

欧州とはかなり異なっており、反対は欧州ほど顕著でない。一方、前述のように、FDAはGM食品を推進する立場でも拒否する立場でもない。このようなことを反映してか、FDA、CFSANのホームページにおけるGM食品に対する情報提供は必ずしも充実しているとはいえず、また、一般市民を意識して特にわかりやすくしたというものでもないようである。具体的なGM食品についての評価結果についても、情報公開法の手続きにより情報の入手は可能であるが、ウェブ上には比較的簡単な情報しか提供されていない⁶⁾。

FDAの担当者が強調していた点は、CFSANにとっては消費者の安全が最重要であり、すべての基本がそこにあること、また、科学に基づいて評価を行うことが基本であることであった。FDAに対する消費者の信頼は極めてあつたいといわれているが、聞き取り調査に応じてくれた担当者もすべてこのことを主張していた。また、FDAはこのような信頼に基づいて施策を行っているとのことであった。

一方、コミュニケーションに直接関わる担当者は、嘘をつかないこと、誤りがあった場合には謝ること、消費者と共に手を携えて安全を確保しようとするのが重要であるとし、自分たちも家族の安全を願う人間であり、問い合わせに対しては人間的に対応することが重要であると述べていた。また、嘘をつかないことについては、例えば、GM食品について安全ですかという問い合わせについては、20年、30年先のことはわからないけれど、現時点で最善の努力をしており、確認できる安全上の懸念はないことを伝えているとのことであった。

なお、CFSANには市民における食品安全の認知を調査する部局もあるとのことであり、ここで得られた情報は教育に関する基礎資料として利用されるとのことであった。

3. 2 欧州および米国における GM 食品の受容とリスク認知

3. 2. 1 欧州における受容とリスク認知

欧州におけるGM食品のリスク認知および態度に関する研究としては①ユーロバロメータ調査⁷⁾、②PABEレポート⁸⁾がある。

ユーロバロメータ調査は、ECのイニシアティブで実施されている科学技術に対する社会の認知調査である。今回の調査は2001年5月から6月にかけて、15の加盟国で行われ、その結果が2001年12月に公表された。GM食品については、危険と思う人が56.4%、そうではないと思う人が17.5%と、危険と思う人が多く、この返答は教育程度によらないことが示されている。また、GM食品については選択の権利がほしいと答えた人が94.6%、もっと知りたいと答えた人が85.9%と、選択の権利と情報に対する要望が極めて高かった。また、無害であることが科学的に証明された場合のみ導入されるべきであると答えた人が85.8%、このような食品はいらないと答えた人が70.9%と、否定的な意見も圧倒的に多かった。特に、英国やドイツの消費者はGM食品に対する反対が強く、GM食品を買わないと答える人が70%を越えていた。

このようなGM食品に対する反対意見のもとになっている意識の解析を試みたものがPABE(欧州における農業バイオテクノロジーの市民認知)レポートである。PABEレポートのまとめを参考資料1に示す。PABE研究は、ECの研究募集に応募して行われたものであり、英国、フランス、イタリア、ドイツ、スペインで実施されたものである。大まかにまとめると、①市民の認知はいわゆる専門家が考えているようなものではない、②市民はGMOがなぜ必要か、なぜ自分たちに知らされずに導入されたか、問題が起きたときに責任を取るの誰か等

に疑問を持っている、③市民は GM 農作物の開発機関や規制機関の過去の実績を判断材料にしている、④市民は新たな技術の将来におけるインパクトは正しく予測できないと理解しているが、そのことを認めない責任機関に不信感を抱いている、⑤市民の信頼を得るためには、まず過去の過ちを認めることである、としており、これは各国で異ならなかったとしている。この研究には今回訪問した Professor Renn のグループも協力している。

Renn のグループではこの研究とは別に、GM 食品を含む様々なリスクの認知と評価に関するバーデン・ウィルヘルムス州立大学を対象とした調査を行っている⁹⁾。この研究でも GM 食品のリスクは便益を上回っていると認識されており、GM 食品のリスクの受容可能性の調査では、46%が全く受容できない、43%が部分的に受容できると答え、完全に受容できると答えた人は11%であった。またリスクの受容性を説明する要因としては、機関に対する信頼が最も大きく寄与しており、社会的な被害や損害の可能性がそれに次いでいた。また、個人が受けるリスクに関しては、その受容可能性は被害と便益のバランスに依存していた。

この調査を担当した Zwick によると、ドイツでは組換え DNA 技術の食品への応用は受容されておらず、食料品店も GM 食品を置いていないとのこと、さらに生産者もこれを用いていないため、現在はリスク・コミュニケーションは問題にならない段階であるとのことであった。また、消費者の多くは組換え食品は無意味であり (senseless) 工業的に作られた食品は不要であると考えているとのことであった。また、組換え食品に対する拒絶はリスクによるものというよりは便益のなさによるものではないか、現時点における GM 農作物由来食品は消費者メリットがなく、消費者に対するメリットが明らかな製品、例えば老化防止ができる

組換え食品や、育毛作用のある組換え食品等が開発されない限り、組換え食品の受け入れには望みがないのではないかと述べていた。

しかし、ドイツ消費者団体連盟の Jakche によると、老化防止や育毛作用等、消費者メリットのある製品が開発されたとしても、どうあっても GM 農作物食品の便益がリスクを上回ることはないと考える、とのことであり、消費者の反対意識の底深さが感じられた。Jakche は、その根底にある考えとして、Zwick が挙げたように、工業的な農作物の栽培方法に対する反対であるとし、GM 食品の将来については悲観的であり、世界に食べさせるという主張も非現実的であると考えているとのことであった。また、政府が消費者の意見を代表していないとして不満を持っており、消費者が GM 食品を避ける権利が守られていないと考えているようであった。

英国で研究を続け、最近オランダのワゲニンゲン大学に移った Frewer の欧州における GM 食品の認知についてのコメントも同様のものであった。彼女によると、欧州における市民の GM 食品に対する意見の一つは、この技術の導入や技術そのものに対して疑いをもっていることであるという。また、市民は意図せざる影響に対して心配しているが、科学者や規制者は意図した影響のみを評価し、意図せざる影響については評価していない。そのために市民はできたもの (プロダクト) ではなく、作るプロセスに対して規制を求めているとのことであった。

また、市民の科学者や規制者に対する不信感の原因の一つに科学者や規制者が不確実性を認めないことがあるとしていた。彼らが実際には不確実性が有ると認識していることは、研究を行っていることから明らかであるのに、そのことについて市民にきちんと伝えていない。そのように、科学者や規制者が不確実性の存在

を否定すると、信頼が崩壊してしまうという。また、欧州における GM 食品に対する反応は社会の構造によっても異なっており、例えば欧州北部での反対は、技術のリスクではなく、この技術により自然のインテグリティが損なわれることに対する反対であり、倫理的な懸念が中心であるとのことであった。

3. 2. 2 米国におけるリスク認知と態度

米国では一般に GM 食品に対する消費者の反対は顕著ではない。IFIC が 2002 年に全国から統計的に選択した 1000 人を対象に行った電話インタビュー調査¹⁰⁾でも GM 食品は消費者が関心を持って避けようとしている食品ではないようである。例えば、食品の安全性について懸念していることは何か、という質問に対して、最も多くの人々が挙げたのは食品の取り扱いや汚染（それぞれ、42%、41%）であり、遺伝子組換えを挙げた人は 2%であった。

バイオテクノロジーについて読んだり聞いたりしたことのある人の割合は現在 70%強であり、オオカバマダラ蝶の幼虫が Bt トウモロコシの花粉を食べると死ぬこと報告した Nature 誌の論文が話題になった 2000 年 5 月には 78%まであがっているが、その後は低減し続けている。しかし、必ずしも正確な知識を持っているわけではなく、スーパーマーケットにバイテク食品があるかどうかについては 1/3 がある、1/3 がない、1/3 が不明（無回答を含む）と答えているが、どのような作物があるか、という質問に対しては、野菜（37%）、肉（21%）など、誤った答えがかなりあった。

組換え食品の購入については、組換え作物がより美味である、あるいはより新鮮でありその他の点では違いがない場合、これを購入すると答えた人は 55%と、購入しないと答えた人（40%）よりも多かった。また、農薬の使用量が減少する場合には、購入すると答えた人の割

合は 70%、購入しないと答えた人の割合は 25%と、この差は大きくなった。また、60%を超える人が、今後 5 年間のうちに、バイオテクノロジーは自分に便益を与えると考えていた。同様の調査は 1997 年から継続的に行われているが、上述のような傾向には顕著な変化は見られていないという。IFIC の担当者は、消費者の食品バイオテクノロジーに対する態度に影響を与える要素として、知っていること（awareness）、情報源、教育、信頼、食品安全に対する認識（perception）、用語を挙げており、GMO ではなくバイオテクノロジーという用語を用いるべきであるとしていた。

最近、米国消費者における GM 食品に対する認知調査結果がもう一つ発表された。これは USDA からの資金援助によりラトガース大学で実施されたものであり、2001 年 3 月から 4 月にかけて、1203 人の消費者を対象に実施された¹¹⁾。この調査のまとめを参考資料 2 に示す。この調査結果も IFIC の結果と類似しており、消費者は多少の不安感も持っているが、便益がある組換え食品に対しては、支持を示している。

以前に有機食品購買者に対する認知調査を行ったことのある Dr. Williams へのインタビューでも、米国では現在、GM 食品は消費者の関心をよんでいないという。この理由として、彼女は FDA に対する信頼が高いことを挙げており、FDA はオープンであり情報も FOI により入手が可能であるとしていた。また、米国では有機食品購買者とそれ以外の人々とはライフスタイルがかなり異なっているとしていた。また、欧州と米国における GM 食品に対する態度の違いや論争に詳しい Dr. Lofstedt は、米国と欧州における態度の違いについて、①機関に対する信頼の有無、②欧州では市民に自然に対するノスタルジーがあること、③欧州におけるモンサント社のキャンペーンの失敗（PR

disaster), ④GMO に対する感覚の違い (欧州では自然や純粋さが好まれる), ⑤欧州の米国に対する信頼のなさ, とくに米国農業に対する警戒感, を挙げていた。特に, 機関に対する信頼の違いは複数の人が挙げており, 欧州では食品監督官庁に対する信頼が低いことが挙げられていた。また, 自然や GMO に対する感覚の違いも複数の研究者が挙げており, 欧州では地形の違いや人工密度の高さ, 自然環境や生態系に対する関心の高さが関係しているという。

また, ⑤の農業のグローバリゼーションを巡る問題も複数の研究者がコメントしており, 現在の GM 食品は米国が開発したものであり, 米国の農業者にメリットがあるが, これを受け入れる欧州市民にはメリットがなく, むしろ選択の自由が奪われリスクを引き受けることになる, という意見もあった。

製品のメリットとリスクの問題については機能食品や老化防止食品, ストレス耐性作物等, 本当に求めている便益があれば違ってくる, という意見もあったが, どうあっても便益がリスクを上回ることが有るとは考えられない, とする消費者団体関係者のコメントもあり, 欧州における GM 食品の受け入れは容易ではない, という印象を受けた。

3.2 リスク・コミュニケーションのあり方について

本調査を通じて, リスク・コミュニケーションのあり方については, 規制当局者, 研究者, 消費者団体関係者, それぞれがコメントしていた。欧州で挙げられていたことは, 主として下記の点である。

- ① 消費者第一の姿勢
- ② 公開と透明性の確保
- ③ 市民参加
- ④ 長期の信頼性の確保

特に Frewer は参加の重要性を指摘してい

た。それは, 科学者や行政担当者が必ずしも市民の心配について理解したり配慮したりしていないことに由来する。彼女によると, 議論の性質は社会的立場により異なったものとなり, 科学者による評価のプロセスも必ずしも独立したものとはいえないという。政治的コミュニティー, 科学者のコミュニティー, 市民のコミュニティーはそれぞれ独自の価値観 (shared value) をもっており, 科学者による評価は科学者の価値観を代表しているかもしれないが, 市民の価値観を代表したものではない, ということであった。その意味で科学者は独立に評価を行っている主張しても市民はその正当性を疑っているという。Frewer は, 参加的プロセスが必要であるとしており, 政策決定に際して市民の意見を聞くこと, また, 市民の意見が確かに聞かれているという証拠を示すことが必要であるとしていた。また, 市民の意見を採り入れない場合には, その理由は何かについて説明したフィードバックが必要であるとしていた。

一方, 米国では, 市民の GM 食品への反対があまり顕著でないため, GM 食品に特化したコミュニケーションは話題にならなかった。FDA では, 正直に話すこと, 人間として対応すること, 機関として一つの声で答えること, 誤りに対してはこれを認めて謝ることの重要性を指摘していた。

IFIC は企業や行政官のためにコミュニケーションのガイド¹²⁾を作成しており, さらにメディア対応のガイドラインも作成していた。しかし, IFIC のガイドは, この団体がバイテク企業からの資金援助も受けているということもあり中立的なコミュニケーションとしては, 適切ではない面もあるようであった。しかし, 用語について, 使用すべきものと使用すべきでないものを整理しているのが注目された。使用すべきでないとされている言葉には, 下記のよ

うなものがある。

- ・ 変える (alter)
 - ・ 創造する (create)
 - ・ DNA
 - ・ 操作した (engineered)
 - ・ GMO
 - ・ 遺伝子 (genes)
 - ・ 遺伝子改変 (genetically altered)
 - ・ 遺伝子操作 (genetically engineered)
 - ・ 遺伝子改変生物 (genetically modified organisms)
 - ・ 操作する (manipulate)
 - ・ 改変した (modified)
 - ・ 生物 (organism)
 - ・ トランスジェニック (transgenic)
- 一方、使用すべき言葉には下記が挙げられている。
- ・ 農業バイオテクノロジー (agricultural biotechnology)
 - ・ 生物学 (biology)
 - ・ 高める (enhance)
 - ・ 食品バイオテクノロジー (food biotechnology)
 - ・ 改良した (improved)
 - ・ 有機的 (organic)
 - ・ 植物育種 (plant breeding)
 - ・ 品種 (variety)

IFIC によると、「遺伝子」や「生物 (organism)」という言葉には違和感を持つ人が多く、GM 食品にのみ遺伝子が含まれていると考えている人や、自分は生物 (organism) を食べたことがない、と答える人がいるという。FDA においても「組換え DNA 技術により改変された食品」という言葉は使用しない方がいい、というコメントを聞いた。

4. 考察

今回訪問した英国、ドイツ、米国では、その

態様は異なっていたが、いずれもコミュニケーションに対応するための部局を整備しており専門家 (科学者、行政担当者) の訓練も行っていった。ことに組織上位の者の訓練は必須という認識を共通して持っていた。

また、英国、ドイツではジャーナリスト等メディア経験者を積極的に雇用しているのが印象深かった。このことは、単にジャーナリストを取り込んでいるということだ、といううがった見方をすることもできるが、インタビューをした印象では、むしろ、コミュニケーションの戦略について、ジャーナリストの経験から謙虚に学ぼうという姿勢の現れであるように思われた。

日本では、ジャーナリストが専門家の対応の遅さや誤りを糾弾し、一方で専門家がジャーナリストの無知やセンセーショナルリズムをなじむという対立的な構造がしばしば見られる。しかしながら、お互いに相手の至らないところを非難しあっても建設的なリスク・コミュニケーションは達成できない。ジャーナリストが誠実に努力したとしても専門家の知識にはとうていかなわないし、また一方で科学者や行政官の一目鈍重に見える対応も慎重さの反映と見なすこともできる。お互いに達成できない要求を言いつのるのではなく、経験や知識のあるよい点を認め合って、率直に学びあう姿勢こそ重要であると筆者らには思われる。

英国およびドイツでは、主として BSE 問題への政府対応への批判に応える形で、食の安全に関する規制官庁の構造改革が行われていた。英国では特に、消費者とのコミュニケーション体制の充実や徹底した公開、透明性の確保が図られていた。米国においては消費者とのコミュニケーションに専門的に当たる部局が充実しており、多数の専従の担当者による直接的な消費者対応が行われていた。

各国が消費者とのコミュニケーションを重

要と認識していることは上記のような体制整備や対応等からうかがうことができるが、その内容や背景は異なっているようであった。例えば英国の場合は、BSE 問題により政府機関への信頼が失墜したため、新たに設置された FSA は政府の評価と決定を消費者に伝え教育する、というパターンリズムから完全に脱して、自らの役割を、消費者が知識に基づき選択することを助ける立場、と位置づけている。そのため、徹底した情報提供、公開、透明性の確保が図られており、さらに、市民を討論に巻き込むための様々な試みが行われている。これらの議論のテーマを見ると、問題はリスクや便益の枠を越えて、価値観の領域にまで踏み込んでいるようである。このように議論が価値観の領域にまで入り込んでいる場合には、Frewer が述べているように、参加的なプロセスは必須のものになると考えられる。

一方、米国でも基本的に情報の入手は可能であり、規制方針に対するコメント機会も与えられているが、米国では具体的な案件に対するコメントの機会は与えられていないようであり、情報提供、公開、透明性確保についても英国ほどの徹底さはないようであった。また、基本的なスタンスも、教育・啓発的であるように見受けられた。このような行政側のコミュニケーションに対する対応は、米国における機関への信頼の高さや、市民の組換え食品に対する態度や意見が価値観にまでは踏み込んでいないことにもよっているようである。ラトガース大学が行った市民の認知調査によると、組換え動物に対しては組換え植物に対するよりも市民の支持が低いという。米国においても、このような領域については、コミュニケーションのあり方や市民参加に対する対応も異なったものとなる可能性があるであろう。

各国で耳にしたリスク・コミュニケーションに関わるキーワードは下記のようなものであ

る。

- ・公開
- ・透明性
- ・参加
- ・説明責任
- ・機関に対する信頼

情報公開や透明性が重視されるのは、単にそれらが正当な手続きであるというだけではない。

情報公開によって、多くの人々が情報を共有するようになると、少数の専門家が見ているだけでは見落とすかもしれないリスク問題の発見につながる可能性が高まることがあげられる。リスクに対する感度が社会全体としてあがるといってもいいだろう。

また、透明性を確保し、多くの人々の見ている中で議論すること、決定や判断に際して十分な説明を行うことは、後にその決定が失敗とわかったときに、次善の策を再検討する機会を高めるものであるということが出来る。議論の過程が多くの人々に明らかにされていけば、なぜその決定を行ったのか、その考えの道筋を後でたどれるからである。たとえその決定が後に失敗であると明らかになったとしても、以前に採用しなかった次善の策をとることは可能である。不確実性の高いリスク問題では、決定の見直しや変更は、十分あり得ることである。むしろ、見直しをする方が、よりよい決定につながるものが少なくないだろう。さらに、議論の内容によっては、参加的プロセスを組み込むことも不可欠となるだろう。

上記のようなリスク・コミュニケーションのための体制の整備や制度面での対応は、不確実な中で決定や判断を行って行かなくてはならない多くの問題に対して、行政や市民が共考するための基盤を築くものである。

今回の調査を通して、少なくとも欧州では、BSE という悲劇的な経験が食品に対する対応や

コミュニケーションのあり方の見直しを迫ったことが実感された。事実、制度や行政組織の見直しも BSE 問題後に行われている。

GM 食品に対する消費者の反応や行政の姿勢も BSE 問題以後に劇的に変化している。専門家から見ればこの両者は異なるリスクであり、全く別に論ずべきもののように思われるかもしれない。しかし、社会を変えるのはリスクそのものの性質ではなく、問題の象徴的な意味である。BSE はまさに象徴的な意味合いを持つ問題であった。この意味で人々の反応や社会の対応は、専門家にとってみれば時に不合理に見えるかもしれないが、現実を見る限り、社会への配慮なく問題を解決することはもはや正当とされないことを、今回訪問した国々は教訓として学んでいるように思われた。

(引用文献)

- 1) : FSA のパンフレット, **Protecting the interests of consumers** に基づく
- 2) : FSA のウェブは <http://www.foodstandards.gov.uk>
- 3) : **Novel Foods and Novel Foods Ingredients (Amendment) (England) Regulations, 1999**
- 4) : BfR のウェブは <http://www.bgvv.de>
- 5) : <http://www.foodsafety.gov/>
- 6) : CFSAN の GM 食品関係のウェブは <http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/biotechm.html>

7) : **Eurobarometer55.2: Europeans, science and technology**. December 2001

8) : **Public perceptions of agricultural biotechnologies in Europe**. Final report of the PABE research project. FAIR CT98-3844 (DG12-SSMI). December 2001

9) : **Michael M. Zwick and Ortwin Renn (Eds.): Perception and Evaluation of risks. Findings of the "Baden-Württemberg risk Survey 2001"**. May 2002

10) : **IFIC: U.S. Consumer attitudes toward food biotechnology**. August 2002

11) : **Food Policy Institute: Consumer acceptance of food biotechnology in the United States. Americans know not what they eat**. March 15, 2002

12) : **IFIC: Food biotechnology: A communication guide to improve understanding**. Spring 2000

4. 研究発表

なし

5. 知的所有権の取得状況

なし

P A B E レポート要旨の要約

1. 関係者が考えている市民の認知（およびその形成）の特徴と実際の認知（およびその形成）の特徴は異なる。
 2. 欧州における農業バイオテクノロジーに関する議論に問題を生じているのは市民側の動きのみでなく、関係者側の動きである。
 3. 欧州において農業バイオテクノロジーに関して建設的かつ満足度の高い議論をするためには、市民認知に関する関係者側の固定観念を改めることが重要である。
 4. 市民の認知（およびその形成）の特徴は国（英、仏、独、伊、西）によらずかなり類似している。
 5. 市民の認知（およびその形成）の特徴はフォーカスグループによらず、かなり類似している。
6. 関係者側の見方
- ① 素人の科学的な無知が根本的な問題である。
 - ② 市民は GMO 賛成者と反対者に分かれる。
 - ③ 消費者は医学への利用は受け入れるが食品および農業への利用は拒否する。
 - ④ 欧州の消費者の主張は第三世界の貧しい人々に対して我が儘である。
 - ⑤ 消費者は選択の自由のために表示を求めている。
 - ⑥ 市民は GMO は不自然であると考えているがこれは誤りである。
 - ⑦ BSE への対応の誤りがこの問題を生じている。それ以来、市民は規制機関を信用しなくなっている。
 - ⑧ 市民はゼロリスクを求めているがこれは理非のわからない要求である。
 - ⑨ 市民の GMO への反対はその他の倫理的政治的要因によっている。
 - ⑩ 市民はメディアのセンセーショナルな報道の餌食になっている。
7. フォーカスグループが表明している懸念
- ① なぜ GMO が必要か、便益は何か。
 - ② GMO の利用で便益を受けるのは誰か。
 - ③ GMO の開発を決めたのは誰か、どうやって決めたのか。
 - ④ なぜ、GMO が市場にでる前に、そのことを知らされなかったのか。
 - ⑤ なぜ、GMO 製品を買うかどうかの選択権を与えられないのか。
 - ⑥ 規制当局に開発企業に対抗できる能力・資源があるか。
 - ⑦ 規制は有効に働いているか。
 - ⑧ リスク評価は真面目に行われたか。どれが、どうやって評価したか。
 - ⑨ 起こりうる長期の成り行きは評価されたか。どうやって評価されたか。

- ⑩ 不確実性や無知は避けられないと考えられるか、意思決定に際してこの点は考慮されたか。
 - ⑪ 予見できなかった有害なインパクトが生じたときに、修復できるか。
 - ⑫ 予見できなかった有害性が生じた場合に誰が責任を持つか。どうやって責任を取らせるられるのか。
8. 市民は GMO について考える場合に、下記の素人の知識を用いている。特に③が最も大きい。
- ① 昆虫、植物、動物の行動に関する一般的な知識。これらの知識が無視されていると考えている。
 - ② 人は誤ることがある、規則や規制は完全には適用されないことが多い、という経験。
 - ③ 革新技術の開発やリスクの規制を行う機関の過去の行動に関する知識。
9. 素人は革新的技術やリスクの開発や規制に責任を持つ機関の過去の行動に関する経験的な素人の知識に最も判断の基礎を置いている。その意味で、BSE は例外ではなく、典型例であると考えている。また、これらの機関が BSE の経験から学んでおらず、BSE で明らかになった問題に対応していないため、GMO にも同じように対応すると考えている。
10. 市民は GMO に対して賛成、反対の意見を固めているわけではなく、良い点も悪い点も視野に入れている。アンビバレントというのが実状である。
11. 素人は食品生産工業化の便益に認めつつも、現在の動きは行き過ぎであると感じている。現時点で工業化をさらに加速する必要はないというのが大方の意見である。
12. GMO の医療分野への利用に対してはより好意的であるが、これは個人の便益のみに基づくものではなく、情報へのアクセス、リスク評価手順、規制等の総合的な満足によっている。
13. GMO で挙げられている利点を好ましいと受け止めているが、実現性については疑念を持っている。また、世界を食べさせるというバイテク企業の宣伝は宣伝に過ぎないと、ネガティブにとらえている。
14. 表示には様々な目的があり、ボイコットにより企業にメッセージを送ることや、市販後のモニタリングを可能にする手段とも考えている。また、隠していないことの証でもある。
15. 従来の食品についても不自然という感覚を持っている面がある。また、ゼロリスクを求めているわけではない。

16. 新たな技術の将来のインパクトは決して正しく予測できないことを承知している。従って、専門家が本来的な避けがたい不確実性を認め、意思決定に考慮すべきであると考えている。責任ある機関が不確実性を認めないことを不誠実であると感じている。
17. GMO の議論では、科学とリスクの次元ではとらえられないことが意見形成に預かっていることが明らかになった。科学と政治およびリスクと倫理の境を曖昧にするような要素により意見が形成されている。
18. リスク管理に関係する政策決定者にとって、信用が重要な問題となっている。信用獲得に重要なのは、市民との関係をよりよくすることのみではなく、機関の文化や日常行動の大きな変化が必要である。信用回復のためには、その機関が異なる分野も含めて、リスク管理を適切に行う能力があることを長期に渉って示すことが必要である。例を下に示す。
- ① 過去の誤りを認める。
 - ② 必ずしも常に最もよく知っているわけではないことを認める。
 - ③ 不確実性を認め、これを意思決定にどのように考慮したかを説明する。
 - ④ すべての関係する情報源からの情報を利用する（科学的エキスパートのみでなく）。
 - ⑤ 異なる利害、リスク、便益がどのようにバランスされたかを含めて、決定プロセスの透明性を高める。
 - ⑥ 不始末や不正が確認された場合は、重い制裁を加える。
 - ⑦ 市民の見方を全て満たすことはできないにしても、全体として、意思決定者が市民の見方を理解し、評価し、尊重し、考慮に入れていることを示す。

遺伝子改変食品の市民による認知
—米国人は自分が何を食べているかを知らない—
まとめ

1. 殆どの米国人は農産物及び食品の遺伝子改変について殆ど知らないようである。
 - ・ バイオテクノロジーはほとんどの米国人の話題になっておらず、このことを他の人と話したことがある人は31%以下であった。
2. 現在遺伝子改変食品がスーパーで売られていることを知っている人は41%であった。
 - ・ 遺伝子改変食品がスーパーで売られていると考える人は32%、売られているかどうか不確かだと答えた人は25%であった。
 - ・ 現実にはスーパーで売られていないにもかかわらず、遺伝子改変野菜や果物を食べたことがあると答えた人が20%いた。
3. 米国人は食品生産について実際よりもよく知っていると考えているようである。75%の人は自分の理解は少なくとも「良 (good)」であると答えたが、実際は下記のようなようであった。
 - ・ 50%の人は伝統的な交雑育種について聞いたことがなかった。
 - ・ 現在得られる食品の殆どは交雑育種によって得られたものであるが、61%の人はこの方法で作られた果物や野菜は食べたことがないと答えた。
 - ・ 米国人は自分の科学・技術に関する知識を課題評価しているようである。66%の人が自分の知識は少なくとも「良 (good)」はよく知っていると答えたが、実際は下記のようなようであった。
4. 通常のトマトは遺伝子を含んでいないと考えていた人が24%いた。
 - ・ 27%の人は、父親の遺伝子が子供の性別（女の子になるかどうか）を決めることをしなかった。
 - ・ 欧州連合が1999年に行った科学・技術クイズと殆ど同じ質問をしたところ、米国人は基本的な事実は欧州人よりもよく知っていた。
5. 多くの米国人はバイオテクノロジー、遺伝子工学、遺伝子改変という言葉ですぐに何かを連想したりイメージを思い浮かべたりできないようであった。
 - ・ 自由連想ゲームでは、「バイオテクノロジー」という言葉は10%の人にネガティブなイメージを与え、「遺伝子改変」、「遺伝子工学」はさらにネガティブなイメージを与えた（それぞれ、25%、21%）。
6. 米国人はまだ遺伝子改変全体について態度決定をしていないようであった。しかし、植物の遺伝子改変に対しては、動物の遺伝子改変よりも高い支持があった。
 - ・ 遺伝子改変による植物育種を支持する人は58%、動物の遺伝子改変を支持する人は28%であった。
 - ・ 22%の人は遺伝子改変による植物育種は倫理的に間違っていると考え、55%の人は動物の遺伝子改変を倫理的に間違っていると考えていた。

7. 遺伝子改変に対する支持は具体的な便益のある具体的な製品を示されるとかなり上昇した。
 - ・ 開発途上国のための高栄養穀類や盲目になるのを予防するための高ビタミン A ライスについてはかなりの米国人が支持を示した（それぞれ、85%、80%）。
 - ・ 乳汁中に医薬品やワクチンを生産するヤギを遺伝子改変で作ることには 76%の人が支持を示した。
 - ・ より安い、あるいはより美味しい製品を作るために遺伝子改変を用いることを支持した米国人は 74%、芝刈り頻度がすくなくてすむ遺伝子改変芝を支持した人は 76%であった。
8. 多少の留保はあるが、60%の人は遺伝子改変が自分の生活の質を高めると考えていた。また、62%の人は遺伝子改変食品が多くの人の役に立つと考えていた。
 - ・ 61%の人は、「遺伝子改変に対する根拠のない恐れが有用な食品の開発をひどく妨げている」と考えていた。
9. 66%の人が、遺伝子改変食品は多くの人に役立つと考えていたが、多くの人は、バイオテクノロジーの潜在的リスクについても懸念を持っていた。
 - ・ 56%の人が、「遺伝子改変の問題はかなり心配だ」と答えた。
10. かなりの米国人は遺伝子改変生物の潜在的生態学的影響に懸念を示した。
 - ・ 90%の人が「自然のバランスは人によって簡単にこわれる」と考えていた。
 - ・ 75%の人が「自然は複雑なので遺伝子改変作物によって何がおこるかを予測することはできない」と考えていた。
11. 殆どの米国人は遺伝子改変技術の利用の規制に賛成であったが、政府が適切に規制できると考える人は極めて少なかった。
 - ・ 75%の人は遺伝子改変の潜在的危険性は大きいので厳しい規制が必要だとする考えに賛成した。
 - ・ 58%の人は、科学者のバイオテクノロジーに対する専門的知識や能力で政府の規制が代用できるとは考えていなかった。
 - ・ 29%の人は政府が遺伝子改変食品を適切に規制するのに必要なツールを持っているとは考えていなかった。
12. 他の調査と同様、90%の米国人は遺伝子改変食品はそう表示されるべきだと考えていた。
 - ・ しかし、遺伝子改変でないかどうかを知るために食品ラベルをみるだろうと答えた人は 53%であった。
 - ・ 遺伝子改変でない食品によけい払ってもいいと答えた人は 45%であった。

表1 調査日程

欧州調査

- 1 1月17日(日): 成田発, ロンドン着
- 1 1月18日(月): 食品基準庁訪問
- 1 1月19日(火): アムステルダムへ飛行機で移動, ワゲニンゲンへ車で移動, ワゲニンゲン大学 Dr. Frewer 訪問
- 1 1月20日(水): シュツツガルトへ飛行機で移動, ハーデンブルグ技術評価センター Professor Renn 他訪問
- 1 1月21日(木): ベルリンへ飛行機で移動, 連邦リスク評価研究所訪問
- 1 1月22日(金): ドイツ消費者団体連盟訪問
- 1 1月23日(土): フランクフルト経由で成田へ
- 1 1月24日(日): 成田着

米国調査

- 1 2月8日(日): 成田発, ニューオルリンズ着
- 1 2月9日(月): リスク分析学会出席, Dr. Williams に面会
- 1 2月10日(火): リスク分析学会出席, Dr. Löfstedt に面会
- 1 2月11日(水): リスク分析学会出席, ワシントン, D. C. に移動
- 1 2月12日(木): FDA, CFSAN 訪問, IFIC 訪問
- 1 2月13日(金): ワシントン発, 成田へ
- 1 2月14日(土): 成田着

高機能食品の開発に関する研究

分担研究者 江崎治 独立行政法人国立健康・栄養研究所生活習慣病研究部長

研究要旨

ヒトは、n-3 系列脂肪酸の α -リノレン酸と n-6 系列脂肪酸のリノール酸を *de novo* 合成できず、それぞれ食事から摂取する必要がある。また、これらの脂肪酸を相互に代謝変換することもできない。よって、生活習慣病予防に効果が期待される n-3 系列脂肪酸であるエイコサペンタエン酸(EPA)、ドコサヘキサエン酸(DHA)は直接摂取するか、前駆体である α -リノレン酸から生合成する必要がある。そこで本研究では、日本人の主食であるイネに α -リノレン酸を効率よく発現させる遺伝子改変作物を作出し、疾病予防や健康の維持増進に役立つ高機能食品の開発を最終目標とした基礎的研究を行った。

協力研究者 山内淳 同 食品表示分析・規格研究部 主任研究員

A. 研究目的

イネから血圧降下作用、痲ほう予防作用やコレステロール低下作用を有する物質、アレルゲンの生成等に関与する遺伝子を単離し、高血圧性疾患等の生活習慣病や痲ほう症の予防、アレルゲンフリー等の機能を有する食物・食品等の開発を助する。ヒトは、n-3系列脂肪酸の α -リノレン酸とn-6系列脂肪酸のリノール酸を*de novo*合成できず、それぞれ食事から摂取する必要がある(図1)。また、これらの脂肪酸を相互に代謝変換することもできない(図2)。よって、生活習慣病予防に効果が期待されるn-3系列脂肪酸であるエイコサペンタエン酸(EPA)、ドコサヘキサエン酸(DHA)は直接摂

取するか、前駆体である α -リノレン酸から生合成する必要がある。そこで本研究では、日本人の主食であるイネに α -リノレン酸を効率よく発現させる遺伝子改変作物を作出し、疾病予防や健康の維持増進に役立つ高機能食品の開発を最終目標とした基礎的研究を行った(図3)。

B. 研究方法

全体の流れ

植物体はn-3系列脂肪酸の α -リノレン酸とn-6系列脂肪酸のリノール酸を体内で生合成できる。そこで、イネにおける代謝系の酵素群を検索したところ、リノール酸から α -リノレン酸への変換酵素であるイネ ω -3 fatty acid desaturase (OsFAD3) c

DNAのクローニングがすでに報告されていた。そこで、本研究に供するため、OsFAD3 cDNAを取得した(図4)。OsFAD3のin vitro酵素活性測定する方法は見い出されておらず、植物体内、あるいは酵母内に強制発現させ、内在する因子群を動員して測定する方法のみが報告されている。そこで、OsFAD3遺伝子を高発現させた酵母より総脂肪酸を抽出し、リノール酸から α -リノレン酸への変換酵素活性測定法確立を試みた。OsFAD3の酵素活性を増強したタンパク体を得るため、PCRを用いて遺伝子内に変異を導入し、OsFAD3タンパクの改変を試みた。

(1) 研究材料の選択

イネにおける代謝系の酵素群を検索したところ、リノール酸から α -リノレン酸への変換酵素であるイネ ω -3 fatty acid desaturase (OsFAD3) cDNAのクローニングがすでに報告されていた。そこで、本研究に供するため、OsFAD3 cDNAを取得した(図4)。OsFAD3のin vitro酵素活性測定する方法は見い出されておらず、植物体内、あるいは酵母内に強制発現させ、内在する因子群を動員して測定する方法のみが報告されている。そこで、OsFAD3遺伝子を高発現させた酵母より総脂肪酸を抽出し、リノール酸から α -リノレン酸へ

の変換酵素活性を測定することを試みた。

(2) 酵母強制発現系の確立

OsFAD3/pYES2を酵母に入れ、培地中の炭素源をグルコースからガラクトースに変えることで、酵母内にOsFAD3を一過性に強制発現させた。なお、OsFAD3の酵母内における発現を、特異的プローブを用いたノザン法によって確認した(図5)。

(3) 酵母内全脂肪酸量の定量法

誘導、非誘導の酵母を用意した。Itoらの報告を参考に、ガラスビーズを用いて酵母より全脂肪酸を抽出した。すなわち、対数増殖期の酵母を回収し、菌体1gをクロロホルム-メタノール中にガラスビーズを用いて懸濁し、激しく攪拌することで細胞を破壊した。ホモジネートをガラスフィルターでろ過した。残存する細胞破砕物を再度クロロホルム-メタノールによって抽出した。この操作を3回くり返した。エバポレーターで溶媒を除去後、0.5N NaOHメタノールを加え、窒素環流下、82°Cでメチル化を行った。三フッ化ホウ素メタノールを加えた後ヘキサンを用いて全脂肪酸メチルエステルを抽出した。島津GC-18Aを用いたガスクロマトグラフィーによって酵母内の脂肪酸組成定量法を確立した(図6)。

(4) PCRによる点変異体の導入

OsFAD3 と他のファミリーとの相
同性を図 6 に示す。タンパク分子の中
央に高い相同性が認められる。そこで
この比較的相同性の高い部分に注目
し、適等な制限酵素部位を利用して変
異体を作成した (図 7)。

変異体の作成 CLONTECH 社の
Diversify PCR Random Mutagenesis
Kit を用いて、OsFAD3 cDNA 内に 1
個あるいは 2 個の変異を導入した。こ
のキットは様々な大きさの DNA 断片
に適用でき、DNA 配列に導入する変
異の割合を選択することが可能であ
る。具体的には反応液中のマンガンと
dGTP の量をかえることで調整でき、
1 kb あたり 2 から 8 の間で変異数を選
択できる (図 8)。これによって得ら
れた変異体のすべての塩基配列を ABI
310 にて確認した。その中で、変異に
よってストップコドンが生成するも
の、およびサイレントなものを除いた。
それぞれのプラスミドを酵母に導入
し、前述の方法を用いて酵素活性を測
定した。

C. 研究結果

リノール酸から α -リノレン酸への
変換酵素であるイネ OsFAD3 を効率良
く酵母内に発現させる系を確立し、酵
母を用いた本酵素活性測定のための基
本的な実験系を確立した。PCR による
ランダムな変異導入により酵素活性を
高めた新規 OsFAD3 タンパクの創造を

めざした。現時点までに数十種類の
変異体の活性を測定したが (表 1)、酵
素活性を高めた変異体の作出までに至
っていない。

D. 考察

OsFAD3 の酵素活性測定法は、現在
のところ酵母を用いた *in vivo* の方法
のみが報告されている。本研究におい
て、導入した OsFAD3 が酵母内で機能
する系が確立できた。しかし
ながらその酵素活性は低く、本酵素を
野生型のまま植物体内に強制発現さ
せても効率良く α -リノレン酸を生産
できるか疑問である。そこで、今後タ
ンパクにランダムな点変異を導入し、
より活性の高い酵素 (**dominant
positive** 体) を試みたが、酵素活性を
高めた変異体の作出までに至ってい
ない。

GM 作物は米国営利企業を中心とし
て各国で作成されている。厚生労働省
において安全性審査の手続きを得た
これら食品および添加物は害虫抵抗
性、除草剤耐性、雄性不稔性、稔性回
復性、ウイルス抵抗性など、生産者の
立場にたった生産性向上を目的とし
たものがほとんどである (デュポン社
の高オレイン酸形質を持つ大豆を除
く)。本研究は日本人の主食であるイ
ネに α -リノレン酸を効率よく発現さ
せる遺伝子改変作物を作出し、疾病予
防や健康の維持増進に役立つ高機能

食品の開発を最終目標とした基礎的研究であるため、消費者側の立場に立った研究であるといえる。イネから注出した遺伝子を改変することで酵素活性を増強したのち、同じイネに再導入することを想定しており、今後、このような GM 作物の作出法の発展が期待される。

E. 結論

生活習慣病予防に効果が期待される DHA を効率良く摂取するために、日本人の主食であるイネに α -リノレン酸を効率よく発現させた高機能食品の開発を最終目標とした基礎的研究を行った。イネ α -リノレン酸合成の鍵酵素である OsFAD3 を取得し、PCR によるランダムな変異導入により酵素活性を高めた新規 OsFAD3 タンパクの創造をめざしたが、高活性を有する変異体の獲得に至らなかった。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的所有権の取得状況

なし

(n-6系)

リノール酸 → γ -リノレン酸 → アラキドン酸

種子 穀類 月見草油 肉類

植物油 マヨネーズ

マーガリン

(n-3系)

α -リノレン酸 → EPA → DHA

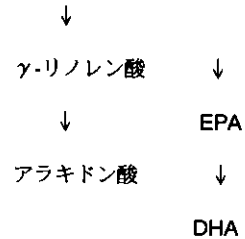
葉 根 魚介類 魚介類

植物性プランクトン

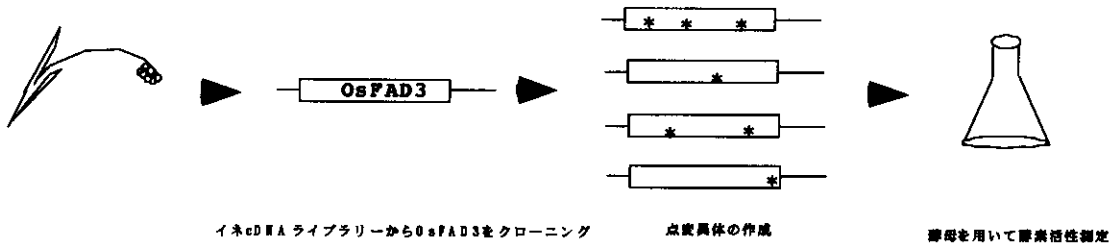
シソ油

(図1) 主な不飽和脂肪酸とそれを含む食品

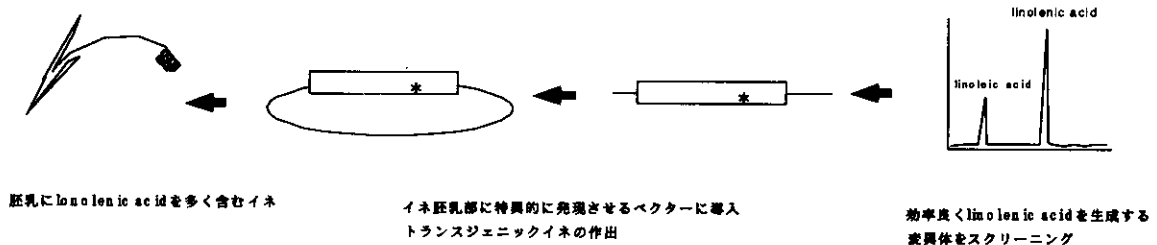
ステアリン酸 → オレイン酸 → リノール酸 → α -リノレン酸



(図2) 主な多価不飽和脂肪酸の合成経路



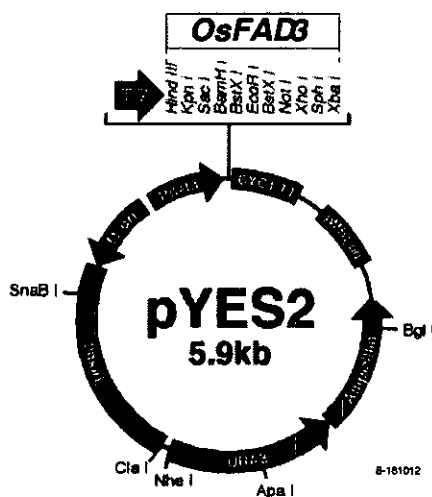
高機能食品の開発に関する研究



(図3)

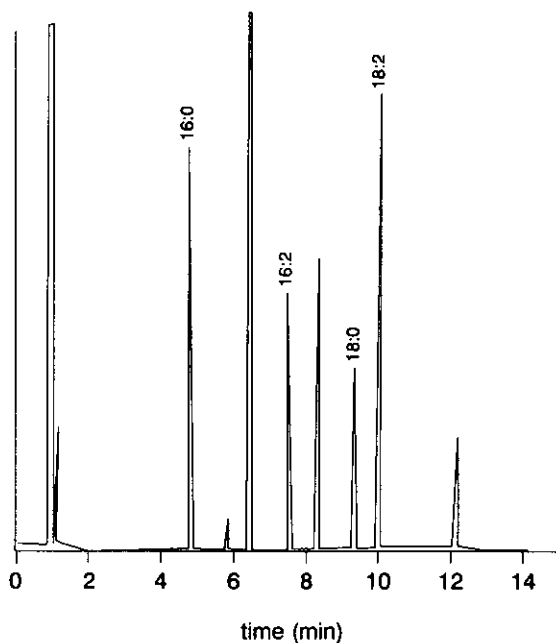
MAASATQEADCKASEDARLFFDAAKPPFRIGDVRAAIPVHCWRKTPRLRSLSYVARDLL
 IVAALFAAAASSIDLAWAWAWPLYWARQGTMVWALFVLGHDCGHGSFSDSAMLNNVVGH
 LLHSFILVPYHGWRFSHRTHHQNHGHIERDESWHPITEKLYWQLETRTKKLRFTLPFTL
 LAFPWYRSPGKTGSHFLPSSDLFSPKEKSDVIVSTTCWCIMISLLVAACVFGPVPVLM
 LYGVPLYLVFVMWLDLVTYLHHHGNDLPWYRGEESYLRGGLTTVDRDYGWINNIHHD
 I GTHVIHHLFPQIPHYHLVEATKAARPVLGRYYREPEKSGPLPLHLFGVLLRRTL RVDHFV
 SDVGDVVYYQTDHSLNGTDWAEDAKHK

(図4) OsFAD cDNA アミノ酸配列



(図5)

OsFAD3の酵母発現ベクター作成(図1)



(図6)

ガスクロマトグラフィーを用いた酵母全脂肪酸定量法の確立(図2)



```

10          20          30          40          50          60
consensus  A W L L G G T A L T A L F V G G H D C G H R S F S K N R W L N D L V G H I L L A L L L G V P Y Q G W R S I S H R R H H R Y
query      9 @ a r Q G T M V W A L F V L G H D C G H G S F S D S A M L N N V V G H L L H - S F I L V P Y H G W R M S I H R T H H Q N
gi 1777376 83 Y W A R Q G T M V W A L F V L G H D C G H G S F S D S A M L N N V V G H L L H - S F I L V P Y H G W R F S H R T H I
gi 4091113 88 Y W F A Q G T M F W A I F V L G H D C G H G S F S N N S L N N V V G H L L H - S S I L V P Y H G W R I S H R T H I
gi 3133289 107 Y W A V Q G T M F W A I F V L G H D C G H G S F S D S H I L N S V M G H I L H - S S I L V P Y H G W R I S H R T H I
gi 1345973 85 Y W A A Q G T L F W A I F V L G H D C G H G S F S D I P L L N S V V G H I L H - S F I L V P Y H G W R I S H R T H I
gi 416638 81 Y W P A Q G T M F W A L F V L G H D C G H G S F S N S S K L N S F V G H I L H - S L I L V P Y N G W R I S H R T H I
gi 1345974 84 Y C P I Q G T M F W A L F V L G H D C G H G S F S D S P L L N S L V G H I L H - S S I L V P Y H G W R I S H R T H I
gi 2446998 145 Y W A A Q G T M F W A L F V L G H D C G H G S F S N N P K L N S V V G H I L H - S S I L V P Y H G W R I S H R T H I
gi 1169599 147 Y W L A Q G T M F W A L F V L G H D C G H G S F S N D P K L N S V V G H L L H - S S I L V P Y H G W R I S H R T H I

          70          80          90          100          110
consensus  . . . . * . . . . | . . . . * . . . . | . . . . * . . . . | . . . . * . . . . | . . . . * . . . . | . . . . * . . . .
query      1 H G H I E R D E S W H P I T E K L - Y W Q L E T R T K K L R F T L P F - - - - T L l a f p w y R S H G K L T - - - - G E
gi 1777376 14 H G H I E R D E S W H P I T E K L y W Q L - E T R T K K L R F T L P F t l l - - - - - a f P W Y R I S p g k t G S
gi 4091113 14 H G N V E K D E S W V P L P E K I y K E M - D L S T R I L R Y S V P L p m f a l P F - - - - Y L W Y R S p g k e G S
gi 3133289 16 H G H V E N D E S W V P L T E K T y K S L - D V S T R L L R F T I P F p v f a y P F - - - - Y L W Y R S p g k k G S
gi 1345973 14 H G H V E N D E S W V P L P E R V y K K L - P H S T R M L R Y T V P L p m l a y P L - - - - Y L C Y R S p g k e G S
gi 416638 14 H G H V E K D E S W V P L T E K V y K N L - D D M T R L R Y S F P F p i f a y P F - - - - Y L W Y R S p g k e G S
gi 1345974 14 H G H I E K D E S W V P L T E K I y K N L - D S M T R L I R F T V P F p l f v y P I - - - - Y L E Y R S p g k e G S
gi 2446998 20 H G H V E K D E S W H P L P E R L y K S L - D F M T R K L R F T M P F p l l a f P L - - - - Y L E Y R S p g k s G S
gi 1169599 20 H G H V E N D E S W H P M S E K I y N T L - D K P T R F R F T L P L v m l a y P F - - - - Y L W Y R S p g k k G S

          130          140          150          160          170
consensus  1 H H L P A S P L F R F Q E R Y Y V I L S L L G L F A L P A L L P L L L W G L G G L W g V L K F Y L V H Y L V V G F W L G
query      192 H F L P S S D L F S P K E K S D V I V S T T C W C I M I S L L V A L A C V F G P V P - V L M L Y G V P Y L V F V P
gi 1777376 192 H F L P S S D L F S P K E K S D V I V S T T C W C I M I S L L V A L A C V F G P V P - V L M L Y G V P Y L V F V M I
gi 4091113 200 H F N P N S D F F A P H E R K A V L T S N F C F S I M A L L L L Y S C F V F G P V Q - V L K F Y G I P Y L V F V M I
gi 3133289 219 H F N P Y S D L F A P S E R R D V L T S T I S W S I M V A L L A G L S C V F G L V P - M L K K Y G G P Y W I F V M I
gi 1345973 197 H F N P Y S S L F A P S E R K L I A T S T T C W S I M F V S L I A L S F V F G P L A - V L K V Y G V P Y I I F V M I
gi 416638 193 H F N P Y S N L F S P G E R K G V V T S T L C W G I V L S V L L Y L S L T I G P I F - M L K K Y G V P Y L I F V M I
gi 1345974 196 H F N P Y S N L F P S E R K G I A I S T L C W A T M F S L L I Y L S F I T S P L L - V L K K Y G I P Y W I F V M I
gi 2446998 257 H F N P G S D L F Q P T E K N D I I T S T A S W L A M V G V L A G L T F L M G P V P - M L K K Y G V P Y L V F V A I
gi 1169599 259 H Y H P S D L F L P K E R K D V L T S T A C W T A M A A L L V C L N F T I G P I Q - M L K K Y G I P Y W I N V M I

          190          200          210          220          230
consensus  164 L V T S L H H Y G G E R P - - - F - - - I E W D W A R G Q L A T V D R D Y G K W L N L L F H G I G Y H V E H H I
query      251 L V T Y L H H H G H N D L - - - P w y r g e E W S Y L R G G L T T V D R D Y G - W I N N I H H D I G T H V I H H I
gi 1777376 25 H V T Y L H H H G H N D l - - p W y r - g E E W S Y L R G G L T T V D R D Y G - W I N N I H H D I G T H V I H H L F P C
gi 4091113 25 H V T Y M H H H G H E E k l - p W y r - g K E W S Y L R G G L Q T V D R D Y G - W I N N I H H D I G T H V I H H L F P C
gi 3133289 27 H V T Y L H H H G H D D h k l p W y r - g K E W S Y L R G G L T T V D R D Y G - L F N N I H H D I G T H V I H H L F P C
gi 1345973 25 H V T Y L H H H G H D E k l - p W y r - g K E W S Y L R G G L T T I D R D Y G - I F N N I H H D I G T H V I H H L F P C
gi 416638 25 E V T Y L H H H G Y T H k l - p W y r - g Q E W S Y L R G G L T T V D R D Y G - W I N N V H H D I G T H V I H H L F P C
gi 1345974 25 H V T Y L H H H G H H Q k l - p W y r - g K E W S Y L R G G L T T V D R D Y G - W I Y N I H H D I G T H V I H H L F P C
gi 2446998 31 H V T Y L H H H G H E D k l - p W y r - g K E W S Y L R G G L T T L D R D Y G - W I N N I H H D I G T H V I H H L F P C
gi 1169599 31 H V T Y L H H H G H E D k l - p W y r - g K E W S Y L R G G L T T L D R D Y G - L I N N I H H D I G T H V I H H L F P C

          250
consensus  217 I P H Y H L P E A T P A I K P T L 233
query      307 I P H Y H L V E A T K A A R P V L 323
gi 1777376 307 I P H Y H L V E A T K A A R P V L 323
gi 4091113 316 I P H Y H L I E A T K A A K P V L 332
gi 3133289 336 I P H Y H L V E A T R A A K P V L 352
gi 1345973 313 I P H Y H L V D A T K A A K H V L 329
gi 416638 309 I P H Y H L V E A T K S A K S V L 325
gi 1345974 312 I P H Y H L V E A T Q A A K P V L 328
gi 2446998 373 I P H Y H L I E A T E A A K P V L 389
gi 1169599 375 I P H Y H L V E A T E A A K P V L 391

```

(図7) イネFAD3と他のファミリーとの相同性