

氏名（本籍）	大社 一樹（東京都）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第 237 号
学位授与の日付	令和 2 年 3 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	新規水耕栽培ビジネスのエコシステム戦略研究
論文審査委員	(主査) 教授 久保 裕史 (副査) 教授 下田 篤 教授 遠山 正朗 教授 鴻巣 努 教授 山崎 晃

学位論文の要旨

新規水耕栽培ビジネスのエコシステム戦略研究

日本の農業は、就労者の減少と高齢化、および荒廃農地の増加が顕著である。これらの問題の主たる原因は、少子高齢化と、低生産性、特に低収益性にあるものと推測される。その解決には、新規就農者でも容易に生産でき、且つ高生産性と低コストを実現できる新規農業方式の開発が必要である。一方、製造業においては、既にアーキテクチャの「モジュラー化とオープン化」（藤本ら, 2001）が進展し、目覚ましい生産性の向上と低コスト化を遂げている。本研究の第一の動機は、このアーキテクチャを農業システムに応用し、前記の問題の解決を図ることである。しかし、それだけでは、日本の電機産業のように持続的イノベーション創出に困難が予想される。そこで持続的イノベーション創出の仕組みを採り入れた「エコシステム戦略」に着目し、農業分野への応用を試みる。それが本研究の第二の動機である。

エコシステム戦略を初めて体系化したのは Iansiti et al. (2004) である。彼らは豊富なデータに基づいて、エコシステム戦略（またはキーストーン戦略）の KPI (Key Performance Indicators) を、生産性、堅牢性、ニッチの創出、の三つとした。垣本ら (2018) はさらに、P2M (Project & Program Management) を基盤とする五項目のキーストーン戦略構築フレームワーク (FW) を提案している。しかし、これらのエコシステム戦略研究はすべて、モジュール化されている第二次および第三次産業に限定されている。

以上に述べた研究の背景と先行研究調査の結果に基づいて、本研究の目的を、「生産性が高い新規水耕栽培 (EZ 水耕) ビジネスのエコシステム戦略構築」と定めた。

本研究のアプローチは、以下の通りである。まず第1ステージ(スキームモデル)では、垣本らの五項目のFWを用い、EZ水耕ビジネスのエコシステム戦略を構想する。次の第2ステージ(システムモデル)では、本戦略に基づくEZ水耕栽培システムを開発する。第3ステージ(サービスモデル)では、実証試験を兼ねたEZ水耕栽培事業を展開する。本エコシステム戦略の妥当性は、これら三つのステージで確認するとともに、エコシステム戦略の三つのKPI(生産性、堅牢性、ニッチの創出)に基づき確認することとした。

以下、本論文の構成(第1~7章)に沿って、その概要を述べる。

第1章の序論では、前述の日本の農業問題と先行研究の要点を述べ、社会的背景に基づいて問題点を整理するとともに解決策を提示した。次いで、その問題解決に繋がる本研究の目的を設定するとともに、その研究アプローチと本論文の構成を提示した。

第2章では、エコシステム戦略論と水耕栽培技術の先行研究結果を述べた。前者の要点は、前述のとおりである。後者については、本研究で開発した非養液型露地水耕栽培の先行研究は存在せず、その新規性が確認された。

第3章では、前記五項目のFWに基づき、EZ水耕栽培システムの開発スタートアップをKSとするEZ水耕ビジネスのエコシステム戦略(スキームモデル)を構想した。第1のFWではP2Mの6つの統合マネジメントの下、3ステージモデルに基づくエコシステム戦略プログラムの全体像をデザインした。第2のFWではシステム論に基づき、本ビジネスの階層構造を分析した。そのうえで、KS企業を水耕資材とノウハウパッケージのプラットフォームとして位置づけた。さらに上流の材料サプライヤや、下流の農業従事者、食品加工会社、物流・販売業者等は、ニッチプレイヤーの位置づけである。第3のアーキテクチャ分析のFWでは、顧客(農業事業者)の要求機能と、EZ水耕システム構造の対応関係を明らかにした。その結果に基づいて、種々の資材(苗、緩効性肥料、培地、水耕パネル、水耕鉢等)とノウハウをパッケージ化した「EZ水耕キット」を開発することとした。本キットはKS企業の「すり合わせ」技術を封じ込めたブラックボックスであると同時に、顧客にとっては簡便かつ高生産性で自社技術とも組み合わせ容易なモジュラー型のハブである。第4のFWでは、このハブ技術を用いた標準化戦略を立案した。第5のFWでは、階層型Abernathy-Utterbackモデルに基づき、EZ水耕ビジネス・エコシステムの将来戦略を立案した。

第4章では、前章で構想したエコシステム戦略プログラムにしたがって開発したEZ水耕のシステムモデルについて述べた。

第5章では、EZ水耕の実証試験を兼ねた事業展開(サービスモデル)について述べた。国内10カ所で本システムを用いた野菜生産を行い、そこで得られたデータに基づくフィードバック情報をエコシステムの改善につなげた。さらに、将来戦略の一つとして、EZ水耕ソーラーシェアリングの実証実験結果について述べた。

第6章では、第3~5章で構築したEZ水耕ビジネス・エコシステムの有効性を、エコシステム戦略の三つのKPIにより確認した。第一の「生産性」は、EZ水耕キットによる多期作実現や作物収量増加、コスト低減、収益性向上、労働負荷低減、環境負荷低減により向上した。第二の「堅牢性」は、エコシステムの1)構造持続性、2)予測可能性、3)陳腐化回避の観点から確認された。

第三の「ニッチの創出」は、ハブを中心にニッチプレイヤーが相乗効果を発揮しイノベーションの創出が続くことが示唆された。以上により本エコシステム戦略の妥当性が確認された。

第7章の結論では、本研究の目的である「生産性が高い新規水耕栽培ビジネスのエコシステム戦略」が五項目のFWを用いて構想され、その有効性が実証事業により確認されるとともに、その妥当性は三つのKPIにより確認されたことを述べた。

本研究で提案されたEZ水耕ビジネスのエコシステム戦略は、日本の農業の生産性の向上や荒廃農地増加の抑制に寄与することが強く期待される。主要な今後の課題は、本エコシステムを、ライフサイクル・マネジメントの観点から、更に発展させ、改善していくことである。

審査結果の要旨

日本の農業は、就労者の減少と高齢化、及び荒廃農地の増加が顕著である。これらの問題の主たる原因は、少子高齢化と、低生産性、低収益性にあるものと推測される。その解決には、新規就農者でも容易に生産でき、且つ高生産性と低コストを実現できる新規農業方式の開発が必要である。一方、製造業においては、既にアーキテクチャの「モジュラー化とオープン化」(藤本ら、2001年)が進展し、目覚ましい生産性の向上と低コスト化を遂げている。本研究の第一の動機は、このアーキテクチャを農業システムに応用し、前記問題の解決を図ることである。しかし、それだけでは、日本の電機産業のように持続的イノベーション創出に困難が予想される。本研究の第二の動機は、持続的イノベーション創出の仕組みを採り入れた「エコシステム戦略」に着目し、農業分野への応用を試みることである。

エコシステム戦略を初めて体系化したのはイアンシティら(2004年)である。彼らは豊富なデータに基づき、エコシステム戦略(またはキーストーン(KS)戦略)のKPI(Key Performance Indicators)を、生産性、堅牢性、ニッチの創出、の3つとした垣本ら(2018年)はさらに、P2M(Project & Program Management)を基盤とする5つのKS戦略構築フレームワーク(FW)を提案している。しかし、これらのエコシステム戦略研究は、すべて第2次または第3次産業に限られてきた。

以上に述べた研究の背景と先行研究調査の結果により、本研究の目的を、「生産性と収益性が高い新規水耕栽培ビジネスのエコシステム戦略構築」とした。本研究のアプローチは、以下の通りである。まず第1ステージ(P2Mのスキームモデル)では、垣本らの5つのFWを用い、本ビジネスのエコシステム戦略を構想する。次の第2ステージ(同システムモデル)では、本戦略に基づく新規水耕栽培システムを開発する。第3ステージ(同サービスモデル)では、実証試験を兼ねた本事業を展開する。本戦略の妥当性は、これら3ステージで確認するとともに、エコシステム戦略の3つのKPI(生産性、堅牢性、ニッチ送付)に基づき確認する。

以下、本論文の構成(第1~7章)に沿って、その概要を述べる。

第1章の序論では、前述の日本の農業問題と先行研究の要点を述べ、問題解決に繋がる本研究の目的を提示し、その研究アプローチと論文構成について述べた。

第2章では、エコシステム戦略論と水耕栽培技術の先行研究結果を述べた。前者の要点は、前述のとおりである。後者については、本研究で開発した非養液型露地水耕栽培の先行研究は存在せず、その新規性が確認された。

第3章では、前記5つのFWに基づき、EZ水耕システムの開発スタートアップをKSとするEZ水耕ビジネスのエコシステム戦略(スキームモデル)を構想した。第1のFWではP2Mの6つの統合マネジメントの下、3ステージモデルに基づくエコシステム戦略プログラムの全体像をデザインした。第2のFWではシステム論に基づき、本ビジネスの階級構造を分析した。そのうえで、KS企業を水耕資材とノウハウパッケージのプラットフォームとして位置づけた。さらに上流の材料サプライヤや、下流の農業従事者、食品加工会社物流・販売業者等は、ニッチプレーヤの位置づけである。第3のアーキテクチャ分析のFWでは、顧客(農業事業者)の要求機能と、EZ水耕システム構造の対応関係を明らかにした。その結果を基に、種々の資材(苗、緩効性肥料、培地、水耕パネル、スリットポット等)とノウハウをパッケージ化した「EZ水耕キット」を開発することにした。本キットはKS企業の「すり合わせ」技術を封じ込めたブラックボックスであると同時に、顧客にとっては簡便かつ生産性で自社技術とも組み合わせ容易なモジュラー型のハブである。第4のFWでは、このハブ技術を用いた標準化戦略を立案した。第5のFWでは、階層型Abernathy-Utterbackモデルに基づき、EZ水耕ビジネス・エコシステムの将来戦略を立案した。

第4章では、前章で構想したエコシステム戦略プログラムにしたがって開発したEZ水耕のシステムモデルについて述べた。

第5章では、EZ水耕の実証研究を兼ねた事業展開(サービスモデル)について述べた。国内8カ所で本システムを用いた野菜生産を行い、そこで得られたデータに基づくフィードバック情報をエコシステムの改善につなげた。さらに、将来戦略の一つとして、EZ水耕ソーラーシェアリングの実証研究結果について述べた。

第6章では、第3～5章で構築した本戦略の有効性を、KS戦略の3つのKPIに基づき確認した。1つめの「生産性」は、EZ水耕キットによる多期作実現や作物収量増加、コスト低減ら収益性向上、労働負荷低減、環境負荷低減により向上した。2つめの「堅牢性」は、エコシステムの1)構造持続性、2)予測可能性、3)陳腐化回避の観点から確認された3つめの「ニッチの創出」は、ハブを中心にニッチプレーヤが相乗効果を発揮し、イノベーションの創出が続くことが示唆された。以上により本エコシステム戦略の妥当性が確認された。

第7章の結論では、本研究の目的である「生産性と収益性が高い新規水耕栽培ビジネスのエコシステム戦略」が前記5つのFWを用いて構想されたことと、その妥当性が本構想に基づくシステム開発と実証事業、及びKS戦略の3つのKPIにより確認されたことを述べた。

本研究のEZ水耕ビジネスのエコシステム戦略は、日本の農業の生産性と収益性の向上や荒廃農地の抑制に寄与する。今後の課題は、本エコシステムを、ライフサイクル・マネジメントの観点から、更に発展させ、改善していくことである。

本研究の新規性は、農業分野で初めてモジュラー化とオープン化に基づくエコシステム戦略を構想し、その妥当性を確認している点にあるものと考えられる。また、それと同時に、本戦略は、

農業分野全般に適用可能であり、普遍性を有するものと考えられる。

本論文は、新規水耕栽培ビジネスのエコシステム戦略について研究したものであり、農業の生産性と収益性向上に寄与する重要な知見を得たものとして、価値ある集積であると認める。したがって、学位申請者の大社一樹氏は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。