

# 「マテリアルフロー」による環境管理会計の生成・発展

－ 「クリーナープロダクション」の考え方－

木村 眞実

分野：会計学（環境会計）

キーワード：マテリアルフロー、クリーナープロダクション、マテリアルフローコスト会計

## 1. はじめに

「マテリアルフロー」を中心とする環境管理会計は、1980年代から2000年代初頭にかけて、アメリカとドイツで、別々に生成・発展された。アメリカでは、環境保護庁が提唱する汚染防止プログラムを起源として廃棄物削減の観点から手法が精緻化され、ドイツでは、組織へのインプット・アウトプット分析の手法であるエコバランスを起源として会計手法への展開が見られた<sup>1)</sup>。

先行研究では、アメリカとドイツを中心に分析し、両者を比較検討することで、国際的なガイダンスや環境管理会計の後発国である日本にどのような影響を与え、発展してきたのかを明らかにすることを目的としてきた<sup>2)</sup>。そのため、国連環境計画（以下、UNEPと言う）による「Cleaner Production（以下、CPと言う）」の概念も、今日の「マテリアルフロー」を中心とするインプロセス型の資源効率化および環境負荷低減活動へと至る道筋の一つとして、重要視はされていないように思われる<sup>3)</sup>。

CPとは、生産効率を向上させ、人と環境へのリスクを低減するために、生

---

1) 國部他 [2008] p.96。その他に先行研究として、大西 [2002] [2003]、國部 [2007] [2009]、および國部他 [2010] を参照されたい。

2) とりわけ國部他 [2010] を参照されたい。

3) なお、なお、國部他 [2010] p.253では、本文にて後述するUSEPA [1988] における汚染物質の排出削減を環境管理会計の目標とする考え方が、CP活動と強い関連性を有する、とのみある。

産プロセス、製品、およびサービスへの統合的な環境戦略を、継続的に実行すること<sup>4)</sup>であり、「マテリアルフロー」を中心とした環境管理会計の系譜に関する研究にとって、鍵となる概念と考えられる。

本稿では、CPも、「マテリアルフロー」による環境管理会計の生成・発展に影響を与えているのではないかという問題意識のもと、先行研究を整理し、CPの考え方を、UNEPを中心として考察することで、マテリアルフローによる環境管理会計の系譜の一つとして、CPがあったのではないかということを明らかにしたい。

まず第2節では、先行研究における「マテリアルフロー」による環境管理会計の特徴を見ていく。第3節では、UNEPによるCPの考え方およびCPによる適用事例を見ていく。そして、先行研究における「マテリアルフロー」による環境管理会計の特徴とCPの考え方から、CPとは、これまでの「マテリアルフロー」による環境管理会計と似たような考え方・活動であり、マテリアルフローによる環境管理会計の系譜であることを明らかにしたい。

## 2 先行研究における起源と展開

### 2.1 汚染予防における起源

アメリカにおけるマテリアルフローをベースにした環境管理会計手法は、1980年代後半以降、企業の環境汚染に対する強力な法規制を背景に発展してきた<sup>5)</sup>。大西 [2003] によれば、企業の環境保全に対するアプローチとして重要な法規制が2つある。それは、1976年に制定され、企業を起源とする廃棄物を可能な限り削減することを目標とした資源保護回復法 (Resource Conservation and Recovery Act) と、1990年に制定され、企業における汚染発生源における汚染物質の削減と廃棄物のリサイクルを目標とした汚染防止法 (Pollution Prevention Act) である<sup>6)</sup>。

---

4) UNEP DTIE SCP による <http://www.unep.fr/scp/cp> を参照されたい。

5) 國部他 [2010] p.252。

6) 大西 [2003] p.53 を参照されたい。

法規制を背景として、1988年にアメリカ環境保護庁（以下、USEPAと言う）では『廃棄物最小化機会アセスメント・マニュアル（Waste Minimization Opportunity Assessment Manual）』が発行された<sup>7)</sup>。

USEPA [1988] とは、工場及び企業において、廃棄物の最小化を行うための、計画、管理、そして実施に関するマニュアルである。工場及び企業にて行うべきことは「廃棄物最小化アセスメント手順」（以下の図表1を参照）に集約され、具体的に各手順にてどのようなことを行うかについてはUSEPA [1988] の5頁以降で解説がされる。

USEPA [1988] における廃棄物最小化アセスメントの手順を見てみよう（以下の図表1を参照）<sup>8)</sup>。ある主体が廃棄物最小化の必要性を認識し、廃棄物最小化プロジェクトの成功を導くまでには4つの段階がある。第一段階では「計画と組織化」、第二段階では「アセスメント」、第三段階では「実行可能性分析」、

---

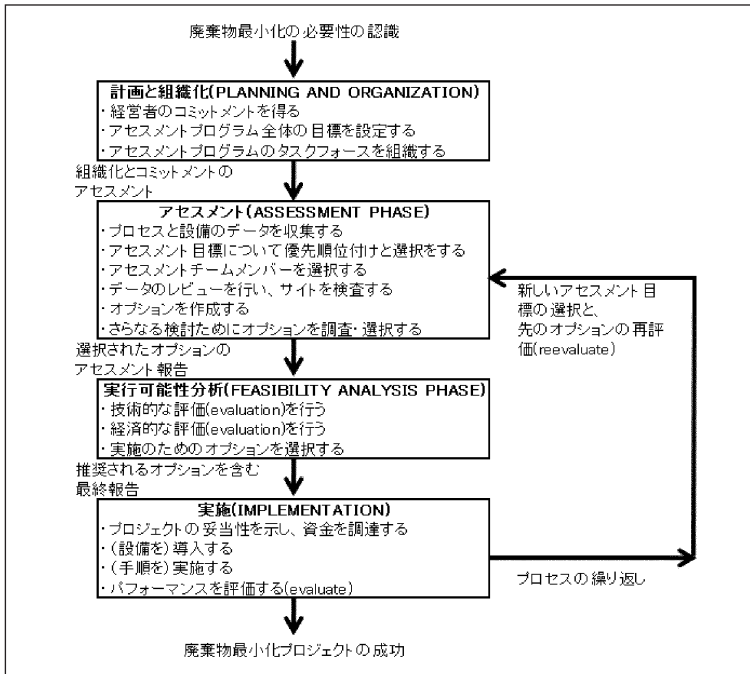
7) USEPA [1988] によれば、廃棄物最小化（Waste minimization）は、1984年の有害・個体廃棄物改正法（HSWA：Hazardous and Solid Wastes Amendments）を受けて1984年に修正がされた資源保護回復法（RCRA：Resource Conservation and Recovery Act）によって、指令されている。また、経済産業省<http://www.meti.go.jp/>「3R政策」「海外情報」によれば、RCRAは1976年の制定以来、数回に渡り修正されている。1992年にも連邦設備責任法（Federal Facility Compliance Act）が通過したことによって修正され、連邦設備でのRCRAが強化された。さらに、1996年の融通埋立て処分プログラム（Land Disposal Program Flexibility Act）により特定廃棄物の埋立て処分に関してRCRAが修正された。

なお、USEAPは、USEPA [1988] の改訂版として、1992年にFacility Pollution Prevention Guideを、2001年にAn Organizational Guide to Pollution Preventionを発表している。

8) USEAP [1992] においても汚染予防を行う際のフローチャートがある。ほぼUSEPA [1988] の廃棄物最小化アセスメント手順と同じである。以下の脚注図表1を参照されたい。

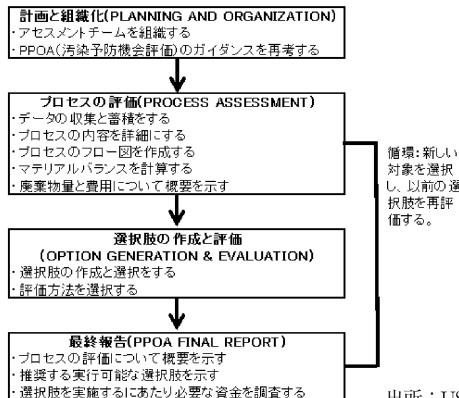
なお、USEPA [2001] では、これまでのUSEPA [1988] [1992] における組織の汚染予防活動を「伝統的」汚染予防プログラムと呼び、新たな汚染予防活動を「代替的」汚染予防アプローチとし、「伝統的」なそれに比べて、「代替的」ではより多くの情報を集めた後に汚染予防プログラムを実行する「5段階モデル」を提示している。そして「5段階モデル」を実行する際に、有用なツールとして「システムズ・アプローチ」が提示される。有用なツールの提示は、USEPA [1988] [1992] ではされておらず、一連のUSEPAによる汚染予防ガイドにおいて、USEPA [2001] は異色であり、汚染予防の実施方法をより具体的に示している。USEPA [2001] pp.11-16を参照されたい。

図表1 USEPA [1988] の「廃棄物最小化アセスメント手順」



出所：USEPA [1988] p4.

脚注図表1 USEPA [1992] における汚染予防機会評価のフローチャート



出所：USEPA [1992] 図1.

そして第四段階では「実施」である。なお、第四段階の「実施」後にプロジェクトの成功が見られない場合には、第二段階の「アセスメント」へ戻り、新しいアセスメント目標に選択と、先に選択して実施したオプションの再評価を行い、次の段階へと進めていく。

大西 [2003] では、USEPA [1988] は「汚染予防に関する基礎的な文献」(p.54) とされ、特に、「廃棄物最小化アセスメント手順」におけるアセスメント段階と実行可能性分析段階に、「マテリアルフロー」による環境管理会計の特徴を見出している。

「アセスメント段階におけるプロセスフロー図による工程の把握と、マテリアルバランスによる工程単位のインプット・アウトプット情報の測定は…(中略－筆者)…物量単位のマテリアルフローを工程レベルで追跡するための基礎である。」(p.55)

「実行可能性分析において、廃棄物の最小化を通じて削減されるコストとして、第1にマテリアルコストを意識していた点は、マテリアルフロー・マネジメントにおいて最も強調されるコストを既に示していた点で重要である。」(p.55)

つまり、大西 [2003] に依拠すると、USEPA [1988] における「マテリアルフロー」による環境管理会計の特徴は、以下のようにまとめられる。

- ① プロセスフローを把握する点
- ② マテリアルバランスの考え方を導入している点
- ③ マテリアルコストの削減を意識している点

上述の3つの特徴について補足をしよう。まず、①プロセスフローを把握する点についてである。

以下の図表2にて示したように、USEPA [1988] では、「アセスメント」段階にて評価を行うために、5項目（デザイン情報、環境情報、原材料/製品情報、経済的情報、その他の情報）の情報を収集するように求める。

なかでも、「デザイン情報」の項目にて、具体的に「プロセスフロー図」を用いて生産工程の情報を収集・把握するように求めている。プロセスフロー図

図表2 USEPA [1988] が求める「アセスメント」段階にて必要な情報

<p>デザイン情報</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロセスフロー図</li> <li>・以下のマテリアルと熱量のバランス (設計上のバランスと実際のバランスの両方) 生産プロセス 汚染管理プロセス</li> <li>・オペレーティングマニュアルとプロセス図</li> <li>・設備のリスト</li> <li>・設備に関する設計書とデータシート</li> <li>・配管図と計器図</li> <li>・配置図と立面図</li> <li>・設備配置図と作業の流れ図</li> </ul> <p>環境情報</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有害廃棄物に関するマニフェスト</li> <li>・排出目録</li> <li>・有害廃棄物に関する隔年の報告書</li> <li>・廃棄物の分析</li> <li>・環境監査報告書</li> <li>・許可証と許可適用のいずれか</li> </ul> <p>原材料/製品の情報</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・製品組成とバッチに関するデータシート</li> <li>・マテリアルの使用図</li> <li>・マテリアルの安全に関するデータシート</li> <li>・製品と原材料の在庫記録</li> <li>・オペレーターの日誌</li> <li>・生産方法</li> <li>・生産スケジュール</li> </ul> <p>経済的情報</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物処理と廃棄物処分の費用</li> <li>・製品・設備・原材料の費用</li> <li>・運用費用と維持費用</li> <li>・部門別原価計算書</li> </ul> <p>その他の情報</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・企業の環境ポリシー</li> <li>・標準的な生産方法</li> <li>・組織図</li> </ul>
---

出所：USEPA [1988] p.11。

は、プロセスを把握し、廃棄物が発生する資源を確認するために必要とされ、また、マテリアルバランスを把握する際の基礎にもなるということである<sup>9)</sup>。

しかし、「プロセスフロー図」の「形式」については述べられていない。つ

---

9) USEPA [1988] p.11。

まり、この時代には、後述の「システムズ・アプローチ」における「プロセスマップ」ように、マテリアルの工程のフローを、ボックスと矢印で描写する図を作成すべきという提案は、まだ、されていない。

次に、②マテリアルバランスの考え方を導入している点についてである。マテリアルバランスでは、以前には把握されていなかったマテリアルの損失または排出物の量を把握できるとともに、廃棄物最小化における廃棄物の追跡の基準、追加的な設備等の規模・費用を見積もるためのデータ、経済的パフォーマンスを評価するためのデータを得るのに役立つ。ここでのマテリアルバランスとは、あるプロセスに入る量（インプット量）は、そのプロセスから出たマテリアルの量（アウトプット量）と、そのプロセスに仕掛品等の形で留まる量（残高量）の合計と等しくなるという考え方であり、「インプット量＝アウトプット量＋残高量」の式で表わされる<sup>10)</sup>。

そして、③マテリアルコストの削減を意識している点についてである。これはUSEPA [1988] の「実行可能性分析」の解説から読み取れる。「廃棄物最小化プロジェクトの経済的目標は、廃棄物の廃棄コストを削減する（又は除去することと、インプットされるマテリアルコストを削減することである）」(p.20)

---

10) USEPA [1988] p.11。ここでの「マテリアル」には何が含められるのかということであるが、USEPA [1988] ではマテリアルバランスに関する情報は、次の情報源からなるとされる。以下の脚注図表2を参照されたい。

脚注図表2 USEPA [1988] によるマテリアルバランス情報の情報源

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ 供給された原料、製品、廃棄物の流れに関するサンプル・分析結果・測定結果</li><li>・ 原材料購入の記録</li><li>・ 材料在庫高</li><li>・ 排出目録</li><li>・ 設備の洗浄方法と使用方法</li><li>・ バッチの作成記録</li><li>・ 製品設計書</li><li>・ マテリアルバランスの試算</li><li>・ 生産記録</li><li>・ 作業日誌</li><li>・ 標準的な生産方法と生産マニュアル</li><li>・ 廃棄物の目録</li></ul> |
|--|

出所：USEPA [1988] p.12。

とあり<sup>11)</sup>、USEPA [1988] では、廃棄物の量を削減することで、廃棄物の廃棄コストのみならず、マテリアルコストも削減されるということが意識されている。

## 2.2 システムズ・アプローチへの展開

大西 [2003] によれば、USEPA [1988] のようなチェックリストを中心とした汚染予防活動では生産工程レベルにおける汚染の根本原因の発見・解決が不十分なため、1990年代前半に、Pojasek=Caliによって、生産工程レベルでの汚染の発見を可能とする手法が開発された。それは、マテリアルフロー情報をベースにした手法であり、プロセスフロー図とマテリアルアカウンティングを用いて行われる<sup>12)</sup>。

「プロセスフロー図とマテリアルアカウンティングは、アメリカにおいて、その後の物量情報に関連したマテリアルフロー・マネジメントに関する議論の基礎として位置づけられる。」(大西 [2003] p.60)

1990年代後半になると、Pojasekは「プロセスフロー図をより簡素化して、さらに品質管理手法との連携をより強めることによって、システムズ・アプローチを開発」(大西 [2003] p.60) した。そして、Pojasek<sup>13)</sup> によって開発さ

---

11) また、「プロジェクトを評価することによって、さらにコストの種類が増え、定量化することがさらに容易となる。コストには、廃棄物処理料、輸送コスト、廃棄物の前処理コスト、原材料コスト、操業および維持コスト、である」(p.21) とも述べているが、マテリアルコストについてそれ以上の説明は見当たらない。

なお、実行可能性を分析するために、「資本コスト」「オペレーティングコスト」の範囲が示されている。両コストは、「資本回収期間＝資本投資コスト/ (年間オペレーティングコスト)」の式の値として使用され、資本回収期間が3～4の間であれば、低リスクの投資として判断される。ここでの「資本コスト」とは、設備投資、原材料の購入、水道光熱費、外注費等である。「オペレーティングコスト」とは、廃棄物管理コスト、インプットマテリアルコストである。USEPA [1988] pp.21・22を参照されたい。

12) 大西 [2003] pp.57-60。なお、大西 [2003] によれば、プロセスフロー図とはインプットマテリアルが製品へと変化する一連のステップを図示したものであり、マテリアルアカウンティングとは工程のインプットとアウトプットに関する物量的なマテリアルフロー情報を識別、測定するための手法とのことである。

13) Pojasek [1997a] [1997b] [1998a] [1998b] [2002] およびUSEPA [2001] を参照されたい。



2011年6月 木村眞実：「マテリアルフロー」による環境管理会計の生成・発展

れた「システムズ・アプローチ」による汚染予防活動は、2000年以降のマテリアルフローによる環境管理会計に反映され、USEPA [2001] ではシステムズ・アプローチが汚染予防<sup>14)</sup> のためのツールとされている<sup>15)</sup>。

大西 [2003] に依拠すると、Pojasek=Caliによって手法が開発されて以後、「マテリアルフロー」による環境管理会計は、以下の二つの特徴をもつこととなる。

- ① プロセスフロー図を把握する点
- ② マテリアルアカウンティングを用いる点

上述の二つの特徴について、Pojasek [1997a] [1997b] およびUSEPA [2001] から補足をしていこう。

## 2.2.1 プロセスマップ

まず「プロセスフロー図」を簡素化したという「プロセスマップ」についてである。

Pojasek [1997a] によれば、汚染予防活動である「システムズ・アプローチ」において、基礎となるツールが「プロセスマップ」である。このマップによって、生産プロセスを理解でき、プロセスをマテリアルがどのように流れるかが明らかにされる<sup>16)</sup>。また、「プロセスマップ」では、主たる生産プロセスのみならず、主たる生産プロセスに付随する断続的・補助的なプロセスについても、「生産プロセスのつながり」および「使用・廃棄されたマテリアル名」が図示される。

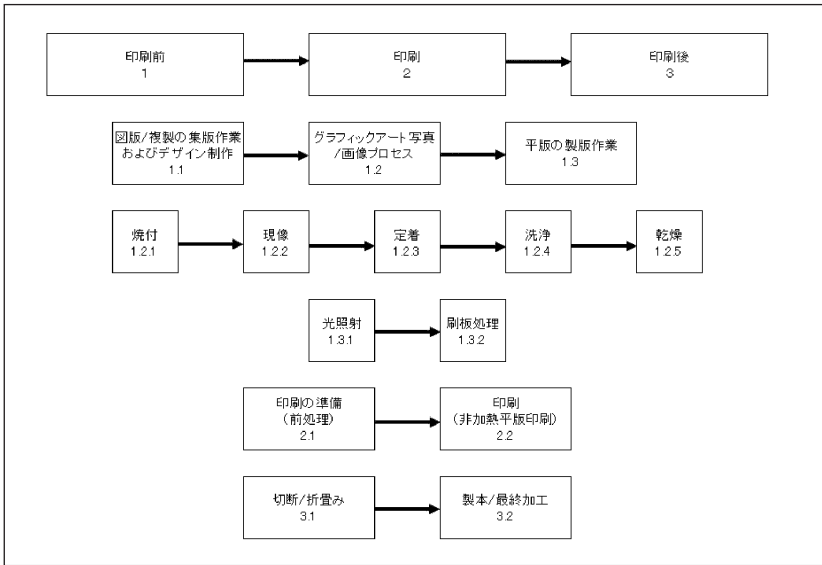
例えば、Pojasek [1997a] から、オフセットリソグラフ印刷作業のプロセスマップを見てみよう（以下の図表3を参照）。なお、図表3のタイトルにある

14) なおUSEPA [2001] の時代には、「汚染予防」の概念がUSEPA [1988] の時代から変化している。USEPA [2001] 第2章の汚染予防の定義によれば、資源削減、および、次のこと通じた汚染発生源の削減または除去を行うこととされる。原材料、エネルギー又はその他の資源を効率的に使用すること、または、原材料・エネルギー又はその他の資源を効率的に使用すること、又は、天然資源保全による資源の保護を行うことである。

15) USEPA [2001] 第4章にて解説されている。

16) Pojasek [1997a] p.92。

図表3 階層的なプロセスマップ（オフセットリソグラフ印刷作業の例）



出所：Pojasek [1997a] 図表1。

「階層的」というのは、工程を細分化するためである。

まず、プロセスマップでは全工程を6～3ほどに分け、「トップレベルマップ」を作る。これは図表3では大きなボックスで示される「印刷前1」「印刷2」および「印刷後3」である。

次に、トップレベルの各工程を細かくして「セカンドレベルマップ」を作る。例えばトップレベルの「印刷前1」をさらに詳細な工程のセカンドレベルに分けると、図表3では中サイズのボックスで示される「図版/複製の集版作業およびデザイン制作1.1」「グラフィックアート写真/画像プロセス1.2」および「平版の製版作業1.3」である。

さらに、セカンドレベルの各工程を細かくして「サードレベルマップ」を作る。例えばセカンドレベルの「グラフィックアート写真/画像プロセス1.2」をさらに詳細な工程に分けると、図表3では小サイズのボックスで示される「焼付1.2.1」「現像1.2.2」「定着1.2.3」「洗浄1.2.4」および「乾燥1.2.5」である。

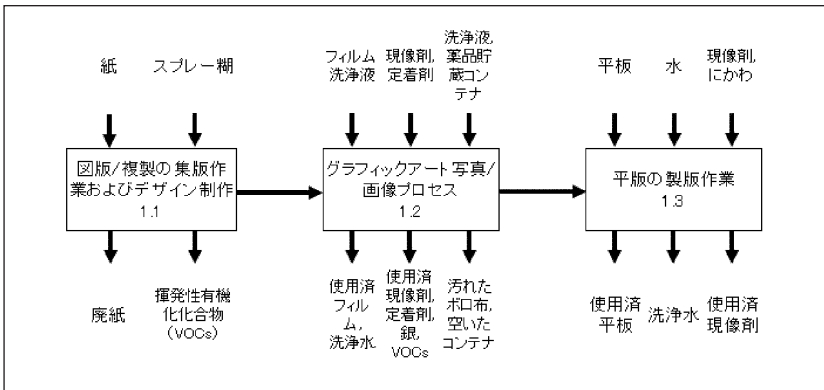
複雑な工程は、このような「階層的」に図示され、工程の流れが把握し易くなる。

「生産プロセスのつながり」が図示されたら、次に、「使用・廃棄されたマテリアル名」が追加される。

例えば、上述の図表3のオフセットリソグラフ印刷作業におけるトップレベルマップの「印刷前1」のうち、セカンドレベルマップである「図版/複製の集版作業およびデザイン制作1.1」「グラフィックアート写真/画像プロセス1.2」および「平版の製版作業1.3」において使用・廃棄されたマテリアル名を図示した「インプット/ロス・マップ」は、以下の図表4になる。

図表4では、当該生産プロセスへインプットされたマテリアル名がボックスに向かう下矢印↓で、および当該生産プロセスからアウトプットされたマテリアル名（廃棄物と汚染物質）がボックスから出る下矢印↓で示される。「図版/複製の集版作業およびデザイン制作1.1」であれば、紙とスプレー糊がインプットされ、廃紙と揮発性有機化合物（VOCs）がアウトプットされることが、図示される。

図表4 インプット/ロス・マップ（「印刷前1」のセカンドレベルマップの例）



出所：Pojasek [1997a] 図表2。

## 2.2.2 マテリアルアカウンティング

次に、「マテリアルアカウンティング」についてである<sup>17)</sup>。上述のプロセスマップにてマテリアルの流れを把握し、マテリアルアカウンティングによって、「各工程にて、使用および損失したマテリアルの物量とコストを把握する」(Pojasek [1997b] p.97) ことが可能となる。さらに、マテリアルのみならず「工程において、使用および損失したエネルギーおよび水」(p.97) の物量とコストをも把握することができる。なお、Pojasek [1997b] では、どのようにコストが把握されるかは明示されていないが、マテリアルアカウンティングは以下の図表5に示した情報源から作成されるとある。

図表5 マテリアルアカウンティングのための情報資源の概要

項 目	具体的な資料
マテリアルの調達	原材料の購入記録 供給先からの請求書 原材料受入口の記録 MRP (materials resources planning : 原材料資源計画) システムの資料 クレジットカードの残高調整表
マテリアルの在庫	貯蔵庫の記録 MRPシステムの資料 在庫に関する税金または保険の記録
マテリアルの使用	生産記録 バッチの記録 製品仕様書 生産ラインの作業記録 作業の流れの基準値 倉庫からの搬出記録
製品に使用されたマテリアル	製品の発送記録 製品発送室の記録 製品仕様書

17) なお、Pojasek [1997b] によれば、「マスバランス (mass balance)」と「マテリアルアカウンティング」とは区別すべきものであり、前者は目的を、工程へのインプット、工程からのアウトプット、工程内で貯蔵される全ての化学物質を完全に把握することであるが、後者はプロセス単位でのマテリアルの流れを把握することである。

	顧客への請求書 MRPシステムの記録
製品に使用されなかった (ロスした) マテリアル	廃棄物輸送に関するマニフェスト 廃棄物輸送に関する請求書 廃棄物処分業者またはリサイクル業者からの処分に関する請求書 下水の請求記録 有害化学物質排出目録のフォームR 大気放出の登録と許可に関する記録 大気への一時放出に関する技術者の計算書 メンテナンスを含む(物質の)流出および漏えいに関する記録
マテリアルの再利用	再利用の記録 再生利用の記録

出所：Pojasek [1997b] 図表2。

### 2.3 小 括

大西 [2003] では、汚染予防のための法規制に対処するために発行された USEPA [1988] は、マテリアルフローによる環境管理会計の起源とされ、マテリアルフローによる環境管理会計としての特徴を見出している。そこで、本稿では、大西 [2003] が捉える特徴を以下のようにまとめた。

- ・プロセスフローを把握する点
- ・マテリアルバランスの考え方を導入している点
- ・マテリアルコストの削減を意識している点

さらに、大西 [2003] によれば、1990年代前半に、マテリアルフロー情報に焦点を当てたマネジメント手法に関する研究がおこなわれるようになった。そして1990年代後半に、Pojasekによって開発されたシステムズ・アプローチは、2000年以降のマテリアルフローによる環境管理会計に反映される。そこで、本稿では、大西 [2003] が捉えるマテリアルフローによる環境管理会計の特徴を以下のようにまとめた。

- ・プロセスフロー図を把握する点
- ・マテリアルアカウンティングを用いる点

つまり、先行研究における「マテリアルフロー」による環境管理会計の特徴

とは次のようになるであろう。

- ・ プロセスフローを把握する点
- ・ マテリアルアカウンティングで使用・損失したマテリアル・エネルギー・水の物量とコストを把握する点
- ・ 廃棄物と廃棄物コストの削減を意図している点

ということは、CPにおいても上述の特徴が見出されれば、CPとは、これまでの「マテリアルフロー」による環境管理会計と似たような考え方・活動であり、マテリアルフローによる環境管理会計の系譜であると言える。

### 3. クリーナープロダクションの考え方

#### 3.1 CPの定義と実施

UNIDO（国際連合工業開発機関：United Nations Industrial Development Organization）によれば、CPとは環境戦略の中で生まれてきた考え方である。当初、企業・政府・地域による環境戦略は、廃棄物を地域から遠ざけるという方法が採られていた。しかし、排出された廃棄物を管理する、いわゆるエンドオブパイプ型の管理方法がとられるようになり、廃棄物を物質またはエネルギーとして再利用するようになった。そして、1970年代中ごろには、廃棄物・排出を最小にする、いわゆるインプロセス型の管理方法への考え方が生まれ、この考え方は、汚染保護（pollution prevention）、廃棄物最小化（waste minimization）、エコ効率（eco-efficiency）、および3R（リデュース・リユース・リサイクル）といった様々な用語で表現されるようになった<sup>18)</sup>。

UNEPでは、様々な用語のカギとなる要素を、CPという名で、まとめた。そ

---

18) <http://www.unido.org/index.php?id=05150>。なお、1992年のリオ・デジャネイロにて開催されたUNCED（国連環境開発会議）、いわゆる地球サミットを機として、UNEPとUNIDOでは、主な発展途上国にて、予防的な環境保護のための戦略を試験的に実施した。その試行が成功し、1994年には、UNEPとUNIDOによって、NCPCs（National Cleaner Production Centres）が設立された。NCPCsとは、CPの方法・実務・政策・技術を、企業・政府等が実施する際の手助けとなる組織である。当初は、発展途上国のみを対象としたが、現在、発展国を含む、世界45ヶ国以上でCPの導入のための活動を行っている。

れが1991年のUNEPによるCPの定義である。UNEPではCPが次のように定義される。

「CPとは生産効率を向上させ、人と環境へのリスクを低減するために、生産プロセス、製品、およびサービスへの統合的な環境戦略を、継続的に実行することを言う。」<sup>19)</sup>

CPの技術または実務では、低コストまたはコストをかけないで、高度なクリーン技術の導入が可能であるとされ、CPを実施する際には以下の8項目が必要とされる（以下の図表6を参照）。

図表6 CP実施のための8項目

項 目	概 要
1. 優れた管理 (Good Housekeeping)	漏れと流出を防ぐために、および標準化された操業と補修手順・実務を適切に行うために、適切な対策を行うこと。
2. インプットされるマテリアルの変更	危険がほとんどないまたは再生可能なマテリアルに、または長寿命のマテリアルに、有害物質または再生不可能なインプットを変更すること。
3. 生産プロセスのより優れた制御	高い効率性と廃棄物・排出物の低排出率で生産プロセスを操業するために、作業手順、機械の説明書、および記録管理プロセスを修正すること。
4. 設備の変更	高い効率性と廃棄物・排出物の低排出率で生産プロセスを操業するために、生産設備を変更すること。
5. 技術の変更	生産過程での廃棄物・排出物の発生率を最小にするために、技術、生産手順および／または合成経路を変更すること。
6. サイト内での再生利用と再利用	同じ生産プロセス内または企業内での有効利用によって、廃棄物を再利用すること。
7. 有用な副産物の生産	企業外での有効利用のために、廃棄されていた廃棄物を再生利用または再利用可能な物質へと変えること。
8. 製品の変更	製品の使用中または使用後の環境への影響を最小化するために、または生産時の環境への影響を最小化するために、製品の特性を変更すること。

出所：http://www.unido.org/index.php?id=o5152。

19) http://www.unido.org/index.php?id=o5152

## 3.2 CPからRECPへ

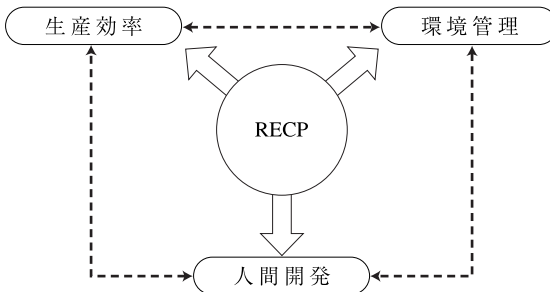
2002年に、ヨハネスブルグにて持続可能な開発に関する世界首脳会議（WSSD：World Summit on Sustainable Development）が開催された。これは1992年に開催された地球サミットにおける行動計画への達成を検証する会議であった。会議の結果、持続可能な消費と生産（SCP：Sustainable Consumption and Production）へ向かうことが必要とされ、エネルギー・水・マテリアルを含む天然資源の非効率と無駄を認識すべきとされた。

そして、資源の効率性向上のためにはCPが必要であるという認識によって、UNIDOとUNEPでは、CPから資源効率的CP（RECP：Resource Efficient and Cleaner Production）という今日まで続く考え方へ展開をする<sup>20）</sup>。

RECPとはCPを礎とした考え方であり、個別的かつ相乗的な、持続可能性に関する三面からなる（以下の図表7を参照）。

- ・ 生産効率：天然資源（マテリアル、エネルギー、および水）の生産への使用を最小化すること。
- ・ 環境管理：廃棄物および排気（emissions）の削減を通じて、環境や天然資源への影響を最小化すること。
- ・ 人間開発：人々および地域のリスクを最小化し、発展を支えること。

図表7 RECPの個別的かつ相乗的な三面



出所：<http://www.unido.org/index.php?id=o5153>。

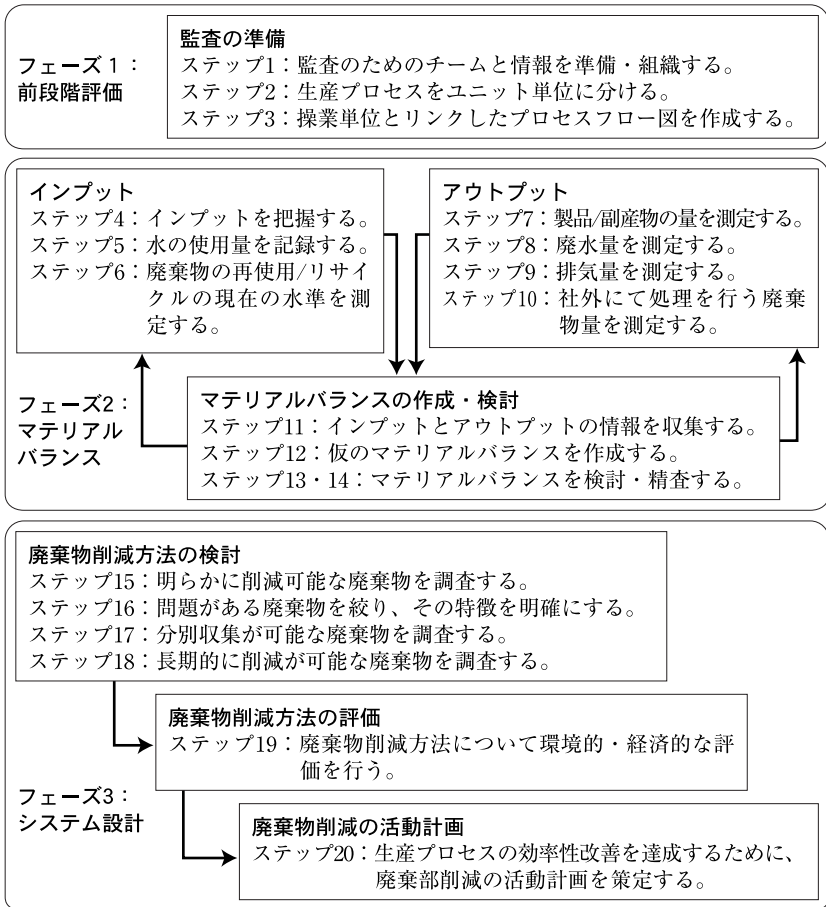
20) <http://www.unido.org/index.php?id=o5153>



### 3.3 CPの実施方法

では、CPはどのように実施されるのであろうか。UNEP [1996] によれば、企業におけるCPの実施は、廃棄物監査 (waste audit) 手順に沿って行われる (以下の図表8を参照)<sup>21)</sup>。廃棄物監査は3つのフェーズからなり、フェーズ1

図表8 廃棄物監査の手順



出所：UNEP [1991] p.5。

21) UNEP [1991] pp.5-36 参照。

は「前段階評価」、フェーズ2は「マテリアルバランス」、そしてフェーズ3は「システム設計」である。

3.3.1 フェーズ1：前段階評価（監査の準備）

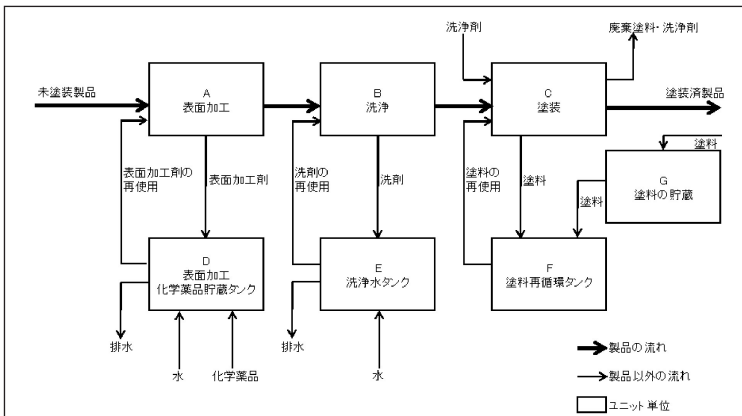
フェーズ1とは監査の準備を行う段階であり、3つのステップからなる。

ステップ1では、監査のためのチームが組織され、監査の対象が選択される。監査の対象には、例えば、原材料の損失、生産プロセスで発生する廃棄物、有害または規制に抵触すると考えられる廃棄物、廃棄物処理費用が高額になる廃棄物がある。

ステップ2にて、生産プロセスをユニット単位に分ける。生産プロセスは、例えば、原材料の貯蔵、部品の表面処理、洗浄、塗装、乾燥、製品の貯蔵、および廃棄物処理といったユニット単位に分けることができる。

そして、ステップ3にて、ユニット単位を、四角を使い、プロセスフロー図として示す。例えば、UNEP [1991] に掲載される「プリント配線板の製造」の事例のうち、「表面処理プロセス」をプロセスフロー図で示すと以下の図表9になる。なお、この生産プロセスでは、ユニットが「A表面加工」から「G塗料の貯蔵」までになる。

図表9 ステップ3：表面処理プロセスのプロセスフロー図



出所：UNEP [1991] p.13図1を一部訂正。

### 3.3.2 フェーズ2：マテリアルバランスの作成・検討

フェーズ2とは、マテリアルバランスの作成・検討を行う段階であり、ステップ4からステップ14までである。

ステップ4から6にかけて、フェーズ1にて作成されたプロセスフロー図の生産プロセスと各ユニットにおける原材料・水・再使用廃棄物の全インプット量を把握する。

ステップ7から10にかけて、生産プロセスと各ユニットにおける製品・副産物・貯蔵時および製造時の原材料の損失・再使用廃棄物・廃水・排気・保管廃棄物・サイト外へ輸送された有害液体廃棄物・サイト外へ輸送された有害個体廃棄物・サイト外へ輸送された非有害液体廃棄物・サイト外へ輸送された非有害個体廃棄物からなる全アウトプット量を把握する。

そして、ステップ11から14にかけてインプットとアウトプットの情報を統合し、マテリアルバランスを把握し、その情報を検討する。マテリアルバランスが均衡しない、つまりインプットとアウトプットが同じ量にならない場合には、正確な測定が、廃棄物削減活動のために、必要とされる。

例えば、ステップ4のインプット量の把握は、上述の図表9にて示したUNEP [1991] の事例「プリント配線板の製造」のうちの「表面処理プロセス」では、以下の図表10のようなデータ集計表を利用して行われる。

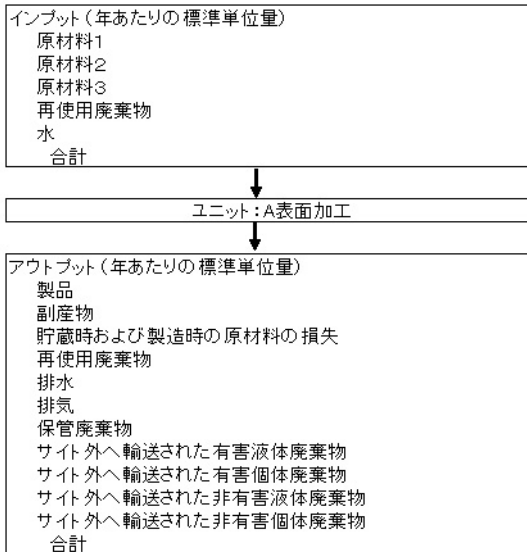
また、例えば、ステップ12の仮のマテリアルバランスの作成は、上述の図表9にて示したUNEP [1991] の事例「プリント配線板の製造」のうちの「表面処理プロセス」のうち「A表面加工」のユニットでは、以下の図表11のようなデータ集計表を利用して行われる。

図表10 ステップ4：インプットデータの集計

ユニット	原材料1 (m <sup>3</sup> /年あたり)	原材料2 (トン/年あたり)	水 (m <sup>3</sup> /年あたり)	エネルギー源 (例: 電力)
A表面加工				
B洗浄				
C塗装				
全ユニットでの 原材料合計				

出所：UNEP [1991] p.18表4を一部訂正。

図表 11 ステップ 12：仮のマテリアルバランスのデータ集計表



出所：UNEP [1991] p.26図3を一部訂正。

### 3.3.3 フェーズ3：システム設計

フェーズ3とは廃棄物削減のためのシステムを設計する段階であり、大きく3つの枠組みと6つのステップからなる。ステップ15から18にて削減対象の廃棄物の調査と削減方法の検討を行い、ステップ19にて廃棄物削減を行うことの環境的・経済的な評価を行い、そしてステップ20にて廃棄物削減の活動計画を策定する。

まず、ステップ15では、削減可能な廃棄物を調査する。UNEP [1991] では、調査対象のヒントを6つ示している。

- ・購入している原材料をパウダー状からペレット状への変更が可能か否かという「原材料の特性と注文」についての調査
- ・注文した原材料が適正な品質・量で入荷しているか否かを確認するという「原材料の受け入れ」についての調査

- ・貯蔵タンクからの漏れはないかという「原材料の貯蔵」についての調査
- ・原材料・水の移動や取扱の時間が掛かり過ぎていないか、こぼしたりしていないかという「原材料・水の移動と取扱」についての調査
- ・廃棄物削減をどのように行うかについての情報を従業員に開示すること、および各ユニットからの排気・廃棄物を確認するモニタリングプログラムを設計するという「プロセスの管理」についての調査
- ・洗浄時の水の使用量を最小にするという「洗浄方法」についての調査

ステップ16では対象とする廃棄物を絞る。そして、廃棄物の特徴、つまり生じる原因を明確化する。例えば、技術が貧弱、機械のメンテナンスが行われていない、製造手順を順守していない等の、廃棄物の特徴つまり発生原因が考えられる。

ステップ17では、廃棄物のうち、分別して収集することができる物を調査する。これによって、廃棄していた物のうち、再利用や再生利用が可能な物が出てくる可能性がある。

ステップ18では、例えば、生産プロセスの変更、設備・機械の変更、生産を自動化する等の、長期的視野で、廃棄物を削減する方法を調査する。

次に、ステップ19にて、これまでのステップにて検討された廃棄物削減方法について、その環境的・経済的な評価を行う。

そして、ステップ20にて、廃棄物の削減と資源の効率的な利用を高めるための、活動計画を策定する。なお、モニタリングプログラムも策定し、CPによって生産プロセスの効率が高まったかどうかの確認を行うシステムを作る。

### 3.4 CPの事例

UNEP [1991] では、ビール製造、皮革製造、およびプリント配線板製造の3つの事例がある。このうち、ビール製造における事例を、上述図表8の廃棄物監査の手順に沿って見てみよう<sup>22)</sup>。

---

22) UNEP [1991] pp.39-54 参照。

### 3.4.1 フェーズ1：前段階評価（監査の準備）

ステップ1で、監査チームが組織され、対象を、水、COD（化学的酸素要求量）およびSS（浮遊物質質量）とする。また、廃棄物監査の焦点を2つとし、①完全なマテリアルバランスを作成するよりも水の使用に焦点を当て、②下水管に流れるCODとSSを削減する方法を検討すること、とする。

ステップ2にて、生産プロセスを4つのユニット、①醸造（モルト・ホップ・砂糖から麦芽汁を作る）、②発酵（冷やした麦芽汁を発酵させる）、③調整（ビールを遠心分離器にかける・ろ過を行う）、④発送（ビールを瓶・樽・バルクタンクに詰める）に分ける。

### 3.4.2 フェーズ2：マテリアルバランスの作成・検討

本フェーズはマテリアルバランスを作成・検討する段階である。ステップ4以降では、UNEP [1991] では詳述されていない内容もあるが、ステップ順に見ていこう。

ステップ4から6がインプット情報の収集である。ステップ4・5で、ビール工場全体での水の使用量が1日当たり平均で2,750m<sup>3</sup>と把握される。ステップ6の廃棄物の再使用/リサイクルの測定は、事例企業では、水の再使用/リサイクルが行われていないため考慮外とされる。

次にステップ7から10がアウトプット情報の収集である。ステップ7で、生産プロセスからアウトプットされるビール（製品）の量が把握される。ステップ8では、生産プロセスからアウトプットされる廃水の量が把握される。2週間のモニタリング期間での1日当たり平均の廃水量は1,730m<sup>3</sup><sup>23)</sup>、廃水に含まれるCODは5,980kg、SSは1,500kgである。ステップ9の排気量の測定は、事例企業では考慮外とされる。ステップ10では、サイト外へ輸送された廃棄物量が把握される。なお、事例企業では、サイト外へ輸送される廃棄物とは、ビール醸造時の副産物である搾り粕の麦とホップである。これらは近郊の農家にて畜牛の餌や、土壌として使用され、年間で約25,000トンが発生する。

---

23) なお、最大の排出日には1日2,600m<sup>3</sup>の廃水があった。UNEP [1991] p.44.

そして、ステップ11から14にてマテリアルバランスの作成・検討が行われる。事例企業では、監査の対象である水のマテリアルバランスがステップ12にて作成される（以下の図表12を参照）。

図表12 ステップ12：ビール工場の水のマテリアルバランス

インプット	(m <sup>3</sup> /d)
水	2,750
合計	2,750

↓

ユニット：①醸造	
----------	--

↓

アウトプット	(m <sup>3</sup> /d)
下水	10
製品	840
廃水	1,730
合計	2,580

出所：UNEP [1991] p.45.

ステップ13ではマテリアルバランスが検討される。事例企業では、水のインプットとアウトプットの量がかなり一致することを好評価している。というのも、1日あたりの平均インプット2,750m<sup>3</sup>に対するアウトプット2,580m<sup>3</sup>との誤差170m<sup>3</sup>が、インプット2,750m<sup>3</sup>に対して6.1%という低い結果であったことに依る。なお、ビール醸造では、水が主たる原材料であり、その他に使用される麦・ホップ・砂糖・添加剤は微々たる量のため、マテリアルバランスにて水のみを対象とするということである。

ステップ14ではマテリアルバランスが精査される。事例企業では、水のインプットとアウトプットの量の誤差に着目している。事例企業のコンサルタントによれば水の「蒸発」の許容量はインプット量の5%以下であるということから、ステップ13で見たように、誤差6.1%は許容量に近似の値であるとの見解を示している。

### 3.4.3 フェーズ3：システム設計

フェーズ3とは廃棄物削減のためのシステムを設計する段階であり、大きく3つの枠組みと6つのステップからなる。ステップ15から18にて削減対象の

廃棄物の調査と削減方法の検討を行い、ステップ19にて廃棄物削減を行うことの環境的・経済的な評価を行い、そしてステップ20にて廃棄物削減の活動計画を策定する。

ステップ15では削減可能な廃棄物を調査する。事例企業では、アウトプットされる廃水を対象として、前処理を行うことで下水に流れる廃水のCODとSSの量を削減し、廃水の処理費用を削減することを目標としている。そこで、生産プロセスの4つのユニットのうち、①醸造、②発酵、③調整、に関連する、醸造所、発酵室、および調整室における水量、COD量、およびSS量を測定した。なお、上述ステップ8にて、ビール工場全体での、1日当たり平均の廃水量は1,730m<sup>3</sup>、廃水に含まれるCODは5,980kg、SSは1,500kgと把握されている。

ステップ16では、発生源を特定し、廃水に含まれるCODとSSの削減を行うための対処策を検討し、さらに、対処の結果として予想される数値が検討される。その結果をまとめたものが以下の図表13である。

図表13 ステップ16：現状、対処策および対処後の予想数値（1日あたりの平均）

ユニット	発生源	現状の数値			対処策	対処後の予想数値		
		m <sup>3</sup>	kg COD	kg SS		m <sup>3</sup>	kg COD	kg SS
ろ過装置	（最後の）配管への排水	60	1,392	60	排水を、後工程のビールの、仕上げのための水として再使用する。	0	0	0
75℃の温水タンク	オーバーフロー	150	-	-	50%を、低温殺菌用として再使用する。	75	0	0
醸造容器	危険な酸性洗剤の使用	36	152	16	CIP(定置洗浄)を導入する。	0	0	0
計量容器	CIP(定置洗浄)による洗浄	26	-	-	洗浄剤を、他のCIP洗浄に再使用する。	0	0	0
醗酵容器	CIP(定置洗浄)による洗浄	65	248	166	洗浄前後の排液に含まれる酵母を、絞り機にて除去し、洗浄剤を、CIP洗浄に再使用する。	40	62	44
貯蔵タンク	CIP(定置洗浄)による洗浄	17	89	13	洗浄前後の排液に含まれる酵母を、絞り機にて除去し、洗浄剤を、CIP洗浄に再使用する。	12	22	3
酵母の貯蔵・再生施設	CIP(定置洗浄)による洗浄	2	17	1	洗浄前後の排液に含まれる酵母を、絞り機にて除去し、洗浄剤を、CIP洗浄に再使用する。 廃水として流れていた酵母を、フィルター圧縮機にて流れ出ないようし、食品製造会社へ販売する。	2	4	0.2
低温殺菌装置	装置に使用	100	-	-	瓶の洗浄水を、装置に再使用する。	0	0	0
合計		456	1,898	256		129	88	47.2

出所：UNEP [1991] p.51表3に加筆。



事例企業では、容器の洗浄をCIPという定置洗浄方法によっている。洗浄は一つの容器に数回行われ、一次洗浄から最終洗浄までに発生する洗浄剤を全て廃水としていた。しかし、最終洗浄後の洗浄剤は比較的きれいなため、他のCIP洗浄時に再使用することとした。また、図表13に示したユニットのうち、発酵容器、貯蔵タンク、酵母の貯蔵・再生施設では、酵母がCIP洗浄後の廃水に含まれる。そこで、新たに絞り機（またはフィルター圧縮機）を導入して、廃水から酵母を除去し、洗浄水をCIP洗浄にて再使用すること、および酵母の貯蔵・再生施設においてはフィルターにてろ過した酵母を食品会社に販売することとした。

その結果の削減量は、廃水量は327m<sup>3</sup>、廃水に含まれるCODは1,810kg、およびSSは230kgになる。それら削減量の削減割合は、対処前の廃水量に対して19%、30%、および15%となる<sup>24)</sup>。つまり、削減前の廃水量1,730m<sup>3</sup>、COD5,980kg、およびSS1,500kgが、対処後には廃水量1,403m<sup>3</sup>、COD4,170kg、およびSS1,270kgになると予想される。

次に、ステップ19にて廃棄物削減を行うことの環境的・経済的な評価を行う。事例企業では、下

水料金について、①現行の料金額、②対処後に予想される料金額、および現行料金額と対処後に予想される料金額の差額を、③節約される料金額として、それぞれ算出している（以下の図表14を参照）<sup>25)</sup>。

そして、ステップ20にて廃棄物削減の活

図表14 ステップ19：下水の節約料金額の概算

ユニット	①現行の料金額 (年あたりUS\$)	②対処後の料金額 (年あたりUS\$)	差引(①-②) 節約される料金額 (年あたりUS\$)
ろ過装置	58,000	0	58,000
75°Cの温水タンク	7,000	3,500	3,500
醸造容器	7,800	0	7,800
計量容器	1,200	0	1,200
醗酵容器	25,000	7,000	18,000
貯蔵タンク	5,000	1,500	3,500
酵母の貯蔵・再生施設	800	200	600
低温殺菌装置	4,300	0	4,300
合計	109,100	12,200	96,900

出所：UNEP [1991] p.53表4から抜粋。

動計画を策定する。事例企業では、廃棄物監査の結果を、同社の公式な技術報告書として発表し、監査チームによる対処策が実行されたということである。

### 3.5 小 括

1970年代中ごろに、廃棄物・排出を最小にする、いわゆるインプロセス型の管理方法への考え方が生まれ、この考え方は、汚染保護、廃棄物最小化、エコ効率、および3R（リデュース・リユース・リサイクル）といった様々な用語で表現されるようになった。UNEPでは、様々な用語のカギとなる要素を、CPという名で、まとめた。それが1991年のUNEPによるCPの定義である。

「CPとは生産効率を向上させ、人と環境へのリスクを低減するために、生産プロセス、製品、およびサービスへの統合的な環境戦略を、継続的に実行することを言う。」

CPの具体的な実施方法は、UNEP [1991] [1996] にて廃棄物監査として示されている。そこで明らかになったことは、廃棄物監査の手順の特徴である。

- ・対象とする工程をユニットに分け、さらにユニットを、四角の図を使い、プロセスフロー図として示す点（上述の図表9を参照）
- ・インプットとアウトプットの情報を統合し、マテリアルバランスを把握する点（上述の図表11・12を参照）
- ・削減対象の廃棄物を削減するための調査・方法の検討を行い（上述の図表13を参照）、削減による環境的・経済的な評価を行う点（上述の図表14を参照）

---

24) なお、ステップ17では、廃棄していた物のうち、再利用や再生利用が可能な物を検討し、ステップ18では、例えば、生産プロセスの変更、設備・機械の変更、生産を自動化する等の、長期的視野で、廃棄物を削減する方法を調査するが、本稿では詳述をしない。

25) 料金額の計算式は不明である。しかし、料金額は廃水・COD・SSの量を反映しているようである。例えば、図表13から、ろ過装置では廃水が60m<sup>3</sup>、75℃の温水タンクが150m<sup>3</sup>、なのに対して、図表14から、ろ過装置では年あたり現行料金が58,000\$、75℃の温水タンクが7,000\$と、廃水量が多い75℃の温水タンクの方が、料金が低くなっている。

#### 4. おわりに

本稿では、先行研究における「マテリアルフロー」による環境管理会計の特徴とCPの考え方から、CPとは、これまでの「マテリアルフロー」による環境管理会計と似たような考え方・活動であり、マテリアルフローによる環境管理会計の系譜であることを明らかにすることを試みた。

第2節では、先行研究における「マテリアルフロー」による環境管理会計の特徴を考察し、次のようにまとめた。

- ・ プロセスフローを把握する点
- ・ マテリアルアカウンティングで使用・損失したマテリアル・エネルギー・水の物量とコストを把握する点
- ・ 廃棄物と廃棄物コストの削減を意図している点

上述の特徴がCPにおいても見出されれば、CPとは、これまでの「マテリアルフロー」による環境管理会計と似たような考え方・活動であり、マテリアルフローによる環境管理会計の系譜であると言える。

そこで、第3節にて、主にUNEPによるCPの考え方およびビール工場へのCPの適用事例を考察し、CPの特徴を次のようにまとめた。

- ・ 対象とする工程をユニットに分け、さらにユニットを、四角の図を使い、プロセスフロー図として示す点
- ・ インプットとアウトプットの情報を統合し、マテリアルバランスを把握する点
- ・ 削減対象の廃棄物を削減するための調査・方法の検討を行い、削減による環境的・経済的な評価を行う点

つまり、CPにおいても、プロセスフローを示し、マテリアルバランスを把握し、そして廃棄物の削減による廃棄物コストの削減を志向している。すなわち、CPもマテリアルフローによる環境管理会計の系譜であると言える。

さらに、本稿によって、CPにおいて、MFCA的な考え方・手法を見て取ることができた。ISO [2010]<sup>26)</sup>では、MFCAの目的を「マテリアル及びエネルギー

---

26) ISOにおけるMFCAの国際標準化に関しては木村 [2010] を参照されたい。

ギーの使用を改善することによって、環境的・財務的パフォーマンスの両方を高めるように、組織の努力を刺激し支えること」(p.4)とし、具体的には、費用と環境面に関連するマテリアルとエネルギーの使用状況の透明性を高め、生産技術・生産計画・品質管理・製品デザイン・サプライチェーンマネジメントといった組織の意思決定を支え、組織内でのマテリアルとエネルギーの使用状況について調整と情報伝達を向上させること、とされている。つまり、これはCPの考え方に近く、CPにおいてはMFCA的な考え方・手法が柱となっていると言える。

よって今後の課題は、CPにおいて柱とされているMFCAによって、環境管理会計研究が資源の有効利用に資することを、事例研究を中心として検証を行うことである。

#### 参考文献

- ISO. 2010. *Environmental management-Material flow cost accounting-General framework*.
- Pojasek, R. B. 1997a. Understanding a Process with Process Mapping, *Pollution Prevention Review*, Summer : 91-101.
- Pojasek, R. B. 1997b. Material Accounting and P2, *Pollution Prevention Review*, Autumn : 95-103.
- Pojasek, R. B. 1998a. Focusing Your P2 Program on Zero Waste, *Pollution Prevention Review*, Summer : 97-105.
- Pojasek, R. B. 1997b. Activity-Based Costing for EHS Improvement, *Pollution Prevention Review*, Winter : 111-120.
- Pojasek, R. B. 2002. Combing Quality Tools with a Traditional Approach to Pollution Prevention, *Environmental Quality Management*, 12(1) : 83-90.
- USEPA. 1988. *Waste Minimization Opportunity Assessment Manual*, US Environmental Protection Agency.
- USEPA. 1992. *Facility Pollution Prevention Guide*, US Environmental Protection Agency.
- USEPA. 2001. *An Organization Guide to Pollution Prevention*, US Environmental Protection Agency.
- UNEP. 1991. *Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes*, United Nations Environment Programme.
- UNEP. 1996. *Cleaner Production*, United Nations Environment Programme.
- 大西靖. 2002. 「マテリアルフロー情報を活用した環境管理会計の構成要素：会計情報と物量情報の連携」『六甲台論集』42(1): 51-69.

2011年6月 木村眞実：「マテリアルフロー」による環境管理会計の生成・発展

- 大西靖. 2003. 「アメリカにおける環境管理会計の展開：汚染予防のためのマテリアルフロー・マネジメント」『六甲台論集』50(3): 51-69.
- 木村眞実. 2010. 「マテリアルフローコスト会計の国際標準化に関する研究」『徳山大学論叢』71: 69-85.
- 國部克彦. 2007. 「マテリアルフローコスト会計の継続的導入に向けての課題と対応」『國民經濟雜誌』196(5): 47-61.
- 國部克彦. 2009. 「日本型環境管理会計の特徴と課題－マテリアルフローコスト会計を中心に－」『原価計算研究』33(1): 1-9.
- 國部克彦・大西靖・東田明・堀口真司. 2008. 「環境管理会計の回顧と展望」『國民經濟雜誌』198(1): 95-112.
- 國部克彦・大西靖・東田明・堀口真司. 2010. 「第10章環境管理会計－マテリアルフロー分析を中心とした国際比較－」(加登豊・松尾貴巳・梶原武久編著『管理会計研究のフロンティア』中央經濟社に所収).