

レンズ付きフィルム「写ルンです」の循環生産システム

鎌田 光郎* , 内田 祥一**

Inverse Manufacturing System of One-time-use Camera “QuickSnap”

Mitsuro KAMATA* and Shoichi UCHIDA**

Abstract

Nowadays, environmental protection has become the most serious concern from the viewpoint of environmental problem such as earth warming, natural resource exhaustion, and various pollutions. The conventional economic activity based on mass-production and mass-consumption has been one of the instigators for such a concern. As a compromise, “Inverse manufacturing” has been advocated. In order to realize the “Inverse Manufacture” of one-time-use camera “QuickSnap”, Fuji Film started a fully-automated recycling system in 1992. Since then, we have been practically establishing essential technologies for recollection and recycling as well as product design strategy consistent with inverse manufacture. In November 1998, we have completed an “Inverse manufacturing factory” of no precedent in the world, in Ashigara, applying all the integrated know-hows.

The concept of our “Inverse manufacturing system” consists of ;

Brand-new “QuickSnaps” from used “QuickSnaps”.

Initial product planning and design assuming inverse manufacture, and

Automation of recycling for efficient achievement of stable product quality.

1. はじめに

レンズ付きフィルム「写ルンです」は1986年の発売以来、いつでも、どこでも、誰にでも手軽に写真が楽しめる撮影ツールとして多くのユーザーに利用されてきた。現在、レンズ付きフィルム全体の世界市場は年間2億本を上回る規模にまで成長し、1998年には、当社の生産量は累計6億本を達成した。レンズ付きフィルムは、現像プリントのために、ユーザーの手により写真店に持ち込まれる。その回収は早いもので販売後数週間、多くは数ヶ月で回収が可能である。このように、生産と利用、回収が迅速に行われる「写ルンです」は、早くから「リサイクル・リユースシステムづくりと省資源設計」に積極的に取り組んできた。1998年11月より稼働開始した循環生産工場(Fig. 1)はこれまで培ってきたリサイクル技術のノウハウをすべて投入し、リサイクル工程から製造工程までを統合した世界初の一貫

生産システムとなっている。本報告は、この循環生産システムの開発内容についてまとめたものである。



Fig. 1 External view of “Inverse manufacturing factory”

本誌投稿論文(受理 1999年9月30日)

* 富士写真フィルム(株)足柄工場 LF部
〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

* LF Div., Ashigara Factory,
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Minamiashigara, Kanagawa, 250-0193, Japan

** 富士写真フィルム(株)足柄工場 生産技術部
〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

** Production Engineering & Development Div., Ashigara Factory
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Minamiashigara, Kanagawa, 250-0193, Japan



APS「写ルンです」



35mm「写ルンです」

Fig. 2 Line-up of "QuickSnap"

2. 循環型商品「写ルンです」

レンズ付きフィルム「写ルンです」(Fig. 2)は1986年の初代モデルから「撮影後はこのまま現像にお出ください」というメッセージを付けて販売してきた。これは、「フィルムの装填, 取り出しを一切行わない, 誰にでもやさしく使えるカメラ」という商品コンセプトに基づくスペックであった。この商品スペックが「写ルンです」の循環性を創り出すキーとなった。すなわち, ユーザー自ら現像所にカメラを持ち込む回収システムが最初から商品スペックに織り込まれていた。われわれは, 現像所から工場へ戻る回収システムを構築することで, いわゆる静脈にあたる回収の循環系を構築することができた。これに開発時点から循環を考慮した製品設計とそれを実現する再生技術の開発を進め, 現在の循環型商品「写ルンです」に成長した(Fig. 3)。



Fig. 3 Life cycle of "QuickSnap"

3. 循環生産とは

これまでの, 大量生産, 大量消費により, 資源は枯渇の危機に直面している。一方で, 消費後の大量廃棄によるゴミ処理飽和問題が深刻化している。これらを改善していくために「消費型経済システム」から「循環型経済システム」への転換が必要とされている。地球は循環系として安定を保っており, 資源を入手して製品を市場に放出するという現在の製造業は持続性に欠けるという意味で不完全である。すなわち, 使用後の製品を有効に利用し再び新しい製品に再生する「循環的な製品ライフサイクル」を構築する必要がある。

4. 「写ルンです」循環生産のコンセプト

「写ルンです循環生産工場」は以下の3点をコンセプトとしてシステム開発を進めた。

- ・「写ルンです」は「写ルンです」へ
- ・設計から始まる「写ルンです」
- ・リサイクルの自動化

4.1 「写ルンです」は「写ルンです」へ

すなわち, クローズドループのリサイクルの実現(Fig. 4)である。

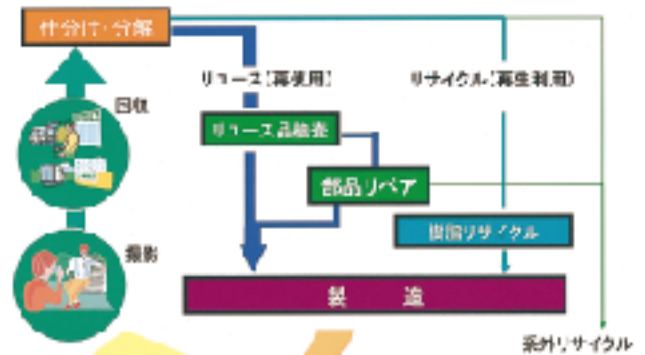


Fig. 4 Closed loop recycling

このように, そのままの機能を生かすリユース重視の考え方をクローズドシステムのコアコンセプトとしている。検査で欠点が発見された部品はリペアしリユースユニットとして再生する。残った部材がマテリアルリサイクルとなる。

4.2 設計から始まるリサイクル

クローズドループシステムを実現するには, 企画・開発段階からライフサイクル全体を捕らえた商品設計を行うことが最も重要となる。その内容は, 省資源の観点, ユニット化, 共通化, 材料の統一の観点, 設備適性の観点がある(Fig. 5)。

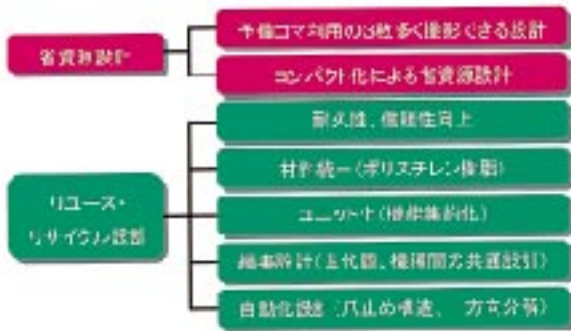


Fig. 5 Resource saving and reuse-recycling design

<省資源設計>

一例としてフィルムの予備スペースを利用して撮影枚数を3枚増やしたことが上げられる。工場で精度良くフィルムを装填することが可能な「写ルンです」の特性を活かし、24枚撮りのフィルムで27枚の撮影が可能になった。また、コンパクト化による省資源設計では重量、体積ともに現在の製品は初期の製品の約1/2にすることができた。

<リユース設計>

Fig. 6に最新機種「スーパースリムスター」におけるリユース・リサイクル部品の構成を示した。主要な機能部材、本体ユニット、ストロボユニット、レンズなどがリユース対象で、電池も残留容量をチェックして残っているものは社内利用している。リユース設計のポイントはレンズ付きフィルムの構成を基本機能で区切り、ユニット化することである。発光機能/フィルム給送機能/シャッター機能/光学機能...などのブロック化により、機種間の共通設計を図る。「写ルンです」の構造としては、前カバーと裏カバーで中身を包み込む通称モナカ構造を採用しており、あんなこの部分を保護すると同時に機種間で共通化し、モデルチェンジ時の変更点を最小限にした設計構造としている。

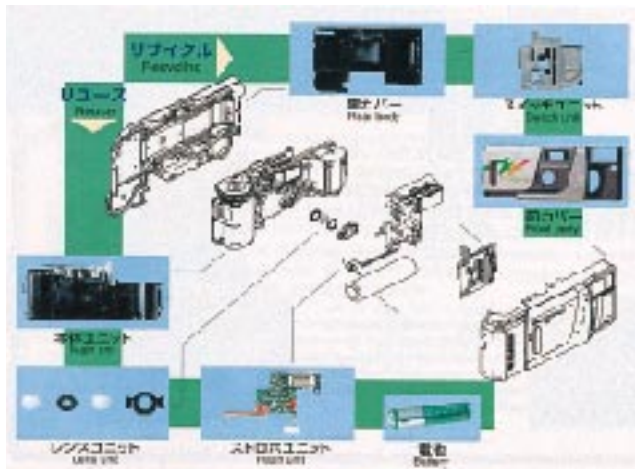


Fig. 6 Components of "Quick Snap"

<マテリアルリサイクル設計>

これらユニット部を囲むカバー部材は傷がついたり汚れたりするため材料に戻して使用するリサイクル対象となる。リユース、リサイクル設計では材料統一が重要なポイントとなる。「写ルンです」のボディの樹脂は初代より同一グレードのポリスチレンの樹脂を使用しており、世代を超える材料リサイクルが可能になっている。

4.3 リサイクルの自動化

大量に、かつ高品質にリサイクルを行うには自動化が必須である。「たった一度しかないシャッターチャンス確実に記録に残す」、これがフィルムの使命であり、そのための品質保証システムを作り込むことがフィルム製造の基本と考えている。したがって、リサイクル工程の品質検査は全数検査を原則としている。ストロボユニットだけで40項目の機能検査を最新の画像検査技術を駆使し高速に行うことで、品質保証と効率生産が可能となった。この自動化システムが高品質リサイクルを支え、生産工程に直結する循環生産工場が実現した。

5. 循環生産工場とシステムの構成

Fig. 7に1998年11月より稼働開始した循環生産工場の構造を示した。8階建工場には「写ルンです」の全商品を設計開発する技術陣が上階にあり、1階からリサイクル品の搬入仕分け 分解検査 生産工程と上階に向かって製品化する流れとなっている。これらの物流を併設した自動ラックで管理している。

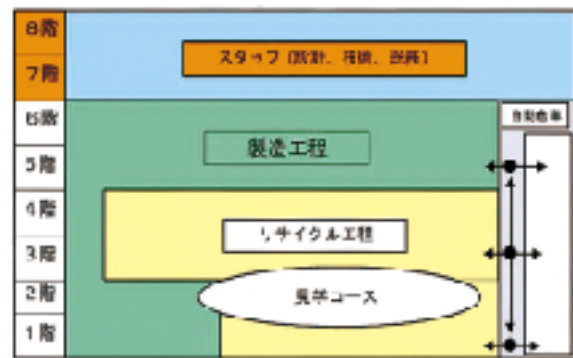


Fig. 7 Layout of the "Inverse manufacturing factory"

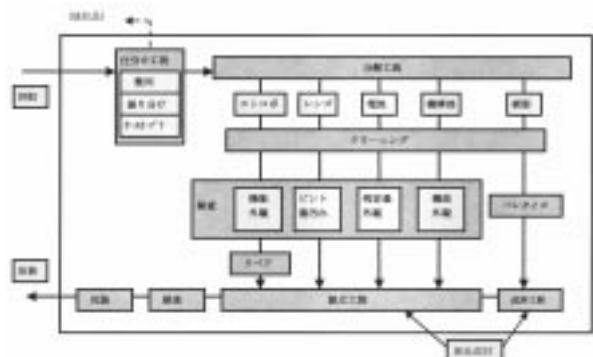


Fig. 8 Process flow of the "Inverse manufacturing system"

Fig. 8に循環システムのフローを示す。枠内が循環生産工場の機能であり、基本的にすべて自動で処理している。回収された「写ルンです」は、他社品を含め数十種が混在しており、まずこれを品種ごとに仕分ける。他社とは相互交換契約を交わしており、他社品は各メーカーに戻している。当社は分解工程にて分解され、リユース部品と材料リサイクル部品に分けられる。それぞれの部品は適切なクリーニングを施され、リユース品については機能・外観を検査される。不良と判定されたものでも、不良箇所を修理するリペア工程により、良品として使用可能となる。また、樹脂については、樹脂再生工程を経て元の原材料と同様の樹脂ペレットに再生する。これらの再生部品は成形、組立工程に投入され、再び「写ルンです」として生まれ変わり出荷される。Fig. 9, 10に工程鳥瞰図を示す。



Fig. 9 Sorting process



Fig. 10 Disassembly and inspection process

6. 各工程技術

循環生産を実現する上で重要なリサイクル工程技術について、代表事例を紹介する。

6.1 仕分け工程

回収された「写ルンです」はまず、仕分け工程にて各品種別に仕分け集積を行う。この仕分け工程での重要な役割は、包装材料の分離である。最新モデルは、外観にラベルが巻かれている。小型化された本体により密着してスリムさを強調するにはラベルが最も適している。粘着原反の設計は、リサイクルでラベルを剥がすか、剥がさず樹脂と粉砕溶融して行うかで異なる。合成紙を用いたラベルはリサイクル工程で剥がす設計を基本としている。曲面部は強固に粘着し、かつ剥がし機で容易に剥がすための製品設計上の工夫として、部分的に糊面印刷を行ったり、成形品表面性状(シボ)を変えることで粘着力をコントロールしている。Fig. 11にラベル糊面印刷率を示す展開図、Fig. 12にそ

の粘着力との関係を示した。このように、粘着強度を部分的にコントロールする包材設計により接着性と自動機での剥離性の両立を図ることができた。

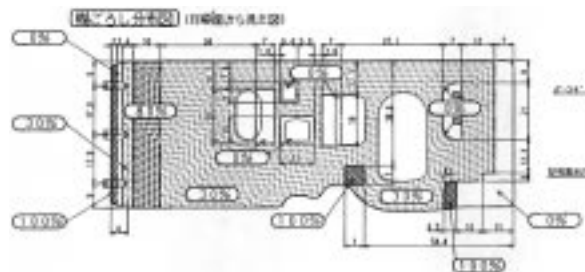


Fig. 11 Over-wrapping print on glue surface

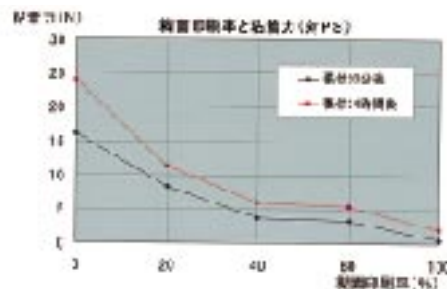


Fig. 12 Removal force

次に、新開発のラベル除去装置について紹介する。ラベルには予め全幅にわたるミシン目を設けておき、これを切断する。このとき、同時に一定量のラベルをめくり起こすように専用のナイフを開発した。また、ナイフの通る溝を予めボディ側に設けてある(Fig. 13)。

次に、先述のめくり起こした部分を掴み、ラベルを引き剥がす。この時、ワークボディを拘束するとシステムが複雑となるので、ラベルの剥がれに応じて自由にボディが回転できるシンプルな方式を開発した(Fig. 14)。



Fig. 13 Design for label removal

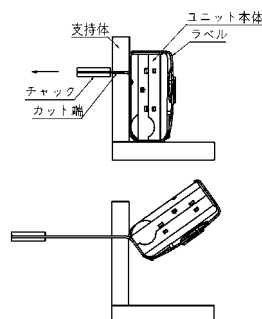


Fig. 14 Label removal method

6.2 レンズ・クリーニング工程

最も汚れを嫌う部品としてレンズクリーニングを例に取り紹介する。レンズのクリーニングは従来超音波洗浄で行っていたが、環境負荷を少しでも低減するために拭取り法を開発して実用化している。この方法は極少量の水道水でレンズ表面を濡らし、ブラッシングにより固着した汚れを浮かせ、特殊なワイピングクロスで拭取る方式で、超音波洗浄同等以上の効果を確認しつつ、表に示すように環境負荷を大幅に低減できている。

Table 1 Environmental Impact Comparison

| 項目 | 新拭取り洗浄 | 旧超音波洗浄 |
|-----------|--------|--------|
| 消費電力(kwh) | 22 | 58 |
| 排水量(m³) | 0 | 2.8 |
| 洗剤使用 | なし | あり |

(レンズ1万個あたり)

クロスは常に新しい部分をフィードできるようにテープ状としており、これをリール供給・巻き取りとして、洗濯後再使用可能としている。ただし、テープ状のためレンズ上で連続的に回転できず、考案したのがFig. 15に示す往復回転方式である。

この方法のもう一つの利点は、大がかりな超音波洗浄設備に代わり、自動検査部との結合により小型のクリーニング検査一体設備として構成できることである。これにより、海外リサイクル拠点などで容易にレンズリユースを展開できることになる。

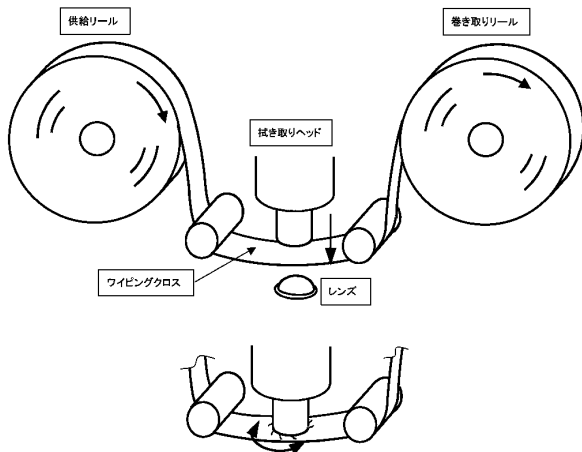


Fig. 15 Lens cleaning with wiping cloth

6.3 リペア工程

検査により不良と判定されたものでも部分的な不良が多く、その部分を修理すれば使用可能となるものが多い。この修理工程をリペアと称して、積極的に導入している。リペアのポイントは、要修理箇所の判定および、実際の修理方法である。

修理箇所特定のために、検査工程において、個々のワークごとの検査結果を記憶しておいて、最後にどの部位がどう悪かったのかを一括判定するシステムとしている。言わば、人間ドックで被検者がカルテを持って各検査を回り、その後の検査結果に応じて必要な科

にて治療をする仕組みと同じである。

ストロボの例ではFig. 16のように検査パレットにメモリユニットを装備し、ここに検査情報を記録するシステムとしている。全検査終了後、メモリ内の情報に基づいてリペア項目ごとに自動ソーティングを実施する。リペア項目は約20項目に及ぶ。

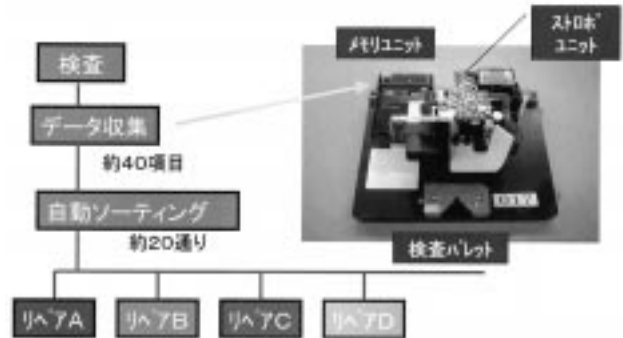


Fig. 16 Repair system

修理工程では、不良部品の交換，変形の矯正，汚れ箇所でのクリーニングなどを実施する。部品交換に関しては、半田付け部品の自動交換装置も実用化している(Fig. 17)。

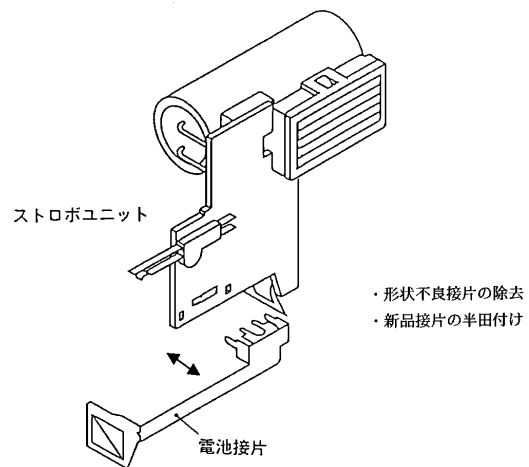


Fig. 17 Automated replacement of battery contact

6.4 樹脂再生

再生樹脂実用化における課題をFig. 18に示した。

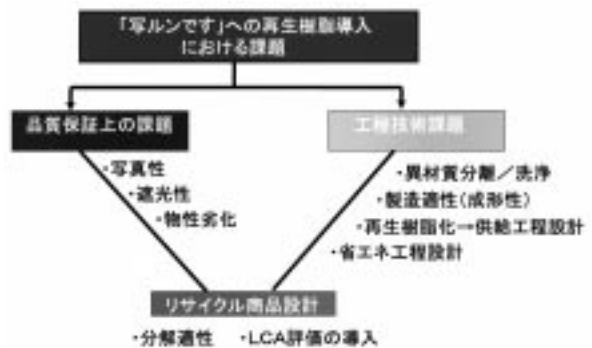


Fig. 18 Problems for practical use of recycled resin

6.4.1 品質保証上の課題1 (写真性)

「写ルンです」を再利用する場合、品質上最も懸念されるのは感光材料を感光させる有害物質付着による汚染である。ユーザーが無意識のうちに付けてしまう付着物や回収ルートで付着しうる有害物質を想定し、写真性能への影響調査を広範囲に行った。また、回収品現物調査より付着する異物の9割は、ほこりやタバコ屑でユーザー取り扱い時の付着であることが分かった。これらの個体異物はブローにより排除、清浄可能である。また、回収ルート上での異物付着ケースで写真性上最も注意すべき有害物質はラボでの写真現像液であるが調査サンプルでは確認されなかった。

これらの回収ルートも含めた循環経路で付着する異物も想定し、再生工程では金属検出分離、洗浄を行い再ペレット化している。再生樹脂は全ロット、水銀濃度検出器チェックと写真性評価を行い品質保証を行っている。

6.4.2 品質保証上の課題2 (物性/特性劣化)

「写ルンです」はフィルム装填部やカートリッジ取り出し部がフック爪係合となっており、使用時の落下衝撃に耐えるカメラ設計が必要となる。また、外観部品の加飾ニーズからカラー化を実施してきた。これらの耐衝撃性やカラーの再現性は樹脂リサイクルの重要なファクターとなる。Fig. 19にカラー樹脂での再生樹脂の繰り返し使用時の耐衝撃性評価結果を示す。

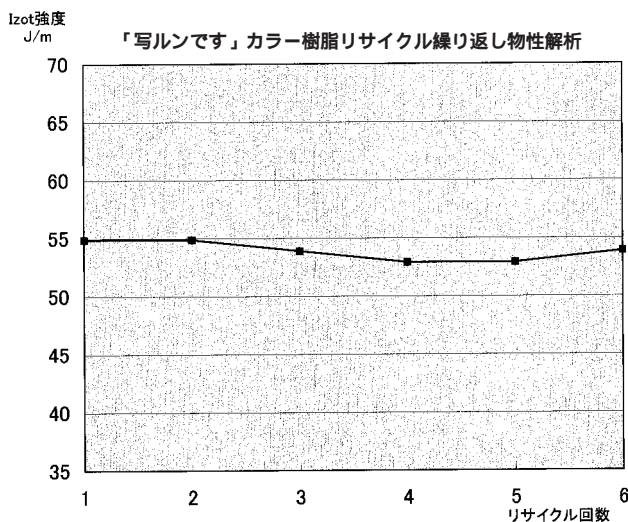


Fig. 19 Characteristic evaluation of recycled resin

繰り返しテストより、物性劣化はほとんど見られず再生適性があることが分った。成形性への影響懸念として、若干のメルトフローレートの変化が見られたが、確認実験より成形条件変更を必要とするレベルでないことが確認された。再生材使用の「写ルンです」が回収され、再びリサイクル使用される循環系では、再生回数の管理は難しい。物性劣化保証のため、バージン樹脂とのブレンドにより品質劣化を防いでいる(Fig. 20)。

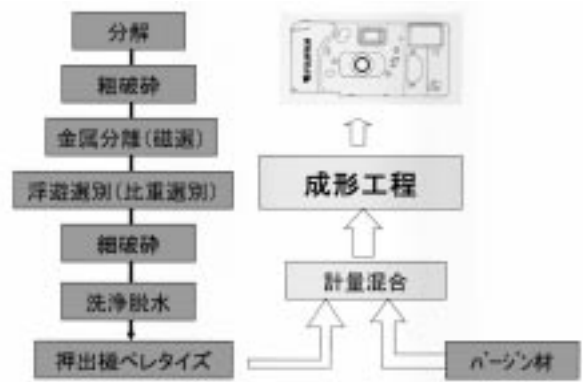


Fig. 20 Resin recycling flow

7. 循環生産の運用・管理

7.1 生産管理

リサイクル工程は製造工程にとって部品や材料の供給元であるため、生産管理にリサイクル工程からの供給計画を正確に組むことが必要となる。まず、販売計画から生産計画立案と同時に回収予測を行い、リサイクル工程の生産計画を立案する(Fig. 21)。生産計画にリサイクル工程からの出荷計画を差し引いたものがバージン品の購入計画となる。リサイクル工程の原資は回収品である。変動する回収状況を一元管理する情報システムの導入により迅速な計画変更対応が可能となった(Fig. 22)。

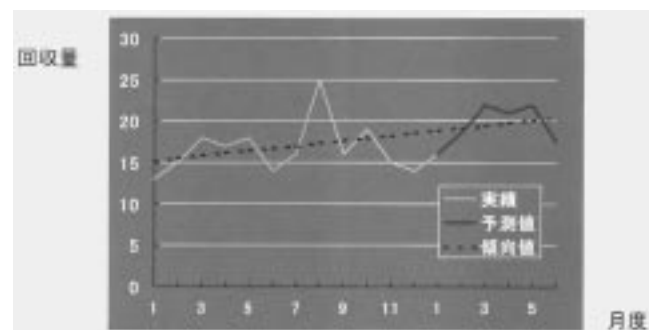


Fig. 21 Recollection estimation and production planning

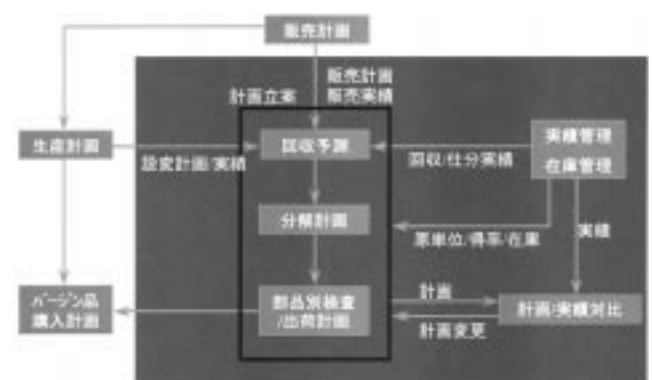


Fig. 22 Recollection estimation method

7.2 リサイクル履歴管理

リユース品には、リユース回数のマーキングを実施しており、新たな回数の回収品を生産に使用する際にはその都度品質評価し、評価部門の承認を受けるシステムとしている。

7.3 製品開発段階での環境アセスメントと循環フローの検討

「写ルンです」は開発・設計の各フェーズごとに環境アセスメント評価を実施している(Fig. 23)。法的対応はもちろん、新規化学物質の使用、新設備の導入影響評価、包装アセスメント評価を実施している。

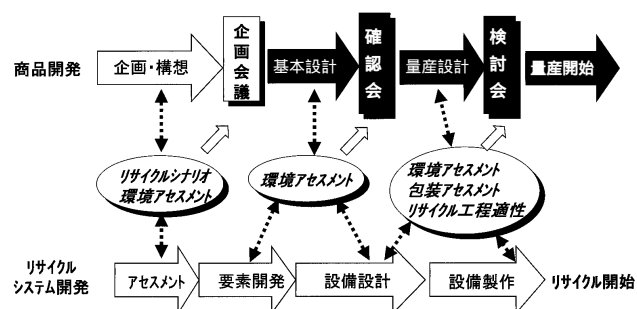


Fig. 23 Recycling design procedure of “QuickSnap”

8. 今後の展開

8.1 LCA 評価と環境負荷低減課題の抽出

「写ルンです」循環生産システムは、その基本ループが構築できたところである。より高い循環性を目指して、回収率・得率の向上を図りその効率を上げる必要がある。このためのカメラ信頼性の向上や工程安定化が今後の課題である。現在、この循環システムの点検および施策の環境影響度を定量的に捕らえるために「LCA 評価」をトライアル中である。これにより、ライ

フサイクル全体の環境負荷を捕らえ、最も有効な軽減策を考察し、実施していく。

8.2 設計からデザイン(企画)への展開

循環生産システムでは、その商品と生産システムが一体化した循環シナリオ作りが重要である。設計段階よりさらに上流である長期的商品化構想の中に「環境対応商品」という切り口でのビジョン作りがますます重要となる。

9. おわりに



Fig. 24 Cycle of technology

「写ルンです」の循環生産は「モノの循環」だけでなく、「技術の循環」という観点を大事にしている。商品設計から生産、リサイクルへ製品と技術が流れ、そして回収された製品からの情報も含め、日々、リサイクルから商品設計へ技術のフィードバックが行われる。このサイクルを太く、早く回すことが、より高度な循環生産、環境対応商品実現の鍵と考えている。これらのサイクルを継続させ「高品質リサイクル」の完成を目指していきたい(Fig. 24)。

(本報告中にある“写ルンです”、“Fujifilm”、“APS”は富士写真フイルム(株)の商標です。)