

現代科学技術と人権 ―科学技術は私たち生活にどのように関わってくるのか―**I. 講演**

1. 池内了さん（名古屋大学名誉教授、世界平和アピール七人委員会委員）
ゲノム編集技術による生物兵器製作の動きについて
2. 四ノ宮成祥さん（防衛医科大学医学教育部医学科教授）
先進生命科学技術がもたらすデュアルユース問題
3. アーサー・ビナードさん（ミシガン州生まれの詩人）
この世はぜ〜んぶ紙芝居！
4. 天笠啓祐さん（科学ジャーナリスト）
ゲノム編集技術とビッグデータ

II. パネルディスカッション

- 司会 : 島菌進さん（上智大学教授、東京大学名誉教授）
パネラー : 講師各位

主催 ゲノム問題検討会議

あいさつ 島菌進

私が学生の頃（1970年代）アポロ計画、心臓移植など現代科学の成果によってどこまで前に進んでいくのだろうかという時代でした。現在も科学技術の日進月歩の変化は、異常な勢いで進んでいるのがわかります。しかし、背筋が凍る、制御できない科学技術という風にも見えます。

どうして人間がやっていることがコントロールできないのか。少しでも市民社会が認識を深め、科学技術のシビリアルコントロールに近づけていく。グローバル社会がコントロールを失っていくことで、大国ほどならず者国家というイメージが広まっている時代でもあります。

科学技術も素晴らしい成果を上げているが、どうやってそれを人間の幸せの方向へ進めていけるか、こういうことを考える集いしたいと思います。

I. 講演**1. ゲノム編集技術による生物兵器製作の動きについて 池内了**

現代の科学技術、特に戦争の技術に関する現状をお話ししながら、人権を侵す戦争・軍事を私たちはどのように考え、どのように押さえ込むかに関して、少しでも考え、現状を知ってもらいたいと思います。

人類の歴史はまさに、軍事技術を追い求めてきた歴史でもあります。軍事技術の開発は科学者が関与するわけです。そしてある軍事技術が禁止になると、それには触れないような新たな軍事技術が開発され、それをまた禁止していくという繰り返しの歴史であります。

1) 戦争と科学技術 軍事革命の変遷（化学的兵器～物理的兵器～環境破壊兵器）

戦争は軍事技術の上に成り立っていて、決定的な新技術の開発による軍事革命として変わってきました。第一の軍事革命は、化学、火薬、鉄、大砲、毒ガスなど「化学」が中心となって開発したもので、第一次世界大戦がピークです。第二の軍事革命は「物理学」でして、航空機、核ミサイルと核兵器を使って、それまでの二次元的戦争が、上空を含めた三次元的な場に拡大させました。1903年ライト兄弟が飛行機を発明してからたった10年後にゴード爆撃機が作られました。それから1944

年のV2ロケットとなり、1945年原爆、1954年水爆となったのです。第3の軍事革命は現在進行中ですが、「人工知能」あるいは「生物学」を用いたAI兵器、環境破壊兵器、生物兵器などで今も開発が続いています。ドローンは無人偵察機から無人爆撃機として発達しています。2000年頃から戦場に登場してきました。現在開発されているのが、AI搭載型自律型致死兵器（キラードット）です。そのほかに電磁（EM）弾は、1950年代にその可能性が指摘されていて、上空1000km位に水爆を爆発させると強い電磁波のパルスが発生します。これが地球上に到達してきたときに、様々な電子回路に強い電流が発生し電子回路を破壊するというものです。実際ハワイだったと思いますが、これによって大停電を起こしました。これは敵も味方も区別なく破壊してしまうので禁止しました。しかし、それを回避する研究も進められており、たとえば防衛省の未来技術の中に電磁弾というのがリストアップされています。サイバー攻撃はコンピュータにハッカーとして侵入してコンピュータを誤操作させるということです。ゲノム編集生物兵器もあります。これは後でお話しします。第三の軍事革命は第一、第二の軍事革命の物理的破壊とは異なったタイプの兵器として登場してきました。社会の基本インフラの破壊や生態系の改変で打撃を与えるものです。大量破壊兵器の概念が変わっているのです。これまでは大量の人間を強力な力で殺傷する、あるいはインフラ（人工物）を破壊する兵器は、通常ABC兵器と呼ばれてきました。AはAtomic Nuclear（核兵器）、Bはbiological（生物兵器）、CはChemical（化学兵器）で、水爆によって物理的破壊の頂点に達しました。次は基本インフラ技術（電子回路、コンピュータ）を破壊して、近代的な管理システム（生産企業、銀行、病院、交通、発電所など）を破壊、誤動作させ、日常活動の続行を不可能にさせるというわけです。これが第三の軍事革命の特徴であると思います。

もう一つAIの活用による人間殺傷の自動化が進み、疑似自律型致死兵器はすでに登場しているのではないかと思います。生体認証技術によって相手が誰かを確定できます。標的をカメラなどで見たとき、AI技術によって敵だと判定することが可能です。この判定条件は人間が与えているので完全な自律ではありませんが、標的と判断すれば自動的に攻撃するので、私は疑似自律型致死兵器と呼ぶことにしました。ドローンにこの疑似自律型致死兵器を搭載すれば、AI兵器として人間殺傷の自動化となります。AIを使うと、どのような理由でそれを選んだか、その因果関係がわかりません。

以上、大量兵器の概念が物理的破壊から社会インフラの破壊へと変わりつつあると言えます。

2) 非戦、軍縮の歴史

私は非戦、軍縮に重きを置くべきだと考えており、その歴史を見ていきましょう。

歴史において必ずしも戦争においてすべての手段が許されていたわけではありません。このように、人間の理性、倫理性にもっと重視すべきではないかと考えています。人間は自然のうちに体得している倫理観をもっているということです。最初は習慣法で、たとえば残酷な殺傷手段が暗黙のうちに禁止されていました。例えば、ロングボウで、非常に大きな強い弓が登場したとき、これは卑怯で残酷な兵器だということで禁止を敵味方合意しました。1868年のサンクトペテルグブルグ宣言が世界最初の国際人道法として成立しました。不必要な苦痛を与える兵器、非戦闘員を殺傷する兵器の禁止がうたわれたのです。1907年ハーグ国際協定では、空爆（気球）、毒ガス、ダムダム弾（球が当たるとさらに小さな鉄錐となって体中に複数刺さる兵器）の禁止がなされました。

問題は、これらの禁止規定には罰則がない。罰則規定を設けて厳罰するには国よりもっと大きな権力がないと実現できないからです。しかしながら、私はそのような禁止条約ができることによって軍事勢力は、これを使うことに対して後ろめたさを持つ、あるいは無理な拡大を行わない、あるいは禁止条約を逃れた兵器をつくるなど、その兵器を使うことを躊躇させるという力になっているのではないかと思います。

第1次世界大戦で、凄惨な毒ガス戦（フリッツ・ハーパー）で塩素ガス、イペリット、マスタードガスなど化学兵器が使われたことから、1925年ジュネーブ議定書（窒素ガス、毒ガス、これに類するガスおよび細菌学的手段の戦争における使用の禁止に関する協定書）が結ばれました。日本は、署名をしましたが批准はしなかった。第2次世界大戦が終わってから様々な国際人道法が作られました。以下のような禁止条約を、非戦、軍縮の流れとしてとらえておく必要があるのではないかと思います。1949年ジュネーブ諸条約が結ばれ、それ以後1951年ジェノサイド禁止条約、1978年環

境破壊兵器、1983年特定通常使用禁止条約ができて、ナパーム弾、火炎放射器、焼夷弾などの通常兵器の多くも使用禁止されました。1997年対人地雷禁止、1998年レーザー兵器禁止、2014年クラスター爆弾使用禁止、2014年武器貿易条約となり、未発効ですが2017年核兵器禁止条約が結ばれ、そしてAI自律型致死兵器禁止条約が交渉中で、国連でようやく話し合いの場が設けられました。人間が一切関与しない自律型致死兵器は禁止していく方向で話し合われたと報告されています。研究者の多くはそれに賛同しているようです。残念ながら日本の研究者はほとんど参加していません。しかしながら疑似自律型致死兵器は開発されています。日米政府は自律型致死兵器禁止を言っていますが、これが野放しにするとAI技術そのものの開発が遅れてしまう可能性があることを心配しているわけで、経済的論理で禁止すると考えているのではないかと私はとらえています。科学者が新兵器を考案し、軍がそれを採用し、配備するという歴史と、一方で非戦、それを禁止する歴史があるということです。

3) 軍事研究を行った科学者の常套句

軍事研究を行った科学者の常套句というのをたどってみましょう。「戦時中には科学者は愛国者になれ」とよく言われていました。また「この兵器を使ってこれで戦争は終わる」というのは、非常に殺傷力の強い兵器を開発すれば戦争を終わらせることができるということです。あるいは、この兵器は「人道的（道徳的）兵器である」と言います。例えば、誤爆がなくなるとか、狙った人間しか殺傷しない兵器であると言います。あるいは原爆ができたときは「これで一気に人を殺すことができる。負傷したり後遺症を残さないから人道的だ」と言いました。そのほか「戦争（軍事研究）は発明の母である」とか、「いずれ民生利用されれば人々に役に立つ」、「科学（技術）が発達したではないか」、「だれもがやっている」とか「誰かがやるだろうから」とか、「作ったのは自分だが使ったのは軍である。軍が悪いんだ」とか言い訳するわけです。こういう科学者の心理そのものを私たちはきちんと押さえておく必要がある。

4) 戦争の終焉？

私自身は非常に楽天的な見方の持ち主です。世界は戦争がなくなる方向に歩んでいると考えているからです。数多くの戦争が起こっているという印象ですが、大国間の戦争は起こっていません。小国間の確執はあるが、領土や利権の争奪は起こっていません。（インド・パキスタンのカシミール地区で戦闘が続いていますが、長年の領土問題で簡単には解決しないでしょう。）小国間の反体制勢力との戦争やテロはありますが、それらは小競り合いです。あるのは、アメリカの小国への軍事介入があり、無頼国アメリカやロシアの違法介入です。

戦争が国家間の対立・紛争を解決する手段ではなくなりました。戦争をしても何のプラスもありません。国際的に孤立して経済的に立ち行かなくなります。アメリカは「宇宙軍」を第6軍として昇格させました。どんどん軍拡の戦線を広げています。現実には戦争が起こる状況ではないのに、なぜ軍拡に走るのでしょうか。特に日本です。軍事的脅威をおおる軍産複合体があり、政治家が武力を持っていれば「敵」から攻められないと言います。これが抑止力論です。果たして「敵」は武力を恐れて攻めないのだろうか。日本へ攻めるのは無意味だからではないのか。世界は政治的、社会的、経済的、文化的、学術的につながっている中で、そこからはみ出ると孤立します。「敵」は中国ですか？北朝鮮ですか？日本を攻めて利益はあるのですか？自衛権と言いますが、すべての軍は国防軍、防衛軍と呼びます。すべての戦争は、たとえ侵略戦争であっても「自衛のため」に始まりました。いったい何から防衛し、自衛するのでしょうか。そのことを考えた上で、果たして軍事力が見合っているかの発想が必要ではないか。

人類はジグザクながらも進歩する方向に進んでいます。ただ、現在は少し後退の時期なのかと思います。軍事力を背景にした「威嚇の政治」の時代なのかでしょうか？安倍、トランプ、プーチン、習近平、いずれも強硬派であり、軍事力を背景に自国第一に考え、他国をかまわない政治、そこでフェイク、ディール、その場しのぎの言い訳で、耳目を引き付ける路線、その結果として軍拡路線が徹底されようとしています。中距離核戦力全廃条約は失効し、アメリカのミサイル実験、ロシアの対抗措置があります。だからと言って日本は軍事力を強化する必要はありません。むしろ非武装

の方が世界の安全に寄与します。

5) 最近の生物兵器の動き（生物兵器が国家戦略として新たなニーズとなる）

第一代目、第二代目の生物兵器は、病原菌を培養して兵器として使いました。これは費用対効果が高いのです。手軽に資材を入手できるし、開発経費も安く、与える被害が致命的で感染力によって被害が拡大します。テロにとっては利用しやすい兵器です。しかし、大々的に使われることはありませんでした。難点もあって、気象条件次第でブーメラン効果によって敵もやっつけるが味方もやられてしまうからです。被害の予測が困難ですぐ効果がみえない欠点もあります。

第一代の生物兵器は、自然界の病原菌を兵器として使いました。強力な毒素を持つ天然痘、炭疽病、ペスト、ボツリヌス菌などの細菌を培養してノミや蚊に感染させ、容器に詰めて敵陣に打ち込むのです。満州 731 部隊（石井中将部隊）は、細菌を培養して人体実験した後、実際に戦場で使用しました。生物兵器があまりにもひどいということで、1975 年「細菌兵器及び毒素兵器の開発、生産、貯蔵の禁止並びに廃棄に関する条約」が発効しました。また、遅れて 1993 年に「化学兵器の開発、生産、貯蔵及び使用の禁止並びに廃棄に関する条約」が定められました。化学兵器は生物兵器に比べて、使いやすすぐ効果がわかることから、化学兵器の方が生物兵器より使用の可能性が高いため、かえって禁止条約の制定が遅れました。シリア内戦で使われた恐れがあります。禁止条約によって、完全に実際に禁止することはできませんが、おおっぴらに使うこともできないのです。

二代目の生物兵器になると、自然界に存在しない細菌やウイルスの作成や病原体を強化したものを使います。例えば細菌と毒素を組み合わせるとか、細菌とウイルスを組み合わせるとか、人獣共通感染症ウイルス（マールブルグ病、エボラ出血、ラッサ熱）と細菌の遺伝子組み換えで毒素を強化し、治療しにくく致死率の高いものを作製していました。主に旧ソ連で行われていたのですが、現実に使われたという明確な証拠はありません。

三代目になると生態環境＋遺伝子ドライブを利用した大量破壊兵器で、クリスパーキャス 9 と改変遺伝子を染色体に組み込みます（ゲノム編集）。改変遺伝子として、不妊遺伝子あるいは増殖毒素生成遺伝子を採用し、世代とともに広がり、三代目にはすべて不妊遺伝子を持つようになり、不妊のために全滅させる、あるいはすべて毒素遺伝子を持った生物種として毒素を蔓延させます。これによってマラリアなどの伝染病を感染させることができます。直接人間を物理的に殺傷する武器ではありませんが、証拠を残さずに実行できますから（最初のゲノム編集のみでよい）後は自動的に広がっていきます。要するに生態系破壊兵器です。マラリア退治に適用すれば人類の福祉のためなのですが、生物兵器として使えば生態環境破壊による殺傷兵器となるのです。

アメリカ DARPA（国防高等研究計画局）では、これを基本にして生物戦防衛プロジェクトを立ち上げています。ここでは、「脅威となる戦略を阻止し、創造する」ことがうたわれています。このような遺伝子操作による生物兵器から守るには、現実にはその実験を行わなければなりません。その実験を行って実現可能であると示して、その後それをどうすれば止められるかを研究します。逆ドライブ（間違ったドライブを切り取る）とか免疫ドライブ（予防的に変化させる）とか、生物の工業化プログラム（細菌の設計、作成、増殖、テスト）の研究をしています。それらを DARPA は、AI 兵器と結びつけています。例えば、昆虫サイズの小型飛翔体に致死性細菌・ウイルスを組み込み、鍵穴を通りぬけ、服に付着させ、跡形を残さない兵器開発を研究しているのです。このように生物兵器の第三代目として生態系破壊兵器として開発しているのです。

「加計学園」最終認可（2017 年 11 月）の公式理由として「先端ライフサイエンス研究や地域における感染症対策など、新たなニーズに対応する獣医学部の設置」とあります。獣医学部を充実させる口実として、人獣共通感染症という名目で、感染症研究・治療を獣医学へ拡大し、生物化学兵器への対処のために実験動物の飼育が必要という名目です。その名目で獣医の軍人を育成するというふうに、大学に堂々と軍事研究が入り込む可能性があります。

6) 人権に矛盾する二つの現代の科学技術に対して私たちはどう対応すべきか

AI 兵器とゲノム編集技術は人権に矛盾します。

AI の能力の拡大は、ビッグデータの集積による個人情報集約により、プライバシーの喪失、監

視社会（ビッグブラザーの支配）へと進みます。例えば、ビッグデータの医療診断への利用→疑似自律型 AI 作製→AI 装填兵器→疑似自律型致死兵器の登場となります。

受精卵のゲノム編集は、誕生前に人間の遺伝情報の改変が可能になり、意に沿った人間の創出（エンヘンスメントしたデザイナーベビー）へと進む可能性があります。次世代の人間の権利はどうか、「生まれつき」として受容するのか等も問題があります。

私たちは、どう対応すべきか？

私たちは内実をよく知り、研究の動向を監視し、意見を表明することが必要で、研究が軍事利用されないよう科学者の「製造責任」を問うべきです。科学技術の利用に対する倫理規範を求めることが必要だと思います。

2. 先進生命科学技術がもたらすデュアルユース問題 四ノ宮成祥

1) 生物戦脅威におけるバイオテクノロジーのインパクト

まず、生命科学のデュアルユース性についてお話します。

生命科学技術の適切な利用法ということで、バイオ産業を含む様々な産業の振興、社会福祉の向上、医療技術の向上が大きな目安となっているところです。一方、まったく同じ技術ですが、意図的な悪用、あるいは意図しなくても誤用されるというシチュエーションの中で、生物兵器の開発もあるとか、バイオテロリズムに利用されているとか、あるいは偶発的に環境破壊してしまうことがあります。このような一つの技術の利用の両義性をデュアルユースと呼んでいます。これがどのようなところに関わってきているかということ、研究者、医学者たちが一生懸命医療のため、社会のためと考えていることが、悪用される可能性があるものにつながる可能性があるという、我々学者にとっては非常に悩ましいことです。

生物兵器禁止条約が発効したのが 1975 年ですが、その当時の戦略は「伝統的生物剤」と言いまして、「危険性の高い、病原性の高い微生物あるいは毒素というものを直接利用して兵器化する」という考え方でした。今考えられている生物兵器というのは、1975 年当時と比べると大分様相が変わってきており、バイオテクノロジーの進歩によって 1990 年代に入ると遺伝子を組換えた伝統的生物剤を使った兵器というふうになってきました。さらに 2000 年以降、もっと新しい技術が出てきて、今日お話する例えば合成生物学／ゲノム編集技術を考えていく方向にあります。

時代は 1990 年代に戻りますが、組換え DNA 技術を利用した新たな生物剤のお話をします。まず、

生物兵器の禁止という観点からこれは問題があるのですが、病原性の高い野兎^{やとびょう}病菌の中に遺伝子組換えでβエンドルフィンというホルモンのような物質を組み込みます。これに感染した場合、感染症ではあるが、ホルモンの作用が前面に出るため症状的には精神病のような症状（緊張病）が出てきます。これは、今までの感染症の概念をちょっと変えた新しい兵器開発につながります。さらに、炭疽菌は独自の毒素は持っていますが、赤血球を壊す溶血毒素は持っていない。この炭疽菌ワクチン株に溶血毒素を組み込む。何を目的にこんなことをしたかということ、炭疽菌が他の菌から偶発的に毒素を獲得した場合を想定しています。そして、この菌に対してワクチンをつくります。ある意味言い訳的なコンセプトですが、…。これを生物兵器という点から考えてみると、「遺伝子改変炭疽菌（既存の炭疽菌ワクチン無効化のため）とそれに対するワクチンをセットで開発して兵器化できる」とも読み取れます。すなわち、既存の炭疽菌に今までにない新しい赤血球を壊す毒素を挿入する。それとプラスそのワクチンを作る。開発した側は、危険な兵器とワクチンをペアで作れます。逆にこれを生物兵器として使われた側は、遺伝子が改変されていて病原菌を同定するのに時間がかかる。また、それに対するワクチンも持っていない。このようなタイプの研究というのは研究自体に問題があるという議論が出てきました。

さらに、新しい生物剤の開発に繋がりにかぬ技術である 2001 年ポックスウイルス遺伝子改変実験があります。オーストラリアの研究グループが行った実験で、マウスにまず、ワクチンを接種してワクチンによる免疫を獲得させておきます。そのマウスにウイルスを感染させると、通常のウイ

ルス感染の場合にはワクチン免疫があるので生存します。しかし、遺伝子改変ウイルスを接種すると、免疫を持っているマウスであっても死んでしまい、ワクチンの効果が発揮されません。この実験が、「ワクチンの無効化技術」ということで大きな問題となりました。そもそもの実験目的は、「農作物に被害を与えるげっ歯類を減らすため、避妊ワクチンのようなものをつくってバースコントロールすること」でした。その技術的方法として、比較的病原性の弱いマウスポックスウイルスを使って遺伝子操作することにしました。研究の入り口、その目的や使用材料の正当性は理解できるものでしたが、その結果は、出来上がったものは非常に強い毒性を持ったもので既存のワクチンが無効になってしまう技術でした。さらに輪をかけて問題になったのは、もし、ヒト天然痘ウイルスに同じような技術で意図的に改変を加えたら殺人ウイルスが作られるのではないかと、ということでした。

その当時、科学者向け雑誌『ニューサイエンティスト誌』に“Disaster in the making”ということで、この実験に対する批判が掲載されました。また、『ニューヨークタイムズ紙』では、生物兵器につながるのではないかとという記事が掲載されました。さらに天然痘ウイルス —ここでは学術的に“痘瘡ウイルス”と言っていますが— の遺伝子を詳しく解析した研究が2002年に出てきました。これはワクシニアウイルスという『ワクチン』の名前の由来にもなったウイルスですが、この中にVCPというタンパク質があり、ウイルスが感染した時に我々の身体の免疫機構から回避できるシステムであるということがわかり、そのVCP遺伝子を特定することができました。その遺伝子情報をもとに、天然痘ウイルス（強毒病原体）で類似の遺伝子がないかと探した結果、SPICEという遺伝子が見つかったという報告です。SPICEはワクシニアウイルスのVCPに比べて100倍もの活性があり、だから病原性が高いのではないかと推定しています。このSPICEという病原因子を特定したので、これを利用した遺伝子操作で病原性を増強することができるのではないかと大問題になりました。元々は病気の病原性はどこにあるのかを調べたもので、医療に応用しようとしたことがそもそもの始まりです。しかし、穿った見方をすると、生物兵器となるのではないかとということになります。

米国科学アカデミーから2004年に『Biotechnology Research in an Age of Terrorism (テロ時代のバイオテクノロジー研究)』という本が出ています。その内容は、研究者が様々な面からバイオテクノロジーの在り方を議論して、研究のあるべき姿を考えた報告です。その中で、問題となる7つの研究カテゴリーが示されています。それらは、1) ワクチンの無効化、2) 有用抗菌剤等への耐性獲得、3) 微生物の毒性増強、4) 病原体の伝染性増強、5) 病原体の宿主変更、6) 病原性の検知抵抗性、7) 病原体や毒素の兵器化、です。いずれも遺伝子組換え、特定の遺伝子レベルでの改変を想定しています。このように、バイオテクノロジーの側面からの色々な疑問点が2000年初めから出てきました。

2) 合成生物学の可能性

話は変わりますが、これはiGEM(International Intercollegiate Genetically Engineered Machine)での写真です。全世界でバイオテクノロジーや合成生物学の勉強をしている学生の集まり（いわゆる遺伝子ロボコン）です。この大会は元々生物学とは関係ない人たちが始めましたが、数学、コンピュータ計算と生物学が相まってこのような研究領域ができました。iGEMは色々なことを行っています。その一つの例を紹介します。

これは東京工業大学の木賀先生（現在の所属は早稲田大学です）指導のグループによるものですが、遺伝子の技術を使って、細胞と細胞とのコミュニケーションを利用した演目で、大腸菌による「ロミオとジュリエット」というものです。シーン1でお互い恋に燃え上がり、シーン2でジュリエットが仮死状態となり、シーン3でそれを見てロミオは自殺をしてしまう、シーン4でジュリエットも自殺してしまう、という演劇のストーリーを大腸菌にさせます。遺伝子の活性化や制御を行うことにより菌が別の菌にクオラムセンシングということを行って菌の増殖がどんどん促進されると、フィードバックして元の菌に影響を与えます。そのようなプログラムをコンピュータの中でデザインして、シミュレーションしてうまくワークするかを計算する。うまく行けそうなものを始めて実際の大腸菌を使って実験することになります。これがうまくいった場合は、それを誰が使って

もいのように「バイブリック」と呼ばれる標準化遺伝子部品として登録するというもので、このような部品をどんどん作ることによってこの領域は進んでいます。その中で面白いのは、iGEM のスポンサーとしてグーグルなどの企業がいますが、その中に FBI が入っています。FBI は当初からの iGEM に関わっていて、毎年バイオセキュリティつまり生命科学が悪用されないようにするためにはどんなことを考えなければいけないかに関する総合セッションを開催し、そういう中で生命科学の正しい使い方、研究倫理について当初のうちから考える機会を提供しています。また、FBI は様々な科学捜査にも関わっているので、逆に優秀な学生をリクルートしているのかもしれませんが。

2000 年以前は合成生物学についてあまり認識されていませんでしたが、2000 年以降は急速に研究者の数も増え、2005 年『ネイチャー』誌に「合成生物学の世界へようこそ」という特集で、表紙に諺の「Life is what you make it (人生は自分でつくるもの)」をもじって「Life is what we make it (生命は我々がつくるもの)」というような文言が掲載され、生命を合成する学問が非常に活発化してきている様子を示しています。

では、どのようにして生命をつくるのか？確かに非常に複雑な生命をつくるということに、まだ成功していません。単純化したウイルスとか細菌であれば、つくることができています。その基本になるのは DNA です。この DNA を人工的に合成してつくり出します。次に DNA アセンブラーという機械を使って、合成した DNA 同士をキットや試薬でくっつけて長くします。そして、シーケンサーという装置で DNA の並びが正しいかシーケンスの確認をします。しかし、合成した DNA をそのまま細胞に組み込もうとしても、ちょっとした振動でちぎれてしまうため、安定化するためにそれを人工染色体へ組み込みます。構造的に安定な状態にして大腸菌細胞内に保存しておきます。非常に大きな、例えばヒトの人工 DNA はまだ実現していません。

今、どこまで研究が進んでいるかお話しします。2002 年に感染性ポリオウイルスが化学的に完全人工合成されました。スライドでは ATCG…と文字が並んでいますが、これはポリオウイルスを作るために必要な全ゲノム情報です。ポリオウイルスはエンテロウイルスの仲間で、ウイルスとしては非常に小さく遺伝子情報が少ないウイルスです。この遺伝子情報をもとに DNA シンセサイザーで化学的に DNA をつくって、それを無細胞の発現系の中に入れてウイルスをつくり出しました。ポリオというのはウイルス感染症ですが、脊髄炎により小児まひを引き起こします。1940 年代くらいまで、日本国内でも流行していましたが、もともと汚い水を飲むと腸管に感染する病気です。ほとんどが無症状ですが、まれに体の中にウイルスが入り、脊髄の神経細胞に感染して炎症を起こし、神経がやられると神経の支配下にある筋肉も萎縮するという病気です。WHO はポリオ根絶ワクチンプログラムを展開し、2004 年には汚染国を数か国まで減らすことができています。

3) 病原体の人工合成がもたらす問題

しかしながら、ポリオウイルス人工合成がもたらした問題点として、研究室における病原体管理の在り方が問われています。今までは、ウイルスを保管している研究室は手を挙げて、「研究が終わったらすべて廃棄する」という約束をしてそれを管理すればよかった。しかし、いくら病原体を管理してもゲノム情報から人工的にウイルスをつくり出せるので、「情報（塩基配列）は規制の対象となるのか？」という新たな問題が発生しています。でも、作り方は既にインターネット上に公開されてしまっています。そうすると「モノで管理してもダメだ」という時代になってきました。

もっと大きなゲノム情報をもつマイコプラズマという細菌の DNA が 2008 年に人工合成されました。これは細菌の中で最も小さい細菌です。さらに 2010 年には人工合成されたゲノムをもとに人工の細菌がつくられました。つまり世界初の「親なし」細菌が誕生したわけです。細菌の細胞質のところはある特定の細菌のものを使っていますが、そこから遺伝子をすべて取り除いて、合成した遺伝子と入れ替えています。クローンに近い技術です。そうすると、ある意図した遺伝子の配列を持った細菌もつくれるような時代に入ってきたと言えます。2016 年にミニマルバクテリアという不要遺伝子を削った最小ゲノムをもつ細菌もつくられました。これは、バクテリアの遺伝子から不要と思われるものをどんどん削って、どこまで削り落としてもバクテリアとして分裂するのか調べ、最小のゲノムを持つ細菌をつくるわけです。これにより、バクテリアに必要な遺伝子がどんな性質を持つ

ているのが分かりました。残った必要な遺伝子機能は、「ゲノム情報の発現」、「ゲノム情報の維持」、「細胞膜」、「細胞質代謝」それに「機能不明」となります。これに様々な遺伝子を挿入する、毒素を入れたり病原性の強い遺伝子を入れる、などができるわけです。もともとあるものに新しい遺伝子を入れると、一般的に生物はそれが負担になって入れた遺伝子が落ちることがありますが、このようなスリムなものに新しい遺伝子を入れると、まだキャパシティがあるので発現しやすくなるかもしれません。

1980年に地球上から天然痘は撲滅されましたが、このような状況の中で、合成生物学により天然痘のウイルスをつくれるのが気になります。イギリスの雑誌で『THE GUARDIAN』というのがありますが、これは2006年にジャーナリストのJAMES RANDERSONが書いた記事で、“天然痘ウイルスのDNAをオンラインで注文したところ自宅に郵送されてきた”というものです。テロリストが注文したらテロリストに送られるのか？記事はこのようなDNA受託合成企業のチェック体制の甘さを批判し、もう少し有効な規制が行われるべきだと論じています。当時は、人工でウイルスをつくったとしてもまだ小さいウイルスしかつくれませんでした。2018年に馬の天然痘のウイルスである馬痘ウイルスが人工的につくられたという論文が『PLOS ONE』というジャーナルに公開されました。色々議論はありますが、彼らはサイエンス誌やネイチャー・コミュニケーションズ誌にこの論文を投稿していますが、不採択となっています。これらの雑誌は、この論文は掲載させられないという判断をしました。ただ、不採択の理由ははっきりしていません。それを採択したのが『PLOS ONE』誌でした。問題は、PLOS ONE誌は言い訳的に“PLOS ONEではデュアルユース諮問委員会を設け、議論の末全会一致で採択した”と発表していますが、なぜ採択したのかの議論については全く明らかになっていません。この論文を公表すると、どのような問題が発生するのでしょうか。1つは、馬痘ウイルスはヒトの天然痘ウイルスよりもゲノムサイズが大きい点です。したがって、ヒトの天然痘ウイルスの人工合成は技術的にクリアされたことになると考えられます。折角1980年に地球上から撲滅した天然痘ウイルスですが、誰かが人工的につくり出す可能性が出てきました。このような危険な情報を安易に一般に公表していいものなのでしょうか？あるいは、発表するに当たって悪用されないような対策を考える必要はないのでしょうか？さらに言うと、既に天然痘のワクチンが複数存在するなか、敢えて天然痘に効くというワクチンを新たに作る必要があるのでしょうか？私は、科学者が真面目にこの研究を大事なものだと考えているのか、疑問に思います。

このようなこともあって、DNAを作成する企業の方もいわゆる自主規制を強化して、「IGSCが掲げるDNA受託合成のためのバイオセキュリティ・スクリーニングプロトコル」の骨子を2017年11月に改訂しています。遺伝子のスクリーニングを行う（オーストラリアグループが規制する病原体リストに基づき、照合してスクリーニングする）とか、顧客のスクリーニング（住所、氏名などから顧客の確認など）、記録の保存、受注の把握、痘瘡ウイルスのDNAは合成しないことなどを定めています。ただし、IGSCは世界のDNA受託合成の約8割位しか担っておらず、残り2割はインターネット上で受託したりしており、この規制にはかかっていません。

これは、1918年に世界で大流行したスペイン風邪と呼ばれるインフルエンザの写真です。アメリカからヨーロッパに持ち込まれて、さらに全世界に広がり日本でも流行しました。当時の記録で1918年10月から11月の患者の発生率のグラフです。縦軸は人口1000人当たり1週間での死亡者の人数で、ニューヨーク、パリ、ベルリンと都市別に描かれた推移です。一番酷いときはニューヨークで1週間に1000人当たり60人も死んでいます。当時は、第一次世界大戦中でしたから、兵士が病気で倒れて戦争にならないことは軍事機密情報として隠されていたと思われます。スペインは参戦していなかったため、スペインで流行しているとして「スペイン風邪」と呼ばれることになってしまいました。1918年当時、インフルエンザの原因病原体はわかっていませんでした。インフルエンザウイルスが初めて分離されたのは1930年代に入ってからです。当時これだけ病原性の高かったウイルスを調べて病原性がどこにあるのか見たいと思っても、ウイルスが手に入らないので感染実験はできません。世界中のどの研究室もスペイン風邪ウイルスを保有していません。それでは「つくってみよう」という発想でウイルスが作成されることになりました。

そしてとうとう、2005年サイエンス誌に『スペイン風邪ウイルスの人工合成』という論文が掲載

されました。ウイルスを12個のプラスミドの形にして設計します。そして形質転換導入という方法で細胞内に入れます。12個全てが1つの細胞に入れば、丁度ウイルスが感染した状態を再現でき、その後は、細胞内で勝手にウイルスがつくられます。「逆遺伝学」と呼ばれている技術です。一番難しいところは、ウイルスプラスミドの遺伝情報を設計するところです。1918年当時のウイルスが残っていないのに、どうやってウイルスの遺伝情報がわかるのでしょうか？1918年当時の患者さんの肺の病理標本からウイルスRNAの遺伝情報をかき集めてつくり上げました。このようにしてスペイン風邪ウイルスを人工合成しました。

それから、さらに一歩進んでH5N1高病原性鳥インフルエンザというのがありますが、ニワトリなどに感染する病気で、鶏冠や足が黒く腐り全身に感染が広がります。鳥だけに感染が見られる国とヒトにも感染している国があります。今まで860人くらい感染していますが、そのうちの約半数は死んでいます。幸いヒトからヒトへの感染はまだ発生していません。しかし、飛沫伝播するウイルスへと変異すると、ヒトからヒトへの感染が発生する可能性が出てきます。その変異を調べようと、オランダのロン・フーシェという研究者がイタチに似た動物のフェレットを使った実験を行いました。ヒトのインフルエンザモデルに近いのでフェレットが使われています。まず、ウイルスを意図的に変異させます。どういう変異を入れるかというと、実際にヒトに感染したウイルスを調べて、沢山のヒトで共通している遺伝子変異を入れます。そして、それをフェレットに感染させます。感染実験の最初のうちは、鼻に感染させた後、その鼻の組織を取って次の動物の鼻に感染させます。これを5回くらい繰り返すとウイルスが段々動物に馴染んできて、動物の身体を通すことで勝手に変異してくれます。つぎに、感染した動物にくしゃみをさせて、鼻水をとりまします。そして、その鼻水で感染させます。より自然の感染に近い感染経路を作り上げます。このようにして、2012年に飛沫感染するH5N1高病原性鳥インフルエンザウイルスを作製しました。

この実験の懸念としては、事故や人為的なミスによる漏出とかテロなどへの悪用が挙げられます。一方、研究の正当性としては、ウイルス伝播メカニズムの解析や流行予測に寄与したりワクチン選定のための情報を得られることが挙げられます。デュアルユースのジレンマとして新聞記事となったこの実験に関する論文に対して、米国バイオセキュリティ国家科学諮問委員会が論文内容の一部変更を指示しました。しかし、最終的には論文は変更されることなく全文公開されました。

4) 急激に進むゲノム編集技術

ゲノム編集が急速に進歩したのは、2012年にジェニファー・ダウドナがエマニュエル・シャルパンティエらとともに出した論文がきっかけです。彼女たちは、新しいクリスパーキャス9というシステムを使ってゲノム編集できることを示しました。ゲノム編集という概念は1977年頃からあり、ジンクフィンガーやターレンという別の酵素を使った基礎的論文は報告されていましたが、この論文が発表されてから一気に研究が進みました。これはコストが低く、簡単、確実性が高いという3拍子揃っており、2019年にはゲノム編集に関する研究論文数は10倍以上に上っています。クリスパーキャス9という技術は、キャス9という酵素とガイドRNAが複合体を形成してゲノムDNA上を移動し、ガイドRNAとピッタリ合う標的DNA配列を探します。そして、標的DNA配列が見つかったらキャス9酵素が標的部位を切断するというものです。それが起きた後、一つは切れたDNAの断端同士がくっついて修復されます。くっつくときに、しばしばDNAの並びがズレて遺伝子の機能が壊れます。もう一つは、切れた時に新しい別のDNA断片を入れておくと、くっつくところに新しいDNAが挿入され、決まった場所に決まった遺伝子を入れることができます。

これを利用して何ができるかというと、遺伝子ドライブという技術があります。今までは細胞の外から遺伝子操作を加えていました。それが、この遺伝子操作できる機能を持つクリスパーキャス9システムそのものを遺伝子の中に組み込んであげれば、あとは細胞の中で勝手に遺伝子操作をやってくれます。二本ある相同染色体の片側のDNAに遺伝子操作を事前に行っておけば、自動的にもう片方の染色体にも遺伝子操作をしてくれるということです。そうすると、例えばハマダラ蚊の場合、マラリア抵抗性遺伝子を持っている蚊と持っていない蚊を掛け合わせると、メンデルの遺伝の法則に従うと、この遺伝子は4分の1の確率でしか次世代に移りません。ですけれども、遺伝子ドライブの場合は遺伝子を勝手に書き換えてくれるシステムが中に入っていますから、この遺伝子を

持っている蚊と持っていない蚊を掛け合わせて生まれた子供は100%遺伝子を持っていることとなります。このように、他の野生型の蚊と掛け合わせて生まれた子供は100%マラリア抵抗性遺伝子を持った蚊となります。蚊のように1サイクルのスペンが非常に短いものは、どんどん速く広がっていきます。これを利用すれば、マラリアを伝播しない蚊をフィールドに放つと、そこではもうマラリアが伝播しないようになるのではないかと考えられます。マラリアの根絶に、治療薬もワクチンもないという優れた技術です。しかし、この技術の使い方には、環境への影響など色々と問題があります。

技術はさらに進んで、DNAを切らなくてもその部分の遺伝子を書き替えられるという技術が出てきています。さらにこれは色々な形で利用されようとしていて、遺伝子治療（先天性免疫不全症などの根本医療）、iPS細胞技術と組み合わせた治療、遺伝子ドライブ、それからこれからお話しする農作物や家畜の遺伝子改変などに広く用いられようとしています。これは茶色に変色しないリンゴで、既に売り出されています。ポリフェノール・オキシダーゼ遺伝子をノックアウトしたものです。これは大きなサケで、成長因子遺伝子を強制的に発現させることにより短期間で大きくさせたものです。このようなものが既に外国では出回っています。少しだけ問題提起したいのは、筋肉の増強を抑制するミオスタチンという遺伝子に変異を入れて抑制がかからないようにすると、筋肉質の牛が生まれます。これは品種改良で、自然に存在している変異種を人為的交配により選別してきました。一方、ゲノム編集技術を使っても同じようなものをつくることができます。しかし、この場合、ゲノム編集した牛なのか品種改良した牛なのか区別はつきません。証拠も残らないので調べようがありません。そのような状況の中で、ゲノム編集をどれだけ規制するのか、また規制に効果があるのか、意味があるのか、皆さんも考えてみてください。ゲノム編集は、さらに絶滅危惧種の保存や絶滅種の復活にも利用可能で、アジアゾウを使ってマンモスを復活させるプロジェクトが始まっています。

5) デュアルユースのジレンマとその対応

ジェニファー・ダウドナは、ヒトの遺伝子を書き替える時代が絶対来ることを危惧して、色々なミーティングを開いてきました。そのようななかで、去年（2018年）ゲノム編集ベビーが中国人の研究者によってつくられました。そこでは、エイズに感染しないように遺伝子操作された子供が生まれました。ゲノム編集の研究をどのように進めていくのか、大きな問題が投げかけられています。それをやる意味があるのか、ということをお我々も問題視しています。そもそもヒトの胚操作についてのコンセンサスは得られていません（既存の生命倫理の枠組みを逸脱しています）。また、オフターゲットの問題についてもクリアできていません。エンハンスメントに当たるのではないかと（デザイナーベビーにつながりかねない）とも言われています。HIVには別の良い治療法、予防法があります。また、これはアメリカで議論されたことですが、ゲノム編集技術が大量破壊兵器につながる可能性があるというレポートも出ています。ただ、実際にどういうものができたということではないので漠然としています。しかし、確かな脅威として捉えられ始めています。アメリカのDARPA（国防高等研究計画局）がゲノム編集に対して多くファンディングしています。ゲノム編集の時間的空間的制御、編集をもとに戻す技術、望まれないゲノム編集に対する対抗手段、予防手段、編集されたゲノムを環境から除去、元の状態に復元、このようなところにお金をかけて研究が進められています。その研究プロジェクトに参入している研究者達のうち、たとえばジョージ・チャーチはヒトゲノムプロジェクトに深く関わっていた研究者であり、あるいはケビン・エズベルトは遺伝子ドライブ（ジーンドライブ）のコンセプトを考えた人です。さらには、ジェニファー・ダウドナはクリスパーキャス9技術を開発した人です。こういう人達がこぞってアメリカ軍の出すファンディングに参入しています。こういうことを考えると、これらが軍事研究そのものと言えるかどうか、軍事研究そのものだと言う人もいますが、いずれにしても世界のトップの研究者達がアメリカ軍の資金提供する研究に関わっているということは事実です。最終的に色々な科学技術が積み重なっている中で、メリットもあるがリスクもある、それを我々はどう考えるかということですが、特に今日お話しさせていただいた合成生物学はここ18年くらいのスペンで、バイオテクノロジーはもう少し前からあります。ゲノム編集に至ってはここ7年の技術です。我々は、これらを理解

して社会のあるべき姿を考えていかなければいけない時代に入ってきています。

3. この世はぜ～んぶ紙芝居！ アーサー・ビナード

今日持ってきた紙芝居は丸木俊さんが連作として作った原爆の図という素晴らしい絵をもとに作ったものです。原爆の図の作品の遺伝子を組み替えて紙芝居を生ませた。原爆の図は原爆のことだけを描いているわけではなく、生き物の図とか、森羅万象の図といっても大げさではない多様性を含んだ作品です。全部で15点あります。核分裂の連鎖反応によって引き起こされる現象と生物である人間、他の動植物とどう関係にあるか影響を受けるかということテーマにして、そして雄大な連作を作りました。

丸木さんらは紙芝居が生まれることは予想していない。その絵の中には豊かな具体的な表現がたくさんあって、それをもとにすれば、僕は紙芝居が作れると思いました。紙芝居と絵画は違う。紙芝居は舞台という装置があります。順々に絵を見せながら演じるんです。絵はスッパッと抜くときもあれば、じらして抜くときもある。紙芝居の絵は埼玉にある丸木美術館の絵とは違う。紙芝居は仕組みだし、表現としても同じにならない。いろいろな工夫をして絵から切り取られます。切り取って変化させて、必要な情報を盛り込んでいく。原爆の図は紙芝居になる。これはゲノム編集そっくりだ。7年かかってようやくできた。それを今日、皆さんに見ていただきたい紙芝居です。紙芝居は90年くらいこのメディアが続いていて、世界でも優れたメディアだと思います。日本にしかない。僕が紙芝居に出会ったのは日本に来てからで、池袋図書館でした。日本語を昔話や絵本から覚えようとして紙芝居と絵本の読み聞かせがあって参加しました。

1) 紙芝居始まり始まり

(1枚目) ちっちゃな声。「はじめまして ぼくのなまえは くる 君は人間だな ぼくの ことばわかるかい それはよかった ねこの 話を分かってくれない人間は うちのねえさんくらい

(2枚目) くるちゃん おはよう おなかがすいているでしょ まいあさ姉さんがごはんをつくってくれる それから市場にでかけるんだ 魚を売るのが姉さんの仕事 おとし結婚したよ でもだんなさんは すぐ日本軍の兵隊さんになって ぜんぜん帰ってこない そのうち赤ん坊が生まれたんだ

(3枚目) うちのじいちゃんは もう兵隊にはなれないけれど しょっちゅう戦争いかんで 戦争のうたをうたう 赤ん坊にうたう子守唄も こんなかんじ ぼうやねんねねんねしな とうさん強い兵隊さん ねんねねんねすりゃ おみやげくれる 機関銃と鉄かぶと 機関銃と鉄かぶと じいちゃんの声大きいから 僕は庭にでて 空を見上げると くんくんくんくん はとがまいおりてきた

(4枚目) くーすけじゃないか はとのくーすけは 時々うちにとんできて ニュースを教えてくれる 今日 広島隣のまち 呉のまち たいへんだよ 呉のまちはまっかっか あめりか軍の飛行機がどんだん爆弾おとし めらめら燃えている 今度は広島におとされるかも

(5枚目) はとは爆弾おとさない ねこも爆弾おとさない 生き物はみんなおとさない 人間だけだ 爆弾を作っておとすのは どうしてだろう 人間のからだだって ねこやハトとみんな同じ みんな細胞でできている ねー 体のちっちゃな細胞 君はみたことある？ みてみようか さあ 目を見開いて

(6枚目) ぐぐぐーと100倍ちかく 1000倍大きく 大きくグーっと1万倍 きれいだろ 細胞たちが集まって ズンズン働いているんだ じーっと耳をすませば 聞こえるはず ずんずん ずんずん ずんずん ルンルン ちっちゃな細胞の声 ズンズン ルンルン ズズズン ルンルン 生きている細胞が ずーっと新しい細胞つくるから きみもぼくも ずーっとずーっと生きているんだ

(7枚目)

耳も細胞 目も細胞 口びるも細胞 ねこもぜんぶ細胞 細胞がつくってくれる 眠っているあいだも 赤ん坊の細胞はいい声をだしているよ 聞こえるかな ズンズン ルンルン ズズズン ルンルン 今日1945年8月6日だ 赤ん坊の1才のたんじょうび ねえさんが朝ごはんをつくっている じいちゃんはうたっている 坊やねんね ねんねしな とうさん良い兵隊さん その時いきなりピッカ

(8枚目)

太陽より100万倍もまぶしいのが キリキリキリーとささってきた その時のしゅんかん

(9枚目)

ゴゴゴ ガッシャー いたい 助けて つぶされる 姉さんと赤ん坊が とじこめられて動けない

(10枚目)

おーい つかまれ おーい わしの手をはなすな じいちゃんはひっぱる ひっぱるけど もう大やけど 助からない

(11枚目)

ねこのぼくだけ にげて助かった きみは人間だから知っているよね 日本人は他の国に爆弾おとして殺した アメリカ人は爆弾をいっぱいおとした でも広島におとしたのは普通の爆弾ではなくて げんし爆弾だ げんし爆弾は

(12枚目) 新しい殺しかた ジリジリ ジリジリ あとからあとから殺される 細胞こわす毒が そらからふって 土にもぐって からだの中まで 送り込む 助かっても 次の日も次の日も ジリジリ ジリジリ ジリジリ

(13枚目)

広島のまちはずれで いぬがはなをクンクンさせている ぼくは家族をさがしているんだ みんなどこへいったんだ クンクン クンクン 見つからない いぬのはなに ジリジリ ジリジリ 潜り込んでくる ぜんぜん匂わない からだの仲間で ジリジリ ジリジリ いったいどうなるの ちっちゃい細胞たちよ みてみようか さあーっ目を見開いて

(14枚目)

グルグルと100倍大きく 1000倍大きく 大きくグル一万倍 細胞は見えるけど元気じゃない 新しい細胞がもうつくれないんだ 僕の脂肪もジリジリ ジリジリ こわされている

(15枚目)

からだのちっちゃな声は止まって消えた えー君の中でちっちゃな声が聞こえてる 君の細胞たちはみんなげんきかい

(16枚目)

ズンズン ズズズンズン ルンルン もし細胞の声がすると聞こえていたら ズンズン ルンルン ズズズンズン ルンルン 君はきっと生きていけるんだ

おしまい

この紙芝居は主人公と語り部が決まるまで長い道のりがあった。主人公は誰だと思いませんか。僕の中では猫は主人公ではなく、語り部はナレータ、細胞が主人公です。人間含めてみんなの命のもととして細胞が主人公と思っています。細胞の絵は丸木さんの絵には出てこないの、元になった絵は梅の花なんです。つぼみがいっぱいあって、それをもとに絵を工夫して色書いて作りました。紙芝居を作る作業は科学技術で例えれば新しいクリスパーキャス9をみつけるとか、ゲノム編集を確立するとかどこか共通点があると思う。やってみないとわからないとか、やってみたらできた、できたらそれがどういう影響があるかというところにつながるか？

2) 生き物は爆弾を落とさない 人間だけが爆弾を作って落とす なぜデュアルユースをやるのか 今日の話の流れの中で、この紙芝居で気づくことはデュアルユースです。この紙芝居の猫が言う

んです。はとは爆弾を落とさない。ねこは爆弾を落とさない。生き物はみんな落とさない。人間だけが爆弾を作って落とす。どうしてだろう。細胞レベルで言ったら人間も他の生き物も同じなのに、なんで人間はデュアルユースをやるんだろうか。技術を使って大量虐殺する。すさまじい環境劣化、生命の営みに逆行する形で生命の営みを利用する。それがたぶん人間だけが抱えている問題です。それが問題としてとらえることができるためには人間ではない目が大事であるものとしてねこが語り部としてある。ねこが語ると、あっーそうだと人間だけだなーと。人間もねこの視点を通して見通すことができます。

もうひとつ、人間はしょせん細胞からできた生き物である。意外と自分たちが生物であることを忘れていないか。人間って自分だけはどうにかなる、科学者は特にそうだと思う。自分たちが物理に夢中になっていると、自分がウランとかプルトニウムとかセシウムとかにわたりあえる存在だと勘違いする。違う。細胞でできている説が核分裂の連鎖反応によって作られる物質を付き合えるわけがない。でも何となく自分たちが使える技術だと使える側にいられる。いい気になってしまう。科学者はその度合いが特に強い。

そこがもう一つ紙芝居のテーマかもしれません。細胞の元気な夢が響いているときは、生命が維持されて元気にいろいろなことができるが、ちょっとしたことで細胞がむしばまれたり力を割かれたりするとたちまちダメになっていく。語り部になったネコもそういう風になる。原爆が池内さんのお話に合った第二軍事革命とするならば爆発後の次の人か1週間後に愛する人を探すために現地に入った人の被ばく。これが新しい殺し方を今日テーマに合わせて翻訳すると第三軍事革命の始まりかもしれません。環境を破壊し、細胞を、生命をむしばむ低線量被ばく、内部被ばくが第三軍事革命に入る入り口かもしれません。核開発はすさまじい破壊力を持つ中心となりますが、核開発を行った専門家、科学者、軍人、政治家は最初から人体実験も行う。核開発にかかわる労働者をハツカネズミのように被ばくさせて、どのくらい人体に影響が出るか、それがウラン濃縮の夏季から続いています。実験の段階でも自国の人にも被ばくさせて意図的に殺傷させて調査している。マラリアを媒介するといわれている蚊と同じで、蚊が悪いわけではない。蚊はただ生活を営んでいるだけです。悪いのは刺される人がいるからです。蚊と同じレベルで長崎、広島の人、アメリカ市民が扱われています。核開発はそれを最初から孕んでいます。そうでないとできないものだった。僕らが今生きている時代は、その核開発を経て、第三次軍事革命に飲み込まれて、一億総実験動物となっています。原爆の悲惨さを伝える美術作品として原爆の図があるといわれるが、生き物のすばらしさ、生き物の生命をむしばむものにさらされたとき、うなるか、どうするかということをいろいろな側面から表現を使って探った作品です。原爆の悲惨さが主題ではない。でも原爆の悲惨さは生命を語っていく中で必ず出てきます。質の悪さ、そういうものを含めて伝えようとしています。

3) 科学技術は絵に描いた餅 生き物、環境を劣化させる それを文学は伝えないといけない

原爆を語った作品を見ると、ほとんどが破壊力を語っています。しかし、日本には原爆を使わなくてもあらゆる建物を解体してつぶしてきた。そんなことを語っても意味がない。原爆ドームを見せてくなくても意味がない。生命が大事だ。それはまさに池内さんが語った第二軍事革命と第三次軍事革命の違いです。建物を見せても、それが戦争を語ることにならない。これから僕らが受ける影響を語ったことにならない。2019年に僕らがこれら生き延びようと子供たちも生き延びられるように環境を保とうと思って語るならば破壊力だけの話ではなくて戦争が悪い、平和がいいということだけではなく、どういう形で僕らの生命がピンポイントで攻撃を受けているか。第三軍事革命を細かく見るとこれは戦争の話ではない。この技術はすべてデュアルユースの問題を抱えていて、すべて戦時も平時も使う。核兵器、それに使う材料、平和利用というペテンに隠された原子炉という装置、詐欺の商品として考えられた発電機。何が起きたかという原爆を使わなくても、使われなくても戦争がなくなってもみんな被ばくさせられる。それがすべて第三軍事革命につながっている技術につながっている。戦争避けても被ばくさせられる。戦争を避けても僕らが食べているものが、化け物に変わる。戦争避けても僕らの身体は技術の影響を受けて変わってくる。戦争を避けてもどうしてももとに戻れない生態系の変化が起きている。次の世代、次の次の世代が対処できないところまで行く。

技術の革新で絶滅した動物を蘇らせる、あるいは人工的に遺伝子をつくることができます。残念ながらマンモスを蘇してもどこで飼うのか。野生動物が生きていける環境がこの地球上にない。ケニアに明日行くが、国立公園になっている自然保護区があるが、そこにいるゾウや動物は全員チップを埋め込ませています。だから野生動物なんかいない。環境に支えられている生命が、日に日に減っていく。技術はいろいろなことを可能にしてくれるが、病気を治したりするが、全部絵に描いた餅です。全部詐欺なんです。劣化するんです。被ばくさせられています。環境失っています。子供たちに渡す未来はゼロ。技術革新はよく語られるが、問題はその技術革新と比べものにならないくらい環境を劣化させています。そこを文学が伝えていかなければいけないところかもしてません。

4. ゲノム編集技術とビッグデータ 天笠啓祐

長崎に投下された原爆での被爆問題で、被爆者手帳もらえるか、もらえないかが裁判で争われました。爆心地から、ある距離以遠は被爆者手帳をもらえない。同じような症状でも、距離によって線引きされ、もらえない方々が裁判を起こしました。放射線の被曝というと、電離放射線の被曝だけが問題になりました。γ線、β線、γ線です。では非電離放射線はどうなんだろうか。これについては評価されませんでした。非電離放射線を大量に被曝しているわけです。この非電離放射線の被曝を評価に加えると、恐らく被爆者手帳が距離でもらえる、もらえないという問題はあり得ないと考えられます。池内了さんのお話で、電子回路の破壊として非電離放射線が武器として使えるかもしれないと話されました。同時に被曝による健康被害も起き得るわけです。考えてみると、原爆では多くの方が熱線で亡くなっている。熱線は大半が赤外線です。いわゆる非電離放射線です。兵器というのはいろいろな問題があるというのがわかります。この非電離放射線が、いまの社会では、日常的に飛び交い、健康をむしばんでいると考えられています。

1) スマホを持っていると何が起きるのか

これから社会は5Gの時代に入ります。社会全体を電磁波が覆うようになります。5Gで覆いつくされたような街をスマートシティというそうです。そこではすべてがスマホと顔認証によって処理されてしまいます。個人の移動がすべて管理されます。ビルの出入りも、買い物も、病院もスマホと顔認証です。移動だけではありません、頭の中まで管理されてしまいます。このような管理の強化と電磁波による危険性の増幅とは一体化したものです。便利であるとともに、個人の行動や頭の内部まで、管理・監視される状況が出現します。それはまた、わずかな磁気嵐で壊れてしまうといった社会が脆弱性を抱えることでもあります。

携帯電話の登録台数は、2019年3月末現在で、2億4000万台だそうです。赤ちゃんも含めて1人2台持っていることになります。大変驚きました。日常的に電磁波を被ばくしていても本人は被ばくしているという意識はまったく思わないと思います。原爆のように瞬時に被曝した時は、衝撃的に感じますが、じわじわと日常的に被曝すると何も意識しないという感じがします。それは非電離放射線だけでなく、原発事故で受けた電離放射線による被曝でもいえることです。知らないうちに健康被害が広がっている、そういう社会になっているということです。しかし、この気が付かないうちにジワリジワリと影響が広がることが、実は最も怖いことなんです。

スマホを持っていると何が起きるのかというのが今日の話です。電磁波問題はさておき、もっと怖いことが起きる、管理化が進む。これがゲノムとむすびつくとうどうなるか、いうことをお話します。

2) 国家戦略としてのゲノム（知的財産戦略）

国家戦略としてのゲノムということをお話します。1999年1月に政府が「国家バイオテクノロジー戦略」を打ち上げます。国としてバイオテクノロジーを戦略的に全面的に進めていこうというものです。バイオ産業の拡大を図る。その柱として遺伝子特許戦略を掲げます。1998年に初めてアメリカで遺伝子が特許として初めて認められます。それを受けて遺伝子特許を知的財産権として戦略的

に取り組みられることになったのです。その考え方の根底には「遺伝子が産業の米粒になる」という考えがあります。あらゆる産業の基本を支えるものになり得る。特許戦争がすでに起きており、日本は遅れをとっているという認識です。

2002年2月に知的財産戦略会議を設置、2002年7月にこの会議が「知的財産戦略大綱」をまとめました。知的所有権を持つとはどういうことかということ、特許として押さえるということで、排他的に推進できます。実際にモンサントという企業が遺伝子特許を押さえ、それによって種子の権利を押さえていきます。種子の権利を押さえることによって食料を支配することができることにもなりました。食料を押さえれば、世界を支配できます。特許を押さえることが経済の仕組みの中で大きなポイントになってきています。これが、日本も知的財産戦略を柱とする大きな理由です。

遺伝子特許や人体特許の実例をいくつかお話しします。

第一の事例ですが、トリスタンダ・クーニャ島で起こったことをお話しします。その島は南大西洋に浮かぶ孤島ですが、そこに迫害を免れるために数家族が移り住みました。そこからのスタートですから、住んでいる人のほとんどが、近親結婚に繰り返して、遺伝子がかかなり均一化されています。そこに住む家族のかかなりの人が喘息を患っています。そこに注目したのがカナダの大学病院で、島に出かけて血液を採取して喘息の遺伝子を探そうとしました。その時、無償で血液を提供させました。「喘息の治療に役立つため」というのが大義名分です。そして喘息の遺伝子を見つけだしました。このため大学病院へ資金をだしていたのが米国のベンチャー企業で、その企業が喘息の遺伝子の特許を取得しました。それによって喘息診断ができるようになり、利益を得ることができました。ところが特許料は島の人々にはまったく還元されません。島の人々は血液を持っていかれただけで、もうけはベンチャー企業ということになりました。この件についてはNHKが取材し、放映し私たちは初めて知ることができました。

第二の事例としてアンジェリーナ・ジョリーさん事件について述べます。この有名な女優は「あなたは乳がんになる確率が高い」と宣言されました。遺伝子診断の結果、乳がんになる確率は87%、卵巣がんになる確率50%という数値が出されたのです。この時に彼女は、自分はどうするか悩み、判断をせまられました。そして彼女は乳房を切除したのです。

第三のケースが、ジョン・ムーア事件です。彼は、カリフォルニア大学で治療を受けていましたが、毛様白血病と診断されていました。このジョン・ムーアさんには毛様白血病と戦う力を持った細胞があることに、大学側は気付きました。そしてジョン・ムーアさんのその細胞を採取して、治療に使えるかどうかのさまざまな実験を行いました。そしてカリフォルニア大学はその細胞の特許化しました。ジョン・ムーアさんはそのことはまったく知りませんでした。自分の細胞を用いて大学が利益を上げているということで裁判に訴えた。最終的には大学が得ていた利益の一部をよこせという訴えは認められませんでした。大学側はよかったということかもしれませんが「細胞を持っていかれた」だけであるという問題を残しました。

このように遺伝子特許は、多くの問題を提起してきたのです。

3) ゲノムコホート研究

2003年3月「知的財産基本法」が施行されました。内閣に「知的財産戦略本部」が設置され、ゲノム解析と遺伝子特許取得に向かった動きが活発になります。そして大規模な遺伝子収集計画がスタートします。2003年から始まった30万人遺伝子バンク計画です。30万人もの血液を集めて、その遺伝情報を読み取る国家プロジェクトです。この時に血液を提供させるためのルールとしてインフォームド・コンセントができました。

提供者に3つのことを求めています。①無償での提供 ②遺伝子解析などで生じた特許などで得られた経済的利益の放棄 ③血液を長期間管理し、将来の研究にも使用する資源とする、というものです。研究者にとって都合のいい内容のインフォームド・コンセントです。この方法がその後の血液や細胞などの収集で一般化します。

さらに新たに100万人ゲノムコホート研究が始まります。コホートとは大規模ということで病気や健康に関する遺伝子の大規模な調査です。100万人から血液や細胞を採取して同時に病気や健康に関する情報や家系の情報を収集します。そして遺伝子を見つけ出して、新たな医薬品や治療法、

健康食品などの開発につなげ経済効果を結び付けていくというものです。これが次の段階でビッグデータと結び付いていきます。そのような精密な未来予測を可能とする計画が立てられます。この100万人ゲノムコホート研究に先行して始まったのが東北メディカル・メガバンクです。これは2012年2月に東北大学、岩手医大、福島医大で宮城県、岩手県、福島県の被災者を対象にスタートします。しかし、福島医大は放射能の健康への影響、遺伝子への影響の情報を東北大学や岩手医大に取られるのでいやだということだと思っただけですが、外れました。そのため岩手県と宮城県でスタートしました。プロジェクトの対象地域である宮城県と岩手県の住民8万人、3世代7万人計15万人の血液や細胞を採取して、病気や健康に関する遺伝子やその機能を突き止めて、将来的には遺伝子のビジネス化を進めようというものです。この研究には全額震災復興の予算が充てられていました。震災とはまったく関係ないのであります。そのほかにも多くの大学などの研究機関がゲノム情報収集に乗り出していました。

2011年から国立がん研究センター、2003年からバイオバンク・ジャパン、1961年から九州大学が福岡県久山町でいち早く取り組みを始めていました。最初は健康診断情報だったんですが、今はゲノム情報まで進めています。久山町は健康情報、生体情報、病気情報など、その全部を九州大学が抑えている状況です。久山町の人からお聞きした話では、ちょっとでもこの調査の批判をしようものなら村八分にされて街に住んでいられなくなってしまうほどです。2010年から山形大学は山形県内、2007年から京都大学は滋賀県長浜市といったように、多くの大学などがいろいろゲノム情報を集めています。

4) ライフコースデータ

新たな段階をもたらすような研究が始まりました。ライフコースデータというもので京都大学大学院医学研究科と一般法人健康・医療・教育情報評価推進機構（HCEI）と株式会社学校健診情報センターと組んでそれと自治体と連携して生まれる前から終末期を迎えるまでの健康・医療情報のデータベース化です。自治体にはさまざまな情報があります。例えば母子保護法に基づく母子保護情報、学校保健安全に基づく学校検診情報、健康保険制度に基づく医療報酬請求情報、介護保険制度に基づく要介護認定の情報などで、それらをつなげてビッグデータとして全体をつなげ、将来の病気などに関して追跡や予測などを分析しようという考え方です。特定の個人に対しては生体試料として提供が求められていくことにもなります。学校検診情報についてHCEIが子どもたちの健康診断結果を9年分（小学校から中学校まで）の情報提供を求めています。これに対しては、保健室の先生方などが抵抗しています。そのため京都大学人脈などを使って県教育委員会から学校の校長に命令を出させるやり方をしています。

これも政府の推進などを利用して研究費を獲得しています。例えば文科省が2011年から始めた「科学技術イノベーション政策のための科学」の推進事業であるとか、総務省が2014年から始めた「地域ICT（情報通信技術）振興型研究開発の」推進事業などがあります。政府がこれらを経済的に応援する仕組みを作りました。

5) ビッグデータとの連携（マイナンバー制度）

IT社会化とビッグデータ利用に向けた法的整備の一つが、個人情報保護法の改正です。政府は、2013年12月高度情報ネットワーク社会推進戦略本部を設置し、個人情報の利活用のための「制度見直し方針」を打ち出します。2014年6月「制度改正大綱」をまとめ、企業による個人情報の利用促進がうたわれ、2018年5月に改正個人情報保護法が施行されました。その結果、個人情報の利用について本人の同意がなくても目的変更できることとなりました。いったん提供されると何に使われているかわからないということになってしまいました。並行して2013年12月特定秘密保護法成立、2015年9月安全保護関連法成立、2015年10月マイナンバー制度スタート、2017年5月次世代医療基盤整備法が施行され、相次いで、個人情報が収集しやすく、かつ利用できるようにしました。とくに大きいのがマイナンバー制度のスタートです。もともと国民総背番号制ということで、反対が強く、実行できなかったのですが、スマホなどの普及で試行しやすい環境が整い、一挙に施行にまでこぎつけたといえます。

このマイナンバー制度とゲノム情報を連結しますと、実に国民一人一人の健康や病気などの情報がすべてわかってしまうこととなります。特に問題になってくるのが、マイナンバーカードの普及を推し進め、健康保険証と一体化することで、よりはっきりします。それにより個々人の健康や病気、心や体の情報がすべて国によって管理されてしまうからです。

また、次世代医療基盤整備法は、匿名加工情報という考え方です。業者が実際の名前の者を匿名加工することになっています。例えば子どもたちの健康診断情報などをそのままビッグデータに登録するのではなく、途中で匿名加工業者をいれて情報を伝えるという考えです。匿名加工業者は原データを掌握しています。もともと匿名加工があり得るかという問題があります。というのは個人が特定され、追跡されなければ、この情報は生かされませんし、意味をなさないからです。

6) ビッグデータとAI技術

いま、さまざまなデータが集積し・分析されています。ビッグデータの分析技術が加わってさまざまな関連が明らかになってきています。巨大化が進むデータの発信源はスマホ、パソコン、公共データ、マイナンバー、クレジットカード、ポイントカード、スーパーやコンビニなどのPOSシステム、監視カメラなどいっぱいあります。発信源から集められた特定の個人のデータを集めて分析し、その個人の未来予測することができるようになりました。例えば消費行動、政治・信条予測、信用評価、犯罪・非行予測、病気予測などです。政治・経済・社会といったあらゆる分野で集積・分析・予測が進んでいる。コンピュータ・アルゴリズムによる分析技術とAIの自己学習能力により思いがけない関連（組み合わせ）が明らかになっています。もう一つ特徴は、一人ひとりに対応したきめ細かさにあります。例えばユーチューブを見ると同時に「好みの番組」がズラズラ一覧表示される。健康食品の検索をすると次から次へと健康食品の宣伝が案内される。これを「フィルター・バブル」というんですが、好みの情報に取り囲まれることです。

このような情報化社会はトヨタ生産システムの応用からスタートした戦略的情報システムから始まります。トヨタ生産システムは在庫を持たないというのが大きな特徴で、これをコンビニが応用して必要な時に必要な商品を置くというシステムです。1980年代ですが、買おうとする商品をレジに持っていくと、そこで性別、年齢などの情報がインプットされます。この情報が集積され、分析してこういう世代の人がこういう商品を購入した、この地域ではこういう商品が売れるなどの分析から、どのような商品を置いたらより売れるか、在庫をなくせるかが示され、棚の構成に反映させます。クレジットカード、ポイントカードも普及して、自分の情報を住所、氏名、年齢、性別まで相手に提供し、購入した商品の情報、自分の好みの情報をすべて相手に渡しているわけです。それによってポイントを還元しますということで、それがエサになっているわけです。「もたらず利益を売り渡すプライバシー」というのがカードなわけです。

一番わかりやすい例がターゲット社と妊娠情報です。スーパーのお客は日常的に同じような商品を購入するため、そこではあまり変化が起きません。大きく変化するのは、妊娠と引っ越しの時くらいです。引っ越しは予測がつきませんが、妊娠・出産は予測ができるということが分かりました。そこでスーパーなどは一生懸命買い物情報から妊娠、出産を予測しようとします。ターゲット社は25種類の商品の購入パターンを分析して妊娠、出産の予測ができるようになり、出産日もおおよそわかるようになったのです。ある女性の購入パターンの変化から、この方は妊娠しているらしいと予測して、その家へダイレクトメールを送ったのです。ところがそれを受け取った親が、自分の子は高校生であり、そんなはずがないと怒って抗議してきたのです。店の側は、平謝りに謝りました。もう一回謝りに行った際に親の態度が変わっていました。やはり妊娠していたのです。AIが家族より先に知ることとなったという話です。

また、23 and Me社というグーグル関連企業ですが、デザイナー・ベビーを商品化しました。パートナーの男女の遺伝子からどのような子どもが生まれるかを数値(%)で表わして、提供する商売する会社です。一番多いのがシングルマザーの方で、子どもが欲しい方だそうです。精子バンクがありますが、この精子と合わさるとどういふ子どもが生まれるかを分析してほしいという依頼が増えているそうです。

ビッグデータの分析から未来予測（プロファイリング）ができます。これが犯罪の未然防止に役

立つということで、ブッシュ政権による「テロとの戦い」以降、急速に拡大しています。最初に導入されたのが警察やFBIといった機関です。どういう本や新聞・雑誌を読むか。立ち寄る場所はどこか、どういうニュースに興味を持つかなどの情報から、犯罪を起こしやすい人物かどうかを特定し、リストアップして犯罪の推測をする。そしてその人物を徹底的にマークする。この手法は、病気の予測と医療・医薬品・健康産業などにも利用されている。病気になる確率などを予測します。健康関連商品の売り込みに最適なのが「未病」です。まだ病気していないか、糖尿病、高血圧などの予備軍が最適で、そういう人たちは健康食品などを買うターゲットになります。

7) まとめ

こうすることで今、「ゆりかごから墓場まで」すべてで管理され始めています。厚労省が始めた「子どもの健診履歴の一元管理」には、先ほど述べたライフコースデータが重要な役割を果たします。生まれたときのデータとして母子手帳データがあります。学校には学校健診データがあります。企業に入ると健康診断データとか電子カルテ、要介護認定調査情報、施設入居時調査データがあります。生まれるところから死ぬまでが国のデータとして完全に把握されるようになる。当面は生まれる前から中学校卒業までの一元管理することが目的のようです。すでに一部の自治体では母子健康手帳のデータベース化が進められています。幼児健診の自治体間の統一化が図られています。医療ビッグデータも国が後押ししています。最終的には特許化と商品化による経済活性化が一番の狙いだと思います。

5. パネルディスカッション 司会：島菌進

島菌：

現代の科学技術の進み方が怖いといいますが、なぜ怖いかもそれぞれのお話で違ってきます。その怖さがどういう歴史的経過をたどってきたのかもあります。軍事の方面から見た場合、科学の変化から見た場合、生命科学の面から見た場合、情報の面から見た場合など違いがあります。それをどのように捉えて考え、それにどうやって抵抗できるか、またこれを変えていくことができるか。今、世界ではとんでもない指導者がおり、自分の力を自分の利益にそって行使していくことが主要な政治になっている。

中国風にいいますとあるべき政治は「王道」といって、「王道」はすべての人が幸せになるということを目指して、ところが今は「霸道」に向かっている。自分の特殊利益を拡げる方向で政治が行われています。共通の方向性を見失った政治家が支配する時代ですが、科学がそれに協力しているように見えます。あるいは科学者の方が方向を見失っているよなところもあります。シベリアルコントロールの話がありましたが、命は小さなものかもしれない。しかし、小さな声が響き合って大きな声になり、地球全体の命と小さな細胞の命がつながっている。その小さな細胞が脅かされています。このような感受性から、今の科学技術のあり方をどのように変えていけるのか。

逆にコントロールしているのが誰か、それがわからないし、どういう理念によってコントロールしているかもわからない。しかし、結局、自由は人間の側にあります。

それではまず、今日の他の講師の方々の話を聞いての感想をお話してください。

池内：

科学と人権ということで見ますと、現代の科学技術が様々な形をとって私たちの人権を狭めている、あるいは私たちにとって重要な人権を薄めていっています。科学技術、特に技術とっていいでしょうが、AIと生命科学が非常に重要な科学技術として使われつつあります。化学の時代、物理学の時代、そして今度はAIの時代というようになってきました。化学、物理に加えてAIの技術が使われてきたわけです。AIにおいてはプライバシーの喪失というのが大きくあります。まだ、GAFaというように民間企業が情報を持っていますが、国家も様々な情報を収集しています。国家が個人情報を含めてすべて情報を把握しています。それを私は非常に恐れています。

もう一つ擬似的自律型兵器ですが、様々な形でビッグデータを利用することによって、特定の個

人を完全に特定し、それを兵器に利用して、自動化すればそれがターゲットとなるのです。それを商売に利用すれば個々人の好みは全部把握されて、それがターゲットとなります。AIの力の拡大となるわけです。

ゲノム編集の場合は、受精卵の段階からゲノム編集を行って、エンハンスメントあるいはデザイナーベビーというような人間そのものの改良、そして人間のストックを、つまり自分の子供が病気になったとき、臓器移植できるようにもう一人臓器移植用の子供を作るようなことも起こり得るのではないのでしょうか。

これは完全な人権無視、破壊です。AIの安易な利用もプライバシーの破壊、人権の破壊に通じています。人権の破壊という方向でこの世界がどんどん動いています。このことを強く意識する必要があります。権力側も商売上もすべてそれに曝されている状況です。その中で我々はどうするかです。基本的には我々自身が状況をきっちりおさえていく必要があります。個人レベルであっても可能な限り自己防備をしなければなりません。そういう人間がお互いに協力し合うことによって少しでも抵抗していくことです。小さな利益を与えられて、古人が裸にさせられて生きていくのは悔しいことです。我々がどういう社会で生きているのか、どういう形で利用されているのか、きっちり押さえながら抵抗することが大事で、人々の倫理意識に基づいて抵抗できるものと思います。どういう風にして我々は頑張るか、どのように人々の輪の中で倫理意識を高めていくか、倫理は人々に強制できませんが、我々は『常にこうあるべきだ』と語りつなげていくことが大切だと、この年になって考え始めました。

島菌：

GAFAのひとつであるアマゾンで本を買ってまして、少しやめないといけないのかと思いました。パワーポイントをやめて紙芝居にしないといけない。

四ノ宮：

日々変化している現代科学技術に我々が追いついていけない状況の中で、一人一人の人権をどう守っていくか。そして社会の方向性を求めるべきか。結論としては難しいが、流されていてはとんでもないところになってしまうので、我々は考えていかなければならない。

この中で私の領域から話をさせていただくならば、一つは「研究者がどのようにあるべきか」に対しては研究者の仲間の中で議論をしているところではありますが、例えば研究者の倫理について等です。その中だけでは収まりきれない。社会とどのような接点を持った上で研究の方向は研究者だけが決めるのではなく、社会がどのような立場で研究を見ていくのかによるし、国家の意向とか単にお金が儲かるからという方向にどうしても流れやすいが、そうではなくて、たとえば微生物にしても危険なものを管理することはやろうとすれば可能だと思います。一方、遺伝情報とか科学技術の使い方については必ずしも管理だけではできない。我々の領域でも一度できたものを、一度知ったものについて後戻りができない。それを知らなかった時代には戻れない。ゲノム編集もやり方を知ってしまった。ゲノム編集を知らなかった時代との乖離は非常に大きい。

島菌：

今日の四ノ宮先生のお話を聞いていたら、だれもがこれは大きな問題だと感じると思います。このようなお話をもっとマスメディアがきっちり伝えてほしいと思います。マスメディアは産業界にいいことを引っ張られて、もっと市民の生活の視点から話をしてほしいと思います。

ビナード：

四ノ宮さんが知ってしまったことは戻れないと言われましたがその通りですが、ただし「くそくらえ」と言えるんです。戻れないけど拒否するという機能が人間に備わっていて、それを僕らは生かしていない。アメリカもその他の国もその流れは強いが、特に日本社会は拒否しない人を大量に国として生産していて、それが日本の特徴かもしれない。

スマホが2億4千万台。私はスマホどころか携帯電話も持ったことないし、これからも持たない。そういう抵抗をすることができる。私は詩人であり、会社員でないので拒否できることはいっぱいあります。今日、GPSのついていない自転車で会場に来ました。カードを使わず現金で払う。時々情報を把握されない行動をすることもできないことはない。タクシーを使うが、タクシーの中に

画面があり、カメラがついている。そのカメラで性別、年齢、人種全部把握する。それでその人に向けた宣伝を画面に出す。私はタクシーに乗るとき、このカメラに紙をぺたっと貼り、自分の顔が撮られないようにする。なぜかというところ「くそくらえ。私の顔をとる権利はおまえにはない」。

怒りという人権を侵している。人権とは抽象的に聞こえるが、そうではなく毎日毎日のすべてに関わっている問題であり、天笠さんのお話にあったように私たちの人権は皆無です。生まれたときから死ぬまで行政に情報をとられて自分たちにはメリットはない。本当は、国家を、企業をつぶすことです。抵抗することです。一人一人が人権の具体的な意味を自分の置かれている人権のない状況をナチスのヒットラーや戦前の大日本帝国のならずものが想像できないくらい一人一人が国家支配下に置かれている。自分たちが怒って抵抗する手段を確立して怒りをエネルギーにするかが今、突きつけられている。

島菌：

最近ではウーバーがあります。GPS でどこにいるかを伝えるとすぐ食べ物などを届けてくれるのもあります。

天笠：

1970年代、作家の野間宏さんと話しているときの事です。「人間というものは後戻りできるか、どうかだね」と尋ねられなした。野間宏さんは「できません」というのです。私たちは「できます」と主張しました。いまは便利さを望まない、成長しない、経済の発展は望まない、むしろ経済活動を縮小させることが必要です。

ビナード：

ぼくは「人は戻れるけど状況は戻れない」と言いたかった。

天笠：

松下竜一さんは大分に住んでおられて豊前火力発電所建設反対運動をされていた。松下さんの代表的な著書に『暗闇の思想』があります。発電所の建設に反対しているが「お前さんだって電気を使っているではないか」と問われたわけです。それでは「私たちは、できるだけ電気を使うのをやめようではないか」と提案し、「暗闇の思想」という考え方にたどり着きました。国や大企業はどんどん原発や火力発電所を作って、福島であれほどの大事故を起こしても、まだ原発を売込もうとしているし、火力発電所をどんどん作っています。最近驚いたことは、公共事業がとても活発で、あちこちで、高速道路を作る、新幹線も延びる、ゼネコンのための予算は大きくなる、そのためには多額の予算をつけているのです。すさまじい国だと思います。そのとき、抵抗するにはどうしたらよいのか。一人一人が「暗闇の思想」をもって対抗する必要があると思います。

島菌：

ビナードさん、天笠さんの方向で意見がまとまると不本意なので、今、大西洋を横断する人の情報はインターネットを使って席でシェアされて、グローバルな市民社会が共通の場を持っているのはテクノロジーがあつてのことです。私は、テクノロジーが普遍的な人権に奉仕しうる可能性も十分あり得ると思います。

池内さんのお話にもありましたが、軍事的に進んでいる向きもありますが、国連は大国より小さな国の声を反映する機会が多い。小さな国は大きな国よりおかしくないように見えます。ニュージーランドの首相がイスラム教徒へのテロに対してよい向かい方をしたとして知られています。日本でいうと、国より都道府県の行政の方が少しましかもしれない。市町村の行政の方が人の生活に近い分、さらにましではないかということもあります。人の臓器の代わりを提供するために育てられた子どもたちのことを描いた、カズオ・イシグロの『私を離さないで』がノーベル賞をもらいましたけれどもノーベル平和賞も、軍事技術の拡充とは違う方向を目指していると思われま。

会場との質疑

質問者 1：

科学技術は私たちの生活にどのように関わってくるか。それが人権に関わることに對して、倫理とか私たちに本当に必要とするニーズについて真剣に立ち向かって、私たちの側へ科学技術を取り込むことが大事だと思います。

まず、質問の1点としてどのように倫理意識を高めたらよいのか。

2点目に人々が理解できるパーセンテージがどんどん低くなっていくが、市民がそれをどのようにしていくのか。戦争になってから市民が騙されたというのはおかしいと思います。責任をもって一步一步命が自分にかかっているのか、命が自分だけでなく人に攻撃しているのか、真剣に立ち向かわなければいけない時代だと思う。明治政府が金と富を得ようとした欲望とニーズが問題だと思う。皆さんが欲望やニーズではなく、科学者が倫理観に立つにはどうやったらいいのかをお聞きしたい。

3点目に私たち市民は、政府とか公共団体などを敵に回す言い方をするのをなんとか一緒にやるのができないのか。天笠さんのお話には、否定の要素がたくさんある。敵に回すような言い方がたくさんあったと思います。私はそうではなく政府、公共団体、企業が味方にできるような共通認識を持って、どうやって一緒にやっていけるか。そうしないと国民運動はできないのではないかな。

質問者2：

単なる意見ですが、倫理観というのは、性善説的なものがあるのではないかな。それを壊したのが今の経済システムだと思います。ビッグデータは金儲けのものでしかない。結果的に人間の脳を内側から壊しているのではないかな。それがうつ病とか引きこもりとかになっていると思います。

質問者3：

大阪からきた出口です。世の中、様々な問題がすべて命というものに還元されている。しかし、私たちは命が向かうところを見失っているのではないかな。そこで「今、命を問う」ということで4つのテーマでお話をしようとして企画しています。私の質問は、私は長崎大学の出身ですが、長く気になっていたことですが戦時中の長崎の東西事務所の役割です。いわゆる生物化学兵器を作っていたのではないかなという疑問です。すぐそばに長崎大学の高度安全実験（BSL-4）施設（^注エボラウイルスなど病原性の高い病原体を取り扱うために必要となる高度な安全対策が施された実験施設）ができています。四国には加計学園、今後どういう働きをしていくのか。国はこれだけの金をかけて何をしようとしているのか。

質問者4：

最近、スノーデンの本を訳している大賀みどりさんの講演を聞きに行ってきましたが、事態はもっと深刻ではないかと思っています。ウィグルやチベットで中国がやっていることは、下手をするディファクトスタンダードとして、特に途上国や中国で5Gとか量子コンピュータの時代に中国のスパイが入っていて通信網からすでに中国の技術とか国民を選別するような技術がかなり普及する恐れがあります。もう一つは国民総背番号制とかキャッシュレスがすすんでいるアイスランドとかスウェーデンの実例もあります。

こちらの研究会もこれらのテーマで会議を開いて、実態を解明してどれほど技術が普及しているか、すでに後戻りできない状況をもっと知ることがまず必要ではないかな。

質問者5：

マイナンバーについてかかっている大岡です。天笠さんのマイナンバーの現状に加えましてちょっとお話をしたいので聞いてください。今年5月に健康保険法が改正されて、健康保険証とマイナンバーを顔写真付きで一体化するというものです。マイナンバーのカードを持っている人が現在13%程度で、このままではマイナンバーが失敗に終わるのではないかと。そこで全員に持たせるということで健康保険証と一体化させるということのようです。まずは地方公務員、国家公務員へマイナンバーカードをつくれということ強く推し進めようとしています。さらに組合健保とか国民健康保険を持っている人に一体化カードを持たせる可能性があります。マイナンバーがなぜまずいかといいますと、いろいろな情報をマイナンバーで紐づけできるわけです。母子手帳、小学校、中学校の健康診断のデータあるいは健康保険を使った医者にかかったデータがすべて紐づけされて、マイナンバーを入力すれば本人の病歴をすべて見ることができるとか税務情報と紐づけすれば収入などが全てわかってしまう。怖い状況になりつつあります。

質問者6：

四ノ宮先生にお尋ねします。p56の表の中でゲノム編集と遺伝子組み換えで作られる食品の問題でオフターゲットとがん化とアレルギーの免疫不全の面で課題を抱えているが、この表の中に

は対象として食品は入っていないが、リスクまではないという認識なのでしょうか？

質問者 7 :

日本では原発が大事故を起こしました。その後、原子力力学から見ても被ばく防護の視点から見ても、ほとんど説明も実態も明らかにされていない。このような状況の中にあって現代技術とか科学といったものが純粋に科学技術で営まれる保障はいったいどこにあるのか。科学や技術はそもそも人間が行っているものだから、組織の論理に従いながら動いているわけなので非常に用心してかからなければいけないと思います。科学技術を指導指示支配する人間たちが自分たちの都合いいようにエセ科学に変えていっているのではないか。この本日のシンポジウムの結論はビナード、天笠さんがおっしゃる「抵抗する」、その力が大事であるが、それに加えて市民の側が、こういった現代科学や技術が打ち出してくる結論や言っている内容について欺瞞性、矛盾だとか、嘘八百を徹底的に糾弾したり、おかしいと行って、怒りを表すことが大事だと思います。

新聞とかテレビでは、反対する方が結論を出してみろとか言うわけです。それは違うと。推進する側が危険ではないと主張するならばその証拠を推進者側が提示説明しなさいと市民は声を大にして言わなくてはならない。現代科学技術が持っている矛盾をまずもって市民が徹底的にたたくという姿勢を持たないと 21 世紀は大変なことになってしまうのではないかと思います。市民側がカウンタカルチャーとしての批判的市民科学を作らなければいけない。それについてご意見をいただきたい。

回答

池内 :

1 つは研究者の倫理意識をどう管理するかです。研究者として道義というよりは、自分が生き残りたいという一念で、どんどん妥協していくという流れがあります。それに対しては研究者としての倫理意識をきちんと鍛えるために基礎的教養教育が必要です。日本の大学で教養課程がなくなったのは 1991 年頃からで文部省が大綱を変えました。教養部がなくなって 30 年近くなり、そのころ育った 40 代後半の研究者が教授になりかけています。そして研究室において研究者の倫理意識を継続するという意識がどんどん薄れています。一方では、例えば東京工大では一年生あるいは大学院一年生に倫理の講義を行うようになりました。科学技術のありように対する様々な批判が聞こえてくるということで、大学としても倫理講座を設けるところが現れてきたのです。大学というシステムの中で研究者は育っていきますから、そこできちんとした倫理を議論する場を作り、回転させ生かしていくことです。科学倫理をきちんと講義できる講師が少ないという現実がありますが・・・。

次に山口さん（質問者 3）の長崎大学の話ですが、長崎大学だけでなく、日本の大学でかなりの研究所が戦時研究を出発点にしているところが多くあります。1930 年代から 1940 年代にかけて研究所が続々と作られました。それが戦後、看板を変えたのです。新しい研究所ができたところは、そこは大丈夫なのかをきちんと押さえておかないといけません。今回の加計学園の場合も、私自身は非常に危険性を感じています。『新聞記者』という映画で、最後に加計学園を思わせる場面があり、生物兵器の開発につながるのではないかという「恐れ」が描かれました。今は恐れがあるということですから、私たちは実際どうなっているかを常にチェックして監視する必要があります。いったん出発すると、必ず「現在、新しいニーズがある」とか「産業界からの要望がある」という格好でどんどんへし曲がっていくからです。

それから田中さん（質問者 7）のご主張はごもっともで、そのためには私たちがこういう場をいくつも持って、こういう場で可能な限り話をしていこうと思います。できる限り発言していかないと大合唱にはなっていきません。今日の議論を皆さんも持ち帰り、近くの人と議論してください。監視して批判し続けることが大切です。

最後に島菌さんが「小さな国がしっかりしている」ということを言われましたが、まさにそうだと思います。新聞をみても全国紙はダメで地方紙のほうがきちんとしている面があります。地方紙のほうが地元に着している分権意識がある。中央紙はまさに中央紙であって中央集権意識があって、自分たちが人々を引っ張っているという意識があります。地方の方がまだましなところがあるのではないのでしょうか。

四ノ宮：

「価値意識をどのように高めていくのか」、「技術をどのくらい一般の方が理解できるのか」、「敵対せずみんなとどう一緒にやっていくのか」という質問がありました。倫理意識について危惧しているのは、医学部全部がそうなのですが、教養課程をカットダウンした。カットダウンした理由は医学知識や医学経験の時間が短いのでその時間を長くとりたいたいということですが、実際には患者さんを見させていただいて、いろいろな医療に貢献しようという立場のひとが、真っ先に倫理的なことをカットしてはいけないと思います。しかし、今、傾向としては技術的なこと、知識的なことに時間を割かなければいけないと思われています。倫理的なことは非常に重要です。例えば医療・医学の分野は、いろいろな間違いをしながら今も医療を続けていますし、これから間違いをしないとは言えない。ハンセン氏病問題に関しても医療に関わる人すべてが必ず勉強して、過去にどういうことが起きたかしっかり理解した上で医学をやっていかないと、きちんとした医療は提供できない。そこを飛ばして医療の先端的なところだけを勉強するのは間違いだと思っています。教育の機会を提供するという道筋を政府としても示すべきだと思う。携わっている人自身がしっかり意識してやっていかなければいけない。

次に、先端的なこととそれが専門でない方々にどれだけ理解してもらえるかですが、場合によっては非常に難しいが、私も医学のことはわかっても、工学であるとか化学とか情報科学とかは専門でないので必ずしも理解できないことはあります。理解できないところのギャップを埋めていくことは難しい。コミュニケーションをとれるコミュニケーター的な人がたくさん出てこなければいけない。

そういう人が安定的にいろいろと活動できる場を作る社会的な下支えも必要だと思います。マスコミといいますか、情報を提供する側もしっかり勉強させていただいて専門家が専門用語を使って伝えるのとは違って、情報をかみ砕いてわかりやすく伝えるのが必要です。我々は他大学の方々と共同しながら先端科学技術の難しい問題を一般市民の方にもう少しわかりやすく理解していただく機会をワークショップなどで行ったりする話を少しやっています。その中で大事なことは、こちら側から情報を提供して、こんなことですよと言ってしまうことです。そうすると一方的に情報を受け取ってしまうので、まずは考えていただく、疑問を持っていただく。自分たちは科学技術をどうやってとらえていくのか、感覚的なところも非常に重要で、それを研究している人たちにフィードバックしていただき、研究者は社会とどうコミュニケーションしていかなければならないか関係を作ることが大切です。

3点目の、考え方が敵対しているような人たちといかにうまくやっていくかですが、基本的には自分の持っている価値観を押し付けない、相手がどのように考えているかを理解しよう、相手の話を聞こう、という姿勢がないとダメだと思っています。これは必ずしも結論が出るわけではありませんが、それでもそれぞれが何を価値観として掲げていて、どういう問題があるかということ認識しているか、ということ意識する努力が必要です。研究者たちは、自分のキャリアとか自分の研究がセンセーショナルに発表されると名声を高めるなど、自分のプロモーションに関わる部分が多分にあります。そういうことではなく、そもそも自分が研究に携わろうと思ったときに何を目的に研究しているのかという大原則に立ち戻り、研究のあるべき姿、今日の私の話では研究する側では、社会貢献するという考え方で研究していることであっても、デュアルユースは色々なところに関わっているので、場合によっては使われ方が悪い、それは悲惨な結果になってしまう、だからそこをどう考えながら研究していくのか、あるいはネガティブな側面があるならばネガティブにならないようにセーフティーネットを張りながら研究者自身が考えていかなければいけないと思っています。ただ、研究者のコミュニティの中で、どれだけ浸透しているかは、私は疑問です。

最後に、遺伝子組み換えの場合は、明らかに遺伝子を組み換えたか証拠を調べればわかります。ところがゲノム編集の場合、編集の仕方にもよりますが、明らかに遺伝子組み換えがわかるゲノム編集の場合は、考え方としては組み換え遺伝子の考えと同じになります。ただ、単純に一部の遺伝子をノックアウトしただけで、従来の品種改良と何ら区別がつかないものには、遺伝子組み換えとはならない。遺伝子組み換え・ゲノム編集とは関係なく、自然に我々が今まで食べているものでも危険なものもいっぱいあります。安全性というものも非常に難しい問題で、遺伝子組み換えは危険

である、組み換えていないから安全であるということではない。

ビナード：

第二軍事革命、第三軍事革命をまたがっているのが、広島、長崎で使われた兵器であると話しましたが、アメリカは ABCC（原爆傷害調査委員会）という組織を作って、広島の場合は、比治山の上に作ったんですが、被爆者を実験物として利用するための組織でした。治療はしないけれどもめっちゃくちゃ調査する。学校のシステムを使って子どもたちを連れてきて定期的に調査する。私の知る限りにおいて被爆者にとってメリットはない。でも、すべて調べ上げられる。情報を取られる。今も定期的に呼ばれて行って調べられている。日本人全員をそういうことになっていてインセントコントロールとホロコーストとそれのことです。第一コストは ABCC のシステムを使って作ったものです。

他人ごとではなくて皆さんも同じなんです。しかもマイナンバーと健康保険証とが合体した時、もう全部そうなるのです。広島、長崎でされたことを今、全員がされているという状況の中にいる。それが怒るか怒らないのかが問われています。私は怒っています。その中で何が変わったのか。広島、長崎では無理矢理調べさせられた点もあり、今は技術革新を利用して検閲しているのを感じさせないように検閲するようになった。コントロールされているのを感じないようにコントロールされています。それが天笠さんのお話にでてきた「ターゲット」の語がそれを鮮やかにわかる話でした。また、ターゲットは、アメリカでも大きな企業としてチェーンでどこにもいってあって、そこが消費者を把握する。

そして妊娠すると行動パターンが変わるのを把握して父親よりも高校生の妊娠を早く知って、企業は妊婦が喜ぶ情報を提供したりしています。いたれり尽くせり真綿で首を絞める。

つまり ABCC の時代に比べて今、企業と政府のやっていることはきめ細かいんです。心の機微まで来るんです。それが騙されるんです。そういう世界に私たちは生きているんです。すべてがやさしく親子よりアマゾンの方があなた方を誘導してくれます。あなたをうまくもてなしてくれます。企業が心の芯まで、肉体まで入ってくる。その中で私たちは家族とか友達とか市民社会を維持したいのか、したくないのかが問われています。今、親子の関係とか仲間の関係などどうでもいい時代になっている。皆さんがちゃんと繋がっているのは、フェイスブック、アップル、グーグル、彼らの方が皆さんをちゃんと向き合っています。私たちがこれからも家族やりたいのか、企業の方が家族のことや伴侶のことを把握しているからこれからどうするのか。教育、家族の形を変えなくては行けない。

アメリカは日本のように国民健康保険制度はなく、オバマ大統領の時にオバマケアという制度ができた。どうしてなかったのか。アメリカでは「政府は市民の敵である。皆国民制度はすべて国民を支配して実験動物にして餌食にするためのシステムである。だから国民健康保険制度を拒否する」。この考え方は今日の天笠さんの話を聞いてわかってもらえたのではないかと思います。

国民健康保険とマイナンバーとゲノム編集のビジネスモデルと国民のすべてが繋がったとき、やっとアメリカが国民健康保険に抵抗するかがわかると思います。私たちがやったこういうことがわかるレベルまで来たのではないか。どうやってグーグルを締め出していくのかという時代に入った。親子の関係をこのまま放置して子供をそのまま社会に投げ出したら餌食になるんです。仲間をよっぽど覚悟して守らないと守れない。市民の繋がりはできないように意図的に分断されているのでビジネスモデルに対抗するファミリーモデル、フレンドシップモデル、いろいろな意味で自分の仲間たちと繋がって抵抗できるかを実験しなければならない。ひょっとしたら家族から始まる。そうでないと GAFKA、国家に一人ひとりバラバラにされる。そういう中ではもはや勝てない。だからどうやって自分たちの大切な人たちと組んで抵抗するか。そういう時代になったと思います。

天笠：

遺伝子組み換えからゲノム編集へと食品が移行しつつあることについて報告します。日本政府がゲノム編集食品を解禁するのが 2019 年の 10 月 1 日です。そうなると思われてるのがアメリカ産の大豆だと思います。カリクスト社が開発した高オレイン酸大豆です。今回、日本政府はゲノム編集作物や食品に関して基本的に環境影響評価はしない、食品安全審査は行わない、食品表示も必要ないと決定しました。遺伝子組み換えよりゲノム編集の方が、より大きな問題を抱

えていると思います。なぜかというゲノム編集はDNAを正確に切断するというのですがその一面、他のDNAも切断してしまうオフターゲットということを発生させます。これによって何が起こるか予測がつかないということがあるわけです。その一例が中国で行われた双子の赤ちゃんです。この場合、HIVにかからないゲノム編集をしたわけですが、その結果いくつかの問題が発生しております。西ナイルウイルス病に感染しやすくなる。それからインフルエンザが重症化しやすくなる。認知機能に影響が出る、知寿命化がおきるという、これまでに4つの点が指摘されています。遺伝子組み換えでは、こういう問題が起こるといことはあり得なかったことです。

遺伝子の働きを止めた場合どういうことが起きるかという例があります。それはRNA干渉法という、RNAを用いて遺伝子の働きを妨げる方法があるのです。この方法を使って開発されたジャガイモがあります。これを開発した人はモンサントの元研究者ですが、シンプロット社に移り、このジャガイモを開発しました。その開発した研究者自身が、こんなひどいジャガイモはないといって内部告発しました。このジャガイモは、RNA干渉技術で、2つの遺伝子が働かないようにしました。一つが、発がん物質のアクリルアミドを少なくしています。もう一つがぶつかったりして傷つくとジャガイモは黒ずみます。その黒ずむのを低減しています。このジャガイモの売り文句は「発がん物質ができない、ぶつかってもきれいなままのジャガイモ」です。しかし、アクリルアミドを低減しますと、病気への抵抗を弱めます。また黒ずむのを低減すると、ガンやアルツハイマー病を引き起こす可能性のあるAGEsの元となる物質が増えます。さらには有害物質であるチャコニンも増えます。もうひとつジャガイモが転がったりして黒ずむのをさまたげるゲノム編集したジャガイモであるのですが、この黒ずんだところにはキズがありますが、このキズのところに血管収縮作用のある物質チラミンがたまっているのです。

このようにひとつの遺伝子を壊すことと、あるいはさまたげることによって他にいろいろと起きることが示されたわけです。それについて政府は切るだけだから通常の品種改良と同じだから問題ないといって環境影響評価も食品安全審査も表示もなく、okをだして輸入解禁しているわけです。私はそこが大きな問題だと思っています。問題告発した人は、今、行方不明で、本も絶版になっています。そういう社会であることも私たちは知らなければいけないと思います。

島菌：

抵抗するのも大変です。しかし、今日の話にも明るい希望を持てる話もあったと思います。今後、こういう場を持って、もっとこういう輪を広げたいと思っています。それでは今日はこれで終わりいたします。

以上