

今後の堤防の維持管理について

～欧米の状況をふまえて～

THE FUTURE VISION OF THE MAINTENANCE OF RIVER LEVEES

森 啓年¹・笹岡信吾²・服部 敦³

Hirotoishi MORI, Shingo SASAOKA and Atsushi HATTORI

¹正会員 博士（工学） 国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1）

²正会員 国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室

³正会員 博士（工学） 国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室

The maintenance of river levees in the United States, the United Kingdom, Netherland, France and Germany is introduced in this paper. It is summarised that the visual inspection commonly plays the major part of the maintenance. Moreover, the maintenance in the U.S. and the U.K. is characterised by the analysis of the visual inspection results based on risk or whole life cycle cost. As the conclusion of this paper, the maintenance in Japan is discussed considering the condition of river levees in the country.

Key Words: river levee, maintenance, inspection

1. 序論

(1) 背景

平成 25 年に河川法が改正され、河川管理施設の維持管理が位置付けられた。従来から国直轄の河川においては、河川管理施設の点検及び巡視を実施し、変状が発見された場合は必要に応じて補修を行うことで維持管理に努めてきたところである。河川管理施設の一つである堤防は、長い延長を持つ土構造物であり、その治水機能を保全するため、より効率的・効果的な堤防管理方法を模索していく必要がある。

また、河川砂防技術基準維持管理編〔河川編〕には、河川維持管理の技術的基準を定める際の基本的な考え方を、「経験的に行われてきた河川維持管理の実施内容あるいは水準等を変更する場合には、工学的な根拠等に基づく必要があるとともに、今後の維持管理の水準を高めるため、技術的な知見の蓄積を図る必要がある」としている。現場での目視点検の実施方法を定めた「堤防等河川管理施設及び河道の点検要領」¹⁾は、平成 23 年 5 月に案が作成され、その後 2 回見直されている。それらの結果をもとに堤防の維持管理のあり方を検討し続けていくことが重要である。

(2) 目的

本総説は、米国と欧州（英国、蘭国、仏国、独国）における堤防管理について、その枠組み及び点検方法、結果の活用方法について概略をまとめた。それらをもと

に、我が国の今後の堤防管理の方向性を検討する。

2. 米国

(1) 堤防管理の枠組み

米国における河川管理や防災に関する政策立案等は、主に国防総省米国陸軍工兵隊（U.S. Army Corps of Engineers：以下、USACE）、連邦緊急管理庁（Federal Emergency Management Agency：以下、FEMA）が所管している。現場における河川管理は、連邦が管理する堤防（連邦堤防）については USACE が、他の堤防については州政府等の地方自治体が主に管理を担当している（自治体堤防）。

全米のおよそ 233,300km に及ぶ河川堤防のうち、USACE が管理している 10 % の連邦堤防に対しては「USACE 堤防安全プログラム」（Levee Safety Program）²⁾を実施している。このプログラムは洪水被害のリスク管理と、堤防のアセット管理の二面から構成されており、年次点検と 2 年に 1 回の定期点検、リスク評価が行われる。自治体堤防については、2005 年のハリケーン・カトリーナとハリケーン・リタによる大規模な被災や、連邦堤防と自治体堤防で維持管理基準が異なるなどの背景から、USACE 堤防安全プログラムをベースに全米統一の堤防維持管理手法「国家堤防安全プログラム」（National Levee Safety Program）を策定中である。

国家堤防安全プログラムは連邦政府、州政府、自治体、専門家、民間で構成される国家堤防安全委員会（National

Committee on Levee Safety : 以下, NCLA) において, ワークショップ等の開催を通じて具体的な方策を検討している. NCLA は 2009 年 1 月に「国家堤防安全プログラムへの勧告」(Recommendations for a National Levee Safety Program)³⁾ と題した提言を発表した. 当提言では「包括的・一貫性のある国のリーダーシップ」, 「州政府管理の堤防安全プログラムの開発・維持のための補助」, 「既存の連邦プログラムの連携」という 3 つの基本方針の下, 20 の提案を行っている.

(2) 堤防点検の方法

USACE 堤防安全プログラムは, 連邦堤防の維持管理のみではなく, 「自治体堤防支援プログラム」(Rehabilitation and Inspection Program : 以下, RIP) にも活用されている. RIP は自治体堤防を対象に, USACE 堤防安全プログラムに示す点検基準を満たすものについては, 被災時の補助金交付を認めるものである. 自治体堤防に対しても, 連邦堤防と同等の点検基準への適合を要求することにより, 適切な堤防管理に誘導している.

USACE 堤防安全プログラムに示される点検は, 連邦堤防については年次・定期点検が実施されている. 一方, 自治体堤防については, 初期点検が行われた後, 年次・定期点検が行われる. 点検にあたっては, USACE の技術者や専門家が実施し, 自治体堤防については, 堤防管理者の参加も求められる.

年次点検においては, 堤防に加え堤防システムを構築する洪水防護壁, ポンプ場, 排水機場, 水路などを対象に 125 の部位について, 具体的な基準値等を用いた 3 段階(満足, やや満足, 不満足)で評価している. 一例として, 亀裂及び法面の基準を表-1 に示す. また, 各部位の評価結果をふまえて, 堤防システム全体の評価をこれも 3 段階(良 (Acceptable), 可 (Minimally Acceptable), 不可 (Unacceptable)) で実施しており, 125 の部位の最低の評価が, 全体評価にも反映される. その結果をもとに, RIP の評価も実施され, 良もしくは可であれば有効 (Active), 不可であれば無効 (Inactive) と評価される. なお, USACE の堤防管理の担当者によると, 基準値は厳密な根拠があるわけではなく, 経験的に目視で判別できる値を採用しているとのこと.

なお, これらの点検結果は, 堤防管理者だけでなく, FEMA とも共有され, 同組織が堤防の設置認可や洪水保険の計画を策定する際に活用される. また, 点検情報は全て National Levee Database (以下, NLD) に蓄積される. 同データベースは堤防とその周辺の情報がリアルタイムで更新されており, 地理情報, 点検結果, 特定地点の天候まで閲覧することができる. 現在, 連邦堤防はすべて登録されているが, 自治体堤防については一部のみの登録にとどまっている. なお, NLD に登

表-1 亀裂及び法面の評価基準値 (米国)⁴⁾

項目	評価	基準
亀裂	満足	- 縦断, 横断, または乾燥による微少な亀裂, ただし鉛直方向のずれがないこと - 天端を横断する亀裂がないこと
	やや満足	- 縦断, 横断の深さ 6 インチ (15 センチ) までの亀裂, ただし鉛直方向のずれがないこと - 天端を横断する亀裂がないこと. 縦断亀裂の長さは, 堤防高さより短いこと
	不満足	- 深さ 6 インチを超える亀裂. 堤防高さより長い縦断亀裂, もしくは鉛直方向のずれがあること - 堤防幅に及ぶ横断亀裂
法面の安定性	満足	地すべり, ぬかるみ, 引張亀裂, 地盤沈下, 隆起の形跡が見られない
	やや満足	軽度の斜面安定性の課題があるが, 機能不全に陥ることはないとは判断される場合
	不満足	深刻な斜面安定性の問題 (深いすべりなど) が観察され, 堤防の健全性のために修繕が必要とされる場合

録されているデータのうち, 一般に公開されている情報は全体の約 50 %, 自治体に公開されている情報は約 90 %, USACE および FEMA はすべての情報が閲覧可能である.

(3) 点検結果の活用方法

点検結果は, 前述の自治体堤防支援プログラムのほか, USACE による堤防安全対応区分システム (Levee Safety Action Classification System : 以下, LSAC システム) により, 緊急度の高い堤防から順に対応を行うためにも活用されている. LSAC システムは, 現場で収集した点検結果, 各堤防の諸元や地盤状況, 過去の点検・修繕履歴, 背後地の状況などをもとに, 洪水の被災確率と被災時の人命損失量の積で表されるリスク量を各堤防について 5 段階 (非常に高い 1 ~ 正常 5) に区分するものであり, 緊急度の高い堤防から順に補修・更新を行う仕組みを構築している. USACE のリスクマネジメント担当者によると, 約 10 年前までは経年劣化対策として堤防のマネジメントを行っていたが, ハリケーン・カトリーナの災害以降はこのようなりスクマネジメントベースとした方法に転換したとのことである.

3. 英国

(1) 堤防管理の枠組み

英国における河川管理行政は政策立案と管理実施の機関が分かれており, 環境・食糧・農村地域省 (Department

for Environment, Food and Rural Affairs) が政策や指針の策定, 補助金交付等を担当している。また, 河川管理の責任は河岸所有者が負うとされ, 主要河川や土地所有が不明な区間等の管理は, 環境庁 (Environment Agency : 以下, EA), 治水組合, 自治体等が実施している。なお, EA が管理している河川堤防の延長は全体の 6 割程度になる。

近年, 英国で洪水が多発している状況に鑑み, 2010 年に洪水及び水管理法令 (Flood and Water Management Act 2010) が制定され, EA 等は, 一定の条件下で, 洪水・海岸侵食リスクに影響を及ぼす河岸・海岸施設を指定する法的権限を有することとなった。その指定を受けた河岸・海岸施設について, 河岸所有者は洪水リスク等に影響を及ぼす変更等は行えない。また, 一定の条件を満たす場合に, 河岸所有者の承認などを経て, EA 等が河川管理施設の管理に介入できる権利が生じる。

英国では, 洪水対策の強化のため, 河川維持管理手法の統一化に向けた取り組みを推進中である。これまで英国では, 河川堤防の管理主体が重層化し, 責任の範囲が曖昧であったため, 各地域, 河川, 管理主体によって河川管理施設の維持管理の方法が異なり, 統一化されていなかった。現在, 洪水対策のさらなる強化のため, 堤防管理手法や体制を統一化する必要性が認識されており, 責任・活動範囲の明文化や基準の策定, 技術研究開発等の取り組みを推進している。

(2) 堤防点検の方法

EA による堤防点検は, 「状態評価マニュアル」 (Condition Assessment Manual : 以下, CAM) に従って, 3 日間の研修を受けた点検員により実施されている。なお, 点検頻度は 1 年に 1 回を標準としている。

点検は, 堤防に加え堤防システムを構築する水路, 構造物, 護岸などを対象にしている。堤防の評価項目は, 法面と天端に区分され, その状態を非常に良い (Very Good) から非常に悪い (Very Poor) まで, 5 段階で評価出来るよう, 具体例が写真により示されている。法面及び天端の基準を表-2 及び表-3 に示す。

劣化曲線は全体ライフコスト (Whole Life Cost : 以下, WLC) を算定する際に活用されている。維持管理の目標水準の設定では, 費用対効果の高い維持管理方法を選択することになっている。具体的に, EA では, 堤防の形状に応じた劣化曲線を作成している⁸⁾。維持管理方法と劣化曲線の組み合わせから, WLC を複数算定して, 評価を行っている。あわせて, 維持更新の時期や費用を感度分析し, WLC が最少となるパターンも検討している。

なお, EA が開発, 管理する河川関連施設の情報を管理する国家洪水沿岸防御データベース (National Flood

表-2 法面及び天端の評価基準 (1) (英国)⁶⁾

法面	天端
状態 1 : 大変良い (Very Good) - 性能には影響しないような表面的な欠陥	
	
● 斜面は安定しており, 急傾斜ではない ● 保護的植生によって覆われている ● 動物の巣穴はない ● 法尻護岸等に回転や変形の兆候がない	● 天端に凹凸がない ● 植生で覆われており, 管理が行き届いている ● 侵食や, 亀裂の危険性がない
状態 2 : 良い (Good) - 堤防の全体的な性能は低減させない程度の小さな欠陥	
	
● 良好な状態。小さな欠陥あり ● 小規模な動物の巣穴 (粘土質の堤防) ● 安定した斜面 ● 植生に覆われているが, むらあり ● 軽度の越水の形跡あり	● 植生によって覆われている ● 芝刈りによる轍あり
状態 3 : 普通 (Fair) - 堤防の性能を低減させる可能性のある欠陥あり	
	
● 軽度の欠陥あり ● 構造下部の植生が剥げている部分や法尻の洗掘あり ● 植生の手入れをする際に傾斜が急すぎる ● 表面の軽い地すべりや天端と並行に亀裂あり	● はげている箇所が多数 ● 轍や浸食あり ● 天端の高さが不ぞろい

and Coastal Defense Database) に堤防の点検, 補修の情報は実施後 10 日以内に登録されることとなっている。

(3) 点検結果の活用方法

EA は, 堤防管理の目標水準として, CAM における良い (Good) ~ 悪い (Poor) の 3 水準を設定しており, それぞれに対応した維持管理方法が検討されている (表-4)。また, それぞれの維持管理方法に対応した劣化速度が設定されている。劣化速度の設定にあたっては, 過去のデータを検証したり, 理論的な検討を行ったり, 関係する技術者の判断で各劣化レベルへの到達年が決定された。しかし, EA の担当者によると, 実際には 2007 年,

表-3 法面及び天端の評価基準 (2) (英国) ⁶⁾

法面	天端
状態4：悪い (Poor) - 堤防の性能を著しく下げる欠陥。 さらなる調査が必要  - 斜面・構造下部が不安定 - 表面が侵食されている - 第三者の利用や家畜の侵入による劣化	 - 天端の欠損 - 地盤沈下による高さの不ぞろい - 越水の形跡あり - 家畜や車両による激しい轍がある - 芝のはげ部分多数
状態5：大変悪い (Very Poor) - 深刻な欠陥による完全なる機能不全  - 川表側の深刻なすべり - 増水時には堤防に決壊の恐れあり - 大規模な動物の巣穴 - 越水による川裏側の大規模な侵食あり	 - 完全に崩壊 - 侵食や、横断方向への貫通した亀裂

表-4 目標水準と維持管理方法 (英国) ⁷⁾

目標水準	維持管理方法の概要
状態4:悪い (Poor)	- 点検, Health & Safety(H&S) 修理 (一年に一度) - 状態3から状態4への移行期に大規模な修理・メンテナンス - 状態5でアセットの更新
状態3:普通 (Fair)	- 点検, H&S 修理 (一年に一度) - 状態3を維持するために EA が設定したメンテナンス活動を実施 - 状態3から状態4への移行期に大規模な修理・メンテナンス - 上記移行期以降はメンテナンス頻度を増加 - 状態5でアセットの更新
状態2:良い (Good)	- 点検, H&S 修理 (一年に一度) - 状態2を維持するために EA が設定したメンテナンス活動を実施 - 状態3から状態4への移行期に大規模な修理・メンテナンス - 上記移行期以降はメンテナンス頻度を増加 - 状態5でアセットの更新

2010年, 2012年に大きな洪水被害が発生したため, 目視点検の結果を見る限り, 設定した劣化曲線よりも実際は早く劣化しているとのこと。劣化曲線はあくまで仮定値であり, 仮説とその検証から劣化曲線を実態に近づける考え方を採用している。

表-5 品質・緊急性評価と優先順位付 (蘭国) ⁹⁾

品質評価	緊急性評価	優先順位付 (品質評価+緊急性評価)
良い: 0 普通: 1 良くない: 2 悪い: 3	低: -1 中: 0 高: 1	緊急更新, 緊急復旧: 4 禁漁期に向けて復旧: 3 予後観察, 将来的に復旧: 2 対策不要: 0 及び 1

4. 蘭国・仏国・独国

(1) 蘭国の堤防管理

蘭国においては, 点検は目視による点検と, センサーによる詳細点検の2つに区分されている。定期点検として実施時期や目的の異なる7種類の点検が設定され実施されている。点検の記録は, DigiSpectie と呼ばれるソフトウェアを使用し, 標準化された上でデータ化されている。堤防の状態は, 4段階で評価されており, 評価結果はデータベースと連結している。あわせて, 緊急性を3段階で評価し, 2つの評価結果を足しあわせることで各施設の補修の優先順位付けを行っている (表-5)。

(2) 仏国の堤防管理

仏国においても, 点検は目視による点検が一般的である。点検は, 大きく初期点検, 定期点検, 洪水点検, 洪水後点検, 特別点検の5種類に区分され, 堤防の状態は4段階で評価されている (表-6)。点検データは SIR Diagues と言われる GIS ベースのシステムが使用されている。

(3) 独国の堤防管理

独国においては, 点検は目視による点検が一般的である。堤防の状態は写真による例を示した5段階で評価されている (表-7)。構造物ごとに, 構造物の諸元を記録するシートと, 構造物の状態を評価するシートを設けており, それらの結果を踏まえて, 具体的な修復措置内容および修理費用をまとめている。定められた評価手順に従うことで, 個々の対策の優先順位付け, 統一基準の導入, 人員・資材等のリソース管理, 中長期財政計画の作成が可能になるとしている。

5. 結論

(1) 欧米の堤防管理方法

ここまで米国と欧州 (英国, 蘭国, 仏国, 独国) における堤防管理について, その枠組み及び点検方法, 結果の活用方法について概略をまとめた。

各国に共通するのは, 点検手法においては目視主体で実施しており, 基準値もしくは写真による評価を行い, その結果を全国的なデータベースに蓄積している

表-6 変状区分の概要（仏国）¹⁰⁾

区分	内容
0	構造の安定性に影響しない，進行の可能性が低い
1	構造の安定性に影響しないが，進行の可能性はある
2	構造の安定性に影響する可能性がある
3	構造が不安定である

表-7 変状区分の概要（独国）¹¹⁾

区分	説明
0	変状なし  
1	構造物の安全性や耐久性に関するリスクにはならない軽微な変状 
2	長期的にみると構造物や部材に対して影響を与えるため，修復が必要である軽度な変状  
3	構造物の安全性を損なう可能性がありすぐに補修が必要な変状  
4	構造物の安全性への影響が確認出来る深刻な変状（使用制限，立入禁止，使用停止の場合も）  

ところである。

また，点検結果の活用について米国では，点検結果などをもとに，洪水の被災確率と被災時の人命損失量の積で表されるリスク量を各堤防について試算し，緊急度の高い堤防から順に補修・更新を行う仕組みを構築している。一方，英国では，維持管理水準と劣化曲線の組み合わせから，WLCを複数算定して，費用対効果を考慮した評価を行っている。調査した範囲では，蘭国，仏国，独国については経年劣化対策を主体とした堤防管理方法を行っていた。

表-8 変状毎の点検結果評価区分（日本）¹²⁾

区分	状態（左写真：堤体（亀裂），右写真：堤体（侵食（ガリ）・植生の異常））
a 異常なし	- 目視できる変状が確認できない健全な状態 - 施設の機能に支障が生じていない軽微な変状を含む
b 要監視段階	- 堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていないが，進行する可能性のある変状が確認され，経過を監視する必要がある状態 - 軽微な補修を必要とする変状を含む   天端のアスファルト舗装に縦断方向の亀裂が見られる 堤防法面に裸地化がみられるが，侵食（ガリ）は発生していない
c 予防保全段階	- 堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていないが，進行性があり予防保全の観点から，対策を実施することが望ましい状態 - 詳細点検等によって，堤防等河川管理施設の機能低下状態を再評価する必要がある状態 設定なし （洪水等により急激に変状が進行するおそれがあることから，進行性がある亀裂については，原則措置することされており，予防保全段階は設定されていない）  堤防法面に侵食（ガリ）が発生している。既往のモニタリング結果から，進行性が確認できる
d 措置段階	- 堤防等河川管理施設の機能に支障が生じており，補修又は更新等の対策が必要な状態 - 詳細点検（調査を含む）によって機能に支障が生じていると判断され，対策が必要なものも含む   堤防天端に縦断方向の亀裂が見られる。亀裂以外に陥没や不陸といった変状も複合的に発生している ガリ侵食によって表法面が崩れている

（2）我が国の堤防管理方法

我が国の堤防管理方法については，他分野の維持管理方法や本総説で紹介した海外における堤防管理方法などを参考に，ここ数年で技術基準等の整備が進んでいる。具体的には，前述の「堤防等河川管理施設及び河道の点検要領について」に基づき国が管理する河川では，出水期前，台風期，出水後に目視主体の点検を行い，その結果を「堤防等河川管理施設の点検結果評価

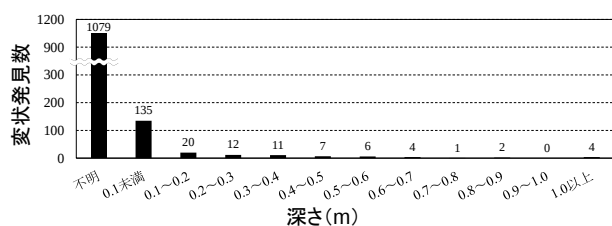


図-1 点検・巡視で発見される亀裂の深さ

要領(案)」¹²⁾を用いて基準値もしくは写真による4段階の評価を行うとともに、点検・巡視の結果は河川維持管理データベースシステム(RMDIS)に蓄積している。表-8には、堤体の侵食(ガリ)・植生の異常や亀裂についての評価の内容について示している。

また、我が国は人口・資産が堤防で守られる沖積平野に集中しており、高い維持管理水準が求められている。このため、例えば点検等で発見される亀裂の95%は10cm以下もしくは舗装部の微細な亀裂が多くを占める不明に分類されるものであり(図-1)、直ちに堤防の安全性に影響を及ぼす深い亀裂はほとんどないのが現状である。

(3) 今後の方向性

最後に、我が国の今後の堤防の維持管理の方向性を検討していきたい。

我が国と欧米の堤防管理の枠組みを比較したところ、米国は地方自治体が多く、USACEによる管理者による適切な堤防管理に誘導することを目的とした施策が実施されている。また、堤防管理の水準は、英国では状態2~4(良い~悪い)を想定する管理水準としており、各国の状況を反映したものとなっている。それに比べ、我が国の堤防管理は主な区間について国土交通省が行っており、それが有効に機能することで、前述の様に高い水準での維持管理を実現している。

我が国の強みである一貫した堤防管理であるが、変状を発見次第速やかに補修するという、現場の管理の積み重ねに大きく依存するものである。今後、より効率的・効果的な堤防管理のあり方を模索する上で、すべての堤防に一律の管理水準を適用するのではなく、堤防の高さ、幅、法面勾配や平均動水勾配などの特性や背後地の状況に応じて管理水準を設定することも考えられる。例えば、下川ら¹³⁾によると、堤防の法面勾配や平均動水勾配がすべりや漏水・噴砂等の被災との関係があると判明している。被災の可能性が高い特性を持つ堤防に発見された変状の「重要性」を高く評価することで、優先的に修繕・更新を図ることで弱点箇所の強化を図ることなども検討の余地があり、その場合米国の取り組みは参考になるであろう。また、今後の経年

劣化の進行により、大量の要補修・更新箇所が顕在化してくる可能性もある。その様な場合に備えて、英国の様に管理水準の設定とその場合の堤防の状態について、いくつかのシナリオを検討し、最低限実施すべき堤防管理について検討しておくことも重要である。今後、我が国の堤防管理方法は全体の戦略と現場の管理の関係をより密にする方向で検討すべきである。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課: 堤防等河川管理施設及び河道の点検要領の改訂について, 2016.3
- 2) USACE: USACE Program Levees, <http://www.usace.army.mil/Missions/CivilWorks/LeveeSafetyProgram/USACEProgramLevees.aspx> (2016.4 確認)
- 3) the National Committee on Levee Safety: Recommendations for a National Levee Safety Program: A report to Congress from the National Committee on Levee Safety, 2009. http://www.leveesafety.org/docs/NCLS-Recommendation-Report_012009_DRAFT.pdf (2016.4 確認)
- 4) USACE: USACE Levee Inspection Checklist, <http://www.usace.army.mil/Portals/2/docs/civilworks/levee/LeveeInspectionChecklist.pdf> (2016.4 確認)
- 5) USACE: Engineering Pamphlet 500 1-1, CIVIL EMERGENCY MANAGEMENT PROGRAM - PROCEDURES, http://www.publications.usace.army.mil/portals/76/publications/engineerpamphlets/ep_500-1-1.pdf (2016.4 確認)
- 6) Environment Agency: Condition Assessment Manual, Managing flood risk, Document reference 116 03 SD01, 2006.
- 7) Defra, Environment Agency: Technical report - FCRM assets: deterioration modeling and WLC analysis, http://evidence.environment-agency.gov.uk/FCRM/Libraries/FCRM_Project_Documents/SC060078_Technical_Report.sflb.ashx (2016.4 確認)
- 8) Defra, Environment Agency: Practical guidance on determining asset deterioration and the use of condition grade deterioration curves, Revision 1, 2009. http://evidence.environment-agency.gov.uk/FCRM/Libraries/FCRM_Project_Documents/SC060078_Guidance_Report.sflb.ashx (2016.4 確認)
- 9) Waterschap vallei en veluwe: Inspectieplan Waterkeringen, 発行年不明
- 10) CIRIA, French Ministry of Ecology and USACE: The International Levee Handbook, 2013
- 11) Federal Waterways Engineering and Research Institute: Systematik zur Beurteilung des Zustandes von Uferbefestigungen und Strombauwerken an Bundeswasserstrassen, 発行年不明
- 12) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室: 堤防等河川管理施設の点検結果評価要領(案)の作成について, 2016.3
- 13) 下川大介, 福原直樹, 森啓年, 服部敦: 変状と被災の統計的解析による堤防の点検及び巡視の合理化に関する一考察, 河川技術論文集, Vol.21, pp.337-342, 2015.6

(2016. 4. 4 受付)