

Information

Hiroshima University has granted the Doctor's degree to the following researchers.

The list is only concerned with the Graduate School of Biosphere Science.

DEPARTMENT OF BIORESOURCE SCIENCE

DEPARTMENT OF BIOFUNCTIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL DYNAMICS AND MANAGEMENT

DISSERTATION PhD

S. reticulatus

S. reticulatus

S. reticulatus

S. reticulatus

S. reticulatus

S. reticulatus

Key words *Semicossyphus reticulatus*

animals in Asian waters

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

アジア海域における大型クラゲ類と他動物との共生に関する生態学的研究

近藤 裕介

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

1

2
Cephalolepidapedon saba *Opechona olssoni* *Lepotrema clavatum*,
Chrysaora pacifica *Cyanea nozakii* *Aurelia aurita*
C. nozakii *A. aurita* *C. pacifica*.
C. nozakii *Cyanea*
nozakii

Psenopsis anomala *Thamnaconus modestus*
Trachurus japonicus

3
T. japonicus *Aequorea macrodactyla*, *A. aurita*
, *C. nozakii*, *Netrostoma setouchianum*, *Morbakka virulenta*
P. anomala
M. virulenta *A. aurita* , *Nemopilema nomurai*, *Sandria malayensis*
Alepes djedaba

A. maculosus, *L. robustus* *Chrysaora chinensis*

4

Charybdis feriata
Ophiocnemis marmorata

Latreutes anoplonyx

L. robustus A.

5

T. japonicus

P. anomala

C. feriata

C. feriata

6

L. robustus

A. djedaba, C. feriata, L. anoplonyx

O. marmorata

O. marmorata

Key words

Study on the symbiotic relation of free-roaming cats and humans in old town Onomichi, Hiroshima prefecture, Japan

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

広島県尾道市旧市街地における自由徘徊ネコとヒトとの共生に関する研究

妹尾 あいら

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

第 章 序論

近年全国でネコの街が話題となり、自由徘徊ネコとのふれあいを求める観光客が数多く訪れるようになってきている。しかしその一方で、ネコの糞尿や人獣共通感染症など公衆衛生の悪化が問題となっている。ヒトと自由徘徊ネコとの関係は、観光資源としてのネコの経済効果やネコとのふれあいを通して得られる癒しの効果などヒトにとって有益な関わりと、ネコによる糞尿被害、人獣共通感染症、ダニやノミの発生などヒトにとって有害な関わりについて、受益者と被害者の間の利害対立として取り上げられてきたが、動物福祉など、ネコ側の視点からヒトと自由徘徊ネコとの関係が注目されることはほとんどなかった。そこで本研究は、尾道市旧市街地に生息する自由徘徊ネコを 年間にわたって調査することで、今後のヒトとネコの共生のあり方について考えることを目的とした。

第 章 尾道市旧市街地の自由徘徊ネコの福祉について個体数の経年変化を通して考える

近年わが国では、自由徘徊ネコを観光資源として地域活性に利用する動きがあるが、その一方でネコの福祉の現状については明らかになっていない。そこで本研究は、自由徘徊ネコが多く生息する尾道市旧市街地において、年間にわたりネコの個体数の変化を調べることで、ネコの福祉の状況を明らかにすることを目的とした。旧市街地を山手地区と商店地区に分け、ルートセンサス法を用いて月に 回調査を行った。調査 年目に、山手地区に 頭、商店地区に 頭ものネコが生息していることが明らかとなった。またその多くが野良ネコであった。 年後に生息を確認できた個体は 頭と 頭だけであった。観察されなくなったネコの多くは、病気や怪我によって地区内で死亡したものと考えられた。以上の結果から、旧市街地に生息する野良ネコの福祉の状況はかなり深刻であることが明らかとなったので、今後は繁殖の制限とともに健康管理の必要性が指摘された。

第 章 尾道市旧市街地の自由徘徊ネコの福祉について給餌行為を通して考える

都市部の住宅街や観光地に生息する野良ネコは、一部住民や観光客が与える餌に依存していると考えられている。そこで本研究は、山手地区の つの給餌場所で餌を与えられている給餌個体と、給餌場所には来ない非給餌個体の間で福祉の状態と行動を比較することを目的とした。その結果、給餌個体は 頭で非給餌個体は 頭であった。給餌個体の方が非給餌個体よりも健康に問題のある個体の割合が有意に低かった。一方で、給餌個体の方が非給餌個体よりも人馴れしている個体の割合が有意に高く、給餌行為によって野良ネコが居着くことが示唆された。以上の結果から、健康管理と不妊去勢手術を伴った継続的な給餌は、ネコの健康と福祉の状態を良好にすることが示唆されたが、その一方で給餌行為は特定の地域に多数のネコを棲み着かせてしまうので、糞尿被害などの地域の問題に発展することが危惧された。

第 4 章 尾道市旧市街地の自由徘徊ネコによる糞尿被害の軽減について酢酸及びイソ吉草酸を含有した忌避剤の効果の検証を通して考える

近年、自由徘徊ネコによる糞尿被害が深刻化し、社会問題にまで発展している地域もある。その解決の一助として、効果的なネコ用忌避剤を開発することが考えられる。そこで本研究は、自由徘徊ネコが多く生息している山手地区の 2 つの寺院において、酢酸及びイソ吉草酸を含有する忌避剤が自由徘徊ネコの侵入行動と排糞行動を抑制する効果を検証することを目的とした。対照期間を経て、忌避剤の試験期間を約 1 か月間設けた。その結果、忌避剤は侵入回数を有意に低下させることができた。また墓地に設置した忌避剤はネコの排糞量を有意に減少させた。しかし、忌避剤の臭いがヒトにも不快感を与えることから、臭いの改善が必要であることが指摘された。

第 5 章 尾道市旧市街地の自由徘徊ネコによる糞尿被害の軽減について酢酸、イソ吉草酸及びシトラールを含有した忌避剤の効果の検証を通して考える

第 4 章において効果の認められたネコ用忌避剤にシトラールを添加することでヒトに対する不快臭の低減を試みることを目的とした。実験は第 4 章の 2 つの寺院で実施した。対照期間（忌避剤設置前期間）、ダミー期間（忌避成分を含まないダミーの忌避剤設置期間）を経て、シトラール添加忌避剤設置期間を約 1 か月間設けた。その結果、シトラール添加忌避剤は、添加しない忌避剤と同様にネコの侵入行動に対して一定の抑制効果を示したが、排糞行動に対する効果は若干不安定であった。以上の結果から、ヒトが頻繁に立ち寄る場所ではシトラール添加忌避剤を設置することで、ある程度の効果があるものと考えられた。

第 6 章 総括

以上の研究結果を踏まえて、今後の旧市街地の自由徘徊ネコ対策を提案する。まず自由徘徊ネコの個体識別と生息個体数の調査を行い、ヒトに対する馴れの程度と外貌による健康状態の評価（福祉の評価）を行う。人馴れし不妊去勢手術を受けていない個体は、手術とともに血液検査を行う。また病気や怪我をしている人馴れ個体は治療する。人馴れした健康個体は動物愛護センターを通して里親募集を行う。人馴れしておらず不妊去勢手術を受けていない個体は、動物愛護センターの協力を得て捕獲して血液検査をする。伝染性の病気に罹患している個体は動物愛護センターで安楽死処分する。一方で人馴れしておらず伝染病に罹患していない個体は、手術後に元いた場所に戻し、その後は地域猫活動によって飼育管理する。その結果、人馴れした個体には里親を募集する。観光客と一部住民によって行われてきた野良ネコへの給餌を規制し、無人の餌販売所を設置し、餌から得た収入は活動に還元する。ネコ用忌避剤とネコ用公衆トイレを旧市街地の公園や公共施設に設置し、トイレへの誘導訓練をする。以上の活動の結果、ネコの個体数は減少すると予想されるので、観光資源としてのネコは自由に徘徊している飼いネコを対象とする。以上の活動を実施するためには、地域住民、尾道市、尾道観光協会、動物愛護団体、広島県動物愛護センター、大学の研究者などの連携による協働型運営が必須条件である。

キーワード：自由徘徊ネコ、動物福祉、共生、地域猫活動

A study on stock structure of the oval squid *Sepioteuthis* spp. around Japan

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima, 739-8528, Japan

日本沿岸におけるアオリイカ属の資源構造に関する研究

筈野 哲史

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

漁業に代表される海産生物資源は人類の食料保障を支えているが、世界の海面漁獲量は過去 10 年間で減少傾向である。それに反してイカ類は、近年の急激な需要増加に伴い、過去 10 年間で漁獲量は約 2 倍まで増えた。日本は世界有数のイカ消費国であり、イカ類は国民の重要なタンパク源となっている。本研究対象種であるアオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* は美味であり、「イカの王様」として愛されている。漁業においては商品価値がイカ類の中で最も高く、1kgあたり 1000 円以上で取引されている。ただし、「アオリイカ」と呼ばれるイカには、別種レベルの遺伝的差異を有するアカイカ *Sepioteuthis* *orientalis*、シロイカ *Sepioteuthis* *owstoni* およびクアイカ *Sepioteuthis* *owstoni* の種類の存在が報告されている。

アオリイカ 種は分類形質に乏しいため、種判別にはタンパク質の電気泳動多型であるアロザイム分析が用いられてきた。しかし、アロザイム分析はサンプルの保存状態や発生段階により再現性が低下する。その点、マイクロサテライトマーカーは組織や発生段階による制約がないため、イカ類を含む多くの生物の種同定に用いられている。このようにマイクロサテライトマーカーは本邦産アオリイカ属 種の種判別に有効と考えられるが、現在まで報告されていない。さらに、アオリイカ 種の分布や漁獲物の種組成といった資源保全に必須な基本情報は南西諸島に限られており、本州、四国、九州では不明であった。加えて、野生集団の保全や管理を行う上で、遺伝的な交流がある繁殖集団を把握することは極めて重要である。そのため、繁殖単位を構成する集団の数や集団間の遺伝的差異を調べ、集団構造を明らかにすることが必要である。

本博士論文では、アオリイカ属の遺伝学的解析ツールを新規開発する事によって、日本沿岸における資源貢献および遺伝学的集団構造を定量化し、日本沿岸におけるアオリイカ属の資源構造を明らかにすることを目的とした。研究対象として、特に、本州沿岸で優占すると期待されるアオリイカ属アカイカとシロイカを対象とした。

第 2 章では、再現性の高く、かつ高感度なマイクロサテライトマーカーを新規開発した。ミトコンドリア (mtDNA) では、マイクロサテライトマーカーに用いられるシトクロームオキシゲナーゼサブユニット (COI) 領域の部分配列において、両種間での塩基置換が多く見られ、種判別に有効であることが示された。アカイカおよびシロイカの各ゲノムから単離されたマイクロサテライト (microsatellite) マーカーはいずれも多型に富み、遺伝的多様性の評価に有用であることが示された。さらにシロイカから単離されたマーカー座をアカイカで増幅させたところ、アレルレンジに差異がみられ、種判別に有効であることが示唆された。上記のマイクロサテライトマーカーはいずれも、卵および筋肉組織で使用可能であり、発生段階や保存方法に影響されなかった。

第 3 章では、日本沿岸 海域から採集された約 100 個体のアオリイカ属を、第 2 章で開発したマイクロサテライトマーカーによって種判別し、アカイカとシロイカの分布と資源貢献を調べた。その結果、日本沿岸ではシロイカが主な漁業対象種であるが、種子島と屋久島 (大隅諸島) ではアカイカが大きく資源に貢献していた。またクアイカは種子島、屋久島および和歌山から発見されたが、個体数が非常に少ないため資源への貢献度は低いと

いえる。さらに、ゲノム マーカーにて雑種が検出されなかったため、アカイカとシロイカは同所的に生息しながらも生殖隔離していることが追認された。大隅諸島では、アカイカ成体は全水深帯で採集された一方、シロイカの成体は 以浅のみ採集され、両種は生息水深が異なることが示唆された。さらに、両種の性成熟サイズ（外套背長）にも違いがみられ、雌雄ともにアカイカの方が大型になることが明らかになった。

第 章では、第 章にて開発した マーカーを使用し、アカイカおよびシロイカの遺伝的多様性と集団構造の定量を行った。まずシロイカでは、 マーカー座を用いて本州、四国、九州から採集された 海域 個体を解析した。その結果、日本沿岸のシロイカ集団が持つ遺伝的多様性は平均ヘテロ接合度の観測値 (H) で 、平均アレル数 (N) で となり、地域集団間で同等であった。また、有意な遺伝分化が認められなかったことから、日本沿岸のシロイカは移動回遊によって集団間での遺伝子流動が活発であることが示唆された。アカイカでは、 マーカー座を用いて台湾から和歌山まで 海域から採集された 個体を解析した。アカイカが示した遺伝的多様性は H および N となり、集団間で同等の値となった。一方、台湾から本州にかけて有意なアカイカの集団構造が示され、大きく つのグループ（和歌山、屋久島と種子島、沖縄と石垣島、台湾）に大別されることが示唆された。ただし、すべてのペア集団間においても有意な遺伝的差異が認められたため、独立性の高いローカルな繁殖集団が維持されていると考えられた。

本研究では、遺伝学的アプローチによって、アオリイカ属資源の現状の把握が可能となり、有効的な繁殖サポートが提示された。シロイカは集団構造を持たないため、日本沿岸で単一の資源として保全管理するのが妥当である。アカイカでは、日本沿岸では石垣、沖縄、種子島、屋久島、和歌山の集団を保全管理の単位とするべきである。両種は産卵水深に違いがみられたため、人工産卵床の設置水深を、優占種の産卵水深に合わせることで、より効率的な産卵促進が期待できる。アカイカでは、島嶼間の移動回遊は制限されることで地域ごとにローカル集団を形成していると考えられる。ローカルな繁殖集団において、人工的な産卵床設置などの繁殖サポートは、資源の維持増大に効果的であろう。特に、太平洋岸では人工産卵礁を水深 以浅と 付近の両方に設置することで、両種の産卵サポートを図ることが可能と思われる。

将来的には、本研究で開発された マーカーを用いて天然の産出卵から間接的に親イカの数や遺伝的多様性を定量化することも可能であろう。さらに、本研究で得られた地域集団の遺伝的多様性の情報を合わせることで、アオリイカ属の遺伝資源モニタリングへ応用できる可能性も秘めている。アオリイカ属は日本以外でも重要な漁業対象種であるため、本研究で明らかとなったアオリイカ属の資源構造が、他海域での資源構造の解明へ波及する可能性を秘めている。さらには、本研究が他のイカ類の資源構造解析への応用へと発展することを切に願う。

キーワード：アオリイカ属，マイクロサテライト ，ミトコンドリア ，遺伝的多様性，集団構造

Improvement of Thai Farmers' Livelihood through Alternative Rice Farming: A Case Study of Japonica Rice in the Northern Thailand

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

代替稲作によるタイ農民の生計向上 北部のジャポニカ米生産の事例研究

カノオン シーマノン

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

Keywords:

Studies on the utilization of phytol in forages for ruminant production

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

粗飼料中フィトールの反芻家畜生産への利用に関する研究

呂 仁龍

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

in vitro

Studies on Utilization of Japanese Pepper Seeds as Feed Additives in Broiler Chicks

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

ブロイラーヒナ用飼料添加剤としての山椒種子の利用に関する研究

クシュディル マルーフ
広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

1. Acute Effects of Supplemental Japanese Pepper Seed on Feed Intake and Physiological Parameters in Broiler Chicks

×

2. Effects of Supplemental Japanese Pepper Seed on Growth Performance and Physiological Parameters in Broiler Chicks

3. Effects of Supplemental Japanese Pepper Seed on Muscles and Gastrointestinal Tracts in Broiler Chicks

”

“

4. Effects of Supplemental Japanese Pepper Seed on Thermoregulation and Blood Monoamines in Heat Exposed Broiler Chicks

o

Conclusion

Key words

Taxonomic studies on monogeneans parasitic on cyprinids and alien freshwater

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

日本産コイ科魚類および外来魚に寄生する単生類の分類学的研究

新田 理人
広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

*Ligictaluridus pricei, Unilatus unilatus, Unilatus brittani,
Trinigyrus peregrinus, Heteropriapulidus heterotylus Salsuginus seculus
Dactylogyrus squameus, Bivaginogyrus obscurus, Ancyrocephalus pseudorasboraie Dactylogyrus
bicorniculus D bicorniculus*

*Dactylogyrus squameus Bivaginogyrus obscurus Ancyrocephalus pseudorasboraie
Pseudorasbora parva
Pseudorasbora pumila Dactylogyrus
squameus B obscurus*

*Dactylogyrus bicorniculus
atremius*

*D bicorniculus
a atremius*

Ligictaluridus pricei

Ictalurus punctatus

heterotylus

Unilatus unilatus *U. brittani* *Trinigyrus peregrinus* *Heteropriapulus*
Pterygoplichthys disjunctivus

Salsuginus seculus

()

-

-

Key words

Studies on the Sperm Storage Mechanism in the Hen Oviduct

ANQI

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

ニワトリ卵管における精子貯蔵機構に関する研究

コウ アンキ

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

1. Protein and gene expression of carbonic anhydrase 2 (CA2) in the UVJ of oviduct: comparison between before and after AI, and the correlation with aging and fertility

CA2

CA2

2. Expression of lipases and lipid receptors in sperm storage tubules and the possible role of fatty acids in sperm survivability in the hen oviduct

FAT/CD36

ATGL

ATGL

3. Changes in the localization and density of CD63-positive exosome-like substances in the hen

Conclusion

Stabilization of freeze-dried *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* JCM 8130^T

Study on the intestinal barrier recovering effects by a gut microbial metabolite

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

腸内細菌代謝産物の腸管保護作用に関する研究

宮本 潤基

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

我々の腸管は「内なる外」とも呼ばれ、食品の消化吸収を司ると同時に食品抗原や細菌などに常に暴露されていることから、生体最大の免疫器官としても機能している。また、近年では、「腸内細菌学」の発展によって、腸管内での腸内細菌叢の全容とその機能性が明らかとなり、腸内細菌叢の変化が種々の疾患の発症・増悪（炎症性疾患、代謝性疾患や自己免疫疾患など）に寄与することが明らかになりつつある。しかしながら、このような腸内細菌叢の破綻が宿主側にどのように寄与しているのか、すなわち、宿主と腸内細菌との相互作用の分子メカニズムまでは不明なままであった。

本研究では、食事脂質中のリノール酸由来腸内細菌代謝産物群の一つである（*cis*）が腸内環境と宿主を繋ぐ分子実体として、経路を介した腸管バリア保護作用に寄与することを明らかにした。

腸内細菌代謝産物の腸管バリア保護作用の解析

腸内細菌代謝産物群の腸管バリア保護作用を検討するためにヒト腸管上皮様細胞株細胞をに培養することで検討した。細胞を炎症性サイトカインである（）と（）で刺激することでバリア損傷を誘導した。腸管バリア機能の指標は、経上皮電気抵抗（）、透過量および培養上清中の（）の濃度で評価した。および刺激により（）の減少、（）の透過量亢進および（）産生の亢進が見られたが、（）の添加によりそれぞれ有意に抑制された。一方、他の腸内細菌代謝産物群には、改善作用は確認されなかった。（）の腸管バリア作用のメカニズムを解明するため、タイトジャンクション関連因子の発現量を解析した。その結果、炎症性サイトカインによって（）および（）発現に変化が確認されたが、（）はそれらを正常レベルにまで改善した。従って、（）は腸管バリア保護作用を有することが示された。

HYA の腸管バリア保護作用におけるシグナル解析

腸管バリア保護作用のメカニズムをさらに検討するために、炎症促進シグナルである（）に着目した。その結果、炎症性サイトカインによって、（）の発現量と（）の阻害タンパク質（）のリン酸化がそれぞれ亢進したが、（）の添加によってそれらが正常レベルにまで改善した。また、（）を細胞に作用させることで、（）の受容体である（）受容体（）の発現増加を誘導することが知られており、実際に、（）と（）の発現の増加を確認した。一方、（）は（特に、（））の発現を有意に改善した。従って、（）は腸管上皮細胞の（）発現を制御し、（）の活性化を抑制することで腸管バリア保護作用を発揮することが示唆された。

次なる検討として、（）の受容体を明らかにすることを目的に解析を行った。長鎖脂肪酸受容体として同定されている（）、（）や（）、あるいは短鎖脂肪酸や中鎖脂肪酸の受容体の発現を解析した結果、（）を処理することで（）の発現量が亢進することが明らかとなった。（）はヘテロ量体のタンパク質のサブユニットとして（）に結合し、細胞内カルシウム（）を流入するため、（）細

胞にリノール酸、あるいは を作用さようさせることで を確認した。その結果、リノール酸と で の流入が確認され、その作用は の強いことが示された。そこで、 強制発現細胞を用いて アッセイを検討結果、 は に対して高い親和性を示し、その作用は内因性リガンドであるリノール酸よりも顕著であった。また、 の腸管バリアへの影響を検討するために、 である を用いて検討した。その結果、 存在下では、 の腸管バリア機能改善作用が消失し、 発現制御作用も消失した。さらに、 シグナルの腸管バリアへの寄与を明らかにするために、 経路に着目した。 タンパク質と共役した は、 の流入による 経路を活性化する。 は濃度依存的、処理時間依存的に のリン酸化を促進しており、そのリン酸化レベルは、 あるいは である 存在下で消失した。加えて、 存在下でも、 の腸管バリア保護作用および 発現制御作用も消失した。すなわち、 は腸管上皮細胞における 経路を介して、 発現を制御することで、腸管バリア保護作用を発揮することが示された。

HYA の腸炎改善作用

マウスに %デキストラン硫酸ナトリウム()を 日間自由飲水させ、腸炎モデルマウスを作製した。 投与開始 日前から解剖までの全 日間、毎日 ()を経口投与で与えた。腸炎症状は、体重減少、糞便スコア、大腸萎縮および組織学的スコアにより評価した。 投与群では、マウスの体重減少、糞便スコアの悪化、大腸の顕著な萎縮および大腸上皮の損傷が確認された。一方、 投与群ではこれらの症状を有意に改善した。また、タイトジャンクション関連因子の発現を検討した結果、 投与群で観察された および の発現異常を、 投与群は有意に改善した。また、腸管における 受容体の発現を解析した結果、 投与群で増加した 受容体の発現を、 投与群は有意に正常レベルにまで改善した(特に)。さらに、フローサイトメトリーにて腸管上皮細胞に発現する の割合を検討した結果、 投与群で 陽性腸管上皮細胞の割合も減少していた。さらに、免疫蛍光染色で、腸管組織の 陽性細胞を検出した結果、 投与群で増加した 陽性細胞の割合を、 投与群は有意に改善した。すなわち、 は腸管上皮細胞の 発現を制御することで、腸管バリア保護作用を発揮し、 誘導性腸炎モデルマウスの症状を改善することが示された。

本研究では、新規の腸内細菌代謝産物の腸管バリア保護作用とそのメカニズムを明らかにした。本成果は、腸炎疾患のみならず、腸管バリア破綻に起因する様々な疾患の予防・緩和に寄与する有用な機能性食品の開発に繋がると考えられる。また、 は腸管ホルモン分泌やインスリン分泌などの代謝改善作用に関する報告が主であったが、腸管バリアに寄与する新たな知見を提供した。以上のように、本研究は腸内細菌代謝産物の腸炎抑制メカニズムを解明したのみにとどまらず、将来的には腸管バリアの破綻に起因する疾患の予防・治療に寄与すると考えられる。

Key words : 腸内細菌代謝産物、タイトジャンクション、腸管バリア

Elucidation of high accumulation mechanism of ascorbic acid in tropical plants

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

熱帯植物のアスコルビン酸高集積機構の解明

近藤 隆之

広島大学大学院生物圏科学研究科,

東広島市

()

()

myo

Moringa oleifera

Malpighia glabra

Chapter 1. Structural analysis and mRNA expression of AsA biosynthesis enzyme genes in moringa.

Arabidopsis Arabidopsis thaliana

Arabidopsis

Arabidopsis

Chapter 2. Cloning and promoter analysis of 5'-upstream region of GMP and GGP genes in moringa and acerola.

Arabidopsis
Arabidopsis AtGMP MgGMP
Arabidopsis MgGMP
Arabidopsis MgGMP

Chapter 3. Analysis of transcriptional activating factor of acerola GMP gene.

Arabidopsis
MgGMP
MgGMP
MgGMP
MgGMP
MgGMP
MgGMP
AtGMP
MgGMP
MgGMP
MgGMP
MgGMP

Key words

Adaptation mechanisms of heme proteins from extremophiles

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

極限環境生物由来ヘム蛋白質の環境適応機構の解明

藤井 創太郎

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

【序論】

極限環境とは、ヒトが住めない環境である等の定義が為されており、温泉源などの高温酸性環境がこれに該当する。そのような環境中にも生命は確認でき、好熱菌などの原核生物や、酸耐性ユスリカなどの真核生物がこのような環境適応して生育することが報告されている。高温や酸性の条件は蛋白質を変性させる要因となるため、温泉環境に生育する生物は熱や酸に対して安定な蛋白質を有することが期待できる。本研究では、好熱菌や酸耐性ユスリカを由来とするヘム蛋白質に着目し、熱や酸に対してどのように適応しているか、それらの分子レベルの安定化機構を探る。本研究結果は、安定な機能性ヘム蛋白質の人工的デザインの基盤となりうる。

【好熱菌 *Hydrogenophilus thermoluteolus* 由来シトクロム *c* の高温適応機構の解明】

シトクロム *c* は細菌から見出されるヘム蛋白質の種であり、 Fe^{2+} 結合能を有する。当研究室では、至適生育温度 60°C の好熱菌 *Hydrogenophilus thermoluteolus* から新規のシトクロム *c* を見出し、 Fe^{2+} と名付けている。本項目では、 Fe^{2+} が高温環境に適応するために、どのような構造的特徴やガス結合能を有するかを調べた。比較対象として、至適生育温度 30°C の常温菌 *Allochromatium vinosum* 由来シトクロム *c* (HsC) を用いた。

スペクトルの Fe^{2+} を指標とした昇温実験を行うことで、熱安定性を測定した。その結果、HsC の方が HtC よりも安定性が高いことを見出した。HtC の X線結晶構造解析の結果から、ヘム周辺での相互作用や、サブユニット間での相互作用がその安定化に寄与することが示唆された。HtC のアミノ酸残基を HsC に近づけた変異体を作製して安定性を測定した結果、それらヘム周辺およびサブユニット界面の側鎖を HsC に近づけた際に安定性が大きく低下し、それらの相互作用が安定化に寄与することが明らかになった。

変異体の熱安定性は HsC の安定性に大きく近づいたが、HtC の変性温度には達しなかった。さらなる HtC の安定化要因を探るため、ヘムを除いたアポ型の蛋白質を作製し、アポ型でも構造を維持できるかどうかを調べた。すると、アポ型 HtC は、 Fe^{2+} スペクトルの測定により特徴的な負のピークが観測された。このピークは、HsC では観測されなかった。すなわち、HtC はアポ型でも構造を有し、ヘムに依存しないようなサブユニット内部の安定化機構もまた有する可能性が示唆された。

の立体構造から、チャンネルおよび配位型ヘムを有することが分かり、 Fe^{2+} や CO に対して結合できることが示唆された。蛋白質溶液に対して Fe^{2+} や CO を作用させると、その吸収スペクトルが特徴的なピークを示すことが分かり、 Fe^{2+} がこれらのリガンドに対する結合能を有することが示唆された。

についてその親和性を測定すると、HtC における Fe^{2+} の K_d に対する親和性は、HsC よりも低いという結果が得られた。これは、ヘム周辺の疎水性残基の違いが関与していると考察した。さらに、HtC では Fe^{2+} まで昇温した際にも Fe^{2+} 結合能を有するが、HsC では温度を上げると結合能を示さなかった。よっ

て、 は安定化することによって、高温環境でもガスを結合して機能していることが示唆された。

【酸耐性ユスリカ *Chironomus sulfurosus* 由来 Hb の酸適応機構の解明】

ヘモグロビン()は、生体内で を運搬して機能するヘム蛋白質である。 の 親和性には、温度や などが関与しており、特に低い では を結合しにくくなる(効果)。霧島山の河川から採集された酸耐性ユスリカ *Chironomus sulfurosus* の幼虫は の酸性水域に生息する。すなわち *C. sulfurosus* は、 効果に対して適応するような 親和性の高い を有することが考えられる。本項目では、*C. sulfurosus* 由来 に着目し、その立体構造からの酸性環境への適応機構を調べた。

C. sulfurosus の成虫を形態から同定し、その成虫から受精卵を得た。この卵塊から幼虫を孵化させ、酸性()および中性()の飼育環境中で、第 齢まで飼育した。それぞれの幼虫体液を用いて をすることにより、酸性と中性環境で発現する の量や種類に違いがあることを見出した。それらが遺伝子レベルでも発現量に違いがあるかどうかを調べるため *C. sulfurosus* 幼虫から全 を抽出し、次世代シーケンス()によって全遺伝子の発現量を比較した。その結果、 遺伝子を 種類同定することができ、そのうち約 種の 遺伝子の発現量が酸性条件で上昇した。そして 種類の発現量が低下し、残り 種類の 発現量は変化しなかった。 の蛋白質の三次構造を予測することにより、酸性環境で発現が誘導される はヘム周辺がより疎水的である特徴があり、より安定性の高い成分が発現していることが明らかとなった。以上の結果から、*C. sulfurosus* 幼虫は、酸性環境に適応するために、ヘム周辺の疎水性度を上げた安定性の高い を有しており、さらにそれらを転写レベルで制御していることが明らかとなった。これら酸性条件で発現量が上昇した がボーア効果に対して耐性を有することが期待できるため、今後の展望としてこれら を用いた 親和性の解析が望まれる。

【総括・展望】

好熱菌由来のシトクロム *c* である は、常温菌由来の よりも高い安定性を有しており、その安定化にはヘム周辺環境とサブユニット間にある相互作用が寄与していた。また、 が や などのリガンドに対する結合能を有することを明らかにし、その結合能は高温でも維持されていることが分かった。そして、酸耐性ユスリカ *C. sulfurosus* は 種のアミノ酸配列の異なる を有しており、酸性条件によって発現誘導された がボーア効果に耐性を持って機能している可能性が示唆された。当研究による蛋白質の安定化および高機能化の知見を元に、安定性の高いバイオセンサーヘム蛋白質のデザインが望まれる。

キーワード：好熱菌，シトクロム *c* ，安定化，酸耐性ユスリカ，ヘモグロビン

Studies on regulation mechanism of ribosome biosynthesis in response to stress.

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

ストレスに応答したリボソーム生合成調節機構に関する研究

矢吹 友佳理

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

序論

リボソームは生体内において蛋白質を合成する唯一の翻訳装置であるため、あらゆる生物が有している細胞内小器官である。細胞はリボソーム生合成に莫大なエネルギーを費やしていることから、その生合成量は他の細胞内制御機構と連携し、厳密に制御されていると考えられる。

出芽酵母において、出芽時の膜合成に必須な分泌経路が遮断されると、 遺伝子、 () 遺伝子群および 遺伝子の転写が特異的に、かつ顕著に抑制される。この応答は分泌経路のどの段階が遮断されても誘導されること、さらに、 () の主要な制御因子である の遺伝子破壊によって影響を受けないことから、小胞体ストレス応答とは異なる制御であると考えられる。分泌経路の異常は、細胞膜のセンサー蛋白質である (, および) によって細胞膜ストレスとして感知され、そのシグナルがプロテインキナーゼ () 依存的に核内へと伝達されていると考えられているが、その詳細な機構は未だ明らかにされていない。

本研究では、分泌経路遮断による 遺伝子の転写抑制に関与する因子を探索することにより、分泌経路遮断時のシグナル伝達経路を解明することを目的とした。

1. 分泌経路遮断時のシグナル伝達におけるスフィンゴ脂質の機能解析

スフィンゴ脂質は主要な膜脂質の一つであり、その合成と代謝は分泌経路に依存する。本シグナル伝達において、分泌経路の停止によって膜成分が供給されなくなることが引き金となるならば、細胞膜におけるスフィンゴ脂質のバランスの維持が重要である可能性が考えられる。この可能性を検証するために、スフィンゴ脂質合成の各ステップにおいて機能する因子の遺伝子変異株を用いて、分泌経路遮断時のシグナル伝達への影響を調べた。その結果、スフィンゴイド塩基 () の合成を触媒する の遺伝子変異によって分泌経路遮断による 遺伝子の転写抑制に欠陥が生じたのに対し、下流の複合スフィンゴ脂質合成を触媒する因子の遺伝子変異は分泌経路遮断による 遺伝子の転写抑制に影響を及ぼさなかった。このことから、分泌経路遮断時のシグナル伝達において、 によって合成される あるいはセラミドが重要な機能をもつことが示唆された。

は、セリン スレオニンキナーゼである を介して () () の下流エフェクター , () の下流エフェクター および , () を制御することが知られている。 は前述のとおり、シグナル伝達に関与することが報告されている。そこで、他の 経路の下流因子に着目した結果、 および が分泌経路遮断時のシグナル伝達に関与することが示された。

は によって直接リン酸化され、その活性が制御されており、リボソーム生合成、寿命およびストレス応答に機能する。 依存的なリン酸化部位に変異を持つ 発現株を用いた解析により、分泌経路遮断時のシグナル伝達には 経路の活性が必要であることが示唆された。

は脂質に結合するドメインをもち、によってその活性が制御される。合成に機能するも本シグナル伝達に関与することが示されたことから、経路が分泌経路遮断時のシグナル伝達に関与することが示唆された。以上の結果から、経路、経路および経路が分泌経路遮断による遺伝子の転写抑制に関与することが示された。一方、熱ストレスによる遺伝子の転写抑制において、蛋白質が関与しないことが報告されていること、およびが関与しないことが示唆されたことから、経路および経路を介した遺伝子の転写抑制は、分泌経路遮断時に特異的であることが示唆された。細胞が活発に増殖する条件下において、経路は転写抑制因子の制御を介してリボソーム生合成を促進する。経路がリボソーム生合成を抑制する機構についてはこれまでに報告はなく、経路の新規のターゲットあるいは制御機構の存在が示唆される。

2. 分泌経路遮断時のシグナル伝達における細胞骨格制御因子の機能解析

経路を介したおよびの制御は、アクチン細胞骨格およびエンドサイトーシスの維持に必要である。さらに、はとしても知られるエンドサイトーシス関連因子である。そこで、分泌経路遮断時におけるエンドサイトーシス経路および細胞骨格制御因子の関与について検討した。その結果、エンドサイトーシス関連因子として知られる(), ()および()が分泌経路遮断時のシグナル伝達に関与することが示された。

は、アクチン細胞骨格の組織化に重要な機能を持つ複合体の構成因子であるだけでなく、カルモデュリン、チュープリンおよびカゼインキナーゼ()と協調的に微小管細胞骨格の制御にも機能することが報告されている。複合体の他の構成因子であるおよび、さらに、およびも分泌経路遮断による遺伝子の転写抑制に関与することが示された。これらの結果から、分泌経路遮断時のシグナル伝達において、はアクチンおよび微小管の両方の制御系を介して機能することが示唆された。

およびは、()の構成因子としても知られている。には、シグナル伝達に関与することが示されているリボソーム生合成調節蛋白質およびを核膜に繋ぎ止めているが局在している。およびは、主に核小体に局在してリボソーム生合成に機能するだけでなく、一部はの末端領域との相互作用依存的に核膜辺縁にも局在し、テロメアの恒常性維持や核形態の維持にも機能する。そこで、分泌経路遮断時のシグナル伝達において、が細胞質から核内へのシグナルの中継地点として機能する可能性について検討するため、核膜辺縁に局在するおよびが本シグナル伝達に関与するかどうかを調べた。本研究では、野生株においておよびを核膜から遊離させた条件、さらに *rrs1* 変異株および *ebp2* 変異株においておよびを強制的に核膜に繋ぎ止めた条件を用いた。その結果、およびは核膜辺縁において本シグナル伝達に機能するが、その際におよびの自由な移動が必要であることが示唆された。

総括

リボソーム生合成は細胞内外の環境変化に応答して最適化されている。本研究において、スフィンゴ脂質合成系、エンドサイトーシス経路、および細胞骨格系の制御がリボソーム生合成と連携されることが示唆され、分泌経路の異常に応答したリボソーム生合成調節機構の一端が示された。また、リボソーム生合成系の欠陥は、ブラックファン・ダイヤモンド貧血、シュバツハマン・ダイヤモンド症候群、トリーチャー・コリンズ症候群をはじめとした多くの疾患を引き起こし、これらはリボソーム病と総称される。複雑に制御されるリボソーム生合成調節機構を解明することによって、これらの疾患の発症メカニズムの解明や治療法の確立に貢献できることを期待する。

キーワード：リボソーム生合成，分泌経路，出芽酵母，スフィンゴ脂質生合成

Gene expression analysis of antimicrobial peptides in ayu stimulated with LPS

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

刺激後のアユにおける抗菌性ペプチドの 発現

リハブ・マリー・アブラティ・ノスレディン
広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

Key words

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

消化管の恒常性維持における食物繊維の新たな役割に関する研究

トラン ヴァン フン

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

1. General Introduction

6. General Discussion (written in Chapter 7)

キーワード：食物繊維，短鎖脂肪酸，腸管バリア，タイトジャンクション，炎症

phytoplankton communities along the southern Myanmar coast

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

季節性動的要因がミャンマー南部沿岸の海洋基礎生産と植物プランクトン群集に与える影響

マウ ソー トゥー ソー
広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

±

±

±

μ

-

±

x

Key words

Studies on the uniformity of fruit characteristics and tree vigor, labor-saving, early achievement of mature orchard in the tree joint training system for peach (*Prunus persica* (L.) Batsch)

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

モモの樹体ジョイント仕立てによる早期成園化，作業の省力化および果実形質と樹勢の均質化効果に関する研究

浜名 洋司

広島大学大学院生物圏科学研究科，

東広島市

モモの栽培において従来から一般的に普及している立木仕立ての開心自然形整枝などは，樹高が 以上となるため，せん定や収穫作業に大きな脚立が必要となり，危険性が高い上に作業効率が悪い。また，樹内での新梢の勢力や日照条件の違いなどにより果実形質にばらつきが生じるなどの問題も発生している。立木仕立てのこうした作業効率の悪さ，危険性，樹勢や果実形質を均一にするためのせん定等の管理技術の難しさは，新規参入，後継者の確保および規模拡大の障害となっている。こうした要因が重なり，近年，モモの生産者や栽培面積は減少している。従って，高齢の生産者でも身体的な負担が少なく，かつ栽培が長期に継続でき，また，新規に参入した生産者でも安定した生産が早期に実現できる栽培技術の確立が求められている。

一方，これまでに開発されてきた栽植密度の高い仕立ておよび大苗育成法などでは早期成園化，また，低樹高の立木仕立ておよび平棚仕立てや一文字形整枝などの棚仕立てにおいて作業の省力化が確認されている。しかし，これらの栽培技術においても，主枝の基部と先端部の新梢の勢力や果実形質の不均質化が課題となっている。

そこで，本論文では，モモの生産現場で重要な課題となっている早期成園化，管理作業の省力化，勢力および果実形質の均質化を同時に解決することを目的に，モモの苗木を列状に定植し，すべての樹の主枝を同一の列方向に水平に誘引し，主枝先端部を隣接樹の主枝基部に連続的に接ぎ木を行い連結する樹体ジョイント仕立てを新たに開発し，その有効性を評価した。

第1章の緒論では，モモ栽培の現状，モモの仕立て法，モモ生産農家で起こっている諸課題をまとめた上で，モモの早期成園化，省力化，均質化を達成する仕立て法の開発の重要性等，本研究の意義・目的を述べた。

第2章では，樹体ジョイント仕立てに適した苗木を育成することを目的に，苗木の切り返し，栽培用の培養土，副梢の摘心方法および枝の伸長促進効果のあるジベレリンペースト剤の塗布処理が，苗木の生育に及ぼす影響を調査した。その結果，地上 の高さでの苗木の切り返し，赤玉土での育苗，2葉摘心および頂芽基部へのジベレリンペースト剤2回塗布が良質な苗木を生産する上で重要であることを明らかにした。

第3章では，樹体ジョイント仕立てと省力的な仕立て法の一つである一文字形整枝との樹体生育，果実生産および作業の省力性の比較を行った。その結果，樹体ジョイント仕立ては，一文字形整枝より 年早く面積当たりの目標収量に達し，また，せん定時間が短く，かつ収穫作業時の心拍数が低かった。さらに，樹内での新梢長および果実重は，一文字形整枝に比べて差が見られなかった。以上の結果から，樹体ジョイント仕立ては，一文字形整枝よりも早期成園化，作業の省力化および果実形質と樹勢の均質化効果が高いことが明らかとなった。さらに，収量性および作業の省力化効果を検討した結果，樹体ジョイント仕立ての主枝高は が最適であると結論付けた。

第 4 章では、樹体ジョイント仕立てと最も一般的な仕立て法である開心自然形との樹体生育、果実生産および作業の省力性の比較を行った。その結果、開心自然形では、着果位置により果実糖度にばらつきがあったが、樹体ジョイント仕立てではばらつきが見られなかった。また、樹体ジョイント仕立てでは冬季のせん定作業時間が開心自然形に比べて長くなったものの、夏季の繁忙期の収穫作業の時間が大幅に減少した。開心自然形では作業に脚立を必要とするが、樹体ジョイント仕立てでは脚立が不要となった。以上の結果から、樹体ジョイント仕立ては、開心自然形に比べて、果実形質の均質化および作業の省力化効果が大きいことが示唆された。

第 5 章の総合考察では、本研究で開発した樹体ジョイント仕立てが従来のモモの仕立て法に比べて実用性の高い栽培管理技術であることを述べた。さらに、樹体ジョイント仕立ては、早期成園化が可能となり、従来の仕立て法に比べて生産者の所得向上が図れることを示した。

以上のように、本論文で確立した樹体ジョイント仕立ては、従来の仕立て法と比較して、早期成園化、樹勢、果実形質の均質化および作業の省力化効果が高いことから、新規生産者や高齢の生産者の支援につながり、モモ生産の維持および拡大に寄与する新しい栽培技術として期待できる。本論文で確立した樹体ジョイント仕立てはモモ生産の維持および拡大に寄与する新しい栽培技術として期待できる。

キーワード：果実形質の均質化，作業の省力化，樹勢，樹体ジョイント仕立て，早期成園化，モモ

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

点滴灌水を導入した露地栽培における効率的施肥に関する研究

渡邊 修一

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

緒言

施肥は作物生産に欠かせない活動である。しかし、必要以上に施肥を行うことは、溶脱窒素による水質汚染や農地への過剰リン酸蓄積などの環境負荷の増大につながるため、効率的な施肥が求められている。そこで、本研究では、作物の株元に水と肥料を同時に供給できる点滴灌水に着目し、これにより効率的施肥を達成することを目的とした。

第1章 点滴灌水がナスの根分布に及ぼす影響

作物の株元に水と肥料を同時に供給できる点滴灌水栽培では、根の生育状況を把握することは重要である。しかし、畝内の根分布のような根の広がり方を調査することは、従来の掘り取り法では時間と労力がかかるため困難である。そこで、「根の簡易調査法」を開発し、栽培現場での適用性を検証するために従来法である掘り取り法と比較した。その結果、簡易調査法と掘り取り法による調査結果は、高い正の相関関係にあり、両者の結果は概ね一致することが認められた。また、栽培現場での調査は複数の担当者が行うこともあるため、観察者による測定値のばらつきを調べた結果、おおむね一致する測定値が得られることが認めら

distribution pattern of benthic organisms.

Agency, Hatsukaichi, Hiroshima 739-0452, Japan

堆積物底におけ 鞘 韌 後 〃 擺 缶 公 弁 世 音 醜 四 四 蚋 樂 文 よ 巽 票 輩 原 省 長 ' 梶 挾 硬 受 加 鈔 c 蕨

漂流漂砂域とそれ以浅の掃流漂砂域は、岸沖方向の流速や底層の漂砂量の大幅な変化から判別出来ることも明らかとなった。

第 4 章では、第 3 章の調査が潮位の変動が殆ど無い日本海側の砂浜海岸だけであったので、そこで得られた結果を、我が国の太平洋側のように潮位変動を伴う砂浜海岸において再検証することによって、その普遍性を検討した。調査では、潮位毎に土砂環境と潜砂性小型甲殻類の分布を調べた。その結果、潮位毎の土砂環境の変動にナミノリソコエビの分布域が上限・下限とも連動していた。また、海底勾配が変動することによって帯状分布域の幅が増減することや漂流漂砂域の始点が固定されるなど、新たな知見が得られた。しかし、第 4 章で得られたナミノリソコエビ等の分布の上・下限は変化しなかった。これらの結果から、底質の硬度や土砂環境に起因する潜砂性小型甲殻類の帯状分布域の成立は、極めて普遍性が高いことを証明した。

第 5 章では、瀬戸内海の島嶼部を中心に分布する自然干潟は砂浜より礫浜であることが多い。そのため、このような海岸では前章までに得られた結果とは異なる可能性がある。そこで、砂よりも粒径の大きい礫に関して、実験的手法を用いて硬度と関連する物理的性質を把握することを試みた。その結果、礫は砂と物理的性質は全く異なり、サクシオンや底質硬度の重要性は低く、飽和・不飽和の区別と粒径によって殆どの物理的性質が決定されていた。いっぽう、土木工学で決められている砂相当の粒径においても、粒径毎の物理的性質が少しずつ異なることを明らかにし、測定した全ての物理的指標が砂の性質を示すのは粒径が 250 μm 以下であることを明らかにした。

第 6 章では、前章までの調査や研究結果をとりまとめ、底質硬度を用いた現状の問題点や今後の展開について、測定原理・測定方法・測定器具等多岐にわたる観点から検討と考察を行った。本研究で重要な位置を占めるサクシオンについては、安価で簡便な代替則・側嚇侘書 妹ま躑居 吳乘 幸齣 ッ鈍

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

海産魚の種苗生産過程に発生するウイルス性神経壊死症の防除に関する研究

西岡 豊弘

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

本研究では、種苗生産過程で発生する疾病のうち、最も被害が大きいベータノダウイルスを原因とするウイルス性神経壊死症()を取りあげ、栽培漁業や養殖業の新規対象魚種として注目されているキジハタ、アカアマダイ、クロマグロについて、本疾病の防除法を検討した。

第1章 緒論

研究の背景となる栽培漁業と養殖業について詳述し、それらの種苗生産において多発する疾病が種苗の安定供給に支障を来していることを示した。特に、魚類では の発生が大きな問題であることを指摘し、本病についての既報の知見を整理した。

第2章 種苗生産対象種および種苗生産過程における疾病の発生状況

年から 年までの種苗生産対象種について調査した。この間、 年以降に総種苗生産数は減少したが、魚類 種、甲殻類 種、介類 種で 万個体以上の種苗が生産され対象種の種類数に大きな変化はなかった。 ~ 年度の疾病や大量死亡の発生状況について取りまとめた結果、ウイルス病が %、細菌病が %、真菌病が %、寄生虫病が %、不明が %であった。各原因別の発生状況を ~ 年度の発生状況と比べると、ウイルス病と真菌病がやや減少した一方で、新たな魚種での発生が報告された細菌病と寄生虫病が増加した。 では ~ 年度までに、 目 魚種で発生があり、キジハタ、クエ、シマアジ、ヒラメでは 年以上にわたって発生が続いたことから、 が種苗の安定生産を妨げる最も重要な疾病であると位置付けた。

第3章 キジハタにおけるベータノダウイルスの感染状況

移動範囲が限定的であることから栽培漁業の対象種として重要なキジハタを対象とし 防除対策を検討した。 に感染耐過したキジハタ稚魚からは 年後も によりベータノダウイルス()遺伝子が検出されることから、これらの耐過魚は不顕性感染の状態にあることが明らかとなった。また 日本近海 海域で採取した 個体の天然キジハタを検査した結果、 で %、 で %の魚が 陽性となり、親魚候補となる天然キジハタのウイルス感染を確認した。分離した天然キジハタ由来 はキジハタ病魚由来ウイルスと同等の病原性を示した。これらの結果から、キジハタの は不顕性感染した親魚からの垂直伝播によって起こると考えられた。瀬戸内海のか所て漁獲された天然キジハタの によるウイルス検出率は % ~ %と漁獲海域により差が認められた。以上の結果から 防除対策として、感染率が低い海域から親魚を搬入し、養成期間が短い親魚群から受精卵を得て卵消毒には電解海水を用いることを提案した。

第4章 アカアマダイにおけるウイルス性神経壊死症の防除対策

沿岸漁業の重要な水産資源で商品価値が高いアカアマダイを対象とした。 年冬季に種苗生産した稚魚に異常行動を示して死亡する個体が認められた。病魚の脳に空胞が認められ、 法で 遺伝子型のウイルス、また抗ペータノダウイルス血清を用いた蛍光抗体法でペータノダウイルス抗原が検出されたことから、

in aquatic organisms

Takarazuka, 665-8555, Japan

水生生物における化学物質の濃縮性への代謝要因の影響に関する研究

宮本 貢

住友化学株式会社生物環境科学研究所,

宝塚市

第 章の結論では、環境汚染・生物濃縮性懸念化学物質規制の国際動向、生物濃縮性とその主な支配・影響要因と予測手法、生物多様性と関連した生物濃縮性の多様性などを通じて、各種生物濃縮性評価の簡便法や補足技法の蓄積の必要性を説明し、本論文の目的を明らかにした。

すなわち、過去の生物濃縮性に関連した大規模環境汚染を端緒に環境保護、持続的・安定な地球環境との共生に向けて世界各地において化学物質の危険性を優先して是非判断がなされる時代となっており、事前の様々な安全性関連項目の調査が求められ、その中で生物濃縮性は重要な評価項目の一つである。特に

では微量不純物や環境代謝物までも評価が要求されている。他方、生物濃縮性の支配要因としては化学物質の脂溶性や分子サイズなどあり、様々な予測手法が作成されているものの、その他の生物側の大きな影響要因である化学物質代謝分解能の予測手法への組み込みは不十分である。有機化学物質の多様性などから適用性の幅広い手法の実現には色々な困難・制約があると予想される。更に標準試験生物としては魚が用いられているものの、実環境では種数や多様性から節足動物の評価も重要と考えられる一方で生物多様性に関連し生物濃縮性の予測性や標準試験法作成に多くの課題があり、現状、節足動物での標準試験法確立に向けての明確な取り組みは殆ど見られない。国際的な第一標準である魚の生物濃縮性試験が複雑、高額である点や近年の動物愛護、更に評価対象化学物質が多いことなど踏まえると、代謝要因を踏まえた微量成分・分解物等の類剤の評価や節足動物の多様性も踏まえた簡便評価などの補足技法の充実が望まれる。

本論文ではそれを踏まえて生物濃縮性に影響を及ぼし得る主な課題の一つと考えられている代謝要因に関連した簡便手法の構築について検討した。

第 章、「生物・代謝多様性を踏まえ、体内致死濃度を活用した節足動物の簡便濃縮性評価手法の検討（殺虫剤ピリダリルのセスジユスリカ、ヨコエビの一種 *Hyaella. azteca* の体内致死濃度を用いた 推算の検討）」では、まず、殺虫剤ピリダリルのセスジユスリカ幼虫およびヨコエビの一種 *H. azteca* 成体に対する急性毒性および代謝ならびに体内致死濃度 について 標識化合物を用いて調べた。その結果、平均実測水中濃度に基づく急性 値はそれぞれ (時間), (時間) であり、いずれの生物種においても主な代謝様式はジクロロアリルオキシ基のエーテル結合の脱アルキル化および抱合化であった。より高い代謝能がセスジユスリカでは認められ、ピリダリルの生物中濃度に基づく は両生物種で同レベルであったことから毒性ポテンシャルに顕著な違いはなく見かけの毒性は主に代謝能に影響されているものと考えられた。このラボでの急性毒性・代謝試験において得られた毒性値 と体内致死濃度 から生物濃縮係数 / の関係式に基づいて推算されたセスジユスリカおよび *H. azteca* の はそれぞれ , であり 倍の違いが認められた。他方、既存のピリダリル野外池試験における水中および各種水生生物中のピリダリル濃度推移データから推算された のうち、水生昆虫のヤゴ、甲殻類のミジンコの値はそれぞれ \pm , \pm であり、ラボでの毒性試験データからの昆虫類と甲殻類での推算値は野外の類似分類生物の値と良く類似した。このことから、生物間の比較などにおいて毒性値と体

内致死濃度からの 推算の活用性が示唆された。また、ラボ標準種、野外生物の何れにおいても の低い生物群では代謝物量の割合が高く、各種無脊椎動物においても代謝が に及ぼす影響の大きいことが示唆された。

第 章、「一次代謝物に着目した速度論的解析や *in vitro* 試験活用の類縁体 簡易評価手法の検討 (*in vivo* および *in vitro* の魚濃縮性 / 代謝試験によるピレスロイド系殺虫剤テトラメトリンのトランスおよびシス異性体の生物濃縮性の検討)」では、殺虫剤テトラメトリンの構成成分であるシス、トランス異性体のうち、主成分であるトランス異性体についてブルーギル稚魚における濃縮および代謝、排泄挙動を 種類の 標識化合物を用いて、連続流水試験系 (設定濃度 , 日曝露 日排泄) において評価した。トランステトラメトリンは魚体内でまずエステル開裂を受け、その後、アルコール側、酸側部位とも引き続いて各種代謝を受けた (*N* 脱アルキル化、二重結合の還元、イミノ環開裂、オメガトランスメチル基の酸化、エポキシを経由した水酸化、酸側代謝物のグルクロン酸やタウリン抱合化)。生物濃縮係数 および魚体からの消失半減期はそれぞれ , 日であった。加えて、代謝経路を踏まえて濃縮平衡時および排泄期間の一次代謝物の動態に着目し、その生成、消失挙動の速度論的解析から、トランステトラメトリンの代謝、排泄速度をそれぞれ , と算出し代謝の寄与の大きさを定量的に明らかにした。更に、エステラーゼ活性に着目し、魚全身ホモジネートを用いて *in vitro* 分解速度のシス、トランス異性体の比較を行い、それぞれ , とトランス異性体のより速やかな分解が確認された。トランス異性体の *in vivo* の値ならびにシスおよびトランス異性体の *in vitro* 分解速度を用いてシス異性体の 値の推算を行い と算出された。

第 章、「混合物微量分析や代謝阻害剤を活用した濃縮性への代謝要因の明確化簡便法の検討 (シス、トランス幾何異性体混合物であるピレスロイド系殺虫剤 *d*-フェノトリンの各異性体の魚濃縮性に及ぼす代謝影響の分別定量分析及び代謝阻害剤を用いた検討)」では、コイ当歳魚をトランス、シス異性体の混合物 () である殺虫剤 *d*-フェノトリンに連続流水下で暴露し各異性体の生物濃縮係数 を検討したところ、トランス体よりもシス体の は 倍有意に高値であった。異性体間の物理化学的性質の類似性からこの 値の違いは各異性体の魚における代謝能の違いによると考えられた。更に酸化酵素阻害剤であるピペロニルブトキサイド共存下で各異性体の を評価したところ、トランス体では阻害剤の有無による顕著な変化は無かったものの、シス体では 値の顕著な上昇が認められ、これは代謝分解要因の排除によると考えられシス異性体の酸化代謝が大きいことがうかがえた。また、この 値の違いから代謝速度と排泄速度の比は最大 倍と見積もられ、代謝分解要因が *d*-フェノトリン幾何異性体の生物濃縮性に大きく寄与していることが示された。加えて、魚体重に基づく取込み速度推算式と代謝阻害時のシス体 から算出された *d*-フェノトリンの取込み、排泄速度はそれぞれ , 推算され、更に、 値からシス体、トランス体の代謝速度はそれぞれ , と推算された。

第 章の「総合考察」では、本研究において検討・構築した代謝要因を考慮した生物濃縮性に関連する以下の評価・解析手法について、生物濃縮性の予測や評価の更なる改良、精緻化や既存手法校正、より正確なパラメータ取得への活用、或いは実際の化合物の評価、特に類縁化合物群の効率的・簡易評価への活用性について考察した。

- ・ 毒性値および体内致死濃度からの 推算と生物間の簡便比較
- ・ 代謝様式を踏まえた 次代謝物動態からの速度論的解析による代謝速度評価
- ・ *in vivo* 試験とブリッジング *in vitro* 代謝試験を組み合わせた類縁体の 推測
- ・ 代謝阻害剤を用いた代謝寄与度検証や速度パラメータ推算

キーワード：生物濃縮性， , 水生生物，体内致死濃度，速度論的解析，代謝阻害

Elucidation of nectrisine biosynthesis pathway and its application for production

Daiich Sankyo Co., Limited, Shinagawa-ku 140-8710, Japan

ネクトリシンの生合成機構の解明と製法構築への応用に関する研究

はデータベース検索によりグルコース メタノール コリンオキシダーゼと相同性を示した。また、はフラビン骨格を有する補因子を含有し、オリゴマーを形成していた。の活性については、至適が、至適温度がであり、により阻害され、により若干上昇した。さらに、アミノデオキシアラビニトールからネクトリシンへの変換反応は菌体から抽出後に *in vitro* で主に起こっていることを示した。そして、ネクトリシンの醗酵生産にあたっては、基質だけでなくも活性を維持した状態で抽出されなければならないことを提言した。

第 章では、ネクトリシン生合成遺伝子を取得し、その機能を解析するとともに、遺伝子組換え大腸菌によるネクトリシン生産を検討した。

部分アミノ酸配列から設計した縮重プライマーで *necC* 遺伝子断片を取得、クローニングし、さらに *T. discophora* のゲノムライブラリーをスクリーニングすることで *necC* 遺伝子全長のクローニングに成功した。

残りのネクトリシン生合成遺伝子もゲノム上で *necC* 遺伝子座周辺にあると予想し、解析した結果、アミノトランスフェラーゼとコリンキナーゼに相同性を示す配列 (*necA* と *necB*) が見つかった。上記で推定された生合成経路がアミノ化と脱リン酸化反応を含むことから、これら 2 つの遺伝子がネクトリシンの生合成遺伝子の候補と考え、その機能を検証した。*necA* 遺伝子を破壊するとアミノデオキシアラビニトールとネクトリシンの生産が観察されなくなり、*necA* 破壊株に *necA* を相補するとその生産が回復したことから、*necA* はネクトリシン生合成遺伝子であることが示された。*NecB* 遺伝子を破壊すると、ネクトリシンの生産は親株より顕著に減少したものの認められた。また、*necA* と *necC* を共に発現する組み換え大腸菌は、ネクトリシンを生産したことから、*necB* はネクトリシンの生合成に関係しているが必須ではないと推測され、を代替し得る酵素の存在が考えられた。なお、*necC* 遺伝子についても破壊と相補によりその機能を検証したところ、*necC* がアミノデオキシアラビニトールをネクトリシンへ変換する反応を担っていることが確認できた。

以上より、によりアミノデオキシアラビニトールが生じ、によりネクトリシンが生成すると推定された。この推定生合成経路は、アミノ化、脱リン酸化、酸化の各反応を含んでいる点がデオキシノジリマイシンの推定生合成経路と類似していた。しかし、これら 2 つのネクトリシン生合成酵素は、対応するデオキシノジリマイシンの推定生合成酵素との相同性がいずれも低かったため、新規性が高い酵素であることが示唆された。

そして、*necA necB necC* または *necA necC* の共発現ベクターを導入した組み換え大腸菌は、ネクトリシンを生産できることを示した。

第 章では、総括と今後の展望について述べた。

今回得られたネクトリシンの生合成遺伝子の情報を活用することで異種発現によるネクトリシンの直接生産が可能になった。今後、遺伝子工学や代謝工学の手法を用いてその生産性を向上させることが期待される。また、本研究で得られた遺伝子情報を利用して天然物またはデータベース上の遺伝子を探索することで、他のイミノ糖の生合成機構の解明にも役立つのではないかと期待している。また、元株を利用することもできる。検討の結果、元株の菌株改良と培地改良によりネクトリシン生産量を当初の 10 倍に増加させることができた。そして、上記で得られた基本的知見を生かしてスケールでの大量製造プロセスを確立し、の製造原価低減を達成した。

**Genetic engineering of *Escherichia coli* for protein production
for functional and NMR structural study**

蛋白質の機能解析 構造解析への遺伝子改変を用いた大腸菌発現系の構築

石田 洋二郎
ラトガース大学,

Myxococcus xanthus

Bacillus subtilis

can

can

coli

key words

An Empirical Research about Japanese Protected Horticulture under Labor Scarcity Conditions in Agricultural Sector

Tokyo, Shinjuku 162-0826, Japan

労働力稀少条件下の施設園芸農業に関する実証的研究
—イチゴ作経営の革新と農協の経営支援—

岩崎 真之介

一般社団法人 総研, 東京都新宿区

本論文の研究目的は、労働力稀少条件下における施設園芸農業の構造的縮小の要因と今後の展開方向を明らかにすることである。そのため、九州北部地域のイチゴ作経営を事例として、施設園芸の技術的特質と、施設園芸の主たる生産主体であった家族経営の特質との関係性を重視しつつ、現段階における日本農業発展の制約要因とそれを克服するための方策について検討している。

本論文は、序章、第 1 章～第 4 章、および終章の全章で構成されている。

序章では、問題背景、既存研究のサーベイ、目的と課題および研究方法を示した。

第 1 章では、統計データ等の分析により、施設園芸部門は中小規模の生業的家族経営が中心的で、家計収入における農業依存度は高いが家族労働力の保有状況は脆弱であること、また、農業労働力の外部調達も困難であることを確認した。

第 2 章では、統計データ等の分析により、施設園芸の技術的特質と構造変動の実相を明らかにし、それらをふまえ施設園芸の問題状況を示した。施設園芸は規模の経済性が小さく、経営成果が発揮されにくい部門であること、また施設園芸経営全体の 1/3 割が農業所得 100 万円を下回っていることを確認した。

第 3 章では、中小規模家族経営層に該当する施設イチゴ作の生業的家族経営の経営実態について、福岡県農協組合員のイチゴ作経営 10 戸の事例調査より農業専従労働力の調達および経営の持続が困難になっている要因を明らかにした。

第 4 章および第 5 章は産地レベルの検討として、イチゴのパッケージセンター（施設イチゴ作経営の労働時間の 1/2 以上を占める選別・包装作業を受託する施設。以下「パッケージセンター」）を研究対象としている。

第 4 章では、一般的なイチゴ 1 戸である手選別 10 戸を取り上げ、福岡県農協の事例調査結果から、パッケージセンターを利用することでイチゴ作経営が労働時間の大きな割合を占め激しい労働ピークを発生させる選別・包装作業から解放され、個別経営の品質向上、経営成果の増大、規模拡大の可能性をもたらしていることを確認した。

第 5 章では、佐賀県農協の事例調査結果から、同農協の機械選別 10 戸は農協の手選別 10 戸に比べ作業員労働が 1/2 に省力化できており、多額の投資を必要とするものの、作業員労働力の調達すら厳しいという手選別 10 戸の弱点を補完する存在であることを確認した。

第 6 章では、施設園芸の大規模経営 10 ファームの事例調査結果から、費用対効果を考慮した製品政策、従業員満足度を考慮した人的資源管理など、他産業では一般的な経営管理手法を農業部門に導入することで組織経営体としての経営持続性が高まる可能性を確認した。

終章では以上を総括し、労働力稀少条件下の施設園芸農業においては、農業従事者を持続的に確保するために、とりわけ収穫・選別労働における省力化、生業的家族経営の持続性を担保するための農協の役割を明確にし、一方でその経営手法に持続性の高さが見込まれる組織経営体を担い手として積極的に位置づけることを示唆している。

施設園芸ではこれまで、生業的家族経営の資本節約的な経営行動から、個々の経営の作付規模はほとんど与件として捉えられてきた。そのため、集約的な栽培技術による土地生産性の最大化が精力的に追求されてきた。施設園芸経営におけるこのような土地生産性偏重の考え方は、合理性の低い労働投入、すなわち労働投入の限界生産力が低い局面（収穫逡減が強く作用している局面）においても追加的な労働投入が行われる状況を常態化させた可能性が高い。したがって個々の経営と産地の長期的存続を図るには、イチゴ作においては、パッケージセンター導入による労働ピークの緩和を好機と捉え、相対的な粗放化と人当たり作付規模の拡大による経営改善を進めることが重要である。そこでは農協が主導する形で、生産部会において、従来の集約的な栽培方法を継続し高単収・高品質を追求する高齢農家などの現状維持指向経営とは別に、規模拡大指向の経営を組織化し、粗放的な栽培技術の確立・普及とそれに適合的な販売先の確保を進めていくことが必要となる。

本論文がもたらした新たな知見は、日本農業の制約要因がもはや農地ではなく、労働力であること、日本農業の大多数の担い手である生業的家族経営を引き続き産地連帯によって維持することの重要性、持続的な農業従事者確保の面での組織経営体の可能性、農業経営の持続性を担保するための商品作物の品質至上主義・厳選主義からの脱却の必要性、などを明確に示したことである。

キーワード：労働力希少条件，施設園芸，イチゴ作経営，生業的家族経営，経営革新

Aurelia aurita.

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

刺胞動物ミズクラゲのストロビレーションに関する分子生物学的研究

辻田 菜摘

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

刺胞動物ミズクラゲ (*Aurelia aurita*) の生活環は、有性生殖をおこなう浮遊性のクラゲ世代と、無性的に増殖する底生性のポリプ世代とを交互に繰り返す。ポリプ世代からクラゲ世代の転換期においては、ポリプの胴体部が伸び、数個から十数個の分節が形成されたストロピラとなる。分節のそれぞれは稚クラゲであるエフィラとなって海水中に遊離し、その後成長して成体クラゲとなる。ポリプから分節の形成を経てエフィラを遊離するまでの一連の過程はストロビレーションと呼ばれ、成体クラゲの個体数決定の上で非常に重要なステップである。しかしながら、ストロビレーションの分子機構ははまだ解明されていない点が多いのが現状である。

本研究では、ストロビレーションの分子機構を解明するため、ポリプとストロピラの間で発現量に差がある遺伝子群 () を探索し、その一部について詳細な解析をおこなった。

第1章 瀬戸内海産ミズクラゲのポリプクローン系統の確立と特徴

実験に用いるサンプルの遺伝的背景を揃えるため、瀬戸内海で採集された 個体の雌クラゲ由来のポリプクローン系統を 系統作出した。さらに、これらのポリプクローン株について、ストロビレーションの条件検討をおこなった。その結果、いずれの系統も から への海水温の低下によりストロビレーションを開始した。また、最初のくびれが出現した時点でエフィラへの発生運命が決定されていることを明らかにした。

ところで、近年の分子系統学的な分析によって、ミズクラゲ *Aurelia aurita* には隠蔽種が含まれていることが指摘されている。そこで、*Internal Spacer 1/5.8S rDNA* 遺伝子の配列を用いて分子系統解析をおこなった結果、瀬戸内海産ミズクラゲは、宮津湾やカリフォルニアなど、世界の広い範囲に分布する *Aurelia* と同種である可能性が示唆された。

第2章 differential display 法による変態関連遺伝子の探索

を探索するため、 をおこなった。その結果、ポリプ特異的遺伝子が 個 (*P3*)、ストロピラ特異的遺伝子が 個 (*S1 S2 S3 S4*) 見出された。このうち、特徴的なアミノ酸配列を有していた *P3* と *S2* について、さらに解析を進めた。

ポリプ特異的遺伝子 *P3* については、第 章の次世代シーケンサーを用いた 解析の結果、アミノ酸配列が類似した別の遺伝子の存在が明らかとなったため、 章で詳しく触れる。

ストロピラ特異的遺伝子 *S2* は、リソソーム加水分解酵素遺伝子の一種である *aspartylglucosaminidase* (*AGA*) のオーソログと考えられた。 は、リソソーム内での *N* 結合型糖タンパク質の分解の最終段階を担う酵素である。*S2* について、ストロビレーション中の各ステージにおける発現量を定量した結果、ストロピラで発現量が有意に高かった。

ストロピラにおいて *AGA* の発現量が上昇していることから、ストロビレーションとリソソームの活動に何らかの関連があると考え、リソソーム酸性化阻害剤の投与実験をおこなった。その結果、触手側の末端に

白色で不定形の組織が生じた。さらに、切除した分節組織に対する投与実験から、白色不定形組織は最も触手側の分節に由来することが明らかとなった。以上の結果から、最も触手側の分節がエフィラへと形態形成する過程において、リソソームの活動が深く関与することが示唆された。

第3章 transcriptome 解析による変態関連遺伝子の探索

ポリプ・ストロビラ間の をさらに網羅的に探索するため、ポリプとストロビラから を精製し、次世代シーケンサーによる をおこなった。の結果、合計 種の の塩基配列を得て、さらに を経て 種の を同定した。

第 章でストロビレーションとリソソーム活動との関連性が示唆されたことから、全 を対象としてリソソーム加水分解酵素遺伝子の網羅的探索をおこなった。その結果 AGA に加えて *arylsulfatase B*

Pathophysiological analysis of transgenic mice overexpressing GDE5 in skeletal muscles

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

骨格筋特異的 過剰発現マウスの病態解析

橋本 貴生

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市

【序論】

骨格筋萎縮は運動機能の低下だけでなく、肥満や糖尿病リスクの上昇をさせるなど、人々の生活において様々な問題をもたらす。骨格筋萎縮発症の要因は多様であり、特に、加齢に伴って骨格筋重量と筋力が低下する は、加齢による生理機能の変化の他に神経伝達やエネルギー代謝の低下などが絡み合い、発症過程は極めて複雑である。 の動物試験は長期飼育が必要であり、除神経や固定などの処置による骨格筋萎縮モデルは短期に筋萎縮を発症するものの、ヒトの病態を再現しない問題がある。

()ファミリーの一つである は、骨格筋を含むエネルギー消費量の多い組織に強く発現する。先行研究によって、その酵素活性の欠損変異体である を骨格筋特異的に過剰発現させたマウス (マウス) を作出した結果、わずか 週齢で解糖系の酵素活性が高い 筋繊維を多く含む大腿筋や腓腹筋の優先的な萎縮が観察された。これは の表現型と類似しており、 マウスは の短期自然発症モデルとして期待されてきた。しかし、骨格筋病態の発症要因が明らかでない上、 週齢以降の病態の進展など詳細なメカニズムは不明な点が多い。そこで本研究では、 週齢 (幼若期)、 週齢 (若齢期) および 年齢 (中年期) の マウスを用いて骨格筋病態あるいは生理機構を経時的に解析し、病態進展メカニズムを明らかにした。さらに、幼若期の マウスを用いて骨格筋病態の発症要因を探索した。

【GDE5Tg マウスにおける骨格筋病態の進展メカニズムの解明】

週齢の マウスは筋萎縮を示さなかったが、 週齢の マウスは野生型マウスに比べて 筋繊維が豊富な骨格筋のみが選択的に萎縮し、運動機能が低下した。さらに、血中脂質濃度と白色脂肪組織重量も増加しており、以上の形質は 年齢まで不可逆的に引き続いた。これらは で報告されている現象であり、 マウスは と多くの共通の形質を示した。また筋病理標本の経時評価によって、 週齢から 年齢の マウス腓腹筋において、筋細胞質内に異常タンパク質が高頻度に蓄積することを明らかにした。さらに マウスの筋萎縮の進展に伴って、アポトーシスによる細胞死を示唆する、断片化核が増加した。

これまで の進展には、 () の形態変化による神経伝達の低下が密接に関連すると考えられているが、 マウスの大腿筋において、 の形態と筋単位面積当たりの個数は中年期においても野生型マウスとの差異がなかった。一方、 を構成する筋特異的な () サブユニット は、筋萎縮を示さない 週齢においても発現上昇し、 年齢まで持続していた。したがって、 マウスにおける 関連 は、筋萎縮や の変性による代償的な発現上昇と異なる、別の発現機構により誘導されたと考えられた。

