

「ドナー不足の解消」に家畜を用いることは正しいのか

～iPS細胞による家畜に作ってもらう臓器～

高校1年 F 組 36 番 名前 鷺辺 慧

指導教諭氏名 成田 憲永 先生

## 目次

### I はじめに

### II ドナー不足の現状

### III 人間の臓器を作る家畜

#### (1) ラット体内にマウスの膵臓を作製

#### (2) ブタに人間の臓器を作ってもらおう研究

### IV このとき発生する生命倫理

#### (1) 現在の家畜に対する生命倫理

#### (2) 「ドナー不足の解消」に家畜を用いることは正しいのか

### V おわりに

# 「ドナー不足の解消」に家畜を用いることは正しいのか

～iPS細胞による家畜に作ってもらう臓器～

高校1年F組36番 鷲辺 慧

## I はじめに

2012年山中伸弥教授が様々な体細胞に分化可能な多能性とほぼ無限の増殖性を持つ「人工多能性幹細胞 (iPS細胞: induced pluripotent stem cell)」を作成することに成功し、ノーベル生理学・医学賞を受賞した。また、そのときに治療法が未だ確立されていない難病の解明、薬の毒性の検査、新しい治療法や薬剤の開発などのiPS細胞の無限の可能性が予測されていた。そして現在、科学の進歩は留まるところを知らず、基礎・応用研究の幅は広がり、人類は未知の領域に入ろうとしている。

例えば、臓器移植のための臓器提供が世界中で追いついていなく、ほとんどの臓器提供までの待機年数は1年以上で腎臓に至っては14年以上と、救える命も救えなくなっているという現状がある(II章)。そこで、iPS細胞の技術を駆使し、人間の臓器を動物に作ってもらうことでこの問題を解消しようという研究がある(III章)。しかし、動物の命を犠牲にして人間の命を延ばすという研究には必ず生命倫理問題が付き纏ってくる。そこで、「ドナー不足の解消」に家畜を用いることは正しいのかという問題を提起したい(IV章)。そして最後に、これらの問題の結論を述べる(V章)。

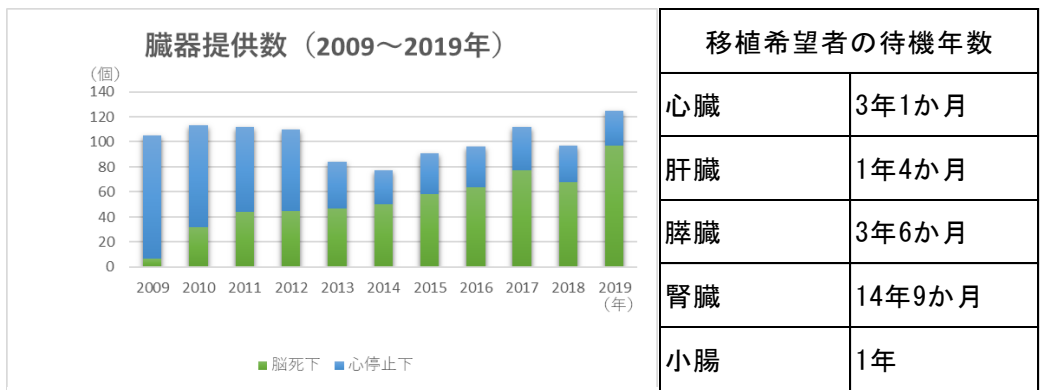
## II ドナー不足の現状

人体は、日常生活の中で機能が低下することや、事故・病気によって機能を失うことがある。機能の低下を補うものとして、身近にはメガネや補聴器などがあるが、臓器が完全に機能を失った場合や、腫瘍のせいで摘出を余儀なくされた場合には薬や機械でその機能を担うことは、現在の医療技術では大変難しい。そこで臓器(心臓、肺、肝臓、腎臓、膵臓、小腸など)が機能しなくなった人に、他者の健康な臓器を移植することで機能を回復させる医療である、臓器移植という方法が採用されている。これは高度な医療技術や医薬品が必要なだけでなく、善意による臓器の提供がなければ成り立たない現実の上で行われている。

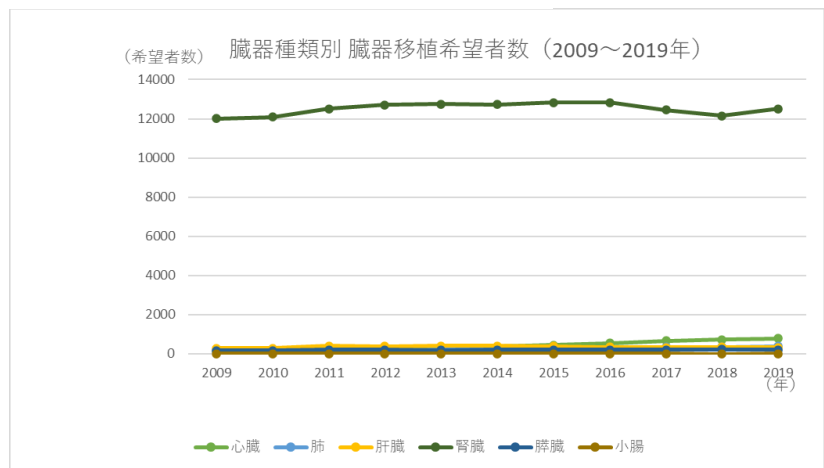
現在、善意による臓器の提供を主に担っているのは亡くなった人からの「脳死後の臓器提供」、「心臓が停止した死後の臓器提供」、そして「健康な人からの臓器提供(生体移植)」の3つの方法がある。死は一般的に、呼吸停止、心拍停止、瞳孔散大という3項目を確認して判断されている。この3項目により死が確認されると「心臓が停止した死後の臓器提供」が可能になる。一方、脳死は、脳が全ての機能を失って回復しなく、どのような治療をしても回復することはない状態である。意識は完全に失われ、自力では呼吸もできなく、人工呼吸器などの助けによって、しばらくは心臓を動かし続けることもできるため、血液の流れが維持され、身体は温かい状態であるが、何もしなければ心停止に至る。このため「死」を受けとめにくいといわれている。脳死下で臓器を提供する場合、法律で定められた脳死判定により脳死であることが確認されると「脳死後の臓器提供」が可能になる。

2010年7月、圧倒的なドナー不足という事態の解消を目指し、改正臓器移植法が全面施行された。改正点は、「本人の臓器提供意思が不明でも家族の承諾だけで脳死での提供が認められる」、「これまで臓器提供ができなかった15歳未満でも可能となった」の2点だ。これにより脳死での臓器提供者数は増加し、法改正前の6倍増えた。ただし、課題が解決されたわけでは決してなく、現在も臓器提供が間に合っていない現状にある。

心臓では約 300 人、肝臓では約 1000 人、腎臓では約 4000 人。この数は 2017 年までの約 20 年間に、臓器移植の希望を登録したにもかかわらず、移植を受けられずに死亡した人の数である。また、患者とドナーの橋渡しを行う公益社団法人「日本臓器移植ネットワーク」によると 2019 年での、臓器移植を待って登録している患者(臓器移植希望者)は、心臓で 793 人、肝臓で 335 人、腎臓で 1 万 2505 人に上るが、脳死・心停止での臓器提供者数は年間 100 人ほどにとどまるので、登録数とは大きな差があると言える。改正法後に提供件数が増えたとはいえ、世界的に見ても低水準である。2018 年での、人口 100 万人あたりの臓器提供者数を比べると、アメリカの 33.32 人、韓国の 8.66 人などに対して、日本は 0.77 人に過ぎないとされる。臓器移植法が制定される以前も、「心停止後に臓器提供しよう」と考えていた人や家族はいたが、法律の施行後は、そうした人たちの一部が、心停止後ではなく脳死での臓器提供を選択するようになっただけで、新たに臓器提供を理解して自らの臓器を提供するようになった人は増えていないと推測されている。



出典: JOT (公益社団法人日本臓器移植ネットワーク)



臓器種類別 臓器移植希望者数 (2009~2019年)											
	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
心臓	157	162	203	235	288	364	451	556	663	736	793
肺	143	146	174	191	236	249	283	309	349	353	387
肝臓	285	292	400	396	403	401	379	347	333	340	335
腎臓	12009	12089	12509	12711	12757	12725	12825	12828	12449	12150	12505
膵臓	169	174	198	200	188	198	201	201	205	218	204
小腸	4	4	3	4	2	5	4	3	3	1	5

だが、愛する人のために新しい臓器が欲しいと家族が願うとき、それは自動車による死亡事故などの発生を願っているという面もある。その証拠にアメリカ自動車局は運転者に対して、臓器提供を希望するかどうか尋ねている。これは皮肉に聞こえるかもしれないが、当然の理屈だとも言える。アメリカでは年間約35000人、日本では年間約3200人が交通事故で死亡している。おかげでこの死には組織と臓器の最も信頼できる供給源の1つになっている。しかし、今や自動運転の時代が急速に近づいてきている。そのため交通事故はかなり減少することになるが、ある疑問が浮かんでくる。臓器はどこから供給されるようになるのか。この厳しい「ドナー不足」を解消する方法として、最近注目されているのがiPS細胞の技術を駆使し、人間の臓器を動物に作ってもらうことでこの問題を解消しようという研究である。

### Ⅲ 人間の臓器を作る家畜

#### (1) ラット体内にマウスの膵臓を作製

2017年東京大学医科学研究所では、「異種胚盤胞補完法」という特殊な方法を用いて、腎臓が欠損したラットの体内に、マウスのiPS細胞に由来する、マウスサイズの腎臓を作製することに世界で初めて成功した。

近年、iPS細胞技術の開発により、分化が進んだ体細胞のiPS細胞への転換が簡単でかつ成功率を高く維持できるようになった。これにより自分自身のiPS細胞から、生体外で希望通りの細胞を作ることへの道が開け、様々な疾患の治療に応用されようとしている。しかし臓器を作るためには、その三次元的な構造を生体外で再現しなければならず、困難を極める。そこで「異種胚盤胞補完法」の技術に注目した。異種胚盤胞補完法とは、まず、遺伝子操作により特定の臓器が欠損している生物（ここではラット-ドブネズミ）、つまり、その体内に目的とする臓器ができるはずだった“空き”を作った生物を用意する。しかし、このような個体は、生きていくのに必要な臓器が欠けているので出生後は生きていくことができない。そのため、その生物の胚盤胞（受精卵状態で、細胞分化がまったく起きていない状態）に自分自身のiPS細胞（ここではマウス-ハツカネズミ）を注入しキメラが成立すると、欠損した細胞が完全にiPS細胞由来のものに置き換えられる。つまり、iPS細胞がその“空き”を補完するということ。そして、臓器の形は指定せずとも細胞を注入された側の生物（マウス）の本来の臓器の形になってくれる。この際、細胞を注入された側の生物からの拒否反応が起きるが、免疫不全に遺伝子操作した個体であれば問題ない。

#### (2) ブタに人間の臓器を作ってもらう研究

ラット-マウスのキメラと同様の方法で、膵臓ができない遺伝子操作されたブタをつくり、そのブタの胚盤胞にヒトのiPS細胞を注入して、仮母の子宮に戻してやる。すると、ヒトの細胞でできた膵臓を持つブタが誕生するということが理論上可能となる。これを膵臓の移植希望者のiPS細胞で行うと、本人の細胞由来の膵臓ができる。移植医療で最も重要な課題は拒絶反応だ。拒絶反応とは移植時に免疫細胞による攻撃が起こることだが、本人の細胞でできた臓器なので拒絶反応は起きにくいと予想される。現在はブタとヒトの細胞の比率がヒトの方が低い、ヒトの比率を上げていくことでよりヒトに近く拒絶反応の起きにくい、安全な臓器が作れる。こうした「臓器工場」による臓器の作製と移植。これが最近、iPS細胞を使った再生医療の最も野心的な目標になっている。ブタはヒトの臓器の大きさに近い、成長が早いという理由から、ブタを使っている。現代のブタは半年で100kgになるので臓器移植の待機年数は相当短くなると考えられる。しかし、懸念されているのが種族の壁を越えてやってくる感染症である。ブタはヒトと鳥のインフルエンザ両方にかかるという性質を持っており、一説によるとスペイン風邪はブタ経由の鳥インフルエンザなのではない

かと考えられている。スペイン風邪は最近見直された調査結果によると、死者は全世界で5000万人とも1億人とも言われ、世界人口の1/4がかかったと考えられている恐ろしい病気である。臓器移植で人々を救うために感染症を起こしてしまえば本末転倒になるため、感染症ワクチンを打った個体にするなどの対策、またあらゆる方向からの危険性を考慮し、救いたい命を救うために焦らない慎重な研究が必要である。

もちろん、臓器を提供したブタは臓器がなくなるため死亡する。こうした、家畜の命の上に人間が生きていく構図が正しいのかという問題を提起したい。

#### IV このとき発を生ずる生命倫理

##### (1) 現在の家畜に対する生命倫理

家畜に対しての生命倫理を考慮するようになったのは近代、ペットを飼い始めたころからだという。オックスフォード大学の歴史学者、サー・キース・トマスの『人間と自然界-近代イギリスにおける自然観の変遷』では次のように論じられている。「近代初期、都市部の中産階級のあいだでペットを飼うことが広まっていったのは社会的・心理的、そしてなんとといっても、商業的な重要性が増したためである。また、知的満足感が得られるということもあるのだろう。中産階級の人々は、動物の知性についてかなり楽観的な見方をするようになった。動物が賢いことを示す逸話が次々と語られる。動物には性格があり、個性があるのではないかと考える人も増えてきた。そして、少なくともある種の動物には、道義的に配慮しながら接するべきだと考える心理的基盤が築かれた。」と。今日でも“人間の最良の友”と呼ばれる犬を食べるのは、“最良の友である人間”を食べることと同じくらいタブーになっている。犬を食べることがタブーになってきたのは、もちろん人間に友好的な犬の性質ゆえでもあるが、それよりも人間側の事情が大きく関係している。例えば、フランス人は犬を大切にすが、ときおり飼っている馬を食べる。スペイン人は馬を大切にすが、ときおり飼っている牛を食べる。インド人は牛を大切にすが、ときおり飼っている犬を食べる。ジョージ・オーウェルの代表作『動物農場』いわく、「動物はすべて平等なのに、優遇されている動物がいる」このような事実が根底にある。

肉食と同様に、動物実験の生命倫理としては、次のようなことを日本生理学会が述べている。動物の尊い犠牲を通じて行われる動物実験は、生命現象の理解に大きな役割を果たし、医学に応用され、人類の健康にはかり知れない貢献をしている。動物実験は開発された医療・薬剤を人間に適用する前の欠くことのできないステップでもあり、今日、その必要性和重要性はますます増大している。その実験を行う研究者が動物の命を大切に思う気持ちは多くの人々と同様で、実験に際しては動物の人道的な扱いを常に心がけていなければならない。動物実験の目的・重要性としては、人類誕生以来、病気との戦いは絶え間なく続いているが、医学研究はその勝利を偶然や奇跡ではなく、科学的根拠に基づき実現することを目標としている。そのためには、まず人間の身体、臓器や組織、あるいは細胞が、どのように働いているかを研究する必要があり、それと同時に、病気の原因とメカニズムの解明が求められる。また、薬や医療技術が開発されると、その薬が、または技術が、いかに人体に作用するか、副作用はないか等を細心の注意をもって調べる必要がある。これらの研究の多くは生体を用いることを不可欠とし、人間を用いた研究や試験も行われるが、人間を用いる研究には、当然、厳しい限界がある。そのため、やむを得ない策として、人間と同じ生命原理が働いて生きる動物に犠牲を求めている。これは、人間が食物として動物を用いるのと同じ道理であり、動物を犠牲にして生きる人間の生の一面である。当然、研究者は生命に対する畏敬の念をもとに、用いる動物を可能な限り人道的に扱う。また、開発された医療や薬が動物自身の健康と福祉にも多大な貢献をしていることを知ってほしい。実際に使用される動物は、ショウジョウバエ、魚類からラット、マウス、イヌ、ネコ、サル等の

哺乳類に至る。脊椎動物に限れば、国内でも世界的にみても、使用される動物は主にラットとマウスが90%以上を占め、イヌ、ネコ、サルは全体の1%程度と言われている。これら動物のほとんどは、研究用に育てられた動物を業者より購入し、使用する。イヌ・ネコ・サルは、地方自治体において殺処分になるものの一部を合法的に譲り受けることもある。実際に動物を研究に使うとき、研究者は動物を人道的に扱い、苦痛を与えないよう最大限に努力し注意を払わなければならない。飼育に際しては十分なスペースと食べ物・水を与え、施術に際しては麻酔を使い、痛みを起こしていないことを確認する。実験には様々なものがあり、取り出した細胞や組織・臓器を使う実験から個体を使う実験まで、短時間で終わる実験から何年にもわたり動物とつきあう行動実験まで、また、薬を与える実験、神経活動を記録する実験、それらの組み合わせ等が行われている。実験終了後は速やかに安楽死させる。安楽死の方法は、日本実験動物学会や国際基準によって決まっている。多くの場合、死亡した動物の臓器等は貴重な資料として保管され、さらなる研究の対象となっている。動物に対する一連の行為はすべて動物愛護法、鳥獣保護法、総理府指針、環境省の指導、文部科学省通達に則り、日本生理学会の動物実験指針、各大学等の研究機関が設ける動物実験指針にしたがって実施され、各研究機関で行われる動物実験は、すべて動物実験(倫理)委員会の審査を受け、承認されることが必要である。このようなルールが守られているという保障なしには、国内外の学術雑誌や学術集会において研究発表することは許されず、また動物に施した実験上の処置は論文に記載するよう義務づけられており、世界中の誰でも見ることができるようになっている。研究の成果は、発表しない限り世に知られて役立つこともなく、また研究者も価値を認められないため、研究をした意味がなくなる。従って、研究者にとって動物実験のルールを守ることは、研究成果を発表するためにも不可欠なことになってくる。なお、日本生理学会では、発表できる研究は「各研究機関の動物実験(倫理)委員会または本学会の研究倫理委員会の審査を受けて承認されたものに限る」と定められている。しかし、ヒトと他の動物は種が違うので、動物実験の結果はヒトに適用できず役立たないという主張があるが、これは間違いである。地球上の生命は大腸菌からヒトに至るまで根は一つであり、共通の生命原理によって貫かれている。もちろん種によって薬の有効量や効き方には差があるが、病気の起こる原因や治療法の基本原理は多くの点でヒトとサル・イヌ・ネコ等の脊椎動物の間で共通する。そのため、ヒトのために開発された治療や薬が、逆にペットや家畜の治療にも使われることもあり、これは当然のこととなっている。1964年に発表されたヘルシンキ宣言がヒトを対象とする医学研究は動物実験に基づかなければならないと述べているのも、また、新薬は動物で十分に試された後にヒトに使われるのも同じ理由にたどり着く。動物に対して、人道的扱いをさせるため、実験者の責任を重視し、動物実験(倫理)委員会の審査を受け、3Rの原則のもとに動物実験を行っている。3つのRとは、Replacement(代替)、Reduction(削減)、Refinement(実験精度向上)の頭文字で、1959年に英国のラッセルとバーチによって人道的動物実験の3原則として提唱された概念である。それぞれ、「可能な限り動物を使用しない実験に置き換える」、「実験に使用する動物数をできるだけ減らす」、「実験方法の改良等により動物の負担を軽くしつつ有効な情報をより多く得られるようにする」、を意味し、これは世界的にも基本的指針として受け入れられている。

## (2)「ドナー不足の解消」に家畜を用いることは正しいのか

上記を考慮して、「ドナー不足の解消」に家畜を用いることは正しいのかについて考えていく。家畜を臓器移植に使うことは実質食べることと同じことだと思っている。直接食べるだけではない、薬剤・化粧品・食品類は少なからず、動物実験の段階を経て、ヒトでテストし、商品として我々のもとにやってくる。自分はヒトが生きていけるのは動物の犠牲があってはじめて成り立っていると思っている。動物を殺し、食べるこ

と、動物に薬剤を投与し安全性を確かめ、安楽死させる。このことだけを一方的に見て動物がかawaiiそう、今すぐやめるべき、などと言う人々は全体像が見えていないのだと思う。全体像を見せてみんなに理解してもらうことで動物に対する人道的な扱いが向上し、苦しんで死ぬ動物は少なくなるだろう。また、動物の平等についても考え直したほうが良い。数が少ないから・知能が高そうだから・かawaiiから、そうした理由である動物だけを物質的にも精神的にも保護し、ほかの動物との格差をつけることは結果的に生命倫理の根底を崩しかねないのでやめるべきだ。ところが現在、家畜・実験動物の生産では「工場式農場（ファクトリー・ファーム）」が問題になっている。工場式農場とは、資本主義の影響によって、生産効率を最大限引き出すために家畜たちの幸福と健康を犠牲にして、家畜たちを狭いケージに大量に押し込み、遺伝子操作された穀物を永遠に食べさせ続け、劣悪な衛生状態のため大量の抗生物質を投与して、家畜を動物としては扱わず工場式に大量生産することである。しかしこれは、動物実験における人道的に扱うという点に反している。また、その臓器を移植される側も健康でなく、肉塊として扱われてきた動物の臓器を受け入れることは気持ちのいいことではないだろう。この問題を脱しない限り、動物実験（そこから発展する臓器移植技術）は実験以前の生産のところで規則に反しているということになる。

## V おわりに

以上のことから「ドナー不足の解消」に家畜を用いることは正しいが、生産過程からしっかりと家畜たちに感謝と畏敬の念、人道的な取り扱いを心掛けながら実行しなければならない。この技術の安全性を高めることで命をもって命をつなぐという新たな関係ができ、人間の寿命はますます延びていくだろう。しかし、代わりの臓器があるからと言って、タバコを吸って肺をだめにしたり、過度な飲酒をして肝臓をだめにしたりすることはやめてもらいたい。このようなことが起きないようにするためにも家畜の扱われ方について考え、日々の行動を改めることもいいかもしれない。

### 【参考文献】

- ジョナサン・サフラン・フォア『イーティング・アニマル-アメリカ工場式畜産の難題』（東洋書林 2011年）
- 公益社団法人「JOT-日本臓器移植ネットワーク」HP
- Erin Blakemore『【解説】ヒトの細胞もつブタ胎児の作製に成功』（ナショナルジオグラフィック 2017年）
- 東京大学医科学研究所『遺伝子操作によって腎臓を作ることができない動物に別の種の多能性幹細胞からなる腎臓を発生させることに成功～腎臓移植の新しい可能性を示唆～』（2019年）
- 一般財団法人「日本生理学会」HP