

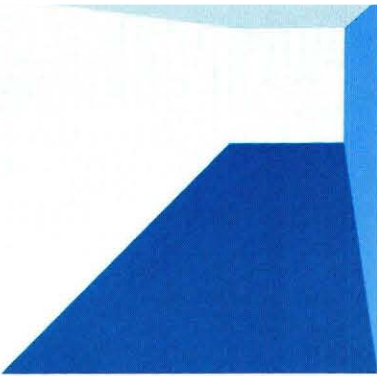
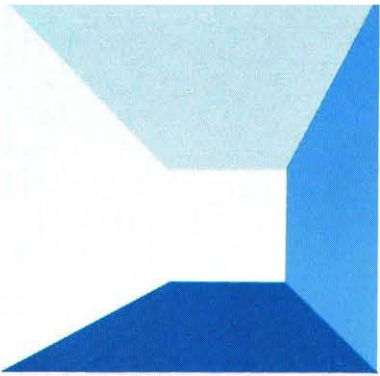
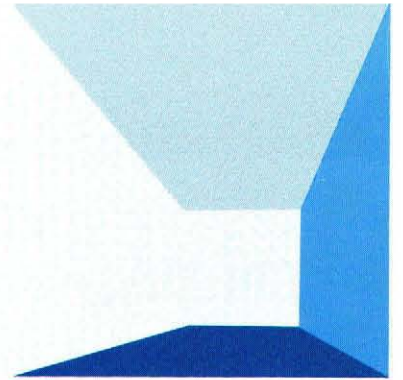
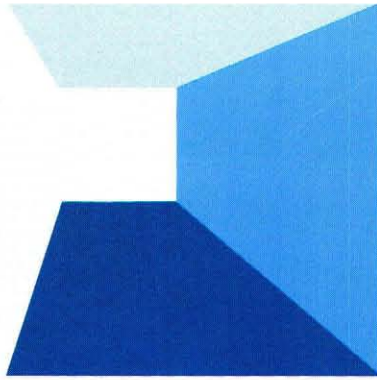
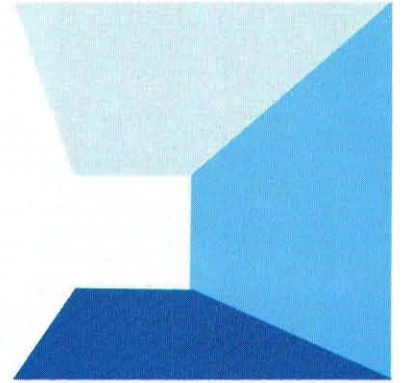
水 と 土

第 86 号

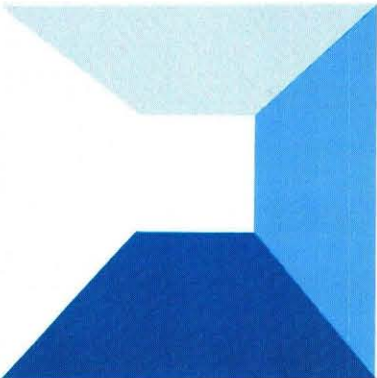
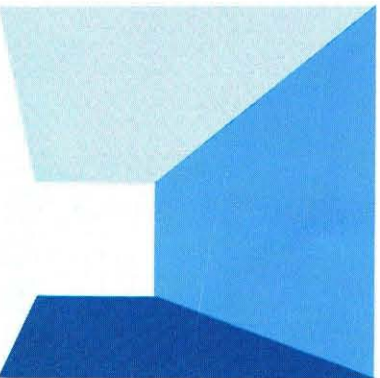
ISSN 0287-8593

平成 3 年 9 月号

農業土木技術研究会



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



国営那須野原地区の小水力発電について (関東農政局那須野原地区)

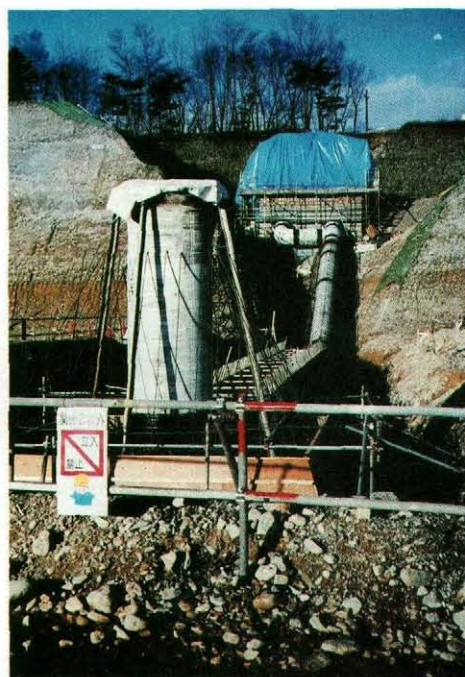
(本文21頁)



▲建設中の戸田調整池



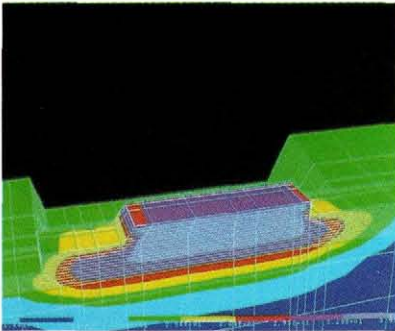
▲ヘッドタンク



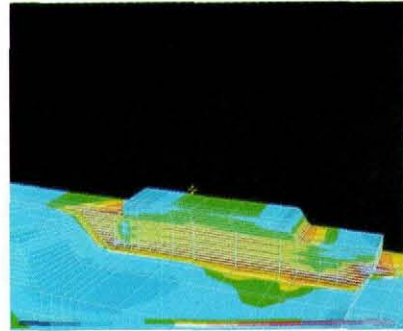
発電所放水路布設状況▶

マスコンクリートの温度応力

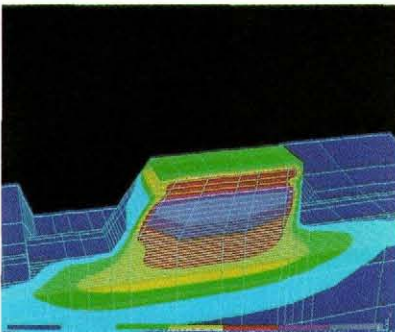
(本文 2 頁)



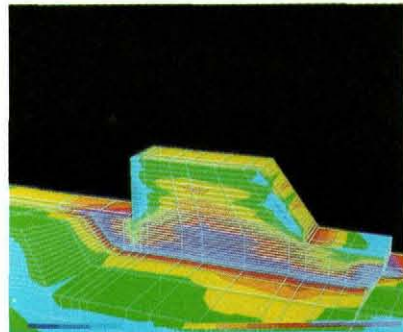
第 3 リフト第 2 層打設後の温度分布



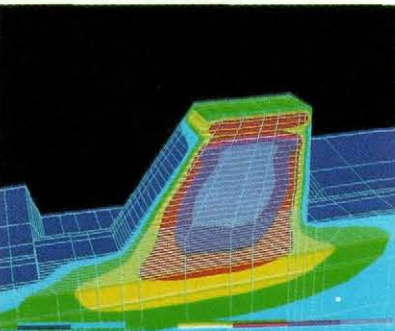
第 3 リフト第 2 層打設後の応力分布



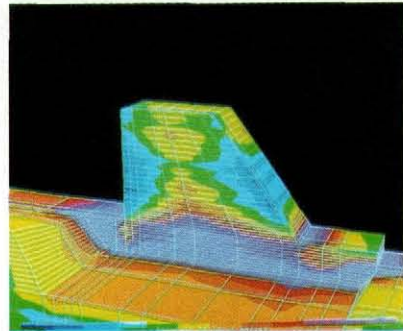
第 6 リフト打設後の温度分布



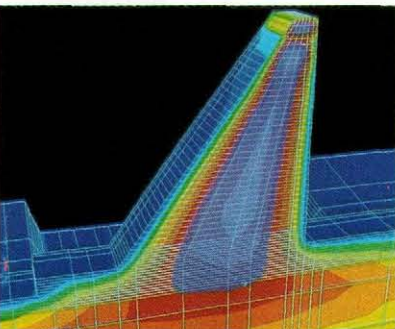
第 6 リフト打設後の応力分布



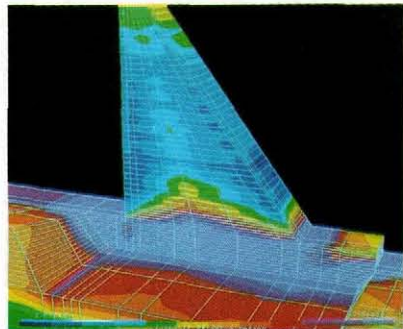
第 9 リフト打設後の温度分布



第 9 リフト打設後の応力分布



第 15 リフト打設後の温度分布



第 15 リフト打設後の応力分布

水 と 土

— 目 次 —

グラビア

国営那須野原地区の小水力発電について
マスコンクリートの温度応力

巻頭文

これからの農業用水 山本茂夫……(1)

報 文

マスコンクリートの温度応力制御技術について(その1)
——解析的予測手法——

石川雅美・長東 勇……(2)

管排水路の先進事例と適用基準策定にむけての一考察

加藤 徹・工藤祐晃……(13)

国営那須野原地区の小水力発電について
——那須野ヶ原発電所の計画と実施——

仲家修一……(21)

粘土質転換畑における地下灌漑技術

福本昌人・深山一弥……(30)
小川茂男・富田和正

地域景観形成へ向けて

——飯豊町椿地区事例——

山本徳司・筒井義富……(40)

急流水路工の水理設計法

——傾斜地造成地内の排水路を中心として——

中 達雄・中村和正
島崎昌彦・吉野秀雄……(50)
小 浮正敬

防災ダム事業におけるダム周辺整備への取り組み

——小沢ダムの事例——

西崎 高・平田 実……(61)
小川俊郎

資 料

開水路における流水安定のための消波工(事例解析)

川合 亨……(69)

投稿規定……(72)

農業土木技術研究会入会の手引き……(73)

会告・編集後記……(74)

No. 86

1991

September

マスコンクリートの温度応力制御技術 について(その1)～解析的予測手法～

石川 雅美 長束 勇

マスコンクリートの温度応力制御技術として、解析的予測手法を中心にその現状を紹介するものである。温度応力問題が広く認識されるに至った背景及びマスコンクリートとして取り扱うべき構造物の定義などを述べた上で、有限要素法、コンペーンション法といった解析手法を、どのような構造形式に適用するかについて説明する。また、解析事例として有限要素法による重力式コンクリートダムの解析結果を紹介する。
(水と土 第86号 1991 P.2)

管排水路の先進地事例と適用基準策定 にむけての一考察

加藤 徹 工藤 祐晃

最初に、管排水路の先進地事例として富山県砺波市平野地域の井口東部地区、千葉県印旛沼地域の臼井第一地区を中心に紹介した。次に、小排水路の管路化を実施する場合の適用基準策定にむけて、①最小許容流速、②通水断面、③管路勾配、④埋設深などの項目ごとに若干の検討を加え、最小許容流速は0.6m/s～0.8m/s程度、管路勾配は1/500以上とすることが適切であること、などを明らかにした。
(水と土 第86号 1991 P.13)

国営那須野原地区の小水力発電について ——那須野ヶ原発電所の計画と実施——

仲家 修一

国営那須野原開拓建設事業において、現在建設中の戸田調整地に併設して、ここに流入する農業用水の遊休落差を利用した、国営土地改良事業としては第1号の小水力発電施設を設置することとなった。

水利権協議及び工事計画の認可等所要の手続きを了し、現在、平成4年度運転開始を目指し急ピッチで工事が進められている。特に地元土地改良区連合等からは、将来の維持管理費軽減に対する大きな期待が寄せられている。
(水と土 第86号 1991 P.21)

粘土質転換畑における地下灌漑技術

福本 昌人 深山 一弥
小川 茂男 富田 和正

粘土質転換畑における暗渠を利用した地下灌漑の適用性を明らかにするため、現地圃場において実証試験を行い、地下灌漑時の水移動の実態と灌水効果を調査した。地下灌漑時には作土直下の砂土あるいは心土亀裂を水みちとして灌漑水が迅速に移動し、暗渠間ほぼ全域にわたって作土まで灌水することができた。また、収量面でも良好な結果が得られた。試験結果をもとに地下灌漑の適用上の視点と問題点を整理した。
(水と土 第86号 1991 P.30)

地域景観形成へ向けて ——飯豊町椿地区事例——

山本 徳司 筒井 義富

本報告は、住民主体で景観形成を進めている山形県飯豊町椿地区において、住民が自らの景観意識を調査する活動への当研究室のサポート事例についての紹介である。

本調査活動により、住民が日頃如何なる意識をもって地元景観に接しているかが明確となると同時に、種々の属性を持つ他評価者の当地区景観に対する意識調査の実施により、住民との意識の違いなどが判明するなど、今後の地域景観形成へ向けての第一歩が踏み出せた。
(水と土 第86号 1991 P.40)

急流水路工の水理設計法 ——傾斜地造成地内の排水路を中心として——

中 達雄 中村 和正 島崎 昌彦
吉野 秀雄 小浮 正敬

中山間傾斜地で施工される地表排水工では、常流水路を原則とする設計法を適用することは、事業費の面で不経済となることから、地形条件に合わせた急流水路工を採用することが多い。常流と射流では、開水路流れの性質が著しく異なるため、急流水路工に適用する新たな水理設計法の開発が望まれている。本報文では、実態調査及び水理実験結果より、急流水路工の水理設計法について、新たに解明した水理特性の側面から検討した。
(水と土 第86号 1991 P.50)

防災ダム事業におけるダム周辺整備への取り組み ——小沢ダムの事例——

西崎 高 平田 実 小川 俊郎

防災ダム事業では、平成2年度に制度拡充がなされ、利活用保全施設整備工事の実施が認められた。

北海道上川郡当麻町に位置する小沢ダムでは、町のユニークな周辺整備構想に基づき、上記の工事を実施することとなった。この計画事例について紹介する。
(水と土 第86号 1991 P.60)

これからの農業用水

山本茂夫*

日本の農業用水は、どの地域においても水田開拓に伴って開発され、長年にわたる農民の血と汗によって守られてきた歴史的資産であり、稲作の長い歴史の過程を通じて、自然と強く結びついたシステムとして維持管理されてきた。

近年の農業用水の需要の変化をめぐる状況は、地域によって差はあるものの、その傾向を整理すると大きく次の3つになる。

1. 農村地域の都市化・混住化に伴い水田面積が減少し、潜在的な余剰水が発生している一方で、その管理は次第に難しくなっている。
2. コメの生産調整に伴って転作が定着化するとともに、良食味米への移行等による水需要のピーク発生期及び量の変化や畑地かんがい用水の新規需要が生まれている。
3. 農村地域における親水機能・環境保全・消流雪等農業用水のもつ多面的機能を確保したいという要望が増えている。

埼玉県的主要な農業用水は利根川に依存しており、葛西用水や見沼代用水など、江戸時代の初・中期に開発され、個々に取水口をもっていった農業用水は、昭43年以降、利根大堰（埼玉県行田市地先）で都市用水とともに一括取水されている。

また埼玉県はその立地条件から、昭和35年に人口243万人、農地161,400ha（水田82,400ha）であったが、平成2年には人口640万人、農地98,400ha（水田57,800ha）と、30年間に人口は2.6倍に増えたが、農地は61%（水田70%）に減少し、現在もまだこの傾向は続いている。

この間、水道用水の需要は当然ながら人口の増加とともに増大し、地下水依存による地盤沈下の発生と下水道整備が追いつかないことによる公共用水域の水質汚濁という大きな環境問題を発生させた。

一方、農業用水は減反相当部分は別にしても、水田面積の減少に見合う潜在的な余剰水を活用するため、農業用水合理化事業を実施し、残された農地への安定供給を行う水利施設の整備と水道用水への転用を推進した。その結果、埼玉県企業局が市町村むけに実施している水道用水供給事業の平成2年度水利権水量18.8m³/sのうち、その36%にあたる6.9m³/sが農業用水合理化事業で確保されたこととなり、ダム等による水源確保が遅れている本県にとっては貴重な水源となっている。

しかしながら、本県の長期構想による将来見通しでは、平成12年（2000年）に人口740万人、農地86,500haと予想されるなかで、地盤沈下は依然として進行しており、平成2年も最大沈下量44mmを記録した。したがって、今後も引続いて同様の対応が必要であるばかりでなく、水源流域をもたない中川水系において、11年連続して全国一級河川の水質汚濁ワーストワンの綾瀬川を抱えている状況もあり、利根大堰から取水している農業用水の今後のある方については、各分野から大いに注目されているところである。

世界の食料需給は、地球規模の環境・人口問題等から中長期的には不透明であるといわれているが、これまでのコメ中心であった日本農業が、多様化した国民の食料需要に応えながら、その生活を保障するにふさわしい食料自給率を確保していける農業へ変化していくことが必要である。そのためには、水質問題を含む水資源の有効利用や水管理の面から「これからの農業用水はどうあるべきか」また、国民のふるさとである農村が自然環境や国土の保全に貢献しながら、水と緑の豊かな余裕ある生活空間として新たな価値観で見直されている現在、「農業用水の役割とその活用法は」等々、これまでの農業用水に対する評価や認識とは異った視点から検討することが必要であろう。

さいわい、本年度から農林水産省に農業用水対策室が新設された。地域の実情に応じた農業用水の合理的・多角的な利用が推進されるよう大いに期待するものである。

*埼玉県農林部技監

マスコンクリートの温度応力制御技術について (その1) ——解析的予測手法——

石川 雅美* 長 東 勇**

目 次

1. まえがき	2	3. 温度応力解析の手順	6
2. 温度応力を予測するための解析手法	3	4. あとがき	9

1. まえがき

マスコンクリートという言葉から、まず連想される構造物は、重力式のコンクリートダム、あるいは本四架橋に代表されるような長大橋の橋脚などであろう。温度応力を制御するための技術は、このような大型コンクリート構造物の施工を通じて発達し、そして、それらに対してひびわれ対策が検討され、また、実践されてきた。すなわち、従来は大型のコンクリート構造物に対してだけ、温度応力問題が取り上げられてきたと言っても過言ではなかったのである。しかしながら最近では、この種の構造物にとどまらず、ボックスカルバートや擁壁といった、ごく一般の土木構造物においても、温度応力に起因すると見られるひびわれが少なからず発生し、温度応力問題が広く認識されるようになってきた。これについては様々な理由が考えられるが、コンクリートポンプによる一括大量打設、高強度化に伴う単位セメント量の増加、さらにはセメントの品質の向上などに起因して、コンクリート硬化時の発熱量が増大したことなどがその主な原因と考えられる。

土木学会では、このような現状に鑑み、それまでの断面寸法が80cm以上のコンクリート部材をマスコンクリートとするという定義を改め、昭和61年制定のコンクリート標準示方書〔参考文献1〕から、マスコンクリートとして取り扱うべき構造物の目安をより具体的に定めている。すなわち、

①広がりのあるスラブでは、厚さが80cm～100cm以

上 (図1-(a))

②下端が拘束された壁では、厚さが50cm以上 (図1-(b))

③その他プレストレストコンクリートなど富配合コンクリートでは、断面が薄い場合でも適用対象とする

としている。また、同示方書では、「マスコンクリートの施工に当っては、コンクリート構造物が所要の品質および機能を満足するよう、事前にセメントの水和熱に起因する温度応力および温度ひびわれに対する十分な検討を行って計画をたて、これに従わなければならない」としている。すなわ

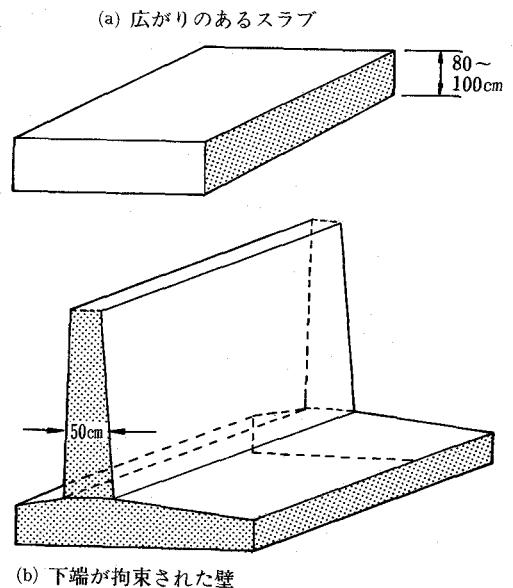


図-1 マスコンクリートの定義

* 東急建設機技術研究所 ** 農林水産省農業工学研究所

ち、同示方書では、マスコンクリートとして見なされる構造物に対しては、なんらかの検討、あるいは対策が必要であるとしている。

この一方で、同年（昭和61年）の日本コンクリート工学協会年次大会の特定課題として、「構造物の初期欠陥」と「経年劣化」が取り上げられた。このうち、コンクリートの施工過程で生じた過度の温度応力やひびわれは、まさしくコンクリート構造物の初期欠陥として意識され、位置づけられたものであった。このように温度応力問題に対する関心が高まるなかで、田辺〔参考文献2〕は、温度応力が単に建設時のひびわれ発生の有無だけで終る一過性の問題だけでなく、場合によっては、コンクリート構造物の寿命にも関連する重要な問題であることを指摘している。さらに田辺〔参考文献3〕は、温度応力によって当初の設計目的が十分に果たされなかった具体例として、

①水平断面21m×11mの橋脚のコンクリートブロックを順次施工していく過程で、ブロックどうしの一体化を図る目的で配筋された鉄筋のかなりの部分が橋脚の建設過程ですでに降伏してしまっていた例、

②アメリカTVAのMontanaダムが完成後27年経過したのち、ギャラリー上部隅角部と上流外表面をつなぐ斜め方向に、堤体をほとんど真っ二つにするような大きなひびわれが発見された例、

などを示し、初期欠陥としての温度応力問題の重要性を説いている。

ここでは、上記の背景を受けて、最近著しく発展したマスコンクリートの温度応力の制御技術に関して、解析的予測手法とひびわれ対策を中心に、いくつかの事例を示しながら二回にわたり紹介する予定である。その第一回として、本報では、温度応力を予測するための解析手法およびその実施手順などについて紹介する。

2. 温度応力を予測するための解析手法

2.1 温度応力解析の特徴と解析手法

マスコンクリートの温度応力を算出するための解析には、①温度解析と②温度応力解析の二つの段階がある。一般に温度解析は、セメントの水和熱に起因するコンクリートの発熱特性、打設温度、外気温、そして養生条件などを入力データとした非定常熱伝導解析から、打設されたコンクリート

内部の温度を求めるものである。温度応力解析は、温度解析で求められた温度分布に、線膨張係数を乗じてひずみに換算し、これに弾性係数を乗じて応力を求めるものである。

マスコンクリートの温度応力解析の最大の特徴は、コンクリートが次々に打設されていくため、解析の対象となる構造系が順次変化することである。また、施工過程で生じる応力を求めるため、コンクリートの硬化に伴い変化する弾性係数についても考慮しなければならず、解析としてはかなり複雑なものとなる。現在、精度良くマスコンクリートの温度応力を求めるための代表的な解析手法として、有限要素法（FEM）と、コンペンセーション・プレーン法（CP法）、またはコンペンセーション・ライン法（CL法）（Compensation Plane Method, Compensation Line Method）の2つが挙げられる。これらの手法の解析手順は、ACI法〔参考文献4〕などの従来の方法に比べると、多少複雑ではあるが、解析精度も良く、理論的にも完成度の高いものと言える。従来、温度応力の解析手法として用いられてきたACI法に代表されるような簡易的な計算式は比較的単純な理論や経験則に基づくもので、簡便ではあるがその結果は前述の2つに比べ必ずしも十分とは言えない。そこで、ここでは有限要素法とコンペンセーション法について説明を加えることにする。

2.2 有限要素法

有限要素法は、対象となる構造物を2次元あるいは3次元にモデル化して解析を行う。3次元モデルを採用すれば、いかなる形状の構造物も解析することが可能な反面、入力データおよび解析結果のデータ量が膨大になり、データの取扱いが複雑になる。特に形状が複雑な場合には、入力データの作成に多大な労力と時間が必要となる。また、モデルの大きさの限界がコンピュータの能力によって決定される場合もあり、現状では3次元解析より2次元解析を行うことの方が一般的と言える。しかしながら図-2に示すように、一方向の厚さが他の2方向に比べ非常に小さい場合、2次元解析では適切な解析結果を得ることは難しい。すなわち、壁のような場合には、温度勾配は壁厚方向に卓越するが、応力は壁の長手方向に生じるからである。このように温度場と応力場が直交するような場合には、後で述べるCP法を用いると便利で

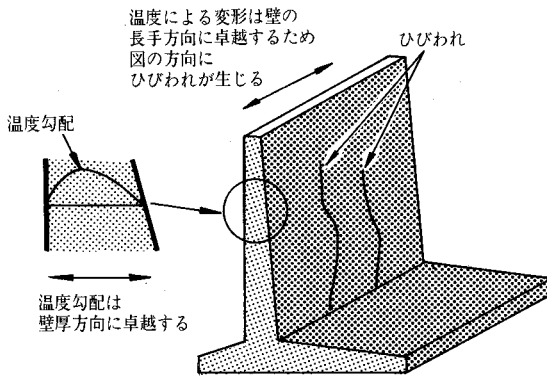


図-2 卓越する温度勾配とひびわれの方向

ある。しかし、ダムや大型のフーチングのように、水平方向に広がりのある構造物では、2次元解析でも十分に信頼性の高い解を得ることが可能である。

有限要素法のメリットは、他の解法に比べてより現実に近いモデルで対象構造物を表現できることである。また、解析結果を表示するための後処理プログラムも用意されており、解析の結果得られたコンクリート内部の温度分布や応力分布、さらには主応力の方向、変形状態など細部にわたってコンピュータグラフィックスにより表すことができるため、解析結果を素早く把握することが可能である。

2.3 コンペンセーション法 (JCI法)

コンペンセーション・プレーン法、またはコンペンセーション・ライン法は、1985年11月に日本コンクリート工学協会 (JCI) から提案された温度応力算定手法 [参考文献5] で、同協会からパソコンプログラムの形で販売されている。この方法には、1次元モデルを解析するコンペンセーション・ライン法 (CL法) と2次元モデルを対象としたコンペンセーション・プレーン法 (CP法) の2種類がある。CL法あるいはCP法は、コンクリートの弾性係数、地盤や既設コンクリートによる拘束の度合、リフトの打設スケジュール、温度分布などのデータを入力して、コンクリート内に発生する温度応力を算定する方法である。したがって、コンクリートの温度分布については、有限要素法かシュミット法による温度解析を行って、あらかじめ求めておく必要がある。CP法またはCL法は有限要素法に比べ計算が容易で、プログラムも単

純であるため、パソコンでの解析が可能である。また計算時間も短く、その解析精度は有限要素法によるものとほぼ同程度と考えてもよい。ただし、解析の結果得られるのは、断面と直交方向 (解析メッシュに対して) の応力だけであり、したがって、主応力方向やモデルの節点変位は出力されない。

CL法は、1次元の解析モデルを対象にしているため、ダムやフーチングなど横方向に十分に広がりのある構造物の中央付近に発生する応力の解析に適している。一方、CP法は断面内の温度勾配を考慮して、断面と直交する方向の応力を算出するため、壁やボックス型の構造物のような構造物の解析に適している。このように、構造物の種類に応じて最適な解析手法を選択する必要がある。すなわち、温度応力解析では発生する応力を求めることが目的であるゆえ、その構造形式にもっともふさわしい応力解析手法を選び、そしてその応力解析手法と対応のとれる温度解析手法を用いて温度解析を行うことが大切である。そこで紹介した解析法と構造形式の関係を図-3に示す。また、コンペンセーション法を確認する意味で、コンペンセーション・ライン法について参考文献 [2, 5] の記述を引用し、述べることにする。

コンペンセーション・ライン法は、平面保持則を仮定したはり理論をマスコンクリートに適用したものである。したがって、この方法の大きな特徴は、拘束係数を軸方向と曲げの2つに分離して、温度応力の計算手法の中に曲げ変形による応力を考えたことである。ちなみに、ACI法では、拘束係数は1つで、温度応力を求める位置 (高さ) によって変化し、これを図表から求めている。

図-4に示す、まったく外部拘束がなく、実線で示す温度ひずみ分布を有する構造体を考える。このとき、ある直線 ($\epsilon = \bar{\epsilon} + \phi_c y$) を考え、この直線と温度ひずみ分布曲線の差にヤング係数をかけると応力が求まると仮定する。断面内の応力のつりあいを考えれば、

$$\int_A \{\alpha T(x, y) - \bar{\epsilon} - \phi_c y\} dA = 0 \quad (1-1)$$

$$\int_A \{\alpha T(x, y) - \bar{\epsilon} - \phi_c y\} y dA = 0 \quad (1-2)$$

ただし、 $T(x, y)$: 座標 (x, y) における温度
 α : コンクリートの線膨張係数

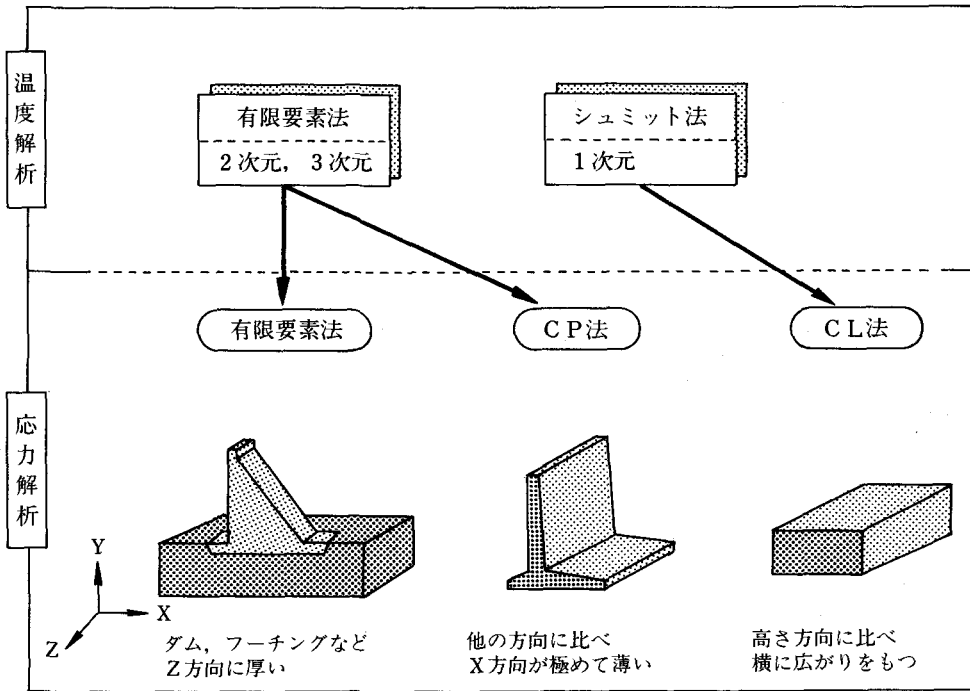


図-3 温度応力解析手法と構造物

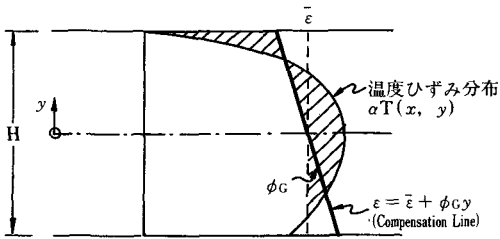


図-4 温度ひずみ分布とコンペンセーションライン

ϕ_G : コンペンセーションラインの傾き
 y : 断面の高さ
 (高さの中央をゼロとし, $-H/2 \leq y \leq H/2$)

また, $\bar{\epsilon}$ は断面内平均ひずみで, 次式から求める。

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{A} \int_A \alpha T(x, y) dA \quad (2)$$

ただし, A : コンクリートの断面積となり, (1)式によって求まる直線をコンペンセーションラインと言う。このコンペンセーションラインによって、図-5に示すようにコンクリート内の温度ひずみを、軸方向成分, 曲げ成分, そして内部拘束成分の3つの成分に分解できる。ただ

し, コンペンセーションラインは, 対象となるコンクリートの高さ H の $1/2$ をその重心とすると仮定している。この場合, コンペンセーションラインの傾き ϕ_G は次式より計算できる。

$$\phi_G = \frac{\int_A (\alpha T(x, y) - \bar{\epsilon})(y - H/2) dA}{\int_A (y - H/2)^2 dA} \quad (3)$$

実際には, コンクリートの温度分布および弾性係数が材令にしたがって変化するので, 計算は増分形で行う。図-6に示すように, 材令 t_1 と t_2 の温度に対するひずみとコンペンセーションラインの傾きをそれぞれ, $\bar{\epsilon}(t_1)$, $\bar{\epsilon}(t_2)$ および $\phi_G(t_1)$, $\phi_G(t_2)$ とすると, 外部拘束により発生する軸方向応力増分 ΔN_R と曲げ応力増分 ΔM_R は次式により求められる。

$$\Delta N_R = R_N E \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) A (\bar{\epsilon}(t_2) - \bar{\epsilon}(t_1)) \quad (4-1)$$

$$\Delta M_R = R_M E \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) A (\phi_G(t_2) - \phi_G(t_1)) \quad (4-2)$$

ただし, R_M , R_N はマスコンクリートの自由な熱変形を岩盤などの拘束体が拘束する割合を表す係数で, 完全拘束のとき 1、完全自由のとき 0、過拘

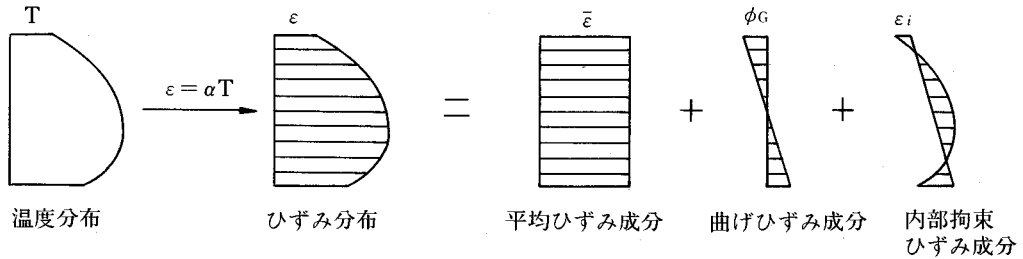
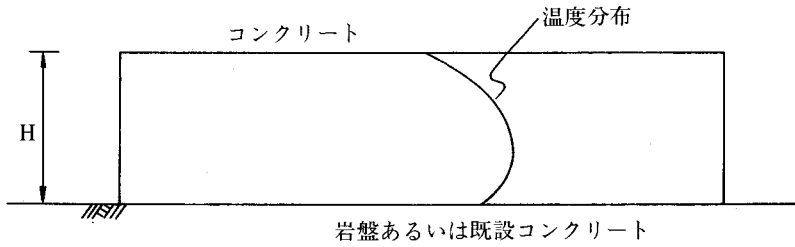


図-5 ひずみ成分の分解

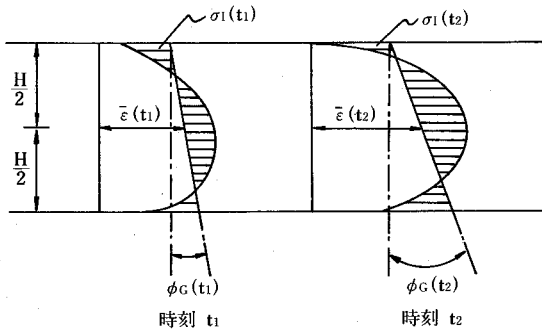


図-6 時刻 t_1 と t_2 における $\bar{\epsilon}$ と ϕ_G

束、あるいは過自由のとき、1以上、あるいは0以下となる。これらの値は、コンクリート形状、すなわち底面の長さ L と高さ H の比 (L/H) 、および、打設されたコンクリートと拘束体となる既設コンクリートあるいは岩盤との弾性係数の比から求められる。また、一般に曲げ拘束 R_M は温度上昇時と温度降下時で別々の値を用いている。なお、 R_N 、 R_M の具体的な値は参考文献 [5] に示されている。したがって、外部拘束応力の増分 $\Delta\sigma_R$ は、

$$\Delta\sigma_R = \frac{\Delta N_R}{A} + \frac{\Delta M_R}{I} y \quad (5)$$

で表される。

また、内部拘束応力増分 $\Delta\sigma_i$ は図-5の内部拘束成分ひずみに弾性係数を乗じて容易に算出できるから、各材令における温度応力は、これらの応

力増分の和として逐次与えられる。

$$\sigma = \Sigma(\Delta\sigma_i + \Delta\sigma_R) \quad (6)$$

以上コンペンセーション・ライン法について、その原理の概略を説明したが、実際には、弾性係数の異なる拘束体と被拘束体の双方を考慮する場合、さらには、コンクリートが順次打ち足されていく場合などを考慮しなければならず、その理論式の導出は多少複雑になる。また、2次元問題に対するコンペンセーション・プレーンを考える場合なども含め、より詳細な内容については参考文献 [2, 5] を参照されたい。

3. 温度応力解析の手順

3.1 コンクリートの熱定数および発熱特性

温度応力解析を行うためには、コンクリートの熱定数、発熱特性、強度定数など、コンクリートの物性に関するデータが必要となる。また、解析的に得られた応力に対してひびわれ発生の可能性を評価するため、一般にひびわれ指数という値が用いられている。ここでは、温度応力解析を実施するにあたって、いずれの解析手法においても共通に用いられる物性やひびわれ発生に対する危険度の評価方法について簡単に紹介する。まず、コンクリートの熱的性質を表す定数として、表-1の値が用いられる。ここで、熱伝達率は養生方法によって多少異なる。表-2にそれぞれの養生方

表—1 コンクリートの熱定数

定数名	単位	一般的な値	意味
比熱	Kcal/kg°C	0.3	1 kgの物体を1°C温度上昇させるのに必要な熱量を表す
熱伝導率	Kcal/kgmhr°C	2.1	物体内部の熱の伝わりやすさを表す
熱伝達率	Kcal/kgm ² hr°C	10	物体表面から流体(空気)への熱の伝わりやすさを表す

表—2 熱伝達率ηの参考値

No.	養生方法	η(kcal/m ² h°C)
		平均値
1	メタルフォーム	12
	散水(湛水深さ1cm未満)	
2	湛水(湛水深さ1cm以上5cm未満) ・むしろ養生を含む	7
3	湛水(湛水深さ5cm以上10cm未満)	7
4	合板	7
5	シート	5
6	養生マット ・湛水+養生マット 湛水+シートを含む	4.5
	発泡スチロール+シート	
7	発泡スチロール+シート	1.5

法に対する熱伝達率の参考値を示す。

コンクリートの発熱特性は、断熱温度上昇式と呼ばれる次式を用いて表される。

$$Q(t) = Q(\infty)(1 - e^{-\gamma t}) \quad (7)$$

ここで、 t : 材令(日)

$Q(t)$: 材令 t 日における断熱温度上昇量(°C)

γ : 発熱速度を表すパラメータ

$Q(\infty)$: 終局断熱温度上昇量

この式は、コンクリートが断熱状態にあるとき、コンクリートの温度が時間に伴いどれだけ上昇するかを表している。また、 γ 、 $Q(\infty)$ の値は、単位セメント量、打込み温度、セメントの種類によって異なるとされている。これらの値は、本来は各配合ごとに断熱温度上昇試験を行って求めることが望ましいが、参考文献JCI [5]の提案式や鈴木ら参考文献[6]の提案式から求めることもできる。ただし、断熱温度試験には数種類の方式があり、各提案者によって採用している試験方式が異なっている。したがって、全く同一のコンクリートであっても各提案方法でそれぞれのパラメータの値が多少異なるようである。一般的な傾向として、鈴木ら行った試験方式で上記のパラメータを測定すると、JCIのものより断熱温度上昇量が大きくなるようである。ここでは、その一例として、表—3、表—4に土木学会コンクリート標準示方書参考文献[1]に示されている断熱温度上昇パラメータ算定方法を記しておく。

表—3 断熱温度上昇式、(η)式における Q_{∞} の標準値

セメントの種類	打込み温度 T_D (°C)	終局断熱温度上昇量 Q_{∞} と単位セメント量 C との関係 $Q_{\infty}(C) = AC + B$	
		A	B
普通ポルトランドセメント	10	0.11	9.0
	20	0.10	10.0
	30	0.07	16.0
中庸熱ポルトランドセメント	10	0.10	4.0
	20	0.08	11.0
	30	0.11	5.0
フライアッシュセメントB種*	20	0.13	-0.4
高炉セメントB種**	10	0.13	5.0
	20	0.08	15.0
	30	0.10	9.0

* フライアッシュの混入率は20%

** スラッグの混入率は45%の場合、混入率が45%以外の場合については既往のデータあるいは試験により求めるのがよい。

表-4 断熱温度上昇式、(η)式におけるγの標準値

セメントの種類	打込み温度 T_D (°C)	温度上昇速度に関する実験定数 r と単位セメント量 C との関係 $r(C) = aC + b$	
		$a (\times 10^{-3})$	b
普通ポルトランドセメント	10	1.6	-0.017
	20	1.6	0.409
	30	3.7	0.273
中庸熱ポルトランドセメント	20	2.4	0.0032
	30	2.5	0.160
フライアッシュセメントB種	20	0.2	0.746
高炉セメントB種	20	0.2	0.746
	30	1.5	0.341

3. 2 コンクリートの強度特性

マスコンクリートの温度応力解析では、コンクリートの硬化過程を解析するため、材令にしたがって変化する弾性係数や引張強度を連続的に表す必要がある。土木学会コンクリート標準示方書参考文献 [1] では、圧縮強度、および引張強度を近似的に次式から求めることができるとしている。

$$f'_c(t) = \frac{t}{a+bt} f'_c(91) \quad (8-1)$$

$$f_t(t) = c \sqrt{f'_c(t)} \quad (8-2)$$

ここに、 $f'_c(t)$: 材令 t 日のコンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

$f_t(t)$: 材令 t 日のコンクリートの引張強度 (kgf/cm²)

$f'_c(91)$: 材令 91 日のコンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

また、 a, b はセメントの種類によってばらつくが表-5 の値を標準としている。 c もコンクリートの乾燥の状態によって異なるが、1.4 を標準的な値としている。

表-5 (8-1) 式の定数 a, b の値

	a	b
早強ポルトランドセメント	2.9	0.97
普通ポルトランドセメント	4.5	0.95
中庸熱ポルトランドセメント	6.2	0.93

さらに、同示方書では弾性係数に対して、次の近似式を用いることができるとしている。

$$\left. \begin{aligned} E_c(t) &= 1.1 \times 10^4 \sqrt{f'_c(t)} \dots \dots (\text{材令 3 日まで}) \\ E_c(t) &= 1.5 \times 10^4 \sqrt{f'_c(t)} \dots \dots (\text{材令 3 日以降}) \end{aligned} \right\} (9)$$

ここで、 $E_e(t)$: 材令 t 日における有効ヤング係数 (kgf/cm²)

$f'_c(t)$: 式 (8-1) による材令 t 日の圧縮強度の推定値 (kgf/cm²)

3. 3 温度ひびわれ指数

土木学会コンクリート標準示方書では、マスコンクリートの温度ひびわれの発生の可能性を温度ひびわれ指数を用いて評価することを提案している。温度ひびわれ指数は次式より求められる。

$$\text{温度ひびわれ指数} = f_i / \sigma_T \quad (10)$$

ここで、 σ_T : 水和熱に起因して生じた部材内の温度応力の最大値

f_i : σ_T を算定した時刻におけるコンクリートの引張強度

同示方書では、温度ひびわれ指数は材令によって変化するので、一番小さくなる値を、材令を変化させて求めなければならないとしている。また、ひびわれ指数とひびわれ発生確率との関係は図-7 から求めることができる。温度ひびわれ指数の標準的な値は次のようである。

- ・ひびわれを防止したい場合 1.5 以上
- ・ひびわれの発生を許すが、その幅および数を制限したい場合 1.2~1.4
- ・上記以外の場合 0.7~1.1

3. 4 温度応力解析の手順

実際に温度ひびわれ発生危険性を事前に判断するためには、これまで述べたようなコンクリートの物性値を仮定し、いずれかの温度応力解析手法を用いて温度応力解析を実施するわけであるが、それらの解析は、コンクリートの打設順序や、配合、および養生条件などをパラメータとしたケー

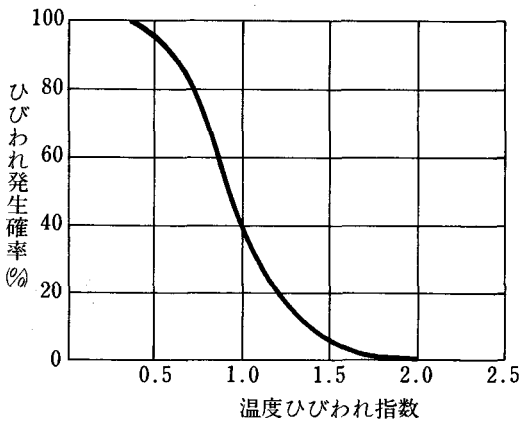


図-7 温度ひびわれ指数とひびわれ発生確率

スタディーによるのが一般的である。そこで、温度応力解析から、その結果の判断までの、一連のフローを次に示す。以下の記述は、温度応力解析手順を示した図-8の各実施段階を解説したものである。

①まず、定められた設計条件から土木学会コンクリート標準示方書のマスコンクリートの規定に照らし合わせて、ひびわれ発生の可能性の有無を判断する。

②温度ひびわれの発生が懸念される場合には、コンクリートの施工順序、施工時期（具体的には外気温と打設温度が解析のパラメータとなる）、養生条件、などを仮定し、さらにコンクリートの熱的定数を定める。必要に応じて試験を行って、コンクリートの熱的物性を求める。

③構造物の形状、解析費用、要求される解析精度などから、解析手法を選択し、温度解析を行う。

温度解析の結果からだけでも、温度ひびわれ発生の可能性を判定できる場合（極端に発熱量が小さい場合など）もあるが、多くの場合、応力解析まで実施するのが一般的である。温度分布から温度ひびわれ指数を算出することも可能である参考文献 [1]。

・内部拘束応力が卓越する場合

$$\text{温度ひびわれ指数} = 15 / \Delta T_i \quad (11-1)$$

・外部拘束応力が卓越する場合

$$\text{温度ひびわれ指数} = 10 / (R \cdot \Delta T_0) \quad (11-2)$$

ここで、 ΔT_i ：最高温度時の内外の温度差 (°C)
 ΔT_0 ：部材平均最高温度と外気温平衡時温度との差 (°C)

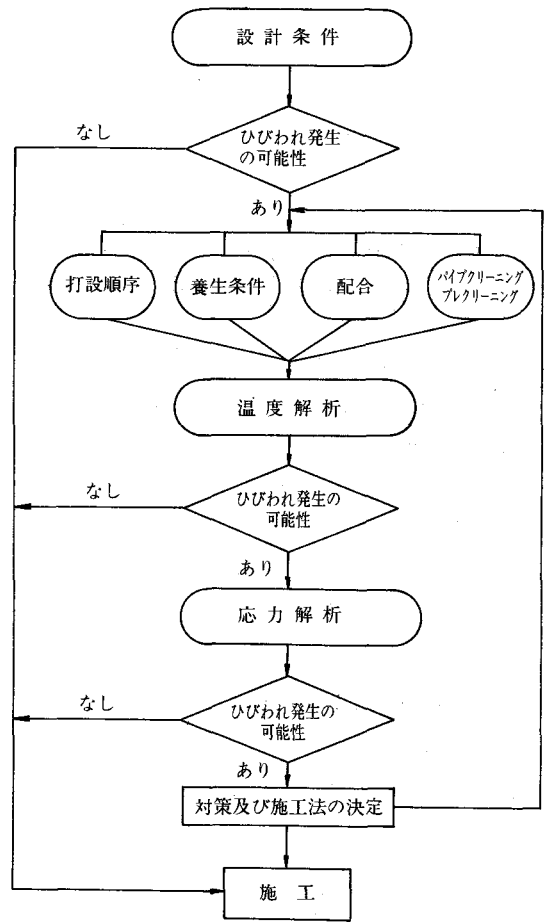


図-8 温度応力解析の手順

R ：外部拘束の拘束度であり、比較的軟らかい岩盤の場合には0.5、硬い岩盤の場合には0.8を用いる。既設のコンクリート上に打込む場合、一般には0.6としてよい。

④コンクリートの線膨張係数、弾性係数などを仮定して応力解析を行う。

⑤解析の結果、発生すると予測される最大引張応力とその時点での引張強度の比から温度ひびわれ指数を求め、ひびわれの危険性を判断する。

⑥許容し得る範囲以内にひびわれが収まらないと判断された場合には、材料条件、施工条件を見直し、再び解析を実施する。

4. あとがき

本報では、マスコンクリートの温度応力問題に

において、温度応力問題の背景、マスコンクリートの定義などを踏まえて、その解析的予測手法を中心に話を進めてきた。最後に3次元の有限要素法を用いて温度応力解析を行った事例の一つを紹介して、本報のまとめとしたい。

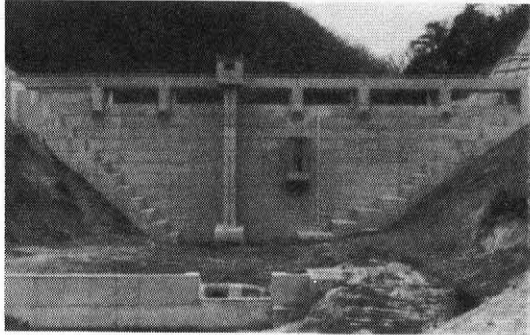
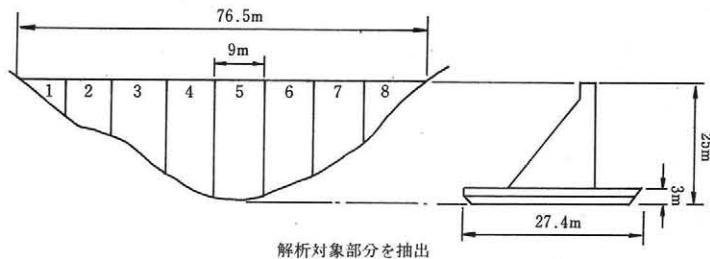


写真-1

解析の対象とした構造物は、堤高25m、堤長76.5m、体積12,000m³の比較的小型の重力式コンクリートダムである(写真1)。図-9に示すように、ダムの中央ブロック(第5ブロック)部分を抽出し、この部分に対して有限要素法のモデルを作成

した。この解析では、ダムコンクリートを第1リフト～第15リフトまでを岩盤上に徐々に打設させていく過程で生じる温度と応力をシミュレートしたものであるが、第1リフトから第3リフトまでは2回に分けて打設されたため、コンクリートの打継ぎ回数は全部で18回である。なお、1リフトの高さは150cmである。コンクリートの打設工程は、実際の現場のスケジュールと同じとし、外気温も現場で測定されたものを用いた。有限要素モデルの要素数は1,365、節点数は2,820、温度解析のステップ数は598、応力解析のステップ数は215である。図-10～図-17に解析の結果を示す。これらの図からも明白なように、ダムコンクリート中に発生する温度と応力の状態を極めてわかりやすく表すことができる。また、図-18は、実測した温度と解析結果との比較であるが、両者は比較的一致していると判断できる。

ここに示したように、有限要素法を用いれば、直感的にも明快な形で解析結果を評価することが可能であるが、データの作成や解析の実行に時間がかかるため、多大な費用を要する場合がある。事実、このダムの解析においても、かなり大型の



解析対象部分を抽出

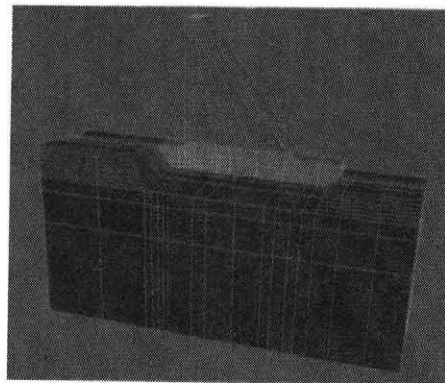


図-9 解析の対象としたブロックと有限要素モデル

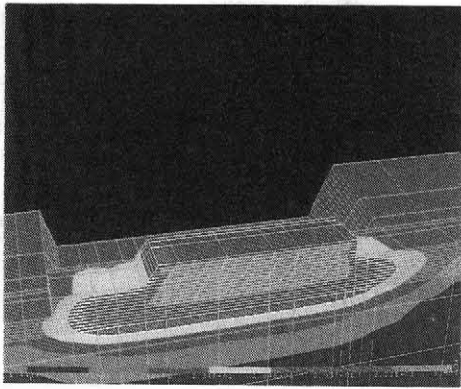


図-10 第3リフト第2層打設後の温度分布

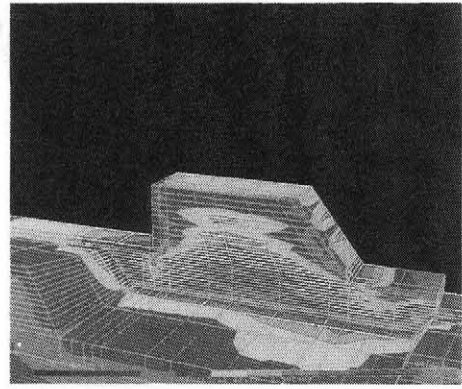


図-13 第6リフト打設後の応力分布

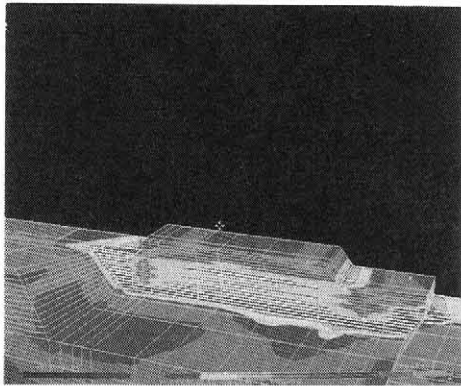


図-11 第3リフト第2層打設後の応力分布

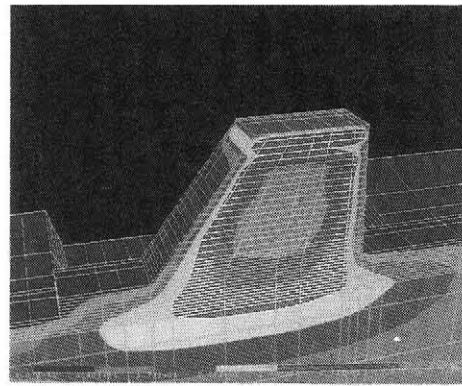


図-14 第9リフト打設後の温度分布

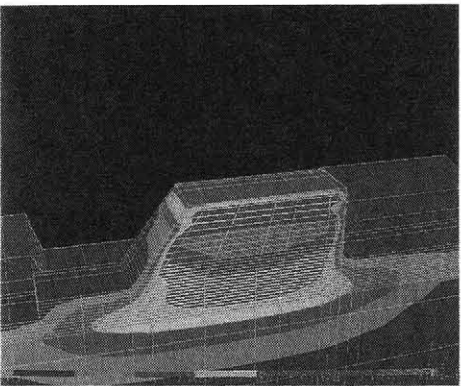


図-12 第6リフト打設後の温度分布

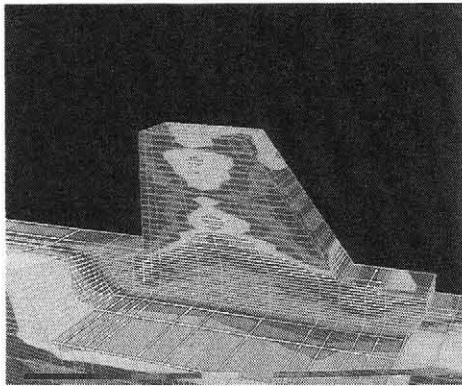


図-15 第9リフト打設後の応力分布

コンピュータシステムが必要であり、データ作成から解析結果を得るまで2カ月程度は必要であった。したがって、日常的にこのように大型の3次元計算のため有限要素法を用いることには難しい面もある。そこで、簡易的に温度応力を評価する手段として、最近ではコンペンセーション・プレ

ーン法、ライン法が広く用いられるようになってきた。そこで、今回はコンペンセーション法を実際の構造物施工に際して適用した事例について述べるとともに、実際の現場で行われている温度ひびわれ対策について紹介する予定である。

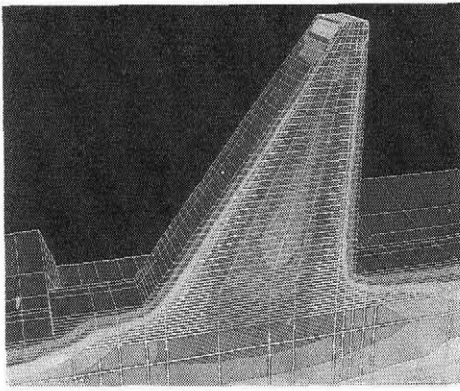


図-16 第15リフト打設後の温度分布

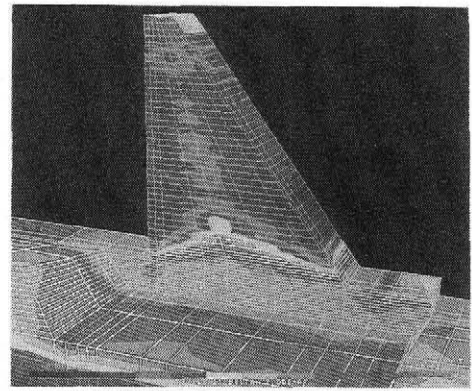


図-17 第15リフト打設後の応力分布

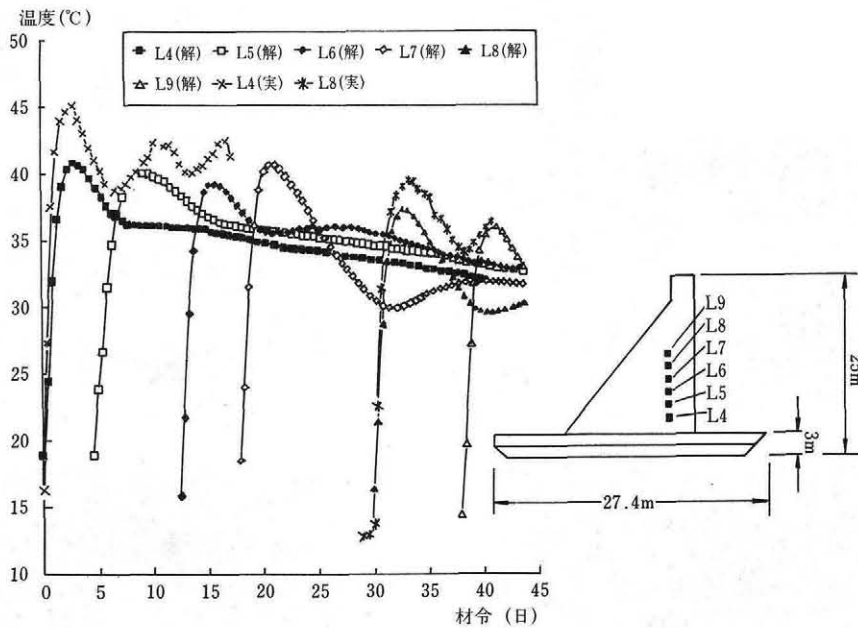


図-18 温度履歴 (実測と解析の比較)

参考文献

- [1] 土木学会：コンクリート標準示方書昭和61年制定 施工編
- [2] 田辺忠頭：マスコンクリートの温度応力制御技術の現状，土木学会論文集，第372号/V-5，pp.1~15，1986年8月。
- [3] 田辺忠頭：コンクリート構造物の初期欠陥，コンクリート工学，Vol.23, No.10, pp.91~92, 1985年10月。
- [4] ACI Committee 207 Report: Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete, ACI Proc, Vol.70-45, July, 1973.
- [5] 日本コンクリート工学協会：マスコンクリート温度応力研究委員会報告書，1985年11月
- [6] 鈴木康範，原田修輔，前川宏一，辻幸和：新試験装置によるコンクリートの断熱温度上昇の定量化，土木学会論文集，第396号/v-9，1988年8月

管排水路の先進地事例と適用基準策定にむけての一考察

加藤 徹* 工藤 祐晃*

目 次

I. はじめに	13	IV. 要約	19
II. 先進地区の事例	13	V. おわりに	20
III. 排水路の管路化の適用基準策定にむけての検討	17		

I. はじめに

わが国の農業は、コメの生産調整、牛肉・オレンジの自由化、さらにコメ市場開放の圧力など非常に厳しい情勢下におかれている。

これからの日本農業を考える場合、農地の流動化、利用権集積等によって経営規模の拡大を図ることが必要であり、そのためには基盤整備の強化とくに圃場の区画拡大が急務となってくる。

このような情勢のなかで農業土木の技術も日進月歩であるが、近年では圃場整備事業による減歩率の抑制、区画の大規模化ならびに管理労力の節減をめざす目的で小排水路等に管路を採用しているところもあり、土地改良事業の技術革新という観点からも注目を集めている。

ところが、『土地改良事業計画設計基準・ほ場整備（水田）』では、「排水路の水路形式は、開水路を原則とする。」¹⁾としており、またその解説では、「排水路は用水路の場合と異なり、開水路とするのが原則である。排水路を管路とする試みもなされているが、現時点では出水時の閉そくや維持管理に問題があり、一般的な形式とするには、更に十分な検討が必要である。」¹⁾としている。

そこで本報では、排水路に管路を採用している先進地区の事例紹介とその管排水路の適用基準策定にむけて若干の検討を加えてみた。

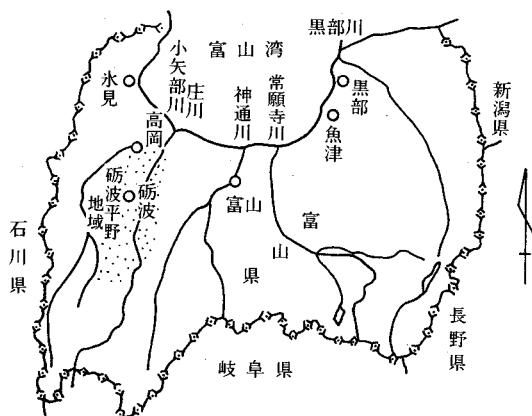
II. 先進地区の事例

1. 富山県砺波平野地域

1) 地域概要

砺波平野は、庄川扇状地に属しているが、この庄川扇状地は、飛驒山地に源を発する庄川および小矢部川の流域に堆積した沖積扇状地で、ここの堆積物は片麻岩、花崗岩等を主体とする砂礫層である。この地域は、孤立荘宅が散在する典型的な散居村が卓越している²⁾。

この地域では、大型農業機械の共同利用を推進し、従来の個人中心的作業から協業組織による営農体系とするために、昭和30年代までに区画整理（10a）された圃場の再整備（標準区画30a）が圃場整備事業として展開されている。



図一 砺波平野地域概略位置図

2) 井口東部地区の事例

富山県下では昭和40年代初め頃から、例えば富山市三郷地区などで再区画整理地の減歩率の抑制のために小排水路の管路化が試みられている。当時はまだ事業地区内でも局部的に実施されただけであり、事業地区全体で本格的に検討されたのは、

*宮城県農業短期大学

表一 砺波平野地域の県営圃場整備事業地区における排水路の管水路化の状況

地区名	工期	受益面積 (ha)	管排水路計画概要	管排水路勾配	地区地形勾配
南山見 (富山県東砺波郡井波町)	50.4 ~61.3	201.0	支線排水路33068 mのうち 7744 m分を管水路 ($\phi 300 \sim \phi 900$ mm)	1/7 ~1/30	南北に 1/30
般若 (富山県砺波市)	51.4 ~58.3	307.0	支線支派線排水路30901 mのうち 4114 m分を管水路 ($\phi 300 \sim \phi 600$ mm)	1/35	南北平均 1/100
井口西部 (富山県東砺波郡井口村)	57.4 ~62.3	62.9	末端排水路4050 mのうち 1225 m分を管水路 ($\phi 300$ mm)	1/35 ~1/100	南北に 1/35
井口東部 (富山県東砺波郡井口村)	62.4 ~	74.1	支線排水路989 mのうち 549 m分を管水路 ($\phi 800$ mm) 末端排水路6031 mのうち 5388 m分を管水路 ($\phi 300 \sim \phi 600$ mm)	1/40 1/40	南北に 1/35

砺波平野地域において実施の県営圃場整備事業南山見地区 (201ha) が最初である。この地域では、続いて昭和51年度から実施の般若地区 (307ha)、57年度からの井口西部地区 (63ha) 62年度からの井口東部地区 (74.1ha) において減歩率の抑制と維持管理労力の節減を目的に小排水路ならびに支線排水路の管水路化が実施されている。

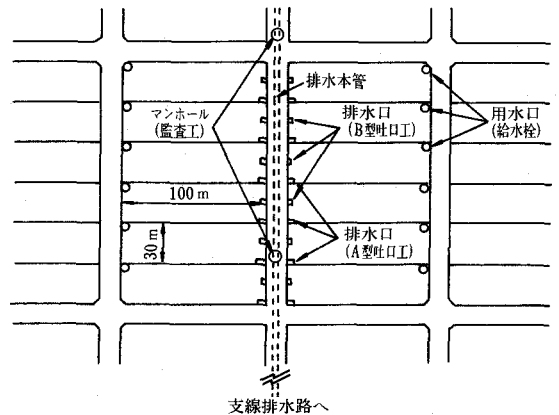
富山県の場合には、安定した第二種兼業農家の確立をめざして、平坦地においては畦畔にコンクリート畦畔を採用している所も多く、地形勾配の大きい砺波地域などでは管排水路を採用し、徹底した農業の近代化による省力化に努めているという背景がある。

ここでは、井口東部地区の事例を紹介し、その内容について若干の分析を加えておく。

井口東部地区は、東砺波郡井口村の東方に位置し、地区の西部は赤祖父川、東部は井波町、北部は福野町に接している。地形は南部より北方に向けて1/35程度の傾斜をなし、その標高は100~147 mである。

この地区では、小排水路6031mのうち5388m、支線排水路989mのうち549m分を管水路にしている。ここでは、小排水路の場合についてみておく。小排水路としての管は、農道の真ん中、真下に埋設されている。圃場は30 a の標準区画を採用しているが、各圃場に大きな排水口 (A型吐口) と、さらに短時間排水を目的にもう一つの小さな排水口 (B型吐口) が設けられている。小排水路として

の管水路は上流100m位までは $\phi 300$ mm、その下流は $\phi 600$ mmのヒューム管 (RCP) が統一して用いられている。



図一 井口東部地区の耕地組織と用排水施設

排水口と排水本管は硬質塩ビ管 (VU, $\phi 200$ mm) によって連結されているが、接続部分にはフレキシブルなRR90°ピニール管が用いられている。このA型吐口は、外寸法1.2×0.9m (内寸法1.0×0.7m) の広さで、深さ1.3mの構造物となっており、さらに人が出入りできるようにステップ筋も取り付けられている。したがって、一部マンホールの役割も果たせるが、これは将来の暗渠排水施工時に暗渠排水の集水渠とこの排水口との連結作業を容易にすることも目的としている。さらに、この排水口には角溝がついており、田面上下30cm

まで角落し可能となっているが、ゴミ除け等のスクリーンはついておらず、排水口の上は縞鋼板蓋が用意されている。

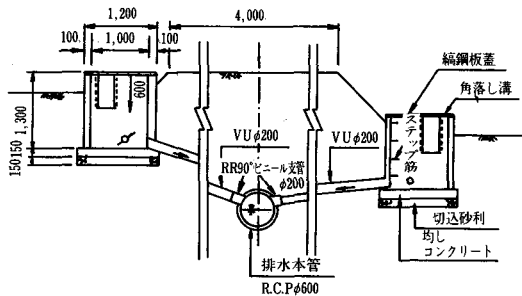


図-3 排水本管と排水口(A型吐口)の構造図(井口東部地区)

また、この地区では排水本管の管理用施設としてマンホールを100~150mに1箇所ずつ設けているのが特徴である。このマンホールの上部斜壁はコンクリート二次製品を用い、その斜壁より下部構はコンクリート現場打ちで対応している。また上流管より下流管へ排水がスムーズに流下できるように下部構の内側底部は巻き立てしてある。これはマンホールで一旦流速を殺してしまうと下流管への流下が悪くなり、異常出水のような場合には、このマンホールから水が吹き上げたりするようなトラブルを未然に防止するためである。この地区の排水本管の埋設については、最初にφ100mm程度の有孔塩ビ管を敷設(この塩ビ管は埋めこ

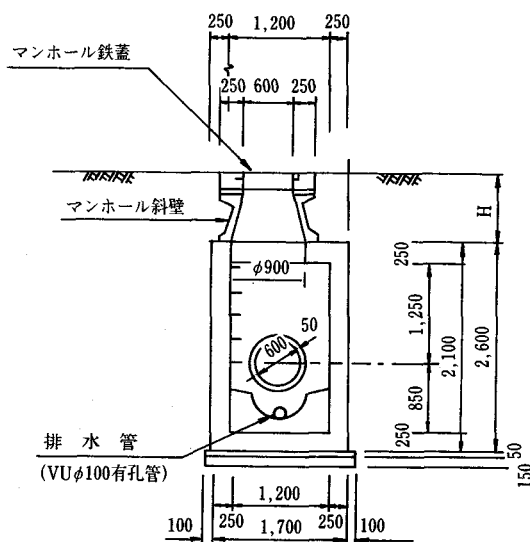


図-4 マンホールの構造図(井口東部地区)

しとなる)し、湧水処理を行い、その上で砂基礎、本管敷設の順に施工している。

ところで、本地区は地形勾配も大きいことから排水本管の勾配も約1/40とかなり大きくなっている。また設計水深(h)は管径(D)の1/2としていることより、前述のヒューム管φ600mmの場合には、流速(v)は約3m/sとなる。したがって、管内に土砂堆積を起こすようなことはなく、施工後ほとんど特別な清掃もやられていない。さらに、設計水深比h/Dを1/2としていることから、異常出水時などには計画流量の2倍まで流下できる断面の余裕をもっている。またこの地区では排水本管を流下した排水は一部下流のファームポンドへ貯留され反復利用される。

以上が井口東部地区における排水路の管路化の実態である。この井口東部地区を含む砺波平野地域では排水路の管路化によって、30aよりさらに大区画の50a、1haなどへ拡大していくことは容易ではない。なぜなら、地形勾配が大きいいため、30a区画水田を創出するだけで上位田、下位田との田差が1m前後となり、また左右両圃区との段差もあるからである。後述の印旛沼地域では、排水路の管路化は大区画水田創出の大きな要因となっているが、本地域の場合には、あくまで前述のように、減歩率の抑制と管理労力の節減が主目的となっている。

2. 千葉県印旛沼地域

1) 地域概要

本地域は千葉県の北部に位置する印旛沼(北部調整池630ha、西部調整池680ha)の周辺耕地である。印旛沼の流域は、北は印西町、栄町付近で利根川に接し、西は船橋市、白井町の一部、東は富里町、南は千葉市の一部まで拡がり、流域面積は約535km²である^{3),4)}。

2) 角来地区、白井第一地区の事例

千葉県印旛沼地域では、白井東部地区の印南区で昭和49年度に排水路の管路化が初めて試みられ、その後角来、白井第一地区などで本格的に実施された⁵⁾。このうち、角来地区の排水路の管路化の実態については、小林・小原により既に本誌に報告されている⁴⁾ので、ここでは白井第一地区の事例を中心にみておく。

角来地区は、印旛沼の西部調整池のほとりにあり、北に佐倉市の中央部を流れる一級河川鹿島川

と南の京成電鉄成田線に挟まれた幅180m、長さ1,800mの細長い地区で24haの耕地が存在する。臼井第一地区は、この角来地区の西側に隣接する23haの耕地である。昭和31年に区画整理事業が実施されているが、区画は10aで、地盤はY.P1.7~5.5mと印旛沼へ向かい1/200~1/50の急勾配で田面差も大きく、印旛沼周辺はポンプによる強制排水に依存する低地であり、営農条件は悪く水田単作に限られる状態であった。そこで、角来地区と同様に都市近郊に即した合理的営農を推進するため昭和61~62年度にかけて団体営土地改良総合整備事業が実施された^{3),4),5)}。

臼井第一地区における排水路の管路化については、角来地区よりもさらに工夫改善がなされている。まず、区画形状は50×100mの50a区画で計画され、角来地区よりは大区画化を当初からめざした。そして、用水口（パイプラインの給水栓）とともに排水口（排水柵）も農道に併設の形となっている。

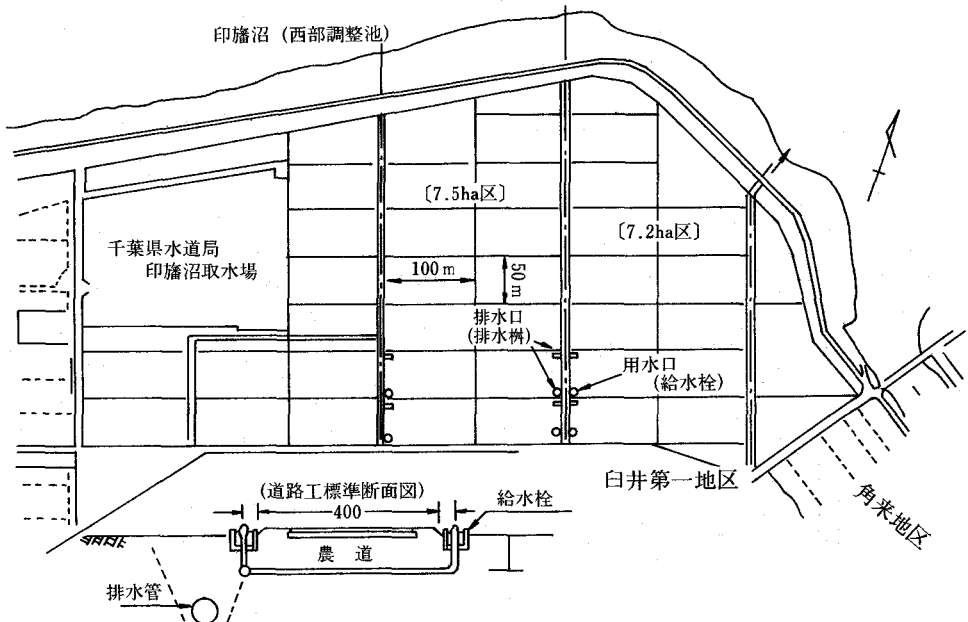
圃場排水は、50a区画毎に角来地区に準じた排水口を設置し、φ150mmのパイプで排水本管に接続され、排水本管の末端では、印旛沼へ直接排水となる。排水管の最上流部については、パイプの維持管理上用水管埋設場所まで延長し、排水管内の

洗浄が可能なように接続している。また、最上流部の埋設深は、暗渠排水の集水渠深さ1.10mに取付部（異径管）の余裕を見込み、田面下1.25mとしている。

排水本管はゴミ詰まり防止等の余裕を十分考慮し、管径のほぼ70%以内の水深で計画流量を流しうるように設計されている。管路勾配は1/200~1/250となっており、ほぼ1.0m/sの流速が得られるようになっている。また、施工上排水管は用水パイプラインと同時に埋設としている。

なお、この臼井第一地区では当初50a区画の整備を進めたが、地主組合が2人の耕作者に全面委託することなど営農条件の整備によって区画の拡大が可能となり、圃区あるいは農区規模の区画が出現した。一区画7.5haというわが国最大級の水田のほか、その東隣りに7.2ha、2.5haの水田が同時に誕生しており⁵⁾、排水路の管路化が区画拡大へ大きく寄与している典型的な事例であり、全国的にも脚光を浴びている。

印旛沼地域の角来、臼井第一の両地区では、用水施設についての特徴がある。すなわち、用水もパイプラインが採用され、用水口には自動給水栓がセットされている。したがって、用排水施設の管理労力の大幅な節減がなされている。また暗



図一五 臼井第一地区（団体営土地総）計画概要図

渠排水を利用した地下灌漑により、水田においては乾田直播が行われている。

III. 排水路の管路化の適用基準策定にむけての検討

1. 管路化の制約—最小許容流速—

排水路の管路化を制約する最大の条件は、管内への土砂堆積の問題である。土砂が管内に堆積しないための流速すなわち管内最小許容流速が問題となるので、最初にこのことについて整理しておく。

1) 土地改良事業計画設計基準による基準

まず、『土地改良事業計画設計基準・水路工（その1）』からみてみる。許容流速については「水路の流速は、土砂の堆積が起こらず、かつ水中植物が繁茂しない最小許容流速と水路内面を構成する材料が流水によって浸食されず、かつ水理的に不安定な流況が発生しない最大許容流速との範囲内としなければならない⁷⁾。」と規定されており、とくに最小許容流速については、「最小許容流速を制約する要素は非常に不明確で妥当な値を確定することは必ずしも容易ではない。最小許容流速は土砂の堆積を起こさない速さ、水中植物が繁茂して流水の妨げとならないような速さから求められる。一般的にはシルト及びそれよりも大きい粒径の浮遊土砂が少ない場合、0.45～0.9m/sの平均流速があれば浮遊土砂の堆積を起こさず、また、0.7m/s以上の平均流速があれば著しく流水を妨げるような植物の生育も防止できる。これを用水路及び排水路の設計に適用し、それぞれ最多頻度流量、低水護岸等を検討するための流量のときの流速が上掲の数値を下回らないようにすることが適当である。トンネル、サイホン等では土砂の堆積が生じた場合、通水断面が狭まり、また堆積した土砂の排除も困難であることから、これらの施設内ではそれに接続する開水路の流速比はトンネル・暗渠の場合、開水路流速の1.3倍以上、サイホンの場合には1.5倍以上の値がとられることが多い⁷⁾。」と解説している。

次に、『同設計基準・水路工（その2）パイプライン』では、この最小許容流速について、「水中の浮遊土砂等が管内に沈殿することを避けるため、管内流速の最小限度は設計流量時で0.3m/s以上とする。特に配水管で防除、施肥と多目的に使用

する場合等は0.6m/s以上とすることが望ましい。⁸⁾」と解説している。

さらに、『同設計基準・暗渠排水』では、暗渠の勾配を中心とした記述で、「吸水渠の勾配は1/100～1/600とすることを標準とし、集水渠の勾配は、最大流量時における流速が0.2m/s以上、1.0m/s未満となるように決定する⁹⁾。」としている。

以上、三種類の土地改良事業計画設計基準についてみてきたが、最初の『水路工（その1）』は開水路を前提とした基準であり、次の『水路工（その2）』は、いわゆる水理的に管路化、すなわち圧力がかけて流れ、途中土砂等の流入はほとんど考えられない管路化の場合の基準、そして『暗渠排水』は土壌中の余剰水分の排除を目的としたもので、普通の排水路に比較して非常に流量・流速の小さな施設の基準である。したがって、いずれも本格的な管排水路へそのまま準用できるような基準にはなっていない。

2) 下水道施設設計指針による基準

前述のように土地改良事業計画設計基準では、水理的には開水路に属する場合の管路化についてはあまり明確ではない。そこで、下水道の管路施設に関する設計指針をみてみる。

『下水道施設設計指針と解説』では、管路の流速について、「①汚水管渠にあっては、計画下水量に対し、原則として、流速は最小0.6m/s、最大3.0m/sとする。②雨水管渠及び合流管渠にあっては、計画下水量に対し、原則として、流速は最小0.8m/s、最大3.0m/sとする。¹⁰⁾」としており、その解説では、「①の汚水管渠については、いかなる流量のときでも沈殿物が堆積しないような流速を定めなければならないが、地表勾配がなく、やむをえないとき、計画下水量に対して少なくとも最小流速を0.6m/sとする。②の雨水管渠及び合流管渠については、沈殿物の土砂類の流入があるため、汚水管渠の場合より掃流のための最小流速を大きく0.8m/sとして、最大流速は3.0m/s程度とする。さらに、①、②について、理想的な流速は1.0～1.8m/s程度である。¹⁰⁾」としている。

ところで、上記の基準を水田の管排水路に準用するとしたら、水田の特性から土砂の流入が相当考えられ、①の汚水管渠より、②の雨水管渠及び合流管渠の基準の方が妥当であると考えられる。

3) 限界掃流流速 (最小許容流速基準のルーツ)

管内最小許容流速の設定に大きく影響するのは限界掃流流速である。

いま限界掃流流速を表す代表的な式を下記に示す。

$$V_c = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \cdot \sqrt{(s-1) \cdot \phi \cdot d}$$

ここに、 V_c ；砂粒などを掃流し続ける限界掃流流速 (m/s)， n ；Manningの粗度係数， R ；径深 (m)， s ；砂粒の比重， d ；砂粒径 (m)， ϕ ；砂粒の摩擦角・形などに依存する係数で0.03～0.06 (平均0.05)。

上式は摩擦速度で表現されたShieldsの限界掃流流速の式をManning式によって管渠内流速の形で表したもので、仮に管の粗度係数や砂粒の比重などについて標準的に値を想定し、 $n=0.013$ ， $\phi=0.05$ ， $s=2.65$ ，管径 $D=0.2\text{m}$ とすると、 $d=2\text{mm}$ のときの満流時の V_c は 0.6m/s となり、下水道管渠の最小許容流速基準 (0.6m/s) に対する一つの根拠を与える¹¹⁾。

2. 管路の通水断面、勾配および埋設深

1) 管路の通水断面

管路の計画通水断面からみておく。まず、土地改良事業計画設計基準の『水路工 (その1)』では、トンネル並びに暗渠を対象にして、流量比率による水路の余裕について、「水路余裕高は水路が遭遇する不測の事態に対処するもので、その余裕高を含んで流下できる流量によって、その多少が判断される。余裕高を含んだ断面での通水可能量と設計流量との比は、1.25～1.35程度として、この比は少なくとも1.2を下回ってはならない⁷⁾。」としている。いま、この基準を円形管に準用してみる。管径 D と水深 h との比を水深比 h/D と表現すると、円形管の場合、水理特性から最大流量となりうるのは、 h/D が0.94となるときである。このときの流量に対する設計流量との比が1.25～1.35になるときの h/D はおおよそ0.7位となる。

次に、『下水道施設設計指針と解説』では、計画下水量について、「地域の実情に応じ、計画下水量に対して施設に余裕を見込むことができる。¹⁰⁾」とし、その解説で「事例からみると、計画下水量と実流量との間にかかなりの差異を生じる場合があるので、地域の実情によっては、計画下水量に対して余裕を見込むのが良い。たとえば、一般に余裕

としては、計画時間最大汚水量に対し、小径管渠 (200～600mm) では約100%，中径管渠 (700～1,500mm) では約50～100%及び大径管渠 (1,650～3,000mm) では約25～50%が見込まれている。¹⁰⁾」としている。

以上のことから、どの基準、指針をみても断面に余裕をもつことは必要であると考える。その場合の通水断面は、 $h/D=0.5\sim0.7$ 程度となる。

前述の管排水路の先進地事例の富山県井口東部地区では $h/D=0.5$ 、千葉県臼井第一地区では $h/D=0.7$ 以内と計画しており、上記の範囲 ($h/D=0.5\sim0.7$ 程度) をほぼ満足している。

2) 管路の勾配

管路勾配は、最小許容流速が確保できるものでなければならない。そこで、この管路勾配についてみておく。

いま仮に、計画通水断面を水深比 $h/D=0.7$ と想定し、このときの管路の勾配別の管径 D と流速 v との関係を示したのが図-6である。これを見る

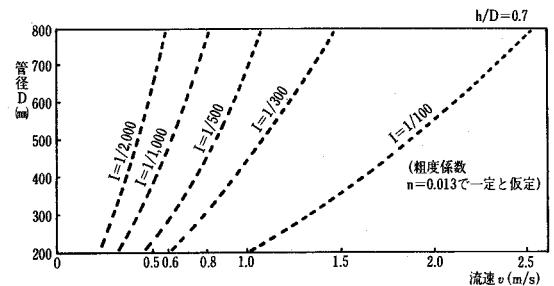


図-6 勾配別の管径と流速との関係

と、管路の最小許容流速を 0.6m/s と設定した場合、勾配が $1/100$ ， $1/300$ のときは管径が 200mm 以上であれば設定の流速に達する。しかし、勾配が $1/500$ では 300mm 以上、 $1/1000$ では 500mm 以上の管径を必要とし、 $1/2000$ になると 800mm 以下の管径ではほとんど 0.6m/s 以上の流速は望めない。また、仮に最小許容流速として下水道の雨水管渠の基準である 0.8m/s と設定した場合、勾配が $1/100$ であれば管径が 200mm でも約 1.0m/s の流速が得られ設定流速を十分上回る。ところが、勾配 $1/300$ では 300mm 以上、 $1/500$ では 500mm 以上の管径のときには設定流速に達するが、それ以下の管径のときにはその流速が得られない。さらに $1/1000$ 以下ではほとんど設定流速に達しない。

以上のことから、土砂等が管渠内に堆積しないための最小許容流速を得るための管路勾配はおおよそ1/500以上が必要で、また1/300以上であればどのような管径でも余裕をみて安全な設計となる。

この管路勾配について、管排水路の先進地事例をみると、前述のように富山県の井口東部地区では1/40と非常に大きい勾配となっており、砺波平野地域ではその他の地区をみても、南山見地区で1/7~1/30、般若地区で1/35、井口西部地区で1/100といずれも最小許容流速が十分に確保できる大きい勾配となっている。千葉県印旛沼地域の角来地区では上流部で1/40~1/300、下流部で1/330臼井第一地区では1/200~1/250とやはり大きな勾配がとられている。

このように、先進地事例では管渠の最小許容流速が十分に得られるように計画され、実施地区の実績をみても、このような勾配の場合には管渠内での土砂等の堆積はみられない。

3) 管路の埋設深

土地改良事業計画設計基準の『水路工(その2)パイプライン』では、「管渠の埋設深は管頂から埋戻し土(盛土)の表面までの深さとし、耕うん作業との関係、管路が横断する施設等の状況、地盤の状況、地表面上等の利用状況及び地下水位等を考慮して決定する。⁸⁾」とし、さらに「埋設深は管路の保護上から0.6m以上とする。ただし公道下、軌道下または河川下等に埋設する場合、管理者と協議して決定する必要があるが、公道下では1.2m以上、農道又は私道下では1m以上とするのが一般的である。⁹⁾」としている。

次に、『下水道設計指針と解説』をみると、「管渠の埋設深(土かぶり)は、取付け管、路面荷重及びその他の埋設物の関係を考慮して最小1mとする。しかし、最近では路盤の厚さが増大している傾向から、道路によっては最小埋設深を1.2mとする必要も生じてきている。¹⁰⁾」としている。

以上のことから管路の埋設深は、暗渠排水の接続を考えない田面下の場合には0.6~1.0m位でも良いと考えられるが、暗渠排水を接続したり、また農道下に埋設したりする場合には最小でも1.0~1.2mの埋設深にした方が安全である。

管排水路の先進地事例をみると、富山県井口東部地区の場合には、管が農道下に埋設されておりかなり余裕をみて浅いところでも農道下1.45mと

なっている。また、千葉県臼井第一地区では、管路の最上流で、暗渠排水の集水渠深さに管径プラス取付け部の余裕を見込み、田面下1.25mとしている。

IV. 要約

本報では、管排水路を採用している先進地事例を紹介しながら、管排水路の適用基準策定にむけて若干の検討を加えたものである。その内容について整理すると以下のとおりである。

1. 富山県では昭和40年代前半から管排水路が採用され、その実績を上げている。とくに今回紹介した砺波平野地域は庄川扇状地に属し、地形勾配の非常に大きいところである。したがって、管路勾配も1/40程度のところが多く、土砂堆積防止のための最小許容流速は十分得られる設計となっており、施工後のトラブルはない。また、管理用施設としてマンホールを設けている。

2. 千葉県角来地区・臼井第一地区でも地形勾配が大きく、管路勾配もそれぞれ1/300前後、1/200~1/250と大きな勾配で、十分な流速が得られるようになっている。とくに、これらの地区では管路延長も短く、また下流端は鹿島川、印旛沼に直接排水の形になっているため、その下流水路への接続の問題はなく、トラブルも生じていない。ここではマンホールを設けていないが、地区上流側に埋設している用水パイプラインと接続することにより管排水路のフラッシュが可能ないようにしてある。

3. 管排水路の適用基準策定については種々の角度から検討されなければならないが、土地改良事業計画設計基準や下水道設計指針等を参考にしながら水理条件等を考慮して、管排水路のおおまかな基準を探ってみると、次のようになる。

- ① 最小許容流速は、0.6~0.8m/s程度とする。
- ② 計画流量に対しての水深比(h/D)は0.5~0.7位とする。
- ③ 管路勾配は約1/500以上とし、できれば1/300以上が望ましい。
- ④ 埋設深は、
 - イ. 暗渠排水接続なしの場合 ……0.6m以深
 - ロ. 暗渠排水接続ありの場合 ……0.9m以深
 - ハ. 農道下埋設の場合 ……農道下1.0~1.2m以深が望ましい

- ⑤ 管理用施設としてのマンホールやフラッシュの方法などについても検討する。

V. おわりに

本報では、先進地事例として、富山県砺波平野地域の井口東部地区と千葉県印旛沼地域白井第一地区を中心にみてきた。千葉県印旛沼地域については、事業後の営農方式とも相まって全国的に脚光を浴びていた地域であるが、富山県砺波平野地域については、これまでほとんど報告がなされていなかった。今回、現地調査を経てそれを紹介する機会を得たことは幸いである。

管排水路は、現在かなり普及している用水パイプラインと合わせ水利施設の維持管理労力の大幅な節減になることや、地下灌漑による乾田直播という低コスト稲作生産も可能にすることから、諸条件が整う地域については前向きに検討し、さらに今後詳細な適用基準づくりが必要で、本報がそのきっかけとなれば望外の喜びである。

なお、今回の調査検討の機会を与えていただいた宮城県農政部青井隆耕地課長（現・関東農政局建設部次長）ならびにご指導ご支援頂いた同課三浦誠一圃場整備係長（現・宮城県古川土地改良事務所課長）、佐藤孝技術主査（現・宮城県農地開発課係長）に深く謝意を表する次第である。また、現地視察等においては、千葉県成田土地改良事務所、千葉県印旛沼土地改良区、富山県砺波農地林務事務所、岩手県両磐土地改良事業所の関係各位の多くのご協力を頂き、記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 農林省構造改善局；土地改良事業計画設計基準・計画・ほ場整備（水田），pp.54～55，農業土木学会，（1988）
- 2) 白井義彦；日本の耕地整備，pp.167～181，大明堂，（1972）
- 3) 印旛沼土地改良区；千葉県・印旛沼土地改良区（昭和62年度版），pp.1～5，（1988）
- 4) 小林雅美・小原清；角来地区のほ場整備について，水と土 第49号，pp.20～31，（1982）
- 5) 兼坂祐；わが農業革命，pp.13～20，中央公論社，（1988）
- 6) 印旛沼土地改良区；土地改良事業角来（団ぼ）・白井第一地区（土地総）について（資料），pp.1～11，印旛沼土地改良区，（1988）
- 7) 農林水産省構造改善局；土地改良事業計画設計基準・設計・水路工（その1），pp.43～45，pp.71～73，農業土木学会，（1986）
- 8) 農林水産省構造改善局；土地改良事業計画設計基準・設計・水路工（その2）パイプライン，p.45，pp.75～76，農業土木学会，（1988）
- 9) 農林水産省構造改善局；土地改良事業計画設計基準・計画・暗渠排水，pp.29～30，農業土木学会，（1979）
- 10) 建設省都市局下水道部；下水道設計指針と解説 —1984年版—，pp.113～122，日本下水道協会，（1984）
- 11) 土木学会水理委員会水理公式集改訂委員会；水理公式集，p.403，土木学会，（1985）

国営那須野原地区の小水力発電について ——那須野ヶ原発電所の計画と実施——

仲 家 修 一*

目 次

1. はじめに	21	4. 関係機関との協議	28
2. 小水力発電計画の概要	22	5. おわりに	28
3. 発電施設の概要	27		

1. はじめに

那須野原は、栃木県北東部に位置し、那珂川と箒川にはさまれた約4万haに及ぶ広大な扇状地である。

この地域は、北部山沿いの蛇尾川、木の俣川上流の一部を除いては、一般に水源に乏しいため、明治18年に那須疎水が開削された後も、なお、広漠たる雑木平地が残されていた。このため、既成田の用水不足を解消し、また、不安定な畑作経営から脱却するため、新規水源の確保による農業開発は、地域農民にとって多年の念願であった。

農林省は、このような水不足に苦しむ地域住民の切実な要望に応えるため、昭和35～40年の直轄調査及び昭和41年に全体実施設計を行い、昭和42年後半には事業の繰上げ着工が認められ、現在に至っているものである。

事業地域は、西那須野町を中心とした2市2町1村にまたがっており、扇状地の頂部から中央部に位置している。

事業の概要は、那珂川上流深山地先に有効貯水量20,900千 m^3 の深山ダムを築造するとともに地区内に赤田調整池、戸田調整池を新設して、水源を確保するほか、板室ダム、西岩崎頭首工、新・旧木の俣頭首工、藁沼頭首工などの改修、並びに上段幹線水路、那須疎水本幹の下段幹線水路、藁沼用水路等の幹・支線水路総延長306kmを更新整備するものである。

また、未墾地から農地造成408ha、既耕地の水田

及び畑の3,921haに農業用水を供給し、更に未墾地と錯綜する既耕地553haについては、区画整理を行うこととしている。

ここでは、本地区黒磯市戸田地先に現在建設中である戸田調整池に国営土地改良事業としては初めて設置されることとなった小水力発電施設（那須野ヶ原発電所）について報告することとする。

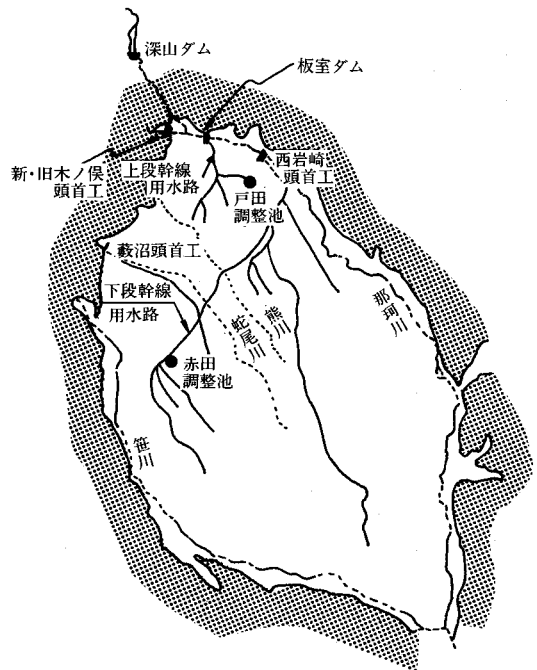


図-1 主要施設位置図

* 関東農政局那須野原開拓建設事業所

2. 小水力発電計画の概要

(1) 目的及び導入経緯

昭和58年度より制度化された小水力発電事業は、土地改良施設の維持管理費の軽減、石油代替エネルギーの開発を目的として、ダム、水路等の農業水利施設が包蔵している水力エネルギーを開発利用して水力発電を行い、土地改良施設の操作に必要な電力を供給するもので、土地改良事業の一工種（農業用排水施設）として実施されている。この制度に基づき当地区においても

- ① 電力料金等の維持管理費の軽減による農業生産性の向上
- ② 発電施設による水路の減勢施設としての代用
- ③ 国のエネルギー政策に対応した国産クリーンエネルギーの開発

を目的として、小水力発電施設を導入するものである。

事業の対象となる発電施設は、当該地区内の一連の管理体系下にある土地改良施設（頭首工、揚水機場等）の操作に必要な電力を供給することを目的として、設置されるものである。

当事業所では、昭和60年度に「全国土地改良事業団体連合会」に小水力発電の適性診断としての予備調査を委託し検討した結果、地区内で建設中の「戸田東用水路」の遊休落差を利用し、既存の農業用水計画等に支障を及ぼさない範囲での発電計画が有望であるという結論を得た。それを受け、農政局、地元の那須野ヶ原土地改良区連合等に説明を行い導入を決定したものである。

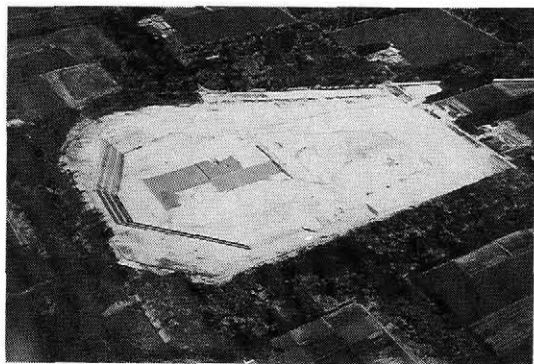


写真-1 建設中の戸田調整池

(2) 那須野ヶ原発電所の計画概要

この発電計画は、国営那須野原地区で建設される戸田調整池を下池とし、ここに導水する戸田東用水路の遊休落差を利用することとしている。

戸田東用水路は、上段東幹線用水路及び新、旧木の俣用水路の落水を戸田調整池に導水する延長約1400mのパイプラインであり、この間に生じる約30mの水頭を減圧弁により減圧後戸田調整池に注水するものである。発電計画は、この落差を利用した農業用水完全従属型の流れ込み式発電所である。

発生電力は、一旦東京電力の送電系統に送電し、同社の送・配電線を利用して地区内の各土地改良施設に供給される方式となり、電気事業法上は、自家用発電施設として位置付けられるものである。

(発電施設の諸元)

・発電方式	流れ込み式
・取水位	EL.485.0m
・放水位	EL.452.9m
・有効落差	28.0m
・最大使用水量	1.6m ³ /sec
・最大出力	340KW
・水車の機種	横軸フランシス
・発電機	三相交流同期発電 370KVA×1台

(3) 施設規模の決定

① 地区力電力需要量

本地区内で電力を必要とする土地改良施設とし

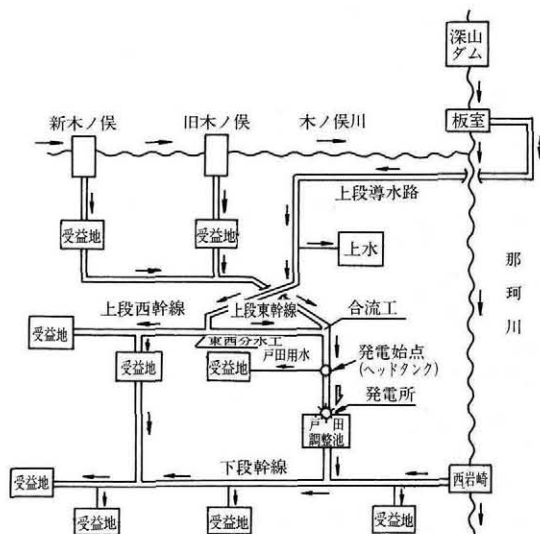


図-2 用水系統模式図

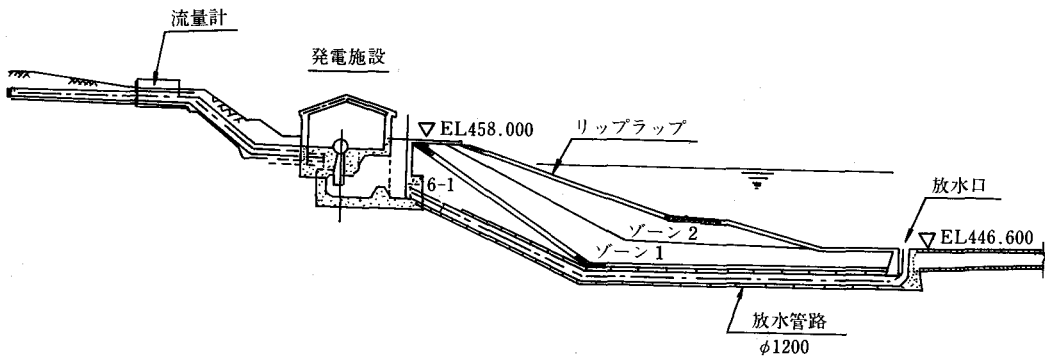


図-3 小水力発電施設縦断面図

ては、11ヶ所の揚水機場及び地区内の水管理の操作、制御、監視等を集中して行う中央管理所（水管理センター）がある。これによると年間の電力需要量は、総計で約160万kwhとなっている。

②発生電力量

イ. 流量資料

発電計画に使用する流量資料は、当地区の水収支計算の昭和47年～57年までの11ヶ年の資料から、本発電所建設地点（戸田東用水路）の流量を求め、これを発電計画に使用する流量資料とした。（表-1）

表-1 流況表 (m³/s)

年	最流量	大量35日	(95日) 豊水量	(185日) 平水量	(275日) 低水量	(355日) 掲水量	最少量
S47年	1.77	1.56	1.56	1.48	1.19	0.75	0.46
48	1.78	1.56	1.45	1.18	0.83	0.43	0.00
④9	1.90	1.73	1.45	1.23	0.90	0.36	0.13
50	1.75	1.56	1.35	1.21	0.67	0.00	0.00
51	1.79	1.56	1.50	1.34	1.15	0.75	0.72
52	1.79	1.56	1.38	1.21	1.01	0.59	0.41
53	2.09	1.59	1.27	0.97	0.67	0.00	0.00
54	2.03	1.56	1.51	1.20	0.84	0.00	0.00
55	1.76	1.56	1.48	1.36	1.16	0.45	0.40
56	1.77	1.56	1.47	1.33	0.91	0.34	0.00
57	1.79	1.56	1.42	1.27	0.86	0.28	0.00
平均	1.84	1.58	1.44	1.25	0.93	0.36	0.19

（標準年）

ロ) 常時使用水量の決定

常時使用水量は水路式発電の場合、年間355日以上使用可能な流量（掲水量）であり、本地区では、流量資料から0.36m³/sとなるが、水車の運転可能最小流量（0.64m³/s）以下となるので0とした。

ハ. 施設の最適規模の決定

最適規模は、数案の水車機種、発電規模について概算建設費、出力、発生電力等を勘案し、更に山元発電原価の推定等により、経済性を検討の上決定することとした。

（検討ケース）

- ・水車機種は、本計画地点の流況落差（約30m）から、横軸フランシス水車とクロスフロー水車を検討対象機種とした。（図-4）
- ・検討の対象とする標準年は、昭和47年～57年の流況を検討した結果、昭和49年を採用した。
- ・最大使用水量は、1.4m³/s、1.5m³/s、1.6m³/s、1.7m³/s、1.8m³/sの5ケースとした。
- ・本地区は、下流の放水先が調整池のため、放水水位の変動を伴うため、水車の据付高さや放水水位との関係について図-5に示す4ケースを検討項目に追加した。

以上の20ケースについての比較検討を行った。

（検討結果）

検討の結果、各ケースとも山元発電原価で10円/kwh程度の水準となり、実施の可能性が十分あり、中でも横軸フランシス水車（HF）のB案とクロスフロー水車（HC）のD案が経済性に優れていることが判明した。

また、B、D案を比較すると、B案は、建設費は高いが、発生電力量が多いため、山元発電原価では、D案に比べてわずかではあるが有利となっている。

ロ. 使用水量の決定

イ) 最大使用水量の決定

前記流量資料から、1.4m³/s、1.5m³/s、1.6m³/s、1.7m³/s、1.8m³/sの5ケースについて比較検討を行い、経済性とエネルギーの有効開発等を勘案し、最大使用水量を1.6m³/sと決定した。

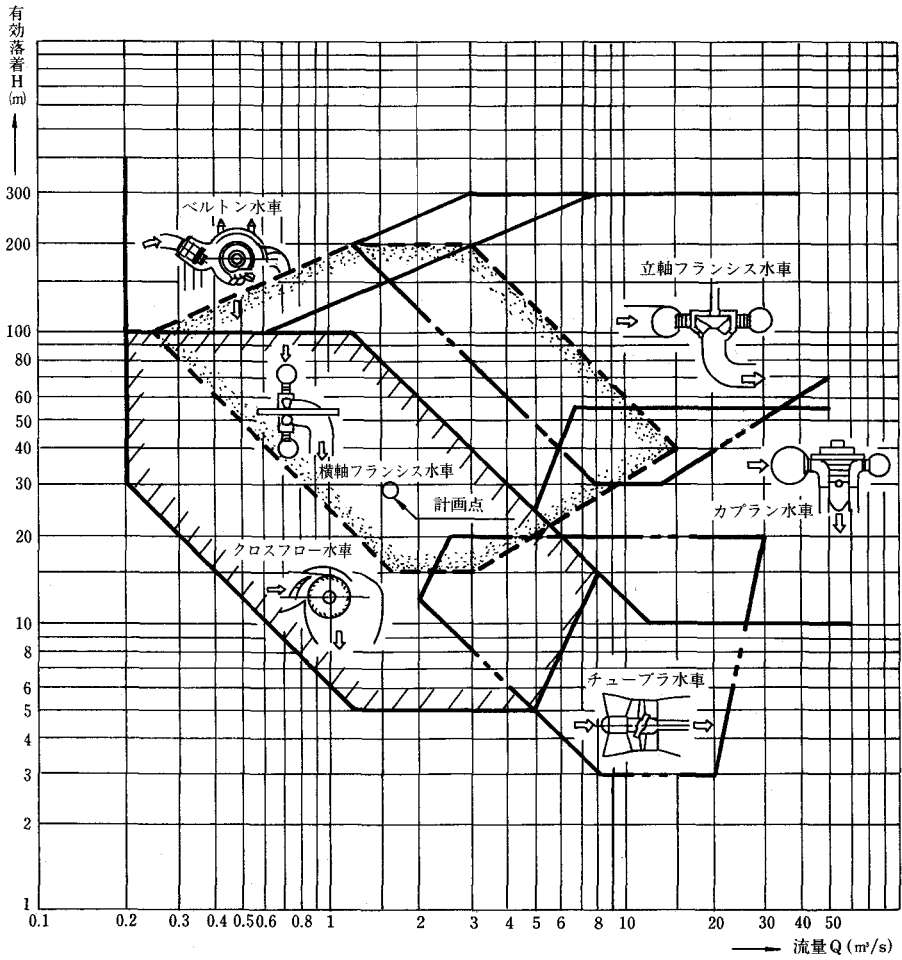
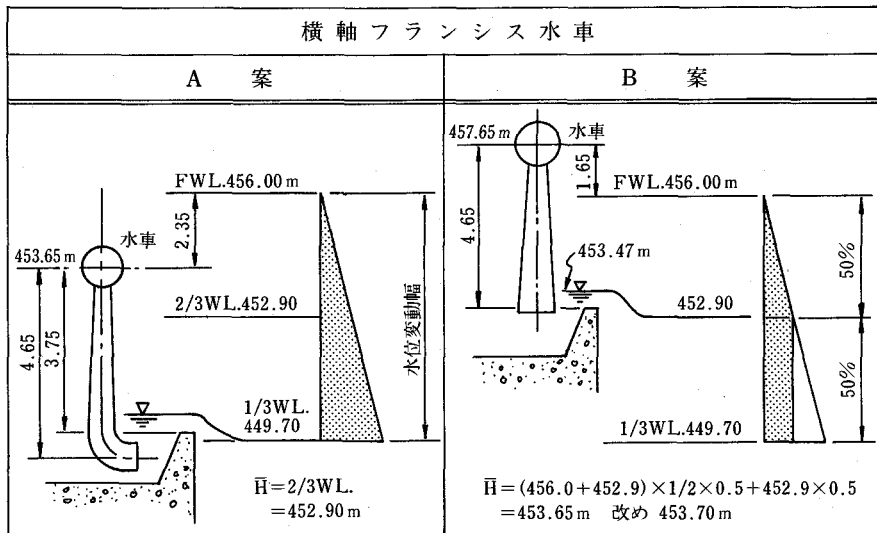


図-4 水車機種選定図



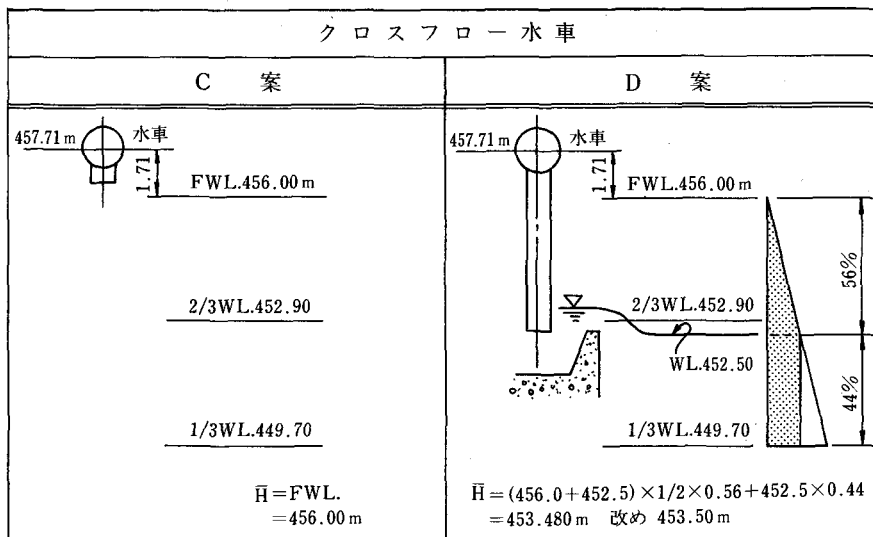


図-5 水車据付け高さと放水位の関係

一般に小規模な発電施設の場合、同程度のコストであるならば、将来的には、発生電力量の多いほうが有利である。

以上より、本地区では、B案(横軸フランシス水車、放水位以上に据付)を採用することとした。

また、最大使用水量については、最も経済的となる水量とするが、 $1.4\text{m}^3/\text{s} \sim 1.6\text{m}^3/\text{s}$ までの建設単価の差は、1円/kwh程度の差しかないことから、上記と同様に発生電力量の最も多い $1.6\text{m}^3/\text{s}$ を採用することとした。

(4)監視制御、保護方式

①監視制御方式

水力発電所の監視制御方式は次の3種類がある。

- ・常時監視制御方式
- ・遠隔常時監視制御方式
- ・随時監視制御方式

本地区では、発電所の規模、地理的条件、保守管理の簡素化等を考慮して、技術員が必要に応じて発電所に向向き、発電所の監視、制御を行う、いわゆる随時監視制御方式を採用した。

随時監視制御方式の適用条件は表-2に示すが、本地区の運転停止は、発電所から約10kmの距離に位置する赤田水管理センターで1人制御方式により行い、遠方監視制御装置により随時監視制御を行うこととしている。

なお、故障時の停止区分及び状態表示項目、計測項目、監視制御項目、警報表示を設置する。

表-2 水力発電所の監視制御方式の適用条件

項目	常時監視制御方式	遠隔常時監視制御方式	随時監視制御方式
出力	制限なし	制限なし	制限なし
技術員駐在所との距離	—	制限なし	技術員駐在所は、その発電所に1時間以内で到着できる位置にあること。 ただし、次の場合は、この限りでない。 ①配電線路を有しない発電所の場合 ②配電線路を有する発電所であって、制御所又は技術員駐在所にその発電所の配電線路用遮断器の開閉操作を監視し、かつ、操作する装置を施設する場合
切替操作ひん度	制限なし	制限なし	送電系統の切替操作のひん度が少ないこと。ただし、制御所又は技術員駐在所から切替操作を監視し、かつ、操作する装置を施設する場合はこの限りでない。

②運転方式

随最監視制御方式の採用に当たっては、主機を自動的に起動、出力調整、並びに停止させる等の自動負荷調整装置を設ける必要がある。

那須野ヶ原発電所においては、上水槽(ヘッドタンク)水位により応動する応水制御装置によって、農業用水の流量に応じて、自動的に起動、出力調整、並びに停止させる全自動制御方式とした。また、外部故障等による停止の際には、運転条件が満足した時点で自動的に起動する方式としている。

なお、発電停止時でも、農業用水の放流が必要

表-3 制御項目等一覧表

(1) 状態表示項目				(2) 計測項目				(3) 制御項目			
項目	表示場所		備考	項目	表示場所		備考	項目	表示場所		備考
	発電所	技術員駐在所			発電所	技術員駐在所			発電所	技術員駐在所	
①並列	○	○		①交流電圧計	○		発電機、母線供用	①主制御	○	○	
②停止	○	○		②交流電流計	○		発電機用	②並列遮断器	○		
③遠方	○	○		③電力計	○	○	発電機用	③送電遮断器	○		
④直接	○	○		④電力量計	○	○	取引用、技術員駐在所はカウンタ	④非常停止	○		
⑤送電遮断器入・切	○	○		電力量計	○		所内用	⑤負荷調整	○	○	
⑥応水制御	○	○		⑤力率計	○			⑥電圧調整	○		
⑦自動再始動	○	○		⑥周波数計	○		発電機、母線供用	⑦遠方直接	○		
				⑦回転速度計	○			⑧応水制御	○	○	
				⑧ガイドベーン開度計	○	○		⑨自動再始動	○		
				⑨上水槽水位計	○	○					
				⑩流量計	○	○					
				⑪同期検定器	○						
				⑫直流電圧計	○						
				⑬直流電流計	○						

計器はすべてアナログ計器とする。

となることから、バイパス管路を設け、発電停止と同時に、バイパス管路側の減勢弁（コーンスリーブ弁）の水位調整運転に切り換えることとしている。

③運転体制

那須野ヶ原発電所は、発電所内に設置する応水制御装置により、自動負荷調整運転を行うものであるが、必要に応じ那須野ヶ原土地改良区連合の事務所内に併設される「水管理センター」の技術員が定期的に発電所に向いて巡視、点検、保守などの所定の業務を実施する。

故障などにより警報があった場合も、発電所の向いて必要な処置を取る。なお、「水管理センター」から発電所までの所要時間は約30分である。

技術員駐在所の所在、夜間の連絡方法、距離及び昼夜の勤務体制は、表-4のとおりである。

また、発電所の保安、連絡体制は次のとおりである。

(昼間時)

「水管理センター」と東京電力の那須野工務所及びほうき川発電所間は、専用の保安通信線を設置する。

また、「水管理センター」と東京電力営業所間は、NTT回線使用（キャッチホン付き）とする。

(夜間時)

転送電話（キャッチホン付き）にて、各主任技

表-4 技術員駐在所の説明

事項	内容
a) 技術員駐在所の所在地	栃木県那須郡塩原町接骨木447-8 那須野ヶ原総合開発赤田水管理センター
b) 夜間技術員駐在所への連絡方法	転送電話(キャッチホン付きNTT回線)にて各主任技術者(電気、ダム水路)、土地改良区連合事務所職員に連絡
c) 技術員駐在所までの距離	技術員駐在所から発電所までの距離は約10kmである。
d) 昼夜の勤務体制	昼：赤田水管理センターにて8:30~17:00まで勤務 夜：各主任技術者は自宅常駐

術者（ダム水路・電気）及び土地改良区連合事務所職員に連絡する。

④保護方式

一般配電線に接続される場合の保護の基本的考え方は、以下の通りである。

- ・発電所内の故障は、発電所内で除去し、配電線に影響を与えないこと。
- ・配電線の故障に対しては、電力会社の設備と同等の故障除去機能を保持すること。
- ・発電機の単独運転を防止すること。

以上を踏まえた場合の配電線事故の検出は、

- ・短絡事故（過電流も含む）
- ・地絡事故
- ・単独運転

が考えられ、これらを検出するための保護装置を設置することとした。

3. 発電施設の概要

表-5 発電施設概要表

項 目		諸 元				備 考
ヘッドタンク	型 式	鉄筋コンクリートオープンタイプ				沈砂池兼用
	寸 法	全長 53.77 m, 内幅 3.40 m				
	内 水 位	EL. 485.00 m				
	余 水 吐	横越流型				
	余 水 路	暗渠形式 内径 0.70 m				
	スクリーン	バースクリーン 純間隔 25mm				
水 圧 管 路	型 式	土中埋設式 1条				
	延 長 (m)	総延長 1397 総管胴長 1399				
	種 類	FRPM管	ダクタイル鋳鉄管	鋼 管		
	管 径 (m)	1.10	1.10	1.10	0.80	
	管 胴 長 (m)	1315	13	13	5	
	管 厚 (mm)	22.0	23.0	8~10.3	7.0	
	接 合 方 法	B型	T型	溶接及びフランジ		
発電所	型 式	鉄筋コンクリート造, 地上式				
	寸 法	間口 10.3m 奥行 14.95 m 高さ 6.46 m				
機 器	水 車	横軸フランシス水車 370KW 1台				
	発 電 機	三相交流同期発電機 370KW 1台				
	変 圧 器	屋内油入自冷式変圧器 370KVA 1台				

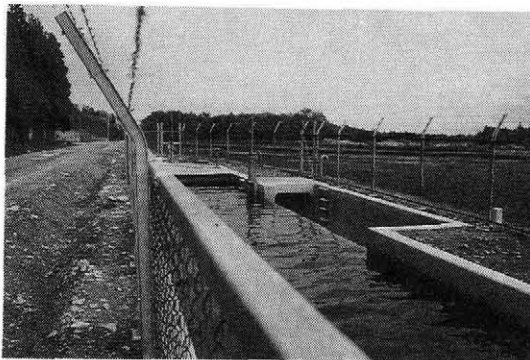


写真-2 ヘッドタンク

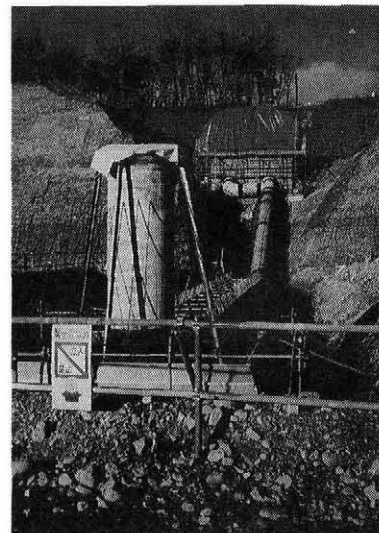


写真-3 発電所放水路布設状況

4. 関係機関との協議

小水力発電を実施するためには、関係法令等に基づく協議が必要となる。

ここでは、当地区の発電所建設工事の前提となった水利権協議及び電気事業法に基づく工事計画の認可等について簡単に紹介することとする。

(1)水利権協議（建設省）

かんがい目的と農業水利権に完全に従属するものであっても、発電を目的とした水利使用がなされるため、農業用水とは別の水利権を取得する必要がある。

当地区においては、第2回計画変更に伴い、当初取得した水利権の一部変更協議を行う過程で、小水力発電の実施が決定されたことから、農業用水の変更協議と並行的に発電の水利使用についても新たに協議を行うこととなり、平成2年8月29日付けで水利使用の処分がなされたところである。

(2)電気事業法関係（通産省）

（工事計画認可）

小水力発電に関しては、電気事業法に基づく自家用電気工作物の工事計画の認可が必要である。当地区では昭和61年より協議を開始したが、この中で電気工作物の一部となる水圧管路については、農業用水路との兼用施設であり、国営事業の工程上から既に施工済みであったことから、この構造が技術基準に適合していることを確認することが求められた。

ここで留意しなければならない点は、通産省の工事計画認可の際には、水利権の処分及び前述の水圧管路にFRPM管を使用していることから、特殊設計施設認可が必要となり、これらの協議が完了していることが前提となることである。

当地区の場合、現在施工中の戸田調整池が発電施設の放流先となり、放流管が調整池の堤体内を通る等発電所建設工事と調整池建設工事とは密接な関連があり、工事の工程上遅くとも平成2年前半までに発電所建設工事に着手する必要があったことから、精力的に協議を行った。

以上の結果、通産省との協議は、工事計画の概要で基本的合意が得られた後、最終的な認可は水利権処分とほぼ同時期の平成2年8月27日付けで了したものである。

（特殊設計施設認可）

前述のとおり、当事電所の水圧管路は国営事業全体の工程上から、昭和61年度に既に施工済みであり、その材料はFRPM管を使用している。

発電用水力設備に関する技術基準を定める省令（第35条第1号）には、水圧管路としての材料を規定しており、FRPM管はそれ以外の材料であるため、特殊施設設計施設の認可を受けなければならない。

FRPM管は、土地改良事業における農業用水路としては多くの実績があるが、発電事業においてはあまり例がないようである。

このため、通産省との協議の中で、新エネルギー財団等による研究開発内容や具体的な使用基準との整合、農業用水路や下水道管路としての使用実績及び各種技術基準、更に経済的理由等を総合的に説明することにより認可を受けたものである。



写真—4 FRPM水圧管路布設状況

(3)その他（売電交渉等）

小水力発電を実施するに当たり、発生電力を一般の電力系統に供給することとなるため、その場合、施設計画、管理計画、売電単価等について一般電気事業者と協議が必要となる。当地区においても、上記の水利権協議及び通産省との協議と並行して、これらについて東京電力との協議を進めており、平成元年度に、発電所の管理及び余剰電力の需給に関しての基本的な内容については確認している。今後、発電の運転開始までに電力需給契約及び具体的な売電単価等について決定する必要がある。

5. おわりに

那須野ヶ原発電所建設工事は、各種事前協議を

了し、平成2年11月に本格的に着工したところであり、平成3年度完了を目途に現在鋭意施工中である。

発電の下池となる戸田調整池の建設工事も発電所と同時に完成する予定であり、平成4年度には、試験運転を含め、供用が開始できるものと考えている。

売電交渉等、運転開始までに行う各種の協議が残されているが、国営土地改良事業としては、第1号の小水力発電所の建設として、極力低コストでかつ信頼性の高い施設の建設が必要であると考えている。

また将来、地元受益農家等からは維持管理費の軽減等の観点からも喜ばれる施設となるよう十分検討を加えながら、工事を実施していかねばならないと考えている。

昭和42年に着工した国営那須野原開拓建設事業もまもなく完了を迎えようとしているところであり、この小水力発電施設の工事は、戸田調整池本体の工事と合わせ、残された最後の大工事である。今後とも、農政局を始め、通産局、東京電力、地元等と十分連絡を取りながら、発電所の完成に向け、努力していきたいと考えている。

農業開発・地域開発の総合建設コンサルタンツ

土と水をデザインする……豊富な経験と優れた技術



株式会社 三祐コンサルタンツ

取締役社長 久野彦一
 取締役副社長 渡辺滋勝
 取締役副社長 樋口昭一郎
 取締役副社長 伊藤秀

本社	〒460 名古屋市中区錦2丁目15番22号(協銀ビル)	TEL(052)201-8761(代)
東京支社	〒104 東京都中央区八重洲2丁目2番1号(大和銀行新八重洲口ビル)	TEL(03)3274-4311(代)
支社技術部	〒107 東京都港区赤坂2丁目3番4号(ランディック赤坂ビル)	TEL(03)3586-7341(代)
海外事業本部	〒107 東京都港区赤坂2丁目3番4号(ランディック赤坂ビル)	TEL(03)3584-2101(代)
仙台支店	〒980 仙台市青葉区上杉1丁目6番10号(仙台北辰ビル)	TEL(022)263-1857(代)
九州支店	〒860 熊本市紺屋今町1番23号(興亜火災熊本ビル)	TEL(096)354-5226
札幌支店	〒060 札幌市中央区北三条西3丁目(札幌大同生命ビル)	TEL(011)222-3121
四国事務所	〒780 高知県高知市南久万220-12	TEL(0888)24-4425
中国事務所	〒701-02 岡山県岡山市大福529-6	TEL(0862)82-6351
青森営業所	〒030-02 青森市大字新城字山田589-28	TEL(0177)88-3793
技術研究所	〒478 愛知県知多市八幡字中嶋121番地	TEL(0562)32-1351

粘土質転換畑における地下灌漑技術

福本昌人* 深山一弥*
小川茂男* 富田和正**

目 次

1. はじめに	30	5. 試験結果	31
2. 地区の概要	31	6. 地下灌漑の適用上の視点と問題点	38
3. 調査圃場の概要	31	7. おわりに	39
4. 試験方法	31		

1. はじめに

北海道の水田には耕水対策の上で問題の大きい重粘土壌や泥炭土壌が広く分布しており、水稻の安定多収や大規模な機械化農業の導入のために暗渠排水施設の整備が古くから行われている。さらに近年では水田汎用化のための基盤作りとして、畑作物の湿害回避も考慮して暗渠増設による排水対策の強化が行われつつある。しかし、特に重粘土壌ではその物理的性質に起因して過湿と同時に過乾にもなりやすい。北海道では5～7月の作物生長期には晴天が続いて少雨傾向にあり、粘土質

転換畑での畑作物の安定生産および品質向上のためには、排水対策のみならず干ばつ時の灌漑対策も必要となっている。

本報で述べる地下灌漑とは排水を目的として施工された水田の暗渠を灌漑にも活用し、用水路あるいは排水路から暗渠に給水して地下から畑作物に水分を供給する灌漑方法である。この方法は散水灌漑と比べると適用土壌が限られるなど難しい面が多いが、コストや作業労力の面では有効な方法と考えられる。そこで、石狩平野の粘土質転換畑における地下灌漑の適用性を明らかにするため、現地実証試験を行い、地下灌漑時の水移動の実態



図一1 調査場所と深川市付近の土壤図

* 農林水産省北海道農業試験場農地農業施設研究室
** 北海道開発局札幌開発建設部

や灌漑効果を調査をした。

なお、この調査は北海道開発局の石狩川水系広域農業開発基本調査の一環として実施したものである。

2. 地区の概要

調査圃場の位置する深川市は石狩平野の北部にあり、雨龍川と石狩川の合流地点に開けた平坦地で、道内有数の水稻高位反収地帯である。転作率は32% (1988年) であり、転換畑の作付けは小豆と秋播小麦 (以下、秋麦と略す) が中心で次に野菜が多い。深川市の小豆の作期は5月末～9月、秋麦の作期は9月～翌年7月末である。深川市付近の土壤図を図-1に示す。石狩川の近くには排水良好な褐色低地土が分布し、ここから北側に向かって排水不良な灰色低地土、疑似グライ土が分布している。また、北西部には泥炭土も分布している。

深川市の降雨状況を図-2に示す。北海道には明瞭な梅雨期がないため畑作物の生長期にあたる5月～7月は降雨が少なく、かつ無降雨が連続しやすい。一方、畑作物の収穫期や秋麦の生育初期にあたる8月～10月は降雨が集中的に多い。

3. 調査圃場の概要

図-1に示した調査場所の中で図-3に示す4つの調査圃場を選定した。図-3には各圃場の土壤断面も示した。圃場aとbが地下灌漑の調査試験圃場で、圃場cとdが対照圃場 (作付け歴、暗渠施工とも試験圃場と同じ) である。土壤は各圃場とも灰色低地土に分類される。しかし、土壤断面は圃場間でかなり異なり、過去の河川氾濫の影響で砂質層が複雑に分布 (有無、深さ、厚さ) していた。また、基盤整備時の切盛りの影響も加わって一筆圃場内でも土壤断面は異なっていた。

試験圃場aは面積44.3a (38.2m×116m) で、1988年に畑転換され2年間小豆が作付けられた。試験は1988年および1989年の小豆作付け時に行った。両年とも長辺側には水稻作圃場と大豆作圃場が隣接していた。

試験圃場bは面積36.7a (25.5m×144m) で、1987年に畑転換され2年間小豆、続く2年間秋麦が作付けられた。試験は1989年と1990年の秋麦作付け時に行った。両年とも長辺側には水稻作圃場

と育苗ハウス地 (下流側長辺半分) が隣接していた。

試験圃場a, bには図-4に示すように1次暗渠と2次暗渠が施工されている。1次暗渠は1968年の圃場整備事業で施工された [素焼土管+埋め戻し] の暗渠で、深さ80cmの位置に11m間隔で長辺方向に埋設されている。2次暗渠は補助暗渠として1987年の土地改良総合整備事業で施工された [合成樹脂管+もみから疎水材] の暗渠で、深さ60cmの位置に10m間隔で短辺方向にくし型状に埋設されている。

試験圃場aでは1988年秋に、試験圃場bでは1989年秋に弾丸暗渠をそれぞれ深さ45cm, 35cmの位置に2.5m間隔で長辺方向に施工した。

4. 試験方法

給水管 (φ10cm塩ビ管) を図-4に示したように2次暗渠の各吸水渠先端と接続して埋設し、末端を地上に立ち上げた。地下灌漑はこの給水管に図-4に示したように水路から流量計を介して自然流下で給水して行った。給水は暗渠水甲を閉じて日中のみ1～2日間行い、給水後は直ちに水甲を開放して暗渠排水を行った。試験日程を表-1に示す。

試験時には給水量 (パーシャルフリュームまたは電磁流量計)、給水後の暗渠排水量 (パーシャルフリューム)、および地下水位 (測水管) と土壤の水分張力 (テンシオメータ) の変動を観測した。また、土壤の物理性および収量等も調査した。地下水位と水分張力の測定は、2次暗渠間 (暗渠と暗渠の間) での水移動の実態を明らかにする目的で、図-4に示したA, B, C各地点の測点No.1～7で行った。水分張力の測定深は深さ10, 20, 30, 40, 50, および70cmとした。

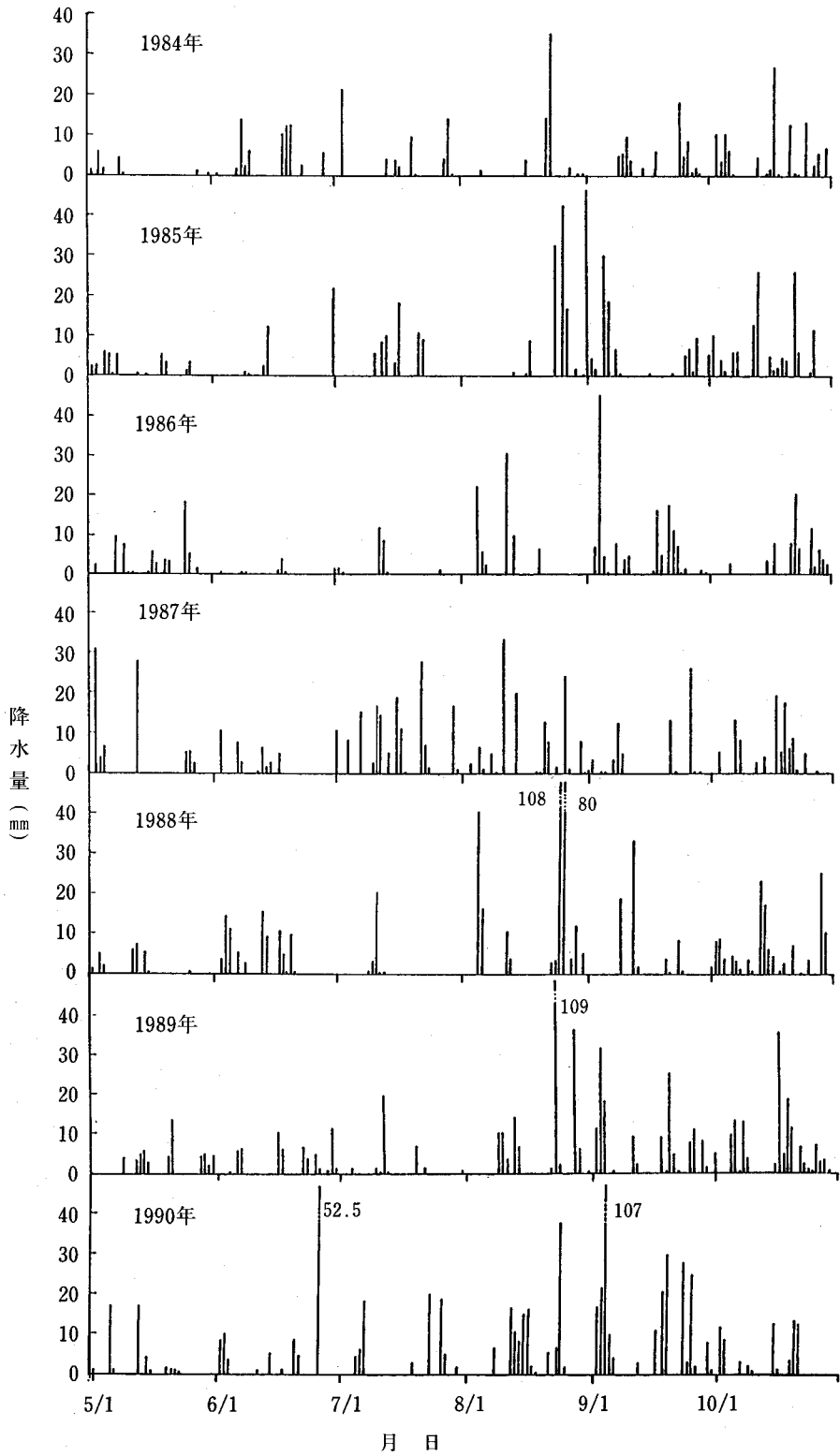
試験圃場bの1990年の試験では隣接のハウス地への漏水対策として、境界の畦畔沿い (図-4参照。深さ40cmから1m以上に砂の層あり) にビニールシートを深さ70cmまで埋設した。

5. 試験結果

(1) 地下灌漑時の水移動

1) 試験圃場a

1989年7月25～27日 (小豆開花期) に行った試験の結果を述べる。給水は7月25日8時30分～18



* 1984～1989年は深川土地改良区内での観測データ
 1990年は圃場b内での観測データと札幌管区气象台データ

図-2 深川市の降雨状況

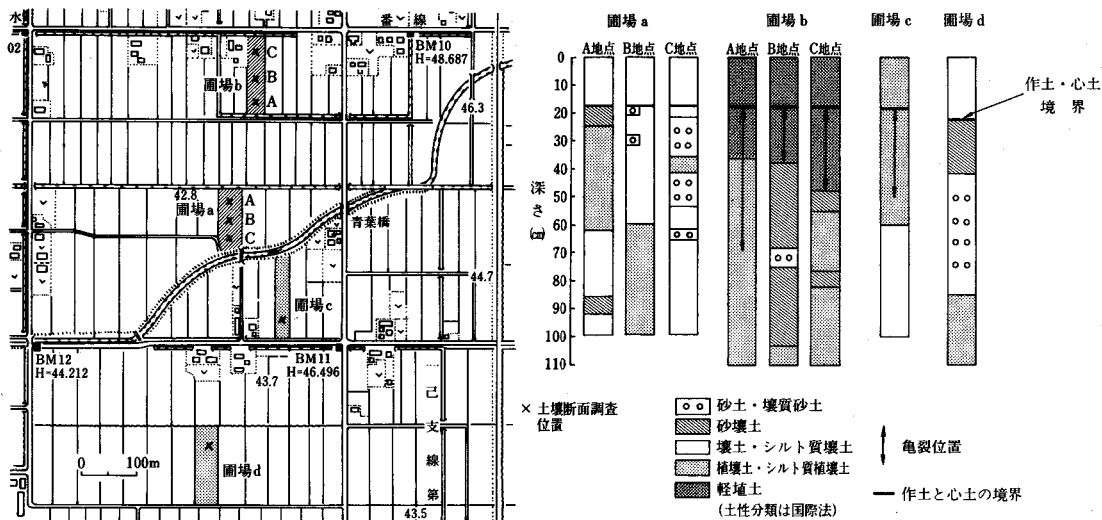


図-3 調査圃場の位置と土壌断面

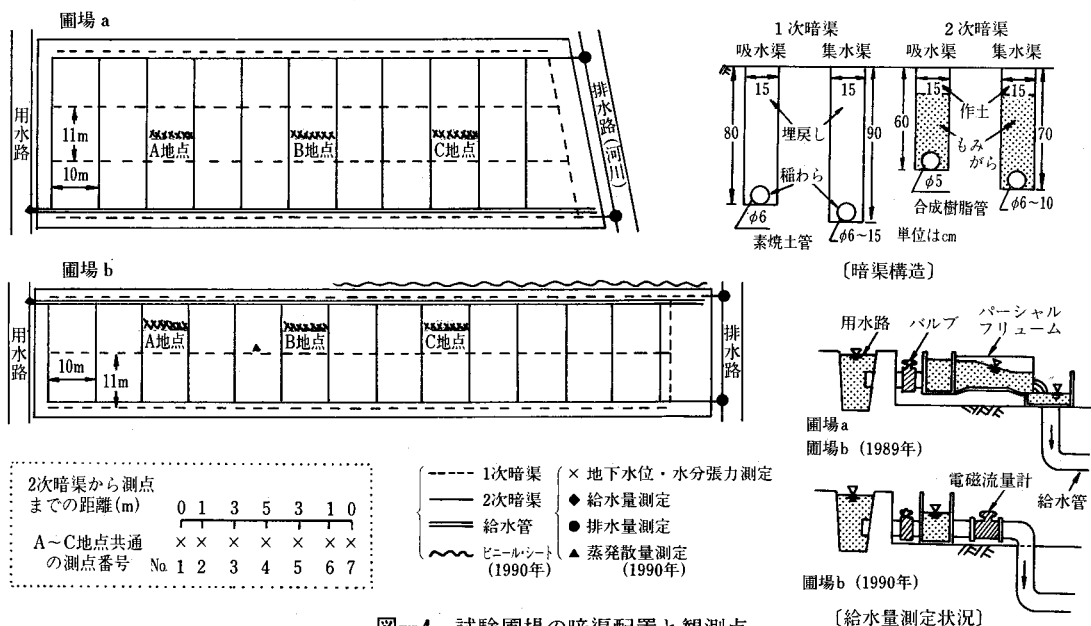


図-4 試験圃場の暗渠配置と観測点

表-1 試験日程

試験圃場	年	試験	給 水	排水開始	
a	1988	1回目	6/24 9:30~17:40	計23mm	6/24 17:40
		2回目	7/7 9:05~14:10	計19mm	7/7 17:30
		3回目	7/26 9:30~18:00	計26mm	7/27 17:10
	1989	1回目	7/25 8:30~18:30, 7/26 8:30~11:30	計51mm	7/26 11:30
b	1988	補足	10/18 (地下水位の上昇の確認のために給水)		10/18
	1989	1回目	6/13 9:30~18:30	計31mm	6/14 14:30
		2回目	7/5 8:40~16:30, 7/6 8:45~16:45	計51mm	7/7 10:10
		補足	8/9~8/10 (収穫後に試験, 湛水するまで給水)		8/11
	1990	1回目	5/29 6:00~18:00, 5/30 7:00~13:10	計104mm	5/30 13:10
	2回目	7/3 5:30~18:30	計80mm	7/4 9:30	
	補足	7/24~7/25 (収穫後に試験, 湛水するまで給水)		7/26	

時30分と（夜間の14時間給水中断後）翌日の26日8時30分～11時30分に計13時間、51.2mm行い、26日の給水停止直後に1次、2次両暗渠から排水を開始した。排水後24時間の排水量は28.3mmで給水量の55.3%であった。

試験時の地下水位と深さ10cmの水分張力の変化を給水条件とともに図-5に示す。2次暗渠間の地下水位は、A地点のNo.3と4を除き、各地点の各測点とも2次暗渠近傍の水位に追従して変化し、給水により深さ64～84cmから作土内の深さ9～17

cmまで上昇した。そして、給水停止直後に排水を開始したところ、地下水位は22時間で深さ36～63cmに低下した。深さ10cmの水分張力も、地下水位と同様にA地点のNo.3と4を除き、各地点の各測点とも給水によりpF2.7～2.8からpF0（正圧）～2.5に低下した。

試験圃場aの土壌（中粒質、灰色低地土、表層は壤土）は図-3に示したように特殊な成層をなし、作土直下に砂質の層があった。B、C地点では、この層が砂土であったため灌漑水がこの砂土

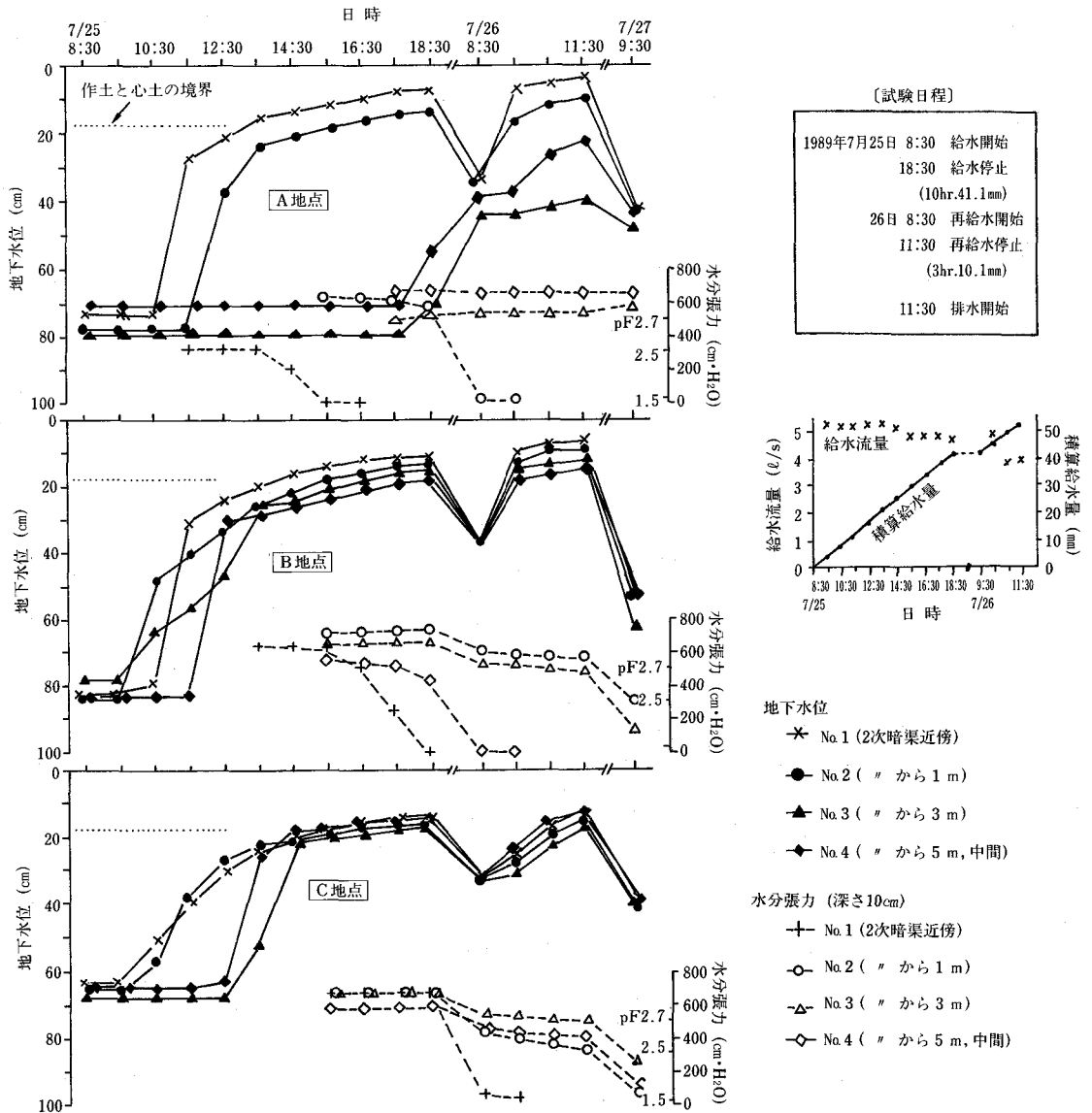


図-5 試験時の地下水位と深さ10cmの水分張力の変化
(試験圃場a, 1989年7月25～27日)

を通じて正圧状態で迅速に移動し、2次暗渠間ほぼ全域の作土に灌水できた。しかし、A地点では、この層が砂壤土(透水系数 10^{-5} cm/s)であったため灌漑水の移動が遅く、2次暗渠間中間部の作土には灌水できなかったと考えられる。

2) 試験圃場 b

1990年7月3～4日(秋麦登熟期)に行った試験圃場bの給水試験の結果を述べる。給水は7月3日5時30分～18時30分に13時間、79.5mm行い、翌日の4日9時30分に2次暗渠のみ排水を開始し

た。排水後24時間の排水量は11.6mmで給水量の15%であった。

給水開始から排水後までの地下水位と深さ10cmの水分張力の変化を給水条件とともに図-6に示す。2次暗渠間の地下水位は、C地点のNo.3～4を除き、各地点の各測点とも2次暗渠近傍の水位に追従して変化し、給水により深さ79～93cmから作土内の深さ2～9cmまで上昇した。そして、給水停止後15時間(排水直前)で深さ24～33cmに、排水開始後23時間で深さ31～56cmに低下した。深

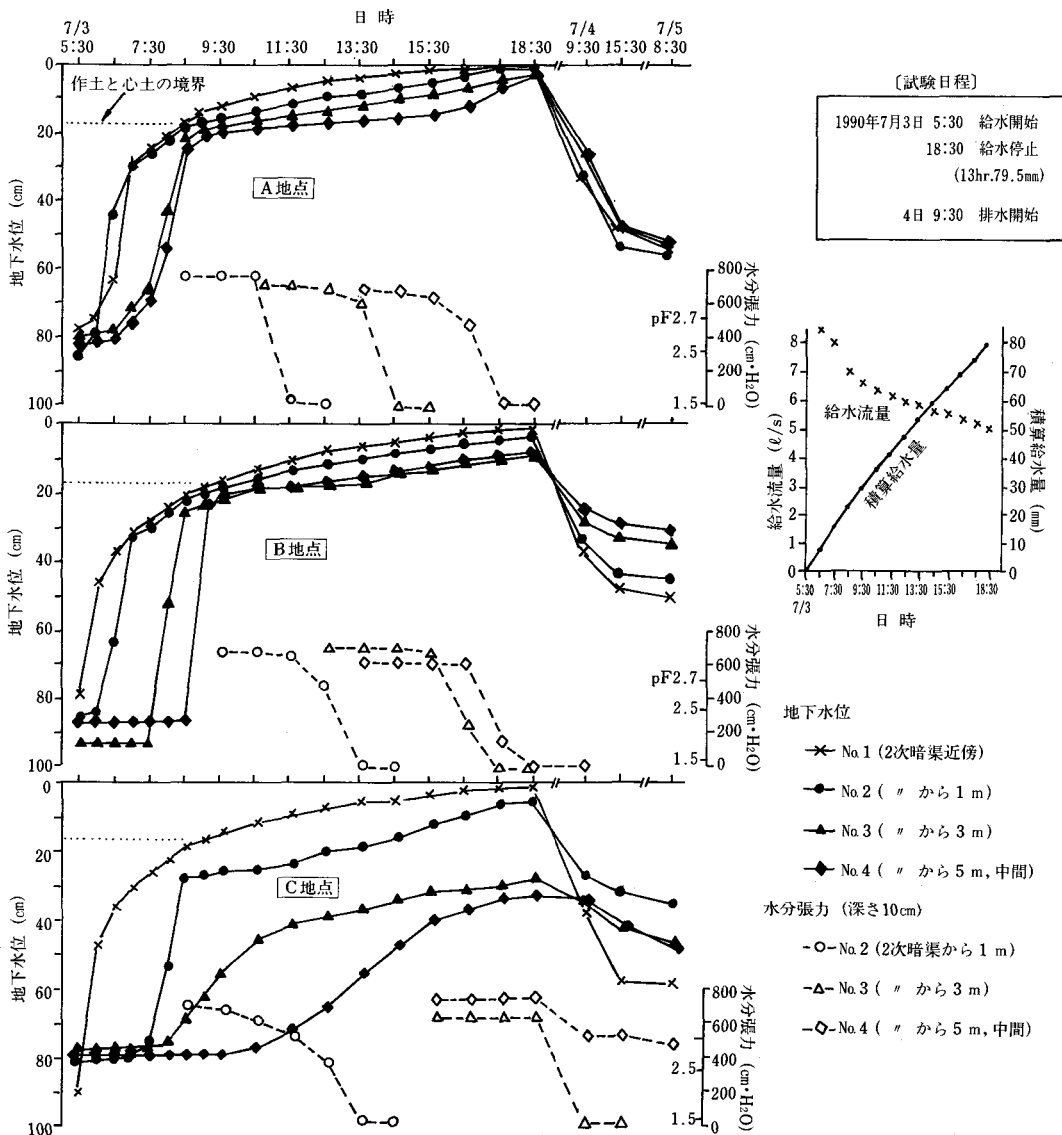


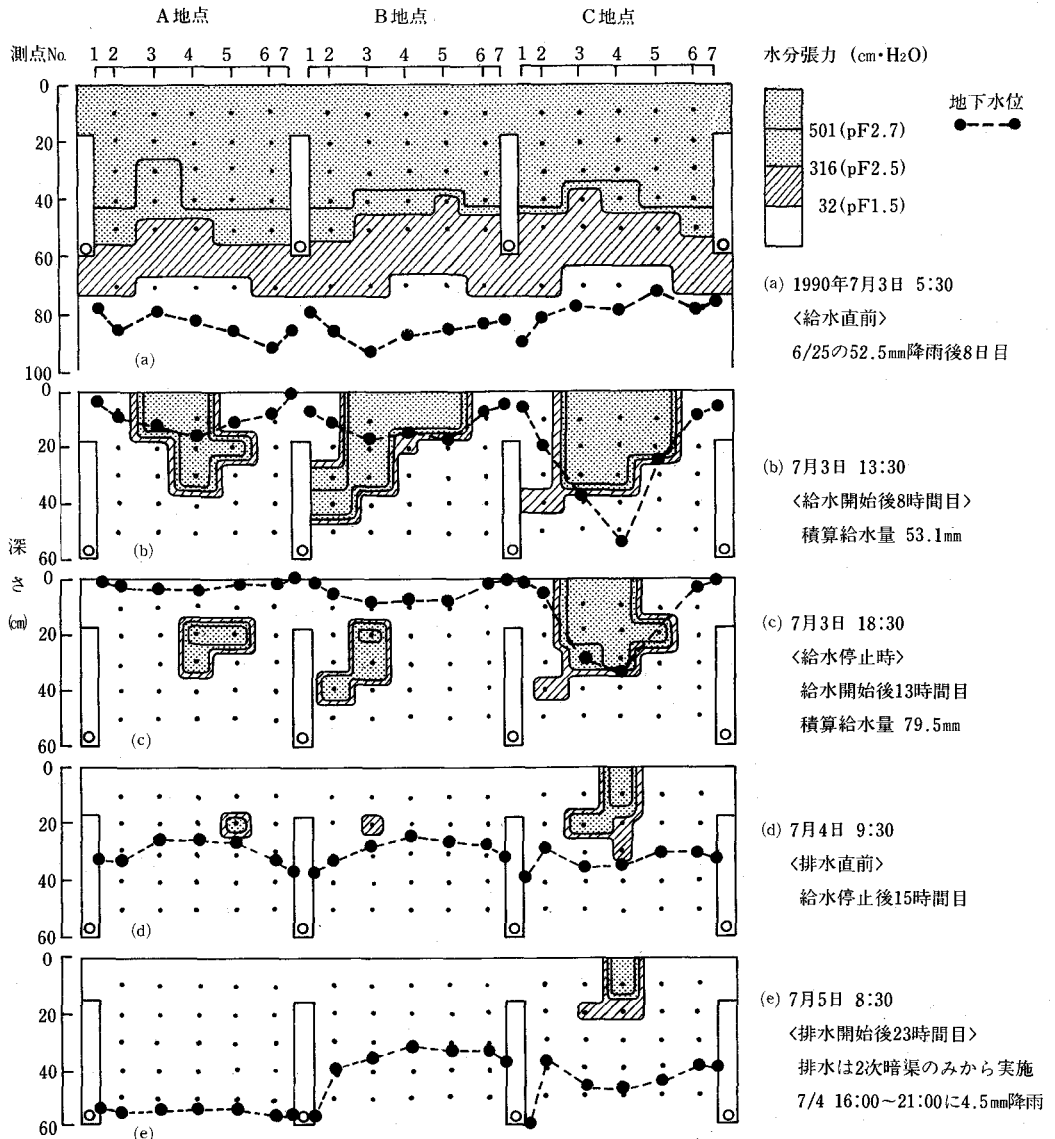
図-6 試験時の地下水位と深さ10cmの水分張力の変化
(試験圃場b, 1990年7月3～5日)

さ10cmの水分張力は、C地点のNo.4を除き、各地点の各測点とも給水によりpF2.7~2.8からpF0(正圧)~1.5に低下した。この水分張力の低下はA、B地点ではそれぞれの測点の地下水位が深さ10cm前後に達した時点で急速に見られた。

給水前後の2次暗渠間の地下水位と水分張力分布の変化を図一7に示す。給水前の水分張力は深さ40cmまでpF2.7以上であったが、C地点の2次暗渠間中間部を除き、給水により各深さともpF1.5以下に低下した。

試験圃場bの土壤(細粒質、暗色表層灰色低地

土、表層は軽埴土)は図一3に示したように心土上部の粘土層に乾燥収縮による亀裂が発達(幅1~3mm、間隔は10~20cm、縦方向)していた。A、B地点では、灌漑水がこの心土亀裂を通じて正圧状態で迅速に心土中を移動し、2次暗渠間全域の心土の亀裂を満たした後、2次暗渠に近い側から順に心土から作土へと正圧状態で浸透した。この結果、2次暗渠間全域の作土に灌水できた。しかし、C地点では、心土中での灌漑水の移動が遅く、2次暗渠中間部の作土には灌水できなかった。この原因は、基盤整備時の切土部にあたり心土が緻



図一7 給水前後の2次暗渠間の地下水位と水分張力分布の変化
 (試験圃場b, 1990年7月3~5日)

密であったことから、A、B地点に比べて、亀裂の発達が悪く（亀裂深は深さ48cmまでであったが、幅、間隔、連続性の面で不良と推察）、弾丸暗渠が施工されていたにもかかわらず土士の透水性が低かった（推察）ためと考えられる。

(2) 積算給水量と地下水位の上昇

前述した試験圃場aと試験圃場bの試験での積算給水量と2次暗渠間の平均地下水位の関係をそれぞれ図-8および図-9に示す。両圃場とも水位上昇が速かった地点（圃場aがB、C地点、圃

場bがA、B地点）では、平均地下水位が作土直下まで上昇するのに要した給水量は29~36mm程度であった。しかし、さらに作土内で上昇を続けるには多くの給水量を要した。

(3) 灌水効果

1) 試験圃場a

試験圃場aの小豆の収量は表-2に示すように1988年、1989年とも対照圃場cの28~29%増で、高い灌水効果が見られた。

表-2 小豆の収量比較

	1988年	1989年
試験圃場 a	262 (128)	345 (129)
対照圃場 c	205 (100)	268 (100)

* 単位はkg/10 a
 * 両圃場とも1988年が品種ハヤテ、4等級、1989年が品種エリモ、3等級
 * ()内の数値は対照圃場を基準とした収量比

1988年は7月14日~8月4日に22日間連続無降雨が続き、この間の7月26日（開花期）に給水を行った。1989年は7月13日~8月8日に27日間少雨（期間中の降水量は計10.5mm）が続き、この間の7月25~26日（開花期）に給水を行った。

北海道では小豆の開花期前後は降雨が少なく、また、作物の蒸散活動が活発なため土壌が非常に乾燥しやすい時期にあたる。両年とも小豆の水分要求が高い開花期に地下灌漑を行った結果、高い灌水効果が得られたと考えられる。

2) 試験圃場b

試験圃場bの秋麦の収量は表-3に示すように、1989年では対照圃場dの21%増、地区平均収量の77%増で高い灌水効果が見られたが、1990年（麦2作目で連作の影響あり）では地区平均と同等で灌水効果は見られなかった。なお、1990年は同じ麦2作目の対照圃場を選定できなかった。

表-3 秋播小麦の収量比較

	1989年	1990年
試験圃場 b	626 (121) [177]	450 [106]
対照圃場 d	518 (100)	
地区平均	354 [100]	426 [100]

* 単位はkg/10 a
 * 両圃場とも両年、品種チホク、1等級
 * 地区平均は試験圃場の属する農協管内の平均
 * (), []内の数値はそれぞれ対照圃場、地区平均を基準とした収量比

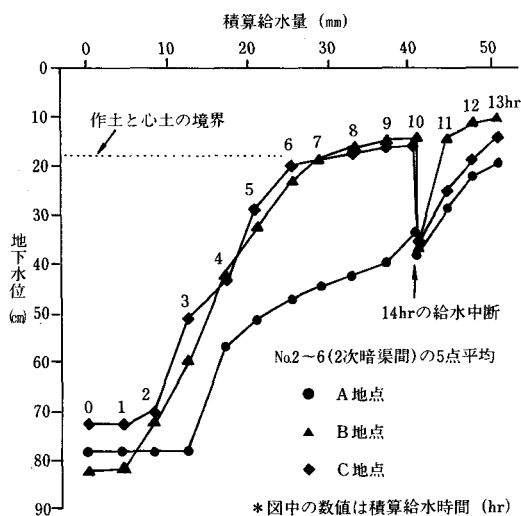


図-8 積算給水量と2次暗渠間平均地下水位の関係（試験圃場a, 1989年7月25日）

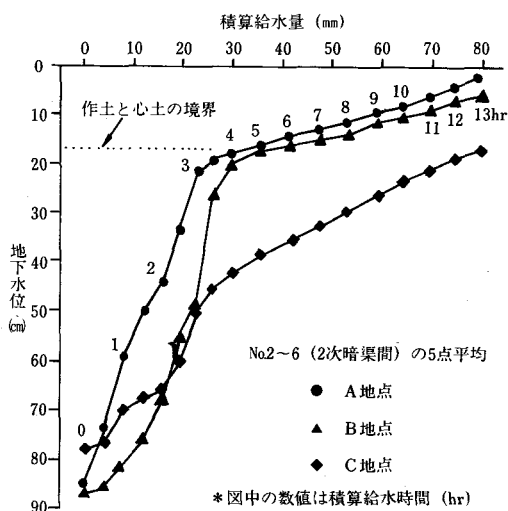


図-9 積算給水量と2次暗渠間平均地下水位の関係（試験圃場b, 1990年7月3日）

1989年は6月13日(出穂期)と7月5~6日(登熟期)に給水を行った。給水前の土壌は深層まで非常に乾燥していた。両給水とも、給水量測定にパーシャルフリュームを設置した影響(設置位置が高すぎた)で十分な給水流量が得られなかったことと隣接のハウス地への漏水対策を行っていなかったことが起因して、地下水位の上昇が深さ20cmで頭打ちとなり、作土まで灌水できなかつた。しかし、麦の根が量的には少ないが、心土の亀裂を通じて深層まで伸長しており、この心土を適湿に保つことができたため、秋麦が心土より適度に吸水して適正に生育し、この結果、高い灌水効果が得られたと考えられる。

1990年は5月29~30日(穂ばらみ期)と7月3日(登熟期)に給水を行った。両給水とも作土まで灌水できたが給水後にすぐ降雨があったことも影響し、しばらく過湿状態が続いた。このため麦の耐湿性の面でマイナスとなり灌水効果が見られなかったと考えられる。試験圃場bのような粘土土壌では、作土まで灌水した場合、灌水後にすぐ排水を行っても作土中の過剰水は迅速には排除できない。これは亀裂主体の地下排水が良好で、地下水位の低下が大きくても、不飽和水移動が主体の内部排水が不良なためである。この場合には作物の耐湿性に注意する必要がある。

秋麦は前年9月に播種されるため5月にはすでに深層まで根を張り、活発に蒸散活動を行う。このため5月後半から深層まで乾燥が進む。秋麦に対しては亀裂を通じて根が伸長している心土のみに灌水する方法が適していると考えられる。

6. 地下灌漑の適用上の視点と問題点

地下灌漑は海外では暗渠に給水して地下水位を制御し、地下水面からの毛管上昇で根群域に水分を供給する方式で行われている。しかし、粘土質転換畑では不飽和時の透水性が低いためこの方式の適用は難しい。このため地下水位を作土あるいは作土近くまで上昇させ、主として正圧状態で根群域に水分を供給する方式で行う必要がある。

両試験圃場ともこの方式で行ったところ、灌漑水は暗渠部(埋め戻し部や疎水材部)内を迅速に上昇した後、試験圃場aでは作土直下の砂土、試験圃場bでは心土亀裂を主たる水みちとして暗渠部から暗渠間へ迅速に正圧状態で拡がった。そし

て、暗渠間ほぼ全域にわたって作土まで灌水することができた。

試験圃場aの土壌条件は特殊な事例と言える。一般的には試験圃場bのような土壌条件が粘土質転換畑で地下灌漑を適用する場合に必要とされよう。その土壌条件とは、①暗渠下および畦畔下の土層の透水性の低いこと、②心土に亀裂が良好に発達し、亀裂を含めた心土の透水性が高い(透水係数で $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$ オーダ)ことである。

①は灌漑水が暗渠部内を迅速に上昇するために必要な条件で、灌漑水の暗渠下方、隣接圃場および排水路への漏水が小さいことを意味する。この条件は粘土質な土壌地帯ではどの場所でもほぼ満たしていると思われるが、河川近くでは過去の河川氾濫で砂の層が下層に堆積している場合があるため綿密な土壌調査が必要である。隣接圃場や排水路への漏水が予想される場合にはビニールシート等で漏水対策を行う必要がある。

②は暗渠部内を上昇した灌漑水が迅速に暗渠間に拡がるために必要な条件である。この条件を満たさない場合には、灌漑水は先行的に暗渠近くの作土まで上昇した後、作土中を正圧状態で横移動して拡がる(図-7のC地点参照)。しかし、移動速度が遅いため暗渠間全域の作土に均一に灌水をしようとするれば時間がかかり、暗渠近くでは耐湿性が強くない作物に対して湿害を招く心配がある。②の条件を満たせば、暗渠間全域の心土のみに均一に灌水することも可能であり、また作土まで均一に灌水する場合でも灌水時間が短くなる。

しかし、②の条件の心土亀裂の発達は、成層状態(砂質層があると亀裂深が制限)、排水条件(地下水位状態、弾丸暗渠施工)、心土の物理性(基盤整備時の切土部と盛土部の違い)などにより圃場ごとおよび一筆圃場内でばらつき、また、同じ圃場においても畑利用の状況(良好に発達するには畑転換後2~3年を要するが、その年数は作付け作物や気象条件によって要なる)により経年的に変化する。

また、亀裂を含めた心土の透水係数は実測が難しい。オーガホール法やシリングダーインテーク法による現場透水試験では測定上のスケールが小さいためこの透水性を評価することができなかつた。②の条件の中の透水係数の値は、大きな不攪乱土壌を用いて実験的に求めた測定事例のデータ

を参考にして判断したものである。

したがって、対象とする圃場が地下灌漑の適用土壌条件、特に②の条件を満たしているかどうかを判定することは調査上難しい。このため心土亀裂の発達の実態（心土の物理性との関係や経年変化など）を明らかにし、この中で地下灌漑の適否を検討する必要がある。また、適否判定のための心土の透水性の評価・判定手法を開発する必要がある。

7. おわりに

本稿では、現地の粘土質転換畑で行った地下灌漑の実証試験の結果を紹介し、これをもとに粘土質転換畑における地下灌漑の適用上の視点と問題点を整理した。

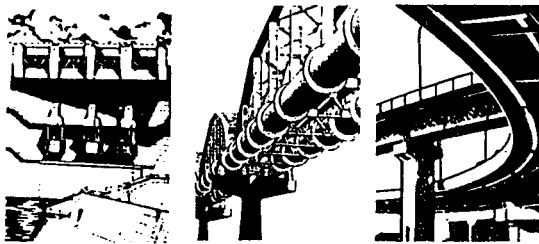
地下灌漑は畑地灌漑としての利用の他にも、大区画水田における水管理、特に代かきを行わない水稻の折衷直播・乾田直播栽培時の水管理としての利用も検討されている。また、泥炭地転換畑における不等沈下対策としての利用も期待される。地下灌漑の可能性をさらに追求し、総合的な技術

として体系化していく必要がある。

最後に本調査を進めるに当たり、御指導御協力頂いた北海道開発局農業水産部農業計画課および札幌開発建設部の関係各位、北海道農業近代化コンサルタントの菅原敏明氏、南部雄二氏、深川土地改良区の相場弘之氏にこの場をお借りして厚く感謝の意を表します。

参考文献

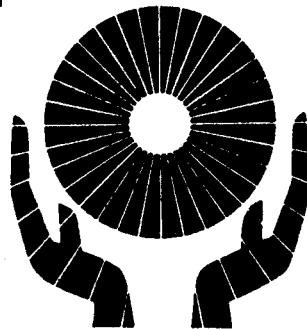
- 1) 福本昌人、深山一弥、小川茂男：粘土質転換畑における地下灌漑の適用性、「土壌の物理性」に投稿中（1991年）
- 2) 北海道開発局農業計画課、北海道農業試験場農地農業施設研究室：地下かんがい調査総括報告書（1991年）
- 3) 構造改善局資源課：地下かんがいの手引（1990年）
- 4) 井上久義：亀裂が発達した粘土質圃場における水移動現象のモデル化、「土壌の物理性」59巻P 35～51（1989年）



カシモト

株 式 会 社 栗 本 鐵 工 所
〈 鉄 構 事 業 部 〉

本 社 大阪府西区北堀江1丁目12番19号 ☎(06) 538-7691
東京支社 東京都港区新橋4丁目1番9号 ☎(03) 3436-8150
北海道支店 ☎(011) 281-3307 中国支店 ☎(082) 222-8205
東北支店 ☎(022) 227-1890 九州支店 ☎(092) 451-6627
名古屋支店 ☎(052) 201-4501



われらの英知
みんなの国土
その最高のハーモニーをめざして

地域景観形成へ向けて

—飯豊町椿地区事例—

山本徳司* 筒井義富*

目	次
I. はじめに	40
II. 地域住民による景観評価	40
1. アクト方法	40
2. アクト対象	41
3. アクトに関する留意事項	41
4. アクト内容	42
5. アクト手順	45
III. 景観評価結果	45
1. 日本の一般的農村景観の評価	45
2. 地区内景観評価	48
3. まとめ	49
IV. おわりに	49

I. はじめに

地域における景観形成は決して「地域景観の視覚的な美」を追求するものではない。美の追求をしたとしても一般解は導けないわけであるし、景観形成となると、地域の持つ自然条件、社会条件をはじめとする数々の条件の中で展開される生産や生活といったその地域毎の「用」の上にその地域毎の「美」の調和を追求するものであるから、当然、一般解を導くことは不可能と言ってよい。

しかし、ここに、景観形成の本来の意味が存在する。全てが特異解であるからこそ、そこに地域のアイデンティティが生まれ、地域ごとの本来の姿が創出されるのであることを理解しなければならない。よって、地域景観を形成していく場合は、以上の理解のもとで、地域または「地域づくり」を推進しようとする主体が如何にその内在するパワーを景観形成に生かしていくかが課題となる。

もともと地域の目指すべきものは、地域が自分達の周囲の環境を総合的に見直す中で、醸成される地域のコミュニティの発現とアイデンティティの増幅である。しかし、「さあ何から取りかかれば良いのか」と、地域はその段階で足踏みをしている場合が多い。ここで、専門家が明言できることはただ一つ「自分達の地域の景観をもう一度良くみてみよう」ということである。

景観形成のための景観評価は「地域づくり」を進める上での、最も取りかかりやすい地域学習の第一歩である。筆者らは、こういった方向性の中で本調査を位置づけ、報告をまとめることにした。

よって、本報告の目的は、研究的立場から調査結果を分析し、景観形成のマニュアルを作成することではなく、今回実施した地域景観に対する意識調査が地域住民主体で進められ、いかなる結果で出てきたかのプロセスを述べることである。そして、地域住民主体で景観形成をすすめることの意義を述べ、その重要性和在り方を示すことである。

そこで、本報告は、研究報告という体裁にはなっておらず、研究的立場からの考察をできる限り避け、ありのままのデータを掲げ、読者に素直に、各々の脳細胞を持ってその意味するもののなんたるかを検討していただけるよう考慮し、景観形成について考えるための資料を示すこととした。

よって、「調査」というよりも、一つの活動の試みであり、「調査」という言葉もおこがましいので以下「アクト」と表現したい。

II. 地域住民による景観評価

1. アクト方法

今回、実施したアクトは農村地域住民に居住地域内の代表的景観の映像をスライド投影によって見せ、その景観の評価を行い、その結果を地域住

*農業工学研究所 農村整備部

民に分かりやすい形で報告することである。

このアクトにより、住民が抱えている景観イメージを導き出すことが可能となり、地域住民が改めて自分たちの地域の景観上の問題点を考え、見直していく中で、地域の新たな将来に向けてのビジョンづくりを進めていくことになる。

ここで適用した方法は心理的側面内在型＋意識表現型である反応分析器（アナライザー）を用いたアンケート手法である。反応分析器は各人スイッチにより質問に対してその場で、周囲で発生する社会的圧力に気兼ねすることなく、自分の意見を主張できる点である。筆者らは別の実験で、反応分析器を用いた場合と挙手法を用いた場合のアンケートを比較したことがあるが、挙手法では、60%以上の人が手を挙げると後の10～20%程度は自己の主張を抑えて挙手していることが分かった。

ここでの結果の見方は、研究的な立場では、その数量的意味が問題となるが、地域の景観づくりの中では、民主的な絶対多数を重んじるのではなく、ややもすれば埋もれてしまいそうな貴重な住民の意識を素直に見直すことが大切であろう。

この方法を用いる意義は研究的な立場としては、映像に対する攪乱条件の排除や反射的判断の収集など多々あるが、地域の景観形成という意味からは、自分達が地域を創っていくのだという実体感の醸成、地域住民が反目し合うことがない点（問題はいつでも内在するが）、そして楽しく実施していけるという点で優れている。アクトとしては「楽しく参加できる」ということが何よりも大切なことである。

2. アクト対象

飯豊町は329km²という山形県下の市町村で第9位の広大な土地面積を保有し、その83%はみどり豊かな山地でおおわれている人口約1万人の農山村である。飯豊連峰から流れる白川は、本町を南北に貫流しており、流域の生活と産業に多大な恩恵をもたらしている。また、最上川の水源地域にある本町は、県土保全に果たしている広域的役割も極めて大きい。広い町土、豊かなみどりと水、飯豊連峰を背景とする美しい自然景観など、飯豊町の誇りは今後ますます重要視されるであろう魅力ある自然資源であり、その活用が期待される。

今回のアクトの対象は飯豊町の行政機能の集積した中心地区である椿地区の住民である。また、

椿地区での景観評価と比較するために、椿地区と同様の景観評価を国・県の行政担当者（農業工学研究所で実施した、平成2年度農村計画・整備技術研修の受講者）を対象に、さらに、椿地区内の代表的景観についてのみの評価を飯豊町以外の種々の地方自治体の農業従事者、農業関係者等を対象に実施した。以下にアクト対象地区である飯豊町椿地区について概要を述べる。

飯豊町椿地区は主要地方道、国道にアクセスする道路が整備されており、飯豊の顔としての役割も大きい。顔であるが故に景観整備に関しては今後特に検討を要すると考えられ、椿地区土地利用計画策定特別委員会平成2年の報告書の中にも、景観形成をポイントとした整備項目が多々挙げられており、地域住民の景観形成に対する関心は大きく、早急な景観形成ガイドラインの策定が望まれている。

また、本地区では、1980年2月に7日間にわたって、「自分達のむらの生産・生活の環境点検」をアンケートや地図を使って検討するコミュニティワークショップ「椿講」が実施されている。これは、東京工業大学青木教授（現日大教授）や宇都宮大学の藤本助教（現教授）等が協力して行われたもので、この成果は椿地区の将来ビジョン創りの活力として現在も息づいている。

3. アクトに関する留意事項

今回のアクトでは、全体を通じて、2つの時間軸に留意して推進することにした。

一つは評価対象となる景観の時間軸である。一つの景観の中には一つの時間しか表現されておらず、時間的変化が評価すべき景観対象に入っていない。例えば、この景観は昼間より、夕方が美しいとか、春より秋が美しいといった時間軸は表現されない。景観を評価するに当たっては、この景観の時間軸を考慮した形で実施していくことが必要となる。地域住民はそこに居住しているのであるから、一年間の周期を視覚だけでなく、聴覚、嗅覚、触覚、さらには味覚までも含む五感で感じとり、地域の景観を評価していると考ええる。そこで、年間を通じた景観に対する地域住民の意識を掴む必要がある。飯豊町のキャッチフレーズが「いい人 いい四季 いい町」であることも鑑み、特に四季による景観の変化を、評価手法に取り入れることとした。この時間軸の導入については、

従来からも、ある程度取り入れられてきている。しかし、もう一つの時間軸については明確に導入はされていない。もう一つの時間軸とは評価者(主体)の時間軸であり、これは、住民の景観についての学習効果である。景観の評価があくまで絶対的なものでない以上、この時間軸の削除は大きい。景観評価のみならず、すべての環境に対する評価やすべての事象に対する意識の高揚は、学習効果、すなわち、経験則によって支配されているという事実を見落としてはいけない。学習の仕方によっても意識は変化するが、知識の賦存量によっても意識は変化する。よって、アクトは一回で結果をすべて集約して終結するのではなく、適正な学習の後に、再度、住民主体の種々のアクトにより、「地域景観づくり」を考え直すことも必要となる。

なお、本報告は第一回目のアクトについてのまとめである。

4. アクト内容

a. 属性質問・意識質問

属性質問と景観に関する各人の意識のアンケートでは、景観評価の詳細な分析を可能にするため、地域住民の属性並びに景観整備に関する意識を種々の角度から捉えることが望ましい。ここでは、属性については、性別、年齢、職業等全9項目の設問を用意した。また、景観整備に関する意識については、現風景の評価、現住地の親近性、景観改善の必要性等全12項目の設問を用意した。

b. 日本の一般的農村景観評価

(1)景観内容

ここで使用される景観映像は日本全国の農村地域における主な景観を網羅し、地域全体のイメージを把握することに主眼をおいて選択した。

映像はいくつかの 카테고리によって区分し、映写枚数は62枚とした。カテゴリーは景観構成から10種と景観のタイプとして、人工度、新旧度、管理度、規則性、開放性の5種に区分される。各景観内容を上記2つのカテゴリーで分類した場合の整理表は表1、2である。

表-1 一般的農村景観評価に用いた映像の景観タイプ(調和度, 美観度)

評価内容	設問番号 設問順	景観の内容	生産系景観	生活系景観	景観構成
調和度	S 1	青いトタン葺きの農家住宅の屋根の色		○	集落景観構成要素
	S 2	平坦地の中の色原色の三角屋根の近代的農家住宅群の屋根の色		○	
	S 3	古いかや葺きの農家集落の中の色原色の下屋の色		○	
	S 4	古いかや葺きの農家集落の中のトタン屋根の農家住宅		○	
	S 5	集落内道路の沿道の電柱		○	
	S 6	集落周辺の電柱の列		○	
	S 7	並木道の沿道の広告看板		○	
	S 8	稲穂の色ついた水田の中の農家住宅	○	○	異種類施設の混在
	S 9	古いかや葺き屋根の農家住宅の前にあるビニールハウス	○	○	
	S 10	平坦な農村地帯の中のカントリーエレベーター	○		
	S 11	農村に建っている工場	○		
美観度	S 12	青田		○	耕地景観
	S 13	稲穂が色ついた秋の田		○	
	S 14	稲架なり		○	
	S 15	冬田		○	
	S 16	丘陵地にひらかれた千枚田		○	
	S 17	小豆畑		○	
	S 18	ビート畑		○	
	S 19	丘陵地に開かれた段々畑		○	
	S 20	丘陵地に開かれた牧草地		○	
	S 21	畜舎のそばの防風林		○	
	S 22	みかん畑		○	

表一 一般的農村景観評価に用いた映像の景観タイプ（景観選好性）

評価内容	設問番号 設問順	景観の内容	生産系景観	生活系景観	景観タイプ									景観構成要素	
					人工度		新旧度		管理度		規則性		開放性		
					自然的	人工的	伝統的	近代的	管理度低	管理度高	規則的	不規則的	開放的		閉鎖的
調和度	S 23 A	古いかや葺き住宅		○			◎								生活関連施設
	S 23 B	近代的住宅		○			◎								
調和度	S 24 A	境内を利用した公園		○			◎								生活関連施設
	S 24 B	新しく造られた公園		○			◎								
美観度	S 29 A	新しい計画的団地の家並		○			◎								生活関連施設
	S 29 B	既存住宅群の家並		○			◎								
美観度	S 30 A	山間部の集落	○	○										◎	集落形態
	S 30 B	平野部の集落	○	○									◎		
美観度	S 31 A	集居集落	○	○										◎	集落形態
	S 31 B	散在集落	○	○									◎		
美観度	S 32 A	山間部の集落	○	○										◎	集落形態
	S 32 B	都市近郊の集落	○	○											
調和度	S 26 A	未舗装の並木道	○	○	◎			○		○					基幹施設
	S 26 B	舗装済みの並木道	○	○		◎			○		○				
美観度	S 39 A	施工済みの河川	○	○		◎			○	○					基幹施設
	S 39 B	自然のままの河川	○	○	◎			○			○				
美観度	S 40 A	施工済みの水路	○	○		◎			○	○					基幹施設
	S 40 B	自然のままの水路	○	○	◎			○			○				
美観度	S 27 A	生垣		○	◎		○		○						基幹施設境界
	S 27 B	コンクリート塀		○		◎		○		○					
美観度	S 28 A	生垣		○	○		○		○						基幹施設境界
	S 28 B	板塀		○			○		○						
美観度	S 37 A	ビニールハウス	○			○		○	◎				○	生産関連施設	
	S 37 B	ガラスハウス	○			○			◎			○			
美観度	S 38 A	鶏舎	○											生産関連施設	
	S 38 B	牛舎	○												
調和度	S 25 A	曲がりくねった山道	○	○							◎			形状	
	S 25 B	真っ直ぐな山道	○	○							◎				
美観度	S 35 A	区画が整形な水田	○							◎				形状	
	S 35 B	区画が不整形な水田	○								◎				
調和度	S 33 A	平坦地に立つ建物		○								◎		施設景観と背景	
	S 33 B	背後が山々の建物		○									◎		
美観度	S 34 A	平坦地にある鎮守の森		○								◎		施設景観と背景	
	S 34 B	背後が山々の鎮守の森		○									◎		
美観度	S 36 A	平坦地の茶園	○									◎		施設景観と背景	
	S 36 B	丘陵地の茶園	○										◎		
美観度	S 41 A	平野部の雪景色	○	○								◎		その他	
	S 41 B	山間部の雪景色	○	○									◎		
美観度	S 42 A	花壇		○		○			◎					その他	
	S 42 B	芝桜		○	○		○		◎						

(2)評価方法

映しだされた農村地域景観の評価に当たって、評価者がいかなる評価基準を用いて判断しているかは難しい問題であり、主眼となる景観の大きさ、色彩、角度及び前景、添景、背景等の具合によっても異なり、また、コメントの仕方によっても評価が変わるおそれがある。

したがって、今回は今後実施されるアクトの試行的性格であることを考慮し、その評価尺度の選択肢を統一せず3タイプを選択肢による評価を試みた。

「日本の一般的農村景観」については、全設問数42設問のうち設問1～22までは「一景観」についての評価選択方式を採り、その選択肢としては、設問1～11に「当該景観が周囲と調和しているか否か」を問うタイプ、及び設問12～22に「当該景観全体が美しいかどうか」を問うタイプの2種類の選択肢を用意した。

評価選択を行う際の評価者の立場としては、各々の景観映像を評価選択する際の評価者の視点として、調査前に評価者各自が映し出された場所において「外来者としてではなく、生活者としての視点」で評価・選択を行うようコメントした。

設問23～42は「2つの対応する景観」を同時に並べて見せ、どちらが美しいと思うか、調和していると思うかの設問に対しての選好性を調べたものである。

c. 居住地内の代表的景観評価

(1)景観内容

筆者らは、1989年に椿地区の委員より、椿地区の景観整備の方向性を探るために、協力してほしいとの依頼を受け、研究的立場より、アクト推進にとりかかった。しかし、既にこの時点で、地区は役場担当者との協力体制のもとに自主的に動いており、約10地点の景観整備課題地点を選定していた。筆者らは地域住民主導の原則にのっとり、強制を避けながら、地区委員と共同で改善すべき景観地点の絞り込みや新たなる保全景観の掘り起こしを行った。その結果、次の5つの景観整備課題が設定された。

- 1) 椿地区全景を椿地区周囲から眺望する景観
- 2) バイパス道路周辺の景観
- 3) センター周辺の景観
- 4) 河川堤防道路の杏並木の景観

5) 昔からの由緒ある場所、公民館、公園の景観

飯豊町椿地区は以前のワークショップの経験や東京工業大学と宇都宮大学のきめの細かい指導により、既に景観を意識した環境点検を進めており、筆者らが出る幕がなくともここまでは容易に進めたが、この積み重ねは、今まで実質的な環境点検をしていない他の地区では、ここまですぐには展開しないであろう。景観形成を地域住民が自主的に進めていく上で、この作業は、事業導入のスピードに翻弄されることなく、しっかりと踏み進まねばならない。

さて、本題に戻るが、飯豊町椿地区は、次に景観撮影地点と撮影回数、更に、その時期毎のテーマを設定した。例えば、8月下旬－穂ばらみ期－清流、9月下旬－刈取り前－稲穂の波、10月下旬－刈入れ後－紅葉、12月下旬－初冬－雪景色等である。

以上の過程を経て、5課題計20地点と撮影方向が設定された。

そのうち、今回アクトに用いた景観は、第1課題である「椿地区景観を周囲から眺望する景観」の8枚の景観である。

この景観は、どれも椿の住民が日頃よく目にしている景観であり、生産・生活の場である景観である。それぞれ景観のコメントは、表3のとおりであるが、住民の景観の認識度も評価の重要な要素であるので、評価中にコメントは行わなかった。

(2)評価方法

選択肢は、1.非常に美しい、2.美しい、3.普通、4.醜い、5.非常に醜いの5段階評価とした。

5. アクト手順

調査参加者は飯豊町椿地区48人、全国行政担当者40人、それ以外は163人である。椿地区で実施したアクトの手順は次のとおりである。

- ①映写は、椿地区内の集会施設において、1回25人前後の調査参加者に対して実施し、2回計48人の椿地区住民に対してのデータを得た。
- ②景観評価対象者の属性及び景観に関する各人の意識のアンケート用の設問を実施した。
- ③スライド投影機によって各設問ごとに「農村地域の景観」の映像を写しだし、アナウンスの指示に従い、各人アナライザーの反応スイッチにより評価を行う。

表-3 飯豊町椿地区代表的景観評価に用いた映像の景観内容

設問番号	撮影方向	景観内容
EX 1	飯豊公園からセンター方向	俯瞰
EX 2	役場屋上から小原公民館方向	俯瞰
EX 3	嘉白川橋上	舗装道路
EX 4	4号水路且蔵北橋上	未舗装道路
EX 5	4号水路且蔵北橋上	未施工土水路
EX 6	1号水路カーブ地点	三面コンクリート張り水路カーブ
EX 7	1号水路カーブ地点から2号水路	三面コンクリート張り水路直線
EX 8	文殊堂北赤磐堰	俯瞰

今回の調査では、筆者らがその手順を一方的に地区委員に提示した。但し、地区委員及び役場担当者から日程と場所とコンセプトについては提案があり、11月3日の椿地区の文化祭にあわせてはどうかということであった。これは、より多くの人が集まり易い時で、世代も幅広く集まることを考慮して設定した。なごやかな雰囲気の中で、景観評価がなされたことは利点であったが、若い世代は別会場のコンサートに流れてしまい問題があった。地元景観映像を使ったクイズ等は好評であり、若年層も多く集まってきたので、もっとイベント的に実施しても良かったかと思う。

しかし、アクトにはたいへん興味深く接してもらえ、椿地区住民の景観形成に対する意識の高さは十分読み取れた。

III. 景観評価結果

ここで、結果を示し、簡単な考察を調査内容に対応して、次の3つのタイプに分けて行う。なお、景観評価の映像枚数は合計70枚であるが、結果の考察については、本報告の目的が意識の分析ではないので、特徴的なもののみを列記する。

第一は調和度、美観度の評価において、全体的傾向について述べる。第二は景観構成別に景観の選好傾向について述べる。第三は地区内景観の評価を分析する。

以上の分析以外に属性別選好特性についても検討しているが、本報では取り挙げず、別の報告に示すことにする。

以下順に、集計結果とその分析を行う。

1. 日本の一般的農村景観の評価

この結果については、椿地区の住民と行政担当者(非居住者)の評価の比較を示し、簡単な考察

を加える。

a. 調和度、美観度評価

それぞれの評価は「調和していると思う」「美しいと思う」を+1点、「調和していない」「美しくない」を-1点の評点を与え、平均評点を求め評価の指標とした。

平均評点 F_{ave} の求め方は、

$$F_{ave} = \frac{\sum F_n \times N_n}{\sum N_n}$$

F_n : 選択技 n の評点

N_n : 選択技 n の選択者数

調和度、美観度については、平均評点+1.0点の場合は支持率100%ということになる。評点+0.5以上を「調和度高い」「美観度高い」、-0.5以下を「調和度低い」「美観度低い」と位置づけて整理する。

以下、表4は各地区毎に、各設問毎の平均評点、支持率を示したものである。

①調和度

調和度が高いと評価された景観は「稲穂が色づいた水田のそばの農家住宅」のみであり、稲穂に代表される生産の場としての水田と生活の場としての旧来の農家住宅の景観のマッチングは地域格差に影響されることのない農村景観の固定イメージであることが伺える。

調和度が低いと評価されているもので地域共通でとりあげられているのは「平坦地の中の原色の三角屋根の近代的農家住宅群の屋根の色」である。

全体の基調となる伝統的、自然的な景観との違和感という意味で屋根の色は捉えられている。

しかし、「トタン屋根」や「電柱の列」などについては飯豊町の住民は行政担当者に比べて、特別に不調和であるという評価は下していない。

表一4 日本の一般的農村景観評価結果

映像番号	質問内容	景観の内容	飯豊町 椿地区	農村計画・ 整備研修者
S 1	調和度	青いトタン葺きの農家住宅の屋根の色	-0.271	-0.525
S 2		平坦地の中の色原色の三角屋根の近代的農家住宅群の屋根の色	-0.521	-0.725
S 3		古いかや葺きの農家集落の中の色原色の下屋の色	-0.625	-0.675
S 4		古いかや葺きの農家集落の中のトタン屋根の農家住宅	-0.333	-0.875
S 5		集落内道路の沿道の電柱	-0.271	-0.550
S 6		集落周辺の電柱の列	-0.250	-0.600
S 7		並木道の沿道の広告看板	-0.417	-0.875
S 8		稲穂の色ついた水田の中の農家住宅	0.604	0.800
S 9		古いかや葺き屋根の農家住宅の前にあるビニールハウス	0.188	0.225
S 10		平坦な農村地帯の中のカントリーエレベーター	-0.021	0.425
S 11		農村に建っている工場	0.188	-0.025
S 12	美観度	青田	0.667	0.425
S 13		稲穂が色ついた秋の田	0.833	1.000
S 14		稲架なり	0.063	0.825
S 15		冬田	-0.271	0.025
S 16		丘陵地にひらかれた千枚田	0.292	0.500
S 17		小豆畑	0.729	0.750
S 18		ビート畑	0.521	0.675
S 19		丘陵地にひらかれた段々畑	0.208	0.575
S 20		丘陵地にひらかれた牧草地	0.604	0.325
S 21		畜舎のそばの防風林	0.396	0.025
S 22		みかん畑	0.771	0.600
S 23 A	選好度	古いかや葺き住宅	54.17	58.97
S 23 B		近代的住宅	45.83	41.03
S 24 A		境内を利用した公園	35.42	42.50
S 24 B		新しくつくられた公園	64.58	57.50
S 25 A		曲がりくねった山道	81.25	80.00
S 25 B		真っ直ぐな山道	18.75	20.00
S 26 A		未舗装の並木道	45.83	67.50
S 26 B		舗装済の並木道	52.08	32.50
S 27 A		生垣	97.92	97.50
S 27 B		コンクリート塀	0.00	2.50
S 28 A		生垣	35.42	55.00
S 28 B		板塀	64.58	42.50
S 29 A		新しい計画的団地の家並み	33.33	27.50
S 29 B		既存住宅群の家並み	66.67	72.50
S 30 A		山間部の集落	70.83	50.00
S 30 B		平野部の集落	29.17	47.50
S 31 A		集居集落	75.00	57.50
S 31 B		散在集落	25.00	42.50
S 32 A		山間部の集落	58.33	92.50
S 32 B		都市近郊の集落	41.67	7.50
S 33 A		平坦地に立つ建物	45.83	52.50
S 33 B		背後が山々の建物	54.17	47.50
S 34 A		平坦地にある鎮守の森	40.43	55.00
S 34 B		背後が山々の鎮守の森	59.57	42.50
S 35 A		区画が整形な水田	89.58	57.50
S 35 B		区画が不整形な水田	10.42	42.50
S 36 A		平坦地の茶園	36.17	17.50
S 36 B		丘陵地の茶園	59.57	82.50
S 37 A		ビニールハウス	47.92	55.00
S 37 B		ガラスハウス	50.00	45.00
S 38 A		鶏舎	18.75	2.50
S 38 B		牛舎	81.25	97.50
S 39 A		施工済みの河川	31.25	10.00
S 39 B		自然のままの河川	68.75	90.00
S 40 A		施工済みの水路	93.75	35.00
S 40 B		自然のままの水路	4.17	62.50
S 41 A		平野部の雪景色	27.08	40.00
S 41 B		山間部の雪景色	72.92	60.00
S 42 A		花壇	50.00	22.50
S 42 B		芝桜	50.00	77.50

住民の意識が「シビル・ミニマム」の対象領域と、「アメニティ・ミニマム」の対象領域の狭間にあることを表しているのではないかと考える。また、行政担当者の評価が全体的に低いのは、行政担当者が直接の生活者でないことに起因するもので、視覚的要素のみで景観を評価していることの裏付けとなるのではないかと筆者らは考えるが、読者はいかがであろうか。

②美観度

美観度で評価しようとしているのは、耕地系の景観内容である。地域共通で美観的に高い評価を得ている景観は、「稲穂が色づいた秋の田」と「みかん畑」である。

この評価の中では生産面での景観が全面に押し出されるが、住民も非住民も美しいと思う共通イメージは収穫・成長といった「生命・自然の恵み」に関する景観であるようだ。「青田」から「稲穂の色づく秋の田」へと季節が夏から秋へ移行するにつれ評価が上がり、「稲架なり」から「冬田」へと季節が秋から冬へ移行するにつれ評価は低下している。

以上から類推するに、一般的には米作主体の農村景観では、「春から収穫期」が最も「美しい時期」ということになるだろう。また、季節の変化の大きさが大きければ大きいほど「春から収穫期」にかかる景観に対する思い入れも大きいという結果が導かれているようである。環境への人間の働きかけが不可能な季節変化に対して、景観形成をどう取り込んでいくべきかは大変重要なことであり、季節変化の特徴を生かした景観形成に努めることや、各季節毎にアプローチを変えることも必要となるであろう。

b. 景観構成要素別

ここでは、10種に区分された景観を構成する種々の要素のうち、特に、特徴のある傾向が見られた生活関連施設、基幹施設、農業生産関連施設について簡単な考察をしてみる。後の部分については読者が自分なりの判断をしてみるのもよいと思われるし、何人かで集まりあれやこれやと検討してみてもおもしろい論議になると思う。

選好性については、支持率を評価の指標とした。

①生活関連施設

農家住宅、農家住宅群、農村公園の景観についての評価結果を整理する。

表に整理したようにどの地区でも支持率が約70%程度を示すのは、樅地区住民も行政担当者も、「既存住宅群の家並」である。

これに対し、近年、農村においてもその主流を占めつつある団地化した住宅群は、特に「団地化した農家住宅群」の事例が少なく、馴染がないという点を考慮したとしても評価が低く今後計画される住宅群の景観は検討される必要がある。

②基幹施設

農村景観構造を形成する基幹施設としての1)河川・水路、2)道路等のグループについての評価選択結果は表に整理した通りである。この景観構成要素が、最も地域住民と行政担当者で相反する結果がでている部分である。

河川に関する比較は「護岸工事が施された下流部の景観」と「護岸が施されていない自然のままの中流部の景観」である。この結果は両者共通で、自然のままの河川景観の方が高い評価となっている。

農業用水路については「護岸施工がなされた水路」と「護岸されていない水路」との比較であるが、この結果は河川とは異なり、樅地区住民は管理度が高く人工的な「護岸施工がなされた水路景観」の方を管理度が低く自然性の高い「未施工水路」より高く評価している。しかし、行政担当者の評価は逆に「未施工水路」を高く評価し、「護岸施工がなされた水路」を低く評価している。

沿道に並木が続く同種の規格の道路について道路舗装の有無を比較する内容についての結果も、水路ほどではないが同種の傾向をもって選好していることがわかる。

この結果は、地域の農業形態の違いによっても評価の差は現れるが、非居住者と居住者や農業従事者と非従事者、さらには都市住民と農村住民などの属性の違いにより評価が当然異なることを明示しており、「主体をどこにおいて考えるべきなのか」の命題の重要性をクローズアップするものである。

また、それ以外に、これら基幹施設についての評価は、その時点、その地点での整備状況や社会情勢、社会的ニーズ等によって大きく変化する要因を持っていることも検討していくべきであるが、この点については読者各人のデータ分析に委ねることとする。

行政担当者が「地域住民が自主的に活動し、景観形成を行っていくこと」の本当の意味を知るためには、このデータを如何に冷静に受けとめるかにかかっていると考える。

③農業生産関連施設

農業生産関連施設として「畜舎」の景観評価結果を整理してみる。

設問は畜舎として「牛舎」と「鶏舎」を比較選択することであり、その結果、両者とも「牛舎」が全体の約70%を占め、圧倒的な支持を受けている。施設形態としては、それほど大きな相違はないが、評価の決め手となったのは、牛舎と牧草地とが対になった広々とした牧歌的景観が、鶏舎の施設密度の高い煩雑な景観を上回ったものと考えられる。また、決してスライドからにおいが発するわけではないが、鶏舎と説明されただけで、なんとなく閉鎖空間におう悪臭を想像し、その評価が結果に含まれた可能性も高い。

景観評価を行う場合は視覚的なものだけでなく、種々の評価の要素を同時に行っている可能性があることを忘れてはならない。

2. 地区内景観評価

筆者らは、椿地区の景観を地区住民以外の多くの一般評価者に見てもらい、いかなる判断を下すかを研究的な立場から検討したかったが、幸い、椿地区の委員や役場担当者をはじめとする住民以外の種々の評価者が、わが町の誇りである景観をどのように感じているかに興味があるということであり、この調査が実現している。現在までに収集できたデータをここに示すが、筆者らはどの程度までの評価結果をもって、椿地区に結果

として示せば良いのか実は悩んでいる。情報の伝達をプロセスのどの時点で、どのように行うのかは今後の専門家のサポートのあり方の大課題である。

さて、ここでは、「今までの結果は」と注釈して結果を示すことにする。

この結果を示すと表5である。一目瞭然、椿地区とその他種々の地区では、地域景観に対する評価は異なる。明確に現れているのは、やはり、EX5～7の農業用水路である。本調査では、地域事情を説明せずにイメージで種々の非居住者に評価を行ってもらっていることを前提としており、大学生は椿地区に比べて、三面コンクリート張りの水路の評価は低く、土水路の評価は少し高い。N県からM県の各地区はほとんどが農業従事者または農業関係者であるが、椿地区の評価と似通っている。公務員（農林水産省職員）新規採用者は先日まで大学生であった被験者が多いので大学生の結果と変わらないが、職員歴が5年以上の国・県の行政担当者の意識は椿地区及び他の農業地区と大学生の中間的な評価となっている。

地域の状況を説明したあとに評価をすれば、また違った結果がでると考えられる。EX6, 7の三面コンクリート張りの矩形水路は近年改修されたばかりであり、当地区においては、用排水路・農道等の不備老朽化が地区の生産空間の問題となっており、現在の厳しい農業事情の中、負担問題を含みながら取り組んだ整備であるだけにその水路に対する思い入れも大きい。もちろん、当地区が親水路空間づくりを無視しているわけではない。生産空間の中の水路の役割と生活空間としての水路

表—5 飯豊町椿地区代表的景観の地区別評価結果

	全体	山形県 飯豊町 椿地区	大学生	公務員 新規 採用者	公務員 行政 担当者	N県 K町	T県 N村	S県 H市	M県 Y町
調査人数	251	48	45	42	40	19	20	27	10
EX 1	0.574	0.936	0.556	0.488	0.400	0.421	0.733	0.556	0.100
EX 2	0.577	0.702	0.711	0.429	0.625	0.474	1.000	0.259	0.100
EX 3	0.518	0.936	0.250	0.071	0.525	0.474	0.700	0.852	0.400
EX 4	-0.526	-0.542	-0.156	-0.214	-0.550	-0.833	-0.632	-1.074	-1.100
EX 5	-0.032	-0.298	0.467	0.220	-0.125	-0.316	-0.053	-0.296	-0.400
EX 6	0.032	0.688	-0.311	-0.333	-0.200	0.053	0.368	0.185	-0.200
EX 7	0.239	1.044	-0.409	-0.405	-0.125	0.684	0.947	0.667	0.200
EX 8	0.540	0.578	0.733	0.500	0.575	0.421	0.450	0.370	0.400

の役割をうまく分担しながらかつ接近させようとしている努力の中でこの水路の評価と見るべきではないだろうか。

自分達の地区のこととなると多くの利害が複雑に入り組み、評価は単純に視覚的な評価だけによらない。景観はもともと視覚要素だけで成り立っているものではないため、地域独自の景観形成への道を歩むためには、地域住民が地域の景観を如何に評価しているかを見つめ直すことが重要であるということがこの結果からも明確化する。

そういった意味で、前半の「一般的な日本の農村景観」の評価は各地域の視覚的景観評価を中心に導き出せ、後半の「地区内景観」の評価は前半の結果を素直に受け止めた上で地域の景観形成をする場合の計画の最初の一步であると考えべきではないだろうか。

近年、都市のニーズを受けた形での地域活性化が多く地域で推進されているが、この場合にもこのことは当てはまる。地域住民の中に存在する景観に対する意識と都市住民の中に存在する景観に対する意識は異なるものである。地域住民が景観を評価することは、地域の姿を十分に理解し、都市ニーズをはじめとする地域外のニーズを認識するという意味で「地域活性化の基礎演習」のようなものである。もちろん、当然、都市側も地域を理解する必要があるが…。

3. まとめ

以上、椿地区住民と他の種々の非住民による一般的農村景観と地元景観の評価について結果と簡単な考察を述べてきたが、読者は全結果を自分なりに分析してみてもはどうだろうか。

ただし、この結果が、各景観に対する一般的な評価の傾向であると判断することは誤りであるし、飯豊町椿地区はこのような景観に対する意識を持っていると決めつけることも危険である。

椿地区は現在地域景観の学習の第一歩を踏みだしたばかりである。行政は、今後の展開によって、如何に住民の意識が変遷していくかをじっくりと見て行けるゆとりがなければならぬし、研究者、専門家には地域の潜在能力をうまく引き出し、サポートしていくやさしさがなければならない。

IV. おわりに

筆者らは、現在進行形で飯豊町椿地区の景観形成のサポートをさせていただいている。椿地区の住民をはじめ役場担当者がたいへん熱心に地域の景観形成に取り組んでおられるので、筆者らはそのペースに合わせて進めているつもりであるが、専門家としてのサポートは如何にあるべきかという課題は地域のステップによっても異なり、難しいところである。

現在、椿地区では、季節別の椿地区の景観撮影を進めている。また、地域住民の景観学習も「うらおいの里づくり運動」の展開の中で進められようとしている。筆者らは、常に行動ある地域の姿に感動しながら「椿地区の景観づくり」に参加できる喜びを感じるのである。

最後に、このアクトに多大なる御協力をしていただいている飯豊町企画課、飯豊町椿地区委員の方々、椿地区住民の方々、また、アクト実施に当たって御協力いただいた農業工学研究所地域エネルギー研究室の後藤研究員に感謝の意を表したい。

急流水路工の水理設計法

——傾斜地造成地内の排水路を中心として——

中 達 男* 中 村 和 正** 島 崎 昌 彦**
吉 野 秀 雄** 小 浮 正 敬***

目 次

I. はじめに	50	4. 水路断面の決定要因	54
II. 急流水路工の水理的問題点	51	5. 最小必要断面と水路断面の決定	55
1. 急流水路工の適用範囲と構成	51	6. 水路断面構造	56
2. 溢水事例の類型化とその技術的対応	51	IV. 屈折部の水理現象と屈折枒	56
III. 直線矩形水路の断面設計	53	1. 屈折部の衝撃波	56
1. 余裕高決定上の考慮事項	53	2. 屈折枒 (90°) の水理設計	57
2. 飛散現象	53	V. おわりに	60
3. 従来の公式の適用限界	54		

I. はじめに

近年の農業開発・整備の対象は、中山間地域と呼ばれる傾斜地に移行しつつあり今後、本地域は農業農村整備事業等を核として、積極的に地域の振興と生活化を図ることが課題となっている。

一方、中山間地域の開発技術については、平地部とは異なった新たな技術的視座に立った検討と独自の技術開発が必要である。

一般に中山間地域のような傾斜地では、従来の平地部の開発・整備に比べ、大量の土工を伴うために事業費が割高になること、また、降雨及び土砂災害に対する特別の防災的機能の充実が要求されることなどから、経済性と防災機能を兼備したより一層合理的かつ高度な開発技術が望まれる。

これらの農業土木技術の中で、農用地開発・整備地内の地表排水のための水路工は、施設の規模は小さいものの、降雨や融雪により流出した排水を安全かつ速やかに地区外へ排除することにより、防災及び農地保全上最も重要な機能を果たしている。また、造成整備費に占める本工種の工事費の

割合も急傾斜地では高いのが実態である。

従来、水路の設計については、一般に緩勾配の常流水路を原則とし、急勾配な地形により生じる余剰落差は落差構造物で吸収する方法が採用され、各種設計基準もこの方針に沿って整備されている。また、これらの基準が適用される主要な水路規模は、用水路で流量にして $3 \text{ m}^3/\text{S} \sim 20 \text{ m}^3/\text{S}$ 、排水路では $5 \text{ m}^3/\text{S} \sim 50 \text{ m}^3/\text{S}$ 程度となっており、比較的大規模な水路が対象となっている。これに対し、急傾斜地では、常流水路を原則とする設計法をそのまま導入することは事業費の面で不経済となるため、実際には地形条件に適合した射流水路すなわち急流水路工を採用することが多い。水理的には常流と射流では、開水路流れの性質が著しく異なるため、急流水路工に適用する新たな水理設計法の開発が要請されている。

これらを背景として、農業工学研究所水路工水理研究室では昭和58年度より経常研究、特別プロジェクト研究及び構造改善局からの依頼研究を中心として、急流水路工に関する水理現象及びその設計法について試験研究を行ってきた。

本報文は、これらの内、主要な成果を取りまとめ、広く現場へその技術的情報を提供するために整理したものである。

* 農林水産技術会議事務局 (前農業工学研究所)
** 農業工学研究所水路工水理研究室
*** 関東農政局霞ヶ浦用水農業水利事務所 (前農業工学研究所)

内容は、既に農業工学研究所報告第30号⁵⁾(平成3年3月)に発表しているが、本報文はこれから抜粋・要約したものであり、最初に現場における急流水路工の問題点を整理し、次に水理実験例を基に、直線水路の余裕高と水路断面の決定法、屈折部及び屈折枠等の水理的設計法の考え方を述べる。

詳細な事項については、巻末に記述した参考文献を参照されたい。

なお、本研究を推進するに当たり、構造改善局設計課及び開発課を始め、多くの方々より御協力、御援助を頂いた。ここに記して、感謝の意を表します。

II. 急流水路工の水理的問題点

1. 急流水路工の適用範囲と構成

一般に、改良山成工などで造成された地区における雨水排除を目的とした排水路の系統は図-1により示される。

地表排水は、畑面及び法面を流下し、比較的緩勾配の承水路で補水され、承水路→圃場内沈砂池→集水路→集水枠→シュート工→排水路→末端沈砂池及び砂防ダム→地区外という経路で排水される。承水路は、等高線とほぼ平行に配置されるため、水路勾配は緩やかであり、一般的には1/50~1/30程度である。一方、承水路から水を集める集水路、排水路は等高線と直角に配置され、圃場の造

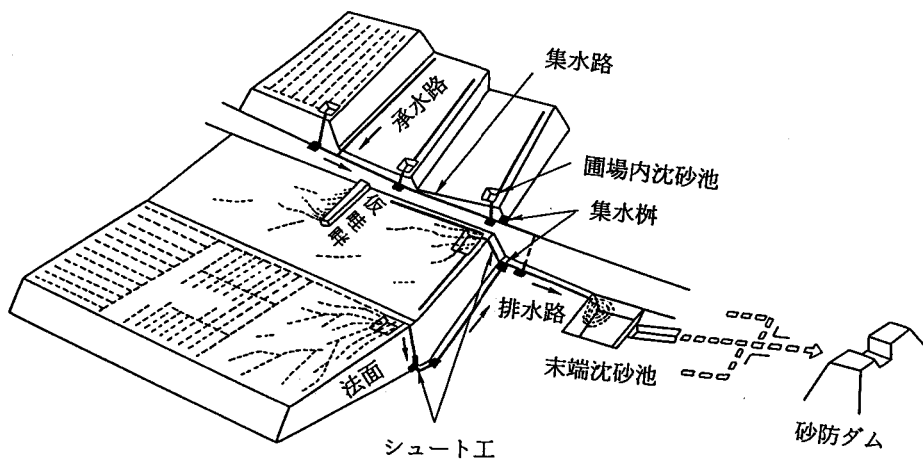
成勾配と等しくなり、一般的な造成勾配の範囲は $4^{\circ}\sim 8^{\circ}$ を採用していることから、水路勾配表示に換算すれば1/14.3~1/7.11となる。この水路勾配でのコンクリート水路では流れの領域は完全に射流となる。更にシュート工は、長大法面を横断する法面排水路となり、水路勾配は法面勾配と等しくなる。切土、盛土の一般的勾配は1/2から1/1であるため、水理的には急傾斜水路となり、高速射流が流下する。また、法面の小段部で水路縦断線形を変化させる場合もある。

更に、急傾斜地では、農地保全及び外部環境保全のため、流出土砂を堆砂させるための土砂溜及び沈砂池が重要である。

以上のように急流水路工の工種は多種にわたり、その構成を整理すると図-2となる。本図からもわかるように、急流水路工では落差工及びインパクトボックスなどのような特別な減勢工法は適用されず、その機能は屈折・合流枠及び土砂溜(沈砂地)などに持たせている。従って、流水による侵食及び農地災害を防止する観点から射流を合理的に制御し、極力溢水などのないように水理設計することが肝要である。

2. 溢水事例の類型化とその技術的対応

国営農地開発地区15地区における「農地開発地区の急流排水工調査」結果が昭和57年9月13日、農林水産省構造改善局建設部設計課より発表され



(農業土木ポケットブック P133より作図)

図-1 造成地内における排水系統図

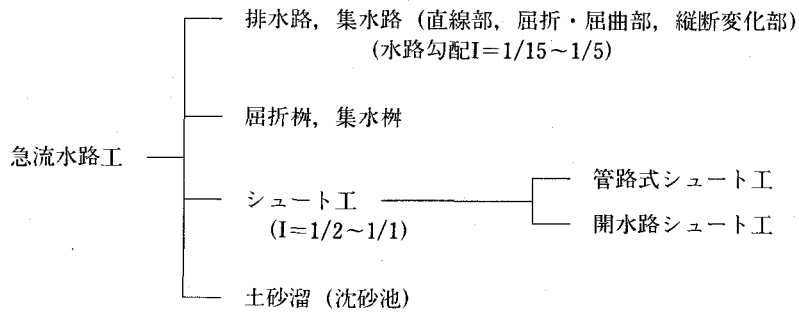


図-2 急流水路工の構成

ている。この調査地区のうち半数以上の8地区(53%)が、急流水路工の溢水及び災害事例を報告している。この結果から、急流水路工の溢水要因を類型化すると表-1のように整理できる。

①～③までの問題事例は水路断面変化に起因するものであり、射流水路の設計では、水路の線形・断面変化に十分注意する必要性を示している。したがって、射流ではなるべく均一断面の直線水路を原則とするべきである。しかし、圃場の区面の制約により、水路線形を変えざるを得ない場合には、変化点などの水流が急変する地点での水理設計には、特に注意を払う必要がある。

④については、集水柵の容量不足などにより射流が壁に衝突することが主な原因となっている。

①～④については、射流の水路変化点及び変化部において、局所的に流速エネルギーが水深及び水位に変化することによる溢水事例である。

⑤については、溢水のメカニズムが十分解明されていないため、水理特性を把握する必要がある。

⑥の土砂堆積の問題は、特に造成当初の農地保全の上で重要な事柄であり、緩勾配水路や、集水柵の静水池などに多く見受けられる。このため、斜面法尻に設けられる承水路及び集水路では、土砂堆積による通水断面の減少を見込んだ余裕を持った断面の設計が必要である。以上の急流水路工の問題点から集約すると、急流水路工内の射流の特性から勾配が急になると急激に流速水頭の比エネルギーに占める割合が増加する。射流では、水深が小さくなることにより、水理設計の際には経済的な水理断面になると考え易い。しかし、水路の変化部では、流速水頭が水深に変換され、大きな水面変動を起し、局所的な溢水現象を引き起こすことが多い。このため、この変動に対して、安全な施設規模を設計しておくことが重要となる。この時、射流の流速水頭の水深への変化の可能性をどのように定量的に評価するかが、水理設計上の課題となると考えられる。

表-1 急流水路工の溢水要因

	溢水箇所	溢水要因
①	水路直線部	直線水路部内の不陸及び障害物などに起因する水面変動による溢水
②	水路屈曲, 屈折部	水路屈曲, 屈折部における射流衝撃波及び遠心力による偏流に伴う溢水
③	水路縦断勾配変化点	水路縦断勾配変化点における跳水現象及び水流の飛び出しによる溢水
④	集水及び屈折柵	集水及び屈折柵の上下流取付水路部からの溢水及び柵内での水流減勢不良による溢水
⑤	管路式シュート工	管路式シュート工における通水不良による呑口部での溢水
⑥	緩勾配水路	掃流力の低下に伴う水路内土砂の堆積による通水障害

III. 直線矩形水路の断面設計

1. 余裕高決定上の考慮事項

急勾配水路では、前にも述べたように水理計算上の等流水深が小さいため、常流水路に比べ経済的な水理断面になると思われがちである。しかし、単に計算上得られた理想状態の水流がそのまま水路に出現することを期待することは、非常に危険である。

このため、水理上の安全性を確保するために、設計流量に対応する設計水面上に余裕高を加えて通水断面を決定する必要がある。この余裕高は、設計流量に対する水面から水路側壁天端あるいは、ライニング頂までの高さで定義される。

一般に水理特性の面から余裕高設計の検討には、下記の事項を考慮している。

- ① 水路粗度係数の変動に対する余裕
- ② 流速水頭の静水頭への変化の可能性に対する余裕
- ③ 水面動揺（定常波など）に対する余裕
- ④ 高速射流の場合には空気混入による水面上昇

①～③については、常流水路の設計の場合に用いられる決定要素である。④については、ダムなどの大規模重要構造物の洪水吐のシュート部などでは、考慮する事項であるが、小規模な場合には、水理設計上の意味は少ない。

射流水路の場合、比エネルギーの中に流速水頭の占める割合が高く、一方水深は比較的小さいため、①、④に対する水面変動の絶対値は小さい。しかし、②の静水頭への変化については、水路の微小な不陸による、水面変動（飛散現象）に対応した余裕を見込んだ設計が必要となる。また、③の波による水面動揺については、水兼農道の流況として観測される薄層流の転波列の影響を検討しておく必要がある。

ここでは、飛散現象に着目して、従来の余裕高算定式の適用限界を明らかにして、新たな余裕高の算定法を検討する。

2. 飛散現象

飛散現象は、水路内の微小な不陸により、水流が剝離して飛散する現象である。

実験上では、水路底に設置されたある不陸高を

有する栈に水流が衝突して、水路底から飛散する現象として観測される（図-3）。

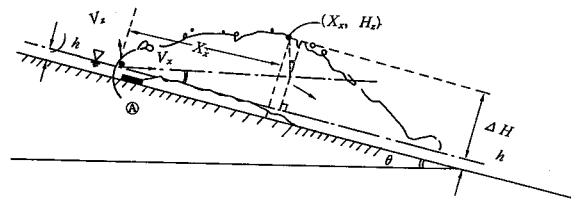


図-3 飛散現象の模式図

飛散高を表す関係式として、運動量保存則から次式が導入されている。

$$\frac{\Delta H}{h_v} = \frac{\beta_1^4}{\cos \theta} \left(\frac{k}{h} \right)^2 \quad (1)$$

ΔH : 最大飛散高, h_v : 流速水頭

β_1 : 平均流速に対する補正係数

θ : 水路の傾き角度

k : 栈高さ（不陸高）

この飛散現象は、急勾配水路の余裕高、安全性等の検討の水理的根拠となると考えられる。

(1)式を等流状態の二次元流として取り扱えば(2)式を得る。

$$\Delta H = \frac{\beta_1^4}{\cos \theta} \cdot \frac{k^2 \cdot I^{1.2}}{2g \cdot q^{0.4} \cdot n^{2.4}} \quad (2)$$

q : 単位幅流量, g : 重力加速度

n : マニングの粗度係数

また、水路幅0.30mの水路における水理実験から飛散現象に対する余裕高は、次の式で示される。

$$F_b = \frac{\beta_1^4}{\cos \theta} \cdot \frac{k^2 \cdot I^{1.2}}{2g \cdot q^{0.4} \cdot n^{2.4}} + F_v \quad (3)$$

(ただし、等流状態、かつ幅広水路としての計算式)

F_b : 飛散に対する余裕高, V : 平均流速

β_1 : 平均流速に対する補正係数

k : 想定される水路底の不陸高

q : 単位幅当りの流量

θ : 水路底の傾斜角,

g : 重力の加速度

n : マニングの粗度係数, I : 水路勾配

F_v : 飛散高の変動に対する余裕

(3)式の右辺の第一項は、飛散高を示すものであり、第二項の F_v は飛散高の変動に対する余裕である。本式を適用するときには、実験係数として β_1 .

F_v の値が必要となるが、本実験水路規模の小型水路では、 $\beta_1=1.275$ 、 $F_v=0.10\text{m}\sim 0.20\text{m}$ の値が実験的に求められた。

3. 従来の公式の適用限界

急勾配水路に与える余裕高については、水深、流速を関数とする提案式があるが、決定的な余裕高の設計方法は見いだされていない。

そこで、具体的に飛散現象のデータを用いて、水路勾配1/10、水路幅0.30m、設計最大流量0.08 m^3/S での等流状態における余裕高に検討を加えることとする。

余裕高の決定式としては、常流領域のフルームあるいは、既製品水路などの擁壁型水路に適用される式として(4)式が、一方射流に適用される式として(5)、(6)式がある。

$$F_b = 0.07h + h_v + 0.05 \sim 0.15 \quad (4)$$

$$F_b = CVh^{1/2} \quad (5)$$

$$F_b = 0.6 + 0.037Vh^{1/3} \quad (6)$$

F_b : 余裕高 (m), V : 流速 (m/s)

h : 水深 (m)

C : 係数(長方形水路0.1, 台形水路0.13)

h_v : 流速水頭 (m)

ここで、水深・余裕高はすべて、急勾配水路底に垂直にとる。

表-2には実験データの中から各適用式から求めた余裕高と、 $I=1/10$ の水路において、微小な不陸により生じる飛散現象に対して必要となる余裕高をそれぞれ示した。本表からわかるように、(4)式を射流に対しても適用すると、流速水頭が大きいため、かなり過大な余裕高となり不経済な水路断面、すなわち狭い長方形断面水路となる。ま

た、(6)式の射流に適用する公式では、最小余裕高を0.6mと規定しているため、小型水路の場合には、(4)式同様に過大な水路断面となる傾向にある。

一方、(5)式は、ダムの洪水吐のシュート工に適用されるものであるため、施設規模の相違により、小型水路に適用すると過少な余裕高を算出する傾向となる。(5)式では余裕高は0.10mとなり、水路の不陸が12mm以上と想定される水路では、飛散高が水路壁高を上回るため溢水あるいは、飛散時の飛沫により水路側方部が洗掘される危険性がある。

4. 水路断面の決定要因

小型急勾配水路の余裕高を決定する際に考慮しなければならない事項は、次のものが整理できる。

- ① 水路内の微小な不陸が原因となる水流の飛散による水面変動
- ② 転波列に見られる等流の不安定性による水面動揺

以上の飛散現象と転波列による水面変動を考慮して、水路余裕高の検討を行う。

検討事例として、単位幅流量 $q=0.30\text{m}^3/\text{S}$ の設計流量に対して、水路勾配1/100~1/1までの範囲を検討する。流速公式は Manning 公式を用い、等流水深は粗度係数 $n=0.051$ として求めた。

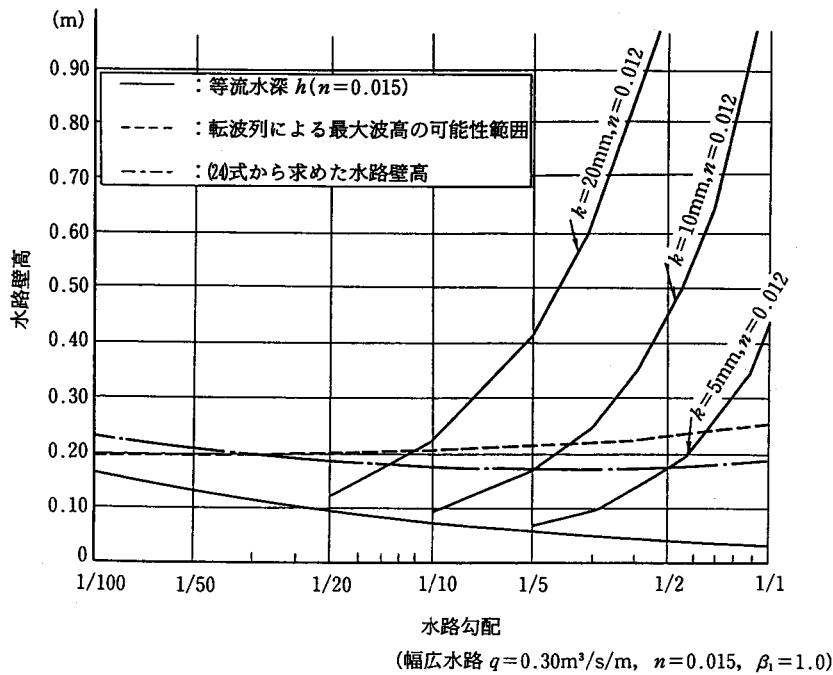
図-4には、各要因における余裕高を考慮した必要水路壁高と従来の射流水路における余裕高算定式(5)式による水路壁高を示した。

転波列の可能性によると水路壁高と(5)式からの水路壁高を比較すると、水路勾配が1/30まではよく対応しており、(5)式は転波列に対する余裕についても包含している結果となる。なお、転波列の発生は小流量時に発生し、その流量に対する発

表-2 余裕高比較高

($Q=0.08\text{m}^3/\text{s}$, $I=1/10$, $b=0.30$, $n=0.011$)

基準	適用公式	余裕高(m)	備考
常流対象	$F_b = 0.07h + h_v + 0.05 \sim 0.15 \dots (4)$	0.78~0.88	等流水深 $h=0.0705\text{m}$
射流対象	$F_b = C \cdot V \cdot h^{1/2} \dots (5)$	0.100	等流水深 $h=0.0705\text{m}$
射流対象	$F_b = 0.6 + 0.037 \cdot V \cdot h^{1/3} \dots (6)$	0.658	等流水深 $h=0.0705\text{m}$
本実験値 (最大飛散高 ΔH)	$k=6\text{mm}$	0.0295	$Q=0.04\text{m}^3/\text{s}$ 時
	$k=12\text{mm}$	0.235	$Q=0.08\text{m}^3/\text{s}$ 時
	$k=24\text{mm}$	0.420	$Q=0.04\text{m}^3/\text{s}$ 時



図一四 飛散現象に基づく余裕高から求めた水路高

生限界については明らかにされていないが、1/30までの水路勾配であれば(5)式の余裕を見積っておけば、仮に転波列が発生しても溢水することはないわけである。

次に、水路勾配が1/10以上になると、本検討事例では飛散現象が発生することとなる。この飛散高の算定においては、(3)式により安全側を考慮し、粗度係数は設計基準の内での既製フルームの最小値である $n=0.012$ を採用し、 $\beta_1=1.0$ とし、 $k=5\text{ mm}, 10\text{ mm}, 20\text{ mm}$ について算出した。なお、(3)式の F_b は0.0とした。

図一四に示されるように、飛散現象が発生する範囲での水路勾配では、(5)式により算定される水路壁高を上回り、かつ、転波列の発生の可能性をも上回る結果となり、微小な不陸による溢水及び飛沫による水路周辺部の洗掘の可能性が懸念される。このため、飛散現象が発生するような急勾配水路では、ある不陸高を想定した余裕高の算定が新たに必要となる。

なお、常流水路方式（落差構造物設置）と射流水路方式による水路工法の経済性と安全性を比較すれば、図一四で示されたように、水路勾配が $I=1/50\sim 1/20$ の領域では射流方式の経済性が追及で

きることもわかる。

5. 最小必要断面と水路断面の決定

小型の急勾配水路においては、水路内の不陸による飛散現象に対する溢水防止の観点から、余裕高を決定することが必要であることを明らかにした。しかし、この現象の最大飛散高は、設計流量時ではなく、微小な不陸が流水に大きく影響を与える小流量時に発生する傾向がある。このため、各水理条件に対して余裕高を逐次求めることは効率的ではない。ここでは、実験結果から急勾配水路における最小必要断面を求める。不陸高は、 $k=5\text{ mm}, 10\text{ mm}, 20\text{ mm}$ とし、粗度係数は $n=0.012$ 、 $\beta_1=1.275$ 、 $F_b=0.097\text{ m}$ とした。なお、 $F_b=0.097\text{ m}$ の値は、実験値の分布にかかわる $\pm\sigma$ の値である。この結果を表一三に示すが、各想定不陸高に対する勾配ごとの最小必要水路壁高を求めたあと、最大設計流量に対しての余裕高は(5)式を用いて評価して水路壁高を求め、これと、ここで求めた最小必要水路壁高と比較して、大きい方を水路断面として採用すればよい。

この設計思想は、急勾配水路では流れは薄層流となり、等流水深は非常に小さくなるため、水路

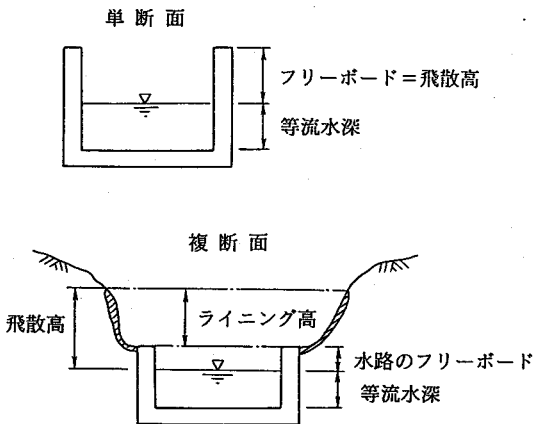
表一3 飛散現象から考慮される最小必要水路壁高(単位;m)
(等流状態 $n=0.012$, $\beta_1=1.275$, $F_v=0.097m$)

想定不陸高k(mm)	水路勾配I			
	1/10	1/5	1/2.5	1/2
5.0	—	0.271	0.460	0.562
10.0	0.334	0.531	0.997	1.257
20.0	0.627	1.160	—	—

断面を過少に設計した結果、流れが理想的には流れず溢水することなどを防止する点で有効であると考えられる。特に等流水深が小さい、水兼農道及び急傾斜水路の水理断面の決定に際しては、溢水防止上有効であると考えられる。

6. 水路断面構造

飛散高による余裕高を算定した後、これを水路断面構造としてどのように取り扱うかを次に考える。飛散現象は、水流が分散して飛沫として水路周辺部へ飛散して洗掘を生じるため、水路断面の余裕として確保する必要もあるが、これを水路の周辺部のライニング高として施工してもよいこととなる。この考え方は、排水路の複断面の取り扱いと同様であり、単断面として設計するよりは、経済的に有利になる場合もあると考えられる。この適用の考え方を図一5に示す。単断面の水路では、水路内に飛散による余裕高を有している形態になっているが、複断面水路では、水路断面の外に飛散による余裕、あるいは保護対策を講じている場合である。

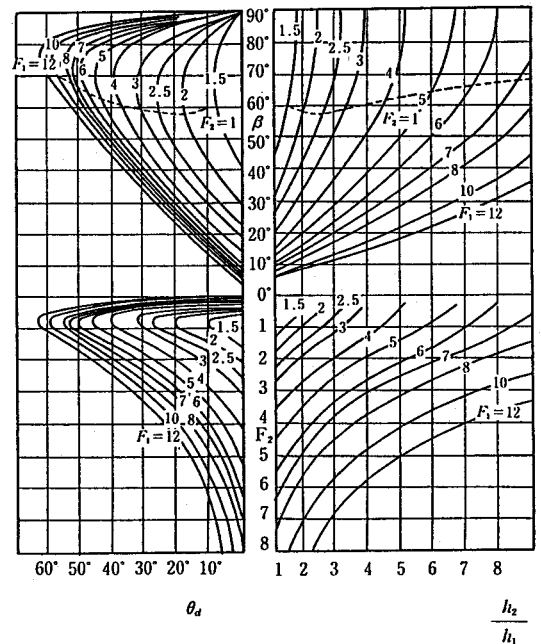


図一5 飛散高を考慮した水路断面の設計例

IV. 屈折部の水理現象と屈折料

1. 屈折部の衝撃波

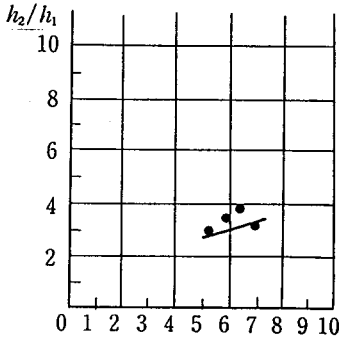
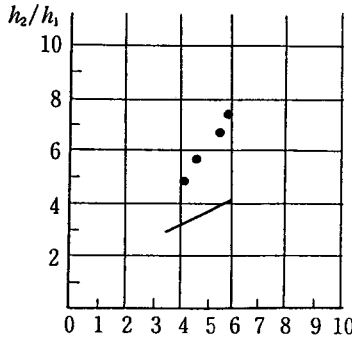
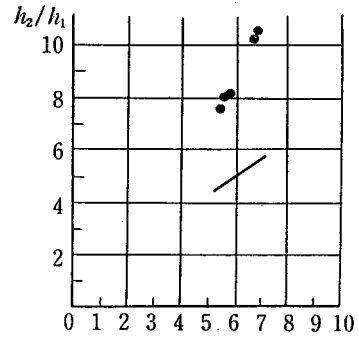
射流水路では常流水路と異なり、屈曲・屈折部での衝撃波及び偏流による溢水の危険性が高い。射流では、流れの速度が波の伝わる速度より大きいいため、下流での変化点の影響が上流に伝わらず局所的に溢水する場合が多い。 θ_a だけ内側に屈折した射流水路においては、屈折による水面変化により急激に水深が増加する。これは斜め跳水となり、衝撃波と呼ばれる。この斜め跳水は、普通の跳水と同様に、運動量理論から基礎方程式が確立されている。この計算が若干複雑なため、計算の労を除くためにIppenは図一6に示す図表を作成している。本図により、フルード数 F_1 と偏角 θ_a を与えると衝撃波角から β が決まり、 h_2/h_1 が求まる。



図一6 斜め跳水に対する F_1 , θ_a , β , h_2/h_1 及び F_2 の関係

しかし、本式の適用は、従来からその範囲が限定されることが指摘されている。本研究室で行った実験結果を基に、この点を検討する。

図一7は、ほぼ水平面上の水路で衝撃波を発生させた実験結果である。

$\theta_d = 15^\circ$ ● 実験値
— 計算値 F_1 $\theta_d = 23^\circ$ ● 実験値
— 計算値 F_1 $\theta_d = 30^\circ$ ● 実験値
— 計算値 F_1 図-7 屈折部における F_1 と h_2/h_1 の関係

偏角が $\theta_d = 15^\circ$ までは、実験値と計算値はよく適合しているが、 23° 以上になると実験値は計算値を大きく上回る結果となっている。

次に、運動量方程式の中の下流側水深により評価される下流側水圧の値を補正する係数 K の導入について検討する。その関係式を示す。

$$h_2 v_2^2 \sin^2(B - \theta_d) - h_1 v_1^2 \sin^2 \beta = \frac{gh_1^2}{2} - K \frac{gh_2^2}{2} \quad (7)$$

また、計算値を補正する時には、次式による。

$$h'_2 = \sqrt{\frac{h_2^2}{K}} \quad (8)$$

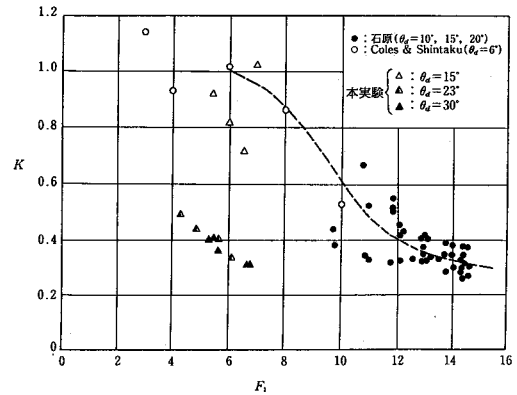
h_2 : 計算値, K : 下流側水圧の補正係数

h'_2 : 補正された下流水深

ここで実験値から K の値を求め、従来の研究成果も加味して、 K の値を図-8に示す。石原は、 K の値はフルード数が $F_1 = 6.0$ 以上になると低下する事実を確認している。

しかし、本実験から $F_1 = 6.0$ 以下であっても、屈折角が 23° 以上になると、 K の値が低下していることがわかる。この時の K の値は0.4前後である。

実態調査からも屈折部における溢水事例が多く報告されているが、例えば、 $K = 0.4$ を取らなければならない水理条件では、実際の下流側水深は、(8)式を用いて求めれば計算値の1.58倍もの波高に達することになるため、従来の計算式から求めた下流水路の水路高では、溢水による危険性が高い

図-8 下流圧力補正係数 K とフルード数 F_1 の関係



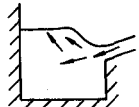

ことが明らかとなる。

以上のことから、屈折部の設計では、補正係数 K の導入あるいはフルード数及び屈折角の適用限界等(図-8)を基に、設計の基準化が可能となると思われる。

2. 屈折柵(90°)の水理設計

屈折柵内の流況は、実験結果から自由落下型、潜り型、跳水型、衝突型の四形態に分類できる(表-4)。溢水の危険性の最も高いものが衝突型である。施設容量の経済性から判断すれば、流況を跳水型にすることが、流水の減勢及び溢水防止に対しては有効であると考えられる。

表-4 屈折柵の流水形態別タイプ

タイプ	流水状態	流況
自由落下型	自由落下型 	上流, 下流水路の落差大, 自由落下水脈が静水池へ貫入する形態。落差工の役割を果し, 流水の減勢効果は大。施設容量大。施設容量が過少な場合, 水脈が構造物に直接衝突して, 水流が跳ね上がる。流速が速いと, 水平方向の水脈の飛距離は長くなる。
潜り型	潜り型 	上流水脈が柵内水位上昇により潜り状態となり, 跳水を起こさず貫入する形態。上下流水路の落差が小さく, 水面積が大きい場合に発生。施設容量大。
跳水型	跳水型 	柵内水位が上流水位より上昇し, 柵入口部付近で跳水現象が発生している状態。跳水位置が上流側水路であれば溢水の危険性大。水路勾配1/5~1/6より緩い場合に発生。
衝突型	衝突型 	噴流が直接, 柵内の対面壁に衝突して水位上昇をする形態で減勢不良の状態。柵の溢水の危険性が最も高い。下流水路にも水位上昇が生じ溢水する。柵の長さが不足している場合, 急勾配水路では水路底に噴流が衝突してこの形態が生じる。

跳水型流況を発生させる条件としては跳水長に対応する屈折柵長さ L_d の設計が重要となる(図-9)。その条件式として, 実験結果(図-10)から(9)式を得ている。

$$\frac{L_b}{h_1} > 6.23F_1 - 14.04 \quad (8)$$

h_1 : 上流側水深

F_1 : 上流側のフルード数

次に, 対面壁水深の予測については, 運動量解析により求めた(10), (11)式により行う。

$$h_2 = \sqrt{\frac{2qv_1 + gh_1^2}{g}} \quad (10)$$

$$h_2 = \sqrt{\frac{2qv_1 + g(h_1 + d)^2}{g}} \quad (11)$$

h_2 : 対面壁の水深

q : 単位幅当たりの流量

g : 重力加速度, v_1 : 上流側平均流速

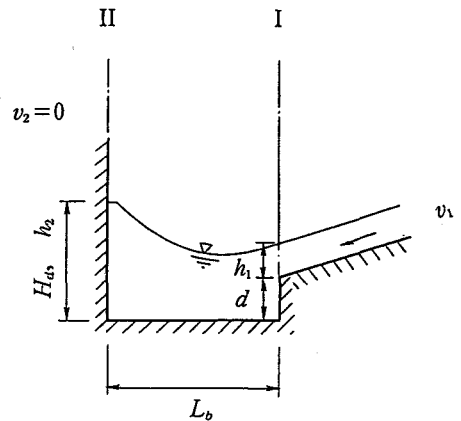
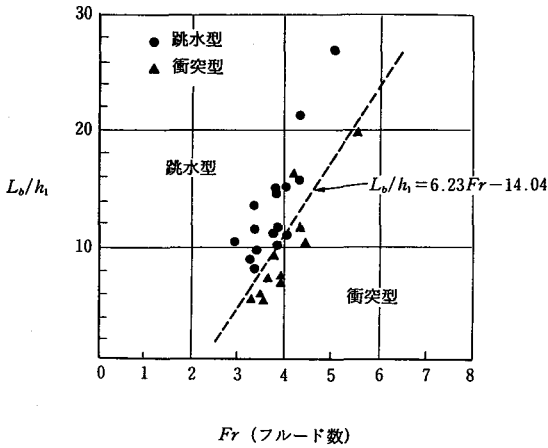


図-9 屈折柵における運動量方程式の適用概念図

d : 静水池の深さ

なお, これらの式の適用は, 跳水型流況に対してのみ可能であり, 衝突型の流況では, 計算値は



図一10 フルード数と L_b/h_1 の関係

実験値に対して過小な値しか評価できない (図一11)。

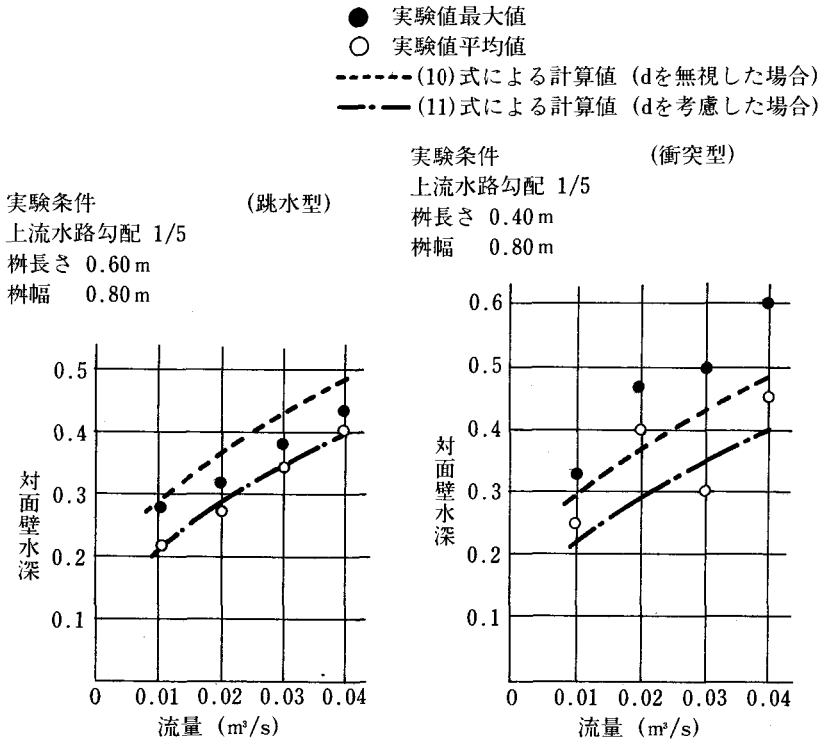
水理実験から判断すると、屈折柵の水理設計上の要点は、上流水路での跳水位置、対面壁の水位上昇高、出口取付水路の水位上昇をそれぞれ求めることにより、その施設容量は決定できると考え

られる。

手順としては、まず、計画流量に対して流況を跳水型にするための屈折柵長さ L_b (9)式から決定する。跳水は、水のエネルギーを減殺するために、水工学的によく用いられている。この観点から屈折柵の流況も跳水型に保つことが重要となる。

この跳水位置を制御することにより、跳水の位置を柵内で発生させることが可能となる。また、流況が跳水型であれば、柵内の水位上昇高も運動量方程式から予測が可能であるため、上流水路部での跳水及び対面壁部での水位上昇による溢水を防止するための施設容量を決定できる。

具体的に柵高さについては、(10)、(11)式の運動量方程式から h_2 を求め、この値に波による変動を加味した余裕高を加えた高さとなる。一方、静水池の深さは、 $I=1/5\sim 1/6$ よりも急な急勾配水路から流入する流れのエネルギーを減殺するための貫入深を確保する意味から有効と考えられる。しかし、現地での実態を調べるとほとんどの場合、静水池は土砂で埋没しているため有効に機能していないことが多い。



図一11 対面壁水深における実験値と計算値の比較 (跳水型、衝突型)

このため、跳水型の流況を保持する領域では、静水池の深さよりも柵の長さが施設容量を決定する要因となる。

最後に出口の取付水路では、柵から流出する流れは偏流が激しいため、この流れのはい上がり予測して溢水を防止することが重要となる。

このためには、柵の対面壁の最大水深と同じ標高に、ある区間水路高を確保する必要があり、ハンチ状の水路壁高を取る必要がある。

V. おわりに

本報文では、従来主に経験的に得られた設計諸元等からなされていた急流水路工の水理設計法について、水理実験から得られた知見をもとに水理学的基盤の上で検討した。今後、これらの技術的基盤を活用して、水理設計の基準化、標準化及び工事費の低コスト化が望まれるところである。

一方、排水路の設計は用水路の設計と異なり、水理設計が対象とする設計流量は、ある確率年の流出量を予測し算定するため、洪水到達時間や流出率等を不確定要素が多く、実際には、設計を上回る排水量が流下することによる溢水も考慮しなければならないと考えられる。これに対しては、

射流の溢水が局所的である特性から、この部分については設計流量を割増しして設計するなどの弾力的な設計法で対応することが経済的であると考えられる。以上の考え方も踏まえながら、更に水理設計の高度化を行う必要があると考える。

参考文献

- 1) 中達雄・吉野秀雄・石野捷治・岩崎和己：急流用排水路の水理設計上の留意点—水理模型実験からの提案—、水と土、第62号、P33～39、昭和60年9月
- 2) 岩崎和己・中達雄：中山間地帯の水利構造物の水理特性 —急流用排水路の水理設計の留意点を中心として—、農業土木学会誌、Vol.55No.1、P37～42、昭和62年1月
- 3) 中達雄：水路溢水防止のための急流工の設計、農地保全の研究、第8号、P23～34、昭和62年7月
- 4) 中達雄・鬼塚宏太郎・吉野秀雄・岩崎和己：急勾配水路における飛散現象、農業土木学会論文集、第141号、P63～69、平成元年6月
- 5) 中達雄：急流水路工の水理現象と新たな水理設計法の研究、農業工学研究所報告第30号、P133～P200、平成3年3月

防災ダム事業におけるダム周辺整備への取り組み ——小沢ダムの事例——

西 崎 高* 平 田 実**
小 川 俊 郎***

目 次

はじめに	61
1. 当麻町の概況	61
2. 小沢ダムの概要	62
3. 小沢ダム周辺整備構想	62

4. 周辺整備内容	65
5. 周辺整備における規制条件と問題点	67
おわりに	68

はじめに

近年、農村における「水辺環境」の持つ多面的機能が見直されるようになり、その積極的活用が図られている。これは、過疎農村地域における活性化のための重要戦略にも位置づけられるものもあり、各自治体において様々な取り組みが本格化しつつあるところである。

これらの整備計画の策定にあたっては、地域住民のコンセンサスを経て、町の開発計画等との整合を図らなければならない。また開発行為と環境保全という二律背反性の問題への取り組み等考慮しなければならない様々な問題も発生し、その経験や情報の少ないこともあり、その適切な処理決定が難しい現状にある。

本件では、北海道当麻町に於て実施中の道営防災ダム事業開明地区における、ダム周辺活用の計画事例について紹介する。

1. 当麻町の概況

1-1 位置

当麻町は、北海道の穀倉地帯といわれる上川支庁管内のほぼ中央に位置し、上川盆地の東隅にあり、その面積は204.95km²を有している。

北海道の屋根といわれる大雪山連峰の麓で、東

側は山づたいに上川町そして愛別町に、北側は大雪山系に源発する石狩川に沿って比布町と隣り合い、南西は道北の拠点都市旭川市に隣接している。(図-1, 2)

1-2 産 業

当町の産業構造は、稲作を中心としてそ菜、花きなどを取り入れた農業を基幹とする第1次産業の町である。しかし、農家1戸当たりの平均耕地面積が4.0haと狭少であり、近年の農業をめぐる諸情勢から離農や兼業化が進んでおり、就業人口は減少を続けている。

1-3 特産品

ヨーロッパ産と日本産縞皮スイカとの交配改良

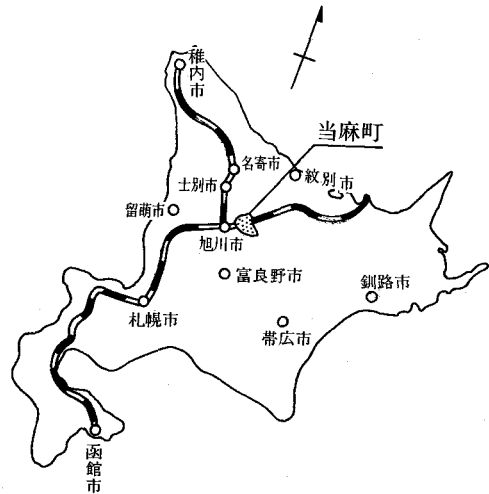


図-1 当麻町位置図

* 上川支庁中部耕地出張所
** 当麻町役場企画課
*** (財)北海道農業近代化コンサルタント

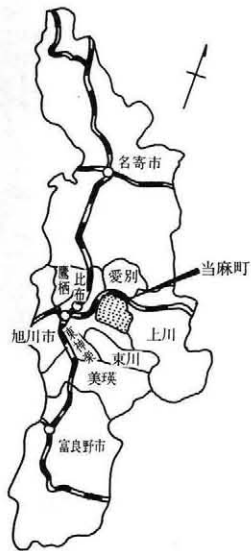


図-2 上川支庁管内当麻町位置図

品種で、甘味抜群の「でんすけスイカ」や青肉で糖度が高い最高級メロン「あづまメロン」が有名である。

また、「ハウスきゅうり」や町花の「菊」の生産量は道内一である。

1-4 観光

当麻町は後述する鍾乳洞、グリーンパークを観光の柱とし、昭和63年に策定した観光基本計画の中で

- i) 自然と景観を生かした観光地づくり
- ii) スポーツと調和のとれた観光地づくり
- iii) 安全性と娯楽性を備えた観光地づくり

を目指し、種々のスポーツ活動とイベントや観光施設を結びつけ、人を呼び込もうとするものである。

(1) 当麻鍾乳洞

当麻鍾乳洞は道内唯一の公開鍾乳洞であり、北海道天然記念物に指定され、全長135m、高さ7～8m、上段、中段、下段に分けられ、内部は5つの部屋に区切られており、鍾乳石、石柱、鍾乳管などがある。中でも鍾乳管は、天井から先端まで同じ太さで直線状をなし、中がパイプ状になっているもので世界でも極めて珍しい鍾乳石である。現在、年間入洞者10万人を越える町の重要な観光資源となっている。

(2) グリーンパーク

グリーンパークは鍾乳洞と隣接する保健保安林

97haについて昭和56年度より3年にわたって整備された約100種類、75000本もの樹木が7つの森に分けられて植栽されている森林公園である。

2. 小沢ダムの概要

小沢ダムは当麻町の東約10kmの地点に位置し、石狩川水系牛朱別川流域内の水田を主体とする耕地926haの洪水災害防止を目的として建設されている防災ダムである。

本流域では豪雨の度に氾らんをくり返し、昭和45年7月には、田畑冠水約1000ha、橋梁流失11橋、頭首工破損7ヶ所他の大被害が発生した。

これを契機として、洪水調節ダム建設の機運が高まり、昭和48年防災ダム事業の実施をみることとなった。

本地区では、流域内に2ヶ所のダムを設置し、下流河川の洪水調節を行う計画となっている。(図-3)

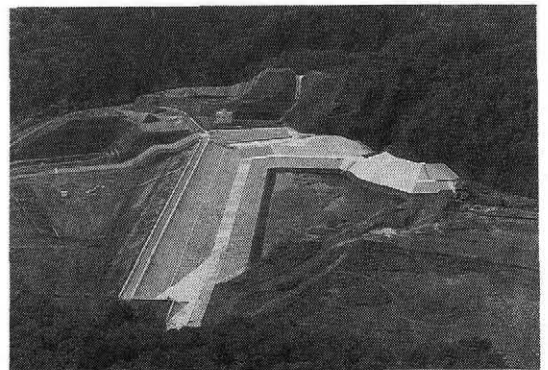


写真-1 小沢ダム全景

小沢ダム堤体諸元を表-1及び図-4、5に示す。

堤体盛土工事は昭和60年度に完了し、現在、最終仕上げ工事を行っており、平成4年度秋に湛水試験を予定している。

3. 小沢ダム周辺整備構想

(1) 計画の背景

当麻町では、ダム建設当初より町活性化の一助とすべくダム周辺の公園化を構想してきたが、これは、平水時に創出される5haの水辺空間を景観として利用しながら積極的に親水空間としての機能をもたせ、また、近接の既存観光資源との空間的かつ機能的なつながりをもった整備を加えることで当該地域の活性化を図る構想である。

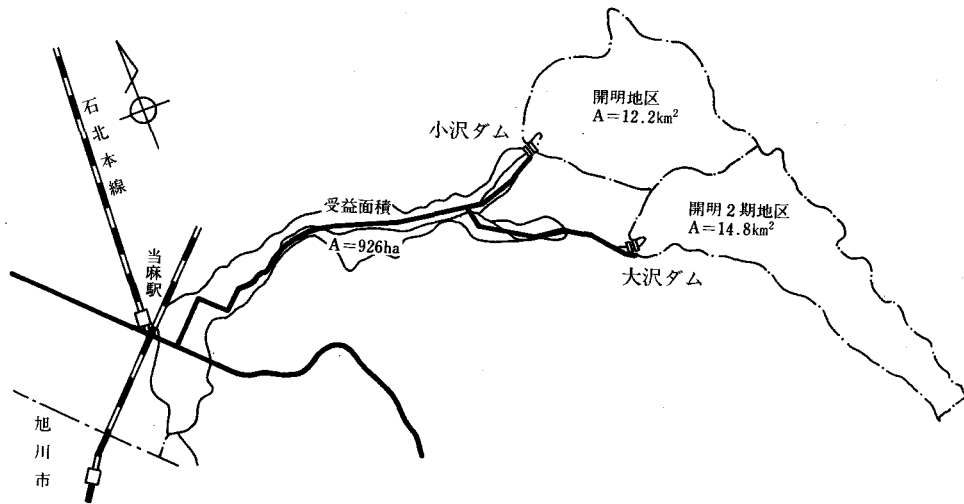


図-3 受益地域の位置概要

表-1 小沢ダム諸元

諸元		開明地区(小沢ダム)
一般	流域面積	12.2km ²
	満水面積	12.0ha
	総貯水量	740,000m ³
	有効貯水量	557,000m ³
堤体	ダム型式	中心遮水ゾーン型フィルダム
	堤高	25.4 m
	堤長	300 m
	堤体積	229,000m ³
洪水吐	基礎地質	粘板岩・輝緑凝灰岩
	設計洪水量	192m ³ /s
	型式	側溝式
	延長	343 m
	越流長	55 m
仮排水路	越流水深	1.38 m
	減勢方法	強制踏水USBRII型
洪調節水工	型式	標準馬蹄形2r型(r=1.8 m)
	延長	456 m
洪調節水工	型式	オリフィス型(2.96m×1.35m)
	調節方法	自然調節

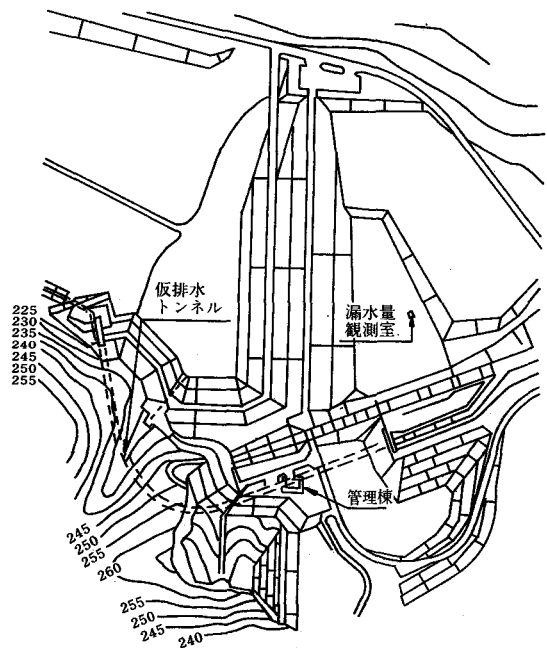


図-4 小沢ダム一般平面図

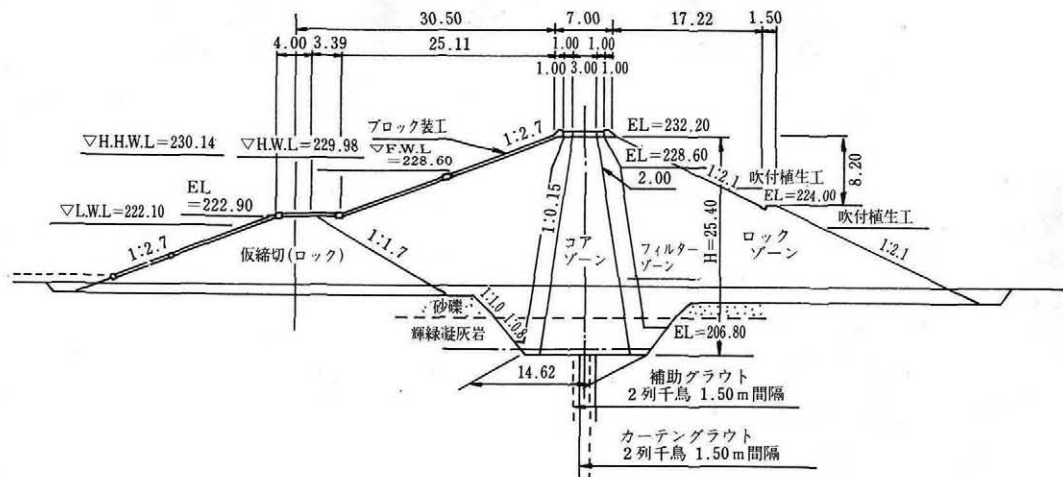


図-5 小沢ダム標準断面図

すなわち当ダムは、当麻の観光名所である当麻鍾乳洞およびグリーンパークと隣接し、現況道路の距離にして約1.5km、直線距離にして約500mでその接続が可能な位置関係にある。(図-6)

これに加えて、ダム周辺ではアウトドアライフの1つとして、近年モータースポーツが盛んになり、四季を通じて2輪、4輪、スノーモービル競技、歩くスキー等多くのイベントを開催している。

これらは、当麻町の基本施策「日本一スポーツのまち“とうま”を目ざして」の一環として、町全体で推進をしているものの1つである。



写真-2 当麻フォレストエンデューロ大会風景

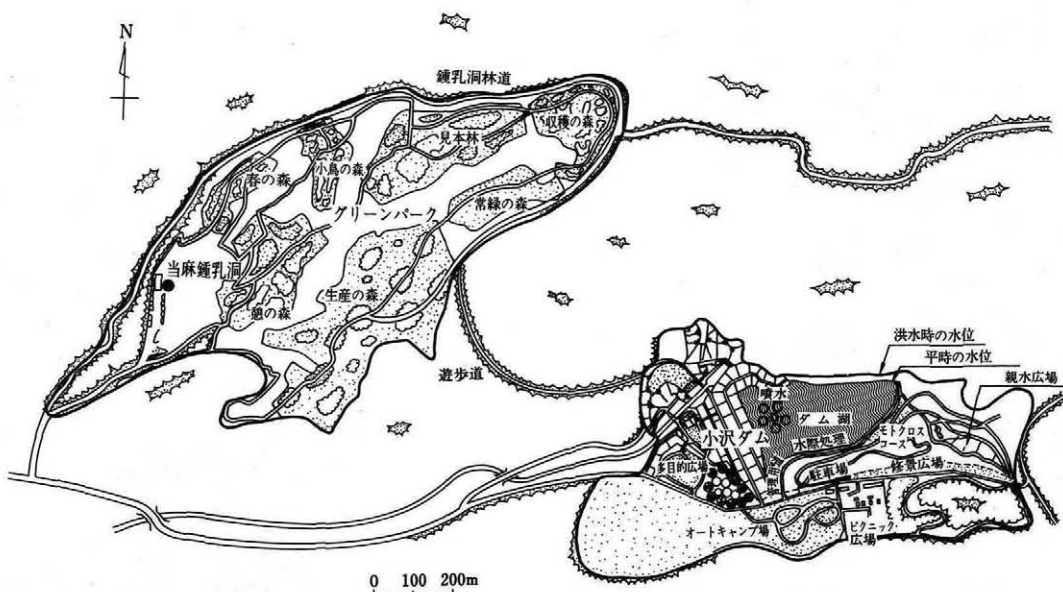


図-6 鍾乳洞、グリーンパークと小沢ダム



写真-3 スノーモービル大会風景

中でも特に4000haの町有林の林道を利用したオートバイの耐久レース“当麻フォトレストエンデューロ”は町内は勿論、道内外から、また昨年からはアメリカからの参加もあり、国際的な大会となっている。

小沢ダムはこの町有林の入口に位置し、洪水時以外湛水のない貯水敷地をスタート、ゴール地点、ピットとし、ダム堤体は観衆の見物席として利用されている。(写真-4、5)



写真-4 エンデューロ大会における貯水敷地の利用状況



写真-5 観客席としての堤体の利用

(2) 構想基本方針

小沢ダム完成を間近に控え、当麻町では平成2年度に策定された町過疎地域活性化計画の中で、その位置づけ、目的を明確化にし、町開発の中に具体的に盛り込まれることとなった。

1. モータースポーツイベントの地として活用できる公園であること。

2. 鍾乳洞グリーンパークと有機的に結びつく公園であること。

3. ダム湖を有効に利用できる公園であること。

以上3点の基本条件を生かしたゾーニングを総合的に行い、整備計画を具体化、実施していくこととする。

4. 周辺整備内容

4-1 利活用保全施設整備工事

利活用保全施設整備工事は、防災ダム事業の制度拡充により平成2年度に認められた。

防災ダムは、洪水による農地・農業施設を災害から守り、国土保全にも寄与するところとなるが、建造後の安全管理・適正管理に対しては、農業を取り巻く社会・経済情勢の変化に伴い、責任が増大する一方で負担能力の低下のため、維持管理は粗放化する傾向にある。

近年、住民の意識は「物の豊かさ」と共に「心の豊かさ」を求めるようになっており、ダムの持つ水・土地及び空間は重要な地域資源であり地域住民の立ち入りや見学者も増加していることから、防災ダム工事と併せて維持管理、安全管理の向上及び環境保全を図り、有効利用等に資するものである。

工事内容は、利活用保全施設、関連施設に分けられ、国庫補助率は前者が1/2、後者が1/3である。

利活用保全施設の内容は

- (1) 景観の保持及び管理のための貯水池内の整備
- (2) 親水のための石積護岸、ブロック積等
- (3) 利活用を考慮した管理用道路、防護柵、管理棟、整形、法面保護工、腐食防止工
- (4) 特認施設（利活用を考慮した照明設備、放送設備、その他地区の実態に応じて必要と認められる施設）

関連施設

- (1) ダム等周辺の緑化を図るための植生
- (2) ダム等周辺を保全するためのボミ焼却場、便

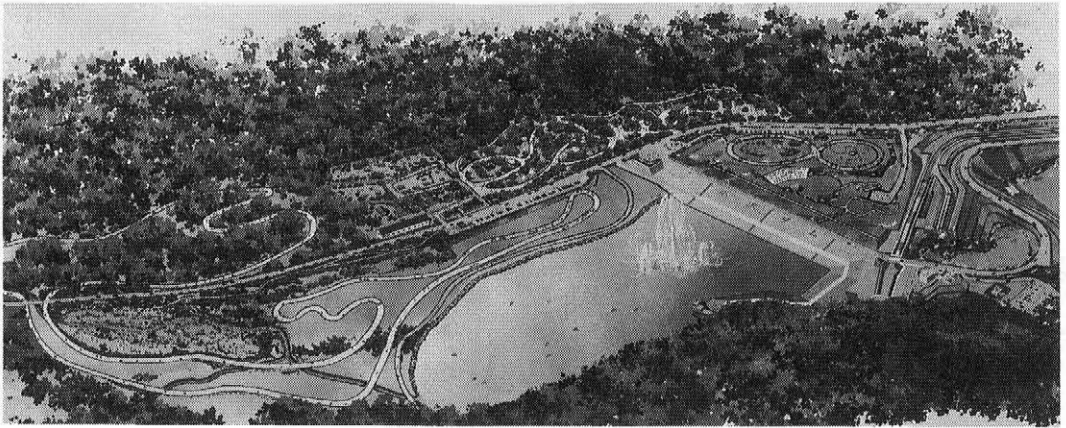


写真-6 小沢ダム周辺整備全体計画

所、案内板、駐車場

- (3)利活用のためのベンチ、パーゴラ、水飲場、休憩所
- (4)特認施設（栈橋、釣り場、その他地区の実態に応じて必要と認められる施設）である。

4-2 施設計画内容

当地区の施設計画は、周辺整備構想に基づき、防災事業の中での取り組みを行うべく前述の利活用保全施設整備工事費として1億円を計上し、その他に町単費工事を併わせて行う。整備区域面積はダム施設用地およびダム周辺の保安林を使い、ダム上流湛水域約16ha、ダム堤体下流約2ha、ダム左岸保安林28ha（保健保安林に指定予定）を利用する。

(1)オートキャンプ場

オートキャンプ場は、堤体左岸部の保安林約28haを保健保安林に指定し、この内約4haを利用し、行うものであり、キャンプ場に直接車で乗入れ出来る施設であり、オートキャンプスペース20台、キャビン10棟、その他施設としてトイレ・炊事場を考えている。

(2)親水広場

当ダムは、常時水の溜まっているのはL・W・Lまでであり、面積は約5haである。

親水広場としては、L・W・LからH・W・Lまでの洪水時以外湛水しない区域の11ha部分を利用し、流入河川沿いに親水護岸を施し、子供向けの水遊び施設を計画する。

(3)管理棟

管理棟は施設全体を管理するための事務室、放送設備等を設置し、イベント開催時等の大会本部としての利用を可能とする他、研修室、シャワールーム等についても整備する予定である。

- (4)モトクロスコース、メンテナンストリム広場
ダム上流部には、L・W・LからH・W・Lの区間約11haを利用し、モトクロスコースを考える。

これは、ダム湛水域が比較的平坦であり、エンデューロラリー等開催時に周囲からも競技風景を楽しむ事が出来ることもあり、「モータースポーツ基地化」の目玉とするものである。

ダム下流には近年流行の子供でも楽しめるメンテナンスバイクコースを設置し、トリム施設も整備し、家族で楽しめるよう考える。

(5)駐車場

駐車場の規模決定は次の項目により検討し決定した。

- i) 鍾乳洞・グリーンパークと合わせた一般来訪者
- ii) イベント開催時の参加者・ギャラリー
- iii) 施設レイアウトによる利用者数

i) で求めた場合、鍾乳洞の休日の利用者は1000~2000人であり、半数の人が当施設を利用すると考えると150台程度のスペースが必要となる。

ii) では、各種のモータースポーツイベントがダムを中心として開催されており、特にエンデューロラリーでは実績として400台の駐車スペースが必要であり、将来予定としては500台程度が見込まれている。

iii) では、各施設の面積等から利用者数を設定し、必要駐車場台数を求め250台となった。

ここで、イベント開催時の台数は一時的なものであり、特設駐車場を設ける等対応する事とし、また、施設レイアウトによるものについても各施設単独で求めたため利用者の重複が考えられ、計画では i) で求めた台数150台により計画を行うものとした。

5. 周辺整備における規制条件と問題点

ダムの周辺整備については大別して工事实施における問題、完成後の維持管理に関する問題があり、今後、関係機関と協議を行ない解決していかなくてはならない。

現在検討中の規制条件、問題点とその取り組みについて述べる。

5-1 規制条件

(1)保安林と保健保安林の指定

ダム周辺の用地は当麻町が所有しており、水源函養保安林の指定を受けている。

したがって、ダム周辺の開発行為は必然的に林野庁との協議許可行為を必要とする(図-7)。

水源函養保安林は森林の防災機能の発揮によっ

て、豪雨時または融雪時の河川流量の急激な増加や洪水ピークの低減(洪水調節効果)あるいは渇水時における河川流量の維持を確保するために指定される。したがって、森林を伐採開発することは、防災ダム事業の目的から云っても望ましいことではない。

保安林の効用を維持保全しながらその場をレクリエーションの場として利用することを当地区の基本とし、このため、当核林を森林保健機能増進法に基づき保健保安林に指定し、開発行為を行う事とした。これに該当する施設は、①休養施設、②教養文化施設、③スポーツ又はレクリエーション施設④宿泊施設、⑤①～④の施設の利用上必要な施設である。

したがって、キャンプ場、モトクロスコース等は、この増進法の中で運用できるものと考えられ協議申請中である。

(2)建築物等の制限

保健保安林に指定された場合、図-7に示すように種々の制限があり、この条件を満足するよう土地の形質の変更、建築物の大きさ・構造を考えなくてはならない。

ここで、計画を行っている駐車場については、

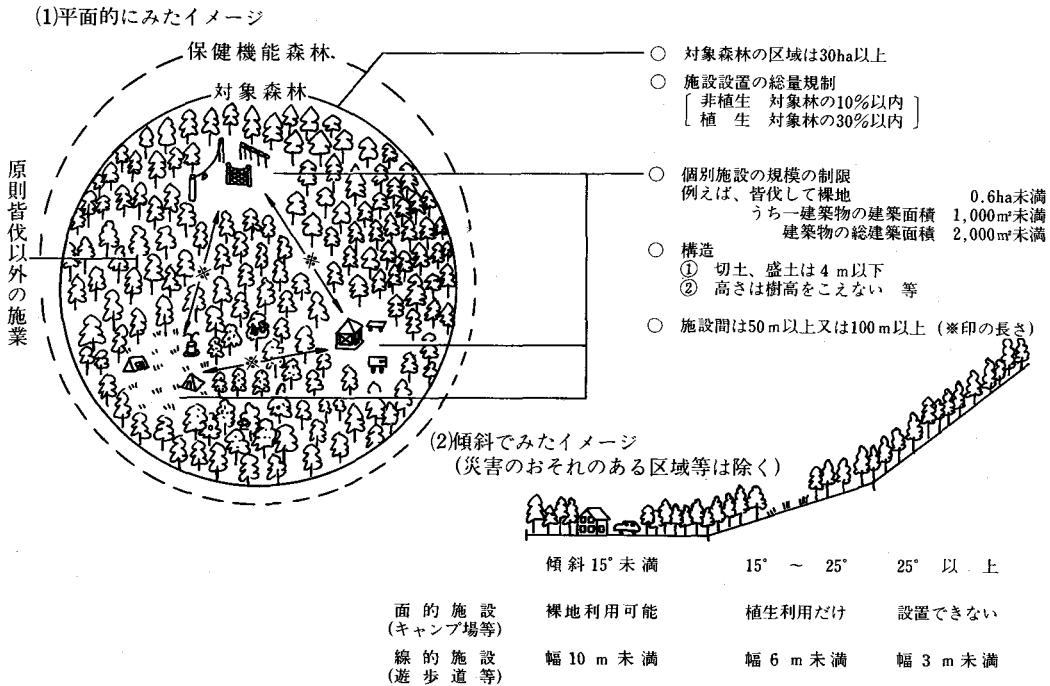


図-7 『技術基準(総量規制及び技術的基準)のイメージ』(森林保健機能増進法の解説、1990)

必要規模から保健保安林内では設置は不可能であり、保安林外に設置する計画である。

5-2 維持管理

(1)管理区分

ダム施設と利活用施設の管理区分を明確にしないてはならない。

ダム施設は現在のところ北海道が管理し、利活用施設については町が管理主体となる計画である。

ダム用地外については、特に問題はないと考えられるが、親水広場、モトクロスコースの一部については、ダム湛水区域の中で計画しており、今後、管理、責任区分について明確化する協議が必要である。

(2)維持管理費

利活用施設は、施設を造り終った時点でお金がかからないというわけではなく、建造後、水道、電気、ゴミ処理、草刈り、清掃等維持管理費に多大な費用がかかる。

これらの費用についても施設利用料金の徴集を含め検討中である。

(3)イベントの開催と自然保護

維持管理費と同様、施設があるから人が来るだ

ろうということではなく、造った施設を利用してもらうには、積極的にイベントの開催等ソフト面の強化も施設の性格上必要と考えられ、今後の大きな課題となる。

また、自然保護についても、大勢の人が自然の中で楽しむことは一歩まちがえれば自然破壊へにもつながり、小鳥のさえずる空間とエンジンの音の響く空間という不調和とも思われるものをいかに共有させるかは、これからの人間と自然との関わり方にもつながっていくことと考えられ、自然保護に対する取組みも忘れてはならないものとしてとらえている。

おわりに

当地区の防災ダムを利用した周辺整備計画は、現時点では、まだ、第1歩を踏み出した段階であり、これから種々の問題等を解決していかなくてはならない。

計画施設が有効に活用され、地域経済の振興に役立ち、同時にダム本体の維持管理に役立つよう、また、恵まれた自然環境の保全に配慮し、自然との調和に注意しながら事業を推進していきたい。

開水路における流水安定のための消波工 (事例解析)

川合 亨*

目 次

1. まえがき	69	4. 計算手順	70
2. 流水安定化のための消波工の事例紹介	69	5. あとがき	71
3. 消波工設計のための解析	70		

1. まえがき

従来、かんがい用水を導水するために数多くの開水路が施工されている。この開水路の流れを安定させるべくその勾配を緩かにすると、その通水断面を大きくしなければならず、経済的な点から不利である。一方、最小エネルギーとなる限界流附近では僅かのエネルギーの変化が大きな水面変動をもたらす、導水の安定上好ましくない。このようなことから開水路の流れを安定させるための条件として、フルード数を $Fr < 0.44$ とすることが提案されている。

ところで導水路は地形勾配や社会的条件をも考慮しながら計画され、かつ、その途中には様々な機能施設、たとえば、沈砂池、分水工、落差工、急流工、サイフォン、トンネル、水路橋および放水工（余水吐）などが施工される。

以上のような導水機能施設の関係で、どうしても流水の水面変動を発生させる場合がある。この報文ではこの水面変動を安定させるべき消波工の事例を紹介し、今後の設計の参考に供することを目的とした。

2. 流水安定化のための消波工の事例紹介

(1)連続落差工を有する開水路の流水の安定¹⁾

ここでの消波工はFig.1に示すような一般に用いられている箱型である。この報文ではこれをA型と仮称した。

この事例は開水路のフルード数 Fr は0.52と比

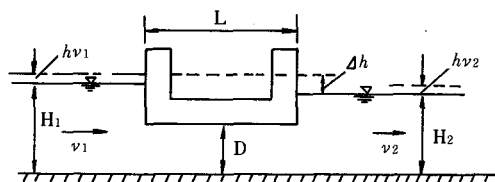


Fig. 1 A型消波工

較的大きく、上・下流に設けられた落差工（連続落差工）により一たび流れに水面変動が発生すると下流へ伝播し、次の落差工でさらに増幅されるという悪循環を生ずる。このような場合、水面変動を防止すべく、落差工2ヶ所当りに一ヶ所の割合で消波工を設置することが望ましいとされている。この事例では水理実験によりFig.1において $D = 0.667H_2$ 、 $L = 2.7H_2$ を与えている。しかし、上流側には1m程度の波返しを設け、さらに上流の両側壁近くにも越水防止コンクリート板を設置している。

(2)急流工下流の流水安定²⁾

ここでの消波工はFig.2で示したように、その形状は下駄型であるがこれをB型と仮称する。

この事例は開水路のフルード数 $Fr = 0.33$ と安

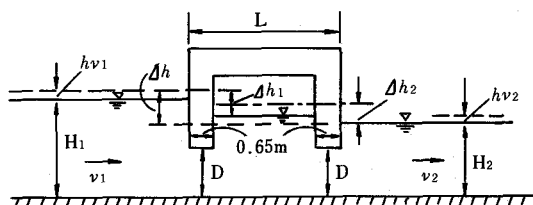


Fig. 2 B型消波工

*菱和コンクリート工業(株)

定した水理条件にあるが、ここでは急流工の下流開水路の水面安定が主目的であった。

この急流工の上流における開水路はこれの直上流において湾曲しており、この影響で僅かではあるが跳水深の左右に差異がみられた。さらに計算上、下流の等流水深より急流工による跳水深が高い。これに加えて、下流に設置されている逆サイフォン工による背水の影響（流れの不連続性による）も考えられた。

このような条件のもとで流れを安定させるべく、水理実験が実施された（農業工学研究所の加藤敬室長による）。この結果、Fig.2の $L \approx 3.8H_2$ で流れの安定を得た。

(3)ハウエルバンガーバルブ直下流の流水安定³⁾

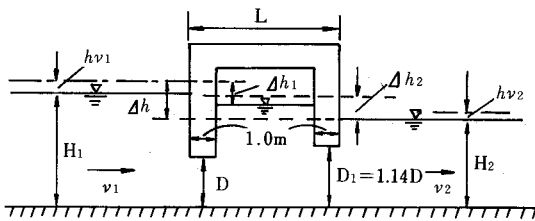


Fig. 3 C型消波工

ここでの消波工はFig.3に示したように、その形状はB型に似ているが上流側の隔壁を下流側より深く挿入している。ここではこれをC型と仮称する。

この場合の水路はトンネルであるがそのフルード数は $Fr=0.2$ である。

この事例はハウエルバンガーバルブから流出する高エネルギーを減勢池内で消費させようとする計画であるが、実験によると減勢池下流の流れを容易に安定させることができなかつた。これの対策として減勢池直下流に消波工が適用され、その目的を達することができた。このときの $L=3.2H_2$ 、上流側の $D=0.72H_2$ であった。

3. 消波工設計のための解析

消波工設計のためにはFig. 1, 2および3で示しているDとL値の決定が必要である。

いま開水路のフルード数 Fr_2 、および消波工による上・下流の水位差 Δh （上流側のエネルギー標高と下流水面との差）として、 $\Delta h/hv_2$ と Fr_2 関係で整理するとAおよびC型では $\Delta h/hv_2$ の値は約2.

3を示した。B型については実験結果を詳細に検討し、 $\Delta h/hv_2=2.3$ でも十分その目的を達すると判断された。したがって、下流水路のフルード数は $Fr_2=0.2\sim 0.52$ の範囲であるならば $\Delta h/hv_2=2.3$ で消波工の目的を達するであろう。それぞれのタイプの選定に当たっては事例紹介の状態に近い条件を満たすことが重要である。

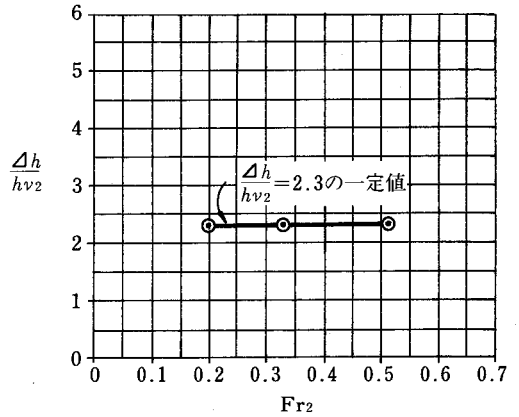


Fig.4 Fr_2 と $\Delta h/hv_2$ の関係

また、L値についてもAおよびC型を基準としてFig. 5を与えた。

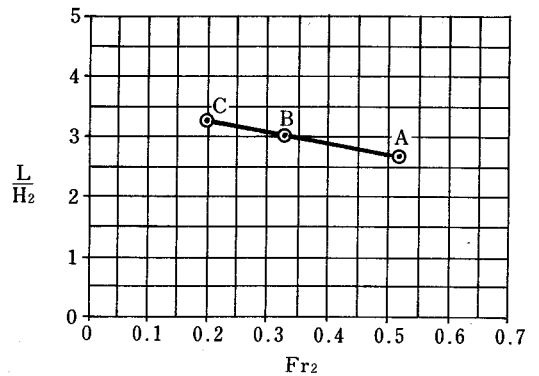


Fig.5 Fr_2 と L/H_2 の関係

4. 計算手順

ここでは計算を容易にするために、その概算法を示す。

各型に対するD値の求め方は流量Q、下流水深 H_2 、水路幅B、フルード数 Fr_2 、および速度水頭 hv_2 とすれば次の通りである。

(1) A型消波工について

下流水路の速度水頭 hv_2 を既知として $\Delta h/hv_2 = 2.3$ より Δh を求める。つぎに消波工下部を通過する流量は

$$D = \sqrt{2g\Delta h} \quad (1)$$

したがって、D値は次式で与えられる。

$$D = Q/B \cdot v \quad (2)$$

(2) B型消波工について

この場合は近似的に次のような手順でその概算値を与える。

$$v_1 = \sqrt{2g\left(\frac{\Delta h}{2}\right)} = \sqrt{g\Delta h} \quad (3)$$

$$v_2 = \sqrt{2g\Delta h} \quad (4)$$

$$D_1 = Q/B \cdot v_1 \quad (5)$$

$$D_2 = Q/B \cdot v_2 \quad (6)$$

$$D_m = (D_1 - D_2)/2 \quad (7)$$

この D_m はFig. 2のD値を示す。

(3) C型消波工について

この場合もB型と同様に(3)~(7)式の手順を実行する。

一方、このタイプの設計条件により

$$D_m = (D + 1.14D)/2 = 1.07D \quad (8)$$

上流側の隔壁によるD値は

$$D = D_m/1.07 \quad (9)$$

下流側の隔壁による D_1 値は

$$D_1 = 1.14D \quad (10)$$

によって求めることができる。

5. あとがき

ここでは連続落差工を有する開水路、急流工直下流の流水およびダムなどの取水施設に用いられるハウエルバンガーバルブ減勢池下流における流れの安定等を考えて消波工を紹介した。

この外にも様々な導水路機能施設によって不安定な流れが発生する可能性があるかも知れない。

圧力によって強制的に消波するA型、2枚の隔壁の間に空気クッションを設けて消波するBおよびC型などがある。筆者が実際に観察したC型の水理実験による消波工下流の流れが大変静穏であったことは強烈的な印象として今でも心に残っている。

なお、ここで紹介した事例と異なる場合には実施の段階において、水理実験により一応確認されることが望ましい。

最後に、B型の水理実験については加藤敬氏の御協力を得た、ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 石野捷治：間違い易い水理設計—水路に関する事項—水と土、第40号、農業土木技術研究会、1980.
- 2) 加藤 敬：未発表、農業工学研究所
- 3) 山田茂喜：ハウエルバンガーバルブによる放水のために設ける放流水槽の減勢に関する実験的研究、農土試報告第2号、1964

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
東京都港区新橋5-34-3 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, 表を含め研究会原稿用紙(242字)60枚までとする。
- 4 原稿はなるべく当会規定の原稿規定用紙を用い(請求次第送付), 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, 農業土木標準用語事典に準じられたい。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 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し, それぞれ本文中のそう入個所を欄外に指定し, 写真, 図, 表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 6 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。原図はトレーサーが判断に迷わないよう, はっきりしていて, まぎらわしいところは注記をされたい。
- 7 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 α (アルファ)
r(アール)と γ (ガンマー) k(ケイ)と κ (カッパ)
w(ダブリュー)と ω (オメガ) x(エックス)と χ (カイ)
l(イチ)とl(エル) g(ジー)とq(キュー)
E(イー)と ϵ (イプシロン) v(バイ)と υ (ウプシロン)
など
- 8 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
数字は一マスに二つまでとすること
- 9 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
- 10 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。
- 11 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること
- 12 掲載の分は稿料を呈す。
- 13 別刷は, 実費を著者が負担する。

農業土木技術研究会入会の手引

1. 入会手続

- ① 入会申込みは研究会事務局へ直接又は職場連絡員へ申し込んで下さい。申込書は任意ですが、氏名、所属を明示下さい。
- ② 入会申込みはいつでも結構ですが、年度途中の場合の会費は会誌の在庫状況により決定されま
- ③ 入会申込みと同時に会費を納入していただきます。

2. 会費の納入方法

- ① 年会費は2,300円です。入会以後は毎年6月末までに一括して納入していただきます。

3. 農業土木技術研究会の活動内容

- ① 機関誌「水と土」の発行……年4回（季刊）
- ② 研修会の開催……年1回（通常は毎年2～3月頃）

4. 機関誌「水と土」の位置づけと歴史

- ① 「水と土」は会員相互の技術交流の場です。益々広域化複雑化していく土地改良事業の中で各々の事業所等が実施している多方面にわたっての調査、研究、施工内容は貴重な組織的財産です。これらの情報を交換し合って技術の発展を図りたいものです。

② 「水と土」の歴史

（農業土木技術研究会は以下の歴史をもっており組織の技術が継続されています。）

- S28年………コンクリートダム研究会の発足
『コンクリートダム』の発刊
- S31年………フィルダムを含めてダム研究会に拡大
『土とコンクリート』に変更
- S36年………水路研究会の発足
『水路』の発刊
- S45年………両研究会の合併
農業土木技術研究会の発足 ←
『水と土』

入 会 申 込 書

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏 名：

所 属：

会 告

農業土木技術研究会役員名簿（平成3年度）

会 長	内藤 克美	水資源開発公団理事
副 会 長	中道 宏	構造改善局建設部長
理 事	志村 博康	東京大学教授
	黒澤 正敬	構造改善局設計課長
	佐藤 昭郎	水利課長
	片岡 泰三	首席農業土木専門官
	久保田昭彦	関東農政局建設部長
	白石 英彦	農業工学研究所長
	黒川 義孝	北海道開発庁農林水産課長
	川田 弘二	茨城県農地部長
	杉浦 英明	水資源開発公団第二工務部長
	坂根 勇	(社)土地改良建設協会専務理事
	中島 哲生	(社)農業土木事業協会専務理事
	北村 純一	(株)三祐コンサルタンツ常務取締役
	伊東 久彌	西松建設(株)常務取締役
	塚原 真市	大豊建設(株)専務取締役
監 事	村松 雄介	関東農政局設計課長
	池田 実	(株)日本農業土木コンサルタンツ副社長
常任顧問	森本 茂俊	構造改善局次長
	中川 稔	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	岡部 三郎	参議院議員
	須藤良太郎	
	小林 国司	(社)畑地農業振興会会長
	梶木 又三	全国土地改良事業団体連合会副会長
	福田 仁志	東京大学名誉教授
	福沢 達一	(株)農業土木会館代表取締役社長
編集委員長	片岡 泰三	構造改善局設計課
常任幹事	廣瀬 峰生	事業計画課
編集委員	高祖 幸晴	設計課
	萩原 恒躬	整理課
総務部長	久郷 徳壽	全国農業土木技術連盟総務部長
幹 事	進藤 惣治	構造改善局地域計画課
編集委員	内田 実	資源課
	堀内 正之	事業計画課
	須田 直也	施工企画調整室
	菅野 幸臣	水利課
	佐藤 具揮	
	坂根 勇	整備課
	塩屋 俊一	開発課

幹 事	印藤 久喜	構造改善局開発課
編集委員	谷 省治	防災課
	荻原 俊一	関東農政局設計課
	丹治 肇	農業工学研究所水工部
	稲森 幹八	国土庁調整課
	高見 英之	水資源公団第2工務部設計課
	土岐 昭義	農用地整備公団業務部業務課
	中森 一郎	(財)日本農業土木総合研究所

賛 助 会 員

(株) 荏原製作所	3口
(株) 大林 組	
(株) 熊谷 組	
佐藤工業(株)	
(株)三祐コンサルタンツ	
大成建設(株)	
玉野総合コンサルタント(株)	
太陽コンサルタンツ(株)	
(株)電業社機械製作所	
(株) 西島製作所	
西松建設(株)	
日本技研(株)	
(株)日本水工コンサルタント	
(株)日本農業土木コンサルタンツ	
(財)日本農業土木総合研究所	
(株) 間 組	
(株) 日立製作所	
Fe石炭工業技術研究所	
(18社)	
(株) 青木建設	2口
(株) 奥村組	
勝村建設(株)	
株木建設(株)	
(株) 栗本鉄工所	
三幸建設工業(株)	
住友建設(株)	
大豊建設(株)	
(株) 竹中土木	
田中建設(株)	
日石合樹製品(株)	
前田建設工業(株)	
三井建設(株)	
住友金属工業	
(14社)	
(株)アイ・エヌ・エー1口	
アイサワ工業(株)	
青葉工業(株)	

旭コンクリート工業(株)	1口	西日本調査設計(株)	1口
旭測量設計(株)	〃	福井県土地改良事業団体連合会	〃
茨城県農業土木研究会	〃	福岡県農林建設企業体岩崎建設(株)	〃
上田建設(株)	〃	(株) 婦 中 興 業	〃
(株)ウォーター・エンジニアリング	〃	(株) 豊 蔵 組	〃
梅林建設(株)	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
エスケー産業(株)	〃	(株)北海道農業近代化コンサルタント	〃
(株) 大 本 組	〃	堀 内 建 設 (株)	〃
大野建設コンサルタント(株)	〃	前 田 製 管 (株)	〃
神奈川県農業土木建設協会	〃	前 沢 工 業 (株)	〃
技研興業(株)	〃	真 柄 建 設 (株)	〃
(株) 木 下 組	〃	(株) 舛 ノ 内 組	〃
岐阜県土木用ブロック工業組合	〃	丸 伊 工 業 (株)	〃
(株) クボタ建設	〃	丸 か 建 設 (株)	〃
(株) ク ボ タ (大阪)	〃	(株)丸島アクアシステム	〃
(株) ク ボ タ (東京)	〃	丸誠重工業(株)東京支社	〃
(株) 古 賀 組	〃	水資源開発公団	〃
(株) 古郡工務所	〃	水資源開発公団沼田総合管理所	〃
(株) 後 藤 組	〃	宮 本 建 設 (株)	〃
小林建設工業(株)	〃	ミサワリゾート(株)	〃
五 洋 建 設 (株)	〃	山崎ヒューム管(株)	〃
佐 藤 企 業 (株)	〃	菱 和 建 設 (株)	〃
(株) 佐 藤 組	〃	若鈴コンサルタンツ(株)	〃
(株) 塩 谷 組	〃		
昭 栄 建 設 (株)	〃		(73社)
新光コンサルタンツ(株)	〃	(アイウエオ順)	計 105社 155口
須 崎 工 業 (株)	〃		
世紀東急工業(株)	〃		
大成建設(株)四国支店	〃		
大和設備工事(株)	〃		
高 橋 建 設 (株)	〃		
高 弥 建 設 (株)	〃		
(株) 田原製作所	〃		
中国四国農政局土地改良技術事務所	〃		
(株)チェリーコンサルタンツ	〃		
中央 開 発 (株)	〃		
東 急 建 設 (株)	〃		
東 邦 技 術 (株)	〃		
東洋測量設計(株)	〃		
(株)土木測器センター	〃		
中川ヒューム管工業(株)	〃		
日兼特殊工業(株)	〃		
日本国土開発(株)	〃		
日本大学生産工学部図書館	〃		
日本ヒューム管(株)	〃		
日本プレスコンクリート(株)	〃		
日 本 舗 道 (株)	〃		

農業土木技術研究会会員数

地方名	通 常 会 員							地方名	通 常 会 員						
	県	農水省 関係	公団 等	学校	個人	法人	外国		県	農水省 関係	公団 等	学校	個人	法人	外国
北海道	116	385	4	9	24			近畿	滋賀	41	6	5	1	4	
東	青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島	森手	34		2			京都	42	67	1	6	5		
		城田	31	6	1	3		大阪	18		1	5	5		
		形島	63		5	19		兵庫	43	10		4	3		
			1		2	6		奈良	51	27			5		
			5	2	1	1		和歌山	35	6					
北	小計	294	188	8	11	30		畿	小計	230	116	7	16	22	
関	茨城 群馬 埼玉 千葉 東京 神奈川 山梨 長野	城木	58	9	3	9		中国	鳥取	32	10		2	4	
		馬場	27			2			島根	64	17		6		
		玉葉	18	2	1				岡山	113	50		4	4	
		京	20		13	1	19		広島	52	7			2	
		川	22	13	9	1	14		山口	32	2		1	1	
		梨	4	9	68	14	20		徳島	21	3	1		1	
		野	44	177		4	18		香川	44	3		6	3	
		岡	41	7	1	3	1		愛媛	75	17		5	3	
		静	94	11		4	4		高知	43	6		1	1	
		東	小計	544	340	102	26		87		九	福	30	15	27
北	新富 石川 福井	新富	55	1	2	3		州	佐	23	11			3	
		石川	15			3			賀	43	8			1	
		福井	58			7			崎	24	38	6		2	
			7		2	7			本	43	3	1			
			45		1	1			分	29	10		3	1	
陸	小計	236	135	1	4	14		崎	73	8					
東	岐阜 愛知	岐阜	22		4	6		九	本	26	21				
		愛知	131	42	1	7			分	7	8				
			2	2	1	6			崎	21	1				
海	小計	213	155	44	6	19		島	23	1					
合 計								2,400 1,548 202 107 232 776 20							
総 合 計								5,285名							

編 集 後 記

昨今、農業や農村を取りまく環境が大きく変化している。西暦2000年を見越した農業農村整備事業と技術の展開が求められている。“物”を作る事業から“機能”を提供する事業への移行である。ニーズに合わせ“物”を必要な時に必要な場所へ必要なだけ配ることが“機能”である。この物には、水のように実体のあるものばかりか、実体のない情報・サービスまで含まれる。今後の事業の展開には、情報等の収集・生産・発送の組織化が求められる。

そこで、情報流通の場として会員各位による一層の本誌への投稿を望む。

最近関東農政局土地改良技術事務所では、農業土木関係の国・県・団体職員を対象にパソコン通信関東Netを開設した。この対象者で本誌へのご意見がありましたら、NK0002までどしどし電子メールをお送り下さい。

関東Net (Tel 0482-51-3251) (24時間) 1200,2400 BPS,MNP5,SHIFT-JIS

(農業工学研究所 丹治 肇)

水 と 土 第 86 号

平成3年9月25日発行

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

農業土木技術研究会
TEL (3436) 1960 振替口座 東京 8-2891

印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

一世印刷株式会社
TEL (3952) 5651 (代表)