

遺伝子技術のゆくえと<いのち>の現在

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2012-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松田, 純 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/6711

遺伝子技術のゆくえと〈いのち〉の現在

松田 純

本日は、遺伝子と医療の問題を中心にお話しさせていただきますが、この問題は一九八〇年代から出てきており、私も九五年ごろから授業などで話していますし、このような公開講座でも何回か取り上げてきました。ただ、非常に進歩が激しく、昔の話は通じませんので、最先端の動きを見すえながら考えていきたいと思えます。

私たちの持つ遺伝子の全情報、三〇億対の塩基配列をすべて解読し、それを医療に役立てようという「パーソナルゲノム時代」が到来し、薬の処方が大きく変わります。最初に取り上げるのは、このファーマコジェノミクス (Pharmacogenomics) です。次に、消費者に直接販売する遺伝子検査ビジネスを取り上げます。これまでは医師から勧められて病院を通じて遺伝子解析をしていましたが、病院や医師を通さずにインターネットで遺伝子解析をする時

代が来ています。最後に、遺伝子操作、生命操作に話を広げ、いのちの在り方について考えてみたいと思います。

パーソナルゲノム時代の到来

個人の全ゲノムを解析して体質診断を行い、それを治療方針、予防対策、保健指導に役立てる時代になってきました。その歴史的背景からお話しします。

私たちの体は六〇兆の細胞できていますが、その元はたった一つの受精卵から始まっています。父親と母親から遺伝子を受け継いでいるわけですが、六〇兆の細胞すべての核のなかに三〇億対の塩基が入っています。これをゲノムと言います。それをすべて読んでしまおうという壮大なプロジェクトが展開されました。一九九〇年にアメリカ

が始め、後に国際的プロジェクトに発展した「ヒトゲノム計画（ヒューマン・ゲノム・プロジェクト）」です。これが提唱されたときには、そんな途方もないことができるのか、二一世紀をかけても解読が終わらないのではないかという声すらありました。しかし、シークエンサーという塩基配列解析装置の進化によってどんどんスピードアップし、二〇〇〇年に、当時のクリントン大統領から、粗っぽい読みが終わったことが発表されて、予定よりはるかに早く、それでも一三年間かけて、二〇〇三年に完全解読がなされました。金額がいくらかかったのかは正確には分かりませんが、数千億円という宇宙開発に匹敵するような巨額の研究費をかけて、ヒトの遺伝子を全部読んだのです。日本も相当お金をを出しています。

ここから遺伝子研究が加速していきます。遺伝子は一人一人違うのですが、人間であればAGCT（アデニン、グアニン、シトシン、チミンという四種類の塩基）の並びは九九%同じです。基本が分かったのですから、それを基本にして病気の遺伝子が発見され、それと前後して、一つの遺伝子の変異によって引き起こされる先天性の遺伝病もどんどん発見されていきます。さらに、遺伝子多型（SNPs）の研究が進みます。それが一個違っているからといってす

ぐに病気になるというわけではないけれども、病気になりやすい体質の発見によって、生活習慣病の研究が進んでいきます。心筋梗塞、脳梗塞、高血圧、糖尿病などは、誰もがなるかもしれない病気です。ですから、これまで遺伝医療というと先天性や遺伝性の難病が問題でしたが、誰もがかかる可能性のある病気に目が向けられ、今やすべての人が遺伝医療と向き合わざるを得ない時代が来たということです。

ゲノム・シークエンサーが驚異的なスピードアップを遂げ、今は解析に五〇万円かかっていますが、間もなく一〇〇〇ドル時代が来るといわれていて、一〜二年たてば、あつという間にまた別の話が出てくると思います。

遺伝子研究・遺伝医療の急速な進展

遺伝子と医療の問題について、十数年前と今とで、状況がどう違っているかを表にしてみました（表1）。遺伝子研究や遺伝医療の急速な進展によって、一言で言えば、単一遺伝子の確定診断から多因子疾患の予測へとテーマが移動してきたといえます。

†単一遺伝病の確定診断

かつては筋ジストロフィーやハンチントン病など、遺伝子のある一ヶ所に変異が認められると発症する病気がターゲットでした。遺伝子診断で、ある病気にかかることがほぼ確実に予測できるが、現代の医学では治せないという病気があります。九〇年代ぐらまでは遺伝医療の倫理では、よくこうした問題が出てきて、検査で病気が分かっても治せない、そんな病気であることを知ってどうするのかと議論されていました。われわれが病気になったときに血液検査等をするのは、原因を確定して治療に結び付けるためですが、こうした病気の場合、治療法がないのに高い確率で診断が出るというアンバランスがあるわけです。

遺伝子診断技術の進展に比べると、遺伝子治療はあまり進んでおらず、診断は確定的なのに、それに対する治療法がありません。そうすると、そうした病気の遺伝子を持っていることが漏れると、いろいろと問題が出てきます。就職にも不利ですし、結婚も断られるかもしれません。保険加入の際も、(日本の場合は国民皆保険なので少し違います)アメリカでは民間保険会社を選んで契約するため、例えばお父さんがハンチントン病で亡くなって、自分も遺伝子を引き継いでいる可能性があるので不安になり、医療保

険に加入しよう

として保険会社

に申し込むと、

遺伝子検査を義

務付けられま

す。私が見たテ

レビ番組では、

四〇代ぐらいの

娘さんが、「治

せない病気の遺

伝子を、自分は

父親と同様に

持っているかも

しれない。そん

な未来を占う水晶玉など要らない」と言って遺伝子検査を

拒否していました。そうすると保険に入れないので、病気に

なったときには一〇〇%医療費を払わなければなりません。アメリカの医療費は、日本と比べると非常に高いので、

これは大きな社会問題になってきました。

日本でも、健康保険ではありませんが、生命保険契約に含まれていた高度障害保険金を申請したが、遺伝性の疾患

表1 遺伝子と医療の問題に関するテーマの移動

単一遺伝病の確定診断	多因子疾患の予測
<ul style="list-style-type: none"> 単一遺伝子の変異でほぼ確実に発症を予測することのできる発症前検査(例)ハンチントン病:一か所の遺伝子の変異によって病気が発症。環境をどう変えても、30代~40代には発症。現在、治療法がない不治の病→不安 倫理問題:遺伝子による差別(結婚、就職、保険加入など) 	<ul style="list-style-type: none"> 多因子疾患(生活習慣病、よくある病気 common disease)にかかりやすい遺伝的体質かを調べる。病気にかかるリスクを予測する検査 多くの遺伝子に関係している 発症の確率予想 環境(食生活や生活スタイルなど)の影響も大きい 遺伝子多型→自分の体質を知って、予防に役立てる。予知医療 倫理問題:個人のゲノム情報をどう保護するか 全ゲノム解析→思いがけない病気(またはその体質)を発見することも

であるという理由でもらえなかった人がいて、裁判も起きています。このような差別問題も起きるので、遺伝子検査の結果は非常に重大な情報であり、一般の情報と一緒に扱えないという考えがありました。

こうした問題は終わったわけではなく、今も依然として続いています。イギリスでは、ハンチントン病を保険でどうするかということが国でも議論され、やはり遺伝子検査が議論されています。また、ドイツが二〇〇九年に制定した法律では、三〇万ユーロ（約三〇〇〇万円）を超える保険に加入する場合は保険会社が遺伝子検査を求めてもよい、それ以下のものについては求めてはいけないという線引きをしています。保険も成り立たなければならぬということがあるので問題は難しく、今も終わったわけではありません。しかし、今大きくなってきたのは、多因子疾患の予測に関する問題です。

†多因子疾患の予測

多因子ということとは、原因が複数あるということです。例えば心筋梗塞の場合、LDLレセプター（コレステロールの受容体）に関係する遺伝子など、幾つかの染色体上にばらばらにある遺伝子の何ヶ所かが関係しています。一ヶ

所の塩基が違うから直ちに糖尿病になるとか、あるいは心筋梗塞が起きるといわけではないので、「多因子疾患」といいます。これは誰もがかかるかもしれない、日本で生活習慣病といわれているような病気です。かかりやすい遺伝的体質かどうかを調べたり、病気にかかるリスクを予測する検査をして、「あなたは普通の人より何倍この病気にかかりやすいですよ」というように発症の確率を予想することができます。

多因子疾患については、必ずその病気になるわけではなく、食生活、運動、喫煙、飲酒などの生活スタイルによって発症リスクが変わってきます。遺伝子多型から体質を知って予防に役立てることを、予知医療、あるいは予防医療、予測医療といいます。単一遺伝病の場合は、病気を引き起こす遺伝子の存在を知っても、治療できないことが多いですが、多因子疾患の場合は、リスクを早めに知り、早めに対策を立て、生活に気を付けることができるという点で、役に立つところがあります。

ただ、全ゲノムを読んでもしまうと、ある意味ではすべてが分かることとなります。今はまだ研究の途上ですが、これからどんどん病気に関係する遺伝子が発見されてきますので、将来はとんでもないことが分かるかもしれません。

思いがけない病気、またはそれに至る体質を発見することになるかもしれない。これは今まで人間が経験したことがないことです。

例えば、ハンチントン病などは病気の遺伝子の場所が分かっている、そこだけを検査するのですが、全ゲノムとなると、自分の身体・精神を規定している遺伝子すべての情報ですから、科学が進めば、もっと先にとんでもないことが分かってくるかもしれません。中には生活習慣を変えれば何とかなるというものではない病気も混じって、分かってくるかもしれません。

↑ 易罹患性検査・遺伝子多型

学会のガイドラインにのっている用語説明を見ると、易罹患性検査とは下の囲みのようになっています。確率的なので、結果が陽性でも必ずしも病気になるとは限りませんが、陰性でもその病気にならないとは言いきれません。例えば糖尿病の原因はほかにもいろいろありますので、扱いが難しいということです。

また、遺伝子多型とは、「ある遺伝子座において、塩基配列の異なるところが複数存在

【用語解説】 易罹患性検査

- ・単一遺伝子病に比べて、浸透率あるいは個々の遺伝子の表現型に及ぼす効果がそれほど高くはない疾患（癌、心臓病、糖尿病など）についての予測的遺伝学的検査。
- ・確率的なので、結果が陽性でも、罹患するとは限らないし、陰性でも罹患しないとは言いきれない。
- ・臨床応用には、この検査の感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率などが問題になる。

（遺伝医学関連学会「遺伝学的検査に関するガイドライン」2003）

【用語解説】 遺伝子多型

- ・ある遺伝子座において、塩基配列の異なるところが複数存在する。
- ・普通、その遺伝子多型が直接遺伝病の原因と結びつくことはない。
- ・1塩基置換による遺伝子多型（single nucleotide polymorphisms: SNPs）が多因子病の発症リスクと関連する。
- ・現在、多因子疾患の病態解明のために遺伝子多型解析研究が進められている。

（遺伝医学関連学会「遺伝学的検査に関するガイドライン」2003）

する」ということで、普通、その遺伝子多型が直接遺伝病の原因と結びつくことはありません。single nucleotide polymorphisms を略して「SNPs」と呼んでいます。これが現在の遺伝子研究、遺伝医療の焦点になっています。

↑ ファーマコジェノミクス (Pharmacogenomics : PGx)

次は薬関係のお話です。Pharmacogenomics (PGx) は Pharmacology (薬理学) と Genomics (ゲノム学) を合わせた造語で、薬理ゲノム学、またはゲノム薬理学と訳します。これは非常に新しい研究です。

皆さんもいろいろ薬を飲んだことがあるでしょうし、今も飲んでいらっしゃる方がいらっしやると思います。薬というものは、だいたいこんな病気にはこの薬ということで販売されているのですが、個人個人で効き方が違います。ところが、今の処方を見ていると、大人なら食後一日三錠などと決まっています。これは、実はアバウトなのです。薬効（薬の効き方）にはかなりの個人差があり、喘息の薬の非有効率は四〇〜七五%です。また、うつ病の薬は二〇〜四〇%、高血圧の薬は一〇〜七〇%効きません（表2）。非常に幅があります。厳しい臨床試験を通過し、効くという実証が得られてから、医薬品医療機器総合機構（PMDA）の審査を経て、厚生労働大臣の承認を受けて発売され、保険が適用されている薬でも、こんなに差があるのです。

それはなぜかという点、一人一人の遺伝子の違いから、飲んだ薬を受け止める体質が違うからです。また、薬は肝臓で代謝されますが、その代謝能力も人によって違います。これは一般的に薬を代謝する能力が低いという話ではなく、ある人はこの薬の代謝能力はあるけれども、こちらの薬の代謝能力はないというように、個別的なことです。

それぞれの薬について薬物応答性に違いがあり、効きやすい人（good responder）、効き目の低い人（poor

responder）、まったく効かない人（non responder）など、いろいろな段階があります。これは非常に個体差が大きく、その要因の一つに遺伝的な要素があると

いうことがだんだん見えてきました。

現在の薬の処方は、「とりあえず型」です。病院に行くと、「この薬を出しておきますから、様子を見て、また一週間後に来てください」と言われたりします。この症状であればこの薬ということがだいたい決まっています。この症状であれば、人によってはおそらく効かず副作用だけが出るかもしれないので、一週間飲んでみて、効き目や副作用のことを患者に聞いて、問題があれば処方を変えるということです。ですから、今は手探りなのです。これをhit-or-miss-approachというのですが、私はこれを「当たるも八卦・当たらぬも八卦医療」と訳しています。

しかし、この先、時代が進むと、「昔はこんなことをやっ

表2 薬剤の非有効率（低効果あるいは無効の割合）

疾患名	非有効率（%）
ぜんそく	40～75
がん	70～100
うつ病	20～40
糖尿病	50～75
消化性潰瘍	20～70
高脂血症	30～75
高血圧	10～70
偏頭痛	30～60
関節リウマチ	20～50
統合失調症	25～75

（出典）中村祐輔「ゲノムが医療を変える」矢崎義雄「医の未来」岩波書店、2011

ていたのだな」と言われる時代が来ると思います。遺伝子で、薬物応答性がすっかり分かるようになるかもしれない。個々の患者に最適な薬剤を選択し、最適な用法用量で最初から投与する (the right drug and the right dose from the start) ということで、手探りではなく、遺伝子を調べた結果から、この人にはこの薬は合わない、こちらの薬が合う、この人の代謝能力はこうだから、一日何十ミリグラムが適当だという処方を目指しているわけです。そして、薬の有効性を最大限にし、副作用リスクを最小限にできるようにすれば、それは薬の処方の革命だと思います。一般的に「糖尿病の薬はこれですよ」というものはあるかもしれませんが、その人の遺伝子の状態を見て個人個人に処方するということですよ。

十個の医療 (Personalized Medicine) <

現在は EBM (Evidence Based Medicine 実証的根拠に基づく医療) がとても強調されていて、薬の承認についても根拠・証拠を示さなければいけないのですが、それは統計的なことです。一〇〇人の患者に試験をしたら、七割の人が改善したというの、立派なエビデンスです。しかし、では残りの三割の人はどうなのでしょう。私は、いま

言っている EBM は、まだ本当の実証ではないと思っています。本当にその人にぴったりのものができれば、それが「個の医療 (Personalized Medicine)」になります。こうなると初めて、本当の EBM (実証的根拠に基づく医療) が実現します。個別

個人差をふまえた薬の処方

- 個々の患者に最適な薬剤を選択し、最適な用法用量で最初から投与する (the right drug and the right dose from the start)。
- 有効性の最大化、リスクの最小化をめざす。
- 治療方針 (薬の処方) の個別化を実現。
- EBM (実証的根拠に基づく医療) の実現。
- 個の医療 (Personalized Medicine)、テーラーメイド医療。
- 患者および社会にとって益。
- より効果的で副作用の少ない投薬が実現。副作用のみがあつて効果のない薬を処方しないで済む。
→医療費の削減にもなる
- 副作用被害が減少→重篤な副作用に対する治療費や損害賠償費用も減少し、社会全体にも益がある。

化医療、別名、テーラーメイド医療です。つまり、量販店でつるしのスーツを買ってくるのではなく、注文仕立て、テーラーメイド、オーダーメイドの医療の時代が来つつあるのです。

これは、患者にとつて非常によいことです。副作用リスクがなくなりますし、非常に効果のある投薬が実現できます。副作用のみがあつて効果のない薬を処方しないで済む

ということとは、医療費の削減にもつながります。また、副作用被害が減少できれば、患者一人にとってももちろんよいことですが、損害賠償費用なども減りますので、社会全体にとっても利益になります。

このような医療を実現するには、まず医薬品が開発される必要がありますが、その薬の効き目が体質によって相当違う場合、関係する遺伝子を見つける検査試薬を開発しなければなりません。つまり、医薬品と遺伝子診断薬の同時開発が必要なのです。

↑ 遺伝子診断薬

日本で保険適用されている遺伝子診断薬は、現在一つだけです。主に大腸癌などの抗癌剤として処方される塩酸イリノテカン[®]は、ある患者にはとてもよく効くのですが、遺伝子と関係があるので、二〇〇八年六月に、その遺伝子検査キットが体外診断医薬品として製造販売を承認されました。それが、UGT1A1遺伝子多型判定試薬「インペーダーUGT1A1アッセイ[®]」です。二〇〇八年一月付で保険点数（二〇〇点）が適用されましたので、この診断薬を使って遺伝子検査をすると二万円、患者負担が三割ならば、六千円になります。つまり、病院に六千円を払

えば、塩酸イリノテカンを使う前に自分に合うかどうかを調べることができるということです。ちなみに、アメリカでは二〇〇五年に認可されていて、日本では約三年遅れています。

そのほか、ワーファリン（血栓塞栓症^{けっせんそくせんしょう}の治療と予防などに使われる）に関係する遺伝子検査試薬についても臨床研究が進められています。ワーファリンは血栓を予防する薬ですが、効きすぎるとけがをしたときに血が止まらなくなるというリスクがあり、効かないと血栓の問題が出てきます。今は少量から始めて様子を見ていますが、これも関係する遺伝子がほぼ分かかっており、いずれは薬への感受性と代謝能力を見て量を調整できるようになります。これから研究が進んで、保険収載も徐々に増えていくと思いますが、現在日本では一件だけです。

↑ 遺伝学的検査結果（遺伝情報）の扱いの変化

このように、かつての単一遺伝病と比べて、多因子遺伝病が大きなテーマになる時代においては、遺伝学的検査結果の扱いが変化してきます。二〇〇三年に日本人類遺伝学会など一〇学会が共同で出した「遺伝学的検査に関するガイドライン」は、当時としては良く作られているのですが、

ここには「一般医療情報と、特定の個人に連結された遺伝学的情報とは、原則として区別して保管されるべきである」と書いてあります。つまり、病院に行けば必ず自分のカルテがあつて、症状、検査、薬の処方などが全部書いてあるのですが、遺伝学的検査の結果はそこに書き込まない、非常に重大な情報だから区別して厳重に保管せよということです。これを「遺伝子例外主義」と言います。

例えばハンチントン病の遺伝子を持つていることを他人に簡単に知られたくはありません。症状が始めているならともかく、出始めるまでは健康なのですから。かつては「遺伝子例外主義」の発想だったのですが、現在ではそれが必ずしも正しいとは言えません。例えば病院に行ったら大腸癌だと分かった、医者は塩酸イリノテカンを処方したい、ついでには薬が合うかどうか遺伝子検査をしたいのですが、その検査結果をカルテとは別に特別なところで保管していたら、いちいちそれを持つてきてカルテと照合しなくてはなりません。それだけで医療ミスのきっかけになります。区別して保管するということは時代に合わなくなってきたのです。

ですから、遺伝子例外主義には前から批判もあつたのですが、二〇一一年二月に日本医学会が出した「医療におけ

る遺伝学的検査・診断に関するガイドライン」では、ファミリーマコジェノミクスの検査結果は「単一遺伝子疾患の遺伝情報とは異なり、診療の場においては通常の診療情報と同様に扱うことができる」としています。つまり遺伝学的検査の結果をカルテに書きなさいということで、これは非常に大きな変化です。

この背景には、遺伝医療の側の変化だけではなく、医療情報全般が非常に重要な個人情報として管理が厳しくなつたことがあります。とくに、二〇〇五年の個人情報保護法施行以来、病院でも医療情報の管理については非常に厳しくなつていきます。ですから、遺伝学的検査に関する情報も一般診療情報と一緒に扱うことによつて漏洩の可能性が高まつたわけではなく、診療情報自体が厳重に管理されるようになってきていますので、両方の理由から変わつてきたということなのです。

遺伝子検査ビジネスの隆盛

↑消費者直販型DTC (direct-to-consumer)

今はインターネットを見ると、いろいろな遺伝子関連ビジネスが出てきます。例えば上海でやっているバイオチッ

なるわけですが。

結局、その後二日に一回ぐらいずつメールで案内が来て、月に一回ぐらいいは冊子も送られてきます。このような遺伝子関連ビジネスが非常に広がっているわけです。

↑業界による自主規制の動き

このようなものを医療機関が行う場合は、医師法や医療法などの法律的な縛りがありますし、厚生労働省のガイドライン等もあります。患者の情報を漏らすと、刑法の守秘義務違反にもなります。ところが、そうではない場合はそのような縛りから外れていますので、検査会社もそれなりに取り組み、例えば日本衛生検査所協会が「ヒト遺伝子検査受託に関する倫理指針」を二〇〇一年に策定し、二〇〇七年に改正しています。最近では二〇〇八年にNPO個人遺伝情報取扱協議会が、企業が遵守すべき自主基準を作っています。しっかりとした正確な検査なのか、個人情報



写真3 おすすめ商品

報の保護など法を遵守しているか、また、遺伝学的検査はいろいろな倫理問題をもたらしますし、社会的影響もあるので、そのようなことに配慮しているかどうかということで、業界なりに努力した指針が出ています。

しかし、これはあくまでも業界の自主規制で、法的な拘束力はありません。ちなみに、私が試してみた遺伝子検査をしている会社はそんなところに入っていませんでした。その会社から遺伝子解析を受託している会社は入っているようです。皆さんも検査を受ける場合は気をつけてください。

↑日本人類遺伝学会「一般市民を対象とした遺伝子検査に関する見解」

日本人類遺伝学会は、このような動きに対して、二〇一〇年に「一般市民を対象とした遺伝子検査に関する

検査業界の取り組み

- ・検査受託を規制する指針「ヒト遺伝子検査受託に関する倫理指針」（社団法人日本衛生検査所協会、2001年策定、2007年改正）
- ・NPO個人遺伝情報取扱協議会「個人遺伝情報を扱う企業が遵守すべき自主基準」（2008年3月）
- ・検査の質を確保
- ・個人情報の保護など法の遵守
- ・遺伝学的検査がもたらす倫理的・社会的影響に配慮
- ・ただし、あくまで業界の自主規制。法的拘束力なし

見解」を公表しています。DTC（消費者直販型）遺伝子検査に科学的妥当性があるのかどうか、遺伝子検査の分析の妥当性、臨床的妥当性、臨床的有用性などの科学的根拠や倫理的・法的・社会的問題の影響等が専門家によって検証されている必要があると、社会に対して学会が警告を発しています。また、消費者への説明責任、十分な情報提供も必要であり、日本人類遺伝学会が認定している臨床遺伝専門医が関与すべきではないかという見解を、学会の考え方として発表しています。さらには、規制法を制定し、野

放図な遺伝子検査ビジネスを規制する必要があるのではないかと、公的機関による継続的な監督や、専門家を中心とした第三者検証組織の設立なども提言しています。

しかし、学会は提言していますが、政府は全然動いていません。諸外国と比べて非常

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

- ・DTC遺伝子検査の科学的妥当性に疑問。
- ・遺伝子検査の分析的妥当性、臨床的妥当性、臨床的有用性などの科学的根拠や倫理的法的社会的問題の影響等が専門家によって検証され、遺伝子検査サービスとして実施する意義が確認される必要がある。
- ・消費者への説明責任、十分な情報提供。
- ・臨床遺伝専門医などが関与すべきだ。
- ・規制法の立法や、公的機関による継続的な監督、専門家を中心とした第三者検証組織の設立などを提言。

に際立っているのは、広い意味で医療と関係している内容的には厚生労働省も関与すべき領域だと思うのですが、日本では業界の問題は経済産業省がやっていて、厚生省は一切手を出していません。ここにも縦割り行政が表れています。どこの先進国を見ても、こうした問題には厚生省や保健省などが取り組んで、ガイドラインや法律を制定しているのですが、日本は経済産業省のみという状況になっています。

十二世紀の予知医療への心構え

ハンチントン病のような病気は、酒をやめてもたばこをやめても、病気を回避することはできません。しかし、生活習慣病は多因子なので、遺伝的な性質と環境の両方の要因が重なって病気の発症に至るとされており、食生活や環境要因などが複雑に絡み合っています。遺伝子だけでは決まるわけではありません。ここが非常に重要です。遺伝学研究はどんどん進んでいますが、進めば進むほど遺伝のメカニズムの複雑さ、奥深さが科学者には見えてきているようです。分かったことがどんどん増えていく一方で、その二倍も三倍も分からないということが分かってくるという状況ではないでしょうか。

予知医療の発

展が有望視される中、遺伝学的検査によって分かることと分からないこと、検査所見によって確定することとそうでないこと、所見が患者に与える心理的影響などについて、広く深い見

識が必要です。国民一人一人が遺伝医療のことを学び、安易な見方に流れない努力が必要です。専門家はそのため啓発活動を進めることが重要だと思えます。

遺伝子ですべて決まるという考えが遺伝子至上主義です。そこから遺伝子差別につながるような弊害については前から議論になっていることで、このテーマがなくなつたわけでは決していないので、この弊害を防止するための手だて、法規制などが必要だと思えます。

21世紀の予知医療への心構え

- ・遺伝子と環境：遺伝子は体質を決める一つの要素にすぎず、食生活や環境要因などが複雑に絡み合つて、疾患は発現する。
- ・遺伝子ですべてが決まるわけではない。
- ・遺伝学研究が進展すればするほど、遺伝子とその働き、生命の仕組みの複雑さ、その奥深さが見えてくる。そのメカニズムはまだほとんど解明されていない。
- ・予知医療の発展が有望視されるなか、遺伝学的検査によって分かることと、分からないこと、検査所見によって確定することと、そうでないこと、所見が患者に与える心理的影響などについて、広く深い見識に基づく冷静な対応が求められる。
- ・遺伝子至上主義や遺伝子差別などの弊害を防止する。

遺伝子操作・生命操作 大いなる（いのち）

↑ 遺伝子操作と細胞工学

ここまで遺伝子研究の進歩について見てきましたが、遺伝子研究はそれだけで充足しているわけではなく、細胞工学と結び付いています。今、マスコミで話題になっている京都大学の山中先生のiPS細胞は、そこからいろいろな体の組織を作ることができるといふこと、京都大学を中心に懸命に研究が進められています。これは四個の遺伝子（山中ファクター）を細胞に組み込むと、その細胞が初期化されるといふ技術です。

われわれの体は、一個の受精卵が分裂して、皮膚になったり、消化管になったり、髪の毛になったりします。すべての細胞に三〇億対のゲノムが存在しますが、全部の遺伝子が働くと、爪から毛が生えたり、皮膚から消化液が出たりということになるので、遺伝子のスイッチが切れていつて、骨になる細胞、神経細胞になる細胞というように役割が決まっています。このようにいったん分化が進みますと、皮膚から筋肉を作ることではできません。しかし、受精卵は体のあらゆる組織になる能力を秘めています。iPS細胞は、いわば時間を戻して受精卵に近い状態にしたもの

です。そのときに四つの遺伝子を使っていて、これが山中先生の特許なのですが、ここから始まった幹細胞（いろいろな細胞の元になる細胞）からさまざまな組織・臓器を形成して医療に役立てていこうというわけです。

脳死からの臓器移植は、二〇一〇年の法律改正によって少し普及のスピードが上がってきていますが、あと五〇年ぐらいしたら、「二〇〇〇年前後の人類はすごく残酷な医療をやっていたね」と言われる時代が来るかもしれません。脳死者は、熱い血が流れていて、体温があつて、見た目は生きている人と同じです。そこから臓器を取り出すのです。これを、法律を作つて生体解剖ではないとしたのですが、細胞治療が発展するところした移植は必要なくなるかもしれません。

現在、体外で増やした自分の心筋細胞を心臓に戻して、壊死した部分に新しい細胞を作るといふ医療がすでに始まっています。すべての心臓病がそれで治せるわけではなく、現在は心臓移植しかないという人もいますが、そういう医療がこれから広がっていきます。そうすると、胸を開く必要はありません。穴を四つほど開けて、内視鏡を入れて、カメラを見ながら心臓の病原部にシート状になった心筋細胞を貼つていけばよいのです。そうすると、自分の新

しい心筋細胞がそこで増えて、心臓の機能が回復してくる。これが再生医療で、医療に革命をもたらします。

二一世紀は個別化医療と再生医療の時代になると思います。再生工医学ともいわれていますが、これによつて難病が治るかもしれません。事故などで脊髄を損傷して車椅子生活を余儀なくされた人でも、脊髄が再生すれば、再び歩けるようになるかもしれません。これは大手術を必要としないので、生体に非常にやさしい、スマートな医療です。しかも、もともとは自分の細胞ですから、拒絶反応もありません。このようなことが期待されているわけです。

↑iPS細胞研究、再生医療の倫理問題

再生医療は、病気の治療にとつて非常に有効だという期待が高まっていますが、一方で、病気でない人も使えます。例えば、自分の皮膚を若いうちにとつておき、培養して増やしたものを七〇歳ぐらいになったときに皮膚をはり替えれば、ピチピチギヤルに生まれ変わつてしまいますので、美容、アンチエイジングにも利用できます。

また、乳癌で乳房を切除した人が、自分の幹細胞を入れることによつて乳房を元に戻すという臨床研究が日本で今行われていて、成果が出ています。乳房の再建は、それ自

体は治療ではありませんが、体の一部に欠損が生じると、体のバランスや肩こりなどの問題が出てくるので、治療の一環として保険が適用されています。幹細胞を使った乳房再建も、よい成果が出れば、そのうち保険適用になるでしょう。これは、広い意味での治療の一環なので、医療として認めてよいと思います。

ところが、イギリスでは若い健康な女性が胸を大きくするために美容外科で同じことを行っています。これは本来の医療から外れています。さらにその先には、不老不死の夢が実現するかもしれません。遺伝子技術、細胞工学を人体改造に使っていく可能性も現に出ているのです。

最近、NHKでも長寿遺伝子について特集していました。飢餓状態になるとサーチュイン(sirtuin) 遺伝子が働くらしく、腹八分目がよいという話があります。しかし、哺乳類では、サーチュイン遺伝子の寿命延長の効果はまだ確かめられていません。このように、寿命を長くする遺伝子については前から注目されていますが、遺伝子技術は、病気を治すだけではなく、もっと健康に、もっと美しく、もっと頭がよく、もっと強く、もっと長生きしたいという夢にも使われていくという問題があります。

二〇一〇年五月には、ついに人間が生命を作るかと思わ

れるような研究結果が発表されました。クレイグ・ベクター博士が、自分の会社で、塩基を並べて生命体といえるレベルのものを作製したのです。未知の生命体によるバイオテロなどの危険もありますが、私はそれよりも生命観に与える影響の方を重視しています。

十 遺伝子組み換え技術

遺伝子組み換え技術は、いぶん前に確立され、大豆など、遺伝子組み換え植物の問題は皆さんご承知のとおりです。われわれは豆腐や納豆で遺伝子組み換え大豆を食べている可能性があります。これはすでに身近なものになっていますが、最近では遺伝子組み換え動物も登場して、遺伝子組み換えサケや、アメリカでは死んだペットのクローンを作るビジネスがはやっています。そして、ついに人工生命の作製です。科学は生命の究極単位である遺伝子を解明したことから、それを操作するということまで来ています。

このように見えてくると、「生命は遺伝子という要素で決まる」という考えに立ちたくありません。生命は要素によって決まるのかという問いに対して、「決まる」という立場をアトミズム(原子論)、別の言葉で要素還元主義といえます。

そうではなく、「関係の中で決まる」という考え方が関係論です。われわれは遺伝学の発展によって、むしろ後者の、つながりの重さにますます気付きつつあるように思います。非常に専門的なので今日はお話しできませんが、エピジェネティクス (epigenetics) という新しい遺伝学の領域はそういう問題かと思えます。

↑アトミズムと関係論

アトミズムとは、遺伝学的にはパーツ (究極には塩基) があって、その並びが遺伝子で、合成ゲノムで人工細胞 (生命) を作ることででき、それが生物になっている、つまり、生命は部分の集合であるという考え方です。ですから、場合によってはコンピューターで生命を設計できる、一個の生命を個別の個体の中に閉じ込め、個々の生命はそれぞれで完結しているという考え方です。

それに対して、生命は環境などいろいろなものに支えられて生きているという見方があります。私たちは単独で生きていくわけではありません。水を飲まなければ死にますし、食事を取らなければ生きていけないので、環境と交流しているわけです。生命現象の究極単位を解明したことによって、つまり遺伝学が発展したことによって、逆にいの

ちが大いなる連関の中にあるということが見えてきていると私は思います。生命を大きなつながりと見る生命観が大事なのではないでしょうか。

私たちの身体は六〇兆の細胞からできていると言いました。その細胞の一個一個はマイクロなものです。く複雑な構造になっています。なぜそんなに複雑になっているのかというと、生命の進化を受け継いできているからです。生命は宇宙とつながっているといえます。二〇世紀に科学の目は、細胞、その中の核、その中のDNAというマイクロな構造に到達しました。そのことによって、逆に、いのちの最大級の大きさ、つまり地上のいのちも大宇宙とつながっているということが分かってきたわけです。

あらゆる生物の基本要素をなすアミノ酸や生命活動に不可欠な水は、地球ができるときに宇

アトミズム

- ・遺伝学的パーツ→合成ゲノム→細胞→生物
- ・生命は部分の集合
- ・生命を個別の個体に閉じ込める生命観
- ・コンピュータで生命を設計

エコロジカルなシステムとしての生命

- ・生命を大きなつながりと見る生命観
- ・一個の細胞、そのマイクロの構造のなかに地球生命誌の全歴史が凝集している
- ・マイクロコスモス (小宇宙) とマクロコスモス (大宇宙) との一体性

宙から運ばれてきたものです。これは宇宙科学の話になりますが、隕石が衝突し合って原始の地球が生まれました。そこに水分を含んだ彗星が衝突すると、爆発して、その瞬間に水蒸気になってしまいます。その水蒸気が地球の重力にとらえられ、地球が冷えると、地球最初の雨が降り続いて、海ができていきました。そういう形で、私たちが毎日飲んでいる水は宇宙から運ばれてきたのです。

つまり、生命の材料であるアミノ酸や水を含めて、私たちのいのちは宇宙からやってきたと言えます。地球上にいのちが生まれて三六億年、地球が生まれて四六億年、宇宙は一三七億年と言われていますが、この宇宙の歴史全体に支えられて、今、私たちはここに生きているのです。

したがって、現代生命諸科学の最新の知見は、日本的な自然観や、一木一草に神が宿するという宗教観と非常に近くなっています。神社にはご神木があつて、樹齢何百年の木を神様として拝んでいます。よく考えてみてください、木が一本だけでそこに成り立っているわけではありません。雨がなければ、太陽の光がなければ、ご神木は生きることができません。私たち日本人がご神木を拝むのは、一本の木を拝んでいるのではなく、木を支えている宇宙、自然の恵み全体に感謝しているのではないのでしょうか。昔から日

本人は非常に素朴な宗教観としてそういうものを持つてきたのだと思いますが、現代の生命科学は、それが極めて科学的な考え方であるということを私たちに教えてくれていると私は思います。

↑いのちと宇宙

一滴の朝露。その源は、原始地球に四五億年前に太陽系の端から飛んできたおびただしい彗星（コメットシャワー）の中に含まれていた水です。ですから、一滴の朝露の中にも、地球のドラマ、宇宙の歴史が凝集しています。自然はもつと奥深いところですからつながっているわけです。

例えば、台風が過ぎ去ると、稲に水滴がいっぱい付いています。その一滴一滴が水なのですが、ばらばらにあるわけではなく、台風が運んできた雨です。何日か前には海の水だったかもしれません。葉の上で光り輝く一滴の朝露は、

現代生命諸科学の最新の知見は、 アニミズム的に彩られた生命観と矛盾しない

- ・科学の眼が生命の最小単位（細胞、遺伝子、DNAの微小構造）に到達したことによって、反対に、いのちの最大級のつながりが再び認識されるようになった
- ・例えば、あらゆる生物の基本要素をなすアミノ酸や、生命活動に不可欠な水は、太古に宇宙から地球に運ばれてきた
- ・それゆえ、私たちがいまここに生きているという事実は、36億年の生命誌、46億年の地球史、さらには137億年の宇宙の歴史全体に支えられている。

独立して存在しているわけでは
ありません。海から蒸発し
て台風や低気圧に運ばれて降
り注ぐという地球全体の壮大
な水の循環の一コマとして、
今、目の前に朝露としてある
わけです。雨が通り過ぎると、
山から水蒸気が立ち上りま
す。この水蒸気は、呼吸して
いる木の葉から出ています。それがまた雲になり、また水
になり、山から下って大河になり、海になっていくのです。

十子宮の海

この一滴一滴が地球に海を作り、その海の中でいのちが
誕生したといわれています。そして、私たちは誰もが胎児
の時代を経てここにいるのですが、胎児を包んでいる羊水
は、太古の海の成分と近いそうです。いのちが誕生した太
古の海の環境を、私たちの遺伝子が維持しているという
ことです。この子宮の海の中で、人間の胎児は三八週を過
ごします。その間に、受精卵が分割しながら、三六億年の
いのちの進化の歴史を繰り返し返しています。学問的には「個

いのちと宇宙

- 一滴の朝露。その源→原始地球に45億年前に太陽系のはしから飛んできたおびただしい彗星（コメットシャワー）のなかに含まれていた水
- 一滴の朝露のなかにも地球のドラマ、宇宙の歴史が凝集している
- 自然はもつと奥深いところすべてがつながっている

体発生が系統発生を繰り返す」といいますが、ちょうど
三六億年の歴史をビデオの早送りのように通過して、この
世に生まれてくるのです（柳澤桂子『生命の奇跡—DNA
から私へ』）。

われわれの体を作っている細胞も、太古の海水に似た成
分で満たされています。細胞が最初にできたときに取り込
んだ海水と同じ成分を遺伝子が記憶して、三六億年間語り
継いできたということでしょう。したがって、私たちは今、
三六億年の生命史、四六億年の地球の歴史、さらに宇宙の
歴史全体に支えられて生きているのです（前掲書）。

元生命科学者の柳澤桂子さんは、難病のために科学をあ
きらめて十数年闘病生活でしたが、そういうことを本に書
いています。この方が二〇〇四年に般若心経を現代日本語
に訳し、『生きて死ぬ智慧』として出版しました。これは仏
教の根本思想を科学的な言葉で置き換えたもので、「色即是
空、空即是色」という有名な文句が、柳澤さんの手にかか
ると、こうなります。

お聞きなさい。

私たちは壮大な宇宙の中に存在します。宇宙では形と
いう固定したものではありません。

実体はないのです。

宇宙は粒子に満ちています。

粒子は自由に動き回って形を変え、お互いの関係の安定したところで静止します。

お聞きなさい。

形のあるもの、言い換えれば物質的存在を、私たちは現象としてとらえているのですが、現象というものは時々刻々変化するものであって、変化しない実体というものはありません。

「色即是空」、この色とりどりの現実は無である、逆に「空即是色」、実体がないからこそ形を作れる。空だから色である。実体がなく変化するからこそ物質であることができるというように、柳澤桂子さんは科学的な言葉で般若心経を訳しています。このように今、科学と宗教は非常に近いところに来ているのです。

生命科学者の福岡伸一さんは、いのちの大河では、すべてのものがつながっている。いのちは壮大なつながり、物質代謝の一つの流れだ。無数の分子は、私たちの体の中で絶えず動き回っていて、いつも流れの中にある。そこそこよどみが生じて、その淀みにある程度秩序ができると、

それが一個一個のいのちになる。われわれの体は何ら実体ではなく、色即是空、流れの中にある、ある種のよどみにすぎない。ただ一つの大きないのちの流れがあって、その一部にすぎないとおっしゃっています（福岡伸一『もう牛を食べても安心か』）。生命科学の進歩は私たちにこのような生命観を教えています。私たちはそういうものを科学的に学んで、生命観を鍛える必要があるのではないかと思います。

質疑応答

質問——素晴らしいお話がありがとうございました。私もいのちというものは進歩の過程の中でいろいろな要素があって生まれてきていると学び、自分のいのちも含めて、いろいろなものはすべて自分だけのものではないと思っています。

人間が遺伝子を操作できるようになったことで、いろいろなものが変えられ、特に遺伝子組み換え技術で商業栽培されているいろいろな作物があります。そのもの自体の安全性はある程度確立されたかもしれませんが、それが地球上の生命活動に及ぼす影響は、原発事故で放射能がいろいろ

ろな影響を与えることと同じぐらい怖いことではないかと私は感じています。そのあたりについて、先生の個人的なご意見で結構ですので、お聞かせください。

松田——遺伝子組み換えについては、まったくそのとおりです。遺伝子組み換え作物を食べてすぐ病気になるということは確認されていませんが、まだ始まってせいぜい二〇年ぐらいですから、子孫に後々どんな影響があるかは分からないわけです。すぐに有毒ということはないかもしれませんが、おっしゃるとおり、環境に出してしまったものをどうするかという問題があると思います。遺伝子組み換え作物を栽培して、それが隣の雑草に移ることを水平移動といえます。遺伝子は親から子へ縦に移動するのですが、花粉が混じって隣の生物へ移っていくということが、全体として地球の環境をどう変えるのか。これは実験した人がいませんし、実験したとしても相当長期に見なければ分かりませんが、遺伝子組み換え大豆などはすでに相当出ていますし、遺伝子組み換えのサケや蚊などを見ているとぞっとします。

——自然界での雑種は頻繁に起きているわけですから、どのようなようになっていくのかということは誰にも分かりません。しかし、なにか問題が起きてからでは遅いので、安全性が

確立されないものは一応止めておくという「予防原則」という考え方があります。これは、確かに原発の問題と通じるものがあると思います。

参考文献

中村祐輔「ゲノムが医療を変える」矢崎義雄『医の未来』

岩波書店、二〇一一

柳澤桂子『生命の奇跡——DNAから私へ』PHP研究所、

一九九七

柳澤桂子『生きて死ぬ智慧』小学館、二〇〇四

福岡伸一『もう牛を食べても安心か』文春新書、二〇〇四