

暗渠排水管の維持と機能保全に関する研究

山梨 光訓¹；新家 憲¹；成田 保三郎¹；石谷 栄一¹；
多田 達実²；鈴木 慎一²；川崎 宏³；勝山 真一⁴

Recovery of Drainage Function by Cleaning of Underdrainage Pipes

Mitsunori YAMANASHI¹, Ken ARAYA¹, Yasusaburo NARITA¹, Eichi ISHITANI¹,
Tatsumi TADA², Shinichi SUZUKI², Hiroshi KAWASAKI³ and Shinichi KATSUYAMA⁴

要旨

暗渠排水管の洗浄を行って排水機能の保全状況を試験した。洗浄対象は樹脂製の暗渠管が埋設された水田と畑で、洗浄前後の暗渠管からの排水量の変化を洗浄効果として検討した。また、洗浄ノズルから噴射する水が洗浄力に寄与する割合を水理実験し、洗浄効果として検討した。

その結果、現場試験では洗浄によって管内の水の疎通性が向上し、水理特性実験によれば洗浄力としてはノズルに 10 MPa 超の加圧状態での洗浄が有効であるとみられた。この値はノズルの最適推進力として負荷する圧力とも合致する。

キーワード：暗渠管，洗浄，排水機能保全，洗浄ノズル，暗渠排水

Abstract

This paper deals with recovery of the drainage function by cleaning underdrainage pipes. Two kinds of resin culvert underdrainage pipes in a paddy field and in a dry field were cleaned respectively and the displacement from the underdrainage pipes was determined before and after cleaning. Besides, the washing performance of the water jet injected from the nozzle was also determined.

The results show that the drainage function was remarkably improved after cleaning in both fields. The water jet injected at more than 10 MPa had effective cleaning performance. This pressure was suitable for the impulse of the nozzle too.

Key words : underdrainage pipe, cleaning, drainage function maintenance, water jet, underdrainage

¹ 専修大学地域総合科学研究センター(〒079-0197 北海道美幌市字美幌 1610-1, TEL0126-63-4321)
Community Cooperative Research Center, Senshu University, Bibai, Hokkaido, 079-0197, Japan
: e-mail: yamanasi@senshu-hc.ac.jp

² 北海道立工業試験場(〒060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 11 丁目、TEL011-747-2321)
Hokkaido Industrial Research Institute, Kita-19, Nishi-11, Kita-ku, Sapporo-shi, 060-0819, Japan

³ 川崎建設株式会社(〒044-0121 北海道虻田郡京極町、TEL0136-42-2077)
Kawasaki Construction Co. Ltd., Kyougoku, Hokkaido, 044-0121, Japan

⁴ 株式会社日本シンテック (〒003-0836 北海道札幌市白石区北郷 6 条 8 丁目 5-3, TEL011-875 -8550)
Nihon Shintec Co. Ltd., Sapporo, Hokkaido, 003-0836, Japan

1. はじめに

科学技術の進展に伴って土地改良技術の改良が計られるとき、施工材料・維持管理方法にも、さまざまな観点から見直しが必要になる。さらに、昨今では農業の過程で発生する事象の他者への影響、および、農業資材の有効活用ならびに環境に与える影響をも考える必要もある。この研究では近年増加している暗渠樹脂管の維持管理にあたって永続的な利用が可能となるように暗渠配水管の機能の復元を目的として、そのために必要な機器、

管理法の観点から、管理技術の確立に必要、かつ、有用な方策を検討しようとするものである。そこで、以前から懸案事項とされていた配水機能の不全をもたらす暗渠管内の堆積土砂を清掃することによって暗渠管の長期間の利用も可能となると考え、川崎・多田らは水力推進型の洗浄ノズルの開発を行ってきた。2005 年から実用化に向けた洗浄装置機材の安定稼働を図って、実際の圃場で試験を繰り返して、ノズルの機械性能も安定してきた。そこで、本報告では、この洗浄ノズルの仕様を前提にした現場での試験として、長い延長の暗渠管に対しても維持管理に必要な実用的な洗浄結果を提供できるか、また、農地の排水機能の保全にどこまで寄与できるかという点についてノズルの水理特性と現場における洗浄試験の前後における暗渠排水管からの流出の特性についての検討結果について述べる。

2. 調査試験方法

2.1. 研究方法

暗渠排水管の洗浄を行って排水機能の保全状況を把握するために、洗浄試験、排水量調査、洗浄ノズルの機能試験を行った。洗浄対象として水田と畑の暗渠管が埋設されて数年から 10 年程度経過した試験圃場を設けた。暗渠管としては樹脂製の暗渠管が埋設された水田と畑において洗浄を行って、洗浄ノズルの推進力、方向制御の機能について洗浄システムの確認した。さらに、洗浄前後の

暗渠管からの排水量を調査した。また、洗浄ノズルは特殊な設計を施した水力推進型ノズルで、いわばロボット型である。推進力としてはノズルから流出する水の噴射力を利用している。同時に、これが洗浄力として働く仕組みであるので、噴射する水力を確認するために水圧と流量の関係について調べる実験を行った。また、噴出水の、洗浄に寄与する割合を洗浄効果として評価検討するために、暗渠管に泥土を塗布乾燥した目詰まり暗渠管を用意し、洗浄後の開孔状態と水圧との関係についても実験を行い、検討することとした。

2.2. 洗浄水の噴射ノズルと推進力

洗浄実験、試験に供したノズルの構造は写真 1 に示すとおりで、寸法は表 1 に示す諸元をもつ。

表 1 洗浄ノズルの諸元

$q=C \pi d^2 v / 4$	ノズル孔からの流量式
$C=c_a c_v$	流量係数 ($C \div 0.6$)
$d_f=1\text{mm}$	先端ノズルの内径
$d_b=1.3\text{mm}$	後向ノズルの内径
$Q=Q_f+6Q_b$	洗浄ノズルからの流量 Q
Q_f	先端ノズルからの流量
Q_b	後向ノズルからの流量



写真 1 洗浄ノズル先端

ノズル開発実験の結果から、吐出量と推進力に関して洗浄に最適なノズル径が表1のように示されたが、洗浄力を発揮するために制約条件も明らかにされている。

①推進用噴射孔の後ろ方向角度は $\theta=30^\circ$ とする。



写真2 洗浄試験での水の噴射

②噴射動力としては最大 150 気圧程度の加圧を要する。

③用水量には洗浄ノズルを閉塞しない除塵された水の確保が必要となる。

写真2は暗渠管洗浄にあたって洗浄ノズルから前方と後方から噴射する状態を示す。



写真3 推進力を与える後方向き孔

表2 暗渠管諸元

暗渠管の形状寸法		
肉厚	4.6	mm
内径	61.7	mm
外周の蛇腹構造		
ピッチ	9.0	mm
深さ	3.5	mm
溝幅	4.4	mm
山幅	4.6	mm
溝部孔の寸法		
形状	長円	
長径	10.0	mm
短径	1.9	mm
個数	8	個/周
配置	写真4	(長手に列)

写真3は推進力を得るための後方へのノズル孔を示す。暗渠排水管内の洗浄物の除去にあたって排水口へ送り出す洗浄力（流量，流速）に大きな影響を与える。

2.3. 暗渠管の諸元

洗浄に供された樹脂製の暗渠管は写真2のような側面形状で表2のような諸元をもつ。

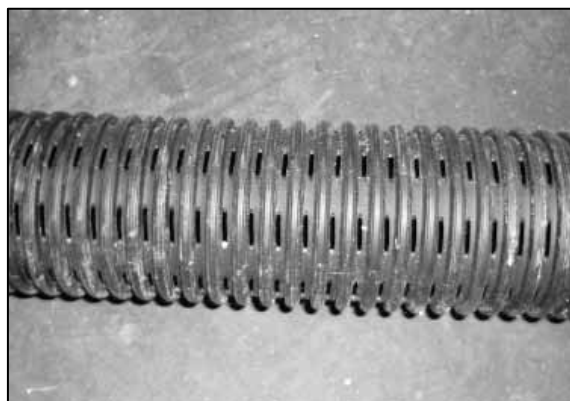


写真4 暗渠用樹脂管

暗渠管の内面に凹凸はないが、外見は螺旋上になっている。外力に強い構造になっている。谷部には周囲上にかけて6個の長円の孔が、空けられている。管は連結、屈曲用のソケット、エルボなどによって延長が可能である。実際には50mから150mの水田、畑も多くなっているようである。

2.4. 管内の状況を写す内視カメラ

洗浄ノズルの特徴としてノズル先端に内視カメラが取り付けられていることが挙げられる。写真5のように照明と受光機が付くものである。清掃



写真5 内視カメラを取り付けた洗浄のノズル



写真6 ノズル先端カメラからの発光
(中央部がカメラである)

時の洗浄ノズル前方の確認、清掃中あるいは清掃後の管内の状況について確認判断ができて作業上有用である。また、暗渠管内をこのカメラでモニタすることで曲がった管や、分岐管にも誘導操作ができる仕様である。写真5は洗浄ノズルにカメラ装着時の外形で、写真6は照明をつけた場合の状況である。中央部にカメラがある。

2.5. 洗浄システムの動力部

洗浄ノズルには高圧水を送る動力が必要である。洗浄ノズルからの噴射水の流速(流量)を規定する動力源として写真8のようなポンプ(手前)と貯水タンク(中)が用意されている。いずれもトラックで運搬される。したがって、洗浄システムの制約条件として機器の搬入移動の点からも通路、敷地が必要である。



写真8 洗浄システムの動力部

2.6. 洗浄ノズルの流速, 流量

洗浄ノズルは前方に1個、後方に向いて6個の孔がある。洗浄の際は前方と後方からの噴出水の作用により洗浄と洗浄ノズルの管内での推進力を得ることができる。洗浄試験における流量の確認のために表3のように流出量を計測、計算して前方と後方にあるノズルからの流量と負荷圧力の関係等水理特性を実験によって求めた。実験ではノズルのすべての孔からの流量ならびに前方からの

流量を容器で受けて時間を測り流量とした。後方6個からの流量は両者の差として求められる

3. 結果と考察

3.1. 洗浄実験による被覆粘土の洗浄量比較

洗浄効果を検討するために暗渠管に詰まった泥土の除去を想定して泥土の排出力を推定する実験、暗渠管が敷設されている水田、畑地の現場における洗浄前後の暗渠排水量の変化に関する試験、および、洗浄ノズルの水理性能に関する実験を行った。これら3つの観点から結果をまとめる。

まず、被覆粘土の洗浄量比較を行った。洗浄の水理実験による樹脂暗渠管の多孔洗浄を行って洗浄力の比較を行った。洗浄ノズルは暗渠管内を進むための推進力は後方への噴射ノズルによって得ることができる、推進力は暗渠管の洗浄長さに係わるので大きいほど良いが、装置の大きさからみて現段階で適した長さは150mまで有効であり、その際必要な水圧が15MPaまで設計されているので、以下のような4段階の圧力を設けて洗浄土砂量を計測し、洗浄効果を判断した。

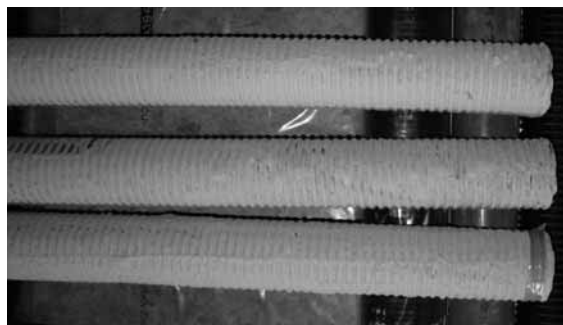


写真7 粘土塗布した暗渠試験管

写真7は①実験前（粘土塗布）の状態を示す。粘土は暗渠管の外周に溝を埋めると同時に開孔を塞ぐ形で3から5mm厚さで塗布され、乾燥して固まった状態で暗渠管内部を通過させた洗浄ノズルで土砂が排除される状態を調べた。洗浄ノズルの移動速度は実際の作業と同じ50cm/minとした。

3.2. 洗浄後の暗渠管の状態

表3 洗浄ノズルからの流量

先端孔 (f) と 後方孔 (b)からの流量,流速	
ノズル全孔から(噴射流量)	
実測流量	$Q=V/t$ V :流出量, t :時間
計算流量	$Q_f=c_{af} \pi d_f^2 c_{vf} v_f/4$:先端孔から $Q_b=c_{ab} \pi d_b^2 c_{vb} v_b/4$:後方孔から
先端孔からの (前方ノズル孔 :1)	
実測流量	$Q_f=V_f/t$ V_f 前方流出量, t :時間
計算流速	$v_f=Q_f/a_f$ $=4Q_f/(\pi d_f^2)$
後方孔からの (後方ノズル孔 :6)	
実測流量	$Q_b=(Q-Q_f)/6$
計算流速	$v_b=Q_b/a_b$ $=4Q_b/(\pi d_b^2)$

写真の上から順に負荷圧力を上昇・下降させた結果で洗浄後の付着粘土の状態を示している。

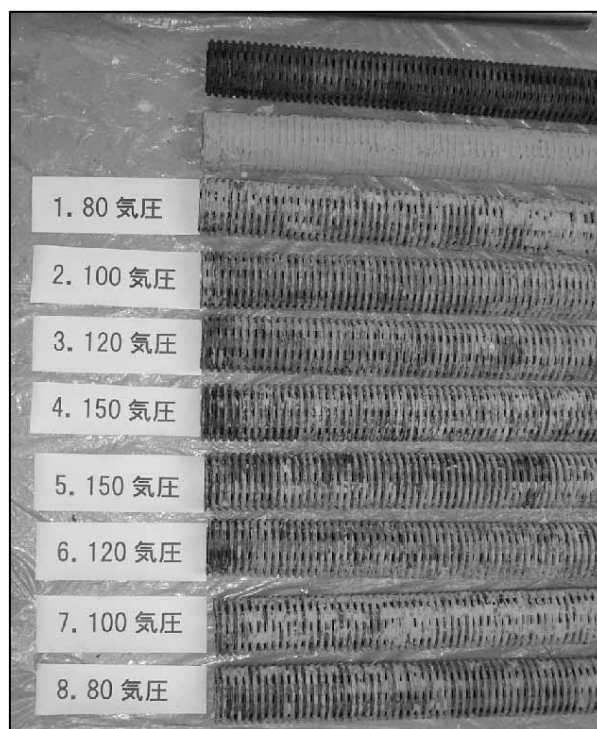


写真8 粘土塗布した暗渠試験管の実験結果

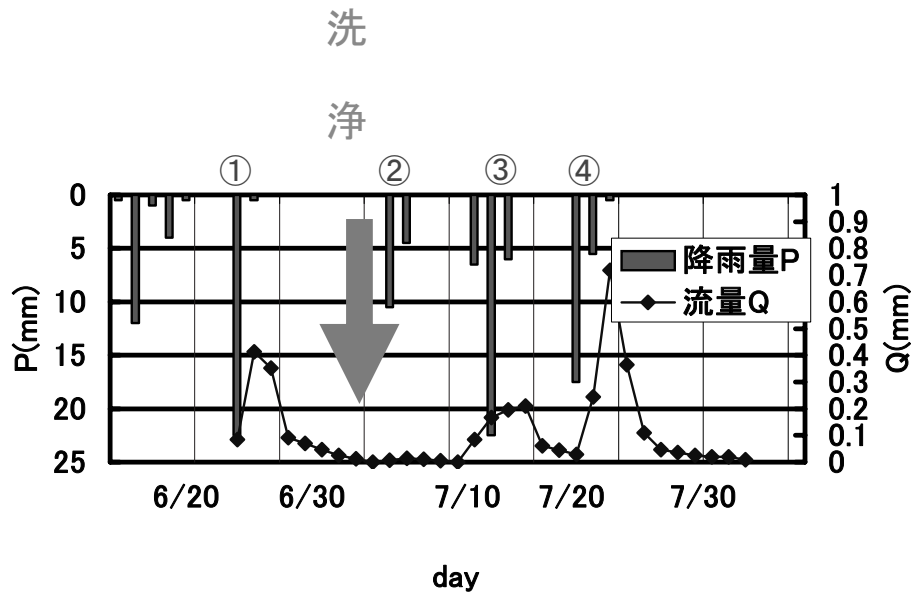


図1 畑の暗渠排水量の変化

実験の負荷圧の流れに沿って状況変化をみると

- ① 8MPa 洗浄後(開孔 65%)
- ② 10MPa 洗浄後(開孔 93%)
- ③ 12MPa 洗浄後(開孔 85%)

④ 15MPa 洗浄後(開孔 97%)

図3は洗浄実験前後の粘土付着量を比較して洗浄効果を調べたものである。洗浄実験は8MPaから加圧して、15MPaで再び圧力を降下させたものである。

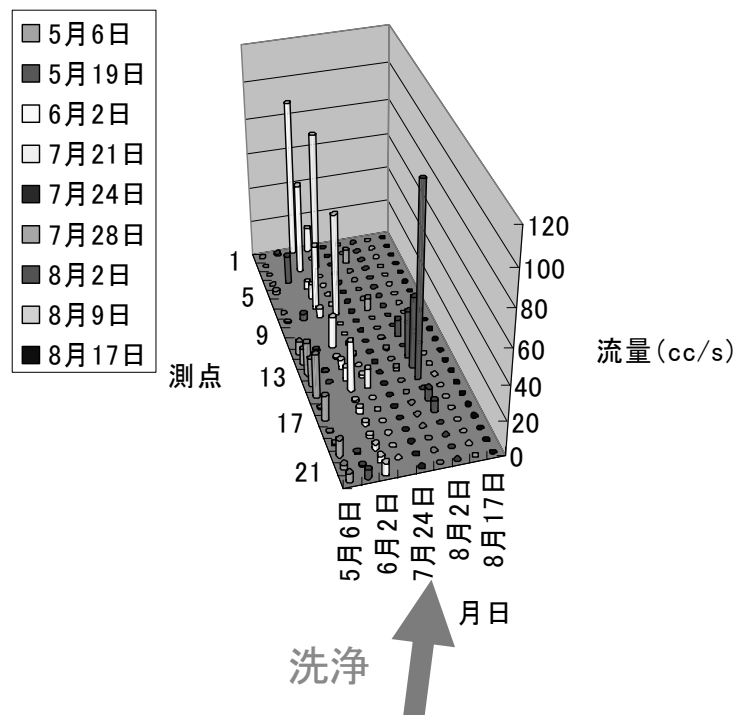


図2 洗浄試験結果(水田)

図4は洗浄による開口状態を実験したものである。No.2 から8までの洗浄状態が良いことがわかる。なお、粘土付着量の測定は実験前後における重量と開口状態の形状測定の2点について計測した。形状計測では暗渠管に開けられた穴が楕円(長円)であることから、孔の全体の面積があいた場合を1として以下、2分の1、4分の1、0の4段階で評価し、サンプリングは1mの実験暗渠管の左、右、中央の3部分の2列(1周に8個の孔があるので16個)の孔の状況を計数して求めた。重量は洗浄前後の風乾重量差を測定した。

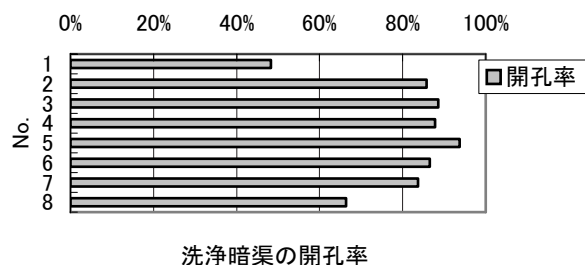


図4 暗渠洗浄実験結果(2)

3.3. 暗渠洗浄試験(畑地)

畑地暗渠の洗浄前後の排水量(地下水流出率の変化)を観測した結果、図1のようになった。

6月から7月にかけての観測期間中には4回(図中の①～④)の降雨があった。いずれも暗渠排水管に到達する強度であった7月4日に洗浄を行ったが、その前後の暗渠排水量変化を比較した。洗浄前後で降雨があったので、その際の流出量を比較した。排水量を畑の面積当たりで表した流出率をみると、洗浄前①:5%、洗浄後②:0%、③:2%、④:7%という変化を示した。

すなわち、同等の降雨とみなされる①と④の流出比較をすると洗浄後の排水管からの流出率が増しているものとみられる。

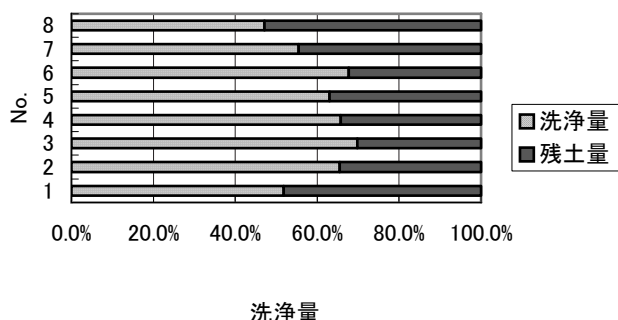


図3 暗渠洗浄実験結果(1)

3.4. 試験圃場: 水田暗渠の洗浄結果

水田暗渠の洗浄結果として粘質土水田における洗浄機能の効果、すなわち、排水量変化をについて図2のような観測結果を得た。水田は5月24日から湛水が行われた。7月25日の洗浄を境に暗渠管からの水はけが良くなっているようである。水甲による貯留を排水した後の管からの流量はほとんどないようであった。

これは、管内の泥土が排除され、洗浄前の5,6月にみられた管内滞留水量が少なくなって、いわば、水切れが良くなっているものとみられる。

3.5. 実験結果と考察

試験ならびに実験の結果、洗浄によって管内の土砂の排出が行われ、閉塞した孔も開放され、水の疎通性が増してくることがわかった。洗浄力としてはノズルに10MPa超12MPa程度の加圧状態で洗浄を行えば管内の土砂洗浄を満足するものとみられた。

暗渠の多孔樹脂管に粘土を付着させた後、前方、後方に噴射口を持つ特殊な洗浄ノズル(クリーンロボきょうごく)を用いて閉塞した暗渠管の洗浄実験を行った。閉塞した孔の粘土除去量を測って洗浄回復効果を測定すると洗浄水压10MPa超で孔を閉塞した粘土重量(350g)を上回る洗浄量が表示された。

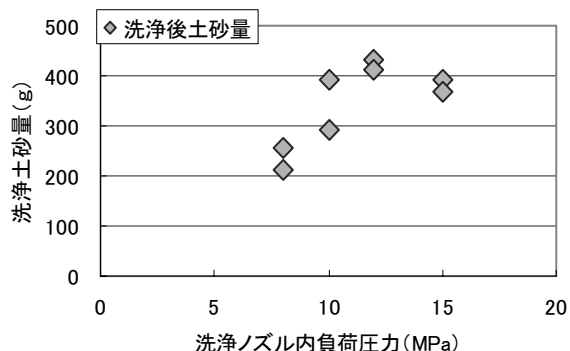


図5 暗渠洗浄実験結果 (3)

実験で使われた水の流量と圧力は図6のようであった。したがって、洗浄ノズルに10MPaに及ぶ水压をかけて洗浄することによって多孔の樹脂暗渠管に付着した大部分の土砂等が払われて回復が図られるものとみられた。

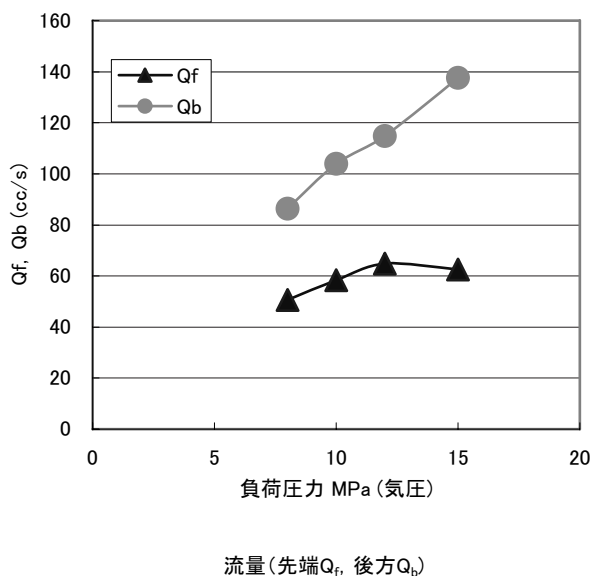


図6 暗渠洗浄流量

4. おわりに

暗渠排水管を洗浄することによって管内が土砂等で閉塞している状況を回避でき、畑、水田の調査結果から暗渠管の水はけが良くなり、暗渠排水路としての機能が微量ながら回復されたとみられる。粘土で被覆した暗渠管の洗浄実験では、洗浄用ノズルに10MPaを超える圧力を加えられると暗渠管に開けられた孔の洗浄効果が十分に発現できていることがわかった。なお、洗浄によって発生する排水の状態と処理過程、洗浄による暗渠管という農業資材の利用年限の延長などについても言及する必要があるが、現在検討中である。

参考文献

- 石渡輝夫(1997)農地の造成・整備と土壤保全、北農、64(3)、73-83.
- 兼子健男ほか(1995)動力噴霧機を利用した暗渠目詰まり除去技術、農土誌、63(10)、1029-1034.
- 北川巖(2005)積雪寒冷地における排水改良の現状と今後の展開、土壤の物理性、100、43-44.
- 日下達朗ほか(1993)長期間埋設された土管暗渠の管内堆積土壌の状況と吸排水効果の持続性について-暗渠の排水機構と耐用性(Ⅰ)、農土論集、168、97-104.
- 多田達実ほか(2004)農業用暗渠排水管洗浄システムの開発、農業機械学会北海道支部講演要旨集、55、11-12.
- 山梨光訓ほか(2006)暗渠排水管の洗浄による機能保全に関する研究、農業土木学会北海道支部研究発表会講演集、55、84-89.