

12.5 大規模畑作地帯における排水施設の機能診断に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地農業基盤研究グループ（水利基盤チーム）

技術開発調整監付（寒地技術推進室）

研究担当者：中村和正、佐藤智、金田敏和、石神暁郎、
野澤一博、長畑昌弘、角張章、平吉昭、
蝦名健二

【要旨】

寒冷地での安定した農業生産にとって農地の排水性の確保は不可欠である。排水施設の機能診断は、全国共通の開水路の機能診断の手引きに基づいて行っているが、この手引きは全国的に広くみられる代表的な形式を対象として作成されている。そのため、北海道の大規模畑作地帯にみられる形式の排水路で機能診断を行う場合、このような地域での特徴的な施設の劣化についても診断できるような評価手法の補完が必要である。このため、本研究では、大規模畑作地帯の排水施設に適用できる機能診断技術を開発する。平成 23 年度および平成 24 年度の研究成果は次のとおりである。

北海道内の明渠排水路を対象とした過去の機能診断結果を用いて、北海道でよく用いられる護岸形式の排水路について護岸形式毎に性能低下とその要因を分析した。また、明渠排水路の護岸形式毎の構成部材の変状に着目して、材料劣化に基づく健全度指標の立案および適用性の検証を行い、明渠排水路の機能評価手法の試案を作成した。

キーワード：畑地、排水施設、維持管理、機能診断

1. はじめに

農地の排水対策は、国の定めた食料・農業・農村基本計画¹⁾において、食料の安定生産のために推進の必要な事項であると位置づけられている。

寒冷地の畑地における排水対策は、(1)過剰な土壌水分の排除のほか、(2)融雪の促進による農耕期間の確保、(3)地温上昇による作物生育の促進、(4)土壌凍結の軽減による表土流亡の抑制など、作物栽培にとって不可欠な効果をもたらす。それゆえ、大規模畑作地帯を有する北海道では排水施設の整備が必須であり、1960 年代から 80 年代にかけて国営土地改良事業により排水路整備が盛んに実施された。現在までの整備延長はのべ約 4 千 km に及んでおり、今後はこれら排水路の機能を適切に保全管理していくことが重要な課題となっている。

現在（平成 24 年度）のところ、排水路の機能診断は、農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」²⁾（以下、手引きと略記する）を主に用いて行われる。手引きでは、国内で一般的な形式の開水路に関する記述はあるが、地域性のある水路形式やそこでの性能低下要因については詳述されていない。このため、本研究に

おいて北海道の大規模畑作地帯にある排水路を調査フィールドとして、手引きを補足するための機能診断方法の検討を行うこととした。

本研究の進め方は次のとおりである。まず北海道内の明渠排水路の機能診断結果を用いて、北海道でよく用いられる形式の排水路における性能低下の要因分析を行った。これについては第 2 章で述べる。次に排水路の護岸形式毎の構成部材の変状に着目して、材料劣化に基づく健全度指標の立案および適用性の検証を行い、明渠排水路の機能評価手法の試案を作成した。これについては第 3 章で述べる。

2. 明渠排水路の機能低下要因の分析³⁾

2.1 目的

国内の排水路の多くは低平地の集水路であり、排水量の増大により水位は上昇するが流速の増加は小さい。これに対し北海道の大規模畑作地帯における排水路は、流域に山地を抱える急勾配の流路が多いため、融雪時・大雨時には流量・流速が著しく増加する。このため、施設機能の劣化因子が国内の一般的な農業用排水路とは異なると考えられる。このことから、全国版の

手引きに盛り込まれていない劣化のパターンについて、過去の排水路の機能診断データから分析した。

2.2 方法

2.2.1 機能診断データの収集およびデータベース化

機能診断データの収集は、北海道内の大規模畑作地帯である十勝地域と網走地域の基幹的な明渠排水路を整備した地区から、施工時期や護岸形式が様々なものを含むように選定した。十勝地域では19地区（23条の排水路、4基の落差工）、網走地域では12地区（28条の排水路、7基の落差工）を対象とした。施工時期は昭和30年代から近年までにわたり、排水路の護岸形式は連節ブロック型（26条）、積ブロック型（7条）、鋼矢板型（5条）、コンクリート柵渠型（8条）の4種類である。なお、4種類の合計が46条となり、選定した路線数の51条と一致しないのは、落差工のみをデータ収集の対象とした路線があることと同一路線で複数の形式をデータ収集の対象とした路線があることによるものである。収集したデータは路線毎に表-1の項目によりデータベース化した。

表-1 データベースの項目

諸元	評価区分	劣化状況
<ul style="list-style-type: none"> 畑地帯or牧草地帯 施設の経過年数 受益面積 護岸形式 	健全度(S1-S5)※	部位・要因 写真

※S5：対策不要、S4：要観察、S3：補修、S2：補強、S1：改築

2.2.2 排水路の護岸形式毎の性能低下とプロセス

手引き⁴⁾では、「鉄筋コンクリート開水路」と「無筋コンクリート開水路及びその他開水路」に対して、性

能低下とその要因が図示されている。これらの図を参考にして、今回収集した性能低下事例を加味し、護岸形式4タイプと落差工の計5種類の性能低下とその要因として考え得るプロセスを図化した。

2.3 結果

排水路の各護岸形式および落差工の機能診断データから得られた性能低下とその要因となるプロセスを図-1(1)～(5)に示す。また、性能低下の要因を以下のとおり整理した。

(1) 連節ブロック型

流水の水面変動や背面地盤の地下水位の影響による法面の変形や崩壊、コンクリートブロックのズレ、剥がれ、水路底の洗掘、堆砂による底面上昇により排水路の性能低下を生じることが多い。最上段に記している変状の要因の中の「法面の変状」や「水路底面の変状」や、2段目の変状の現象の中の「含銅線の劣化・損傷」が含まれていることが特徴的である⁵⁾。

(2) 積ブロック型

ブロック自体の安定性により水路断面を維持しているため、基礎地盤の沈下や背面地盤・法面の崩壊・陥没による変形、傾き、崩落が発生することが多い。最上段に記している変状の要因の中の「側壁の変状」や「水路底面の変状」が含まれていることが特徴的である。

(3) 鋼矢板型

鋼矢板の腐食および軟弱地盤であることや地下水位の変動に起因する不同沈下やはらみ、ズレ、傾倒が発生している。最上段に記している変状の要因の中の「側壁の変状」や「水路底面の変状」、2段目の変状現象

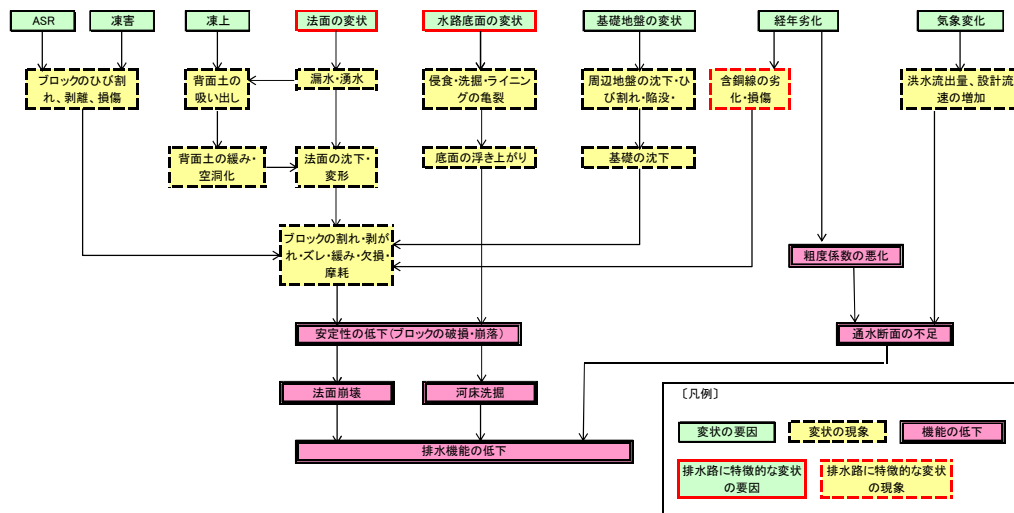


図-1(1) 性能低下とその要因（連節ブロック型）

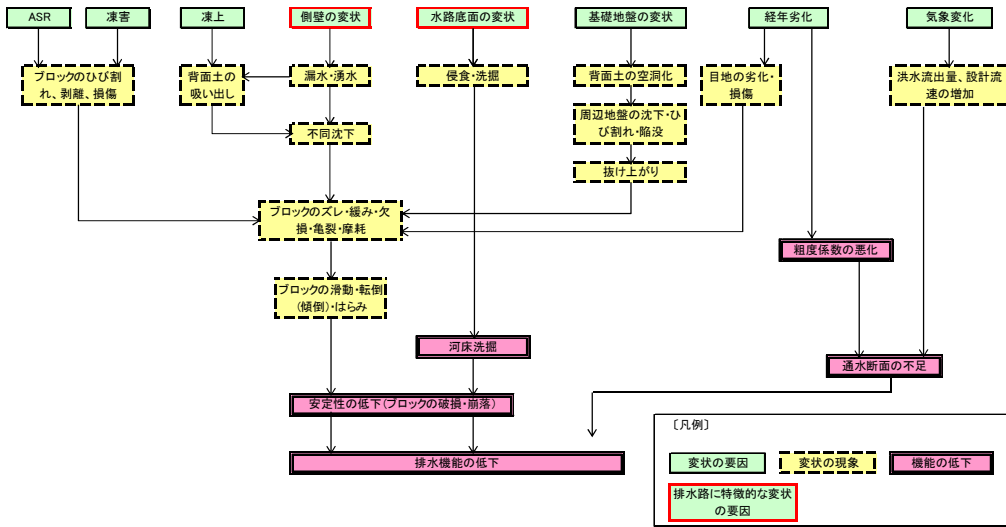


図-1(2) 性能低下とその要因（積ブロック型）

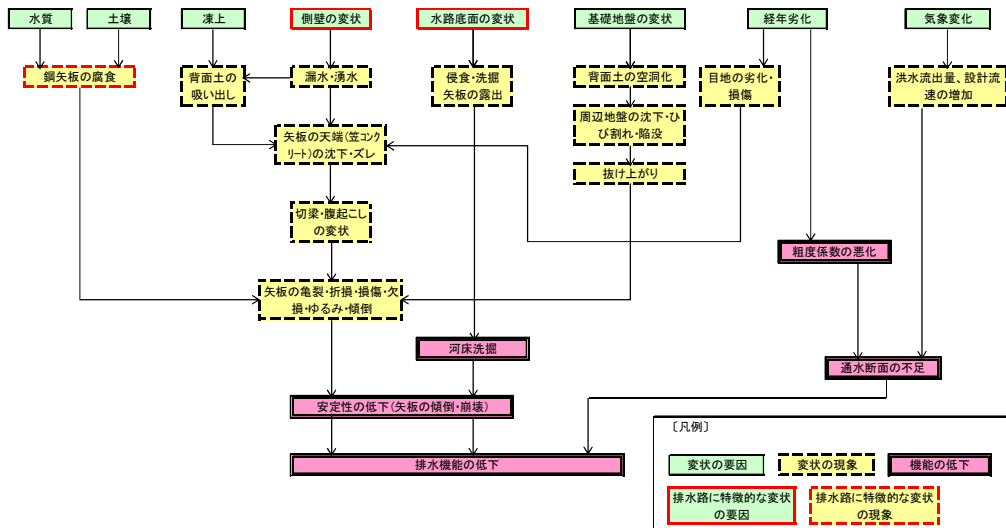


図-1(3) 性能低下とその要因（鋼矢板型）

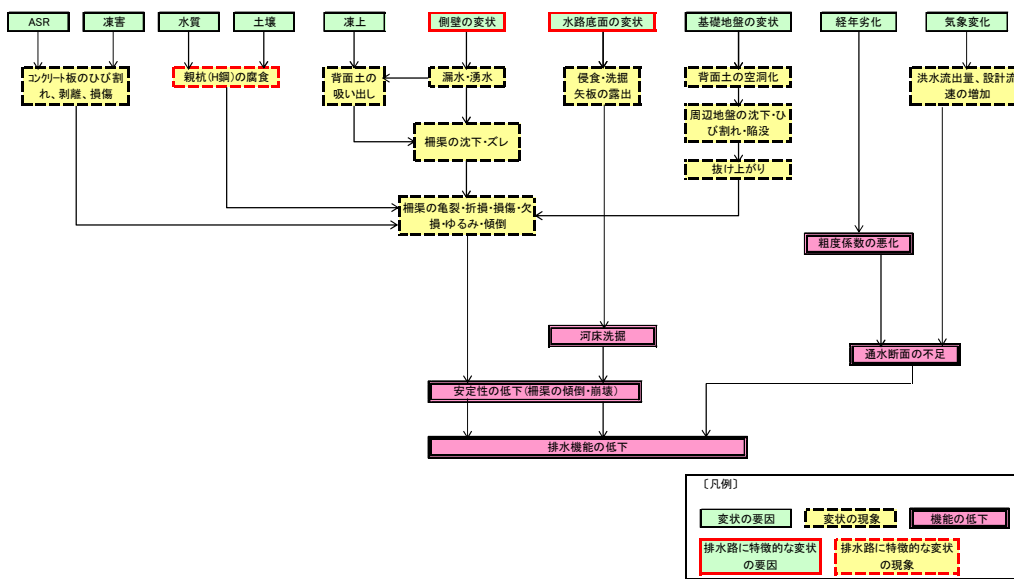


図-1(4) 性能低下とその要因（コンクリート柵渠型）

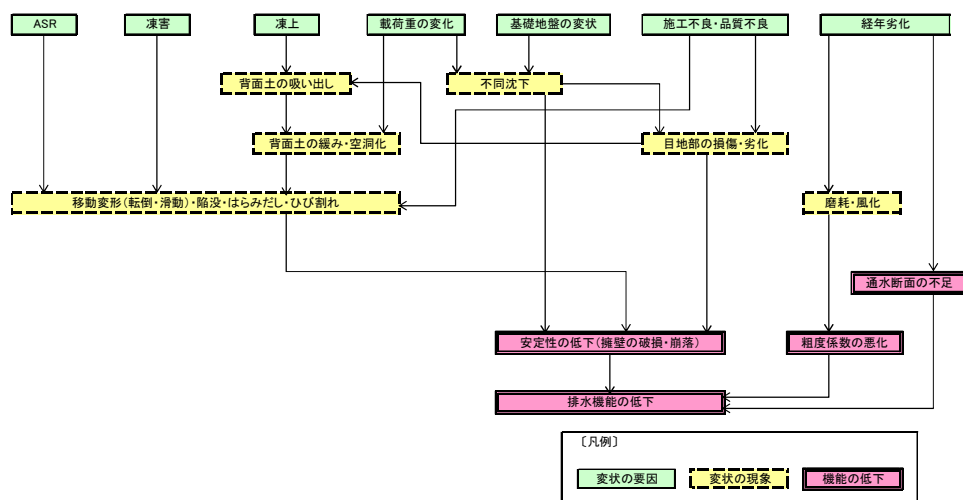


図-1(5) 性能低下とその要因 (落差工)

の中の「鋼矢板の腐食」が含まれていることが特徴的である。なお、鋼矢板型では水路底面は施工しないが、「水路底面の変状」は、これが進行すると侵食・洗掘、矢板の露出につながるため、要因として挙げている。

(4) コンクリート柵渠型

親杭(H 鋼)の腐食やコンクリート板の劣化が発生している。また、軟弱地盤や地下水位の変動に起因する不同沈下やH 鋼やコンクリート板のはらみ、ズレ、傾倒が発生することが多い。最上段に記している変状の要因の中の「側壁の変状」や「水路底面の変状」、2段目の変状現象の中の「親杭(H 鋼)の腐食」が含まれていることが特徴的である。

(5) 落差工

落差工の形式である重力式、もたれ式は、自重により背面土圧に抵抗する形式の水路であり、軟弱地盤や背面土の空洞化、土圧の増大、地下水位の上昇、凍上の影響による転倒や変形の発生することが多い。

2.4 考察

大規模畑作地帯における排水路特有の性能低下とその要因としては、水路底面の変状に伴う侵食・洗掘および法面や側壁の変状に伴う護岸材料の変形や欠損等が挙げられる。これは護岸自体の水密性が高くないことや大雨時に流量、流速がともに増大する大規模畑作地帯の排水路の特性によるものと考えられる。また、連節ブロック型の含銅線の劣化・損傷や鋼矢板型の鋼矢板の腐食、コンクリート柵渠型の親柱(H 鋼)の腐食といった、各護岸形式の構成部材の劣化に起因する性能低下があることがわかった。

3. 各護岸形式の材料劣化に着目した機能評価手法の試案作成⁷⁾

3.1 目的

これまでの排水路の機能診断では、施設の健全度が法面の変形や底版の浮上等の外部要因で評価されることが多く、その評価は定性的な観察に委ねられる部分が含まれるものとなっている。このため、定量的な評価に近づける目的で排水路の護岸形式毎の構成部材の変状に着目して、材料劣化に基づく健全度指標を立案し適用性を検証した。この結果に基づき、明渠排水路の機能評価手法の試案を作成した。

3.2 方法

3.2.1 既設排水路の護岸形式による分類

国において機能診断を実施した十勝地域および網走地域の基幹的な明渠排水路のうち254路線を護岸形式により分類した。また、各護岸形式の構成部材とその変状の種類と程度を整理した。

3.2.2 構成部材の変状に着目した健全度指標の立案

護岸形式毎に、構成部材の変状の種類・程度により、部材の健全度指標を立案した。なお、健全度の評価区分は手引き⁸⁾の健全度ランクに対応し、「A(変状がほとんど認められない)」、「B(軽微な変状が認められる)」、「C(変状が顕著に認められる)」、「D(施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる)」、「E(施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が認められる)」を目安とした。

3.2.3 健全度指標による評価

3.2.2で立案した指標を用いて、3.2.1と同じ254路線を対象に写真等のデータから健全度評価(以下、A-E

評価と称する)を行った。これと手引きによる健全度評価結果(以下、S 評価と称する)とを照合した。また、施設の経過年数と評価結果を基に標準劣化曲線(単一劣化曲線モデル)を作成した。これは、施設全体を対象としたS評価と構成部材を対象としたA-E評価の結果を比較することで、施設全体の健全度に対してどの構成部材の劣化が支配的か、どの構成部材を調査すれば当該護岸形式の健全度が評価できるかを検証するためのものである。

3.3 結果と考察

3.3.1 既設排水路の護岸形式による分類

調査対象とした明渠排水路について、護岸形式毎に分類し、構成部材、延長を整理した結果を表-2に示す。護岸形式は連節ブロック型(写真-1)が最も多く約8割を占め、次いで積ブロック型、コンクリート柵渠型の順となっている。これら3タイプの護岸形式で約9割の延長を占めている。

表-2 調査対象排水路の護岸形式による分類

護岸形式	構成部材	延長 (m)	割合
鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	15,448	1.6%
連節ブロック	ブロック、含鋼線	743,859	78.9%
積ブロック	ブロック	45,953	4.9%
コンクリート柵渠	柵板、H鋼親柱	39,964	4.2%
鋼矢板	鋼矢板、切梁材、笠コンクリート	16,583	1.8%
鋼製柵渠	柵板、H鋼親柱	1,503	0.2%
かごマット	中詰材、鉄線	7,016	0.7%
その他		71,888	7.6%
計		942,214	



写真-1 連節ブロック型排水路

3.3.2 構成部材の変状に着目した健全度指標の立案

各護岸形式の健全度指標は構成部材毎に変状の種類・程度を基に立案した。一例として連節ブロック型排水路の健全度指標(案)を表-3に示す。評価区分は、コンクリート部材ではひび割れ、剥離、損傷、鉄筋露出、脱落について、鋼製部材ではさび、腐食、破断について、それらの有無や程度によってA~Eとした。

3.3.3 健全度指標による評価

S評価とA-E評価それぞれの健全度指標の考え方を

表-3 連節ブロック型排水路の健全度指標(案)

護岸形式	構成部材	変状の種類・程度	健全度指標	適用	イメージ図
連節ブロック	ブロック	ひび割れ、剥離、損傷などが無い	A	「農業水利施設の機能保全の手引き」p53~その他開水路(ライニング水路)~S-5	
		ひび割れ、剥離、損傷などが部分的(50%未満)	B	「農業水利施設の機能保全の手引き」p53~その他開水路(ライニング水路)~S-4	
		ひび割れ、剥離、損傷などが全体的(50%以上)	C	「農業水利施設の機能保全の手引き」p53~その他開水路(ライニング水路)~S-3	
		ひび割れ、剥離、損傷によるブロック脱落が部分的(50%未満)	D	-	
		ひび割れ、剥離、損傷によるブロック脱落が全体的(50%以上)	E	-	
含鋼線	鋼線	さびが無い、またはさびは生じているが全体的に薄い緻密なさびである	A	コンクリート標準示方書【維持管理編】2007~p90 腐食グレードと鋼材の状態~腐食グレードI	
		部分的に浮きさびはあるが、小面積の斑点状である	B	コンクリート標準示方書【維持管理編】2007~p90 腐食グレードと鋼材の状態~腐食グレードII	
		断面欠損は目視観察では認められないが、全周または全長にわたって浮きさびが生じている	C	コンクリート標準示方書【維持管理編】2007~p90 腐食グレードと鋼材の状態~腐食グレードIII	
		断面欠損が生じている	D	コンクリート標準示方書【維持管理編】2007~p90 腐食グレードと鋼材の状態~腐食グレードIV	
		(該当なし)	(E)	-	

表-4 健全度指標の考え方

健全度指標		施設および構成部材の状態
S評価	A-E評価	
S-5	A	変状がほとんど認められない
S-4	B	軽微な変状が認められる
S-3	C	変状が顕著に認められる
S-2	D	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる
S-1	E	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が認められる

表-4に、連節ブロック型、積ブロック型、コンクリート柵渠型の各護岸形式のS評価とA-E評価の一致度合いを表-5に示す。S評価とA-E評価の一致とは、S評価がS-5、S-4、S-3、S-2、S-1の場合にA-E評価がそれぞれA、B、C、D、Eとなることを指す。いずれの構成部材においても一致率は半分に満たず一致傾向はみられなかった。この理由はS評価では法面の変形や底版の浮上等の外部要因による劣化を考慮しているのに対し、A-E評価では材料劣化のみを考慮していることにある。外部要因による劣化がみられる場合は、S評価の健全度評価が低くなるので相対的にA-E評価

の方が評価は高くなる。反対に外部要因を含めた劣化範囲は小さいが材料劣化が進んでいるような場合には A-E 評価の方が評価は低くなる。

施設の経過年数と健全度の関係を図-2(1)～(3)に示す。施設の S 評価と構成部材の A-E 評価の劣化傾向が類似しているのは、連節ブロック型のブロックとコンクリート柵渠型の柵板である。これらは S 評価と A-E 評価の関連性を示す結果となった。一方、施設の S 評価と構成部材の A-E 評価では一致傾向が見られなかったのは、連節ブロック型の含銅線とコンクリート柵渠型の H 鋼である。これは、含銅線の場合はブロックが崩壊していれば腐食状況を確認できるが、健全部での確認は困難なため、評価可能な含銅線は低い評価に偏る傾向にあるためである。これは表-4 のデータ有効数がブロックに比べて少ないことに現れている。H 鋼の場合は A-E 評価で C、D 評価が無く、施設の S 評価に対して劣化の進行が遅い傾向であることによる。積ブロック型のブロックは、施設の S 評価よりも劣化の進行が遅い傾向である。このことから積ブロック型では外部要因が劣化の進行を支配していることが示唆される。

これらの結果、施設と構成部材との評価は必ずしも一致しないものの、構成部材によっては A-E 評価と施設の S 評価で劣化の進捗の傾向に近いものがあつた。施設全体の健全度の低下と類似の低下傾向を示す構成部材を特定すれば、構成部材の A-E 評価により、施設全体の健全度評価が可能である。

3.4. 明渠排水路の機能評価手法の試案作成

排水路の構成部材の変状に着目した健全度指標による、北海道における大規模畑作地帯に造成された明渠排水路の機能評価手法の試案を作成した。目次構成は以下のとおりとした。

- 第 1 章 対象施設 (適用範囲)
- 第 2 章 明渠排水路における健全度指標
- 第 3 章 明渠排水路の機能評価手法

3.5 今後の展開

構成部材の変状に着目した施設の健全度評価の適用性を高めるためには、材料劣化と施設変状が明らかに乖離する場合、例えば、ブロック等の構成部材は健全性を保持しているが、法面全体が著しく変形しており、短期間で構成部材の劣化も進行すると想定される場合等について、総合的に評価しランク調整を行う必要があると考えられる。今後は実際の明渠排水路において、今回作成した明渠排水路の機能評価手法の試案を用いて機能診断を行い、現地での適用性や運用上の問題点

表-5 S 評価と A-E 評価の一致度

護岸形式	構成部材	データ総数	有効数 (a)	一致数 (b)	一致率 (b/a)
連節ブロック	ブロック	878	539	226	41.9%
	含銅線	878	244	73	29.9%
積ブロック	ブロック	97	79	30	38.0%
コンクリート柵渠	柵板	35	33	14	42.4%
	親柱	35	32	12	37.5%

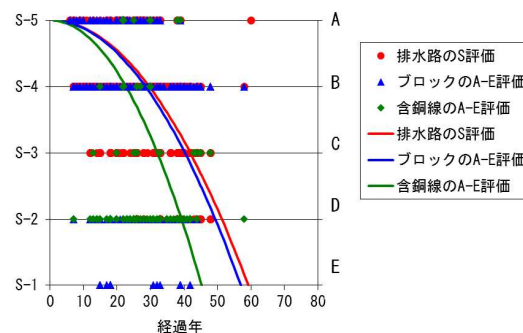


図-2(1) 施設の経過年数と健全度の関係 (連節ブロック型)

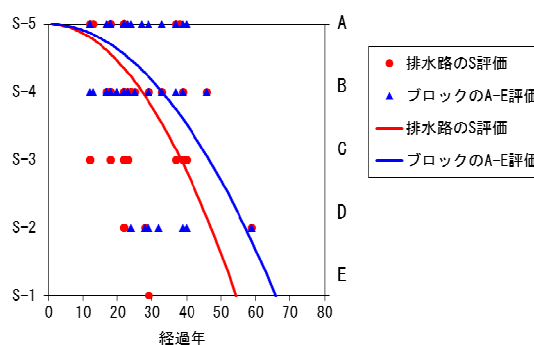


図-2(2) 施設の経過年数と健全度の関係 (積ブロック型)

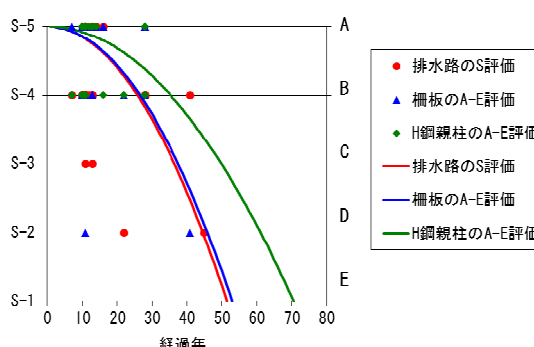


図-2(3) 施設の経過年数と健全度の関係 (コンクリート柵渠型)

を整理することにより、明渠排水路の機能診断手法のマニュアルを作成する予定である。

4. まとめ

本研究ではまず北海道内の明渠排水路の既存の機能診断結果を用いて、北海道でよく用いられる形式の排水路の性能低下要因を分析した。その結果、水路底面

の変状に伴う侵食・洗掘および法面や側壁の変状に伴う護岸材料の変形や欠損等が特徴的な性能低下要因と考えられた。さらに、各護岸形式の構成部材の劣化に起因する性能低下があることがわかった。

次に、定量的な調査に基づく機能診断手法の開発を目指し、施設全体の健全度と定量的に調査できる構成部材の劣化度合いの関連性を調査した。すなわち、排水路の護岸形式毎の構成部材の変状に着目して、材料劣化に基づく健全度指標を立案し、その指標による健全度評価と手引きによる施設全体の健全度評価を比較し適用性を検証した。その結果、構成部材によっては双方の劣化の進捗傾向が近いものがあった。それゆえ、施設全体の健全度の低下と類似の低下傾向を示す構成部材を特定すれば、構成部材の健全度評価により、施設全体の健全度評価が可能となる。さらに、この検証結果を反映させ北海道における大規模畑作地帯に造成された明渠排水路を対象とした機能評価手法の試案を作成した。

今後は、明渠排水路の機能評価手法の試案を用いて機能診断を行い、現地での適用性や運用上の問題点を整理することにより、明渠排水路の機能診断マニュアルを作成していきたい。

本研究を進めるに当たり、北海道開発局から貴重な

データの提供を受けた。関係各位に深く感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 食料・農業・農村基本計画、2010
- 2) 食料・農業・農村政策審議会農業農村振興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「開水路」、2010年6月
- 3) 佐藤智・金田敏和・中村和正：大規模畑作地帯における排水路の性能低下要因、寒地土木研究所月報、Vol.716、pp.30-35、2013
- 4) 2)と同じ、pp.12、14
- 5) 中村和正・佐藤智・金田敏和・石神暁郎・澤田和男・末永俊雄・林保慎也：北海道の畑作地帯における排水路の性能低下予測に関する一考察、平成24年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集、pp.330-331、2012
- 6) 農林水産省関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所保全対策センター：農業水利施設ストックマネジメントマニュアル共通編、p.65、2007
- 7) 佐藤智・石神暁郎・青山裕俊・渡部浩二・中村和正：北海道の畑作地帯における排水路の材料劣化に着目した機能診断手法の提案、平成25年度農業農村工学会大会講演会（投稿中）
- 8) 2)と同じ、pp.46、47

A STUDY ON THE DIAGNOSIS OF DRAINAGE FUNCTION IN A LARGE-SCALE UPLAND FIELD AREA

Budgeted : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2011-2014

Research Team : Cold-Region Agricultural Development Research Group
(Irrigation and Drainage Facilities) and Director for
Cold-Region Technology Development Coordination
(Cold-Region Technology Promotion Division)

Author : NAKAMURA Kazumasa

SATO Satoshi

KANETA Toshikazu

ISHIGAMI Akio

NOZAWA Kazuhiro

NAGAHATA Masahiro

KAKUBARI Akira

TAIRA Yoshiaki

EBINA Kenji

Abstract : Maintaining drainage function is essential for stable agricultural production in cold regions. Diagnosis of drainage functionality should be made in accordance with the national guideline of open canal functionality diagnosis. However, that guideline applies only to the types of canals that are common in Japan. In cases where a diagnosis is necessary to evaluate distinctive deterioration in the drainage canals that are common in large-scale upland field areas of Hokkaido, more appropriate methods need to supplement the national-level evaluation. Therefore, this study aims to establish drainage functionality diagnoses for large-scale upland field areas. This paper summarizes the results of projects in FY 2011 and FY 2012.

In the projects, we used past diagnoses of functionality for open-ditch drainage in Hokkaido and we individually analyzed the performance degradation and their factors for different revetment-type drainages. Focusing on the deformed components of various revetment-type open-ditch drainages, we designed a material soundness index based on the extent of deterioration, we verified the applicability of the index, and we drafted a method for evaluating open-ditch drainage functionality.

Keywords : upland farm, drainage facility, maintenance, functional diagnosis