

## 17.3 農業用水利施設の補修・改修計画技術に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：水利基盤チーム（寒地農業基盤研究グループ）  
寒地技術推進室（技術開発調整監付）

研究担当者：中村和正、小野寺康浩、佐藤智、須藤勇二、  
多田大嗣、横木淳一、川辺明子、門脇秀樹、  
岡下敏明、石井邦之、池田晴彦、細川博明

### 【要旨】

農業水利施設の補修・改修を進めるうえで不可欠な劣化予測について、摩耗劣化に関する健全度の簡便な評価手法や健全度の経年変化の予測の事例を分析した。また、補修・改修の優先順位決定方法についての事例収集・分析を行い、複数施設の間での補修・改修の優先順位の決定手法を分析した。複数施設の間での優先順位決定には、何らかの便益・緊急性を評価する必要があるが、これを金銭換算することは困難であり、評価には複雑な評価手法のほかに簡便な考え方が用いられている事例があった。

平成 20 年度から着手した、改修後の水田用水施設における水管理実態調査では、施設改修により用水供給が安定するとともに維持管理労力・費用の軽減や渇水時の対応の容易化などの効果が得られていること、新たな水管理施設では水位・流量の監視地点数の不足の意見もないことなどから新たな水管理システムへは概ね円滑に移行されているといえること、などが明らかになった。

キーワード：農業水利施設、機能診断、ライフサイクルコスト、土地改良区

### 1. はじめに

農業用水路を低コストで良好に維持管理するためには、送配水機能診断と構造機能診断の結果を総合的に検討し、必要に応じて適切な工法で補修・改修を実施しなければならない。本個別課題では、寒冷地農業用水施設を補修・改修する場合の対策の工法や時期の選択方法、異なる施設間での対策実施の優先順位の決定方法などを検討して、補修・改修計画技術の提案を行う。また、今後の施設改修計画の参考とするため、改修後の用水施設における水管理実態を調査する。

平成 18 年度には、北海道内の水利施設に対する機能診断事例を分析し、技術者が機能診断および予防保全対策立案を進めるうえで手法・知見の向上が求められている事柄を整理した。

また、平成 19 年度には、農業水利施設の補修・改修の優先順位の決定方法について、事例収集・分析を行った。

平成 20 年度には、事例収集・分析を継続するとともに、空知支庁管内にあるのべ 9 箇所の土地改良区での改修後の用水施設における水管理状況について聞き取り調査を行った。

ここでは、それらの概要について報告する。

### 2. 劣化予測の現状と課題

#### 2.1 目的と方法

農業用水利施設の維持管理については、平成 15 年度に「国営造成水利施設保全対策指導事業」が創設され、基本的な考え方が事後保全から予防保全に転換された。これを受けて、平成 19 年 3 月には、「農業水利施設の機能保全の手引き」<sup>1)</sup>や「農業水利施設ストックマネジメントマニュアル」<sup>2)</sup>などが整備された。しかしながら、現時点では、積雪寒冷地における機能診断・予防保全対策の立案を技術者が進めるうえで、かならずしも十分な知見・データがそろっているわけではない。特に、予防保全に不可欠な劣化予測については、その手法や基礎データが不十分である。

本章では、農業水利施設の維持補修に関する既往文献や他分野での事例をもとにして、劣化予測の現状と課題について述べる。

#### 2.2 施設の劣化の予測手法

補修・改修の要否や適切な実施時期の判断を行うには劣化予測が必要である。劣化予測手法には、統計モデル（単一劣化曲線モデルやマルコフ連鎖モデル）と

個別劣化現象モデルがある。現在のところ、農業水利施設の劣化とその要因は明確になっていないことから個別劣化現象モデルを採用することは困難であるため、統計モデルの採用が勧められている<sup>2)</sup>。

統計モデルの利用のために必要な劣化進行パターンについての研究例としては、北陸地域のコンクリート開水路を研究対象とした北村ら<sup>3)</sup>がある。北村ら<sup>3)</sup>は、壁面の摩耗劣化と継目劣化について、それぞれ5段階の健全度評価基準を提案し、約1,400箇所水路躯体・継目を評価した上で、健全度が供用年数の1次式で近似できることを示した。北村ら<sup>3)</sup>の摩耗劣化についての評価基準を表-1に示す。

表-1 壁面の摩耗劣化の健全度評価基準<sup>3)</sup>

健全度	定義	標準的な状態
5	コンクリートの表面に変状がない期間	施工完了後のようにコンクリート表面が滑らかな状態。
4	セメントペーストが流出する期間	表面のセメントペーストが流出し、ざらついている。
3	細骨材の流出が始まった期間	表面の細骨材が流され、粗骨材が見え始めている。
2	細骨材の流出が進んだ期間	粗骨材の粒子が半分程度露出している。
1	粗骨材の流出する期間	粗骨材が剥離している。

注) 水路壁面の灌漑期水位以下の部分を評価対象とする。

また、北村ら<sup>4)</sup>や本間ら<sup>5)</sup>は、表-1と同様の健全度を簡易な計測から判定できるように、型取りゲージによる計測値から算出する算術平均粗さ( $R_a$ )による判定方法を提案した。この方法では、健全度は $R_a$ の1次式で表すことができる。

積雪寒冷地では、北村ら<sup>3)</sup>のような手法の適用性検証とともに凍害による劣化の評価を含めた予測手法の検討が必要である。

### 2.3 補修・改修後の再劣化の予測

補修・改修の経済効果を検討するうえでは、現況施設の劣化予測手法のほかに、対策工法の適用性や耐久性に関する知見が必要である。これに関する知見は限られているが、たとえば北村ら<sup>3)</sup>は、コンクリート開水路の補修後の再劣化予測は、補修を必要としなかった躯体についての予測式で可能であると述べている。

積雪寒冷地においては、補修後の再劣化についてのデータがほとんどない。そのため、関連する個別課題(17.2)において、試験施工により検証中である。

### 2.4 劣化・変状と施設機能の対応性

施設全体の機能劣化を予測するためには、その因子となる局所的な劣化や変状が、施設全体のどのような機能を低下させるかという対応関係が必要である。

たとえば本間ら<sup>6)</sup>は、壁高1.5m、幅2.5mの限られ

た条件ながら、表-1と同様の健全度評価と構造的機能の関連づけを行い、健全度評価1は、鉄筋引張応力が許容応力度を越える少し前の段階に相当すると述べている。

また秀島<sup>7)</sup>は、北海道の水田用水で近代的な水路設計手法が確立する途中に採用されていたL字型ブロック水路について、潜在構造分析モデル手法によって、機能変化の構造を分析した。

今後、道内で見られる主要な形式の用水路に対しての健全度評価指標と構造機能の関連づけが必要である。

## 2.5 他分野での劣化予測の事例

農業用水路と同様に線状の施設である国道では、1970年代から舗装の維持修繕計画に関する全国的な調査研究が行われた。その調査研究の結果として、ひび割れ率(%)、わだち掘れ量(mm)、縦断凹凸量(mm)といった計測可能な3種のデータによる計算式で、舗装の供用性の10段階表示による評価ができるとされ、評価指標として維持管理指数MCI(Maintenance Control Index)が提案された<sup>8)</sup>。その後、上記の3種のデータの経年変化の予測式が開発され、その予測値の代入によるMCIの経年変化の予測、すなわち劣化予測が行われるようになった。また、スパイクタイヤからスタッドレスタイヤへの切り替えに伴う寒冷地での路面性状予測式の見直し<sup>9)</sup>なども実施されている。

なお、これらの予測手法の開発・改良には、路面データの蓄積されたデータベースが大きく寄与しており、たとえば北海道内の国道は、3年に1度の路面性状測定が行われている<sup>9)</sup>。農業水利施設の分野でもデータベース化が進められているが、過去の日常的点検記録・変状データが不足しており<sup>10)</sup>、劣化予測のためには今後のデータの蓄積が必要である。

## 3. 補修・改修の優先順位決定方法の検討

### 3.1 目的と方法

農業水利施設の予防保全対策を行う上での調査・計画の考え方を述べている「農業水利施設の機能保全の手引き」<sup>1)</sup>(以下、手引きと略記する)では、調査・計画の流れを次のような順序で示している。

- a. 日常管理
- b. 機能診断評価
- c. 対策工法の検討
- d. 機能保全コストの算定・比較
- e. 機能保全計画の作成

機能保全対策の必要な施設に対する施工順序は、e.の段階で決定することとされているが、その方法につ

いては「機能保全コストの比較により算定されたシナリオを基本としながら、関係者（土地改良区、関係行政機関等）の意向や意見を踏まえるプロセスを経て、整備計画を策定する必要がある。」と述べられているだけで、具体的な手法は示されていない。

そのため、ここでは補修・改修計画を策定する上で重要な、対策施工の優先順位の決定方法について、農業水利施設における既往の事例を収集・整理する<sup>11)</sup>。

なお、適切な補修・改修を進めるためには、補修・改修の優先順序の決定手法だけではなく、中長期的な維持補修費の確保が前提となる。この点については、本研究では扱わないが、北村と本間<sup>12)</sup>はわが国の公会計で一般的な単式簿記では中長期的な維持補修費の把握は困難であり、「中長期的視点からの、施設の劣化状況を考慮に入れた資産価値の推移や、将来にわたって必要な毎年度の維持補修費の適切な把握」を行える会計手法としてインフラ会計の導入が必要であるとしている。また、インフラ会計についての詳細な検討例としては、北村ら<sup>13)</sup>がある。

### 3.2 ライフサイクルコスト手法の特徴

投資プロジェクトの経済分析手法は、便益と費用を考慮するものと、費用のみを考慮するものに分けられる。ライフサイクルコスト（LCC）手法は後者に属し、北村ら<sup>14)</sup>は、困難な便益計算が省略できることで、意志決定が早くなるなどの利点があるとしている。また、LCC手法の適用できる事例として、既存施設の維持補修をあげている。この場合、複数の選択肢があっても、それらの維持補修の実施により得られる便益の差が小さいと考えられるから、選択肢相互の得失はLCCだけを比較すれば把握できるとしている。

LCCには、施設建設費や供用期間中の維持保全コスト、廃棄のための経費が含まれる。しかし、手引きにおいては、LCCから施設建設費や廃棄のための経費を控除したものを「機能保全コスト」と呼び、算定の簡便なこの指標を選択肢の比較に用いることとしている。手引きでは、機能保全コストを利用可能な理由として、農業水利施設のストックマネジメントでは現存する施設の維持補修方法を考えるので建設費を考慮する必要がないこと、施設の機能を永続的に確保することを前提としていることをあげている。

### 3.3 複数施設間の優先順位検討へのLCC適用性

前節で述べたように、LCCや機能保全コストは、ある単独の施設を機能保全するとき、最も経済的な方法を選び出すための指標である<sup>14)</sup>。しかし、2つの施設の維持補修の優先順位の比較のように、便益が異な

る選択肢を比較する場合には、この指標は使用できない。

## 3.4 優先順位決定事例

### 3.4.1 優先順位決定が必要な場面の分類

ある地域の農業水利施設に対して機能保全計画を作るうえで、いくつかの施設間での優先順位を決める必要が生じる場合がある。たとえば、次のような例が考えられる（図-1参照）。

- 同一地域での同種施設間での比較  
（例えば、A地域内での用水路区間aと区間bの比較）
- 複数地域にまたがる同種施設の比較  
（例えば、A地域とB地域の3カ所の排水機場の比較）
- 同一地域での異種施設での比較  
（例えば、A地域での用水路区間a、頭首工HW<sub>1</sub>、排水路区間tの間の比較）
- 複数地域にまたがる異種施設での比較  
（例えば、A地域の用水路区間a、B地域の頭首工HW<sub>2</sub>、B地域の排水機場P<sub>3</sub>の間の比較）

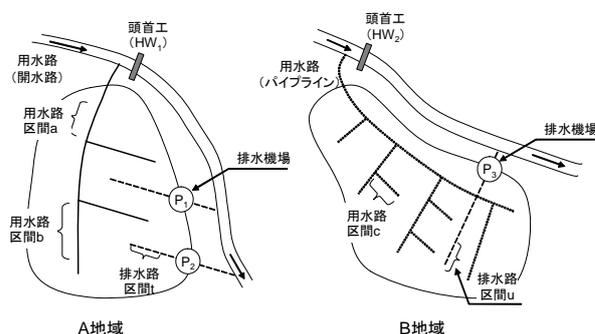


図-1 優先順位を比較する施設の例

### 3.4.2 同一地域内の同種施設間での比較

1970年代から80年代にかけて建設された木曾川用水右岸地区では、経過年数の短い時期から生じていた継手での出水のほか、埋設後25年程度を経過したPC管の管体そのものの破裂も生じるようになってきたため、劣化対策が検討された<sup>15)</sup>。

本地区での対策区間優先度の考え方は、表-2のとおりである。表に示されている「劣化管」とは、過去に出水履歴のある管や、試掘調査により劣化が確認された管である。また、過去の出水のうち、内水圧0.3MPa以上の区間で生じているものが約8割を占めることから、内水圧による区分がなされている。さらに、道路・鉄道下で生じたものが約7割あること、河川横断区間や民家隣接区間では二次災害のおそれがあることから、

表-2 対策区間優先度の考え方<sup>15)</sup>

劣化管の有無	内水圧	二次災害防止の必要性	区分
あり	0.3MPa以上	あり	優先度 A
なし	0.3MPa以上	あり	
あり	0.3MPa未満	あり	優先度 B
なし	0.3MPa未満	あり	
あり	0.3MPa以上	なし	優先度 C
あり	0.3MPa未満	なし	
なし	0.3MPa以上	なし	緊急劣化対策区間外
なし	0.3MPa未満	なし	

二次災害防止の必要性も判断指標の一つとしてあげられている。

このように、本地区では対策実施の優先度の決定にLCCや機能保全コストは使われておらず、二次災害のおそれの有無が、区間ごとの優先順検討における最優先の判断材料となり、さらに劣化管の有無と内水圧の大きさが判断材料となっている。

### 3.4.3 複数の地域にまたがる同種施設の比較

丹治と蘭<sup>16)</sup>は、5カ所の排水機場の更新順序の決定方法の検討を例にして、LCC手法の限界を次のように説明している。すなわち、LCC手法を用いると、1つの施設について最適な対策時期を決定することができる。施設が複数ある場合には、LCC手法により、それぞれに対する最適対策時期が決まるから、予算の制約がない場合には、その順に従って対策を実施すればよい。しかし、実際には予算の制約があるため、各施設の対策時期は最適時期を逃してしまい、LCCでは容易に優先順位を決められない。

丹治と蘭<sup>16)</sup>は、規模や老朽化している部分がさまざまに異なる5カ所の排水機場がある場合を想定し、AHP (Analytic Hierarchy Process) による順位付けを示している。その事例は、次のようである。

- 排水機場の各点検項目の状況を5段階で評価する。5は何とか動く状態、1は問題のない状態である(表-3)。
- 各点検項目の重要性を、排水機場としての機能にとっての重要性の観点で決める(表-4)。
- aとbの重み付き平均を総合評価とする(表-5)。機場Aを例にとると  $71=5 \times 5 + 5 \times 2 + 5 \times 3 + 1 \times 1 + 5 \times 4$  である。この総合評価で順位付けをする。

### 3.4.4 同一地域の異種施設に対する優先順位

#### 1) アルバータ州の事例

アルバータ州南部の約5万haの灌漑区(Irrigation District)では、機能保全計画策定のために、用水路や排水路、その他の施設の対策実施優先順位の決定方法

表-3 排水機場の健全度チェック<sup>16)</sup>

機場名	主ポンプ	除塵装置	電気設備	クレーン	基礎
A	5	5	5	1	5
B	5	5	5	1	3
C	3	1	3	1	1
D	4	5	1	1	2
E	3	3	4	1	1
F	4	1	1	1	1
G	1	1	1	1	1

表-4 検査項目の重要度<sup>16)</sup>

項目	主ポンプ	除塵装置	電気設備	クレーン	基礎
重み	5	2	3	1	4

表-5 AHPによる総合評価の例<sup>16)</sup>

機場名	総合評価	順位
A	71	1
B	63	2
C	31	3
D	42	4
E	38	5
F	30	6
G	15	7

を開発した<sup>17)</sup>。この方法は、基本的には費用便益比B/Cの考え方をを用いているが、便益の代わりに「緊急度(urgency)の低下度」を用いている。

この灌漑区では、用水路(区間ごと)や排水路、各種構造物の状態調査を詳細に行い、これをもとに用水路と排水路の補修の緊急度評価を行っている。緊急度は、対象物の規模、対象物が地区の用排水でしめる重要性、構造機能的劣化状態や漏水、容量不足などの項目ごとの各点数に、それぞれの重み付け係数が乗じられ、それらの合計として計算されている。これらの重み付け係数により、規模の大きな水路が優先されやすくなるなどの傾向を抑制している。

費用の算出にも、統一された単価や方法が用いられており、用水路や排水路の状況調査結果から、コンピューターで算出できるようになっている。

緊急度を求めるための重み付け係数の決定は、灌漑区に属する農家から選出された委員会が行っている。重み付け係数は、緊急度の算出結果が大勢の了解を得られるようなものとなるように調整され、決定される。

#### 2) 国内の国営造成農業用水路の事例

蘭<sup>18)</sup>は、国営事業で造成された多様な規模の開水

路・トンネル・暗渠・パイプラインで構成される水利施設の補修において、ライフサイクルコストの最小化だけを指標とする補修計画では毎年度の補修費用が変動するため、補修費用の大きい年度に補修を予定される施設のうちの優先順位の決定方法を提案した。この研究では、本来であれば、補修時期を遅らせることにより生じる用水管理労力の増大、パイプラインであれば漏水事故の頻度の増大による外部へ影響などを比較することが望ましいが、これらの金銭評価が困難であるため、比較する施設ごとに次のような評価値を算出して優先順位を決めた。

$$\text{総合評価} = \text{第三者被害} \times 6 + \text{復旧困難性} \\ \times 1 + \text{水利機能} \times 3$$

ここで、第三者被害は、住宅や道路の密度や圧力水の噴出の可否を考慮して最も被害が大きいと想定される場合を5とする5段階で評価し、復旧困難性は事故が起きた場合の復旧工事のアクセスについて最も難しい場合を5とする5段階で評価することとしている。また、水利機能は、比較する施設ごとに漏水箇所数と当該区間の平均流量の積として「漏水指標」を算出し、漏水指標の最大値が5となるように換算した「換算指標」を上式に代入することとしている。なお、上式における各項の係数(6、1、3)は、管理者からの聞き取りで決定した重み付けの係数である。

最終的な補修順序は、上記の総合評価の低いものの補修を遅らせる案を3通り作成して、総合的な比較検討を行い決定している。

### 3.4.5 複数地区にまたがる異種施設間での比較

複数地区にまたがる異なる工種での比較の事例となる既往文献を見いだすことはできなかった。しかし、この場合の比較には、上記のアルバータ州南部の事例や蘭<sup>18)</sup>と同様の手法が適用可能であると考えられる。

## 3.5 考察と今後の検討方向

上に述べたように、LCC手法では機能保全計画における優先順位を決定できない。そのため、3.4.3では表-5のような総合評価の算出が、また3.4.4では緊急度や総合評価の算出が必要であった。これらは、ある種の便益計算といえる。また、3.4.2においても、二次災害の防止などが優先順位決定の大きな指標となっており、これは対策の実施によって得られる便益の比較といえる。

これらのことから、優先順位の決定には、便益(あるいは緊急度)を評価する何らかの手法が必要である

と考えられる。北村ら<sup>14)</sup>は、経済分析手法のうち便益を考慮するものについては、便益計算が困難であるということを短所としてあげている。また、蘭<sup>18)</sup>も補修を遅らせることによる負の影響の金銭換算は、困難であると述べている。それゆえ、今後の研究方向の1つとしては、便益や緊急度などの簡便な評価方法の検討が必要であると考えられる。

また、高圧のパイプラインについては、漏水事故が重大な二次災害を引き起こす懸念が大きいいため、今後は緊急度の評価による優先順位の決定方法が求められると考えられる。3.4.2の木曾川用水右岸地区の事例では、二次災害の危険性は、有と無の2分化した評価だけを用いていた。これに対し中ら<sup>19)</sup>は、個別事故による損害についての詳細なデータ蓄積による、リスク管理の必要性を述べている。北海道内の畑地灌漑施設は、高圧管路が多いという特徴があるため、漏水発生箇所の傾向のほか、それらの事故により発生した損害の定量化・データベース化が必要である。

## 4. 改修後の用水施設における水管理状況調査<sup>20)</sup>

### 4.1 目的と方法

農業水利施設の改修を実施する上では、過去の改修が当該地区での用水管理をどのように改善したか、またどのような課題があったかを事例的に整理し、計画に反映することが重要である。そこで、水管理の実態について、実際に管理、操作を行っている土地改良区の意見を把握するために、管理労力や管理費用等の改修による変化や、改修後の用水路や水管理システム等の操作状況を聞き取った。

2008年度は、表-6に示す3地区、のべ9土地改良区の聞き取り調査を行った。

### 4.2 聞き取り結果

#### 4.2.1 用水施設改修の効果と課題

##### 1)揚水機の減少と維持管理費の変化

ほとんどの土地改良区において、幹線水路の路線変更や管水路化により、自然圧での送水が可能となる範囲が広がったことで、大小の揚水機場を廃止することができ、管理労力や管理費用が減少した。たとえばD土地改良区では、改修で揚水機の数が概ね1/3に減った事により、電気代も約1/3になった。

##### 2)管理労力・費用の節減

開水路の時代には末端でも分水量の調整が必要であったが、末端のパイプライン化により管理人数は半分以下になり労力・費用削減になった土地改良区が多い。

表-6 調査した土地改良区の概要

国営事業地区	土地改良区	主 な 水 路 形 式	水 管 理 の 概 要
No.1	A	幹線用水路がオープンタイプパイプラインで、支線用水路が開水路である。	A土地改良区では、Aダムがかりの水利系統全体の情報を見ながら、B、C、D土地改良区への送水を管理している。他の3土地改良区は、それぞれの区域内の情報だけを把握している。
	B	幹線用水路は2条ある。そのうち1条は幹線・支線とも開水路である。もう1条は幹線がオープンタイプパイプラインで、支線はクローズタイプパイプラインである。	頭首工・揚水機場・用水路を2人体制で土地改良区が管理している。末端分水の箇所については管理組合(農家)が水管理を行っている。
	C	A土地改良区からの導水幹線用水路と一部の支線用水路以外は、すべて開水路である。	1カ所のダムの管理を含めて、3名の管理人に送配水管理を委託している。
	D	幹線用水路には、開水路とオープンタイプパイプラインがある。支線用水路は開水路が多く、オープンタイプパイプラインもある。支線がパイプラインの場合でも末端までパイプラインが連続する場所は無く、途中から開水路になっている。	発電用のDダムの取水ゲートから末端約10haまでの幹線・支線全てを土地改良区で管理している。管理は委託した管理人が行っている。
No.2	E	幹線用水路は開水路である。管理区域に約120kmある支線用水路は、開水路と管水路が概ね半分ずつの延長で存在する。支線の管水路はオープンタイプとクローズタイプがあり、圃場への末端はクローズタイプである。	頭首工は基幹水利事業により委託で1人で、用水路の巡視員は3人で、それぞれ管理している。
	F	幹線用水路は全て開水路である。支線は開水路と管水路の両方がある。	支線までは改良区で管理している。支線から分水以下は地先農家や40ある支線組合で管理している。
	G	幹線用水路は、主として開水路である。支線用水路も主として開水路であるが、水頭が確保できるところは、近年、管水路化している。	土地改良区の管理は概ね支配面積が100ha以上の地点までであり、幹線は改良区管理である。支線は7つある支線組合が管理している。
No.3	H	幹線用水路はすべてクローズタイプパイプラインであり、支線用水路は改修した路線はクローズタイプパイプラインで、改修しなかった路線は開水路である。	土地改良区の管轄する範囲は、末端100haまでであり、それ以下は、31ある支線組合が行っている。
	I	すべてクローズタイプパイプラインである。	H土地改良区の末端に位置しており、3つの支線組合が管理している。

### 3) 用水供給の安定

土地改良区からの聞き取りでは、用水供給が安定したことの利点を述べる意見が多かった。たとえば、次のような意見があった。

- ① 安定した水源のなかった地域や、従来は取水条件が上流側に比べて劣っていた幹線用水路の下流側の水田では用水供給が安定した。
- ② 幹線用水路の通水時の用水到達時間は改修前に比べて格段に短縮された。春先の通水で頭首工から幹線末端まで用水が到達するのに要する時間は、以前は半日ぐらいであったのが、今では2時間程度である。
- ③ 幹線用水路がオープンタイプのパイプラインになったため、幹線の起点の流入量を調整するだけで、各支線用水路への分水量も調整される。開水路であった頃は各支線用水路の起点でも分水量調整が必要であったことと比べると、節水が行いやすくなった。このことにより、平成19年の渇水に対応できた。もし国営用水路が無ければ壊滅的打撃を受けたと思う。

### 4) パイプライン化の効果

用水路のパイプライン化については、その効果を高く評価する意見が多かった。たとえば、次のような意見があった。

- ① 開水路は末端まで水の調整をしなければならぬが、パイプラインは分水の起点を調整するだけで良い。
- ② バルブ操作によって調整できるので無駄な水が生じなくなった。用水供給のロスが抑制でき、下

流側の圃場への用水供給が安定した。

- ③ 埋設パイプライン化することで管理用道路から圃場への進入が可能となった。圃場用水路のほとんどは水田の短辺方向に配置するので農作業上も作業機械が用水路上で旋回できるので効率が良い。
- ④ 農家が草刈りをする時も平面なので刈りやすくなった。

管理する改良区も使用する農家も、水頭の確保などの条件が許せば全てをパイプライン化したいと望んでいる。

しかし、次のような意見もあった。

- ① 水管理はパイプラインの方が良いが、水が見えないので不安もある。
- ② 漏水が起きると原因の究明が難しく、復旧費も高い。

上記に関しては、今後延長の増加や老朽化が進むと考えられるため、漏水箇所の簡便な調査技術の検討が課題といえる。

### 5) 取水時期の地域間差と分木工の構造

近傍にあっても、町村単位程度の地域ごとに毎年の代かきの時期が2、3日ずれることがある。同一の大規模な幹線用水路から代かき時期の異なる2つの地域に送水する地区では、単純な定比分木工を採用すると、代かき作業の早い地域だけに送水することができない。そのため、オープンタイプパイプラインの分木工で、スライドゲートを採用した例がある(図-2)。スライドゲートは、固定堰のクレストよりも下げることができる。この形式であれば、A、B両用水路への分水量を

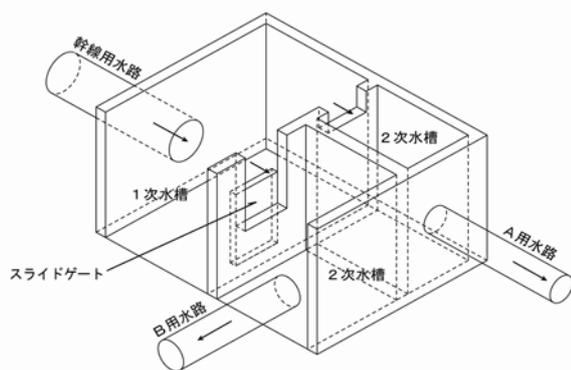


図-2 スライドゲートを用いた分水の例  
(余水吐はあるが図では省略)

制御でき、当然ながら一方だけの地域にも送水できる。

このように同一の水利システムで広域に配水する場合は各地域の条件や気象条件によって用水量に差がでる場合もあるので、分水工は各地域の水使用状況に合わせて、柔軟に分水量を調整できる施設が求められる。

#### 4.2.2 水管理システムの利便性と課題

##### 1)監視項目とその利用

水管理システムでは、テレコントロールを行っている事例は少なく、テレメータを主とするものが多い。監視施設や項目では、幹線開水路の水位やオープンタイプパイプラインの分水スタンド一次水槽水位・分水スライドゲートクレスト高(図-2 参照)などが多い。幹線開水路の水位は流量に換算される。また、分水スタンド一次水槽水位と分水スライドゲートクレスト高からは、分水量や下流側への送水量が算出され、それらのデータが土地改良区に送られている。

##### 2)データの利用

水管理システムは、電話回線を使用し、現地データがパソコンや携帯電話でリアルタイムに把握できるものが多かった。農家の水利用の傾向を知るといった目的のほかに、降雨時の流入水による開水路からの溢水防止のために利用している土地改良区も多かった。後者の場合、水位上昇を携帯電話で知ることができるため、安全管理に要する労力が節減されている。特に近年は、水位上昇に気づきにくい局所的な降雨が生じることがあり、水管理システムが役立っているとのことである。

##### 3)監視項目・地点の充足度

土地改良区への聞き取りでは、基幹施設におけるテレメータでの監視項目や地点について、供用開始後に過不足を感じている事例は少なかった。

##### 4)システム導入直後の課題

テレメータシステムについては、次のように、プロ

グラムでの修正や計器の使い方への習熟に数年を要した事例があった。

- ①システム設計のときに各計測項目とその計算処理について、十分に確認し、例えば、堰の越流公式などは、従来から使っていた公式が継続して使用されるよう注意した。それでも、若干のプログラム修正は必要となるものであり、システム設計の時には、十分に時間をかけて確認をした上で、さらに再確認をした方がよい。
- ②圧力式水位計のセンサーの清掃が不足して、実際の水深と表示値が異なる場合があった。原因に気づいてからは、毎年1回はセンサー部の清掃を確実にしている。
- ③揚水機上流の吸水槽・河川の水位監視では、予期できないゴミの付着によりスクリーンの前後で水位差が生じることがある。水位の計測値に異常を感じたら、現場での現象の観察による確認により、水管理システムの特性を把握することが重要である。

##### 5)携帯電話の世代更新対応の課題

現在の水管理システムは、第2世代の携帯電話を用いているものが多く、それらの中には2012年までに電話の世代更新への対応に多額の費用を要するものがある。費用の額は、テレメータのシステムによって様々であるが、1箇所当たり50~250万円を要するとのことであった。何らかの補助がなければ対応が困難と考えている土地改良区もある。

#### 4.3 考察と今後の検討方向

改修後の水田用水利施設における水管理実態を把握し、今後の施設改修の参考にするため、土地改良区による管理の聞き取り調査を行った。その結果、今回の聞き取り範囲では、次のようなことが明らかになった。

- ①開水路から管水路への改修に伴い、維持管理労力の軽減や渇水時の対応の容易化などの効果が得られた。
- ②揚水機場等施設の統廃合により管理費の軽減が図られた。
- ③末端の圃場まで安定した用水の供給ができるようになった。
- ④改修後の新たな水管理システムへの移行は、改修直後の数年間は初期の小さな不具合・不慣れはあるものの、概ね円滑に行われている。

今後は、用水路管理者への聞き取りを増やすとともに、水位調整ゲートのような水管理施設の導入による送配水管理の変化などの技術的課題について検討する。

#### 5. まとめ

本個別課題の目的は、積雪寒冷地における農業水利

施設の補修・改修計画技術の提案を行うことである。

農業水利施設の補修・改修を進めるうえでは、劣化予測手法の開発が不可欠であり、また劣化・変状と機能低下の関連づけが重要である。これらについては、農業水利施設以外の分野を含む既往の研究事例を収集し、摩耗劣化に関する健全度の簡便な評価手法や、健全度の経年変化の予測事例を分析した。今後は、凍害による劣化を反映させた劣化予測手法の検討と、道内における主要な形式の水路に対する健全度と構造機能評価の対応付けに関する検討が必要である。

また、補修・改修の優先順位決定方法については、平成 19 年度に引き続き、20 年度にも事例収集・分析を行い複数施設の間での補修・改修の優先順位決定手法を分析した。複数施設の間での優先順位決定には、何らかの便益・緊急性を評価する必要があるが、これを金銭換算することは困難であるとする報告が多く、評価には複雑な評価手法のほかに簡便な考え方が用いられている事例があった。今後は、これらの手法の積雪寒冷地への適用性比較を行う。

さらに、平成 20 年度から、改修後の水田用水施設における水管理実態についての調査に着手し、土地改良区への聞き取り調査を行った。その結果、施設改修により用水供給が安定するとともに維持管理労力・費用の軽減や渇水時の対応の容易化などの効果が得られていること、改修後の新たな水管理システムへの移行は概ね円滑に行われていること、などがわかった。

## 参考文献

- 1) 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き、102p、2007
- 2) 保全対策センター：農業水利施設ストックマネジメントマニュアル—共通編一、101p、2007
- 3) 北村浩二・本間新哉・今泉眞之・加藤敬：農業用水路の壁面の摩耗劣化と継ぎ目劣化の予測、農業農村工学会論文集、254、pp.39-50、2008
- 4) 北村浩二・本間新哉・加藤敬：農業用水路における壁面粗化による劣化予測の定量的評価、水土の知、76(9)、pp.35-40、2008
- 5) 本間新哉・北村浩二・加藤敬：農業用鉄筋コンクリート製開水路壁面の凹凸評価手法、農工研技報、209、pp.17-27、2009
- 6) 本間新哉・北村浩二・加藤敬：水路摩耗における健全度評価と構造的機能に関する考察、農工研技報、207、pp.1-11、2008
- 7) 秀島好昭：L字型ブロック水路（フリューム）の水路機能の評価—寒冷地の用水路機能評価方法の確立を目指して(1)—、112p、2007
- 8) 飯島尚・今井博・猪俣和義：MC I による舗装の供用性の評価、土木技術資料、23(11)、pp.15-20、1981
- 9) 森修二・岳本秀人・丸山記美雄：積雪寒冷地における舗装マネジメントに向けた路面性状予測について、北海道開発土木研究所月報、598、pp.2-9、2003
- 10) 森充広・渡嘉敷勝・増川晋・吉田典明・藤原鉄朗：農業用水路変状データベースおよび診断システムの開発、農業土木学会誌、73(11)、pp.21-24、2005
- 11) 寒地土木研究所水利基盤チーム：大規模畑地灌漑施設のライフサイクルコスト計算手法の分析、平成 19 年度受託研究—北海道における国営土地改良事業に係る総合的な技術研究—報告書、第 3 部 I-B、2008
- 12) 北村浩二・本間新哉：基幹水利施設のストックマネジメントの諸課題、水土の知、76(7)、pp.27-30、2008
- 13) 北村浩二・本間新哉・加藤敬：農業水利施設へのインフラ会計導入の必要性と諸課題、農工研技報、207、pp.13-23、2008
- 14) 北村浩二・本間新哉・今泉眞之・加藤敬：農業水利施設のライフサイクルコスト計算の経済分析手法としての妥当性、農工研技報 206、pp.105-117、2007
- 15) 竹中実・吉岡敏幸・河田直美：老朽化した P C 管の判定と対策について—木曾川右岸地区の事例から—、水土の知、76(1)、pp.29-32、2008
- 16) 丹治肇・蘭嘉宣：排水機場の更新時期と順位決定方法の考察、農業土木学会誌、70(12)、pp.11-15、2002
- 17) B. C. Palmer and T. G. Ayers: Multi-Objective Planning for Irrigation System Rehabilitation, Paper No.83-2017, 1983 Summer Meeting American Society of Agricultural Engineers、1983
- 18) 蘭嘉宣：予算制約下における農業水利施設の最適補修計画の作成手法—国営造成農業用水路を事例として—、農工研技報、207、pp.25-33、2008
- 19) 中達雄・田中良和・樽屋啓之：農業用パイプラインの性能とリスク管理、農業土木学会誌、72(5)、pp.13-16、2004
- 20) 岡下敏明・門脇秀樹・石井邦之：改修後の水田用水施設における水管理、第 52 回(平成 20 年度)北海道開発技術研究発表論文集、技-34、2009

## RESEARCH ON REPAIR AND IMPROVEMENT PLANNING OF IRRIGATION AND DRAINAGE FACILITIES

**Abstract** : Past study cases concerning degradation prediction technology (expected to be essential in the promotion of repair and renovation for agricultural water facilities in the future) were collected and summarized. Additionally, a simple method of evaluating soundness against wear degradation was presented, along with examples of predicting secular changes in soundness. Examples of methods to determine the priority of repair and renovation work at multiple facilities were also collected and analyzed. There were a variety of techniques (both complex and simple) for evaluating benefit and urgency – a process considered necessary for such prioritization. Many study cases highlighted the difficulty of converting the concepts of benefit and urgency to monetary values.

A water management survey that was started in 2008 after the renovation of water facilities for rice paddies revealed that (1) the water supply to paddies was stabilized as a result of facility renovation, (2) a reduction in the workload and the costs involved in maintenance and management was achieved, in addition to the simplification of measures to be taken during droughts and other effects, and (3) the transition to the new water management system after the renovation was mostly smooth.

**Key words** : irrigation facility, functional diagnosis, life cycle costs, land improvement district