

ビジョン 2023

第1章 序

2001年、化学工学会は、新化学工学体系に関する4年間の検討結果をまとめた「新しい化学工学体系検討報告書」を公表し、この報告をもとに、10年後のあるべき姿を描いた提言＝ビジョン 2011 が策定された。ビジョン 2011 では、新化学工学としての統合的化学工学の体系が概念的に示され、その構築に向けて化学工学会が備えるべき機能が提示された。以降、化学工学会には部会制が導入され、アクションプランを実行するための各種センターの設置、IT化推進などの組織の変革と整備が進められてきた。

化学工学会が創立75周年を迎えた昨年、ビジョン 2011 実現に向けた種々の取り組みに関する成果が総括され、産業界交流委員会では次世代化学産業のありかた、化学技術者育成に関する提言づくりがなされた。さらに、ポストビジョン委員会が発足し、化学工学会の次期ビジョン策定に向けた議論が始まった。

ポストビジョン委員会は、化学工学会が創立100周年を迎える2036年までの25年間の中間点にあたる2023年において化学工学会のあるべき姿と、これを実現するためのプランを「ビジョン 2023」として提言する。

以下では、まず、ビジョン2011において示された「新化学工学体系」、産業界交流委員会による「次世代化学産業のありかた」、「化学技術者育成」についての提言などを踏まえたビジョン 2023 の基本的な考え方と10の提言を示す。

1.1. ビジョン 2011 とその後

新しい化学工学のビジョンや体系は、ビジョン 2011 策定から10年を経たいま、その構築に向けた戦略に強化、修正の必要性があるとしても、基本的な考え方(統合的化学工学)は堅持すべきである。統合的化学工学の特徴は、たとえば以下のように理解できる。

- ・基礎科学(原理、現象)～プロセス～産業システムにわたる工学のシームレスな統合
- ・科学的情報と技術的情報の構造化(情報基盤構築)と統合
- ・実験実証型方法論から数理的・演繹的方法論での設計論の進化、know-how から know why へ
- ・技術適用スケールの拡大:分子、ナノスケールから地球規模の環境まで(マルチスケール)
- ・物質・エネルギーフローのボーダレス化と統合

新化学工学体系は、しかしながら、ビジョン 2011 策定後の具体的なフォローアップが十分になされないまま今日に至ったように見える。個別の分野や研究者・技術者グループにおいて統合的化学工学を意識した研究開発がなされている一方、「ビジョン 2011 レビュー」では、「新化学工学体系については具体的な成果が見られない」との指摘がなされている。このような状況に至った要因として、部会や会員に対して統合的化学工学の考え方が十分に浸透しなかった、新体系の確立に向けた道筋や実践の方法が明確に示されていない、アカデミックセンターなどのリーディング組織の機能に関する検討が十分でなかった、などが指摘される。産業界からの、統合的化学工学の概念と現場の生産技術が乖離しているとの指摘も真摯に受け止める必要がある。

1.2. 産業技術革新の実践

「新化学工学体系の確立」を10年という短期間で行うことの困難さを考えるならば、これからの10年はできることを着実に実践することに重きを置きたい。化学工学の役割は、絶え間ない**技術革新(イノベーション)**への貢献、すなわち、現在の化学・化学関連産業における技術課題を解決すること、そして、次世代技術を育成、実現する

ことである。わが国の産業の現状を打破するには、プロセス要素技術の基本原則から製品にわたるマルチスケールエンジニアリングの深化が求められ、さらに、従来の大量生産による高効率化を前提とするスケールアップエンジニアリングから、ライフスタイルや社会システムに変革をもたらす製品・サービスを提供するパッケージエンジニアリングへの進化も必要であろう。このような要請に学会として応えるには、産学連携による技術イノベーションの実践が不可欠であり、化学工学会は「**技術イノベーションを推進する産学連携拠点**」として機能すべきである。

課題解決型の技術イノベーションにおいて化学工学会が果たすべき役割は、産(法人会員)による学への課題提示と情報提供、産学の議論による核心の抽出、産学タスクフォース編成、タスクの設定と実行、のシーケンスを迅速、円滑に動かすしくみの提供である。一方、**シーズ展開型**の技術イノベーションでは、産、学あるいは産・学による新規要素技術やシステム技術(シーズ)の提案、産学共同インキュベーション、研究開発タスクへの取り組み、の一連の活動を化学工学会が継続的にサポートするのが望ましい。課題解決型、シーズ展開型のいずれかによらず、技術イノベーションには多くの工学・科学分野の連携が必要となろう。化学工学会は、部会を横断するタスクフォースの編成はもちろん、他の技術分野や他学会をも巻き込んだ異分野の連携と融合を推進する役割を担うことのできる。また、各地域の特色ある中小規模産業も視野に入れるべきであり、地域の技術イノベーションに果たす支部の役割は大きい。

産業の枠を超えた社会システムの革新も化学工学が先導役を担うべきことのひとつである。昨年3月の福島原発事故以来、周辺地域の復興に向け、放射線問題、土地の除染をはじめとして困難な短期的・中長期的課題が山積している。これらに対して現実的に対応し、安全と社会受容性を統合したグランドデザインを提示できる工学分野は化学工学しかない。この事例に限らず、化学工学には、空間的には地域・住民から社会システムに、時間的には短期から中長期にわたるマルチスケール／マルチディメンションの問題に対する解を提供する役割があるのでないか。

1.3. 技術イノベーションを実践するケミカルエンジニア像

人材、特に学側人材の観点から今の化学工学会の特徴を見ると、

- ①工学としての領域は広範囲だが、人材の多くは物理化学、移動現象論、単位操作、あるいは反応工学、分離工学、粉体工学、プロセス・システム工学などを基礎として応用分野を対象とする研究を行っている。
- ②プロセス・システム工学の専門家でなくとも、システムを俯瞰、鳥瞰した全体の最適化、モデリング・シミュレーション、現実的な生産システムを想定することの重要性を認識している。
- ③他の専門・応用分野で通用する知識と実践能力を備えた研究者・技術者が多いが、そのような知識とプロセス・システム工学の専門的能力を同時に備えた人材は少なく、その逆もまた少ない。
- ④先端・応用分野とプロセス・システム工学、シミュレーション分野の連携は活発とは言えず、組織的な取り組みも明確でない。

といった点を挙げるができる。これらを踏まえると、産業技術イノベーションを実践し、異分野連携を先導するために、ケミカルエンジニアは以下に述べる方法論、センスを強化あるいは新たに実装する必要がある。技術イノベーションの実践はケミカルエンジニア育成に極めて有効である。

(1) システムズアプローチによるプロセス・システムの革新

製品・プロセス・システムを一体化したパッケージと考えるマルチスケール工学の確立と実践には、分子・ナノレベルの構造設計～単一・複合部材の設計～デバイスの生産～製品・サービス提供～部材リユース・素材リサイクルの各工程(科学・技術の階層)に対応した専門領域とプロセス・システム工学の連携が最も有効であり、化学工学会の他学会に対するアドバンテージはそこにある。しかしながら、現実には上に述べた④であることも認識すべきである。「異なる科学・工学分野の連携と融合」による技術イノベーションを先導するには、システムズアプローチの方法論が有効であるが、これを実践しようとするれば、やはり④が障害になる。プロセス・システム工学と各種専門分野の連携は必須であり、そのためには、可能な限り具体化した課題に取り組む産学連携技術イノベーションのスキーム、そして、システムズアプローチを展開できる人材(専門家、プロセス・システム工学に対応できる他専門分野のエキスパート(インターフェイス人材))とを確保・育成するスキームが必要である。課題設定型の技術イノベーションプログラムは、システムズアプローチの方法論を各専門分野(例えば部会分野に対応)の人材に浸透させるためのしくみとして有効であろう。

(2) プロダクト指向のシステム合成とシーズプロセッシング

これからのものづくりには、製品やプロセスのさらなるスペックアップ、信頼性・安定性・安全性に加えて、製品の廃棄と再生までを含めた全体システムのエネルギー原単位最小化など、多様、多層の要求がなされる。このような要求には、バルク(平均)物性を満足する従来の単位操作では対応できない場合が少なくない。分子、ナノ、マイクロ、マクロのスケールで構造に起因する所定機能の発現、維持、機能の相乗的発現を制御して部材を創り込むための新しい操作論が必要になる。とくに、材料や部材の形成と複合化は形状まで厳密に規定される三次元固体プロセッシングであり、操作が分布定数化した系であり、これまでの集中定数系を取り扱う工学からの脱皮が必要になる。ナノレベル構造の形成と物性(機能)発現の多くは、非平衡状態に原理があるので、この現象を可能な限り精密に、しかし合目的的に記述する物理モデル、反応モデルが必要となる。このように、非定常状態の制御を含んだ新操作論を必要とする生産技術とシステムを実現するには、要求される製品の形状と機能を起点とし、これを維持しながら、システムの上流に向かって、プロセスや入力(部材、材料、物質)を検討するシステム合成が有効である。とくに異分野連携のシステム開発では、システム合成は専門科学技術分野に対する具体的なターゲットの提示を通じて開発をリードするのに必須の方法論となる。システム合成の起点となる製品は、その利用に際して提供されるサービスとの組み合わせによってライフスタイルや社会システムの変革(イノベーション)をうながすものがあり得る。したがって、製品を考え、スペックを与えるときには、同時にそれが利用される環境やシステムまでバウンダリーを広げることが望ましい。

プロダクト指向のシステム合成においては、起点が製品あるいは製品が備えるべき物性(機能)を発現する現象のいずれであっても、「現状では対応する技術が存在しないか、あるいは確立されていないが、要求する物性が発現することは知られている」、ということが起こりえる。そのような場合、その物性を実現するための工学、すなわち物理・化学過程の制御によって物性を発現させ、その物質、材料、あるいは部材を次のステップに受け渡してきかたちに創る方法論、を獲得する必要がある。物性の発現をシーズとすれば、物性実現の工学はシーズプロセッシングの積み重ねによって確立される。システム合成とシーズプロセッシングの実践には、基礎科学データベースの充実が必要であり、それ故に対応する学術、技術分野との連携が必須になる。

(3) 技術イノベーション課題:学からの提案

産業界交流委員会による「次世代化学産業のあり方」の提言では、I. エネルギー原単位の革新的低減技術、II. プロダクトテクノロジーの深化、III. 革新的本質安全設計とリスクマネジメント、IV. 革新的操作技術の「四つの展開」が提案されている。化学工学会には、全体目標をこれら「四つの展開」においた産学連携による技術イノベーション活動の拠点となることを期待したい。

ポストビジョン委員会では、以上の「四つの展開」と「技術イノベーションを実践するケミカルエンジニア像」を踏まえ、化学工学によるイノベーション先導が期待される技術分野に関して議論した。議論の結果として、以下の 8 課題(a~h)が提案された。各課題の概要は本稿の末尾に参考資料として掲載するが、それらはいずれも「学」発のシーズ展開型イノベーション課題であり、委員会構成員の研究分野を反映したものであることを断っておく。会員各位には、今後の議論のきっかけとを考えていただきたい。組織的取り組みのターゲットとなる技術・研究分野については、ビジョン 2023 推進委員会(後述)、部会、産学官連携センター、戦略企画センターなどの連携による議論による策定が望ましい。

- a. 現象論に基づくナノ技術基盤の再構築とシステムズアプローチの融合
- b. ナノ・マイクロ機能のバルク化とバルクプロセッシング(ナノテクのマクロ展開)
- c. デザイナーバイオ(ポストナノ・バイオ技術:異階層マルチスケールプロセッシング)
- d. 究極の資源効率実現と物質・エネルギー再生論のプロセスへの実装
- e. 反応・分離の時空間再編成・統合・集積
- f. 安全と社会受容性を統合した技術・システム・ビジネスモデル
- g. 高齢化社会対応:新プロダクト・デバイス・システム・産業の創出
- h. 農・林・化学が結合したローカル化学産業の創出

第2章 ビジョン 2023 の基本的考え方

ポストビジョン委員会は、第1章にまとめた議論を踏まえ、10年後の化学工学会が以下の①～③の拠点として機能する姿を描いた。図1にビジョンの全体像を示す。

- ①化学関連産業技術のイノベーション推進
- ②技術イノベーションを担う次世代ケミカルエンジニアの育成
- ③技術イノベーションを通じた化学工学の深化と進化の国際的発信

次章に述べる10の提言は、これら①～③を化学工学会が担うための考え方と戦略である。



図1. ビジョン 2023 の概要(図中の番号は重要提言(項目)の番号)

第3章 あるべき姿を実現するための10の提言

3.1. 産学連携技術イノベーションの推進

化学工学会が果たすべき役割のなかでも最も重要なものとして、「産・学のケミカルエンジニアが連携する技術イノベーションの場を提供する拠点となる」を提案する。拠点には、たとえば以下の機能が求められる。

- ・産業界(法人会員)が積極的に活用できる知と人材のリソースであること。
- ・企業と大学等研究者の間ですで行われている産学連携活動とは一線を画して、産业内、産業間に共通する技術課題の解決や大きな波及効果を期待できる技術を育成、実現する「オープンイノベーション」を支援、推進すること。
- ・産・学のアイディアの出会いの場を提供し、C&D(コネクト&ディベロップメント)戦略を推進すること。

「課題解決型」の技術イノベーションでは、産業界(法人会員、その連合体)からの要請、すなわち課題の提示を受けて、課題提示者と学側研究者が協同の議論、討論を通じて具体的なタスクを抽出し、ついで R&D を実践するタスクフォースを設置する流れができることが望ましい。法人会員が集まって学側に提示すべき課題を整理する場を事前に設定することも有効だろう。この課題解決型技術イノベーションは、迅速性が肝要であるので、産側には学をリードする戦略が、学側には課題を基礎まで落とし込む核心点を抽出する能力が要求される。学会本部には、産業界からの課題提示に応じて部会を横断して人材をアレンジする機能が必要である。若手・中堅の大学研究者への呼びかけは人材育成の観点から重要である。

産の潜在的ニーズを掘り起こすには、産学間の議論の場を継続的に提供することが重要である。ただし、漫然と議論を繰り返すのは有効でなく、むしろ、学からの技術基盤となりえる知見(シーズ)の提供を契機とするニーズの顕在化と C&D の展開を期待したい。このような「シーズ展開型」の技術イノベーションは、学からのアイデアに産が応じる形で議論を始め、潜在的であっても産のニーズが認められれば、これを萌芽的課題として調査研究等のインキュベーションに移行する。無論、産の技術シーズに端を発するインキュベーションもあってよい。一定の期間を経て意義が明確となったものは、課題解決型と同様にタスクフォースを設置して R&D を実践する。産・学の若手が連携した萌芽的な課題に対するインキュベーションの積極的支援は、次世代を担う技術者、研究者の育成に対する寄与が大きい。部会、支部、産・学の有志(3.3 を参照)など、提案者のタイプが異なる種々の提案の受け皿が用意されるのが望ましい。拠点は、優れた提案は積極的に採用し、「研究会(仮称)」の立ち上げとその後の活動を支援する。

産学連携技術イノベーションのイメージ、拠点の役割を図 2 に示す。拠点としての化学工学会には、産業界に普及しているシステムズアプローチの考え方、方法論を大学等の研究者が学び、産業界との連携を強化、促進するといった側面支援機能が求められる。加えて、他学会を巻き込んだプロジェクトでは、イノベーション先導の役を果たす能力も要求されよう。産学官連携センターと戦略企画センターは、これまで「化学産業技術フォーラム」、「産学官マッチングフォーラム」に加えて各種委員会活動を通じて本会の産学連携活動をリードしてきたが、「イノベーション拠点」形成に向けた連携・機能強化が必要である。年会の化学産業技術フォーラムや秋季大会のシンポジウム(部会横断型、産学有志からの提案)は、産学が一堂に会する議論、討論の場として、オープンイノベーション活動のきっかけづくりに活用できる。

法人会員と個人会員のみがアクセスできる学・産人材のデータベースを構築することも検討する価値がある。データベースには専門学問領域、研究分野、技術シーズ等の情報を個人の希望に従って登録する。シーズのインデックス化(見える化)も効果的である。

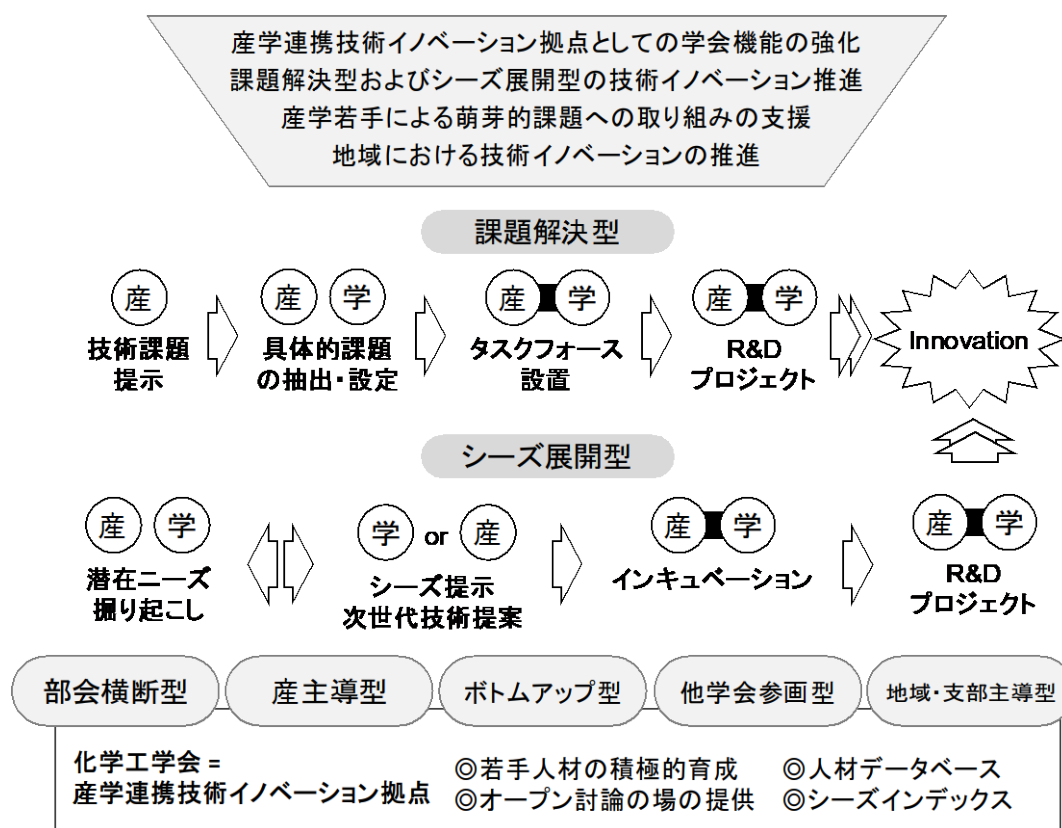


図 2. 産学連携技術イノベーションにおける拠点の役割

3.2. 地域産業技術イノベーションの推進

前節に述べた産学連携による技術イノベーションの場は地域の産業にもある。3.1 に述べた技術イノベーションとの手法や規模の違いはあれども、技術イノベーションの重要性には変わりはない。地域と地域産業における技術ニーズの掘り起こし、地域の産学コーソーシアム設置、技術課題の抽出、C&D や R&D の一連の流れを支部が支援する体制が望ましい。一つの地域におけるプロジェクトの展開と、その成果によって、これをモデルとする他地域へのイノベーションの波及や支部間連携、支部一部会連携への発展が起これと期待される。規模によらず、実践がなにより重要である。このような地域イノベーションは短中期的なものであるが、長中期的には、以下の述べるように「地域ならではの新産業創出」や「家庭の省エネ・創エネ」を視野に入れた息の長い活動が必要である。

低炭素社会の実現には、バイオマスの有効利用が一つの大きな鍵となっている。バイオマスの発生源は主に農業、林業であるため、まずは地域に点在する発生源とこれらを変換する化学産業とを繋ぐネットワークの構築が必要となる。輸送コストを考えると、変換を担う化学産業もある程度分散して存在していた方が効率的と考えられるため、地域単位のネットワーク構築が必要となり、これを活用することにより地域内に賦存する未利用資源を有効活用した地域資源循環型の六次産業化ものづくりシステムを確立することができる。このような一次産業から三次産業まで跨るネットワークの構築が急務であり、学会、特に支部(含む懇話会)が中心となって推進することが望まれる。

家庭も重要な役割を担うと考えられる。高齢化と核家族化に伴い、家庭のエネルギー消費、ゴミ発生量は増え続け問題となっているが、省エネを図るとともに自然エネルギーを導入し、ゴミの多くを占めるバイオマスを有効に利用できるシステムを作れば、これらの問題が解決できるところかエネルギーや資源の創出も期待できる。そのためには化学工学の適用先を家庭内にまで広げ、家庭を前述のネットワークに組み込むことが必要となる。これを推進するためには住民の理解を得るための啓発・普及活動が重要であり、支部を中心に実施することが望まれる。

る。

ビジョン 2011 のアクションプランのもとで部会が発足し、部会は地域 CT を通じて支部と連携する体制がすでに整っている。この体制をより強化し、地域産業の創出、活性化につながる活動を推進する意義は大きい。前述した技術イノベーションを、地域の行政、大学、企業、金融機関連合体との連携のもとで、第一次産業とインフラに係る産業に適用する。たとえば、一次産業から三次産業までが結合した中小規模のローカル素材・化学・エネルギー産業、廃棄物も含めたローカル資源の再生・異業種間カスケード利用システムの創造は、地域に付加価値増大に向けたものづくり産業の集積を可能とし、将来の持続的社会的構築に向けてきわめて重要である。また新たな東北創生のためのイノベーションにもこの連携を利用することも有効と考えられる。

このような地域レベルの技術イノベーションを先導する学会員が、地域の特性に合った多様な発展を重要視し、世界最先端の技術力・人材等が集積する国際競争力強化拠点や産学官等のネットワークや産業が集積する地域産業集積高度化システムを形成するために、学会（支部）をフルに活用することができる支援体制（地域コンソーシアム制度等）が支部に整備されることが望ましい。図 3 に地域イノベーションのしくみを示す。

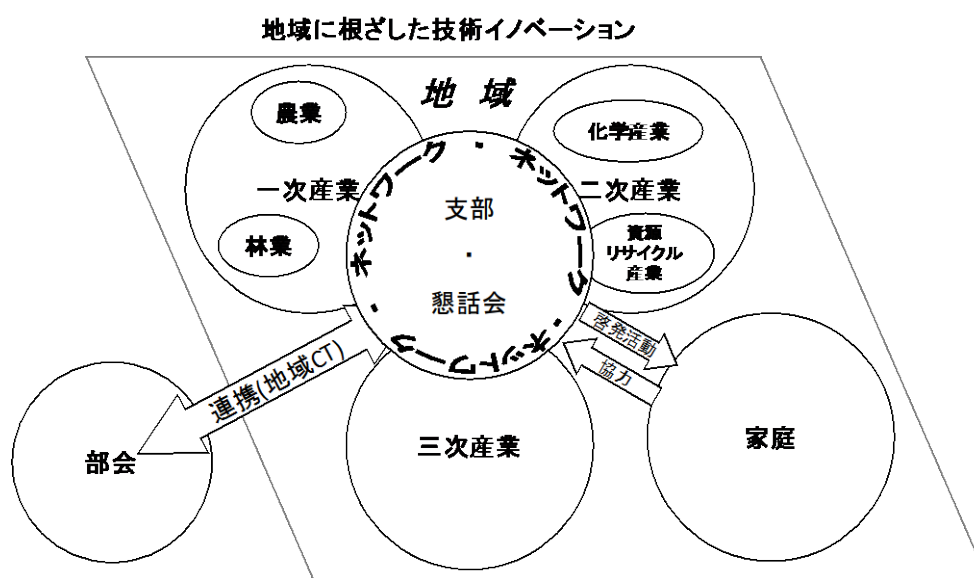


図 3. 地域産業イノベーションのしくみ

3.3. ボトムアップ型技術イノベーション活動の支援

化学工学学会がアクティブであり続けるためには、新産業の中核となる技術トピックスを持ち続ける必要がある。グリーンイノベーションやライフイノベーションの中の、どの技術や技術体系が重要となるかは、どこかで技術のブレークスルーが起こる、あるいは社会が要請したときに決まる。また、新しい技術は複合領域から生まれることが多く、全体を俯瞰するシステムズアプローチ法を持つ化学工学学会が中心となるべきトピックスは多い。新しいトピックスに関する議論の場を、学会が速やかに提供する必要がある。産学官連携センターは、これまで「化学産業技術フォーラム」、「産学官マッチングフォーラム」に加えて各種委員会活動を通じて主にトップダウン的に本会の産学連携活動をリードしてきたが、その一方で、少数会員のアイデアを汲み上げ、オープンな議論へとつなげる体制はできていない。このような「ボトムアップ機能」の強化が必要である。このボトムアップ機能は、部会、支部が持つ同様の機能を補完する。とくに、部会を横断する少数のグループ、化学工学学会と他学会を横断する少数グループから発せられるアイデアを受け入れることによって、化学工学が主体となるべき新しい芽を迅速に学会に取り込むことができ、化学工学学会が情報収集の中心となる仕組みを作ることができる。産学官に所属する学会員個人が、部会横断あるいは他学会と共催でシンポジウムを実施する、時限のある「研究会(仮称)」を作る、プロジェクト提案を行うなど、現在の個々の部会では対応できない横断型の議論の場を、活動資金提供も含めて学会は常に受

け入れ、協力する体制(図2を参照)を整える。「研究会」には、内容により多様な形態が考えられるが、たとえば、①他学会との横断的シンポジウム開催(化学工学会が議論、討論の中心となるトピックスが外部からも見える仕組みが必要)、②技術・先端研究の調査・探索、③C&D、R&D コアとして学会全体のオープンイノベーションの一端を担う、などの役割が考えられる。さらに、長期的な新産業創出まで考えれば、学あるいは官と産業界との連携がはじめの段階から必要とは限らず、柔軟性のある研究会支援の体制が望ましい。研究会には、とくに、その機動性を生かし、他学会等を巻き込んだ異分野連携・融合を先導する役割を期待する。研究会の意義が他学会からも十分に認められ、化学工学会の専門分野の一端を担うと期待される場合は、新部会への発展も視野にいった検討がなされるべきである。

3.4. 産学連携による学生、若手研究者・技術者のプラクティスプログラムの策定と実行

大学院学生の企業インターンシップ活動はすでに継続的に実施されており、化学工学教育の一環として一定の成果をあげてきているが、ここに提案するのは、現在わが国で一般に言われているインターンシップとは一線を画す活動と制度である。ひとつ目は、産・学の若手が連携して、オープンイノベーションのためのインキュベーションプロジェクトを立ち上げる活動である。学の若手研究者が企業の先端に触れながら基礎的な課題を見いだしていく、リアリティがありその先に繋がる活動を支援したい。ふたつ目は、産・学の若手が連携して学生の教育を実践することである。次世代を担う若手教員は、インターンシップのプランニングに参画し、企業技術者・研究者との時間をかけた議論を通じて課題を選定する。学生あるいは学生と若手教員が、企業の現場においてそのような課題に取り組む、産学をあげた新しいタイプのプラクティススクール活動も成功しつつある。本会はこのような活動を主導できるはずである。さらに、優秀な成績を修めたスクール卒業生の能力と経験を本会が保証するシステムを構築すれば、彼らのキャリアパス形成に有効であるばかりでなく、産業が必要とする人材の育成と大学教員の意識改革を促進できる。産の若手技術者、研究者が一定期間大学において研究を実施するシーズ開発・展開型のインターンシップも奨励できる体制も、産学連携オープンイノベーションの一環として整備するのが望ましい。

3.5. 部会および支部機能の更なる強化

(1) 部会機能の強化

ビジョン 2011 の提言のもと、これまでの研究会等を再編、集約し、基盤分野と応用展開分野の研究活動を担う14 部会が設置された。部会制の導入によって各分野の先端研究が見えやすくなり、関連する多くの学会等との連携による発展的な研究推進が可能となった。部会の活動状況は、学会活動を把握する代表的な指標として用いられ、本学会が対外的な評価を受ける際にも同様である。したがって、部会活動はビジョン 2011 提言の趣旨に沿いながらもさらに強化する必要がある。今後、化学工学が貢献すべき技術イノベーションは、複数、多数の技術分野(基盤としては学術分野)の融合によって達成される場合が多い。境界・複合領域に対応するためには、そこにある技術・学術基盤に柔軟かつ迅速にアクセスできる体制を整えておく必要がある。これからの部会に要求される機能を図4にまとめて示す。

活動強化

部会は、産学が一体となった技術イノベーション推進の主力となるべき組織である。技術イノベーションと関連する活動を推進できる産学連携体制を可能な限り早期に整備することが第一に重要である。部会が主催する秋季大会シンポジウムは、部会の活動と成果を発信する場であることは言うまでもないが、技術イノベーション活動の一環でもある。社会・産業・学術分野のニーズに対応した魅力あるシンポジウムの継続的な開催に向け、部会間に競争原理が働くシステムの導入を提案する。たとえば、秋季大会等における開催シンポジウム数を限定する。各部会からテーマアップされる内容を、外部組織人材を含むシンポジウム専門委員会(仮称)においてにおいて事前レビューし、評価が一定の基準に達したもののみを採用するなどしてシンポジウムの質とインパクトの向上をねらう(3.7 に関連事項あり)。

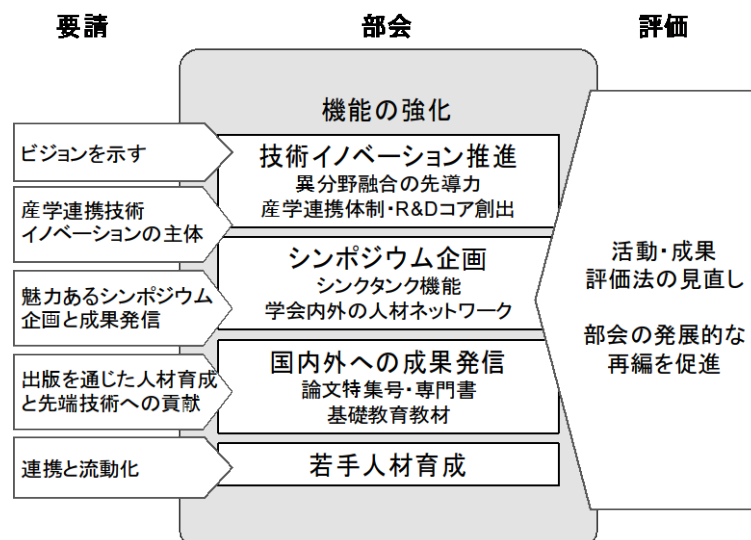


図 4. 部会機能の強化

情報発信力の強化

学会におけるシンポジウムを魅力的なものに改革するうえで、シンポジウム開催に併せて、部会からの情報発信を積極的に推進するために、論文誌特集号を企画する。本会の国際的地位の向上に向けて、とくに英文誌特集号の企画を推奨する(3.7、3.9に関連事項あり)。人材育成も部会の重要な役割である。3.6(2)②に後述しているが、「効率的な化学工学基礎教育プログラムの策定と必要な教材の出版」への組織的取り組みは重要である。先端技術・研究分野の進展をフォローアップする専門書の出版も然りである。部会制度が発足して以来、部会刊行の出版物はそれほど多くないのは事実である。

部会の流動化

産学連携技術イノベーションや成果物出版活動の推進は、部会活動をより流動的でプロジェクトオリエンテッドなものにすると期待されるが、その結果起こり得るのは部会の発展的な再編・統合であり、場合によっては廃止である。このような部会の流動性は、産学連携技術イノベーション、とくにオープンイノベーションによって促進される。産学、そして社会のニーズにマッチした部会制を発展させるためには、これまでの部会継続申請・審査システムの見直しが必要である。部会活動の評価については、新たに評価基準を導入し、学会誌上での公開を前提とする透明性の高い評価が行われるのが望ましい。部会は「化学工学会の顔」である。それゆえに、内外のトレンドに迎合した結果としての安易な再編や廃止は避けるべきである。しかしながら、「これといった成果が見えない」部会が存続する理由もない。部会にも明確なビジョンが求められる。一方で、いわばボランティアとして活動している産学の部会メンバーの負担を最小限に、効果を最大限にするシステムを継続的に議論し、解を見いだす努力が学会全体としてなされるべきである。

若手人材の育成：

化学工学会の持続的な発展には若手研究者・技術者の積極的な学会関与が必須である。そのために、若手による研究、技術開発の提案、とくに産学技術イノベーションにつながるものを積極的に受け入れるしきみを各部会内に設けるべきである。たとえば、若手からの提案に迅速に対応し、分科会等を設置するなどの柔軟な組織改組ができるしくみづくりが必要である。分科会あるいは少数有志からの秋季大会シンポジウムのテーマアップもあってよい。若手からのテーマアップが秋季大会シンポジウムテーマに採択された場合のインセンティブを設けることも望まれる。

国際性強化

国際シンポジウムを積極的に導入する。各部会からテーマアップされるシンポジウム企画のレビューにあたっ

ては、国際シンポジウムの評価ポイントを高くするなどの評価システムによって、各部会に国際シンポジウム導入を促す。英文誌特集号を国際シンポジウム開催の要件にするなど制度も検討の価値があろう。上に述べたように、先端技術・研究分野の進展をフォローアップする専門書の出版も有効である。

(2) 支部機能の強化

ビジョン 2011 の提言のもと、支部制の見直しと地域コーディネーションチームの導入がなされた。今後はこの体制をさらに強化し、各地域において部会との連携のもと、ビジョン 2023 の基本的考え方に基づいた活動を推進する。地域産業ニーズやシーズを洗い出し、埋もれている化学産業イノベーションの芽を見いだすと共に、地域における化学産業創出・育成の拠点機能を強化する。これに呼応して、アカデミック産業の垣根を越え地域における化学工学教育を推進する。これらアクションプランの実現を目指し、支部、懇話会等の体制を整備する。

具体的には、以下の取り組みを推進する。地域化学産業の創出、活性化は化学工学会の重要な活動のひとつである。そこで、支部が中心となり、地域の行政、大学、企業連合体との連携のもと、産学連携技術イノベーションを推進し、省エネルギー化、新エネルギー創出、さらにはバイオ・ナノ材料を活用した新産業など、波及効果が大きい問題解決型・シーズ展開型イノベーションを推進する。これと並行して、例えば農・林・化学が結合した中小規模のローカル素材・化学・エネルギー産業、廃棄物も含めたローカル資源の再生・異業種間カスケード利用システムなど、地域における課題・ニーズを起点としたイノベーションと一次～三次産業が結合した地域の新産業モデルの提案を図る。

各地域における人材育成も支部の重要な役割である。新しい化学工学教育プログラムを視野に入れつつ化学工学教育を進める。大学、高等専門学校における化学工学教育に加えて、地域産業に関わる人材への化学工学基礎教育、地域イノベーションの推進に係る課題の解決窓口の実現、サイエンスカフェなどによる中高生へのアウトリーチ活動などを対象とする支援体制を整備する。行動案の施策には、地域イノベーション・地域人材育成拠点としての支部・懇話会等の体制の整備が必要であり、地域コンソーシアムの設立などが望まれる。支部機能の強化と期待される効果を図 5 に示す。

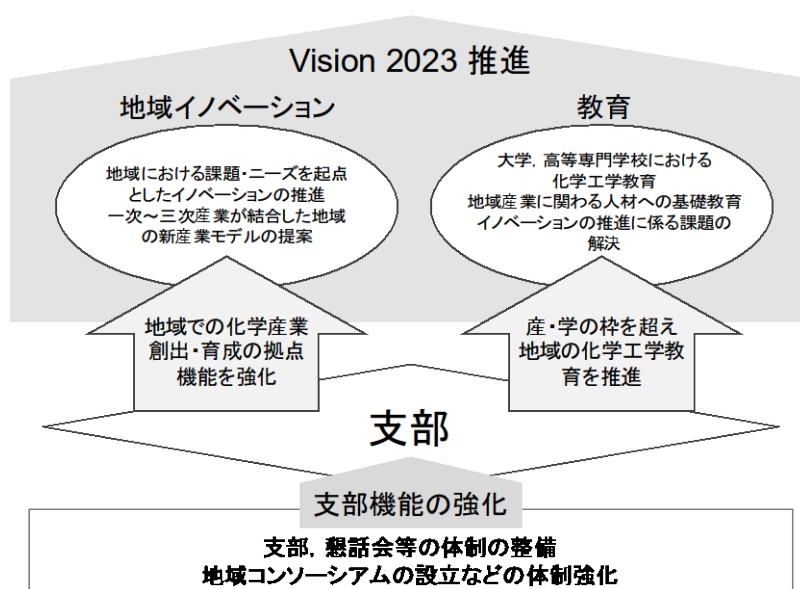


図 5. 支部機能の強化

3.6. 産のニーズ・大学環境にマッチした化学工学教育プログラム

化学産業が直面する課題・新たな展開に対応する人材には、①基礎学力、論理展開力に裏打ちされた課題解決力、創造展開力、②全体的な視野で物事を判断できる俯瞰力、③国際的に通用する胆力、コミュニケーション力、リーダーシップ力、といった諸力が求められている。特に①は重要であり、化学工学を方法論(道具)として使うことのできる実践力により重点をおいたカリキュラムや体制が望まれる。以下では、化学工学系教員と学生が環境が多様化する中で、将来にわたって優れた人材を育成するための学会の役割、次世代化学産業を担う人材の基礎教育について述べたい。さらに、これまでよりも一歩踏み込んだ産学連携人材育成のためのインターンシップおよびプラクティスプログラム、および少子高齢化を迎える中での人材育成・活用のためのダイバーシティの拡大を提言する。

(1) 多様化する化学工学系教員と学生が環境

化学工学、化学工学系教員をとりまく大学の環境は、国立大学の独法化以降、厳しさを増している。化学工学(系)教員のみから組織される専攻(学科、タイプ A)数が減少し、専攻の再編に伴って、化学、生物、物理・機械工学系等専攻(他系専攻)との統合した結果のコース(タイプ B)、他系専攻のなかに化学工学系研究室が一つないし少数存在する場合(タイプ C)が増加している。とくに、タイプ C 専攻では、研究室主宰者の引退や転出によって化学工学系研究室が消滅することも起こっている。化学工学教育の場の減少を食い止め、さらに、増加に転じるためには、この状況を化学工学の新展開に活用すべきであると考え。そのための戦略(プラン)をたて、時間をかけて実践していかなければならない。

タイプ C 専攻に所属する化学工学系教員の中には、化学、生物工学、機械工学分野でも高い評価を受ける先端研究を推進し、それらの分野の研究者と連携をはかっている教員が少なくない(タイプ A、B 専攻の場合も同様)。彼らの多くは本会の部会でも中核的人材として活躍しており、異分野融合先導の役を担う人材である。このような、化学工学と他分野を股にかけて活躍する教員が他分野から高い評価を受けるためには学会からの支援が必要であり、それが化学工学系研究室を将来にわたって維持、増やしていくことに繋がる。

一方で、タイプ C 専攻には、もともと化学工学を専門としないが、研究者として化学工学に関わり、活躍している教員が少なからずいる。彼らはイノベーション先導を担う人材であるが、そのような教員が、厳しい環境の中で必要最低限の化学工学教育を実践するための経験と環境を整えるのが学会の役割と言える。

さらに、タイプ C あるいはタイプ B 専攻に所属する学生には十分な化学工学の基礎教育を受ける機会が少ないと考えられる。したがって、こうした学生に化学工学の今までの成果をきちんと発信し、効率良く化学工学の基礎を学ぶことができる教育プログラムを提供するのも学会の役割である。従来の化学工学が扱ってきた基礎分野に捉われるのではなく、むしろ化学工学的アプローチの本質を理解し、展開する能力を身につけた人材を育成することが必要である。これにより、他学会との連携をはじめとして異分野融合による技術イノベーションと先端研究進展を促す活動をさらに組織的に推進できるだろう。

(2) 化学工学基礎教育の新展開

現在の化学産業にある要素技術、プロセス・システム技術問題の解決、次世代化学産業を担う人材の基礎教育には、従来型のカリキュラムの羅列だけでは対応が困難であり、これまでとは異なる観点からのカリキュラムも必要になる。そのため、Step 1:ケミカルエンジニアリングセミナー(仮称)の創設、Step 2:効率的な化学工学基礎教育プログラムの策定と必要な教材の出版、Step 3:インターネットによるセミナーの会員への公開を行う。図 6 に Step1～Step3 の流れを図示した。

現状：
・化学工学教育の場が減少し、従来カリキュラムが実施困難
・他分野において化学工学的アプローチによる成果が多く出ているのに認識されていない

次世代を惹きつける効率の良い化学工学基礎教育プログラムの策定が必要

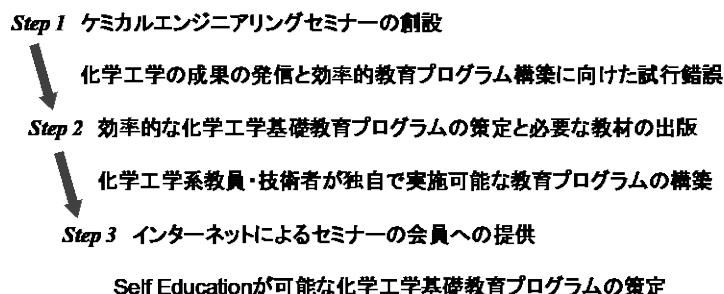


図 6. 新しい化学工学教育プログラムの戦略

①ケミカルエンジニアリングセミナー(仮称)の創設

現在でも支部単位で継続的に行われている講座・セミナーの実績を踏まえた新たな試みとして、ケミカルエンジニアリングセミナー(仮称)を提案する。化学工学系の大学院生、大学若手教員、産業界の技術者・研究者が主体となる例えば数日間の合宿形式セミナーを開催する。大学側講師は、先端研究において化学工学の方法論がどのように活かされているか、化学工学の方法論がどのように拡張しているのか、を平易に解説し、産業界のケミカルエンジニアは、問題解決、イノベーションの実践例を基礎とのつながりに重点をおいて解説するとともに、安全など大学では教授が困難な分野の教育も行う。参加学生はグループに分かれ、産学の研究者・技術者のアドバイスを受けつつ特定課題についての技術イノベーションを模擬体験する。化学工学分野以外の学生も参加できるようにする配慮も必要であろう。

開催規模、また、対象を単位操作に絞り込むのか、反応・分離工学、粉体工学、バイオ工学まで拡張するのかなど議論が必要であるが、自由度を失うことなく大学院生、若手教員、産業界のいずれにも魅力ある企画を継続し、大学と産業界の認知を受けることが何より重要である。若手教員と企業技術者の課題を設定した交流への発展も視野に入れる。

ケミカルエンジニアリングセミナーの受講生には、意見・感想を積極的にフィードバックしてもらい、これらを基にセミナーの内容を適宜修正する。このような試行錯誤を通じて、学生や若手技術者の環境に応じた効率的な教育プログラムを構築する。

②効率的な化学工学基礎教育プログラムの策定と必要な教材の出版

これまでとは異なる観点からのカリキュラムとして、必要最低限の基礎に先端分野特有の知識と方法論を抽出したカリキュラムが必要である。そこで、①のケミカルエンジニアリングセミナーの教科書、解説書を産学が協力してまとめ、出版を目指す。これにより、他の化学工学系の教員、技術者がプログラムを独自で実施できるようになる。さらに、このようにして構築されたプログラムは、特にタイプ C 専攻に属する教員にとって、自研究室内で教育を行うための有効なモデルとなる。また、修士・博士の学生にとっては、自身の研究分野・領域から辿っていきける基礎の効率的学習の支援となる。

これと並行し、各部会、複数部会連携による教科書やモデル教材開発、モノグラフ等の出版も必要である。

③インターネットによるセミナーの会員への公開

ケミカルエンジニアリングセミナー、各支部で行われる化学工学基礎、化学工学講習会などを踏まえ、動画などの IT 教材を開発し配信を行う。とくに、ケミカルエンジニアリングセミナーについては受講希望が多いと考えられるプログラムについては、会員へのサービスとして、例えばインターネットを利用し、必要時に自分のペースに合

わせて学習ができるようなシステムの構築が望ましい(self education の推進)。また化学工学以外の分野からの受講者が多く見込まれるセミナーについては、会員外にも一部公開することも考えるべきである。教科書・解説書についてもオンライン出版を行うことにより、タイプ C あるいはタイプ B 専攻に所属する学生に対する学習支援を行う。

(3)ダイバーシティの充実

少子高齢化が進む中、今後の化学工学を支える人材を育成・活用するためには男女、国籍、年齢の壁を取り払うダイバーシティの充実が不可欠である。男女共同参画については、これまで女子学生を対象とした取り組みが進められ、その結果として学生会員における女性比率は高まりつつある。しかしながら、化学工学分野で活躍する女性の数は依然として少ないままであり、原因として、育児との両立の難しさや、マネジメントを行う立場になった場合のサポートシステム不足があげられる。そこで、こうした現状を打開するために「女性技術者ネットワーク(仮称)」を設立し、現役女性のネットワーク形成を目指す。年会や秋季大会の機会を利用して現役の女性会員が集まり、セミナーなどを開催することにより、実際の仕事に生かせる女性同士のつながりの形成を促進する。「女性技術者ネットワーク」を通じて女性技術者に役立つ情報を提供・共有する一方、女子学生やポスドクが企業の技術者や大学教員としてキャリアをつなぐためのサポート、ロールモデルの提示などを行う。いずれの活動も女性を中心として行うが、女性に限定するものではなく、男女共同参画の形に発展させつつ進めて行くべきである。国際化については、留学生に対する様々な支援が行われてきた。これらの支援をさらに充実させ、外国人が日本で学びやすくすることに加え、留学生が日本にとどまって働きやすくするための取り組みが必要である(3.10. 国際化に関連する戦略を参照)。現在、シニア会員の間では SCE・Net が形成され、教育・調査などさまざまな活動を行っている。しかしながら、現状の活動拠点は本部に限られ、教育活動の対象も市民、大学生、企業向けに限られる。今後、SCE・Net の活動が各支部に拡がり、地域に密着した低年次教育が地域イノベーションとも連動して行われ、地域活性化に貢献することが望ましい。

3.7. 主催シンポジウムの質とインパクトの更なる向上

3.1 と 3.3 に述べたが、秋季大会シンポジウムと化学産業技術フォーラムは、産学連携技術イノベーションを起動し、C&D の起点となる討論会、R&D プロジェクトの成果発信の場として積極的に活用されることが強く望まれる。

学会のアクティブさを示す一つの指標は、本部大会の参加者数だろう。特に、新規会員を増やすには、大会に参加してもらい、学会の良さを認めてもらうことにつきる。産業界が注目する最新の内容を発表・議論するセッションが、年会及び秋季大会に、できるだけ多く必要である。特に、各シンポジウム名は、学会がどのようなトピックスで活動しているかを知る機会となる。

最近の秋季大会で開催されるシンポジウムのほとんどは、組織としての部会から提案されたものであり、その結果、内容の陳腐化が起こっているように見える。部会からのシンポジウム申し込みがほとんどである形態は再考が必要である。化学工学会が技術イノベーションを推進する姿を学会の外部からも見えるかたちで示したい。産のニーズあるいは技術シーズをうまくトピックスとして選び、迅速にシンポジウム化する。その際、他学会で活躍する産・学のリーディングパーソンを招待講演者として招聘する、個人・法人会員にそのシンポジウムでの発表を組織的に呼びかける、などの工夫を凝らす必要がある。さらに、若手が部会の壁を越え、他部会、他学会等と横断的に行うシンポジウムを新たな芽として推奨すべきである。

トピックスとは別に、基礎的内容の深化に関する発表は、シンポジウムとは分けて発表すべきである。継続性が重要な基礎と、その時々からの社会からの要請で変化する応用は仕分けして発表を行うことが望ましい。現在は、基礎も応用も、部会シンポという名の下に行われ、陳腐化している場合が見られる。

シンポジウムの評価に関しても、発表件数の部会への収益分配では、学会の評価は内向きとなってしまう。外から化学工学会が見えるべき姿として、インパクトの高いシンポジウムを評価し、支援する仕組みが新規会員の開拓につながる。

3.8. 国際化推進

ビジョン2011提言を踏まえ、国際交流センター主導のもと、欧米やアジア諸国の化学工学会との交流や協定締結など、国際化への取り組みが着実になされてきた。この成果を踏まえつつも、本会の国際化は、その目的を改めて明確にすべきである。国際的活動には、日本発の化学産業技術が世界を先導し(国際貢献)、それと同時に日本の化学産業がより高い国際競争力を発揮することにつなげるための戦略が必要である。とくに重要なのが、アジア、そして世界に向けた情報の発信と優秀な人材の交流である。本会による海外向けの情報発信は、国際交流センターや各部会・支部が主催・共催する国際会議、英文論文誌、ホームページなどを通じて行われている。しかしながら、総じて言えば、情報発信の訴求力は決して強いとは言えない。また海外からの優秀な技術系人材との交流の促進ならびに海外進出企業への支援を可能とする仕組みづくりが望ましい。以上を踏まえ、以下の戦略を提案する。

本部大会の国際化

化学工学会が魅力的なコミュニティであることを世界にアピールするために、本部大会は最も大きな情報発信の場であるが、さらに海外への情報発信力を向上する必要がある。この状況を打開するため、①速報性があるネット上の情報発信システム Chemical Engineering News Japan (CENJ、3.10を参照)の発行と、②本部大会における国際シンポジウムや英語セッション開催を提案する。CENJはインターネット上で随時更新するが、本部大会の直後に部会シンポジウムの概要やインパクトのある発表等を速報的に発信する仕組みが必要である。また、これまで継続的になされてきたIT化をさらに推進すべきである。部会と部会CTの連携による早期の戦略策定が望まれる。さらに海外からの参加者数を向上させるために本部大会では国際(英語)セッションの定着が望まれる。また「日本」および「化学工学」ならではの異分野融合により得られた研究成果や技術革新等の情報を発信することにより、海外の研究者・技術者の本学会への関心や参加のモチベーションを刺激する情報と仕組みを提供することが必須である。英文誌は国際セッションの参加者および招待講演者の研究成果の情報発信の場となることが望まれる(3.9を参照)。

展示会事業の国際化

現在の展示会媒体である INCHEM の海外向け情報発信力を高める必要がある。展示等のコンテンツの見直しと前述の CENJ 等の活用によってイベントをより積極的にアピールする。展示会は海外に向けて本学会の認知度を高めるためではなく、海外企業にとってのインセンティブとなるレベルの「インパクトのあるコンテンツ」と「国際的な産-産、産-学マッチングの場」の提供が求められる。

海外活動ネットワーク

海外、とくにアジア諸国からの留学生は多数にのぼり、また、日本留学経験者は我々の貴重な仲間である。彼らを人的拠点として、各国にバーチャルブランチを形成する。バーチャルブランチにおいては、現地に進出する日系企業の技術者ら(法人会員と個人会員)と日本留学・就労経験者らによるネットワークが形成され、CENJ を活用して会員へ情報発信する。現地雇用者への教育プログラムの必要性があれば、IT 教材(英語版)の提供や SCE・Net を活用した指導者派遣により、現地における学会会員の活動の支援も行う。ただし、このような国際活動は、多くの国に化学工学系の学会が存在し、APCChE(アジア太平洋地域化学工学会連合)という枠組みも存在することを踏まえるべきである。APCChE を活用しながら各国の化学工学系学会において活躍する人材との交流を活発にする仕組みづくりが必要である。

国際人材育成

わが国の産業界においては、今後、グローバルなセンスを備えた人材が不可欠であり、国籍を問わない技術者の雇用も一般化しつつある。地理や公用語のハンディキャップがありながらも米国や欧州に留学するアジア人材の大きな流れに対して、日本の工学への関心が持てるように「日本」および「化学工学」の魅力が何であるかということ、学会全体で再考すべきときである。このような状況に対応するうえで、教育現場である大学等の役割は大きい、個々の化学工学系専攻や研究室単位での教育に限界があるのは明らかである。グロ

ーバル人材育成のために、化学工学会はアジア各国の化学工学系学会と連携してグローバルな人材育成の方針と戦略をたてるべきである。有能なアジアの人材を産学が連携して育成し、国内企業、大学へのキャリアパスを確保する仕組みを作りたい。

3.9. Journal of Chemical Engineering of Japan の新展開

国際誌 (Journal of Chemical Engineering, Japan; JCEJ) のprestigeは、国内外を問わず本会のprestigeに直結する。そのためには、①オンリーワン・ジャーナルとしての特徴が明確で、かつ、広い読者に魅力的な、良質な論文を提供すること、②真の国際性を備え、かつ、高い評価を得ること、③アクセスの利便性が高く、かつ、活性化の仕組みをもつことが重要である。

学術界では、インパクトファクター (IF)、被引用回数等に基づくジャーナルや論文の評価が定着し、大学教員評価の一基準となった感がある。そのなかで、化学工学に限らず工学系ジャーナルの相対的地位は国内外を問わず低下し、科学系ジャーナルとの価値の比較が学問領域の特性を見ることがなく行われることも少なくない。必然的に、高 IF ジャーナルへの論文投稿を目的とする研究を主とする大学教員が多くなり、これは研究の場における学生の化学工学教育にも負の影響を及ぼしているように見える。このような状況は、基幹産業の空洞化と産一学に乖離につながる危険なものと言わざるを得ないが、3.6 に述べたように多くの大学教員、とくに若手・中堅は研究者サバイバルの中で奮闘せざるを得ないことも事実である。

いまここで、化学工学が「生産技術とその革新のための工学」であることに立ち返り、JCEJ のあり方を考える。産学連携技術イノベーション、とりわけオープンイノベーションは、ビジョン 2023 におけるコア・アクションである。オープンイノベーションにおける一連の活動と成果、すなわち、産業技術における課題の抽出、シーズに端を発する次世代技術・システムの提案から R&D の成果、技術革新に至るまでを、「化学工学ならではの」レビュー、原著論文 (研究論文、技術論文) として世界に発信できる。オープンイノベーションをパッケージとして見ることができるジャーナルは他に類がなく、JCEJ がオンリーワン・ジャーナルとして認知されることにつながる。

以上に加えて、今後重要になると期待される課題の体系的な提示や、それらを解決するための革新的なアイデア・プロジェクトの提案 (技術シーズ展開の一端でもある) なども世界に発信して協働を促すことができるだろう。このような試みを見ることができるジャーナルは現在他に存在しない。課題解決型、シーズ展開型のいずれの技術イノベーションの場合も、具体的な技術・研究課題を抽出することを目的とする討論を行い、その成果をジャーナルから発信することもできる。このような誌上討論の場は極めて少なく、特徴のある良質な論文が提供されよう。

化学産業技術フォーラムと秋季大会のシンポジウムを JCEJ にリンクすることができる。たとえば、R&D プロジェクトを特集するシンポジウムにおいて招待講演 (包括的レビュー、プロジェクト報告、将来展望) と成果の詳細に関する講演を、それぞれ招待論文、原著論文として JCEJ から発信する。その後の R&D の展開や関連する成果は、一般論文として JCEJ に限らず多様なジャーナルに発表されるであろうが、ルーツとなる論文は、これらの論文からの引用はもとより、多くの注目を集めるであろう。環境・エネルギー、材料・バイオ、社会工学などの関連分野の特集をより積極的に組み、関連分野からも人材を集めて技術イノベーションに取り組むことで、化学工学会の求心力も高めたい。同時に、一時的に論文数が減ることを恐れることなく査読をより厳密化し、質の向上を図ることが最優先課題である。加えて、和文誌の位置づけを、その存続の是非を含めて検討する必要がある。

また、海外から雑多な論文が投稿されるのではなく、良質な論文が投稿され、幅広い読者を獲得し、高い評価を得て、初めて真の国際化と言える。上述のオンリーワン化と質向上は、そのための必要条件であるが、加えて客観的な評価を受ける必要がある。国際的なエディトリアルボードと査読者データベースを整え、論文の質を世界に見えるかたちで保証する。その手段として、国際出版社との連携も考えられる。一方、ジャーナルと論文の質の客観的な評価軸は、現状では残念ながら被引用数しかなく、“目立てば評価される”仕組みとなっている。この仕組みに抗せずにジャーナルを運営しつつ、一方で、実際に科学的・技術的に有用な論文を評価する軸を提唱し、確立していきたい。たとえば、実業における技術革新や新技術導入の実績を辿って解説する記事を持続的に掲載し、データベース化を進め、“技術革新への貢献度、有用性”の評価指標をつくれまいだろうか。

これまでの改良により、JCEJ に掲載された論文はインターネット上で検索し、ダウンロードできるようになったが、これからは訴求力を高める必要がある。他の有力ジャーナルがホームページ上で備えている投稿・査読・閲覧をサポートし、注目論文を「見える化」する仕組みを一通り揃えるべきであり、この点でも国際出版社との連携は検

討に値する。国際化という点では、JCEJ の名称変更を検討する段階にきている。図 7 に JCEJ 新展開のための戦略の概略を示す。

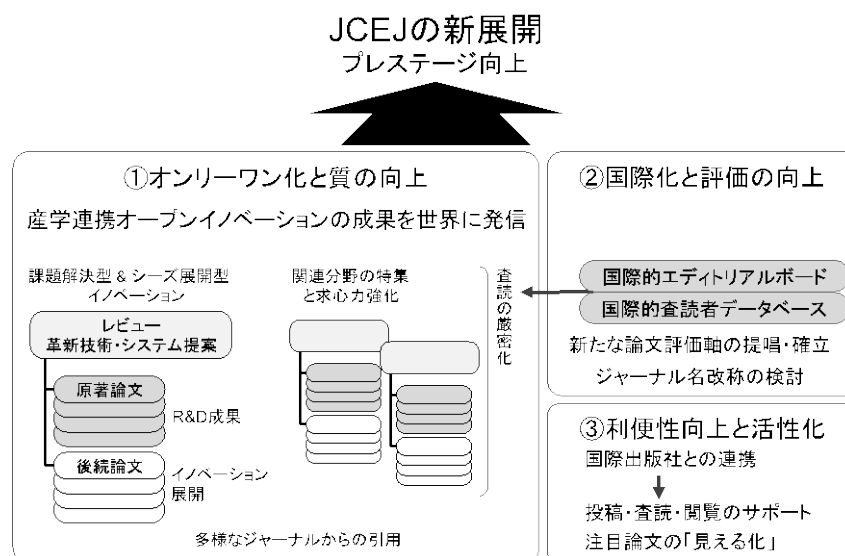


図 7. JCEJ 新展開のための戦略

3.10. ウェブコンテンツ・デザイン刷新による社会への情報発信力と会員サービスの向上

ホームページは、本会の活動と成果を会員にわかりやすく開示し、活動への参加を即し、化学工学を实践する者としてのモチベーションを高めるために重要であり、非会員に本会の活動や会員となることのメリットを知ってもらうためにも必須の媒体である。現在のホームページは整然としており、会員にも概ね好評のようであるが、頻繁にホームページを閲覧して情報を得る会員が多数を占めるとは言い難く、ウェブコンテンツの大胆な見直しによって本会の情報発信力を強化することが望ましい。

情報発信力の強化に最も効果的であるのは、産学関連のニュースを配信し、これを日々更新することである。本会のホームページに Yahoo!®トップページのような機能を持たせるか、あるいは Chemical Engineering News Japan (CENJ、仮称) と題したウェブページを開設してもよい。以下の例を含め、発信できる情報には事欠かないはずである。インタビュー等の動画を含むコンテンツを積極的に配信することもできる。

- ・本部主催大会、シンポジウムのハイライト(インパクトのある研究発表の紹介等)
- ・産学連携技術イノベーション、地域産業技術イノベーションの活動・成果
- ・会員企業の技術・製品等、本会への期待等
- ・個人会員の研究・開発成果等のトピックス
- ・雑誌「化学工学」の特集等、学会誌のトピックス(非会員をターゲットとする情報配信)
- ・国内外の産業界、アカデミアの動き

会員がトップページをカスタマイズできる my page 機能、Yahoo!知恵袋のような会員ネットワーク機能も有効なサービスとなろう。情報が限定的であっても、非会員も楽しめるウェブコンテンツがあれば、本会への入会のきっかけを作ることができる。CENJ(仮称)を、将来の完全電子書籍化の先駆けとしてもよい。

以上の提案を実現するためには、本部に IT を駆使した情報発信を担う部署を設置する必要がある。

第 4 章 おわりに

本提言は、ポストビジョン委員会メンバーが、個々のアイデアに端を発する議論を通じて、これからの化学工学

会に必要と考えられる取り組みを産業技術、学術としての工学、人材育成、ソサエティーの国際化などの観点からまとめたものである。化学工学会は、産業界のニーズに対応しつつ、持続的社会実現に新産業・技術の創造とこれを担う人材の育成に挑戦し続ける姿を見せなければならない。本提言が、今後 10 年間の本部・支部、部会、個々の会員による具体的なアクションの指針となれば幸いである。

<参考資料>

化学工学が先導する技術イノベーション分野の事例

a. 現象論に基づくナノ技術基盤の再構築とシステムズアプローチの融合

ケミカルエンジニアはシステム開発において、システム内で起る事象をモデル化して、それをシステムの効率化に利用してきた。ときにはブラックボックスを導入してモデルの簡略化に務めてきたが、最近では取り扱う事象がより複雑になってきており、システムの効率化にはそれら事象の原理に近いところからの深い理解が不可欠となってきた。原理の理解にはナノレベルで起る現象の解析が必要であるが、幸い分析機器の性能・機能向上と低価格化により、ケミカルエンジニアにとってもこのような解析が容易にできる状況が生まれている。これからは、収集した情報をいかに活用するかであるが、現状では、情報活用は収集者(特定の分野内)に限られており、効率的でない。例えば、多孔質材料を利用した反応、吸着、イオン交換といったように、分野は全く異なるが、ナノレベルで起こる現象が共通するケースも多い。したがって、情報を横断的に利用できるようにすれば開発のペースは飛躍的に向上する。そのためには、従来の枠組みを捨て、ナノレベルという新たな枠組みの中での技術の体系化が必要である。

b. ナノ・マイクロ機能のバルク化とバルクプロセッシング(ナノテクのマクロ展開)

ナノテクノロジーは、物質の構造・形態を制御することによって多様な機能を創製する夢の技術として、膨大な期待を集めてきた。事実、微細化によってビット“数”を増大できる情報・通信分野では、優れたナノデバイスが製造され、実用されている。一方、エネルギー分野をはじめとする他への応用では、“面積・体積”としての導入規模が重要であり、小さなナノ材料・デバイスを大きく作れない困難に直面している。化学工学は、既知のモノを上手く(安く、安全に、沢山)作る横の学問である。他の縦の学問領域にて日々発見・発明される新奇なナノ材料・デバイスを、上手く作り社会に出していくことがますます重要性になる。ただし、ナノテクノロジーにおいては、スケールアップの際に、しばしば材料の単位構造まで大きくなり、ナノ物性に基づく機能が弱められることが少なくない。

ナノ材料形成と機能発現の基礎科学を理解し、従来の化学工学に加えて近年のマイクロ化学プロセスも活用し、プロセスを合理的に設計することで、ナノ構造・機能を維持したままバルク製品を生み出すことができるはずである。ナノ材料のプロセス・構造・機能を適切に反映するパラメータを開発して技術シーズを整理し、既存プロセスのボトルネック(生産性・コスト、構造・機能制御性)を解析し、ボトルネックを他の技術シーズで的確に代替するシステムズアプローチを加速する必要がある。とくに、難題である固体部材の三次元設計は、多様なシーズ候補を抽出できる柔軟性と試行錯誤を最小化する予測精度が必須であり、方法論とシステムを継続的に拡充する、ユーザーと連携してプロダクトの要求仕様(作り易く、使い易い)を吟味し、プロセスを再合成する。さらに、異分野と連携して新奇なプロセス・構造・機能の発見を仕入れ、それらの本質を抽出→一般化してシーズとして確立し、新たな材料・デバイスへの展開をはかる。このようなナノテクのマクロ展開において化学工学の果たす役割は大きい。

c. デザイナーバイオ(ポストナノ・バイオ技術:異階層マルチスケールプロセッシング)

トップダウン型微細加工技術の発展と多様なナノ材料の創出は、遺伝子組換え技術の汎用化と相まって、ナノバイオテクノロジー(=NT+BT)という1つの科学技術分野へと大きな発展を遂げた。当該分野の更なる深化・発展には、個々の生体構成分子の振る舞いの理解と制御に基づき、意図する高度な性能を示すバイオプロセスを、異なる階層(分子、細胞、組織、個体)とスケール(ナノ、マイクロ、メゾ、マクロ、バルク)において、ユーザーの意図するかたちで実現するためのバイオシステム構築が必要である。一方で、生物由来産物の高度な測定・解析技術は近年大きな発展を遂げている。例えば、次世代 DNA シーケンサーの登場により、生物個体の全ゲノム情報は質・量共に激増し、膨大な遺伝子情報がデータベース化され、日々更新されている。また、Omics 技術の高度化により、タンパク質・糖質・脂質・細胞代謝産物といった生命活動を支える遺伝子以外のプレーヤーの分子情報も急速に蓄積されている。日々蓄積されるこれらの生物情報は、上記の階層全てに波及する基盤情報であり、バイオインフォマティクス(=BT+IT)は更なる深化の時代に入っている。しかしながら、膨張的に増加する生物情報から、バイオプロダクションに必要なとされる任意の遺伝子・タンパク質情報を効率よく抽出し、意図する生物機能を PC 上(*in silico*)ひいては生体システム中(*in vivo*)で合目的的に再構築する方法論は未だ発展途上である。

したがって、新しいバイオプロダクトを志向した際、アクセス可能なバイオ資源から、誰もが容易に必要な情報／素材をピックアップし、それらを的確にアセンブルすることで望みのバイオプロセスを実現するための新たな方法論が必要である。このように、デザイン性が格段に高められたバイオプロダクションのための研究開発を具現化し、発展させるための一つの手段として、異分野・異業種・異国間でのシーズプロセッシングならびにオープンイノベーションが挙げられる。ユーザーの操作性・利便性と同時に、安全性や持続可能性にも適合した新規バイオ材料・バイオプロセスの開発を通して、生物化学工学者の視点で新たなバイオ産業の創出に積極的に寄与することが求められる。

d. 究極の資源効率実現と物質・エネルギー再生論のプロセスへの実装

化石資源のようなエネルギー資源とは異なり、材料を構成する物質の多くは、廃棄後も固体あるいは液体(溶液)として社会に蓄積する。素材、材料に関する資源効率を高める究極の方法は、組立・解体(アセンブリ・ディスアセンブリ)ができ、システム構成要素としての材料(部材、部品)を、機能と構造を保持したまま再利用(リユース)し続けることである。現在は、バルク材料(構造物)ですら、リユースを前提とする材料・部材の製造は実質的にされておらず、組立・解体ユニットのディメンジョンや規格化も同様である。デバイスの高性能化に伴って構成要素は飛躍的に小さくなり、リユースはより困難になるので、製造-利用-廃棄-再生の循環システム設計の重要度と要求される精度が飛躍的に高くなる。リユースが不可能である場合であり、分子レベルの再利用(リサイクル)の可能性があるが、従来のケミカルリサイクル(モノマーリサイクル)の限界を打破するためには、エネルギー投入を最小化する分子レベルの物質再生が必要になる。マルチスケール組立・解体、高度分離技術、さらに材料構成要素の超寿命化を組み込んだプロダクト指向の生産・再生システムは、従来システムに対して資源効率を飛躍的に高める可能性がある。ただし、そのためには、リユース部材設計と生産のバウンダリー(種々の物性に始まり、産業、社会システムに至る)の拡大と仕分けが必要である。

現在の化学エネルギー変換のほとんどは燃焼と熱交換をベースにしているが、熱の発生とカスケード利用によるシステムはカルノー効率という限界を超えることはできず、これを突破するには、熱→化学エネルギーの機構(化学ヒートポンプ)、燃やさない化学エネルギー変換の原理(超燃焼)を前提とするシステムが必須である。有機資源の熱化学反応・触媒反応、燃料電池、反応器、熱・物質移動に関する科学技術基盤(シーズ)のプロセッシングによって現状を大きく凌駕する発電等のシステム、現システムで生じているエクセルギー損失を大幅に低減するシステムを考案できる可能性があり、未だ不足している要素技術を明らかにし、可能な限り早期の実装を実現することができよう。化学・熱エネルギーと物質を同時に、統合的に変換、再生でき、持続的な資源利用システムの実現に向けた技術をシーズ・ニーズ双方のプロセッシングによって体系化、実現できると期待される。物質・エネルギーの統合的変換・再生システムでは、ハンドリングする物質の物性を最大限活用し、また、必要に応じて強化、新たに賦与、あるいは消去できる柔軟性のある技術が必要となる。さらに、このようなシステムは、社会における物質・エネルギー利用(機能とエクセルギーの消費)との相互調節機能を持つことによって持続的社会が要求する省資源のレベルに見合う性能を発揮できる。

e. 反応・分離の時空間再編成・統合・集積

単一あるいは少数の(素)反応から構成される物質転換・合成の反応系は少なく、多くは複数相にわたる多数の逐次・並列反応から構成される。基盤としての反応データベースの充実度は反応系によって大きく異なるが、現在の化学産業、エネルギー産業においては、バルクプロセス技術がそのベースとなっており、その範囲内で効率(資源、物質、エネルギー)が最大化されているに過ぎない可能性がある。さらに、現在のバルクプロセス技術は、異種の反応系の間で迅速な熱のやりとりを行うコプロダクションへの適用も難しい場合が多い。今後は、操作変数・プロダクト関係の拡張、反応の高選択性に基づく省資源・省エネルギー化を念頭において、反応の時空間分離と再統合の技術(反応のアンカップリング・リカップリング)、反応と分離のプロセス機能が一体化したリアクタシステム技術の展開が必要になる。反応速度(機構)、基礎物性および粒子・流体の統合データベース整備、自在なプロセス検討や詳細設計が可能なシミュレーション技術も重要である。これらの技術をパッケージとする体系は、マイクロ～バルク反応系の全域に適用できる。

f. 安全と社会受容性を統合した技術・システム・ビジネスモデル

不測の事態でも安全が確保できることは理想であるが、従来技術では、安全性はコストとトレードオフの関係に

ある場合が少なくなく、その場合、リスクフリーのシステムを構築するためには高い代償を払う必要がある。しかしながら、世界規模での競争力が要求される企業には、そのコストを製品価格に転嫁することは非常に難しい。一方、国に安全対策を求めた場合に、そのためのコスト負担を安易に国民に求めたり、生産者がユーザー（地域住民）に妥協を求めたりするのは決して好ましくない。このような状況において本会ができることは、まず安全確保のためのコスト削減につながる活動である。具体的には安全対策に関するオープンイノベーションの先導、情報共有を目的に地区やコンビナート内の連携を強化する場を提供し、これをコストダウンにつなげること等が挙げられる。一方で、環境等への影響を心配する住民等に対し、中立的立場で情報を提供することも学会のプレゼンス向上には効果的と考えられる。緊急時に必要な技術を洗い出し、それらをスムーズに提供するための仕組み作りも重要である。さらにその先には、安全性とコストの関係を徹底的に分析してコスト要因を洗い出し、そこからのシーズプロセッシングによって両者のトレードオフ関係を断ち切る技術を生み出すイノベーションが求められる。プラントについて言えば、事故やトラブルが最も多発するのは非定常操作時である。非定常操作の厳密な制御法や安全な起動・停止技術の獲得は、安全とコストのトレードオフ関係を打破するための要素であり、これは、負荷変動を余儀なくされるエネルギー供給における省エネにも波及する。

g. 高齢化社会対応：新プロダクト・デバイス・システム・産業の創出

高齢化社会へ進むことにより、日本国内で必要となる産業は大きな転換を迫られ、一方、高齢者の多くは何らかの形で社会への貢献を望むだろう。高齢者増加による医師不足の深刻化と医療費増大のリスクを回避するには、高度医療技術に加えて、在宅診断技術、簡便な体調管理の支援技術、ロボットが高齢者の生活を支援する技術、病気の早期発見技術を包含する新しい産業システムが必要となろう。プロセス・システム工学、バイオ工学、分離工学、反応工学、材料工学などの異分野を一つの学会内に持ち、それらを分子のレベルから社会レベルにまで繋げて考えられる化学工学がこのようなシステム開発の主役となる必要がある。新産業の創出を革新的材料開発の視点からではなく、高齢化社会に必要な社会構造、産業、デバイス、デバイスを実現するための材料、ナノ構造、分子と、鳥瞰的に考え、短期に産業を創出することが求められている。

課題は医療技術だけではない。高齢化と核家族化に伴い、家庭のエネルギー消費、ゴミ発生量が増え続けている現状を革新するパッケージエンジニアリングが求められる。たとえば、化学工学の適用先を家庭内にまで拡張、たとえば社会系工学、住宅産業と連携して、高齢化、低炭素社会に寄与できるシステムを提供するという視点が必要である。エネルギー原単位低減技術を産業から家庭にまで拡張することによって大幅な省エネをはかれる可能性がある。今後、とくに家庭における自然エネルギー利用が普及していくと予想される。太陽光発電・蓄電のパッケージ技術に加えて、廃棄物や廃熱を利用する技術のバウンダリーを家庭に波及することの意義も大きい。気圏・水圏の環境保全技術を家庭内の空気・水清浄、水利用に拡張することもできよう。このように、化学工学技術の民生、とくに住環境への適用は、内需拡大に対するインパクトが大きく、わが国の化学産業の国際競争力を高めるのにも有効である。

h. 農・林・化学が結合したローカル化学産業の創出

バイオマスは地域・一次産業立脚型の新産業創出の鍵となる資源である。エネルギー資源としてのバイオマスとわが国の社会とのマッチングは量的な制約があり、一方、世界で検討されているバイオリファイナリーも規模（下限）の制約がある。むしろ、太陽光や風力も含めた自然エネルギーをベースとして高付加価値製品を生み出す小規模化学・素材産業を組み込んだバイオマス利用システムの構築が期待される。マイクロリアクタやモバイルプラントなどを基盤技術とする新しいローカル化学産業（高付加価値の製品・化成品の製造など）が成立するためのシステム要件を一次産業（資源側）からプロダクト、ビジネスモデルへのマルチスケールで抽出する。一次産業地域は、高密度エネルギーソースを必要とする人口や産業が集中する都市・臨海部よりも、太陽・風力エネルギーの供給先としての合理性が高い。たとえば太陽光とバイオマス利用の複合利用による高付加価値創出型の化学産業が成立すれば、地域の一次・三次産業の経済性が高まり、わが国での商用化が困難である中小規模バイオマス・廃棄物のエネルギー利用が成立するなどの好循環をもたらすことができる。バイオマス利用には必ずと言ってよいほど水利用と水処理に関わるので、化学、バイオ、環境、エネルギー分野が連動したシーズ・ニーズ双方向からのシステム開発が重要になる。

ポストビジョン委員会

委員長 林 潤一郎(九州大学)

委員 梅津 光央(東北大学)

Wuled Lenggoro(東京農工大学)

萩野 千秋(神戸大学)

加納 学(京都大学)

神谷 典穂(九州大学)

高見 誠一(東北大学)

野田 優(東京大学)

松田 圭悟(山形大学)

向井 紳(北海道大学)

宮崎あかね(日本女子大学)

山口 猛央(東京工業大学)