

博士學位論文

内容の概要及び審査の結果の要旨

第4号

2010年5月

光産業創成大学院大学

はしがき

本編は学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第8条による公表を目的として、2010年3月に本学において博士の学位を授与した者の論文内容の概要及び論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は学位規則第4条第1項(いわゆる課程博士)によるものであり、乙は学位規則第4条第2項(いわゆる論文博士)によるものであることを示す。

目 次

学位番号	学位の種類	氏 名	論 文 題 目	頁
甲第 11 号	博士(光産業創成)	内山昌一	Nano Chemical Photonics による光産業創成	4
甲第 12 号	博士(光産業創成)	青木宏道	携帯小型分光装置の開発と果実市場における新しいビジネスの提案	7

氏名	内山昌一
学位の種類	博士(光産業創成)
学位記番号	甲第 11 号
学位授与年月日	平成 22 年 3 月 23 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	Nano Chemical Photonics による光産業創成
論文審査委員	主査 教授 鈴木鐵也 豊橋技術科学大学工学部教授 澤田和明 教授 瀧口義浩 准教授 天野雅貴

論文の概要

本論文は、光（特に紫外線）技術を化学分野に応用・展開し、そこから新たな Nano Chemical Photonics 産業構築を目指すことを主題としている。

200 から 400 ナノメートルの紫外線領域における高感度の検出器が存在しなかったため、その波長域の化学反応の解析と産業応用は未開拓の領域であった。本論文では、この未開拓領域に対して、これまでにない GaN や InGaN 系半導体結晶を用いた紫外線検出器を開発できたことを示している。特に、半導体光電面の成長現象には、光を用いたリアルタイム制御技術が不可欠であることを証明している。また、本論文で目指す化学プロセスの光制御の例として、チタニアのナノ粒子の化学合成過程における光照射の影響を議論し、世界に先駆けて光を用いた粒子形状制御に成功している。さらに、Nano Chemical Photonics を産業展開する際の起業活動の考察を進めている。その際の考察の枠組として、企業研究所—地域産業—国内産業—世界産業へのリニアモデルにおける産業化プロセスにおける課題を検討し、筆者自らが立ち上げたナノ・ミール株式会社のようなベンチャー企業の重要性を明示している。一方、研究—開発—製造—営業—市場投入までの企業活動の枠内での考察を行い、ひとつの製品（ここでは InGaN 検出器を例示）がそれぞれの段階で製品化される際の課題を明確化し、今後の市場開拓手法の方向性を議論している。また、市場開拓手法の解析において、浜松といった地域性あるいは地域の歴史や文化との関わりにまで議論を発展させている新規な考え方を示している。

本論文の概要をまとめると、第 1 章では、化学産業における光技術の応用が不十分であることの根拠を世界の研究開発動向との比較のもとで解析している。その結果、本論文の主題である Nano Chemical Photonics 創成の重要性を提示している。第 2 章では、本研究において検討を行った化学領域に対する筆者のシーズ技術に関して言及し、得られたさまざまな Nano Chemical Photonics の新知見に関して議論を進めている。本研究の基礎技術となる紫外線領域の検出器の制御・評価技術、光技術を取り込んだチタニア微粒子の作製技術における新知見に関しての背景と具体的なデータを示し、これらを用いたフォトニック結晶の産業応用の可能性に関

して、本論文としての新しい産業化の概念を提唱している。また、本論文における化学産業への光技術の導入に至る背景として、電気化学の基礎知識とそこで得られた産業概念にも触れている。第 3 章では、光技術を化学分野に産業展開するに当たり、産業そのものが抱える課題、光産業の発展のために必要な取り組みの方向、さらには、光化学技術を応用した産業の展開を、起業プロセスの各段階に投影した際に、基礎研究、応用開発、製造プロセス、販売にいたる個々の段階での課題の抽出を行っている。その中で、産業界全体あるいは光産業の発展のための課題をナノ・ミール株式会社の活動を通して解決すべく、その企業活動の方針の検討を進めている。第 4 章では、Nano Chemical Photonics を産業展開するためのナノ・ミール株式会社の設立に関して示している。およそ 2 年にわたるナノ・ミール株式会社の企業活動を分析し、今後の展開に関して議論を行っている。第 5 章では、第 1 章から第 4 章までを総括し、起業実践の課題を述べつつ今後の展開について考察している。

審査結果の要旨

(1) 新知見度

本論文で言及しているように、物理学分野に比較して化学分野への光技術の応用、さらには、それによる産業化は未開拓の領域であると考えられ、その分野に産業創成を目指して挑戦することは非常に重要なことである。その際、ナノサイズ領域における粒子形成過程にさまざまな光を照射することによって、得られる粒子の形状制御が可能であることを見出し、光による化学制御を目指した新たな知見を得ている。その際に紫外線が重要な波長領域になることに着目し、ナノ素材の評価や制御を目指した LED 紫外線光源の検討を行い、結晶成長過程の管理あるいはモニターのために応用可能であるとの新規知見を得た。また、超高感度紫外線検出器の開発への応用検討が並行して進められ、LED 紫外線光源を用いることで、これまでにない優れた性能の結晶型光電面の開発ができたという新たな知見が示された。

(2) 社会貢献度について

紫外線を用いた Nano Chemical Photonics の応用として、従来の光検出器開発の流れに、新たな LED 光源と新規産業の枠組みを取り込み、従来の研究開発だけではできなかった信頼性の高い超高感度紫外線検出器の開発の流れを構築した。この結果は、今後の紫外線領域における化学や物理学研究、新しい産業市場開拓のための計測用装置の開発・展開ができる道を開いたといえる。また、光技術を化学研究に用いる試みは、これまで考えられていなかった光をアシストとして用いる結晶成長や、化学反応制御あるいは製造における品質管理などに用いることができる可能性を示し、化学分野に新たな方向性を示したといえる。

(3) 経営実績、ビジネスプランについて

本論文の申請者はナノ・ミール株式会社を起業し、ナノ化学技術の Know-How を基盤とし、大手企業を巻き込んだ最初の重要なビジネスとして、光源技術、紫外線応用計測技術を用いて超高感度紫外線検出ビジネスを短期に立ち上げ、新規市場に投入するビジネスプランを構築し

市場を開拓した。その成果によって従来技術で困難であった紫外線領域の光電面開発において信頼性の高い技術的可能性を証明した。さらに、起業経験をもとに、ナノ化学と光学応用の産業化のための起業プロセスにおける課題を分析・整理し、企業活動を通しての課題解決についても考察している。

(4) 学術 ・ 技術業績

紫外線領域の光電面の作製プロセス管理に新規計測概念を投入して、これまでにない制御性を達成し、これらの技術を論文および特許出願している。また、光によるアシストでナノ粒子生成のプロセス制御を行い、新たな粒子形状の発見に至った。その結果は特許出願している。また、ナノ・ミール株式会社の企業活動は、カーブアウト企業として親元企業と連携してビジネス化を検討し、このビジネス展開に関しても、経営学会での口頭発表を行っている。本申請においては、本論文を構成する著書または査読付き学術論文は英文にて3編ある。投稿中の論文も英文で1件、和文での経営論文も2件ある。

以上の4項目を総合評価して、委員一同は、全員一致をもって本論文が博士（光産業創成）の学位に値すると判定した。

氏名	青木宏道
学位の種類	博士(光産業創成)
学位記番号	甲第 12 号
学位授与年月日	平成 22 年 3 月 23 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	携帯小型分光装置の開発と果実市場における新しい ビジネスの提案
論文審査委員	主査 准教授 天野雅貴 農業・食品産業技術研究機構食品総合研究所 食品分析研究領域非破壊評価ユニット長 河野澄夫 教授 鈴木鐵也 准教授 江田英雄 准教授 太田万里

論文の概要

本論文では、可視・近赤外分光技術（分光技術）に関する研究開発を基に樹上果実の熟度迅速判定システムの製品開発を試み、そのシーズ技術に立脚した新製品の早期上市を目指して起業実践を行い、そこから生じてくるさまざまな課題の解析と、その解決に向けての提案を行っている。筆者は、生産現場から流通現場への流れの中でニーズ調査を深堀することで、自らの新技術を導入した新製品を開発し、その新製品を市場に投入することで得られた知見を基に、事業展開の発展拡大に必要な要因を解析、その方向性を提示している。

本論文は、全 5 章から構成されている。

第 1 章では、本論文の背景と目的、さらに光産業創成についての考えを述べている。すなわち、近赤外分光法による果実の糖度判定については、既に巨大資本により集荷現場で基幹技術として導入されているが、それは必ずしも生産者である果樹園経営者にとって恩恵をもたらすものとはなっていないこと、流通、小売業界にとっても必要な熟度管理が手軽に行える状況にはないことを指摘している。筆者は、そこで、生産現場、貯留施設、購買・市場のニーズをも満足させる事の重要性に着目し、小型で、耐久性、簡便性、コスト性を満足する携帯型小型分光装置の必要性を提案している。

第 2 章では、筆者自身の努力と経験を通じて培い、完成の域に近づけた携帯グローブ型分光果実熟度判定装置（携帯グローブ装置）の開発の経緯について技術的観点から詳しく述べられている。すなわち、従来型判定装置との比較、筆者自身が開発した具体的装置の原理、特徴、試作過程、および果樹園での実用性評価実験などのデータが詳述されている。さらに、データの解析が

ら糖度判定にいたる理論的考察についても詳しく述べられている。

第3、4章では、新たに開発された携帯グローブ型装置を用いて、果実市場における新しいビジネスを提案すべく会社を設立し、起業実践の経緯を説明している。そこでは、筆者自身がリアクターとして顧客と一体になって顧客の抱える課題を解決することで顧客の信用を得られると述べている。すなわち、事業化要因の分析では、筆者が保有する技術的価値と現場が抱えるニーズ要因が多くの場合、すれ違い状態にあり、現場自身が課題に気づかないために放置され事業化に至っていないと分析している。筆者は、自らのシーズ技術をウイルスの一種入ファージに喩え、パートナーとしてその長所を現場（入ファージ侵入先）に持ち込み、現場から新たなる技術を発信することの重要性を主張している。結論として顧客との一体となった活動が効率的な起業実践の手法の一つであると述べている。

第5章では、事業化展開とその自己分析結果および自らの光産業創成に向けての起業実践より得られた経験から、ベンチャーの進むべき方向性について述べている。すなわち、将来の光産業創成に向けて、独創の技術を市場のトレンドリーダーである特定顧客に適合するオンリーワン・サブジェクトを構築することが小型技術ベンチャーのあり方の一つと結論付けている。

論文の概要

本論文では、分光分析法を応用した携帯グローブ型果実迅速熟度判定装置の製品開発および事業化について述べている。さらに、事業化開発を通じて得られた知見を基に、事業化に必要な要因分析を行っている。

携帯グローブ型果実迅速熟度判定装置の製品開発では、自らが研究開発を続けてきた可視・近赤外測光技術を応用し製品開発を行っている。直線光軸型分光装置を用いての屋外対応携帯グローブ型測定装置自体は、筆者が研究開発を続けてきたオリジナル技術の成果であり、近赤外領域の吸収に基づくクロロフィル含量変化が高精度で測定可能な高度な技術である。さらに、筆者はこの技術を製品化するために、システムの安定化と使いやすさを改良し、データ解析アルゴリズムを組み込んだシステム製品開発を行っている。既存のミラー反射型装置と比較して、直線光軸型装置では遥かに耐久性、信頼性、感度性能、軽便さにも優れていることを示唆する結果を得ている。これらは、製品の事業化に大きく貢献する重要な要素である。

筆者は、市場ニーズの収集及びユーザー獲得を目的として、生産現場とみなされる果樹試験場との協同作業、さらに貯留、流通業界の重要顧客との協同作業も試みている。この他、情報発信と外部による評価を目的に国際学会・展示会での発表も行っている。可視・近赤外光計測に関するシーズ技術をもとに、それを測定機器として製品化に成功し、加えて、ニーズ調査と宣伝活動により、事業化へと展開している努力は評価に値すると認められる。

熟度判定装置の開発では、既存機器の問題点を的確に捉え、その問題を克服

する独自の装置を短時間で開発し、実用性の評価を行っている。さらに、その機器の汎用性を利用し、事業展開を試みている。また、用途の拡大に伴い、様々な果実を対象に有効性評価を行っている。そこで得られた成果は、ニーズ主導での製品開発の観点から優れた成果であると認められる。

事業化および事業展開での優れた点としては、ニーズを抱えるものの明確な解決手段を捜しあぐねていた顧客に自らのシーズ技術を持ち込んで、その有効性と事業に取り入れた際の優位性に気づかせるべく、自らがリアクターとなって積極的に顧客現場と関わっている点である。事業化分析での優れた点として、不特定多数に情報を発信する手法を用いるのではなく、真に信頼出来る相手をパートナーとして選び、事業展開する姿勢に徹している点が高く評価出来る。以上の内容が博士論文として明快に提出された本論文に記述されていると認められる。したがって、本論文は本学の学位細則および内規の基準も満たしており、公開審査会でのコメントに対しても適切に修正されており、かつ、博士論文として十分な内容を有すると認められる。以上の結果、博士（光産業創成）の学位を授与するに値すると審査委員全員の一致で判定された。