

博士學位論文

論文内容の要旨
及び
論文審査結果の要旨

令和 5 年 9 月 授与

宮 崎 大 学 大 学 院
農 学 工 学 総 合 研 究 科

学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条の規定に基づき、令和5年9月に博士の学位を授与した論文内容の要旨及び論文審査結果の要旨を公表する。

学位（博士）授与報告書(甲)

報告番号	博士の 専攻分野 の名称	博士の学位を授与された者			博士論文名	主指導教員
		(ふりがな) 氏 名	本籍（国籍）	研究科 (専攻)名		
農工総博甲第223号	博士（農学）	はな あかり ありふいん Hana Akari Arifin	インドネシア共和国	農学工学総合研究科 (資源環境科学専攻)	Fundamental breeding studies on the relationship between phenotype and antioxidant in Japanese and Indonesian soybean accessions (日本およびインドネシアにおけるダイズの表現型と抗酸化物質に関する育種学的基礎研究)	田中 秀典
農工総博甲第224号	博士（工学）	ばゆ ふりやんばだ BAYU PRIYAMBADHA	インドネシア共和国	農学工学総合研究科 (物質・情報工学専攻)	A Study on Design-level Class Diagram Decomposition to Improve Software Maintainability (ソフトウェア保守性向上を目的とした設計レベルクラス図の分解に関する研究)	片山 徹郎
農工総博甲第225号	博士（農学）	うきよう りな 右京 里那	滋賀県	農学工学総合研究科 (資源環境科学専攻)	The animal welfare study for improving the social environment and monitoring the reproductive status of small mammals under rearing conditions (飼育下の小型哺乳類の社会的環境の改善と繁殖状態の把握のための動物福祉学的研究)	坂本 信介
農工総博甲第226号	博士（農学）	としま さき 登島 早紀	鹿児島県	農学工学総合研究科 (資源環境科学専攻)	在来野生種ナワシロイチゴのラズベリー育種への利用に関する研究	國武 久登
農工総博甲第227号	博士（工学）	しゃ き Xie Hui	中華人民共和国	農学工学総合研究科 (資源環境科学専攻)	The effect of antibiotic-resistant bacteria and antibiotic-resistant genes released from wastewater treatment plants on the receiving river (下水処理場から放出された薬剤耐性菌や薬剤耐性遺伝子が放流河川に及ぼす影響)	鈴木 祥広
農工総博甲第228号	博士（工学）	さんていあご もられす ほせ ろどるふお SANTIAGO MORALES JOSE RODOLFO	グアテマラ共和国	農学工学総合研究科 (資源環境科学専攻)	Long-term Leaching Behavior and Geochemical Modeling of Cement Solidified Industrial Waste Incineration Fly Ash (セメント固化産業廃棄物焼却飛灰の長期浸出挙動と地球化学モデリング)	関戸 知雄
農工総博甲第229号	博士（学術）	すずき ゆうすけ 鈴木 優典	神奈川県	農学工学総合研究科 (生物機能応用科学専攻)	食品中遊離糖類によるメタボリックシンドロームの予防と診断のためのバイオマーカー探索	榊原 啓之
農工総博甲第230号	博士（工学）	やじま だいすけ 矢島 大輔	神奈川県	農学工学総合研究科 (物質・情報工学専攻)	Establishment of estimation model of agrivoltaic systems maximizing for both photovoltaic electricity generation and agricultural production using photosynthetic photon flux density under solar panels based on solar irradiation data (日射量データに基づく太陽光パネル下の光合成光量子束密度を用いた太陽光発電と農業生産を最大化させる営農型太陽光発電システムの推計モデルの確立)	西岡 賢祐
農工総博甲第231号	博士（工学）	かどの たけし 門野 武	長崎県	農学工学総合研究科 (物質・情報工学専攻)	分子イオン注入技術によりゲッタリング能力を付与した高感度CMOSイメージセンサ向けSiウェーハ	福山 敦彦

氏 名 ハナ アカリ アリフィン
Hana Akari Arifin

本 籍 インドネシア共和国

学位記番号 農工総博甲第223号

学位の種類 博士(農学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 資源環境科学専攻

教育コース 環境共生科学教育コース

学位論文題目 Fundamental breeding studies on the relationship between
phenotype and antioxidant in Japanese and Indonesian soybean
accessions
(日本およびインドネシアにおけるダイズの表現型と抗酸化物質に
関する育種学的基礎研究)

学位論文審査委員	主査	教授	田中	秀典
	副査	教授	石井	康之
	副査	教授	村上	啓介
	副査	准教授	石垣	元気
	副査	助教	権藤	崇裕

主指導教員 教授 田中 秀典

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	ハナ アカリ アリフィン Hana Akari Arifin
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 資源環境科学 専攻 (西暦) 2016 年度 (4 月) 入学
学位論文 題 目	Fundamental breeding studies on the relationship between phenotype and antioxidant in Japanese and Indonesian soybean accessions (日本およびインドネシアにおけるダイズの表現型と抗酸化物質に関する育種学的基礎研究)
<p>【論文の要旨】 (和文の場合 1,200 字程度、英文の場合 800 語程度)</p> <p>Soybean (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) is one of the legume grains which contains rich protein and oil, and its phytochemicals such as flavonoids are beneficial for human health. It is commonly used as a medicinal and traditional food in many Asian countries. In particular, in Japan and Indonesia, most soybeans are processed into soymilk, tofu, soy sauce, natto (fermented with <i>Bacillus subtilis</i>, popular in Japan), and tempeh (fermented with <i>Rhizopus oligosporus</i>, commonly consumed in Indonesia). The soybean grade is divided based on specific seed chemical and physical properties (i.e., seed size and color). The large size of soybean seeds often makes tofu and soymilk, while the small seeds are preferable to produce natto, tempeh, and soy sauce. Seed coat color is an important parameter to assess the presence of phytochemicals (anthocyanins, flavonoids, phenol), which have antioxidant activity. For example, black soybeans have a higher anthocyanin content, while yellow soybeans have a high isoflavone content. Along with the high demand for soybean products, identifying seed phenotypic and evaluating phytochemicals content has become necessary. This thesis aims to clarify the relationship between phenotypic and antioxidants by investigating the phenotype of Japanese and Indonesian soybeans and evaluating their phytochemical content.</p> <p>Twenty-six soybean accessions were first selected, of which 23 accessions are commonly consumed in Japan. These accessions were obtained from the National Agriculture and Food Research Organization (NARO) Genebank Project and the National BioResource Project (NBRP) for Lotus/Glycine in Japan. All soybean accessions used in this study were grown in a field at Saito City, Miyazaki Prefecture, Japan, in 2015. The total flavonoid, phenol, and 12 major isoflavones were determined using high-performance liquid chromatography (HPLC). Moreover, the antioxidant activity of each soybean accession was examined using an antioxidant-responsive element (ARE) linked to a luciferase reporter in human HepG2 stable cells. As a result, the relative ARE luciferase activity rate of 26 soybean accessions varied up to 4-fold, and 22 accessions significantly increased compared to the negative control. In particular, soybean accessions, namely Williams 82, Himeshirazu, Akisengoku, Nattou kotsubu, and Akasaya were prominent in relative ARE luciferase activity. Meanwhile, four accessions (Wase kuro daizu, Kurodaizu [Ao higuu chuu], Koito, and Oni Hadaka) showed no significant activity. In addition, 22 soybean accessions with high antioxidant activity were not necessarily high in total phenol or flavonoid content. Correlation analysis revealed that the antioxidant activity had a significant and positive correlation with the level of total isoflavone content. Moreover, quantitative data on the seed</p>	

phenotype showed that the seed coat color correlated with total flavonoid and phenol content.

The diversity of soybeans is also found in Indonesian soybean varieties. Although the amount of soybean germplasm in Indonesia is relatively small compared to other Asian countries, the variety exhibits high diversity in agronomical and morphological characteristics. A total of 20 varieties of Indonesian soybeans were obtained from the germplasm collection of the Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute (ILETRI), Malang, East Java, Indonesia. These varieties are widely cultivated in Indonesia and known for their high-quality products and resistance to pests and diseases. The phenotypic data were examined, which consisted of quantitative data (weight, seed flatness, seed index) and qualitative data (the color of the seed coat, hilum, and cotyledon). Next, whole soybean seeds were powdered and extracted to determine the biochemical components, including crude protein, oil content, total phenol, flavonoid, and antioxidant activity. The antioxidant activity was examined using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method and represented by half-inhibitory concentration (IC_{50}) values. The results showed that four soybean varieties, namely Detam 1, Detam 2, Dering 1, and Grobogan, contained high total flavonoids and total phenols. These varieties also showed low IC_{50} values, effectively inhibiting free radicals in DPPH solutions with a small amount of soybean extract. However, their biochemical components, such as protein and oil content, were not necessarily high. Correlation analysis showed that antioxidant activity correlated with total flavonoids, total phenol, and seed size (seed flatness index). Therefore, each soybean variety has advantages in its biochemical or antioxidant activity.

From these results, the relationships between the phenotype and their antioxidants in Japanese and Indonesian soybeans have been uncovered. These findings would support the understanding of the mechanism by which varietal differences influence the antioxidant activities in soybeans. This information could be valuable in soybean breeding to generate a cultivar that contains a high amount of antioxidants in the future.

- (注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。
- (注2) フォントは和文の場合 10.5 ポイントの明朝系、英文の場合 12 ポイントの times 系とする。
- (注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
- (注4) 和文又は英文とする。

2023年 8月 2日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	資源環境科学 専攻 2016年度（4月）入学	氏名	Hana Akari Arifin
論文題目	Fundamental breeding studies on the relationship between phenotype and antioxidant in Japanese and Indonesian soybean accessions (日本およびインドネシアにおけるダイズの表現型と抗酸化物質に関する育種学的基礎研究)		
審査委員 職名及び氏名	主査	教授	田中 秀典
	副査	教授	石井 康之
	副査	教授	村上 啓介
	副査	准教授	石垣 元気
	副査	助教	権藤 崇裕
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>ダイズ (<i>Glycine max</i>) は、豊富なタンパク質や脂質を含むマメ科作物であり、様々な品種が育成されている。また、その種子には抗酸化活性などの機能性を示す物質も含まれていることから、健康食品としての需要もある。本研究は、新品種を育成する際の基礎的知見を得るために、日本及びインドネシアで使われている複数のダイズ系統における抗酸化活性の評価と、形態的特性と抗酸化物質の含有量との関連性について評価した。</p> <p>日本で利用されている26系統のダイズでは、種子の性状や抗酸化物質の含有量に加え、種皮を含む状態で粉砕した種子がヒト培養細胞株による抗酸化活性に与える影響を測定した。その結果、抗酸化活性は22系統において対照区より有意に高く、特に4系統は顕著に高かった。この上昇した22系統は、測定した全ての抗酸化物質が多いとは限らなかったが、全体的には正の相関が確認された。また、種皮の色は、抗酸化活性と関連しなかったが、一部の抗酸化物質との相関は示された。次にインドネシアの20系統のダイズについても、種子の性状と抗酸化物質の含有量、DPPH法による抗酸化活性を測定したところ、特に4系統において、ほかと比べて総フラボノイドと総フェノールが多く含まれ、少量のダイズ抽出物でフリーラジカルを効果的に抑制することが示された。また、日本のダイズと同様に抗酸化活性に対して、総フラボノイド量などと正の相関が確認された。</p> <p>以上の研究成果は、種々のダイズ系統の形態的特性と、抗酸化物質及び抗酸化活性との関係性を明らかにしたものであり、ダイズの抗酸化活性に影響を与える因子の解明に役立つ情報である。また、将来的に抗酸化物質を多く含む品種を育種するための基礎的知見となり学術的な意義もあることから、本論文は学位論文として価値がある。公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。
(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

氏 名 バユ プリヤンバダ
BAYU PRIYAMBADHA

本 籍 インドネシア共和国

学位記番号 農工総博甲第224号

学位の種類 博士(工学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 物質・情報工学専攻

教育コース 生産工学教育コース

学位論文題目 A Study on Design-level Class Diagram Decomposition to Improve Software Maintainability
(ソフトウェア保守性向上を目的とした設計レベルクラス図の分解に関する研究)

学位論文審査委員	主査	教授	片山	徹郎
	副査	教授	岡崎	直宣
	副査	教授	光田	靖
	副査	准教授	油田	健太郎
	副査	教授	山森	一人

主指導教員 教授 片山 徹郎

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	バユ プリヤンバダ BAYU PRIYAMBADHA
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 物質・情報工学専攻 (西暦) 2019 年度 (10 月) 入学
学位論文 題 目	A Study on Design-level Class Diagram Decomposition to Improve Software Maintainability (ソフトウェア保守性向上を目的とした設計レベルクラス図の分解に関する研究)

【論文の要旨】 (和文の場合 1,200 字程度、英文の場合 800 語程度)

Lehman's law mentions that software tends to decrease the structure quality while adapting to environmental changes. The software size will grow and get more complex because of adapting to the changes. As a result, the code, classes, and modules are expanded and become complicated. The unstructured accumulation and misarrangement of software components make the software difficult to understand and maintain.

Refactoring of software structure after the changes is the way to prevent the software structure quality. Refactoring is an alteration of software's internal structure without affecting the outer behavior. The refactoring activity starts with finding potential places or areas that have decreased the structure quality. There are two approaches to knowing the potential area: measuring the quality using the metrics and finding the smell as an indicator of reducing the quality. Once the potential area has been found, then refactoring is applied. The refactoring activity is mostly done at the source code level. Shifting refactoring to design artifacts, such as class diagrams, is expected to impact the software quality positively. On the other hand, the Model Driven Software Engineering (MDSE) theory uses the design artifact as an orientation in software development. However, there has not been enough exploration of the merging of refactoring and MDSE. In addition, MDSE offers time benefits when applied to refactoring processes. Finally, bringing the refactoring process to the design artifact enables the refactoring to be analyzed or implemented from a higher abstraction level and raises awareness of software structure.

Shifting from the source code to the design artifact brings new challenges in the refactoring research fields. The design artifact has more abstract than the source code. There is limited information that lies in the design artifact. The design-level refactoring study is related to how to find the potential area in the design artifact and how to do the refactoring process using the design artifact. The main problems are collecting valuable information, finding the potential area (smell detection), refactoring, and evaluating the result using a class diagram as a design artifact.

The thesis proposes four approaches to solve the problems in the following direction. First, the research will use a class diagram as an object of study because it represents architecture

software based on the arrangement of classes. The diagram is described in notation and name labels in written form. A deep analysis using the natural language processing to the class diagrams is required to collect valuable information.

Second, classification approaches utilize valuable information to find Blob smell in class. The Blob smell indicates the decreasing quality of software related to the class. The Blob smell occurs when a class has too many methods and attributes and has poor cohesion. Therefore, the refactoring activity will be focused on the class Blob smell.

Third, the class decomposition approach is proposed as one of the refactoring activities to solve Blob smell. Class decomposition is breaking down large or complex classes into smaller classes to make them manageable and more cohesive. The class decomposition process uses the threshold-based agglomerative hierarchical clustering approach by using the class diagram information to measure the distance between class elements.

Fourth, a comparison study needs to be conducted to determine the impact of design-level class decomposition on software maintainability. The comparison between the source code that applies the design-level class decomposition recommendation and the original source code will show the impact of design-level class decomposition on the software maintainability.

As a research result, several data collected from the class diagram are considered valuable information. The data is the number of methods, number of attributes, number of relations between method and method, number of relations between method and attribute, number of relations between attribute and attribute, the maximum relation capacity in class, and cohesion value. The valuable information leads to finding Blob smell in a class with an accuracy average of 80%.

The class decomposition process uses the threshold-based agglomerative hierarchical clustering algorithm. The clustering process focuses on separating the class element to break the class into smaller classes. The elements distance measurement uses the syntactic (*syn*) and semantic (*sem*) metrics on the class element's label. The algorithm was also enhanced with consideration of the cluster's silhouette value ($s(i)$) and class usability score (*CUability*) to optimize the clustering result. As a result, the class decomposition produces a promising cluster result with higher silhouette scores compared to the previous approach.

The design-level class decomposition using threshold-based agglomerative hierarchical clustering produces a set of recommendation classes to implement at the source code level. The comparison of the original class and decomposed class at the source code level shows promising results. The statistical analysis comparing the quality metrics score shows high differences between the original and decomposed classes. Moreover, in case quantifying the impact, the result of the statistical analysis shows the rank biserial value of 0.69, which can be interpreted as being very large. As the final result, the design-level class decomposition approach has a very large, positive, and significant effect on software maintainability.

- (注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。
- (注2) フォントは和文の場合 10.5 ポイントの明朝系、英文の場合 12 ポイントの times 系とする。
- (注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
- (注4) 和文又は英文とする。

(西暦) 2023年 7月 27日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	物質・情報工学 専攻 (西暦) 2019年度 (10月) 入学	氏名	BAYU PRIYAMBADHA
論文題目	A Study on Design-level Class Diagram Decomposition to Improve Software Maintainability (ソフトウェア保守性向上を目的とした設計レベルクラス図の分解に関する研究)		
審査委員 職名及び氏名	主 査	教授	片山 徹郎
	副 査	教授	岡崎 直宣
	副 査	教授	光田 靖
	副 査	准教授	油田 健太郎
	副 査	教授	山森 一人
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>ソフトウェアの保守工程では、ソフトウェアに含まれるバグの修正やソフトウェアの機能拡張などが主な作業となる。ここで、保守を長期間続けていくと、ソフトウェアのコードサイズは徐々に大きくなり、その構造も複雑になってきて、コードの理解や保守の作業そのものが困難になるという課題がある。この課題の解決策の1つに、外部の動作や出力に影響を与えないようにソフトウェアの内部構造を変更するリファクタリングという技術がある。このリファクタリングは、従来コードレベルで適用されているが、本論文では、オブジェクト指向プログラミングにおけるコードの設計図として主に使われるUML(Unified Modeling Language)のクラス図に適用することで、設計段階から、ソフトウェアの保守性を向上する手法を提案した。</p> <p>リファクタリングは、コードに品質上の深刻な問題が存在することを示す何らかの兆候を意味するコードスメルを見つけて、リファクタリングを適用し、コードの品質を維持する、という一連の作業である。本論文では、代表的なコードスメルの1つであるBlobスメルを主な対象として、クラス図の要素であるクラスからスメルを発見する手法、ならびに、そのクラスを分解するリファクタリングのアルゴリズムを提案した。実際に、提案したアルゴリズムを複数のオープンソースソフトウェアのクラス図に適用し、保守容易性指数を含む19個のコードの品質のメトリクスで評価した結果、保守性の向上が示され、提案手法の有用性を確認した。</p> <p>公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。

(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。

(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

氏 名 ウキョウ リナ
石京 里那

本 籍 滋賀県

学位記番号 農工総博甲第225号

学位の種類 博士(農学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 資源環境科学専攻

教育コース 持続生産科学教育コース

学位論文題目 The animal welfare study for improving the social environment and
 monitoring the reproductive status of small mammals under rearing
 conditions
(飼育下の小型哺乳類の社会的環境の改善と繁殖状態の把握のための
動物福祉学的研究)

学位論文審査委員	主査	教授	坂本	信介
	副査	教授	續木	靖浩
	副査	教授	椋木	雅之
	副査	准教授	井口	純
	副査	教授	井戸田	幸子

主指導教員 教授 坂本 信介

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	ウキョウ リナ 右京 里那
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 資源環境科学専攻 (西暦) 2020 年度 (4 月) 入学
学位論文 題 目	The animal welfare study for improving the social environment and monitoring the reproductive status of small mammals under rearing conditions (飼育下の小型哺乳類の社会的環境の改善と繁殖状態の把握のための動物福祉学的研究)
<p>【論文の要旨】 (和文の場合 1,200 字程度、英文の場合 800 語程度)</p> <p>Many species of small mammals are kept as zoo animals and pets worldwide although the proper management to improve reproductive outcomes and social environments of small mammals has not been well established. The social environment experienced by the offspring is crucial for normal behavioral development of the individual. Therefore, social separation during early life can cause various problems when raising animals. It has been reported that these problems affect the development of the brain nervous system, resulting in changes in the behavioral tendencies of laboratory mice and rats. On the other hand, diurnal precocial rodent models are rare although those are frequently kept as zoo animals and pets. Among those, <i>Octodon degus</i> has attracted a lot of attention in recent years because it exhibits high intelligence and strong social attachment despite its small body size.</p> <p>The period after sexual maturity is longer than the developmental period in the life history of <i>O. degus</i>. However, previous studies have reported only short-term effects of early life stress on the degu development, and few have followed the same individuals long enough to assess the effects of early life stress on it after sexual maturity. Hence, it is important to reveal the long-term effects of early-life social separation on the behavioral tendencies of the individual. In addition, how the social environment in the early postnatal period affects reproductive activity is also an important issue. This is because that the pregnancy time is quite a long and correct and frequent estimation of the reproductive status and progress of individuals are difficult in the <i>O. degus</i>. Furthermore, it is desirable that such surveys can be conducted not only in laboratory but also in outdoor conditions such as zoos. From these viewpoints, we conducted the studies to elucidate the long-term effects of social separation on the behavioral development of offspring and to establish the approach to estimate reproductive status by measuring body temperature.</p> <p>The dissertation consists of four chapters.</p> <p>Chapter 1 described the background and purpose of the dissertation.</p> <p>Chapter 2 described the long-term effects of early-life stress (ELS) induced by social separation on individual behaviors later in life using the social and precocious species <i>Octodon degus</i>. Four experimental groups were established a positive control group of mothers and siblings from six litters comprised the socially housed (SH) group, while pups</p>	

from seven litters were randomly assigned to three treatments: pups experiencing no separation (NS) treatment while their siblings did; repeated bouts of consecutive separation (CS); intermittent separation (IS). The date of birth confirmation was set as Postnatal day 0 (PND0), and behavioral tests were conducted on PND21, 50, and 245 to compare behavioral trends. Bodyweights were also measured to compare gain trends. There were no obvious effects of ELS on the bodyweight gain, but ELS had "direct" and "indirect" effects on behavioral tendencies of degus. ELS was correlated with higher hyperactivity, and hyperactivity increased with more frequent separation. A noteworthy finding is that individuals in the NS (IELS) group, who did not experience parental separation themselves, but had siblings who did, exhibited changes in behavioral trends like those who experienced separation (DELS) later in life. In addition, we illustrated differences in the pattern of changes in behavioral tendencies between males and females across groups, with the largest differences between the sexes observed in the SH group compared to the DELS and IELS groups.

Chapter 3 discussed the effectiveness of measuring body temperature (T_b) for predicting the reproductive profile of female small mammals both under laboratory and field conditions. To establish the study approach to estimate reproductive status by measuring T_b fluctuation during reproduction, we focused on wild mice, *Apodemus speciosus*, whose body size and reproductive characteristics are equivalent to those of laboratory mice, because data for laboratory mice could become the best reference. T_b fluctuation was monitored for four breeding events in the laboratory and for three in the field. Individual variation in T_b fluctuation during reproduction was larger in the field than in the laboratory, while its temporal pattern was clearer in the field than in the laboratory. T_b fluctuating patterns according to the progress of the reproductive stage were similar between the laboratory and the field. Daily mean T_b increased after the start of pregnancy, decreased during late pregnancy, rapidly increased after parturition, and remained higher through the lactation period. In particular, the following three characteristics should be apparent indices of parturition: increase of daily mean T_b and daily minimum T_b in early pregnancy, decrease of daily max T_b and daily mean T_b in late pregnancy, and increase of daily max T_b at the day of parturition. These results indicate that measuring T_b enables us to predict the reproductive profile of female *A. speciosus*, both under laboratory and field conditions.

Chapter 4 concluded this dissertation and illustrated future works.

- (注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。
- (注2) フォントは和文の場合 10.5 ポイントの明朝系、英文の場合 12 ポイントの times 系とする。
- (注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
- (注4) 和文又は英文とする。

(西暦) 2023年 7月 31日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	資源環境科学 専攻 (西暦) 2020年度 (4月) 入学	氏名	右京 里那
論文題目	The animal welfare study for improving the social environment and monitoring the reproductive status of small mammals under rearing conditions (飼育下の小型哺乳類の社会的環境の改善と繁殖状態の把握のための動物福祉学的研究)		
審査委員 職名及び氏名	主 査	教授	坂本 信介
	副 査	教授	續木 靖浩
	副 査	教授	椋木 雅之
	副 査	准教授	井口 純
	副 査	教授	井戸田 幸子
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>飼育下の哺乳類では生後早期の社会的環境が発達後の行動傾向や繁殖活動に大きな影響を及ぼすと考えられているが、小型哺乳類ではこの影響の長期的観察が不足しており、さらに、繁殖活動への影響を調べるために繁殖状態の推定手法が求められている。本論文は、社会性をもつデグー (<i>Octodon degus</i>) を用いて生後早期の社会的隔離が子の行動発達に及ぼす長期的影響を検討し、また、アカネズミ (<i>Apodemus speciosus</i>) を用いて体温計測による繁殖状態の推定を試み、その有効性を確かめたものである。</p> <p>社会的隔離の影響については、これがデグーの子の増体と行動に与える影響を日齢に伴う変化と雌雄差に着目して解析し、生後早期の社会的隔離が直接・間接双方のプロセスを経て、デグーの子の行動傾向を多動傾向へと収束させ、それに伴って行動傾向の個体差や雌雄差が失われることを明らかにした。</p> <p>体温計測による雌の繁殖状態の推定については、繁殖時の体温変動の個体差や時間的パターンには実験室と野外で差異があったものの、特定の繁殖状態にある時に示す体温変動パターンは両者でよく似ており、どちらの環境でも同じように体温から雌の繁殖状態を推定できることを明らかにした。</p> <p>本研究は、新規性の高い工夫された実験デザインによって、飼育下の小型哺乳類において生後早期の社会的環境が発達後の行動傾向に与える長期的影響を初めて明らかにしており、今後の動物福祉学的研究へのインパクトが大きい成果を達成した点において高く評価できる。この成果は体温計測によって雌の繁殖活動の進行状況を推定できることを示した結果とともに、動物園での適正な飼養管理技術の構築や絶滅危惧種の保全プログラムに応用できる点で高い波及効果も期待される。公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。
(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

氏 名 トシマ サキ
登島 早紀

本 籍 鹿児島県

学位記番号 農工総博甲第226号

学位の種類 博士(農学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 資源環境科学専攻

教育コース 持続生産科学教育コース

学位論文題目 在来野生種ナワシロイチゴのラズベリー育種への利用に関する研究

学位論文審査委員	主査	教授	國武	久登
	副査	教授	鉄村	琢哉
	副査	教授	佐伯	雄一
	副査	准教授	菅本	和寛
	副査	准教授	平野	智也

主指導教員 教授 國武 久登

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	トシマ サキ 登島 早紀
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 資源環境科学 専攻 (西暦) 2020 年度 (4 月) 入学
学位論文 題 目	在来野生種ナワシロイチゴのラズベリー育種への利用に関する研究

【論文の要旨】 (和文の場合 1,200 字程度, 英文の場合 800 語程度)

キイチゴは、バラ科 (*Rosaceae*) キイチゴ属 (*Rubus*) に分類され、消費者の健康志向の高まりから、果実に含まれるアントシアニン等の機能性成分が注目されている。日本でも需要が増加しており、冷涼な地方での栽培にとどまらず、九州をはじめとした暖地でのラズベリー栽培が切望されている。ラズベリーは、元来耐暑性に乏しく寒冷地での栽培が大部分であり、九州などの暖地での栽培が困難であり、最近ではアジアの野生種を利用した種間交雑により耐暑性の導入が試みられている。特に、在来野生種であるナワシロイチゴ (*R. parvifolius*) は、日本全国に自生し、環境適応性が高い種として知られている。これらを踏まえ以下の研究を行った。

まず、ナワシロイチゴの多様性に関する遺伝的評価を行うため、日本全国から 149 個体収集し、葉緑体 DNA である *Maturase K (MatK)* 領域および核 DNA である Internal transcribed spacer (ITS) 領域の DNA シークエンス解析を行った。その結果、*MatK* 領域は塩基配列にほとんど変異が見られず、地域特異性も確認されなかった。しかしながら、ITS 領域では琉球諸島のナワシロイチゴのみに特異的な変異が示され、北海道から九州に自生するものと異なり、2 つのタイプに分類できることが明らかとなった。

次に、果実の機能性成分を調査するため、在来野生種 4 種、ラズベリー 6 品種およびブラックベリー 2 品種におけるアントシアニン、ポリフェノールおよび抗酸化能の評価を行った。いずれの項目においても黒ラズベリーである ‘Blackcap’ (JP1) および ‘Black Jewel’ が他のキイチゴと比較して有意に高い値が示された。また、これらの黒ラズベリーには特徴的なアントシアニンである cyanidin-3-xylosylrutinoside が含まれていた。

さらに、ラズベリーと宮崎県に自生するナワシロイチゴとの種間雑種を育成した。赤ラズベリー ‘Indian Summer’ とナワシロイチゴの種間雑種は暖地環境下において旺盛な成長を示し、正常な集合果が確認できた。また、二季なり性を示し、豊産性の可能性が示唆された。成熟果実は総カロテノイド含量が栽培品種と比較し有意に高かった。さらに、本研究で機能性成分が高いことを確認した黒ラズベリー JP1 との種間交雑を行った。得られた実生は Simple sequence repeat マーカーにより雑種性が確認された。また、種間雑種 BCP2 の腋芽にコルヒチン処理を行い、複二倍体 ($2n=4x=28$) を育成した。複二倍体は旺盛な成長を示し、二倍体と比較して花が大きく、正常な果実を着果した。

以上のように、在来野生種ナワシロイチゴのラズベリー育種への利用の可能性が示唆された。また、日本全国から収集したナワシロイチゴは環境適応性だけでなく、成分育種の重要な遺伝資源となる可能性がある。

(西暦) 2023年 7月 20日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	資源環境科学 専攻 (西暦) 2020年度 (4月) 入学	氏名	登島 早紀
論文題目	在来野生種ナワシロイチゴのラズベリー育種への利用に関する研究		
審査委員 職名及び氏名	主査	教授 國武 久登	
	副査	教授 鉄村 琢哉	
	副査	教授 佐伯 雄一	
	副査	准教授 菅本 和寛	
	副査	准教授 平野 智也	
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>ラズベリーは元来耐暑性に乏しく、北海道などの寒冷地での栽培が大部分であり、九州をはじめとする暖地での栽培が困難である。本研究では、暖地環境に適応し、機能性成分が豊富なラズベリーを育成するために、在来野生種であるナワシロイチゴに注目し、いくつかの遺伝育種学的なアプローチが試みられている。</p> <p>第1章では、日本全国のナワシロイチゴ149個体を収集し、多様な環境に適応した52系統において、核DNAのITS領域についてDNAシーケンスを比較した。その結果、琉球諸島の系統のみに特異的な変異が示され、野生植物の伝播や日本列島の地史的な解明に繋がる興味深い考察をしている。第2章では、12種の栽培品種および在来野生種の果実においてポリフェノールや抗酸化能を評価したところ、栽培普及が進んでいない黒ラズベリーで有意に高い傾向が示され、育種素材としての重要性を指摘している。また、キイチゴ果実の抗酸化能に寄与するポリフェノール成分としてルチンを推測している。これらの成果を活かして、第3章と第4章では赤ラズベリーおよび黒ラズベリーそれぞれと宮崎県に自生しているナワシロイチゴとの種間雑種を育成している。赤ラズベリーとナワシロイチゴとの種間雑種は、耐暑性を有するだけでなく、二季なり性の形質をもつことから新たな地域ブランドとして期待できる。また、黒ラズベリーとナワシロイチゴとの種間雑種は、コルヒチン処理により複二倍体化することで正常な結実が確認されている。黒ラズベリーと日本の野生種との種間雑種の育成は世界的にもはじめての事例である。以上のように、本研究の成果は、将来のラズベリー育種において、アジアの野生種であるナワシロイチゴの遺伝資源としての重要性を提案するものである。</p> <p>公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。
(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

氏 名 シャ キ
Xie Hui

本 籍 中華人民共和国

学位記番号 農工総博甲第227号

学位の種類 博士(工学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 資源環境科学専攻

教育コース 環境共生科学教育コース

学位論文題目 The effect of antibiotic-resistant bacteria and antibiotic-resistant genes released from wastewater treatment plants on the receiving river
(下水処理場から放出された薬剤耐性菌や薬剤耐性遺伝子が放流河川に及ぼす影響)

学位論文審査委員	主査	教授	鈴木	祥広
	副査	教授	土手	裕
	副査	教授	吉田	照豊
	副査	教授	入江	光輝
	副査	教授	引間	順一

主指導教員 教授 鈴木 祥広

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	シャ キ Xie Hui
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 Department of Environment and Resource Sciences 専攻 (西暦) 2020 年度 (10 月) 入学
学位論文 題 目	The effect of antibiotic-resistant bacteria and antibiotic-resistant genes released from wastewater treatment plants on the receiving river (下水処理場から放出された 薬剤耐性菌や薬剤耐性遺伝子が放流河川に及ぼす影響)
<p>【論文の要旨】 (和文の場合 1,200 字程度、英文の場合 800 語程度)</p> <p>Antimicrobials are one of the crucial therapeutic modalities in the treatment of infections caused by microorganisms. However, the emergence of antibiotic-resistant bacteria (ARB), which are ineffective against antibiotics, poses a global public health threat, and the WHO warns that by 2050 the mortality rate from antibiotic-resistant infections will exceed the mortality rate from cancer. As wastewater treatment plants (WWTPs) are facilities for collecting and treating municipal wastewater, high proportions of ARB are universally discharged into rivers after treatment. However, it is difficult to completely remove the ARB contained in wastewater, indicating that WWTPs may be a reservoir of ARB in the water environment. Despite this potential risk, there is very little information and knowledge about the persistence of ARB in WWTPs, the behavior of them during various treatment processes, and the impact of ARB released from WWTPs on the bacteria present in rivers. So, in this study, the antibiotic resistance prevalence and survival of <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) in wastewater were investigated in Chapter 2, the antibiotic resistance prevalence and survival of <i>E. coli</i> and other coliforms in each treatment process of an urban WWTP were monitored in Chapter 3, and the acquisition of antibiotic resistance of <i>E. coli</i> in river water was investigated in Chapter 4.</p> <p>In Chapter 2, changes in the relationship between the number of <i>E. coli</i> strains, phylogenetic groups (phylogroups), and resistance profiles to antimicrobial agents were investigated in batch experiments on municipal wastewater from two different WWTPs during a 14-day aerobic mixing condition. The results confirmed that B2 was the dominant phylogroup of antibiotic-resistant <i>E. coli</i> strains that commonly remained after the aerobic batch 14-day experimental period, including the most significant extended-spectrum β-lactamase (ESBL) -producing</p>	

resistance, as well as an increasing proportion of antibiotic resistance in the surviving *E. coli* strains. In Chapter 3, three monitoring surveys were conducted at an urban WWTP to investigate the resistance rates of ESBL-producing *E. coli* and other coliforms in each treatment process. Although the final chlorination process reduced *E. coli* and other coliforms, it was observed that ESBL-producing *E. coli* and coliforms remained viable in the treated water and were discharged into the river. In addition, some opportunistic pathogens such as *Klebsiella* and *Enterobacter*, which have ESBL-producing genes, were also detected in the treated water. In Chapter 4, resistance transmission experiments were conducted to determine whether ESBL-producing *E. coli* transfer resistance genes to Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) in rivers and as well as their conjugation rates. It was confirmed that ESBL-producing *E. coli* remaining in the treated effluent can transfer the resistance to STEC in the river. It was confirmed that ESBL-producing *E. coli* remaining in the treated effluent can transfer the resistance to STEC in the river. The resistant *E. coli* were delivered to the river from the treated water of the WWTP and a pathway exists for *E. coli* in the river to acquire resistance.

The main finding of the study is that WWTPs serve as reservoirs of ARB and ARGs, and they pose a potential risk to human health. The study confirms that the release of effluent from a WWTP containing ARB and ARGs can contribute to the spread of resistance in the water environment, and the incomplete removal of ESBL-resistant bacteria during treatment can lead to the outflow of these bacteria into receiving rivers. This study was conceived on the basis of a WWTP to reduce the risk of resistance of this bacterium in the living environment, which is a novel and unique attempt to determine the spread and development of resistance by re-culturing *E. coli* in an in vitro experiment. WWTPs are not sufficiently effective in reducing the risks posed by current ARB and new treatment technology innovations are needed, and the results of this study could provide strong evidence for evaluating new systems. If the processes by which resistance is acquired in the water environment can be identified, it could make an important contribution to improving sanitary contamination in the management of this water environment. This study is expected to be an important study of resistant bacteria from Japan to the world, as the country lags behind in investigating ARB and ARGs in the water environment.

- (注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。
- (注2) フォントは和文の場合 10.5 ポイントの明朝系、英文の場合 12 ポイントの times 系とする。
- (注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
- (注4) 和文又は英文とする。

(西暦) 2023年 7月 25日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	資源環境科学 専攻 (西暦) 2020年度 (10月) 入学	氏名	Xie Hui
論文題目	The effect of antibiotic-resistant bacteria and antibiotic-resistant genes released from wastewater treatment plants on the receiving river (下水処理場から放出された薬剤耐性菌や薬剤耐性遺伝子が放流河川に及ぼす影響)		
審査委員 職名及び氏名	主査	教授 鈴木 祥広	
	副査	教授 土手 裕	
	副査	教授 吉田 照豊	
	副査	教授 入江 光輝	
	副査	教授 引間 順一	
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>薬剤耐性菌の発生は、世界の公衆衛生に脅威を与えている。ところが、公衆衛生の保全を担う社会的基盤施設の下水処理場が、水環境における薬剤耐性菌の供給源となっていることを示唆する報告がある。そこで本研究では、下水処理水が水環境への薬剤耐性菌の拡散に寄与する可能性を評価することを目的とし、下水に含まれる大腸菌の薬剤耐性率と生残性、実下水処理場の各処理プロセスにおける大腸菌と大腸菌群の生残性と薬剤耐性の変化、および下水処理水に生残する薬剤耐大腸菌による放流河川の大腸菌への薬剤耐性の伝播について検討した。下水処理場の流入水に存在する大腸菌は、生物処理を想定した好気性混合条件下で攪拌すると、菌数は減少するが、薬剤耐性大腸菌を有する系統群B2の生残性が高くなることを見いだした。また、臨床的に最重要であるESBL (extended-spectrum β-lactamase) 産生大腸菌株の耐性率も上昇することを確認している。そこで、実際の下水処理場において、各処理プロセスにおける大腸菌と大腸菌群のESBL産生菌の発現率についてモニタリングを実施した。その結果において、各処理プロセスにおいて段階的に大腸菌や大腸菌群は減少するものの、最終プロセスである塩素消毒後においてもESBL産生大腸菌と大腸菌群が処理水に生残すること、ESBL産生遺伝子を持つ<i>Klebsiella</i>や<i>Enterobacter</i>などの日和見病原体が含まれていることを明らかにしている。これらの細菌が下水処理水として河川へ放流されることは留意すべきである。さらに、下水処理水中のESBL産生大腸菌が放流河川の存在する病原性志賀毒素産生大腸菌 (STEC) にESBL産生の耐性遺伝子を伝播する可能性について、薬剤耐性伝播実験から検討している。その結果として、下水処理水に残留するESBL産生大腸菌が、河川のSTECに薬剤耐性遺伝子を伝播することを新規に実証している。これらの成果は、下水処理場の処理水から薬剤耐性大腸菌が河川に供給され、河川の大腸菌の薬剤耐性を発現するルートが存在しうることを提示している。このルートを制御することによって、水環境への薬剤耐性菌の拡散を制御することが可能となる。</p> <p>公聴会での発表内容や質疑に対する応答も適切であり、本審査委員会は、論文の審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

氏 名 サンティアゴ モラレス ホセ ロドルフォ
SANTIAGO MORALES JOSE RODOLFO

本 籍 グアテマラ共和国

学位記番号 農工総博甲第228号

学位の種類 博士(工学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 資源環境科学専攻

教育コース 環境共生科学教育コース

学位論文題目 Long-term Leaching Behavior and Geochemical Modeling of
Cement Solidified Industrial Waste Incineration Fly Ash
(セメント固化産業廃棄物焼却飛灰の長期浸出挙動と
地球化学モデリング)

学位論文審査委員	主査	准教授	関戸	知雄
	副査	教授	土手	裕
	副査	教授	鈴木	祥広
	副査	准教授	篠原	慶規
	副査	教授	戸敷	浩介

主指導教員 准教授 関戸 知雄

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	サンティアゴ モラレス ホセ ロドルフォ SANTIAGO MORALES JOSE RODOLFO
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 資源環境科学専攻 (西暦) 2020 年度 (10 月) 入学
学位論文 題 目	Long-term Leaching Behavior and Geochemical Modeling of Cement Solidified Industrial Waste Incineration Fly Ash (セメント固化産業廃棄物焼却飛灰の長期浸出挙動と地球化学モデリング)
<p>Waste incineration is a widely used treatment method, necessitating sustainable approaches for the proper recycling of large volumes of incineration ash to mitigate environmental impacts and reduce landfill space consumption. Studies have focused on the potential of recycling incineration ash as a replacement for natural aggregates in civil engineering applications, such as road construction. In this thesis, the aim is to investigate the long-term evolution of leachate chemistry, mineralogical transformation, and heavy metal fixation performance of recycled roadbed material using boiler fly ash obtained from industrial waste incineration of waste tires and biomass. In Chapter 1, the background, main objectives, significance, and structure of this thesis dissertation are described. Furthermore, the existing research gaps in using cement-solidified incineration ashes as a recycled aggregate in road construction and the necessity to predict the long-term leachate quality are also presented. In Chapter 2, a critical review of the literature concerning waste incineration ashes and geochemical modeling applications with waste disposal and recycling are compared. The literature review attempts to provide an assessment of the current state of knowledge in this field, supported by a comprehensive list of modeling methodologies relevant to various types of waste incineration ashes originating from municipal and industrial waste. Chapter 3 focuses on describing the mineral and chemical characteristics of the raw boiler fly ash (BFA) and a cement-solidified material using the same ash (SFA). By performing standardized batch leaching tests, it was confirmed that the BFA material contains a significant amount of soluble heavy metals like Pb that could pose a threat to the environment. Using the cement solidification technique an adequate mixing ratio was established to produce solidified fly ash (SFA) to reduce the leachability of heavy metals. To evaluate the effects of cement solidification chemical and mineral analysis was conducted on both BFA and SFA. The mineral composition of BFA shows a predominance of anhydrite, calcite, and calcium silicate. On the other hand, SFA exhibited a composition comprising quartz, calcium aluminum silicate, gypsum, and calcite. The environmental impact of utilizing SFA as a road base aggregate was assessed through standardized regulatory batch leaching tests. In addition, field samples from a 5-year pilot test site that utilized SFA were analyzed. Encouragingly, the results demonstrated that the concentrations of Cd, Pb, As, T-Cr, and Ni were all found to be below the limits of permissibility. Furthermore, the pH-stat tests reveal a</p>	

decline in the concentration of released heavy metals in SFA, even when subjected to highly acidic conditions ($\text{pH} < 4$) compared to that of the BFA sample. Although the results show favorable attributes of SFA in reducing heavy metal leachability it is concluded that further studies examining the effectiveness in the long term need to be evaluated. Consequently, in Chapter 4 column leaching experiments spanning 20 months were conducted. The experimental setting consisted of representing an acidified environment and saturated conditions. By constantly collecting leachate samples the monitoring of the long-term leaching of major ion components (Ca, Na, Cl, K, and SO_4) and heavy metals from the SFA was achieved. Leachate sample analysis showed that the mineral and chemical composition of the SFA material acts as a pH buffer maintaining an alkaline composition. On the other hand, significant heavy metal concentration detected could not pose a threat to the environment, and “prewashing” of the SFA material before its utilization is recommended. Furthermore, considering the duration and conditions of the experiment representing more than 100 years of leaching, a further understanding of the long-term leaching process through numerical modeling needs to be considered. In Chapter 5, the application of geochemical modeling and numerical models are evaluated to simulate the column-leaching experiment conditions. Initially, geochemical speciation modeling using PHREEQC was employed. The modeling results suggest that, under the experimental conditions, the main mineral composition of the SFA material may comprise calcium compounds such as ettringite, portlandite, gypsum, and anhydrite. HYDRUS-1D and its HP1 component were used to simulate the column leaching conditions using the Dual-porosity model. An adequate fit between modeled and measured data was obtained for pH and major ion components. The results indicate that mineral solubility plays a significant role in the release of major ion components and acts as a pH buffer maintaining alkaline conditions. Chapter 6 presents the conclusions on the characteristics and modeling of SFA material. The study enhances our understanding of incineration ash, particularly in terms of leachability and environmental impact. Recycling these materials for sustainable applications shows promise, but the presence of hazardous heavy metals and their long-term leaching rates must be considered. The research emphasizes the significance of proper waste management strategies and the need for ongoing investigation into sustainable waste utilization in engineering applications. Notably, despite the presence of hazardous heavy metals, the study suggests that SFA exhibits significantly low leaching rates over a long-term period, offering valuable insights for sustainable waste management practices.

- (注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。
- (注2) フォントは和文の場合 10.5 ポイントの明朝系、英文の場合 12 ポイントの times 系とする。
- (注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
- (注4) 和文又は英文とする。

(西暦) 2023年 7月28日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	資源環境科学 専攻 (西暦) 2020 年度 (10月) 入学	氏名	SANTIAGO MORALES JOSE RODOLFO
論文題目	Long-term Leaching Behavior and Geochemical Modeling of Cement Solidified Industrial Waste Incineration Fly Ash (セメント固化産業廃棄物焼却飛灰の長期浸出挙動と地球化学モデリング)		
審査委員 職名及び氏名	主 査	准教授 関戸知雄	
	副 査	教授 土手 裕	
	副 査	教授 鈴木祥広	
	副 査	准教授 篠原慶規	
	副 査	教授 戸敷浩介	
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>近年、地球温暖化抑制の観点から、バイオマス等の廃棄物の焼却が注目されているが、発生する焼却残渣の有効利用が進んでいない。これは、焼却残渣中に含有される重金属等の有害物質の長期溶出挙動が不明なためである。本研究は、研究事例の少ない廃タイヤを含むバイオマスなどの産業廃棄物の焼却により発生する飛灰(BFA)を用いて、道路路盤材として利用可能な材料(SFA)を作製し、含有する重金属の固定性能や溶出ポテンシャルを明らかにすることを目的とした。また、汎用数値計算モデルを用いて、SFAの長期的な環境影響予測を行い、有効利用促進のための情報提供を目的とした。まず、BFA、SFA、およびSFAを試験施工し5年経過したフィールド試料の鉱物的および化学的特性を明らかにした。実験の結果、特に含有するPbに注目する必要があることを明らかにし、pH依存性試験により重金属類が溶出する環境を明らかにした。一方、これらの結果から長期的な安全性を明らかにすることは困難なため、SFAを用いて20か月カラム通水実験を実施した。その結果、SFAの鉱物組成が、長期にわたってアルカリ環境を維持する機能を有することを明らかにした。さらに、土壌中の水分移動モデルとして広く用いられているHYDRUS-1Dと地球化学モデリングであるPHREEQCを使用した数値計算を行い、カラム実験結果との比較評価を行った。その結果、二相多孔性モデルを使用することで、pHの推移や主要なイオン成分の変化について整合性のある結果が得られた。さらに長期の予測計算では、数百年にわたってアルカリ環境を維持できることを明らかにした。以上の結果は、SFAの長期安全性を明らかにし、今後の廃棄物焼却残渣の安全性の確認や有効利用促進につながる貴重な結論を提供できた。</p> <p>公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。

(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。

(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

氏 名 スズキ ヲウスケ
鈴木 優典

本 籍 神奈川県

学位記番号 農工総博甲第229号

学位の種類 博士(学術)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 生物機能応用科学専攻

教育コース 生命機能科学教育コース

学位論文題目 食品中遊離糖類によるメタボリックシンドロームの予防と
診断のためのバイオマーカー探索

学位論文審査委員	主査	教授	榊原	啓之
	副査	教授	山崎	正夫
	副査	教授	河原	聡
	副査	准教授	仲西	友紀
	副査	准教授	菅本	和寛

主指導教員 教授 榊原 啓之

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	スズキ ユウスケ 鈴木 優典
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 生物機能応用科学専攻 (西暦) 2020 年度 (10 月) 入学
学位論文 題 目	食品中遊離糖類によるメタボリックシンドロームの予防と診断のためのバイオマーカー探索
<p>【論文の要旨】</p> <p>近代化と経済発展により我が国の食生活は過栄養化が進み、その結果、肥満に代表されるメタボリックシンドロームの罹患率が増加の一途を辿っている。その主原因の一つが、食事由来のフルクトースやマルトースなどの遊離糖類の摂取量増加と報告されている。一方、過剰な遊離糖類の摂取が生体に与える影響については、未だ不明瞭な点が多い。本学位論文では、これら二つの遊離糖類の過剰摂取が生体に及ぼす影響およびその評価に有用なバイオマーカー探索を行った。</p> <p>第 1 章：サツマイモを加熱すると、β-アミラーゼの作用によりデンプンが分解されマルトースが生成され甘みが増す。これまでに、サツマイモ摂取の健康効果についての報告は複数あるが、マルトース自体の過剰摂取が生体に及ぼす影響についての知見は少ない。そこで、マルトースを含む高脂肪食をマウスに 13 週間摂取させた結果、過剰なマルトース摂取が、食事誘発性の過体重や血漿コレステロール上昇などの肥満関連パラメーターを増悪させることを見出した。</p> <p>第 2 章：フルクトース過剰摂取誘導性の非アルコール性脂肪性肝疾患 (NAFLD) モデルラットを用い、フルクトース過剰食摂取が主要な肝毒性マーカーに与える影響を追跡した。その結果、4 週間の摂取により肝臓肥大が生じるとともに、血漿中グルタミン酸脱水素酵素 (GLDH)、アラニンアミノトランスフェラーゼ、ロイシンアミノペプチダーゼ活性に加え、アルカリホスファターゼ (ALP) アイソザイムのうち肝臓型 (L-ALP) および小腸型 (I-ALP) 活性が有意に変動することを見出した。</p> <p>第 3 章：第 2 章で見出したフルクトース過剰摂取時に変動する肝毒性マーカーが、フルクトース過剰食摂取直後にどのような変化を示しているのかについて探求した。その結果、フルクトース過剰食摂取 1 週間の時点では肝臓肥大はみられなかったが、血漿中 GLDH 活性、L-ALP 活性、I-ALP 活性が明確に変化したことから、これらの活性が、初期のフルクトース過剰摂取状態を検出できるバイオマーカーとなりうると考えた。さらに、血漿中 L-ALP と I-ALP 活性の変動は、睡眠期よりも活動期に採血した試料でより顕著に変動したことから、評価する時間帯も重要である。</p> <p>以上より、本学位論文では、食品中遊離糖類によって引き起こされる肥満などのメタボリックシンドロームの予防戦略を構築する上で有用な知見を明らかにした。</p>	

- (注 1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。
- (注 2) フォントは和文の場合 10.5 ポイントの明朝系、英文の場合 12 ポイントの times 系とする。
- (注 3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
- (注 4) 和文又は英文とする。

2023年7月26日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	生物機能応用科学専攻 2020年度（10月）入学		氏名	鈴木 優典
論文題目	食品中遊離糖類によるメタボリックシンドロームの予防と 診断のためのバイオマーカー探索			
審査委員 職名及び氏名	主査	教授	榊原 啓之	
	副査	教授	山崎 正夫	
	副査	教授	河原 聡	
	副査	准教授	仲西 友紀	
	副査	准教授	菅本 和寛	
審査結果の要旨(800字以内)				
<p>近代化と経済発展により我が国の食生活は過栄養化が進み、その結果、肥満に代表されるメタボリックシンドロームの罹患率が増加の一途を辿っている。その主原因の一つが、食事由来のフルクトースやマルトースなどの遊離糖類の摂取量増加と報告されている。一方、過剰な遊離糖類の摂取が生体に与える影響については、未だ不明瞭な点が多い。本論文では、これら二つの遊離糖類の過剰摂取が生体に及ぼす影響およびその評価に有用なバイオマーカーを探索した。</p> <p>まず、マルトースを含む高脂肪食をマウスに13週間摂取させた結果、過剰なマルトース摂取が、食事誘発性の過体重や血漿コレステロール上昇などの肥満関連パラメーターを増悪させることを見出した。次に、フルクトース過剰摂取誘導性の非アルコール性脂肪性肝疾患モデルラットを用い、フルクトース過剰食摂取が主要な肝毒性マーカーに与える影響を追跡した。その結果、4週間の摂取により肝臓肥大が生じるとともに、血漿中グルタミン酸脱水素酵素、アラニンアミノトランスフェラーゼ、ロイシンアミノペプチダーゼ活性に加え、アルカリホスファターゼ（ALP）アイソザイムのうち肝臓型（L-ALP）および小腸型（I-ALP）活性が有意に変動すること、血漿中L-ALPとI-ALP活性の変動は、睡眠期よりも活動期に採血した試料でより顕著に変動したことから、評価する時間帯も重要であることを見出した。</p> <p>公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>				

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。

(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。

(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

氏 名 ヤシマ ダイスケ
矢島 大輔

本 籍 神奈川県

学位記番号 農工総博甲第230号

学位の種類 博士(工学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 物質・情報工学専攻

教育コース 新材料エネルギー工学教育コース

学位論文題目 Establishment of estimation model of agrivoltaic systems
maximizing for both photovoltaic electricity generation and
agricultural production using photosynthetic photon flux density
under solar panels based on solar irradiation data
(日射量データに基づく太陽光パネル下の光合成光量子束密度を用
いた太陽光発電と農業生産を最大化させる営農型太陽光発電システ
ムの推計モデルの確立)

学位論文審査委員	主査	教授	西岡	賢祐
	副査	教授	吉野	賢二
	副査	教授	鉄村	琢哉
	副査	教授	福山	敦彦
	副査	准教授	太田	靖之

主指導教員 教授 西岡 賢祐

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	ヤジマ ダイスケ 矢島 大輔
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 物質・情報工学専攻 2020年度（10月）入学
学位論文 題 目	Establishment of estimation model of agrivoltaic systems maximizing for both photovoltaic electricity generation and agricultural production using photosynthetic photon flux density under solar panels based on solar irradiation data (日射量データに基づく太陽光パネル下の光合成光量子束密度を用いた太陽光発電と農業生産を最大化させる営農型太陽光発電システムの推計モデルの確立)

【論文の要旨】（和文の場合 1,200 字程度、英文の場合 800 語程度）

Chapter 1. Introduction

Climate change and increasing food demand are global issues that require immediate attention. The introduction of solar panels to mitigate climate change and farmland to produce more food for a growing population require land, but the world finally understands that the world's land is limited after witnessing the deforestation of precious tropical rainforests and local forests such as Satoyama that sustained ecosystems. The agrivoltaic system, which involves installing solar panels above farmland, can simultaneously solve climate and food issues. However, current systems tend to reduce agricultural production and delay the harvest period due to shading by the solar panels. A delayed harvest period impacts the income of farmers who wish to sell produce at specific times.

To maximize the effectiveness of the agrivoltaic system introduction, establishing a model that determines the correct cultivation start date to ensure the ideal harvest period for specific crops under solar panels, calculates agricultural production and renewable electricity generation, and calculates the expected income of farmers is important.

Previous studies aroused interest in the agrivoltaic system among farmers and investors. However, motivated farmers and investors still require effective models to provide specific information at the location where they plan to set it up for their decision making regarding the system introduction.

The study established a model that calculates the amount of electricity generation and the production of agricultural products under solar panels from a single variable, solar irradiation data considering the ease of use for farmers and investors as users.

Chapter 2. Estimation of photosynthetic photon flux density under solar panels based on solar irradiation data using all-climate solar spectrum model

This study focused on the photosynthetic photon flux density and employed an all-climate solar spectrum model to calculate the photosynthetic photon flux density accurately on farmland partially shaded by solar panels and supporting tubes. The calculated data were validated using the photosynthetic photon flux density sensors.

To calculate the photosynthetic photon flux density under the solar panels, it is essential to weigh the direct and diffused components shaded by the solar panels separately because they have different spectrums. A method to quantify the shading was explored here by solar panels and their supporting tubes for the direct and diffused component as the sun moves. The calculation formula

was established by defining the sun's moves and the positions of solar panels and their supporting tubes in terms of elevation and azimuth angles from the observation point.

It was found that the waveform based on the calculation formula for the photosynthetic photon flux density under the solar panels reproduced the same tendency as the measured photosynthetic photon flux density. To evaluate this trend numerically, the measured and calculated photosynthetic photon flux density were compared using the standard residuals. The result of this study showed that the standard residual values were high negative value in more frequencies. This indicates that the calculated photosynthetic photon flux density tends to be higher than the measured it. This difference probably occurred because the established calculation formula targets the shading provided by the solar panels and supporting tubes but does not cover the shading provided by the other system structures and could be improved by increasing the number of days to be analyzed for the entire structure of the system. Improvements in the calculation formula are thought to clarify also through the development of a model to evaluate the agrivoltaic system, this study moves on development of the model.

Chapter 3. Estimation Model of Agrivoltaic Systems Maximizing for both Photovoltaic Electricity Generation and Agricultural Production

Incorporating an existing model that calculates the amount of electricity generated by solar irradiation, this study established a model to estimate the correct start date of cultivation for solar panel covered crops to ensure the correct harvest date and determines the expected income of farmers by calculating agricultural production and electricity generation using the photosynthetic photon flux density under the solar panels established in chapter 2. Using taro cultivation in Miyazaki Prefecture as a case study, the model estimated that the start date of cultivation should be brought forward by 23 days to ensure the ideal harvest period and agricultural production. This would prevent an opportunity loss of USD 16,000 per year for a farm area of 10,000 m². Furthermore, an additional income of USD 142,000 per year can be expected by adjusting shading rates for the cultivation and non-cultivation periods.

Chapter 4. Conclusion

The advantage of this model is that the amount of renewable electricity generation and agricultural production by the introduction of the agrivoltaic system can be calculated using a single variable, solar irradiation. This simplified model is an effective tool for farmers who have long experience in the target area and can empirically predict the impact of environmental and weather changes on agricultural production. On the other hand, the model, which does not consider environmental and weather impacts, may mislead farmers and investors who are inexperienced in the target area.

The growth of agricultural products depends on various environmental factors, such as temperature and rainfall, and is not solely determined by solar irradiation. Therefore, this study focused on photovoltaic electricity generation and agricultural growth estimated from solar irradiation as a first step towards a more comprehensive evaluation based on complex factors. Establishing models from various environmental variables by utilizing advanced methods such as AI is a subject for further study.

(注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

(注2) フォントは和文の場合 10.5 ポイントの明朝系、英文の場合 12 ポイントの times 系とする。

(注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。

(注4) 和文又は英文とする。

(西暦) 2023年 7月 19日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	物質・情報工学 専攻 (西暦) 2020年度 (10月) 入学	氏名	矢島 大輔
論文題目	Establishment of estimation model of agrivoltaic systems maximizing for both photovoltaic electricity generation and agricultural production using photosynthetic photon flux density under solar panels based on solar irradiation data (日射量データに基づく太陽光パネル下の光合成光量子束密度を用いた太陽光発電と農業生産を最大化させる営農型太陽光発電システムの推計モデルの確立)		
審査委員 職名及び氏名	主 査	教授	西岡 賢祐
	副 査	教授	吉野 賢二
	副 査	教授	鉄村 琢哉
	副 査	教授	福山 敦彦
	副 査	准教授	太田 靖之
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>本論文は、世界的な課題とされている、気候変動と食糧需要増への対応について、利用できる土地が限られている中で、農地の上に太陽光パネルを設置する営農型太陽光発電システムの可能性について、定性的で経験値に基づくこれまでの評価手法に対して、データに基づく定量的な評価を可能とする手法の開発に取り組んだものである。</p> <p>太陽光パネルの発電量と農産物の生産量はトレードオフの関係にあり、営農型太陽光発電システムは、気候変動と食糧需要増という2つの課題を同時に解決することができる一つの選択肢である一方で、太陽光パネルで生じる影による日射量の減少で農業生産量が減少したり、収穫時期が遅れたりすることで、特定の時期に一定量の農産物を販売したい農家の計画に影響し、農業生産による収入が減少する可能性が生じる。そこで、本論文では、太陽光パネルの発電量と農産物の生産量を日射量データから算出するモデルの開発を行った。太陽光パネルの発電量は、スペクトルを考慮できる全気候日射スペクトルモデルを用いて計算し、農産物の生産量は、太陽光パネル下の光合成光量子束密度から求める方法を開発することで、トレードオフの関係を定量的に評価することが可能となった。本手法により、日射量データが存在する様々な地域における農業生産への影響を回避する栽培開始時期の特定と、生産量の減少で想定される機会損失額の計算、また、太陽光パネルの農地に対する割合を、農産物の栽培期と非栽培期で変化させることにより期待される売電による期待収入額が計算され、システム導入の事前判断への活用可能性が示された。</p> <p>公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。

(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。

(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。

氏 名 カドノ タケシ
門野 武

本 籍 長崎県

学位記番号 農工総博甲第231号

学位の種類 博士(工学)

学位授与年月日 令和5年9月19日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当 (昭和28年文部省令第9号)

研究科 農学工学総合研究科

専 攻 物質・情報工学専攻

教育コース 新材料エネルギー工学教育コース

学位論文題目 分子イオン注入技術によりゲッタリング能力を付与した高感度CMOS
イメージセンサ向けSiウェーハ

学位論文審査委員 主査 教授 福山 敦彦

副査 准教授 鈴木 秀俊

副査 准教授 荒井 昌和

副査 教授 西脇 亜也

副査 教授 前田 幸治

主指導教員 教授 福山 敦彦

学位論文の要旨

フリガナ 氏 名	カドノ タケシ 門野 武
専 攻 入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 物質・情報工学専攻 (西暦) 2021年度 (4月) 入学
学位論文 題 目	分子イオン注入技術によりゲッタリング能力を付与した高感度 CMOS イメージセンサ向け Si ウェーハ

【論文の要旨】 (和文の場合 1,200 字程度、英文の場合 800 語程度)

IOT(Internet of Things)社会の進展により, CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)イメージセンサはスマートフォンやミラーレスカメラなどの民生用途だけでなく, 監視や車載, マシンビジョンなどの産業用途への適用が広がっている. これらの機器に使用される CMOS イメージセンサは, 高感度且つ高精細および高速動画処理などの多機能化に対する要求が高く, 実現するためにはノイズとなる暗電流や白キズ欠陥の低減が技術課題である.

暗電流や白キズ欠陥はデバイス製造工程により Si ウェーハに混入した重金属不純物汚染や熱処理による基板酸素のデバイス領域への拡散, および素子分離領域や MOS トランジスタに形成される SiO_2/Si 界面準位欠陥が要因である. そのため本論文では, 複数種の元素と原子から構成された分子イオン注入技術をデバイス領域から重金属不純物を取り除くゲッタリング技術に応用することに着眼した. 具体的には, 炭素や磷, さらには SiO_2/Si 界面準位欠陥の不活性化に有効な, 水素から構成された C_3H_5 や CH_2P 分子イオンを用いた場合の注入欠陥の形成過程や, 重金属不純物や酸素, 水素などの軽元素に対するゲッタリング挙動を評価し, 機能性を付与した Si ウェーハを用いた CMOS イメージセンサに対する DCS(Dark current spectroscopy)評価により暗電流や白キズ欠陥低減の効果を検証した.

まず, ゲッタリングシンクの起源となる注入後の注入欠陥(格子間 Si と空孔から成るフレンケル欠陥)の形成過程を, X 線光電子分光法と 1 つの分子イオンが形成する注入欠陥を円柱形状としたモデルにより評価解析をおこなった. その結果, 分子イオンを構成する元素や原子数および結合形態により注入欠陥形成を制御できること, さらに, 注入された水素の熱処理挙動評価と反応速度論を用いた解析により, 熱処理後の注入欠陥がゲッタリングシンクとして機能し, その形態が炭素起因や多原子空孔および磷起因の複合体であることも明らかにした.

注入欠陥を付与した Si ウェーハを用いて作製した CMOS イメージセンサの DCS 評価により, 付与していない Si ウェーハよりも白キズ欠陥を 80%低減できることを実証した. これは注入欠陥が Ni や Cu などの重金属不純物や基板酸素に対するゲッタリングシンクとして機能したためである. 特に, CH_2P 分子イオン注入により形成した注入欠陥は, 炭素起因と磷起因の 2 種類の複合体が形成されることで重金属不純物に対するゲッタリング能力が向上し, 暗電流や白キズ欠陥がさらに低減することを明らかにした. 以上の事から, 分子イオン注入欠陥の形成によりゲッタリング能力を付与した Si ウェーハは CMOS イメージセンサの暗電流や白キズ欠陥の低減に貢献できる.

(注 1) 論文博士の場合は, 「専攻, 入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し, 入学年度の記入は不要とする。

(西暦) 2023年 7月28日

論文審査結果の要旨

専攻 入学年度	物質・情報工学 専攻 (西暦) 2021年度 (4月) 入学	氏名	門野 武
論文題目	分子イオン注入技術によりゲッタリング能力を付与した高感度 CMOS イメージ センサ向けSiウェーハ		
審査委員 職名及び氏名	主 査	教授 福山 敦彦	
	副 査	准教授 鈴木 秀俊	
	副 査	准教授 荒井 昌和	
	副 査	教授 西脇 亜也	
	副 査	教授 前田 幸治	
審査結果の要旨 (800字以内)			
<p>CMOSイメージセンサはスマートフォンやミラーレスカメラなどの民生用途だけでなく、監視や車載、マシンビジョンなどの産業用途への適用が広がっている。従って、高感度且つ高精細および高速動画処理などの要求が高く、ノイズとなる暗電流や白キズ欠陥の低減が技術課題である。</p> <p>暗電流や白キズ欠陥はデバイス製造工程によりSiウェーハに混入した重金属不純物汚染や熱処理による基板酸素のデバイス領域への拡散、および素子分離領域に形成される界面準位欠陥が要因である。本論文では、複数種の元素と原子から構成された分子イオン注入技術を、デバイス領域から重金属不純物を取り除くゲッタリング技術に適用した。具体的には、水素から構成されたC₃H₅やCH₃P分子イオンを注入した場合の注入欠陥の形成過程や、重金属不純物や酸素、水素などの軽元素に対するゲッタリング挙動を評価した後、このゲッタリング能力を付与したSiウェーハを用いて作製したCMOSイメージセンサの暗電流や白キズ欠陥低減の効果を検証した。</p> <p>まず、ゲッタリングシンの起源となる注入欠陥の形成過程を評価解析した結果、分子イオンを構成する元素や原子数および結合形態により注入欠陥形成を制御できること、熱処理後の注入欠陥がゲッタリングシンクとして機能することを明らかにした。その後、注入欠陥を付与したSiウェーハを用いて作製したCMOSイメージセンサにおいて、白キズ欠陥を従来法よりも80%低減できることを実証した。特に、CH₃P分子イオン注入で形成した注入欠陥は、炭素と磷を含む複合体が形成されることで重金属不純物に対するゲッタリング能力が向上し、暗電流や白キズ欠陥がさらに低減することも明らかにした。以上、本論文で得られた成果は、CMOSイメージセンサの暗電流や白キズ欠陥の低減に大きく貢献できる有益な知見である。</p> <p>公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する。</p>			

(注1) 論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。

(注2) 最後に「公聴会での発表および質疑応答も適切であり、本審査委員会は論文審査および最終試験に合格したと判定する」という文言を統一して記載すること。

(注3) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。