

(公財) 農学会・日本農学アカデミー共同主催
公開シンポジウム

講演要旨

自然からの災害に備える

2019年3月9日(土) 13時～

東京大学弥生講堂

■プログラム

総合司会		(公財) 農学会常務理事	丹下 健
13:00~13:05	開会挨拶	(公財) 農学会会長	古谷 研
13:05~13:40	「複合災害に対峙する農業施設群による地域減災の実現」 茨城大学農学部 地域総合農学科 教授		毛利 栄征
13:40~14:15	「農地・農業用施設の被災状況と災害復旧事業制度」 農林水産省農村振興局整備部防災課 災害対策室長		香山 泰久
14:15~14:50	「深刻化する土砂災害にどう向き合うか？」 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授		堀田 紀文
14:50~15:05	・・・・ 休憩 (15分)・・・・		
15:05~15:40	「野生動物による農作物被害と異常気象」 森林総合研究所 野生動物研究領域長		岡 輝樹
15:40~16:15	「災害に強い養殖業を目指して」 東京大学生産技術研究所 教授		北澤 大輔
16:15~16:25	・・・・ 休憩 (10分)・・・・		
16:25~17:25	パネルディスカッション 司会進行：東京大学名誉教授	パネリスト：上記講演者5名	宮崎 毅
17:25~17:30	閉会挨拶	日本農学アカデミー会長	大政 謙次

目 次

開催趣旨	2
(公財) 農学会会長 古谷 研	
複合災害に対峙する農業施設群による地域減災の実現	4
茨城大学農学部 教授 毛利 栄征	
農地・農業用施設の被害と災害復旧事業制度	6
農林水産省 農村振興局整備部防災課 災害対策室 香山 泰久	
深刻化する土砂災害にどう向き合うか?	8
東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授 堀田 紀文	
野生動物による作物被害と異常気象	10
森林研究・整備機構 森 林総合研究所 野生動物研究領域長 岡 輝樹	
災害に強い養殖業を目指して	12
東京大学生産技術研究所 教授 北澤 大輔	
講演者プロフィール	14

はじめに

昨年、日本列島の各地で台風や豪雨、地震などの自然災害が発生して甚大な被害をもたらした。気象災害についてみると、7月の豪雨と台風が特に大きな農林水産被害を及ぼした。台風は29個発生し、本土への上陸数は5個と、発生数と上陸数ともに平年を上回り、さらに「猛烈な強さ」にまで発達した台風は7個とこれまでの最多記録となった。本年1月の農林水産省の発表によると7月豪雨では全国で総額約3306億円を超える被害があり、特に農地・農業用施設関係と林野関係の被害額が大きく、それぞれ1405億円、1586億円に達した。台風では9月はじめの21号が442億円、9月末の24号が617億円を超える被害額となった。台風の被害には、農業・林業被害に加え、漁船、養殖施設、漁港などの水産被害も含まれている。さらに、豪雨や台風に加えて猛暑も大きな被害をもたらした。暑さによって農作物の成長異常や畜産動物の体温調節不良が起こり、生産が減産したのである。気象庁による「命の危険があるような暑さ」、「一つの災害と認識している」とのコメントやメディアによる「災害級の暑さ」という表現はまだ記憶に新しい。

一方、地震災害も多かった。震度5強以上が4件発生し、4月の島根県西部地震、5月の長野県北部地震、6月の大阪府北部地震、9月の北海道胆振東部地震と立て続けに起こった。なかでも北海道胆振東部地震では大規模な山腹崩壊が起こり、それによる林道の損傷をはじめ農地・農業用施設への土砂堆積や損傷、農作物等の被害などにより総計1145億円の被害となった。幸いにも昨年は津波を生じる地震は起こらなかったが、津波が発生すると養殖施設などの海中設置物は壊滅的な打撃を受ける。北海道胆振東部地震では、国内初のエリア全域停電、いわゆるブラックアウトが発生し、完全復旧までに一ヶ月近くがかかった。ブラックアウトは道内の農業・食品分野に大きな被害をもたらし、特に酪農ではミルク・サプライチェーンが寸断され「酪農版ブラックアウト」に陥った。様々な場面での農林水産業の電力依存度は年々増しており、大規模停電が起こると、生産現場から流通まで大きな影響が及ぶことが現実となった。

一般に自然災害は、極端な気象現象、地震、噴火とそれらから派生する異常な自然現象による被害をさすが、農林水産業での被害という観点からは、野生動物による被害も自然からの災害としてその中に含めても良いだろう。農水省によれば、野生動物による農作物被害額は、平成22年度を頂点にやや減少傾向にあるものの、平成29年度でも164億円に達している。

こうした自然災害による被害では今後の拡大が懸念される。ブラックアウトは、電力自由化が進みつつある中で電力の安定供給を誰が担うのかという問題を浮き彫りにし、また、野生生物による被害は、地域の過疎化や生産者の高齢化により営農の存続に関わる事態を生み出している。また、最も大きな被害をもたらす気象要因では、近年の極端な気象現象の増加傾向があげられる。気象庁によれば、全国的に異常高温の出現頻度の増加と異常低温の出現頻度の減少が認められ、異常少雨や大雨の年間回数の増加傾向がある。これらの現象は長期的な気温の上昇傾向や大気中の水蒸気量の増加など、地球温暖化の影響が指摘されている。IPCCの第5次評価

報告書の将来予測では、「世界平均気温が上昇するにつれて、ほとんどの陸域で日々及び季節の時間スケールで、極端な高温がより頻繁になり、極端な低温が減少することはほぼ確実である」、「世界平均地上気温が上昇するにつれて、中緯度の陸域のほとんどと湿潤な熱帯域において、今世紀末までに極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い」としている。地球温暖化に対して農林水産業の適応策を中心に様々な取り組みがなされているが、その一環として極端気象への対策研究が今後ますます重要になってくる。

農林水産業に被害を及ぼす自然からの災害では、災害の種類、発生メカニズム、被害の規模に影響を及ぼす要因などが多様である。このシンポジウムでは、限られた時間ではあるが、こうした自然からの災害に携わっておられる農業分野、林業分野、水産分野の専門家の方々からの御講演とパネルディスカッションを通して、こうした災害の特徴、背景と要因について理解を深めるとともに防災・災害対策や復旧について総合的に議論することを目的とする。最後に、ご多忙のなか、御講演をお引受け頂き、パネルディスカッションの司会をお務め頂く先生方に深く感謝する。

公益財団法人農学会会長 古谷 研

複合災害に対峙する農業施設群による地域減災の実現

毛利栄征

国立大学法人茨城大学農学部教授

1. はじめに

我が国周辺で発生するマグニチュード6以上の地震回数¹⁾は、世界全体で発生する地震の20.5%、自然災害の被害額で見ると11.9%に達している。国土面積が世界の0.25%であることを考えると、自然災害の発生率は世界でも突出していることが分かる。

2016年熊本県地震に続き2018年北海道胆振東部地震、平成29年北部九州豪雨、平成30年7月豪雨など、地域社会全体が生活基盤を消失する激甚的な災害が頻発している。農村地域においても、集落や農地、基幹的な農業水利施設が広い範囲で壊滅的な被害を生じるなどの特徴的な被害も見られる。このような広域の自然災害を回避して社会全体が安定した生活と生産活動を持続するためには、従来の自然災害に対する「防災」の考え方をさらに一歩進めなければならない時がきている。ヨーロッパの国際河川での取り組みのように、堤防を低いまま維持して氾濫原を洪水緩衝地帯として利用し、災害の範囲を限定する手法など、ある程度の災害が生じることを許容しながらも、その災害を成長させない取り組みが注目されている。このような「減災」を突き詰めて安全な社会を実現するためには、災害の規模や影響などの予測と評価や減災技術の開発が不可欠である。

全国の460万haの耕地に549億トン（日本の水の総使用量の約66%）の灌漑用水を届けるために、1,800ヶ所のダム・頭首工、40万kmの水路網、20万か所のため池が整備、運用されている。このような、農業施設群は農業地域の動脈といっても過言ではないが、同時に災害の起点になる場合とともに、災害が連鎖することを防ぐ場合も少なくない。最近の自然災害の調査において、近代的な技術によって構築、あるいは、改修された農業施設は、想定を超える災害に対しても安全性を維持し、地域の防災に大きく貢献したことが明らかとなっている。

2. 防災から減災への展開

自然の驚異は人知を超えて様々な形で社会全体に大きな影響を及ぼしてきており、多様な災害の連鎖による広域的な斜面崩壊、地震活動による驚異などが拍車を掛けてきている。一方で、このような広域・多所・同時災害に対して、農村地域を取り巻く膨大な農業用施設群が適切な機能を発揮することによって災害被害の拡大を阻止し、連鎖する被害を縮小していることも事実であり、施設群の適切な運用が新たな地域防災の核になるものと期待されている。

2.1 最近の災害対策の考え方

近年の想定を超えた降雨によって、中山間地の農地や農道だけでなく、低平地の市街地の内水氾濫や河川の外水氾濫が同時に発生し、それぞれの災害の規模が増大してきており、全国各地に発生するかもしれない同様の被害を完全に防止できないことは自明である。すなわち、最近の大規模地震や集中的な豪雨の頻発、大規模地震による被害は、どの様な予防を講じても完全に防止することは不可能で、施設や社会の規模が拡大すればするほど、甚大なものとなり、まさに防災の限界を考えないといけない。社会活動の範囲と規模の拡大、経済性の利便さなどの過度の追求が、社

会の脆弱性を高め想定しないような自然現象に対して被害を拡大し、被害の連鎖を止めることができないほどの規模に達してしまう。一見すると災害にタフで便利な社会の構築が、実は被害拡大要素が常に存在し、複雑化した社会構成となって低頻度の大規模災害に対しては、返って修復不可能な被災を引き起こす前提条件となっていることにも注意が必要である。自然現象の大きさを完全に予測することができない以上、想定以上の現象がある確率で起こる。また、社会基盤が複雑になればなるほど、その運用や管理面でのヒューマンエラーが避けられないところとなる。ハード的な対策とソフト的な予防をいかに組み合わせたとしても、災害そのものを0にすることは不可能に近い。最も重要な地域社会の安全と安心を進めるためには、また迅速な修復による復興が適切に計画されることが、災害に強い社会の基本である。このためには被害が起こることを前提として、ハード防災とソフト防災による被害を軽減する対策を講じるとともに、被害発生後の対策方法を事前に準備するような総合防災対策を進めるためのコミュニティの構築と必要な技術開発が重要である。

3. 減災の実現

このような「減災」を進めるためには、自然現象によって引き起こされる災害素因の発生メカニズムを理解しその制御方法の具体的な技術を確保することが出発点になる。さらには被害の制御の効果についても定量的な判断がなされることが必要で、被害の連鎖を断ち切るだけの効果を保証する対策技術であり、的確に評価できる手法でなければならない。例えば図1に示す東北地方太平洋沖地震によって決壊した藤沼池の被害を予測する技術と対策。さらには、図2,3に示すよう



図1 藤沼池の決壊状況

に豪雨によってため池上流域の斜面崩壊によって発生した膨大な土石流を貯留した長尾池の減災機能の評価が適正に実施されるなど



図2 長尾池の状況（貯水池は完全に土石流で埋まるが安全性は確保）

の技術開発によって、農業施設群による地域減災が実現できる。

4. まとめ

減災機能を有する農業施設群を地域に適切に配置することによって、想定以上の災害が発生することが懸念される場合にも、個別の災害の連鎖と拡大を防止することが可能である。すなわち、農業施設群の整備、更新にあたっては耐久性と経済性を併せ持つ最新の技術を適切に導入することによって、農業生産性の維持・向上だけでなく地域社会全体の減災を通じて、安全と安心の実現とともに国土強靱化にも貢献できる。

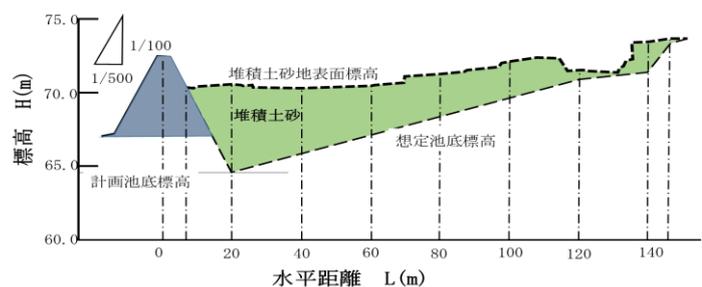


図3 長尾池に貯留された土石流

参考文献

1) 平成22年版 防災白書 内閣府：<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h22/index.htm>

農地・農業用施設の被害と災害復旧事業制度

香山 泰久

農林水産省 農村振興局整備部防災課 災害対策室

1.平成 30 年における農地・農業用施設の被害

近年、我が国では大規模な地震や豪雨等が頻発化し、国土への大きな被害が発生している。平成 30 年は、平成 30 年 7 月豪雨、北海道胆振東部地震等の大規模災害が発生し、ここ 10 年で農地やため池等の農業用施設に平成 23 年(東日本大震災発生年)の約 9,500 億円に次ぐ約 2,300 億円の被害をもたらした(図 1)。

西日本を中心として 35 道府県の広範囲において著しい豪雨をもたらした 7 月豪雨では、岡山県、広島県および愛媛県で被害額が合計約 930 億円に上る等、豪雨災害としては過去 10 年間における最大の被害(約 1,400 億円)となった。本豪雨では、多くのため池において決壊等が発生し、人的被害等を含め下流の人家等へも大きな被害をもたらしたことから、その後の豪雨や台風等に備えて都道府県等の協力のもと、全国のため池約 88,000 箇所を対象に緊急点検を実施した。

また、北海道胆振東部地震では、多数の山腹崩壊による農地への土砂流入及び大型パイプラインの破損等、農地・農業用施設に約 580 億円の甚大な被害が発生した。特に厚真町の厚真ダムでは山腹崩壊によりダムの洪水吐が埋塞し、ダム貯水の越流・決壊の危険があったことから、自衛隊と連携し、洪水吐内の土砂・流木の撤去やダムへの工事車両アクセスのための道路開削等の応急措置を実施した。現在、ダム下流の大型パイプラインを含め、直轄災害復旧事業を実施中である。

平成 30 年は、上記の災害のほか、台風 21 号、24 号等の暴風雨による大規模災害が連続して発生した。これらにより被災した農地・農業用施設係る約 18,000 件の災害査定を完了したところであり、引き続き、被災農地及び農業用施設の早期復旧に努めていく。

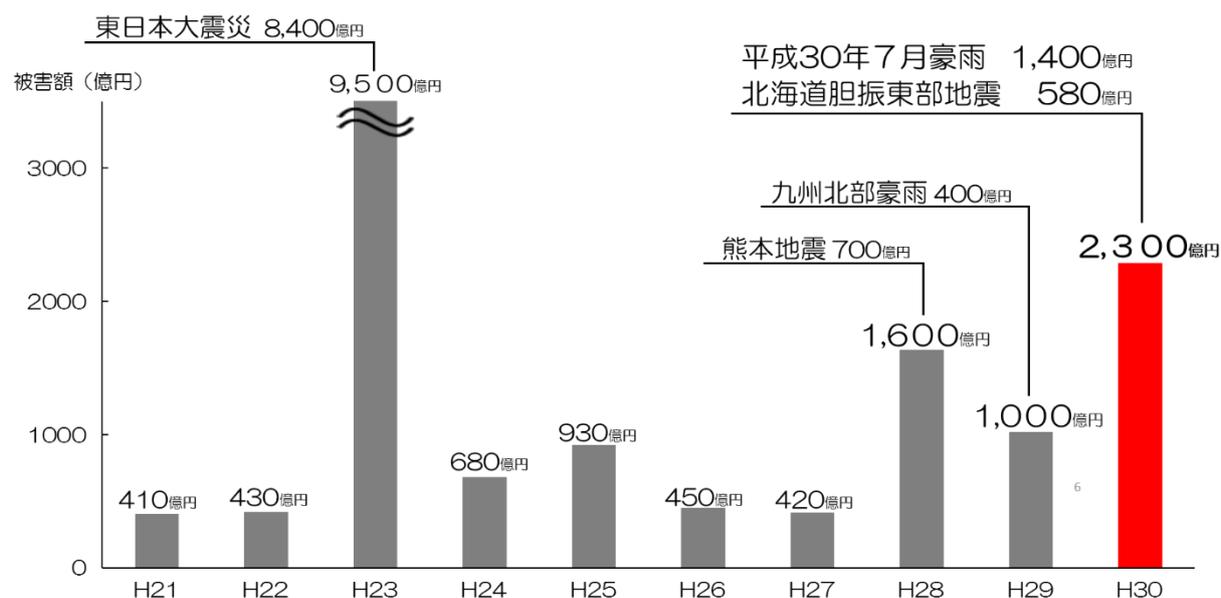


図 1 農地・農業用施設の被害額の推移 (H21 年度～H30 年度)。

2.農地・農業用施設の災害復旧事業制度

我が国は、その自然的、地形的条件から災害が極めて発生しやすい国土である。災害発生時には被災者の救護と迅速な復旧が急務であるが、農業生産及び農村生活の基盤となる農地・農業用施設の災害に対しても、迅速かつ適切な災害復旧が強く求められる。このため、降雨や地震等の異常な天然現象により被害を受けた農地・農業用施設について、農業生産の維持及び農業経営の安定に寄与することを目的として、「農林水産業施設災害復旧事業費国庫補助の暫定措置に関する法律」(以下「暫定法」)に基づき災害復旧事業を実施している。

災害発生から災害復旧事業実施までの流れは図 2 の通りである。災害が発生した場合、地方公共団体は都道府県を通じて被害状況を国に報告する。その後、事業主体の決定、災害復旧事業計画概要書の作成及び提出を経て、事業申請を行う。農林水産省は、提出された計画概要書に基づき、災害査定官を現地に派遣し災害査定を実施する。査定では、現地の被災状況に対して申請された復旧事業が法令上の採択条件に合致するか等を確認し、災害復旧事業を決定する。

上記の災害復旧事業における暫定法の基本補助率は、農地で 50%、農業用施設で 65%であるが、農家負担軽減の観点から、農家 1 戸当たりの復旧事業費に応じて、高補助率が適用される。過去 5 ヶ年平均では、農地で約 80%、農業用施設で約 90%まで補助率が增高している。

さらに、激甚災害に係る災害復旧事業は更なる補助率の增高が行われ、補助率は過去 5 ヶ年平均で農地約 95%、農業用施設約 98%となっている。平成 30 年は、7 月豪雨、北海道胆振東部地震等が激甚災害に指定されており、被災地復旧の負担軽減に寄与している。

加えて、早期営農再開や 2 次災害防止の観点から、査定前着工制度の活用により、災害査定を待たずに応急工事を実施することが可能である。農林水産省では、本制度の積極的な活用を促進しており、7 月豪雨時には 32 道府県で活用された。

3.水土里災害派遣隊による人的支援

農林水産省では、水土里災害派遣隊(国の農業土木技術者)を被災自治体に派遣し、被災地の被害状況調査や災害復旧事業に関する技術的指導等の人的支援も行っている。平成 30 年度は、水土里災害派遣隊を7月豪雨で延べ約 2,300 人、北海道胆振東部地震で延べ約 1,000 人を被災地に派遣し、被災自治体に対する支援を実施した。特に広島県に対しては、平成 30 年災害に係る約 5,300 件に上る膨大な災害査定を期限内に完了させるために集中的に職員を派遣し、査定設計書作成等の支援を行った。

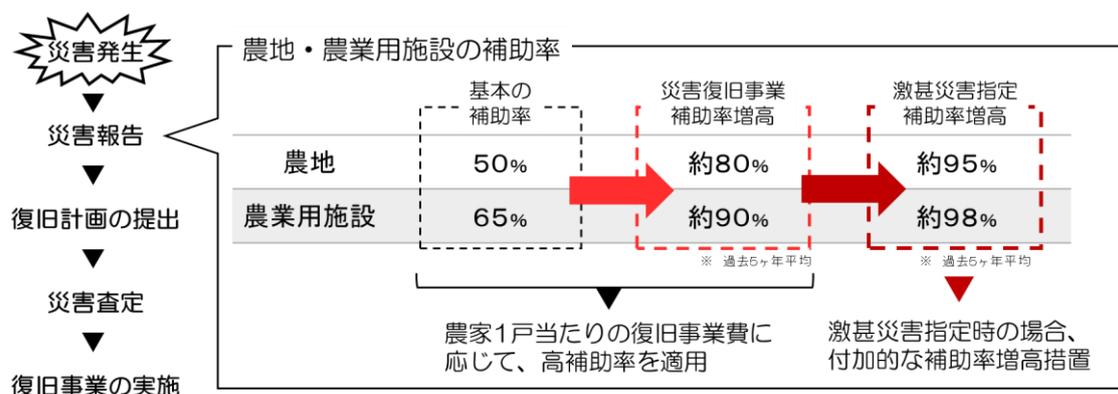


図 2 災害発生から災害復旧事業実施までの流れと農地・農業用施設の補助率。

深刻化する土砂災害にどう向き合うか？

堀田 紀文

東京大学大学院農学生命科学研究科

1. はじめに

土砂災害に関する報道を目にすることが増えた。2018年には全国で3300件以上の土砂災害が発生しており、これは過去10年で最大の発生件数の実に2倍以上の数である。ニュースや気象情報で土砂災害への注意喚起の呼びかけを聞いた人も多いだろう。地球温暖化に伴う豪雨の増加が災害の増加／深刻化を引き起こすと言われる中、土砂災害対策は施設に重点をおいたハード対策から、警戒・避難など住民行動を伴うソフト対策へとシフトしていくことが求められている。土砂災害にどう向き合えば良いのか、現状を整理しつつ考えてみたい。

2. 土砂災害の警戒避難態勢

土砂災害対策の根拠となる法律は、深刻な土砂災害を契機として制定されてきた(表1)。そのうち、土砂災害の危険性のある区域の周知や警戒避難態勢の整備は「土砂災害防止法(土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律)」に定められる。地方自治体はこの法律に従って基礎調査を実施し、「土砂災害警戒区域・特別警戒区域」を指定する。結果はハザードマップなどと共に公開され、豪雨時には土砂災害警戒情報(気象庁により発表)や避難勧告(市町村長により発令)等に基づいて避難行動を行うことになる。

ところが、土砂災害警戒情報が発表された後に実際に土砂災害が発生した「災害発生率」は非常に低い(導入直後の平成20~23年当初の運用成績:3.5%、内閣府発表)。これでは効果的な避難行動を継続するのは困難に思える。何が問題なのだろうか？

3. 土砂災害の種類とその発生過程

土砂災害警戒情報に対する土砂災害発生率の低さの一因は、土砂災害警戒情報が土砂災害の多様性を必ずしも反映していないことにある。土砂災害警戒区域は、「がけ崩れ」、「土

表1 土砂災害対策に関する法律とその契機となった災害など

契機となった災害など	土砂災害対策に関する法制度
国土の荒廃・相次ぐ水害	明治29年 河川法 明治30年 森林法・砂防法:砂防指定地・砂防工事の規定
昭和32年 西九州地方で地すべり災害	昭和33年 地すべり等防止法 地すべり防止区域での工事が可能に
昭和42年 西日本豪雨によるがけ崩れ災害 (長崎、佐賀、広島など)	昭和44年 急傾斜地法 (急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律) 崩壊危険斜面の調査、崩壊防止工事、損失補償
平成11年 広島豪雨災害	平成12年 土砂災害防止法 (土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進する法律) 土砂災害のおそれのある区域を明らかにし、警戒避難態勢の整備などのソフト対策を規定
平成16年 新潟・福島・福井での豪雨被害 平成16年 新潟県中越地震 平成20年 岩手・宮城内陸地震	平成17年、22年 土砂災害防止法の一部改正 ハザードマップによる周知の徹底、大規模な土砂災害時の国による緊急調査の実施と土砂災害緊急情報の市町村への提供
平成26年 広島豪雨土砂災害	平成26年 土砂災害防止法の一部改正 都道府県による基礎調査結果公表の義務付け、土砂災害警戒情報周知の義務付けなど

石流」、「地滑り」と、対象となる現象ごとに指定される。各土砂移動現象を引き起こすのは異なる降雨規模・降雨特性であるが、土砂災害警戒情報は現象の違いを厳密には区別していない。また、対象範囲内のどこかで土砂災害発生の危険が予想される時に発令されるため、発令時の危険度は場所によってさまざまである。現在の警戒避難態勢はそのような背景から生じる「空振り」を前提としたものだと言える。

さらに、類似の土砂移動現象でも異なる発生過程をとることがある。2013年の伊豆大島の土砂災害は、斜面の浅い土層が崩れる「表層崩壊」が引き金となった。一般的な表層崩壊は、豪雨時に谷部に地下水が集まり、そこで地下水位が上昇することで斜面が不安定化し、結果として谷沿いに多く発生する。それに対して、伊豆大島の表層崩壊では、起伏の少ない斜面が広く崩壊するという違いがあった(図1)。詳しく現地調査を行ったところ、伊豆大島では過去の火山活動に伴う火山噴出物などが層状に厚く堆積し、水の浸透を妨げる岩盤が土層の深くまで存在していないことが分かった。このような火山地域特有の土層構造が表層崩壊の形態の違いを生じさせたと考えられる。そこで、現地斜面の条件を反映した数値計算で斜面崩壊を引き起こす豪雨時の地下水位を再現し、「斜面安定解析」と呼ばれる斜面崩壊の発生予測に用いられる手法を適用した結果、2013年の災害だけでなく、伊豆大島での過去数十年の表層崩壊の発生・非発生を高い中率で判定できることが明らかになった。これは、詳細な調査・検討を実施すれば、個別の土砂災害に関しては高精度で予測できる可能性があることを示唆する。

4. 今後の土砂災害対策のあり方

土砂災害警戒区域数は全国で約54万箇所にのぼる(2018年9月時点)。これら全てで行政による詳細な調査を望むのは現実的でないと考え、現在のような、少しでも土砂災害の危険性がある時に一律で警戒避難を行うという態勢は合理的とも言える。しかしながら、いつ起きるか分からない災害に対して備え続けることが難しいことは、過去の多くの事例から明らかである。適切なタイミングでの適当な地域への避難勧告等の発令や、住民に対する迅速確実な伝達手段の確保が困難なことも指摘されている。「自分の家」が本当に危険になるのはいつか、を知る手段があれば、柔軟で自主的な警戒避難態勢という観点から有効な選択肢になり得るだろう。そのような民間サービスも登場し始めている。まずは危険に晒されている我々自身がその多様性や発生プロセスを理解することで土砂災害と「向き合う」ことが重要である。

一方で、昨年の7月豪雨による土砂災害や、2017年の九州北部豪雨災害のように、多様な土砂災害が複合的に発生し広く影響を及ぼす場合、個人での対応には限界がある。適切な森林管理や施設配置を含めて、流域全体で土砂災害に備えなくてはならない。かつて治水三法(森林法、砂防法、河川法)によって日本から禿げ山が無くなったように、新たな国土のランドデザインでこれからの土砂災害に向き合う必要があるのではないだろうか。

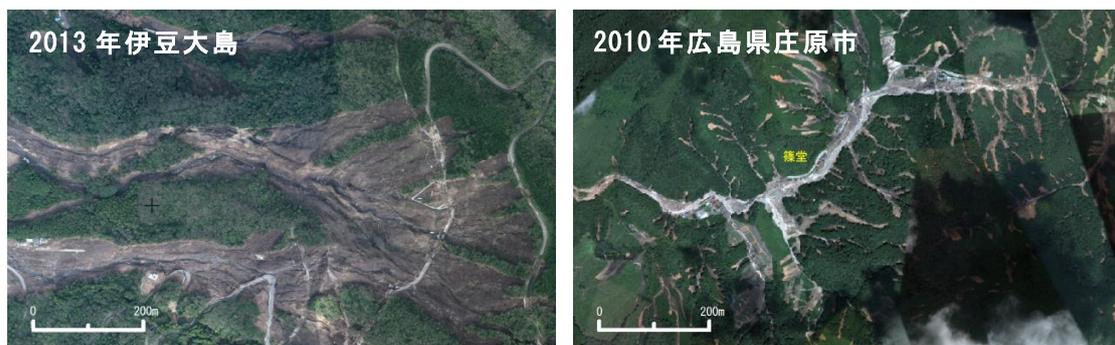


図1 表層崩壊の発生形態の違い(国土地理院 Web ページの写真を加工)

野生動物による農作物被害と異常気象

岡 輝樹

国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所 森林研究部門 野生動物研究領域

2009 年。

梅雨明けが遅かったこの年、東北地方を中心にツキノワグマの人里域出沒が相次ぎ、前年の 3 倍ほどとなった。全国的に出沒数が多かったというわけではなく、東北地方としても 2001 年や 2006 年ほどの大量出沒というわけではなかった。しかし、10 年ぶりの冷夏到来ということがあったのか、マスコミから尋ねられたことは「今年のクマの出沒の多さは冷夏が関係しているのですか？」ということだった。気温が野生動物に与える影響には直接的なものと間接的なものの 2 つがあり、前者については哺乳類の場合基本的に自律的、そして高度に体温をコントロールできるため影響はないだろうと伝える。後者については例えば気温や降水量は彼らの食物資源量を左右しているかもしれないが科学的根拠に乏しいということ、さらにもしそのような食物資源があったとしても、動物は 1、2 種類の食物アイテムに依存しているわけではないから影響はないだろうと話して受話器を置いた。しかし、その日の夜のニュースでは、「冷夏のために山にあるクマの食物資源量が減って人里域に多く出沒している」ことになっていた。中途半端な説明が情報生態学的混乱を招いたことに間違いはない。さらにこの話には後日談がある。翌 2010 年には多くの地域で最高気温更新や熱帯夜日数の更新が相次ぎ、観測史上最も暑い夏だったのだ。東北地方におけるこの年のクマの出沒数は前年と同じ程度に多く、やはりマスコミから電話があった。「今年のクマの出沒の多さは猛暑が関係しているのですか？」

気温が野生動物に直接影響を与えないわけではない。2018 年 1 月にオーストラリアシドニー近郊のキャンベルタウンから衝撃的なニュースが飛び込んできた。気温 47℃を超えて 1939 年以来の最高気温を更新した町の野生動物保護区において、大量のコウモリの死骸が見つかったというのだ。繁殖集団がいる溪畔林の立木の下に数百頭の幼体の死骸が見つかり、専門家によれば「熱射病」であったという。十分な日陰が確保されなかったことによって体温調節が不可能となったことが主たる原因で、記事はそれを「脳が沸騰した」と表現した。しかしこうした例は頻繁にあるものではない。前述のとおり野生動物、とりわけ哺乳類は環境の変化に対して許容能力が高く、生存に適した場所に移動する能力もある。暑さや大雨が一つひとつの行動に影響したとしても長期的に見れば野生動物はその変化に適応して生き抜く力を持っているのが普通である。もっともこれが気候変動の話へ変わると別だ。地球上に生息する生物種は現在、第 6 次の絶滅危機にあるというが、「気候変動」という要因が重なると絶滅の危険性は一気に加速される。哺乳類では、絶滅危機に瀕している 1194 種のうち、145 種が気候変動に強く影響を受けるとされている。

異常気象と野生動物による農作物被害の話というのが今回のテーマであった。全国の農作物被害額は約 164 億円(平成 29 年度)であり、そのうちシカ、イノシシ、ニホンザル、ツキノワグマで 3/4 を占める。異常気象と農作物被害は関係があるのか、例えば異常気象の発生年には

これら野生動物による農作物被害が増えていたのか、ということを確認してみよう。しかし、農作物と加害動物を一对一で対応させることは困難であるし、被害額は作物によって大きく異なる。ここは野生動物側から見るほかはないだろう。

野生動物を捕獲するときの方法の一つに有害駆除というものがある。これは農作物や林業被害の発生に伴って、所有者より許可申請が行われ、当該地域で対象の加害動物を捕獲するため、その数の変動はそれぞれの野生動物が食物を求めて人里へ出てくる頻度の指標となる。なぜその頻度が増えて(減って)いるのか、あるいは変動しているのかを考えることは被害管理にとって重要である。

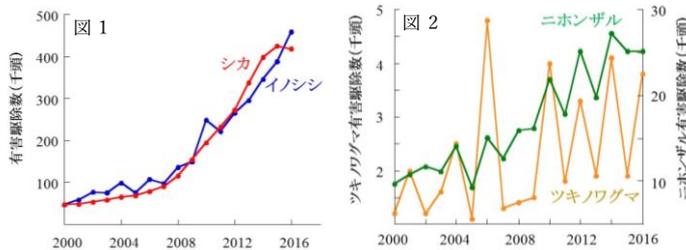


図 1 に 2000 年以降の全国におけるシカとイノシシ、図 2 にサルとクマの有害駆除数の変化を示した。4 種とも右上がりの傾向であるが、シカ、イノシシの有害駆除数増加はその圧倒的な繁殖力によって戦後から続く両種の分布拡大を大きく反映しており、

サル、クマの増加は個体数の増加というよりも人里域における人から野生動物への圧力の低下が主たる要因だろうと考えられている。ここで注目したいのは毎年の捕獲数に対する変動幅の大きさ、例えばクマでは 2 倍から 5 倍も大量に出没することがあり、そのたびに社会ニュースとして取り上げられる。

秋田県におけるクマの有害駆除数の変動と東北地方の夏季気温の平年比の変動を重ねると

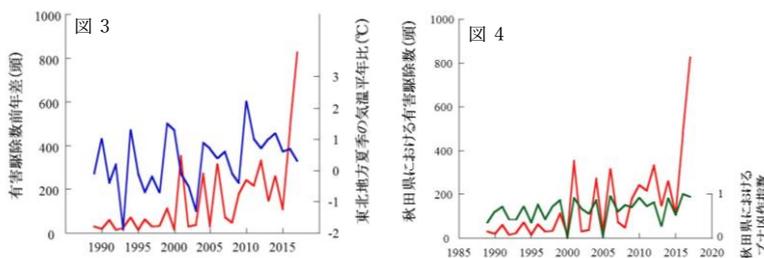


図 3 になる。冷夏の年(東北地方では -0.5 度)や猛暑日が続く暑い年に出没数が増えるという傾向はない。一方、図 4 にはクマの有害駆除数と秋田地方のブナの結実状況(不作の程度を示す指数)を重ねてみた。図 3

に比べると 2 変数の同調性は明らかだろう。

ブナが豊作の年にはクマによる農作物被害は少なく、不作の年には人里へ多く出没し、多大な農作物被害を出す。クマによる農作物被害の発生は、人里近くに住み着くようになった個体と山の実なりに左右されて降りてきた個体によるものらしい。理由がわからないことは多いのだが、フィードバック管理が原点の野生動物管理としては間違っても重要、最近ではいくつかの自治体がこの経験則を用いてクマ出沒警報発令の根拠としている。

では異常気象はブナの結実に影響しているのだろうか？しかし図 3 と 4 を組み合わせても気温と結実の関係は見えそうにない。もう少し長期的に見るとどうか。松井ら(2009)は現在の気候と温暖化シナリオを用いてブナ林が成立する適域を予測し、その面積は 2081~2100 年には現在の 4~21%にまで減少するとしている。異常気象そのものが野生動物による農作物被害の増減に関係していることはなさそうだと述べてきた。しかし、現在のブナ林の衰退後にどうなるのか、クマが依存する食物資源がどう変わっていくのか、気候変動は野生動物と農作物の関係に大きく影響するであろうことは間違いない。

災害に強い養殖業を目指して

北澤 大輔

東京大学生産技術研究所

1. はじめに

日本では、内湾を中心として養殖業が発達してきた。内湾は、一般的に海況が穏やかであるため、養殖用設備の破損、流失等のリスクは小さい。しかし、近年は、大型台風の発生頻度が増したり、11月になっても台風が発生したりするなど、海象が変わりつつある。したがって、従来、台風襲来によって高波等の厳しい海象条件が予想される場合には、養殖用設備をより安全な海域に移動したり、陸上に引き上げたりすることで対応してきたが、海象条件の変化によって、予想できない被害が発生する可能性がある。養殖用設備をより安全な海域に設置する選択肢もあるが、そのような海域は限定されているとともに、自家汚染の発生が懸念され、世界的な養殖生産の発展を鑑みると、やや厳しい海象条件にも耐えうる養殖設備の研究開発が不可欠である。本シンポジウムでは、荒天に対応した養殖施設の一部について、海外の事例や筆者が関わった事例を紹介する。

2. 荒天に対応した養殖設備の事例

台風による高波は、日本沿岸でも有義波高(20分程度の時間内に観測された波を、高いものから順にその1/3を選んで、それらの波高を平均したもので、目視波高に近い)で10m以上に達することがある。波の水粒子の運動が深さ方向に指数関数的に減少することを利用して、高波による流体力を軽減し、養殖設備の破損や流失を防ぐために、浮沈システムが開発されてきた。

たとえば、海外では鋼管を活用した様々な形状の浮沈式生簀が提案されてきた(図1)。鋼管内の空気と海水を交換することによって、浮沈を可能としている。また、高波時に自動的に沈下する機能を有するものもある。一方、日本でも、10m規模の小型の浮沈式生簀が実際に用いられており、台風襲来時にも破損せず、流失しないことが確認されている。この生簀では、鋼管枠にタンクが設けられており、タンク内の空気と海水を交換することによって浮沈を行っている。また、世界では、一般的に高密度ポリエチレンパイプ枠を使用した生簀が用いられているため、この汎用生簀の改良によって速やかな普及を目指した大型浮沈式生簀も開発されている。高密度ポリエチレンパイプは、塑性変形などによってパイプ内に空気溜まりが発生し、海水と空気の置換が十分に行われないことが多い。そこで、高密度ポリエチレンパイプ内を複数の区画に分割し、内部機構を設けたり、パイプ内に可撓性ホースを導入して可撓性ホースに給排気を行ったりすることによって、空気と海水の置換効率を高めて浮沈を可能とした生簀が開発されている。海外と同様に、日本においても鋼管枠を用いた大型浮沈式生簀が開発されている。これらの浮沈式生簀は、沈下させた場合に、係留システムによってある一定の深度にしか設置できないのに対し、生簀の設置深度を調整できる可変深度型生簀の開発も行われてきた。これらの生簀は、高波による流体力の軽減のみでなく、赤潮、高窒素濃度水等の汚染された海水からの避難にも用いられる。その他、適水温での養殖、流氷下での養殖など、様々な用途に応用されるものと期待されている。

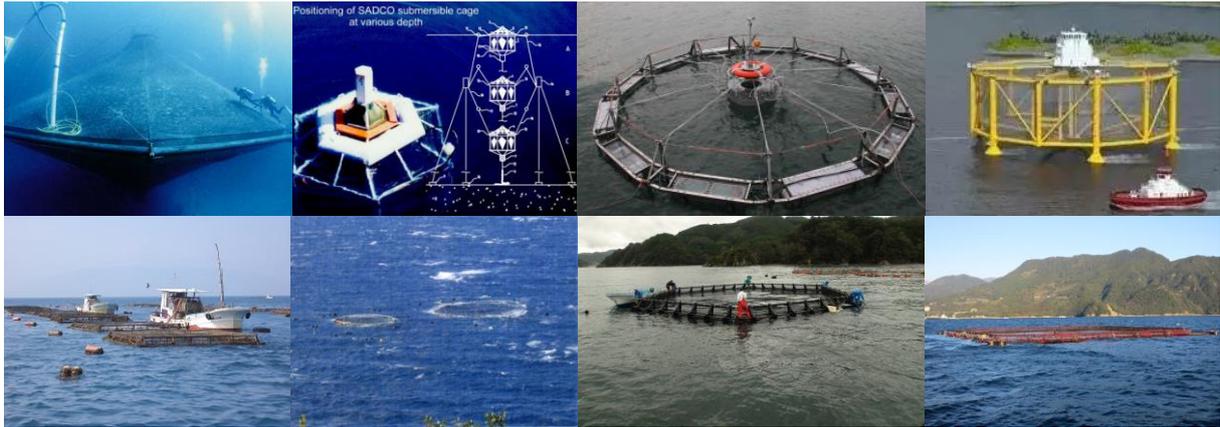


図1 上段左より、米国(私信)、ロシア(Bugrov, 2006)、韓国(Kim et al., 2014)、ノルウェー(私信)の浮沈式生簀。下段は日本の浮沈式生簀(左3枚は筆者撮影、右1枚は新日鉄住金エンジニアリング株式会社提供)

また、沈下式生簀への給餌システムについても、高波に対応した構造物が開発されてきた。米国の給餌ブイや給餌タワーは、高波時にも海上に設置しておくように設計されている。給餌バージ船は、有義波高が4mを超える場合には安全な海域に避難させる設計となっている(図2)。



図2 左より、米国(Fullerton et al., 2004; Turmelle et al, 2006)の給餌ブイ、日本の給餌バージ船(筆者撮影)、給餌タワー(新日鉄住金エンジニアリング株式会社提供)

一方、海藻類や貝類を養殖するための設備については、一部で水温調節等を目的として浮沈できる機能を有したものもあるが、高波に対応できる設備の開発はあまり行われていない。現在は、静穏な海域で養殖が行われているが、今後、浮沈式設備の開発が期待される。

台風、津波の襲来時には、高波に加えて、速い流れが発生する場合がある。風による流れの場合は、深度を増すごとに流速が小さくなることが期待されるが、津波に伴う流れは、表層から底層までほぼ一様に強くなるため、養殖設備を深さ方向に移動させて対応することが難しい。現時点では、設計流速に対して耐えられる設備を製作する必要がある。

3. おわりに

荒天に対してもロバストな養殖設備は、技術的には製作可能であるが、多くのコストがかかる。多少の初期投資と労力は必要とするが、荒天発生時には自然からの外力を軽減するように対応する方が経済的にも効率的である。今後は、海象条件の予測システムと養殖設備の運用システムを統合した新たな荒天対応システムがより一層重要になると考えられる。

講演者プロフィール

敬称略・講演順

【毛利栄征（もうり よしゆき）】

1956年大阪市生まれ。1980年大阪府立大学大学院農学研究科修士課程修了。1980年農林水産省農業土木試験場研究員、土質研究室長、1998年米国コロンビア大学在外研究員、施設資源部長、領域長を経て、2014年から国立大学法人茨城大学農学部教授。農業土木施設の安全性評価に関して、調査・診断・設計・施工、対策技術の開発に従事する。2001年農業土木学会研究奨励賞、2003年文部科学大臣賞、2006年農業土木学会沢田賞、2008, 2011年NARO RESEARCH PRIZE、2007, 2009年国際IGS学会 Best Geosynthetics International Paperなど。土地改良事業計画設計基準ため池整備改定委員会委員、同パイプライン改定委員会委員、福島県藤沼ダム復旧委員会委員、農林水産省食料・農業農村政策審議会整備部会臨時委員、同整備部会技術小委員会委員長、内閣府「平成30年7月豪雨による水害・土砂災害からの避難に関するワーキンググループ」委員。現在、農業・食品産業技術総合研究機構フェロー、水資源機構契約監視委員、茨城県農林水産部総合評価委員、地盤工学会監事、茨城大学地域環境科学科長、地域共生コース長、大学院専攻長など。

【香山 泰久（かやま やすひさ）】

1969年兵庫県生まれ。1991年岡山大学農学部卒業。同年農林水産省入省後、本省、国営土地改良事業所、他省庁勤務等を経て、2018年10月より現職。

【堀田 紀文（ほった のりふみ）】

1973年広島県生まれ。1998年東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻修士課程修了、2009年東京大学博士（農学）。2000年京大大学院農学生命科学研究科助手として採用。2011年から筑波大学生命環境系准教授を経て、2017年より現職。専門は砂防工学、森林水文学。土石流の流動機構や森林流域における水・土砂動態などを研究している。現在、富士山ハザードマップ（改訂版）検討委員、林野庁森林整備保全事業費用対効果分析手法検討委員、東京都八丈島火山砂防基本計画検討委員など。

【岡 輝樹（おか てるき）】

1992年東京都立大学理学研究科博士課程修了。理学博士。1995年JICA長期専門家としてインドネシアに渡り類人猿の社会進化の研究に携わったのち1998年から日本学術振興会

COE 特別研究員として京都大学霊長類研究所に在籍する。2001 年より(独)森林総合研究所東北支所主任研究官、この年から野生動物管理学の対象動物としてツキノワグマを研究するようになる。その後、(国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所 野生動物管理担当チーム長、鳥獣生態研究室長を経て現職。動物生態学的視点からだけでなく、環境経済学、社会心理学的観点から野生動物による被害管理の進展とその社会実装に奮闘している。著書に『遺伝子の窓から見た動物たち：フィールドと実験室をつないで』（京都大学学術出版会、2006 年、共著）、『エコロジー講座 2・生きものの数の不思議を解き明かす』（文一総合出版、2009 年、共著）。

【北澤 大輔（きたざわ だいすけ）】

1974 年和歌山市生まれ。1997 年東京大学工学部卒業、2002 年同大学院工学系研究科博士課程修了、博士（工学）取得。東京大学生産技術研究所准教授などを経て、2018 年より同研究所教授。専門分野は海洋の食料、エネルギー資源利用と生態系保全。日本船舶海洋工学会次世代海洋食料生産システム研究委員会委員長、日本水産工学会評議員などを務める。2010 年に JAMSTEC 中西賞、2017 年に第 12 回日本版イグ・ノーベル賞を受賞。