

新学術領域研究 領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

【領域番号】 2306

【領域略称名】 ナノメディシン

【領域代表者（所属）】 石原一彦（東京大学・大学院工学系研究科・教授）

高齢者人口の急速な増加は、旧来の対処療法に依存した医療体系そのものの変革を余儀なくしている。すなわち、疾病を発症する頻度の増加と罹患期間の長期化といった大きな社会問題を誘引しており、これを解消するために、より効果的に低侵襲な医療の提供が求められる。疾病を分子反応の統合として理解・応用する医療技術系の構築には、細胞を反応場とした分子反応の一義的理解と普遍的考察が重要であるとの認識より、科学としての学術体系を創出することが不可欠であり、これが今後、我が国の医療を革新的に向上させる礎になることは間違いない。

これまで「ナノメディシン」という表現で研究がなされてきている。その多くは、ナノテクノロジーの医療応用ということであり、その代表例として、半導体加工技術で作成した医療チップや、薬剤を搭載できる微小デバイスなどが挙げられる。これらは先端技術として、大量の試料を短時間で分析する手法の提供や、安全に薬剤を患部に送達し、副作用のない化学治療を提供できるという点では、医療機器や技術の進歩を促すきっかけとなってきたが、その原理は1960年代から提唱されてきたバイオセンシングやドラッグデリバリーという範疇を超えるものではない。その理由は、新しい医療を提供するという観点が先行するあまり、現状の医療における根本的問題点の把握とその解決法の理解が不足していたからに他ならない。ここで、再度、「ナノメディシン」を定義し直し、その本質となる“ナノメディシン分子科学”を創成することが、医療技術の質の向上を目指す理学・工学には急務である。ここでの“ナノメディシン分子科学”とは、細胞にフォーカスし、分子反応を分子構造・電子構造の視点よりとらえ、その反応定数や活性化エネルギーなど化学反応パラメーターの理解と考察、分子拡散や分子間力などのパラメーターの理解と考察、さらにはこれらの分子反応パラメーターに基づく病態の理解と治療分子の構造の考察を根幹とする学術領域を意味する。

急速に発展しつつある医療関連技術に、分子科学に基づく学術的根拠を与え、基盤学理を創出することが、今後の安全かつ効率的な医療改革に結実し、医療体系を根本から変革できるとの考えより、細胞系での分子応答の解明を中心として、バイオ分子から組織までの範囲を対象とした領域を統合的に俯瞰する“ナノメディシン分子科学”を創成する。すなわち、これまで分子の関連する現象としてとらえられてきた細胞応答に対して、分子反応、分子認識、あるいは分子機能変換などの様々な分子が関わる領域まで掘り下げて解釈できる学術基盤を目指す。この過程で、細胞内への効率的分子送達や細胞内の1分子機能観察など新ナノ技術を創出し、細胞機能操作、細胞応答メカニズム解明に適用することで、細胞工学、組織再生医学にも貢献する汎用技術へと展開する。ナノメディシン分子科学で集積された細胞内分子反応パラメーターを整理し、生体組織を対象とする診断・治療を行うためのデバイス開発へと情報発信を行い、開発期間の短縮を導引する。

本学術領域は、我が国の科学技術基本計画の重要推進4分野のうち、ライフサイエンス、環境、ナノテク・材料の3分野に深く関わっている。

本研究領域は、最終的に医療技術の向上を目指すものである。すなわち、健康寿命の延長、疾病時の回復期間の短縮、さらには医療リスクの低減、医療デバイス開発の促進など高齢社会における医療革新を誘引する。この学術体系はそのまま生態系の維持、すなわち環境問題の解決にもつながる概念を現実提供するものであり、これからの最重要課題である分野にも強く関連している。“ナノメディシン分子科学”をキーワードとして、既存の科学を統一し融合できる学術領域は、ナノテクノロジーの医療応用を掲げてきた従来の研究とは一線を画し、ナノメディシンを新たに定義し直すとともに、これを実践する科学を系統的に構築することで、医療リスクや産業化へのリスクを払拭し、安全・安心社会構築に

理論的根拠を提案できることで大きな寄与をする。

本学術領域では、異分野の研究者が互いにその領域の垣根を乗り越えて協調、融和して新たな学際的学術体系の構築を行い、これにより現在の科学技術の限界の突破をめざし、社会貢献を果たす。これは旧来の縦型科学技術分類区分に縛られない、新たな発想の研究者の輩出を継続できることにつながり、今後の科学技術、産業の発展の基盤となる。これはある意味、我が国の科学・学術領域における弱点をも解消できるため、新たな科学技術戦略の変革ともとらえられる。

これまで、日本は、ゲノム解析やナノテクノロジーの優れた技術を保有しながら、これらの統合概念を作り上げることができずに、世界のイニシアティブを取ることができなかった。本学術領域では、従来提案されてきた単純なナノテクノロジーの医療応用との考え方に大きな変換をもたらす必要があると判断した。そのためには、ナノメディシンに科学的視点から根拠を与えることが強く求められ、さらに将来この分野で世界的に活躍できる人材を輩出し続けなければならない。バイオ・医療分野における研究は、その研究水準からみると日米欧が3極を形成している。欧米においては、各国ともそれぞれの社会情勢を反映した研究戦略がとられている。米国では産業化を前提とし、バイオ・医療分野に関わる人材を学部レベルから育て、これを受け入れる企業を育成している。また、欧州では、基礎的研究に基づいた10年後のシーズ供給を目指すプロジェクトが進行している。したがって、欧米では実用化に直結した研究が中心となり、既存の技術を使用した研究が大半を占めるまでに至っている。すなわち、このような世界的趨勢の中でも、疾病の発症につながるような複雑な生体応答を、分子科学で理解・考察する学術創成により医療基盤を底上げし、先端医療に結実させることはなされていない。最近、アジア諸国ではバイオ関連分野に多大な教育的投資を実施し、世界的なイニシアティブを継続的に獲得しようとする国家戦略を進めている。このように、日本がこの分野で先行していた優勢な状況は失われつつあることが現実である。この危機的状況に対応し、我が国におけるバイオ・医療分野の先進性を維持、拡大するためにも、現象論から始まる旧来の生命科学領域を突破し、より根本となる“ナノメディシン分子科学”の創成は急務である。

生体反応については、分子生物学や細胞生物学の観点から国内外において極めて精力的に研究が進められてきており、生命活動に関連する多くの現象の観察が可能になり、いくつものノーベル賞受賞につながってきている。一方、理学・工学的視点に立ってみると、生命現象論のみでは医療に用いる新規デバイス創製におけるスペックの決定、設計・開発には情報不足であり、明確な指針がないために長期間の試行錯誤を繰り返すしかない状況である。分析装置と遺伝子解析システム、データベースの進歩により、国内外でも一細胞、一分子計測を目指した研究が多く見られている。しかしながら、実際に開発を行おうとした際には、分子反応に関連する正確なパラメーター情報が欠如していることに気づく。例えば、細胞内の分子反応について、分子クラウディングに関する研究が挙げられ、国内外で活発化している。細胞内で認められる分子クラウディング環境下では、分子反応の追跡そのものが困難となっており、モデル化の域を出ていない。本学術領域では、信頼性と時空間的に優れた分子動態の追跡法を実現し、その本質的理解に資する。今この時点で本学術領域を創成し、工学的基礎となる明解な分子反応パラメーターを提示できることは、今後の先端バイオ・医療産業に大きなアドバンテージを与えることにつながる。

“ナノメディシン分子科学”は、分子反応を科学的に理解するナノメディシンの基礎から、その反応場となる細胞系を通して、組織、生体全体へと高次元に連携する生体システムを、各次元で異分野に属する研究者が共通する言葉で考察できるようにする学術領域である。さらに、バイオ・医療産業の爆発的発展を誘引する基礎情報提供と、将来的にこれを支える人材育成までも視野に入れた構想であり、世界的に見ても全く例はなく極めて大きな特徴を持っている。