

先端科学と小学校理科教育

Advanced Science and Elementary Science Education

橋 本 健 夫* 谷 口 一 也**
Tateo HASHIMOTO Kazuya TANIGUCHI

Abstract

The belief that development of information science and natural science would change society and enrich citizen life now is expanded in Japanese society. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology revised the curriculum guideline and has worked with the improvement and enhancement of school education to achieve the goal that Japanese society would become knowledge based society in 2008. One of the approaches is to introduce the advanced scientific research outcome to school education. It aims to foster the students those who can understand the impressive outcome and find the will to contribute success in the development of science. Japanese molecular biology is the one of candidate of the new school education contents. It has achieved world-class results in this half century and produces Nobel Prize winners while contributing to citizen's health. This paper focuses on cancer researches which molecular biology has important role of the development, and proposes the integration of the contents to school education, especially elementary school's science education. Science education in elementary school emphasizes on familiar organisms and natural phenomena while stressing the birth and the machine of organisms particularly. We propose to integrate the view of death to the unit of birth. The purpose of the class is that students recognize the mystery of life and realize the importance of health as well as understand the contribution of advanced science in our life through the birth and death. We point out the importance of cooperation between specialists as well as teacher training to teach such advanced science in elementary schools. Furthermore, it is important to give sufficient consideration to students who experienced cancer with own or family when we have such class.

* 関西国際大学 ** 大阪府庁都市整備部

キーワード：理科教育，先端科学，がん教育

I はじめに

IT 関連科学と分子細胞生物学は、この半世紀で急速に発展している分野である。パソコンや携帯電話を例にあげるまでもなく IT の発達とその関連機器の社会への巾広い普及は、広くて大きいという地球の認識を一変させ、経済のグローバル化を促した。そして、IT 機器を駆使した国際的な経済活動が広がりを見せる中、我が国においては、多文化理解の重要性が市民に認識されるようになった。一方で、分子細胞生物学を含む自然科学は DNA の発見以降、その歩みを格段に速め、市民生活の改善に大きく貢献してきた。市民はこの技術の発展を歓迎し、さらなる生活改善を自然科学に期待している。

一方、中央教育審議会は21世紀を知識基盤社会と捉え、一層の科学技術の進展を推進すべきとの答申を行っている¹⁾。これを受け、文部科学省は科学技術の進展を学校教育に反映するために、平成20年に学習指導要領の改訂を行った。小学校学習指導要領（理科）では、改善の基本方針の中で、「科学技術の進展などの中で、理数教育の国際的な通用性が一層問われている」とし、基礎的な知識の習得とともに科学の意義や有用性を実感させることをうたっている²⁾。

科学技術が急速に進展する一方で、いくつかの課題も表面化してきている。例えば、過度な成果主義である。インターネットの発達で情報伝達手段が高度化される中、様々な分野で多くの科学者がしのぎを削り、生活へ応用される成果発表に一刻を争っている現状がある。この中で、従来自然科学の分野では生じることが少ないと考えられていた倫理的な問題が、現実起こるようになってきている。また、分子細胞生物学の発展に伴い、生命倫理に関する課題も大きくなっている。

文部科学省が推奨する学校教育における先端科学の教材化にあたっては、現代科学の持つプラス面とマイナス面を包み隠さず学習するとともに、倫理的な視点を学ぶことが非常に大切である。本稿においては、生活に直結する医療分野における先端科学を題材にして、その理科教育への適用にあたっての内容や方法を論じるとともに考察を行う。

II 医療科学の発展・・・DNA の発見とゲノム解析

1. 現代医学の進展

原始時代から行われている手や体を洗うことや傷を葉で覆うなど医学的、民族学的習慣は、メソポタミアや古代エジプトなどの文明の発展とともに医療科学として進歩してきた。現代においても、ウイルスや細菌などの病原体の発見や、抗生物質をはじめとした薬の発見・開発、及び、内科的・外科的治療法の確立などの医療技術の開発が、世界中の研究機関で進められている。市民が大きな関心を寄せるがん研究に関しても、遺伝情報の担い手である DNA の発見とゲノム解析に代表される分子細胞生物学の登場がその研究手法を大きく変化させ、新たな診断・治療方法が次々と確立されている。

2. DNA の発見と分子細胞生物学

現在、がん研究の主要な解析対象である DNA は、1869年にフリードリッヒにより発見され、1952年にハーシーとチェイスにより遺伝物質であることが確認された。その翌年の1953年に、ワトソンとクリックが DNA の二重らせん構造を明らかにしたのを皮切りに、1956年には DNA の複製に欠かせない DNA ポリメラーゼの発見、1970年には遺伝子を切断することができる制限酵素の発見など、現代の分子細胞生物学の基礎となる発見がなされた。また、これらのことは高等学校の生物の教科書に記載もされている³⁾。一方、これらの発見は、分子細胞生物学のみならず古生物学、生物分類学、進化学、発生生物学、医学、薬学などに大きな影響を与え、それらの発展を支えた。現在注目を集めている iPS 細胞も分子細胞生物学の成果と言える。

3. シーケンス（塩基配列）解読技術の確立

DNA を研究対象とし、その深化を図るためには、DNA の塩基配列を明らかにする必要があるが、1975年イギリスのサンガーとアメリカのギルバートが、それぞれ独自に DNA の塩基配列を解読する手法を確立した^{4, 5)}。その後、安定性や精度の点で優れていたサンガー法が主流となったが、この手法の最終工程では 1 塩基単位の分解能を持つ電気泳動装置にかけることによって DNA 配列が決定される。さらに、この電気泳動装置が改良され、DNA 配列の読み取りが自動化された。

DNA 配列の解読法が確立された10年後の1985年、アメリカはヒトの全塩基配列を決定するという「ヒトゲノム計画」の概要を発表し、つづく1988年にジェームス・ワトソンらが呼びかけて、日米欧による国際組織（ヒトゲノム国際機構：HUGO）が設立され、日本も松原、榊らが中心となり1990年にスタートした「国際ヒトゲノム計画」に参加した⁶⁾。

4. ヒトゲノム配列決定

1980年代の技術では、1000塩基の配列決定に 3 日かかることもあり「ヒトゲノム計画」を達成困難な計画であると考えていた研究者は少なくなかった。これを乗り越えるには高速で配列決定ができる自動化 DNA シーケンサーが必要であった。このためにアメリカ政府は、大学などの公的研究所に巨額の資金を投じるとともに、民間会社を設立して製品化を促進した。その結果、カリフォルニア工科大で ABI 社が、ネブラスカ大学ではライコール社が設立され、自動化 DNA シーケンサーの開発につながった。この装置を用いて、2001年にヒトゲノムのドラフト配列が発表され⁷⁾、2003年には95%の領域で配列が決定された。そして、その精度も99.99%以上に達したため、国際コンソーシアムによる「完成配列の定義」にしたがってヒトゲノム解読完了が宣言された。その後、1年半をかけて、決定配列の精査、未知遺伝子の探索などが行われ、2004年10月に最終論文発表（Nature 誌）が行われた⁸⁾。さらに、現在に至るまで配列の読み間違いやギャップを埋めるなどの研究が続けられ、精度の高いゲノム配列の公開が続いている。

これまでに解読されたゲノムはヒトのみでなく、チンパンジーやマウス、トリなどの動物、さらには植物やウイルス、細菌など多くの生物に及んでいる。様々な生物種のゲノム解読は、その進化や治療への応用など広い分野に適用されることが期待されている。ゲノム解析が進むことで、生命現象が想像以上に複雑であることがわかったが、がんや糖尿病といった医療分野では早くもその成果が応用され、社会に大きな影響を与えつつある。その他、農業や水産業にとどまらず生命保険、遺伝子検査ビジネスなど民間企業での利用も始まっている。

5. 遺伝情報研究の倫理的課題

DNA を研究対象にするにあたっては、倫理面を含めた思慮深い研究方針が必要となる。日本における遺伝子関連研究を行う際の規定に関しては、ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針で定められている。その前文では、「人間の尊厳及び人権を尊重し、社会の理解と協力を得て、適正に研究を実施することが不可欠である。そのため、世界医師会によるヘルシンキ宣言等に示された倫理規範を踏まえ、提供者個人の権利の保障が、科学的又は社会的な利益に優先されなければならないことに加えて、この側面について、社会に十分な説明を行い、その理解に基づいて研究を実施することが求められている。」と述べられており⁹⁾、個人情報の取り扱いに関して、インフォームド・コンセントや情報開示に関する規定がなされている。この指針に基づきDNA 研究を行う各学会も研究指針を策定しており、DNA に関する研究は、当然のことながら一定の制限のもとに行われている。

一方、研究成果の応用はさらに社会的な影響が大きく、社会倫理上の課題を発生させている。配列解読前の1988年には、米国議会技術評価局は、次のように述べている。「倫理上の難しい問題は、遺伝子データを応用することによって、病気、才能、性格などの基盤に影響を及ぼすことができることである。個人の自由、プライバシー、遺伝子情報の公開に関する個人の権利と社会の権利などは、とりわけ重要である。ヒトゲノムの遺伝子情報を、未来の社会を設計したり、操作したりするために使用しようとする意図があれば、必ず問題を起こすだろう」¹⁰⁾。現在、この指摘どおりの問題が出てきており、例えば、出産以前に子どものゲノム情報を得られるようになったことで、両親は障害をもって生まれる赤ちゃんを生むか生まないかという選択を迫られるなどの事態が起こっている。社会的な影響としてはその他にも、生命保険、就職、裁判や犯罪捜査に及んでいる。日本では、これらの課題に対する法整備が遅れており、個人情報の取り扱い、生命倫理に関して更なる法規制が必要である。加えて、このような新たな倫理的課題に関しては、IT に関する情報リテラシーと同様、初等教育から高等教育に至るまで体系的に学ぶための教育及び、教材の開発が必要となる。

Ⅲ がん研究の現在

1. がん関連遺伝子とがん

1960年代、がんはウイルスにより引き起こされると考えられていたが、1976年にがん遺伝子src、1986年にがん抑制遺伝子Rbが発見されて以来、がんは様々な原因で起こる遺伝子の突然変異とゲノムの構造異常が主な原因で発生すると考えられるようになった¹¹⁾。その後も様々ながん関連遺伝子が同定され、これらの遺伝子において、変異、欠失、挿入、重複などが起こっていることが明らかとなっている。加えて、これらの遺伝子の一次構造の変化のみならず、DNA の化学的变化、遺伝子発現量の変化など遺伝子の構造変化を伴わない異常も発がんの重要な原因であることも明らかになっている。これまでに100種類以上のがん関連遺伝子の報告があり、各組織、各個人でがんの変異は様々であることが分かっている¹²⁾。

2. がんと発現プロファイリング解析

前述したとおり2004年にヒトゲノムの全塩基配列が公表され、医療に関連する研究にもゲノム

情報を用いた手法が用いられるようになった。mRNA やタンパク質の発現量を一度の解析で数千から数万の遺伝子に関して比較することができる遺伝子発現プロファイル解析は代表的な手法の一つであり、DNA マイクロアレイ（数万の遺伝子発現を一度の実験で測定可能な実験手法）や次世代シーケンサー（現在の DNA シーケンサーを高速化した機器で、全ゲノムを数日で読み取ることができる）を用いたがんに関連する研究は数多くなされている。これらの網羅的な遺伝子発現解析には、細胞や組織が持つ極めて詳細な情報が含まれているため、組織の分子分類、治療標的遺伝子の探索、抗がん剤感受性、薬剤代謝などの研究のさまざまな段階で利用されている。また、直接抗がん剤の選択に応用されているなど臨床的な意義も高く、肺がんや乳がんなどの治療に応用が広がっている。

3. がんの分子標的薬と医療技術の向上

分子細胞生物学の進展に伴い、がん遺伝子やがん抑制遺伝子などのがんに関連する遺伝子は、細胞の増殖、分化にとどまらず、個体の発生、免疫系、神経系などにおいて細胞接着やシグナル伝達、転写因子として広く関わっていることが明らかになった¹³⁾。そして、これらの知見を生かした分子標的治療が開発されている。これまでの抗がん剤は、DNA 合成と細胞周期に対して作用するものがほとんどであった。つまり、これらの抗がん剤はがん細胞が活発に増殖する性質を用いてがん細胞を標的にしてその活性を失わせるものであるため、がん細胞以外の分裂速度の速い消化管上皮細胞などの細胞も同時に障害を受けることになる。そのため、従来の抗がん剤は骨髄抑制、消化器障害、脱毛などの副作用を比較的共通して持っていた。一方、分子標的薬はがん細胞で特異的に発現している分子を標的とすることから、これまでの抗がん剤に比べてがん細胞に対してよりの確に作用することになる。これにより、従来の副作用の発現を抑えることが可能になった。しかし、分子標的薬にもターゲット分子の機能抑制による副作用や、想定された分子以外の分子と相互作用することによって未知の作用を示す可能性がある。実際、肺がんに対する分子標的薬であるイレッサは、その副作用と考えられる死亡例が複数起こり、社会問題化した。そこで、より患者を絞ったオーダーメイド医療の実現のために各分子標的薬の感受性試験がさかんに行われている。例えば、EGFR 遺伝子（上皮成長因子受容体：細胞の増殖や成長を促す信号を伝達する受容体）に変異があるとイレッサが効く可能性が高いことが明らかとなっており、イレッサ投薬前にはがん細胞の遺伝子検査が保険で行えるようになっている。さらに、血液検査でがん細胞が持つ遺伝子変異を検査できるようにする試みがなされるなど、さらなる技術革新が行われている¹⁴⁾。

分子生物学の応用による診断技術の向上、分子標的薬の登場に加えて、医療機器の発達、重粒子線を含む放射線による治療の登場によりがんの生存率は向上している。例えば乳がんの10年生存率は90%を超えるなど、早期発見、早期治療によりいわゆる治る病気に近づいた。一方、肝臓がんやすい臓がんなどでは、5年生存率が10%～30%程度であるなど、がんの種類による差が大きく、その原因としては、がん細胞の遺伝子変異やゲノム構造的多様性が指摘されている。このような最先端のがん治療は市民生活に大きな影響を持つものであり、市民の健康リテラシーに組み入れられるべきである。この意味で、がん治療に関する学習も理科教育の中に組み入れるべきだと考えている。ただ、治療困難な患者が存在するがんなどの病気に関する教育を行う際には、治療の現状を踏まえ、子どもたちの心情への配慮、学ぶ機会の選択などを考慮し慎重に実施すべきで

ある。

IV 健康に関する小学校理科教育

1. 小学校教育における健康教育の位置づけ

健康教育は、教育基本法第一条（教育の目的）において、「教育は、人格の完成を目指し、平和で民主的な国家及び社会の形成者として必要な資質を備えた心身ともに健康な国民の育成を期して行われなければならない。」とあり¹⁵⁾、また、第二条（教育の目標）において、「教育は、その目的を実現するため、学問の自由を尊重しつつ、次に掲げる目標を達成するよう行われるものとする。一 幅広い知識と教養を身に付け、真理を求める態度を養い、豊かな情操と道徳心を培うとともに、健やかな身体を養うこと。」とあるように、教育の目的・目標そのものであり、その重要性と推進の必要性は非常に高い。また、健康は市民の生活に直結するため、健康に関する知識・技能を身につけるのみならず、健康に関する思考力、判断力を養い、これを普段の生活で実践することが重要である。教育課程としては、学校学習指導要領（体育）において「学校における体育・健康に関する指導は、児童の発達の段階を考慮して、学校の教育活動全体を通じて適切に行うものとする」と述べられている¹⁶⁾。これを効果的に実践するためには、体育の時間を中心に、理科、家庭科、道徳の時間や給食の時間など、教科横断的な教育が行われる必要がある。さらに「生きる力」にも直結する健康教育は、平成元年に新設された生活科、平成10年に新設された総合的な学習の時間でも取り扱われている。

2. 小学校理科における健康教育

橋本らが述べているように昭和27、33年の小学校学習指導要領「理科」では、「伝性病や寄生虫」などの内容で健康教育を扱っていた¹⁷⁾。その後、昭和43年以降は直接的に病気に関する内容は体育科、家庭科、道徳で取り扱うようになったが、理科の学習内容である「人のからだ」、「呼吸、消化、血液の循環」などで健康の基礎的知識である人体のしくみが教えられてきた。現行の学習指導要領（理科）では、第4学年「人の体のつくりと運動」の中で骨と筋肉を中心に体のしくみを学習する。第5学年では、「動物の誕生」の中で人が母体内で成長して生まれること、第6学年では、「人の体のつくりと働き」の中で呼吸、消化、排出、循環について学習する。このように現行の学習指導要領では、体のしくみに関する基礎的内容が位置づけされており、生活に直結する病気に関する教育はこれらの学習内容を踏まえたうえで行うことが重要である。また、科学的リテラシーを育て、科学の有用性を理解するには、理科の中で、最先端の病気・医療に関する内容を授業に取り入れることが有効であると考えられる¹⁸⁾。特に死亡率の高いがんに対しては、保護者も含めて児童の関心も高いと考えられる。また、前述したようにがん治療には先端科学の成果が多く用いられている。小学校理科の学習にがんやその治療法などを組込むにあたっての意義や留意点は次のようになる。

2.1. がんに関する健康教育

直接的ながんに関する内容としては小学校学習指導要領「体育科」において、領域「保健」の第5、6 学年の内容「病気の予防」の中で、喫煙を長い間続けると肺がんにかかりやすくなるな

どがんに関する内容が示されている¹⁶⁾。また、健康に関する学習は、体育科、理科、家庭科など教科横断的に行われているため、各教科内容を把握したうえで、それぞれの学習内容を結びつけながら行う必要がある。さらに、教科のみならず道徳や給食の時間、特別活動の時間、総合的な学習の時間も含めて、総合的かつ継続的な学習として位置づけることで、児童は健康維持をより身近な事象として捉え、健康教育の目標でもある生活での実践が達成されるものと考えられる。特に、理科では生命の誕生を扱う。この単元は主として誕生が中心になるが、「生き物」であることを意味づける「誕生」と「死」を同単元で教えることの意義は大きい。

2.2. がん対策推進基本計画と小学校教育

我が国におけるがん対策は、がん対策推進基本計画に基づいて行われており、この中で学校における「がん教育」に関して次のような記述がみられる¹⁹⁾。

(1) 現状

健康については子どもの頃から教育することが重要であり、学校でも健康の保持増進と疾病の予防といった観点から、がんの予防も含めた健康教育に取り組んでいる。しかし、がんそのもののやがん患者に対する理解を深める教育は不十分であると指摘されている。

(2) 取り組むべき施策

地域性を踏まえて、がん患者とその家族、がんの経験者、がん医療の専門家、教育委員会をはじめとする教育関係者、国、地方公共団体等が協力して、対象者ごとに指導内容・方法を工夫した「がん」教育の試行的取組や副読本の作成を進めていくとともに、国は民間団体等によって実施されている教育活動を支援する。

(3) 個別目標

子どもに対しては、健康と命の大切さについて学び、自らの健康を適切に管理し、がんに対する正しい知識とがん患者に対する正しい認識を持つよう教育することを目指し、5年以内に、学校での教育のあり方を含め、健康教育全体の中で「がん」教育をどのようにするべきか検討し、検討結果に基づく教育活動の実施を目標とする。

ここでも述べられているとおり、健康を維持・増進するためにはがんを含めた健康教育を小学校から行っていくことが重要である。また、命に関わる病気に関しては、病気そのものはもちろん、がん患者やその家族に関しても理解できるようにするとともに、子どもへの心理的な影響を十分に考慮して行う必要がある。

V 小学校における「がんとその治療」の教材化

1. 公共団体、医療機関におけるがん教育とその教材化

がん教育の教育内容としては、がんの原因、発生のしくみ、日本における発生頻度などの統計、検診や予防、がん治療、緩和ケア、患者や家族の理解など多岐にわたる。国はこれを踏まえたうえで、がん対策推進基本計画を策定し、都道府県や医療、教育機関にがん教育の推進を指示している。

これを受け、都道府県は各県のがん対策推進計画を策定し、独自の教育教材の作成や、医師や看護師らによる出前授業の取り組みを行っている。例えば群馬県では、小学校6年生向けのがん

教育リーフレット「そうだったのか！がんのこと。」を作成し、県内全326小学校に配布している²⁰⁾。その内容としては、がんの予防に関わるがんに関する正しい知識と生活習慣、がん検診の重要性を示すものとなっている。また、北海道や宮城県などでは、専門医らによる出前授業を小学校で実施し、がん教育の推進を進めている。さらに、医療機関である独立行政法人国立がん研究センターでは、子ども自身が自発的にがんについて学べる学習まんが『がんのひみつ』を刊行し、がん教育の推進を行っている。『がんのひみつ』は、全国の国公立私立小学校（養護学校、ろう学校を含む）23,500校、公立図書館3,000館に寄贈され、また自治体へも提供されている²¹⁾。内容としては、がんを身近な病気として捉え、がんになっても社会で活躍できること、がん予防・がん検診が大切であることが示されている。

このように、国、地方自治体と医療機関を含めた民間企業において、教材の開発や専門家の人的ネットワークの構築は行われているが、さらなる健康教育の推進と最先端の研究成果を取り入れた教育の実践のためには、大学などの研究機関の役割が大きく、産・官・学が図1のような連携・協力を行って教育実践を行うことが重要である。

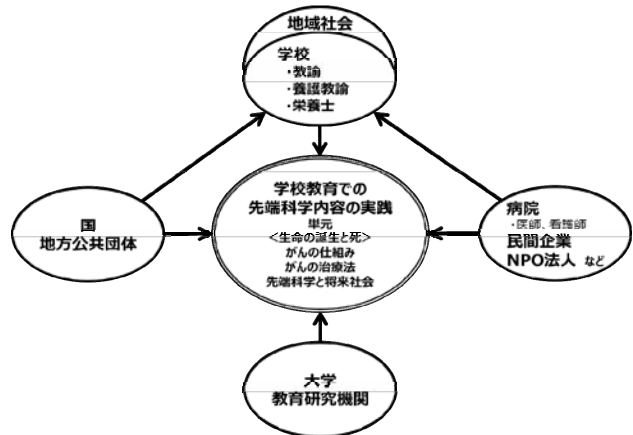


図1 先端科学の実践における連携・協力

2. 教育実践とその課題

前述のとおり出前授業などのがん教育は、小学校でも始まっている。多くの事例では、がんの基礎知識（日本人の約半数ががんになり、3割の人ががんで亡くなるなどのがんの基本的な統計データなど）、とがん予防（生活習慣の改善、食育など）を中心的な内容として行われている²²⁾。しかし、最先端のがん研究の事例や、がん遺伝子も関連しているiPS細胞の紹介などを小学校教育に取り入れた実践例は少ない。これらの内容は小学生には理解されないと考えられがちであるが、前述した橋本らの研究によれば、染色体や遺伝子に関しても理解が可能であり、児童らの身近な課題として遺伝子が認識されていることも明らかになっている¹⁸⁾。従って、高度な内容である最先端の研究を分かりやすい内容として教材化することは、知識基盤社会の構築につながる考えている。

一方で、命に関わる病気であるがんを教材化するに当たっては注意すべき点もある。家族がすでにがんで亡くなったりしている子どもへの配慮である。がんに関する授業を受けたくない子どもの申し出を可能にすべきであり、その際には教員単独ではなく学校挙げての支援が必要である。

3. 小学校でのがんの教材化

前述したように、人の誕生は5年生の理科の学習内容となっている。この場合、ヒトの誕生とメダカの誕生のどちらかを学ぶことになっている。この単元に学校裁量の時間を加えることや保

健体育の授業と一緒にすることなどによって、小単元「ヒトの死」を組入れる。その際にヒトの死の1/3を占めるがんと言及するとともに、その細胞レベルでの仕組みや治療法を学習内容に組入れる。橋本の研究対象が5年生であったことを考えると、この学習は5年生或いは6年生で行うことが適切である。小単元の内容は次の通りである。

小単元「ヒトの死」

- ①ヒトの死
- ②死の原因－避けられるものと避けられないもの－
- ③避けられるものとしてのがん（そのしくみと予防）
- ④がんの治療
- ⑤医療の進歩と健康

4. 教員の研修

学校教育に新しい内容を組入れ、それを普及させるためには、その内容に関する知識や技能を教員が身につけているかどうか大きな問題となる。現在の教員養成カリキュラム、特に小学校教員養成カリキュラムにおいては、理科の教科内容を必ずしも履修しなくてもよいとされている。知識基盤社会を構築するためには、小学校教員養成カリキュラムに理科の内容を必ず学習することを義務づける必要がある。また、前述したがん教育の普及、充実にあたっては、現在の教員の再教育が不可欠となる。県や市が独自で行う研修や教員免許状更新講習において、先端科学を児童・生徒にどのように理解させ、将来に向けた科学リテラシーを構築するかについての内容を組入れるべきと考えている。これが遂行されたならば、理科学習に先端科学を組込むことができ、例えば、がんとの向き合い方や克服への方法などの話し合いが可能になる。そして、児童・生徒が先端科学をより身近に感じ、その進展に関心を抱くようになるはずである。これは自然科学の発展に大きな力となる。

VI おわりに

本稿では、iPS細胞に代表される分子細胞生物学の医療への応用が急速に進んでいる中で、これらの先端科学の中の一つであるがん研究の教材化の重要性和課題を考察した。この半世紀ほどで急速に発展した分子細胞生物学は、生物分類学、生態学、発生生物学等の基礎分野のみならず農業、医療分野にも応用されている。そのような中で、理科教育として最先端の分子細胞生物学を教材化する意義は高く、子どもたちに理科を好きになってもらう一助になると考えている。また、がん細胞、がん治療やiPS細胞など社会で広く話題になっている最先端科学を教材化できれば効果が高いと考えられる。ただ、課題もあり、教材化に向けてより具体的に論を進める必要がある。

命に関わる先端医学分野を教材化する上では、子どもたちの心情を十分に考慮する必要があるが、現在の科学や研究者に対する不信感を払拭する必要がある。バイオサイエンスの分野においては従来から化学肥料や遺伝子組換え食品の安全性が問題とされてきたが、近年STAP細胞騒動や科学的な根拠が十分でない商品に対する誇大広告にみられるように、「科学」に対する市民から

の信頼が揺らいでいる。遺伝子という言葉も本来の機能から逸脱して用いられている場合もあり、医療機関以外が行っている遺伝子配列や遺伝子発現による性格、健康診断の中には、十分な信頼性がないものも存在している。これらの問題に対しては研究者自身の倫理観に加え、営利目的の民間企業に対する規制が必要である。学校教育においては、これらの現状を踏まえ、科学の有用性を教える一方で、批判的な目をもつことも重要であることを教えなくてはならない。

【引用・参考文献】

- 1) 中央教育審議会,『「生きる力」と資質・能力について』,中央教育審議会答申,2008
- 2) 文部科学省,「小学校学習指導要領解説 理科編」,2008
- 3) 吉里勝利,「高等学校 生物」,第一学習社,2013
- 4) F. Sanger, S. Nicklen, and A. R. Coulson. "DNA Sequencing with Chain-Terminating Inhibitor" Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 74 (12), 5463-5467, 1977
- 5) Allan M. Maxam and Walter Gilbert. "A New Method for Sequencing DNA" Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 74 (2), 560-564, 1977
- 6) 榊 佳之,「ヒトゲノム—解説から応用・人間理解へ」,岩波書店1-197,2001
- 7) Human Genome Sequencing Consortium. "Initial sequencing and analysis of the human genome", Nature, 409(6822), 860-921, 2001
- 8) Lincoln D. Stein. "Human genome: End of the beginning", Nature 431, 915-916, 2004
- 9) 文部科学省,厚生労働省,経済産業省,「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」,2001(2004, 2005, 2008改正)
- 10) 伊藤 敏雄,「ヒトゲノム解析計画—遺伝情報を解読する巨大プロジェクトの全容 米国議会技術評価局 (OTA) 報告書」,Newton, 1990
- 11) ALBERTS/JOHNSON/LEWIS/RAFF/ROBERTS/WALTER(中村桂子,松原謙一 監訳),「細胞の分子生物学」,1205-1267, 2010
- 12) Greenman,C. et al. "Patterns of somatic mutation in human cancer genomes", Nature 446, 153-158, 2007)
- 13) 高井 義美,秋山 徹,外,「がん細胞の生物学 (がん研究のいま)」,東京大学出版会1-179, 2006
- 14) Kukita Y. et al. " Quantitative identification of mutant alleles derived from lung cancer in plasma cell-free DNA via anomaly detection using deep sequencing data."PLoS One, 8(11):e81468, 2013
- 15) 教育基本法 (平成十八年十二月二十二日法律第二十号), 2006
- 16) 文部科学省,「小学校学習指導要領解説 体育編」,2008
- 17) 橋本健夫,若杉敏彦,谷口一也,「健康をテーマとした総合的な学習の編成と実施に関する一考察」長崎大学教育学部紀要 .教科教育学 . vol.42, p.1-13, 2004
- 18) 橋本 健夫,楠本 正信,「くらしにおける先端科学の役割についての理解を促進するための実践的研究」長崎大学教育学部紀要 強化教育学, vol.44, p.43-55, 2005
- 19) 厚生労働省,「がん対策推進基本計画」,2012
- 20) 群馬県健康福祉部保健予防課がん対策推進室,「がん教育リーフレット」,2014
- 21) 独立行政法人国立がん研究センター (企画・制作・監修),「学研まんがでよくわかるシリーズ がんのひみつ」,株式会社学研パブリッシング,2013
- 22) 文部科学省,『「がん教育」の在り方に関する検討会 (第1回) 配付資料』,2014