

化学工学研究連絡委員会
物質創製工学研究連絡委員会
化学プロセス工学専門委員会
報告

エコトピア社会の 構築をめざして

平成 15 年 1 月 21 日

日本学術会議

化学工学研究連絡委員会
物質創製工学研究連絡委員会
化学プロセス工学専門委員会

この報告は、第18期日本学会議物質創製工学研究連絡委員会化学プロセス工学専門委員会新体系化学工学の構築小委員会及び社会における化学工学の役割検討小委員会の審議結果を踏まえ、化学工学研究連絡委員会及び物質創製工学研究連絡委員会化学プロセス工学専門委員会において取りまとめ発表するものである。

[委員名簿]

*は委員発令時の所属

[化学工学研究連絡委員会]

委員長 古崎 新太郎 崇城大学工学部教授 / 東京大学名誉教授
 *九州大学大学院工学研究院教授、
 幹事 黒田 千秋 東京工業大学大学院理工学研究科教授
 幹事 定方 正毅 東京大学大学院工学系研究科教授

[物質創製工学研究連絡委員会・化学プロセス工学専門委員会]

委員長 荒井 康彦 九州大学大学院工学研究院教授
 幹事 上岡 龍一 崇城大学工学部教授
 幹事 山口 由岐夫 東京大学大学院工学系研究科教授
 今石 宣之 九州大学機能物質科学研究所教授
 薄井 洋基 神戸大学工学部教授
 谷垣 昌敬 京都大学国際融合創造センター教授
 *京都大学大学院工学研究科教授
 千葉 忠俊 北海道大学エネルギー先端工学研究センター教授
 柘植 秀樹 慶應義塾大学理工学部教授
 架谷 昌信 名古屋大学大学院工学研究科教授
 平田 雄志 大阪大学大学院基礎工学研究科教授
 米本 年邦 東北大学大学院工学研究科教授

「新体系化学工学の構築」小委員会 (A小委員会)

委員長 荒井 康彦 九州大学大学院工学研究院教授
 A1-WG 綾部 孝夫 三菱化学カルゴン(株)顧問
 *カルゴン・カーボン・アジア(株)代表取締役社長
 黒田 千秋 (A3兼務) 東京工業大学大学院理工学研究科教授
 谷垣 昌敬 京都大学国際融合創造センター教授
 *京都大学大学院工学研究科教授
 橋谷 元由 (社)化学工学会部長
 *日揮(株)渉外情報室参与
 堀尾 正勅 (主査) 東京農工大学工学部教授
 *東京農工大学大学院生物システム応用科学研究科教授

A2 - WG	伊藤 利昭	名古屋工業大学システムマネジメント工学科教授
	上岡 龍一	崇城大学工学部教授
	千葉 忠俊	北海道大学エネルギー先端工学研究センター教授
	中野 義夫 (主査)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	西川 理	味の素(株)生産技術開発センター ファインエンジニアリング室課長
A3 - WG	黒田 千秋 (A1 兼務)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	寺西 大三郎	(財)化学技術戦略推進機構理事長
	平沢 泉 (主査)	早稲田大学理工学教授
	平田 雄志	大阪大学大学院基礎工学研究科教授
A4 - WG	薄井 洋基 (主査)	神戸大学工学部教授
	柘植 秀樹	慶應大学理工学部教授
	奥山 喜久夫	広島大学工学部教授
	村越 正毅	経済産業省製造産業局化学物質管理課課長補佐
		* 通商産業省製造産業局化学課課長補佐
	横山 宏	(株)日立製作所環境本部主管技師長
	(協力者)	
	前 一廣	京都大学大学院工学研究科化学工学専攻教授

「社会における化学工学の役割検討」小委員会 (B 小委員会)		
委員長	山口 由岐夫	東京大学大学院工学系研究科教授
	浅尾 彰一	三井化学(株)常務取締役生産技術部部門長
	泉 洋一郎	(財)理工学振興会事務局長
		* (財)化学技術戦略推進機構戦略推進部長
	伊藤 俊明	三菱重工業(株)特別顧問
	今石 宣之	九州大学機能物質科学研究所教授
	神澤 千代志	ライト工業(株)開発本部技術研究所
		* 産業技術総合研究所管理監
	小林 猛	名古屋大学大学院工学研究科教授
	坂口 正之	経済産業省製造産業局化学物質管理課課長
	定方 正毅	東京大学大学院工学系研究科教授
	佐渡友 秀夫	(株)製品評価技術基盤機構技術顧問
		* 三井化学(株)理事生産技術部
	瀬田 重敏	旭化成工業(株)研究開発本部特別顧問
	架谷 昌信	名古屋大学大学院工学研究科教授
	永井 和範	新日本製鐵(株)技術開発部環境・プロセス研究開発センターグループリーダー

		* 新日本製鐵(株)技術開発本部設備技術開発 センターグループリーダー
西出	徹雄	経済産業省中国経済産業局局長
		* 環境省環境管理局大気環境課課長
古崎	新太郎	崇城大学工学部教授 / 東京大学名誉教授
		* 九州大学大学院工学研究院教授
堀	雅文	三菱総合研究所科学技術研究本部技術移転 事業推進部長
米本	年邦	東北大学大学院工学研究科教授
渡邊	英一	東京大学工学部附属総合試験所ナノマテリ アルセンター技術統括部長

[(社)化学工学会 拡大化工研連支援連絡会議]

委員長	小林 猛	名古屋大学大学院工学研究科教授
	浅尾 彰一	三井化学(株)常務取締役生産技術部門長
	綾部 孝夫	三菱化学カルゴン(株)顧問
		* カルゴン・カーボン・アジア(株)代表取締役 社長
伊藤	俊明	三菱重工業(株)特別顧問
伊藤	利昭	名古屋工業大学システムマネジメント工学 科教授
奥山	喜久夫	広島大学工学部教授
神澤	千代志	ライト工業(株)開発本部技術研究所
		* 産業技術総合研究所管理監
坂口	正之	経済産業省製造産業局化学物質管理課課長
佐渡	友秀夫	(株)製品評価技術基盤機構技術顧問
		* 三井化学(株)理事生産技術部
瀬田	重敏	旭化成工業(株)研究開発本部特別顧問
寺西	大三郎	(財)化学技術戦略推進機構理事長
永井	和範	新日本製鐵(株)技術開発部環境・プロセス研 究開発センターグループリーダー
		* 新日本製鐵(株)技術開発本部設備技術開発 センターグループリーダー
中野	義夫	東京工業大学大学院理工学研究科教授
西川	理	味の素(株)生産技術開発センターファインエ ンジニアリング室課長
西出	徹雄	経済産業省中国経済産業局局長
		* 環境省環境管理局大気環境課課長
橋谷	元由	(社)化学工学会部長
		* 日揮(株)渉外情報室参与
樋口	敬一	三菱化学(株)顧問
		* 三菱化学(株)専務取締役

平沢 泉	早稲田大学理工学部教授
堀 雅文	三菱総合研究所科学技術研究本部技術移転 事業推進部長
堀尾 正勲	東京農工大学工学部教授 * 東京農工大学大学院生物システム応用科学 研究科教授
村越 正毅	通商産業省製造産業局化学物質管理課課長 補佐 * 経済産業省製造産業局化学課課長補佐
横山 宏	(株)日立製作所環境本部主管技師長
渡邊 英一	東京大学工学部附属試験所ナノマテリアル センター技術統括部長

対外報告の要旨

1. 報告書の名称 : エコトピア社会の構築をめざして
2. 報告書の内容

(1) 作成の背景

20世紀は、「大量生産」、「大量消費」、「大量廃棄」というキーワードで特徴づけられる時代であった。世界人口の急増と生活水準の上昇が続く中で、これまでのような資源を大量に消費し、環境への負荷を一方的に増大させるような経済社会活動を継続すれば、早晩地球環境の限界にぶつからざるをえないとの認識は広く共有されるに至っている。しかし、地球環境と共生できる循環型社会とは具体的にどのような姿であるかについては、まだ明確なビジョンが出現し上がっているわけではない。このように、21世紀は循環型社会を構築しなければならない、という共通認識は持ちつつも、どのように達成するかについて世界的にも多くの提案がなされ、我が国においても同様に多くの提案がなされている。例えば、環境省から平成14年5月に、循環型社会形成推進基本法に基づく平成14年版循環型社会白書が公表されている。日本学術会議においても、第18期に「循環型社会」特別委員会が設置され、また多くの研究連絡委員会でも議論されている。このような状況下ではあるが、化学工学研究連絡委員会、ならびに物質創製工学研究連絡委員会化学プロセス工学専門委員会が合同で審議を繰り返し、「エコトピア社会の構築をめざして」議論を重ねたのは、化学工学は他の分野と協調しつつも、かなりの貢献が出来るのではないか、という思いが委員の中に強かったからにほかならない。

(2) 提言の内容

循環型社会が構築され、地球環境問題への対応がきちんとされるようになった社会とはどのようなものであろうか？種々考えられるが、第一に“美しい社会”でなければならない。その“美しい社会”とはどのような社会であろうか。例えごみがゼロでも都会に緑や清流が無い社会、農村に鳥や花がみられない社会が本当に美しい社会と云えるのだろうか？豊かな緑と清流の流れる都会、鳥のさえずり、稲の実る農村、清冽な空気と静けさを与えてくれる森林が共生する社会をエコトピア社会(仮称)と名付けるなら、エコトピア社会こそが21世紀が目指す理想社会と考える。循環型社会は持続可能な社会を達成するための一つの方法論であり、持続可能な社会が達成できた暁には、エコトピア

社会と名付けることが出来るような ” 美しい社会 ” であつてほしい、という願望も込められているとも言えよう。

そこでまず、現代社会が抱える地球環境問題への対応の仕方について解析した。その結果、個別技術の集合体のみでは解決できないことを明らかにした。個別技術を統合化し、複雑系システムのダイナミクスを評価することにより、個別技術の評価と技術開発の方向をナビゲートする必要がある。しかも、社会の仕組みやライフスタイルの変化と経済活動とのリンクを考慮した統合化システムを構築する必要がある。具体的に「統合化」を実現するために、従来型のアカデミアや官主体の「Think Tank」を一步進めた、実践的な「Do Tank」(仮称)を提案したい。「Do Tank」とは、実行手段を選択し企画する機関として考案された名称である。「統合的立場に立脚した実行」が必要であり、科学技術に基づいた個別研究や総合的研究を生かして行くために、「統合的 Do Tank」が必要になる。

資源循環の全体を包括的に見て、社会全体として資源の利用効率を上げ、循環的利用を促進することにより、新規の資源開発を抑制するとともに、環境中に排出され、廃棄される資源やエネルギーを最少化するような社会システムを構築することにより、社会としての活性が低下せずに生活水準の質的向上とともに、環境負荷の低減が両立する経済社会の発展の仕方を実現することである。このようなエコトピア社会を実現するためには従来型の組織や運営では困難であり、Do Tank のような新たなチャレンジが必要である。

そこで、21 世紀の理想社会を実現するために、Do Tank を日本学術会議の下に設置し、活動することを提案する。

なお、Do Tank のビジョン、ミッション、組織・運営の骨子は以下のようなものである。

ビジョン：実行段階を視野に入れた政策提言・策定を行う、開かれたネットワーク型シンクタンクとして、21 世紀におけるエコトピア社会を実現する。

ミッション：エコトピア社会実現のために、複雑化する環境問題や経済的発展を科学技術に基づいて、具体的政策の立案と実行を行うヘッドクォーターである。そのために、環境情報の収集・解析と個別技術の統合的評価を行い、「社会システム設計」を確立する。

組織運営：日本学術会議の下に設置される。領域横断的で、自主・自立した市民・産・官・学のコミュニティーから構成される。国際的ネットワーク形成を行う。キャリア形成や自己実現の場と人材流動性を確保する。

さて、循環型社会あるいはエコトピア社会を構築するた

めに、日本学術会議の多くの研究連絡委員会で議論がなされている。ここに提案した Do Tank のもとでも、多くの学問分野が貢献するのは当然なことである。

化学工学の際立った特徴は「統合化」の方法論にあり、物質創製のみならず、知識の統合化や技術マネジメントへと発展させることが可能である。エコトピア社会の構築にあたって、Do Tank のもとで化学工学がどのようにかわってゆくべきかを議論してきたが、具体的な提言としては、以下の3項目に要約されよう。

1. 抜本的な生産工程の刷新ならびに製品の長寿命使用と共通部材リサイクル
2. 自然エネルギーの産業、民生への流入スキームの確立をはかる異業種間循環社会システムの構築
3. エコトピア社会における工業技術の評価方法の確立

以上のように技術的な面からは、究極的にはゼロエミッション社会をめざすことが重要である。また、エコトピア社会において現実的に機能するシステム設計を行うための工学的な評価手法の提案が不可欠である。一方、Re-Style すなわちライフスタイルおよびビジネススタイルの变革も求められる。そのためには、教育や啓蒙によるエコトピア社会の必要性の理解と認識が必要であり、日本学術会議の適切な助言の下で、Do Tank が各分野の英知を結集して主体的に取り組み、行動を起こすことが求められる。

目次

1. はじめに
2. エコトピア社会の実現
 - 2.1 21世紀の理想社会とは
 - 2.2 現代社会の現状と課題
 - 2.3 エコトピア社会の実現に向けて
 - 2.4 2章のまとめ
3. エコトピア社会をめざすグリーンケミカルエンジニアリング
 - 3.1 グリーンケミカルエンジニアリングとは
 - 3.2 3R対応のための抜本的な生産工程の刷新
 - 3.3 ゼロエミッションをめざした循環システムの構築
 - 3.4 エコトピア社会実現のための評価技術
 - 3.5 3章のまとめ
4. 提言

これまでの審議経過

1 . はじめに

この報告は、第18期日本学術会議化学工学研究連絡委員会、ならびに物質創製工学研究連絡委員会化学プロセス工学専門委員会が何回もの審議を合同で行った結果を取りまとめ発表するものである。

20世紀は、「大量生産」、「大量消費」、「大量廃棄」というキーワードで特徴づけられる時代であった。21世紀も同じことを続けることは出来ないという人類としての共通認識は持ちつつも、どのような新しい体系を構築すべきか、未だ共通認識が出来ていないように見受けられる。世界、人口の急増と生活水準の上昇が続く中で、これまでのような資源を大量に消費し、地球環境への負荷を一方的に増大させるような経済社会活動を継続すれば、早晩地球環境の限界にぶつからざるをえないとの認識が広く共有されるに至っている。しかし、地球環境と共生できる循環型社会とは具体的にどのような姿であるかについては、まだ明確なビジョンが出来上がっているわけではない。このように、21世紀は循環型社会を構築しなければならない、という共通認識は持ちつつも、どのように達成するかについては未だはっきりとした道筋は示されていない。世界的にも多くの提案がなされ、我が国においても同様に多くの提案がなされているのが現在の状況である。例えば、環境省から平成14年5月に、循環型社会形成推進基本法に基づく平成14年版循環型社会白書が公表されている。日本学術会議においても、第18期に「循環型社会」特別委員会が設置され、また多くの研究連絡委員会でも議論されている。また、循環型社会の形成にはライフサイクルの視点も必要である。欧州での議論には、その考え方が取り入れられつつあり、日本でもNEDOによるライフサイクルアセスメント(LCA)の研究プロジェクトが進行中である。さらに、循環型社会に及ぼす化学物質の影響の視点も重要である。2003年には化学物質審査規制法が強化され、健康被害に加えて自然破壊を起す物質の法的規制が検討されている状況である。これらと平行して、経済産業省は化学物質管理の種々のプロジェクトを推進し、OECDとも連携してグローバルスタンダードを策定中である。

このような状況下ではあるが、化学工学研究連絡委員会、ならびに物質創製工学研究連絡委員会化学プロセス工学専門委員会が合同で審議を繰り返して、「エコトピア社会(仮称)の構築」をめざして議論を重ねたのは、化学工学は他の分野と協調しつつも、かなりの貢献が出来るのではないかと、

という思いが委員の中に強かったからにはほかならない。私たちが住む地球はいろいろな意味で有限であるという「有限地球感」に基づいて、エコトピア社会の構築に化学工学という立場からどのような貢献が出来るのであるのか。この課題に対して効率的に議論するために、二つの小委員会に分かれて検討した。すなわち、エコトピア社会の実現について議論する「社会における化学工学の役割検討」小委員会(略称 B 小委員会)と、エコトピア社会構築のために化学工学が貢献できる部分、さらには今後の化学工学が取り組むべき課題について議論する「新体系化学工学の構築」小委員会(略称 A 小委員会)である。なお、委員会の委員名簿やこれまでの審議経過は後記されている。

2 . エコトピア社会の実現

2.1 21世紀の理想社会とは

21世紀が目指す理想社会を考える時、現代の若者達が一体どのような社会を求めているかを知る必要がある。

早稲田大学のある授業で学生にさまざまな代表的ユートピアの中から共感できるものを選ばせたところ、Thomas Moreの都市構築的な西欧型ユートピアには共感度が低く、嫌悪感まで示されたのに対して、「桃源郷」や「日本の昔話の世界」には共感度が高いと云う結果が得られている。一方、最近の東京およびその周辺では代々木公園や鎌倉のよゆうな自然と文化が調和している場所が若者の人気スポットになっている。また、東京の街を歩いていると、はっとするような美しいポスターやデザインに出会うことが多くなっている。

つまり、現代の若者の価値尺度は徐々に“豊かな日本”から“美しい日本”へ移ってきているように思われる。そうか？美しい日本とは具体的にどのような社会だろうか？例えごみがゼロでも都会に緑や清流が無い社会、農村に鳥や花がみられない社会が本当に美しい社会と云えるのだろうか？豊かな緑と清流が流れ人々が健康な生活を営める都会、豊かに稲が実り農産物を原料とした循環型高付加価値工業が発展し、清らかな空気と静けさを与えてくれる森林が共生する社会をエコトピア社会と名付けるなら、エコトピア社会こそが21世紀が目指す持続的な理想社会ではないだろうか？

現状は貧しく文化的刺激も少ない農村や山村から若者が都会に流出する結果、農村や山村は荒廃し、一方、都会は人口が集中することにより、ごみやSO_x、NO_xをはじめとした環境汚染が急速に進み、これがさらに周辺の農村、森林の環境破壊を引き起こすと云った悪循環に陥っている。

このように、都市・農村・森林の共生関係の崩壊は先進国だけではなく、中国はじめ途上国でも広く認められるところである。したがってエコトピア社会の実現のためには、上記の貧困環境汚染への悪循環を断ち切ると共に、新たな都市・農村・森林間に経済成長・環境浄化への連鎖サイクルを構築する必要がある。すなわち都市・農村・森林3領域間の人口分散、環境浄化、農地の生産力増大、森林の増大と経済発展が連鎖サイクル的に実現できる社会がエコトピア社会の具体的な姿と考えられる。

エコトピアとは、もともと Earnest Callenbach が著書「エコトピアレポート」(創元社, 1981年)において使用したもので、「自然エネルギーを主として使用するエコロジー型社会」という意味である。その後内藤正明教授(京都大学)は「エコトピア - 環境調和型社会の提案 - 」(日刊工業新聞社, 1992年)という本で「自然調和型の社会」という意味で使用している。循環型社会は持続可能な社会を達成するための一つの方法論であり、持続可能な社会が達成できた暁には、エコトピア社会(仮称)と名付けることが出来るような”美しい社会”であってほしい、という願望も込めて、本報告書では内藤正明教授の提唱された「環境調和型社会」という意味で、エコトピア社会を定義して、使用している。

2.2 現代社会の現状と課題

2.2.1 公害問題から環境問題へ

日本における環境問題の歴史を振り返ると、古くは明治時代の鉱山開発に伴う鉱廃水による鉱害や精錬所からの煙害などに始まり、戦後は重化学工業を中心とした経済発展の中で地域の問題として深刻な公害問題が各地で発生することとなった。また交通量の増大は沿道における大気汚染を加速し、周辺住民に多くの深刻な被害をもたらすこととなった。

経済の高度成長はこうした公害問題を全国的に広げることとなり、政府は大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、悪臭、地盤沈下などの問題に対して、法律による規制強化を図るとともに、公害防止技術の開発・普及を支援することにより問題解決を図ってきた。

工場、事業場から排出される硫酸化物、窒素酸化物に対しては排煙脱硫装置、排煙脱硝装置が設置され、自動車に対しては低公害化のための規制が順次強化されていった。これらの対策の結果、公害への対策は進展し、例えば排煙脱硫装置などの公害対策設備の導入は世界でも最も高い水準となるなど、大気汚染や水質汚濁の問題は改善の方向に向かった。

しかし60年代後半になりカネミ油症事件を契機に、PCB(ポリ塩化ビフェニル)や塩素系農薬のような難分解性、高蓄積性の物質が自然の生態系の食物連鎖によって濃縮され、人の健康に重大な影響をもたらすことが明らかとなった。そこで新たに「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」の制定により、PCBに類似する物質の使用禁止や使用制限を行うこととなった。また、健康等への悪影響

の資源開発の拡大とそれに伴う自然破壊や、開発に伴う廃棄物の増大という隠れた問題を引き起こすことになると考えられるに至った。

2.2.2 環境問題の解決に向けた対応の新戦略

地域の公害問題への対策を進めた段階においては、原因物質を解明し、その環境中への排出を抑えるという手法により環境維持の成果を挙げることが可能であった。しかし、現在直面している環境問題は、従来に比べてはるかに多様で重層的な構造を持っている。そうした多様で重層化している課題に対して、社会における生産・消費活動自体を如何にして環境リスクを低減し、環境負荷の低い社会システムに切り換えて行くかということが、今後の環境問題に関するアジェンダを構成している。

環境問題の発生する根本的な原因は、人間活動の拡大により資源開発を飛躍的に増加させ、廃熱や副生物や使用しられた後の廃棄物を大量に環境中に排出した点にあると考えられる。しかも今後ともまだしばらくの間は地球規模で人口の増加が続き、生活水準の向上を目指した経済活動の拡大も環境負荷自体は増加しないうような構造、あるいは経済成長と環境負荷増大のリンクを切り離す仕組みを真剣に考えなければならぬと思われる。

その答を集約した結果、循環型経済社会の構築という目標に行き着く。資源循環の全体を包括的に見て、社会全体として資源の利用効率を上げ、循環的利用を促進することにより、新規の資源開発を抑制するとともに、環境中に排出され、廃棄される資源やエネルギーを最少化する必要がある。さらに、そのような社会システムを構築することにより、社会としての活性を低下させずに生活水準の質的向上と環境負荷の低減が両立する経済社会の発展を構築するというのが期待される。その上で“美しい社会”を構築するという、エコトピア社会の構築という目標を掲げる必要がある。

資源の利用効率を上げ、環境負荷を低減させる方向は、生産者にとっては資源生産性を上昇させ、環境対策の負担を軽減させるもので、競争力向上の観点からも望ましい方向である。同じように、消費者にとっても資源の利用効率を改善し、循環的な利用を進めることは重要である。こうした問題に対する消費者の関心が高まっているが、逆に、消費者の協力なしには循環型社会システムを構築することが困難である。

環境教育や環境活動への積極的な参画を通じて、消費者

自らがエコトピア社会に相応しい価値観やライフスタイルの変更を進めることにより、一層効率的な社会システムの構築が可能となると考えられる。

2.2.3 環境問題の対応の難しさ

問題はそうした理念の下に、どのように具体的な戦略を描き、どのような具体的なアクションを取るのが最も効率的であるかを判断することである。その場合、困難な点は第一に、環境問題自体が大変複雑化し、解決を困難にしていることである。環境問題とひと口に言っても、大気、水、土壌などの複数の媒体に同時に関わっているが、そのひとつひとつの媒体たとえば大気に関する問題では、環境基準の設けられている窒素酸化物や粒子状物質、更に有害大気汚染物質、温暖化に関連する物質等多数の化学物質が関係している。単に関与する化学物質の種類が多だけでなく、影響の仕方・内容も短期的影響、長期的影響や発ガン性、また喘息などの呼吸器系への影響や内分泌系への影響など多様である。従って、政策や戦略を立案・実行するに当たり、時間的な要素をきちんと組み込んで、短期、中期、長期、超長期の戦略を適切に組み合わせ用意しなければならないことになる。

第二に、そうした複雑化・重層化した環境問題が、相互にトレードオフの関係にあるものを含んでいることである。例えば、自動車の窒素酸化物の発生を抑えた燃焼方式を採用すると、逆に粒子状物質の生成が増えることになる。また、使用が制限された物質の代替物質が別の環境リスクを増大させる可能性もある。

第三に、環境対策と他の様々な政策目標を全て満足する解を得るのが難しいことである。たとえば、環境対策と経済性は極力両立させなければならない。それぞれの政策目標の前提となる条件は、その時々状況により大きく変化する。こうした変化に対応できる柔軟性を備えている必要がある。

第四に、環境問題への対応については技術の果たす役割が大きい。既存の技術による対応だけでは不十分である。しかし、それに代わる革新的技術の開発・導入には時間がかかり、現時点で長期の将来にわたった十分な評価が難しい。

2.2.4 化学物質のリスク管理

空気、水、生体などすべての物質は化学結合からできており、いわば化学物質であるが、ここでは人工的に合成さ

れた物質の意味で化学物質という言葉を使うこととする。化学物質は幅広い用途に使用されており、洗剤、防虫剤など一般消費者が直接使用している物質もあれば、工場などで中間物として使用されているものなど、その種類、使用形態は極めて多様である。一方、化学物質のうち難分解性・蓄積性のものは多様な使用により、人や環境へ悪影響を及ぼすおそれが懸念される。実際、過去においては、水俣湾のアルキル水銀汚染による水俣病発生やPCBによる環境汚染の問題発生などがあった。このような難分解性・蓄積性化学物質の人や環境への悪影響に対しては、多くの場合、事件が発生した後の後手に回った対症療法的な対応・対策しか行われていなかった。このため、これら多様な用途に使用される化学物質について、総合的観点からの「化学物質のリスク評価」を実施し、その評価を踏まえた適正管理を行うことにより、難分解性・蓄積性の化学物質による人と環境への悪影響を防止、削減していくことが強く求められている。

実際に化学物質のリスクを考えてみると、例えば、過去においてPCBは「夢の化学物質」と呼ばれ、油溶性に優れている一方、難燃性で、容器を腐食しない、加熱しても安定性が高く、流動性がよいことなどの性質のために、鉱油などに代わりトランス、コンデンサー等の絶縁油、熱媒体、ノンカーボン紙など幅広い用途に多量に使われていた。しかしながら、このような性質ゆえに、逆に環境中での分解性が悪く、また生物蓄積性が高いため広範囲での環境汚染が発生することとなった。しかし一方では、PCBの有用性である難燃性が、鉱油を使用する場合の火災災害の発生等を低減化させたことは否めない。このように化学物質のリスクを考える場合には、一面的な評価ではなく多面的な評価が必要であり、その上で適正な管理対策を図ることが重要となっている。

難分解性・蓄積性の化学物質による安全問題に関して、たとえばPCBによる健康被害などについていえば、それらは基本的に化学物質特有の性質（残留性、毒性など）を十分に踏まえた適切な管理が行われなかったために生じたものということもできる。

近年のシックハウズ症候群を含め、化学物質過敏症などを引き起す有害性化学物質に対し、個人の安心・健康の観点から社会的な対応が適切に行われる必要がある。

このように、化学物質の種類、また、その取り扱われ方は多種多様であって、化学物質審査規制法の第一種特定化学物質や労働安全衛生法の製造等禁止物質など有害性が明確になっている特定の物質を除けば、その管理のあり方を

一概に決められるものではない。このため、化学物質のリスク管理は、基本的にはそれを取り扱う事業者自らが主体となつて状況に応じて判断、実施していくべきものである。しかしながら、リスク評価手法はまだ十分に確立されたものとなつておらず、実際に事業者が詳細なリスク評価を行うことは困難な状況であり、その早急な開発が望まれている。また、あわせて化学物質のハザード情報（物理化学的性状データ、毒性データ等）や、暴露情報（環境モニタリングデータ、PRTR（Pollutant Release, Transfer and Register; 化学物質管理）データ等）と言った知的基盤の整備も求められる。さらに、医薬品に限らず、有害性の疑いのある化学物質に関し、人体の安全と健康への影響についての情報の集積と開示が必要である。

このような化学物質のリスク評価、管理の重要性については、化学物質を取り扱う事業者においても多種多様かつ複雑な化学物質のリスク評価と管理を実施して行くことが必要で、その為にもその分野の専門家の育成が強く求められている。しかしながら、大学等における化学分野の専攻や学科のカリキュラムにおいてこの分野が重点的に取り上げられることが極めて少なく、十分な人材育成が行われているとは言い難い。

化学物質のリスクについては専門家だけでなく、時にその利用者である一般市民に対して分かりやすく伝えるとともに、リスクコミュニケーションの推進が望まれている。しかしながらこれまで、一般市民に対して行われたアンケート結果（日本化学会）などによれば、「合成化学物質は安全物質と有害物質に二分される」などといった認識をもって一般市民が少なくなく（約60%）、豊かな生活の享受のために必要不可欠な化学物質に関して、そのリスクに関する正しい情報をわかりやすく伝えることが重要となっている。

このため、今後の化学物質のリスク管理に係る重要な課題として、化学物質のリスクに関して、その評価、管理が適正に実施できる専門家（教育者）の育成、化学物質のリスクに関して、一般市民、小中学生などに対する基礎教育と啓蒙、なども挙げられ、これら裾野の広い共通基盤的な課題に対して今後の取り組みが望まれる。

2.2.5 現代社会における課題の集約

以上のような難しい状況の中で、部分的に最適な解ではなく、社会全体としても最適な解を見出し、実行していくために、いくつかの点を注意深く考え、適切な解を得る基盤を構築しなければならない。

(1) 総合的な評価手法の確立

ライフサイクル・アセスメント(LCA)に代表されるように、総合的な評価手法を目指した方法論が開発されているが、まだまだ現実のシステム全体を対象にして、政策や施策を評価する手法として使えるところにまで完成度が上がっていない。

現実には循環型社会の構築、3Rの推進という旗印の下で、個々にはリユースやリサイクルの動きが実行に移されている。しかし、そうした個々の動きは、例えばリサイクル率を若干引き上げることには貢献できても、トータルに環境負荷の軽減につながるようにならないおそれがある。評価の精度は次第に改善することにして、実際に使える手法として総合的な評価が可能となるようにすることが最も急がれる。

(2) 既存の体制を極力活用できる効率的でフレキシブルな体制

新しい組織を作るのが目的ではなく、新しい活動を起こすことが目的である。ゼロから全く新たな組織を設立するのは多大な労力と時間を要することになり、組織の設立そのものが自己目的化しかねない。むしろ既存の組織を適切にリンクさせながら、必要な情報や能力を有する人材を結びつけて活動できる組織の形態をとることが重要である。

(3) 継続的な体制の重要性

戦略の前提となる条件は、時間の経過とともに様々に変化する。従って、戦略自体が短期的目標から、中期、長期、超長期の各目標を包括的に含んでいなければならない。しかし、ある一時点での戦略や評価が出来上がることで目的が達成される訳ではなく、継続的に状況の変化をフォローアップし、事後評価の結果をフィードバックしながら活動を続けることが必要である。

(4) 情報基盤の確立

継続的に総合的な活動を行っていく基盤は、必要な人材の供給と、いかに十分な情報基盤を確立できるかにかかっている。従来の環境対策は短期的に最も効率的で成果を挙げ易いように、目的や機能により縦割りされた組織体制により実施されてきた。したがって問題とされる事象やその原因となる活動にしても、主たる問題点だけからしかとらえられておらず、情報もそうした側面についてのみ収集、

整理されてきた。人材についても、ある側面についての専門家は存在するが、総合的な観点から解を見出す専門家の養成はまだこれからである。

また、縦割りされた組織によって現状を分析・評価し、解を得ようとしても、そのための基礎情報が欠落していたり、関連情報がそれぞれ無関係に収集されている現実にぶつかってしまう。このことを回避するためには総合的な視点から収集された情報基盤が必要である。

(5) 専門家と教育者の育成

前述のように特定の分野における専門家は存在するが、総合的な観点から解を見出す専門家の養成はこれからである。エコトピア社会を実現するためには、総合的な視点から論じられる専門家が必要である。化学物質のリスクについては専門家に対してだけでなく、時にその利用者、消費者ともなる一般市民に対しても分かりやすく伝えることが望ましい。社会全般におけるリスクコミュニケーションの推進が望まれている。

2.3 エコトピア社会の実現に向けて

2.3.1 循環型社会をリードする環境技術

2.2節に述べた如く、環境技術は、その時代が直面した深刻な公害問題に対処して、人の健康と安全を守る務めを果たしてきた。近年、ダイオキシン対策が一巡し、これからは過去の負の遺産であるPCBや土壌に残留した揮発性有機化合物、重金属などの汚染物質の無害化・除去が新たな課題となることが考えられる。しかしながら、これらの環境技術は、課題の難易度は別として、いずれも個別対応技術の範囲内にある、と考えてよい。これに対して「エコトピア社会形成」は社会の全ての機能と活動単位を巻き込み、いわば国民運動の様相を呈している。即ち、エコトピア社会の形成は、Society Design（社会設計）を行うことにも通じる。環境技術はこれの担い手でもある。

(1) 「資源循環」コンセプトの変化

大量消費や大量廃棄は、埋め立て処分場の逼迫を直ちに招いた。廃棄物(資源)循環は処分場の残余年数の確保と、埋め立てコストの高騰を抑えるための直接手段としてスタートした。

2001年1月、「循環型社会形成推進基本法」に始まり、次いでリサイクル5法の施行が「資源循環」の流れを生み出

し、現在この動きを加速している。この流れの中において、「資源循環」コンセプトにも、微妙な変化が見られる。即ち、2001年4月、「改正リサイクル法」が施行され、3Rデザインがリサイクルの様態と優先順位を規定した。優先順位1位のReduceは「廃棄物発生抑制」、即ち、「原材料使用抑制」を規定し、ここに動脈産業側の関与を明確に要請している。さらに、2001年11月、循環型経済社会に関する専門調査会の間とりまとめでは、「動脈産業のグリーン化」を繰り返し謳っている。「循環」は「廃棄物ありき」ではない。「循環＝物流」自体に労力とエネルギー消費、即ち環境負荷を伴う以上、循環量を抑えることも重要な因子である。動脈産業のグリーン化はこの概念に通じている。環境技術の展開には、動脈産業のグリーン化、または静脈・動脈産業の一体化に強い意志を持たなければならない。エコトピア社会においては、動脈には安全・健康を確認した化学物質を流通させることが極めて重要である。

(2) 環境技術は充足しているか

静脈産業における個別対応技術は、今後更なる高度化の余地はあるにせよ、品揃えは整っている。むしろ立地や物流コストを考慮した上での技術の選択や、技術の組み合わせが中心課題となり、マネジメントが重要になる。2003年1月には土壌汚染対策法が施行される。汚染土壌の浄化は今後の課題であり、不確定要素が多いことから、試行錯誤を伴うであろう。また、ここにマネジメントがクローズアップされることになる。

動脈産業のグリーン化や動脈・静脈産業の一体化は、生産から廃棄・回収のラインに繋がる当事者間のマネジメントに委ねられるが、環境調和型の新素材・新製品の開発には、新たな投資を必要とする。エコトピア社会の実現を早めるためにも、この種のマネジメントに関するデータの共有化が望まれる。一方、一般廃棄物の処理においては、自治体と民間事業体との連携が進行中であり、特に産業廃棄物との相乗り処理や広域物流などには、官民の協力が欠かせない。

以上要約すれば、エコトピア社会の形成には個別処理技術に加え、取り組み体制を含めたマネジメント能力の充実が強く要望される。

(3) 地球環境問題とエコトピア社会

焼却を主体とした廃棄物処理は、長く静脈産業の位置に置かれ、エネルギーを中心課題として取り組む地球環境問

題とは、過去において距離を隔てていた。しかし廃棄物をエネルギー資源とし、「資源消費抑制」を謳う循環型社会においては、両者は、話題も狙いも共通である。リサイクル5法に誘導された形で、一般ごみからの他にも、生ごみ・汚泥・建設廃材・バイオマスからの発電・アルコール生産に名乗りをあげる事業体は少なくない。政府の掲げた、「新エネルギーを一次エネルギー総供給量の3%とする」目標の中では、廃棄物由来のエネルギーが35%を占めている。これを達成するためには、公的研究機関、シンクタンクおよび各学会は、「部分主義」や「インディビジュアル志向」を捨て、互いに協力しあって行動すべきである。

循環型社会については、種々の提案が出されているが、それらの適否は不透明である。この時、国または、それに代る機関の方向付けは非常に重要であり、「総論」と、「各論」が遊離する危険性には充分注意しなければならない。本記述の背景となったエコトピア社会の概念を図1に示した。

2.3.2 環境技術の技術革新

エコトピア社会が21世紀の人間社会が追求する姿であることには論を待たないが、「エコトピア社会実現に貢献する技術革新」という表現は、やや「後ろ向き」のイメージを与え、おそれがある。その意味で第一に大切なことは、エコトピア社会の実現に向けた学術と産業技術とが「前向き」で「魅力のある」ものでなければならず、そのために産学の議論を尽くすことが必要である。いま世界で進められているGSC (Green and Sustainable Chemistry) でも、また最近の「リスク削減」プログラムでも、その推進の真の原動力として「後ろ向きイメージの刷新」と「“新しい物質の創造”という本来の化学の役割をしっかりと加えた理念の構築」が必須である。過去に例をみても、日本では静脈技術としての公害防止技術に世界に誇り得る成功例があり、それだけでなく自動車のNO_x対策や各種触媒技術、イオン交換膜法塩素製造技術のような静脈機能を超えた技術にも世界に誇り得る成功例がある。

2.3.3 新たな産業創生

エコトピア社会の実現に向けた新しい産業の創生には、これから出現するであろう新分野を含めて、全産業分野にわたる学際・業際的技術革新が必要であるはずである。そのような目的で、化学及び化学技術が生む新産業の将来を描く必要がある。その新産業とは、日本の経済を再生するものでなければならず、総体として静脈と動脈即ち組織体



図1 エコトピア社会の俯瞰

全体にわたり、かつ学問的にも体系化された基盤の上に立つものでなければならぬ。化学系3学会も参加しているJCII（化学技術戦略推進機構）では、2000年6月に化学技術戦略推進会議第3回報告として、「新化学技術体系とロードマップ（副題：化学技術戦略の実現を目指して）」という報告書をまとめた。この報告書は2025年の化学産業の姿とそれに至る道筋を記述している。そこでは、環境目的技術だけでなく、環境対策技術を基盤として意識しつつ、新たな基幹技術及び市場の創生をめざした化学技術の体系化が目的となっている。上記報告書が全てを網羅しているわけではないが、化学技術のエコトピア社会実現に向けたひとつの体系的アプローチを試みたものと考えられる。環境面を重視するといっても、原始的社会への回帰が可能なことは明らかである。しかし、環境に関わるコストと高な社会も目指せない。環境コストや環境税を考慮するといった議論も重要であるが、結局は人間活動のモーティベーションが必須である。産業における自主活動は「自浄機能」であり、これを育てることが健全な社会の実現の基盤である。エコトピア社会の実現もそのように進めることが望ましい。そのためには、科学技術に対する正しい認識を社会に定着させる必要があり、教育・啓蒙が必要である。産業活動における「規制」と「自主活動」は車の両輪であるが、常に自主活動を優先すべきである。間違った規制は社会に無用で過大な負担を与えるからである。規制をする場合には、学問的な根拠と貿易問題も含めた国際的な一モナイゼーションが必須である。歴史に学び、社会科学、人文科学を加えて考えることは大切な基盤となる。人間を研究し、科学しつつ進めることが最も早くかつ確実な手段であることをここに指摘しておきたい。

2.3.4 Do Tank の提案

上記した議論をもとに、エコトピア社会を実現するために日本が持つべき新たな仕組みとして、実行プロセスまでも視野に入れた、政策策定・実行支援機関として、いわば従来型の Think Tank に対して Do Tank(仮称)を提案したい。Do Tank とは、実行手段を選択し企画する機関として考案された名称である。日本において Think Tank に新しいマネジメントを適用する動きが出ているが、あくまで政策創出のプロセスまで、実行のメカニズムに立入って提言し、支援業務を行うなど、Do の現場にまで踏み込んでいない。また、自然科学の専門家が、社会科学も視野に入れながら、総合的に政策策定の中枢に入り、自立的に実行の場に踏み込むような動きはほとんどない。

そこで、Do Tankとして、従来の Think Tank にない以下の特徴を備える機関を提案したい。

機関は、公正、中立、信頼の性格を備える。従って、本提案の趣旨からも、その組織は、非営利法人組織であることが望ましい。

従来、社会科学、自然科学ばらばらに行われていた政策形成プロセスに、新たな領域統合された学術の領域を打ち立て、その実行までを行う。

その領域においては実行のための設計手法の開発と、設計のための情報入手システムおよび領域細分化した知識の関連性を構造化して、領域横断型の「知識の構造化」システムを研究開発する。(この領域を仮に社会設計工学と呼ぶことにする。)

経営的には独立性の高いものにする。社員は政策策定専門家にとどまらず、Do Tank の理念に賛同して、ことを起こす意欲のある人材の参加が望ましい。独立性を保つためには、公的機関からの助成だけでなく、自らが収益事業を行ない財政的にも独立することも視野に入れる。ただし、経営ボードメンバーは外部(アカデミア、官庁、産業界など)から識見ある人材を入れる。

政策策定にかかわる「政・官」、実行の場の「民」(市民、産業界)、人文社会科学を含めて統合的な視野による知識の提供が可能な「学」、すべてを横断するネットワーク体制を形成して運営する必要がある。このような統合的性格の活動を行うために、人文社会科学から自然科学まで幅広く横断的に構成員を有する日本学術会議の下に設置され、運営されることが望ましい。日本学術会議の Do Tank へのこのような関与の仕方は、現在、「日本の計画」で議論が進められている、日本学術会議の今後の在り方の議論に沿うものである。(「学術の動向」, 2002年6月号)

以上のような、これまでにない特徴を有する組織を実現するためには、どのような組織形態と実行内容でなければならぬだろうか。従来型の Think Tank の、調査・解析・研究・提言というプロセスは、Do Tank においても引き継がれる。しかしながら異なるのは、実社会の複雑な問題に関するダイナミックな情報を収集し、その背後にある本質を抽出して設計に反映させることができる人材の存在である。彼らは、アカデミアと共同で、社会設計のための手法を開発するとともに、常に社会の現実問題への適用を念頭において、策定から事業にいたるまでその実行現場に入りこむ。したがって、アカデミアの研究者というよりは、社

会の実行の仕組みを現実知っている人間であり、ある目的を成し遂げるためのプロセス（経営手法）を身に付けていることが必要となる。そこで、Do Tank の活動は以下のようなものになる。

情報収集システムの構築：

現在、素性のよい膨大な情報が官庁に蓄えられているが、官庁間あるいは、社会を横断するという観点では、十分に利用されていない。これらの情報を効率的に集約するだけでも、日本のエコトピア社会を構築するための有力な実行支援システムとなる。現在、存在しないこれらの情報収集・解析・統合システムを、Do Tank が構築し、運用する。

エコトピア社会構築のための調査・研究：

既存の Think Tank と同じく調査・研究を行うが、領域横断的で、文理融合、全体システムに関する定量的な評価という困難なテーマが主題となる。従って、アカデミアや社会の各層の専門家とネットワークを組み、大きなプロジェクト研究を実施することが必要になる。具体的には統合化 LCA (Life Cycle Assessment) の開発などがその代表例といえよう。Do Tank での研究テーマは、学問体系を作るのではなく、社会に役に立つ分野になる。研究成果は実社会への適用結果によって評価され、研究者自身の評価もそれにより決まる。このようにして質の高い仕事がなされ、政策と社会をつなぐ専門領域において実践に強い人材が育ち、学・官・産への人材移動、キャリアパスの機能を果たす。また、研究成果は様々なメディアで公開され、社会のニーズをあわせて、出版事業や様々なシンポジウム開催事業を行う。

エコトピア社会実現のための国家レベルでの政策立案・策定：

Do Tank の主要なミッションはエコトピア社会設計という国家レベルの政策立案である。したがって、Do Tank がどの機関に所属しようとも、エコトピア社会設計に係わる政策立案に関して行政府から事業を受託することが中心となろう。また Do Tank は、立法に直接携わる政治家や官僚と共に、特定テーマのワーキング・グループを作り、政策策定の現場に直接入ることも行う。場合によっては、Do Tank を離れて、政策実行の場に入ってもよい。従来の Think Tank のように調査、提言の枠内にとどまるのではなく、自ら立案した政策を実現するためには、人材移動を通じて社会とダイナミックに交流する場を提供する。

社会の個別のセクター（自治体、企業、市民レベル）に対する支援事業：

Do Tank は、自ら構築した情報収集システムと、得られた情報・知識を構造化した「知識の構造化」システムをインフラストラクチャーとして持つ。さらには、統合化 LCA を含む有力な評価手法を手にしている。従って、これら様々なインフラストラクチャーや統合的評価手法を用いて様々な支援を行い、自らも事業を起すことができる。すなわち各セクター単独では出来ない俯瞰的な解析や事業計画のたぐいに必要なシナリオ作成に対し、様々な技術指導や支援を行うことができる。従って、これらを自らの収益源とすることもできるし、スピンアウトカンパニーとして事業を独立させることも考えられる。このように Do Tank は政策提言のレベルから、実社会における産業の創生支援にまでコミットして、新たなエコトピア社会の構築を促進させる触媒的機能を果たすことも可能である。

非営利法人の経営と自立人材：

近年、日本においても、「特定非営利活動促進法」（NPO 法）の制定以後、草の根レベルではあるが、「特定非営利活動法人」（NPO）が急速に立ち上がっている。Do Tank のような国家的使命を持つ組織においても、市民活動 NPO と同様の組織経営を採用することにより、自立的運営が図れるのではないかと考える。強力なリーダーと共に組織の理念に賛同する人材を配し、ネットワーク型でオープンな組織を経営を行う。それは優良なベンチャー企業の経営とほぼ同義であるが、国家レベルの公共目的機関としてもそのような経営ができなければ、社会の再構築という大事業もおぼつかない。その鍵は組織形態ではなく、中に働く自立的人材である。すなわち、経営を行うのは人であり、成功させるのも人である。

2.4 第 2 章のまとめ

我々が目指す「理想の社会像」をエコトピア社会とし、エコトピア社会をめざす持続可能な循環型社会による環境生態を守る社会と位置付けた。現代社会が抱える環境問題に焦点を絞り、その歴史的変遷を俯瞰し、環境問題への対応の仕方について解析した。また、化学物質のリスク管理という重大な問題についても、技術課題を明らかにした。本章で述べた問題は個別技術の集合体のみでは解決できない。個別技術を統合化し、複雑系システムのダイナミクス

を評価することにより、個別技術の評価と技術開発の方向をナビゲートする必要がある。しかも、社会の仕組みやライフスタイルの変化（リスタイル；Restyle）と経済活動とのリンクを考慮した統合化システムを構築する必要がある。これまで、様々なLCAが実施されているが、これらを統合化するだけでは不十分である。なぜなら、LCAの多くは縦型であり、横断的なLCAが必要になる。さらに、俯瞰的視点を有したLCAが必要になる。

また、具体的に「統合化」を実現するために、従来型のアカデミアや官主体の「Think Tank」を一步進めた、実践的な「Do Tank」を提案した。これまで、様々な各論や総論が出され、実行されている。しかし、これだけでは不十分であることは自明である。何が足りないのかを検討した結果、「統合的立場に立脚した実行」が必要であると結論づけた。すなわち、科学技術に基づいた個別研究や総合的研究を生かして行くためには、「統合的 Do Tank」が必要になる。そこでこのミッションと組織形態についても検討を加えた。この Do Tank は、日本学術会議の下に設置され、活動することが望ましい。

資源循環の全体を包括的に見て、社会全体として資源の利用効率を上げ、循環的利用を促進することにより、新規の資源開発を抑制する。環境中に排出され、廃棄される資源やエネルギーを最小化するような社会システムを構築し、社会としての活性が低下せず生活水準の質的向上と環境負荷の低減が両立する経済社会の発展を実現する。以上のようなエコトピア社会を実現するためには従来型の組織や運営では困難であり、Do Tank の提案のような新たなチャレンジが必要と考える。

3. エコトピア社会をめざすグリーン ケミカルエンジニアリング

エコトピア社会をめざす持続可能な循環型社会における社会・産業構造をどのように捉えるのかという大問題は、日本学術会議の多くの分野が取り組む課題であり、その実現のために、第2章では「統合的 Do Tank」の必要性和自然科学のみならず、人文・社会科学分野から取り組む課題が多いことを示した。しかし、本章では、その中の一つである化学工学の視点からの議論を記述することにする。

3.1 グリーンケミカルエンジニアリングとは

3.1.1 化学工学の特徴

化学工学の特徴は「統合化」の方法論を有していることにある。化学産業の勃興から成熟に至る過程において、様々な製造プロセスを横断的に「単位操作」という概念で統一することにより、既存の製造プロセスの解析と設計のみならず、新たなプロセスの提案と実現を成し遂げた。異なるプロセスを単位要素（単位操作）に分解し、要素間の結合をシステムとして捉え、システム工学を確立した。つまり、単位要素（単位操作）と全体（システム）を統合して、俯瞰する方法論が化学工学にある。この理念のもと、化学工学は様々な分野に応用された。機能材料の分野においても、「単位操作」と「システム化」の概念は十分に適用され、ナノテクノロジーやバイオテクノロジーにおいても新たな応用が始まっている。さらに、物質の変換や創製の応用だけでなく、「化学や材料の知識」を構造化し俯瞰する分野への適用が始まっている。例えば、材料ナノテクノロジーにおいて、様々な材料をナノの視点から統合する「知識の構造化」という技術プラットフォームの構築を実施している。これらが化学工学の際だった特徴である。つまり、要素の個性を解析し統合するシステムの思考が化学工学の最大の武器であり、特徴である。

統合化システムの構築は現状の方法論だけでは不十分であり、社会システム設計のための新たな方法論の開発を行う必要がある。つまり、社会の変化が急激な時代には、「ダイナミックな統合化システム」が必要になる。この方法論の萌芽は、エマージェントシステム論、非線形ダイナミクスや非平衡相転移などの複雑系システム論に既に見られている。社会設計の方法論として、これを積極的に活用する

必要がある。「ダイナミックな統合化システム」を構築する
には、様々な分野における知識の構造化と、環境情報や環
境技術に化学工学はこれらに例えれば、公害問題、公害問
野に化学工学はこれらに例えれば、公害問題、公害問題、
またクイズの安全な社会の発展の革新の個性の個性の個性
と、基礎的物質の安全な社会の発展の革新の個性の個性の個性
な化学工業の安全な社会の発展の革新の個性の個性の個性
化や環境化学の個性の個性の個性の個性の個性の個性の個性
るいて、個性の個性の個性の個性の個性の個性の個性の個性
ンケミカルエンジニアリングの個性の個性の個性の個性の個性
の個性の個性の個性の個性の個性の個性の個性の個性の個性

3.1.2 エコトピア社会への貢献
バブル崩壊後の混乱期を経て、21世紀初頭の現時点にお
いて、明確に中国の脅威が迫られている。これは、原料と
の低迷、短期的な対応が迫られている。これは、原料と
な食糧問題への対応が迫られている。これは、原料と
環境問題への対応が迫られている。これは、原料と
が重大な問題にも直面している。これは、原料と
ネルギー源も、1980年代にはGNPが世界第二位の工業大
成長した。しかしながら、バブル崩壊の時期を経て、も
や従来の大生産・大量消費の社会構造、産業構造では今
のグローバル社会において対応して行けないことが明らか
である。化学工業界においても少量多品種生産システムの
構築と、情報社会に組み込まれた生産システムの構築が必
要不可欠な時代となっている。我が国の産業は常に世界
技術レベルよりも一歩先んじた技術ノウハウを以て、研
れに発展は望めない。このためには研究者の育成、研究開
な対する十分な資金を供与し、このように重要な技術立
社会システムの構築のためにも、化学工学もエンジニア
社会の一分野である。以下に
りなければならない。以下に

3.2 3R 対応のための抜本的な生産工程の刷新

リサイクルから始まった“R”活動も、その後 Reduce が最優先となり、いわゆる“3R(Reduce, Reuse, Recycle)”の重要性が提唱されてきた。さらには、この3Rを推進するために、リ・スタイル(Re-Style) - ライフスタイルとビジネススタイルの見直し - の促進の必要性が強調されている。まず、技術として対応すべき課題はこの“3R”であろう。

3.2.1 プロセスの強化・高効率化

エコピア社会すなわち持続可能な循環型社会の実現を目指して、環境・安全・健康へのリスクを最少にすると同時に、実現可能で経済的なプロセスや製品を設計しようとするグリーンエンジニアリングのコンセプトが展開してきている。つまり、持続可能であると共に経済的にも成功し得る発展を目指したものであり、産業の視点から考えれば、エコロジーと経済の両面から製品の全サイクルを検討する必要がある、環境に優しく経済的な製品やプロセスを得るために、既存のものの改良だけでなく、研究開発段階へも注目しなければならない。そして「統合、融合」のコンセプトと3Rのコンセプトの両コンセプトに基づいて、「環境」、「安全」、「健康」の管理を統合的に行う必要がある、高効率プロセス技術についてもこうした観点から捉えるべきであると考え(図2)。

最近、化学プロセス技術の分野で話題となっている問題の多くが“プロセス強化(Process Intensification)”のビジ

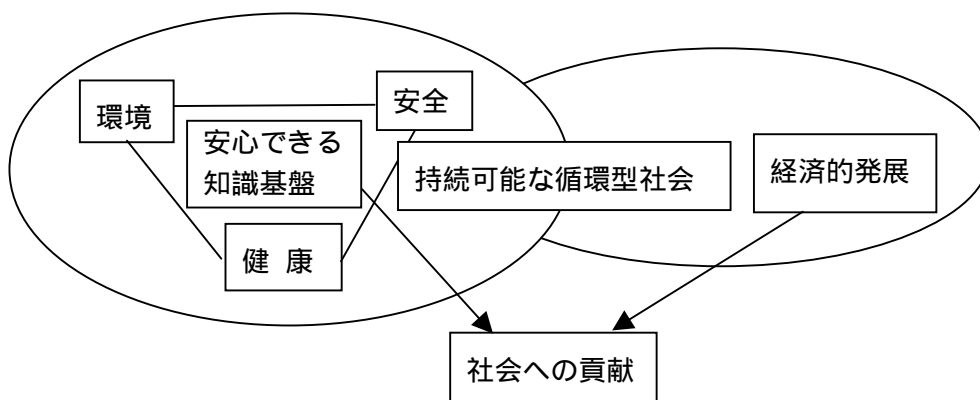


図 2 環境、安全、健康の融合と経済的発展に支えられた持続可能な循環型社会(新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)監修「化学物質とリスク」オーム社(平成13年)p.96)

ヨンと少なからず関連して展開されてきている。プロセス産業における世界規模の競争激化のため、プロセス設計の手段の変更を求められ、原材料費、資本投資、エネルギー消費、在庫量の削減やプロセスの柔軟性、安全性、環境調和性の強化が重要なテーマとなっている。従来の化学プロセスの概念を変え、コンパクトで、安全で、エネルギー効率が高く、持続可能な高効率プロセスを実現するための新しい装置設計とプロセス設計の技術が求められている。

図3にみられるように、革新的装置（マイクロリアクター等）、ハイブリッドプロセス強化手法（多機能反応、ハイブリッド型分離操作等）と代替エネルギー源（超音波、レーザー、プラズマ、電気化学的手法等）を組み合わせたプロセス強化のための設計技術に関する話題が注目されている。設計段階から「プロセス強化」を図ることが重要視され、これは「本質安全設計」のコンセプトと合致した考え方でもある。本質安全設計に基づくプロセス強化の指針は、「危険物質の所在量を最少化し、より少ない所在量で同じ処理量を成し遂げる」ことであり、小さな装置と少量の原材料から高い生産性を生み出すことを目指した「本質安全

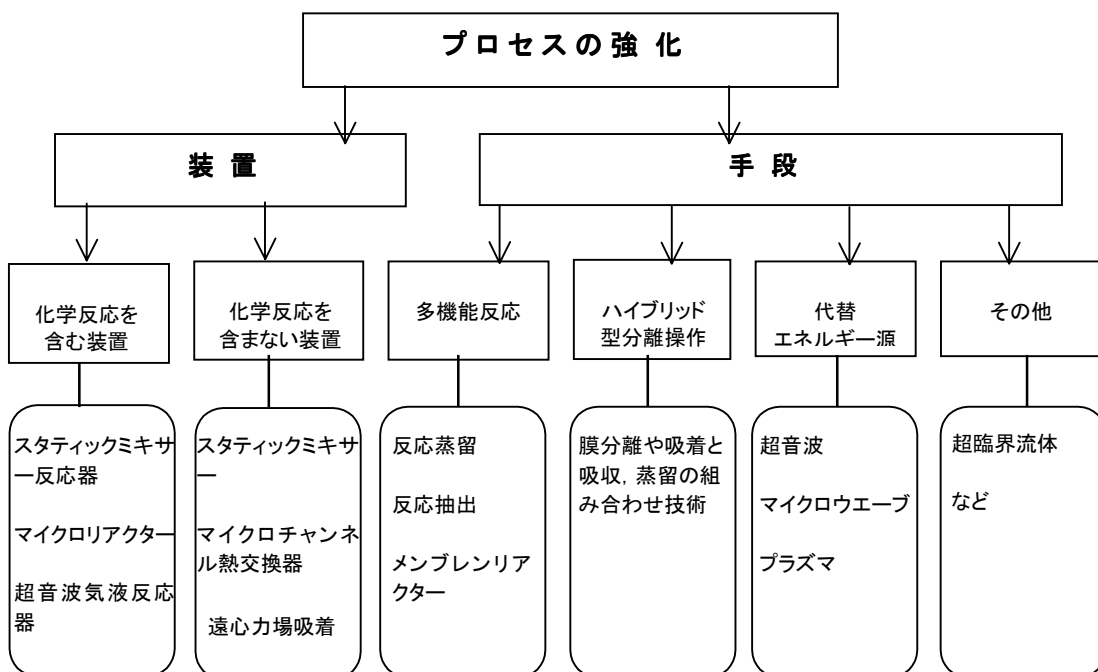


図3 化学産業におけるプロセス強化の手段
(Chem. Eng. Progr., 96(1), 22-34 (2000))

プロセス強化による高効率プロセスの実現」が重要な課題である。このことより、投入資源およびエネルギーの極少化（Reduce）が可能になる。

持続可能な資源循環型社会、つまりエコトピア社会を実現するためには、現状の「物質変換プロセス」、「エネルギー変換プロセス」、「生命系変換プロセス」の間に存在する不均衡を矯正していく必要がある。物質・エネルギー・生命系が調和したシステムを築くために、アセンブルとディサアセンブルが調和した持続可能な化学プロセスの手本が必要である。その手本を、時を経て最適化されてきた「知的な人間のプロセス」に求めることは意味があり、このことから「知的人間プロセスに学ぶ化学プロセス技術の検討」が重要であると考えられる。人間は非平衡、非線形な開放型複雑システムであり、各種のエネルギーや物質を取り込みつつ物理的・化学的変換を施した上で、再びエネルギーと物質を自然や社会に戻している。また同時に各種情報を取り込み、知識や知恵の形で学習し、また社会へ還元している。すなわち人間は「食糧、各種物質、エネルギー」と「社会の各種情報」を取り入れて「知的生命体としてのプロセス」を成している。そこでは、物質、エネルギー、情報の全てのアセンブルとディサアセンブルが調和し、内部循環と入出力とのバランスが絶妙に保たれてきている。この調和とバランスは人間の先天的かつ後天的な情報管理機能によって実現されていると考えられる。このような優れた情報管理機能を知的コンピュータで実現した「人間に学ぶプロセス情報管理」によるプロセス強化が期待される（図4）。情報の再利用（リサイクル）など、情報量（情報エントロピー）のむやみな増加を押さえる機構が人間の知的情報管理機能の特徴であることを強調したい。

3.2.2 製品の長寿命化と共通部材のリサイクル

持続可能なエコトピア社会を構築するために、有限な資源を極限まで長持ちさせて使用する、環境負荷の排出を環境の自浄能力の範囲にとどめる、人間活動の生態系の機能を維持できる範囲にとどめる、不可逆的な生物多様性の減少を回避する、ことが2000年12月に決定した我が国の「環境基本計画」に謳われている。

製品の長寿命化を図ることは、製品に使われる材料資源の消費を減少させるとともに、原料資源から原材料を作り出すためのエネルギーの減少にもつながり、また環境負荷の低減を図ることが可能となり、上の、に対し最も効果のある方法であるといえる。すなわち製品の長寿命化は

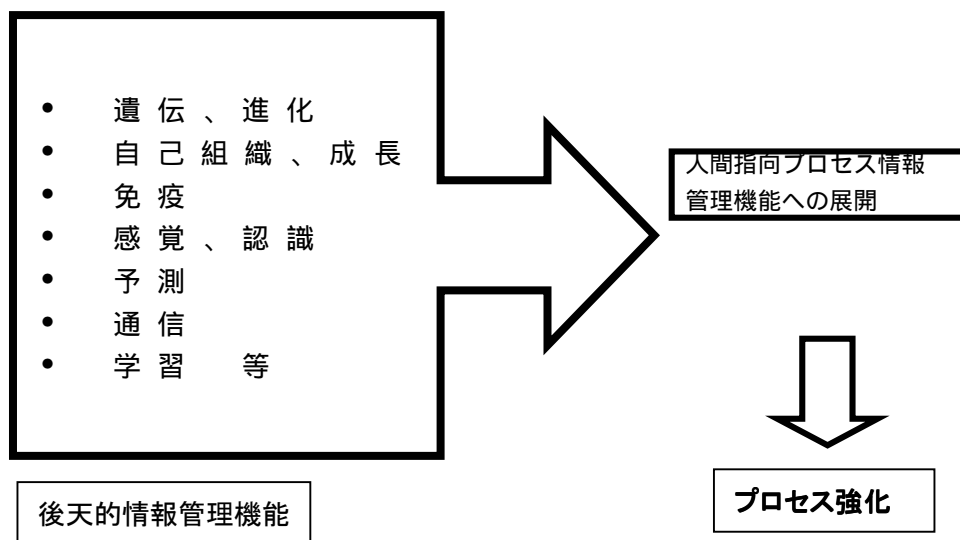


図 4 人間の調和・バランスを保つ情報管理機能のプロセス強化への展開

エコトピア社会の構築に主要な役割を果たすものであると理解される。

長寿命化に関連して、産業を横断して使用できる共通部材の開発と、製品への物理的・化学的組み込みを可能とする産業構築を目指すべきである。さらに、製品の長寿命使用と故障した場合は共通部材のみの交換を可能とするサービシシステムの構築（いわゆるリース型社会の構築）が重要になる。「製品の長寿命使用と共通部材リサイクル」については、既に自動車・家電等の製品設計において取り入れられつつある概念であるが、化学工学が関連する製品群についても同様の概念を適用する必要がある。例えば、高分で子材料、電子部品材料などにおいて、自由競争の環境下で生れるであろう新製品の展開を阻害することなく、長期的な視野に基づいた共通部材の選定とリサイクルおよび製品の長寿命使用を社会的なコンセンサスとして達成して行くことが重要である。さらに、このような共通部材の開発と選定に対して持続可能な社会における価値観が反映されることにより、新規物質の創製とその生産プロセスの開発がエコトピア社会の構築に重要な寄与をすると考えられる。

「長寿命使用と部材リユース・リサイクル」が循環型社会の構築には効果的な手段であることは間違いがないが、資本主義経済とは相容れない問題が存在する。資本主義経済においては、プラス成長が原則であり、成長が止まれば社

会全体の崩壊につながる。「長寿命使用と部材リユース・リサイクル」活動を活発化すればするほど、その製品の生産活動は鈍ってしまい、産業の不活性化を招くことが予想される。エコトピア社会に対する社会の認識とライフスタイルの変革を伴う大きな動きのなかで、「長寿命使用と部材リユース・リサイクル」が今後実現されていくと思われるが、一方では資本主義経済との矛盾をどのように解決していくかが極めて重要な鍵になる。この矛盾の解決のためには、工学のみならず、自然科学、人文科学を含めた「ひとの英知」を結集することが必須である。このような観点から、日本学会の多くの分野で議論することは重要である。また、先進国と途上国の関係も大きく影響する。先進国は資源消費および環境負荷物質の排出を今以上増やすことがないよう循環型エコトピア社会を早急に構築する努力が求められており、また、途上国の発展のために、循環型エコトピア社会を構築するための技術、社会資本などを提供し、地球全体としての循環型エコトピア社会を可能な限り早く築くよう努力することが求められている。

3.3 ゼロエミッションをめざした循環システムの構築

3.3.1 局所物性を高度に利用するマテリアルフローの構築

一つの物質が種々のローカル物性(形態、ミクロ諸物性、エンタルピーなど)を合理的に、順番に利用して行く技術と産業構造の開発(Specialty製品からCommodity製品への転換)を実現すべきである。

ある物質の特性を生かした製品を生産し、一度それを消費すると廃棄物としてしまう現在の社会構造を改める必要がある。高度の処理技術によりリサイクル製品の高性能化を可能とすれば、物質の利用効率が格段に上昇すると考えられる。それぞれの物質は種々のローカル物性(形態、ミクロ諸物性、エンタルピーなど)を持っているので、それらを合理的に、順番に利用して行く技術と産業構造の開発(Specialty製品からCommodity製品への転換)を実現すべきである(図5)。図中でエクセルギーといった専門用語が用いられている。これは有効エネルギーとも呼ばれるもので、大気環境を基準として対象物質がどれだけの仕事をできる能力(最大仕事)を示す熱力学的パラメータである。このエクセルギーが高い状態から低い状態へと順次使用していくことが、熱力学的にみてベストの経路となる。現在の産業構造において、企業が利潤追求のために製品を作る場合は、上記のマテリアルフローの発想が出てきにくいと思われる。そこで、化学工学研究連絡委員会が主導し

Specialty 製品からCommodity製品への転換

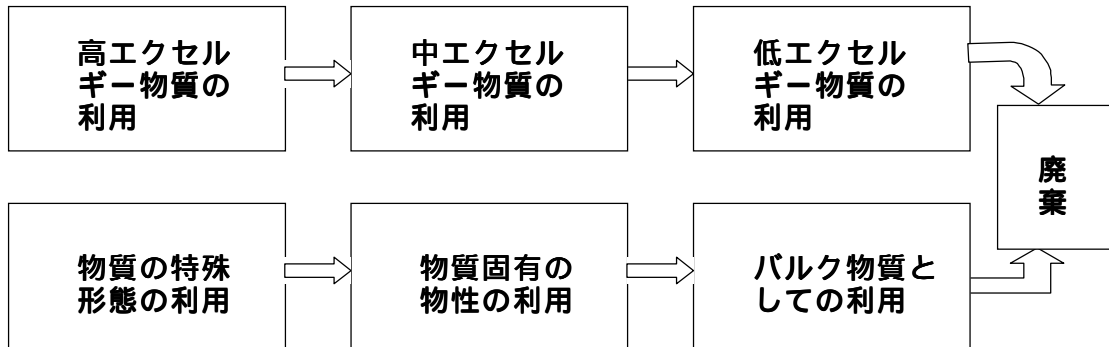


図 5 局所物性をうまく利用していくマテリアルフローの構築

て「局所物性をうまく利用していくマテリアルフローの構築」すなわち、「物質 - 廃熱のシーケンシャル・ユース」の実例を示し、企業の生産活動における地球環境の倫理を明確にして、本項目の概念を普及させて行くことが重要である。

3.3.2 自然エネルギーの産業・民生への流入スキームの確立
 クリーンエネルギーとして種々の自然エネルギーの開発が行われているが、中でも近未来において大量のエネルギーを賄える可能性があるのはバイオマスによるエネルギーであろう。バイオマスの効率的なエネルギー転換技術を開発し、輸送コストを低減するために分散型の工業生産体系を確立する必要がある。このような新しい産業体系の中にマイクロエンジニアリングによる生産プロセスが組み込まれるべきである。バイオマスおよびバイオ系の廃棄物の効率的なエネルギー転換技術の開発と、その産業化を支援する技術の開発・統合を化学工学の近未来における一つの柱とすべきであると考え（図6）。また、このようなシステムでは、輸送コストを低減するために分散型の工業生産体系を確立する必要があり、化学工学はこのような新しい産業体系の構築に寄与できるであろう。
 分散型工業生産システムは必然的に地域の環境との調和

を図ることが最重要課題となる。里山構想など（次節参照）

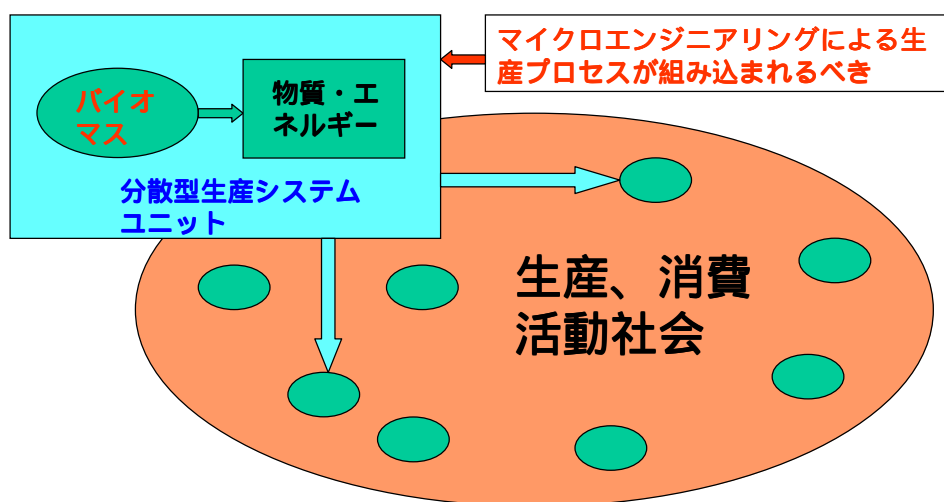


図 6 自然エネルギーの産業・民生への流入スキームの確立

地域社会の特質と密接に関連した生産・消費活動と循環システムの構築が重要であると指摘したい。

3.3.3 異業種間循環型社会システム構築

地球資源・エネルギーの大量採取・消費、廃棄物の大量排出に伴う人間環境および自然環境の劣化をエンド・オブ・パイプ的な発想で解析しようとするシナリオを再考する必要がある。廃棄物ありき、循環ありきといった通俗的な考え方を一掃して、生産・消費・循環サイクル系における物質・エネルギーの多元的かつ統合的なネットワークシステムの開発を進めることが重要である。このような物質・エネルギーの効率的な循環を実現するためには、ある地域、ある国内での取り組みを超え、広く言えば地球規模で考えることが必要である。それらの物質・エネルギーのフローは、ある地域、ある国に限定されるものではないからである。一方、ある限定した地域（要素）で効率的なシステムが実現したとすれば、それはある国さらには地球規模へも拡張できる可能性を含んでいると期待される。

我が国の全国土面積約 37 万 km² のうち、居住および産業活動に適した平坦地は 20% に過ぎない。この狭隘な国土で、高密度な経済活動を維持しながら人間活動を支えるためにはどのような機能が必要であろうか。小資源・小エネルギー消費と低環境負荷の下でこの機能を提供するためには、我が国の独創的な資源・エネルギー循環システムのモデル

化と地域への導入を実現させる必要がある。

我が国の地理的特性から、居住および産業活動に適した地域の近郊には、里山（比較的良質な生態系）が点在している。この里山は自然（生態系）を含んだトータルシステムの好例であり、物質・エネルギーの循環系の一部として取り込む必要がある。さらに、各地域には地域固有の伝統・文化が脈々と生き続けている。地域における伝統・文化を基盤とする地理的および社会的な特性を生かした社会システムこそ、人類の福祉・発展に繋がる循環型エコトピア社会システムの基本であると言える。地域における物質・エネルギーの流れ、循環系の基本概念を都市、自治体、国家に拡張し、同時に各単位間の取引を考慮した社会システムを階層的に組立てることによって、広域な循環型エコトピア社会システムの実現が可能となる。

このような観点から、循環型エコトピア社会の構築に化学工学がどのようにかかわっていくべきであろうか。また、循環型エコトピア社会における産業構造をどのように捉えていくべきであろうか。この問題提起と問題解決方法の提案が新しい体系としての化学工学の創成につながるであろう。

真の循環型社会システムの基盤となる物質循環・エネルギー利用形態を考えるにあたって、地域の特性および文化・伝統を十分に理解し、地域の人口、産業形態、事業所、植生分布等人間活動にかかわるあらゆるユニットを具現することが重要な課題となる。このためには、従来、「物作り」を主体に考えてきた古典的な化学工学的手法に加えて、物質及びエネルギーの価値評価とそれに基づく物質・エネルギーの多面的かつ統合的なネットワークシステム構成に関する工学的および社会工学的アプローチが有機的に融合されねばならない。

3.3.4 異業種ネットワーク構築の事例とその特徴

ここでは、我が国の独創的な資源・エネルギー循環システムのモデル化と地域への導入について、異業種間循環の面から検討し、化学工学が貢献し得る課題を整理する。

(1) 地域の伝統・文化を基盤とする産業形態

我が国には、地域の伝統・文化に培われた地域特有の産業が数多く見られる。なかでも、焼酎産業は、原料の調達のみならず、良質な水が大量に確保できる地域に生れた代表的な地域産業の一つである。この産業の課題は、焼酎の量とほぼ同程度排出される焼酎粕から、粕に含まれている様々な有用な物質を分離し、付加価値の高い商品を製造す

る高度な処理技術およびプロセス技術の開発と商品化技術の開発にある。焼酎粕から医薬品、生分解性プラスチック、機能性食品、畜産業・水産業飼料、農業用肥料等が生み出される。様々な要素技術の集積化と事業化を図ることにより新産業が勃興し、焼酎産業を基盤とする異業種間ネットワークが新たに形成される。このことは、地域社会のニーズに適合した新たな社会システムの構築に繋がる。

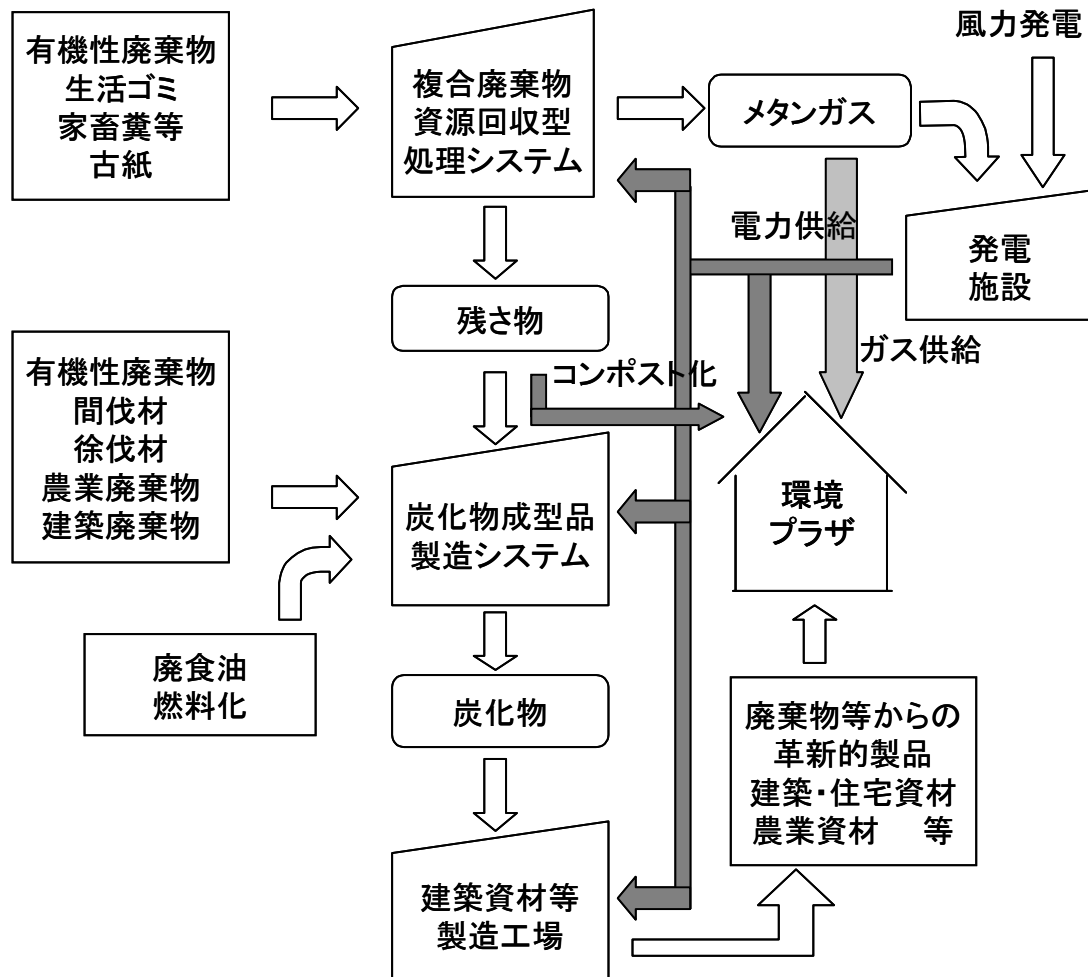
(2) 地域資源循環型社会システム(循環型社会システムとしての「屋久島モデル」; 図7参照)

環境は「地域」、「国土」に依存するという視点から、地域や国土固有の独創的な資源・エネルギー循環システムのモデル化を行い、低環境負荷循環型社会を構築し、地域活性化と自然環境保全の両立が可能な循環型社会システムを実現する。

屋久島内への資源のインプットとアウトプットに基づく地域産業連関および域内物質フローの解析により、最終処分量および域内への資源・エネルギーインプットの最少化を指標とした地域物質・エネルギー循環モデルの提案とモデルに基づく資源循環システムの構築および新技術開発の推進を目指している。これと並行して、屋久島の産業連関状態および経済動態を把握するために、環境経済学、地域経済論、地域社会論などの理論や分析手法を統合的に活用して、循環型エコトピア社会の理念の確立及び生産、流通、消費の改変を踏まえた「循環型経済社会システム」のあり方および実現のために必要な条件が示されている。

これらの要件をまとめると、

1. 循環型エコトピア社会構築を推進する情報データベースの構築と多元分散型エネルギーシステムを共役する地域物質循環システムの設計。
2. 未利用物質を特異な反応システムを利用して、階層的に有効利用する再資源化技術の地域物質循環への導入、および非意図的生成物質の発生および有害物質の拡散を抑制した資源循環システムの設計。
3. 再生可能な自然エネルギーと廃棄物からのエネルギーを対象とする分散型エネルギーシステムおよび地域エネルギー統合モデルの構築。
4. 地域特有の植物種の利用技術、バイオマス資源からの有効成分抽出と有効活用技術; 有機系廃棄物をエネルギー資源とする高度利用技術の構築。
5. 循環型経済社会形成のための合意形成支援システムの提案と評価。



地域資源型循環型社会システムの主たる構成要素とネットワーク形成

①木質資源を含む有機系廃棄物処理によるバイオマス化、②エネルギー変換システム、③残さ物の有効活用(炭化物活用システム)、④関連する周辺技術のネットワーク化及び⑤雇用の創出により、地域資源循環型社会システムを構築している。平成13年1月から①、③の試験操業を開始している。

図7 地域資源循環型社会システムの構築

(事例:屋久島エコタウンの構想)

上記の要件は、産業構造の改変および基盤技術に関する重要事項であり、化学工学が果たすべき役割が多い領域であると言える。

循環型エコトピア社会システムとしての「屋久島モデル」が環境共生・地域振興、新産業及び新文化の創出につながる地域資源循環型エコビレッジのプロトタイプとなると期待されている。ただし、これらのシステムも外部との物質・エネルギーの出入りは不可避であり、更に大きなシステムでの循環ネットワークが構築されることも必要であろう。

(3) 循環型・地域融合型産業連関システムの構築

工業的な高度成長を達成するために従来は、ある特定の製品を生産するための最適な産業活動を行ってきた。その結果、必ず発生する副産物は不要物として取り扱われることになり、その不要物を特定の製品を生産する工程で有用物質に変換することは極めて困難であった。資源生産性の高い循環型エコトピア社会を構築するためには、従来産業連関を越えたプロセス間リンクをある地域レベルで行い、その地域に移入する原料及び流出する排出物（廃棄物）の量を最少限におさえ、かつ様々な製造プロセスで必要なエネルギーを地域レベルで統合的に制御する産業構造を構築する必要がある。このような循環型・地域融合型産業連関システムは、異業種の産業活動から発生する副産物や廃棄物および廃熱をリンクするネットワークシステムであるので、製品産業、素材産業、エネルギー産業間で新たな産業を生み出す未来型社会システムということが出来る。

(4) 「里山」を基盤とする循環型複合体システム

都市の周辺域に位置し、かつ比較的良質の小生態系が存在する「里山」は、真の人間活動の持続性を保証するための物質循環・エネルギー利用の姿を明確に描くことが出来る可能性が残っている地域の一つである。都市近郊の「里山」の自然活力とその機能を都市における生産活動とリンクすることによって、21世紀の新しい都市形態を創出することができると考えられる。都市における廃棄物の資源化、再利用化技術、有機系廃棄物の再資源化、廃水の高度処理・循環再利用技術、無機系廃棄物の再利用と有害物質の安定化技術、里山における木質材料・物質資源のみならず環境資源としての利用等を有機的に融合することによって、様々な新産業・新技術の創出が可能となる。このことは、自然環境との共生・共進を保持しつつ豊かな生活を支える都市・里山ネットワークシステムの構築につながる。その結果、地域の産業・経済を活性化させ、雇用の創出、波及

需要効果など様々な経路を通じて、当該地域の所得水準・生活レベルの向上を図ることができるとともに、この主旨に沿った産業基盤の整備、生活空間基盤のインフラが進行することにより都市を含む地域社会に有形無形の便宜を提すこととなる。「里山」を基盤とするエコトピア社会の小さな実例が、やがてよりスケールの大きな循環型エコトピア社会システムを提案する上で参考になる。社会システムのスケールアップという観点から「里山」を取込んだ循環型エコトピア社会システムの構想の意義は大である。

3.3.5 廃棄物の高度処理

これまで述べた項目はエコトピア社会における化学工学関連の重要検討項目であるが、ここでは現在の廃棄物処理技術の延長として、廃棄物の分類とそれぞれの高度処理技術の展開について考えることとする。廃棄物“ゼロ”は、究極の目標ではあるが、その実現は現時点では困難であるからである。

廃棄物は、一般廃棄物と産業廃棄物に分類される。このような分類では個々の廃棄物の量を把握する上では便利であるが、処理技術の議論を行う上では適切ではない。そこで有機物系廃棄物、無機物系廃棄物、難処理の有毒廃棄物と分類する。

有機系についてはエネルギー変換システムの原料として再利用する巧妙なシステムの構築、廃棄物を高品位化して物質生産プロセスへの組み込みを可能とする技術の開発などがエコトピア社会の構築に重要と考える。その意味で廃棄物処理は単に社会システムの維持のためだけではなく、循環型社会の構築の一環として捉える考え方を明確にする必要がある。このような考え方は、廃棄物処理システムに限定されず、“プロセス強化”につながるものであろう。また、有機系廃棄物の大きい部分を占める汚泥、糞尿についてはバイオプロセスの新たな展開と、リサイクル技術の組み合わせにより循環型社会の形成に化学工学として寄与できる分野である。輸送上の問題を考えると、バイオ処理施設は分散型とならざるを得ず“里山構想”とも関連すると思われる。無機物系廃棄物に関しては、大量の瓦礫、灰の処理に加えて、無機汚泥の高度処理も重要となる。また、大きい流れとしては自動車、家電、パソコンなどからの有用金属の回収・リサイクルが今後の課題となる。これらの処理技術の基礎となるのは固体の粉碎・分離、湿式のスラリー操作などである。例えば廃家電処理における粉碎エネルギー投入量は他の処理段階で要するエネルギー

よりも格段に大きい。粉碎、分離、スラリーなどの基礎技術に加えて、化学工学特に分離工学の特徴を生かした取り組みを、更に強化する必要がある。有毒難処理性廃棄物については、コストはかかっても現在の溶融ガス化などの技術を展開し、対処して行く必要がある。有毒廃棄物の安全で低コストの処理方法の開発が望まれる。

3.3.6 廃熱の化学ポテンシャルへの固定化

現在の社会・産業・技術構造では物質の生産・消費活動の結果、バージンの資源のもつ化学ポテンシャルの相当量がCO₂、廃熱、最終処分廃棄物として出てくることは避けられない。最終処分廃棄物の減量の3Rが叫ばれているところであるが、忘れてはならないのが膨大な量の廃熱が自然界に放出されていることである。この品位の低いエネルギーから、高付加価値の製品を作る技術を開発することが、エコトピア社会の構築において重要課題である。「廃熱の化学ポテンシャルへの固定化」ともいえるが、上述のようにと膨大な量の廃熱が自然界に放出されている現状を考えると、エコトピア社会においては、この廃熱利用が重要な課題となることを強調したい。これによって、生産・消費活動を維持しつつ、資源消費量、CO₂排出量の抑制が実現できる。化学工学は膨大な低品位の廃熱を有効利用して、物質系の廃棄物リサイクルを如何にして効率化するかという大きい課題に取り組むべきである(図8)。

最近、エネルギー関連の技術への着目度が少なくなりつつあり、その重要性が軽視される傾向にあるとの印象があるが、エコトピア社会の基盤を支えるものとして、エネルギー技術の研究基盤を充実する必要がある。廃熱は低レベルのポテンシャルを有するのみで、極めて短いタイムスケールで自然界に拡散して行く。これをどのようにして高品位の化学ポテンシャルに固定化するかが重要である。今後、廃熱利用技術の可能性について調査し、その方向性を示すべきであると考えられる。

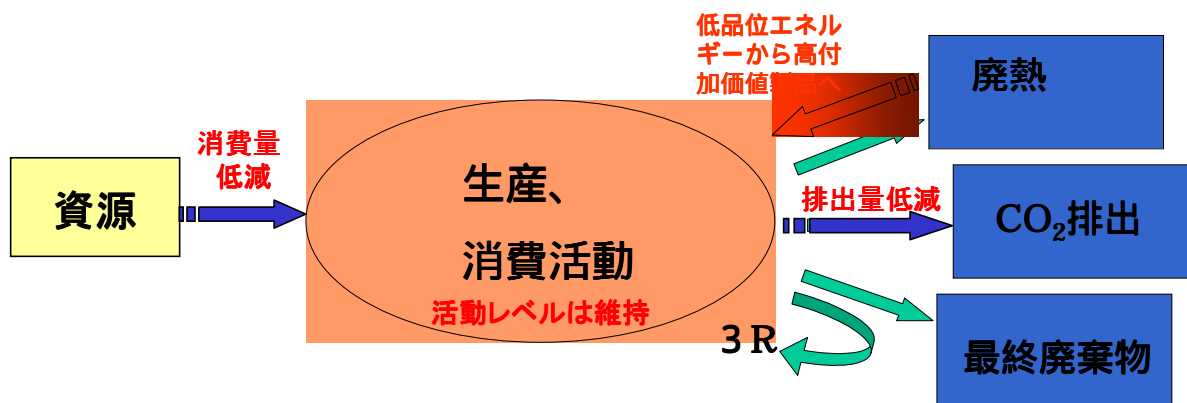


図 8 廃熱の化学ポテンシャルへの固定化

3.4 エコトピア社会実現のための評価技術

3.4.1 評価における要因

エコトピア社会の構築に対応する種々の方策及びその実現のに向けたシステムが提案され実行に移される場合に、専門家、企業、行政、市民等社会のさまざまなレベルにおける意思決定やコミュニケーションと合理的に連動する評価方法の確立が望まれる。その対象としては、生産・消費システム全体の評価と設計、及び個別商品等の評価と設計、特定分野の技術体系の評価と設計、個別企業活動の評価と計画等がある。このような問題の設定は、工学系においては伝統的なものではなかった。農学系においては興隆する第二次産業に対し農業経営を守るという視点からの農業経済学や産業論が不可欠であった。これに対し100年以上にわたって右肩上がりであった工業を支える工学の場合、都市工学などを除けば、最近まで、学自身の内部構造として産業論を緊急に必要とする事態には至っていなかった。エコトピア社会構築という課題は、いまや工学自身の中に産業論・計画論を保持することが緊要の課題であることを誰の目にも明らかにした。しかし、そのためのアプローチは端緒に付いたばかりであり、評価方法についてもなお多くの議論と研究が必要な段階にあるとあってよい。

化学工学は化学的に変化する物質とエネルギーを全体とミクロの両視点から捉えることができる体系を有している。今後、化学工学の守備領域はより広く定義され、(化学)物質とその移動・循環が関与する全社会的技術システムを視野に入れた学問・技術であると考えられる。その立場に立つ

と、化学工学はエコトピア社会実現を目標とした横断的産業論と評価・計画方法論の確立に貢献すべきであろう。また、化学工学は諸工学の中でも物質・エネルギーシステム全体に関わる立場にあり、循環型社会実現のための新技術創製のため、諸工学の協同作業を作り上げる役割を担うことも望まれる。

ここでは、なるべく広い視点から、評価の課題を概観することとする。まず、評価においては次のような要因が含まれる。

目標・評価基準

対象

初期条件・境界条件

考慮する因子

評価アルゴリズム

20世紀後半に形成された「資源多消費型の大量生産・大量消費社会」は「生産・消費者が購入・調達した所有物としての材の利用後に、その所有権を放棄し廃棄することについて寛容である社会」であった。しかし、所有権を放棄された廃棄物やCO₂の排出が公共の処理能力や環境の自浄能力を超えるようになった。現代文明の歴史的帰結を評価し、それに対してどのような修正が必要かを論じるための初めての試みが、有名なMITとローマクラブによる世界モデルであった(D.H./D.L. Meadowsらの"The Limits of Growth: A Report for the CLUB OF ROME's Project on the Predicament of Mankind"、(Universe Books, 1972; 邦訳「成長の限界」大来三郎訳)。彼らは、人間社会の長期的問題について『問題を理解し、その解決策を求めることに積極的に』なることを、はじめて広く世界に提言した。資源、人口、環境について検討した「世界モデル」のシミュレーション結果では、環境対策を行っても資源を無制限に使ったれば2015-2025年あたりで重大な地球規模の混乱にぶつかるという内容であったため、大きな議論の渦を巻き起こした。それから30年、人口と化石エネルギー消費量は約1.7-1.8倍に、CO₂濃度は約325ppmから365ppmに増加した。これは、世界モデルの予想値(人口:約1.9倍;標準計算)と基本的なトレンドは同じである。しかし、IT技術の急速な発展により、当時とは比べ物にならない精度でデータを集積し、評価・推定することが可能になりつつある。

評価の目標は、CO₂や環境汚染物質の削減、エネルギー・資源の消費量の削減、製品のライフサイクルの評価、その処理に要する資源・エネルギー及び処理時のエミッション対策コスト、化学物質の動態の把握と管理、住民等へのリスクの削減、等々がある。

このような評価なしには産業の持続的活動が維持できないとの認識の下に、企業の環境会計の確立や、ISO14001認証取得による環境保全と汚染防止のためのマネジメントシステムの構築と継続的改善活動が普及しつつあるが、これらも評価法を含むものである。

評価の対象については、生産システムや社会システム全体についてのいわばオイラー的な評価(ないしモデル)と、製品等のライフに着目したいわばラグランジュ的な評価(ないしモデル)がありうる。前記世界モデルや、ゼロエミッションプロジェクトにおける地域モデルは前者に属し、LCA技術(Life Cycle Assessment:物質、プロセスなどのライフサイクルの統合化された評価法)は後者に属している。また、個体の被爆等についてのリスク評価モデルも後者の性格が強い。初期条件や境界条件は予測モデルやラグランジュ型のモデルの妥当性を支配するきわめて重要な因子である。

評価法についての議論においては、「循環型社会」の言葉が普及する一方で、将来の具体的展望、新しい技術開発の指針、個々のアクションの評価方法、全体システムの実態把握、国際貿易に伴う物質の移動の不均衡、地域・国家間格差等々の問題がまだ決して解決されていないことなどに留意する必要がある、価値判断の基準となる本質的因子についての議論は避けて通れない。平成7年6月公布、平成12年4月完全施行の「容器包装リサイクル法」では、プラスチック類についてはガス化・液化などのマテリアルリサイクルのみが認められていた。この点はすでに数段階の修正を経ているが、平成13年8月経済財政諮問会議にて設置を承認された「循環型経済社会に関する専門調査会」(会長:東京大学小宮山宏教授)はその「中間報告(平成13年11月)」のp.5で「マテリアルリサイクルをサーマルリサイクルより優先するために、マテリアルリサイクルの向上が自己目的化し、そのため合理的とは思われないコストとエネルギーをかけている分野や、経済的価値が低い劣化品の生産が行われている場合がある」と述べ、「エネルギー活用を含めたリサイクルの推進」を提言している。

このように、リサイクルはマテリアル、ケミカルおよびサーマルの観点から検討し、それぞれのケースについての最適な手段を見出すべきであろう。サーマルリサイクルの方向性は平成14年5月成立の新エネルギー特別措置法により確定した。「循環型社会形成推進基本法」(平成12年6月公布、13年1月完全施行)に基づく基本計画(平成15年10月までに閣議決定)の議論が進められている今、これまでの経過の教訓を重く受け止め、信頼性の高い評価の方

法論を確立し、このような混乱を少なくするための研究・開発を進めなければならない。今後ますます重要な手法となるであろう LCA においても、現状ではしばしば「始めにシナリオありき」で、結果が変動する傾向があるといわれており、厳格な方法論の確立が待たれる。以下に、この点についての議論を紹介する。

3.4.2 化学工学的見地から見た LCA 的定量評価に関する今後の課題

エコトピア社会構築のためのシナリオ創りにとって、E(環境)・S(安全)・H(健康)(環境、社会、人間)の多様な問題に対する種々の評価手法を開発し、C(コスト、経済)評価と共に総合的に、製品・プロセスの評価を行うことが重要であると考えられる。つまり、社会の意思決定のモデルを決めることが必要ではあるが、これは難しい問題として残されているのが事実であり、また多くの試みもなされてきている。例えば、総合化学企業であるドイツの BASF 社や米国の Dupont 社等は、既に独自の評価手法を開発し発展させつつあり、多くの評価例を公開することによって上記の ESH 企業としての地位を築きつつあり、むしろこうした評価法を新たな企業戦略のツールとしている(BASF 社のエコ効率分析、Dupont 社のバリュー・パー・フットプリント法)。

従来別々に開発されてきたリスク評価手法と LCA を融合させることが重要であり、インベントリー分析で止まりがちな従来の LCA の枠組みへ、環境影響等のリスク評価手法を取り込むこと(LCIA、Life Cycle Impact Assessment)や、更に多目的評価である総合的ライフサイクル評価手法を実現することが待たれている。米国環境保全局 EPA (Environmental Protection Agency) の戦略としての "Green Engineering Program"、要するに Pollution Prevention, Green Chemistry, LCA, Design for the Environment, Industry Ecology などを統合化したプログラムが動き始めていることは見逃せない。我が国においても、Efficiency(効率)と Eco のトレードオフを論じた「リスクベネフィット論」(横浜国大・中西準子教授:「環境リスク論」岩波書店(1995)その他)が注目される。また、欧米で先行している「Best Available (Achievable) Technology」のコンセプトも注目され(早稲田大学・永田勝也教授:「化学物質とリスク」オーム社(2001)その他)、EVABAT(Economically Viable Application of the Best Available Technology)(経済的に可能な入手できる最善の技術)への実質的な対応が産業界において注目されており、

総合的評価手法の重要性が指摘されている。一方、日本の化学関係団体も「グリーン&サステイナブルケミストリーネットワーク(GSCN)」を結成して活動中であり、日本版グリーン度評価尺度を検討中(東京大学生産技術研究所・安井至教授:「化学者のための環境学講座(連載)」化学, Vol.56, 60-61(2001)その他)である。

以上のようなLCA的定量評価法を開発するにあたり、現在開発されている評価法の多くが以下に示すような局限化された範囲での最適化を対象とするものが多いことを指摘しておかねばならない。今後は、エコトピア社会を実現するための一評価法として、より総合化され、地球規模での適用に耐えられる手法が開発されることが望ましい。

1) インベントリー分析について

- ・バランスの取れた信頼できる完全データを入手するのが難しい。
- ・複数のプロセスの結合生産やリサイクルがある場合、負荷の配分問題が難しい。
- ・分析対象の境界設定の適切性を判断し難い。

2) インパクト分析と総合評価について

- ・多様なリスク評価手法の独特な発展過程にも左右されて、多目的評価基準の選択が難しい。
- ・単位の異なる多目的評価結果を基にした重み付け総合評価の妥当性を判断し難い。
- ・評価対象の境界の取り方により、評価基準の数や種類が変化する。

3) ダイナミックス性の欠如について

- ・過去の蓄積、長時間の蓄積、突然の事故など、時間的変化へ対応した評価が難しい。

以上の問題点の主要項目は、「完全データ」、「境界設定」、「総合評価」、「ダイナミックス性」の4点と思われる。期待される循環型社会の大きさを考慮すれば、境界はできるだけ広く大きく取りたいが、それは結局、配分問題を十分検討した完全データがどれだけたくさん得られるかにかかっている。すなわち十分な完全データを集められるような社会システムを作れるかどうかにかかっており、これは重大な政策的課題である。ダイナミックな評価は一種の総合評価の問題と、完全データの長期蓄積の問題にまたがり、極めて難解であり、総合評価の問題が解決していない現状では今後を予想することは難しい。現状における近未来的な技術的課題は、「総合評価」をどのように行うかという問題であると考えられる。

現状における有望な評価手法の一つであるLCAにおいて、

多目的評価基準による総合評価の必要な実務的理由をまとめると以下のようなになる。

- 1) 明快な指標として利用することにより社会に判りやすく説明し、レスポンスブルケア等を有効に行うために必要である。(そのためには、限られた企業内の製品評価手法を、地域を拡大し、産業配置やエネルギー需給、地域間輸送をも考慮した社会システム評価手法に発展させる必要がある。)
- 2) 価値観の変化に柔軟に対応し、社会変動にあまり左右されずに安定した評価を行うために必要である。
- 3) 単一の値による迅速な意思決定を行うために必要である。
- 4) 多目的評価に起こりがちなトレードオフを回避するために必要である。

多目的評価基準による総合評価の基本的手順は、各評価値の正規化(規格化)、階層的なグルーピング、評価項目の重み付け(評価者の主観が入る)、加重平均あるいは加重乗積による統合化であるが、複数評価者の意思を協調させ易く、一対比較による整合性を計り易い重み付け係数決定法に特徴付けられる階層化意思決定法(AHP, Analytic Hierarchy Process)が有望である。LCAにおける評価値の統合化手法例としては、EPS法(Environmental Priority Strategies in product design)(スウェーデン)、エコインディケータ95/98(オランダ)、エコ効率分析(BASF社)、時間消費法(安井教授)等が知られている。

「解析、評価」で完結する科学的な評価手法から、評価した結果をもとに「エコトピア社会において現実に機能するシステムの設計」(環境設計)を行うための工学的な評価手法へと展開してゆくことが重要であり、既にその方向へ展開しつつあるように感じる。言い方を変えれば、上記したESH&C(Environment, Safety, Health & Cost)に適したシステムを形成し、それを実現するための現状の問題点を総合評価で明らかにしていくという設計指向の評価手法を確立することが、今後益々求められることになるであろう。簡潔に言えば、LCAからLCE(Life Cycle Engineering)への展開が一つの有望な方向であると考えられる。

3.4.3 物質循環監視と制御についての今後の課題

特定化学物質の環境への排出量の把握および管理の改善の促進に関する法律PRTR(Pollutant Release, Transfer and Register)等による物質循環監視とモニタリングは、国家的

マテリアルフローの把握と資源少量消費社会実現のために必要である。PRTRは現状にとどまるべきではなく、そのバリデーションや、他の方法を動員したモニタリングなどを合わせ、より大規模なデータを扱えるようにするための研究が必要であろう。

関連して、産業連関表に対応する「物量表」データ提供システムの全国的確立のための研究の推進も望まれる。

3.5 第3章のまとめ

化学工学の際立った特徴は「統合化」の方法論にあり、物質創製のみならず、知識の統合化や技術マネジメントへと発展させることが可能である。この章ではエコトピア社会の構築に化学工学がどのようにかかわってゆくべきかを議論してきたが、具体的な提言としては以下の3項目に要約される。

1. 抜本的な生産工程の刷新ならびに製品の長寿命使用と共通部材リユース・リサイクル
エコロジーと経済の両面から製品の全サイクルを検討する必要がある。環境に優しく、長寿命で、しかも再利用容易な製品やその製造プロセスを開発するため、単に既存のもの改良だけでなく、研究開発段階へも注目しなければならない。そして「統合、融合」というコンセプトと3Rというコンセプトの両者を考慮して、高効率プロセス技術を提案しなければならぬ。設計段階から“プロセス強化”を図ることが投入資源・エネルギーの極小化を可能にするため重要であり、従来の化学プロセスの概念を変え、コンパクトで、安全で、エネルギー効率が良い、高効率プロセスを実現するための新しい装置設計とプロセス設計の技術が求められている。
2. 自然エネルギーの産業、民生への流入スキームの確立をはかる異業種間循環社会システムの構築
廃棄物ありきといった通俗的な考え方を一掃して、生産・消費・循環サイクル系における物質・エネルギーの多元的かつ統合的なネットワークシステムの開発を進め、究極的にはゼロエミッションを目指した社会形成が重要である。真のエコトピア社会システムの基盤となる物質循環・エネルギー利用形態を考えるに当たって、地域の特性および文化・伝統を十分に理解し、地域の人口、産業形態、事業所、植生分布等人間活動にかかわるあらゆるユニットを具現することが重要な

課題となる。このためには、古典的な化学工学的手法に加えて、物質およびエネルギーの価値評価とそれに基づく物質・エネルギーの多元的かつ統合的なネットワークシステム構成に関する工学的および社会工学的アプローチを有機的に融合させなければならない。

3. エコトピア社会における工業技術の評価方法の確立
持続可能なエコトピア社会構築のためのシナリオ創りにとって、E(環境)・S(安全)・H(健康)(環境、社会、人間)の多様な問題に対する種々の評価手法を開発し、C(コスト、経済)評価と共に総合的に、製品、プロセスの評価を行うことが重要である。その際、「解析、評価」で完結する科学的な評価手法から、評価した結果を基に「エコトピア社会をめざす持続可能な循環型社会において現実に機能するシステムの設計」(環境設計)を行うための工学的な評価手法へと展開してゆくことが重要である。すなわち、ESH&Cに適したシステムを形成し、それを実現するための現状の問題点を同評価法で明らかにする設計指向の評価手法として位置付けることになる。簡潔に言えば、LCAからLCEへの展開である。

以上のように技術的な面からは、3R対応のプロセスの強化、異業種循環社会システムの構築により究極的にはゼロエミッション社会をめざすことが重要である。また、エコトピア社会において現実的に機能するシステム設計を行うための工学的な評価手法の提案が不可欠である。一方、これらの3R対応技術を促進するためにはRe-Styleすなわちライフスタイルおよびビジネススタイルの変革が求められる。そのためには、教育や啓蒙によるエコトピア社会の必要性の理解と認識が必要である。

4 . 提言

第 2 章および第 3 章のまとめを総括して、以下のような提言を行う。

現代社会が抱える地球環境問題に焦点を絞り、その歴史的变化を俯瞰し、地球環境問題への対応の仕方について解析した。その結果、個別技術の集合体のみでは解決できないことを明らかにした。すなわち、個別技術を統合化し、複雑系システムのダイナミクスを評価することにより、個別技術の評価と技術開発の方向をナビゲートすることが必要である。しかも、社会の仕組みやライフスタイルの変化と経済活動とのリンクを考慮した統合化システムを構築する必要がある。これまで、様々な LCA が実施されてきたが、これらを統合化するだけでは不十分である。なぜなら、LCA の多くは縦型であり、横断的な LCA が必要になるからである。さらに、俯瞰的視点を有した LCA が必要になる。具体的に「統合化」を実現するために、従来型のアカデミアや官主体の「Think Tank」を一步進めた、実践的な「Do Tank」を提案したい。これまで、多くの機関や団体から様々な各論や総論が提案され、また実行されてきた。しかし、これだけでは不十分であることは自明である。何が足りないのかを検討した結果、「統合的立場に立脚した実行」が必要であるという結論に達した。科学技術に基づいた個別研究や総合的研究を生かして行くために、「統合的 Do Tank」が必要になる。このミッションと組織形態についても検討を加えた。

資源循環の全体を包括的に見て、社会全体として資源の利用効率を上げ、循環的利用を促進することにより、新規の資源開発を抑制するとともに、環境中に排出され、廃棄される資源やエネルギーを最小化するような社会システムを構築することにより、社会としての活性が低下せずに生活水準の質的向上とともに、環境負荷の低減が両立する経済社会の発展の仕方を実現することである。このようなエコトピア社会を実現するためには従来型の組織や運営では困難である。具体的には、Do Tank の提案のような新たなチャレンジが必要である。

そこで、21 世紀の理想社会を実現するために、Do Tank を日本学会の下に設置し、活動することを提案する。

なお、Do Tank のビジョン、ミッション、組織・運営の骨子は以下のようである。

ビジョン： 実行を視野に入れた政策提言・策定を行う開かれたネットワーク型シンクタンクとして、21 世紀にお

けるエコトピア社会を実現する。

ミッション： エコトピア社会実現のために、複雑化する環境問題や経済的発展を科学技術に基づいて具体的政策の立案と実行を行う。そのために、環境情報の収集・解析と個別技術の統合的評価を行い、好ましい社会システムを確立する。

組織運営： 日本学術会議の下に設置される。領域横断的で、自主・自立した市民・産・官・学のコミュニティーから構成される。国際的ネットワーク形成を行う。キャリア形成や自己実現の場と人材流動性を確保する。

さて、循環型社会あるいはエコトピア社会を構築するために、日本学術会議において「循環型社会」特別委員会をはじめ多くの研究連絡会議で議論がなされている。たとえば、リサイクル工学研究連絡委員会では、1.人類と地球環境との共進化、2.レンタルリースの思想、3.自然環境、の三つの基本的視点から議論している。ここに提案した Do Tank のもとでも、多くの学問分野が貢献するのは当然なことである。

化学工学の際立った特徴は「統合化」の方法論にあり、物質創製のみならず、知識の統合化や技術マネジメントへと発展させることが可能である。エコトピア社会の構築にあたって、Do Tank のもとで化学工学がどのようにかわってゆくべきかを議論してきたが、具体的な提言としては以下の3項目に要約されよう。

1. 抜本的な生産工程の刷新ならびに製品の長寿命使用と共通部材リユース・リサイクル

エコロジーと経済の両面から製品の全サイクルを検討する必要がある。環境に優しく、長寿命で、しかも再利用容易な製品やその製造プロセスを開発するため、単に既存のもの改良だけでなく、研究開発段階へも注目しなければならぬ。そして「統合・融合」のコンセプトと3Rのコンセプトの二つのコンセプトのもとで、高効率プロセス技術を提案しなければならぬ。設計段階から“プロセス強化”を図ることが重要であり、従来の化学プロセスの概念を変え、コンパクトで、安全で、エネルギー効率が良い、高効率プロセスを実現するための新しい装置設計とプロセス設計の技術が求められている。

2 . 自然エネルギーの産業、民生への流入スキームの確立をはかる異業種間循環社会システムの構築

廃棄物ありきといった通俗的な考え方を一掃して、生産・消費・循環サイクル系における物質・エネルギーの多元的かつ統合的なネットワークシステムの開発を進め、究極的にはゼロエミッションを目指した社会形成が重要である。このような物質・エネルギーの効率的な循環を実現するためには、ある地域、ある国内での取り組みを越え、広く言えば地球規模で考えることが必要である。すなわち、それらの物質・エネルギーのフローは、ある地域、ある国に限定されるものではないからである。一方、ある限定した地域(要素)で効率的なシステムが実現したとすれば、それはある国さらには地球規模へも拡張できる可能性を含んでいると期待される。真の循環型エコトピア社会システムの基盤となる物質循環・エネルギー利用形態を考えるに当たって、地域の特性および文化・伝統を十分に理解し、地域の人口、産業形態、事業所、植生分布等人間活動にかかわるあらゆるユニットを包括することが重要な課題となる。このためには、古典的な化学工学的的手法に加えて、物質およびエネルギーの価値評価とそれに基づく物質・エネルギーの多元的かつ統合的なネットワークシステム構成に関する工学的および社会工学的アプローチを有機的に融合させなければならない。

3 . エコトピア社会における工業技術の評価方法の確立

持続可能な循環型社会、つまりエコトピア社会を構築するためのシナリオ創りにとって、E(環境)・S(安全)・H(健康)(環境、社会、人間)の多様な問題に対する種々の評価手法を開発し、C(コスト、経済)評価と共に総合的に、製品、プロセスの評価を行うことが重要である。その際、「解析、評価」で完結する科学的な評価手法から、評価した結果をもとに「エコトピア社会において現実に機能するシステムの設計」(環境設計)を行うための工学的な評価手法へと展開してゆくことが重要である。すなわち、上記したESH&Cに適したシステムを仮説形成し、それを実現するための現状の問題点を同評価法で明らかにする設計指向の評価手法として位置付けることになる。簡潔に言えば、LCA(Life Cycle Assessment)からLCE(Life Cycle Engineering)への展開である。

以上のように技術的な面からは、3R対応のプロセスの強

化、異業種循環社会システムの構築により究極的にはゼロエミッション社会をめざすことが重要である。また、エコトピア社会において現実に機能するシステム設計を行うための工学的な評価手法の提案が不可欠である。一方、これららの3R対応技術を促進するため Re-Style すなわちライフスタイルおよびビジネススタイルの变革が求められる。そのためには、教育や啓蒙によるエコトピア社会の必要性の理解と認識が必要であり、日本学術会議の指導の下で、Do Tank が各分野の英知を結集して主体的に取り組み、行動を起こすことが求められる。なお、エコトピア社会の実現はグローバルな規模においても重要である。国内産業の海外シフトが急速に進む中で、アジア地域における生産と消費の地域循環を含有するエコトピア社会の構築が重要である。

[これまでの会議一覧リスト]

- 1) 第18期日本学術会議化工研連委員会
物質創製工学研連委員会化学プロセス工学専門委員会
拡大化工研連支援連絡委員会合同会議
(一部A、B小委員会個別討議同時実施)

準備会

日 時 平成12年9月14日(金) 10:00~13:00
場 所 静岡大学工学部会議室
出席者数 8名
議 題 1) 第18期の運営方針
2) 委員人事、拡大化工研連支援連絡会の運営と委員の人選等、小委員会、テーマと実施体制、委員の依頼
3) 今後のスケジュール

第1回委員会

日 時 平成12年11月21日(火) 14:00~16:00
場 所 日本学術会議会議室
出席者数 20名
議 題 1) 委員会および幹事の選出について
2) 2小委員会の設置および委員長の選出について
3) 次回の合宿計画確認

第2回委員会

日 時 平成13年3月9日(金) 13:00~21:00
10日(土) 9:00~12:00
場 所 日揮伊豆高原荘(伊東市)会議室
出席者数 34名
全体会議の主な議題
1) 第18期日本学術会議化工研連の活動方針案の検討
2) 小委員会検討テーマの討議・調整
3) 秋季大会(北大、9月28日-30日)におけるシンポジウム開催について
その他 1) A小委員会、B小委員会個別討議実施

第3回委員会

日 時 平成13年5月29日 11:00~16:30
場 所 日本学術会議会議室
出席者数 24名
全体会議の主な議題
1) 今後の活動方針について
2) 前回(第2回)の討議内容およびアンケート回答の要約の報告

- 3) 各小委員会の活動方針について
 その他 A 小委員会、B 小委員会個別討議実施

第 4 回 委員会

日 時 平成 13 年 9 月 10 日 13:00 ~ 17:00

場 所 日本学術会議会議室

出席者数 22 名

全体会議の主な議題

- 1) 今後の予定、小委員会討議結果の報告
- 2) 学術会議の動向についての報告
- 3) 化学工学会第 34 回秋季大会シンポジウム

その他 A 小委員会個別討議テーマ

- 1) 委員会の WG の委員および主査については、その後の変更を含めて承認した。
 - 2) WG テーマ：(A1) 評価法、A2) 異業種間循環モデル、(A3) 逆プロセスを含めた高効率プロセス、(A4) 高度処理技術
- B 小委員会個別討議テーマ
- 1) 学術の社会における役割、2) 組織マネジメントの潮流
 - 3) 政策策定・決定メカニズム(持続型社会に向けて)、シンクタンク論等

第 5 回 委員会

日 時 平成 13 年 12 月 17 日 13:00 ~ 19:00

場 所 日本学術会議会議室

出席者数 20 名

全体会議の主な議題

- 1) 報告書作成案について
- 2) 連絡事項
- 3) 懇談会実施

その他 A 小委員会、B 小委員会個別討議実施

第 6 回 委員会

日 時 平成 14 年 4 月 2 日 13:00 ~ 17:00

場 所 日本学術会議会議室

出席者数 30 名

全体会議の主な議題

- 1) 話題提供(東北大学多元物質科学研究所 中村 崇教授)
- 2) 今後の方針の検討について
- 3) 学術会議報告

その他 A 小委員会、B 小委員会個別討議実施

第 7 回 委員会

日 時 平成 1 4 年 7 月 1 日 13 : 00 ~ 17 : 00

場 所 日本学術会議会議室

出席者数 1 8 名

全体会議の主な議題

- 1) 対外報告書原稿の検討 (構成案)
- 2) シンポジウムの企画案
- 3) APCCChE2004 プレナリーレクチャー

その他 A 小委員会、B 小委員会個別討議実施

第 8 回 委員会

日 時 平成 1 4 年 1 2 月 3 日 (火)

場 所 日本学術会議会議室

出席者数 2 2 名

全体会議の主な議題

- 1) 学術会議の今後の方針 (研連の廃止、会員選出方法の変更など) について
- 2) 報告書に対する査読委員からのコメントと改定方針について

2) A 小委員会 W G 会合

A 小委員会 W G 全体会合

日 時 平成 1 3 年 5 月 3 0 日

場 所

議 題

- 1) 各委員より寄せられたアンケートに対する回答紹介
- 2) アンケートに対する回答および関連資料をもとに、循環型社会構築のための要点を報告
- 3) 1) 2) をもとに意見交換
- 4) 項目を取り上げて、具体的に検討
- 5) W G メンバーの追加調整

A 4 - W G 会合

日 時 平成 1 3 年 1 2 月 5 日 (水) 11 : 00 ~ 15 : 30

場 所 化学工学会 本部会議室

出席者数 5 名

議 題

- 講演 2 件および全体討論
- 1) 遠藤 茂寿「循環型社会構築における廃棄物処理技術の役割」
 - 2) 前 一廣「循環型社会における化学工学の貢献」
 - 3) A 4 - W G の今後の活動に関する意見交換

A 1 - W G 会合

日 時 平成 13 年 12 月 13 日 (木) 15:00 ~ 18:30
場 所 三菱重工業(株)
議 題 講演 1 件および討論
1) 豊橋技科大 藤江孝一「循環型社会の評価」
2) これからの計画

A 1 - W G 会合

日 時 平成 14 年 3 月 5 日 13:00 ~ 15:00
場 所 化学工学会会議室
出席者数 12 名
議 題 講演 1 件および討論
1) 東京大学 平尾雅彦「LCA を評価のベースとした循環型社会構築の方法論と今後の展開」
2) 討論

A 小委員会 W G 全体会合

日 時 平成 14 年 4 月 22 日 13:00 ~ 14:30
場 所 東京工業大学会議室
出席者数 8 名
議 題 1) 「循環型社会...」、「持続型社会...」等の用語について討議
2) 学術会議とのかかわり
3) 化学工学とのかかわり
4) 調査・検討のまとめ
5) 報告書の取扱い

3) B 小委員会 W G 会合

B 小委員会 W G 会合

日 時 平成 13 年 1 月 29 日
場 所 三菱重工業(株) 本社
出席者数 10 名
議 題 1) 委員長挨拶
2) 環境ビジネスのあり方について
3) まとめ

B 小委員会 W G 会合

日 時 平成 14 年 6 月 20 日、21 日
場 所 フォレスト本郷
出席者数 9 名
議 題 社会における化学工学の役割
1) 理想的社会像
2) 現代社会の現状と課題
3) 理想的社会実現のための提言

4) 期待される効果

4) 調整会議

化工研連と化学工学会 VISION 2011 委員会との調整会議

日	時	平成 13 年 12 月 12 日 (水) 10:00 ~ 13:00
場	所	化学工学会会議室
出席者数		10 名
議	題	化工研連、VISION 2011 主要メンバーによる体系化に関する会合 1) 化工研連側からのこれまでの活動報告 2) VISION2011 委員会側からの活動報告 3) 討議

化工研連取りまとめ方針調整会議

日	時	平成 14 年 5 月 13 日 (月) 13:00 ~ 15:30
場	所	茗溪会館
出席者数		11 名
議	題	化工研連主要メンバーによる全体方針会議 1) 報告書作成のための全体とりまとめ方針調整 2) A 小委員会と B 小委員会のとりまとめ方針調整

シンポジウム運営と化工研連報告書に関する調製会議

日	時	平成 14 年 9 月 18 日 (水) 12:00 ~ 14:00
場	所	神戸大学工学部会議室
出席者数		6 名
議	題	化工研連主要メンバーによる調整会議 1) シンポジウムの準備状況とプログラム案の確認 2) 化工研連報告書の内容に関する意見交換と修正方針の確定

化工研連報告書に対する査読結果に関する調整会議

日	時	平成 14 年 11 月 18 日 (月) 10:00 ~ 12:00
場	所	都市センターホテル
出席者数		7 名
議	題	化工研連主要メンバーによる調整会議 1) 報告書に対する 3 名の査読委員からのコメントに対する回答文案の作成について 2) シンポジウム「エコトピアの構築をめざして」の運営方針の打ち合わせ

5) シンポジウム

化学工学会第 34 回秋季大会 (次世代化学工学の構築と社会との繋がり)

日	時	平成 13 年 9 月 29 日
---	---	------------------

場 所 北海道大学工学部会議室
出席者数 約100名
講演テーマ 1) 循環型社会の構築に対する化学工学の役割
日本学術会議化工研連での検討状況
2) 循環型社会と新体系化学工学
3) 社会における化学工学の役割
4) 循環型社会構築のための課題と政策対応

日本学術会議シンポジウム 「エコトピアの構築をめざして」プログラム

日 時 平成14年12月3日
場 所 日本学術会議講堂
出席者数 約130名
講演テーマ
1) 循環型社会の将来展望
河本光明氏(経済産業省製造産業局機能性化学品
室長)
2) 21世紀の環境調和型企業経営
常見和正氏(宇部興産(株)代表取締役社長)
3) 循環型社会を支える“もう一つの”技術体系
内藤正明氏(京都大学大学院教授)
4) 小委員会中間報告
エコトピア社会の実現
山口由起夫氏(東京大学大学院教授)
エコトピア社会をめざすグリーンケミ
カルエンジニアリング
荒井康彦氏(九州大学大学院教授)
5) パネルディスカッション
伊藤俊明氏(三菱重工業(株))
薄井洋基氏(神戸大学教授)
熊澤喜久雄氏((財)肥料科学研究所)
中村 崇氏(東北大学教授)
堀尾正勅氏(東京農工大学教授)