

# クローズドループ・サプライチェーン を考慮した MRP システムに関する研究

中 島 健 一

## 1. 緒 言

20世紀の経済活動は、生産者主導型で進められ、競争他社よりも、効率的であること、より低いコストであることが求められてきた。それにより、社会システムは、大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済社会システムとなった。この社会システムは、化石燃料など、有限の資源を大量に使い地球環境に負荷を与えながら工業生産を拡大させてきた。その結果、1960～1970年代には、公害問題が発生し、その対応、防止への対策に多くの企業が取り組んだ。そして現在、資源の枯渇や環境への対応など地球環境問題への取り組みが重要になってきている。資源を再生利用し、環境に負荷を与えないシステムにしていかなければ、資源の枯渇や地球環境に対応していくことができなくなる。

このような背景から、社会システムは、大量生産・大量消費・大量廃棄型社会から、地球環境を重視した循環型社会へと移行してきた。社会システムが循環型社会へと向かう中で、循環型システムという概念が生まれた。循環型システムとは、新たな資源を用いるのではなく使用済みの資源を再利用することにより、資源を閉じたループで循環させるという考え方である。製造者は、将来の多大な廃棄物処理コストのリスクを回避し、リサイクルを行うために、あらかじめ廃棄処理／リサイクルしやすい製品を作ったり、あるいは、そもそも廃棄

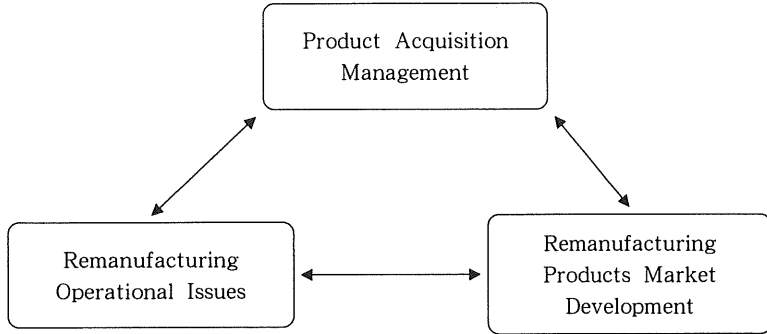


図1：製品回収・修復マネジメント

物になりにくいように製品を設計・製造することが必要になってきた。製品の企画・設計，生産，運用，保守，再利用・リサイクル，廃棄など，製品の全ライフサイクルを考慮に入れた環境負荷評価（LCA: Life Cycle Assessment）を行い，再利用やリサイクルの徹底により物質の流れをできる限り閉ループ化し，ループ外への廃棄物の排出を最小化（Emission-Minimum）しようとするインバース・マニュファクチャリングが提唱されている（梅田 2001）。その目的は，単に廃棄物を処理する逆工程という意味のみならず，製品ライフサイクル全体をより合理的，工学的に取り扱う技術体系として「循環型生産システム」を考えることにある。

本研究では，まず，欧米において既に精力的な研究が行われている「循環型生産システム」の一つの形態であるクローズドループ・サプライチェーンについての概説を行う。さらにその実現アプローチの一つとしてこれまで，生産管理活動の中で活用されてきた MRP システムについてとりあげ，回収製品を利用した場合のシステムへの影響について数値的に示す。

## 2. クローズドループ・サプライチェーン

Guide and Van Wassenhove (2001) は，再生産分野における潜在的な経済性分析に関する研究がこれまでに少ないことを指摘している。図1は，彼等が

提案したビジネス分野における製品回収のマネジメントに関する基本的な関係を示している。製品回収のプロセスは、マネジメントが必要となる重要な分野であり、この結果、再利用・再生産の活動がどれだけ経済的なものになるかが、決まることとなる。この統合化された枠組みは、マネジャーに対して、グローバルな経済的利益と製品回収プロセスの基礎となる役割に焦点を当てさせるものである。このような、閉じたループを仮定した生産システムは、クローズドループ生産システムあるいはクローズドループのサプライチェーン (Guide and Van Wassenhove 2002) と呼ばれ、その効率的かつ効果的な運用アプローチの検討が求められている。例えば、Guide et al. (2003) においては、携帯電話に関する再生産システムの例をとりあげ、利益最大化を行う需要と供給のマッチング問題を議論している。

クローズドループ生産においては、回収された製品は、企業における再生産システムのインプット要素となり、従ってコストを考慮した、品質・量・タイミングの問題が重要となる。Guide (2000) では、米国における数多くの再生産企業に関するこの分野の事例が研究されている。また、再生産システムにおけるコスト要因分析については有光ら (2004) において、最適政策については、Nakashima et al. (2004a, b) において、論じられている。

### 3. 部品のリサイクルを考慮した MRP システム

通常の MRP (Material Requirement Planning) システム (栗山 1995, 大野他 2002) は、「完成品の生産計画に合わせて構成部品の正味所要量を算定し、各構成部品についての製造負荷と製造能力を調整し、製造日程を作成して作業を統制する生産管理システム」として理解されている。すなわち、製品の総所要量、部品展開表、在庫ファイルを用いることにより、ロット編成および、リードタイムを考慮して資材の所要量計算を行う (表 1)。しかし、その計画においては、製品回収・再生産の概念が入っておらず、前述のクローズドループ・サプライチェーン構築においては、それらの考慮が必要となってくる。そこで、

クローズドループ・サプライチェーンを考慮した MRP システムに関する研究

表 1：資材所要量計画例（ロット編成=2，リードタイム=1）

期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
総所要量	10	20	30	40	0	25	20	20	0	40	15	
初期在庫量 20												
発注残	20											
有効在庫量	30	10	-20	-60	-60	-85	-105	-125	-125	-165	-180	
正味所要量			20	40		25	20	20		40	15	
計画オーダー(納期)			60			45		20		55		
計画オーダー(着手)		60			45		20		55			平均
手持在庫量	30	10	40	0	0	20	0	0	0	15	0	11

表 2：回収率60%を考慮した資材所要量計画

期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
総所要量	10	20	30	40	0	25	20	20	0	40	15	
初期在庫量 20												
発注残	20											
再生産量		6	12	18	24	0	15	12	12	0	24	
有効在庫量	30	16	-2	-24	0	-1	-6	-14	-2	-30	-21	
正味所要量			2	22		1	5	8		28		
計画オーダー(納期)			24			6		8		28		
計画オーダー(着手)		24			6		8		28			平均
手持在庫量	30	16	22	0	24	5	0	0	12	0	9	12

表 2 において、製品再生産量およびそのリードタイムを考慮したシステムの所要量計算結果を示す。なお、平均手持在庫量は、丸めて整数化した値を記している。

また、表 2 においては、表 1 の MRP システムにおいて直前の期間における総所要量の 60% を再生産する場合を仮定した所要量計算を行っている。ここで、60% の再生産率の仮定は、クローズドループ生産システムの典型例である、富士写真フイルム株式会社の「写るんです」において、製品回収率は定常的に 60%

表3 再生産リードタイムを変化させた結果

	平均手持在庫量	計画オーダ	再生産量
再生産なし	11	180	0
LT=1	12	66	123
LT=2	13	85	99

表4 再生産率を変動させた結果

	平均手持在庫量	計画オーダ	再生産量
再生産なし	11	180	0
60%固定	12	66	123
一様変動	12	75	111

であるとの担当者からのヒアリング調査に基づいたものである。表2における計算結果は、計画オーダ等のシステムの定量的特性値のみに着目して値を示しているが、再生産が行われるクローズドループ生産を導入することにより、計画オーダ数が減少して、システムにおける省資源化を実現していることが示されている。

#### 4. システム環境を変化させた数値例

クローズドループ生産における MPR モデルにおいて部品の再生産期間を変化させて、異なるリードタイムにおいて、システムの特性値を比較した結果を表3に示す。再生産のリードタイムを考慮した場合、リードタイムが長くなれば、計画オーダは増加し、再生産量は限定された計画期間内では減少していることがわかる。

さらに再生産率において不確実性を考慮し、再生産率の平均60%を仮定する。[50, 70]の範囲において、再生産率が一様分布で変動するものとして数値実験を行った結果を表4に示す。計画オーダ量は13.6%、再生産量は1%弱の違い

クローズドループ・サプライチェーンを考慮したMRPシステムに関する研究が見られる。

## 5. 結 言

本研究では、まず、欧米において精力的な研究が行われているクローズドループ生産についての基礎的なフレームワークについて概説した。閉ループを仮定した生産システムは、クローズドループ生産システムあるいはクローズドループのサプライチェーンの名称で精力的に研究されており、その効率的かつ効果的な運用アプローチの検討が求められている。そこで本研究では、これまでの生産管理活動の中で有効活用されてきたMRPシステムについて焦点をあて、再生産を導入した場合のシステムについての提案を試みた。ここでは数値的な例を示すことにより、資源の有効活用程度及び不確実性等に対する定量的なシステムへの影響を検討した。

今回の研究では、クローズドループ生産を前提とした省資源型生産環境におけるMRPシステムのバリエーションについての検討を行った。2節で述べた図1の枠組みにおいては、ACQUISITION MODELの一つの取組みであり、さらにオペレーションとしての研究が今後必要と考えられる。また、Guide et al. (2003) で述べられているように、製品タイプ別のより詳しい分類のもとでのアプローチも必要と考えられる。

## 参 考 文 献

- Guide Jr., V. D. R. and Wassenhove L. N. V. (2001) "Managing product returns for remanufacturing," *Production Operations Management*, Vol.10, pp. 142-155.
- Guide Jr., V. D. R. and Wassenhove L. N. V. (2002), *Closed-loop supply chains*, R. Ayers, L. Ayres, eds. *A Handbook of Industrial Ecology*. Edward Elgar, Northampton, MA, pp. 497-509.
- Guide Jr., V. D. R., Teunter R. D. and Wassenhove L. N. V. (2003) "Matching supply and demand to maximize profits from remanufacturing," *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 5, pp. 303-316.
- Guide Jr., V. D. R. (2000) "Production planning and control for remanufacturing,"

*Journal of Operations Management*, Vol. 18, pp. 467-483.

Nakashima K., Arimitsu H., Nose T. and Kuriyama S. (2004a) "Optimal control of a remanufacturing system," *International Journal of Production Research*, Vol. 42, pp. 3619-3626.

Nakashima K., Arimitsu H., Nose T. and Kuriyama S. (2004b), "Cost analysis of a remanufacturing system," *An International Journal Asia Pacific Management Review*, Vol. 9, pp. 595-602.

有光大幸, 中島健一, 能勢豊一, 栗山仙之助 (2004) 「循環型生産システムにおけるコスト要因分析」, オフィス・オートメーション, Vol. 25, pp. 88-94.

梅田靖 (2001) "循環型生産システム実現のための課題," 日本インダストリアル・エンジニアリング協会 IE レビュー, Vol. 42, pp. 6-12.

栗山仙之助 (1995) 『総合経営情報システム研究』NOMA 総研

大野勝久, 田村隆善, 森健一, 中島健一 (2002) 『生産管理システム』朝倉書店.