

CP 活動による持続可能な発展と 環境保全への貢献

坂 井 宏 光

1. はじめに

21世紀の地球環境において、温暖化問題が現実のものとなり、二酸化炭素排出削減と資源循環型社会の実現が国民的・国際的な取り組みとなってきた。2007年5月に採択された国連政府間パネル（IPCC）の報告書は地球温暖化を2℃程度に抑えるために2030年までに2000年度の二酸化炭素総排出量を減少に転じさせ、2050年までに半減するような政策を盛り込んでいる。その大きな柱は、徹底した省エネと自然再生エネルギーを活用した脱化石燃料政策である。その中で、日本国内の産業界や行政においても無理無駄のない組織再編が行われている。しかし、高度情報化社会にあっても依然として、産業活動は経済効率と環境保全の間での不均衡が社会環境問題に深刻な影響を与えてきた。今や地域や地球環境を保全するためには、産業発展と環境保全の調和が必要な時代である。そして、持続可能な生産活動に基づく真に豊かな社会を構築することが環境政策目標となっている。

現在、科学技術が高度に発達した社会であるにもかかわらず廃棄物問題、有害化学物質問題、地球温暖化や資源・エネルギー問題などの地域環境問題から地球環境問題まで枚挙の暇の無いほど環境問題が山積且つ、深刻化している。このような危機的な状況を生み出す背景には、公害禍や環境問題に対する歴史認識の甘さと、1990年代以降のリサイクル社会の環境理念の欠如や方法論の誤

りなどが要因となっている。これを是正するには、環境科学的方法論の一つとして、環境改善を促進するクリーナー・プロダクション（CP）概念の産業や社会活動への普及が必要である。すなわち、CP 技術・システムの積極的な導入による環境調和型産業の育成を推進することである¹⁻³⁾。また、多様な視点から効果的な拡大 CP に基づく資源循環型社会の構築を目指すことである⁴⁻⁶⁾。CP の基本理念は様々な環境問題を解決し、循環型社会の構築を実現するための最適方針を与えるだろう。

環境問題に対処する科学的方法論としては、第一に総合科学としての基礎学問の学術的な融合と環境科学などの学際的学問の探求を発展させることである。第二に CP 概念に基づく、クリーンな環境保全技術やその実システムの開発・普及を行うことである。第三に、社会的対応として、産業界と消費者である一般市民の環境教育・啓発と CP 導入を推進するための適正な環境法などの制度的な整備が必要である。また、そのための環境情報公開と産学官民の協業をどの様に進めていくかが大きな課題である。さらに、地域的な対応から広域的な CP 活動が地球環境問題対策上で大きな成果をもたらすものと考えられる。これには二つの潮流があり、国連環境計画（UNEP）を中心とする途上国への CP 普及推進活動と公害の歴史的認識からその経験を CP 活動としてアジア地域の環境保全に国際環境貢献する日本の取り組みである。

ここでは、特に、日本の産業発展の歴史的経過から、「持続可能な社会の構築」を環境理念とした効果的な環境保全政策と CP の導入による生産活動の評価や指針について概説する。そして、歴史認識に基づく地域社会の活性化や真に豊かで持続可能な資源循環型社会の創生に貢献するための全般的な CP 技術・システムと環境監査、環境教育、環境倫理などの人材育成の観点から論議する。

2. 日本の近代化と環境問題への取り組み：歴史的背景

今日、日本は経済大国から工業技術立国あるいは環境立国といわれるまでに

産業が発展してきた。しかし、その間の高度経済成長期に、日本における産業と環境問題の歴史的変遷は決して平坦なものではなく、経済発展と公害問題の克服という難題に産学官民の連携で対処・克服してきたと言える。代表的な近代的工業都市として、四日市や尼崎、瀬戸内臨海、北九州などの四大工業地帯が形成されてきた。その中の一つ、北九州では1901年に日本で初めて近代的な高炉が建設され、日本の経済発展を鉄鋼産業面から支えてきた。北九州の歴史的変遷と環境問題は、日本の環境問題の縮図でもある。図1は北九州市の産業史と公害の変遷、社会環境の現状対応やCP概念に基づく将来展望などを含めて、まとめて示したものである³⁾。

官営八幡製鉄所以来、北九州は日本の近代化を支えた鉄鋼産業の一大中心地であった。日本の高度経済成長期を支えた重化学工業は、経済・産業の発展過程で1950～60年代に大気汚染、水質汚濁などの激しい公害禍をもたらし、住民を悩まし続けた。同時に、四日市喘息や熊本水俣病、新潟水俣病やイタイイタイ病など世界に例の無いほど後世に負の遺産を形成してきた時期でもあった。また、北九州市では大気汚染による健康被害が発生したり、洞海湾が「死の海」と言われるほど生態系が死滅した。そのような状況からも当時の大気汚染や水質汚濁が最悪のものであったことが伺える。そこで、四日市や神奈川での公害対策と同様に、北九州でも行政と住民の連携による公害追放運動が盛んとなり、70年代には著しく産業汚染の改善が進んだ。特に、1970年に国の環境関連14法案が一挙に成立し、自治体の公害への取り組みが地域住民を巻き込み加速した。

1960年代の北九州市の工場地帯では悪化した大気汚染と水質汚濁の著しい洞海湾の状況があったが、現在の同じ地域では大気汚染物質や水質汚濁物質が大きく減少し、青い空と紺碧の海がもどり、生態系も復活している。北九州では激しい公害に見舞われ、これを克服するための水質汚濁や大気汚染に対応するための様々な公害対策技術や環境保全技術が開発・蓄積されてきた。四日市や他の工業地域もまた、環境保全対策が蓄積され、国内外の環境情報発信基地として活躍している。行政サイドでは、環境関連法令や条例を制定・施行して、

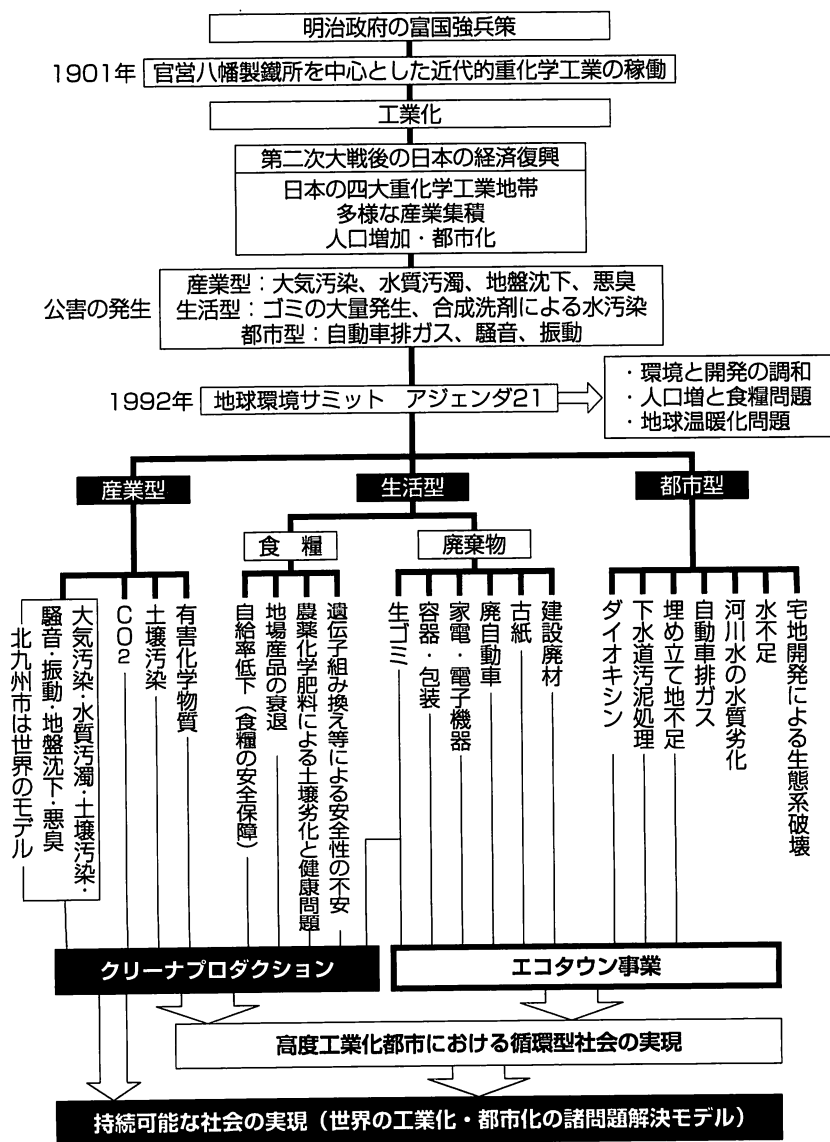


図1 北九州における工業都市の歴史と環境問題への取り組みの概要

出所) 坂井宏光他、クリーナプロダクションによる環境保全戦略とその展望、資源環境対策、37(5)、533(2001)

これを後押しして、急速に地域環境の改善が図られた。そして、これが国内外の環境活動モデルとして環境貢献に活かされてきた歴史的経緯がある。しかし、経済大国となった日本の各都市において、その後も新たな環境問題が興亡し、産業公害や生活環境問題、都市環境問題から地球環境問題まで様々な環境対策が求められるようになった。

1990年代に入って、特に、1992年の地球サミット以降、環境と開発の調和が論議され、各国は持続可能な社会を目指し始めた。日本では1997年に旧通産省(現、経済産業省)が廃棄物のリサイクル拠点構想を提示して、全国に13地域がエコタウン事業を導入した。その中で、北九州市は世界の環境首都や環境未来都市を構想し、その一環として、廃棄物を適正に資源化・処理するためのエコタウン事業を若松区で展開している。また、未然に公害を防止する予防的措置による持続可能な循環型社会を目標にした農業や都市環境でCPの積極的活用や広域的な取り組みがある⁵⁾。このように、北九州市などは行政サポートによる産学官民の連携で、日本の近代化とそれに伴って発生する環境問題への先駆的な取り組みを推進する自治体であり、国内外の環境モデル都市となっている。

3. 日本の環境法規制と国際環境会議との係わり

1950年～60年代の高度経済成長期に、日本では世界に例のない悲惨な公害禍が発生し、人的被害が拡大し、四大公害裁判に発展した。そして、これに対応するために、政府は1968年に公害対策基本法を公布し、施行した。しかし、この法律は産業界よりで、十分な公害対策につながらなかったため、1970年に大幅に改正された。この法律の中で、公害は「国民の健康や財産などの生活環境に係わる被害」と定義し、その防止を明確にしてきた。また、各自治体は地域環境改善のために環境関連条例を整備していった。産業界では独自の公害防止技術や環境保全技術・システムなどが開発され、適正に活用されてきた。また、産学官民が協調して、公害防止技術者や管理者の育成も行ってきた。その後、

地球サミットの翌年、1993年に地球環境問題などへの対応を含めた環境基本法が成立した。現在まで、日本では図2に示した環境法体系が整備されてきた。例えば、ごみ問題に関しては1954年に清掃法が制定されたが、ごみの中身も時代を反映して大きく変化したため、1970年に改正して廃棄物処理法が制定された。増加するごみに対し、リサイクル法(1991年)、循環型社会形成推進基本法(2000年)や容器包装、食品、自動車リサイクル法などが制定されてきた。しかし、法的な課題も多くあり、ごみ処理経費も各自治体の財政を圧迫し始めている。また、豊島(香川県)や岐阜、青森と岩手県境など至る所で不法投棄が発覚し、各地の環境汚染や破壊が問題となってきた。そのための処理経費も国内で数千億円の見積もりが成されているため、早期の予防的処置である CP 的な対応策も望まれる。また、典型七公害からアスベスト(石綿)被害などに対応した公害防止法、地球環境問題に対応した法律など環境関連法が次々と施行され、運用されている。この中で、特に、緊急を要する課題として、新たな時代に対応した地域や地球環境保全、さらに環境啓発や環境教育・学習、実践などに係わる人材育成が大きく遅れていることである。また、いくら厳格な環境法を次々と整備しても、最終的には、国民の環境意識を高めなければ、法律を理解し、遵守することができないことは明らかである。そこで、法的な支援の元での CP 概念に基づく環境教育や技術者・管理者の養成が必要である。環境政策上でのあらゆる分野での CP 導入を明確にすることが、今後の環境対策や予防策を効果的に推進するための原動力となるものと考えられる。

一方で、1987年に日本の提案で国連に「環境と開発に関する世界委員会」(ブルントラント委員会)が組織され、「持続可能な開発(Sustainable Development; SD)」が論議された。1992年の地球サミットにおいてこのSDがスローガンとして掲げられ、国際的に認知された。同時に、環境と開発に関するリオ宣言及び同宣言を遵守し、実行するための行動計画「アジェンダ21」が策定されている。各国は、ここで示されたプログラムを実施するために「ローカル・アジェンダ21」で地域の行動計画を策定して、段階的に実施に移されている。

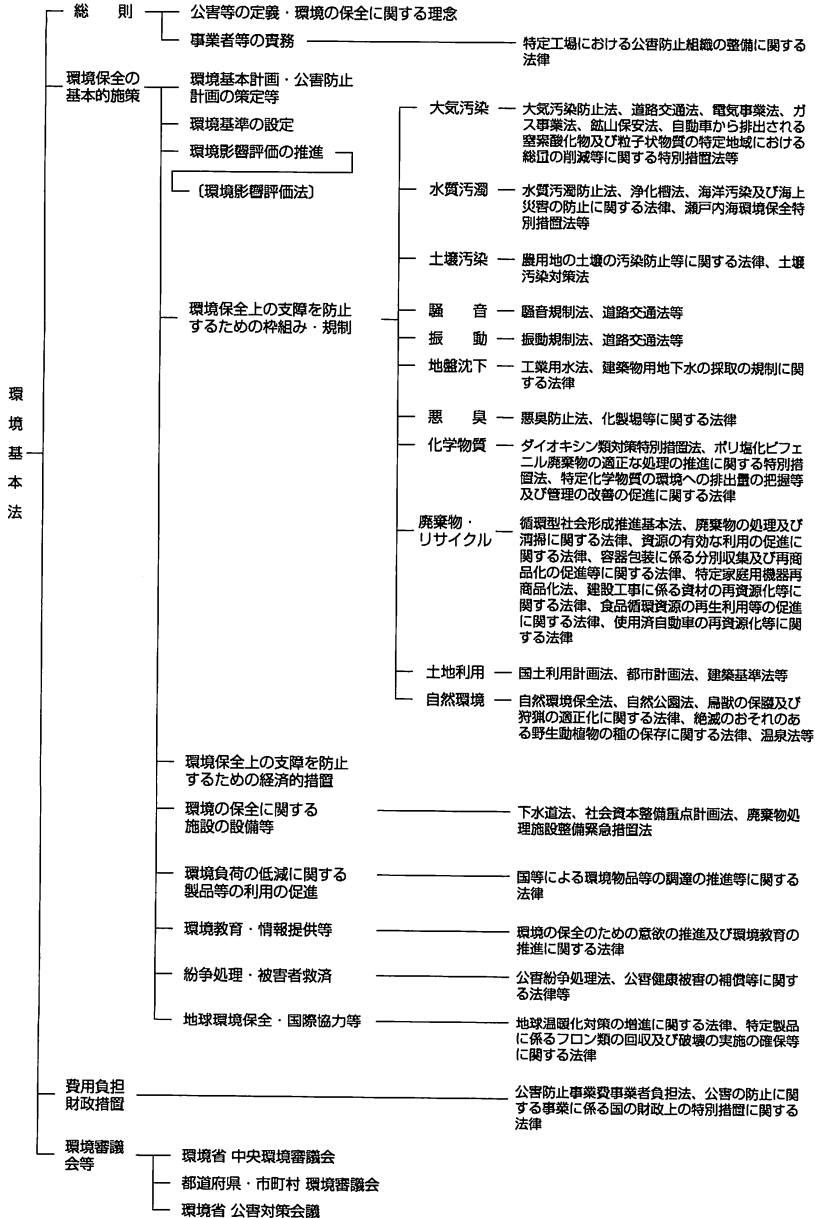


図2 日本における環境関連法の体系の概要

出所) 東京商工会議所、「eco 検定公式テキスト」、p.197、日本能率協会マネジメントセンター (2006)、環境省ホームページ

国際社会での取り組みが持続可能性になってきたため、各国ではそのための法整備が進められてきた。また、1997年12月の国連気候枠組み条約締約国会議(COP3)が京都で開催され、「京都議定書」が採択された。2002年7月に日本政府はカザフスタン政府との間で、天然ガス火力発電改修での実質的な CP 技術導入援助による CO₂ の排出権を取得する条約を締結した。京都議定書に基づき、海外での温室効果ガス削減分を自国の削減量に加える「京都メカニズム」を利用する、初めての契約を行っている。

2002年のヨハネスブルク・サミットでは、日本政府と環境 NGO が共同で“持続可能な開発のための教育(Education for Sustainable Development; ESD)”を提案し、採択された。これを受けて、日本では、2003年に「環境保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律」(環境活動・環境教育推進法)が施行された。しかし、初等教育や高等教育においても受験競争が過熱する中で、まだ適正に環境教育・学習が推進されているとは言えない。ESD は自然系、産業系、生活系の繋がりを総合的に捉え、社会環境や経済構造とライフスタイルの転換を対象としている。今後、あらゆる階層の教育レベルや生涯教育などを通じて、環境教育・学習や実践に関する人材育成を積極的に展開し、行政や企業、教育環境においての貢献が期待される。このための、さらなる制度上の整備や人材育成に関する環境法の適正且つ効果的な運用が望まれる。そして、2005年2月に議定書が発効し、本格的に地球温暖化対策が推進されている。今後、CP 技術・システム導入による地球環境問題対策が各国の環境政策として積極的に活用されるべきである。

4. クリーナー・プロダクション (CP) 技術・システムの概念

1986年に国連環境計画 (UNEP) が正式に CP を認定してからこの概念が普及し始めた。すなわち、CP は1980年代から研究され始め、国連環境計画「産業と環境」(UNEP-IE)では、「生産効率を向上させかつ、人と環境へのリスク

表1 CPの類似概念

Industrial Ecology (IE)
Green Productivity (GP)
Waste Minimization
Pollution Prevention (P2)
Clean Technology
Zero Emission Research Initiative (ZERI)
End of Pipe (EOP)

を低減するために、生産工程、製品及びサービスにおいて統合的かつ予防的な環境戦略を適用すること」と定義している。UNEP-IEの活動は国際的な拠点作りを各国や地域に築きながら、途上国への技術移転としてCP技術・システムの普及活動を進めている。

各国では様々な環境保全対策を行っているが、その中でCP活動とその類似概念が提示されてきた。CPの類似概念には表1に示すように、一般的な産業エコロジー (IE)、欧州での Green Productivity (GP) や Waste Minimization、米国での Pollution Prevention (P2)、Clean Technology、日本での Zero Emission などがある。日本国内では、従来から低公害技術、環境保全型技術・システムやクリーンテクノロジーなどと言われてきた。また、工場や産業全体、異業種連携を含めた Eco-industry 構想を進める企業が多くなった。そして、工業起源の環境汚染負荷の軽減は、その大半が脱硫装置や廃水処理施設などの付加的な設備を必要とする末端処理 (EOP; End of Pipe) だけでなく、CPによっても効果的に達成されてきた。CPという概念はまだ生まれていなかったが、既にオイルショック (石油危機) を契機に1970年代以降に実践されていた。これによって、日本国内の悪化した大気質や水質が1970年代から80年代にかけて大きく環境改善され、環境保全が急激に進んだ。すなわち、日本では1960年代の公害禍により、排出源対策としてEOP技術が環境保全策として発展してきた。しかし、1973年と79年の二度の石油危機により日本国内では省エネ・省資源技術・システムが製造業を中心とする産業生産活動の中でかなり

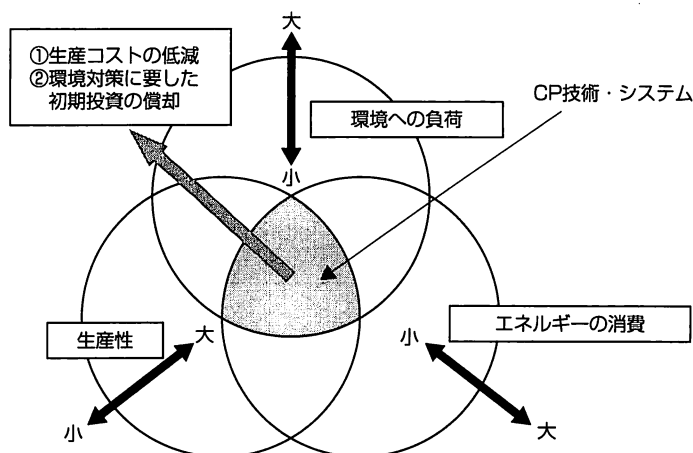


図3 CP技術と生産コストの関連

出所) 北九州クリーンプロダクション・テクノロジー編集委員会編、『環境保全型生産技術』、p.2、日刊工業新聞社(1998)、改変

発達し、CP の概念を形成したと考えられる。

日本の産業活動における CP 技術と生産コストの関連性を図3に示した。図では省エネ・省資源且つ、環境負荷を可能な限り小さくしながら、生産性を大きくすることによる生産コストの削減と経済的性を示している。また、環境保全対策に要した初期投資を段階的に償還する必要がある。CP は、原材料や生産プロセスの改善や見直しから環境負荷を予防的措置として抑えることに主眼が置かれている。これに対し、EOP は、生産活動に伴って排出される排水や排ガスの処理など事後的措置に重点が置かれている。環境負荷と環境コストの面では、明らかに CP の方が有利である。すなわち、“予防は治療に勝る”のである。

図4は、製造プロセスにおける CP の基本概念を示した。CP は生産プロセスでの有害化学物質の排除、廃棄物減量化、再利用、リサイクルの徹底を図る技術・システム体系でもある。また、CP 導入による継続的な環境改善や環境保全により環境共生を目指す産業活動になる。現在、日本独自に廃棄物ゼロを目指

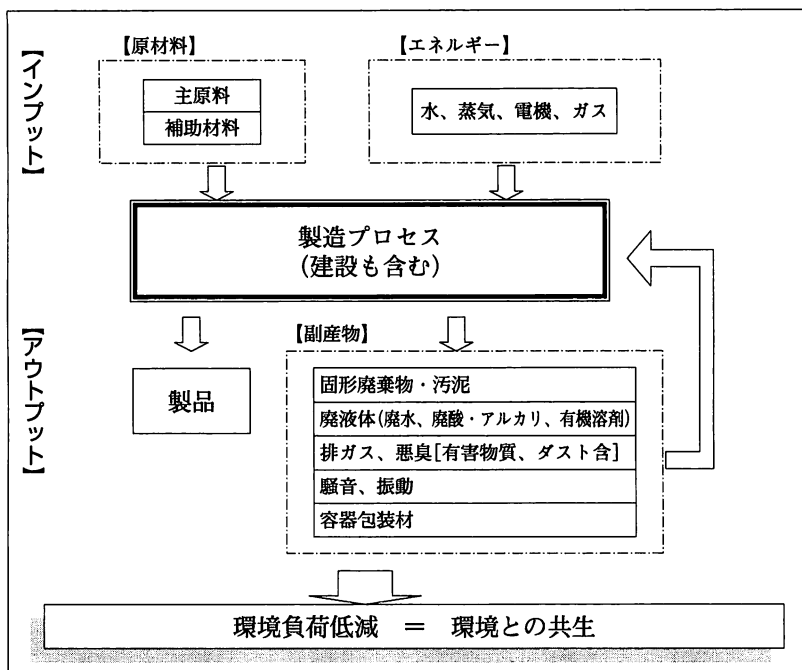


図4 CPの基本概念

出所) JACP、北九州地区における企業が所有するクリーナプロダクション技術事例集、p.2 (2000)

したゼロ・エミッション構想が企業や行政、地域社会での取り組みになってきた。この構想は1994年に国連大学により提唱されたものであるが、日本のCPの基本概念に合致するものである。その後、各国で論議されたが、日本国内での産業界で特に注目され、1997年頃からゼロ・エミッション推進を積極的に企業展開し、社会的に定着しつつある。なお、1970年代にアメリカでも Zero Risk を目指した Zero Discharge (排出ゼロ) 構想があったが、法制化が見送られて消滅した経緯がある。

日本国内では、(助地球環境センター (GEIC) が UNEP と連携して、CP 関連情報をホームページ (HP) などで公開し、CP 普及に貢献している⁷⁾。また、1996年に設立された日本クリーナ・プロダクション研究会(JACP)では、UNEP

の CP 定義を発展させながら CP 技術・システムに関する国内外の情報集積を行い⁸⁾、北九州独自の CP 基本理念の構築と研究・実践活動を展開してきた。JACP の活動は CP に基づく「持続可能な社会の構築」を理念とし、その手法の確立と地域の活性化をはかることを目的にしている。特に、生産技術の開発目標は、原材料の確保から生産・流通・消費・廃棄過程にいたる製品ライフサイクルにおいて新たな大規模な設備投資のいらぬ以下のような CP 技術・システム体系が研究・検討されてきた。

- ① 生産工程における無公害、省資源、省エネルギーの創造
- ② 生産工程における廃棄物量の削減
- ③ 製品ライフサイクルにおける環境負荷の削減
- ④ 製品ライフサイクルにおける有害化学物質の発生予防・抑制
- ⑤ 製品ライフサイクルにおける革新的技術・システムや高効率化

CP は工場などでの生産効率の改善による環境負荷を減少させる Win-Win (一挙両得又は一石二鳥) アプローチの産業環境管理手法として、途上国における環境対策協力において多く採用されている手法でもある。北九州市と北九州国際技術協力協会 (KITA) は、都市間環境国際交流として中国・大連やベトナム・ハノイなどで CP 技術・システム移転による環境国際貢献を進めてきた。三重県四日市の国際環境技術移転研究センター (ICETT) でも環境技術移転普及促進のための人材育成事業を展開し、特に、甘粛省の CP 推進に貢献している。さらに、2000年に国際協力事業団 (JICA) は、CP にかかわる連携促進委員会を設置し、活動報告している⁹⁾。

このように、CP 技術・システムに関する国内外の情報集積を行い、各地域の CP 基本理念の構築と研究・実践活動を展開することができると地域や地球環境保全も容易になるだろう。CP は将来的にも継続的な省エネ・省資源を達成しながら経済性を確保し、より高い生産性を有し、より創造性のある産業活力を生み出していくことができる。また、CP 活動は環境政策として持続可能な社会の構築理念と手法を確立し、地域の活性化に大きな貢献ができるものと考えら

れる。

5. 日本における CP に基づく産業活動状況

1970年代のエネルギー危機の後、日本国内ではあらゆる産業において省エネ・省資源・無公害生産活動が活発となった。すなわち、石油危機は省エネに対する日本の産業の姿を根本的に変え、国際市場における日本の産業の競争力を高めた。日本の産業は省エネと汚染防止の一石二鳥を目指したのである。その CP の推進役となったのが、プロセスエンジニアと公害防止管理者である。公害防止管理者だけでも1971年に4万人足らずであったものが1991年には23万人を越えるまでになり、各分野で活躍してきた¹⁰⁾。特に、環境排出基準を満たしつつ同時に企業の利益を最大化すべく共同して取り組んできた。現在、さらに環境計量士や技術士などの資格を持つ環境保全に関するエキスパートが産学官民の中で協働的にパートナーシップを発揮しながら活動している。同時期に、米国の環境保護庁（USEPA）の場合は、業種・工程ごとに EOP の Best Practice が提示され、推奨されていた。日本では USEPA と異なり、排出基準を守るためにどのような方法をとるかは企業に任されていた。これが日本の産学官民の連携による CP 活動の原動力に発展したと考えられる。

CP の実現手段は、表2に示したように、第一に整理・整頓の徹底による費用ゼロあるいは低費用の改善である。次に、プロセスの変更、原材料の変更、新技術への投資、製品の再設計である。日本国内では特に、環境監査における企

表2 CP の実現手段

1. 徹底した整理整頓 (Thoroughly Tidying and Arrange)
2. プロセスの変更 (Change of Process)
3. 原材料の変更 (Change of Raw Materials)
4. 新技術への投資 (Investment for New Technology)
5. 生産物の再設計 (Redesign of Products)

業研修で、日本的な整理・整頓・清掃・清潔・躰の5 S活動が重視されて、生産活動で徹底的に活かされている。5 Sは先進国や途上国に移転しやすく、最もコストがかからない生産活動に有効なCPの実現手段を容易に進めるための前提条件を形成する。5 S活動は企業研修でも取り組まれ、省エネ・省資源や環境保全を達成しながら、生産効率を上げるための人材育成に大きく役立っている。すなわち、マネジメントシステムとして①品質管理(ISO9001)、②環境管理(ISO14001)、③労働安全衛生管理(OHSMS18000)、④食品衛生管理(HACCP)などがあるが、これらは5 S活動による人材育成と環境改善が基本にある。この基本の上に、合理化や効率化、省資源・省エネなどの取り組みが効果を発揮する。これによって、さらに、人や地域の安全衛生、設備の安全やプロセスの安全性が保たれると言えよう。実際に建設現場や工場内で目立つように掲げられた5 S活動目標の表示は、作業に係わる人々の環境意識を向上させながら、生産性を上げるだけでなく、さらに、現場の安全衛生も確保されている。なお、教育現場では5 S活動の「躰」を特に、「習慣」に置き換えたり、或いはこれを加えることにより危機管理やリスク管理にも適用されているケースがある。

また、CPに関する重要な例が幾つかあるが、とりわけ、歴史的転換期に、苛性ソーダ工業分野でCP的な取り組みが行われたことが最も注目される¹¹⁾。この分野では明らかに1960年代～1990年までの当時の西ドイツ、スウェーデンや米国と異なり、日本国内では段階的に水銀法から隔膜法へ転換し、そして省エネ・省資源、且つ無公害なイオン交換膜法へと1990年代には殆ど転換している。この製法転換には第一に当時、水俣病(熊本水俣病1956～1960年、新潟水俣病1964～1965年)の発生が第1から第2水俣病へと拡大したために、水銀を使用した生産活動に対する国民の生活環境不安が増幅されていた背景がある。第二に水銀法では高品質の苛性ソーダを生産できるが、クロードシステムにしても水銀の環境中への放出をゼロにはできない状況がある。これに対して、イオン交換膜法には有害物質の使用・排出がなく、省エネ且つ高品質の生産が

可能である。当時の経済状況では、大きな設備投資になるが5年程度で回収できた。第三に、苛性ソーダ製法転換過程で、当時の通産省は苛性ソーダ融通制度を導入した。価格差決済制度を取り入れ、未転換メーカーから転換メーカーに決済金を提供させるものであった。1トン当たり5,000円から5,500円程度で、現実の差額には届かないが、不満の表面化を抑える効果はあったようである。このように、当時、具体的なCP事例として、産学官民での協働・連携により、苛性ソーダ製造部門で水銀法に替えて、1993年以降に有害物質の排出がなく、且つ省エネ策としてイオン交換膜法に転換して成功した経緯がある。

また、パルプ産業はかつて周辺水域に汚濁物質を流して、著しい水質汚濁をもたらす元凶であった。このため、当時、製紙工場等の水質汚濁対策は、徹底した省エネ・資源化と大変厄介な汚濁物質としてリグニンの処理が課題となっていた。そこで、リグニンを燃料として活用するCP技術的な方法を見だし、これによって、さらに生産性・経済効率向上と水環境保全の両立を果たすことができた。このような、産学官民の意志を反映した産業界での取り組みが日本の製造業でのCP的な生産活動の基本になっていったのではないかと考えられる。その後、日本のCPの基本概念は、現在、ゼロ・エミッション構想などにも見られるように省エネ・省資源・無公害を推進しながら、生産性・経済性を高める技術・システム体系となっている。次世代を担う環境保全型技術・システムとして、日本で培われたCP概念は、地域や国際社会環境における新たな環境政策の展開を示すことができるだろう。

6. 日本におけるCP活動の実践と評価

A. 北九州地区の鉄鋼産業のCP活動事例

北九州地区での鉄鋼産業のCP事例は、①製鉄の鑄造プロセスの複雑な生産ラインの簡略化、②プラントや装置の改善や操作努力による省エネと生産コストの削減、③工場での照明の改善例で、照明器具の高さを適正に調整したり、

壁面材料をプラスチックボードからガラスに選択することにより効果的且つ大幅な省エネの達成などがある。さらに、北九州地区でも検討されてきたが、エコタウンや洞海湾工業地帯周辺の循環型生産活動モデルとして CP は大きな役割を担う。また、第 1 次産業から第 3 次産業までを繋ぐ広域 CP 構想や地域住民を巻き込んだ環境保全型都市を推進するための社会的取り組みとして産学官民の連携や異業種交流などを通じて体系化・組織化も求められる時代である。

北九州市では、鉄鋼産業を中心とした第 2 次産業の省資源・省エネ技術・システムが多く蓄積されている⁸⁾。その中の一つの CP 事例として、(株)アステックが開発した「廃酸リサイクルシステムプラント」では、高炉から発生する鉄粉塵廃棄物を触媒や化学反応物質として活用し、各種産業廃棄物を FM システムプラントで再生して、銅や亜鉛などの有価物を回収・販売して利益を得る静脈産業としても実績を上げている。また、エコタウン事業での廃自動車や廃蛍光管、廃食品リサイクル施設などでは再資源化、現物リサイクルを積極的に展開しているモデル事業でもある。

北九州市内の鉄鋼産業（1980～1984年）の 4 年間の費用便益例は、表 3 のようになる。

表 3 鉄鋼産業における CP 投資効果

新規投資（初期投資）	約21億円
導入費用効果	約17億円削減
省エネ効果	70%
汚染物質	70%減少
導入後ランニングコスト	約5.4億円削減
省エネ効果	14%
汚染物質	14%削減
総合利益（4年間）	約22.3億円
汚染物質	84%削減

出所) The City of Kitakyushu, "Let's Save Our Environment", pp.7-8, 1999、改変

このように、鉄鋼産業における CP 導入例では、設備投資により、大幅な排出

物削減を達成するために大きな経済効果を生み出し、初期投資は4年程度で回収が可能となっている。

B. 繊維産業における CP 活動例

日本の代表的な繊維企業である(株)帝人の CP 導入実績例では、工程内リサイクル（端材の工程内再利用）、新装置導入（汚染排出低減機器）がある⁷⁾。この工業廃水からの高純度酢酸回収のための新技術の適用効果は、費用の削減、汚染物質（有機汚濁物質、CO₂）の排出削減、廃棄物（汚泥、廃液）の排出低減である。

費用便益例は、以下の表4のようになる。

表4 繊維産業における CP 投資効果

新技術の導入費用（初期投資）	6億円
導入前のランニングコスト	2億円／年
導入後のランニングコスト	5千万円／年
導入費用効果	1.5億円／年

出所) (株)地球環境センター、クリーナープロダクション技術集、pp.34～36（2000）

新技術導入により、従来、埋め立て処分していた産業廃棄物（汚泥）の発生は大幅に低減した。さらに、有益な酢酸が回収され、隣接したアセテート工場の原料として再生利用でき、廃水処理コストは約75%減少し、COD 排出量は約10%削減した。設備投資額は約6億円であったが、環境保全を達成しながら、酢酸の購入量の削減や処理コストの削減などにより初期投資は4年程度で回収されている。

また、日本国内では日本繊維技術士センター（JTCC）では繊維産業における人材育成やマレーシアの染色工場への CP 技術移転などで実績がある。さらに、(株)根来産業などのように、ケミカルリサイクル技術・システムを発展させ、廃棄 PET ボトルを化学繊維材料のペレットに加工し、ジュータンなどに製品化

する高度な技術を開発している企業もある。

C. 企業の現場での考え方と取り組み¹²⁾

1) 電子部品プレス加工部品歩留まり向上策に関わる CP 技術

(㈱三井ハイテックの CP 事例)

物づくりの基本は、まず不良品を作らないことであり、不良品を低減は歩留まり改善において効果が大きい。㈱三井エンジニアリングでは電子部品の歩留まり向上の方策として、①屑化防止（誤作防止）、②再処理量削減（手直し、修正）、③仕掛け材料の適正化（理論歩留まりの改善）を重点的に取り組んでいる。ここでは、工程毎の不良品などの統計を取り、継続的な不良品対策により歩留まり改善を行っている。具体的には、金型の抜き打ち工程での最新技術の導入、デザインの工夫や工程の省略・簡略化などによる歩留まり改善と同時に、省エネ・省資源を実現している。また、企業研修における環境教育や 5 S 活動による人材育成にも力を入れている。

2) 用水削減に関わる CP 技術（㈱北九州国際技術協力協会の CP 事例）

北九州市が環境技術協力している中国大連市での CP 推進のブラウン管製造モデル工場での用水削減の取り組みでは、三つの目標を設定している。

- ① 節水型社会を構築し、水資源を確保しながら産業発展を促す。
- ② リサイクル目標値を定め、その達成によりモデル工場としての範を示す。
- ③ 用水削減により企業収益の向上を図る。

CP 活動における用水削減策は、業種や用水構成により異なるが、大体、以下のような具体的な取り組みで可能となる。

すなわち、具体的な CP 活動としては、給水量の削減（弁調整、ポンプ圧の変更）で圧力低減、容量の縮小（容器の小型化、制御水位の変更）、洗浄の効率化（洗浄の多段化、温水洗浄、電解洗浄、超音波洗浄、ブラシ洗浄、薬品洗浄、ON・OFF 制御）、用水の代替化（材料・薬品変更、機械的剝離）、管理基準の変更（洗

浄時間、薬品濃度、管理水質や水量、温度)などの技術的・システムの対応を行う。また、リサイクル(中和・沈殿・ろ過、減圧蒸発、イオン交換・膜処理、温度処理)とカスケード(工程後→前工程、清排水→汚排水)により徹底的な排水利用を促進することである。

このようなCP活動導入により、1890 t /日(1999年)の使用水量が700 t /日(2002年)にまで減少し、約70%も用水を削減した実績がある。さらに、日本国内での研修受け入れを進め、企業研修へ派遣による人材育成も行っている。

D. CP システムに基づく持続可能な循環型社会の構築

図5に示したように、企業間や地域社会との連携により、CP技術・システムに基づく動脈産業と静脈産業の均衡・調和を重視した資源循環システムの構築が重要である。国際社会では、すでにライフサイクルアセスメント(LCA)の視点から原料の採取から製品の廃棄過程まで一貫した製品管理や具体的な環境影響評価を行わなければならないことになっている。産業における一般的なCP対応は水資源利用と汚濁物質排出の低減、有害化学物質の利用抑制、原材料

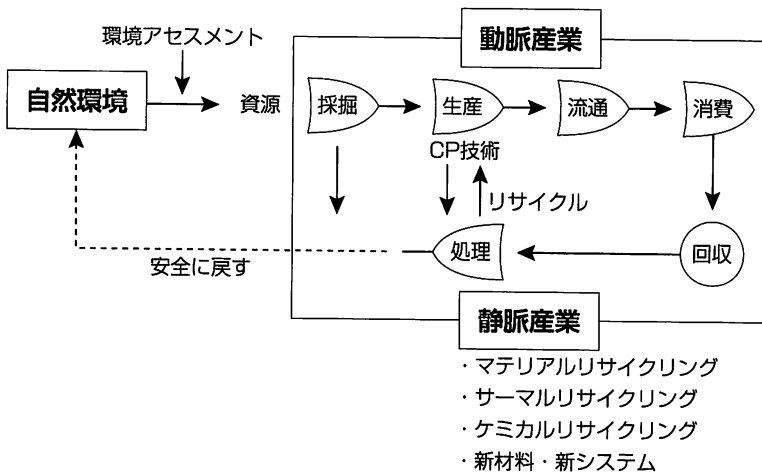


図5 CP技術・システムと資源循環

出所) 坂井宏光、水処理技術、vol.35 No.3(1994)

の見直しなどによる総合的な省エネ・省資源を進めながら製品歩留まり率の向上させることである。そして、生産効率を高め、廃棄物を減らし、環境リスクを低減することにより、環境保全にも貢献する。さらに、図5に示すように、新材料開発やケミカルリサイクルを推進しながら廃棄物ゼロ・エミッションを達成するシステムを構築することができる。国内外の地域産業を中心とした省資源・省エネ技術・システムの情報蓄積・公開を進め、同時に、産業別 CP 情報を蓄積・公開を段階的に進めていくことである。

また、大分県が進めた一村一品運動のように地場産業の育成や各地域の伝統文化を重んじた産業発展が持続可能な地域産業の新たな潮流になりつつある。ここでは、ローテク技術やハイテク技術を組み合わせた農林魚業や西陣織のような伝統的な織物産業、食品産業などでも CP 導入による発展が可能である。このような CP を情報共有・発信しながら異業種交流や広域的且つ産業の横断的な物質・エネルギー循環により、日本国内のみならず、途上国の持続可能な環境保全型産業の構築に貢献することが期待される。

7. 産業活動の社会環境指標

循環型社会における環境保全戦略は、CP の推進が環境政策として欠かせない要件である。CP を社会政策上で推進するための基本的要件は、厳格な環境規制をとらなくても企業に財政的な便益をもたらす CP が推進の価値が高い。しかし、厳格な環境規制があつて初めて企業に財政的な便益をもたらすような CP でも取り組むべきである。それ以外は、企業は適宜に CP と EOP を組み合わせることで排出環境基準を満たすべきである。

また、CP の推進には国情や中小企業状況に応じて、情報サービス、技術コンサルティングや低利融資などの支援措置が必要である。すなわち、表5に示すように、生産活動の中で、企業における CP の推進の障害となっているのは情報の欠如、人材の欠如、財源の欠如である。したがって、CP 支援としては、情報

サービス、技術支援による人材育成、財政支援が必要である。

表5 CPの支援方法

情報の欠如に対する情報サービス (Lack of Information → Information Service)
人材の欠如に対する技術的人材支援 (Lack of Talented Persons → Promotion of the Persons by Technological Support)
財源の欠如に対する財源支援 (Lack of Financial Resources → Support of Financial Resources)

一方で、これからの循環型社会では、第1次産業から第3次産業までを広域CPシステムとして繋いだり、生産と消費、都市と農村を繋ぐ物質循環が重要である。産学官民の連携により、産業間と自然環境の物質・エネルギー循環を無理・無駄のない生産システムにすることがCPの基本環境保全政策である。旧通産省による日本国内のエコタウン事業承認地域の13地区の中に、北九州市も含まれている。これら以外に、国連大学がゼロ・エミッション構想を打ち出す前にすでに、山梨県内の国母工業団地では1992年から「産業廃棄物処理研究会」を組織し、工業団地内の廃棄物ゼロを目標に実質的な活動を行ってきた。現在、「産学官ゼロ・エミッション推進研究会」に移行し、工業団地内で排出される廃棄物の発生抑制、回収・再利用・再資源化、減量化（中間処理）による段階的なゼロ・エミッション計画を策定し、I、II、III～IV、V、VIの6段階的で実施に移している。

また、鉱物資源の使い方に関する指標として表6に示すように、ISO14000s（環境マネジメント）にある製品のLCA（Life Cycle Assessment）、ドイツから提案されているMIPS（Material Input per Unit of Service）、日本工学

表6 CP活動の評価指標の例

EU:	Life Cycle Assessment (LCA) in ISO14000s
Germany:	Material Input per Unit of Service (MIPS)
Japan:	Life Cycle Value (LCV)

アカデミー地球環境専門部会が提案している LCV (Life Cycle Value) などがある。その中でコスト分析を重ねて、市場経済を踏まえつつ未来価値を創ろうとする指標は LCV のみである。LCV ではあらゆる工業製品と構造体の生涯使用エネルギーの70～90%がサービス中に発生していることに着眼している¹³⁾。日本の各産業で使われている指標には、殆どが直接的な排出物削減を目標にしているが、未来時間軸を組み込んだ総合的な指標を構築することが重要である。一方で、材料の組成分析とそれらが自然に与える毒性のレベルを TPI (Toxicity Potential Indicator) と定義し、互いに掛け合わせた値を基準値とする手法で現行材料の毒性レベルを評価することができる¹⁴⁾。この情報から TPI 値を低減するためのデザイン設計を行うことにより効果的に有害物質を代替し、抑制することが可能となる。このような CP を情報共有・発信しながら広域的且つ産業の横断的な物質・エネルギー循環により真に豊かな持続可能な循環型社会が構築されることが期待される。

企業や行政では、2000年頃から事業活動に伴う環境負荷や環境対策状況などに関する総合的な評価を行いながら情報公開を進めてきた。その中で、企業が年度毎に環境方針を明確にし、自主的な取り組みとして環境報告書や環境会計情報を公開している。そして、ソニー(株)の環境報告書(英語版)などが、英国の企業や環境科学の研究者などの研究資料としても活用されている。また、2004年から社会的・経済的且つ環境保全に関する活動内容を加えた社会環境報告が競うように盛んに発行されてきた¹⁵⁾。特に、CSR レポート(「企業の社会責任 (Corporate Social Responsibility; CSR)」)は、株主、消費者、従業員、地域住民などの利害関係者や環境に対する責任を果たすための企業活動を報告するものとして出版、情報公開され、一般的になってきた。また、サステナビリティ(持続可能性: Sustainability) レポートでは、社会的な公正さや環境への影響、経済成長に配慮した活動を通じて、持続可能な社会の実現を目指す企業の経営を報告することに重点を置いて報告している。さらに、リスポンシブル・ケア(責任ある管理: Responsible Care; RC) レポートは、主に化学

メーカーによる環境保護や安全管理、防災対策の改善などのリスク管理についての取り組みを紹介する報告書である。このように、企業は様々な環境関連の報告書の形態で、簡易出版物やインターネットなどによる情報公開を進めている。

企業においては、一般にリスクマネジメントの基本概念からリスクの確認、認識、リスク評価、環境影響評価の後に、リスク制御・対策という方策の流れがある。図6にはCPシステムに基づく汚染の制御に関する消費者(個人)と生産者(企業)、行政との係わりをまとめて示した。図6に示すように、CPシステムの役割は消費活動と生産活動のバランスを制御し、環境政策へも影響を与えながら、地域の活性化や持続的発展さらに、地球環境保全に貢献するものである。環境汚染や環境問題の取り組みにおいて、国、自治体、企業、市民の各階層での環境情報の共有と環境意識の向上、信頼関係の構築を含めたパートナーシップを形成しながら、自主的な共通目標や課題解決のための環境コミュニケーションの推進が益々重要である。さらに、CP概念や制度・システムは消

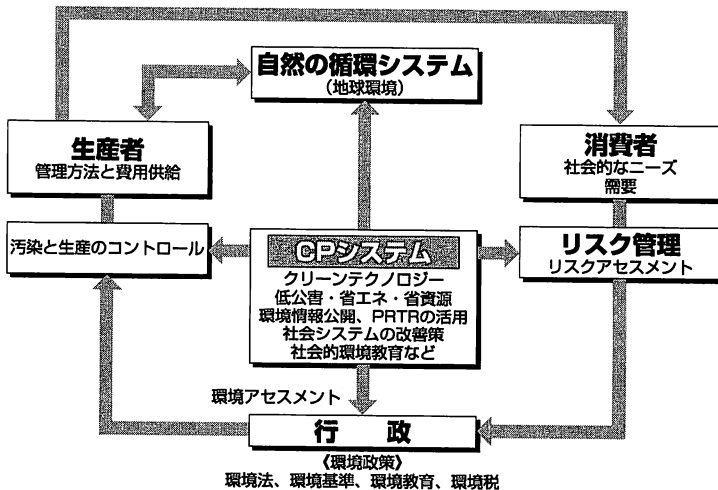


図6 CPシステムと環境政策

出所) 坂井宏光他、資源環境対策、p.74(2001)、改変

費者と生産者の連携したリスク管理や行政の適正な環境政策が継続的な環境改善と経済発展に効果的に貢献することができる。

今後、企業は環境報告書、地域貢献や地球環境保全活動などを通じて、住民や行政との環境コミュニケーションを円滑に進めながら、持続可能な生産活動を進めていかなければならない。また、CP 活動の一環として環境教育・学習を幅広く導入して人材育成を行うことが、環境ビジネスを有利に展開できる時代である。

8. CP に基づく持続可能な循環型社会の創生

CP に基づく持続可能な循環型社会を構築するには、何よりも地域や国家的なビジョンが必要である。持続可能な発展には、技術革新のみではもはや不十分である。社会システムや社会の価値観の見直しが必須であり、CP 技術・システムの導入促進と同時に社会的な価値観の転換を図らなければ循環型社会は実現できない。そこで、社会を形成する市民の環境倫理観が行動規範に大きく影響を与えるため、これが環境管理上で重要な要因になっている。各地域や各国では歴史・文化を活かした CP 概念に基づくビジョンや構想を創生するべきである。新しい日本をデザインするグランドデザインは、「日本人のための国土計画」から「地球社会のための国土計画」になった¹⁶⁾。国土総合開発法に基づき、全国総合開発計画は所得倍增計画（一全総、1962年）、日本列島改造論（二全総、1969年）、田園都市国家構想（三全総、1977年）、多極分散型国土（四全総、1987年）、ガーデンアイランズ・日本（五全総、1997年）と推移してきた。現状では、「田園列島」又は「美しい国・日本」が環境政策上の国家ビジョンといえよう。今後も地域の創生には、地域に適合した CP 技術・システムと環境倫理観の育成が重要である。

CP 普及の一環として、アジア地域の共通した環境価値観や環境倫理（環境教育）の共有が必要である。大分県が推進した一村一品運動は、今や途上国の産

業育成のスローガンにもなっている。また、一般市民の行動様式としては、「地産地消」が最も省エネ・省資源でヒトの健康に良いという実践方法である。このような CP 概念や実践方法は、環境保全の意義を示していると同時に地域の活性化につながる。CP の基本的な理念をソフトの面で支える環境倫理がいま求められている。これらの環境倫理を、社会の中に定着させるための環境教育や啓発活動が今後、重要である。新たな時代に対応するために、幼小中高や大学・大学院、さらに企業環境教育として統一的・継続的な環境コミュニケーションとして論議・伝達をあらゆる機会を通じて行いながら、新たな行動規範の形成を図っていかなければならない。

そして、持続可能な社会の実現には、科学技術立国日本の歴史的変遷が国内外の社会環境問題と深いかかわりを持ってきた歴史認識が必要である。この過程で資源循環型社会の本来のビジョンを描くことができる。図7に示すように持続可能な循環型社会を支えるための広域 CP 活動は、CP 技術・システムを核とした具体的な活動や政策が有効である。地域住民と企業・行政の連携で優れ

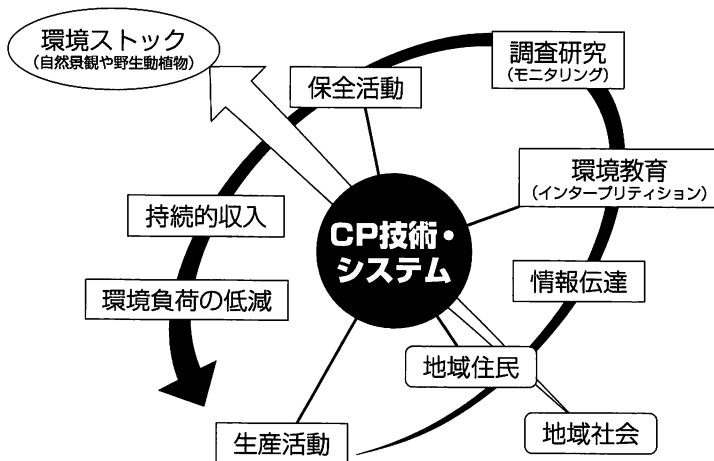


図7 拡大 CP と循環型社会

出所) 坂井宏光、日本における CP の発展と環境政策、教養研究、第8巻第3号、p.14 (2002)

た CP 技術・システムを生産活動に活かすための情報発信や環境コミュニケーションも社会政策上重要である。拡大 CP のハード・ソフト両面を地場産業の育成に活用し、動脈産業と静脈産業のバランスを保つ環境政策により環境保全活動が容易となり、地域の活性化が図られる。最終的には、生産活動を支える自然環境や動植物などの環境ストックが保全され持続可能な産業や地域発展が可能となる。さらに、次世代を担う環境保全型技術・システムとして、日本で培われた CP の概念は、地域や国際社会環境における新たな環境政策の展開を示すことができるだろう。

以上をまとめると、日本の CP 活動の展開は表 7 に示すように第 I 期に公害防止技術（EOP+CP）の発展、第 II 期に省エネ・省資源技術・システム（CP+EOP）の発展、第 III 期に CP システムの発展となる。特徴的なことは、歴史的経緯を踏まえ、1970 年代にすでに国策よりも民意や民間企業主導で CP が発展してきたことである。現在、CP 理念に基づくゼロエミッション・アイランド構想がその目標になりつつあり、生態系が豊かで実りの多いガーデン・アイラン

表 7 日本における CP の歴史的発展とその展望

第 I 期 1960年代	公害対策	EOP+CP
	水俣の水銀汚染対策→排出源対策と生産プロセス改善 苛性ソーダ工業における生産プロセスの変更→水銀法 からイオン交換膜法への転換	
第 II 期 1970～80年代	生産性・経済効率向上策	CP+EOP
	製紙工場等の水質汚濁対策→徹底した省エネ・資源化 厄介な汚濁物質リグニンを燃料として活用等	
	日本の CP の取り組み	
	民意・民活による推進	
	パートナーシップによる政策	
	↓	
	広域的 CP 適応戦略へ	
第 III 期 1990～2000年代	ゼロエミッション・アイランド構想	CP
	生態系保全・田園都市政策→循環システム	

ド（田園列島）が究極的な環境創生立国の姿であると考える。

9. おわりに

環境首都を目指す北九州市では、2007年4月26日と5月27日に10年ぶりに光化学スモッグ注意報が出た。越境汚染を含め、大気汚染に係わる環境問題一つを取っても未だに、解決困難な状況にある。近隣諸国との連携したCPに基づく環境保全対策が益々、必要である。日本におけるCP活動の歴史的展開は、高度経済成長期の公害の克服から始まったといっても過言ではない。日本では、1960年代の公害対策のために末端処理（EOP）技術が環境保全策として発展した。その後、1973年と79年のオイルショックによるエネルギー危機とともに日本国内では省エネ・省資源技術・システムが産業生産活動の中でかなり発達した。これが日本の環境保全技術・システムの原動力になり、CPの概念を形成し、実践につながったと考えられる。それ以来、国内ではゼロ・エミッション構想の下で産学官民の協業・連携と産業界の異業種交流や環境保全技術の集積・情報発信を進めている。そして、日本国内では環境関連法が公害対策として整備され、1993年の環境基本法以来、様々な環境法が次々と立法化されているが、むしろ地域環境から地球環境問題まで問題解決が山積しているのが現状である。ここでは、厳格な法規制とともに活動主体である人間のモラル教育やマナーの育成などのバランスが重要である。

アジア諸国でも経済発展と環境保全が模索されはじめた。とりわけ中国においても、北九州市と北九州国際環境技術協力協会（KITA）による大連市環境モデル地区への国際貢献や四日市の国際環境技術移転研究センター（ICETT）の環境技術移転普及促進のための人材育成事業での甘粛省のCP推進貢献により、中国の環境政策にも大きく影響を与えはじめている。2002年に中国は第9期全国人民代表大会第28回会議で「中華人民共和国CP促進法が採択された。この法律は6章42条からなり、2003年1月1日から施行され、環境保全型産業の育

成が急務となっている。ベトナムでもハノイ工科大学の CP センターが中心となり、人材育成や繊維産業やパルプ産業などで CP 導入を推進している。このように、国際的な環境政策として、ハード面での科学技術や環境保全技術とソフト面での人材育成や環境倫理観を含めた CP 概念の伝達が社会の中で両輪の役割を担えるような CP 活動理念が活かされる必要がある。そのための基本的な環境コミュニケーションを活発に推進するための場や理論・方法論の情報発信や提供を行うことが大切である。特に、第 1 次産業から第 3 次産業まで、体系的な環境保全戦略が可能である。すなわち、省資源・省エネ技術・システムが多く蓄積し、CP を地域や国内外で情報共有・発信しながら広域的且つ産業の横断的な物質・エネルギー循環により真に豊かな持続可能な循環型社会が構築されることが期待される。

今後、持続可能な資源循環型社会の実現のために、CP 活動を社会の中に適用するための制度的な整備と地域の伝統文化に基づく産業育成が鍵となる。また、産業や社会における CP の実効性を高めるためには明確な中長期的な国家ビジョンが必要である。CP の概念を発展させることにより、日本国内外の真に豊かな循環型社会の構築の実現に大きな貢献ができることを確信する。

引用文献

- 1) 坂井宏光、クリーナー・プロダクション (CP) 技術による水環境保全、水処理技術、35(8)、105～114 (1994)
- 2) 北九州クリーナープロダクション・テクノロジー編集委員会編、『環境保全型技術の概要、環境保全型生産技術』、pp.1～10、日刊工業新聞社 (1996)
- 3) 坂井宏光他、クリーナープロダクションによる環境保全戦略とその展望、資源環境対策、37(5)、533～543 (2001)
- 4) 坂井宏光、日本における CP の発展と環境政策、教養研究、第 8 巻第 3 号、1～17 (2002)
- 5) 関昭宣他、クリーナープロダクションに基づく持続可能な農業生産システムと都市環境政策、九州国際大学社会文化研究所紀要第 47 号、1～17 (2000)

- 6) 坂井宏光、『歴史認識に基づく環境論』、pp.181～203、現代図書 (2006)
- 7) 財地球環境センター、クリーナープロダクション技術集 (2000)
- 8) 日本クリーナープロダクション研究会、北九州の CP 事例集 (2000)
- 9) 国際協力事業団連携促進委員会、連携促進事業 (クリーナープロダクション) 報告書 (2001)
- 10) 日本クリーナープロダクション研究会、平成13年度 JACP 総会記念講演会&ワークショップ活動報告 (2001)
- 11) 中西準子、『環境リスク論』、pp.51～57、岩波書店 (1995)
- 12) 財北九州国際技術協力協会、「日中都市間における環境保全及び循環型社会形成に係わる環境国際協力」報告書、pp.17～62 (2003)
- 13) 山路敬三、LCA-WG の報告 工業製品の「Life Cycle Value」、No.74、1～27、EAJ Information (1998)
- 14) 那和一成、環境問題への取り組み、化学と工業、54(9)、1042～1043 (2001)
- 15) 坂井宏光、『歴史認識に基づく環境論』、pp.22～24、現代図書 (2006)
- 16) 川勝平太、富のかたち・日本のすがた、『情報文化の学校』、NTT 出版、pp. 248～264 (1998)