

バイオマスを用いたバイオディーゼル燃料の生産



特 集

大阪大学大学院 工学研究科
教授 福井 希一

はじめに

私が本日話す内容は大きく4つあります。まずバイオマス活用の背景、次にナンヨウアブラギリについて説明します。ナンヨウアブラギリは太平洋戦争中に日本軍が台湾やインドネシアで栽培を試みたようですが、それがどんなものかを紹介したいと思います。3つ目は、取り組んでいる新しい研究の考え方などを紹介します。最後に、現在の研究というのはきわめて難しくなっていて、経済的な価値も考えなければならぬし、人間の幸せも考えなければならぬなど、非常に多岐にわたっていますので、その辺りをお話したいと思います。

バイオディーゼル燃料について簡単に定義すると、バイオという言葉が付いているからわかるように生物由来の油脂から、エステル交換によりグリセリンを取り除いた脂肪酸メチルエステル、こうしたものをバイオディーゼルと呼んでいます。きちんと定義されているわけでないで、バイオディーゼルはナタネ油を材料にしたり、大豆、てんぷら油の廃油まで全部入ってきます。

背景

化石燃料資源の枯渇、地球温暖化という問題があります。これらの問題はほんとうにそうかどうかははっきりしないわけです。最近の論調によれば、太陽活動が非常に不活発になってきて、これから数十年の地球の平均気温、とくに北半球では0.7℃冷えるだろうということです。そうなれば温暖化のほうが具合がよいという話が出てくるかもしれません。それはさておき、人間の活動として地球にどんな影響を及ぼすのかという観点から見ると、まず世界の石油、液化天然ガスの生産量は2007年にピークが来てしまい、今後は10年間に10%の割合で化石燃料が枯渇していくという推定が行われています。そうすると、我々の生活水準を基本的に維持するのはエネルギーですから、これをどのように補っていくかが問題となります。

一方で地球温暖化の問題があり、化石資源を燃やすと二酸化炭素が発生します。測定結果からも、基本的に二酸化炭素の量は増大していて、それと連動するように地球の平均気温が上昇している。これが相関しているというのが世界的に認められた見解ですから、それに対し我々は二酸化炭素を抑えなければならないという話になってきます。エネルギー源は減る、二酸化炭素は出せない。そこで、バイオに期待するという話が出てくるわけで、これは自然の成り行きだといえます。

地球温暖化の関係で雑誌サイエンスの表紙には、サハラ砂漠のオアシスの水域が大きく減少しているという写真が掲載されています。我々がしばしば見聞きするのは、アラル海の広大な面積が干上がっていて、1960年から40年間で3分の1になった事実です。これは流れ込む河川の水が農業用水として使われるようになったのが主な原因であります。化石資源の枯渇や地球温暖化に対し、エネルギーは必要だが、二酸化炭素はこれ以上出せないという状況が背景としてまずあります。

二番目の背景として、経済の動向を見てみましょう。2006年から2008年までのガソリン価格の状況を見ると、2008年7月に私の家の近くのガソリンスタンドでは、レギュラーが173円で、瞬間的には



講師 福井 希一 氏



195 円にまで上がりました。これにより、バイオエタノールが注目され、その生産が進んだのですが、一方で小麦価格が3倍、トウモロコシ価格が2倍になり、エンゲル係数の高い国の人たちは食べられないという問題を引き起こしました。ところが2年前に瞬間的に195円を付けたガソリン価格が現在は126円。今年9月時点のガソリン価格は15週連続で下落していると報じられています。日本のガソリン価格に何が起っているのでしょうか。私は今年夏にカリマンタンの隣にあるスラウェシ島に調査に行ったのですが、ジャトロファ(ナンヨウアブラギリ)の林は打ち捨てられて手入れがされておらず、ほとんどの所は伐採されて見る影もない状況でした。それはひとえに、ガソリン価格が4割近く下がった経済的要因が影響しているということです。ですから、経済のことも考えていかなければならないし、バイオマス燃料が、先ほど話した期待に応えられるものであるのかどうかといった観点も必要になると思います。

バイオ燃料

学術雑誌ネイチャーの2007年版は、原油価格が高騰する中で緑を用いた解決策としてバイオ燃料を取り上げました。いちばん効率がよいのはアブラヤシ、次にナンヨウアブラギリ(ジャトロファ)、それ以外にもこんな植物があると大々的なキャンペーン記事を掲載しました。そこで、バイオ燃料をつくるメリットとデメリットを整理してみました。まず国内生産が可能です。日本では石油がとれないのですが、工夫すればバイオ燃料の生産ができるということです。また、再生産が可能です、毎年種を撒けば

芽が出てきます。そしてカーボンニュートラルである。植物は大気中の二酸化炭素を吸収し、それが最終的にバイオディーゼル、バイオエタノールになるわけで、それを燃やしても大気中の二酸化炭素が増えないということになります。地方経済の活性化。これは国土の均衡ある発展に寄与するということです。

一方でデメリットもあります。農業にはエネルギーがかなり必要であって、エネルギー収支はなかなか難しい。農地確保や水の大量消費問題、そして補助金の必要性など、常にサポートしないと成り立たない。現在輸入している石油供給量を期待しても、そこまでは生産量が届きそうにない。このようにメリットとデメリットがありますが、歴史的にはルドルフ・ディーゼルがディーゼル機関を開発した時に使ったのがピーナッツオイルであり、85年前にヘンリー・フォードが、石油がまだ一般化していない時代にバイオ燃料に注目していたそうです。

こうしたバイオディーゼル燃料は環境面からガソリンと比べてどうなのでしょう。対ガソリンあたりの総環境負荷、ガソリンを100とした時に、その燃料がどの程度の環境負荷を与えるかをまとめてみると、じつはガソリンの5倍くらい環境負荷が高いと推定されています。温室効果ガスの排出量については、ガソリンを100とした時にどれだけ抑えられるか。バイオ燃料の場合はカーボンニュートラルだから排出量ゼロのはずですが、肥料を作るのに使ったエネルギー等が換算されるので簡単な話ではありません。例えばヨーロッパでライ麦やジャガイモでバイオエタノールを作るとすると、環境に対する負荷はガソリンに比べて5倍高くなります。アメリカでのトウモロコシ、EUのキャノーラ(アブラナ)、ブラジルの大豆をとってみても、そのぐらいになってしまいます。すなわちバイオ燃料は大体において対ガソリンあたりの総環境負荷は高くなると計算されています。動物の排泄物からメタンガスを作るケースではガソリンより優れていると言われますが、今議論されている多くのバイオ燃料のかなりのものは問題だという話になります。

例えばアブラヤシからバイオディーゼルを作る場合に、インドネシアやマレーシアのジャングルを切り倒して泥炭地を露出してやり、栽培するとして、そこが本来持っていた二酸化炭素吸収量を取り返す

のに423年かかるという論文がサイエンスに発表されています。ブラジルでサトウキビからエタノールを作る場合は17年かかります。17年は短い時間でしょうか。17年後というのは日本の社会がどうなっているのか現在からは予想もつかないような、はるか先の話です。基本的にバイオ燃料を通常の農作物として作ると環境的にはだめになる。先ほどご講演された池先生は、地上を使わずに水圏を使おうという話をされたわけです。私はそれでも、陸地を使っても可能性があるという話をさせていただきます。基本的にバイオ燃料について現在議論されているのは、タイムズの特集記事にあるように、我々は問題を解決しつつあるのか、より大きな問題をつくり出そうとしているのかの岐路に立っているというのがポイントです。



ナンヨウアブラギリとは？

そうした中で私共は、ナンヨウアブラギリ（ジャトロファ）に注目しています。まず土の上で作るには、何をすべきかという問題が当然出てきますが、そのポイントは食用作物でないこと。食物をバイオ燃料にすることは、いずれ道義的責任までも問われることになりかねないと思います。また、肥料を与える、耕す、雑草をとるといった手間をかけることは、全てエネルギーコストに換算されるので、基本的にこれらをやってはいけません。植物は二酸化炭素の排出を削減できるのですが、できればバイオエネルギーの生産効率が高いほうがよいわけです。例えば日本の農水省は、多収のイネというものを考えていますが、たぶんこれは厳しいと思われます。

我々が選んだナンヨウアブラギリ（ジャトロファ）は低木の多年生植物です。それをフィリピン・ルソン島のフィリピン大学と共同で栽培しています。梅くらいの実がなります。実の中に黒い種がいくつか

入っていますが、この3～4割が燃料になります。機械で搾り取ったものを単に濾しとるだけで、そのままディーゼルエンジンの油として使うことが可能です。花は雄花と雌花が1つの木の中に複数付き、雌花が1に対して雄花が100とも言われています。雄花100個から花粉が飛んで1個の雌花に付いて実がなって、熟すると種ができる。ナンヨウアブラギリはもともとメキシコが原産で、ポルトガルの商人が下痢や口内炎の薬として使え、絞ったら油が採れ、石鹸にもなるということから、南米、アフリカ、インド、東南アジアへと持ち込んだということです。船で運んだので、遺伝的な多様性がほとんど失われています。遺伝的多様性は中南米の原産地近くのみ存在しています。2007年の雑誌ネイチャーにはインドの荒地で栽培され、その地方にとってよい収入源になっていると書かれています。メンテナンスフリーで年間400mmの雨が降れば十分に生育する。年間400mmとは東京や大阪の年間降雨量の約4分の1です。3カ月だけ雨が降って、後は降らない荒地であっても十分育ちます。1回植えると50年以上の収穫ができ、根が発達するため土壌流失の防止にも効果的です。じつは有毒で、発がん性物質も含まれているので食用にもならないし、作物が本来できない所に植えることが可能で、食糧問題とも競合しないことになります。

重要なことは、非常に簡単な仕組みでバイオディーゼル燃料にすることができるので、地産地消の可能性が大きいということです。ただし欠点もあって、品種改良が全く進んでいないため性能が限定される。生育場所が限られていて、11以下では生えないと言われています。さらに、植えてから最初の収穫まで基本的には3～5年かかるということで、時間を要するという短所もあります。

ジャトロファの商業的栽培の状況

地図に示した所でジャトロファは栽培されています。先ほど触れたように、石油価格が基本的に栽培を左右するという現状があり、非常に不安定な栽培が続いています。石油価格が暴騰していた時には、例えば英国石油メジャーBP社とD1オイルズ社が合弁でディーゼル車に供給するためのカーボンニュートラルのオイルをつくるというので頑張っているとか、中国の石油企業ペトロチャイナ社が中



国南部にプランテーションの基地をつくったとか、ダイムラーベンツ社が乗り出したとか、いろんな話が目白押しにありました。例えば飛行機の経費の4割以上が燃料ですから、石油価格が高騰した当時は、カーボンニュートラルにして、なおかつ安いというような方向にシフトするということから、多くの賛同を得たこともありました。

今ではそうした注目度はなくなってしまいました。実際にインドネシアに行くと、栽培されておらず、ナンヨウアブラギリの林が打ち捨てられているような状況です。ナンヨウアブラギリを使うのであれば、農地と競合しないような所を選んで、なおかつ地産地消というキーワードを入れるという転換がどうしても必要になってきます。そういうことをやるための、総合的な研究を進めていく必要があると思っています。

新しい研究とその取り組み

植物を品種改良しようと思うと、まずゲノムをやりたいというのが常套手段だと思います。幸いに、ある企業から大きなご支援をいただき、しかも全部公表することにも納得していただきましたので、ジャトロファのゲノム解析結果に関する論文を雑誌に投稿することになっています。ゲノムとは、細胞核の中にある全ての遺伝情報を意味します。遺伝情報はDNAという物質からなりますが、その配列がどうなっているのかを全部読んでいくことになります。いろんな読み方がありますが、次世代型のシーケンサーを使って、ナンヨウアブラギリの核の中のDNAを73回分読み取ったくらいの配列解析を行いました。そして1回につきもう少し長く配列を読み

る方法で全ゲノムの2倍程度をカバーしました。さらにもっと長く連続して配列が読めるのですが、非常に高くつくし、手間がかかる昔ながらの方法を用いて、全ゲノムの2倍くらいのDNA配列を解読しました。こうした3つの異なった方法を組み合わせて、最終的に4万0,929個の遺伝子を特定しました。これを今年中に全部公開します。興味のある皆さんには、年内には見られることとなります。これはぜひ日本の皆さんに利用していただきたいと考えています。マレーシア、中国、アメリカの企業もゲノムを一部読んでいるのですが、一切公表しません。日本人が利用しないと、マレーシアやアメリカなどの企業に利用されてしまうようなことになると少し残念な気がします。

もう1つの方法、これは現在やっている遺伝子組換え法の概略ですが、有用な遺伝子をとってきて、その遺伝子を細胞組織に入れてやって、新しい遺伝子が入った植物体を作るという方法です。我々が現在進めているのは、乾燥に強い、水をほとんど使用しなくても大丈夫なナンヨウアブラギリを作り、乾燥した土地に栽培したいと考えています。つまり、現在そして将来も使われないような土地を使えることとなります。乾季になって雨量が減少してくると、土壌の水分含量が低下し、それが植物に乾燥ストレスとして伝わります。植物はそれに応答、対応するための何らかの遺伝子を発現させる。そして乾燥ストレスに耐えるという、一連の流れができます。まず土壌の水分ポテンシャル(水分含量)が低下した時に、植物体のほうは浸透圧を高く保ってしゃきっとしている。それでもストレスが伝わった時には、直ちにストレスに応答して対応する遺伝子を発現させる。それからストレスに充分応答し、植物体を維持できるというような遺伝子を3つ選んで、現在導入しています。

その1番目、浸透圧の調整ということで、グリシンバタインという遺伝子を入れた植物体を大量に作っています。次に、速やかな応答を促進するためにNF-YBという転写因子を入れて、通常なら水を断つと枯れるのに青々としている植物を作っています。最後にPPATと略していますが、これもたくさん入れてやると野生型に比べて乾燥耐性が非常に増します。このようなことで、我々は耐乾性がさらに増したナンヨウアブラギリを作っています。

これらの組換え体は日本ではなく、フィリピン大学ロスバニョス校の実験温室で栽培して、最終的には現地でチェックするというやり方をとっています。コンピューターで制御した水分を完全に調整できるサンドポニックスシステムのもとで、例えばこれはチンゲン菜ですがきわめて斉一に育っています。圃場というか土に植えると、大きなものや小さなものができたりします。これが遺伝的に違うからそうなるのか、肥料の多少でこうなるのかは分かりません。このサンドポニックスシステムを使って植物体を均一に栽培、どれくらい耐乾性が強くなったかをチェックしようというものです。

革新的な品種改良技術

ここまではローテクな話でしたが、ここからは別話をしたいと思います。きちんと成果が出ているわけではないのですが、新しいことを考えています。これはJSTが低炭素化社会について公募していて、それに応募した内容を紹介することになります。生体三次元画像解析法と時空自在遺伝子発現技術、この2つを組み合わせる革新的な品種改良の技術をつくることを核として、幸福度といった人間が幸せになるかどうかということと、地産地消をサポートする自律的なプラントをつくることから成り立ったプロジェクトです。

どうしてこのプロジェクトが発案されたかを「ふじ」の例で紹介します。昭和13年(1938年)5月24日に、「国光」というリンゴの花のめしべに「デリシャス」という花の花粉をかけてやった。そうすると2,000粒の種がとれて、このうち968個体が芽を出した。そして太平洋戦争に入り、管理が行き届かなくなって596個体に減少してしまった。596個体の中の個体番号口628の果実が最終的に「ふじ」になるわけです。昭和33年、東北7号という系統番号が付けられて園芸学会で「これはおいしいリンゴ」という評価を得ます。昭和37年(1962年)に「ふじ」と命名され、リンゴ農林1号として品種登録されます。同時にロンドンにおける世界リンゴ品評会でグランプリを獲得しています。したがって、1938年から1962年まで約24年間の時間がかかって、「ふじ」が出来上がったという経緯をたどっています。こうしたことは現在も続けられていますが、ナンヨウアブラギリに対して同様に24年間もの研究をサ



ポートしてくれるようなプログラムはありません。したがってもう少し品種改良を早めようとして、例えば葉っぱの細胞をばらばらにしたものに遺伝子を入れて、細胞が分裂して芽が出て、それを鉢に移して花が咲き、花の種をとって、ちゃんとよい性質が入っているかを見ていくという最短の道をたどったとしても、ナンヨウアブラギリで花を咲かせ、実をならして、本当にたくさんのオイルがとれるかをチェックするためには数年かかってしまいます。

例えばこの写真はサントリーが作った青いバラです。花粉をかけるという通常な方法では努力して作られた清竜やブルーヘブンでも、青いとはいえないような青いバラです。やはり青さの色の違いは一目瞭然で、パンジーの青い花色の遺伝子を入れてやったこのバラの青さは、際立っています。これをつくるのに、サントリーも10年以上の時間をかけているのです。できれば、もっともって初期の段階で、青いバラになるかどうかを評価したいと考えています。

どのようにそれをやるか。うまくいくかどうかはわかりませんが、まず生体で、細胞の中を染色だとか固定だとかせずに、ありのままに見るような新しい方法を開発する必要があります。幸いにも、学内で顕微鏡を開発されている先生と組んでやっています。その先生が世界で初めて誘導パラメトリック蛍光顕微鏡を開発されています。その技術は細胞の中にある核や核小体などを特異的に可視化することができます。この写真はクラゲの遺伝子をとってきて、タンパク質に付けてやって、そのタンパク質が細胞の中のどこにあるかを見ているのですが、こちら側で何も染色しないで生きたまま見ているものが、ク

ラゲの蛍光で着色したものと全く同じように見ることができるといことです。簡単に言えば、こうした新型顕微鏡は形を見ると同時に、もの、すなわち物質を見ることができるとい顕微鏡です。

この顕微鏡を使って細胞を観察するわけです。例えばペチュニアの花びらの細胞の中には、たくさんの色素を作っているものと、そうでないものというようにばらつきがあります。その中で大量に発現している細胞を生きのまま選んでやれば、殺したり、染めたりしないで済みます。ナンヨウアブラギリの葉っぱを通常の顕微鏡で見るとすれば、オイルレッドという油だけを染める染色液があるので、それで染めてやるとオイルボディというオイルを蓄える部分が分かってきます。それがこの顕微鏡を使えば、染色など人工的なことをしなくても見ることができるとい優れたものになったのです。ところが物事はなかなか簡単なことではありません。花びらの中の細胞で働くような花色の遺伝子は、花びらができてから、花びらだけで働くようにセットされています。まだ海のものとも山のものとも分からない細胞で花びらの色が付く必要は全くないわけですから、そういうところは合理的に制御されているわけです。

時空自在遺伝子発現技術の開発

そこで必要になるのは、遺伝子をいつでも自由に発現させる技術の開発です。まだはっきりと考え方がまとまっていないのですが、基本的に遺伝子は、花びらを作るために働く部分と、働かせる部分の2つがあります。従来は働く部分を操作してきたのですが、そうではなくて、自分が必要な時期に発現させるという調節領域にタンパク質が付いて、この遺伝子が発現しなさい、働きなさいという指令が出るのですが、この部分に関して操作をしてやるという方法です。その一例を紹介すると、シロイヌナズナは十字花科とも呼ばれたとおり、4枚の花びらがあるのですが、これが八重になります。アサガオやペゴニアも八重になったりします。これは遺伝子を変えるのではなく、遺伝子を調節する部分を改変して可能となったものです。

こうした方法を使って、本来は花ができて、花粉が付いて実ができて、その種の中で油が蓄えられるというその遺伝子を、元の1個の細胞の中でうまく働きの強弱を見極めることができないかと考えてい



ます。一個ずつ最初の葉っぱの細胞の中に遺伝子を入れてやって、ゲノムの中のどこに入るかによって働く能力が変わってきますので、その中でいちばん働くものをマークしてピックアップする。そんなことを想定した実験計画を立てています。ナンヨウアブラギリでも、そのようなことができないかと考えています。

二酸化炭素排出量は？

水が50%、オイルが20%、バイオマスが30%あるといわれるナンヨウアブラギリ(ジャトロファ)を採ってきて、小型プラントを使って例えば飲料水、軽油やエタノールをとる。また、いろんな情報を集めること、品種改良をすること、耐乾性を向上させること、こうしたことを総合的に考えていかないと前に進みません。また、そういうものをどこで栽培していくのか、食物と競合する場所ではない場所を選ぶ必要があります。

このグラフは、等量の軽油と比較して、ジャトロファオイルは、どれくらい二酸化炭素排出量を抑えられるのかをデータをもとに想定したものです。縦軸が二酸化炭素排出量ですが、ジャトロファから搾り取った299Lのバイオディーゼル、それと等量の軽油が燃えた場合に出る二酸化炭素の量は246kgに相当しますが、ジャトロファのほうはここで500kgを超えています。その理由は栽培、精製、輸送それぞれの所で二酸化炭素が出ていって、500kgを超えているのです。したがって基本的にジャトロファをバイオ燃料に使ったら、軽油を燃やすよりもネガティブだという結果が出ています。栽培にかかる二酸化炭素の排出量は非常に大きな部分を占めて

います。しかしここは人間がコントロールできる部分でもありますので、この内容を精査することによってジャトロファがもっと効果的に使われるようなことを考えていく必要があるといえます。そのためには栽培とは別に小さなプラントをつかって、ODA 予算を生かして各町や村に1台ずつ置くとか、いろんな多岐にわたる集約的な取り組みをしない限りは、成功しないということが考えられます。

終わりに

岩波書店発行の月刊誌「科学」で、今年の3月号に「幸福の感じ方・測り方」という特集記事が掲載されています。いろんなことをやって、最終的に我々自身が幸福になるということが必要だということです。自分が幸福になるために他がむちゃくちゃになってよいわけではありませんし、そのバランスをうまくとっていかねばなりません。我々の科学、技術が、発展してきた周辺諸国よりもさらに一歩先にいくこと、そういうことが、必ずしも皆が幸せになるとは言い切れない。考えてみると難しいことなのですが、植林するとか、緑が存在することによって、人間はどれほどの幸福度を得ているのかについて、私は別途に研究を進めています。これはヒューマン・グリーン・インデックスと名付けて、生物多様性、経済生産性、環境共生、文化的な係わり、幸福度の5つのパラメーターを設定しています。それらを満足するような、技術的に優れているだけでは意味がなく、やってよかった、幸せになりましたというような所まで見渡したような技術が必要だということです。もしも地球環境の問題に取り組む場合には総合的なとらえ方、そして最終的に、地球も人間も緑も全部がWIN-WINの関係にあるというような、そういうことが必要だと考えております。

質疑応答

< Q > コーンをエタノールに変えると環境負荷は石油の2倍ということだが、アメリカが促進していることは地球にとって優しくないということなのか。
 < A > 各国の方針がある。例えば農産物の買い上げなどの価格保証の問題は、基本的に補助金でしか成り立たない。農業を捨てるとしたら取り返しがつかない。そこをどうとらえるかだろう。アメリカは地下水を汲み上げてやっている所がほとんどで、地



下水がどれだけ枯渇しているかが既にインターネットに掲載されている。しばらくすると、水が切れてトウモロコシが作れなくなり、牛が飼えなくなる。バーチャルウォーターという概念があって、牛肉1kgは20tの水に相当する。それはトウモロコシを栽培する水ということになる。結論を出すには難しい問題がからんでいる。

< Q > 幅広い観点から見ないといけないというのは非常に難しいことだと思う。環境問題も考慮しながら、うまく地産地消でやっていくことについて、どうしたらよいのか。

< A > 難しいことばかりだ。中国で黄河断流といって水が途切れている。原因の半分は上流の植林によるとされる。根っ子で吸い上げられ葉っぱから蒸散してしまい、黄河に流れ込む水が減ってしまったからだという。植林は水を涵養するのではなく、水を止めてしまう。実際に起こっていることをよほどチェックしないといけないと思う。

< Q > 種になった時の油量をいち早く察知する顕微鏡の考え方は面白い。最初の形質転換の時の遺伝子発現と、最終の遺伝子発現の関連が分かっているのか。その途中を含めたデータベースというか、因果関係の研究は進んでいるのか。

< A > 進んでいないというのが現状だ。言えることは、構造遺伝子の部分でなく、何らかの刺激を与えてやることで発現するような仕掛けが必要かと思っている。

< Q > 闇雲にたくさんつくるといっているのでなく、あ

る時期にうまく発現しないと最終的にうまくいかないということか。

< A > そういふことだ。

< Q > 発がん性がある植物で、加工することに農民の人たちが関わる中で、30年後にがん患者が増えるようではいけない。その点についてはどうか。

< A > 農業と両立しない、食品にならないというのは有毒物質を含んでいるからだ。人工的にそれらを落としていくのも大事なことだろう。

< Q > 遺伝子改変植物が地球上に出てきて、自然

の植物との交配によって悪影響が出るということを考えなければいけないのか。

< A > ケースバイケースであって、大したことになる遺伝子を入れてやれば、大したことになると思うし、それを見極める法律までできている。一定の手続きを経て大丈夫かを判断することになる。安全であるとされた大豆を食べるかどうかは個人の判断による。現実には、大豆油の99%は遺伝子組み換えになっている。人任せにしてよいかどうかの問題はあるが、基本的には大丈夫と言われるものしか出てきていない。

