

4.1 アジア太平洋地域におけるダム安全管理の現状調査

研究年度：令和6年度

研究分野：既設ダムの維持管理に関する調査研究

調査研究名：アジア太平洋地域におけるダム安全管理の現状調査

研究者名：山口 嘉一（理事）

【要約】

2025年5月に中国成都にて開催された国際大ダム会議（ICOLD）第28回大会・第93回年次例会において開催されたAPG地域会議の参加国（日本を含めて11か国）からの報告のうち、ダム安全管理に関する取り組み（8か国から報告があり、日本を除く7か国）についてその概要をとりまとめたものである。ここでとりまとめたアジア太平洋地域の国々におけるダム安全管理に関する情報が、読者の方々の安全管理に関する今後の取り組みに役立つことを期待する。

【キーワード】

国際大ダム会議、アジア太平洋地域（APG）会議、ダム安全管理、ダム再生、気候変動、地震被害、技術者育成

1. はじめに

2025年5月に中国成都にて開催された国際大ダム会議（ICOLD）第28回大会・第93回年次例会において、アジア太平洋地域参加国によるAPG地域会議が、角哲也 ICOLD 副総裁（アジア太平洋地域担当）（京都大学特任教授）を議長として、2025年5月18日の16:30～18:30に、大会・年次例会の会場である成都世紀城国際会議・展示センター（Chengdu Century City New International Convention and Exhibition Center）で開催された。

このAPG会議において、参加11か国（当日発表順：ミャンマー、マレーシア、ニュージーランド、ラオス、韓国、中国、日本、イラン、インド、インドネシア、オーストラリア）からはテーマ「ダムの安全にかかわる活動（法律、規制やガイドライン、計測と評価、人材育成、新技術等）」及び各国の大ダム会議等の活動報告が行われた。

APG会議参加各国におけるダム安全管理に関する取り組みを把握することは、海外のダムにおける本課題の現状を認識することにとどまらず、我が国における本課題に関する今後の取り組みの方向性検討についてのヒントになるものと考えられる。そこで、本稿では、今回のテーマに関する各国からの発表のうちダムの安全管理にかかわる活動・取り組みについて、各国の発表資料を参考にとりまとめて報告する。

参加11か国のうちダムの安全管理に関連した発表を行ったのは、ミャンマー、マレーシア、ニュージーランド、韓国、日本、インド、インドネシア、オーストラリアの8か国で、本稿では日本を除く7か国におけるダムの安全管理の現状についてとりまとめた。なお、日本に関しては、筆者が「日本におけるダムの安全管理」と題して、1)ダムの管理の現状、2)ダム安全点検の基本、3)ダムの安全性評価、4)地震後のダムの臨時点検、5)ダムの耐震性能照査、6)ダムの安全管理に導入されている新技術などについて紹介した。

2. ミャンマーにおける取り組み

大規模地震（ミャンマー地震（2025年3月28日）時のダムの安全性評価についての報告がなされた。なお、具体的な安全性評価の紹介があったのは、大規模RCCダム：2ダム、フィルダム（アースダム、ロックフィルダム）5ダムであった。

ミャンマー地震の諸元は以下に示すとおりである。

- ・M=7.7
- ・2025年3月28日12:50PM（現地時間）
- ・震央：マンダレー（Mandalay）近傍のサガイン（Sagaing）の北北西11km
- ・震源の深さ：10km
- ・震源断層：サガイン（Sagaing）断層

また、この地震によるダムへの影響の概要は以下のとおりである。

- ・ミャンマーの大半のダムが震源断層沿いに位置し

ている (図-1 参照)。

- ・地震直後に技術者によるダムの安全性点検が実施された。
- ・地震によるダムの決壊は発生していない。
- ・ダムの設計 PGA (Peak Ground Acceleration) よりはるかに大きい PGA が観測された観測所が存在した。
- ・すべてのダムにおいて、地震時の貯水位は幸いにも満水位状態にはなかった。

地震による影響を受けたダムの安全性評価の概要を RCC ダム (コンクリートダム) とフィルダムに分けて以下に示す。

○ダムの安全性評価: 2RCC ダム (Yeywa and Upper Paunglaung dams) (写真-1、写真-2 参照)

ミャンマーにおけるダムの計測・監視作業は、資格を有する技術者により体系的に実施されている。なお、Yeywa dam における計測項目は、基礎岩盤及び堤体下流の間隙水圧、堤体の継目変位、岩盤変位、浸透流量等、Upper Paunglaung dam における計測項目は、プラムライン、堤体の継目変位、浸透流量等である。また、これらのダムにおける点検・計測作業は、日、週、月ベースで実施されている。

上記の各種計測結果等に基づき、地震後も両ダムは安全な状況にあると評価された。

○ダムの安全性評価とクラック対応: 5 フィルダム (Ye New, Phyu, Yan Aung Myin, Chaungmagyi and Lower Paunglaung dams) (写真-3 参照)

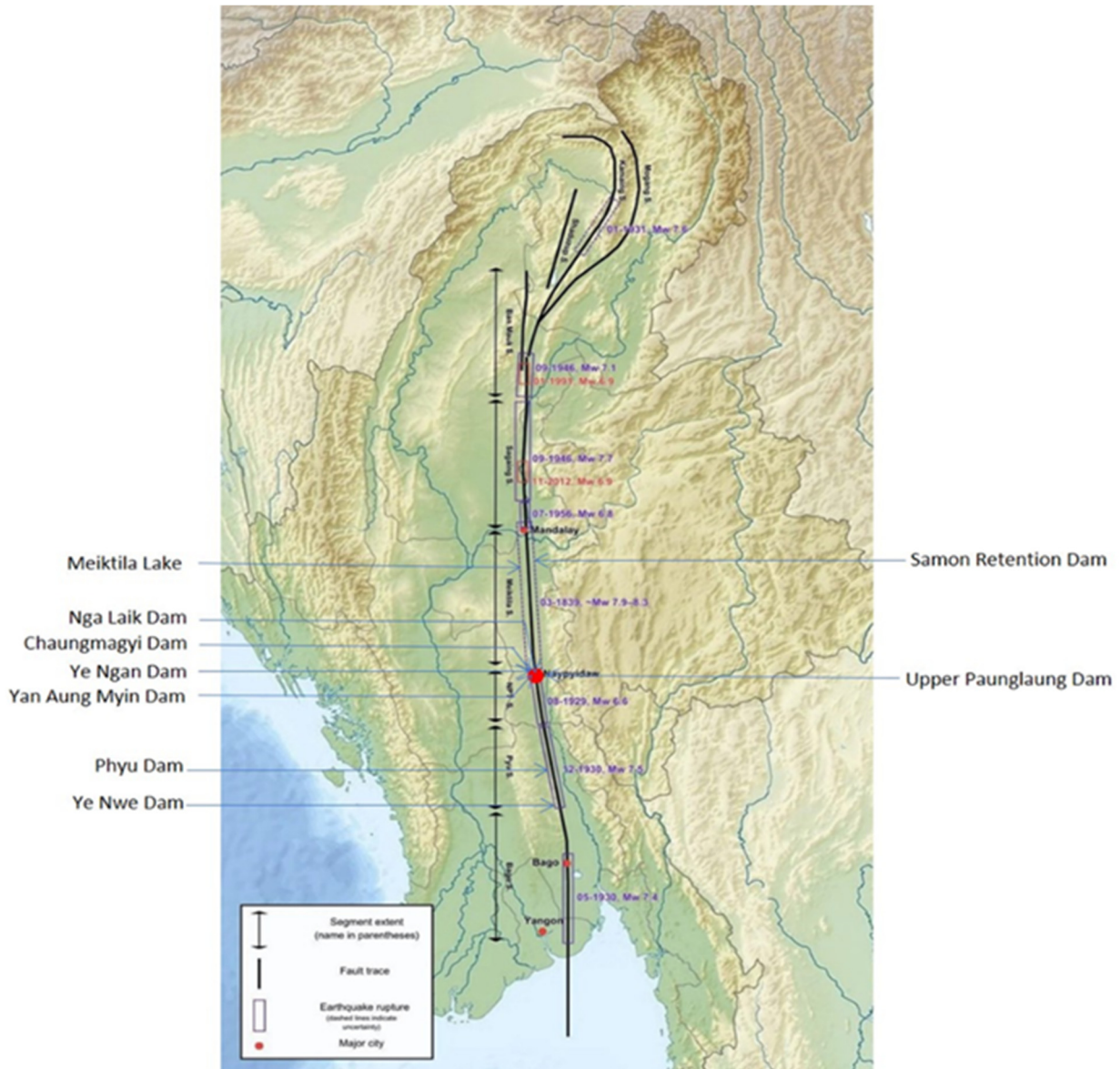


図-1 震源断層とダムの位置



写真-1 Yeywa dam



写真-2 Upper Paunglaung dam



写真-3 ゾーン型ロックフィルダムである Phyu dam の堤頂部に発生した縦断方向クラック

- ・フィルダムに発生したクラックの初期対策としては、砂の充填とそれを水で湿らせて締めることが推奨される。
- ・クラック、特に上下流方向のクラックについては、クラック深度を確実に確認しなくてはならない。
- ・すべてのクラック等の補修をモンスーン襲来時期よりも前に終了しなくてはならない。
- ・クラック等の損傷部は選定・試験済みの材料により埋め戻す。
- ・ダム天端の損傷を確実に復旧しなくてはならない。
- ・地震により地盤高が変化している可能性（例えば、液状化による沈下など）があるため、基準点の取り扱いには留意が必要である。
- ・フィルダムの浸透流観測システムの検定が必要である。
- ・降雨に対しては、大きな（幅が広く、長いと推察）クラック防水シートにて覆う必要がある。

3. マレーシアにおける取り組み

マレーシア大ダム会議（MYCOLD）は、戦略的計画2024-2026「安全なコミュニティのための弾力的ダム」において、下記の6つの目標を掲げ精力的な活動を行っている。この活動において最も重要なことは、MYCOLDがダムの安全管理の実装を支援し、重要情報の仲介を図るとともに、政府系及び民間のダムにおける実践と国際レベルのダム専門家を結びつけることにあるとしている。

<6つの目標>

- ・ダム技術者の必要能力の改善及び開発
- ・資格取得プログラムの増加と提供
- ・世界のダム専門家との交流
- ・ダム関連指針の提供と普及
- ・社会的責任の遂行
- ・研究開発

マレーシアにおける「ダムの安全管理」に関する法令・指針としては、マレーシア政府によりダム安全管理指針が2017年に制定されており（図-2参照）、以下のような検討を併記している頻度で行っている。

- ・ダム決壊解析（DBA）：5年ごと
- ・緊急行動計画（EAP）：5年ごと
- ・ダム安全性評価（DSR）：5年ごと
- ・ダム安全性点検（DSI）：毎年
- ・調査・監視作業：毎年
- ・ダム目視点検（DVI）：日常



図-2 マレーシアのダム安全管理指針（2017）

また、マレーシアにおけるダムの監視、放流調節、新技術について紹介した。なお、新技術に関連して、Sg. Perak 水力発電所再生事業における技術として、1)発電所のリハビリ、近代化、高性能化により30-40年の延命、2)最新技術により現発電所の信頼性及び効率の改善、3)ダム等の土木構造物の統合機能及び安全性の向上を紹介した。さらに、ダムの安全管理へのリスクを認識した意思決定（RIDM）の導入、貯水池への流入予測システム、ダム貯水池の統合管理システム（RIMS）などの紹介もされた。

4. ニュージーランドにおける取り組み

ニュージーランドにおけるダムの「設計・建設」及び「建設後の安全管理」に関する法令、指針、実施組織の関係を図-3に示す。

ダムの安全管理に関する規制については、ニュージーランド政府により2022年に法令化され、既設ダムの安全に関する最低限の必要条件として、ダムの決壊に伴う影響評価、ダムの安全性保証する取り組みと監査を規定している。

また、ダム安全性指針（図-4参照）は、ニュージーランド大ダム会議（NZSOLD）により2022年に改訂発刊されており、以下の7章から構成されている。なお、この指針についてはwebサイトにおいて公開されている（<https://nzsold.org.nz/dam-safety-guidelines-2024/>）。

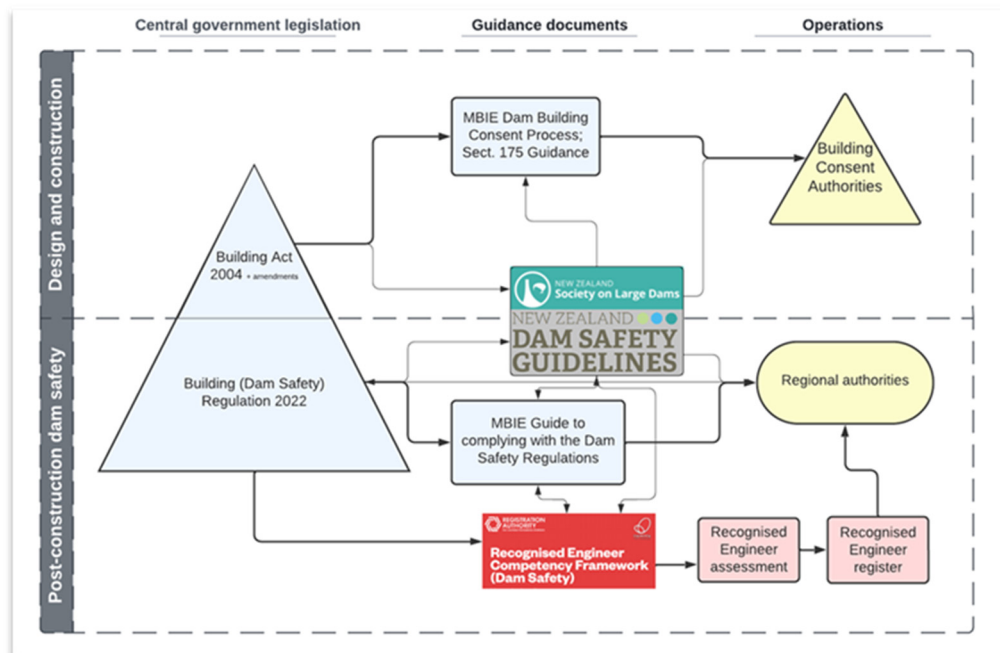


図-3 ニュージーランドにおけるダムの「設計・建設」及び「建設後の安全管理」に関する法令、指針、実施組織の関係

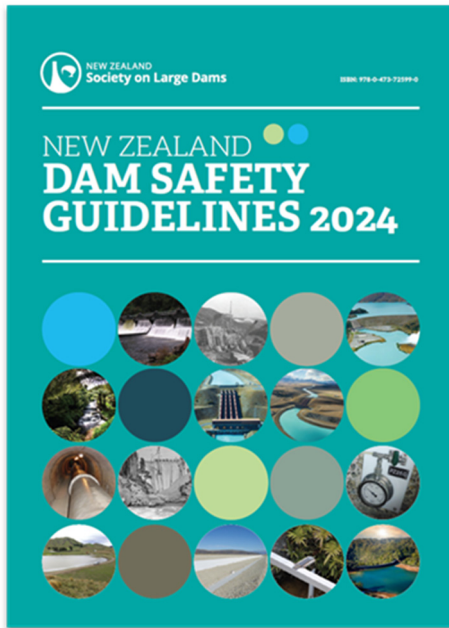


図-4 NZSOLD が改訂発刊したダム安全性指針 (2024 年)

- ① 法令の前提条件
- ② 影響評価とダムへの影響分類
- ③ 調査、設計と解析
- ④ 建設と試運転
- ⑤ ダムの安全管理
- ⑥ 緊急対応準備
- ⑦ ライフサイクル管理

なお、ダム安全性指針の改訂にあたっては、旧版である 2015 年版発刊以降の使用者からのフィードバック、ニュージーランドのみならず国際的な技術動向の変化、さらには 2022 年のダム安全管理の規制の法令化が考慮されている。また、この指針は、25 名の著者による執筆及び 20 名の査読者（ニュージーランド 18 名、国外 2 名）による査読を得て完成している。

また、ダムの安全性に関して重要な課題である、地震動評価や貯水池静振（セイシュ）に対する評価についての事例紹介も行われた。

さらに、NZSOLD は安全管理を含む下記のことを踏まえて、積極的に能力開発支援を実施している。

- ・ニュージーランドでは、今後それほど多くの大ダムを建設する計画はない。
- ・老朽化ダムの増加と水力発電の耐久性の重要性。
- ・ダム安全に関する法令を適切に導入するためには、適切な資格と経験のある技術者承認制度が必要である。

・現在の挑戦と課題：リハビリと機能向上、危機管理のための技術革新、関連法令制定。

5. 韓国における取り組み

韓国においては、現在、韓国政府により第 1 回ダム管理基本計画（2024-2033）が遂行されている。

法令上の規定として、「ダム管理に関する計画の 10 年ごとの設定と 5 年度ごとの更新」、「国家水資源管理委員会（National Water Resources Management Commission）による審議」があげられている。なお、計画期間である 2024 年-2033 年の 10 年間に、堤高 15m 以上の多目的ダム、洪水調節ダム、水供給ダム、水力発電ダム（全 150 ダム）を対象に実施することとしている。

なお、本計画のビジョンは「全市民が楽しめる安全なダム」で、目標は「ダムの機能と価値の向上」で、以下の 3 基本項目を挙げている。

- 気候変動への対応
- スマートダムの基本となる高度技術
- 人類と自然の共生

また、韓国においては、老朽化ダムの再生事業を推進しており、具体的な事例の紹介がなされた。

まず、気候変動による降雨及び洪水の極端事象の発生に伴う越流リスクに直面しているフィルダムを対象とした洪水調節容量増強事業の紹介があった（図-5 参照）。

また、気候変動に伴う洪水リスクに加えて、全般的なダムの安全性の向上（耐震性能向上、ダム施設の劣化補修）に焦点を当てたダム安全性増強事業の紹介があった（図-6 参照）

また、老朽化ダムの管理に向けたデジタル技術の適用として、以下のような技術が例示された。

- ・フォトグラメトリー*)によるダムの 3D モデリング
- *)フォトグラメトリー (Photogrammetry) とは、Photo(光・写真)・gram(記録)・metry(測定)を合わせた造語で、「写真を使って測定する」という意味。
- ・ダムのクラックや変状を検出する AI 学習データ
- ・幅 0.5mm 以下の微細クラックの可視化
- ・浸透パターンなどの非可視化情報の可視化
- ・2D、3D の浸透流解析



図-5 フィルダムの洪水調節容量増強事業



図-6 ダム安全性増強事業

・よりよいダム安全管理のためのデジタルツイン
 **）モデル

**）デジタルツインとは、現実世界の物体や環境から収集したデータを使い、仮想空間上に全く同じ環境をあたかも双子のように再現する技術。

最後に、安全管理とは直接関連はないが、再生可能エネルギーとしての水力エネルギーとして、水力発電（ダム）、浮上式太陽光パネルによる発電、潮位発電、揚水発電などについても言及した。

6. インドにおける取り組み

(1) インドのダム安全性の概況

インドには6628ダム（完成後100年以上経過したダム291ダム、堤高100m以上のダム26ダム）が存在している。

インド大ダム会議（INCOLD）はダム安全性の実践を推進している。

(2) 法令と指針

インド政府が制定した「The Dam Safety ACT（ダム安全法）（2021）」において、ダムの調査、点検、運用及び維持管理に関する主要規定が示されるとともに、この法を適用する大ダムを明確にしている。

(3) ダムの監視と評価

インドにおいては、ダムの監視と評価を、以下のような観点で実施している。

- ・構造健全性監視
- ・ダムの健全性とリハビリのための監視の適用
- ・点検を確実にを行うための手順
- ・ダム決壊リスク評価
- ・ダムのリハビリ及び補修事業
- ・ダムの総合拠点（COE）の設置

(4) 能力開発支援

INCOLDは、ダム関連技術等に関して、ワークショップ、セミナーなどの開催及び意識向上プログラムを積極的に実施し、能力開発支援を推進している。

7. インドネシアにおける取り組み

(1) インドネシアの自然条件とダム建設

インドネシアにおけるダム開発の制約条件として、地形的特徴、流域面積、水文、地震特性などがある。

(2) 弾力的ダム管理に向けた挑戦

インドネシアが目指している「弾力的ダム管理の構築」に向けた取り組みに関する主要課題として、気候変動による洪水流量の増加と水資源不足、法令と指針の制定が挙げられた。

(3) ダムの監視

ダムの監視という観点から、インドネシアにおいては以下に示すような課題がある。

- ・ダムの長期的な機能と安全性を保証するためには継続的な監視が必要である。
- ・ダムの監視に関して政府は基準を制定するとともに、ダムの管理者から提出された定期検査報告書を検証する必要がある。
- ・25年後には、完成後50年を経過するダムが大ダムの65%に及ぶ（図-7参照）
- ・堆砂は貯水容量を減少させるとともにダムの寿命を短くする。
- ・世界的には、2050年までに大ダムの初期容量の26%を堆砂により失い、インドネシアでは2070年までに24%喪失する推定である。
- ・インドネシアでは、年間0.5-1.0%の容量喪失が続いている（図-8参照）。

(4) ダムの評価

ダムの評価という観点から、インドネシアにおいては以下に示すような課題と対応がある。

- ・ダムの設計、施工、運用に関する法令の整備
- ・National Dam Safety Panel の設置（専門家委員にはインドネシア大ダム会議（INACOLD）からも選出）
- ・運用ダムの安全性に関する検討も実施：材料の劣化、構造的健全性、水理的・運用上の課題、繰り返し荷重の影響と材料疲労、維持管理の課題と経済性との関連

(5) 老朽化ダムの管理事例

インドネシアにおける老朽化ダムの管理における課題とその対応についての事例として、以下の2事例が紹介された。

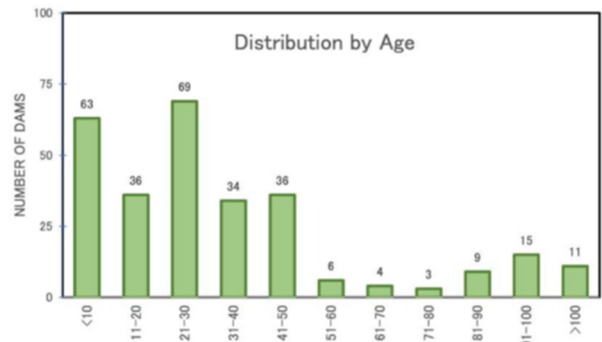


図-7 インドネシアのダムの建設後の経過年数

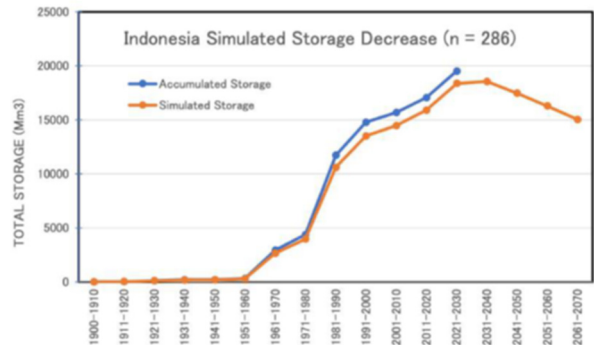


図-8 インドネシアのダムの堆砂による容量喪失の現状と将来予測

○Sutami Dam (完成後50年のアースフィルダム)

- ・天端表面のクラック（2014）→各種調査→長期間の貯水位変動に伴う材料表層部の沈下が原因→地震時安定性に関する解析的検討→ダムの運用再評価（2019-2020）

○Jatiluhur Dam (完成後60年のアースフィルダム)

- ・不適切な変位監視とダム安全性のリスク（2022）
→Structural Health Monitoring System (SHMS) 適用の必要性
- ・解決策の提案（2024）：1)リアルタイム監視システムの導入、2)AIを活用した統合解析処理装置の設置、3)意思決定支援システムの導入、4)使いやすいGUI (User-friendly Graphical User Interface) の導入

(6) 新技術の導入

インドネシアのダム分野における新技術導入の課題と現状を以下に示す。

- ・ダム建設における新技術の導入に向けて、運用研究や継続的な現場適用が必要である。
- ・革新的解決策を目指して INACOLD においては積極的な議論を開始している（課題：1）気候変動に順

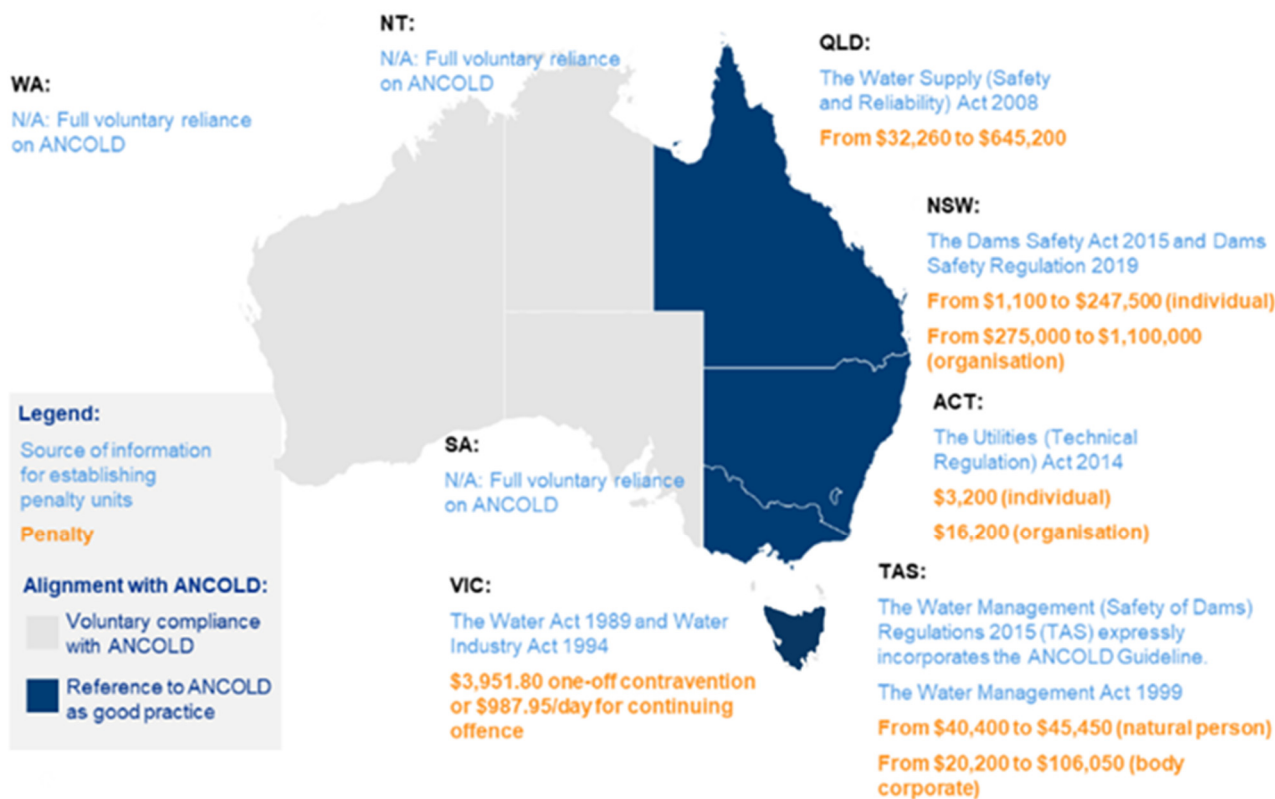


図-9 オーストラリア各州の安全管理に関する規定

応するダム、2)ロックフィルコンクリートダム、3)ダム安全監視におけるロボットシステムの導入、4)貯水池浮上式太陽パネル (Floating solar photovoltaic protocols)、5)AIの適用)。

・INACOLDは政府と共同で大ダムの設計、施工、運用の指針を向上させている。

8. オーストラリア

オーストラリア大ダム会議 (ANCOLD) の最近の優先課題、指針 (新しいし更新) の概況について紹介がなされた。

オーストラリアにおけるダム安全管理の法令として、各州の規定を図-9に示す。また、オーストラリアにおけるリスクマネジメントの実践 (ダム安全リスクのフレームワークの適用と事業リスク管理) 状況に関する紹介がなされた。

さらに、オーストラリアのダム分野における能力開発支援構想として (1)若手技術者育成、2)高等教育機関 (Tertiary Institutes) との協業、3)会員向け活動 (活動の透明性向上、技術開発・向上のためのフォーラム開催、国際協力など) があり、ANCOLDは積極的な活動を行っている。

9. おわりに

本稿は、2025年5月に中国成都にて開催された国際大ダム会議 (ICOLD) 第28回大会・第93回年次例会において開催されたAPG地域会議の参加国からの報告のうち、ダム安全管理に関する取り組みについてその概要をとりまとめたものである。

ここで紹介したアジア太平洋地域の国々におけるダム安全管理に関する情報が、読者の方々の安全管理に関する今後の取り組みに多少なりとも役立てば幸いである。

なお、本稿をまとめるにあたって、APG地域会議の事務局を担当している日本大ダム会議より、APG地域会議の各国の発表用スライドの情報を借用させていただいた。末筆ながらここに記して感謝の意を表したい。