

SCMを指向した加工食品向けトレーサビリティシステムの構築

竹野 健 夫[†] 堀 川 三 好[†] 岡 本 東[†]
植 竹 俊 文[†] 菅 原 光 政[†]

食品に対する安全性に関する意識の高まりから、食品の生産・流通履歴の開示を求めるトレーサビリティへの要求が高まっている。これに対して、青果などの生鮮品についてはICタグ等を用いたシステムの実験等がなされているが、食品流通の大部分を占める加工食品についてはあまり進展が見られない。これは、加工食品では製造プロセスにて出荷者が付与した識別情報が分割、合流を繰り返す情報管理が複雑になること、収集した情報を管理するための情報システムの導入が進んでいないためである。また、加工業者の多くは、その事業規模が小さいため事業所内の標準化・情報化が徹底せず、経験と勘に基づく生産管理がなされ、トレーサビリティ実現に必要な情報の収集・管理も困難となっている。本研究では、対象製品を複数の原料から製品が作られる加工食品とし、加工食品の原料供給から小売店までのサプライチェーン上でのトレーサビリティを実現する3層構造システムを提案する。また、既存のERPパッケージと連携するプロトタイプシステムを開発したので報告する。

Traceability Information Management on Seafood Supply Chain

TAKEO TAKENO,[†] MITSUYOSHI HORIKAWA,[†] AZUMA OKAMOTO,[†]
TOSHIFUMI UETAKE[†] and MITSUMASA SUGAWARA[†]

Recently consumers pay much attention to know product's origin and history of distribution. Information system to provide such history is generally called Traceability System. In this paper, we proposed and developed a Traceability System for seafood supply chain. Proposed system is characterized with its three layered structure, collaboration with actual ERP systems and product/material identification with RFID tags. Proposed system is verified with an experiment for eight weeks data of seafood products.

1. はじめに

現代社会において、顧客需要を満たすために多様な製品を供給することが求められている。実際、船舶や自動車といった製品のみならず、従来大量生産の対象品目と考えられていたパソコンや家電製品に至ってもBuild to Order; BTOの対象とされ、顧客の要望に応じた仕様変更が行われている。一方で、顧客の要望は最終製品の仕様や機能のみならず、いつでもどこで誰がどのように製造したか、つまり組込まれている部品や用いられた原材料、物質、その供給者、製造された場所にまで商品価値を認めており、供給者であるメーカーや小売業者はこのような顧客の要望に応える必要がでてきている。このため、製造業や流通業では自社で取り扱っている製品群の生産流通履歴情報を厳密に管理すること、さらに取引先やサプライチェーン等でこれらの生産流通履歴情報を共有し、必要に応じて顧客へ情報提供できる仕組み作りが求められている。

顧客への生産流通履歴情報の開示の例として、食

品トレーサビリティが注目を集めており、この導入が漸次なされている。しかしながら、従来の導入事例では、取り扱い製品(商品)の荷姿が変わらない青果であったり、自社と直接取引のある企業や農家に限定した適用であり、用途や対象品目が限定的となっている。例えば、井上1)は、菓子製造業におけるトレーサビリティシステムの導入について報告している。しかしながら対象領域においては限定的であり、他の製品群にそのまま適用するのは難しい。また、牛トレーサビリティ法の施行により、精肉の流通においてもトレーサビリティが導入されているが、加工方法も分解工程のみを対象とした元の牛を特定するための仕組みであり、実際、ひき肉等の複数の牛がトレースバック対象となるような品目は対象外とされている。

以上から、より一般的な分解工程や組立工程を含む製品、多くの取り扱い業者を経る長いサプライチェーンを対象としたトレーサビリティシステムの構築は、食品流通のみならず、多品種化する製品群の生産流通で今後ますます求められていくことが伺える。

本研究では、このSCMトレーサビリティシステム構築のための要件として以下の点に着目し、システム

[†] 岩手県立大学
Iwate Prefectural University

モデルを提供する。

- (1) IC タグ (Radio Frequency Identification; RFID タグ) を用いた現品管理を導入し、マテリアルハンドリングでの誤混入を防ぎ、情報の信頼性向上を図る。
- (2) 製造業者・流通業者等にて一般的に用いられる企業資源計画システム (Enterprise Resource Planning; ERP) と生産・在庫・移動・取引情報を共有し、既存システムとの融合を目指す。
- (3) 原料供給者から小売業者・消費者までのサプライチェーンを対象範囲として取り扱う。特に、企業間では電子商取引 (Electronic Data Interchange; EDI) に XML を用い、企業間でのデータ交換で問題になり易い書式変換に対応する。
- (4) トレースバック (遡及)、トレースフォワード (追跡) の双方を可能とし、問題発生時において原因の追究と影響範囲の特定を速やかにできるようにする。

本稿では、SCM トレーサビリティシステムのモデルとこれに基づくプロトタイプシステムの構築事例を報告する。プロトタイプシステム構築事例では、実際に製造業等で用いられている ERP パッケージウェアを導入し、構築プロトタイプシステムの適用性を検証する。また、水産加工業者を中心としたサプライチェーンを想定し、実際に製造される工程情報に基づくデータを適用し、システムの検証を行う。

2. 関連研究

トレーサビリティはどの製品群においても必要な企業情報となるが、食品分野においては昨今特に重要性を増している。トレーサビリティは次のように定義される²⁾。「生産、処理・加工、流通・販売のフードチェーンの各段階で食品とその情報を追跡し遡及できること。」また、牛肉に関しては牛の個体識別のための情報の管理及び伝達に関する特別措置法が施行されている。一方で、ひき肉やこま切れ肉といった複数の牛から1つの製品ができるような加工過程に組立工程が含まれる牛肉は特定牛肉として対象外とされている。食品を含む多くの工業製品が組立工程を多く含む現状においては、これらをそのまま応用することは難しく、解決が求められている。

Takeno et al. 3) は水産加工食品の生産工程と生産準備について調査し、分解形生産工程がサプライチェーン全体のパフォーマンスの低下につながることを指摘した。Kikuchi et al. 4) は、食品加工業で散見される分解工程と組立工程を含む複合工程に対応した MRP の拡張を提案し、これのプロトタイプシ

ステムを構築した。

Takeno et al. 5) は水産加工食品サプライチェーンでの EDI の導入状況および導入障壁の調査を行い、これらの経営形態や多様な取引品目構成といった実務上の問題を指摘した。岡本ら 6) は XML-EDI での生産流通履歴に関する表現手法を提案し、水産加工食品 EDI での有効性の検証を行った。米澤ら 7) 8) はこれに基づき、XML-EDI システムのプロトタイプシステムを構築した。

3. SCM トレーサビリティシステムモデル

提案モデルは、サプライチェーン構成各社を横断する形で物流層、ERP 層、ASP 層の3階層から構成される (図 1)。サプライチェーン上を流通する原料・製品に関するトレーサビリティ情報はこの3階層を通して管理される。本モデルの特徴は原料から製品に取り扱い品目の形態が変化する生産工程を既存 ERP システムとの連動により管理することであるため、生産工程を有する製造業者を中心に説明する。なお、用いる生産計画は一般的な MRP に基づくとする。

3.1 物流層

物流層では、ERP 層で発行された作業指示書に従い、入荷・出荷・製造・組立・検査の各工程を行う。取り扱う原材料や製品などの現品には、管理単位 (ロット) 毎に IC タグ等でシリアル番号を付与し、現品管理を行う。ここで、製造・組立やロット組み換え等の管理単位が変更となる場合は、その前後で変更の記録をとり、物流層のデータベースに記録を保管する。

3.2 ERP 層

中期生産計画に基づき基準生産計画 (Master Production Schedule; MPS) を作成し、これに基づき資材所要量計画 (Material Requirement Planning; MRP) を作成する。作成した MRP に従って、各工程における作業指示書を発行する。この際、作業指示書に IC タグ等を用いてシリアル番号を付与し、現場で払出された原材料と作業指示書を関連付ける。

3.3 ASP 層

企業間の受発注は ASP 層で管理された EDI によって行う。各社間の書式や自社品番などのコードの違いを考慮し、取引情報は XML データベースにて保管する。XML を用いた EDI については、米澤ら 8) が提案した方式を採用し、業者間での文書構造の違いに対応する。

最終消費者を含むサプライチェーンの各構成者は、要求に応じ ASP 層に追跡・遡及要求を出す。ここで、要求は当該製品 (原料) に IC タグや二次元バーコードで与えられた固有識別キーと追跡・遡及の方向とする。ASP 層のトレーサビリティモジュールは、この

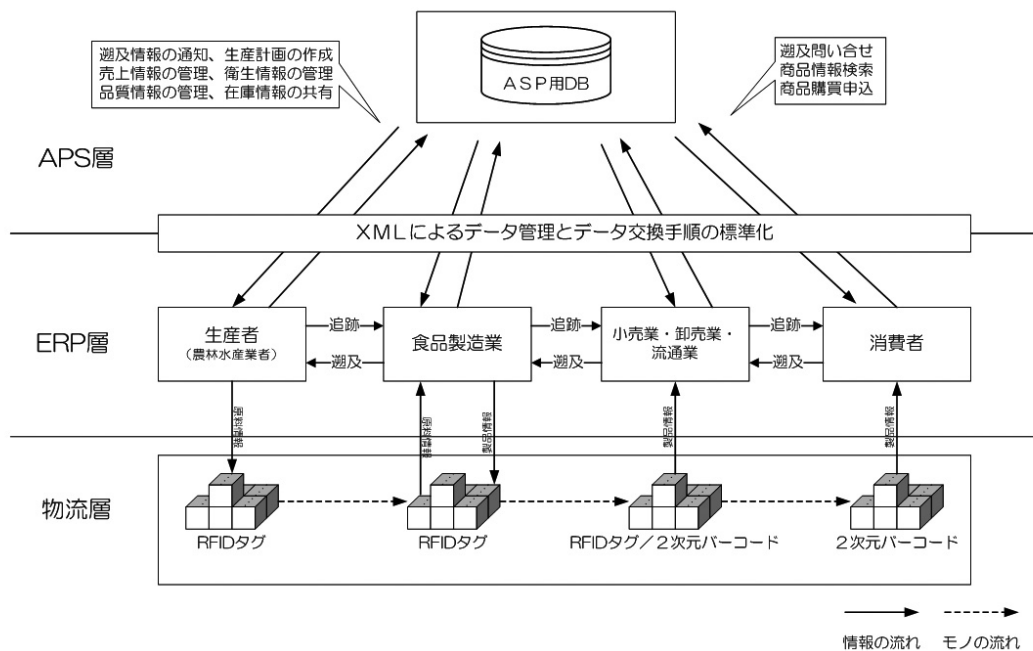


図 1 3 階層 SCM トレーサビリティモデル
Fig.1 Traceability System and its three layers

キーに対応する製品（原料）を EDI 取引情報から該当するサプライチェーン構成者を識別しその ERP から該当する工程情報および物流層で管理される関連付け情報を抽出する。上記過程を追跡・遡及できる範囲まで繰り返し、必要となる情報を要求者へ提示する。

4. トレーサビリティ情報の共有

トレーサビリティを実現するためには、サプライチェーン構成各社における生産・流通情報の開示が必要な一方で、これらは守るべき企業の機密情報である。よって、各層間で共有するトレーサビリティのために必要な情報の要件を示す。

4.1 ERP 層-物流層

ERP 層で作成された製造や移動、出荷の作業指示書に基づき、個々の現品を製造、移動するために必要な情報の共有を行う。各工程で IC タグによる検品工程を設け、情報の獲得を行いデータベースに格納する。ここでは、指図番号、品目（番号）、ロット番号、通過日時を記録すし、これらを ERP 層と共有する。また、作業指示情報に基づき、該当する現品を探すピッキング工程に関する情報もこれに相当する。

4.2 ERP 層-ASP 層

一般に日々の業務遂行に必要な計画・管理情報は ERP に蓄積されている。一方で、これらの情報は業

務・業態や ERP パッケージによって異なり、トレーサビリティのためにこのレベルにおいて統一化することは現実的とは言えない。本研究では、ERP から抽出し ASP 層と共有する情報を表 1 のように定める。

販売・購買情報は、相手先の購買・販売情報と密接な関係がある。提案システムでは ASP 層を介した EDI を想定しているため、これを基に関連付けを行う。これから、顧客や品目について個々の企業での独自採番していても関連付けることができる。受注量や納期はこれらの情報の確認・照合のために用いる。生産情報は、原材料・製品の荷姿・管理単位（ロット）が変わるため、個々の工程での作業を記録しておく必要がある。提案モデルでは、ERP より発行される作業指示書を管理単位とし、4.1 節で獲得した情報を用い、使用原材料と製品の関連付けを行う。原料や製品に対応する品目（番号）は工程情報として ASP 層と共有し、検査工程等での品質管理情報もトレーサビリティシステムとして参照できるように ASP 層と共有を図る。出荷情報は物流層における IC タグによる企業間の実際の移動情報と ASP 層にある取引情報に基づく理論的な移動情報との照合に用いる。これには、出荷番号、顧客（番号）、受注番号、品目（番号）、納期を用いる。

表 1 ERP-ASP 層間での共有情報

Table 1 Necessary information transmitted from ERP layer to ASP layer

区分	共有情報
販売情報	受注番号, 顧客 (番号), 品目 (番号), 受注量, 納期
購買情報	発注番号, 発注先 (番号), 品目 (番号), 発注量, 納期
生産情報	作業指示番号, 日時, 使用原料ロット番号, 製品ロット番号, 工程情報, 品質管理情報
出荷情報	出荷番号, 顧客 (番号), 受注番号, 品目 (番号), 出荷量, 出荷日, 納期

提案システムでは、トレーサビリティのための関連付けに販売・購買情報、生産情報、出荷情報のみならず、各工程での時刻を用い、その整合性の向上を図る。

4.3 ASP 層-物流層

提案モデルでは生産・流通過程 ERP 層を介して情報共有を図るため、ASP 層と物流層での直接的な情報共有は行わず、消費者からの問い合わせ情報のみがこの場合に相当する。一方で、書き込み可能な IC タグを用いることにより、任意の工程で履歴の参照やデータの整合性の検証が可能となることから、今後の発展モデルにおける検討課題とする。

5. プロトタイプシステムの構築

水産加工食品を対象とするサプライチェーンを想定し、プロトタイプシステムの構築を行った。サプライチェーンは、4 社の原料供給業者、1 社の食品加工業者、3 社の卸業者から構成され、取り扱い品目はカニ甲羅グラタン、カニ足コロッケ等 6 品目とした。ここで、各製品における部品表は実在の水産加工業者で製造されている品目の部品構成をそのまま用いた。

5.1 実装環境

プロトタイプシステムは 2 つの IA サーバ、2 つの IC タグスキャナおよび 2 台の PC によって構成され、これらはイーサネット LAN (100BASE-T) で接続される。また、ネットワーク中のスイッチング HUB を介して学内ネットワークに接続される (図 2)。2 つの IA サーバのうち 1 台は ASP 層に対応し、トレース、トレースバックのためのアプリケーションプログラム、XML データベースおよび Web server プログラムが格納される。アプリケーションプログラムは Perl-CGI で記述し、ネットワークを介しての要求に対応する。もう 1 台の IA サーバは ERP 層に対応し、ERP パッケージウェア、リレーショナルデータベース、ERP が利用する Web server および Servlet コンテナ、トレーサビリティ用情報を収集加工するためのアドオンソフトウェアが格納される。アドオンソフトウェアは、JSP を用いて記述した。サプライチェーンを構成する各社は、データベース上の異なるデータベースオブジェクトとして実現し、ハードウェアとしては 1 台のサーバとして実装した。物流層については、独自のデータベースを構築せず、ERP 層のサー

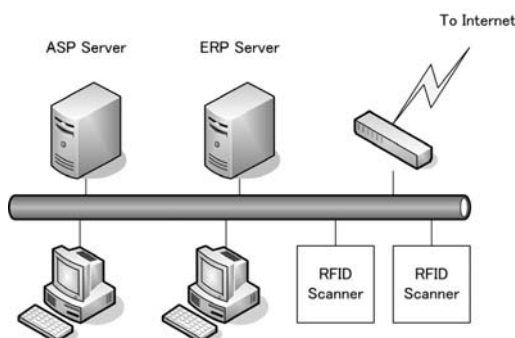


図 2 プロトタイプシステムの機器構成

Fig.2 Hardware setup formation of prototype system

表 2 プロトタイプシステムのソフトウェア構成

Table 2 Applied software of the prototype system

対象層	適用ソフトウェア	
ASP 層	OS	Windows2000 Server
	Web server	Apache 1.3
	DBMS	Tamino 2.3.1.4
ERP 層	OS	Windows2000 Server
	ERP	EFACS E/8 8.5
	DBMS	MS-SQL 2000
	Web server	Tomcat 4

バに独立したデータベースオブジェクトとして実装した。適用ソフトウェア構成の詳細を表 2 に示す。

5.2 加工業者でのワークフロー

加工業者におけるワークフローを次のように定めた。原料供給業者、卸業者については、生産に関する部分を除き、同様の手順にて検証を進めた。

- (1) 販売オーダー入力
卸業者の購買情報を ASP 層を経由して入手し、これを ERP に登録する。
- (2) MPS の作成
販売オーダーを基に MPS の作成を行う。
- (3) MRP の実行
MPS を基に MRP を実行し手配品目量を求める。
- (4) 購買オーダーと作業指示書の発行
MRP の結果を基に、購買品に関しては品目に応じてあらかじめ指定された原料供給業者へ ASP 層経由で発注を行う。製造品目に関しては、当該タイムバケット (計画期間) 中の作業

指示書を発行する。ここで、作業指示書に IC タグを添付し、工程を特定できるようにする。

- (5) 入荷検品
原料供給業者により出荷時に添付された納品書と現品に貼り付けられた IC タグを ERP に登録された購買情報と照合し現品を入庫する。
- (6) 生産準備
作業指示書に基づき、工程に必要な資材を払い出す。このとき、実際に工程で用いた現品を特定するために、現品に添付された IC タグと作業指示書の IC タグをスキャンしこれをデータベースに登録する。
- (7) 生産工程後処理
生産工程が終了したら、生産された現品の IC タグと作業指示書の IC タグをスキャンしデータベースに登録する。ここで、生産工程により現品の荷姿や管理単位が異なった場合、新たな IC タグを付与するとする。登録された現品は倉庫に入庫する。当該タイムバケット（計画期間）中に未処理の作業指示書があれば、(6) (7) を繰り返す。
- (8) 製品出荷
作業指示書に基づき、製品の出荷を行う。工程への払い出し同様に、現品の IC タグと作業指示書の IC タグをスキャンしデータベースへ登録する。出荷現品に添付された IC タグは卸業者での入荷検品に用いる。納品書に相手先品目名（番号）を記載し、次工程での検査工程を助ける。次期タイムバケット（計画期間）に出荷すべき品目が残っている場合、(1) に戻り、次期の作業を行う。

5.3 対象品目の構成

適用した製品に関する部品表を表 3 に示す。品目数は最終製造品目は 8 品目を含めて 22 品目である。MRP におけるタイムバケットは 1 週間とした。表中、タイプは品目の種別を表し、最終製品は MPS、指図は内製品、購入は購買品目を示す。分解工程についてはこれを対象とせず、分解工程を組立工程とみなし資材所要量計算を行った。このため、Level3 品目のズワイガニについては実際には重複した発注とした。

5.4 動作検証

実装システムを研究室内に構築し、動作の検証を行った。検証用に卸業者において合計 5 件 8 品目の発注オーダを生成し、これを実装システムに適用した。製造業社ではこれに基づき、11 件 34 品目の発注オーダを MRP により作成し、原料供給業者に発注した。また、社内の作業指示書は 22 件となった。動作検証では、システム内の時計を進めることにより対応し



図 3 実験での IC タグの使い方
Fig.3 IC tags in dvd case

た。また、納品に係る時間は考慮せず、即時納品とした。製造業者が受注を受けてから全ての製品を納品するまでに要した期間は、システム内の時間で 8 週間となった。物流層における現品については、図 3 に示されるケースに IC タグを添付し、現品の代用として検証を行った。

図 4 に、対象製品情報に関する実装システムの画面例を示す。最終消費者を含むユーザは、IC タグに記載されているシリアル番号を入力することにより、該当する製品（原料）に関する情報を示すページを得る。次に、追跡（Trace Forward）、遡及（Trace Back）のいずれかを選択することにより、その製品（原料）についての追跡情報、訴求情報の一覧を得る（図 5）。この一覧では、原料から製品への加工のステップを木構造を用いて表現し、ユーザの求める追跡情報・遡及情報を検索する。求める製品（原料）を選択すると、図 6 の画面に遷移し、求める情報を獲得する。本実装プログラムでは、トレーサビリティに関する動作の検証に主眼を置いたため、提示される情報は限定的な情報となっているが、より詳細な品質管理情報や工程情報を提示することも理論上は可能である。

6. おわりに

本稿では、加工工程を持つ製品群を対象としたサプライチェーン向けのトレーサビリティシステムの構築を目指し、SCM トレーサビリティシステムモデルの提案とその提案モデルに基づく水産加工食品向けトレーサビリティシステムのプロトタイプシステムを実装した。サプライチェーン内での原材料や製品の動きを IC タグによって管理することにより、トレーサビリティ情報について確度の向上を図った。企業内では、既存の ERP パッケージをベースにシステム拡張を行い、単体システムとしてのデータの重複管理や重複入力を省き、実用性の高いシステムとした。企

表 3 適用した製品と部品表

Table 3 Applied products and their Bill of Materials

Level 1			Level 2			Level 3			
品目番号	タイプ	品名	品目番号	タイプ	品名	品目番号	タイプ	品名	
A0001	MPS	カニ甲羅グラタン	B0012	指図	くずし身 A	C0001-1	指図	ズワイガニ M	
			B0018	指図	ズワイ甲羅 S	C0002-1	指図	ズワイガニ S	
			B0021	購入	小麦粉 A				
			B0024	購入	パン粉 B				
			B0028	購入	クリームソース				
A0002	MPS	カニ足コロッケ	B0012	指図	くずし身 A	C0001-1	指図	ズワイガニ M	
			B0019	指図	ズワイ爪 S	C0002-2	指図	ズワイガニ S	
			B0021	購入	小麦粉 A				
			B0027	購入	馬鈴薯				
			B0028	購入	クリームソース				
A0003	MPS	カニクリームコロッケ	B0012	指図	くずし身 A	C0001-1	指図	ズワイガニ M	
			B0024	購入	パン粉 B				
			B0027	購入	馬鈴薯				
			B0028	購入	クリームソース				
A0004	MPS	爪たっぷり クリーミーフライ	B0012	指図	くずし身 A	C0001-1	指図	ズワイガニ M	
			B0020	指図	ズワイ爪 M	C0001-2	指図	ズワイガニ M	
			B0022	購入	パン粉 A				
			B0028	購入	クリームソース				
A0005	MPS	シェフズグラタン 海老とホタテ	B0013	購入	車えび				
			B0014	購入	ボイル帆立				
			B0028	購入	クリームソース				
			B0029	指図	ズワイ甲羅 L	C0003-2	指図	ズワイガニ L	
A0006	MPS	カニ爪たっぷり クリーミーフライ	B0020	指図	ズワイ爪 M	C0001-2	指図	ズワイガニ M	
			B0022	購入	パン粉 A				
			B0028	購入	クリームソース				



図 4 プロトタイプシステムの画面例示：対象製品の情報
Fig.4 A screen shot of prototype system; targeted product

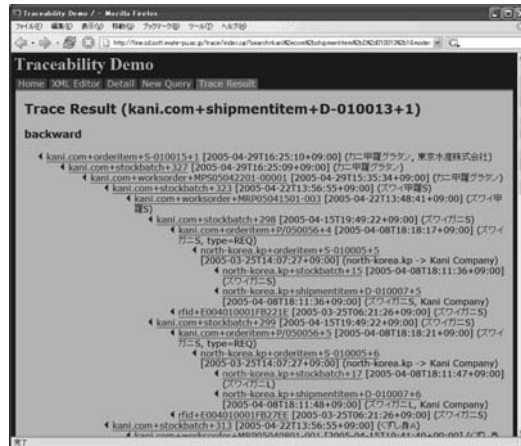


図 5 プロトタイプシステムの画面例示：関連する製品・原材料
Fig.5 A screen shot of prototype system; related material and products

業間の情報交換手段として XML-EDI を導入し企業間で異なる書式の不一致に対応できる工夫を行った。プロトタイプシステムを実在の水産加工業で生産される加工食品の部品表に基づく発注データを生成し、これを実装システムに適用し動作検証を行った。提案したシステムモデルの機能についてはこの動作を確認した。

IC タグについてはそのシリアル番号をキーとして情報検索を行うネットワーク型として用いたが、読み書き可能な IC タグに現品に関する情報を記載することで検査工程の合理化やトレーサビリティ情報の照合

に役立てることが可能である。本実装システムでは MRP ベースの生産管理と組立型工程を採用したが、他分野への応用を考慮し、分解型工程への対応や JIT 生産（プル型生産）への対応も今後の重要な課題と考える。また、トレーサビリティ情報の活用としてサプライチェーン中での生産・流通過程での問題抽出や、特定された工程で発生した問題の及ぼす影響についての定量的な評価方法の確立を目指す。

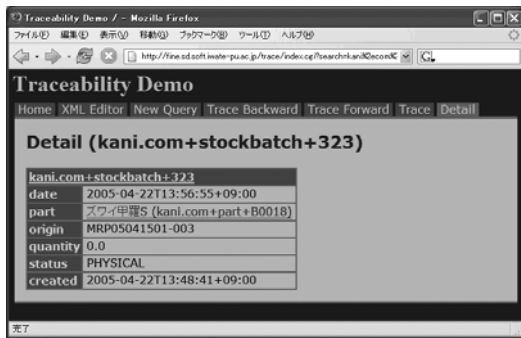


図 6 プロトタイプシステムの画面例示：トレースバックされた原料

Fig.6 A screen shot of prototype system; taraceback product

謝辞 ERP パッケージの利用に際しては、シンコム・システムズ・ジャパン株式会社のご協力をいただきました。

参 考 文 献

- 1) 井上尚久：加工食品製造プロセスへのトレーサビリティシステム導入について，オペレーションズ・リサーチ，No. 50，313-318 (2005)。
- 2) 食品のトレーサビリティ導入ガイドライン策定委員会：食品トレーサビリティシステム導入の手引き，平成 14 年度農林水産省補助事業安全・安心情報提供高度化推進事業報告書 (2003)。
- 3) Takeno, T., Sugawara, M. and Miyazaki, M.: Freezer and Refrigerator Storage Function in Seafood Supply Chain, *Proceedings of 4th International Symposium on Logistics*, pp. 337-343 (1999).
- 4) Kikuchi, H., Takeno, T. and Sugawara, M.: Material Requirements Planning Support System for Multistage Composite Process, *Proceedings of the 9th International Symposium on Logistics*, pp. 143-150 (2004).
- 5) Takeno, T., Kikuchi, H., Uetake, T., Sugawara, M. and Miyazaki, M.: EDI Ordering System in Processed Seafood Supply Chain, *Proceedings of 5th International Symposium on Logistics*, pp. 446-453 (2000).
- 6) 岡本 東，竹野健夫，菅原光政：XML を用いた付加価値取引におけるデータ表現，情報処理学会情報システムと社会環境研究報告，No. 81，pp. 9-16 (2002)。
- 7) 米澤是人，竹野健夫，菅原光政：XMLDB を用いた水産物取引データ転送実験，情報処理学会情報システムと社会環境研究報告，No. 85，pp. 1-8 (2003)。
- 8) 米澤是人，竹野健夫，菅原光政：水産物流通 EDI における多様な受発注データへの対応，情報文化学会誌，Vol. 11，No. 1，pp. 15-22 (2005)。