

[特別講演]

## ポストハーベスト病に関する研究 —発生調査から防除へ—

眞山 眞理  
(四国大学生生活科学部)

Studies on Postharvest Diseases of Fruits, Vegetables and Other Crops:  
Incidence, Epidemiology and Control of the Diseases.

by Mari MAYAMA

(Dept. of Human Life Science, Shikoku Univ., Ojin-cho, Tokushima, 771-1192)

### はじめに

ポストハーベスト病害(収穫後病害, postharvest diseases)とは, 農産物が収穫された時点から流通・貯蔵・販売を経て食品として消費されるまでのあらゆる過程で発生する病害を総称するものであるが, 発生する過程によって (a) 市場で発生する市場病害(market diseases), (b) 貯蔵中に発生する貯蔵病害(storage diseases)とも呼ばれ, (c) 輸入農産物の輸送中に発生する輸入病害(imported diseases)も含まれる。

農産物が生産地周辺で販売, 消費されていた頃は, 圃場において発生した病害による被害が中心であった。しかし近年, 広域流通システムの適用, 周年供給を目指した出荷調整のため貯蔵が長期化するに加えて, 輸入農産物の多様化と輸入量の増加によって, 収穫から家庭での消費に至る全過程で発生するポストハーベスト病害も多くなっている。その被害は, 圃場で発生する被害に匹敵し, 食料としての経済的損失をもたらす。収穫後の農産物の損失をもたらすものには切り傷, 打ち傷, 刺し傷, 昆虫の食害痕などの機械的障害, 農産物の生理的变化を含む非寄生性障害(disorders)ならびに糸状菌(真菌), 細菌, ウイルスによる寄生性病害(diseases)が挙げられる。病害の中では糸状菌と細菌による被害が圧倒的に多い。さらに, 直接的な品質低下に加えて, 糸状菌はマ

イコトキシンを産生する場合も多いので食品の安全性をも脅かすこととなる。

農産物の遠隔地輸送が不可欠で, 輸出入の盛んであった欧米諸国では, 早い時期からポストハーベスト病害の被害が問題となったことから, これらに関する詳細な研究と調査がなされ, ポストハーベスト病害は植物病学の1分野として確立している。米国農務省の調査(US Dept. Agric. Res. Serv., 1965)によると, 米国における収穫後の農産物の損失は23%とされる。さらに, COURSEY and BOOTH(1972)は世界全体の損失は50%と推定しており, その被害は甚大であるといえる。しかし, 我が国では長い間主として生産現場での病害防除に重点がおかれており, ポストハーベスト病害に関して継続した詳細な調査および研究はなされていなかった。1984年に永田ら(1984)が病害を継続調査した結果および研究の現状を報告して以来, ポストハーベスト病害は我が国の植物病学の1分野として確立されつつある(田中, 1990, 1995; 本間ら, 1997)。

筆者は, 1985年に徳島市中央卸売市場において特に糸状菌に限定した調査を開始して以来, スーパーマーケットならびに家庭内も含めて青果物に発生する病害を継続調査してきた。さらに輸入種実類, 豆類のかび汚染, 1993年の緊急輸入米と国産米のかび汚染について比較調査した。特に顕著

な被害を示したニンジンの黒すす病とスダチの炭疽病についてはその発生生態を低温貯蔵との関係から調べた。得られた結果から今後の防除法を検討してみた。

## 1. 糸状菌によるポストハーベスト病害の発生調査

### 1) 青果物の市場病害

1985～1991年にかけて徳島市中央卸売市場に入荷する青果物を対象に、さらに1992年からは調査場所をスーパーマーケットなどの店頭から家庭内まで拡大し糸状菌による病害の発生状況を継続して調査してきた。青果物は一般に水分を多量に含み、糖分を含むものや軟弱なものが多いため、糸状菌による被害は種類・量ともに顕著であった。卸売市場における果実類、野菜類の主な病害とその病原菌の詳細については、既に報告している(眞山、1990, 1996, 1997)が、その後の調査と併せてまとめた。青果物は便宜上果実類と野菜類に大別し、前者をカンキツ類、仁果類および漿果類、核果類、輸入果実類に、後者を果菜類、果菜類果実、葉・茎菜類、根菜類に分けた。

果実類は野菜類に比べ、比較的貯蔵期間が長い場合が多いので発生する病害は多い。

① カンキツ類については、緑かび(*Penicillium digitatum*)が最も多く、続いて青かび(*P. italicum*)、白かび(*Geotrichum candidum* var. *citri-aurantii*)が多く検出され、これらによる被害が顕著であった。白かびについてはカンキツの種類や年度によって発生頻度に差があった。米国でもこれらの病害は3大果実病害とされているが、輸入カンキツ類(グレープフルーツ、レモン、オレンジ)の被害は国内産カンキツ類に比べ質・量ともに甚大で、市場関係者にとって深刻な問題であった。国内産から分離された緑かびに比べて輸入カンキツ類から分離された多くの菌株がOPPやイマザリルに耐性を示すことが知られている(安達ら、1994)ことから、ポストハーベスト農薬の効果がなく、これら病原菌がそのまま持ち込まれたものと思われる。その他黒腐病(病原菌:*Alternaria citri*)、軸腐病(*Diaportha citri*)、炭疽病(*Colletotrichum gloeosporioides*)、灰色かび病(*Botrytis cinerea*)、フザリウム腐敗病(*Fusarium* sp.)などが認め

られたが、その発生頻度は3大病害に比べ、低かった。スーパーマーケット、家庭内において緑かび病、青かび病は卸売市場と同様の発生状況を示した。灰色かび病、炭疽病、フザリウム腐敗病は市場に比べて多かった。1993年スダチの低温貯蔵の後期に多発した炭疽病は*C. acutatum*によることが明らかになった。この後貯蔵後期に発生した炭疽病はほとんど*C. acutatum*によるものであった。1995年に輸入カンキツ類のスウィーティ(イスラエル産、1990年輸入解禁)の果軸部が侵される病害が発生した。その被害部から*Stemphylium* sp. が分離されたが、本菌はカンキツ類果実の病原菌として初めて分離された。

1992年以降に各種カンキツ類から分離された病原菌を第1表に示した。

② 仁果類および漿果類については、リンゴの炭疽病が最も多くみられた。1985～1991年に分離された炭疽病菌は全て*Glomerella cingulata*(アナモルフ*C. gloeosporioides*)と同定していたが、佐藤(1997)および佐藤ら(1998)の炭疽病菌の簡易検索方法によって再同定を行ったところ13分離菌株中11菌株が*C. acutatum*であることが明らかになった。リンゴはCA貯蔵により長期貯蔵が可能となっているが、流通の過程で他の果実に比べて多種類の病原菌が分離された。また、回数は少ないが大量のリンゴが一度に被害を受けることもあった。次いでリンゴからは青かび(*P. expansum*)、アルタナリア属菌(*Alternaria alternata*)が多く分離された。リンゴの*P. expansum*はマイコトキシンのパツリンを産生するといわれているが、現在まで青果物の病害でマイコトキシンは問題となっていない。しかし、今後青果物のマイコトキシンに関しても詳細な研究が必要であろう。リンゴに次いでブドウが被害を受けやすく、*B. cinerea*や*Cladosporium* sp. が多く検出された。ナシおよび漿果類のブドウ、ビワに炭疽病の他、白かび(*Geotrichum candidum*)、灰色かび、青かび(*Penicillium* sp.)による病害が共通して発生した。ビワから分離した炭疽病菌6菌株についても5菌株が*C. acutatum*であることが半明した。佐藤(1997)は圃場では*C. acutatum*の病原性は*C. gloeosporioides*と比べ弱いとしているが、ポストハーベスト病害として市場、店頭で発生する炭そ病は約8割が*C. acuta-*

第1表 各種カンキツ類から分離された主な病原菌

品目	病原菌名
〈国内産〉	
イヨカン	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Alternaria citri</i>
清見オレンジ	<i>Penicillium italicum</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
小夏	<i>Geotrichum candidum</i> var. <i>citri-aurantii</i> , <i>C. gloeosporioides</i>
ボンカン	<i>B. cinerea</i>
セミノール	<i>P. italicum</i>
ネーブル	<i>P. italicum</i>
ハッサク	<i>P. italicum</i> , <i>P. digitatum</i>
文旦	<i>Fusarium</i> sp., <i>P. italicum</i>
ミカン	<i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i> , <i>A. citri</i> <i>C. gloeosporioides</i> , <i>B. cinerea</i> , <i>Diaporthe citri</i>
スタチ	<i>A. citri</i> , <i>C. acutatum</i> , <i>C. gloeosporioides</i> , <i>Fusarium</i> sp.
ユズ	<i>A. citri</i>
〈輸入品〉	
オレンジ	<i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i> , <i>A. citri</i> , <i>G. candidum</i> var. <i>citri-aurantii</i> ,
グレープフルーツ	<i>P. digitatum</i> , <i>G. candidum</i> var. <i>citri-aurantii</i> , <i>Fusarium</i> sp.
レモン	<i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i> , <i>A. citri</i>
スウィーティ*	<i>Stemphylium</i> sp.

\*イスラエル産

太字は1992-1998年の調査により新たに検出されたものを示す。

*tum*であった。仁果類および漿果類の病害は、カンキツ類に比較すると発生件数も非常に少ないといえる。最近店頭でよく見かけられるようになったセイヨウナシからは*Fusarium* sp.および*Phytophthora* sp.が新たに分離された(第2表)。

③ 核果類はリンゴやカンキツ類に比べ、入荷時期が限定され、貯蔵期間も短い。しかしモモをはじめスモモ、ネクタリン、オウトウ、ウメに共通して灰星病(*Monilinia fructicola*)が多発生した。本菌は圃場で感染したものが収穫後に発生するが、さらに傷から新たな感染が起こり、進展が速いことから箱全体に被害が及ぶことが多い。同様に進展の早い黒かび(*Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer*)、*B. cinerea*、*Fusarium* sp.などが多くみられた。卸売市場とスーパーマーケットの店頭で発生する病害の種類に大差はなかった(第2表)。

④ 輸入果実類については、バナナの炭疽病(*C. musarum*)が最も多く、次いで*Fusarium* sp.による被害が多かった。キウイフルーツでは*B. cinerea*、*Penicillium* sp.が多く検出された。バナナ、キウイフルーツ以外は取扱量が少なかった

め、病害の発生も少なかったが、レイシ(台湾産)からは*B. cinerea*が、マンゴー、パパイヤからは炭疽病菌(*C. gloeosporioides*)が、ココナッツからは黒腐病菌(*Ceratocystis paradoxa*)が検出された。パパイヤからは2種の炭疽病菌、*C. gloeosporioides*と*C. capsici*が同一果実から分離された。最近店頭でよく見かけるハニーデューメロン(メキシコ産)には*A. alternata*とスウィーティから分離されたものと同じ*Stemphylium* sp.による病害が目立った(第2表)。現在カンキツ類を含めて約60品目の果実が輸入されているが、今後さらに輸入品目および輸入量が増えることは確実である。国内での調査に加えて“輸出前検査”制度が実施されているが、生産国における生育、収穫、出荷状況ならびに病害発生状況を把握し、積極的防除を行うことが大切であると思われる。

1985年からの卸売市場、店頭の発生調査から得られた結果から果実類の市場病害を起こす病原菌の特徴をまとめ、その防除対策を考察した。

(1) 収穫中あるいは収穫後に切口や傷口から侵入し、果実を腐敗させる病原菌が特に多かった。カンキツ類に多大の被害を与える*P. digitatum*、

第2表 各種果実類から分離された主な病原菌

品目	病原菌名
<仁果類>	
リンゴ	<i>P. expansum</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Fusarium</i> sp. <i>Colletotrichum acutatum</i>
ビワ	<i>C. acutatum</i> , <i>C. gloeosporioides</i> , <i>Penicillium</i> sp.
カキ	<i>A. alternata</i> , <i>Fusarium</i> sp.
西洋ナシ	<i>Fusarium</i> sp.
<漿果類>	
イチジク	<i>Mucor</i> sp., <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Cladosporium</i> sp.
ブドウ	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>C. gloeosporioides</i>
<核果類>	
オウトウ	<i>B. cinerea</i> , <i>A. alternata</i> , <i>Cladosporium</i> sp.
モモ	<i>Monilinia fructicola</i> , <i>A. alternata</i> , <i>Fusarium</i> sp.
<輸入果実類>	
バナナ	<i>Fusarium</i> sp.
パパイヤ	<i>Colletotrichum capsici</i> , <i>C. gloeosporioides</i>
ハニーデューメロン*	<i>A. alternata</i> , <i>Stemphylium</i> sp.

\*メキシコ産

太字は1992～1998年の調査により新たに検出されたものを示す。

*P. italicum*, *G. candidum* var. *citri-aurantii*,  
あるいは、多くの果実類を侵す *R. stolonifer* var.  
*stolonifer*, *B. cinerea* がこれに属する。これら  
の発病を防止するには、収穫時になるべく傷をつ  
けないこと、貯蔵時における伝染源を除去するこ  
とが大切である。

(2) 樹上で果実が生育中に侵入し、潜在感染の  
状態にある菌で、収穫後に発病するものが多数検  
出された。*C. gloeosporioides*, *C. acutatum*,  
*D. citri*, *A. alternata*, *M. fructicola* がこれに  
属する。これらの菌については適切な農薬散布や  
圃場衛生を心がけて圃場における感染を徹底的に  
低減することが必要である。

(3) 多くの種類の果実類に感染する多犯性菌が  
多かった。*C. gloeosporioides*, *C. acutatum*,  
*B. cinerea*, *Fusarium* sp. がこれに相当するが、  
野菜類でも同じ種類の菌が多犯性菌として分離さ  
れた。これらは圃場では比較的病原性が弱いが、  
収穫後に発病する。収穫後の果実は成熟に伴い、  
病気に対する抵抗性が低下し、病気にかかり易く  
なるため、多犯性菌に侵される結果となる。

(4) 本来、圃場では生育中の果実にはほとんど  
病気を起こさないが、収穫後の果実に強い感染力  
を示し、病徴の進展も早い病原菌が存在する。As.

*niger*, *R. stolonifer* var. *stolonifer* がこれに  
相当する。

このような病原菌の特徴を十分理解して、防除  
面に役立てるためにはさらに量的調査を続行する  
とともに、PRUSKY and PLUMBLEY (1992) が報  
告したような、収穫後の果実の成熟に伴う生理的  
変化も含めた総合的な研究を行うことが大切であ  
る。

野菜類については収穫後貯蔵される品目は限ら  
れており、短時間で消費されるものが多い。その  
ため生産地の病気がそのまま持ち込まれ発生す  
ることが多いため、圃場対策が最も重要である。し  
かし、果菜類については貯蔵期間の長いものも含  
まれているので、果実類によく似た発生状況を示  
した。トマト、ナス、カボチャ、ピーマン、シトウ  
において黒斑病 (*A. alternata*)、灰色かび病、  
フザリウム腐敗病、褐色腐敗病 (*Phytophthora*  
sp.) が多くみられた。メロンなど果菜類に高頻度  
に発生する病害として褐色腐敗病 (*Phytophthora*  
sp.)、ばら色かび病 (*Trichothecium roseum*)  
が挙げられる。市場に比べて店頭、家庭内では、  
特に *Cladosporium* sp. による被害が目立った  
(第3表)。トマトからも *C. acutatum* が検出さ

第3表 果菜類から分離された主な病原菌

品目	病原菌名
キュウリ シントウ ピーマン	<i>Mucor</i> sp., <i>Alternaria alternata</i> , <i>Botrytis cinerea</i> <i>Cladosporium</i> sp.
トマト	<i>Fusarium</i> sp., <i>A. alternata</i> , <i>Cladosporium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp., <i>B. cinerea</i> , <i>A. alternata</i> <i>Colletotrichum acutatum</i> , <i>Geotrichum candidum</i> <i>Fusarium</i> sp.
ナス カボチャ	<i>B. cinerea</i> , <i>A. alternata</i> <i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizopus stolonifer</i> var. <i>stolonifer</i> , <i>Penicillium</i> sp.
イチゴ	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Cladosporium</i> sp.

太字は1992～1998年の調査により新たに検出されたものを示す。

れたことから、本菌が野菜類にも被害を与える多  
犯性菌であることが確認された。

葉・茎菜類のうち、軟弱野菜については出荷前  
に被害物は取り除かれるため、市場、店頭の影響  
は少なかった。しかし同年度、同時期にハクサイ、  
パクチョイ、小松菜などアブラナ科の野菜に白さ  
び病 (*Albugo macrospora*) が多発した例が  
あった。これは圃場で感染・発病したものがその  
まま市場に持ち込まれたことに起因する。白さび  
病およびネギ類のさび病については、病徴が小斑  
であるものはそのまま出荷される場合が多いこと  
は問題である。根菜類についてはニンジンの被害  
が多く、菌核病 (*Sclerotinia sclerotiorum*)、  
フザリウム腐敗病が認められた。1992～1995年、

8～10月に店頭に並ぶ北海道産の低温貯蔵下のニ  
ンジンに黒すす病 (*Chalara thielavioides*) が  
多発することが明らかになった。根菜類について  
は土壌由来の *Fusarium* sp. の被害が多かった。

生鮮野菜類の輸入も種類・量ともに増加傾向に  
あるが、ブロッコリー(アメリカ産)からは *Alter-  
naria brassicicola* および *Alternaria* sp. が分  
離された。ニンニク(中国産)からはスウィーティ、  
ハニーデューメロンと同様に *Stemphylium* sp.  
が検出され、輸出国、品目も異なるが同種の菌が  
発生することは興味深い。1992年以降に葉・茎菜  
類その他野菜類から分離された病原菌を第4表に  
示した。野菜類の病害の継続調査によって明らか  
になった病原菌の特徴をまとめるとともに、防除

第4表 葉・茎菜類その他野菜類から分離された主な病原菌

品目	病原菌名
キャベツ	<i>Alternaria alternata</i>
ハクサイ	<i>Albugo macrospora</i> , <i>Cercospora</i> sp.
パクチョイ	<i>A. macrospora</i>
小松菜	<i>Alternaria</i> sp., <i>C. gloeosporioides</i>
ブロッコリー*	<i>Alternaria brassicicola</i> , <i>Alternaria</i> sp.
ニンニク**	<i>Stemphylium</i> sp.
ショウガ	<i>Fusarium</i> sp.
ニンジン	<i>Chalara thielavioides</i> , <i>Fusarium</i> sp. <i>Geotrichum candidum</i>
カブラ	<i>Alternaria</i> sp.
サツマイモ	<i>Penicillium</i> sp.
サトイモ	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.
ヤマノイモ	<i>Penicillium</i> sp.

\*アメリカ産、\*\*中国産

太字は1992-1998年の調査により新たに検出されたものを示す。

防除対策について考察した。

(1) 野菜類の市場病害の発生状況には、カンキツ類果実にみられたような年度による病害の発生状況の大きな違いは認められなかった。おおむね同程度の発生状況を示した。

(2) 野菜類の病原菌には、多くの青果物を犯す多犯性のものから、1種類だけを犯す宿主特異的なものもある。野菜の市場病害を起こす病原菌は、果実類の場合と同様に多犯性のものが多く、*A. alternata*, *B. cinerea*, *Fusarium* sp. が代表的な菌であった。これらの菌は主に圃場で感染するが、収穫後、輸送、貯蔵中あるいは市場においてはじめて病徴を示す場合が多い。

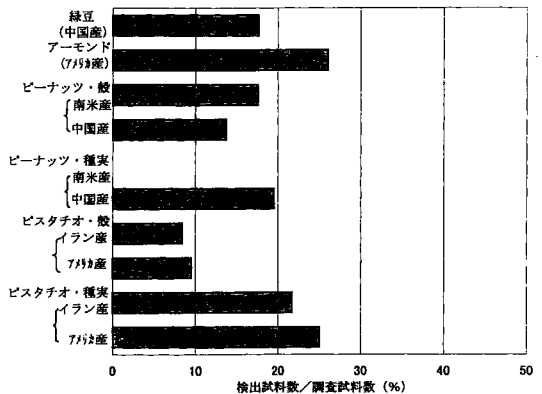
(3) 収穫後に感染する菌、例えば *T. roseum*, *As. niger*, *Penicillium* sp.などは、多犯性菌の発生に比べて少なかった。このことから野菜類の市場病害の防除については、圃場における病害発生を阻止することが必須であると言える。

永田ら(1984)は、最も入荷量が多い東京卸売市場における調査から *A. alternata*, *B. cinerea* が多く検出されたことを報告しているが、地方都市の徳島市中央卸売市場でも同様の結果を得たことから、入荷する青果物の生産地が異なっても、発生する市場病害には地域間の差異はほとんどないと考えられる。野菜を中心に行われている施設栽培を通して、通常冬期には検出されない病原菌が年中出現し、伝染環が途切れないことや *B. cinerea* のように主に施設栽培下で多発する菌の存在がポストハーベスト病害の発生に多大の影響を与えている。施設栽培下での病害防除は、露地栽培以上に、一層の強化が必要とされる(斎藤・山本, 1977)。また、輸入果実類に加えて、輸送期間の短縮化により今までは輸入が困難であると考えられていた生鮮野菜類の輸入品目、量ともに増加傾向にある(北川, 1996, 1998)。今後も、国の内外の生産現場から流通、貯蔵過程を経て、消費するまでの全過程における病害の発生状況を統計的に把握するため、調査を続行することが必要であると考えられる。

## 2) 輸入種実類、豆類、米(緊急輸入米と国産米)のかびによる汚染

我が国では輸入自由化の傾向に伴って、農産物や食品の輸入が急増している。1994年の厚生省報

告(1994)によると、穀類、豆類および穀類の調整品は輸入重量の約6割を占めており、食品衛生法違反事例も多い。そこで市販されている種実類および豆類についてかびによる汚染を調査した。緑豆(中国産)、アーモンド(アメリカ産)ピーナッツ(中国産、南米産)、およびピスタチオ(アメリカ産、イラン産)の種実は、品目および購入時期によって差異があるものの各調査試料数の10~25%がかびによって汚染されていた(第1図)。検出されるかびについては試料の水分活性が大きく影響する。種実類・豆類の水分活性は0.70~0.60と低いので、好乾性かびの検出が予想されたが、いずれの試料についても中湿性の *Penicillium* 属菌が最も多く、次いで *Aspergillus* 属菌が多かった。



第1図 輸入種実類および豆類の菌類による汚染

発がん性物質のアフラトキシンを産生する可能性がある *Aspergillus flavus* は南米産および中国産のピーナッツの殻から検出されたが、種実からは全く検出されなかった(第5表)。中国産からは *Penicillium* 属菌, *Aspergillus* 属菌の他 *Cladosporium*, *Nigrospora*, *Alternaria*, *Scopulariopsis* 属菌など多種類のかびが検出された。収穫直後の国産生ピーナッツからは土壌由来の *Fusarium* 属菌が最も多く、次いで *Mucor*, *Cylindrocladium*, *Scytalidium* などが検出された。国産乾燥ピーナッツからは *Penicillium* 属菌が最も多く検出されたが、*Aspergillus* 属菌は全く検出されなかった。その他の菌種についても輸入品とは異なるものが分離された(第5表)。

第5表 ピーナッツから検出された菌類

中国産	種実 殻	南米産	種実 殻	国産	種実 殻
<i>Penicillium</i> sp.	9 13	<i>Penicillium</i> sp.	- 2	<i>Penicillium</i> sp.	10 1
<i>Cladosporium</i> sp.	6 5	<i>Aspergillus</i> sp.	- 3	<i>Geotrichum</i> sp.	2 2
<i>Nigrospora</i> sp.	1 7	<i>Aspergillus flavus</i>	- 3	<i>Rhizoctonia</i> sp.	- 1
<i>Aspergillus</i> sp.	- 4	<i>Alternaria</i> sp.	- 3	<i>Phoma</i> sp.	- 1
<i>Aspergillus flavus</i>	- 1	<i>Trichoderma</i> sp.	- 2	<i>Epicoccum</i> sp.	- 1
<i>Aspergillus niger</i>	2 3	未同定菌	4 4	未同定菌	2 5
<i>Alternaria</i> sp.	- 3				
<i>Scopulariopsis</i> sp.	- 3			収穫直後*	種実 殻
<i>Mucor</i> sp.	- 2			<i>Fusarium</i> sp.	6 16
<i>Acremonium</i> sp.	1 -			<i>Mucor</i> sp.	1 6
<i>Arthrinium</i> sp.	- 1			<i>Alternaria</i> sp.	- 2
<i>Curvularia</i> sp.	1 -			<i>Penicillium</i> sp.	2 -
<i>Fusarium</i> sp.	1 1			<i>Cylindrocladium</i> sp.	2 -
<i>Syncephalastrum</i> sp.	- 1			<i>Scytalidium</i> sp.	1 -
未同定菌	8 13			未同定菌	1 2

数字は検出回数を示す。-：未検出、\*収穫直後の国産生ピーナッツ

*Aspergillus flavus* の汚染がよく話題になるピスタチオについては調査期間中には検出されなかった。しかし、全ての試料から検出された *Penicillium* 属菌、*Aspergillus* 属菌についてはマイコトキシンを産生する可能性があるものも多い(鶴田, 1997)。

主食用の米については1967(昭和42)年以降国産米の余剰現象が生じてから輸入米には依存していなかったが、1993年の予想を超える異常気象で、全国的な不作(作況指数74)により米不足が深刻な問題となった。そのため、1993年10月米の特例的な緊急輸入が開始され、タイ、米国、中国およびオーストラリアから約225万トンの米が輸入された。これら輸入米のかびによる汚染状況を調査し、国産米と比較した(眞山, 1998)。

購入直後に次亜塩素酸ナトリウム溶液および滅菌水で洗浄した米からのかびの検出率は、カリフォルニア米が39.3%と最も高く、タイ米10.0%、オーストラリア米8.0%、中国米3.3%であった。一方国産米からはかびは全く検出されなかったことから、輸入米のかびによる汚染率の高いことが明らかになった。滅菌水だけで洗浄した場合はいずれの米も検出率が高くなったことから、この方法では表面に付着したカビを取り除けないことが示唆された。かびの検出率は貯蔵2ヶ月後までは購入時と変わらなかったが、3ヶ月以降は貯蔵期間が長くなるに伴い国産米も含め汚染率は高く

なった。菌種については、*Aspergillus*属菌が最も多く、次いで*Penicillium*属菌が多く、両菌で全体の82.6%を占め、主に輸入米から検出された。タイ米から検出された *As. flavus* をはじめ同定された多くの菌株はマイコトキシンを産生する可能性を持つものや米の変質を起因するものであった(第6表)。

国産米について古米および収穫時期の異なる新米におけるかび菌種を調査した。収穫直後の新米では圃場由来の好湿性かびが多く検出された。一方、貯蔵期間が長い古米には中湿性~好乾性かびが多くみられ、鶴田(1991)の結果と同じく貯蔵に伴いかび菌種の変遷がみられた(第7表)。しかし、いずれの国産米も輸入米に比べると *Aspergillus*、*Penicillium* 属菌の菌種は少なかった。

1994年には米の生産量は回復したが、1993年12月のウルグアイラウンド農業合意に基づき、今後はミニマムアクセス(最低限輸入義務)によって、2000年には約80万トンの輸入が義務づけられている。一般的に穀類は貯蔵期間が長期に及ぶため、多種多様な菌種が着生する(鶴田, 1991)。輸出国によってコメの生産、調整、貯蔵ならびに輸送の方法も異なり、かびの汚染を受ける機会も多い。今回の調査でもタイ米から *As. flavus* が検出されたが、最も問題の多い米は湿度の高いところで生産され十分な乾燥設備のない、しかも集荷や輸送も近代化されていない東南アジアからの米であ

第6表 輸入米から検出された*Penicillium*属および*Aspergillus*属菌の同定結果\*

試料	種名	
	<i>Penicillium</i> 属菌	<i>Aspergillus</i> 属菌
オーストラリア米	<i>P. chrysogenum</i> <i>P. griseofulvum</i> <i>P. purpurogenum</i> ** <i>P. spinulosum</i>	<i>Eurotium chevalieri</i>
カリフォルニア米	<i>P. chrysogenum</i> <i>P. citreonigrum</i> <i>P. oxalicum</i>	<i>As. candidus</i> <i>E. repens</i> **
タイ米	<i>P. citreonigrum</i>	<i>As. flavus</i> <i>As. fumigatus</i> <i>As. terreus</i>
中国米	<i>P. brevicompactum</i>	<i>E. amstelodami</i> <i>E. chevalieri</i> <i>As. fumigatus</i> <i>As. versicolor</i>

\* 英国IMIの同定結果, \*\* 2菌株が同一種であった。

第7表 米から検出された主な菌種と貯蔵に伴う変遷

		輸入米	国産古米	国産新米1	国産新米2
好乾性	<i>Aspergillus repens</i>	+	+	+	-
	<i>As. candidus</i>	+	+	+	-
	<i>As. chevalieri</i>	+	+	+	-
中湿性	<i>As. terreus</i>	+	-	-	-
	<i>As. versicolor</i>	+	+	+	-
	<i>As. fumigatus</i>	+	-	-	-
	<i>As. ochraceus</i>	+	-	-	+
	<i>Aspergillus</i> sp.	+	+	+	-
	<i>Penicillium chrysogenum</i>	+	+	+	-
	<i>P. citreonigrum</i>	+	-	-	-
	<i>P. griseofulvum</i>	+	-	-	-
	<i>P. oxalicum</i>	+	-	-	-
	<i>P. brevicompactum</i>	+	-	-	-
	<i>P. spinulosum</i>	+	-	-	-
	<i>Penicillium</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Paecilomyces</i> sp.	+	-	-	-
	好湿性	<i>Alternaria padwickii</i>	-	-	+
<i>A. alternata</i>		-	-	-	+
<i>Trichothecium roseum</i>		-	-	-	+
<i>Nigrospora</i> sp.		-	-	+	-
<i>Cladosporium</i> sp.		-	-	+	+
<i>Aureobasidium</i> sp.		-	-	-	+
酵母類		-	-	-	+
未同定菌	+	+	+	-	

輸入米：カリフォルニア米・タイ米・オーストラリア米・中国米，1年間貯蔵

国産古米：あきたこまち，1年間貯蔵

国産新米1：徳島コシヒカリ，早期収穫

国産新米2：あきたこまち・富山コシヒカリ・新潟コシヒカリ



る。厚生省は輸入業者および輸出国と協力して米をはじめ穀類の厳重な検査を行っている（道野，1994）が、今後輸入米が市場に出回ることに伴い、残留農薬基準、マイコトキシンなどに対する検査体制をさらに強化・迅速化し、安全性を確保することが重要である。また、検疫通過後の流通・貯蔵過程や消費者レベルでのかびによる汚染の実態と貯蔵に伴うかびの変遷について詳細な継続調査が必要である。厚生省の輸入食品監視統計(1994)によると、輸入届出件数に対する現物検査の割合は9~18%にすぎない。年々検査の割合は増加しているが、ほとんど書類申請で輸入が許可されている。また、市場および消費者レベルでの検査報告はほとんどないのが現状である。

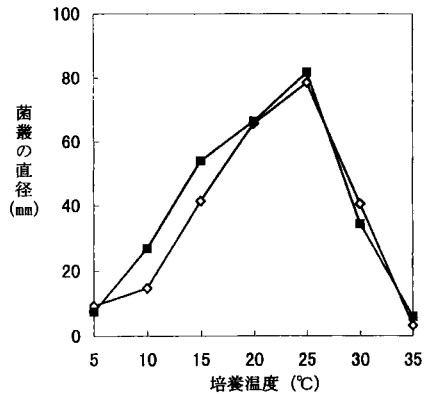
今回の調査から輸入穀類などは青果物とは異なるかび汚染によって、食品としての品質低下だけでなく、かびの産生するマイコトキシンを慢性的に摂取して発がんを含む臓器疾患、神経障害、あるいは各器官に疾病を招くことから、一層食品の安全性を図らなければならない。

## 2. 病害の発生生態

上述の発生調査から、低温貯蔵に伴い特にニンジンには黒すす病が、スダチには炭疽病が多発することが明らかになったので、これらの発生生態をさらに詳しく調べ、防除方法を検討した。

### 1) ニンジンの黒すす病

1989年10月にニンジンに初めて認められ、その後1992~1995年の8~10月にかけて店頭および家庭内の冷蔵庫内で黒すす状の病徴を示す病気が認められた。この病害に該当するニンジンは春期に出回る徳島産ではなく、その後続いて入荷する北海道産であった。特に1995年には本病が多発し、低温貯蔵によって病勢がさらに進展した。その病原菌を調べ、*Chalara thielavioides*と同定した。大上ら(1995)は北海道の圃場では混在している*C. thielavioides*と*C. elegans* (syn. *Thielaviopsis basicola*)がニンジンの黒すす病を起こすことを報告している。しかし、筆者の発生調査では*C. thielavioides*は何度か分離されたが、*C. elegans*は全く分離されなかった。分離された*C. thielavioides*の培養性状、生育温度を調べ、本菌がポストハーベスト病害として発生する原因を検討した。ジャガイモ煎汁を用いたPDAおよび



第2図 ニンジンの黒すす病菌の生育温度  
 ◇ PDA 培地 ■ PSA 培地  
 暗黒下, 8日間培養

PSA培地上では、本菌は5~35°Cで生育でき、生育適温は25°C付近であった(第2図)。35°Cの高温部より5°Cの低温部において菌叢の生育は良好であった。宿主上では最初は無色透明の内生分生子が形成されるため病斑は目立たない。しかし後に褐色~黒褐色の厚膜(あるいは厚壁)胞子が多数形成されることから、黒すす状を呈する。さらに低温貯蔵によって厚膜胞子ならびに分生子の着色化が助長されることから病徴が顕著となり、被害が大きくなる。市販のPDAおよび麦芽エキス培地上では無色透明の分生子は多数形成されるが、厚膜胞子は全く形成されない。天然のジャガイモ、ニンジン煎汁液および野菜ジュースを用いた寒天培地では数は少ないが宿主上と同様の厚膜胞子と分生子が形成されることから、天然成分およびそのpHが分生子の着色化と厚膜胞子形成に影響していることが示唆された。

PUNJA and GAYE (1993)は、カナダで発生した*C. elegans*によるニンジン黒すす病は傷口から侵入するため、傷をつけないように手で収穫すると発生が減少し、さらにニンジンを7~10°Cに保存するとその病徴発現が抑えられると報告している。このことから、徳島では低温貯蔵により*C. elegans*による病害は抑えられるが、低温に強い*C. thielavioides*が収穫後に発生したものと考えられる(第8表)。

収穫後のニンジンに黒すす病を起こす*C. thielavioides*は、圃場から持ち込まれる病原菌であること、低温では生育良好であるが高温域では生

第8表 ニンジン黒すす病の発生条件と病原菌との関係

病原菌	日 本		カ ナ ダ	
	収穫前・圃場1)	冷蔵2)	室温貯蔵3)	冷蔵3)
<i>Chalara thielavioides</i>	+	+	*	*
<i>Chalara elegans</i>	+	-	+	-

1) 大上ら, 1995

2) 眞山 (未発表データ)

3) PUNJA and GAYE, 1993

\* 報告無し

育が抑制されることから判断すると, SOMMER (1982)、FALLIKら (1993) が指摘している温水処理法が本菌の防除に有効であると考えられるので、今後の検討課題としたい。さらに傷口感染を防止するためには収穫時、選別時の取扱に注意することが大切である。

## 2) スダチの炭疽病

1993年2～3月に、貯蔵後期のスダチおよび購入後冷蔵庫に保存したスダチに炭疽病が多発した。病原菌の分離・同定および接種試験の結果、*C. acutatum*によることが明らかになった。その後分離した*C. acutatum*は全て貯蔵後期に該当する11月から4月に採取したものである(第9表)。1997年9月には圃場の樹上のスダチ果実に炭疽病を認め、病原菌を分離した結果、*C. gloeosporioides*であることが確認された。

カンキツ類では*C. gloeosporioides*は主に貯蔵後期に発生し、その発生量は少ないといわれて

いる(田中, 1990)。1985年からの発生調査を通じて温室ミカンから*C. gloeosporioides* 10菌株が分離されたが、発生時期は貯蔵後期である9～10月に限られていた。ポンカン、清見オレンジなど他のカンキツ類から*C. gloeosporioides*は分離されたが、露地栽培ミカンからは分離されなかった。輸入オレンジの炭疽病の発生例も少なく、1986年に*C. gloeosporioides*が1菌株だけ分離された。

第9表に示したスダチの*C. acutatum*、ミカンおよびオレンジの*C. gloeosporioides*の培養性状、生育温度など諸特性を比較するとともに冷蔵貯蔵したスダチ果実に3菌株を接種し、5または25℃で3週間培養した後の発病率を調べた。

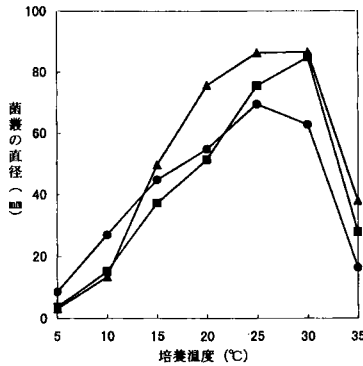
3菌株の生育適温は25～30℃の範囲にあり、生育可能な温度範囲は5～35℃であった(第3図)。スダチの*C. acutatum*は、5～10℃では*C. gloeosporioides* 2菌株に比べて生育がよく、35℃ではあまり生育しなかった。またスダチの*C. acu-*

第9表 カンキツ類果実から分離した炭疽病菌とその分離日

カンキツ名	分離日	菌 名	備 考
オレンジ	86. 9. 19	<i>C. gloeosporioides</i>	オレンジ菌株*
ミカン	95. 9. 13	<i>C. gloeosporioides</i>	ミカン菌株*
スダチ	96. 1. 25	<i>C. acutatum</i>	スダチ菌株*
"	93. 2. 15	"	
"	93. 4. 16	"	
"	95. 4. 14	"	
"	95. 11. 17	"	
"	91. 4. 15	<i>C. acutatum</i> **	
"	91. 10. 21	<i>C. gloeosporioides</i> **	
"	97. 9. 29	<i>C. gloeosporioides</i>	圃場採取菌

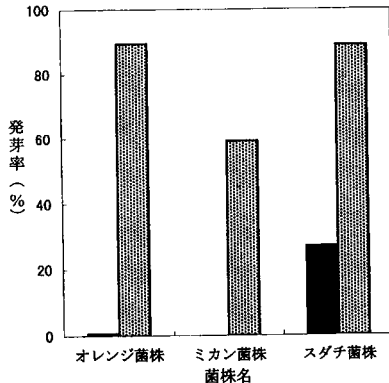
\* 第3～5図の供試菌

\*\* 形態的には各々の特徴を備えていたが、菌株が絶えてしまったため、再同定していない。



第3図 カンキツ類果実から分離した炭疽病菌の生育温度

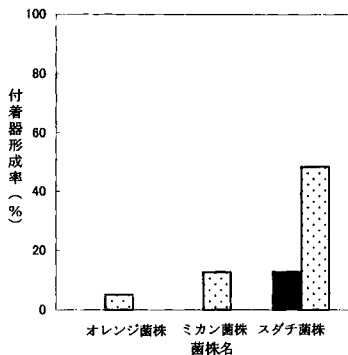
▲—オレンジ菌株 ■—ミカン菌株(*C.gloeosporioides*), ●—スダチ菌株(*C.acutatum*)  
PDA培地上, 暗黒下, 9日間培養



第4図 各種炭疽病菌分生子の発芽

■5°C □10°C

スライドグラス上に孢子懸濁液を滴下し, 室温, 暗黒下で24時間培養後, 発芽率を求めた。



第5図 各種炭疽病菌の付着器形成

■5°C □10°C

第4図の発芽孢子の付着器形成率を求めた(24時間培養)。

*tatum*には5°Cでも発芽・付着器形成が各々24%, 15%ではあるがみられた(第4, 5図)ことから, *C. gloeosporioides*に比べ, 低温域に強いことが示唆された。スダチから分離した*C. gloeosporioides*はミカンのものと形態, 培養性状ともに似ていた。

接種試験の結果, 貯蔵6週間後までは発病率は低い, 9~12週間後にはいずれの炭疽病菌についても発病率, 病勢の進展度は大きくなり, 貯蔵に伴いスダチがより罹病性になることが明らかになった。また, スダチの果実成分のうち, pH, 糖度は上昇し, 酸度が低下することから本菌が発育しやすくなったと考えられる。これは青果物全体に該当する収穫後の生理活性の変化として報告も多い(永田ら, 1984; 田中, 1990)。接種後25°C, 3週間培養では3菌株によって接種果実は全て発病したが, 病勢は*C. gloeosporioides*接種の方がより大きく進展した。5°Cでは*C. acutatum*接種果実にのみ10%の発病が見られた。さらにこれらを12週間貯蔵すると, 発病率は100%となり, 病勢も進展した。スダチから分離した*C. gloeosporioides*の病原性は, ミカン, オレンジから分離したものより低温における病原性が強かったが, *C. acutatum*に比べると弱かった。

以上の結果から, 貯蔵後期における*C. acutatum*の発生原因として本菌が*C. gloeosporioides*に比べ低温域に強いこと, 貯蔵時の果実成分の変化によって果実の抵抗力が弱まったことが推察される。両菌とも2.5°Cでは全く生育しないが, 常温にもどすと生育, 発病することから, 低温では菌は単に静止状態にあることがわかる。またこの温度域以下ではスダチ果実には低温障害がでる可能性もある(佐金, 1985)ので貯蔵には適さない。しかし, 高温域では37°Cを越えると, 特に*C. acutatum*は容易に死滅し, 多くの糸状菌も比較的高温域に弱いことが判明している(FALLIK et al. 1993; SOMMER, 1982)。本病の防除方法としても低温域より高温域における効果(温水処理法)が大きいと考えられる。

### 3. ポストハーベスト病害の防除対策

ポストハーベスト病害の防除対策には, まず, 病害の発生状況を正確かつ継続して把握すること, 分離した病原菌の種類, 性状, 生態を理解する必

要がある。また、宿主体となる青果物、種実類、穀類等の性状、収穫後の生理的变化を理解した上で、病原菌に対する抵抗性を維持・向上させることも重要である。さらに栽培前および栽培期間中を含めた収穫前からの一貫した防除対策が、ポストハーベスト病害の防除にとっても必要である (HARVEY, 1978; 永田ら, 1984; 田中, 1990; 山下, 1997)。これらのことを総合した防除対策として現在適用あるいは実用化されつつある項目を以下にまとめた。

### 1) 物理的対策

- (1) 温度－低温は宿主体の抵抗力を維持し、病原菌の活性を抑制、病勢の進展を遅延させる。例；収穫後の予冷、低温保冷下での輸送（卸売市場の低温売場、低温、保冷库の拡充、生産地－市場－家庭のコールドチェーンの徹底化）
- (2) 湿度－高湿度は病原菌に好適であって、低湿度は青果物の品質や抵抗性を低下させる。適度な湿度条件の設定は難しいが、湿度条件を制御する方法としてMA貯蔵（プラチックフィルム包装の利用－スダチ）、CA貯蔵（人工的に空気組成を調節した貯蔵庫－リンゴ、オウトウ）が実施されている。
- (3) 物理的損傷の防止－損傷は病原菌の侵入門戸となるので収穫時、出荷時、輸送・貯蔵中の取扱に注意する。
- (4) その他－貯蔵前の予措（風乾）、キュアリング、切口水洗、温水処理、（放射線照射；ジャガイモの発芽防止以外我が国では適用されていない。）
- (5) 圃場衛生－熱による種子・土壌の消毒、伝染源の除去

2) 化学的対策については最も多くの詳細な研究報告がある (ECKERT and SOMMER, 1967; ECKERT and OGAWA, 1985, 1988)。

- (1) 収穫前処理－ポストハーベスト病害にとっても重要であり、適切な時期に適切な殺菌剤、化学制御剤を散布する。
- (2) 収穫後処理－収穫後に使用される薬品（ポストハーベスト農薬）は食品衛生法で厳しく規制されており、国内の農作物にはほとんど使用されていない。

### 3) 生物的対策

- (1) 収穫時期の選択－熟期が進むと抵抗性が低下し、物理的損傷を受けやすいので、商品価値と熟期に適切な時期を判定する。
- (2) ポストハーベスト病抵抗性品種の育成－嗜好性などの品質と病害抵抗性を併せて考慮した育種は困難であるが、今後遺伝子組換え技術等のバイオテクノロジーの利用が考えられる。ただし、遺伝子組換え食品については、その安全性、使用状況などに関する情報が消費者に正しく理解されるように、研究者および取扱業者は努力する必要がある。
- (3) 生物的防除剤－拮抗微生物を利用した病害防除として現在注目されている。アメリカでは、リンゴ、カンキツ類、ナシ、モモ、ブドウ、トマトなど果実類のポストハーベスト病害に、細菌、酵母、糸状菌を利用する方法が研究開発され、実用化されつつある (WILSON and WISNIEWSKI, 1989; SUTTON and PENG, 1993; LEIBINGER et al., 1997)。それらの防除効果は抗生物質の産生、適用果実の抵抗性誘導、病原菌との栄養の競合などによるものと考えられている。
- (4) 植物防疫とマイコトキシン対策－植物検疫所での病害虫のチェック、続いてマイコトキシン、一般農薬およびポストハーベスト農薬など食品の安全性のチェックが行われる。青果物、米、種実類など輸入食品の急増によって、より厳密で迅速な調査が望まれるとともに、市場に出回ってからの追跡調査も重要である。

## おわりに

収穫後の農産物に発生する病害の発生調査と発生生態から防除に関して言えることは、①圃場－市場－店頭－家庭のあらゆる過程で感染源を極力減らす努力をする。特に市場－家庭では病害に対する知識も不足しているため、衛生管理のための情報提供に努める。②圃場での感染、発病を極力抑える。潜在感染菌や付着した菌が収穫後に発病するため、圃場において適切な時期に薬剤散布を行う。③傷口、切り口から侵入する菌が多いため、収穫時、選果時、その他あらゆる場所での取扱時における物理的損傷を防止する。④病気の進展と蔓延を抑える。病原菌の生育温度や感染特性を理

解した上で、収穫後キュアリング、温水処理、切り口水洗など適切な処理を行うとともに貯蔵・輸送環境条件の適正化を図る。⑤拮抗微生物の分離とその利用。病害の発生調査の過程では自然界で病原菌の生育を抑える拮抗微生物(*Pseudomonas* や酵母類)の存在が確認されることが多い。⑥植物検疫の迅速化と検査体制の強化と拡大。特に米など水分活性の低い輸入農産物はかびによる汚染率が高く、ヒトの健康を害するマイコトキシンを産生することから、市場-店頭-家庭間で検査対象を拡大、検査回数も増やすこと、さらに消費者にはマイコトキシン、ポストハーベスト農薬などについて正しい知識を提供することが大切である。

なお、炭疽病菌の同定に際し、薬剤をご分譲いただき、さらに簡易識別検査法について懇切丁寧にご教授いただきました四国農業試験場の佐藤豊三博士に厚くお礼申しあげる。ここに紹介した研究は四国大学生生活科学部の多くの学生の協力によって遂行されたものである。ここに記して深謝の意を表する。

### 引用文献

- 安達喜一・山下修一・日比忠明(1994): 輸入カンキツ類果実から分離したイマザリル耐性カンキツ緑かび病菌について。日植病報, 60:349~350.
- COURSEY, D. G. and R. H. BOOTH(1972): The post-harvest phytopathology of perishable tropical produce. Rev. Plant Pathol., 51:751~765.
- ECKERT, J. W. and J. M. OGAWA (1985): The chemical control of postharvest diseases: subtropical and tropical fruits. Ann. Rev. Phytopathol., 23: 421~454.
- ECKERT, J. W. and J. M. OGAWA(1988): The chemical control of postharvest diseases: deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. Ann. Rev. Phytopathol., 26: 433~469.
- ECKERT, J. W. and N. F. SOMMER(1967): Control of diseases of fruits and vegetables by postharvest treatment. Ann. Rev. Phytopathol., 5: 391~432.
- FALLIK, E., J. KLEIN, S. GRINBERG, S. LURIE and A. AVRAHAM(1993): Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. Plant Disease, 77:985~988.
- HARVEY, J. M.(1978): Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. Ann. Rev. Phytopathol., 16:321~341.
- 本間保男・佐藤仁彦・宮田 正・岡崎正規編(1997): ポストハーベスト。植物保護の事典, 朝倉書店, 東京: 209~243.
- 北川博敏(1996): 果実の輸入と安全性。農業および園芸, 71: 539~547.
- 北川博敏(1998): 輸入野菜の現状と今後の課題。農業および園芸, 73:437~443.
- 厚生省生活衛生局食品保健課検疫所管理室輸出入検査係編(1994): 平成5年輸入食品監視統計。食品衛生研究, 44:69~96.
- LEIBINGER, W., B. BREUKER, M. HAHN and K. MENDGEN(1997): Control of postharvest pathogens and colonization of the apple surface by antagonistic microorganisms in the field. Phytopathology, 87: 1103~1110.
- 眞山眞理(1990): 市場でみられる果実の病気。今月の農業, 34: 78~82.
- 眞山眞理(1996): 青果物の市場病害の実態調査。四国大学紀要, (B)5:1~22.
- 眞山眞理(1997): 野菜の病害。植物保護の事典(本間保男ら編), 朝倉書店, 東京: 217~219.
- 眞山眞理(1998): 輸入米と国産米のカビによる汚染実態の比較調査。四国大学紀要, (B)10: 35~45.
- 道野英司(1994): 緊急輸入米の安全確保対策について。食品衛生研究, 44: 55~63.
- 永田英明・山下修一・土井養二(1984): 青果物市場病害の現状。植物防疫, 38: 415~420.
- 大上大輔・岩田康広・五十嵐文雄(1995): 本邦における *Chalara elegans* が起こすニンジン黒すす病の発生。日植病報, 61: 650。(講要)
- PRUSKY, D. and R. A. PLUMBLEY(1992): Quiescent infections of *Colletotrichum* in tropical and subtropical fruits. In BAILLEY, J. A. and M. J. JOGER, ed. Colle-

- totrichum* : Biology, Pathology and Control. CAB International, Wallingford, p. 289~307.
- PUNJA, Z. K. and M. - M. GAYE(1993) : Influence of postharvest handling practices and dip treatments on development of black root rot on fresh market carrots. *Plant Disease*, 77 : 989~995.
- 斎藤 正・山本 馨(1977) : 果菜類の市場病害とその防除. *植物防疫*, 31 : 225~228.
- 佐金信治 (1985) : スダチの貯蔵に関する研究, 82pp.
- 佐藤豊三(1997) : 多犯性炭疽病菌 *Colletotrichum acutatum* の諸特性と同定法. *四国植防*, 32 : 1~19.
- 佐藤豊三・植松清次・飯島章彦・小金澤碩城 (1998) : 日本産灰色系 *Colletotrichum acutatum* によるリンゴ炭疽病の発生と他植物由来の *C. acutatum* および *Glomerella cingulata* のリンゴに対する病原性. *日菌報*, 39 : 35~44.
- SOMMER, N. F.(1982) : Postharvest handling practices and postharvest diseases of fruits. *Plant Disease*, 66 : 357~364.
- SUTTON, J. C. and G. PENG(1993) : Manipulation and vectoring of biological organisms to manage foliage and fruit disease in cropping systems. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 31 : 473~493.
- 田中寛康編(1990) : 市場病害ハンドブック, 日本植物防疫協会, 東京 : 226pp.
- 田中寛康(1995) : ポストハーベスト病害. *植物病理学事典* (日本植物病理学会編), 養賢堂, 東京 : 650~654.
- 鶴田 理(1991) : 穀類に関わる微生物の変遷. *化学と生物*, 29 : 167~175.
- 鶴田 理(1997) : かび毒. *植物保護の事典* (本間保男ら編), 朝倉書店, 東京 : 222~229.
- US Dept. Agric., Agric. Res. Serv. (1965) : *Losses in Agriculture*. USDA Handb. 269. 120pp.
- WILSON, C. L. and M. E. WISNIEWSKI(1989) : Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables and emerging technology. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 27 : 425~441.
- 山下修一(1997) : 輸入園芸作物の病害対策. *植物保護の事典* (本間保男ら編), 朝倉書店, 東京 : 211.