととなります。今後新宮川ダムの事例が他の地区の参考の一助となれば幸いである。



## フィリピンの水管理改善事例について (農民参加型の組織強化と合せて)

杉本 幸雄\*  
(Yukio SUGIMOTO)

### 目 次

はじめに .....	12
1. プロジェクトの経過 .....	12
2. 施設概要 .....	12
3. 水管理活動 .....	14
4. 組織強化（農民参加による）活動 .....	15

### はじめに

プロジェクトサイトのあるフィリピン南部のボホール島は、セブ島を中心とする中央ビサヤ地方の食料庫（Food Basket）と言われ、面積約41万haで滋賀県と同じ位の広さで、耕地18万ha、人口およそ100万人の島である。ボホール島の気象は、年間1834mmの雨量があり、雨期乾期の判別が不明瞭ながら5月から10月を雨期、11月から4月を乾期としている。

プロジェクトサイトは州都タグビララン市から約125kmのウバイ町にあり、カパヤスダムを水源とした750haの農地を対象として生産性の向上ひいては農家の生活向上を目的に、ボホール総合農業振興計画（BIAPP：Bohol Integrated Agriculture Promotion Project）のもと営農、栽培、農業機械、水管理の専門家により1996年から2001年までJICAの技術協力プロジェクト活動を実施した。（現在2ヵ年の予定でフォローアップ実施中）

本報文では水管理活動の強化による配水の改善とそれを支える水管理組合の組織強化の事例を報告するものである。

### 1. プロジェクトの経過

プロジェクトサイトは2000年9月から始まったボホールかんがい計画二期（BHIP II：Bohol

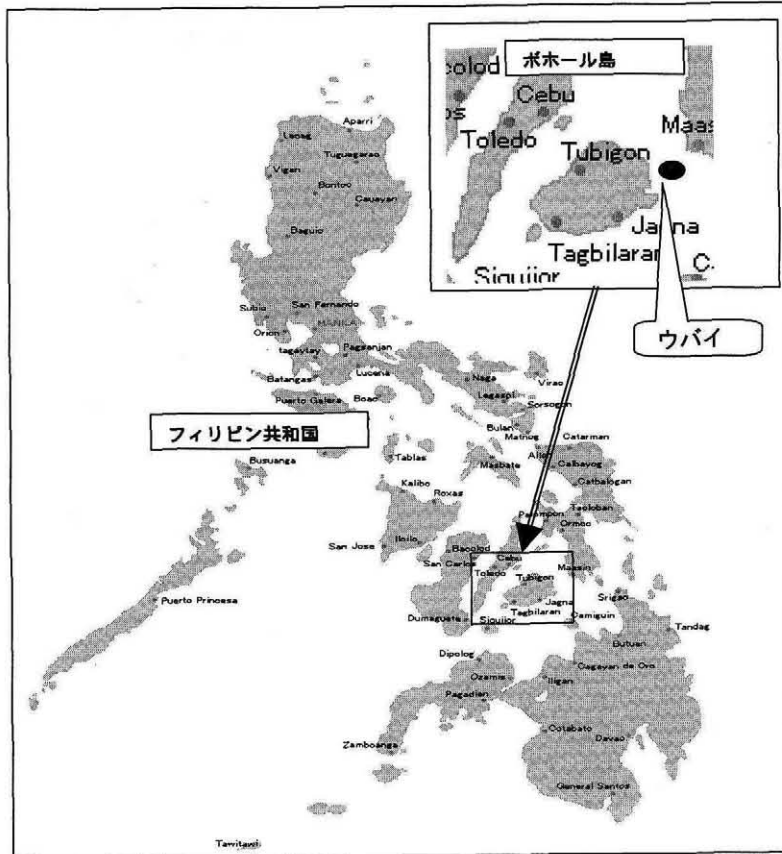
Irrigation Project II, 有償資金協力でバイヨンガンダムと水路が建設が計画され、用水の一部はカパヤスダムに供給される予定である。）の5,300haの受益地に含まれている。すでに1990年～1992年に無償資金協力により建設されたカパヤスダムを水源とする750haの部分では、カパヤスダム建設後、BHIIの計画の立ち上げを待ちきれない農家の要請で1996年6月～1997年9月にカパヤスダムの追加工事をフィリピンの独自予算で建設した。なお、1988年2月～1996年2月にボホールかんがい計画一期（BHIP I：Bohol Irrigation Project I 有償資金協力でマリナオダムと水路が建設された）による4960haの受益を有する地区はBHIIに隣接する。

### 2. 施設概要

#### ①パヤスダム

ダムタイプ	均一型 アースフィルダム
流域面積	14.6km <sup>2</sup>
貯水面積	86.8ha
有効貯水量	3,400千m <sup>3</sup>
ダム高	22.8m
ダム長	1,160m
高水位	38.0m
平水位	36.5m
低水位	30.0m
洪水吐形式	自由越流式

\*関東農政局整備部設計課（Tel. 048-740-0044）



②用水路（建設用資料から転記，分水工はヶ所数）

用水路	計画延長 (km)	実延長 (km)	計画 分水工	実 分水工
MC	3.12		1	6
LA	1.68	3.2	3	33
LB	3.6		7	29
LC	3.78		7	26
SLC1	2.13	3.14	3	12
SLC2	0.66	1.9	2	21
SLA1	—	0.76	—	12
SLA2	—	2.16	—	22

{略語凡例：幹線水路（MC：Main Canal），支線水路A（LA：Lateral Canal A），副支線水路C1（SLC1：Sub-Lateral Canal）}

幹線水路は上幅5m下幅1m深さ1.2mの台形断面で唯一コンクリート被覆され，その他の支線水路等は土水路の台形断面で，落差工や横断工がコンクリートで築造されている。

MCからは都合6ヶ所の分岐があり，カパヤス

ダムから北に延びており上流からSLA1，SLA2，LA，LB，LC，SLC1の順で西から北方向に櫛歯状に分派している。なお，SLC2はLCから派生している。

当初設計に従って建設されたが，その後国家かんがい庁（NIA：National Irrigation Association）の州事務所により当初図面にない水路が建設されている。顕著なのはLAとLC1で，距離に



カパヤスダム洪水吐から



して1 km以上延長されている。SLA1, SLA2はまったく新たな追加計画である。また、当初設計では合計22ヶ所の分土工設置が現時点で180以上の数を数えるまでになっており、これが水管理を困難にしている要因となっている。

### ① 受益面積

受益面積は水田開発が進められ、NIA州事務所の資料から以下のような面積経過をたどっている。水田開発にはカラバオを使った造成に対して1 ha当たり1万ペソの補助がNIAから支給されることになっており毎年順調に増加していった。

作 期	LA	LB	LCC2	LC1	TOTAL
WS 1993	87.4	77.8	104.5	31.6	301.3
DS 1994	97.6	89.8	112.5	33.5	333.4
WS 1994	109.3	101.8	120.5	35.5	367.1
DS 1995	116.5	107.8	128.6	37.5	390.4
WS 1995	138.2	113.8	144.6	39.4	436.0
DS 1996	145.7	119.8	160.7	39.4	465.6
WS 1999	158.0	126.6	187.4	56.9	528.9

- ・4つの支線水路を単位とする水利組合をLA (LA, SLA1, SLA2の受益), LB (LBの受益), LCC2 (LC, SLC2の受益), LC1 (SLC1の受益) という。
- ・1996年6月追加工事開始, 取水が中止され, 1997年9月完成, 貯水を開始。

## 3. 水管理活動

### (ア) 現状把握

- 気象観測は1997年4月から用水量算定の基礎データとして, 雨量, 気温, 湿度, 蒸発量, 日照時間観測を2ヶ所で開始した。
- 幹線支線水路への水位計設置は1998年12月には完了し, これにより幹線水路から支線水路への6分岐点の分水量が容易に把握でき, 公平な水配分の基礎的を蓄積できるようになった。下表は1999年雨期における従来どおりの水配分結果

	LA		LB		LC		SLC1	
	距離	1.15km	2.2km	1.65km	2.8km	1.25km	2.4km	0.47km
上流	0.163	0.167	0.280	0.424	0.337	0.445	0.128	0.105
下流	0.131	0.092	0.200	0.225	0.274	0.325	0.120	0.090
差	0.032	0.075	0.080	0.199	0.063	0.120	0.008	0.015
ロス	17.2%	20.5%	17.2%	16.8%	14.9%	11.3%	13.6%	11.6%

(上流・下流・差は /s, ロスは1 kmあたりの損失率を示す)

から, 面積比率に対して実際の配水流量比を整理した。(幹線水路からの直接取水があるので100%にはならない)

	SLA1	SLA2	LA	LB	LC	SLC1
面積比	4.1%	8.2%	14.0%	24.6%	33.6%	11.1%
実配分比	7.6%	13.4%	24.5%	15.5%	22.3%	16.0%

- 水田用水量の測定は1999年の乾期に入ってようやく主要な観測機器が到着し本格的な観測が開始された。パーシャルフリュームを使用した代掻き用水量の測定やN型減水深計により水田浸透量を測定しデータを集積した。

※以上より, ①上流の3つの分岐で過剰に取水していることが判明, ②大半の水田の平均で, 2.5mmの減水深(地下浸透水)を得られ水田必要水量を6.58mmから8.08mmと修正した。このため配水手法と用水計算の見直しの必要性が確認された。

### (イ) 既存施設調査

当初計画図面に従えば問題のない水路であるが, 施工に際して統一性のない計画変更をしたために様々な場面で水管理に支障をきたしている。一つ目は事業計画では, 幹線・支線水路の施設規模は1.422l/s/haとされ普通期最大流量は1,160haを対象に1.65m<sup>3</sup>/sと計画されているが, 幹線水路の一部で堰上げが行われているために最大通水可能量は1.4m<sup>3</sup>/s程度と判明した。二つ目は, 180ヶ所以上ある分土工があるためにたとえローテーションブロックかんがいに従って分土工が閉じられていても, その構造上十分な水密を確保できないために1 kmあたり流量の15%が水路ロスとして失われているのを確認した。調査結果を以下の表に示す。調査は夫々の支線水路の取水ゲート地点と下流の比較的安定した地点で流量を観測してその差を求めた。

### (ウ) 用水配分計画策定

1985年のアンケート調査時点でNIAはすでにローテーションブロックかんがい等の水配分計画を立案した。プロジェクトではこの水配分計画に従って水配分を実施し、運用していく過程で問題となる点を改善していくこととした。まず、主要な支線水路等に設置されているゲートをコンクリート製の小屋で覆い勝手な取水を制限した。そして、幹線水路1ヶ所、支線水路等7ヶ所に自動記録水位計を設置し、記録を蓄積した。それぞれの水路の受益支配面積に応じた用水量を水位計を指標にゲートコントロールできるようH-Q（水位—流量）の関連式を定めた。

また、実際のかんがい範囲を530haと現地で確認し、前項既存施設調査結果から水路のロスが15%/kmと非常に多くロスを含んだ用水を供給しなければならない、さらに用水路の位置と水田標高の位置関係から堰上げを余儀なくされている分水工に対して取水を考慮した十分な取水水位（いわゆるゲタ水）を確保する必要があることをチェックした。一方、幹線水路の一部で堰上げが行われているために最大通水流量は1.4m<sup>3</sup>/sが限界と判明した。これらの条件でローテーションブロックを計画策定する意味は、十分な水位を確保し、確実に一定の時間用水を供給するということになる。本来の理想的なローテーションブロックかんがいではないが、施設の特異性から3ブロックの5～6日間断のローテーションで12時間かんがいが経験的に最良の水配分計画となった。

実際の水配分の運用では水利組合（IA：Irrigation Association）の要請に従ってIA連合の合議により通水時間を延長したり、特定地区に対して日曜日のかんがい日として選定することも検討するシステムを構築してきた。そして、2000年乾期から期別のかんがい開始前の全役員会議（Pre-Irrigation Meeting）を支援してクロッピングカレンダーの確認と用水配分計画の周知を計ってきた、これまでにクロッピングカレンダーに従った作期統一率は4つのIA平均で87%に達している。これにより用水供給側の公平な水配分の基礎はできあがった。

### (エ) 水利組合による水管理の実現

それぞれの支線水路ではローテーションブロック別に用水配分されるはずであった。実際にはロ

ーターションブロックによる区分けはできていても個々の農家はそのルールを守らない期間が続いた。結果的に最末端流域の農家からは水不足の苦情が相次いだ、さらに上流域の中にも水不足が訴えられた。最初の末端流域の水不足に付いては、多数の分水工の取水監視が必要と、カウンターパートはIAに働きかけ水管理人（Water-Tender）の雇用を説いた。

2000年雨期にLB水利組合では下流域の農家が中心となって15人（後に7人）のWater-Tenderが組織された。シーズン中500ペソ/月が支払われるよう決定され、上流域の分水工監視を強化した。スケジュール通りに下流域に水が到達するようになった。この効果に刺激され他のIAでもWater-Tenderが組織されるようになり、2001年の雨期には全てのIAで配置された。

次に、上流域での水不足だが、これまで分水工から下流の小水路の水管理は農家に任せられてきた。これら小水路の整備不良、管理不良、農家間の争いにより特に末端流域で水不足が発生している。個別にIAの役員が仲裁に入るが土地の所有形態等農家間の調整を図るのは難しく継続した調整が必要である。



プロジェクト職員による水管理指導

## 4. 組織強化（農民参加による）活動

### ① フィリピンにおける農民参加による組織強化プログラム

フィリピンではNIAの直轄管理する1,000ha以上の地域（国営規模かんがいシステム；NIS：National Irrigation System）はもちろんのことそれより小規模な地域（小規模かんがいシステム；CIS：Communal Irrigation System）でも

水利組合が組織され成文法が整備されている。これには水利組合の組織化のための農家トレーニングプログラムを始め水利組合規則の整備や水利組合財務管理のマニュアル等が整備されており、NIA本庁には組織強化部門（IDD：Institutional Development Division）という専門の担当部署があり、NIA地域事務所には職員が配置されて万全の体制を整え対応している。末端のNIA州事務所には臨時に雇用された社会開発等を専攻した組織強化担当職員（IDO：Institutional Development Officer）が農村での実務を担当している。プロジェクトが開始されれば新たなIDOが採用されプロジェクトマネージャーのもとプログラムに従って水利組合の組織化に取り組むことになる。

現在のフィリピンにおいても財政的な制約があり前記NISの管理を水利組合に移譲する方向で対策が講じられているところであり、水利組合の自立は強く望まれているところである。

## ②サブサイトにおける事業の経過と組織強化プログラムの実態

1990年から1992年にかけて水源であるカパヤスダムと幹支線水路が建設された。工事着手と同時に組織強化プログラムに沿ってIDOが投入され組合員の特定と組織化が進められた。

1992年2月に4つの水利組合（IA：Irrigation Association）に合計188人の水利組合員が粗組織認定委員会（SEC：Security Exchange Commitment）に登録された。同時にマニュアルに従って作成された規則が制定されている。しかし、水利組合の組織としてこの規則と組織強化プログラムに従えば、完成した幹支線水路の主要な分水工から下流にはIDOの指導により組合員が協力して水路が建設されるはずであった。しかしながら、NIA州事務所は、大地主や有力者の要請による支線水路や小水路を建設し、組織強化プログラムに沿った指導の形跡は伺えなかった。

1996年になりカパヤスダムの嵩上げが着工され豊富な用水が確保されるようになった。同じ頃からBIAPPとしてプロジェクトの職員が農家と接触を持つようになった。そして、上流優先取水で、取水が容易にできない区域の手当てを放置される等公平な水配分が実施されていないようであった。

一方、用水が容易に利用できる農家からは水利費の徴収が役員を通じて厳しく徴収されていた。

組織強化プログラムの実施は、このサブサイトでは資金不足により施設の修繕が機動的に実施されなかったり、IDOを含む現地指導者の組織の自立を促すような指導が伺えなかったことから組織強化に関する理解不足等の理由により実効が上げられないで来たようである。

## ③プロジェクト活動

プロジェクト活動では組織強化として最初から明確な目標として「IAは自ら会議を開催してその方針を決定できるようになること」「規則を作りその改正が自らできるようになること」「IAは自ら財務管理ができるようになること」が掲げられていた。プロジェクトの目標に沿って以下、主要な活動内容を紹介したい。

### （ア）IA規則の制定とその実行について

1992年2月水利組合のSEC登録時に組合組織（Bylaw）を制定した。この組合規則の内容は役員資格要件や任期について、幹部会（BOD：Board of Director）、6委員会の設定や総会（GA：General Assembly）会議、BOD会議の運営そして水利費等（ISF：Irrigation Service Fee）のレートが175kg/haであることなどが記載されていた。しかし、IA規則の内容について農家同様プロジェクトの職員も十分理解しておらず、プロジェクトでは次回選挙時までに現状との不都合を解消するように組合規則の改正と農家への周知を図るよう水利組合役員の開く会議を支援した。

また、それぞれのIAでは順次内部規定が決められ、IA役員の報酬や水利費徴収人の報酬、会議の開催規定、違法取水の罰則などさまざまな罰則規定も決められた。しかし、罰則規定は実行されていない。特に水路清掃などのボランティアワークは組合員の多くが他の職業を持っているために欠席者が多く、50ペソほどの罰金が徴収されたことはないようだ。プロジェクトでは、罰則規定決定に当りこのような農家の事情を盛り込んだ方策を導けないでいた。

### （イ）IA会議開催について

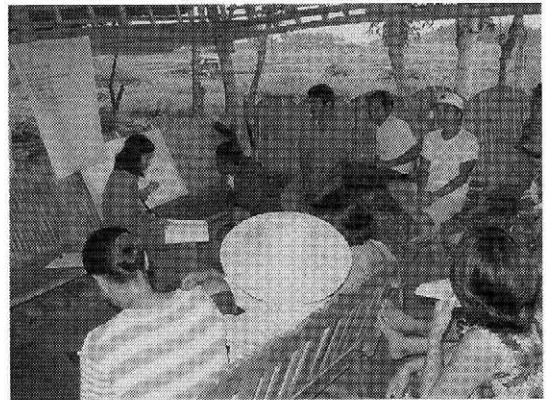
組合規則にあるGA会議は期別で開催することになっており、1999年11月以降プロジェクト職員



の献身的な支援により、当初の会議開催はプロジェクト職員の主導で運営されたが2001年の6月の開催では1つのIAでプロジェクト職員のサポートを必要とした他は自主的に運営できるようになった。

BOD会議は月例の会議ですべての農民グループ (FIG : Farmers Irrigators Group) のリーダーが集まる会議で、回数を重ねるごとに会議の内容が充実していった。LA水利組合では、プレジデントのもとに夫々の役員が役割をこなし、2001年の改選後に新プレジデントに代わった時点で役員自らが新役員のためのリーダーシップトレーニングを開催し確実に引継ぎができたことは特筆すべきことである。LB水利組合では役員Tの家で開催されることが多く、活発な議論が交わされ会議は大変盛りあがった。内容はそれぞれの立場を主張しているのが主な発言とはいうものの夫々の意見が相互理解を深めていると感じられた。2000年10月プレジデントが交代し、下流のT地域のVグループのリーダーJが就任したことでLB水利組合全体が強力なリーダーシップのもと統率されるに至った。また、LCC2水利組合も献身的な若いプレジデントのもとで活発な議論がなされ、2001年の改選によって新しいプレジデントになったがその気運は継続された。しかし、この中でLC1水利組合は強力なリーダーの下でほとんど専制的なBOD運営が実施されてきたこともあり様々な問題や疑惑も封じられたままになっていた。2001年の改選で新しいプレジデントGになって積極的なIA活動が見られ今後が期待される。以下にBOD会議の出席率の表を載せているが、いずれのIAも高い出席率を維持している。100%以上の出席とあるのは、BOD以外の役員の出席を得て実施した会議で、重要な会議が開催される場合が多い。

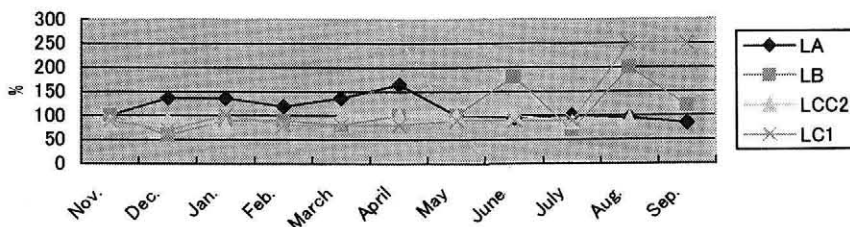
FIGは1999年11月からIAの活動をさらに活性化させるために組織を細分化した最小の農家がより親密に交流できる単位として構成され、月例の会議開催が予定された。実際には農繁期には見送られたり問題ないと中止されることが度々であった。会議開催はFIGリーダーの資質や参加意識の高いFIGに限って参加率が高くその他は自主的には開催も難しいFIGも多くあり、参加率は60~70%程度でプロジェクト職員の粘り強い支援が続けられている。



FIGの会議風景

(ウ) ISF徴収とその実態

1995年の調査結果から1992年2月時点ではISFの徴収量は175kg/ha/作期となっており、その用途は15%がIAの維持管理費、10%がISF徴収費、75%がNIAの維持管理費として分配されている。ISFの徴収は粳で集められIAの役員が兼務しており、これをNIAの地方事務所が集積してNIAが現金化してNIA州事務所に取められた。この間1993年雨期作以降1996年乾期作までの徴収率は50%程度と低迷している。しかし、受益面積の増加と共に徴収した粳の量も11.5t/年から年々増加してきている。以下にNIA地方事務所の作成したISFの徴収率の経過表を示す。



BOD会議の出席率

年	乾期面積	雨期面積	徴収すべき量	実徴収量	割合
1993	—	121.6ha	21.284t	11.478t	53.9%
1994	121.6ha	151.7ha	47.838t	25.898t	54.1%
1995	158.5ha	234.2ha	68.722t	37.428t	54.4%
1996	330.6ha	—	57.859t	29.577t	52.9%

(NIA地方事務所 作成；植え付けられた面積に対する徴収されたISFの割合)

2000年2月にNIA地方事務所とIAとの間で締結された管理に関する覚書ではISFの徴収量は125kg/haとされ、IAが自ら徴収してNIAに現金で支払うこととされた。このときの粳の換算レートは食料庁(NFA: National Food Authority)の公定レートとして雨期(3月～8月)は10ペソ、乾期(10月～2月)は9ペソと決められた。そしてISFの内訳は

乾期は経常経費(SSF: Social Service Fee) 100kgとして50%ずつNIAとIAで分配する。そして特別徴収金(ASF: Additional Service Fee) 25kgとして全額IAが受け取る。

雨期にはSSFを75kgとして50%ずつIAとNIAに配分する。そして50kgはASFとしてIAが受け取ると取り決められた。

収穫前に、通常よりツングロウィルス病による被害などで収穫が減少していると判断されると、ISFの減免処置がなされてきた。しかし、その内容が農家に周知され公平に処理されているか疑問視されていたことから、その基本的考え方などをNIA本庁に確認し、自然災害を受けた場合特に洪水や台風、旱魃などでは収穫量の落ちた(40CAVANS/ha以下: 粳の量の単位で1CAVANは50kg)農家からはISFを徴収しないことをIAに情報提供をした。農家には収穫量が40CAVANS/ha以下の場合には支払わなくて良いと誤解して、自分の水田の収穫量は40CAVANSより少ないと訴える農家もでて混乱した。このためしばらくの間、減免処置のルールは自然災害を受けた時に適用されることを繰り返し説明する必要がある。結局、農家がISFの減免処置が地方事務所(LGU: Local Government Unit)などの機関と連携して決められること、公平に処理されることを周知させる良い機会だったと思われる。

2000年乾期から2001年乾期までの3シーズンのISFの徴収額と徴収率を下表に示す。この期間は、IA自らがISFを徴収するシステムを構築しながら

歩んだ期間である。特に、かんがい作付台帳(LIPA: List Of Planted Area)の作成は農家には不慣れで手間取った。これに基づいて水利費請求書(Water Bill)を発行し、ISF徴収人は徴収して会計に収めると徴収費用が10%支払われるが、徴収の過程で不正が起こることもたびたびであった。それでも少しずつ手続きに慣れて改善されてきた。

下表では徴収率は4つのIA平均では53%程度となっているが、個々のIAを見ると84%もの高徴収率を確保している作期もあり、なかでもLA水利組合では地主に小作が支払うべき小作料の徴収役がいて小作料の徴収と同時にISFを徴収するという例があり興味深い活動である。4つのIAの1996年までの通年の年平均徴収量25tに比べて、近年は1シーズンで平均20tを確保できるようになったことは、大変な進歩を遂げているといえる。

乾期2000	LA	LB	LCC2	LC1	TOTAL
実徴収量	6.495 t	2.657 t	7.251 t	3.19 t	19.593 t
割合	70%	31.7%	84.4%	59.2%	61.3%
雨期2000					
実徴収量	9.925 t	4.009 t	7.034 t	1.701 t	22.669 t
割合	74%	40.2%	50.2%	38.3%	50.7%
乾期2001					
実徴収量	7.430 t	2.079 t	4.806 t	3.480 t	17.795 t
割合	51.2%	22.1%	28.8%	53.9%	39%

近傍の先進地区(BHIP I)ピラールは1996年に完成しNIAが直轄管理して管理が行き届いている地区だが、ISF徴収率は2000年乾期は74%、2000年雨期は55%、2001年乾期は65%となっている。カパヤス地区を見るとISFの徴収に係る作業を一切IA自らが実施していることを考慮するとこの数値を確保しているのは検討している結果と思われる。

#### (エ) 財務管理について

1999年11月以降の活動で財務管理についてはプロジェクト職員にも十分な知識がなかったことからNIA本庁からの指導を仰ぎNIAの持っている様々な様式に従ってその記入要領やまとめ方について訓練や研修を実施した。実際にはプロジェクト職員が各IAの財務担当の役員を定期的に訪問して記載方法等を指導した。その結果1年後のGA会議での財務関係報告資料の作成ができるようになった。一方、IAによってはその経理内容が不透明な場面が見られた。特に、ISF徴収人が

徴収金を不正着服してしまった例がその主なものでした。この対策には台帳の整理を徹底したり、別途プロジェクト職員が働きかけて返済するよう再度の要請をした。ISF徴収人の不正に関して、LCC2水利組合のGA会議では不正をした元役員の名前が公表され新プレジデントは今後一切ないようにすると決意表明した。その後2001年6月に財務担当の役員が代わったことから前任者の引継ぎが十分出来るように、改めて前任者と同様の研修が必要なことをないよう指導したが、プロジェクト職員の支援は継続している。

#### (オ) IA運営について

1999年11月以降プロジェクト職員によるIA運営支援活動が本格的に開始され、2000年2月管理に関する覚書がNIAとの間で締結されたことによってIAは水路の維持管理を始めISFの徴収など多くの部分を自ら実施することが明確になった。IA支援の具体的な目標を見出しIAの運営の支援を大きく展開することになった。NIAがIAを管理するのは違い、プロジェクト職員は常にIAの自主的な活動支援を心がけた。その活動が既に記載した会議開催の支援、財務管理の支援、ISF徴収のシステム構築の支援であり、地道な活動が継続された。そして、IAの変化はISFの徴収余剰金の運用によって生じてきたようである。2000年乾期のISF高徴収率を受けて、LCC2水利組合で見られた足踏み脱穀機4台、唐箕1台が購入され共同利用されることになった。LB水利組合では水路延長が長いために支線水路の監視が優先され、用水を下流まで到達させるために水管理人を雇うことになった。それは他のIAでも採用されている。さらにLA水利組合で見られる動きで、これまでプロジェクトにより提供されてきた肥料回転資金(FRF:Fertilizer Revolving Fund)やFIGレベルの種籾生産システムをIAが自ら実施できないかとの構想が持ち上がり、2001雨期にはIA運営によるFRFが開始され、手始めにBODメンバーのみで実施された。この計画は資本の蓄積後、一般組合員にも展開する予定とされている。種籾生産システムについては、FIGの種籾生産者から収穫後IAが種籾を買い上げ、次ぎの作期に組合員に販売されるというもので、まだ構想の段階である。いずれにしても、余剰金による波及効果とは絶大というところでしょうか。

以上のように水利組合組織強化策として実施した項目は非常に多く、多岐にわたり、それぞれに関連している。その中で、フィリピンの組織強化プログラムが成功する条件を他地区の成功事例に探すと、プロジェクト実施以前にすでに「ゆい」等で農家間相互の互助制度が確立しているとか、狭い受益地で受益者と居住地のバランガイとが同じ構成員で組織が形成される場合などプロジェクト地域にすでに核となる組織があることは重要な要素と思われる。従って従前の組織を基礎に農家の要望を明確にし、農家の合意形成ができればINPUTは非常に効果的に働くと思われる。本プロジェクトでも遅きに帰した感はあるが、プロジェクト職員によるプロジェクト管理(PCM:Project Cycle Management)手法やフィリピン独自のSWOT(Strengthen Weakness Opportunity Threaten)手法を実施して少しでも現状を改善しようと継続してきた。結果は短時間に現れないが継続した活動が必要と思われる。



SWOT手法による問題分析風景

フィリピンのIAに接して感じたことは、フィリピンの本事例のように管理費でさえ支払わずに、組織活動には我関せずという農家の無関心の意識は日本でも共通のものだが、IAの中には今まさに組織的に様々な活動を展開しようという可能性が見られ、組織創生期のエネルギーを感じた。そこには農家の意向を代表するIAの活動が手に取るように見られて心地よいものだった。組織の「力」という意味でまだまだ弱体だが可能性に満ちた水利組合の将来を楽しみ注目していきたい。

プロジェクト5カ年の内、水管理専門家として前半は田中宏専門家、後半を小生が担当した。プロジェクト活動に際し他分野の専門家だけでなく



短期専門家の方々に一方ならぬご指導を頂き紙面を借りてお礼申し上げます。無事に任務を終了しここに報告できる幸せに感謝し重ねてお礼申し上

げます。ありがとうございました。最後に、現在フォローアップでご苦勞されている専門家の御健闘を祈念しております。

# 小田ダムの堤体盛立初期における埋設計器の挙動について

原田 幸治\*  
(Yukiharu HARADA)

鈴木 元和\*  
(Motokazu SUZUKI)

渡部 均\*\*  
(Hitoshi WATANABE)

齋藤 高志\*\*  
(Takashi SAITOU)

## 目 次

1. 国営迫川上流農業水利事業及び小田ダム工事の概要	21	3. 小田ダム堤体埋設計器の設置状況	22
2. 小田ダムの堤体設計の概要	21	4. 盛立初期の堤体埋設計器の挙動	23
		5. おわりに	29

### 1. 国営迫川上流農業水利事業及び小田ダム工事の概要

迫川上流農業水利事業は、宮城県北部の栗原郡築館町、若柳町、栗駒町、一迫町、鶯沢町、金成町、志波姫町、登米郡石越町および岩手県西磐井郡花泉町の計9町に展開する10,490ヘクタールの水田を受益地として、かんがい施設を総合的に整備するものであり、水源施設として、北上川水系二迫川に荒砥沢ダム（総貯水量1413万トン）、北上川水系迫川支流長崎川に小田ダム（総貯水量972万トン）を新たに建設して用水の安定供給を図ろうとするものである。

荒砥沢ダムについては、国営迫川上流（一期）事業として、平成8年に完成し、すでに供用を開始している。小田ダムについては、国営迫川上流（二期）事業として、平成17年度の事業完了へ向けて現在建設が進められており、平成12年6月から盛立を開始し、平成13年5月の定礎式を経て本格的な盛立が進んでおり、平成15年に盛立を完了する予定である。

### 2. 小田ダムの堤体設計の概要

本ダムの特徴は、基礎泥岩の変形係数が1000～3000kgf/cm<sup>2</sup>と小さく、25cm程度の基盤の沈下が予想された。そのため、この沈下によるグラウトカーテンの破壊に対して、堤体の安全性を確保するように堤内水平ブランクット工法を採用することとしたことである。そのため、図で見るとおり、ゾーンIが長い水平部を持つものになったことである。（図II-1 小田ダム標準断面参照）

各ゾーンの材料は以下の通りであり、材料設計数値は、表II-1に示す通りである。

#### A. ゾーンI（コア材）

ゾーンIの標準コアとコンタクトコアは、ダム堤体下流の土取場から採取されるベース材（ロームと段丘堆積物）と洪水吐掘削により発生する粗粒材（低熔結凝灰岩（K-Wt-2）を互層パイルしてブレンドしたものを使用。

なお、コンタクトクレーは、ロームを単体で使用することとし、標準コア及びコンタクトコアの材料については径100mm以上の礫を除去して使用。

堤 体	形 式	中心遮水ゾーン型ロックフィルダム	堤 体 積	1 3 4 1 千 m <sup>3</sup>
	堤 高	4 3 . 5 m	有効貯水量	9 0 1 0 千 m <sup>3</sup>
	堤 長	5 2 0 m	総 貯 水 量	9 7 2 0 千 m <sup>3</sup>
	基礎地盤	新第三期鮮新世泥岩（竜ノ口層） 新第三期鮮新～新第四期更新世凝灰岩、熔結凝灰岩、砂岩、礫岩 シルト岩（北川層）	うち治水容量	1 0 1 0 千 m <sup>3</sup>
洪水吐	形 式	側水路型	排 水 量	6 1 0 m <sup>3</sup> / s

表 I - 1 小田ダムの概要

\*東北農政局迫川上流農業水利事業所（Tel. 0228-22-9321）  
\*\*東北農政局迫川上流農業水利事業所小田支所

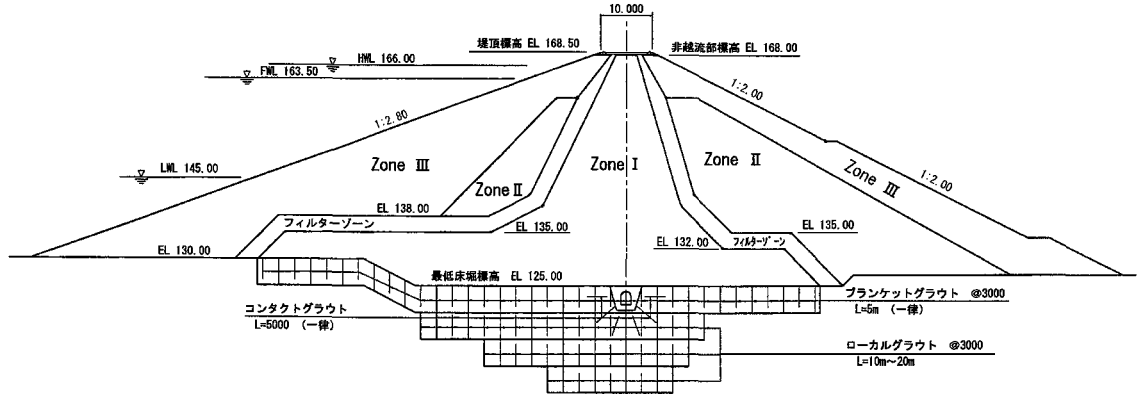


図 II-1 小田ダム標準断面図

表 II-1 小田ダムゾーン材料設計数値一覧表

ゾーン区分	ゾーン I	ゾーン II	ゾーン III	フィルターゾーン
材料種別	遮水性材料	トランジション材料	ロック材料	フィルター材料
比重 $G_s$	2.71	2.22	2.61	2.72
乾燥密度 $\rho_d (t/m^3)$	1.47	1.66	1.90	2.08
湿潤密度 $\rho_t (t/m^3)$	1.89	1.76	1.92	2.09
間隙比 $e$	0.84	0.34	0.37	0.31
飽和重量 $\rho_{sat} (t/m^3)$	1.92	1.91	2.18	2.31
水中重量 $\rho_{sub} (t/m^3)$	0.92	0.91	1.18	1.31
粘着力 $c (Mpa)$	0.05	0.0	0.0	0.0
内部摩擦角 $\phi (^\circ)$	32	38	42	38
透水係数 $(cm/s)$	$k \leq 1 \times 10^{-5}$	$k \geq 1 \times 10^{-3}$	$k \geq 1 \times 10^{-2}$	$k \geq 1 \times 10^{-3}$

ベース材（ローム材と段丘堆積物）のブレンド比率（体積比）は、ローム：段丘堆積物＝1：1、また、ベース材と粗粒材のブレンド比率（体積比）は、ベース材：粗粒材＝1：1。

含水比の高い盛立材料は、曝気その他の方法で含水比調整を行った後、盛立材料として搬出。

#### B. ゾーンII（トランジション材）

ゾーンII材は、下流原石山の熔結凝灰岩（K-Wt-1）を使用。

#### C. ゾーンIII（ロック材）

ゾーンIII材は、購入材（安山岩）を使用。

#### D. フィルター材

フィルター材は、許容粒度に調整された購入材料（クラッシャーラン、山砂の混合物）を使用。

### 3. 小田ダム堤体埋設計器の設置状況

堤体及び基盤内の埋設計器は、堤体断面の形状・堤体荷重等を考慮し、図III-1に示す5つの断面に設置する。

#### ・ A断面（No.10）

…………… 堤体荷重が最大となる河床部断面

#### ・ B断面（No.5+18）

…………… 左岸ブランケット移行部代表断面

#### ・ C断面（No.14+5）

…………… 右岸ブランケット移行部代表断面

#### ・ D断面（LBN0.2）

…………… 左岸ブランケット部代表断面

#### ・ E断面（RBNo.3）

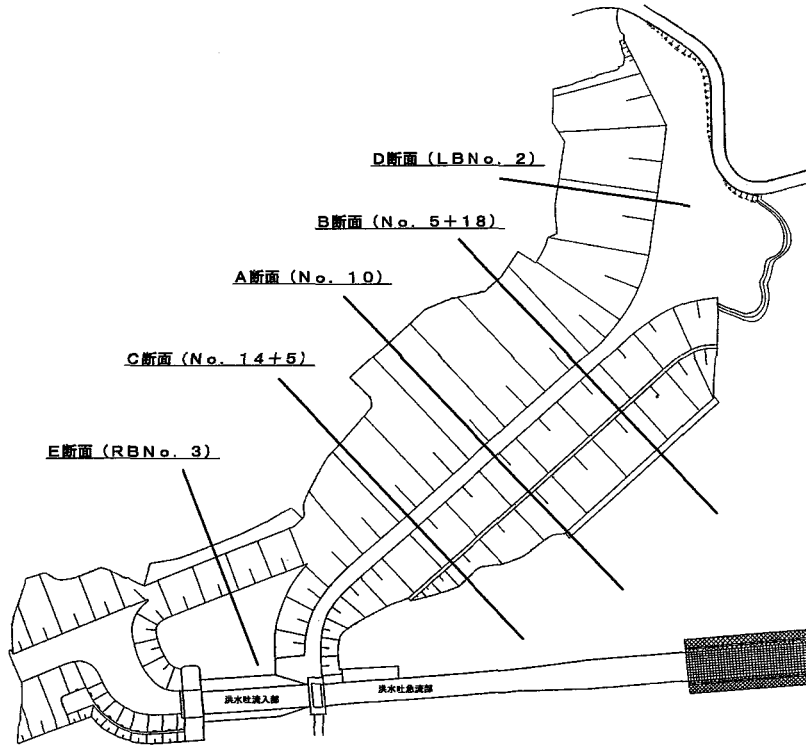
…………… 右岸ブランケット部代表断面

埋設する計器は、電気式間隙水圧計（67個）、土圧計（11個）、地震計（3個）、クロスアーム式層別沈下計（3ヶ所）、岩盤変位計（11ヶ所、うち2ヶ所は多段式）である。

また、監査廊内には、鉄筋応力計（4ブロック）、温度計（4ブロック）、継目計（11ブロック）、簡易継目計（15ブロック）、浸透圧観測孔（12ブロック）を設置した。

各計器の設置位置は、表III-1～3に示すとおりである。





図III-1 小田ダム埋設計器設置断面位置図

表III-1 電気式間隙水圧計・土圧計埋設一覧表

断面	標高	間隙水圧計	土圧計	断面	標高	間隙水圧計	土圧計	断面	標高	間隙水圧計	土圧計
A	95.0	1		D	106.0	1		E	110.0	1	
	110.0	6			121.0	3			125.0	3	
	120.0	8			131.0	2			135.0	3	
	125.0	7	5		135.3	4			139.3	3	
	130.0	1	1		136.0		1		140.0		1
	140.0	4	3		140.0	1			145.0	1	
	150.0	3	1		150.0	1			150.0	1	
	160.0	1			160.0	1			156.0	1	
計	4	1	9	計	1	3	1	計	1	3	1

表III-2 地震計・クロスアーム式層別沈下計・岩盤変位計埋設一覧表

断面	地震計	クロスアーム式層別沈下計	岩盤変位計
A及びその付			3
A (ダム軸)	(EL.125.0, 150.0, 168.5) 3	EL.125.0~167.0 (3m間隔) 1 5	多段式 (5段) 2
B (ダム軸)		EL.140.0~167.0 (3m間隔) 1 0	1
C (ダム軸)		EL.140.0~167.0 (3m間隔) 1 0	1
D			2
E			2
計(個数)	3	3 5	1 1 (1 9)

#### 4. 盛立初期の堤体埋設計器の挙動

本堤盛立 (EL.125~EL.168.5) は平成12年6月19日より開始され、平成13年末には、EL.147.

5まで約65万<sup>m</sup> (総盛立量134万<sup>m</sup>) の盛立を行った。

なお、冬期 (12月~3月) は、気温の低下及び含水比調整が困難なことから、盛立を休止する。

表III-3 監査廊内埋設計器設置一覧表

	設置位置	測定地点数	測定方向・部位別計測器数
鉄筋応力計	左岸部	1	各地点
	河床部	1	横断方向10個
	右岸部	2	縦断方向 6個
温度計	左岸部	1	各地点 インバート 2個
	河床部	1	アーチサイド 6個
	右岸部	2	アーチ 1個
継目計	左岸・河床間	1	各地点
	河床部	5	インバート 1個
	河床・右岸	1	アーチサイド 4個
	右岸部	4	アーチ 1個
簡易継目計	左岸部	4	各地点
	河床部	5	アーチサイド 4個
	右岸部	6	アーチ 1個
浸透圧観測	左岸部	4	
	河床部	2	
	右岸部	6	

以下は、平成13年8月までの盛立初期の堤体埋設計器の挙動状況である。

(1) 基盤内間隙水圧計

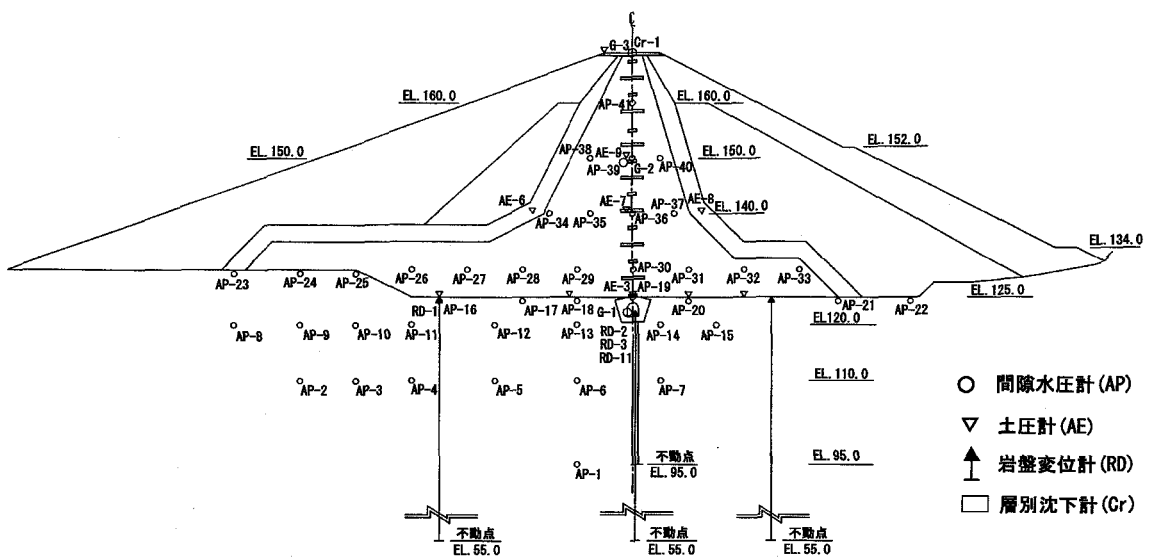
基盤内の間隙水圧は、コア数部に設置したAP-1～25にて計測が行われている。盛立開始時からの間隙水圧挙動をまとめると次のとおりである。

- ① 間隙水圧値は盛立施工中（H12.6～H12.11及びH13.4～H13.8）では上昇する傾向を示し、盛立開始後からの上昇幅はダム軸上流側で6～8m（水頭換算値）、下流側で2～5mである。一方、冬期盛立休止期間（H2.12～H13.3）では、間隙水圧値は一定値を示し変動は認められない。
- ② H12.7.1（盛立開始直後）及びH13.8.21

の間隙水圧分布状況を比較すると、盛立開始直後の間隙水圧値は一律にEL.125程度であったのに対し、H13.8.21ではEL.127～EL.135に上昇し、上下流方向に水頭差で8m程度生じている。これは基礎地盤及び水平コア部並びにブランケットグラウチングの止水効果により、上流側から下流側への地下水の浸透が抑制されているためと考えられ、基礎地盤及び水平コア部ならびにブランケットグラウチングの止水効果が認められる。

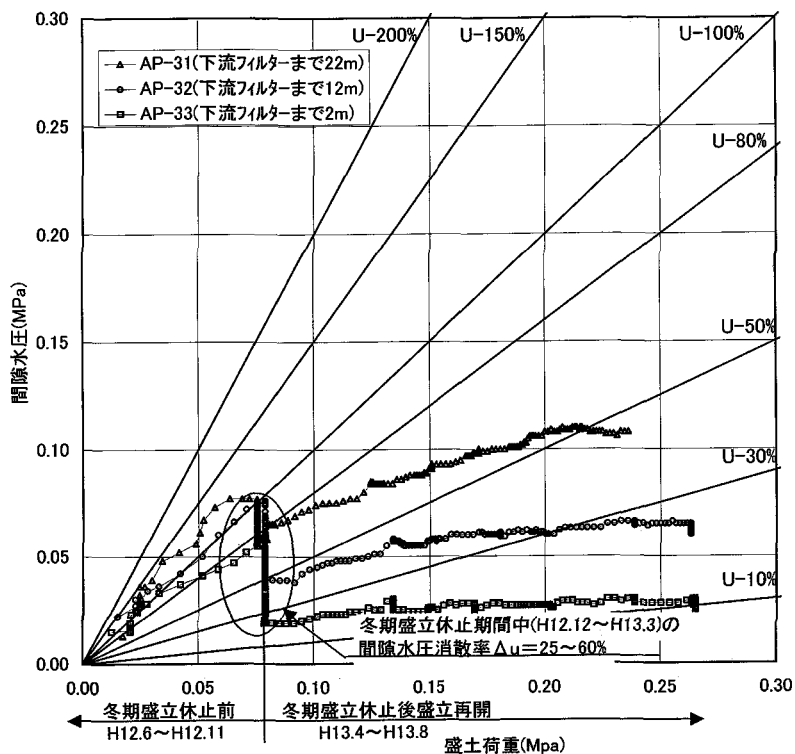
(2) 堤体内間隙水圧計

間隙水圧は、AP-26～37（ZoneI内、EL.130及びEL.140）にて計測が行われている。堤体内間隙水圧計の挙動をまとめると次のとおりである。



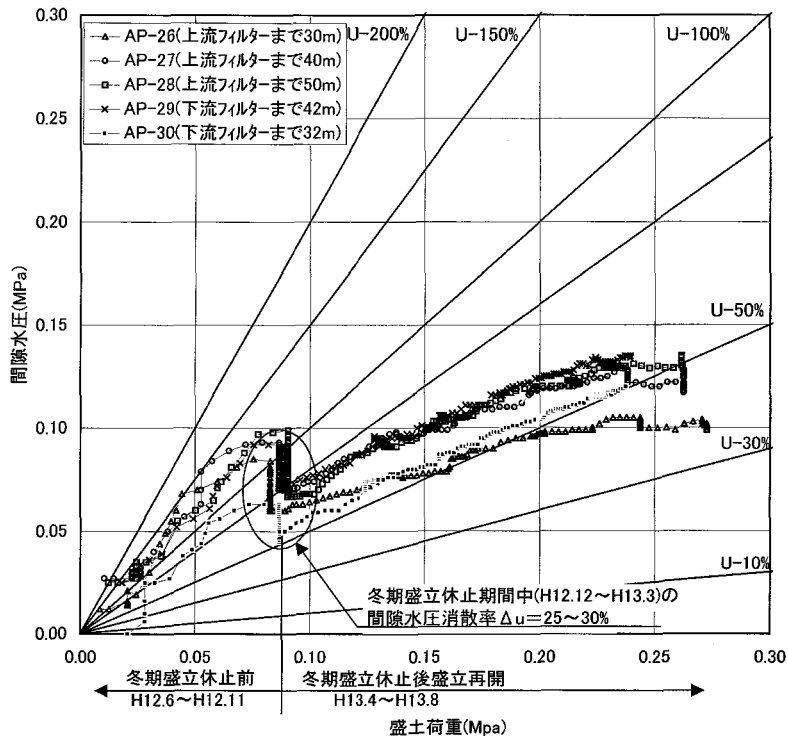
- ① 間隙水圧値は盛土荷重の増加（盛立の進行）に伴い上昇する挙動を示す。
- ② AP-26～33 (EL.130) の間隙水圧値は、冬期盛立休止期間 (H12.12～H13.3, 休止標高EL.134.6) に消散する挙動を示す。同期間中の間隙水圧消散率 $\Delta u$ は、ダム軸上流側 (AP-26～30) で $\Delta u=25\sim30\%$ 程度、下流側 (AP-31～33) で $25\sim60\%$ 程度となっており、下流側の方が大きくなっている。これはAP-26～30 (上流側) に比べ、AP-31～33 (下流側) の方がフィルターゾーンに近く、排水路長が短いことによるものと考えられる。
- ③ 盛土荷重に対する間隙水圧発生率 $u$ を整理すると次のとおりである。
  - ・ AP-26～33 (EL.130) 及び AP 35～37 (EL.140) の間隙水圧発生率 $u$ は、計測開始当初、 $u=80\sim150\%$ 程度と高い値を示す。これは計器設置直後（盛土高の小さい時点で）の大型重機施工による過剰荷重が影響しているものと考えられる。また、②で述べた冬期盛立休止期間中の間隙水圧消散により、休止後のAP26～33 (EL.130) の間隙水圧発生

- 率 $u$ は $u=25\sim80\%$ 程度に低下している。
- ・ AP-26～33 (EL.130) の間隙水圧—盛土荷重の関係を冬期盛立休止前後で比較すると、盛立休止後の方が緩やかな勾配の直線関係にある。
  - ・ AP-34 (EL.140) の間隙水圧発生率 $u$ は計測開始当初より $u=10\%$ 程度と他の計器より小さい値を示す。これは他の計器に比べ、フィルターゾーンに近く排水路長が短いことによるものと考えられる。
  - ・ H13.8.31時点の間隙水圧発生率 $u$ は次のとおりである。
    - AP-26～30 (EL.130, ダム軸上流側) :  $u=35\sim55\%$
    - AP-31～33 (EL.130, ダム軸下流側) :  $u=10\sim45\%$
    - AP-34 (EL.140, ZoneI上流端) :  $u=5\%$
    - AP-35～37 (EL.140, ダム軸及び上下流ZoneI内) :  $u=80\sim115\%$
  - ・ 堤体内EL.130では、計測開始当初、間隙水圧発生率 $u$ が高い値 ( $u=80\sim150\%$ ) を示したが、冬期盛立休止期間中に間隙水圧は消



図IV-2 盛土荷重に対する間隙水圧発生率 (ダム軸上流側, 設置標高EL130.0)





図IV-3 盛土荷重に対する間隙水圧発生率 (ダム軸下流側, 設置標高EL130.0)

散し現時点 (H13.8.31) で  $u=10\sim55\%$  程度まで低下している。

一方, 堤体内EL.140では, 現時点で  $u=80\sim115\%$  と高い値を示す。

(3) 土圧計

土圧計は着岩部 (Zone I, EL.125) 及び堤体内 (Zone I 及び上下流フィルター, EL.140) に設置している。施工時の土圧発生状況は次のとおりである。

① 土圧値は盛土荷重の増加 (盛立の進行) に伴い上昇する挙動を示す。

② 着岩部 (AE-1~5) の土圧値は, 盛土荷重が一定となる冬期盛立休止期間 (H12.12~H13.3) では概ね一定値を示す。

③ 表IV-1は, 着岩部 (AE-1~5) の土圧計計測値 (8/31) とFEM解析を比較したものである。

- 計測値は解析値 (鉛直応力  $\sigma_y$ ) に比べ大きくなっており, 両者の差異は0.01MPa~0.18MPaとなっている。

- 解析値 (鉛直応力  $\sigma_y$ ) は, 0.32MPa程度で一様な値となっているのに対し計測値は0.

表IV-1 土圧計計測値とFEM解析結果の比較

	計器No.	設置位置	計測値 (H13.8.31)			FEM解析結果			
			盛土高 (m)	計測値 (Mpa)	土圧発生率 (%)	盛土高 (m)	鉛直応力 $\sigma_y$ (Mpa)	土圧発生率 (%)	
着岩部 EL.125	Zone I	AE-1	上流-35m	18.2	0.33	90	19.0	0.32	85
		AE-2	上流-10m	17.3	0.36	110	19.0	0.32	90
		AE-3	センター	17.6	0.34	100	19.0	0.32	90
		AE-4	下流-10m	17.3	0.34	100	19.0	0.32	90
		AE-5	下流-20m	18.4	0.50	140	19.0	0.33	90
堤体内 EL.140	上流フィルター	AE-6	上流-17.5m	3.0	0.08	145	-	-	-
	Zone I	AE-7	センター	2.6	0.08	150	-	-	-
		下流フィルター	AE-8	下流-35m	2.6	0.06	100	-	-

33~0.50MPaの範囲で分布している。

④ 表IV-1より、盛土荷重に対する土圧発生率(計測値に基づく)は、着岩部(AE-1~5)で90~140%、堤体内EL.140(AE-6~8)で100~150%である。土圧値は盛立の進行に伴い増加し、盛土荷重に対する土圧発生率は、一部140%を越えるものもあるが、概ね100%程度を示し、盛土荷重の伝達状況は良好と考えられる。

(4) 層別沈下計

施工時の堤体内沈下量は、河床部No.10断面にて計測が行われている。盛土高17m時点での堤体沈下挙動は次のとおりである。

① 各クロスアームの沈下量は盛土の進行に伴い増加する傾向を示す。また、盛土荷重から一定となる冬期休止期間では沈下量は概ね一

定値を示す。

② 堤体内部の沈下形状に凹凸形状は認められず、樽形状を示す。

③ 現時点(H13.8.21)の堤体内最大沈下量は18.4cmである。

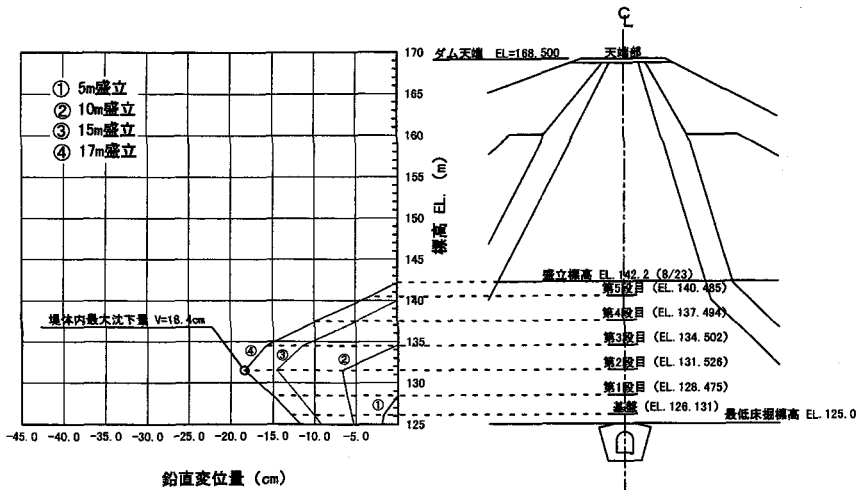
(5) 岩盤変位計

岩盤変位計の施工中の挙動をまとめると次のとおりである。

① RD-1~4及びRD-11は、盛土荷重の増加に伴い沈下量も増加する傾向を示す。

また、盛土荷重が一定となる冬期盛立休止期間では、沈下量は概ね一定値を示す。

② 多段式岩盤変位計を設置しているRD-2, 3(No.10断面, ダム軸)は、固定深度と沈下量に相関関係が認められ、固定深度が深くなるに従い沈下量は大きくなる傾向を示す。



図IV-4 層別沈下計に基づく堤体内沈下量

表IV-2 岩盤変位計測値とFEM解析結果の比較

岩盤変位計設置位置 断面		計器No.	固定深度 (m)	計測値 (cm)	FEM解析結果	
					縦断解析 (cm)	横断解析 (cm)
No. 10	上下流方向	RD-1	70	13.8	12.7	7.8
	ダム軸	RD-2-1	30	7.2	6.5	4.0
		RD-2-2	20	4.2	5.4	2.9
		RD-2-3	16	3.3	5.0	2.5
		RD-2-4	12	1.8	3.5	1.7
		RD-2-5	8	1.1	1.7	0.9
	ダム軸	RD-3-1	70	11.7	11.0	7.8
		RD-3-2	55	11.1	9.1	6.5
		RD-3-3	40	9.3	7.6	5.0
		RD-3-4	30	7.6	6.5	4.0
RD-3-5		24	6.5	5.8	3.3	
No. 10+7.0	下流 25m	RD-4	70	12.3	12.1	8.2
No. 10+14.0	ダム軸	RD-11	30	6.5	8.6	4.0

次の点から、岩盤変位計は正常に作動しているものと考えられる。

- ・ 計測沈下量は、盛土荷重と連動した挙動を示している。
- ・ 多段式岩盤変位計計測沈下量は、固定深度と相関関係（固定深度度が深くなるに従い、沈下量も大きくなる）が認められる。
- ・ 計測沈下量は絶対沈下量（測量結果）と概ね一致している。

また、計測値自体についても既往縦断解析値から想定される範囲内にある。

岩盤変位計は基盤内固定点と計測点（廊内及び基盤表面）間の圧縮量を計測している。従って、同一地点で計測した場合、固定深度が深い方は浅い方を包括して計測することとなり、沈下量は固定深度が深い方が大きくなる。

#### (6) 監査廊内鉄筋計

監査廊鉄筋応力は、図IV-5に示す監査廊ブロックのC-7, L-7, R-7, R-24にて計測している。

鉄筋応力の挙動は次のとおりであるが、引張応力値は鉄筋の許容引張応力度 $\sigma_{sa}=157\text{MPa}$ を下回る結果となっており、現時点では盛立に伴う引張応力増加も認められない。

- ① 監査廊横断方向で引張応力状態となっている計器は、表4-3のとおりである。
  - ・ 現時点（H13.8.31）の最大引張応力値は、R-24ブロックアーチ部で41MPaとなっている。
  - ・ 盛立開始以降の引張応力増加分は3~26

MPaを示すものの、挙動履歴を観ると引張応力値増加傾向は収束する方向にあり、現時点では概ね一定値を示す。

- ② 監査廊縦断方向で引張応力状態となっている計器は、R-24ブロックインバート部及び側壁下端部であり、引張応力値3~12MPaとなっている。また、監査廊横断方向と同様に引張応力値増加傾向は収束する方向にある。

#### (7) 監査廊内継目計・簡易継目計

監査廊ジョイント部の挙動は、図IV-5に示す位置にて計測している。

監査廊ジョイント部の挙動は次のとおりである。

#### 1) 河床部

- ① 左右岸方向の開き量は、左岸側隅角部ジョイント（C0-C1ジョイント、インバート部）で最大値0.6mmを示す。
- ② 鉛直方向のズレは、右岸側隅角部ジョイント（C13-C14ジョイント、側壁下流部）で最大値0.6mmを示す。
- ③ C0-C1ジョイントの開き量及びC13-C14ジョイントのズレは、盛立の進行に伴い緩やかに増加する傾向を示す。一方、その他の河床部ジョイントでは開き・ズレの増加傾向は認められない。

#### 2) 左岸アバット部

- ① 左右岸方向の開き量は0.4mm以下の値を示す。一方、鉛直方向のズレは認められない。
- ② 盛立の進行に伴う開き・ズレの増加傾向は認められない。

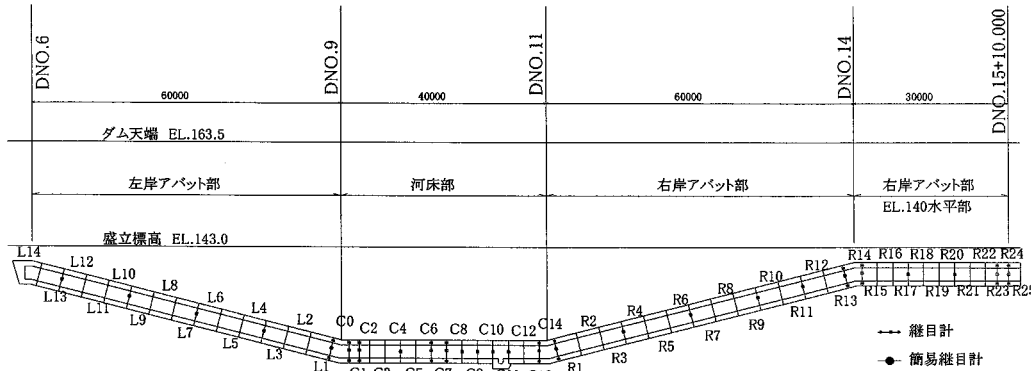
#### 3) 右岸アバット部

表4-3 監査廊横断方向で引張応力状態となっている計器

監査廊ブロック	引張応力発生箇所	引張応力値(Mpa)			盛立開始以降の引張応力増加分(Mpa)
		打設～硬化時	盛立開始時(H12.6.19)	現時点(H13.8.31)	
L-7	アーチ部	16	10	13	3
R-7	インバート上面	11	-5	2	7
	インバート下面	4	4	4	0
R-24	アーチ部	15	-	41	26
	インバート上面	-8	-	16	24
	インバート下面	8	-	8	0

表4-4 監査廊縦断方向で引張応力状態となっている計器

監査廊ブロック	引張応力発生箇所	引張応力値(Mpa)		盛立開始以降の引張応力増加分(Mpa)
		打設～硬化時	現時点(H13.8.31)	
R-24	上流側壁下端	1	5	4
	下流側壁下端	1	3	2
	インバート下面	7	12	5



図IV-5 監査廊継目計，簡易継目計設置位置

① 左右岸方向の開き量は次に示すジョイントで大きくなっている。

- ・ R6-R7ジョイント（アバット中位部）………上下流側壁にて2.2mm
- ・ R11-R12ジョイント（アバット上位部）………上下流側壁にて1.4mm
- ・ R13-R14ジョイント（アバット上位隅角部）………インバート・アーチ部及び上下流側壁にて2.0mm

② 盛立の進行と開き挙動の関係に着目すると、ジョイント部に盛土が到達する前では開き量は増加する傾向を示す。一方、盛土到達後では開き量は収束する傾向を示す。

③ 鉛直方向のズレは0.5mm以下の値を示す。

4) 右岸アバット部 (EL.140 水平部)

① 左右岸方向の開き量はカルバートタイプ監査廊とアクセストンネル (NATM) 接合部付近のR23-R24及びR24-R25ジョイントで大きくなっている。現時点の各ジョイントの挙動及び開き量は次のとおりである。

- ・ R23-R24ジョイント………アーチ部：3.8mm，インバート部：2.0mm

盛立の進行に伴い開き量も増加する傾向を示す。

- ・ R24-R25ジョイント………インバート部：2.0mm

開き量は概ね一定値を示し増加傾向は認められない。

② 鉛直方向のズレは認められない。

以上のジョイント部挙動を要約すると次のとおりである。

- ・ 河床部及び左岸アバット部ジョイントでは、

開き・ズレは小さく（最大0.6mm）、盛立進行に伴う顕著な増加傾向も認められない。

- ・ 右岸アバット部ジョイントでは、比較的开きが大きくなっている（最大2.2mm）。ただし、開き量は収束する傾向にあり、現時点では概ね一定値を示す。

- ・ 右岸アバットEL.140水平部では、アクセストンネル接合部の開きが大きくなっていることから、継目計とは別途監査廊内空より開き量測定を行った。測定結果は次のとおりであり、実測データの方が小さい値となった。

継目計データ……3.8mm

実測データ………2.5mm

ただし、継目計データでは盛立に伴い開き増加傾向が認められることから、今後綿密な挙動監視を継続する必要がある。

## 5. おわりに

本堤盛立 (EL.125~EL.168.5) は平成12年6月19日より開始され、平成13年末には、EL.147.5まで約65万 $m^3$  (総盛立量134万 $m^3$ ) の盛立を行った。さらに、平成14年度には、EL.157.5までの盛立を行い、平成15年度に、EL.168.5の最終盛立標高に到達する予定である。

現在までのところ、工程は順調に推移しており、本論で述べたように埋設計器についても、ほぼ想定どおりの値で推移している。その概要は以下のようである。

- ① 間隙水圧の消散は順当であり、冬期間盛立を休止することから、消散過程が顕著に確認出来る。
- ② 土圧の発生及び基礎地盤が変形係数の小さ

い泥岩を含むことから心配された沈下量は、FEM解析の予想にほぼ一致している。

- ③ 監査廊の鉄筋引張応力の発生及び継目計の観測値は、ほぼ順当であるが、右岸アバット部で監査廊とアクセストネルの接合部の継目計で実測を上回る値が観測されているので注意をしていく必要がある。

なお、今後は盛立が堤体上部および左右岸アバット部にもかかることから、堤体下部に盛立の及ぼす影響は一様でなくなること、また、本ダムの基礎が変形係数の小さい泥岩（左右岸アバット部

は熔結凝灰岩）であることから、なお一層埋設計器等の測定結果に注意しつつ、今後とも慎重な施工を行っていくこととしたい。

本論は、盛立初期の埋設計器の挙動について報告したものであるが、今後も機会があれば盛立の経緯について報告を行っていきたいと考えている。

末筆ながら、小田ダム建設にあたり、ダム委員会において長期にわたりきめ細かな御指導を頂いている沢田特別顧問（前委員長）、長谷川委員長はじめ諸先生方に深甚の敬意と感謝の意を表します。



# 管更正工法による既設管の改修

豊 福 真\*  
(Makoto TOYOFUKU)

目	次
1. はじめに .....	31
2. 地区の概要 .....	31
3. 既設管調査 .....	32
4. 工法検討 .....	34
5. 実施工法の概要 .....	35
5. おわりに .....	38

## 1. はじめに

老朽化した埋設管の改修に当たっては、従来、開削工法による布設替えが主流であったが、掘削残土の処分地の確保や旧管の産廃処分といった問題が発生していた。

環境に優しい土木工法の採用に社会的な視線が注がれる中、旧管の内面を改修する管更正工法は、環境に配慮した有効な手法と考えられる。

ここでは、岡山県の北東部に位置する西原ダムを貯水源とした畑地かんがい用水のパイプライン改修における管更正工法について紹介する。

## 2. 地区の概要

### 2-1 地域の地形及び気象

本地区は、中国山地の主峰那岐山の南麓一帯にあって、一級河川吉井川の支流梶並川及び広戸川の流域で南方に緩やかに傾斜する平均標高200m

の丘陵台地に位置している。

気象は、年間降水量・降雨日数ともに瀬戸内気候と裏日本の気候の中間型を示し、概ね良好な気象条件下にあるが、台風の季節ともなると時として「広島風」と呼ばれる那岐山からの突風に見舞われ、農作物や住居等に多大な被害を与えることがある。(写真-1, 2 参照)

### 2-2 対象施設

改修の対象となるパイプラインは、国営開拓パイロット事業で建設された主幹線水路であり、勝中央中核工業団地等へ水を供給する共同施設である。

#### (1) 国営事業の概要

事業名：国営開拓パイロット事業

地区名：勝英地区

受益面積：525ha（勝田郡勝中央町他4町）

工期：昭和42～54年度

主要工事：小坂頭首工（導水施設）(写真-3)

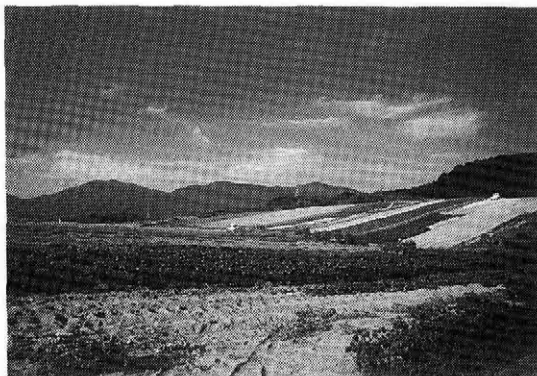


写真-1 受益地を通して那岐山を見る



写真-2 防風林

\*岡山県勝英地方振興局農林水産事業部 (Tel. 0868-72-0911内(283))

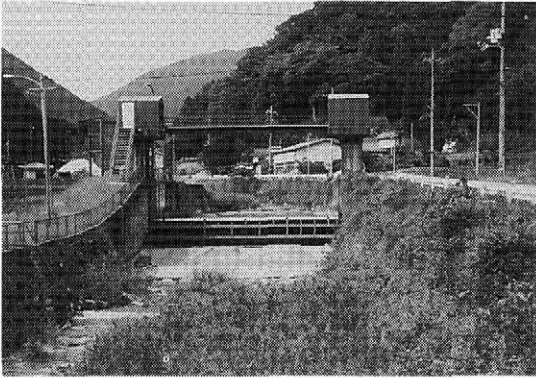


写真-3 小坂頭首工

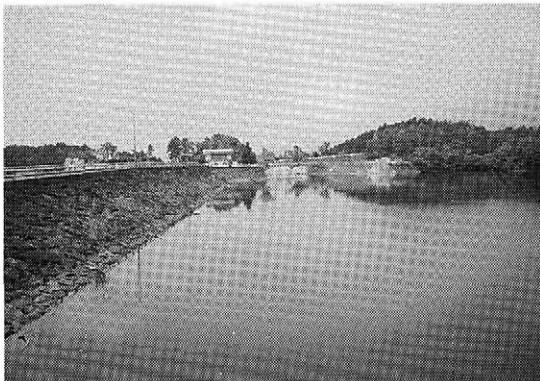


写真-4 西原ダム

西原ダム(写真-4)  
主・西部幹線, 東部・勝田水路  
加圧機場

総事業費: 83億700百万円

関連事業: 岡山県勝央中核工業団地  
用水供給事業  
奈義町上水道事業

管理団体: 勝英土地改良区

## (2) 現在までの経緯

事業完了後, 勝英土地改良区が管理を行っているが, 近年, 経年変化による老朽化等によって, 頭首工を始め各施設に故障や漏水が発生し, 支障が生じてきたことから, 県営基幹水利施設補修事業, 適正化事業, 県単独事業等で施設の改修を行っている。

## (3) 主幹線水路について

本地区の主幹線水路(L=5,435m:φ700mm, φ600mm)は, PC管(L=3,800m)及び鋼管(L=

1,635m)から構成されている。

このうち, 水田等に隣接する道路下に埋設されているPC管部については, 県営基幹水利施設補修事業「勝英地区」(H5~H12)で既にダクタイル鋳鉄管に更新している。

鋼管部については, 平成11年度に県営土地改良事業計画特殊調査「西原地区」により, 既設埋設管の状況を調査し, 平成12年度より5ヶ年計画で, 県営基幹水利施設補修事業「勝英第二地区」により順次改修を行っている。(写真-5)

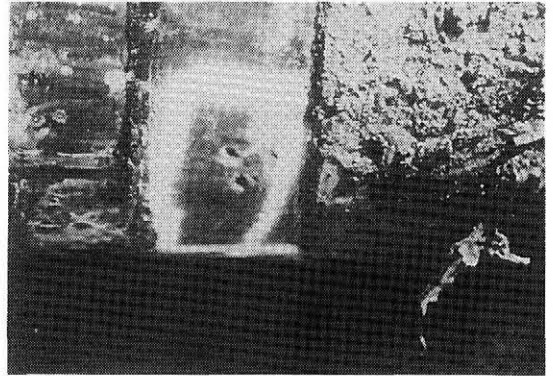


写真-5 鋼管孔蝕状況

## 3. 既設管調査

既設埋設管について, 管内外面に係る直接・間接調査を行った。

調査対象: 西原工区 φ700 L= 635m  
柿工区 φ600 L=1,000m

### 3-1 管内面間接調査

長年にわたる通水やその水質によって, 内面からの腐食が考えられるが, 下流受益地での「赤水」等の苦情は聞かれず, またPC管からダクタイル管へ更新した際に掘り出したスラスト部(鋼管製曲管)の内面には, ほとんど腐食が見られなかったことから, 内面からの腐食の発生は極めて少ないものと判断された。

### 3-2 管内面直接調査

目視・管内カメラ調査及び水圧試験等が一般的であるが, 冬場にも畑作・家畜用水を供給しているとともに, 工業用水も供給していることから調査のための断水は困難であるため, 直接調査は出来なかった。

### 3-3 管外面間接調査

パイプロケータにより埋設位置を確認後、塗膜損傷探査機（未舗装区間は針電極法）により損傷位置を確認した。（写真-6）

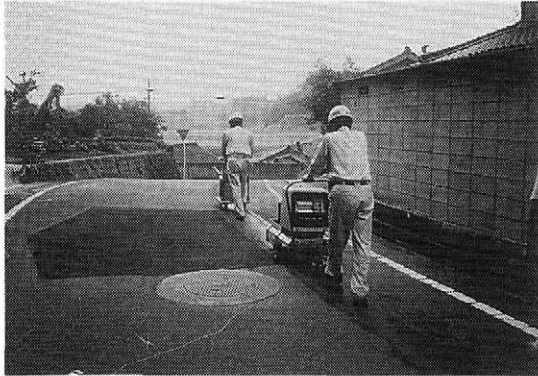


写真-6 調査状況

調査結果の評価基準としては、推定損傷面積をA～Dの4ランクに分類し損傷程度を推定した。（表-1）

表-1 推定損傷面積一覧表

ランク	推定損傷面積	箇所数	比率(%)
A	$1,000\text{cm}^2 \leq S$	2	2
B	$100\text{cm}^2 \leq S < 1,000\text{cm}^2$	16	17
C	$10\text{cm}^2 \leq S < 100\text{cm}^2$	55	59
D	$S < 10\text{cm}^2$	20	22
計		93	100

注1) S：管塗覆装推定損傷面積

注2) 調査区間：

全路線の約8割（除く山林・水田部）

### 3-4 管外面直接調査

#### (1) 腐食・防食調査

土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」に基づき、腐食環境調査・土壌分析・土壌抵抗率及び厚みの測定を行った。（表-2）

#### (2) 調査結果

##### (2-1) 管体調査結果

埋設環境は、西原・柿工区とも粘土質土壌で比較的酸素の供給が少ない土質であった。

また、鋼管は発生土で埋め戻しされているため、塗覆層に小石等の食い込みが数多く見られ、特に塗覆装の現場補修カ所に於いて、塗覆装の損傷と

表-2 調査項目一覧表

区分	調査項目	数量	適用
試掘		3ヶ所	
試掘	管体調査	厚み測定	1式
	腐食	腐食電位	1式
		管対地電位	1式
	環境調査	土壌抵抗率	1式
腐食進度		1式	
箇所	土壌分析	土壌pH	1式
		塩化物イオン	1式
箇所	土壌抵抗率	$\rho$ 測定	1式
		計	8項目

その下の鋼材に孔蝕が至っているカ所が見られた。

調査箇所に於ける最大孔蝕箇所の平均浸食度は、 $0,077\text{mm/yr}$ であった。一方、超音波厚さ計による管厚測定結果では、内面腐食も含め平均的な腐食減厚は認められなかった。（写真-7）

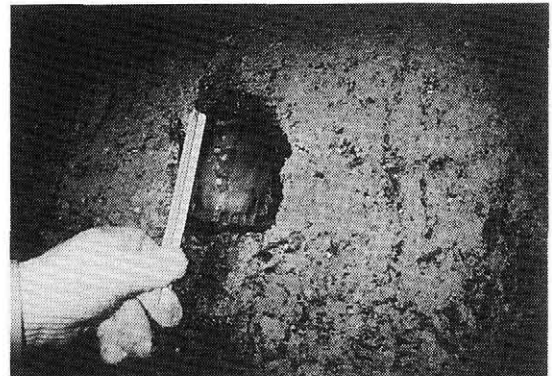


写真-7 孔蝕箇所

##### (2-2) 土壌腐食環境調査結果

測定結果によると、土壌抵抗率・酸化還元電位・PH及び硫化物イオン等は極端な値でないことからあまり腐食傾向のある土壌とは言い難いものであった。

ただし、プローブ電位が若干卑な値を示していることから、塗覆装に損傷が生じた場合は、腐食電池の形成により孔蝕に至るものと推測された。

従って、腐食速度も一般的な鉄鋼の平均浸食度 ( $0.021\text{mm/yr}$ ) より大きなものとなっている。

### 3-5 調査結果のまとめ

管外面間接調査の推定損傷面積一覧表（表-

1) よりA～Bランクに相当する1,000cm<sup>2</sup>程度の損傷幅は、

$$\phi 600\text{mmの場合：}1,000\text{cm}^2 / (60\text{cm} \times \pi) = 5.3\text{cm}$$

$$\phi 700\text{mmの場合：}1,000\text{cm}^2 / (60\text{cm} \times \pi) = 4.5\text{cm}$$

となり、約5cmと想定できる。

また、管厚方向の腐食については、調査で確認された損傷は、西原工区で11cm<sup>2</sup>とCランクではあるものの、深さは2mmと深いものであったことから、平均浸食度0.077mm/yrから算定すると、50年後の腐食は約4mmとなり、貫通孔（鋼管の管厚6mm）が発生する可能性が高い。

腐食は孔蝕が分布するのが一般的である。調査では、全ての損傷の形状・深さを確認することは出来ないが、これらの調査結果から、貫通孔から最大孔蝕5cm程度までの孔蝕が、塗覆装調査のA～Cランク（全体の78%）の箇所に発生すると懸念された。

#### 4. 工法検討

##### 4-1 設計条件

本地区は、既設埋設管の改修であることから、工法選定にあたっては既埋設管の基本諸元をもとに計算を行った。

##### <西原工区>

既設管種：水輸送用塗覆装鋼管

口 径：700A (t=6mm)

延 長：L=635m

計画流量：Q=0.529m<sup>3</sup>/s

動水勾配：I=0.002304

設計水圧：0.686MPa

##### <柿工区>

既設管種：水輸送用塗覆装鋼管

口 径：600A (t=6mm)

延 長：L=1,000m

計画流量：Q=0.529～0.514m<sup>3</sup>/s

動水勾配：I=0.004950～0.004694

設計水圧：0.785MPa

##### 4-2 現場条件

##### <共通事項>

冬場においても畑作・畜産用水の確保が必要であるとともに、工業用水も常に流さなければなら

ないことから、仮設配管による通水確保が必要となり、調整の結果工業用水の需要が少ない週末に切替えを行うこととした。

##### <西原工区>

計画延長(L=635m)のうち、重機が作業できる町道下の区間(L=123m)以外は、山林部、水田下及び段々畑であり、住居・墓地等も真近に位置している。(写真-8・9)



写真-8 段々畑

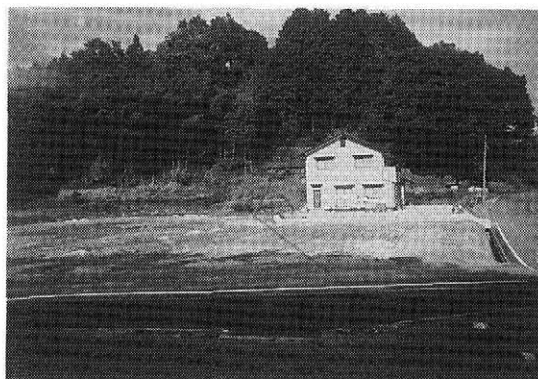


写真-9 水田下

##### <柿工区>

集落内の生活道下に埋設されている。道路は幅員が狭い（全副4m）うえに上水道（石綿管）が併設されており、また仮設配管も住居への進入の支障となり設置が困難である。(写真-10)

##### 4-3 工法検討

工法検討にあたっては、在来（開削）工法、管補修工法、パイパス案及び管更正工法について、施工性・経済性・維持管理及び環境面等から比較





写真-10 生活道路 (町道)

検討を行った。

#### (1) 在来 (開削) 工法

ダクタイル鋳鉄管への更新であるが、当該地区においては、隣接民家への騒音・振動及び交通規制等といった影響に加え、併設の上水道の補償等によって経済的にも割高となることから不採用とした。

#### (2) 管補修工法

既設鋼管の接合部での腐食が考えられたことから、接合部毎に開削し腐食箇所を補修バンドで補修するとともに、電気防食を施すことで腐食の進行を止める工法である。

仮設配管を必要とせず、経済的にはやや優位であるものの実際に開削してみないと補修カ所が判明しないことや施工上の課題が多いことから不採用とした。

#### (3) バイパス案

管理者である勝英土地改良区より、維持管理面の理由から、住居の少ない道路へのバイパス案 (ルートを変えダクタイル鋳鉄管を新設) の要望があったが、仮設配管は不要となるものの管径が大きくなり結果的に不経済となることから不採用とした。

#### (4) 管更正工法

既設管内に新管を施工する工法である。大別して鞘管工法・反転工法・製管工法等に分類される。

それぞれの工法の概要を次に示す。

##### ・鞘管工法

既設管内に新設管を引込み形成する工法である。施工方法として、軟化した管材を挿入後、硬化させるタイプとSUS・DCIP・鋼管等を挿入するタイプに分かれる。

検討……10タイプ

##### ・反転工法

既設管内に軟化した管材を空気・水圧等で反転挿入後、硬化させ新管を形成する工法である。

検討……6タイプ

##### ・製管工法

既設管内に管材をスパイラル状又また分割セグメントにて製管する工法である。

検討……3タイプ

その他として、推進工法により既設管を破壊しながら新管を形成する工法も含め検討した。

検討……3タイプ

これら22タイプの工法について、設計条件、現場条件、耐久性、施工性及び経済性等の比較検討を行ったところ、設計内圧、流量、水質への影響等を満足し最も経済性に優れるインシチュフォーム工法 (反転工法) が最適と判断された。

## 5. 実施工法の概要

インシチュフォーム (INS) 工法は、熱硬化性樹脂を含浸した長袋状のフェルト製バック (ライナー) を水圧によって管内に反転挿入し、管内の水を加熱してライナーを硬化させ、既設管内に新管を作る工法である。

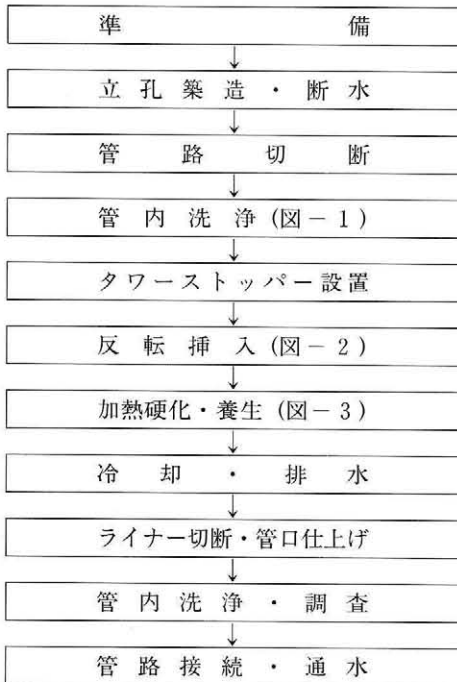
この工法は、1971年イギリスで開発され、欧米を始めとして現在世界各国で施工されている既設管更正工法で、我が国には1986年に導入され、上水、工水、農水、下水等に広く使用されている工法である。

用途に応じて、ライナーバック及び含浸樹脂を使い分けることにより、幅広い用途に対応することが出来る。

また、本工法を含む反転工法は、反転時に材料が軟化しているため、円形断面のみならずコンクリートボックスや石積等の函形断面にも施工可能な特性がある。



### INS施工工程



注) 1 スパン (200~300m) にかかる実質的な工期は、約10日程度 (挿入反転・養生は約3日程度) と開削工法に比べて大幅に短縮できる。

#### 5-1 部材厚の検討

##### (1) 使用材料

各工区的设计水压から、INS材料のなかで高内圧対応型を選択した。このタイプは、フェルト層にガラス繊維を入れ内圧1.35MPaに対応できるものである。

また、含浸樹脂としては家畜の飲用水を考慮した結果、ビニルエステルを採用とした。(図-4)

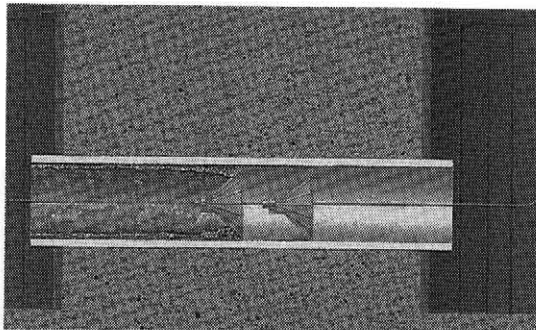


図-1 清掃

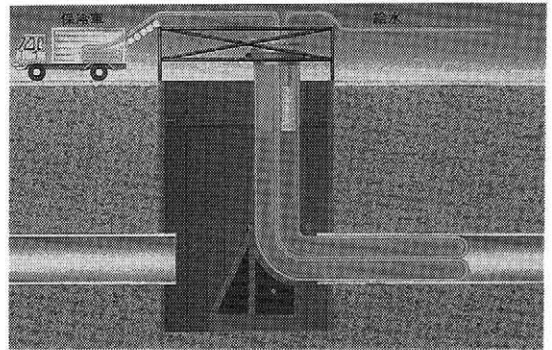


図-2 反転挿入

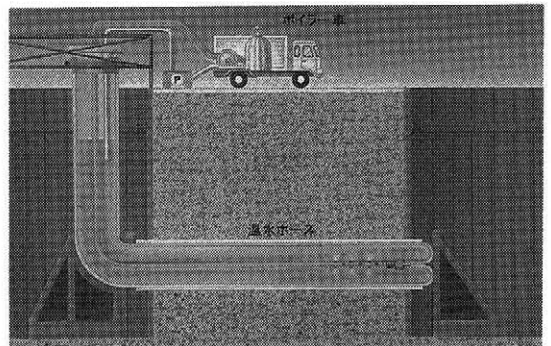


図-3 加熱硬化

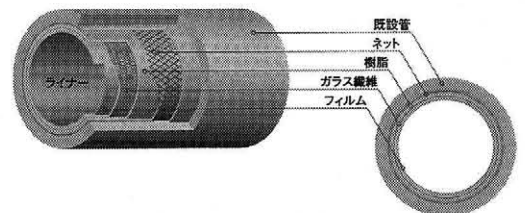


図-4 INS断面図

##### (2) 内圧計算

内圧計算は、既設管に部分欠損がある場合として、周端固定の円板式により行った。

(構造力学公式集P324表10.2の変形式)

$$t = \sqrt{\frac{3P \cdot d^2}{16\sigma b}}$$

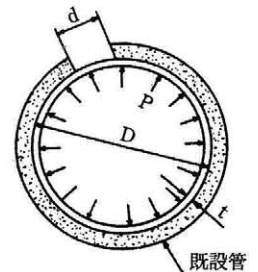


図-5

ここで

- P : 内 圧 (MPa)
- t : INSパイプ厚 (mm)
- D : 既 設 管 内 径 (mm)
- d : 欠 損 部 の 径 (mm)
- $\sigma_b$  : INSパイプの許容曲げ応力 10(N/mm<sup>2</sup>)

(3) 外圧計算

・外水圧に対する検討

施工時や断水時に一時的に内圧がなくなり既設管の継ぎ手や小さい損傷部から地下水が浸透して外水圧のみがINSパイプに作用する。

チモシェンコの座屈計算式に支持向上率を考慮した式：構造力学公式集P462(e)の変形式

$$t = \frac{D}{\left[ \frac{2K \cdot E}{P \cdot N(1-\gamma^2)} \right]^{1/3} + 1}$$

ここで

- P : 外水圧 (MPa)
- K : 支持向上率 7
- E : INSパイプ曲げ弾性率 2,500 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\gamma$  : ポアソン比 0.4
- t : INSパイプ厚 (mm)
- D : 既設管内径 (mm)
- N : 安全率

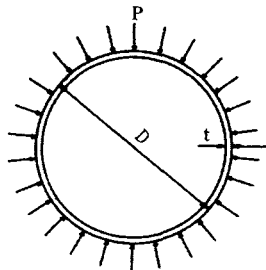


図-6

・土圧に対する検討

部分欠損がある場合、その部分には土圧などの外荷重が作用する。パイプ厚は座屈計算式及び応力計算式により行い厚くなる方のパイプ厚を採用した。

a) 座屈計算

(アーチモデルによるチモシェンコの座屈計算式)

$$t = \frac{D}{\left[ \frac{2E(K^2-1)}{3(1-\gamma^2)P_v \cdot N} \right]^{1/3} + 1}$$

$$k \cdot \tan \theta_0 \cdot \cot(k \theta_0) = 1$$

ここで

- $P_v$  : 外荷重 (N/mm<sup>2</sup>)
- E : INSパイプ曲げ弾性率2500 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\gamma$  : ポアソン比 0.4
- t : INSパイプ厚 (mm)
- D : 既設管内径 (mm)
- $\theta_0$  : 欠損部の開口角
- k : 開口角に伴う係数
- N : 安全率

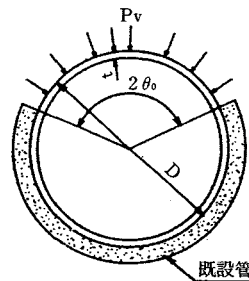


図-7

b) 応力計算

固定放物線アーチの公式

：構造力学公式集P251

$$H = \sin \theta_0 (2\theta_0 \cdot \sin^2 \theta_0 + 3\sin \theta_0 \cdot \cos \theta_0 - 3\theta_0) / 6(2\sin^2 \theta_0 - \theta_0 \sin \theta_0 \cdot \cos \theta_0 - \theta_0^2) \cdot P_v \cdot r$$

$$V = r \cdot P_v \cdot \sin \theta_0$$

$$Mc = (1/4 - \sin \theta_0 \cdot \cos \theta_0 / 4\theta_0) \cdot r^2 \cdot P_v - (1 - \sin \theta_0 / \theta_0) \cdot r \cdot H$$

$$Ma = Mb = (\sin^2 \theta_0 / 2 - 1/4 + \sin \theta_0 \cdot \cos \theta_0 / 4\theta_0) \cdot r^2 \cdot P_v - r \cdot H (\sin \theta_0 / \theta_0 - \cos \theta_0)$$

$$Q = \sqrt{H_2 + V_2}$$

$$\sigma = \frac{6M}{t^2} + \frac{Q}{t}$$

ここで

- H : 支点の水平反力 (N/mm<sup>2</sup>)
- V : 支点の鉛直反力 (N/mm<sup>2</sup>)
- M : 曲げモーメント (N・mm)
- (Ma・Mb・Mc)
- Q : 軸力 (N)
- $P_v$  : 外荷重 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\theta_0$  : 欠損部の開口角
- r : 既設管半径 (mm)
- t : INSパイプ厚 (mm)

$\sigma$  : INSパイプに生じる曲げ応力度(N/mm<sup>2</sup>)

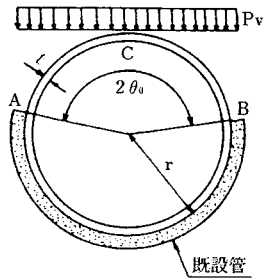


図-8

(4) 設計部材厚

前記(2)(3)の式より、部材厚を計算した結果、西原・柿工区ともに8mmを使用することとした。

6. おわりに

従来の開削工法に比べて管更正工法は、工期短縮、立孔部のみの土工のため発生残土・旧管の産廃処分量の激減、周辺部への騒音・振動・粉塵等の影響が低減される工法である一方、材質の特性により小口径断面に於ける改修工事では経済的に割高となる等、一長一短があるようである。

「勝英第二地区」は、平成12年度に実施設計に着手し、本年度から主幹線水路の改修を実施する予定である。

今後、既設管路の改修において、管更正工法が選択肢の1つとして検討されていくことと思われる。

# 高透水性地層における止水及び揚水対策について

## —巨椋池排水機場工事における地下水処理対策(2)—

山口 康 晴\*  
(Yasuharu YAMAGUCHI)

加 治 屋 強\*  
(Tsuayoshi KAJIYA)

三 好 孝 之\*  
(Takayuki MIYOSHI)

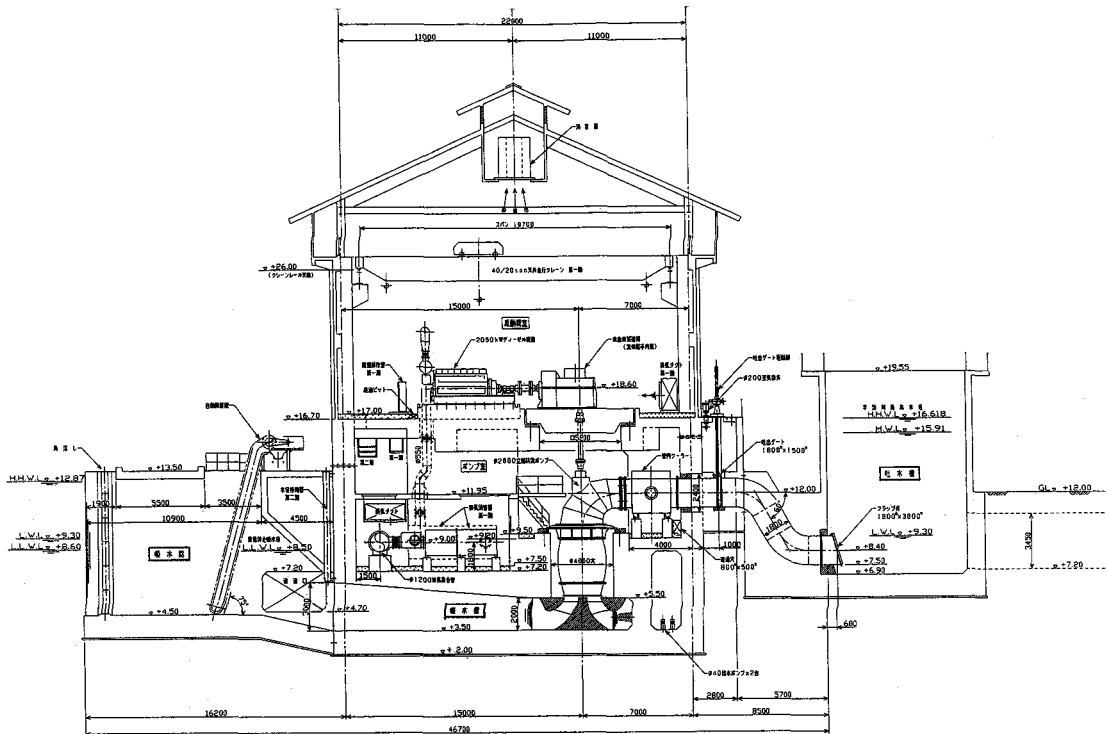
### 目 次

1. はじめに .....	39	4. 今後の課題等 .....	46
2. 地下水処理対策の検討経緯 .....	40	5. おわりに .....	46
3. 地下水対策に係る施工状況 .....	46		

### 1. はじめに

現在、京都府南部地域において、国営総合農地防災事業により、排水機場の全面的な改修のための工事を進めているところである。国営総合農地防災事業「巨椋池地区」の概要及び巨椋池排水機場工事の概要については、前報<sup>1)</sup>において報告したとおりである。

排水機場下部工の躯体工事の実施に当たり、現地盤 (OP11.25m) に対し、吸水槽部 (約2,000 m<sup>2</sup>) では最大9.35m掘り下げたOP1.9mに床付けをする必要がある。したがって、吸水槽施工時には、ドライワークを確保すると同時に、被圧地下水位の低下 (盤ぶくれの防止) を図るため、地下水位をOP1.4mに低下させることを基本に、止水及び揚水対策を講じることとして工事に着手した



\*近畿農政局巨椋池農地防災事業所 (Tel. 075-645-5891)

図-1 巨椋池排水機場の構造

ところである。

工事着手後、揚水域において想定をはるかに上回る高透水性地層が出現したことなどから、その止水及び揚水対策について各種の検討を加えたので、その内容について報告する。

## 2 地下水処理対策の検討経緯

排水機場下部工工事の実施に当たり、地下水処理対策が不可欠となるが、工事着手以降の地下水処理対策の検討経緯の概要をフローに示すと図-2のとおりである。

以下に、止水対策、揚水対策、復水対策、除鉄対策及びこれらを踏まえた排水処理計画について詳述する。

### (1) 止水対策

#### 1) 止水壁の検討

本地区の地層構成は、第四期洪積世以降の湖沼堆積物で構成されており、粘土、シルト、砂、レキ等が数十cmから数mの厚さで繰り返し堆積している。堆積物の鉛直方向の粒径変化は不連続で、また水平方向の層厚についても不連続である。

仮設計画を検討するうえでの概ねの想定地質を、工事発注時点で想定していたものと、工事着手以降精査後のものについて比較すると図-3のとおりである。

工事発注時点では、ドライワークの確保、被圧地下水位の低下（盤ぶくれの防止）及び周辺地域の地盤沈下の防止を図るため、掘削範囲の周辺を深さ15m程度の鋼矢板で囲み、透水性の高い層（図-3左側の沖積砂質土層①及び洪積レキ質土層Ⅰ）からの横浸透を防止し、深さ約30mのディープウェルにより、沖積粘性土層②より下の層から揚水することにより、地下水位の低下、揚圧力の軽減を図ることとしていた。

しかしながら、ディープウェルの掘削、揚水試験、追加ボーリング等により地層を精査した結果、地層構成については図-3の右側のとおりであり、特に、洪積レキ質土層厚が想定よりかなり厚く、かつその透水係数も非常に高い数値であることが判明した。また、地下水中の溶解性鉄イオン濃度が、約20~30mg/lと高く、そのままでは河川放流出来ないことが明らかになった。このようなことから仮設計画を大幅に見直す必要が生じた。

検討条件として、①周辺地域の地盤沈下を来さ

ないこと、②大量の地下水の除鉄処理には高額な経費を要すること、③復水（リチャージ）工法については、大規模な事例がなく確実性に乏しいこと、④水中でのコンクリート打設等は経費が大幅に増嵩することなどから、揚水量を低減させることが基本となる。

揚水量を低減させるためには、①揚水面積を小さくする、②止水壁を長くする、③止水壁底盤を地盤改良（薬液注入）することが考えられ、これらを基本に検討を進めた。

揚水面積については、止水壁を一部自立させることにより可能な限り縮小することとした（約8,000m<sup>2</sup>→約5,700m<sup>2</sup>）。

止水壁については、延長することとして、既存のボーリングコアを含め再度整理・確認した。その結果、深度22m付近まで明確な玉石混じりレキ質土層が確認されること、本土層の下位にシルト層が挟在すること、それ以深は約60mまで明確な不透水層が存在しないことから、挟在するシルト層における止水効果に期待することとし、シルト層の最低出現深度がGL-24mであり、1mの根入れを考慮して深度25mまで施工することとした。なお底盤の地盤改良が必要となった場合、施工深度が25mであれば、改良した底盤に作用する揚圧力による盤ぶくれの観点からも安全である。

止水壁の構造については、延長が25mと長いこと、貫入部に玉石を含むことから、鋼矢板での施工は困難であり、ソイルセメント柱列壁(SMW: Soil Mixing Wall)を採用することとした。

なお、SMWを施工後、再度揚水試験を実施し、さらなる対策の必要性等について検討した。

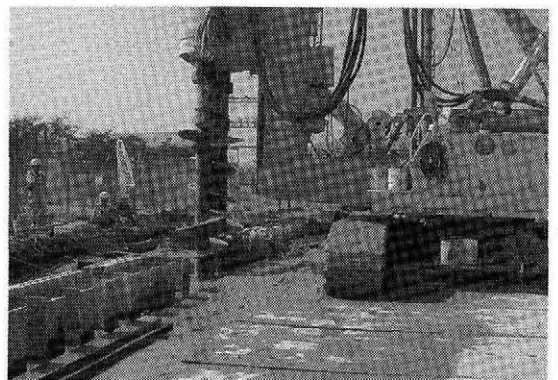


写真-1 止水壁 (SMW) の施工状況



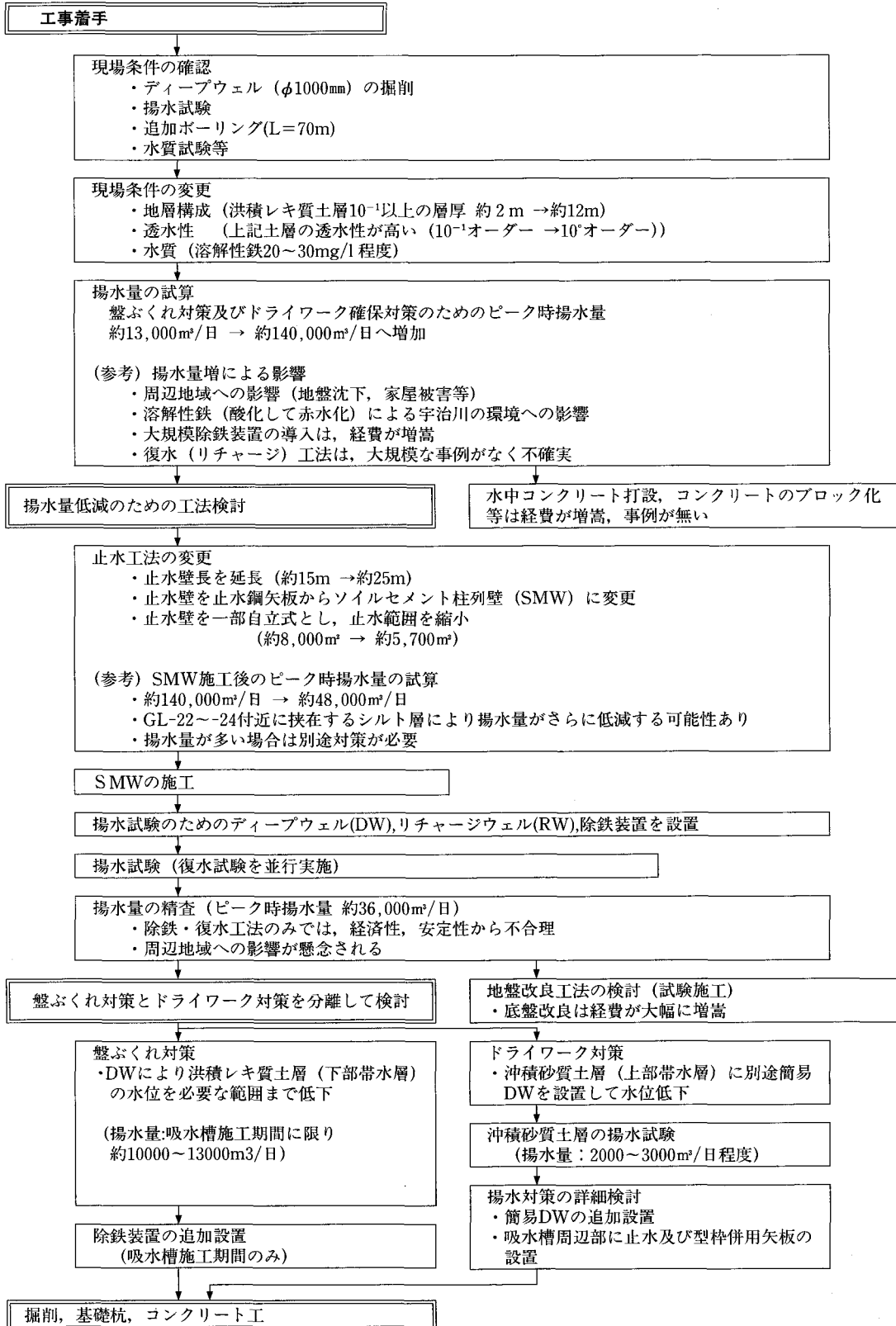
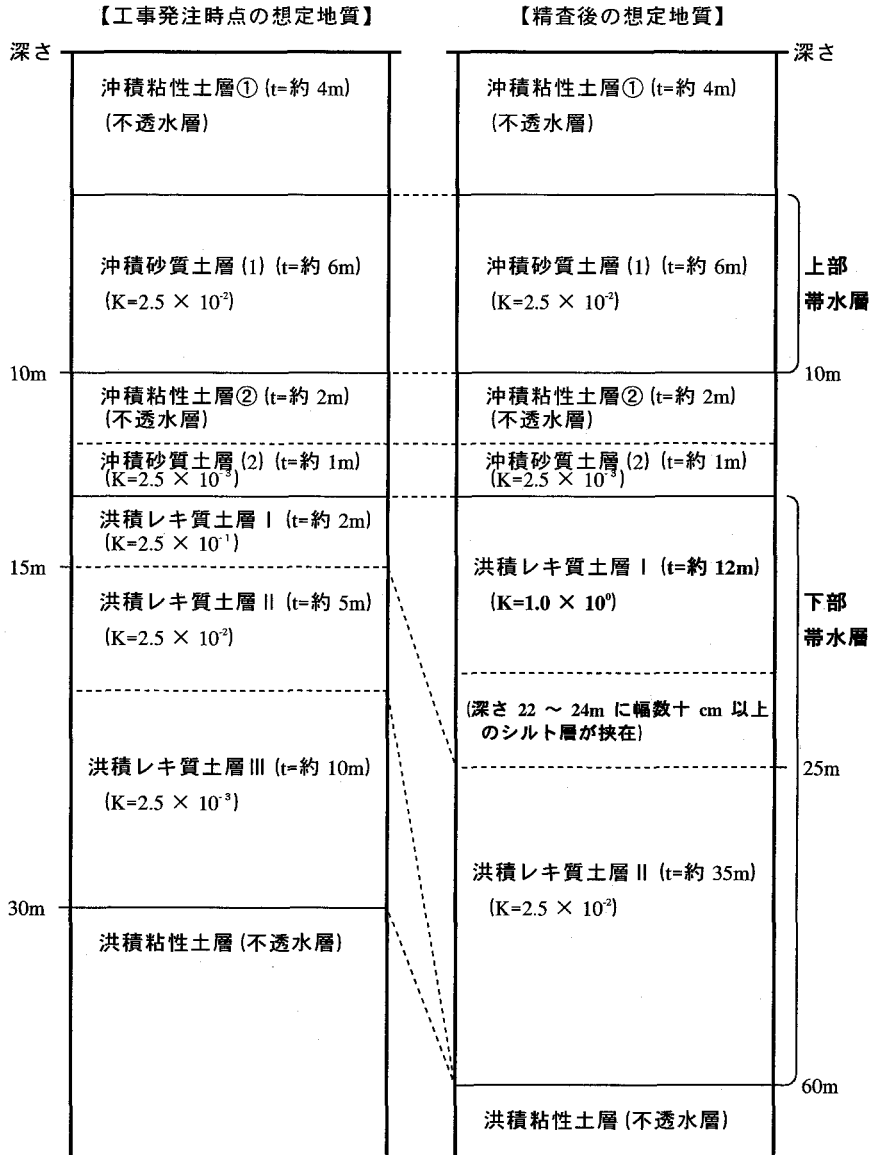


図-2 地下水処理対策の検討フロー



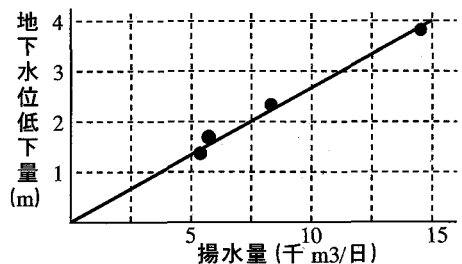
図一 3 地層構成

2) 揚水試験 (下部帯水層)

揚水試験に先立ち、SMWの内部にディープウェルを4ヶ所、SMWの外部に復水用のリチャージウェルを4ヶ所、SMW内外に地下水位測定用の観測井を14ヶ所及び除鉄装置を設置した。

揚水量と下部帯水層の地下水位低下量との関係は、図一4に示すとおりであり、両者の関係は概ね比例関係にあった。

なお、図一4の揚水量は、下部帯水層からの揚水が大部分と考えられるが、上部帯水層にも吸水用ストレーナーが貫通していることから、一部上



図一 4 揚水量と水位低下量(下部帯水層)の関係

部帯水層からの揚水も含まれる。

なお、本試験の結果、盤ぶくれ対策及びドライ

ワーク対策のためのピーク時揚水量は、試算によると約36,000m<sup>3</sup>/日程度となることが明らかとなった。止水壁(SMW)の設置により大幅に止水効果が得られたが、なお、これだけの揚水を実施することとなると、除鉄等に係る経費の増大と、地盤沈下等による周辺地域への影響が懸念されることから、さらなる対策の検討が必要となった。

### 3) 底盤の地盤改良の検討

SMWの設置のみでは止水効果が十分ではないことから、SMWの底盤付近のシルト層が挟在する洪積レキ質土層に薬液注入を行い、揚水量の軽減を図ることが一般的な工法と考えられる。しかしながら、薬液注入については、導入工法、改良層厚、削孔間隔、注入率等により、遮水効果、経費が大幅に変動することから、一定の止水効果が得られる工法及び概算工事費の見込みを得るため、現地において簡易な試験を実施した。

工法については、経費の比較的安価な二重管ストレーナー複相工法で、改良層厚は事例等から3m、削孔間隔は1.2m、使用材料はシリカゾル系溶液型水ガラスとし、注入率を28.5、31.5、36.0%と変化させた。改良部の中央地点における透水試験の結果(3ヶ所の試験の平均)を表-1に示す。

本試験結果から、二重管ストレーナー複相工法でも一定の改良効果は見込めるものの、想定した

表-1 底盤の地盤改良に係る試験結果

	透水係数 (cm/sec)
未改良部	$5.1 \times 10^{-3}$
注入率 28.0 %	$1.6 \times 10^{-3}$
" 31.5 %	$7.0 \times 10^{-4}$
" 36.0 %	$5.3 \times 10^{-4}$

改良目標(2.0×10<sup>-4</sup>cm/sec)を得るには至らなかった。従って、削孔間隔を少なくとも1.0~1.1m程度に狭める必要があると同時に、3mの改良層厚が面的に得られるかどうかなど更なる検証が必要である。

以上の試験結果及び改良効果の不確実性等を考慮すると、本現場に底盤改良を適用するには、相当の工事費の投入が必要となることが明らかとなった。

### (2) 揚水対策

上記のとおり、薬液注入工法の導入は、経費の大幅な増嵩が見込まれることから、底盤改良に変わる別途の揚水対策について検討した。

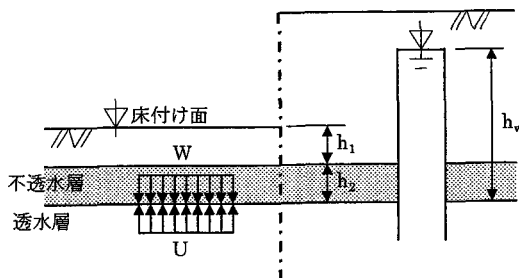
揚水量を軽減するため、本現場の地層構成の特性を考慮し、盤ぶくれ対策とドライワーク対策を分離し、各々について別々の対策を講ずることについて検討した。

#### 1) 盤ぶくれ対策について

盤ぶくれは、掘削に伴う除荷により、被圧水頭が不透水層を含む未掘削部の土層厚の重量に勝るために発生し、多量の湧水、掘削法面の崩壊、掘削底部の強度低下などの現象に至るものである。従って、盤ぶくれの検討は、不透水層下面に作用する揚圧力(U)とそれより上部にある土の重量(W)の比で評価する。

盤ぶくれ対策としては、最も危険となる吸水槽床付け時(掘削深GL-9.35m=OP1.9m)において、下部帯水層の被圧水から、盤ぶくれが生じない最小限の揚水を行い、必要な範囲まで水位低下を図ることについて検討した。

下式から、玉石混じりレキ質土層の水位をOP4.4m以下に低下させておけば、所要の安全率を確保可能である。



$$Fs = W/U = (\gamma_{u1} \cdot h_1 + \gamma_{u2} \cdot h_2) / \gamma_w \cdot h_w$$

図-5 盤ぶくれ対策の考え方

- W: 有効上載圧 (tf/m<sup>2</sup>)
- U: 揚圧力 (tf/m<sup>2</sup>)
- γ<sub>u1</sub>, γ<sub>u2</sub>: 土の湿潤単位体積重量 (tf/m<sup>3</sup>)
- h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>: 地層の厚さ (m)
- h<sub>w</sub>: 被圧水頭 (m)
- γ<sub>w</sub>: 水の単位体積重量 (tf/m<sup>3</sup>)

$$F_s = \frac{(13.25 - h) \times 1.8}{\text{地下水位(OP)} + 2} \dots\dots\dots(1)$$

Fs : 盤ぶくれ対策の安全率 (1.1以上 (土地改良事業標準設計))

13.25 : 沖積粘性土層②の下端 (GL-13.25m=OP-2m)

h : 掘削深

従って、揚水試験結果から、梅雨、台風時以外の平常時においては、揚水前地下水位がOP7.0~7.5m程度であることから、10,000m<sup>3</sup>/日程度の揚水により、盤ぶくれ対策については対応が可能である。

なおその際、吸水槽施工時を中心として、除鉄装置の追加設置等の地下水揚水後の対策が必要である。また、地下水位についての過去のデータから、連続降雨時には水位が一時的にOP9.5m程度まで上昇していることから、その場合の揚水及び排水対策の検討を必要とする。

### 2) ドライワーク対策について

既に設置した施設のみでは対策が不可能であることから、上記の盤ぶくれ対策とは別に対策を講ずる必要がある。

沖積粘性土層②の存在による下層からの浸透水の遮水効果を考慮し、上部帯水層のみについて水位低下を図ることの可能性について検討した。

沖積砂質土層(1) (上部帯水層) 中に簡易ディープウェルを2基設置し、揚水試験を実施した結果、水位安定時以降の水位は表-2のとおりであった。

本結果から、沖積粘性土層②についての一定の遮水効果が確認できたこと、上部帯水層からの揚水量は、必要水位低下量が2~3mであることから、2,000~3,000m<sup>3</sup>/日程度であると推察されることから、大規模な施設は必要としないと判断した。

なお、最深部の吸水槽等の施工は、湿潤状態での掘削作業となること、基礎杭施工後の杭周辺部

からの漏水も想定されることから、何らかの掘削及び法面対策が必要である。

### 3) 揚水対策の基本方針

SMWの設置による止水対策に加え、揚水量を一層軽減させるための対策として、本現場の地層構成の特性を考慮し、盤ぶくれ対策とドライワーク対策を分離し、沖積粘性土層②を挟んで上下層で各々の対策を講ずることとした。即ち、盤ぶくれ対策として、下部帯水層の水位を盤ぶくれが生じない最小限の揚水に止め、一方で、ドライワーク対策として、上部帯水層の水位を必要な範囲まで低下させることとした。

このことにより、盤ぶくれ対策に係る追加の対策として、除鉄装置の追加設置 (吸水槽施工時に限る) をすることとした。さらにドライワーク確保のための追加対策として、簡易DWの追加設置に加え、上部帯水層への湧水量を軽減すること、掘削法面の造成を避けること及び型枠を併用し工期短縮を図ること等を目的に、最深部の吸水槽等の周辺部を矢板で囲み、沖積粘性土層②を貫通させることとした。

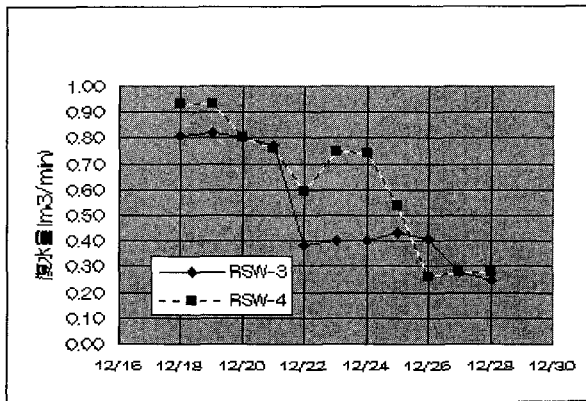
### (3) 復水対策の検討

揚水及び復水用の井戸として、ディープウェルを導入することとするが、本現場においては溶解性鉄分を多量に含むことから、揚水井については、スーパーウェルポイントを設置した。これにより、真空ポンプによりウェル内を真空状態にすることにより、揚水効率を高め、かつ地下水中の溶解性鉄分の酸化を抑制し、復水時における酸化鉄による目詰まりを極力防止することとした。また復水井は、復水効率を高めるため、プレス型スーパーリチャージウェルを設置した。

復水試験の結果、復水開始後2~3日間は、1本当たり0.8m<sup>3</sup>/min以上の高い復水能力を示すものの、その後徐々に能力低下が見られ、10日後には約0.25m<sup>3</sup>/minと約1/3程度にまで低下した。

表-2 上部帯水層の揚水試験結果

		水位	水位低下量	備考
SMW の外部		OP7.2 ~ 7.5m	-	
SMW の中央部	上部帯水層	OP6.0 ~ 6.3m	1.2 ~ 1.5m	
	下部帯水層	OP7.1 ~ 7.2m	0.2 ~ 0.3m	
揚水量 (簡易 DW2 基)				1,250m <sup>3</sup> /日



図一六 復水試験の結果

能力低下の原因として、揚水井から吸水した際に含まれる細粒土砂が復水井周辺地盤の目詰まりを生じさせたものと考えられる。対策として、定期的な逆洗により目詰まりを解消させつつ運転を継続することとした。

復水対策については、復水井の目詰まりによる長期的な安定性については不確実な面もあるが、定期的な逆洗による継続的な利用について一定の効果は見込めること、本現場周辺の既設家屋・構造物周辺の地下水位低下を防止することから、排水処理対策の一部として除鉄対策と併用することとした。

(4) 除鉄対策の検討

除鉄対策については、前報<sup>1)</sup>で報告したとおりである。なお、追加設置した除鉄装置については、一層の処理能力向上のため、製作の段階から同規模の装置で通水能力を向上した改良型の装置を導入した。本装置によれば、若干放流水質が上昇

(排水基準 (10mg/l 以下) は十分に満足) するものの、1基当たり80m<sup>3</sup>/hr程度の処理能力が得られることを確認した。

(5) 排水処理計画の検討

本施工現場周辺の地下水位の推移 (H 9～12年) を整理すると概ね以下のとおりである。

- a) 大きな降雨が無ければ、概ねOP7.0～7.5m程度である
- b) 梅雨時期は、OP9.5m以上となる年(継続期間10日程度)もあり、また、OP9.0程度の高い水位の期間が1ヶ月程度にわたる年もある
- c) 梅雨時期以外は、OP8.5mに達する水位となるのは4年中4回(max9.5m)であり、その場合でも継続期間は1日又は数日程度である

吸水槽施工時期は、工程計画上月以降の6ヶ月程度、また、吐水槽施工時期は、梅雨時期を含む8ヶ月程度となることから、いずれも平常時の対応(OP7.5m以内)、出水時の対応(OP8.5m程度)、異常出水時の対応(OP9.5m程度)に分けて対策を講ずることとした。

各対策毎の設計揚水量及び排水処理対策の概要を表一3に示す。排水処理対策については、基本的には平常時の揚水量に相当する処理能力の施設規模を設置するものとし、出水時及び異常出水時においては、除鉄処理水により希釈することで対応することとした。なお、本装置による除鉄処理水は、排水基準を大きく下回っているため、揚水した原水の一部を処理水で希釈、放流したとしても、異常出水時を除いて、排水基準をクリアーす

表一3 設計揚水量と排水処理計画の概要

	現況地下水位	設計揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	供用日数	設計揚水量の内容	排水処理計画
吸水槽施工時	平常時	OP7.5m 以下	約6ヶ月	盤ぶくれ対策揚水量を計上 (ドラム缶対策揚水量は、水位低下時以降は減少であると想定)	除鉄処理5基 復水処理4基
	出水時	OP8.5m	数日		除鉄処理5基 復水処理4基 及び除鉄処理水により希釈
	異常出水時	OP9.5m	数日		除鉄処理5基 復水処理4基 及び除鉄処理水により希釈
吐水槽施工時	平常時	OP7.5m 以下	約8ヶ月	ドラム缶対策揚水量を計上	除鉄処理2基 復水処理2基
	出水時	OP8.5m	数日～1ヶ月		除鉄処理2基 復水処理4基 及び除鉄処理水により希釈
	異常出水時	OP9.5m	数日～10日		除鉄処理2基 復水処理4基 及び除鉄処理水により希釈



るものと判断した。

### 3 地下水対策に係る施工状況

上記で検討、設置した止水対策、揚水対策及び排水処理対策（除鉄対策、復水対策）に基づき、基礎掘削、基礎杭の打設等を完了し、現在躯体工のコンクリート工事を進めているところである。

特に懸案であった最深部の吸水槽等の施工については、床付時に基礎杭周辺部からの漏水が一部に見られたものの、ほぼ推定どおりの揚水量により、上部、下部帯水層ともに所定の水位に低下させることが可能であった。吸水槽最深部施工時の揚水量等の状況は表-4のとおりである。これらの対策により、盤ぶくれの防止、ドライワークの確保と同時に、周辺地域への特段の影響もなく、底盤部のコンクリート工事を完了したところである。

今後順次上部のコンクリート工事を進行させていくところであるが、引き続き上部及び下部帯水層の水位を観測しつつ、打設したコンクリートによる上載荷重に応じ、盤ぶくれ対策としての必要

表-4 吸水槽最深部施工時の揚水量等

項目	状況
SMWの外部水位	OP6.9～7.5m
SMWの内部水位	上部帯水層 OP1.5m程度
	下部帯水層 OP4.0m程度
揚水量	上部帯水層 2,000～3,000m <sup>3</sup> /日
	下部帯水層 8,000～9,000m <sup>3</sup> /日
	合計 10,000～12,000m <sup>3</sup> /日
処理量	復水処理 1,000～2,000m <sup>3</sup> /日
	除鉄処理 8,000m <sup>3</sup> /日程度
	(希釈) 0～2,000m <sup>3</sup> /日

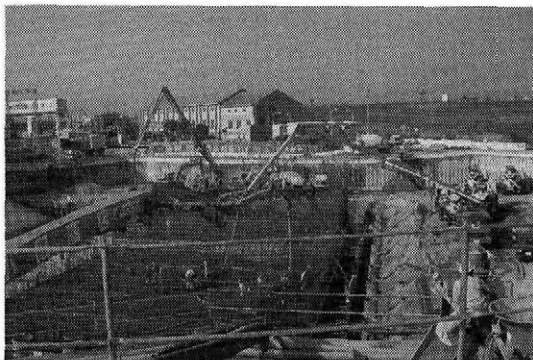


写真-2 吸水槽最深部のコンクリート打設状況

な揚水量を徐々に削減させていく予定である。

### 4 今後の課題等

本現場においては、調査設計時点で通常実施すべきボーリング調査及び現場透水試験等の結果をもとに、地層構成及び透水性等を評価したところであるが、現場における面的な透水性等について、仮設工事実施前に検証が必要と判断していた。工事着手後、本工事において使用するディープウェル及び観測井等を設置のうえ、揚水試験を実施したところであり、これを契機に一連の検討を余儀なくされたところである。

一定の面的広がりを持つ区域を対象とした透水性等の推定には、揚水試験が効果的であり、本現場のような、水平方向の地層構成、層厚が面的に不連続である場合は、なお一層その効果を発揮した。各種止水対策等を検討していくうえで、揚水試験を含め段階的に検討を進めたことが結果的に合理的・経済的であったと考えている。

本現場で課題となった想定外の高透水性地層の出現及び溶解性鉄イオンを多量に含む地下水の出現など、地質状況の評価及びその対応に時間を要した結果となったが、今後可能な限り地質、地下水等のデータを共有できるような機会が拡大されることが望ましい。

### 5 おわりに

本排水機場の下部工については、各種の対策工事等を要したものの、現在のところ周辺地域への特段の影響もなく、順調に躯体工事の進展を見ている。今後、早期に本工事を完了させ、引き続き予定する上屋工事、ポンプ製作据付工事等を経て、早期に排水機場としての供用が開始できるよう努めていく所存である。

### 参考文献

- 1) 山口, 古田, 菊田: 無薬注方式除鉄装置の導入事例について, 水と土No126, pp58～66 (2001)
- 2) 地盤工学会: 根切り工事と地下水—調査・設計から施工まで—(1997)

# クロズドパイプラインの経験則水撃圧について

金子 正一\* 木村 章\*  
(Syouchi KANEKO) (Akira KIMURA)

## 目 次

1. はじめに .....	47	5. 改良した経験則水撃圧 .....	51
2. 「経験則による水撃圧」算定方法の課題点 .....	47	6. シミュレーション数値解析による	
3. 「経験則による水撃圧」の基本特性 .....	48	「改良した経験則水撃圧」の検証 .....	52
4. 中間バルブによる水撃圧 .....	50	7. おわりに .....	54

## 1. はじめに

パイプラインの設計において、水撃圧は静水圧とともに管種管級並びにスラストブロック等の構造要件や制水弁等の操作方法を規定する重要な要素である。この水撃圧の推定方法はアリエビ近似式等の理論解法からシミュレーション数値解析まで多岐にわたるが、農水分野では従来から専ら「経験則による方法」が使用されている。

水撃圧は安定した管内流がバルブ等の操作によって急変し、その際に発生する衝撃的な圧力変動であるが、その変動は圧力波となって管内の隅々に伝播し、上昇と下降を交互に繰り返しながら次の平衡状態に収れんする。

その大きさを規定する要因は多様であるが、水撃現象への理解度や計算の技量等が解析結果に大きく作用する場合もある。

現行の土地改良設計基準パイプライン（以下「設計基準」と云う。）ではこの計算時の不確定要素等に配慮して、原則として「経験則による方法」により設計水撃圧値を求めることとしている。

「経験則による方法」によれば、水撃圧の大きさはバルブ等の操作方法を考慮することなく、静水圧との関係だけで簡便に求めることができるが、計算の簡便さゆえに、不合理な結果を招くおそれも残されている。

本報文は、自然圧系のパイプライン設計に使用する「経験則による水撃圧」の特性を明らかにし、

「経験則による方法」のより合理的な利用方法を提案するものである。

## 2. 「経験則による水撃圧」算定方法の課題点

### (1) 「経験則による水撃圧」の算定方法

設計基準に云うクロズドタイプまたはセミクロズドタイプパイプラインでの「経験則による水撃圧」の算定方法は下記の通りである。

- ① 静水圧が0.35MPa未満の場合は静水圧の100%とする。
- ② 静水圧が0.35MPa以上の場合は静水圧の40%または0.35MPaのうち大きい値とする。
- ③ バルブの閉鎖時間は、バルブの特性や管理の条件を考慮のうえ、緩閉鎖となるような範囲になければならない。
- ④ 上文の静水圧は水撃圧の発生が予想される地点の静水圧を対象とする。

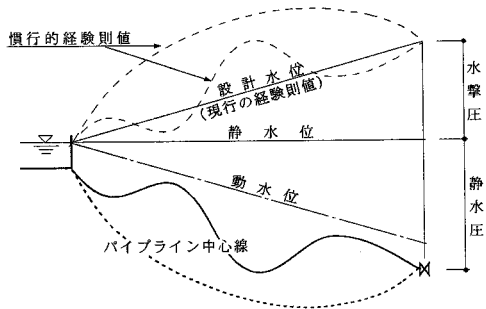
ここで、④の条文は昭和63年改訂の「土地改良事業計画設計基準 水路工（その2）パイプライン」（以下「旧設計基準」と云う。）において付記されたものである。

### (2) 慣行的経験則適用の不備

経験則による水撃圧の算定方法は、農業用パイプラインの設計では旧来より常用されてきた方法であるが、旧設計基準以前には④の規定がなく、以下のような不合理な結果を生むケースが多かった。（以下、本文では下記の経験則を「慣行的経験則」と云う。）

すなわち、図-2(1)に模式的に示すように、パイプライン縦断面図上の任意地点の静水圧を対象と

\*クラウンエンジニアリング㈱ (Tel. 03-3438-1333)



図一 2 (1) 慣行的経験則水撃圧

し、①または②の規定を適用して水撃圧値を求め  
るため、その結果は静水位を中心にパイプライン  
縦断を反転した形状に近いものとなる。一般的  
起伏に富むパイプラインの場合には現行の経験則  
による水撃圧に比して、過大評価とともに過小評  
価をも招きかねない。

**(3) 改訂された経験則の課題点**

一般のパイプラインは中間に多くの制水弁を有  
しており、ここに④の条文を無条件に適用すると  
慣行的経験則同様の不合理な結果に行き着くおそ  
れがある。

すなわち、図一 2 (2)に示すように各々の中間弁  
に経験則を適用して水撃圧を求める場合、設計水  
撃圧として、

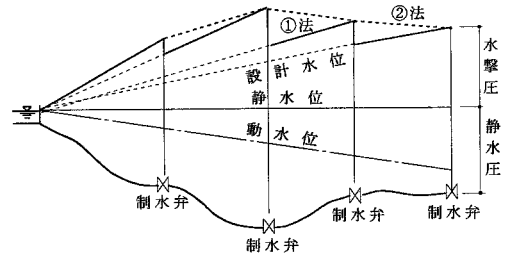
- ① 各々の独立した水撃圧算定値である実線を採用する。
- ② 各々の水撃圧算定値を包含する点線を採用する。

上記の何れかの選択が必要となる。

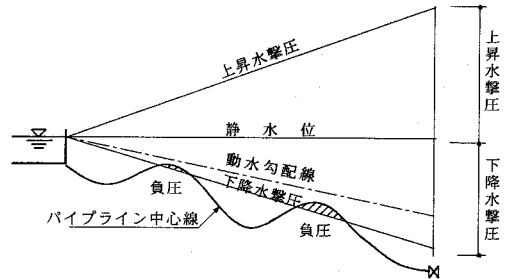
①は現行設計基準に示された方法であり、それ  
ぞれの制水弁の同時操作を回避すれば、より合理  
的な方法と考えらる。②は旧設計基準施行後、パ  
イプライン設計者が参考としてきた方法\*<sup>1)</sup>である。

制水弁の配置は、事業進展の途上で変更される  
場合があるが、その都度、設計水撃圧を変更する  
ことは設計方針の統一性から好ましくない。一般  
的に実施設計は細分された工区単位で行うが、ラ  
インとして統一された設計水撃圧が未確定の場合  
もあり、このような時、設計者は安全側に②の方  
法を採用する傾向にある。

以上のことから、設計段階では特に中間弁の配  
置に左右されない統一した設計水撃圧を設定する



図一 2 (2) 中間弁を有するパイプラインの経験則



図一 2 (3) 下降水撃圧による負圧発生

ることが望まれている。

**(4) 下降水撃圧による負圧の発生**

制水弁の閉鎖により発生する水撃圧は、閉鎖開  
始とともに上昇してほぼ全閉時に最大値を示し、  
次に下降して最小値を示した後、静水位を中心に  
上昇下降を繰り返しながら減衰していく。制水弁  
地点に発生したこの上昇最大水撃圧と下降最大水  
撃圧は圧力波となって管内に伝播するが、緩閉鎖  
領域においては図一 2 (3)に示すように、その各点  
での最大水撃圧を結んだ形状は上流水槽水位を起  
点とする直線として示すことができる。ここで、  
下降水撃圧値は一般的に上昇水撃圧値のほぼ60～  
70%程度の大きさとなる。

パイプライン縦断に動水勾配線に近接する凸形  
状があると、この下降水撃圧線がパイプライン中  
心線以下となり負圧を発生する場合がある。パイ  
プライン設計ではこの負圧を避けることが原則で  
あり、負圧の発生が懸念される場合にはパイプラ  
イン路線の変更等により、縦断形状を修正すると  
ともに、弁の形式や操作速度等に配慮した検討が  
必要となる。

**3. 「経験則による水撃圧」の基本特性**

**(1) 経験則による水撃圧の領域**

「経験則による水撃圧」は既往のパイプ規定等

を参考としたものと思われるが、前文③の内容や「経験則による水撃圧」の説明図\*2)から、本水撃圧が剛体領域を前提にしていることが分かる

※水撃作用の理論には、流体の圧縮性及び管路の弾性を考慮した弾性理論とこれらを考慮しない剛体理論がある。この剛体理論が適用可能なバルブ操作の遅い領域を剛体領域と云い、アリエビの近似式による水撃圧はこの領域に属する。

そこで、剛体領域を代表するアリエビの近似式を用いて、「経験則による水撃圧」の特性を明らかにする。アリエビの近似式\*3)は次の通りである。

$$\frac{H_{\max}}{H_0} = \frac{K_1}{2} + \sqrt{K_1 + \frac{K_1^2}{4}} = \frac{n}{2}(n + \sqrt{n^2 + 4})$$

$$K_1 = n^2$$

$$n = \frac{L \cdot V}{g \cdot H_0 \cdot T_v}$$

$H_{\max}$  : バルブ地点での最大水撃圧水頭 (m)

$H_0$  : バルブに作用する静水頭 (m)

$L$  : 管路延長 (m)

$V$  : 管内の初期及び終期の定常状態の流速差 (m/s)

$g$  : 重力の加速度 (m/s<sup>2</sup>)

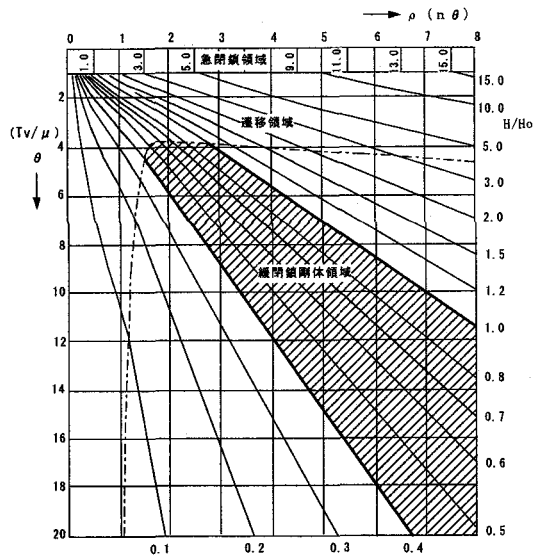
$T_v$  : バルブの閉鎖時間 (s)

前文①の内容は最大圧力上昇率  $H_{\max}/H_0=1.0$  を示し、このとき  $n=0.71$  を得る。また、②では  $H_{\max}/H_0=0.4$  であり、 $n=0.34$  となる。

ここで、 $H_{\max}/H_0=1.0$  と  $H_{\max}/H_0=0.4$  は図一3(1)に太い実線で示すように、線上に限定された領域であるが、ここではその特性を理解する上から両線に囲まれた範囲を経験則水撃圧の範囲と設定する。

図一3(1)は、「アリエビによる計算図表」と云われるものである。縦軸の  $\theta$  はバルブの閉鎖時間 ( $T_v$ ) を圧力波の管路内往復時間 ( $\mu$ ) で割った時間定数であり、 $\theta \leq 1$  は急閉鎖領域を示す。この領域ではジュウコスキーの式を適用することができる。横軸の  $\rho$  はアリエビの管路定数と云われるもので、 $\rho = n\theta$  である。

本図において、 $n$  が一定の線は原点を通る直線となる。アリエビの近似式は上記のように  $n$  のみの関数であり、 $n$  が一定のとき左辺の最大圧力上昇率も一定となる。従って、剛体領域とは、最



図一3(1) 緩閉鎖剛体領域の境界 (アリエビの計算図表による検討)

大圧力上昇率一定の線が原点を通る直線と等しいとみなせる領域でもある。その境界を明確に示すことは難しいが実用的には近似的なもので差し支えなく、図中に鎖線で示す。\*4)

ここで、「アリエビによる計算図表」の剛体領域の設定から、前出③に記述される緩閉鎖の範囲を検討する。

まず、縦軸の範囲を概略、 $\theta > 4$  とする。

$$\theta = \frac{T_v}{\mu} > 4$$

$$T_v > 4 \cdot \mu = 4 \cdot \frac{2L}{\alpha}$$

$\theta$  : バルブ閉鎖時間を圧力波の管路内往復時間で除した時間定数

$T_v$  : バルブの閉鎖時間 (s)

$\mu$  : 圧力波の管路内往復時間

$L$  : 管路延長 (m)

$\alpha$  : 圧力波の伝播速度 (m/s)

ここで、 $\alpha$  は大略次のようである。

SPまたはDCIP  $\alpha \approx 1000$  m/s

FRPM  $\alpha \approx 500$  m/s

VP  $\alpha \approx 400$  m/s

従って、「経験則による方法」を用いる場合には弁操作時間を、 $T_v > L/125 \sim L/50$  としなければならないことがわかる。

設計基準ではアリエビ公式の適用範囲を $T_v > L/300^{*5)}$ としているが、これは上記の内容等から、 $\theta > 2$ のSPやDCIPの場合と推定できる。

また、横軸の経験則の概略の範囲を、 $\rho > 2.5 \sim 1.5$ とする。

$$\rho = \frac{\alpha \cdot V}{2 \cdot g \cdot H_0} > 2.5 \sim 1.5$$

ここに、各記号は前記の通りである。

$$\rho = n\theta, \theta = T_v/\mu \text{から、}$$

$\rho > 2.5$ で $n=0.71$ の時 $T_v > 7L/\alpha$ 、 $\rho > 1.5$ で $n=0.34$ の時 $T_v > 8.8L/\alpha$ を得て、前記同様の結果となる。

ここで、上記の弁操作とは弁の開口面積(A)と流量係数(C)との積が直線的に変化する場合の操作時間を意味し、直線操作(均等操作)と呼ばれるものである。

しかし、実用される弁は弁固有の流量特性と管路損失の合成された実効特性を示し、弁操作の効果は操作後半に集中する場合が多く、操作時間を更に数倍延ばす必要がある。

## (2) 水撃圧線の直線性

前出の図-2(1)に示す設計内圧線は、バルブ地点の水撃圧標高と上流水槽水位とを直線で結んだものである。このことから、経験則による水撃圧の大きさはパイプラインの縦断形状に係わらず、バルブ地点の静水圧によって一義的に決定され、中間地点の水撃圧は上流水槽からの管路長に比例して求められることになる。

この特性は剛体理論から導かれるものであるが、前出のアリエビ式を導く過程からも近似的に理解することができる。

すなわち、前出のアリエビ式は次の2次式を解いたものである。

$$\left(\frac{H_{\max}}{H_0}\right)^2 - n^2 \left(\frac{H_{\max}}{H_0}\right) - n^2 = 0$$

前式を下式に変形し、右辺の水撃圧上昇率に経験則値(1.0または0.4)を代入し、「経験則による水撃圧の近似式」を求めると。

$$\frac{H_{\max}}{H_0} = n \sqrt{1 + \frac{H_{\max}}{H_0}}$$

$$\frac{H_{\max}}{H_0} = (1.2 \sim 1.4)n = (1.2 \sim 1.4) \cdot \frac{L \cdot V}{g \cdot H_0 \cdot T_v}$$

$$\therefore H_{\max} = (1.2 \sim 1.4) \cdot \frac{L \cdot V}{g \cdot T_v}$$

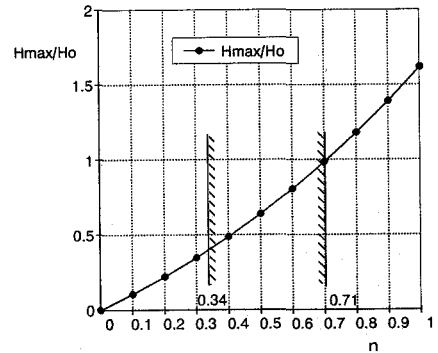


図-3(2) アリエビ公式による水撃圧値

すなわち、水撃圧の大きさは近似的に管路長(L)と流速の変化量(V)に比例し、バルブの操作速度( $T_v$ )に反比例する。また、バルブ地点の静水圧と直接的な関係はなく、パイプライン縦断形状にも左右されないことがわかる。

また、図-3(2)はアリエビ式を図化したものであるが、経験則水撃圧の範囲では最大圧力上昇率がほぼ直線的に変化し、上式同様の内容を示すことが分かる。

## 4. 中間バルブによる水撃圧

多数のバルブが配置されているパイプラインでの経験則水撃圧の扱いは前出の通りであるが、この方法によればパイプラインの延長が大きく起伏に富む場合には、慣行的経験則同様の不合理な結果を招きかねない。そこで、各々の中間バルブの同時操作は無く、水撃圧の発生は各バルブ地点で独立したものと考え、同一口径、同一直線操作を前提として中間バルブによる水撃圧の大きさを求める。

剛体理論による水撃圧算定式として、アリエビ式と同種のものに下記のドスパルの略算式<sup>\*6)</sup>がある。この式は末端弁の条件を簡略化しているが結果はアリエビ式とほとんど差がなく、実用的なものである。

$$\frac{H_{\max}}{H_0} = \frac{2n}{2-n}$$

ここに、各記号は前記の通りである。

ここで、中間バルブによる水撃圧の大きさをドスパルの式の誘導<sup>\*7)</sup>と同様に求めると以下の通りとなる。

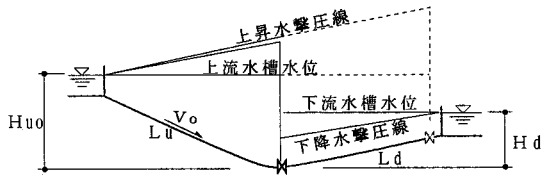


図-4(1) 中間バルブによる水撃圧

$$\frac{H_{mid}}{H_{u0}} = \frac{2N_u}{2 - N_T}$$

$$N_u = \frac{L_u \cdot V_0}{g \cdot H_{u0} \cdot T_v}$$

$$N_T = \frac{(L_u + L_d) \cdot V_0}{g \cdot (H_{u0} - H_{d0}) \cdot T_v}$$

ここに、

$H_{u0}$  : 上流水槽水位とバルブ地点の落差 (m)

$H_{d0}$  : 下流水槽水位とバルブ地点の落差 (m)

$H_{mid}$  : 中間バルブ地点の最高水撃圧値 (m)

$T_v$  : 中間バルブの閉鎖時間 (s)

$g$  : 重力加速度 ( $m/s^2$ )

その他の記号は前図参照。

ここで、中間バルブの位置を下流水槽地点に移設し、 $L_u$ を $(L_u + L_d)$ に置き換え、この時の $N_u$ を $N_e$ とすると末端バルブ地点の水撃圧比は次式となる。

$$\frac{H_{end}}{H_{u0}} = \frac{2N_e}{2 - N_T}$$

ここに、

$H_{end}$  : 末端バルブ地点の最高水撃圧値 (m)

そして、前出の中間バルブ地点の水撃圧比をこの末端バルブ地点の水撃圧比で割り、両水撃圧間の関係を求める。

$$\begin{aligned} \frac{H_{mid}}{H_{end}} &= \frac{2N_u}{2 - N_T} \cdot \frac{2 - N_T}{2N_e} = \frac{N_u}{N_e} \\ &= \frac{L_u \cdot V_0}{g \cdot H_{u0} \cdot T_v} \cdot \frac{g \cdot H_{u0} \cdot T_v}{(L_u + L_d) \cdot V_0} \\ &= \frac{L_u}{L_u + L_d} \end{aligned}$$

すなわち、同一口径のパイプラインにおいて、同型のバルブにより同一の操作を行った場合、中間バルブによる水撃圧の大きさは、バルブ標高にかかわらず、末端バルブによる水撃圧値と距離の比例関係にあることが分かる。

一般的には下図に示すように、パイプライン縦断形状に関わらず末端バルブを対象として、その

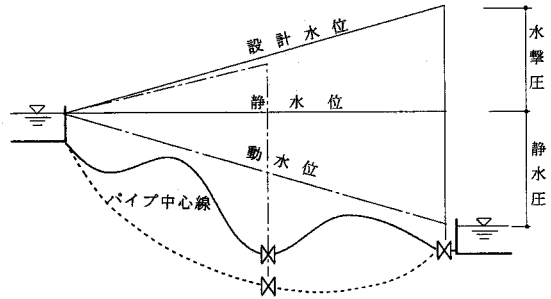


図-4(2) 中間弁のある経験則水撃圧

区間の統一した設計水撃圧を求めることが可能となる。なお、本図では図-4(1)との関連と水理ユニット内での適用を想定して、上下流水槽水位差を静水圧としている。

実際には、同一バルブ操作のもとでもバルブ位置の相違によりバルブの実効的な流量特性が変化するため上記の結果はあくまで定性的なものとして理解すべきである。

また、図-4(1)に示す中間弁下流側に生じる最大圧力降下率は次式により求められる。<sup>\*8)</sup>

$$\frac{H_{mid}}{H_{d0}} = \frac{2N_d}{2 - N_T}$$

$$N_d = \frac{L_d \cdot V_0}{g \cdot H_{d0} \cdot T_v}$$

ここに、各記号は上記の通りである。

## 5. 改良した経験則水撃圧

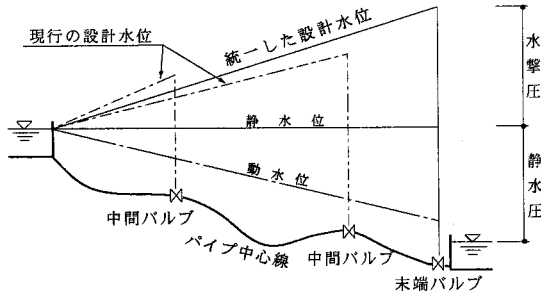
前述したように、制水弁の配置は事業の進展に伴い、河川や道路管理者との協議や経済的理由等から途中で変更される可能性もあり、設計段階では特に中間弁の配置に左右されない統一した設計水撃圧を設定することが望まれる。

前述したように、剛体領域での水撃圧は次のような特性を有している。

- ①パイプライン縦断形状に係わらず、上流水槽を起点とした直線として表せる。
- ②水撃圧の大きさは同一口径において、近似的に管路長 ( $L$ ) と流速の変化量 ( $V$ ) に比例し、バルブの操作速度 ( $T_v$ ) に反比例する。
- ③中間バルブによる水撃圧の大きさは、バルブ形式や操作方法が同様ならば、バルブ標高にかかわらず、末端バルブによる水撃圧の大きさと近似的に比例関係にある。



上下流水槽によって水理ユニットが形成され、その間の口径に大きな差は無く、また、途中で分水が無く、もしくは分水が停止している場合に、上記の剛体水撃圧の特性を適用すると、下図に示すように末端バルブ地点の経験則水撃圧により水理ユニット内の統一した設計水撃圧を求めることが可能となる。なお、本図では水理ユニットへの適用を想定し、下流水槽を配している。



図一 5 (1) 水理ユニット内の統一経験則水撃圧

上記のような水利状況は極めてまれなケースと思われるが、途中で分水されている場合には末端バルブによる水撃圧はその一部が分水側に消失するため、一般的には上流分水工バルブの全閉時に最大水撃圧が発生する。

なお、この場合の水理ユニットの大きさは、経済性や水撃圧の大きさ及び実施地区例等から大凡10~15km程度と思われる。

ここで、パイプライン縦断が中だるみ形状の場合には、末端地点で求めた経験則水撃圧が小さく、中間バルブも含めて通常のパルブ操作方法では対応しきれない場合がある。

また、延長の大きいクローズドパイプラインや末端水理ユニットのパイプラインでは、上下流間の口径変化が大きく水撃圧発生条件も複雑となり、上記のような水撃圧の統一化は難しくなる。

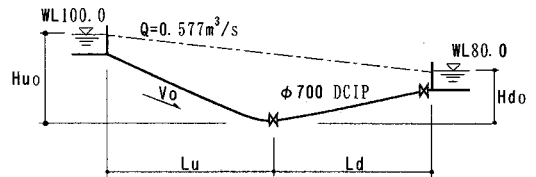
このような場合には、設計基準にあるようにシミュレーション数値解析を併用してバルブの操作方法と水撃圧値の確認を行う必要がある。<sup>\*9)</sup>

## 6. シミュレーション数値解析による「改良した経験則水撃圧」の検証

「改良した経験則水撃圧」は理論的背景のもとに設定されているとは云え、不確定な要素も含まれており、実際に適用する段階では判断に苦慮す

る場合も多いものと思われる。そこで、シミュレーション数値解析手法<sup>\*10)</sup>を用いて、「中間バルブによる水撃圧」の特性を検証し、合わせて、バルブ形式による水撃圧の相違も検証する。

対象とするパイプラインは下図に示すように、上下流に水槽を持つ延長6kmのφ700ダクタイル鋳鉄管とし、上流水槽水位WL100.0、下流水槽水位WL80.0、流量0.577m<sup>3</sup>/s (V=1.50m/s)とする。バルブ操作は剛体の範囲から60秒の直線操作とし、上下流水頭 (Huo, Hdo) 及び上下流延長 (Lu, Ld) を変化させて中間バルブと末端バルブによる水撃圧の大きさを検討する。



図一 6 (1) 中間バルブによる水撃圧特性の検証モデル

### (1) 中間バルブによる水撃圧特性の検証

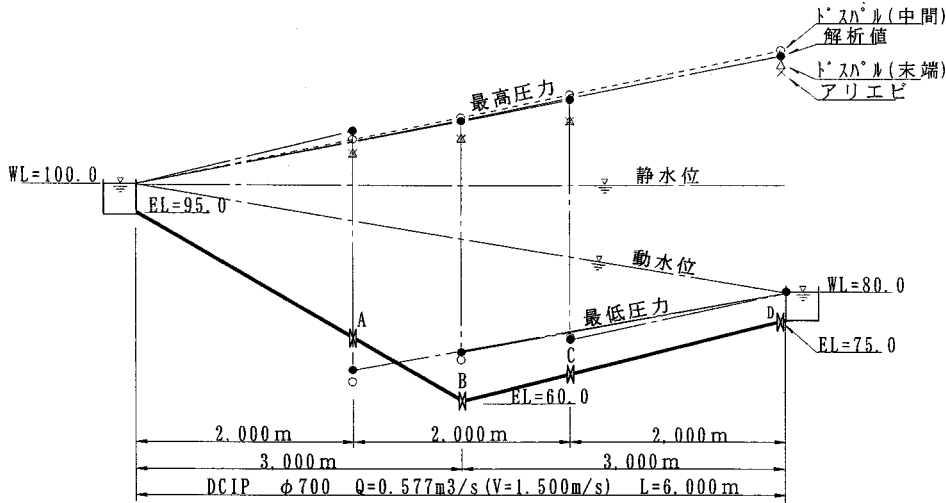
はじめに、バルブ位置による水撃圧の末端及び中間バルブの設置位置による水撃圧の大きさを検証するため、中間バルブを上流水槽から1/3(2000m)地点、1/2(3000m)地点及び2/3地点(4000m)地点に設定し計算を行った。解析結果を図一6(2)に示す。

図一6(2)では、中間点に設置したA~Cのバルブの水撃圧の結果が、上流水槽水位と末端バルブDによる水撃圧標高を結ぶ線上にほぼ一致し、水撃圧の末端バルブとの比例直線関係が検証されている。

また表一6(2)は、1/2地点のバルブBについて、標高をEL0.0~80.0mまで20m間隔で計算を行った結果である。解析値及びドスバル(中間弁モデル)では、何れのケースにおいても最高圧力標高は同一であり、水撃圧の大きさがバルブ設置高に影響されないことがこの計算結果から判明している。

なお、同図中に前出のドスバル(末端弁モデル)式とアリエビ式の結果も併記しているが、

- ・中間弁モデル(ドスバル)の方が、末端弁モデル(ドスバル・アリエビ)よりも大きい値となり、又、より解析値に近い値となる。



図一 6 (2) 中間バルブによる水撃圧の比較

表一 6 (1) 閉鎖弁直上流最高圧力 (直下流最低圧力) 比較表 (TP. m)

算定方法	記号	バルブ A	バルブ B	バルブ C	バルブ D
解析値	●	109.9 (65.4)	111.6 (69.0)	115.4 (71.7)	123.6 (80.0)
ドスパル(中間モデル)	○	108.3 (63.5)	112.4 (67.6)	116.5 (71.1)	124.8 (80.0)
ドスパル(末端モデル)	△	105.6	108.5	111.9	122.1
アリエビ	×	105.6	108.4	111.8	120.7

表一 6 (2) 中間弁 (弁B) の標高の違いによる最高圧力比較表 (TP. m)

算定方法	EL=0m	EL=20m	EL=40m	EL=60m	EL=80m
解析値	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4
ドスパル(中間モデル)	111.6	111.6	111.6	111.6	111.6
ドスパル(末端モデル)	108.0	108.0	108.2	108.5	109.5
アリエビ	108.0	108.0	108.2	108.4	109.3

・末端弁モデルでは、バルブ設置標高により水撃圧の値が異なってくる。

ことから、中間バルブの場合には中間弁モデルのドスパル式の方がより実際の現象に近い値を示すことが確認できる。

## (2) バタフライ弁及び仕切弁と直線操作時の水撃圧の比較

剛体領域での水撃圧はバルブ閉鎖最終時に最大値を示すが、前述したように、その大きさはバルブ固有の特性だけでなく、パイプラインと組み合わせられた実効特性により影響される。

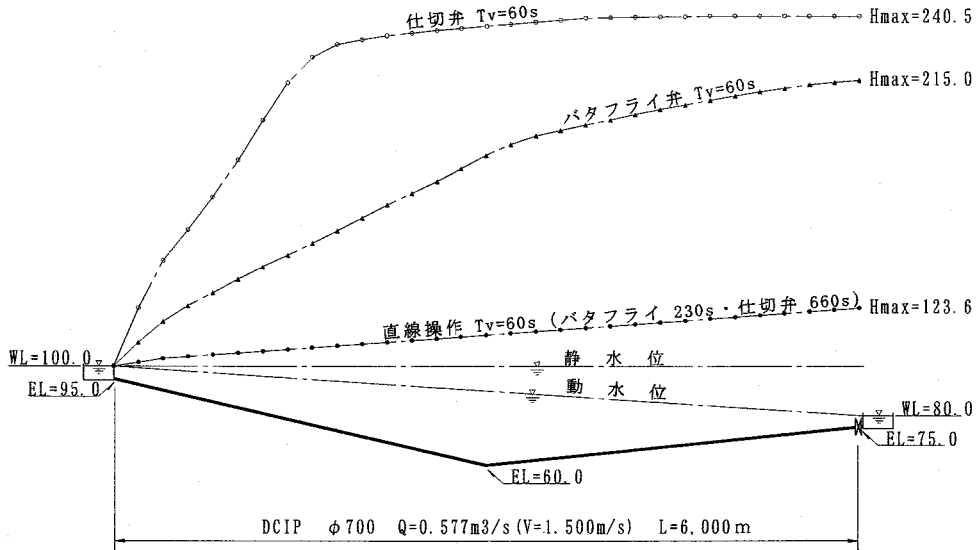
農水パイプラインでは、主に経済的理由から小口径の管理弁として仕切弁を採用するケースが多いが、一般的に仕切弁による水撃圧値はバタフライ弁のそれよりもかなり大きなものとなる。

また、小口径の区間では途中の分岐が少なくほぼ全量を対象として弁操作を行う場合が多いため

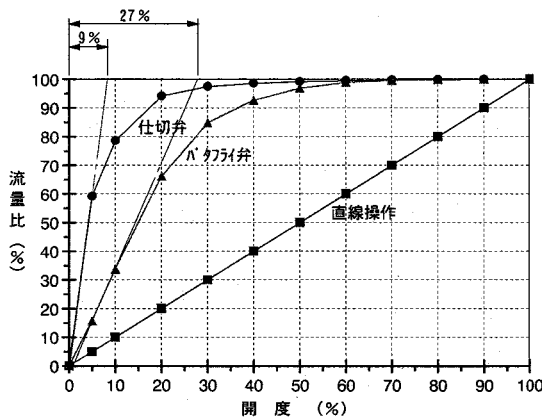
に、仕切弁の管理操作を一層難しくしている例が多い。

そこで、上記のパイプラインをモデルとして、末端弁を直線操作した場合、バタフライ弁及び仕切弁を用いた場合の水撃圧を解析した。

解析結果を図一 6 (3)に示す。同図より、直線操作時の水撃圧の大きさに比べて、バタフライ弁及び仕切弁とも大きな水撃圧値を示しているが、バタフライ弁で約5倍、仕切弁で約6倍の大きさとなっていることが分かる。しかし、本図中の仕切弁とバタフライ弁による水撃圧線の形状が直線でないことから、これらの結果は剛体領域から外れ、仕切弁の結果は図一 3 (1)の急閉鎖領域に、また、バタフライ弁の結果は遷移領域にあることが分かる。対象バルブを上流 1/3 地点に想定すれば、仕切弁による水撃圧値はバタフライ弁の値より約2倍の大きさとなっている。



図一 6 (3) バルブ種別による水撃圧の比較図



図一 6 (4) バルブの実効特性 ( $C_p=180$ ) と等価閉塞時間係数

ここで今回のモデルにおけるバルブの実効特性(図一 6 (4))から等価閉塞時間を求めると、バタフライ弁で60秒 $\times$ 0.27=16秒、仕切弁で60秒 $\times$ 0.09=5.4秒となる。また、直線操作と同等の水撃圧とするためには、バタフライ弁で60 $\div$ 0.27=220秒、仕切弁で670秒の操作速度を要することになる。解析ではそれぞれ230秒、660秒とほぼ同様の結果が得られており、この方法により設計水位から実際の操作速度を求めることも可能となる。

しかし、 $\phi 700$ の電動バルブの通常の実操作時間は1分程度であり、これを660秒(11分)かけて操作することは容易でない。経験則の不備を補って水撃圧解析を併行し、水撃圧の大きさを修正す

るとともに、現実的な操作方法を選定すべきである。

小口径バルブではゴミ詰まり等の問題も発生しやすく、一概にバタフライ弁を採用すべきとも言い難い面もあるが、設計の段階からバルブ形式による水撃圧の大きさの相違を認識しておく必要がある。

## 7. おわりに

本報文は、パイプライン設計者を念頭に、「経験則による水撃圧」の基本的な特性を紹介し、より合理的な利用方法を提案するものである。

もとより筆者は水撃圧の研究者でもなく理論的には不十分な所もあるが、実用上はさほど支障はないものと思われる。

設計基準では水理解析の拡充として、経験則の使用に際し、バルブ特性や管理条件を考慮のうえ、経験則の範囲を確認するため水撃圧解析を併用することとしているが、その操作方法と合わせて合理的な設計水撃圧を設定している事例は少ない。

最近では可搬容易な充電式開閉機も開発され、手動バルブでも電動同様の速度で開閉操作ができるようになってきており、水撃圧の大きさだけでなくバルブの操作速度を合理的に設定することがますます重要になってきている。

また、水撃圧解析においては検討ケース等の解析条件を明示したものが見あたらず、現状では解

析者の個人的判断に任せ、事業現場では発注者共々苦労されているものと思われる。本報文では水撃圧特性を踏まえてその一例を示したが、分水停止の送水状態は極めて希なケースであり、より実用的な条件設定の考え方もあるものと思われる。

お心当たりの方は是非ともご提案して頂ければ幸いである。

#### 引用文献

- \* 1) 土地改良事業標準設計 第4編パイプライン (解説書) p.189または、  
内藤克美編著：パイプライン—設計, 施工,

管理— p.227

- \* 2) 設計基準 p.228
- \* 3) 同上 p.229
- \* 4) 秋元徳三：「水撃作用と圧力脈動〈増補版〉」 p.122
- \* 5) 設計基準 p.230
- \* 6) 秋元徳三著：「水撃作用と圧力脈動〈増補版〉」 p.130
- \* 7) 同上 p.262
- \* 8) 同上 p.265
- \* 9) 設計基準 p.223
- \* 10) 同上 p.230

# 犬山頭首工の補修について

糸 賀 信 之\*  
(Nobuyuki ITOGA)

阪 本 勝\*\*  
(Masaru SAKAMOTO)

富 岡 和 夫\*  
(Kazuo TOMIOKA)

目	次
I. はじめに .....	56
1. 濃尾用水の概要 .....	56
2. 犬山頭首工の位置 .....	56
3. 犬山頭首工の概要 .....	56
II. 犬山頭首工補修概要 .....	57
1. 補修に至った経緯 .....	57
2. 調査結果と補修項目 .....	58
III. 施工計画等 .....	62
1. 施工時期と施工範囲 .....	62
2. 仮設計画 .....	62
3. 工事進捗状況 .....	63
IV. 第1期締切工事を施工して .....	64
1. 工事施工にあたって .....	64
2. 上流側仮棧橋の施工 .....	64
V. おわりに .....	65

## I. はじめに

### 1. 濃尾用水の概要

1600年代初頭（江戸時代初期）から濃尾平野を潤し、地域農業の発展に大きく貢献してきた宮田、木津、羽島の三用水は、その水源を何れも木曾川に求めていたが、各用水とも取入れ口付近の河床低下や流心の変化によって取水が著しく困難となったため、地元農家の申請に基づいて昭和32年度より国営濃尾用水農業水利事業を実施し、犬山城下の地点に三用水を合口して、犬山頭首工を築造するとともに用水路の改修を行い、農業用水を安

定して確保することにより、稲作並びに同地域内の畑地かんがいを行っている。

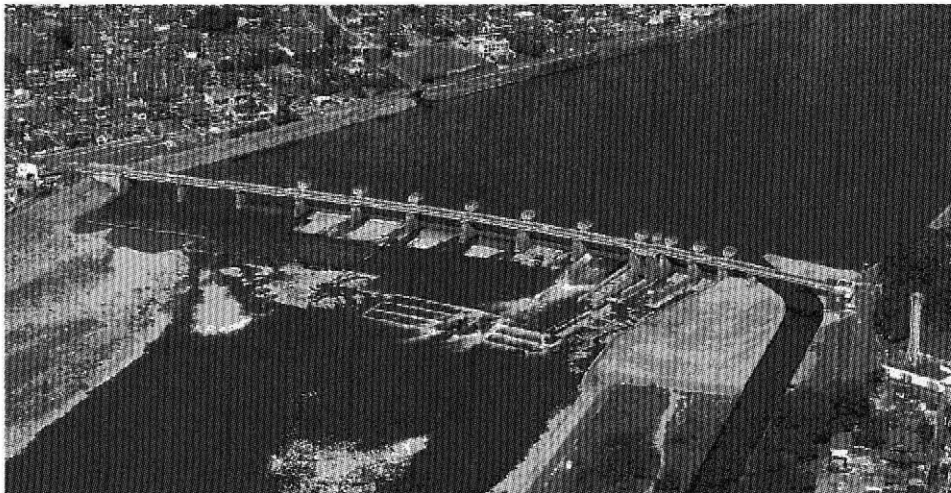
### 2. 犬山頭首工の位置

木曾川中下流域に位置し、右岸は岐阜県各務原市、左岸は愛知県犬山市という全国的にも名高い観光都市をまたいで位置する。なかでも国宝犬山城を望むロケーションは、その城名を別名「白帝城」と言わしめるほど人々の心を魅了している。

### 3. 犬山頭首工の概要

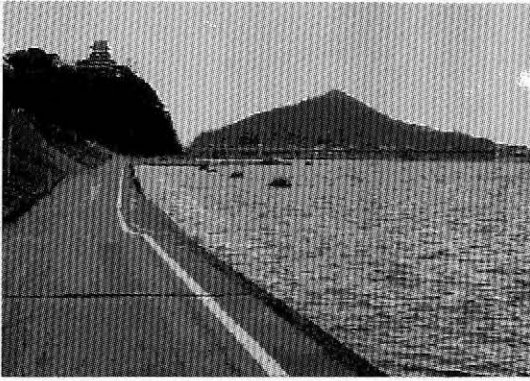
#### (1) 設計諸元

- ①河 川 名：1級河川木曾川水系木曾川
- ②堤 長：420m



犬山頭首工全景

\*東海農政局新濃尾農地防災事業所調査設計課 (Tel. 0586-47-7720)  
\*東海農政局新濃尾農地防災事業所犬山支所



国宝犬山城（写真左上）と犬山頭首工

③計画高水量：12,500m<sup>3</sup>/s

④計画高水位：EL42.58m

⑤取入水位：EL37.00m

2) 施設概要

①可動堰

洪水吐制水門 B30m×H4.5m×1門  
30m×4.0m×3門

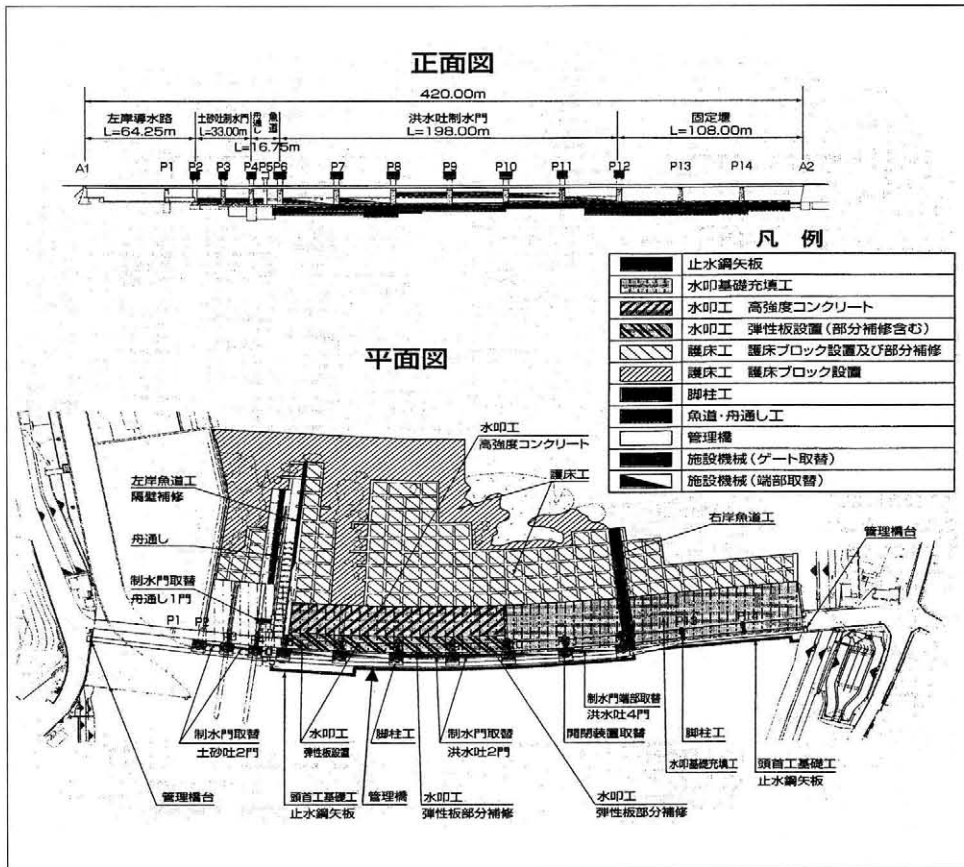
30m×2.5m×2門  
土砂吐制水門 B14m×H4.5m×2門  
舟通し閘門 B6m×H4.8m(上流)  
6m×5.2m(下流)  
魚道調節水門 B6m×H1.2m

- ②固定堰 108m
- ③水叩工 無筋コンクリートt=2.5m
- ④護床工 鉄筋コンクリート格子枠
- ⑤操作橋 B=6m, 合成桁, 合成箱桁
- ⑥その他 管理, 制御設備等 1式

II. 犬山頭首工補修概要

1. 補修に至った経緯

犬山頭首工は、国営濃尾用水農業水利事業の基幹施設として昭和38年度に完成し、国営造成土地改良施設整備事業（昭和49～54年度）における補修工事を経て現在に至る。（築造から約40年経過）築造以降、堰下流において河床低下が著しく、堰上下流の水位差が大きくなったことから、基礎



犬山頭首工補修工事の概要



構造の安定性が低下している。

このことから、頭首工全体の安定性について調査・検討を行い、以下に示す補修を行うことにより安定性の確保を行うこととした。

## 2. 調査結果と補修項目

### (1) 頭首工本体

施設の測量及びコンクリート強度等の調査、試験、検討を行った結果、不同沈下等の有害な変形は生じておらず、コンクリートの強度や品質も安定していることから、今後とも良好かつ安全なコンクリート構造物であると判断した。

脚柱 番号	コンクリート調査結果			偏心量 (mm)
	密度 (g/mm <sup>3</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	中性化 (mm)	
	2.3以上	21以上	50以下	
A1	2.34	24.6	11.8	0
P3	2.34	30.8	18.0	0
P6	2.42	32.7	4.00	0
P7	2.40	35.4	4.59	0
P8	2.36	27.3	0.35	0
P11	2.44	23.0	0.60	0
P13	2.37	39.2	0.36	0
A2	2.36	33.6	1.33	0

### (2) 頭首工基礎

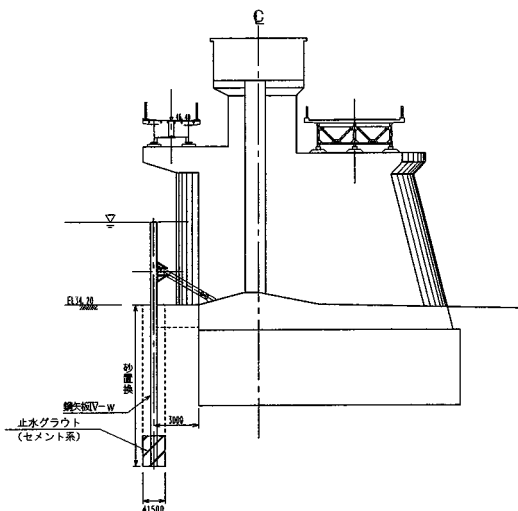
下流河床低下により堰上下流の水位差が増大したこと等に起因して、浸透路長が不足し、基礎を

浸透する流水の影響から、水叩基礎地盤の細粒分が流出し、空隙、空洞がボーリング調査結果により確認され、堰の安定性が低下していることから、堰の安定性を回復させる。

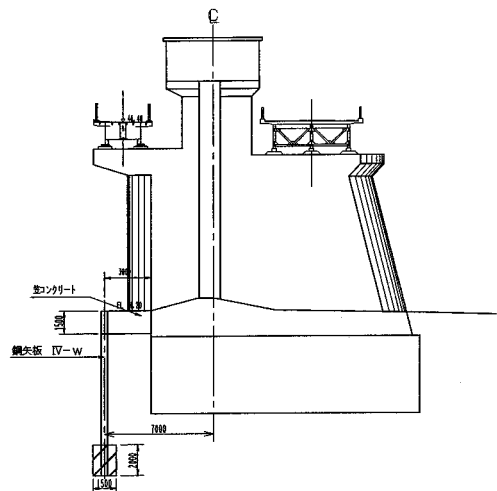
#### 1) 浸透路長の確保

- ① 浸透路長の不足を補うため、カーテングラウト、止水鋼矢板、連続地中壁等の検討を行い、施工性、経済性、環境への配慮から止水鋼矢板工法を採用した。(鋼矢板材料は、経済性、施工性を考慮し、幅広鋼矢板を採用)
- ② 止水鋼矢板は、仮締切工と兼用することでコスト削減を図る。
- ③ 止水鋼矢板天端高について、仮締切期間中は設計高水位まで施工し、仮締切撤去時に上流側水叩高で切断する。
- ④ 止水鋼矢板根入長は、浸透路長に必要な根入長と仮締切に必要な根入長を比較し、大きい方の数値を採用した。(平均6m)
- ⑤ 鋼矢板打設工法の決定にあたって、在来の工法では、河床堆積物(玉石混り土砂  $h = 2 \sim 8 \text{ m}$ )への打設が非常に困難であることから、各打設工法を検討の結果、ケーシング付大口径ボーリングマシンにて先行掘削を行い、砂置換後、ケーシング引抜、鋼矢板打設、根固めグラウトによる止水、固定を行うこととした。

仮締切時標準図



止水鋼矢板完了図



仮締切時標準図・止水鋼矢板完了図

※大口径ボーリングマシンは、各径を検討の結果、経済性、施工性からφ1.5mとした)

2) 水叩基礎充填

- ① 流出した水叩基礎地盤の細粒分を補うため、基礎充填を行い、建設当時の機能を回復させる。
- ② 充填に使用する材料は、空隙への浸透性、基礎地盤と同等の強度、経済性からモルタル系グラウト材とした。
- ③ 充填にあたっては、施工性、経済性からロータリーパーカッションによる削孔後、単管ロッドによる充填とした。
- ④ 充填圧力は、水叩の浮き上がりを防止するため、0.03N/cm<sup>2</sup>を上限とした。
- ⑤ 孔配置の設計にあたっては、トンネルの裏込め注入を参考とし、6m×6mとした。
- ⑥ 充填材料及び孔配置は、工事実施段階において試験施工を行い、最適な充填材料及び孔配置とする。

(3) 水叩表面

土砂混りの高速流により著しく摩耗しており、今後放置することにより、摩耗はさらに進展し、

堰の安定性が低下することから、当初設計高まで回復させることとした。

- 摩耗厚 0.4m：洪水吐1号，土砂吐
- 0.2m：洪水吐2，3，4号
- 0.1m：洪水吐5，6号

① 水叩下流部

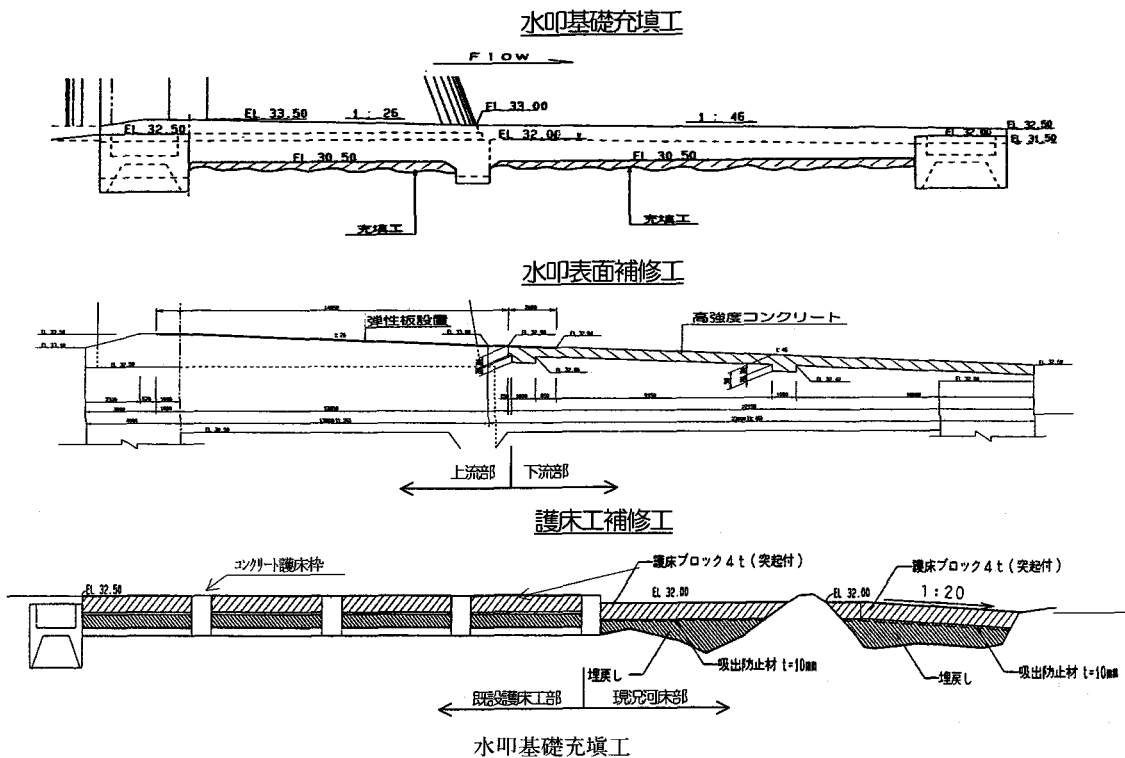
- a 高強度コンクリート、他各種コンクリート、弾性板設置、コンクリート表面の真空処理等を検討の結果、施工性、経済性から高強度コンクリートを採用した。
- b 施工厚さは、本頭首工の施設整備事業で実績のある30cm以上とした。(施工後約20年が経過しても、破損、剝離等は見受けられない)

- c 補修範囲は、現在の摩耗度から将来の安定性を検討した結果、使用頻度の多い洪水吐1，2，3，4号及び土砂吐区間とする。

② 水叩上流部

ゲート直下流及び水叩勾配変化点部は、他に比し著しく摩耗が激しいことから、施設整備事業により実績があり、効果が確認されている弾性板を部分的に設置する。

(4) 護床工



1) 既設護床工部

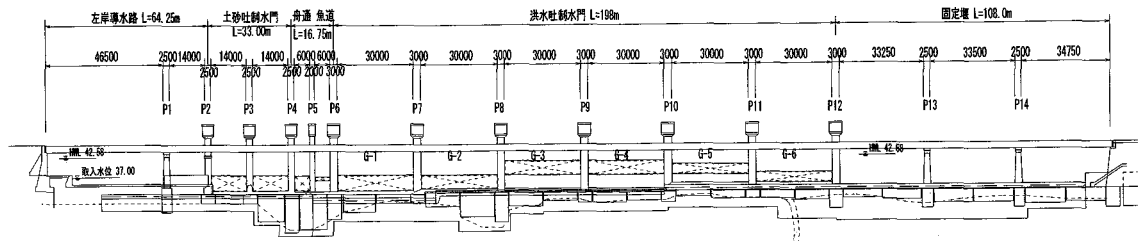
- ① 既設護床工は、コンクリート格子枠（約10m×10mで築造されており、この格子枠内に玉石詰を行い減勢を行っていた。
- ② 度重なる洪水によって格子枠内詰玉石が流亡したことにより減勢機能が低下し、下流河床低下を助長している。
- ③ 減勢機能の回復について、玉石詰、格子枠の細分化、護床ブロック設置等を検討した結果、施工性、経済性から護床ブロックを格子枠内に設置する。

- ④ ブロック重量は、河床勾配及び掃流力による検討を行い、1個当たり4tとした。
- ⑤ ブロック形状は、近隣で使用頻度が多くその効果を発揮している突起付平形護床ブロックとした。
- ⑥ ブロック天端高は、減勢効果を最大限に発揮させるため、格子枠の高さと同じとした。

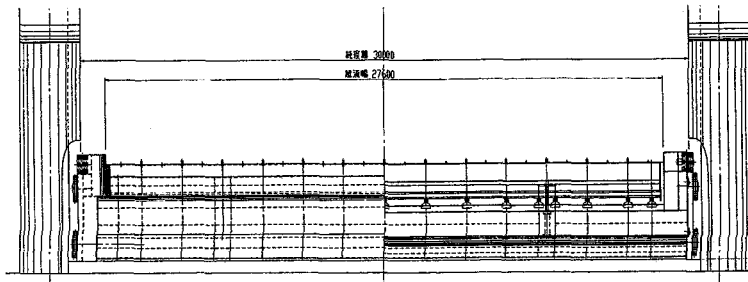
2) 現況河床部

- ① 河床低下により護床工を越えて下流まで跳水しており、河床低下を助長している。

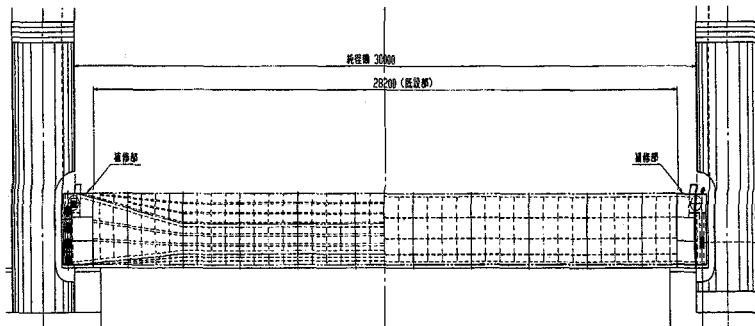
正面図



洪水吐3, 4号正面図

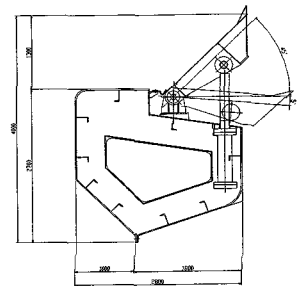


洪水吐5, 6号正面図

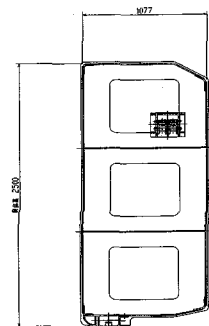


正面図

断面図

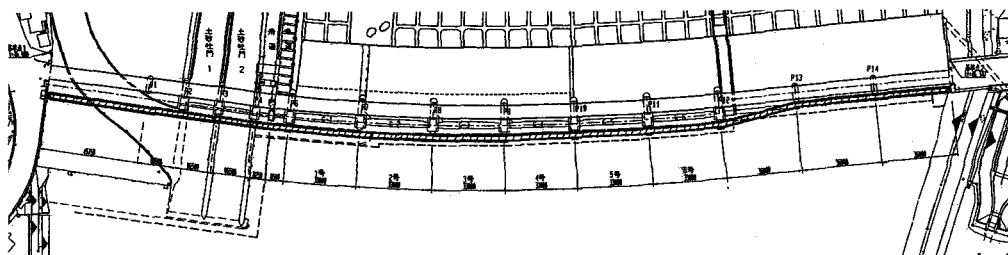


断面図

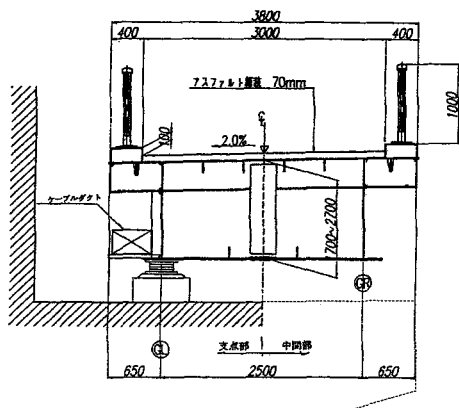


- ② 既設護床工部と同様の検討の結果、4t突起付平形護床ブロックを設置する。
  - ③ 設置範囲は、実際に跳水が起こっている範囲を行う。
  - ④ 護床工勾配は、既設護床工から設置終点まで緩やかに取り付ける勾配として1/20とした。
- (5) ゲート設備
- ① 上流域の都市開発に伴い洪水の流出形態が変化し、小流量の変動が多くなり、ゲート操作回数が増加（建設当時の約3倍）し、ゲート設備全般の負担が大きくなっている。このことから、洪水吐3、4号を現在のローラゲートから起伏ゲート付ローラゲートとし、流況変化に追随し、治水に対する安定性を向上させるとともに、将来の維持管理費を低減させる。
  - ② その他のゲートは、流木、転石等の衝突、挟み込みにより、発錆、変形、腐食、破損が生じており、板厚の減耗による構造強度等を総合検討して、扉体の全体若しくは端部等の交換を行う。
  - ③ ローラ類、戸当りは、流木等浮遊物の挟み込み等により、発錆、変形、腐食、破損が著しく、回転不良となり、ゲート開閉機能が低下し、また戸当り金物が損傷されていることから、交換を行う。
  - ④ 開閉機は、①に示した理由に起因して、異音、オイル焼け付き、芯ズレが顕著となり開閉機能が低下していることから交換を行う。
- (6) 管理橋
- 頭首工施設を将来的に安定して使用し、維持管理を合理的かつ経済的に行うため、上流側に管理橋を設置する。併せて既設橋台、既設脚柱の補修を行う。
- (7) 魚道
- 河川の流量変動に対応するためにゲート補修を行うが、河川流況の変化により低下している生態系保全機能を回復するため、右岸側に待避所付舟通し型魚道を1箇所設置する。

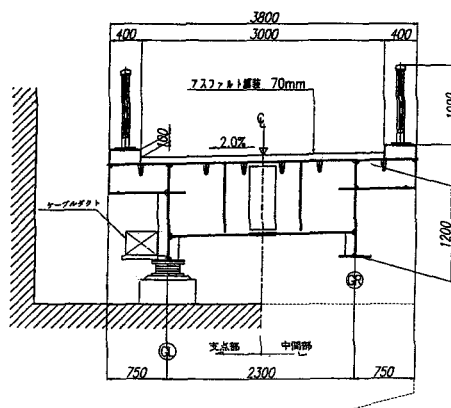
管理橋平面図



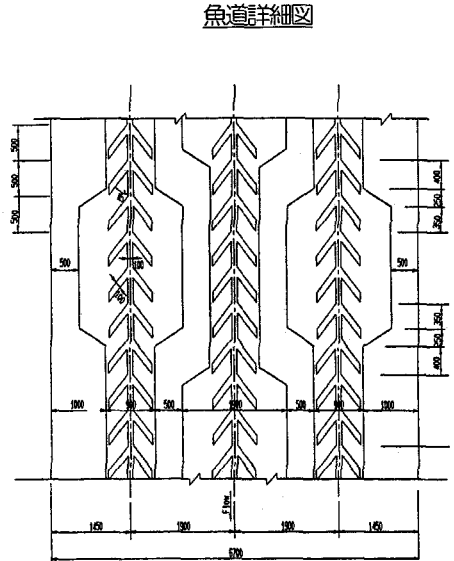
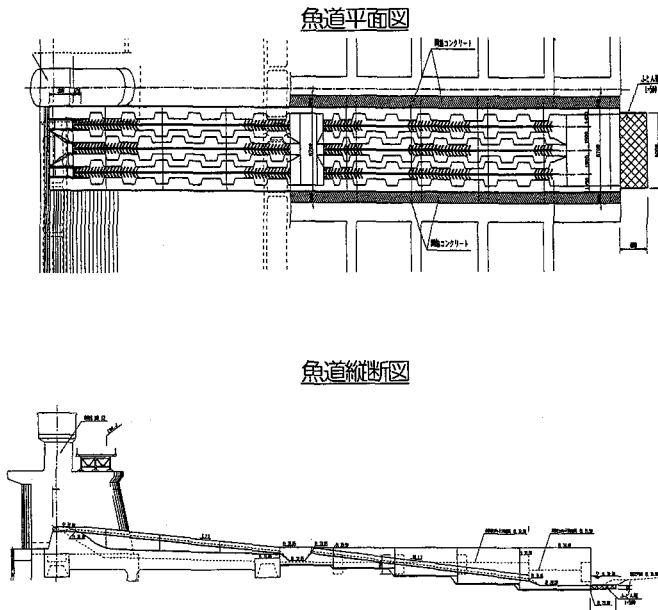
単純鋼床版桁鋼橋 (A1~P3)



2径間連続鋼床版桁鋼橋 (P3~A2)



管理橋平面図



魚道平面図・詳細図

### III. 施工計画等

#### 1. 施工時期と施工範囲

##### (1) 施工時期

河川管理者との協議により、非出水期である毎年10月～翌年5月までとする。(8ヶ月間)

##### (2) 施工範囲

下記の条件から施工範囲を検討した結果、1回の仮締切施工範囲を概ね3径間(約100m)とし、6回の仮締切期で施工する。

- ① 河床堆積物が玉石混じり砂礫層であることから、仮締切及び仮栈橋の設置に時間を要する。(仮設置3ヶ月、補修工事3ヶ月、仮設撤去2ヶ月)
- ② 各締切期における仮設構造物の河積阻害に伴う設計高水位(工事期間中における過去5年間の既往最大流量 $5,232\text{m}^3/\text{s}$ )が、堤防高さを超えない締切範囲の検討。
- ③ 各締切期における仮設置～補修工事(施設機械工事含む)～仮設撤去の工程検討。

#### 2. 仮設計画

##### (1) 上流側

- ① 下記の事項に留意して仮設計画の検討、

樹立を行った。

- ・河床堆積物は玉石混じり土砂である。
- ・工事内容は、仮設構造物設置・撤去工事、土木工事、施設機械工事である。
- ・仮設構造物は、設計高水位に対応する構造とする。
- ・作業ヤードとして使用する箇所はドライワーク可能とする。

② 上記を検討した結果、施工性、経済性から仮締切工を1重締切構造とし、止水鋼板と兼用させることで合理的かつ経済的な仮締切計画とした。

③ 作業ヤードに必要なスペースとして、仮栈橋を設置した。

##### (2) 下流側

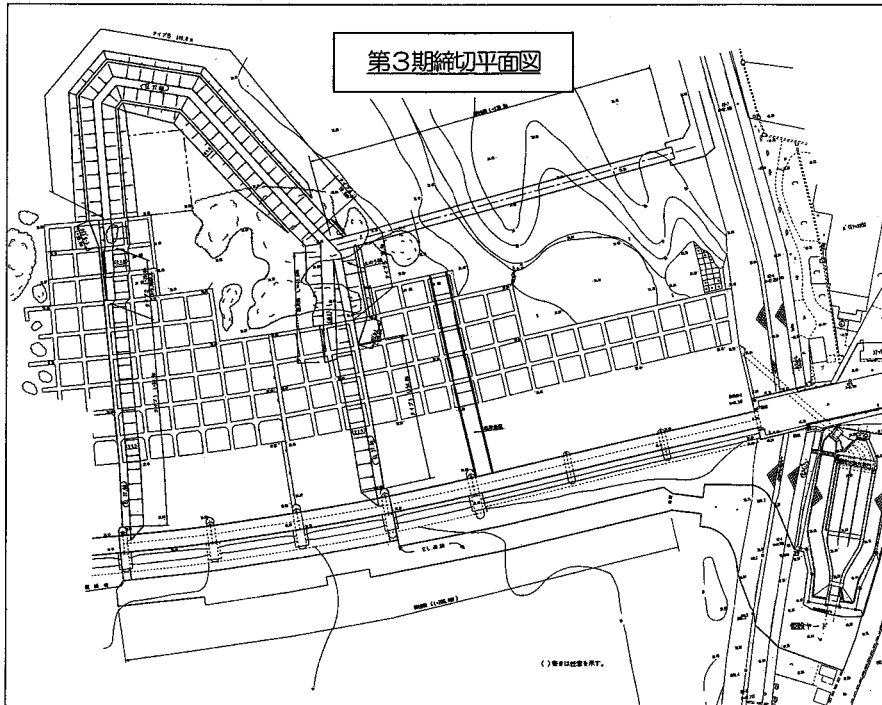
① 現況河床及び既設構造物を利用して仮設計画の検討を行った。

② 検討した結果、現況河床においては、基本的に土えん堤構造とし、濁水対策として接水部に土のうを設置する構造とした。

③ 既設構造物(水叩、護床工)部にあたっては、L型擁壁(二次製品)を設置し、水圧に対する反力として盛土を行った。

※施工計画の樹立にあたって苦慮した点。

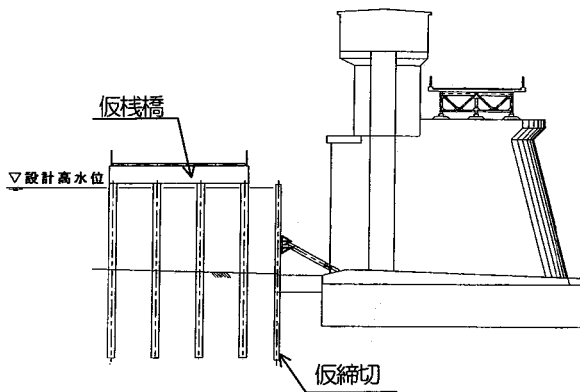
- ① 非出水期内での設計高水位に対応する大



第 3 期縮切平面図

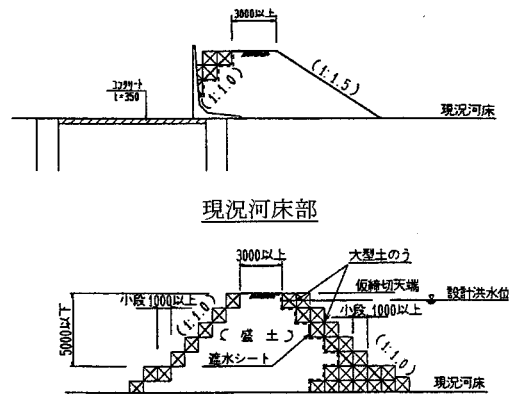
仮設工標準構造図

上流縮切



下流縮切

既設構造物



仮設工標準構造図

規模仮設と所定の工事が完了すること。

- ② 河川内工事における頭首工の補修事例が非常に少ない。
- ③ 市街地（住宅地域）近隣での大規模工事である。
- ④ 名勝地、国定公園内での作業である。
- ⑤ 頭首工付近に生息するオオサンショウウ

オの保全対策が必要である。

3. 工事進捗状況

- (1) 平成12年10月に第1期縮切～第3期縮切の土木工事を発注し、第1期縮切工事の施工を平成13年5月に無事終了したところである。
- (2) 平成13年3月に同縮切範囲のゲート製作据



付工事（洪水吐3，4，5，6号）を発注し，現在ゲート設備を製作中である。

- (3) 平成13年9月に管理橋製作架設工事（全延長L=420m）を発注し，現在製作中である。

#### IV. 第1期締切工事を施工して

##### 1. 工事施工にあたって

犬山頭首工補修工事は，河川内で実施する工事であるため，次の事項に留意する必要がある。

- (1) 非出水期間（10月から翌年5月の8ヶ月間）に所定の工事を完了させる。
- (2) 自然環境等への配慮から，施工による濁水発生を極力抑える。
- (3) 工事期間中の設計高水位に対して安全な仮設備とする。

このうち，(1)については，仮締切設置～本体補修～仮締切撤去までを8ヶ月間で完成させることから，特に仮締切兼止水鋼矢板の施工のための仮栈橋の迅速施工が本工事の重要なポイントとなった。

今回は，この上流側仮栈橋の施工概要について述べる。

##### 2. 上流側仮栈橋の施工

###### (1) 工法の選定

仮締切兼止水鋼矢板を限られた期間に効率的に施工するために仮栈橋の迅速施工が必要であったため，次の施工条件等から工法の選定を行った。

- ① 本頭首工は，年間取水を行っているため，

頭首工上流側の仮栈橋架設は水上での施工（水深：約2～4m）となる。

- ② 仮栈橋は，仮締切兼止水鋼矢板設置等に伴う作業構台としての役割を兼ねる構造とする必要がある。
- ③ 頭首工の基礎地盤は，河床堆積層とその下に泥岩層やチャート層で構成されており，仮栈橋支持杭の根入れを確保するため，岩盤まで杭を建て込む必要がある。

以上のことから各種工法の検討を行った結果，仮栈橋架設の施工が早く，経済的である鋼製パネル斜張式架設工法とした。

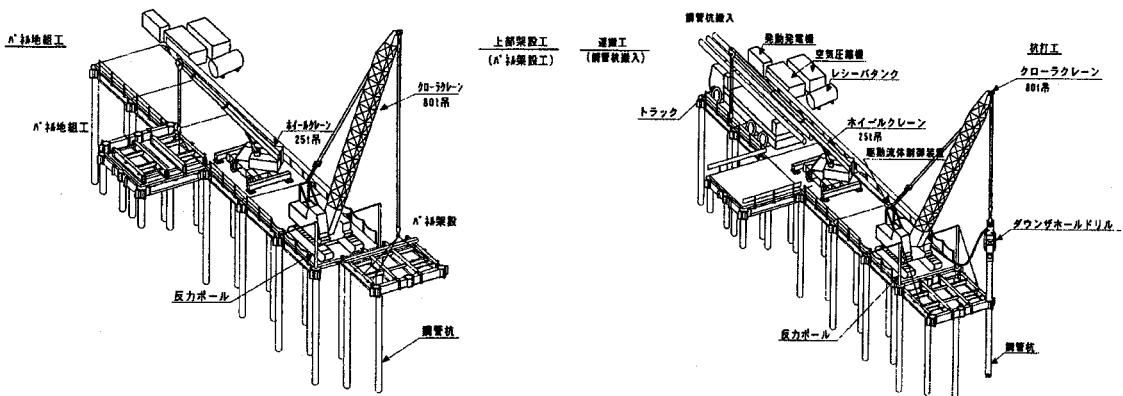
###### (2) 工法の概要

この工法は，仮栈橋施工において安全かつ迅速に架設することを目的とし，上部工部材（パネル）を工場でブロック化し，現場において地組を行い，架設単位毎（1スパン）に組み立て，斜張設備を用いてクレーンにより片持ち架設を行うもので，1スパンの上部工部材を架設した後，架設方向先端に下部工の鋼管杭を打設することで，仮栈橋を構築する工法である。

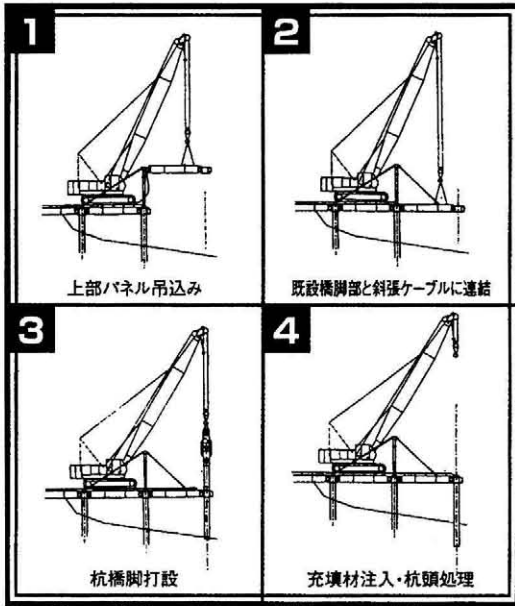
###### (3) 工法の特徴

仮栈橋を構築する方法に，鋼材（H形鋼等）を用いて施工する工法があり，下部工の施工は台船を用いるのが一般的である。この工法では，下部工が設置されないと上部工の架設ができないため，施工に時間を要する。

一方，本工法は上部工部材（パネル）を杭打設時の導材とすることにより，作業がすべて橋面か



工法概念図（パネル地組工・上部架設工・運搬工・杭打工）



施工手順概念図

ら施工でき、上部工と下部工が併行して施工できることから、施工時間の短縮が図られる。

(4) 施工手順 (1 サイクル)

- ① 工場で加工した上部工部材を架設単位毎 (1 スパン) に平場で地組を行う。
- ② 地組されたパネル (桁材) をクレーンにより架設位置まで吊り運搬する。
- ③ 設置済みパネルと新設パネルをピンで結合し、斜張設備により所定位置に架設する。
- ④ 斜張設備で保持された片持ち架設パネルの杭フレーム連結部を導材として杭橋脚となる鋼管杭を打設する。
- ⑤ 杭打設後、根固めモルタルをトレミー管により打設する。
- ⑥ 杭頭処理として、パネル上に突出している鋼管を切断して杭フレーム上に荷重受板をボルトで固定する。

(5) 施工実績

第1期締切工事での仮栈橋の施工量は、工事用道路仕様 (支間長 8 m) 16m, 作業構台仕様 (支間長 6 m) 228mの40スパン (鋼管杭239本) で施工期間は80日間で計画していたが、実施工においてはほぼ設計通りの所要日数で仮栈橋の架設が完

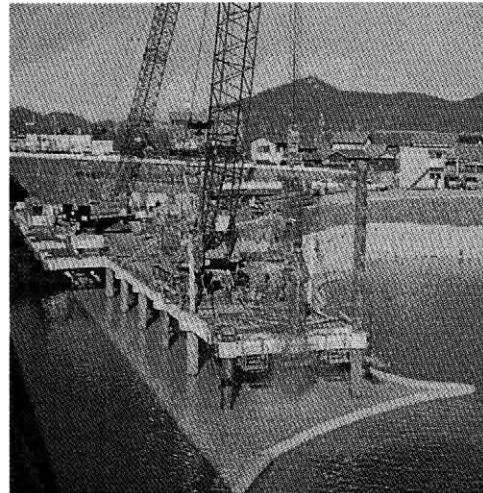
成し、迅速施工が実証された。

(6) 施工上の問題点 (今後の課題)

河川内における当工法の施工に当たっての問題点としては、第1期締切工事の施工実績から次の項目について今後の課題であると認識した。

- ① 鋼管杭の打設は、杭自体をケーシングとしてダウンザホールドリルにより掘削を行うが、掘削により発生するスライムは、エアブロー方式により鋼管杭上部の排土キャップから排出され、予想以上の濁水が発生する。
- ② ダウンザホールドリルの構造上、先端部のデバイスから極少量の油が流出する。

上記問題点の今後の対策として、①については濁水拡散防止膜を当初計画より広い範囲への設置を行い、②については植物性作動油の使用・中和剤の散布・オイルマットの使用を考えている。



仮栈橋施工状況

V. おわりに

犬山頭首工補修にあたっては、平成10年12月に事業所発足以来、約2年で本体工に着工できたことは、農業工学研究所、日本農業土木総合研究所ほか、関係機関の方々に適切な技術的助言を頂いた賜物であると思っております。また、その他犬山頭首工の補修にあたって御尽力を頂いた方々に心から謝辞を申し上げます。

# 水田配水系パイプラインにおける水撃圧特性について

吉野 秀雄\*      中 達雄\*      向井 章恵\*  
(Hideo YOSINO)      (Tatuo NAKA)      (Akie MUKAI)

## 目 次

1. はじめに .....	66	3. 水撃圧解析 .....	68
2. パイプラインモデルの概要 .....	66	4. おわりに .....	74

### 1. はじめに

農業用パイプライン設計では、設計内水圧は静水圧又は動水圧に水撃圧を加えた値とすることになっている。また、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」によれば、「水撃圧の予測は経験則に方法を原則とする。ただし、経験則の範囲内に収めるための手段を明確に示されなければならないので計算等による方法でもその予測を行わなくてはならない。」<sup>1)</sup>とされている<sup>2)</sup>。

幹線パイプラインでは計算等により水撃圧計算を行い、経験則を超える水撃圧が予測される場合には、弁の操作速度等を変更するなどの対応策が講じられる。しかし、末端配水系では、計算による水撃圧の推定を行い設計が行われたということはあまり聞かない。従って、経験則のみで設計が行われているのが実情と考えられる。

これは、水田の末端配水系パイプラインでは一般に低圧であるため水撃圧が原因で管路が破壊されるなどの被害が少ないこと、また、配管が複雑であり非定常流水利計算は手間ひまがかかると考えられていることが原因と推定される。

ところで、筆者らは、農業農村整備総合情報センターの機関紙「ARIC情報」で「パイプラインにおける水理解析手法について」と題して4回にわたり水撃圧の解析手法とFORTRANプログラムを連載させて頂いた<sup>2)-5)</sup>。

これらで紹介した解析手法はパイプラインの非定常流の基礎方程式のうち微小項を省略した特性曲線法によるものである。本手法は、これまでマ

ッハ数の大きい金属管には適用可能であるが、それ以外の管種では微小項を考慮した基礎方程式を解く必要があるといわれてきた。

しかし、著者らは末端配水系の農業用パイプラインで多く使用されている塩化ビニル管等比較的圧力伝播速度が遅い管種でも、微小項を省略した基礎方程式による手法でも十分な精度で水撃圧を予測できることを明らかにした<sup>6)</sup>。

本手法は極めて簡便であり、相当大規模で複雑なパイプラインでも、計算時間は比較的短時間で行える。このため、本手法の適用により配水系パイプラインでも予めその定常時や非定常時の水利特性を把握し、その結果をパイプラインのシステム設計や実施設計に反映することは重要であると考ええる。

そこで、本報告では、仮定の配水系パイプラインモデルを作成し、「ARIC第65号」に掲載したFORTRANプログラムを基本としたプログラムを用いて、配水系パイプラインの水撃圧の予測を行い、プログラムの有効性と若干の考察を加えた。

### 2. パイプラインモデルの概要

#### 2.1 計画配水量

計画配水量は普通期を想定し、下記の諸元及び計算から1ha当たり4.9l/sとした。

- ・日減水深：18mm
- ・配水時間：12時間
- ・配水ロス：15%

(注) 設計基準は国営土地改良事業の設計を対象にしたものであるが、補助事業等にも準用されることを妨げるものではないとされている。

\*独立行政法人農業工学研究所 (Tel. 0298-38-7562)

- 凡例
- - - バイプライン (樹枝状配管時の管路)
  - ..... バイプライン (管網配管時の追加管路)
  - ✕ 給水栓

(単位：m)

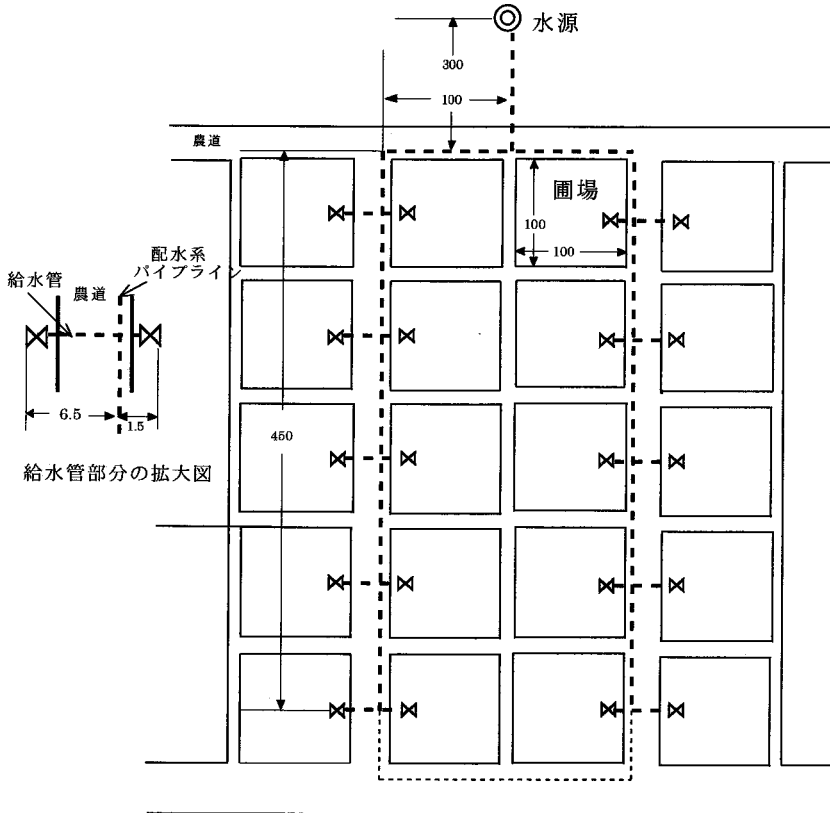


図-1 モデル圃場の概要図

・計画配水量：
$$\frac{100m \times 100m \times 0.018m}{3600 \times 12.0 \times (1-0.15)} = 4.9l/s$$

## 2.2 モデル圃場の概要

図-1 に示す通り、1 haの圃場20筆から構成される20haの配水ブロックを想定した。また、圃場の大きさは100m×100mを想定した。なお、管路延長は表-2 に示してあるが、本来、道路、畦畔等があり、各ブロック間の管路延長は100m以上となるが、ここでは、簡単のため管路延長も100mとした。

給水栓は、通常、代かき時を想定して1 ha圃場の場合、φ50～75mmの給水栓が2～3個設置される。ここでは、普通期を想定しているのので、1圃場当たりφ75mmの給水栓1個のみが開放・使用されていると仮定した。

また、モデル圃場ブロックは水平で全て標高0

mと仮定した。更に、配水管路の管軸及び給水栓の標高も標高0mと仮定した。

## 2.3 配水系パイプラインの概要

モデル圃場の配管図の概要は図-1 に示す通りである。なお、配管形式は、樹枝状配管と管網配管の2通りを想定した。また、配水系パイプラインと給水栓を結ぶ給水管の延長は、図-1 に示す通り6.5m及び1.5mを想定した。

上流端水位（水源水位）及び給水栓は次の通り仮定した。

### ① 上流端水位（水位境界）

全給水栓同時に配水する時に、水理的な最遠点の給水栓で2.0mが確保できるような平均流速公式としてヘーゼン・ウィリアム公式を用いて定常水理計算を行った。なお、延長、管径、流速係数は表-1 に示す通りであり、

表-1 管路諸元

管路番号	延長 (m)	管径(m)	流速係数	理論上の圧力 伝播速度 (A)(m/s)	計算上の圧力 伝播速度 (B)(m/s)	B/A	伝播時間 (s)(注)
1	300.0	0.250	150.0	296.3	312.5	1.055	1.012
2	150.0	0.200	150.0	302.1	312.5	1.034	0.497
3	100.0	0.200	150.0	302.1	312.5	1.034	0.331
4	100.0	0.150	140.0	308.7	312.5	1.012	0.324
5	100.0	0.125	140.0	303.5	312.5	1.030	0.329
6	100.0	0.100	140.0	295.4	312.5	1.058	0.339
7	150.0	0.200	150.0	302.1	312.5	1.034	0.497
8	100.0	0.200	150.0	302.1	312.5	1.034	0.331
9	100.0	0.150	140.0	308.7	312.5	1.012	0.324
10	100.0	0.125	140.0	303.5	312.5	1.030	0.329
11	100.0	0.100	140.0	295.4	312.5	1.058	0.339
12~21	6.5	0.075	140.0	317.2	325.0	1.025	0.020
22	300.0	0.075	140.0	317.2	300.0	1.016	0.946

(注1) 管路番号は図-3及び3.1(2)参照

(注2) 伝播時間は各管路の上流端から下流端までの伝播時間である(=延長/伝播速度)

損失水頭は摩擦損失水頭のみを考慮した。

その結果、上流端必要水位は12.856mが必要であった。このため、水源は、常時、標高12.856mで一定に保持可能な水槽(例えばポンプ吐水槽)が設置されていると仮定した。

② 給水栓

給水栓は、傘形弁を想定した。これまでの資料から開度とバルブ損失係数の関係は図-2に示す通りである。これから開度と損失係数の関係式は式(1)で近似した。なお、「ARIC情報」<sup>2)</sup>では、バタフライ弁を想定し

ているのでこの開度-弁損失係数が本報告とは異なる。これ以外は「ARIC情報」<sup>2)</sup>に掲載したFORTRANプログラムと同じプログラムを使用している。

$$f_v = 4.6604 O_p^{-1.5234} \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 $f_v$ :バルブ損失係数、 $O_p$ :バルブ開度(全開1.0,全閉0.0)である。

また、給水栓の開閉速度は実測値等を参考にして、全開から全閉まで15秒の等速度で開閉するものと仮定した。

3. 水撃圧解析

3.1 解析手法及び解析モデル

(1) 解析手法

水撃圧解析は管路の非定常現象を表す基礎方程式のうち、微小項を省略した式(2)、(3)を特性線法により数値積分を行った<sup>2)</sup>。

$$g \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + 6.807 \cdot V \cdot V^{0.582} g / (C^{1.852} \cdot D^{1.167}) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{a^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

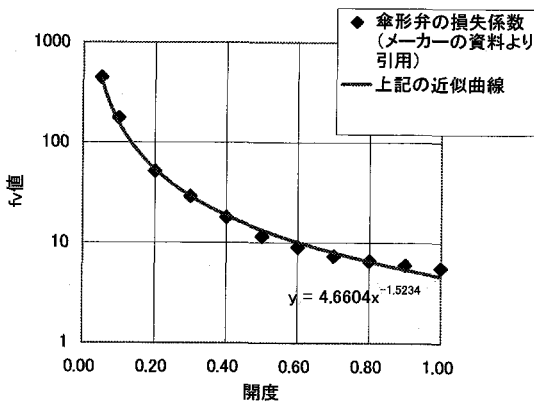


図-2 弁開度と弁の損失係数の関係

ここに、

$g$  : 重力の加速度 ( $m/s^2$ )

$H$  : 動水位 (位置水頭+圧力水頭) (m) なお、ここでは、速度水頭項を考慮しない簡略化した基礎方程式を用いるので、特に断らない限り動水位とエネルギー位は同義である。

$x$  : 距離 (m),

$V$  : 管路断面平均流速 ( $m/s$ ),

$t$  : 時間 (s),

$C$  : ヘーゼン・ウィリアム公式の流速係数,

$D$  : 管径 (m),

$a$  : 圧力波伝播速度 ( $m/s$ )

である。

なお、既述したように金属管以外の管種の非定常流解析は、微小項を省略した式(2), (3)ではなく、微小項を省略していない基礎方程式 (以下、完全な基礎方程式という) を用いることが一般的である。しかし、農業用パイプラインで用いられる流速の範囲ではその差はごく小さく、式(2), (3)の基

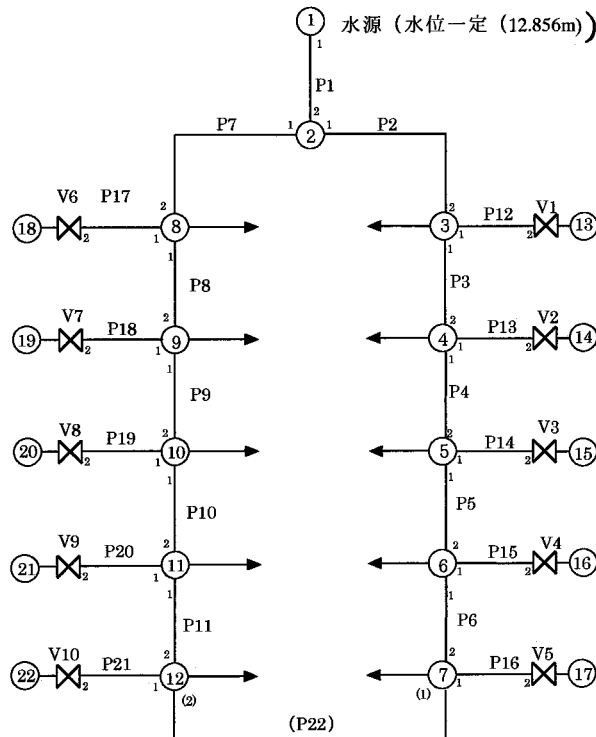
礎方程式を用いて解析した<sup>6)</sup>。

## (2) 解析モデル

図-1 に示したパイプラインを図-3 に示す水撃圧解析モデルに構築した。図-3 で  $P_i$  のうち  $P$  は管路を示し、 $i$  は管路番号を示している。また、 $V_i$  はのうち  $V$  は傘形弁を示し、 $i$  は弁番号である。

更に、○で囲った番号は管路結合点等の節点番号を示す。節点番号の○に隣接する小さい数字は解析上の管路の上下流端を示す番号で「1」は上流端、「2」は下流端を示し、上流端から下流端に向う流れが正の流れとなる。なお、給水管のうち延長1.5mの給水管はモデル化せず流量境界として扱うこととした。これを図-3 では矢印で示してある。

損失水頭はシミュレーションでは摩擦損失水頭及び局所損失水頭として給水栓のバルブ損失水頭及びこれからの流出損失水頭のみを考慮し、屈折による損失水頭、分合流による損失水頭等は考慮していない。



(注) 一点鎖線、カッコ書きは管網配管時の追加管路を示す。  
また、矢印は流量境界を表す。

図-3 解析モデル図



圧力波の伝播速度の理論値は設計基準・技術書の式<sup>7)</sup>を用いて計算した。なお、管厚は同じく設計基準・技術書のVU管の値<sup>8)</sup>に拠った。

時間差分は0.01秒とし、計算間隔が偶数になり、かつ計算上の圧力波伝播速度が理論上の圧力波伝播速度を下回らないよう修正した。計算上の圧力波伝播速度と理論上の圧力波伝播速度とこれらの比を表-1に示す。また、各管路毎の上流端・下流端区間の圧力波伝播時間を表-1に併記した。

全給水栓が利用され、4.9ℓ/sを均等に配水するのに必要な給水栓の開度は表-2に示す。

### 3.2 経験則による水撃圧の予測

本パイプラインは自然圧送方式のクローズドタイプのパイプラインであり、経験則による水撃圧の予測値<sup>9)</sup>は、静水圧が $0.343\text{MPa}$  ( $3.5\text{kgf/cm}^2$ )未満の場合は、静水圧の100%を見込むことになる。既述したように、上流端水位は12.856m、給水栓標高は0mと仮定しているの、静水圧は $0.126\text{MPa}$  ( $1.29\text{kgf/cm}^2$ )であり、水撃圧も $0.126\text{MPa}$  ( $1.29\text{kgf/cm}^2$ )となり、設計内水圧は $0.253\text{MPa}$  ( $2.58\text{kgf/cm}^2$ )となる。

### 3.3 シミュレーション条件

シミュレーション条件を表-3に示す。なお、シミュレーションの主たる目的は、

- ① 1ヶ所の給水栓のみが規定の開度に開けている状態から、これを閉そくした場合に発生する水撃圧の推定
- ② 2ヶ所の給水栓が規定の開度に開けている状態から、このうち1ヶ所のみが閉そくされた場合の水撃圧の推定
- ③ 配管形式の相違による水撃圧の相違である。

表-2 弁開度

弁番号	必要開度	閉そく時間 (s)	備考
V1	0.116	1.7	1) 開度は全開時1.0, 全閉時0.0.
V2	0.122	1.8	
V3	0.146	2.2	
V4	0.195	2.9	2) 全開から全閉までの想定必要時間15秒.
V5	0.289	4.3	
V6	0.116	1.7	
V7	0.122	1.8	
V8	0.146	2.2	
V9	0.195	2.9	
V10	0.289	4.3	

表-3 シミュレーション条件

ケース名	配管形式	初期の開放給水栓	閉そくする給水栓及びその時間(s)	閉そくする給水栓の初期流速 (m/s)	水源と閉そく給水栓間の圧力波往復時間(s)	備考
B-1A	樹枝状	V5	V5, 4.3s	2.399	5.702	
B-1B	同上	V5	V5, 8.6s	2.399	5.702	
B-2	同上	V5, V4	V5, 4.3s	2.218	5.702	V5-V4間の圧力波往復時間:0.76s
B-3	同上	V5, V1	V5, 4.3s	2.399	5.702	V5-V1間の圧力波往復時間:2.73s
B-4	同上	V1	V1, 1.7s	1.403	3.058	
B-5	同上	V1, V2	V1, 1.7s	1.403	3.058	V1-V2間の圧力波往復時間:0.74s
B-6	同上	V1, V5	V1, 1.7s	1.381	3.058	V1-V5間の圧力波往復時間:2.73s
L-1	管網	V5	V5, 4.3s	2.580	5.702	
L-2	同上	V5, V4	V5, 4.3s	2.467	5.702	V5-V4間の圧力波往復時間:0.76s
L-3	同上	V5, V1	V5, 4.3s	2.580	5.702	V5-V1間の圧力波往復時間:2.73s
L-4	同上	V1	V1, 1.7s	1.403	3.058	
L-5	同上	V1, V2	V1, 1.7s	1.403	3.058	V1-V2間の圧力波往復時間:0.74s
L-6	同上	V1, V5	V1, 1.7s	1.403	3.058	V1-V5間の圧力波往復時間:2.73s

一般に等価閉そく時間は実閉そく時間より早い。今回のケースもこれと同様であれば、表-3から明らかなように、少なくともケース1-1Bを除く全てのケースで急閉そくの範囲に入る。また、各シミュレーションケースにより閉そくする初期流速が異なるのは、表-3に示す給水栓以外は閉そくされているため、開放給水栓からの流出流量が異なる結果である。

### 3.4 計算時間とシミュレーション結果

#### (1) 計算時間

筆者らがこのシミュレーションに使用したパーソナルコンピュータ(PC)は平成13年2月に購入した一般的な製品と考えるが、後述する630秒間のシミュレーションを実施するのに、計算時間はわずか30秒弱であった。計算時間は使用するPCの性能によっても異なると考えられるが、この程度の解析であれば、計算時間は大きな問題にはならないと考える。

但し、水理模型実験と同じであるが、シミュレーションも実験時間(計算時間)よりも前処理と後処理の作業に多くの時間を要する。即ち、配管図等から圧力伝播速度の計算を含めた入力データを正確に作成すること及び出力結果を視覚化するための図化作業である。従って、これらの作業の効率化が今後の課題と考えられる。

なお、時間、操作順序などの給水栓操作方法の適切な仮定、開度-弁損失係数曲線などは水撃圧を適切に予測する際に重要な要素であり、十分な検討を要する。

#### (2) シミュレーション結果

結果のうち正の最大水撃圧、負の最大水撃圧を表-4に示す。また、主要ケースの動水位変化を図-4~6に示す。なお、シミュレーションの初期条件は静水状態から開始し、表-2に記載した開放給水栓が開いた定常流況を発生させた後、600秒から同表に記述した給水栓の閉操作を行った。

表-4からわかる通り、樹枝状配管で上流端の水源から最遠点に位置する給水栓V5を単独で閉そくした場合、最大の水撃圧が発生する(ケースB-1A)。これは、水撃圧の特性からも当然の結果と言えよう。

なお、この時、正の最大水撃圧は閉そくした給水栓であるV5で発生する。他方、負の水撃圧は水源からの管路1の分岐点(節点2)を挟んで反対側に位置する弁V10地点で発生している。

その最低圧力は0m以下となるケースもあり、これは大気圧より小さく、負圧が発生することを意味している。その結果、管路内で溶存空気の影響や空気弁からの給気などにより空洞が発生し、

表-4 シミュレーション結果

ケース名	最大圧力 (水頭)(m)	正の水撃圧 (水頭)(m)	水撃圧/ 静水圧	ケースB1-Aを 1.0とした 時の比	最小圧力 (水頭)(m)	負の水撃圧 (水頭)(m)	水撃圧/ 静水圧	ケースB1-Aを 1.0とした時の 比
B-1A	38.893	26.037	2.03	1.00	-8.230	-21.086	-1.64	1.00
B-1B	27.370	14.514	1.13	0.55	1.751	-11.105	-0.86	0.53
B-2	30.575	17.719	1.38	0.67	2.491	-10.365	-0.81	0.49
B-3	37.581	24.725	1.92	0.94	-5.636	-18.492	-1.44	0.88
B-4	20.776	7.920	0.62	0.30	5.647	-7.209	-0.56	0.34
B-5	19.673	6.817	0.53	0.26	7.648	-5.208	-0.41	0.25
B-6	18.970	6.114	0.48	0.23	7.629	-5.227	-0.41	0.25
L-1	28.609	15.753	1.23	0.60	2.505	-10.351	-0.81	0.49
L-2	25.161	12.305	0.96	0.47	7.009	-5.847	-0.45	0.28
L-3	28.270	15.414	1.20	0.59	3.725	-9.131	-0.71	0.43
L-4	18.722	5.866	0.46	0.22	8.373	-4.483	-0.35	0.21
L-5	17.938	5.082	0.40	0.19	9.900	-2.956	-0.23	0.14
L-6	17.002	4.146	0.32	0.16	9.211	-3.645	-0.28	0.17

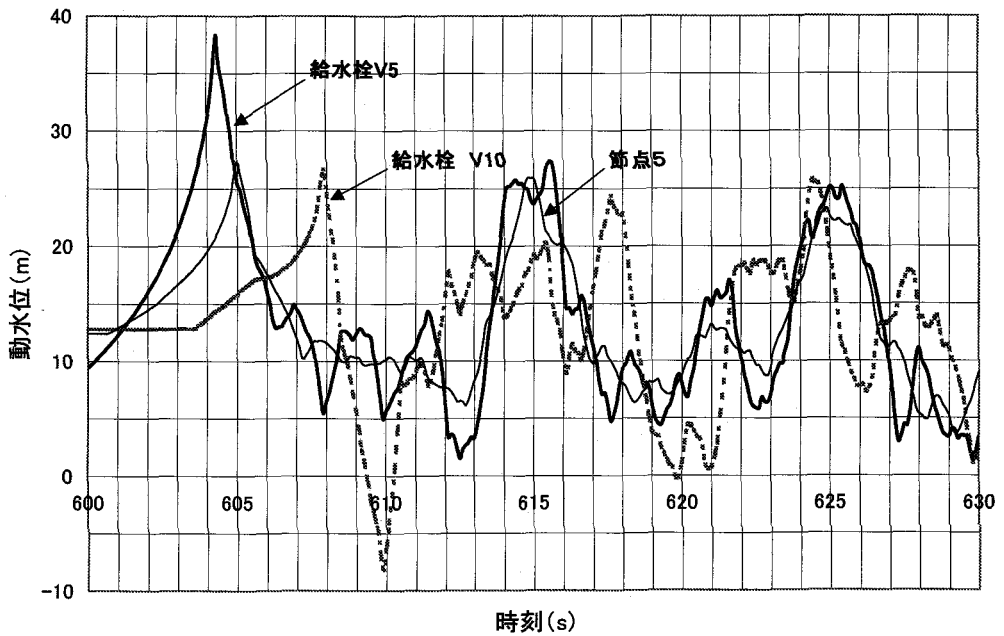


図-4 ケースB-1Aにおける主要地点における動水位変化

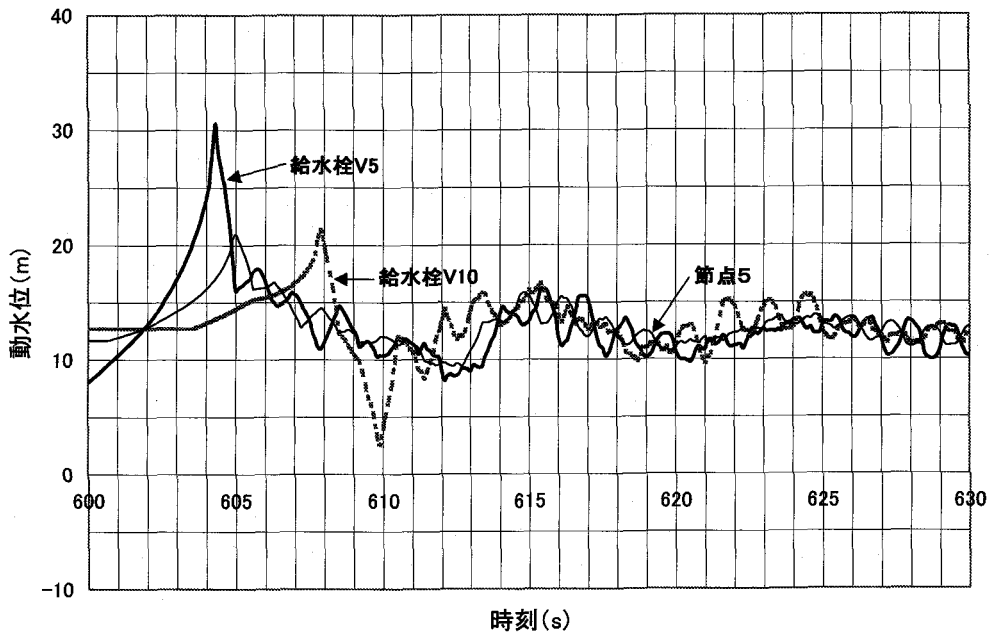


図-5 ケースB-2における主要地点における動水位変化

通水機能の低下、エアハンマーの発生などシステム上の問題が発生する可能性があるといえる。

ケースB-1Aにおける最大の水撃圧は $0.25\text{MPa}$  ( $2.60\text{kgf/cm}^2$ )である。この最大水撃圧は土地改

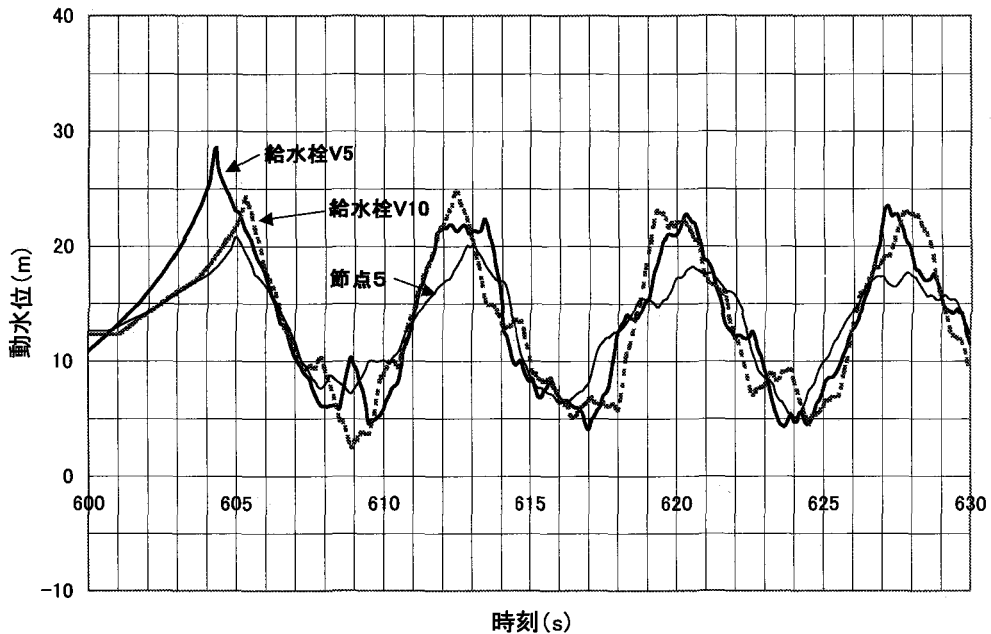


図-6 ケースL-1における主要地点における動水位変化

良計画設計基準<sup>7)</sup>で示される経験則による推定値 ( $0.126\text{MPa}$  ( $1.29\text{kgf/cm}^2$ )) の2倍に達する。設計内水圧は本システムの場合、経験則によれば、 $0.253\text{MPa}$  ( $2.58\text{kgf/cm}^2$ ) であり、計算によれば、 $0.381\text{Pa}$  ( $3.89\text{kgf/cm}^2$ ) となる。

他方、水源から最も近い給水栓V1を閉そくした場合にはV5の閉そくに比較して約1/3程度の水撃圧しか発生していない。

硬質塩化ビニル管を使用し、内水圧が $0.381\text{MPa}$  ( $3.89\text{kgf/cm}^2$ ) であれば、1回の閉そくによる正の水撃圧では実質的には問題は発生しないかもしれない。しかし、毎日、V5やV10のような水源から遠い給水栓が最後にすばやく閉められるような水管理が繰り返されると、V1、V6といった水源に近い給水栓を最後に閉そくする管理方法に比較して、水撃圧による問題が発生する可能性は高くなると考えられる。

次に、2ヶ所の給水栓が開いた状態から1ヶ所を閉そくした場合は、1ヶ所のみが開いている状態から全てを閉そくした場合に比較して、全般に発生する水撃圧は小さい。しかし、閉そくする給水栓に近い給水栓が開いているケースのほうが、遠い給水栓が開いているケースよりも水撃圧の発

生はより小さい(ケースB2とB3の比較)。

管網配管の場合、樹枝状配管に比較して給水栓V1の閉そくの場合、正の水撃圧では約60%、負の水撃圧では約50%になっており、負圧は発生していない(ケースL-1)。

V1を閉そくした場合には、管網配管でも樹枝状配管同様大きな水撃圧は発生していない。

また、今回は弁閉そく時間の変更は給水栓V5の閉そく時のみで行った(ケースB-1AとケースB-1B)。ケースB-1BではケースB-1Aの0.5倍の操作速度で閉そくした場合であるが、その結果、水撃圧は約50%に減少している。

また、図-4~6に動水位変化の状況を図示した。このうち、第1波目の圧力変動は概ね正確と考えられる。これに対して、第2波(概ね610秒後)以降の圧力変動はこれまでの研究<sup>10)~12)</sup>等から、シミュレーションより現実の流況のほうが早く減衰するので、その点を考慮する必要がある。

原因は、運動方程式の摩擦損失項(式(2)の左辺第4項)は定常流の摩擦損失が適用できると仮定して導かれている。しかし、現実の非定常流況で流向が逆転する際、大きなエネルギー損失が発生すること、圧力低下時に溶存気体が放出されるこ

などが考えられている。

また、図示したケースでは水撃圧の大きさは異なるが、時間的には給水栓V5では完全に閉そくされた604.3秒に最高圧力に達し、給水栓V10において610秒に最低圧力となっている。

#### 4. おわりに

樹枝状配管、管網配管を含めて、「ARIC情報」のパイプライン水理解析手法で紹介したFORTRANプログラム<sup>5)</sup>は、水撃圧などの非定常流況解析を短時間で計算処理できる。

配水系パイプラインでも、その設計条件が明確になり適切な操作実態を計算条件に反映できれば、水撃圧の予測などパイプラインにおける各種の水理現象を容易に解析でき、設計上極めて有効な手段と考えられる。

配水系パイプラインで水撃圧の予測に際しては、給水栓が順次閉鎖されていった場合、開放されている給水栓が少なくなるにつれ、1個の給水栓からの流量、即ち流速は増大し、その結果、水撃圧も大きくなる。従って、制水弁操作の条件に伴う水撃圧の計算に加えて、実態に即した条件による水撃圧推定が必要であろう。具体的には、最後の給水栓として水源から一番遠い給水栓のみが開放・使用され、且つ計画流量より多い流量が流れている状態から、この給水栓が早い速度で閉そくされた条件など設定である。

今回は仮想の配水系パイプラインの水撃圧解析であるが、次の3点が主要な解析結果といえよう。なお、③の後に記述した観点から、今回のシミュレーションは安全側で実施したといえる。

- ① 樹枝状配管の場合、水源から最遠点の給水弁を人力で可能な速度で急激に閉そくすると、正の水撃圧は計画設計基準の経験則による推定値の2倍の水撃圧が発生している。また、水源から分岐点までの管路をはきんで反対側の給水栓地点で最大の負の水撃圧が発生する。
- ② このような流況を回避するには、樹枝状配管の場合は、まず下流側の給水栓を閉そくし、順次、上流側の給水弁を閉そくし、水源に最も近い給水栓を最後に閉そくすることにより大きな水撃圧発生を防止できる可能性はある。しかし、実際には給水栓は耕作者が閉そくする。この対策は現実には必ずしも遵守できる

とは限らない。このため、場合によっては給水栓の操作速度を抑えるような構造を考える必要もあろう。

- ③ 管網配管は、事故時の対応、均等配水等の観点から樹枝状配管に比較して有利であるためその採用の検討が行われてきた。しかし、水撃圧対策にも大きな効果があると言える。

なお、今回の計算条件が安全側で実施したと考える理由は次の通りである。

まず、水源の仮定条件から実際は計算値より大きい内水圧と流速の発生が考えられる。その理由は、通常的设计では、水槽水位は下限水位と上限水位を定め、下限水位で設計流量が配水できるように設計される。これに対して、今回のモデルでは、この下限水位を水位境界として与えている。しかも、実際には、下限水位にあることは少ないと考えられ、上限水位にある場合には少なくともこの水位差だけ大きい流速で流れ、その結果、水撃圧と内水圧は大きくなる。

また、水源を揚水機に依存している場合は、直送式か又は圧力水槽式が用いられることも多く、今回のシミュレーションより危険な水撃圧発生の恐れがあると考えられる。更に、地形は水平地形を想定しているが、畑地地帯などの傾斜地では今回の結果よりも大きい水撃圧が発生することも予想される。

最後に、本報告と管路の非定常流況水理解析のプログラムが今後の末端配水系パイプラインの設計、管理にわずかでも貢献できるならば幸いである。

#### 引用文献

- 1) 農林水産省構造改善局 (1998) : 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書 技術書, 38頁, (社) 農業土木学会
- 2) 白杵宣春, 吉野秀雄, 中達雄 (2001) : パイプラインの水理解析手法について (第1回), ARIC62, 46~53頁, (社) 農業農村整備情報総合センター
- 3) 吉野秀雄, 白杵宣春, 中達雄, 田中良和, 向井章恵 (2001) : パイプラインの水理解析手法について (第2回), ARIC63, 49~58頁, (社) 農業農村整備情報総合センター
- 4) 吉野秀雄, 白杵宣春, 中達雄 (2001) : パイプラインの水理解析手法について (第3回),

ARIC64, 35~40頁, (社) 農業農村整備情報総合センター

- 5) 吉野秀雄, 白杵宣春, 中達雄 (2002): パイプラインの水理解析手法について (第4回), 投稿中 (ARIC65掲載予定), (社) 農業農村整備情報総合センター
- 6) 吉野秀雄ら (2001): パイプライン基礎方程式が水撃圧推定結果に及ぼす影響について, 水と土126, 84~91頁, 農業土木技術研究会
- 7) 農林水産省構造改善局 (1998): 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書 技術書, 217頁, (社) 農業土木学会
- 8) 同上, 459頁
- 9) 同上, 225頁
- 10) E.B.WYLIE/V.L. STREETER, (1993): Fluid Transients in Systems, Prentice Hall, 64-66
- 11) David H. Axworthy, Mohamed S. Ghidaoui, Duncan A. McInnis (2000): "EXTENDED THERMODYNAMICS DERIVATION OF ENERGY DISSIPATION IN UNSTEADY PIPE FLOW, J. Hydr. Engrg, ASCE, 126(4) 276-287
- 12) Walter F. Silva-Araya and M. Hanif Chaudhry (2001): "UNSTEADY FRICTION IN ROUGH PIPES" J. Hydr. Engrg, ASCE, 127(6) 607-618

#### [付記]

「パイプライン水理解析手法が解析結果に及ぼす影響について」(水と土No.126号84~91頁に掲載)に関する修正とお詫び

著者らが前回126号で報告した上記の報文において, 水撃圧の経験則に関して自然圧送系のクロ

ーズド及びセミクローズドタイプの場合, 静水圧の値にかかわらず, 静水圧の40%または0.343 MPa (3.5 kgf/cm<sup>2</sup>)のうち大きい値を水撃圧とすると考え説明をしました。即ち, 経験則による水撃圧推定値は全て0.343 MPa (3.5 kgf/cm<sup>2</sup>)になると考えて, 説明を加えています。

しかし, 正確には土地改良事業計画設計基準「パイプライン」(225頁)では, 水撃圧は静水圧0.343 MPa (3.5 kgf/cm<sup>2</sup>)未満は静水圧の100%とし, 静水圧が0.35 MPa (3.5 kgf/cm<sup>2</sup>)以上の場合, 静水圧の40%または0.343 MPa (3.5 kgf/cm<sup>2</sup>)のうち大きい値とされています。

従いまして, 前回の報文の90, 91頁のうち経験則との比較をした部分についての記述は誤りですので削除させていただきます。誤解を与えましたこと謹んでお詫び申し上げます。

正確には, 表-3 (126号87頁)の上流端水位がこの場合, 「経験則による水撃圧推定値」となります。また, 計算による推定水撃圧値は表-5 (同88頁)の完全方程式または簡略化方程式による「正の最大水撃圧」ですので, 多くのケースの計算結果で経験則による水撃圧推定値を上回っていることになっており, 水撃圧の対策が重要となります。

具体的には以下のケースで計算による水撃圧推定値が経験則によるものを上回っています。

「ケース1, 5, 9, 10, 13~16, 17, 21, 25, 26, 29~32」

即ち, 流速2.5m/sのケースでは急閉そく及び急閉そくに近い閉鎖速度では計算値が経験則を上回っているといえます。また, 流速1.5m/sのケースでは全てのケースで計算値が経験則を上回っています。

## 資 源 環 境

—平成13年度農業土木技術研究会研修会レポート—

編集事務局

平成13年度の農業土木技術研究会研修会が「資源循環」をテーマに開催されました。その結果を以下に報告します。

### I. 研修会の概要

1. 研修日時 平成14年2月5日(火) 10:00~17:00

2. 場 所 科学技術館(サイエンスホール) 03-3212-3939

東京都千代田区北の丸公園2-1 (交通)地下鉄東西線「竹橋」徒歩7分

地下鉄半蔵門線「九段下」徒歩10分

### 3. プログラム

10:00 開会挨拶 農業土木技術研究会 会長 松浦 良和

10:10 研究会賞及び奨励賞授与式

10:40 集落排水事業における汚泥等の循環利用

農村振興局 農村整備課 集落排水室 課長補佐 東 幸毅

11:10 有機性廃棄物のリサイクル

鹿島建設(株)技術研究所 主管研究員 後藤 雅史

11:55 ( 昼 食 )

13:10 地域の協力による資源再利用

群馬県多野郡上野村 保険福祉課長 市川久美夫

13:50 陶器副産物キラ材をリサイクル利用した充填工法

飛鳥建設(株)東海環状充填作業 山田 紀利

宮沢 義博

14:20 建設汚泥のリサイクル工法

北陸農政局 西蒲原農業水利事務所 西部支所 工事第2係長 山田 伸之

15:00 ( 休 憩 )

15:15 環境に優しい土壌硬化剤マグホワイトによる資源循環技術

(独)農業工学研究所 農地整備部 水田整備研究室長 藤森 新作

16:00 コンポスト利用による野菜と水稲の実証栽培について

福島県 土地改良事業団体連合会 環境整備部長 景井 仁志

16:45 閉会挨拶 農業土木研究会 理事

林田 直樹



## II. 講演の概要

講演に先立ち、松浦農業土木技術研究会会長より、研修会への参集に対する謝意表明と研究会の取り組みが説明された上で、

「農業土木技術研究会は会誌「水と土」を通じまして、計画・設計・施工の事例など会員各位からの有益な現場技術情報の共有化を図るとともに特定のテーマを設定した研修会を開催して会員の技術力の向上に努めてきております。本研究会も発足以来三十数余年、農業土木技術は常に先端の技術に取りくむとともに時代の要請に即してその対象範囲を拡大してまいりました。21世紀は、「環境の世紀」とも言われ、限りある資源を大事に使って、環境への負荷が低い社会の構築が強く求められています。平成12年には「循環型社会形成推進基本法」が制定されるなど、関連する諸法令も逐次整備されてきています。農業土木分野においても、昨年6月には、事業実施の基本原則への「環境との調和への配慮」の追加、あるいは「地域の意向を踏まえた事業実施」のための新たな仕組みの構築等を主な内容とする土地改良法の改正が行われました。循環型社会の形成、環境保全、そして、これらと社会経済活動の調和といった命題を考えたとき、農業・農村の基盤の整備に携わる我々農業土木技術者に課せられた使命は極めて重大なものであると考えております。そして、これらの課題への対応を考えたとき、今一度「水と土」の基本に立ち返った発想が必要とされているのではないのでしょうか。この意味においても当研究会の役割も一層重要なものになると考えております。本日の研修会は、「資源循環」をテーマとし、我々が直面している課題、あるいは先進的であって今後の業務の参考となるような課題について、7名の講師に講演をお願いしております。また、昨年度の会誌に掲載した約40編の報文の中から、会員による投票を参考に、研究会賞2編、奨励賞1編を選定させていただき、特に優れた報文として表彰を行うこととしております。今後とも会員各位には、貴重な技術情報の発信をお願いいたします。

限られた時間の中ではありますが、本日の研修会が、皆さまに実り多いものとなるよう祈念して、開会の挨拶とさせていただきます。」との挨拶がなされ、講演が開始されました。

個別の講演のポイントを以下にまとめます。

### 1. 集落排水事業における汚泥等の循環利用

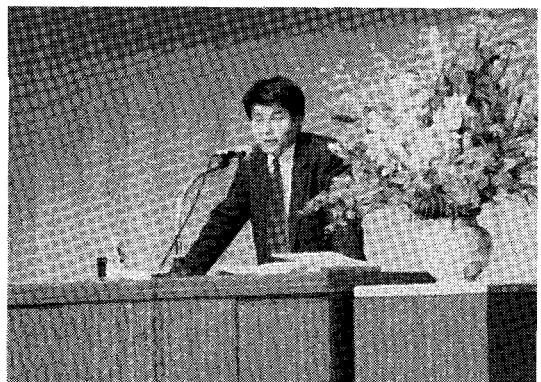
#### (1) 集落排水事業の状況

農業集落排水事業は、農業集落におけるし尿、生活雑排水等の汚水等を処理する施設の整備等を行い、農業用排水の水質保全等農村生活環境の改善、向上をはかり、併せて公共用水域の水質保全に寄与するものである。

汚水処理としては、国土交通省の下水道、環境省が主として実施している合併処理浄化槽があるが、農業集落排水は、小規模分散型汚水処理として単なる下水処理ではなく、できるだけ近くで汚水を処理し、その場で排水を流すことにより水循環として地域の水が減らずに保たれることと汚泥を積極的に農地に還元することで資源循環が図られることまた、地域住民が排水として流す水を考えることや、地域の受益者が施設の維持管理を行うといった住民参加型の汚



写真一 松浦会長の開会挨拶



写真二 東幸毅講師

泥処理であることが特徴である。

集落排水事業の現在の整備率は約28%であり、多くの都道府県は未だ下水処理等も含めた町村レベルの汚水処理施設の整備率に達していない状況である。

## (2) 集落排水汚泥の農地還元

集落排水汚泥の発生量は年間約54万トンであり全国で発生する年間の廃棄物量約4億9,000万トンと比べると、それほど多いものではない。

この汚泥の農地還元方法については、余剰汚泥を凝集剤などを用いた①濃縮汚泥、それを脱水処理した②脱水汚泥、さらに乾燥させた③乾燥汚泥、それを発酵させた④コンポストといった肥料にして農地還元が図られてきており、集落排水汚泥の循環利用に関する様々な取組みが実施されてきている。

現在、このような農地還元を実施している地区は供用地区の15%程度であり、滋賀県びわ町、鳥取県東部、長野県宮田村の具体的な取組み事例について紹介がなされた。

## (3) H14年度新規事業制度

農村振興局農村整備課では、農村の振興のための事業として農村振興総合整備事業、中山間地域総合整備事業を実施してきており地域資源循環管理や集落環境管理を行う施設整備を行い、地域の資源を循環させる取組みを実施している。

これらについては、施設整備後にその施設をいかに有効に使用していくのかについてのノウハウが重要であり、農村の振興の観点からこれらについて専門に担当する部署として平成14年度より地域資源循環室として制度拡充を行い、これらについて他の部局との連携や他省庁との調整を実施することとしている。また、従来の農業集落排水事業内容を、資源循環機能の強化の視点で見直した「農業集落排水資源循環統合補助事業」また、デイスパーザーを活用し、生ごみを燃やさず集落排水施設で処理し資源循環を図る「有機質資源循環利用促進実験事業」の制度拡充事業により資源循環の促進に努めることとしている。

## 2. 有機性廃棄物のリサイクル

毎年、4億5千万トンもの膨大な量が発生する廃棄物の50%以上を占める有機性廃棄物は、一般に含水率が高く、また、腐敗性であるなど、その適切な処理・処分には課題も多い。中でも、年間2,000万トン程度発生すると言われている生ごみは、そのごく一部は肥料あるいは飼料の原料として回収・再利用されているが、大半は焼却処分されているのが現状である。

一方、廃棄物処理費は高額であり、また、リサイクル法の施行など社会的な情勢の変化もあることから、発生した生ごみを減容・減量・安定化し、更に資源あるいはエネルギーの回収再利用を実現できる技術の開発が一層望まれている。

そこで高温メタン発酵システムが、多量の固形分を含む生ごみなどの有機性廃棄物の処理に適していること、また、有機性廃棄物からのエネルギー回収が可能であり環境調和性に優れていることに着目し、メタン発酵に適した前処理プロセスの開発を行ってきた。また、バイオガスとして回収されるエネルギー資源の有効再利用を実現するために、燃料電池などによる発電についても実証試験を実施した。

メタン発酵システムは、搬入された生ごみから生物処理に適さないプラスチックや金属等の異物を除去し、さらに固形有機分を微粉砕する前処理プロセス、有機物の大半を嫌氣的にメタンガスに変換するメタン発酵プロセス、並びにメタンガス



写真—3 後藤雅史講師

を含むバイオガスをボイラー燃料として利用するバイオガス利用プロセスから構成されている。また、メタン発酵プロセスから排出される発酵液には高濃度の有機物が残留しており、これを浄化するために二次処理プロセスを設けている。

これらのシステムは、約1年半に渡って、高温メタン発酵生ごみ処理システムの立上げ・試運転、連続運転を実施し、長期間の連続運転が可能なシステムとすることができた。

本システムは、高い有機物負荷率において投入生ごみ中の有機物並びに固形分を効率良く分解し、エネルギー源として有効再利用可能なメタンガスを回収することのできる環境調和性並びに省スペースに優れたシステムである。

実施におけるこれまでの運転実績によれば、生ごみ1,000kg/dの日処理量に対して平均66%のメタンガスを含むバイオガス約200m<sup>3</sup>/dを安定して回収することができるが、これは投入有機物の80%程度がメタンに変換されていることを示している。また、投入生ごみスラリー中の浮遊性固形分の85%以上が可溶化されていることも確認された。

次に有機性廃棄物処理施設において生ごみを処理し燃料電池で発電を行うシステムの実用性を検証するための実証実験を実施した。本実証実験では複合商業施設から排出される生ごみを1日平均125kg処理し、発生バイオガスの性状、発電特性の変化等を把握した。その結果、生ごみ中の有機物負荷変動に依らずバイオガス中のメタン濃度は60~70%で安定しており、生ごみ1トン当たり平均240Nm<sup>3</sup>のバイオガスが回収された。また、メタン濃度67~93%の範囲のバイオガスで発電実験を実施したが、使用した燃料電池の都市ガスでの発電効率36.1%に比してわずかに約2%の効率低下が見られただけで、本システムが十分に実用的であることが実証された。ここで紹介した実システムでは回収したバイオガスをボイラ燃料として再利用しているが、バイオガスはこれ以外にも燃料電池による発電等に利用できるものであり、今後も、最終処理水質の向上などの付加価値を加え、より効率の良いシステムへと発展させていきたいと考える。

### 3. 地域の協力による資源再利用

上野村においては自然環境を売り物にするために環境保全を考え、上野村や周辺広域圏の生ゴミや豚ふん、オガ屑等の堆肥化により資源循環型社会の構築を目指すため、山村振興事業により広域連携型の高品質堆肥製造施設として堆肥センターを設置した。

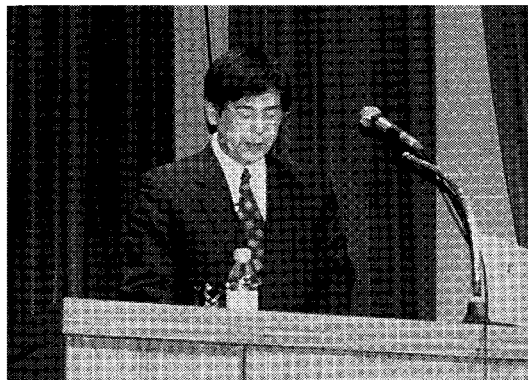
さらに、ここで生産された良質な堆肥を使い、土づくり畑づくりにより、安心して安全な農作物生産により、条件不利地域である中山間地農業の振興を図ることとしております。

堆肥センターの規模は、建設面積1,999m<sup>2</sup>であり、原料貯留槽・発酵室棟・管理棟・製品倉庫棟があり、さらに特徴的なのは住民に対する配慮より微生物脱臭装置を設置していることである。

堆肥製造工程は、生ゴミを原料貯留槽にショベルローダーで投入し、混合機で混ぜ、コンベアで発酵槽へ送られ攪拌され約6週間で排出される。それを一次ふるいにかけ養生槽にストックしここで2ヶ月間水分調整等を行うことにより堆肥化されます。

なお、動物性の糞の堆肥は農家の受け入れが難しいとのことであったため、NPOの有機農産物認定委員会に認定を図り了解が得られており、徐々に野菜農家や果樹農家に使用されてきております。

これまで生ゴミは、処理費を払い処理していたため、本施設の運営によりこの費用は軽減されることとなったが、できる限り村民に安く提供したいことから、堆肥センターの運営は赤字となっているがこれらを改善することが今後の課題である。



写真—4 市川久美夫講師

#### 4. 陶器副産物キラ材をリサイクル利用した充填工法

##### (1) 充填工事

「充填工事」はあまり馴染みのない言葉であるが、未処理のまま放置されている亜炭採掘坑による浅所陥没等の災害を防ぐ目的で空洞を埋める工事である。この充填工事における充填材の主材料にキラ材が使われる。キラ材は製品珪砂の生産工程から発生する廃棄物であるが、雲母を含んでいるためキラキラ光ることから、俗称「キラ」と称している。いわゆる粘土と珪砂の中間物であり、不純物を多量に含んでいる。ここでは、キラを代表とする産業廃棄物を利用した充填工事のこれまでの経緯と現在施工している充填工事の現況について紹介する。

##### (2) キラの処理状況

キラは、昭和46年を境に放流禁止となり、回収され、捨て場や活用が検討されるようになった。キラの有効利用については、道路舗装、瓦、陶器、建材等の活用が実証されているがその活用量は、コスト或いは原鉱珪砂の品位のバランスからくるキラの成分の変動等の問題から、キラの発生量の15%程度にとどまっている。また、キラの処理場の確保については、ますます厳しくなる情勢にあるため、今後とも有効活用についての調査研究を強力に推進する必要がある。

##### (3) キラ使用上の留意点

キラを利用する場合はキラの性質の変動に注意を払う必要があり、その性質を支配する最も大きな要因は、微粒珪砂と粘土との混合比率であり、その混合比率によりキラの流動性、ブリージング、固化材使用料、キラと固化材の攪拌効率、固化物の強度発現性などが異なることとなる。これまでの実績より粒度を考慮した粘土キラと砂キラを2:1で配合すると流動性、ブリージングについては良好の結果を得ることが確認できている。

また、固化材については、これまでの消石灰と石膏を含めた代わり、特殊セメントによるものが主流となっている。

以上キラを使用するにあたっては、粒度、固化材との性質及び固化物の強度を確認することはもちろんであるが、キラに含まれる有害微量鉱物の有無についても確認の上、使用することが重要である。

##### (4) 実施工での工法紹介（水中流動性キラ充填工法）

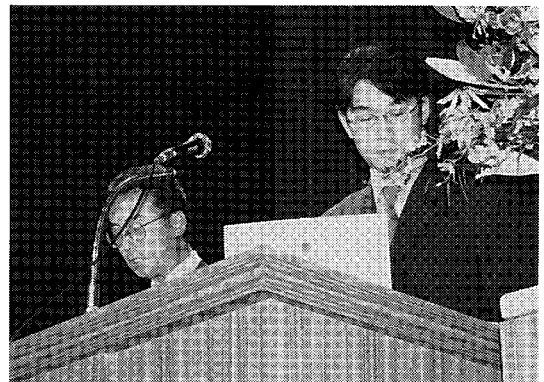
水ガラスの配合を調整しゲル化作用を調整して流動性を増したり抑制したりした材料を用い、充填範囲をボーリング孔を用いて音響測探査により空洞・残柱の状況を把握し、その結果により外周用と中詰め用の各配合の充填計画を行う。充填時には、充填材の到達状況を電圧変化による充填感知センサーにて確認する。また、充填工事による地下水及び空洞水水質への影響を把握するために、近隣の水質モニタリングを行っているが現在以上は認められていない。

##### (5) 今後の展開

亜炭坑跡以外にも、全国各地には、採掘・採石場跡、防空壕などの人工空洞や熔岩空洞、石灰洞などの自然空洞が分布しており、これらの地下空洞は、生活基盤に大きな被害を与える可能性があり、キラ以外にも充填工法に利用可能な他の廃棄物リサイクル利用の可能性を探る必要がある。

#### 5. 建設汚泥のリサイクル工法

通常、濁水処理設備より排出される脱水ケーキは、建設汚泥として産業廃棄物処理法の適用を受ける。しかし、佐渡島内には最終処分場がないため、島外への搬出か、処分場の建設が余儀なくされる。様々な技術がある中、小倉ダム工事は、より高度な加圧脱水技術を取り入れることで、産業廃棄物に該当しない



写真—5 山田紀利講師・宮沢義博講師

脱水ケーキを製造することとした。それを機械による粉碎が可能となるよう含水率を調整し、厚層基材中の緑化基盤材と混ぜ合わせ、再利用を図ることとした。各種試験を行った結果、脱水ケーキの粉碎・混合・袋詰め作業が1台程度の作業機械で可能となり、吹付の施工性にも問題が生じなくなり、通常の厚層基材と遜色のない植物の生育を見せた。

#### ○法面吹付までの処理工程

小倉ダム工事現場内で発生する濁水を濁水処理設備で処理し、沈澱しているスラッジを中圧フィルタープレスに送り、国土交通省令、土質区分基準でいう第3種改良土に該当する脱水ケーキを製造する。それをベルトコンベアでリサイクルプラントへ搬送する。リサイクルプラント内の第1行程として、脱水ケーキの1次粉碎がある。これは、トラクターショベルに装着したスクリーンバケットで脱水ケーキを40mm以下に粉碎する作業である。第2行程は、同じ機械で緑化基盤材及び活性鶏糞と混合する。第3行程は、大きいビニールハウスのようなところで天日乾燥や活性鶏糞との発酵熱による含水率の調整を行う。

第4行程は、2次粉碎として、スクリーンバケットに目の細かいエキストラスクリーンを装着し20mm以下にする。そしてフォークリフトと併用して厚層基材用の袋に詰める。第5工程として、吹付工程を見ながらリサイクルプラント内でストックしておく。吹付工程に合わせて、クレーン付トラックで吹付箇所まで脱水ケーキ混合厚層基材を運搬し、厚層基材吹付工と同様の「機械と方法」で施工するものである。



写真—6 山田伸之講師

## 6. 環境に優しい土壌硬化剤マグホワイトによる資源循環技術

土壌硬化材マグホワイトは、酸化マグネシウムを主成分とし、これに肥料として用いられているリン酸、または食品添加物である炭酸塩、及びクエン酸を混合している。

動植物に対する無害性と二次的な環境汚染の恐れのない成分からなり、従来のセメント系及び石灰系、石膏系固固化材では固めることが難しかった有機質土壌や高含水土壌、河川や湖沼、ため池等に堆積する底泥土も固化することができる。

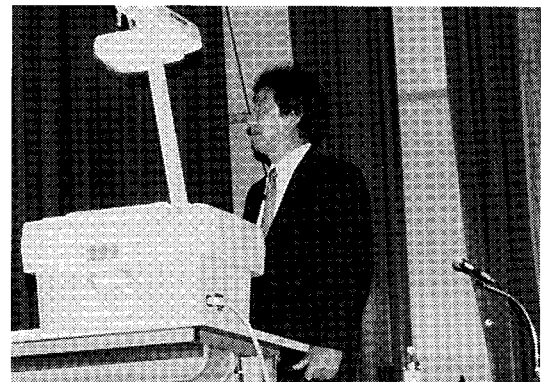
固化物のPH領域は9～11であり、固化した土壌は粉碎して土に還元することができる。また、底泥土には重金属をはじめとする多くの有害物質が含まれている場合もあるが、これを吸着することができ、埋め立て等へ再利用を可能とするものであり、これらについて利用技術と合わせて紹介する。

### (1) マグホワイトの品質

マグホワイトは、ロングライフで長期強度を重視するもの、早強性と長期強度を併せ持つもの、初期強度、長期強度も高くクエン酸量を加減することで、自由に凝結時間を選択できるものなど用途によって4種類がある。

### (2) 動植物に対する影響

マグホワイトは小松菜、ほうれん草、白菜、野沢菜、サツマイモ等に直接噴霧しても生育障害は起こさ



写真—7 藤森新作講師

ずまた、淡水動植物では、メダカ、シジミ、タニシ、水棲植物に対する実験を実施しているが、6ヶ月を経過した状態でも死骸は見られていない。

### (3) 利用技術

マグホワイトは、セメントと同様の使用方法が可能であり、砂を混合したモルタル、砂利、砂を混合したコンクリート、土と混合したソイルセメント、泥水など水分を多く含む汚泥の処理に使用することも可能である。

マグホワイトが固化するための理論水量は約60%（重量当たり）であることから、水量が低い場合には水分が不足して十分硬化しないことから保水する必要がある。また、施工作业時間によって、硬化する時間をマグホワイトの添加量により調整が可能である。

### (4) 施工例

#### ① 畦畔施工

表層土を10cm程度の深さでよく解砕し、容積当たり1/10のマグホワイトを混合し、握れる程度の水分になるように散水、振動コンパクターで転圧することにより漏水が少なくまた、維持管理上困難となる雑草が生えない畦畔が完成する。

#### ② ため池

タイにおいては、池底から塩水が入り込み塩害がでることがしばしばある。また、降雨が強く法面にエロージョンを起こすことも多い。この様なため池の対策としてもマグホワイトを用いることにより解決することが可能となる。

また、ため池においては汚泥が問題となるがマグホワイトを混合することにより処理することが可能となる。

#### ③ 暗渠管及び粗朶類

マグホワイトは暗渠管に使用することにより窒素、リンなどを除去する水質浄化作用がある。

#### ④ 火山灰と混合しても使用可能

三宅島の噴火灰の処理について今後問題となると思われるが、マグホワイトと混合し、成型したものを海に投入することにより魚の住みかになることが可能である。

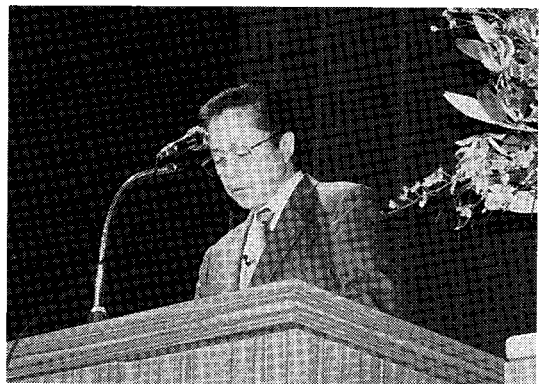
#### ⑤ 各種汚泥処理

ため池などの各種汚泥のについては、従来の処理方法ではセメント固化をして管理型埋め立てを行うと高額な処理費用がかかるがマグホワイトにより固化することにより経済的に処理することが可能となる。

## 7. コンポスト利用による野菜と水稲の実証栽培について

農業集落排水処理施設から発生する汚泥に含まれている、窒素・りん酸等有機資源を有効に農地に還元を行い、生産性の高い農業の実現と、推進が求められており、資源として役に立つ汚泥のコンポスト化に取り組むことにより自然にやさしい循環型農業」を可能にするものである。

しかし、コンポストを利用した農作物について、消費者の理解が得られていないのが実態であることから、土地連としては、コンポスト化に取り組むためにはまず、無化学肥料・減農薬栽培の良さと安全性を実証して、コンポストの有利性を実証するために野菜と水稲の栽培に取り組むこととしており、従来の慣行栽培（化学肥料使用と農薬散布）と、コンポスト利用栽培（コンポスト利用に



写真—8 景井仁志講師

よる無化学肥料と減農薬)との栽培比較結果を紹介する。

#### (1) 汚泥の有害成分と肥料成分

汚泥の有害成分については全て安全性が確認でき、肥料成分については、窒素・リン酸については有効な資源として確認できたが、カリについては極端に少ないことが判明したため、畜産糞や稲藁・籾殻等を副資材として混合してコンポスト化することによりバランスのとれた肥料とすることが可能であった。

#### (2) コンポストを利用した栽培実験結果

①月館町実験ほ場での大根栽培の結果、収量、日持ちテスト、ミネラル含有量についても遜色ない結果が得られた。②玉川村でのねぎの栽培の結果ミネラル含有量は遜色ない結果が得られた。③会津高田町における水稲栽培結果では、コンポスト区についてやや収量が少なかったが、品質・食味ではややコンポストが上回る結果となった。

以上の結果からコンポストを用いた栽培における無化学肥料・減農薬栽培における安全性が確認でき収量や品質についても遜色ない結果を得ることが確認された。

### III. 研究会賞授賞式

研修会では、農業土木研究会賞2課題(企画・計画部門、設計・施工部門)及び奨励賞1課題の表彰を行いました。

各賞は、「水と土」121号～125号に掲載された報文の中から、任意に選出された150名の会員による投票結果を参考に、執筆者が会員かどうか、報文内容が研究会賞としてふさわしいかどうかについて検討し、選考しました。

今回表彰の報文名の執筆者、選考理由は次の通りです。

#### 1. 研究会賞(企画・計画部門)

「改良植え石つき斜路型魚道の局所流況」(124号掲載)

岩村 勉 岩村技術士事務所  
板垣 博 岐阜大学農学部  
馬淵 和三 (株)山辰組

[選考理由] 本報文は、植え石つき斜路型魚道に改良を加え、魚道内の遡上経路や流況などの水理特性を検討し、水理原型実験により多様な勾配や魚種に対応可能であることを実証しており、今後の魚道の計画に示唆を与える内容となっており、本年度の企画・計画部門の研究会賞として選考した。



写真一 9 表彰式の模様

#### 2. 研究会賞(設計・施工部門)

「地元の杉の集成材を用いた世界初のSW橋の架設について」(122号掲載)

吉田 良治 徳島県阿南農林事務所

[選考理由] 本報文は、県営中山間地域総合整備事業による橋梁の架設工事において、杉の間伐材の利用により、景観に配慮し、施工性、経済性をも考慮したSW橋を世界で初めて採用しており、その採用の経過及び設計・施工内容について報告しているものであり今後の橋梁の設計・施工に示唆を与える内容となっており、本年度の設計・施工部門の研究会賞として選定した。



### 3. 奨励賞

「自然環境に配慮した排水路の整備について」(124号掲載)

佐藤 勝美 北海道開発局網走開発建設部北見農業事務所  
佐藤 清美 北海道開発局網走開発建設部北見農業事務所  
竹部 健司 北海道開発局札幌開発建設部岩見沢農業事務所

[選考理由] 本報文は、国営総合農地開発事業による排水路の整備工事において、自然環境、特に魚類の生息環境に配慮するため、水路の線形や護岸工、床固め工に各種の設計上の工夫を行った内容を紹介しているものであり、今後の事業の参考となる内容となっており、本年度の奨励賞として選考した。

各課題の講演後、農業土木技術研究会理事である農村振興局設計課林田首席農業土木専門官より、参加者及び講師に対する謝意が表されるとともに

「本年4月には、改正土地改良法が施行され、事業の実施に当たっては、環境との調和への配慮はもとより、地域社会との連携の一層の強化が、土地改良全般に及ぶこととなります。これらはいずれも従来から我々が取り組んできた課題であります。事業の円滑な推進のためには、身近な自然に対する国民的な評価の高まり、混住化の更なる進展等、農業・農村を取り巻く情勢の変化に対応した新たな発想と新たな知識が必要となります。今回のテーマであります「資源循環」は、このような農業農村整備事業を取り巻く大きな課題の一つであり、本日のテーマに携わっている幅広い領域の講師の方々の講演を聴かれました成果を、21世紀における新たな事業展開に役立てていただければ幸いです。

さて、当研究会は、自主的な組織として設定され本年で32年目を迎えています。その一貫として会員の皆様の技術力の向上を目的として、農業土木技術の発信と交流を続けてきております。当研究会と致しましても、新たな世紀における「水と土」に関する技術の発展と農業土木技術者の技術力向上の重要性にかんがみ、活動の一層の活性化を図りたいと考えているところです。研修に参加されて皆様には、当研究会に対する更なるご指導、ご協力をお願いするとともに、職場の皆様にご趣旨をお伝え頂き、1人でも多くの会員の皆様に支えられた農業土木技術研究会の活動が実現できますようお願いして、閉会の挨拶とします。」

との閉会の挨拶がなされました。

今回の研修テーマが資源循環ということから、講演内容は環境に配慮したりサイクル技術の先進事例紹介的な内容が多かったこともあり、研修参加者は熱心に講演を聞くと共に今後このような技術を取り入れていくための課題としての維持管理の問題やコスト問題について、各講演の後に活発な質疑応答や意見交換がなされました。

編集事務局と致しましては、今回の研修におけるこのような成果や会員の皆様の期待に応えるべく、農業農村整備を進める上で重要となる「現場技術の視点」から、会誌「水と土」及び技術研修会の一層の充実に努めて参ります。今後ともよろしくお願ひします。

# とっとり井手物語

平岩昌彦\*  
(Masahiko HIRAIWA)

## 目次

1. はじめに .....	85	3. おわりに .....	90
2. とっとり井手物語 .....	85		

### 1. はじめに

鳥取県は、農業用水路の歴史や現状を紹介することにより農業・農村及び土地改良施設の役割に対する県民の理解を深めてもらうため、平成12年度に「とっとり井手物語」を作成した。県内では農業用水路は「井手（いで）」と呼ばれている。

平成12年、県内では弥生時代後期（紀元後2世紀頃まで）に栄えた2つの集落跡の発掘が話題となった。県東部青谷町の青谷上寺地（あおやかみじち）遺跡では弥生人の脳が発見され、県西部大山町・淀江町にまたがる妻木晩田（むきばんた）遺跡は国内最大級の環壕集落であることが判明した。太古から千代川、天神川、日野川の3大河川から運び出される土砂と日本海的作用で、海岸地域には砂丘や潟湖が形成された。弥生時代の人々はこの独特な地形や気候を活かし、海岸地域周辺

から米を中心とする村づくりを展開し、因幡・伯耆の国づくりにつながっていく。

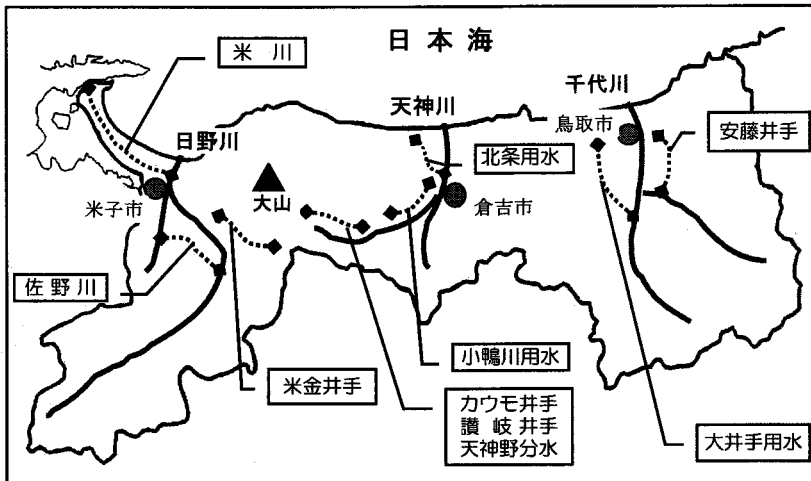
井手物語は、歴史資料が比較的整っている農業用水路10カ所について、県小学校教育研究会社会部会の協力により、小学生にも理解できるものとした。時代は16世紀以降のことが中心となっている。

本稿はその内容を大人向けに修正・加筆し、紹介するものである。

### 2. とっとり井手物語

#### ○大井手用水（おおいでようすい）

大井手用水は、県東部を流れる千代川の水を河原町曳田（ひけた）から取水し、鳥取平野西部の水田約1,100haを潤している。本水路は、1600年（慶長5年）関ヶ原の戦い後約30年の間、この地帯を治めた鹿野城主の亀井茲矩によって、約7年の



\*鳥取県農林水産部農村整備課 (Tel. 0857-26-7324)

鳥取県の主な農業用水路



昔の大井出の取水口

年月をかけて造成された。当時、この地帯は毎年のように日照りに苦しんでいたが、その様子を見た亀井氏は自ら馬をしたがえ数日にわたり現地を調査した。

ある時、千代川の岸（現在の大井手頭首工の取水地点）に馬を立たせ、そこから馬に乗ったまま草をかきわけながら走り、馬の通った跡を用水路の路線として定め、そこに縄を張って用水路を掘らせたと伝えられている。また、夜に提灯を立てて高低を測量する方法をとったり、用水路の底には白粘土を、盛土には赤土混じりの粘土を突き固める等の方法で工事を行った。

ところで、亀井茲矩は、無名の牢人から秀吉に属して奔走し、関ヶ原で東軍に属した功で現在の鳥取市の千代川以西を加増され約4万石の大名となった。彼は領内の新田開発のため、用水路・ため池の造成、潟湖の干拓、河川改修を積極的に実施しただけでなく、異文化交流を志し、まだ鎖国令が出る以前、朱印船を仕立ててタイ国をはじめ東南アジア諸国と交易した。当時としては類稀な世界指向が秀吉の心をつかんだのかもしれない。

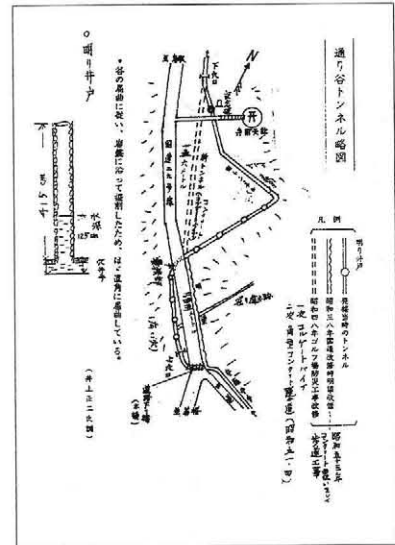
現在、この用水路を管理する大井手土地改良区では、集落の人々の協力で水路の清掃をしており、さらに水路に棲むメダカやホタルの価値を再発見し、周辺の小学校等に呼びかけて水路の生き物調査に乗り出そうとしている。

### ○安藤井手（あんどういで）

安藤井手は、県東部の千代川上流の八東川から取水し、八東町から郡家町にかけて山裾を流れる延長約11kmの農業用水路である。江戸時代後期に果敢な農業者である安藤伊右衛門により全財産を

投げ売って造られ、水不足に苦しむ農民を救ったことからこの名前が付けられた。

文化・文政年代の相次ぐ干ばつによる凶作続きにより、富農の門前に行列をつくって食料を求める人々や鳥取藩の援助により生きるのが精一杯の農民が村では大半であった。この地で農耕に励んでいた伊右衛門は、苦しむ農民の姿をまのあたりにして一日も早い農業用水路の造成許可を藩に求め続けた。



通り谷トンネル略図

1820年に水路の工事が認められ、藩は但馬（兵庫県北部）から工事用の黒鉄という土木工事の専門家を呼び寄せた。ただし、藩財政事情から工事費は全て伊右衛門が借金して負担せざるを得ず、伊右衛門は70才という高齢になっていたが、自ら工事の先頭に立ち指揮した。通谷トンネルは延長500m足らずであったが、硬い岩にはばまれ、わずか一間（約1.8m）進むのに人夫260人を要する難工事であった。

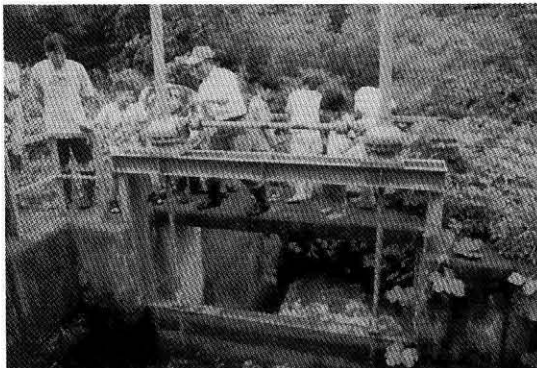
水路造成によりこの地域は田畑が開けていき人口も増加した。藩は伊右衛門の功績を讃え禄を与えようとしたが、「私は百姓だから米を作って食べます。禄の必要はありません」と辞退したという美談が伝えられており、同氏の清貧で不屈の精神には感服する。

現在、水路は郡家土地改良区によって管理されている。

### ○カウモ井手

大山山麓の東側には、天神野と呼ばれる神秘的な台地が関金町から倉吉市にかけて広がっている。太古から森の生活が営まれ、遺跡からはドングリが出土したり、木地師（きじし）の里があったり、鉄穴（かんな）くずしのたたら跡が散在する。不思議な地名の多い地域である。

カウモ井手は、1861年頃（文久元年～）、県中部関金町の天神野台地に土着土という屯田兵と地域の人々が造り、この不毛の台地の開拓のきっかけとなった要の水路の1つである。「カウモ」という名称の由来には、明高村のカウモという地名に由来するという説と、川面（カワモ）を流れる水路という意味からつけられたという説があるが定かではない。定かでないが故に不思議な名称とその歴史に一層の興味が湧く。山腹水路の造成工事は、夜を徹して行われ、提灯の明かりで水路の高低を測量したり、多大な困難を伴った。



「とっとり井手物語」を活用した現地学習

近年、この水路を管理する関金土地改良区や地域住民が協力して「田んぼの学校」を開催し、ゴムボートによる水路下りやたんぼの自然観察会を実施している。大山を水源とする豊富で美しい水は、農業用水の他、集落の生活用水としても利用されている。大山や日本海が一望でき平安時代から続く関金温泉も近くにあり、この天神野台地一帯は、水車の音と人々の笑い声が絶え間なく聞こえる田園空間として隠れた人気のスポットとなつつある。

### ○讃岐井手（さぬきいで）

讃岐井手は、関金町泰久寺から松河原、大鳥居を東に流れ、安歩に通じる約4.5kmの水路である。



水路建設の創造図（風上記せきがねより）

建設当時、高い土手を造るときに何度も大雨で壊れてしまい困っていたところ、そこにたまたま通りかかった旅の僧が「私が入柱になってしんぜますので、無事にこの大工事が完成するようになんばってください」と進んで犠牲になってくれたという。その僧が四国の讃岐の人だったので、感謝と供養の意味をこめ讃岐井手と名付けられたそうである。

用水路流末の安歩という集落名にも伝説がある。旅の途中で歩けなくなったお坊さんが村人の差し出した飴で元気を回復したことから、安らかに歩けるという意味の地名になったという。

関金町は岡山県と境を接し古くから作州街道の伯耆の国の玄関口であったことから、こうした旅の僧にまつわる伝説が多く、水路は伝説の村を一段と潤いあるものになっている。

### ○天神野分水（てんじんのぶんすい）

天神野分水は、県内唯一の円筒分水である。用水は上流のため池群から引かれ、関金町大鳥居で分水され、関金町及び倉吉市の田畑に行きわたっている。1926年（大正15年）頃は、この地点に6つの樋門を設け、かんがい用水量の調整を行っていた。当時の水管理方法は、大水番を1人と補助水番を数名置いて分水量を管理した。しかし、水路が土水路であったため水漏れが激しく、特に干ばつの年には昼夜関係なく水争いが絶えなかった。昭和8年には水不足を解決するために上流に狼谷ため池（大山池）の嵩上げをしたが、それでも水争いがなくならなかった。

このため、昭和43年に用水路の再整備に合わせて、近代技術を導入した円筒分水工を改修し、5カ所



現在に受け継がれる円筒分水

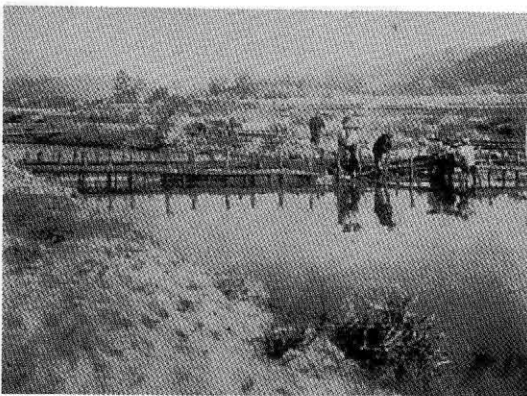
の樋門により各集落の農地面積に応じた水配分を行うようになり、長い水争いの歴史にようやく終止符を打つことができた。

最近、中央から豊かに水があふれ出る歴史的な円筒分水工を、地域の景観に調和させて保全しようとする動きが周辺集落や天神野土地改良区から持ち上がっている。

#### ○北条用水（ほうじょうようすい）

北条用水は、県中部を流れる天神川の支流小鴨川から取水し、天神川沿いの狭い山裾を流下し、小田集落を頂点に北条平野（北条町、大栄町）に広がる700haの田畑を潤している。北条平野は、1544年（天分12年）の大洪水により水田や用水路が氾らんした土砂に埋まってしまったため、水田のかんがいが困難となり度々干ばつ被害が発生するようになった。このため、この地域では米の代わりに大豆を年貢として生産を試みたが土地は荒れるばかりであった。

村の庄屋たちは用水路の改修を領主に懇願した



昔しの北条用水の取水堰（北条土地改良区所蔵）

が、巨額の費用がかかるため、工事の実現には天分の大洪水から実に約170年もかかった。工事は藩の費用だけでは足りず、村の庄屋たちは自家の食料米だけを残し、その他の米は工事費に充てた。そんな苦勞の末、北条用水は、江戸時代天保年間に完成し、北条平野は大洪水以来の荒れ地から再び豊かな水田地帯に生まれ変わった。

先人の意志は、現在北条土地改良区に引き継がれている。シジミやメダカが棲み、子どもたちが魚獲りをして遊び、地域の人々が風呂水や洗濯水や野菜洗い水としても活用してきたこの井手も、現在は空き缶やビニール袋などが流入するといった問題を抱えている。

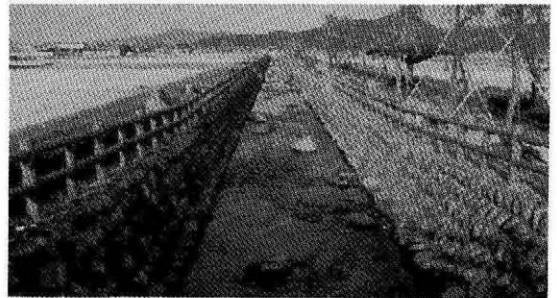
#### ○小鴨川用水（おがもがわようすい）

小鴨川用水は、県中部の倉吉市の水田を潤す用水路である。

造成年代は洪水の記録がある16世紀頃までさかのぼると思われるが、不明である。

天神川の支流小鴨川の上流から生竹（なまたけ）大口堰、福山大口堰、中井堰の順に3カ所の取水口があることが、この地域の水不足解消のために払われた先人の苦勞と工夫を感じさせる。大鴨土地改良区には昔の堰づくりの様子が伝えられている。

かつて、農民の知恵で造られた堰は、怒った水神様のいたずらにはひとたまりもなく、朝造った堰も次の日の大水で流され、また、何百人もの人々が集まって堰を作り直した。4m位の親木に1～2mの足場を組み立てて川に据え付けた。これは、川馬（かわうま）と呼ばれ、文字通りの木馬であったが、川馬の足の袂に孟宗竹を割って造った石かごを並べ、川の水に押し流されながら、かごの中に石を詰め込み堰を造った。大勢の人々



改修された小鴨川用水（鮎川）



が力の限り水と闘い、その作業のほとんどは水の中で行われ、体力の消耗は激しいものであった。ようやく築き上げた堰も再び大水によって流され、農民と川との闘いは何度も繰り返された。

生竹大口堰では、取水時期になると各地の村人たちが鍬の先に古俵と古かますをつけて長い行列をつくって集まり、堰を上げる作業が村の年中行事として行われていた。

### ○米金井手（べいきんいで）

米金井手は、大山山麓南側（江府町）の俣野川の溪流から取水し、険しい山腹を西に向かって延々と進み溝口町大倉に至る延長約20kmの水路で、1894年（明治27年）に造られた。当時、大倉在住の篠田清蔵、下蚊屋在住の大岩八郎の両人が発起人となり水路の開削を計画し、総株数60株とし、50a単位で1株50円とする総額3千円（農地面積は約30ha）の新田開発組合を設立した。当時の米価は1俵（60kg）当たり約3円であったから、10a当たり収穫量を6俵（360kg）とすれば、組合員は1年の米取量の半分以上を工事のために拠出したことになる。まさに米は金だったのである。この組合の仕事は、幅1.1m、深さ0.6mの水路建設であったが、あまりの難工事の計画に請け負う業者がなく、遂に発起人自らが工事を行うこととなった。工事開始から3年、途中で工事費用が底を尽き、更なる自己負担を投げようやく完成にこぎつけた。

現在、水路の管理は、春の通水開始時期に関係者による一斉井手さらいが行われ、かんがい期間中は、毎週交代で2人の水はかりが水路全体の見



米金井手の取水口

回りをしている。しかし、近年、高齢化などによる受益農家の減少により山腹水路の管理が困難になっている。

### ○佐野川（さのがわ）

佐野川は、県西部の日野川の左岸に位置し、米子市、岸本町、会見町にまたがる、通称「長者原台地」約460haを潤す9kmの農業用水路である。水路建設は、1618年（元和4年）現在の会見町の豪農吉持五郎左衛門の鳥取藩への申し出に始まる。工事は岩山の開削やトンネルを2カ所掘らねばならぬ難工事であった。特に、トンネル工事は、石工が1日かかりでたった一升の石粉を掘り出すのがやっとであったと伝えられる。このため、吉持家十一代、工事開始から243年を経てようやく完成した。気の遠くなるような年月と多大な有志の寄付金や労力によってできたこの水路は、藩の事業として総指揮をとった佐野増蔵にちなんで佐野川と名付けられた。佐野川の下流の水田は昭和に入り県営ほ場整備事業により整備され、水路は昭和58年から県営かんがい排水事業によりコンクリート水路に再整備された。

今日、佐野川は西部土地改良区により管理され、農業用水だけでなく、生活用水、防火用水、発電用水などの水源として利用されている。地域の小学校では、以前から佐野川の歴史を社会学習の一環として学んでいる。



昔しの「のみ」の跡を遺す水路トンネル  
(岸本町教育委員会)

### ○米川（よねがわ）

弓ヶ浜半島（米子市、境港市）は、大昔には「夜見（よみ）の島」と呼ばれた美保湾に浮かぶ小島でした。日野川から流れ出る砂粒と潮の流れによって堆積が進み、1639年（寛永16年）には現在の半島が形づくられたと言われる。米川開削は、池田藩第二代藩主池田綱清が藩内に厳しい儉約を命じ、年貢米を中心とする税収増加を考えたことに始まる。会見、汗入、日野3郡の奉行だった米村所平は、農民の生活と藩財政の安定を図るには、半島にかんがい用水を引くことが最も重要と考えた。綱清は所平の考えを取り上げ、1700年（元禄13年）米川の建設を命じた。

所平は農民と協議を重ね、日野川に堰を造って水を引き、半島先端の境水道までの約20kmの新川の計画を立て、1期工事が始まった。取水口から5～6km掘って河崎というところまで新堀をつくると、まわりに棉畑や水田までできた。未開削の地域の農民は新堀の農民をうらやましがり、水路延長の願いが次々に出てきた。これは水の展示効果であり、2期工事には地元民が総出で鋤をふるようになった。

この段階的整備は3期60年の歳月をかけ完成され、人々は米村所平の功績をたたえ新川の名を米川と呼ぶことにした。米川の造成により、それまでサツマイモが主流だった弓ヶ浜半島の農業は大きく変わった。砂土壌の農業は、江戸時代には日本四大棉作地の1つとして藩財政建て直しに貢献し、明治時代には桑で日本の発展に貢献した。

昭和になってからはタバコ、野菜などの栽培が盛んになり、数千haの農地を潤した。現在では、白ネギは県を代表する農産物となっている。この母なる川は米川土地改良区により管理され、周辺



中学生による米川の清掃活動

の学生たちによって清掃が行われるなど地域の人々に大切に守られている。

### 3. おわりに

今年度は、早速、水路周辺のいくつかの小学校で「とっとり井手物語」を活用した学習会が土地改良区の協力も得て行われ始めた。今後、冊子活用を通じて土地改良区と地域との関わりが深まることに期待したい。また、「とっとり井手物語」には掲載できなかったが、この他に県内には歴史的な土地改良施設として、北条砂丘畑地かんがい施設や中山間の山腹水路、現代の土地改良施設として、県中西部で二十世紀梨や畑地かんがいを行っている国営東伯農水地区・大山山麓地区など紹介したいものは多い。

県では、今年度「とっとりため池物語」を作成し、今後、「とっとり井手物語」と同様に県内の小中学校等に配布するなど、県民に農業農村の多面的機能や土地改良区のことを紹介し続けていくこととしている。



「とっとり井手物語」の表紙  
(小鴨川の取水風景を描いたもの)



「とっとり井手物語」の発行に協力してくださった方々

大井手用水	大井手土地改良区、国土交通省鳥取工事事務所 <a href="http://www.tottori-moc.go.jp/">http://www.tottori-moc.go.jp/</a>
安藤井手	郡家土地改良区、八頭郡郡家町、国土交通省鳥取工事事務所
カワモ井手	関金土地改良区、東伯郡関金町 <a href="http://www.sakigane.net/">http://www.sakigane.net/</a>
北条用水	北条土地改良区
小鴨川用水	大鶴土地改良区
讃岐井手	関金土地改良区、東伯郡関金町
天神野分水	天神野土地改良区
米川	米川土地改良区
佐野川	西部土地改良区、米子市土地改良協会、西伯郡岸本町 <a href="http://www.kishimoto.net/">http://www.kishimoto.net/</a>
米金井手	日野地方農林振興局地域整備課
マメ知識	全国土地改良事業団体連合会 <a href="http://www.inakajin.or.jp/">http://www.inakajin.or.jp/</a>

<ご協力ありがとうございました。>

この本に使った地図は、国土地理院長の承認(しょうにん)を得て、同院発行の5万分の1地形図(ちげいず)と20万分の1地勢図(ちせいず)を複製したものである。(承認番号 平12.中継第460号)

監 修：鳥取県小学校教育研究会社会部会

鳥取市面影小学校 校長	市原 正恵
三朝町立西小学校 校長	穴戸 剛
鳥取大学教育地域科学部附属小学校 教諭	豊福 聡
若桜町立若桜小学校 教諭	山崎 泰央
米子市立加茂小学校 教諭	中尾 真

発 行：平成13年3月  
鳥取県農林水産部農村整備課 Phone 0857-26-7326

企画・編集：鳥取県土地改良事業団体連合会 Phone 0857-38-9500  
<http://www.apionet.or.jp/totiri/welcome.htm>

制 作：有限会社 アクト・ワン Phone 0857-21-7300

印 刷：山本印刷株式会社 Phone 0858-47-0088

「とっとり井手物語」の編集協力者

引用文献

- 1) 鳥取県農林水産部：とっとり井手物語 平成13年3月

参考文献

- 1) 司馬遼太郎：因幡・伯耆のみち，栲原街道～街道をゆく27～平成4年2月  
出版：朝日新聞社

### 1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成13年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

### 2. 報文投稿の募集

「水と土」は会員の皆様からの報文投稿によって支えられています。報文は以下のように様々なテーマが考えられますので、これを参考に皆様が担当されている事業地区の状況を報文にまとめて投稿いただくようお願いいたします。併せて巻末の投稿規定も参照して下さい。

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト縮減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農業工学研究所や県試験場などへの依頼研究の成果について取りまとめた報文（研究依頼先との連名による）
- ④ 土地改良技術事務所、調査管理事務所が対応している技術検討や現場支援業務について取りまとめた報文（当該機関との連名による）
- ⑤ 海外派遣から帰任した職員の派遣先でのプロジェクト等について技術的見地から取りまとめた報文
- ⑥ 建設会社、コンサルタント等の会員において、普及性のある事例や技術検討について取りまとめた報文

### 3. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。

あなたが撮った「美しい農村や農業生産の風景」、「地域にとけこんだ農地、農業施設」、「水・土のふれあい」などを表紙に使わせていただきたいと思います。以下を参考に多数の写真を応募願います。

- ① 写真の種類：カラープリントでサービス版より大きいサイズで提出して下さい。
- ② 枚数：応募点数には制限がありませんが、未発表のものに限ります。
- ③ 応募先：研修会テキスト申し込み先と同じ
- ④ その他
  - (1) 応募写真の裏面にタイトル、コメント、住所、氏名、年齢、職業、性別、写真テーマ、撮影場所、撮影年月日を記入して下さい。
  - (2) 原則として応募写真は返却しません。
  - (3) 採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。
  - (4) 採否は、編集委員会で決定します。
  - (5) 採用された場合は薄謝を進呈いたします。

# 農業土木技術研究会会員の募集

## 1. 創立30周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかばり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても、平成11年度には設立30周年を迎えた歴史ある研究会です。

### 〈農業土木技術研究会の変遷〉

昭和28年 「コンクリートダム研究会」の発足：会誌「コンクリートダム」の発刊

昭和31年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大：会誌「土とコンクリート」に変更

昭和36年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊

昭和45年 両研究会の合併

「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊

## 2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、時代のニーズを反映した事業の円滑な推進に必要な技術力の向上のため、農業農村整備事業の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などの現場技術情報の発信と交流を一貫して展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心とした会誌「水と土」を年間4回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

## 3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

21世紀を迎え農業・農村の位置付けがますます重要になっている今日、本研究会に入会いただき、その振興の基礎となる「農業土木技術」に根ざした研究会の活動を支えて頂ければ幸いです。会費は2,300円です（会費は51年度より据置）。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

---

### 入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： \_\_\_\_\_

職場・所属： \_\_\_\_\_

職場住所（会誌送付先）： \_\_\_\_\_

問い合わせ先：農業土木技術研究会 永井  
〒105-004 東京都港区新橋5-34-4  
農業土木会館内 TEL 03(3436)1960

# 投 稿 規 定

- 1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること  
〒105-0004 東京都港区新橋3-34-4 農業土木会館内、農業土木技術研究会
- 2 「投稿票」
  - ① 表 題
  - ② 本文枚数、図枚数、表枚数、写真枚数
  - ③ 氏名、勤務先、職名
  - ④ 連絡先 (TEL)
  - ⑤ 別刷希望数
  - ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- 3 1回原稿の長さは原則として図、写真、表を含め14,500字程度 (ワープロで作成の場合、A4版10枚程度) までとする。
- 4 原稿はなるべくワープロで作成し、漢字は当用漢字、仮名づかいは現代仮名づかいを使用、術語は学会編、農業土木標準用語辞典に準じられたい。数字はアラビア数字 (3単位ごとに、を入れる) を使用のこと。
- 5 ワープロで作成した原稿については、プリントアウトした原稿とともに文字データについてはフロッピーディスクでも提出すること。
- 6 手書きの原稿については、当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は、請求次第送付)
- 7 写真、図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し、それぞれ本文中の挿入個所を指定し、写真、図、表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 8 原図の大きさは特に制限はないが、B4判ぐらいまでが好ましい。また、原図をそのまま印刷に使用するので極力鮮明なものを提出すること。
- 9 文字は明確に書き、特に数式や記号などのうち、大文字と小文字、ローマ字とギリシャ文字、下ツキ、上ツキ、などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと、  
たとえば、  
C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字  
O (オー) と 0 (ゼロ)                      a (エー) と  $\alpha$  (アルファ)  
r (アール) と  $\gamma$  (ガンマ)                k (ケイ) と  $\kappa$  (カッパ)  
w (ダブルユー) と  $\omega$  (オメガ)            x (エックス) と  $\chi$  (カイ)  
l (イチ) と 1 (エル)                        g (ジー) と q (キュー)  
E (イー) と  $\epsilon$  (イプシロン)            v (バイ) と  $\nu$  (ウプロシン)  
など
- 10 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。
- 11 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけ、どちらかにすること。
- 12 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『                      』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は、番号を付し、末尾に原著者名：原著論文表題、雑誌名、巻：頁～頁、年号、又は“引用者氏名、年・号より引用”と明示すること。
- 13 投稿の採否、掲載順は編集委員会に一任すること。
- 14 掲載の分は稿料を呈す。
- 15 別刷は、実費を著者が負担する。

# 「水と土」通信

FAX宛先：農業土木技術研究会 永井：03-3578-7176

「水と土」をより充実したものとするため、下記様式であなたのご意見をお寄せ頂ければ幸いです。

1. 本号(128号)で興味をもたれた報文について記載下さい。

(1) 報文タイトル：\_\_\_\_\_

(2) 興味を持たれた具体的内容  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい。  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. とりあげてほしいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい。  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

所属：\_\_\_\_\_

氏名：\_\_\_\_\_

## 編集後記

学校を卒業して役所に入り現場に配属になったとき、聞き慣れない用語の数々にとまどったものです。

ユンボ、サンスケ(三角スケール)、ゲンセツ(入札前の現場説明)、ゼロコク(ゼロ国債)、etc...

「トチカイリョウク」というのも間違いなくその一つでした。

上司に連れられてはじめて土地改良区の事務所を訪ねたときには、「町役場の方と農家の方を足して二で割ったような”職員の方が大変にこやかに応接してくれました。

この人達はいったい何の仕事をしているんだろう、僕たちの仕事とどう関係があるのだろう、この人達の給料はどこから出てるんだろう…、次々と？マークが頭に浮かんだものでした。

「土地改良区」の名称は、昭和24年の土地改良法の制定の際にカリフォルニア州の改良区(improvement district)を参照して名付けられたと側聞します。

その後半世紀が過ぎ、現在、我が国の土地改良区総数は約7千におよぶといわれています。

農業農村を人間にたとえると土地改良区はいわば一つ一つの細胞のようなものではないでしょうか。いくら栄養を補給したり、薬を飲んだりしても、細胞そのものが健全でなければ健康は保てません。

食料の安定供給、農業の持続的発展、農村の振興などを実現するためには、なにより土地改良区が元気であり続けることが不可欠です。

いま、新たな世紀を迎え、全国の土地改良区が進化の胎動を始めています。「21世紀土地改良区創造運動」

広く国民に向かって、これから「トチカイリョウク」はどのように変わっていくのでしょうか。大いなる関心を持って見守りたいと思います。(設計課 村岡)

## 水と土 第128号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4  
農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会  
TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社  
TEL 03(3952)5651