4 Vol. 60 No. 8

# 特集:我が国における学術研究の動向について Ⅱ

# 生物系科学分野の研究動向

日本学術振興会学術システム研究センター

## 1 当該分野の特徴・特性等

生物学は、生命の根底を流れる基本的な原 理を明らかにするための基礎的な学問である とともに, 医・薬学, 農学, 工学, 物理学, 化学, 地球環境科学, 資源科学などを含む自 然科学研究の基盤となる学問でもある. 最近 では,心理学,倫理学,経済学などの人文・ 社会科学との接点も増えている. 生物学は目 指す方向性により基礎生物学と応用生物学, あるいは材料により動物学,植物学,人類 学、微生物学などに、また手法により分子生 物学, 生化学, 生物物理学, 生理学, 遺伝学 などに,研究対象により構造生物学,細胞生 物学, 発生生物学, 生態学, 進化生物学など に分けられる.しかし,近年の研究の進展は お互いの垣根を低くし, 複合的かつ融合的な 視野から,生命現象が明らかにされつつある.

17世紀にフックが顕微鏡を覗いて細胞を報告し、19世紀にダーウィンが生物進化の理論を確立し、メンデルがエンドウの観察から遺伝の基本的な法則を見出し、20世紀半ばにワトソン・クリックが DNA の構造を決定し、ほぼ同じ頃、マックリントックがトウモロコシの観察から遺伝子の可動性を発見したように、社会・科学に大きなインパクトを与え、現代社会の知的基盤となっている生物学的発見の多くが科学者の興味をもとに始め

られた研究に依存している.

生物学は知的好奇心に駆られて進める個人 レベルの研究が重要な発見につながることが 依然として多い. このような例として近年の ノーベル医学生理学賞をあげてみると、2001 年の細胞周期研究,2004年のタンパク質分 解,2006年RNA干渉など多数が挙げられ る.こうした中で、生物学に関する研究は 1990年代以降大きな変遷を遂げている. そ のもっとも大きな要因は、"ビッグサイエン ス"が生物学に導入されたことである。日本 でも理化学研究所に設置された多数の NMR や巨大放射光装置スプリング8によるタンパ ク質構造解析が行われるようになり、個人の レベルでは不可能であった研究が可能になっ た. また、ゲノムレベルでのビッグサイエン スの貢献も顕著であった. 世界的なコンソー シアムの下、様々な生き物でのゲノム配列の 決定がなされた.これにより、微生物から高 等生物に至るまで生物間での遺伝子を通した 機能比較が容易になり、全生物に共通の原理 や逆に生物種や個体の違いが、分子のレベル で研究できるようになった. ゲノム配列の決 定は, また, 遺伝子, タンパク質, 代謝産物 などの網羅的な解析に道を拓き, バイオイン フォーマティックスやシステム生物学という 新しい学問領域をつくりだした. 加えて、ゲ ノム研究の進展は、チンパンジーとヒトのゲ ノム比較による進化の理解にとどまらず.微 生物と高等生物間の寄生・共生の進化や系統 進化の研究等これまで困難であった領域の研 究の大いなる進展をもたらしている. ここで 注意したいのは, ビッグサイエンスは必ずし も研究者をビッグサイエンスの中に押し込め るのではなく, 人類の共通の知の基盤として 情報を世界に提供して, 個々の研究者がこう した情報をもとに"スモールサイエンス"を より自由に, 独自に推進することを可能にし ている点である.

一方で、最近の生物科学の領域への他分野 の進出もめざましい. 工学部の中に生命系の 学科がつくられ、 医工連携が始まり、 また化 学の中でも生命を研究するための様々な化学 物質がつくられ、また生物素材を用いた新た な化学の研究も始まっている. これまでの情 報系と生物系の連携はもとより、数学と生物 の連携も強まっている. これはある意味当然 で,物理的・化学的分子の集合体である生物 をマシーンとして理解し、そのパーツ(分子) をもとに研究することが可能な時代になった ことを意味している.一方で、ヒトレベルで の研究においては、心理学などの人文系との 連携も重要となっている. このような分野を 超えた研究連携が生物科学をさらに発展させ ていくと期待されている.加えて、これまで 技術革新が生命科学の飛躍をもたらしてきた ように、最近の質量分析技術の進展、顕微鏡 技術の進展, 蛍光タンパク質の改良などによ り、細胞の分子レベルでの理解が飛躍的に進 みつつある.

しかしながら、1細胞内での多くの反応の全体像、多細胞生物体の個としての統合のしくみ、自然環境下での生物の相互作用の理解などは、依然として大きなブラックボックスとして残されており、方法論も含めて今後真摯に取り組むべき課題として残されている。

# 2 過去 10 年間の研究動向と 現在の研究状況

上記1.の繰り返しになるが、過去10数年の生物科学研究の大きな流れは、ビッグサイエンスの進展と物理・情報・数学・化学・工学など多様な学問領域の参画による学問のボーダーレス化である。後者に関してこれまでに生物科学にインパクトを与えてきているのは、新たな生物特に細胞や分子の観察・側定法の開発や網羅的解析の情報処理技術の開発などであろう。前者に関しては特にゲノム配列決定とタンパク質構造解析システムの整備が顕著であり、我が国も大きく貢献してプロよる先進的な発見も多く、このような研究の重要性はいささかも失われていない。

以下には、生物系科学の各分野の最近の動向について、科学研究費採択データベースを参考にしながら、検討していくこととする. 科学研究費採択課題データベースは主として1984-1992、1993-2002、2003以降の3つのデータベースを使い検討した. このいくつかは、図として例示した. これに加えて、指導的な研究者に対するアンケート、学会のシンポジウムのテーマ、さらにはノーベル賞の受賞などを参考にしてまとめた.

最初に注意しておかなくてはならないのは、科研費採択状況は、研究が広く展開している領域を反映していることであり、真に萌芽的な領域はかならずしも明白になっていないということである.

## 1. 遺伝・ゲノム動態

キーワード(小細目)別に整理して経年変化を見ると、増加傾向にあるのが「モデル生物」と「ゲノム」である。モデル生物の増加は特定の生命現象の基本メカニズムを理解す

るために使いやすく再現性が期待できる実験 生物が多用される傾向にあることを意味し, 生物遺伝資源(バイオリソース)の重要性が 伺われる. ゲノムの増加は各生物種のゲノム 情報が顕著に蓄積している反映であり、今後 益々伸びるであろう.一方,複雑な生命シス テムの理解に向けて、相互作用する要素間の ネットワークの研究に関心がシフトしつつあ る. マイクロアレーを用いた転写レベルの ネットワークの研究はその一例である. こう した研究を進化学的な視点から行なうことは 我が国の得意とするところであるが、そのた めには、今後新しい技術・方法の開発および 大量のデータ収集能力などを強化する必要が ある. 分子遺伝、集団遺伝、進化遺伝などは 引き続き研究者が比較的多く, 国際的な競争 力も維持されているが、発生遺伝、行動遺伝 の領域は相変わらず研究者が多くない.

# 2. 植物生理・分子

植物生理・分子分野の内容について、様々なキーワードを検索してみると、この20年

間変わらず「光」が常に20%近くを占める. この中には光合成だけでなく、光受容のシグ ナルシステム、光障害などが含まれている. また、オルガネラ(細胞構造)の中では、植 物独特のオルガネラである葉緑体(色素体) がいずれの時期でもオルガネラ研究のほぼ 50%を占めた、このように、この分野では 植物の特性をもとにした研究が盛んであるこ とがわかる. また、ストレス応答の研究テー マの件数が増大しているのが目につく.これ は、地球環境への関心の高まりや食料・環境 への植物の貢献の期待を反映しているものと 考えられる. また、植物ホルモンの研究もこ の 10 年の間に盛んになっているのがわかる. この10年に、ジャスモン酸、ブラシノステ ロイドなど新たなホルモンの研究が増加し た. また既存のホルモンでも、オーキシン、 サイトカイニンに研究が集中した. このう ち, サイトカイニン研究では, 合成酵素, 受 容体など新規の発見が日本の複数のグループ により世界に先駆けてなされ、世界をリード している.



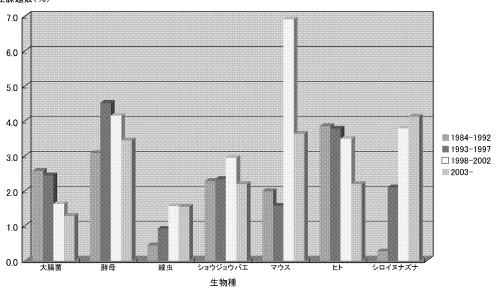


図1 研究課題・キーワードに含まれる生物種の推移

植物生理・分子分野で特筆すべきは、1984-1992では主要な生物研究材料で0.3%以下 であったシロイヌナズナが1998年以降は 4%となり、動物・植物・微生物のすべて の材料の中でトップになったことである(図 1). かつて、生命の分子メカニズム研究の モデルとして大腸菌に研究が集中したよう に、植物の形態形成・生理機能・環境応答な どすべての分子機構解明のモデル生物とし て. シロイヌナズナが用いられるようになっ た. ここにはよい意味でのビッグサイエンス とスモールサイエンスの相乗作用がみられ る. アメリカ、日本を中心としたコンソーシ アムにより、2000年にシロイヌナズナゲノ ム配列決定されたことと,シロイヌナズナの 研究リソースの充実, 特にゲノム情報の整理 とノックアウトラインなどの変異体リソース の整備がビッグサイエンスの貢献である. こ の速やかな情報の公開と自由な使用が、日本 のみならず世界中の植物科学者をシロイヌナ ズナへと向かわせ、最先端のスモールサイエ ンスを可能にした. NSF ではこの凍やかな 情報の公開を研究者に課して、植物ゲノム研 究の発展に貢献した. イネのゲノム配列の高 精度決定が2004年になされ、イネのリソー スが充実しつつあることと合わせ、この2つ のモデル植物を用いた研究はますます進展す ると思われる.一方で、生命の多様性および 応用の観点からは、多様な植物での解析も今 後ますます重要になるであろう. その際. ゲ ノム配列の決定が大きなブレークスルーとな ることは間違いないであろう.

#### 3. 形態・構造

形態・構造は、科研費における応募者を見る限りでは、動物・植物・微生物の形態学、 比較内分泌学、分子形態学のほか、形態形成、組織構築、微細構造、顕微鏡技術、などの分野を扱う研究分野であると現状分析でき る.過去に実験形態学と呼ばれていた学問分野が発展して比較内分泌学の研究分野が形成されてきたという歴史的背景があるために,比較内分泌学の研究者の人口および研究分野はここ 10 年ではほぼ定常状態であるが,他のいわゆる形態学分野は,それぞれの専門分野の中に分子形態学的手法を用いるものとして吸収されていっているように思われる.実態としては,圧倒的大多数が「比較内分泌学」の研究分野で研究する人であり,植物・微生物の形態学を扱う人や,動物の形態学のみを扱う人の科研費申請は年々減少の傾向にあると思われる.

## 4. 動物生理・行動

動物生理・行動分野は、科研費における応 募者を見る限りでは、動物を材料とし、いわ ゆる代謝生理学,神経生物学,神経行動学, 行動生理学,動物生理化学などの分野を扱う 研究を対象としているとみなせる. 1980年 代から世界的に神経科学の研究分野が爆発的 に広がり、その生物学的一分野として「神経 生物学」が、また、同じころに始まった動物 行動学の流れとあいまって,「神経行動学」 という学問分野がそれに伴って創生された. 現在の研究者人口と科研費申請者の顔ぶれを 見ると,神経生物学,神経行動学,行動生理 学の3つのキーワードのいずれかをもつ人が この分野の研究者の大半であろうと思われ る. しかしながら, 世界的に, 生物学の多く の分野がゲノムを扱うような手法を取り入れ てきたために、世界的にはかなりの研究者人 口を占める神経科学分野においても分子生物 学的な分野が多く, いわゆる生理学的な手法 (電気生理学など)を主に扱う研究室が少な くなってきている.

動物生理・行動の研究分野では、過去 10年間の動向を見る限りでは、神経行動学や広義の感覚生理学などの分野に研究者の関心が

集中していると思われる. 国内のこの分野に おいては、いわゆるニューロエソロジーとい う動物行動の神経機構の神経生理学的研究, 視覚系を中心とした感覚生理学および生理化 学,分子生理学,分子生物学的研究,そして そこから派生してきた時間生物学(生物の体 内時計の機構の研究だが、圧倒的に、分子生 物学的な研究が多い;日本における時間生物 学の分野は国際的に見てもレベルが高い), さらに、最近の分子生物学的な手法を基礎と して行動を理解しようとする新たな研究も注 目に値する.このほか、動物の生命の基本を 司る生殖・摂食・睡眠・フェロモン受容など の本能システムの脳機構を解明しようとする 研究は、日本人研究者が中心となって国際的 に研究をリードしようとしており、今後が注 目される.

## 5. 生態·環境

「生態・環境」分野の研究は、個体から地球規模の生態系まで、さまざまなスケールを対象としている。また、個体レベルでは微生物から霊長類まで多様な生物の相互関係を扱い、生態系レベルでは森林・湖沼・海洋など性質の異なる対象を扱っている。したがって、過去10年間の研究動向は、対象とする生物・生態系によっても異なっているが、ここでは全体的な動向の特徴を箇条書きにまとめてみる。

- (1)「保全生態」「地球温暖化」「自然再生」「外来種」などの社会的に関心が高まっている課題に関する研究が顕著に増加している.これらのテーマに関しては、科研費以外の研究資金による mission-oriented なプロジェクト研究が展開されている.一方で、科研費では、上記の課題に関連しつつも、基礎的にも重要な研究が展開されている.
- (2)「分子生態」が増加し、さらに「エコゲノミクス」という新しい分野が展開してい

- る. 具体的には、DNAマーカーを利用した 親子判定・血縁度推定・系統推定などの研究 に加え、QTLマッピング、EST、候補遺伝 子解析、発現解析などの手段を利用し、生態 学的に興味が持たれる現象を遺伝子レベルま で還元して理解しようとする研究が始まって いる.
- (3) 行動生態・繁殖生態学に関連する分野では、「共進化」「性的コンフリクト」などの現象に関心が集まっている。また「生物多様性」を創出するメカニズムとして「種分化」に関心が集まっている。この分野ではとくに、分子的アプローチの活用が進んでいる。
- (4) 生態系レベルでは、「安定同位体比」を利用した食物網などの解析、「フラックス」測定などによる水・物質循環の解析などに関心が集まっている。また、「LTER」(長期観測研究)への関心が高まっている。現象面では、「レジームシフト」と呼ばれる不可逆的な生態系変化に関心が集まっている。また、生態系の動態を理解する新たな方法論として、「ストイキオメトリー」の研究や、微生物の実験系による研究が注目されている。
- (5) 国際的貢献度の点では、「数理モデル」を用いた研究が依然として強く、世界をリードしている。また、「進化生態」「森林動態」の分野は、研究者の層が厚く、国際的に強い分野である。

## 6. 生物多様性・分類

生物多様性・分類分野では、「分子系統」に関する研究が過去20年間に大きく発展した.過去10年間においても、DNA配列情報にもとづく系統学的研究が、分野全体の大きな牽引力となっている。合衆国では、全生物の系統関係決定をめざす"A Tree of Life"(ATOL)プロジェクトに巨額の研究資金が投入された。わが国では、このような組織的な対応はなされておらず、研究者個人や小規

模のグループによる研究が展開されている. 魚類などいくつかの分類群では,国際的な リーダーシップを発揮している.

分子系統学の成果をもとに、生物相の地理的発展過程を研究する「生物地理学」に関心が集まり、新しい展開が生まれている。また、生物の形態的多様性が進化したプロセスを理解するために、形態形成・発生に関与する遺伝子の系統進化に関心が集まり、「EvoDevo」研究が発展している。

一方で、未知の分類群の発見・記述により 地球全体の生物相解明をめざす「インベント リー」や、記述された生物の分類学的情報に 関する「データベース」にも、関心が集まっ ている. 生物多様性データベースに関して は、GBIFという国際プロジェクトが組織さ れ、わが国でもこれに対応する研究が進めら れている.

## 7. 構造生物化学・機能生物化学

「構造生物化学」と「機能生物化学」に含

まれる研究は、内容的には「生化学(生物化学)」に相当すると考えられる。生化学の扱う領域(特に構造生物化学)は生体の構成成分・構造の研究を主とする生物物理学、細胞生物学、分子生物学、生理学、生物工学などと重複し、また生体への作用・変化の研究(特に機能生物化学)を主とする、薬学、免疫学、遺伝学などとも重複し、またその境界は曖昧となっている。

「構造(物質)生物化学」において特に研究者が集中している分野は、酵素を中心としたタンパク質の構造に関するもので全体の半分~4分の3を占めている(図2).核酸や遺伝子をキーワードとして含む研究がそれに次いで多い.一方、糖質・脂質を対象とする研究は漸減する傾向にある.また、生体膜(受容体を含む)、細胞間マトリックス、細胞小器官(オルガネラ)等の構造学的研究は、全体に占める割合はまだ少ないが着実に増加する傾向にあるといえる.構造解析法について見れば、NMR、質量分析、X線結晶解析

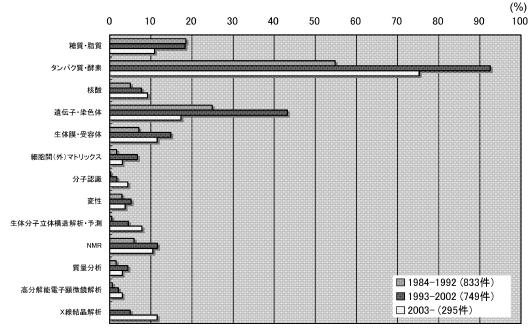


図2 構造(物質)生物化学の研究動向

において、それぞれ革新的な解析法の開発と 装置の大型化・高性能化が進み、三大構造解 析法としての地位を固めつつある。わが国に おいては、X線結晶解析ではPhoton Factory(つくば・高エネルギー加速器研究機構) や SPring-8 (播磨・高輝度光科学研究セン ター)といった大型放射光施設の普及が、ま た,質量分析では田中耕一氏の2002年度 ノーベル化学賞の受賞がこれらの手法を用い ての生体分子の構造解析研究を一層大きく加 速した要因として考えられる. さらに、タン パク質を中心とする生体高分子(核酸・糖類 等も含む) の立体構造データのすべては 1971 年に米国ブルックヘブン国立研究所に設立さ れた Protein Data Bank (PDB: http://www. pdbj.org/) に登録されており、その後 1999 年に PDB の運営・推進の全ての責務が Research Collaboratory for Structural Bioinformatics (RCSB) へ移管されたが、2000年以 降は大阪大学・蛋白質研究所・附属プロテオ ミクス総合研究センターにもデータ登録拠点 (PDBi:アジア・オセアニア地域の公式アー カイブ) が設置され、日本における構造生物 学的研究の進展に貢献している.

「機能(代謝)生物化学」においても、特

に研究者が集中している分野は、酵素の作用メカニズム(触媒機構)やタンパク質の細胞内機能に関するものが全体の約半分を占めており、次いで遺伝子発現、ホルモン作用、情報伝達、免疫などに関するものが続いている(図3).しかし、キーワード別に見た「機能(代謝)生物化学」における科研費採択状況からは、この分野の研究の動向を子細に把握することは困難である。一方、ポストゲノム研究として、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム等のいわゆる網羅的研究も始まりつつあるが、実験方法とデータ解析法の開発が中心であり、研究者人口は現在のところそれほど多いとは思えない。

## 8. 生物物理学

生物物理学は、物理学、化学、数学、工学、計算機科学的な手法を生命科学に導入し、生命機能の基本原理を探求することを目指している学問分野である。これまで、生命科学は遺伝子解析などを中心とした技術による、生体分子の同定、そして役割や形の解析、すなわち、"もの"にねざした研究を中心に飛躍的な進展を遂げている。しかし、生命体は生体分子が複雑に集合したダイナミッ

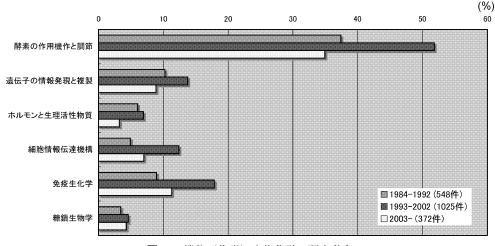


図3 機能(代謝)生物化学の研究動向

クなシステムであり, 生命機能を真に理解す るためには、この"ダイナミックなシステム を定量的に捉える"ことが必須である。その ためには、これまでのいわゆる生物学や医学 的な研究に加え、先端的な計測、生体分子の 動構造解析.複雑系などシステム理論解析. 計算機シミュレーションなどの手法を導入す る必要がある. 生物物理分野は、"ダイナ ミックな生体システムを定量的に捉える"た めに必要な異分野融合研究に大きな役割を果 たしてきている. 異分野を融合して定量的な 生命科学を目指す試みは、世界中で数多く行 われている。例えば、米国のスタンフォード 大学の Bio-X プロジェクトは,700 名の研究 者が一堂に会する研究施設をつくっており. ドイツのヨーロッパ分子生物学研究所,ペン シルバニア大学の筋肉研究所, カリフォルニ ア大学の定量的生命医学研究所, ハンブルグ 分子神経生物学センターなどがある. ここ で、過去10年の生物物理分野での特徴的な 研究を挙げる. 1分子計測技術が開発され、 ミオシンやキネシンなど分子モーターのメカ ニズムの解明が飛躍的に進み、DNA とタン パク質の相互作用, タンパク質のフォール ディング,細胞情報伝達の1分子解析,そし て DNA や蛋白チップの高感度計測などにも 広く使われ、生命科学の強力なツールの1つ となりつつある. ノーベル賞の対象になった ATP 合成酵素 F1の回転の直接的証明はこ の技術を使って行われた.また,極低温電子 顕微鏡と計算機画像解析法の開発により、結 晶化の難しい膜タンパク質, チャネルやイオ ンポンプの構造解析が可能になった. ノーベ ル賞の対象になった水チャンネルの研究に大 きな寄与をした. これら 2 つの技術開発は, 日本が主導的寄与をした例である. この他に も、高磁場 NMR や放射光を使った高輝度 X 線によるタンパク質構造解析, ナノバイオロ ジー, バイオインフォーマティックス, バイ

オイメージング,システムバイオロジーなどに関する研究が精力的に行われてきた.

# 9. 分子生物学

歴史的には、生化学がタンパク質を始めとする生体物質の構造と機能を対象とするのに対し、分子生物学は DNA によって伝達される遺伝子情報を主として取り扱ってきた。その発展に伴い、遺伝子情報が生体物質と結びつき、分子生物学と生化学は分かちがたいものとして融合してきた。一方、分子生物学によって開拓された様々な技法は、組換えDNA 技術を生み、ほとんど全ての生物学分野を始めとして、医学、薬学、農学の強力な基盤として拡大・浸透してきた。国内の有力な分子生物学者を対象としたアンケート調査で挙げられた過去 10 年間に目覚ましい発展を遂げたテーマは以下のとおりである。

- 1. ゲノム研究の進展とその効果の広がり:生物学の各分野にとどまらず、医学、薬学、農学の分野などでも大きな影響を及ぼしつつある.
- 2. 遺伝子発現の調節:クロマチン構造と その修飾, 転写基本因子・転写調節因子 複合体の構造と機能の解明など
- 3. 細胞死
- 4. RNA 干渉現象の発見を契機とする RNA 研究の広がり (RNA 新大陸と称せ られる)
- 5. シグナル伝達機構と細胞周期制御
- 6. ゲノム維持と再編:複製・修復機構の 解明
- 7. タンパク質の構造・機能の解明:タンパク質立体構造
- 8. タンパク質修飾、タンパク質分解制御、タンパク質輸送など
- 9. 幹細胞と再生医学:再生医学だけでなく,発生学や農学などでも注目されている

この10年間(1997-2006)で、これら研究の多くが、ノーベル賞の対象となっており、その数は、9件にのぼる.このうち、日本人研究者の貢献が最も大きいと指摘できるものはないが、それに準じる貢献をしている分野としては、3、5、6、8、9を挙げることができる.一方、これらのテーマに関係状件数を検索した結果では、1、2、5、8、9などは多いが、その他は必ずしも多くない.科研費の採択数は、申請数に比例してきめられ、研究者人口の多い成熟期を迎えた分野を示すものとなろうが、注目度が低いところからも重要な研究が進展する場合も多いことを指摘しておきたい.

#### 10. 細胞生物学

細胞生物学は、歴史的には、細胞の観察に 重点をおいた「細胞学」の延長上に位置して いる.しかし、今やかつての細胞学から完全 に脱皮し、生命活動を担うあらゆる分子が、 細胞という場において、どのような機能をど のようにして発揮するのかを明らかにする 「分子細胞生物学」へと変貌している。そのため、細胞生物学は、単なる一研究分野というよりは、生物科学だけでなく基礎医学も含めた生命科学全般について、その基礎を横断的に形成する学問分野となっている。

科研費の採択状況からでは、細胞骨格・運動、シグナル伝達、細胞周期が、細目「細胞生物学」のメジャー領域を全区間にわたって一貫して構成している(図4). その次に、やはり一定してそれなりの位置を占めているのが、核構造(核膜と染色体)、細胞接着、染色体複製といえる. これらに対し、明確に増加傾向を示しているのは、タンパク質分解、細胞内輸送・オルガネラである. 1993年以前との比較が可能ならば、細胞周期も1993年に至るところで顕著な増加傾向を示したと考えられる.

これらの科研費細目における動向は、日本及び世界の、細胞生物学分野の研究者の多くが持っている実感とかなり一致しているといえる。実際、過去10余年の間に、細胞骨格・細胞運動およびシグナル伝達における研究は、顕著に拡大しかつ深化した。細胞周期

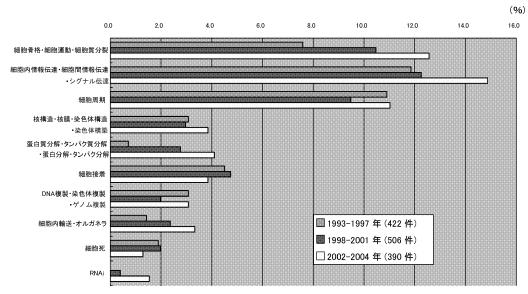


図4 細胞生物学の研究動向

は、1980年代末からのビッグバンをうけて、 一方では癌研究とオーバーラップするととも に、他方では細胞骨格制御・染色体の複製と 分配・シグナル伝達と相関するようになり、 細胞生物学の共通基盤としての位置を得た. この間に、核輸送(核内・核外移行)、染色 体の構築と接着、DNA複製装置について も、分子概要がはじめて判明した. 細胞内輸 送の研究は、顕著に深化した. タンパク質分 解は、生物学的な意義をともなった細胞運命 決定システムとして、全く新たな概念の裏付 けを得るに至った.

過去 10年の間に開発ないしは実用化された画期的研究手法としては、一分子イメージングをはじめとした蛍光イメージングによるタンパク質の細胞内での動態解析技術、MSスペクトル解析とゲノム配列データベースとの連携によるタンパク質分子同定技術、RNAiによる個々の細胞における遺伝子(mRNA)ノックダウン技術、モルフォリノオリゴによるアンチセンス法、などがあげられる。これらの手法は、単に細胞生物学だけではなく生命科学全般に対して、革新的解析法を提供している。

#### 11. 発生生物学

発生生物学は、多細胞生物の誕生から死に

至る一生の間に起こる出来事を対象として, 体の成り立ちのメカニズムを解こうとする学 問である.配偶子形成,受精,胚発生,器官 形成,老化などを含み,発生生物学の特徴は 時間的空間的に変化していく過程を研究する ことである.発生過程の研究は,脳の機能機 序の研究とともに,複雑な現象を対象とする 双璧といえる.テーマは多岐にわたり,細胞 増殖と細胞死,細胞の発生運命決定,細胞分 化,細胞の形態変化や形態形成運動,パター ン形成,進化等を含み,分子生物学や細胞生 物学で得られた知見を結集してなされる総合 生物学である.

科研費の採択状況からでは、細胞分化と形態形成が、全区間にわたって一貫して、細目「発生生物学」のメジャー領域を構成している(図5).発生生物学の主要課題はこの二つのキーワードに集約されるため、この傾向はむしろ当然である。

その次の主キーワードは、遺伝子発現である。これも、今日の発生生物学の主流は細胞分化と形態形成を遺伝子発現の調節によって理解することにあるため、当然の傾向といえる。ただ、実際に対象となる遺伝子については、かつての限られた転写因子群(典型的には Hox 遺伝子群)から、シグナル伝達経路(例えば Notch や Hedgehog)も含めた極め

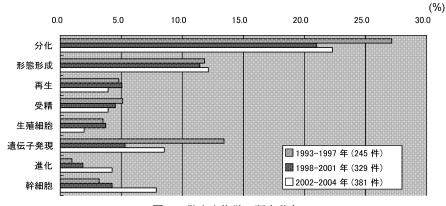


図5 発生生物学の研究動向

て多様なものに変貌しているに違いない.しかも近年,全ゲノム配列がいわゆるモデル生物(ショウジョウバエ,線虫,ゼブラフィッシュ,マウスなど)だけではなく多くの動物においても明らかになってきているため,記載レベルでの遺伝子発現解析データが膨大に蓄積しつつあり,かつ今後も急増することが確実である.この中にあって,ホヤとメダカにおいては,日本発のゲノム研究と発生研究がユニークでありかつ世界をリードしているといえる.

顕著に増加傾向にあるキーワードは、進化と幹細胞である.進化については、元来、発生の多様性と表裏の関係にあるのに加えて、各種動物の全ゲノム配列の決定によって比較ゲノム解析が可能になりつつあることから、いわゆるエボデボ(evolution & development)研究が盛んになっている現状を反映している.

幹細胞と再生の研究の高まりは、近年の発生生物学の動向を特徴づけるものであろう。1997年のクローン羊・ドリーの誕生と、1998年のクローンマウス・キュムリナの誕生は、核の全能性・多能性についての従来の通念を覆し、発生生物学の根幹に関わるものであった。これを端緒として、従来の胚性幹細胞研究に全く新しい地平が開けただけでなく、各種の組織特異的幹細胞に関する研究が生まれた。これらは、発生生物学の研究対象を初期発生から後期発生に大きく拡げるとともに、純粋基礎生物学であった発生生物学を、再生医療という応用や生命倫理問題に直結させるものとなった。

#### 12. 進化生物学

進化生物学は生物の進化全体を研究対象とするため、分科「生物科学」のすべての他の細目のみならず、生物学分野の他の2分科(基礎生物学と人類学)や複合新領域のゲノ

ム科学, 生物分子科学, 資源保全学, 環境 学,あるいは医歯薬学や農学など広い関連分 野を有している.このほか、10年以上継続 しているゲノム特定領域研究でも, 現在走っ ている「比較ゲノム」領域など, 進化生物学 のなかの特に分子進化学分野が深く関係して いる特定領域研究がある. 国立情報学研究所 で公開されている「科学研究費補助金採択課 題・成果概要データベース」には、2003年 度から今年度(2006年度)までの採択課題 が掲載されているが、それを調べた結果,以 下のような研究動向が浮かび上がった. 採択 件数をみると、2003年度の16件から2006 年度の51件と、4年間で3倍以上に増加し ている (新規・継続の合計). また, 2006年 度の申請件数は105件だった。採択された研 究分野は非常に多岐にわたっている.

## 13. 人類学

人類学(文化人類学ではなく,自然人類学を指す)は人間を研究対象とするため,生物学だけでなく,考古学,民族学,医学,工学など広い関連分野を有している.採択件数をみると,1972年度の9件から2006年度の108件(細目人類学が52件,細目生理人類学が56件)と,10倍以上に増加している.

細目「人類学」:過去30年間を通じて,骨 や歯の形態,現代人の遺伝的多様性,人類の 分子系統,人類を含む霊長類の生態,生体動 作機構,化石の年代測定などの多様な研究分 野が一貫して採択されている.このほかに, 人類学は文化系の考古学などの分野と親和性 が高いため,過去30年間に人類学研究者が 多数参加した2個の重点(特定)領域研究(「先 史モンゴロイド」と「日本人と日本文化」) が推進された.関連する他の細目としては, 分科基礎生物学の細目「遺伝・ゲノム動態」 (ヒトを中心とする分子進化学研究),分科基 礎医学の細目「人類遺伝学」(ヒトの遺伝的 多様性など),総合領域のいくつかの分科(情 報学、人間医工学、健康・スポーツ科学、文 化財科学など), 分科史学の細目「考古学」 などがある. このように間口の広い研究分野 であるため、研究動向について一口では言い にくいが、最近数年間の傾向としては、骨の 研究と遺伝子の研究を総合した課題が増えて いることである. 細目「人類学」は、従来は 基礎的な研究, 特に人類進化に関する研究課 題が中心を占めてきたが、その傾向は今後も 続くだろう. ただし, 人間の問題は他の生物 学や医学など多数の分野でも興味を持たれて いることであり、特に20世紀後半以降に勃 興した分子人類学は、遺伝子の進化研究を人 類進化の研究に応用したものであり、これま で人類進化の中心であった化石研究という王 道をおびやかしている. ただ、発生遺伝学が 急速に進展しているので, 人類進化の研究で も, 今後骨や歯の形態進化の研究とそれらの 発生を制御する遺伝子の進化の研究が歩み寄 ることが期待される.

細目「生理人類学」: 生理的環境適応を中 心として扱う研究は、2002年度までは分科 人類学の単独の細目だった人類学のなかに含 まれていたが、2003年度より、分科人類学 の中の別の細目「生理人類学」での採択に移 動した. 1996年度には52課題中3件だった ものが、2006年度には細目「生理人類学」 で56課題が採択されており、大きな増加が あった. 最近の傾向としては, 人間とその居 住空間との対応、多様な地球環境への適応、 老齢化など個人的生理変化などの研究が多 い. 関連する他の細目としては、総合領域の 分科「人間医工学」と「健康・スポーツ科 学」がある.細目「生理人類学」は、間口を 広げて「応用人類学」と改称される予定だ が、今年(2006年)の日本人類学会第60回 大会でロボットと人間に関するシンポジウム が開催されたことは、将来の応用分野におけ る人類学の方向性のひとつを示唆しているように思われる. 日本生理人類学会の2006年6月大会でも, 脳活動に関するシンポジウムが開催されており, 人間の知的活動を生じる生物学的機能を人類学からどのようにとらえるのかを調べる研究分野が, 今後ロボットなどの工業製品とからめて, 発展することが期待される.

# 3 今後10年間で特に進展が見込まれる 研究対象,アプローチ等及び推進す べき研究

これまでの10年間が強力なキュリオシ ティー・ドゥリヴン型研究のバックグラウン ドのもとでの,個人レベルでの知的好奇心駆 動型研究とそこから派生したビッグサイエン スの融合による研究の急速な発展であったよ うに, 今後とも, 強力な知的好奇心駆動型研 究の推進が必要であろう. 真に独創的でかつ 革新的な研究は知的好奇心駆動型研究の中か ら生まれる. 逆に、ビッグサイエンスのゲノ ム研究により生物科学が劇的に進展したよう に,個人レベルでは不可能な,新規の知的好 奇心駆動型研究から派生し研究コミュニ ティーが支援する大型プロジェクト研究もま た重要である.この場合、成功した前例にな らって研究者コミュニティーがプロジェクト 創成の原動力となることが必要不可欠であ る.以下には、今後進展が見込まれる研究領 域について具体的に記述することとする.

① 多様な生物種およびシステム生物学を用いたゲノム研究:1つの方向性は,より多くの生物でのゲノム解読を進めることにある. 生命進化の鍵を担う生物,共生・寄生性の生物,さらには作物・樹木などのゲノム研究進展が必要であるし,進展が見込まれるであろう.これらの研究から,進化を視野に入れた 根源的な生命システムの理解が進むと考えられると同時に、生物の利用への道も拓かれると考える。また、モデルとして使われる種が増え、さらに多くの生物がバイオリソースとして活用されると考えられる。

一方で、今後多くの生物種で全ゲノム配列が決定され、それらに基づいた発現解析がなされ、膨大なゲノム情報が蓄積していく. しかし、この膨大なデータから意味を引き出す手法が未成熟なため、現状は単なる記載と比較のレベルにとどまっており、画期的な原理や法則が発見され始めている状態にあるとは言い難い. そこで、これらの膨大なデータをシステマティックに解析する手法として、発生(細胞集団としてとらえる)、細胞(個体の中の細胞)機能など生命機能の解明のための情報生物学(ゲノムの比較解析やタンパク質の配列・構造予測のためのシステム生物学ではなく)を生み出す必要があるであろう.

遺伝子発現の調節に関する研究はまだまだ 未知の分野が多く、その全体像を解明することを目標として、重要な分野であり続けるで あろう.

- ② 新規遺伝情報分子の機能を通した発生研究: non-coding RNA や DNA・ヒストンのメチル化等のエピジェネティックな修飾が生物の発生に重要な機能を果たすことが報告されてきている。今後タイリングアレイを用いた包括的な解析を含め、新しい遺伝情報分子の機能解明が進むと考えられる。
- ③ 細胞内タンパク質・生体分子情報に基づく細胞機能研究:現実に生きた個体内にある細胞の中での,個々のタンパク質の所在,タンパク質間相互作用や構造形成,翻訳後修飾,輸送,機能発現,品質管理と廃棄等をシステマティックに解析する研究が進展する.また,様々な生体分子の精密構造が決定さ

- れ、その構造に基づく機能の解析が進展する.これらの進展により、個体の中の細胞を細胞総体として捉えることが可能となる.これらの情報をもとに、細胞増殖、細胞死等の細胞機能の研究が進展する.方法論としては、X線結晶解析をはじめとする生体分子の立体構造解析、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム等の網羅的解析が依然として重要であろう.
- ④ 定量的生命機能研究:生命現象があまり にも複雑で多様であるため、生命科学は、こ れまで定性的, データ収集的にならざるを得 なかった面がある. 今後は生体分子がつくる 分子機械から器官、個体まで、生命システム のダイナミックな反応をより正確に捉え分析 する計測,解析技術の開発とシステムや膨大 なデータを分析理解するための理論/モデリ ングや計算機シミュレーションの手法の開発 がさらに精力的になされ, 生命機能の定量的 理解が進む. そして, 定量性の高い生命機能 の知見は、創薬や診断、そして治療に活かさ れ、医学が質的に向上すると期待される. ま た, 生命機能の定量的理解は生命機能のしく みの形式化を可能にし, 工学的応用への道を 拓く. これまでの"ものづくり"は、便利さ を重視し成功をおさめてきたが、これからは 必要なもの、ヒトに優しい"ものづくり"が 求められ、ナノバイオなど生物と工学の融合 研究がますます盛んになる. 定量的生命機能 研究は生物学の工学的応用展開に大きく貢献 すると考えられる.
- ⑤ 幹細胞の研究:幹細胞(胚性および各種組織特異的幹細胞)が,再生医療との関連もあってますます重用され,新規の視点を生み出す可能性がある.生物学,医学,農学などのひろい分野で,多くの研究がなされると思われる.

- ⑥ 生命の高次機能の研究:脳および発生・老化に代表される生命の高次機能の解明は,生命の根幹をなす課題であり,分子・細胞レベルでの生物科学の進展に伴い,アプローチが可能になった.今後,生物の本質を知るための生物学的意味から,また医学的な意味から,さらには,ヒトを理解するという人文科学的意味から,その研究はますます発展をすると考えられる.
- ⑦ 植物機能の研究:植物のもつ光エネルギーを糖へと変換させる機能は、食料、バイオエタノールをはじめとするエネルギー、バイオマスの増産の観点から注目されている. こうした応用研究の基盤となる光合成機能、物質分配機能、長距離シグナル伝達、形態形成などの研究が進展すると考えられる.
- ⑧ 先端的研究手法の開発:トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボロームなどの網羅的解析手法において、超微量・高感度・一斉解析手法の開発(ハイスループット化を含む)が必要で、その技術革新のもと、網羅的研究が一層進展すると考えられる.一方で、1細胞イメージング・1分子計測など生細胞における機能解析技術の革新など解析的かつ定量的な研究の進展が起こると考えられる.
- ⑨ 野外における生物の生存・繁殖の分子的 理解:野外では、生物と環境との様々な相互 作用が生まれる。光や温度だけでなく、様々 な微生物や他の生物との相互作用、土壌中で の塩類や水環境など、複合的な環境要因が植 物の生存・繁殖に影響を与える。また、一方 で、植物と環境の相互作用が動物、菌類、多 様な微生物に影響を与える。したがって、野 外の複合的な環境要因の存在下での生物の成 長や機能発現を分子レベルで明らかにする必

- 要がある.これが真の意味での生物の理解となるはずである.また,当該研究は,地球環境や生物資源の保全に道を拓くものになる.
- ⑩ 生物間相互作用を含む分子レベルでの進化研究:遺伝子の水平移動や共生・寄生などを含む共進化の機構が多様なホストとパラサイトの間のゲノム比較研究から明らかにされると考えられる。とくに土壌中での植物の根・微生物・土壌動物間の相互作用・共進化機構の研究は、メタゲノム解析技術の発展などにともない、これから大きく発展するだろう。土壌1g中に5,000-10,000種の微生物が生育し、複雑な相互作用を通じて土壌中の炭素の蓄積や陸上植物の成長に影響していると考えられており、その理解は、基礎的にも応用的にもきわめて重要である。
- ① 脳科学・神経科学の発展を通じて、人間の行動や心理の遺伝子的・生化学的基礎が解明されつつある。一方で、人間の行動、とくに社会的な行動を理解する上で、進化生物学にもとづいたアプローチが急速に重要性をましている。その結果、心理学や社会学などの社会科学的分野と、一方で進化生物学や行動生態学など、他方で脳科学、神経科学などとの接点が急速に広がっており、生命科学のもっとも重要なフロンティアになる可能性がたかい。

## 4 諸課題と推進手法等

① 知的好奇心に基づく研究の推進

生物学においては、基礎的な解析に研究の 重点を置き、ボトムアップ型の自発的研究を 下支えすることこそが独創性の高い研究を生 み出すための最短にして最良のプロセスであ ると考える。成果がすぐに出る研究を求めす ぎることは、真の生物科学の進歩にとってマ イナスとなることがあるので注意が必要である。したがって、ミッションオリエンテッドなプロジェクト研究とは別に個人の知的好奇心をもとに、真に自由な発想から生まれる独創的な研究テーマを支援することが必要である。このために、基礎科学の研究費は個人研究主体の基盤研究の体制を拡充したものが望ましい。

# ② ビッグサイエンスとスモールサイエンス の相乗効果を目指して

20世紀後半から始まった生命系科学への ビッグサイエンス(ゲノム配列決定コンソー シアム, 大規模放射光施設の建設など) の導 入は、生物学研究のあり方を根本的に変える 可能性を秘めている. 今後, システムバイオ ロジー, ゲノム科学, タンパク質科学, 代謝 化学、細胞内分子の微量分析・動態測定、リ ソースなどで,個人やグループ研究を越えた 大がかりなプロジェクトが必要となる可能性 が高い、これらは、国際コンソーシアムから 国内共同型プロジェクト研究まで大きさは多 岐にわたるであろう.しかし、こうした大型 研究と個人レベルでの研究の相乗効果が, 生 物科学の発展には欠かせない. これを成功に 導くためには、ビッグサイエンス側として、 1. その領域の研究者コミュニティーの総意 としての協力があること、2. 徹底的かつ迅 速な情報の公開を図ること、3. プロジェク トのサイズに合わせて,拠点を過度に集中さ せることなく分散させるなどの適切な設計を 行うことが求められる. 個々の研究者は、こ れらを利用しつつビッグサイエンスの結果を 検証・深化させると同時に、それぞれの興味 に従い,独創的な研究を展開することにな る. 他方, スモールサイエンス側にとって は、スモールサイエンスの維持と拡大を保障 するシステムが必要である. それを通して、 ビッグサイエンスの新たな芽が育まれること

を忘れてはならない.

#### ③ 野外での生物の理解に向けて

わが国の生態学では、理論的研究に加えて、進化生態学・行動生態学・実験個体群生態学など、小さな空間スケールでの、短期的な観察・実験による実証研究が大きな成功を収めている。しかし、大きな空間スケールでの、長期的な観測による実証研究は、大きく立ち遅れているのが実状である。このような研究の推進には、観測ステーションと、長期研究をサポートするグラントシステムの整備が欠かせない。

野外での生物、特に植物の理解に関して は、2つの障害があるように思われる、1つ は、フィールドワークをする研究者と研究室 内での研究をもっぱらとする研究者との交流 が密でない点と、遺伝子組換え生物を用いた 野外での研究が、植物の隔離圃場の研究も含 めて著しく制限されている点である. 野外で の研究も遺伝的背景のはっきりした生物を用 いた分子レベルの研究が必要で、そのために も遺伝子組換え生物や突然変異体の利用が必 要であると考えられる. 前者に関しては、具 体的なテーマのもとでの共同研究が有効であ ろうし、後者に関しては組換え生物に関する 社会における認知を早急に進める必要があ る. 植物においては、隔離圃場における研究 がもっと多様な植物において行われてはじめ て、野外における植物の分子的理解は進むこ とになる.

## ④ 異分野融合に向けて

いつの時代でもそうであったように、生物学の発展は多くの解析・測定技術の進歩と直接的に結びついている。また両者の間で常に正のフィードバックがかかる。したがって、最先端の技術や情報と最先端の生物科学との間の異分野融合が生物科学の新領域開拓のた

めに不可欠である.しかし,これまでは大学の縦割り運営の弊害もあり必ずしもこれはうまくいっていない.このためには,実効性を持つ理工連携のようなプログラムが必要となるであろう.

他方で遺伝子組換え生物の開放系試験・開放系利用や、生物多様性保全、地球温暖化などの問題をめぐっては、人文社会科学との密な共同研究の発展がますます必要となってきている。実際、NSFでは、生物学と人文社会科学の学際研究に関して、2004年以来、総額約100億円の助成を行なっている。

# ⑤ 人材育成

21世紀は生命科学の時代と言われながらも、わが国でそれを担う人材の育成は貧弱である。大学では、生命系の分野の学生定員は医学部を含めても10%にも満たないであろう。一つの対策としては、膨大な数を抱えている工学部や理学部の生物系以外の分野との連携・融合が考えられる。先端的な研究拠点で、異分野の若手研究者を互いに短期的に受

け入れる制度なども若手育成に有効であろう.

一方で、応用化志向の風潮の中で、大学は 広い視野をもち知的好奇心駆動研究を指向す る学生の減少に直面している. これは将来的 には、研究人材シーズが枯渇するだけでなく 大学等の「教育者」も育たなくなり、基礎科 学研究の大きな痛手になると考えられる. こ れを改善するためには,応用目的指向型研究 ではなく、知的好奇心に基づく研究を志向す る若手研究者の養成が急務であるが、現状で はこのための有効な方策は採られていない. 例えは、大学院学生がじっくり腰を落ち着け て研究するための、授業料の無料化とティー チングアシスタント (TA) などの支援制度 の拡充が望まれる. 優れた若手研究者を育成 するためには、じっくりと深く研究を行う人 材に焦点を当てることが必要である. 最終的 には、複眼的な審査基準に基づく経済的支援 制度を拡充し、優れた博士課程の学生に様々 なかたちでの支援を行うことが必要であると 考える.

20 Vol. 60 No. 8

# 特集:我が国における学術研究の動向について Ⅱ

# 農学分野の研究動向

日本学術振興会学術システム研究センター

# 1 当該分野の特徴・特性等

農学は,人の生活に不可欠な農林水産業並 びに自然・人工生態系における生物生産・生 産環境と人間社会との関わりを基盤とする総 合科学である. その学問的構成は生命科学, 生物資源科学, 環境科学, 生活科学, 社会科 学等からなり, 作物・家畜・魚類等の食料生 物,森林生物,有用微生物およびそれらの環 境要素である土壌, 気象, 水文など主に フィールドに依拠した応用生物学領域を研究 対象にしている. 病害虫・雑草による生産物 の減収・廃棄を防ぐ生物保護研究や生産物の 用途拡大に向けた食品加工・適性化研究もこ の範疇に入る.人がその持続的生存・繁栄を 希求する中で農学は人との接点が極めて深 く, そのため食料の安定多収・高品質化, 作 業の軽労化・省力化に関する農学研究の充 実・強化が指向され、一方では、生産環境工 学、地域・地球環境の保全あるいは生物多様 性保全といった生物生産や人間を取り巻く好 適環境の維持や荒廃した環境の修復に深く関 わっている. 農学ではトータルとしての農業 収支に関わる農業経営・経済研究も重要であ

現在の科学研究費の分科・細目では,農学は,狭義の農学(育種学,作物学・雑草学,園芸学・造園学,植物病理学,応用昆虫学),

農芸化学(植物栄養学・土壌学,応用微生物 学, 応用生物化学, 生物生産化学・生物有機 化学,食品科学),林学(林学·森林工学, 林産科学・木質工学),水産学(水産学一般, 水産化学),農業経済学,農業工学(農業土 木学・農村計画学、農業環境工学・農業情報 工学), 畜産学・獣医学(畜産学・草地学, 応用動物科学, 基礎獣医学·基礎畜産学, 応 用獣医学, 臨床獣医学) に分類されてきたが, ヘテロな研究分野の集合体であるこれら農学 の新領域分野として 2003 年に境界農学 (環 境農学・応用分子細胞生物学)が新しく分化 した. 農学を今少し詳しく見ると、生物を取 り扱う場合の研究対象が人の衣食住に直接関 わるものが圧倒的に多く、イネ、コムギ、ト ウモロコシ,ダイズ,野菜,果樹等の農作 物, イワシ, マグロ, サンマ等の魚類, 乳 牛・肉牛、豚、鶏等の家畜、マツ類、スギ、 ヒノキ等の林木というように、個々の対象ご との研究取り組みが大変重要となる. 従っ て、農学の分科・細目は、多様で細分化して いるといえる.しかし、それ故にこうした農 学研究パフォーマンスには、農学を取り巻く 基礎生物科学,物理学・化学,工学,さらに 人文社会科学など他領域との連携が必須であ ることは論を待たない.

一方,わが国の農学領域は,アジアを始め アフリカ,中近東,中南米も含めた開発途上 国の食糧をはじめとする衣食住の向上・改善

に向けた技術支援,技術移転に深く関わって おり、これには開発途上国の現地スタッフ・ 機関や全世界に広がる IRRI、CYMMIT、 IWMI, IFPRI, CIP, WARDA 等の国際農 業研究協議グループ (CGIAR) を中心とす る国際農学研究機関との共同・交流研究で達 成された研究成果が大きく寄与している. 1960年代の世界の「緑の革命」には、わが 国のイネやコムギの半矮性系統が寄与してお り、イネでは、その革命を主導した遺伝子 sd1 が近年同定されている.以上のように、 農学が所掌する分科細目研究は多岐にわたる が、一方では、1980年代から盛んになった 農学関連の植物・動物ゲノム, 地球温暖化防 止, リオ・アジェンダに関連する遺伝資源探 査収集(現地国でのジーンバンク設置も含 む)、遺伝子組み換え生物 (GMO;作物、野 菜果樹, 花卉, 林木, 魚介類, 実験動物, 家 畜、微生物など)、植林などによる砂漠化防 止, BSE 等人畜感染症等, 行政官庁主導に よるトップダウン解決型の緊急プロジェクト 研究が数多く見受けられる.

なお、本稿は、現有の農学班研究員全員が 分担・協力し、科研費採択課題から見た研究 動向を中心に据えて、鋭意調査・執筆したも のであるが、限られた人数と紙面で網羅する には、農学の研究対象はあまりに広く、また 多様である、機会を得て別の視点なども加え ることで、さらに充実したレポートとなるこ とを期待したい。

# 2 過去 10 年間の研究動向と 現在の研究状況

わが国の過去 10 年間の農学研究は、農・林・水産関係分野を中心とする生物生産の増収研究から、高品質化や再生産可能な持続性および人の健康増進に向けた食の安全性・機能性研究に大きく舵を切った(1970 年代か

ら同傾向あり). また地球レベルの異常気象の多発や環境劣化に目を向けた環境調和型農林水産業・農学研究に関心が高まった. 一方世界に目を向けると, 農学は20世紀後半から爆発的に増え続ける人口に見合う食糧をはじめとする生物生産を確保して行かねばならないという厳しい現場的命題を突きつけられており, 人の生活や地球環境と調和した高度の生物生産研究の重要性が再び指摘されている. これらを達成するためには, 基礎生物学, 物理学・化学, 工学, 環境科学, あるいは社会科学等と密接に連携して, 農学に関する基盤・先導研究を益々推進することが重要になっている.

ここでは、科研費研究成果のデータベースからの検索キーワードを中心に、一部、当該分野の学会発表の題目の解析や、専門家からの意見聴取結果を含めて研究の動向を検討した。各分科・細目で、それぞれの特性に配慮した解析をしているが、一部、特に特徴がみられたものについては、本稿の末尾に図表を掲載した。

#### 1. 農学

育種学,作物・雑草学,園芸・造園学,植物病理学,応用昆虫学等の狭義の農学は,イネ,ムギ類,ダイズ,トウモロコシなどの基幹食料作物を中心に,家畜飼料作物,工芸作物,果樹・園芸作物を含めた多様な作物の安定生産・供給を目指す学問分野である.安定多収生産に加えて品質向上や軽労化・省力化も本来の目的であり,病害虫や雑草といった収量低減要因の化学的,生態的・耕種的制御もこの分野に含まれ,また植物間はもとより植物と害虫・微生物との相互作用(アレロパシーも含めて)の解明・制御も重要な研究テーマである.

過去10年間の動向をみると、研究目的としては、環境ストレス耐性の向上に加えて、

環境に配慮した持続的生産、安全で健康増進 に寄与する食品生産ということが重視されて いる. 環境にやさしく合理的な総合的害虫管 理の研究、微生物や天然生理活性物質を利活 用した総合的雑草制御研究や病害虫防除研究 などはその典型である. また, 個葉光合成研 究に加えて群落光合成における光利用効率向 上のための分子生物学的研究, 枯渇が懸念さ れる水の作物生産における効率的利用を意識 した研究なども進められている. これらに は、研究手法としての分子遺伝学・分子生物 学,特にモデル植物を用いた研究成果が大き く貢献している. 近年完成したイネゲノムの 解読には、日本の研究者が大きく貢献すると 共に、その成果をベースにして、農業形質を 制御する複数の遺伝子群を同時的に解析する 量的形質遺伝子座 (QTL) に関する圃場レ ベルの研究が発展してきた. また. ストレス 耐性向上や雑草防除で重要な作物・雑草間の 生理生化学, 分子生物学的差異の解明による 選択性除草剤の開発や病虫害防除機構の解明 とそれによる性フェロモンや抵抗性誘導農薬 等環境に優しい農薬開発, 害虫の薬剤抵抗性 への対処, 雑種強勢の利用も含めた新品種開 発による品質向上も達成された.一方では、 農薬耐性雑草等の課題が顕在化している. 日 本の主要な冬野菜であるアブラナ科植物で は、雑種強勢の利用に向けた自家不和合性の 基礎研究も進んでおり、植物病理学の RNA サイレンシング研究のように生物学全般に大 きく貢献した成果もある. 人物往来のグロー バリゼーション化の拡大に伴い, 人や動植物 検疫のためのバイオセキュリティーや外来生 物(雑草, 魚類, 動物, ウィルス) が重要な 検討課題になりつつある.

一方で、園芸作物など一部の分野を除く と、遺伝子組み換え作物(GMO)による品 種の育成・利用については、我が国では十分 なPA合意に至っていないこともあって研究 推進が制約されている.また,人の食糧に資する農作物関連の際立った種の多様性は,モデル生物を主な研究対象とする基礎生物学と農学と大きな違いを招来しており,主要な作物・害虫などについて各論的ゲノム解析をはじめとする研究が希求されている.コンピュータ関連技術の発達は,リモートセンシング技術の農業的応用などを著しく促進しており,コンピュータのソフト面の発達ととはいる。これに新しい展開を遂げている景観形成・創成研究分野もある.

# 2. 農芸化学

化学を中心的武器として,作物や微生物あるいはその培地となる土壌等を対象に研究し,作物や有用物質の増産・品質改善に寄与する学問分野であり,分子から生態系・地域環境までの多様なレベルを対象としてきた.同時に,食品の安全性や機能性も着目され,大きな成果を上げてきた.

この10年間では、環境問題が大きく取り 上げられるとともに、バイオテクノロジー・ 遺伝子工学の技術を用いた新たな物質生産技 術の開発が大きく進展した. 生物的な環境保 全・環境修復のために、地域レベルでの研究 に加えて河川流域レベル・地球規模での水循 環・物質循環関連の研究が展開しており、土 壌微生物学や応用微生物学分野では環境汚染 物質の生分解など環境修復に役立つ微生物の 研究も進められている. 作物生産のための研 究としては、アルカリ土壌での鉄吸収を可能 にするオオムギのムギネ酸類の研究や酸性ア ルミニウム土壌での特異な植物の耐性機構, 不溶リンの有効化機構、ケイ酸やホウ酸のト ランスポーター発見,根の硝酸イオン情報の サイトカイニンによる伝達や窒素利用機構な ど、農業に対する実用技術開発が期待できる とともに、生物学全般にも大きく寄与する成 果が得られている。 共生窒素固定や菌根菌を

代表とする微生物と作物の生物間相互作用の 研究も重要である. 生理活性物質など有用物 質の生産については、日本における微生物・ 酵素の利用技術や天然物化学研究は世界最高 水準であり、例えば、世界で稼働している微 生物による物質生産プロセスの多くは日本で 開発されたものであり、特に脂肪酸発酵によ る高度不飽和脂肪酸の工学生産は画期的なバ イオプロセスである. さらに、医薬として世 界的に高い評価を受けている高脂血症薬(メ バロチン) と免疫抑制剤 (タクロリムス) は、 農芸化学の出身者が主となって日本で開発さ れたものであり、バイオコンバージョン(生 物変換), コンビナトリアルバイオエンジニ アリング(組み合わせ生物工学)などの研究・ 技術開発が進み, 医薬品・機能性食品として の利用が期待されるフラボノイド類などの生 産も可能になっている。21世紀は"環境調 和型"の「モノつくり」技術が望まれるが、 微生物の機能と精密合成法や光学分割法とを 組み合わせることで, 高収率で高効率且つ高 選択性のある物質生産プロセスの構築が期待 されている. こうした近年の目覚ましい研究 の進展には、モデル植物や微生物のゲノム解 析や、分子生物学・分子遺伝学的手法の発達 が大きく関わっている.機能性食品のような 食品の品質向上に加えて、食の安全も重要な 今日的課題であるが、食品因子や食品アレル ギーの研究においても日本は、世界をリード する研究成果をあげている. 農芸化学分野で は、水産学や畜産学・獣医学とも密接に連携 して、種々の毒素・BSE (プリオン)・鳥イ ンフルエンザなど、人の安全に直接関わる物 質に対する生物化学的な研究が展開されてい る. 食品成分の生理機能の研究に加え、生活 習慣病に代表される現代社会が抱える様々な 病気に対し、食品の立場から予防、改善に取 り組む研究も加速している.

# 3. 林学

林学研究は、森林・樹木の育成と環境保全に関わる①林業に関連した研究、②公益的機能に関連した研究、③それらの基盤となる生物学的研究と、林産物利用のための④木質の形成プロセスの解明と樹木分子育種、⑤木質の成分利用、⑥木質材料・エネルギー変換技術、および⑦木質構造や接合の技術開発研究とに分類できる。

①では、1980年代以降、山村地域の社会 システム全般に視点を広げた研究が目立ち始 めた、現業的な林業関連研究の必要性は依然 高いものの,純粋な現業的研究は減少しつつ あり、1992年のリオデジャネイロ国連環境 会議での森林宣言以後は「環境保全と林業を 両立させる持続的森林資源管理」というコン セプトに基づく研究が増加している. また, 人工衛星リモートセンシング等の先端技術を 利用した研究も増加している。②では、これ まで森林の治水機能を直接の対象とした砂防 研究が大きな比率をしめていたが、ここ10 年では、森林破壊、地球温暖化等の問題を背 景に、水循環や炭素等の物質循環関連の基礎 的なフィールド研究が数多く取り組まれてい る. 森林公園や里山林でのリクリエーション や環境教育への取り組みも、最近の特徴であ る. ③は、森林生物の生態や生理を解明して 森林科学の応用分野に自然科学的基盤を提供 するもので、高い生物多様性をもち、CO₂の 巨大な吸収源でもある森林の重要性が共通認 識されて以降,森林生態学的な基礎研究が増 加している. また、バイオマス資源としての 重要性を背景に、木本植物においても、ゲノ ム研究や遺伝子導入技術など先端技術を適用 した育種研究も着実に増えている.

林産物利用のための研究は、樹木の生命活動についての生命科学・理学的なアプローチ、パルプや抽出成分・利用に係わる化学的

アプローチ, および化学加工や居住性に対す る木材の総合的利用のための工学的アプロー チとに大別でき、この10年間の研究動向の 特徴は、④については、分光・顕微技術の進 展と樹木分子生物学の発展に伴い、細胞壁の 構造やその構築過程が解明されている. また 遺伝子組み換え樹木を用いた分子育種の研究 が増加傾向にある。⑤は、木材の主要なセル ロース, ヘミセルロース, リグニン成分の効 率的な分離技術が試みられ、ペーパー触媒な ど繊維材料の機能発現研究も進んでいる. さ らに、ナノスケールのセルロース繊維を原料 とした新素材開発, 糖化によるヘミセルロー スの機能性食品化や生理活性物質等への利 用, 天然高分子材料としてのリグニンの利用 といった応用研究も多い. 樹木抽出成分の機 能化に関する研究例として、 樹皮成分のタン ニンについて、虫歯予防・メラニン生成抑制 効果などの機能と分子構造との関係の解明が 進んでいる. ⑥は、資源・環境問題のクロー ズアップに伴い、木質系建設廃棄物などのリ サイクル技術・エネルギー変換技術などカス ケード型ゼロエミッションに関する要素技術 の開発や、木質バイオマスからのエネルギー 変換に関する研究が進んでいる. ⑦について は、木材からの低環境負荷型長寿住宅の開発 のため、安全・安心な部材の接合技術・設計 法や材料から廃棄までの全体を視野に入れた 総合的研究も図られている.

## 4. 水産学

水産学は、加工・貯蔵も含めて水産物から食料としてのタンパク質等を供給し、水圏から持続的で安定的、且つ安全な食料資源を確保するための総合科学である。漁業は、自然の生物生産過程に依処した産業であり、人間の陸域における生産・生殖活動に強く影響される。200海里経済水域法施行、FAO提唱の「責任ある漁業のための行動規範」(1995)、

「海洋生物資源の保存並びに管理に関する法律 (TAC法)」(1996)等の施行により、環境や人類の福祉健康に配慮したグローバルな水産学研究が増加している.

この10年間の特色は、資源学・養殖学・ 漁業などの伝統的研究分野が依然強力である 一方で、生態学・環境学研究が陽を浴び、魚 病分野が重視され、生物工学研究の展開が目 覚ましいことである.水産資源保全のため, サイズ別選択漁法の開発や、ソナーや改良潮 流計による魚群規模や魚種特定の効率化、魚 群行動のシミュレーション研究が大きく貢献 している. 漁獲量によらない魚資源量の直接 推定も資源保全に重要であるが、これにも音 響手法・光学的手法の発達が寄与している. ニホンウナギは, 白鳳丸による生態学的共同 調査などにより、産卵場やわが国への回遊な どの知見が飛躍的に増大した. 伊勢湾でのイ カナゴや秋田県のハタハタは資源管理成功事 例として知られる. 近年急速に発展した我が 国の水産学での遺伝子導入・遺伝子発現・生 殖細胞移植など生物工学の手法開発は, 魚類 に関する最先端研究として世界に発信できる 内容である. トラフグのポストゲノム解析に 関する研究は特筆に値する. 増養殖の研究・ 技術開発も世界のトップレベルと自負でき る. 種苗生産・餌料生物研究の展開によるタ イやヒラメの人工大量増殖, クロマグロの完 全養殖、ウナギやイセエビなどでは難種苗魚 種の生産技術開発が進んでいる.養殖用の配 合飼料については、特にエクストルーダーを 用いた EP 飼料の開発と環境にやさしい飼料 改善などの研究,水産食品関連ではD型ア ミノ酸の機能と作用機序の解明, 磯の香りに 関する研究や, 貝毒の毒化機構の解明とその 分析技法の開発、海産動・植物由来の生理活 性物質に関する研究などが増加した. 食品衛 生研究も増加したが、これは食の安全・安心 に対する社会的な高まりが要因と見られる.

そのため、旧来の食中毒に関する研究以外に 魚介類アレルギーに関する研究や食品加工・ 鮮度保持では魚介類の迅速かつ簡易な種別判 定法やICタグを用いた研究開発が増加して いる.さらに日本古来の水産発酵食品の微生 物学的研究も着実に進んだ.また、近年、海 洋深層水を利用した魚介・藻類の飼育や食品 への応用技術開発研究も話題になっている.

## 5. 農業経済学

農業経済学は食料の生産・流通・消費を中 心に、経済と技術の結節点、社会経済システ ムを研究する文理融合型の研究領域である. 経済のグローバリゼーションが進み、食中 毒, BSE, 人畜共通感染症, 遺伝子組み換え 作物など、さまざまな研究課題が研究対象と して分析され、研究領域は拡大している. い ずれも学際領域での研究が必要で、国境を越 えた地球規模の食料需給や人口・栄養問題, 農業生産の環境への影響評価、環境財の供給 などを分析することが重要な課題になってい る. 自然科学分野における技術や科学の普遍 性と比較すれば、この分野の研究対象は、人 間の社会経済行動であり, 予測し難い様々な 行動が起こり, 地球規模の問題も地域レベル の小さな行動の変化で大きく変わりうるとい う意味で、フィールド調査を伝統的に重視し てきた特徴を生かすことができ、今後の貢献 の可能性は少なくない.

この10年間の研究動向をみると、多様なテーマが扱われているが、地域に根ざした研究、農業経営と農業政策に関わる研究が多い、農業政策ではWTO体制(世界の貿易自由化推進)のもとでの国内政策転換の分析、経営学では株式会社参入を含めた経営組織や政策変化への対応が分析されている。グローバリゼーションの影響で、国内と海外諸国との比較研究も増えている。特に進展のあった領域は、食中毒・BSE・鳥インフルエンザな

どの消費需要への影響評価,新しい農業・農村の役割に関する研究(農業・農村の多面的機能の評価方法の確立,グリーンツーリズム,CVMなどの評価方法の適用),食にかかわる学際領域としてのフードシステム研究(トレーサビリティ,食の安全),海外の農業・農村発展における開発経済学の貢献である。

# 6. 農業工学

農業工学は、農業・農村の持続的発展を、 ハードおよびソフトの両面からの技術開発を 中心とする工学的な手法で実現する学術・技 術の体系である. 具体的には, 近年の国内外 で抱える食料諸問題を打破するために、食糧 不足等に対する農業生産性の向上や食品供給 工程 (フードチェーン) におけるロスの低減 および食の安全・安心の保証ならびに、農 業・農村における生産・生活環境の改善や農 村地域の様々な資源の適正かつ持続的利用の ために、基礎研究から応用研究・技術開発を 一体的にカバーし、具体的な各種の地域的な プロジェクトに比較的短期間の内に反映させ て, そのフィードバックが学術の課題と方法 の展開に直ちに繋がるという地域性・実学性 の強い学問分野である.また、科学技術のみ ならず社会科学との融合的接近によって、問 題解決を図ろうとする学際的領域である. 現 在では、自然環境保全・修復・持続的管理や 食の安全・安心を保証する技術開発も喫緊の 課題となっている.

屋外の自然環境における農業生産については、生産環境の改善、機械化、ポストハーベスト、さらには安全・安心を含めた食材・食品の流通管理(トレーサビリティーなど)など極めて広範な研究がなされている。屋内における人工環境での生産に関しては、生物環境調節、植物工場、施設園芸等の研究が盛んで実用化に結びついている。これらの分野に

取り組む我が国の研究者は諸外国に比べて多い。IT等の先端技術の導入は生産の現場に大きく貢献してきた。すなわち、生体を生きた状態で非破壊的に計測する技術を利用した自動選別や屋外作業における機械の自動化や農業用ロボットの開発技術・研究などは、高齢化、女性労働化、農業人口の減少等に対応する軽労化技術として成果を上げてきている。さらに、生産性向上と環境保全の両立を目指して、近年、精密農業(プレシジョンファーミング)およびそれに関連する研究も急速に増加してきた。

屋外での生産の基盤となる環境(特に土壌. 気象・水文、耕地、道路・水路、水管理シス テム、地域情報システムなど)については、 この10年間で研究対象が大きく拡大し、斬 新な観察手法・分析手法を取り入れた研究が 進められている.一方で,地域資源を有効に 利用しつつ資源や施設を管理するシステムを 構築して地域環境を整備・管理することを目 的に、地域の環境形成機構や改善手法を直接 対象とする研究も急速に展開し, 灌漑排水や 農地整備の分野の研究もこうした対象・目的 に関わるものが増えている.また、生態系保 全・生物多様性保全、住民参加型計画論、グ リーンツーリズムなど農村都市間の交流や農 業・農村の多面的機能を対象とした研究など 研究テーマの多様化の進行とともに、2004 年の「景観法」制定を契機とした農村景観研 究が増加傾向にある.

## 7. 畜産学・獣医学

畜産学・獣医学は、家畜の繁殖・飼育による食料生産の向上と動物の健康維持を目的とした学問領域であるが、その研究は多岐・多様にわたり、ヒトの医学・薬学への寄与も大きく、野生動物の保護なども含まれる。動物個体そのものの解剖・生理等の多様な研究に加え、病原微生物やエサとなる飼料植物の研

究も含む.政府による平成14年12月の「バイオテクノロジー戦略大綱」は、健康と長寿の達成(よりよく生きる)、食料の安全性と機能性の向上(よりよく食べる)、持続可能な快適社会(よりよく暮らす)を人の生存目標にしているが、畜産学・獣医学はこれらに貢献できる種々の研究を行っている。ウシ、ブタ、ヒツジなどで行われている微生物・動物ゲノム研究などにより、機能性、安全性の高い食料生産に寄与するのみならず、動物を用いた有用物質生産技術開発研究等により医薬・健康や生活環境の改善等についても大きて貢献できると期待される。

この10年間に、発生工学や生殖工学は特 に目覚しい発展を遂げた。1990年代後半の 体細胞クローン羊"ドリー"の作出成功は驚 愕的衝撃をもたらしたが、その後ウシ等の 種々の動物においても体細胞クローン動物の 作出成功例が報告され、その後は低作出効率 の原因解明へと研究が展開した. 既に体細胞 クローン胚作出技術は優良形質ウシの産出へ と応用されているが、生産物の安全性の検討 評価は不十分との消費者の評価は厳しい. 一 方,哺乳類および鳥類における染色体相同領 域の比較マッピングや, DNA 多型マーカー を用いたニワトリ QTL の解析など、分子遺 伝学的手法による研究が進み、疾病の原因遺 伝子の同定や分子育種への実用化などが試み られている. 飼養に関しては, 効率的飼養技 術を目的とする消化・吸収をはじめ栄養生理 学的研究に加え、環境保全型畜産を目指した 家畜排泄物の環境負荷軽減化, リサイクル飼 料の開発などに取り組んでおり、持続的生産 力を有する放牧草地生態系の構築に向け, 分 子生物学・遺伝学的研究から生態学的研究ま で幅広く研究が行われている. 医薬の面での 貢献も大きい. ゲノム解析が進み. ヒトゲノ ムから動物ゲノム解析に移行して、様々な動 物での比較ゲノム解析研究が進展しつつあ

る. 特に、エピジェネティクスの進展は、疾 病や食品研究にも大きな寄与をしている. 近 年の新興・再興感染症は、ほとんど動物由来 感染症であるが、2001年9月日本で初めて の BSE ウシ、2004 年 1 月の鳥インフルエン ザの発覚を受けて、発症機構を解明する基礎 研究や予防に向けた研究が行われてきた. BSE についても、診断法の確立やプリオン の基礎研究に日本が大きな貢献をしたほか, 他のウィルス病や原虫病についても基礎研究 とワクチン開発で貢献している. 診断法・治 療法の開発も重要な領域で、ヒトの治療技術 の開発にも寄与しており、小動物がヒトの難 治性疾患のモデルとなったり, 腫瘍に対する 治療法開発への貢献も期待されている. 医 薬・健康に役立つサルモネラ菌ポリマー型抗 体や高付加価値畜産食品などの開発も行われ ている.

# 8. 境界農学

境界農学は、農学分野を横断する学際・複合領域を取り扱う分科であり、2細目のうち、環境農学は、2003年に生物資源科学から変更された。

環境農学における過去 10 年間の研究動向と現在の研究動向は、次のように概説できる.地域や地球レベルの環境問題に対して、環境の計測や分析・診断評価と改善手法の局面において総合学際的な取り組みがなされ、一方では、食の安全、生物多様性や生態系の保全、内分泌攪乱物質、気候変動などの研究に特に注目が集まっている.生物の持つ機能を活用して環境の修復や浄化を図る研究や、木質系・海洋系未利用資源ならびに農林畜産・食品廃棄物などの生分解システムやコンポスト化など、リサイクルや再資源化に関する要素技術の開発が進められ、生分解性プラスチック、複合材料ならびに新規高分子材料などの高次加工技術の開発に関する研究に発

展している. 地球温暖化抑制策として, 植物 バイオマス資源によるポスト石油化学が注目 され、バイオエネルギー変換、生分解性機能 材料、バイオプラスチックの新規生産技術や 特性解明などの研究が盛んになっている. 生 物と環境との関係については、植物一土壌 (微生物),植物-昆虫,植物-大気微量成分 ―昆虫など、複雑系の相互作用の解明が進 み、生物多様性の解明が進みつつある. 環境 中には多様な微生物種が存在するが. いわゆ るメタゲノム法で環境中の遺伝子を網羅的に 解析し、ポストゲノム手法等の活用による遺 伝子機能の解明と有用機能の利用が研究され つつある. また, これらの遺伝子資源情報は 生物圏の生態系を解明する上で重要な知見を もたらしてくれるものと期待される.

一方, 応用分子細胞生物学は, 海洋生物を 含め、昆虫・動物・植物・微生物等、様々な 生物種の生命現象を遺伝子およびタンパク質 のレベルで解明し、これらの生命現象に関わ るタンパク質・遺伝子の機能を利用すること によって産業の発展に直結する応用を目指す ことを目的としている. それらのタンパク 質・遺伝子等の分子間相互作用のみならず細 胞間相互作用を解析するとともに, ゲノムや タンパク質構造等の分子情報を利用すること で機能分子設計や細胞育種が可能になる. 例 えば、低分子量の脂溶性ビタミンAやDは 成長に必須な微量栄養素であり様々な生理活 性作用を示すが、その生理作用は核内受容体 を介した特異的標的遺伝子群の発現調節によ ることが判明し、ビタミンの組織特異的作用 機構が解明されつつある.

# 3 今後10年間で進展が見込まれる研究 対象,アプローチ等及び推進すべき 研究

グローバリゼーションのなかで、農学分野

の重要度の高い課題としては,必然的に食料等衣食住に関わる物質の生産性向上とその高品質化並びに環境保全があげられる.前者には,生産者の労働改善や流通の改善,消費者の安全・健康への寄与も含まれる.そのために,新しいコンセプトの確立や研究手法のさらなる向上,および他の学問分野,組織(行政・民間の諸団体),さらにはアジアをはじめとする諸外国との連携・協力の一層の促進が重要である.

一方では、モデル生物のゲノム解析やDNAマーカーなどに象徴される分子生物学・分子遺伝学の知見・手法を、農学分野が扱う各論的な多様な動植物に拡大・応用すると共に、生物間相互作用、生物と環境との相互作用、さらには人間社会との関わりや流域・地球規模の環境の変化を視野に入れて、総合的・学際的な視点で基礎研究から現場の課題まで取り組む必要がある。

# 1. 食料の生産性向上・高品質化に関す る研究

わが国では、1994年のGATT ウルグアイラウンド妥結後に、食料品目の殆ど総てが収量重視から高品質化へと変容し、これに伴って国内での農学研究もこのプロセスに準じる形で推移して来た。世界全体をみると、向こう10年間は人口増の一方で、可能耕作地の拡大は絶望的な状態にあり、諸作物の単位面積当たりの収量向上は必須の課題である。畜産・水産においても、限られた土地・資源の中でより効率的な繁殖・飼育技術の確立が求められる。さらに量の確保から品質(食味など)へと消費者の目が移っており、より良質で安全な食料の安定供給が求められている。

・多収品種・環境ストレス耐性生物種・品種 の作出研究

遺伝子組み換え作物の利用のほか、雑種 強勢(ヘテロシス)の利用、QTL解析お よびポストゲノム解析などの促進が挙げられる. 品質の向上という面からもこれらの 分子遺伝学的知見・技術の応用が望まれる

・作物の多収性と病害虫・雑草防除に関する 基礎的研究

デンプン合成・転流・集積のメカニズム およびフィールドレベルでの生物間相互作 用に関する研究の新展開が望まれる.

・繁殖・飼育技術の向上に関する研究

生産性と品質との両面から,繁殖・飼育 技術の向上に資する研究が望まれる.畜産 における体細胞クローン技術の実用促進の ための安全性検定,魚の養殖における代理 親魚(借り腹)養殖技術等の先導的研究が 大いに進展が期待される.コイヘルペスな ど,畜産・養殖における病害の研究も重要 である.

・地球温暖化と水資源枯渇への対応

地球温暖化や水資源の需給逼迫が21世紀における現実の問題として差し迫る中で,高濃度温室効果ガスや高温気象条件下での生産性の向上や,節水条件下での生物生産技術の確立や耐乾性作物種・品種の開発は緊急の課題になっている.

・問題土壌での作物生産に関する研究

社会の進展や経済の発展に伴い、世界的な規模で良質な農耕地が工業用地、宅地等に転化されたり過疎化するなかで、確実に増え続ける人口に見合った食料の生産を続け、かつ高揚するためには、従来、生産性が低いあるいは荒廃した土地での農業生産技術を確立する必要がある。特に、食糧問題が深刻な熱帯地域、乾燥・半乾燥地域においては、塩害土壌、強酸性土壌、強アルカリ土壌等の問題土壌の改善や、問題土壌に対する植物への耐性機能付与が、耕作地の維持・拡大に欠かせない。また、先進国も含めて重金属汚染土壌対策はますます重

要な課題になっている.

#### ・生産現場での労働改善

わが国の農業人口の減少・高齢化・大規模集約化は今後も進むと考えられる中で、メカトロニクス(農業ロボット)など超省力化のための農業機械・工学的研究が重要である.一方で、作業の安全性やIT技術を用いた農作業機械の改善など、ソフト・ハード両面を活かした安全性確立への寄与が期待される.

#### ・アジア諸国への技術移転

モンスーン・アジア地域における農業技術の先進国として、アジア・アフリカ諸国、中南米、中近東諸国への技術移転なども含めて積極的に貢献する責務がある.

# 2. 有用物質の探索と効率的生産に関す る研究

かつての高度経済成長を支えた重化学工業 生産を主体とした時代から、現在は、それら をベースにしつつも、生物学的、生物化学・ 生物工学的あるいは食品化学的生物生産が、 国民の健康生活を機能の面で支える新時代の 革新技術として脚光を浴びつつある。農芸化 学・水産化学・木材化学の知見・手法が蓄積 され、森林・農地を含む土壌圏や、河川・湖 沼と海を含む水圏の多様な微生物・動植物を 研究対象としている農学は、衣・食・住ある いは医薬・健康に役立つ有用物質の探索と効 率的生産技術の開発に主導的役割を担ってお り、その開発研究が加速しつつある。

# ・微生物利用と有機化学技術

微生物は、資源に乏しい日本における有用資源であるが、とくに、難培養性の土壌 微生物、深海微生物や高深度地下の微生物 の活用が注目されている。またスーパー微 生物の構築や生物有機化学の新しい展開に よる有用物質生産技術の開発が期待でき る. ・林産資源・水産資源・動物資源からの有用 物質の探索・生産

林産物・水産物 (海藻)・畜産物由来の 有用物質の検索と利用,分子育種による有 用物質の生産機能の強化などが期待され る.

# 3. 食の安全に関する研究

国民の豊かな生活の実現には、安価で十分量の食料を供給するだけでなく、現代では食味・栄養や多様性などの質の改善を望む国民の声が非常に高い. さらに、食の安全性に対する関心が高まっており、生産・流通を通じて、どのように安全性を確保し消費者に保証していくかは、社会的ニーズの高い喫緊の課題である. これは、日本など先進国に限らず、中国・インドなど経済発展が著しく高揚している国々においても注目されている課題である.

#### ・フードチェーンとトレーサビリティ

生産現場から消費者までの原料・資材・ 生産物の流通を一貫して把握・管理するシ ステムとフードシステムの理念の確立が求 められており、IT技術などの活用も期待 される.

#### ・リスクマネージメント

「風評被害」に象徴される今日のわが国の社会的重要課題である。生産性やコストと安全性とのバランスに考慮し、生産者と消費者との間のリスク分配など社会のコンセンサスを確立する必要がある。

# ・各種食品が人体にもたらす影響の研究

食品の複数成分の交互作用の研究が重要となる.また,活性酸素などの作用機構研究においてもバイオマーカーを利用するなど、新しい手法による展開が期待できる.

#### ・食品からの有害物質の除去

魚介類からの重金属・ダイオキシン除去 技術や、低農薬での栽培体系の確立が期待 される.

# 4. 医療も含めた健康や快適な暮らしに 資する研究

農学研究は、食料の生産性向上や安定供給だけでなく、衣食住の全般にわたって生物資源を活用し、かつ環境との調和を指向する学問領域である。生物資源の利活用研究の中から、人の医薬や健康にも役立つ成果・技術が数多く得られているが、その重要性は今後益々高まるものと考えられる。

#### ・新興・再興感染症の予防と治療研究

人獣共通感染症(BSE, 鶏インフルエンザなど)に代表される新興・再興感染症の多くはアジア発であるため、アジア諸国と協力して取り組むべき課題である。社会・経済学分野との学際的協力をもって農家経済、社会全体への影響についての研究が求められている。

#### ・ヒトの医学への貢献

エピジェネティクス研究は,癌や慢性疾患の解明など多様な展開が期待されるほか,獣医学・畜産学,応用動物科学分野での基礎研究が不妊症治療や脳研究,臓器移植ドナーの開発などに貢献することが期待できる.生活習慣病の解明と対策には農芸化学分野の研究が寄与する可能性が高い.

・有用物質を用いた医薬品・機能性素材の開 発研究

水産生物、樹木や微生物からの医薬素材の探索・発見や有機合成研究、プロバイオテクスや機能性食品・テーラーメード食料の開発、海藻類を用いた食物繊維の研究、セルロースナノファイバーの高弾性・高強度・低熱膨張率・透明性などの特性を利用した次世代有機電子デバイスの開発研究、あるいは新機能の紙や木質住宅の開発などが期待される.

# 5. 地域社会・地域環境への貢献に関す る研究

農学は、具体的な地域社会を対象とした、 自然科学と社会科学が融合した学際的かつ実践的な学問でもある。地域の資源・公共財を 有効に活用し、地域の環境を保全・修復しつ つ地域社会の発展を実現するためには、また 農山漁村地域が保有する環境財の供給など多 面的機能を適正に評価するためにも、新しい コンセプト、モデルが必要である。グローバ リゼーションの中での地域や森林・海浜等の 公共財(コモンズ)の位置付けや、地域資源 の活用・地域環境整備のための規範構築が求められている。

# ・都市と農山村の交流

都市住民が農業生産や農村が持つ多面的機能に対する理解を深めることは、農村地域の発展に重要であり、環境保全や食の安全に関連して重要なリスクコミュニケーションを促進する意味からも不可欠といえる.グリーンツーリズムなど都市と農村地域の相互交流活動について、一層の研究が期待される.

・コンピュータ関連技術,人工衛星などの活 用

GIS や人工衛星情報の活用,景観シミュレーションなどの新しい手法が研究と実用の進展に寄与することが期待される.

・公共資財としての森林・水域の活用と木の 文化研究

森林や水域(河川と海)の持つ多面的機能を活かした住民地域活動とそれを活かした森林・水域の環境保全活動(地方行政・NPO活動など)が期待される。また、我が国には数千年にわたる木質文化財や木造建築物が多く残されており、これら文化財を保存し、学術的・文化的な価値を高めることが重要である。そのために、自然科

学・技術と人文社会科学を統合した新たな 研究の展開が求められる.

#### 6. 環境の保全・修復に関する研究

農林水産業は、第1次産業として自然環境 を上手に利用してきたが、その発展の歴史的 過程においては、多くの場合環境を大きく改 変してきた負の側面を持っている. 特に化学 肥料や農薬に象徴される近代農業の展開は生 産性を飛躍的に高める一方で, 工業・経済等 の諸活動とともに、地域環境や生物相の多様 性や持続性を損なう面も大きかった. 生産対 象である動植物や微生物, 生産の基盤環境と なる森林、耕地、水域、および地域社会を研 究対象とし、林学や水産学も包括する農学 は、農業環境のみならず自然環境についても 保全・修復のための方策を構築することを求 められており、それへの寄与が期待される分 野である. 地域からグローバルな地球規模ま での環境と資源・生物多様性の保全・修復に 努めるとともに、その中で農業・林業・水産 業・畜産業の持続的生産を実現する研究の深 化が必要である.

# ・物質循環・水循環の解明

河川・海洋汚染などに加えて,地球温暖 化や水資源枯渇に対処するには,これまで の限定的な地域レベルの研究を拡大,発展 させて,森林,耕地,水域を一体のものと して捉える流域レベル・地球レベルの視点 から,基盤となる炭素・窒素などの物質や 水の循環を明らかにしていくことが重要で ある.衛星情報やコンピュータを利用した モデリング,モニタリング研究を展開する とともに,環境測定の精度を向上させて従 来の実測データの再検討をおこなう必要が ある.

#### ・温室効果ガスの削減

地球温暖化の懸念が大問題化しつつある中で、温室効果ガスの生物学的低減技術の

開発研究は緊急の課題である。代表的温室効果ガスである CO<sub>2</sub> やメタンの発生・吸収メカニズムの解明と定量的把握を行い,低減のための農学的方法を確立する必要がある。これらの研究には,水田からのメタン発生に代表される農産物生産過程での温室効果ガス発生に関わる研究とあわせて,森林・海洋に関わるフィールド農学が大きく貢献するものと期待される。

#### ・生態系の理解

実際のフィールドでの植物と微生物共生との機能の評価、外来有用動植物の導入や稚苗魚の放流等による環境や生態系への影響を予測・評価するための生態系モデルやDNAマーカーを用いた評価システムの構築が期待される.

# 持続的農業の確立

Low input で高収性と高品質を得る (High return) 技術手法の開発は、農学の 永遠の命題であるが, 低肥料・低薬量投入 (Low input) によって、生産量は若干劣 るが人にも地球にも優しい環境調和型の持 続的農業技術の開発への関心は高い. その ためには、環境中の生物現象を利活用する 取り組みが重要で,植物・病原微生物間の 応答機構解明や植物・昆虫・病原微生物の 多様な種間交互作用研究が上げられる. 湖 沼等の富栄養化の原因となる窒素・リンな どの化学肥料の削減のために, 作物の栄養 元素の吸収・利用効率に関わる基礎研究に 加えて、 菌根菌などの根圏微生物の活用も 期待される. 土壌の肥沃度に応じて施肥量 などを調整する精密農業(プレシジョン ファーミング)の確立も期待されている. アジアモンスーン地域の農業技術の先進国 として, アジア, アフリカ, 中南米諸国へ の技術支援,技術移転なども含めて積極的 に貢献する責務がある.

・環境修復技術の確立

人為的に破壊された耕地・森林等の生態 系を修復し、生物資源を回復するための研 究開発は緊急の課題である。まず、効率的 な修復の基礎となる適正な土地利用区分法 の研究が必要である。技術的には、人為的 に環境に放出された有害重金属やダイオキ シンの汚染などに対する修復技術として の、微生物や植物を用いたバイオリメディ エーション、ファイトリメディエーション の研究開発や、アマモ場・サンゴ礁など沿 岸域の再生技術開発も同様に緊急課題であ り、本格化することが期待される。

・バイオマス資源・廃棄物の有効活用研究 化石エネルギーの枯渇・高騰により、代 替エネルギーが注目を集めている中で.バ イオマスエネルギーは, 再生可能である点 と地球温暖化に影響する二酸化炭素の削減 の点から特に注目される. 近年のデンプン の発酵産物であるエタノール生産だけでは なく, 食品残渣や木質系解体材など無駄に 廃棄されるバイオマスのエネルギー変換技 術の開発は、地球温暖化抑制や資源の保 全、汚染の抑制につながる、水産加工残滓 や畜産廃棄物(糞尿等)のリサイクル的利 用,木材のグリーンリファイナリによるエ ネルギー物質等への転換技術開発もある. これには、バイオマス利用に適した新規植 物種・品種の開発なども考えられている.

・森林・地域環境及び海洋資源の保全研究 地域環境と融合した森林資源の持続的・ 循環的生産システムの構築が求められ, GISによる空間解析や統計モデルを用いた 農村地域の研究が期待されている。水産学 分野では,海洋資源の保全に向けて,代理 親魚技術を利用した絶滅危惧種の保全技術 開発研究が注目を浴びている。

・地域住民の家計・生活改善に配慮した環境 保全対策の研究

例えば, 日本を一歩出た国々における砂

漠化地域の緑化事業の成功には、地域住民の家計にも配慮し、住民が積極的に参加できるような方策が必要である。緑化を兼ねた換金作物(例えばナツメヤシ、ザクロ)の導入やエコツーリズムなどは、一時的な国際援助などに依存しない環境保全事業に発展する可能性があり、重要な研究対象である。

# 7. ゲノム情報や遺伝子組み換え技術の 農業生物への有効利用と種・品種開 発

分子生物学・分子遺伝学の成果と手法は, 今後さらに農学の発展に寄与することが期待 されるが、その際、農学が対象とする生物は モデル生物ではなく,食料等人の衣食住に供 する農業生物そのものであること、また対象 生物の環境応答や、作物・家畜と病害虫の相 互関係等に見るように,動物・植物・微生物 間の複雑な相互作用が重要な研究課題となる 点で、基礎的な生物学研究とは大きく異なる ことを忘れてはならない. さらに、現実の社 会の中で、遺伝子組み換え生物 (GMO) が 生産・消費に貢献するためには実質的な安全 性の確立と国民のコンセンサス作りも重要で ある. GMO に関する研究から生まれた各種 特許が、将来 GMO の農業生産への利活用に 影を落とすことの無いようにすることも意識 しておかねばならない.

# ・多様な生物のゲノム情報整備

従来のモデル生物を用いた基本機能解析の促進に加え、主要な作物・野菜・家畜・ 魚介類・林木など実用性の高い農業生物 種、病害虫生物および有用微生物などに関 するゲノム情報の解析とデータ網の整備が 必要である。

#### ・遺伝子組み換え生物の利用

形質転換体の安全性評価法(環境への遺 伝子拡散・社会的許容も含めて)の確立と GMOの実用化が急がれる。一方で、遺伝子組み換えに依らない新作物や家畜の作出法に関する研究開発(既存の遺伝資源の活用、分子 TILLING 法の導入、重イオンビーム法等)も必要である。一方では、一層革新的な遺伝子組み換え技術手法の開発も重要である。

# 4 諸課題と推進手法等

政府による研究開発投資を対 GDP 比で見 ると、日本はフランス、ドイツ、アメリカな どの先進諸国に比べてかなり少ない. また. 研究開発予算の推移を見ても, 中国・韓国で は著しく増加しつつあり、アメリカも増加傾 向にあるのに比べて日本の伸び率は小さい. そうした中で、研究予算の配分のあり方を考 えるとき、本調査による研究成果を含め、現 在注目されている農学関連研究の大部分はボ トムアップ型の研究から発展してきたもの で、農水省等政府が主導する多くのプロジェ クト(基本的にはトップダウン型)には、元 来, 科研費など規模は大きくないボトムアッ プ型の個人的研究の中から生まれてきた研究 成果が大きな寄与をしてきた点を強調してお きたい. このことから, 多様な分野・分科に おいて発想される農学研究の裾野を広げて, 幅広く展開・促進することが極めて重要であ ることが理解できよう. そのためには、研究 者にとって最も独創的研究が行いやすい基礎 研究への投資を一段と増強する必要がある.

#### 1. 研究手法と設備投資

- ・物質循環や環境負荷のモデリング等に際しては、地球シミュレーターのような大規模 計算機システムやサテライトの活用が不可 欠で、その整備が急務である。
- ・人獣共通感染症の研究に必要なBSL3, BSL4など高度感染動物実験施設の早急な

- 整備が望まれる.水産研究でも,遺伝子導入魚の閉鎖系・開放系実験設備の整備が急 務である.
- ・新規微量有用物質の探索研究を進める上で,気体を含む超微量物質の同定・定量器機の整備が不可欠であり,また微量物質の検出感度の向上が必要である.
- ・植物の遺伝子機能解析や、ポストゲノム研究を行うにあたり、植物が多細胞生物であることの認識が、今後は不可欠である。これらの研究にあたり、マイクロダイセクション法の活用とポストゲノム研究の融合が不可欠である。
- ・設備予算について,高額な分析機器は大学 部局単位で共同利用する場合が多く,現在 これらの機器は更新時期を迎えているため 充分かつ早急な予算措置を期待する.

#### 2. 人材養成

- ・大学のカリキュラムで、専門分野のほかに、密接に関連する他分野(例えば、分子生物学、人文・社会科学など)の講義も受講可能にするような改善が求められる。すでに、基礎教育において社会科学と自然科学とを融合した大学院カリキュラムを実施している農学系の大学院が少なからずあるが、こうした改善をいっそう推進し、例えば、世界的な視野での「人口・食料・環境学」をかかげ、人類の福祉のための自然科学と社会科学の知識融合を発展させる人材を育成するといったことが考えられる。
- ・若手研究者 (DC, PD) の安定的な就職先 の確保・開拓が重要である.
- ・分析機器を維持管理するマンパワーが削減 され続けてきたために、研究者に過大な負 担がかかっている。こうした研究支援を行 う人材の育成・雇用も重要である。
- ・科学ジャーナリストの人材育成が必要であ る. 例えば食品関係についてみると, 健康

食品には国民の関心が非常に高い一方で、マスメディアの報道には科学的な根拠が不十分といわざるを得ないことがある. 科学的な広い知識を持ち、一般の人々を啓蒙できるようなジャーナリストの養成について、学術研究の世界でも真剣に取り組む必要がある.

・生物あるいは農学特許を理解できる弁理士 の養成も重要である.

# 3. 他分野との学際的研究協力

- ・農学は多岐の学際領域にまたがる総合科学であるが、これらを俯瞰的かつ横断的に連結し、協働・連携の実を挙げるためのインフラストラクチャーに関しては不十分といわざるを得ない。このインフラストラクチャー整備のためには、公的な学術機関、学術支援機関等において関連学術分野の長期的発展戦略と他学術分野および他部門(行政、経済界など)との連携を企画実施する組織などを設置し、戦略的に取り組み、上記インフラストラクチャーの実現を推進することが必要である。
- ・遺伝子組換え作物の実用化研究について, 我が国では現在隔離温室レベルに留まって いるが,その打開に向けた国民の合意形成 への取り組みが重要である.
- ・トップダウン研究と科研費研究等ボトム アップ研究との融合的展開が必要な場合が ある. その際には, 国家支援体制の下で研 究の国際競争力を高めることが重要であ る.
- ・遺伝子レベルのいわゆるジーンバンクの各 府省による共同整備と一元的な管理並びに 簡易な利活用体制を構築する必要がある.
- ・文系・理系の枠を超えた分野横断的・統合 的な共同研究の推進を行う.
- ・地域の行政・運営の主体である地方自治 体,農林水産業団体,市民団体・NGO・

NPO などとの連携が、環境修復など地域の問題解決に繋がる実学的研究の推進に重要である.

# 4. 国際協力

- ・アジア・オセアニア地域における農業・畜産業・林業・水産業には、日本との共通点も多く、鳥インフルエンザのような世界が一致して対応を図らなければならない課題が山積しており、アジアの中の日本としての貢献を求められている。
- ・有用遺伝資源の利活用に関して、国外の生物資源については、カルタヘナ条約に基づき外国、特にアジア諸国をはじめアフリカ、中南米諸国の研究者との連携が極めて重要であり、これら諸国で活躍する現地の研究者を含めての人材養成と研究システムの構築が急がれる.
- ・日本学術振興会の拠点大学方式や二国間の 共同研究への支援は効果を上げており、今 後も継続・充実が望まれるが、併せて日本 で学位を取得して帰国した留学生に対して の研究支援を続ける必要があろう.

# 5. 研究・研究評価

- ・応用的研究と基礎的研究に携わる研究者同士の相互研究評価のシステムが必要である。大型科研費事後評価等研究評価の場面で、応用的研究には基礎的研究者が、基礎的研究には応用的研究者を評価者として配置するなど、相互評価の場面を可能な限り多く設定することが必要である。
- ・農学における自然科学と人文・社会科学と の融合を進めるためには、共通な評価尺度 を求めるばかりでは無理があり、新しい評 価手法が必要である。例えば、人文・社会 科学研究領域を自然科学の研究課題に組み 入れた場合(あるいはその逆の場合)に、 審査時にある一定のウエイトを加算する方

法などで文理融合の研究を加速させることが考えられる。その効果は中間・事後評価等で検証されるべきであろう。境界型・総合領域的な研究の促進にあたっては、専門分野間の資金獲得競争ではなく、あくまでもアイデアの競争となるような方式が望ましい。

# 参考資料等

本稿の本文・図表の作成に当たっては、基礎データの収集や農学を取り巻く情勢に配慮した研究動向の調査・解析のために、科研費データベース、学術書籍、各学会・連合学会の資料などを多数利用させて頂いた。主なものを下記に示す。

#### ホームページ関係:

- ・科学研究費補助金採択課題・成果概要データベース(国立情報学研究所,http://seika.nii.ac.jp/)
  - · 農学憲章(全国農学系学部長会議, http://www.nougaku.jp/buchokaigi/kensyou.htm)
- ・農学関連分野の各学会のホームページ 書籍類:
- ・農学関連分野の各学会の講演要旨集,年 誌・史料,研究成果に関するレビューな ど.
- · 学術月報(日本学術振興会刊)
- ・食料・農業・農村白書, 水産白書などの刊 行物

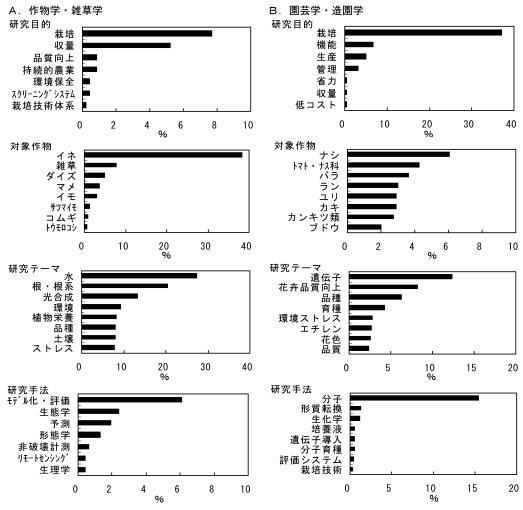


図1 農学(作物学・雑草学, 園芸学・造園学)の科研費採択課題にみられる主要キーワード(1993-2005年). A. 作物学・雑草学(課題数:461件). B. 園芸学・造園学(課題数:941件). 数値は課題数に対する割合(%).

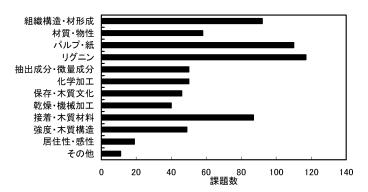


図 2 林学(林産科学・木質工学)における1993-2006年度の科研 費採択課題のキーワードによる分類.

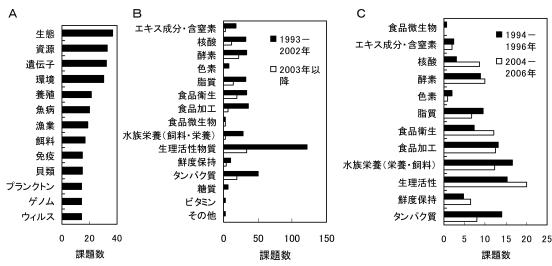


図3 キーワードでみた水産学の研究動向. A. 水産学一般. 2003-2006 年度科研費採択課題の題目に含まれるキーワード. B. 水産化学. 1993-2006 年度科研費採択課題のキーワードによる分類. C. 水産化学. 1994-2006 年度日本水産学会における発表課題のキーワードによる分類.

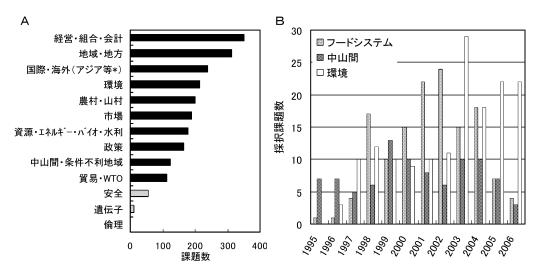
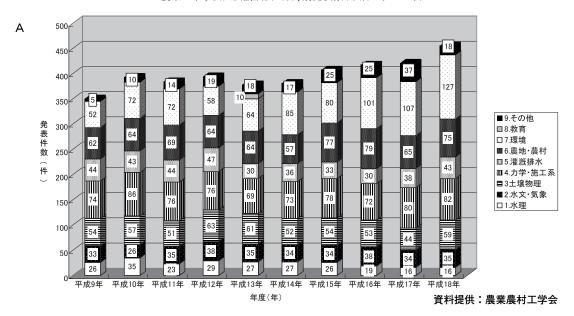


図4 キーワードでみた農業経済学の研究動向. A. 科学研究費補助金採択課題 (1993-2004 年度) のキーワードによる分類. ■上位 10 個のキーワード. ■新しい研究領域で注目されるキーワード. \*アジアのほか, 中国, EU, アメリカ, カナダというキーワードを含む. B. 科学研究費補助金採択課題 (1995-2006 年度) における新しい研究領域の採択件数の推移.

#### 農業土木学会大会講演会 分野別発表数(平成9年~18年)



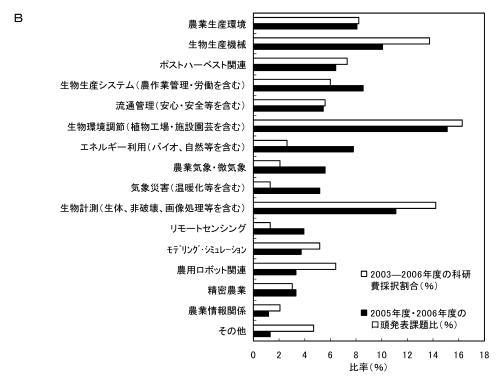
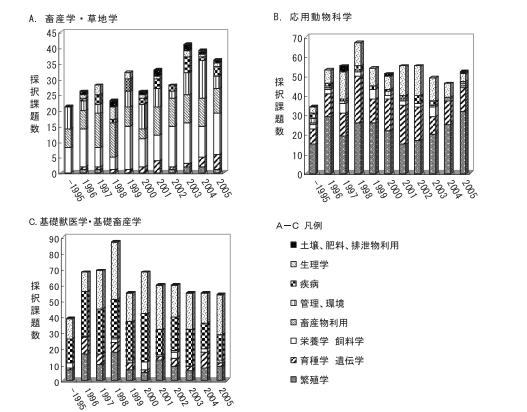


図5 キーワードでみた農業工学の研究動向. A. 農業土木学・農村計画学. 学会講演会におけるキーワード別発表数. B. 農業環境工学・農業情報工学. 科研費採択課題 (2003-2006 年度, 234 課題) と農業環境工学関連 7 学会合同大会での口頭発表 (2005-2006 年度, 936 課題) に占める割合.



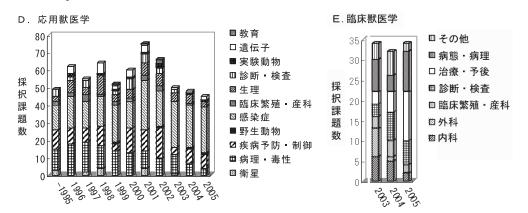


図6 科研費採択課題数でみた畜産学・獣医学の研究テーマの動向. A. 畜産学・草地学, B. 応用動物科学, C. 基礎獣医学・基礎畜産学, D. 応用獣医学, E. 臨床獣医学.

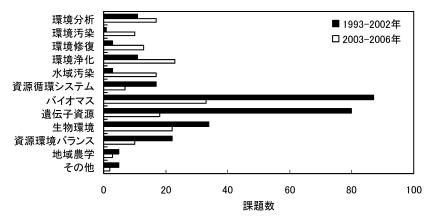


図7 キーワードでみた境界農学(環境農学)の研究動向. 生物資源科学(2002年以前)および環境農学(2003年以降)における 1993年~2006年までの科研費採択課題のキーワード別分類.

Aug. 2007 41

# 特集:我が国における学術研究の動向について Ⅱ

# 医・歯・薬学分野の研究動向

日本学術振興会学術システム研究センター

#### 1 当該分野の特徴・特性等

この分野は人間の生命,健康,疾病を主な対象とし,薬学,基礎医学,臨床医学(内科学,外科学),歯学,人間医工学,境界医学,社会医学,看護学などの領域を含んでいる.

#### 1. 薬学

薬学は、物質と生体の科学を基盤として「薬の創製」、「薬の作用機序解明」、「薬の適正使用」、「環境と健康」を対象とした学問で、我が国の薬学研究は化学を基礎として発展し、基礎科学に重点が置かれてきた。今日では、境界領域研究が多いが、科学研究費補助金の分科細目として化学系薬学、物理系薬学、生物系薬学、創薬化学、環境系薬学、医療系薬学の6分野があり、本分野での基礎医学・境界医学や総合領域の神経科学、人間医工学、複合新領域の生物分子科学も関係する。以下、「薬学」の6細目の特徴を述べる。

化学系薬学は、生物活性を意識した研究が 多い、生物活性化合物や医薬関連物質を合成 するために、有機化学、合成化学、生体分子 化学、生薬・天然物化学、有機反応学、ヘテ 口環化学研究等が主流を占めている。最近 は、不斉合成や不斉触媒ならびに持続可能な 社会のために環境や原子効率を考慮した合成 化学に関する研究も多い。 物理系薬学では、物理化学、分析化学、放射科学、製剤学が中心であったが、生体膜やタンパク質およびそれら複合体に関する生物物理化学、生物分子構造学、計算科学、あるいは細胞・生体での分子イメージング研究など、生体を対象として物理化学的手法で生体内での反応や機能を解析する研究が主流を占めている。

生物系薬学は、生体分子・細胞の構造と機能、遺伝子と遺伝情報、生体の高次機能、および薬理学を主な対象としている。主に物質の化学に基づいた生体分子の機能解析と生体との関わりに関する研究が行われている。その背景には、医薬品の多くが低分子有機化合物であり、薬物の作用点が蛋白質などの分子であること、などがあげられる。

創薬化学は、医薬分子設計やゲノム創薬を中心とした学問で、化学系薬学から発展したこともあり、有機化学を母体とした研究が多い.しかし、医薬品は知識集約型物質であり、開発には様々な側面からのアプローチが必要とされるため、他の科学研究費補助金細目に属する研究領域とも関係し、複合的な研究も多い.

環境系薬学は、保健衛生の立場から、人と 環境因子との相互作用を総合的に捉える学問 分野である、環境因子(物理的、化学的、生 物的)の中で、主に化学的・生物的因子を研 究対象とし、環境因子を構成する基本単位で ある分子と生体・細胞との相互作用を解明する研究が主流である.また,分析化学を環境に発展させた研究も多い.

医療系薬学は、病院など医療現場に近い学問領域で、薬の適正使用を目的とした学問である。薬物の作用・動態、薬物送達システムなどの基礎研究から、病院薬学・医薬品情報学・医薬品安全性学などの臨床研究まで、幅広い分野を包含している学問分野である。薬物の輸送蛋白の単離・同定や薬効解析など分子生物学的の研究も行われている。

## 2. 基礎医学

基礎医学は、解剖学、生理学、医化学、病態医化学、病理学、薬理学、寄生虫学、細菌学・真菌学、ウイルス学、免疫学、人類遺伝学、環境生理学から構成されている。さらに境界・融合領域として、神経科学、癌研究なども含まれる。

解剖学は、肉眼解剖学から組織学・発生学までを含む幅広い領域をカバーする形態学的な研究手法を基盤とする学問領域である. 細胞生物学の研究領域もこれに含まれる.

生理学は、生体の機能を研究する学問である。狭義には健常な生体機能がどのような機序で発現し維持されているかを、主に物理化学的手法を用いて研究する基礎(医)科学の一分野である。

医化学は医学に直結する生理化学・生化学的分野を指す。ヒトの生理・病態を分子レベルで化学的に解明する領域であり、生体構成成分としての糖質、脂質、蛋白質、核酸、酵素の補欠分子族、金属イオンなどの生理的役割を研究対象とする.

病態医化学は,疾患の成り立ちを分析的に 解明するとともに,その知見の診断,治療へ の応用を研究対象とする学問である.対象と する疾患は多岐にわたるが,癌を始めとして 細胞内シグナルや代謝酵素の量的・質的異常 が関わるものが多い.また,疾患を研究する上では正常機能との比較が必要であることから,生物学に広く共通な基本原理を説き明かす研究領域でもある.細胞内シグナル伝達に関わるリン酸化酵素の基礎生物学的研究に関しては,我が国が世界をリードしており,多くの重要な発見がなされている.

病理学は、病気の成り立ちを明らかにすることを目的とする学問であり、ヒト疾患のモデル動物を作成し、その病因、診断、治療方法を追求する実験病理学と、ヒトの細胞・組織を用いる人体病理学に分けられる。生化学、分子生物学領域の研究者を中心に、マウスを用いたフォワードジェネティクスが世界的に進められているが、病理学、主に実験病理学分野の研究はこのような領域とボーダーレスになりつつある。一方、人体病理学はヒト疾患の病理診断、形態診断をもとにした治療に直結する分野として重要性が増している。

薬理学は、内因及び外因性化学物質と生体 との相互作用を個体、臓器、組織、細胞、分 子のレベルを貫いて統合的に研究し、創薬・ 育薬などの薬物の治療応用を研究することに より、薬物治療の基盤を確立する学問領域で ある.

寄生虫学は、ヒトへの感染性病原体である原虫、蠕虫および有害動物を対象として分類、形態、宿主寄生体相互作用の分子機構、宿主応答とその制御、臨床病態、病理、疫学等を広く包括する学問である。また、寄生虫や病原体のベクター、有毒動物などを研究対象とする衛生動物学は寄生虫学と関連の深い分野である。さらに、クリプトスポリジウム症、サイクロスポーラ症などの新興感染症、マラリア、赤痢アメーバ、住血吸虫症などの再興感染症に関する研究も行われている。一方、国際研究協力をもとにして基礎研究の進展を発展途上国の医療問題等の解決に応用す

る方向性は寄生虫学の大きな特徴である.

細菌学・真菌学は、細菌や真菌についての 分類、ゲノム解析、常在細菌(真菌)叢、感 染と疾患発症に関する病原体要因と宿主要 因、薬剤耐性機序、感染症の診断および予防 と疫学など幅広い分野を研究する学問であ る.なかでも、細菌のゲノム解析は病原因子 に関する多くの情報を提供している.また、 感染症に対する防御機構としての免疫学との 関連が深い.一方、病原性大腸菌、レジオネ ラ、ヘリコバクターに代表される新興感染や 結核などの再興感染症に関する感染機構、発 症機序の研究も行われている.

ウイルス学はウイルスの構造や宿主細胞・個体との関係、感染に基づく疾患の発症機構などを研究する学問である。主にヒトに感染するウイルスと人畜共通感染症をもたらすウイルスが研究対象となっている。また、ウイルスに対する生体防御反応の研究は免疫学との関連が深い。さらに、エイズ、SARS、インフルエンザなどの新興・再興感染症やウイルスによる発癌機構も研究対象である。

免疫学は、微生物などの外来異物を自己と 区別して認識し、これを排除しようとする生 体の仕組みを研究する学問である。日本では サイトカイン研究、細胞内シグナル研究、細 胞死に関わる研究で世界をリードしている。 免疫学は基礎医学研究のみならず臨床医学と も密接なつながりを有しており、自己免疫疾 患研究はもとより、応用研究の一面としての 感染症対策、ワクチン開発、再生医療、移植 医療との接点など関連する研究領域は広い。

人類遺伝学は、ヒトを対象として、その正常および異常な遺伝子形質の成り立ちを解明する学問である。医学領域においては、遺伝子・分子、細胞、個体から集団・社会に至るさまざまなレベルにおいて、ヒトの正常機能の形成と維持ならびに疾患の病因と病態形成に関わる遺伝的事象を研究対象としている。

遺伝的事象が関わる疾患を対象にした研究を含むため、臨床医学研究と幅広い関連を有する.また、先天性疾患の研究、集団遺伝学的研究、進化学的な観点からの比較ゲノム研究も行われている.

環境生理学には体力医学、栄養生理学、適 応・協関生理学、生体リズム、発達・成長・ 老化の分野があり、ヒトの生理現象と外界か らの刺激や影響に対する生理応答を研究する 分野である.

神経科学(ニューロサイエンス)は、神経 解剖学·神経病理学,神経化学·神経薬理 学、神経・筋肉生理学、その他の神経科学か ら構成されている。神経解剖学・神経病理学 は、ニューロサイエンスの中で、特に形態学 的な手法を中心とした学問領域である. 神経 解剖学の対象としては、神経伝導学、神経回 路網、神経組織学のような歴史の長い研究 テーマから, 最近注目を集める脳画像解剖学 までを含む、神経病理学の対象としては、神 経病理学のような歴史の長いテーマを基盤 に、最近はパーキンソン病のような神経変性 疾患やアルツハイマー病のような認知症疾患 の神経病理学的な解析が主流となりつつあ る. 神経化学・神経薬理学は、ニューロサイ エンスの中で,分子と疾患に関することにつ いての理解を深めることに特化した学問領域 である.神経・筋肉生理学は、ニューロサイ エンスの中で,神経および筋肉の生理学的解 析に特化した学問領域である. 神経生理学で は、ニューロンのシナプス機能の研究が、歴 史の長い研究テーマとなっているが、 最近で は脳全体を対象とした高次神経機能の解析が 盛んとなってきている. 筋肉生理学は, 心筋 生理学が主流となっている. その他, 神経科 学は分子から心の問題、神経系の臨床医学ま での分野全般を対象とし、神経系の統合的理 解を目指す.

また、幅広い分野で研究が進められている

癌研究について考えてみると,20世紀後半 の分子生物学の勃興とともに、分子・遺伝子 レベルでの生物学が細胞レベルの癌研究に多 くの進歩をもたらした. 癌研究の究極の目的 は癌の予防と治療であるが、それは手術、放 射線, 化学療法に加え, 最近は(抗体やペプ チドなどの) 生物製剤や(免疫細胞などの) 細胞療法も開発されている. また、治療法開 発の目的では前臨床試験に加え, 臨床治験の 多様化に伴いトランスレーショナルリサーチ も重要視されている.しかし,新しい化学療 法薬は基礎研究での標的評価に大きく依存し ており、生物学としての医学研究の重要性は 決して減少したわけではなく, むしろ増して いる. 今後の課題は、細胞レベルの素過程研 究からいかにして組織器官・個体レベルの癌 特有な病態の理解と克服に繋げるかである.

#### 3. 内科学

内科系臨床医学は、消化器内科学、循環器 内科学、呼吸器内科学、腎臓内科学、神経内 科学、代謝学、内分泌学、血液内科学、膠原 病学・アレルギー学・感染症学、小児科学、 胎児・新生児医学、皮膚科学、精神神経科 学、放射線科学、病態検査学から構成されて おり、研究対象となる疾患がきわめて多い.

消化器内科学は、胃、肝臓、腸、膵臓等、消化吸収に関わる臓器の機能的および器質的疾患の病態と診断、治療などを研究する学問である。消化吸収が障害される疾患、遺伝子異常の関わる疾患、免疫異常が関与する疾患、自律神経や平滑筋の異常が関わる疾患、感染症など、多様な疾患を取り扱う。日本の消化管疾患の大きな特徴は、食道扁平上皮癌、胃癌、大腸癌などの悪性腫瘍が多いことである。近年の大腸癌の急増は、早期大腸癌の診断や内視鏡治療等、診断や治療の進歩をもたらしている。日本の肝疾患の特徴は、B型・C型肝炎ウイルスの感染率が欧米諸国に

比較して高く、肝癌が多いことである.このためウイルス性肝炎の治療、ウイルス感染から肝癌発生の機序、肝癌の予防、治療、肝再生などの研究が盛んである.近年増加している非アルコール性脂肪性肝炎は注目される研究分野である.膵疾患では、膵癌が増加しており、膵癌をはじめ急性膵炎、慢性膵炎、自己免疫性膵炎等の研究も行われている.

循環器内科学で対象となる疾患は,心臓領域と血管領域に大別される.前者は心筋梗塞,不整脈,心臓弁膜症等治療の研究を行っており,後者は冠循環,血栓形成,動脈硬化,高血圧等を研究している.循環器疾患は本邦で死因の第2位,欧米諸国では死因の第1位であることから,研究機関と研究者共に多いのが特徴である.

呼吸器内科学は,主に肺や気管支に関する研究を行う内科学である.研究対象となる疾患は肺癌,閉塞性肺疾患,肺炎,喘息,睡眠時無呼吸症候群などである.

腎臓内科学は、腎疾患を研究対象とする内科学分野である. 腎疾患とは具体的に原発性糸球体腎炎、糖尿病性腎症、高血圧、水・電解質代謝、血液透析、副腎疾患のことを指す. 現在、糖尿病性腎症増加により透析患者が急増しているのが特徴である.

神経内科学は脳,脊髄,末梢神経,筋の器質的疾患の病態,診断,治療などを研究する学問領域である.脳血管障害,認知症などの疾患の上位を占める普遍的疾患から,パーキンソン病,脊髄小脳変性症,筋萎縮性側索硬化症,筋ジストロフィーなどの神経筋変性疾患や多発性硬化症などの免疫疾患など幅広い疾患を対象としており,専門分化している.

代謝学は、糖質、脂質、プリン、骨・カルシウムや電解質の代謝異常の研究を行う内科学分野であり、研究対象となる主な疾患は、糖尿病、肥満、高脂血症、高尿酸血症、骨代謝疾患である。近年、動脈硬化のハイリスク

群として,内臓脂肪蓄積による,いわゆるメタボリックシンドロームが注目されている.

内分泌学は、ホルモンの分泌と作用に関連した研究を行う内科学分野であり、研究対象となる主な疾患は、間脳・下垂体疾患、甲状腺疾患、副甲状腺疾患、副腎疾患や性腺疾患である.近年、従来から進められている内分泌腺に関する研究に加えて、循環器や脂肪で産生される生理活性物質に関する研究が行われている.

血液内科学は、赤血球、白血球ならびに血小板の血球3系統のほかに血漿中の免疫グロブリンや凝固系因子(止血・血栓)に関わる疾患の病態、診断や治療を研究する内科学である。また、血液内科学には、輸血学、造血幹細胞移植学、血液免疫学や免疫制御学の領域も含まれる。

膠原病学・アレルギー学は、免疫によって 引き起こされる自己免疫疾患、膠原病、アレルギー疾患の病態と診断、治療などを研究する学問領域である.この領域は、基礎免疫学の急速な発展とともに、疾病の病態理解も進みつつあり、またアレルギー性疾患の増加とともに国民の関心が強い領域となっている.しかし、現在のところ理想的な治療法がなく、難病と呼ばれる疾患や致死的な疾患も多く含まれることから、多くの研究が必要とされている.

感染症学は、細菌、ウイルス、真菌などの 病原性微生物による感染症に対する病態、診 断、治療などを研究する学問領域である. ウ イルス肝炎、エイズなどの難治性疾患ととも に結核などの再興感染症、新型インフルエン ザなどの新興感染症といわれる多くの感染症 が注目を浴びている.

小児科学および胎児・新生児医学は,小児,胎児・新生児の疾病を研究対象とする領域である. その範疇では, さらに消化器,循環器,腎臓,血液など,成人を対象とした,

他の内科学の専門領域に細分化しうる極めて 広い研究対象を含む領域である。昨今,小児 科医とくに救急小児医療に携わる医師の不足 が社会問題化している背景もある。

皮膚科学は、視診で診察できる皮膚、粘膜に生じるすべての疾患を対象とし、特別な道具、機器を使用せずとも直接診察できることを特徴とする。皮疹の形態により疾患が多数に分類されているが、近年それぞれの形態に意味があることが分子レベルで解明されてきた。研究対象疾患として、アトピー性皮膚炎、リンパ腫を含む皮膚悪性腫瘍、水疱症・膿疱症、乾癬、角化症、毛髪疾患、血管炎、皮膚感染症、薬疹、母斑症などを含む.

精神神経科学は脳や心理的要因によって生じる,あらゆる心の病気を対象とする研究分野である.精神神経疾患は脳だけではなく全身の疾患でも起こり,その疾患も機能性疾患から器質性疾患までを含むため,病態解析,治療に関する研究は多岐に渡る.診断,治療に関する研究は多岐に渡る.診響を受けて発達するため,病態解析は複雑且つ困難なものとなる.現在では,精神疾患患者の治療に加えて,社会と関連する,人権や社会病理も精神神経科学研究の範疇である.また社会問題となっている児童虐待,不登校,引きこもり,自殺の増加,認知症患者への対応等,社会が精神医学に寄せる期待は大きい.

放射線科学は、放射線治療・検査に関連した横断的研究分野であり、画像診断領域と放射線腫瘍学領域の2つに大別される。画像診断では、PETとCTなど複数の装置を融合して同時に撮影する診断装置が開発され、融合画像が新たな研究対象となっている。放射線腫瘍学の領域では、加速器とコンピュータサイエンスの進歩などにより、高度な放射線技術を探求する研究が進められている。研究は一般に、MRI、CT、PET、粒子線治療装置などの測定技術。画像解析などの方法論を

対象とするものと,特定の疾病を対象とする研究手法がある.また,放射性薬剤,造影剤などの開発を目的とし,薬学領域と関係する研究もある.工学系医療機器を扱うことから,医歯薬学以外の学問分野と関係が深いのが特徴である.

病態検査学は、医療における臨床検査の適切な利用、新たな検査方法の開発、精度管理などを研究する領域である。医療において臨床検査は、疾患の診断・治療・経過観察に不可欠であると同時に、健康診断などの予防医学において重要な役割を担っている。多くの医療施設において、検査室は中央化され、大型の検査機器システムによる自動分析が主流となってきているが、最近では、在宅医療、救急医療、診療所での検査や病棟のベッドサイドでの検査など、患者の身辺で行われるPoint of Care Testing の必要性も認識されてきている。

## 4. 外科学

外科系臨床医学は,消化器外科学,胸部外科学,脳神経外科学,整形外科学,麻酔・蘇生学,泌尿器科学,産婦人科学,耳鼻咽喉科学,眼科学,小児外科学,形成外科学,救急医学,その他の外科学から構成されている.

消化器外科学は、食道・胃・十二指腸・小腸・大腸・肛門まで連なる消化管(管腔臓器)を扱う消化管外科学と、肝臓(およびこれに付随する胆道と門脈)・膵臓の実質臓器を扱う肝胆膵(脾)外科学に分けられる。虫垂炎や胆石症などの良性疾患を扱う一方、日本の死因の1位を占める癌も最大の対象とする。臓器移植、再生医療も消化器外科学の重要な一分野である。

胸部外科学は,心臓大血管外科学,呼吸器外科学,縦隔外科学分野に分かれる.癌(なかでも近年増加傾向の認められる肺癌),心疾患を取り扱う分野である.心臓大血管外科

学では先天性心疾患,虚血性心疾患(狭心症,心筋梗塞)の手術や弁膜症の手術,動脈瘤や動脈閉塞症,静脈瘤,不整脈,重症心不全について扱う.呼吸器外科学は肺・気管支などの呼吸器疾患(肺癌,転移性肺癌,血気胸,多汗症,膿胸,胸膜中皮腫,肺分画症など)を扱う.縦隔外科学では主に縦隔腫瘍(胸腺腫,奇形腫,神経原生腫瘍),重症筋無力症などを扱う.

脳神経外科学は、脳脊髄を扱う分野であり、主要な対象疾患としては脳腫瘍(神経膠腫、髄膜炎、リンパ腫、下垂体腫瘍など)、血管障害(脳出血、くも膜下出血など)、変性疾患(アルツハイマーなど)がある。

整形外科学は、四肢・脊椎脊髄などの運動器を対象とする分野である。運動器官を構成する組織は骨(長管骨、扁平骨)、軟骨(関節軟骨、成長軟骨、半月板、椎間板)、筋肉、靭帯、腱、神経、血管、皮膚、滑膜などで、これらに発生する疾患は先天奇形・変形、成長障害、代謝性疾患、外傷、スポーツ障害、阻血性疾患、感染症、脊髄障害、末梢神経障害、変性疾患、運動器リハビリ、悪性腫瘍など非常に広範多岐に及ぶ。

麻酔・蘇生学は、疾患・手術操作・薬剤に 対する生理的反応をコントロールする分野 で、手術の麻酔のみならず、救急・集中治 療、慢性疼痛治療、終末期医療など応用範囲 が広がっている。周術期医学、疼痛制御学と して、全身の循環・呼吸・疼痛などに関連し た基礎的な研究が含まれる。

泌尿器科学は、腎尿路・後腹膜・男性生殖器疾患に対する外科学である。腎臓内科・腹部外科・婦人科などと関連する。尿路、男性生殖器、副腎などを扱っている。治療学としては腎や膀胱、男性生殖器の広範囲な切除術と尿路変更術、腎移植術、内視鏡手術や顕微鏡手術(男性不妊症)のほか、排尿障害や男性不妊症また性機能障害に対する内科的治療

や心理学的治療まで多用である.

産婦人科学は、妊娠・分娩に関した周産期 医学、不妊症を対象とする生殖医学、視床下 部・下垂体・卵巣の内分泌学からなる生殖内 分泌学、女性生殖器の癌を対象とする外科 学・内科学である婦人科腫瘍学、子宮内膜 症、子宮筋腫、子宮脱、更年期障害など癌以 外の婦人科疾患を対象とするその他の婦人科 学に大別される。主に扱う臓器は女性生殖器 であるが、研究の範囲は広汎である。

耳鼻咽喉科学は,耳科学,鼻科学,咽喉科学(および頭頸部科学)からなり,感覚器医学として聴覚,嗅覚に加えて,平衡,発声,嚥下や頭頸部を含んでいる.代表的な疾患としては難聴,嗅覚異常,音声障害,嚥下障害,頭頸部腫瘍などがある.

眼科学は、眼疾患の病態解明と治療・診断技術の開発、視覚科学を探求する分野であり、眼科学、神経眼科学、眼光学を含む.主要な中途失明原因である緑内障、糖尿病網膜症、加齢黄斑変性、網膜色素変性症などの網膜・視神経疾患、眼感染症やドライアイが重要な課題となる.また、眼組織は角膜移植を代表とする移植再生医療がいち早く導入された臨床医学領域である.

小児外科学は、小児の形態異常を是正して、正常に近い機能を温存・再建することを目指す分野である。単なる生命維持にとどまらず、成育医療の一環として、胎児、新生児から乳幼児、学童期に外科的に介入することで、成人に至るまでのライフスパンにわたる「生活の質」の向上を目指した外科領域である。

形成外科学は、外科的治療により皮膚機能 障害や外形の変形を治療し、美容的な再建を 目指す分野である. 熱傷、顔面骨骨折、唇 裂、手・足の先天異常などを対象として、そ の機能再建と美容的再建を扱う.

救急医学の研究は、生体侵襲反応に関連し

た基礎研究から救急医療システムの向上に関する臨床研究まで幅広い.災害,外傷,中毒,輸血,輸液,蘇生などに関し,基礎研究・臨床研究が行われる.蘇生後脳症に関する脳低温療法や高気圧酸素療法,持続血液濾過透析法,経皮的心肺補助法などの技法を駆使した先端的集中治療に関する研究も注目されている.

その他の外科学には外科学総論,移植外科,人工臓器外科,血管外科,脾門脈外科, 実験外科,内分泌外科,乳腺外科,代謝栄養 外科などの分野がある.

## 5. 歯学

歯学は基礎歯学と臨床歯学に大別される. 基礎歯学は形態系基礎歯科学,機能系基礎歯科学から構成され,臨床歯学は病態科学系歯学・歯科放射線学,保存治療系歯科学,補綴理工系歯学,外科系歯学,矯正小児系歯学,歯周治療系歯学,社会系歯学から構成される.

基礎歯学の形態系基礎歯学は、解剖学、組 織学,病理学,細菌学からなる領域で,機能 系基礎歯学は生化学,薬理学,生理学を含 む. 形態系と機能系に分かれているが、研究 における各分野の境界は小さくなりつつあ る. 研究対象は、歯(エナメル質、象牙質、 歯髄など), 唾液腺, う蝕・歯周病原因菌な どの口腔内の細菌、口腔の機能、歯科専用薬 物,口腔の腫瘍などが多く,口腔の細胞や組 織および歯を対象とした発生, 分化, 再生, 免疫、細胞内情報伝達の研究なども多い、歯 と同じ硬組織ということで骨形成, 骨吸収に 関する研究は幅広く行われている. 歯学基礎 系の研究者には歯学臨床につながる研究を求 められているという状況があり, 研究の対象 が限定的なため、生命科学全体の中で評価の 高い研究領域になりにくいという面もある. なお、基礎歯学には歯科材料を研究対象とす る歯科理工学があるが、ほかの歯学基礎系領 域と異なる面が多い.

臨床歯学の病態系歯学は,実験腫瘍学と免疫,感染,炎症からなり,形態系基礎歯学と共通の部分も含まれる.歯とその歯周組織に関する歯科病理学と,唾液腺や口腔軟組織,ひいては顎顔面から鎖骨上組織に至るまでの口腔病理学とがある.歯科放射線学は診断学と放射線学一般からなる.

保存治療系歯学は、主として保存修復学と 歯内治療学とに分けられる.保存修復学は、 う触、その他の硬組織疾患(咬耗,摩耗,外 傷など)によって失われた欠損部を修復し、 審美性も配慮した歯の解剖的形態,顎口腔機 能の回復と調和を図る分野である.歯内治療 学は、歯髄疾患および根尖性歯周組織疾患を 対象とし、その治療により歯を口腔内に保存 し、歯の機能の保持、口腔および全身の健康 維持に寄与することを目的とする分野である.

補綴理工系歯学は、補綴学一般、有床義歯学、冠橋義歯学、歯科インプラント学、歯科用材料学、歯科理工学からなる。補綴学は歯の欠損によって生じる機能障害を回復することを目的として研究、分析、治療を行う。歯科インプラント学は、歯科インプラントとそれに関わる再生医療等について研究、分析、治療を行う。歯科理工学は、顎口腔領域で用いられる種々の材料について研究を行う。

外科系歯学は、口腔外科学として、口腔粘膜や顎骨の炎症、口腔の腫瘍、嚢胞、先天あるいは後天異常など種々の疾患を対象にし、それらの病態解明や診断、治療法の開発を目的とした臨床的、あるいは基礎的研究を行っている分野である。歯科の他の分野と比べると幅広い領域を扱っている。

矯正小児系歯学は、歯科矯正学、小児歯科学、小児口腔保健学からなる。歯科矯正学は 顎口腔全体の正常な形態と機能およびその成 長発育過程を研究し、これらの不調和による 障害の改善と良い咬み合わせの生涯にわたる 良好な維持を通じて、人々の健康増進を追求 する. 小児歯科学は子どもの噛むための器官 の育成とそれに関連する治療法を研究実践し て、子どもの全身的な発育と保健に寄与す る. 小児の取扱い(マネージメント)に関す る研究(行動科学、心理学)も行われている. また、障害者歯科も対象とする.

歯周治療系歯学は、歯周免疫機能学、歯周外科学、歯周予防学からなる。歯周疾患の治療を取り扱う歯周治療学では、歯の支持組織や歯周組織の構造を探求し、歯周疾患の疫学的調査や局所的・全身的因子、治療法と予防法の研究がなされている。

社会系歯学は、社会歯科学が当てられるが、口腔衛生学(公衆衛生学、栄養学を含む)、予防歯科学、歯科医療管理学、歯科法医学、老年歯科学、歯科心身医学、歯学史などの専門学問を総括する専門領域名として用いられている。この領域に従事する研究者は歯科医師以外に法律学、政策学、理学、工学、心理学など幅広い学問母体の出身者がいる。

現在、日本にある歯科大学・歯学部ではこれら全ての分野に対応している。大学の講義は歯科臨床の中にも基礎歯学を取り込んで行われることも多く、日本の歯学研究は基礎系、臨床系分野が相まって広い領域をカバーしつつ、世界的にも高い水準を保持していると言える。しかし、最近は日本においても歯学系基礎分野の統廃合、歯学と医学、薬学との統合を進めていこうとする動きも進行しつつあり、歯学分野の研究基盤が生命科学の一領域として発展して行きつつある反面、歯学に特異な分野の研究基盤が薄れていくとの危惧もある。

# 6. 人間医工学・境界医学・社会医学・ 看護学

人間医工学・境界医学・社会医学・看護学は、分野横断的な学術分野である.

人間医工学は医歯薬学生物学と理工学の境界領域であり、従来、臨床医学に応用される工学という意味合いが強かった。人間医工学には、医用生体工学、生体材料学、医用システム、リハビリテーション科学、福祉工学などが含まれている。既存の学問と新しい技術の融合により、医用電子工学、バイオマテリアル、バイオメカニクス、バイオインフォマティクスの各分野が形成されてきた。最近では、マイクロマシニング技術やナノテクノロジーと結びついた分野が急速に成長しつつある。人間医工学は、単なる医学への応用を目指した分野としてだけではなく、生物学的原理の工学への応用を取り扱う分野として捉えられ始めている。

境界医学には、医療社会学と応用薬理学が 分類されている。 医療社会学は、健康や疾病 と社会との関わりを研究する領域であり、医 療や福祉をはじめとして幅広い分野を研究の 対象としている. 医療機関の管理ならびに運 営に必要とされる管理学やリスクマネジメン ト, 医療経済, 医療政策, 医療倫理などに関 する研究が行われている. また、医学教育や 医師の卒後教育のあり方なども重要な研究対 象である. 境界医学に属する応用薬理学は. 薬物の臨床応用を目指す学問領域である.個 別化医療を目指した薬物代謝酵素や薬物の作 用にかかわる遺伝子の多型に基づいたゲノム 薬理学の研究が進んでいる. 近年,疾患の原 因に関連する特定の分子に働く分子標的治療 薬が開発され、臨床応用により多くの成果が もたらされている.

社会医学は衛生学、公衆衛生学・健康科学、法医学から構成される。衛生学は一般生

活環境および労働環境の有害因子と健康障害との関連性を分析することによって、病気の予防法と健康増進を探求する学問である.問題が発生してからの対応ではなく、予めリスクを研究(リスク評価)することが望ましい.これらの研究には疫学的研究のほかに動物を用いたメカニズムの研究も必要になる.したがって、衛生学は社会医学分野の中でも生化学的、分子生物学的な最新の研究手法も必要な分野である.

公衆衛生学・健康科学は「公衆」即ち,「人々」の健康を保持増進するための理論と 方法を研究する分野である。地域社会の人間 集団を対象として疫学調査を行い,予防対策 を提言する学問であり,研究の成果は社会に 活用されることが要求される。そのためには 行政機関や専門団体の委員会で科学的根拠に 基づいて専門的立場から政策立案や実施・評価を行うことも必要である。現在の主要課題 は,高齢者の健康管理,日本の生活習慣病の 代表である癌,心疾患,脳血管疾患に加え, 近年増加傾向にある糖尿病,さらに,いわゆ るメタボリックシンドロームがある。また, 国際的な観点では新興感染症への対応も重要 である。

法医学の研究分野には、法医病理学、中毒学、薬理学、血液学、遺伝学、臨床法医、法歯学研究がある.死体の解剖、DNA多型解析、中毒学分析方法の開発、依存性薬物の生体への影響に関する研究、国際犯罪に対応するための個人識別研究が要求されている.

看護学は基礎看護学,臨床看護学,地域・ 老年看護学からなる.基礎看護学は看護哲学,看護倫理,看護技術,看護教育学,看護 管理学,看護行政,災害看護学,看護歴史で 構成されている.基礎看護学は次に述べる臨 床看護学,地域・老年看護学の基本的根幹を なす分野と位置づけることができる.臨床看 護学は次の分野で構成され,一つは対象が身 体的・心理的に危機的状況に陥っているとき の看護について研究する分野と, 他方が母 性,女性,子ども,家族に焦点をあて,特徴 を駆使して看護のあり方を研究する分野であ る. 前者には. 重篤・救急看護学. 慢性病看 護学. リハビリテーション看護学. がん看護 学、ターミナルケアがあり、後者には、母性 看護学,女性看護学,小児看護学,家族看護 学が含まれる. 地域・老年看護学は、地域看 護学と老年看護学で構成される. 地域を対象 とし、人々が健康を維持・促進していくため に必要な看護を追及しようとするのが地域看 護学である,公衆衛生看護学,学校看護,産 業看護が含まれる.一方,老年看護学は、人 の一生のうち、老年期にある対象の特徴を浮 き彫りにしながら、看護のあり方を追求する 分野である. 老年看護学, 精神看護学, 在宅 看護学, 訪問看護学がある.

# 2 過去 10 年間の研究動向と 現在の研究状況

#### 1. 薬学

化学系薬学分野では「合成化学」の比率が高く、「有機化学」や「有機反応学」においては、生物活性との関係が深い「光学活性」を意識した研究が多い.最近は環境に配慮した「グリーンケミストリー」として、「プロセス化学」が増加している.また、「ナノ薬剤」「ナノ機能素子」「生体関連超分子」「酵素阻害剤」等、生物活性化合物を効率的に合成するための反応開発や、立体化学、生体内反応を意識したケミカルバイオロジー研究が多く見られるようになった.一方、従来の「生体分子化学」「生薬・天然物化学」「ヘテロ環化学」の研究は一部創薬化学へのシフトがみられる.

物理系薬学分野では、「分析化学」「製剤

学」「生物物理化学」「生物分子構造学」を合わせて研究の8割以上を占めている.分析化学はHPLCの標識法の開発から医療現場での「臨床化学」に及び範囲が広い.生物物理化学では「生体膜」や「薬物輸送担体」などの物理化学的解析が,生物分子構造学では,金属が関与する生体錯体化学と機器分析による「構造生物学」が盛んに研究されている.最近では,光学顕微鏡や磁気共鳴法を用いる「分子イメージング」研究も行われている.

生物系薬学分野では, 主に「生体分子の機 能」に関する研究が行われてきた. 過去10 年間の科学研究費補助金採択状況では、蛋白 質,遺伝子,糖鎖,脂質等の「生体分子の機 能」に関する研究が全体の約7割を占めてい た. 同分野では、次いで「生体の高次機能」 「疾患の発症機構」「薬物の作用機序」に関す る研究が多い. この研究分野の特徴は、化 学・生化学的手法を駆使した生体分子の機能 解析を基盤に、生理機能や疾患の発症機序を 明らかにする研究が多い点にある. また, 生 物系薬学には薬理学も含まれ,「実験動物薬 理」から「分子薬理」、「神経科学」まで広範 な研究が進められている. また, 遺伝子操作 技術の普及とゲノム情報の充実により網羅的 解析も増えているが、生体システムや生命現 象を統合的に理解する研究は少ない.

創薬化学は、化学系薬学の中で創薬に近い研究領域を中心にして、平成15年に医薬分子機能学が名称変更されて設けられた科学研究費補助金細目で、応募・採択件数は化学系薬学の3割程度で、両細目の合計が以前の化学系薬学の件数とほぼ等しい。創薬研究として「創薬リード化合物」、「天然物」・「酵素阻害物質」の探索と合成、「新規天然分子」ならびに「分子標的薬剤」の探索研究が行われてきた。コンピュータが発達し、なおかつ生体内の様々な情報が得られる現在においても、医薬品分子設計やゲノム創薬の比率が変

わっておらず、創薬の難しさを示唆している.

環境系薬学では、特に環境中の化学因子に関する研究が多かった。主に取り上げられた化学因子は、有機水銀などの「金属化合物」、「ダイオキシン」、「ディーゼル排ガス」、「内分泌撹乱物質」であった。その他、放射線や紫外線などの「環境ストレス」に対する生体応答研究、ウイルスや細菌等の「生物的因子」に関する研究、植物など「薬用資源」に関する研究、「環境保護」についての研究がみられる。現在、生体中に存在する微量金属が生命活動の機能発現に関与していることを解明する、「メタロミクス」等の多因子解析、環境因子と遺伝因子の統合解析、ならびにリスク評価と予防に関する課題も目立ってきている。

医療系薬学分野は平成15年に科学研究費補助金に新設された細目で,薬の作用メカニズムを研究する「薬物動態・代謝・薬効学」の研究が主流である.最近では,新薬物療法の開発,疾患の発症機序の解明,薬物の投与設計と適正使用,薬物の副作用に関する研究が多くなってきた.この他,統計的手法等を駆使した薬品情報学,薬学教育,院内感染等に関する研究や個別化医療に関する研究が著増している.日本では医薬品開発につながる基礎研究は活発だが、「医薬品の適正使用」など、医療現場に直結した研究が欧米に比べて少ない傾向にある.

#### 基礎医学

解剖学においては、肉眼解剖学、比較解剖 学等の解剖学特有の歴史の長い研究分野の研 究者がほとんどいなくなっている。解剖学の 中でも「神経」を対象とした研究が多い。ま た、「再生」、「幹細胞」に関する研究、分子 生物学的、発生工学的な研究手法を用いた研 究に増加傾向がみられる。 生理学においては、「シグナル伝達」に関する研究が急増している.「神経」、「筋」に関連した研究は減少傾向にある.プロテオミクスの手法を取り入れた課題は最近増えてはいるものの、まだ少数派である.

医化学においては,我が国では近年新しい分子カテゴリーとしての低分子代謝物とそのレセプター探索の研究が網羅的代謝解析・質量分析技術の進歩により著しく進展しており,遺伝子・蛋白質の網羅的発現情報との多層的相互作用による生命現象の理解が進んでいる.

病態医化学は疾患を対象とした生化学的研究が主体であるため、研究テーマがきわめて多様であるが、「癌関連」、「キナーゼ」、「細胞内シグナル」に研究が集中している。細胞内シグナル伝達に関わる酵素や分子の基礎生物学的研究における重要な発見は日本でなされていることから、細胞の増殖や分化との関連でこのような傾向がみられると考えられる。

病理学のうち、人体病理学においては、各 臓器の疾患頻度が概ね研究課題数に反映して いる.疾患頻度に比べ数が多いのは血液疾 患、特に「悪性リンパ腫」を対象としたもの である. これは近年の分子生物学的解析法の 進歩がこの分野に用いやすく. 成果が挙がり やすいことの反映と考えられる. これに対し 「乳腺」、「前立腺癌」を対象にした研究は疾 患頻度の増加に比べて少なく, 今後の増加が 期待される. 実験病理学においては脳神経系 に関する研究が多いのが特徴であるが、これ はヒトの病巣からの標本の採取と研究への使 用に制限があり、動物実験に頼るところが大 きいためと考えられる. 腫瘍における発癌実 験研究もこの分野には特色のあるものであ る.

薬理学においては,60種に及ぶ薬物受容体,イオンチャネル,トランスポーター及び

酵素のクローニングがなされ、その立体分子 構造が明らかにされるとともに、構造一機能 連関の解明が進んだ. さらに種々細胞におけ る受容体、イオンチャネルを介する刺激の受 容に引き続く細胞内情報伝達機構や因子群が 解明され、薬物に対する細胞の応答反応機序 の詳細が明らかにされつつある. このような 新規作用機序に対する拮抗薬や促進薬が開発 されている. このように薬物の作用機序の理 解が一段と進み、また、将来薬物治療ター ゲットとなりうる多くの分子および細胞機能 が明らかにされた.

寄生虫学においては、特にマラリア、赤痢アメーバ、トリパノソーマなどの「原虫」および「原虫疾患」を対象とする多様な研究が増加している。またマラリアと蚊の相互作用など、原虫と衛生動物にまたがる研究も多い。一方、生物試料の収集が困難となって来たことから、これまで我が国が世界をリードしてきた「住血吸虫」や「フィラリア」を対象とする研究は減少している。

細菌学・真菌学においては、「細菌毒素」の構造や作用機序を対象とした研究が多いが、細菌への宿主反応である「免疫」や「炎症」の機序に関する研究も多い. また、臨床医療との関連で緑膿菌などによる「日和見感染」や「薬剤耐性」獲得機構も多く研究されている. 一方、「ピロリ菌」や「結核菌」などを始めとする「新興・再興感染症」に関わる研究が増えていることも特徴である.

ウイルス学においては、「エイズウイルス」、「インフルエンザウイルス」、「肝炎ウイルス」、「不次ウイルス」、「不次ウイルス」、「小ペス属ウイルス」など、特定のウイルス属に特化してその特性を研究課題とするものが多い。また、ウイルス一宿主連関に関する基礎・応用研究を含む「免疫」や「ワクチン」に関する研究が多いことが特徴である。

免疫学においては、「樹状細胞機能」、「自

然免疫」に関する研究が増加を示している. 免疫学は日本が世界的にも強い研究領域である.特にサイトカイン研究,細胞間相互作用を司るレセプターとリガンドの研究,レセプターからの細胞内シグナル伝達に関する研究などは国際的にも高く評価されている研究領域である.また,「癌」を課題とした研究は一定割合を占めている.微生物一宿主相互連関は免疫学が取り扱う重要な研究の一つであるが,「ウイルス」を研究課題とするものも多い.

人類遺伝学においては、「ゲノム」に関わる研究が多い.これはヒトゲノム配列がほぼ決定されたこと、ヒト個体間の違い(遺伝子多型)を利用した疾患関連遺伝子マッピング(連鎖不平衡解析)に研究が集中していることを反映している.日本は欧米に比べ遺伝子治療の実践が少ないことから、「遺伝子治療」に関する研究課題は減少傾向にある.また、「遺伝カウンセリング・生命倫理」関連の研究は少なく、欧米に比べ弱い領域である.

環境生理学においては、外界からの刺激、即ち、食品(ポリフェノール、カプサイシン、アレルギー物質等)、ストレス(運動、情報、化学物質等)、低酸素、温熱条件等の刺激に対する生理応答の研究や加齢、時差の影響の研究が行われてきた。最近でも研究の方向性は変わっていないが、従来主流であった電気生理学手法に加えて、分子生物学的手法を用いて分子レベルでの変化やエピジェネティック変化から個体レベルに至るまでの生命現象の解明を行っている。遺伝子改変動物が用いられているのも最近の特徴である。

神経科学分野の神経解剖学・神経病理学においては、神経解剖学領域の古典的かつ歴史の長い重要テーマである「神経伝導学」の研究課題数が減少している。神経発生・分化・異常の研究は、1993~2002年には発生関連遺伝子の発見ラッシュに伴い、興隆を極めて

いたが、2002年以降は若干の減少傾向がある.一方、「神経再生・神経可塑性」の研究は増加傾向にある.神経病理学領域ではメジャー分野である「神経変性疾患」や「老化性痴呆疾患」に関する研究が多い.神経化学・神経薬理学において、「神経伝達物質」と「受容体」は変わらず強いメジャーなテーマである.「幹細胞」、「再生」関係の研究課題が増加している.またトランスレーショナルリサーチとしての創薬をテーマとした研究も数は少ないものの増加傾向である.その他、神経科学においては、発生・発達・再生神経科学領域、行動神経科学、認知神経科学、分子神経科学などがメジャーな領域である.

また, 癌研究においては, 現在, 特に関心 が集中している分野として, 異質間細胞相互 作用と血管新生の生物学、浸潤と転移、腫瘍 免疫学と免疫療法などがあり、しかもそれを 直接癌の合理的な治療に結びつけようという 努力がなされている.この背景には、20世 紀最後の四半世紀には癌の新しく有効な治療 薬がほとんど開発されず、21世紀になって 初めて分子標的薬が市販されることになった ことがある. 今後, より多くの分子標的薬の 開発が望まれ、多くの関心を集めているが、 それは多額の資金と時間のかかる作業であ り、そのつなぎとして副作用が少なく、生物 検定の簡単な抗体などの生体製剤にも強い期 待がかけられている. 従来から研究の盛ん だった癌遺伝子シグナルについては、細胞老 化, Wnt と Notch シグナル, Hedgehog シ グナルなど未開のシグナルに焦点が集中して いる. また, 白血病幹細胞, 固形癌での幹細 胞に対する関心が急速に高まりつつある. 浸 潤研究では蛋白分解酵素の研究に加え、浸潤 そのものの形態観察,癌細胞の浸潤状態,初 期浸潤を担う細胞の特定といった生物学的研 究が盛んである. さらに, 臨床現場での治療 研究や,多数の患者における浸潤・転移の基礎データの収集も進行しつつある.

#### 3. 内科学

消化器内科学の研究に関連し、科学研究費 補助金採択件数を研究状況の指標としてみる と「肝臓」の研究が最も多く、消化器内科全 体の4割以上を占めていた。以下、「胃」や 「腸」と続く. 最近の研究では「肝臓」の研 究の比率がやや減少し「腸」の研究の比率が やや増加している傾向がみられた.「炎症性 腸疾患」の研究は欧米が先導してきたが、日 本での患者数増加に伴い、最も注目される研 究テーマである. 臓器別にみると、胃の領域 では「ヘリコバクター感染と胃癌」の関連. 「胃癌の発症機序」の研究が多く, 欧米の研 究に勝る. 大腸では「大腸癌」の発生、進展 の機序, 予防の研究が欧米と同水準にある. しかし「分子標的治療薬」の開発など臨床応 用研究は遅れているのが現状である. 肝臓で は「ウイルス性肝炎」の治療の開発、ウイル ス性肝炎から「肝癌」の発症機序の解明と予 防,「肝細胞癌」の治療法開発などの研究が 盛んであり、この領域は日本が世界を先導し ている. 最近は「肝線維化」の制御機構・抑 制療法の研究や「肝再生」の研究,「脂肪 肝」、「脂肪性肝炎」の研究が増加している. 膵臓の領域では,「膵癌」の研究は欧米が リードしているものの、日本では早期診断法 の開発, 膵癌の発生と進展の機序, 治療のた めの分子標的の研究などが進められている. 「膵炎」については、「急性膵炎」「慢性膵炎」 の機序や治療法の開発,「自己免疫性膵炎」 の機序など,日本独自の研究が行われている.

循環器内科学では、従来の「心筋虚血」の 病態、「アポトーシス」、「炎症細胞マーカー」 等の「心筋梗塞」等から、その後の分子生物 学の発展により、遺伝子レベルで疾患の解明 がなされるようになった。具体的には「肥大 型心筋症」あるいは「拡張型心筋症」、「QT 延長症候群」,「Marfan 症候群」等,遺伝性 心疾患の原因遺伝子の解明が飛躍的に発展し た. これらの疾患遺伝子の解明は. 先進的な 研究が我が国でも行われているが、総じて欧 米に比べてやや遅れをとっている. これは我 が国では遺伝性疾患の家系を大規模に集積し て解析を進めるシステムの構築が困難である ことに起因している.「心不全」治療目的と した, 転写因子等を用いた研究, 「血管作動 性物資」の研究,心臓や血管を標的とした 種々の「幹細胞」を用いた再生医学に関して 大きな進歩があった. なお、骨髄幹細胞や胚 性幹細胞を用いた「心筋再生」や,「胚性幹 細胞」から選択的に血管を分化誘導する実験 系, さらに流血中の「血管内皮前駆細胞」, 「遺伝子改変マウス」を用いた心不全発症機 構の解明は世界的に多くの注目を集めている が、これらは日本の研究者の成果である.

呼吸器内科学では分子レベルでの「肺癌」に関する研究が進歩した.新規の「肺小細胞癌のマーカー・PTHrP」は本邦の研究により明らかにされたものであり、世界的にも評価されている.「肺線維症の発症機転」の研究では最近、肺線維化における気道上皮細胞の機能解明が分子レベルで行われるようになった.間質性肺炎や急性肺損傷による「成人呼吸促迫症候群 adult respiratory distress syndrome(ARDS)」の病態解明、サイトカインシグナル伝達因子を標的とした「炎症性肺疾患」の新規治療法の開発が期待される.「呼吸器生体防御システム」の研究も興味ある研究の展開を見せたといってよい.

腎臓内科学の研究としては、尿細管、集合管に発現する種々の「イオンチャネル」、「水チャネルの遺伝子クローニング」が飛躍的に進歩した.「長期透析に伴う合併症」の分子遺伝学的解析、ネフローゼの原因となる「糸球体ポドサイトの障害機序」の解明と、機能

不全の病態解析も大きく前進している.

神経内科学では「神経筋変性疾患」の原因遺伝子が次々に同定され、分子病態の解明に飛躍的な進歩がみられた。特に「アルツハイマー病」、「パーキンソン病」、「脊髄小脳変性症」、「筋萎縮性側索硬化症」、「筋ジストロフィー」などにおける原因遺伝子解明、「蓄積蛋白による神経筋障害機序」や「生物学的マーカー」の解明では日本が世界的な業績を上げており、最も研究が集中した研究テーマであった。また、急性炎症性脱髄性末梢神経炎などの「自己免疫性神経疾患」の病態解明やMRI、PETを用いた「神経画像診断」や脳機能解析にも大きな進歩がみられた。

代謝学では、患者数が増加している「糖尿 病」に関する研究課題が最も多く、その発症 機序, 治療法ならびに合併症の病態に関する 研究が進められている. 近年明らかにされた 「劇症1型糖尿病」は, 我が国で疾患単位が 確立された特発性1型糖尿病の亜型である. この他、 $膵 \beta$ 細胞に対する自己抗体による 「緩徐進行1型糖尿病」や遺伝子異常による 若年発症糖尿病である「maturity-onset diabetes of the young (MODY)」などの研究 における我が国の研究者の寄与は大きい. 現 在, 糖尿病の疾患感受性遺伝子の解析や膵β 細胞の再生医療に関する研究が進められてい る. また、内臓脂肪蓄積によるいわゆる「メ タボリックシンドローム」の病態が注目さ れ, 脂肪細胞の分泌する生理活性物質に関す る研究が進められている.

内分泌学では下垂体,甲状腺,副甲状腺, 副腎,性腺などの内分泌腺から分泌されるホルモンの分泌ならびに作用機構に関する研究 が精力的に続けられている一方,心・血管組 織から分泌されるナトリウム利尿ペプチドや エンドセリン,脂肪細胞から分泌されるレプ チンやアディポネクチン,胃から分泌される グレリンなど.我が国の研究者がその発見と 研究の進展に大きな役割を果たしてきた生理 活性物質の研究に進歩がみられる.

血液内科学の分野では、分子生物学の進歩 により、「白血病」や「悪性リンパ腫」をは じめとする各種造血器腫瘍, ならびに「発作 性夜間血色素尿症」「ファンコーニ貧血」や 「血栓性血小板減少性紫斑病」などの非悪性 疾患においてもその病態が分子レベルで次々 と明らかにされた. これらの研究では本邦の 研究者も大いに貢献している.また、蛍光抗 体を用いたセルソーターであるFluorescence Activated Cell Sorting (FACS), 染色体解 析、疾患関連遺伝子の異常を検出する FISH 法などの研究により造血器腫瘍の診断技術が 格段に向上し、微小残存腫瘍細胞の判定も可 能となってきた. さらに、分子レベルで明ら かにされた病態や遺伝子異常は、分子標的薬 の開発を促し、rituximab、imatinib はそれ ぞれ「悪性リンパ腫」,「Ph 陽性白血病」の 標準的治療剤としてエビデンスが確立されつ つある.「造血幹細胞移植」に関しては,造 血幹細胞の同定, G-CSF などの造血因子, 各種の免疫抑制剤, などの研究が進展し, 造 血幹細胞移植成績の向上に貢献した. 移植の 術式も「末梢血幹細胞移植」,「臍帯血移植」 も加わり「幹細胞」ソースが多様となった. またヒト白血球型(HLA)の異なるドナー からの移植も可能となってきた.

膠原病学・アレルギー学では、ヒトの疾病における「免疫異常」の研究と、それぞれの疾病モデル動物の研究が行われている。免疫システムは高次機能とも言われるように複雑であり、動物で主として研究されているマウスとヒトの免疫システムは、似てはいるが同一ではない。基礎免疫学は主としてマウスを用いた免疫学であり、基礎免疫学からの多くの情報が入るモデル動物での研究が進展してきた。ヒトの免疫学は主として試験管内での研究が多い傾向がある。また、ゲノム研究も

盛んに行われており、幾つかの疾患関連遺伝 子が報告されるようになっている.

感染症学では、「エイズ」、「ウイルス肝炎」、「インフルエンザ」などの研究が主に行われているが、基礎医学に属するウイルス学との境界が明瞭でなく、むしろ基礎医学での進展がめざましい。

小児科学および胎児・新生児学では、他の成人分野の血液内科学、循環器病内科学など各専門研究に準ずる形で小児、胎児、新生児の各専門領域の診断・治療に関する研究が推進されてきた。その専門分野に対応する専門分化した小児科医が養成されてきたが、現在それに対する反省期にあり小児総合医療を考える流れがでてきている。

皮膚科学では、皮膚の構造に関する多くの分子が同定、クローニングされた.最も頻度の高い癌である「基底細胞癌」発症における分子メカニズム(Hedgehog シグナルの異常、patched など)が明らかにされ、皮膚癌以外の癌発生においても重要な分子経路であることが解明されつつある.「薬疹」の原因として、薬剤そのものによるものに加え、潜伏感染するウイルスの再活性化が原因であることを明らかにし、「DIHS(drug-induced hypersensitivity syndrome)」の概念を確立した.「自己免疫水疱症」、「遺伝性水疱症」の標的蛋白、責任遺伝子が同定され、診断法が進歩した.

精神神経科学では最も多い研究対象は「統合失調症」関連であり、以下「うつ病」関連、「てんかん」、「認知症」と続く、その他は、薬物依存・中毒、不安障害・神経症、睡眠障害、児童・思春期精神医学、強迫性障害、摂食障害、リエゾン精神医学、行動障害等が取り上げられてきた。現在、疾患の研究では、責任遺伝子同定と病態解析、遺伝子多型に基づく個別化治療の開発研究に関心が集まっている。統合失調症やうつ病などに関し

ては画像研究も活発である.また,生物学的マーカー探索や精神状態の客観的評価へ向けた課題が増加しつつある.国際的には,臨床神経学の「疾患関連遺伝子同定」,「再生医療」関連,「てんかんの遺伝子・分子病態解析」とそれに続くモデル動物開発は,日本が世界をリードしている領域である.「臨床薬理遺伝学」や「睡眠関連研究」や「物質依存」の病態解析も国際的評価を受けている.

放射線科学の画像診断分野では「MRI」の 研究が最も多く「CT」がそれに続く. 近年, 相対的に「PET」の研究が占める割合が増 加している。放射線治療関連の研究は、「粒 子線治療」関連のテーマが減少し「定位放射 線治療」関連の研究課題が増加している傾向 が見られた. 画像診断分野においては「蛍光 イメージング」の開発、新しい PET 薬剤を はじめとする「分子イメージング用造影剤」 のいずれも研究推進力が弱い. 一方で, 「MRIの拡散強調の全身イメージング」 「SPECTの脳血流測定」など日本が先進的 に進めている技術もある。 放射線腫瘍学の分 野では、多施設多数例の放射線治療の臨床研 究は国際的に弱い点であるが,「重粒子線治 療」の臨床研究など日本発の優れた放射線診 療技術も存在している.

病態検査学における研究の主流は「遺伝子」であった、「一塩基多型解析」を含めた遺伝子検査に関する研究が最も多く、ついで「腫瘍マーカー」に関する研究が多い、その他「血球・血小板」「免疫」に関する研究がみられた、研究手法としては「遺伝子解析」と「免疫測定」によるものが極めて多い、タンパク質の発現を系統的・網羅的にデータ収集し解析する「プロテオミクス」に関する研究も増えている、病態検査学の分野の特徴の一つとして、「検体検査」に関する研究に比較して「生理機能検査」に関する研究が少ないことがあげられる。

#### 4. 外科学

消化器外科学においては「癌」に関する研究が多く、科学研究費補助金の採択数を見ても癌研究が約7割を占めている。なかでも治療に関する研究が最も多く、「センチネルリンパ節」、「低侵襲治療」、「分子標的治療」の研究の比重が増している。癌以外の分野では「移植医療」が減少傾向にあり、「再生医療」、「幹細胞・前駆細胞」に関する研究は急増している。

胸部外科学においては「癌・腫瘍」に関する研究が最も多く、近年の日本の肺癌の死亡率増加に伴いますます重要視される分野であると思われる。「分子標的治療」、「マイクロアレイ」、「再生」、「幹細胞・前駆細胞」、「ナノテクノロジー」に関する研究も増加している一方、「心・肺移植」、「拒絶反応」や「心筋・脳保護」、「再灌流障害」に関する研究が減少傾向にある。また、アスベストとのかかわりで「中皮種」に関する研究も増加している。

脳神経外科学においては、部位では脳に関する研究課題が多く、疾患別では「脳腫瘍」が多い.この比率は過去10年で大きな変化はない.「血管」、「虚血」に関する研究も大きな比率を占めている.「再生」、「移植」に関する研究が急激に増加している一方、「分子生物学」、「アポトーシス」に関する研究は減少している.

整形外科学においては、研究領域の多種多様性を反映して多彩な研究成果が生み出されている。この数年、「脊髄損傷・再生」、「軟骨代謝」に関する研究が特に多い。「骨代謝」研究は実に多く、骨粗鬆症と高脂血症、糖尿病などの生活習慣病との関連研究も多い。骨、血管、神経、筋肉、軟骨などの組織を対象とする「老化研究」や「腫瘍」、「関節リウマチ」に関する研究も精力的に進められてい

る.

麻酔・蘇生学においては,「周術期管理」, 「疼痛」に関する研究が増加傾向にあり,「麻 酔」自体は減少傾向にある.

泌尿器科学においては、「泌尿器癌」、「腎移植」、「再生医学」の研究が増加し、「生殖内分泌学」、「結石」の研究が減少している. 泌尿器癌のなかでも、日本で罹患率が急増している前立腺癌に関する研究課題が増加している.また、「化学療法」に関する研究も増加している.

産婦人科学においては、周産期医学では「流産・生殖免疫学」が減少し、「胎盤異常」に関する研究が増加した。生殖内分泌学では「体外受精・顕微授精」などの生殖医学の研究は臨床応用が進み、研究としてはピークを過ぎた感がある。婦人科腫瘍学では「遺伝子治療」、「化学療法」に関する研究が増加している。その他の婦人科学では「子宮内膜症」に関する研究が増加した。

耳鼻咽喉科学においては,耳(科学)に関する研究課題が多く,「聴覚障害」に対する研究が主流である.また,腫瘍・癌に関する研究では「頭頸部腫瘍」が大きな研究課題であり続けている.「再生・移植」に関する研究は急速に増加している.

眼科学においては、「緑内障」、「内眼炎」、「加齢黄斑変性」、「網膜色素変性症」、「糖尿病網膜症」などの主要な失明原因となる網膜・視神経疾患に関する研究が多く、国際的にも新しい薬物療法や手術療法の開発が急速に進展している領域である。日本における眼表面(角結膜)や網膜の神経保護・再生研究は国際的にも高く評価されている。

小児外科学においては,小児外科にも低侵襲手術の導入と展開に積極的に取り組まれており,形態異常にかかわる遺伝子解析と分子発生などが大きな研究課題として認識されており,臨床的には,「胆道閉鎖症」,「生体肝

臓移植」、「小腸移植」などに積極的に取り組まれた。また小児固形腫瘍は依然として主要な研究課題であり続けている。国際的には、日本での生体肝移植への取り組みが、高く評価されている。

形成外科学においては、基礎研究としては「再生」、「幹細胞」、「創傷治癒」などが注目されている研究課題であり、臨床的には、マイクロサージェリーを用いた低侵襲手術に積極的に取り組まれてきた.

救急医学においては、外傷、蘇生、中毒、 敗血症、熱傷、ショック、凝固、脳・神経、 肺(呼吸)、心臓(循環)、ICU などに関す る研究がなされている。

その他の外科学においては、日本の死因トップである「癌」に関わる研究が多く、次いで「転移」に関する研究が多い.この傾向は過去10年間変わらない.「感染」、「炎症」などの良性疾患、「ショック」、「SIRS」などの侵襲学は減少傾向、「幹細胞」、「前駆細胞」などを含めた「再生」分野は増加傾向にある.「ナノテクノロジー」に関する研究も増加しており、疾患の増減などの社会的な背景よりも、技術的な背景を反映した研究課題の推移を見せている.

#### 5. 歯学

基礎歯学,臨床歯学それぞれの傾向をみると,基礎歯学のうち形態系基礎歯学では,「う蝕」,「歯周疾患」,「アポトーシス」に関する研究が減少傾向にあり,「腫瘍」,「自然免疫」,「再生」に関する研究が増加している.機能系基礎歯学では「遺伝子関連」,「酵素」,「受容体」に関する研究がわずかに減少傾向だが,コンスタントに研究対象となっている.「チャネル」,「炎症」,「自然免疫」,「再生」に関する研究は増加傾向にある.一方,「アポトーシス」に関する研究は減少している.また,歯学基礎系の研究者が歯科医

学に直接関わる研究領域以外で最も貢献している分野が「骨代謝」の分野であり、世界的に評価の高い原著論文を公表している研究者もいる.

臨床歯学では、「口腔乾燥」、「再生」、「生体材料」、「幹細胞」などに関する研究が多分野で増加傾向にあり、これらは最近の5年間で特に臨床系の研究者の関心の集中しているテーマと考えられる。また、「骨代謝」に関する研究テーマは採択割合が高く、硬組織研究において基礎歯学のみならず、臨床系研究者の場合も、歯以外に骨、軟骨代謝に関心が強いことがわかる。一方、「咬合」、「インプラント」に関する研究テーマは減少傾向にある

臨床歯学の保存治療系歯学のうち保存修復学においては、歯科材料と歯質との接着を向上させる接着歯学研究の発展がめざましく、世界のトップレベルにあるといえる。う蝕学も進展してきたが、北欧には遅れている感がある。新しい歯質切削方法の開発も盛んに行われてきたが、レーザー照射法では歯質接着性に問題があることが判明してきた。歯内治療学では、歯髄炎、歯痛、根尖性歯周炎に関する起炎菌の同定と免疫学的応答メカニズムの解明により病態が明らかになりつつある。またマイクロCTでの三次元解析により根管形態をより正確に診断することが可能となった。

補綴理工系歯学においては、金属、レジン等の材料学が非常に発展してきたが、近年は材料と生体組織との調和など、生体を対象とした研究が注目されている。特に骨結合性口腔インプラントが出現してから、再生医療に関係した生体組織工学、細胞生物学、分子生物学の領域の研究が盛んになってきた。

外科系歯学では悪性腫瘍に関する研究テーマが多いが,口腔癌の基礎的,臨床的研究は 諸外国に比べ遅れていると思われる.口腔粘 膜疾患, 顎関節症, 難治性疾患の病態解明 や, 口腔機能の異常や生理学, 顎骨の骨代謝 やインプラント関係も研究テーマとなってい る. 最近は顎顔面の形態形成, 発育, 組織再 生といった組織発生, 再生に関する研究が増 えている.

歯周治療学においては、新規歯周組織再生療法の確立、歯周病関連遺伝子(SNPs)の同定、歯周病と全身疾患(全身状態)との関連についての疫学研究に関心が集中しており、知財の確保という観点からも非常に競争的環境の強い状態にある.

歯科矯正学分野では材料学の進展に伴い, 顎関節,歯周組織,歯に対して障害の少ない,また高齢者にも適用が容易な治療法へと 画期的な変化がもたらされた.顎顔面の 3 DCT,画像診断装置,顎運動測定機器の 開発による矯正診断の向上がもたらされた. メカニカルストレスに対する骨,軟骨,歯根 膜の反応の研究も進展し,矯正治療が再生医療として考えられるようになってきた.

小児歯科学では、これまで基礎、臨床を問わずう蝕学が研究の中心であり、多くの業績もあった.近年のう蝕の減少に伴い、研究の中心は骨組織に関する分子生物学的研究にシフトしつつあり、歯や顎骨の発生や形成不全に関する研究が行われている.

社会系歯学ではう蝕と歯周病に関する基礎的研究,疫学的研究が主流であったが,現在は口腔保健,EBMがキーワードになっており,口臭,喫煙,口腔保健活動の分野に関心が集まっている.しかし,う蝕,歯周病の疫学的研究も依然根強いものがあり,国際的に見ても評価に値する分野である.

# 6. 人間医工学・境界医学・社会医学・ 看護学

人間医工学のうち,医用生体工学・生体材料学には,医学と物理系学理,医学と化学系

学理が融合した分野がある. 前者では「再生 医工学」、「ナノテクノロジー」、「バイオイ メージング」関連の研究が増えている。ま た、「バイオメカニクス」も重要な地位を占 めており、中でも「再生医療」、「マイクロ・ ナノ領域」への興味が集中している。 医用画 像や計算機に関する技術の発達に伴い、医用 画像から患者毎の個体別モデリングを行い, 診断・治療に役立てようという動きが盛んで ある.一方,医学と化学系学理が融合した分 野では「再生医工学材料」、「細胞・組織工 学」に研究テーマが集中しており、「再生医 工学材料」研究の増加が目を惹く. その他 「ドラッグ・デリバリー・システム (DDS)」 が重点分野と認識されている. 医用システム では「検査・診断システム」に関する研究が 主流である. 増加が著しい研究としては、 「医用ロボット」「低侵襲治療システム」に関 する研究が挙げられる. 更に、リハビリテー ション科学・福祉工学では、「リハビリテー ション医学」、「運動療法」、「理学療法」の研 究が多い. 研究数増加が著しいのは「作業療 法」である. なお近年、健常高齢者に対する 予防的アプローチに関する研究にも関心が向 いてきている. また「ロボットの応用」や 「バリアフリー」に関する研究が積極的に行 われている. リハビリテーションと福祉工学 では、過去10年で研究者の数が1桁増えた という印象がある.

境界医学の医療社会学については、「医学教育」に関する研究が最も多く行われてきた.とりわけ新しい教育手法や評価方法に関する研究が多い傾向にある.次いで「医療経済」、「医療管理」、「医療倫理」、「医療安全」が研究されている.応用薬理学では「遺伝子」に関する研究が際立って多く、次いで「代謝」、「輸送」、「トランスポーター」に関する研究が重点的に進められている.最近では「個別化医療」を目指した「ゲノム薬理

学」や「遺伝子多型解析」,「薬剤の毒性」や 「副作用」に関する研究が多くみられた.

社会医学において、衛生学で行われている 研究は, 労働環境と一般生活環境での健康に 関わるものに大別された. 産業衛生研究にお いて最も多い課題は「アレルギー・免疫」で あり、「ストレス」と「健康管理」に関する 研究課題がこれに次いでいた.「生物学的モ ニタリング」は最近減少傾向にある.一方, 一般生活環境に関わる研究では.「有害化学 物質の健康影響」が多かった. 中でも「重金 属類」、「ダイオキシンを含む内分泌かく乱物 質」、「大気汚染類」、「室内化学物質類」を対 象にした研究が多くみられた. いずれの場合 も研究目的の多くは「リスク評価」にある. 衛生学での特徴は最近「遺伝子改変動物」や DNA を高密度に配置した「マイクロアレ イ」を用いた研究が行われるようになったこ とである.

同じ社会医学である公衆衛生学・健康科学においては、日本の社会問題でもある「高齢化」に関する研究が多い。また、日本で現在問題となっている疾患を対象とした疫学研究が盛んである。しかし、疫学研究全体に占める割合としては、日本の死因第1位である「がん」、2位の「循環器疾患」に関する研究は意外と少ない。循環器疾患に関連が深いいわゆる「メタボリックシンドローム」の危険因子である「肥満」、「高血圧」、「高脂血症」、「高血糖」に関する研究は多くみられた。「喫煙」は癌や循環器疾患の危険因子として研究されている。

法医学研究の中心は「死体医学」,「犯罪医学」,「個人識別」に関するものである.死体医学の中では「中毒」が最も多く,次いで「突然死」,「虐待」の研究が多かった.個人識別の代表的なものは「親子鑑定」であり,その他「法医鑑定」がある.これらすべての分野に関連して,液体クロマトグラフ/タン

デム質量分析装置(LC-MS-MS)やガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)を使用して分析方法を検討する研究や、「DNA 多型解析」が行われている.

看護学に関する研究は現在増加傾向にあ る. 科学研究費補助金採択状況は. 2000年 以降, 1995年~1999年と比較して約2.5倍 になっている. 基礎看護学では「看護教育 学」が多く,次いで「看護技術」,「看護管 理」に興味が集中している. 臨床看護学では 研究分野を成人看護学と母性・女性看護学に 二分できる.成人看護学に属するものとして は、「ターミナルケア」、「終末期看護」、「が ん看護」、母性・女性看護学では「家族看護 学」が多く、小児あるいは高齢者をもつ家族 の家族機能についての研究が多く行われてい る.「女性看護学」は1990年後半から登場し た分野であるが、女性の一生涯を通じての健 康問題を扱っており、性暴力あるいはドメス ティックバイオレンスの問題が注目されてい る. 地域・老年看護学では「訪問看護」と 「在宅看護」の研究が主流である.この2つ は日本が高齢化社会にシフトしたこと、 さら に疾病構造の変化や医療システムの変化、病 院療養から在宅療養への変化に伴って活発化 してきた看護学であり、今後さらに拡大して いく領域である.

# 3 今後10年間で特に進展が見込まれる 研究対象,アプローチ等及び推進す べき研究

平成18年度に政府が提案したイノベーション25では重要課題の筆頭に「医薬」が上げられた.この「医薬」には医薬品のほかに医療機器なども含まれているが、この提案に従って、イノベーション25戦略会議が設置され、内容の検討と纏めが行われつつある.これまで、医薬品の創製に重要な役割を

果たしてきた薬学研究に大きな影響を及ぼす とともに、基礎医学・臨床医学・医用工学の 諸分野でトランスレーショナルリサーチが一 層推進されるものと推測される.

## 1. 薬学

平成18年に政府が提案した「イノベー ション25」では、医薬が重点項目の筆頭に 挙げられた.このことは、医薬品の創製に重 要な役割を果たしてきた薬学研究に大きな影 響を及ぼすものと推測される. 即ち, これま での基礎科学中心の研究から創薬により近い 研究領域の進展が見込まれ、化学系、物理 系, 生物系のいずれにおいても創薬を指向し た研究が展開されるであろう. 我が国では、 日本の天然物化学の伝統とも相俟って,初期 の薬学研究は分析化学・有機化学を基礎とし て発展してきた、この流れは今も続き、化学 に根ざした生体分子の機能解析は, 日本が世 界を牽引する研究分野である. 今後, 化学系 薬学では、創薬化学により近い分野や薬理作 用を意識した有機合成・天然物の探索など が、物理系薬学では医薬品の生体作用や動態 をより先鋭に解析・可視化する研究や,薬物 輸送担体の開発・物性評価などが,生物系薬 学では病因遺伝子の解析や機能蛋白の解析・ 医薬品との相互作用の基礎研究などが盛んに なるであろう.

同時に、これら基礎薬学の境界領域として、計算科学を駆使した「インフォマティクス」、薬物・環境物質などの生体外分子と生体内低分子物質を同時に分析する「微量解析法」の開発、さらにその技術と薬物動態学・情報学とを融合することにより生まれる「ゼノバイオミクス」とでも呼べる複合的研究、伝統のある有機化学・天然物化学と物理化学・生物学を基盤にした新たな基礎研究分野としての「ケミカルバイオロジー」、細胞から実験小動物、ヒトまでを同じ原理で「医薬

品の作用」を解析可能とする「分子イメージング」などが大きく発展するものと見込まれ、一層推進すべきテーマであると考えられる.

一方. 薬学教育6年制が平成18年度より 導入され、臨床薬学の教員が大幅に増加し、 医療系薬学分野における研究動向の大きなシ フトが予想される. 今後, 医療現場と密接に 連携した医療系薬学の研究が必要で、「薬の 適正な使用」について科学的な根拠を与える 研究や, 今後増加する在宅医療において, 情 報ネットワークの構築を含め、地域全体のシ ステムを考慮した新しい学問分野が一層充実 される必要がある. さらに、学校薬剤師など 保健衛生の観点から、環境系薬学も一層重要 となり、「複合因子の統合的解析」、「リスク 評価」に関する研究, 医薬品を含む化学物質 の生態系に及ぼす影響を扱う生態系をも視点 に入れた「マクロな環境系薬学」の推進も今 後必要である.

現在も世界の脅威であるマラリアをはじめとする種々の感染症や、癌、エイズ、平均寿命の伸びにより発症の増える認知症等に関する研究は最重点テーマである。生体を対象とする薬学の全ての領域は、いずれも密接に連携することにより研究分野横断的統合を今以上に進めることが重要である。その推進に有為な人材の育成が必須であり、薬学教育の果たすべき役割は非常に大きい。少ない資源消費でハイリターンが期待できる付加価値の高い医薬品産業(製薬)は、高い知的水準を持つ研究者を必要とし、資源小国である日本が重点的に取り組むべき分野である。

#### 2. 基礎医学

解剖学においては、「プログラム細胞死」、「ユビキチン化・proteasome による特異的蛋白質分解」、「オートファジー」など細胞生物学的に新しい概念に対応した病的状態におけ

る詳細な形態学的解析がある.これらはやは り形態学のプロの研究集団によってリードさ れるべきであろう.

生理学においては、ポストゲノム時代の研究の大きな方向性として「遺伝子の機能解析」が挙げられる。ゲノム解析による配列情報と2006年度のノーベル医学・生理学賞の対象となったRNA干渉という方法により、任意の遺伝子の機能を解析することが可能になった現在、まさに生体機能解析をテーマとした生理学のダイナミックな展開が期待される。

医化学においては、「低分子化合物・代謝物のレセプター探索」が挙げられる。この研究は日本のライフサイエンスがリードしている分野のひとつであり、低分子化合物のレセプター探索の技術の発展と成熟により一般生化学・生理学・薬理学へのインパクトのみならず neutrigenomics などの領域にも革新的な変革を与える研究分野となるであろう。

病態医化学においては、ゲノム解析研究で 疾患関連遺伝子であると同定されたが、機能 が未知なタンパクの機能解明に関する研究 や、糖タンパクや糖鎖の構造と機能解明に関 する研究の推進が望まれる.また、生体の高 次制御機能を研究する生理学と病態医化学と の融合で疾患研究を推進することが望まれ る.さらに、化学領域研究とライフサイエン ス研究を融合させた「ケミカルバイオロ ジー」研究を推進し、低分子化合物を用いて 細胞機能、タンパク機能を解明する研究が喫 緊の課題である.

人体病理学においては、「病理診断の精度 向上」のための研究が進むと考えられる. 腫瘍の性状解析の一つとして遺伝子発現の網羅 的解析によって得られた知見を基にして、疾 患の治療法の選択や予後の予測において重要 な数個の遺伝子を同定し、その蛋白産物に対 する免疫組織学的検討を通じて、腫瘍の特性 化が図られることになるものと予想される. 一方,分子異常と病態発現(形態異常)との 関連についての理解が深まることが期待され る. また, 病理診断精度の地域格差の是正を 目指した研究、診断の中央化(セントラル ビューシステム)の研究,遠隔診断(テレパ ソロジー) の確立のための研究を通じて社会 貢献を探ることも重要であろう. 実験病理学 においては,「システムバイオロジー」がま すます発展していくと考えられる. ノックア ウトマウスのライブラリー作成を目指したプ ロジェクトも開始されると思われる. 様々な 疾患のモデルマウスが次々に作成され、新た な治療法を目指した取り組みが進行すると予 測される. 腫瘍病理学研究において「癌幹細 胞」の概念が提出されたが、今後の研究の進 歩によっては腫瘍の診断、治療に大きなイン パクトを与える可能性がある.

薬理学において進展が見込まれるテーマと して. 脳機能に関わる分子薬理学的解明があ る. また, 三大疾患(悪性新生物, 心疾患, 脳血管障害)の新規治療薬の開発や、アレル ギー疾患の予防と治療、および免疫疾患抑制 薬の開発にむけた免疫機能に関わる分子制御 機序のさらなる解明も重要である. さらに, 薬物の副作用予見のための効率的スクリーニ ング法の開発,遺伝的な個体差などを考慮し た薬理作用の理解、個人化 (personalized) 薬物治療のさらなる拡大も重要である. 外来 遺伝子導入あるいは siRNA を用いた新たな 治療法に関する基盤研究, リード化合物発見 のための効率的スクリーニング法の開発,細 胞内情報伝達機序のさらなる解明などのテー マもある.

寄生虫学においては、「マラリア研究」や「赤痢アメーバ研究」は世界的にも重要な研究課題であり、引き続き推進することが必要である.一方、トリパノソーマ、リーシュマニア、住血吸虫、腸管寄生線虫、エキノコッ

クスを含む条虫や蠕虫の研究においては、免疫学、人類遺伝学、生化学を始めとする他研究分野との共同研究体制を構築することで、世界をリードする研究の展開が見込まれる.また、「ワクチン開発」、「安全で効果の持続する治療薬や殺虫剤の開発」などを今後推進すべきである.

細菌学・真菌学においては、ゲノム解析の結果判明した病原因子遺伝子群の発現調節機構の検討を通じて「病原性発現機構の解明とその制御法の開発」が望まれる。また、「感染機構における病原因子の役割」や、「宿主の防御応答性」の研究が重要である。国際的な視野では、「結核に対する新規ワクチン研究」も引き続き重要な研究課題である。

ウイルス学においては、肝炎ウイルス、へルペス属ウイルス、インフルエンザ、エイズウイルスなど引き続き重点的に研究すべき課題が多いが、今後の研究の方向としては、「ウイルス―宿主間の共存に関わる進化免疫遺伝学的研究」、「遺伝子改変樹状細胞を利用したワクチン開発」など、他の基礎生物学、基礎医学研究領域との融合研究の推進が必要である。

免疫学においては、今後もサイトカイン研究や免疫担当細胞の分化、活性化機構の研究などでますますの発展が見込めるが、さらに基礎生物学的基盤技術と免疫学の基礎的知見を生かした研究の展開を図ることが必要である。その観点から、今後推進すべき研究テーマとして、「自然免疫と適応免疫の協調」、「癌の免疫学的制御(がん免疫)」、「自己免疫疾患における免疫寛容の破綻機構とその制御」、「病原微生物と宿主の相互連関」、「幹細胞、ES細胞からの免疫担当細胞の効率的な分化、増殖」「ヒトの免疫学」などがあげられる。

人類遺伝学において今後特に進展が見込まれる研究課題としては、「ヒトゲノム多様性

を基盤とする疾患関連遺伝子解明」,「遺伝子間の機能的連関(ゲノムネットワーク)」,「エピジェネティクス機構」などがあげられる.また「核マトリクス機能と転写制御」,「塩基配列特異的変異修正および機能制御」,「化合物を用いたゲノム機能制御(ケモゲノミクス)」などの研究課題を推進することが世界的にも急務である.一方,「比較ゲノム」や「進化遺伝医学」,「微生物宿主連関」に関する研究などは,ヒトゲノム機能の成り立ちとその進化学的意義を解明するものであり,今後推進すべき研究境域である.

環境生理学においては,温度等の地球の環境変化に対応した環境・適応生理学研究,長寿化社会や運動不足による生活習慣病に対応した運動・体力生理学的研究,発生・成長・老化の生理学的研究,健康な生活を維持するための栄養生理学的研究の進展が望まれる.

神経解剖学・神経病理学において、神経解 剖学領域の古典的かつ歴史の長い重要テーマ である「神経伝導学」の研究課題数減少は. ニューロサイエンス全体の足腰の弱体化にも 繋がる. そのためにも基盤研究のようなボト ムアップ型のサポートの充実化が必須であ る. 一方, 伝導路の活性化状況も fMRI など を駆使することにより可能になっており、生 きた状態での機能的な伝導路学という新しい 概念に基づくフィールドの構築が重要になっ てくるであろう.神経病理学領域では、各種 神経変性疾患やアルツハイマー病の原因遺伝 子の解明に伴い、急速に研究手法が充実化し ており、今後の進展が期待できる. また,こ れらの疾患の PET、MRI を用いた画像診断 の技術の正確さを神経病理学者の立場から検 証するために,疾患モデル動物の開発とそれ を用いた神経病理と画像解析を連携させた研 究展開が必要となる.神経化学・神経薬理学 においては、神経科学一般との違いを明瞭に するためにも同領域の歴史の長いテーマであ

る分子と病態への理解を深めるという方向性 が重要かと思われる. そのためには、神経内 科,脳神経外科,精神科等の臨床神経科学領 域との益々の連携の強化が望まれる.また, GPCR (G Protein Coupled Receptor) を含 む神経伝達物質受容体, キナーゼなどのシグ ナル作用分子,核内受容体など神経系におい て重要な役割を果たす蛋白質の構造情報に立 脚した分子標的創薬などはこの領域において 重要なテーマである. 今後の研究対象として は,再生,グリア細胞,神経伝達物質とその 受容体,シグナル伝達,神経疾患,神経創薬 などの研究の展開が望まれる. 筋肉生理学に おいては、循環器疾患などを対象とした研究 者の参入と、トランスレーショナルリサーチ としての展開が望まれる.神経科学全般とし て、異なる専門性を有するニューロサイエン スの亜領域を統合し、神経系全体を理解して いこうという機運が高まりつつある. また, ニューロサイエンスは,神経機能計測機器の 開発やブレイン・マシンインターフェイス (BMI) といった側面から工学領域の重要な 研究テーマとなっている. さらにどこまで、 どのような手法でヒトの「心」にせまる研究 をしてよいのかということを議論するニュー ロエシックス(神経倫理学)の重要性も関心 を集めている.

癌研究においては、基礎研究として異質細胞間相互作用と血管新生の生物学、浸潤と転移、腫瘍免疫学と免疫療法などがあり、しかもそれを直接癌の合理的な治療に結びつけようという努力が極めて重要であると考えられる。また、治療における大きな問題となっている薬剤耐性との関係においても、癌幹細胞の研究は、基礎・応用の両面の研究が急務である。組織幹細胞の研究、再生医学の研究、特に固形癌における研究は欧米でも始まったばかりであり、国内ではほとんど手がついていない状態である。

#### 3. 内科学

消化器内科学のうち、日本の死亡原因の上 位を占めている「胃癌」研究は, 欧米で患者 数が少なく研究が盛んではないことから、日 本において推進しなければならないテーマで ある. 日本の胃癌研究では、今後「分子診 断」、「標的治療法」が開発されることが期待 される. 大腸癌に関しては日本において早期 診断の技術が進んでおり, 臨床検体を用いた 「大腸癌の発症機構」の解明が期待される. また、大腸癌診断のための分子マーカーの検 索, 予防などの研究の進展が求められてい る. その他, 現在日本の研究者の関心が集中 している研究テーマは,「潰瘍性大腸炎」「ク ローン病」の病態解析, 感受性遺伝子の検 索,モデル動物を用いた治療法の開発の研究 などである. さらに、骨髄由来細胞が腸管上 皮細胞に分化しうる可能性が示されており, 「上皮細胞」の再生医療への応用も注目され ている. 肝臓領域では、「B型・C型肝炎ウ イルス」感染は日本に多く、これらによる慢 性肝炎患者は高率に肝癌を発症することか ら、推進すべきテーマのひとつである. 肝癌 の予後は改善してきているが、遺伝子治療や 分子標的治療の開発の研究に基づいた,新し い治療法の開発が期待される. さらに.「肝 線維化」の機序と線維化抑制療法の開発、肝 再生の研究も盛んになっている. 近年, 日本 において「非アルコール性脂肪性肝炎」が増 加しており、いわゆる「メタボリックシンド ローム」との関連や「アディポサイトカイ ン」の役割の研究が発展し、予防や治療が進 歩することが予想される. 胆道・膵領域で問 題となるのは、現在でも治療が困難な膵癌で ある. 膵癌は日本において増加しており. 早 期診断法の開発, 膵癌の発生, 進展の機序, 治療のための分子標的研究など、進展が期待 される.

循環器内科学ではいわゆる「メタボリック シンドローム」「抗老化」「時計遺伝子」と循 環器疾患の関係に進展が見込まれる. まず多 くの心血管疾患が長期間のいわゆるメタボ リックシンドロームを基盤として発症してい ること、日本で脂肪組織が発する内分泌因子 であるアディポサイトカインが単離されてい ることより、生活習慣病のゲノムネットワー クを研究テーマに据えて, 欧米諸国に対して 優位性を持って研究を進めてゆくべきであろ う. 次に、老化シグナルの制御と抗老化研究 が推進されるべきである. 我が国では多くの 老化モデルマウスが存在する. これらに発症 する疾患の分子機序を明らかにし、治療戦略 を立てることはヒトの老化を防ぐ治療への近 道になる可能性が高い. さらに, 循環器疾患 と時計遺伝子との関連の解明である. 循環器 疾患はいずれも特定の時間に発症しやすいこ とと, 時計遺伝子の基本的な分子基盤が整っ ている優位性をいかし、循環器疾患発症と時 計遺伝子の関係を明らかにしなければならな い. 今後は心臓交感神経機能の分子基盤を明 らかにする研究が望まれる.

呼吸器内科学では「肺線維症」の分子機構の解明が引き続き行われる課題である.また,「慢性閉塞性肺疾患」は治療法自体が無く,病態を惹起する鍵分子も見出されていないため,解明が待たれる.炎症性肺疾患に関しても積極的に研究を推進すべきであろう.

腎臓内科学では、透析症患者の急増が保健 医療を圧迫している現状を鑑み、腎臓領域へ の「再生医学」の発展は必要であると考えら れる.近年、アンギオテンシン・アルドステ ロン非依存性のレニンの作用が注目されてい る.また、ミトコンドリア機能を制御するこ とにより糖尿病合併症の予防へとつながる可 能性が示唆されており、発展が望まれる. 「IgA 腎症」発症のメカニズムの解明も急務 の問題である. 神経内科学では研究の多くを占める「非遺伝性神経筋変性疾患」の病態と診断・治療法の解明が重要である.このために多数の患者の一塩基遺伝子多型性(SNP)や DNA チップ解析による疾患関連遺伝子の網羅的解明,生物学的マーカー(発症予測,臨床診断,予後評価)の網羅的同定,病態を再現する動物モデルを用いた「分子標的薬剤」や「分子イメージング」の開発,神経細胞の再生に関わる研究などが特に進展が見込まれるテーマとあり,既に世界的な競争が始まっている.従来日本で立ち後れていた大規模臨床研究による日本人におけるエビデンスの創出も推進すべきテーマと考えられる.

代謝学では、患者数が増加を続ける「糖尿 病」の発症予防,治療ならびに合併症の進展 防止に関する研究の発展が望まれる. これま でに一部の糖尿病患者において原因となる遺 伝子異常が明らかにされているが、 大部分を 占める2型糖尿病に関しては、疾患感受性遺 伝子や遺伝子多型の解析は今後の課題であ り、個別化医療を目指した研究の進展が望ま れる. 糖尿病の治療薬に関しては、経口血糖 降下薬, 超速効型や持効型インスリンの開発 などの進歩がみられるが、今後「膵β細胞の 再生医療」の研究に関する進展が期待され る. 内臓脂肪蓄積によるいわゆる「メタボ リックシンドローム」に関しては、脂肪細胞 が分泌する生理活性物質の解析とその発現制 御や創薬による臨床応用が期待される.

内分泌学では、ナトリウム利尿ペプチドやエンドセリンなどの心・血管組織から分泌される生理活性物質や、脂肪細胞から分泌されるアディポネクチンやレプチン、胃から分泌されるグレリンなどの我が国の研究者がその研究に大きな役割を果たしてきた領域の進展が期待される. 臨床的には、潜在性の「甲状腺機能亢進症」と「甲状腺機能低下症」、副腎偶発腫症例における「プレクリニカルクッ

シング症候群」や高血圧症例における「原発性アルドステロン症」の関与などが注目されており、その診断と治療についての研究の推進が期待される。また、「骨粗鬆症」に関連して、副甲状腺ホルモンや骨代謝に関する研究も積極的に進められる必要がある。

血液内科学では,造血器腫瘍については, 特定の染色体・遺伝子異常の有無による治療 研究や,これを更に進展させたマイクロアレ イを用いた網羅的遺伝子の発現解析や蛋白レ ベルでの「proteome 解析」が進むと期待さ れる. また、より効率よく腫瘍細胞を攻撃す るための「分子標的療法」の研究が進展する ことが望まれる. 高齢化に伴い増加する疾患 である「骨髄異形成症候群」、あるいは、再 生不良性貧血などの「特発性造血障害」の研 究も積極的に推進すべきであり、このために も造血機構の解明が重要であろう. 造血幹細 胞移植に関しても、造血幹細胞の in vitro 増 幅法の確立,複数の「臍帯血の同時移植」, 「HLA 不一致ドナーからの移植」, 前処置を 軽減したミニ移植の確立など新たな展開が期 待される. 造血幹細胞移植の魅力は移植した ドナー細胞による抗腫瘍効果であり, 抗腫瘍 免疫療法の研究も推進すべき分野である.

膠原病学では、現在、生物学的製剤と言われる、例えば「サイトカイン」に対する「モノクローナル抗体」を用いた治療法が欧米を中心に導入され、疾患の治療学が劇的に進展している。今後もこの方向の研究が盛んに行われることが推測されている。これを用いることによる病態や生体自体への影響などが詳細に研究されることが予想される。しかし、現在の生物学的製剤は、効果は期待出来でも、副作用などの問題を払拭出来ない。すなわちより理想的な治療法の開発を目指して、基本的な病態理解の研究が続けられなくてはならない。また、疾患に一義的に関与するゲノムの研究により、モデル動物からの情報で

なく, ヒトの疾患からの情報が蓄積され, さらなる病態の解明と個別医療の方向性が検討される必要がある.

アレルギー学は、膠原病と比較すると生物 学的製剤などの治療法の応用が遅れている が、アレルゲンを用いた「減感作療法」など の治療法の研究、ゲノム研究を含めて、多く の研究が行われなければならない.

感染症学では、「新型インフルエンザ」を はじめ、差し迫った課題が山積しており、研 究推進が望まれる.

小児科学および胎児・新生児医学では、従来と同様な各臓器、疾病領域に専門分化した研究の推進があると予想される。同時に小児医療を総合的に研究していく方向性もでてきており、今後「小児総合医療」を推進していく研究の方向性が予測される。

皮膚科学では、社会問題にも発展している 「アトピー性皮膚炎」の病態解明は急務であ る. 特に、「皮膚バリア障害」と免疫異常の 関係を解明する必要がある. 皮膚バリアは. 角層、タイトジャンクションなどとされてい るが、詳細な分子機構は未解明のままであ る. 皮膚バリア障害と、アトピー性皮膚炎、 気管支喘息,アレルギー性鼻炎などのアレル ギー疾患の発症との関係を明らかにすること の意義は大きい.「毛髪性疾患」は治療困難 な疾患のひとつであるが、発生学、再生医学 の進歩とともに、その分子機構が明らかにさ れつつある. 毛髪を再生する手段が日本にお いて開発されると社会的インパクトは大きい ものになる. 自己免疫疾患においては、免疫 全般の抑制を伴わない, より抗原選択的, 特 異的な免疫抑制療法の開発が望まれる. 高齢 者の顔面に好発する「皮膚癌」に対して,手 術療法に変わる外用療法の開発が待たれてい る.

精神神経科学では、まずネットワークとして脳機能を解析する手法に進展が見込まれ

る. 生体内分子イメージングや神経細胞の再生に関わる研究と共に一層進展させる必要がある. 次に,「縦断的脳画像研究」は,病態解明へ向けた神経基盤を理解する上で推進すべきである. そして遺伝子解析とそれに続く分子病態の解明が必要である. 今後は内因性精神病を超えて広く機能性精神神経疾患や性格,ストレス反応の分子基盤を解析対象とすることが期待される. また,死後脳の解析,「責任遺伝子解析」,遺伝子操作をしたモデル動物の開発とその解析研究が推進されるべきである.

放射線科学のうち、画像診断分野において は、 高度な画像診断機器の研究開発とそれに 伴う基礎的, 臨床的研究の進展が見込まれ る. 具体的には, 複合画像診断法の機器開発 と撮影技術,画像処理技術の開発である. 「蛍光イメージング」など、従来にない臨床 画像診断装置の研究開発の進展も見込まれ る. 動物用 MRI など基礎実験用の機器の出 現と共に、それらを用いた実験研究が盛んに なる可能性も想定できるであろう. 一方薬剤 関係では、分子イメージングに応用される新 しい造影剤,「放射性薬剤」,「蛍光色素薬剤」 の研究進展が想定される. 画像技術の進歩に より、それらを用いた創薬研究、開発後医療 器具の実用化の加速化を促す方法論の研究が されていくことも予測される. それらは単に 放射線科学の分野の研究にとどまらず関連研 究全体を活性化する一つの要素技術になり得 ることから、研究の国際的競争力を維持して いく上でも推進されるべき研究対象と考え る. 放射線腫瘍学の分野では、基礎的研究で は分子生物学を基盤とする放射線生物学・放 射線治療学の研究がさらに今後進められてい くことが予測される.また、粒子線治療を含 め、マルチスライス CT、MRI などのイメー ジガイド下での高精度放射線治療の研究 (IGRT: image guided radiation therapy)

推進が想定される。「インターベンショナルラジオロジー(IVR)」は、臨床の分野では重要な技術である。日本は臨床レベルで国際的にも優れた技術を有しているにも関わらず、研究として取り上げられる数が少ない。分子標的薬剤・遺伝子治療など新しい治療薬開発、再生医療などの進展に伴う先駆的な放射線科学領域の研究推進が必要と思われる。

病態検査学では、現時点では研究レベルで行われている遺伝子解析が多い。今後個別化医療の実現を目指した遺伝子検査の標準化、精度管理の推進と臨床の現場への応用が期待される。「無侵襲検査」あるいは「低侵襲検査」、「Point of Care Testing」などは、過去の研究は少ないものの今後の発展が望まれる研究領域である。また予防医学の観点から、癌の早期発見のための腫瘍マーカーや動脈硬化の指標に関する研究の進展が望まれる。

## 4. 外科学

消化器外科学において「癌」研究は今後も最も精力を注ぐべき課題といえる.外科学全体で推進されている縮小手術,低侵襲手術の傾向は今後も続くと予想され,根治性のみならず術後のQOLにも十分配慮がなされた医療が推進されるべきである.癌治療については「癌幹細胞研究」,「個別化治療」,「分子標的診断・治療の開発」などが強力に推進されるであろう.また,失われた臓器の回復も目指すべき一つの方向であり,「再生医療」や「幹細胞研究」,「人工臓器」といったテーマも重要であろう.

胸部外科学においては、日本における死因 1位である「癌」、2位の「心疾患」に関わ る研究課題は最も重要視されなければならな い.癌の発生、転移のメカニズムの解明、 マーカー、個別化医療を目指した包括的な解 析による課題も推進されるべきである。ま た、「縮小手術」や「分子標的治療薬を含め た化学療法」など、治療面からの課題も重要であろう.心疾患に関しては、虚血に陥って死滅した心筋の再生や、血管の再生など幹細胞・前駆細胞を使用した「再生」に関する研究は今後最も注目され、推進すべき研究分野の一つであろう.

脳神経外科学において、中枢神経組織である脳・脊髄の「機能的神経回路網の再建」には大きな障壁が残されている。今後も「神経保護」、「再生」については推進すべき重要なテーマと認識しつつも、臨床的に実現可能な研究課題とそうでないものを峻別する必要がある。

整形外科学においては、骨、関節軟骨、筋肉、神経などの各組織における変性・再生メカニズムを中心とした抗加齢研究、longevityを上げるための腫瘍撲滅、感染や免疫異常等に起因する炎症の制圧などが大きな研究の柱になると思われる。骨免疫の対象となっている関節リウマチ、組織移植・複合移植、疾患の性別特異性に関した性差医療、人工材料の開発に関する研究もさらに進められるだろう。

麻酔・蘇生学,救急医学において,脳神経系,循環器系,呼吸器系などの病態解明や全身管理改善を目指す基礎研究は期待できる. 麻酔・蘇生学では麻酔薬の臓器・細胞・代謝・遺伝子などに与える影響に関する研究も多いが、今後も継続すべき課題である.また,疼痛については、その制御という観点以外に、疼痛認知機構を解明するための基礎研究が今後推進すべきテーマである.

泌尿器科学,産婦人科学は男女それぞれの生殖医療に関与している.生殖医療における多胎妊娠,卵巣過剰刺激症候群,倫理問題などを今後10年間で解決するとともに,着床の問題解決などによる妊娠率の向上,子宮内膜症の予防の研究も重要になる.腎癌,膀胱癌,前立腺癌,精巣癌,子宮頸癌,子宮体

癌,卵巣癌,絨毛癌の化学療法,分子標的治療の推進を期待したい.また,高齢化社会に伴い,排泄機能障害,ホルモン低下による性機能障害が研究テーマになるだろう.結婚の高齢化に伴い,ハイリスク妊娠が増加している.激務などの理由で産科医が急減する今日,さらに高度で効率的な医療を導入する必要がある.

眼科学,耳鼻咽喉科学において,眼内(人工)レンズや人工内耳などの人工臓器による機能リハビリテーションは国民生活の劇的な改善をもたらしたが,人工臓器の産学連携による開発は欧米と比較して遅れている.また,単純な人工臓器で解決できない問題に対する補完的な薬物療法と機能再建手法の組み合わせの開発が重要である.

小児外科学においては、小児外科にも低侵襲手術の導入と展開に積極的に取り組まれており、形態異常にかかわる遺伝子解析と分子発生などが大きな研究課題として認識されており、臨床的には、「胆道閉鎖症」、「生体肝臓移植」、「小腸移植」などに積極的に取り組まれた。また小児固形腫瘍は依然として主要な研究課題であり続けている。国際的には、日本での生体肝移植への取り組みが、高く評価されている。

形成外科学では、現在までに開発され進歩してきた移植再生技術を臨床応用に持ち込むためのトランスレーショナルリサーチが積極的に推進されるべきであろう. 低侵襲手術による美容的再建に加えて、機能的再建を組み合わせる形での手術の発展が望まれている.

外科学全般において,臨床の場でのメスに 頼った拡大手術の反省から,近年,縮小手術 がトレンドとなってきた.研究においてもそ の流れを踏襲し,以前に比べると侵襲,感染 に関する研究課題が減少し,新たに「分子標 的治療」,「再生医療」,「ナノテクノロジー」 などに関する研究が増加している.今後もこ の傾向は変わらず推移し、再生医療やナノテクノロジーなどは実用化に向けた研究開発が ますます増加していくものと思われる.

## 5. 歯学

基礎歯学で現在行われている世界レベルの研究は、骨代謝における骨芽細胞や破骨細胞の分化誘導因子と細胞内情報伝達の研究、自己免疫性唾液腺炎、苦味と甘みの脳内中枢局在の研究などである。これらの研究はすでに高いレベルにあることから、今後も発展させていく必要がある。他に推進すべきテーマとしては、メカニカルストレスが細胞や組織に与える影響とメカニズムの解明、自然治癒のない歯周疾患を克服するための基礎研究、歯局疾患と全身疾患(心疾患、肺炎、糖尿病、骨粗鬆症など)の因果関係の確立、高齢者のQOL維持につながる摂食、嚥下のメカニズムの解明、再生医療の推進などが挙げられる。

臨床歯学においては、骨代謝における日本 の強みを発揮して歯槽骨・歯周組織および歯 の再生に関する研究とメカニカルストレスの 再生医療への応用を進める必要がある. 一 方,口腔領域の病態科学の研究は世界的にも 遅れている分野であるため、特に、口腔癌の 遺伝子レベルでの解析をすすめて口腔悪性腫 瘍に有効な新規治療法の開発を推進すべきで ある. また、高齢者の口腔リハビリテーショ ンや感染制御は日本が世界に先んじている研 究領域であり、今後も発展させるべきであ る. 歯周病関係では. 新規歯周組織再生療法 の確立、歯周組織に関する transcriptome 解 析, proteome 解析, 歯周病が全身の健康に 及ぼす疫学的研究の進展などが今後の課題で ある. 保存修復学関連では, 歯髄組織の細胞 生物学的機能の解明、歯頸部う蝕および根面 う蝕の治療法、歯髄炎の客観的な診断法、抜 髄を回避できる治療法の開発などが重要であ る. 診断・治療に関連する技術開発として

は、放射線機器(MRI、MRS、f-MRI、CT、RI等)の開発と応用、バイオマテリアルと生体との界面現象の解明、医療ロボットを応用したインプラント技術の確立など補綴物作製・治療におけるシステム化などが期待される。また、顎変形を成長期にコントロールできる技術・方法の開発や、発展途上国に対する援助も視野に入れた子どもの健康を守る歯科医療の推進も重要課題である。

# 6. 人間医工学・境界医学・社会医学・ 看護学

人間医工学において, 医用生体工学・生体 材料学の分野では,まず「再生医工学」,「ナ ノテクノロジー」関連のテーマがこれからも 進展することが見込まれる.また、計算機の 能力の更なる向上と医用画像の技術の進歩に 伴い、患者毎の各種の個体別シミュレーショ ンが盛んになり、診断・治療・手術計画など に用いられるようになると予想される. 医用 システムの分野では低侵襲標的治療技術の確 立, すなわち「ロボット工学」, 「医用画像工 学」、「治療工学」、「マイクロマシニング」な どが融合した分野が進展することが期待でき よう. 医療情報システムの側面では, 疾患遺 伝子, 蛋白などの分子生物学的知識と, 現実 の疾患の病態との関連を示すデータのデータ ベースの構築とその解析技術等の進展も見込 まれる. リハビリテーション科学・福祉工学 の分野では、国の医療費負担増や高齢社会の 進展という背景から、健康管理技術や健康増 進技術が求められる. 併せて介護者や理学・ 作業療法士の省力化を支援する技術や,病院 での医療や介護の軽減を図ることのできる技 術の実用化も望まれる. これらは日本の高齢 化の速さから考えて、我が国が研究を先導し うる分野である. 特に, 情報技術と融合した ロボット技術, メカトロニクス技術, 制御技 術は、日本の得意分野とも一致する. 在宅で のリハビリや自立支援は、家や社会インフラ の改善とともに考えるべき事項であるので、 融合研究も必要である.

境界医学において, 医療社会学では, 「医 師の研修制度」の改革に伴って、研修内容の 向上や評価方法などの検討が必要と考えられ る. 一方で研修制度の改革に関連して、医師 の地域による偏在化が社会問題となってお り、「地域医療」や「遠隔医療」に関する医 療政策の研究が急務である.また,先進医療 に関連した倫理的問題に関する研究の推進が 期待される. さらに近年、WHOが「新型イ ンフルエンザ」の流行の可能性を警告してい るように、社会的混乱を招く事態に関する医 療社会学の視点からの対策研究は喫緊の課題 の1つである. 境界医学に分類される応用薬 理学では、個別化医療を目指した「ゲノム薬 理学」や「遺伝子多型解析」に関する研究が 進められており、病態検査学分野とも関連し て研究の発展が期待される. また,疾患の原 因に関連する特定の分子に働く分子標的治療 薬が開発され、それらの臨床効果が確認され ており、研究の推進が期待できる.

社会医学のうち衛生学では、21世紀は化 学物質管理の時代と認識されている. そのた めにはより積極的に有害化学物質の「リスク 評価」を推進すべきである. リスク評価で最 も難しいのは「メカニズム解明」であるが、 このためには遺伝子改変動物を用いるのが最 短の方法である. 今後は衛生学, 遺伝子工 学. 環境理工学部門を融合させて「リスク評 価分野」を設立し、目的に応じた遺伝子改変 動物を作成し、毒性実験とメカニズム解明を 同時に行い, リスク評価を推進させることが 望まれる. 個別の危険因子としては,「アス ベスト」と「ナノ粒子」の研究が急務であ る. 公衆衛生学・健康科学では、社会が直面 するあるいは将来的な疾病構造が研究課題と なる. 日本では「高齢化社会」に対する研究

が推進されるべきである. また近年増加傾向にある疾患については今後も疫学調査の継続が望まれる. 具体的には, 腎疾患による透析患者が激増していることから, 糖尿病性腎症を視野にした, いわゆる「メタボリックシンドローム」の研究が推進される必要がある. 今後の医療費のあり方を考える上では, 「医療経済」に関する研究課題も推進されなければならない. 法医学では, 我が国においても増加している外国人による犯罪に対応するために,「DNA多型解析」は重要なツールとなる. また将来の法医学は死体医学のみではなく, 生命倫理にも目を向けていく必要があるだろう.

さらに看護学の領域では、看護学が欧米諸 国の看護学の模倣から始まった経緯がある が、欧米で開発された看護モデルがそのまま 日本で活用するには無理が生じるため、看護 学研究方法を用い日本独自の研究成果を蓄積 することが求められている.

看護学研究方法として,大きく2方法に分 類され、1つが量的研究といわれるもので、 自然科学のパラダイムで使われる手法を看護 学でも用いている. これは看護臨床の Evidence Based Nursing (EBN) を立証するう えで必須である. もう1つが質的研究といわ れるもので社会科学等のパラダイムで用いら れる手法である. 特に看護学ではグランデッ ドセオリー,解釈学的現象学,エスノグラ フィー, ライフヒストリー, ナラティブアプ ローチ等が用いられている. この研究手法を 取り入れ、記述することで現象を明確化し、 それを看護モデルまでの構築につなげてい る. 看護学ではこの研究手法を用いた看護研 究者が増えてきていることからも, 益々多く の研究成果が期待できる.しかし、看護の質 的研究は文化に依存したところから導き出し てくることが多いため、日本の独特の質的研 究が欧米ジャーナルにアクセプトされにくい ことから、今後日本の看護学の発信のためにも更なる努力が必要とされる.

「災害看護」と「Gender-specific Nursing (性差看護)」について今後の進展が見込まれる. 災害看護は 1995 年の阪神・淡路大震災を機会に日本で確立されてきた. 知の蓄積とその実践がさらに必要である. また, 性差看護も必要性が高まっている. 看護の実践において, 性差にあった援助方法を提供することは, 個別化医療・看護の提供へとつながる. また, 性差の概念は, 男女の差異化にとどまらず, 人種による差異, 文化による差異までにも及ぶため, 応用範囲が広い.

#### 4 諸課題と推進手法等

総論として, 医歯薬学分野の研究体制につ いての諸課題と推進手法等を述べる. グロー バリゼイションの流れの中で, 日本の医歯薬 学分野の研究が世界と肩を並べて行くには. 国際的な視野を持つ優秀な人材の育成が必須 である. 優秀な人材の育成の基礎的な部分 は、その多くが大学教育に任されている。ま た, 英語が世界の共通語として認識, 使用さ れる現在の状況において, 欧米の研究者との 相互協力,相互交流は不可欠である.しかし ながら,一部の例外を除き現在の大学の教 育,研究設備は欧米諸国に比べて決して十分 でなく, 欧米研究者が来日して教育・研究に 携わりたいとの意欲を起こさせない. また. 将来のアジアとの連携協力体制を高めるため には、アジア諸国からの優秀な学生や研究者 の受け入れが必要であるが, 現状ではアジア の優秀な学生や若い研究者は欧米へ流れる傾 向がむしろ加速されている. こうした現状を 改善するためにも, アジアの学生のための研 究費措置なども考慮されて良い.

国が選出した大学を重点化して大学院生の 数を増やしたにもかかわらず、研究施設設備 等のインフラストラクチャーはそのままで老 朽化するにまかせ、教員の数は文字通り削高 されている.ヨーロッパの大学がかつてのる い競争力を失いつつあるのは、政府によるさ 学への投資の少なさが一因であると指摘方ま でいる.日本も同じ轍を踏まないようなは、 が必要である.近年、大型の競争資金は、 が心要である.近年、大型の競争資金は、 でには社会への還元の期待が少なくをも、し、 れた基礎研究にはもっと研究補助金を出し、 思考力や活力のある研究者を育てる、は、 も人を育てることが重要である.例えば、 を研究への支援方法としては、ボトムである である。 を研究への有である。 を研究への表述、 型の科研費配分額の増額も検討すべきである。

医歯薬学分野においては,医師,歯科医師,薬剤師など国家試験により認定される職能人を養成することが学部教育に課せられており,研究者養成ならびに各講座での研究体制に関わる大学院制度が,国家試験および職能教育を所管している厚生労働省の施策の影響を大きく受ける.既に,研究者養成を主とする大学院教育に支障が来ており,教員各人の研究時間の確保と共に,これら制度上の諸課題を解決することが重要である.

薬学部の6年制,医学部卒業生の臨床研修必修化などに伴い,この領域を担う若手研究者が,研究の現場を離れ,従来以上に臨床業務に向かう傾向にある。生命科学のヒトへの応用を主軸とする当該分野は,科学そのものだけでなく社会への還元という意味でも重要な領域である。日本における医・歯・薬学研究の特徴の一つは,臨床業務の資格を持ちながら基礎研究をする研究者,いわゆる clinician scientist が重要な基盤を構築してきたことであった。そのため、トランスレーショナルリサーチの概念が普及する以前から、巧まずして基礎研究の臨床的意義を意識した研究体制が形成されていた。

もちろん, 医・歯・薬学部卒以外の研究者 が当該領域に進出し、この領域の研究を活発 にすることは重要であるが、学部教育におい て「ヒトの生命科学」を習得した若者が、本 領域で一定の割合で研究者として活躍するこ とは、研究の方向性の議論を含めて極めて重 要なことと思われる. 医・歯・薬学部を卒業 した若者が研究者となるトラックを, より強 固により魅力的にするような方策が必要であ ろう. 優れた情報リテラシー, 精緻なデータ 解析,的確な論理構築など,基礎研究と優れ た臨床のそれぞれが必要とするものを考えれ ば, 従来の人材育成制度システムの改変は学 術振興面への影響を十分に検証した上でなさ れるべきである. 優れた応用科学は. 優れた 基礎研究の基盤があってこそ可能となる. 臨 床業務の資格を有する優秀な若者が、新しい 発想法に基づいて基礎研究に従事することは 重要であり、優れた国際競争力を有する学術 活動を推進するためには、十分な配慮が必要 であろう.

## 1. 薬学

薬学においては6年制教育が開始し,実務 実習の導入など教育時間が大幅に増加した が,教員は増員されていない.また,研究者 養成を主とする4年制併設大学においては6 年制コースを設定しているため,教育に関わ る負担が大幅に増加した.従って,研究者養 成を主とする4年制教育ならびに大学院教育 に支障を来すと共に,教員各人の研究時間の 確保に困難さをもたらすことが危惧されてい る.これら制度上の諸課題を解決することが 何よりもまず大切である.

これまで、薬学では化学系、生物系などの 基礎薬学領域で多大な成果を挙げてきた.し かし、薬学が「医薬品の創製と生産・管理・ 適正使用」全体に関わる学問であることか ら、本来的に学際的な研究であり、薬学以外 の領域と共同研究を促進・支援するプラット フォームの整備が必要である. 特に、医薬品 の創製には細胞生物学から実験小動物, さら にヒトまでの全体を通じた薬物作用・動態が 今後不可欠であり、薬学の「合成技術」・「分 析技術」・「機能解析技術」などから「薬効評 価」・「環境毒性学」・「分子イメージング」分 野への展開が行われているが、臨床医学分野 や工学分野と共同研究することによって,新 たな研究や技術革新が生まれる可能性は非常 に高い. 特に, 医薬品の創製研究は基礎医 学・臨床医学との連携なくしてはありえない し、工学の技術なくしては医薬品の生産に至 らない. また,「医薬品の適正使用」に向け た研究を展開するには医療現場での他領域の 研究者との共同が不可欠である. 現在, 個人 レベルでの研究交流は行われているが、組織 レベルで研究を進める環境は未だ整備されて いないのが現状であり、課題が残る.

また、今後、「超強磁場 NMR」や「分子イメージング」、「超高速計算機を用いたバイオインフォマティクス」など世界最先端の解析技術を開発・導入することが薬学研究の要となることからこれら技術の共同利用を促進するための研究設備・機器の利用ネットワークの整備も必要である。共通利用となっている高価な機器でも、遠隔地にある場合には利用ネットワークシステムを構築することが出来ないことも多い。新たな利用ネットワークシステムを構築することで、(大型)機器の地域的な偏りをなくし、共同利用を促進すれば、様々な共同研究の機会が増えることが期待される。

#### 2. 基礎医学

解剖学においては、生体内(in vivo)でリアルタイムに、どこで何が起きているかという情報を解析するシステムである in vivo のイメージング技術と従来の形態学・細胞生物学的な研究成果とを有機的に結びつけた研

究の展開が必要となるであろう.

生理学においては、生体機能解析という点から遺伝子>細胞>組織>臓器>個体という異なる階層を縦断的に解析する技術開発が必要とされる。その一つは、解剖学とも関連するが、生体内(in vivo)でリアルタイムに、どこで何が起きているかという情報を解析するシステムである in vivo のイメージング技術と、それを駆使した生体機能の解析を行うと同時に、これまで蓄積のある解析技術との対応について検討をするという研究が重要となるであろう。

医化学において、多数の膜受容体へのリガンド分子の結合を効率よく探索したり、特定の低分子に結合する生体高分子を系統的に探索する科学・技術開発)は、当該研究領域の推進に不可欠である。今後もニーズの増大に伴い発達が期待でき、継続的な研究支援が必要である。

病態医化学においては、ケミカルバイオロジーを推進するための研究基盤整備と人材育成が必要である。また、生命現象を総体的、総合的に研究する生理学と、疾患や病態をターゲットとして細分的、分析的に研究する病態医化学との融合研究を推進することが必要であるが、総合化を目指す研究領域と細分化を目指す研究領域という、対極的な位置づけにある研究領域の融合をもたらす必要がある

人体病理学においては、診断技術の追求に 特化することなく、病理診断の基盤としての 病態、病像形成の機序を明らかにしていくこ とを使命とする人体病理研究者の育成が望ま れる.また、研究面ではこの分野は普遍性の ある科学上の重要な発見につながりにくい面 があり、研究費の獲得に際しては不利となっ ている.臨床医学、特に腫瘍医療における人 体病理学の重要性に鑑みて、この分野の育成 を図ることが望まれる.実験病理学において は、他領域との融合を通じて多くの研究者層を形成している一方、システムバイオロジーを推進していくためにはバイオインフォマティクス関係の講座が大変少ない。研究の動向に応じて講座の改変を行える柔軟さが必要であると思われる。

薬理学において取り組むべき課題には,生体機能の解明と創薬標的の提示,個人差と薬理作用,新規薬理作用物質の開拓,疾患バイオマーカーと予防薬などがある。このため,分子生物学,生化学,遺伝学,生理学などの手法とゲノム情報を有機的に活用し,薬物(候補)分子と生体の相互作用を分子・細胞・組織・個体レベルで統合的に理解する研究が必要である。

寄生虫学においては、免疫学、人類遺伝学、病態医化学、基礎生物学などの他研究領域との融合研究を推進し、国際的にも重要な研究課題であるマラリア等の原虫疾患、住血吸虫症等の蠕虫疾患を対象とした基礎、応用研究をさらに展開することが望まれるため、国際的な視野に立って融合研究を推進する必要がある.

細菌学・真菌学においては、病原因子の同定と作用機序に関与する研究者は多いが、感染症として病原体と宿主の相互作用を研究する者の数が圧倒的に少ないため、この分野の研究者の育成が求められる.近年、共焦点顕微鏡によるイメージング解析技術が急速に進歩しているが、病原体およびその病原因子と宿主細胞の相互作用を可視化する技術開発の推進が必要である.

ウイルス学においては、新興感染症、再興 感染症をターゲットとした研究が推進されて いるところであるが、交通手段の発達によっ て感染症の伝播が著しく速やかに生じるた め、国際的な共同研究体制の構築が必要であ る.また、ウイルス学と免疫学の融合研究は 進んでいるが、さらに進化学や遺伝学との融 合領域である「進化免疫遺伝学」の推進が必要である。

免疫学においては、分子レベル、細胞レベル、動物レベルでの基礎研究成果を基盤として、さらなる応用発展研究の推進が求められる. 遺伝子改変動物は広く用いられているが、これに加えてヒト化マウスを用いた研究など新たな研究手法を用いた免疫学の推進が必要である. また、トランスレーショナル研究をいっそう推進することが望まれる.

人類遺伝学においては、ヒトゲノム多様性には人種差や民族差が存在するため、国際的な共同研究と日本独自の研究を有機的に連携しつつ推進することが必要である。また、疾患発症には同時に環境因子が関わることから、ゲノム科学、人類遺伝学、疫学、環境科学などを一本化した研究の推進が望まれる。ゲノムネットワーク、エピジェネティクス、核マトリクス、塩基配列特異的機能制御などを対象とする研究では、基礎生物学分野と人類遺伝学分野との連携研究が必要である。また、比較ゲノム研究、進化遺伝学研究、微生物宿主連関研究などは、情報学とライフサイエンスとの融合領域であるゲノム科学の次世代研究分野として位置づけられる。

環境生理学においては、分子生物学の発展により、これまで未知であった多数の機能分子が次々と同定されているので、手法的にはこれらの研究を統合することにより、機能とメカニズムの研究が同時に行える研究、すなわち分子レベルから個体レベルの研究を同時に行えるような統合生物学的研究課題が今後推進されるであろう。そのためには遺伝子改変動物のようなモデルを使用することが必要となるが、環境生理学的分野のみでの対応は困難であるので、遺伝子工学分野との融合が必要であろう。

神経科学においては、基礎から臨床まで、 分子・遺伝子レベルでの脳の構造解析、種々

の脳機能が生み出されるメカニズムの解明. その病態の解析と予防・治療法の開発など, 多方面の新しい研究成果が発表され、専門性 を異にするヘテロな研究者間の活発な共同作 業を通して次の研究への新しい発想を産んで いく必要があるであろう. また, 遺伝子>細 胞>組織>臓器>システム>個体という異な る階層を縦断的に解析する技術開発とそれら を統合的に把握するインフォマティクスの方 法論の開発が重要となるであろう.神経化 学・神経薬理学においては、以前からの「分 子と病態」を中心とした学問的方向性は、正 しいものと評価したい. ただし今後、製薬企 業を中心とする創薬研究. トランスレーショ ナルリサーチをいかにこの神経化学・神経薬 理学のアカデミアのリサーチ・アクティヴィ ティーに取り込めるかどうかが課題である. 筋肉生理学においては、今後、循環器疾患研 究者が科学研究費補助金の本細目に応募して もよいと思うように、それがアピールできる ようなキーワードを加えていくべきであろ う、不整脈、心筋再生とリモデリングなどの テーマの導入も考えるべきと考える.

癌研究においては、基礎研究、特に小動物を用いた個体レベル、組織・器官レベルの研究は今後の発展にますます重要であり、同時に直接臨床個体を用いたゲノム的研究および癌の実体を正確に分子的に記載する研究が肝要となろう.多額の費用がかかり効果の判定の難しいトランスレーショナルリサーチについては、慎重な評価姿勢が必要である.

基礎医学全体として、それぞれの分野を担う人材の育成が非常に重要であり、職能人教育の義務を負う医学部の卒業生を一定数確保しつつ、それ以外の分野からの本領域への進出を推進する方策が必要であろう。

#### 3. 内科学

消化器内科学のうち,消化管領域では,近

年,消化管腫瘍や大腸癌に対する分子標的治 療薬が臨床に用いられるようになってきた. しかし胃癌の遺伝子異常の解析は未だ不十分 で、治療の標的となる分子の検索が進んでい ない. 今後, ゲノム, ゲノムメチル化, マイ クロ RNA 発現などの網羅的解析を推進して 分子標的を検索し、分子標的治療法を開発す る必要がある. また、分子標的治療薬の開発 と臨床応用において、製薬企業との連携や自 主研究の推進も含めて国が政策的に支援する ことが必要と考えられえる. 腸に関しては, 日本の炎症性腸疾患患者多数例における一塩 基遺伝子多型性 (SNP) 解析をさらに推進す る必要がある. 日本で炎症性腸疾患の新しい 治療薬の開発を目指した研究が盛んになって いるが、モデル動物を用いた研究にとどまっ ているものが多い. 潰瘍性大腸炎やクローン 病症例の分子病態の解明を推進することや, より臨床例に近いモデル動物を開発し、治療 の標的分子を検索する必要があると考えられ る、自然免疫、粘膜免疫、バリアー機能の解 明など、基礎研究の発展も炎症性腸疾患の病 因解明に必要と考えられる. 肝臓領域では、 肝移植に代わる治療法として細胞移植療法が 期待されている. 細胞移植療法のなかでも肝 細胞以外の細胞から肝細胞を誘導して移植す る方法が注目されている. 骨髄幹細胞を用い た肝再生療法が試みられているが、今後更な る研究が必要である. 基礎医学における ES 細胞などを用いた再生医療研究の進展が肝再 生医療の開発に活かされよう. 胆道・膵領域 では、早期膵癌の診断は未だ困難であり、膵 癌の早期診断の研究を促進する必要がある が、そのためには新しいバイオマーカーを検 索する必要がある.

循環器内科学では、代謝内科領域で進めているアディポサイトカイン、ミオカインの研究を積極的に取り入れ、臨床にどのように応用すべきかが課題となる。また我が国は再生

医学領域では世界に先駆的な仕事をしている研究者が多い.こうした国際競争力の強いチームを積極的に集中支援する体制が望まれる.遺伝性あるいは弧発例の遺伝子異常に伴う疾患群の解析は、大学レベルでは欧米の大型研究体制に対抗しがたい点を有している.ゲノムセンターを創設し、大きな研究チームを発足させるとともに、全国レベルで症例を集めるデータバンクを設立すべきであろう.老化モデル動物の解析にはproteome、metabolomeの解析が必須となる.metabolomeは本邦で開発された経緯を有していることより、これをいち早く循環器領域に取り入れる必要がある.

呼吸器内科学では、呼吸器疾患全体に関する研究施設の設置が必要である.原発性肺高血圧症等の難治性の肺疾患は対症療法が出てきたことにより、生命予後は従来に比し良遺伝子同定、根本治療の開発はまだ十分なものではない.こうした疾患は一部の拠点病院に症例が集中してきて管理しやすくなってきたことは事実であるが、いまだ施設間の連携や共同研究施設は十分とは言えない.頻度の少ない病気であれば、より全国レベルの協力体制は必要であり、ネットワーク作りも急務の問題であろう.

腎臓内科分野では血液透析があるため,腎 不全の患者の生存期間を飛躍的に延ばすこと が出来る。また,いわゆるメタボリックシン ドロームの概念の普及とともに,より早期の 治療が行われるようになっている点は臨床的 に評価できる。しかし,腎疾患の進行を抑制 する,あるいは回復させる研究は現時点であ まり積極的に行われていない。今後は,ある 程度腎疾患が進行し,従来であれば数年以内 に透析に移行する可能性のある患者を,十年 以上透析に移行させない取り組みを目的とし た研究が必須であろう。 神経内科学における今後の研究課題は,疾 患関連遺伝子と生物学的マーカーの網羅的解 明,分子標的薬剤と分子イメージングの開 発,神経再生の臨床応用である.これらは現 在,欧米の研究施設,製薬・ベンチャー企業 などが特許取得を目的として激しい競争を 行っているテーマである.このような動向の 中では,疾患やテーマごとに,基盤となる共 同体研究の支援,基礎研究―臨床研究のトラ ンスレーショナル研究の支援,的確な研究 者・施設への研究費および研究人員の支援, 各種企業との連携の推進,特許取得および大 規模臨床研究などへの国の政策的な支援が重 要と考えられる.

代謝学においては、糖尿病やいわゆるメタボリックシンドロームの予防と治療が大きな課題であり、我が国における大規模な臨床試験によるエビデンスの集積が必要と考えられる。個々の患者に合わせた個別化医療の実現に向けた疾患感受性遺伝子の解析や遺伝子多型解析に関する研究の推進が必要と考えられる。また、膵 $\beta$ 細胞の再生医療に関する研究の進展が望まれる。

内分泌学においては、これまでに甲状腺に 関する研究が多くなされているが、基礎的研 究や検査診断に関するものが主体であり、治 療法に関する研究は進んでいない傾向にあ る.今後、新たな治療法に結びつく研究の進 展が望まれる.心血管内分泌代謝学は、内分 泌学のなかで比較的新しい分野であるが、こ の領域の研究の進展は高血圧や動脈硬化な の病態の解明に資することが期待される.ま た、我が国で明らかにされたアディポネクチ ンやグレリンなどの新規の生理活性物質に関 連した創薬などの臨床応用に向けた研究の進 展が望まれる.

血液内科では、疾患の分子病態の解析、造血因子や分子標的薬の開発などの基礎的な研究成果が早期診断や治療へと臨床応用される

特徴を有しているが,本邦ではこの領域における研究者人口が減少してきており国家的支援が必要である.

膠原病学・アレルギー学が扱う, 免疫が関 与する疾病には、難病など多くの疾患が含ま れている. これらの疾患は21世紀の前半に 克服すべきものとされており、国民の理解を 得るためにも早急に研究を推進しなければな らない領域であろう. 免疫が関与する疾病研 究にとって最大の問題は、モデル動物におけ る免疫システムとヒトの免疫システムが同一 でないことであろう. 免疫システムは高次機 能であり、多くの要素により成立しているこ とから,類似点のみを比較するだけでは全体 の免疫システムが把握出来ない. しかし. ヒ トの免疫システム研究は、使用できる研究材 料が末梢血リンパ球に限られ、また免疫操作 をヒトに行うことができないなどの制約があ る. これらの諸問題を克服しない限りは、病 態の解明と新しい治療法の開発を確実に推進 することは出来ない. 従来からの試験管内の 免疫細胞研究に加えて、ゲノム研究、ヒトの 免疫システムをそのまま保持するヒト化マウ スなどが重要な研究手法となると考えられて

小児科学,胎児・新生児医学では,画像診断などの進歩により,生後直ぐに循環器疾患などの疾病が適切に診断され,先端的な治療技術で治療することができるようになった.しかし,治療後の成人までの経過の中で起こりうる発育異常,知的発達を改善するところまで十分な総合的研究が行き届いていない現状が指摘される.そこで,小児医療を総合的に行う「小児総合医療」を支える学問体系がに行う「小児総合医療」を支える学問体系がに行う「小児総合医療」を支える学問体系がに行う「小児総合医療」を支える学問体系がに行う「小児総合医療」を支える学問体系がに行う、となってくる.また小児科医,とくに小児教急を行う医師不足が社会問題化しているが、その背景として従来あまりに専門分化した研究体制を反映した小児科医の育成の問題があった。卒業後早い時期に小児の救急医療

に組み込むことで,早期体験により救急医療を行う医師を養成していく診療体制と,それを支援する枠組みの確立が必要である.

皮膚科学では、アトピー性皮膚炎などのアレルギー性疾患の原因遺伝子として、バリア機能関連蛋白が注目されている。この重症度、病型と遺伝子変異の関係は今後明らかにされるべき課題である。さらに、バリア機能異常に免疫学的な異常がどのように関連するのか、モデルマウスを用いた基礎的な病態解明が必要である。基礎と臨床を機能的に融合した研究体制の確立が必要である。

精神神経科学の今後の課題として、まず精 神科疾患の縦断的脳画像研究が必要である. 次に遺伝子解析と分子病態の解析及び個別化 治療の開発が求められる.遺伝子多型に基づ く個別化治療開発に当たっては、少なくとも 日本人における多型と臨床反応ぐらいは解析 しなければ実用性に欠けることを銘記すべき である. これは治療期間縮減と医療費削減に 必須の研究である. 更に, 脳はシステムであ るという認識の下,脳部位別に特定の遺伝 子,蛋白などを操作した動物を作成する必要 性が高まる. その成果に基づき, 治療法開発 や疾患発症の防止策が検討されるであろう. 研究の推進手法としては, 大規模臨床研究と 精神科リハビリテーション研究の本格的展開 が喫緊の課題である. 研究には医療システム や社会資本の裏打ちが必要なため、これも政 策的支援の下に展開される必要がある. さら に、社会に与える影響が大きい広汎性発達障 害, 自閉症, 注意欠陥·多動性障害(ADHD), 引きこもり,児童虐待などに関連する研究, 強迫性障害, 摂食障害, 行動障害や性に関わ る課題は今後一層その重要性を増す. 司法精 神医学及び人格障害関連は社会に与える影響 が大きく, しかも国外の研究結果を以て代用 することが困難であるため、社会情勢をふま えて、国内で研究を推進する必要がある.

放射線科学では,画像診断分野の高度な画 像診断機器の研究開発に関して,人材配置の 課題がある. 米国では大学の diagnostic radiology (画像診断学), nuclear medicine (核 医学) 等に人員が多い、特に工学・薬学系の 博士号取得者がスタッフとして採用できる体 制がとられている. そのため、医工連携の共 同研究が行いやすい組織体制がある. 日本の 場合、そうした独創的な研究が行える環境の 整った大学や研究施設が少ないことが問題で ある. また, 臨床系の放射線学研究の場合, 母体となる大学の臨床系医学教室は、病院診 療とのバランスの中で行わなければならな い. 日常診療業務の負担増, 教育改革に伴う 教員の時間的負担増,技術進歩による画像診 断医に対する診療負担業務急増など, 研究を 推進しにくい環境があるのが実態である. ま たIVRも日常の診療の中でニーズが高い診 療であり、今後の推進されるべき課題である.

病態検査学の分野では、遺伝子検査の迅速化、標準化ならびに精度管理に関する研究の進展が必要と考えられる。また、感度と特異度にすぐれた腫瘍マーカーの測定方法の開発が望まれる。無侵襲あるいは低侵襲の血液検査や在宅医療、救急医療、病棟や診療所における検査としてのPoint of Care Testingが注目されているが、このような測定機器の開発には、工学分野との連携の推進が必要と考えられる。

#### 4. 外科学

消化器外科学において、消化器癌治療における腹腔鏡下手術の成功と適応拡大は低侵襲治療を推進する一つの流れとなっており、医療工学技術の進歩と相まって今後も推進されるであろう。一方、これらの低侵襲治療は現状では医療者サイドに時間的・肉体的・技術的負担が大きく、修練に高いハードルを設定することとなった。患者のQOL(生活の質)

を追求しつつ,医療者の負担を削減しより安全性を高めることが求められる.個別化治療を推進するにあたって重要な要素となる遺伝子多型解析は薬物代謝の個人差を生み出す要因と考えられているが,今後は遺伝子多型のホモ変異のみでなくへテロ変異の意義もあう。本モ変異のみでなくへテロ変異の意義もあう。中に変しているが必要である。できるも多くの上皮細胞において幹細胞では造血系,間葉系,神経系に消化管を含む多くの上皮細胞において幹細胞でか少ないことが研究を困難にしている。である。

胸部外科学において、心血管の分野では幹細胞/前駆細胞を用いた再生に関する研究が推進されると思われるが、ヒト幹細胞を利用する上での倫理面を十分考慮する必要がある。さらに、幹細胞を分離・培養・加工してから臨床応用に用いるために、安全性と機能、品質が保証されなければならない。癌の分野としては、分子生物学的手法として、CGH 法を用いたゲノム解析やアレイを用いたRNAの解析、プロテインチップを用いた蛋白解析、一塩基遺伝子多型(SNP)の解析などを用いて癌の網羅的な解析を行うことで癌の発生、転移、再発に関する遺伝子の解析、分子標的治療薬の開発、予後や治療に対する反応性の予測を可能にする必要がある。

脳神経外科学では脳腫瘍,その中でも特に神経膠腫(グリオーマ)が大きな課題となる.神経虚血・再灌流障害は,詳細な分子レベルでの解析と新しい治療手段の開発が推進されるべきであろう.

整形外科学において, 痛みに関して今後は 生理学的手法, 電気生理学手法, 生化学的, 麻酔科学的さらに薬理学的手法を取り入れた 研究を展開していく必要があると思われる. 機能再建に関しては工学部との連携によるロボット技術. 電気工学的手法の推進. 農学部 獣医学科などとの連携による異種移植技術, 免疫制御のための免疫学との連携技術研究を 推進していくべきである.寿命延伸に関して は他科との連携による担癌患者の治療,発生 学,内科学,精神神経科学,生理学,薬理 学,薬学などの手法を取り入れた老人の健康 寿命延伸がある.

眼科学では,主要な失明眼疾患であり,患者数が増加し続けている緑内障,糖尿病網膜症,加齢黄斑変性,網膜色素変性症,そして眼感染症とドライアイが主要な研究課題となる.

耳鼻咽喉科学では、代表的難治疾患である難聴、頭頸部腫瘍、国民的需要の大きな鼻アレルギーが重点的な研究課題となる. 小児外科学では、患児のメンタルケアから疾患治療、家族のケアに至るまでのトータルケアを構築する研究体制も重要であろう. 形成外科学では、移植再生医療の積極的な開発・応用と機能的再建を目指した展開が重要となるであろう.

外科学全般においては、縮小手術やそれに 付随する研究に関しては、現在スタンダード 化が進行中であるため, 今後は如何に統一し た見解や術式を普及させるかが課題となって いくであろう. 当分野においても再生医療の 発展は目を見張るものがある.しかし ES 細 胞を用いた研究は、人間の生命の萌芽である ヒト胚を使用するなどの生命倫理上の問題点 がきわめて大きい. このため近年では腫瘍化 しにくく拒絶反応の少ない体性幹細胞を用い た再生医療の研究が中心となっており, 実際 に臨床的な移植も開始されている. 再生医療 を実施するうえでは幹細胞の増殖と分化の制 御法の確立は必須であり、幹細胞の増殖と分 化のメカニズムを解明し、治療に相応しい細 胞を作成することが重要となる. 分子生物 学、細胞工学的手法の発展がこのテーマの推 進に大きな役割を果たすことは必至である う. また、倫理性、社会性、公開性、安全性を配慮し進めるための指標作りは健全で安全な再生医療の実施には不可欠である。われわれ研究者、医療従事者のたゆまぬ努力のみならず、国や社会全体でシステム構築することが再生医療の発展には不可欠である。移植医療はこの再生医療の研究発展の具合により研究、臨床ともに方向性が大きく変化していくであろう。

## 5. 歯学

基礎歯学において、メカニカルストレスの 研究には優れたモデルの開発が不可欠であ る. う蝕や歯周疾患の病因と予防のための研 究が進み、 若年時のう蝕、 歯周病は確実に減 少したが、高齢化社会を迎え、加齢による口 腔環境の変化に伴う歯牙喪失という新たな問 題点が発生した. これには加齢による抵抗力 の低下,全身疾患と口腔疾患の関連,疾患の ために服用した薬物により生ずる唾液分泌減 少という原因が考えられる. 基礎歯学の分野 としても臨床をサポートしながら解決しなけ ればならない問題である.また、高齢者の QOL 維持において、咀嚼の重要性について も研究体制の拡充が必要である. 脳への刺 激,口腔周囲組織への影響などが新たな課題 となる.

一方、臨床歯学では、広範囲にわたる口腔 領域の病態科学の研究において、疾患の成 因、治療法の作用メカニズムを分子レベルで 解析し臨床に反映すること、すなわち基礎と 臨床の連携を強めることが必要である。新規 歯周組織再生療法の確立に関しては、歯科医 療へのフィードバックができる研究を集中的 に支援すべきである。また、transcriptome 解析、proteome 解析等の情報はデータベー ス化し、歯科医学研究者の共有財産として活 用できるような工夫が求められる。歯周病が 全身の健康に及ぼす疫学的研究においては、 小規模な研究が散漫になされることのないよ う多施設参加の大型疫学研究を支援し、欧米 の研究成果に依存することのない、日本人研 究者による日本人のためのデータを得るべく 研究を支援すべきである. また、歯周病の全 身に及ぼす影響の因果関係を明らかにすべ く,動物実験疫学などで確証を得るととも に、分析疫学による仮説の検証が望まれる. 歯髄組織の細胞生物学的機能の解明において は、歯髄組織の細胞に発現する蛋白質、遺伝 子の網羅的解析や歯髄細胞の特徴を解析する こと、また、ナノバイオ技術を応用し、歯髄 幹細胞に作用して象牙芽細胞を再生し、象牙 質そのものを修復再生するような生物的な接 着システムの開発という課題が考えられる. 歯髄炎の客観的な診断法, 抜髄を回避できる 治療法の開発においては、 歯髄炎の免疫学的 解析をより進め、炎症のマーカーを確立する 必要がある.

バイオマテリアルでは、未だ「生体親和性 の概念」が確立されていない。現在のインプ ラント技術のブレークスルーにも「マテリア ルと生体」との分子生物学的界面現象の解明 は不可欠である. この研究は歯の発生機序に 関する材料学的研究にも密接に関係し、将来 的に歯の発生に関する研究にもつながるとこ ろがある. これらの研究にはバイオマテリア ルと組織工学,発生生物学との連携が重要で ある. 補綴物製作・治療におけるシステム化 において, 精度が高く安心できる補綴物の製 作やインプラント術式の一部自動化を目指す には、医療用ロボット技術の導入も必要とな ろう. これは口腔外科や保存修復, 矯正歯科 領域への応用も期待される. 顎変形を成長期 にコントロールできる技術・方法の開発にお いて, 形態と機能と遺伝子, 環境因子と社会 的因子のような、一つの問題に対して多方面 からのアプローチを行う手法が必要ではない かと考えられる.

# 6. 人間医工学・境界医学・社会医学・ 看護学

人間医工学では、まず全体に共通する課題 として、臨床応用に際しての許認可手続きの 簡単化が挙げられる、そして、分野が極めて 学際的であるため、研究を進展させる新たな プラットフォーム、ポスト新設、医学と工学 を融合できる研究拠点の整備が必要と言え る.このほか、医用生体工学では各種組織の 力学特性の網羅的解析や非侵襲計測による力 学特性の推定方法の確立などが望まれる. 生 体材料学に特有の課題としては、DDS など のために開発され始めているナノ・マイクロ 材料の生体安全性について、総合的な研究を 組織的に展開する必要がある. 医療を革新す る材料として期待され創生されるナノマテリ アルが、反対に大きな災いとならないような 対応を予め進めておくことは極めて重要な問 題である. 福祉工学では、研究と現場が連携 しないことにより実際に使用できない多くの 開発品が生まれている現状がある。 リハエン ジニアといわれる職種のポスト確保とその教 育環境の整備が望まれる.

境界医学の医療社会学の分野では、教育効果の評価ならびに学生による授業や教員の評価を適切に行うため、評価方法の検証と研究が望まれる。震災や新興感染症の蔓延のように社会的な混乱を招くような事態に対応するため、危機管理体制の構築に関する研究の推進が急務である。また、応用薬理学の分野では、個別化医療を目指したゲノム薬理学や分子標的治療薬に関する研究の更なる進展が望まれる。個別化医療の実現のためには、迅速で正確な遺伝子多型の検出法の開発が望まれ、病態検査学との連携が求められている。ゲノム薬理学と分子標的治療薬開発においては、薬剤の効果や副作用発現に関連したproteome解析とtranscriptome解析などに

よる網羅的発現解析による研究の進展が望まれる.

社会医学の衛生学では、ノックイン動物、 ノックアウト動物等,遺伝子改変動物を用い たマイクロアレイ技術を用いて有害化学物質 の毒性評価を推進する必要がある. これらの 研究にはまず標的遺伝子ノックアウト, トラ ンスジェニックの技術が必要であるが、遺伝 子工学部門と共同研究が求められる. また. 研究基盤は整ってきたが、人材不足を克服せ ねばならない. 疫学研究は依然として重要な 研究手法である. 公衆衛生学・健康科学で は,肥満,性差医学,高齢社会が主な課題で ある. 肥満は、いわゆるメタボリックシンド ロームの必須危険因子であり、疾病予防危険 因子を将来にわたり追跡研究していくことが 望まれる. また性差医学は最近注目されてき た分野であり個別化予防の構築が望まれる. また社会状況を反映し, 高齢者に関する問題 も課題である。法医学では、個人識別、親子

鑑定に DNA 解析が用いられるが、サンプルが微量なことが多く、高感度・高精度のDNA 多型解析方法の開発が推進されるべきである。また、民族の移動に応用できることが望ましい。犯罪に使用される新しい物質や極微量の化学物質の分析に応用できる高感度化学物質の分析方法の開発も重点化されるべきである。

看護学では、災害看護と性差看護が推進されるべき課題である。災害看護は今後さらに日本が先駆的に取り組み、国際的に確立していかなければならない分野である。また性差看護は、特に米国で、女性医療という観点から研究、教育、臨床が進められてきた。それを担ってきたのが National Institute of Health (NIH) の Office on Women's Health (OWH) である。日本でもこの分野について今後、研究、教育、臨床の拠点設置が必要である。

## (付記)

#### (1) 医歯薬系科学研究費の採択件数の動向

科学研究費補助金データーベースを用いて,医歯薬学系における科学研究費の採択件数(新規と継続の合計)の動向について検討した(図1).1993年から1997年にかけて件数は漸増し,1998年に2,000件以上の急増が見られた。その後は若干の増減はあるが,ほぼ横ばい状態であった。2006年の採択件数は1993年の1.8倍であった。

分野別に見ると,採択件数は全検討期間を通じて内科系臨床医学と外科系臨床医学が最も多く,基礎医学と歯学の採択件数がこれに次いで多かった.分野別の採択件数の増加率をみると,看護学の増加が著しく,2006年の採択件数は1993年に比べて14.0倍であった.薬学は2.0倍,境界医学,社会医学および内科系臨床医学は1.8倍,歯学は1.6倍,基礎医学と外科系臨床医学は1.5倍の増加であった.

# (2) 社会医学系分野におけるこれまでの採 択研究課題の動向(研究者の関心が集 中しているテーマ等)

(1)と同様に、科学研究費補助金データーベースを用いて、採択研究課題に関連したキーワードを用いて、1993年以降の科学研究費採択研究課題の動向を調査した(課題が重複されて抽出されている可能性もある). 結果は全採択研究課題数に対するキーワードの数と割合で示し、関心が集中しているテーマを考察した. ここでは社会医学分野を例に挙げる.

#### (2)-A 衛生学

衛生学分野において、1,038件の課題が採択されていた。産業職場環境、一般生活環境と健康に関わる2種の課題に大別された。産業職場環境において最も多く採択された課題は「アレルギー・免疫(64課題、6.2%)」であり、「ストレス(62課題、6.0%)」「健康管理(喫煙、飲酒、運動、インスリン抵抗性)」(62課題、6.0%)に関する研究課題がこれについでいた(図2)。「代謝酵素の遺伝子多型と易罹病性」(52課題、5.0%)は健

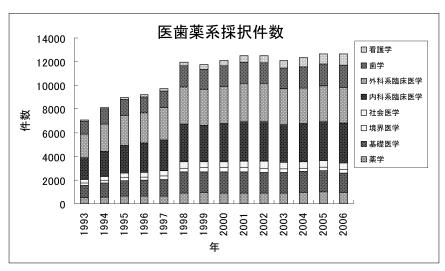


図1 医歯薬系科学研究費の採択件数の年次推移

康管理に関連した研究であり、採択数が多かった.生物学的モニタリングも採択数が多かったが、最近の採択課題は減少傾向であった.有機溶剤に関する研究課題は18課題(1.7%)であったが、平成14年度以前は産業保健が公衆衛生に分類されていたため、公衆衛生学・健康科学での採択が多いことが明らかとなった.その他採択数は各3~5課題ずつであるが、農薬、交代性勤務、過重労働、振動、電磁場、放射線、粉塵・石綿に関する研究課題が採択されていた.最近3年間の特徴としてナノ物質に関する研究の採択が散見された.

一般生活環境に関わる有害化学物質の健康影響は重金属類 (33 課題, 3.2%), ダイオキシンを含む環境ホルモン類 (58 課題, 5.6%), 大気汚染物質類 (21 課題, 2.0%), シックハウス (10 課題, 1.0%) が採択されていた. これらの多くはリスク評価を目的とするものであった. この分野での特徴は最近トランスジェニック動物 (17 課題, 1.6%) やマイクロアレイ (10 課題, 1.0%) を用いてメカニズムの研究が採択されるようになった点である. 我が国はメカニズム解明が比較的弱かったが, この方面の研究が積極的に採

択されるようになってきた.このことは我が 国の衛生学の研究水準が諸外国に比べて劣っ ていない,むしろ諸外国をリードし始めてい ることを示す.

#### (2)-B 公衆衛生学・健康科学

この分野においては1,902件の課題が採択 されていた. 我が国の死因のトップである 「がん」に関わる課題(100課題, 5.3%)と 死因2位の心疾患(循環器疾患)は40課題 (2.1%) であり、意外と少なかった(図3). しかし「がん」は文部科学省のがんコホート 研究斑が立ち上がっており、また「がん」や 「循環器疾患」は臨床分野から申請されてい ることを考えると納得できる. 喫煙に関する 課題は64(3.4%)であり、主に「がん」や 「循環器疾患」の研究に関連して採択されて いた、循環器疾患に関連が深いメタボリック シンドロームの危険因子は、「肥満(68課題、 3.6%)」,「高血圧(56課題, 2.9%)」,「高 脂血症 (20課題, 1.1%)」,「高血糖 (又は インスリン」(38課題, 2.0%) であり、メ タボリックシンドローム関連危険因子として 合計すると 182 課題 (9.6%) となり、「がん」 や「循環器疾患」に関する研究課題より多

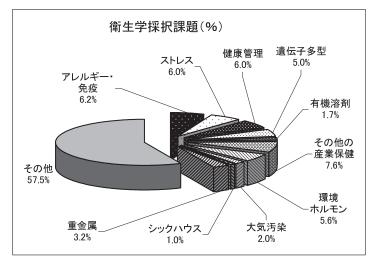
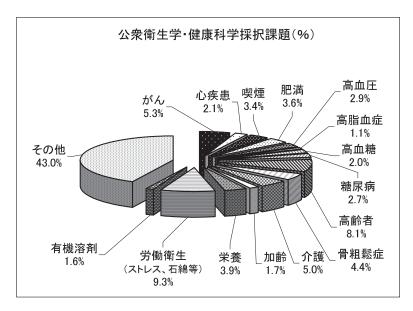


図2 衛生学分野で採択された科学研究費の内容

かった.これは公衆衛生学・健康科学ではメタボリックシンドローム関連疾患の予防の研究が「がん」や「循環器」等の疾患より重要視されていることを示す.これらメタボリックシンドローム関連疾患に「循環器疾患」と「糖尿病(52課題,2.7%)」を加えると,274課題(14.4%)であった.

「高齢者 (154 課題, 8.1%)」,「骨粗鬆症・骨密度」(84 課題, 4.4%),「介護・在宅ケア」(95 課題, 5.0%),「加齢」(33 課題, 1.7%) も多く, 高齢化社会に対応したこれらの課題の合計は366 課題(19.3%)となり,この分野で最も多い研究課題であった。今後社会的に益々重要な課題であると考えられ



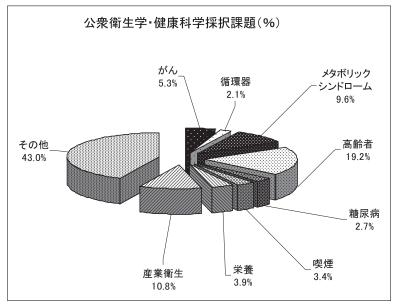


図3 公衆衛生学・健康科学分野で採択された科学研究費の内容 下図は上図を大別したものである.

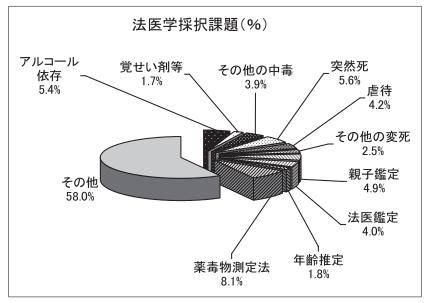


図 4 法医学分野で採択された科学研究費の内容

る. また,「栄養」に関する課題(74課題, 3.9%) も多かった. これは「がん」「循環器疾患」「メタボリックシンドローム」「高齢者」すべてに関連している. 労働に関する課題もかなり見られた. 有機溶剤は30課題(1.6%), ストレス, 石綿などは176課題, 9.3%であった. これらは5年前まで労働衛生がこの分野に含められていたためである.

#### (2)-C 法医学

法医学分野の総採択課題数は841件であった.大別すると,死体医学・犯罪医学,個人識別に関するものであった.死体や犯罪医学の中には,中毒(アルコール依存 45課題,5.4%;一酸化炭素中毒 13課題,1.6%;覚せい剤・シンナー 14課題1.7%等 中毒全体とすると92課題,10.9%),突然死(47課題,5.6%),凍死・溺死(12課題,

1.4%), 自殺(9課題, 1.1%), 虐待(35 課題, 4.2%) 等があった(図4). 個人識別 の代表的なものは親子鑑定(41, 4.9%)と 法医鑑定(34課題, 4.0%)であった. これ らすべての分野に関連して、LC-MS-MSや GC-MS を使用して、分析方法を検討する課 題(68課題,8.1%)が多く採択されていた. この分野においても DNA 多型解析 (42 課 題, 5.0%)が研究に多く使用されていたが, その主な目的は遺体の個人識別、および人種 の判定への応用であった. 年齢推定(15課 題、1.8%) に関する研究課題も個人識別や 犯罪医学に関連して採択されていた. 研究課 題として予想外に少なかったのは生存者医学 の分野である「医の倫理」、個人識別の診断 として用いられる「法歯学」に関する研究で あった.