

中等教育研究開発室年報 第33号 (2020年3月31日発行) 別冊電子版  
2019年度 授業実践事例

理科 高等学校第I学年

遺伝子とその働き—胎児における遺伝子検査—

授業者 樋口 洋仁

(校内研究授業)

広島大学附属中・高等学校



## 高等学校 理科（生物基礎） 学習指導案

指導者 樋口 洋仁

- 日時** 令和元年 12 月 18 日(水) 第5限 13:20～14:10
- 場所** 第2生物教室
- 学年・組** 高等学校 I 年 3 組 39 人 (男子 22 人 女子 17 人)
- 単元** 遺伝子とその働き
- 目標**
1. 日常生活や社会との関連を図りながら、遺伝子とその働きについて理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けている。(知識及び技能)
  2. 遺伝子とその働きに関する観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。(思考力、判断力、表現力等)
  3. 遺伝子とその働きに関する事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度と、生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度を養う。(学びに向かう力、人間性等)

### 指導計画 (全 26 時間)

第一次	遺伝子の本体の構造	6 時間
第二次	遺伝情報の複製と分配	8 時間
第三次	遺伝情報とタンパク質の合成	10 時間
第四次	探究活動	2 時間 (本時 2/2)

### 授業について

PISA や全国学習状況調査などの各種調査では、「理科を学ぶことが将来役に立つ」という項目に対する肯定的回答が校種や学年が上がるごとに下降していくことが指摘されてきた。2017 年 3 月告示の学習指導要領では、理科においても「日常生活と社会との関連」について意識することが明示されている。そこで、近年、諸外国を中心に実践研究が多く報告され、その有用性が指摘されている“Socio-scientific Issues (以下、SSI と略記)”を取り入れた教授方略を提案したい。

“SSI”においては、科学的知識やスキルは単に習得されるものではなく、実社会・実生活の文脈において活用され、さらに実践する (scientific literacy-in-action) ことまでが求められていることが特徴の一つである。

本授業では、「胎児における遺伝子検査」に焦点を当て、「どのように意思決定を行うか」について考える場としたい。生徒たちへの予備調査では、一般企業が提供する遺伝子検査 (DTC) について、「なんとなく面白そうだからやってみよう」という意見が多いものの、病院で行われる医学的遺伝子検査については「自分が知りたくないことまで知ってしまいそうだからやりたくない」、「何かよく分からないから怖い」といった意見が多かった。しかし、そう判断した根拠は、「なんとなく」という漠然とした感覚的なものが中心であった。iPS 細胞やゲノム編集に代表されるように、近年急速にかつ高度に発達しつつあるバイオテクノロジーを用いたゲノム医療は、生徒たちが社会に出て、家庭をもつ頃にはごく当たり前のものとして普及していくことと思われる。ところが、高等学校で「生物」を履修する生徒は極めて少ないため、生物基礎で学習した内容をもとに、遺伝子検査に関する探究活動を通じて、ゲノム医療時代に生きていくための科学的リテラシーを身につける一助としたい。具体的には、「胎児における遺伝子検査」について、ある事例をもとに、遺伝子検査に関する意思決定を行う際に必要な情報は何かを考え、自分が親と同じ立場ならどのような情報を根拠に、何を重視して、どう意思決定するかについて考える教材とした。

## 題 目 胎児における遺伝子検査

### 本時の目標

胎児における遺伝子検査について、嚢胞性線維症を事例に、自分が親だとしたら何を根拠にどう決断するか、科学的事実や倫理的問題といった多様な観点から検討することができる。

### 本時の評価規準（観点／方法）

科学的事実や倫理的諸問題などの必要と思われる情報を取捨選択し、それらを根拠にして胎児における遺伝子検査の是非について自らの考えを導き出して説明している。（思考・判断・表現／ワークシートの記述）

### 本時の学習指導過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点
<b>導入 3分</b> ・前時の想起と問いの確認	○遺伝子検査に関する簡単な復習と本時の問いを確認する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <b>【問い】</b>              あなたがイレーヌとピーターの立場なら、胎児の遺伝子検査についてどのような決断を下すか。また、その決断で最も重視した根拠・情報は何か。           </div>	・各自の理解度や必要に応じて、内容の理解を深めると同時に、自分の意見について根拠をもって示してくるよう前時に指示しておく。
<b>展開 35分</b> ・グループごとに意見交換を行い、根拠や必要とした情報について共有する。 ・共有した情報の重みづけ（順位付け）を行う。 ・時間があればグループをシャッフルする。	○付箋にメリット(赤色)・デメリットやリスク(青色), その他(緑色)を記入し、模造紙に貼っていく。 ○不明な点や分かりにくい点がないかどうかグループで確認しながら意見交換を行う。 ○なぜその情報を重要視するか、理由を明示する。 ○遺伝子検査に対する向き合い方は人によって異なり、その根拠も多様であることを知る。	・根拠や必要とした情報は必ず複数挙げるよう指示する。 ・机間指導しながら、議論の進み具合に応じて、親としてだけでなく、子どもとして、医師としてなど、多様な立場からも考えてみるよう声かけを行う。 ・正解のない問題こそ、多様な視点や立場から考え、複数の視点を持つことの重要性に気付かせる。
<b>終結 12分</b> ・問いについて再度各自でまとめる。	○自分の判断の根拠を複数挙げ、その中で自分が何を最も重視したか確認する。	◎評価: 遺伝子検査に関する科学的事実や、倫理的問題など、多様な観点から自らの考えを導き出して説明している。（思考・判断・表現／ワークシートの記述）
<b>備考</b> 教科書：「改訂 生物基礎（第一学習社）」 副教材：「パフォーマンステキスト 4 遺伝情報とタンパク質の合成」 「スクエア最新図説生物 八訂版（第一学習社）」		

**課題** 以下の文章を読み、あなたがイレーヌとピーターの立場なら、胎児の遺伝子検査についてどのような決断を下しますか？また、その決断にあたって最も重視する根拠・情報は何か？

『親になろうと思っている人は、健康な子どもを望んでいる。彼らは赤ちゃんの健康的な生活のため、あらゆることをしようとする。しかし、正しいことをなすことは必ずしも容易ではない。遺伝子が関与している場合、難しい選択になり得る。

科学者は、ヒトゲノムの謎を解き明かしつつある。疾患のある人とないヒトのゲノムを比較することは、疾患に関連する遺伝的変異を見つけるのに役立つ。いくつかの疾患は、有害な遺伝的変異によって引き起こされることが知られている。フェニルケトン尿症、ハンチントン病や嚢胞性線維症は、単一遺伝子病(メンデル遺伝病)である。ハンチントン病は優性遺伝、嚢胞性線維症は劣性遺伝である。

### 何が嚢胞性線維症を引き起こすのか？

嚢胞性線維症は感染によって起こるのではない。CFTR 遺伝子の遺伝的変異が原因によって起こる遺伝的疾患である。嚢胞性線維症は、ヨーロッパにおいて遺伝的変異による最も一般的な疾患である。

この疾患は、呼吸や消化に大きな問題をもたらす。体内で粘液を作る細胞が正しく働かなくなる。粘液の層が通常よりも厚くなることで、肺をふさいでしまう。また、酵素を膵臓から腸に運ぶ管もふさぐ。嚢胞性線維症の人は、息切れを起こしたり、多くの胸部感染症にかかる。腸における酵素の不足は、食物をきちんと消化できず、栄養不足に陥る可能性がある。

### 嚢胞性線維症の遺伝

嚢胞性線維症の人の多くは子どもを持つことができない。厚い粘液が生殖系に影響を与える。したがって、嚢胞性線維症の赤ちゃんは健康な両親から生まれる。嚢胞性線維症の原因となる遺伝的変異は、劣性である。嚢胞性線維症の子の両親は、優性遺伝子(F)と劣性遺伝子(f)を1つずつもつ(ヘテロでもつ)保因者(キャリア)である。劣性の遺伝子を持つ配偶子同士が受精すると、子どもは嚢胞性線維症となる。

### 遺伝子検査と嚢胞性線維症

イギリス人のおよそ 25 人に1人は、嚢胞性線維症を引き起こす有害な遺伝子をもっており、2500 人に1人の赤ちゃんが嚢胞性線維症である。今のところ、治療法はない。嚢胞性線維症は、生涯にわたって治療の必要な疾患である。

遺伝子技術は、遺伝子疾患に関するより良い決定のための助けになり得るだろうか？嚢胞性線維症の子を出産するほとんどの両親は、自分が有害な遺伝的変異の保因者であることを知らない。大人が自分が保因者かどうか調べることは容易である。遺伝子検査は唾液を試料として行うことができる。これは遺伝子検査の一例であり、遺伝子技術の1種である。

もし家系に嚢胞性線維症の人がいたら、遺伝子検査はよい考えかもしれない。しかし、検査は始まりに過ぎない。もし夫婦が共に保因者であったとしたら、赤ちゃんのために前に進み、挑戦すべきなのか？

## イレーヌとピーターの物語

イレーヌとピーターは子どもを望んでいる。しかし、イレーヌのいとこは嚢胞性線維症である。イレーヌとピーターは彼らの子どももまた嚢胞性線維症になるのではと心配した。二人はともに遺伝子検査を受けた。検査結果は、二人とも保因者であることを示していた。

医師はイレーヌとピーターに、二人の子どもは **25%**の確率で嚢胞性線維症になるであろうことを説明した。これは、**75%**の確率で健康な子どもが生まれてくることを意味している。二人は子どもが疾患にかかるリスクがあることを知った。医師は、リスクの大きさは、それが起こる可能性とそれが起こった場合の結果によると説明した。

このケースの場合、嚢胞性線維症でない子どもが生まれる確率は、嚢胞性線維症である子どもが生まれる確率の3倍である。しかし、彼らは子どもが嚢胞性線維症だった場合の子どもと自分たち自身について考える必要があった。嚢胞性線維症の子どもを育てていくには、より多くの特別な責任が伴うだろう。

いくつかの疑問については科学で説明可能である。例えば、イレーヌとピーターの間に嚢胞性線維症の子どもが生まれるリスクがあるかどうかについてである。しかし、科学では答えられない質問もある。イレーヌとピーターだけが子どもを持つかどうかを決めることができる。彼らは、子どもを産むことに決めた。

## 他の種類の検査

イレーヌが妊婦になったとき、胎児の細胞の遺伝子検査ができると医師から告げられた。この検査では、嚢胞性線維症かどうか分かる。胎児の細胞の検査には、羊水の細胞を検査する羊水穿刺検査 (aminocentesis test) と、胎盤の細胞を検査する絨毛膜絨毛検査 (chorionic test) がある。これらの検査は、われわれに有益な情報を与えてくれる科学の応用である。それらは情報に基づく意思決定を助けるであろう。しかし、他にも考慮すべき要因が多くある。イレーヌは羊水穿刺検査を受けることにした。その結果、胎児が嚢胞性線維症であることが分かった。

<p style="text-align: center;">【図1】 羊水穿刺検査 (「GCSE BIOLOGY」, p.22)</p>	<p style="text-align: center;">【図2】 絨毛膜絨毛検査 (「GCSE BIOLOGY」, p.22)</p>
---	--

## 倫理 — 善と悪 —

イレーヌとピーターは難しい決断を迫られた。妊娠を続けるべきか？それとも中絶すべきか？人は行動の善悪に関する決断を下すとき、倫理的な問題について考える。

イレーヌとピーターは、それぞれの選択の結果を秤にかけなければならない。彼らはそれぞれの選択肢が関係するすべての人にどのような影響を与えるか考えた。妊娠を続けた場合、自分達と子供が直面する困難

について判断しなければならなかった。

ある人々は、嚢胞性線維症は、人の生活の質(QOL)に受け入れがたい影響を与えると考えている。嚢胞性線維症は今のところ完治は不可能であるが、治療法は改善され、平均余命は常に改善している。多くの人が、病気にもかかわらず幸せで充実した生活を送っている。病気そのものよりも、社会の障壁が障害の原因であると考える人もいる。

別の意見として、中絶は悪いことであり、なされるべきでないという人がいる。彼らは胎児に生きる権利があると信じている。個人の信条によって、異なる視点があることだろう。それぞれの選択の結果を比較検討する全員が、同じ決定を下すわけではない。

これはイレヌとピーターがしなければならなかった最も困難な決断である。彼らは、妊娠を続け、彼らの子どもを産み育てる決心をした。

### 遺伝子検査の結果は常に正しいのか？

どの遺伝子検査にも、誤った結果が出る可能性がある。これは検査の実用上の限界があるからである。偽陰性では、有害な遺伝子変異が存在したとしても、その存在を検出できない。また、偽陽性では、有害な遺伝子変異が存在しないにもかかわらず、存在するような結果となる。

遺伝子検査を利用し、その結果を基に行動する場合は、誤った結果が出るリスクを考慮しなければならない。

### 何ができる?何をすべき？

イレヌとピーターは大変難しい選択に直面した。医師が異なる選択肢を勧めてきたのである。それは着床前遺伝子診断(PGD)であった。

卵は母体の卵巣から取り出され、検査室で父親の精子と人工授精される。3-6日目胚になると、それぞれの胚から細胞を取り出す。細胞は遺伝子変異がないかを検査される。遺伝子変異のない胚が選別され、母体の子宮に戻され、着床する。もし成功すれば、子ども(さらにその子ども)は遺伝子変異と無縁になる。

しかし、PGDには以下のようなリスクがある。

- ・卵を集めるのは難しく、女性にとって不快である
- ・受精や着床は常に起こるわけではない
- ・胚から細胞を取り出すと、その胚が弱る場合がある
- ・遺伝子検査で正しくない結果が出る可能性がある

良い胚を選別し、他を廃棄することは良くないと議論がある。あなたはどうか考えるのか？科学は様々なことを示唆することができる。しかしこのことは、常に正しいという意味ではない。この分野の選択に、安易な選択肢というものはないのである。

「How can and should gene technology be used?」, 『GCSE BIOLOGY』, 2016.(樋口訳出)

○あなたの考え（根拠・情報を複数挙げること）

○あなたが最も重視した根拠・情報は何か。

○他の人の意見

I 年 組 番 ( )

## 実践上の留意点

### 1. 授業説明

本授業では、「胎児における遺伝子検査の可否」に焦点を当て、「どのように意思決定を行うか」について考える場とした。生徒たちへの予備調査では、一般企業が提供する遺伝子検査（DTC）について、「なんとなく面白そうだからやってみたい」という意見が多いものの、病院で行われる医学的遺伝子検査については「自分が知りたくないことまで知ってしまいそうだからやりたくない」、「何かよく分からないから怖い」といった意見が多かった。しかし、そう判断した根拠は、「なんとなく」という漠然として感覚的なものが中心であった。iPS細胞を用いた再生医療や、ゲノム編集に代表されるように、近年急速にかつ高度に発達しつつあるバイオテクノロジーを用いたゲノム医療は、生徒たちが社会に出て、家庭をもつ頃にはごく当たり前のものとして普及していくことが予想される。ところが、高等学校で「生物」を履修する生徒は極めて少ないため、生物基礎で学習した内容をもとに、遺伝子検査に関する探究活動を通じて、ゲノム医療時代に生きていくための科学的リテラシーを身につける一助とするための教材研究を行った。具体的には、「胎児における遺伝子検査」について、ある事例をもとに、遺伝子検査に関する意思決定を行う際に必要な情報は何かを考え、自分が親と同じ立場ならどのような情報を根拠に、何を重視して、どう意思決定するかについて考える教材とした。

### 2. 質疑応答

Q：扱う内容が非常に配慮を要するものであると思われるが、実際に生徒・保護者への配慮はどのように行ったか。

A：具体的な予備調査等を行っていない。扱った内容が、嚢胞性線維症という、日本では極めてまれな疾患ではあるが、実際に日本にも嚢胞性線維症の患者が数十名いることにも触れながら、縁遠すぎず、近すぎない例を意識して授業を行った。あるクラスでは、授業後に生徒本人から自分の弟が第13番トリソミーで亡くなったことを話しに来た。保護者に連絡を取ったところ、家庭で改めてそのことを話すきっかけになったことや、ご自身は同じ悩みを持つ母の会に参加し、時間はかかったが克服してきたこと等をお話いただくことができた。また、このようなテーマを授業で扱ったことに対し、もっと生徒にも知る機会を与えてほしいと賛同の言葉を頂いた。本実践を通じて、扱う疾患や説明には十分な配慮を必要とすること、「正答」は存在せず何を判断基準とするかは人それぞれであることを繰り返し強調すること、パートナーをはじめとする家族との十二分な話し合いの場の必要性や、悩みを共有する「保護者の会」の存在など、取り入れるべき視点を新たに得ることができた。

Q：ロールプレイのような形式でもできたのではないか。

A：看護系をはじめとする大学教育においては、実際にロールプレイを用いた授業展開が数多く報告されている。また、高等学校では、専門家による出前授業の実践報告がある。本時の授業では、内容理解を深めることよりも、まずそのような状況があることを知り、意思決定のためにどのような情報が必要かについて考えることに重点をおいたため、ロールプレイの実施について検討はしたものの、実施には至らなかった。今後の展開として、知識構成型ジグソー法との組み合わせによるロールプレイの実施について検討したい。

