

水産加工業を対象とした在庫管理方式に関する研究-6次産業化のために-

小林 敏也

指導教員：奥田 隆史

1 はじめに

現在、国は水産業に地域の活性化・産業の活性化を目的とした**6次産業化**を推進している [1]。6次産業化を進めるためには、第一次産業、第二次産業、第三次産業に分類される企業が協力する（漁業生産と加工・販売の一体化など）ことが必要不可欠である。各企業が協力することで、新たな付加価値が生まれ、その結果、地域の活性化や産業の活性化につながる。

しかしながら、水産業は様々な問題を抱えている。そのひとつが、環太平洋パートナーシップ協定（以下、TPP）の合意など、社会的環境の変化による水産業への影響である。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 [2][3][4]。

こうした社会的環境の変化に対し、国は企業存続のために対策を講じる必要がある。しかしながら、水産業における第一次産業では対策を講じているのに対し、第二次産業である水産加工業や第三次産業の水産販売業では、具体的な対策が講じられていない [5]。国からの対策が不十分である現状において、第二、第三次産業を営む企業は自身を持つ問題を速やかに解決し、企業を存続に努める必要がある。

本研究では上記の背景から第二次産業である水産加工業に着目した。その理由として水産加工業が新たな付加価値を生み出すために特に重要な役割を果たすと考えられるからである。そこで水産加工業社の改善可能である問題を明らかにし、科学的手法を用いて問題の解決策を検討する。まず、水産加工業の実態を知るために、ある水産加工業社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 [6] に問題があることがわかった。在庫を適切に管理することによりコストの削減が可能である。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、在庫管理に伴い発生する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、数値例を用いてシミュレーションをおこない最適な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 水産加工業社の調査

本稿である水産加工業社（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行っている）の調査を実施した。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。なお、当該企業における在庫の対象となるものは、原材料および加工してできた商品どちらも含んでいる。在庫が適切でない判断した理由は次の2点である。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）を決定しているということである。さらに当該企業では明確な在庫管理方式が定まっていなかったため、余計な在庫の保管費用や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）によって、在庫量によって発注を決定する基準（発注点）、在庫の量を補充する量を決定する基準（補充点）、発注する量（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、当該企業の不明確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。そこで本研究における問題解決の方針として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し、その在庫管理方式にて最適な発注点を決定する。**

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、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行う。定期発注点方式とは、在庫量が予め設定した発注点より少ないとき、一定の発注量を発注する。定期補充点方式とは、在庫量が予め設定した補充点より少ないとき、補充点まで発注する。定期発注点補充点方式とは、在庫量が予め発注点、補充点を設定し、在庫量が発注点より少ないとき、補充点まで発注する。この3方式から選ぶ理由として、これらの在庫管理方式は「在庫をいつ発注すべきか」の基準が現在の在庫量に依存しているためである。つまり最適な在庫管理方式を設定することで、当該企業が「在庫を発注すべきか」という問題を在庫量から判断でき、発注点として明確に示すことができる。

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。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)、品切れ損失費用 (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、詳細は次節で後述する。

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

しかし、 TC 、 OC 、 SC は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はある。

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

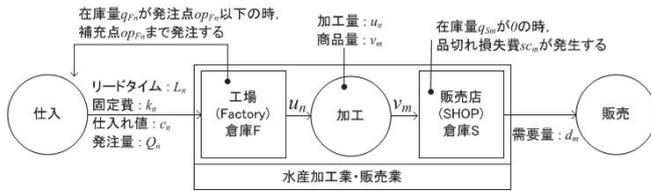


図 1 在庫管理方式のモデル図

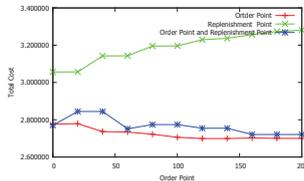
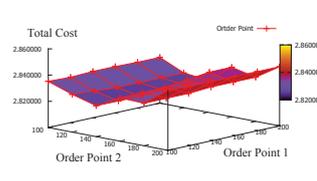


図 2 各在庫管理方式の総費用

図 3 $op_{F3} = 200$ のときの総費用

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 種の商品を在庫管理の対象とする。現在の在庫量は q_F, q_S であり、原材料 $n(1 \leq n \leq N)$, $m(1 \leq m \leq M)$ は q_{Fn}, q_{Sm} 分の在庫が保存されている。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 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、各在庫管理方式の発注条件を満たす時、在庫を増やすために仕入先に発注する。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 TC 、発注費用 OC 、品切れ損失費用 SC を求める。ここで、発注費用と品切れ損失費用の予算は 4 億円と設定した。

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、定期発注点方式、定期補充点方式、定期発注点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式の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)

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	5
倉庫 F における原材料 n の発注点 (箱)	$op_{Fn}(n = 1, \dots, 3)$	$0, \dots, 200$
倉庫 S における商品 m の発注点 (点)	$op_{Sm}(m = 1, \dots, 5)$	50
倉庫 F における原材料 n の補充点 (箱)	$rp_{Fn}(n = 1, \dots, 3)$	200
倉庫 S における商品 m の補充点 (点)	$rp_{Sm}(m = 1, \dots, 5)$	200
倉庫 F, S の保管費 (円/日)	h_F, h_S	1000, 1000
加工量 (箱/回)	$u_n(n = 1, \dots, 3)$	10
商品量 (点/回)	$v_m(m = 1, \dots, 5)$	10
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)	$sc_1, sc_2, sc_3, sc_4, sc_5$	3000, 1000, 2000, 2000, 5000
観測周期 (日)	R	1
原材料 1,2,3 のリードタイム (日)	L_1, L_2, L_3	$0, \dots, 2, 2, \dots, 4, 3, \dots, 6$
発注量	$Q_n(n = 1, \dots, 3)$	100
原材料 1,2,3 の仕入れ値 (円/箱)	c_1, c_2, c_3	300, 100, 200
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
シミュレーション日数 (日)	T	365

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。

$$TC = (-3437)op_{F1} + (-2971)op_{F2} + (-658)op_{F3} + 28325299 \quad (2)$$

$$OC = 3346op_{F1} + 2006op_{F2} + 1107op_{F3} + 2912439 \quad (3)$$

$$SC = 419op_{F1} + 640op_{F2} + 122op_{F3} + 3499128 \quad (4)$$

最小化問題 (1) より最適な発注点 $op_{F1} = 176$, $op_{F2} = 149$, $op_{F3} = 180$ が得られた。 $op_{F3} = 180$ に固定させたとき、 op_{F1}, op_{F2} を $100, \dots, 200$ 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_{F2} が総費用に一番影響を与えていることがわかる。そして $op_{F2} = 140$ のとき、最小値になることが確認できるが、最小化問題 (1) の結果を考慮し、 $op_{F1} = 176$, $op_{F2} = 149$, $op_{F3} = 180$ となる。

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。本研究では原材料の在庫管理方式を検討したが、このモデルにおいて商品の在庫管理方式まで検討していない。今後の課題として本研究と連動した商品の在庫管理方式まで検討する必要がある。

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, “(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, 2015 年 11 月閲覧
- [3] 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/tp/>, 2015 年 10 月閲覧
- [4] 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
- [5] 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
- [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ズ・リサーチ』, 近代科学社, 2014.
- [7] 久野誉人, 繁野麻衣子, 後藤順哉, 『ITtext 数値最適化』, 株式会社オーム社, 2012.