

水生昆虫類保全を考慮した赤土対策沈砂池の管理・運用について

荒谷邦男*、苅部治紀**、北野忠***、富永篤****、○富坂峰人*****

TEL : 098-857-0919, FAX : 098-857-0917, E-mail:a4441@n-koei.co.jp

1. はじめに

農地からの赤土流出に対しては、これまでに農業農村整備事業において、勾配修正や沈砂池、土砂溜等の対策施設が整備されてきている。この中で、台風など豪雨時においても、ある程度対策効果が期待できる沈砂池は重要な役割を担っている。しかし、沈砂池は、堆積泥土の定期的な除去が赤土対策効果を発揮・維持する上で必要不可欠であるにも関わらず、施工・処分コスト等が課題となり、適切に堆積泥土を除去し運用されているとは言い難い現状にある。

このような問題意識から、我々は、低コストかつ地元業者で容易に実施できる工法により、堆積泥土を除去して沈砂池の対策効果を回復すると共に、除去した堆積泥土を農地における土づくりや赤土の発生源対策に役立てる技術の開発に取り組んでいるが、その中で、堆積泥土を除去すると沈砂池内に水辺が創出・維持され、水生昆虫類が利用することに気づいた。

奄美琉球地域では、その貴重な自然環境が評価され、令和3年7月に代表的な島・エリアが世界自然遺産に登録された。しかしその一方で、森林域のように利用制限等の規制が出来ない農地周辺に生息している水生昆虫類が急激に減少しており、大きな問題となっている。

持続可能性やSDGsへの取り組みが社会的課題となった現在、農地の沈砂池を本来あるべき形で適切に管理運用することが、赤土対策に加えて、水生昆虫類の保全や、更には子供たちが赤土問題や持続可能な社会について学ぶ場の創出など多面的機能の発揮につながることで、またこれらが赤土対策に関する施策が既に展開されている奄美琉球地域だからこそ実現できることを紹介する。

2. 農地における赤土対策と沈砂池

奄美琉球地域においては、開発工事からの赤土流出防止をターゲットにした対策条例や要綱が施行されており、現在、開発工事からの赤土流出はかなり低減されてきている。一方、農地では、赤土対策として、水質保全対策事業が実施されており、圃場における対策として勾配修正（緩勾配化）や土砂溜溜など、農地流末における対策として沈砂池が整備されている。

事業前後の観測結果等から、これら水質保全対策事業の対策効果は比較的高いことが報告されている。しかし、沈砂池については、赤土の堆積が進み貯留容量が減じると、理論上それに応じて対策効果が低減する。したがって、沈砂池については、堆積した赤土等（以下、堆積泥土とする。）を除去しながら運用していくことが前提かつ必須となっている。

ここで参考として、恩納村谷茶の過去10年（2008/4/1～2018/3/31）の降雨データを元に24時間の無降雨をインターバルとし、侵食で流れる土砂量の指標である土壌流亡予測式（USLE）の降雨係数を用いて解析した結果を示す。解析の結果、当該10年の総雨量は20,728mm、降雨数は1,135降雨、降雨係数の総計は9,201であった。表1に上位10位までの降雨時の値を示すが、回数的には全体の約1%でしかないこの10降雨の降雨係数の合計が3067.3と10年間の総計の約1/3に達している。

表-1 規模の大きい上位10降雨（恩納村谷茶）

順位	降雨開始時間	降雨終了時間	一雨雨量(mm)	降雨係数
1	2011/8/4 0:00	2011/8/6 19:00	594.0	663.1
2	2009/6/11 4:00	2009/6/14 9:00	426.5	685.3
3	2017/6/12 12:00	2017/6/17 17:00	354.5	294.7
4	2012/8/25 22:00	2012/8/28 16:00	333.0	423.0
5	2010/5/13 23:00	2010/5/17 21:00	242.0	148.5
6	2012/8/4 22:00	2012/8/7 21:00	232.0	134.0
7	2014/10/10 15:00	2014/10/13 2:00	228.0	101.9
8	2009/10/22 5:00	2009/10/26 7:00	213.5	115.3
9	2015/7/19 2:00	2015/7/21 12:00	207.0	307.2
10	2012/9/15 1:00	2012/9/16 15:00	193.5	194.5
計	—		3024.0	3067.3

注：2008/4/1～2018/3/31 実測データ

*九州大学大学院比較社会文化研究院、 **神奈川県立生命の星・地球博物館、 ***東海大学教養学部、 ****琉球大学教育学部、 *****日本工営株式会社沖縄支店

水質保全対策事業の進展に伴い、農地での赤土対策に関しては、営農中の圃場で農家が行うマルチングやグリーンベルト等の発生源対策に関係者の関心が移ってきている。しかし、表-1の結果は、当然と言えば当然だが、元々赤土の多くは、農家が行う発生源対策が破損等により期待される効果を損なうであろう豪雨時に流出していることを示している。

したがって、農家が行う発生源対策に加え、沈砂池の堆積泥土を除去して豪雨に備えて貯留容量を確保しておくことが、農地からの赤土流出防止を図る上では重要になると考えられる。ただ、沈砂池の貯留容量の維持管理は、堆積泥土の除去に係る労力・コストが問題となっており、現在十分に実施されているとは言えない。特に含水比が高くドロドロな状態の堆積泥土は浚渫・運搬しにくく、そのため汚泥扱いとなり高額な産廃処分コストがかかることが大きな課題となっている。

3. 農地における赤土対策と沈砂池

そこで、堆積泥土の化学性が良いことに着目し、堆積泥土を有用な耕土や植栽土に改良することで、沈砂池を有用土の供給場として活用し、赤土対策効果を維持すると共に、耕土の保全・土づくりに資することを目標に、地元業者で実施できる技術の開発・現場実装に取り組んでいる。

(1) 沈砂池堆積泥土の改良試験施工

沈砂池は農地内の低い場所に位置しており、特に地下水位が高い場合や湧水が流入するような場所では、細粒かつダンプに積載できない高含水比の泥土が堆積している。このような堆積泥土は、排出困難であるだけでなく、再流出して沈砂池を赤土の2次発生源にするリスクがある。このような泥土に有害物質を含まない中性改良材（資材名：イーファップ）を投入し、汎用重機で攪拌・固化し、耕土や植栽土として再利用することを検討している。なお、試験施工の前には堆積泥土中の土壤環境基準物質や残留除草剤の分析をしているが、これらの有害物質はこれまで確認されていない。以上の試験施工等は、元々サトウキビ圃場に沈砂池の浚渫土を客土している農家が存在しており、改良した堆積泥土の客土利用について地元の理解が比較的得やすいと考えられた石垣島で実施している。

試験施工の状況例を図-1に示す。これまでに石垣島内で複数回施工しているが、特に令和3年度に実施した試験施工では、汎用重機と一般的なコンクリートブロックを据え置くだけの簡易なピットで改良作業が可能であることが確認できた。このような結果から、特別な技術・機械等を用いずに地元の土木工事業者で施工できると考えている。なお、試験施工の結果を基に、標準的な工事費について積算し、従来の手法による工事費+処分費と比較した結果を表-2に示す。安全側の比較とするため、比較対象とした従来の手法はかなり良い条件で施工できる前提としたが、それでもイーファップを用いた改良・活用工事の方が安価となった。したがって、沈砂池堆積泥土の客土利用は、従来手法による浚渫及び処分よりもコスト面で優位であると考えている。

(2) 改良堆積泥土を客土利用するメリット

改良泥土を用いたコマツナ栽培試験により、沈砂池改良泥土を混合することで発芽率および生育量が向上することが確認している。ただし、改良しない堆積泥土でも同様に向上したことから、



図-1 堆積泥土改良試験施工の様子

表-2 工事費の比較例

項目	①泥土改良工 (堆積泥土1m ³ 当たり改良剤3.65kg ^{注1)})	産廃処分場での処分工 (処分費:16,500円/m ³)	
		②運搬処分(ダンプ) ^{注3}	③運搬処分(パキユーム車)
直接工事費 (350m ³ 想定)	3,367,323	5,776,944	7,840,000
1m ³ 当たり	9,621	16,506	22,400
間接工事費	1,913,000	591,000	1,333,000
共通仮設費計	523,000	161,000	363,000
運搬費~管理費等	523,000	161,000	363,000
純工事費	3,890,323	5,937,944	8,203,000
現場管理費	1,390,000	430,000	970,000
工事原価	5,280,323	6,367,944	9,173,000
一般管理費等	1,250,000	380,000	870,000
工事価格	6,530,323	6,747,944	10,043,000
改め	6,530,000	6,740,000	10,040,000
1m ³ 当たり	18,700	19,300	28,700
備考	改良土は耐食性が向上しており、豪雨時にも赤土は発生しない。浸出水も透明であり、仮置き時にも別途濁水対策は不要。	赤土対策を兼ねた農地のピット(凹地)に設置し、すぐ290m ³ 含水比80%、第4種建設発生土相当に減容すると仮定。	濁水ごと吸引・運搬するので、基本的には濁水対策不要。

注1: 泥中の土0.73t/m³(含水比100%)、改良剤投入5kg/t(土)とし、0.73×5=3.65kg/m³とした。
 注2: 攪拌用のピットは、沈砂池内構造物又はコンクリートブロックで簡単に設置できるものとした。
 注3: 運搬処分時の赤土対策費は既存文献が示す仮設沈砂池整備に係る最低単価(1,000円/m³)とした。
 注4: 各費用は、適用箇所、対象土の性状や社会経済状況等により変動する。

堆積泥土自体の化学性（肥料分や腐植等）の影響が大きいと考えられた。この結果は、後述する琉球王朝時代に実施されていたイフ返しの事実にも整合する。また、図-2 に示す同一耕土による栽培試験（オクラのポット栽培）では、イーファップによる改良割合が増えるほど生育が良い結果が得られており、改良自体にも効果があり、地力増進に貢献すると考えられる。



0% 20% 40% 60% 80% 100%
国頭マーシ（下層土）との改良土の混合割合

図-2 改良率と作物の成長状況（オクラ）

また、改良泥土の客土については、耕土自体の耐食性を向上し、発生源対策になる可能性もある。客土工を想定し、イーファップによる改良泥土と耕土を混合した検体について人工降雨試験と流水試験を行い、Water Erosion Prediction Project (WEPP) モデルで解析した結果、年間土壌侵食量が 40～96%抑制されるという結果が得られている（表-3）。条件により効果は変化すると考えられるが、改良泥土の客土利用は、耕土の耐食性を向上させ、基本的に発生源対策としての効果を発揮すると想定している。

表-3 堆積泥土/改良泥土投入量と侵食量削減率

土壌	区分	年間総侵食量 kg・m ⁻² ・yr ⁻¹	侵食量 削減率
国頭マーシ	投入なし	48.90	-
	堆積泥土50%投入	40.96	16.2%
	改良泥土50%投入	26.10	46.6%
	堆積泥土10%投入	3.57	92.7%
	改良泥土10%投入	1.79	96.3%
島尻マーシ	投入なし	4.97	-
	改良泥土10%投入	2.95	40.6%

4. 沈砂池と水生昆虫類

固有性が高く分布特性上も重要な生物相を有する奄美沖縄地域を代表する奄美大島、徳之島、沖縄本島北部および西表島が、今年度世界自然遺産に登録された。しかし、近年、奄美沖縄地域の生物多様性の急速な減少が大きな問題となっており、特に水生昆虫類は最も危機的な状況にある。原因はまだわからないが、その背景には、水生昆虫類の主要な生息域が、森林域と異なり人の活動を制限する規制等がかかることが困難で人為的な影響を受けやすい農地周辺であることが影響していると考えている。

（1）奄美沖縄地域の農地の変遷と水生昆虫類

現在、奄美沖縄地域の農地はサトウキビを始めとする畑地がほとんどだが、昔は水田が広がっていた。例えば、沖縄の水稲の作付面積は、明治期～昭和初期は5,000～8,000ha、1955年には12,532haもあったとされている。しかし、昭和30年代後半に起きた大干ばつと、キューバ危機を契機に、換金作物としてサトウキビ作が官民あげて推奨・導入され、水田をサトウキビ畑に変える動きが一気に加速した。令和2年には沖縄県の水稲作付面積は650haとなり、最盛期のわずか5%ほどになっている。

このような社会・農業の動きが水生昆虫類に与えた影響は大きかったであろう。本土と同様に稲作と共生して生息していた水生昆虫類は畑作の広がりと共に棲み処を失い、近年は、残された水田等における農薬使用や気候変動による干ばつの多発が追い打ちをかけていると考えられる。

水生昆虫類が最近危機的な状況にあることは、貴重な水生昆虫類の指定状況からも推察される。例えば、最新の環境省レッドデータブック第4版（2014年）では絶滅危惧I類に7種が指定されているが、一つ前の第3版（2007年）ではランク外であったリュウキュウミズスマシなどの3種がいきなり選定されている。また、沖縄県レッドデータブックに掲載されている水生昆虫類も、第2版（2005年）の17種から第3版（2017年）では一気に45種にまで増えており、更に、絶滅危惧IA類・IB類の多くが水生昆虫類になっている状況である。

（2）沈砂池ビオトープ

試験施工は、条件の悪い高含水比の堆積泥土がある沈砂池を選定して実施してきているが、このような沈砂池は、降雨時以外でも湧水等が流入し水が溜まりやすい。したがって、施工前に可能な範囲でエ

ビヤオオウナギ等を採取・避難させており、その際に水生昆虫類が良く確認されることに気が付いた。調べてみると、表-4に示すとおり、平成29年1月に実施した試験施工では、施工前に48種（内、希少種7種）、約6か月後には52種（内、希少種4種）の水生昆虫類が確認されている。また、令和元年10月の試験施工を実施した比較的市街地に近い位置にある沈砂池（図-3）でも、施工前に44種（内、希少種4種）、約8か月経過後には49種（内、希少種4種）の水生昆虫類が確認された。このような結果から、沈砂池内の水辺は水生昆虫類等が生息場として利用しており、堆積泥土の除去等により一時的に池内を改変しても、その後の湛水環境の回復に伴い水生昆虫類は戻ってくると考えられる。

したがって、水が溜まりやすい沈砂池は水生昆虫類保全に資するビオトープとして活用できると考えられる。なおビオトープとして活用していくには、水辺環境を維持していく必要があるが、これは赤土対策効果を回復・維持するための堆積泥土の除去が実施されれば自ずと達成されると想定される。

表-4 試験施工前後で確認された水生昆虫類の状況

試験施工①：H29年1月末

区分	調査日	種数	うち希少種
施工前	H29. 1. 21	5目17科48種	7種
施工後	H29. 7. 14	5目15科52種	4種

試験施工②：R1年10月末

区分	調査日	種数	うち希少種
施工前	R1. 10. 15	4目15科44種	4種
施工後	R2. 6. 30	4目15科49種	4種

注：希少種は以下の資料の記載種を基に判断した。

環境省RL：「環境省レッドリスト2020」（2020年3月 環境省自然環境局
野生生物課希少種保全推進室）

沖縄県RDB：「改訂・沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物第3版（動物編）－
レッドデータおきなわ－」（2017年3月、沖縄県環境部自然保護課編）



図-3 試験施工沈砂池の様子（R1-2）

4. 沈砂池の多面的機能

農地や農業施設は、食糧生産機能だけでなく多面的な公益機能を有することが、行政が整備を担う一つの根拠にもなっている。農林水産省では、農地の公益機能を図-4のとおり整理をしているが、主に水田を念頭にした内容になっている。したがって、亜熱帯で降雨が強く侵食されやすい赤土等が分布する環境下で稲作から畑作への転換を進めてきた奄美沖縄地域では、土の流出を防ぐ機能が乏しく、逆に発生源になることから、公益機能担保のために水質保全対策事業が実施されているとも考えられる。

このような観点から見ると、多面的な公益機能が要求される農地農村整備事業で整備されている沈砂池も、以下の4つの多面的な公益機能の発揮を考えていく必要があるのではと考える。

（1）土の流出を防ぐ機能

整備の主目的である機能であり、冒頭に述べたとおり整備時点における効果は高い。しかし、堆積泥土を適切に除去し、沈砂池の対策効果を維持管理しないと、想定した機能を発揮しつづけることはできない。また、島嶼であり元々土資源に乏しい島嶼域では、農地内で発生した赤土は農地外処分ではなく農地内に留めることが望ましい。これらは土の流出を防ぐという公益機能を担保する農地整備の課題であり、水質保全対策事業の一環として対応する必要があるのではないだろうか。

水質保全対策事業には、堆肥等を圃場投入して耕土の耐食性を高める土層改良工という工種がある。前述のとおり改良した堆積泥土の客土利用は、土づくりにつながり、耕土の耐食性を高める効果がある。したがって、堆積泥土の客土利用を前提に考えると、沈砂池は赤土の流出を防ぐと同時に、赤土流出防止に有用な客土材料を蓄え供給する機能を有しているとも考えられる。

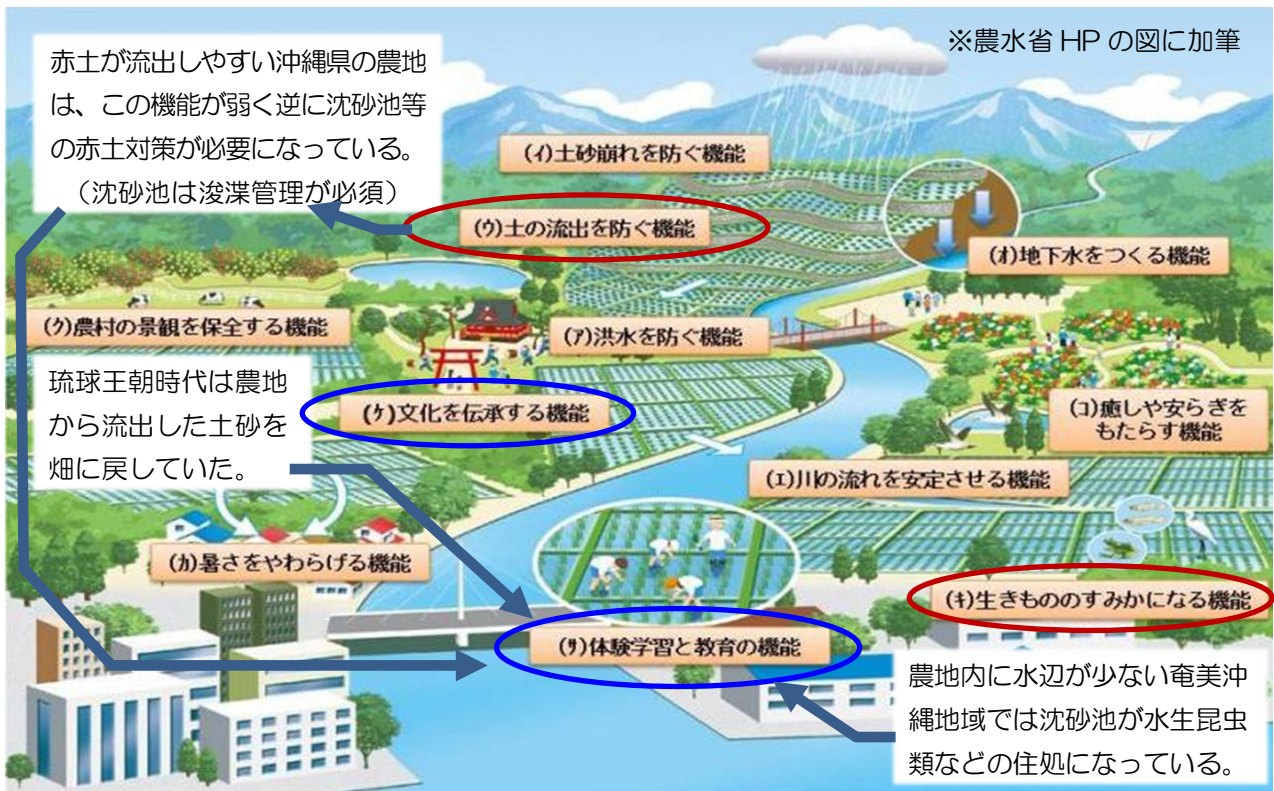


図-4 農地が持つ公益機能と沈砂池の活用により向上が期待される主な機能

(2) 生き物のすみかになる機能

前項で示したとおり、沈砂池は農地の公益機能の一つ、生き物のすみかになる機能を担えると考えられる。なお、沈砂池内の水辺の状態は赤土等の堆積状況により変化し、必ずしも常に水生昆虫類等にとってベストな状態を保つわけではない。しかし、これは栽培ステージによって干出と湛水を繰り返しながら運用される水田も同様であり、水生昆虫類はその状態に応じて利用形態や種を変化させて共生関係を作ってきている。

したがって、配慮は必要だが、あくまで沈砂池を運用していく中でどのように共生関係を作っていくかを念頭に考えていく必要がある。

(3) 体験学習と教育の機能

以上に述べてきたとおり、沈砂池は海・川を守るための赤土対策、土のリサイクルや農地保全、水生昆虫類の保全など色々な公益機能を有しており、これらを学ぶ場として適している。つまり、農地の公益機能の一つである体験学習と教育の機能を発揮する場として活用できると考える。

このようなことから、上記の試験施工を実施した沈砂池で、水生昆虫学の有識者に参加頂き、図-5 に示す子供たちが虫取り体験をしながら赤土や持続可能な社会について考えるイベントを実施している。これまで夏に2回実施しているが参加者には好評で、継続を希望する方も多かった。

観察会で印象的な出来事があった。水生昆虫を網でとって喜んでいる子供の一人が「水の中に虫がいるなんて知らなかった！」と叫んだのである。



図-5 試験施工沈砂池における観察会の様子

最近の奄美沖繩地域の子供たち若者たちには、昔に比べて陸域の水辺で小さな生き物、特に水生昆虫類に触れたという経験がほとんどないのではないかと大変驚いた。そういったことが水生昆虫類の激減の遠因になっている、あるいは将来の危機を増長させることにつながらないだろうか。SDGs を目指し、島の環境と共生する持続可能な農業・社会を実現しようとするなら、やはり対象に触れ、実感する場を設けることが重要だと考える。県では、本交流集会も含め、環境保全、赤土流出防止について啓蒙するため色々な取り組みがなされているが、ぜひ沈砂池が水生昆虫類の保全機能を有しており、ビオトープとして活用できることを紹介して頂きたい。

(4) 文化を伝承する機能

本機能は、基本的には農業文化に根差した行祭事や文化的活動に関するものだが、耕土の流亡防止や良好な耕土の確保は、元々土資源に乏しい奄美沖繩理行きの島嶼環境に生きる農家が苦勞して取り組んできた課題であり、琉球王朝時代はイフ返しと言って、地力保全のために農地から流出して水路等に堆積した土は農地に戻すことが王朝主導で実施されていた。赤土流出に関しては、このような先人の知恵に学び、引き継いでいくということも重要だと考える。

5. おわりに

沈砂池は、奄美沖繩地域における赤土等流出防止施策の一環として既に水質保全対策事業で計画整備されているが、運用方法が明確にされていないことが課題だと考えている。その解決には農地に求められる多面的機能の観点から、価値がある、価値を高める運用方法を考えていく必要がある。

本報告では、改良剤を用いた沈砂池堆積泥土の客土活用が、農村整備に期待される土の流出を防ぐ機能に加え、農地内に水辺を創出・維持し生き物のすみかになる機能、更に体験学習と教育の機能や文化を伝承する機能など、複数の多面的機能の発揮につながることを述べた。なにより危機に瀕している奄美沖繩地域の農地周辺に生息している水生昆虫類の保全に役立つことは、世界自然遺産を有し自然との共生が地域社会のテーマとなる奄美沖繩地域において大きな意味があるだろう。

適性のある沈砂池の選定や害虫用殺虫剤等の影響等について今後も検討していく必要はあるが、既に実施されている水質保全対策事業や生物多様性保全に係る施策に関連して、あるいは連携して十分実施可能な内容だと考えている。工事内容も、兼業農家の就業も想定される地元の土木工事業業者で請け負えるものであり、持続可能な奄美沖繩地域社会の確立や SDGs の達成等に向けた具体的取組みの一つとして、環境分野及び農業分野等の行政・業界関係者から現場実装へのご協力を頂きたいと考えている。

謝辞：本報告の一部は、独立行政法人環境再生保全機構における環境研究総合推進費 4-1901「危機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する実効的な保全・生息地再生技術の開発」（代表研究者：荒谷邦雄）による助成を受けて実施したものである。関連情報の提供や試験施工の実施等にご協力を頂いた石垣土地改良区及び地元農家の方々、JIRCAS のの方々、OIST のの方々、その他の関係者のみなさまに深く感謝申し上げます。

(参考文献)

- 1) 伊良波直人・富坂峰人・野原博豪：現地観測に基づく赤土等流出防止対策効果の検証、水土の知 76 (5)、pp. 456~457、2008
- 2) 富坂峰人・城野裕介・藤澤久子・今村史子：農地における赤土対策沈砂池の活用について、平成 29 年度赤土等流出防止交流集會事例集、沖繩県環境生活部、2017
- 3) 大前英・Burhanuhaddin Rasyid・富坂峰人・飯泉佳子：固化剤を用いた石垣島沈砂池土砂の再利用技術の開発 一加工土壌が作物の生育に及ぼす影響について一、日本熱帯農業学会第 121 回講演要旨集、日本熱帯農業学会、2017
- 4) 金敷菜穂・欣陽・大澤和敏・藤澤久子・富坂峰人・松井宏之：沈砂池堆積土の農地還元による土壌受食性の変化および植物成長への影響、2020 年度 (第 69 回) 農業農村工学会全国大会講演要旨集 pp. 653-654、2020
- 5) 荒谷邦雄：奄美・琉球における里地棲希少水生昆虫類保全の課題、昆虫と自然、56(10)、pp. 2-5、2021