

13. 機能診断調査と機能診断評価

(基準 1.2.4、2.3.1、2.3.4、3.2.5、3.4、3.5 関連)

施設を効果的・効率的に整備し、保全管理していくためには、施設の機能診断に基づく健全度や劣化の要因等の評価を踏まえ、ライフサイクルコストを低減する観点から、複数の対策工法の組合せについて比較検討することにより、最適な対策手法を選択して実施する必要がある。

本章においては、事業計画を作成する際の機能診断調査と評価について解説するとともに事例を紹介する。

13.1 基本的考え方

(1) 農業水利施設の機能と性能

農業水利施設の目的達成のための機能は、水利用機能、水理機能、構造機能に分類され、これらは重層的に構成されている。また、機能の発揮能力が性能であり、維持管理費、通水量、強度といった個別の性能指標で表すことができる(図-13.1)。

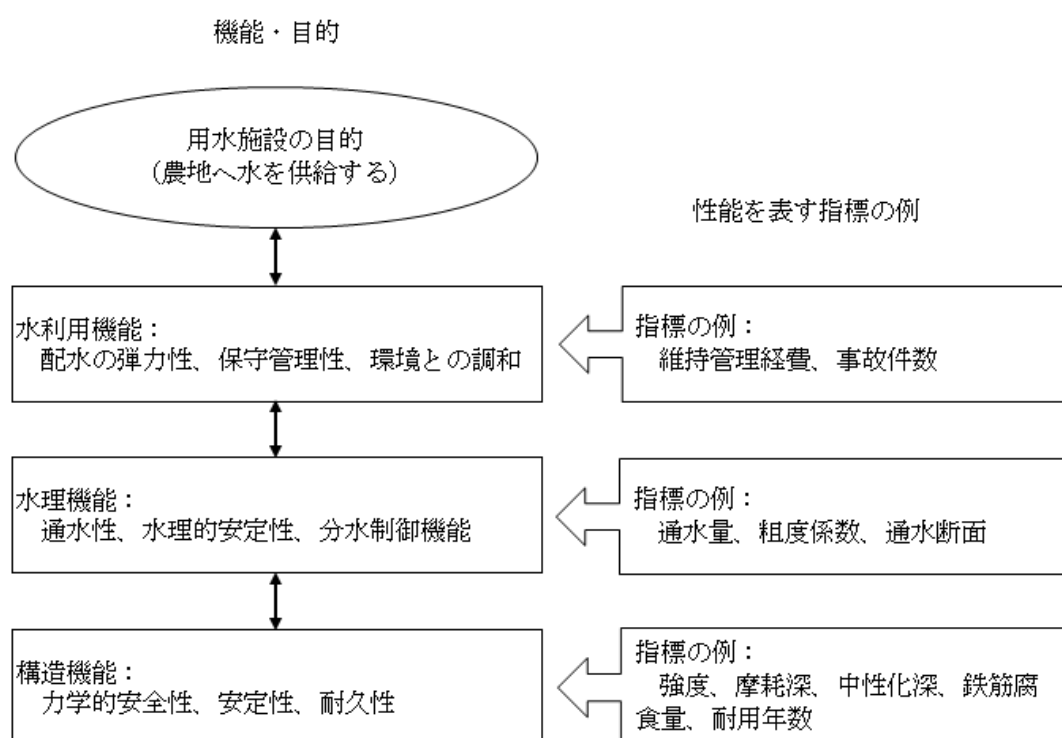


図-13.1 農業水利施設の機能と性能

(2)機能診断調査と機能診断評価

更新整備の場合は、水利システムが現存し、実際に運用が行われていることから、事業計画を作成する際には、現況の水利システムの機能・性能を適切に評価した上で、要求される機能・性能を特定していくという視点が重要となる。そのため、構造面のみならず、過去の事業実施時と現況の営農形態や土地利用形態等の変化に伴う用水需要や水管理方法の変化も想定し、地域営農の展開方向も踏まえた上で機能診断調査とその評価を行うことが必要である（表-13.1）。

表-13.1 機能診断調査と機能診断評価の概要（構造機能の場合）

機能診断調査	事前調査	・前歴事業、補修履歴等の整理、施設管理者からの聞き取り等
	現地踏査（概査）	・目視による全線概要調査 ・特に重点的に調査すべき箇所を現地調査箇所として抽出
	現地調査（精査）	・重点的調査地点において劣化度を判定するためのデータ収集 ・近接目視を中心とした調査
機能診断評価	劣化要因の推定	・既存資料や機能診断調査結果等から劣化要因の推定
	健全度の判定	・調査単位ごとに施設の劣化進捗をランク分け （性能指標・健全度評価）
	対象施設のグルーピング	・劣化要因及び健全度により対象施設をグルーピング

13.2 機能診断調査

機能診断の目的は、対象施設の劣化の度合いを可能な限り定量的に把握し、その劣化が起きている要因を特定することであり、水利システム全体の機能について全容を把握するとともに、施設の劣化予測や対策工法の検討に必要な事項について調査を行うものである。

調査は、施設管理者が行う日常管理からの情報や過去の補修履歴等の基礎資料による情報を踏まえ効率的に実施する観点から①事前調査、②現地踏査、③現地調査の3段階を基本とし、必要に応じて追加の調査を実施する。これら調査の概要は、以下のとおりである。

- ①事前調査…… 設計図書や管理・事故・補修記録等維持管理記録資料等の文献調査、施設管理者からの聞き取り調査等により、効率的に機能診断に係る基本的情報を把握し、現地踏査や現地調査の実施方法を検討することを主な目的とする。
- ②現地踏査…… 調査対象となる施設全体について、技術的知見を持つ技術者が遠隔目視により調査することにより、施設の劣化状態やその要因を大まかに把握し、調査の単位や定量的な調査項目の決定等、現地調査の実施方法を具体的に検討することを主な目的とする。
- ③現地調査…… 事前調査、現地踏査の結果を踏まえ、近接目視、計測、試験等により施設の劣化予測や対策工法検討のために必要な調査項目について、定量的な調査を行う（表-13.2）。

施設の劣化の状態や要因は様々であるが、劣化に影響を与える海岸からの距離や冬季の気温等の地域特性、過去の補修履歴、施設管理者による日常管理からの情報等に基づき、あらかじめ

め調査の重点や留意事項を整理して効果的・効率的な調査の計画を作成し、調査事項に漏れが生じないように留意するものとする。

また、主要工事計画に係る詳細な設計を行うために、必要に応じて詳細な調査（コンクリートのコア抜き、強度試験等）の実施やその調査数量の追加等、機能診断の精度を向上させるものとする。

表-13.2 標準的な現地調査項目の例（開水路）

	区分	調査項目	調査手法	記録手法
内部要因	ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測（ひび割れスケール）	定量記録、写真記録
		ひび割れ延長	定量計測（スケール）	〃
		ひび割れタイプ	タイプ判別	〃
	材料劣化	浮き	目視による観察	写真記録、図化
		剥離・剥落・スケーリング	〃	〃
		ポップアウト	〃	〃
		析出物（エフロレッセンス）	〃	〃
		析出物（ゲルの滲出）	〃	〃
		錆汁	〃	〃
		変色	〃	〃
		摩耗・風化	〃	〃
		漏水（痕跡）	〃	〃
		鉄筋露出	〃	〃
	圧縮強度	反発硬度	リバウンドハンマー	定量記録
	中性化	中性化深さ／中性化残り	ドリル法	〃
	鋼矢板	鉄筋被り	設計図書等	〃
		材料劣化	鋼矢板の腐食	目視による観察、簡易計測
外部要因	変形・歪み		目視による有無、簡易計測（下げ振り、ポール等）	有無の記録、写真記録、定量記録
	転倒・滑動		〃	〃
	浮上		〃	〃
	欠損・損傷		目視による有無	〃
	不同沈下	構造物の沈下・蛇行	目視による有無、簡易計測（下げ振り、ポール等）	〃
	側壁・法面部材のズレ・緩み、欠損、消失		目視による有無	有無の記録、写真記録
	漏水・湧水		〃	〃
	背面土砂吸出し			
	底版・水路底	侵食、深掘れ	スタッフ挿入等による確認（必要に応じて測量）	写真記録、スケッチ
		矢板の露出	目視による有無	有無の記録、写真記録
	地盤変形	背面土の空洞化	打撃法	定量記録
		周辺地盤の陥没、ひび割れ	目視による有無	有無の記録、写真記録
		抜け上がり	目視による有無、簡易計測	有無の記録、写真記録、定量記録
その他要因	目地の劣化	目地の開き	目視による有無	有無の記録、写真記録
		段差	〃	〃
		止水板の破断	〃	〃
		漏水痕跡	〃	〃
		周縁コンクリートの欠損等	〃	〃
	附帯構造物との取付境界部の変状		〃	〃

※ 有無を目視で調査する項目で、変状が「有」の場合は、定量的な調査を行う。

13.3 機能診断評価

機能診断調査の結果から、劣化状態と劣化要因を評価し、劣化予測や対策工法の検討を行うため、明らかとなった「施設状態」に基づき、対象施設の変状がどの程度のレベルにあるかを総合的に把握し「健全度評価」を行う。健全度は、施設に求められる様々な機能から評価することが必要であるが、水利用性能及び水理性能も構造性能の低下に起因することが多いため、例えば、鉄筋コンクリート構造物については、ひび割れ等の外形的な構造状態から評価する。健全度評価は、変状の程度から表-13.3に示すような健全度ランクにより判定し、内部要因（部材の劣化等）、外部要因（外力による変形、変位等）、その他の要因（部材同士のズレ等）各々について行う。

また、対策の要否や対策工法の比較検討等を効率的に行うため、施設の種類、構造、主な劣化要因、劣化の程度等により同一の検討を行うことが可能な施設群に分類し、グルーピングを行う。

表-13.3 健全度ランクの設定例

健全度指標	健全度指標の定義	鉄筋コンクリート構造物における劣化現象の例	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	① 新設時点とほぼ同等の状態（劣化過程は、潜伏期）。	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	① コンクリートに軽微なひび割れの発生や摩耗が生じている状態。 ② 目地や構造物周辺に軽微な変状が認められるが、通常の使用に支障がない（劣化過程は、進展期）。	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等が適用可能な状態。	① 鉄筋に達するひび割れが生じている。あるいは、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 摩耗により、骨材の脱落が生じている。 ③ 目地の劣化により顕著な漏水（流水や噴水）が生じている（劣化過程は、進展期から加速期に移行する段階）。	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（劣化過程は、加速期又は劣化期に移行する段階）。	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補強が失われる、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、施設の改修が必要な状態。	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、改築した方が経済的に有利な状態（劣化過程は、劣化期）。	改築

※「対応する対策の目安」は、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、施設の重要度や影響度、劣化要因、劣化の進行性等に応じ検討するものとする。

13.4 参考事例

13.4.1 調査計画事例

(1) 地区の概要

本地区は、2市1町にまたがる受益面積約10千haの水田地帯である。地区内の基幹水利施設である頭首工、揚水機場及び幹線用水路は、昭和40年代に国営土地改良事業により造成されたが、造成後相当の年数が経過しており、老朽化が著しいことにより、農業用水の安定供給に支障を来しているとともに、施設の維持管理に多大な経費と労力を要していた。

このため、国営かんがい排水事業により、基幹施設である頭首工及び幹線用水路を改修するとともに、施設の維持管理の軽減を図り、農業経営の安定に資するものである。

(2) 調査概要

地区内の施設は、事業完了後約40年が経過し老朽化が著しいため、機能診断調査を実施して施設の状態を把握、評価し、実施すべき望ましい対策を検討して事業計画に反映した。

調査は、「農業水利施設の機能保全の手引き」及び「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」等を参考とし、機能診断調査結果は、表-13.4により内部要因（ひび割れ、劣化等）、外部要因（外力による変形等）、その他要因（目地の開き、漏水等）のそれぞれについて施設状態を整理・評価した。健全度評価は、それぞれの変状別の項目ごとにS-5～S-1に区分し、最も大きい変状のランク（最小値）をそれぞれの施設の健全度ランクとした。

表-13.4 施設状態評価表

地区名		評価年月日		評価者					
施設名		調査地点		(測点等)					
定点調査番号									
施設の状態		S-5;変状なし S-4;変状兆候(要観察) S-3;変状あり(補修) S-2;顕著な変状あり(補強) S-1;重大な変状あり(改築)							
評価項目		評価区分				評価の流れ			
		S-5	S-4	S-3	S-2	変状別 評価	主要因 別評価	総合 評価	
内部要因	構造物 自体の変状	健全度ランク							
			形状と幅	タイプ：初期ひび割れ 形状：目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因：乾燥収縮・温度応力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するもの が全体的	
				タイプ：劣化要因不特定のひび割れ 形状：特徴的な形状を示さないひび割れ 原因：症状が複合的であり劣化要因を特定できないもの	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するもの が全体的	
				タイプ：ひび割れ先行型ひび割れ 形状：格子状・亀甲状等のひび割れ 原因：ASRや凍害等の劣化要因	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するもの が全体的	
				タイプ：外力によるひび割れ 形状：側壁を横切るような水平若しくは斜めのひび割れ 原因：構造物に作用する曲げ・せん断力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するもの が全体的	
		タイプ：鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状：鉄筋に沿ったひび割れ 原因：中性化・塩害	無	有	有	S-3に該当するもの が全体的			
		進行性（ASRや凍害等の場合）		有の場合1ランクダウン					
		ひび割れ規模		① ひび割れ密度（ひび割れ幅0.2mm以上） 50cm/m ² 以上 ② 有 ③ 滲出し、漏水跡、滴水			S-3に該当するもの が全体的 又は 流水、噴水		
		ひび割れ付随物 （析出物、錆汁、浮き）		無					
		ひび割れからの漏水		無					
	ひび割れ段差		無				有		
	ひび割れ以外 の劣化	浮き	無	部分的	全体的				
		剥離・剥落	無	部分的	全体的				
		析出物（エフロレッセンス・ゲル等） （ひび割れを含むものをのぞく）	部分的（S-4の場合以外）	全体的又は鉄筋に沿った部分的					
		錆汁 （ひび割れを含むものをのぞく）	無	有					
		摩耗・すりへり	細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥落	－			
			全体的の場合、1ランクダウン						
		鉄筋露出の程度	無		部分的	全体的			
		圧縮強度	反発強度法 （圧縮強度換算）	21N/mm ² 以上	15～21N/mm ²	15N/mm ² 未満			
		中性化	ドリル法 （中性化残り）	残り10mm以上		残り10mm未満			
外部要因		構造物 周辺の 変状	変形・歪み	変形・歪みの有無	無	局所的	全体的		
	欠損・損傷		欠損・損傷の有無	無	局所的	全体的			
	不同沈下		構造物の沈下、蛇行	無	局所的	全体的			
	地盤変形		背面土の空洞化	無	局所的	全体的			
		周辺地盤の陥没・ひび割れ	無	局所的	全体的				
		抜け上がり（目視）	無	20cm未満	20～50cm	50cm以上			
	その他要因	構造物 附帯物 の変状	目地の開き	無	局所的	全体的			
			段差	無	局所的	全体的			
			止水板の破断	無	有				
			漏水の状況	無	漏水跡、滲出し、滴水	流水、噴水			
周縁コンクリートの欠損等			無	局所的	全体的				

注1) 「部分的」とはおおむね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。

注2) 「変形・歪み」「地盤変形」等における「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。

注3) 「1ランクダウン」については、1変状項目当たり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは1階級のみとする。

注4) 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。総合評価については、今後の性能低下により影響すると思われる支配的要因を検討し、その評価区分を採用する。

注5) S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術者の観点から個別に判定する。

注6) 圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。

注7) ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、①+②又は①+③を満たす場合に該当する。

注8) ひび割れ幅における[0.6mm]は、厳しい腐食環境の場合適用する。

注1) 「部分的」とはおおむね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。
 注2) 「変形・歪み」、「地盤変形」等における「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。
 注3) 「1ランクダウン」については、1変状項目当たり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは1段階のみとする。
 注4) 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。総合評価については、今後の性能低下により影響すると思われる支配的要因を検討し、その評価区分を採用する。
 注5) S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術書の見地から個別に判定する。
 注6) 圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。
 注7) ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、①+②又は①+③を満たす場合に該当する。
 注8) ひび割れ幅における[0.6mm]は、厳しい腐食環境の場合適用する。

(3) 調査結果の概要

機能診断調査結果の概要は表-13.5 のとおりである。

表-13.5 機能診断調査結果の概要

施設名	工程	名称	規格	完了年度 (供用開始年)	耐用年度		調査内容	調査及び機能診断結果	補修範囲	判定	
					標準 耐用 年数	残利 用年 数					
頭首工	本体工	堤体、堰柱	フローティング(一部フィックスタイプ) 上型式 全可動 堰長 166.9m 堰高 3.6m	S49年	50	15	事前調査 目視調査 シュミットハンマー	頭首工堤体の表面は凍害による劣化があり、ひび割れやエフロレンセンスが生じているが、コンクリートの剥離や欠損は見られず表面上の劣化と思われる。取水工ではコンクリートの欠損も見られるため、断面修復が必要である。	1式	S-3	
	機械設備工	洪水吐ゲート 土砂吐ゲート 取水ゲート 制水ゲート	(洪)29.7m×3.05m×4門ローラーゲート (土)20.0m×3.55m×1門ローラーゲート (取)5.0m×6門、2.3m×1門ローラーゲート (制)5.4m×6門、2.7m×1門ローラーゲート	S49年	30	-5	塗装厚、板厚測定 運転試験 ワイヤーロープ径測定 バックラッシュ、歯当測定 ほか	土砂吐ゲート二次診断: 扉体40点、戸当り75点、開閉装置67点 洪水吐ゲート二次診断: 扉体40点、戸当り75点、開閉装置67点 取水ゲート二次診断: 扉体50点、戸当り95点、開閉装置77点 制水ゲート二次診断: 扉体70点、戸当り95点、開閉装置85点 全施設開閉装置及びローラーの更新	開閉装置 19門 主・サイド ローラー76基	S-1	
	付帯工	管理事務所 ゲート操作室	鉄筋コンクリート構造2階建 現場打ち鉄筋コンクリート	S49年	45	10	事前調査 目視調査	管理事務所外壁及び内壁は変状部を除去し、注入充填工法等の部分補修を行う。軒天端周りはモルタル部の補修と塗装の塗り替えを行う。耐震診断の実施をし、耐震補強の必要性について判断する。ゲート操作室外壁及び内壁はゲート開閉装置更新のためコンクリート撤去・復旧工を行う。	1式	S-3	
用水路1	1号幹線用水路	開水路 分水路	現場打ち鉄筋コンクリート B6.8×4.0×H3.8~2.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	全体として水路天端の凍害による剥離、欠損、ひび割れが多く、場所によっては鉄筋が露出している場所もある。中性化や摩耗、強度低下などの経年劣化はほとんど進んでいない。構造上重大な影響を与えるひび割れはない。	9,174m	S-3	
		サイホン	現場打ち鉄筋コンクリート箱形 B5.0×3.0×H3.5~2.0	S49年	50	15	事前調査、目視調査	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水、目地開きであり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	161m	S-3	
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	-5	一次診断(外観調査、操作チェック) 二次診断(総合評価)が10点以上の施設	〇〇〇サイホンは二次診断の結果、開閉装置が190点以上であり開閉装置の更新が必要。〇〇分水路は開閉装置の補修が必要。※他施設は継続使用。	2箇所	S-1	
	2号幹線用水路	サイホン	現場打ち鉄筋コンクリート箱形 B2.6×H2.6	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。ひび割れや継目からの漏水は側壁が湿っているものが大半である。ただし、頂板からは滴として落ちていく部分がある。底板は摩耗による欠損が進行し、骨材露出が多く見られる。トラクション部やビットでは摩耗による欠損やひび割れが見られる。	375m	S-3	
		開水路 分水路	現場打ち鉄筋コンクリート B2.8×2.3×H1.7~1.5	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	目地開き、シール切れ、漏水など目地の損傷が多く、また目地部では段差など変形も見られる。この他天端において凍害による欠損、剥離も多い。強度低下や中性化などはあまり進行していない。	5,355m	S-3	
		サイホン	現場打ち鉄筋コンクリート箱形 B1.65~1.35×H1.65~1.35	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、およびこれに伴う漏水、目地開きであり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	372m	S-3	
	3号幹線用水路	機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	-5	一次診断(外観調査、操作チェック)	△△分水路は外観調査12点、操作チェック24点で開閉装置の更新が必要。※他施設は継続使用。	1箇所	S-1	
		用水路2	開水路 分水路	現場打ち鉄筋コンクリート B3.0×H1.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	開水路は凍害による剥離、欠損などがあり、暗きよ部では初期欠陥による鉄筋露出がある。	1,713m	S-3
			サイホン	現場打ち鉄筋コンクリート箱形 B2.1×H2.1 HPφ1.800	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	サイホンは洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、およびこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	96m	S-3
機械設備工	ゲート設備工		S49年	30	-5	一次診断(外観調査、操作チェック)	特に異常はなく継続使用可能と判断する。	—	S-5		
トンネル	鉄筋コンクリート巻立馬蹄形水路 2r=2.44		S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 トンネル覆工背面調査	トンネルは目地部からの漏水や漏水後が見られる。トンネル全体として初期欠陥や損傷が変状の大半を占めている。トンネル出入口から150m~300mの区間ではアーチ部にひび割れが集中している部分(最大5mm程度)がある。覆工背面調査の結果、顕著な異常ではなく変状は落ち着いている。	4,088m	S-3		
開水路 分水路	現場打ち鉄筋コンクリート B2.7~2.3×H2.0~1.4		S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験 水路沈下量測定調査	開水路は凍害による剥離、欠損、ひび割れが多い。本水路は交通量の多い道路に隣接していることもあり、目地部で変形による段差も多少見られる。沈下量測定結果、水路の沈下はほとんど起こっていない。	9,806m	S-3		
サイホン	現場打ち鉄筋コンクリート箱形 B1.75~1.5×H1.75~1.3 HPφ1.800		S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	194m	S-3		
機械設備工	ゲート設備工		S49年	30	-5	一次診断(外観調査、操作チェック) 二次診断(総合評価)が10点以上の施設	△△△分水路は二次診断の結果、扉体が130点であり扉体の更新が必要。□□放水工は扉体が55点であり塗装・水密ゴム交換が必要。□□□分水路は外観調査24点、操作チェック70点であり水密ゴム交換。※他施設は継続使用。	3箇所	S-1		
6号幹線用水路	開水路 分水路		現場打ち鉄筋コンクリート B3.55~3.1×H2.15~1.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	軟弱地盤であるため沈下による段差が目地部で見られる。天端部において凍害による剥離、欠損も多い。初期欠陥としては被り不足による鉄筋露出が顕著である。初期欠陥による損傷及び凍害によるもの劣化が大半であるが、開水路の局所的に発生しているため、広範囲にわたる面的な劣化は見られない。	15,524m	S-3	
	サイホン		現場打ち鉄筋コンクリート箱形 B3.0~1.6×H2.1~1.65 HPφ2,200~1,500	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	333m	S-3	
	機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	-5	一次診断(外観調査、操作チェック) 二次診断(総合評価)が10点以上の施設	JRサイホンは二次診断の結果、扉体が55点であり扉体・戸当たり塗装、水密ゴム交換が必要。▽▽分水路は扉体が85点であり扉体更新、開閉装置カバー交換。▽▽▽分水路は扉体が150点であり扉体更新が必要。※他施設は継続使用。	3箇所	S-1		
小用水路	開水路	現場打ち鉄筋コンクリート B2.0×H1.2	S48年	40	4	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	初期欠陥や損傷等の変状は比較的低く、十分な強度を有している想定される。全体的な変状は少ないが、局所的(特定のバール)に大きなひび割れや変状が集中している。	1,264m	S-3		

機能診断調査の結果から、ゲート設備を除く土木構造物の健全度は「S-3」となった。

①シナリオ1：現時点（S-3）で対策を講じ予防保全を行うシナリオ

②シナリオ2：改築が必要となる時点（S-1）で一括更新するシナリオ

[illegible]

※図-13.2 の補足

- 表-13.6 機能保全コストの算定

機能保全コストの考え方

- (1) 図-13.2の対策（二期事業、①～⑥）の工事費を計上。
- (2) シナリオにより土木施設の残耐用年数が異なるため、残存価値相当分を工事費から控除し機能保全コストを算出。
- (3) 工事は、〇〇二期地区の事業費と同じ単価を基本とするが、対策⑤（全面更新）は前歴事業に支出済換算係数を乗じた額とした。

13.4.2 水路の調査・診断システムの事例

これまで、水路の機能診断では目視調査が中心であったため、見落としが発生する、測定に個人差が生じる等、変状に関する情報の記録に問題があった。ここでは、目視調査の効率化、高精度化、デジタル化を目的に開発されたシステムの事例を紹介する。

(1) 調査対象水路

水路の調査・診断システムにおいては、小型の計測車両を水路内に搬入し、調査員が装置を運転・操作するため、調査の対象となる水路は、調査員が進入可能な規模の断面の農業用水路等であり、以下の断面を有する水路を標準的な計測対象としている。

- ・水路トンネル（内径 1.5～8.0m）
- ・開渠（幅 1.0～6.0m）

(2) システム構成及び仕様

本システムは、水路の壁面連続画像を計測及び記録するシステムを基本とし、覆工背面情報等の取得も可能な装置となっている。システムの構成を表-13.7 に示す。

表-13.7 システムの構成

内容	計測手法
① 壁面連続画像計測技術 1	レーザースキャニング法
② 壁面連続画像計測技術 2	C C D ラインカメラ法
③ トンネル覆工背面調査技術	レーダー法
④ 覆工背面地山簡易計測技術	簡易貫入法
⑤ 水路断面形状計測技術	回転レーザー測距法



図-13.3 システムの概要

システムの概要を図-13.3 に、システム全体の仕様を表-13.8 に示す。なお、水路や調査の必要性に応じて、これらの仕様の一部だけを調査車両に搭載し、調査を行うことも可能である。

表-13.8 システムの仕様

計測装置	項目	性能
システム全体	搬入・搬出条件	最小通過径 0.9×0.9m
	計測条件	滞水：50cm以下
	迅速性	短い断水期間で計測が可能
	再現性	計測者に依存せずに同じデータが計測可
	記録性	延長距離で各データを同期化し、デジタルデータとして記録
壁面連続画像計測	計測項目	ひび割れ・湧水・目地の損傷等の目視で観察可能な変状
	計測速度	1.0km/h程度 (安全に歩行しながら、遅滞なく調査できる速度)
	1日の標準計測距離	2.0km程度
	良好な条件下での最小検出ひび割れ幅	0.1mm (通常の水路条件で0.2mm程度)
覆工背面調査	計測項目	覆工厚さ、覆工背面の空洞の有無・厚さ、覆工背面の地山性状
	計測速度	連続計測1.0km/h程度 (安全に歩行しながら、遅滞なく調査できる速度) 地山計測30分/箇所（調査孔の施工復旧時間を除く）
	1日の標準計測距離	2.0km程度
	覆工厚及び空洞の計測誤差	±5cm程度
	地山性状評価	3～4段階 (土砂・軟岩・硬岩)
	計測範囲	覆工表面から1m程度
内空断面計測	計測項目	内空断面形状
	計測ポイント数	1断面当たり200ポイント程度
	計測誤差	±1～3mm
	計測時間	1断面当たり10分程度

(3) 壁面連続画像計測システム

壁面連続画像計測システムは、トンネルやボックスカルバート構造に適するレーザースキャニング法と開渠（開水路）に適する CCD ラインカメラ法の 2 つを装備している。それぞれの仕様を表-13.9 に示す。また、システムの外観を写真-13.1、計測状況を写真-13.2 に示す。

表-13.9 壁面連続画像計測システムの仕様

項 目	レーザースキャニング	CCDラインカメラ
利 点	暗所での調査に有利 大口径のトンネル調査が可能	明所での調査に有利 カラー画像で計測可能
主撮影デバイス	モータ回転式レーザー光源＋フォトマル4台	7,500画素のラインカメラ2台 キセノン照明装置
分解能	後処理で1mmに変換	1mm：トンネル高さ2.5mまで
クラック検出能力 (理論上)	0.1mm レーザービーム径 $\phi 0.36\text{mm}$ から	0.1mm 1画素の15%にクラックを含んだ場合 を認識できるとして
スキャン速度 (最大)	200断面/秒	1000断面/秒
計測速度 (標準)	1.00km/h程度	1.00km/h程度
画 像	4,096階調のうち256階調表示 (白黒)	16,777,216色カラー (R、G、B 各8ビット)
記録断面	360度	約280度
記録フォーマット	12ビットバイナリ	24ビット $\geq$ 16ビット圧縮バイナリ
照 明	不要	約3,000ルクスの照度が必要
消費電力	350VA	350VA＋照明電力 (500VA)
データ記録媒体	ハードディスク	ハードディスク
記録装置転送速度	1.5Mバイト/秒	10.7Mバイト/秒
1日の計測距離	2km程度	2km程度
1日の作業で必要とする 計測用電源電池本数	4本 (12V/160AH 41.5kg)	4本 (12V/160AH 41.5kg)
牽引用車両電源	2本 (12V/130AH 30.5kg)	



写真-13.1 システムの外観

(CCDラインカメラ＋内空断面計測＋地山簡易貫入試験)



写真-13.2 計測状況

計測された画像は、写真-13.3 に示すような壁面展開図として記録・出力される。計測された画像を拡大すると、写真-13.4 及び写真-13.5 のように詳細なひび割れの状態まで確認することができる。

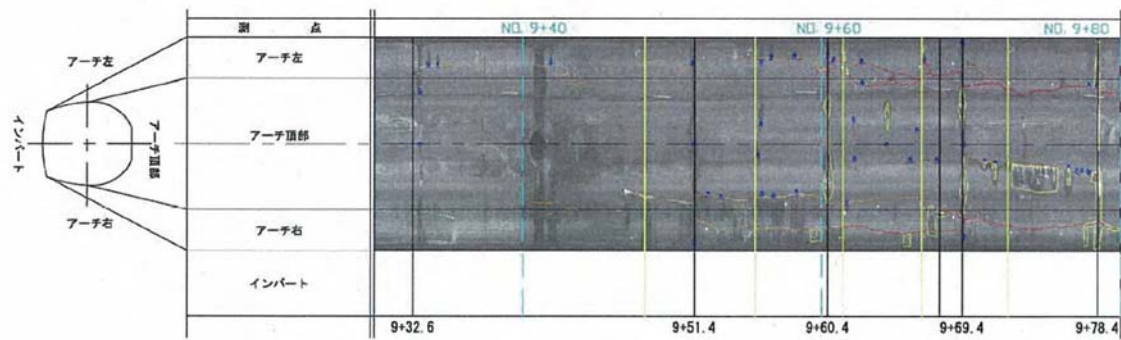


写真-13.3 壁面連続画像の計測結果例（レーザースキャニング法）

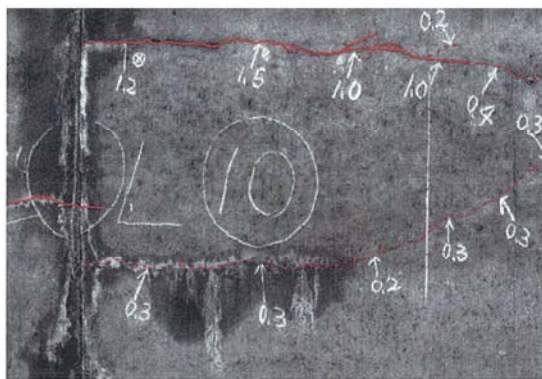


写真-13.4 レーザースキャニング法による連続画像の拡大図

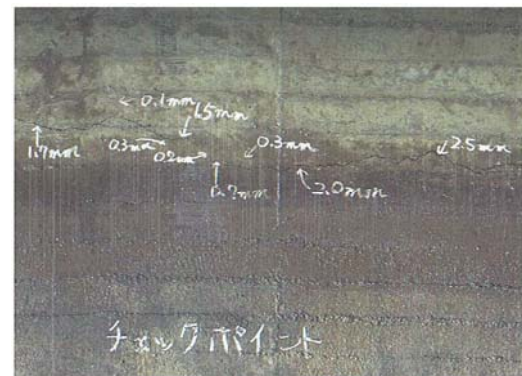


写真-13.5 CCDラインカメラ法による連続画像の拡大図

(4) 覆工背面調査

ア. レーダ法

道路や水路トンネルの覆工背面に空洞が発生することがある。これらの覆工背面の空洞は、トンネル自体の安定性に影響を与えるほか、地表面陥没等の事故原因になる場合がある。

本システムの覆工背面調査システムは、レーダ法により覆工厚・鉄筋のピッチ・覆工背面の空洞の有無や規模を計測できるほか、簡易な地山貫入試験により地山強度の計測が可能である。図-13.4 に装置の概要、写真-13.6 に計測データ例を示す。

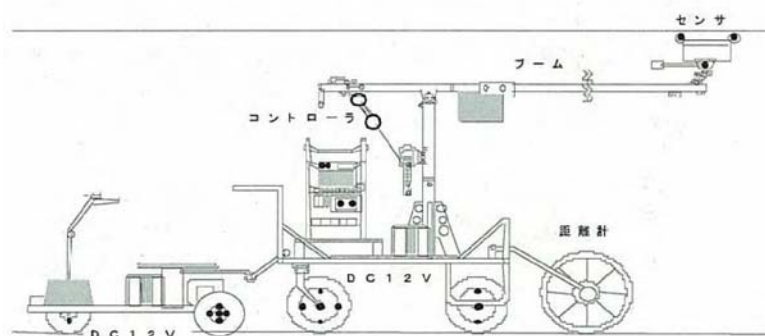
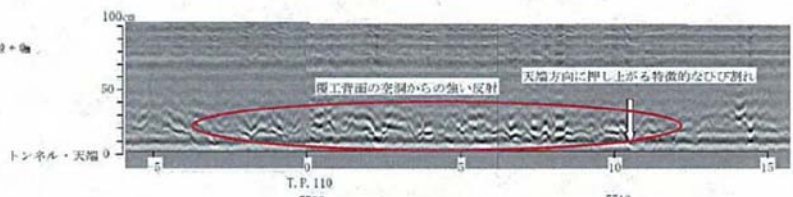


図-13.4 水路トンネル用レーダ計測台車



水路トンネル横断レーダ計測結果例



水路トンネル縦断レーダ計測結果例

写真-13.6 水路トンネル用レーダ画像例

イ. 地山簡易貫入試験

水路トンネルの安定性を評価する上で、トンネル覆工背面の地山の性状を把握することは極めて重要な事項である。

水路トンネル用地山簡易貫入試験機は、小口径の水路内に人肩搬入が可能であり、バッテリーで駆動する。覆工に設けた調査孔から地山に手動ねじ込み方式によって貫入棒を貫入させ、貫入力及び貫入長を測定する。図-13.5 に簡易地山貫入試験装置の概要を示す。

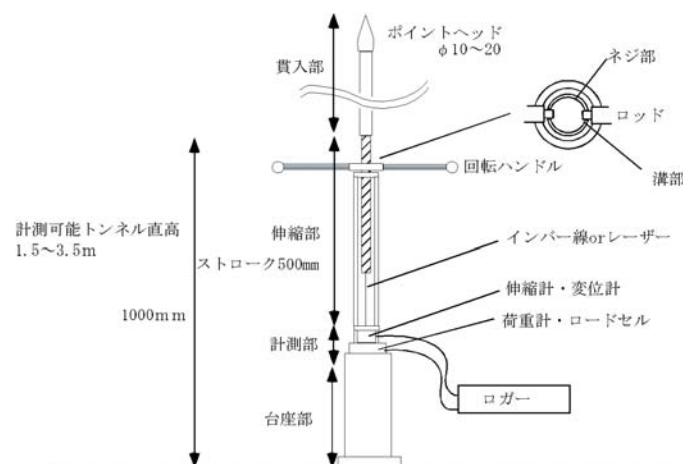


図-13.5 地山簡易貫入試験装置の概要

参考文献

- 農林水産省官民連携新技術研究開発事業：農業用水路壁面連続画像計測システム、
http://www.n-koei.co.jp/business/technology/library/pdf/h18pr_05.pdf (1992～)

14. 環境との調和への配慮（生態系）

（基準 1.2.5、2.2、2.3.8、3.1.1、3.1.2、3.2.6、3.2.7、3.3.5、3.4、3.5関連）

農業農村整備事業における環境との調和への配慮については、地域の自然的、社会経済的及び文化的な実情や地域住民の意向等を十分に調査した上で、計画を作成することが必要である。生態系や地区事情等は当然のことながら固有性があり、したがって、画一的でない地道な調査や調整が不可欠であること、また、安易な前例や他地区事例の適用は地域の生態系にマイナスとなる場合もあることに留意すべきである。また、生態系の応答を十分な精度で予測することは非常に困難であるため、後述する「順応的管理」の手法により、保全対策の効果を段階的に向上させる取組が一般的に行われている。生態系に配慮した計画作成に当たり、今日までの状況推移を調査把握した上で、将来を見通した実効ある順応的管理を考慮しておくことも課題となる。

本章においては、水田かんがいを中心とする農業用水確保のための用水施設整備の実施に併せて、環境との調和への配慮の観点から行う生態系配慮対策を計画する場合に参考となる考え方を解説するとともに、事例を紹介する。

14.1 農業農村整備事業における環境との調和への配慮の取組

平成 11 年に制定された食料・農業・農村基本法（平成 11 年法律第 106 号）において、今後の食料・農業・農村施策の目指す基本理念の一つとして、「農業の有する多面的機能（国土の保全、水源かん養、自然環境の保全等）の発揮」が掲げられ、また、同法第 24 条では「国は、（中略）農業の生産性の向上を促進するため、地域の特性に応じて、環境との調和に配慮しつつ、（中略）農業生産の基盤の整備に必要な施策を講ずるものとする。」とされた。その後、平成 13 年の土地改良法改正において、土地改良事業を実施するに当たっては環境との調和に配慮することが事業実施の原則に位置づけられた。

これらの法の理念に基づき、農業農村整備事業における環境配慮に係る基本的な考え方を示した「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について（平成 14 年 3 月 1 日付け農村振興局長通知）」をはじめとして、①環境配慮の基本的考え方や水路整備についての「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き第 1 編（平成 14 年 3 月 19 日付け計画部長、整備部長通知）」、②ため池、農道及び移入種についての「同第 2 編（平成 15 年 4 月 1 日付け計画部長、整備部長通知）」、③ほ場整備（水田、畑）についての「同第 3 編（平成 16 年 5 月 31 日付け計画部長、整備部長通知）」が策定された。

また、その後の環境配慮に対する取組の進展に伴い、生物の生息・生育環境及び移動経路の確保のための配慮や、工種横断的に環境配慮手法等をより具体化した「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」（平成 27 年 5 月、農林水産省農村振興局）が策定されている。

14.2 「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き」及び「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」との関連について

「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編）（平成14年2月）（農林水産省農村振興局）」は、国や地方公共団体等で実際に農業農村整備事業に携わる者を対象に、環境に係る調査、計画策定と設計に当たり、その内容が環境との調和に適切に配慮されるよう、基本的な考え方や仕組み、留意事項等をまとめたものである。加えて、「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月、農林水産省農村振興局）」は、生物の「生息・生育環境及び移動経路」の保全・形成に視点を置き、農地・農業水利施設等の調査から維持管理に至る各段階の環境配慮手法を具体化し、「環境との調和への配慮」の取組の現場適用性を向上させることを目的としている。

農業生産性の向上と農村環境の保全・形成を両立させるために作成する環境配慮計画の検討に当たっては、この技術指針で「環境との調和への配慮」に関する基礎的知識等を習得した上で、本章の内容を参考とすることとし、双方の適切な運用を図るものとする。

14.3 農村生態系の特徴とその保全

農村生態系の大きな特徴は、二次的自然ということである。二次的自然とは、過去、現在の人間活動によって形成・保全される自然のことであり、その多くが「遷移」の途中相である。様々な遷移段階の緑地等がモザイク状に配置されることにより、時間的、空間的に生態系の多様性が高い状態が保たれている。

過疎化・高齢化等に伴い人為が縮小、すなわち水路などの維持管理等が滞り、生態系の遷移が不可逆的に進めば、その多様性は失われることになる。農業農村整備事業における環境との調和に対する配慮は、単に施設だけの問題ではなく、地域社会が抱える問題にも目を向けなければならないところに難しさがある。

また、我が国の農村生態系には、様々な土地利用が混在しているという特徴がある。この要素とは、農地（水田、畑、樹園地）、農用林野（採草地、放牧地、農用林（薪炭林等））、農業施設（水路、ため池、農道等）、居住域（農家、屋敷林）等に区分される。これらの土地利用はモザイク的に分布し、歳月を経て周囲の環境と調和した農地や農業水利施設等の呈する良好な景観が形成されてきた。農村生態系に生息する生物にはこの生態系モザイクをうまく利用している種も珍しくない。特に陸域・水域双方を利用している種が多いことは特筆される。例えばシュレーゲルアオガエルは、水田で産卵、幼生期を過ごし、上陸後は近隣の緑地で生活する。本種には水域と陸域、そして両者が断絶されていない生態系のネットワークが必要なのである。

水田を中心に保全されてきた我が国の農村生態系では、水域ネットワークもまた水田生態系を特徴付けるキーワードである。水生動物の生息場所としての質が確保され、かつ水路のネットワークによって水域が連続することは水生動物の円滑な世代交代の必要条件である。水田生態系の水域は、流れの有無によって流水域と止水域に、出現時期によって恒久的水域と一時的水域に分けられる。これは水域の多様性といってよい。魚類は成育ステージ、季節等によって、

これらを使い分けている。

近年の農村生態系の変質は、(1)営農方法の変化、(2)都市化、開発行為、(3)生産基盤整備等による複合的な影響の結果だと考えられる。このうち(3)に関しては、①区画の拡大、②湿田の乾田化、③用排水路の構造による生物生息空間の喪失・悪化、④ビオトープネットワークの分断等の、環境負荷を生む側面がある。

農業農村整備事業を計画する上では、農業生産性向上や農村地域に在住する人たちの生活を重視することはもちろんであるが、同時に、我が国における農村生態系の特徴に留意しながら、環境との調和に配慮することが責務である。すなわち、効率的な農業を実現しつつ、環境への負荷や影響の回避・低減により生物多様性や農村景観に配慮し、持続可能な社会の実現に寄与することが必要である。

14.4 生態系配慮に関する基本的な考え方

環境との調和への配慮の調査・計画に当たり、生態系の保護・保全を図る上での一般的な考え方を理解しておくことが必要である。本節では、いくつかの重要な概念を以下に整理する。

ただし、生物生息空間の形態・配置の6原則（14.4.3項）、順応的管理（14.4.6項）等の概念を農業農村整備事業における環境配慮にそのまま導入するのではなく、前述の農村生態系の特徴とその保全（14.3節）に留意しながら、それらの基本的な考え方を環境配慮に反映させることが重要である。

14.4.1 生物多様性

生物多様性条約によれば、「『生物の多様性』とは、全ての生物（陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系その他生息又は生育の場のいかんを問わない）の間の変異性をいうものとし、種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む」とされている。つまり、多くの種が生息しているだけでなく、生態系が多様であること、種内（遺伝子）の多様性が保たれていることが含まれている。種内の多様性は馴染みが薄いですが、隣の河川間で、あるいは同じ流域の中でも農業水路ごとに、同じ魚種であってもそれぞれ固有の遺伝子の多様性を持つことが、近年になって明らかにされてきた¹⁾²⁾。農村生態系において遺伝子の多様性をどのように保全するかについては、今後の課題である。

2010年に閣議決定された「生物多様性国家戦略2010」によれば、我が国の生物多様性には、①人間活動や開発による危機、②里地里山等人間活動の縮小による危機、③人間により持ち込まれたものによる危機、④地球温暖化による危機が忍び寄っているとされる。このうち①と②の点で、農業農村整備事業は生物多様性に対して、直接的・間接的に影響を与えていることに留意すべきである。

これまでの取組では、生物種の保全を重視した配慮対策が主流であったが、ネットワークの分断や、地域の遺伝子への配慮を伴わない善意の移植、放流によって、遺伝子の多様性の劣化が懸念されている³⁾。そのため、生態系・生物種・遺伝子の多様性を総体的にとらえた環境配慮が求められる。

14.4.2 ミティゲーション5原則

ミティゲーション5原則は、「米国国家環境政策法（NEPA）」*で用いられている考え方で、開発行為の影響を緩和する措置の一般を示すものであり、用水施設の整備に際し、環境との調和に配慮するに当たっての具体的な手順を検討するための有効な手段となる（図-14.1）。

これまでの事業の中には、「代償」や「低減」（「最小化」、「修正」、「影響の軽減/除去」）ありきで計画が樹立されることがあったが、まずは「回避」を検討し、それが困難な場合は「低減」を検討すること、「低減」についても困難であり、事業の実施が環境に大きく影響を与えざるを得ない場合は「代償」を検討するという手順が肝要である。「代償」では、従前の生息・生育地が消失すること、人工的に創出された新たな生息・生育地に生物を移動させることになるため、環境配慮対策が十分な効果を発揮、持続しないリスク、場合によっては地域の生態系に悪影響を与えるリスクを伴う。

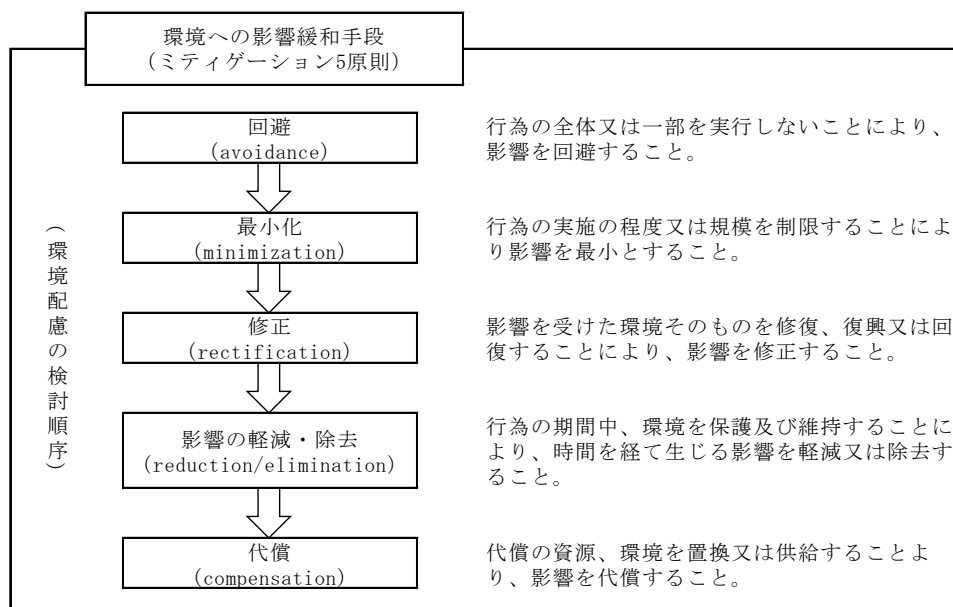


図-14.1 ミティゲーション5原則

* 米国国家環境政策法（NEPA : National Environmental Policy Act）

世界に先駆けて成立した米国の環境アセスメント制度。1969年連邦議会を通過。NEPAは、連邦政府の関わるあらゆるレベルの行為（政策、計画、事業等）に対して、必要な場合、環境アセスメントを行うことを義務付け、連邦政府の環境保全の役割、責任を法的に明らかにしている。

（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ（2011））

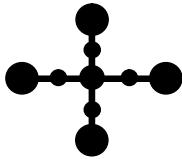
14.4.3 生物生息空間の形態・配置の6原則

生物生息空間の形態・配置等に関して、国際自然保護連合（IUCN）*では図-14.2 のように提唱している。これは、ダイヤモンド（Diamond, J. M., 1975）等による実証的研究によって明らかにされたものである。

用水施設の整備に当たっては、これらの原則を参考に個々の生息・生育地を合理的に配置しながら保全するとともに、生息・生育場間のネットワーク（生物学的回廊、エコロジカルコリドー）の保全に留意することが肝要である。

原則	優 (better)	劣 (worse)	生物生息空間の形態・配置の原則
広大化			【生物生息空間はなるべく広い方がよい】 タカ、フクロウやキツネ等の高次消費者が生活できる広さが一つの目安。生物の多様性に富み、安定性が増し、種の絶滅率が低くなる。
団地化			【同面積ならば分割された状態よりも一つの方がよい】 一塊の広い地域であって初めて高い生存率を維持できる多くの生物種は、生息空間がいくつかの小面積に分割されると生存率が低くなる。
集合化			【分割する場合には、分散させない方がよい】 生物空間が接近することで、一つの生物空間で種が絶滅しても、近くの生物空間からの種の供給が容易になる。
等間隔化			【線状に集合させるより、等間隔に集合させた方がよい】 等間隔に配置されることで、どの生物空間も、他の生物空間との間での種の良い交流が確保される。線状の配置は、両端に位置する生物空間の距離が長く、種の交流を難しくしてしまう。
連続化			【不連続な生物空間は生態学的回廊（エコロジカルコリドー）でつなげた方がよい】 エコロジカルコリドーの存在により、生物の移動が飛躍的に容易になる。
円形化			【生物空間の形態はできる限り丸い方がよい】 生物空間内における分散距離が小さくなる。また、外周の長さも小さくなり、外部からの干渉が少なくて済む。

6原則を一言に集約すると



高次消費者が生息可能な良質な生物空間をより広い面積で、より円形に近い形で塊として確保し、それらを生態的回廊で相互につなぐことが、最も効果的なバイオトープの形態及び配置の仕方である。

図-14.2 生物生息空間の形態・配置の6原則

* 国際自然保護連合

（IUCN: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources）

自然環境の保全、自然資源の持続的な利用の実現のため、政策提言、啓発活動、自然保護団体への支援を行うことを目的に設立（1948）された国際的な自然保護の連合団体。国家、政府機関・非政府機関（NGO）などを会員とし、日本では環境省をはじめとして各種団体が会員として加入。日本政府は1995年に国家会員として加入。（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ（2011））

14.4.4 環境に配慮した農業農村整備事業

農業農村整備事業における環境配慮では、農業生産性向上等の本来の目的を踏まえた上で、事業による環境への影響を極力小さくする、あるいは損なわれた環境を回復するために、適切な環境配慮対策を検討することが重要である。未整備地区については、地域の生態系の中で注目すべき生息地や保全すべき景観等の良好な環境が存在している場合が多いことから、必要に応じて現況を保全する回避エリアを設定することを検討する。整備を行う区域でも良好な環境が存在する箇所の保全を図るとともに、周辺にある水路、ため池、雑木林等の環境要素との連続性を踏まえ、水路内、水田―水路間や水路―ため池間のネットワーク等を確保出来るよう、エリアの設定と、エリアにおける配慮対策を検討することが重要である。

整備済地区では、水田―水路間や水路―ため池間のネットワーク等の連続性が分断されていることが多い。連続性の回復は、再整備時における最重要事項である。なお、前歴事業で環境配慮が行われていなかった地区においても、近隣の良好な生息・生育地からの生物の供給が期待できる場合には、再整備時に生息・生育地やネットワークを良好に整備することで、地域の生態系を回復できる可能性がある⁴⁾。

14.4.5 農家の理解と農家を含む地域住民等の参加及び合意形成

環境配慮の取組は、事業実施だけでなく、維持管理においても労力的、経費的に負担が増えることが多いため、環境配慮の取組の各段階において、地域環境に関する情報の提供、啓発活動、農家意向の把握に努める等、関係農家の十分な理解と合意を得ることが不可欠である。ほ場整備による農地や水路、農道等の整備は、ダム、頭首工、幹線水路等の大規模な水利施設と比べて地域にとって身近な場所で実施され、地域住民等が自身で管理を行う施設の場合はなおさらである。

また、地域の自然環境は、農家を含む地域住民等（以下「地域住民等」という。）が恩恵を享受できる共有の財産であること、非農家の維持管理への参画が期待できることから、できるだけ早い段階から農家のみならず地域住民等の多様な主体の参画が得られる体制を整備し、環境情報の共有化や配慮対策検討の際の意見反映等を図ることが重要である。

なお、事業以外でも、水田魚道の設置など、簡易な整備や参加型の直営施工等により、補完的に環境の向上を図る事例が増えている。こうした取組は生態系保全の直接的な効果だけでなく、地域住民が自らの地域の生態系を考える契機となるため、地元調整の段階において各地の取組事例を紹介する等、事業制度の枠組みにとられない対応が有効である。

14.4.6 順応的管理

環境配慮に関する知見の蓄積は現段階では十分でないこと、生態系は複雑で常に変化しており、配慮対策に対する生態系の応答を精緻に予測することはできないことから、環境配慮対策を講じてみても必ずしも十分な効果が得られない場合がある。したがって、環境配慮対策は試験的なものと位置付け、想定どおりの効果が発揮されているかを継続的にモニタリングし、その結果を踏まえて必要に応じて施設の補修や修正を行うこと（順応的管理：アダプティブ マネジメ

ント）が重要である。

事業においても効果が想定以下であった場合には、地域の事情に応じた工夫のもとで当該施設の修正を検討する。また、このような対応を可能にするため、施工中・施工後とモニタリング結果を比較できるように、調査・計画時から、モニタリングの手法（時期、頻度、方法）を検討するとともに、データの蓄積に努めることが重要である。

14.4.7 環境配慮に関する技術的知見の蓄積と普及

生態系や地区事情等には固有性があり、画一的な調査・計画、設計手法は存在しないが、生態系や景観等に関する基礎的情報や環境との調和に配慮した工法の知見の蓄積は、他の事業地区において環境配慮対策の充実を図る上で大いに参考になる。そのため、調査・計画、設計、施工、モニタリング等の知見を蓄積するとともに、研修会や技術発表会等の機会を設け、各地域で取り組まれている環境配慮対策事例等の情報の共有と技術的知見の蓄積と普及を図ることが重要である。その際には、データの解釈に偏りや誤りが生じることがないように、行政担当者だけでなく専門家の知見を活用することが望ましい。そして、整備後に住民等の意見を聞くことも含め情報を集約して系統的に蓄積し、広報・普及を図ることが有効である。

14.5 調査計画の進め方

環境配慮対策の検討を的確に行うため、地域における生態系や景観等の特徴、事業実施が及ぼす影響の範囲並びに内容及び程度、田園環境整備マスタープラン*等における地域環境のビジョン等の環境配慮対策の検討に必要な情報を調査する必要がある。特に地域の生態系における生物の生息・生育状況や環境基盤の情報等を収集し、注目すべき生物と、その保全を図る上で注目すべき生息・生育地、ネットワークの構造を明確にするとともに、事業による生態系への影響を予測する。

調査では対象地域において「概査」と「精査」を効率的かつ効果的に実施し、計画策定に必要な情報を把握する。なお、環境との調和に配慮した整備や将来の維持管理（作業内容、費用負担等）に関する合意形成をより円滑に行うためには、事業構想策定時のなるべく早い段階から、行政、土地改良区、有識者、地域住民等の関係者が一体となって意見交換や合意形成を図るための体制を整備する必要がある。

具体的な調査実施の手順については以下に示すとおりであり、参考までにフロー図を図-14.3に示す。

* 田園環境整備マスタープラン

事業採択に先だって関係市町村が作成するものであり、地域の環境概況、現状と課題、将来的な地域環境のあり方、事業による整備に当たっての環境配慮のあり方等の基本事項を取りまとめるとともに、環境創造区域（自然と共生する環境を創造する区域）及び環境配慮区域（環境への影響緩和等について配慮した工事を実施する区域）を設定するものである。（農業農村整備事業研究会：農業農村整備事業計画作成便覧、p. 60（2003））

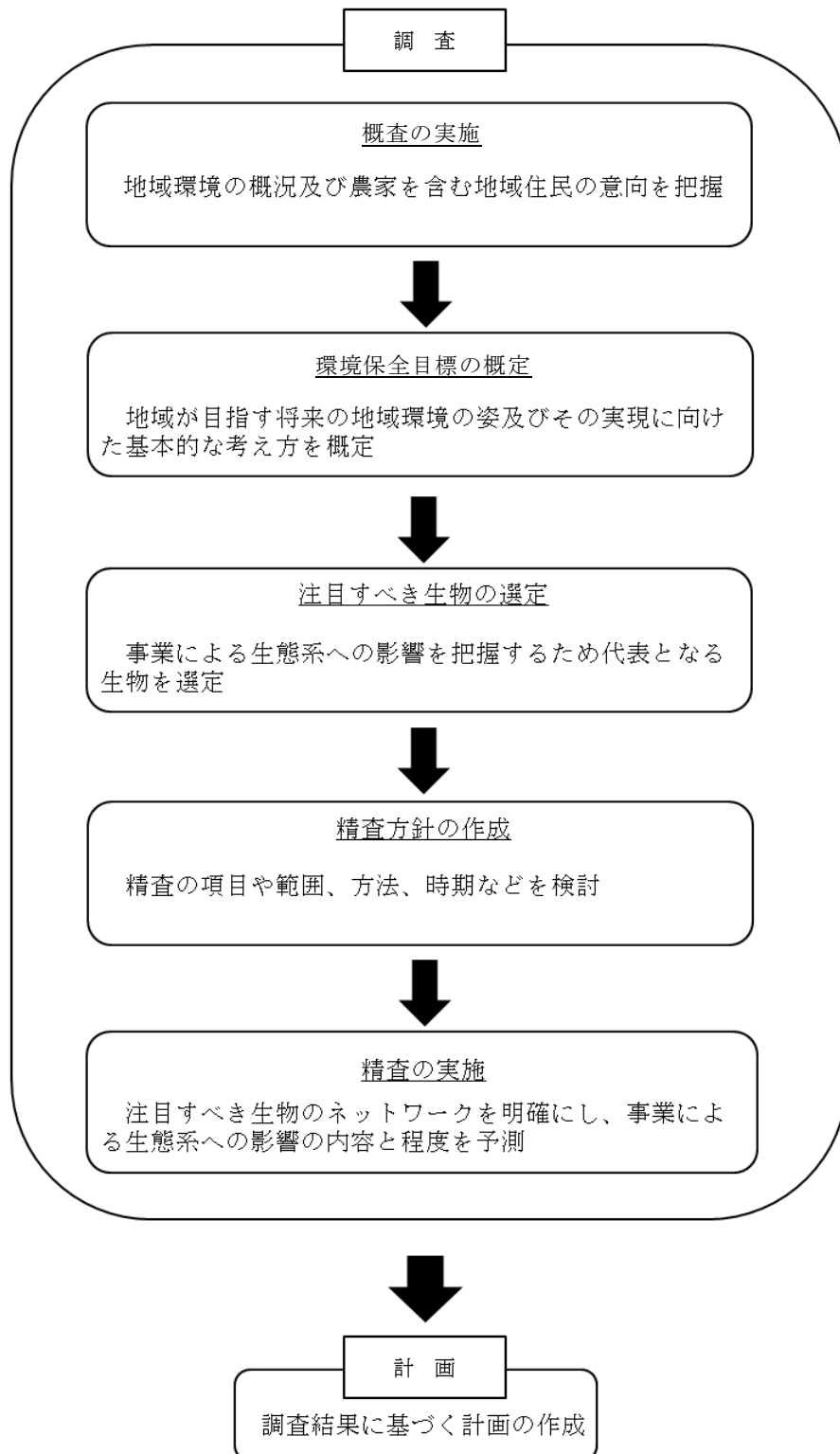


図-14.3 環境調査実施のフロー図

(1) 概査の実施

マスタープラン等で整理されている地域環境の現況や環境配慮の基本方針を把握するとともに、地域の環境、生息する生物、事業により想定される影響、地域住民等の意向を把握する上で有効となる情報について、文献調査、アンケート調査、聞き取り調査及び現地調査により収集・整理する。概査に当たっては、地域の環境特性等を踏まえ、あらかじめ環境配慮の見通しを想定しつつ有効な情報の効率的な把握に努める。この段階で、地域の生態系の成り立ち等を考慮して、広域的に調査を行い、事業実施が及ぼす影響の範囲を概定しておくことが重要である。

(2) 環境保全目標の概定

概査の結果を踏まえ、地域が目指す将来の地域環境の姿及びその実現に向けた基本的な考え方を環境保全目標として概定する。

(3) 調査方針の作成

環境配慮対策の検討に当たり、より詳細な情報の把握や重点的な調査が必要な項目等を概査結果より抽出し、それらに係る調査方針（調査対象、調査内容、調査範囲等）を作成する。調査方針は、事業における環境配慮対策及び事業実施中・完了後のモニタリング等を想定しつつ、検討に必要な調査項目、調査方法（調査範囲、調査手法、調査時期、頻度等）について、基本的な考え方を位置付けるものである。また、マスタープラン等で目指している地域環境の姿や環境配慮の方針、概査で把握した地域環境に係る情報を基本として、必要に応じて環境に係る情報協議会における意見交換を反映させて決定する必要がある。

注目すべき生物の選定には、生態系の指標性（上位性、典型性、特殊性、希少性）、地域住民等との関わりなどを踏まえる（図-14.4）。注目すべき生物や注目すべき生息地、ネットワークの構造、事業による影響を把握するために、精査を行う項目や範囲を検討し、精査方針を作成する。

(4) 精査の実施

精査では、調査方針に基づき、地域環境に配慮する上で注目すべき生物や注目すべき生息地、保全すべき景観等の詳細な調査を実施し、事業実施による環境影響の内容及び程度等、計画策定に必要な情報を把握する。注目すべき生物や注目すべき生息地、ネットワークの構造を把握した上で、事業が生態系に及ぼす影響についてその内容や程度を予測・分析・評価する。なお、生物の生息量は季節的に大きく変動するため⁵⁾、注目すべき生物等に応じて適切な時期に調査を行う必要がある。

精査の結果が、計画及び設計に大きく影響することもあるため、有識者の指導・助言を踏まえた調査を実施する必要がある。

(5) 調査結果の取りまとめと活用

注目すべき生物（保全対象生物の候補）や注目すべき生息地、ネットワークの構造、保全すべき景観、事業実施による具体的な影響の程度等、環境配慮対策の検討に必要な事項について、有識者の指導・助言を得つつ調査成果を的確に取りまとめる。なお、生物の生息・生育に影響する要因には、事業によらないものも含めて様々なものがあるため（14.3節）、整

備によって直接的・間接的に生じる影響を多角的に予測し、対応策を検討する必要がある。調査成果は、配慮対策の検討へ反映させるとともに、地域住民等に対して環境配慮に関する意識向上を促す手段として活用する。

注目すべき生物の選定に当たっては、まず、その地域において生息・生育すると考えられる生物の中から、上位性・典型性・特殊性・希少性を有すると考えられる生物を選定の候補とした。

次に、生活史や必要とする生息環境が同様な生物については、以下の観点からグルーピングし生物の絞り込みを行った。

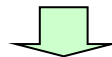
最後に選定の結果や理由の整理を行い、「注目すべき生物の選定表」として取りまとめた。

～生活史や生息環境が同様な生物のグルーピング～

水田周りにある水路で確認された3種の生物（ドジョウ、キンブナ、タモロコ）についてグルーピングを行う。いずれも、水田周りの生態系における代表となる生物（典型性）であるが、ここでは「事業による影響の程度」、「環境配慮対策との関連」の観点から検討しキンブナを注目すべき生物に選定した。

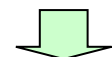
選定の候補

ドジョウ、キンブナ、タモロコ



グルーピングの観点

- ・ 3種とも水路～水田のネットワークを代表（典型性）する生物であり、事業による影響の予測が可能。
- ・ ドジョウは他の2種に比べると、コンクリート水路内でもわずかな水や堆積した泥があれば生息できる等環境が悪くても対応できるため、水路の改修による影響の程度が判断しにくい。
- ・ キンブナは、体高が最も大きく、水田魚道や落差工等ではキンブナが遡上できれば他の2種も遡上可能と予想される。



「キンブナ」を注目すべき生物に選定

図-14.4 注目すべき生物の選定例

14.6 計画策定の進め方

農業生産性の向上と農村環境の保全・形成を両立させるため、環境保全目標や環境配慮対策、維持管理計画等を取りまとめ、事業地区における環境との調和に配慮した計画（以下「環境配慮計画」という。）を作成する。

(1) 環境保全目標の設定

調査段階で概定した環境保全目標を、精査の結果を踏まえて点検、必要に応じて見直し、地域が目指す将来の地域環境の姿及びその実現に向けた基本的な考え方を環境保全目標として設定する。概査の段階で複数の環境保全目標を概定していた場合は、計画段階で候補の絞り込みを行う。

目標の設定に当たり、地域住民等に積極的に情報を提供し、地域住民等への啓発を図りながら、アンケート調査や聞き取り調査、ワークショップ等の実施により、地域住民等が持つ環境に関する情報収集や意向を把握する。目標は、精査の結果や、マスタープラン等の各種計画、地域住民等のニーズ・意向、生態系や景観等に関する有識者の指導・助言を踏まえ、地域住民等の合意を得て決定する。

(2) 保全対象生物の設定

計画、設計を行うに当たり、環境配慮の検討のポイントを明確にするために、生態系の代表となる生物を保全対象生物として設定する。

調査段階で概定した注目すべき生物について、精査の結果や環境保全目標に基づき選定理由等の点検を行う。また、新たに発見された希少生物等があれば、注目すべき生物として追加するか否かを検討する。これらの生物から、専門家の意見や地域住民の意向を踏まえ、生物の生態や種間関係、事業実施による影響、営農との関わり、維持管理の実現性等から総合的に検討し、保全対象生物を設定する。なお、保全対象生物が保全されれば地域の生態系が守られたと単純に評価できるわけではない。保全対象生物の生息状況は、当該種が代表する生態系がある程度守られた結果を表しているのであり、その保全だけが目標ではないことに留意して、保全対象生物の生息地の保全、ネットワーク化等、地区内の生態系の健全性確保を念頭に計画を樹立することが重要である。

(3) 環境配慮対策の検討

計画的かつ効果的に生息・生育環境とネットワークを保全・形成するために、環境配慮対策の検討を行う範囲（以下「エリア」という。）を設定し、ミティゲーション5原則（14.4.2項）を踏まえて、エリアごとに具体的な環境配慮対策を検討する。なお、生物によってはエリア間あるいは事業地区内外を移動し得ること³⁾、事業地区が未整備地区か整備済地区かによって環境配慮の方針が大きく異なることに留意し（14.4.4項）、事業地区内のみならずその周辺の生態系の状況やネットワークも踏まえて、エリアの規模・配置を設定する。

ミティゲーション5原則のいう「回避」のエリアは一般的には地区除外となるが、施設計画の樹立に当たっては、現状の環境が維持できるように、回避エリアに配慮する。なお、換地計画において非農用地を創設して環境配慮区域に供する事例も見られるようになっており、将来の維持管理に配慮しつつ用地の確保を図ることが望まれる。

環境配慮対策は、保全対象生物の生息・生育環境や注目すべき生息地、ネットワークの構造、他の生物種との関係、営農・維持管理等の人為的攪乱との関係、事業による影響予測結果に基づいて検討する。

検討結果は区画計画、用水計画、排水計画、農道計画に反映させる。エリアごとの優先順位を踏まえた対策を適切に組合せ、保全対象生物が生活史を全うし、その個体群を存続できるように生息・生育地、ネットワークの量的・質的な低下を防ぐことが重要である。

(4) 環境配慮に係る維持管理計画の検討

生態系の保全には、事業における環境配慮対策の実施だけではなく、適切な維持管理が継続的に行われることが不可欠である。このため、環境に配慮して計画された施設について将来的にどのような体制、手法（方法や頻度）、費用負担等により維持管理を行うかを検討する。そのため、事業構想策定段階から、管理主体である土地改良区等を中心に、行政や農家等の地元関係者との間で十分な合意形成を図るとともに、生態系保全等のための活動や、農家以外の地域住民等の参加の促進等についても検討を行う必要がある。

(5) 環境配慮計画の作成

環境保全目標や環境配慮対策等を取りまとめ、事業地区における設計や施工、維持管理に取り組むための環境配慮計画を作成する。取りまとめに当たっては、環境配慮対策の実施により保全・形成を図る生息地やネットワーク、環境配慮対策等が示された図面等を作成し、設計、施工における環境配慮の検討の資料として活用できるようにする。

この環境配慮計画は、事業主体のほか、市町村や地域住民等が地域の環境に関する意識を高めることや、環境保全に対して意思の統一を図るための資料としても活用できるようにわかりやすいものとする。また、設計、施工の検討等を踏まえ、内容の充実、見直しを行うことが重要である。

14.7 参考事例

調査計画の進め方の参考とするため、用水施設の整備に当たって、具体的な配慮対策を実施した事例、順応的管理の取組を行っている事例等をもとに、調査計画の各段階における取組について紹介する。

14.7.1 生態系配慮対策を実施した事例 1

(1) 地区の概要

本地区は、6,000haの水田及び樹園地の地域で、昭和25年から実施した事業により造成された施設の改修整備を行っている。

工事の実施に当たり、改修区間4,400mの水路内において、環境省のレッドデータブック（2000）の絶滅危惧Ⅱ類に指定されているリュウノヒゲモ*の群生が確認されたことから（写真-14.1）、改修工法等の検討を行い、生育環境を確保した。



写真-14.1 リュウノヒゲモの群生状況

(2) 生態系配慮の検討及び内容

生態系配慮の検討は、行政機関、土地改良区、地域住民による委員会を設立して行い（写真-14.2）、学識経験者の指導のもと保全対策区間、水路改修構造、移植方法等について決定した。

「リュウノヒゲモの保全に関する委員会」

委員：県立自然博物館副館長、地元町役場課長補佐、土地改良区理事長、地元総代
事務局：県農村計画課、農政局事業所



写真-14.2 リュウノヒゲモの生育状況調査（殖芽数調査）

* リュウノヒゲモ

湖沼、河川や水路の淡水、河口の汽水域に群生する多年草のヒルムシロ科リュウノヒゲモ属の沈水植物で、全体的に細長く葉の形が“竜のひげ”に似ていることからこの名前が命名された。葉は幅1mmほどで、長さは15～20cm、茎の径は2～3mmで、地下茎の先には冬を越すための白い「殖芽」がついているのが特徴。（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ（2011））

7. 保全対策区間

保全対策区間は、繁殖状況により全面改修区間の600mとし、移植先の確保等を考慮して2か年での施工とした。なお、保全対策工法検討のために試験区を前年度に施工した。

1. 保全対策工法

水路底版に「土砂止工」を設置し、育成のため厚さ10cmの土砂を敷設する方法とした（図-14.5）。

土砂の敷設構成は、試験区の施工後の生育状況を確認した結果、良好であったことから、試験区と同様に5つの工法の構成とした（図-14.6）。

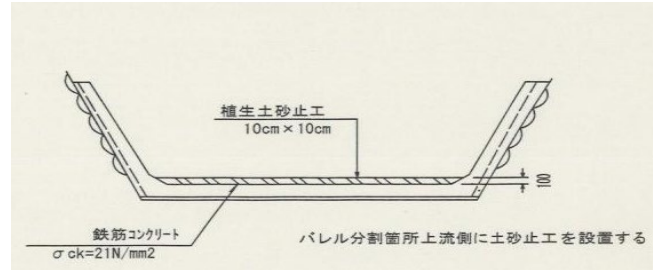
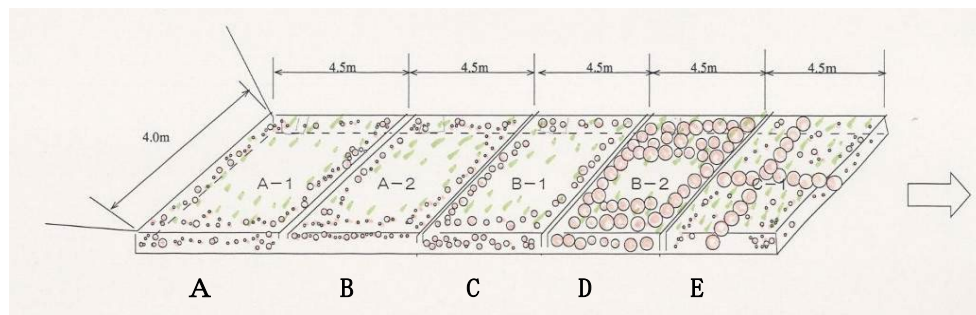


図-14.5 保全対策区間水路改修断面図



- A：植芽を含んだ泥を砂と混合投入
 B：植芽を含んだ泥を砂と混合投入・砕石で被覆
 C：植芽を含んだ泥を砕石と混合投入
 D：植芽を含んだ泥を栗石を敷き詰めた間に投入
 E：植芽を含んだ泥を砂と混合、十字においた栗石間に投入

図-14.6 試験区の工法配置

2. 移植の実施方法

改修区間外の上流側に土のうにより締め切った仮移植先（写真-14.3）を確保し、施工前に植芽を含んだ泥を仮移植する。そして、施工時に敷設材等と混合しながら植芽を含んだ泥を移植した（写真-14.4）。

なお、仮移植については、近隣小学校の児童達に手伝いを依頼し実施した（写真-14.5）。



写真-14.3 仮移植先の状況



写真-14.4 施工状況

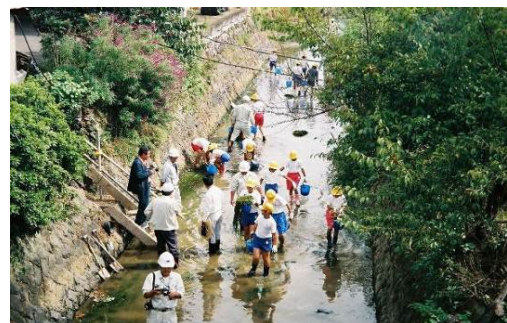


写真-14.5 小学生による引っ越し大作戦

エ. 施工後の状況

施工後の生育状況については、学識経験者にモニタリング調査を依頼し確認した。その結果、どの工法も施工前の状況をしのぐ繁茂状況が確認され、今回施工した底質の流失を防ぐための工法は有効であった（写真-14.6）。



写真-14.6 施工後のリュウノヒゲモの生育状況

14.7.2 生態系配慮対策を実施した事例2

(1) 地区の概要

戦後、国営開拓建設事業により水路造成及び開田が実施されたが、近年になり素掘りトンネル（図-14.7）の落盤や開水路底版の洗掘が著しくなったため国営かんがい排水事業により施設の更新を実施した地区における事例を示す。



写真-14.7 改修前のトンネル

トンネルの改修に当たり施工前に生態系調査を実施したところ、未改修区間において多数のコウモリの生息が確認され（写真-14.8）、また、過去に改修済みの区間ではライニングの滑面化により足がかりを失っている状況が確認された。そのため、改修後も坑内においてコウモリが生息できるように配慮対策を講じることとした。



写真-14.8 コウモリの生息状況

(2) 生態系配慮の検討及び内容

生態系配慮対策は、環境配慮検討委員会を立ち上げ、学識経験者の指導のもとオブザーバーとして関係自治体、施設管理者、地域代表者の参画を得て合意形成を図りながら検討した。

ア. 配慮事項

施工前の調査において、コウモリは3種類（コキクガシラコウモリ、ユビナガコウモリ、モモジロコウモリ）確認され、一般的な配慮事項は以下のとおりである。

- ① 風を嫌う（ぶら下がった状態での揺れ、体温低下、飛立つ時に影響）
- ② 金属を嫌う（体温との温度差が大、結露により体が濡れる）
- ③ 足がかりは、ある程度の大きさが必要（飛行しながら捕まるため）

イ. 対策内容

対策工法は、試験施工によりコウモリの使用状況を2年間確認し、また、経済性等も勘案して決定した。

その結果、足がかり材は、プラスチック網（ユビナガコウモリ、モモジロコウモリ用）と火山岩シート（コキクガシラコウモリ用）とし、その前後に風よけ材（ジャバラ管）を設け、子育てを行うための規模として6㎡/か所以上とした（写真-14.9、図-14.7）。また、コウモリはトンネル深部まで生息していることから、トンネル延長約6kmにおいて100m間隔で60か所設置した。



写真-14.9 設置後のコウモリピット

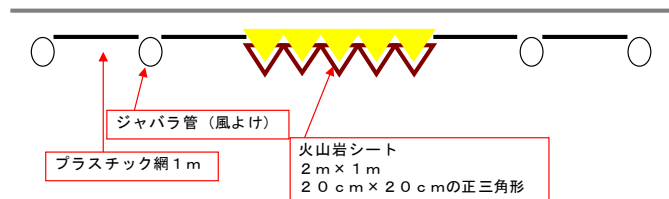


図-14.7 コウモリピット概要図

(3) 施工後のモニタリング調査

施工後の調査においては、施工前と同様に3種のコウモリが確認されたが（写真-14.10、14.11）、全体の生息数は減少していた。しかし、過年度施工した工区では、年数が経過するとともに生息数が増加していたことから、今後増加していくものと考えられる。



写真-14.10 コウモリの利用状況（火山岩シート）

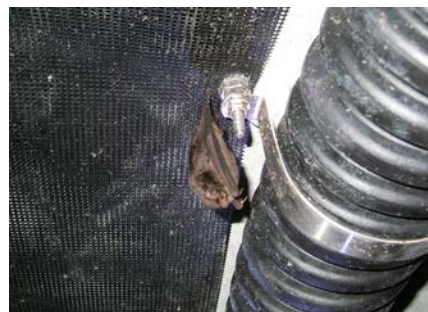


写真-14.11 コウモリの利用状況（プラスチック網）

また、調査では、風よけの支えに足が引っかかり死亡したコウモリ（写真-14.12）が確認されたことから、シーリング材で隙間を塞ぐ（写真-14.13）等の対応を行った。

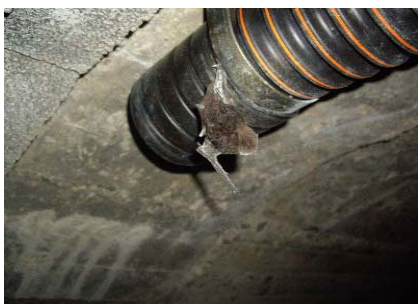


写真-14.12 足が引っかかり死亡したコウモリ



写真-14.13 シーリング材による対応

引用文献

- 1) 小出水規行・竹村武士・奥島修二・森 淳・蛭原 周：
DNA 標識を利用した農業水路系における魚類個体群の交流実態の検討—千葉県谷津田域のドジョウ個体群を事例として—、河川技術論文集 12、pp. 365-370 (2005)
- 2) 小出水規行・渡部恵司・高振麗・水谷正一・森 淳・竹村武士：
マイクロサテライト DNA を用いた栃木県小貝川上流域のホトケドジョウ集団の予備遺伝解析、
農業農村工学会論文集 256、pp. 55-61 (2008)
- 3) 水谷正一・森 淳（編）：春の小川の淡水魚—その生息場と保全—、学報社 (2009)
- 4) 竹村武士・渡部恵司・水谷正一・小出水規行・森 淳・朴 明洙：
水域のネットワーク化による魚類個体群の再生を予測するモデルの開発に向けた自然増加率パラメータの設定、農業農村工学会論文集 271、pp. 9-16 (2011)
- 5) 小出水規行・竹村武士・奥島修二・山本勝利・相賀啓尚：
谷津田域における農業排水路環境と生息魚類の現地調査 —千葉県下田川流域を事例として—、
農工研技報 203、pp. 39-46 (2005)

参考文献

- 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針 (2015)
- 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 第3編「ほ場整備（水田・畑）」(2004)
- 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 第2編「ため池整備 農道整備 移入種」(2003)
- 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 第1編「基本的な考え方・水路整備」(2002)
- 農林水産省農村振興局計画部資源課：環境保全計画基準化調査委託事業報告書 (2003)
- 身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策調査委員会（農林水産省農村振興局資源課・国土交通省河川局河川環境課）：
身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策の手引き (2004)
- 農林水産省農村振興局企画部資源課：水田生態系の保全技術ガイドブック (2006)
- 森 淳・水谷正一・高橋順二：水田生態系の特徴と変質—水田生態工学の視点から—、
農業農村工学会論文集 254、pp. 127-137 (2008)