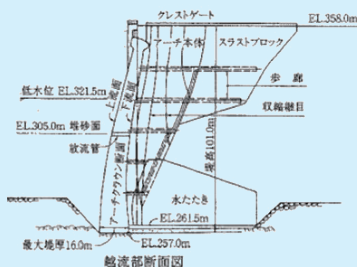
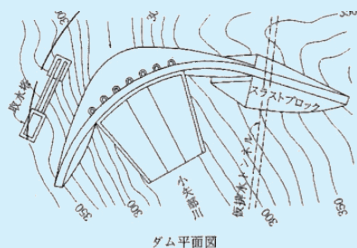


農業用ダム保全管理工学



1967年農林省が直轄事業として富山県に建設したドーム型アーチ式ダム

農業用ダム保全管理工学に向けて

編集委員会委員長 木全 卓

農林水産省所管の国営造成農業用ダムは、戦後から高度経済成長期を経て現在までに189基が建設されています。そして、食料自給率の向上や地域農業を支える基幹施設として安定的に農業用水を確保・供給するという重要な役割を担っています。このうち、供用開始後50年以上を経過しているダムが36基（全体の19%）、20年以上50年未満のダムが93基（同49%）を占め、供用開始後長期間にわたり風雪に耐えてきたダム（長期供用ダム）が増えています。今後このようなダムが増えていくなか、近年は豪雨や地震といった自然災害が多発しており、近い将来の発生が予想されている大規模地震への対応など、国土強靱化の意識が高まっています。そのため、重要な社会資本である農業用ダムには、自然的・社会経済的な環境の変化やそれに伴う諸課題にも適切に対処し、その安全性や機能を長期にわたって効率的かつ効果的に保持していくことが求められます。

このような要求に対応するため、2002年度から農林水産省と農業土木学会（現農業農村工学会）によって農業用ダムを対象とした長期供用ダム研究小委員会が設置され、施設の健全性の維持に役立てる機能診断マニュアルの整備が始まりました。委員会名は変更されましたが、現在もマニュアルの整備だけでなく、若い研究者や技術者が農業用ダムの現状を知り各委員の研究を高め合うことを意図した活動が続けられています。

農林水産省では、2021年に閣議決定された新たな土地改良長期計画の重要政策目標の一つとして、老朽化や災害リスクに対応できる農業水利施設の保全管理機能を強化する必要性が明示され、国土強靱化が強力に推進されることになりました。この方向性は2025年度検討されている新たな土地改良長期計画においても踏襲されています。このことは、私たち農業用ダム技術に携わる者が進むべき目標が明確になったことを意味し、新たな地平を展望する問題意識が共有できるようになったと理解できます。この問題に取り組

むには、「従来培ってきた施設工学，ダム工学の知識が基盤となることは勿論だが，単にそれを利用するという意識でなく既存の知識の整備，再配列が必要である。また，最近まで進められてきた各種の領域の最新知識を取り入れる必要もあるだろう。しかし，いずれにしても目的に沿ったこれらの知識の体系化が必要であり，保全管理工学という新たな学問体系を構築することが肝要と思われる。」と長谷川高士京都大学名誉教授が農業農村工学会誌（85巻3号）の展望のなかで述べられています。

このような背景から，学会内で長年活動した農業用ダム保全管理研究会を母体に農業用ダム保全管理工学編集委員会を組織して，「農業用ダム保全管理工学」を出版することになりました。農業用ダムを取り巻く環境は，デジタル化や流域治水の推進などに見られるように，目まぐるしく変化しています。また，東日本大震災を契機に取り組まれた安全性評価委員会によって，個別のダムの課題も明確になってきています。ただ，新規のダム建設が見込めない現在，若い技術者には建設過程の経験をえることができません。

そこで，現在のダムが抱えている課題について，これまでにえられている知見をもとに，農業用ダムの保全管理に対してどのように対応すれば良いかをわかりやすく学べる概論編，あるいは基礎編という図書を作るイメージで編集を行いました。

現場技術者が知っておくべき農業用ダムの技術を基礎的な事項から解説することで，技術研修のテキストや大学での教科書にも活用できることを意図しています。本書が多くの農業農村工学技術者に活用されることを願っています。

最後になりましたが，本書の出版にあたり，これまで多くの農業用ダムの研究と技術開発そして普及に努めてこられました，故沢田敏男元京都大学総長，長谷川高士京都大学名誉教授，青山咸康京都大学名誉教授，田中忠次東京大学名誉教授をはじめ数多くの先生方のご功績に心より御礼を申し上げます。先生方の弛まぬ努力の成果が本書の出版に結び付いたと深く感謝いたします。

農業用ダム保安全管理工学編集委員会委員名簿

(委員は 50 音順。所属は委嘱時)

委員長 木全 卓 (大阪公立大学大学院農学研究科)
副委員長 小林 範之 (愛媛大学大学院農学研究科)
委員 石井 将幸 (島根大学学術研究院)
井上 一哉 (神戸大学大学院農学研究科)
上野 和広 (島根大学学術研究院)
緒方 英彦 (鳥取大学大学院連合農学研究科)
岡島 賢治 (三重大学大学院生物資源学研究科)
黒田清一郎 (農研機構農村工学研究部門)
佐藤 周之 (高知大学教育研究部)
澤田 豊 (神戸大学大学院農学研究科)
鈴木 哲也 (新潟大学 農学部)
田頭 秀和 (農研機構農村工学研究部門)
中村 真也 (琉球大学農学部)
西山 竜朗 (岐阜大学応用生物科学部)
藤澤 和謙 (京都大学大学院農学研究科)
森 洋 (弘前大学農学生命科学部)
山本 清仁 (岩手大学農学部)
吉田 武郎 (農研機構農村工学研究部門)

オブザーバー 皆川 猛 NTC コンサルタンツ
(農業農村工学会出版企画委員会)

事務局 公益社団法人農業農村工学会事務局

農業用ダム保安全管理工学執筆者等一覧

目 次	執筆者等・所属
第1章 農業用ダム概論	
1.1 農業用ダムの定義・目的と関係法令・技術基準類	学会事務局
1.2 ダムの分類と構成	
1.3 農業用ダムの事業の流れと国営造成農業用ダムの造成状況	
1.4 ダムの役割と効果	
1.5 計画・設計の基本	
1.6 地下ダム	井上 一哉 神戸大学大学院農学研究科
第2章 農業用ダム技術の変遷と作業工程の流れ	
2.1 フィルダム技術	学会事務局
2.2 コンクリートダム技術	
2.3 地下ダム技術	
2.4 調査・設計・施工の流れ	
2.5 試験湛水とその後の管理技術	
第3章 農業用ダムを取り巻く自然・社会環境の変化とその対応	
3.1 気候変動に関する課題	吉田 武郎 農研機構
3.2 地震など自然災害への対応	学会事務局
3.3 流域治水への対応	吉田 武郎 農研機構
第4章 農業用ダムの保安全管理	
4.1 一般・共通事項	学会事務局
4.2 フィルダム	
4.2.1 フィルダムの保安全管理の基本	森 洋 弘前大学農学生命科学部
4.2.2 フィルダムの挙動の評価	
(1) 浸透流量の計測と分析	
(a) 堤体、地山および基礎地盤の浸透流	小林 範之 愛媛大学大学院農学研究科
(b) 計測と分析	藤井 睦 NTC コンサルタンツ(株)
(2) 間隙水圧・浸潤面の計測と分析	
(a) 堤体および基礎地盤の力学的安定性	上野 和広 島根大学学術研究院
(b) 計測と分析	藤井 睦 NTC コンサルタンツ(株)
(3) 変形量の計測と分析方法	
(a) 堤体、地山および基礎地盤の応力と変形	澤田 豊 神戸大学大学院農学研究科
(b) 計測と分析	藤井 睦 NTC コンサルタンツ(株)
4.3 コンクリートダム	
4.3.1 コンクリートダムの保安全管理の基本	西山 竜朗 岐阜大学応用生物科学部

4.3.2	コンクリートダムの挙動の評価	
(1)	浸透量の計測と分析	石井 将幸 島根大学学術研究院
(2)	揚圧力の計測と分析	緒方 英彦 鳥取大学大学院連合農学研究科
(3)	堤体変位の計測と分析	山本 清仁 岩手大学農学部
4.3.3	堤体材料の評価	鈴木 哲也 新潟大学農学部
4.4	耐震性能照査	
4.4.1	総論	林田 洋一 農研機構
4.4.2	静的解析による照査	田頭 秀和 農研機構 藤井 睦 NTC コンサルタンツ(株)
4.4.3	動的解析による照査	
(1)	入力地震動	林田 洋一 農研機構
(2)	初期応力解析	木全 卓 大阪公立大学大学院農学研究科
(3)	フィルダムの動的解析と照査	藤澤 和謙 京都大学大学院農学研究科
(4)	コンクリートダムの動的解析と照査	西村 伸一 岡山大学環境生命自然科学学域
4.5	地下ダム	井上 一哉 神戸大学大学院農学研究科
4.6	その他の保全	
4.6.1	貯水池湖岸の保全	中村 真也 琉球大学農学部
4.6.2	堤体以外の洪水吐きなどのコンクリート構造物の保全	佐藤 周之 高知大学教育研究部
4.6.3	洪水放流設備および取水放流設備の保全	岡島 賢治 三重大学大学院生物資源学研究科
第5章 農業用ダムの被災と復旧対策の事例		
5.1	十勝沖地震による幕別ダムの被害と復旧	田頭 秀和 農研機構
5.2	新潟県中越地震による川西ダムの被害	学会事務局
5.3	岩手・宮城内陸地震による荒砥沢ダムの被災状況と大規模地すべり	浅野 勇 (元) 農研機構
5.4	東日本大震災による農業用ダムなどの被害と復旧	
5.4.1	国営造成農業用ダムの被害と復旧	学会事務局
5.4.2	農業用ダムなどの決壊と復旧	毛利 栄征 茨城大学名誉教授
第6章 農業用ダムの保安全管理のための新たな技術展開		
6.1	監視技術	
6.1.1	ダムの監視技術の動向	学会事務局
6.1.2	農業用ダムの地震観測記録の蓄積	黒田 清一郎 農研機構
6.2	日常管理技術	学会事務局
6.3	施設の診断技術と先端技術の活用	
6.3.1	コンクリートダム材の機能診断技術	鈴木 哲也 新潟大学農学部
6.3.2	アーチ式コンクリートダムの長期劣化予測技術	緒方 英彦 鳥取大学大学院連合農学研究科
6.3.3	人工知能によるダムの健全性評価技術	井上 一哉 神戸大学大学院農学研究科
6.4	農業用ダムの再生技術	学会事務局

目 次

農業用ダム保安全管理工学に向けて	i
第 1 章 農業用ダム概論	1
1.1 農業用ダムの定義・目的と関係法令・技術基準類	1
1.1.1 定義	1
1.1.2 目的	1
1.1.3 関係法令および技術基準類	2
(1) 河川法・河川管理施設等構造令	2
(2) 土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」	3
(3) 土地改良施設管理基準—ダム編—	3
(4) 農業用ダム機能診断マニュアル	3
(5) 国営造成農業用ダム耐震性能照査マニュアル	3
1.2 ダムの分類と構成	4
1.2.1 概説	4
1.2.2 フィルダム	6
1.2.3 コンクリートダム	7
1.2.4 複合ダム	9
1.2.5 附帯設備	9
1.3 農業用ダムの事業の流れと国営造成農業用ダムの造成状況	12
1.3.1 農業用ダムの事業の流れ	12
1.3.2 国営造成農業用ダムの造成状況	13
1.4 ダムの役割と効果	15
1.5 計画・設計の基本	18
1.5.1 基本事項	18
1.5.2 設計のための荷重	19
1.5.3 フィルダム	19

1.5.4	コンクリートダム（重力式）	20
1.6	地下ダム	21
1.6.1	地下ダムの定義と歴史	21
1.6.2	地下ダムの分類	22
(1)	貯留型地下ダム	23
(2)	塩水浸入阻止型地下ダム	23
(3)	地表ダム併用型地下ダム	24
(4)	流出抑制型地下ダム	25
1.6.3	地下ダムの特徴	25
1.6.4	地下ダムの立地条件	28
第2章	農業用ダム技術の変遷と作業工程の流れ	30
2.1	フィルダム技術	30
2.1.1	土堰堤による経験蓄積の時代（1885年以前）	30
2.1.2	本格的ゾーニングの芽生え，土質工学理論の導入の時代 （1886～1945年）	31
2.1.3	フィルダム技術発展の時代（1946～1955年）	32
2.1.4	フィルダム技術確立の時代（1956～1965年）	32
2.1.5	フィルダム技術の高度化の時代（1965年以降）	34
(1)	設計技術の高度化	34
(2)	決壊，事故，災害からえた教訓	34
(3)	再開発技術の蓄積	35
2.2	コンクリートダム技術	36
2.2.1	粗石モルタル，粗石コンクリートダム主流の時代（1945年以前）	36
2.2.2	コンクリートダム技術確立の時代（1945～1960年）	37
2.2.3	コンクリートダム技術高度化の時代（1960年～）	37
(1)	設計技術の高度化	37
(2)	施工技術の高度化	38
(3)	再開発技術の事例	38
2.3	地下ダム技術	39
2.4	調査・設計・施工の流れ	41

2.4.1	基本的な流れ	41
2.4.2	フィルダム	43
2.4.3	コンクリートダム	44
2.5	試験湛水とその後の管理技術	48
2.5.1	試験湛水	48
2.5.2	管理技術	49
第3章	農業用ダムを取り巻く自然・社会環境の変化と その対応	53
3.1	気候変動に関する課題	53
3.1.1	日本の気候変動の長期トレンドおよび将来予測などとその影響	53
3.1.2	近年の大規模水害	55
3.1.3	気候変動に対する適応策としての農業用ダム保全管理のための 影響評価	56
3.2	地震など自然災害への対応	58
3.2.1	基本的考え方	58
3.2.2	ダムの耐震性能照査（安全性評価）	61
3.2.3	ソフト対策としての業務継続計画	62
3.3	流域治水への対応	63
3.3.1	農業用ダムによる事前放流	63
3.3.2	農業用ダムの事前放流の治水効果の評価とその類型化	63
	(1) ピークカット効果の評価法	63
	(2) ダム地点でのピークカット効果の類型化	65
	(3) 下流河川のピークカット効果の類型化	67
第4章	農業用ダムの保全管理	70
4.1	一般・共通事項	70
4.1.1	保全管理工学とは	70
4.1.2	保全管理期間の区分	71
4.1.3	堤体等の安全管理	72
4.1.4	安全管理のための計測	73

4.1.5	臨時の計測，点検，監視	75
4.1.6	貯水容量の確保と堆砂状況調査	76
4.1.7	貯水池の周辺における計測・監視	78
4.1.8	洪水放流設備および取水・放流設備	80
4.1.9	管理組織と管理体制の基本	83
4.2	フィルダム	85
4.2.1	フィルダムの保安全管理の基本	85
(1)	はじめに	85
(2)	平常時における評価の着目点	85
(3)	地震時における評価の着目点	94
(4)	まとめ	95
4.2.2	フィルダムの挙動の評価	97
(1)	浸透流量の計測と分析	97
(2)	間隙水圧・浸潤面の計測と分析	109
(3)	変形量の計測と分析方法	122
4.3	コンクリートダム	131
4.3.1	コンクリートダムの保安全管理の基本	131
(1)	平常時における評価の着目点	131
(2)	地震時における評価の着目点	140
4.3.2	コンクリートダムの挙動の評価	141
(1)	浸透量の計測と分析	141
(2)	揚圧力の計測と分析	148
(3)	堤体変位の計測と分析	155
4.3.3	堤体材料の評価	164
(1)	ダム用コンクリートの種類と特徴	164
(2)	材料設計における要求品質	166
(3)	コンクリート物性の試験・評価方法	170
4.4	耐震性能照査	174
4.4.1	総論	174
(1)	耐震設計と耐震性能照査	174
(2)	国営造成農業用ダムの安全性評価	175

(3) 耐震性能照査における留意点	177
4.4.2 静的解析による照査	179
(1) 震度法と修正震度法	179
(2) 震度法によるダムの耐震性能照査	180
(3) 修正震度法によるダムの耐震性能照査	182
(4) 震度法・修正震度法の問題点とメリット	184
4.4.3 動的解析による照査	186
(1) 入力地震動	186
(2) 初期応力解析	191
(3) フィルダムの動的解析と照査	193
(4) コンクリートダムの動的解析と照査	200
4.5 地下ダム	210
4.5.1 堤体管理	210
4.5.2 貯留水管理	213
4.5.3 水質管理	215
4.5.4 塩分濃度管理	217
4.6 その他の保全	217
4.6.1 貯水池湖岸の保全	217
(1) 貯水池周辺の地すべりと斜面変動	218
(2) 地すべりおよび斜面変動の素因と誘因	218
(3) 地すべり等の調査と観測	218
4.6.2 堤体以外の洪水吐きなどのコンクリート構造物の保全	221
(1) 洪水吐き	221
(2) 監査廊	222
(3) (旧) 仮排水トンネルの保全	223
4.6.3 洪水放流設備および取水放流設備の保全	224
 第5章 農業用ダムの被災と復旧対策の事例	 237
5.1 十勝沖地震による幕別ダムの被害と復旧	237
5.1.1 幕別ダムの概要	237
5.1.2 平成15年(2003年)十勝沖地震による被害	238

5.1.3	開削調査と暫定復旧	239
5.1.4	本復旧	240
5.2	新潟県中越地震による川西ダムの被害	241
5.2.1	平成 16 年（2004 年）中越地震の特徴	241
5.2.2	川西ダムの概要と被災状況	241
5.2.3	観測計器の値	242
5.2.4	復旧計画	243
5.3	岩手・宮城内陸地震による荒砥沢ダムの被災状況と 大規模地すべり	244
5.3.1	地震および被害の概要	244
5.3.2	荒砥沢ダムおよび被災の概要	244
5.3.3	荒砥沢ダムの地震時挙動および被災状況	245
(1)	地震動と地震時挙動	245
(2)	堤体および附帯構造物の被災状況	246
5.3.4	ダム上流部における大規模地すべり	247
(1)	大規模地すべりの発生	247
(2)	荒砥沢ダム地すべりの土砂流出対策	248
5.4	東日本大震災による農業用ダムなどの被害と復旧	250
5.4.1	国営造成農業用ダムの被害と復旧	250
(1)	地震の概要	250
(2)	ダムの概要と被災状況	250
(3)	復旧およびその後のモニタリング結果	251
5.4.2	農業用ダムなどの決壊と復旧	253
(1)	ため池の被害	253
(2)	藤沼ダムの概要と被災状況	254
(3)	決壊原因とそのメカニズム	258
(4)	新堤体の構造と設計	259
(5)	運用中のダム挙動に基づいた安全性確認	260
(6)	まとめ	261

第 6 章 農業用ダムの保安全管理のための新たな技術展開	263
6.1 監視技術	263
6.1.1 ダムの監視技術の動向	263
6.1.2 農業用ダムの地震観測記録の蓄積	267
6.2 日常管理技術	273
6.2.1 関連する技術基準類の動向	273
6.2.2 保安全管理技術の今後の方向	274
6.2.3 情報通信技術（ICT）の活用	277
6.3 施設の診断技術と先端技術の活用	277
6.3.1 コンクリートダム材の機能診断技術	277
(1) ダムを対象とした機能診断技術の特徴	277
(2) 赤外線画像による外部コンクリートのひび割れ検出	278
6.3.2 アーチ式コンクリートダムの長期劣化予測技術	280
(1) 凍害劣化と堤体挙動	280
(2) 刀利ダムの堤体挙動	282
(3) 凍害劣化の長期予測	282
6.3.3 人工知能によるダムの健全性評価技術	284
6.4 農業用ダムの再生技術	287
6.4.1 農業用ダムに求められる機能の向上	287
6.4.2 想定を超える洪水への対応	288
6.4.3 農業水利事業によるダムの再生事例	289
(1) フィルダムの事例	289
(2) 重力式コンクリートダムの事例	290
6.4.4 貯水池堆砂問題への対応	292
6.4.5 省エネルギー化と再生可能エネルギーの利用促進	293
索引	300

本書の二次元コードを読み取ると、関連する図表や写真、追加コンテンツなどにアクセスできます。

また本書の最新情報は、右の二次元コードから参照できます。



第 1 章 農業用ダム概論

1.1 農業用ダムの定義・目的と関係法令・技術基準類

1.1.1 定義

ダムは溪谷，河川，凹地形などを横断して築造される構造物およびその付帯構造物の総称である。その目的によって，利水または治水のために水を貯留する貯水ダム，用水の取り入れに必要な水位を確保する取水ダム，および流送砂礫を貯留または調整する砂防ダムに分けられる¹⁾。ダムにより造成される貯水池の目的は灌漑用，工業用，都市用，発電用，洪水調節用などの直接目的のほか，観光，レクリエーション，養魚など副目的にも利用される。

関係法令である河川法第 44 条第 1 項のなかで，ダムは「河川の流水を貯留し，又は取水するため第二十六条第一項の許可を受けて設置するダムで，基礎地盤から堤頂までの高さが十五メートル以上のものをいう。」と注釈として（ ）内に記載されている。土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」（以下，「設計基準「ダム」」という）の基準の運用 1.2 においては，「基準 1.2 で定めたダムとは，流水を貯留する目的で築造された高さ 15 m 以上の構造物をいい，（後略）」と定義²⁾されている。なお，古来より存在するため池との相違は，ダムが，高さ 15 m 以上の構造物で，かつ近代的な設計理論に基づいて設計されたものと考えられることができる³⁾。また，設計基準では地上に築造される高さが 15 m 以上のダムを対象としているが，貯水を目的として築造される貯水施設としては地下ダムもある（本書 1.6 参照）。

1.1.2 目的

ダムは，洪水調節，農業用水，発電，水道用水，工業用水，不特定（流水の正常な維持）などを目的として築造される。発電，水道または工業用水などの複数の用に供されるものを「多目的ダム」という。多目的ダムは，特定

第2章 農業用ダム技術の変遷と作業工程の流れ

農業用ダムの設計・施工技術は、水資源開発の歴史の中で、先人たちがため池の築造・決壊・補修の繰返しを通じて培った技術と経験を基礎として発達してきた。その後、米国の土質力学の導入、岩盤工学など基礎学問の進歩、測量技術のほか、構造解析など計算技術の向上を背景としてさらに進化を遂げ、築造の経験と近代の工学理論との融和によって体系化されてきた。

ここでは、今日まで蓄積されてきたダム技術がどのように確立されてきたか、歴史的変遷から紐解いていく¹⁾。そして、実際の農業用ダムの建設から、運用、管理までの一連の流れ、各段階での留意点について説明する²⁾。

なお、農業用ダムは、第1章で説明したように、フィルダム、コンクリートダム、複合ダム（フィルダム＋コンクリートダム）、地下ダムに分類されるが、複合ダムは造成事例が少ないため、ここでは取り扱わない。

2.1 フィルダム技術

2.1.1 土堰堤による経験蓄積の時代（1885年以前）

この時代は、土堰堤（「ため池」ともいう）の時代であり、幾度かの決壊、修理、復旧などに基づく経験の蓄積により施設が築造された。初期のものは主として粘性土または砂質土からなる土堰堤（材料分類上のアースダム、図1.3のフィルダムの均一型に相当）で、古代より築造され、その多くが高さ15 m以下の小規模なものである。わが国で最も古い土堰堤は、今からおよそ2000年前に河内国狭山（現在の大阪府）に造られた依網池、荊坂池、反折池とされている。また、著名なものとしては現存するわが国最古のダム形式のため池である大阪府の狭山池（写真2.1）、わが国最大級のため池である香川県の満濃池、愛知県の入鹿池などが挙げられる。この時代の土堰堤はフィルダムのうちの均一型、傾斜遮水ゾーン型がほとんどであり、明治以前に築造されたものの中で堤高25 m以上のものは30基以上ある。なお、写

第3章 農業用ダムを取り巻く自然・社会環境の変化とその対応

3.1 気候変動に関する課題

3.1.1 日本の気候変動の長期トレンドおよび将来予測などとその影響

日本の年平均気温の上昇は世界平均よりも速く進行している。都市化の影響が比較的小さいと見られる気象庁の15観測地点で観測された年平均気温は、さまざまな時間スケールの変動を伴いながら、1898年から2019年の間に100年当たり1.24℃の割合で上昇している。とくに、図3.1に示すように猛暑日の日数は1990年代半ばを境に大きく増加している。

気象庁による予測では、いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、21世紀末（2076～2095年の平均）における日本の年平均気温は、20世

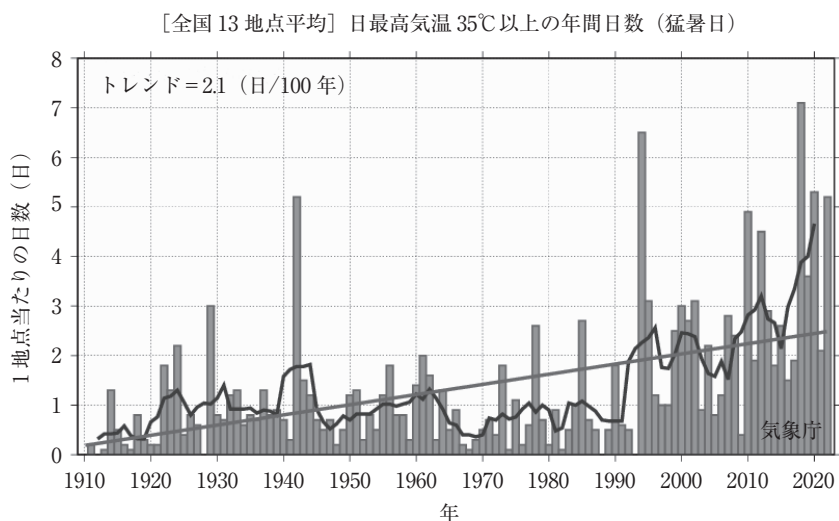


図 3.1 日最高気温 35℃以上の年間日数の変化¹⁾

第4章 農業用ダムの保安全管理

4.1 一般・共通事項

4.1.1 保安全管理工学とは

ここでは、はじめに技術用語としての「保安全管理」の意味を整理する。一般的な国語辞典では、「保全」とは、「安全であるように保護すること」、「保護して安全に保つこと」と、一方、「管理」とは、「組織や施設などを運営したり安全を図ったりすること」、「よい状態が続くよう処理すること」と解説されている。流域の上流部に位置し河川を締め切り大量の水（資源）を貯留する大規模施設であるダムの社会的使命から、第一に、その下流域の安全が保障される必要がある。したがって、保安全管理は、「対象物の安全を確保するためにその対象物を良好な状態に保つための一連の行為」と考えることができる。また、保安全管理工学は、この行為を実践するための工学的科学技術の体系である。農林水産省の担当部局が2023年5月に改定した管理基準（ダム編）¹⁾では、ダムの管理は、「ダムの機能を適切に発揮させるとともに、環境との調和及び施設の長寿命化を図る保安全管理に配慮しつつ、安全性を確保することを基本とする。」と明示されている。そして、「ダム管理の基本は、ダムが有する流水の貯留機能、流水に対する調節機能、取水機能を適正に発揮させるとともに、環境との調和及び施設の長寿命化を図りライフサイクルコストを低減する保安全管理に配慮しつつ、安全性を確保することである。」と明示されている。また、「ダムの堤体及びその他の構造物、基礎地盤、貯水池及び貯水池周辺地山の安全性を確保するとともに、ダムより下流の安全に配慮して行わなければならない」と記載されている。

このように、ダムの社会的重要性から高い安全性と施設機能の信頼度を保ち、災害防止を図りつつ河川管理上の安全性も確保する必要があることが強調されており、ダムの機能・性能のなかで安全性と信頼性が上位に位置付け

第5章 農業用ダムの被災と復旧対策の事例

5.1 十勝沖地震による幕別ダムの被害と復旧^{1),2),3),4)}

5.1.1 幕別ダムの概要

幕別ダムは、北海道中川郡幕別町に位置する均一型フィルダムである。堤高 26.9 m、堤頂長 335.0 m を有し、2004 年に竣工した。設計上の大きな特徴の一つは、池敷および上流側地山に連続する広大なブランケットが配置されていることである。これは、基礎地盤である砂岩・泥岩互層のうちの砂岩層が高透水性（透水係数の平均値は 1.3×10^{-3} cm/s）かつ低固結度であり、グラウチングによる止水性の確保が難しいことを考慮し、浸透量抑制対策として採用されたものである。図 5.1 に地山ブランケットの標準断面図を示す。保護層材には現地採取の河床砂礫を使用し、全層厚 2.00 m を上層（粒径 150 mm 以上、層厚 0.60 m）、中層（粒径 50～150 mm、層厚 0.60 m）、下層（粒径 0～50 mm、層厚 0.80 m）の 3 層で構成している。平常時最高水位は EL.76.9 m、最低水位は EL. 65.5 m、中間水位は EL. 71.0 m である。なお、本ダムでは、強震帯に位置したアースダムであることと基礎地盤の強度変形特性を考慮し、設計震度として 0.20 を採用し、修正震度法による耐震性の検討を補足的に実施している。

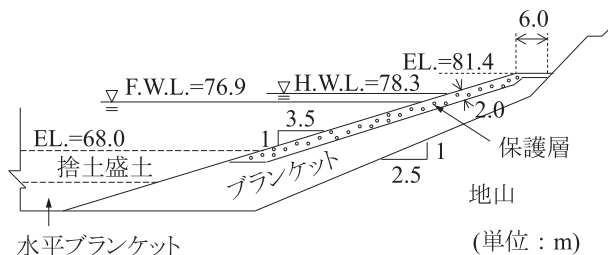


図 5.1 地山ブランケット標準断面図（文献 4）の図を一部修正）

第6章 農業用ダムの保全管理のための新たな技術展開

6.1 監視技術

6.1.1 ダムの監視技術の動向

ダムの管理として、施設管理者による「日常点検」および施設造成者（国営造成では農林水産省）による「定期点検」、「機能診断」、地震・洪水時などの「臨時点検」により、「巡視」「計測」「点検」が、ダム施設全体について、適時、対象施設・箇所で行われる。さらに、ダムなどの社会的に極めて重要な施設については、地震、洪水に備え、堤体および貯水池周辺斜面の挙動を監視して安全性を確認するため、データを適正かつ継続的に取得することが可能な監視するシステムも重要である。なお、「監視」は、ダムの異状、変状などが生じていないか、目視での巡視、各種機器による継続的な計測が主な内容である。近年の情報通信技術（ICT）の発達により、機器による監視技術は目覚ましく発展している。その計測項目には、堤体内の①漏水量、②変形、③揚圧力、④浸潤線、⑤地震動などがある。

ここでは、堤体の変状を監視・把握する新手法の開発・適用の動向を紹介する。2010年代以降、ICTを活用した効率的な手法の開発・導入が官民一体となって図られている。農業水利施設分野においても新手法の導入のための手引書¹⁾²⁾が整備されるなど普及が進んでいる。代表的な手法として、UAV（無人航空機、ドローン）に各計測機器を搭載して、堤体表面の画像を取得する手法は実用段階にある。この手法では堤体などのクラックの状況を効率的に把握することが可能であり、カメラを搭載したUAVによる画像撮影は実用化されている（写真6.1）。今後は、AI（人工知能）を活用し、画像解析などにより計測結果の判断、評価に活用されることが期待されている。

また、ダム堤体などの土木構造物の水中部の点検においては、水中ロボッ