

## ある水産加工業社における在庫管理方式の検討

森 友哉<sup>†</sup>小林 敏也<sup>‡</sup>宇都宮 陽一<sup>‡</sup>奥田 隆史<sup>†</sup>愛知県立大学 情報科学部 情報科学科<sup>†</sup> 愛知県立大学 大学院 情報科学研究科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

現在、国は水産業における6次産業化（「漁業生産と加工・販売の一体化」など）を推進している[1]。水産庁の水産業体質強化総合対策事業では、水産業における第一次産業である漁業の対策をおこなっているが、第二、三次産業である水産加工業では、社会的な対応策が不足している[2]。また、環太平洋パートナーシップ協定（以下、TPP）による影響で水産業を取り巻く社会環境が大きく変化していて、関税削減により海外の安い肉類が輸入され、魚類の消費減が進行することが懸念されている[3][4][5]。

本研究では、このような背景から現在の水産加工業における改善可能な問題を明らかにし、科学的手法を用いて問題の対応策を検討する。まず、水産加工業の実態を知るために、ある企業を調査して現状の改善が可能な問題の抽出をした。その結果、在庫管理に問題があることがわかった。在庫を適切に管理するように改善をすればコストを削減可能である。次に、調査結果に基づいた在庫管理に関する数理モデルを構築する。そして、在庫管理での総費用を最小化する在庫管理方式を提案する。

以下、第2節において、ある水産加工業の実態調査により明らかになった問題についてまとめる。そして在庫管理に着目した理由を述べる。次に第3節において第2節で明らかになった問題を解決する方針を説明する。そして、第4節において、具体的な数値例を用いてシミュレーションをおこない在庫管理方式を検討する。最後に第5節で、まとめと今後の課題を述べる。

## 2 ある水産加工業社の実態調査

本稿ではある水産加工業社（愛知県西尾市、従業員2人、主として水産加工業を中心に営んでいるが、加工した商品の販売業もおこなっている）の在庫管理に関する実態を調査した。その結果、当該企業では「在庫管理」が適切に実施されていないことがわかった[6]。なお当該企業における在庫の対象となるものは、原材料及び加工してできた商品どちらも含んでいる。

在庫管理が適切でない判断した二つの理由は、①当該企業の経営は在庫があることを前提とした加工及

び販売である。②在庫管理が科学的手法に基づいていないことである。①は、当該企業は冷凍保存により原材料となる在庫を確保、管理し、消費者（以下、客）の需要に合わせて加工・販売することで1年間のうち長い期間で商品の販売が可能な経営であることを示している。そのため、当該企業にとって在庫の管理が重要な要素であるとわかる。

②は具体的に、当該企業の経営者による経験的判断によって在庫を発注する時期や加工する量（加工量）が決定しているということである。さらに当該企業では在庫管理方式が定まっていないため、余計な在庫の保管費用、品切れ損失費用など、在庫管理における無駄なコストが発生する。在庫管理方式とは、対象商品の需要、リードタイム（発注してから納品されるまでの時間）、在庫の量がいくつのとき発注するかの基準（発注点）、在庫がいくつになるまで補充するかの基準（補充点）、発注量を決定する方法である。

上記から、当該企業では在庫が重要であるにもかかわらず、当該企業の不明瞭な在庫管理方式により発生する無駄なコストへの対策が十分でないことが判明した。そこで本研究では在庫管理問題に着目し、企業におけるコストを最小化する在庫管理方式を検討する。

## 3 問題解決の方針

当該企業における在庫管理に関する問題を解決するため定期発注点方式、定期補充点方式、定期発注点補充点方式それぞれを適用し、当該企業の在庫管理に関する総費用を最小化する在庫管理方式を需要供給在庫管理シミュレーションによる検証をおこなう。定期発注点方式は、在庫量が予め設定した発注点よりも少ないとき一定量を発注する。定期補充点方式は、在庫量が予め設定した補充点よりも少ないとき補充点まで発注する。定期発注点補充点方式は、予め発注点と補充点を設定しておき、在庫量が発注点よりも少ないとき、補充点まで発注する。

当該企業の在庫管理方式における最適な発注点を求めるため当該企業の在庫管理に関する総費用を目的関数とした最小化問題(1)を考える[7]。決定変数は発注点(Order Point)とし、 $op$ とおく。総費用(Total Cost)、発注費用(Order Cost)、品切れ損失費(Shortage Cost)は $op$ に依存し、それぞれ $TC(op)$ 、 $OC(op)$ 、 $SC(op)$ とする。 $op$ は $op_F$ 、 $op_S$ の総称であり、詳細は第4節で後述する。

$$\begin{cases} \text{minimize} & TC(op) \\ \text{subject to} & OC(op) \leq \text{発注費用予算} \\ & SC(op) \leq \text{品切れ損失予算} \\ & op \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

A case study of Inventory Management System in Marine product processing industry

<sup>†</sup>Tomoya MORI, Takashi OKUDA

<sup>‡</sup>Toshiyuki KOBAYASHI, Yoichi Utsunomiya

<sup>†</sup>Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

<sup>‡</sup>Graduate school of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

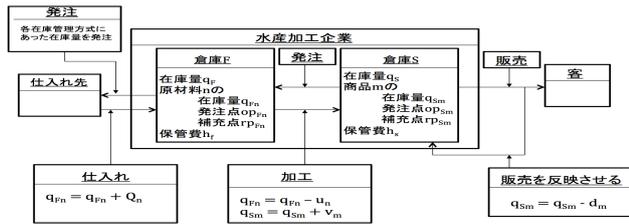


図1 当該企業における在庫管理のモデル図

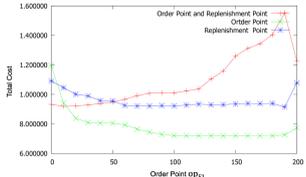


図2 各在庫管理方式の総費用

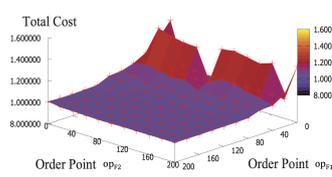


図3  $op_{F3} = 200$  ときの総費用

しかし、 $TC$ 、 $OC$ 、 $SC$ が陽形式で与えられているため、需要供給在庫管理シミュレーションの結果を反映した数式を利用する必要がある。

#### 4 当該企業における在庫管理のモデル化

需要供給在庫管理シミュレーションをおこなうため、当該企業における在庫管理を、次のI~IVをもとに、図1のようにモデル化した。当該企業は、仕事をT日間おこない、総費用TC、発注費用OC、品切れ損失費用SCを求めることとする。

- I 在庫: 水産加工業社は工場と販売店に、それぞれ倉庫F、Sを持つ。倉庫FではN種の原材料を、倉庫SではM種の商品在庫管理の対象とする。現在の在庫量は $q_F$ (箱)、 $q_S$ (点)であり、原材料n、商品mは $q_{Fn}$ 、 $q_{Sm}$ 分の在庫が保管されている。各倉庫には発注点 $op_{Fn}$ 、 $op_{Sm}$ および補充点 $rp_{Fn}$ 、 $rp_{Sm}$ が設定されている。また維持費として1日につき保管費 $h_F$ 、 $h_S$ 円分消費する。
- II 加工: 原材料nを $u_n$ 分消費して $v_m$ 分の商品mが作られる。このとき、1日につき加工コスト $pc$ がかかる。商品mの在庫量が $op_{Sm}$ 以下になったとき、商品mの加工を要請するため、緊急加工コスト $ec$ がかかる。緊急加工では、 $v_m$ のa倍加工する。
- III 販売: 加工した商品を販売する。客の需要量 $d_m$ は1日の平均 $D_m$ のポアソン分布に従う。倉庫Sの商品mの在庫がなくなったとき、品切れ損失として $sc_m$ 消費する。
- IV 観測、発注: 観測周期Rに従い、各倉庫にある在庫量を調べる。観測後、各在庫管理方式における発注条件であれば、在庫を増やすため、仕入れ先に発注する。原材料nのリードタイム $L_n$ は確率的に変化する。倉庫Fへ納品されると、発注量 $Q_n$ 分だけ在庫が増加し、1箱につき仕入れ値 $c_n$ が、発注1回につき固定費 $k_n$ が発生する。

この図1の在庫管理モデルのもと表1の数値例を用いてシミュレーションをおこない、第3節で述べた在庫管理方式を比較する。各発注点を $0, \dots, 200$ と変化させ、総費用、発注費用、品切れ損失費用を求める。ここで、発注費用と品切れ損失費用の予算は2億5千万円と設定した。

このシミュレーションにより、原材料1の発注点に対する各在庫管理方式での総費用は図2のようになった。縦軸は総費用、横軸は原材料1の発注点を示し、赤、緑そして青のグラフはそれぞれ定期発注点補充点方式、定期発注点方式、定期補充点方式による結果である。なお、このデータは10回のシミュレーション結果の平均値である。図2より、総費用は定期発注点方

表1 シミュレーションにおける数値例

名前	記号	数値例
原材料の品種(種)	N	3
商品の品種(種)	M	3
倉庫Fにおける原材料nの発注点(箱)	$op_{Fn}(n=1, \dots, 3)$	0, ..., 200
倉庫Sにおける商品mの発注点(点)	$op_{Sm}(m=1, \dots, 3)$	50
倉庫Fにおける原材料nの補充点(箱)	$rp_{Fn}(n=1, \dots, 3)$	0, ..., 200
倉庫Sにおける商品mの補充点(点)	$rp_{Sm}(m=1, \dots, 3)$	200
倉庫F, Sの保管費(円/日)	$h_F, h_S$	0, 0
加工量(箱/回)	$u_n(n=1, \dots, 3)$	10
商品量(点/回)	$v_m(m=1, \dots, 3)$	10
原材料1,2,3を発注するための固定費(円/回)	$k_1, k_2, k_3$	1000, 2000, 3000
原材料1,2,3の仕入れ値(円/箱)	$c_1, c_2, c_3$	300, 100, 200
発注量	$Q_n(n=1, \dots, 3)$	100
加工コスト(円/日)	$pc$	2000
緊急加工コスト(円/回)	$ec$	10000
緊急加工での $v_m$ の倍率	$a$	5
需要(点/日)	$D_m$	20
商品1,2,3の品切れ損失費用(円/回)	$sc_1, sc_2, sc_3$	3000
原材料1,2,3のリードタイム(日)	$L_1, L_2, L_3$	0, ..., 2, 2, ..., 4, 3, ..., 6
観測周期(日)	R	1
シミュレーション日数(日)	T	365
シミュレーション試行回数(回)	-	10

式のとときに最小となった。ここで定期発注点方式の最適な発注点を求めるため $op_{F1}$ 、 $op_{F2}$ 、 $op_{F3}$ を変数とした最小化問題(1)の目的関数、制約条件を重回帰分析により(2)、(3)、(4)のように数式化した。

$$TC = 3276op_{F1} + (-8103)op_{F2} + (-772)op_{F3} + 10139659 \quad (2)$$

$$OC = (-427)op_{F1} + 1686op_{F2} + 270op_{F3} + 4026502 \quad (3)$$

$$SC = 4037op_{F1} + (-8961)op_{F2} + (-410)op_{F3} + 1323952 \quad (4)$$

最小化問題(1)より最適な発注点 $op_{F1} = 100$ 、 $op_{F2} = 100$ 、 $op_{F3} = 200$ が得られた。 $op_{F3} = 200$ に固定させたとき、 $op_{F1}$ 、 $op_{F2}$ を $0, \dots, 200$ まで変化させたときの総費用は図3のようになった。図3から、 $op_{F1}$ 、 $op_{F2}$ が増加するごとに総費用が減少することがわかる。そして、最小化問題(1)の結果を考慮すると総費用が最小となるのは $op_{F1} = op_{F2} = 100$ のときが妥当であることがわかる。

#### 5 おわりに

本稿では、ある水産加工業社の在庫管理にかかる総費用を最小化する在庫管理方式をシミュレーションにより検討した。総費用を最小化する在庫管理方式は定期発注点方式であることがわかった。さらには、総費用を最小化するための最適な発注点を求めた。在庫管理方式の検討はできたが、これだけでTPPによる影響の対策が万全であるとはいえない。魚類の消費減による売り上げへの対策についても検討が必要である。

#### 参考文献

- [1] 農林水産省, “農林漁業の6次産業化” <http://www.maff.go.jp/j/shokusan/sanki/6jika.html>, 2015年12月閲覧
- [2] 水産庁, “水産業体質強化総合対策事業” <http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/kyouka/index.html>, 2015年12月閲覧
- [3] 水産庁, “(1)水産物の消費動向”, [http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h22\\_h/trend/1/t1\\_2\\_1\\_1.html](http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h22_h/trend/1/t1_2_1_1.html), 2015年11月閲覧
- [4] 外務省, “環太平洋パートナーシップ(TPP)協定交渉”, <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/tpp/>, 2015年10月閲覧
- [5] 静岡新聞アットエス, “水産業者「情報足りぬ」種類多く、漁獲も影響 TPP影響分析”, <http://www.at-s.com/news/article/economy/shizuoka/167755.html>, 2015年11月閲覧
- [6] 大野勝久, 逆瀬川浩孝, 中出康一, 『excelで学ぶオペレーション・リサーチ』, 近代科学社, 2014.
- [7] 久野野人, 繁野麻衣子, 後藤順哉, 『ITtext 数値最適化』, 株式会社オーム社, 2012.