

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K05971

研究課題名(和文)牛群における新規カビ毒防除法の臨床的な検証と代謝内分泌学的評価

研究課題名(英文)Clinical validation and metabolic endocrinological evaluation of novel mycotoxins control methods in herds

研究代表者

高木 光博(Takagi, Mitsuhiro)

山口大学・共同獣医学部・教授

研究者番号：40271746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：畜産現場において、家畜に給与する飼料を汚染するカビ毒の防除対策は世界的な克服課題である。本研究では牛尿中ゼアラレノン(ZEN)及びステリグマトシスチン(STC)測定系結果から、牛飼料へのオリゴ糖製剤添加により腸管からのZEN及びSTC吸収が低下すること、尿メタボローム解析結果から、ZENとSTCの高浸潤牛群では、低浸潤牛群と比較して生体内ATP産生やアミノ酸代謝などが大きく変化すること、牛卵管上皮細胞へのZEN暴露試験より、精子に対する抗炎症作用が阻害されること、及び雌牛群の繁殖性をモニターするための内分泌的指標として、血中抗ミュラー管ホルモン濃度測定が有用であること、などを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々が報告している牛群の尿中濃度測定系は、経口摂取されたカビ毒の生体内浸潤レベルを個体あるいは牛群レベルで継続してモニターすることが可能であり、他に類を見ない測定系である。家畜飼養環境下でのカビ毒防除法に関しては、世界的にカビ毒吸着剤が広く使用されているが、その効果判定法は消化管上皮細胞や実験動物を用いた報告、ヒト消化管を模した体外消化発酵モデルなどを用いた報告があるのみで、飼養環境下の牛群を用いた研究は我々の報告を含めて極めて少数である。特にカビ毒防除を目的とした各種添加剤の効果を、尿中カビ毒濃度測定系を用いて評価する試みはこれまでのところ報告例が無く、極めて斬新な新規データである。

研究成果の概要(英文)：At livestock farms, measures to control mycotoxins that contaminate the feed fed to livestock are a global challenge. In this study, based on the results of the measurement system of both zearalenone (ZEN) and sterigmatocystin (STC) in bovine urine, it was revealed that 1) supplementation of oligosaccharide preparations to cattle feed reduces the absorption of ZEN and STC from the intestinal tract, 2) from the urinary metabolome analysis, the in vivo ATP production and amino acid metabolism in the highly exposed cattle group of both ZEN and STC are significantly changed as compared with the low exposed group, 3) it was found that the in vitro anti-inflammatory effect of bovine oviductal epithelial cells on sperm is inhibited after the ZEN exposure, and 4) blood anti-Mullerian hormone concentration measurement is useful as an endocrine index for monitoring the fertility of cows.

研究分野：獣医臨床繁殖学

キーワード：カビ毒 牛 ゼアラレノン ステリグマトシスチン 繁殖性 防除法

1. 研究開始当初の背景

近年、畜産現場においてカビ毒汚染飼料の摂取が疑われる家畜の消化器疾患や繁殖障害等の中毒症状が世界的に報告され、乳肉等の食品中へのカビ毒残留の危険性も指摘されている。一方、乳肉生産現場においては、「食品の安全性」や「動物福祉」の観点等から、環境衛生や飼養衛生（どのような飼養環境下で家畜が飼育されているのか）を意識した取り組みが必須条件となっている。飼養環境下におけるカビ毒浸潤動態のモニタリングは、家畜衛生や乳肉衛生面からも極めて重要な社会的課題である。我々はこれまでに、*Fusarium* 属真菌由来カビ毒で、エストロゲン類似作用を持つことから内分泌攪乱物質として知られるゼアラレノン（ZEN）と、*Aspergillus* 属真菌由来カビ毒で、強い毒性や発ガン性を持つアフラトキシン B1（AFB1）生合成過程の中間物質の1つとして知られているステリグマトシスチン（STC）に着目して、実際に腸管から吸収された生体内カビ毒浸潤レベルを反映する液体クロマトグラフィー質量分析（LC/MS/MS）法による尿中 ZEN（代謝物を含む）および STC 濃度測定系を構築するとともに（Takagi *et al.*, 2011; Fushimi *et al.*, 2014）、本測定系はカビ毒吸着剤添加効果の客観的評価法としても極めて有用であることを初めて報告した（Fushimi *et al.*, 2014）。

飼料へのカビ毒吸着剤（MA）添加は、生産現場において実践可能な唯一のカビ毒防除法とされているが、我々の研究成果からその効果はカビ毒の種類や汚染レベル、MA の添加方法などにより大きく影響を受ける事が初めて明らかにされており、実際の添加効果は未だ不明なままである。客観的な臨床データに裏打ちされた、実際の臨床現場で直ちに应用可能で有効な新規カビ毒防除法の導入が世界の畜産現場レベルで求められている。

最近、研究協力者である Fink-Gremmels 教授（コトレヒト大学）らのグループは、実験動物を用いたカビ毒汚染飼料へのフラクトオリゴ糖（FOS）添加試験から、消化管上皮細胞への炎症作用低減効果、およびタイトジャンクション（TJ）の「消化管バリア」機能増強によるカビ毒吸収阻害効果を報告した（Akbari *et al.*, 2015）。一方で、我々は既に子牛に対する FOS 製剤（Difuctose anhydride）添加による消化管からの初乳中 IgG 吸収作用（Takagi *et al.*, 2011）、および胃腸炎発症低減効果（Matsumoto *et al.*, 2009）などを報告している。したがって、我々の尿中カビ毒濃度測定系を用いて FOS 製剤単独、あるいは FOS と MA の併用によるカビ毒吸収低減効果が確認されれば、カビ毒対策が極めて困難な生産現場での「安全な新規カビ毒防除法」として直ちに臨床応用可能であり、世界的にも重要な科学的発見となる事が期待できる。一方、研究分担者の宮本らは、牛卵管上皮細胞の体外培養系モデルを確立し、卵管の精子や受精卵を認識する局所免疫システムの存在を初めて示した（Marey *et al.*, 2016; Yousef *et al.*, 2016, 2017）。カビ毒が「受精の場」である卵管の自然免疫システムを攪乱する可能性が高く、今回初めて母体側の繁殖に関わる局所免疫への影響を検証することになる。

2. 研究の目的

(1) 牛群飼料への FOS 添加が消化管バリア機能に与える臨床的評価と新規カビ毒防除法の確立

オリゴ糖に関しては、畜産現場においてプレバイオティクス製剤としての目的で広く使用されているが、腸管 TJ のバリア機能からのカビ毒吸収低減効果を主目的とした使用例報告は皆無である。本研究は、カビ毒防除を目指して行う初めての FOS 添加試験であり、得られる成果は尿中カビ毒濃度を客観的にモニターした世界初の臨床データとなる。

(2) カビ毒の低濃度長期間浸潤が牛生体内代謝や繁殖性に与える影響の検証

繁殖用雌牛では卵巣内の胞状卵胞発育能を反映する血中抗ミュラー管ホルモン（AMH）濃度測定を、肥育牛ではガスクロマトグラフィー（GC/MS）法を用いたメタボローム解析による生体内代謝物変動の観察を行うことで、これまでに報告がない牛生体内代謝や繁殖性に関する新規データベースを得る。

(3) 牛卵管上皮細胞（BOEC）及び牛子宮内膜上皮細胞（BEEC）培養系モデルを用いた ZEN 暴露による内分泌攪乱作用の解明

カビ毒が「受精の場」である卵管及び子宮の自然免疫システムを攪乱する可能性が高く、初めて母体側の繁殖に関わる局所免疫への影響を検証する。

3. 研究の方法

(1) 尿中カビ毒濃度測定系を用いた FOS 飼料添加によるカビ毒防除効果検証

牛飼料への FOS 添加予備試験結果を基にした FOS 至適添加濃度を用いて、本試験を実施する。

(2) FOS 添加が牛群の疾病発生や繁殖成績に及ぼす影響に関するデータベース作成

各牛群由来の血液サンプルを用いた血清生化学検査を行うとともに、FOS 添加試験開始前後での診療カルテと繁殖記録を基に、各牛群における疾病および繁殖管理データベースを構築する。

(1)、(2) で得られた結果から、飼養環境下の牛群における給与飼料への FOS 添加が「タイトジャンクションの消化管バリア」機能に与える影響を臨床的に評価するとともに、牛群の健康状態と繁殖性も併せて検証することで、畜産現場レベルではその防除が極めて困難である飼

料中カビ毒浸潤への適応の可否を明らかにする。

(3) 繁殖雌牛群におけるカビ毒浸潤動態とAMH濃度との関連性-FOS添加効果の検証

上記で得られた血液サンプルを用いて、尿中ZEN、STC濃度と血中AMH濃度との関連性について、牛群数を増やしてデータベース蓄積を継続するとともに、FOS添加が卵巣内胞状卵胞数 (AMH濃度) に与える影響を新規に明らかにする。

(3)で得られた結果から、(2)の結果と併せて、カビ毒浸潤 (特にZEN) のウシへの内分泌攪乱作用の有無、および生産現場における繁殖性への影響の有無を詳細に検証する。

(4) 肥育牛群におけるカビ毒浸潤動態とメタボローム解析-FOS添加効果の検証

上記で得られた尿と血液サンプルを用いて、カビ毒浸潤動態とメタボローム解析との関連性について、牛群数を増やしてデータベース蓄積を継続するとともに、FOS添加が蛋白質、糖や脂質代謝等の各代謝パラメーターに与える影響を新規に検証する。

(4)で得られた結果から、(2)の結果と併せて、カビ毒浸潤のウシ生体内各代謝機能への影響の有無を詳細に検証するとともに、肥育牛群における新規代謝プロファイルテスト作成のための基礎データとする。

(5) ウシ卵管上皮細胞及び子宮内膜細胞培養系モデルを用いた ZEN 浸潤による家畜の繁殖性への影響

BOEC 及び BEEC 培養系モデルを用いた ZEN とその代謝物の添加試験を行う。BOEC 及び BEEC における発現遺伝子の発現動態を無添加コントロール群と比較検討し、*in vivo*条件下における卵管と子宮内膜へのカビ毒浸潤の影響を検証する。

(5)で得られた結果から、これまでの配偶子、胚の知見に加えて、ZEN 浸潤が母体生殖関連細胞の生存性や内分泌系へ与える影響について詳細に検証する。

4. 研究成果

給与飼料中の ZEN 濃度が同値であることを確認した黒毛和種肥育雌の 2 牛群から、オリゴ糖 (DFA) 添加群 15 頭、無処置対照群 15 頭の計 30 頭を本試験に供した。DFA 添加は朝夕の給餌時に飼料に添加し、添加期間を 2 週間として添加試験開始時 (Day 0) と添加開始 9 日目 (Day 9)、14 日目 (Day 14)、および添加休止後 9 日目 (Day 23) に尿および血液のサンプリングを行った。尿サンプルはクロマトグラフィー質量分析法により尿中 ZEN とその代謝物 -および -ゼアラレノール(-ZOL および -ZOL)濃度の測定を行った。併せて、DFA 添加による腸管 TJ 機能をモニターするために、血清カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、無機リン (iP) の濃度測定を行った。その結果、尿中濃度は ZEN、-ZOL、-ZOL、及びそれらの総計濃度のいずれにおいても DFA 添加群が対照群よりも有意に低くなり ($P < 0.05$)、それらは腸管からの ZEN 吸収量の差を反映するものと推測された。一方、血清生化学検査については Ca、Mg における 2 群間の差はなかったが、iP においては有意差が認められ、Day 23 において DFA 添加群が対照群よりも有意に高い濃度 ($P < 0.05$) となり、これは DFA 添加が消化管上皮の TJ 機能に影響を与えた結果を反映するものと思われる。さらに、DFA 添加が、尿中 STC 濃度に与える影響を同様に検証した。その結果、添加 9 日目に尿中に STC が検出された未経産牛の頭数は、DFA 添加群 (10%) で対照群 (60%) と比較して少なかった。DFA 添加中止後 9 日 (Day 23) において、尿中 STC が検出された未経産牛の頭数や急性相タンパク質である血清アミロイド A 濃度変化 (腸管炎症性の変化) に差はなかったものの、DFA 添加群の尿中 STC 濃度は対照群よりも有意に低かった ($P = 0.032$)。以上の結果、飼料への DFA 添加により、腸管からの ZEN 及び STC 吸収が低下する可能性が示唆された。

カビ毒汚染が牛の代謝系に及ぼす影響を検証するため、先行研究により ZEN と STC の自然汚染が確認された稲ワラを給与された黒毛和種肥育牛群を試験牛群として、汚染稲ワラ給与時の尿サンプル (高濃度群: $n=6$) と汚染稲ワラ除去後 14 日目に採取した尿サンプル (非汚染群: $n=6$)、および非汚染稲ワラ給与下の黒毛和種肥育牛群由来尿サンプル (対照群: $n=6$) を用いて、ガスクロマトグラフィー質量分析法による尿中代謝物のメタボロミクス解析を行った。Principal component analysis (PCA) 解析の結果、高濃度群および非汚染群と対照群との間には代謝系における顕著な差異が存在したが、高濃度群と非汚染群との間には違いは見られなかった。また、エネルギー代謝やアミノ酸代謝などにおいても、試験牛群と対照群との間に有意な差が確認された。以上の結果から、カビ毒汚染飼料の摂取により一般的な血液生化学検査では検知できない代謝系の変化が生じていることが明らかとなり、高濃度汚染飼料の牛生体内代謝系への影響は、汚染飼料の除去後も長期間に及ぶ可能性が示唆された。

ウシ精子に应答した免疫関連サイトカイン発現に対する BOEC への ZEN 曝露の影響を調査した。その結果、ZEN は炎症誘発性サイトカインの発現を刺激することによって BOEC に炎症性効果をもたらす、サイトカイン発現と PGE₂ 産生のレベルで精子と BOEC 間の通常の相互作用を妨害する可能性が示唆された。さらに、BEEC への ZEN 曝露試験より、ZEN の存在が BEEC の精子によって引き起こされる炎症誘発性カスケードを増強し、精子に対する多型核細胞食作用を誘発して精子の運動性を低下させる可能性が示された。以上のことから、牛卵管及び子宮が ZEN に曝露すると、受精時の精子生存に悪影響を及ぼし、結果として受胎率に影響する可能が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 7件）

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Okawa Hiroaki, Monniaux Danielle, Mizokami Chihiro, Fujikura Atsushi, Takano Toshihiro, Sato Satoko, Shinya Urara, Kawashima Chiho, Yamato Osamu, Fushimi Yasuo, Vos Peter L. A. M., Taniguchi Masayasu, Takagi Mitsuhiro | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Association between Anti-Mullerian Hormone Concentration and Inflammation Markers in Serum during the Peripartum Period in Dairy Cows | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Animals | 6. 最初と最後の頁 1241 ~ 1241 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ani11051241 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Sasazaki Naoya, Uno Seiich, Kokushi Emiko, Toda Katsuki, Hasunuma Hiroshi, Matsumoto Daisaku, Miyashita Ayaka, Yamato Osamu, Okawa Hiroaki, Ohtani Masayuki, Fink-Gremmels Johanna, Taniguchi Masayasu, Takagi Mitsuhiro | 4. 巻 64 |
| 2. 論文標題 Mitigation of sterigmatocystin exposure in cattle by difructose anhydride III feed supplementation and detection of urinary sterigmatocystin and serum amyloid A concentrations | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Archives Animal Breeding | 6. 最初と最後の頁 257 ~ 264 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/aab-64-257-2021 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 SASAZAKI Naoya, OBI Takeshi, ARIDOME Chiharu, FUJIMOTO Yoshikazu, FURUMOTO Mizuki, TODA Katsuki, HASUNUMA Hiroshi, MATSUMOTO Daisaku, SATO Satoko, OKAWA Hiroaki, YAMATO Osamu, IGARI Naoki, KAZAMI Daiji, TANIGUCHI Masayasu, TAKAGI Mitsuhiro | 4. 巻 82 |
| 2. 論文標題 Effects of dietary feed supplementation of heat-treated <i>Lactobacillus sakei</i> HS-1 on the health status, blood parameters, and fecal microbes of Japanese Black calves | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Veterinary Medical Science | 6. 最初と最後の頁 1428 ~ 1435 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1292/jvms.20-0181 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 FUSHIMI Yasuo, OKAWA Hiroaki, MONNIAUX Danielle, TAKAGI Mitsuhiro | 4. 巻 66 |
| 2. 論文標題 Efficacy of a single blood anti-Mullerian hormone (AMH) concentration measurement for the selection of Japanese Black heifer embryo donors in herd breeding programs | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Reproduction and Development | 6. 最初と最後の頁 593 ~ 598 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1262/jrd.2020-069 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Yasuo Fushimi, Danielle Monniaux, Mitsuhiro Takagi | 4. 巻 65 |
| 2. 論文標題 Efficacy of a single measurement of plasma anti-Mullerian hormone concentration for ovum pick-up donor selection of Japanese Black heifers in herd breeding programs | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Reproduction and Development | 6. 最初と最後の頁 369-374 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1262/jrd.2019-003 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Toda K, Uno S, Kokushi E, Shiiba A, Hasunuma H, Matsumoto D, Ohtani M, Yamato O, Shinya U, Wijayagunawardane MPB, Fink-Gremmels J, Taniguchi M, Takagi M. | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Fructo-Oligosaccharide (DFA III) Feed Supplementation for Mitigation of Mycotoxin Exposure in Cattle Clinical Evaluation by a Urinary Zearalenone Monitoring System. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Toxins | 6. 最初と最後の頁 223 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/toxins10060223. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Takagi M, Uno S, Kokushi E, Sato F, Wijayagunawardane MPB, Fink-Gremmels J. | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 Measurement of urinary concentrations of the mycotoxins zearalenone and sterigmatocystin as biomarkers of exposure in mares. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Reprod Dom Anim | 6. 最初と最後の頁 68-73 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rda.13054. Epub 2017 Sep 18. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Fushimi, D. Monniaux, and M. Takagi |
| 2. 発表標題 Efficacy of a single measurement of plasma anti-Mullerian hormone concentration for ovum pick-up donor selection of Japanese Black heifers in herd breeding programs |
| 3. 学会等名 The 30th World Buiatrics Congress 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 M. Takagi |
| 2. 発表標題 Reproductive disorders in large animal: hormonal, genetic, feed deficiency, microorganism infection, metabolic disorders |
| 3. 学会等名 International Webinar; Faculty of Veterinary Medicine University Airlangga. (招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 O.S. Widodo, S. Nishihara, D. Pambudi, O. Yamato, M. Taniguchi, M. Takagi |
| 2. 発表標題 The Relationship Between Ovary Size and Blood anti-Mullerian Hormone Levels of Holstein-Friesian Cows |
| 3. 学会等名 International Conference on Veterinary Medicine and Health Sciences, University Airlangga. (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 O.S. Widodo, M. Etoh, E. Kokushi, S. Uno, O. Yamato, D. Pambudi, H. Okawa, M. Taniguchi, M. Lamid, M. Takagi |
| 2. 発表標題 Practical Application of Urinary Zearalenone Monitoring System for Feed Hygiene Management of a Japanese Black Cattle Breeding Herd |
| 3. 学会等名 The 6th International symposium Association of Japan-Indonesia Veterinary Education (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 笹崎直哉、小尾岳士、有留千春、藤本佳万、松本大策、蓮沼浩、戸田克樹、大川洋明、佐藤聡子、風見大司、猪狩直樹、谷口雅康、大和修、高木光博 |
| 2. 発表標題 黒毛和種哺乳期子牛への乳酸菌死菌体制剤(HK-LS HS-1)添加が健康状態、血液性状および糞便内微生物フローラに及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 第163回日本獣医学会(山口大学、Web開催) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Toda, S. Uno, E. Kokushi, A. Shiiba, H. Hasunuma, D. Matsumoto, M. Ohtani, O. Yamato, U. Shinya, M.P.B. Wijayagunawardane, M. Taniguchi, J. Fink-Gremmels and M. Takagi |
| 2. 発表標題 Supplementation with difructose anhydride III (DFA III) reduces mycotoxin absorption in cattle by modifying the tight-junction network |
| 3. 学会等名 The 30th World Buiatrics Congress 2018(国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|---|----|
| 研究分担者 | 宇野 誠一 (Uno Seiichi) (50381140) | 鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・教授 (17701) | |
| 研究分担者 | 宮本 明夫 (Miyamoto Akio) (10192767) | 帯広畜産大学・畜産学部・教授 (10105) | |

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|-------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 國師 恵美子 (Kokushi Emiko) | 鹿児島大学水産学部 | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 大和 修 (Yamato Osamu) | 鹿児島大学共同獣医学部 | |
| 研究協力者 | 谷口 雅康 (Taniguchi Masayasu) | 山口大学共同獣医学部 | |
| 研究協力者 | フィンク グレマラス ヨハンナ (Fink-Gremmels Johanna) | ユトレヒト大学 | |
| 研究協力者 | モニアックス ダニエル (Monniaux Dannielle) | フランス農務省 | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | | |
|---------|--------------------------|--|--|--|
| フランス | INRAE | | | |
| オランダ | Utrecht University | | | |
| スリランカ | University of Peradeniya | | | |
| インドネシア | University of Airlangga | | | |