

# 目次

● 今回のテーマ「ミライの生命」	6
● 研究員のみなさんへ	7
● 未来研究所での研究の進め方	7
● 未来研究所への、今回の依頼内容	8
● WORK SHEET	9

## SECTION

# 1

遺伝子検査実験	20
● STEP1 マイクロピペットの練習	24
● STEP2 遺伝子検査実験 (前半) - 制限酵素による DNA の切断	26
● STEP3 DNA 抽出実験	30
● STEP4 遺伝子検査実験 (後半) - DNA の電気泳動	38
● STEP5 あなたが遺伝子検査を受けるとしたら	40
● WORK SHEET	43
● SECTION1 のねらい	49

## SECTION

# 2

遺伝子検査の社会問題分析	50
● STEP1 分析する記事を選び、「良い影響」「悪い影響」を書いてみる	52
● STEP2 「良い影響」「悪い影響」のアイデアをたくさん書き出す	60
● STEP3 書き出したアイデアをカテゴリーに分類する	62
● STEP4 模造紙にアイデアのマップを作る	64
● STEP5 最も重要な「良い影響」「悪い影響」を決める	66
● STEP6 チームごとに発表する	68
● WORK SHEET	69
● SECTION2 のねらい	73

## SECTION

# 3

<b>あなたはどうか決断するか</b> .....	74
● STEP1 当事者になりきり、はじめの決断を試みる .....	76
● STEP2 アリスとしての決断を詳しく話し合う .....	80
● STEP3 リディアとしての決断を詳しく話し合う .....	81
● STEP4 アナとしての決断を詳しく話し合う .....	82
● STEP5 もう一度、決断を試みる .....	83
● STEP6 チーム内で発表する .....	84
● WORK SHEET .....	85
● SECTION3 のねらい .....	97

## SECTION

# 4

<b>ゲノム医療の未来</b> .....	98
● STEP1 未来の「分岐点」を2つ決める .....	100
● STEP2 4つの「未来シナリオ」を作る .....	102
● STEP3 4つの「未来シナリオ」の現実性を評価する .....	104
● STEP4 望ましい未来を考える .....	106
● STEP5 結論をまとめる .....	108
● STEP6 発表用模造紙を作成する .....	109
● STEP7 チームごとに発表する .....	112
● WORK SHEET .....	113
● SECTION4 のねらい .....	117

## 今回のテーマ 「ミライの生命」

現在、「ゲノム医療」という新しい医療技術が急激に発達してきています。

ゲノムとは、1人の人間の全ての遺伝情報のことで、これを利用した医療がゲノム医療です。

「将来の病気のリスクや、自分の持っている才能までも分かると言われていた遺伝子検査」「iPS細胞による再生医療」などがあり、少し前はサイエンス・フィクションの世界の技術だったものです。

こうした技術は、健康、医療、出産など、誰もが関わることに使われるため、未来には誰もが当たり前のように利用するようになっていくと考えられています。

しかし、単に便利になっていくだけなのでしょうか？ 科学の発達は、「公害」など、新しい問題の原因になることもあります。

また、「生命」に関する判断は、テストの答えのように唯一の正解がある、というものではないかもしれません。

たとえば、「赤ちゃんの遺伝子を変更することができる」としたら、それは許されると思いますか？

共通のルールを作るための議論が必要なことは間違いありませんが、何をもって、その良い悪いを議論すればよいのでしょうか？ 理系や文系を超えた思索が必要なように思います。

今回は遺伝子検査を中心にゲノム医療について話し合い、これからの未来の生命の問題について考えを深めていきます。

ゲノム医療以外でも、諸分野（たとえば情報技術や人工知能など）でテクノロジーの進歩が加速している現代、こうした理系や文系を超えた「テクノロジーの発達によって生まれた新しい問題」「未来に待ち受けるだろう問題」について考え、判断する能力は、一生涯に渡って役立っていくでしょう。

## 未来研究所への、今回の依頼内容

「遺伝子検査」のニュースを見ました。

自分の将来かかる病気や、かくれた才能が分かるなんてすごい!と思い、興奮しました。私も受けて、遺伝子検査で自分の将来を決めたいです。

これからは、国民全員が健康診断のように遺伝子検査を受けるようにすれば、みんなが幸せになれる社会になるのではないかと思います。

ニュースでは、「倫理的な問題がある」と言っていましたが、倫理の問題というのがどういうものなのか、それが大事なことなのかどうか、よく分かりませんでした。

私は、これから発展していくに違いない遺伝子検査に関われる仕事につきたいと考えています。具体的に考えたいので、10～20年後くらいには遺伝子検査がどう発展して、どんな社会になって、どんな仕事があるのか、教えてください!



神奈川県 横浜市  
高校1年生 (16歳)

## WORK SHEET

# 依頼への回答 (はじめ)

はじめに、今もっている「知識、考え、経験」をできるだけ使って、左ページの依頼に答えてみてください。

はじめの疑問：

依頼に答えるために、知りたいと思うことを書いてください。

## WORK SHEET

# 分割した依頼に答える

(各セッション終了後に記入してください)

### SECTION 1

遺伝子検査で自分の将来を決めてもよいか？ その人の何が分かって、何が分からないか？

今の段階では、うまく文章にできなくてもよいので、思い浮かぶ「キーワード」「単語」をできるだけたくさん考えて書いてください

### SECTION 2

遺伝子検査を国民全員が健康診断のように受けるようになったら、みんなが幸せになれる社会になると言ってもよいか？ 個人や社会全体にどのような影響があるだろうか？

今の段階では、うまく文章にできなくてもよいので、思い浮かぶ「キーワード」「単語」をできるだけたくさん考えて書いてください

# WORK SHEET

## 研究活動の自己評価

(各セッション終了毎に、自己評価してください)  
しゅうりょう

目標	セッションごとに ×△○○で評価	その評価になった具体的な理由 評価が良くなった場合の理由など <small>(この欄は最後のみ記入)</small>				
Collaboration チームに貢献する <small>こうけん</small>	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	
1	2					
3	4					
Communication よく話し、よく聞く	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	
1	2					
3	4					
Content 新しい知識に興味をもち、 理解しようとする	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	
1	2					
3	4					
Critical thinking 根拠・理由のある答えを 出す <small>こんきょ</small>	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	
1	2					
3	4					
Creative innovation 新しいアイデアを生み出す	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	
1	2					
3	4					
Confidence 失敗を怖れず自分から 行動する <small>おそ</small>	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	
1	2					
3	4					

# 遺伝子検査の社会問題分析

## 目的（常に意識しておくこと）

遺伝子検査の普及は個人や社会全体にどのような影響を与えるか、良い影響、悪い影響の両面から考え、その中でもとくに何が重要かを考える

## ゴール（これができたら完了）

「分析結果 1, 2」(P69, 71) に、最も重要だと考える「良い影響」「悪い影響」と「その理由」が埋められている

Good	Very Good	Excellent
<input type="checkbox"/> 「影響」を良い／悪いの両面からバランスよく書き出せている <input type="checkbox"/> 書き出した「影響」をカテゴリーに分類して名づけることができている <input type="checkbox"/> 書き出した「影響」のうち、重要なものが何か、しぼりこんでいる	<input type="checkbox"/> 「影響」をチームで 20 個以上書き出せている <input type="checkbox"/> 「影響」の間の関係が図示されている <input type="checkbox"/> 重要な「影響」をしぼりこみ、その理由を考えることができている	<input type="checkbox"/> 「影響」が、個人・社会・現在・未来の各観点から、おむね洗い出されている <input type="checkbox"/> 「影響」の間の関係が、第三者に理解可能な表現で図示されている <input type="checkbox"/> 重要な「影響」を、大きな説得力のある理由をともなってしぼりこんでいる

目安時間 150 ～ 200 分

準備するもの（チーム毎）  
 ・付箋 1 セット（3 色；青・黄・緑）※ 7.5 × 7.5 cm 推奨  
 ・サインペン 人数分 ・A4 用紙 10 枚程度 ・模造紙 1 枚  
 ・メンディングテープ 1 個 ・水性マーカー（黒・赤・青）



## STEP

計 150 ~ 200 分

- 1 分析する記事を選び、「良い影響」「悪い影響」を書いてみる

30 ~ 40 分 ※個人の事前課題にしてもよい
- 2 「良い影響」「悪い影響」のアイデアをたくさん書き出す

10 ~ 15 分
- 3 書き出したアイデアをカテゴリーに分類する

15 ~ 20 分
- 4 模造紙にアイデアのマップを作る

20 ~ 30 分
- 5 最も重要な「良い影響」「悪い影響」を決める

30 ~ 40 分
- 6 チームごとに発表する

45 ~ 55 分

# STEP 1

目安時間  
30～40分

## ぶんせき 分析する記事を選び、「良い影響」 「悪い影響」を書いてみる

### 手順

- 遺伝子検査に関連する3つの記事(P54～59)の中から、各チームで担当する記事を1つ決める(クラス全体では、あとで分析結果を教えあえるように、できるだけ担当がばらけるようにする)
- 各個人で記事を読み、「分析結果1」(P69)の「初見の答え」に、「良い/悪い影響で最も重要なものと、その理由」を書く

病気の予見を目的 とした遺伝子検査  _____ _____ _____ _____ _____	市販遺伝子検査  _____ _____ _____ _____ _____	着床前遺伝子検査  _____ _____ _____ _____ _____
(P54, 55)	(P56, 57)	(P58, 59)

### ポイント

- ・記事を読むとき、「良い/悪い影響」と思うところに色分けして下線を引いておくと、STEP2をすすめやすい
- ・分からない言葉や意味が分からないところにチェックをつけておき、後で調べたり、質問したりして、分からない部分を無くしておく

### オプション

- ・用意した3つの記事ではなく、本、新聞、Webなどから最新の記事を探して使ってもよい。以下のような記事がよい。
  - 新しい: 新聞やWebの利点は、最新の情報が手に入ること
  - 社会とのつながり: 単なる技術の話で終わらず、社会にどのような影響があるか語られているもの
  - 多様な視点: 賛成論調の記事、反対論調の記事、いろいろあった方がよい

### 情報

- ・遺伝子検査には目的に応じて多くの種類があり、ここに挙げた3つの記事以外のものもある
- ・市販遺伝子検査は医療機関ではない企業などが行うもので、日本においては、病気の予見を含む医療的な診断を行うことはできない

## 病気の子見を目的とした遺伝子検査

### 1. 背景説明

「遺伝子検査」とは、その人の DNA の遺伝情報を調べ、病気のかかりやすさや体質などを調べる検査のことである。ただし、もともとの「遺伝子検査」とは、食中毒が起こったときに原因の病原体が何かを調べる検査(病原体遺伝子検査)や、がん細胞で変異した遺伝子を調べる検査(体細胞遺伝子検査)などのことであり、病気のかかりやすさなどを調べる検査のことは正確には「遺伝学的検査」という(本冊子では、日常的な言葉の使い方にない、「遺伝学的検査」も「遺伝子検査」と呼ぶことにする)。

遺伝子検査が世間に広く知られるきっかけになった出来事がある。米国ハリウッドの有名女優であるアンジェリーナ・ジョリーが、「乳がん」にかかるリスクを下げるために、遺伝子検査の結果に基づいて乳房切除の手術を受けたことを公表したのだ(2013年)。この手術によって、将来「乳がん」にかかるリスクは90%下がるといわれていた。その2年後には、「卵巣がん」になるリスクを下げるため、卵巣も摘出した。世界的に有名な女優が、病気予防を理由に健康な身体への手術を希望して、乳房を切除した、ということに世界中は驚き、手術への賛否を問う議論がおこった。

彼女に切除手術を決意させたのは、BRCA1という遺伝子の変異(正常な遺伝子配列と違う配列をもつ部分のこと)だ。この変異がある白人女性では、生涯で乳がんになる確率は87%、卵巣がんになる確率は50%になるという統計がある。アメリカでは変異が見つかった人の1~2割が切除手術を受けるという。

全ての乳がんが遺伝性というわけではないが、5~10%が遺伝性といわれており、日本の遺伝性乳がん・卵巣がんの年間発症者は7000人超との推計もある。日本でこの遺伝子検査があまり普及していない理由として、検査料金が高額(30万円前後)であるうえ、公的保険の適用外であることがあげられる。がん発症の予防を目的とする乳房切除と乳房再建手術ももちろん保険適用外で、切除手術では75万円程度、再建手術を含めた場合だと150~500万円の費用となる(両乳房を手術した場合)。

しかし、医療目的での遺伝子検査の保険適用を目指す動きもある。国立がん研究センター中央病院は、患者のがん関連遺伝子114個(この中には、遺伝性乳がん・卵巣がんの遺伝子検査であるBRCA1とBRCA2が含まれている)を一度に調べる遺伝子検査(約67万円)について、保険適用を目指している。

### 2. 賛成意見：医学の研究者・男性(27歳)

私は、病気の子見を目的とした遺伝子検査が、これからどんどん普及していった方がよいと思う。これまで病気とは、「かかってから治すもの」だった。しかし、がんなどの致死的な病気では、「かかってから治す」のでは手遅れ、ということも少なくない。日本人の死因の第1位は「がん」であるが、これは、「結局かかってからでは治せない」ということを意味するのではないだろうか。病気になる前に、病気のなりやすさを知り、その対策を打つ、という「予防医療」という考え方は革新的だし、病気になる人が少なくなれば、国の医療費も減るだろう。

<解析費用が下がり、国民のゲノム解析が可能になる>

遺伝子検査の費用がかなりの高額であることに驚いた人もいると思うが、この状況は今後変わってくると思う。

2003年にはじめてヒトゲノム(全ての遺伝情報)を解析したときは、3500億円が必要だった。現在、アメリカのイルミナ社の最新機器では、100ドル(約1万円)で解析ができるという(2017年1月発表の製品)。医療用の検査では遺伝情報を解析するだけでなく、がんリスクの診断や、医師やカウンセラーの人的費用も含まれているため単純に費用を比較できないが、今後下がることは間違いない。

アメリカでは、米国立衛生研究所(NIH)が4つの大学病院に委託して、「新生児全員を対象にゲノム配列を解析すること」の、医学的・行動的・経済的・倫理的な意味と影響を調べる研究を始めている。ゲノム配列を解析する費用が下がり、こうしたことを国の政策として行うことが現実的な話になってきたことが、この研究の背景にある。

もちろん、国民の遺伝子検査を行うことには様々な問題も起きそうだが、利点があることは明白だ。誰もが将来の遺伝性疾患(遺伝性のがんなど)のリスクをあらかじめ知ることができるようになり、早期発見が命を左右するような病気を直ちに治療することが可能になるだろう。

<医学研究が加速度的に進む>

遺伝子検査やゲノム配列解析が普及すると、大勢の人のデータが得られ、このデータが医学研究を加速度的に進めるだろう。現在は、ある遺伝子の一箇所の変異が原因で病気になるような単純なケース(いわゆる遺伝性疾患)については遺伝子と病気の関係がある程度分かるようになってきたが、その他のほとんどの病気は遺伝子とどう関係しているのか、まだまだ分かっていないことが多い。その理由は、体質にしろ病気にしろ、非常に多くの遺伝子が関係していて、研究が難しいからだ。

しかし今後、そのような複雑なケースでも遺伝子と病気の関係が分かるようになってくるのではないだろうか。たとえば、大量のデータを使って、「高学歴遺伝子」を発見した、という研究がある。南カルフォルニア大学の研究チームは、約30万人のゲノム情報の中から、学業の成績と関係する遺伝情報を74箇所発見したという(2016/5/11 ネイチャー誌)。