論 文 内 容 の 要 旨

博士論文題目

A Mixed-Integer Linear Programming Based Approach to Optimal Design of Marine Shrimp Farming Supply Chain Network

（海洋エビ養殖サプライチェーンネットワークの最適設計への混合整数線形計画法に基づくアプローチ）

氏　名

Limpianchob Chaimongkol

（論文内容の要旨）

東南アジアにおける海洋エビ養殖では，伝統的な養殖方法が広く行われている．巨大淡水エビ養殖はそのような伝統的手法で生育されている主な養殖エビの一つである．一般に水産物の養殖では，鮮度を保つことが極めて重要であるが，現在の巨大淡水エビ養殖場では経験に基づく手法でエビの養殖が行われており，生産計画や生産コントロール，サプライ・チェーン・ネットワークにおける物流戦略といった先端的な経営管理手法の導入により，収益のさらなる向上や効率性の改善が見込まれている．

本論文では，巨大淡水エビ養殖のサプライ・チェーン・ネットワークの設計問題における混合整数計画モデルを検討している．巨大淡水エビ養殖のサプライ・チェーン・ネットワークでは，養殖池におけるエビの養殖法と出荷管理，卸市場におけるエビの保管とエンドユーザへの出荷計画が，生産されるエビの品質を左右する重要なファクタとなっている．本論文ではこのサプライ・チェーン・ネットワークに対し，月単位のオペレーションに基づく混合整数計画問題と，週単位のオペレーションに基づく多目的最適化問題の二種類の数理計画モデルを検討している．

月単位のオペレーションに基づく混合整数計画問題では，1年間の収益最大化を目的関数とし，エビの養殖・物流の諸条件として，養殖池の使用期間，稚魚の購入量と購入経路，養殖池からの収穫量，卸市場の保管プール容量等について制約条件を考え，定式化を行なっている．また，ケーススタディとして，実際の巨大淡水エビ養殖業の企業から提供された実データを用いた数値実験を行い，収益向上が可能な養殖オペレーションについて議論を行っている．

次に週単位のオペレーションに基づく多目的最適化問題では，目的関数として収益最大化と稚魚の購入経路最小化の二つを考え，月単位の混合整数計画問題で検討した制約条件に加えて新たに稚魚の購入経路と稚魚の死滅率を考慮した制約条件を導入したモデルを提案している．多目的最適化問題を数値的に解く手法として増大 ε 制約法を採用し，パレート最適解を導出して最適な養殖オペレーションについて議論を行うとともに，実際の巨大淡水エビ養殖事業に対する提案モデルの有用性について論じている．

氏　名	Limpianchob Chaimongkol

（論文審査結果の要旨）

令和元年１２月２３日に開催した公聴会の結果を参考に令和２年２月１２日に博士論文の審査を行った．以下の通り，本博士論文は，提案者が独立した研究者として研究活動を続けていくための十分な素養を備えていることを示すものと認める．

Limpianchob Chaimongkol 君は，本博士論文において，巨大淡水エビ養殖のサプライ・チェーン・ネットワークの設計問題に向けた混合整数計画法の応用について研究を行い，月単位のオペレーションに基づく混合整数計画問題と，週単位のオペレーションに基づく多目的最適化問題の二種類の数理計画モデルを提案するとともに，ケーススタディとして実際の巨大淡水エビ養殖企業から提供された実データを使用して提案モデルの有効性について定量的に検討を行っている．本論文の貢献は以下のようにまとめることができる．

1. サプライ・チェーン・ネットワークの構成要素として，巨大淡水エビの稚魚販売業者，養殖池，卸市場，仲買業者，の４種類を考え，フィードフォワードタイプのネットワークとしてモデル化し，各構成要素間での養殖エビのフローを複数の制約条件とともに検討して混合整数計画問題として定式化を行った．

2. 月単位のオペレーションに対する混合整数計画問題では，稚魚販売業者，養殖池，卸市場の貯蔵プール，仲買業者，の４種類のネットワークノード間の養殖エビ・フローを考え，26 個のパラメータと 14 個の決定変数，20 個の制約条件からなる収益最適化問題を定式化し，ケーススタディとして実データを用いた数値実験を行い，収益向上が可能なオペレーションに関する結果を得ることに成功した．

3. 週単位のオペレーションに対する多目的最適化問題では，目的関数として収益最大化と稚魚の購入経路最小化の２つを考え，養殖エビの品質として搬送経路における死滅率を導入し，33 個のパラメータと 21 個の決定変数，27 個の制約条件からなる多目的最適化問題を定式化した．

4. 多目的最適化問題のソルバーとして増大 ε 制約法を採用し，個別の最適化問題から得られる最大収益値と最短経路を初期値としてパレート最適解を計算し，収益最大化と稚魚購入経路の最小化を同時に達成する解集合を通してエビの効率的な養殖オペレーションについて考察を与えた．

提案された２つの混合整数計画問題モデルは，対象とするサプライ・チェーン・ネットワークの特徴を十分かつ効果的に捉えた独創的な数理モデルであり，数値実験を通して得られたエビ養殖の最適オペレーションは実データを通して得られたという点で実用性が高く，オペレーションズ・リサーチ分野の実学的観点から高い貢献が認められる．

よって，本論文は，博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める．