

ISSN 0912-5493

報文集

平成21年度

第21号

社団法人 北海道土地改良設計技術協会

報文集 第21号 目次

山間地におけるパイプラインの漏水調査手法の評価 —調査手法の高度化に向けて—	1
	植屋賢祐 大津将則
ニホンザリガニの保全に配慮した農業用排水路について	11
	大西政広
パイプラインにおける微少漏水箇所の探査	19
	小松淳一 三浦亨 月館瑞寛 青木謙治
自然的要因による砒素不溶化剤の開発	27
	植松えり子 齋藤謙一 小口智久 常松哲
大区画ほ場の用排水機能調査とその事業効果検証についての1考察	35
	小枝郁哉 渡辺久信 四本知恵子 田中良枝
根域の拡大と自然循環機能の増進へ向けた土層改良	47
	佐藤俊明
国営総合農地防災事業の実施地区における事業効果調査について	53
	小林一弥

山間地におけるパイプラインの漏水調査手法の評価

－ 調査手法の高度化に向けて －

植屋 賢祐 大津 将則

はじめに

平成20年度より、国営造成水利施設保全対策指導事業(以下、「指導事業」という)において、施設のライフサイクルコストを効率的に低減していくことなどをねらいとして、施設の診断、劣化予測、評価手法の確立および対策工法の有効性の検証など、機能保全計画の策定に必要な技術を、現地の実践を通じて確立し、ストックマネジメント技術の高度化を図る「ストックマネジメント技術高度化事業」(以下、「高度化事業」という)が制度化され、実施されている。

パイプラインは、施設の大部分が地中埋設構造物であり、施設の規模や立地環境によっては、施設状況を直接確認することが難しく、施設機能の診断・劣化予測を困難にしている理由となっている。このため、パイプラインの機能診断は、可能な範囲の直接的な定量調査に、漏水や水圧・流量等の調査など、地上部から間接的に実施可能な定量調査(間接的定量調査)を組み合わせることにより、水利用機能や水理機能などを照査していくことが重要とされている¹⁾。とくに、「漏水」はパイプラインの機能診断にとって最も重要な調査であり、漏水履歴の有無および漏水発生箇所の特特定と要因解明が、劣化予測を行ううえで重要となる。

本報告は、高度化事業の一環として「診断技術の適用と評価」を目的に、山間地を縦断し、熊やスズメバチとの遭遇の危険性もある地域におけるパイプラインの間接的定量調査として、従来の方法(水位調査)と上水道分野等で実績のある漏水調査手法を組合せた漏水調査手法を用いて、確実性、効率性および安全確保を両立しつつ、漏水箇所の

特定調査を行った事例を紹介する。

高度化事業の内容²⁾

- 1 破損事故等の要因調査
- 2 診断技術の適用と評価 **今回**
- 3 対策工法の適用と評価
- 4 リスク評価の実証調査

1. 対象施設の概要

1-1 施設の構造

漏水調査の対象施設は、昭和50年代から60年代にかけて造成された畑地かんがい用のパイプラインであり、施工から20年余りを経過していた。

パイプラインは、延長4.6km、口径450～250mmのセミクローズドタイプであり、管種はダクタイル鋳鉄管である。最大静水圧は1MPa、付帯施設として、空気弁工、排泥弁工、制水弁工およびファームポンドへの分水工が設置されている。

本施設は、水源のダムから配水起点のファームポンドまでを繋ぐ「送水幹線用水路」であり、山間地を縦貫する立地条件から起伏に富んだ縦断形状を成している。(図-1)

1-2 施設の状況

現地踏査と管理者聞き取り調査から、施設状況について事前に以下の知見を得た。

- 山間地に立地して起伏に富むことに加え、路線に沿った管理用道路がなく、アクセス性が低い。
- 漏水履歴として、過去に塩化ビニル管で1回漏水が発生している。その後、指導事業で行われた漏水調査により、ダクタイル鋳鉄管の区間でも漏水の存在が確認されている。

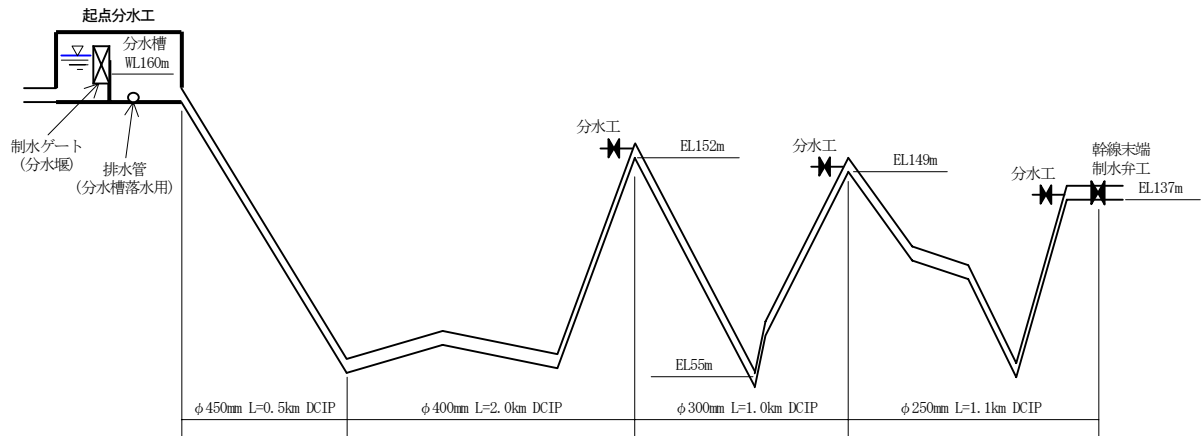


図-1 漏水調査対象施設の概要図

- しかし、施設の周辺地盤および付帯施設には、浸み出し、陥没などの異常は認められていない。
- 流量計設置が可能な露出配管のある施設に制限がある。
- 通年利用であるが、11月以降の利用は僅少である。
- 施設が所在する山間地域は、熊やスズメバチの生息域である。

2. 調査方法

農業用パイプラインにおける漏水調査の方法としては、初期通水における水張試験などで従来から用いられている「水位調査」「2点間流量調査」のほかに、最近は上水道分野等で実績がある「相関調査」や「音聴調査」の適用事例が見られる。対象施設は、①山間地に立地し、管理用道路が隣接しない区間が多くあり、付帯施設へのアクセス条件が厳しいこと、②流量計の設置箇所に制限があり、2点間流量測定法の採用が困難であること、③管上地には植生が繁茂し、現地でパイプライン線路を把握することは困難な状況にあり、調査効率の低下が予想されたこと、さらに、④熊・スズメバチなどによる作業上の安全性への影響も懸念されたことなどの課題があった。

そこで、対象施設の構造・立地特性に、「水位調査」「相関調査」「音聴調査」における漏水調査

の特性を勘案のうえ、これらを段階的に組合せた漏水箇所特定の調査手法を立案した。(図-2)

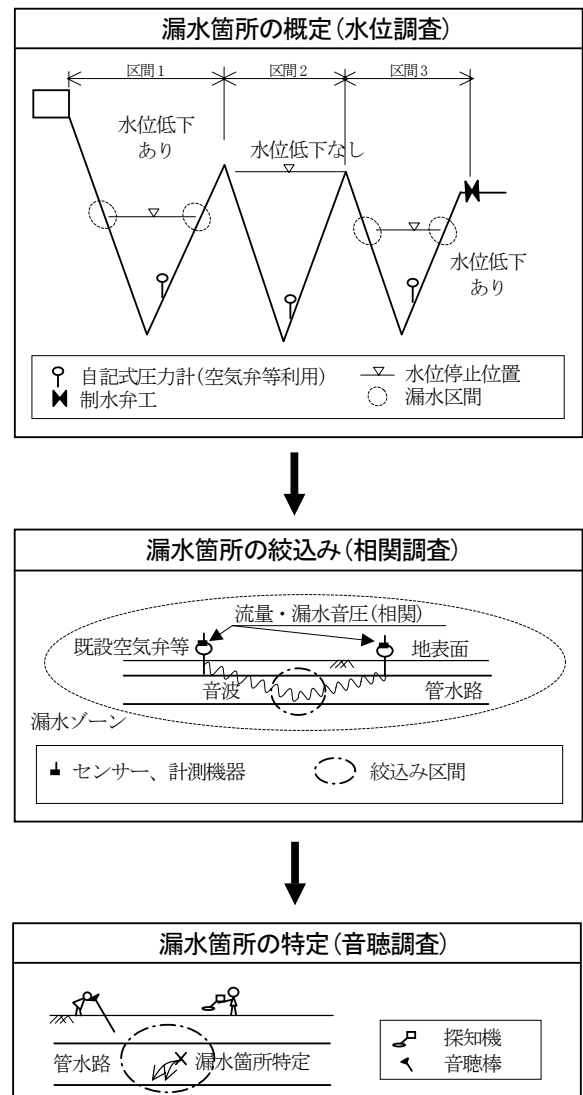


図-2 漏水箇所特定調査のフロー図

2-1 水位調査の利点と調査のねらい

既設空気弁などを利用して圧力計を設置し、通水を停止したうえで管水路内の減水(水位変化)を監視して、その停止標高から漏水位置を把握する方法である。1地点の監視で、水理ユニットなどの比較的広い範囲を対象とした調査が可能で、対象施設の立地条件に対し、山間地内の作業を最小限とした調査を可能とすることが本手法の利点である。ただし、管の口径や敷設勾配によっては、水位停止標高の該当箇所が複数あるいは広範囲となる場合がある。対象施設の構造等から、当該調査による漏水箇所のピンポイントでの特定は困難と判断し、漏水箇所の「概定」に用いた。

通水停止が可能な期間は、水利用状況とファームポンド貯留量の関係から求め、調査工程を調整した。また、調査区間に複数箇所の漏水の可能性もあることから、水位低下傾向は、きめ細かな時間変化の把握が重要であり、計測は、アナログ式の圧力計読取りに加えて、自記式圧力計を用いて1分刻みに連続監視し、時系列データを取得した。

2-2 相関調査の利点と調査のねらい

管水路の2点間に漏水音が伝播する時間差から漏水地点までの距離を調べる方法であり、相関式漏水探知器を用いて、管体に接してセンサーを設置し調査する。(図-3)

本調査では、急傾斜部の昇降や熊・スズメバチ等との遭遇など、山間地内で危険性のある作業を

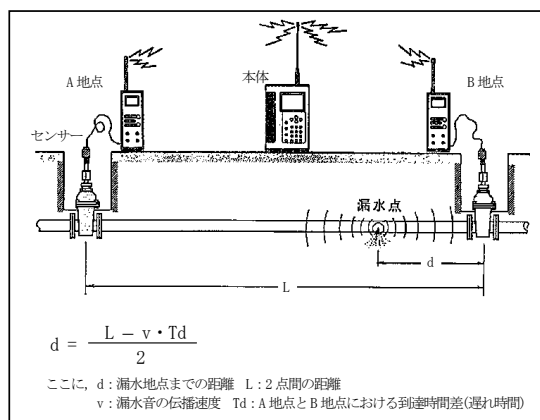


図-3 相関法による漏水調査の原理

最小限にして、作業の効率性向上と安全を確保する目的から、水位法による漏水の概定区間に適用し、漏水箇所の「絞り込み」を行った。

2-3 音聴調査の利点と調査のねらい

音聴棒や電氣的に漏水音を増幅する漏水探知機を用いる方法であり、管上地を順に移動しながら調査する。ピンポイントの漏水調査のため、漏水箇所の特定に適している。

本調査では、山間地内の作業を最小限として、作業の効率性と安全性の向上を図る目的から、漏水箇所の絞り込み区間に適用し、漏水箇所の「特定」を行った。

3. 調査実績

3-1 水位法による漏水区間の概定

本調査は、ファームポンドの分水弁および他路線との境界となる末端制水弁を閉そくして、通水を停止し、実施した。

対象区間は、減水(水位低下)がある場合、初期段階で水理的に3区間に縁切れる縦断形状となっている。このため、各区間に水圧監視用の圧力計を設置して、管水路内の水深変化を観測・記録した。(図-4)

なお、水圧計は、現地に合わせた治具を準備して設置した(写真-1)。治具には三口を設け、一つは目視監視のためのアナログ計を、もう一方には、詳細な経時変化を記録するための自記式圧力計を取付け、残る一つは排気口とした。



写真-1 治具と圧力計の設置状況

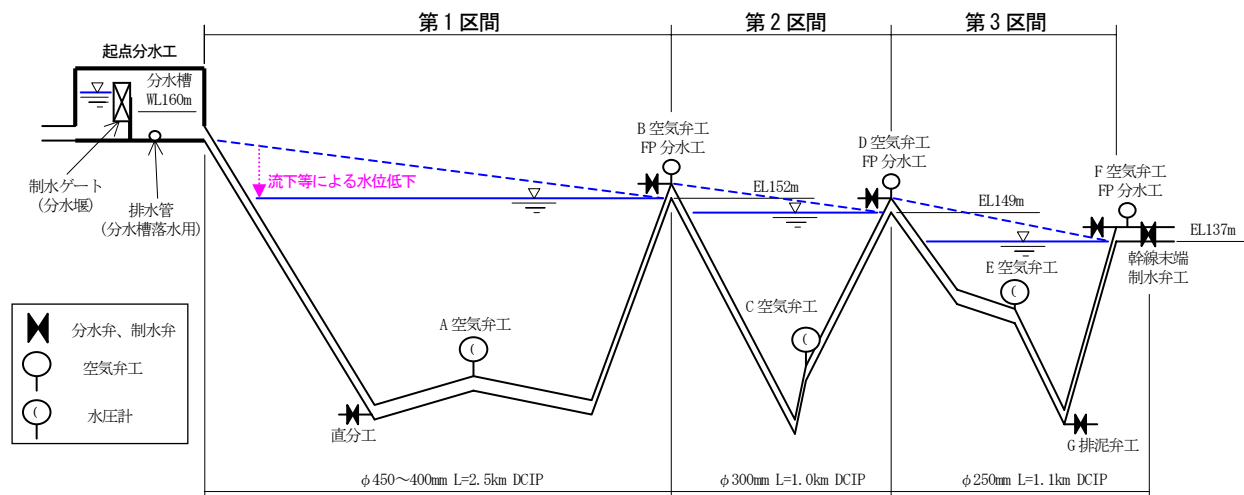


図-4 水位法による漏水調査の概要図

(1) 第1区間

本区間は、起点分土工からB空気弁（FP分土工付近）までの約2.5kmであり、施設諸元は以下のとおりである。

水圧計は、区間の空気弁のうち、最も低標高に位置するA空気弁に設置した。

- 管径・延長：φ450mm・800m
φ400mm・1,700m
- 管種：DCIP
- 静水圧：0.98 MPa
- 許容漏水量：0.121 l/s

漏水調査にあたり、まず、起点分土工で分水堰の制水ゲートを閉そくし、分水槽への流入を遮断するとともに、試験時間短縮のため、排水管を利用して分水槽を落水した。その後、管水路内の水位は、B空気弁付近の管底高（EL152m）まで低下し、下流区間と分離された状態となった。下流区間との分離後、水位低下の速度は鈍化した。

調査開始からの計測記録を図-5に示す。下流区間との分離後24時間の水位低下量から減水量を算定すると、許容漏水量の1/5程度の値となったことから、本区間については「変状なし」¹⁾と判断した。

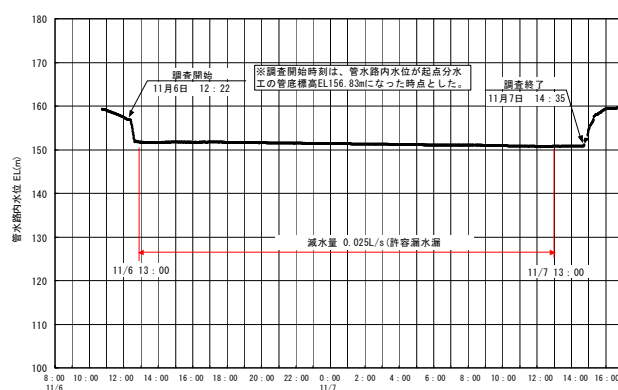


図-6 第1区間の管水路内水位経時変化図

(2) 第2区間

本区間は、B空気弁（FP分土工付近）からD空気弁（FP分土工付近）までの約1.0kmであり、施設諸元は以下のとおりである。

水圧計は、区間の空気弁のうち、最も低標高に位置するC空気弁に設置した。

- 管径・延長：φ350mm・250m
φ400mm・790m
- 管種：DCIP
- 静水圧：1.06 MPa
- 許容漏水量：0.038 L/s

起点分土工の分水槽水位を落水してから約40分後に、管水路内の水位はD空気弁付近の管底高（EL149m）まで低下し、上下流区間と分離され

た状態となった。

調査開始からの計測記録を図-6に示す。上下流区間との分離後は、24時間経過の後も水位の低下が認められなかったことから、本区間については「変状なし」と判断した。

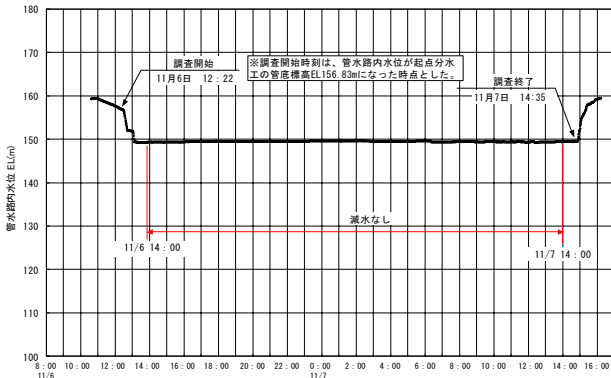


図-6 第2区間の管水路内水位経時変化図

(3) 第3区間

本区間は、D空気弁工（F P分水工付近）からF空気弁工（F P分水工付近）までの約1.1kmであり、施設諸元は以下のとおりである。

水圧計は、区間の空気弁工のうち、最も低標高に位置するE空気弁工に設置した。

- 管径・延長：φ250mm・1,080m
- 管種：DCIP
- 静水圧：1.00 MPa
- 許容漏水量：0.031 L/s

調査開始からの計測記録を図-7に示す。起点分水工の分水槽水位を落水してから約40分後に、管水路内の水位低下により、上流区間と分離された状態となった。

その後も管水路内の水位低下が続き、約5時間後に、水圧計を設置したE空気弁工地点まで低下した。水圧低下の記録から減水量を算定すると、許容漏水量を上回る値となることが確認された。

このため、本区間で相関法を適用し、漏水箇所の絞込みを行った。

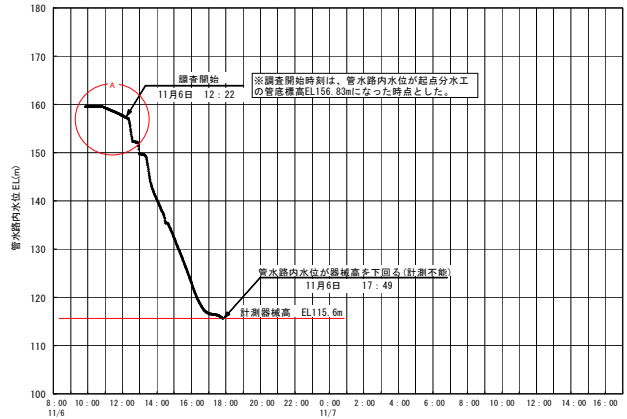


図-7 第3区間の管水路内水位経時変化図

3-2 相関法による漏水区間の絞込み

(1) 調査方法

相関法による調査は、掘削により管体を露出させて行う場合があるが、本施設は山間地に立地してアクセス条件が厳しく、掘削作業が容易ではないことから、パイプラインの付帯施設として地上に露出部がある、空気弁工および排泥弁工を利用する方法とした。

具体的には、管水路に再充水後、先ず、図-8のように、D空気弁工、E空気弁工、F空気弁工およびG排泥弁工にセンサーを設置して、漏水音の有無を調べた。次に、漏水音が聴こえた2施設に挟まれた区間を対象として相関法を適用し、漏水区間の絞込みを行った。

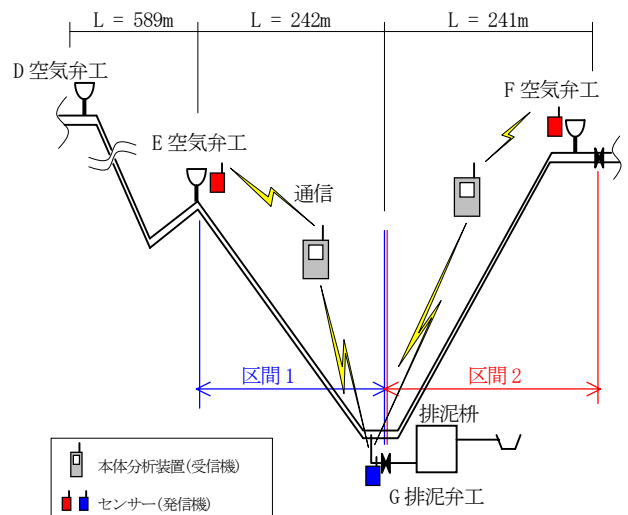


図-8 相関法による漏水調査の概念図

(2) 調査結果

- D空気弁工に音圧センサーを設置したが、漏水音は無かった。
- E空気弁工に音圧センサーを設置したところ、漏水音を捉えた。
- G排泥弁工に音圧センサーを設置したところ、漏水音を捉えた。
- F空気弁工に音圧センサーを設置したところ、漏水音を捉えた。



写真-2 センサーの設置状況 (空気弁工)

以上の状況から、相関法の適用区間は、E空気弁工からG排泥弁工 (区間1) およびG排泥弁工からF空気弁工 (区間2) の2区間とした。(図-8、写真-2、写真-3参照)

[区間1]

E空気弁工とG排泥弁工を利用した調査から、漏水地点 (音源) は、E空気弁工のセンサーから下流にL=242mの位置、G排泥弁工の音圧センサーから上流にL=0mの位置という結果が得られた。

E空気弁工から音源までの距離が、両施設間の距離 (L=242m) に一致し、かつ、7号排泥弁工から上流0mとの結果から、漏水箇所は当該区間の範囲外にあり、さらに、G排泥弁工の下流にあると判定された。

[区間2]

G排泥弁工とF空気弁工を利用した調査から、漏水地点 (音源) は、G排泥弁工のセンサーから下流にL=6.64mの位置、F空気弁工のセンサーから上流に約L=234.73mの位置という結果が得られた (図-9)。

なお、分析値は、1m程度の幅で変動が見られたこと、および排泥弁は本線から分岐後0.7mの位置に設置されていることを勘案し、漏水箇所は、G排泥弁工の分岐地点から下流へL=5~7mの本線管水路にあると判定した (次頁図-10)。



写真-3 装置本体による音圧信号の受信・解析状況

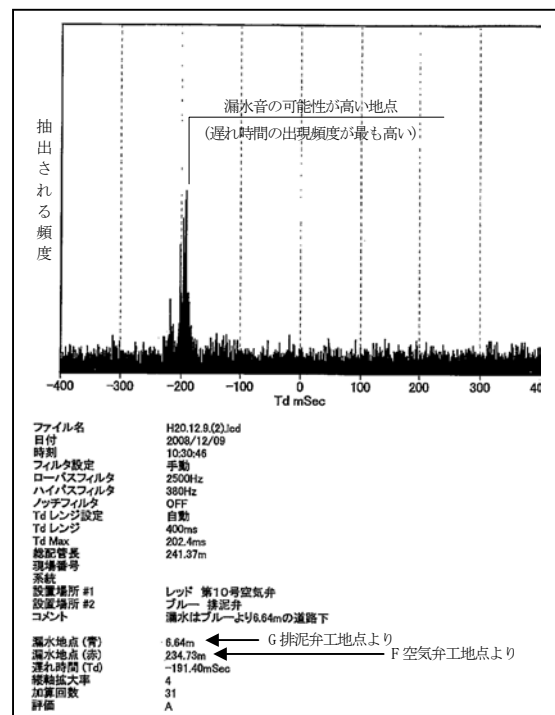


図-9 相関調査の結果 (区間2)

〔図－9 相関調査結果の解説〕

F 空気弁工への伝播時間に対する G 排泥弁工への伝播時間の遅れ時間が (T d) である。

図－9 のとおり、T d = -191.40ms (ミリ秒) となる頻度が、その他の T d に対して突出して多い。これは、管水路に伝わる音源が、当該 T d となる位置に存在する可能性を示唆する。

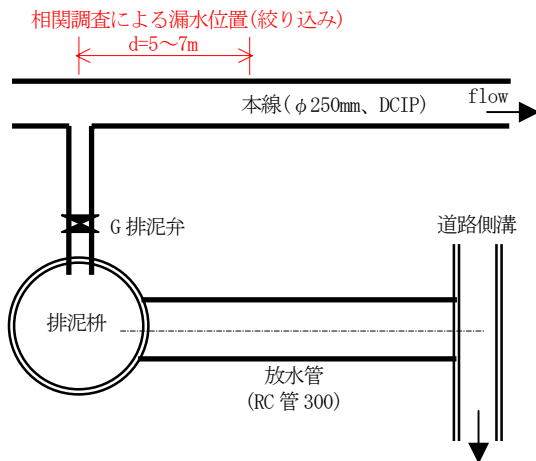
2 点間の総配管長 L = 241.37m、φ 250mm のダクタイル鋳鉄管における音の伝播速度 v = 1,191m/s として、F 空気弁工から漏水地点までの距離 d は以下のとおり算定される。

$$d = \frac{L - v \cdot Td}{2}$$

$$= \frac{241.37 + 0.19140 \times 1191}{2}$$

$$= 234.7(m)$$

なお、漏水地点から G 排泥弁工までの距離は L より d を差し引いて求まる。



図－10 G 排泥弁工付近の平面模式図

3-3 音聴法による漏水箇所の特定

相関法により絞り込んだ、G 排泥弁工直下流を対象に、漏水箇所特定のため、音聴調査を実施した。

(1) 調査方法

漏水探知機および音聴棒を用いた音聴調査を実施した。(写真－4)

調査範囲は、相関法で絞り込んだ区間を含む、約 5 m 区間を対象とした。



写真－4 漏水探知機による音聴調査状況

(2) 調査結果

漏水探知機による音聴調査から、漏水箇所は、排泥弁分岐点より 6 m 程度下流地点の可能性が高いと判定した。なお、当該地点付近における音聴棒による調査では、管体に伝わる流水音を確認できた。(写真－5)



写真－5 音聴棒による音聴調査状況

3-4 補足調査

漏水箇所特定の精度向上のため、音聴調査の補足的な調査として、資料の追加収集・検討および補足測量を実施した。

管理者の聞き取り調査から、経年的な漏水の増写

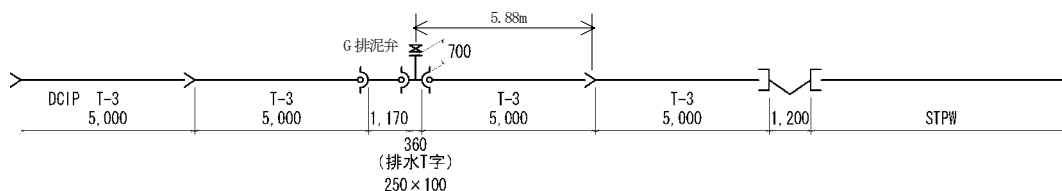


図-11 漏水箇所付近の管割り図

は生じていないと考えられた。また、対象地点の管種がダクタイル鋳鉄管であることから、漏水の要因としては、管体破損の可能性は低く、継ぎ手部の抜け出しあるいはパッキン損傷の可能性が高いと判断した。

関係資料として管割り図を収集し、周辺の配管の詳細を把握した。

3-5 漏水箇所の特定

図-11に示すとおり、相関調査および音聴調査による判定で漏水の可能性が高いと判定した排泥分岐点より約6m地点に、直管の継ぎ手が配置されている。継ぎ手の形式は、T型である。

音聴調査と補足調査の結果から総合的に判断して、漏水箇所は、G排泥弁工地点より5.88m下流のダクタイル鋳鉄管(直管)のT型継ぎ手部と特定した。

4. 調査・診断手法の評価

4-1 確実性の評価

本調査手法によって、漏水箇所の特定を実現しており、確実性の面から、各種調査方法を組み合わせた今回の調査手法は、山間地にあつて、路線および付帯施設へのアクセスが困難なパイプラインの漏水調査に有用と考えられる。

今回の調査では、水位法により、管の規模・敷設勾配および空気弁の配置などの条件から、全延長4.6kmのうち、漏水箇所として約0.5kmの範囲と概定できた。この範囲を対象にした相関調査では、2m程度の範囲の精度で漏水箇所を絞り込み、その後の音聴調査と補足調査から、漏水箇所を特定できた。

なお、相関調査により示された漏水位置と、その後の音聴調査等により特定したT型継ぎ手地点(実際の漏水位置)のF空気弁工からの距離は、それぞれ以下のとおりであり、実際の漏水位置と相関法による位置との差は、 $\Delta d_{max} \div 2m$ であった。

$$ds = 233.7 \sim 235.7m$$

$$dt = 235.8m$$

この結果から、相関調査のみの適用でも、施設の構造・規模および漏水規模などの調査条件によっては、漏水箇所を十分な精度で「特定」することも可能と考えられる。

4-2 効率性の評価

今回の現地調査に要した日数は、水位法に2日間、相関法と音聴法に1日間の延べ3日間である。

水位法では漏水箇所の“特定”は困難であるが、仮に、当初から相関法を全区間(L=4.6km)に適用した場合は、今回の調査実績延長L=0.5kmにもとづく延長比から単純換算すると、調査に9日間を要することとなる。また、音聴法による調査の場合は、施設へのアクセス条件が厳しいことや、植生が繁茂する山間地でパイプライン線路の位置出しが必要になることなどを勘案すれば、さらに多くの時間を要することになると考えられる。

以上より、今回の調査手法は、効率性向上の面から、山間地におけるパイプラインの漏水調査手法として有用と考える。

4-3 安全性の評価

今回の調査では、対象区間L=4.6km、付帯施設25箇所のうち、施設へのアクセスを要した施設は、圧力計を設置した空気弁工3箇所と相関法を適用した空気弁工・排泥弁工の3箇所を併せた6箇所である。また、音聴調査を実施した道路横断部のほかは、管上地での調査を必要としなかった。

急傾斜部に在る施設へのアクセスや山間地内での作業が大幅に軽減されたことは、滑落事故の予防や熊・ハチ等との接触機会を軽減することとなり、結果として、作業の安全性向上に繋がったものと考えている。

4-4 総合考察

山間地に立地して起伏に富み、アクセス条件が厳しい管水路を対象とした場合、農業分野の水張り漏水試験で一般に用いられてきた「水位法」と、上水道分野などで用いられている「相関法」「音聴法」を、互いの特徴を踏まえて組み合わせ、段階的に適用した今回の調査手法は、確実に効率的かつ安全に漏水箇所の特定を可能とする有効な調査・診断技術であると考えられる。

なお、各調査手法の特徴および評価を表-1に一覧表としてまとめる。

表-1 調査手法の評価一覧表

調査手法	調査目的と調査手法の特徴	調査結果	調査・診断手法の評価	優先度
1 水位法	<ul style="list-style-type: none"> ■減水が停止する管水路内の水位を観測することにより、漏水箇所の標高を特定する。 ■水理ユニットを調査単位とする。 ■一度に比較的広範囲を対象とするため効率が良い。 ■水圧計などの簡易な計器のみで調査が可能である。 ■管水路の標高変化が少ない場合は、水位停止位置に該当する範囲が広がる。 ■計測機器を設置できる施設の配置により、漏水の該当範囲が広狭する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■減水がある水理ユニットを特定した。 ■さらに、減水の停止位置から数百mの範囲で漏水箇所を概定した。 	<ul style="list-style-type: none"> ■起伏のある山間地等に立地する管水路の漏水箇所概定に有効である。 ■アクセス条件が不利な立地で、効率的かつ安全に漏水箇所の概定を可能とする。 	A
2 相関法	<ul style="list-style-type: none"> ■管水路内を伝わる漏水音から、漏水箇所を特定する。 ■空気弁等の付帯施設間を調査単位とできる。 ■管水路の敷設形状に影響されない。 ■金属系の管種に最も適する。樹脂系の管種は調査精度がやや低くなる。 ■専用機器を用いるためのコストを要する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■水位法で概定した範囲を対象に、付帯施設間の調査を行い、数mの範囲まで漏水箇所を絞り込んだ。 	<ul style="list-style-type: none"> ■アクセス条件が不利な立地で、水位法との組合せが効率的であり、作業の安全性向上にも繋がる。 ■漏水箇所の絞込みあるいは特定に有効である。 	B
3 音聴法	<ul style="list-style-type: none"> ■地上に伝わる漏水音を調べ、漏水箇所を特定する。 ■ピンポイントの調査となる。 ■管水路の敷設形状に影響されない。 ■調査精度は、埋設深や周辺雑音に影響される。 ■専用機器を用いるためのコストを要する。 ■管上地の調査のため、山間地や長延長の場合には多くの作業時間を要する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■相関法で絞り込んだ範囲を対象に、管上地盤周辺の調査を行い、漏水箇所を特定した。 	<ul style="list-style-type: none"> ■漏水箇所の特定に有効である。 ■雑音など、調査精度を低下させる要因がある場合も、調査時間帯や調査員の経験により概ねカバーできる。 	C

※優先度は、山間地のパイプライン漏水調査に適用する場合に、「A」は第1に実施すべき調査、「B」はAの結果を踏まえて実施すべき調査、「C」はAあるいはBの結果を踏まえて実施すべき調査とした分類である。

おわりに

平成20年度より制度化された「高度化事業」は、ストックマネジメント技術の高度化・標準化に向けた一環として、対象施設の特性を踏まえた調査手法等の検討（Plan）およびその実践（Do）を通じて、調査手法等の有効性を評価するとともに、適用上の問題点や課題を明らかとして（Check）、さらなる解決策を検討・適用（Act）することにより、調査・診断・保全技術のスパイラルアップ（PDCAサイクル）を図っていくための実効手段といえます。

このため、その結果は、一つの業務報告に止まらず、論文発表や研究発表会などを通じて、広く関係者に周知されることが重要と考えます。

今回は、図らずも、本報文集において弊社の調査実績について発表の機会を頂き、誠にありがとうございました。

また、本調査の機会を与えて下さいました関係機関に対し厚く御礼申し上げます。

(株)アルファ技研)

参考文献

- 1) 農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」(案)：農林水産省、平成20年12月18日版
- 2) スtockマネジメント技術高度化事業実施要綱：農林水産省、平成20年4月1日

ニホンザリガニの保全に配慮した農業用排水路について

大西 政広

1. はじめに

最近の世界規模での異常気象やこれに伴う生態系の変化等により、地球環境への関心が高まっている中、日本においても環境保全のための様々な取り組みが実施されている。農業農村整備事業においても、環境に配慮した整備が進められてきていたが、土地改良法の改正（平成14年4月1日施行）により、「事業の施行に当たって、その事業は、環境との調和に配慮しつつ、国土資源の総合的な開発及び保全に資するとともに国民経済の発展に適合するものでなければならない」と定められた。これに基づき、農林水産省では「農業農村整備事業における環境との調和への配慮の基本方針」が策定され、今後農業生産性の向上の目的を達成しつつ、可能な限り農村の自然風景及び生物多様性や生態系への負荷を回避し、低減することが必要となってきた。また、失われた環境を回復し、良好な環境を創造することも必要となっている。

本稿では、このような背景から、貴重性が高い絶滅危惧Ⅱ種類に分類されているニホンザリガニが生息している農業用排水路の改修に伴う実施設計においてニホンザリガニの保全に配慮した自然環境保全・再生の検討事例を報告する。

2. 環境へ配慮する考え方

農業農村整備事業では、ミティゲーション5原則により実施することを基本としている。ミティゲーション5原則を適用するに当たっては、農業生産性の向上等の事業目的確保への影響や費用、維持管理等の観点から、実施の可能性を順次検討し、最も適当なものを選定することとされている。

ミティゲーションとは、緩和や軽減という意味で、事業を行う上で全く影響を与えないことは不可能であり、できる限り緩和・軽減するための5原則が図-1に示す考え方である。

2.1 回避

保存すべき環境要素が、計画範囲に入る場合、

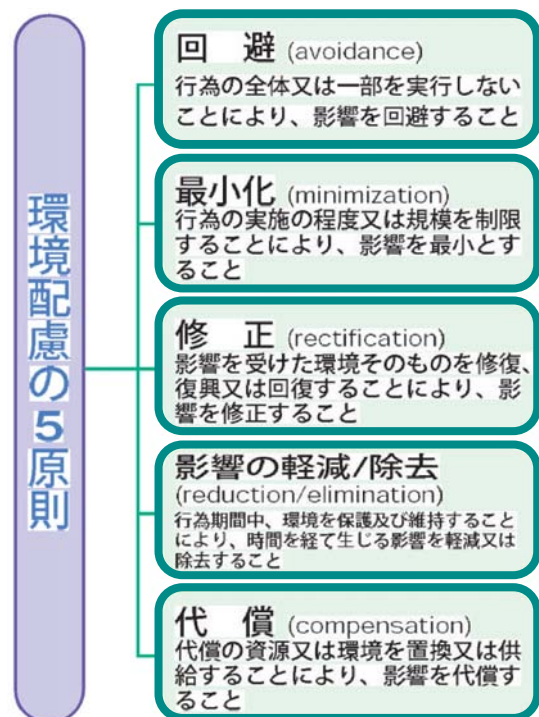


図-1 環境配慮の5原則¹⁾

この範囲を除外または迂回すること。

2.2 最小化

影響をできる限り少なくなるように計画すること。

2.3 修正

事業の実施により、生態系に配慮した水路などに修正し、環境の修復・再生を行うこと。

2.4 影響の軽減／除去

工事実施中に、環境への影響を軽減することであり、工事期間中に一時的に生物を引越しさせることなど。

2.5 代償

環境への影響が避けられない場合に、新たな生物の生息地等の代替地を創出すること。

3. 配慮すべき自然環境

排水路の周辺には、圃場が整備され自然環境と調和の図られた良好な農村整備が行われている。事前の環境調査により計画排水路には、環境省による「改訂・日本の絶滅の恐れのある野生生物－汽水・淡水魚」²⁾で絶滅危惧Ⅱ類に指定されている「ニホンザリガニ」が生息していることが確認されていた。

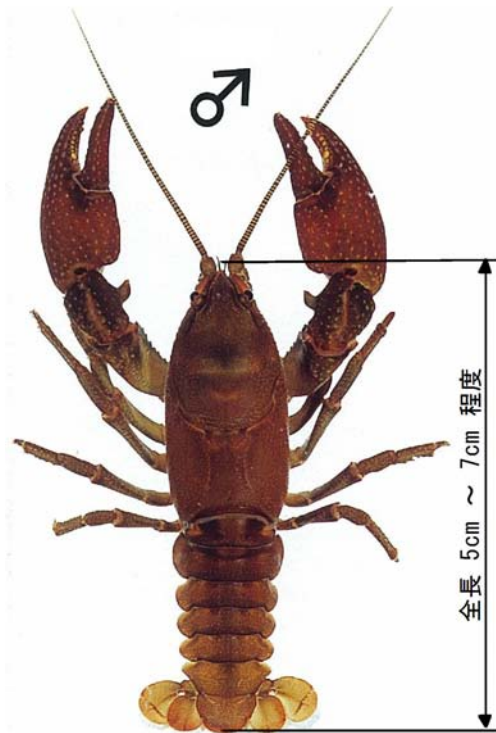


写真-1 ニホンザリガニ（雄）

3.1 ニホンザリガニの生態

当該排水路において保全すべきニホンザリガニの生態の概要を次に示す。

学名：*Cambaroides japonicus*

アイヌ語名：テクンペコルカムイ（手袋をもつ神様）、ホロカレイエツプ（後退りする生き物）、タピシトンペコルペ（鎧の武者） 写真-1 ニホンザリガニ（雄）

3.1.1 体長

体長約5cmほど、全長（額角先端から中央の尾節先端まで）7cmくらいまで成長する。体サイズをもとにした年齢査定によると、10～11年生きると考えられている。体長4cmになるまで2～3年、繁殖を始めるまでに5～6年かかる（外来種のアメリカザリガニは1年前後、ウチダザリガニは2～3年）。

3.1.2 繁殖

繁殖は年1回が基本、夏から秋にかけて交尾をする。メスは交尾後、精包を体内に蓄えたまま越冬し、翌春受精・抱卵、夏に孵化し、3週間ほどで親離れして単独生活を始める。メス一尾あたりの抱卵数は20から80個である（アメリカザリガニは200～1000個、ウチダザリガニは100～500個）。ふ化後もしばらくはメスの腹脚につかまって過ごす、やがて親から離れて単独生活を始める。

3.1.3 食性

雑食性で、落葉やコケ、無脊椎動物（昆虫、貝、エゾサンショウウオなど）、脊椎動物（魚類・両生類など）を食べる。脱皮の時期には共食いをすることもある。

3.1.4 生息環境

周囲に落葉広葉樹が繁茂し、河川では2m以下の湧水のある清澄な源流域で、水深は浅く5cm以下のところ、湖沼では山上のカルデラ湖に多く分

布する。流速は極めて遅い、5～10cm/s以下の緩やかな水流を好むが大きな個体は50cm/sまで耐えられる。水温は10℃～15℃、20℃以上だとほとんどいなくなる（21℃で致死がみられる）（ウチダザリガニ、アメリカザリガニは10℃～30℃）。phは7.5のところによく棲息する。

3.1.5 巣穴（隠れ家）

落葉広葉樹が湖岸に存在する水底の転石や落葉、倒木の下などに巣をつくる（広葉樹があることによって水温の上昇が妨げられ、落葉などで流速も遅くなる）。また、転石や倒木の下は2～3cm掘り下げて利用する傾向がある（足寄高等学校自然科学研究会調べ）。

小河川源流域などでは自ら巣穴を掘り隠れ家としていることが多い。巣穴は基本的に2つの開口部をつなげた「T」または「Y」字型になっており長さは体長の約8倍に及ぶこともある。ザリガニは頭胸甲の後縁部から水を吸い、エラで酸素を取り込み、口元から水を吐き出し呼吸をする。水がかれるとエラが乾燥してしまうので冬期も乾燥しない泥の中に潜る。また、湿った山の斜面や崖にも棲んでいる。

3.1.6 生息地の主な底質

生息地の底質は、主に黒土である。φ2～10mmの多様なサイズの底質（足寄高等学校自然科学研究会調べ）で、水流に流されないものである。また、礫が多い場合は川岸が軟らかく掘れる土壌であれば生息が可能である。飼育下では底砂や巣がなくとも脱皮、交接、産卵の確認はされている。

3.2 排水路の周辺環境

当該排水路は、過去に整備された排水路であり今回の整備は改修である。既設護岸構造は、写真-2に示す連結ブロックにより3面装甲で設置されている。

河岸には、ヤナギやシラカンバ等の木本類のほ

か、オオイタドリ、ヨモギなどの高茎草本類が、水際はクサヨシやアキタブキなどが繁茂している。周辺には、人工の防風林および林帯がある。排水路左岸には、写真-3に示す河畔林があり、排水路の水面に木陰をつくり水温の上昇を押さえ、ニホンザリガニの良好な生息・生育環境を提供している。河畔林からの落葉は、魚類および昆虫等のエサとなっている。



写真-2 既存護岸（連結ブロック）



写真-3 現況河畔林

4. 生息環境に配慮した排水路施設

保全すべきニホンザリガニの外、水棲生物の生息環境へ配慮するため、環境そのものを修復する「修正」をすることとし、次の施設を検討した。

4.1 法覆型護岸構造

護岸構造は、多孔質な空間を確保するためかごマット工を用いた。図-2、写真-4に示すかごマット工は、昆虫類、稚魚のすみかとなり魚類に

としては産卵場所、休息場所となるほか、付着性藻類がエサとなる。また、水際および地上部では、間隙に土が堆積して植物が生育し、多様な生態系を形成できる。

4.1.1 構造

鉄線籠の内部に中詰した石材重量と幅により河岸を保護する。中詰材は、流体力に対して安定性のある粒径とする。

4.1.2 特徴

鉄線による籠であるため、多少の地形の変動に柔軟に追従することができる。

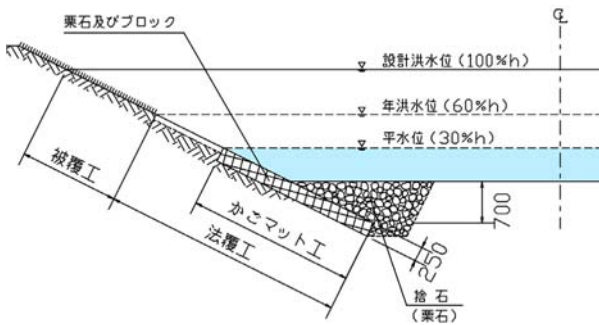


図-2 かごマット護岸模式図



写真-4 かごマット護岸

4.2 ニホンザリガニに適した人工巣穴

ニホンザリガニは、夜行性であり昼間は巣穴などに隠れているため、隠れ場所を確保する必要がある。よって、かごマット護岸には、隠れ場、巣穴を再生するため人工巣穴を「ニホンザリガニの生態と保全研究」(北海道大学大学院 水産科学研

究員 中田義和博士) および「北海道十勝地方東部におけるニホンザリガニの生息地の環境と生息条件」⁴⁾(北海道足寄高等学校自然科学研究会) の研究成果に基づき設置を検討した。

4.2.1 人工巣穴の径

人工巣穴の径は、算出式(塩ビパイプでの実験結果) Y (巣穴の内径mm) = $0.5 \times X$ (全長mm: 口先から尾先) + 3.4 ³⁾ より算出した。全長2cmほどの小さなものは、巣穴より木の根や岩の割れ目などに隠れていることが多いので2cm以下のニホンザリガニについてはこの算出式を使うことはできない。ニホンザリガニの最大全長が7cmとされているので、上記の算出式に当てはめると最大巣穴の内径は約40mmとなる。図-3に人孔巣穴のイメージを示す。

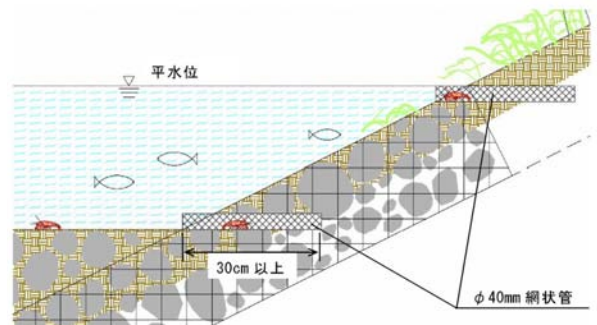


図-3 人孔巣穴模式図

4.2.2 人工巣穴の長さ

人工巣穴の長さは、算出式(塩ビパイプの実験結果) TL (巣穴の長さ) = X (全長mm: 口先から尾先) $\times 3$ ³⁾ より算出した。また、実験上は $TL \times 2 \sim 3$ 倍が最も良好な数値であった。よって、長さは最大でも21cm以上必要となる。自然下では、 $TL \times 3$ よりも長い巣穴をつくり生息しているものもあるため、本排水路においては30cm程度の長さとした。

4.2.3 人孔巣穴内壁の接触感

塩ビパイプそのままでも巣穴として利用されている事例もあるが、パイプ内壁の材質が「ツルツ

ル」とした接触感は不適であり図-4に示すように既往の実験結果より砂礫質の状態であることがニホンザリガニの好む接触感「肌触り」に合致していることが示されている。

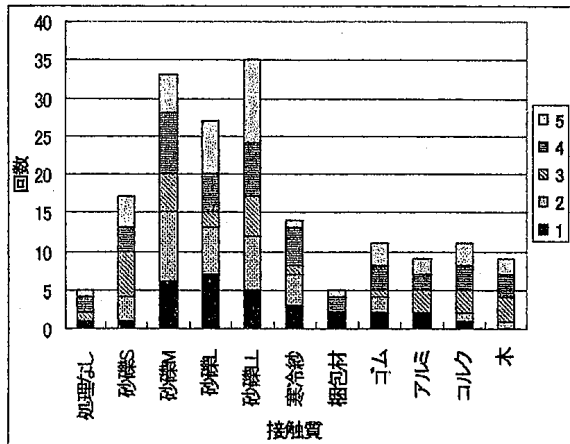


図-4 接触材質別個選択回数⁴⁾

接触材質の選択実験は、内径30mm、長さ20cmの塩ビパイプの内壁を加工し、各パイプを並べ5固体が、どのパイプを選択するか30~40回の選択試験を行った結果である。この結果から処理しない塩ビパイプの選択回数が非常に少ないことがわかる。また、使用した砂礫の粒径は以下のとおりであり、砂礫質の選択回数が多いのもわかる。

砂礫S：粒径0.425mm以下

砂礫M：粒径0.85~2mm以下

砂礫L：2~4.75mm

砂礫LL：4.75~10mm

4.2.4 人工巢穴材質

巢穴内壁の材質は、砂礫質の接触感に近づけることと、細かな砂礫が内壁に付着しやすい素材とするため網目状開孔部があり粗面（ザラザラ感）であり、通水性、可撓性が良い写真-5に示す網状の暗渠管を用いた。



写真-5 ネットロンパイプ

4.3 水棲生物への緩流域（死水域）の創出

当該排水路の最大設計流速は、 $V=2.2\text{m/sec}$ である。ニホンザリガニの良好な流速は、既往の観察結果で $V=5\text{cm/sec}$ 程度と推定されている。よって排水路の流速が速い時期の避難場所が必要である。このため、避難場所として河床に $W50\text{cm} \times L70\text{cm} \times H50\text{cm}$ の緩流域（死水域）空間を確保できる図-5に示すフィッシュ籠を設置する。また、渇水期には、排水流量が減少するため護岸構造であるかごマット、基礎掘削埋戻し部の捨石の多孔質空間および地盤への伏流等により写真-6のような水枯れが予想される。このため、ニホンザリガニやイバラトミヨ等の魚類の一時的な避難場所および生息場所も合わせて必要である。

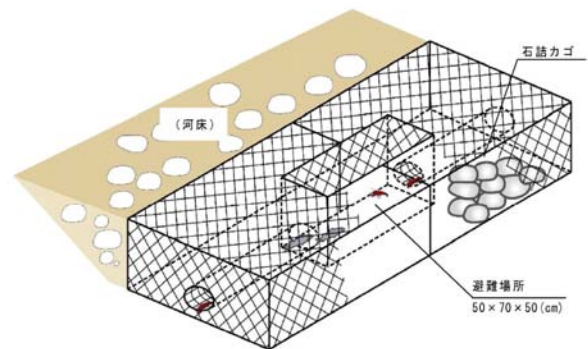


図-5 避難場所模式図



写真-6 湯水期のフィッシュ籠

4.4 河畔林の保全

ニホンザリガニの生育水温は、20℃以下を維持する必要があり、致死水温が25～30℃であるため夏の高温時に水面に陰を落とす落葉広葉樹を可能なかぎり保存する必要がある。現況排水路の左岸には、河畔林があるため排水路の平面線形においてコントロールポイントとなる既設橋梁に支障のない範囲で排水路中心線形を右岸へ移動させ、写真-7に示す河畔林の保全を行った。また、次に示す河畔林のその他のはたらきを合わせて排水路の計画を行った。

4.4.1 河畔林のはたらき

河畔周辺では、様々な生物の食物連鎖により栄養が循環している。河畔林は、エサとなる有機物の供給のほか日射遮断、隠れ場形成などの生息場所の保全、水質浄化といった多機能をもっている。

(1) 日射遮断

木陰をつくり水温上昇を抑制する機能で冷温性の魚類等生息には不可欠なはたらきである。

(2) 有機物供給

水棲生物のエサとなる落葉、落下昆虫等の供給機能で、構成樹種によりその量も質も異なる。

(3) 水質浄化

土砂や窒素、リンなどを林内で補足、ろ過

して水質浄化を行うはたらきがある。

(4) 水棲生物、陸上動物の生息場提供

河畔は、生物多様性の高い場所であり、魚類、昆虫類、哺乳類、鳥類など利用するあらゆる生物の生活の場となる。



写真-7 保全河畔林

4.5 排水路への適用

前述の検討施設(1)かごマット護岸、(2)ニホンザリガニに適した人工巣穴、(3)水棲生物への緩流域(死水域)、(4)保全河畔林を排水路へ適用させた模式図を図-6に示す。

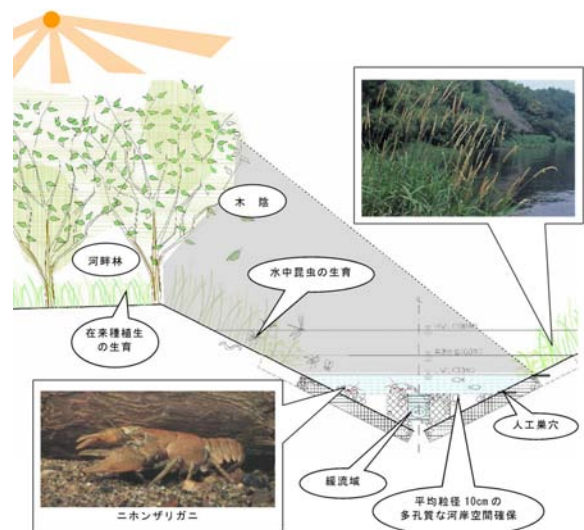


図-6 排水路への適用模式図

5. おわりに

本検討事例における農業用排水路では、事前の環境調査により在来種のニホンザリガニが確認されており、設計段階において種々の検討を行った。

ニホンザリガニは、北海道と東北地方北部にしか生存していない貴重な生き物であり、開発による生息環境の減少や大型外来種であるウチダザリガニなどの影響によって、絶滅危惧種に選定されるほど減少している。ニホンザリガニの生息する環境条件は、河川の水質、水温、流速、河床の底質などの諸条件において森の清流域のような極めて狭い範囲にしか生息できないザリガニ類である。今後、北海道の農業農村整備事業において良好な自然・生息環境の保全・復元など、環境との調和を図りながら、住民の理解を得て推進していくことが重要であると考えている。

謝 辞

ニホンザリガニの保全に配慮した農業用排水路の検討に際して、当時、北海道大学大学院水産科学研究科 学術研究員の中田義和博士（現(株)土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム）と、北海道本別高等学校の川内和博教諭より貴重な論文の提供と助言を頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

（中央開発(株)札幌支店）

参考文献

- 1) (株)農村環境整備センター：生きものたちの住む農村を目指して、2002年1月
- 2) 環境省：日本の絶滅のおそれのある野生生物ーレッドデータブックー汽水・淡水魚類、平成15年（2003年）
- 3) 中田和博、浜野龍夫、川井唯史：ニホンザリガニの生態と保全研究、多自然研究No.65（2001-2）
- 4) 北海道足寄高等学校自然科学研究会：北海道十勝地方北東部におけるニホンザリガニの生息地の環境と生息条件について、2004年北海道高文連理科学研究発表大会資料

パイプラインにおける微少漏水箇所の探査

小松 淳一 三浦 亨 月館 瑞寛 青木 謙治

1. はじめに

農業用パイプラインの通水試験において、漏水試験時の測定漏水量が許容値を下回る場合であっても、必ずしも水圧試験の許容圧力を満足するとは限らず、この場合の漏水量は微少であることが多い。また、漏水試験及び水圧試験の区間は、制水弁や空気弁の位置の制約を受けるため、漏水箇所を特定することは一般に容易でない。

本事例においても、漏水試験の結果は満足したものの、その後の水圧試験では許容値を下回る圧力低下が認められた。推定漏水量は約1.2ℓ/minと少なく、地表面の目視調査による漏水箇所の発見は困難であった。このため、試験区間を可能な限り分割して漏水試験及び水圧試験を追加実施し、その結果から漏水箇所が延長約518mの区間にあると考えられた。しかし、この区間は延長が長いだけでなく、管路勾配(0.2%)が緩やかであり、前述のように漏水量も微少であることから、漏水箇所を特定するためには従来の漏水箇所探査方法を必要とした。この場合、従来の探査方法を直接的に用いることは所要日数や費用の面から得策ではなく、事前に可能な限り漏水調査区間を限定する必要がある。

そこで、漏水調査対象区間の上流側に設置された通気スタンドを利用し、管内に空気を圧送して水位の低下位置を探査することにより調査区間を絞り込み、その後トレーサーガス漏洩調査法を用いて漏水箇所を特定することを目論んだ。

2. 通水試験の方法と結果

2-1. 通水試験の方法

図-1に示すように、通水試験は「漏水試験」

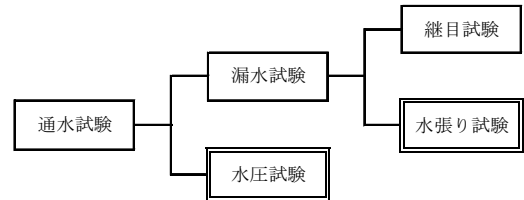


図-1 通水試験の方法

と「水圧試験」に区分される。

漏水試験(水張り試験)とは、静水圧を試験水圧とし、管路内に充水した後に漏水量を測定し、許容限度内にあるかどうかを確認するために行う試験である。

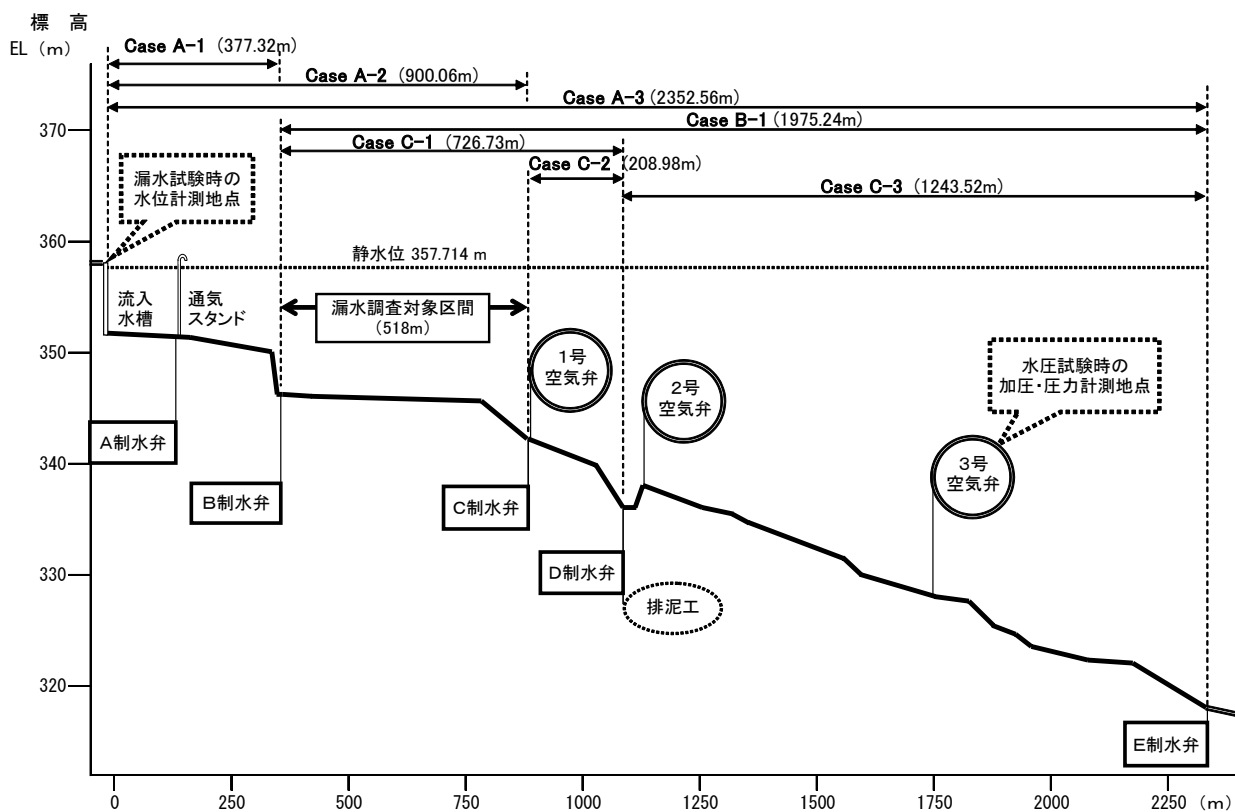
水圧試験は、管路が設計水圧(静水圧+水撃圧)に安全に耐え得ることを確認するために行う試験である。水圧試験の要領は、「パイプライン施工マニュアルの一部改正」(北海道開発局農業設計課事務連絡)に準じ、次の通りとした。すなわち、漏水試験の終了後に、試験区間を制水弁で完全に仕切り、空気弁に設置した加圧ユニットを用いて設計水圧まで加圧し、24時間後までの圧力の経時変化を確認した。さらに、その後に再加圧を行い、3時間を経過するまでの圧力変化を確認した。

2-2. 通水試験結果

図-2に「通水試験の対象区間模式図」を示した。通水試験の結果について以下に述べる。

(1) 漏水試験結果

表-1に示したように、各試験区間の漏水量は許容漏水量を下回る結果が得られた。ただし、個々の試験区間に着目した場合、Case A-2の漏水量(1402.4ℓ/日)とCase A-3の漏水量(1409.6ℓ/日)はほぼ等しい。また、Case A-1の試験区



図－2 通水試験の対象区間模式図

間の漏水量（11.6 ℓ/日）は僅かである。このことから、漏水量の多くは「B制水弁～C制水弁」の約518m区間の漏水量であると考えられた。

(2) 水圧試験結果

「流入水槽～B制水弁」区間には通気スタンドがあるため、「B制水弁～E制水弁」区間の水圧

表－1 漏水試験結果

Case名称	試験区間	管路長 (m)	許容漏水量 (ℓ/日)	流入水槽許容減水深 (m/日)	流入水槽測定減水深 (m/日)	測定漏水量 (ℓ/日)	判定結果
Case A-1	流入水槽～B制水弁	377.32	521.6～1043.2	0.181～0.362	0.004	$0.004 \times 2.876 = 0.0115 = 11.5 (\frac{\text{ℓ}}{\text{日}})$	$11.5 < 1043.2 \therefore \text{OK}$
Case A-2	流入水槽～C制水弁	900.06	1567.0～3134.0	0.545～1.090	0.488	$0.488 \times 2.876 = 1.404 = 1404 (\frac{\text{ℓ}}{\text{日}})$	$1404 < 3134.0 \therefore \text{OK}$
Case A-3	流入水槽～E制水弁	2352.56	4772.1～8944.2	1.555～3.110	0.487	$0.487 \times 2.876 = 1.401 = 1401 (\frac{\text{ℓ}}{\text{日}})$	$1401 < 8944.2 \therefore \text{OK}$

表－2 水圧試験結果

Case名称	試験区間	管路長 (m)	加圧地点：3号空気弁			判定結果
			試験水圧 (試験開始時)	試験水圧 (24hr後)	許容水圧	
Case B-1	B制水弁～E制水弁	1975.24	0.35 MPa (WL364.68m)	0.19 MPa (WL348.36m)	0.282 MPa (WL357.714m)	$0.19 < 0.282 \therefore \text{OUT}$

表－3 仮水圧試験結果

Case名称	試験区間	管路長 (m)	圧力チェック地点	試験開始時の圧力 (静水位)	24時間後の圧力	備考
Case C-1	B制水弁～D制水弁	726.73	1号空気弁	0.140 MPa (WL357.714m)	0.047 MPa (WL348.25m)	圧力低下が著しい
Case C-2	C制水弁～D制水弁	208.98	1号空気弁	0.140 MPa (WL357.714m)	0.139 MPa (WL357.63m)	極端な圧力低下は認められない
Case C-3	D制水弁～E制水弁	1243.52	3号空気弁	0.282 MPa (WL357.714m)	0.281 MPa (WL357.64m)	極端な圧力低下は認められない

試験を実施した。表-2に示したように、この試験区間では加圧してから24時間経過後の水圧（0.190MPa）が許容水圧（0.282MPa）を下回る結果となり、漏水が生じていると判断した。

そこで漏水箇所を調べるため、表-3に示す試験区間を対象とし、静水圧（WL357.714m）を初期値として24時間経過後の水圧を確認するための仮水圧試験を実施した。その結果、Case C-1とCase C-2の比較からわかるように、「B制水弁～D制水弁」区間の圧力低下が著しく、「C制水弁～D制水弁」区間の圧力低下は認められなかった。このことから、「B制水弁～C制水弁」の約518m区間において漏水が生じていると推定した。

3. 漏水箇所探査にあたっての留意点や課題

漏水試験及び水圧試験の結果より、「B制水弁～C制水弁」区間で漏水が生じていると判断した。しかし、当該区間において漏水箇所探査を実施するにあたっては、次の点に留意する必要がある。

- ① 延長（約518m）が長く、管路勾配（約0.2%）が緩いこと

- ② 推定漏水量（約1.2ℓ/min）が少ないこと
- ③ 管種・管径はVMφ400であり、管路の継目が87箇所（6m/本）あること
- ④ 当該調査区間「B制水弁～C制水弁」の中間に付帯施設が無いこと
- ⑤ 地権者の敷地内であるため、調査のための開削等は極力避ける必要があること

また、上記の留意点に加えて、当該区間では表-4に示すように、従来の漏水箇所探査方法を適用する上での課題があった。

これらの留意点や課題を踏まえ、当該区間の漏水箇所を特定できる確率が相対的に高い方法は、「トレーサーガス漏洩調査法」であると考えられた。しかし、この探査法は、調査区間が長いほど多量のトレーサーガスを必要とし、探査の所要日数も増える。このため、費用等の面から探査を効率良く実施する必要がある。

4. 空気圧送法による調査対象区間の絞り込み

4-1. 試験方法の概要

トレーサーガス漏洩調査法による漏水箇所探査

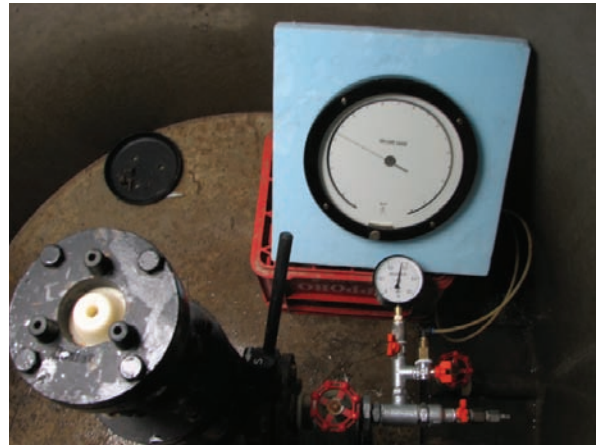
表-4 漏水箇所探査方法

名称	特徴	当該区間における適用上の課題
1. 音聴法	<ul style="list-style-type: none"> ・路面や弁栓に伝わる音によって漏水を聞き分ける。 ・φ11～12mmの音聴棒を1.2m程度差し込むため、特別な工事を要しないが、天候に左右される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査区間は道路に沿っており、昼間は工事用車両の通行が多いため騒音が大きい。 ・調査区間の管路付近に暗渠が布設されており、排水音の影響を受ける。
2. 相関法	<ul style="list-style-type: none"> ・2点間（仕切弁等）に設置したセンサーで漏水音を捉え、2点間の漏水音の到達の時間差から漏水地点を発見する。 ・制水弁にセンサーを付ける必要があり、設置間隔は短い方が望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査区間はVM管であるため、漏水音が響きにくい。
3. 管内TVカメラ・パッカー圧力調査法	<ul style="list-style-type: none"> ・管路内に自走式カメラを入れて、地上モニターによる遠隔監視で、侵入水や管内クラックを探査する。 ・管路の外側から内側に水が流入する箇所を見つけるため、周囲の地下水位に左右される。 ・TVカメラの出入口用の開口部が必要である。 ・調査区間の延長はカメラケーブルの長さ（150m）により限定される。 ・パッカーによる繋ぎ目圧力検査を同時に行うことが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査区間は地権者の土地内であり、TVカメラの出入口用開口部を設ける等の開削工事の実施は難しい。 ・パッカーによる継目の圧力検査を実施する場合、管路の長さが6m/本であるため、所要日数及び費用がかかる。
4. トレーサーガス漏洩調査法	<ul style="list-style-type: none"> ・管路内にトレーサーガス（水素と窒素の混合気体）を注入する。 ・漏洩箇所から地表面まで流出・拡散したガスを専用センサーで探査する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査区間が長いため、多量のトレーサーガスが必要となり、費用がかかる。

を効率的に実施するため、事前に調査対象区間をできるだけ絞り込む方策を検討した。具体的には、調査対象区間の上流側に設置された通気スタンドに着目し、これを利用して管路内に空気を圧送し、管路内水位が低下しない区間を探索する方法を試みた（写真－１）。すなわち、管路内水位が低下しない区間は、漏水が生じていないと判断できるため、当初の調査対象区間から除外することが可能となる。なお、管路内の水位低下の位置確認は、下流側に位置する空気弁に圧力ゲージを設置し、その測定値に拠ることとした（写真－２）。



写真－１ 通気スタンドを利用した空気圧送状況



写真－２ 空気弁を利用した圧力測定状況

4－2．試験結果

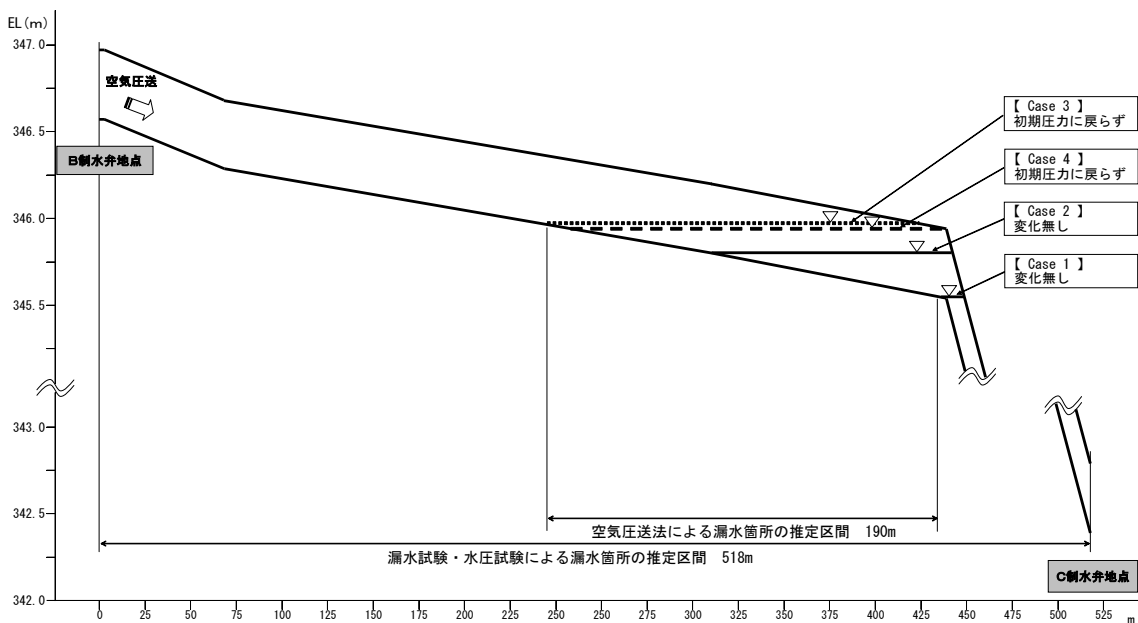
図－３に空気圧送法による試験模式図、表－５に試験結果を示す。

本試験は計４回実施した。その結果を要約すると次のとおりである。

- ① Case 1 及びCase 2 では、「加圧前」と「加圧後の圧力開放時」の水位に差が生じなかったことから、345.80mより低い標高の区間では漏水がないと考えられた。
- ② Case 3 及びCase 4 では、「加圧前」と「加圧後の圧力開放時」の水位に差が生じ、「加圧後の圧力開放時」の水位が345.95m～345.97m

まで低下した。従って少なくとも、この水位に相当する標高の管路区間において、漏水が生じていると推察された。

- ③ 標高345.95m～345.97mに相当する管路区



図－３ 空気圧送法による試験模式図

間は約190mである。これより標高が高い上流側の区間で漏水が生じていないと仮定した場合、漏水調査の対象区間を当初（約518m）の約37%に絞り込むことができる。

表－5 空気圧送法による試験結果

Case 名称	試験条件	空気弁での測定圧力 [kgf/cm ²]	管内水位 (圧力換算値) [m]	備 考
Case 1	初期値	0.210	345.55	0.10[MPa]で一定加圧初期値に戻る
	加圧時	0.212	345.57	
	圧力開放時	0.210	345.55	
Case 2	初期値	0.235	345.80	0.10[MPa]で一定加圧初期値に戻る
	加圧時	0.240	345.85	
	圧力開放時	0.235	345.80	
Case 3	初期値	0.258	346.03	0.10[MPa]で一定加圧初期値に戻らず
	加圧時	0.255	346.00	
	圧力開放時	0.252	345.97	
Case 4	初期値	0.265	346.10	0.10[MPa]で一定加圧初期値に戻らず
	加圧時	0.262	346.07	
	圧力開放時	0.250	345.95	

5. 漏水箇所探査

5-1. トレーサーガス漏洩調査の概要

空気圧送法により絞り込んだ漏水調査区間約190mを対象とし、「トレーサーガス漏洩調査法」を用いて漏水箇所を特定することを試みた。具体的には次の手順により試験を実施した。

- ① トレーサーガス（水素5%、窒素95%の混

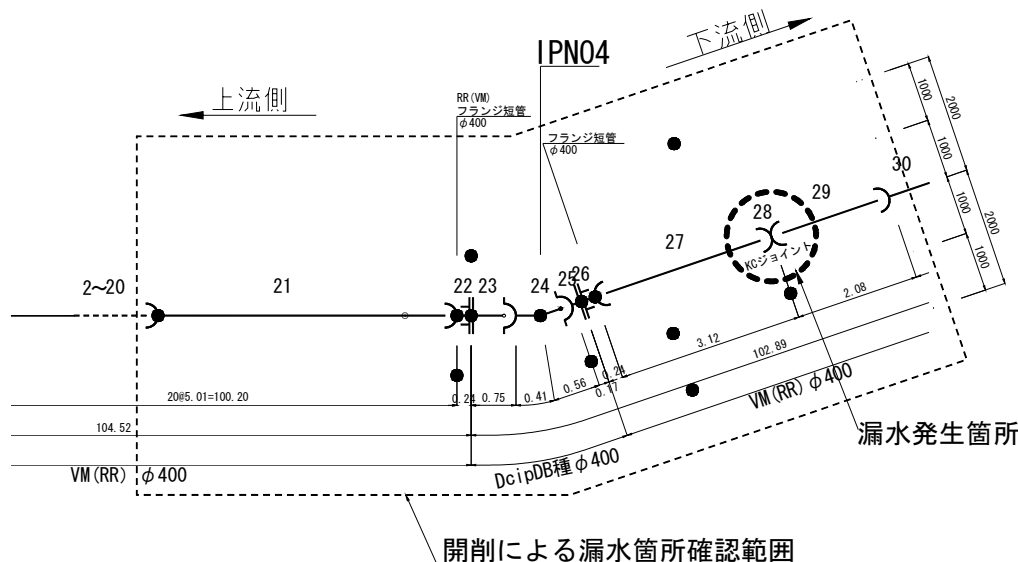
合ガス）は、空気より軽いため上昇する。このため、調査区間より標高が低い下流側の空気弁を利用し、管内にトレーサーガスを注入した。

- ② 管内へのトレーサーガスの充填には5～6時間を必要とする。さらに、漏水箇所から流出・拡散したトレーサーガスが地表面に到達するまでには5～6時間必要であると予想された。このことを考慮し、管内にトレーサーガスを10時間程度注入し続けた後に、専用センサによる探査を開始した。

5-2. 試験結果

探査を開始してから30分を経過した時点（ガスの注入開始から10時間30分後）で、専用センサによるガス反応を得た。具体的には、図－4に示したように管番号20～28の付近（●印）においてトレーサーガスを検知した。

なお、トレーサーガスは管路の上部だけでなく、横断方向に1～2m離れた箇所においても検知された。この理由は、トレーサーガスが土中の通気性の良い箇所を流れて上昇するためと考えられた。



図－4 トレーサーガスの検知箇所（●印） ※管割図上の数字は管番号を表す

5-3. 開削による目視確認

本調査結果から、管路番号20～28の約20m区間に漏水箇所があると判断した。そこで、この区間の開削を行い、漏水箇所を確認することとした。

開削作業においては、埋戻し土の除去による管の移動を極力防ぐため、管の周囲を大型土のうで固定した（写真-3）。次いで、漏水箇所を確認するため、管路を露出させた状態において管内の充水を行った。その結果、管番号28の伸縮継手（KCジョイント）部において、約1.8ℓ/minの漏水量を確認した（図-4、写真-4、5）。これは、漏水試験結果から推定した漏水量（約1.2ℓ/min）と同程度であった。



写真-3 開削部の全景



写真-4 伸縮継手部（KCジョイント）

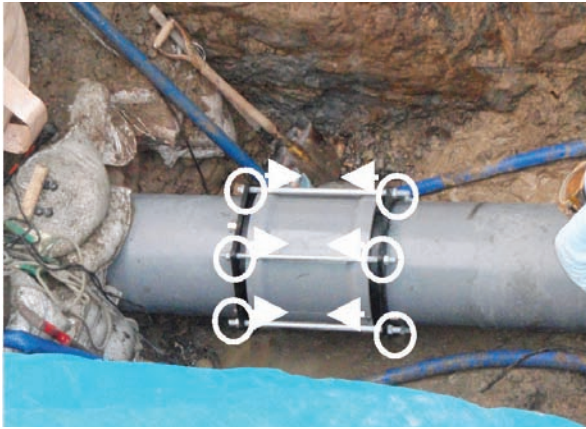


写真-5 伸縮継手部からの漏水状況

6. 漏水原因の推定

漏水原因を調べるため、伸縮継手（KCジョイント）を取り外し、詳細な観察を行った。その結果、管の損傷や止水ゴムの劣化等は認められなかった。従って、漏水の発生は以下の原因によるものと考えられた。すなわち、KCジョイントは上流側及び下流側からナットによって締め付けて、止水ゴム輪を押し込む構造になっている。このため、ナットの締め付けは慎重に行う必要があり、締め付け力が偏っていると漏水の原因になり得る。今回、ナットの締め付け力の著しい偏りは確認されなかった。しかし、当該KCジョイントをすべて交換し、その際に各ナットの締め付け力が均一になるように注意して設置したところ、漏水は認められず、その後実施した水圧試験においても許容水圧を満足する結果が得られた（写真-6）。

このことから、漏水原因は伸縮継手（KCジョイント）の取付け時にナットの締め付け力が不均一であったことに起因するものと考えられた。



写真－6 伸縮継手部（KCジョイント）の取付状況

7. おわりに

本事例では、パイプラインの微小漏水箇所を特定するために、通気スタンドを利用した空気圧送法を用いて漏水調査区間を絞り込み、その後トレーサーガス漏洩調査法による漏水箇所探査を実施した。その結果、漏水箇所が管路延長約20mの間にあることを突き止め、その漏水箇所を目視で最終的に確認した。

今回の調査結果から、次の知見が得られた。

- ① 今回考案した空気圧送法は、従来の漏水探査法とは異なる発想、すなわち空気を圧送した際に低下する管内水位を調べることにより、漏水箇所を探査する方法である。この方法は、本事例のように管路勾配が緩やかな区間を対象とする場合、調査区間を早期に絞り込む方法として有用である。また、管路勾配が大きい区間においては、漏水箇所を特定できる可能性がある。

従って、この空気圧送法を併用もしくは単独で用いることにより、漏水調査に要する時間や費用を軽減できる場合があると考えられる。

- ② トレーサーガス漏洩調査法は、微小漏水箇所を特定するための有効な方法の一つであると考えられる。ただし、トレーサーガスは管路の埋め戻し土や周囲の土壌条件によっては、必ずしも管路の上部で検知されるとは限らず、広範囲において検知される可能性があることに留意すべきである。

(NTCコンサルタンツ株式会社
東京支社、北海道支社)

参考文献

農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」(案)：農林水産省、平成20年12月18日版

自然的要因による砒素不溶化剤の開発

植松えり子 齋藤 謙一 小口 智久 常松 哲

1. はじめに

平成15年2月に土壤汚染対策法が施行され、重金属類の調査方法や基準値、汚染土壌の措置について法的な規制を受けることとなった。土壤汚染対策法では、自然的要因による汚染土壌は法規制の対象外とされているが、北海道には重金属、特にヒ素を含む海成泥岩類や火山岩類等が広く分布しており¹⁾、農業水利事業に伴うトンネル工事や道路整備事業等において、自然的要因のヒ素汚染土に遭遇する可能性がある。このような事態に直面した場合、自然的要因であっても、人や周辺環境へのリスクは人為的要因による汚染と同じであるため、土壤汚染対策法に準じた汚染対策を図ることが望ましいとされている。

重金属汚染対策方法には掘削除去（汚染土を掘削除去後、処分場で処理する方法）、封じ込め処理（遮水シートで汚染土を封じ込める方法）、不溶化処理等があるが、著者らはその中でも簡便で経済的にも優れた不溶化処理に注目し研究を進めてきた。

不溶化とは、重金属が溶出する土壌に不溶化剤（粉体や液体）を混合し、化学反応により重金属を難溶性の形態とする処理方法であり、不溶化改良後の土壌は盛土材等に利用することができる。不溶化剤にはセメント系固化材や鉄系、リン酸系、キレート剤、硫化物系、チタン系、セリウム系、カルシウム系、マグネシウム系、鋳物系等が使用され、不溶化剤選定においては対象元素の化学形態、pH、酸化還元電位、共存イオンの種類、土壌のイオン交換容量、有機物含有量等を考慮する必要がある²⁾。セメント系固化材は安価ではあるが、六価クロムが溶出する恐れがあるほか、pHの上昇、

それに伴う鉛等の重金属の溶出が危惧され、鉄系、硫化物系は不安定な化合物であるためpH等の適用範囲に限りがあり取扱いが難しい。鋳物系のように固体の不溶化剤は混合にばらつきが生じ易く、移動性に乏しいことから、溶出した汚染水が不溶化剤に接触しなければ効果は発揮しない³⁾。また、リン酸系、キレート剤、チタン系、セリウム系、マグネシウム系は高価であるという課題がある。

そこで、pHが中性域であること、有害物質を含まないこと、また自然界に多く存在する物質を利用した、溶解性で移動性を特徴に持つ、カルシウム系の石膏粉を主成分とした不溶化剤の開発を試みた。

本稿では、ヒ素不溶化剤の開発及びその不溶化剤を用いた実証試験について報告する。

2. ヒ素不溶化剤の開発

2-1. 実験に使用した試料

試料は、北海道内の工事現場から採取した自然的要因のヒ素を含む岩石試料A（泥岩）、B（泥岩）、C（硬質頁岩）、D（黒雲母デイサイト）を使用した。各試料の元素組成を表2-1に、ヒ素溶出量とpHを表2-2に示す。表2-1は蛍光X線分析（粉末プレス法）による結果であり、表2-2は2mm以下の風乾試料について実施した溶出試験結果（環境庁告示第46号）である。

表 2-1 各試料の元素組成

試料	A	B	C	D
成分	[%]	[%]	[%]	[%]
Na ₂ O	1.7	2.6	1.9	0.3
MgO	4.4	3.6	2.4	10.8
Al ₂ O ₃	16.5	13.7	17.3	17.3
SiO ₂	55.1	61.1	58.8	55.8
P ₂ O ₅	6.2	0.2	0.2	0.1
SO ₃	0.9	1.9	0.8	0.6
K ₂ O	2.7	1.8	3.0	2.8
CaO	1.1	7.0	7.8	5.7
Fe ₂ O ₃	5.8	7.1	6.9	5.8

表 2-2 各試料のヒ素溶出量と pH

試料	A	B	C	D
項目				
As [mg/L]	0.047	0.058	0.018	0.65
pH [-]	8.9	9.8	9.1	9.7

2-2. 石膏粉によるヒ素不溶化効果

石膏粉によるヒ素不溶化効果を確認するため、2mm以下の風乾試料（試料A～D）に、不溶化剤として石膏粉を1～10%（重量）添加し、溶出試験を行った。結果を図2-1に示す。

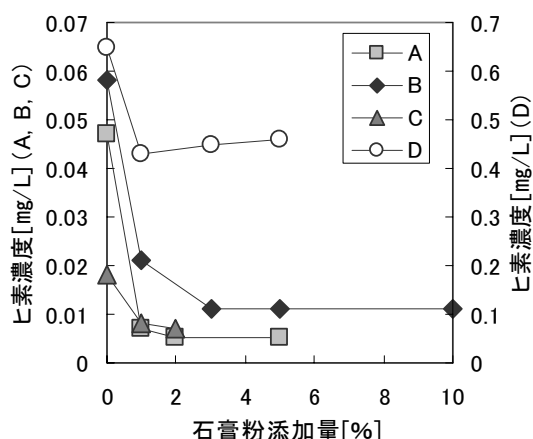


図 2-1 石膏粉添加によるヒ素溶出濃度

石膏粉添加によって全ての試料でヒ素溶出濃度が低下しており、石膏粉が不溶化剤として有効であることがわかった。

不溶化効果の再現性や安定性を得るため、不溶化効果に影響を与える要因について次項で検証した。

2-3. pH変化が不溶化効果に与える影響

土壌のpHは外的要因によって変化する可能性が

あるため、不溶化効果への影響を知る必要がある。そこで、2-2の実験で最も効果が高かった試料Aを用い、pH変化によるヒ素溶出挙動及び不溶化効果を確認した。実験方法は、試料A 30gに石膏粉を1.7、16.7%添加し、塩酸溶液（1 mol/L、0.05 mol/L）、水酸化ナトリウム溶液（1 mol/L、0.05 mol/L）100mlを用いて溶出試験を行った。結果を図2-2に示す。

試料Aからのヒ素溶出濃度はpH 6～8で最小値を示し、酸性、アルカリ性が強くなるほど高い値を示している。また、石膏粉を添加すると、中性からアルカリ性ではヒ素の溶出を抑えることができたが、酸性ではほとんど効果は得られなかった。

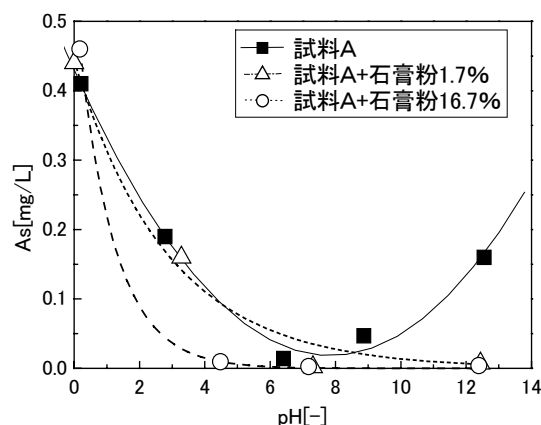
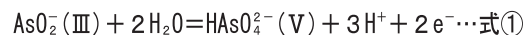
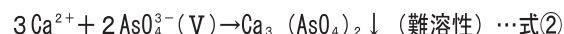


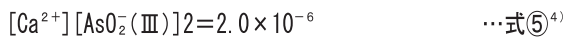
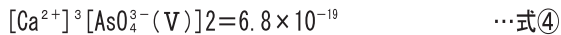
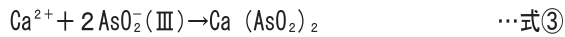
図 2-2 pH変化によるヒ素溶出挙動及び不溶化効果

ヒ素の形態には3価（Ⅲ）と5価（Ⅴ）があり、式①のような関係にある。



中性からアルカリ性ではヒ酸（Ⅴ）イオンが多く、カルシウムイオンと難溶性のヒ酸カルシウムを生成するが（式②）、pHが低くなると3価の亜ヒ酸イオンが多くなり、亜ヒ酸カルシウムを生成する（式③）。しかし、その溶解度積はヒ酸カルシウムに比べて大きいため（式④⑤）、酸性では石膏粉の効果が得られなかったと考えられる。





以上の結果から、石膏粉による不溶化処理はpHによって適用範囲が限られることがわかった。

次に、酸性側での効果の向上を図るため、石膏粉にpH緩衝剤として炭酸カルシウムまたはホタテ貝殻粉を加えた不溶化剤を用い、効果を確認した。

実験は、石膏粉16.7%を添加した試料AにpH緩衝剤を1.0及び5.0 g 添加し、**図 2-2** でヒ素溶出濃度が最高値を示した 1 mol/L 塩酸溶液で溶出した。

炭酸カルシウム・ホタテ貝殻粉の添加によるpHとヒ素溶出濃度の挙動を**図 2-3** に示す。

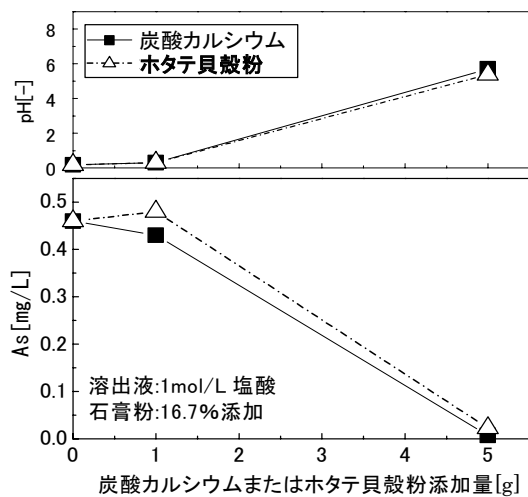


図 2-3 炭酸カルシウム・ホタテ貝殻粉の添加によるpHとヒ素溶出濃度の挙動

pHはpH緩衝剤 1 g の添加ではほとんど変化はなかったが、5 g 添加することで上昇し、中性となった。また、ヒ素溶出濃度も pH とともに変化し、5 g 添加時には約 1/50 まで低下した。

pH緩衝剤の添加により、不溶化の適用範囲を広げることができた。また、炭酸カルシウムとホタテ貝殻粉は同様の効果を示しており、ホタテ貝殻粉はpH緩衝剤として有効であることがわかった。

2-4. 固相・液相が不溶化効果に与える影響

2-3 より、ヒ素溶出濃度が低下したのは、5 価のヒ素イオンとカルシウムイオンの反応により、難溶性のヒ酸カルシウムが生成したためと考えられるが(式②④)、実験で得られたヒ素溶出濃度は理論値よりも低い。これは理論値以上の効果が得られていることを示し、不溶化反応にはカルシウムイオン以外の因子が関与していることを示唆している。すなわち、不溶化反応に影響を与える因子として、土壌粒子の比表面積・表面状態・形状寸法・構造(固相)、ヒ素含有土壌の化学組成の違いによる溶出成分(液相)の差異が考えられる。そこで、固相、液相どちらの因子が不溶化に関与しているのか確認するため、固相有無での不溶化効果を比較した。固相は試料Aと、表面が比較的安定な石英粒(600~850 μm)を用い、石膏粉を2%添加し、溶出試験(振とう時間: 15分~168時間)を行った。試料からの溶出成分による影響を確認するため、試験には、試料Aの溶出液(溶液I)を用いた。実験概要を**図 2-4** に、試験結果を**図 2-5** に示す。

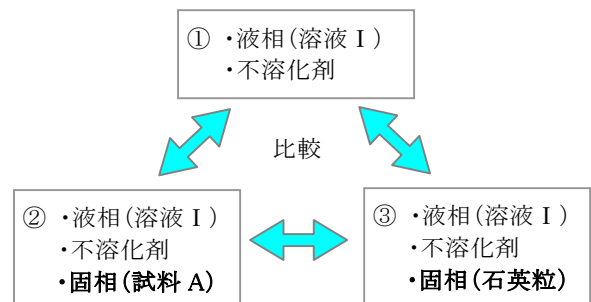


図 2-4 実験概要

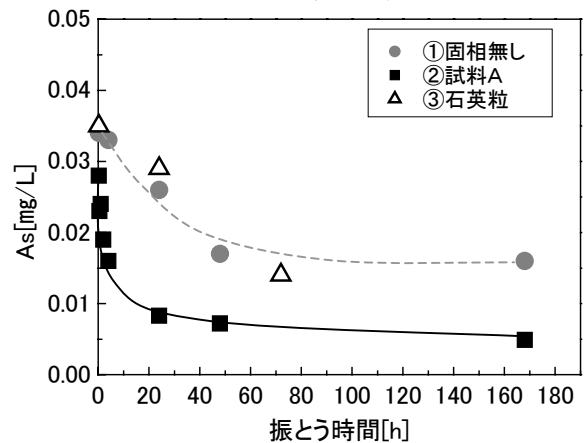


図 2-5 固相の違いによるヒ素濃度の挙動(溶液I)

①固相無しと②試料Aを比較すると、②試料Aの条件のほうが不溶化効果が高かった。これは、試料Aからの溶出成分よりも、試料A（土壌粒子）の存在のほうがヒ素不溶化に関与していることを示唆している。また、②試料Aと③石英粒を比較すると、②試料Aの条件のほうが不溶化効果が高かった。石英粒が試料Aと異なる点のひとつとして構成元素の違いによる結晶構造の特性が挙げられる。石英粒はケイ素・酸素、試料Aのような土壌粒子は主にケイ素・アルミニウム・酸素による結晶構造を持つ。

そこで、結晶構造がケイ素・アルミニウム・酸素から成る2種類の粘土鉱物（カオリン、ベントナイト）を用い、不溶化効果を確認した。石膏粉添加量は0、10%とし、ヒ素溶液を用いて24時間溶出した。試験結果を図2-6に示す。

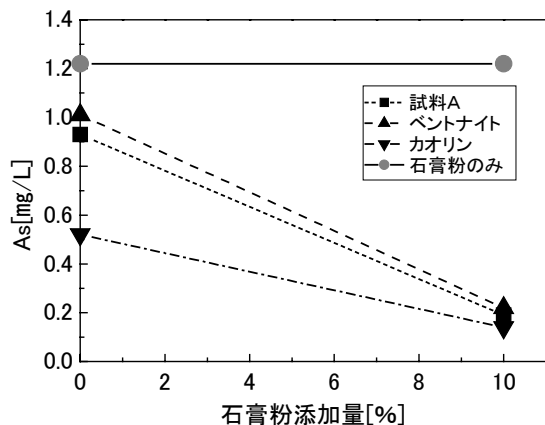


図2-6 溶液Ⅱを使用した溶出試験における石膏粉添加量とヒ素濃度の挙動

石膏粉のみではヒ素溶出濃度はほとんど変化していないが、試料A及びベントナイトは石膏粉を添加することで、大きく低下した。また、カオリンも試料A、ベントナイトほどではないが、石膏粉の添加によりヒ素溶出濃度が低下した。

以上の結果から、本不溶化効果は液相ではなく、土壌粒子の持つ特性が影響を与えていると考えられる。

2-5. 陽イオン吸着能力と不溶化効果の関係

2-4より、土壌粒子が持つ特性（比表面積、表面状態、形状寸法、構造）が、不溶化効果に影響を与えている可能性が考えられる。土壌粒子が持つ特性としてイオン吸着能力があることが古くから研究されている⁵⁾⁶⁾⁷⁾。そこで、イオン吸着能力が不溶化効果に与える影響を確認するため、試料A～Dを用いて土壌粒子のイオン吸着能力の指標として考えられている陽イオン交換容量（CEC）及びゼータ電位を測定し、石膏粉を添加した際のヒ素減少率と比較した。陽イオン交換容量（CEC）は土壌標準分析・測定法に基づく方法で、ゼータ電位は試料約0.1gと蒸留水（pH5.2）を混合した土壌粒子分散液について大塚電子製ELS-8000にて測定した。

ヒ素減少率と陽イオン交換容量（CEC）の関係を図2-7に、ヒ素減少率とゼータ電位の関係を図2-8に示す。

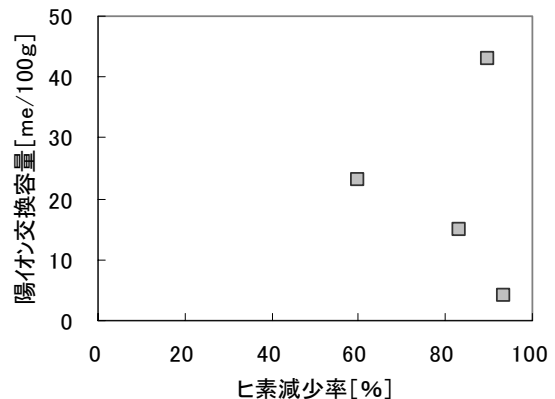


図2-7 ヒ素減少率と陽イオン交換容量の関係

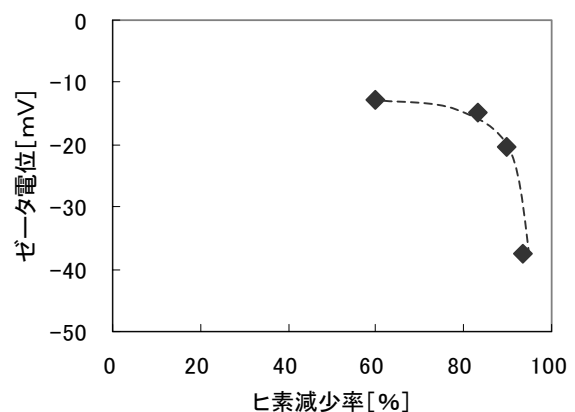


図2-8 ヒ素減少率とゼータ電位の関係

図2-7に示すように、ヒ素減少率と陽イオン交換容量（CEC）には相関性がみられなかった。一方、図2-8より、ヒ素減少率とゼータ電位との間には相関性がみられ、ゼータ電位が低い試料のほうが高いヒ素減少率を示す傾向を示した。以上より、ヒ素減少率に与える影響は、陽イオン交換容量（CEC）よりも、ゼータ電位のほうが大きいと考えられる。

2-6. まとめ

カルシウムを主成分とした不溶化剤によりヒ素を不溶化できることがわかった。不溶化効果は酸性側で低下するが、pH緩衝材としてホタテ貝殻粉を用いることで効果の範囲を広げることができる。

本不溶化メカニズムは溶解したカルシウムイオンが土壌粒子表面に吸着することで高濃度のカルシウム層ができ、その層が効率的な反応層となって高い効果が得られると考えられる（図2-9）。このメカニズムを利用すれば、水溶液中に溶解したカルシウムイオンが土壌を通過することでも不溶化できると考えられる。

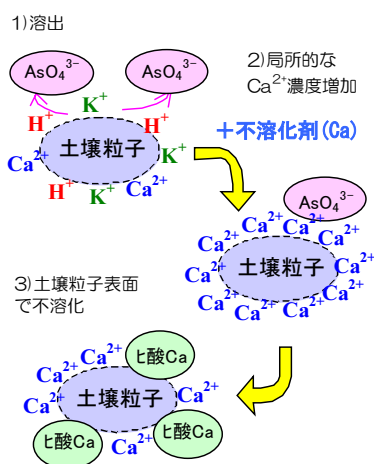


図2-9 ヒ素不溶化モデル

3. 実証試験

実証試験は、試料Cを用いて盛土を造成し、盛土上面より擬似酸性雨水の散水を行った。不溶化剤の使用形態は、混合工法、待ち受け工法、層状工法、吹付け工法とし実証試験を行った。

3-1. 実証試験盛土概要

実証試験で造成した盛土は、図3-1に示すように、盛土高0.9m、長辺3m、短辺2mで、最下層に敷土（0.2m）を設け、その上に試料Cを3層（0.3m/層）盛土し、さらに覆土で側面を保護した。敷土、覆土に使用した土壌は粘性土である。

3-2. 実証試験で実施した工法

実証試験で実施した工法を①から⑤に、各工法の概要を図3-2に示す。

① 混合工法

不溶化剤を汚染土に直接混合する工法である。対象土全てに不溶化剤を混合するため攪拌費はかかるが、均一に不溶化剤を混合することができ、全体を不溶化することができる。

② 待ち受け工法

盛土下部に不溶化剤を混合した待ち受け層（敷土）を敷設する工法である。待ち受け層中の不溶化剤が溶解することにより、土壌粒子表面に反応層を生成し、汚染土から溶出したヒ素を待ち受け層（敷土）中で不溶化する方法である。この工法は待ち受け層のみに不溶化剤を混合するので①の工法に比べ攪拌費は安価となる。

③ 層状工法

層状工法は従来工法と異なり、盛土材中に不溶化剤を層状に敷設する不溶化剤の溶解性を利用した工法である。不溶化剤が汚染土に浸透することで、ヒ素を不溶化することができ、不溶化剤を攪拌混合した場合と同様の効果を得ることができる。この工法は攪拌混合機を用いないため、環境負荷が少なく、施工性に優れている。

④ 吹付け工法

吹付け工法は従来工法と異なり、不溶化剤と吹付け材（土壌）を混合した泥土を盛土に吹付ける不溶化剤の溶解性を利用した工法で

浸透水試験の結果、全ての工法でヒ素の基準値を満たしていた。また、pHは6.8～7.8と中性であり、本不溶化剤の効果の高い範囲内である。

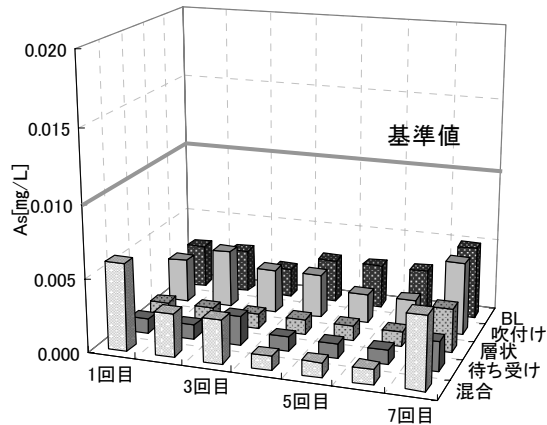


図3-3 浸透水のヒ素

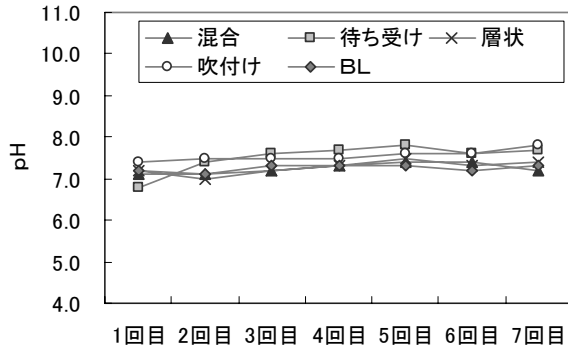


図3-4 浸透水のpH

3-3-2. 盛土材試験結果

擬似酸性雨水散布前後で盛土材を採取して溶出試験を行い、不溶化効果を確認した。試料の採取は敷土と盛土層1～3層の計4層で行い、それぞれの層で5点採取後1つの試料とした。溶出試験によりヒ素及びpHを測定し、土壤汚染対策法に定めるヒ素の溶出量基準(0.01mg/L以下)と比較した。盛土材のヒ素溶出濃度及びpHを表3-1に示す。

擬似酸性雨水散布前後の1～3層を比較すると、無処理である⑤BL、②待ち受け層は散布前後ともに基準値を超える結果であった。一方、不溶化剤を混合した①混合工法は散布前後ともに基準値を満たしており、酸性雨水による耐久性を確認す

ることができた。また、不溶化剤を混合していない③層状工法、④吹付工法は散布前は基準値を超過していたが、散布後は基準値を満たした。これは、擬似酸性雨水に溶解したカルシウムイオンが盛土内を浸透し、土壤粒子上に反応層を形成しヒ素を不溶化したためと考えられる。

表3-1 盛土材のヒ素溶出濃度及びpH

工法	項目	ヒ素 [mg/L]		pH [-]	
		散布前	散布後	散布前	散布後
① 混合	3層目	0.008	0.004	8.9	7.8
	2層目	0.005	0.004	9.0	7.6
	1層目	0.006	0.004	7.7	7.4
	敷土	<0.001	<0.001	6.3	6.7
② 待ち受け	3層目	0.018	0.013	9.3	9.1
	2層目	0.012	0.013	9.9	9.0
	1層目	0.016	0.013	8.9	8.8
	敷土	<0.001	<0.001	7.2	7.4
③ 層状	3層目	0.019	0.004	9.6	7.8
	2層目	0.013	0.005	9.7	7.7
	1層目	0.016	0.007	9.3	8.0
	敷土	<0.001	<0.001	7.0	6.5
④ 吹付け	3層目	0.017	0.009	9.6	8.9
	2層目	0.011	0.009	9.6	8.8
	1層目	0.017	0.009	8.0	8.6
	敷土	<0.001	<0.001	6.5	6.7
⑤ BL	3層目	0.017	0.011	9.7	8.6
	2層目	0.021	0.013	9.6	8.6
	1層目	0.016	0.014	9.4	8.4
	敷土	<0.001	<0.001	6.6	6.3

3-4. まとめ

実証試験結果を各工法ごとに以下にまとめる。

- (1) 混合工法：浸透水へのヒ素の溶出はなかった。また、盛土材は不溶化処理当初から不溶化されており、擬似酸性雨水散布後もその効果は持続していた。
- (2) 待ち受け工法：浸透水へのヒ素の溶出はなかった。盛土材は無処理のため、擬似酸性雨水散布後も変化はなかった。
- (3) 層状工法：浸透水へのヒ素の溶出はなかった。盛土材は造成時は汚染土であったが、擬似酸性雨水の散布後には不溶化されていた。
- (4) 吹付け工法：浸透水へのヒ素の溶出はなかった。盛土材は造成時は汚染土であったが、擬似酸性雨水の散布後には不溶化されていた。

4. おわりに

- (1) カルシウムを主成分とした不溶化剤によりヒ素を不溶化できることがわかった。
- (2) 溶解したカルシウムイオンが土壌粒子表面に吸着することで高濃度のカルシウム層ができ、その層が効率的な反応層となって高い不溶化効果が得られると考えられる。
- (3) 実証試験では、開発した不溶化剤を盛土に用いて各種工法を試みた。その結果、混合工法、待ち受け工法、層状工法、吹付け工法ともに優れた効果を発揮した。

(株イーエス総合研究所)

【参考文献】

- 1) 産業技術総合研究所：有害元素を含む全国元素分布（地球化学図）データベース
- 2) 小暮敬二：法に基づく土壌汚染の管理技術，技報堂出版，2004，p. 162
- 3) 十朱ほか：不溶化処理土壌のカラム試験による溶出特性、第14回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，p. 19-22
- 4) 山崎ほか：亜ヒ酸-2価金属化合物の溶解度積の測定、近畿大学工学部研究報告第30号、1994，p. 161～164
- 5) L. D. Baver：Soil Physics，Charles E. Tuttle Company 1956，p. 24-28
- 6) 麻生慶次郎：土壌学 I、岩波全書、1937、p. 109-143
- 7) Norman M. Comber：An introduction to the scientific study of the soil，Edward Arnold & co., 1929, p. 90-104

大区画ほ場の用排水機能調査とその事業効果検証についての1考察

小枝 郁哉 渡辺 久信 四本知恵子 田中 良枝

1. はじめに

国営農地再編整備事業「中樹林地区」は、既耕地を再編整備する区画整理と、地目転換による農地造成を一体的に施工し、生産性の高い基盤の形成と土地利用の整序化を通じ、農業の振興を基幹とした地域の活性化に資することを目的に、平成12年度に着手、平成20年度に完了した。

中樹林地区では、ほ場区画の拡大と水田の汎用化を促進し営農の安定を図るため、先進的かつモデル的な取り組みとして、用排水施設のパイプライン化と併せて用排水操作を一体化した「用排水一体型施設（地下かんがいシステム）」を採用している。

このシステムの導入により、用水・排水の水管理作業が大幅に節減されるとともに、泥炭地の特徴である田面の不陸化の防止、無代かき、低農薬の実現など、環境に優しいほ場整備として期待された。

本報では、このシステムを用いた新たな営農に関する技術の確立と普及展開を目的に、平成14年度から各種の調査を実施し、その効果検証を行った事例について紹介する。

2. 地区の概要

- ・関係市町村：北海道空知郡南幌町
- ・受益面積：771ha
- ・受益戸数：67戸
- ・主要工事：区画整理 758h、農地造成 13ha、揚水機場 3ヶ所、用水路 1.1km、排水路 1.5km、道路 47.7km



中樹林地区の位置

3. 調査目的及び項目

3-1 調査の目的

「用排水一体型施設」（以下、「用排水施設」という。）は、パイプライン化した用水管と排水管をユニット内で繋げ、暗渠排水管を通して地下水位を調整するものであり、水位調整管を上下させることで、田面水位と地下水位を制御することが可能なシステムである。

（写真-1、図-1参照）



写真-1 ユニットの設置状況

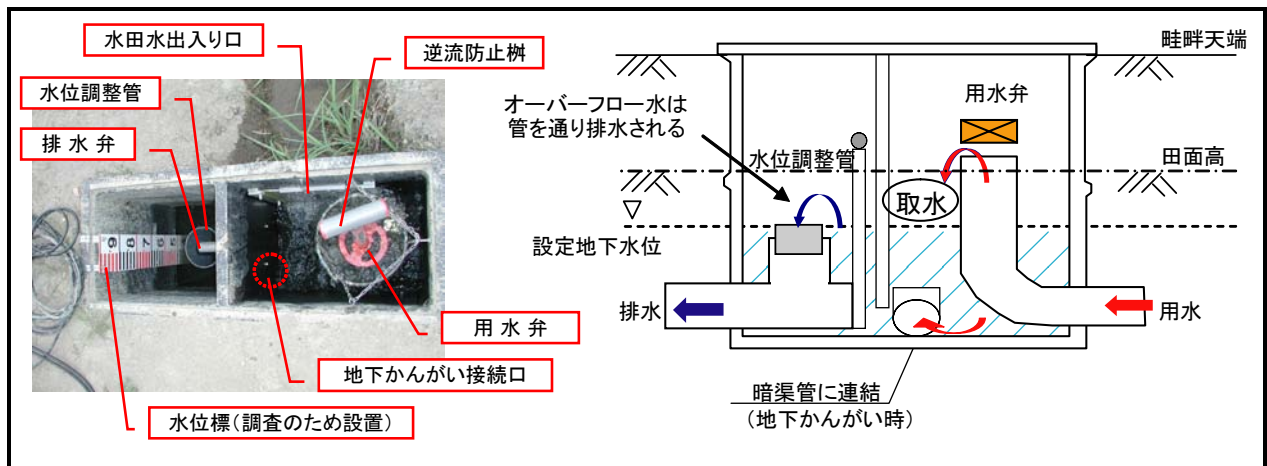


図-1 ユニットの内部機能と断面図

「用排水施設」は、簡単な操作で地表かんがい（湛水かんがい）と地下かんがいに対応することができ、次のようなメリットがあるとされている。

- ・通常の地表かんがいと地下かんがいを併用することにより、代かき用水を均一に給水することが可能
- ・水位調整管で一度水位を設定することで、余分な水は水位調整管から排水管へと排出されるので、水管理操作が省力化（図-1参照）
- ・落水するまで暗渠管に水を溜めたままにしておくことにより、泥炭地特有の不陸を防止
- ・転作作物の作物・生育ステージに応じた適度な土壌水分を維持することが可能

本地区では、これらの「用排水施設」の機能・

メリットの確認、また、「用排水施設」を利用した地下かんがいにより導入可能となった省力化稲作技術の確立と普及展開、さらには、大区画化や排水改良等事業実施による営農作業時間節減効果の検証等を目的とし、各種調査を実施した。

3-2 調査項目

主な調査項目と調査実施状況は、表-1のとおりである。本報では、以下の調査に関する内容、結果及び考察について述べる。

- ・転作作物の生育・収量調査
- ・基盤整備後の営農作業時間調査
- ・乾田直播栽培適応性調査

表-1 主な調査項目と調査実施状況

調査視点	調査項目	調査実施年度					
		H14	H15	H16	H17	H18	H19
用排水施設機能 (水稻)	用水水張り時間、排水時間・水質						
	用排水量						
	水利施設操作						
地下かんがい技術 (転作作物)	用水量・地下水位・土壌水分						
	水利施設操作						
新たな営農技術における 生育・収量	水 稲：無代かき移植栽培						
	転作作物：地下かんがい						
基盤整備後の営農作業 時間（水稻移植栽培）	全作業対象（農家聞き取り）						
	水管理・移植・収穫等（現地実測）						
乾田直播栽培適応性 (水稻)	生育・収量						
	営農作業時間（播種・水管理等現地実測）						
	生産費						

4. 転作作物の生育・収量調査

4-1 調査の内容

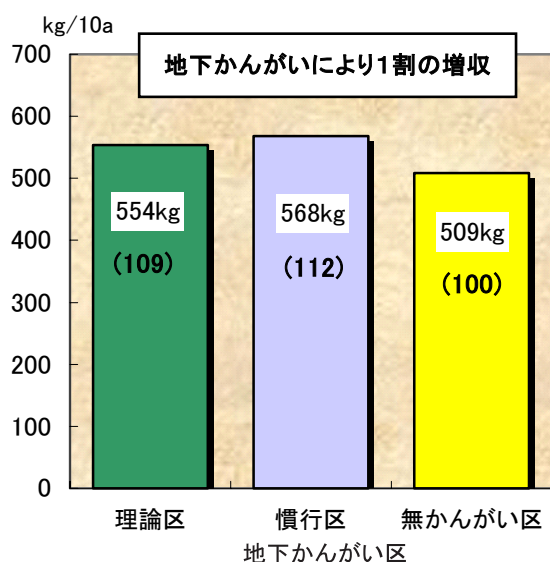
「用排水施設」を利用した地下かんがいによる生育促進効果、増収効果を確認するため、区画整理、暗渠排水等の基盤整備後で、地下かんがいを行ったほ場「地下かんがい区」と、行わなかったほ場「無かんがい区」を対象に、平成15年度から平成19年度にわたり、転作作物の生育・収量調査を実施した。

4-2 調査結果

(1) 小麦の生育・収量調査結果

平成16年度の調査では、茎数・稈長等、生育には特に差はみられなかったが、収量は、図-2に示すとおり、地下かんがいを行ったことにより、約1割の増収効果が認められた。

なお、「地下かんがい区」の理論区とは、地表かんがいのマニュアル『北海道における畑地かんがいの手引き』（畑地かんがい試験研究会、平成9年9月）に基づき地下かんがいを行ったほ場であり、慣行区とは、農家の経験によりかん水時期を判断し地下かんがいを行ったほ場である。



※ 収量は2.4mmふるい目以上、水分12.3%換算値

図-2 小麦の収量比較 (H16)

(2) キャベツの生育・収量調査結果

平成15年度の調査では、草丈・葉数等初期生育から地下かんがいを行ったことによる生育促進効果が認められ、収穫期の球高・球径は「地下かんがい区」の方が1割程度大きく、球重も1割程重かった。

一球重の分布をみると、図-3のとおり、「無かんがい区」は1kg未満の小玉が多く、出荷基準の規格内の球重（1.0kg以上1.6kg未満）の割合が6割であったのに対し、「地下かんがい区」は7割であった。その結果、規格内収量は「無かんがい区」が3,150kg/10a、「地下かんがい区」は4,160kg/10aで、地下かんがいを行ったことにより、約3割の増収効果が認められた。



写真-2 キャベツの生育観察状況

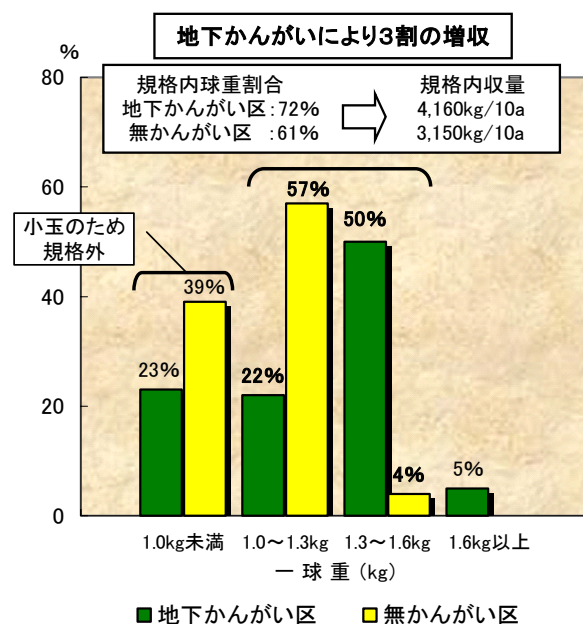


図-3 キャベツの一球重分布 (H15)

5. 基盤整備後の営農作業時間調査

5-1 調査の内容

本地区では、「用排水施設」を導入したことによる水管理作業の軽減、大区画化や排水改良による機械のほ場効率の改善等、営農作業時間が節減されることを見込んでいた。

そこで、事業実施による営農経費節減効果検証のための基礎資料とすることを目的とし、平成17年度から平成19年度の3ヶ年、大区画ほ場での水稲移植栽培の営農作業時間調査を行った。

5-2 調査方法

調査対象ほ場として、本地区の標準的な整備規模（170m×88m）である「1.5ha整備ほ場」と、試験的に大規模に整備した「3.0ha整備ほ場」を設定した。

調査対象作業は、事業実施による作業時間の軽減が想定された水管理、代かき、移植等とし、ほ場内での実作業時間を計測した。

なお、随時作業が行われる水管理については、農家の記帳内容をもとに補足を行い、かんがい期間中の作業時間を整理した。

5-3 調査結果

(1) 「用排水施設」による水管理

平成19年度の「1.5ha整備ほ場」における調査では、代かき用水給水開始の5月7日から、落水の8月17日までの期間に、水位調整等水管理作業を行った回数は31回で、1ha当たりの労働時間は2.5時間であった。



写真-3 水位調整の作業状況

これを事業実施前の31.2時間と比べると、図-4のとおりであり、「用排水施設」を導入したことなどにより、水管理に要する時間が大幅に軽減されている。

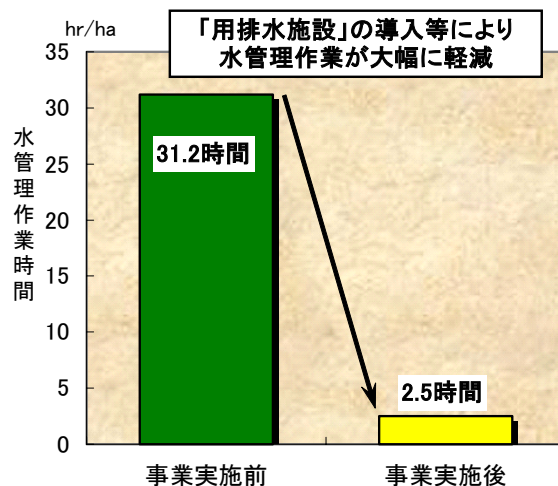
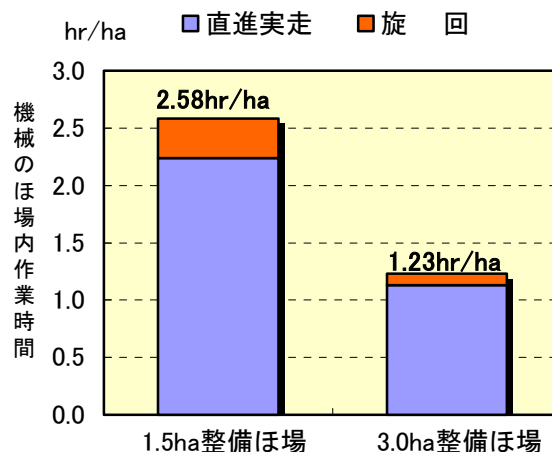


図-4 事業前後の水管理時間の比較

(2) 大区画ほ場での機械作業時間

「1.5ha整備ほ場」と「3.0ha整備ほ場」での調査結果をもとに、代かき機、田植機の1ha当たりのは場内作業時間を比較すると、図-5、図-6に示すとおり、いずれも「3.0ha整備ほ場」の方が少なかった。



※ 1.5ha整備ほ場は、1回目に荒掛けするなど2~3回掛けの合計時間

図-5 代かき機の作業時間比較

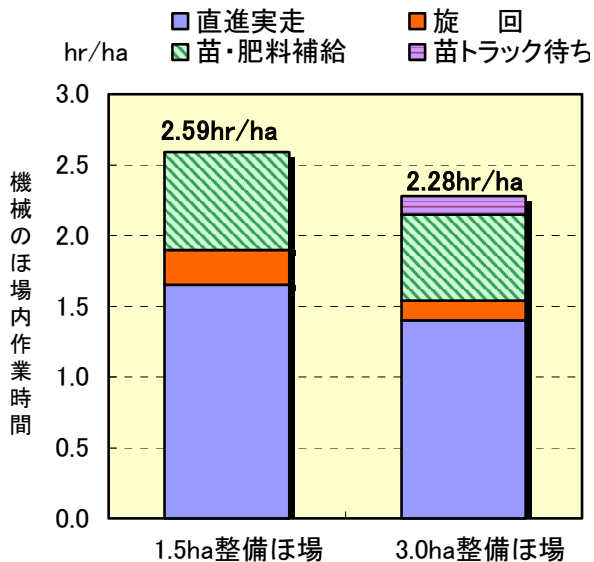


図-6 田植機の作業時間比較

基盤整備後のほ場では、ほ場内の作業時間のうち、直進実走以外の旋回時間等の割合を減らすことが、作業効率を高めることとなる。

旋回は、直進作業に比べ作業速度が落ち、時間がロスとなるが、旋回回数はほ場の短辺延長により決定する。

したがって、短辺延長は短く長辺延長は長い、長短辺比の大きい細長いほ場の方が、1ha当たりの旋回回数が少なく、作業効率が良いことになる。

「1.5ha整備ほ場」、「3.0ha整備ほ場」の長短辺比と作業時間に占める旋回時間の割合を整理すると以下のとおりである。

・長短辺比

「1.5ha整備ほ場」：2.3～2.5

「3.0ha整備ほ場」：5.7～6.5

・旋回時間割合

「1.5ha整備ほ場」：8～18%

「3.0ha整備ほ場」：5～8%

このことから、「3.0ha整備ほ場」は「1.5ha整備ほ場」より長短辺比が大きい縦長のほ場であり、ほ場内作業時間に占める旋回時間の割合が小さく、旋回による作業ロスが少なかったため、作業効率が高かったといえる。

田植機への苗補給状況をみると、「1.5ha整



写真-4 代かき作業状況



写真-5 苗補給状況

備ほ場」では、ほ場の長辺方向に1往復した段階で、補給を行っていた。

これに対し「3.0ha整備ほ場」では、長辺延長が「1.5ha整備ほ場」の2倍の約350mあるため、ほ場長辺の両側で苗・肥料を補給する作業体制としていた。これは、長辺方向を往復すると、途中で苗がなくなってしまうので、片道距離で苗・肥料を補給することが必要となっていたためである。このことから、長辺長を極端に長いほ場区画とした場合、苗・肥料の補給人員と苗取りのためのトラックを通常より多く確保しなければならず、共同作業体制の確立等が必須条件になると考えられる。

なお、調査対象ほ場で水稻を作付けしていたのは、いずれも農業生産法人であり、共同作業体制、機械の大型化、施設の共同利用体系を確立している法人である。

5-4 大区画ほ場の営農作業時間の算定

ほ場内の実作業時間の調査結果をもとに、大区画ほ場での水稻移植栽培にかかる営農作業時間を算定した。

この時、調査対象作業については、『北海道農業生産技術体系 第3版』（北海道農政部編、平成17年9月）の「(付表) 農業機械のほ場作業能率等一覧」に記載されている各作業機の実作業率を用いて、ほ場内の実作業時間から、ほ場内の作業以外を含めた営農作業時間に換算した。また、調査対象作業以外については、水稻の標準的な作業体系・作業時間を示している『北海道農業生産技術体系 第3版』の営農作業時間を採用した。

この結果、10a当たりの営農作業時間は、「1.5ha整備ほ場」は機械が6.8時間、人力が11.2時間、「3.0ha整備ほ場」は機械が6.3時間、人力が10.8時間となった。

これを事業実施前と比べると、図-7に示すとおり、大区画化や排水改良を行ったことなどにより、機械作業は3~4割、人力作業は6割、営農作業時間が節減されていることがわかった。

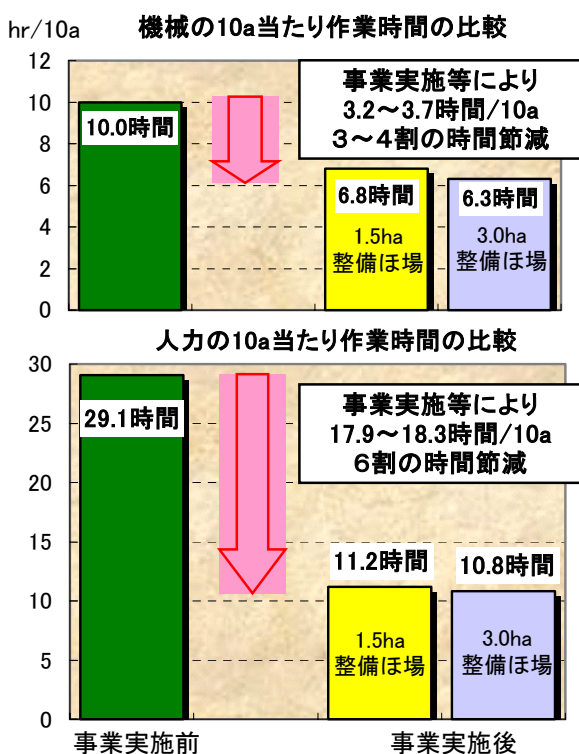


図-7 事業前後の営農作業時間の比較

5-5 営農経費節減効果の検証

図-7で示した営農作業時間の節減には、事業着工から今日までの機械化の進展、機械性能の向上、農薬の改良等、水稻の生産技術の向上による省力化効果が含まれている。例えば、畦塗り機の開発による畦畔補修作業の機械化、除草剤の改良により、多口ホースでの除草剤散布に替わり、水口処理あるいは畦畔からの薬剤投げ込みが可能となったこと、などである。

したがって、効果検証に当たり、これらの事業実施以外の要因による節減時間を含めると、過大評価となる恐れがある。

そこで、事業実施前の小区画（130m×35m＝0.46ha）・湿田の条件で、現在の生産技術体系で営農した場合の経費を算出し、それを事業実施前の営農経費とした。そして、「1.5ha整備ほ場」の営農作業時間から求めた営農経費との比較により、営農経費節減効果額を算定した。

その結果、10a当たりの営農経費は、図-8のとおり、事業実施前の157千円に対し、事業実施後はその約4割の65千円であり、事業を実施したことにより、10a当たり約90千円、6割の営農経費が節減されていることが確認できた。

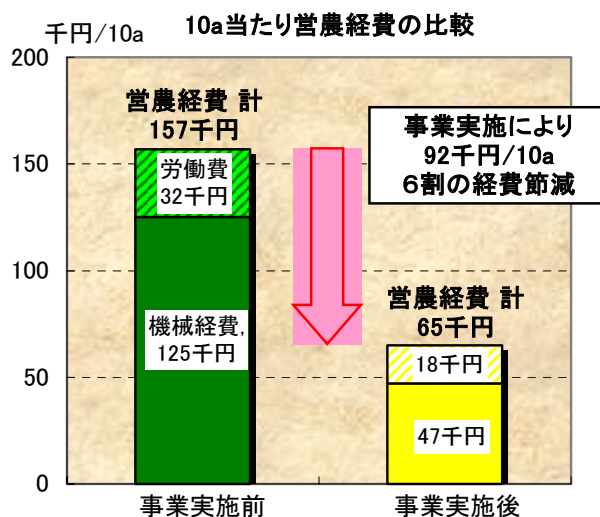


図-8 営農経費節減効果

5-6 適正区画規模の検討

本調査では、北海道の殖民区画540m×540mを3分割した、長辺を170mとした標準区画「1.5ha整備ほ場」と、試験的に長辺をその2倍とした「3.0ha整備ほ場」で、水稻移植栽培の営農作業時間、作業状況の調査を行った。

「3.0ha整備ほ場」では、5-3で述べたように、田植えの際、ほ場長辺の両側で苗・肥料を補給する作業体制としており、また収穫の際は、長辺長を2つに分割して作業を行っていた。これは、田植機、コンバインでは、資材の供給や収穫物の搬出が必要なため、1回当たりの連続走行可能距離に制約があることに起因している。

そこで、調査時の作業機の能力等から、本地区の適正区画規模の検討を行ってみた。

表-2は、田植機の苗搭載数と必要苗箱数等から、表-3は、コンバインのタンク容量と収穫量等から、1往復が可能な片道走行距離を求めたものである。

表-2 田植機の1回当たり走行可能距離

植付 条数 ①	植付 条間 ②	移植幅 ③= ①×②	苗搭 載数 (含む 予備) ④	m当たり 移植 苗箱数 ⑤=③×35 ÷1,000	連続 走行 可能 距離 ⑥= ④÷⑤	1往復が 可能な 片道走行 距離 ⑥÷2
8条	33cm	2.6m	32箱	0.091箱/m	352m	173m
10条	33cm	3.6m	40箱	0.116箱/m	345m	173m

※中苗マット苗、10a当たり必要箱数35箱の場合

表-3 コンバインの1回当たり走行可能距離

刈幅 ①	タンク 容量 ②	10a 当たり 収穫 籾量 ③	m当たり 収穫量 ④=①×③ ÷1,000	連続 走行 可能 距離 ⑤= ②÷④	1往復が 可能な 片道走行 距離 ⑤÷2
3.6m	2,500 _ℓ	1,036 _ℓ	2,500 _ℓ /m	670m	335m

1往復が可能な片道走行距離をほ場の長辺長の限界延長とすると、田植機の173mが限界延長となり、殖民区画540m×540mを3分割した170mが、最も適正な長辺延長であることがわかった。

また、短辺長については、作業機の実作業幅の4倍以上で偶数工程になることが好ましい、とされている。本地区で、最も実作業幅の大きい乗用管理機の15.6mの4倍は62m、6倍は94mである。したがって、殖民区画540m×540mを6分割とした88mが最も適正な短辺延長といえる。

以上のことより、調査結果からみた大区画水田における適正区画規模は、本地区の標準区画である170m×88m=1.5haであるという結果になった。

6. 乾田直播栽培適応性調査

6-1 調査の内容

本地区では、「用排水施設」を利用した地下かんがいにより導入可能となった省力化稲作技術の一つである無代かき移植栽培を試験的に導入し、平成14年度から平成16年度の3ヶ年、「用排水施設」の機能等に関する調査を実施している。主な調査結果は以下のとおりである。

- ・代かきを行わないことにより、代かき用水に多く含まれている肥料分（窒素、リン）や有機物の流出を抑制し、河川の汚染を減少
- ・代かきほ場に比べ、土壌が還元（酸化）しないため、中干しの必要がなく水管理が省力化
- ・代かき作業を行わないため、1ha当たり1.6時間の営農作業時間の節減

平成18年度からは、さらに春先の作業が省力化でき、低コスト・省力化稲作技術として期待されている乾田直播栽培に取り組んでいる。

乾田直播栽培のメリットは、

- ・無代かき栽培なので透排水性が良く、田畑輪換が容易である
 - ・乾田状態で作業するため、大型機械の作業の効率化・省力化が図られる
 - ・気温が低いときでも条件が整えば播種が行えるので、通水前の作業適期が長い
- とされている。一方、直播栽培導入の課題は、
- ・新たな機械設備（レーザー均平機・播種機）の投資が必要

- ・新たな営農技術の習得が必須
- ・作期が短く作付品種が限定されるため、収穫時に労働力が競合

とされている。

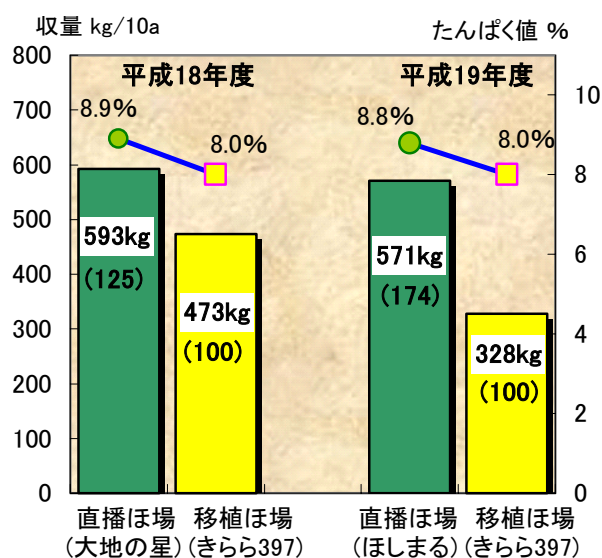
そこで本調査では、これらの課題を踏まえ、南幌町における乾田直播栽培の適応性を検討することを目的に、直播栽培と移植栽培の生育・収量調査、営農作業時間調査、生産費調査を行った。

6-2 調査結果

(1) 生育・収量調査

平成18年度と19年度に、「直播ほ場」と「移植ほ場」で生育・収量調査を行った。

その結果、「直播ほ場」では、苗立本数が少なく6月までの初期生育は悪かったものの、8月以降は好天と追肥の効果で生育は旺盛となり、作付品種は異なるが、収量は図-9のとおり、2ヶ年とも「直播ほ場」の方が「移植ほ場」より優っていた。



※ 収量はH19の大地の星は2.00mmふるい目以上、これ以外は1.90mm以上、水分はいずれも15%換算値

図-9 直播・移植栽培の収量比較 (H18、H19)

これは、「移植ほ場」では、平成18年度、19年度ともに、6月もしくは7月の低温の影響を強く受けたのに対し、直播栽培は移植栽培より生育ス

テージが1週間程度遅く、冷害危険期の期間が異なるため、低温の影響を回避でき、十分な収量を確保できたためと思われる。したがって、直播栽培を取り入れることにより、冷害の危険を分散させる効果もあるといえる。

しかし、「直播ほ場」では、追肥により生育後期の窒素の供給が多くなったこともあり、たんぱく値が8%を超えていた。また、生育期間が移植栽培より短く、発芽から苗立ちまでの過程が低温で経過する直播栽培で、安定多収を得るためには、苗立ち・初期生育を確保することが必須条件である。したがって、施肥方法、播種精度等、南幌町に適した直播栽培での高品質・良食味米の営農技術を早急に確立することが必要と思われる。

(2) 乾田直播栽培における営農作業時間調査

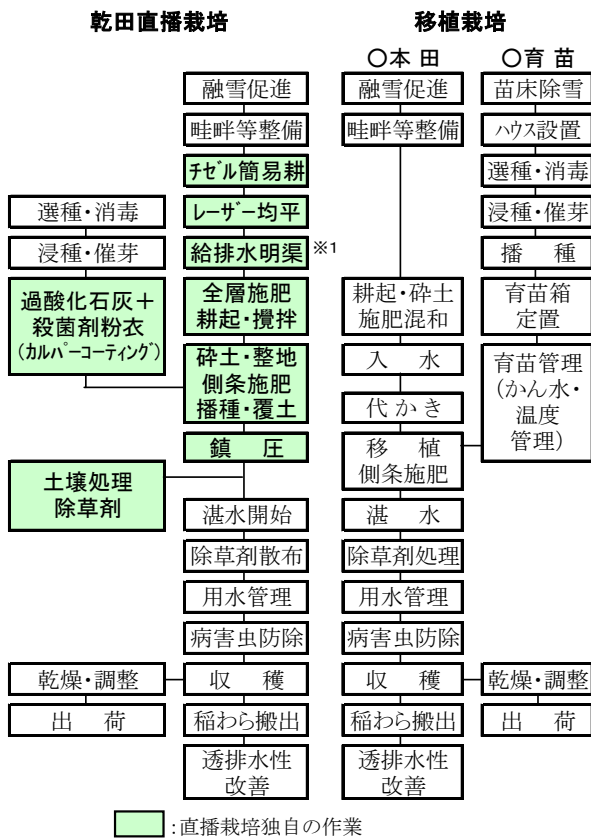
平成19年度に、移植栽培と栽培管理技術が異なる耕起、均平、播種等の作業を対象に、乾田直播栽培における営農作業時間の調査を行った。

(図-10参照)

調査方法、営農作業時間の算定方法は、先の5-2、5-4で述べた移植栽培の営農作業時間調査と同様とし、調査結果をもとに、水稻直播栽培にかかる営農作業時間を算定し、移植栽培との比較を行った。



写真-6 乾田直播の播種作業状況



※1: 地下かんがいで地下水位をコントロールできるので省略可能

図-10 直播栽培と移植栽培の作業体系

図-11は、直播栽培と移植栽培の10a当たりの営農作業時間を、図-12は、春先（直播：湛水前まで、移植：移植まで）と春先以降（直播：水田入水以降、移植：移植後）の労働時間をそれぞれ比較したものである。

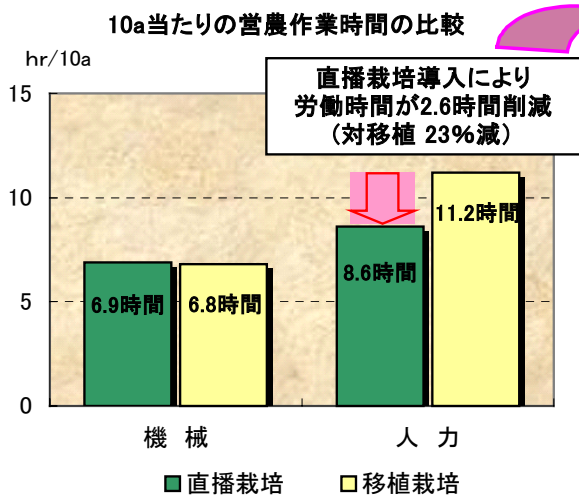


図-11 直播・移植栽培の営農作業時間の比較

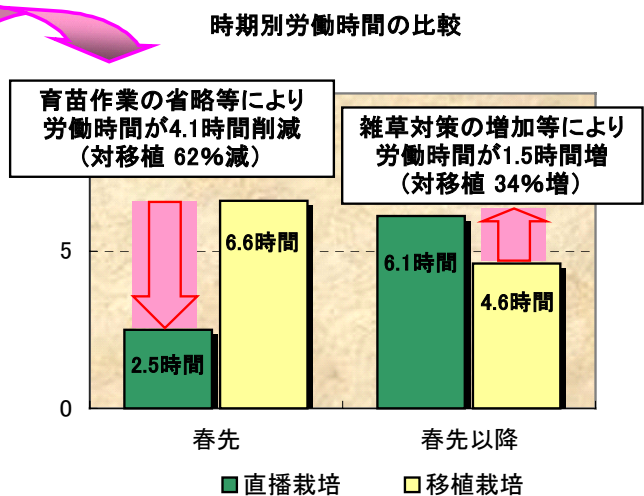


図-12 直播・移植栽培の時期別労働時間の比較

直播栽培の営農作業時間は、移植栽培に比べ、除草剤散布回数の増等により機械の時間は若干増えるが、育苗作業の省略等により人力は10a当たりで2.6時間、約2割の年間作業時間削減され、春先だけをみると約6割の労働時間が削減されている。

しかし、直播栽培は移植栽培より生育ステージが1週間から10日ほど遅く、収穫適期が短いため、秋作業の労働時間が増えることが予想される。

そこで、直播栽培導入による労働時間の変化を確認するため、すべて移植栽培の場合、すべて直播栽培とした場合、一部で直播栽培を導入した場合、移植・直播を半々の面積とした場合の4パターンで、旬別の労働時間の試算を行ってみた。

その結果は、図-13に示すとおりであり、春先の作業は、直播栽培を導入することにより、労働時間が軽減されるとともに、作業時期が分散されるため、高収益作物の導入が可能となることがわかった。一方、秋の収穫時期は、直播栽培の収穫適期が短いため、直播栽培を導入することにより、10月上旬の労働時間が多くなっている。

したがって、収穫作業は地域全体での共同作業を行うなど、適期作業が行える体制を整えることが必要と思われる。

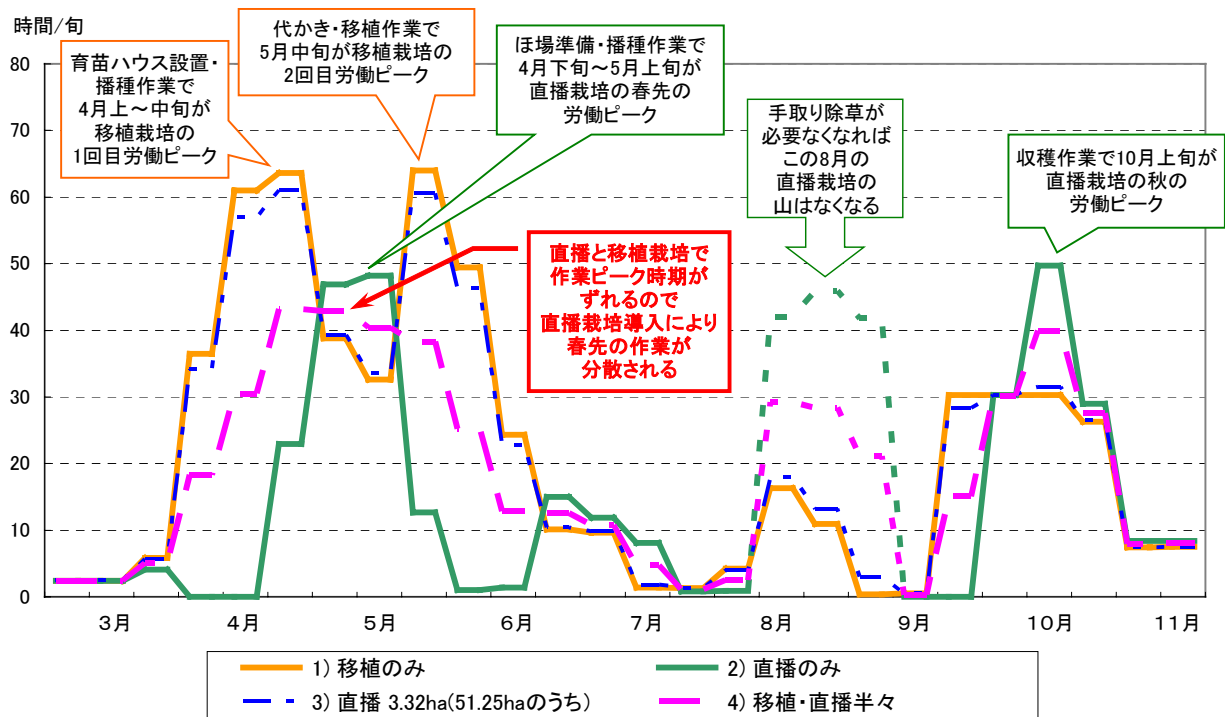


図-13 直播栽培導入による労働時間の変化のイメージ図

(3) 生産費調査

平成19年度に、移植栽培に対する乾田直播栽培の低コスト効果を確認するため、直播栽培と移植栽培それぞれの生産費調査を行った。

直播栽培では、酸素供給材が必要となることによる種苗費と、除草剤散布回数増による農薬費が移植栽培に比べ増額となるが、育苗にかかる経費がかからないほか、作業時間の減少に伴い労働費が減額となる。

図-14は、10a当りの生産費を比較したものであり、直播栽培は移植栽培より9,000円程度少なく、約1割生産コストを押さえられることがわかった。

なお、直播栽培を導入するためには、直播用播種機をはじめとした各種農機具購入のため8,000千円程度の新規設備投資が必要である。

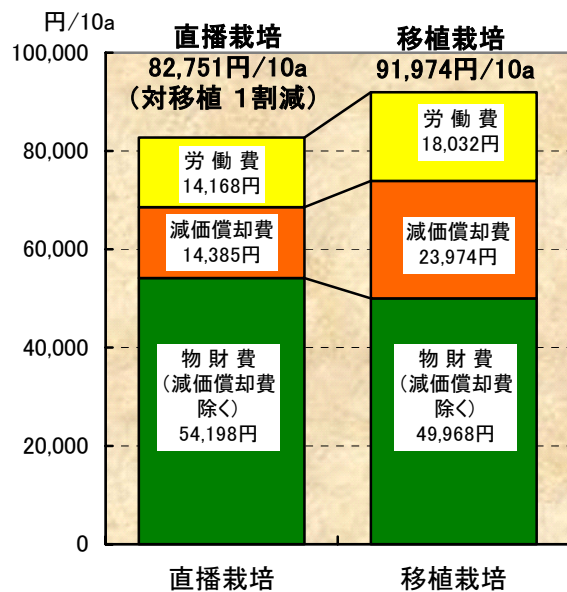


図-14 直播栽培と移植栽培の生産費比較

6-3 南幌町における乾田直播栽培の適応性

直播栽培による生産コスト低減効果を総合的に判断するため、生育・収量、営農作業時間および生産費調査を行った。その結果、直播栽培の収量は十分確保でき、営農作業時間、生産費ともに移植栽培より軽減されることが確認でき、南幌町においても適応するものと考えられる。

また、直播栽培を導入することにより、春先の作業の労働時間が軽減され、作業時期が分散されるため、高収益作物の導入が可能となり、移植栽培単一の場合よりも農業所得の向上が図られることになる。

直播栽培は、南幌町で取り組み始めて間もないため、施肥方法、播種精度等、南幌町に適した直播栽培の営農技術がまだ確立してはいない状況である。

しかし、非担い手の農地の受け手となっている農業生産法人は、今後も規模拡大を図っていく必要に迫られている。規模拡大や高収益作物導入の阻害要因となっている春先の労働過剰の解決策として、直播栽培は有効な省力化稲作技術といえる。

7. おわりに

国営農地再編整備事業「中樹林地区」は、農用地の効率的な利用と農業経営の安定化を図るため、区画整理と地目転換による農地造成を一体的に施工し、平成20年度に完了している。

基盤整備を契機に導入可能となった営農技術の中には、直播栽培の初期生育確保など、平成19年度の調査時点ではまだ課題は残されていたが、省力化、増収などの効果の発現が確認されている。

米価の低迷など、農業を取り巻く情勢は厳しい状況にある中、これまでの中樹林地区の取り組みをより発展させ、営農技術の向上に対応し、かつ安全・安心な食料生産の基盤を確保することが期待される場所である。

最後に、各調査に際してご協力をいただいた関係機関、農家の方々に、本紙面を借りて感謝の意

を表す。

(株)ルーラルエンジニア

参考文献

- 1) 北海道農政部技術普及課：北海道農業生産技術体系 第3版、平成17年9月
- 2) 北海道立中央農業試験場：大区画水田における適正区画規模と指導指針、平成10年1月
- 3) 農林水産省構造改善局計画部資源課：土地改良事業計画設計基準 計画 ほ場整備（水田）基準書・技術書、平成12年1月
- 4) 美唄市水稻直播研究会：夢の米づくり ～びばいの水稻直播栽培～ 水稻直播栽培マニュアル（乾田播種早期湛水栽培）、平成18年4月
- 5) 北海道開発局札幌開発建設部札幌南農業事務所：平成19年度中樹林地区ほ場用排水機能検証調査業務報告書、平成20年2月

根域の拡大と自然循環機能の増進へ向けた土層改良

佐藤 俊明

1. はじめに

北海道の畑地では、大型機械の踏圧で、堅密な耕盤層が発達し排水不良の原因となったり、また、もともと盤層状の堅密な土層のため、根の張りを阻害し、排水性不良になっている畑地が広く分布している。

また、畑土壌中の有機物も減少傾向にあり、このような土壌環境では、土中の物質循環をつかさどる微生物の活性も低いものと考えられる。土中の微生物は土の団粒化、物質の分解・生成による養分の可給化などの働きがあり、一般に生産性の高い土壌では土壌中の微生物の活性は高いといわれている。また、腐植に富んだ、微生物の活性が高い土壌には土中小動物が生息し土壌を耕してくれる。

網走地方南部では下層に堅密な土層を持つ劣悪な土壌が広く分布していることが報告されている。これらの土壌では、下層への根の伸張が制限されるため湿害や干ばつを受けやすく、畑作物の収量・品質が不安定となっている。作物の根が伸張する土層の根域に着眼する必要がある。根が健全に発育すれば、収量、品質が向上し、さらには病害にも強くなれるはずである。

このような観点から行った土層改良工法の調査・試験の結果について報告する。

2. 土層の現状と問題点

(1) 土層の現状

- ① 調査場所 常呂郡 訓子府町緑丘
- ② 調査地点の概要 常呂川の南側、標高200mの波状台地。てんさい、小麦、馬鈴薯の輪作が行われている。

③ 現状の土壌

細粒灰色台地土で、作土の養分状態は良好である。深さ37cm以下の心土は硬度32と極めて堅く、心土の容積重は164 g /100mlと大きく、飽和透水係数も 10^{-6} と極めて小さい。また土地改良は10m間隔の暗渠排水が施工されている。

土壌断面、土壌の物理性、化学性は下表のとおりである。

表 1

断面図	土 性	深さcm	構 造	硬 度
	C L	17	細塊状	9
	C L		細塊状	18
	C	37	連結状	32

表 2

土壌の物理性

深さ cm	容積重 g/100ml	三相分布%			透水 係数
		気相	液相	固相	
0-17	110.7	16.4	38.5	45.1	2.6E-3
17-37	116.7	12.3	42.0	45.7	5.8E-4
37-	164.1	3.0	32.8	64.2	5.4E-6

表 3

土壌の化学性

深 さ cm	P H (H ₂ O)	腐 食 %	リン酸 mg/100 g	熱抽N mg/100 g
0-17	6.6	3.3	64.1	5.4
17-37	6.3	3.4	61.4	4.9
37-	6.1	0.5	1.2	0.5



図1 現状の土壌断面

(2) 現状の土層の問題点

現状の土層の問題点を要約すると

- ① 37cm以下の心土は堅密で透水性が極めて小さく、既存の暗渠排水への排水が十分に行われない。
- ② 37cm以下の心土は土壌硬度が32と堅密で根が伸張できず、根域が制限されている。
- ③ 心土では腐食が極端に少なく微生物活性が低い。

3. 土層改良対策の検討

主に次の3点から検討を行う。

① 排水不良の解消

透水性が極めて低い粘性土では、暗渠排水を補完する手段が必要である。一般的には心土破砕工が、安価で有力であるが、堅密な粘性土であり、ヨウカンに包丁を入れた状態が想定され効果が期待できず、持続性にも難がある。

このため、排水不良の解消には暗渠排水と直交するように破砕した空隙に透水性の資材

を充填し、空隙の持続性を図る有材心土破砕工が有効と考えた。

② 根域の拡大

根域を拡大する工法としては深耕や心土破砕工がある。しかし、本土壌の場合、下層の土壌は堅密で粘性が強く養分のない土壌であるため、深耕してこれらの心土が作土に混入されるのは望ましくない。心土破砕工は有力であるが前述したとおり排水不良解消の面で難がある。

このため、破砕した空隙を持続するための資材を充填する有材心土破砕工が根域の拡大の面でも有効と考えられる。

③ 自然循環機能の増進

一般的に畑の生産力と土壤微生物の活性は密接に関連し、肥沃な土壌は理化学性が良好なばかりでなく、土壌中の微生物活性が高いといわれている。

本土層の心土では堅密で通気性が悪く（気相3%）腐食含量がすくないため、微生物の活性が低い。

このため、有材心土破砕工の空隙に充填する材料として、透水性があり、かつ微生物の餌となり、微生物活性が高まることが期待できるバーク堆肥の充填を試みる。

バーク堆肥は網走地方で容易に入手でき比較的安価である。

4. 有材心土破砕工の施工

施工の概略を述べると、暗渠排水（疎水材暗）と直交するように、施工間隔60cmに溝を切り、その中にバーク堆肥を落とし込むのである。心土の改良なので、作土はプラウで反転させ、その下の心土にオープナー等で深さ30cm幅10cmの溝を切る。この溝の中に10t/10aのバーク堆肥を充填する。

施工のイメージ図を示すと次のようになる。

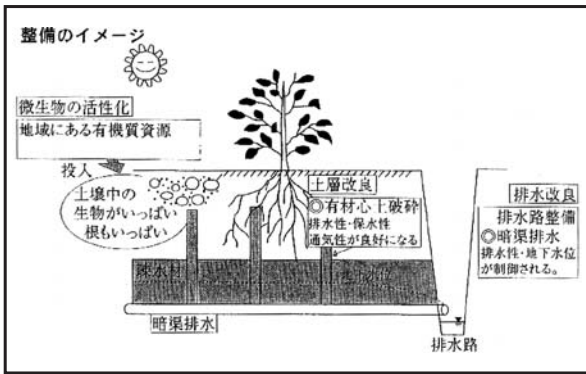


図2 有材心土破碎工のイメージ

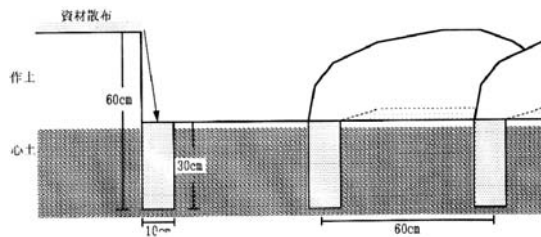


図3 有材心土破碎工の模式

表4

充填バーク堆肥の性状

水分	PH	C/N
61.9%	7.2	22.9



図4 有材心土破碎工の施工状況（オープナー式）



図5 心土へのバーク堆肥の充填状況

5. 調査結果と効果

暗渠排水に加えて、有材心土破碎工を施工したところと（有材心土破碎工区）、暗渠排水のみのところ（無処理区）を比較し、有材心土破碎工の効果を検討する。

（1）排水性の改善について

有材心土破碎工区では深さ32cmから56cmにかけて幅8～10cmの溝が形成され、その中にバーク堆肥が充填されて暗渠排水の疎水材とつながっている。

降雨後の地表下30cmの土壌水分の推移を見ると、130mmの大雨後においては、有材心土破碎工区では降雨後直後からPFが上昇に転じ、無処理区のPF上昇より2日先行した。また、15mm程度の降雨後では、有材心土破碎工区はPF1.5以下の期間が無処理区より1～2日短かった。このことから有材心土破碎工区では降雨後の排水が速やかになされ排水性が改善されたといえる。

さらに、干ばつ傾向にあったときの、土壌水分が懸念されたが、逆に有材心土破碎工区の方が、無処理区と比べややPFが低い傾向にあり、干ばつ時は下層からの水分供給が示唆された。

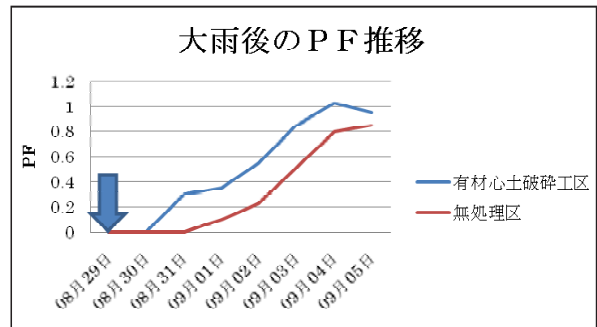


図6

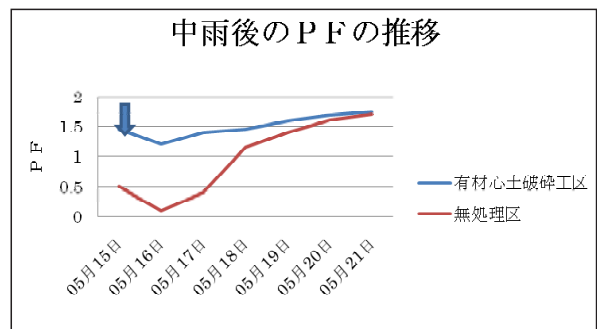


図7

(2) 根域の拡大

無処理区の心土の土壌硬度は32あり、根が伸張できない堅さである。しかし、有材心土破碎工区では心土の土壌硬度は18~23となり膨軟化していた。これに呼応するように、根の分布は次のように拡大した。(図8、9)


施工後4年目のてんさいの生育盛期における根の分布を調べると8cm四方に根が5本以上認められたのは無処理区で深さ32cmまでであったが、有材心土破碎工区では深さ48cmまで確認できた。明らかに根域が拡大していた。一般に小麦やてんさいは条件がよければ1m以上根が伸びるといわれ、根が十分に張れば干ばつなどの異常気象にも強く、さらに養分を吸収する力があり収量・品質の向上につながると考えられる。

施工後4年目の土壌硬度と根の張り

深さ 0-8 cm	9	6	7	7	9
8-16	10	13	12	12	10
16-24	11	13	13	11	10
24-32	13	13	12	12	15
32-40	23	22	17	16	22
40-48	23	26	27	28	32
48-56	26	30	30	29	32

図8 無処理区

表内数値は土壌硬度

 8cm四方に5本以上の根

深さ 0-8 cm	5	6	7	7	7
8-16	9	6	8	9	10
16-24	12	12	10	13	15
24-32	15	17	16	17	18
32-40	18	19	17	19	22
40-48	19	21	17	22	22
48-56	22	22	19	16	23

図9 有材心土破碎工区

(3) 自然循環機能の増進について

土壌の微生物活性についてはαグルコシダーゼによるもので、微生物の専門家により測定されたものである。

作土の微生物活性はほぼ標準的な値の範囲にある。しかし無処理区の心土における微生物活性は作土を100とすると2~9と極めて低いものであった。有材心土破碎工区のバーク堆肥を充填した溝周辺では作土と同程度の高い微生物活性を示した。このことは、有材心土破碎工区の心土では微生物が増殖し、活発に活動しているということが推測できる。3年経過した後の測定でも有材心土破碎工区の微生物活性は高かった。

有材心土破碎工区では心土にも多くの作物の根が確認されたが、年数を重ねる毎に、作物根が空隙をつくり、微生物の餌となることを繰り返しながら自然循環機能がさらに増進するものと考えられる。

(4) 作物の収量・品質効果

有材心土破碎工区と無処理区におけるてんさいの収量品質について比較してみると有材心土破碎工区で根重、糖度ともに増加した。根重においては19%も増加している。

根の断面調査から明らかなように、有材心土破碎工区では、バーク堆肥が充填された溝に沿って根が下層に伸張しており、窒素吸収の増加が根重、糖度を増加をもたらしたものと考えられる。

表5

てんさいの収量と糖度

	根重 (kg/10a)	指数	糖度 (%)
無処理区	6,778	100	15.1
有材心土破碎工区	8,056	119	15.9

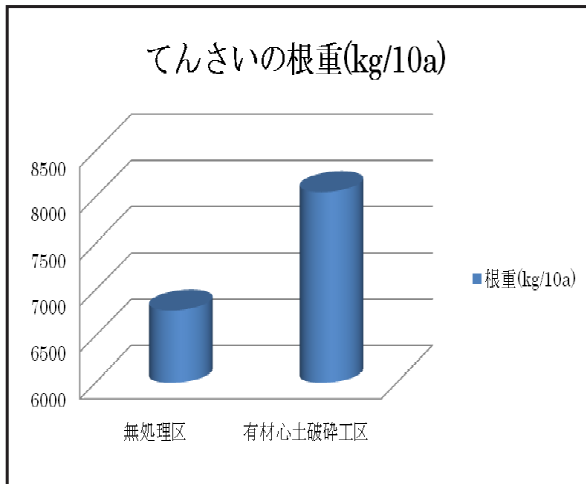


図10 てんさいの根重比較

6. おわりに

このように、下層に堅密な土層をもつ畑地においては地域にある入手しやすい資材であるバーク堆肥を活用する有材心土破碎工は極めて有効であった。

有材心土破碎工は施工費が比較的高いのが難点であるが、近年、北海道農業開発公社で、資材を自走搬送するオープナー式を改良した施工機械を開発したため、従来のものより低コストで有材心土破碎工の施工が可能となっている。

本調査では溝と溝の間隔が60cmで行ったが、もう少し間隔が広くてもほぼ同程度の効果が期待できる。そうすると、投入する資材量を減じることができさらに低コスト化を図ることができる。

高品質な農産物を安定的に生産するためには、作物の根域が重要である。根が健全に伸張すれば作物の生育も旺盛になり、病害や異常気象にも強くなれる。このことは農薬等の使用を減じる環境保全型農業への移行を容易にする。

これからの農地の整備においては根域に注目しながら、最近の微生物に関する研究成果等を取り入れ、一層自然循環機能を増進させ、高生産で循環型の農地整備技術が必要となろう。

(五大建設コンサルタント㈱)

参考文献

- 1) 北海道農政部設計課
クリーン農業基盤整備技術推進事業 (2001)
- 2) 北海道立北見農業試験場
畑土壌への心土改良工法の導入と堆肥施用の組み合わせ効果 (2002)

国営総合農地防災事業の実施地区における事業効果調査について

小林 一弥

1. はじめに

国営総合農地防災事業（泥炭型）は、泥炭土に起因する地盤の不等沈下により機能低下した農地及び農業用排水施設の機能回復を目的とし、本報で紹介する地区は、平成11年度から事業が実施され、現在も実施中である。

当該地区では、事業効果の発現状況を把握するため、収量調査、地下水位調査、農家アンケート調査などが継続的に実施され、工事実施前後における各種基礎データを収集・蓄積し、学識経験者を交えた研究会（毎年開催）において、効果発現状況の確認が行われている。

本報は、事業実施中の地区を対象とした継続的な事業効果調査と、これまでの調査結果の概要を紹介するものである。

なお、ここで紹介する国営総合農地防災事業の実施地区における継続的な事業効果調査は、全道で最初に着手されたものであり、現在、後続地区でも、同様の事業効果調査が展開されている。

2. 地区の概要

当該地区は、北海道十勝支庁管内南東部に位置し、十勝川下流域に拓けた約3,800haの畑作・酪農地帯である。

地区内の土壌は、泥炭土又は泥炭を含む土壌が分布しており、このため、泥炭土特有の脱水・分解・収縮に伴う地盤の不等沈下が発生しており、農用地及び農業用排水施設の機能低下が著しく、過湿及び湛水被害により農業生産の維持及び農業経営の安定に支障をきたしていた。

このため、農地保全工（置土工、暗渠排水工など）2,950ha、農地防災工（排水路15条32km排水

機場 2箇所）、農業用道路6条9kmの整備が行われている。

3. 事業効果調査の目的

近年、土地改良施設が有する多面的機能や事業効果が持続的かつ十分に発揮させていくための取り組みが必要である。

特に、事業実施中の地区において、適切な調査等により事業効果を把握・検証していくことは、改善方策の提示とともに、受益者・地元関係機関へのPR及び他地区に積極的に紹介するといった意義が見出される。

また、事業効果の発現状況に関する検証結果を広く国民に開示していくことは、農業・農村を理解し、土地改良事業に対しての合意を得ることとなる。

4. 事業効果調査の全体像

従来の土地改良事業の評価は、事業実施に伴う費用の投資額や受益地における効果の発現状況を直接的に把握し、「農家経済レベルの変化の形」で純益額を効果として計測する手法となっている。

近年は、従来から計測されている食料の安定供給の確保に関する効果（作物生産効果、営農経費節減効果、維持管理費節減効果など）に加え、事業の特性に応じて、農業の持続的発展に関する効果（災害防止効果（農業関係資産）など）、多面的機能の発揮に関する効果（景観・環境保全効果など）を含む算定が行われている。

これまでの取り組みにおいては、①事業実施中及び実施後における事業効果検証、②波及的な経済効果の評価の2点を含む事業効果の評価は、事例

が多くなかったため、事業特性を反映した事業効果調査の全体像を策定する必要があった。

このため、事業効果調査を実施するに際し、①事業実施中及び実施後における事業効果の把握、

②波及的な事業効果の評価の視点を含めた事業効果調査の全体実施計画が策定されている。

調査着手から現時点までの調査項目と現時点までの経過は、表1に示すとおりである。

表1 事業効果調査の全体像と実施状況

効果視点	調査項目	手 法	実 施 状 況										備 考
			H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	
農業生産に関わる効果	生育調査	現地調査				○	○	○	○	○	○	○	
	収量調査					○	○	○	○	○	○	○	
	品質検査					○	○	○		○	○	○	
	営農意向調査	アンケート調査		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	農業経営調査					○	○	○	○	○	○	○	
	農地流動化調査	現地調査及び既存資料調査				○							完了年に実施予定
	作付実態調査	聞 取 調 査			○	○	○	○					完了年に実施予定
農業生産組織調査	聞 取 調 査		○									完了年に実施予定	
地域社会に関わる効果	農畜産物流通調査	聞 取 調 査		○									完了年に実施予定
	生産資材調達調査			○									完了年に実施予定
	フロー効果調査	アンケート調査		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
造成施設に関わる効果	地下水位調査	現地調査				○	○	○	○	○	○	○	
	土壌水分調査					○	○	○	○	○	○	○	
	湛水状況確認調査					○	○	○					
事業評価研究会			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

注：○印は調査実施年

5. 現時点までの調査結果

本地区の事業効果調査では、学識経験者、受益者代表、地域住民を交えた研究会方式による結果報告、検証及び意見交換が、毎年、継続的に行われている。以下に、本事業の実施による効果として確認された事象の一部を紹介する。

(1) 農用地の機能回復（湛水被害の解消）

本事業で実施した農地保全工の内、置土工の効果として期待される湛水被害の解消について、本地区の計画基準雨量（156mm/2 day）に基づいて、降雨時の洪水被害発生調査を実施している。

写真1は、平成15年8月9日～10日に台風10号（127mm/2 day）が本道を直撃した際の状況であり、置土工の整備予定圃場（写真右側）で湛水被害が発生していた。写真2は、写真1と同一圃場における置土工の整備状況、写真3は、整備後における降雨時の状況である。

調査対象圃場は、耕作者への聞き取りによると、

整備前は50mm/日程度の降雨で湛水が発生することがあったが、整備後は湛水被害が解消されるとともに、牧草より湛水の影響を受けやすいデントコーンの生産が可能となっている。



写真1 整備前



写真2 整備中



写真3 整備後

(2) 収量の回復

受益圃場を調査対象として、地区内に観測圃場を設定している。

生育・収量及び品質調査結果は、暗渠整備圃場では地下水位を、置土整備圃場では土壌水分を計測し、機能回復状況を把握した上で、収量の回復状況を確認している。

これまでに実施された圃場調査数は、表2に示すとおりである。

表2 圃場調査の実施状況

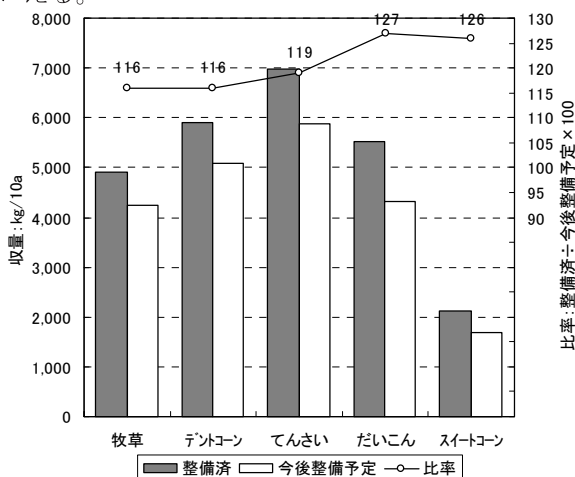
単位：圃場

	総合対象圃場数	うち未整備圃場数	生育・収量調査	地下水位調査	土壌水分調査
H14	23	11	24	9	4
H15	23	10	26	12	6
H16	25	9	25	12	6
H17	9	—	11	6	3
H18	10	—	10	6	3
H19	9	—	11	6	3
H20	9	—	11	6	3

図1は、整備済ほ場と未整備ほ場の収量を作物別に比較したものである。

収量データは、作付品目別の平均値である。

この結果、整備済ほ場と今後整備予定ほ場では、いずれも整備済ほ場が今後整備予定ほ場の収量を上回っており、暗渠や置土などの施工で圃場の排水性が回復されることにより、収量が増加したといえる。



今後整備予定：全調査結果の平均値
 整備済：全調査結果の平均値
 サンプルデータは、暗渠整備、置土整備

図1 整備済ほ場と今後整備予定圃場の収量比較 (調査期間：H14～20)

(3) 品質の変化

品質の項目については、飼料作物が養分摂取の観点から栄養価、一般畑作物が価格決定のための主要な要素となる成分、野菜類が価格決定の基準となる規格について調査が行われている。

調査圃場は、収量調査、地下水位調査及び土壌水分調査を実施している圃場を対象とし、事業実施による圃場の機能回復状況とクロスした分析が可能となる設定となっている。

以下に、品質に関する調査例として、だいこんの調査写真を示す。

野菜類は、規格内重量及び規格別単価により、総合評価的な観点から検証され、写真4にみるつとおり、整備済の圃場において良好な結果が得られている。



写真4 だいこんの規格による比較 (上：整備済 下：今後整備)

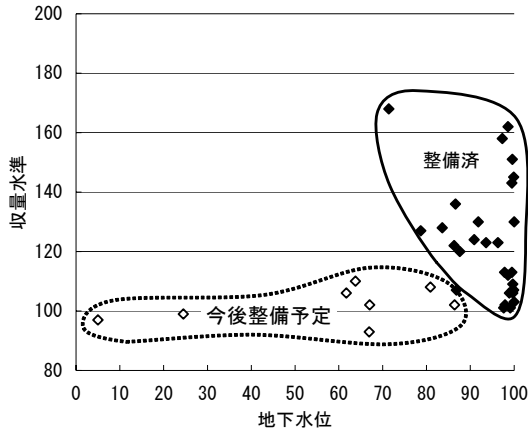
(4) 地下水位と収量の関係

図2は、平成14～20年の間の暗渠整備圃場における収量と地下水位の関係をプロットしたものである。

Y軸は、収量水準で表している。

X軸は、地下水位が50cm以深にある時間割合を示しており、最大が100で数値が大きくなるほどほ場の地下水位がより速く低く保たれ、良好な状態にあることを示している。

この結果、整備済ほ場の、収量水準が101～168と高く、地下水位の変動幅71～100と小さくなっている。反対に、未整備ほ場では、収量水準が93～110と低く、地下水位の変動幅5～86と大きくなっている。暗渠の施工により地下水位が、より速く、低く保たれており、この結果、作物の過湿被害が解消され収量回復に繋がったと考えられる。



注1: 収量水準＝圃場毎調査収量÷各年の平年値×100
 注2: 平年値＝地元農業改良普及センターにおける直近7カ年の収量調査結果から最大値最小値を除いた平均値
 注3: 地下水位＝地下水位50cm以深の時間÷観測総時間×100

図2 暗渠整備ほ場における収量と地下水位の関係

(5) 農家アンケート調査結果の分析

農家アンケート調査は、受益農家を対象に、平成12年から実施されている。アンケート項目は、研究会や回答者の意見を反映し、逐次項目が追加されている。調査項目は表3のとおりである。

表3 アンケート調査の内容

調査項目	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
経営概要	○	○	○	○	○	○	○	○	○
作物別作付状況	○	○	○	○	○	○	○	○	○
家畜飼養頭数	○	○	○	○	○	○	○	○	○
畜産物出荷量	○	○	○	○	○	○	○	○	○
作物別収穫作業時間	○	○	○	○	○	○	○	○	○
コントラクター利用		○	○	○	○	○	○	○	○
作物別肥料投入量	○	○	○	○	○	○	○	○	○
作物別農薬投入量	○	○	○	○	○	○	○	○	○
湛水被害対策	○	○	○	○	○	○	○	○	○
排水不良対策	○	○	○	○	○	○	○	○	○
費目別経営費	○	○	○	○	○	○	○	○	○
農業租収入・所得額						○	○	○	○
経営展開方向の意向	○	○	○	○	○	○	○	○	○
効果発現の意識		○	○	○	○	○	○	○	○
整備に対する満足度					○	○	○	○	○
整備に対する期待度	○		○	○	○	○	○	○	○
整備に対する重要度					○	○	○	○	○
施設維持活動の意識				○	○	○	○	○	○

注：○印は調査実施年

表4 配布戸数・回収戸数及び回答率

	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
配布戸数(戸)	67	67	67	67	67	115	115	86	86
回答戸数(戸)	63	63	64	65	66	96	80	65	66
回答率(%)	94	94	96	97	99	83	70	76	77

以下、農家アンケート調査結果の概要を紹介する。

1) 経営耕地面積の推移

図3は、畑作類型農家と酪農類型農家の戸当たり経営耕地面積の推移を示したものである。

戸当たり経営耕地面積は、畑作、酪農類型ともに増加傾向を示しており、平成12年から平成20年までの間で、約10ha程度増加している。

このことから、当該地区の主要となる営農類型について、事業進捗とともに、経営規模の拡大が進展していることがわかる。

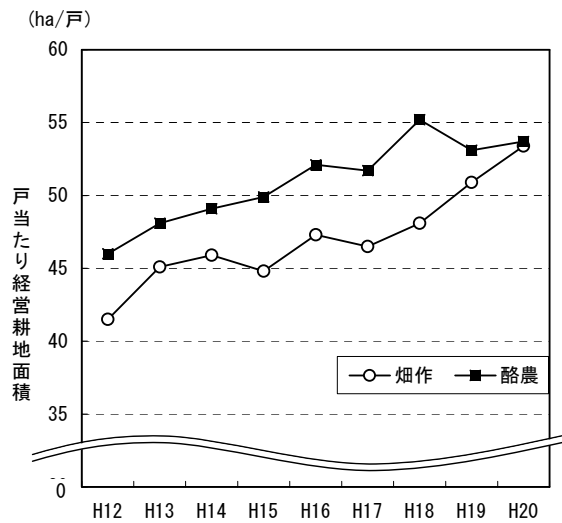


図3 整備済ほ場と今後整備予定ほ場の収量比較

2) 収穫作業時間の推移

図4は、平成12年から平成20年にかけて回答した農家の収穫作業時間データをもとに、平成12年を1.0として表したものである。

この結果、収穫作業時間は、減少傾向で推移しており、平成20年と着工時の比較では、牧草、青刈りとうもろこし、小麦ともに減少傾向を示している。「降雨後ほ場に入れるようになる時間が短

縮された」とコメントした受益者がいたことから、事業の実施に伴い、受益地域の排水機能の改善及びほ場の排水機能が回復し、収穫に関する作業時間が減少していると考えられる。

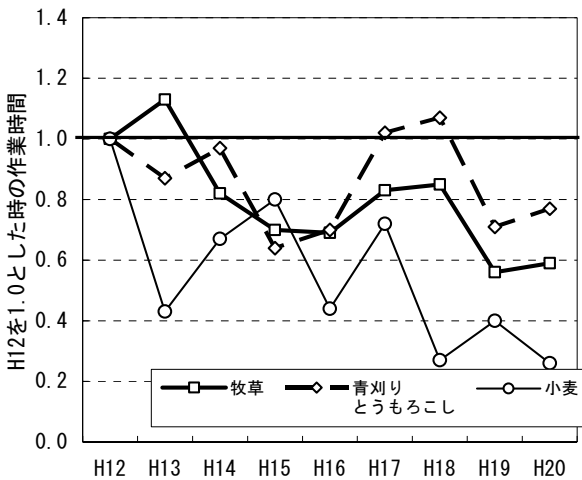


図4 10aあたり収穫作業時間の推移

3) 乳牛飼養頭数の推移

図5は、酪農類型における乳用牛の戸当り飼養頭数（成牛換算）の推移を示したものである。

平成12年から平成20年にかけて、約20頭/戸程度の増加となっており、事業進捗とともに、経営耕地面積規模の拡大や作業時間の低減を背景として、家畜の飼養頭数も増加していると考えられる。

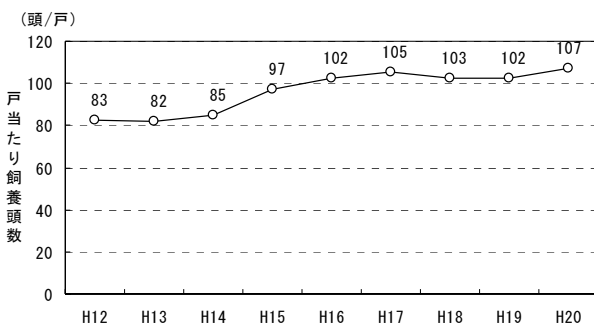


図5 戸当たり乳用牛飼養頭数の推移

4) 作付作物の変化

図6は、平成12年から平成20年にかけて、農家アンケート調査に回答のあった作物別作付面積データにより、主要な作物別作付構成の推移を示したものである。

主な作付作物は、牧草、青刈りとうもろこし、

小麦、豆類（小豆など）、ばれいしょ、てんさい、野菜類（だいこん、スイートコーンなど）である。作付比率は、牧草及び青刈りとうもろこしが全体の約6割～7割で推移し、調査年により、多少の変動はあるが、主な導入作物の構成に大きな変化はみられない結果となっている。

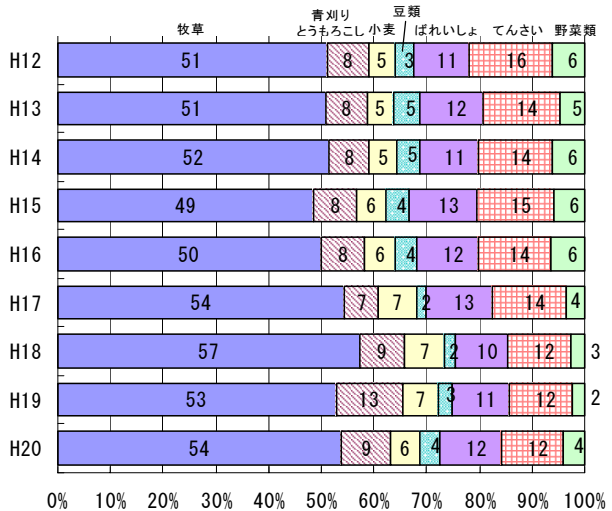


図5 作物別作付構成の推移

5) 効果に関する受益者の意識変化

図6は、事業進捗率（当年までの整備面積÷平成20年までの整備面積×100）ごとに、「事業実施により、効果があった」と回答した農家数を集計したものである。

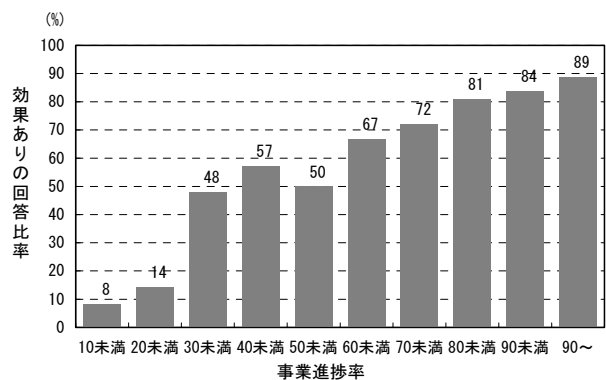


図6 「効果あり」の回答比率

この結果によると、事業進捗率が高くなるにつれて、「効果あり」との回答比率が増加しており、事業実施による効果発現が、受益者においても十分認識されている結果と考えることができる。

(5) 地域経済へのフロー効果調査

1) 調査のねらい

土地改良事業の実施による地域経済への波及的な効果の把握に対し、フロー効果調査を継続的に実施している。

フロー効果とは、一般に事業実施に伴う諸資材・商品の調達に伴って、「鉄鋼やセメント等の関連産業に波及する効果」と「建設業等の関連産業の雇用が増大する効果」として発現される。

そして、これらの効果が、地域産業や住民の生産や消費活動を通じて波及し、地域経済が拡大する。これを地域経済波及効果としている。

この調査では、このような捉え方にもとづいて、事業実施中に支出される事業費がどの程度地域に波及するかを定量的に把握することねらいとしている。

2) 調査の方法

ここで紹介する地区では、次のような調査を実施している。

第1に、地域の産業構造や本事業実施による売上影響を把握するため、関係町内の主要な事業所（産業別に抽出）に対し、面談方式のアンケート調査を実施している。

調査項目は、売上と本事業の関係、事業規模、費用構造、資材及び雇用の調達先等である。

第2に、事業実施における諸資材等の調達内容（調達先、金額など）や雇用状況を把握するため、毎年、受託業者（工事、設計）に対して調査票を配布し、回答を得ている。

この調査は、平成12年から平成20年まで毎年実施し、データの蓄積による精度向上が図られている。

調査の内容は、工事資材の調達状況、雇用状況（常時、臨時）、建設機械・設備の調達状況、工事管理業務用品の調達状況、日用品の調達状況、浦幌町内での調達難易程度等である。

なお、この手法は、後続地区においても同様の

手法が採用されている。

3) 調査結果

関係町内の事業所に対する調査では、図7に示すとおり、本事業実施における売上に対する影響は、「非常に増加」と「やや増加」を合わせて約7割を占める結果となっている。

各種経費の調達先・支払先は、図8に示すとおり、原材料費の約4割、人件費の約9割、営業経費の約4割が関係町内に依存している結果となっている。

このことから、工事実施により、原材料供給、商品販売、サービス提供など、直接及び間接的に多くの事業所で売上に影響があったことがうかがえる。

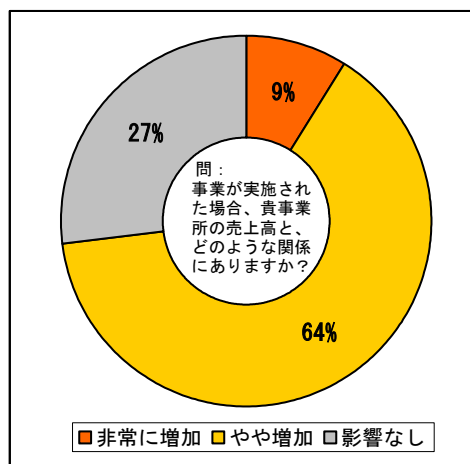


図7 本事業の実施による関係町内事業所の売り上げ高への影響

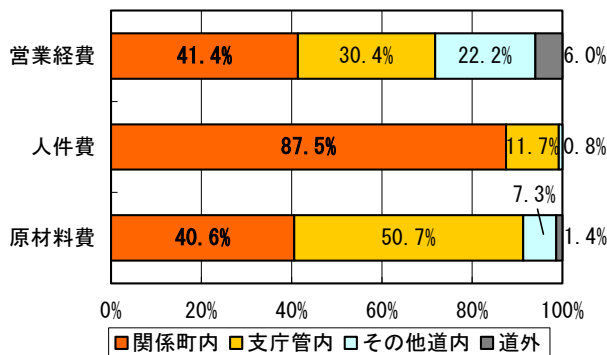


図8 原材料・人件費・営業経費の調達先比率

受託業者に対する調査は、平成12年から平成20年までの請負工事費等に占める地域別及び用途別割合を図8及び図9に示す。

地域別調達先をみると、支庁管内へ調達割合が約5割、関係町内へは約3割となっている。

関係町内に向けられた全調達額でみると、平成20年までに、約13億円程度となっている。

主要工事資材の調達状況についてみると、主な調達資材として、土、鋼材・鋼管類、木材チップ、暗渠パイプとなっている。

このうち、関係町内からは、土、木材チップ、砂・砂利が多く調達されていることが確認された。

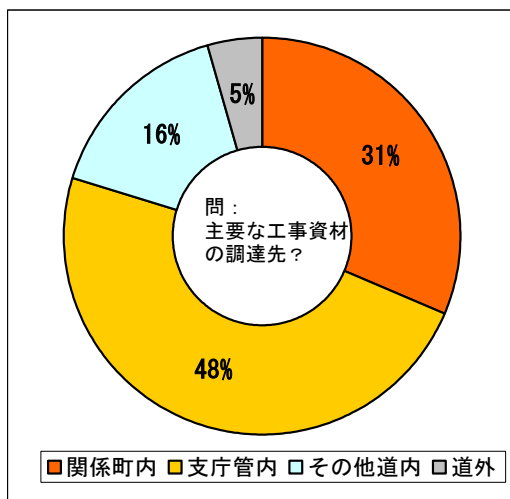
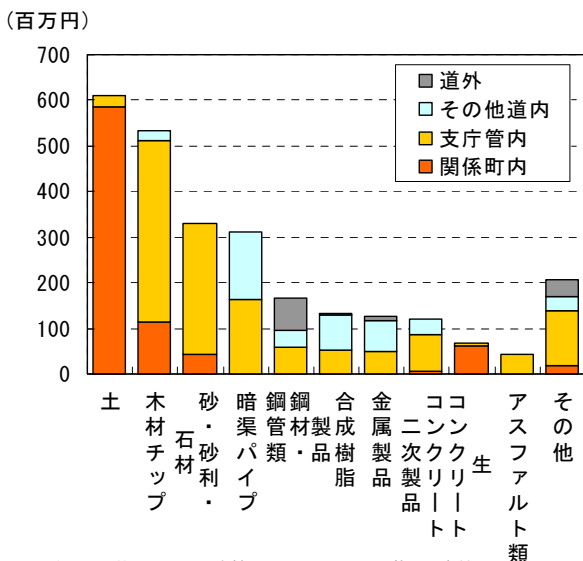


図9 請負工事費等の地域別調達割合



注：その他は、芝、石油製品、ヤシマット、型枠足場資材、電線ケーブル、植生土のう等である
 なお、関係町内のその他は、芝と石油製品が7割を占める

図10 主要工事資材の調達状況

(6) 事業評価研究会の開催

本報で紹介した地区では、事業効果について、学識経験者、地元関係機関などで構成される「事業評価研究会」を中心に、調査内容、評価手法、調査結果について検証を行い、その結果を次年度の現地調査や効果分析にフィードバックしていく方式で進められてきた経緯を有している。

このような方法で、事業効果について評価を行うことは、事業実施中における受益者や関係機関からの、意見・要望など生の声を把握することとなっている。

また、このような取組みは、研究会で認められた好事例を後続地区に紹介していくことになっているといえる。

研究会の内容は、次のとおりである。

- ① 事業実施主体、受益者代表、学識経験者、地元農業関係機関、商工会により構成される研究会の設立及び研究会の開催
- ② 研究会における各種調査及び事業評価結果に関する討議
- ③ 評価結果に基づく工法等の改善の必要性検証
- ④ 研究会において妥当性が確認された評価結果を地域住民に公表



写真5 研究会の開催状況

(7) まとめ

本報で紹介した内容は、平成12年から平成20年までの調査結果から明らかとなった事業効果の一部である。

事業実施によって、受益地の排水性が改善され、農地や農業用排水施設の機能が適正となり、農家レベルでは収量や品質の改善、収穫作業時間の短縮、経営規模の拡大などが評価できる結果となっている。

また、ここに紹介した調査結果から伺える直接的な効果だけではなく、効果に対する評価が高いこと、事業実施に伴う波及的な効果の発現状況などからも、事業効果の発現が明らかであると考えられる。

6. おわりに

最後に、本文の執筆にあたり、発表の機会を与えていただき、多大なる協力をいただきました関係各位に感謝の意を表します。

(株ドーコン)

報 文 集 第21号

平成21年 9月30日

編 集 (社)北海道土地改良設計技術協会

広報部会 明田川洪志・浅井 要治・寺地 明夫

夏伐 一夫・林 嘉章・小澤 榮一

矢野 正廣・川尻 智之

発 行 (社)北海道土地改良設計技術協会

〒060-0807 札幌市北区北7条西6丁目NDビル8階

電 話 (011)726-6038 F A X (011)717-6111

印刷 (株)三誠社 電話 (011)622-9211



●表紙写真●

第23回「豊かな農村づくり」写真展
北の農村フォトコンテスト応募作品

「雄大な米の穀倉地帯」

ー長沼町ー

田中 康夫 氏 作品

A E C A

HOKKAIDO

Agricultural Engineering Consultants Association