

日本の展望—学術からの提言 2010

報告

化学分野の展望



平成22年（2010年）4月5日

日本学術会議

化学委員会

この報告は、日本学術会議化学委員会の審議結果を取りまとめ公表するものである。
取りまとめに際しては、下記の化学委員会常設分科会の検討を経た。また、執筆協力者は多数に上るため、その氏名の記載のみにとどめた。

日本学術会議 化学委員会

委員長	藤嶋 昭	(第三部会員)	財団法人神奈川科学技術アカデミー理事長
副委員長	玉尾 皓平	(第三部会員)	独立行政法人理化学研究所基幹研究所所長
幹事	澤本 光男	(第三部会員)	京都大学大学院工学研究科教授
幹事	新海 征治	(第三部会員)	崇城大学工学部教授
	今榮 東洋子	(第三部会員)	国立台湾科技大学講座教授
	岩澤 康裕	(第三部会員)	電気通信大学電気通信学部教授
	柏 典夫	(第三部会員)	三井化学株式会社シニアリサーチフェロー
	栗原 和枝	(第三部会員)	東北大学多元物質科学研究所教授
	黒田 玲子	(第三部会員)	東京大学大学院総合文化研究科生命環境教授
	巽 和行	(第三部会員)	名古屋大学物質科学国際研究センター教授

化学委員会 常設分科会

(課題別分科会)

化学企画分科会
 化学の教育・啓発活動分科会
 我が国の魅力ある大学等の研究教育基盤の
 将来像検討分科会
 高度人材育成と国際化に関する検討分科会
 化学者コミュニティ連携強化検討分科会
 アジア化学戦略の統括的検討分科会
 IUPAC 分科会
 IUCr 分科会

(専門分野別分科会)

物理化学・生物物理化学分科会
 無機化学分科会
 有機化学分科会
 高分子化学分科会
 材料化学分科会
 分析化学分科会
 結晶学分科会 (*)
 生体関連化学分科会
 化学工学・触媒工学分科会 (**)

(*) 化学委員会・物理学委員会合同

(**) 化学委員会・総合工学委員会・材料工学委員会合同

執筆協力
(連携会員・特任連携会員)

化学企画分科会

青山 安宏	岡本 佳男	北川 禎三	澤田 嗣郎	菅原 正
高原 淳	田中 晃二	野依 良治	架谷 昌信	橋本 和仁
山本 嘉則				

化学の教育・啓発活動分科会

伊藤 卓	井上 晴夫	梅澤 喜夫	大野 公一	荻野 博
茅 幸二	斎藤 清機	相馬 芳枝	竜田 邦明	寺嶋 正秀
濱口 宏夫				

我が国の魅力ある大学等の研究教育基盤の将来像検討分科会

村井 眞二	田中 晃二	渡辺 芳人	青山 安宏	川合 知二
小池 康博	菅原 正	鈴木 孝治	谷口 功	成田 吉徳
西川 恵子	原田 明			

高度人材育成と国際化に関する検討分科会

福住 俊一	加藤 昌子	中村 栄一	相田 卓三	青山 安宏
魚崎 浩平	岡畑 恵雄	川口 春馬	川合 眞紀	北川 進
小林 昭子	小松 紘一	齋藤 軍治	竹内 孝江	辻井 薫
出口 尚安	中西 八郎	府川 伊三郎	檜山 爲次郎	平尾 公彦
村橋 俊一	山下 正廣	渡辺 政廣		

化学者コミュニティ連携強化検討分科会

原口 紘丞	大部 一夫	土肥 義治	新井 邦夫	石田 英之
石谷 炯	磯部 稔	井上 俊英	今成 眞	植畷 陸男
臼杵 有光	岡本 佳男	小久見 善八	尾嶋 正治	木村 良晴
小林 猛	篠原 久典	中井 武	架谷 昌信	御園生 誠

アジア化学戦略の統括的検討分科会

榎 敏明	高原 淳	八島 栄次	魚崎 浩平	川口 春馬
鯉沼 秀臣	中嶋 敦	架谷 昌信	橋本 和仁	増原 宏
山下 正廣	山内 薫	吉原 経太郎	和田 芳直	

IUPAC 分科会

鎌田 正裕	山内 薫	石田 英之	石谷 炯	磯部 稔
伊藤 眞人	岩村 秀	荻野 博	北川 禎三	

IUC r 分科会

高原 淳	甲斐 泰	大嶋 健一	大橋 裕二	大鉢 忠
若槻 壮市				

物理化学・生物物理化学分科会

北川 禎三	寺嶋 正秀	中嶋 敦	石谷 炯	魚崎 浩平
榎 敏明	大野 公一	茅 幸二	川合 眞紀	西川 恵子
濱口 宏夫	平尾 公彦	増原 宏	山内 薫	吉原 經太郎

無機化学分科会

田中 晃二	福住 俊一	加藤 昌子	谷口 功	伊藤 卓
荻野 博	北川 進	山下 正廣		

有機化学分科会

山本 嘉則	檜山 爲次郎	小松 紘一	齋藤 清機	入江 正浩
岩村 秀	植畷 陸男	菅原 正	相馬 芳枝	竜田 邦明
中井 武	中村 栄一	村井 眞二	村橋 俊一	

高分子化学分科会

岡本 佳男	臼杵 有光	高原 淳	相田 卓三	井上 俊英
川口 春馬	木村 良晴	小池 康博	土肥 義治	原田 明
八島 栄次				

材料化学分科会

橋本 和仁	山下 正廣	渡辺 政廣	板谷 謹悟	井上 晴夫
大部 一夫	小久見 善八	鯉沼 秀臣	齋藤 軍治	篠原 久典
菅原 正	辻井 薫	御園生 誠		

分析化学分科会

澤田 嗣郎	梅澤 喜夫	石田 英之	鈴木 孝治	尾嶋 正治
竹内 孝江	二瓶 好正	原口 紘丞	和田 芳直	

結晶学分科会

菅原 正	秋光 純	高原 淳	早稲田 嘉夫(*)	飯島 澄男
板谷 謹悟	入江 正浩	大橋 裕二	柿本 浩一	小林 昭子
壽榮松 宏仁	中西 八郎	藤井 保彦	山縣 ゆり子	(*) 第三部会員

生体関連化学分科会

青山 安宏	成田 吉徳	渡辺 芳人	岡畑 恵雄	川合 知二
原田 明				

化学工学・触媒工学分科会

架谷 昌信	今成 眞	新井 邦夫	小林 猛	浅井 滋生
植畷 陸男	柏木 孝夫	梶山 千里	小宮山 宏	野依 良治
古崎 新太郎	御園生 誠	山本 一良		

※ 名簿の役職等は平成 22 年 3 月現在

要 旨

1 作成の背景

日本学術会議第三部（理学・工学）化学委員会では、『日本の展望—学術からの提言』の発行に当たり、化学分野における現状、将来展望および緊急あるいは長期的な課題について、同委員会に設置した分科会において鋭意審議し、これに基づいて、化学委員会としての将来展望と提案を「報告」として発表することに到った。下記はその要旨である。

2 現状及び問題点

化学は、原子や分子に視点を置いた「物質」を基盤とする科学であり、「物質（もの）を創る」、「物質を分析する」、「物質の変化を知る」、「物質の物性を観測する」、および「物質の機能を生かす」ことを中心とし、「創造する」唯一の基盤科学として独自に学術資産を構築するとともに、物質を組み合わせた「材料」の創成を通じて、さまざまな技術の基本となって社会に貢献している。化学はまた、物理学、生物学、医学、工学などと学際領域を共有しており、様々な分野の発展を先導している。

一方、このような学術と社会における化学の位置づけと貢献にもかかわらず、化学分野においては、学術研究の環境、社会における化学の認識と理解、次世代の育成など、様々な課題が少なくない。また、学術の動向も、伝統的分野の統合や、資源、環境、エネルギー、持続的発展などの地球的課題の顕在化などに対応して、急速に変化しつつある。

これらの観点に立って、化学分野からは主に次の5点について展望し、提案する。

3 提言等の内容

(1) 科学技術を先導する物質創製研究

新しい機能性物質創製研究は国家の持続的発展の基盤をなし、物質創製研究には、物質や材料の設計・合成とともに、新反応開発、新機能解析、新計測技術開発などが含まれる。とくに今後は、希少元素を有効利用し、またその機能を代替する元素をもとに材料を開発する総合的な「元素戦略」研究の推進と、それに続く持続・再生可能な資源を活用する「サステイナブル資源・物質戦略」の2つの研究が重要である。人類社会の持続的発展のために必要な機能・物性を提供する新物質創成の革新的展開を推進すべきである。

(2) 環境・資源・エネルギー問題

地球温暖化を引き起こすCO₂削減への貢献として、人工光合成や炭素固定の技術の研究を推進すべきである。環境問題として、特定物質の量と流れを正確に「測定する」技術の開発が必要であり、再生可能な自然エネルギー、太陽エネルギーやセルロースなどの非食用バイオマスの利用を中心に研究を積極的に推進することが重要である。

(3) 深化・拡大する化学

分子生物学、ゲノムの解読、一分子計測技術、ケミカルバイオロジーやポストゲノム創薬研究など、全て化学が主役であるが、高齢化社会を迎えて介護用ロボットの開発と関連する人工筋肉や人工関節などにつながるソフトマテリアルの開発も重要である。今後はシリコンデバイスを補完する分子エレクトロニクスへの期待も大きく、物質創製化学に加えて表面・界面の化学の進展が課題となっていており、この方面の研究も積極的に行うべきである。

(4) 人材の育成

理工系を志望する優秀な人材を国内で育成することが最優先課題であり、中等教育での理科の学習の充実、大学での基礎教育の徹底などが急務である。また、初等・中等教育の教師に優秀な人材を配置し、理工系出身者や修士・博士の学位を持った人が、そのような職に就けるシステムを考えるべきである。科学への関心を高めるために各種展示館や理科館の充実も必要である。

(5) 科学技術創造立国を担う男女共同参画の改革と老練人材の活用

女性研究者の積極的採用と活用に加え、特に、科学技術創造立国に貢献する分野での活躍を促進するための教育・研究環境の格段の施設整備が必要である。また、経験が豊富な老練かつ活動的な科学者技術者（定年後の人材）が活躍できる仕組みを作るべきである。

目 次

1	はじめに	1
2	化学分野からの展望と提案	2
(1)	科学技術を先導する物質創製研究	2
(2)	環境・資源・エネルギー問題	2
(3)	安全・安心を支える化学	3
(4)	深化・拡大する化学	3
(5)	人材の育成	3
3	化学分野からの緊急提案	5
(1)	国際的な競争の中で優秀な人材を獲得できる経済支援	5
(2)	科学技術創造立国を担う男女共同参画の改革と老練人材の活用	5
(3)	大学院カリキュラムの実質化	5
(4)	「特定運営費交付金」(大学連携拠点特別推進費)による教育・研究力強化	5
(5)	協働的バーチャル研究所の設立	6
(6)	研究教育基盤整備と設備高度化・効率化	6
(7)	国産計測・分析技術の推進	6
(8)	若手研究者の早期独立と流動化支援資金の新設	6
(9)	事務体制強化：専門職事務体制の導入	7
4	化学分野における重要課題と科学・社会への貢献に対する提案	8
(1)	化学の教育・啓発活動	8
(2)	我が国の魅力ある大学等の研究教育基盤の将来像	9
(3)	高度人材育成と国際化	10
(4)	化学者コミュニティ連携強化	11
(5)	アジア化学戦略の統括的検討	12
(6)	物理化学・生物物理化学	13
(7)	無機化学	14
(8)	有機化学	15
(9)	高分子化学	16
(10)	材料化学	17
(11)	分析化学	18
(12)	結晶学	19
(13)	生体関連化学	20
(14)	化学工学・触媒工学	21

1 はじめに

化学は、原子、分子に視点を置いた物質を基盤とする科学である。化学はこの特性をもち独自に学術資産を構築するとともに、物理学、生物学、医学、工学などとの学際領域を共有しており、科学のさまざまな他分野を支え、これらを繋ぐ「学際の仲立ち」としても重要な役割を果たしており、今後ますますその役割が増していくことは確実である。

化学は「物質（もの）を創る」、「物質を分析する」、「物質の変化を知る」、「物質の物性を観測する」、「物質の機能を生かす」ことを中心とした科学であり、同時に物質を組み合わせ、その特性と機能を生かした様々な「材料」を創成して、最先端分野の「核」となる科学として幅広い分野の発展を先導している。このような化学の視点から、化学分野は、より良い人類社会の発展に貢献するとともに、資源、環境、エネルギー、持続的発展など、現在の社会が抱えている科学および科学技術上の課題を抽出し、これらの 10 年、20 年先の解決策を予測し、それらに挑戦し続けている。

化学はまた、いくつかの「基幹科学」の分野のなかで、自然現象の「発見と解明」に基づきながら、さらに新たな分子、物質、材料を「創造する」唯一の基幹科学として独自の位置を占めている。これに基づいて、様々な現象を原子・分子レベルで解明する点において物理学と関係し、生物と生命現象を分子レベルで化学反応に基づいて解明する点において生物学と密接に関係するように、様々な分野との連携と統合を進めている分野でもある。

また、化学は実生活で出会う、身の回りの現象の理解に特に重要であり、物質の機能と性質を生かした材料を創成して、さまざまな技術の基本となるとともに、環境、資源、持続性、エネルギーなどの、21 世紀になってとくに重要となってきた地球的規模の諸課題において、人類と社会に貢献している。今後 10 年先、20 年先も、化学における研究は、物心両面で豊かな生活の実現においても中心的な役割を担っていくといえる。

このような観点から、本報告では、化学分野から、その将来について展望を行い、次の諸点を提案する。

- (1) 化学分野からの展望と提案
- (2) 化学分野からの緊急提案

2 化学分野からの展望と提案

化学は、すでに述べたように、「物質（もの）を創る」、「物質を分析する」、「物質の変化を知る」、「物質の物性を観測する」、「物質の機能を生かす」ことを中心とした科学であり、科学や技術の様々な分野の発展を先導している。このような観点に立って、とくに「発見と解明」に基づいて、物質と材料をあらたに「創造する」基幹科学としての化学の独自の立場を強く認識し、主に次の5点について展望し、提言する。

[岩澤康裕、藤嶋昭、中西宏幸「化学レポート 2008-持続可能な社会の実現のために」、日本化学会編（2009）も参照されたい。]

(1) 科学技術を先導する物質創製研究

「新たな物質を生み続けること」、これが化学者の最大の使命である。新しい物質を生み出さなければ科学・技術ひいては人類社会の進歩はない。その意味で、新しい機能性物質創製研究は国家の持続的発展の基盤をなすものである。物質創製研究には、物質や材料の創成に加えて、これらの基盤となる新反応開発、新機能解析、新計測技術開発などが含まれるは言うまでもない。この研究を進める上では、主に二つの戦略が重要となる。

まず、希少元素を有効利用し、また、その機能を代替する元素をもとに材料を開発する総合的な「元素戦略」研究の推進が重要であり、さらに、それに続く持続・再生可能な資源を活用する「サステナブル資源・物質戦略」研究が求められる。このような観点に立って、化学と化学者コミュニティは、人類社会の持続的発展のために必要な機能・物性を提供する新物質創成の革新的展開を目指す。

(2) 環境・資源・エネルギー問題

地球環境・資源・エネルギー問題は21世紀最大の課題と言える。社会が経済の発展を目指す際に、環境との調和に配慮することは、いまや当然のこととなっている。さらに、個人の衣食住についても、環境に配慮した生活スタイルが求められる。その意味でも、環境と調和する科学技術に化学が果たす役割は極めて大きいと言える。

地球環境問題のうち、最大の関心事は地球温暖化である。大気中の二酸化炭素（CO₂）の濃度が上昇しており、これが世界的な気温上昇の主要因であるといわれている。CO₂削減への化学の貢献としては、コストの低い製品をエネルギー効率良く作り出す技術の開発をはじめ、CO₂と水を原料とし太陽エネルギーを用いた人工光合成などが期待されている。窒素固定を化学が可能としたように、炭素固定の技術も可能とすべく、「低炭素社会」の実現に向けて、化学分野では、今後さらに活発な研究を推進する。

一方、人体に直接影響を与える環境問題として、大気汚染、土壌汚染、水質汚染がある。これらの原因となる「特定物質」¹については、濃度基準が設けられ、規制が加えられているが、その前提として、特定物質の量と流れを正確に「測定する」技術が必要となる。また、基準を守るためには、物質の発生機構を知り「出さない」こと、および、できてしまった特定物質を分解や有効利用により「減らす」ことが必要であり、ここでも化学の力が発揮される。

資源とエネルギーの問題は、地球規模での喫緊の課題である。資源問題においては、今後の資源の不足・枯渇のもとで持続可能な社会の実現に向けて、希少元素の有効利用

¹汎用されている「化学物質」ではなく、問題となる物質や注目する物質は「特定物質」と呼ぶよう提案する。

やその代替元素の開拓などによるサステイナブル資源・物質戦略研究などを通して、化学は大きな貢献をすることができる。なお、持続性社会については、『日本の展望—学術からの提言』第2章を参照されたい。

また、エネルギー問題の解決には、短期的・長期的な総合視点に立ってエネルギーを有効に使用する技術を開発・評価し、実現していくロードマップが必要である。ここでとくに大事な点は、利用のために投入したエネルギーを超えるエネルギー価値を作り出すことを基本的な考えとすることであり、短期的には有限な化石燃料の有効利用への方策を、また長期的には再生可能な自然エネルギー、太陽エネルギー、およびセルロースなどの非食用バイオマスの利用を中心に対策を講じる必要がある。化学では、他分野とも協力し、これらに関する研究も、今後一層加速させていく必要がある。

(3) 安全・安心を支える化学

近年、「安全で安心な生活」への関心が高まっている。これは、人々が健康、食品、環境などについて強い不安を感じていることの裏返しでもある。安全は科学技術の問題であり、安心は心理の問題であるが、不安の原因を科学技術が突き止め、安全を保証することで人々は安心を得ることができる。これには、安全と安心のための精密分析、超微量分析、機動力のある分析技術の一層の開発が求められており、この課題解決においても、化学に期待される役割は益々大きくなっている。

(4) 深化・拡大する化学

化学は深化・拡大を続けている。たとえば、生命・生活科学および情報科学における化学の役割はますますその重要性を増している。1950年代半ばから始まった分子生物学から、ゲノムの解読やたんぱく質構造解析に代表される構造生物学、蛍光たんぱく質なども関わる一分子計測技術と細胞生物学、低分子を使ったターゲット生体物質探索のためのケミカルバイオロジーや分子イメージング技術によるいわゆるポストゲノム創薬研究、そしてドラッグデリバリー技術開発にいたるまで、全て化学が主役である。また、高齢化社会を迎えて、介護用ロボットの開発も重要課題の一つである。ここでも、人工筋肉や人工関節などにつながるソフトマテリアルの研究と開発は、高分子化学や材料化学が中心となる重要な学際領域である。情報科学を担うシリコンデバイスを補完する分子エレクトロニクスへの期待も大きく、物質創製のための化学に加えて、表面・界面の化学の進展が中心課題となる。

(5) 人材の育成

青少年の理科に対する関心を高め、理科分野、とくに「物質や材料を創り出し、社会と人類に貢献する『創造する科学』としての化学への関心を深めるための働きも重要であり、この方面の啓発活動も実施していくべきである。

ほとんどの子供たちは、小学生の時から自然現象の不思議さに関心をもっており、その関心を中学・高校と末永く続けてもらうことが重要である。そのためには、小学校の教師に自然科学の十分な知識と関心を持ってもらうとともに、初等教育の教師に優秀な人材を配置することがきわめて重要となる。すなわち、理工系出身者や修士博士の学位を持った人がプライドをもって理系教育職に就けることと、そのような社会的価値観を定着させることが必要であり、そのための方策を考えるべきである。

たとえば、科学が好きな青少年の育成のためにも、また一般の人々の科学への関心を

高めるためにも、各種展示館や理科館の充実が急務となる。国際化学オリンピック日本大会(2010年)や世界化学年(2011年)は理科と化学への関心を高めることと関連して千載一遇の機会であり、これらを通じて世界規模の化学の啓発活動やその支援体制の充実を推進する。

以上、化学に関連する今後の展望と課題、化学分野の方針と提案などをいくつかを示した。将来にわたって人類が豊かな生活を維持しつつ、発展して行くためには、化学が果たす役割は益々大きくなっていくことが確実である。

3 化学分野からの緊急提案

長期的な視点に立った上記の「展望と提案」加えて、より近未来における化学の展開と課題に着目して、化学分野では、下記の「緊急提案」を改めて提言する。

(1) 国際的な競争の中で優秀な人材を獲得できる経済支援

自然科学や技術の発展には、理工系を志望する優秀な人材を国内で育成することが最優先課題であり、それには中学・高校での理科の学習の充実、大学での基礎教育の徹底などが急務となる。一方、海外の大学では常識となっている「充実したRA制度」が整備されていない我が国は、国際的な留学生の獲得競争の中で、優秀な人材獲得という点で大きく後れを取っており、同時にこの状況は、我が国の優秀な若手学生が博士後期課程を目指す上での大きな障壁となっている。優秀な国内外の若手人材を獲得するための経済支援制度を充実すべきである。

とくに、アジア地域全体が共に発展し繁栄するために、理工系における人材育成と学術交流を通じて貢献することを目指し、アジア諸国の若手人材の魅力的な受け入れ体制の整備、アジアを理解する日本人若手人材の育成と交流、アジア教育研究拠点群構想、などの推進を提案する。

(2) 科学技術創造立国を担う男女共同参画の改革と老練人材の活用

これまで、優秀な女性研究者が活躍できるための支援環境が整備されず、我が国にとって大きな損失となっている。女性研究者の積極的採用と活用に加え、とくに、科学技術創造立国に貢献する分野での活躍を促進するための教育・研究環境の格段の施設整備が必要である。

また、日本社会がより一層活力ある発展をするためには、経験が豊富な老練かつ活動的な科学者や技術者が（定年を超えて）活躍できる仕組み、すなわち、活力ある形で社会に対して貢献でき、生活も自立していけるような「老練人材」の活用体制を構築することが求められる。

(3) 大学院カリキュラムの実質化

国際的な人材の獲得と同時に、海外の大学との連携、単位互換、ダブルデグリー(共同学位)などを可能にするためには、大学院カリキュラムの改革と講義の実質化、語学力の強化を図ることが求められる。この改革を通じて、所属研究室の狭い領域に留まることなく、様々な領域の先端的な知識を複合的に自身の研究に活かせる若手研究者が育つと同時に、産業界からも求められる幅広い知識を持ち、融合的学問分野に通じた人材が育成されるシステムを構築すべきである。

(4) 「特定運営費交付金」(大学連携拠点特別推進費)による教育・研究力強化

多くの大学では、1%の運営費交付金カットが、教員に実質的に配分される経費(いわゆる校費)の削減で調整されるため、校費は教員配分経費換算で毎年4~5%の削減となっている。一方、競争的研究資金に対する間接経費は、この削減額に見合うほど増額されていない。また、競争的研究資金獲得競争が激化する中で地方大学の疲弊が進み、さらに、教職員定員の1%削減により、教員自身による事務作業が増加し、教育研究に十分な時間を割くことが出来ない状況に陥っている。また、国立大学と国立研究機関の

法人化以降、数千万円以上の中型設備の更新に対する財政的支援がなくなり、老朽化した装置等の更新が出来ない状況が続いている。

これらの問題を解決するには、(1) 中小規模の複数の大学等が連携して特色ある研究教育課題推進を行うために、協働した連携研究体制や共同学位制度を構築して、単独の大学等の研究力・教育力を遥かに超える研究拠点を形成すること、および(2) 分野と機関を超えて協働・連携して人材を育成するための「特定運営費交付金」(大学連携拠点特別推進費)の創成を提案する。

(5) 協働的バーチャル研究所の設立

科学のグローバル化に伴い、基礎科学分野でわが国がリーダーシップを維持するために、緊急に必要とする施策の一つが「協働的バーチャル研究所」の設立である。これは、従来の自然科学の分類(物理学、化学、生物学)を全て包含し、理学、工学、医学、農学、薬学にまたがる中型規模の基礎研究の発展を目指す時限付きプロジェクトを実施する研究拠点のネットワーク組織であり、各プロジェクトの指導者のもとに、異分野の複数の研究拠点(大学など)が協働的にネットワークを形成し、プロジェクト運営委員会が進捗状況を常に見て中間評価をしながら予算配分して、8～10年で発展的に解消する。このような協働的バーチャル研究所の設立が、化学分野ではとくに必要である。また、これを通じて滞在型国際共同研究拠点をネットワーク化することにより、人材育成を含む我が国の学術基盤の格段の向上と国際貢献の機能強化を図るべきである。

(6) 研究教育基盤整備と設備高度化・効率化

平成20年度の大型補正予算によって、ある程度の研究教育基盤整備が進んだが、あくまでも一過性の措置であり、中型先端機器の継続的な更新や、数億円以上の大型設備の設置などは極めて困難な状況となっている。日進月歩の科学技術にあっては、中規模設備の継続的更新・高度化が学術推進に極めて重要であり、また、大型設備の整備を計画的・継続的に推進するシステムの構築も必要である。

(7) 国産計測・分析技術の推進

基盤技術としての計測・分析化学において、世界のトップランナーを目指して産官学による取り組みの強化は国の協力を得て行われ、成果は挙がりつつあり、事実わが国発の分析機器が誕生しつつある。このように、化学分野では、世界の標準計測・分析機器開発における我が国の知名度と存在感をあげる努力を開始したところであるが、この取り組みを一層強化し、機器メーカーの後押しや、研究機関の協力をさらに推進させる必要がある。

(8) 若手研究者の早期独立と流動化支援資金の新設

大学や研究所の間での研究者、教員の移動・交流は、科学・技術の発展を促進に需要である。このためには、雇用制度を含め、流動性を阻む諸制度の見直しを進めるべきである。とくに若手研究者が機関を移る時(流動化)、自由な発想で基盤研究を移動先で推進できるように、流動化支援経費(研究教育環境整備費および間接経費を含む)の新設を提案する。これにより、採用した大学等の研究教育施設整備が可能となる。もちろん、その前提として、透明で公平公正な完全公募人事が求められる。

(9) 事務体制強化：専門職事務体制の導入

大学における教育・研究の実施においては、事務的支援体制の充実が必須であるが、従来、国立大学などでの事務担当者は、ややもすると教員側との連携が不十分であり、専門的な内容については研究者への依存度が高く、教員の負担が増大する傾向が見受けられてきた。これを解決するには、事務処理の効率化と教員の負担軽減、教育研究時間の確保を担保すべく、通常事務体制と教員との間に専門職事務体制を構築し、事務体制の強化やシステムの見直しを推進することが必要である。

4 化学分野における重要課題と科学・社会への貢献に対する提案

化学委員会では、下記の課題別分科会および専門分野別分科会を設置して、鋭意活動を進めている。これらの分科会では、上記の提案に基づいて、とくに化学分野の横断的な諸課題と専門各分野における重要課題について、それぞれ検討を行った。

ここでは、これらの分科会ごとにより詳しく重要課題を展望し、化学分野の将来的課題と専門分野における現状展望と提案を改めて行うこととする。

・化学分野の将来的課題と提案

(課題別分科会からの展望と提案)

- (1) 化学の教育・啓発活動
- (2) 我が国の魅力ある大学等の研究教育基盤の将来像検討
- (3) 高度人材育成と国際化
- (4) 化学者コミュニティ連携強化
- (5) アジア化学戦略の統括的検討

・化学分野の専門別課題と提案

(専門分野別分科会からの展望と提案)

- (6) 物理化学・生物物理化学
- (7) 無機化学
- (8) 有機化学
- (9) 高分子化学
- (10) 材料化学
- (11) 分析化学
- (12) 結晶学
- (13) 生体関連化学
- (14) 化学工学・触媒工学

(1) 化学の教育・啓発活動

① 現状と将来展望：これからの理科教育のあり方

我が国の義務教育段階を構成する小学校と中学校における理科教育においては、前者では「興味関心の醸成」、後者では「知的好奇心の涵養」が、そして高等学校段階では「それらに立脚した論理的思考力の育成」がそれぞれ重要なポイントとなる。高等学校での理科、とりわけ化学教育が、地球上の豊かな生活を支えるための大きな使命を担っていることは間違いない。

物質を基盤とする「化学」は、理科のなかで決して孤立する分野ではない。物質の根源を探り、その作用機序を学ぶためには物理の素養が欠かせず、生命・生物の分子論的理解になると生物の世界に重なっている。地学の領域で包含される天体や地球そのもの、さらには地球環境についても、物質の視点抜きでは理解することができない。初等中等教育、なかでも高等学校における教科では実験を含む教育が重要であり、「理科」の科目編成に関しては、上記の4科目を包含した形の必修科目を設定するなど、教育課程そのものに踏み込んだ、抜本的な見直しを視野に入れた長期的観点での検討が必要な時期にきていると言える。そのためにも、力量のある教員を養成する仕組み

の構築が緊急の課題である。

② 化学の教育・啓発活動分科会からの提案：社会への科学普及

便利で豊かな生活と経済の発展は、科学技術なしには考えられないが、一方、そのような科学技術の利用が地球環境や人間自身に結果的に負荷をかけている側面も否定はできない。このような時代にあっては、科学や技術と社会のかかわりの現状を正しくとらえ、解決すべき課題と今後進むべき方向とを社会構成員の誰もが認識することが非常に重要である。文化としての科学を楽しむことができる社会は、幅広く厚みのある健全な科学的見識を十分に持っているはずであり、このような社会のみが多様な科学的挑戦を許容し、多くの先端的、革新的な科学技術の種を賢明に選定し、発芽させ大きく育成することができると考えられる。そのような科学技術化社会の実現には社会全体の科学普及は最も重要な課題の一つである。即効性を求めるよりも、中長期的な視点で科学普及活動を継続する必要がある。

不断の科学普及活動の具体策としては、以下に示す活動に対する社会の理解や政策誘導が望まれる。

- ア 科学や技術とその歴史を正しく理解し、伝える活動への支援
- イ 科学普及に関する出版事業、報道事業への支援
- ウ 社会にもっと多くの力量あるサイエンスライターを育成する事業への支援

(2) 我が国の魅力ある大学等の研究教育基盤の将来像

① 現状と将来展望

我が国が真に知的創造性と文化的資産を持った先進国として世界の尊敬を受ける地位を築き、「社会に貢献する科学・化学」に貢献する上で、大学および大学共同利用機関の果たす役割は大きく、世界レベルの教育研究基盤の整備が急務である。これには大学院教育の改革が不可欠であり、国際的に活躍できる人材や、融合的新分野を創出する人材育成のための魅力ある研究教育基盤を如何に作るかが緊急の課題となっている。

しかし、国際的最先端の研究・教育と「知の創造と継承」を使命とする大学や共同利用機関の研究教育基盤には様々な問題が山積し、また理工系博士課程進学希望者が大幅に減少している。この状況の下、若手研究者に教育・研究者としての高い誇りと情熱を与え、彼らを個性溢れる研究者として育成する体制を作り、同時に国内外の優秀な若者を惹き付ける魅力ある理工系研究教育基盤整備と、大学院生への経済的支援が焦眉の急かつ重要な課題となっている。

② 我が国の魅力ある大学等の研究教育基盤の将来像検討分科会からの提案

ア 国際的な競争の中で優秀な人材を獲得できる経済支援

国際的な留学生の獲得競争の中で、海外の大学では常識となっている「充実したRA制度」を整備し、優秀な人材を獲得する。

イ 科学技術創造立国を担う男女共同参画の実質化と施設整備

女性研究者の積極的採用と活用に加え、特に、科学技術創造立国に貢献する分野での教育・研究環境の格段の施設を整備する。

ウ 大学院カリキュラムの実質化

海外の大学との連携、ダブルデグリー（共同学位）など、大学院のカリキュラム改革、講義の実質化、語学力強化を図り、学際的・融合的学問分野で活躍する若手研究者や産業界から求められる人材を育成する。

エ 「特定運営費交付金」（大学連携拠点特別推進費）による教育・研究力強化

配分経費が毎年削減され、間接経費の増額も行われていないため、地方大学の疲弊が進み、老朽化した装置等の更新が出来ない状況が続いている。これらの打開には、次の2点が重要である。

- ・ 中小規模の複数の大学等が連携して特色ある研究教育を推進するために協働的な連携研究体制（協働的バーチャル研究所）を構築する。
- ・ 分野と機関を超えて協働的に連携して研究力、教育力を強化し、新たに「特定運営費交付金」（大学連携拠点特別推進費）を創成する。

オ 研究教育基盤整備と設備高度化・効率化

日進月歩の科学技術にあつて、大型設備の整備を計画的・継続的に推進するシステムと、中規模設備の更新・高度化が極めて重要である。

カ 若手研究者の早期独立と流動化支援資金の新設

透明で公平公正な完全公募人事のもと、若手研究者の流動化を促進するため、流動化支援経費（間接経費を含む）を新設する。

(3) 高度人材育成と国際化

① 現状と将来展望

欧米の化学系大学院のシステムは、基本的には博士を目指すことを前提に教育目標が定まっている。ところが日本の大学院制度では、修士号取得を目指す学生と博士号取得を目指す学生、さらにはアカデミックな研究職を目指す学生と企業の技術研究職を目指す学生が混在しており、教育目標が不明確な状況にある。教育目標の設定には、個々のカリキュラムにおいて将来の高度研究者と高度技術者の何れの育成に重点を置くかの視点が重要であり、それぞれの制度実現に向けた適正な経済的援助、国際化システムを導入すべきである。

② 高度人材育成と国際化に関する分科会からの提案

- ・ 修士・博士一貫コースの設置と効率的運営。
- ・ 「日本全国に設置されているほぼすべての修士・博士大学院を同等に高質化することはできない」という現実的状况を認識した議論の開始。
- ・ 教育目標と卒業後の就職の関係は不可分であり、企業は採用時に大学・大学院の成績を重視すべきである。
- ・ COE などのプログラムを通して世界トップクラスの大学院を選別・強化する一方で、全体の底上げも適切に行う必要がある。

③ 緊急提案

ア 大学院-企業連携による博士の質保障

博士の質保障を実現するためには、まず大学院サイドの人材教育目標に照らしたカリキュラム編成で、大学院においても学部同様、主要科目等における成績の厳密評価を行い、企業に対して客観的データを示すことが重要である。同時に、博士の品質保証には、企業サイドが博士論文および学部・大学院の成績を考慮に入れて採用することが必要である。

イ 大学院に対する経済的支援体制（大学、政府、学生支援機構、企業などから）

博士後期課程学生に対しては、日本学術振興会による特別研究員採用人員が徐々にではあるが増加しており、この点は評価できる。また、グローバルCOEプログラムあるいは大学からの支援体制も整備されつつある。しかし、博士前期課程学生に対する経済的支援体制はほとんどできていないのが現状である

ウ 外国人博士課程学生の受入れと就職に対する支援体制の構築

最近、シンガポール、インド、中国、韓国などの研究開発フロントでは、世界中からトップエリートを獲得する動きが急展開している。このような動きに鑑み、日本でも国際的な視野から高度人材を確保する戦略を産官学の協力の下で企画すべきである。このような変革に遅れを取れば、国際的な「知のマーケット」で我が国は孤立する危険性がある。

(4) 化学者コミュニティ連携強化

① 現状と将来展望

我が国が科学技術創造立国として世界のトップランナーを目指すことが求められているが、BRICs 諸国、とくに中国・インドの技術面・経済面での追い上げは急であり、産業の国際競争力の低下が問題となっている。この問題を克服するには、環境、資源、食糧、健康・安全・安心をキーワードとする「イノベーション科学技術創出」を国家戦略目標として、産官学連携による「知（学術）と技（技術）の融合と総合化」による新産業の育成と国際競争強化と雇用創生の促進が緊喫の課題である。そのためには、化学における産官学連携と分野連携を軸とする「化学者コミュニティの連携強化」と「次世代人材育成」が最重要課題となる。

② 化学者コミュニティ連携強化検討分科会からの提案

－ 知と技の融合と総合化による社会のための新科学技術の創生、これを担う産官学連携人材育成 －

ア 知（学術）と技（産業技術）の連携・融合・総合化の推進

（深化・拡大する化学）

- ・ 知と技の融合と総合化を推進する研究システムと研究拠点形成
- ・ 次世代型科学技術創成プログラムによる国際競争力の強化と雇用創生の促進
- ・ 知と技の融合と総合化を実現するための学会運営と連合促進
- ・ 新産業技術創生のための特許の産官学連携による有効利用促進

イ 現代社会が抱える問題を解決できる新科学技術の創成

（環境・資源・エネルギー問題）

- ・健康・安全・安心に貢献する化学知育成プログラムの構築
- ・産業素材としての新化学物質の開発と安全性評価システムの強化
- ・環境・資源・エネルギー問題等を総合的に解決する新科学領域（サステイナブルテクノロジー）の構築

ウ 知と技の融合を実現する産官学連携人材育成システムの構築

- ・知と技の融合と総合化を実現する産官学連携人材育成の推進
- ・社会要請に受け入れられる博士学位取得者育成のための大学院改革
- ・産官学間人材交流の促進と技術専門職教育の充実
- ・運営交付金と競争的資金のバランスの再検討と教育研究体制の再生

エ 基礎研究から応用研究までを俯瞰できる科学技術リーダーの育成

- ・博士課程学力の向上と自立的研究能力の強化
- ・博士課程学生の質・量の確保とフェローシップ制度の確立
- ・教員及び大学院学生の流動化を促す流動型大学院制度改革

③ 緊急課題

- ア 知の創造と技の創出が乖離した社会構造の改変
- イ 知の創造と技の伝承を融合した新科学技術の創生
- ウ 産官学連携による社会から求められ、受け入れられる人材育成
- エ 産業の国際競争力強化と雇用確保を実現する科学技術政策の推進

(5) アジア化学戦略の統括的検討

① 現状と将来展望

我が国は、急速な経済的発展の後、アジア諸国の中であって、いち早く先進国の仲間入りを果たしたが、欧、米、アジアの3極化の中で、アジアにおける日本のリーダーシップが今ほど期待されたことはかつてない。とくに、化学という学術分野においては、日本の研究者および技術者が、アジア地域において、多岐にわたって、すでに様々な努力を積み重ねてきた。そこで、アジア化学戦略の統括的検討分科会では、アジア地域全体が共に発展し繁栄するために、化学における「人材育成」と「学术交流」を通じて貢献することを目指し、我が国がアジアにおいて如何にイニシアティブをとるべきかをここに提案する。

② アジア化学戦略の統括的検討分科会からの提案

ー アジア地域全体の発展と繁栄に貢献する化学のために ー

ア アジア諸国の若手人材の受け入れと育成

- ・英語による授業・講義を行うための英語力向上支援
- ・事務体制の国際化を図るための事務の人員配置
- ・優秀な留学生に対する経済的かつインフラ的支援体制を充実するための支援プログラムの強化、
- ・アジアの若手人材にとって魅力的で充実した受け入れ体制の整備
- ・優秀な留学生の積極的獲得体制の確立

イ アジアで活躍する若手人材の育成と交流

- ・日本人大学院生への経済支援制度やシステムの改革
- ・英語教育の導入と、授業と講義の英語化の推進
- ・意識向上のための交流プログラム活発化への支援の強化

ウ 産官学の連携によるアジア地域の人材育成と交流

- ・大学や研究所等との十分な連携の下、日常生活に支障が無く勉学に専念できるだけの企業による経済的支援とインフラの整備

エ アジアを拠点とする学術組織におけるリーダーシップ

- ・国際的な組織における我が国研究者のより強いリーダーシップの発揮

オ アジア教育研究拠点群構想

- ・産官学の協力の下、アジア各国での英語による教育研究拠点機関の設置

③ 緊急課題

ア アジア諸国の若手人材にとって魅力的な受け入れ体制の整備と、受け入れる若手人材への経済支援

イ アジアを理解する日本人若手人材の育成と交流

ウ 産官学の連携によるアジア地域の人材育成と交流

エ アジア教育研究拠点群構想

(6) 物理化学・生物物理化学

① 現状と将来展望

物理化学は、結合や反応などの微視的理解を通じ、物質の「構造」「反応」「物性」の視点から化学に学術的基礎を与え、さらに「機能」や「生命」の視点から、分子やその集合体の「分子科学」として、物質や生命の根源的解明から広く学際領域におよぶ学術に大きく発展している。

分子系→超分子系→分子集合系→組織系→生命系という階層構造の視点からは、化学のフロンティアは一層高次側へ拡がり、物理化学の研究対象も、極限環境系から機能材料や生体細胞などの高次複雑系へ、また触媒表面や界面、超分子や分子集合体へと大きくシフトしている。

物理化学での新しい方法論が新規分析手法と新現象探索を可能にし、新しい研究領域の開拓にも貢献している。レーザー、放射光、計算機は、いまや自然科学の普遍的な方法論であり、最近では、テラヘルツ波長可変光やア超短パルス光と走査プローブ光学顕微鏡等の組み合わせによる高精度な時間および空間分解能をもつ化学的手法が開発され、ナノテクノロジーや生命現象の研究に質的変革をもたらしつつある。

地球環境の視点では、太陽光エネルギーの利用や人工光合成系の創成の上で、触媒化学や光化学が環境エネルギー科学に寄与することが期待されている。実際、二酸化チタンの光触媒効果は環境分野に目覚しく貢献をしている。今後、環境調和を踏まえ、物質生産の手法に、従来のエネルギー大量投入から、太陽光による選択的な高効率な生

産へとパラダイムシフトを促すことも、物理化学を軸とした基礎科学の重要な役割である。

このように、物理化学は化学の基礎であるのみならず、物理学、生物学、地球科学の自然科学全体、そして工学、医学、農学、薬学分野のインターフェースとなる幅広い学問分野であり、その重要性は明らかである。

② 物理化学・生物物理化学分科会からの緊急提案

ア 協働的バーチャル研究所の設立

基礎化学の分野でわが国が世界におけるリーダーシップを維持するために、現行の競争的研究費だけでは発展しにくい長期的基礎研究を推進する緊急施策である。このような研究には、研究室が新たな建物に集約する必要は無く、従来の物理学、化学、生物学から理学、工学、医学、農学、薬学にまたがる異分野の研究拠点が全国横断型ネットワークを形成し、「協働性」を発揮することが重要である。そのためには、研究費が8～10年間安定して手当てされる時限付き中型規模プロジェクトを実施できる「協働的バーチャル研究所」の設立が強く望まれる。

イ 化学系研究設備有効利用ネットワークの拡充

国立大学等の法人化により「共通設備維持費」が消滅した問題に対して、既設の中大型科学機器の性能を向上しつつ、有効に共同利用する施策である。これにより、研究設備が十分でない大学院生や若手研究者の人材育成を強力に支援しながら共同研究を推進させる。(化学企画委員会記録 SCJ20718-20540300-002 参照。)

(7) 無機化学

① 現状と将来展望

18世紀中期に蒸気機関が発明されて以来、人類は熱エネルギーを経由して日常生活に必要な大部分のエネルギーを獲得している。再生過程がなく化石燃料の燃焼を2世紀半に渡り続けた結果、石油資源の枯渇と地球規模での環境問題を引き起こしている。我々が、真の意味で資源とエネルギーの問題を克服するには、未開発資源としての無機および有機小分子の資源化と、唯一の無尽蔵のエネルギー源である太陽光と、それ由来の自然エネルギーを組み込んだエネルギーサイクルの構築が必要不可欠である。このような循環型社会を実現させるには、化学が中心となって物質変換と共役したエネルギー変換を可能にする触媒開発が最重要であると考えられる。以下に無機化学分科会からの提案を示す。

② 無機化学分科会からの提案

— 地球と人類の持続社会に貢献する化学のために —

ア 科学技術振興のための基盤化学の強化

(科学技術を先導する物質創製研究)

- ・自然エネルギーから化学エネルギーへの効率的エネルギー変換反応
- ・人工光合成のための多電子移動反応系の確立
- ・無機および有機不活性小分子の活性化による資源化
- ・機能性分子の高次配列による新規機能性材料開発

イ エネルギー・環境問題克服および安心・安全社会のための

材料化学の推進（環境・資源・エネルギー問題）

- ・無機小分子の多電子還元による資源化のための触媒開発
- ・脱白金による燃料電池電極材料の開発（化学エネルギー変換）
- ・排ガスからの二酸化炭素の除去と、その資源化のための多電子還元
- ・水素吸蔵物質の開発
- ・光電荷分離と多電子移動反応系の開発

ウ 高齢化社会に貢献する材料化学の創成（深化・拡大する化学）

- ・人工鉱物化による生体材料開発
- ・再生医療など生体調和ソフトマテリアルの開発

エ 情報化社会に貢献する材料化学の創成（深化・拡大する化学）

- ・分子性物質の精密集積による高密度磁気および光材料開発
- ・高速・大容量情報伝送による有機・無機フォトニクス材料の創製

オ 人材の育成

- ・産学での人材交流
- ・エネルギー・環境・資源問題での教員養成

③ 緊急課題

- ア 人工光合成のための光多電子移動反応の確立
- イ 熱エネルギーを経由しないエネルギーサイクルの構築
- ウ 資源・エネルギー・環境分野での人材の育成

(8) 有機化学

① 現状と将来展望

有機化学は、有機化合物に関する基礎的・基盤的学術分野のみならず、化学産業や医薬品工業にも密接に関連する実学的側面ももっており、人間の生活や社会に大きな影響のある学術分野である。今後の有機化学の進むべき（あるいは現在進んでいる）方向は、基盤となる「反応」、「合成」、「構造」、「機構」の研究に加えて、関連分野であるマテリアル（材料）およびバイオ分野への展開である。有機化学はコアとなる基盤学術分野を基礎として、関連分野へ拡大・展開・融合により、その領域を広げている。以下に有機化学分科会からの提案を示す。

② 有機化学分科会からの提案

ー 地球と人類の持続社会実現に貢献するために ー

ア 科学技術振興のための基盤化学の強化

（科学技術を先導する物質創製研究）

- ・標的分子合成のための、短段階高効率グリーンプロセス技術の強化
- ・構造が極めて複雑な標的生物活性分子の構築のための方法論開拓
- ・反応経路解析及び予測のための理論的手法の開発・強化
- ・超分子構造物質の化学や材料化学への有機化学の貢献の強化

イ 環境・資源・エネルギー問題

- ・有機薄膜太陽電池等、色素増感剤として有用な有機化合物の創製
- ・水を水素と酸素に解裂するための触媒および配位子や新手法の開拓
- ・水素を用いたクリーンなエネルギー供給技術の開発
- ・環境調和型分子変換プロセスの開拓
- ・希少金属の代替物質の開拓

ウ 安全・安心を支える化学

- ・医薬品開発に必要な不可欠な不斉合成プロセスの高度化
- ・センサー有機分子の開発、分子ターゲティングの分子設計と開拓

エ 深化・拡大する化学

- ・ケミカルバイオロジーへの有機化学の拡大・深化
- ・有機ソフトマテリアルの創製による材用科学への展開・深化

オ 人材の育成

- ・サイエンスカフェ、出前実験、解説書などによる青少年啓発活動
- ・幅広いコミュニケーションに優れた国際的技術者・研究者の育成
- ・サイエンススクール等特段の施策による科学を目指す人材の育成

③ 緊急課題

- ア 持続可能な社会構築のための基盤化学の強化、例えば上記イ、ウ、およびグリーンプロセス開拓など。
- イ 人材の育成、初等中等教育における実験を含めた理科教育の強化再検討

(9) 高分子化学

① 現状と将来展望

タンパク質、核酸、多糖に代表される生体高分子は、我々にとって最も重要な物質であり、また 20 世紀には、高分子の概念が確立されて多くの合成高分子が創り出され、我々の生活を豊かにし、科学技術の発展に計り知れない貢献をしてきた。今世紀においても、高分子化学は化学、物理、生物にわたる基礎学問としてその役割は増し、高分子材料は、エネルギー・環境、医療、情報等の重要分野における諸問題の解決と人類の持続的発展を可能にする材料として一層重要になると予測される。

② 高分子化学分科会からの提案

－ 地球と人類の持続社会に貢献する化学のために －

ア 科学技術振興のための基盤化学の強化

(科学技術を先導する物質創製研究)

- ・革新的高分子材料設計手法と超精密高分子合成技術の強化
- ・高分子の様々な階層でのシミュレーションによる材料物性予測と分子設計
- ・新原理に基づく分析手法、迅速・高精度解析技術の開発・強化
- ・自己組織化や階層構造化などによる環境調和型革新的加工プロセス

イ エネルギー・環境問題克服および安心・安全社会のための

材料化学の推進（環境・資源・エネルギー問題）

- ・エネルギー・環境に寄与するリチウム電池、燃料電池、太陽電池用高分子材料
- ・水の浄化、ウイルス除去などのための高性能分離膜の開発
- ・人工光合成によるクリーンなエネルギー創生
- ・植物を原料とする低環境負荷型高分子材料開発などのグリーン化学
- ・寿命予知材料や自己修復材料などの開発と安心・安全社会の確立

ウ 高齢化社会に貢献する材料化学の創成（深化・拡大する化学）

- ・非侵襲診断、人再生医療など生体調和ソフトマテリアルの開発
- ・副作用の無い薬物徐放、遺伝子治療などの革新的治療システム

エ 情報化社会に貢献する材料化学の創成（深化・拡大する化学）

- ・有機・ソフトエレクトロニクスデバイスの創製と高信頼化
- ・高速・高容量情報伝送による有機フォトニクス材料の創製

オ 人材の育成

- ・サイエンスカフェ、出前実験、解説書などによる青少年啓発活動
- ・コミュニケーション能力に優れた国際的技術者・研究者育成
- ・上記の展望を実現させるイノベーション達成のための人材育成

③ 高分子化学分野の緊急課題

ア 科学技術振興のための基盤化学の強化

イ エネルギー・環境および安心・安全社会のための材料化学の推進

ウ 高齢化社会および情報化社会に貢献する材料化学の創成

エ 人材の育成

(10) 材料化学

① 現状と将来展望

20 世紀の科学・技術は、交通手段、電気・電子機器技術、IT 技術、医薬・農薬技術などにより、人類に豊かで便利な社会をもたらす一方で、膨大な化石エネルギーを消費し、多量の鉱物資源や限られた希少元素などを使い、また各種化合物を合成・使用してきた。しかし今日、この 20 世紀型の科学技術では社会の持続的発展には限界があり、過度の資源消費や特定物質の自然界への垂れ流しは、地球規模の温暖化、酸性雨、金属イオン公害、環境ホルモンなどの深刻な問題を引き起こしている。

このような科学・技術発展の全てにわたって、材料化学は重要な担い手となってきた。ここで、20 世紀の負の遺産とも言うべき上記問題を、21 世紀に解決出来るのも材料化学であるとの観点から、材料化学分科会として以下のプロジェクト推進を提言する。

② 材料化学分科会からの提案

ア エネルギー・環境技術プロジェクトの推進

地球環境問題は、消費エネルギーの約 80%を化石燃料に依存することに主な原因があり、この解決には CO₂ の人為的大量発生源（鉱工業、自動車、電力）の効率改

善が重要である。短中期には、(1)効率良く、低コストの製品を作り出す新プロセス技術、(2)高効率・無公害の自動車や発電、および(3)再生可能なエネルギー源(太陽光、風力、地熱など)の開発が必須である。さらに長期的展望としては、(4)CO₂と水を原料とし太陽エネルギーを用いた人工光合成などが期待される。

イ 新機能材料・代替材料の創出プロジェクトの推進

上記の新プロセス技術開発には、高機能材料、触媒等の研究・開発が必須である。このような材料は、局在化する希少元素や有害元素に多く依存し、その採掘による環境負荷、枯渇・供給不安、環境問題などが顕在化している。今後は、希少元素や有害元素の使用量を最小化し、また豊富に存在し、環境低負荷な元素で代替する必要がある。

ウ 安心・安全科学技術プロジェクトの推進

新型インフルエンザ流行、食品問題などから「安全で安心な生活」への関心が高まっている。そのための精密分析は重要であるが、リスクの防止・低減材料の開発も必要である。さらに少子高齢化社会を迎えて、介護ロボット用材料や、コンパクトで高容量の化学電池も要求される。この観点からも今後の材料化学の果たす役割は大きい。

エ 成果を社会還元する融合領域プロジェクトの推進

第一期から第三期科学技術基本計画においてナノテク・材料分野、エネルギー・環境が取り上げられ、着実にその成果が出始めている。これらの分野は、引き続きその政策を継続強化することが必須である。一方、これらの研究成果が十分に社会還元されていないとの批判を真摯に認識し、我が国の根源的課題である「エネルギー・環境問題」、「少子高齢化での繁栄の維持」により積極的に取り組み、基礎研究と出口間や異分野間などの融合研究・技術分野の重点化を図るべきである。

(11) 分析化学

① 現状と将来展望

分析化学は、広い意味での化学現象を可視化・数値化すること、あるいは、その目的のための装置と方法論を開発することにある。化学の裾野が大きく広がり、化学、物理、生物の境界を意識することが意味を成さないことから、計測分野も包含して分析科学と呼ぶべき新分野を形成しつつある。そのような学術の進展を踏まえて、分析化学分科会は以下の提案を行う。

② 分析化学分科会からの提案

ア 先端ナノ計測・分析

- ・単一分子計測からナノ領域の三次元局所計測の強化
- ・*in-situ* またインプロセス計測など特殊環境での計測
- ・新規計測・分析機器の開発の促進

イ 先端生体計測の推進

- ・生体・細胞の無侵襲計測と生体相互作用の可視化
- ・複雑・複合系

- ・生体現象の計測技術の開発

ウ 環境保全の計測・分析

- ・可搬型・小型分析機器の開発推進
- ・24時間現場計測機器の開発
- ・MEMS技術を駆使した小型先端計測機器
- ・高感度センサー・プローブ技術の推進

エ 安全・安心を支える計測・分析

- ・特定有害物質・感染性ウイルス検出機器の開発推進
- ・その場における迅速・高感度分析技術の開発

オ 国産初計測・分析技術の開発推進

- ・当該分野の世界トップランナーを目指す産官学による機器開発推進
- ・わが国の計測の標準化・知的基盤の強化

③ 分析化学分野の緊急課題

ア 先端ナノ計測・分析の推進強化

イ 先端生体計測の推進

ウ 環境保全の計測・分析

エ 安全・安心を支える計測・分析の緊急推進

オ 国産初計測・分析技術の開発推進

(12) 結晶学

① 現状と将来展望

物質を扱う科学にとって、物質の結晶構造を知ることはすべての基盤となる。結晶学は、物理学、生物学、医学、工学などとの学際領域を共有しており、科学のさまざまな分野を支え繋ぐ「学際の仲立ち」として重要な役割を果たしてきた。近年、機能性物質創成科学に加えて、表面・界面の科学の進展が中心課題となりつつあり、当該分野は、さらに学問横断的な側面を強化していくものと期待されている。これらの科学の進展を促すためには、微小結晶・粉末試料の解析、迅速測定などを可能にする放射光や中性子などの大型共同利用研究施設の充実と効率的な運用が不可欠の問題となっている。

② 結晶学分科会からの提案

－ 実験室の感覚で実験できる大型施設の実現

(Small Science at Large Facility) －

原子核・素粒子実験や核融合のような Large Science at Large Facility と異なり、放射光や中性子を利用する結晶学、物性物理、化学、高分子、生物、鉱物、地球科学などは、Small Sciences at Large Facility と行うことができる。多岐にわたる実験装置（ビームライン）を用いて、多彩な試料を対象とした基礎研究、応用研究、産業・医療利用が行われており、その成否は我が国の科学技術の根幹を揺るがしかねない。

ア 大型共同利用研究施設の充実と効率化

- ・物質科学分野における SPring-8 の高輝度 X 線と J-PARC のパルス中性子を用い

た施設利用の効率化。

- ・未整備ビームラインの早急な立ち上げの緊急性。世界最高の性能をもつこれらの施設で最高水準の科学を推進するために、十分な数のビームライン整備と運転時間の確保が不可欠。
- ・SPRING-8 では5000～5500 時間、J-PARC では4800 時間（200 日）であるビームラインの稼動時間を国際基準へ拡張。運営形態の整備。

イ 新しい材料への対応

- ・従来の結晶に加え、タンパク質結晶、微小結晶、粉末、膜、基板界面を研究対象とする需要の拡大への緊急な対応。
- ・粉末、膜、乱れを含む試料解析ソフトの開発とその普及活動。

ウ 人材の育成

- ・結晶学の重要性の啓蒙と質の高い専門家の養成。
- ・幅広いニーズに応えられる柔軟な思考力なある人材育成。
- ・IUCr 分科会を主体とする国際結晶学会議への主体的取り組み、アジア結晶学会を通じたアジア諸国の結晶学推進への支援（資料参照）。

③ 緊急課題

- ア 科学技術振興のための材料、バイオ、医療関連の基盤科学の推進
- イ 大型施設を安全に管理し、使用者の便宜を図る質の高い人材の育成
- ウ 大型施設の国際的評価の向上を通じた国際貢献

(13) 生体関連化学

① 現状と将来展望

生体関連化学は、生体物質を扱う化学の一分野から人類の生存そのものに直結し、生命を包括的に理解するためのかけがえのない手段へと、急速な変貌を遂げつつある。欧米の大学の化学系学科の多くは化学と生命科学を包含した構成へと変革され、昨今のノーベル化学賞の半分はバイオ関連の研究に与えられている動向もこれに符合する。したがって、生体関連化学分野の強化・充実は我が国にとって予断を許さない緊急・重要課題である。一方、「生命化学」は化学と生命科学の「境界（学際）領域」と見られがちであるが、これは従来の学問の枠組みに基盤を置き、その上で“融合”を計ろうとするものであり、往々にして単なる足し算に終わる可能性が強く、むしろ異分野の「融合」ではなく、統一された新分野の確立・創成こそ、目指すべき道と考える。これらの展望から、以下に生体関連化学分科会からの提案を示す。

② 生体関連化学分科会からの提案

ア 生命現象を解明・制御するための化学ツールの開発

- ・生体プロセスを“その場”観察するツール開発と in vivo 化学の展開
- ・生体ネットワークを解明するツール開発とシステム生命化学の展開
- ・生体高分子の動的構造解析のツール開発と新機軸新薬開発への応用
- ・疾病の高感度イメージングのツール開発と早期発見／治療への応用
- ・疾病の発症メカニズム解明のツール開発と医療・予防医学への応用

イ 生体機能に準拠する包括的基盤技術の確立

- ・未踏触媒技術（光合成・窒素固定・酸素還元・メタン酸化）の確立
- ・環境保全に資する物質・エネルギー生産／利用技術の確立
- ・食糧問題に対処しうる生体関連化学的育種学の確立

ウ 新分野のための拠点形成と人材育成および機構改革

- ・生命科学技術の化学的・薬学的・農学的・医学的・工学的意味／意義の再検討とこれらを真に統合した新分野および産業基盤技術の確立、社会啓蒙、人材育成
- ・生命科学を対象とした自然科学の区分け（物理、化学、生物、地学）の再検討と初・中等理科教育再編の試み
- ・生命科学技術を対象とした大学の部局分け（理学、工学、薬学、農学、医学）や学科・専攻分けの再検討と再編の試み
- ・以上の集約としての「生命化学拠点（専攻、部局、研究所など）」の設置（全国に20箇所程度を改組あるいは新設により）

③ 緊急課題

ア 既存の学問の枠組みを超えた「生命化学」の概念や方法論の構築

イ そのための教育（カリキュラム）、社会啓蒙、産学連携、新産業創出の検討（大学、学術会議、文科省、経産省、産業界）

ウ 20箇所程度の「生命化学拠点（専攻、部局、研究所など）」の設置

(14) 化学工学・触媒工学

① 現状と将来展望

化学は、その成果が生産プロセス・システムの合理的設計の進歩と相俟って産業と結び付き社会に貢献してきた。同時に、生産プロセス・システムを通して他の科学分野と連携し、化学の成果をより効果的なものとしてきた。21世紀に入り、化学の裾野は圧倒的に拡大し、化学産業にとどまらず、あらゆる産業の基盤科学としてその必要性が高まり、それに伴って他の分野との協働的連携が増々重要となってきており、生産プロセス・システムの同時的進展はその要諦となっている。

② 化学工学・触媒工学分科会からの提案

ア 社会の持続的発展のための役割

グローバル化した国際社会の中で、わが国が持続的に発展していくために必要な化学を基礎とした協働的手法（協同・連携をコアとする新しい手法）の確立と、それに基づく新価値の創造。

イ エネルギー・環境問題

- ・既存エネルギーと環境調和との徹底追及
- ・新エネルギーの徹底したコスト・ダウン（現状の十分の一以下）
- ・蓄電・蓄熱・熱輸送等の進展とエネルギー利用システムの大改革

ウ 深化・拡大する化学と生産プロセス・システムとの連携

- ・生体調和ソフトマテリアル、新フォトニクス材料、分子エレクトロニクス等、拡大・深化する化学の成果を同時的に社会・産業に結び付けるための生産プロセス・システムの継続的革新
- ・社会要請の変化に伴う生産プロセス・システムの科学の本質的革新

エ 人材育成

- ・工学系大学院後期課程の改革と人材教育（産学連携を基軸）
- ・統合的視野を有する国際社会に通暁する人材育成の仕組みの確立

③ 緊急課題

- ア 地域に適合し、地域に根差した工学系大学院の特色付けと人材育成
- イ 太陽、バイオマス、風力等の新エネルギー利用のコスト・ダウン目標の策定と研究プログラムの構築
- ウ 協働的連携（統合的連携）を目指す新しい研究領域の構築