

小動物生態に適応した河川堤防保全方法

METHODOLOGY OF LEVEE MAINTENANCE ADAPTED WITH THE ECOLOGY OF WILD SMALL ANIMALS

村瀬 勝彦¹・野坂 正²・佐藤 博志³・野中 裕二³・
亀山 直幸⁴・川原 輝久⁵・宮島 泰志⁶
Masahiko MURASE, Tadashi NOSAKA, Hiroshi SATO, Yuji NONAKA,
Naoyuki KAMEYAMA, Teruhisa KAWAHARA, Yasushi MIYAJIMA

- ¹ 正会員 工博 九州地方整備局 武雄河川事務所(〒843-0023 佐賀県武雄市武雄町昭和 745)
² 九州地方整備局 遠賀川河川事務所 (〒822-0013 福岡県直方市溝堀 1-1-1)
³ 九州地方整備局 武雄河川事務所 (〒843-0023 佐賀県武雄市武雄町昭和 745)
⁴ 九州地方整備局 筑後川河川事務所 (〒830-8567 福岡県久留米市高野 1-2-1)
⁵ 九州地方整備局 河川部 (〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-10-7)
⁶ 株式会社 建設技術研究所 九州支社 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名 2-4-12)

Adaptive management calls for identification, analysis and assessment on the context of river basin and nature. Small animals like badgers and foxes are typical natural habitats which originally inhabited the mountain area in Japan, but they have recently spread its habitat area to the human habitat including river embankment for flood management. Their burrow in the levee may raise the levee's vulnerability because of the increase of seepage water through it. A field survey for their habitats shows the relationships between the natural habitat and river embankment, not only from morphological regime but also from biological and ecological connectivity, so it can enable to develop the ecological prediction map for the damage of their habitat. This study analyzes how to establish the adaptive management in a local basin and propose the practical guideline for ecologically sustainable river management in the field.

Key Words : *adaptive management, levee maintenance, small animals, habitat, burrow, ecological prediction map*

1. はじめに

平成 24 年 12 月に発生した笹子トンネル天井板落下事故は公共構造物の維持管理に警鐘を鳴らすものとなった。公共構造物は長期にわたって一定の性能を果たす必要がある。そのため適切な維持管理が不可欠である。洪水氾濫から流域を守る河川堤防は、一定の洪水外力に対してライン(線)で流域を守るものであり、ライン全体が機能を発揮して初めてその性能を果たすことから、その一部で性能が低下することがライン全体の機能低下につながることになる。その一方で、河川堤防の場合、長い歴史の中で整備されてきたものも多く、その内部構造が延長全てについて完全に明らかになっていない場合もあることから、その維持管理には困難を伴う。

近年、これまで人間活動と重複することのなかった野

生生物が人間の生活圏に出現する事例が増えているのは、自然環境の変化のみならず、人間による流域の土地利用が動植物の生息域に影響を与えているものと推測できる。河川堤防は河川形態・生態上の連続性を損なう側面があり、その科学的知見を踏まえて管理することが持続性の面から不可欠である¹⁾。平成 9 年の河川法改正で、河川整備において環境に配慮することが明記されていることを挙げるまでもなく、動植物の生息域の変化にも対応して、河川堤防のライン全体の機能保全を図っていくことが河川管理者には求められている。

本研究では河川堤防の健全性に影響を与えるおそれのある小動物の巣穴による堤防被害の実態を把握し、今後の被害拡大を防ぐため、小動物の特定方法、生態特性などを分析整理し、巣穴被害範囲の確認及び対策方法を検討して、現地での適用を考慮した小動物の生態特性をふまえた河川堤防の復旧及び保全方法を明らかにする。

2. 対象流域と研究のきっかけ

国土交通省武雄河川事務所では佐賀県西部に位置する一級河川松浦川水系及び六角川水系を管理している。松浦川は玄界灘に流れる流域の9割以上を山地や水田等が占める山地河川、六角川は有明海に流れる低平地河川である。特に松浦川では中流部で水田全体を氾濫原とし、湿地の自然再生を図るアザメの瀬自然再生事業が平成22年度まで実施されており、河川整備に環境への配慮を進める先進地となっている。

これらの河川では河川管理の一貫として河川堤防の除草を定期的に行っており、河川堤防の状況を把握している。平成24年6月の除草作業後の点検で松浦川において堤防川表法面に小動物の巣穴(図-1)が発見されたことから、同年9月から12月にかけて松浦川及び六角川の両河川で一斉に点検を行った。その結果、それぞれ松浦川17箇所及び六角川9箇所の合計26箇所で見つかった。



図-1 巣穴の状況(松浦川左岸25k400m付近)

が発見された(図-2)。小動物の巣穴は、入口が20~30cmで明らかにモグラ穴ではなく、何らかの小動物が堤防深部へ掘り進んでいることがうかがえた。このような巣穴を放置することは河川堤防の機能を損なうものであり、さらに今後の繁殖によって維持管理上の支障になる懸念がある。河川堤防の損傷により懸念される現象として、巣穴が堤防の横断方向に掘られていると、巣穴から堤防へ河川の水が流れ込むことにより、堤防内の浸透を助長して堤防が弱くなるおそれがあり、縦断方向に掘られている場合でも河川の水が巣穴に沿って流れることにより、堤防の侵食・洗掘が進むおそれがある。このため、小動物による河川堤防の損傷を把握し、その対策を立てることが緊急の課題となった。

3. 対応方針検討の進め方

小動物の生態特性をふまえた河川堤防の復旧及び保全方法を検討するにあたり、この26箇所について表-1のように小動物の特定、小動物巣穴による被害の実態把握調査を行い、被害が多発・拡大する要因を把握する。

この調査の結果に加え、アナグマ等の小動物に関する専門家の意見を踏まえて、①巣穴被害予想マップの作成、②堤防保全対策評価シートの作成、③アナグマ等が掘ることを未然に防止する堤防の構造検討を進めて保全対策を整理し、巣穴被害防止ガイドラインとしてとりまとめ、河川堤防の脆弱箇所の補強と日常の維持管理に反映することとした。

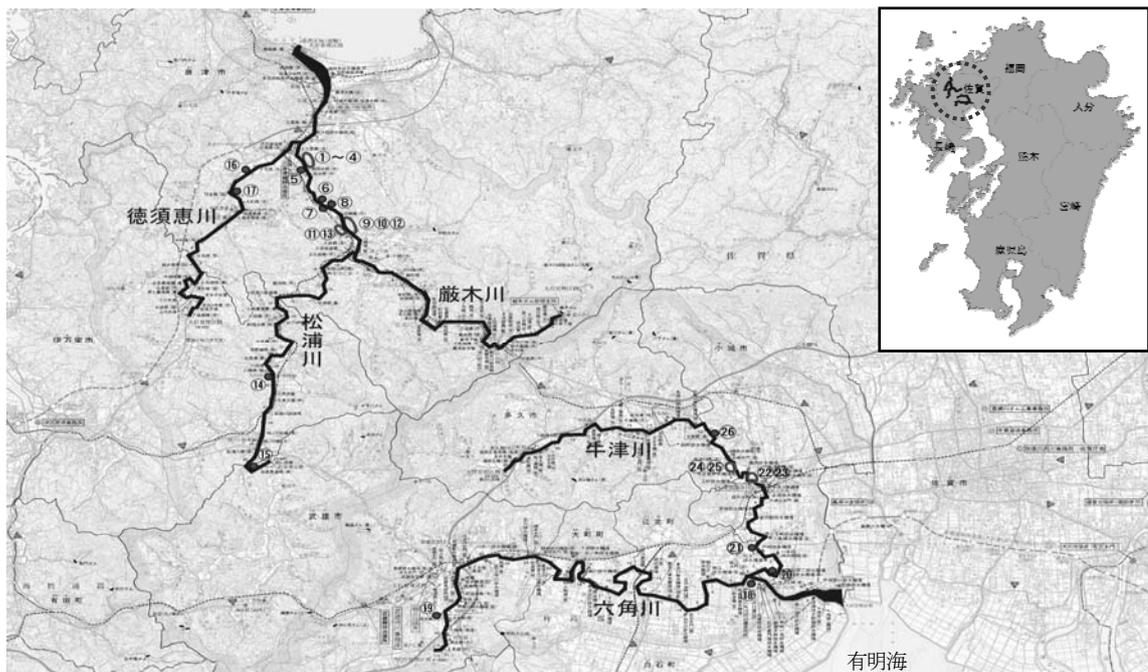


図-2 松浦川水系及び六角川水系の直轄河川管理区間における小動物による巣穴の分布

表-1 小動物巣穴の被害実態把握調査

対象動物の 特定	① フィールドサイン法 (巣穴周辺で動物の糞や足跡、掘返し等を調査) ② 無人撮影法 (赤外線センサー付きカメラによる撮影) ③ 巣穴周辺環境調査 (法面植生、土の状態、周辺の隠れ場等を調査)
巣穴被害の 規模・範囲 の把握	① フォグマシン (巣穴のつながりや出入口の探査) ② 地中レーダー探査 (想定される巣穴の深度から350Mhzでメッシュ状に探査) ③ CCDカメラ (小型カメラによる巣穴内部の探査) ④ 簡易貫入試験 (レーダー反応箇所へ貫入して巣穴を探査) ⑤ 開削+CCDカメラ (堤防を開削しつつ小型カメラで探査)



図-4 無人撮影の例(アナグマ, No1 松浦川右岸 7k300m)

- ① 植生として河川堤防に芝が張られておらず、菜の花やダイコン等が自生している。
- ② モグラ穴が多く、堤防表面がアナグマの爪でも掘り返すことが容易な程度に緩んだ土壌となっている。
- ③ 周辺に生息場や隠れ場となる高水敷、水際にメダケ林やオギ群落が広がっている。
- ④ 河川堤防付近に里山がみられる。

これらの特徴は特定された小動物であるアナグマ及びキツネについて文献、学識者への聞き取りから判明した生態と一致していた(表-2)。

4. 対象動物の特定と巣穴被害の実態

フィールドサイン法または無人撮影法によって、松浦川17箇所のうち15箇所アナグマが、六角川9箇所のうち5箇所アナグマ、3箇所キツネがそれぞれ確認され、対象動物としてはアナグマとキツネであることが特定された(図-3,4)。



図-3 フィールドサインの例(アナグマの掘り返し跡, No6 松浦川右岸 9k600m)

次に巣穴周辺環境調査によって、次のように巣穴被害箇所の特徴が明らかになった。

表-2 アナグマとキツネの生態について聞き取り結果

アナグマ	
生息環境	低山帯から高山帯の森林や林縁部、草地等
食性	主食はミミズで、土壌性昆虫、果実等の雑食性
繁殖	繁殖期は3～5月 妊娠期間は1年
なわばり	雌と子供だけの半径約300mのなわばりを持つ。雄は単独行動をとる。
その他	冬眠はしないが巣穴にこもる。定住性が強い。
キツネ	
生息環境	都市郊外から山地まで様々な環境、田園環境を好む。
食性	ノネズミ類、鳥類、大型のコガネムシ類の他、果実類
繁殖	繁殖期は12～2月 妊娠期間は2ヶ月
なわばり	なわばりは半径5～12km
その他	繁殖期以外は巣穴を利用しない。

さらに小動物による巣穴被害のあった26箇所の対策を行う必要があるため、各箇所の巣穴被害の規模、範囲を把握した。3.で述べたように調査方法としては①フォグマシン、②地中レーダー探査、③CCDカメラ、④簡

易貫入試験, ⑤開削及びCCDカメラがある。それぞれの箇所状況に合わせてこれらを適宜組み合わせることで巣穴被害の把握を行った(表-3, 地点Noは図-2中の丸番号と同じ)。

とりわけ被害が大きかったのは、松浦川左岸 25k400mの地点であり、CCDカメラで確認しつつ、開削調査を進めた結果、巣穴発見時(図-1)からは想像することができない規模になっていた(図-5, 6)。これは、巣穴の入口が高水敷に繁茂するメダケ林の林縁部にあったことから、長期にわたって巣穴を発見できなかった可能性がある。図-5では巣穴は総延長が40mで特に堤防基礎地盤の緩い細砂の層を中心に広がっていることが確認できた。

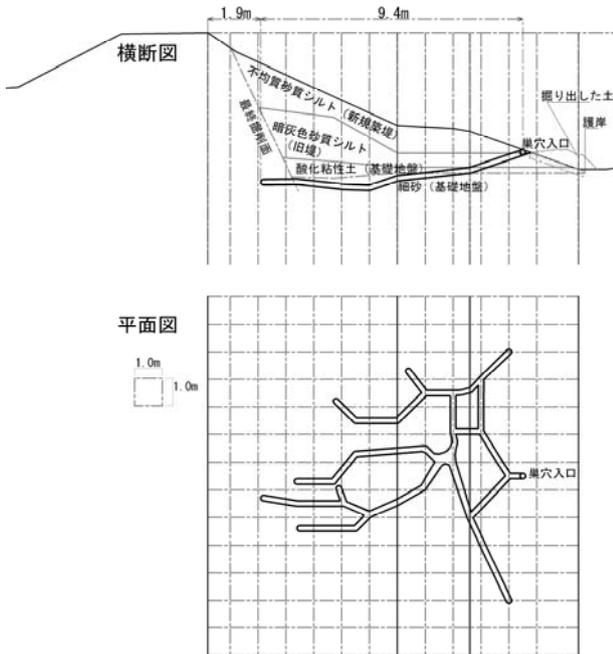


図-5 巣穴の全体図 (No.14 松浦川左岸 25k400m)



図-6 開削状況 (No.14 松浦川左岸 25k400m)

表-3 小動物巣穴被害の状況把握結果

地点No.	水系名	河川名	左右岸	距離標	表裏	①フオグマシンの調査	②地中の調査	③CCDカメラ	④簡易貫入試験	⑤開削+CCDカメラ	巣穴の方向	分岐の有無	巣穴最大の延長	巣穴の総延長
No.1			右	7k300	川裏	●	●				横断方向	無し	5.5m	5.5m
No.2			右	7k320	川表	●	●				下方向	無し	0.6m	0.6m
No.3			右	7k320	川裏		●				下流方向	無し	0.3m	0.3m
No.4			右	7k330	川裏		●				—	無し	0m	0m
No.5			左	7k550	川表		●				—	無し	0m	0m
No.6			右	9k600	川裏		●	●	●		横断方向	有り	2.0m	2.0m
No.7			左	10k000	川表		●				—	—	0m	0m
No.8		松浦川	右	10k210	川表		●	●			上流方向	有り	2.0m	2.9m
No.9			右	11k150	川表		●	●			横断方向	有り	4.5m	7.5m
No.10			右	11k160	川表		●	●			上流方向	有り	6.0m	8.0m
No.11			左	11k300	川表		●	●			横断方向	無し	0.7m	0.7m
No.12			右	11k370	川表		●	●			横断方向	有り	2.3m	2.3m
No.13			左	11k470	川表		●				—	—	0m	0m
No.14			左	25k400	川表		●	●	●		縦横断(広範囲)	有り	9.4m	40m
No.15			右	30k400	川表		●	●			横断方向	無し	1.0m	1.0m
No.16		堤防	左	2k000	川表		●	●			横断方向	有り	1.8m	1.8m
No.17			右	3k700	川裏		●				—	—	0m	0m
No.18		六角川	右	4k800付近	堤内地						—	—	—	—
No.19			左	29k000	備蓄土		●				—	有り	2.5m	2.5m
No.20			右	0k950	備蓄土		●				—	無し	1.3m	1.3m
No.21		六角川	右	3k630	川裏		●	●			上流方向	無し	4.5m	4.5m
No.22			左	8k500	川裏		●	●			上下流方向	有り	6.0m	10.6m
No.23			左	8k510付近	川裏		●	●			上流方向	無し	1.2m	1.2m
No.24			右	9k750	川裏		●	●			上下流方向	有り	2.0m	4.0m
No.25			右	9k750下流	川表		●	●			上流方向	有り	2.0m	2.0m
No.26			左	11k075付近	川表		●	●			横断方向	無し	2.5m	2.5m

5. 被害発生要因の把握

以上の調査結果を踏まえて対象動物の生態・被害発生要因を把握する。小動物巣穴被害の発生箇所の分布及び植生、河川堤防の特性から以下のように被害発生要因を挙げる事ができる。

(1) 山地からの距離等の河川堤防の位置

アナグマの個体数が増加し、本来の生息地である山地から平地へ生息域が拡大した結果、河川堤防が巣穴として利用される可能性が大きくなったものと考えられる。図-7から分かるように、山地、里山が河川堤防に近く、山地から河川堤防への経路が畑等でアクセスがしやすいと考えられる位置に小動物の巣穴が多い。

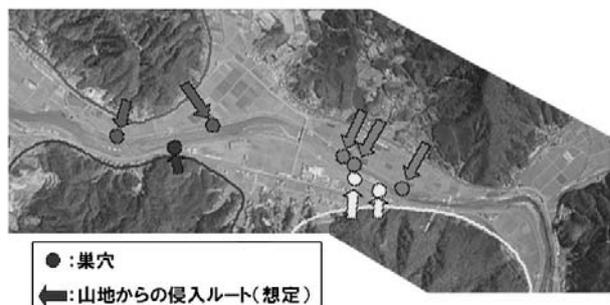


図-7 山地から巣穴への侵入ルート(松浦川7k付近)

さらに、河川堤外地に植物が繁茂した高水敷が広がっている場合や水際に低木等が生えているような場合に、小動物が巣穴を作る可能性が高い。

(2) 堤防表面及びその周辺の植生

シバが良好に活着した法面は巣穴被害を受けにくいに対し、堤防が過去に整備された等により、松浦川及び六角川は堤防の張芝が非常に少ない。例えば、松浦川について、河川水辺の国勢調査（平成22年度）の河川堤防の植生別面積は図-8のようになっており、張芝植栽地は3%に過ぎない。季節性の菜の花が繁茂した堤防法面では、アナグマの餌となるミミズが発生しやすく、餌場として適しているだけでなく、セイタカワダチソウのような高茎草本は除草されていないと見通しが悪く、小動物に格好の隠れ場を提供し、生息場として適していると考えられる。

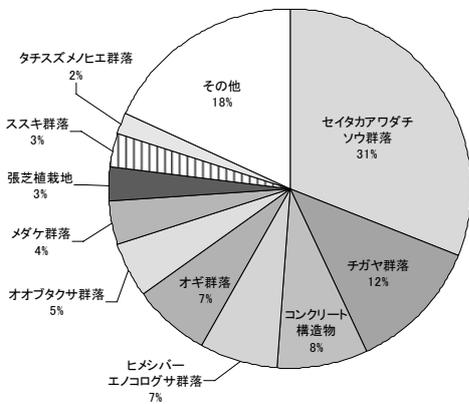


図-8 松浦川堤防の植生別面積の割合

(3) 河川堤防の土質特性

河川堤防の植生にも関係するが、河川堤防の構造特性、例えば、土質や土壌緊縛力が小動物の穴掘りに適している可能性も考えられる。実際、巣穴被害があった箇所を中心に土壌緊縛力を測定したところ、巣穴被害箇所の測定値は最大でも279kgf・cm (No.17地点)であった。また、図-6のように小動物の巣穴は堤防土質が緩い砂質部分を選択して掘り進んでおり、固い粘性土質には、ほとんど巣穴を掘った形跡が見られなかった。さらに、堤防表面がコンクリート、あるいはミミズやモグラに攪乱されておらず、芝が良好に活着した堤防表面の土壌緊縛力が高い場合は小動物の生息は少ないと考えられる。

6. 小動物巣穴被害の防止と河川堤防保全方法

小動物、とりわけアナグマは日本の里山に広く生息しており、近年、狩猟圧の減少によって個体数が増えたため、河川まで生息範囲が拡大したものと推測される。テ

リトリーを持った定住性の強い動物であることから、今後、河川での繁殖が進み、巣穴被害の増加・拡大が危惧される。さらにミミズを主食とするため、菜の花の多い箇所やモグラ穴の多い箇所がアナグマの生息域に適しており、2月下旬から交尾期、3から5月が繁殖期で、雄は交尾後の夏から秋にかけてテリトリー内で新たな穴を掘る習性があることから、この生態も考慮して河川巡視や堤防点検を行うことが必要になる。今回の巣穴被害調査でも河川堤防の横断方向にかなり深く巣穴が広がるものも見られたことから、巣穴を掘られてから補修する対処療法では限界があり、巣穴被害を未然に防ぐ予防保全対策が重要である。

予防保全対策として、小動物巣穴被害を受ける可能性のある箇所を植生やモグラ穴、掘り返し跡の分布といった堤防の状態、巣穴被害の実績、里山との近接、河道内樹木の分布といった周辺環境を用いた巣穴被害予想マップを作成し、これによる堤防保全対策評価シートを活用した河川の巡視、点検の強化によって管理を充実させると同時に、アナグマに掘られない堤防構造を検討して河川改修に反映させる方策を並行して進めていくこととした。

(1) 河川管理の強化

山地からの距離等の河川堤防の位置及び河川堤防そのものを含む周辺の植生を巣穴被害予想マップとしてとりまとめ、このマップを河川の巡視や点検といった河川管理に活用するため、河川の位置（左右岸、距離標）ごとに表にして、注意を要する場所を明示した堤防保全対策評価シートを作成した（図-9、10）。これらは河川堤防の性能をラインとして発揮するため、本来は河川流域全体を対象とすることが望ましいが、本調査では緊急的に巣穴被害が多い区間を中心に先行させて作成した。

右岸	堤防の基礎情報	築堤年	昭和30年以降			
		堤防形式(土堤・特殊堤など)	土堤		単断面	
周辺環境	法面形状(川裏)	単断面		複断面		
	法面形状(川表)	単断面		複断面		
川裏法面	背後地の土地利用					
	隠れ場の有無					
川表法面	巣穴被害の実績					
	堤体の状況					
川裏法面	巣穴被害の実績					
	堤体の状況					
総合評価(対策優先度)						
総合評価(対策優先度)						
距離(km)			7/0		8/0	

図-9 堤防保全対策評価シート（松浦川の例）

(2) 巣穴被害を未然に防止する堤防構造の検討

巣穴被害を未然に防止する堤防として、モグラやアナグマが巣穴を掘りにくい張芝を活着させるとともに、芝

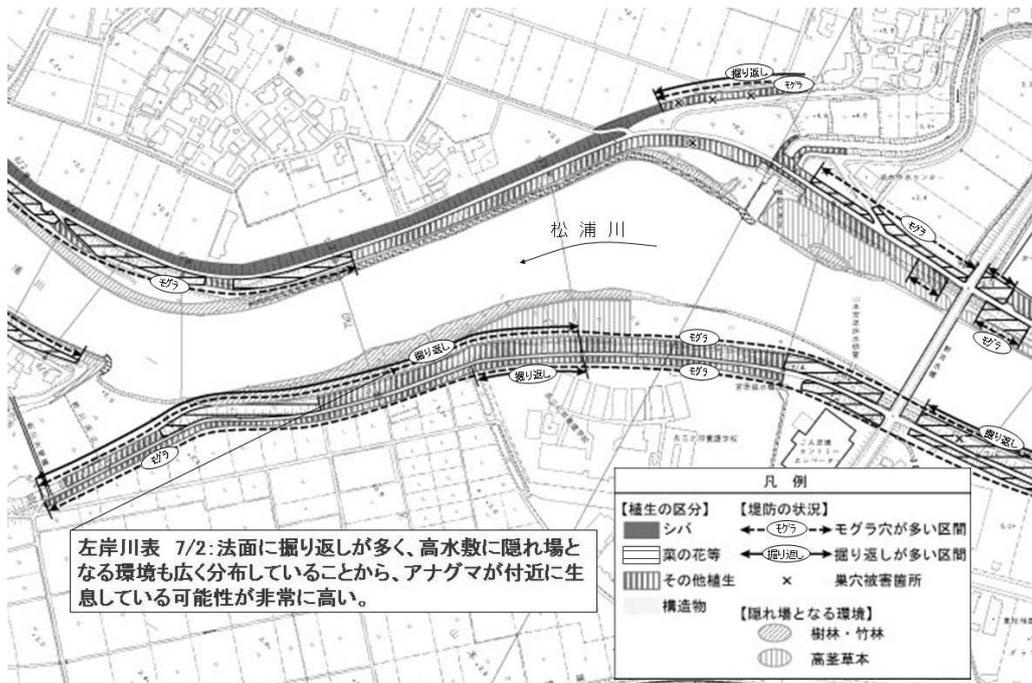


図-10 巣穴被害予想マップ（松浦川7km付近）

としては整備後の雑草の侵入や発芽を抑制する改良芝が有効であると考えられる。改良芝は背丈が低い状態を維持することから、維持管理における視認性を確保するとともに、除草回数を減らすなどの維持管理コストを低減させることも期待できる。一般に堤防の質的強化のためには浸透防止等の観点から堤防法面を一枚法化することが望ましいとされている。この堤防の質的強化を進める際に、小動物対策を併せて進めることが有効であると考えられる（図-11）。松浦川及び六角川でも河川堤防の漏水対策や耐震性の向上を目的とした質的強化に向けた検討を進めており、この検討に張芝等による小動物対策も加えていく必要がある。



図-11 保全対策工法のイメージ

7. 結論と今後の方針

本研究では小動物の生態、巣穴被害の状況を明らかにして、巣穴被害を早期に発見して拡大を防止するための巣穴被害予想マップを作成し、堤防保全対策評価シートによる実際の河川管理への活用を図ることとした。また、巣穴被害を未然に防止する保全対策工法を検討し、今後の堤防の質的強化とも整合を図った河川整備方法を明らかにした。

アナグマやキツネは我が国に広く生息しているもの

であり、その生息状況の変化を十分に踏まえつつ河川堤防の機能を確保することが自然環境と共存した河川の整備・管理につながる。自然と人との関わりの場として里山の変化が自然再生への新たな課題となる可能性があり、本研究で作成した巣穴被害予想マップ及び堤防保全対策評価シートを用いた河川堤防保全手法を河川整備・維持管理に適用することにより、全国での里山の変化に対応した治水と環境を一体的に考えた河道設計技術への寄与が期待できる。今回作成した巣穴被害予想マップを今後の小動物の生態や巣穴被害の発生状況に応じて改良し、維持管理に柔軟に反映させ、環境に適応した持続可能な河川管理の契機としたい。

謝辞：本調査にあたっては、河川工学や小動物の生態に詳しい専門家から指導・助言をいただき、平成25年3月13日には堤防の保全に関する懇談会（愛称「アナグマ懇談会」）を開催し、被害防止のための着眼点、要注意区間の抽出方法、堤防強化対策、維持管理における留意点などを整理したガイドラインをとりまとめることとした。ここに記して関係者に改めて感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) World Meteorological Organization : Environmental Aspects of Integrated Flood Management, Flood Management Policy Series, Associated Programme on Flood Management, APFM Technical Document No 3, Geneva, Switzerland, pp.20-22, 55, 2006.

(2013. 4. 4 受付)