

平成26年度 農村防災・災害ボランティア平常時点検活動

【上ノ国土地改良区】

点検施設 宮越内頭首工

報告書



点検調査：平成26年7月22日（火）

調査グループ：道央グループ

調査員：（写真左から）村田 茂（空知Gから臨時参加） 谷口 博喜
三浦 研一 四戸 博 金沢 寛 山田 龍二 塩原 達彦
太田 裕行 長谷部友二 関 隆

総 括

頭首工名称 宮越内頭首工 管理者 上ノ国土地改良区

頭首工所在地 檜山郡上ノ国町字宮越

ボランティアグループ名 道央グループ

見回り・点検年月日 平成26年7月22日

1. 調査概要等

(1) 地域農業の概要

対象地域は、檜山振興局管内南部の上ノ国町に位置し、本地域の主要河川である天の川中流部の支流沿いに広がる水田地帯である。

上ノ国町の農業構造は、総農家数239戸、このほかに土地持ち非農家301戸と総農家数を上回る。ⁱ



図-1 上ノ国町の位置

また、販売農家は128戸と総農家数の約5割で、このうち主業農家は44戸と販売農家の1/3程度と非常に低く、内地府県に似た農業構造である。販売農家の高齢者比率は43.8%と全道平均の32%を大きく上回っており、高齢化の進展が著しい。ⁱⁱ

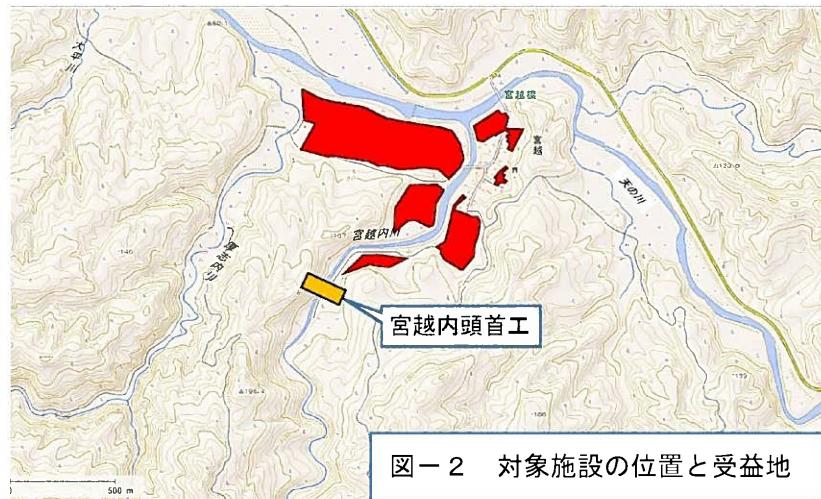
販売農家の平均経営面積は、3.7haと檜山振興局の平均11.4haよりもかなり低い。作付作物は、水稻を基幹としているが転作率は63%ⁱⁱⁱと高い。転作作物にはニラやブロッコリー、キヌサヤエンドウなどの高収益作物が作付けされている。

(2) 対象施設の概要

対象施設は、檜山郡上ノ国町字宮越に設置された水田かんがいを目的とした宮越内頭首工である。

本施設は、二級河川天の川水系天の川支流普通河川宮越内川に団体営災害復旧事業により昭和42年11月30日に築造された。本施設の関係受益、取水量等を以下に示す。

かんがい面積 22.65ha 受益戸数 14戸
取水量 代掻き期（5/1～6/30）0.1474m³/S
普通期（7/1～8/31）0.1053m³/S



えん堤本体は、可動堰で油圧式起伏ゲートを採用しており、堰高0.9m、堰長固定部1m、堰長可動部1.8mで土砂吐、洪水吐それぞれ幅9m、高さ0.9mのゲートを1門ずつ据え付けられている。また、取水ゲートは、幅1m高さ0.8mのスルースゲート1門が据え付けられている。

(3) 土地改良区の施設維持管理状況

本施設は、上ノ国土地改良区が所有する施設で維持管理も同土地改良区が行っている。また、本施設までの管理道や本施設敷地内の草刈や清掃作業は、農地・水保全管理支払交付金の共同活動により地域の活動組織が行っている。本施設は、築造後47年経過し、部分的に老朽化や洪水等による損傷がみられるようになってきたため、以下のとおり補修及び追加

工事等を行ってきた。

- ・ 平成14年度：維持管理適正化事業により自動転倒装置、取水門扉の製作・据付け、右岸部ゲート扉頂部一部交換
- ・ 平成15年度：維持管理適正化事業により油圧ユニット、油圧配管の更新
- ・ 平成21年度：地域用水環境整備事業により魚道の設置、右岸部ゲートパッキン取替え

上ノ国土地改良区からの現在の状況は、以下のとおり。

- ・ 油圧シリンダは、洪水時の土砂等により損傷、右岸部右側の油圧シリンダは油漏れが現在も続いている。
- ・ この油漏れにより扉体が下がるため、2週間毎に油圧シリンダの調整を行っており、年間60リットルのオイルを補給している。
- ・ 油圧シリンダ上部にコロが付いているが、コロがねじれた状態となっている。
- ・ ゲートは、ステンレスと鉄部材を合成した構造となっている。築造後47年経過しているためゲート本体が後何年持つか懸念している。
- ・擁壁や堰柱のコンクリートは、流水の影響を受ける箇所の表面には磨耗している部分もあるが、そのほかの著しい劣化はみられない。

(4) 現地調査

農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」(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 H22.6)では、現地踏査における留意点を以下のとおり示している。

① 施設機械設備（ゲート設備）

- ・ 目視により設備全体を観察し、劣化の有無や劣化の内容・程度を概略把握する。
- ・ 劣化の原因把握のため水質など周辺の環境条件等を調査する。
- ・ 現地調査に先駆けて、不可視部分の確認、仮設の必要性の有無、動作確認に必要な電源確保の可否、診断可能時期の把握を行う。（※今回の調査では行わない）

② コンクリート施設

- ・ コンクリート施設のひび割れなどの表面変状の有無、程度（範囲）
- ・ 堰柱の変形、傾き（打ち継ぎ目部や門扉取り付け部の開き、段差などから類推）

- ・堰本体やエプロンなどの磨耗、欠損状況
- ・護床ブロックの変形・沈下、流出状況
- ・河床の異常な変動（洗掘、堆砂）
- ・取付護岸部の変状（変形、沈下、欠損等）

これらを参考に参加者全員で扉体下流部を中心に目視点検を実施し、次のような状況を確認した。

① ゲート部油圧シリンダ

4基の油圧シリンダのうち、右岸部右側の油圧シリンダから漏れた油が箱抜き部に溜まっていた。また、シリンダ本体部には土地改良区から説明のあったとおり傷痕を確認した。（写真－2、3）



写真-2 右岸部右側油圧シリンダの油漏れ



写真-3 右岸部右側油圧シリンダの傷痕

さらに油圧シリンダのコロが右岸部は右方向、左岸部は左方向へのねじれを確認した。現地での計測では、右岸部右側 1° 左側 3° 左岸部右側 25° 左側 4° であった。(写真-4)



写真-4 コロのねじれ（左から右岸部右側、左側、左岸部右側、左側）

② ゲート部扉体

扉体自体は、取水期間のため堰上げされており、扉体の上流側は確認できなかった。下流側の目視では、右岸部、左岸部とともに大きな傷や腐食、損傷は確認されなかった。(写真-5)

なお、油圧シリンダの油漏れやコロのねじれなどにより扉体自体の歪みも懸念される。また、扉体両側からの漏水を、左岸部左側以外の3ヶ所で確認した。この漏水の原因が止水ゴムか扉体自体の歪みかは現地では確認できなかった。(写真-6、7)



写真-5 上：右岸部扉体 下：左岸部扉体



写真-6 扉体の漏水 右：右岸部右側 左：右岸部左側



写真-7 扉体の漏水 右：左岸部右側 左：左岸部左側

③ 堤柱

堤柱下流側上部に、網目状のひび割れとともに析出物を確認した。(写真-8～10)

また、エプロンに近い下部は磨耗が著しく粗骨材の露出と一部欠落を確認した。なお、他の部分にはひび割れ、剥離・剥落、変形、歪み等は認められなかった。

写真-8
堰柱のひび割れと析出物、磨耗状況



写真-9 堤柱上部のひび割れと析出物



写真-10 堤柱下部の磨耗状況

④擁壁

右岸部の取水ゲート付近では、コールドジョイントと思われる箇所で析出物を確認した。(写真-11) なお、擁壁下部は、水中のため確認できなかった。

ゲート～魚道までの区間では、下部の磨耗が著しく、粗骨材の露出と欠落を確認した。

(写真-12、13)



写真-11 取水ゲート付近の析出物



写真-12 ゲート～魚道区間の擁壁

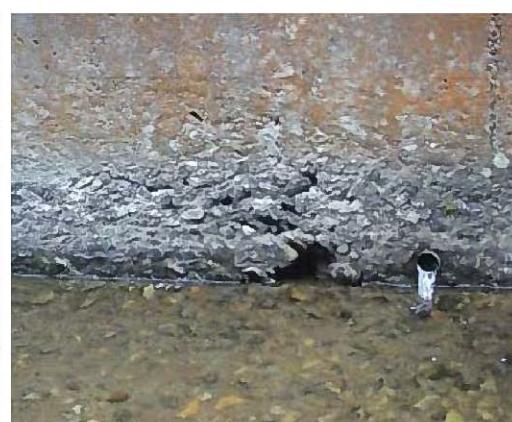


写真-13 下部の磨耗と欠落の状況

魚道～最下流部でも同様に下部の磨耗が著しく、一部（つま先部）には鉄筋が露出している箇所も確認した。また、コールドジョイントと思われる箇所からの析出物を確認した。（写真－14、15）



写真－14 魚道～下流区間の擁壁



写真－15 擁壁下部の鉄筋露出

左岸部の擁壁では、下流側に亀甲状のひび割れとともに析出物を確認した。

河川は、主に右岸部のゲートを流下していると思われ、左岸部のゲート下流は、土砂が堆積し擁壁下部の磨耗は認められなかった。（写真－16）



写真－16 左岸部擁壁のひび割れ

右岸部、左岸部ともに他の箇所にはひび割れ、剥離・剥落、変形、歪み等は認められなかった。

⑤ エプロン部、護床工

エプロン部コンクリートは、可動ゲート直下で表面の磨耗が著しく、粗骨材の露出を確認した。（写真－17）このほか、ミオ筋以外は土砂が堆積していて全体を確認できなかったが、コンクリート表面が露出している区間では変形や欠損、剥落は認められなかった。

また、護床ブロックは、表面の磨耗が確認されたものの河床変動による不同沈下、下流河床の異常洗掘、ブロックの流出は認められなかった。（写真18）



⑥ 操作室

操作室は、平成21年度に外部モルタルのひび割れを補修しており、良好な状況を保っている。

(写真-19)



なお、操作盤並びに発電機施設も、同年度に更新を行っており、特に問題はない。

また、魚道が平成21年度に完成し、現地調査時においても若鮎が確認されており、特に問題は無いものと思われる。

(5) 考察

施設全体として、ゲート部の油圧シリンダとコンクリート部の流水の

影響を受ける箇所に劣化が認められたが、他には甚大な劣化は認められなかった。しかし、本施設は、築造後47年を経過しており、今後詳細な調査結果に基づく保全計画を検討する必要がある。

① ゲート部

ゲート部のうち油圧シリンダは、油漏れやコロのねじれを確認したが、油漏れはゲートの操作機能を低下させており、コロはねじれからゲート動作時に回転していない可能性が高く、扉体やシリンダ本体に損傷を与えるかねない状態で本施設において最も劣化している部分である。

ゲート設備における各部位の重要度^{iv}は、以下のとおり示されている。

表-1 各部位の重要度（本地区に該当する装置のみ）

装置区分	形式	構成機器等	部位	部位の重要度
扉体	起伏 ゲート	スキブ ^v レート	全体、底部	A～B
		桁材	主桁フランジ、主桁腹板	A～B
		ヒンジ ^v 軸受	軸、すべり軸受、軸受本体	A
		接合部	溶接、ボルト・ナット、リベット	A
		水密ゴム	全体	C
		塗装	全体	C
	戸当り	ヒンジ ^v 軸受	軸、軸受本体	A
開閉装置	油圧式	軸受	すべり軸受	A
		油圧シリンダ	全体	A
		油圧機器	全体	A
		油圧配管	全体	A
		油圧作動油	全体	A

重要度 A：破損した場合、重大事故につながる致命的部位

B：運用に大きな支障のない性能低下につながる部位

C：運用に支障のない性能低下につながる部位

以上から、開閉装置はすべて重要度がAと高い部位であり、このまま使用し続けた場合には、重大な事故つながることも予測され、地域の水田農業にとって深刻な状況になることが推測される。

扉体部は、上流側が水中のため確認できなかつたが、下流側の目視では損傷や錆などの劣化は認められなかつた。今後、取水期間終了後に上流側の調査が必要である。

また、左岸部左側以外の3ヶ所から漏水を確認しているが、原因は不明であり、今後詳細な調査が必要である。

各機器の標準耐用年数と経過年数を比較すると既にほとんどの機器が耐用年数を過ぎていることがわかる。

表-2 ゲート設備の参考耐用年数^vと本施設の経過年数

設備区分	形式	機器名	部品名	規格・材質	耐用年数	経過年数
扉体 式ゲート	起伏式	扉体(本体)			40	47(12)
		水密部	水密ゴム	合成ゴム	10	47(12)
		ヒンジ軸受	ヒンジ軸		40	47
			ブッシュ	オイルレス	20	47
開閉装置	油圧式	油圧ユニット	油圧ユニット(本体)		25	11
			油圧ポンプ		15	11
			電動機軸受		15	11
			電磁弁等		15	11
			リリーフ弁等		15	11
			チェック弁等		15	11
			計器		10	11
			フレキシブルホース		10	11
			フィルターエлемент		10	11
		油圧シリンダ	シリンダ本体		30	47
			シリンダパッキン		10	47(5)
	油圧配管				20	12
		潤滑油			3	-
		油圧作動油			5	1

※ ()は、一部更新した施設の経過年数を示す

ゲート設備の機能診断評価は、構成する部位毎に行うことを中心に、調査結果から設備・部位の性能低下状態やその要因を把握とともに、設備・部位の健全性を総合的に把握し、性能維持や機能保全計画策定を行うこととしている。^{vi}

本施設の現地調査と土地改良区からの維持管理状況を聞いた内容を元に健全度ランクを検討した場合、油圧シリンダ部は S-3 よりは S-2 に近い状態と思われ、早急な補修(補強)の対策が必要と判断される。

表-3 頭首工（ゲート設備）の健全度ランクの設定例

健全度ランク	設備の状態	現象例	対応する対策の目安
S-5	異常が認められない状態	新設時点とほぼ同じ状態	対策不要
S-4	軽微な劣化は見られるが、機能上の支障は無い状態	軽微な変形や磨耗が認められるのが基準値内であり、機能上の支障は無い状態	継続監視（予防保全含む）
S-3	放置しておくと機能に支障ができる状態で、劣化対策が必要な状態	調査結果が基準値を超過するなど、劣化対策が必要な状態	劣化対策
S-2	機能に支障がある状態 著しい性能低下により、至急劣化対策が必要な状態	②調査結果が基準値を著しく超過するなど、至急劣化対策が必要な状態 ③ゲートの開閉に支障をきたすような変形が見られる状態	至急 劣化対策
S-1	設備等の信頼性が著しく低下しており、補修では経済的な対応が困難な状態 近い将来に設備の機能が失われるリスクが高い状態 本来的機能及び社会的機能における性能が総合的に著しく低下している状態	① 調査の結果、部位等のS-3、S-2評価が多く、補修よりも更新（全体・部分）したほうが経済的に有利な状態 ② 重要部位等が機器の陳腐化により、代替品の入手が困難であり、対策に緊急を要する状態	更新（全体・部分）

② コンクリート部の変状

コンクリート部は、流水部が磨耗により粗骨材の露出や欠落が確認されており、一部には鉄筋の露出も確認された。

ひび割れは、中性化、塩害、アルカリ骨材反応、凍害、化学的腐食等を要因として生じる主要な変状で、変色、析出物、漏水、錆汁、剥離・剥落、鉄筋露出を付属的な変状として大別している。^{vii}

現地調査では、これらの要因を特定するような調査やひび割れの幅、密度、反発強度などを測定していないため、施設状態評価まではしておらず別途詳細な調査が必要である。

磨耗の進行は、細骨材・粗骨材の露出状況と耐久性・耐荷性への影響に応じて2段階で表すことができる。

レベル1：コンクリート表面のセメントペーストがはがれて細骨材が露出している状態で、構造的な問題は少ない。

レベル2：モルタルがはがれて粗骨材が露出した段階で、耐荷力は保持しているが、粗度係数の増大や断面欠損に伴う漏水など使用性に問題を生じる可能性がある。本施設はレベル2に該当するものと思われる。^{viii}

表-4 頭首工（鉄筋コンクリート）の健全度ランクの設定例^{ix}

健全度ランク	施設の状態	現象例	対応する対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態。	新設時点とほぼ同等の状態	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態。	コンクリートに軽微なひび割れの発生や磨耗が生じている状態	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態。劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。	①鉄筋に達するひび割れが生じている。或いは鉄筋腐食によるコンクリートの剥離・剥落が生じている。 ②磨耗の進行により骨材の脱落が生じている。	補修（補強）
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態。補強を伴う工事により対策が可能な状態。	①コンクリートや鉄筋の断面が一部で欠損している状態。 ②地盤変形や背面土圧の増加によりコンクリート躯体に明らかな変形が生じている状態。	補修（補強）
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる又は著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で施設の改築が必要な状態。	①貫通ひび割れが拡大し、鉄筋の有効断面が大幅に縮小した状態。S-2に評価される変状が更に進行した状態。 ②補強で対応するよりも改築したほうが経済的に有利な状態。	改築

コンクリート施設の健全度の評価は、外形的状態から行うことを基本としており^x、本施設の現地調査結果を基に評価した場合、擁壁及び堰柱部の下部、エプロンはS-2からS-3に該当すると思われ、部分的な

補修（補強）が必要な状態である。また、堰柱部上部、擁壁のひび割れはS-4と判断され、今後とも観察の必要がある。

2. 改修工法

（1）改修工法

① ゲート部

ゲートの種類には^{xi}、上下開閉式ゲート、ヒンジ式ゲート、バルブ形式ゲート、フローティングゲート、ゴム堰がある。

本施設は、全面的な更新ではなく、現況施設を利用しながらの補修を想定しており、現在と同様のヒンジ式ゲート或いはゴム堰が考えられる。本施設の上流部には山林を抱えているため、風水害時に流木の流下が多く、ゴム堰の場合にはゴム本体への損傷が懸念されるため、現在と同様のヒンジ式ゲートの起伏ゲートが妥当と思われる。

また、本河川は上流からの土石の供給が多く、現在の油圧シリンダが損傷したこと考慮すると、油圧シリンダが土石などから防護される構造が望ましい。

② コンクリート部

本施設のコンクリート部の補修が必要な部位は、擁壁下部、堰柱下部、エプロンなど流水の影響により磨耗が進行した箇所である。

このような磨耗による劣化への対策工法の選定の基本的考え方は、劣化過程別に異なる。^{xii}

表-5によれば、本施設の磨耗の状況は、粗骨材が露出している「III 加速期」から粗骨材が剥離している「IV劣化期」の状態であり断面修復による補修が一般的に適用される。

[断面修復の例]

磨耗によって粗骨材が露出・剥離など、コンクリート断面の一部が欠損している場合に、欠損前の状態・断面に修復する工法で、加速期・劣化期の補修工法である。修復後の磨耗対策として、磨耗抵抗性の高い高強度の樹脂モルタルやポリマーセメントモルタル、無収縮モルタルなど

を用いる。また、耐磨耗抵抗性が高くない材料と表面保護との組み合わせによる補修がある。

- ・修復箇所が広範囲な場合は、打替え、吹付けを選定する。
- ・修復断面が深い場合は、粗骨材をあらかじめ型枠の中に詰めておき、詰めた粗骨材間の空隙にモルタル・樹脂などを注入してコンクリートとする対策を選定する。
- ・修復断面や深さが小さい場合は、左官コテで断面を修復する対策を選定する。
- ・断面修復とともに、修復後の磨耗対策を行う場合は、埋設型枠を使用する対策を選定する。

表－5 磨耗による劣化の対策工法^{xiii}

劣化過程	変状	性能別工法			
I 潜伏期 磨耗を生じさず 水利条件にある が、目立った磨 耗は生じてない	なし	遮断	◎	表面被覆	表面の磨耗抑制
II 進展期 コンクリート表 面・モルタル部 分の磨耗が生じ ている	表面部 分のモ ルタル 部分が 磨耗	遮断	◎	表面被覆	表面の磨耗抑制
		除去	○	断面修復	欠損前の状態・断面に修復
III 加速期 粗骨材が露出し て粗骨材の磨耗 が始まっている	粗骨材 が露出	遮断	△	表面被覆 ひび割れ補修	表面の磨耗抑制 腐食性物質進入防止
		除去	◎	断面修復	欠損前の状態・断面に修復
IV 劣化期 部材断面力が不 足する状態。粗 度係数が増大。	粗骨材 が剥離	遮断	△	表面被覆 ひび割れ補修	表面の磨耗抑制 腐食性物質進入防止
		除去	◎	断面修復	欠損前の状態・断面に修復
		改善	○	補強	補強材料による強度確保
			○	補強	増厚工法、部材増設
			○	打替え	コンクリート打替え

※工法の◎は主工法として適用可能な工法、○は主工法について適用可能な工法、△

は劣化状況に応じて検討する工法

(2) 事業活用の検討

既存の事業制度のうち頭首工の補修（補強）が実施可能な事業制度を選定し、本施設の条件から表－6のとおり可否を判断した。

表－6 本施設の補修（補強）対応事業の検討

事業名	要件等	本施設対応の可否
土地改良施設維持管理適正化事業	団体営規模以上の事業で造成された施設で事業費2百万円/地区以上	○
水利施設整備事業（基幹水利施設保全型）	国営・道営事業で造成された施設で末端支配面積100ha以上	×
水利施設整備事業（地域農業水利施設保全型）	団体営事業で造成された施設で受益面積10ha以上	○
農山漁村活性化プロジェクト支援交付金（基盤整備）	受益面積5ha以上で担い手への農地利用集積が見込まれること	○
農村地域防災減災事業（農業用河川工作物応急対策事業）	応急対策を実施する施設等は1、2級河川で河道の整備されている一連の区間に設置されている施設	×

以上から本施設の補修（補強）は、3事業の対応が可能と判明した。これらの事業について、以下のとおり紹介する。

① 土地改良施設維持管理適正化事業

【事業目的】土地改良区等による施設整備補修のための資金を造成し、この資金を利用して土地改良施設の定期的な整備補修を行い、土地改良施設管理者の管理意識の昂揚を図るとともに、土地改良施設の機能の保持と耐用年数の確保を図る。

【事業主体】土地改良区等

【補助率等】国30% 道30% 地元40%

② 水利施設整備事業（地域農業水利施設保全型）

【事業目的】団体営事業等により造成された小規模な農業水利施設は、標準的な耐用年数（40年）を経過するものが今後、急速に増加する見通しである。これらの施設の機能を保全には、劣化状況等の診断を行い、診断に基づいた決め細やかな対策を実施する。

対象施設：道が作成する「北海道地域農業水利施設保全対策実施方針」に搭載された施設

【事業主体】市町村、土地改良区等

【補助率等】国5.5% 道0 (法事業1%) 地元4.4~4.5%

③ 農山漁村活性化プロジェクト支援交付金（基盤整備）

【事業目的】農山漁村における定住や二地域居住、地域間交流を促進するため、農山漁村の活性化を図る上で必要な生産基盤等の整備を地域条件に即して決め細やかに行う。

【事業主体】市町村、土地改良区等

【補助率等】国5.5% 地元4.5% (5法指定地域)

3. その他

(1) 今後の課題

今回の現地調査で判明した擁壁部及び堰柱部コンクリートのひび割れについて、ひび割れ幅や長さ、析出物など中長期の変状を継続的調査することが望ましい。

また、今回調査できなかった上流側の擁壁、堰柱及び扉体については、耐用年数を過ぎていることから、取水期間が終了した9月以降に調査を行い、劣化の状況を確認する必要がある。

以上の詳細な調査を実施して機能保全計画を策定し、最経済的な施設更新を行っていくことが望ましい。

(2) 今後の地域農業の展開方向

上ノ国町の農業は、前述のとおり経営面積が少規模で、土地持ち非農家が多く主業農家の割合も低く、さらに、高齢化が進行している。

表-7 上ノ国町の農業構造と都府県、本道の比較

項目	単位	北海道	都府県	上ノ国町
販売農家1戸当たり水田経営面積	ha/戸	9.2	1.1	3.7
土地持非農家の総農家に対する割合	%	39.7	54.7	126
販売農家のうち主業農家率	%	72.1	20.7	34.4
販売農家のうち65歳未満比率	%	67.4	37.4	42.5
基幹的農業従事者の平均年齢	歳	56.9	66.6	65.8

※ 2010世界農林業センサス

道総研中央農業試験場の研究成果では、上ノ国町の2025年の販売農

家の平均田面積は、6.0haと現在の1.62倍と推測している。

土地改良区への聞き取りでも本集落の農業構造は、町の傾向と同様とのことであった。

地域農業の将来を考えると不安要素が多く、今後の地域農業のあり方を検討していく必要がある。

ⁱ 2010 世界農林業センサス

ⁱⁱ 農林業センサスを用いた北海道農業・農村の動向予測（道総研中央農業試験場 H25.1）

ⁱⁱⁱ 農林水産統計（H25）

^{iv} 農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゲート設備）」（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 H22.6）P18,19

^v 農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゲート設備）」参考資料編（H22.6）P 参考ゲート 14,20

^{vi} 農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゲート設備）」（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 H22.6）P41

^{vii} 農業水利施設の長寿命化のための手引き（農林水産省農村振興局 H23.5）P31,33

^{viii} 農業水利施設の長寿命化のための手引き（農林水産省農村振興局 H23.5）P32

^{ix} 農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」（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 H22.6）P50

^x 農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」（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 H22.6）P48

^{xi} 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「頭首工」（農業農村工学会 H20.3）P412

^{xii} 農業水利施設の長寿命化のための手引き（農林水産省農村振興局 H23.5）P59

^{xiii} 農業水利施設の長寿命化のための手引き（農林水産省農村振興局 H23.5）P60