

プラスチック・ワイヤー製造の収益性を考慮した在庫価値評価

大 場 允 晶

1. はじめに

在庫を保有することによりムダな費用を発生させることから在庫をできるだけ保有しないようにする場合があり、またサプライチェーンや販売機会を考慮して意図的に在庫を保有する場合がある。在庫は収益を生み出す経営資源であり、過剰な在庫圧縮は、企業のパフォーマンスを低下させる。

在庫を保有するアクティビティを独立した製造工程ととらえ最終製品の市場価格、販売可能性、資源投入ロス、実現利益の不確実性を考慮し、各工程の価値を算出する在庫価値評価モデルを構築した。プラスチック・ワイヤー（以降 PW と略す）の製造工程にこのモデルを適用し、販売確率を変動させるシミュレーションで在庫価値を評価した。この結果、販売確率が低いときには、製品在庫の価値よりも中間在庫の在庫価値が高くなり、収益性が高くなることが明らかになった。

2. 在庫価値評価モデル

2.1 在庫基本モデル

本研究では、在庫を保有する工程も製造工程の一部として捉えることでモデルを構築する。ディカップリング在庫を含む中間在庫を工程間にもつ場合は、その在庫を、独立した工程とみなす。また、在庫価値評価モデルを構築するために、在庫を保有する工程を“保管”、前工程を“生産”、後工程を“消費”と捉える在庫基本モデル（図 1）を構築する。

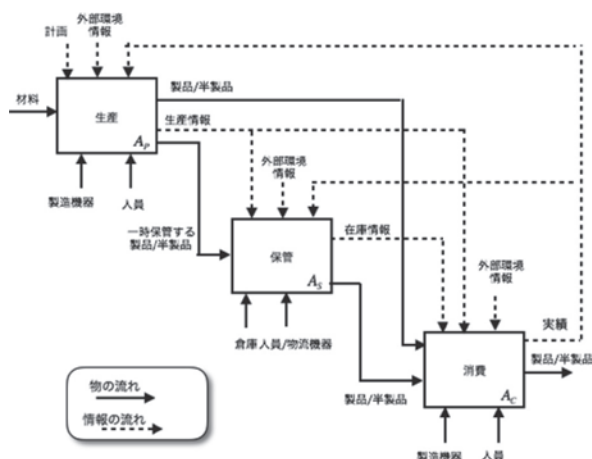


図 1. 在庫基本モデル

製造工程の関係を示す手法として、IDEF0を用いる¹⁾。最終製品のみならず、中間製品も工程内の適切な箇所に適切な量を持つことが重要であり、製造プロセスとの関連を考慮して在庫の費用と価値をとらえる必要がある。在庫基本モデルは、在庫の存在を独立したアクティビティとして、製造プロセスをモデル化する。在庫は、製品もしくは中間製品を生産する先行アクティビティとそれを消費する後続アクティビティの間に位置する保管アクティビティである。

2.2 在庫価値評価モデル

在庫価値とは、在庫を保有することによって企業や組織に与える影響である。本研究では、在庫価値を未実現収益と発生費用の差として認識し、これを収益力と呼ぶ。収益力は、在庫を保有することで見込まれる収益を金額で表したものである。

製品在庫は、未実現の利益を含めて評価し、費用は発生したものを含めて評価する。中間製品については、未実現利益を工程の進捗に応じて割り引いて、費用については、工程に進捗に応じて負荷する。そして在庫を保有する工程に着目して、その工程の価値とコントロール条件によって、在庫価値を求める。

在庫価値評価モデルでは、投入資源、算出資源のコストをコストベクトルとして定義し計算して、在庫価値を算出するためのアクティビティモデルに、在庫基本モデルを用いる。在庫は、製品もしくは中間製品を生産する先行アクティビティとそれを消費する後続アクティビティの間に位置する保管アクティビティである。アクティビティは情報の流れもしくは、物の流れで、関係づけられる²⁾。アクティビティの上辺に接続する情報を示すアローは、そのアクティビティへの制約を示すコントロール条件である（図2）。

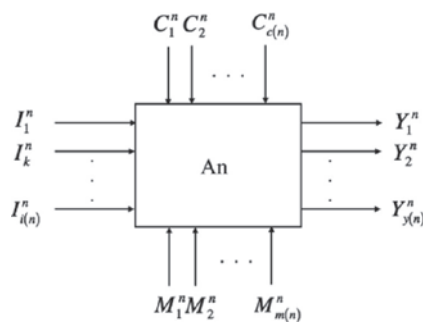


図2. 工程（アクティビティ）のICOM

2.3 在庫価値評価モデルの定式化

在庫基本モデルにより、在庫を保有するアクティビティを独立した製造工程と捉え、在庫についても、アクティビティの投入資源もしくは産出資源として、材料、中間製品、製品等と同じ算出方法で費用を把握する。さらに、最終製品の市場価格から、プロセスモデルの接

続関係をたどる後退計算により，市場価格をアクティビティコストで割り引いて，アクティビティの投入資源および算出資源の価値（工程割引市場価格）をもとめる．

在庫基本モデルに従って，製造プロセスをモデル化^{3), 4)}し，それらを構成するアクティビティを An ($n = 1, 2, \dots, N$) とする．アクティビティ An （図 2）に対する，入力，出力，コントロール条件に対して，以下の記号を定義する．

I_k^n ：アクティビティ An に必要な製品 k もしくは中間製品 k の投入量

Y_k^n ：アクティビティ An における製品 k もしくは中間製品 k の産出量

M_k^n ：アクティビティ An の設備 k もしくは人員 k の必需稼働時間

C_k^n ：アクティビティ An の必要な情報もしくは参照時間

$i(n)$ ：アクティビティ An の入力数

$y(n)$ ：アクティビティ An の出力数

$m(n)$ ：アクティビティ An のメカニズム数

$c(n)$ ：アクティビティ An のコントロール数

$e(Y_k^n)$ ：アクティビティ An が算出する製品 k もしくは中間製品 k のコスト

$e(I_k^n)$ ：アクティビティ An への投入資源 k' のコスト

u_k^n ：アクティビティ An における材料 k もしくは中間製品 k の単価

$\bar{u}_k^n$ ：アクティビティ An における設備 k もしくは人員 k の稼働時間単価

$\bar{u}_k^n$ ：アクティビティ An における参照情報の使用単価

l_k^n ：アクティビティ An における製品 k もしくは中間製品 k のロス率

$\bar{l}_k^n$ ：アクティビティ An における，設備 k もしくは人員 k の稼働ロス率

q_{ij}^n ：アクティビティ An において製品 i もしくは中間製品 i を算出するのに必要な，材料 j または中間製品 j の必用量

τ_{ij}^n ：アクティビティ An において，製品 i もしくは中間製品 i を算出するのに必要な，設備 j または人員 j の稼働時間

ξ_{ij}^n ：アクティビティ An において，製品 i もしくは中間製品 i を算出するのに必要な，情報 j の参照時間

$$Q^n = [q_{ij}^n] \in R^{y(n) \times i(n)}$$

$$T^n = [\tau_{ij}^n] \in R^{y(n) \times m(n)}$$

$$Z^n = [\xi_{ij}^n] \in R^{y(n) \times c(n)}$$

$$L_I^n = \text{diag} \left(\frac{1}{1-l_1^n}, \frac{1}{1-l_2^n}, \dots, \frac{1}{1-l_{i(n)}^n} \right)$$

$$L_M^n = \text{diag} \left(\frac{1}{1-\bar{l}_1^n}, \frac{1}{1-\bar{l}_2^n}, \dots, \frac{1}{1-\bar{l}_{m(n)}^n} \right)$$

$$L^n = E^{m(n)}$$

$$U^n = \text{diag}(u_1^n, u_2^n, \dots, u_{m(n)}^n)$$

$$\bar{U}^n = \text{diag}(\bar{u}_1^n, \bar{u}_2^n, \dots, \bar{u}_{m(n)}^n)$$

$$\tilde{U}^n = \text{diag}(\tilde{u}_1^n, \tilde{u}_2^n, \dots, \tilde{u}_{c(n)}^n)$$

各工程の物と情報の流れが図1の在庫基本モデルに従う場合、産出製品（中間製品）のコストベクトル（在庫費用） E 、工程割引市場価格 P 、工程価値 G 、在庫価値評価 G' を表現する。

1) コストベクトルの計算

コストベクトルの計算は、アクティビティモデルでは、上流から下流にむかう前進計算である。前進計算では、発生主義の会計原則に基づき費用を把握する。アクティビティ毎に発生費用を集約し、アウトプットとなる産出製品（中間製品）に対して、製造費用と在庫費用を負担させる。

投入資源となるインプットとなる資源の発生コストは、そのインプットの上流に位置するアクティビティのコスト計算で、把握されている。

アクティビティへの投入資源である、インプット (I)、メカニズム (M)、コントロール (C) の投入量が与えられると、(1)式で、産出製品（中間製品）の費用が算出できる。(1)式は、資源ロス (L_I^n, L_M^n, L_C^n) を考慮して、産出するアウトプット ($Y_k^n : k = 1, 2, \dots, n$) に対する必要資源投入量行列 $[Q^n | T^n | Z^n]$ と単価行列 ($\bar{U}^n, U^n, \tilde{U}$) を掛け合わせ、産出製品（中間製品）のコストベクトル $E(e(Y_k^n) : k = 1, 2, \dots, n)$ を得る。

$$E = \begin{bmatrix} e(Y_1^n) \\ e(Y_2^n) \\ \vdots \\ e(Y_{y(n)}^n) \end{bmatrix} = [Q^n | T^n | Z^n] \times \begin{bmatrix} L_I^n & 0 & T \\ 0 & L_M^n & 0 \\ 0 & 0 & L_C^n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} U^n & 0 & T \\ 0 & \bar{U}^n & 0 \\ 0 & 0 & \tilde{U}^n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I^n \\ - \\ M^n \\ - \\ C^n \end{bmatrix} \quad (1)$$

2) 工程割引市場価格の計算

製造された製品の収益は、市場価格に依存する。収益は、実現する時点で計上すべきという実現主義の原則に基づき把握する必要がある。アクティビティの産出製品（中間製品）は、全てが市場価格をもつわけでない。したがって市場に投入される産出製品（中間製品）の市場価格を割引いて、その他の産出製品（中間製品）の価格とする。市場に投入されない中間製品は、異なるアクティビティへの投入資源となる。そのアクティビティの産出製品（中間製品）が販売可能であり市場価格をもてば、それをアクティビティ毎に割引いて按分することで、投入資源の価格とする。これを工程割引市場価格と呼ぶ。アクティビティの産出製品（中間製品）が工程割引市場価格をもてば、そのアクティビティへの投入資源についても、

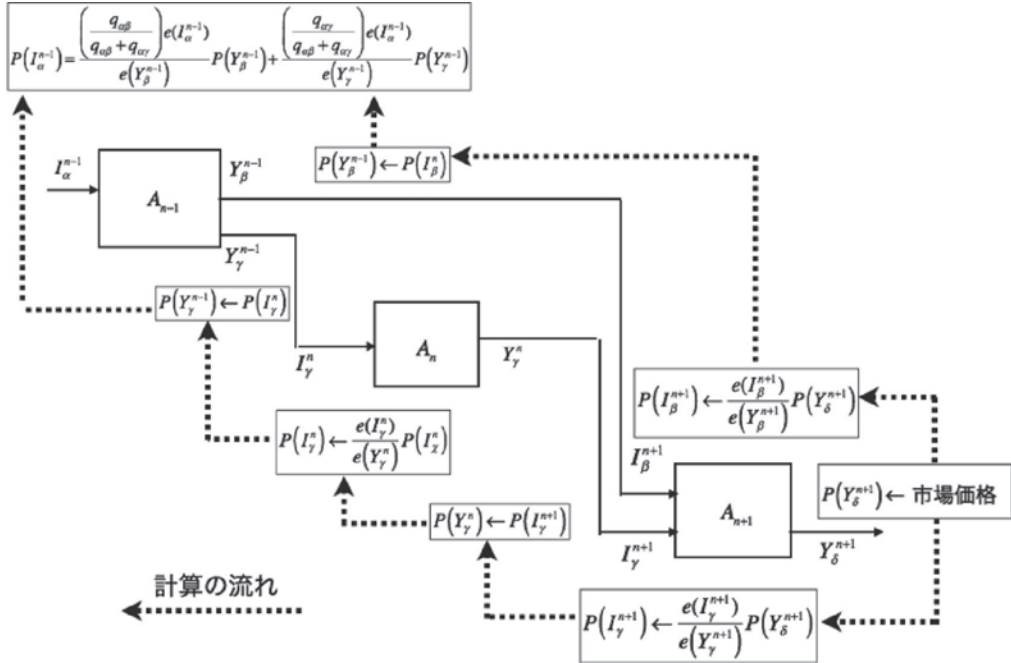


図3. 工程割引市場価格の後退計算

産出製品（中間製品）のアクティビティコスト負担分を差し引いて按分すれば、工程割引市場価格を算出できる。したがって、工程割引市場価格計算は、アクティビティモデル上では下流から上流に向かう後退計算である（図3）

アクティビティの入力資源（ $I_k^n : k' = 1, 2, 3, \dots, i(n)$ ）の工程割引市場価格とする各工程の価値を計算するために、工程割引市場価格 $P(I_k^n)$ を定義する。アクティビティのアウトプット Y_k^n に対して、製品に市場価格 $P(Y_k^n)$ が与えられる場合、その製品の産出費用 $e(Y_k^n)$ に対する投入資源の産出費用 $e(I_k^n)$ の比率で割り引いて、工程割引市場価格 $P(I_k^n)$ とする。アクティビティの入力資源（ $I_k^n : k' = 1, 2, 3, \dots, i(n)$ ）の工程割引市場価格とする。市場価格が与えられない中間製品や中間製品の場合は、その投入先のアクティビティでの工程割引市場価格を $P(I_k^n)$ として、(2)式を用いる。

$$P(I_k^n) = \sum_{k'=1}^{y(n)} \left\{ \frac{\left(\frac{q_{kk'}}{\sum_{l=1}^{y(n)} q_{kl}} \right) e(I_{k'}^n)}{e(Y_k^n)} P(Y_k^n) \right\} \quad (2)$$

3) 工程価値

工程価値は、アクティビティが投入資源に対して付加する価値である。アクティビティは、前進計算により産出された発生済みの投入資源の費用と、アクティビティの実行による発生

費用をついやして、産出製品（中間製品）をアウトプットする。製品（中間製品）による収益から、投入資源の費用とアクティビティの費用を差し引いたものが、工程が付加する価値と考える。一方、製品（中間製品）による収益は、必ずしも販売が成立していない未実現収益である。そこで、期待販売量と工程割引市場価格から、実現収益を算定する。すなわち工程価値 G は、アクティビティのアウトプットである産出製品（中間製品）の期待販売量に対する収益から、発生費用を差し引いたものである。アクティビティ A_s が在庫をもつアクティビティである場合、工程価値は、在庫の資産評価である在庫価値となる（(3)式）。

$$G(A_n) = \sum_{k=1}^{y(n)} p(Y_k^n) \{u(Y_k^n) P(Y_k^n) - e(Y_k^n)\} \quad (3)$$

$u(Y_k^n)$ ：製品もしくは中間製品 Y_k^n の販売予定量

$p(Y_k^n)$ ：製品もしくは中間製品 Y_k^n の販売確率。但し、中間製品の販売確率は、それがアクティビティよりアウトプットされる確率である。

4) 在庫価値評価

在庫価値 G' の評価は、要求される QCD の状況に依存する。品質劣化の早い資産や最終製品までのリードタイムが大きい製品であれば、在庫価値をより大きく割引いて評価する必要がある。また、最終製品の在庫は、中間製品より、多くの資源投入を行っているため、販売が実現しなかった場合、ロスによる費用が多く発生する。

製品で在庫をもった場合と、中間製品で在庫をもった場合を比較すると、販売が実現しなかった場合のロス費用は、製品で持った在庫が大きい。これを考慮して、在庫価値の評価を行うため、保管アクティビティ A_s に対し、利益が実現しない場合のロス費用を、在庫価値から割引く（(4)式：第2項）。

$$G'(A_s) = \sum_{k=1}^{y(s)} \left[p(Y_k^s) \{u(Y_k^s) P(Y_k^s) - e(Y_k^s)\} - (1 - p(Y_k^s)) (1 - \Psi_k^s) e(Y_k^s) \right] \quad (4)$$

Ψ_k^s ：工程 A_s における製品または中間製品 k の累積収率

工程の進行につれて累積収率は単調減少するため、販売が実現しなかった場合のロス費用は、中間製品で在庫をもつ場合よりも、製品在庫でもつ場合が大きい。

3. PW のアクティブコストモデル

3.1 アクティブコストモデル（コスト管理モデル）

製品の原価構成と管理ポイント（仕上り率・加工費・加工時間，コントロール要件）をベースに PW のビジネスプロセスを IDEF0 で表現したアクティブコストモデル（図 4）³⁾ を作成した。

PW（全体）のビジネスプロセスからコントロール条件を基にコストマトリクス⁴⁾を使って，在庫基本モデルに従うので，販売予定量と販売確率を挿入し，産出製品（中間製品）のコストベクトル（在庫費用）E，工程割引市場価格 P，工程価値 G，在庫価値評価を計算する。

PW を製造している A 社では，最終製品，仕掛品，原材料の 3 つを在庫として保有している。製造工程の特徴として，不良品や不測の事態が発生した際に，すぐに代替品を提供しなくてはならない。製造リードタイムが比較的長い。これらの理由により，最終製品は，現状，需要量の 2 倍量を生産している等がある。A 社の織網機の製造特性として，大量一括生産によるコスト大幅減と品質安定がある。A 社では製品サイズに対して 15～25 倍のサイズの織網を行っている。即ち，消費単位の織網生産を行うと織網機の固定費を 15～25 倍負荷することになる。また，大量に一括で元網を造ることで品質安定にも貢献している。前提条件として，製品 A, B, C の原価構成（A 社の実際のデータを参考にした架空のデータ）を用意し，原料単価，加工量，加工費単価，加工時間の標準を設定して，アクティビティへの投入資源量を設定し，標準の積み上げ原価を仮定する。製品 A, B, C の原価構成を使って PW のコストベクトルを前進計算により算出した結果を表 1 に示す。このとき，累積収率は製品で 63%，元網で 88%とした。

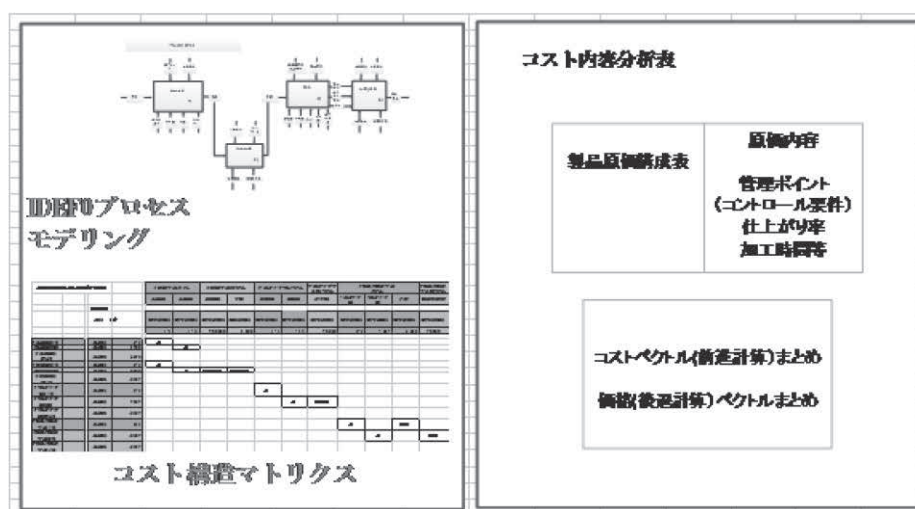


図 4. PW のアクティビティコストモデル

表 1. PW のコストベクトルまとめ（前進計算）

アウトプット	コスト（¥）		
a1. 検線済線材	962,000		
a2. 整径済線材	1,022,000		
a3. 織網価格	1,82,000		
a4. 元網価格	1,167,000		
	製品 A	製品 B	製品 C
a5. 製品用元網	65,800	391,981	454,663
a61. 製品用裁断済元網	67,800	393,981	459,786
a62. 製品用織継済網	91,800	465,981	567,777
a63. 製品用 2 次仕上網	97,800	489,981	593,779
a64. 製品用検査済製品	100,800	495,981	596,777
a65. 製品	101,800	496,981	597,777

3.2 在庫価値評価

製品 A, B, C の期待販売量と市場価格を仮定して，PW の価格ベクトルを後退計算によって算出した．これを表 2 に示す．販売確率を 0～100％で，元網と製品 A, B, C の在庫価値をシミュレーションで求めた．

表 3 では，販売確率 42～54％について，在庫価値，在庫価値評価を示した．本条件では，工程価値では販売確率が 44％以下では，元網＞製品在庫，在庫価値評価では，販売確率が 51％以下では元網＞製品在庫の結果が得られた．従来の在庫評価は，その資産（棚卸資産）の価値のもしくは在庫費用による評価が一般的である．PW では，資産価値に対応する本研究の在庫価値評価は，表 3 に示すとおり，販売確率が低い場合は，元網在庫を保有することが有利である．製造費用やロスを考慮すると売れる可能性の低い製品コストをかけて製造するよりは，元網（仕掛品在庫）で保有するべきである．このときの資産価値に相当する元網市場価格は，3,133 円 /m²（製品 B）である．従来方法では網の売却を想定していない場合，元網（仕掛品在庫）の資産価値はゼロとなるため，販売価格や販売確率にかかわらず，製品在庫を保有することが有利となる．

A 社の製造工程では，在庫を仕掛品である元網で保有する場合と製品で保有する場合の在庫価値と在庫価値評価比較して，販売確率が低い場合は，最終製品ではなく中間製品を在庫とし保有したほうが良いこと．これは，在庫の市場価格を考慮した，資産評価に相当する在庫価値と，ロス費用の発生を考慮する在庫価値評価の両面について成立する．

表 2. PW の価格ベクトルまとめ（後退計算）

アウトプット	コスト（¥）		
検線済線材. 市場価格（¥/kg）製品 B	2,181		
検線済線材. 市場価格（¥/m）製品 B	2,908		
整径済線材. 市場価格（¥/m）製品 B	3,099		
整径済線材. 市場価格（¥/m ² ）製品 B	2,931		
織網. 市場価格（¥/m ² ）製品 B	3,133		
	製品 A	製品 B	製品 C
製品用元網. 市場価格（¥/m ² ）	2,585	3,155	3,063
製品裁断済元網. 市場価格（¥/m ² ）	2,664	3,171	3,077
製品織継済網. 市場価格（¥/m ² ）	3,607	3,750	3,773
製品 2 次仕上網. 市場価格（¥/m ² ）	3,843	3,944	3,973
製品 2 次仕上網. 市場価格（¥/unit）	192,143	1,183,078	1,390,662
製品検査済製品. 市場価格（¥/m ² ）	3,961	3,992	3,993
製品検査済製品. 市場価格（¥/unit）	198,035	1,197,585	1,397,658
製品. 市場価格（¥/m ² ）	4,000	4,000	4,000
製品. 市場価格（¥/unit）	200,000	1,200,000	1,400,000

表 3. PW の保管価値と在庫価値評価 単位：円

	販売確率	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	53%	54%
工程価値	元網を保管する（工程価値）	48,547	49,703	50,859	52,014	53,170	54,326	55,482	56,638	57,794	58,950	60,106	61,262	62,417
	製品 A を保管する	-17,819	-15,819	-13,819	-11,819	-9,819	-7,819	-5,819	-3,819	-1,819	181	2,181	4,181	6,181
	製品 B を保管する	10,035	22,035	34,035	46,035	58,035	70,035	82,035	94,035	106,035	118,035	130,035	142,035	154,035
	製品 C を保管する	33	14,033	28,033	42,033	56,033	70,033	84,033	98,033	112,033	126,033	140,033	154,033	168,033
	製品 ABC 保管価値合計	-7,751	20,249	48,249	76,249	104,249	132,249	160,249	188,249	216,249	244,249	272,249	300,249	328,249
在庫価値評価	元網を保管する（在庫価値）	43,956	45,191	46,426	47,661	48,896	50,131	51,366	52,601	53,836	55,071	56,306	57,541	58,776
	製品 A を保管する	-39,470	-37,096	-34,723	-32,350	-29,976	-27,603	-25,230	-22,857	-20,483	-18,110	-15,737	-13,363	-10,990
	製品 B を保管する	-95,000	-81,189	-67,379	-53,568	-39,757	-25,946	-12,135	1,676	15,487	29,298	43,109	56,920	70,731
	製品 C を保管する	-124,990	-108,835	-92,679	-76,523	-60,368	-44,212	-28,057	-11,901	4,254	20,410	36,566	52,721	68,877
	製品 ABC 在庫価値合計	-259,460	-227,120	-194,781	-162,441	-130,101	-97,761	-65,421	-33,081	-742	31,598	63,938	96,278	128,618

4. おわりに

PW の在庫を保有することで見込まれる収益性を考慮した在庫価値評価を行った。在庫の収益性に着目し、在庫をコスト削減の対象としてだけではなく、資産的価値の側面からも在庫の適正性を評価した。

また、在庫保有をアクティビティとする在庫基本モデルで、適正な在庫を保有すべき工程を明らかにできる。中間製品の工程割引市場価格は、工程が進むにつれて単調に減少する。一方、発生費用は、工程の進行につれて単調増加である。したがって、期待収益と発生費用

の差である、在庫価値が最大になる適正在庫を保有すべき工程が、様々な生産システムで存在すると考えられる。在庫を費用削減の対象とみるだけでなく、その収益性を考慮して、在庫の保有工程と適正在庫量を決定すべきである。本事例では、在庫を保有すべき工程をシミュレーションで決定した。

特に PW 製造のように、製品までのリードタイムが長く、戦略的にディカップリング在庫を保有し、製品オーダーへの納期対応をカバーしてリードタイム吸収するようなプロセスが存在する場合、その在庫価値を評価し、費用のみに着目した在庫削減を行うべきではない。

参考文献

- 1) 熊谷敏・山田功：「ビジネスプロセスモデリングのための IDEF0—ビジネスモデルの文脈における IDEF0 の適用」, 経営情報学会 (2002)
- 2) Copper, Robin: "The Rise of Activity-Based Costing – Part Four: When Do Activity Based Cost Systems Look Like ?", *Journal of Cost Management*, Vol.3, No.1, Fall, pp.38-49 (1989)
- 3) 石井智之, 熊谷敏, 大場允晶：「プロセスモデリングを活用したコスト管理モデル—市場環境変化によるアクティビティコストの変動把握方法—」, 日本経営工学会論文誌, Vol. 65, No. 4, pp. 249-259 (2014)
- 4) 外山咏之："Business Structure Modeling 複雑で多元的な経営・社会課題に迅速に 대응", 日本経営工学会「経営システム」, Vol.16, No.2, pp.101-107 (2006)