

## 戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

## EIG CONCERT-Japan 共同研究

## 終了報告書 概要

1. 研究課題名：「攪乱生態系の保水力を回復させる土壌エコテクノロジー（Soil Water）」
2. 研究期間：2020年4月～2023年3月
3. 主な参加研究者名：

## 日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	藤井一至	主任研究員	森林研究・整備機構 森林総合研究所	土壌特性値の変動解析
主たる共同研究者	小田智基	主任研究員	森林研究・整備機構 森林総合研究所	水文モデル・水質変動予測
主たる共同研究者	稲垣善之	室長	森林研究・整備機構 森林総合研究所	河川水質の制御要因の解明
主たる共同研究者	徳地直子	教授	京都大学	河川水質の制御要因の解明
主たる共同研究者	井手淳一郎	准教授	千歳科学技術大学	地域の意思決定過程の研究
主たる共同研究者	早川智恵	助教	宇都宮大学	土壌保水性解析
研究期間中の全参加研究者数			6名	

## 相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Jan Frouz	Professor	Charles University	総括
主たる共同研究者	Peter Šurda	Deputy director	Slovak University of Agriculture	土壌分析
主たる共同研究者	Werner Gerwin	Professor	Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg	石炭採掘跡地の植生調査
研究期間中の全参加研究者数			10名	

## 4. 国際共同研究の概要

攪乱を受けた森林流域の保水力および水質を回復するため、土壌有機物量と構造に着目した低コストな土壌保水力の回復技術を開発した。2020年、欧州側の研究代表者らが発案したミミズ添加、植林による保水力回復（土壌団粒発達）技術の実証試験地の観測体制を共同で整備し、2021年、実証試験地をオンラインで視察するワークショップを企画し、日本、東南アジアへの技術移転の可能性について協議した。解析の結果、ミミズの少ないインドネシアではシロアリの巣の密度と透水性・保水性の改善に正の相関関係を発見し、シロアリの密度の高い植生（マカラングなど）の定着が保水性改善技術として有効となることを明らかにした。国内では、2022年、チェコの研究グループとともにシカ害による土壌侵食の影響を京都府2ヶ所で調査し、シカ排除柵の設置によって土壌の保水性が高まることを確認した。水質については、四万十川の支流、全国の河川水の再調査によって過去と現在の水質データのデータベース化を行い、塩化物イオン、硫化物イオンの低下を検出した。水質・水文過程の変動予測モデルを米国で習得した小田氏によってチェコ側に情報

共有がなされ、欧州側ではモデル試行のための長期データ・土壌パラメーターの取得が続いており、今後の共同研究の発展が期待できる。2021年には緑化に関する国際シンポジウムを開催し、国際学会、メディアを通して研究成果を発信した。

## 5. 国際共同研究の成果

### 5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

日本側、欧州側が所有するデータを合わせ、土壌の保水性と土壌化学成分（有機炭素含量、粘土含量、シルト含量、砂含量、非晶質鉄・アルミニウム酸化物含量）のデータベースを構築し、土壌有機物量の増加によって排水性が、非晶質鉄・アルミニウム酸化物含量によって保水性が向上することを解明した。植生・土地利用条件によっても保水性は異なり、土壌有機物量を高める植林条件（マカランガ、アカシアなど）で保水性が高まることを解明した。

チェコ側のミミズ添加による保水力回復（土壌団粒発達）を含む緑化技術の実証試験の成功を受けて、インドネシアの石炭採掘跡地においても土壌動物の役割に関する調査を行い、シロアリの密度が高まる植生条件で排水性・保水性が向上することを解明した。

食害によって土壌侵食を招くシカ排除柵の保水性に対する有効性に関する調査を日本、チェコで同時に実施した。四万十川の支流、全国の河川水の再調査によって過去と現在の水質データのデータベース化を行い、塩化物イオン、硫化物イオンの低下を確認した。多くの内容を学会発表で発信してきたが、今後、これらの成果を共著で論文化する。

### 5-2 国際共同研究による相乗効果

団粒構造解析や土壌動物群集解析についてはチェコの研究グループが世界でもトップクラスの知見を有している。石炭採掘跡地では、ミミズ添加による保水力回復（土壌団粒発達）を含む緑化技術の実証試験が実施されている。日本側が研究しているインドネシアの石炭採掘跡地でも緑化に失敗する問題を抱えており、土壌動物による団粒構造の発達に着目する視点・技術を習得することができた。欧州側もミミズ添加による植林がミミズの少ないインドネシアでは実施できないことが分かることで、技術の適用範囲を絞り込むことができた点で相乗効果があったと考えられる。

また、日本側代表者の藤井がチェコ側の主催する *Journal of Tropical Ecology* 誌の編集者として招待されるなど、研究者間のネットワーク構築も相乗効果の一つであったと考えられる。

### 5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

チェコによるミミズを用いた石炭採掘跡地の緑化は、インドネシアでもシロアリを活用した植林、石炭採掘跡地の再生の可能性を提示している。インドネシアは世界最大の石炭輸出国であり、露天掘りによって土壌劣化も深刻化しているだけに、研究の果たす役割は大きい。石炭採掘跡地の再生、その後の土地利用法の決定にあたっては、地域の住民の意思も十分に尊重されるべきである。焼畑、棚田、小水力発電を含む大流域における住民参加型の水利用意思決定の地域研究、社会実装が必要になる点がヨーロッパの緑化プロジェクトとの違いであり、ノウハウの共有は今後も継続される。

水質・水文過程の変化を予測する RHESSys (Regional Hydro-Ecological Simulation System) モデルについては小田氏が改良を進めている段階で、チェコの試験地への適用した研究成果は間に合わなかったものの、モデル試行に必要な情報を欧州側と共有し、双方で共通の長期観測データの収集が行われている。本プロジェクトによって、より精度の高いモデル構築に向けた研究の足掛かりを得たといえる。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)  
EIG CONCERT-Japan Joint Research Program  
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Soil Eco-Technology to Recover Water Storage in disturbed Forests」
2. Research period : April, 2020 ~ March, 2023
3. Main participants :  
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Kazumichi Fujii	Senior researcher	Forestry and Forest Products Research Institute	Soil quality analysis
Co-PI	Tomoki Oda	Senior researcher	Forestry and Forest Products Research Institute	Water modelling
Co-PI	Yoshiyuki Inagaki	Office head	Forestry and Forest Products Research Institute	Stream water quality analysis
Collaborator	Naoko Tokuchi	Professor	Kyoto University	Stream water quality analysis
Collaborator	Jun'ichiro Ide	Associated professor	Chitose Institute of Science and Technology	Decision making
Collaborator	Chie Hayakawa	Assistant professor	Utsunomiya university	Soil water retention
Total number of participants throughout the research period:				6

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Jan Frouz	Professor	Charles University	Synthesis
Co-PI	Peter Šurda	Deputy director	Slovak University of Agriculture	Soil analysis
Co-PI	Werner Gerwin	Professor	Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg	Vegetation analysis in mining site
Total number of participants throughout the research period:				10

4. Summary of the international joint research

To improve water retention and quality in disturbed forests, we developed methodology for cost-effective eco-technology to improve soil organic matter, structure, and water retention. In 2020, monitoring systems of soil and water in artificial catchment sites in Czech and Germany have established. In 2021, an international workshop was held to observe the application of earthworms in coal-mining site to transfer technology to coal-mining sites in Indonesia. However, due to scarcity of earthworms in the acidic soil of Indonesia, we identified termite as an alternative, because termite nest density in the soil profile has positive correlation with soil water permeability and retention. This supports establishment of

Macaranga forests to improve water retention in Indonesia. In Japan and Czech, joint-term from Czech and Japan investigated the effects of deer exclusion fences on soil water permeability and retention. We found that a deer exclusion fence is useful strategy for improving soil water retention. For water quality, Shimanto tributaries and streamwaters all over Japan were re-collected to compare water quality in 1999. Decline in the concentrations of sulfate and chloride ions was observed in Japan. Hydrological modelling technology developed by Dr. Oda was shared with European project members for future application for the watersheds in Europe. International symposium was held by joint-research project and knowledge is being shared by international conference, outreach activities, and databases.

## 5. Outcomes of the international joint research

### 5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

By compilation of data from Japan and Europe, we constructed database for soil water retention and soil properties (organic matter, clay content, silt content, clay content, and amorphous Al and Fe contents). We also found that water permeability increases with organic matter and that water retention increases with amorphous Al and Fe contents. Land use also affects water retention and Acacia and Macaranga increase soil water retention.

Based on Czech report on successful reclamation by adding earthworms, we tested the applicability in Indonesia. We found that soil water permeability and water retention increase with termite nest density.

Both in Czech and Japan, we tested whether deer exclusion fence limits soil erosion and increases water retention. We found that deer exclusion fence is useful to limit soil erosion and increase water retention. We also re-collect river water samples at the location where the past data have been reported in 1999. We found decline in concentrations of chloride and sulfate ions. We have reported these achievements in the conferences, but the findings are also published by co-authored papers.

### 5-2 Synergistic effects of the joint research

The high knowledge on soil fauna and coal mining site in Czech group provides beneficial information for reclamation of coal mining site in Indonesia. Application of the method to tropical regions is also useful for Czech group to clarify the applicability. Fujii was invited to the editorial committee of the Journal of Tropical Ecology issued by Czech group. Joint research reinforces the networks between researchers between Japan and Czech.

### 5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

Eco-technology to reclaim coal-mining sites in Czech enabled to develop new eco-technology optimized for Indonesia by utilizing soil termite and associated vegetation. Because Indonesia is the largest coal-exporting country and soil is severely damaged by mining, impact of this technology is not small. For decision-making, the opinions of local people could not be neglected, as they feed on soil. This project also published case studies to decide local policy and optimize land use (shifting cultivation, terrace paddy, small hydro power etc.)

Because new RHESys model to predict changes in hydrology and water quality is being validated for successful running, application of model to Czech coal-mining sites is still under construction. However, we shared knowledge to run new model and data collection has been started both by Japanese and European members. This project provides a first step for future development of new water models.

## 国際共同研究における主要な研究成果リスト

### 1. 論文発表等

\*原著論文 (相手側研究チームとの共著論文) 発表件数 : 計 0 件

・査読有り : 発表件数 : 計 0 件  
該当なし

・査読無し : 発表件数 : 計 1 件

Fujii, K., Inagaki, Y., Hayakawa, C., Kosaki, T., Frouz, J. (2023) Soil water retention curves and soil physicochemical properties. Dryad  
<https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.76hdr7svc>

\*原著論文 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文) : 発表件数 : 計 10 件

・査読有り : 発表件数 : 計 10 件

1. Fujii, K., Kanetani K, Tetsuka K. (2020) Effects of volcanic parent materials on the acid buffering capacity of forest soils on Yakushima Island, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1-13. DOI: 10.1080/00380768.2020.1812363

2. Fujii, K., Nakada Y, Umezawa K, Yoshida M, Shibata M, Hayakawa C, Inagaki Y, Hangs R. (2020) A comparison of lignin-degrading enzyme activities in forest floor layers across a global climatic gradient. *Soil Ecology Letters*, 2, 281-294. DOI: 10.1007/s42832-020-0042-6

3. Jun'ichiro Ide, Takuya Ishida, Abigail P. Cid-Andres, Ken'ichi Osaka, Tomoya Iwata, Takuya Hayashi, Masanori Akashi, Ichiro Tayasu, Adina Paytan, Noboru Okuda, Factors characterizing phosphate oxygen isotope ratios in river water: an inter-watershed comparison approach *LIMNOLOGY* 21(3) 365 – 377. DOI: 10.1007/s10201-020-00610-6

4. Fujii, K., TOMA T., Sukartiningsih (2020) Comparison of soil acidification rates under different land uses in Indonesia. *Plant and Soil*, 465(1-2), 1-17. DOI: 10.1007/s11104-021-04923-y

5. Fujii, K., Funakawa, S., Hayakawa, C., Kosaki, T. (2021) Effects of clearcutting and girdling on soil respiration and fluxes of dissolved organic carbon and nitrogen in a Japanese cedar plantation. *Forest Ecology and Management*, 498, 119520. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119520

6. Isa MA, Sudjono P, Sato T, Onda N, Endo I, Takada A, Muntalif BS, Ide J (2021) Assessing the Sustainable Development of Micro-Hydro Power Plants in an Isolated Traditional Village West Java, Indonesia. *Energies* 14: 6456. DOI:10.3390/en14206456

7. Fujii K, Funakawa S, Kosaki T (2022) Effects of forest management on soil acidification in cedar plantation. *Geoderma*, 424, 115967.

8. Y. Inagaki, K. Fujii, R. Urakawa (2022) Nutrient budgets in four Japanese forests based on short-and long-term methods. *Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute*, 21 (2), 129-137.

9. K. Shimizu, N. Onda, A. Takadaand, J. Ide (2022) A Survey on The Formation and Sustainable Utilization of Homestead Forest Landscapes in Customary Village in West Java, Indonesia: A Case Study of Talun in Ciptagelar. *Transdisciplinary decision science*, 9, 32-35. DOI: 10.50817/qou.tds0903

10. J. IDE, T. NOGURO, R. YOKOYAMA, Y. ARATA, T. GOMI (2023) A preliminary

investigation of the effects of vegetation coverage on carbon and nitrogen exports from forest catchments with landslide area. *Boreal forest research*, 71, 67-70, DOI: doi.org/10.24494/jfsh.71.0\_67

・査読無し：発表件数：計 0 件  
該当なし

\*その他の著作物 (相手側研究チームとの共著総説、書籍など)：発表件数：計 0 件  
該当なし

\*その他の著作物 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など)：発表件数：計 2 件

1. 2022 藤井一至、文庫版大地の五億年、山と溪谷社和文 (Japanese)
2. 2022 土の大研究、PHP 研究所

## 2. 学会発表

\*口頭発表 (相手側研究チームとの連名発表)  
発表件数：計 1 件 (うち招待講演：1 件)

1. K. Fujii, J. Frouz (2021) Estimating potential soil water retention using soil physicochemical properties. *International Conference Forest and Landscape Restoration of Post-Mining Sites*, 3:VI-3、チェコ (オンライン)、2021 年 6 月

\*口頭発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)  
発表件数：計 8 件 (うち招待講演：6 件)

1. 藤井一至 (2020) 森林と土. 日本樹木医会神奈川県支部会、オンライン、2020 年 9 月、招待講演
2. 藤井一至 (2020) 植生と土. 特殊緑化共同研究会、2020 年 8 月、招待講演
3. 藤井一至 (2021) Effects of land use change on organic matter turnover and soil acidity in tropical forests. *東アジア生態学連合 (EAFES)*、S-03: Forest degradation and ecological restoration in East Asia. 2021 年 8 月、招待講演
4. 藤井一至、早川智恵、稲垣善之、舟川晋也、小崎隆 (2021) リター分解速度および土壌中の溶存有機炭素フラックスに対する気候の影響 *JPGU*、MIS11-06、2021 年 5 月
5. 藤井一至、(2022) 植生と土. 日本樹木医会埼玉県支部会、オンライン、2022 年 9 月、招待講演
6. 藤井一至、Zheng Jinsen、早川智恵、稲垣善之、Arief Hartono、小崎隆 (2022) Temperature dependency of organic matter decomposition is regulated by substrate quality and soil tillage practices. *SOM2022*、2022 年 6 月、招待講演

7. 藤井一至、Zheng Jinsen、早川智恵、稲垣善之、Arief Hartono、小崎隆 (2022) Temperature dependency of organic matter decomposition is regulated by substrate quality and soil tillage practices. WCSS2022、2022年7月

\*ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数 : 計2件

1. K. FUJII, T. ODA, C. HAYAKAWA, J. Ide, N. Tokuchi, J. Frouz (2020) Predicting soil water retention using soil chemical properties. 日本森林学会、日本 (オンライン)、2020年3月
2. K. FUJII, C. HAYAKAWA, Sukartiningsih, J. Frouz (2021) Termite disturbances increase soil water drainage in tropical forest soils. 日本森林学会、日本 (オンライン)、2021年3月

\*ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数 : 計7件

1. Y. Inagaki, M. Inagaki, K. Shichi, S. Yoshinaga, T. Yamada, S. Miura, Y. Shinomiya, K. Fujii (2020) Spatial variation of stream water chemistry in the Shimanto River Basin in southwestern Japan: A comparison of results in 1999 and 2020. EGU21-9149
2. T. Oda, M. Kuroiwa, N. Fujime, K. Isobe, N. Masaoka, K. Fujii, H. Toda, N. Ohte (2020) Spatial variation in soil physical properties and effects on soil NO<sub>3</sub>-production on forest hillslopes. EGU General Assembly Conference Abstracts, 6463、2020年5月
3. 稲垣善之、酒井寿夫、篠宮佳樹、吉永秀一郎、山田毅、野口享太郎、森下智陽、藤井一至 (2020) 四万十川の森林流域において気象条件が渓流水質に及ぼす影響、日本土壤肥料学会大会講演要旨集、8-1-37、2020年8月
4. 稲垣善之、稲垣昌宏、志知幸治、吉永秀一郎、山田毅、三浦覚、篠宮佳樹、藤井一至 (2021) 四万十川流域における渓流水質の空間変動 : 1999年と2020年調査の比較. 日本森林学会大会学術講演集、132、2021年3月
5. 稲垣善之、酒井寿夫、鳥居厚志、篠宮佳樹、藤井一至 (2021) Twenty-year changes of stream water chemistry in a forest ecosystem in the Shimanto River Basin. 日本地球惑星科学連合大会(2021)、2021年5月
6. Y. Inagaki, K. Fujii (2022) Nutrient sources in four forest watersheds in Japan: the contribution of precipitation, weathering and litterfall. EGU General Assembly Conference Abstracts、21:6460、2020年5月
7. Y. Inagaki, K. Fujii, R. Urakawa (2022) Nutrient accumulation rates in tree biomass based on short-and long-term methods in four forests in Japan. The Japanese Forest Society Congress 133rd Annual JFS Meeting, 496

### 3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. International Conference Forest and Landscape Restoration of Post-Mining Sites, 3:VI-3、主催者：Jan Frouz（チェコ科学アカデミー生物学センター・教授）、オンライン、チェコ、2021年6月3日～6月6日、参加人数50名程
2. Restoration of post-mining landscape、主催者：Jan Frouz（チェコ科学アカデミー生物学センター・教授）、ハイブリッド、チェコ、2021年6月8日～6月12日、参加人数50名程
3. 日本・チェコ共同研究成果発表会、主催者：藤井一至（森林総合研究所・主任研究員）、ハイブリッド、日本、京都、2022年9月26日～9月27日、参加人数30名程
4. 日本・チェコ共同研究成果発表会、主催者：藤井一至（森林総合研究所・主任研究員）、ハイブリッド、日本、つくば、2022年9月28日～9月29日、参加人数30名程

### 4. 研究交流の実績（主要な実績）

#### 【合同ミーティング】

・両国のチームメンバーを交えて Zoom ミーティングを初期は月に1回、その後も最低でも数か月に1回開催した。

#### 【合同調査】

・2022年9月24日～9月27日：シカ柵によるシカ排除が植生・保水性回復に与える影響の合同調査、法然院、京都、日本。

・2022年10月1日～10月2日：森林伐採が渓流水の水質に与える影響の合同調査、常陸大宮、茨城、日本。

### 5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0件

### 6. 受賞・新聞報道等

#### 【受賞】

第39回とやま賞、藤井一至、2022年5月23日

第27回日本生態学会宮地賞、藤井一至、2023年3月21日

#### 【報道】

新聞：朝日新聞「ひと」欄（2020/9/13 朝刊）

新聞：朝日新聞「大地が好き」欄（2022/7/27 朝刊）

新聞：読売新聞「科学の現場から」欄（2022/11/9 朝刊）

テレビ：NHK、Science View（2020/9/23）藤井一至出演

ラジオ：TBS ラジオ、赤江珠緒たまむすび「おもしろい大人」（2021/4/8）藤井一至出演

ラジオ：NHK ラジオ、武内陶子の午後カフェ（2021/5/26）藤井一至出演

ラジオ：FM 横浜、FUTURESCAPE（2021/5/29）藤井一至出演

テレビ：北日本放送、気の毒な～（2021/1/3）藤井一至出演

ラジオ：TBS ラジオ、アシタノカレッジ（2021/12/2）藤井一至出演

ラジオ：J-WAVE、world air current（2022/12/10）藤井一至出演

テレビ：NHK サイエンスゼロ（2022/5/22）藤井一至出演

### 7. その他

#### 【市民向けアウトリーチ活動】

・2020年8月22日：渋谷区ふれあい植物センター講演会にて、来場市民に本プログラムの国際共同研究を紹介した。



・2020年11月17日：魚津市図書館において一般向けの講演会を行い、来場市民に本プログラムの国際共同研究を紹介した。

・2022年1月21日：富山県民会館で特別招待講演「土を見て、森を見る ～生物土壌間相互作用から持続的な森の姿を探る～」を行い、来場市民に本プログラムの国際共同研究を紹介した。

・2022年1月30日：オンライン（屋久島大学）で特別招待講演「屋久島の土を掘る！生態系を支える土壌の謎」を行い、来場市民に本プログラムの国際共同研究、屋久島の水質形成メカニズムを紹介した。

・2023年3月27日：高校生の科学イベント **Science Edge**（つくば、JST 共催）で特別招待講演「生物土壌間相互作用の解明とその応用」を行い、来場市民に本プログラムの国際共同研究、屋久島の水質形成メカニズムを紹介した。

・王子製紙の王子の森の環境保全・社会貢献活動に対するアドバイザーを務めた。

【オープンサイエンスにかかる取り組み】

・土壌保水性・透水性・理化学性データを「データリポジトリ **Dryad**」に登録・公開した。