

令和 5 年度地球観測技術等調査研究委託事業
「長期宇宙滞在者を食と運動で支える“宇宙専門管理栄養士/理学療法士”の育成」
委託業務成果報告書

令和 6 年 5 月
徳島大学

本報告書は、文部科学省の地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人徳島大学が実施した令和5年度「長期宇宙滞在者を食と運動で支える“宇宙専門管理栄養士/理学療法士”の育成」の成果を取りまとめたものです。

目次

1	はじめに	
1.1	委託業務の目的	1
1.2	業務の方法	1
1.3	当該年度における委託業務の結果概要	2
2	実施内容	3
2.1	講義/研修プログラムの開始	3
2.1.1	宇宙栄養コースの開講	3
	（コースの概要）	3
	（講義内容）	3
	（つくば研修プログラム）	7
	（Cell Gravisensing 宇宙実験への履修生の派遣）	8
	（履修者数と履修者によるルーブリック表による自己評価）	8
2.2	宇宙専門管理栄養士/宇宙専門理学療法士の認定制度	9
2.2.1	宇宙専門管理栄養士	9
2.2.2	宇宙療法士認定制度の施行申請	10
2.3	シンポジウムの開催	10
2.4	外部評価委員会の開催	11
2.5	各施設の修論研究内容	14
	（徳島大学）「機能性宇宙食材としてのコオロギ蛋白質」	14
	（京都府立医科大学）「微小重力環境での健康を運動から考える」	22
	（医薬基盤・健康・栄養研究所）「月面食堂での献立作成」	27
3	まとめ	34
3.1	当該年度の活動のまとめ	34
3.2	本事業三年間のまとめ	34
4	学会等発表実績	35
4.1	学会等における口頭・ポスター発表	35
4.2	学会誌・雑誌等における論文掲載	41
添付	参考資料	

1 はじめに

1.1 委託業務の目的

「機能性宇宙食」の研究開発を目指して設立され、宇宙栄養学を専門基盤として専門家を育成してきた「徳島大学宇宙食品産業・栄養学研究センター(以下、宇宙栄養学研究センター)」の活動をより発展させ、宇宙での栄養や運動の総合的な支援ができる、“宇宙専門管理栄養士または宇宙専門理学療法士”とも呼ぶべき宇宙医療のプロフェッショナルの育成を目的とする。具体的には、これまで我が国の栄養学を牽引してきた、国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所国立健康・栄養研究所と徳島大学医学部医科栄養学科、リハビリテーション医学を牽引してきた京都府立医科大学リハビリテーション医学教室、さらには、本提案参加者が理事を務める日本栄養・食糧学会や日本リハビリテーション医学教育推進機構が連携し、宇宙専門管理栄養士/理学療法士の認定制度の設立を目指す。

1.2 業務の方法

令和5年度における実施内容は、以下の通りである。

① 講義/研修プログラムの開始

徳島大学、京都府立医科大学、国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所の三施設において、令和3、4年度で準備した教育プログラムを開始する。具体的には、徳島大学大学院医科栄養学研究科(宇宙栄養コース)と京都府立医科大学において、独自に開発した Web 教育システムを用いて宇宙と栄養・医学概論(2単位)、宇宙運動学(2単位)及び特殊環境栄養学(2単位)の講義をスタートする。

大学院生の研修プログラムとしては、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(徳島大学と連携大学院契約を締結済み)や今回の三施設と連携し、宇宙食メニューやリハビリテーション開発現場などの研修を行う。

②宇宙専門管理栄養士/宇宙専門理学療法士の認定制度

公益財団法人日本栄養・食糧学会において宇宙食専門認定制度についての委員会が立ち上げられている。令和6年度中に日本栄養・食糧学会と徳島大学との間で契約を締結することを目指して日本栄養・食料学会との調整や契約案の作成を行い、徳島大学大学院医科栄養学研究科の宇宙栄養コースを修了し修士(博士)の学位を得た者が日本栄養・食糧学会の宇宙食専門認定制度に申請し合格すると宇宙食認定(専門)管理栄養士の称号を付与される制度について、日本栄養・食糧学会の定款変更が承認される令和7年5月までに施行できるように進めて行く。また、一般社団法人日本リハビリテーション医学教育評価機構においても、宇宙専門理学療法士の認定制度の設立について審議が始まっており、同様に実施できるように審議を継続する。

③シンポジウムの開催

徳島大学大学院医科栄養学研究科(宇宙栄養コース)を履修している大学院生を中心とした成果発表会(シンポジウム)を開催する。新型コロナウイルス感染症の流行状況を踏まえつつ、可能であれば徳島大学が連携している CNES(フランス宇宙研究センター)のメンバーも招聘して国際シンポジウムとして開催し、大学院生に国際コミュニケーション力を身につけさせる。

④外部評価会の実施

中間報告時に指摘された、外部委員による本事業のプログラムの評価を実施する。

1.3 当該年度における委託業務の結果概要

令和5年度における業務の結果概要は、以下の通りである。

① 講義/研修プログラムの開始

徳島大学、京都府立医科大学、国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所の三施設において、令和3、4年度で準備した教育プログラムを開始した。具体的には、徳島大学大学院医科栄養学研究科(宇宙栄養コース)と京都府立医科大学において、独自に開発したWeb教育システムを用いて宇宙と栄養・医学概論(2単位)、宇宙運動学(2単位)及び特殊環境栄養学(2単位)の講義をスタートした。

大学院生の研修プログラムとしては、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(徳島大学と連携大学院契約を締結済み)や今回の三施設と連携し、宇宙食メニューやリハビリテーション開発現場などの研修を行った。

② 宇宙専門管理栄養士/宇宙専門理学療法士の認定制度

公益財団法人日本栄養・食糧学会において宇宙食専門認定制度についての委員会が立ち上げられている。令和6年度中に日本栄養・食糧学会と徳島大学との間で契約を締結することを目指して令和5年度中に日本栄養・食糧学会との調整や契約案の作成を行い、徳島大学大学院医科栄養学研究科の宇宙栄養コースを修了し修士(博士)の学位を得た者が日本栄養・食糧学会の宇宙食専門認定制度に申請し合格すると宇宙食認定(専門)管理栄養士の称号を付与される制度について、日本栄養・食糧学会の定款変更が承認される令和7年5月までに施行できるように進めて行った。また、一般社団法人日本リハビリテーション医学教育評価機構においても、宇宙専門理学療法士の認定制度の設立について審議が始まっており、同様に実施できるように審議を継続した。

③ シンポジウムの開催

徳島大学大学院医科栄養学研究科の大学院生を中心とした成果発表会(シンポジウム)を開催した。新型コロナウイルス感染症の流行状況を踏まえつつ、徳島大学が連携しているCNES(フランス宇宙研究センター)のメンバーも招聘して国際シンポジウムとして開催し、大学院生に国際コミュニケーション力を身につけさせた。

④ 外部評価会の実施

中間報告時に指摘された、外部委員による本事業のプログラムの評価を、令和6年1月22日に徳島大学にて実施した。

2 実施内容

2.1 講義/研修プログラムの開始

2.1.1 宇宙栄養コースの開講

(コースの概要)

令和5年4月より、徳島大学大学院医歯薬学研究科 前期課程に、宇宙栄養コースを開講した。

本コースは、宇宙環境を主とした特殊な環境におけるヒトの健康・維持増進のために、栄養学から貢献できる人材を育成するために設置した。具体的には、特殊な環境における疾患(骨粗鬆症、フレイル、サルコペニアなど)を栄養学の観点から予防・治療できる食材の開発や対応を指導できる人材の育成を目指している。

履修者は、必須科目(臨床栄養学概論、健康科学特論、人間栄養学特論)6単位と、全専攻系共通カリキュラム科目から宇宙と栄養・医学概論(2単位)、指定科目から宇宙運動学(2単位)及び特殊環境栄養学(2単位)を履修する必要がある。さらに、全専攻系共通カリキュラム科目、各専攻系間の共通カリキュラム科目及び指定科目の選択科目から4単位を履修し、かつ、専門科目については、配属分野の授業科目(演習4単位及び特別実験12単位)を履修し、合計32単位を修得しなければならない。

修士論文の研究内容には、宇宙環境や災害時など特殊環境における健康の維持・増進に寄与する栄養学に関するものを含むこととする。

(講義内容)

以下のような科目の講義(宇宙と栄養・医学概論、宇宙運動学、特殊環境栄養学、各2単位(90分、15回)で合計6単位)をWebで実施した。

【宇宙と栄養・医学概論】

①宇宙と栄養・医学概論 (二川 健 徳島大学大学院医歯薬学研究部生体栄養学分野・教授)

本講義の目的・意義や宇宙環境における栄養の重要性を概説する。

②未利用バイオ系廃棄物の利用技術 (高木 均 徳島大学大学院社会産業理工学研究部材料科学分野・教授)

宇宙環境における食糧などの廃棄物の利用技術について説明し、インフラや資源の乏しい環境での循環型社会の構築を説明する。

③宇宙と腎臓 (瀬川 博子 徳島大学大学院医歯薬学研究部応用栄養学分野・教授)

宇宙環境が生体のミネラル代謝や腎機能に及ぼす影響とその栄養学的制御について概説する。

④有人宇宙活動 (土井 隆雄 京都大学大学院総合生存学館・特定教授)

ご自身の宇宙飛行体験を交えながら、これまで行ってきた有人宇宙開発や研究活動を説明する。

⑤宇宙生活と殺菌技術 (高橋 章 徳島大学大学院医歯薬学研究部予防環境栄養学分野・教授)

宇宙環境における感染症とその対策について概説する。

⑥宇宙で使われるLED (芥川 正武 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 理工学域 電気電子系 電気電子システム分野・講師)

宇宙空間で生活するのに欠かせない明かり(光源)、特にLEDによる発光技術について、基礎から応用まで幅広く概説する。本コースは、生物系の研究者が多いので、基礎的な講義に時間をかけている。

⑦抗菌処理と抗菌加工品 (白井 昭博 徳島大学大学院社会産業理工学研究部応用生命科学分野・准教授)

宇宙空間における食品や空間の殺菌の重要性とその方法について概説する。

⑧宇宙空間と筋萎縮（武田 伸一 国立研究開発法人 国立精神・神経医療研究センター 産学連携顧問 名誉所長）

無重力による筋萎縮の分子メカニズムとその治療法について概説する。

⑨宇宙植物栽培研究と月面農場（矢野 幸子 元 JAXA 有人宇宙技術部門 主任研究開発員）

宇宙環境、とくに、月面での食糧生産について概説する。

⑩LED 植物工場の可能性（宮脇 克行 徳島大学バイオイノベーション研究所・准教授）

LED による植物の生育への影響と植物工場への LED 技術の応用について概説する。

⑪長期有人宇宙活動を実現するための閉鎖生態系生命維持システム（北宅 善昭 大阪公立大学研究推進機構・特任教授）

長期有人宇宙活動を実現するための閉鎖生態系生命維持システムについて概説するとともに、ヒト一人が1年間月面で生活するには、どれくらいのエネルギーが必要となるかなどについて実験データをもとに説明する。

⑫サルコペニア・フレイルと栄養評価（濱田 康弘 徳島大学大学院医歯薬学研究部疾患治療栄養学分野・教授）

宇宙だけでなく、地上でも大きな問題となっている加齢現象（老化）とそれに伴っておこるサルコペニアやフレイルの診断基準と栄養状態の評価について概説する。

⑬がん免疫チェック療法と Adenosine deaminase acting on RNA1（酒井 徹 徳島大学大学院医歯薬学研究部実践栄養学分野・教授）

放射線被曝の頻度が高い宇宙環境では発がんリスクが高まる。宇宙環境における免疫とそれを用いたがん治療などについて概説する。

⑭ビタミン D と宇宙飛行（竹谷 豊 徳島大学大学院医歯薬学研究部臨床食管理学分野・教授）

宇宙空間でおこりやすい骨粗鬆症の病態とその栄養学的予防法について概説する。

⑮宇宙老化と代謝異常（阪上 浩 徳島大学大学院医歯薬学研究部代謝栄養学分野・教授）

宇宙空間は老化を促進するといわれている。宇宙空間で起こる老化現象と代謝異常の連関について概説する。

【宇宙運動学】

I. リハビリテーション医学・医療総論

① リハビリテーション医学・医療の意義と歴史（京都府立医科大学 三上担当）

わが国で、リハビリテーション医学・医療の対象は、時代と共に変遷してきた。現在、どのように位置づけられているかを知るために、辿ってきた歴史をふり返り、超高齢社会となった現在、どんな位置づけであるのか知ることを目的とする。

② わが国におけるリハビリテーション医学・医療の現状（京都府立医科大学 三上担当）

世界で類をみないスピードで少子高齢化、人口減少が進んできたわが国では、リハビリテーション医学・医療が健康寿命延伸の鍵を握るとまで言われている。これまでになく社会で注目されるようになってきた、その理由について理解することを目的とする。

③ リハビリテーション医学・医療と宇宙医学、災害との関連（京都府立医科大学 三上担当）

リハビリテーション医学・医療は、宇宙や災害が密接な関係を持っており、その意義について学ぶことを目的とする。この講義では、3施設が共同で進める本コースのプログラムを学ぶ上で欠かせない視点を学べる。

Ⅱ. リハビリテーション医学・医療に必要な基礎医学

④ 運動器、神経系の臨床解剖(京都府立医科大学 大橋担当)

身体の中かで、リハビリテーション医学・医療に欠かせない、運動器(筋、骨、靱帯、関節)と運動器に指令を発し伝達する役割を果たす神経系の解剖を学ぶ。そこから、ヒトがどのように身体を動かしているのか、その仕組みについて学ぶことを目的とする。

⑤ 循環器、呼吸器の解剖と生理(愛知学院大学 伊藤担当)

体力とは、循環器と呼吸器の機能/能力により定義される。根幹である心臓と肺の解剖と生理を知っておかねばならない。栄養が体力を培うために重要であることは言うまでもなく、本講義を通して、循環器、呼吸器の役割と栄養との関連について学ぶことを目的とする。

⑥ 骨格筋の解剖と生理(愛知学院大学 伊藤担当)

④で、筋のマクロの解剖について学ぶが、本講義では、骨格筋がどのような仕組みで収縮し関節を動かすのか、ミクロの解剖について学ぶことを目的とする。同時に、栄養がどのように身体を動かす動力になるのかを学ぶことができる。

⑦ リハビリテーション医学・医療に必要な運動学(京都府立医科大学 菱川担当)

ヒトは普段、何気なく身体を動かし、様々な動作を行って活動している。そこには、複雑な神経系システムの運動制御や四肢体幹を支える骨格連鎖システムのメカニズムが存在する。姿勢や歩行といった基本運動の仕組みなどを中心に学ぶことを目的とする。

⑧ 不動による合併症(京都府立医科大学 河崎担当)

宇宙空間での生活は微小重力空間で過ごすことになるが、地上では不動(安静臥床)がその状態に近い。不動が身体に招く様々な合併症を知ること、宇宙空間で身体に生じる変化(病態)を学ぶことを目的とする。

Ⅲ. 宇宙空間で行うリハビリテーション診療

⑨ 診断のポイント、検査・評価法(京都府立医科大学 河崎担当)

宇宙でリハビリテーション診療を行うために、診断のポイントを抑える必要がある。身体診察を念頭に、バイタルサインの意義、主な身体診察の方法、筋力や関節可動域などの基本的な計測法と評価法を学ぶことを目的とする。

⑩ 訓練の進め方・ポイント・リスク管理(京都府立医科大学 沢田担当)

訓練の進め方について、まず地上での通常の診療で行っている訓練でのポイントとリスク管理について学び、その後、微小重力空間で行う訓練を想定し、有効な方法やポイント、リスク管理について大まかに把握することを目的とする。

⑪ 運動療法(筋力増強訓練と持久力訓練)(京都府立医科大学 菱川担当)

微小重力空間で生じやすい筋萎縮と持久力の低下に対し、どのように対処するか学ぶことを目的とする。筋力増強訓練と持久力訓練からなる運動療養は、リハビリテーション治療の根幹であり、加えて、宇宙頭痛や脂肪肝の軽減や予防に役立つ運動療法についても学ぶ。

⑫ 作業療法(京都府立医科大学 大橋担当)

日常生活を送るうえで必要な食事、着替え、排泄などが困難となったとき、機能回復を促し、障害が残る場合には自助具などを用いて遂行できるように行うのが作業療法である。微小重力空間で生活するために、必要な動作を獲得する作業療法について学ぶことを目的とする。

⑬ 電気刺激療法の基礎と実際(京都府立医科大学 久保担当)

微小重力空間で筋萎縮の予防や持久力の維持に有望と考えられ、すでに実用化されているのが電気刺激療法である。その理論と具体的な活用について学ぶ。

⑭ リハビリテーション診療と栄養管理(京都府立医科大学 垣田担当)

運動量を行うときに必要不可欠なのが栄養管理である。十分な栄養が得られなければ訓練が筋の異化を進めることとなり、運動療法なくして栄養を摂取していると生活習慣病に近づく。微小重力空間では、適切な栄養管理が難しいと予想されるがその基礎について学ぶことを目的とする。

⑮ メンタルヘルスとその対応 (京都府立医科大学 沢田担当)

地上で行ってきた生活とは全く異なる毎日を過ごすこととなる宇宙船内は、閉鎖的な特殊環境であり、精神的に安定した生活を送ることは易しいことではない。宇宙で不調となったとき、どのように対応すべきかを臨床心理士でもある講師から学ぶことを目的とする。

【特殊環境栄養学】

①特殊環境での食と栄養 (坪山(笠岡)宜代 先生 医薬基盤・健康・栄養研究所 室長)

宇宙環境や災害時など特殊な環境での食や栄養管理の重要性について概説する。

②宇宙食開発の歴史 (中沢 孝 先生 JAXA 社友)

宇宙食の開発の歴史、種類や重要性について概説する。

③災害食開発の歴史と宇宙食 (栗田 雅彦 先生 尾西食品株式会社 営業企画部長)

災害食の開発の歴史、種類や重要性について概説する。

④宇宙日本食とは(JAXA 認証) (佐野 智 先生 JAXA 宇宙航空研究開発機構)

宇宙日本食の必要性や認証基準について説明する。

⑤日本災害食とは(日本災害食学会認証) (別府 茂 先生 新潟大学大学院 客員教授)

日本災害食の必要性や認証基準について説明する。

⑥宇宙における栄養基準 (港屋 ますみ 先生 JAXA 宇宙航空研究開発機構)

JAXA で唯一の管理栄養士として宇宙飛行士に対する健康管理に関する経験談もまじえながら、宇宙における栄養基準、管理栄養士の役割について概説する。

⑦災害時等における栄養基準 (原田 萌香 先生 医薬基盤・健康・栄養研究所 研究員)

災害時における栄養基準、管理栄養士の役割について概説する。

⑧宇宙における健康問題と栄養 (速水 聡 先生 JAXA 宇宙航空研究開発機構)

宇宙環境下の栄養と関連する健康問題について概説する。

⑨災害時等における健康問題と栄養 (原田 萌香 先生 医薬基盤・健康・栄養研究所 研究員)

災害時の栄養と関連する健康問題について概説する。

⑩特殊環境における調理 (小林 理恵 先生 東京家政大学 教授)

宇宙環境や災害時などインフラが整っていない特殊環境での調理法について概説する。

⑪特殊環境での栄養アセスメントのポイント(坪山(笠岡)宜代 先生 医薬基盤・健康・栄養研究所 室長)

宇宙環境や災害時など栄養状態が悪化したときの栄養評価のポイントについて概説する。

⑫災害時の食・栄養支援の実際 (坂本 八千代 先生 暮らしき作陽大学 教授)

災害時の食糧支援や栄養改善の実践的方法などについて概説する。

⑬支援者の食の実際(国際緊急援助隊等) (中込 悠 先生 新潟大学 特任講師)

災害時の支援する側の栄養状態、食環境について体験談を含め説明する。

⑭月面でのフードシステム (大熊 隼人 先生 JAXA 宇宙航空研究開発機構)

JAXA が考案している月面での食糧供給システムについて概説する。

⑮月面滞在に向けた食の課題解決 (菊池 優太 先生 (一社)SPACE FOOD SPHERE 理事)

長期間、安全・安心に月面で生活するために解決すべき食に関する課題とその解決法について概説する。

(つくば研修プログラム)

令和 5 年度の宇宙栄養コース履修者のうち 8 名を引率し、8 月 30 日から 9 月 1 日にかけて JAXA つくば宇宙センターで研修を行った。スケジュールは以下の通りである。

つくば研修プログラム 日程			
	8月30日(水)	8月31日(木)	9月1日(金)
午前	徳島大学から出席するものは、 8時55分徳島空港発のJAL便にて羽田へ	8:30~8:45 JAXAつくば宇宙センターE1総合受付(正面玄関)集合 9時15分 「世界の有人宇宙活動の歴史と今後の計画」 元JAXA「きぼう」利用センター長 徳島大学宇宙栄養研究センター顧問 上垣内茂樹氏 10時30分 休憩 10時45分 「宇宙食開発とSDGs」 元立教大学教授 徳島大学非常勤講師 中川有紀子氏	8:30~8:45 JAXAつくば宇宙センターE1総合受付(正面玄関)集合 9時15分 「宇宙での栄養と食事」 JAXA管理栄養士 港屋ますみ氏 10時30分 休憩 10時45分 総合討論「宇宙食について」 11時45分 解散
昼食		12時 各自自由に	12時 各自自由に
午後	1時から1時30分 JAXAつくば宇宙センターE1総合受付(正面玄関)集合 2時 入構後、会議室へ 自己紹介、研修についての説明 施設案内(JAXA 相羽達弥氏) 3時 5時 解散	1時30分 「宇宙飛行士の健康管理と宇宙医学研究の最近の動向」 JAXAフライトサーजन 徳島大学客員教授 松本暁子氏 2時45分 休憩 3時 「宇宙医学と運動プログラム」 元JAXA宇宙医学生物科学研究室室長 徳島大学客員教授 大島 博氏 4時15分 休憩 4時30分 「国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」での生命科学研究と今後の展開」 JAXA技術領域主幹 徳島大学客員教授 東端 晃氏 6時 終了	徳島大学に戻るものは、 7時45分羽田空港発のJAL便にて徳島へ

各先生方から素晴らしいプレゼンテーションと議論の場をご提供いただいた。なかでも、JAXA で唯一の



管理栄養士である、港屋ますみ先生の講義と懇談に参加者一同最も感銘を受けたようだった。彼女らが管理栄養士であることと、先駆者の苦勞、努力が直接聞け、宇宙飛行士の食生活管理が如何に大変であるかを学ぶことができたからだと思われた。

(写真)港屋先生の講義のあとで

左の写真の○で囲んだ方が、港屋ますみ氏である。

(Cell Gravisensing 宇宙実験への履修生の派遣)

令和5年度の宇宙栄養コース履修者の一人に、宇宙実験に特に関心の高い大学生がいたので、二川が参加している Cell Gravisensing 宇宙実験(PI 名古屋大学名誉教授 曾我部正博先生)に参加してもらった。宇宙実験の最前線(Kennedy Space Center)で一ヶ月近く研究生生活を経験したことは、とても大きなインパクトをあたえたようで、帰国後博士課程への進学を申し出た。ある意味、本コースを設置した最大の果実かもしれないと感じた。(右の写真は、現地で活躍する徳島大学の内田講師と津田大学院生である。)



(履修者数と履修者によるルーブリック表による自己評価)

R5年度の履修者数は11名/25名で、R6年度の履修者数は17名/33名であった。発足時より、2年目の履修者が増えたことは、近年、大学院受験者に宇宙栄養学に関する興味が高まっていると思われた。

R5年度の履修者11名を対象に、入学時と授業を1年間受けてもらった後にルーブリック表による自己評価をおこなった。評価項目は以下の通りである。

宇宙栄養学コース自己評価用ルーブリック () 分野 氏名 ()						
観点	優レベルの目安 【5点】	その中間 【4点】	良レベルの目安 【3点】	その中間 【2点】	可レベルの目安 【1点】	自己採点 (1項目5点満点)
宇宙栄養学(宇宙環境での食事や健康管理)への興味と関心 (関心度)	興味・関心が非常に高く、すでに十分な宇宙栄養学及びそれに関連する知識を身に付けている。	←→	興味・関心が高く、ある程度の宇宙栄養学及びそれに関連する知識を身に付けている。	←→	宇宙栄養学及びそれに関連する興味・関心がある程度ある。	
宇宙栄養学の普及や魅力の発信を担うための意欲 (プレゼンテーション力も含む)	普及や魅力の発信を担うための自身の将来像が明確、具体的であり、意欲が非常に高い。	←→	普及や魅力の発信を担うための自身の将来像が明確であり、意欲が高い。	←→	普及や魅力の発信を担うための自身の将来像を持っており、意欲が見られる。	
国際的な感覚を養う意欲 (国際感覚)	国外での活動や国外者との交流に非常に積極的な姿勢であり、国際的な感覚を身に付けたい意欲が非常に高い。	←→	国外での活動や国外者との交流に積極的な姿勢であり、国際的な感覚を身に付けたい意欲が高い。	←→	国外での活動や国外者との交流にある程度積極的な姿勢であり、国際的な感覚を身に付けたい意欲が見られる。	
仲間や教員と積極的にコミュニケーションをとる姿勢 (コミュニケーション力)	非常に高いレベルで、意欲的に他者とコミュニケーションを取る姿勢を持っており、他の考え方との共通点や相違点を整理することや、異なる考え方を統合することができる。	←→	意欲的に他者とコミュニケーションを取る姿勢を持っており、他の考え方との共通点や相違点を整理することや、異なる考え方を統合することができる。	←→	他者とコミュニケーションを取る姿勢を持っている。	
課題設定力	現在の状況から問題を発見・定義し、必要な情報を収集して、解決のための構想を立てることができる。	←→	現在の状況から問題を発見・定義し、必要な情報を収集することができる。	←→	現在の状況から問題を発見・定義することができる。	
合計						

以下に、入学直後と1年後のルーブリック評価の結果を示す。

入学直後

	関心度	プレゼンテーション力	国際感覚	コミュニケーション力	課題設定力	合計
平均値	2.0	1.7	2.4	2.4	2.4	10.8
中央値	2	2	2	3	3	10
標準偏差	1.3	0.7	0.9	0.8	0.8	2.9

・1年後

	関心度	プレゼンテーション力	国際感覚	コミュニケーション力	課題設定力	合計
平均値	4.0	3.1	3.4	3.5	3.5	17.3
中央値	4	3	3	4	3	17
標準偏差	0.7	1.1	1.1	1.0	0.7	3.5

関心度、プレゼンテーション力、国際感覚、コミュニケーション力と課題設定力すべての項目で、平均値、中央値ともに、1点以上の上昇が見られたことより、講義や研修の効果は上がっていると考えられる。とくに、関心度が2点、プレゼンテーション力が1.4点の上昇がみられ、研修や特別講義などによる議論などによりこれらの項目が上昇したのと考えられる。ただ、入学時の本コースの関心度が2.0と低かったのが意外であった。本コースの宣伝が不足していたのかもしれない。

2.2 宇宙専門管理栄養士/宇宙専門理学療法士の認定制度

2.2.1 宇宙専門管理栄養士

令和4年度に、公益財団法人日本栄養・食糧学会において宇宙食専門認定制度についての検討委員会を立ち上げた。令和5年度は、徳島大学大学院に宇宙栄養コースが開講したので、検討委員会の会合の回数を増やし、宇宙専門管理栄養士制度の設置に向けて精力的に活動を行った。同時に、日本栄養士会、厚生労働省、文部科学省の関連部門の方々と面談し、必要な規約等の素案を作成した。その後、日本栄養・食糧学会の庶務幹事打合せ会、理事会を経て、以下の①から③の最終案が完成した(①から③の詳細は、巻末に参考書類として添付している)。

①宇宙食健康認定制度[#]に設置に関する趣意書(案)

[#]「管理栄養士」という言葉が日本栄養士会で商標登録されているため使用できないので、「宇宙食健康認定制度」と名称を変更する予定である。

②宇宙食健康認定制度規程(案)

③徳島大学大学院医科栄養学研究科宇宙栄養学コース履修プログラム規則(案)：

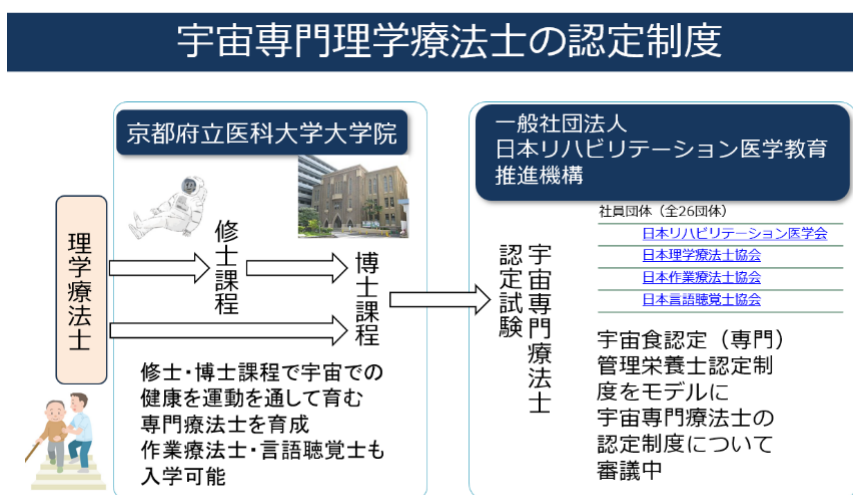
徳島大学の大学院に入学しなくても宇宙食健康認定制度の資格が得られるように、宇宙栄養コースの講義を外部に公開するための規約

以上により、令和5年度最後の理事会(3月23日)にて実施の採決を摂る予定であったが、2月末に学会事務局より内閣府公益法人等認定委員会での承認が必要との通知があった。3月12日に、学会の小出事務長と学会の「宇宙食専門認定制度検討委員会」委員長の私の二名で、内閣府公益法人等認定委員会を訪問した。その結果、制度案に関してはとくに問題はなかったのですが、日本栄養・食糧学会は公益財団法人であるので、

定款に公益業務として資格付与が明記されていないので、定款の変更届をした方がよいのではないかとアドバイスを受けた。その指導案をもちかえり、3月16日に業務理事執行打合せ、3月23日に理事会を開催し、定款の変更を進めていくということとなった。その結果を文科省に報告し、業務内容変更手続きを行い、3月29日変更内容が承認された。定款の変更には社員総会の承認がひとつようなため、来年5月までの期間が必要である。それまでに内閣府の承認を得て、宇宙食健康認定制度を実施するように計画を変更した。

2.2.2 宇宙療法士認定制度の施行申請

宇宙療法士認定制度の施行に関し、宇宙医学を専門とする療法士の認定制度を、一般社団法人 日本リハビリテーション医学教育推進機構[#]において作る方針とした。本機構は、リハビリテーション関連の教育を充実させることを目的に、2018年に設立され、さまざまな学会が社員団体として参画している。すでにテキストの発刊や研修会の開催など積極的に活動している。本機構の主な取り組みに、リハビリテーション専門職の教育・認定があげられている。京都府立医科大学の三上靖夫は、本機構および研修委員会の委員長を務めており、2022年3月8日に開催された理事会において、宇宙における健康管理の研究成果をリハビリテーション医療へ活用するための認定研修会・認定制度構築を検討していくことを提案し、理事会としての承認を受けた。今後、先行する宇宙食検討認定制度に習って認定制度の規約等の制定に向け活動中である。ほぼ大筋は決定しているが、残念ながら、宇宙療法士認定士を志望する大学院生がまだいないので、実施についてはもう少し時間が必要である。



[#]日本リハビリテーション医学教育推進機構ホームページ

(<https://jrmecc.or.jp/>)

2.3 シンポジウムの開催

徳島大学宇宙栄養研究センターは、2012年に大学院連携契約を締結したJAXA(宇宙航空研究開発機構)からの紹介を受け、フランス国宇宙科学研究センター(CNES)と宇宙栄養学に関するシンポジウムを定期的に開催してきた。第1回は2014年に徳島、第2回は2017年にトゥールーズで開催し、第3回を2020年京都で開催する予定であったが、コロナ禍のため無期限に延期されていた。2023年5月より海外渡航制限が緩和されたので、今年11月13-14日に京都(京都府立医科大学)で再開する運びとなった。本シンポジウムを通し、機能性のある宇宙日本食や宇宙フランス



食が考案されてきたり、両国の留学生の交流が深まったりしてきた(ストラスブール大学から F. Ruswill 氏が 2015 年 5 月から 2018 年 3 月に徳島大学に、逆に徳島大学から中尾玲子氏が 2021 年 10 月から 2026 年 3 月までストラスブール大学へ留学)。今回も、25 名(大学院生 4 名、学部生 2 名、日本側研究者 16 名、フランス側研究者 3 名)ほどの参加があり、発表もディスカッションもすべて英語で行った。夜遅くまで議論を深めた。次回は、2025 年にトゥールーズまたはストラスブールで開催予定である。



2.4 外部評価委員会の開催

以下の要領で外部評価会を開催した。

日時: 2024 年 1 月 22 日(月)16 時 00 分～18 時 30 分

出席者: 国立精神・神経医療研究センター 武田伸一先生、東京理科大学 木村真一先生、京都大学 寺田昌弘先生、Barack 株式会社 中川有紀子先生(Web)、京都府立医科大学 三上靖夫先生、医薬基盤・健康・栄養研究所 坪山(笠岡)宜代先生(Web)、徳島大学 二川健先生、内田貴之先生、原田晃子

場所: 徳島大学 医学部 医科栄養学科 栄養学科棟 204 号室

各先生からのコメントなど会議内容を以下に要約する。

(武田伸一先生)

- ・宇宙開発において人材の育成は特に重要であり、この3年間にコースを新設した本事業は高く評価できる。
- ・達成評価(Output)に関しては、木村先生からのアドバイス通り自己評価の軸をしっかり持ち、評価表を作成したのはよかった。
- ・「宇宙開発」は、現在注目を集めているアルテミス計画に沿って「宇宙」での研究開発を促進する一方で、「地」の人類にどれだけ貢献できるかに着目し、双方向性に進めることが特に重要である。「宇宙」への流れと「地」への流れの両軸で考え、これを明確に打ち出すと良い。
- ・コースに関しては、3施設の枠を超えた「相互乗り入れ」および、もし可能であれば、同一施設内で隣り合わせの他研究科との「相互交流」ができれば、さらに望ましいのではないかと。

(木村真一先生)

- ・本プログラムは宇宙での食と、災害時の食や、高齢化における食という地上での食の重要課題とつなげ、地上と宇宙における食の重要課題について啓発し、教育に結びつける斬新で意義深い教育システムを実現しており、極めて高く評価できる。
- ・宇宙食健康認定制度などの認定制度を整備し、本プログラムでの学びの成果に対してステータスを与え試みは、学生の学びの成果を見える化し、インセンティブを与える意味で、画期的であり、非常に高く評価できる。整備した認定制度の学生目線での価値付けを、より高めるよう工夫することで、その効果をより高めることができると期待される。

・多くの学生が、本プログラムに対し参加を、希望していることは、本プログラムの成果として非常に高く評価できる。宇宙と食についての研究に、学生をエンロールする役割は十分達成できていると考えられ、その成果は非常に高く評価できる。本プログラムの次の段階として、博士課程まで進んで、関連分野についての研究を、自ら発案・提案し、研究を主体的に展開できる人材を育成する仕組みに発展させてはどうか。その場合は、教育、実践に加えて、研究に関する仕組みが必要になるので、次のステップとして新たにリソースを確保して、システムを整備されることを強く推奨する。

・本プログラムで、育てたい人物像について、ルーブリックのような形で整理し、明示することは、本プログラムを推進する上でも、また本プログラムの達成度を評価する上でも、効果的であると考えられる。本プログラムの方向性を明示することで、プロモーションに活用することができ、参加学生と共有することで、学生の学びの指針を与える上でも効果的である。また、学生へのアンケートや外部評価における評価基準として活用することで、プログラムの達成度の評価にも活用することができる。さらにこのルーブリックを自己評価に活用することで、PDCA サイクルを適切に回すために活用することも考えられる。説明の中で、各コースをデザインするときに、育てたい人物像について、すでに十分議論されている事は理解できたが、プログラム全体として整理・明文化しておくことを推奨する。

(寺田昌弘先生)

・人材育成プログラムとして、大学院コースの立ち上げならびに3機関(徳島大学、京都府立医科大学、医薬基盤・健康・栄養研究所)の連携体制を確立されたことは大いに評価できる。また、学会とも連携し認定制度を設立された点も大変素晴らしい。特に宇宙での健康分野を栄養と運動の観点から展開していくという方向性は、非常に理解しやすく社会的な展開へも期待できる点である。栄養の分野においては、災害分野の視点からも教育プログラムを展開されており、大変ユニークな点である。

・大学院コースの設立は、専門性を育てるという観点からは大変有効な方針だと考えられるが、一方で大学院への入学者以外(他分野の学生や高校生など)にも宇宙での栄養学分野をアピールできる方策を展開していただきたい。専門家を育成することを柱として、より広く宇宙での栄養分野の必要性について情報発信していただくことで、この分野の裾野の広がりが期待できると考える。また、大学院コース進学希望者の発掘にもつながるはずである。

・3機関それぞれで特色ある講義を提供されており、学生はそれぞれの講義を受講する必要がある点は大変有意義である。実習については、それぞれの機関の研究者の研究室配属という形が主であるように理解したが、委託費事業独自の实習内容を構築し提供することも効果的だと思われる。

・実践的教育を受講した学生自らの成果発表などを外部発信する機会を設けることによって、学生の教育評価を行ってもよいかと考える。特に3機関それぞれに所属する学生同士が交流する機会ともなり、それぞれの学んだ点をお互いに認識しあう機会になるはずである。特色ある3機関が連携した教育プログラムであるので、ぜひ学生同士の交流の機会の場の提供をお願いしたい。大学院修士課程並びに今後展開されるであろう博士課程の教育を経て、将来このコースを受講した学生がどのようなキャリアにつなげていけるかなどサポートを期待する。

・総じて大変魅力的でユニークな教育プログラムが構築されており、今後も持続的な実施をぜひ期待する。宇宙分野は学生にとって大変夢や希望を掻き立てられる分野であるが、その夢や希望を維持しつつ、いかに現実での宇宙分野の姿を学習し、今後発展させていくのかなどぜひ今後とも一緒に議論させていただきたい。

(中川有紀子先生)

- ・日本が世界に先駆けて直面している二大課題①自然災害立国 ②高齢化 に対して、食と運動の面から疾病予防を研究するという、非常に対象範囲の広いサステナブルな課題に立ち向かう研究者人財育成プログラムであると考え。
- ・特殊な環境と言う意味で宇宙と自然災害時には、発生する疾患などが似ており、それを予防する食品においても共通点が多い。
- ・宇宙での無重力環境が筋肉にもたらす影響と、高齢化によるサルコペニア症状は似ており、この疾病の予防を食と運動で解決する研究者を育てるということは、すそ野が広く、世界でも注目される研究となるであろう。

(発表者:二川健先生)

- ・宇宙・災害環境など特殊な環境下で活躍できる管理栄養士の育成をする。さらに、特殊な環境下で起こりえる疾患の予防を食品から開発する研究者を育成する。
- ・2022年に3大学・施設と連携協定を結び、講義はオンラインで受講できるシステムを構築した。他に JAXA の実地研修や日仏国際シンポジウムも開催し、宇宙実験に参加した学生もいる。
- ・今年度中に日本栄養・食糧学会での認定制度を目指している。

(発表者:坪山(笠岡)宜代先生)

- ・特殊環境(災害・宇宙等)の栄養学の面から、災害や宇宙も救う即戦力の栄養専門職を育成したい。この考えは特に海外から大きく注目される。
- ・宇宙日本食と日本災害食の共通点が多く(日本災害食の基準は、宇宙日本食を参考にして作成した)、既に宇宙日本食を災害食へ活用した社会実装の実績がある。今後は国際標準(ISO)化を目指す。
- ・講義は、JAXA等の外部講師も多く取り入れ、宇宙時と災害時(地上)を同時にセットで学べるように工夫した。
- ・月で生産する8品目からメニュー(月面食堂セット品)を考察し、足りない栄養成分を見出し、その機能性食品の開発を目指す。どのような環境下でも食・栄養が充足できる方法を考える。
- ・実際の学生実習としては、災害被災地での現地調査や、災害時のデータを用いた分析等が考えられる。

(発表者:三上靖夫先生)

- ・宇宙での骨・筋肉への影響は、地上での不動による合併症(廃用性筋萎縮)とよく似ている。
- ・サルコペニアの原因は、低活動、低栄養、加齢、慢性疾患等があるが、特に低活動と低栄養は、宇宙と災害時の特殊環境下で起こりえる状況である。
- ・リハビリと栄養は健康の両輪であるとの考えのもと、講義は宇宙運動学を担当した。
- ・実際の学生実習としては、不動による合併症の予防や治療法を目指し、より効率的な運動プロトコルを開発すること(例:ベルト電極式骨格筋電気刺激法の頻度や強度の設定等)が考えられる。
- ・京丹後長寿食コホート研究から、栄養面では豆・根菜・魚の摂取が良く、中強度の運動が増えると骨密度が上がり、鬱状態が低減する結果が得られている。

以上

2.5 各施設の修論研究内容

宇宙栄養コースは発足後 1 年が経過しただけなので、修了生はまだでていないが、各施設では以下に紹介するような研究を行っている。宇宙栄養学や宇宙運動学の人材育成に有効な研究を行っていると感じている。

(徳島大学)「機能性宇宙食材としてのコオロギ蛋白質」

環境負荷が少なく生産効率の良い食材は、宇宙での長期滞在や将来の代替蛋白質として利用可能である。そこで我々は牛や豚など従来の畜産動物よりも環境負荷が少ない昆虫食に注目し、昆虫の中でも雑食で飼いやすいコオロギ¹⁻³⁾を研究対象とした。コオロギには蛋白質や脂質が豊富であることが報告^{4, 5)}され、蛋白質源になりうると考えた。具体的には、植物の葉や茎の食べない部分をコオロギの飼料とする一方、コオロギの糞など植物の肥料として利用するものである。つまり、植物からコオロギ、コオロギから植物へと、一種の食物連鎖を構築し、省エネルギーの食物生産システムを構築する。コオロギ蛋白質において筋萎縮抑制効果を発見することができれば、宇宙上での循環型供給が可能もしくは、高齢社会に起こりうる廃用性筋萎縮を予防する機能性食材になる。本研究では、コオロギ蛋白質食材(コオロギパン)による食事介入臨床試験を行い、コオロギ蛋白質の栄養学的な機能性、特に抗筋萎縮活性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

1) 臨床試験

被験者(45歳以上女性)を対象に下記の食事介入試験を行った。小麦パン、大豆蛋白質パン、コオロギ蛋白質パン、コオロギ蛋白質(下部に栄養成分記載)と大豆蛋白質の混合パンのいずれかを 28 日間摂取した(受審番号 徳島大学 4259-1)。蛋白質パウダーから作成したパン1個の重量と総エネルギーは以下の通りである。

- ・大豆蛋白質パン 85g/個、190.7kcal
- ・コオロギ蛋白質パン 85g/個、233.8kcal
- ・混合蛋白質パン 85g/個、208.7kcal

その他添加物として、小麦粉、小麦グルテン、砂糖、食塩、脱脂粉乳、マーガリン、オリゴ糖、パン酵母が含まれている。本研究で用いたコオロギ粉末はジャマイカコオロギ(Jamaican)由来である。

2) Inbody (体組成) 解析

当測定では Inbody S10 (Inbody Co., Ltd., Seoul, Korea) を用いて行われた。抵抗とリアクタンスは 8 点触覚電極とマルチ周波数電流を用いて測定した。測定は臥位で行われ、ペースメーカー装着者や臥位が困難な患者には実施されなかった。測定前に 20 分間安静にし、介入前後の測定時服装は同じとした。利き腕の上腕三頭筋の中点を挿入テープで測定した。測定 24 時間前からアルコールやカフェイン摂取を禁止とした。この測定は、無脂肪体重と骨格筋量、体脂肪量などを自動的に推定する。

3) 骨密度測定

骨密度を測定するため Lunar Bone Densitometer (GE Healthcare 社製)を用いて DEXA スキャンを行った。L1～L4 腰椎の DEXA スキャンから、骨密度(1 平方センチメートルあたりグラム)を求めた。

4) MRI 解析

すべての被験者の大腿部の右側画像を、12 チャンネルのボディコイルを備えた 1.5 テスラスキャナー (Signa Explore, GE Medical systems, Milwaukee, Wis, USA)を用いて磁気共鳴画像法(MRI)により取得した。各 MRI 検査では、3 次元(3D)冠状 6 点ディクソンシーケンス(エコー非対称性と最小二乗推定-IQ を用いた水と脂肪の反復分解、IDEAL-IQ)を取得した。MR 画像収集パラメータは以下の通り:撮影法、グラディエントエコー、モード、3D、繰り返し/エコー時間、13.086/6.124ms、フリップ角、5°、視野、420×420mm、画像マトリックスサイズ、

256×256、スライス厚/スライスギャップ、2/0mm、励起数、1、収集時間、1分25秒。右大腿の位相の軸方向断面の3D冠状画像を、スライス厚/スライスギャップ1.64/0mmで再構成した。次に、再構成されたアキシャル画像を、公認放射線技師(S.T.、筋骨格画像の経験15年)が3つの筋群(大腿四頭筋、内転筋)の右側を手動でセグメンテーションした。筋群のセグメンテーションには、市販のDigital Imaging and Communications in Medicineビューアー(OsiriX MD、バージョン11.0.2、Pixmeo Sarl、スイス)を使用した。各筋群の最大CSA(max single cross sectional area)は、Excelを用いて求めた。

5) 膝伸展力測定

ハンドヘルドダイナモメーター(HHD)を用いて、測定された。

6) 握力測定

握力の測定では、座位で測定された。測定に先立ち、着席した被験者はリラックスして肘を横に置き、下腕に対して手を直角に曲げ、手首をニュートラルな位置にした。この姿勢で、ハンドダイナモメーター(Makurosu Digital Hand Grip Dynamometer、レディメイド、Japan)を3回全力で握った。握力の最大値が記録され、単位はkgであった。

7) 跳躍力(垂直跳び)の測定

各参加者の跳躍力は垂直跳びにより評価した。試験の前に、参加者は口頭で試験の手順を知らされた。できるだけ高く垂直にジャンプし、2回のジャンプのうち、一方の高い記録をデータ解析として使用した。

8) 歩行速度の測定

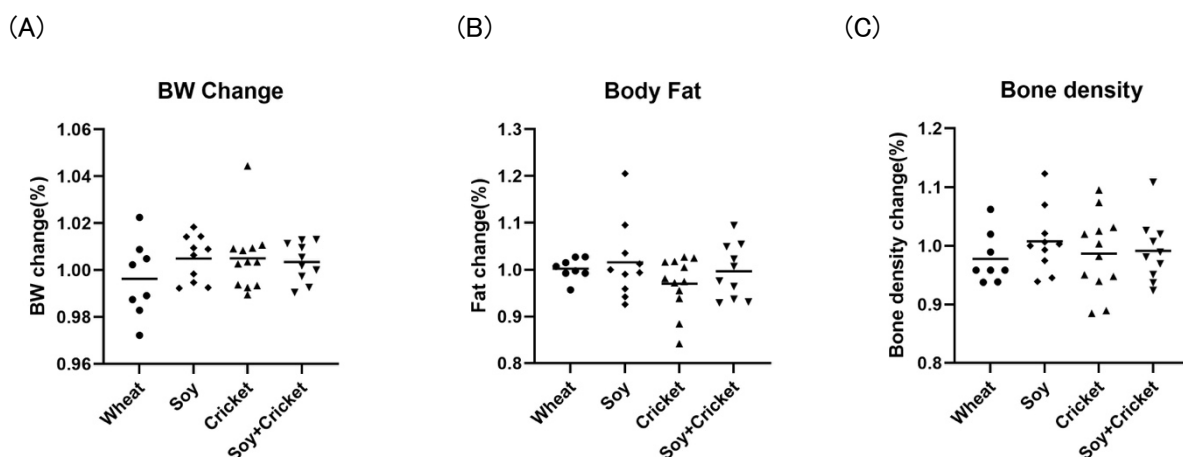
各参加者に20mを歩いてもらい、所要時間を記録した。

【結果】

1) 体組成・骨密度検査

まず試験前後における体重の変化率についてである。小麦パンでは体重減少傾向が示された一方、他の群では増加傾向が見られた(図1A)。他にも体脂肪率の変化(図1B)はコオロギ摂食で減少する傾向、骨密度(図1C)は大豆摂食で減少抑制傾向が示唆された。

図1 臨床試験における体組成・骨密度の変化



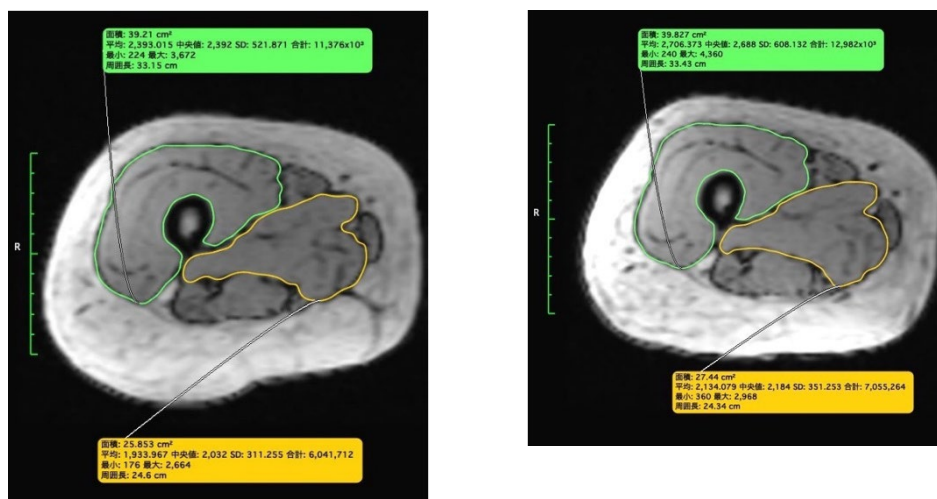
(A) 体重変化率である。(B) Inbody で測定した脂肪率変化率である。(C) 骨密度変化率である。

2) MRI 検査

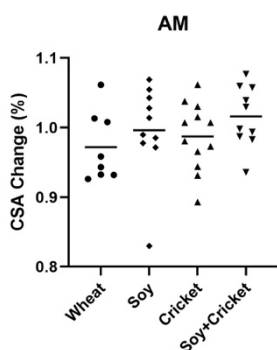
徳島大学 高尾氏に MRI を用いて筋横断面積(CSA)による筋肉評価とその筋肉内脂肪量の解析を行っていた(図2A)。右脚の内転筋(AM)と大腿四頭筋(QC)における食事介入前後の変化率では、内転筋においてココロギパンや大豆パン、混合パンの摂食で筋横断面積の増加傾向が示唆された(図2B)。しかし大腿四頭筋では内転筋ほどの変化量は確認されなかった(図2D)。これは脂肪量も同様にココロギパン摂食で内転筋に減少傾向が示されたが、大腿四頭筋では内転筋ほどの変化は確認されなかった(図2 C, E)。

図2 臨床試験における筋横断面積と筋肉内脂肪質の変化

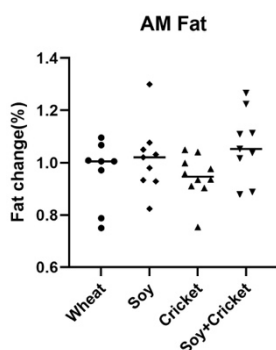
(A)



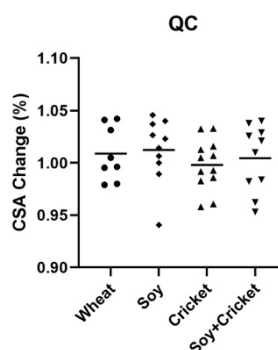
(B)



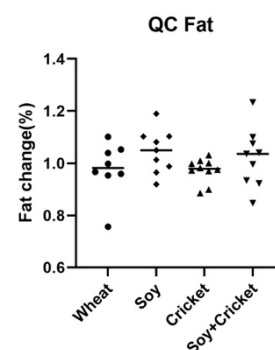
(C)



(D)



(E)



(A) MRI 画像解析結果。緑色部分が大腿四頭筋、黄色部分が内転筋に当たる。画像はココロギパン摂食者の結果である。全て右足のみの結果である。

(B) 内転筋における試験食介入による筋横断面積の変化率である。

(C) 内転筋における試験食介入による筋肉内脂肪量の変化率である。

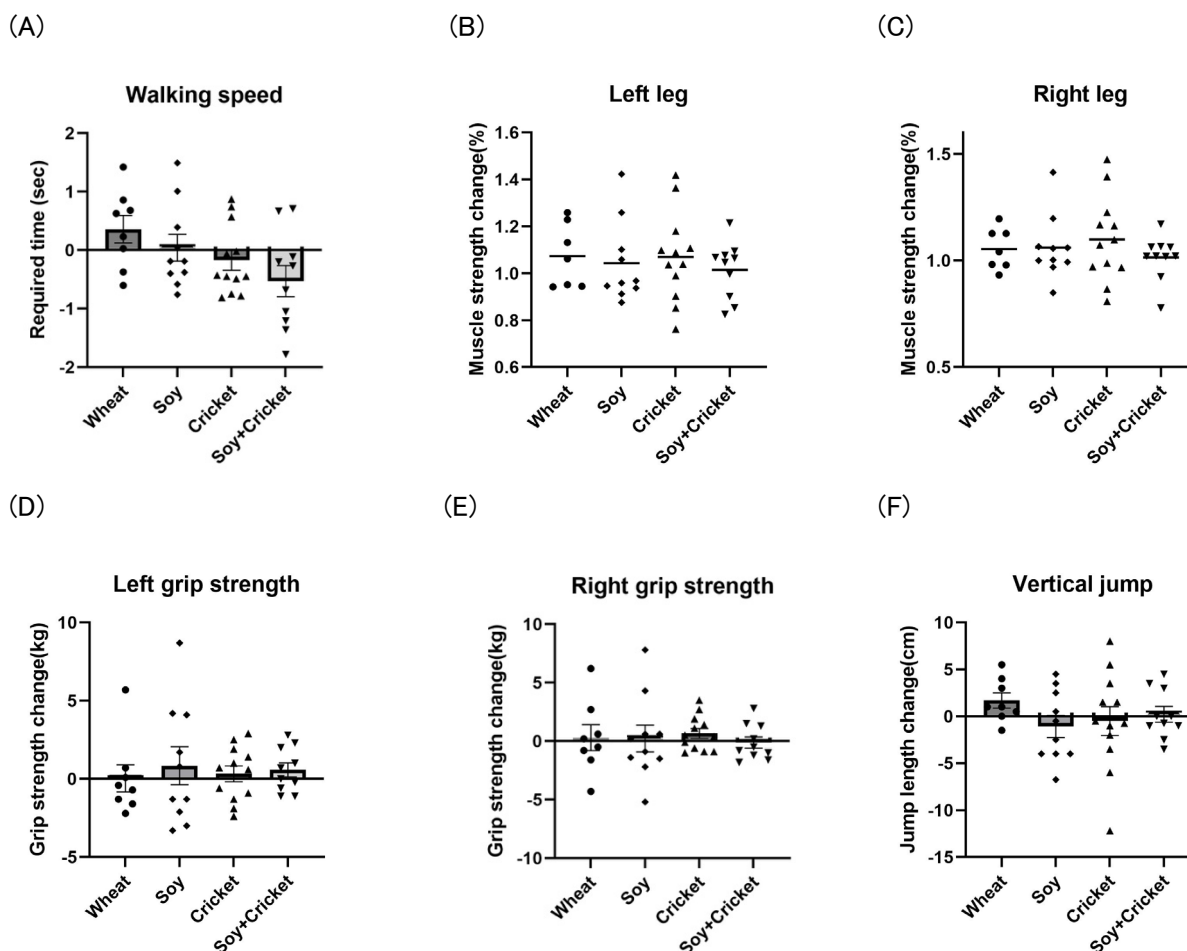
(D) 大腿四頭筋における試験食介入による筋横断面積の変化率である。

(E) 大腿四頭筋における試験食介入による筋肉内脂肪量の変化率である。

3) 運動機能検査

内転筋は歩行速度と深く関わるため、運動機能の一つとして歩行速度の測定を行ったところ、コオロギパンや混合パンで歩行速度の上昇が示された(図3A)。また大腿四頭筋は大腿部の前面にあるため、運動機能評価として膝伸展力の評価を検討した。やはり大腿四頭筋の変化量が少なかったためか、膝伸展力でも顕著な変化は確認されなかった(図3B)。同様に左脚の膝伸展力の結果にも変化は示されなかった(図3C)。他にも左右握力(図3 D, E)や垂直跳び(図3F)の測定を行った。握力や跳躍力において、歩行速度ほどの変化はなかった。

図3 臨床試験における運動機能変化



(A) 20m 歩行速度の変化量。所要時間を横軸とした。値は平均値±SD

(B) 左足での膝伸展筋力変化率。

(C) 右足での膝伸展筋力変化率。

(D) 左手での握力変化率。握力測定では2回計測し、最大値を測定結果とした。値は平均値±SD

(E) 右手での握力変化率。値は平均値±SD

(F) 垂直跳びの跳躍力変化量。垂直跳びも2回計測し、最大値を測定結果とした。値は平均値±SD

4) 腸内細菌検査

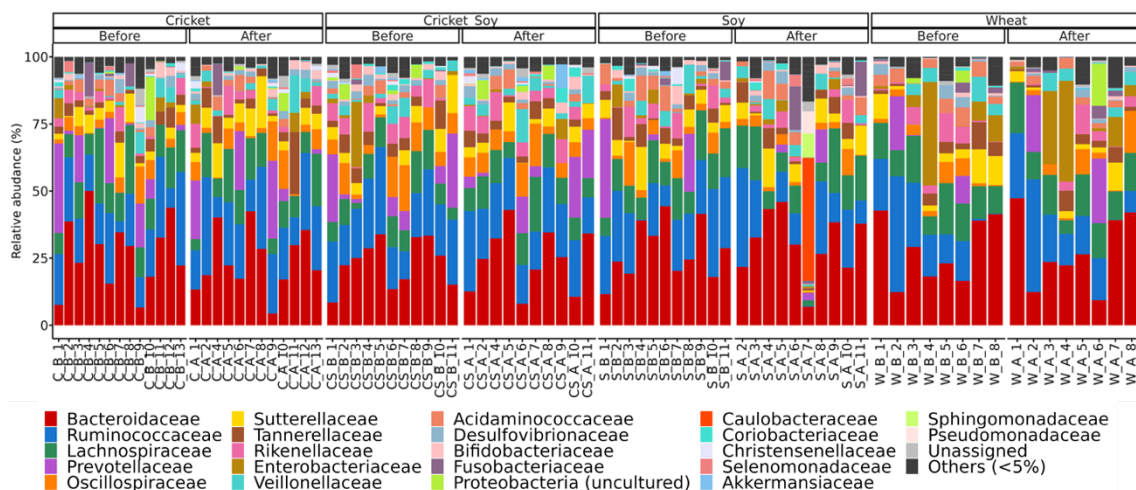
生物種の分類階級において「科」「属」レベルでの解析である(図4 A, B)。小麦、大豆、コオロギ、そして混合パンを摂食することで、腸内細菌叢において有意な変化があった細菌種をグラフ化した(図4 C-I)。小麦パンで

は、摂食すると科レベルでのみ有意な変化が確認できた(図4C)。これらの結果の中で注目したのは、代謝に有益な影響を与える物質の産生菌 A である。この産生菌 A はコオロギパン摂食で最も有意に増加していた(図4 F, G)一方、大豆パン摂食では有意な減少が確認され(図4 D、)、混合パンでは有意な変化が確認できなかった(図4 H, I)。これらの結果から、この産生菌 A はコオロギパン摂食で増加することが確認された。産生菌 A は特許申請中のため非公開とした。

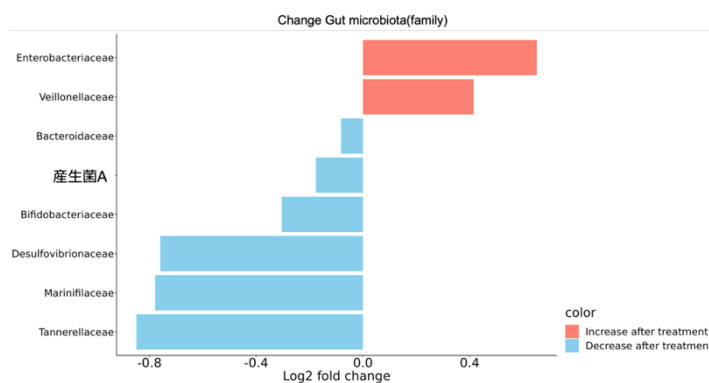
図4 臨床試験における腸内細菌変化

(A) 腸内細菌組成(科)

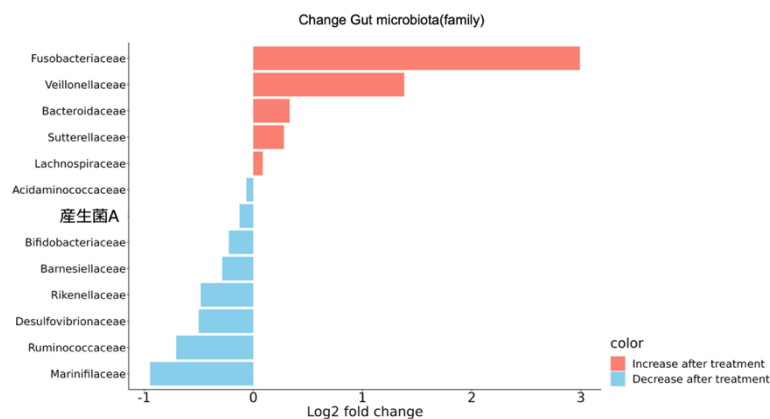
Microbiota (family)



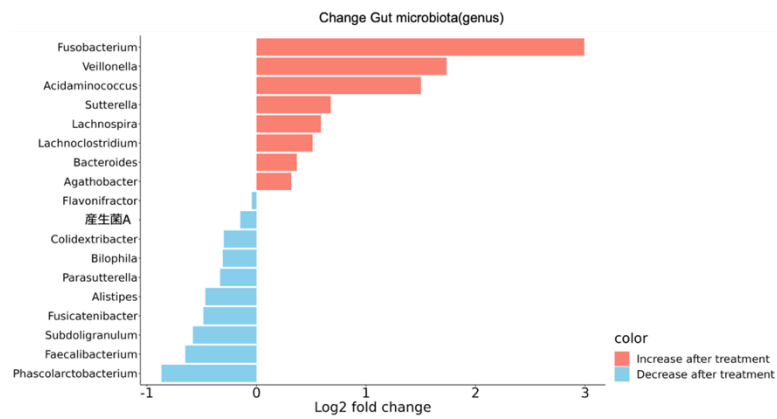
(B) 小麦パン摂食による腸内細菌変化(科)



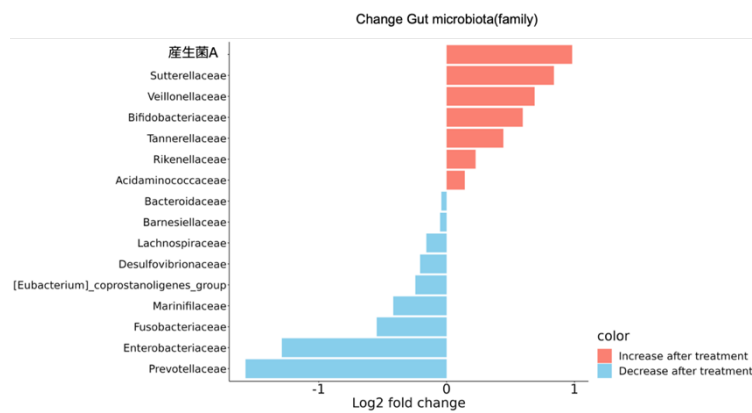
(C) 大豆パン摂食による腸内細菌変化(科)



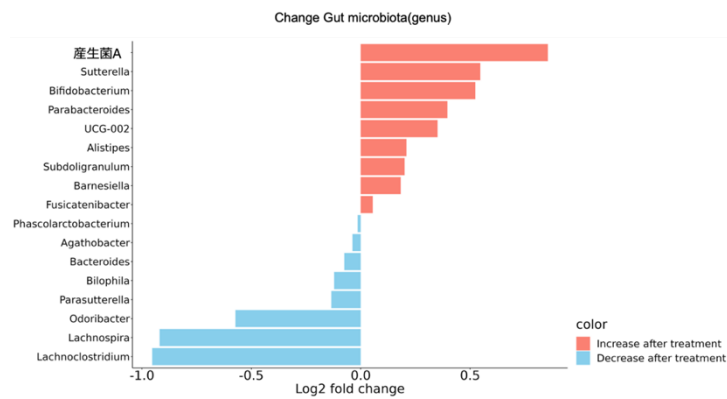
(D) 大豆パン摂食による腸内細菌変化(属)



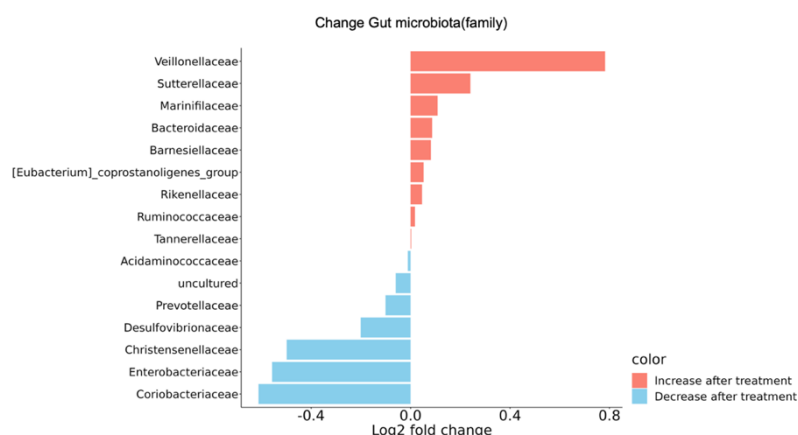
(E) コオロギパン摂食による腸内細菌変化(科)



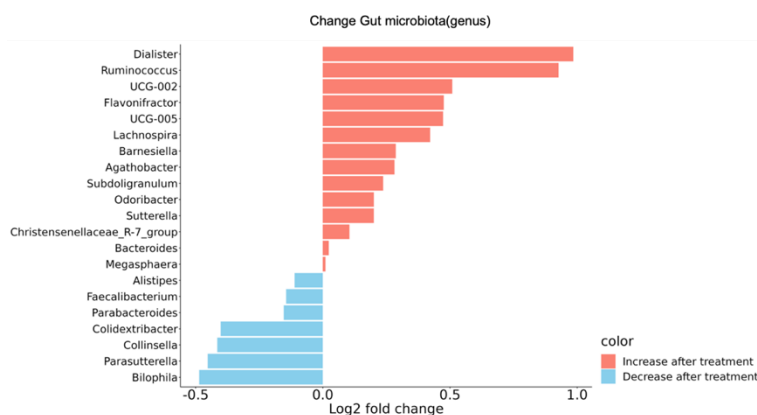
(F) コオロギパン摂食による腸内細菌変化(属)



(G) 大豆コオロギ混合パン摂食による腸内細菌変化(科)



(H) 大豆コオロギ混合パン摂食による腸内細菌変化(属)



(A)、腸内細菌組成 左からコオロギパン、大豆とコオロギパン(混合パン)、大豆パン、小麦パンである。

(B) 小麦パン摂食により平均値に有意な変化があった腸内細菌。属レベルでは変化がなかった。

(C) 大豆パン摂食により平均値に有意な変化があった腸内細菌(科)。

(D) 大豆パン摂食により平均値に有意な変化があった腸内細菌(属)。

(E) コオロギパン摂食により平均値に有意な変化があった腸内細菌(科)。

(F) コオロギパン摂食により平均値に有意な変化があった腸内細菌(属)。

(G) 混合パン摂食により平均値に有意な変化があった腸内細菌(科)。

(H) 混合パン摂食により平均値に有意な変化があった腸内細菌(属)

【考察】

コオロギパン摂食により、体脂肪率(図 1B)や内転筋における筋肉内脂肪(図 2C)を減少させる結果が得られ、コオロギ摂食は脂質代謝亢進もしくは脂肪蓄積の抑制に働く可能性が示唆された。腸内細菌解析ではコオロギパン摂食群のみに産生菌 A の有意な増加がみられ(図 4 F, G)、この産生菌 A の代謝産物が体脂肪率や BMI の改善に働くことが報告されている。またメカニズムとしては、コオロギに含まれるキチンや食物繊維が腸内細菌に影響すると考えられている。加えて、大豆パンや混合パン摂食によって産生菌 A は有意に減少もしくは変化がなく、体脂肪や筋肉内脂肪は増加傾向を示した。先行研究ではコオロギを成人男性に摂食させたところ、プロバイオティクス細菌である *Bifidobacterium animalis* が 5.7 倍増加した報告がある⁶⁾。しかし本研究ではコオロ

ギパン摂食で *Bifidobacterium* は有意に増加していたものの、産生菌 Aの方がより増加していた。この結果は本研究で初めての報告である。以上を踏まえ、コオロギ摂食によるキチンによる効果や速筋化の抑制、産生菌 A の有意な増加によって血中脂質の減少や体脂肪が減少したと考えられる。今後、本研究では測定していなかったコオロギ摂食マウスによる腸内細菌変化や脂肪量計測、脂質代謝関連酵素への影響を検討予定である。

腸内細菌に加え、ヒト臨床試験ではコオロギ摂食による栄養学的機能性を検討した。コオロギパンと混合パン摂食により歩行速度の上昇が確認された(図 3A)。これは内転筋が歩行時に遊脚期中収支活動を示すため、混合パンの摂食による内転筋の肥大が影響していると考えた(図 3B)。これは混合パンに動物性蛋白質であるコオロギと植物性蛋白質である大豆が含まれることで、筋合成の効率が高まったためであると推測される。そこで、BCAA 含有量の違いについて着目した。大豆蛋白質では蛋白質 100g 中の BCAA 量が 18.1g であると報告⁷⁾されている。一方、コオロギ蛋白質の BCAA 量は食品分析の結果から 18.4g であった。さらに、大豆蛋白質のアミノ酸スコアは 100 であるのに対し、コオロギ蛋白質のアミノ酸スコアは約 80 であった。このことから、BCAA を含むコオロギ蛋白質と、アミノ酸スコアが高い大豆蛋白質を含んだ混合パンの摂食でより内転筋合成が促進され、歩行速度が上昇したと考える。しかし大腿四頭筋が関係する膝伸展筋力については左右ともに大きな変化は確認できなかった(図 3 B, C)。これは試験食による大腿四頭筋の変化が小さいためであると考えた(図 2D)。内転筋と大腿四頭筋の結果の違いは、被験者が膝伸展より歩行のほうが日常的な行動であるためだと推測する。また、膝伸展筋力と同じく、握力や跳躍力の結果でも、試験食別で大きな変化はなかった。この結果は個人間のばらつきもあると考え、今後再試験を行う際に、被験者数を増やして実施したいと考えている。

本研究では、コオロギ蛋白質を摂食すると筋肉内の脂質代謝を活性化する可能性があり、結果的に歩行速度を高める傾向を示した。この減少は大豆蛋白質と同時に摂取することで、より強まった。歩行速度の改善傾向のメカニズムはまだ不明であるが、コオロギ摂食由来で増加する産生菌 A の代謝産物によるものであるのではないかと考え、現在さらなる研究を行っている。以上のコオロギ蛋白質の栄養学的な機能性は、長期の宇宙滞在や高齢社会で起こる廃用性筋萎縮の予防につながる新たな蛋白質源になりうると考えられる。

参考文献

- 1) Oonincx, D. G. A. B. *et al.* An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One*. **5**, (2010).
- 2) Pimentel, D. *et al.* Water resources: Agricultural and environmental issues. *Food, Energy, Soc. Third Ed.* **54**, 183–200 (2007).
- 3) Van Huis, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* **58**, 563–583 (2013).
- 4) Birgit A Rumpold. *et al.* Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res.*(2013).
- 5) Henlay, J. O. Magara. *et al.* Edible Cricket (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits – A Review. *Front Nutr.*(2020).
- 6) Valerie J Stull. *et al.* Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Sci Rep.* 10762(2018).
- 7) Juha J Hulmi. *et al.* Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutr Metab. (Lond)*(2010).

(京都府立医科大学)「微小重力環境での健康を運動から考える」

【本プロジェクトの教育・研究方針】

本事業の計画書に「国立研究開発法人健康・栄養研、京都府立医科大学、徳島大学の三者による大学院連携協定の締結し、既存の学位との調整を図りながら、宇宙管理栄養士コース/宇宙理学療法士コースを徳島大学、京都府立医科大学に設置申請を行う。」とある。京都府立医科大学大学院履修概要には、令和5年度から宇宙医学を学ぶことについて記載している(表1)。

ヒトが宇宙で滞在するISS(国際宇宙ステーション)などの船内は微小重力環境にある。限られたスペースの微小重力環境で生活すると、地上での生活に比べて筋力や体力を要する場面は限られ、筋力低下や骨密度の減少、呼吸・循環器機能は低下が生じることが知られている。微小重力環境での生活には支障はほとんどないと思われるが、何も対策せずに地上に戻ると大変大きな問題が生じる。宇宙医療のプロフェッショナルは、微小重力環境が心身にどのような影響を与えるか、また、どのように対処すべきかを知っておかねばならない。

微小重力に近い環境を地上で構築する実現可能なものとして、被検者を寝た切り状態におくことがある。重力の影響を排除する最も簡便な状況であり、国際宇宙ステーションに宇宙飛行士が長期滞在するに際し、さまざまな研究が地上でなされていた。17週間に及ぶ、健常成人を寝たままの環境に置く実験では、筋組織が15%減少していた(Adrian D J Bone Miner Research 5 :843-850, 1990)。9日間の宇宙滞在中で、筋組織は7%減少したとの報告もある。また、実際に宇宙で長期間滞在した宇宙飛行士では、1か月の宇宙滞在中で骨密度は1%減少することが明らかにされた(LeBlanc A JMNI 1 : 157-160, 2000)。健常成人を17週間寝たままの環境に置く実験では、骨密度は0.9%減少していた(Adrian D J Bone Miner Research 5 :843-850, 1990)。さらに、無重力状態では、体内を血液が循環しやすいため、地上で必要とされるほどの心拍出量は要求されず、筋活動量が地上ほど多くない。よって、身体が宇宙環境に順応する結果、血圧は低下して心筋は萎縮し、前述の通り骨格筋は萎縮するとともに、循環血漿量は低下し貧血となる。

表1: 令和5年度京都府立医科大学大学院履修概要

統合医科学専攻(総合コース)							
専門領域(主として履修する科目)							
6 機能制御・再生医学分野							
[リハビリテーション医学]							
担当教員	教授	三上 靖夫		講師	大橋 鈴世		
	准教授	沢田光思郎		講師	河崎 敬		
履修年次	講義A	1～2年次	単位数	講義A	3単位	開講時期	通 年
	講義B	1～2年次		講義B	3単位		
	演習	1～2年次		演習	2単位		
	特講	1・2・3年次		特講	2単位		
講義の目的							
超高齢社会を迎え、健康寿命の延伸と人々のADLとQOLの向上の鍵を握るリハビリテーション医学・医療の重要性が高まりつつある。リハビリテーション医学は、運動器障害、脳血管障害、循環器や呼吸器などの内部障害、摂食嚥下障害など多岐に渡る障害を診る医学であるが、新しい理論、新しい技術が取り入れられ、日進月歩の分野である。講義を通してリハビリテーション医学を正しく理解することを目的とする。							
到達目標							
1. 脳血管障害や脊髄損傷などの中枢神経障害に対するリハビリテーション診療について説明できる。 2. 中枢神経障害に対し、ロボットや生体物理刺激などの医工学的手法を用いた治療計画を立案できる。 3. 宇宙環境で生じる体内の変化を学び、近い環境である安静臥床がもたらす弊害を説明できる。							
講義の内容(計画)							
【講義A】 リハビリテーション医学・医療が対象とする「活動」について理解を深め、活動を賦活化していくために取り組むべき「運動学習」に関する講義を行う。活動が低下する安静臥床状態や宇宙空間で生じる問題についても学ぶ。広いリハビリテーション医学の分野をできるだけカバーして講義を行う。注目を浴びているフレイルやサルコペニアについての最新情報についても講義を行う。							
【講義B】 訓練を効率よく行うために、薬物療法や電気・磁気刺激療法、ロボットなどのテクノロジーなどを組み合わせて治療することが重要されている。これらの治療法の詳細と、その効果を客観的に観察できる量的評価法の開発研究について講義を行う。運動を補助する目的で広く用いられている義肢・装具の開発研究についての講義も行う。							
【演習】 上記に関わる最新の研究報告をセミナー形式で行って理解を深めるとともに、研究の進め方を明らかにしていく。							
【特講】 医用生体工学の技術を応用した先端のリハビリテーション治療の開発について講義を行う。							
統合医科学特別研究(論文指導)							
履修年次	1～4年次	単位数	8単位(毎年2単位)	開講時期		通 年	
【担当】 三上教授 効果的な新しいリハビリテーション治療の開発や、安静臥床状態や宇宙空間で活動を賦活化して合併症を防ぐ方法に関し、エビデンスレベルの高い研究を指導する。							
成績評価の方法							
授業科目の習熟度、レポート、プレゼンテーション内容及び授業参加態度等をもとに総合的に判定する。							
教科書・参考文献							
特定のテキストは指定しない。必要に応じて文献、資料等を提示する。							

微小重力環境で身体に生じる変化は、地上での不動が身体に及ぼす影響(廃用症候群)(表2)と酷似していることが判り、これを予防し、治療していくリハビリテーション治療での訓練が、宇宙船内においても重要であることは明らかである。実際に国際宇宙ステーションの船内で筋力増強訓練や持久力訓練が行われている。

一方、宇宙環境では行動範囲が制限されるが、制限された状況で、どのような変化が起こるのか、また、運動することで身体にどのような効能があるのかを、基礎的なことから学ぶカリキュラムが必要であり、これをしっかり学んだ上で、宇宙で心身を健康な状態に維持するための方策を立てられるよう、いくつかの研究を遂行し、論理的思考ができる人材を育成すべきと考えている。

【宇宙運動学の研究1:行動制限がどのような影響を及ぼすか】
方法:京丹後市において、高齢地域住民を対象にコホート研究を行っている。住民の健診を行う時に、活動量計を配布して装着したまま5日間生活をしていただき、京都府立医科大学へ返送していただき、健診時に得たデータとともに解析を行った。活動量計からは、歩いている/座っている/横になっている時間、歩数、活動による消費カロリー、エネルギー消費量、睡眠時間などが判る。活動量計の装着時間を「座位での活動」、「低強度身体活動」、「中高度身体活動」の3つに分類し分析した。それぞれの身体活動に該当する動作を図1に示す。

【宇宙運動学の研究1:行動制限がどのような影響を及ぼすか】

方法:京丹後市において、高齢地域住民を対象にコホート研究を行っている。住民の健診を行う時に、活動量計を配布して装着したまま5日間生活をしていただき、京都府立医科大学へ返送していただき、健診時に得たデータとともに解析を行った。活動量計からは、歩いている/座っている/横になっている時間、歩数、活動による消費カロリー、エネルギー消費量、睡眠時間などが判る。活動量計の装着時間を「座位での活動」、「低強度身体活動」、「中高度身体活動」の3つに分類し分析した。それぞれの身体活動に該当する動作を図1に示す。

◎身体活動量と運動機能との関連

対象を65歳以上の地域住民321名(男性117名、女性204名)とした。検討項目は、身体活動量と身体機能であり、身体機能は、握力、膝伸展筋力、10m最大歩行速度、歩幅とした。結果を図2に示す。

身体活動	β	95%CI	p 値
座位での活動	-0.095	-0.158~-0.032	0.003
低強度身体活動	-0.081	-0.143~-0.019	0.010
中高強度身体活動	0.098	0.036~0.160	0.002

身体活動量と握力

身体活動	β	95%CI	p 値
座位での活動	-0.243	-0.345~-0.141	<0.001
低強度身体活動	-0.236	-0.336~-0.136	<0.001
中高強度身体活動	0.264	0.165~0.363	<0.001

身体活動量と最大歩行速度

身体活動	β	95%CI	p 値
座位での活動	-0.088	-0.175~-0.001	0.047
低強度身体活動	-0.129	-0.214~-0.045	0.003
中高強度身体活動	0.117	0.033~0.202	0.007

身体活動量と膝伸展筋力

身体活動	β	95%CI	p 値
座位での活動	-0.275	-0.365~-0.185	<0.001
低強度身体活動	-0.233	-0.322~-0.143	<0.001
中高強度身体活動	0.281	0.193~0.369	<0.001

身体活動量と歩幅

図2 身体活動量と運動機能 (β : 標準偏回帰係数、CI: 信頼区間)

結果として、座位行動や低強度身体活動に費やす時間が増えると、身体機能(握力、膝伸展筋力、歩行速度、歩幅)は低下し、中高強度身体活動に費やす時間が増えると身体機能が向上することが判った。このことは、宇宙で生活するときに、いかに活動的に過ごすことが重要かを示す基礎的データとなった。

表2: 宇宙環境と酷似する地上での不動が身体に及ぼす影響

- ・運動器障害(筋量・筋力・骨量の低下、関節拘縮)
高齢者の2週間安静で筋量2割減少
- ・呼吸・循環機能低下(換気量の低下、血圧低下、貧血、
心筋菲薄化、下肢静脈血栓症)
- ・摂食嚥下障害(誤嚥性肺炎)
- ・消化管機能障害(逆流性食道炎、便秘)
- ・精神障害(うつ状態、せん妄)

身体活動	エネルギー消費量(METs)	該当する動作(: METs)
座位での活動	≤ 1.5	座って静かにテレビを見る: 1.3 座って会話する: 1.5
低強度身体活動	1.6 - 2.9	洗濯: 2.0 立って作業: 2.5
中高強度身体活動	3.0 $\leq$	散歩(時速5km/hr): 3.5 庭の草引き: 3.5

図1 身体活動と該当する動作

◎身体活動量と骨密度との関連

次に、同じく65歳以上の地域住民321名（男性117名、女性204名）を対象に、身体活動が骨密度に与える影響について検討した。骨密度に影響を与える年齢・体重・喫煙歴にサルコペニア構成要素（握力、膝伸展筋力、歩行速度、骨格筋指数）を加えて調整した重回帰分析の結果を図2に示す。男性は骨密度が低下している地域住民が少なく、女性の結果を提示する。

独立変数	座位での活動		低強度身体活動		中高強度身体活動		独立変数	座位での活動		低強度身体活動		中高強度身体活動	
	β	p 値	β	p 値	β	p 値		β	p 値	β	p 値	β	p 値
年齢・体重・喫煙	-0.112	0.091	0.044	0.506	0.195	0.003	年齢・体重・喫煙	-0.201	0.004	0.099	0.149	0.158	0.021
+ 握力	-0.108	0.104	0.035	0.593	0.182	0.007	+ 握力	-0.199	0.004	0.095	0.171	0.152	0.031
+ 膝伸展筋力	-0.109	0.096	0.027	0.684	0.175	0.007	+ 膝伸展筋力	-0.203	0.003	0.093	0.177	0.147	0.034
+ 歩行速度	-0.095	0.156	0.034	0.603	0.177	0.010	+ 歩行速度	-0.182	0.009	0.088	0.202	0.123	0.087
+ 骨格筋指数	-0.108	0.105	0.033	0.621	0.186	0.005	+ 骨格筋指数	-0.197	0.004	0.089	0.200	0.146	0.034
+ 全て	-0.094	0.163	0.013	0.846	0.160	0.021	+ 全て	-0.181	0.010	0.078	0.261	0.118	0.108

身体活動と女性の大腿骨の骨密度

身体活動と女性の腰椎の骨密度

図3 身体活動が女性の骨密度に与える影響（ β ：標準偏回帰係数）

結果として、サルコペニア構成要素を加え調整しても、中高強度身体活動と大腿骨骨密度との有意な関係は保たれていた。また、腰椎では、座位での行動がサルコペニア構成要素と関係なく骨密度と負の相関にあった。女性ホルモンが骨粗鬆症と関連することから、骨粗鬆症は女性に圧倒的に多いが、宇宙では特に女性は若年であっても、活動量を上げないと骨粗鬆症になりやすいと考えた。

◎身体活動量とうつ状態との関連

対象を65歳以上の地域住民519名（男性198名、女性321名）をとした。検討項目は、身体活動量とうつ状態の疫学研究用の自記式質問票である、CES-Dとした。解析には、結婚、独居、最終学歴、喫煙、飲酒、高血圧症、脂質異常症、糖尿病などの因子が影響しないよう調整した。その結果、CES-D カットオフ値を ≥ 20 とすると、うつ状態と判定されたのは、519名中51名（9.8%）で、男性19名（9.6%）、女性32名（10.0%）であった。ここで、組成データ解析法と等時間置換モデルを用いて解析したところ、以下の結果を得た。

- ・座位活動を10分間、中高強度身体活動に置き換えると ➡ うつ状態のオッズが25%減少
- ・低強度身体活動を10分間、中高強度身体活動に置き換えると ➡ うつ状態のオッズが26%減少
- ・中高強度身体活動を10分間、低強度身体活動に置き換えると ➡ うつ状態のオッズが35%増加

宇宙船や基地などで過ごすのは、環境が異なるので一概には言えないが、メンタルヘルスを考える上で貴重な知見を得ることができた。

【宇宙運動学の研究2:微小重力環境下での有効な運動療法の開発】

これまで、有人宇宙飛行中の不動による変化（廃用性変化）に対する効率的な予防方法を運動の側面から新たに開発することを目的とし、腰部、大腿部、足部にベルト状の電極を装着し筒状に電気を流すことで、下肢全体の筋収縮が可能であるベルト電極式骨格筋電気刺激（Belt electrode Skeletal muscle Electrical Stimulation: B-SES）とエルゴメータを用いた運動を組み合わせたハイブリットトレーニング法の開発を試みた。B-SESは、電極面積が大きく、1か所あたりの電位分布が分散できるため、従来の電気刺激のような皮膚表面への疼痛を抑

えながら筋収縮が誘発できるが、刺激強度の許容には、個人差があり、刺激強度の違いによる影響は明らかではなかった。以上の背景から、当該度、有人宇宙飛行中の廃用性変化に対する効率的なトレーニング法を開発に向け、B-SESによる刺激強度の違いがおよぼす影響を検証した。

方法：一般公募にて募集した17名(平均年齢:35.2歳)を対象とした。B-SESの主観的強度を4条件(弱い、普通、強い、最大許容)に設定し、各条件で「メタボリックモード」(周波数4Hz、パルス幅250μs)で刺激を仰臥位にて行った。刺激中は対象の鼻口部に心肺運動負荷試験用マスク、左上肢へ運動負荷用血圧計を装着させ、呼気ガス分析装を行なった。主要評価項目はa)代謝当量(METs)、副次評価項目はb)酸素摂取量とc)一回換気量とした。リスク評価として、バイタルサイン(脈拍数、呼吸数、収縮期血圧、拡張期血圧)を計測した。

結果：呼吸・代謝機能の変化に関する結果を図4に示す。B-SESにより生成されたMETsは、弱い強度で2.0(1.0)、通常の強度で2.7(1.2)、強い強度で3.9(1.3)、許容限界強度で5.0(1.3)であった。すべての主観的強度間で検出された差異は統計的に有意であった($p<0.05$)。

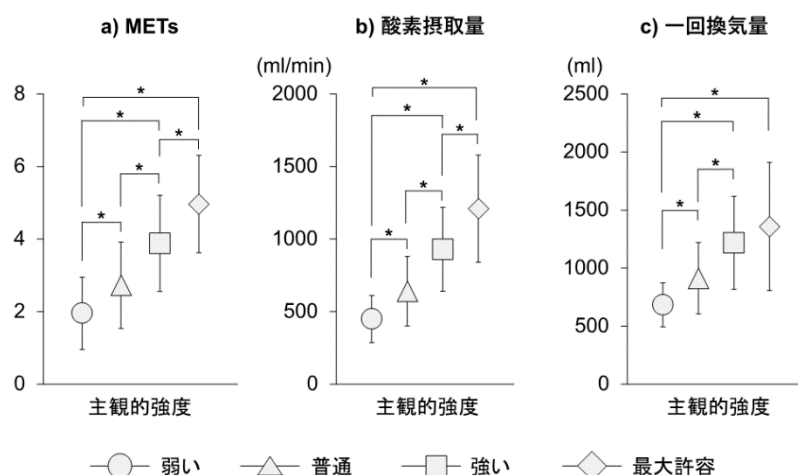


図4 刺激条件の違いによる呼吸・代謝機能の変化

主観的強度の増加とともにバイタルサインは、高負荷反応を示したものの、リハビリテーション中止基準を超えることはなかった(図5)。これらの結果は、主観的強度を“弱い”または“普通”に設定した場合は B-SES との併用トレーニング、主観的強度を“強い”または“最大許容”に設定した場合は B-SES 単独トレーニングでもリハビリテーション処方推奨されている >3 METs の客観的強度を達成できる可能性があることを示唆している。以上より、B-SES の刺激強度の違いより、得られる運動強度が異なるため、トレーニング立案の際は、単独および併用療法の選択といった工夫が必要である。

	安静時	主観的強度			
		弱い	普通	強い	最大許容
脈拍数(回/分)	69.8 ± 9.7	81.9 ± 12.9*	93.3 ± 15.3†	106.1 ± 14.4‡	129.2 ± 42.9§
呼吸数(回/分)	15.6 ± 4.9	20.3 ± 5.3*	21.4 ± 5.4†	22.3 ± 5.3‡	27.4 ± 9.0§
収縮期血圧(mmHg)	119.4 ± 9.7	120.3 ± 13.6*	130.1 ± 19.2†	144.4 ± 19.1‡	150.8 ± 31.5§
拡張期血圧(mmHg)	78.6 ± 14.6	78.5 ± 14.1	81.2 ± 13.8	82.5 ± 18.2	81.4 ± 22.6

*: $p<0.05$ (安静時 vs. 弱い), †: $p<0.05$ (安静時 vs. 普通), ‡: $p<0.05$ (安静時 vs. 強い), §: $p<0.05$ (安静時 vs. 最大許容).

図5 主観的強度と各パラメーター

【宇宙運動学の研究3:微小重力環境下での電気刺激装置を用いた有効な運動療法の開発】

(随意運動介助型電気刺激を併用した上肢運動機能障害の治療法の開発)

もしも、微小重力環境で何等かの疾患によって運動療法を行う必要が生じた場合、地球上と同じような負荷のかけ方は通用せず、適した治療法を開発しなければならない。電気刺激装置は、微小重力環境においても有効な機器として用いることが期待されている。そこで、電気刺激装置を用いた上肢運動麻痺に対する治療法について検討した。

随意運動介助型電気刺激IVES (Integrated Volitional Control Electrical Stimulation) は、脳血管障害などによる運動麻痺に用い、運動企図によって発生する麻痺肢の筋電を検出して増幅し筋へ伝える。この装置により、筋収縮に同期して筋へ電気刺激を加えることができる。この装置を装着して運動を行うことで、麻痺肢の随意運動を賦活し、機能を改善へ導くことを目指す。この装置の軽量小型化したのが、装着型随意運動介助型電気刺激WIVES (Wearable Integrated Volitional Control Electrical Stimulation) である。小型化することで、医療機関内だけでなく、使用場所を選ばず使用することができる。もちろん、宇宙船内などでの使用にも適すると考えている(図6)。

方法: 上肢機能障害を有する亜急性期脳血管障害患者 25例を、ランダムに、IVES使用群とWIVES使用群に振り分けて、1日6時間、4週間装着して日常生活における上肢の使用を励行し、効果検証を行った。

麻痺側上肢機能をFMA-UE (Fugl-Meyer Assessment of the Upper Extremity)で、日常使用頻度をMAL (Motor Activity Log-Amount of Use)で評価し、治療期間の前後で比較検証を行った。

結果を図8, 9に示す。両群ともに上肢機能が改善し、日常使用頻度が増加した。FMA-UE の変化量の群間差は平均値が 1.3 点でその 95%信頼区間は(-6.73~4.13 点で)、非劣性許容限界内であり、すなわち治療効果は、WIVES 群が IVES 群に非劣性であることが判った。

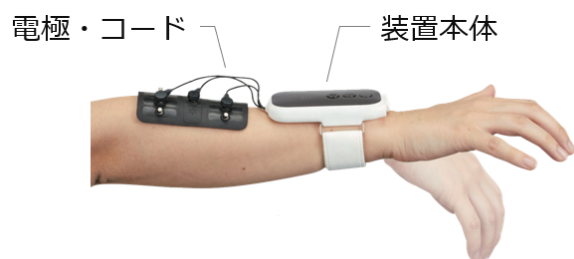


図6 装着型随意運動介助型電気刺激WIVES

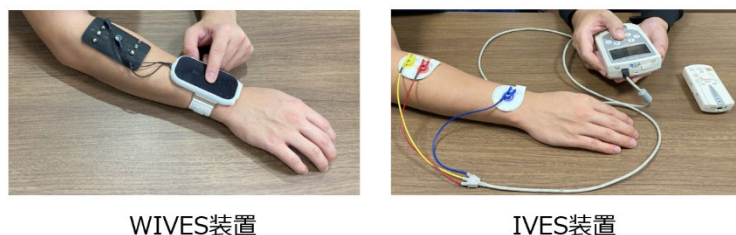


図7 WIVES装置とIVES装置の使用比較

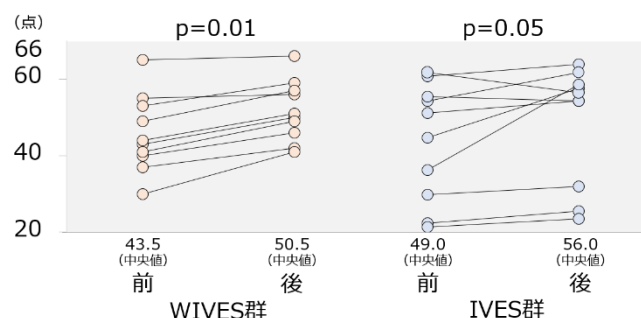


図8 麻痺側上肢機能の変化 (FMA-UE)

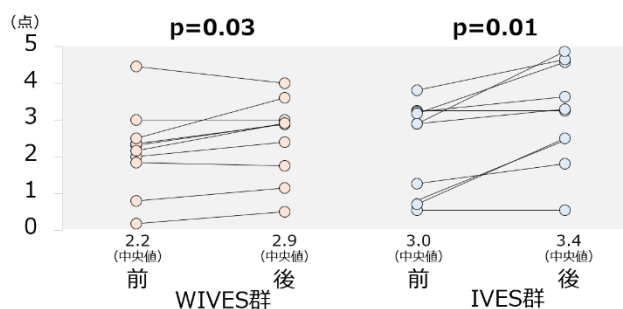


図9 日常使用頻度の変化 (MAL)

（国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所）「月面食堂での献立作成」

特殊環境での栄養に精通する人材を育成するために、具体的なメニューの提案に繋がっていかねばならない。そのため、月面で生産が可能な農作物 8 品目を用いた献立作成の検討を行い、今後の実習カリキュラムの素案を考案した。特に今年度は、月面食堂を想定し、定食形式の献立を新たに作成して栄養価の検証を行った。

I. 月面農場で栽培される食材における具体的なメニュー例の検討

【はじめに】

人類が生活する上で、宇宙においても食・栄養の摂取は不可欠である。

現在、宇宙環境での生活は国際宇宙ステーション (ISS) が中心であるが、ISS における食・栄養の摂取に必要な食材の供給は、その大部分を地球からの輸送で賄っている。しかしながら、宇宙空間への輸送量は膨大な費用がかかる。今後の計画として、宇宙での人の滞在・居住場所として、月や火星などの地球以外の天体を用いる計画がある。しかしながら、地球以外の天体への物資輸送のコストは、さらに長距離の輸送となり、莫大な費用・質の担保 (長時間の輸送) が課題である。

その課題を解決するためには、可能な限り現地での生産を促すことが必要となる。これまでに、JAXA の月面農場ワーキンググループによる検討報告書では、候補作物 8 品目の食材の生産について検討されている。8 品目を用いた献立例も示されているが、複数日のメニュー展開とその場合の栄養素の摂取量については報告がされていない。

そこで、本研究では月面農場ワーキンググループによる検討報告書で候補作物として検討された 8 品目を用いて献立の作成を行い、栄養価を算出し検討を行った。さらに、特に蛋白質源に着目し、地上での食事に近づける献立を作成し、栄養価を算出した。

昨年 2022 年度、少人数 (約 6 人程度) を想定し工程が簡単で短時間で作れる「クルー 1 人飯バージョン」の献立を作成し報告した。クルー 1 人飯バージョン献立では、月産 8 品目のみでは、エネルギー、蛋白質、脂質の 3 大栄養素が不足する事、多くのビタミン、ミネラルが不足することが明らかとなった。月産候補作物 8 品目に培養肉を加えることで、栄養価が改善し、さらに魚介類を追加することで、より改善した。しかし、培養肉や魚介類を加えてもなお、ビタミンミネラルが不足していた。そこで今年度は、集団 (約 100 人程度) を想定し、主食・主菜・副菜を揃えた「月面食堂バージョン」の献立を作成し、栄養価の検証をおこなった。

【方法】

①調味料と加工食品の作成

月面農場での候補作物 8 品目 (それらの葉の部分も含む) に塩を追加し食材とし、調理をする際に汎用的に利用が可能な調味料と、保存性や調理をする際の簡便性を向上させる加工食品が作成できるか検討した。また、種麴 (コウジカビを米に培養させ、胞子を集めた物) は地球から運んで使用するということを前提に、調味料と加工食品を作成した。

② 献立の作成

献立は、用いる食材が候補作物 8 品目と塩のみの「8 品目のみを用いた献立」、候補作物 8 品目と塩、細胞培養肉を用いる「8 品目と細胞培養肉を用いた献立」、候補作物 8 品目と塩、細胞培養肉、魚介類を用いる「8 品目と培養肉と魚介類を用いた献立」の 3 種類を作成した。集団 (約 100 人程度) を想定し、主食・主菜・副菜を揃えた定食形式の「月面食堂バージョン」の献立を作成した。全 6 種類の献立全て、1 日 3 食 + 間食とし、和食、洋食、中華のバリエーションを加え 1 週間分を作成した。さらに作成した献立の 1 日あたりの栄養価を算出し、献立

ごとに1週間の平均栄養価を算出し、栄養素ごとに評価を行った。評価は、“Nutritional Requirements for Exploration Missions up to 365 days 2020”の基準を用い、身長 170cm、体重 70 kg、45 歳男性が食事を摂取することを想定して、栄養計算ソフト「栄養プラス」を用いて判定した。

【結果】

① 献立の作成

今年度は新たに「月面食堂バージョン 8 品目のみを用いた献立」、「月面食堂バージョン 8 品目と培養肉を用いた献立」、「月面食堂バージョン 8 品目と培養肉と魚介類を用いた献立」の 3 種類の献立を作成した(表 1～3)。また、3 種類の献立全て、1 日ごとに栄養価を算出し、1 週間の平均を算出して評価を行った(表 4)。

表 1 新たに作成した月面食堂バージョン献立(月産 8 品目のみ使用)

	朝食	昼食	夕食	軽食
日曜日 和食	塩そばご飯 トマトと枝豆のみそ汁	大豆の炊き込みご飯 さつま芋の豆乳煮 きゅうりの浅漬け	枝豆入り焼きコロッケ 豆乳のクリームチーズサラダ トマトごはん	サクサクポテト
月曜日 中華	さつま芋のお焼き 春雨スープ	あんかけチャーハン きゅうりの冷製スープ	呉豆腐の味噌そば かけ 豆もやしのサラダ	いちご入り豆花
火曜日 洋食	米粉のガレット トマトジュース	トマトパスタ フライドポテト レタススープ	大豆ミートの煮込みハンバーグ さつま芋のグラッセ 野菜サラダ カッテージチーズ風添え サワーライス	焼きドーナツ
水曜日 和食	レタスのおにぎらず さつま芋のみそ汁	トマトと大豆ミートの肉じゃが 呉豆腐 ごはん	大豆ミートのみそだれ焼き 豆もやしときゅうりの炒め物 ごはん	豆乳くずもち(ずんだ餡)
木曜日 洋食	リゾット 豆腐とトマトのカプレーゼ	ポテトグラタン パスタサラダ	大豆ミートのシチュー レタスの大豆もやしのサラダ パン	スイートポテト
金曜日 和食	大豆の煮もの じゃが芋とトマトの豆乳みそ汁 ごはん	米粉のうどん さつま芋の天ぷら きゅうりの酢の物	大豆ミートとレタスの重ね蒸し ポテトサラダ 枝豆ご飯	いろいろ
土曜日 洋食	じゃが芋のガレット いちごドレッシングサラダ	豆乳ソースドリア トマトのコンポート	大豆ミートのポパン粉焼き コールスロー ミネストローネ パン	きなこクレープ

表 2 新たに作成した月面食堂バージョン献立(月産 8 品目+細胞培養肉を使用)

	朝食	昼食	夕食	軽食
日曜日 和食	そばろご飯 トマトと枝豆のみそ汁	鶏肉と大豆の炊き込み ご飯 さつま芋の豆乳煮 きゅうりの浅漬け	枝豆入り焼きコロッケ 生ハムサラダ フレン チドレッシング トマトごはん	サクサクポテト
月曜日 中華	さつま芋のお焼き 春雨スープ	あんかけチャーハン きゅうりの冷製スープ	呉豆腐の肉みそかけ 豆もやしのサラダ	いちご入り豆花
火曜日 洋食	米粉のガレット トマトジュース	トマトパスタ フライドポテト レタススープ	煮込みハンバーグ さつま芋のグラッセ 野菜サラダ カッター ジチーズ風添え サワーライス	焼きドーナツ
水曜日 和食	レタスのおにぎらず さつま芋のみそ汁	トマト肉じゃが 呉豆腐 ごはん	鶏のみそだれ焼き 豆もやしときゅうりの炒 め物 鶏のみそだれ焼き	豆乳くずもち(ずんだ 餡)
木曜日 洋食	リゾット 豆腐とトマトのカプレー ゼ	ポテトグラタン パスタサラダ	ビーフシチュー レタスの生ハムロール パン	スイートポテト
金曜日 和食	大豆の煮もの じゃが芋とトマトの豆乳 みそ汁 ごはん	米粉のうどん さつま芋の天ぷら きゅうりの酢の物	豚肉とレタスの重ね蒸 し ポテトサラダ 枝豆ごはん	ういろう
土曜日 洋食	じゃが芋のガレット いちごドレッシングサラ ダ	豆乳ソースドリア トマトのコンポート	鶏肉のポワレ コールスロー ミネストローネ パン	きなこクレープ

表 3 新たに作成した月面食堂バージョン献立(月産 8 品目+細胞培養肉+魚介類を使用)

	朝食	昼食	夕食	軽食
日曜日 和食	そばろご飯 トマトと枝豆のみそ汁	鶏肉と大豆の炊き込み ご飯 さつま芋の豆乳煮 きゅうりの浅漬け	枝豆入り焼きコロッケ サバ缶サラダ トマトごはん	サクサクポテト
月曜日 中華	さつま芋のお焼き 春雨スープ	タコのおんかけチャー ハン タコのおんかけチャー ハン きゅうりの冷製スープ	呉豆腐のサバみそか け 豆もやしのサラダ	いちご入り豆花
火曜日 洋食	米粉のガレット 豆乳	トマトパスタ フライドポテト レタススープ	サーモンのムニエル さつま芋のグラッセ 野菜サラダ カッケー ジチーズ風添え サワーライス	焼きドーナツ
水曜日 和食	レタスのおにぎらず さつま芋のみそ汁	サバ缶のトマト煮込み 呉豆腐 ごはん	鶏のみそだれ焼き 豆もやしときゅうりの炒 め物 ごはん	豆乳くずもち(ずんだ 餡)
木曜日 洋食	タコのリゾット 豆腐とトマトのカプレー ゼ	ポテトグラタン パスタサラダ	ビーフシチュー レタスの生ハムロール パン	スイートポテト
金曜日 和食	大豆の煮もの じゃが芋とトマトの豆乳 みそ汁 ごはん	米粉のうどん さつま芋の天ぷら きゅうりの酢の物	豚肉とレタスの重ね蒸 し タコときゅうりの酢の物 枝豆ご飯	いろいろ
土曜日 洋食	じゃが芋のガレット いちごドレッシングサラ ダ	鮭のクリームパスタ トマトのコンポート	鶏肉のポワレ コールスロー ミネストローネ パン	きなこクレープ

表 4 新たに作成した月面食堂バージョン献立の栄養価計算

栄養素	月産8品目		大豆+肉献立		魚介追加	
	摂取量	評価	摂取量	評価	摂取量	評価
エネルギー(kcal)	2508	36kcal/kg体重 適正	2682	38kcal/kg体重 適正	2683	38kcal/kg体重 適正
たんぱく質(g)	73	1.0g/kg体重 不足	73	1.0g/kg体重 不足	91	1.3g/kg体重 適正
脂質(g)	71		88		71	
炭水化物(g)	360	5g/kg体重 適正	375	5g/kg体重 適正	389	6g/kg体重 適正
食物繊維総量(g)	50		30		44	
レチノール活性当量(μgRAE)	189		237		225	
ビタミンD(μg)	0.2		0.7		18.9	
α-トコフェロール(mg)	11.9		9.5		13.9	
ビタミンK(μg)	236		233		253	
ビタミンB1(mg)	1.3	0.3mg/1000kcal 適正	1.4	0.3mg/1000kcal 適正	1.3	0.3mg/1000kcal 適正
ビタミンB2(mg)	0.6	0.24mg/1000kcal 不足	0.8	0.29mg/1000kcal 不足	0.9	0.34mg/1000kcal 不足
ナイアシン当量(mgNE)	31	12.15mg/1000kcal 適正	37	14.78mg/1000kcal 過剰	43	16.15mg/1000kcal 過剰
ビタミンB6(mg)	1.5	0.021mg/gたんぱく質 適正	1.8	0.022mg/gたんぱく質 適正	2.1	0.023mg/gたんぱく質 適正
ビタミンB12(μg)	0.1		1.6		9.9	
葉酸(μg)	539		447		541	
パントテン酸(mg)	5		7		6	
ビオチン(μg)	53		35		52	
ビタミンC(mg)	125		138		133	
食塩相当量(g)	13.5		7.9		14.2	
カリウム(mg)	4130		3516		4243	
カルシウム(mg)	443		269		555	
マグネシウム(mg)	535		313		514	
リン(mg)	1287		1078		1451	
鉄(mg)	14.3		10.7		13.9	
亜鉛(mg)	12		14		14	
銅(mg)	2.3		1.9		2.6	
マンガン(mg)	8		5		7	
ヨウ素(μg)	5		35		12	
セレン(μg)	16		36		46	

- ・「適正」は、適正な摂取量の範囲(RDA もしくは AI 以上 UL 未満)。エネルギーは EER±10%, 蛋白質, 脂質, 炭水化物は DG の範囲内が「適正」。
- ・不足もしくは過剰な摂取量の範囲(EAR・AI 未満や UL 以上, DG の範囲外)。

② 献立作成および月産食材を用いた栽培実験

今年度は、献立作成にあたり、月面での調理器具が限られた場面を想定し、大豆をもちいた豆もやしの栽培等の実験を実施し実習プログラムの開発につなげた。



図1 空き缶を用いた豆もやしの栽培実験

③ 栄養価

昨年度に作成した「クルー1人飯バージョン」の献立に比べ、今年度に新たに作成した「月面食堂バージョン」の献立は栄養価が充実していた。昨年度報告した「クルー1人飯バージョン」の献立は、培養肉の追加により栄養価が改善され、培養肉に魚介類を追加することでさらに栄養価が改善することを報告したが、今年度実施した「月面食堂バージョン」の献立では傾向が異なった。「月面食堂バージョン 8品目のみを用いた献立」に比べ培養肉を追加した「月面食堂バージョン 8品目と培養肉を用いた献立」では栄養価の大幅な改善は認められなかった。しかし、魚介類を追加した「月面食堂バージョン 8品目と培養肉と魚介類を用いた献立」では、蛋白質等の栄養価の改善等がみとめられた。

【まとめ】

本研究では月面農場ワーキンググループによる検討報告書で候補作物として検討された8品目を用いて献立の作成を行い、栄養価を算出し検討を行った。献立は、少人数を想定し工程が簡単で短時間で作れる「クルー1人飯バージョン」と、集団を想定し、主食・主菜・副菜を揃えた「月面食堂バージョン」の2種類を作成した。特に蛋白質源に着目し、地上での食事に近づける献立も作成した。

クルー1人飯バージョン献立では、候補作物8品目に培養肉を加えることで、栄養価が改善し、さらに魚介類を追加することで、より改善した。一方、月面食堂バージョン献立では、培養肉の追加では大幅な改善は見られなかったが、魚介類の追加で改善が見られた。これは、月面食堂バージョン献立の方が多くの品数を作成できることが影響していると考えられる。

通常に近い献立の検討において、候補作物8品目だけでは必要なエネルギー・栄養素を満たすことが難しいことが分かった。また、肉類や魚介類の摂取が望まれるため、月面や火星などの地球以外においても肉類・魚介類を継続的に供給できる体制の確立が必要である。

参考文献

- 1) 月面農場ワーキンググループ. 月面農場ワーキンググループ検討報告書第 1 版 宇宙航空研究開発機構 特別資料. 2023:19:1-101 https://jaxa.repo.nii.ac.jp/index.php?active_action=repository_view_main_item_detail&page_id=13&block_id=21&item_id=2797&item_no=1
- 2) NASA. Nutritional Requirements for Exploration Missions up to 365 days. 2022. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205008306/downloads/JSC67378%20Expl%20Nutr%20Reqs%20042020.pdf>

防災の取り組みの宇宙への展開

災害多発国としての防災の取り組みを調査し、宇宙環境で活用できる事例を収集し、実際に体験学習を行った。



図 2 ベンチが調理用のかまどになる「かまどベンチ」 大阪府摂津市防災公園



図 3 マンホールの穴を活用したトイレ 東京都葛飾区

3 まとめ

3.1 当該年度の活動のまとめ

当該年度における委託業務の結果概要に示しているように、当該年度に実行すべきことはほぼ 100%達成できた。唯一当初(計画変更前)の目標であった令和 6 年度中の日本食専門認定制度の実施については、文部科学省、厚生労働省、日本栄養士会からのアドバイスにも対応し、すべての制度設計も終わり計画通り実施する予定であったが、日本栄養・食糧学会が公益財団法人であるため内閣府の認可が必要であるということで、約 1 年間延期となった(計画変更承認済)。それゆえ、1 年後の令和 7 年 5 月までには必ず実施できるよう計画変更後の対応には万全を期している。内閣府からの承認のための申請書の提出は、定款の変更が必須であるが、学会と密に連絡をとり、可及的速やかに内閣府からの承認を得られるようすでに準備を開始している。一方、宇宙療法士認定制度については、日本リハビリテーション医学教育推進機構は一般社団法人なので内閣府からの認可は必要なく、滞りなく実施できる予定である。

本プログラムは日本初の宇宙栄養学分野の人材育成プログラムであったので、マスコミなどにも数多く取り上げられた結果、国民、とりわけ若い学生たちに大きな反響をもたらした。とくに、徳島大学医学部医科栄養学科や徳島大学大学院医科栄養学研究科への志願者が顕著に増加した。どちらの入学試験に対しても、私へのメールでの直接お問い合わせも多数あった。面接時の志望理由に「宇宙栄養学を学びたい」と述べた受験生も多かった。有人宇宙開発に栄養学も貢献できるということがアピールできたのではないかと感じた。

結論として、本事業の要である「宇宙栄養コース」は、令和 5 年 4 月に学内でのカリキュラムはすでにスタートしており、一期生が修了する令和 7 年には、「宇宙食健康認定士」の称号を付与できる環境が整う。大学と学会が連携し、日本初の宇宙栄養学分野の人材育成プログラムとして素晴らしいものが構築できたと自己採点している。

3.2 本事業三年間のまとめ

徳島大学宇宙栄養研究センターが中心となり国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研、京都府立医科大学、徳島大学の三施設が、それぞれの長所を生かした非常に素晴らしい人材育成プログラムが構築できたのではないかと感じている。その理由は、大きく二つある。一つは、1 年間の授業や研修を受けたことで、学生の関心度、プレゼンテーション力、国際感覚、コミュニケーション力と課題設定力のすべての項目が大きく上昇したことである。とくに、関心度とプレゼンテーション力が上がったことは、大学院を修了後も「宇宙栄養学」の分野で活躍していつもらえることが大いに期待できる。二つ目は、外部評価委員の先生方からのコメントである。4 名の外部委員の先生方から「人材育成プログラムとして、大学院コースの立ち上げならびに 3 機関(徳島大学、京都府立医科大学、医薬基盤・健康・栄養研究所)の連携体制を確立されたことは大いに評価できる。また、学会とも連携し認定制度を設立された点も大変すばらしい。」というコメントを頂戴した。

今年度で 3 年間の本事業は終了する。本委託費により宇宙栄養学分野の人材を育成のためのシステムは概ね構築できたが、令和 7 年度には新たに大学院博士課程がスタートする。さらに、徳島大学宇宙栄養研究センターは令和 6 年 6 月より「徳島大学宇宙医学・栄養学研究センター」に発展的改組する予定である。宇宙栄養学から宇宙医学を俯瞰的に発展させることができる人材を育成するには、弛まぬ教育システムの発展が必要であるので、宇宙食健康認定制度が実施される来年度には再度本委託費に挑戦したいと考えている。

4. 学会等発表実績

4.1 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果(発表題目、口頭・ポスター発表の別)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別
有人宇宙活動を支える機能的宇宙食の開発(口演 シンポジウム災害×宇宙 食と健康のサイエンス)	二川健	第 77 回日本栄養・食糧学会大会	2023 年 5 月	国内
筋ミトコンドリア蛋白質 Mitofusin2(Mfn2)による脂質代謝制御機構の解明(ポスター)	内田貴之、新垣翼、津田晴香、谷口瑠菜、山本鈴乃、二川健	第 77 回日本栄養・食糧学会大会	2023 年 5 月	国内
セルロースナノファイバーの栄養学的機能性の検討(ポスター)	山野恵理華、伊藤千菜美、松木大揮、鴻野まどか、Ulla Anyat、内田貴之、上番増喬、高木均、二川健	第 77 回日本栄養・食糧学会大会	2023 年 5 月	国内
コオロギの抗筋萎縮作用について(ポスター)	松木大揮、鈴木穂、鴻野まどか、Anayt Ulla、馬渡一諭、高橋章、宮脇克行、渡邊崇人、三戸太郎、栗木隆吉、二川健	第 77 回日本栄養・食糧学会大会	2023 年 5 月	国内
筋肉へのピセアタンノール作用の検討(ポスター)	津田晴香、内田貴之、川端いずみ、Anayt Ulla、谷口瑠菜、二川健	第 77 回日本栄養・食糧学会大会	2023 年 5 月	国内
高野豆腐蛋白質の抗筋萎縮活性の解析(ポスター)	伊藤千菜美、松木大揮、山崎穂、鴻野まど	第 77 回日本栄養・食糧学会大会	2023 年 5 月	国内

	か、Anyat Ulla、 内田貴之、石 黒貴寛、二川 健			
間葉系前駆細胞の不均一性 が支える筋健全性維持機構 の解明(ポスター)	長谷川優花、 上住円、黒澤 珠希、二川健、 上住聡芳	第 77 回日本栄養・食 糧学会大会	2023 年 5 月	国内
寝たきりや無重力による筋萎 縮と酸化ストレス(口演 シン ポジウム 新たな酸化ストレ ス研究の切り口))	二川健	第 76 回日本酸化ストレ ス学会学術集会	2023 年 5 月	国内
宇宙実験から得た新発見！ 大豆蛋白質の抗筋萎縮活性 と未来への期待(口演)	二川健	日本外科代謝栄養学 会第 60 回学術集会	2023 年 7 月	国内
筋特異的ノックアウトマウスを 用いたミトコンドリアアコニター ゼの機能解析(口演)	二川健、岸田 昂大、高田実 穂、榊原伊織、 今井祐記、上 住円、上住聡 芳	合同学術集会 第 9 回 日本筋学会学術集会 第 10 回筋ジストロフィ ー医療研究会	2023 年 8 月	国内
間葉系前駆細胞の不均一性 が支える筋健全性維持メカニ ズムの解明(ポスター)	長谷川優花、 上住円、林晋 一郎、野口悟、 西野一三、黒 澤珠希、二川 健、上住聡芳	合同学術集会 第 9 回 日本筋学会学術集会 第 10 回筋ジストロフィ ー医療研究会	2023 年 8 月	国内
ポリフェノールと筋萎縮抑制 について(口演)	二川健	日本食品科学工学会 第 70 回記念大会	2023 年 8 月	国内
3-(4-hydroxy-3- methoxyphenyl) propionic acid attenuates dexamethasone-induced muscle atrophy by suppressing Atrogin-1 and MuRF-1(口演)	Ulla Anayt, Rahman Md Mizanur, Uchida Takayuki, Kayaki Hiroyuki, Nishitani Yosuke, Yoshino Susumu,	日本食品科学工学会 第 70 回記念大会	2023 年 8 月	国内

	Kuwahara Hiroshige, Nikawa Takeshi			
成体骨格筋における Aconitase2 の機能解析(口 演)	岸田昂大	第 22 回運動器科学研 究会	2023 年 9 月	国内
間葉系前駆細胞の不均一性 が支える筋健全性維持機構 の解明(口演)	長谷川優花	第 22 回運動器科学研 究会	2023 年 9 月	国内
無重力による筋萎縮のメカニ ズムとその栄養学的治療法 (口演)	津田晴香、北 畑香菜子、内 田貴之、橋爪 藤子、東端晃、 Park Junsoo、 Choi Inho、二川 健	日本宇宙生物科学会 第 37 回大会	2023 年 9 月	国内
食用コオロギの機能性とアレ ルゲンについて(口演)	松木大揮	日本宇宙生物科学会 第 37 回大会	2023 年 9 月	国内
成体骨格筋における Aconitase2 の機能解明(口 演)	山野恵理華、 岸田昂大、高 田実穂、杉浦 宏祐、柳原裕 太、今井祐記、 田中かおり、高 橋智、榊原伊 織、上住円、上 住聡芳、二川 健	第 56 回日本栄養・食 糧学会 中国・四国支 部大会	2023 年 10 月	国内
大豆蛋白質の抗筋萎縮活性 (口演)	伊藤千菜美、 鈴木穂、松木 大揮、Anayt Ulla、内田貴 之、中森俊宏、 松井利郎、二 川健	第 56 回日本栄養・食 糧学会 中国・四国支 部大会	2023 年 10 月	国内
代替食品・大豆蛋白質の抗筋 萎縮効果(口演 教育講演)	二川健	第 45 回日本臨床栄養 学会・第 44 回日本臨	2023 年 11 月	国内

		床栄養協会第 21 回大 連合大会		
間葉系前駆細胞の不均一性 が支える筋健全性維持機構 の解明(ポスター)	長谷川優花、 上住円、林晋 一郎、野口悟、 西野一三、黒 澤珠希、二川 健、上住聡芳	第 46 回日本分子生物 学会年会	2023 年 12 月	国内
Our space biomedical experiments:From Myolab to Cell Gravisencing(口演 基調 講演)	Takeshi Nikawa	12th KoSBA Symposium 2024	2024 年 1 月	国外
宇宙栄養学～有人宇宙活動 を支える機能性宇宙食の開 発～ (口演 日本栄養・食糧学会と の連携シンポジウム「限られ た環境における食の提供と健 康」)	二川 健	第 94 回日本衛生学会 学術集会	2024 年 3 月	国内
被災地と宇宙での身体活動を 科学する(口演 シンポジウム 災害×宇宙 食と健康のサイ エンス)	三上靖夫	第 77 回日本栄養・食 糧学会大会	2023.5.13	国内
活動が育む百寿者の健康(口 演 シンポジウム 百寿者お よび超百寿者研究の展望)	三上靖夫	第 23 回日本抗加齢医 学会	2023.6.11	国内
compositional data analysis を 用いた京丹後市地域在住高 齢者の座位行動・身体活動と 身体機能の調査(口演)	新庄浩成, 大 橋鈴世, 沢田 光思郎, 久保 元則, 的場聖 明, 三上靖夫	第 60 回日本リハビリテ ーション医学会学術集 会	2023.6.29	国内
四肢に 3 軸加速度計を用いた トレッドミル立位歩行中の活動 量と酸素摂取量の解析(口演)	根本 玲, 伊藤 倫之, 垣田真 里, 三上靖夫	第 60 回日本リハビリテ ーション医学会学術集 会	2023.6.29	国内
2 種類の生体インピーダンス 法を使用した車いすスポーツ 選手の体組成の比較(口演)	古庄久美, 小川 貴美子, 根本 玲, 三上靖夫	第 60 回日本リハビリテ ーション医学会学術集 会	2023.7.1	国内

RA サルコペニアに対して治療的電気刺激と運動療法の併用で著明に筋肉量が増加した1例(口演)	遠山将吾, 菱川法和, 柴田直紀, 島原範芳	第51回日本関節病学会	2023.7.21	国内
座る時間を減らして身体も心も健康に	三上靖夫	第6回京丹後長寿研究報告会	2023.8.20	国内
3施設で構成する人材育成プロジェクト(口演 シンポジウム 長期宇宙滞在者を食と運動で支える専門職の人材育成プログラム)	三上靖夫	第69回宇宙航空環境学会	2023.11.11	国内
関節リウマチ患者における座位行動の日中パターン(ポスター)	菱川法和, 遠山将吾, 沢田光思郎, 河崎敬, 大橋鈴世, 三上靖夫	第7回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会	2023.11.4	国内
右視床出血後片麻痺患者に対し片側上肢エルゴメータとベルト電極式骨格筋電気刺激装置を併用した1例(口演)	中西雄紀, 垣田真里, 菱川法和, 三戸岡奈津実, 沢田光思郎, 大橋鈴世, 三上靖夫	第7回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会	2023.11.5	国内
回復期リハビリテーション病棟入院中の脳血管障害患者のアクチグラフを用いた麻痺側と健側の活動量計測比較(ポスター)	根本 玲, 桑原彩, 伊藤倫之, 三上靖夫	第7回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会	2023.11.5	国内
3施設で構成する人材育成プロジェクト(口演 シンポジウム 長期宇宙滞在者を食と運動で支える専門職の人材育成プログラム)	三上靖夫	第69回宇宙航空環境学会	2023.11.11	国内
関節リウマチにおけるサルコペニアに対してベルト式治療的電気刺激を併用のリハビリテーション治療を行った1例(口演)	遠山将吾, 菱川法和	第9回日本骨格筋電気刺激研究会学術集会	2023.11.25	国内

Emergency Food Standard, Disaster & Space Dietitian Originating from Japan. (口演 seminar)	坪山(笠岡)宜代	the 12th International Conference on NAPA 2023	2023.5.10.	国外
災害時における母子の食環境と対策(口演 教育講演)	坪山(笠岡)宜代	第 29 回日本保育保健学会	2023.5.21.	国内
災害栄養から宇宙栄養への展開(口演 第 75 回大会シンポジウム「家政学の発展と社会貢献」)	坪山(笠岡)宜代	日本家政学会 第 75 回大会	2023.5.27.	国内
災害後の子どもの栄養支援について(口演 教育講演)	坪山(笠岡)宜代	第 70 回日本小児保健協会学術集会	2023.6.17.	国内
関東大震災時の国立栄養研究所による支援	坪山(笠岡)宜代	日本災害食学会 2023 年度学術大会	2023.8.5-6.	国内
災害栄養学:食の備えで生活を守る!被災時の知見から宇宙を創る!(口演 市民公開講座)	坪山(笠岡)宜代	第 70 回日本栄養改善学会	2023.9.3.	国内
Frontiers in disaster nutrition: from evidence to action~ Save the earth and space by nutrition. (口演)	坪山(笠岡)宜代	Nutrition Society of Australia	2023.7.26.	国外
災害栄養を科学する~魚介類と肥満~(口演 シンポジウム「災害×宇宙 食と健康のサイエンス」)	坪山(笠岡)宜代	第 77 回日本栄養食糧学会	2023.5.13.	国内
特殊環境栄養学:宇宙食で被災地を救う。被災地から宇宙を創る。(口演文部科学省・宇宙航空人材育成プログラム)	坪山(笠岡)宜代	第 69 回日本宇宙航空環境医学会大会	2023.11.11.	国内
Frontiers in Disaster Nutrition and Space Nutrition~ Emergency food standard, Disaster & Space nutritionist originating from Japan~ (口演)	坪山(笠岡)宜代	The 3rd Japan-France International Symposium on Space Nutrition/Medicine	2023.11.13	国外

4.2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文(発表題目)	発表者氏名	発表した場所 (学会誌・雑誌等名)	発表した時期	国内・外 の別
Combinatorial expression of ebony and tan generates body color variation from nymph through adult stages in the cricket, <i>Gryllus bimaculatus</i> .	Inoue S, Watanabe T, Hamaguchi T, Ishimaru Y, Miyawaki K, Nikawa T, Takahashi A, Noji S, Mito T	PLoS One	2023 年 5 月	国外
Correction to: Suppressive effects of processed aconite root on dexamethasone-induced muscle ring finger protein-1 expression and its active ingredients.	Kondo T, Ishida T, Ye K, Muraguchi M, Tanimura Y, Yoshida M, Ishiuchi K, Abe T, Nikawa T, Hagihara K, Hayashi H, Makino T	J Nat Med.	2023 年 6 月	国外
The reciprocal regulation between mitochondrial-associated membranes and Notch signaling in skeletal muscle atrophy.	Ito Y, Yamagata M, Yamamoto T, Hirasaka K, Nikawa T, Sato T	Elife	2023 年 12 月	国外
Inhibitory Effect of Kori-tofu Protein on Denervation-Induced AtroGene Expression in Mouse Skeletal Muscle	Uchida T, Kohno M, Itoh C, Ymano E, Matsuki H, Rahman MM, Ulla A, Suzuki M, Ishiguro T, Nikawa T	Biological Sciences in Space	2024 年 2 月	国外
A home-based low-intensity resistance exercise programme with supervision for secondary sarcopenia in a	Hishikawa N, Toyama S, Shimahara N, Taira K,	Mod Rheumatol Case Rep	2023 年 6 月	国外

patient with established rheumatoid arthritis: A case report	Kawasaki T, Ohashi S, Sawada K, Mikami Y			
Hypoxia with or without Treadmill Exercises Affects Slow-Twitch Muscle Atrophy and Joint Destruction in a Rat Model of Rheumatoid Arthritis	Kamada Y, Arai Y, Toyama S, Inoue A, Nakagawa S, Fujii Y, Kaihara K Cha R, Mazda O, Takahashi K	Int J Mol Sci.	2023 年 6 月	国外
Wearable Integrated Volitional Control Electrical Stimulation Device as Treatment for Paresis of the Upper Extremity in Early Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Non-inferiority Trial.	Maeda H, Hishikawa N, Sawada K, Sakurai M, Ohashi S, Mikami Y.	Arch Phys Med Rehabil	2024 年 2 月	国外

(参考書料)

①宇宙食健康認定制度に設置に関する趣意書(案)

②宇宙食健康認定制度規程(案)

③徳島大学大学院医科栄養学研究科宇宙栄養学コース履修プログラム規則(案) の PDF 書類を添付する。