

記 録

文書番号	S C J 第 2 3 期 290905-23400600-021
委員会等名	基礎生物学委員会・統合生物学委員会・合同 遺伝学分科会
標題	社会人の遺伝学リテラシー及び 大学と高校の生物学教育について
作成日	平成 2 9 年（ 2 0 1 7 年） 9 月 5 日

※ 本資料は、日本学術会議会則第二条に定める意思の表出ではない。掲載されたデータ等には、確認を要するものが含まれる可能性がある。

この記録は、日本学術会議第23期 基礎生物学委員会・統合生物学委員会・
合同 遺伝学分科会での審議結果を、取りまとめ公表するものである。

遺伝学分科会名簿

委員長 桂 勲（連携会員）情報・システム研究機構国立遺伝学研究所 所長

副委員長 三浦 正幸（連携会員）東京大学大学院薬学系研究科 教授

幹事 城石 俊彦（第二部会員）情報・システム研究機構国立遺伝学研究所 教授

委員 荒木 弘之（連携会員）情報・システム研究機構国立遺伝学研究所 教授

委員 飯野 雄一（連携会員）東京大学大学院理学系研究科 教授

委員 岩崎 博史（連携会員）東京工業大学科学技術創成研究院 教授

委員 河野 重行（連携会員）東京大学 名誉教授・専修大学 客員教授

委員 斎藤 成也（連携会員）情報・システム研究機構国立遺伝学研究所 教授

委員 村井 耕二（連携会員）福井県立大学生物資源学部 教授

委員 森 郁恵（連携会員）名古屋大学大学院理学研究科 教授

1. はじめに

遺伝学は、現代社会の重要課題と密接な関係を持っている。その理由は、我々人類（ヒトという生物）、地球環境を作る生態系の生物、様々な産業・生活・文化に関わる生物に関して、遺伝学が科学的な基盤を提供するからである。特に最近の遺伝学の発展はめざましく、次世代シーケンサーやゲノム編集などの新しい技術の出現、多種類の生物やヒト個人のゲノム情報の解読、またこれらの技術と情報を基盤とした新しい研究の成果により、遺伝学は人類に大量の知識と強力な手段をもたらした。その結果、遺伝学は、高齢化社会における健康と医療の問題、地球温暖化や自然環境破壊などの環境問題、グローバル化・国際化における多様性への対応などの文化・社会の問題に、データと方策を提供できるようになった。日本学術会議遺伝学分科会の委員は、このような状況判断と問題意識に基づき、現代社会では一般の人々が遺伝学の知識を持つことが必須と考えている。

そのためには大学や高校における遺伝学の教育が重要であるが、遺伝学分科会の委員は、大学教員として、社会に送り出す大学生に生物学を教える任務を持つ。そこで、大学教育の現場でどのような教育を行えば学生の見識と能力を高められるかに苦心し、教育の観点から生物学に関する大学生の知識や興味を調べてきた。また、その過程で、高校の生物教育が大学生に予想以上に影響を与えていることを知り、高校の生物教育にも興味を持ち教科書や学習指導要領などを調べた。

このような背景・関心のもとで、第23期の遺伝学分科会は、5回にわたり会議を開き、社会人の遺伝学リテラシーと大学・高校の生物学教育という、互いに関連する問題について議論を重ねて来たが、ここにその要点をまとめ、次期以降の分科会の議論の土台にするため、また分科会以外の方の参考に供するために記録を作成した。

2. 社会人としての遺伝学リテラシー

現代社会は遺伝学の知識を基盤とする情報で溢れているが、生物学関連の専門教育を受けていない人達がそれを理解するのは困難なのが現状である。そのために、知識のある人とない人で、判断や意見が大きく異なることも多い。科学的な基盤の上に立ち共通の理解をもつ社会に向けて、社会人が遺伝学リテラシーをもつことの重要性を訴え、その方策を考える必要がある。ここでは、社会人の遺伝学リテラシーとして特に重要なヒトの遺伝学（ヒト遺伝学の教育、遺伝子検査）と遺伝子組換え食品について議論する。

2.1 ヒトの遺伝学

従来、遺伝学は主に実験用の生物を材料として研究されてきた。しかし、21世紀初頭にヒトの全ゲノム配列が解読され、さらに大規模 SNPs（一塩基多型）解析法や次世代シーケンサーが現れたことにより、個人のゲノム塩基配列を基盤としたヒトの遺伝学が見違えるような展開を見せ、研究者だけでなく一般人にもヒトの遺伝学が身近なものとなった。このような発展の恩恵により、各個人がヒトの遺伝子と遺伝学について正しい知識を持っていれば、必要に応じてこれらの情報を活用することによって、医療の向上や健康の増進など様々な課題に寄与できることは間違いない。そのためにもヒト遺伝学のリテラシーを正しく普及させることが重要である。

一方、歴史的には、ヒトの遺伝学は、遺伝的差異を差別に用いるという悪用をされたこともあった。また、遺伝学から派生した優生学が人類集団における「優秀な」遺伝子を増やし「劣悪な」遺伝子を減らすことを目的に基本的人権を侵害したこともあった。ヒトの遺伝学は、人類にとって有益なものだが、それを社会に適用する際は、正しい科学的根拠と適切な価値観のもとに行われる必要がある。人間のさまざまな性質や能力は、生まれつきの遺伝的要因と教育や努力を含む環境的要因の両方によって決まり、個々の性質・能力ごとに遺伝的要因の占める割合が異なる。遺伝子だけですべてが決まるという誤解、逆に遺伝的要因に目を向けてはいけないという誤解が生じないような教育が必要である。また、ヒトの遺伝子のほとんどに遺伝的多型が存在し、一人一人が異なる対立遺伝子の組み合わせを持つことを認識する必要がある。それがまさに個性というものであり、遺伝的な多様性は生物としてのヒト集団にとっても人間社会にとっても活力の源である。このような遺伝学の成果を前提とし、一人一人が同等の権利を持つという価値基盤の上に、自分とは性格が異なる人を理解し、個々の民族の伝統的な文化も尊重し、多様な人間が協力して共に生きる社会を目指すのが正しい道と考える。あらゆる人種、様々な性格や能力の人々が支え合う社会を作る基盤として、多くの人がヒト遺伝学の知識とその根拠を正しく理解することが求められている。

（現状分析と問題点）

A. ヒト遺伝学の教育

アメリカなどと比べ、日本の高校生物の教科書ではヒトの遺伝の扱いが少ない。また、30年前と比べてもさらに減少している。そのために、わが国では高校までの教育を受けた者がヒトの遺伝的多様性や遺伝病に対する正しい知識を持ちにくい状況にある。マスコミやインターネットの情報や議論がそれを十分に補っているとは言いがたい。学生・生徒が遺伝に対してどのような印象を持つかに配慮しつつも、一般論としてはヒトの遺伝的多様性を教え、それを受け

入れる社会を作って行く教育が求められる。多様性のない社会は環境変化に脆弱ということも教えた方が良い。現状では、遺伝学の進歩により集積した知識を社会に生かすための基盤や国際化が進む現状に対応する基盤ができていない。

ヒトの遺伝学を教える上での懸念は、適切な教え方をしないと、それが差別やいじめにつながる可能性があることである。実際に、学校現場で教員が配慮を欠いた教え方をしたために、いじめにつながったことはあるだろう。また、色弱・色盲などの遺伝的要因が大学入学や就職試験で、真の能力差以上に不利になることもあった。現在の高校生物の教科書は、こういった危険性を回避しようとするあまり、ヒトの遺伝学に触れないという選択をしている場合が多いように見受けられる。

しかし、次世代シーケンサーの登場で個人の遺伝情報が数日で解読できるようになり、ゲノム編集という技術で遺伝情報を書き換えることもできるようになった時代に、一般の社会人が遺伝情報について正しい知識を持たないと、恐怖感や間違った正義感により社会全体がおかしな方向に動く可能性もある。隣人に肌・眼・毛髪の色など身体的特徴の違う外国人が増えてきた時代に、その違いをどのように受容して付き合うのだろうか。ヒトの遺伝学が関係する社会問題を、遺伝学を教えないことで回避することはできなくなっている。遺伝学の知識を教えるとともに、適切な表現・対応や多様性を活かす社会のあり方も一緒に考えるという方向性しか、根本的な解決はない。

B. 遺伝子検査

社会人にとってヒト遺伝学の知識が必要になる典型的な例として、遺伝子検査がある。遺伝子検査には、大きく分けて、病院などで医療を目的として行う検査と、企業が消費者向けに行う検査がある。前者は、必要や希望に応じて、医者の判断で患者、妊婦、新生児などに行われている。特定の遺伝病の疑いがある患者に行われる遺伝子診断は、診断によってどのくらい治療が容易になるか、患者が診断結果を知ることが望むかどうか（「知らない権利」の尊重）などを考慮して行われている。家族性乳がん家系と思われる女優アンジェリーナ・ジョリーが遺伝子検査を行った結果、乳がんや卵巣がんの発症確率を上げるBRCA1 変異を持つことが判明したため、予防処置として乳腺と卵巣を切除したことは大きな話題になった。胎児の遺伝子については、妊婦の血液に含まれる胎児由来の DNA を調べる無侵襲的出生前遺伝学的検査（NIPT）が出現し、妊婦や胎児の負担が少ないため、ダウン症の可能性が高い場合などに行われている。また、重篤な遺伝性疾患の可能性がある場合に、体外受精を行い、8細胞期の受精卵の1つを使って着床前遺伝子診断が行われる。このような医療関連の遺伝子検査は、生命倫理問題を伴うため、様々な団体からガイドラインが出され、

遺伝カウンセリングの必要性が強調されている（参考1）。しかし、現状ではガイドラインに従わない医者もいるようである（参考2）。このほかに、DNAを直接に調べるのではなく遺伝子の変異に伴う血液成分変化を検査する例として、新生児マススクリーニングがある。これは、治療法が存在するいくつかの先天性の代謝異常や内分泌異常の遺伝疾患について、生後約5日の新生児についてスクリーニングを行うもので、再検査でも陽性と判明した場合は治療が行われる。

企業が消費者向け(DTC = direct to consumer)に行う遺伝子検査では、消費者は口腔内粘膜を擦りとって企業に送る。生活習慣や肥満などに関する数十個の遺伝子の多型を数千円で調べるものから、数万円を出すと病気の発症リスク、親子鑑定、子供の才能などまで調べるものなどがある。DTC遺伝子検査は、医療の必要がない場合にも行われるので、日本人類遺伝学会では、医療のための遺伝子検査とは別に見解を示す必要があると考え、見解を発表した（参考3）。このような状況を受けて、経済産業省は、「経済産業分野のうち個人遺伝情報を用いた事業分野における個人情報保護ガイドライン（平成16年12月）」を制定し、これらの企業に対して「遺伝子検査ビジネス実施事業者の遵守事項」を公表し、経産省ガイドラインの遵守状況をNPO法人個人遺伝情報取扱協議会(CPIGI)が認定する制度を創設した。また、消費者向けに、「遺伝子検査事業者選定チェックリスト」を公開している（以上、参考4）。経済産業省のガイドラインは、厚生労働省の審議会やタスクフォースでも議論された。消費者向け遺伝子検査で特に注意すべき点は、個人情報の保護、本人確認、インフォームド・コンセント、利用目的の特定、カウンセリングの実施、検査の品質保証、診断などの医療行為との区別、科学的根拠の適切性などだが、経産省の遵守事項はこれらに言及している。

受精卵に由来するヒトの遺伝子は、基本的には変化しないものであり、また血縁関係にある親戚の人々が、ある確率で同じ遺伝子多型を持つ。その意味で、慎重に扱うべき個人情報である。国や学協会による指針はあるが、一般の人々が遺伝子検査の結果を適切に受容するには、正しく解釈するための遺伝学の基礎知識と、それを実生活に活かす見識が必要である。遺伝子多型と成人病のリスクや子供の才能などの関係は、根拠としては因果関係でなく相関関係に基づくものが大部分である。また、表現型は遺伝子と環境の両方に依存する。これらの関係で遺伝的な要因がどのくらい大きいかは、多くは一卵性双生児の研究などから推定されたものである。遺伝子検査の結果を参考に、成人病の予防を心がけるようになれば好ましいが、才能に関する遺伝子検査を元に子供に過度な期待をかけるなどにより、問題を生じる場合も考えられる。遺伝子検査を適切に受け取るための遺伝学リテラシーが必要になる。

(解決策)

遺伝学リテラシーを浸透させるためには、まず小学校から大学まで、学校教育においてヒト遺伝学の知識とヒトの遺伝的多様性を正しく適切に教えることが重要である。この問題に関して、日本学術会議は、2013年と2014年に、それぞれ学術フォーラムと公開シンポジウムを行ない議論したが(参考5)、一般社会に十分な効果をもたらすには、一層の努力が必要である。また、遺伝学は進歩が早いので、社会に出た人が新しい知識を入手できるようにすることも必要である。専門家向けの本だけでなく、一般向けの良書が望まれる。また、がんについては国立がん研究センターのがん情報サービスがあるように(参考6)、ヒトの遺伝的多様性や遺伝病についてきちんと説明するインターネットのサイトも重要である。一般向けの講演会も役にたつだろう。

高校生物におけるの取り上げ方についても、本分科会で議論を行った。上述のように、色覚異常や遺伝病を題材にすることは、該当する生徒が存在する可能性が高いため、倫理教育を含め総合的な教育体系を確保した上で取り上げるのが適切だろう。従って、教科書での記載は慎重にならざるを得ない。一方、健常人の間にも遺伝的多型が存在することをまず教えるのが有効な教育方法であろう。ヒトゲノム解読以来、SNPs やハプロタイプといった解析が進み、対立遺伝子と形質の関係についての知見が多く存在するため、教科書に記載できる具体例の選択肢は多い。必ずしも社会生活での有利／不利を伴わない、または、ある環境においては不利であっても他の環境においては有利であるような遺伝的な差異がヒトのゲノムに多く存在することを教えるべきである。

知識の普及と並行して、ヒトの遺伝的多様性をどのように考えて受容するか、多様な素質をもつ人々がどのように共生するかを追求し、価値基準を明確にすることも必要である。機械的な平等ではなく、それぞれの遺伝的特徴に配慮した公正さ(参考7)が求められる。遺伝的な相違は血液型のように多型・多様性として扱うという認識が、社会において必須になる。また、ヒトの大部分が遺伝的な疾患の保因者であるという現実も共有すべきだろう。個人の遺伝情報は、当人だけでなく血が繋がった人たちの個人情報であることも認識し、それに合った配慮が求められる。自分の遺伝子については、「知らない権利」も尊重するのが適切と考える。遺伝について悩みを持つ人には、遺伝カウンセラーが広まりつつあり、認定遺伝カウンセラーおよび認定臨床遺伝専門医の一層の養成と支援が望まれる(参考8)。

なお、学術会議には、以前は人類遺伝学分科会があったが、現在ではなくなっている。ヒトの遺伝学の重要性を考えると、人類遺伝学分科会を復活させることも検討すべき事項だろう。

2.2 遺伝子組換え食品

「遺伝子組換え食品」には、遺伝子組換え作物から生産された食品と遺伝子組換え微生物から生産された添加物がある。厚生労働省医薬・生活衛生局食品基準審査課の「安全性審査の手続を経た旨の公表がなされた遺伝子組換え食品及び添加物一覧」（参考9）によると、日本で安全性が確認され、販売・流通が認められているのは、平成29年8月21日現在で、食品8作物・312品種、添加物12種類・28品目である。遺伝子組換え作物には、害虫抵抗性・除草剤耐性的大豆やトウモロコシなど、遺伝子組換え添加物には、 α -アミラーゼやキモシンなどがある。

遺伝子組換え作物についての具体的な議論は、遺伝子組換え作物分科会で行われるべきものだが、遺伝学分科会では遺伝学リテラシーに関連して、議論を行った。遺伝子組換え食品を食することが危険であるという世の中の根拠の多くは誤解から生じている。たとえば、遺伝子組換え食品を食べると、食べた人の細胞で遺伝子組み換えが起きると考える人も多い。また、遺伝子組換え食品の安全性審査が不十分であると考えられる人も多い。どのような遺伝子組換え食品があり、どのような安全性評価を受けているのか、まさにリテラシー不足が問題となっている。遺伝子組換え作物による文化的および経済的な影響も、もちろん考慮する必要があるため、遺伝子組換え食品に関する教育は、より広い視点から行う必要がある。高校・大学における全学生を対象とした遺伝子組換え食品に関する授業・講義が必要である。

遺伝子組換え作物は、自然界に放出されると生態系が変化する可能性があるという観点も重要である。この点については、通称「カルタヘナ法」（参考10）が、遺伝子組換え作物だけでなく、遺伝子組換え生物全般の取り扱いを決め、生物多様性に影響を及ぼすことを抑止している。なお、「カルタヘナ法」とは、2000年1月、生物多様性条約特別締約国会議再開会合において「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書（カルタヘナ議定書）」が採択され、2003年6月に締結されたことを受け、この議定書を日本で実施するために2004年2月より施行されている「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」のことである。

近年話題となっている「ゲノム編集」は、これまでの農作物の育種を大きく変えると予想されるため、早い段階で一般の人々に理解してもらうことが必要である。この技術を使うと、理想的には細胞の中にあるゲノムの標的遺伝子1箇所でのみDNAを切断することができ、その修復過程で当該遺伝子に欠失変異などの変異が生じる。また、修復の際に、改変したいDNA配列を含む標的配列を用意しておくこと、相同組換えによりそのDNA配列を切断部位に挿入すること

ができる。ゲノム編集で最も広く使われている「CRISPR-Cas9 法」では、標的遺伝子の塩基配列に合わせて設計したガイド RNA 遺伝子と Cas9 ノックアウト遺伝子を植物体に導入するが、これらの遺伝子を導入した箇所と標的遺伝子の箇所が異なるので、遺伝子組換え植物の後代植物から、導入遺伝子がゲノム上に存在せず、標的遺伝子だけが改変された植物体を得ることが可能である。このような植物は、変異導入の場合、遺伝子組換えの痕跡が残っておらず、従来の γ 線や X 線などの変異原を用いて作出された植物体と全く同じである。このような農作物が遺伝子組換え作物と同じ規制対象になるのか（プロセスベースの考え方）あるいは、遺伝子組換えの痕跡が残らないので遺伝子組換え作物の規制外となるのか（プロダクトベースの考え方）、現在議論が続けられている。

遺伝子組換え食品を含め、一般国民が食物の安全性などに疑問を感じた時は、厚生労働省のホームページに加え、国立健康・栄養研究所のホームページ（健康食品の安全性・有効性）（参考 1 1）や、国立医薬品食品衛生研究所のホームページ（食品の安全性など）（参考 1 2）が役に立つ。個々の遺伝子組換え食品に関しては、遺伝子組換え食品開発企業が細かいデータを国民に示すのが良いと思われる。

3. 大学の生物学教育について — 遺伝学と分子生物学の教育を中心に —

最近数十年の生物学の発展により、生物の働きを分子・遺伝子レベルから細胞・個体・集団のレベルまで論理的につなげて理解できるようになってきた。そのため、生物学の知識は医療・食物・環境などの問題を理解する基盤として不可欠のものとなり、現代社会においてますます重要度を増している。一方、生物学関連の専門家だけでなく、大学で生物学の教育を受けた人達は、社会の中で正しい知識を広めるために重要な役割を果たす。したがって、大学の生物学教育は、専門教育だけでなく、他分野たとえば文科系の学生にも重要である。現代社会における生物学の役割を考えると、大学生全員に生物学の授業を行い、リテラシーとして習得させる必要がある。

日本学術会議の「生物学分野の参照基準検討分科会」では、大学の生物学教育の参考として、2013 年 10 月に「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 生物学分野」という報告を公表した（参考 1 3）。ところが、遺伝学分科会で議論をしたところ、大学で生物学の教育を行って学生の興味を引き出し能力をつけさせるためには、教育内容の標準が存在するだけでは不十分で、その他にさまざまな問題を解決する必要があるという意見が出た。ここで意見として出た問題点をまとめると、以下のようになる。

(a) 高校において受けた教育の個人差が大きいため、授業のレベルを決めることが困難である。高校で「生物基礎」や「生物」を履修したかどうか、生物を受

験科目として選択したかどうかで、生物学に関する基礎知識と理解度の差が入学時点で特に大きい。

(b)生物学を学ぶ目的に大きな開きがあるので、どこに焦点を当てた授業にするか決め難い。リテラシーとして、あるいは知的興味によって学ぶ文科系の学生から、生命科学系の研究者の基礎を作る学生まで、非常に広い範囲にわたっている。また、将来の進路が決まっていなかったり、大学の専門課程で何を学ぶべきかを模索していたりする学生にも対応する必要がある。

(c)生物学に対するモチベーションの低い学生がかなりいる。生物系の学科でも、学生の一部は、生物学に興味を持っていないが必修科目なのでしかたがないという理由で受講している。モチベーションが低い学生は、多くの場合、生物学の知識が不足していたり、生物と触れる体験が少なかつたりするので、興味を持ちようがない場合が多い。

(d)生物学の学習方法に誤解を持つ学生が多い。生物学では授業で習ったことをひたすら覚えることを勉強と考え、批判的思考ができない。生物学は暗記の科目という先入観があり、論理的・定量的・統計的に考えるという発想がない。

(e)一般的に、大学で学ぶことについて、受動的で消極的な学生が増えている。もちろん、大学入学時から大学の授業に強い興味を持ち、自ら本を読んで広い知識を持っている学生もいるが、授業で興味を持ったことを自分から積極的に調べる学生は非常に少ない。

理科系の学部・学科の教育現場では、生物学を必修科目として設定し、共通の教科書を用いている場合も多くみられるが、上記のような問題により、必ずしもすべての学生に満足できる教育を提供できていないという意見が多い。また、生物学教育においてしばしば直面する問題として、生物学の分野が広いため教科書に記載されている内容が多くなる傾向がある。さらに、共通講義の場合は教務関連の委員会などから均一な教育を担保するようという要請もあるため、ややもすると淡白な詰め込み教育になりがちである。カリキュラムや講義内容にさまざまな工夫を凝らしているものの、前述のように、学生の側があまりに多様であるためにクラス編成や教員構成に困難が多い。

このような状況に対応する方策としては、以下のことが考えられる。

(a)クラス編成を多様化し、習熟度によりクラスを分ける。個々の学生が面白いと思う内容もレベルも異なるので、学生それぞれにあった教育、双方向的な教育を行うべきであり、教員の個性も尊重されるべきである。学生は大学内でレベルの違いが大きいので、同じように教育するのは無理があり、能力別のクラス分けが必要である。

(b)目的別に複数の授業を設定する。特に、初年度の授業では、文科系向け、理科系一般向け、工学部向け、情報系向け、生物系向けなど、生徒の知識・興味

や教育の目的を考慮して、授業を多様化する必要がある。以上の(a), (b)の実施のために授業数を増やす必要がある場合は、担当教員数の増加が必要になる。

(c)モチベーションが問題になる場合は、知識を授けることよりも、まず興味を持ってもらうために身近な話題などを活用して興味を持たせ、おもしろさを伝える教育を重視するべきである。インパクトのある画像や動画（時には実物の生き物）、最新のトピック、未解明の問題の紹介が効果を上げることもある。生物学が人間社会とどのような関わり合いを持っているのか、何が面白いかを説明するのも1つの方法である。ただし、なぜ生物学を教えるか、生物学がどのように役に立つかを説明するのも良いが、役立つことを教える場合は、論理を持った学問の本質から逸脱しないように気をつけるべきだろう。

(d)学生の批判的思考の欠落は、教養課程廃止／削減の影響もあるが、専門の授業で補うことも考えるべきだろう。すでに解明された研究については、研究結果の羅列だけでなく、なぜそのような疑問を持ち、どのようにして解決したのかを説明するのが良い。ただし、生物系を専門とする学生の場合、基礎知識や専門用語など、基本を教えることは不可欠である。問題演習をして理解を深めつつ知識や用語を身につけると、丸暗記より深い理解ができる。

(e)学生の積極的な参加を求めるには、様々な形のアクティブラーニングが考えられる。問題を出してグループごとに解答を発表させ、異なる解答の違いを議論するのも1つの方法である。観察や実習の中から問題を考えさせるのも良い。グループや個人間で競わせるのも良いが、最後にはそれぞれの良いところを指摘しておかないと、かえってモチベーションを下げる恐れもある。授業内容だけでなく、教師と学生の関係作りに配慮することも重要である。

大学では、現在、教育の重要性が強調され、教育の準備や検討により多くの時間をかけることが期待されている。さらに、教員の削減による担当授業時間の増加により、1人の教員が教育のために使うべき時間と労力は以前より多くなっている。その一方で、事務職員の削減等による教員の大学運営関連業務の増大、大学改革のための会議等の時間や手間の増加、外部資金の申請書や報告書作成のための労力増大などにより、実際には授業・演習・実習などの準備や検討に使える時間が今までより減っている教員もかなり多い。求められる生物学教育を達成するために、教育の評価をきちんと行うことや、生物系の教員数を確保することが極めて重要である。

最近十数年の間に中教審答申に従って行われた大学教育の改革と、上記の問題との関連を、考えてみたい。この改革では、各学部・学科の教育目標を設定し、アドミッションポリシーにより選抜され入学した学生を目標レベルまで育てるために、シラバスに各授業科目の教育内容と到達目標を明示し、全授業科目の組織化・系統化を行うという教育課程の整備を行ってきた。また、最近で

は、高校と大学の接続が議論され、学習効果を上げるための技法（アクティブラーニング等）が導入されている。遺伝学分科会で大学の教育に関して話題になったことは、このような制度改革の実行の際に隙間から漏れたことや、教育改革でまだあまり議論されていないことのように思われる。

大学の生物学教育の問題は遺伝学分科会にとって重要な課題なので来期の遺伝学分科会でも引き続き議論するのが良いと考える。特に、上記の(c)～(e)についてはまだ議論が始まったところであり、高校までの教育、大学入試のやり方、教育の方法、大学の授業内容などの、どこをどのように変えれば良いか、さらなる検討が必要である。

4. 大学教員から見た高校の生物教育

社会人の遺伝学リテラシーに関しては、大学の教育とともに高校の生物教育が重要であるとの認識を持った。そこで、高校生物の教科書と、その基本となる学習指導要領を調べたところ、以下のような問題点を見つけた。

問題点の1つは、2009年の学習指導要領改訂により、高校生物の教科書、特に「生物」に出てくる専門用語が多くなり過ぎたことである。それだけでなく、研究結果の平板的な羅列が主体で、どのようにしてその結果が出たかの説明が少ない。論理的・定量的な扱いが減り、統計的な扱いがほとんどない。高校の先生は、教える量が多すぎ、きちんと説明したり実験をしたりする時間がないと言っている。生徒は専門用語を覚えることに多大な努力を強いられるが、その分、生物学の基礎・本質の理解が疎かになる。多くの高校生は、昔から生物という科目は「暗記もの」と考えているが、学習指導要領の改訂により、この傾向が一層大きくなった。このような多量の知識を含む「暗記もの」の教科書なので、大学入試で満点に近い点を取ることが困難になり、ますます生物の選択者が少なくなるという結果を生んでいる。進学校には、以前から理科系の生徒が大学受験のために化学と物理の授業しか選択できない高校があるが、この傾向が加速される。そのために高校の生物の先生が減ることになり、生物リテラシーの習得度がさらに下がる可能性がある。

もう1つの問題点は、現代社会では遺伝学がますます重要になるのに、学習指導要領の改訂により、高校の教科書における遺伝学リテラシーの基盤が非常に貧弱になったことである。学習指導要領から「遺伝の法則」という項目と交配実験による遺伝学を削除したため、生物学の重要な用語である「遺伝子型」、「表現型」、「アレル／対立遺伝子」、「優性／顕性」、「劣性／潜性」という言葉がないか、あっても正確な定義が書いてない教科書が多い。実際の教科書では、「困み記事」などで学習指導要領の欠点を補っているが、不十分な場合が多い。遺伝学関連の重要用語のきちんとした説明が大部分の教科書から消えたことは、

ヒトの遺伝学を含む遺伝学リテラシーの普及にとって大きな障害となる。また、現在の教科書では、ヒトの遺伝学に関する記述も減っている。ヒトに関する記述が少ないのは、保健で教えるからという理由もあるが、成人病や感染症などの問題は、生物学のしっかりした科学的基盤の上に、生物の他の知識との関連性も含めて教える方が良い。

高校の生物教育と学術会議の関連では、以下の2つについても言及すべきだろう。1つは、本年2月8日に日本学術会議の広報・科学力増進分科会による提言「これからの高校理科教育のあり方」が発表されたことである(参考14)。この提言は、一般の国民の科学リテラシーおよび科学に対する興味・関心を高めるために、高校生全員が物理・化学・生物・地学の4領域をまとめた「理科基礎(仮称)」という科目を新設し必修として学ぶというのが、主な内容である。これは、遺伝学分科会の議論と重なる部分もある。遺伝学分科会には、さらに理科の4教科と保健で教える内容全体を見渡して、教科の分け方を再検討する必要があるという意見もある。

もう1つは、学術会議の生物科学分科会から、高校の生物教育における重要用語の選定について、報告が出ることである(参考15)。この報告は、高校の生物教育で使用される用語が膨大になったため、生物は暗記を求める学問という誤解が増えたのを憂慮して、500語の用語を精選して公表するものである。この考えは、上記の遺伝学分科会の考えと一致するものである。

5. おわりに

社会人としての遺伝学リテラシー(特にヒト遺伝学のリテラシー)と大学の生物学教育は、健全で生き生きとした社会を作るための基盤として、どちらもますます重要になる。また、そのどちらにも、高校の生物教育が大きな影響をもつ。この3つは、今後も引き続き調査し、検討するのが必要と考えられる。

6. 参考資料など

(参考1)

「医療における遺伝学的検査・診断に関するガイドライン」日本医学会 2011年2月

<http://jams.med.or.jp/guideline/genetics-diagnosis.pdf>

「母体血を用いた新しい出生前遺伝学的検査に関する指針」公益社団法人日本産科婦人科学会倫理委員会 母体血を用いた出生前遺伝学的検査に関する検討委員会 2013年3月9日

http://www.jsog.or.jp/news/pdf/guidelineForNIPT_20130309.pdf

「ゲノム薬理学を適用する臨床研究と検査に関するガイドライン」 日本人類遺伝学会、日本臨床検査医学会、日本臨床薬理学会、日本 TDM 学会、日本臨床検査標準協議会 2010 年 12 月 16 日

<http://www.jslm.org/others/news/genomics21001203.pdf>

(参考 2)

たとえば、

「『母体血を用いた新しい出生前遺伝学的検査』についての共同声明」 日本医師会会長ほか 平成 28 年 11 月 2 日

<http://jams.med.or.jp/news/042.pdf>

(参考 3)

「一般市民を対象とした遺伝子検査に関する見解」 日本人類遺伝学会 2010 年

http://jshg.jp/news/data/Statement_101029_DTC.pdf

(参考 4)

経済産業省の個人遺伝情報保護ガイドライン

http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/bio/Seimeirinri/H19guideline.pdf

遺伝子検査ビジネス実施事業者の遵守事項

http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/bio/zyunshu.pdf

遺伝子検査事業者選定チェックリスト

http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/bio/pdf/leaflet.pdf

(参考 5)

日本学術会議主催学術フォーラム「初等・中等教育課程における「ヒトの遺伝学」教育の推進と社会における遺伝リテラシーの定着」平成 25 年 3 月 1 日(金)
14:30-17:00 学術会議講堂

日本学術会議第二部会主催公開シンポジウム「初等・中等教育課程における「ヒトの遺伝学」教育の課題と推進方策」平成 26 年 9 月 6 日(土) 14:30-16:30 お茶の水女子大学理学部 3 号館 701 室

(参考 6)

国立がん研究センターがん情報サービス

<http://ganjoho.jp/public/index.html>

(参考 7)

遺伝的特徴に配慮した公正さ

J. Harris & J. Sulston: Nature Review Genetics 5, 796-800 (2004).
"Genetic Equity"

(参考 8)

遺伝カウンセラー養成・支援

日本遺伝カウンセリング学会

<http://www.jsgc.jp/>

特定非営利活動法人 遺伝カウンセリング・ジャパン

<http://www.npo-gc.jpn.org/>

(参考 9)

厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全部の「安全性審査の経
た旨の公表がなされた遺伝子組換え食品及び添加物一覧」

(下記のページの「遺伝子組換え食品及び添加物の安全性に関する審査状況」で
最新の状況がわかる)

[http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/
identshi/index.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/identshi/index.html)

(参考 10)

遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律
(カルタヘナ法)

<http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/about/>

(参考 11)

国立健康・栄養研究所のホームページ

<http://www.nibiohn.go.jp/eiken/>

(参考 12)

国立医薬品食品衛生研究所のホームページ

<http://www.nihs.go.jp/index-j.html>

(参考 13)

報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 生物学分

野」

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h131009.pdf>

(参考 14)

提言「これからの高校理科教育のあり方」

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t224-1.pdf>

(参考 15)

報告「高等学校の生物教育における重要用語の選定について」

(学術会議ホームページに掲載予定)