

東海大学紀要 農学部

第 32 卷

2 0 1 3

-
- 褐毛和種子ウシに認められた脊髄正中離開症における脊髄および脊柱の形態異常
.....徳留香織・河原崎達雄・森友靖生・加藤友子・梁瀬 徹..... 1
- 黄金川における, 日本固有種ラン藻・スイゼンジノリの増殖と機能性
.....内平倫義・内藤信二・増岡智加子・岡本智伸・安田伸
山下秀次・井越敬司・小野政輝・椋田聖孝..... 7
- 4品種の国産イグサの1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ラジカル消去能と総フェノール含量
.....安田 伸・山本貴大・佐伯真菜美・小野政輝・井越敬司・椋田聖孝..... 13
- 大学体育における知識・能力の形成 (7) — フィットネスを取り扱った授業での体力変化 —
.....笠井妙美・西田明史・柿原一貴・則元志郎・中熊芳子..... 19

褐毛和種子ウシに認められた脊髄正中離開症における 脊髄および脊柱の形態異常

徳留香織・河原崎達雄*・森友靖生*・加藤友子**・梁瀬 徹**

Abnormal Formation of the Spinal Cord and the Spine due to Diastematomyelia in a Japanese Brown Calf

Kaori TOKUDOME, Tatsuo KAWARASAKI, Yasuo MORITOMO, Yuko KATO,
Toru YANASE

(Received 30 September 2012; accepted 6 November 2012)

A case of diastematomyelia in a Japanese Brown calf was studied anatomically and its morphogenesis was discussed from an embryological point of view.

In the spinal cord, a groove developed along the dorsal midline of the second lumbar segment and gradually increased in depth toward the posterior by ventral intrusion of the pia mater until complete separation occurred at the fourth lumbar segment. In cross-sections of the split parts, almost symmetrical hemicords could be seen. Histologically, the dorsal median sulcus and the dorsal median septum could not be observed in places and less gray matter was present in the medial half than in the lateral half in each of the hemicords. No other myelodysplastic changes were found.

In the spine, the fourth to seventh lumbar vertebrae each had a midline bony septum between the widened vertebral body and the dorsal bony cover, and had no spinous processes but formed two vertebral foramina corresponding to the hemicords. Fusion and deformation of the vertebral bodies and arches could be observed in the affected area.

Development of these malformations in the vertebrae suggest the failure of midline notochordal integration during the early fetal period. As a result, the neural tube has split to develop diastematomyelia in this case.

As no neutralizing antibody against teratogenic arboviruses was detected in the serum, infection could be ruled out as a cause, but the etiology of the disorder in this case remains unknown.

緒 言

脊髄形成異常症とは脊髄奇形の総称で脊髄組織が異常に発達したものをさし、腰髄領域で多くみられる。また脊髄形成異常症は、脊髄低形成症、腰椎欠如奇形体、水脊髄症、脊髄空洞症、脊髄正中離開症、重複脊髄症が知られ、椎弓および棘突起の欠損による脊柱奇形を意味する二分脊椎と合併的に生じる場合があり、ウシでは散発的に発生が確認されているものの、その原因は不明である(1-3)。

脊髄正中離開症は脊髄が2本に分離し、別々の脊柱管と髄膜を有するものである。また、脊髄が2本に分離し、単一の脊柱管と髄膜を有する場合は重複脊髄症といわれる(2)。重複脊髄症においては黒毛和種やホルスタイン種で数例報告(4-7)がなされているものの、脊髄正中離開症についての詳細な報告はなく、また合併的にみられる脊椎異常との関連性を検討した報告も見当たらない。今回、褐毛和種の子ウシで、二分脊椎を伴わない脊髄正中離開症例を剖検する機会を得たので、脊髄病変および脊椎病変の解剖所見を報告するとともに、その形態形成過程を発生学的な観点から追究した。

材料および方法

供試材料は褐毛和種の雌で、体重60kgであった。出生時から起立不能で介添えして吸乳させていた。また、仙椎付近の左側が隆起し、尾が短く曲がっており、下痢も発症していた。3ヶ月齢時に安楽殺し剖検を行ったところ、腰髄部分から脊髄が二分し、それに応じて脊柱も著しい変形がみられた。その他は左側腎臓が軽度小型化していた程度であった。

摘出した脊髄は10%中性緩衝ホルマリン液で固定後、腰髄から脊髄分節を切り出して、常法に従ってパラフィン切片を作製後、H-E染色を行って組織学的に観察した。脊柱は水液浸解法(8)を用いて骨格標本作製し、その形態を詳細に観察した。さらに血清中のアルボウイルス(アカバネ、チュウザン、アイノ)に対する中和抗体価を測定した。

結果

肉眼観察において、脊髄は第二腰髄の背面正中部に溝が形成され、その溝は後方に向かうに従い徐々に深くなり、第四腰髄では各々の硬膜に包まれて完全に二分していた(Fig. 1)。分離が認められた第二～四腰髄の横断面には軟膜が正中部で徐々に侵入し、ほぼ左右対称の半脊髄が形成されていた。組織学的に観察すると、各々の半脊髄は部位によっては背正中溝および背正中中隔が不明瞭であった。また腹正中裂、灰白質、白質、脊髄中心管はそれぞれ形成されていたものの、半脊髄の内側灰白質が外側灰白質に比べて低形成であった(Fig. 2)。なお、第五腰髄以後の半脊髄は脊柱管内に形成された二つの椎孔内に含まれていたため、取り出して詳細に観察することはできなかった。

脊椎は第四～五頸椎において椎弓、棘突起が癒合し、



Fig. 1 Separation of the lumbar spinal cord from the second (long arrow) to the fourth (short arrow) segments.

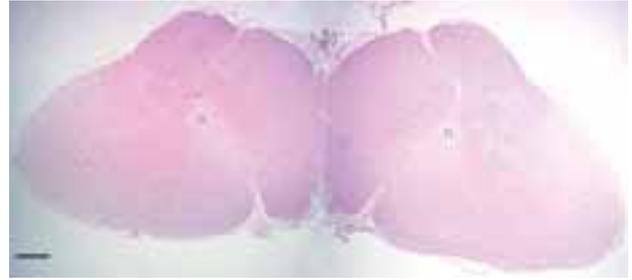


Fig. 2 A cross-section of the spinal cord at the level of the second lumbar vertebra. Almost symmetrical hemicords have been formed by intrusion of the pia mater at the midline and less gray matter is present in the medial half than in the lateral half. (H:E stain, Bar = 1mm)

第五頸椎の棘突起は正中部で軽度を開裂していた。また、脊髄の罹患部位に該当する第三～七腰椎の椎体、椎弓、左右に広く開裂した棘突起には著しい癒合および変形がみられ、さらに第四～七腰椎は、通常に比べて横幅が大きくなった椎体と開裂した棘突起間を埋める骨蓋との間に骨性中隔が正中部で形成され、これによって椎孔が二つに分割されていた(Fig. 3A, B)。仙椎～尾椎においても椎体、椎弓、左右に大きく開放した棘突起の癒合および変形がみられた。

なお、家系調査の結果において、三代祖までは共通祖先は確認されず、父系および母系の家系から同様な症例の発生は確認されていない。また血清中のアルボウイルスに対する中和抗体価は陰性であった。

考察

脊髄の形成異常は神経管閉鎖障害に起因する 경우가多い(1, 9, 10)。神経管閉鎖障害は将来、脳脊髄となる神経管が正常に閉鎖しないため、骨や皮膚が開裂し神経組織や髄膜が露出している開放性神経管閉鎖障害といった閉鎖した神経管が何らかの理由で再開放するため外観上皮層によって覆われた閉鎖性神経管閉鎖障害に分類される(1, 9, 10)。

脊髄におけるウシの神経管閉鎖障害は二分脊椎の報告が多いが(3)、脊椎椎弓および皮膚の開裂がみられる開放性二分脊椎以外に、外観上皮層に覆われている潜在性二分脊椎が含まれる(3)。また、脊髄低形成症、腰椎欠如奇形体、水脊髄症、脊髄空洞症、脊髄正中離開症および重複脊髄症が二分脊椎を伴わない場合、皮膚の開裂がみられないことから、これらは閉鎖性神経管閉鎖障害に該当する(1, 10)。

Pangは脊髄正中離開症と重複脊髄症を同じ発生異常による病態と考え分裂脊髄奇形とし、別々の硬膜内に半脊髄が存在し骨性または線維軟骨性の正中中隔を囲む硬



Fig. 3 The spine between the third and the seventh lumbar vertebra.

A : Ventral aspect. Fusion and deformation of the vertebral bodies are remarkable. Arrow = third lumbar vertebra.

B : Caudal aspect. Two vertebral foramina have been formed by the midline bony septum connecting the widened vertebral body and the dorsal bony cover which lacks spinous processes.

膜の正中壁により分裂するもの（Ⅰ型）と単一硬膜内に両半脊髄が存在し、硬膜内線維性正中中隔により分裂するもの（Ⅱ型）とに分類した。Ⅰ型は脊髄正中離開症、Ⅱ型は重複脊髄症の特徴を示している（11, 12）。

ウシでは重複脊髄症の報告例がいくつかみられるが、2例（4, 7）は胸髄後部から、3例（5, 6）は腰髄から脊髄の分岐が開始し、徐々に対称性の半脊髄を形成していた。本症例も第二腰髄から徐々に分離が開始し、

第四腰髄までには対称性の半脊髄が形成されていたことから、脊髄の罹患部位は重複脊髄症の報告とおおむね一致していた。さらに罹患部位において背正中溝および背正中中隔が不明瞭になること（4）や内側灰白質の低形成（4, 7）など、組織学的観察においても本症例は重複脊髄症と一致する点があった。しかし、重複脊髄症は灰白質内における白質線維束の存在や白質内における弧存性神経細胞の存在（4）など多くの脊髄の形成異常を

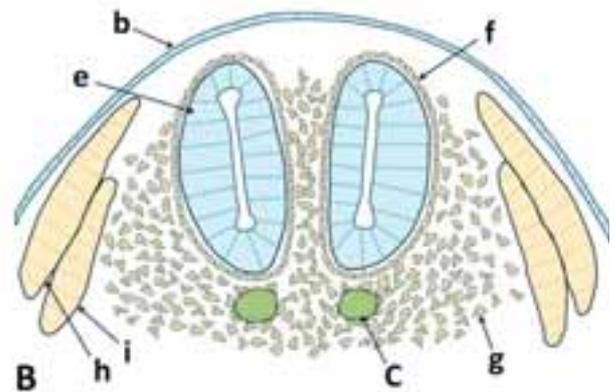
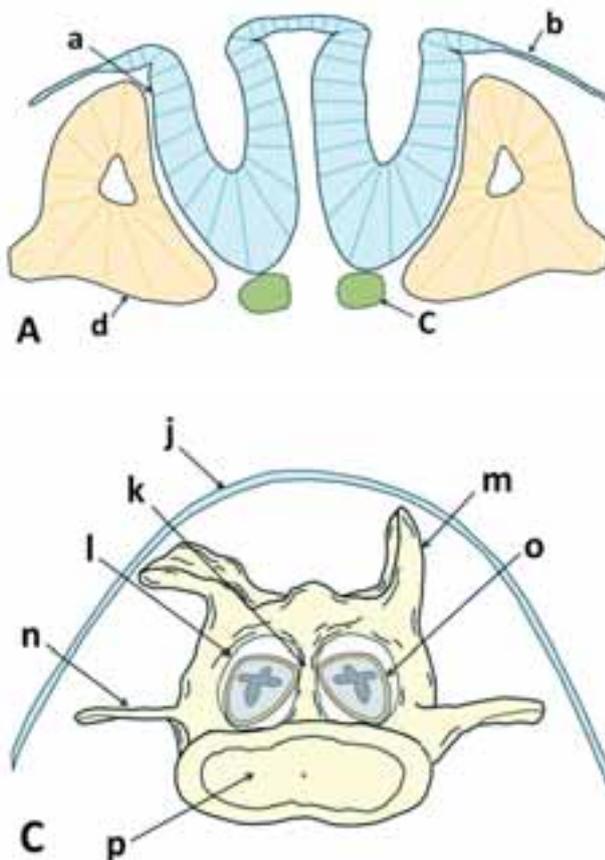


Fig. 4 Transverse sections showing morphogenesis of diastematomyelia in this case (A-C) .

A : Two neural plates are induced by heminotochords.

B : Cells of the sclerotome migrate to surround heminotochords and neural tubes.

C : Two vertebral foramina have been formed by the midline bony septum connecting the widened vertebral body and the dorsal bony cover.

a : neural plate, b : surface ectoderm, c : heminotochord, d : somite, e : neural tube, f : dura primitiva cells, g : sclerotome, h : dermatome, i : myotome, j : skin, k : midline bony septum, l : vertebral foramen, m : spinous process, n : transverse process, o : hemicord surrounded by dura mater, p : vertebral body

示唆する所見が報告されているものの、本症例にはそのような重度の病理学的変化は認められなかった。さらに脊柱に関して、重複脊髄症は病変が全く認められていないのに対し、本症例は脊髄の罹患部位に相当する第三～七腰椎の椎体、椎弓の癒合と棘突起の癒合および開裂、第四～七腰椎の正中骨性中隔と二つの椎孔の形成がみられ、その病態は仙椎～尾椎へと継続していた。以上のような点で本症例は重複脊髄症と大きく異なっていた。

分裂脊髄奇形の発生過程については種々の説が提唱されているが、その中で胎生初期における脊索の統合障害に起因すると考えられているものがある(10-12)。すなわち、後退中の原始線条を介して遊走し、正中部で左右に隣接する原脊索細胞が統合せずに分離状態が継続するため、脊索から誘導される神経管も同じく分離したまま発生過程が進み、将来2本の脊髄を形成するというものである。本症例の罹患部位にみられた椎体の癒合および変形は、脊索の形成障害を示唆しており、さらに中胚葉細胞である椎板の侵入によって正中骨性中隔が形成され、結果的に、神経管が二分して脊髄正中離開症にいたったものと推測される (Fig. 4)。

また、脊髄と脊柱における罹患部位開始点の相違は発生過程において、脊髄の後部が脊柱より発達が低下していわゆる脊髄円錐を形成(13)し、脊柱の該当部位より頭部側に位置するため生じたと考えられる。

遺伝性の脊髄形成異常症はイヌでは報告されている(2)がウシでは見当たらない。また近親交配などによる小さな閉鎖集団の中では劣性遺伝による遺伝子異常の発生が指摘されている(14)。今回の症例では家系調査の結果において、両親から曾祖父母までの3世代間に同一系統は認められないことや父系母系ともに同様な発生症例がないことから遺伝要因の可能性は低いと考えられる。またアルボウイルスによる病理学的変化は主として中枢神経系に認められ、娩出された子ウシのほとんどが起立不能あるいは歩行困難を示すことが報告されている(3)。本症例における病変部位や症状はアルボウイルス感染により引き起こされるものに類似しているが、ウイルス中和抗体価が陰性であったことから、アルボウイルスが病因ではないことは明らかである。

本症例において、脊髄は第二腰髄から二分するという顕著な変化がみられたものの、組織学的には脊髄形成異常などの重度な障害を確認することはできなかった。脊柱は、脊髄の罹患部位に相当する位置に脊索の正中部での統合障害を示唆する椎体の癒合がみられ、この病変の結果、神経管が二分して脊髄正中離開症にいたったものと考えられる。しかし、本症例に関与する要因は不明で

ある。

要約

脊髄正中離開症が認められた褐毛和種子ウシを解剖学的に検討し、発生学的観点からその形態形成過程の追究を試みた。

脊髄は、第二腰髄の背面正中部において軟膜が腹方に侵入することで溝が形成され始め、その溝は後方に向かって徐々に深くなり、第四腰髄では完全に分離されていた。分離部位の横断面においては、ほぼ左右対称の半脊髄が形成されていた。組織学的に観察すると、各々の半脊髄は背正中溝および背正中中隔が不明瞭な部位があり、また半脊髄における内側の灰白質は外側の灰白質に比べて低形成であった。その他に脊髄の形成異常を示唆する変化は認められなかった。

半脊髄は第四～七腰椎部分にのみみられ、その部分の椎骨は横幅が大きくなった椎体と開裂した棘突起間を埋める骨蓋との間に形成された骨性中隔により椎孔が正中部で二分されていた。罹患部位では、椎体と椎弓の癒合および変形が合併していた。

脊椎に生じるそれらの病変は胎生初期における脊索の正中部での統合障害を示唆しており、結果的に神経管が二分して脊髄正中離開症にいたったものと推測される。

なお、血清中のアカバネウイルス等の子ウシの先天異常の原因となるアルボウイルスに対する中和抗体価は陰性であったことから病変あるいは異常の原因ではないことは明らかであるが、その要因は不明である。

引用文献

- 1) Maxie, M.G., 2007, Jubb, Kennedy, and Palmer's Pathology of Domestic Animals, Vol.1, Saunders, Edinburgh, pp.281-457.
- 2) 牧田登之, 1992, 家畜発生学, 学窓社, 東京, 92-119.
- 3) 浜名克己, 2006, 牛の先天異常, 学窓社, 東京, 43-106, 121-144.
- 4) 小山真人, 御領政信, 千馬 智, 岡田幸助, 1997, 日獣会誌, 50, 153-156.
- 5) 關 茉莉絵, 佐々木 淳, 神志那弘明, 山岸則夫, 岡田啓司, 佐藤繁, 渡辺 崇, 御領政信, 2010, 日獣会誌, 63, 693-695.
- 6) 渡辺 崇, 菊池 薫, 三浦 潔, 藤森康一郎, 山岸則夫, 佐々木 淳, 御領政信, 朴 天鎬, 柿崎竹彦,

- 渡辺大作, 2010, 家畜診療, 57, 265-270.
- 7) 千葉史織, 藤澤哲郎, 石原孝介, 松本高太郎, 山田一孝, 猪熊 壽, 松井高峯, 古林与志安, 2012, 日獣会誌, 65, 516-519.
- 8) 八谷 昇, 大泰司紀之, 1994, 骨格標本作製法, 北海道大学図書刊行会, 北海道, 1-14.
- 9) 大谷 浩, 2002, 産婦人科の実際, 51, 299-309.
- 10) Tortori-Donati, P., Rossi, A. and Cama, A., 2000, *Neuroradiology*, 42, 471-491.
- 11) 重田裕明, 2011, *No Shinkei Geka*, 39, 513-527.
- 12) Dias, M.S. and Pang, D., 1995, *Neurosurg. Clin. N. Am.*, 6, 339-358.
- 13) 谷口和之, 木曾康郎, 佐藤英明, 2008, 獣医発生学, 学窓社, 東京163-192.
- 14) 塩田浩平, 1997, 発生学アトラス, 文光堂, 東京, 358-365.

黄金川における, 日本固有種ラン藻・スイゼンジノリの 増殖と機能性

内平倫義¹⁾・内藤信二⁴⁾・増岡智加子³⁾・岡本智伸²⁾・安田伸²⁾・山下秀次²⁾
井越敬司²⁾・小野政輝²⁾・梶田聖孝²⁾

Studies on the proliferation and functionality of Suizenjinori (*Aphanothece*
Sacrum (Sur.) Okada) indigenous to Japan in Kogane river

Tomoyoshi UCHIHIRA, Shinji NAITOU, Chikako MASUOKA, Chinobu OKAMOTO, Shin YASUDA, Hideji YAMASHITA,
Keiji IGOSHI, Masateru ONO and Kiyotaka KABATA

(Received 30 September 2012; accepted 30 November 2012)

Suizenjinori (*Aphanothece sacrum* (Sur.) Okada) is one of freshwater unicellular Cyanobacterium indigenous to Japan. Since the Edo period, the domain of Hosokawa and Akizuki had conserved Suizenjinori as a material of rare country dishes. The production of Suizenjinori is decreasing now, because it requests rigid conditions from the growing aquatic environment for the proliferation. The purpose of this study is to protect Suizenjinori and to determine the conditions of proliferation.

The investigation was carried out on Kogane river in the Fukuoka prefecture. The water temperature of the Kogane river was between 15°C and 25°C through year. In the relation to the water quality, the value with a high correlation coefficient with the density of nitric acid nitrogen was indicated. The weight of Suizenjinori has increased from 2 to 6 times from spring to winter. The reproductive rate decreased in order of the winter in autumn in summer in spring at each season.

Moreover, with regard to functionality of Suizenjinori, an antioxidative activity that was higher than green tea and the tocopherol was shown for functionality.

This time, the running reproductive rate was clarified during year for the first time scientifically and quantitatively. In conclusion, the Kogane river is a valuable place that has continued for 200 years or more as for the cultivation of Suizenjinori, and it is very important to maintain this place.

諸 言

スイゼンジノリ (*Aphanothece sacrum* (Sur.) Okada) は, 日本固有の淡水産ラン藻であり, 200年以上前の江戸時代から細川藩 (熊本) では清水苔, 秋月藩 (福岡) では寿泉苔の名称で幕府への献上品として大切に保護・育成され, 高級郷土料理の素材として珍重されてきた. 学術的には, 1872年にオランダの植物学者スリンガーによって生物学的に分類され, 世界に紹介された (1).

スイゼンジノリは一見キクラゲを思わせる緑褐色ないし茶褐色の寒天質の塊であり, 寒天質の中には, 多数のマユ型単細胞が散在しており, 常時, 2分裂しながら, 同時に細胞外に粘性物質を分泌して増殖していく. スイゼンジノリは湧水のような清澄な水環境でしか生育できないというその特異な生理生態と分布が非常に限られることから, 発生地の一つである熊本市出水神社境内 (上江津湖の一部) が1924年に国の天然記念物に指定されている.

スイゼンジノリは, 生育域が限定され, 生産量も少なく, 実験材料として入手困難なこともあり, その生理生態や培養法さらには食素材としての機能性などに関する学術的な報告はほとんどない. しかし, スイゼンジノリ

¹⁾ 東海大学大学院農学研究科, ²⁾ 東海大学農学部, ³⁾ 東海大学阿蘇教養教育センター, ⁴⁾ (独) 水資源機構

は糖質含量、鉄分、カルシウム含量が極めて高いことがわかっており、食品としても十分に価値があると考えられる。ところが、近年では都市化に伴う開発や水源涵養地の減少による湧水の減少など熊本水環境の悪化により激減し、天然記念物指定地一帯のスイゼンジノリは壊滅状態である。また、養殖に成功している黄金川（福岡県朝倉市）においても、水量の減少及び上流域のダム等の影響により、以前に比べ、生産量は著しく低下しているとのことである（2, 3）。

上記でも述べたように、スイゼンジノリは日本固有種であり、江戸時代から保護育成されてきた貴重な伝統食品であるが、湧水のように清澄な水環境でしか生育できない等の生育条件に高い適合性を要求する。しかし、スイゼンジノリには食の面だけでなく、水環境の生物指標としても大きな役割を持っており、今後野生株の復活、また養殖株の生産量が増える環境要因を解明できれば、それは日本の水環境にとっても大きな財産となる。

そこで、本研究では、日本固有種ラン藻・スイゼンジノリの養殖に江戸時代から成功している黄金川において、スイゼンジノリの保護・育成を目的とした水環境の調査を行った。また、同時にスイゼンジノリの食素材としての機能性についても検討した。

材料および方法

材料

本研究では、生育環境調査においては、江戸時代より養殖に成功している黄金川にて生育しているスイゼンジノリを対象に調査を行った（Fig. 1）。また、食素材としての機能性に関する試験などにおいては、黄金川にて採取したものを凍結・乾燥し、保存した凍結乾燥試料を用いた。

生育環境調査について

まず、スイゼンジノリの黄金川における生育環境調査については、黄金川（福岡県朝倉市）にて平成23年5月～平成24年3月までの期間で、春季（H23年6/1～6/29）、夏季（H23年7/22～8/19）、秋季（H23年10/14～11/11）、冬季（H24年1/13～2/10）と季節毎に28日間調査を行った。生育環境調査を行うにあたっては、黄金川上流域、下流域のそれぞれの地点に調査用コドラートを3つ設置した（Fig. 2）。生育環境調査の内容は、水質測定（生活環境項目、富栄養化項目、イオン項目）及びスイゼンジノリ湿重量測定を行った。

食素材としての機能性に関する試験

スイゼンジノリの食素材としての機能性に関する試験では、黄金川（福岡県朝倉市）において採取し、凍結乾燥したスイゼンジノリをメタノールで1週間冷浸後、抽出液をろ過、さらに残渣にメタノールを加え、同様な操作後、ろ液を合わせ減圧下濃縮してメタノール抽出エキスを得た。得られたメタノール抽出エキスは抗酸化活性についてロダン鉄法を用いて調べた（4）。

結果および考察

スイゼンジノリは、環境要因（水温、水質、流速など）に非常に敏感であり、その生育が左右される。今回、増殖試験が実施された、黄金川の平面図を Fig. 1 に示した。



Fig. 1. The place on examination ground in Kogane river



Fig. 2. The appearance of quadrat set on the upper stream in Kogane river

黄金川は、地下水が主な水源であり、全長約2kmと短く、筑後川の支流に注がれる川である。江戸時代から、スイゼンジノリが養殖され、秋月藩御用商人であった遠藤家7代目により、1793年（寛政5年）に、現在も利用されている乾燥海苔の製法が完成した。当時、秋月藩は、寿泉苔の名称で、高級郷土料理の素材として保護し、江戸幕府への献上品としても珍重した。遠藤金川堂（17代目）では、現在も、基本的には、200年前と同じ方法で製造している（2）。

増殖試験は、黄金川上流域および下流域に、特注のステンレス製コドラートを、各3個設置した（Fig. 2）。年間を通じ、春期、夏期、秋期、冬期の季節毎に28日間のスイゼンジノリ湿重量の変動および水質測定を行った。



Fig. 3. The situation in which Suizenjinori was put in quadrat for Examination of proliferation

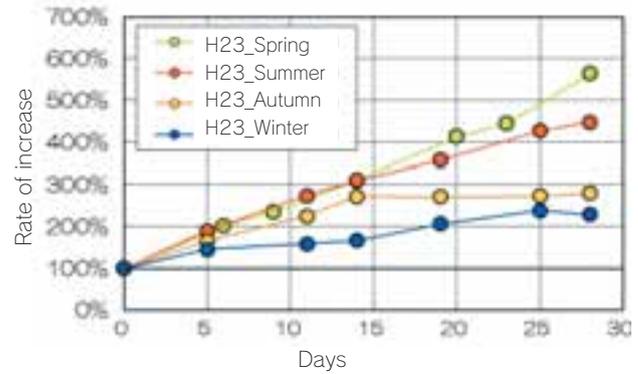
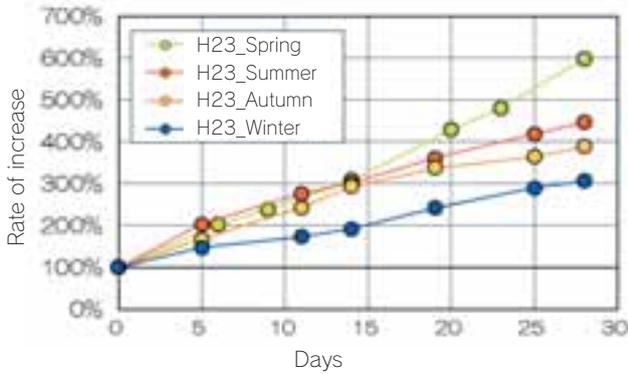


Fig. 4. The proliferation curve of Suizenjinori in Kogane river

Fig.3 は、各試験開始時のコドラートの内部の様子である。コドラート内部にあるザルは、水位の変動に対応できるように、コドラートの4隅に取り付けた伸縮自在のベルトで、常に一定の高さを保つ様に設計されている。また、各期における、試験開始時のスイゼンジノリは、すべて、250g とした。

Fig. 4 は、黄金川における、春期、夏期、秋期、冬期の増殖率を示している。

また、Fig. 4 の左図は、上流域、右図は、下流域の増殖の様子をまとめたものである。この結果から明らかなように、黄金川においては、年間を通じ、春期の増殖が最も盛んであり、冬期における増殖率が低下した。28日

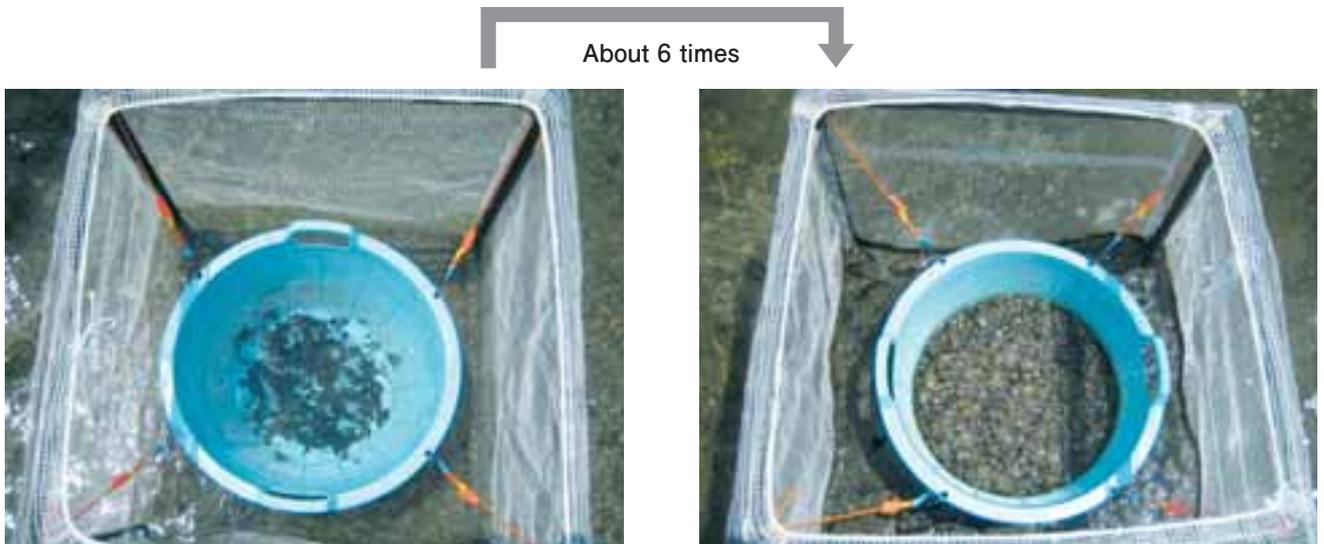


Fig. 5. The appearance from proliferation start of the examination (left) that is the following Suizenjinori proliferation on the 28th (right)

Table 1. The correlation coefficient of each quality test of the water item and the proliferation of Suizenjinori

	W.T.*	pH	DO	EC	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻
Correlation Efficient (n=13)	0.66	-0.53	0.10	0.90	0.93	-0.58	0.47	0.70	0.78

*W.T. : Water Temperature

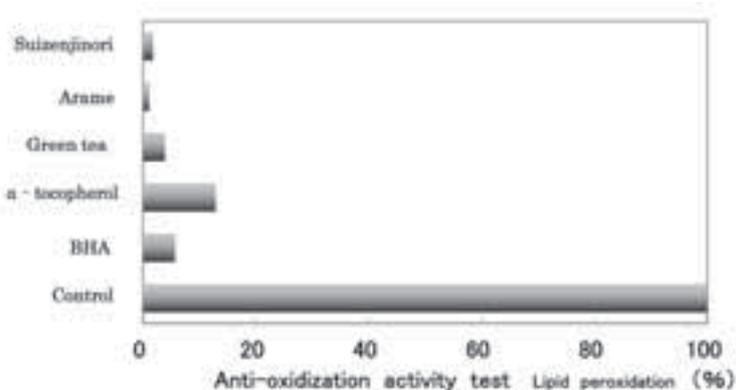


Fig. 6. Anti-oxidative activities of Suizenjinori extracts. The final concentration of each sample tested was 0.02% (v/v). The value of the ethanol control represents 100% lipid peroxidation.

間の増殖率は、上流域・春期における、約600%が最大であり、下流域・冬期における、約200%が最も低い値であった。黄金川における、スイゼンジノリの養殖は、江戸時代から、行われており、経験的には多くの知見があるが、年間を通じて、定量的に、増殖率を明らかにしたのは、今回が最初である。

Fig. 5 は、最も増殖率の高かった、上流域・春期における、試験開始前（左）と28日後（右）のコドラート内部における、スイゼンジノリの様子を示している。この図からも明らかなように、スイゼンジノリは、順調に増殖し、湿重量で約6倍の生産となった。

Table 1 は、黄金川におけるスイゼンジノリの増殖と水質との相関を示している。黄金川の水質は、基本的には、江津湖（熊本市）の国指定天然記念物「スイゼンジノリ発生地」における水質と類似した部分が多い（6, 8）。江津湖と黄金川における違いは、野生株と養殖である。両者とも、地下水を主な水源としているが、国指定天然記念物である「スイゼンジノリ発生地」では、地下水を人工的に組み上げることができない。

最も増殖率の高い、黄金川上流域（春期）における、平均水温は、20.1℃であり、江津湖の値と近似している。一方、増殖率の低い、下流域（冬期）における、平均水温は、12.2℃であった。今回、相関係数の高かった、硝酸性窒素濃度は、上流域における、年間平均値が、2.81 ± 0.80mg/L であり、下流域における年間平均値は、2.47 ± 1.07mg/L であった。江津湖における硝酸性窒素濃度は、20年～30年前に比べ、上昇しており（6）、地下水の富

栄養化が懸念されているが、黄金川においては、現在、適正な値を維持していると考えられる。

Fig. 6. は、スイゼンジノリの抗酸化活性を示している。この結果から明らかなように、スイゼンジノリは、市販の抗酸化食品として知られている緑茶およびα-トコフェロールや合成抗酸化物質のBHA（ブチルヒドロキシアニソール）よりも強い活性を示した。また、抗I型アレルギー活性の指標の一つとされるヒアルロニダーゼ活性阻害試験（7）の結果からも、市販食品中でヒアルロニダーゼ活性阻害が高いといわれる緑茶のメタノールエキスよりも高い活性を示した。したがって、スイゼンジノリは、江戸時代からの伝統食品としてのみでなく、抗酸化活性や抗アレルギー活性を有する機能性食品としても有望であることが示唆された。

今回、科学的・定量的に初めて、増殖試験を行った黄金川は、日本、否、世界的にみても、日本固有種ラン藻・スイゼンジノリの養殖を200年以上行っている極めて貴重な場所・川であり、この環境を保全することが重要である。

要 約

日本固有の淡水産ラン藻であり、江戸時代より幕府への献上品として大切に保護・育成されてきたスイゼンジノリであるが、生育条件に対し、高い適合性を要求するため、現在ではその生育量は減少しつつある。そこで、江戸時代から養殖に成功している黄金川において、今後

のスイゼンジノリの学術的解明及び保護・育成を目的とした研究を行った。また、同時にスイゼンジノリの食素材としての機能性についても検討した。生育環境調査は、福岡県朝倉市黄金川にて行った。調査は、水質測定（生活環境項目、富栄養化項目、など）及びスイゼンジノリ湿重量測定を行い検討した。また、機能性に関しては、抗酸化活性についてロダン鉄法を用いて検討した。その結果、黄金川におけるスイゼンジノリ生育地の水温は、ほぼ指標値と考えられる15～25℃の範囲内であった。また、スイゼンジノリの湿重量測定の結果、各季で約2～6倍に増加した。季節別では、春季>夏季>秋季>冬季の順に増加率が低下する傾向がみられた。水質との関連では、硝酸性窒素濃度との相関係数が高い値を示した。機能性に関しては、抗酸化活性は市販の抗酸化食品として知られている緑茶及び α -トコフェロールよりも強い抗酸化活性を示した。

今回、江戸時代から養殖を行っている黄金川における、年間を通じてのスイゼンジノリ増殖率を、科学的、定量的に、初めて明らかにした。黄金川は、スイゼンジノリの養殖を200年以上継続している貴重な場所であり、この場所を保全することは、極めて重要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、スイゼンジノリの提供等ご協力をして頂いた合資会社遠藤金川堂、有限会社喜泉堂、また東海大学農学部生物資源科学研究室の皆様にご心より感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 梶田聖孝, 金子達雄, 2009, 新発見「サクラン」と伝統のスイゼンジノリ, (株)ハート出版, 東京.
- 2) 梶田聖孝, 2003, スイゼンジノリ, 食品加工総覧, 農文協, 東京.
- 3) 梶田聖孝, 2007, 地下水都市に警鐘を鳴らす生物たち－日本固有種ラン藻・スイゼンジノリについて－, 月刊「水」, 東京, 49, 3, 1-7.
- 4) 増岡智加子, 2003, ペルー産業用植物 *Tessaria integrifolia* および *Piper elongatum* の抗酸化成分に関する研究, 熊本大学学位論文.
- 5) 梶田聖孝, 岡本智伸, 笹田直繁, 小野政輝, 井越敬司, 小林弘昌, 増岡智加子, 伊東保之, 2005, 日本固有種ラン藻・スイゼンジノリ (*Aphanothece sacrum* (Sur.) Okada) の構成単糖と機能性の検索, 九州東海大学農学部紀要, 24, 37-43.
- 6) 梶田聖孝, 岡本智伸, 小田原健, 中菌孝裕, 大住啓一郎, 笹田直繁, 市川 勉, 金子好雄, 荒牧昭二郎, 2007, 国指定天然記念物「スイゼンジノリ発生地」の現状およびその保護対策, 九州東海大学農学部紀要, 26, 1-6.
- 7) Masuoka C, Ono M, Ito Y, Nohara T, 2003, Antioxidative antihyaluronidase and antityrosinase activities of some constituents From the aerial part of piper elongatum VAHL, Food Science Technology Research, 9, 197-201.
- 8) 清水正元, 1984, 「澄んだ湖をつくる」, 朝日新聞社, 東京.

4品種の国産イグサの1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ラジカル消去能と 総フェノール含量

安田 伸*・山本貴大*・佐伯真菜美**・小野政輝*・井越敬司*・椋田聖孝**

Determination of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging capacity and total phenolic content in four different *igusa* cultivars in Japan

Shin YASUDA, Takahiro YAMAMOTO, Manami SAIKI, Masateru ONO,
Keiji IGOSHI and Kiyotaka KABATA

(Received 12 October 2012; accepted 22 November 2012)

Igusa (*Juncus effusus* L. var. *decipiens* Buchen) has been historically used as an herbal medicine for nephritis and dermal disorders, while scientific mechanisms underlying its health beneficial effect still remain to be clarified. We embarked on examining the functional role of *igusa*, especially in the field of antioxidation. The current study was designed to investigate whether four different *igusa* cultivars harvested in June or July 2011 may possess antioxidant capacity using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical as an oxidation model. Among four *igusa* samples harvested in June, 'Isonami' showed the highest and 1.66-times higher scavenging activity than the lowest 'Hinomidori'. In two cases, 'Hinomidori' and 'Hinoharuka' cultivars harvested in July demonstrated higher antioxidant capacity than the cultivars harvested in June. The determination of total phenolic content revealed that 'Isonami' harvested in June showed the highest and 1.91-times higher amount than the lowest 'Hinomidori'. In two cases, 'Okayama No.3' and 'Hinomidori' cultivars harvested in July demonstrated higher phenolic content than the cultivars harvested in June. Based on the statistical correlation test, a positive correlation between their DPPH radical scavenging capacity and phenolic content determined was found to be significant. Collectively, the phenolic compounds of *igusa* may in part play a role on their antioxidant effects but vary with their strains and/or harvested time.

緒 言

イグサ (藺草, *Juncus effusus* L. var. *decipiens* Buchen) はイグサ科 (*Juncaceae*) に分類される植物で, わが国を含むアジア圏ではイグサの茎部位が畳表やゴザの原料として利用される. 現在, 日本におけるイグサの生産量は約11,000トン (2010年時データ) であり, 熊本県が全国生産量の90%以上を占める (1). しかしながら, 住宅の洋風化や景気低迷による畳表の国内需要の減少や中国産畳表の輸入の影響を受け, 1995年には約58,000トン

あった生産量も約5分の1以下にまで減少し作付面積ともに減少傾向にある. 近年では中国で栽培されたイグサ品種の産地偽装問題も無視できない現状から (2, 3), 熊本県では八代地方を中心に県産畳表のブランド化を図るためにも, 「ひのみどり」(4), 「夕風 (ゆうなぎ)」(5), 「ひのはるか」(6) をはじめとした優良品種の作出と栽培, 生産拡大と統一産地表示「くまもと畳表」に取り組んでいる (1).

イグサは畳としての使用だけでなく, 古来より薬草として使用されてきた (7). 例えば, イグサ地上部は漢方薬では灯心草 (とうしんそう) と呼ばれ, 利尿薬や消炎薬などの薬効が知られ, 煎じて飲むほか, 切り傷, 出血, 打撲に塗布することで症状緩和をもたらすとされる

* 東海大学農学部バイオサイエンス学科

** 東海大学農学部応用動物科学科

連絡先: 安田伸 e-mail: shin.yasuda@agri.u-tokai.ac.jp

(8). しかしながら、民間伝承薬としてのイグサの利用や作用機序にはまだまだ未解明な部分も多く残る。さらにイグサの抗酸化作用(9-11)や抗菌作用(7, 9)に関する研究報告が散見されるものの、イグサ品種の違いや収穫時期の違いによる機能性の研究はほとんど見受けられない。近年、地域限定ながら熊本県八代地方において無化学肥料無農薬で栽培されたイグサを添加した食品(そうめん、アイスクリーム、キャンディなど)が市場に出回るようになり(12)、地域の特色ある健康食品素材にイグサを活用するべく、その利用価値を明らかにするための研究に期待が高まっている。

われわれの身体のなかで生じる活性酸素は、生体防御において単球などの食細胞が病原微生物の侵入に抵抗する際に重要な役割を担い(13, 14)、ミトコンドリア電子伝達系においても呼吸反応の過程で生成しうる(15)。しかしながら、活性酸素そのもののレベルが上昇し過剰な酸化ストレスが生じる際には、様々な炎症などの疾病状態を惹起しうるということが報告されている(13, 14)。体内で生じる活性酸素種には過酸化水素(H_2O_2)や一重項酸素(1O_2)に加えて、反応性の高いスーパーオキシドアニオン(O_2^-)ラジカルやヒドロキシル(OH)ラジカルなどのフリーラジカルが存在し、これらの生成と除去のバランスが破綻すると、炎症性疾患の重篤化、動脈硬化症、ガン、神経性疾患および糖尿病などの様々な疾病の発症リスクが高まることが報告されている(16, 17)。一方で、日常的に食する食品中には活性酸素の生成を抑制し消去しうるポリフェノール類などの抗酸化物質が含まれていることが広く知られる(18, 19)。酸化バランスの破綻が原因とされる疾病の多くは我々の生活習慣に深く関連づけられていることから、近年では日々の食事よりこれら活性酸素種を制御できる食材や成分を検索し、疾病予防を目的に積極的に取り入れようとする研究が盛んに行われている(18-20)。

本研究では、2011年に熊本県八代地域で生産された主要4品種のイグサ(「いそなみ」, 「ひのみどり」, 「ひのはるか」, 「岡山3号」)の健康食品素材としての利用価値を見出すべく、茎葉部が成長段階にある6月および豊表として利用する際の7月の2期に分けて収穫したものより抽出物を調製し、活性酸素種のモデルとなるラジカル種に対して消去作用を発揮しうるか調べることにした。さらに、これらのイグサ中に含まれる総フェノール含量をそれぞれ調べ、ラジカル消去活性を指標とした抗酸化能との間における相関関係について検証することとした。

材料および方法

原材料および試薬類

主要4品種のイグサ(「いそなみ」, 「ひのみどり」, 「ひのはるか」, および「岡山3号」)は、熊本県八代地域において2011年に栽培されたもので、それぞれ茎葉部が成長段階にある6月下旬頃(早刈り)に収穫されたものと、豊表として利用する際の7月中旬頃(普通刈り)に収穫されたものの2種類が熊本県農業研究センターい業研究所(熊本県八代市)より提供された。メタノール, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), フェノール試液, クロロゲン酸, エタノール, 酢酸, 酢酸ナトリウム, 炭酸ナトリウムはナカライテスク(京都)より購入した。トロロックスはシグマ-アルドリッチ(米国)より入手した。

イグサ抽出物の調製

各々のイグサ抽出物の調製は下記の通り行った。即ち、刈り取られた生鮮イグサを恒温乾燥器(DK88型, ヤマト科学, 東京)により60℃で72時間乾燥させ、これをウイレー粉碎器(SK1型, Retsch GmbH, ドイツ)で1mmメッシュを通過するまで微粉碎加工したものをイグサ粉末試料とした。このイグサ乾燥粉末5gに50mlの80%メタノールを加え、ホモジナイザー(エースホモジナイザー AM-12型, 日本精機製作所, 東京)を用いて10,000 rpmで30秒間破碎し、これを2回繰り返した。不溶性の沈殿物を取り除くために遠心分離(4,500rpm, 4℃, 20分)を行い、上清を回収した。残渣には新たに50mlの80%メタノールを加え、上述の如く、破碎、遠心して上清を回収した。得られた抽出物は100mlのメスフラスコ内で混和してフィルアップし、その後100mlの褐色瓶に入れて使用時まで4℃で保存した。

DPPH ラジカル消去活性の測定

DPPH ラジカル消去活性測定は、既報(21)に基づいて測定した。即ち、試料溶液10 μ l, 70%のエタノール溶液90 μ l, 0.1Mの酢酸緩衝液(pH5.5) 100 μ lを混合させ、これら200 μ lを標準反応溶液とした。これに、0.5 mMのDPPH溶液50 μ lを添加し、室温で30分間反応させた。その後、この溶液250 μ lのうち200 μ lをとり、マイクロプレートリーダー(SH-1000Lab型吸光グレーティングマイクロプレートリーダー, コロナ電気, 茨城)を用いて517nmにおける吸光度を測定した。なお、試料に色または濁りを有する場合は、試料溶液からDPPH溶液を除いたものについて同様の操作を行い、そ

それぞれの試料ブランク値を求めた。DPPH ラジカル消去活性 (%) は次式により算出した。

$$\text{Scavenging activity (\%)} = [1 - \{(A_{\text{Sample}} - A_{\text{Blank}}) / (A_{\text{Control}} - A_{\text{Blank}})\}] \times 100$$

A_{Sample} : 試料の吸光度

A_{Blank} : ブランクの吸光度

A_{Control} : 試料を含まないコントロールの吸光度

総フェノール含量の測定

イグサ抽出物中の総フェノール含量測定は Folin-Ciocalteu 法 (22) により行った。すなわち、試料溶液 25 μl にフェノール試液 125 μl を加えて混合した。これに 10% 炭酸ナトリウム水溶液を 125 μl 加えて 10 分間室温で混合させ、さらに 5 分間静置した。この溶液 275 μl のうち 200 μl をとり、マイクロプレートリーダーを用いて 600nm における吸光度を測定した。イグサ抽出物 1 ml あたりの総フェノール含量は、クロロゲン酸相当量 (Chlorogenic acid equivalent amount; CAEq) として算出した。80% メタノールを含む本試料溶液では、上述の常法で行うと極端に白濁してしまうケースがあり、試料溶液 25 μl のうち半量を水に置き換えて実施することでこれを解消した。

統計解析

実験結果は 4 つの異なるデータより得た平均値 \pm 標準偏差で表記した。統計処理には、Excel (マイクロソフト (株)) の関数および解析ツール、アドインソフト Statcel (オーエムエス出版) を使用した。収穫時期の異なる 2 群間における有意差の検証には Student の t 検定を用いて $P < 0.05$, $P < 0.01$ もしくは $P < 0.001$ で判断し、相関性の解析にはスピアマンの順位相関係数 r_s を求め優位点ならびに P 値を基準に検定を行った。

結果および考察

イグサは伝統的に日本の畳表の原料に使用される植物であるが、歴史的には腎炎や皮膚炎などの疾患に対する薬草としても用いられてきた (1, 8, 12)。体内における酸化バランスの破綻はこれら疾病の発症リスクを高めることが知られており (16, 17)、特定の食材摂取によるこれら疾病予防効果を期待した研究が行われている (18-20)。近年健康食品素材として注目されつつあるイグサの健康維持および増進に有益な情報を提供すべく、本研究では 6 月と 7 月に収穫された 4 種類の異なるイグ

サ品種が DPPH ラジカルに対して消去能を有するか調べることにした。さらに総フェノール含量を測定し、ラジカル消去能を指標とした抗酸化能との間における関連性について検証することとした。

イグサ抽出物の DPPH ラジカル消去能

はじめに 2011 年 6 月と 7 月の 2 期に分けて収穫されたそれぞれのイグサ乾燥粉末 5 g より 2 回に分けて 50ml の 80% メタノールで順次抽出を行い、総量 100ml の可溶性画分を得た。これらを用いて異なる品種のイグサ抽出物が DPPH ラジカルに対して消去能を有しているか検証を行った。ここでいう 6 月収穫とはまだ茎葉部が成長期にある 6 月下旬頃の段階で収穫するものを指し、7 月収穫とは畳表に使用することを目的に収穫時期が 7 月中旬頃に設定されたイグサである。その結果、試験に供した 4 品種のイグサ抽出物のなかで、6 月収穫の「いそなみ」は 75.4% と高いラジカル消去活性を示し、同時期収穫で最低値 45.5% を示した「ひのみどり」の 1.66 倍高い値が得られた (Fig. 1)。収穫期 7 月において「いそな

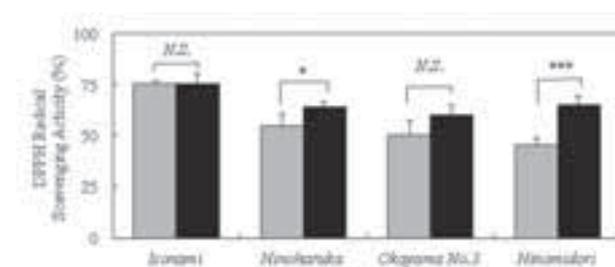


Fig. 1. DPPH Radical scavenging activity of four different *igusa* cultivars harvested in June or July 2011. *Igusa* samples harvested in June 2011 (gray column) or July 2011 (black column) were used in this experiment. Data represent mean \pm S.D. derived from four independent determinations. A parallel experiment confirmed that the EC₅₀ value of trolox, as a positive control, was 8.03 $\mu\text{g/ml}$. * $P < 0.05$ or *** $P < 0.001$ was considered statistically different using student t -test. N.S. means no significance.

み」は 6 月と同程度の 75.3% の高い活性を示し、同時期で最小値 60% が認められた「岡山 3 号」よりも 1.26 倍高い値が得られた。次に、それぞれのイグサが DPPH ラジカル消去能に及ぼす収穫時期の影響について調べた。その結果、「いそなみ」および「岡山 3 号」では有意な差異が認められなかったものの、「ひのはるか」および「ひのみどり」の 2 品種では、6 月収穫よりも 7 月収穫のもので高い抗酸化活性を示し、それぞれ統計学的に有意な差が認められた。これらのことより、4 品種のイグサ間では抗酸化活性に最大で 1.66 倍の違いがあること、品種によっては 6 月で収穫するよりも 7 月で収穫するもののほうが高い抗酸化能を有していることが判明した。これまでに、岡山県産イグサの酢酸エチル抽出画分、ア

セトン抽出画分, エタノール抽出画分に油脂リノール酸酸化を指標とした抗脂質過酸化作用および抗菌作用が報告されている (9). 複数の農産物で抗酸化性を比較した研究では, とくにイグサが活性酸素に対する高い抗酸化作用を示し (10), 最近では台湾産の湿地性の薬草類のなかでイグサが DPPH ラジカル消去作用や 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid (ABTS) カチオンラジカル消去作用を指標とした抗酸化作用を示すことが報告されている (11). 我々の結果もまた, 試験対象がイグサという点においてはこれらの報告を支持するものであった.

イグサ抽出物の総フェノール含量

これらのイグサ抽出物を用いて総フェノール含量を測定した. その結果, 試験に供した 4 品種のイグサ抽出物のなかで 6 月に収穫された「いそなみ」がクロロゲン酸相当量として最大値 366 $\mu\text{g/ml}$ の総フェノール含量を示し, 同時期収穫で最低値 192 $\mu\text{g/ml}$ を示した「ひのみどり」の 1.91 倍高い値が得られた (Fig. 2). 収穫期 7 月に

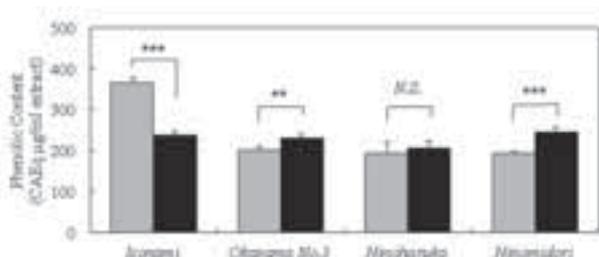


Fig. 2. Determination of total phenolic content in four different *igusa* cultivars harvested in June or July 2011. *Igusa* samples harvested in June 2011 (gray column) or July 2011 (black column) were used in this experiment. Data represent mean \pm S.D. derived from four independent determinations. CAEq; Chlorogenic acid equivalent amount. The equation of calibration curve ranging from 0, 62.5 to 1,000 $\mu\text{g/ml}$ was $y = 1.3583x + 0.0153$, $R^2 = 0.9983$. ** $P < 0.01$ or *** $P < 0.001$ was considered statistically different using student t -test. N.S. means no significance.

においては「いそなみ」は最大値を与えずに「ひのみどり」が最大 244 $\mu\text{g/ml}$ の値を示し, 最低値 204 $\mu\text{g/ml}$ を示した「ひのはるか」よりも 1.20 倍高い値が得られた. 次に, それぞれのイグサが有する総フェノール含量に及ぼす収穫時期の影響を調べた. その結果, 「いそなみ」のみが 6 月収穫時に 7 月収穫よりも高いフェノール含量を示し, 有意差が認められた. 対照的に, 「岡山 3 号」と「ひのみどり」では 6 月収穫よりも 7 月収穫のもので有意に高い値が得られた. 4 品種のなかで, 「ひのはるか」のみが有意差を示さなかった. これらのことより, 4 品種のイグサ間では総フェノール含量に最大で 1.91 倍の違いがあること, 品種によっては 6 月に収穫するよりも 7 月に収穫したもののほうが総フェノール含量を多く

有するもの, 逆に 6 月収穫で高いもの, または差異が認められないものがあることなどが判明した. 農産物においては同一条件で栽培しても品種・系統間でポリフェノール含量などに差異が認められており, ヤーコンを例に挙げると年度の違いによって個体あたりの収穫量やポリフェノール含量がいくらか変動しうること, ポリフェノール含量が高い品種では次年度においても正の相関をもって同様に他の品種よりも高いことが報告されている (23). また, 生育過程において植物体の部位別にポリフェノール含量は変動するため (24), 本研究で使用した 4 品種のイグサ中に存在するポリフェノール含量もまた生育とともに植物体内で変動し, 生育環境が同一であっても品種の違いにより異なる性状を示す可能性が考えられた.

イグサ抽出物の DPPH ラジカル消去能と総フェノール含量との相関性

イグサの有する DPPH ラジカル消去能のメカニズムについての知見を得るべく, 2 期に分けて収穫された 4 品種のイグサの DPPH ラジカル消去能とイグサ中に含まれる総フェノール含量との間における相関関係について調べることにした. 両実験より得られた測定値を座標軸に基づいて相関図を作成した結果, スピアマンの順位相関係数 $r_s = 0.929$ とともに有意な正の相関性 ($P = 0.0140$) が認められた (Fig. 3). イグサ中に含まれるポ

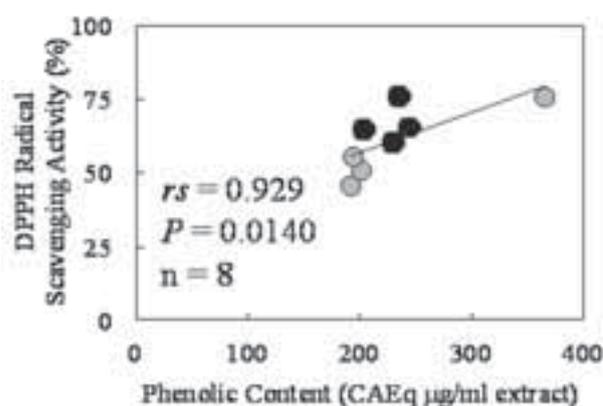


Fig. 3. Relationship of four different *igusa* cultivars to the DPPH radical scavenging activity and phenolic contents determined. *Igusa* samples harvested in June 2011 (gray circle) and July 2011 (black circle) were used in this experiment. Data represent mean values derived from four experiments of individual *igusa* samples. $P < 0.05$ was considered statistically significant using Spearman rank correlation test. CAEq; Chlorogenic acid equivalent amount.

リフェノールには, フェナントレン誘導体およびルテオリン誘導体をはじめ, 特徴的なフェノール性化合物 (25-27) が幾つか報告されており, イグサ特有の芳香性成分もまた見出されている (28). しかしながら, どの品

種にどのような成分が特徴的に含有されているかは未だ明らかにはなっておらず、更なる研究が必要である。また、本研究で用いた4品種のイグサの過去の畳表としての栽培特性調査では、いずれも本研究における収穫期6月に相当する収穫時期の早刈りが収穫期7月に相当する普通刈りよりも1m乾茎重量および硬度ともに低値を示している(6)。そこでは、早刈りの「ひのはるか」がとくに弾力性に富むのに対し普通刈りの「いそなみ」が最も高い硬度特性が認められるほか、品種間では耐摩耗強度における畳表としての加工特性は同等と認められている。従って、イグサを地域の特色ある健康食品素材として有効活用するにあたっては、より詳細な生理機能性や有効成分に関する調査を明らかにしていくとともに、粉碎加工などの面で食用に適した物性を示す品種や収穫時期の検討なども食品加工の観点から考慮する必要があると思われる。

イグサの健康維持および増進に有益な情報を提供するため、本研究でわれわれは初めて収穫時期を異とする4種類の国産イグサ品種がDPPHラジカル消去能を指標とした抗酸化能を有することを明らかにした。程度の違いはあるもののこれらのイグサはDPPHラジカルに対して消去能を示し、品種によっては収穫時期の違いにより活性に差異が生じる可能性を見出した。また、イグサの総フェノール含量もまた品種間で異なる値が認められ、収穫時期の違いによって増加、減少、あるいは差異が認められない場合があることが判明した。得られた抗酸化活性と総フェノール含量との間には有意な正の相関が認められたことより、イグサ中に含まれるポリフェノール類はその抗酸化能に寄与しうるものと考えられるものの、品種や収穫時期によって異なることが示唆された。しかしながら、無化学肥料無農薬で栽培されたイグサを地域の特色ある健康食品素材として普及するにあたっては、より多くの品種の違いや収穫時期の詳細な違いを明らかにすることが重要であり、これらイグサ中に含まれる成分が潜在的に有しうる酸化バランス調節機構の解明にあたっては、有効成分の同定や含量の測定、メカニズムを異とする抗酸化能の複合的な評価など、今後更なる検証が必要である。

要約

イグサ (*Juncus effusus* L. var. *decipiens* Buchen) は歴史的に腎炎や皮膚炎などの疾患に対する薬草として用いられてきたものの、その健康増進作用における科学的なメカニズムは未だ明らかにされていない。われわれは酸化

防止の観点よりイグサの機能性について調査を開始することとし、本研究では2011年6月と7月に収穫された4種類の異なるイグサ品種が酸化モデルである1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)ラジカルに対して抗酸化作用を有するか調べることとした。試験に供した4品種のイグサ抽出物のなかで、6月収穫の「いそなみ」が最大のラジカル消去活性を示し、最低値であった同時期収穫の「ひのみどり」の1.66倍高い値が得られた。「ひのみどり」および「ひのはるか」の2品種は、6月収穫よりも7月収穫のもので高い抗酸化活性を示した。総フェノール含量を測定した結果、6月収穫の「いそなみ」が最大の総フェノール含量を示し、最低値を示した同時期収穫の「ひのみどり」の1.91倍高い値が得られた。「岡山3号」と「ひのみどり」の2品種は、6月収穫よりも7月収穫のもので高いフェノール含量を示した。このとき、イグサのDPPHラジカル消去能と総フェノール含量との間には有意な正の相関性が認められた。以上より、イグサのフェノール性化合物類はその抗酸化能に寄与するものと思われるものの、品種や収穫時期によって異なることが示唆された。

謝辞

本研究の一部は、農林水産省平成23~25年度「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」補助金により実施されたものです。なお、イグサをご提供頂いた、共同研究機関である熊本県農業研究センターい業研究所の淵上国弘氏、深浦壯一氏をはじめスタッフの皆様には感謝します。

引用文献

- 1) 熊本県農林水産部, 熊本の農業2012, pp.24
- 2) Okamoto, H., Takamiya, T., Saito, A., Domon, E., Iimure, K., Tomioka, K., Kawase, M., Ohtake, Y., Murakami, Y. and Okuizumi, H., 2006, JARQ, 40, 65-69.
- 3) 飯牟禮和彦, 田中正美, 上野育夫, 深浦壯一, 2007, 熊本県農業研究センター研究報告, 14, 91-96.
- 4) 中澤芳則, 手塚隆久, 飯牟禮和彦, 湯野康博, 高森幸光, 1999, 熊本県農業研究センター研究報告, 8, 47-53.
- 5) 深浦壯一, 淵上国弘, 飯牟禮和彦, 高森幸光, 湯野康博, 森崎和義, 田中伸昭, 中澤芳則, 手塚隆久, 2008, 熊本県農業研究センター研究報告, 15, 87-94.

- 6) 深浦壯一, 瀧上国弘, 飯牟禮和彦, 高森幸光, 湯野康博, 森崎和義, 中澤芳則, 手塚隆久, 2009, 熊本県農業研究センター研究報告, **16**, 52-59.
- 7) 森田洋, 塩澤正三, 大森智子, 志水由紀, 稲田剛夫, 2002, 防菌防黴, **30**, 785-790.
- 8) 赤松金芳, 1980, 新訂和漢薬, 医歯薬出版株式会社, pp.149-150.
- 9) 小柳津周, 萩原博和, 成瀬宇平, 1991, 油化学, **40**, 511-515.
- 10) 氏家隆, 1996, 食品と開発, **31**, 46-47.
- 11) Ho, Y.-L., Huang, S.-S., Deng, J.-S., Lin, Y.-H., Chang, Y.-S. and Huang, G.-J. 2012, *Bot. Stud.* **53**, 55-66.
- 12) 森田洋, 塩澤正三, 志水由紀, 宮野麻紀子, 稲田剛夫, 2002, 日本食品工学会誌, **3**, 99-104.
- 13) Frangogiannis, N.G., Smith, D.W. and Entman, M.L., 2002, *Cardiovasc. Res.* **53**, 31-47.
- 14) Droge, W., 2002, *Physiol. Rev.* **82**, 47-95.
- 15) Wiswedel, I., Ulbricht, O. and Augustin, W., 1989, *Biomed. Biochim. Acta.* **48**, S73-S76.
- 16) Chiang, H.C., Lo, Y.J. and Lu, F.J., 1994, *J. Enzyme Inhib.* **8**, 61-71.
- 17) Cos, P., Ying, L., Calomme, M., Hu, J.P., Cimanga, K., van Poel, B., Pieters, L., Vlietinck, A.J. and vanden Berghe, D., 1998, *J. Nat. Prod.* **61**, 71-76.
- 18) Schiffrin EL., 2010, *Mol. Interv.* **10**, 354-362.
- 19) Sies H., 2010, *Biochem. Biophys.* **501**, 2-5.
- 20) vel Szic K.S., Ndlovu, M.N., Haegeman, G. and vanden Berge, W., 2010, *Biochem. Pharmacol.* **80**, 1816-1832.
- 21) Blois, M.S., 1958, *Nature* **26**, 1199-1200.
- 22) Singleton, V.L. and Rossi, J.A. Jr., 1965, *Am. J. Enol. Vitic.* **16**, 144-158.
- 23) 竹中真紀子, 七山和子, 井上栄一, 2011, 日本食品科学工学会誌, **58**, 537-541.
- 24) 竹中真紀子, 七山和子, 小野裕嗣, 仲島日出男, 五十部誠一郎, 2006, 日本食品科学工学会誌, **53**, 603-611.
- 25) Bhattacharyya, J., 1980, *Cell. Mol. Life Sci.* **36**, 27-28.
- 26) Sihma, K., Toyota, M. and Asakawa, Y., 1991, *Phytochemistry* **30**, 3149-3151.
- 27) Li, H.X., Deng, T.Z., Chen, Y., Feng, H.J. and Yang, G.Z., 2007, *Yao Xue Bao* **42**, 174-178.
- 28) Kumazawa, K., Sakai, N., Amma, H., Sakamoto, S., Kodama, M. and Nishimura, O., 2010, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **74**, 1231-1236.

大学体育における知識・能力の形成 (7)

— フィットネスを取り扱った授業での体力変化 —

笠井妙美・西田明史¹⁾・柿原一貴²⁾・
則元志郎³⁾・中熊芳子⁴⁾

The Acquisition of Knowledge and Ability through the University Physical Education (7)
— The Class that Adopted a Theory and a Practical Skill of the Fitness —

Taemi KASAI, Akihito NISHIDA, Kazutaka KAKIHARA,
Shiro NORIMOTO and yoshiko NAKAGUMA

(Received 30 September 2012; accepted 20 December 2012)

This study was to investigate whether a student had a change of the physical strength by being part of class which adopted a theory and a practical skill of the fitness (the number of subjects is 143).

The subjects performed nine tests including a body fat ratio, hand strength grip, sit-ups, sit-and-reach, side-to-side jump, standing long jump, handball throw, 50 meter dash, and 20 meter shuttle run.

In the male group, the significant difference is evident in 7 out of 9 tests (body fat ratio, hand strength grip, sit-ups, sit-and-reach, standing long jump, 50-m dash, and 20-m shuttle run) ($p < .05$); in the female group, the significant difference is also evident in 5 out of 9 tests (body fat ratio, sit-ups, sit-and-reach, 50-m dash, and 20-m shuttle run) ($p < .05$). From the fact that the data has shown the gradual increases of the subjects' physical strength, it is important to continually PE in classes with students. Also, the decreasing of university students' physical strength is not only the problem of fitness classes but also the problem which should be treated in the university as a whole.

緒言

現在、全入学時代を迎えた日本では、入学時の低学力化が多くの大学で深刻な問題として認識されている(1-3)。大学教育では、低学力や学習文化の未形成など様々な資質や能力を有する学生の背景を理解して卒業時の学生の質を保証することが求められるようになり、学士力を前提とした初年次教育が重要視されている。

初年次教育の内容として日本で取り上げられるのが基礎的学習スキルである一方、初年次教育の長い歴史を持つ米国では、初年時教育の内容は大学生活全般における自己管理スキル・生活スキルだという(4)。また、大

学生生活を円滑に始めるために、有効な授業として仲間作りを行いやすい実技授業が挙げられている(5)。

初年時教育で、学生が高校までの保健体育教科の授業で習得した知識や能力の把握が不可欠だと考えられる。筆者らは、高校までの体育授業の学び履歴について実態調査を行い、大学入学時における学生の保健体育教科の知識と能力を分析・検討した。その結果、習得していた知識・能力は、高校までの学習内容の20~30%であり、低学力問題が保健体育にも及んでいることが分かる(6)。

多くの大学において実践されている大学体育の授業目標が「技術向上」「健康体力向上」であることを鑑みれば(7)、これからの大学体育には、高校までの保健体育教科で学習した内容の補習が必要ではないだろうか。しかしながら、筆者らの調査によると、一般的に展開されている大学体育は、学生からみると運動・スポーツ項

東海大学, ¹⁾ 西九州大学短期学部, ²⁾ 尚絅大学,
³⁾ 熊本大学, ⁴⁾ 平成音楽大学

目を実践する場であると認識されているものの、運動・スポーツに関して新たな知識や能力を獲得する場とは認識されておらず、加えて高校までの保健体育教科の学習内容を十分には補習できていなかった(8)。

大学体育が知識や能力を習得する場だとすれば、どのような授業においても高校までの学習内容の補習が必要であることは明らかである。そこで筆者らは、教科内容の検討を行い、「生涯スポーツ実践に関するスキルの獲得」(9)、「戦術の理解と実践」(10)、「スポーツの文化的総合性の理解」を目的とした実験的授業を実践し、その成果を検証した。その結果、体育・スポーツの理論と関連させたスポーツ種目の実技学習は、運動技能のみならず体育・スポーツに関する知識の習得に効果があることや、高校までの学習内容の補習を可能にすることが示唆された。

文部科学省が公表している2011年度全国体力・運動能力調査概要(11)(以下「全国調査」と記す)によると、体力は、項目による差異があるものの全体的な傾向として、男女とも6歳から加齢に伴って体力水準は向上し、男子では17歳頃にピークに達するのに対して、女子では14歳頃にピークに達し、その後数年間その水準を保持する傾向を示す。大学生の運動不足と、メタボリックシンドロームが深刻化し、特に体力低下が危惧されている。(12,13) 高校までの学習内容の補習という観点に立てば、学生の体力低下は無視できない問題であり、体力を向上させることは大学体育の課題だとも考えられる。学生の体力向上を意図した授業研究は数多く報告されているが、いずれの報告も筋力、有酸素運動、アジリティートレーニングといった分野別に実践された授業研究である。

T大学では初年次に自分の身体や生活について考え、見つめ直す機会として「フィットネス理論及び実習」を開講している。この授業では、健康とは何かを追究しながら、生活習慣の改善、健康への配慮を喚起すること、正しい運動方法・理論並びに安全管理を学び今後の活動に役立たせるようにすることを目標としている。そこで本研究は、体力向上の諸理論と関連づけた授業を実施し、学生の体力向上が認められるのかを検討した。

研究方法

1. 対象

T大学において1年前期に開講されている「フィットネス理論及び実習」(必修)を2010年度に履修した大学生143名(男子106名、女子37名)を対象に同意を得られた者のみ調査を実施した。実験的授業の受講前と後に各1回、計2回実施した体力テストの結果に欠損値がある

者を除外した。分析対象者の平均年齢は、男子 18.5 ± 0.58 歳、女子 18.8 ± 0.45 歳であった。なお、この実験に参加しなくても授業評価等に、不利益になることがないことを口頭で説明した。

2. 実験的授業について

「フィットネス理論実習」の授業計画の概要を表1に示した。第4週から第12週にかけて計9回が実験的授業である。この授業は同時に4人の教員が授業を行い、なおかつ成績の偏りが少ないように複数の教員が担当するよう決められている。授業では「健康と体」をテーマに体力・食事・運動・休養に関わる内容を扱い、エアロビクス運動、コンディショニング運動、筋力アップ運動の実践方法を教材とし、学校指定の教科書を用いて授業時以外の自習も促した。体力テストは、出せる力を無理のない範囲で発揮するよう声掛けをし、この結果で成績が変わることのないことを教示した。

3. 授業効果の確認

実験的授業の受講前と後に実施した体力テストにより授業効果を確認した。体力テストは、文部科学省の新体力テスト実施要項(14)に準拠して測定した。測定項目は「握力」「上体起こし」「長座体前屈」「反復横とび」「立ち幅とび」「ハンドボール投げ」「50m走」「20mシャトルラン」の8項目を測定した。測定した各項目の記録は、文部科学省の判定基準に沿ってそれぞれ10段階に得点化し、その合計得点を総合的な体力指標(以下「合計得点」と記す)とした。また併せて「体脂肪率」(タニタ社製体脂肪計付きヘルスメーター BF-564)も測定した。

4. グループ分け

同じ教員が行う2学科を実験授業として行った。本学部は多様な経歴を有する学生が多く、学生の体力格差が進んでいるという現状を考慮し(15)、体力に合わせた指導が行えるよう1回目の体力テストにおいて、体力水準が平均よりも高い学生を上位群(A1男子38名女子10名、A2男子36名、女子10名、計94名)、体力水準が平均よりも低い学生および体力テストの結果に欠損値のある者を下位群(B1男子38名、女子8名、B2男子36名、女子10名、計92名)とした。なお、両群の人数および男女比がおおよそ等しくなるように統計的に分類した。2回実施した体力テストの結果に欠損値があるものを除外した者を分析対象としたため、上位群(A1男子30名女子6名、A2男子31名、女子12名、計79名)、下位群(B1男子20名女子12名、B2男子25名、女子7名、計64名)となった。

フィットネスを取り扱った授業での体力変化

表1 授業計画の概要

	A1	A2	B1	B2
1	ガイダンス, 授業内容の説明			
2	体力測定 (ハンドボール投げ, 50m 走, 20m シャトルラン)			
3	体力測定 (長座体前屈, 握力, 立ち幅跳び, 反復横とび, 上体起こし) 体脂肪率			
4	エアロビクス①		筋力アップ①	コンディショニング①
5	筋力アップ①	コンディショニング①		エアロビクス①
6	エアロビクス②		筋力アップ②	コンディショニング②
7	筋力アップ②	コンディショニング②		エアロビクス②
8	エアロビクス③		筋力アップ③	コンディショニング③
9	筋力アップ③	コンディショニング③		コンディショニング①
10	コンディショニング①	筋力アップ①	コンディショニング②	筋力アップ②
11	コンディショニング②	筋力アップ②	コンディショニング③	筋力アップ③
12	コンディショニング③	筋力アップ③	エアロビクス③	
13	体力測定 (ハンドボール投げ, 50m 走, 20m シャトルラン)			
14	体力測定 (長座体前屈, 握力, 立ち幅跳び, 反復横とび, 上体起こし) 体脂肪率			
15	定期試験			

※第4週から第12週が実験の授業

担当教員

A	コンディショニング①	ストレッチ講義, ストレッチ
A	コンディショニング②	コーディネーション講義, ラダートレーニング, アジリティトレーニング
A	コンディショニング③	教科書 (心と健康) 講義, 体づくり, ボールドリル
C	筋力アップ①	トレーニングの原則講義, 自負荷の運動
C	筋力アップ②	筋力アップ講義, 筋肥大のトレーニング
C	筋力アップ③	筋持久力のトレーニング, まとめ
B & D	エアロビクス①	生活習慣病, 心拍数講義, ウォーキング (歩数計使用)
B & D	エアロビクス②	教科書 (飲酒, 喫煙) 講義, ウォーキングからスロージョギング
B & D	エアロビクス③	教科書 (栄養) 講義, 縄跳びを使った心拍数測定, まとめ

5. 分析

一連の統計分析は, SPSS for Windows Ver. 17.0J を用いて各項目の単純集計およびクロス集計を行った。また, 対応のある t 検定を用いて各群における実験的授業の受講前後の平均の差を検定した。いずれも有意水準は 5% 未満とした。

結果

1. 男女別の体力変化

体力テストの測定値の平均差について検討したところ, 男子学生は「体脂肪率」「握力」「上体起こし」「長座体前屈」「立ち幅とび」「50m 走」「20m シャトルラン」の 7 項目において受講後の平均値が受講前と比較して有意に向上していた (表 2)。全国調査の結果よりも上回る項目は受講前には無かったが, 受講後には「上体起こし」「反復横とび」の 2 種目であった。

一方, 女子学生の結果は, 「体脂肪率」「上体起こし」「長座体前屈」「50m 走」「20m シャトルラン」の 5 項目で受講後の平均値が受講前と比較して有意に向上してい

た。全国調査の結果よりも上回る項目は, 受講前は「握力」「上体起こし」「反復横とび」「20m シャトルラン」の 4 項目で, 受講後は「握力」「上体起こし」「反復横とび」「ハンドボール投げ」「50m 走」「20m シャトルラン」の 6 項目であった。「長座体前屈」および「立ち幅とび」, 受講前後とも 18 歳の全国平均よりも低かった (表 3)。

図 1 に示した男子合計得点の度数分布を見ると, 評価基準の C 判定 (43~53 点) の者は受講前の 51% から 41% へと減少した。B 判定 (54~64 点) の者は受講前の 23% から 33%, A 判定 (65 点以上) の者は受講前の 1% から 4% と増加した。全国分布は A 判定 13.07%, B 判定 40.05%, C 判定 35.61%, D 判定 10.67%, E 判定 0.60% だった。図 2 に示した女子合計得点の度数分布を見ると, 評価基準の C 判定 (43~53 点) の者は受講前の 38% から受講後の 27% へと減少した。B 判定 (54~64 点) の者は受講前の 24% から 32%, A 判定 (65 点以上) の者は 5% から 14% となり, 増加した。全国分布は A 判定 5.23%, B 判定 26.85%, C 判定 40.13%, D 判定 24.30%, E 判定 24.30% だった。

表2 全国平均と受講前後の体力測定値の比較（男子）

種 目	単位	全国平均2010 18歳（参考）	受講前	受講後	有意差
体脂肪率	(%)		18.51 ± 6.71	15.89 ± 6.63	**
握 力	(kg)	43.3 ± 7.14	42.70 ± 6.20	41.96 ± 5.58	*
上体起こし	(回)	30.27 ± 6.45	29.37 ± 5.51	30.96 ± 5.99	**
長座体前屈	(cm)	49.34 ± 10.82	40.51 ± 9.91	44.57 ± 10.33	**
反復横とび	(回)	56.39 ± 7.97	56.11 ± 13.66	56.53 ± 7.61	n.s.
立ち幅とび	(cm)	224.97 ± 25.3	204.53 ± 21.97	208.42 ± 20.71	**
ハンドボール投げ	(m)	26.29 ± 5.64	23.55 ± 4.71	24.00 ± 5.53	n.s.
50m走	(秒)	7.52 ± 0.71	7.70 ± 0.61	7.55 ± 0.63	**
20mシャトルラン	(回)	81.83 ± 24.47	71.88 ± 23.34	75.66 ± 23.64	**
合計得点	(点)	53.36 ± 10.12	47.67 ± 8.72	50.28 ± 9.20	**

*p<.05 **p<.01

表3 全国平均と受講前後の体力測定値の比較（女子）

種 目	単位	全国平均2010 18歳	受講前	受講後	有意差
体脂肪率	(%)		27.58 ± 6.38	25.68 ± 7.86	**
握 力	(kg)	26.77 ± 4.89	27.68 ± 6.72	28.85 ± 8.08	n.s.
上体起こし	(回)	22.08 ± 5.62	23.27 ± 8.41	24.89 ± 8.01	*
長座体前屈	(cm)	46.76 ± 10.06	40.78 ± 9.86	43.58 ± 9.44	*
反復横とび	(回)	45.92 ± 6.79	49.27 ± 7.14	48.73 ± 6.04	n.s.
立ち幅とび	(cm)	165.86 ± 23.58	163.24 ± 20.23	162.97 ± 18.78	n.s.
ハンドボール投げ	(m)	13.87 ± 3.96	12.96 ± 3.72	13.91 ± 5.22	n.s.
50m走	(秒)	9.37 ± 1.15	9.36 ± 0.84	9.11 ± 0.94	**
20mシャトルラン	(回)	43.18 ± 16.40	45.97 ± 18.00	49.54 ± 17.81	*
合計得点	(点)	47.95 ± 10.77	47.19 ± 12.40	49.78 ± 12.10	**

*p<.05 **p<.01

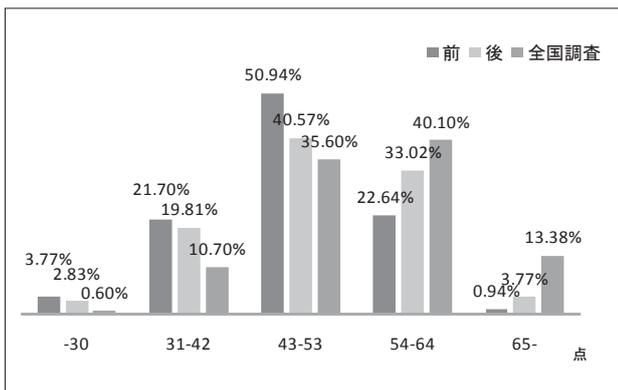


図1 男子の合計得点変化と全国調査

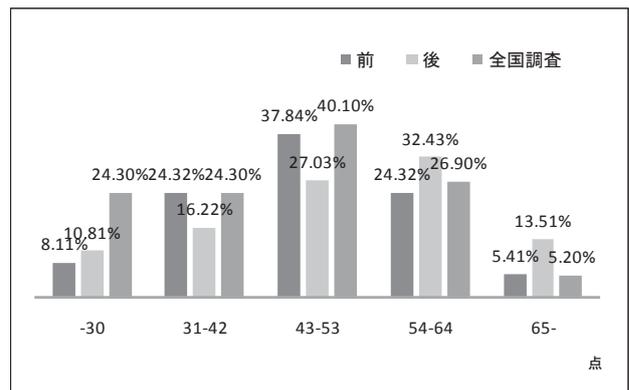


図2 女子の合計得点変化と全国調査

2. 男女における体力水準別の体力変化

男子上位群は「体脂肪率」「握力」「上体起こし」「長座体前屈」「立ち幅とび」「ハンドボール投げ」「50m走」の7項目で、受講後の平均値が受講前と比較して有意に向上していた（表4）。全国調査の結果より上回る項目は、受講前は「握力」「上体起こし」「反復横とび」

「50m走」「20m シャトルラン」の計5項目であり、受後も項目に変化はなかった。一方、男子下位群は「体脂肪率」「長座体前屈」「20m シャトルラン」の3項目で受講後の平均値が受講前と比較して有意に向上していた。しかし、全国調査の結果と比較すると受講後においても上回る項目はなかった。

フィットネスを取り扱った授業での体力変化

表4 体力水準別にみた授業前後における体力測定値変化 (男子)

		上位群 (n=61)			下位群 (n=45)		
		授業前	授業後		授業前	授業後	
体脂肪率	(%)	17.03 ± 5.48	14.46 ± 5.02	**	20.57 ± 7.76	17.87 ± 8.02	**
握力	(kg)	44.50 ± 6.23	43.62 ± 5.31	*	40.26 ± 5.32	39.71 ± 5.19	n.s.
上体起こし	(回)	32.03 ± 4.21	34.20 ± 4.17	**	25.76 ± 5.01	26.58 ± 5.28	n.s.
長座体前屈	(cm)	43.68 ± 7.83	47.45 ± 8.58	**	36.21 ± 10.87	40.66 ± 11.27	**
反復横とび	(回)	59.67 ± 14.97	58.67 ± 8.57	n.s.	51.29 ± 9.91	53.62 ± 4.79	n.s.
立ち幅とび	(cm)	212.48 ± 17.62	217.57 ± 16.96	**	193.76 ± 22.84	196.02 ± 18.91	n.s.
ハンドボール投げ	(m)	24.90 ± 3.93	25.74 ± 5.39	*	21.71 ± 5.10	21.66 ± 4.96	n.s.
50m走	(秒)	7.44 ± 0.48	7.26 ± 0.46	**	8.06 ± 0.58	7.93 ± 0.63	n.s.
20mシャトルラン	(回)	81.15 ± 20.31	84.07 ± 20.93	n.s.	59.31 ± 21.38	64.27 ± 22.48	**
総合得点	(点)	52.92 ± 6.71	55.72 ± 5.56	**	40.56 ± 5.51	42.91 ± 7.88	**

*p<.05 **p<.01

表5 体力水準別にみた授業前後における体力測定値変化 (女子)

		上位群 (n=18)			下位群 (n=19)		
		授業前	授業後		授業前	授業後	
体脂肪率	(%)	25.87 ± 4.81	24.66 ± 4.49	n.s.	29.20 ± 7.34	26.64 ± 10.13	*
握力	(kg)	30.77 ± 4.31	32.88 ± 6.82	n.s.	24.75 ± 7.36	25.03 ± 7.43	n.s.
上体起こし	(回)	28.44 ± 4.82	29.56 ± 6.26	n.s.	18.37 ± 8.21	20.47 ± 7.00	*
長座体前屈	(cm)	43.93 ± 10.21	46.33 ± 10.20	*	37.80 ± 8.74	40.98 ± 8.09	n.s.
反復横とび	(回)	53.39 ± 6.27	51.56 ± 4.46	n.s.	45.37 ± 5.63	46.05 ± 6.21	n.s.
立ち幅とび	(cm)	173.89 ± 15.90	172.50 ± 13.96	n.s.	153.16 ± 18.95	153.96 ± 18.57	n.s.
ハンドボール投げ	(m)	15.14 ± 3.39	16.54 ± 5.70	n.s.	10.89 ± 2.75	11.43 ± 3.22	*
50m走	(秒)	8.93 ± 0.42	8.69 ± 0.60	n.s.	9.77 ± 0.95	9.51 ± 1.05	*
20mシャトルラン	(回)	53.28 ± 18.52	56.22 ± 17.78	n.s.	39.05 ± 14.84	43.21 ± 15.79	*
総合得点	(点)	56.44 ± 6.01	57.17 ± 6.56	*	38.42 ± 10.27	42.79 ± 12.05	**

*p<.05 **p<.01

女子上位群は「長座体前屈」の1項目で受講後の平均値が受講前と比較して有意に向上していた(表5)。全国調査の結果より上回る項目は、受講前は「握力」「上体起こし」「反復横とび」「立ち幅とび」「ハンドボール投げ」「50m走」「20mシャトルラン」の計7項目であり、受講後も項目に変化はなかった。一方、女子下位群は、全ての項目で改善傾向な中、「体脂肪率」「上体起こし」「ハンドボール投げ」「50m走」「20mシャトルラン」の5項目で受講後の平均値が受講前と比較して有意に向上し、全国調査の結果より上回る項目は、受講後「反復横とび」「シャトルラン」だった。

考 察

一般的に筋力や有酸素能力といった体力向上にはある程度の頻度が必要とされる。ACSM (16) のガイドラインによれば、全身持久力の維持・向上には中強度の有酸素(持続: endurance)運動を最低30分・週5日、もし

くは高強度(vigorous)有酸素運動を最低20分・週3日を推奨し、さらに筋力と耐用性を維持・増加させるため、少なくとも週2回は身体の大きな筋肉の運動を行うべきである。レジスタンストレーニングについては、週2回以上の頻度が必要であり(17, 18)また、SAQトレーニングについても、週2回程度の頻度で行うことが望ましいとしている(19)。

一方でウォーキング授業やエアロビクス授業の研究結果では、体脂肪の減少や柔軟性の向上が認められ(20, 21)、最大酸素摂取量に有意な差が得られている(22-24)。また、週1回の筋力トレーニングによって筋力の顕著な向上(25)、8週間のサーキットトレーニングで体力の増強(26)、週1回5週間のトレーニングで体力の向上(27)、準備運動にラダートレーニングを取り入れるだけでも筋力、敏捷性が向上した(28)。さらに、通年で体力トレーニングを行う体育授業では、筋肉量やフィットネススコアは有意な変化は見られなかったものの増加傾向にあった(29)。本研究でも先行研究と同じ

ように合計得点では有意な差が得られた。

大学入学時の体力を規定する因子は、身長、体重、皮下脂肪厚と示されており(30)本研究でも体脂肪率の低下が見られ、体力変化の一要因と考えられる。体脂肪率は運動習慣だけでなく食習慣などの日常生活も関わるが今回は食習慣を調査してないため、日常生活の変化は分からない。調査を春学期に行ったため、学生生活が大きく変化している時であったため、授業のみの変化とは言いつれない。

体力評価項目のうち授業内容で網羅しているのは、筋力、筋持久力、全身持久力、敏捷性、巧緻性であった。筋パワーにアプローチする直接的な実技を行っていないにも拘わらず、立ち幅とびで有意な変化が認められたのは、筋持久力をポイントとした授業で扱ったスクワットだけでなく、クラブ活動等の影響も考えられる。筋パワーに直接アプローチするスクワットジャンプやプライメトリックトレーニングなどは、安全面の配慮から実際には行っていない。

実施前後で有意な差を得られながらも新体力テストの合計得点では、Bランク以上に入った学生は男子37%、女子46%だった。全国調査と比較すると男子は受講後も低い傾向が窺え、女子は全国平均より高い傾向にあった。

上位群と下位群の授業内容は、実技で「セット数を少なくする」「セット間を長くする」「負荷を軽くする」といった配慮を行ったが、上位群の男子学生は向上している項目が多く、女子学生は向上している項目が少なかった。一方で下位群の女子学生が向上している項目が多く、男子学生は向上している項目が少なかった。これは全国調査と比較し、男子は低体力の傾向があったためではないかと推察される。女子と男子では同じ授業を行っても捉え方が異なることが示唆され、授業方法など異なる工夫が必要である。

今後の課題として、対象群をつくることのできないことから、学生の部活動状況や日常の運動時間を調査を行ってきたい。

まとめ

本研究で学生の平均体力は、18歳水準を超えることが出来なかったものの、その効果は認めらることから今後、体力を年齢水準に近づけていける可能性を秘めている。また、高校までの項目を主眼に置いた体育とは異なる視点で自分の体を考える意識を高めるきっかけを作ること、初年次教育として学生自身の将来を見据えたテーマの一つになり得ると考える。さらには、継続して体力向

上を行うことが出来るよう2年次以降の選択授業の開講等で、学生の健康状態の向上、体力維持について大学(健康・保健センター、学生部など)が一丸となり取り組むべき課題と考える。

要約

フィットネスの理論と実技を取り入れた授業で学生に体力の変化があるかどうかを検討した。被験者は143名(男子106名女子37名)平均年齢、男子 18.5 ± 0.58 歳、女子 18.8 ± 0.45 だった。測定項目は体脂肪率、握力、上体起こし、長座体前屈、反復横とび、立ち幅とび、ハンドボール投げ、50m走、シャトルランを行った。t検定の結果、男子7種目(体脂肪率、握力、上体起こし、長座体前屈、立ち幅とび、50m走、20mシャトルラン)、女性5種目(体脂肪率、上体起こし、長座体前屈、50m走、20mシャトルラン)で有意な差が得られた($p < 0.05$)。週に1回の授業でも体力向上を示唆した。

引用文献

- 1) 石井秀宗, 柳井晴夫, 椎名久美子, 前田忠彦, 鈴木規夫, 荒井克弘, 大竹洋平, 2005, 大学生の学習意欲と学力低下に関する教員の意識についての調査研究, 大学入試センター研究紀要, 34, 19-58.
- 2) 石井秀宗, 椎名久美子, 前田忠彦, 柳井晴夫, 2007, 大学教員における学生の学力低下意識に影響する諸要因についての検討, 行動計量学, 34(1), 67-77.
- 3) 私立大学情報教育協会, 2008, 大学教育と情報17(1) 17-28.
- 4) 近田政博, 2004, 初年次教育の日米比較—特質と課題—, 大学教育学会誌, 26(1), 44-49.
- 5) 笹原比佐子, 大岩雅子, 河村誠, 笹原英夫, 2006, 大学における体育の意義について. 大学体育学, 3, 15-23.
- 6) 則元志郎, 西田明史, 水月晃, 柿原一貴, 笠井妙美, 田中靖久, 2009, 大学体育における知識, 能力の形成(1)—大学入学時における保健体育教科の知識・実践力の実態と大学体育の課題—, 熊本大学教育学部紀要, 58, 21-30.
- 7) 奈良雅之, 小原晃, 錦織由紀, 2000, 大学体育実技における授業の目標と成績評価に関する調査研究—学校類型による比較検討—, 大学教育学会誌, 22(2), 155-161.

- 8) 西田明史, 笠井妙美, 水月晃, 柿原一貴, 則元志郎, 2011, 大学体育における知識, 能力の形成(2) - 一般的な体育実践の実態と課題 -, 永原学園, 西九州大学短期大学部紀要, 41, 25-33.
- 9) 水月晃, 笠井妙美, 西田明史, 柿原一貴, 則元志郎, 2009, 大学体育における知識, 能力の形成(3) - 生涯スポーツ実践に向けた実験的授業 -, 熊本大学教育学部紀要, 58, 31-40.
- 10) 笠井妙美, 西田明史, 水月晃, 柿原一貴, 則元志郎, 2010, 大学体育における知識, 能力の形成(5) - 基礎的な戦術を内容とした実験授業 -, 東海大学紀要農学部, 29, 35-40.
- 11) 文部科学省, 2011, 体力・運動能力調査. 政府統計.
- 12) 田崎健太郎, 進藤正雄, 杉本光公, 布目靖則, 鍋山隆弘, 1999, 筑波大学新入生の体力, 運動能力測定値の推移, 垂直飛び, 12分間走, 立位体前屈に着目して, 大学体育研究, 21, 61-77.
- 13) 松元剛, 2002, 大学生の体力の年次推移—筑波大学一, 体育科学52(1), 48-51.
- 14) 文部科学省編, 2009, 新体力テスト, ぎょうせい, 東京.
- 15) 笹川スポーツ財団編, 2010, 青少年のスポーツライフ・データ2010-10代のスポーツライフに関する調査報告書, 笹川スポーツ財団, 東京, 24-27.
- 16) American College of Sports Medicine. 1998, Position Stand: Exercise and physical activity for older adults. Med.Sci.Sports Exerc. 30, 992-1008.
- 17) 特定非営利活動法人 NSCA 編, 2005, ストレング ストレニング&コンディショニング I 理論編, 大修館書店, 東京, 100-107.
- 18) NPO 法人日本トレーニング指導者協会編著, 2011, トレーニング指導者テキスト実践編, 大修館書店, 東京, 46.
- 19) 日本 SAQ 協会編, 1999, スポーツスピード養成 SAQ トレーニング, 大修館書店, 東京, 4.
- 20) 西村千尋, 岡崎寛, 2002, 体育実技におけるウォーキングの実施とその効果について, 体育・スポーツ教育研究, 2(1), 24-30.
- 21) 佐々木玲子, 小森康加, 田中信明, 鈴木智子, 1999, 週1回の体育実技における運動継続実施が及ぼす効果について - 「エアロビクス」履修女子学生を対象とした実態調査 (I) -, 体育研究所紀要, 38, 57-65.
- 22) 大浦隆陽, 宮嶋郁恵, 鳩野修二郎, 羽床慶子, 城石明子, 徳島了, 1988, 本学学生の体力の実態 (II) - 一年間の体力変化から -, 福岡女子短大紀要, 35, 27-40.
- 23) 宅島章, 吉水浩, 1995, 大学体育実技における身体活動水準が女子学生の形態および Maximal Aerobic Power に及ぼす影響, 久留米大学保健体育センター研究紀要, 3(1), 27-35.
- 24) 西村千尋, 上濱龍也, 2003, 週1回の体育実技が履修学生の全身持久力に及ぼす効果について, 長崎県立大学論集, 34(4), 281-287.
- 25) 林直亨, 宮本忠吉, 2009, 週1回の大学授業における筋力トレーニングが筋力に与える影響, 体育学研究, 54, 137-143.
- 26) 内田英二, 神林勲, 2006, 週1回8週間のサーキットトレーニングが大学生の体力および感情に与える影響, 体育学研究, 51, 11-20.
- 27) 木村瑞生, 北均, 五十嵐桂一, 1996, 週1回の筋力トレーニングの効果 - 体育スポーツ理論・実習の授業結果 -, 東京工芸大学工学部紀要, 19(1), 9-14.
- 28) 角南良幸, 村上清英, 大隈節子, 中山正剛, 2008, 体育実技における準備運動の活用が SAQ 関連体力に及ぼす影響について, 体育・スポーツ教育研究, 9(1), 5-13.
- 29) 高丸功, 2007, 大学体育実技「体力トレーニング」受講学生の身体変化について, 学習院大学スポーツ・健康科学センター紀要, 15, 13-20.
- 30) 村岡康博, 小宮秀一, 淵上明子, 1991, 大学入学時の体力を規定する社会心理的要因, 健康科学, 13, 59-65.

紀 要 委 員 会

委員長	片野	學
委員	椛田 聖	孝
	米田 一	成
	笠井 妙	美

EDITIONAL COMMITTEE OF PROCEEDINGS

Chairman	Manabu Katano
Member	Kiyotaka Kabata
	Kazunari Yoneda
	Taemi Kasai

Published by
School of Agriculture, Tokai University
Minamiaso-mura, Aso-gun, Kumamoto, 869-1404
Japan

東 海 大 学 紀 要 農 学 部

第32卷 2013

2013年3月15日発行

発行所 東海大学農学部
〒869-1404 熊本県阿蘇郡南阿蘇村河陽
電話 0967(67)-0611(代)

印刷所 有限会社ベストプロセス
〒862-0938 熊本県熊本市東区長嶺東8丁目13-17
電話 096(388)-0889

PROCEEDINGS OF SCHOOL OF AGRICULTURE TOKAI UNIVERSITY

Vol. 32 2 0 1 3

- Abnormal Formation of the Spinal Cord and the Spine due to Diastematomyelia in a Japanese Brown Calf
..... Kaori Tokudome, Tatsuo Kawarasaki, Yasuo Moritomo, Yuko Kato, Toru Yanase.....1
- Studies on the proliferation and functionality of Suizenjinori (*Aphanothece Sacrum* (Sur.) Okada)
indigenous to Japan in Kogane river
..... Tomoyoshi Uchihira, Shinji Naitou, Chikako Masuoka, Chinobu Okamoto, Shin Yasuda,
Hideji Yamashita, Keiji Igoshi, Masateru Ono and Kiyotaka Kabata.....7
- Determination of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging capacity and total phenolic content
in four different *igusa* cultivars in Japan
..... Shin Yasuda, Takahiro Yamamoto, Manami Saiki,
Masateru Ono, Keiji Igoshi and Kiyotaka Kabata.....13
- The Acquisition of Knowledge and Ability through the University Physical Education (7)
– The Class that Adopted a Theory and a Practical Skill of the Fitness –
..... Taemi Kasai, Akihito Nishida, Kazutaka Kakiyama,
Shiro Norimoto and yoshiko Nakaguma.....19