



拠点研究（一般推進）
2023KG-04

北アフリカにおける豪雨・林野火災を考慮した流域
土砂管理に向けたハイブリッドモデルに関する国際
研究拠点形成

Formation of an International Research Network
for Hybrid Models for Watershed Sediment
Management Considering Heavy Rainfall and
Wildfires in North Africa

令和 6 年 5 月 30 日
May, 2024

研究代表者 田中 賢治
Coordinator Kenji Tanaka

拠点研究 成果報告書

(1) 実施課題名：北アフリカにおける豪雨・林野火災を考慮した流域土砂管理に向けたハイブリッドモデルに関する国際研究拠点形成

(2) 研究代表者（氏名，所属，職名）：

田中賢治，水資源環境研究センター，教授

(3) 研究組織（氏名，所属，職名，役割分担）：

氏名（所内）	研究分野領域名・職名	現在の専門	役割分担
田中 賢治	地域水環境システム 教授	水資源工学	研究総括
角 哲也	社会・生態，教授	水工水理学	乾燥度評価 ダム堆砂管理 の方策検討
Sameh Kantoush	社会・生態，教授	土砂水理学	土砂生産のモデル解析
峠 嘉哉	地域水環境システム， 特定准教授	火災水文学	火災調査，乾燥度評価
Mahamed Saber	社会・生態， 特定准教授	水資源工学	洪水出水の検討
Bouamrane Asma	社会・生態，研究生	土砂水理学	土砂生産量モデル開発
Al-mamari Mahmood M.	社会・生態，博士課程	土砂水理学	焼損地形の画像測量
Jabberi Mouhanned	社会・生態，修士課程	土砂水理学	土壌浸食量推定
氏名（所外）	所属・職名	現在の専門	役割分担
Boutaghane Hamouda	Badji Mokhtar- Annaba University, 教授	水文学	焼損土壌の分析
Tayeb Boulmaiz	Ghardaia University 准教授	水文学	水文気象データ収集
Bouamrane Ali	University of Kasdi Merbah. Algeria 准教授	水文学	AHP 分析

Chérifa Abdelbaki	Pan African University, 教授	気候変動工 学	水文気象デー タの分析
Ke Shi	東北大学, 博士課程	火災水文学	複合災害の極 値統計解析

(4) 研究・活動報告：

1. 研究目的・趣旨

近年アルジェリアでは林野火災・豪雨双方の被害が深刻化している。林野火災後には水文過程が変化することが知られており、流域土砂管理としては、林野火災後の植生変化・土壌変化による流出過程・土砂生産過程の変化が流況曲線・ダム堆砂量の変化に繋がる懸念がある。更には、気候変動による渇水・豪雨の増加・強化も問題視される。

そこで本研究では、林野火災後の流域管理 (postfire basin management) を見据えて、定量的なハザード解析と適切な意思決定を目指す国際研究拠点を形成する。具体的には、①流域管理・林野火災の現地調査の実施・災害統計データを収集する。②土砂生産モデルの準備・林野火災後の土壌特性変化の調査方法の検討並びに現地協力者に共有する。③現地協力者と共同で国際会議や研究集会を開催・人的ネットワークを構築・拡大することを目的とした。

- 1) 流域管理・林野火災の現地調査、災害統計データの収集
- 2) 土砂生産モデルの準備・林野火災後の土壌分析
- 3) 国際会議・研究集会の開催

2. 研究経過の概要

上記サブテーマごとの研究連携の進め方は下記のとおりである。

1) 流域管理・林野火災の現地調査、災害統計データの収集

2023 年 6 月にアルジェリア東部の Medjerdha 川流域を対象として流域土砂管理・林野火災被災状況の現地調査を実施した。流域内で複数のダムを視察し、堆砂状況・堆砂量データ・運用目的・貯水量・運用方法等を調べた。加えて、林野火災の焼損域で火災後豪雨による土砂災害 (斜面崩壊・土石流) 等の被害状況を視察した。現地協力者と共同でアルジェリア全国・各州に記録された現地火災統計データ (国内州別 2000-2022 年, 計 53,919 件分) をそれぞれ収集した。訪問した Souk Ahras 大学では今後の共同体制を確認すると共に、学生や若手研

研究者を対象にしたデータ解析やフィールドワークの実習を実施し、高い教育効果があった。

2) 土砂生産モデルの準備・林野火災後の土壌分析

Medjerdha 川流域を対象として、土砂生産モデルの精度評価を実施し、複数の水文モデル・多様な入力条件でのモデル精度を評価した。加えて、林野火災による土壌特性への影響を調査するため、国内の林野火災焼損域・野焼き地を対象に焼損土壌への強熱減量試験を実施し、焼損土壌中の有機物量の分析方法を検討した。現地協力者に焼損土壌の収集・分析や変水位透水試験の手法を共有した。

本プロジェクトにより構築・強化された人的ネットワークを柱として、土壌生産モデル開発、火災後土壌分析、現地災害統計データを組み合わせた今後の火災後流域管理をテーマとした国際共同研究を申請予定である。

3) 国際会議・研究集会の開催

2023 年 6 月 5～7 日に第 7 回 ISFF(the International Symposium on Flash Floods in Wadi Systems)をアルジェリア西部のトレムセンで開催した。現地大学 (PAUWES, AGIRE 等)、現地機関 (Civil Protection 等)、国内機関・大学 (JICA, 京都大学, 宮崎大学等)、MENA 諸国 (オマーン・チュニジア・エジプト等) から 200 名以上の参加者を得た。詳細は後述する。

加えて、2023 年 12 月 17 日～2024 年 1 月 3 日に Badji Mokhtar-Annaba 大学の Hamouda 教授と Ghardaia 大学の Tayeb 教授を京都大学防災研究所に招聘した。12 月 25 日に研究集会を開催すると共に、共同研究の進行・現地データ・今後の展開を議論した。

3. 主要な研究成果

上記の研究経過の中から主要な研究成果について詳述する。

3. 1 Medjerdha 川流域における林野火災調査

Medjerdha 川流域 (図-1) で 2023 年 6 月 9-11 日に現地調査を実施した。調査の主な項目は、①林野火災の形態や焼損の状況、②火災後豪雨の被害状況、③ダム堆砂などの流域管理の状況を把握することにあつた。

スーカラス市の周辺域では 2022 年 8 月に生じた大規模林野火災の被害が深刻で人的被害も報告された。延焼は 2-3 日続き、空中消火を実施したとのことだった。周辺域では毎年のように林野火災被害が生じており、調査後の 2023 年 7 月にも大規模な林野火災被害が生じた。現地には林野火災を対象とした警報は無く、高温警報等が実質的に林野火災警報として機能しているとのことだった。

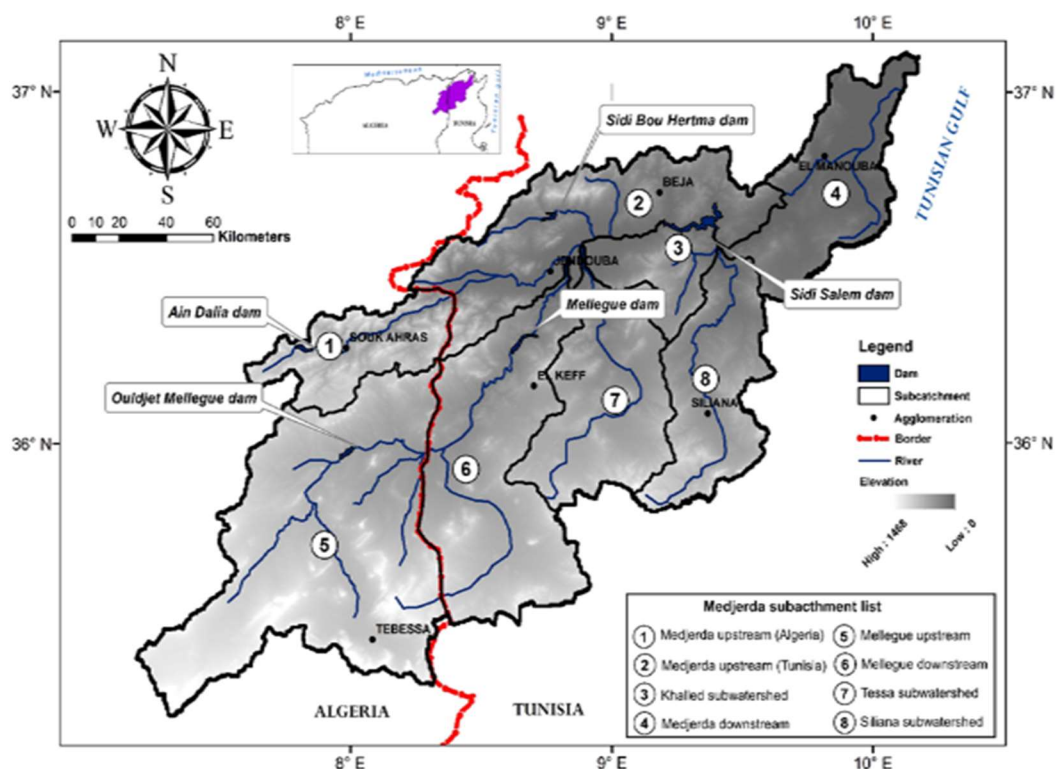


図-1 Medjerdha 川流域



図-2 火災後の斜面崩壊



図-3 mud flow により埋まった小学校

現地の火災統計の記録状況を確認したところ、アルジェリア全国の林野火災統計が 2000 年以降記録されており、Forest, Maquis, Bush の植生ごとの焼損面積について州別の記録が確認された。消防力に関する点など、より詳細な情報は地域には記録されており、必要に応じて収集が必要と考えられた。

火災後豪雨の被害も大きかった。2023 年 5 月に生じた豪雨による斜面崩壊の跡が点在していた。図-2 は焼損域からの斜面崩壊跡であり、その下流側では mud

flow と見られる痕跡が見られた (図-3). 図-3 は小学校であるが, 幾つかの住居が被害を受けたことが確認された. 焼損域を対象に変水位透水試験を実施した.

Aim Dalio ダムや建設中の Djedra ダムなど, 流域内の複数のダムを視察した. 各ダムの貯水量や利用用途等の基礎情報に加えて, 堆砂量, 堆砂計測の観測頻度等についても調査した. 視察したダムの中では, 現段階で林野火災後の土砂量の増加や濁度の増加等が運用上の支障に至っているものは無かった.

3. 2 焼損試料の強熱減量試験

本研究が注目する林野火災後の土砂生産過程の変化においては, 植生変化・土壌特性の変化の双方が影響すると考えられる. 植生変化は衛星解析等によってモニタリングが比較的可能であるが, 土壌特性の変化は現地協力者との共同試験の体制が必要であるため, 試験方法について日本国内の林野火災事例を対象に検討した.

熱重量示差熱分析(TG-DTA)は, 重量と熱量を測定しながら試料に熱を加える手法であり, 試料が燃焼温度の異なる数種類の有機物を含む場合には, 燃焼温度毎の強熱減量を計測することで重量構成を計測できる. 中下ら(2020, 2022)は, 特に空気雰囲気中で強熱減量値を分析する場合はマッフル炉等で実施する一般的な強熱減量試験の結果と比較可能となると指摘した^{1,2)}. そこで本研究では, 中下ら(2020)の手法に倣い, 今後日本とアルジェリアの林野火災を比較することを見据え, 日本の林野火災の焼損試料に対して実施する TG-DTA 分析結果を基に, アルジェリアで一般的な強熱減量試験を実施する際の燃焼温度や燃焼時間を提案することを想定した. 林野火災時の焼損試料の TG-DTA 分析を実施することで燃焼温度が異なる複数の有機物の重量構成の計測を試みた.

対象事例は, 2021 年 2 月足利市で生じた西宮林野火災事例である. 今回の検討では分析方法の提案であるため, 焼損土壌ではなく地表に残存した焼損試料を対象とした. 焼損域内で植生や焼損度の異なる 3 地点を選定し (図-4), 得られた焼損試料を収集して TG-DTA 分析を実施した.



(a) 地点 A



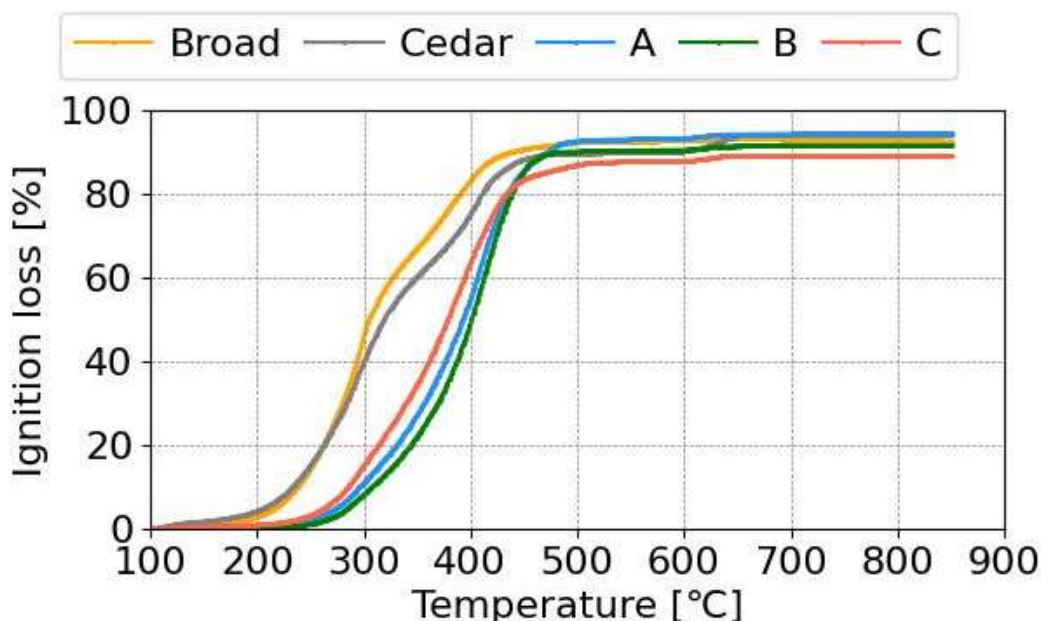
(b) 地点 B



(c) 地点 C

図-4 焼損試料を収集した 3 地点 (焼損試料は林野火災の鎮火直後に収集)

その結果、焼損試料と未焼損試料間では強熱減量に燃焼温度 300℃周辺で違いが見られた（図・5）。その理由は、林野火災による燃焼で可燃物中のセルロース分が焼失し、リグニンのみが残存したためと考察された。このように試料中の有機物構成が単純な場合には燃焼温度を変えた強熱減量試験により、その構成を計量できると考察された²⁾。実際の焼損土壌中の有機物構成はより複雑であるため、様々な焼損試料を対象に検討事例の増加が必要と考えられた。



図・5 焼損試料の TG-DTA 分析結果（峠・中下ら，査読中）³⁾

Broad と Cedar は未焼損試料でそれぞれ広葉樹・スギ，A~C は焼損試料

- 1) 中下慎也，下方幹治，KIM Kyeongmin，日比野忠史：堆積泥を対象とした示差熱・熱重量分析の測定条件の検討，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，76，I_1027-I_1032，2020.
- 2) 中下慎也，KIM Kyeongmin，TOUCH Narong，日比野忠史：燃焼温度と燃焼時間が底泥の強熱減量値に与える影響の検討，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，78，I_871-I_876，2022.
- 3) 峠嘉哉，中下慎也，Ke Shi，Chenling Sun，Huang Qin，丸尾知佳子：2021 年西宮林野火災を対象とした林床の残存有機物の熱重量示差熱分析（査読中）

3. 3 国際研究拠点の形成

2023 年 6 月のアルジェリア渡航時にはスーカラス大学などの現地機関・大学を訪問し，研究拠点の開拓・今後の連携関係を確認した。特に，今後の SATREPS や科研費海外連携研究等の大型プロジェクトへの申請を見据え，水資源や洪水

リスク等の地域課題に対する双方の研究経緯や将来展望を共有した。また、サウジアラビア・UAE・オマーン・エジプト等を含む他の MENA・Gulf 諸国全体との共同関係も確認した。後述する ISFF 会議を継続していることが成果を議論・共有する場として機能しており、連携関係の継続・拡大に貢献している。本研究組織が所属する研究室には、これらの国々からの留学生も増加している。

(4) 研究集会について

1. 概要

本拠点研究は、2015 年 10 月に GADRI の課題別ワークショップとして防災研究所にて開催した「第 1 回国際シンポジウム」を受けたものであり、以下に研究集会を実施した。

研究集会：The 7th ISFF

(International Symposium on Flash Floods in Wadi Systems)

開催場所：アルジェリア・トレムセン大学

開催期間：2023 年 6 月 5-7 日

2. 討議テーマ

7th ISFF の討議テーマは以下の通りであり、多くの国々から下記に示す多様な研究領域に関する約 185 件の発表要旨が投稿された。

- Early warning system and Rainfall prediction(Transfer technology of Observations and monitoring).
- Integrated Dam Operations and conversions (Natural and Artificial) for both water management and flood control.
- Finding Sustainable Water alternatives with guidelines for Water management and allocations.
- Flood risk assessment and management
- Introducing suitable sediment management techniques
- Dam safety, upgrading, and operation
- Understanding the drought and flooding, extreme analysis

3. 本シンポジウムの成果

成果は以下のようにまとめられる。

1. Participants confirm that:

- MENA region is highly vulnerable to extreme rainfall variations,

including droughts and floods.

- Flood issues, soil erosion, reservoir sedimentation, water management, asset dam management, prolonged droughts, and forest fires are topics of current interest in Algeria.
- The effects of extreme climate change intensify all issues mentioned above.
- Inventories, field surveys (pre-after the event), and spatiotemporal data are required for adequate risk management
- Real-time remote monitoring is crucial to provide resilience-informed decision support for integrated flood and sediment management.
- Management of natural hazards is becoming an increasing necessity that must involve all possible players and components., with involvement the local community.

2. Recommendations of ISFF7:

2.1. For stakeholders:

- Public participation during different phases of the disaster management cycle is mandatory.
- Educational and awareness programs for community-based risk awareness and preparedness.
- Strengthen intersectoral coordination for integrated disaster risk reduction, updating policy and practices.
- Develop clear guidelines for risk management (compound risks) and infrastructure design and monitoring (dam operating guidelines).
- Review and update design standards for structures, considering the effects of climate change.
- Create a platform and public domain for data collected from extreme events and sharing data and information on Wadi hydrology.
- Improve measurement and monitoring systems.
- Enhance flood risk prevention by developing appropriate tools and decision support (Flood Risk Prevention Plan, etc.).

2.2. For researchers:

- Researchers are recommended to create a platform for collaborative projects locally and internationally.
- Researchers, local and national authorities, stakeholders, and

decision-makers should work closely to highlight and address the local and global climatological risks, including flooding, sediment, wildfires, and earthquakes.

- Researcher should increase their application for local and international funding to promote research on natural hazards and their socio-economic impacts through various national and international programs and projects.
- Promote research on natural hazards and their socio-economic impacts through various national and international programs and projects.
- Promote research on Agro-Climatic assessment/projections for water and agriculture management.
- Promote research on hybrid approaches for conventional hydrological model artificial intelligence techniques.
- Promote research on hybrid structural and nonstructural mitigation measures for effective flood risk management strategies in urban areas.

2.3. For researchers:

- Researchers are recommended to create a platform for collaborative projects locally and internationally.
- Researchers, local and national authorities, stakeholders, and decision-makers should work closely to highlight and address the local and global climatological risks, including flooding, sediment, wildfires, and earthquakes.
- Researcher should increase their application for local and international funding to promote research on natural hazards and their socio-economic impacts through various national and international programs and projects.
- Promote research on natural hazards and their socio-economic impacts through various national and international programs and projects.
- Promote research on Agro-Climatic assessment/projections for water and agriculture management.
- Promote research on hybrid approaches for conventional hydrological model artificial intelligence techniques.

- Promote research on hybrid structural and nonstructural mitigation measures for effective flood risk management strategies in urban areas.

2.4. For researchers:

- Promote research on surface sub-surface interaction, groundwater recharges, impacts of sedimentation on infiltration capacity, and the impacts of urban development on the groundwater.
- Promote research on the tradeoffs and synergies between dam pre-release using accurate rainfall prediction for flood and droughts purposes.
- **Developed a datasets platform containing several datasets** for free access and sharing with researchers globally that can be the way forward for more scientific research applications.
- Strengthen collaboration between PAUWES, different Algerian and Japanese universities, and all relevant organizations.
- Public and local society should be involved in our research projects and implementation.
- **Fostering young researchers to be involved in most research activities.**
- Researchers should give some priority to local community awareness and training.
- Enhance and increase the ISFF community to involve many other collaborators and research from many regions worldwide, primarily governmental, institutional, and university organizations, to effectively contribute as one integrated team.

(5) 教育効果

国際研究拠点の形成のため、2023年6月の渡航時には数値解析や現地観測に関する技術提供を実施した。現地大学の大学院生・若手研究者が多く参加し、今後の共同観測の継続が期待され、高い教育効果が得られた。

Saber 特定准教授は、トレムセン大学やスーカラス大学で流出過程に関する研究発表を行った上で、RRIによる洪水氾濫解析についてのトレーニングを実施してきた（図-6a）。2023年6月にスーカラス大学で実施した際には、学部・修士課程・博士後期課程の学生約20名が参加した。

峠特定准教授は、スーカラス市の周辺で生じた林野火災焼損跡を対象に、変水

位透水試験の調査手法を共有すると共に、観測機材を現地機関に提供した（図-6b）。加えて、今後日本とアルジェリアの林野火災を比較する上で、焼損土壌の収集方法を統一させる必要があると考え、焼損土壌の収集方法を共有すると共に必要機材を提供した（図-6c）。

また、焼損域での地表面変化の継続的な画像測量することを想定した。現地では UAV 観測に法令による制限が大きいとため、代替する地表面の画像測量方法について Mahmood 氏や峠特定准教授が技術提供した（図-6d）。



(a) RRI の洪水氾濫解析
(Saber 特定准教授，トレムセン大学)



(b) 焼損域での変水位透水試験
(峠特定准教授)



(c) 焼損域での土壌試料収集方法
(峠特定准教授ら)



(d) 地表面の画像測量
(Mahmood 氏・峠特定准教授)

図-6 技術提供の様子

(6) 関連して公表した論文，学会・研究会発表など：

峠 嘉哉，Sameh Kantoush, Mohammed Saber, Asma Bouamrane, Ali Bouamrane, Mahmoud Mohammed Rasid Al-Maamari, 田中賢治，角哲也：火災後の流域管理に向けたアルジェリアでの林野火災調査，京都大学防災研究所

年報, Vol.67, 2024. (投稿予定)

峠嘉哉, 中下慎也, Ke Shi, Chenling Sun, Huang Qin, 丸尾知佳子: 2021 年
西宮林野火災を対象とした林床の残存有機物の熱重量示差熱分析 (査読中)