

カンキツ機能性成分研究と産学官協力

(独) 農業・生物系特定産業技術研究機構

果樹研究所カンキツ研究部

矢野昌充

果樹研究所カンキツ研究部で「カンキツと健康」に関連する課題で研究を開始してから10数年が経過した。この間、研究協力者、研究材料の入手、研究費の取得などで幸運にも恵まれ研究は順調に推移し成果をあげている。中でも、果樹研究所カンキツ研究部による単独の研究ではなく、一貫して産学官協力を研究推進の中心に据えたことが「成功の鍵」を握ったと考える。今回、産学官協力の推進を課題とするシンポジウムの開催にあたり、演者らが進めてきた「カンキツと健康」に関する研究について、どのような研究が実施され、産学官の協力がどのように進められてきたか、また、産学官協力の意義は何であるかの観点から紹介をしたい。産学官協力の活発化の参考になればと考える。また、研究内容が私達の健康に関係するため、参会の皆さんの健康作りにも役立てていただければと思う。

どのような研究を行ったか

研究の背景

我が国での果実は嗜好品であり健康とのかかわりで捉える習慣が乏しい。しかし、外国での疫学研究成果や、それを受けての「Five A Day 運動」に見るように、果実は野菜と共に健康増進に極めて重要な食品といえる。我が国では医療・栄養指導の面で、「果物は甘く、糖分が多い、だから健康に良くない」という考えが根強くあり、先進諸国がこぞって「健康増進のために果実を食べる」的発想から、果物消費が大きく伸びているのに反し、落ち込みが急激に進んでいるのが我が国の現状である。果物が国民健康増進に十分役立っているとは言えず、果樹関連産業も衰退を余儀なくされていると言わざるをえない。

米国を中心とするカンキツ先進国では、カンキツ類の機能性成分研究が精力的に行われ、欧米での疫学研究成果でカンキツの健康増進作用が明らかにされたことで、諸外国では「カンキツを食べることは健康に大変良い」という共通認識を国民の間に生み出し、カンキツが多量に消費されている。加工産業の副産物利用も盛んで、オレンジオイル、レモンペクチンなどはカンキツ業界を支える大きな柱となっている。カンキツ生果・果汁の消費と副産物利用が両輪となり、カンキツ産業の隆盛を作り出している。

我が国もカンキツ先進国としての一角を占める。しかし、他の先進国とは異なり、これまで機能性成分についての本格的な研究への取り組みは不十分であった。現在我が国では、カンキツの消費不振、加工分野の縮小傾向が重大な問題となっている。本格的な機能性成分研究、「カンキツと健康」に関する研究がほとんど行われなかったことが、カンキツ先進国とはいえない現状を招来したひとつの原因ではなからうか。

カンキツは機能性成分に富む点で、イソフラボンや大豆カテキンの茶に匹敵する作物である。このような成分の有効利用、新需要創出の観点から、カンキツの機能性成分に関する研究を開始した。また、カンキツと健康に関する疫学研究成果をも開始した。国民健康増進とカンキツ産業の復興に役立ち、カンキツ先進国の「もの真似」ではない我が国独自の独創的な

研究が可能であると考えた。

研究の概要

研究のねらいは次の4課題である。

- ①カンキツにおける機能性成分と生理機能に関する系統間差の解明：どのようなカンキツ、カンキツ成分が健康増進に役立つかを明らかにする。
- ②ターゲットとして選び出したカンキツ成分の生理機能解明に関する研究：欧米での疫学研究からカンキツは健康増進に役立つとされているが、その根拠を国産カンキツについて明らかにする。
- ③ターゲットとする機能性成分高含有カンキツ・高含有食素材の開発：健康増進成分に富み、より健康増進に役立つカンキツや食素材を開発する。
- ④カンキツの健康増進に関わる疫学研究からのアプローチ：欧米での疫学研究ではカンキツ摂取が重要な調査項目として入っており、健康増進に役立つとする成果が多い。しかし所詮異なる人種、異なる食生活条件下での研究であり、日本人にそのまま適用することはできない。日本人のための疫学研究が必要である。

これらの研究を「産学官」の官である果樹研究所の発意で開始した。果樹研究所で開始したメリットを次に示す。

- ①の課題：多様な品種、遺伝資源を保有する果樹研究所が中心となることで研究が大きく発展。
- ②の課題：カンキツ機能性成分の生理機能に関する研究者が確保できた。
- ③の課題：多数の育種実生を保有しており、特に品種開発については果樹研究所が中心となることで研究が大きく発展。
- ④の課題：果樹研究所がカンキツ産地近傍にあり、ウンシュウミカンの疫学研究に好都合なフィールドが得られる。官であることで産業、住民の協力が得やすい。

しかし、これらの研究課題で十分な成果をあげるには産学官の協力が必要である。その理由は次のとおりである。

- ①の課題：研究拠点を多数設けることで、果樹研究所カンキツ研究部の豊富な研究材料を十分活用することができ、カンキツ機能性成分、生理機能を対象とする研究が発展。
- ②の課題：生理機能に関する研究は、多様な専門分野での研究、多方面からのアプローチで大きく発展の可能性。機能性成分の供給態勢をカンキツ加工企業の側で確立しなければ、主に学・官で実施される先導的な生理機能研究は不可能である。
- ③の課題：高含有食素材の開発は、カンキツ機能性成分を供給できるカンキツ果汁産業との協力が不可欠である。
- ④の課題：医学部の疫学研究者の協力が不可欠であるほか、研究のフィールドである市町村の協力態勢が必要である。

研究の成果

研究の成果は4点に集約できる。

- ①の課題：カンキツに含まれる機能性成分β-クリプトキサンチン（図②-1参照）、オーラプテン、ノビレチンを新たな機能性物質として提案した。また、β-クリプトキサンチンとその成分に富むウンシュウミカン、ノビレチンとその成分に富むシイクワシャー（④-1、

- ④-2) をカンキツ産業発展の素材として提案した。
- ②の課題：β-クリプトキサンチン、オーラプテン、ノビレチンの発がん抑制に関する研究が大幅に進展した。また、他の生活習慣病に関する研究も開始された。
- ③の課題：β-クリプトキサンチン、オーラプテン、ノビレチンを高含有する品種、育種中間母本が生まれた。β-クリプトキサンチンの高含有食素材が開発された。
- ④の課題：ウンシュウミカン健康への具体的な貢献度を、農業関係では初めての疫学研究によって明らかにした。

以下、課題別に成果を詳述する。

①カンキツにおける機能性成分と生理機能に関する系統間差の解明：

果樹研究所で保有する600品種、1500種のカンキツ遺伝資源の中から、品種分類、遺伝的背景をもとに選んだ品種(45種類以上)の、カロテノイド類、フラボノイド類、リモノイド類、オーラプテン、カルコン等の機能性成分及び白血球細胞分化誘導、がん細胞増殖抑制、シクロオキシゲナーゼ阻害、リポキシゲナーゼ阻害、フリーラジカル(O₂⁻、NO)産生抑制などの生理活性について品種・系統間差を明らかにした。データベースとして利用できるほどの充実した内容である。これらの研究過程で、その後の研究に発展が期待できる対象としてカンキツ品種ではウンシュウミカン、シイクワシャー、機能性成分では、β-クリプトキサンチン(β-CRY)、ノビレチン(NOBI)、オーラプテン(AUR)を選び出した。

・ウンシュウミカン：ウンシュウミカン健康増進作用を明らかにしない限り、国産カンキツを国民健康増進に役立てることはできない。ましてカンキツ産業の復興にもつながらない。また、主要食品の中でβ-CRY供給源として最も手軽である。

・シイクワシャー：健康にかかわる生理活性が経済品種の中で最も優れていた。市販のシイクワシャージュースにはNOBIが多く含まれている。このような例は他の生食用カンキツ、カンキツ加工品には見出されていない。

・β-クリプトキサンチン：発がんプロモーション抑制活性が60種あまりのカロテノイド中最も高かった。β-CRYはウンシュウミカンに特異的によく含まれており、輸入カンキツには含まれないことから、国産カンキツの優位性を活かす研究材料として好適であった。

・ノビレチン：各種の優れた機能性を有していた(④-2)。

・オーラプテン：優れた発がん抑制活性が認められた。フリーラジカル産生抑制というメカニズムの目新しさも注目された。

②ターゲットとして選び出された成分の生理機能に関する研究：

欧米での疫学研究結果から、カンキツが発がん予防に役立つ食品とする評価は高かったが、実際にどのような成分が発がん予防に役立っているかについてはリモネンなど一部のカンキツ成分に限られていた。本研究ではこれまで報告のなかったβ-CRY、NOBI、AURについて多くの知見を発表した。

1) がん予防に関する研究

・β-CRY：試験管レベル → 動物実験レベル → 疫学研究 → 臨床ヒト試験レベル
研究レベルでは最終段階まで到達していることに価値がある(②-4, 5)。

・NOBI：試験管レベル → 動物実験レベル

フリーラジカル産生抑制、血管新生抑制など多様な発がん抑制メカニズムでの解明が進んでいる。

・AUR：試験管レベル → 動物実験レベル

我が国の発がん抑制研究では、有数の動物実験実施例となったが、研究が一段落した感がある。

2) その他の生理機能に関する研究

- ・ β -CRY：骨代謝改善に優れた知見が集積しているほか、各種生活習慣病予防に有用な知見が得られた。
- ・NOB：骨代謝改善のほかに、リウマチ予防、生活習慣病予防など多様な生理機能が明らかとなった（④-2）。
- ・AUR：目立った研究は行われていない。

③ 機能性成分高含有カンキツや高含有食素材の開発：

機能性を強化したカンキツや食素材が開発された。今後カンキツ産業の新たな発展の端緒となる可能性が高い。

- ・ β -CRY高含有カンキツ：ウンシュウミカンを上回るカンキツ品種が作出された。従来、春先になるとウンシュウミカンの販売が終了し、 β -CRYの供給源としてあまり期待できないイヨカン、ハッサク、アマナツなどの中晩生カンキツに交替していた。近年中晩生カンキツとして普及してきた清見、不知火、はるみなどの品種は初夏までの β -CRY供給源として有用であることを明らかにした。
- ・NOB高含有カンキツ：高含有のカンキツ育種中間母本が開発された。
- ・AUR高含有カンキツ：既存品種の可食部ではグレープフルーツの $0.1\text{mg}/100\text{g}$ が最も高含有であったが、果樹研究所ではこれを大きく上回る $10\sim 30\text{mg}/100\text{g}$ のRP55が開発された。
- ・ β -CRY高含有食素材：ウンシュウミカン搾汁工程を改変した製造法が開発され、 β -CRY高含有をセールスポイントとする商品や高含有食素材の市販、化学薬品としての販売が始まった。
- ・NOB高含有食素材：シイクワシャーなどのカンキツから、多様な食素材が開発、市販された。原料不足から海外からの原料輸入も行われている。
- ・AUR高含有カンキツ食素材：コールドプレスオイルから簡易に精製できる方法、化学合成法も開発された。

④ カンキツの健康増進に関わる疫学研究からのアプローチ：

ウンシュウミカン摂取による健康に関する研究が大きく進展した。疫学研究の手法としてもっとも精度の高い前向きコホート研究がスタートしており、今後に期待が持たれる。

- ・ウンシュウミカン摂取量と有病率の関係：静岡県、愛知県下のウンシュウミカン産地でのアンケート調査から、ウンシュウミカンの摂取頻度が高い人（みかんシーズンに一日に平均4個以上）のグループで（①-1）、まったく食べない人のグループに比較して、糖尿病・高血圧・痛風・心臓疾患の発症危険率（オッズ比）が半分から3分の2程度であった（①-2, 3）。また、1日平均4個以上と多食していても高脂血症や肥満症のオッズ比に変化はなかった。
- ・血中 β -CRY濃度がウンシュウミカン摂取量のバイオマーカー： β -CRYの供給源としてはウンシュウミカンのほかに不知火、はるみのような中晩生カンキツ類、柿、ビワ、パパイヤ、赤ピーマンなどがある。しかし、いずれも消費量が少なく、血中 β -CRY濃度に影響するような供給源は、ウンシュウミカンに限られることが果樹研究所の調査で明らかとなった（②-2, 3）。 β -CRY血中濃度はウンシュウミカン摂取量のバイオマーカーとして利用できる。

三ヶ日スタディ：平成 15 年度からスタートした、(独) 農業・生物系特定産業技術研究機構 果樹研究所、国立長寿医療センター研究所、静岡県三ヶ日町（現在浜松市三ヶ日町）の三者による共同研究「国産カンキツの健康増進作用」に関する疫学研究「三ヶ日スタディ」(③-1) では、研究開始後間もないにもかかわらず大きな成果が出始めている。そのひとつは、ミカンに特徴的に多く含まれる色素 β -CRY の血液中濃度が高い人 (③-2) では、飲酒や高血糖によって引き起こされる肝機能の障害が軽減される可能性が示された (③-3、4)。また、同じく β -CRY の血液中濃度が高い人では、動脈硬化 (③-5) やインスリン抵抗性 (③-6) に至る危険度が低いことも認めた。特記すべき点としては、生活習慣病の根底にあるインスリン抵抗性（すなわちメタボリックシンドローム）になる危険度が、血液中の β -CRY 高濃度者では低濃度者の 3 分の 1 であるという結果が得られており、ミカン摂取が生活習慣病予防に幅広く役立つ可能性を強く示唆している。

ウンシュウミカン摂取の意義を自己申告のウンシュウミカン摂取量ではなく、 β -CRY というバイオマーカーの客観的な指標から判定する手法は、他の疫学研究にはない高精度のアプローチである。

研究の評価

我が国でのカンキツ機能性成分の本格的な研究、カンキツの健康増進作用についての研究は、ともに他のカンキツ先進国に較べて遅れを取ってきた。しかし、4 つのプロジェクト（永年生作物類の機能特性の評価・利用技術「カンキツグループ」、「カンキツによるがん予防に関する基礎的研究」、「果実の生体調節機能と他の食品の組み合わせ効果」、「カンキツの機能性成分を活用した保健機能食品の開発」詳細は後述）が、産学官による研究機関の協力のもとで精力的に取り組まれたことにより、現況に明らかに変化の兆しが見えてきた。近年においては、我が国の大学、企業、果樹研究所からのカンキツと健康に関する情報発信がいずれも急増している。このことはカンキツ先進国の研究成果を凌駕するほどである。今後の発展への期待を込めて、我が国のカンキツ機能性成分研究の夜明けと考えたい。 β -CRY を使った特定保健用食品開発の可能性、 β -CRY 関連食品の相次ぐ上市などで β -CRY 原料資源の枯渇が心配されるほどである。また機能性成分研究が成果をあげたことにより、沖縄のシークワシャー産業が産業規模を 50 倍に拡大し、様相が一変している (④-1、2)。このようにカンキツ機能性成分研究が果樹産業界や消費者に与えたインパクトは小さくはない。

しかし現況を楽観視してはいけない。依然としてカンキツ消費は下落傾向にあり、医療・栄養分野、さらに消費者レベルでの「果物は甘く、糖分が多いから、健康にあまり良くはない」という考えをいまだ払拭し切れてはいない。今後も、産学官協力のもとに、これまでの成果を礎とし、綿密な計画、展望のもとに研究を進めなければ、「カンキツと健康」に関する研究も、そして国民の健康増進も、産業の発展にも貢献することなく線香花火的状況で終わらねない。

どのような産学官協力が行われているか

プロジェクト研究

(研究費の裏付け)

・農林水産省プロジェクト「バイオルネッサンス計画」

永年生作物類の機能特性の評価・利用技術「カンキツグループ」

1991～2000 年

農林水産省果樹試験場カンキツ研究部（当時）

中国農業試験場（当時）

東京薬科大学

中村学園大学

（沖縄経済連から資材提供）

・生物系特定産業技術研究機構 基礎研究推進事業

「カンキツによるがん予防に関する基礎的研究」

1996～2000 年

果樹研究所カンキツ研究部

京都府立医科大学

京都大学

近畿大学

（愛媛柑橘資源研究所：研究協力）

・農林水産省プロジェクト「食品総合」

「果実の生体調節機能と他の食品の組み合わせ効果」

2001～2005 年

果樹研究所カンキツ研究部

国立長寿医療センター研究所

・農業・生物系特定産業技術研究機構 生物系特定産業技術支援センター

生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業

「カンキツの機能性成分を活用した保健機能食品の開発」

2001～2005 年

果樹研究所カンキツ研究部

京都府立医科大学

中村学園大学

琉球大学

えひめ飲料（株）

全農沖縄県本部

・その他協力関係にある産学官機関

大分大学医学部・金沢医科大学・静岡県立大学食品科学部・東京農工大学工学部・武庫川女子大学薬学部・名城大学薬学部・アークレイ株式会社・J A フーズ株式会社・日本果実工業株式会社・富士製粉株式会社・ユニチカ株式会社・（独）食品総合研究所

カンキツの機能性成分研究になぜ産学官協力が必要であったか

産学官協力:単独では研究発展が望めない理由

・産（カンキツ果汁産業）：企業規模が小さいために研究能力、施設が十分でない。近年縮小傾向にある企業が多い。研究開発費が潤沢ではない。

・学（医学・薬学系）：研究を実施しなければならない確たる動機がない。海外での研究例からカンキツ成分が研究対象として魅力的であることは分かっているが、研究用材料を入手する方法がない。研究開発費が潤沢ではない。

・官（果樹研究所カンキツ研究部）：「カンキツと健康」のような研究課題に対応できる研究者が少なかった。特に医薬系の研究者が不足している。研究開発費が潤沢ではない。

産学官協力:それぞれの貢献内容

- ・産：研究開発に必要な原材料の製造技術に優れている。
- ・学：生理機能解明において、先端的な研究手法を有する研究者、がん・糖尿病・骨代謝など広い分野での研究者との協力関係が得られた。
- ・官：世界有数なカンキツ遺伝資源、国内カンキツ関連の情報が集中している。プロジェクト研究の開始で、植物有機化学、分子生物学、薬理学、薬化学など多様な専門分野の研究者を配置できた。疫学研究では、公的機関であるために市民の協力が得やすかった。

産学官協力:それぞれのメリット

- ・産：企業の研究能力が格段に向上した。カンキツ機能性成分でカンキツ産業を発展しようとする意欲的な取り組み姿勢が見られるようになった。関連製品の開発も成功しつつある。
- ・学：果樹研究所とカンキツ果汁産業との協力で、国内でのカンキツ機能性成分の供給体制が確立したため、大学でカンキツ機能性成分を利用した研究が可能となり、先導的基盤的研究が大幅に進展した。
- ・官：がん予防分野の研究者に、カンキツが健康に役立つ素材であることが認識された。果樹産業以外の企業に、カンキツが魅力ある研究開発の素材であることが認識された。カンキツ産業が従来よりも多方面で発展する可能性が出てきた。

産学官協力:官主導の意義

- ・公益的な研究課題が設定できる。
- ・情報の積極的公開により、異業種企業など幅広い企業からの参入もあり、産業規模が拡大した。大学でも研究へ着手する例が増えている。

産学官協力:官主導であることの責任

- ・公正な産業の発展に配慮：不正表示問題に対応（詳細は後述）。
- ・企業エゴの排除：儲かれば良いというような商品開発はしない。

最後に

カンキツ機能性成分研究は産学官研究協力によって、順調に成果をあげている。公的機関である果樹研究所を中心に研究が実施されたことの意義について一言付け加えたい。また、当然今後も研究が継続しておこなわれるので、将来展望についても紹介したい。

機能性成分研究の成果が沖縄産カンキツ、シイクワシャーの関連産業を発展させたことは既に述べた。この中で大量の不正表示果汁商品が現れ公正取引委員会の介入を招いた。これに対して業界は更なる手法で不正表示果汁商品を温存させた。果樹研究所などのグループでは、不正表示品を摘発すべく学術的に明確な手法を開発し、「社」日本果汁協会と連携して不正表示果汁商品をほぼ一掃し、公正なシイクワシャー産業の発展に尽力した。公的機関の責任として研究開発が行われた好例と考えている。

産学官協力による「カンキツと健康」に関する機能性成分研究は二つの明確なねらいを持つ。ひとつにはカンキツの健康増進作用の確かさと、他の食品に比較してカンキツ消費量が多いことから、国民の健康増進に極めて重要な食品であることをアピールでき、国家的なレベルで健康作りに役立てられる知見を得られる点にある。このような公益的な研究は官主導の研究であればこそ実施可能であったと考える。

二点目は国内の、特に地方の産業、経済の活性化に貢献することにある。この点に関しては注意深く研究を進めた。すなわち、研究開発の結果としての新事業創出を外国産品の輸入で簡単に頓挫させてはならないからである。国内カンキツ産業の振興に真に役立てることができるよう、国際競争力のあるカンキツ樹種、機能性成分を意識的に選んで研究対象とした。シイクワシャー、 β -CRYは、当面、我が国カンキツ産業に優位性があり、諸外国のカンキツ産業が対応するまえに、この優位性を確固たるものにすることができると考えている。


将来展望に関しては次のように考えている。「カンキツと健康」に関する研究が真に国民の健康に役立てられるようになるまで、引き続いて研究に取り組まなければならない。しかし、研究開始後10年以上が経過した現在、提案公募型の研究費獲得も容易ではなくなっている。そこで、今後の展開については、産学官協力を中心に据えることのほかに、新たな構想で研究を進める必要がある。

近年、医学分野では民間基金による研究支援が企業の社会貢献の意味を含めて多数実施されている。果実消費の低迷に苦しむ果樹関連産業界においてもこれにならい、「果物と健康」に関する研究支援制度を、研究が進展することによる受益者みずからの資金で創設することが必要ではないだろうか。公益的な観点からは、果物が国民健康増進に貢献できることを示し、他方ではその成果を利用した果物需要の拡大に役立てられる。

具体的な行動として「果物と健康に関する疫学研究」を支援する制度の創設を考えている。果物関係の生産者団体の全国組織である日本園芸農業協同組合を事務局に「果物と健康に関する疫学研究推進協議会」を発足すべく準備を開始した。この事業では「果物と健康」に関する疫学研究の研究課題を公衆衛生学会・糖尿病学会・栄養食糧学会などの分野での公募を予定している。目標としては果物対象の疫学研究を5課題程度立ち上げたい。圧倒的多数の研究成果で、医療・栄養分野、さらに消費者レベルでの「果物は甘く、糖分が多いから、健康にあまり良くはない」という誤解を解くよう研究成果の啓蒙事業を重視する。明年度からの発足予定で準備を進めているが、我が国の農業関係ではこれまでになかった受益者が研究資金を負担するというような新たな研究スタイルが始まる。「果物と健康に関する疫学研究」の支援制度を推進役に、「カンキツと健康」に関する研究を進めたい。また、民間資金による研究であることを考慮し、従来の官主導の産学官協力からカンキツ産業主導の産学官協力が育つことを願っている。

カンキツ機能性成分研究 と産学官協力

(独)農業・生物系特定産業技術研究機構
果樹研究所カンキツ研究部
矢野昌充



研究成果の中から
4つのトピックス

①-1

みかんの摂取頻度4段階

①

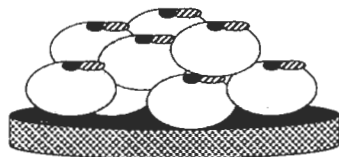
ミカンシーズン(10月~2月)



I: ほとんど食べない



II: 週に3個以下



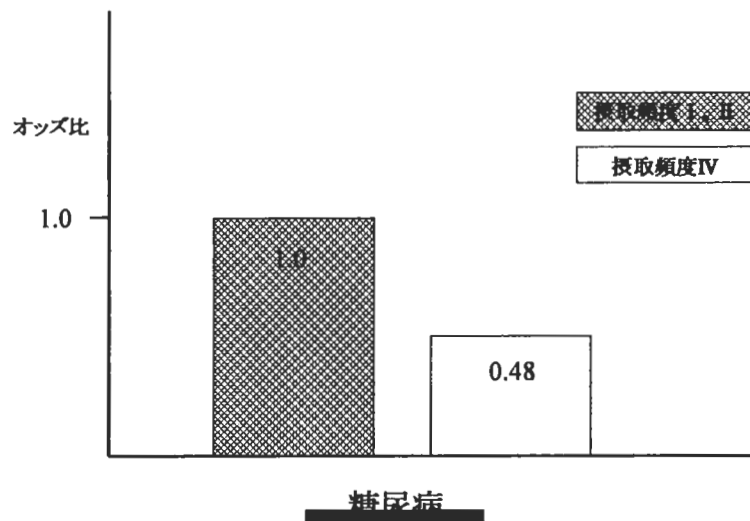
III: 毎日1~3個



IV: 毎日4個以上

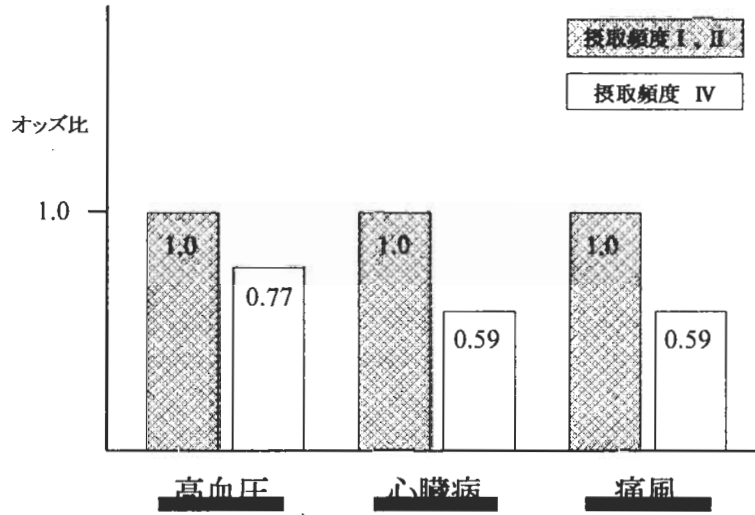
①-2

みかん摂取の違いによる糖尿病発症危険度の比較

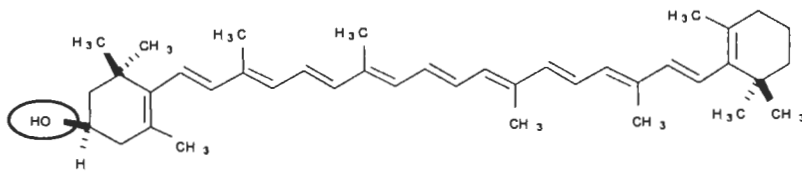


①-3

みかん摂取の違いによる罹病危険度の比較



②-1



β - クリプトキサンチン

②-2

ミカンをよく食べると



血中 β -クリプトキサンチンが高濃度に

②-3

血中 β -クリプトキサンチン高濃度

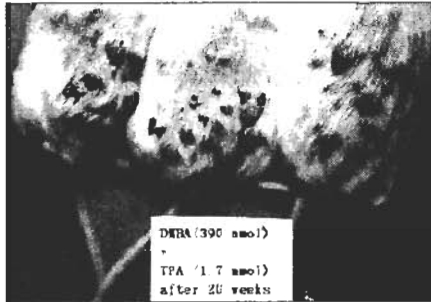


健康面への影響は？

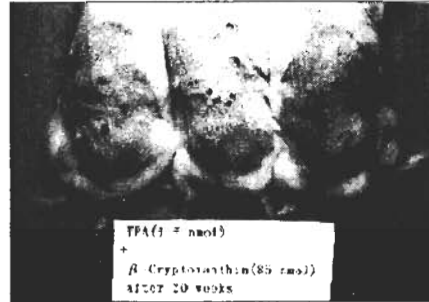
②-4

動物実験での発がん抑制を確認

β -クリプトキサンチン



発がん物質



発がん物質
+
 β -クリプトキサンチン

②-5

発がん抑制作用の確 認

●試験管レベル



●動物実験レベル



●ヒト介入試験

大腸がん・肝臓がんで研究中

β -クリプトキサンチン
発がん抑制作用



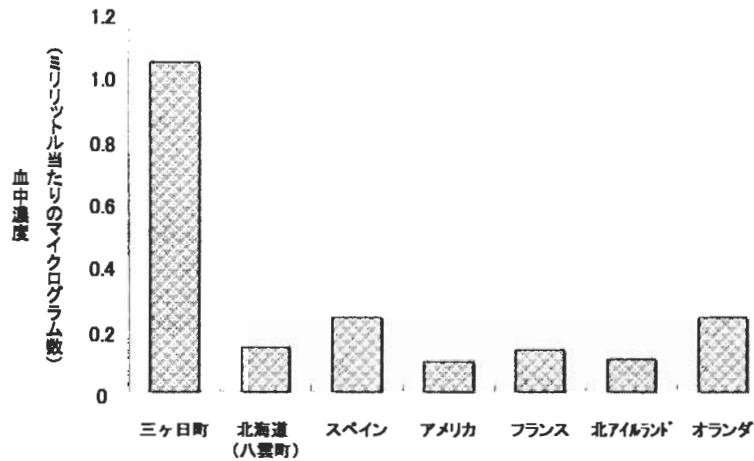
●症例・対照研究

血中 β -クリプトキサンチン値高い人
がんになりにくい



③-2

みかん産地三ヶ日町住民の 血中β-クリプトキサンチン濃度



③-3

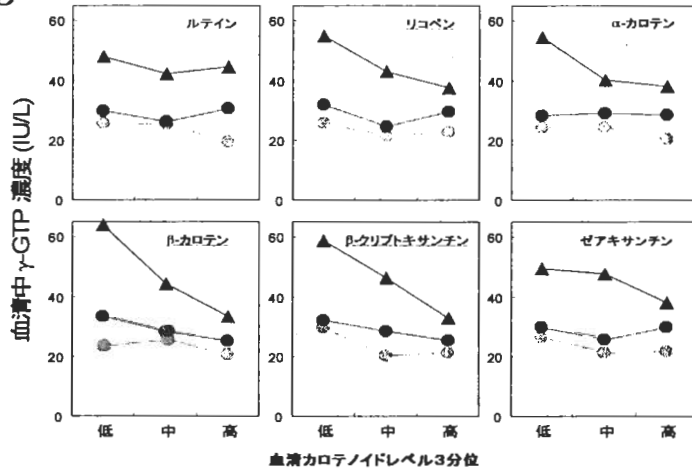


図1-2 一日当たりの飲酒量(エタノール)別にみた血清中γ-GTP値とカロテノイドとの関係
—毎日 25g 以上のエタノールを摂取していてもカロテノイドレベルが高い人では血清中γ-GTP値が低い—

○: 非飲酒群 (1g 未満)、●: 軽度飲酒群 (1g以上、25g 未満)、▲: 中～高度飲酒群 (25g 以上)

・ 血液中にβ-クリプトキサンチンなどのカロテノイドが多い人は
飲酒による肝臓障害になる危険度が低い

③-4

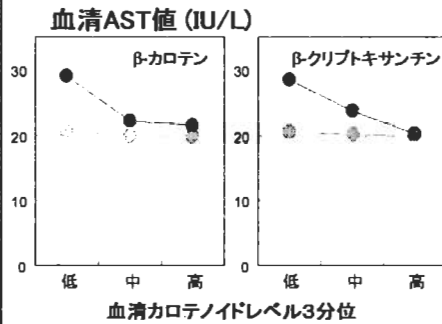


図2-2 血清中β-カロテン・β-クリプトキサンチンが高い人では高血糖でも血清AST値が低い
 ◎: 正常群, ●: 高血糖群(糖尿病+予備群)

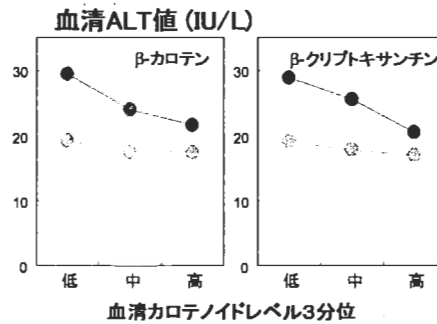


図2-3 血清中β-カロテン・β-クリプトキサンチンが高い人では高血糖でも血清ALT値が低い
 ◎: 正常群, ●: 高血糖群(糖尿病+予備群)

・ 血液中にβ-クリプトキサンチンなどのカロテノイドが多い人は
 高血糖が引き起こす肝臓障害になる危険度が低い

③-5

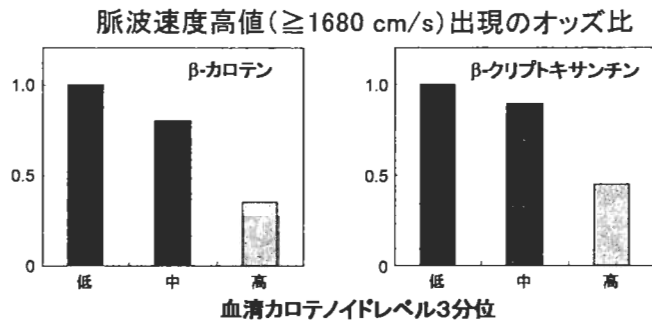
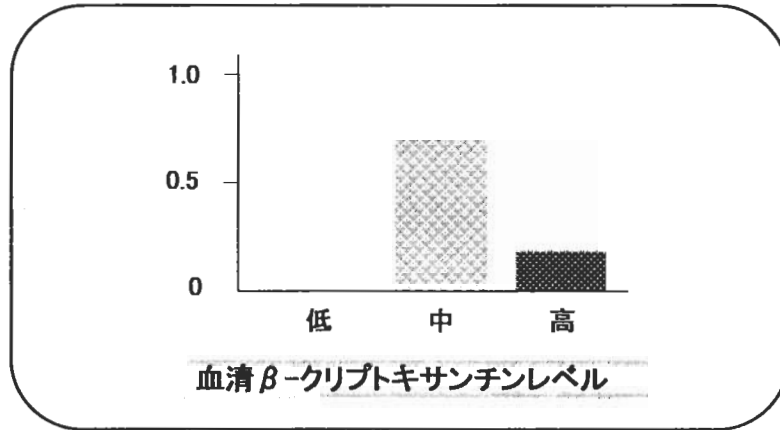


図3-2 血清中β-カロテン・β-クリプトキサンチンが高い人達では
 脈波速度の高い人のリスクが低い
 分析対象: 男女876名

・ 脈波速度: 動脈硬化の程度を調べる方法で、
 脈が速く伝わるほど動脈硬化が進んでいると判定
 ・ 血液中にβ-クリプトキサンチンなどのカロテノイドが多い人は、
 動脈硬化になる危険度が低い

③-6

インスリンが効きにくい体質になる危険度の比較



• 血液中にβ-クリプトキサンチンが多い人は、インスリンが効きにくい体質（糖尿病など生活習慣病の主要な原因）になる危険度が低い

シイクワシャー



④-1

健康に良いカンキツ: 研究開発成功事例



- 農水省プロジェクト: 「バイオルネッサンス計画」
果樹試験場・東京薬科大学など
- 生研機構プロジェクト: 「異分野融合」
果樹研究所・中村学園大学・沖縄経済連など

保健機能に優れたシイクワシャー

- 産業規模 0.8億 から 40億 に拡大
- 観光立県沖縄で土産物 第3位 に躍進

④-2

ノビレチンの生理機能

