

筑波大学山岳科学センター
機能強化（調査研究）プロジェクト申請書

申請日 令和3年6月21日

筑波大学山岳科学センター長 殿

代表者

所 属：山岳科学センター菅平高原実験所

職 名：准教授

氏 名：田中 健太

電話番号：[REDACTED]

e-mail：[REDACTED]

下記のとおり調査研究費を申請します。

記

申請区分	どちらかをチェックしてください。			
	<input checked="" type="checkbox"/> 重点研究 <input type="checkbox"/> 個別調査研究			
課題名	草原の生態系サービス評価：エコ・ブランディングによる草原復活シナリオ			
参画者 *4名以上の場合は備考欄に記載	1	氏名:廣田 充	所属:筑波大学 MSC	職名:准教授
	2	氏名:出川洋介	所属:筑波大学 MSC	職名:准教授
	3	氏名:野中健一	所属:北里大学	職名:准教授
山岳科学センターの機能強化への貢献	MSC は複数ステーションに生物多様性の高い草原フィールドを有しており、これは全国的に見ても MSC の際だった特色である。草原は世界・国内において急速に減少している。草原復活のためには、草原が持つ多面的機能あるいは生態系サービスの総合的評価という学術的課題と、人口減少社会の中で草原管理の人手をどのように確保していくかという社会的課題の両方が存在する。こうした課題は MSC の目指す山岳自然の理解・管理・活用に他ならない。これらの課題解決を目指して大型研究費獲得につなげたい。			
研究・事業の目的	【背景】 草原は 10 万年以上前の氷期から続いている主要な生態系であるが、この 100 年間で約 90%が失われ、日本の絶滅危惧植物種の 32%は草原性である。草原は洪水や土砂移動などの自然撓乱によって維持されてきたが、砂防工事等によって草原の自然発生が減った。また、縄文時代以降は人間による火入れ・放牧・草刈りが草原維持の主要因だったが、これらの草原利用も約 100 年前から急減した。草原は従来は社会・経済にとって重要な価値を持っていたが、現在では社会から顧みられていない。学術的にも、草原の多面的機能の理解が森林等の生態系と比べて大きく遅れている。このままでは草原の生物多様性や生態系サービスが不可逆に失われ、次代に継承できない怖れが強い。 従来十分に評価されていない草原の多面的な生態系サービスとして、生物多様性 (a)、遺伝資源 (b)、炭素貯留 (c)、防減災 (d) が挙げられる。 (a) 生物多様性 草原は面積あたりの植物種数が高い生態系として知られ、それらの植物に多くの動物・微生物が依存している可能性が高いが、その実態の解明は遅れている。代表者らは菅平実験所の草原で 137 植物種から 14000 系統以上の共生微生物（共に生息するという広義、以下同様）が存在していることを明らかにした (Toju, Kurokawa & Kenta 2019)。しかし、植			

物－微生物、微生物－微生物の間でどのような相互作用があるのか、これらの微生物が草原生態系の中でどのような自然史実態を持つのかは未解明である。

(b) 遺伝資源

代表者は2020年度のMSC機能強化費を活用するなどして、菅平実験所の草原の薬用植物や共生微生物には創薬材料として157億円以上の遺伝資源価値が存在すると算定した。しかし、これは微生物が単独で生成する化合物しか考慮していないため過小推定の可能性が高い。微生物の持つ遺伝子の多くは実験室環境では発現せず、他の微生物が存在するなど野外に近い環境では遺伝子発現が増加し、創薬資源となる化合物も増えることが近年分かって来た。こうした生物間相互作用を含めて遺伝資源を評価する必要がある。

(c) 炭素貯留

草原が森林化することは炭素貯留の面からは好ましいと考えられがちである。しかし、草原の地下にA型腐植酸という形で蓄積している大量の炭素が森林化することで急速に分解することが近年明らかになりつつある。また、草原の一次生産は森林よりも大きく、茅場では一次生産物を茅葺き屋根内に貯留させることで、森林よりも大きな炭素吸収を実現していた可能性がある。しかし、一次生産物の何%が茅葺き屋根内に貯留され、茅葺き屋根の修繕・廃棄までの間、さらには廃棄材が肥料として農地内に貯留されている間に、一次生産物がどのような分解曲線を辿るのかというライフサイクルアセスメントが遅れている。

(d) 防減災

草原が森林化することは防減災の面からは好ましいと考えられがちである。しかし、森林化によってかえって大規模な土砂災害が増えているという指摘もある。これは、草原では穏やかで時間的に連続した土砂流出が起きるのに対し、森林化するとそれらの土砂がたまることによって時間的に不連続に大規模な土砂流出が起きるためなのかもしれないが、その実態は未解明である。そもそも草原と森林で土砂災害の発生確率がどのように変わるという基礎的な評価も不十分である。

【将来目標】

「生物多様性豊かな草原の保全と経済活性化が相乗的に循環している地域社会の実現」を目標とする。そのための課題・道筋として以下のものがある。

- 1) 従来十分に評価されていない草原の多面的な生態系サービス（生物多様性、遺伝資源、炭素貯留、防減災）の可視化
- 2) それらのサービスの認知が、社会（行政・管理者・利用者・ボランティア）による草原の保全・利用に与える効果の評価
- 3) 様々な形態の草原（スキー場・牧野・茅場・遊歩道など）において、社会的効果の特性を踏まえた上で、草原の利用・管理・保全を促進する施策の実現

【今年度の目的】

将来目標（1）の多面的な生態系サービスのうち、今年度は生物多様性（a）、遺伝資源（b）、炭素貯留（c）を扱う。特に、植物－微生物共生系における生物間相互作用の実態や効用、草原一次生産物のライフサイクルアセスメントに注目し、これらの解明につながる重要なステップのいくつかを

	<p>明らかにする。なぜなら、これらの二つは新規性と波及効果が高い上に、代表者・共同研究者が今年度という限られた期間内にある程度の予備成果を出すことができるからである。</p>
<p>研究・事業の内容と計画</p>	<p>(a) 生物多様性（主担当：出川） 植物の共生微生物は DNA で検出されても単離することは容易ではない。培地を用いる方法では、培養が容易で成長の速い分類群が取れてくることが多い。多くの微生物は、野外生態系の季節的な環境変動と、複雑な植物－微生物、微生物－微生物の相互作用中で生活環を全うできると考えられる。こうした自然史実態を解明する上で、研究室とフィールドが近接して追跡観察が容易であるという菅平高原実験所の利点を大いに活用する。代表者らのこれまでの研究によって遺伝資源として有望な共生微生物を含むことが明らかとなっている宿主植物としてススキとヤマハタザオを選び、これらの共生微生物を追跡観察する。具体的には、葉の病害菌について研究が進んでいるススキについては週に一回葉を採集し、根の内生菌について興味深い知見が彫られてきたヤマハタザオについては月に一回葉・根を含む植物全体を採集する。それらの植物組織における菌類の存在を観察しつつ、植物組織からの直接的な菌糸・胞子の誘導や、基質・培地を利用した培養を組合せ、自然史実態を解明する。観察された菌類は全て菌株化し、(b) 遺伝資源の研究にも活用していく。</p> <p>(b) 遺伝資源（主担当：田中） 菅平実験所の草原植物から既に分離されている真菌株の中から、これまでに多くの創薬資源が見いだされてきた代表的な有用系統である <i>Penicillium</i> 属と <i>Talaromyces</i> 属の未知系統を主対象菌とする。これらの菌を単独培養して 6 種の病原体に対して抗菌活性を評価するとともに、これらの菌を他の菌と共培養することで新たな発現する抗菌活性についても評価する。共培養の相手の菌としては、主対象菌と同一の植物宿主から既に単離される菌株を用いる。(a) で単離される菌株もここに加える。同一の植物宿主に存在する菌どうしを共培養することで生態系内で実際に起きている相互作用に基づいて「協奏的な」化合物生産を誘導できる可能性がある。また共培養系の拮抗性評価を行い、「協奏的遺伝資源」が微生物間の拮抗作用によるのか相乗作用によるのかを判定する。</p> <p>(c) 炭素貯留（主担当：廣田） 基礎資料として、草原の一次生産および茅場ではその何%が茅葺き屋根として貯留されるのかについて統計資料を収集し、茅のライフサイクルアセスメントに必要な既知パラメータを整理する。その上で茅葺き屋根内での茅の分解曲線にかかわる未知パラメータを得るために、茅葺き屋根内の温度・水分の計測と、それらの温度・水分条件を模した培養器を用いた茅の分解（約 1 年間）を開始する。また、茅場の炭素貯留の未知パラメータの一つとして、茅場地下の土壌炭素蓄積量を測定する。この研究においては、茅の生産・利用が多くの建築関係者や市民ボランティアによって行われており、茅の生産から利用・廃棄までのライフサイクルアセスメントが可能な、つくば市の高エネルギー研究所をフィールドとして利用する。</p>
<p>期待される成果</p>	<p>従来十分に評価されてこなかった草原の生物多様性 (a)・遺伝資源 (b)・炭素貯留 (c) という多面的な生態系サービスを対象に、植物－微生物共生系における生物間相互作用の実態や効用、草原一次生産物のラ</p>

	<p>イフルサイクルアセスメントという新規性の高い分野において、重要な未知パラメーターを取得できる。それによって、それらの生態系サービスの全貌解明につながる構想と展望を説得力を持って説明できるようになり、草原復活という大きなバックキャスト目標を掲げた外部資金の申請につながる。</p>
<p>関連課題での大型研究費申請の可能性の有無</p>	<p>○ 無（有の場合は概要を記載）重点課題は大型予算申請へのプロセスを記入。草原復活にかかわるテーマとして科研費基盤 A と環境研究総合推進への今年度申請を予定している。同テーマで既に環境研究総合推進費に 3 回、科研費学術変革 B に 2 回申請しており、そのたびに審査員コメントや計画内容は改善されている。この積み重ねを活かして、大型研究獲得を実現したい。</p>
<p>研究経費の内訳</p>	<p>生物多様性 (a) 主担当：出川、小計 300 千円 菌培養消耗品 200 千円 DNA シーケンス外注費 100 千円</p> <p>遺伝資源 (b) 主担当：田中、小計 300 千円 植物採集消耗品 50 千円（東京－菅平 2 人×2 日、十分な感染予防ができる場合に実施） 植物採集旅費 50 千円 菌培養消耗品 100 千円 抗菌試験消耗品 100 千円</p> <p>炭素貯留 (c) 主担当：廣田、小計 300 千円 土壌分析試薬（NC 分析用キャリアーガス等） 200 千円 水分計・温度計（茅葺き屋根内に設置） 100 千円</p> <p>計 900 千円</p>
<p>外部資金獲得状況（過去 5 年間） * 代表者のみ不採択になった研究費申請も記載する（科研費以外も含む）。</p>	<p>【採択分】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 統計数理研究所共同利用 2019 年度「大規模長期生態データのメタ解析のための統計手法」20.5 万円 ・ 日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究 C）2017-2019 年度「植生履歴が草原の生物圏に与える影響：古い草原の歴史的価値」,17K07557, 370 万円 ・ 日本学術振興会科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）2014-2016 年度「エピジェネティクスによる累代適応を、適応幅が広いシロイヌナズナ属野生種で検証する」, 26650155, 300 万円, 研究代表 ・ 岐阜大学流域圏科学センター研究集会. 2016 年度「環境 DNA による水圏の長期生態研究の展望と流域圏保全学への貢献」 30 万円 <p>【不採択分の大型資金】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 環境研究総合推進費 2021 年度 ・ 環境研究総合推進費 2020 年度 ・ 環境研究総合推進費 2019 年度 ・ 科学研究費学術変革 B 2021 年度（2020 年度計画からの再挑戦だが、年齢制限を越えたために、共同研究者が代表者） ・ 科学研究費学術変革 B 2020 年度 ・ 稲盛財団 InaRIS フェロー 2021 年度
<p>主な研究業績（過去 5 年間） * 代表者 10 件以内、参画者 5 件以内</p>	<p>【代表者・田中】 Wang, Q. W., Pieristè, M., Liu, C., Kenta, T., Robson, T. M., & Kurokawa, H. (2020). The contribution of</p>

photodegradation to litter decomposition in a temperate forest gap and understory. *New Phytologist*, 1.

Shin, N., Shibata, H., Osawa, T., Yamakita, T., Nakamura, M., & Kenta, T. (2020). Toward more data publication of long-term ecological observations. *Ecological Research*, 35(5), 700-707.

Paape, T., Akiyama, R., Cereghetti, T., Onda, Y., Hirao, A. S., Kenta, T., & Shimizu, K. K. (2020). Experimental and field data support range expansion in an allopolyploid *Arabidopsis* owing to parental legacy of heavy metal hyperaccumulation. *Frontiers in genetics*, 11.

Inoue, T., Yaida, Y. A., Uehara, Y., Katsuhara, K. R., Kawai, J., Takashima, K., Ushimaru, A. & Kenta, T. (2020). The effects of temporal continuities of grasslands on the diversity and species composition of plants. *Ecological Research*, DOI: 10.1111/1440-1703.12169

Khatun, S., Iwata, T., Kojima, H., Ikarashi, Y., Yamanami, K., Imazawa, D., Kenta, T., Shinohara, R., & Saito, H. (2020). Linking Stoichiometric Organic Carbon–Nitrogen Relationships to planktonic Cyanobacteria and Subsurface Methane Maximum in Deep Freshwater Lakes. *Water*, 12(2), 402.

Yuki A. Yaida, Takuma Nagai, Kazuya Oguro, Koki R. Katsuhara, Kei Uchida, Tanaka Kenta & Atushi Ushimaru. 2019. Ski runs as an alternative habitat for threatened grassland plant species in Japan. *Palaeartic Grasslands* 42:16-22. DOI: 10.21570/EDGG.PG.42.16-22

Toju, H., Kurokawa, H., & Kenta, T. (2019). Factors influencing leaf-and root-associated communities of bacteria and fungi across 33 plant orders in a grassland. *Frontiers in Microbiology* 10:241. doi: 10.3389/fmicb.2019.00241

Suzuki, S. N., M. Ataka, I. Djukic, T. Enoki, K. Fukuzawa, M, Hirota, T. Hishi, T. Hiura, K. Hoshizaki, H. Ida, A. Iguchi, Y. Iimura, T. Ise, T. Kenta (34人中14人目), et al. 2019. Harmonized data on early stage litter decomposition using tea material across Japan. *Ecological Research*, 34(5), 575-576.

Timothy Paape, Roman V. Briskine, Gwyneth Halstead-Nussloch¹, Heidi E.L Lischer, Rie Shimizu-Inatsugi, Masaomi Hatekayama, Kenta Tanaka, Tomoaki Nishiyama,

Renat Sabirov, Jun Sese, Kentaro K. Shimizu (2018) Patterns of polymorphism and selection in the subgenomes of the allopolyploid *Arabidopsis kamchatica*. *Nature communication* 9(1): 3909, DOI: 10.1038/s41467-018-06108-1

Saeki, I., Hirao, A. S., Kenta, T., Nagamitsu, T., & Hiura, T. (2018). Landscape genetics of a threatened maple, *Acer miyabei*: Implications for restoring riparian forest connectivity. *Biological Conservation*, 220, 299-307.

【分担者・野中】

Kondo N, Iwasaki H, Tokiwa T, Ōmura S, Nonaka K (2020) *Simplicillium spumae* (Cordycipitaceae, Hypocreales), a new hyphomycetes from aquarium foam in Japan. *Mycoscience* 61(3) 116 - 121

Iwasaki H, Tokiwa T, Shiina M, Asami Y, Shiomi K, Ōmura S, Nonaka K (2019) *Metarhizium aciculare*, a new hyphomycete (Clavicipitaceae) from soils in the Izu Islands and Shizuoka prefecture, Japan. *Mycoscience* 60, 313–318

Nonaka K, Todaka N, Ōmura S, Masuma R. (2014) Combination cellulose plate (non-agar solid support) and agar plate method improves isolation of fungi from soil. *J Antibiot* 67:755–762

Nonaka K, Iwatsuki M, Horiuchi S, Shiomi K, Ōmura S, Masuma R. (2015) Induced production of BE-31405 by co-culturing of *Talaromyces siamensis* FKA-61 with a variety of fungal strains *J Antibiot* 68:573–578

Nonaka K, Chiba T, Suga T, Asami Y, Iwatsuki M, Masuma R, Ōmura S, Shiomi K. (2015) New penicillic acid, coculnol, produced by co-culture of *Fusarium solani* FKI-6853 and *Talaromyces* sp. FKA-65. *J Antibiot* 68:530–532

【分担者・出川】

The effect of surface sterilization and the type of sterilizer on the genus composition of lichen-inhabiting fungi with notes on some frequently isolated genera. Masumoto, Hiroshi; Degawa, Yousuke. *Mycoscience* 60(6) 331-342
2019年

Prevalence and Intra-Family Phylogenetic Divergence of Burkholderiaceae-Related Endobacteria Associated with Species of *Mortierella*. Y, Takashima; Seto, Kensuke; Degawa, Yousuke; Guo, Yong; Nishizawa, Tomoyasu;

	<p>Ohta, Hiroyuki; Narisawa, Kazuhiko. <i>Microbes and Environments</i> 33(4) 417-427 2018年12月</p> <p>Seto, K., & Degawa, Y. (2018). <i>Pendulichytrium sphaericum</i> gen. et sp. nov.(Chytridiales, Chytriomycetaceae), a new chytrid parasitic on the diatom, <i>Aulacoseira granulata</i>. <i>Mycoscience</i>, 59(1), 59-66.</p> <p>Seto, Kensuke, Maiko Kagami, and Yousuke Degawa. "Phylogenetic Position of Parasitic Chytrids on Diatoms: Characterization of a Novel Clade in Chytridiomycota." <i>Journal of Eukaryotic Microbiology</i> 64.3 (2017): 383-393.</p> <p>【分担者・廣田】</p> <p>Tanioka Y, Cai Y, Ida H, <u>Hirota M</u>. 2020. "A Spatial Relationship between Canopy and Understory Leaf Area Index in an Old-Growth Cool-Temperate Deciduous Forest" <i>Forests</i> 11, no. 10: 1037.</p> <p>Cai Y, Tanioka Y, Kitagawa T, Ida H, <u>Hirota M</u>. 2020 "Gross Primary Production of dwarf bamboo, <i>Sasa senanensis</i> in a mature beech forest with significant gap-mosaic structure" <i>Journal of Plant Research</i> (accepted)</p> <p>Sasaki T, Lu X, <u>Hirota M</u>, Bai Y., Species asynchrony and response diversity determine multifunctional stability of natural grasslands. <i>Journal of Ecology</i>, Vol. 107, Issue 4, pp.1862-1875, 2019.</p> <p>Iimura Y., Suchewaboripont V., <u>Hirota M.</u>, Yoshitake S., Ohtsuka T., Spatial variation of soil net nitrogen mineralization and nitrification in an old-growth beech-oak forest on Mt. Hakusan. <i>Soil Science and Plant Nutrition</i>, Vol.90, Issue 6, pp. 415-423, 2019.</p> <p>Hu X., <u>Hirota M.</u>, Wuyunna, Kawada K., Li H., Meng S., Tamura K., Kamijo T., Responses in gross primary production of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Allium polyrhizum</i> to a temporal rainfall in a temperate grassland of Inner Mongolia, China. <i>Journal of Arid Land</i>, Vol.11, Issue 6, pp.824–836, 2019.</p>
備考	<p>この重点課題は、既に採択されている「草原の生態系インタラクトーム：植物共生菌による協奏的遺伝資源の評価（代表：田中）」を含んでいる。そこに、二つの個別課題相当の課題として生物多様性（主担当：出川）、炭素貯留（主担当：廣田）を加えて、全体として草原復活の構想を持つ重</p>

点課題としてまとめたものである。

なお、既に採択されている「山岳域の古民家に関わる発酵のための有用微生物の収集利用（代表：出川）」と本重点課題とは独立であり、こちらの既採択課題は本重点課題の採否とは関係なく予定通り進められることを前提としている。