第1章　緒　　言

第1節　アズキ落葉病およびアズキ茎疫病の北海道における発生状況

全国のアズキ［*Vignaangularis* (Willd.)Ohwi&Ohashi］栽培面積は減少傾向にあり，現在 4 万 ha 前後で推移しているが，このうち北海道は面積で 74 %，生産量で 88 %を占めている（2005 年産，農林水産省 http://www.maff.go.jp/tokei.html）．アズキは北海道の特産作物であるとともに，畑作経営上の重要品目になっている．その一方で，北海道におけるアズキの子実収量はダイズ［*Glycine max* (L.) Merrill］と比べて年次変動が大きく，その最大の要因は冷害などの気象要因であるが，病害による変動もそれに次いで大きい．北海道におけるアズキの重要病害としては，アズキ落葉病［*Phialophora gregata* (Allington etChamberlain）Gams f.sp. *adzukicola* ］（Kobayashi *et al.* 1991），アズキ茎疫病［*Phytophthora vignae* Purssf.sp.*adzukicola* Tsuchiya,YanagawaetOgoshi］（Tsuchiya *et al.* 1986）およびアズキ萎凋病［*Fusarium oxysporum* Schlechtendehl f. sp. *adzukicola* Kitazawa et Yanagita］（北沢・柳田 1989）があるが，このうちアズキ落葉病とアズキ茎疫病の被害が特に大きい．

アズキ落葉病（以下「落葉病」と略）は，1970 年にアズキの主産地である十勝地方で大発生して問題になった．この年の十勝地方での発生面積率は 66 %と高く，外見発病程度が甚の個体は発病軽微な個体と比較して着莢数，一莢内粒数および百粒重が低下し，約 70 %減収していたことが報告された（成田ら 1971）．本病の病原菌は土壌中に生息しており，出芽期後早い時期に根部より侵入し（土屋・赤井 1975），罹病個体は 8 月中旬頃から下位葉が萎凋し始め次第に上位葉に及び，やがて全葉が萎凋して葉柄も下方に湾曲する．その後，葉脈間が灰褐色あるいは灰白色に変じ，乾燥，落葉する．このためアズキは坊主状になり枯死する．罹病個体の茎，葉柄，根などは外観健全であっても，切断すると内部の維管束部や髄部が褐色,赤褐色あるいは紫褐色に変じている（成田ら 1971）．また千葉（1982）が行った試験では，アズキ品種における総重の病圃／無病圃比は 6 月の平均気温と正の相関が認められることから，落葉病が低温年の被害を助長していると推察される．

一方，アズキ茎疫病（以下「茎疫病」と略）は，1977 年に上川地方はじめ石狩，空知，胆振，十勝，後志地方など広域で多発し，特にこの年の上川地方の発生面積率は約 48 %と高く，大きな被害をもたらした（土屋・児玉 1978）．本病の病原菌である *Phytophthora* 属菌は一般に高水分条件を好むため，水田転換畑などの排水不良圃場で多発する傾向があり,さらに多雨年に発生が多い（土屋・田中 1984）．本病菌は主に卵胞子の形態で越冬し，これが翌年の重要な感染源になる．湛水条件での観察では，遊走子がアズキ胚軸部の気孔周辺に集合し，被のう化後，気孔の開孔部から発芽管を出して侵入するのが認められた（土屋 1989）．本病は，発芽前立枯を生ずることもあるが，通常は 6 月上・中旬の発芽して間もない幼苗期から 9 月上旬の成熟期近くまで発生する．早期発病個体ほど主茎長が短く，分枝数，主茎節数および着莢数は著しく減少し，子実重も発病時期や発病個体率に応じて減少し，甚発生の場合は収穫皆無になる（土屋・田中 1984）．

北海道における両病害の発生面積率は，気象の影響で年次変動が大きいが，概ね落葉病は 20 ～ 40 %，茎疫病が 10 ～ 30 %で推移してきた（図 1-1）．落葉病，茎疫病ともに土壌伝染性病害であるが，これらに対する耕種的防除法として適正な輪作の励行等が指導され，さらに茎疫病に対しては指導農薬もあるが（北海道 2006），いずれの方法でも完全に抑制するのは困難であり，両病害に対しては発生当初から抵抗性品種の育成が切望された．

第2節　アズキ土壌病害抵抗性育種のこれまでの経過

北海道立十勝農業試験場（農林水産省小豆育種指定試験地，以下「十勝農試」と略）は，落葉病に対して 1976 年から，茎疫病に対して 1978 年から抵抗性育種を開始した（図 1-1）．落葉病に対して千葉（1982）は，1975 年～ 1981 年に，十勝農試に保存していた国内外のアズキ遺伝資源 419 系統について，病圃と無病圃の総重比を用いて抵抗性判定を行った．この結果，総重比に品種間差が認められ，それまでの育成品種や北海道在来品種に抵抗性のものはなかったが，本州や韓国のアズキ遺伝資源から総重比が高く抵抗性と考えられる 7 系統を選出した．さらに千葉（1985）は，これらの抵抗性品種と罹病

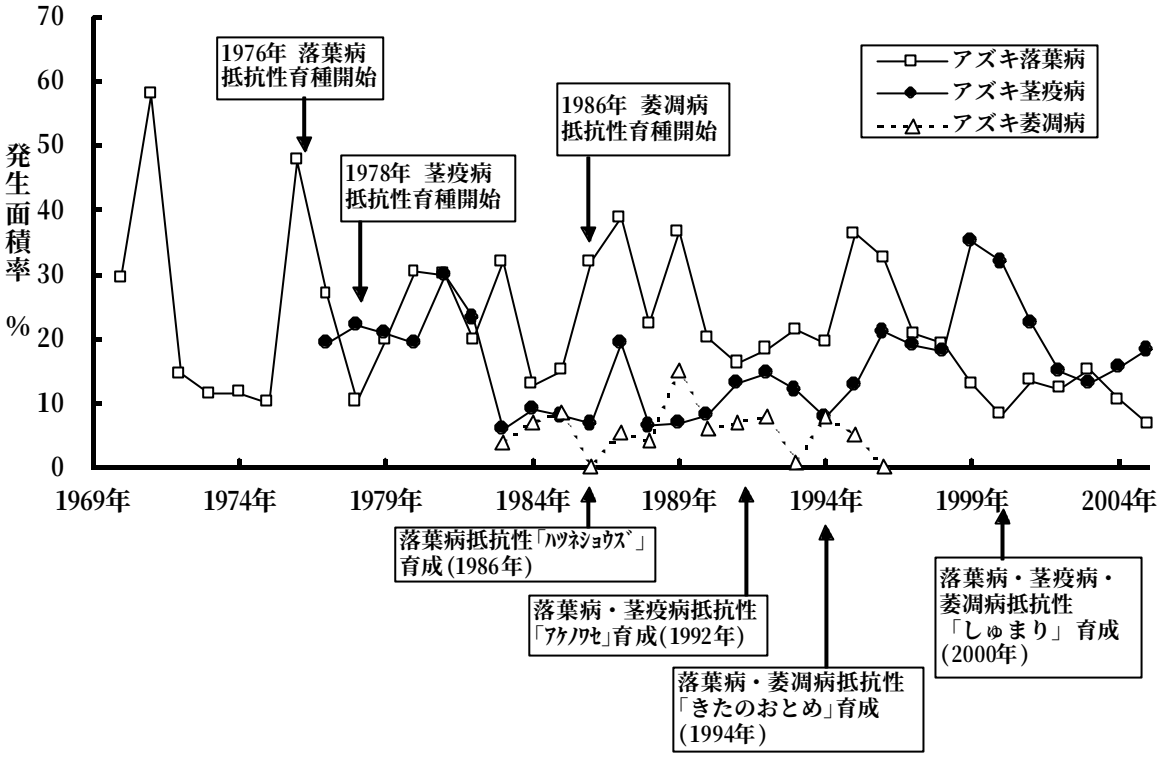

図1-1　北海道におけるアズキ土壌病害発生面積率の推移および抵抗性育種開始年と主な品種の育成年

注）農作物有害動植物発生予察事業年報(北海道立中央農業試験場)による．
ただし1983～1985年の萎凋病は立枯病のデータを引用．

性品種について病圃における根部および茎内部の褐変程度について経時的に比較し，抵抗性と罹病性の品種間で感染時期に差は認められず，抵抗性は茎内部における病勢の進展速度の差により成立していることを明らかにした．また千葉ら（1987）は，抵抗性が 1 対の優性遺伝子の支配を受けていると推察した．

アズキ落葉病菌については，これまでレースの設定が成されていない．菌株間で品種に対する病原性が異なったとする報告はあるが（青田ら 1986，山本 1994），抵抗性品種から分離した菌株が必ずしもその品種に病原性を示さなかったことなどから，病原性の安定性を含めレース設定にはさらに検討が必要であるとされている（山本 1994）．

一方，アズキ茎疫病菌については，土屋（1989）が北海道各地から収集した菌株について 6 品種に対する病原性を調査した結果，品種に対する病原性に菌株間差が認められ，「能登小豆」（石川県から導入，十勝農試品種保存）と「寿小豆」（小山ら 1972）が抵抗性を示す菌系をレース 1，「能登小豆」だけが抵抗性を示す菌系をレース 2，両品種とも罹病する菌系をレース 3 として報告した．更なる抵抗性遺伝資源を見出すため，土屋（1989）は室内幼苗接種検定で，田引・土屋（1990）は圃場に罹病株を散布して湛水処理を行う方法（湛水処理法）で探索試験を行い，「浦佐（島根）」（島根県在来種，十勝農試品種保存）はいずれの試験でも「寿小豆」や「能登小豆」より発病が少なく，両品種に優る抵抗性を持つことが明らかになった．これらの試験当時には，「浦佐（島根）」が有するレースに対する抵抗性は明らかにされなかったが，牧野ら（1997）は本品種がレース 1 とレース 3（レース 2 は近年発見されていない）に抵抗性であることを明らかにした．これらの茎疫病抵抗性の遺伝様式については明らかにされていない．しかし実際の育種の中で，初期世代で抵抗性個体の分離頻度が高いことから，優性である少数遺伝子座が抵抗性に関与している可能性が高いと推察される（藤田 2003a）．

十勝農試は，これら一連の試験の中で見出された抵抗性遺伝資源を交配に利用し，育種を開始した．落葉病および茎疫病の抵抗性はともに 1 遺伝子座あるいは少数遺伝子座における優性遺伝子に支配されると推察され，抵抗性個体の選抜は比較的容易であった．落葉病抵抗性育種開始から 10 年後には，「赤豆」（韓国在来種，十勝農試品種保存）由来の抵抗性を持つ，北海道で初めての落葉病抵抗性品種「ハツネショウズ」（足立ら 1988）が育成された．一方，茎疫病抵抗性については北海道立上川

農業試験場との共同研究により，水田転換畑で選抜・検定がなされ，その結果，1992 年に「能登小豆」由来の茎疫病レース 1 抵抗性と落葉病抵抗性を合わせ持つ「アケノワセ」（島田ら 1992）が育成された．しかし両品種は，収量性，耐冷性および品質が劣ったため普及するには至らなかった．これは，抵抗性起源となった母本がいずれも本州あるいは韓国の在来種であり，北海道の品種と遺伝的に遠縁であるため，これらを直接交配した組合せの後代に耐病性以外の農業形質が優れる系統が少なかったことによる（藤田 2003a）．

このため，「ハツネショウズ」育成以後，農業形質の向上を目標に，耐病性は持たないが耐冷，多収，良質である北海道の基幹品種「エリモショウズ」（村田ら 1985）を積極的に交配に利用するようになった（村田ら 1998）．さらに，育成した抵抗性系統同士を交配することにより北海道に適応した優良遺伝子が育種材料の中に集積され，その後，有望系統が多数育成されている．これらの中から，落葉病抵抗性で，かつ新しい土壌伝染性病害であるアズキ萎凋病（近藤・児玉 1989，以下「萎凋病」と略）にも抵抗性を持つ「きたのおとめ」（藤田ら 1995a），落葉病，茎疫病および萎凋病に対して複合抵抗性を持つ初めての品種「しゅまり」（藤田ら 2002）が育成された．両品種はいずれも遺伝的背景に「エリモショウズ」を持ち，耐冷性あるいは品質等に優れ，さらに落葉病抵抗性や茎疫病抵抗性もそれ以前に育成された「ハツネショウズ」，「アケノワセ」等より強いため順調に普及し，現在，両品種で北海道アズキ栽培面積の約 34 %を占める（2004 年産，北海道農政部資料）．この結果，落葉病の発生面積率は近年減少しており，さらに萎凋病の発生は全く認められなくなった（図 1-1）．また，「しゅまり」の茎疫病抵抗性は「浦佐（島根）」から導入され，本品種はレース 1 およびレース 3 の両レースに対して抵抗性である（藤田ら 2002）．道内に分布する茎疫病菌の約 80 %がレース 3 であることから（牧野ら 1997），「しゅまり」は実際の農家栽培において「寿小豆」や「アケノワセ」より強い茎疫病抵抗性を示すことが期待された．

これらの品種における落葉病あるいは茎疫病抵抗性の導入効果を確認するため，表 1-1 に各病害の多発圃場における抵抗性と罹病性品種の発病度，子実重を示した．罹病性の「エリモショウズ」で発病度 80 以上となる激発圃において，「アケノワセ」，「ハツネショウズ」および「寿小豆」は発病度が 20 ～ 30 程度であり，「きたのおとめ」，「しゅまり」および「十系 494 号」（育成系統，十勝農試品種保存）ではほとんど発病が認められていない．「十系 494 号」は「しゅまり」の母親であり，「しゅまり」も同等の茎疫病抵抗性を持つ．子実重は「エリモショウズ」が 68 ～ 119kg/10a と低収であるが，「きたのおとめ」，「しゅまり」および「十系 494 号」では 250kg/10a の多収を示す．「きたのおとめ」や「しゅまり」の落葉病抵抗性や茎疫病抵抗性は，それ以前に育成された「ハツネショウズ」や「アケノワセ」より強いが，これは抵抗性母本の違いによると考えられる（藤田 2003a）．

十勝農試は，「しゅまり」育成以降，4 つのアズキ品種「とよみ大納言」，「ときあかり」，「きたほたる」および「きたろまん」を育成した（農林水産省 2001，藤田ら 2003b，2005，島田ら 2005）．これらの品種はすべ

表1-1　アズキ落葉病あるいは茎疫病多発圃場での抵抗性アズキ品種の発病度および子実重

試　験　名	品種系統名	抵抗性母本	発病度	子実重 (kg/10a)	子実重 比(%)	抵抗性 区分
落葉病抵抗性検定試験	しゅまり	黒小豆(岡山)	0.3	251	211	強
1997～1999年3カ年平均	きたのおとめ	円葉（刈63号）	0.3	264	222	強
（北海道立十勝農業試験場）	アケノワセ	赤豆	20.0	241	203	強
	ハツネショウズ	赤豆	31.5	197	166	強
	エリモショウズ	－	86.8	119	100	弱
茎疫病抵抗性特性検定試験	十系494号	浦佐(島根)	1.8	262	385	かなり強
1989～1991年3カ年平均	アケノワセ	能登小豆	34.7	179	263	強
（北海道立上川農業試験場）	寿小豆	能登小豆	33.2	188	276	強
	エリモショウズ	－	82.5	68	100	弱

注）1. 各年次とも1区2.2～2.4㎡，2～3反復試験
2. 「十系494号」：「しゅまり」の母親．「しゅまり」も同等の抵抗性を持つ．
3. 抵抗性母本：いずれも十勝農試保存品種
4. 発病度：0（全個体無病）～100（全個体枯死）
5. 抵抗性区分：あずき品種特性分類審査基準（1981年3月）による区分

て落葉病抵抗性を持ち，すでに落葉病抵抗性は北海道のアズキ品種の必須特性になっている．さらに今後は，安定生産の観点から，「しゅまり」と同様に落葉病，茎疫病および萎凋病に対して同時に抵抗性を持つことが必要とされる．

第3節　新レース出現による抵抗性品種の罹病化の懸念

「きたのおとめ」や「しゅまり」は，落葉病あるいは茎疫病に対して，それ以前に育成された耐病性品種より強い抵抗性を持ち，農家栽培ではほとんど発病しないと予想されていた．しかし「きたのおとめ」が育成された1994 年に，十勝農試場内および北海道大学農学部農場の落葉病試験圃で，本品種が落葉病に激しく罹病した．これらの圃場は落葉病の発生を促進するため，アズキを連作あるいは短期輪作で栽培してきた．その一方で，1995年に芽室町の農家圃に新たに設置した落葉病抵抗性現地選抜圃では，「きたのおとめ」は全く罹病せず極めて強い抵抗性を示した．アズキ落葉病菌のレース分化の報告はそれまで無かったが，筆者は「きたのおとめ」の落葉病発病程度が圃場間で異なった原因として，「きたのおとめ」を侵すレースの存在と優占レースが異なる可能性が最も高いと推察した．一方，茎疫病についても，「しゅまり」の育成中に農家圃で実施した奨励品種決定調査の一部の圃場で，本品種が茎疫病に激しく罹病した．「しゅまり」を侵すアズキ茎疫病菌レースについてはそれまで報告されていなかったが，同じ *Phytophthora* 属菌によるダイズ茎疫病［*Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* (Drechs.)］については，世界的に多数のレースが確認されていることから（Leitz *et al*. 2000），アズキ茎疫病菌の新レースの出現の可能性が考えられた．

第4節　本研究の目的

以上のように，既存の病原菌レースに対する品種育成の中で，アズキ落葉病菌やアズキ茎疫病菌の新たなレースの発生が強く示唆された．したがって，アズキにおける落葉病や茎疫病の抵抗性育種を体系的に進めるには，これらの病原菌のレース分化を明らかにし，それらの遺伝的基盤を理解し，育種に応用しなければならない．また育成品種を普及させるにあたり，北海道における各レースの地理的分布および優占度を理解する必要がある．

このため本研究では，1）アズキ落葉病菌のレース分化およびアズキ茎疫病菌の新レースの存在を明らかにし，2）北海道における各レースの地理的分布および優占度を調査した．また育種的対応を進めるため，3）新レースに抵抗性を持つ新たな遺伝資源を探索し，落葉病については抵抗性の遺伝様式についても検討した．さらに，4）選抜した抵抗性遺伝資源を交配に利用して抵抗性の有望系統を作出し，5）育成された抵抗性系統同士の交雑により，落葉病菌および茎疫病菌の新レースに対して複合的に抵抗性持つ系統の選抜を行った．

第2章　アズキ落葉病菌の新レースとそれに対応する抵抗性系統に関わる研究

第1節　アズキ落葉病菌のレース分化の確認

「きたのおとめ」の落葉病発病程度が圃場間で大きく異なった原因として，アズキ落葉病菌のレース分化が最も疑われた．本品種における圃場間の落葉病発病程度，子実重について精査するとともに，圃場土あるいは罹病個体からアズキ落葉病菌を分離し，「きたのおとめ」等に接種して病原性を調査した．

材料および方法

（1）圃場試験

試験は1995年～1997年に行った．検定圃場は，芽室町に1995年から新設したアズキ落葉病抵抗性現地選抜圃（以下「R1圃」と略）および十勝農試内のアズキ落葉病抵抗性選抜圃（以下「R2圃」と略）であった．R1圃は農家圃であり，1994年以前の輪作体系はアズキ－ダイズ－テンサイ－トウモロコシ－秋まきコムギ－アズキであり，1995年以降は圃場を2分割してトウモロコシとアズキを交互に栽培した．R2圃は，1977年に鹿追町の農家圃のアズキ落葉病罹病茎葉を鋤込んで造成した圃場であり，落葉病の発生助長および均一化のため，約20年間に亘りトウモロコシ－アズキの交互作を行ってきた．

供試品種は，「きたのおとめ」，「ハツネショウズ」および「エリモショウズ」とした．試験区設計は乱塊法とし，1996年R2圃は2反復としたが，その他の年次，圃場は3反復とした．1区面積はR1圃では各年次とも2.2㎡とし，R2圃では1995年が4.8㎡，1996年と1997年は2.4㎡とした．栽植密度はR1圃が8.9株/㎡，R2圃は8.3株/㎡とし，1株本数を2本立とした．いずれの年次，圃場とも5月下旬に播種したが，1995年播種の前に両圃場の土壌を採取し，Kobayashi *et al.*（1981）の選択培地（蒸留水1Lに寒天20g，ガラクトース5g，ペプトン5g，リン酸一カリウム1g，硫酸マグネシウム0.5g，PCNB 0.5g，ホウ酸ナトリウム0.5g，コール酸ナトリウム0.5g，塩酸テトラサイクリン0.05g，硫酸ストレプトマイシン0.2gを加え，pHを5.5に調整）を用いた平板希釈法により土壌中のアズキ落葉病菌密度を調査した．

落葉病の発病程度は，成熟期前に発病の品種間差が明瞭になり次第調査したが，調査日は1995年が両圃場とも9月9日，1996年は両圃場とも9月15日，1997年はR1圃が9月15日，R2圃は9月22日であった．個体毎に発病程度を以下の指数で評価し，発病度を算出した．

指数 0：無病，0.5：下位葉が僅かに枯凋，1：下位葉まで枯凋，2：中位葉まで枯凋，3：上位葉まで枯凋，4：枯死．

発病度＝Σ（各指数 × 当該個体数）× 25 ／調査個体数

調査個体数は1区当たり28個体を基本としたが，1区面積が大きかった1995年R2圃は40～56個体を調査した．成熟期後，収穫，脱穀の後，子実重を調査した．また，落葉病による減収率を算出するため，十勝農試内長期輪作圃（18年輪作，以下「無病圃」と略）で実施した生産力検定試験の子実重を無病圃の子実重として用いた．この圃場では乱塊法4反復，1区面積12.0㎡とし，その他の耕種概要は概ねR2圃と同じである．

（2）温室内幼苗接種による試験

罹病個体の茎または圃場の土壌から，選択培地（Kobayashi *et al.*1981）を用いて分離した6菌株を供試した．菌株の由来は以下の通りである．T96-1：R1圃土壌，T96-2：帯広市農家圃の「エリモショウズ」罹病個体，T96-3：R2圃の「きたのおとめ」罹病個体，T96-4：R2圃の「ハツネショウズ」罹病個体，T96-5：R2圃土壌，S95-1：北海道大学農学部農場（札幌市）の「エリモショウズ」罹病個体．各菌株は単胞子分離を行った後，PSA培地にて18～20℃で保存した．接種源は，V-8ジュース液体培地（V-8ジュース200mlに炭酸カルシウム2gを加えたものを遠心分離し，上澄み液に蒸留水を加え1Lにする）で約3週間振とう培養（120回転／分，25℃）した後，フィルターペーパーあるいは遠心分離にて菌体を回収，洗浄後，滅菌水を加えてホモジナイザーで磨砕したものを10^7cfu/mlの濃度に調整して用いた．供試品種は，圃場試験と同じく「きたのおとめ」，「ハツネショウズ」および「エリモショウズ」とした．バーミキュライトにて約2週間生育させた初生葉展開期頃の個体について，前述の接種源に12時間浸根接種した．その後，園芸用育苗土とバーミキュライトを約1：1に混合した用土を充填した径15cmプラスチックポットに定植した．接種6週間後に，個体毎の発病程度を以下の基準で調査し，その平均値をDSI（Diseaseseverity index）と

して抵抗性を判定した．0：無病，1：病徴なし・維管束褐変あり，2：病徴（葉部しおれ）あり，または主茎第1節より上部に著しい維管束褐変あり，3：枯死．DSI ＜ 0.5：R（抵抗性），0.5 ≦ DSI ＜ 1.0：I（中間的），1.0 ≦ DSI：S（罹病性）．試験区設計は 1 ポットを 1 反復と見なして，各菌株，品種とも 7 個体 × 3 反復とした．試験は 1996 年に行い，北海道大学農学部温室において同様の設計で 2 回実施した．試験中の最低室温と最高室温は各々 20-27 ℃，12-23 ℃であった（試験 1）．

さらに 1997 年に，「エリモショウズ」，「きたのおとめ」，「ハツネショウズ」に「十育 125 号」，「十育 132 号」および「しゅまり」（試験当時は「十育 140 号」）を加えた 6 品種系統について，T96-1 と T96-5 の 2 菌株に対する反応性を調査した．試験方法は先述と同様であり，2 回実施した．試験中の最低室温と最高室温は各々 18-22 ℃，19-26 ℃であった（試験 2）．

表2-1-1　異なるアズキ落葉病汚染圃場（R1，R2）における各品種の発病度および子実重

	R1(レース1優占圃)			R2(レース2優占圃)		
品種名	発病度	子実重 (kg/10a)	無病圃対比(%)	発病度	子実重 (kg/10a)	無病圃対比(%)
1995年						
きたのおとめ	0.0	292	78	40.9	143	38
ハツネショウズ	30.4	175	52	22.4	184	54
エリモショウズ	68.9	136	33	54.5	139	34
有意性	**	*	―	ns	ns	―
有意差(5%)	17.9	83	―	―	―	―
1996年						
きたのおとめ	(3.1)	(133)	(41)	99.6	58	18
ハツネショウズ	(40.8)	(121)	(38)	28.0	130	41
エリモショウズ	(97.6)	(61)	(19)	98.7	39	12
有意性	(**)	(*)	―	*	**	―
有意差(5%)	(15.3)	(37)	―	50.9	24	―
十育137号(参考)	(0.0)	(207)	(62)	―	―	―
1997年						
きたのおとめ	0.0	243	75	72.9	170	53
ハツネショウズ	47.0	153	52	46.7	182	62
エリモショウズ	100.0	85	25	94.6	115	34
有意性	**	**	―	*	ns	―
有意差(5%)	7.9	43	―	23.7	―	―
年次平均	1995年，1997年2カ年平均			1995～1997年3カ年平均		
きたのおとめ	0.0	268	77	71.1	124	36
ハツネショウズ	38.7	164	52	32.4	165	52
エリモショウズ	84.5	111	30	82.6	98	27

注）1. 有意性の*および**は各々5%，1%水準で有意，nsは有意差無し．
有意差（5%）は最小有意差法による．
2. 1996年R2圃は乱塊法2反復，その他は乱塊法3反復
3. 無病圃対比における無病圃の子実重は十勝農試長期輪作圃における生産力検定試験成績
4. 1996年R1圃ではアズキ茎疫病が発生したため年次平均から除いた。参考の「十育137号」は「きたのおとめ」と同じ抵抗性母本を持つ落葉病抵抗性系統であり，かつ茎疫病抵抗性を持つ
5. 発病度　個体別に外見発病程度を以下の指数で調査し算出した。指数0：無病，
0.5：下位葉が僅かに枯凋，1：下位葉まで枯凋，2：中位葉まで枯凋，
3：上位葉まで枯凋，4：枯死
発病度＝Σ（各発病指数×当該個体数）×25／調査個体数

結　　果

(1) 圃場試験

1995 年播種前の各圃場におけるアズキ落葉病菌の密度は，R1 圃が 1.0×10³cfu/g 乾土であり，R2 圃は 7.0×10³cfu/g 乾土であった．表 2-1-1 に各圃場，年次における落葉病発病度と子実重を示した．試験年次中，1996 年は 6 月が低温に経過し，落葉病の発生は他の年次と比べ激しかった．ただし，1996 年の R1 圃は多雨のため茎疫病が発生し，「きたのおとめ」が茎疫病の影響で低収になったため解析から除いた．

R1 圃では 1995 年，1997 年とも，発病度，子実重に品種間に有意差が認められた（表 2-1-1）．2 カ年平均で比較すると，「エリモショウズ」は発病度 84.5 と著しく発病し子実重は 111kg/10a と低収であり，「ハツネショウズ」は発病度が 38.7 と低く，子実重は 164kg/10a と「エリモショウズ」比 148 %であった．これらに対して「きたのおとめ」は，発病度 0 と発病が認められず，子実重は 268kg/10a と「エリモショウズ」比 241 %であった．一方，R2 圃では 1996 年，1997 年の発病度および 1996 年の子実重で品種間に有意差が認められた．3 カ年平均で比較すると，「エリモショウズ」は発病度 82.6 と著しく発病し子実重は 98kg/10a と低収であり，「ハツネショウズ」は発病度が 32.4 と低く，子実重は 165kg/10a と「エリモショウズ」比 168 %であった．これら両品種については発病度，子実重とも R1 圃とほぼ同じ傾向であったが，それに対して「きたのおとめ」は R1 圃と大きく異なり，発病度が 71.1 と高く子実重は 124kg/10a と「ハツネショウズ」より低収であった．子実重の無病圃比につ

表2-1-2　異なるアズキ落葉病菌株に対する各品種の発病度（DSI）

菌株名(ﾚｰｽ)	DSI エリモショウズ	きたのおとめ	ハツネショウズ
試験1			
T96-1(ﾚｰｽ1)	3.0 (S)	0.0 (R)	1.2 (S)
T96-2(ﾚｰｽ1)	3.0 (S)	0.0 (R)	1.1 (S)
S95-1(ﾚｰｽ1)	1.0 (S)	0.0 (R)	0.7 (I)
T96-3(ﾚｰｽ2)	3.0 (S)	2.0 (S)	0.8 (I)
T96-4(ﾚｰｽ2)	1.6 (S)	1.6 (S)	0.9 (I)
T96-5(ﾚｰｽ2)	1.2 (S)	2.6 (S)	0.7 (I)
試験2			
T96-1(ﾚｰｽ1)	2.7 (S)	0.0 (R)	1.7 (S)
T96-2(ﾚｰｽ1)	2.2 (S)	0.0 (R)	1.4 (S)
S95-1(ﾚｰｽ1)	1.0 (S)	0.0 (R)	0.2 (R)
T96-3(ﾚｰｽ2)	1.6 (S)	1.7 (S)	0.6 (I)
T96-4(ﾚｰｽ2)	1.5 (S)	1.2 (S)	0.6 (I)
T96-5(ﾚｰｽ2)	2.1 (S)	1.7 (S)	1.0 (I)

注）DSI(disease severity index)：各個体の発病程度について以下の通り評価し，その平均値をDSIとした．
0：無病，1：外見発病は認められないが維管束褐変あり，2：外見発病（葉部しおれ）あり，または主茎第1節より上部に著しい維管束褐変あり，3：枯死．
DSI＜0.5：抵抗性(R)，0.5≦DSI＜1.0：中間的(I)，1.0≦DSI：罹病性(S)

表2-1-3　異なるアズキ落葉病菌株に対する各品種系統の発病度（DSI）

菌株名(ﾚｰｽ)	DSI エリモショウズ	きたのおとめ［円葉(刈63号)］	ハツネショウズ［赤豆］	十育125号［丸葉(刈68号)］	十育132号［Acc86］	しゅまり［黒小豆(岡山)］
試験1						
T96-1(ﾚｰｽ1)	1.9(S)	0.0(R)	0.8(I)	0.0(R)	0.0(R)	0.0(R)
T96-5(ﾚｰｽ2)	1.7(S)	1.2(S)	0.8(I)	1.9(S)	0.9(I)	1.5(S)
試験2						
T96-1(ﾚｰｽ1)	2.7(S)	0.0(R)	0.3(R)	0.0(R)	0.0(R)	0.0(R)
T96-5(ﾚｰｽ2)	2.1(S)	2.0(S)	0.3(R)	1.4(S)	0.8(I)	1.7(S)

注）1. 品種系統名の下段［　］内は，各々のアズキ落葉病抵抗性母本（十勝農試品種保存）
2. 抵抗性の判定基準　DSI＜0.5：抵抗性(R)，0.5≦DSI＜1.0：中間的(I)，1.0≦DSI：罹病性(S)

いて R1 圃，R2 圃間で比較すると，年次平均で「エリモショウズ」は 27 ～ 30 %，「ハツネショウズ」が 52 %であったが，「きたのおとめ」は R1 圃が 77 %であった一方で R2 圃では 36 %と明らかに異なった．

（2）温室内幼苗接種による試験

供試した 6 菌株はすべて「エリモショウズ」に病原性を示したが（DSI=1.0 ～ 3.0：表 2-1-2），このうち R2 圃から分離した 3 菌株（T96-3，T96-4，T96-5：レース 2）は「きたのおとめ」に対しても病原性を示した（DSI=1.2 ～ 2.6）．しかし，他の 3 菌株（T96-1，T96-2，S95-1：レース 1）は「きたのおとめ」に接種しても発病は全く認められなかった（DSI=0.0）．一方，「ハツネショウズ」の各菌株に対する DSI は 0.2 ～ 1.7 と変動が大きかったが，各菌株とも DSI が「エリモショウズ」より低かった．

この他の品種系統の T96-1，T96-5 菌株に対する反応性は，「十育 125 号」と「しゅまり」が「きたのおとめ」と同様に T96-1 菌株（レース 1）に対して強い抵抗性を示し（DSI=0.0：表 2-1-3），T96-5 菌株（レース 2）に対して罹病性であった（DSI=1.4 ～ 1.9）．「十育 132 号」は，T96-1 菌株（レース 1）に対して強い抵抗性を示し（DSI=0.0），T96-5 菌株（レース 2）に対しては，「ハツネショウズ」と同様に軽微な発病に留まるといった中間的な反応を示した（DSI=0.8 ～ 0.9）．

考　　察

これまでも，アズキ落葉病菌の菌株間で品種に対する病原性に差が認められたとする報告があった．青田ら（1986）は，罹病性品種から分離した A-13 菌株および「ハツネショウズ」の抵抗性母本「赤豆」から分離した AK-11 菌株を有傷接種した結果，「ハツネショウズ」は A-13 菌株に対して罹病性品種より抵抗性を示すが，AK-11 菌株に対しては罹病性品種並みに発病したことを報告した．さらに，異なる抵抗性母本「黒小豆（岡山）」を持つ「十系 325 号」（足立・千葉 1987）は A-13 と AK-11 の両菌株に対して抵抗性を示したが，A-13 菌株より AK-11 菌株で維管束褐変個体率および褐変長が増加したと報告している．また山本（1994）は，アズキ落葉病菌 22 菌株について「宝小豆」，「丸葉（刈 68 号）」，「ハツネショウズ」および「赤豆」の 4 品種に接種し，その病原性を調査した．その結果，感受性の「宝小豆」にだけに病原性を示すタイプ（17 菌株），「宝小豆」と「丸葉（刈 68 号）」に病原性を示すタイプ（4 菌株），「宝小豆」，「丸葉（刈 68 号）」および「ハツネショウズ」に病原性を示すタイプ（1 菌株）の 3 タイプに分類されたと報告し，最後のタイプは青田ら（1986）が報告した AK-11 菌株に相当するとした．しかし山本（1994）は，抵抗性品種から分離された菌株が必ずしもその品種に対して病原性を示すとは限らず，また病原性自体も菌株間で変異が大きいことから，病原性の安定性を含め，アズキ落葉病菌のレースの設定にはさらに検討が必要であると結論した．

しかし，今回供試した菌株，品種においては，接種検定で各菌株に対する反応性に明瞭な品種間差が認められた．また，これらの菌株を分離した圃場における「きたのおとめ」の発病度と子実重は，接種検定の結果に対応する形で，圃場間で大きな差が認められた．さらに，いずれの試験でも再現性が高く，以上のことからアズキ落葉病菌のレース設定は可能と判断し，「きたのおとめ」に病原性を持たない菌系をレース 1，強い病原性を持つ菌系をレース 2 として提案した（Kondo *et al.* 1998）．本研究で供試した「十育 125 号」は，山本（1994）が供試した「丸葉（刈 68 号）」を抵抗性母本に持つ．レース 2 は「十育 125 号」に病原性を持つが，山本（1994）の報告の中で「丸葉（刈 68 号）」に病原性を示した菌株はレース 2 であった可能性が高い．一方，山本（1994），青田ら（1986）とも「ハツネショウズ」に病原性を持つ菌系の存在を示唆している．今回の試験で，「ハツネショウズ」は両レースに対して罹病はするが「エリモショウズ」より発病が軽いといった抵抗性を持つことが明らかになった．このような抵抗性であるため，山本（1994），青田ら（1986）の試験では罹病性と判定された可能性がある．

また本試験では，「ハツネショウズ」と「きたのおとめ」以外の落葉病抵抗性品種系統「十育 125 号」，「十育 132 号」および「しゅまり」についても，両レースに対する反応性を調査した．これら 5 品種系統の抵抗性母本はすべて異なり，「ハツネショウズ」から順に「赤豆」（韓国在来），「円葉（刈 63 号）」（東北地方在来），「丸葉（刈 68 号）」（東北地方在来），「Acc86」（東北地方在来）および「黒小豆（岡山）」（岡山県在来，以上すべて十勝農試品種保存）であるが，これらはアズキ落葉病抵抗性育種で利用している代表的母本である．5 品種系統の抵抗性は，各レースに対する反応性により 3 タイプに分類された．すなわち，①レース 1 に抵抗性，レース 2 に罹病性（「きたのおとめ」，「十育 125 号」，「しゅまり」），②両レースに対して中間的な抵抗性（「ハツネショウズ」），③レース 1 に抵抗性，レース 2 に中間的な抵抗性（「十

育 132 号」）であった．このような品種系統間の抵抗性の違いは，抵抗性母本の遺伝的特性に起因すると考えられるが，その一方で，育成過程で抵抗性母本の特性を一部選抜出来なかった可能性もあるため，各抵抗性母本の両レースに対する反応性を調査し，育成品種系統と比較する必要がある．また，本研究ではレース 2 に対して強い抵抗性を示すものは見出せず，新たな抵抗性遺伝資源の探索が必要と考えられた．

第2節　北海道におけるアズキ落葉病菌レースの地理的分布

「きたのおとめ」や「しゅまり」はもとより，落葉病抵抗性育種において中心的に利用してきた抵抗性系統がすべてレース 2 に罹病性であることが明らかになったため，レース 2 菌株の北海道内における分布調査を行い，被害拡大の危険性の有無を確認しようとした．

材料および方法

1997 ～ 1999 年に，十勝，上川，空知および胆振支庁のアズキ栽培歴のある 45 圃場から土壌を収集するとともに，上川および十勝支庁の各 1 圃場からは「きたのおとめ」の落葉病罹病株を収集した．アズキ落葉病菌の分離は，「第 2 章 第 1 節 材料および方法（2)」と同様に行ったが，選択培地にコール酸ナトリウムの代わりに硫酸銅を 0.5g/L 加えた．分離菌株は単胞子分離を行い，エンドウ煎汁寒天培地（冷凍したエンドウ 200g を蒸留水を加えて 15 分間煮熟したものをガーゼで濾し，蒸留水を加えて全量を 1L として寒天 20g を加える）にて 4 ℃で保存した．各菌株を V-8 ジュース液体培地で 25 ℃にて振とう培養した．2 ～ 3 週間培養後，フィルターペーパーで濾して菌体を回収し，洗浄後，蒸留水を加えホモジナイザーで磨砕し，10^7cfu/ml の濃度に調整して接種に用いた．

レースの判定には，「エリモショウズ」（両レースに罹病性）と「きたのおとめ」（レース 1 に抵抗性，レース 2 に罹病性）を用いた．試験は北海道大学農学部温室で行い，各菌株・品種について 6 個体 × 2 ポット供試し，同じ菌株・品種の組合せについて 2 回以上試験を行った．発病調査とレースの判定方法は「第 2 章 第 1 節 材料および方法（2)」と同じとした．

結　　果

収集した 45 圃場の土壌のうち，空知支庁の 5 圃場，留萌支庁の 1 圃場の土壌からは，アズキ落葉病菌が分離出来なかった．39 圃場から分離した全 483 菌株（土壌から分離：37 圃場 473 菌株，「きたのおとめ」罹病株から分離：2 圃場 10 菌株）についてレース検定を行った結果，416 菌株（86.1 %）がレース 1 であり，レース 2 は 67 菌株（13.9 %）と少なかった（表 2-2）．しかし，圃場単位で見ると，39 圃場（19 市町村）のうち 24 圃場（61.5 %）からレース 2 が分離された．全菌株数に対するレース 2 の頻度には地域間差が認められ，後志（8.9 %），十勝（10.4 %）に比較して，胆振（26.9 %），上川（32.5 %）は高かった（図 2-2）．

表2-2　北海道各地域から収集したアズキ落葉病菌のレース別の菌株数

支庁	調査圃場数	レース2菌が分離された圃場数	菌株数 レース1	菌株数 レース2	菌株数 合計
後志	5	3	41	4	45
胆振	4	4	38	14	52
上川	8	4	27	13	40
十勝	22	13	310	36	346
合計	39	24(61.5%)	416(86.1%)	67(13.9%)	483

注）1．1997年～1999年の調査
2．アズキ落葉病菌が分離できた市町村は以下の通り。調査時の市町村名
後志支庁：倶知安町，共和町，胆振支庁：厚真町，追分町，上川支庁：旭川市，美瑛町，富良野市，士別市，十勝支庁：足寄町，忠類村，広尾町，幕別町，芽室町，帯広市，音更町，士幌町，更別村，大樹町，浦幌町
3．上川と十勝支庁には，「きたのおとめ」罹病株から分離した1圃場を含む．
4．合計の欄（　）内は，全調査圃場数，全菌株数に対する割合

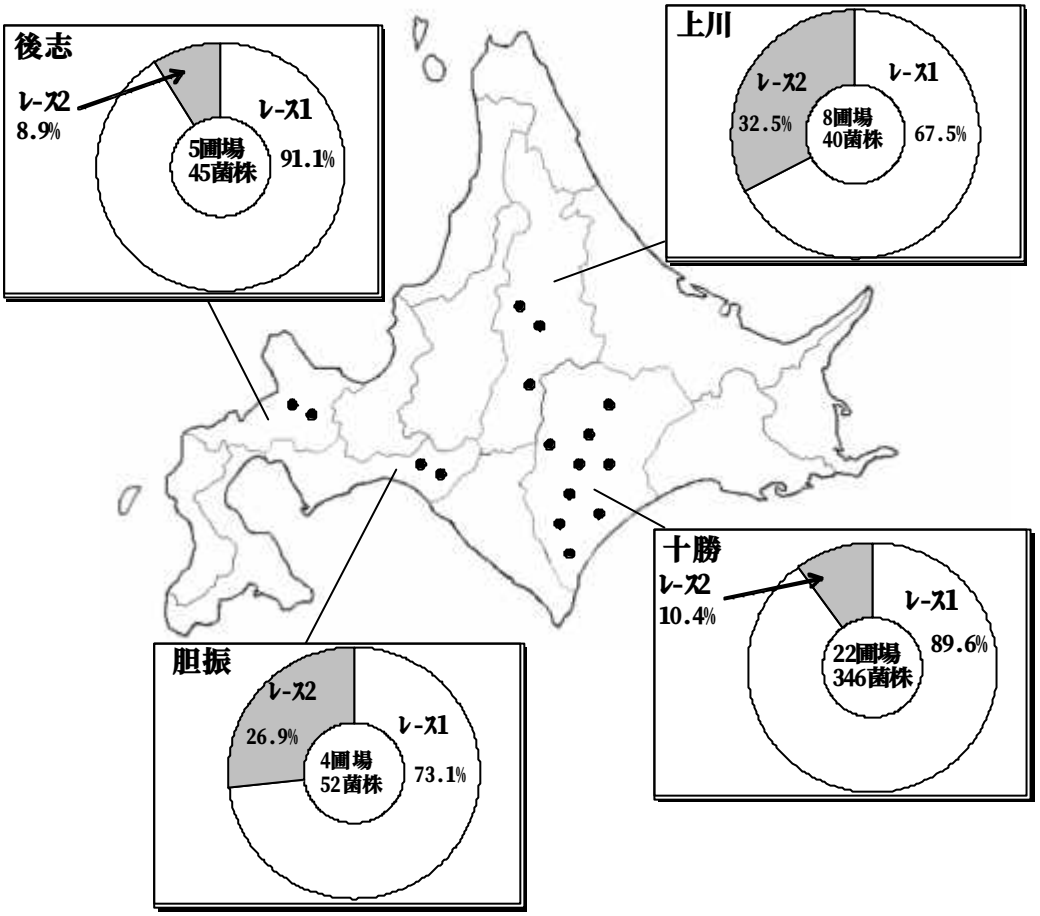

図2-2　北海道におけるアズキ落葉病菌レースの分布

注）1. 1997～1999年調査。地図中の黒丸はレース2が分離された市町村を示す.

2. グラフ内の圃場および菌株数は各支庁の調査圃場数および分離菌株数を示す.

考　　察

今回の調査は，アズキの主産地である十勝支庁を中心に実施した．このため，そのほかの地域の調査点数は少なかった．しかし，調査した各支庁とも調査圃場の 50 %以上でレース 2 菌株が認められたことから，レース 2 は北海道のアズキ栽培地帯全体に広く分布している可能性が高いと考えられる．その一方で，一部の圃場を除き，いずれの地域でもレース 1 に比べレース 2 の割合が低く，たとえ「きたのおとめ」を栽培したとしても実際に被害を及ぼすレベルには至っていないと考えられる.「きたのおとめ」や「しゅまり」の育成では，北海道各地の農家圃場等で各々 1991 ～ 1993 年のべ 50 カ所，1997 ～ 1999 年のべ 74 カ所の試験（奨励品種決定調査等）を実施し，その適応性を検定したが（藤田ら 1995a，2002），この中で両品種が罹病性の「エリモショウズ」並みに激しく落葉病に罹病した試験例は無かった．このことからもレース 2 の密度が低いことが支持された．これらの現地試験は，概ね 4 ～ 5 年以上の輪作体系の圃場で行われる．その一方で，すでにレース 2 が蔓延し「きたのおとめ」が激しく発病する十勝農試内の R2 圃は，落葉病抵抗性選抜試験を行うため，1977 年に鹿追町の農家圃のアズキ落葉病罹病茎葉を鋤込んだ後，約 20 年間に亘りトウモロコシ－アズキの交互作をした圃場であった.

R2 圃における「きたのおとめ」罹病化の推移について検討すると,「きたのおとめ」の抵抗性母本である「円葉（刈 63 号）」は，R2圃の造成直後に行った抵抗性遺伝資源探索試験で強い抵抗性を示したことから母本として選定された（千葉 1982）．また,「きたのおとめ」の育成過程では，1986 年の F_6 世代系統選抜試験において,

後に「きたのおとめ」になった系統は全く発病が認められなかったため選抜された．しかし 1989 年以降，本圃場で実施した落葉病抵抗性検定試験に供試した頃から罹病個体が散見され始め，その後，年次を重ねるにつれ発病が激しくなり，1998 年に本圃場の土壌からアズキ落葉病菌を分離してレース検定を行った結果，73 %がレース 2 菌株であった（Kondo *et al.* 2005）．このことは，造成当時の R2 圃はレース 1 が優占していたが，その後レース 2 に優占レースが変化したことを示唆し，レース 1 に抵抗性を持つ遺伝資源あるいは育種材料を頻繁に短期輪作した結果，レース 2 の密度が高まったと考えられる．先に示した通り，現在のところ農家圃におけるレース 2 の密度は低く，早急に抵抗性品種が罹病化する可能性は少ないが，抵抗性品種を連作，短期輪作することで優占レースが変化する可能性が高いと考えられた．

第3節　アズキ落葉病抵抗性遺伝資源の再評価と新たな抵抗性遺伝資源探索

アズキ落葉病レース 2 抵抗性品種の育成試験を新たに開始するため，これまでのアズキ落葉病抵抗性育種の交配母本に加えて，各地から導入された遺伝資源についてその抵抗性をレース毎に確認した．また，これらの母本を抵抗性起源に持つ育成品種系統における発病程度についても比較した．また，レース 2 に対してさらに強い抵抗性を持つ遺伝資源をアズキ近縁野生種も含めて探索した．

材料および方法

（1）圃場における抵抗性検定

試験は 1995 ～ 1999 年に行った．供試材料は，アズキ 236 系統およびこれまで抵抗性検定をほとんど行っていないアズキ近縁野生種ヤブツルアズキ［*Vigna angularis* var. *nipponensis* (Ohwi)Ohwi&Ohashi］ 33 系統，ヒメツルアズキ［*Vignanakashimae* (Ohwi) Ohwi&Ohashi］，ヒナアズキ［*Vigna riukiuensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi］，ツルアズキ［*Vignaumbellata* (Thunb.)Ohwi&Ohashi］ 各 1 系統であった．近縁野生種は，主に大阪府立大大学院および農業生物資源研究所から分譲された遺伝資源であった．アズキおよび近縁野生種はすべて北海道以外から導入された遺伝資源であり，北海道では極晩生となる．アズキの供試系統には，交配母本に利用された「赤豆」，「黒小豆（岡山）」，「円葉（刈 63 号）」，「丸葉（刈 68 号）」，「Acc86」および「小長品-10」（長野県在来種，十勝農試品種保存）が含まれ，さらに過去の抵抗性検定試験で抵抗性強と評価された系統を優先的に供試した．

検定圃場は，レース 2 が優占している R2 圃およびレース 1 が優占している R1 圃とした．R2 圃にはすべての系統を，R1 圃には過去に抵抗性強と評価されたアズキ遺伝資源を中心に 101 系統を供試した．「ハツネショウズ」，「アケノワセ」，「しゅまり」，「きたのおとめ」，「十育 123 号」，「十育 125 号」，「十育 132 号」および「エリモショウズ」を除く系統は，各年次および圃場ともに 1 区制で試験を実施したが，発病が軽微な系統については複数年供試して抵抗性を確認した．ただし，アズキ近縁野生種の抵抗性は 1996 年の単年度の試験で評価した．5 月下旬に 1 区面積 1.1 ～ 1.2 ㎡に約 20 個体／区を栽植し，近縁野生種は硬実性打破のため種皮に傷を付けて播種した．各系統の発病程度は品種間差が明瞭になる 9 月下旬～ 10 月上旬に，「第 2 章　第 1 節　材料および方法（1）」の発病程度の指数に準じて，区全体の発病を0～4 の指数で評価した（写真 1, p.54）．ただし，発病程度が 0.5 以下の遺伝資源については，検定精度向上のため主茎の第 1 節間を横に切断して維管束の褐変度を調査した（写真 2，p.54）．維管束褐変度は，各個体の褐変程度を横断面の褐変面積割合に応じて 0（無）～ 5（甚）の指数に分類し，次式で算出した．

$$\text{維管束褐変度} = \frac{\Sigma\,(\text{各指数} \times \text{当該個体数}) \times 20}{\text{調査個体数}}$$

一方，「ハツネショウズ」等の 8 品種系統は，2 ～ 3 反復試験とし，1 区面積 2.2 ～ 2.4 ㎡に 40 個体を栽植した．発病程度を個体毎に調査し，その平均を各区の発病程度とした．

（2）温室内での浸根接種法による抵抗性検定

R2 圃で発病程度および維管束褐変度が低かったアズキ 1 系統（「Acc259」）およびヤブツルアズキ 5 系統（「Acc2515」，「Acc2521」，「Acc2523」，「Acc2532」および「Acc2463」）について，幼苗に浸根接種して両レースに対する抵抗性を検定した．なお “Acc” とは，十勝農試でアズキまたはその近縁野生種の遺伝資源を導入した際に付す番号であり，品種名として用いている．

試験は 1996 年に十勝農試温室（試験 1），1997 年に北海道大学農学部温室（試験 2）で行った．供試菌株は，R2 圃から分離された T96-5 菌株（レース 2）および R1 圃から分離された T96-1 菌株（レース 1）である．「第 2 章 第 1 節 材料および方法（2）」と同様の方法で幼苗に

各菌株を浸根接種し，園芸用育苗土とバーミキュライトを約1：1に混合した用土を充填した径15cmポットに5～6個体を定植し，各系統10～16個体を供試した．調査および抵抗性の判定方法も「第2章 第1節 材料および方法（2）」と同様である．

結　　果

（1）アズキ落葉病抵抗性母本と育成品種系統の発病程度の比較

従来の抵抗性交配母本6系統と，それらより育成された7品種系統の両圃場における発病程度を表2-3-1に示す．各品種で試験年次が異なるが，品種系統間あるいは圃場間の発病程度の差異は明瞭であった．また，幼苗接種検定による「ハツネショウズ」，「しゅまり」，「きたのおとめ」，「十育125号」および「十育132号」の各レースに対する反応も表2-3-1に示したが，これとレース1優占圃（R1）とレース2優占圃（R2）における発病程度が良く一致した．

R1圃では抵抗性母本として交配に利用された「赤豆」，「黒小豆（岡山）」，「円葉（刈63号）」，「小長品-10」，「丸葉（刈68号）」および「Acc86」は，いずれも発病程度が0であった．一方，R2圃では発病程度に品種間差が認められ，「赤豆」では発病程度が0，「黒小豆（岡山）」および「Acc86」では発病程度が年次平均で0.5～1.0であったが，「円葉（刈63号）」，「小長品-10」および「丸葉（刈68号）」は発病程度が2.5～3.5と激しく罹病した．

抵抗性母本とそれらに由来する育成品種系統の両圃場での発病程度を比較すると，「十育132号」，「きたのおとめ」，「十育123号」および「十育125号」はそれぞれの抵抗性母本と同様の傾向を示したが，「しゅまり」および「ハツネショウズ」と「アケノワセ」はそれぞれの抵抗性母本と異なる反応を示した．すなわち，「十育132号」は抵抗性母本「Acc86」と同様にR1圃では発病程度0であり，R2圃における発病程度の平均も「Acc86」の1.0に対して1.6とほぼ同じであった．「きたのおとめ」，「十育123号」および「十育125号」は，それぞれの抵抗性母本と同様にR1圃では発病程度0であり，R2圃では年次平均で発病程度3.3～3.9と激しく罹病した．その一方で，「黒小豆（岡山）」を抵抗性母本にして育成された「しゅまり」は，R1圃では「黒小豆（岡山）」と同じく発病程度が0であったが，R2圃の発病程度は平均で2.7であり「黒小豆（岡山）」の0.5より高かった．

表2-3-1　アズキ落葉病レース1およびレース2に対する異なる抵抗性供給源と育成品種系統の反応性

品種系統名	レース1優占圃(R1) 発病程度 1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	平均	レース1に対する反応性	レース2優占圃(R2) 発病程度 1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	平均	レース2に対する反応性
赤豆(R)	－	0.0	－	0.0	－	0.0	(R)	－	－	0.0	0.0	0.0	0.0	(R)
ハツネショウズ(V)	1.9	1.6	1.9	0.8	1.1	1.5	I	0.8	1.1	1.9	1.5	2.0	1.5	I
アケノワセ(V)	－	1.2	1.4	0.5	0.5	0.9	(I)	－	－	－	2.5	1.3	1.9	(I)
黒小豆(岡山)(R)	－	0.0	－	0.0	－	0.0	(R)	－	－	0.0	1.0	0.5	0.5	(I)
しゅまり(V)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	R	－	－	2.0	3.0	3.0	2.7	S
円葉(刈63号)(R)	－	0.0	0.0	0.0	－	0.0	(R)	3.0	－	4.0	3.0	3.0	3.3	(S)
きたのおとめ(V)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	R	1.6	4.0	2.9	4.0	4.0	3.3	S
丸葉(刈68号)(R)	－	0.0	－	0.0	－	0.0	(R)	－	－	2.0	－	3.0	2.5	(S)
十育125号(V)	－	0.0	－	0.0	－	0.0	R	－	3.9	－	3.5	－	3.7	S
小長品-10(R)	－	0.0	－	0.0	－	0.0	(R)	－	－	4.0	3.0	－	3.5	(S)
十育123号(V)	－	0.0	－	0.0	－	0.0	R	－	3.8	－	4.0	－	3.9	S
Acc86(R)	－	－	0.0	0.0	－	0.0	(R)	－	－	2.0	0.5	0.5	1.0	(I)
十育132号(V)	－	－	－	0.0	0.0	0.0	R	－	－	2.9	1.0	1.0	1.6	I
罹病性対照														
エリモショウズ(中生)	4.0	3.9	4.0	3.3	3.1	3.6	S	2.1	3.8	3.8	4.0	4.0	3.5	S
紋別26号(極晩生)	－	4.0	4.0	4.0	－	4.0	(S)	4.0	－	4.0	4.0	－	4.0	(S)

注）1. RとVはそれぞれの抵抗性供給源と育成品種系統を示す．
2. 発病程度　区全体の発病程度を次ぎの指数で評価。0：無病，0.5：下位葉が僅かに枯凋，1：下位葉まで枯凋，2：中位葉まで枯凋，3：上位葉まで枯凋，4：枯死
3. 各レースに対する反応性は，R：抵抗性，I：中間的，S：罹病性．幼苗接種検定による判定結果．ただし括弧付きの判定は本試験から推定。発病程度平均　0.5未満：R，0.5以上2.0未満：I，2.0以上：S
4. －：未供試

表2-3-2　アズキ落葉病レース2優占圃（R2）における発病程度に基づくアズキ遺伝資源の分類

植物名	発病程度0～0.5	発病程度1	発病程度 2～4
アズキ	赤豆 Acc67(岩手) Acc259(愛媛) Acc550(福島) Acc551(福島) Acc558(福島) Acc812(韓国)	黒小豆(岡山) Acc136(岩手) Acc241(鳥取) Acc275(長崎) Acc422(秋田) Acc560(福島) Acc776(韓国)	小長品-10, 円葉(刈63号), 丸葉(刈68号), 紋別26号, Acc10, 16, 20, 33, 42, 49, 62, 66, 68, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 86, 88, 89, 92, 97, 99, 102, 104, 108, 122, 125, 130, 135, 161, 164, 166, 483, 484, 2133, 2134, 2138, 2139, 2157(以上，岩手), Acc224, 1433(以上，長野), Acc231, 1086, 1096, 1115(以上，鳥取), Acc245, 1030(以上，奈良), Acc251, 252, 254, 255(以上，愛媛), Acc297, 312, 316, 319, 321, 322, 325, 336, 340, 349(以上，青森), Acc381, 383, 385, 392, 401, 402, 405, 406, 415, 423, 433, 440, 441, 450, 462, 2156(以上，秋田), Acc489, 494, 503, 504, 513, 517, 521, 528, 539, 541, 546, 2149, 2159, 2160, 2163(以上, 新潟), Ac547, 557, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 578, 579, 580, 581, 583, 584, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 596, 598, 603, 604, 608, 619, 2165, 2166, 2167, 2168(以上, 福島), Acc708, 725, 726, 728, 730, 732, 734, 737, 740, 756, 757, 762, 764, 772, 785, 790, 799, 813, 815, 818, 820, 824, 826, 828, 831, 836, 837, 1731, 1734, 1744(以上，韓国), Acc1036(以上，和歌山), Acc1311, 1315(以上，岐阜), Acc1383, 1635(以上，福井), Acc1422, 1427(以上，石川), Acc1481, 2222(以上，大阪), Acc1820, 1827, 1829, 1830, 1831, 1832, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1842, 1843, 1844, 1848, 1947, 1949, 1950, 1957, 1961(以上, 熊本), Acc1854, 1856, 1858(以上，大分), Acc1908, 1909, 1910, 1911, 1917, 1926, 1932, 1941(以上，宮崎), Acc1972, 1995(以上，鹿児島), Acc2223, 2227(以上，京都), Acc2240(ｵｰｽﾄﾗﾘｱ), Acc2244(ﾈﾊﾟｰﾙ), Acc2228, 2229, 2241, 2242(以上，兵庫), Acc2285(ﾌﾞｰﾀﾝ), Acc1232(高知), Acc1362, 1375(以上，滋賀), Acc2018, 2022, 2023(以上，鹿児島)
ヤブツルアズキ	Acc2043(新潟) Acc2294(ﾌﾞｰﾀﾝ) Acc2310(ﾌﾞｰﾀﾝ) Acc2463(宮城) Acc2515(石川) Acc2517(福井) Acc2518(大阪) Acc2519(兵庫) Acc2520(兵庫) Acc2521(鳥取) Acc2523(秋田) Acc2527(長野) Acc2532(茨城) Acc2534(高知) Acc2535(新潟) Acc2537(富山)	Acc2041(新潟) Acc2042(新潟) Acc2243(ﾈﾊﾟｰﾙ) Acc2522(鳥取) Acc2524(岩手) Acc2528(群馬) Acc2529(埼玉) Acc2531(静岡) Acc2536(佐賀)	Acc1937(宮崎) Acc2462(三重) Acc2464(茨城) Acc2525(福島) Acc2530(山梨) Acc2533(福島) Acc2538(高知) Acc2539(韓国)
ツルアズキ		Acc2498(ﾀｲ)	
ヒメツルアズキ			Acc2467(韓国)
ヒナアズキ			Acc2468(沖縄)

注）1. 複数年評価された系統については，最も高い発病程度で集計した.
　　2. 括弧内の地名は導入地を示す.

表2-3-3　アズキ落葉病菌レース2優占圃（R2）で発病程度が0.5未満であった遺伝資源の R2圃における維管束褐変度，レース1優占圃（R1）での発病程度および幼苗接種検定結果

遺伝資源保存番号・品種名	植物名	導入地	R2圃での平均値		R1圃発病程度平均	幼苗接種検定（試験1）				幼苗接種検定（試験2）			
						T96-5（レース2）		T96-1（レース1）		T96-5（レース2）		T96-1（レース1）	
			発病程度	維管束褐変度		DSI	判定	DSI	判定	DSI	判定	DSI	判定
Acc67	ｱｽﾞｷ	岩手	0.3	18.0	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc259	ｱｽﾞｷ	愛媛	0.0	4.0	0.3	0.0	R	－	－	0.4	R	0.3	R
Acc550	ｱｽﾞｷ	福島	0.3	31.5	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc551	ｱｽﾞｷ	福島	0.3	26.7	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc558	ｱｽﾞｷ	福島	0.0	17.2	0.3	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc812	ｱｽﾞｷ	韓国	0.0	10.9	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
赤豆	ｱｽﾞｷ	韓国	0.0	47.5	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2463	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	宮城	0.0	6.7	0.0	0.1	R	0.7	I	－	－	－	－
Acc2515	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	石川	0.0	17.9	0.0	0.0	R	0.1	R	0.3	R	0.3	R
Acc2521	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	鳥取	0.0	15.3	0.0	0.2	R	0.1	R	－	－	－	－
Acc2523	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	秋田	0.0	9.5	0.0	0.3	R	0.0	R	－	－	－	－
Acc2532	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	茨城	0.0	8.6	0.0	0.4	R	1.1	S	－	－	－	－
Acc2517	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	福井	0.0	26.7	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2518	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	大阪	0.0	57.9	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2519	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	兵庫	0.0	45.3	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2520	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	兵庫	0.0	26.7	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2537	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	富山	0.0	37.9	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2294	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	ﾌﾞｰﾀﾝ	0.0	20.0	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2527	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	長野	0.0	55.6	1.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2534	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	高知	0.0	44.0	1.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2535	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	新潟	0.0	26.3	1.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2043	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	新潟	0.0	40.0	1.0	－	－	－	－	－	－	－	－
Acc2310	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ	ﾌﾞｰﾀﾝ	0.0	54.3	4.0	－	－	－	－	－	－	－	－
（比較）													
	黒小豆（岡山）		0.5	56.7	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
	円葉(刈63号)		3.5	(93.3)	0.0	－	－	－	－	－	－	－	－
	紋別26号		4.0	(97.1)	4.0	－	－	－	－	－	－	－	－
	エリモショウズ		3.9	－	3.7	1.7	S	1.9	S	1.0	S	2.7	S
	きたのおとめ		3.5	－	0.0	1.2	S	0.0	R	1.8	S	0.1	R
	ハツネショウズ		1.7	－	1.4	0.8	I	0.8	I	0.9	I	1.2	S
	十育132号		2.0	－	－	0.9	I	0.0	R	－	－	－	－
	Acc　86		1.3	－	0.0	－	－	－	－	0.9	I	0.1	R

注）1. アズキおよび比較品種のR2圃，R1圃の結果は，1997，1998年の2カ年平均．ただし，「円葉（刈63号）」，「紋別26号」の維管束褐変度は1997年の成績．
2. ヤブツルアズキのR2圃，R1圃の結果は，1996年の成績。
3. 維管束褐変度　各個体の地際～第1節間切断面の褐変程度をその程度により0（無）～5（甚）に分類し，以下の式で算出。
維管束褐変程度＝Σ(各指数×当該個体数)×20／調査個体数：0（無）～100（甚）
4. 幼苗接種検定の判定基準
DSI＜0.5：R（抵抗性），0.5≦DSI＜1：I（中間的），1≦DSI：S（罹病性）
5. －：未供試

また，「赤豆」を抵抗性母本にして育成された「ハツネショウズ」および「アケノワセ」は，「赤豆」が両圃場ともに発病程度が 0 であったのに対して，R1 圃では発病程度が各々 1.5，0.9，R2 圃では 1.5，1.9 であった．

（2）アズキ落葉病レース2抵抗性遺伝資源の探索

アズキ 236 系統およびアズキ近縁野生種 36 系統に関する，R2 圃での発病程度による分類を表 2-3-2 に示す．複数年の試験に供試された系統については，高い値をそ

の系統の発病程度とした．

アズキについては発病程度 0 ～ 0.5 であった遺伝資源が 7 系統（3.0 %），発病程度 1 は 7 系統（3.0 %），発病程度 2 以上が 222 系統（94.0 %）であった．R2 圃で発病程度が 0 ～ 0.5 であった遺伝資源はすべて R1 圃でも発病程度が 0.5 以下であり（表 2-3-3），逆に R2 圃で抵抗性で R1 圃で罹病性を示したアズキ遺伝資源はなかった．R2 圃で発病程度が 0 ～ 0.5 であった 7 系統のうち 1 系統は先述の「赤豆」であるが，R2 圃での維管束褐変度は「赤豆」と比べてほか 6 系統の方が低く，特に「Acc259」は 2 カ年平均で 4.0 と最も低かった（表 2-3-3）．

アズキ近縁野生種は単年の試験であったが，R2 圃で発病程度 0 ～ 0.5 であった遺伝資源が 16 系統（44.4 %），発病程度 1 は 10 系統（27.8 %），発病程度 2 以上が 10 系統（27.8 %）であった（表 2-3-2）．発病程度 0 ～ 0.5 であったアズキ近縁野生種はすべてヤブツルアズキであり，今回の供試材料においては，その他の近縁野生種であるツルアズキ「Acc2498」が発病程度 1，ヒメツルアズキ「Acc2467」，ヒナアズキ「Acc2468」は発病程度 2 以上であった．

R2 圃で維管束褐変度が低かったヤブツルアズキ 5 系統およびアズキ「Acc259」について，温室内で T96-5 菌株（レース 2）および T96-1 菌株（レース 1）を幼苗に浸根接種し，その抵抗性を調査した（表 2-3-3，試験 1）．この結果，供試した 6 系統はいずれもレース 2 に対して DSI が 0 ～ 0.4 と抵抗性を示した．ヤブツルアズキ 5 系統についてレース 1 に対する抵抗性検定も同時に行ったが，3 系統が抵抗性，1 系統は中間的な抵抗性を示し，1 系統が罹病性であった．この中で，「Acc2515」はレース 2 に対して DSIが 0.0 と最も低く，レース 1 に対しても抵抗性を示した．

アズキ落葉病レース 2 抵抗性母本として有望と考えられたアズキ「Acc259」とヤブツルアズキ「Acc2515」について抵抗性検定を再度実施した（表 2-3-3，試験 2）．両系統のレース 2 に対する DSIは 0.3 および 0.4 と，中間的な抵抗性（I）を持つ「ハツネショウズ」の 0.9 より低かった．またレース 1 に対する DSIも 0.3 と低い値を示した．

考　　察

千葉（1982）が 1975 ～ 1981 年に行った落葉病抵抗性遺伝資源探索試験では，抵抗性の指標として無病圃と病圃の総重比を用いた．これは，北海道の早中生品種と北海道以外の地域原産の極晩生種を同時に検定するため，すなわち，生育旺盛な極晩生種ほど病徴発現が遅く発病程度も軽微になる傾向を排除して，品種本来の抵抗性を比較するためであった．その一方で，同種の菌で寄生性が異なる *Phialophora gregata* f. sp. *sojae* (Kobayashi *et al*. 1983, 1991) によるダイズ落葉病では，特徴的な病徴である維管束褐変および葉部のしおれの程度で抵抗性の品種間差を検定していた（WillmotandNickell 1989，Sills *et al*.1991）．

十勝農試は，千葉（1982）の試験以後も本病に対する抵抗性遺伝資源の探索を精力的に継続したが，省力化のため検定法について改良を加え，葉部のしおれといった外見病徴を調査し，病徴が無～極軽微であった品種について維管束褐変度を調査することとした．本研究もこの方法で調査したが，早晩性の違いによる症状抑制の影響に対して若干の懸念があった．しかし本研究の結果を見ると，極晩生の抵抗性遺伝資源とその抵抗性を導入した早中生の育成品種系統の発病程度が大きく異ならなかったこと，R1 圃で全く発病していない遺伝資源が R2 圃で激しく発病していることから，発病程度に及ぼす早晩性の影響は小さいと推察でき，本調査方法によっても高い精度で抵抗性の検定ができたと考えられる．また，育成品種系統のレース 1 優占圃（R1），レース 2 優占圃（R2）での発病程度は，幼苗接種検定で調査した両レースに対する反応性と良く一致した．レースに対する反応性を確定するには，純化した菌株を用いて接種検定を行う必要がある．しかし，幼苗接種に用いた菌株が R1 圃，R2 圃から分離したものであることからも，圃場における試験結果で各品種のレース 1，レース 2 に対する抵抗性を概ね推定できると考えられる．

本研究ではこれまでアズキ育種の中で落葉病抵抗性の交配母本として用いた 6 系統の遺伝資源について，これらを抵抗性起源に持つ育成品種系統と両圃場における発病程度を比較した．その結果，育成品種系統とその抵抗性母本で各レースに対する反応は概ね同様であったが，R2 圃での「黒小豆（岡山）」に対する「しゅまり」，両圃場での「赤豆」に対する「ハツネショウズ」および「アケノワセ」は，それぞれの抵抗性母本より発病程度が明らかに高かった．

「しゅまり」の落葉病抵抗性は，父親の「十系 486 号」（組合せ「エリモショウズ／黒小豆（岡山）」）から導入したが（藤田ら 2002），「十系 486 号」の落葉病抵抗性はレース 1 が優占していた頃の R2 圃で選抜が行われた．千葉ら（1987）は，「黒小豆（岡山）」の落葉病抵抗性について 1 対の優性遺伝子の支配が大きいとしたが，R2 圃造成直後の試験であることから，この結果はレー

表2-3-4　「ハツネショウズ」の姉妹系統のF_5～F_6世代におけるアズキ落葉病発病個体率

品種系統名	発病個体率（%）		
	1980年(F_5)	1981年(F_6)	平均
十系275号	8	16	12.0
十系276号	23	21	22.0
十系277号	5	13	9.0
十系278号	3	0	1.5
十系279号	4	0	2.0
十系280号	27	9	18.0
十系281号	100	100	100.0
十系282号	100	100	100.0
ﾊﾔﾃｼｮｳｽﾞ(母親)	98	100	99.0
赤豆（父親）	－	0	－

注）1.「十系275号」：後の「ハツネショウズ」
2.「十系276号」：「アケノワセ」の母親
3. 発病個体率：外見的症状が認められた個体を発病個体とした.
1区2.4㎡，2反復平均

ス1抵抗性の遺伝様式であると考えられる.「しゅまり」のレース1抵抗性は「黒小豆（岡山）」並みに強く，レース1抵抗性遺伝子が「黒小豆（岡山）」から「十系486号」を経て「しゅまり」に導入されたことが分かる．その一方で,レース2抵抗性は別の遺伝子が支配しており，「十系486号」の育成時にR2圃でレース2による被害がほとんど無かったことから，レース2抵抗性遺伝子を選抜出来なかったと推察される.

一方,「ハツネショウズ」と「アケノワセ」の抵抗性母本である「赤豆」の落葉病抵抗性についても，千葉ら（1987）は1対の優性遺伝子の支配が大きいと推察した．しかし,「ハツネショウズ」とその姉妹系統（組合せ「ハヤテショウズ／赤豆」）のF_5世代およびF_6世代における,落葉病抵抗性検定試験での発病個体率を比較すると，2カ年平均で1.5％～100％と系統間で大きな差が認められている（表2-3-4）．この中で，後に「ハツネショウズ」となった「十系275号」および「アケノワセ」の抵抗性親である「十系276号」の発病個体率は各々12.0，22.0％であったが，その一方で，1.5～2.0％以下と「赤豆」とほぼ同程度の抵抗性を示した系統も認められていた．このことから,「赤豆」の抵抗性には千葉ら（1987）が示した1対の優性遺伝子以外に，別の遺伝子も関与している可能性が考えられ,「ハツネショウズ」および「アケノワセ」の抵抗性親「十系276号」は，育成の過程で抵抗性に関わる「赤豆」の遺伝的特性の一部を導入出来なかったと考えられる.

今回の研究では，過去にアズキ落葉病抵抗性強と評価した遺伝資源を中心とした101系統について，R1圃，R2圃に供試して両レースに対する抵抗性を確認した．十勝農試では3,000系統以上の国内外のアズキ遺伝資源を保存しているが，このうち1,056系統についてアズキ落葉病抵抗性検定試験を実施し，抵抗性として67系統を選出した（藤田 2003a）．新レース出現に伴い，アズキ落葉病抵抗性育種を今後どのように進めていくかを検討するため，これまで選出した遺伝資源の両レースに対する抵抗性を確認する必要があった.試験の結果,発病程度0～0.5であった遺伝資源は，R1圃では66系統と多かったが，R2圃では7系統と少なかった．このことから，これまで行ってきた抵抗性検定は，レース1抵抗性は高い精度で検定できたが，レース2抵抗性については的確に検定出来なかったことが分かる．落葉病抵抗性の検定試験は，主にR2圃および落葉病が多発する鹿追町の農家圃で行ってきたが，先述の通りR2圃では1986年頃まではレース1が優占しており，また鹿追町の農家圃でもレース1が優占していたと推定され，このためレース2抵抗性の検定が出来なかったと考えられる.

一方，R2圃に供試したアズキ遺伝資源236系統のうち，強い抵抗性を示したのは7系統（3.0％）と少なかったが,この7系統はすべてR1圃でも抵抗性を示した．R1圃で強い抵抗性を示した66系統に限ると，R2圃で抵抗性を示した遺伝資源は10.6％であり，レース1抵抗性を選抜したことによって，レース2抵抗性の頻度が高くなった．この要因は明らかではないが，選出されたレース2抵抗性アズキ遺伝資源の両レースに対する抵抗性の遺伝子座が同一である可能性も含めて，今後，検討する必要がある.

本研究の結果，アズキ落葉病レース2抵抗性の新たな遺伝資源として，アズキ「Acc259」（愛媛県在来種，十勝農試品種品種），ヤブツルアズキ「Acc2515」（石川県自生，大阪府立大学大学院から導入，導入時系統名「Azn/88-J-07」）が有望であった．千葉（1985）は，アズキ落葉病の感染から発病に至る経過について抵抗性品種と罹病性品種を用いて経時的に調査し，抵抗性品種と罹病性品種の間には，感染時期に差は無いが感染してからの維管束褐変の進展速度に差があることを認め，これにより抵抗性の差が生じることを示した．このような抵抗性の機作であるため，千葉は免疫的な抵抗性遺伝資源の存在に否定的であったが，今回の圃場試験でも維管束の褐変が全く認められない，すなわち全く感染しない遺伝資源は見出せなかった．しかし，本研究で選出したアズキ「Acc259」とヤブツルアズキ「Acc2515」は，幼苗接種による検定でレース2および1に対して抵抗性を示

し，さらに R2 圃における維管束褐変度は「赤豆」より低かったことから，これまでの抵抗性遺伝資源より高度な落葉病抵抗性を持つ可能性がある．

第4節　アズキ落葉病菌の各レースに対する抵抗性の遺伝様式の検討

新たに見出したレース 2 抵抗性遺伝資源アズキ「Acc259」およびヤブツルアズキ「Acc2515」について，罹病性品種と交配した F_1 世代および F_2 世代の個体を用いて，レース 2 抵抗性の遺伝様式について検討するとともに，これまで育成してきた品種系統のレース 1 抵抗性の遺伝様式も検討した．

材料および方法

レース 2 抵抗性の遺伝様式の検討には，供試材料として Acc259 ／斑小粒系-1 の F_1 5 個体と F_2 48 個体および Acc2515 ／斑小粒系-1 の F_1 5 個体と F_2 53 個体，さらに両親であるアズキ「Acc259」 5 個体，ヤブツルアズキ「Acc2515」 8 個体，「斑小粒系-1」 6 個体を用いた．レース 1 抵抗性の遺伝様式の検討には，供試材料として十育 123 号／斑小粒系-1 の F_1 10 個体と F_2 69 個体，きたのおとめ／斑小粒系-1 の F_1 10 個体と F_2 58 個体，しゅまり／斑小粒系-1 の F_1 10 個体と F_2 61 個体を用い，さらにこれらの組合せの親である「十育 123号」9 個体，「きたのおとめ」10 個体，「しゅまり」11 個体，「斑小粒系-1」6 個体を用いた．「十育 123 号」，「きたのおとめ」および「しゅまり」はいずれも落葉病レース 1 抵抗性であり，抵抗性母本は各々「小長品-10」，「円葉（刈 63 号）」および「黒小豆（岡山）」である．父親の「斑小粒系-1」（北海道在来種，十勝農試品種保存）は，落葉病菌の両レースに罹病性，茎色が紫褐であり，子実は地色が赤であり斑紋を有する．Acc2515 ／斑小粒系-1 の組合せは子実の地色により，その他の組合せは茎色と子実の斑紋の有無で F_1 世代で交配の成否が確認出来ることから，父親に選定した．

供試菌株は，レース 2 が T96-5 菌株，レース 1 が T96-1 菌株とした．接種源の準備，接種方法は「第 2 章 第 1 節 材料および方法（2）」と同様とし，接種後，園芸用育苗土とバーミキュライトを約 1：1 に混合した用土を充填した径 15cm ポットに，約 6 個体／ポット定植し，約 45 日後に各個体の発病程度を次の基準で調査した．0：無病，1：病徴なし・維管束褐変あり，2：病徴（葉部しおれ）あり，または主茎第1節より上部に著しい維管束褐変あり，3：枯死．

交配，材料の養成は十勝農試で行い，接種検定はレース 2 抵抗性について 1997 年に，レース 1 抵抗性について 2000 年に北海道大学農学部温室で実施した．

結　　果

Acc259 ／斑小粒系-1 と Acc2515 ／斑小粒系-1 における，F_1 と F_2 世代およびその両親のレース 2 に対する発病程度別個体数を表 2-4-1 に示す．母親であるアズキ「Acc259」とヤブツルアズキ「Acc2515」は，全個体が

表2-4-1　幼苗接種検定によるアズキ落葉病レース2抵抗性の遺伝様式の検討

組合せ または 品種名	世代	供試 個体数	観測値 発病程度別個体数 0(R)	1(S)	2(S)	3(S)	合計 R	S	単純優性遺伝モデルへの適合性 期待値 R	S	χ2値	P
Acc259(P1)		5	5	0	0	0	5	0	5	0	-	-
Acc2515(P2)		8	8	0	0	0	8	0	8	0	-	-
斑小粒系-1(P3)		6	0	0	0	6	0	6	0	6	-	-
Acc259/斑小粒系-1	F_1	5	5	0	0	0	5	0	5	0	-	-
(P1/P3)	F_2	48	33	3	11	1	33	15	36	12	1.00	0.32
Acc2515/斑小粒系-1	F_1	5	5	0	0	0	5	0	5	0	-	-
(P2/P3)	F_2	53	39	1	13	0	39	14	40	13	0.10	0.75

注）1. 発病程度
0：無病，1：病徴なし・維管束褐変あり，2：病徴（葉部しおれ）あり，または主茎第1節より上部に著しい維管束褐変あり，3：枯死．
2. R：抵抗性，S：罹病性
3. 供試菌株　T96-5（レース2）

発病程度 0 であり，父親の「斑小粒系-1」は全個体が発病程度 3 であった．両組合せとも F_1 世代ではすべての個体が発病程度 0 であり，F_2 世代では発病程度に個体間差が認められ，発病程度 0 を抵抗性，発病程度 1 ～ 3 を罹病性とした場合の分離比は 3：1 に適合した．

一方，十育 123 号／斑小粒系-1，きたのおとめ／斑小粒系-1 およびしゅまり／斑小粒系-1 における，F_1 と F_2 世代およびその両親のレース 1 に対する発病程度別個体数を表 2-4-2 に示す．母親である「十育 123 号」，「きたのおとめ」および「しゅまり」は，全個体が発病程度 0 であり，花粉親の「斑小粒系-1」は全個体が発病程度 3 であった．両組合せとも F_1 世代ではすべての個体が発病程度 0 であり，F_2 世代では発病程度に個体間差が認められ，発病程度 0 を抵抗性，発病程度 1 ～ 3 を罹病性とした場合の分離比は 3：1 に適合した．

各組合せの F_2 世代における発病程度別の個体頻度は概ね同様の傾向を示したが，罹病性と判断した発病程度 1 ～ 3 の個体頻度に注目すると，罹病性親である「斑小粒系-1」が全個体とも発病程度 3 であったのに対して，いずれの組合せも発病程度 2 の個体が最も多く，「斑小粒系-1」より発病が軽微であった．

考　　察

アズキ落葉病抵抗性の遺伝様式について，千葉ら（1987）は抵抗性が優性である 1 対の遺伝子の影響が大きいと報告している．先述の通り，この結果はレース 1 に対する抵抗性の遺伝様式と考えられるが，本試験では各々抵抗性母本が異なる十育 123 号／斑小粒系-1，きたのおとめ／斑小粒系-1 およびしゅまり／斑小粒系-1 の組合せの F_1 および F_2 世代に，実際にレース 1 を接種してそれを確認しようとした．その結果，いずれの組合せも F_1 個体はすべて抵抗性を示し，F_2 個体の抵抗性と罹病性の分離比が概ね 3：1 に適合した．最近になり，DNA 多型の解析から，これら母親のレース 1 に対する抵抗性遺伝子座が同一である可能性が高いことが報告されたことから（鈴木ら 2005，吉井ら 2005），これらの抵抗性遺伝子座は同一で，抵抗性が 1 対の優性遺伝子の支配を受けていると推察される．

一方，レース 2 抵抗性の遺伝様式については，今回が初めての報告であり，「Acc259」と「Acc2515」のレース 2 抵抗性はそれぞれ 1 対の優性遺伝子の支配を受けていると考えられた．ただし，両系統の抵抗性遺伝子座の異同については，本研究からは明らかではない．また，F_2 世代で罹病性と判断した個体の分布は，罹病性親である「斑小粒系-1」は全個体が発病程度 3 と激しく罹病した一方で，Acc259 ／斑小粒系-1 および Acc2515 ／斑小粒系-1 の組合せの F_2 世代では，発病程度 3 の個体が少なく発病程度 2 の個体が多かった．この現象は，レース 1 抵抗性の遺伝解析に用いた 3 つの組合せでも同様であった．この原因について考察すると，F_2 世代では晩生個体が多く分離したが，このため病勢がやや抑えられた可能性がある．その一方で，落葉病抵抗性に対して主動的に作用する 1 対の優性遺伝子の他に，作用力が小さい他

表2-4-2　幼苗接種検定によるアズキ落葉病レース1抵抗性の遺伝様式の検討

組合せ または 品種系統名	供試 世代	個体数	観測値 発病程度別個体数 0(R)	1(S)	2(S)	3(S)	合計 R	S	単純優性遺伝モデルへの適合性 期待値 R	S	χ2値	P
十育123号(P1)		9	9	0	0	0	9	0	9	0	-	-
きたのおとめ(P2)		10	10	0	0	0	10	0	10	0	-	-
しゅまり(P3)		11	11	0	0	0	11	0	11	0	-	-
斑小粒系-1(P4)		6	0	0	0	6	0	6	6	0	-	-
十育123号/斑小粒系-1	F_1	10	10	0	0	0	10	0	10	0	-	-
(P1/P4)	F_2	69	50	1	12	6	50	19	52	17	0.31	0.58
きたのおとめ/斑小粒系-1	F_1	10	10	0	0	0	10	0	10	0	-	-
(P2/P4)	F_2	58	46	1	8	3	46	12	44	14	0.38	0.54
しゅまり/斑小粒系-1	F_1	10	10	0	0	0	10	0	10	0	-	-
(P3/P4)	F_2	61	46	2	7	6	46	15	46	15	0.00	1.00

注）1．発病程度
　　0：無病，1：病徴なし・維管束褐変あり，2：病徴（葉部しおれ）あり，または主茎第1節より上部に著しい維管束褐変あり，3：枯死．
　2．R：抵抗性，S：罹病性
　3．供試菌株　T96-1（レース1）

の遺伝子が関与している可能性も考えられる．本研究では，F_3 世代における後代検定まで実施していないためこれ以上の解析は困難であり，今後，「Acc259」と「Acc2515」のレース 2 抵抗性遺伝子座の異同性も含め，さらに検討する必要があろう．

第5節　アズキ落葉病レース2抵抗性系統の育成

「しゅまり」(戻し交配に利用した時は「十育 140 号」の系統名で試験，2000 年育成品種，本節では「しゅまり」の表記で統一）を反復親とし，落葉病レース 2 抵抗性遺伝資源であるアズキ「Acc259」あるいはヤブツルアズキ「Acc2515」を 1 回親として戻し交雑を行い，落葉病レース 2 抵抗性を持つ優良系統の早期育成を試みた．

材料および方法

(1) 戻し交雑に用いた交配母本の主な特性

交配母本の特性を表 2-5-1 に示す．反復親の「しゅまり」は十勝農試育成品種であり，北海道の主要レースである落葉病レース 1 および茎疫病レース 3 に抵抗性を持ち，種皮色は加工面で有利とされる淡赤である（藤田ら 2002）．一方，1 回親のアズキ「Acc259」は愛媛県の在来種であり，短日感光性が強いため北海道では極晩生となり栽培は不可能であり，種皮色が濃赤であるなど農業形質が著しく劣る．ヤブツルアズキ「Acc2515」は石川県に自生していたアズキ近縁野生種で，蔓性，極晩生であり，裂莢性を有する．さらに，子実は極小で種皮色が灰白斑とアズキとは形態的に大きく異なる．両系統とも落葉病菌の両レースに抵抗性であり，また茎疫病菌のレースに対する抵抗性は，「Acc2515」については十勝農試での幼苗接種検定からレース3に対して罹病性であることが明らかであるが，「Acc259」については不明である．本研究では，戻し交雑法により，「しゅまり」の成熟期，収量性，品質および耐病性を維持した落葉病レース 2 抵抗性系統の早期育成を試みた．

(2) 育成経過

育成経過の概略を表 2-5-2 に示した．

交配（1996年夏季）：温室でしゅまり／ Acc259 を 13 花，しゅまり／ Acc2515 を 30 花交配した．「Acc259」と「Acc2515」は極晩生であるため，短日処理を行い開花期を調整した．両組合せとも 13 莢が結莢し，各々 76 粒，47 粒（F_1 種子）を得た．

F_1／しゅまり（1997年）：1 月上旬にしゅまり／ Acc259 の F_1 種子 10 粒を温室に播種し，3 月中旬～下旬に 30 花を交配し，このうち 11 莢が結莢して 28 粒（B_1F_1 種子）を得た．また，6 月上旬にしゅまり／ Acc2515 の F_1 種子 10 粒を温室に播種し，7 月下旬～ 8 月上旬に 50 花を交配し，このうち 34 莢が結莢し 137 粒（B_1F_1 種子）を得た．両組合せの F_1 個体は，短日処理を行い開花期を調整した．「Acc2515」を用いた組合せでは，花粉の状態が良好であった F_1 個体を父親とし，「しゅまり」を母親とした．

B_1F_1 世代個体選抜（1997年～1998年冬季）：落葉病レース 2 抵抗性について，本世代から罹病性個体が分離してくると考えられたため，幼苗接種により抵抗性個体を選抜した．12 月上旬に温室で，バーミキュライトを床土にしてしゅまり／ Acc259 の B_1F_1 種子 14 粒，しゅまり／ Acc2515 の B_1F_1 種子 19 粒を播種し，第 1 本葉展開期頃の個体に T96-5 菌株（レース 2）を浸根接種した．その後，ロックウールを充填した 1/5000a ワグネルポットに約 3 個体づつ移植し，液耕栽培（大塚化学株式会社製 大塚ハウス 1 号，大塚ハウス 2 号を水道水 100L 当たり各々 150g，100g 溶解した液肥を 2 ～ 3 日に 1 回掛け流し）で養成した．移植後は長日処理を行い生育を促

表2-5-1　アズキ落葉病レース2抵抗性品種育成のため戻し交雑に用いた両親の主な特性

品種名	由　来	成熟期	茎色	種皮色	子実の大きさ	耐病性 落葉病 レース1	耐病性 落葉病 レース2	耐病性 茎疫病 レース1	耐病性 茎疫病 レース3	その他
しゅまり(反復親)	十勝農試育成アズキ品種	中の早	緑	淡赤	中	R	S	R	R	良質
Acc259(1回親)	アズキ，愛媛県在来	極晩	緑	濃赤	中	R	R	―	―	
Acc2515(1回親)	ヤブツルアズキ，石川県自生	極晩	紫褐	灰白斑	極小	R	R	―	S	蔓性，裂莢性

注）1. 耐病性　R：抵抗性，S：罹病性，－：未検定
　　2. 「Acc2515」：大阪府立大学大学院から分譲（導入時系統名「Azn/88-J-07」）

表2-5-2　アズキ落葉病レース2抵抗性導入のための戻し交雑の経過

年　次	各世代の供試，選抜数				各世代における選抜，特性検定の経過(試験圃場等)
	Acc259の組合せ (9930)		Acc2515の組合せ (9931)		落葉病レース2 抵抗性 (R2圃または接種検定)　成熟期，収量，品質等 (無病圃)　落葉病レース1 抵抗性 (R1圃または接種検定)　茎疫病 抵抗性 (耐湿性検定圃)
	供試数	選抜数	供試数	選抜数	
1996年(夏季)	(13花)	76粒	(30花)	47粒	しゅまり／抵抗性母本
1997年(春・夏季)	10個体	28粒	10個体	137粒	F1／しゅまり　※温室で養成
1997～1998年 (冬季)	14個体	5個体 (37粒)	19個体	1個体 (24粒)	B1F1 生育不良のため交配中止 個体選抜
1998年(夏季)	37個体	8個体 (80粒)	24個体	8個体 (30粒)	B1F2 ／しゅまり 交配後個体選抜　※レース2抵抗性，熟性，品質により個体選抜。
1999年(春季)	30個体	10個体 (66粒)	25個体	7個体 (57粒)	(B1F2)B1F1／しゅまり 交配後個体選抜
1999年(夏季)	50個体	14個体 (850粒)	50個体	17個体 (700粒)	(B1F2)B2F1 個体選抜　※選抜個体の種子を分割
2000年(夏季)	227個体 (14系統)	15個体 (4系統)	290個体 (17系統)	56個体 (13系統)	(B1F2)B2F2 個体選抜　(系統検定)　(系統検定)
2001年(夏季)	15系統	4系統 24個体	56系統	3系統 17個体	(B1F2)B2F3 系統選抜　系統検定　系統検定　系統検定
2002年(夏季)	4系統群 24系統	1系統 5個体	3系統群 17系統	1系統 mass	(B1F2)B2F4 系統選抜　系統検定 (幼苗接種)　予備選抜試験　系統検定 (幼苗接種)　基本系統検定
※供試系統名 下線は選抜系統	9930-3, 9930-4, 9930-6, 9930-14		9931-15, 9931-55	9931-32	
2003年(夏季)	1系統群 5系統	1系統 mass	—	—	(B1F2)B2F5 系統選抜　生産力検定 予備試験　基本系統検定　基本系統検定
※供試系統名	十系 882 号				

注）選抜，検定の経過の実線は選抜種子の流れを示し，点線は選抜種子以外の系統派生種子の流れを示す．最終選抜数はレース2抵抗性の系統のみを記述．

したが，B_1F_1 個体の生育は停滞し，主茎長が短く開花数も少なかった．このため本世代では交配を中止し，レース2抵抗性，成熟期，品質等で個体選抜を行い自殖で世代を進めることにした．（しゅまり／ Acc259）B_1F_1 については外見無病の8個体を収穫し，品質が良好な5個体を選抜し37粒（B_1F_2 種子）を得た．（しゅまり／ Acc2515）B_1F_1 は抵抗性個体が少なく，また蔓性個体や生育不良個体も多かったため，外見無病で赤色種皮の1個体のみ収穫して24粒（B_1F_2 種子）を得た．

B_1F_2／しゅまり（1998年夏季）：（しゅまり／ Acc259）B_1F_2 種子について，5月下旬にR2圃（レース2優占圃）に37粒播種した．7月下旬に極晩生個体を淘汰し，残った13個体すべてが結莢するよう190花を交配し，9月下旬に外見無病の8個体に結莢した20莢から80粒の $(B_1F_2)B_1F$ 種子を得た．また，6月中旬に（しゅまり／ Acc2515）B_1F_2 種子を温室内に24粒を播種し，レース2菌株を浸根接種した後，液耕栽培で養成し，極晩生あるいは蔓性の個体を除く21個体に105花交配した．全体に発病軽微であったため主茎を切断して維管束の褐変程度を調査し，褐変が無～軽微であった8個体に結莢した10莢から30粒の（$B_1F_2)B_1F$ 種子を得た．

（$B_1F_2)B_1F$ ／しゅまり（1999年春季）：（しゅまり／ Acc259）（$B_1F_2)B_1F$ 種子30粒および（しゅまり／ Acc259）（$B_1F_2)B_1F$ 種子25粒を3月中旬に播種し，レース2菌株を浸根接種した後，ファイトトロン内で液耕栽培にて養成した．4月末～5月中旬に全個体に1莢以上結莢するよう，それぞれ35花あるいは38花交配した．6月上旬に外見発病が無～微であったしゅまり／ Acc259の10個体，しゅまり／ Acc2515の7個体を選抜し，それに結莢した交配莢から各々66粒，57粒の（$B_1F_2)B_1F$ 種子を得た．

以下，しゅまり／ Acc259，しゅまり／ Acc2515の組合せを交配番号で示し，各々9930，9931とする．

（$B_1F_2)B_1F$ 個体選抜（1999年夏季）：6月16日に各組合せ50粒をR2圃に播種した．晩播となったため，播種後約2週間，不織布を被覆して出芽，初期生育を促進した．開花期頃に晩生個体を抜き取り淘汰し，10月5日に残った各個体について維管束褐変程度（0：無～5：甚）を調査した．9930（$B_1F_2)B_1F$ については褐変程度0～0.5の14個体から850粒の（$B_1F_2)B_1F$ 種子を選抜した．9931（$B_1F_2)B_1F$ は褐変程度0～0.5の個体を（Ⅰ），褐変程度2以上の個体を（Ⅱ）と区別して合計で17個体から700粒の（$B_1F_2)B_1F$ 種子を選抜した．

（$B_1F_2)B_1F$ 個体選抜（2000年夏季）：前年選抜した個体別に，5月26日にR2圃に播種した．9930（$B_1F_2)B_1F$ 種子について227個体（14系統），9931（$B_1F_2)B_1F$ 種子について（Ⅰ）が177個体(10系統)，（Ⅱ）は113個体（7系統）を供試した．さらに，前年選抜個体の余剰種子を無病圃とR1圃（レース1優占圃）に系統栽植して，成熟期，収量，品質および落葉病レース1抵抗性を調査した．成熟期，収量，品質等の特性が「しゅまり」に近く，R2圃，R1圃とも落葉病の発生が無～軽微であった9930（$B_1F_2)B_2F$ の4系統，9931（$B_1F_2)B_2F$ -Ⅱの10系統，9931（$B_1F_2)B_2F$ -Ⅱの3系統を選抜し，これらの系統の中からR2圃で維管束褐変程度が軽微であった個体を選抜した．選抜個体数は，各々，15個体，43個体，13個体であった．

（$B_1F_2)B_3F$ 系統選抜（2001年夏季）：前年の選抜個体の種子を分割してR2圃，R1圃および無病圃に系統栽植するとともに，十勝農試内の耐湿性検定圃に栽植して茎疫病抵抗性の検定を行った．R1圃とR2圃における各系統の落葉病発病度について，「第2章 第1節 材料および方法（1）」と同様に調査した．耐湿性検定圃では圃場全面に茎疫病罹病茎葉を散布し，開花始後約10日間断続的に湛水処理を行い発病を助長し，「第3章 第2節 材料および方法（2）」と同様に各系統の茎疫病発病度を調査した．これらの試験から，R1圃，R2圃で落葉病の発生が少なく，成熟期，子実重および品質が「しゅまり」に近い9930（$B_1F_2)B_3F$ の4系統，9931（$B_1F_2)B_3F$ -Ⅰの2系統，9931（$B_1F_2)B_3F$ -Ⅱの1系統の計7系統を選抜した．選抜した7系統中，5系統は「しゅまり」並みに茎疫病抵抗性が強く，ほかの2系統も罹病性の「エリモショウズ」より強い抵抗性を示した．次世代の基本系統とするため，R2圃で維管束褐変程度が無～軽微であった個体を各系統から選抜した．

（$B_1F_2)B_4F$ 世代系統選抜（2002年夏季）：基本系統である7系統群41系統について，R2圃と耐湿性検定圃に供試した．また，系統群内の余剰種子を用いて，無病圃およびR2圃で小規模生産力検定試験を実施するとともに，幼苗接種検定で落葉病菌のレース1および2に対する反応性を調査した．小規模生産力検定試験は，両圃場とも乱塊法2反復で実施し，栽植密度は8.3株/㎡で1株2本立に揃えた．1区面積は無病圃が3.0㎡，R2圃は2.4㎡とした．播種期は無病圃が5月24日，R2圃が5月31日であった．R2圃における落葉病の発病調査は，「第2章 第1節 材料および方法（1）」の指数に準じて，区全体の発病程度を0～4の指数で評価した．幼苗接種検定は北海道大学農学部温室で行い，各系統，菌株について1区制，各6～13個体を供試した．接種にはT96-1菌株（レース1），T96-3菌株（レース2）を用い，

接種源の準備，接種方法および抵抗性の判定は「第2章 第1節 材料および方法（2）」と同様とした．

結　　果

(1) $(B_1F_2)B_2F_1$ 世代以降のアズキ落葉病レース2抵抗性個体の出現頻度

図 2-5-1 に $(B_1F_2)B_2F_1$ 世代（1999 年）および $(B_1F_2)B_2F_2$ 世代（2000 年）における，R2 圃での維管束褐変程度別の個体頻度を示した．1999 年に比較として供試した「しゅまり」は，全個体が褐変程度 3 以上であり，平均では 3.7±0.8（n=21）であった．また，「Acc259」の褐変程度は 0 ～ 1 の範囲に分布し，平均は 0.2±0.4（n=13）であった．各集団の維管束褐変程度は 0 から 4 ～ 5 に分布したが，9931$(B_1F_2)B_2F_1$ は褐変程度 2 を逆最頻度として 2 群に分かれて分布した．9930$(B_1F_2)B_2F_1$ は，褐変程度 4 ～ 5 の個体が最も多く，残りの個体は褐変程度 0 ～ 3 にほぼ一様に分布した．

2000 年の試験では，比較の「しゅまり」でほとんどの個体が褐変程度 4 ～ 5 に属し，平均は 4.3±0.6（n=33）であった．「Acc259」は褐変程度 0 ～ 3 とやや広い範囲に分布し，平均は 1.4±1.0（n=16）であり，「Acc2515」は，褐変程度 1 と，4 ～ 5 の 2 階級にピークを持つ分布となり，平均では 2.2±1.8（n=12）であった．両組合せの維管束褐変程度は 0 から 5 の範囲に広く分布したが，褐変程度 0 および 1 の個体は少なく，4 ～ 5 の個体が 60

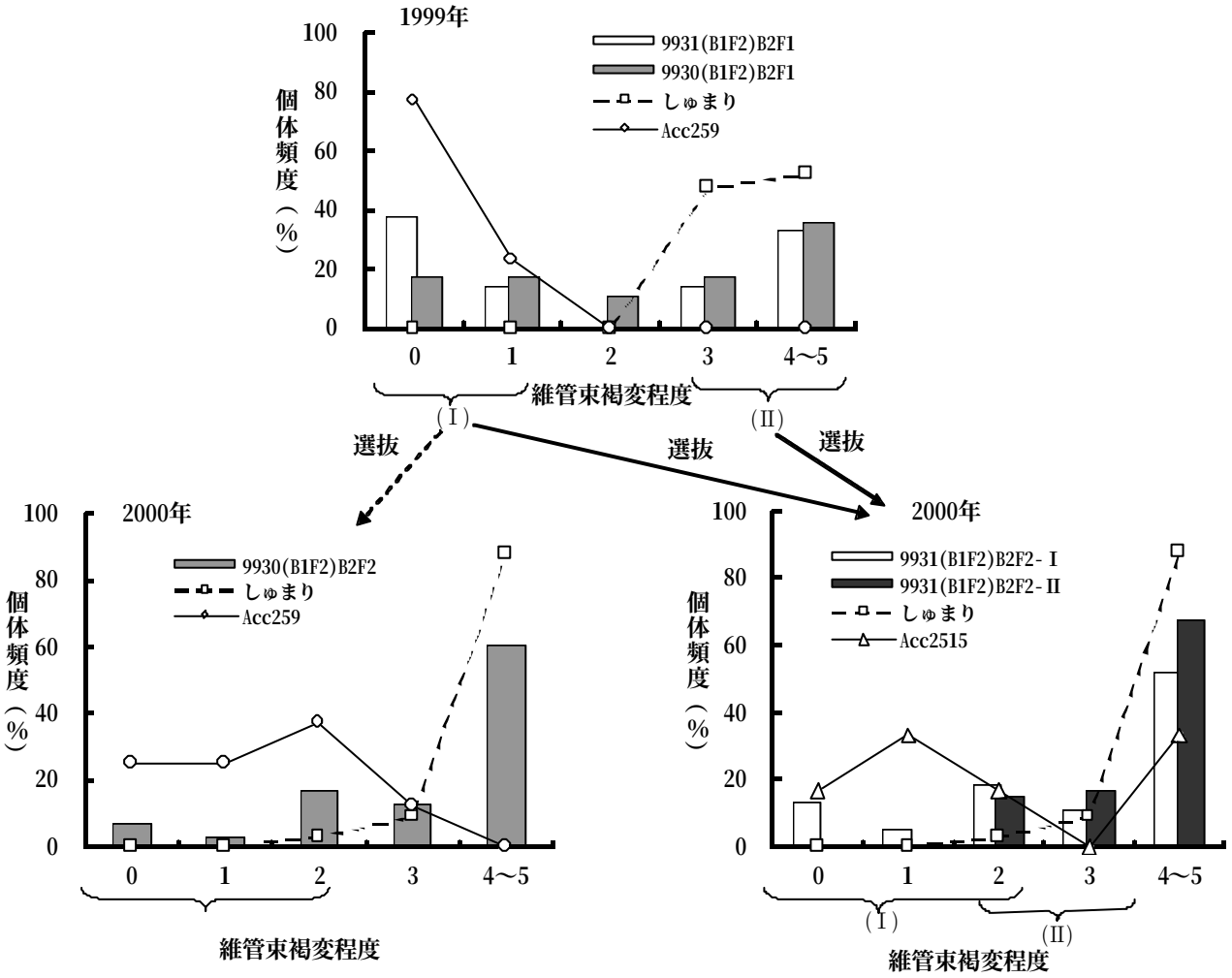

図2-5-1　$(B_1F_2)B_2F_1$世代および $(B_1F_2)B_2F_2$世代における
アズキ落葉病レース2優占圃での維管束褐変程度別個体頻度

注）1. 上段：$(B_1F_2)B_2F_1$世代，下段：$(B_1F_2)B_2F_2$世代
2. 9930：しゅまり/Acc259，9931：しゅまり/Acc2515
3. 横軸の下括弧は，選抜した個体が含まれる維管束褐変程度の範囲を示す．
4. 9931 のⅠおよびⅡは，$(B_1F_2)B_2F_1$世代での維管束褐変程度による集団区別

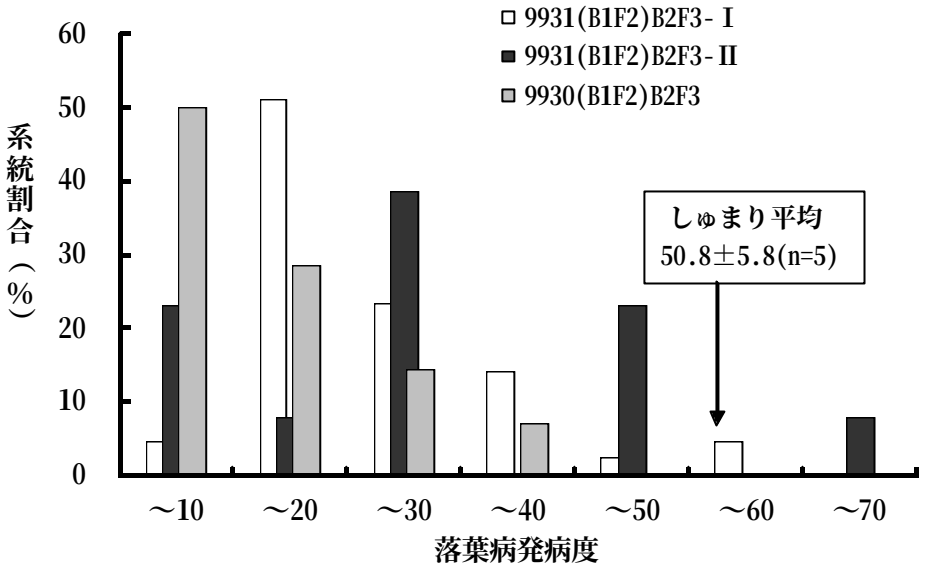

図2-5-2　$(B_1F_2)B_2F_3$世代におけるアズキ落葉病レース2優占圃（R2）での
アズキ落葉病発病度別の系統割合（2001年）

注）1. 出芽不良となった1系統を除き，両組合せ合計70系統による．
2. 「しゅまり」平均は，平均値±標準偏差
3. 9930：しゅまり/Acc259，9931：しゅまり/Acc2515
4. 落葉病発病度　0：全個体無病～100：全個体枯死

%前後と最も多かった．9931$(B_1F_2)B_3F$について，前年の維管束褐変程度で区別した集団間で褐変程度別の個体頻度を比較すると，褐変程度2以上では大きな差が認められないものの，前世代で褐変程度が大きかった集団（Ⅱ）では褐変程度1以下の個体はほとんど認められなかった．

$(B_1F_2)B_3F$世代（2001年）におけるR2圃での各系統の落葉病発病度について，図2-5-2に頻度分布を示した．比較のため供試した「しゅまり」の発病度は50.8±5.8（n=5）であったが，ほとんどの系統は「しゅまり」より発病度が低く，明らかな選抜効果が認められた．9931$(B_1F_2)B_3F$-Ⅰと9930$(B_1F_2)B_3F$は，各々10.1～20.0，0.0～10.0の階級をモードとする連続的な分布を示し，40.1以上の発病度を示す系統は少なかった．9931$(B_1F_2)B_3F$-Ⅱは0.0～10.0の階級から「しゅまり」を超える階級まで広く分布し，20.1～30.0にモードがあった．発病度10以下の頻度に注目すると，9930$(B_1F_2)B_3F$が最も多く約50%の系統がこの階級に属し，次いで9931$(B_1F_2)B_3F$-Ⅱであり，9931$(B_1F_2)B_3F$-Ⅰの系統は僅少であった．

（2）育成した系統の特性

表2-5-3に$(B_1F_2)B_3F$世代における7つの育成系統について，幼苗接種検定におけるDSIおよび外見発病個体率を示す．レース2に対して，抵抗性母本「Acc2515」はDSIが0.0であり，「Acc259」はDSIが0.5であったが外見発病個体は観察されなかった．罹病性である「しゅまり」，「きたのおとめ」および「エリモショウズ」では，DSIが2.0～2.3，発病個体率は75～82%であった．レース2に対して中間的抵抗性（I）を持つとされる「ハツネショウズ」と「十育132号」では，各々，DSIが1.3および0.8であり外見発病個体率は42%および31%と前述の罹病性品種より発病が少なかった．

育成系統のレース2に対する反応性は，「Acc259」を抵抗性母本に持つ「9930-3」と「9930-4」は，DSIが各々0.3，0.0と母本より低く，外見発病個体も認められなかったことから抵抗性（R）と判定した．「Acc2515」を抵抗性母本に持つ「9931-55」は，外見発病個体が1個体認められたが，DSIは0.4であり抵抗性（R）と判定した．これら3系統は前年のR2圃における落葉病発病度が0.0～3.3と他の品種系統と比べて低かった．一方，そのほかの4系統は，DSIが1.2～1.8であり罹病性（S）と判定された．しかし，「エリモショウズ」，「きたのおとめ」および「しゅまり」と比べるとDSI，外見発病個体率とも低く，さらに前年のR2圃における発病度も低かった．一方，レース1に対しては7系統すべてが抵抗性（R）を示した．

表2-5-3　$(B_1F_2)B_2F_4$世代における育成系統のアズキ落葉病菌レースに対する反応性

品種・系統名	来歴または抵抗性母本	レース2(T96-3) 調査個体数	DSI	外見 発病個体率(%)	判定	レース1(T96-1) 調査個体数	DSI	外見 発病個体率(%)	判定	前年R2圃落葉病発病度
9930-3	(しゅまり/Acc259)$(B_1F_2)B_2F_4$	12	0.3	0	R	12	0.0	0	R	2.1
9930-4	〃	12	0.0	0	R	13	0.0	0	R	0.0
9930-6	〃	13	1.5	54	S	12	0.0	0	R	15.8
9930-14	〃	12	1.8	58	S	12	0.0	0	R	8.3
9931-15	(しゅまり/Acc2515)$(B_1F_2)B_2F_4$-Ⅰ	13	1.2	38	S	13	0.0	0	R	12.5
9931-32	〃	11	1.4	45	S	11	0.0	0	R	14.6
9931-55	(しゅまり/Acc2515)$(B_1F_2)B_2F_4$-Ⅱ	12	0.4	8	R	12	0.0	0	R	3.3
（親系統）										
Acc259	愛媛県在来種	6	0.5	0	I	6	0.0	0	R	―
Acc2515	ﾔﾌﾞﾂﾙｱｽﾞｷ、石川県自生	8	0.0	0	R	7	0.0	0	R	―
しゅまり	黒小豆(岡山)	11	2.0	82	S	9	0.0	0	R	50.8
（比較）										
きたのおとめ	円葉(刈63号)	8	2.0	75	S	8	0.0	0	R	―
ハツネショウズ	赤豆	12	1.3	42	S	8	0.4	0	R	51.5
十育132号	Acc86	13	0.8	31	I	6	0.0	0	R	―
エリモショウズ	―	9	2.3	78	S	8	0.5	25	I	71.3

注）1. 温室での幼苗接種検定（浸根接種法）による.
2. 抵抗性の判定基準　DSI<0.5：抵抗性(R)，0.5=<DSI<1.0：中間的(I)，1.0=<DSI:罹病性(S)
3. 前年R2圃落葉病発病度　0：全個体無病～100：全個体枯死

R2 圃における落葉病発病程度と子実重の R2 圃／無病圃比を図 2-5-3 に示したが，両者間には r=-0.962**(n=12)と高い負の相関が認められた．レース 2 に罹病性である「エリモショウズ」と「きたのおとめ」は発病程度 4 と激しく発病し，無病圃との子実重比は各々 52 %，58 %であった.「ハツネショウズ」,「9710-17」（「Acc86」を抵抗性母本とする育成系統）および「しゅまり」は，発病程度が 2.5 であり子実重比は 61 ～ 72 %であった．これらに対して戻し交雑で育成系統は，発病程度が 1 以下であり，子実重比は 76 ～ 88 %と高かった．特に，幼苗接種検定でレース 2 に対して抵抗性を示した「9930-3」,「9930-4」および「9931-55」の子実重比は高く，各々 84 %，88 %および 86 %であった.

「9930-3」,「9930-4」および「9931-55」について，成熟期，収量，品質および茎疫病抵抗性を調査した結果を表 2-5-4 に示す．落葉病抵抗性以外の特性が，戻し交雑でどの程度早期に導入出来たかを比較するため，しゅまり／ Acc259 の単交配から育成したレース 2 抵抗性系統「十系 859 号」,「十系 860 号」の特性も合わせて示した.「9930-3」,「9930-4」および「9931-55」の 3 系統と「十系 859 号」,「十系 860 号」を比較すると，倒伏程度，子実重および種皮色において，戻し交雑育成系統が優れていた．すなわち，倒伏程度は単交配系統が 3.7 ～ 4.0 と激しく倒伏したのに対し，戻し交雑育成系統では 1.5 ～ 2.5 と「しゅまり」並みであった．子実重の「しゅまり」比は，単交配系統が 84 ～ 91 %であった一方で，戻し交雑系統では 95 ～ 106 %であり，平均では 101 %と概ね「しゅまり」並みの子実重であった．種皮色は，単交配系統が“赤”であったのに対し，戻し交雑系統はすべて“淡赤”であった．一方，耐湿性検定試験での茎疫病発病度を比較すると，系統間差が大きいものの戻し交雑育成系統の方が低く，特に「9930-3」は発病度が 4.1 であり，「しゅまり」と概ね同等であった.

考　　察

アズキの耐病性育種で利用してきた抵抗性母本は，すべて本州あるいは国外から導入した遺伝資源である．これらの遺伝資源は，北海道では極晩生になるなど耐病性以外の特性が劣る．耐病性品種の育成には，これらの母本と北海道で育成した優良系統等を交配し，その後代から耐病性を持ち，かつその他の特性も優れる個体を選抜することが必要である．落葉病や茎疫病に対する抵抗性は 1 つあるいは少数遺伝子座の影響が大きいとされ（藤田 2003a），実際の育種においても初期世代で抵抗性個体の出現頻度が高く，後代系統で抵抗性が容易に固定で

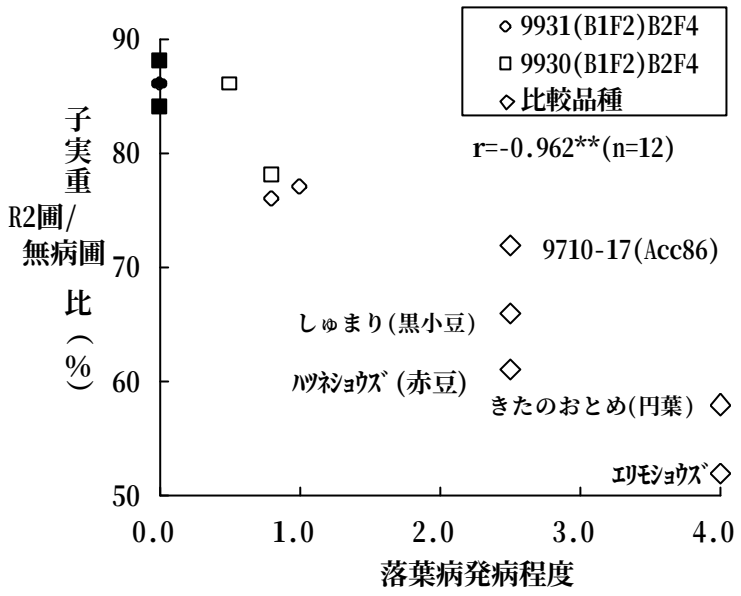

図2-5-3　$(B_1F_2)B_2F_4$世代におけるR2圃でのアズキ落葉病発病程度と子実重のR2圃／無病圃比

注）1. 両圃場とも乱塊法2反復試験．2002年実施.
2. 比較品種横の（ ）は各々アズキ落葉病抵抗性の起源となった母本を示す.
3. 黒いドットは幼苗接種検定でレース2に抵抗性を示した系統を示す.
4. 落葉病発病程度　区全体の発病を0：無～4：甚で評価

表2-5-4　アズキ落葉病レース2抵抗性の導入に成功した系統のその他の特性

	系統番号または品種名	開花期	成熟期	主茎長	倒伏程度	子実重	しゅまり比	百粒重	種皮色	落葉病レースに対する反応性		茎疫病発病度
		(月日)		(cm)		(kg/10a)	(%)	(g)		レース1	レース2	
戻し交雑育成系統	しゅまり（比較）	7/30	10/2	63	2.0	398	100	15.6	淡赤	R	S	0.6
	9930-3(十系882号)	7/30	10/5	69	2.5	402	101	16.0	淡赤	R	R	4.1
	9930-4	7/31	10/5	67	2.5	380	95	15.9	淡赤	R	R	12.5
	9931-55	7/30	10/3	60	1.0	422	106	16.4	淡赤	R	R	36.1
	3系統平均	7/31	10/6	68	2.0	401	101	15.9	淡赤	―	―	―
単交配育成系統	しゅまり（比較）	7/29	10/1	64	2.3	396	100	16.2	淡赤	R	S	0.9
	十系859号	7/30	10/8	67	4.0	333	84	16.2	赤	R	R	35.0
	十系860号	7/28	10/2	67	3.7	361	91	16.0	赤	R	R	68.5
	2系統平均	7/29	10/5	67	3.9	347	88	16.1	赤	―	―	―

注）1. 2002年十勝農試無病圃での試験成績．「9930-3」，「9930-4」および「9931-55」は1区3㎡，2反復平均．「十系859号」，「十系860号」は1区6㎡，3反復平均。比較の「しゅまり」はそれぞれの試験における成績.
2. 倒伏程度　0：無，0.5：微，1：少，2：中，3：多，4：甚
3. 茎疫病発病度　十勝農試耐湿性検定試験成績。「9930-3」，「9930-4」および「9931-55」は2001，2002年の2カ年平均．「十系859号」，「十系860号」は2002年の単年度成績．0：全個体無病～100：全個体枯死.

きた．しかし，本州等の抵抗性母本を直接交配した組合せでは，初期分離世代で早生個体の出現頻度がかなり低く，また北海道品種と遺伝的に遠縁であることから，その後代に農業形質が優れる系統は少ない．アズキ耐病性育種では，耐病性の導入，固定よりもその他の農業形質の改良に多くの時間を費やしてきた．現在，アズキ耐病性品種の中で最も普及している「きたのおとめ」は，耐病性育種開始から 18 年後に育成したものであり，それ以前に育成された「ハツネショウズ」と「アケノワセ」は耐冷性，収量性および品質が劣るため大きな普及に至

表2-5-5　$(B_1F_2)B_2F_2$世代における各組合せの各特性の平均

組合せまたは品種名	系統数	成熟期（月日）	主茎長（cm）	主茎節数（節）	百粒重（g）
しゅまり/Acc259	14	9/13±3.5	102±5.7	14.3±0.8	14.2±0.7
しゅまり/Acc2515	17	9/12±1.8	103±9.2	14.6±1.1	13.1±0.8
しゅまり	4	9/12±1.7	100±4.4	14.2±0.3	14.1±0.5

注）1. 2000年無病圃における試験成績。1区制，1区1.5㎡.
2. 平均値±標準偏差
3. 「しゅまり」は比較として設置した4区の平均

らなかった．このことは，耐病性品種であってもその他の農業特性が伴っていなければ普及しないことを示している．

本研究では，落葉病菌の新レースに対する抵抗性系統を新たに育成しようとしたが，出来るだけ早期に農業形質が優れる系統を作出するため，戻し交雑法での育成を試みた．BC_1F_1 世代以降は罹病性の個体が分離するため，レース2抵抗性について個体選抜を行った．落葉病の病徴は早くても開花期間後半から現れるが，アズキでは開花期間後半の交配は結莢率が低くなる．このため筆者は，全個体が結莢するように開花期間前半に交配を行い，成熟期後，外見の発病程度あるいは維管束の褐変程度を調査し，抵抗性個体に結莢した交配莢を収穫するようにした．戻し交配の回数については，Ishizaki *et al.*(2005)がイネ品種「コシヒカリ」を反復親に，抵抗性系統を1回親にしていもち病真性抵抗性の同質遺伝子系統を育成したが，この時の戻し交配の回数は5回であった．この結果，異なる抵抗性親を用いた系統間で稈長に有意差が認められたが，いずれも「コシヒカリ」と比較して2～4％の差であったと報告している．これと比較すると本試験の戻し交配は3回と少なかった．これは，戻し交配を行った個体の外見発病程度あるいは維管束褐変程度の変異が連続的であったので，確実に抵抗性個体を選抜するためには，遺伝的変異をある程度含んだまま自殖世代に移り，多数の個体の中から抵抗性が強い個体を選抜した方が良いと判断したことによる．

3回の戻し交配の後，レース2優占圃である R2 圃に $(B_1F_2)B_3F$ 種子を展開した．レース2抵抗性は1遺伝子座の優性遺伝子の支配が大きいと考えられ，この場合，本世代における抵抗性と罹病性の分離比は1：1になる．抵抗性と考えられる維管束褐変程度 0 ～ 1 の個体頻度は，9931$(B_1F_2)B_3F$ が 52.4 ％とこれに適合し，また 9930$(B_1F_2)B_3F$ は 1：1 には適合しないものの，出現頻度は 35.6 ％であった．しかし，維管束褐変程度 0 ～ 1 の個体を選抜し，$(B_1F_2)B_3F$ 世代で再び R2 圃に展開した結果，維管束褐変程度 0～3 を抵抗性であると仮定しても，両組合せとも抵抗性個体の出現頻度は理論比（抵抗性：罹病性=3：1）より低かった．さらに，$(B_1F_2)B_3F$ 世代において R2 圃で発病度が 0 ～ 3.3 と強い抵抗性を示したのは3系統しかなく，結果としてこの3系統だけが幼苗接種検定でレース2に抵抗性を示した．

先の幼苗接種検定による遺伝解析では，レース2抵抗性は1対の優性遺伝子の支配を受けていると推察されたが，本研究ではレース2抵抗性について選抜を繰り返したにも係わらず，抵抗性個体の出現率は低かった．その一方で，$(B_1F_2)B_3F$ 世代におけるほとんどの系統は R2 圃での発病度が「しゅまり」より低く，さらに$(B_1F_2)B_3F$ 世代で供試した4系統は，幼苗接種検定でレース2に罹病性と判定されたにも係わらず R2 圃での発病程度が「しゅまり」より明らかに低かった．このことは，少なくとも“やや強”レベルのレース2抵抗性を支配する遺伝的因子を「Acc259」や「Acc2515」が持っていて，その遺伝率が高いことを示している．さらに，しゅまり／Acc2515 の組合せから育成した唯一のレース2抵抗性系統「9931-55」が，$(B_1F_2)B_3F$ 世代で罹病性と考えられた維管束褐変程度3の個体から育成されたことも考え合わせると，「Acc259」と「Acc2515」のレース2抵抗性には，幼苗接種検定で示された1対の優性遺伝子以外にも，抵抗性に関与している遺伝子が存在している可能性が考えられ，今後さらに検討が必要と思われた．

本研究では，落葉病レース2抵抗性以外の優良形質の選抜も重要であった．戻し交配の反復親には「しゅまり」を選定した．「しゅまり」は，落葉病レース 1，茎疫病レース3および萎凋病レース3といった主要レースに対する抵抗性を同時に持ち，耐病性品種として最も優れる品種であった．また，遺伝的背景に「エリモショウズ」を持ち，成熟期が「エリモショウズ」とほぼ同じであり，収量，品質についても一定の評価を受けていた．今回の戻し交配の過程においては，「しゅまり」のこれら特性を集積するため，B_1F_1 世代といった早い世代から，熟

性, 草型, 品質などについて積極的に個体選抜を行った．また$(B_1F_2)B_3F_3$ 世代以降，これらの形質については固定度が高いと判断し，系統栽植して検定を行った．表 2-5-5 に，$(B_1F_2)B_3F_3$ 世代における 2 組合せ 31 系統および「しゅまり」の無病圃における成熟期，主茎長，主茎節数および百粒重の平均値と標準偏差を示す．子実の大きさが極小のヤブツルアズキを母本に持つ（しゅまり／ Acc2515）$(B_1F_2)B_3F_3$ では，百粒重がやや軽いが，その他の形質の系統平均値は概ね「しゅまり」と同じであった．さらに，種皮色は 31 系統中 30 系統が淡赤であり，多くの系統が本世代において「しゅまり」に近い特性を持っていた．一方，茎疫病抵抗性については，$(B_1F_2)B_3F_3$ 世代で初めて検定した．「しゅまり」の茎疫病抵抗性を 1 遺伝子座の優性遺伝と仮定した場合，本世代における優性ホモ系統の頻度は 92.2 %となるが，（しゅまり／ Acc2515）$(B_1F_2)B_3F_3$ では 92.3 %，（しゅまり／ Acc259）$(B_1F_2)B_3F_3$ では 73.3 %の系統が「しゅまり」と同等の茎疫病発病度であった．

これらの経過で育成した系統は，単交配で育成した系統と比較し，倒伏程度，子実重および種皮色で優れていた．しかし，落葉病レース 2 抵抗性と茎疫病抵抗性を同時に持つ系統は少なく，両病害の抵抗性を複合化できたのは「9930-3」のみと少なかった．「9930-3」は唯一，茎疫病抵抗性が「しゅまり」並みであるため，2003 年の$(B_1F_2)B_3F_3$ 世代においても「十系 882 号」の系統名でさらに試験を継続した．しかし，この年の試験で本系統は子実重が「しゅまり」比 58 %と大きく減収し，これまでの結果と大きく異なった．この年，十勝地方は 7 月がかなり低温に経過したが，その一方で，十勝地方より温暖な道央部にある北海道立中央農業試験場で行った生産力検定予備試験では，本系統の子実重「しゅまり」比は 96 %であった．このことから，十勝農試における「十系 882 号」の減収要因は，耐冷性が「しゅまり」より劣ることと推察された．本系統の育成過程において，耐冷性の選抜は行っておらず，また 2003 年のような低温年に遭遇したのは初めてであった．

本研究における戻し交雑法による系統育成の経過について検証すると，一般農業特性の選抜精度を向上させるため，$(B_1F_2)B_3F_3$ 世代から，前世代の選抜個体種子を折半して複数圃場に系統栽植し，各種特性を調査した．この結果，耐倒伏性，子実重および品質で一定の選抜効果を得たが，早い世代から強選抜を行った結果，遺伝的変異を矮小化させ，そのため茎疫病抵抗性や耐冷性とレース 2 抵抗性との複合化が十分に出来なかった可能性がある．$(B_1F_2)B_3F_3$ 世代では前年の選抜種子すべてを R2 圃へ供試し, 多数のレース 2 抵抗性個体を選抜した上で, $(B_1F_2)B_3F_3$ 世代から各圃場に系統栽植するべきであったかもしれない．しかし，本研究で育成した落葉病レース 2 抵抗性の 3 系統のうち,「9930-3（十系 882 号）」,「9931-55」は新たな落葉病レース 2 抵抗性母本として, アズキ育種事業の中ですでに交配に利用され，後代系統の選抜が行われている．結果として,「9930-3」は耐冷性,「9931-55」は茎疫病抵抗性に不十分な点が残ったが, 育種事業の中でこれらの欠点の改良は十分可能と考えられる．両系統とも，成熟期，耐倒伏性，子実重，品質および落葉病レース 1 抵抗性について,「しゅまり」並みあるいはそれに近い特性を持っており（萎凋病抵抗性は検定していない），レース 2 抵抗性母本としての利用価値は高いと考えられる．

第3章　アズキ茎疫病菌の新レースとそれに対応する抵抗性系統に関わる研究

土屋（1989）は，アズキ茎疫病菌について3つのレースを報告し，このうちレース3が道内では最も広く分布することを明らかにした．既往の茎疫病抵抗性品種「寿小豆」や「アケノワセ」は，レース1に抵抗性であるがレース3に対しては罹病性であったため，両レースに抵抗性を持つ品種の育成が要望されていた（レース2は近年発見されていない）．このような中，2000年に落葉病，茎疫病，萎凋病抵抗性品種「しゅまり」が育成された．本品種は茎疫病レース1および3に抵抗性を持つ初めての品種であり，レース1にしか抵抗性を持たない「寿小豆」や「アケノワセ」より強い茎疫病抵抗性を発揮することが期待された．しかし，本品種の育成最終年である1999年に，奨励品種決定調査を行った一部の圃場で，本品種が茎疫病に大きく罹病する事例が認められ，茎疫病菌の新レースの出現が疑われた．

第1節　「しゅまり」に病原性を示すアズキ茎疫病菌の検出とアズキ茎疫病菌レースの地理的分布

新レース出現の有無を明らかするため，1999年の奨励品種決定調査における「しゅまり」の罹病株等から茎疫病菌を分離し，複数品種に接種してその病原性を調査した．また，北海道内各地から茎疫病菌株を収集してレース判定を行い，北海道内におけるアズキ茎疫病菌レースの地理的分布を調査した．

材料および方法

(1)「しゅまり」から分離したアズキ茎疫病菌株の病原性調査

供試品種は，「エリモショウズ」，「能登小豆」（石川県から導入，十勝農試品種保存，「寿小豆」の茎疫病抵抗性母本），「寿小豆」，「浦佐（島根）」（島根県在来種，十勝農試品種保存，「しゅまり」の茎疫病抵抗性母本）および「しゅまり」とした．

供試菌株は1999年に追分町（現安平町），京極町および羽幌町から採取した「しゅまり」あるいは「エリモショウズ」の茎疫病罹病株から分離した代表的な6菌株（Pv-o1，Pv-o2，Pv-o3：追分町，Pv-h1，Pv-k12-1：羽幌町，Pv-k11：京極町）とし，比較としてレース3であるIFO30613菌株（Tsuchiya *et al.* 1986）も同様に供試した．各菌株をグリーンピース煎汁液体培地に接種して25℃で2週間静置培養し，これから得た菌体生重1 gに100mlの滅菌水を加えて，ブレンダーを用いて5000rpmで3分間，ホモジナイザーで磨砕したものを接種源とした．バーミキュライトで育苗した各品種の初生葉展開期頃の幼苗を水道水で洗浄し，接種源に浸漬し，グロースチャンバー内（25 ℃）に半日静置した．その後，バーミキュライト：ポットエースを1：1で混合した培養土を入れた径15cmポットに3～5個体定植し，グロースチャンバー内（25 ℃，12時間日長）で2週間養成した．その際，潅水は十分に行った．移植から2週間後に各個体の発病程度を観察により下記の基準で分類し，それの平均値DSI (Diseaseseverity index)を算出した．発病程度0：無発病，1：僅かな病斑が認められる，2：病斑が進展している，3：しおれ，枯死．抵抗性の判定は以下の通りとした．DSI<1.0：抵抗性(R)，1.0 ≦ DSI：罹病性 (S)．試験は1999年に北海道大学農学部温室で実施し，各菌株，品種につき9～11個体供試し，同様の試験を2回あるいは3回繰り返した．

(2) 北海道各地からのアズキ茎疫病菌の収集とそのレース判定

1999～2001年に，アズキ茎疫病発病歴がある道内各地の圃場から，各1～2kgの土壌試料を収集した．収集地点は後志支庁13地点，胆振支庁4地点，空知支庁37地点，石狩支庁11地点，上川支庁38地点，十勝支庁30地点，留萌支庁13地点の計146地点であった．収集した土壌は風乾の後，2mmの篩を通し夾雑物等を除去し，室温にて保存した．それぞれの乾燥土壌300gを径15cmポット3つに充填し，すべてのレースに罹病性である「エリモショウズ」を播種した．温室で22～28 ℃にて養成し，出芽後，2日間湛水した．播種2週間後，上胚軸の水浸状または褐色の病斑から切片を採取し，1 %次亜塩素酸ナトリウムで1分間表面殺菌し，その後滅菌水で洗浄後，Difco社製CMA培地（1L当たり有効成分75%PCNB 0.02g，ストレプトマイシン0.03g添加）に置床した．分離菌株は単卵胞子分離を行い純化した．

各菌株のレース判定には，判別品種として「エリモショウズ」，「寿小豆」，「能登小豆」および「しゅまり」を用いた．接種源は（1）と同様の方法にて準備し，接種は浸根接種（12時間）で行い，接種後，径15cmポットに定植した．その後，グロースチャンバー内（25 ℃，14

時間日長）で 2 週間養成した後，各区の発病程度を（1）と同じ基準で調査した．品種の反応性は発病程度 2 以上の個体率により判定し，50 %以上を罹病性，50 %未満を抵抗性とした．試験は 1999 ～ 2001 年に北海道大学農学部温室で行い，各菌株，品種について 1 区 4 個体（1 ポット），3 反復で行った．

結　　果

(1)「しゅまり」から分離した菌株のレース判定結果

各菌株，品種の DSI について表 3-1-1 に示す．比較として供試したレース 3 である IFO30613 は，「エリモショウズ」，「寿小豆」および「能登小豆」に対して病原性を示し（DSI=1.3 ～ 1.8），「浦佐（島根）」と「しゅまり」に対しては病原性は示さなかった（DSI=0.0 ～ 0.1）．分離菌株では，「エリモショウズ」から分離した Pv-k11 は，「エリモショウズ」に病原性を示したが（DSI=1.9），その他の品種に対しては病原性が認められず（DSI=0.1 ～ 0.3），本菌株はレース 1 と判定された．その一方で，「しゅまり」から分離された Pv-o1，Pv-o2，Pv-o3，Pv-h1 および Pv-k12-1 は，「エリモショウズ」，「能登小豆」，「寿小豆」，「浦佐（島根）」および「しゅまり」のすべてに病原性を示し（DSI=1.3 ～ 3.0），これまでに報告されていたレースと異なった．特に「しゅまり」は，これらの分離菌株を接種すると他の品種より激しく罹病し，枯死する傾向が観察された．また，Notsu *etal*. (2003) は，「しゅまり」と「浦佐（島根）」に病原性を示したこれら 5 菌株について，形態的特徴および宿主範囲から，

表3-1-1　アズキ茎疫病菌株の各品種に対する病原性

菌株	DSI（Disease severity index）										レース
	エリモショウズ		寿小豆		能登小豆		浦佐(島根)		しゅまり		
追分町											
Pv-o1	2.8	S	2.2	S	2.0	S	2.5	S	2.3	S	4
Pv-o2	2.8	S	2.2	S	2.8	S	2.4	S	3.0	S	4
Pv-o3	3.0	S	2.3	S	2.8	S	2.6	S	3.0	S	4
羽幌町											
Pv-h1	2.2	S	1.6	S	1.9	S	1.3	S	2.2	S	4
Pv-k12-1	1.7	S	1.3	S	1.3	S	1.6	S	1.8	S	4
京極町											
Pv-k11	1.9	S	0.3	R	0.1	R	0.1	R	0.1	R	1
（比較）											
IF030613	1.7	S	1.8	S	1.3	S	0.0	R	0.1	R	3

注）1. 試験はPv-o2，Pv-o3が2回，その他は3回繰り返し，その平均を示した．
2. Pv-o1，Pv-o2，Pv-o3（追分町：現安平町），Pv-h1，Pv-k12-1（羽幌町）は1999年に「しゅまり」から，Pv-k11（京極町）が1999年に「エリモショウズ」から，IF030613は1977年に「宝小豆」から分離
3. DSI (Disease severity index)：個体の発病程度を次により分類した平均値
発病程度0：無発病，1： 僅かな病斑が認められる，2：病斑が進展している，3 ：しおれ，枯死
4. 抵抗性判定　DSI<1.0：抵抗性(R)，1.0≦DSI：罹病性 (S)

表3-1-2　レース4を加えたアズキ茎疫病菌のレースと判別品種

レース	品種名			
	エリモショウズ	寿小豆	能登小豆	しゅまり 浦佐（島根）
1	S	R	R	R
2	S	S	R	―
3	S	S	S	R
4	S	S	S	S

注）1. S：罹病性，R：抵抗性，―：未検定
2. レース2は近年見つかっていないため，「しゅまり」と「浦佐（島根）」の病原性調査ができない．

表3-1-3　アズキ茎疫病菌レースの分離頻度（1999～2001年）

支庁	調査圃場数	分離菌株数 レース1	レース3	レース4	合計
留萌	6	4	4	2	10
上川	14	4	18	10	32
空知	18	4	15	4	23
後志	6	3	2	5	10
石狩	6	3	5	3	11
胆振	2	0	2	3	5
十勝	11	8	6	1	15
合計	63	26	52	28	106

注）アズキ茎疫病菌が分離できた市町村は以下の通り。旧市町村名で示す。
留萌支庁：遠別町，小平町，羽幌町，苫前町，上川支庁：比布町，当麻町，剣淵町，風連町，士別市，名寄市，美瑛町，上富良野町，和寒町，東川町，旭川市
空知支庁：長沼町，深川市，妹背牛町，芦別町，滝川市，南幌町，栗山町，由仁町，浦臼町，幌加内町，岩見沢市，後志支庁：蘭越町，ニセコ町，黒松内町，京極町
石狩支庁：江別市，恵庭市，札幌市，新篠津村，
胆振支庁：追分町，厚真町
十勝支庁：足寄町，池田町，芽室町，士幌町，本別町，音更町，浦幌町，豊頃町，清水町

Phytophthora vignae f. sp. *adzukicola* と同定している．以上のことから，これら 5 菌株をアズキ茎疫病菌の新レース，すなわちレース 4 とした．表 3-1-2 に，レース 4 と判別品種に「しゅまり」と「浦佐（島根）」を加えた反応性についての対応表を示した．

（2）収集菌株のレース判定結果と北海道における地理的分布

収集した 146 点の土壌のうち，63 地点の土壌から計 107 菌株のアズキ茎疫病菌を分離した．表 3-1-3 に，病原性が認められなかった 1 菌株を除いた 106 菌株の地帯別，レース別の菌株数を示した．全体では，レース 1 が 26 菌株（24.5 %）レース 3 は 52 菌株（49.1 %），レース 4 が 28 菌株（26.4 %）であり，レース 2 菌株は発見されなかった．図 3-1 に地帯別のレース頻度を図示する．レース頻度に地理的な差が認められ，留萌，上川といった道北部および石狩，後志，胆振，後志といった道央部ではレース 3 が約半数を占め（各々 52.4 %，49.0 %），次いでレース 4 が多く（28.6 %，30.6 %），レース 1 が最も少なかった（19.0 %，20.4 %）．これに対し，十勝地方ではレース 1（53.3 %）が最も多く，次いでレース 3（40.0 %）であり，レース 4 は 1 菌株(6.7 %)のみであった．

考　察

アズキ茎疫病菌のレース分化については，土屋（1989）が 3 つのレースの存在を初めて明らかにした．土屋（1989）は，判別品種に「能登小豆」，「寿小豆」，「早生大粒 1 号」，「茶殻早生」，「ハヤテショウズ」および「宝小豆」の 6 品種を用い，「能登小豆」と「寿小豆」が抵抗性を示す菌株をレース 1，「能登小豆」だけが抵抗性を示す菌株をレース 2，6 品種すべてが罹病性を示す菌株をレース 3 とした．土屋（1989）は，さらに強い抵抗性遺伝資源を探索するため，これら 3 つのレース菌株を混合接種した土壌をプラスチックバットに充填し，52 品種系統を栽植してその発病個体率を調査した．その結果，発病個体率が「能登小豆」より低い系統が認められ，特に「浦佐（島根）」で低かった．また，田引・土屋（1990）が水田転作畑で行った試験でも，本系統は強い茎疫病抵抗性を示し，その後，牧野ら（1997）は本系統がレース 1 および 3（レース 2 は近年発見されていないため試験していない）に抵抗性を持つことを明らかにした．今回，新たに発見したレース 4 は，「浦佐（島根）」に病原性を持つ初めてのレースである．

十勝農試では本系統に注目し，1983 年から「浦佐（島根）」を交配に利用して，アズキ品種の茎疫病抵抗性の向上を図った．この結果，2000 年に「浦佐（島根）」を

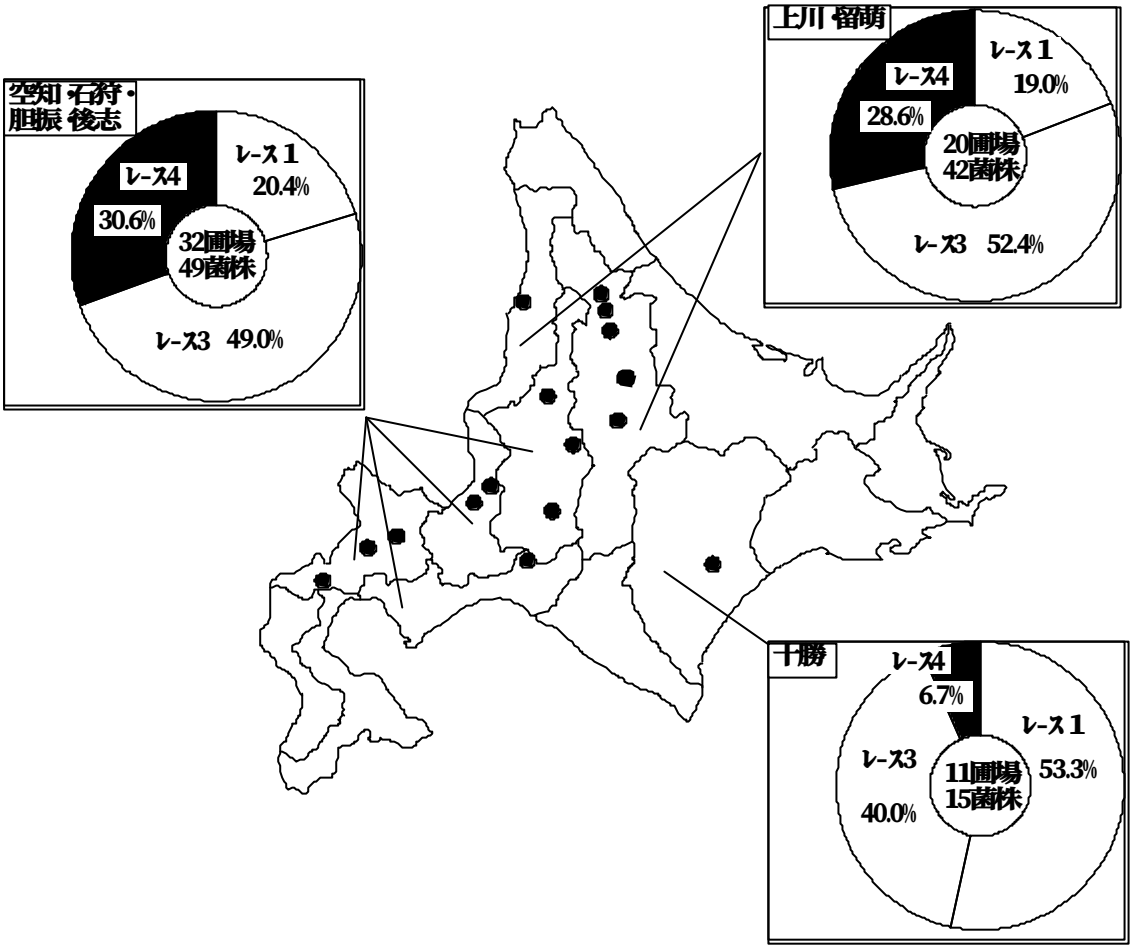

図3-1　北海道内のアズキ茎疫病菌レースの地帯別分離頻度（1999～2001年）
注）1．全106菌株による．
2．地図中のドットはレース4が確認された市町村を示す．

茎疫病抵抗性母本に持つ初めての品種「しゅまり」が育成された（藤田ら 2002）．本品種は茎疫病レース 1 および 3 に抵抗性を持つ初めての品種であり，落葉病，萎凋病にも抵抗性を有し，さらに高い加工適性を持つため大きな普及が期待された．しかし，育成直前にレース 4 が本品種に病原性を持つことが明らかになったため，北海道で本レースがどの程度分布しているかを速やかに調査する必要が生じた．今回，北海道各地から収集したアズキ茎疫病菌の 106 菌株についてレース検定を行った結果，26.4 %がレース 4 であった．また本レースは，「しゅまり」がまだ普及していない時点において各地で分離されたことから，既に道内のアズキ栽培圃場に広く存在していたと考えられ，「しゅまり」の普及拡大に当たってはレース 4 に十分注意を払う必要があることが明らかになった．

また今回の調査では，レース 4 を含めたレース構成に地域間差が認められた．すなわち，道央，道北ではレース 3 が約半数を占め，次いでレース 4 が多く，レース 1 が最も少なかったのに対して，道東の十勝地方ではレース 1 が約半数であり，次いでレース 3 が多く，レース 4 は 1 菌株しか認められなかった．このようなレース構成の地域間差の原因について考察すると，両地域の土壌や気象の差が考えられる．十勝地方と比べて，道央や道北地方は夏季の気温が高く，また排水性が劣る土壌が広く分布し湿潤になりやすく，茎疫病菌の生育，生存に好適である．同じ *Phytophthora* 属菌であるダイズ茎疫病菌では，圃場で異菌株間の交雑が生じ，病原性の菌株間変異が生じることが示唆されており（Schmitthenner *et al.* 1993，Bhad *et al.* 1993），アズキ茎疫病菌の新レース出現にも同様の機作が関与していると考えられる．茎疫病

菌の生育に好適な環境の道央や道北地方では，茎疫病の発生面積率が十勝地方より高く，感染，発病および増殖という伝染環の回数も十勝地方より多いと推察され，交雑による病原性の遺伝的変異が拡大した可能性が考えられる．

北海道では 1977 ～ 1979 年（土屋 1989）及び 1994 ～ 1995 年（牧野ら 1997）にも，アズキ茎疫病菌レースの分布調査が行われた．1977 ～ 1979 年の調査ではレース 1 が 21 %，レース 2 が 5 %，レース 3 が 74 %であった．また，1994 ～ 1995 年の調査ではレース 1 が 22 %，レース 2 は認められず，レース 3 が 78 %であり，この 2 回の調査においてレース頻度は類似していた．今回の調査結果をこれらと比較すると，レース 1 の頻度については過去 2 回の調査と概ね同様であり，レース 2 についても前回と同様に確認されなかった．しかし，レース 3 については過去の調査と比較して 25 %ほど少なく，その分がレース 4 に置き換わった形になった．1977 ～ 1979 年は「浦佐（島根）」を判別品種に用いていなかったため，レース 4 を確認することは出来なかった．しかし，1994 ～ 1995 年の調査では「浦佐（島根）」も判別品種に加えており，レース 4 の判別は可能であった．今回の調査で初めてレース 4 を確認できた原因は明らかではないが，1994 ～ 1995 年と 1999 ～ 2001 年の調査の間に急激にレース構成が変動したとは考えにくい．今回の調査でレース 4 が分離された 16 市町村の中で，前回の調査市町村と重なるのは長沼町，新篠津村のみであり，より広い調査が行われていれば，前回の時点でレース 4 が発見されていた可能性があったと考えられる．

第2節　アズキ茎疫病菌の新レースに対する抵抗性遺伝資源の探索および抵抗性系統の選抜

茎疫病抵抗性育種の中心的母本として利用してきた「浦佐（島根）」がレース 4 に罹病性であったため，レース 4 に抵抗性を持つ新たな抵抗性遺伝資源を探索した．また，これらを抵抗性母本に持つ系統から，レース 4 抵抗性系統を選抜した．

材料および方法

(1) レース4の接種による抵抗性遺伝資源の探索および抵抗性系統の選抜

抵抗性遺伝資源の探索には，過去に圃場で行った茎疫病抵抗性検定試験で「浦佐（島根）」並みに強い抵抗性を示した本州や韓国のアズキ遺伝資源 18 系統および「エリモショウズ」と「しゅまり」を供試した．接種菌株は，Pv-o1（レース 4），IFO30613（レース 3）および Pv-k11（レース 1）とした．接種源の調整，接種方法および発病調査は「第3章 第1節 材料および方法（1）」と同様に行い，各区の発病程度は DSI にて示し，DSI<1.0：抵抗性(R)，1.0 ≦ DSI：罹病性 (S)とした．試験は 2000 年に北海道大学農学部温室で行い，各品種，菌株について 10 ～ 15 個体供試し，1 区制とした．探索試験に供試した 18 系統のうち，2 系統（「Acc787」，「Acc830」）は過去に茎疫病抵抗性母本として交配に利用されており，これらの母本を用いた組合せの後代である F_6 世代以降 42 系統について，レース 4 抵抗性の検定を行った．接種菌株は Pv-o1（レース 4）とし，その他の試験方法は前述の抵抗性遺伝資源探索試験と同様である．

(2) レース4優占圃における育成系統の茎疫病抵抗性検定試験

幼苗接種検定でレース 4 抵抗性を示した主な育成系統のうち，「Acc787」（韓国在来，十勝農試品種保存）を抵抗性母本に持つ「十系 796 号」，「十系 799 号」，「十系 793 号」，および「Acc830」（韓国在来，十勝農試品種保存）を抵抗性母本に持つ「十系 811 号」，「十系 812 号」，「十系 813 号」について，レース 4 優占圃における茎疫病の発病程度を調査した．試験は 2001 年に実施し，供試圃場は北海道立上川農業試験場（以下，「上川農試」と略）のアズキ茎疫病抵抗性選抜圃（水田転換畑，水稲とアズキの交互作，以下「茎疫病圃」と略）とした．本圃場は，1999 年頃からレース 3 抵抗性の「しゅまり」の罹病化が顕在化してきており，レース 4 の密度が高まってきていた．

供試材料は，先述の 6 系統のほか「能登小豆」を抵抗性母本に持つ 3 系統，罹病性の 2 系統，および比較 3 品種「しゅまり」，「エリモショウズ」，「寿小豆」の計 14 品種系統とした．試験区設計は乱塊法 2 反復とし，1 区 2.4 ㎡に 40 個体を栽植した．播種期は 5 月 30 日であり，茎疫病の発生助長のため開花期頃の 8 月 2 日～ 5 日の間に 72 時間湛水した．茎疫病の発病調査は 8 月 24 日に行い，個体毎の発病程度を次の指数で評価し，発病度および枯死個体率を算出した．指数 0：発病無，1：病斑が認められる，2：病斑が明瞭に認められる，3：病斑が進んでいる，4：枯死．

発病度＝Σ（各指数 × 当該個体数）× 25 ／調査個体数

枯死個体率=指数 4 の個体数× 100 ／調査個体数

表3-2-1　過去にアズキ茎疫病抵抗性と判定された遺伝資源の各レースに対する反応性

		レース4(Pv-o1)		レース3(IF030613)		レース1(Pv-k11)	
品種名	原産	DSI	判定	DSI	判定	DSI	判定
Acc784	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc787	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc817	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc819	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc820	韓国	2.5	S	0.0	R	0.0	R
Acc826	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc830	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc833	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc842	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc845	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc848	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc861	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc932	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc939	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc960	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc966	韓国	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc1018	奈良	0.0	R	0.0	R	0.0	R
Acc2161	新潟	0.5	R	0.0	R	0.0	R
（比較）							
ｴﾘﾓｼｮｳｽﾞ		2.9	S	2.6	S	3.0	S
しゅまり		2.8	S	0.0	R	0.0	R
（参考）							
浦佐（島根）		－	S	－	R	－	R
能登小豆		－	S	－	S	－	R

注）1. DSI＜1.0：抵抗性(R)，1.0≦DSI：罹病性（S）
　　2. 「浦佐（島根）」と「能登小豆」は前節の試験結果を引用

結　　果

（1）レース4の接種による抵抗性遺伝資源の探索および抵抗性系統の選抜

表 3-2-1 に各遺伝資源のレースに対する反応を示した．比較とした「エリモショウズ」は，各レースに対して罹病性であった（DSI=2.6 ～ 3.0）．「しゅまり」は，レース 1 および 3 に対して抵抗性を示したが(DSI=0.0)，レース 4 に対しては罹病性を示した（DSI=2.8）．その中で各遺伝資源は，レース 1 および 3 に対して 18 系統すべてが抵抗性を示した（DSI=0.0）．さらに，レース 4 に対しても 17 系統が抵抗性を示し（DSI=0.0 ～ 0.5），「Acc820」だけが罹病性を示した（DSI=2.5）．また，レース 4 に抵抗性の「Acc787」および「Acc830」を抵抗性母本に持つ 4 組合せの F_6 世代以降 42 系統について，レース 4 抵抗性を検定した結果，25 系統が抵抗性であった（表 3-2-2）．

（2）レース4優占圃における育成系統の茎疫病抵抗性検定試験

図 3-2 にレース 4 優占圃における各品種系統の茎疫病発病度と枯死個体率の分布を示した．各品種系統の発病度を比較すると，全レースに罹病性の「エリモショウズ」は 98.1 と極めて高かったが，レース 1 および 3 に抵抗性の「しゅまり」であっても 95.6 と「エリモショウズ」並みに高く，激しく罹病した．このことから，本圃場にはレース 4 が高頻度で存在していると推察される．この中で，レース 4 抵抗性として選出した 6 系統の発病度は他の系統と比べて低く，「十系 811 号」の発病度が 23.7 とやや高かった他は，発病度 0 ～ 6.9 とほとんど発病が認められず強い抵抗性を示した（写真 3，p.54）．一方，

表3-2-2　育成系統のアズキ茎疫病レース4抵抗性検定試験の結果と育成された主な育成系統

交配番号	組合せ 母	組合せ 父	抵抗性母本	検定系統数	レース4抵抗性系統数	育成された主な抵抗性系統
9516	十育137号	十系651号*	Acc787	7	6	十系793号,十系795号,十系797号,十系798号,十育150号(十系796号),十育149号(十系799号)
9601	十系676号*	十系659号	Acc830	20	12	十系811号,十系812号,十系813号
9702	十育140号	十系681号*	Acc830	9	2	十系841号
9708	十系681号*	十系660号	Acc830	6	5	十系844号
8903	ｴﾘﾓｼｮｳｽﾞ	十系474号*	浦佐(島根)	1	0	
9701	十育140号*	十系666号	浦佐(島根)	2	0	
9705	十系664号	十育140号*	浦佐(島根)	1	0	
9713	十系691号*	十育142号	浦佐(島根)	1	0	

注）1. *：抵抗性母本を遺伝的背景に持つ親系統
2. 「十系811号」は3回の検定のうち2回罹病性判定を受けた.
3. 供試した菌株はPv-o1（レース4）

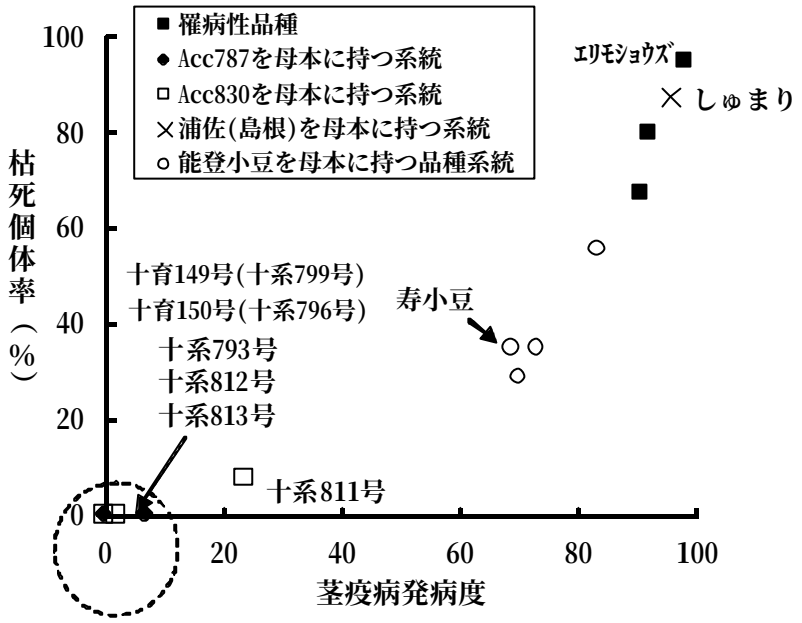

図3-2　抵抗性母本が異なる主なアズキ茎疫病抵抗性系統のレース4優占圃場における茎疫病発病度と枯死個体率の分布

注）1. 2001年　アズキ茎疫病抵抗性特性検定試験成績による（上川農試）
2. 1区2.4㎡，乱塊法2反復
3. 茎疫病発病度：個体の発病程度を下記により分類し，次式で算出.
指数0：発病無，1：病斑が認められる，2：病斑が明瞭に認められる，
3：病斑が進んでいる，4：枯死
発病度＝Σ（各指数×当該個体数）×25／調査個体数

「能登小豆」を母本に持つ4品種系統に注目すると，これらはレース3に抵抗性を持たないにも係わらず，発病度が68.8 ～ 83.3であり，レース3に抵抗性を持つ「しゅまり」より発病度が低かった.

考　　察

十勝農試では上川農試と共同で，1981年から圃場検定により茎疫病抵抗性の遺伝資源を探索してきた．これまで1,090系統の遺伝資源について検定を終了し，この

うち 20 系統が複数年の試験を通じて全く発病しないか極軽微の発病に留まり，高度な抵抗性を持つ遺伝資源として選出してきた（藤田 2003a）.「浦佐（島根）」を含むこれら 20 系統の各レースに対する反応は不明であったが，本研究ではこのうち 18 系統（「浦佐（島根）」はすでに前節で調査済みであるため除く）について，レース 1，3 および 4 をそれぞれ接種し，その反応を調査した．その結果，すべての系統がレース 1 および 3 に抵抗性であり，レース 4 にも 17 系統が抵抗性を示した．また，これらレース 4 に抵抗性を示した系統のうち「Acc787」と「Acc830」は過去に交配に利用され，本レースが発見された時点の育種材料には両系統を抵抗性母本とする 4 組合せが残っていた．この 4 組合せの F_6 世代以降系統についてレース 4 抵抗性を検定した結果，42 系統のうち 25 系統が抵抗性であった．このように茎疫病レース 4 に対しては，その発見とほぼ同時に抵抗性遺伝資源が見出され，さらにこのうちの 2 系統を過去に交配に利用していたため，その後代から抵抗性系統を速やかに選抜できた．

十勝農試では，「能登小豆」以上に強い茎疫病抵抗性を持つ母本として「浦佐（島根）」を選出し，1983 ～ 1984 年に 5 組合せの交配に利用した．その後，茎疫病抵抗性を目的とする交配親には「能登小豆」または「浦佐（島根）」を母本に持つ系統が並行して用いられたが，「浦佐（島根）」を母本とする系統の抵抗性が強いため，交配親は「浦佐（島根）」を母本に持つ系統に集中するようになった．この結果，茎疫病抵抗性の育種材料のほとんどが「浦佐（島根）」由来の抵抗性になりつつあったが，このような状況の中，十勝農試は，耐病性育種において抵抗性の供給源を 1 つの遺伝資源に特化することは危険と判断し，1989 年から「Acc787」と「Acc830」を交配に用いた．交配当時，両系統の茎疫病抵抗性は「浦佐（島根）」と同程度と考えていたが，結果として両系統とも「浦佐（島根）」と異なり茎疫病レース 4 に抵抗性であったことから，本レースに対して速やかに育種的対応ができた．耐病性育種にはレース変遷の問題が常に付随するが，これに対応するためにも，1 つの病害に対して複数の抵抗性遺伝資源を常に準備し，育種材料の中にその抵抗性遺伝子を取り込んでおくことが，耐病性育種において重要であると考えられる．

ダイズ茎疫病菌の各レースに対する抵抗性の遺伝様式について，松川ら（1987），足立ら（1991）は，抵抗性品種と罹病性品種を交配した F_2 個体に，北海道の主要レースであるレース A，D 菌株（土屋ら 1990）を幼苗接種した結果，いずれも抵抗性個体の分離比が 3：1 に適合し，これらレースに対する抵抗性は 1 対の優性遺伝子によって支配されると推定した．一方，アズキ茎疫病菌のレースに対する抵抗性の遺伝様式については，近年，北海道大学 近藤（私信）がレース 1，3 および 4 に対する抵抗性の遺伝解析を試みており，抵抗性品種と罹病性品種を交配した F_1，F_2 個体に各レースの菌株を幼苗接種した．その結果，抵抗性の分離比は概ね 3：1 に適合し，いずれのレースに対する抵抗性も 1 遺伝子座の優性遺伝子に支配されている可能性が示された．しかし，F_1 個体で罹病個体が散見されたことから，さらに検討が必要であるとした（未発表）.

「Acc787」や「Acc830」を抵抗性母本に持つ 42 系統は，F_6 世代以降で初めてレース 4 抵抗性を検定したが，そのうち抵抗性系統は全体の 60 %（25 系統）であり，さらに，抵抗性系統が少なかった「9702」を除いた「9516」，「9601」および「9708」の 3 組合せに限ると，抵抗性系統の出現頻度は 70 %と高かった．レース4に対する抵抗性が優性1対の遺伝子に支配されると仮定した場合，抵抗性について無選抜で世代を進め，F_4 世代で個体選抜，F_5 世代から系統選抜に移行したとすると，F_5 世代で抵抗性が優性ホモで固定している系統の頻度は44%であり，抵抗性が系統内で分離している系統は12.5%である．このため，F_6 世代の群内系統すべてが優性ホモで固定している確率は約44～57%の範囲となるが，これと比べると，本研究における抵抗性系統の出現頻度は若干高かった．今回供試した 4 組合せは，いずれも F_5 世代系統から上川農試の茎疫病圃に供試され，茎疫病抵抗性の検定が行われた．本圃場では 1999 年頃から「しゅまり」で茎疫病罹病株が散見されるようになってきており，これ以前から徐々にレース 4 の菌密度が高まったと推察され，このような中で検定されたことから，レース 4 抵抗性についてある程度選抜できたものと考えられる．

幼苗接種検定でレース 4 に抵抗性を示した育成系統は，実際のレース 4 優占圃でも極めて強い抵抗性を示し，その抵抗性の実用性が認められた．「十系 811 号」は発病度がやや高かったが，本系統は幼苗接種検定でも 3 回の試験のうち 2 回が罹病性と判定されるなどレース 4 に対する反応が不安定であった．この原因は明らかでは無いが，後期世代の検定で抵抗性と判定されたことから遺伝的に分離していた可能性も考えられる．一方，「能登小豆」を抵抗性母本に持つ 4 品種系統は，「しゅまり」より発病度が低かった．これらはレース 1 に抵抗性，レース 3 に罹病性であるため，両レースに抵抗性である「しゅまり」より発病度が高くなると予測していた．幼苗接種検定において，「しゅまり」がレース 4 に対して他の

表3-2-3　アズキ茎疫病レース4抵抗性の優良系統「十系799号」，「十系796号」および「十系793号」の特性

品種名または系統名	成熟期 (月日)	倒伏程度	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	子実重 (kg/10a)	子実重比 (%)	百粒重 (g)	種皮色	耐病性（幼苗接種検定結果） 茎疫病 レース1	茎疫病 レース3	茎疫病 レース4	落葉病 レース1	落葉病 レース2	萎凋病 レース3
十系799号(十育149号)	9/13	4.0	102	15.5	373	98	17.9	淡赤	R	R	R	R	S	R
十系796号(十育150号)	9/15	4.0	101	14.9	389	103	18.1	淡赤	R	R	R	R	S	R
十系793号	9/9	4.0	101	15.9	416	110	14.4	淡赤	R	R	R	R	S	R
ｴﾘﾓｼｮｳｽﾞ	9/11	4.0	91	14.9	379	100	14.2	淡赤	S	S	S	S	S	S
しゅまり	9/10	4.0	101	14.9	335	88	14.3	淡赤	R	R	S	R	S	R

注）1. 系統の交配組合せ：十育137号／十系651号
2. 2000年十勝農試における生産力検定予備試験成績。1区6㎡，乱塊法3反復の平均
ただし，「エリモショウズ」，「しゅまり」は同試験内の9区平均
3. 耐病性はすべて幼苗接種検定の結果に基づく
4. 子実重比（%）は「エリモショウズ」対比
5. 耐病性　R：抵抗性，S：罹病性

品種系統より激しく罹病する傾向は認められているが，その一方で，圃場条件で発揮される別の抵抗性関連遺伝子を「能登小豆」が持っている可能性もあり，今後検討する必要があろう．

今回，選出されたレース4抵抗性系統のうち，同じ組合せから育成された姉妹系統「十系 793 号」，「十系 796 号」および「十系 799 号」はその他の特性も優れていたため，その後，レース4抵抗性の母本として多数の交配に利用された．また，「十系 796 号」，「十系 799 号」には，各々「十育 150 号」，「十育 149 号」の地方配付番号が付され，品種化に向けての検討が継続された（その後試験中止，現在，十勝農試品種保存）．表 3-2-3 に，2001 年十勝農試で行った生産力検定予備試験における 3 系統の生育，収量，品質調査結果および幼苗接種検定による各レースに対する反応を示した．これらの系統の子実重は「しゅまり」より多収であり，「エリモショウズ」並み～やや多収であった．外観品質も，種皮色が「エリモショウズ」や「しゅまり」と同じ淡赤であり優れていた．また耐病性には特に優れ，茎疫病レース 4 に対する抵抗性以外に，茎疫病レース 1 および 3，落葉病レース 1，萎凋病レース 3 といった北海道内の主要レースすべてに抵抗性を持っていた．これら系統の母親である「十系 651 号」は，1989 年に交配したエリモショウズ／ Acc787 の雑種後代から選抜された．本系統は強い茎疫病抵抗性を持っていたが，低収で落葉病，萎凋病に抵抗性を持っていなかった．この欠点を改良するため本系統を父親にし，やや早生，多収で落葉病レース 1，萎凋病レース 3 および茎疫病レース 1 に抵抗性を持つ「十育 137 号」を母親にした交配を 1995 年に行い，この雑種後代から「十系 793 号」，「十系 796 号」および「十系 799 号」が育成された．「Acc787」は韓国の在来種であり，北海道では極晩生になり茎疫病抵抗性以外の形質が著しく劣る．しかし，「エリモショウズ」や「十育 137 号」といった優良系統との交配の中で不良形質が淘汰され，さらに耐病性についても高い精度で選抜が行われた結果，「Acc787」の茎疫病抵抗性と「十育 137 号」の落葉病，萎凋病抵抗性が複合化できたと言える．

第4章　アズキ落葉病菌，茎疫病菌の新レース複合抵抗性系統の選抜

戻し交雑法により育成した落葉病レース 2 抵抗性系統および茎疫病レース 4 抵抗性系統を交配し，その後代からこれらの新レースに対して複合的に抵抗性を持つ系統を選抜する．

材料および方法

(1) 両親の特性

母親には「第 3 章 第 2 節」で選抜した「十系 793 号」を用いた．本系統は，耐冷性に優れていたため母親に選定した．父親には「第 2 章 第 5 節」で育成した「9930-3（十系 882 号)」,「9931-55」を用いた．これらの各病害レースに対する反応を表 4-1 に示した．「十系 793 号」は落葉病レース 1，茎疫病レース 1，3 および 4，萎凋病レース 3 に抵抗性である．「9930-3」,「9931-55」は落葉病レース 1，2 に抵抗性であり，その他の病害菌レースについては幼苗接種検定を行っていない．しかし，「9930-3」は圃場での茎疫病発病度が「しゅまり」並みであったことから，「しゅまり」と同様に茎疫病菌レース 1，3 に抵抗性であると推察される．本交配の目的は，表 4-1 に示したすべてのレースに抵抗性を持つ系統の育成である．

(2) 育成経過

交配（2002年)：無病圃で，十系 793 号／ 9930-3 を 40 花，十系 793 号／ 9931-55 を 30 花交配した．それぞれ 13 莢，17 莢が結莢し，各々 73 粒，110 粒（F_1 種子）を得た．

F_1養成（2003年春季)：1 月 9 日に両組合せとも 60 粒を温室に播種した．栽培はロックウールを用いた液耕栽培にて行い，室温は生育に応じて 15 ～ 23 ℃の間で調整した．また 1 月 17 日から 3 月 1 日まで長日処理を行い生育を促した．収穫は 4 月下旬に行い，両組合せとも約 1,300 粒（F_2 種子）を得た．

F_2世代茎疫病抵抗性集団選抜（2003年夏季)：上川農試の茎疫病圃に，両組合せとも 1300 粒を播種した．播種期は 5 月 30 日であり，開花期頃の 8 月 1 日に 6時間，8 月 4 日～ 5 日に 18 時間湛水処理を行い茎疫病発生の助長と均一化を図った．この結果，「エリモショウズ」と「しゅまり」は激しく罹病し，レース 4 抵抗性である「十育149号（十系799号)」も両品種よりは軽微であるが罹病が認められた．両集団とも茎疫病の発生が多かったが，外見的に無病か発病が極軽微である個体について，（十系 793 号／ 9930-3）F_2 から 74 個体，（十系 793 号／ 9931-55）F_2 から 46 個体を収穫し，個体毎に脱穀した後，十勝農試で品質調査を行い最終的に各々 65 個体，39 個体を選抜した．選抜種子は組合せ別に混合し次世代の種子（F_3 種子）とした．

F_3世代促進（2004年春季)：育種年限を短縮するため，春季に鹿児島県沖永良部島で栽培した．1 月 28 日に（十系 793 号／ 9930-3）F_3　種子を 3150 粒，（十系 793 号／ 9931-55）F_3 種子を 2100 粒播種し，5 月中旬に収穫した．収穫は，原則として全個体から黄変期以降の莢を一定数づつ採取し，乾燥後，組合せ毎にまとめて脱穀した．（十

表4-1　アズキ落葉病，茎疫病新レース抵抗性の複合化のために交配に用いた両親の各レースに対する反応性

品種系統名	耐病性						抵抗性起源	
	落葉病		茎疫病			萎凋病	落葉病	茎疫病
	レース1	レース2	レース1	レース3	レース4	レース3	レース2	レース4
十系793号(母)	R	S	R	R	R	R	―	Acc787
9930-3(十系882号：父)	R	R	(R)	(R)	(S)	―	Acc259	―
9931-55(父)	R	R	(S)	(S)	(S)	―	Acc2515	―
しゅまり	R	S	R	R	S	R	―	―
エリモショウズ	S	S	S	S	S	S	―	―

注）1. R：抵抗性，S：罹病性，―：未検定
2. 幼苗接種検定の結果によるが，括弧内は圃場試験の結果から推定
3. 両親の組合せ　「十系793号」：十育137号／十系651号
「9930-3」：しゅまり／Acc259の戻し交雑から育成
「9931-55」：しゅまり／Acc2515の戻し交雑から育成

系 793 号／ 9930-3）が 1320g,（十系 793 号／ 9931-55）は 880g の F_4 種子を得た．

F_4世代落葉病抵抗性個体選抜（2004年夏季）：5 月 27 日に十勝農試のレース 2 優占圃（R2）に両集団とも 2640 粒播種した．成熟期，草姿，着莢状況等も勘案し，落葉病の外見発病が無～軽微な個体を収穫した．風乾後，個体毎に脱穀して品質調査を行い，最終的に（十系 793 号／ 9930-3）F_4 から 46 個体,（十系 793 号／ 9931-55）F から 31 個体選抜した．

F_5世代系統選抜（2005年）：F_4 世代での選抜個体種子を 3 つに分け, 3 つの圃場に系統栽植した．すなわち, R2 圃で落葉病抵抗性選抜を行うとともに，十勝農試の無病圃で成熟期，子実重および品質の調査を行った．また，上川農試の茎疫病圃で茎疫病抵抗性を検定した．いずれの圃場も 5 月下旬に播種を行い, 畦幅 60cm, 株間 20cm, 2 本立にて栽植した．1 区面積は R2 圃 1.2 ㎡，無病圃 1.5 ㎡，茎疫病圃 0.6 ㎡とし，各系統とも 1 区制とした．茎疫病圃では 7 月 29 日～ 31 日の間に合計で 24 時間湛水し，茎疫病の発生助長，均一化を図った．R2 圃および上川農試での発病調査は，区全体の発病程度を観察により評価したが, 落葉病の発病調査は 9 月 19 日に行い,「第 2 章　第 1 節　材料および方法（1）」の発病程度の指数（0 ～ 4）に準じて調査した．また，茎疫病の発病調査は 8 月 23 日に行い,「第 3 章 第 2 節 材料および方法（2）」の発病程度の指数（0 ～ 4）に準じて調査した．比較として，R2 圃には「エリモショウズ」と「きたのおとめ」を，茎疫病圃には「エリモショウズ」,「しゅまり」および「十育 149 号（十系 799 号）」も同時に供試した．

以上の各世代における供試圃場, 種子の流れについて, 表 4-2 に概略を示した．

結　　果

表 4-3 に F_5 世代系統における，R2 圃での落葉病発病程度および茎疫病圃での茎疫病発病程度別の系統割合を示した．R2 圃における比較品種「きたのおとめ」の落葉病発病程度は,「エリモショウズ」と同じ 4.0 であった．また，茎疫病圃における比較品種の茎疫病発病程度は,「エリモショウズ」が 3.7,「しゅまり」は 2.1 であり, 例年と比較して「しゅまり」の発病がやや軽かった．また，レース 4 抵抗性の「十育 149 号」の発病程度は 0.7 であり，軽微な発病が認められたものの両品種に比べて発病程度は低かった．

（十系 793 号／ 9930-3）F_5 は，R2 圃で 95.6 %とほとんどの系統が落葉病発病程度 0 であった．一方，茎疫病圃では発病程度に系統間差が認められ茎疫病発病程度 0 の頻度は 45.6 %であり，この結果，両圃場ともに発病程度 0 であった系統は 45.6 %であった．また,（十系 793 号／ 9931-55）F_5 は，R2 圃，茎疫病圃とも発病程度の系統間変異が大きく, R2 圃では発病程度 0 の系統が 51.7 %であった一方で，発病程度 4 の系統も 22.6 %認められた．茎疫病圃では 38.8 %が発病程度 0 であり，この結果，両圃場ともに発病程度 0 であった系統は 32.4 %であった．

表4-2　複合抵抗性系統のF5世代までの選抜経過

年次	世代	選抜場所：十勝農試	選抜場所：上川農試	選抜場所：その他
2002年		交配（十系793号/9930-3，十系793号/9931-55）		
2003年春季	F_1	F1養成（温室）		
2003年夏季	F_2		集団選抜（茎疫病ﾚｰｽ4抵抗性）	
2004年春季	F_3			集団選抜（世代促進：鹿児島県）
2004年夏季	F_4	個体選抜（落葉病ﾚｰｽ2抵抗性）		
2005年夏季	F_5	系統選抜（落葉病ﾚｰｽ2抵抗性） 系統検定（無病圃）	系統検定（茎疫病ﾚｰｽ4抵抗性）	

注）実線は選抜個体種子の流れを示す．

表4-3　F_5 世代系統における落葉病レース2優占圃および茎疫病レース4優占圃での発病程度別系統割合（%）

		(十系793号/9930-3) F_5 46系統						(十系793号/9931-55) F_5 31系統						(比較)		
		落葉病ﾚｰｽ2優占圃(R2)における発病程度						落葉病ﾚｰｽ2優占圃(R2)における発病程度								
		0	1	2	3	4	計	0	1	2	3	4	計	ｴﾘﾓｼｮｳｽﾞ	しゅまり	十育149号
茎疫病ﾚｰｽ4	0	45.6	0.0	0.0	0.0	0.0	45.6	32.4	0.0	0.0	3.2	3.2	38.8	0.0	0.0	40.0
優占圃	1	23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	23.9	12.9	6.5	3.2	3.2	12.9	38.7	0.0	26.7	53.3
(茎疫病圃)	2	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	3.2	0.0	0.0	3.2	6.5	12.9	6.7	46.7	6.7
における	3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	3.2	0.0	3.2	3.2	0.0	9.6	20.0	20.0	0.0
発病程度	4	8.7	2.2	2.2	0.0	0.0	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.3	6.7	0.0
	計	95.6	2.2	2.2	0.0	0.0	100.0	51.7	6.5	6.4	12.8	22.6	100.0	100.0	100.0	100.0
(比較)																
エリモショウズ		0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	—	—	—
きたのおとめ		0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	—	—	—

注）1．発病程度　区全体の発病を0（無）～4（甚）の指数で評価

2．供試圃場と比較品種の発病程度（平均値±標準偏差）

落葉病レース2優占圃：十勝農試落葉病抵抗性選抜圃（R2圃）

「エリモショウズ」4.0 ± 0.0,「きたのおとめ」4.0 ± 0.0（いずれも n=6）

茎疫病レース4優占圃：上川農試茎疫病抵抗性選抜圃（茎疫病圃）

「エリモショウズ」3.7 ± 0.6,「しゅまり」2.1 ± 0.9,「十育149号」0.7 ± 0.6（いずれも n=15）

3．2005年の試験成績

考　　察

本研究では，これまで育成してきた落葉病レース 2 抵抗性あるいは茎疫病レース 4 抵抗性を持つ系統同士を交配し，その雑種後代から両レースに抵抗性を持つ系統を育成しようとした．このため，F_2 世代では茎疫病レース 4 優占圃である上川農試の茎疫病圃で集団選抜を行った．F_3 世代は育種年限を短縮するため 2 月～ 5 月に鹿児島県で養成し，その後 F_4 世代で落葉病レース 2 優占圃である R2 圃で抵抗性個体を選抜した．F_5 世代は系統選抜を行ったが，1 世代で複数の耐病性を検定するため，F_4 世代での選抜個体種子を折半し，R2 圃，茎疫病圃に系統栽植し，落葉病レース 2 と茎疫病レース 4 に対する抵抗性を同時に選抜しようとした．このような耐病性選抜の結果，いずれの組合せでも両圃場で発病程度 0 である系統が認められた．

各組合せ，圃場における抵抗性系統の出現率について検討すると，R2 圃では組合せ間で差が認めれられ，（十系 793 号／ 9930-3）F_5 ではほとんどの系統が抵抗性を示した一方で，（十系 793 号／ 9931-55）F_5 での出現率は 51.7 %であった．この原因について考察すると，F_4 世代における抵抗性の出現個体率も両組合せ間で異なり，（十系 793 号／ 9931-55）F_4 が少なく，（十系 793 号／ 9930-3）F_4 は多かったが，（十系 793 号／ 9931-55）F の方が品質が比較的良好であり抵抗性の選抜強度をやや緩和したことが，F_5 世代での抵抗性系統の出現率が低かった原因の一つである．しかし，（十系 793 号／ 9930-3）F_5 での 95.6 %という抵抗性系統の出現率は非常に高く，抵抗性母本が異なる両組合せ間で，抵抗性の遺伝率が異なった可能性も考えられる．

一方，茎疫病圃では両組合せとも抵抗性個体の出現率に大きな差は認められず，発病程度 0 ～ 1 の系統の割合が 69.5 ～ 77.5 %と高く，F_2 世代での抵抗性選抜の効果が高かったことが分かる．今回の選抜過程において，茎疫病圃で「十育 149 号」の罹病化が認められたが，本系統の罹病株から分離されたアズキ茎疫病菌は「十育 149 号」に病原性を示し，新レースである可能性が示唆されている（小倉 未発表）．しかし現在のところ，本圃場における「十育 149 号」の発病程度は「しゅまり」，「エリモショウズ」と比較して明らかに低く，今回の試験においてもレース 4 抵抗性の選抜，検定は十分可能であった．

本研究において，（十系 793 号／ 9930-3）F_5 系統の 45.6 %，（十系 793 号／ 9931-55）F_5 系統の 32.4 %は，R2 圃と茎疫病圃のいずれでも発病が全く認められず，これらの系統において落葉病レース 2 抵抗性と茎疫病レース 4 抵抗性の複合化に成功したと考えられる．十勝農試では，これらの系統のうち，無病圃における成熟期，収量性および品質を勘案して 9 系統を選抜し，現在も試験を継続している．選抜系統については，現在のところ落葉病レース 1，茎疫病レース 1，3 および萎凋病レース 3 抵抗性については未検定である．しかし，両親がいずれも落葉病レース 1 抵抗性であることから本抵抗性は高い確率で複合化できると考えられ，さらに落葉病レース 1 抵抗性と萎凋病レース 3 抵抗性は 1 遺伝子による多面発現あるいは各々の抵抗性遺伝子座が強連鎖している可能性が高い（近藤　1995）．また，茎疫病圃には複数レースが混在していると考えられることから，F_2，F_5 世代の茎疫病選抜，検定の過程で茎疫病レース 1 および 3 に対する抵抗性も同時に選抜できたものと考えられる．以上のことから，今回選抜した落葉病レース 2 および茎疫病レース 4 複合抵抗性系統の中から，これら全レースに抵抗性を持つ系統が育成される可能性は高いと考えられる．

第5章　総合論議

第1節　アズキ落葉病菌とアズキ茎疫病菌の新レースの発見と意義

十勝農試で落葉病および茎疫病の抵抗性育種が開始されたのは 1970 年代後半であったが，各病原菌のレース分化が問題視され始めたのは 1990 年代後半からである（藤田ら 1996，2003a）．

落葉病抵抗性品種としては 1985 年に北海道で初めての抵抗性品種「ハツネショウズ」が育成された後（足立ら 1988），「ハツネショウズ」の姉妹系統を抵抗性親に持つ「アケノワセ」が 1992 年に育成された（島田ら 1992）．当時から品種に対する病原性に落葉病菌株間で差があることが報告されていたが（青田ら 1986，山本 1994），本研究で明らかになったように，これら 2 品種はレース 1 および 2 に対して“やや強”レベルの中間的抵抗性を持っていたため大きな問題にならなかった．しかし，これらと抵抗性母本が異なる「きたのおとめ」が 1994 年に育成され（藤田ら 1995a），本品種が北海道における落葉病菌の優占レースであるレース 1 に極めて強い抵抗性を持つ一方で，レース 2 には「ハツネショウズ」より弱かったため，本品種の試験を行っている中でレース 2 の存在が初めて明らかになった（藤田ら 1996，Kondo *etal*. 1998）．

一方，茎疫病についても，レース 1 および 3 に抵抗性を持つ初めての品種「しゅまり」が 2000 年に育成されたが（藤田ら 2002），育成途中の 1999 年に実施した奨励品種決定調査の中で本品種に茎疫病が発生し，初めてレース 4 の存在が明らかになった（Notsu *et al.* 2003，藤田 2003a）．耐病性育種において，その抵抗性の向上は重要な育種目標であり，「きたのおとめ」と「しゅまり」は既往の品種より強い抵抗性を持つことから選抜，育成されたものである．しかし，強い抵抗性を選抜した結果，その系統を侵す新しいレースの存在が初めて明らかになったとも言える．

本研究では，落葉病菌と茎疫病菌の新レースに対して，まずレースの同定を行った．特に落葉病については，そのレース分化を初めて報告した（Kondo *et al.* 1998，Notsu *et al*. 2003）．その後，道内における新レースの地理的分布を調査し，新レースが新品種「きたのおとめ」，「しゅまり」普及の阻害要因になりうるかどうかを検討した（Kondo *et al.* 2002，2004）．その結果，両レースとも全道各地に分布し，落葉病レース 2 は菌密度が低く早急な抵抗性の崩壊はないと推察されたが，茎疫病レース 4 は道央，道北で検出頻度が高く注意が必要であることを明らかにした．また，これと並行して新レースに対する抵抗性遺伝資源の探索および抵抗性系統育成といった育種的対応を進めた結果，各レースに抵抗性を持つ系統が育成された．育成系統は，これらの新レースが優占している圃場であってもほとんど発病せず，強い抵抗性を持つ．また，この 2 つの新レースに対して複合的に抵抗性を持つ系統の選抜を試み，F_5 世代系統においてその複合化に成功した．

第2節　アズキ落葉病菌とアズキ茎疫病菌のさらなる新レースの発見と今後の対応

落葉病レース 2 については，「きたのおとめ」と「しゅまり」の栽培面積が北海道アズキ栽培面積の 30 %以上を占めるに至った（2004 年産，北海道農政部資料）現在においても，両品種に対する落葉病の罹病化はほとんど問題になっていない．しかし，「きたのおとめ」の栽培頻度が高い旭川市の一部の地域で若干の発病が確認されており（未発表），今後も適正な輪作体系を遵守するなどの注意が必要である．一方，筆者は，落葉病レース 1 および 2 に抵抗性の「Acc259」を侵すレースがあるかどうかに興味を抱いた．このため，コンクリート枠圃にレース 2 優占土壌を充填し，「Acc259」の連作試験を行った結果，栽培 1 年目は全く発病が認められなかったが，連作 2 年目でわずかに認められ，3 年目以降激しく発病した．試験開始当初，本系統を侵すレースは確認されていなかったが，「Acc259」の罹病個体から分離された落葉病菌株は，本品種に特異的に病原性を示す新しいレース（レース 3）であった（Kondo *et al.* 2005）．レース 3 の北海道内の地理的分布については，まだ調査点数が少ないが，現在のところ地域間差があり一部の地域に限定して分布していることが分かっている（Kondo *et al.* 2005）．本レースに対しては，「きたのおとめ」と「しゅまり」が抵抗性を示すことから，実際の栽培においてはその被害はほとんど無い．その一方で，本研究で育成した「9930-3」と「9931-55」はレース 3 に対して罹病性であった．反復親である「しゅまり」がレース 3 に抵

抗性を持つことから，両系統の育成においてレース3抵抗性を付与できた可能性はあった．しかし，育成時にはレース 3 の存在が明らかになっておらず，レース 1，2 抵抗性のみで選抜を行ったため，レース3抵抗性については導入出来なかった．この2系統は交配母本に利用され，その雑種後代はレース1および2の抵抗性選抜が行われているが，今後，どのようにレース3抵抗性を付与していくかが，新たな課題である．

一方，アズキ茎疫病についても，本研究で育成したレース4抵抗性系統を侵す菌系がすでに見つかっている．同じ *Phytophthora* 属菌によるダイズ茎疫病は，北米におけるダイズ栽培上の重要病害であり研究が進んでいる．これについては，1965 年に 2 レースが確認された後（Morgan and Hartwig 1965），現在まで55レースが報告されるなど（Leitz *et al*.2000），*Phytophthora* 属菌のレース分化の激しさが示されている．また，育種的には特異的抵抗性によるレース抵抗性の集積で対応しており，関与する抵抗性遺伝子として 7 遺伝子座に 13 の優性遺伝子が同定されている（Schmitthenner *et al*.1993）．しかし，いずれの遺伝子もすべてのレースを網羅することが出来ないため，効率的な防除のためアメリカ，カナダの各州ではその地域のレース構成について精力的な調査が進められている（Andeson and Buzzell 1992, Schmitthenner *et al.* 1993, Kaitany *et al.* 2001)．このような調査の中で，抵抗性品種の普及によりその品種を侵すレースが増加した事例が示され（AndesonandBuzzell 1992,Schmitthenner *et al.* 1993)，抵抗性遺伝子 *Rps*-1-a や *Rps*-1-c が有効に働いた防除期間は 8 ～ 10 年であったと報告されている (Schmitthenner *et al*. 1993)．また，圃場で異菌株間の交雑が生じ，病原性の菌株間変異が生じることが示唆されている（Schmitthenner *etal*. 1993，Bhad *etal*.1993）．

アズキ茎疫病抵抗性品種「しゅまり」は，育成から 6 年を経て，道央，道北の水田転換畑を中心に栽培されているが，現在のところ本品種による茎疫病の防除効果は十分発揮されている．しかしダイズ茎疫病の例からも，将来的にレース4の菌密度が高まり抵抗性が打破される可能性は高い．「しゅまり」の抵抗性が崩壊した場合でも，本研究で選抜したレース4抵抗性系統を親に持つ系統から抵抗性品種が育成され，その問題を解決すると考えられるが，すでにレース4抵抗性系統を侵す菌系が見つかっている．アズキ茎疫病菌のレース分化の問題は落葉病以上に深刻であるが，アメリカのダイズ茎疫病の例では *Phytophthora* 属菌のレース分化の問題に対応するため圃場抵抗性品種の必要性が強調され（Schmitthenner *et al.* 1993，Dorrance *et al*. 2001），病理学的，育種学的な研究が行われている（McBlain *et al*. 1991, Tooley and Grau 1984a, 1984b）．十勝農試は，アズキ茎疫病抵抗性育種について，レース特異的抵抗性の集積から圃場抵抗性の付与への転換を試みており，上川農試，北海道大学大学院と共同で圃場抵抗性を持つ遺伝資源の探索を開始した．まだ，その可能性を検討している段階であるが，将来的な茎疫病の防除体系として，圃場抵抗性品種と化学的，耕種的防除法を組み合わせた総合的防除対策が構築されることが期待される．

第3節　病原菌レース分化が耐病性育種にもたらすその他の問題

耐病性育種に病原菌のレース分化がもたらすもう一つの問題に，選抜圃場の優占レースが変化し，主要レースに対する選抜精度の低下がある．今回示した十勝農試の落葉病抵抗性選抜圃および上川農試の茎疫病抵抗性選抜圃は，まさにそうした問題が発生した圃場であった．耐病性選抜圃は一般栽培と異なり，抵抗性品種，系統を短期輪作するため，抵抗性品種系統を侵す病原菌レースが選択的に増殖し，急激に蔓延しやすい．緊急避難的に選抜圃場を移設することはその改善に大きな効果があるが，優占レースの変化の問題は移設した圃場にも同様に付随する．この問題を解決するためには，高い選抜精度を長期間維持でき，大量の材料を扱える選抜法の開発が必要である．

十勝農試は北海道立中央農業試験場と共同で落葉病抵抗性の DNA マーカーの開発に取り組み，すでに「黒小豆（岡山）」由来の落葉病レース 1 抵抗性のマーカーが開発され（鈴木ら 2004，吉井ら 2004），F_5 世代以降系統の検定手法として実用化されている．また，「Acc259」由来の落葉病レース2抵抗性マーカーも現在，開発中である（鈴木ら 未発表）．経費と作業量の関係から，初期世代について DNA マーカー選抜を行うことは困難であるが，落葉病汚染圃場における集団選抜と F_5 世代以降系統での DNA マーカー検定を組み合わせることで大幅な効率化，精度向上が図られると考えられる．さらに，圃場に供試する供試材料が大幅に削減されることから，選抜圃の輪作年数を長期化することが可能となり，そのことで優占レースの変化を最小限に抑えることができると思われる．

茎疫病抵抗性選抜圃については，優占レースの変化抑制について，現在のところ有効な手法がなく，落葉病抵抗性育種同様に DNA マーカーの開発が有効な手法の

一つとして期待される．しかし茎疫病の場合，落葉病より菌のレース分化が著しく，一般栽培においては，各レース特異的抵抗性遺伝子が持つ抵抗性の保持期間は，落葉病抵抗性に比べて短いと考えられる．このため，異なるレースに対する特異的抵抗性遺伝子を同一品種に集積する，またはイネのいもち病抵抗性育種のように同じ遺伝背景を有する多系品種を作出する（Ishizaki *etal*. 2005）などの育種戦略を考慮する必要がある．この場合においても DNA マーカーは育種効率を高める上で有用であろう．ダイズ茎疫病菌では，レース構成の経時的変遷が詳細に調査されている．たとえば，Andeson and Buzzell（1992）は，カナダのオンタリオ州における 1973 年～1989 年にかけてのダイズ茎疫病菌のレース構成の変遷に関する調査結果から，レース 1，3，4および 5 が増加し，レース 6～9 が低下していたことを明らかにし，レース構成の変遷が，レース間の競争力の違いや栽培されたダイズ品種の有するレース特異的抵抗性遺伝子の違いにより生じたと推察した．また，アメリカのオハイオ州での調査においても，最も多くのレースに抵抗性を示す遺伝子 *Rps*-1-k を持つダイズ品種が普及した結果，これを侵す新レースが発見され，徐々にその頻度が高まったことが報告されている（Schmitthenner *etal*. 1993）．このように，茎疫病についてはレース特異的抵抗性の集積だけでは制御しきれない可能性が高く，アズキ茎疫病についても，今後は圃場抵抗性育種に重点を置いた研究が必要であると考える．ダイズ茎疫病の圃場抵抗性発現の機作については，植物組織側の菌の定着や進展を抑制する能力に差があるものと推察されている（Tooley and Grau 1984a）．これらの知見を参考にして，圃場抵抗性遺伝資源を探し出し，その抵抗性発現機作を明らかにするとともに，関連する外見的な指標や DNA マーカーを開発することにより，アズキにおける茎疫病抵抗性についての効率的な育種が可能になると考えられる．

第4節　アズキ耐病性育種における遺伝資源の重要性

耐病性育種には，その抵抗性の供給源としての遺伝資源の役割は非常に重要である．十勝農試は 3000 系統以上のアズキ遺伝資源を保存しているが，これまで落葉病あるいは茎疫病に対する抵抗性について各 1000 系統以上を調査し，その中から落葉病抵抗性 67 系統，茎疫病抵抗性 20 系統を選出した（藤田 2003a）．これらはすべて国内外各地のアズキ在来種であるが，その原産地には偏りが認められ，落葉病抵抗性は東北地方と韓国，茎疫病抵抗性は韓国に集中していたが，その一方で北海道在来種には抵抗性遺伝資源が全く認められなかった（藤田 1995b，2003a）．このため，十勝農試のアズキ育種で交配に利用している耐病性母本は，すべて北海道以外の地域から導入された遺伝資源であったが，逆に言うとこれらの遺伝資源が無ければ北海道で耐病性品種は育成されなかったと言える．本研究でも，落葉病菌，茎疫病菌の新レースが発見された時点で，まず最初にこれら遺伝資源について抵抗性検定を行い，選出した抵抗性遺伝資源を交配に用いることで抵抗性系統を作出できた．一方，落葉病レース 2 抵抗性母本として選出したヤブツルアズキ「Acc2515」は，アズキと交雑可能な近縁野生種を新たな耐病性供給源として育種に利用するため，大阪府立大学大学院から十勝農試に譲渡されたものの一つであった．本研究において，これらの近縁野生種の多くが落葉病レース 2 に対して抵抗性を示すなど，アズキ以上に重要な耐病性供給源になり得る可能性が示された．また，戻し交雑でその不良形質がほとんど淘汰できたことから，今後，アズキ近縁野生種の育種への活用について検討するべきと考えられる．

第5節　結　語

落葉病レース 2 および茎疫病レース 4 は，現在のところ実際の農家栽培で大きな問題になっていない．しかし，「きたのおとめ」や「しゅまり」といった耐病性品種が栽培されている中，現地の優占レースが変化する可能性は常に考慮しなければならず，第 2 節で論じた通り特に茎疫病レース 4 の優占化についてはその可能性が高いと推察される．本研究では，新レースに対する抵抗性系統の育成，選抜をレース発見とほぼ同時に開始し，農業形質を大幅に改善した抵抗性系統を育成できた．これらの育成系統は十勝農試において交配母本に利用され，農業形質のさらなる改良やレース抵抗性の複合化が図られている．この結果，今後，現地においてこれらのレースが問題となったとしても，農業形質をかなり改善した有望な抵抗性品種の速やかな育成と普及が可能になった．これは本研究の大きな成果であったと思われる．

一方，筆者はこれまで複数のアズキ耐病性品種の育成に係わってきたが，育成した耐病性品種は短い輪作年数の圃場に優先的に栽培される傾向にあり，そのことが新レース蔓延のきっかけになることを懸念している．1998 年に JA 芽室町が行った実態調査（調査農家数 154 戸，

芽室町の約 2 割）によると，「エリモショウズ」の輪作年数は 7 ～ 10 年が多かった一方で,「きたのおとめ」は 5 ～ 8 年が多く，さらに 4 年以下の圃場への作付けは「エリモショウズ」より多かった．耐病性品種を導入した場合，何年まで輪作年数を短くできるか，という質問を生産者から受けたことがあるが，その圃場の前歴や元々の病原菌の菌量，レース構成が大きく関わる問題であるため，一般化が難しい．

本研究で示されたように，新レースに対して育種的に対応するには，新たな抵抗性遺伝資源を見つけ出し，それを交配に利用する必要がある．また，交配から新品種育成までは最短で 8 年かかる．このことから，突発的に発生した未知のレースに対して新たな抵抗性品種を育成するには，最低でも 10 年以上の長い時間と多大な労力が必要である．現在，最も普及している耐冷，良質の耐病性品種「きたのおとめ」は，落葉病抵抗性育種開始から 18 年後に育成できたものである．アズキの土壌伝染性病害に対しては耐病性品種の栽培が最も防除効果が高く経済的であることから，今後も耐病性育種はアズキ育種の重要な柱の一つとして継続される．その一方で，育成した耐病性品種の抵抗性を長期間保ち，安定生産性を維持するためには，生産現場において適正な輪作体系を守ることが重要である．

摘　要

アズキ落葉病，アズキ茎疫病，アズキ萎凋病は，北海道のアズキ栽培における深刻な土壌伝染性病害である．北海道立十勝農業試験場では，落葉病と茎疫病に対して1970年代後半から，萎凋病に対して1986年から抵抗性育種を開始し，現在では育成品種である落葉病，萎凋病抵抗性「きたのおとめ」，3病害すべてに抵抗性を持つ「しゅまり」が普及し，農家圃場において高い防除効果を示している．しかし，両品種に病原性を持つ落葉病菌，茎疫病菌のレースの存在を示す事例が認められたため，本研究では，落葉病菌のレース分化および茎疫病菌の新レースの存在について確認を行うとともに，被害拡大の危険性を検討するため北海道における各レースの地理的分布および優占度を調査した．また育種的に対応するため，新レースに抵抗性を持つ新たな遺伝資源を探索し，落葉病についてはその抵抗性の遺伝様式についても検討した．さらに，選出した抵抗性遺伝資源を交配に利用して抵抗性系統を育成し，これらの抵抗性系統同士を交配した雑種後代から，落葉病菌，茎疫病菌の新レースに対して複合的に抵抗性を持つ系統を選抜した．その概略は以下の通りである．

1. アズキ落葉病に関わる研究成果

(1) アズキ落葉病菌のレース分化の確認

アズキの連作や短期輪作を行っている一部の試験圃場で，落葉病抵抗性品種「きたのおとめ」が落葉病に激しく罹病した．この圃場を含む複数の圃場の土壌や罹病個体から落葉病菌を分離し，「きたのおとめ」，「エリモショウズ」および「ハツネショウズ」に接種して病原性を調査した結果，菌株と品種の反応に明らかな特異性が認められ「きたのおとめ」が抵抗性を示す菌系をレース1，罹病性を示す菌系をレース2として，アズキ落葉病菌のレース分化を初めて確認した．両レースに対する反応に品種間差が認められ，抵抗性品種系統は①レース1に抵抗性，レース2に罹病性（「きたのおとめ」，「しゅまり」，「十育125号」），②両レースに対して中間的な抵抗性（「ハツネショウズ」），③レース1に抵抗性，レース2に中間的な抵抗性（「十育132号」）の3タイプに分類できた．

(2) 北海道におけるアズキ落葉病菌レースの地理的分布

1997～1999年に，北海道各地のアズキ栽培歴のある圃場土および「きたのおとめ」の落葉病罹病個体（2圃場）を収集し，落葉病菌を分離してレース判定を行った．39圃場（19市町村）から分離した全483菌株は，86.1%がレース1であり，レース2は13.9%と少なかった．しかし，圃場単位で見ると39圃場のうち61.5%からレース2菌株が分離された．レース2は，菌密度が低いものの北海道のアズキ栽培地帯全体に広く分布していることが判明した．レース2の分布には地域間差があり，後志，十勝地方と比較して胆振，上川地方でその頻度が高かった．

(3) アズキ落葉病抵抗性遺伝資源の再評価と新たな抵抗性遺伝資源探索

新レース出現に伴い，アズキ落葉病抵抗性育種を今後どのように進めていくかを検討するため，これまでアズキ落葉病抵抗性の交配母本として選出してきた遺伝資源を中心に，その抵抗性をレース毎に再評価し，さらに，新レースに対して強い抵抗性を持つ遺伝資源を探索した．その結果，これまで選出してきた抵抗性遺伝資源は，レース1に対して強い抵抗性を示すもののレース2に対してはほとんどが罹病性を示した．236点の国内外のアズキ遺伝資源および36点のアズキ近縁野生種から，圃場検定，温室での浸根接種検定により，レース2抵抗性遺伝資源としてアズキ「Acc259」，ヤブツルアズキ「Acc2515」を選出した．

(4) アズキ落葉病菌の各レースに対する抵抗性の遺伝様式

アズキ「Acc259」およびヤブツルアズキ「Acc2515」について，罹病性の「斑小粒系-1」と交配したF_1世代およびF_2世代の個体にレース2菌株を幼苗接種し，抵抗性と罹病性の分離比を調査した．また，「きたのおとめ」，「しゅまり」，「十育123号」のレース1抵抗性の遺伝様式についても，同様の方法で調査した．その結果，F_1世代はすべての個体が無病であり，F_2世代での抵抗性と罹病性の比が3:1に適合したことから，各レースに対する抵抗性は1遺伝子座の優性遺伝子の支配が大きいと推察された．

(5) アズキ落葉病レース2抵抗性系統の育成

「しゅまり」を反復親とし，アズキ「Acc259」ある

いはヤブツルアズキ「Acc2515」を 1 回親として戻し交雑を行い，落葉病レース 2 抵抗性を持つ優良系統の早期育成を行った．「しゅまり」を 3 回戻し交配し，その後，$(B_1F_2)B_3F_1$ 世代で個体選抜を行い，$(B_3F_1)B_4F_1$ 世代から系統選抜で世代を進めた．選抜の過程における抵抗性個体の出現率は低かった．$(B_1F_2)B_3F_1$ 世代で供試した 7 つの育成系統のうち，「9930-3」，「9930-5」（抵抗性母本は「Acc259」）および「9931-55」（交配母本は「Acc2515」）は，幼苗接種検定によりレース 1 および 2 に抵抗性であることが確認され，実際のレース 2 優占圃でも強い抵抗性を示し，その他の特性も単交配で育成した系統より「しゅまり」に近かった．また，この他の 4 系統は幼苗接種検定でレース 2 に罹病性を示したが，レース 2 優占圃では反復親の「しゅまり」より明らかに強い抵抗性を示し，作用力が小さい抵抗性遺伝子の存在が示唆された．

2. アズキ茎疫病に関わる研究成果

(1)「しゅまり」に病原性を示すアズキ茎疫病菌の検出

1999 年に実施した奨励品種決定調査の一部の圃場で，茎疫病抵抗性品種「しゅまり」が茎疫病に激しく罹病した．罹病個体から茎疫病菌を分離し，「エリモショウズ」，「能登小豆」，「寿小豆」，「浦佐（島根）」，「しゅまり」の幼苗に接種してその病原性を調査した結果，すべての品種系統に病原性を示し，これまで確認されているレースの反応と異なったことから，これらの菌系をアズキ茎疫病菌の新レース，すなわちレース 4 とした．

(2) 北海道におけるアズキ茎疫病菌レースの地理的分布

道内各地のアズキ栽培歴がある 146 地点の圃場土のうち，63 地点からアズキ茎疫病 107 菌株を分離した．レース判定の結果，非病原性であった 1 菌株を除いた 106 菌株は，レース 1 が 24.5 %，レース 3 は 49.1 %，レース 4 が 26.4 %であり，レース 2 は確認されなかった．レース構成に地域間差が認められ，道北部（留萌，上川）および道央部（石狩，後志，胆振，後志）ではレース 3 が約半数を占め，次いでレース 4 が多く，レース 1 が最も少なかった．これに対して十勝地方ではレース 1 が最も多く，次いでレース 3 であり，レース 4 は 1 菌株のみであった．道央，道北部では，レース 4 が比較的高い頻度で検出されたことから，「しゅまり」の普及に際して十分な注意が必要であることが判明した．

(3) アズキ茎疫病菌新レースの抵抗性遺伝資源の探索および抵抗性系統の選抜

レース 4 抵抗性の遺伝資源を探索するため，過去の圃場試験で強い抵抗性を示した 18 系統について幼苗接種検定を行った．この結果，すべての系統がレース 1 および 3 に抵抗性であり，レース 4 には 17 系統が抵抗性を示した．レース 4 抵抗性であった系統のうち，「Acc787」と「Acc830」はレース 3 抵抗性を目的に以前に交配に利用されていたが，これらを抵抗性母本に持つ 4 組合せの F_6 世代以降 42 系統についてレース 4 抵抗性を検定し，抵抗性であった 25 系統を選抜した．この中で，十育 137 号／十系 651 号の組合せの後代系統は農業形質やその他の耐病性に優れる系統が多かった．

3. アズキ落葉病菌，茎疫病菌の新レース複合抵抗性系統の選抜

本研究で選抜した，落葉病レース 2 抵抗性系統および茎疫病レース 4 抵抗性系統同士を交配し，これら 2 つの新レースに対して複合的に抵抗性を持つ系統の選抜を試みた．母親に茎疫病レース 4 抵抗性の「十系 793 号」，父親に落葉病レース 2 抵抗性の「9930-3」，「9931-55」を用いた．十系 793 号／ 9930-3 および十系 793 号／ 9931-55 の組合せの雑種後代について，F_2 世代は上川農試の茎疫病レース 4 優占圃で抵抗性選抜を行った．F_3 世代を鹿児島県で春季に養成したのち，F_4 世代は十勝農試の落葉病レース 2 優占圃で抵抗性の個体選抜を行った．F_5 世代では前年選抜個体の種子を折半し，茎疫病レース 4 優占圃および落葉病レース 2 優占圃に供試し，両病害に対する抵抗性検定を同時に行った．この結果，（十系 793 号／ 9930-3）F_5 系統の 45.6 %，（十系 793 号／ 9931-55）F_5 系統の 32.4 %は，いずれの圃場でも発病が全く認められず，落葉病レース 2 抵抗性と茎疫病レース 4 抵抗性の複合化に成功した．

Studies on the Breeding of Adzuki Bean Cultivars Resistant to Adzuki Bean Brown Stem Rot (BSR) and Phytophthora Stem Rot(PSR).

Shohei Fujita

Summary

In Hokkaido, there are three diseases of adzukibean [*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi], brown stem rot (BSR) caused by *Phialophora gregata* f. sp. *adzukicola*, Phytophthora stem rot (PSR) caused by *Phytophthora vignae* f. sp. *adzukicola*, andwiltcausedby *Fusarium oxysporum* f. sp. *adzukicola*. These are very serious problems for adzuki bean production. These fungi are soil-borne and are therefore difficult to control through chemical or culturalmethods. The cultivationofresistant cultivars is the most effective method of controlling these diseases. At Tokachi agricultural experiment station inHokkaido, breeding for BSR andPSRresistancehasbeencarriedonsince thelate1970's,andwiltresistance breedinghasbeendonesince1986.Atpresent,manyresistantcultivars,including Kita-no-otome and Syumari, have been raised and extended. These cultivars are very effective at controlling the diseases in commercial fields. However, it was recently recognized that new races of BSR and PSR may exist. Therefore, I first proved the existence of pathogenic races of BSR and a new race of PSR. Next, I researched the distributions of these new races in adzuki bean fields in Hokkaido. This is important for managing the damage to adzuki beanproduction bynewracesin thefuture. I then selected new resistantgenesourcesfromadzuki beans or wild adzuki bean. Newresistantlines weredeveloped from the cross with newresistantgene sources. Additionally, I attempted to develop multiple resistance lines that were resistant to both new races. The following is an outline of these studies.

1. The studieson BSR ofadzukibean

(1) Detectionof two races of *Phialophora gregata* f.sp. *adzukicola*

BSR was reported on the resistant cultivar Kita-no-otome in a field where adzuki bean had been cultivated continually. Six isolates, collected from four fields, were obtained from diseased plants or naturally infested soils. These isolates were divided into two groups based on their pathogenesis to cv. Kita-no-otome. Threeisolates caused no disease on cv. Kita-no-otome, whereas the other three isolates were virulent on this cultivar. In additional experiments, line Toiku No. 125 and cv. Syumari, derived from various gene sources, also revealed the same response to two representative isolates tested in the same way as cv. Kita-no-otome. Consequently, two races of *Phialophora gregata* f. sp. *adzukicola*, race 1 and race 2, can be distinguished by avirulence or virulence to cv. Kita-no-otome, respectively.

(2) The regional distributionof two races of *P.gregata* f. sp. *adzukicola* in Hokkaido

The distribution of two races *P. gregata* f. sp. *adzukicola* was examined using a total of 483 isolates, obtained from 39 fields in 19 locations, on Hokkaido between 1997 and 1999. Race 1 was predominant (416 isolates, 86.1%) in thecommercialfieldstested. Race2occurredwithlowerfrequency,butwasfoundin24fields(61.5%).It was found thatrace2waswidelydistributed inmost of theproduction areas in Hokkaido. The frequency of race 2 isolates was higherinIburiandKamikawadistrictsthanShiribesiandTokachidistricts.

(3) Revaluationand selectionof adzuki beans to breed race 2 resistant cultivars

Race 2 was virulent to all commercial adzukibeancultivars in Hokkaido. Therefore, weexamined the reaction of adzukibeancultivars in twofields: onefieldmainlyinfestedwithrace1 andoneinfestedwithrace 2. Wetriedto select new gene sources highlyresistant to race 2. We found that most adzuki beans cultivars previouslyselectedas being resistant to race 1 were susceptible to race 2. Of 236 adzuki beans and 36 wild adzuki beans tested, Acc259 adzuki bean and Acc2515 wild adzuki bean [*Vigna angularis var. nipponensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi] were the most tolerant to race 2 in the field and greenhouse experiments. These two cultivars, which were resistant to both race 1 and 2 of theBSRpathogen,wereselectedas new genesources.

(4) The inheritanceofresistancetoBSRraces

I researched the segregation ratio (resistant plants to susceptible plants) of F_1 and F_2 hybrids, derived from combinations betweenresistantcultivar and susceptiblecv.Buchishoryukei-1.The resistant cultivarswere asfollows: cvs. Acc259 and Acc2515 for race 2 resistance, and cvs. Kita-no-otome, Syumari and Toiku No.123 for race 1 resistance. F_1 and F_2 hybrids derived from five combinations and their parents were inoculated with race 1 or 2, and grown in a greenhouse. The segregationratio of resistantplants to susceptible ones on F_2 hybrids was fitted 3 to 1 in all combinations. Itisindicatedthatthe dominant gene of onegene locus could mainly control the resistance to each race.

(5) Development of new parentallinesresistanttorace2

I attempted, by backcross breeding, todevelop new parental lines resistanttoBSRrace2inashortperiod.Cv. Syumari was used as the recurrent parent, which had resistance to race 1 of BSR, and races 1 and 3 of PSR. New resistant gene sources cvs. Acc259 and Acc2515 were used as the non-recurrent parents for their high resistance to BSRrace2.Backcrossingwasdone three times,selectingforresistantplants.Disease freeplantswere selectedfrom the $(B_1F_2)B_2F$ bulk population, and weredeveloped by pedigreeselection from the $(B_2F_2)B_3F$ generation. In the $(B_1F_2)B_4F$ generation, seven lines were tested for reaction against race 1 and 2. This was done by inoculation of seedlings in a greenhouse. My results showed that three lines: 9930-3, 9930-5 (originating from Acc259), and 9931-55 (originating from Acc2515), were resistant to two races. Furthermore, the lines showed highresistance and yielding in the field infested with race 2 of BSR. These breeding lines could be available for development of BSR race2resistantcultivars asparentallines.

2. The studieson PSR of adzukibean

(1) Detectionof new raceof *Phytophthora vignae* f. sp. *adzukicola*

In1999,PSRwasobserved on a new resistant cultivar Syumari. This cultivar was resistant to race 1 and3(no race 2 isolate was recovered recently) of *Phytophthora vignae* f. sp. *adzukicola* in test fields. The isolates obtained from diseased plants of cv. Syumari were virulent on not only this cultivar, but also on cvs. Erimo-shozu, Noto-shozu, Kotobuki-shozu and Urasa-shimane. The isolates virulent on cv. Urasa-shimane, which was resistant originofcv.Syumari,were not known. Therefore, itwasconfirmedthat these isolates were a new race of *P. vignae* f. sp. *adzukicola*, designatedrace4.From this information, a set of differential adzuzkibeancultivars (Erimo-shozu, Kotobuki-shozu, Noto-shozu andSyumari)wasdetermined.

(2) Regional distribution of races ofPSRinHokkaido

Information on the distribution of races of *P. vignae* f. sp. *adzukicola* in Hokkaido is important for the

management of PSR of adzuki bean. In all, 107 isolates of *P. vignae*, collected between 1999 and 2001 from 63 fields, were evaluated for the pathotype using four differentials. The results indicate that 26, 52, and 28 of isolates were identified as races 1, 3, and 4, respectively. One isolate was nonpathogenic on the differentials. Race 4 was widelydistributedintheadzukibean-producingregions, especially in central andwesternHokkaido.

(3)Selection of resistantadzukibeanstonewrace of PSR

I examined the reaction of eighteen adzuki bean gene sources, previously selected as being highly resistant to PSR, to race 1, 3 and 4 by the inoculation of the seedlings. My analysis showed seventeen cultivars that were resistanttoallraces.Moreover,cvs.Acc787andAcc830,whichwere resistanttoallraces,hadbeenusedpreviously as the parents for crossing. The forty-two F_6 ～ F_8 lines, derived from four combinations using cvs. Acc787 or Acc830 as parents, were tested forreactions against race 4. The results show that twenty-five lines were resistant to race 4 and were selected. Additionally, they showed high resistance in the field infested with race 4. The lines derived from the combination of Toiku No.137/ Tokei No.651 had good agronomic characteristics and soil-borne diseases resistance.

3. The developmentof thelinesresistanttonewracesofbothBSRandPSR

I tried to develop lines resistant to both BSR race 2 and PSR race 4 from the cross between the parental lines bred in my studies. The line Tokei No.793 was used as mother plant for its good agronomic characteristics, cool weather tolerance, and resistance to PSRrace 1, 3 and4,BSRrace1,andadzukibeanwiltrace3.Thelines9930-3 and9931-55were used as thepollenparentfortheirresistancestoBSRrace 2.The combinations of TokeiNo.739/ 9930-3 and Tokei No.793/9931-55 were crossed in 2000, and F_1 plants were advanced in the greenhouse during winter. F_2 bulk populations were grown in a PSR race 4 infested field, selecting for resistant plants. In the F_3 generation, the populations were grown inKagoshima prefecture for advancinggenerationinspring,andthe F_4 bulk population was grown in a BSR race 2 infested field, thus selecting for disease resistant plants. In this generation, selected plants were threshed individually.Seventyseven F_5 plant seeds, selected from F_4 bulks, were divided into thirds, andweregrowninthreetestfields: a BSR race2infestedfield,aPSR race4infestedfieldandadiseasefree field. This was done in order toselect the lines resistant to both diseases. The results indicate that 45.6% of (Tokei No.793/9930-3) F_5 lines and32.4% of(Tokei No.793/9931-55) F_5 lines showedhigh resistance inboth the BSR race2infestedfieldandthePSRrace4infested fields. Consequently, itshouldbepossibletodevelopmultiplelines resistanttobothraces.

謝　辞

本研究を取りまとめるにあたり，研究の初めから終始懇切なご指導を頂き，ご校閲を頂いた北海道大学大学院農学研究院准教授の近藤則夫農学博士に深謝する．また，ご校閲の労を頂いた北海道大学大学院農学研究院教授の内藤繁男農学博士，岩間和人農学博士，同じく准教授の阿部 純農学博士に深謝する．さらに，論文執筆をご支援頂き，ご校閲頂いた前北海道立上川農業試験場長　山神正弘氏に深く感謝する．

元北海道立十勝農業試験場主任研究員兼豆類第二科長・千葉一美氏には，最初にアズキ育種をご指導頂いた．前北海道立十勝農業試験場小豆菜豆科長（現北海道立十勝農業試験場特別研究員）・村田吉平氏には，耐病性育種という明確な研究テーマを与えて頂いた．現北海道立十勝農業試験場主任研究員兼小豆菜豆科長・島田尚典氏には，研究職員の時代から常にご助言と激励を頂いた．また村田吉平氏，島田尚典氏には本稿をご校閲頂いた．各位に感謝申し上げる．

十勝農試におけるアズキ育種は，農林水産省の指定試験事業で行っているものである．また，本研究は日本豆類基金協会のご支援のもと行ったものである．研究の遂行に当たっては，アズキ育種という枠組みの中で多くの方々の協力が必要であった．大阪府立大学大学院生命環境科学研究科教授の山口裕文農学博士および独立行政法人農業生物資源研究所からは，貴重なアズキ近縁野生種の種子を分譲頂いた．また，落葉病菌，茎疫病菌レースの地理的分布調査に際しては，農業改良普及センターに協力頂き病土を収集した．茎疫病抵抗性選抜試験は北海道立上川農業試験場の協力なくては出来なかった．歴代の担当者である田引 正氏（現独立行政法人北海道農業研究センター上席研究員），三浦豊雄氏（元北海道立中央農業試験場稲作部長），越智弘明氏（前北海道立中央農業試験場主任研究員），宮本裕之氏（現北見農業試験場主任研究員兼管理科長），神野裕信氏（現北海道立中央農業試験場畑作科）には多大なご協力を頂いた．耐病性育種を進める上では，病理分野の協力は不可欠であった．耐病性育種に取り組むに当たり一番最初に茎疫病菌分離の手ほどきを頂き，その後も絶大なご支援，ご助言頂いた元北海道立十勝農業試験場病虫科長・田中文夫農学博士（現北海道立中央農業試験場主任研究員）を始めとし，北海道立十勝農業試験場病虫科の各位には協力頂いた．北海道大学大学院農学研究院・野津あゆみ氏（現北海道立道南農業試験場病虫科）には，貴重なデータを提供頂いた．また，北海道立上川農業試験場病虫科・小倉玲奈氏には，茎疫病抵抗性育種の共同研究者として現在でもご協力を頂いている．北海道立中央農業試験場主任研究員・竹内　徹氏には，アズキ耐病性育種全般に渡り貴重なご助言を頂き，また同遺伝子工学科・鈴木孝子氏，前任者である佐藤　毅農学博士（現北海道立上川農業試験場水稲科長）には，遺伝子レベルの解析から落葉病抵抗性について興味深いご助言を頂いた．また北海道立十勝農業試験場小豆菜豆科（豆類第二科）では，飯田修三氏（現北海道立中央農業試験場技術普及部次長），品田裕二氏（現北海道立中央農業試験場企画情報室長），白井滋久氏（現北海道立北見農業試験場技術普及部次長），佐藤　仁氏（現北海道立十勝農業試験場技術普及部），江部成彦氏（現北海道立北見農業試験場技術普及部），松川　勲氏（元北海道立北見農業試験場長），青山　聡氏，奥山昌隆氏とともに豆類育種に従事し，各位から貴重なご助言，ご指導を頂いた．

論文執筆に当たり，前北海道立上川農業試験研究部長・河野迪夫氏，北海道立上川農業試験場畑作園芸科長・鈴木和織氏はじめ畑作園芸科の各位に多大なご配慮を頂いた．北海道立十勝農業試験場小豆菜豆科・田澤暁子氏には，写真を提供頂くなど諸事ご協力頂いた．北海道立十勝農業試験場長・菊地治己農学博士並びに北海道立十勝農業試験場の各位には本報の発刊に当たり，多大なご配慮を頂いた．

以上の方々に深く感謝申し上げる．

引用文献

足立大山・千葉一美（1987）アズキの耐病性育種，“わが国におけるマメ類の育種”小島睦男，明文書房，東京．p. 389-413.

足立大山・成河智明・千葉一美・村田吉平・原　正紀・島田尚典（1988）あずき新品種「ハツネショウズ」の育成について．北海道立農試集報 57：13-24.

足立大山・土屋貞夫・番場宏治・鈴木和織（1991）ダイズ茎疫病抵抗性品種の探索と抵抗性の遺伝解析．北農 58：40-44.

Anderson, T. R. and Buzzell, R. I. (1992) Diversity and frequency of races of *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean fiels in Essex County, Ontario, 1980-1989.PlantDis76:587-589.

青田盾彦・原　正紀・足立大山（1986）アズキ落葉病菌の菌株と品種・系統間差異.日植病報 52：141(講要).

Bhat, R. G. , McBlain, B. A. andSchmitthenner,A.F.(1993) Development of pure lines of *Phytophthora sojae* races. Phytopathology83:473-477.

千葉一美（1982）アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究Ⅰ．抵抗性の品種間差異．北海道立農試集報 48：56-63.

千葉一美（1985）アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究Ⅱ．品種間差の成立経過．北海道立農試集報 52：79-84.

千葉一美・成河智明・村田吉平・足立大山（1987）アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究Ⅲ．抵抗性の遺伝様式とその導入効果．北海道立農試集報 56：1-7.

Dorrance, A. E. and McClure, S.A.(2001) Beneficial effects of fungicide seed treatments for soybean cultivars with partial resistance to *Phytophthora sojae*. Plant Dis 85: 1063-1068.

藤田正平（2003a）アズキ 4）耐病性育種，“わが国における食用マメ類の研究”（海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編），養賢堂，東京．p.234-244.

藤田正平・芳賀 一・近藤則夫・村田吉平（1996）アズキの落葉病の菌系と品種間の発病差異．日植病報 62：647（講要）.

藤田正平・村田吉平・島田尚典・青山 聡・千葉一美・松川 勲・白井滋久・三浦豊雄・越智弘明・近藤則夫（2002）アズキ新品種「しゅまり」の育成．北海道立農試集報　82：31-40.

藤田正平・島田尚典・青山 聡・村田吉平・千葉一美・松川勲（2005）アズキ新品種「きたほたる」の育成．北海道立農試集報　88：13-24.

藤田正平・島田尚典・村田吉平・青山 聡・千葉一美・松川勲・南 忠（2003b）アズキ新品種「とよみ大納言」の育成．北海道立農試集報　84：25-36.

藤田正平・島田尚典・村田吉平・白井滋久・原　正紀・足立大山・千葉一美（1995a）あずき新品種「きたのおとめ」の育成について．北海道立農試集報 68：17-31.

藤田正平・島田尚典・村田吉平・田引 正・三浦豊雄（1995b）アズキ茎疫病抵抗性品種の地理的分布について．育種・作物学会北海道談話会報 36：118-119（講要）.

北海道（2006）平成 18 年度農作物害虫・雑草防除ガイド．北海道農政部，北海道．p.45-49.

Ishizaki, K. , Hoshi, T. , Abe, S. , Sasaki, Y. , Kobayashi, K. , Kasaneyama, H. , Matsui, T. and Azuma, S. (2005) Breeding of blast resistant isogenic lines in rice variety "Koshihikari" and evaluation of their characters. Breeding Science 55:371-377.

Kaitany,R. C. , Hart,L.P.andSafir,G.R.(2001)Virulence composition of *Phytophthora sojae* in Michigan. Plant Dis 85: 1103-1106.

北沢健治・柳田騏策（1989）アズキ立枯病の病原菌 *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *adzukicola* n.f.sp. 日植病報 55：76-78.

Kobayashi, K. , Kondo, N., Ui, T. , Tachibana,H. and Aota, T. (1983) Difference in pathogenicity of *Phialophora gregata* isolates from adzuki bean in Japan and from soybeanintheUnitedStates.PlantDis67:387-388.

Kobayashi, K. , Tanaka, F., Kondo, N. and Ui, T. (1981) A selective medium for isolationof *Cephalosprium gregatum* from soil and populations in adzuki bean fields soils estimated with the medium. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 45: 409-411.

Kobayashi, K. , Yamamoto, H. , Negishi, H. and Ogoshi,A. (1991) Formae specialis differentiation of *Phialophora gregata* from adzuki bean and soybean in Japan. Ann. Phytopathol.Soc.Jpn.57:225-231.

近藤則夫（1995）アズキ萎凋病に関する研究．北海道大学農学部邦文紀要 19：411-472.

Kondo, N. , Fujita, S.,Murata, K. and Ogoshi, A. (1998) Detection of two races of *Phialophora gregata* f. sp. *adzukicola*, the causal agent ofadzukibeanbrownstemrot. Plant Dis82:928-930.

Kondo, N. , Kobayashi, Y. , Sakuma, F. , Fujita, S. and Murata, K. (2002) Regional distribution of two races of *Phialophora gregata* f. sp. *adzukicola*, causal agent of brown stem rot of adzuki bean, and their genetic diversity on Hokkaido, northernmost island of Japan. J. Gen. Plant. Pathol.68:284-291.

近藤則夫・児玉不二雄（1989）アズキ立枯病とその病原菌．植物防疫 43：384-388.

Kondo, N. , Nakazawa, K. , Fujita, S. , Shimada, H. and Naito, S. (2005) New virulent race of *Phialophora gregata* f. sp. *adzukicola* associated with continuous cultivation of adzuki bean cultivar Acc259. J. Gen. Plant. Pathol.71:360-363.

Kondo,N.,Notsu,A.,Naito,S.,Fujita,S.andShimada,H. (2004) Distribution of *Phytophthora vignae* f. sp. *adzukicola* racesinadzukibeanfieldsinHokkaido,Japan. Plant Dis88:875-877.

小山八十八・野村信史・森義雄・旭川清一（1972）小豆新品種「寿小豆」の育成について．北海道立農試集報 25:81-91.

Leitz, R. A.,Hartman, G. L. , Pedersen, W. L. and Nickell, C. D. (2000) Races of *Phytophthora sojae* on soybean in Illinois. PlantDis84:487.

牧野 華・藤田正平・村田吉平・近藤則夫・生越 明（1997）北海道内で分離されたアズキ茎疫病菌(*Phytophthoravignae*)の諸特性．日植病報 63：530（講要）．

松川 勲・番場宏治・土屋貞夫（1987）ダイズ茎疫病抵抗性の品種間差異. 育種・作物学会北海道談話会報 27：49（講要）.

McBlain,B.A.,Zimmerly,M.M.,Schmitthenner,A.F.and Hacker, J. K. (1991) Tolerance to Phytophthora rot in soybean : Ⅰ. Studies of the cross ' Ripley' × ' Harper '. CropSci31:1405-1411.

Morgan, F. L. and Hartwig, E. E. (1965) Physiologic specialization in *Phytophthora megasperma* var. *sojae*. Phytopathology 55:1277-1279.

村田吉平・松川 勲・藤田正平（1998）系譜作成ソフトによる十勝農試の小豆育種における交配組合せの解析．日本育種学会・日本作物学会北海道談話会報 39：121-122（講要）.

村田吉平・成河智明・千葉一美・佐藤久泰・足立大山・松川 勲（1985）あずき新品種「エリモショウズ」の育成について．北海道立農試集報 53：103-113.

成田武四・赤井 純・坪木和男（1971）アズキ落葉病とその病原菌．植物防疫 25：353-358.

Notsu,A. , Kondo, N.,Fujita,S.,Murata,K.andNaito,S. (2003) New race of *Phytophthoravignae* f. sp. *adzukicola*, the causal agent of Phytophthora stem rot of the adzuki bean.J.Gen.Plant.Pathol. 69: 39-41.

農林水産省農業研究センター（2001）寒冷地向け高品質あずき新品種候補系統「十育 144 号」．平成 12 年度研究成果情報（総合農業）．p. 16-17.

Schmitthenner, A. F., Hobe, M. and Bhat, R. G. (1993) *Phytophthora sojae* races in Ohaio over a 10-year interval. PlantDis78:269-276.

島田尚典・青山 聡・長谷川尚輝・村田吉平・藤田正平・松川 勲（2005）早生，耐冷性で落葉病抵抗性の新品種「十育 147 号」．平成 16 年度新しい研究成果－北海道地域－．pp. 72-75.

島田尚典・藤田正平・千葉一美・村田吉平・足立大山・原 正紀・白井滋久・成河智明・土屋武彦・三浦豊雄（1992）あずき新品種「アケノワセ」の育成について．北海道立農試集報 64：59-74.

Sills, G. R. , Gritton, E. T. and Grau, C. R. (1991) Differential reactions of soybean genotypes to isolates of *Phialophoragregata* onsoybean.PlantDis75:687-690.

鈴木孝子・竹内 徹・藤田正平・島田尚典・佐藤 毅（2005）アズキ落葉病抵抗性遺伝子座連鎖マーカーの AFLP 解析．日植病報 71：81（講要）.

田引 正・土屋武彦（1990）湛水処理によるアズキ茎疫病抵抗性の検定を品種間差異．北海道立農試集報 60：133-142.

Tooley, P. W. and Grau, C.R.(1984a)Fieldcharacterization of rate-reducing resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean. Phytopathology 74: 1021-1208.

Tooley, P. W. and Grau, C. R. (1984b) The relationship between rate-reducing resistance to *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea* ofsoybean.Phytopathology74: 1209-1216.

土屋貞夫（1989）アズキ茎疫病とその防除に関する研究．北海道立農試報告 72：11-37.

土屋貞夫・赤井 純（1975）アズキ落葉病の感染生態．日植病報 41：266（講要）.

土屋貞夫・児玉不二雄（1978）アズキ茎疫病とその病原菌．植物防疫 32：357-360.

土屋貞夫・田中文夫（1984）上川地方におけるアズキ茎疫病の発生実態．北海道立農試集報 51：105-112.

土屋貞夫・田中文夫・足立大山（1990）日本産品種によるダイズ茎疫病菌のレース類別と抵抗性品種の探索．日植病報 56：144（講要）.

Tsuchiya, S. , Yanagawa, M. and Ogoshi, A. (1986) Formae speciales differentiation of *Phytophthora vignae* isolates from cowpea andadzukibean.Ann.Phytopathol. Soc.Jpn. 52:577-584.

Willmot, D. B. and Nickell, C. D. (1989) Physiologic specialization of *Phialophora gregata* on soybean. Plant Dis 73:290-294.

山本英樹（1994）アズキ落葉病菌とダイズ落葉病菌の分類に関する研究．北海道大学農学部邦文紀要 19：60-65.

吉井孝光・鈴木孝子・竹内 徹・藤田正平・島田尚典・近藤則夫・内藤繁男（2005）アズキ落葉病抵抗性遺伝子に連鎖した DNA マーカーの開発．日植病報 71：81（講要）

図　　版

発病程度0　　発病程度4

写真1　アズキ落葉病発病程度の品種間差異

維管束褐変程度0　　維管束褐変程度2　　維管束褐変程度4

写真2　アズキ落葉病による主茎の地際～第1節間の維管束褐変程度

写真3　　アズキ茎疫病菌レース4優占圃における
発病程度の品種系統間差異

注）1. 左2畦：「Acc787」を抵抗性母本に持つ育成系統
　　右2畦：「しゅまり」
　　2. 上川農試アズキ茎疫病抵抗性選抜圃