

第1部の最後の講演者は中央農業総合研究センター大豆生産安定研究チームの加藤雅康さんです。出身地は岐阜県で、専門は植物病理です。ご研究内容は、大豆の苗立ち不良克服技術の開発ということで、湿った土壌に播種した際の苗立ち不良の問題を病気の面から研究をされております。

### 講演3 「湿害に起因する大豆病害発生メカニズム」

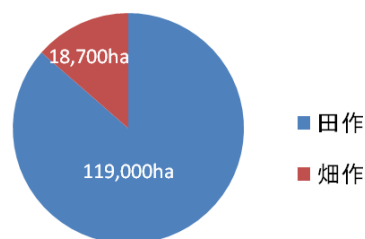
#### ◇はじめに

私の講演は「湿害に起因する大豆病害の発生メカニズム」という非常に大きな題名をいただいておりますが、ここでは、大豆の苗立ち不良に病気がどのように関連しているかということを紹介いたします。

まず日本の大豆栽培の特徴の一つ目は、小柳さんの麦の湿害の講演でもありましたが、転換畑での作付けが多いということです。全国で大豆の作付面積は田が86%、そして残りが畑になります(図3-1)。北海道を除きますと田の割合が90%以上になります。このように田で作っていますから、やはり排水が悪い場所で大豆が作られているという状況になっています。二つ目の特徴は播種時期が梅雨と重なっている場所が非常に多いということです。日本では6月10日ぐらいから7月20日ぐらいまでが梅雨時期といわれますので、関東地方より西では、播種が梅雨時期と重なります。このため、これらの地域では播種時に苗立ちが悪くなることがしばしば見受けられます。

## 日本の大豆栽培の特徴

### 1) 転換畑で作付けが多い



大豆の田畑別作付割合(2010)

農林水産省大臣官房統計部

### 2) 播種が梅雨時期と重なっている(関東地方以西)

(図3-1)

#### ◇大豆の苗立ち不良

関東地方で大豆を転換畑に播種したところを撮影しました。播種後の降雨により、この

ようにしばしば湛水状態になることがあります（図3-2）。苗立ちが悪くなって多くの欠



（図3-2） 播種後湛水した圃場

株が見られます。このような状態の時に、よく「湿害でやられた」と言われます。しかし、湿害といってもいろいろな要因が考えられますので、十把一絡げに「湿害」といつていては問題解決にならないと思います。大豆の苗立ち不良の原因として考えられる4つの要因を挙げました（図3-3）。一つ目は、大豆が急激に吸水すると子葉が破壊されることがあり

### 大豆の苗立ち不良の原因として 考えられるもの

- 1) 急激な吸水による子葉の破壊
- 2) 低酸素による生理的な障害
- 3) 土膜(クラスト)形成による土壌の硬化
- 4) 土壌微生物の感染

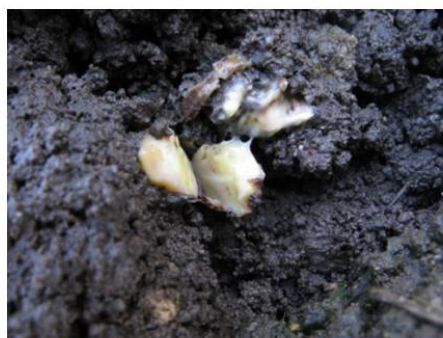
（図3-3）

ます。この場合、その後の生育が非常に劣ります。2番目に低酸素による生理的な障害があると考えられます。また3番目に土膜、すなわちクラストの形成です。クラストというのは、強い雨の後に乾燥などが加わり土壌表面が非常に硬くなった状態で、種子が出芽しようとしてもできないということが起きます。それから4番目に土壌微生物に感染することが考えられます。本日はこの4番目について紹介します。

#### ◇出芽不良と微生物

出芽不良の大豆を掘ると、子葉が軟化腐敗しています（図3-4）。種子の周りに泥が付着してボール状になっていることもよくあります。このような場合は微生物の感染が疑われますので、微生物が関与しているかどうか、以下の4つの項目を調べました（図3-5）。

### 出芽不良の大豆を掘ってみると



子葉が軟化腐敗する。

種子の周りに泥が付着してボール状になる。



微生物の感染？

（図3-4）

### 苗立ち不良への微生物の関与

- 1) 蒸気滅菌した土壤に播種した大豆の出芽
- 2) 殺菌剤を種子処理した大豆の出芽
- 3) 苗立ち不良株からの菌の分離
- 4) 分離菌の病原性

（図3-5）

まず、蒸気滅菌した土壤に播種した大豆の出芽を見ることです。次に殺菌剤を種子処理して大豆の出芽率が向上するかを見ます。出芽率が向上すれば、何らかの微生物が関与しているのではないかと推定ができます。さらに、苗立ち不良の株から菌を分離し、分離菌の病原性を見ます。最初に、蒸気滅菌した土壤に播種し、さらに湛水処理をして大豆の出芽を観察する実験の結果を示します。転換畑から土を採集し、その土にそのまま大豆を播種し湛水処理した場合は、幾つかの種子が軟化腐敗します（図3-6左）。あるものは、うまく出芽することができますが、かなり苗立ち率が悪くなりました。一方、同じ土を滅菌した後に大豆を播種し湛水処理しますと、苗立ちは非常に向上しました（図3-6右）。このことから、何らかの生物的な要因が苗立ちの低下に関与していると考えられます。さらに滅菌条件を厳しくした実験条件として、大豆の種子を表面殺菌し、それを滅菌水に漬

## 苗立ち不良への微生物の関与

### 1) 蒸気滅菌した土壤に播種した大豆の出芽

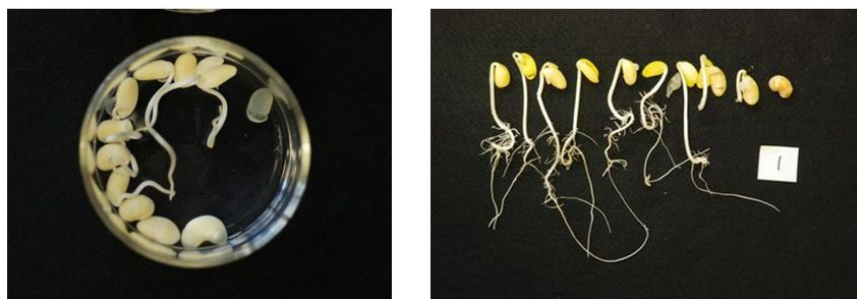


非滅菌土壤

滅菌土壤

(図3-6)

けました。その結果、8日間水に漬けた条件でも発根しました(図3-7左)。この後、これをペーパータオルに乗せて発芽試験を行ったところ、根が伸長しました(図3-7右)。



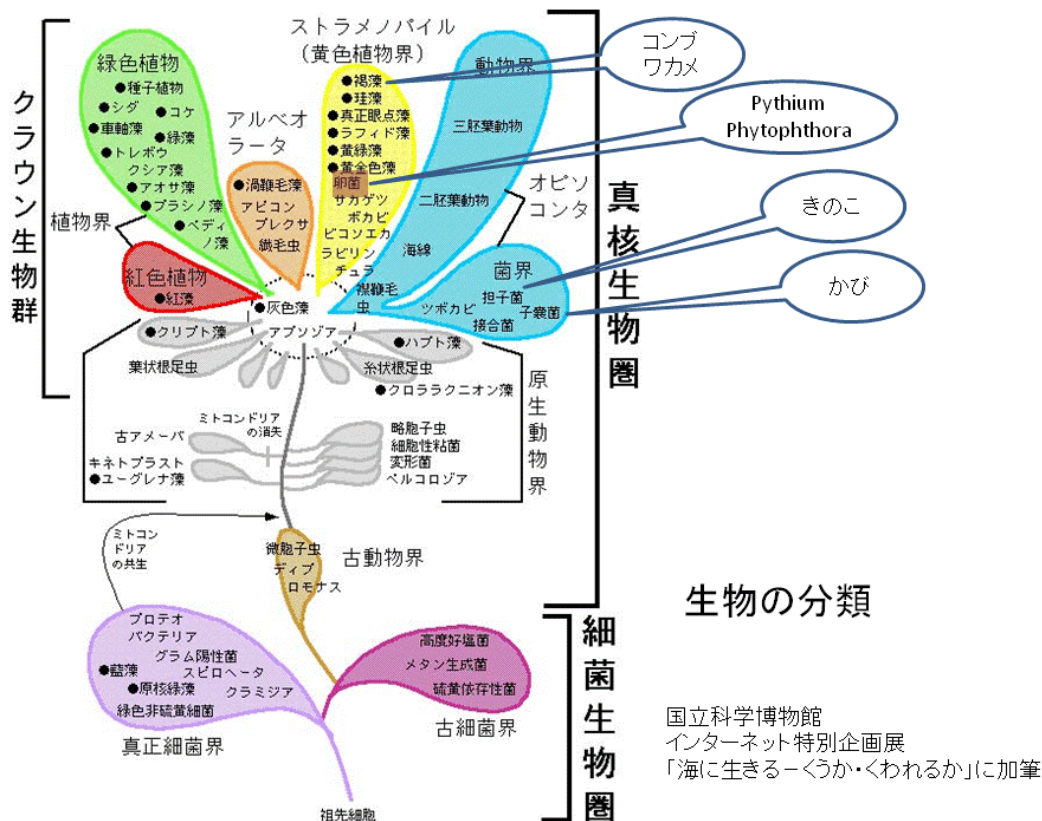
(図3-7) 滅菌水に漬けた大豆の生存

このように、菌がない状態では8日間の湛水に耐えて大豆は生きることがわかりました。次に、殺菌剤を種子処理して大豆の出芽を観察しました。殺菌剤は剤の種類により、殺菌効果のある微生物群が異なります。試験ではアグリマイシン100、ベンレート、モンカット、リドミルMZという4つの殺菌剤を種子粉衣してから転換畑に大豆を播きました[注意：これらの殺菌剤のうちモンカット以外は大豆の種子処理剤としての登録がありません(2011年9月2日現在)ので、実際には使用できません。]。播種後、湛水処理する条件では、リドミルMZという殺菌剤を種子処理した場合に、無処理と比べて有意に出芽率が向上しました。効果があったリドミルMZ剤は、卵(らん)菌という微生物群に対して殺菌

効果があります。それに対して細菌、子嚢菌、担子菌に殺菌効果のある他の3種の薬剤は無処理と比較して、あまり出芽率を向上させませんでした。このことから、卵菌が何らかの関与をしているのではないかと考えられました。ここまでをまとめると、大豆の苗立ち不良には微生物、特に卵菌類が関与しているようであるということがわかりました。

### ◇卵菌とは

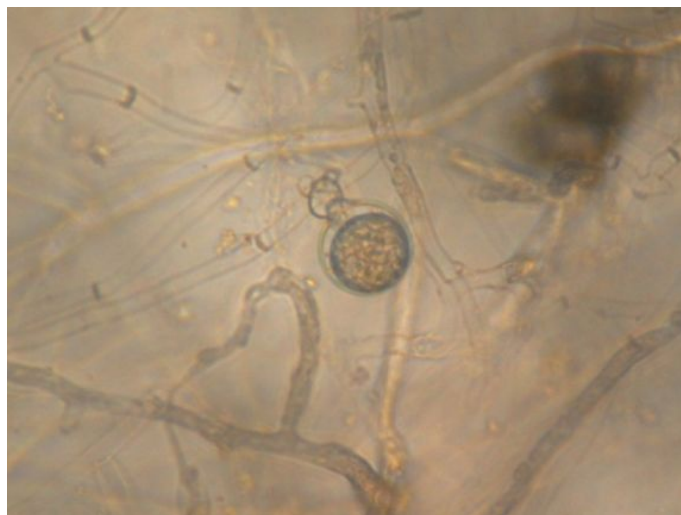
ここで卵菌というのは聞き慣れない言葉ですので少し説明したいと思います。現在の生物の分類では、卵菌はストラメノパイルという群に分類されます(図3-8)。ここにはピ



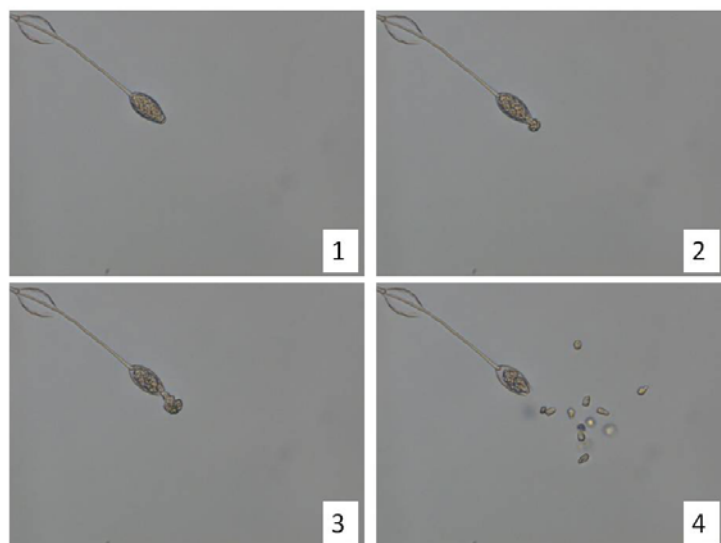
(図3-8)

シウム (*Pythium*) とかフィトフトラ (*Phytophthora*) という属の菌が入っておりますし、べと病菌もこの卵菌に入ります。この菌は卵菌と呼ばれるゆえんとなる卵胞子を形成し、菌糸も形成します(図3-9)。菌糸を作るということで有名な微生物にはカビとかキノコのような菌類がありますが、卵菌はキノコやカビとは違う分類群になります。卵菌が入るストラメノパイルにはコンブやワカメなどの褐藻類も入ります。卵菌類はこれら褐藻類に近い菌ということです。卵菌類の特徴は泳ぐということに尽きると思います。卵菌を水の中に入ると遊走子嚢という、ここでは卵形の器官をつくります。水の中では遊走子嚢から内容物がだんだん出てきて水の中を遊走子が泳ぎ回ります(図3-10)。遊走子が植物

にとりついて感染して病気を起こすわけです。少し詳しく分類の話をしてきましたが、この分類群を認識するということは殺菌剤の効果の範囲を知ったり、あるいは生態を考えたりする上で役に立つ情報だと思います。



(図 3 - 9) 卵菌類の形態



(図 3 - 1 0) 遊走子の放出

#### ◇卵菌の感染に必要な条件

さて、次に苗立ち不良を起こした大豆から菌を分離しました。そうするといろいろな種類の菌が出てきました。子嚢菌と思われるものもありますし、毛カビ類もありました。また、卵菌類と思われるものも多数ありました。これらの卵菌類は、大豆に接種して湛水処理しますと出芽率を低下させる卵菌がありましたが、出芽率を低下させない卵菌もありました(図 3 - 1 1)。一方、他の分類群のものは卵菌類と異なって出芽率の低下は起こしま

苗立ち不良株から分離した菌のダイズに対する病原性



(図 3 - 1 1)

せんでした。これらの卵菌類を接種して、湛水日数を0日、1日、2日と変えたところ、湛水日数が長くなるにしたがって出芽率は下がっていきました。湛水期間が長いほど出芽率が低下したことから、卵菌が大豆の出芽率を低下させるためには、大豆にストレスが必要なのではないかと考えました。以上のことをまとめますと、苗立ち不良株からは卵菌類のピシウム属菌やフィトフトラ属菌が分離されて、これらは病原性を示しました。この感染には湛水条件が必要であったということが言えます。

卵菌類の話をしてきましたが、苗立ち不良を起こす菌の中で非常に有名なものとして茎疫病菌というのがあります。この菌は学名を *Phytophthora sojae* といい、やはり卵菌に入ります。それでは病原性の強い茎疫病菌と、病原性が弱く発病にストレスが必要な、つまり日和見的な卵菌類とどのように違うかということを紹介いたします。茎疫病は苗立ちの時に下胚軸から子葉の部分が茶色くなったり、やや生育が進んでも下胚軸を褐変が地際部から上っていったりします。そしてもっと大きくなっても、このように地際部から褐変させ枯死に至らせません(図3-12)。茎疫病菌と日和見卵菌では、接種すると若干病徴に違

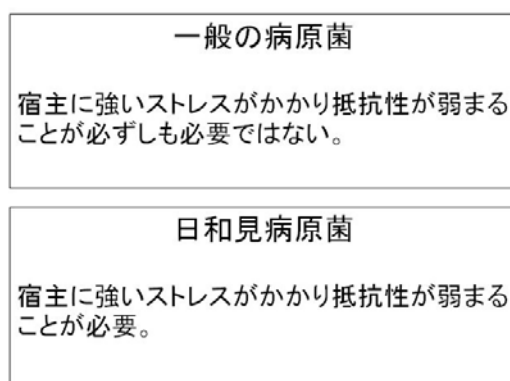
茎疫病 (病原菌: *Phytophthora sojae*)



(図 3 - 1 2)大豆茎疫病

いがあります。茎疫病菌の場合は名前に茎とつくように、どちらかという下胚軸の部分がよく被害を受けます。若干、子葉などもやられることもあります。比較的子葉は被害を受けず、硬いままのことが多いです。一方、日和見卵菌の場合は子葉そのものが軟化腐敗します。

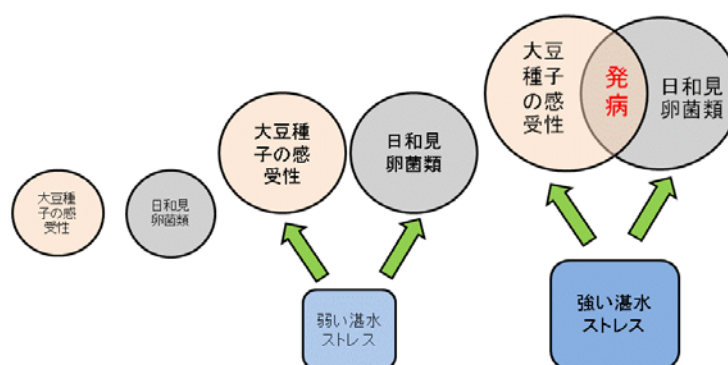
次に、水ストレスを与えない条件下で接種を行ないました。大豆の下胚軸に切り込み（スリット）を入れて、そこに菌糸を突っ込むという接種をしています。茎疫病菌の場合は病気を起こしますが、日和見卵菌の場合は全く病気を起こしませんでした。一般の病原菌が病気を起こすには、宿主に強いストレスがかかって抵抗性が弱まるということは必ずしも必要ではなく、その菌が持っている病原性だけで宿主の抵抗性を打ち破るだけの能力がある程度持っています。それに対して、日和見菌が病気を起こすには、宿主に強いストレスがかかって抵抗性が弱まる必要があるのではないかと考えました（図3-13）。



(図3-13)

#### ◇日和見卵菌の感染メカニズム

日和見卵菌類がどのようにして病気を起こすかというメカニズムを模式的に示しました（図3-14）。図の左では大豆種子はある程度、この菌に対する感受性を持ち、日和見卵

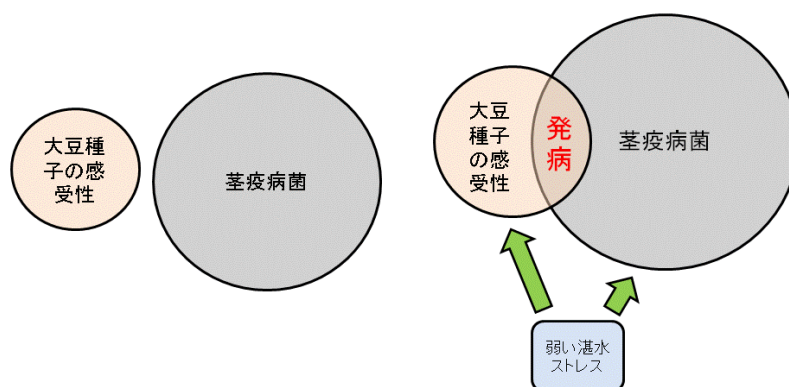


日和見卵菌類の場合

(図3-14) 日和見卵菌類の発病機構



菌はそれに対する病原性を持っていることを示しています。ここに湛水という条件が加わりますと湛水が大豆の感受性を高めると同時に、日和見卵菌類の活動を活発にさせます(図3-14中)。この弱い湛水条件ではまだ発病しませんが、湛水条件がもっと強くなると発病してきます(図3-14右)。一方、茎疫病菌の場合、もともと茎疫病菌には強い病原性というものが備わっておりますので(図3-15左)、弱い湛水条件の場合でも発病すると考えられます(図3-15右)。以上のことをまとめますと、高水分土壤に播種された大豆の苗立ち不良には日和見卵菌類が関与し、湛水により大豆の抵抗性が低下すると感染し、苗立ち不良を引き起こすということです(図3-16)。ここで、最初にお見せした圃場の写真(図3-2)ですが、ここにはかなりの割合で日和見卵菌類が関係しているのではないかと考えております。これらの菌の感染にはある期間の湛水が必要であるということ、そして大豆の抵抗性の低下を通じて感染が成立すると考えられます。



### 茎疫病菌の場合

(図3-15) 大豆茎疫病菌の発病機構

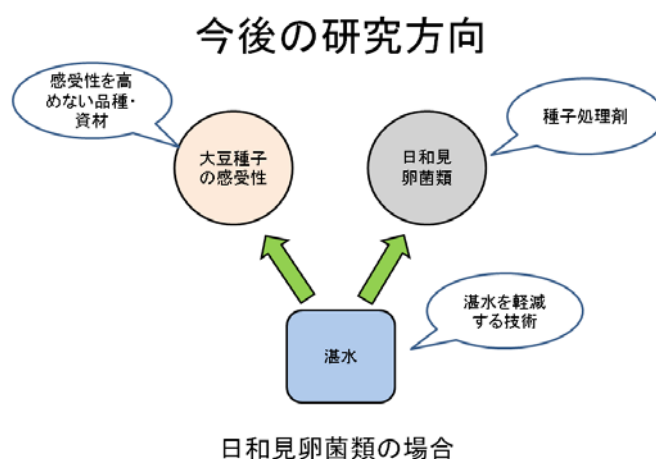
## まとめ

- 高水分土壤に播種された大豆の苗立ち不良には**日和見卵菌類**が関与している。
- これらの菌の感染にはある期間の湛水が必要である。
- 大豆の抵抗性の低下を通じて感染が成立すると考えられる。

(図3-16) まとめ

### ◇今後の研究方向

今後の対策としては、大豆種子の感受性を高めないような品種や資材などがあるのではないかと思います。そして日和見卵菌類には種子処理剤などで感染をたたくという方法、あるいは、湛水に関しては排水対策などが必要になってくるのではないかと思います(図3-17)。



(図3-17) 今後の研究方向

どうもご清聴ありがとうございました。苗立ち不良やご不明な点に関する情報は私までご連絡くださいますよう、よろしく願いいたします。関連の情報をいただけると大変ありがたいと思います。どうもありがとうございました。

### [質疑応答]

川口 どうもありがとうございました。苗立ち不良に関して新しい切り口、卵菌というものごの存在についてのご発表でした。

### ◇卵菌の発見について

大豆の苗立ち不良の湿害で病気が関係していますという話題でした。これは、今までクローズアップしてこられなかったものだと思います。茎疫病は非常に有名でしたが、大豆の苗立ち不良に関しては、知名度が低い卵菌というものを見つけたのは初めてなのでしょうか。

加藤 大豆には苗立ち枯病という病気がありますが、これは卵菌類の *Pythium* によるもので1980年代には既に報告はあり、特に北海道で研究されております。また、それに対する登録薬剤もあるので、それなりに認知はされていたと思います。しかし、それほど大きく認知されていないということもありまして、大豆の苗立ち不良に関しては、どこへ行っても「湿害でやられた」という話はよく聞きますが、「微生物や菌でやられた」という話には

なりません。出芽していない状態をパッと見て湿害でやられたと決めつけ、原因は他にもあると思うのですが、それを分けることなく考えてきたのではないかなと思いました。

川口 病原性の強い茎疫病は、病気を起こす時の環境の影響は小さいけれども、一方、卵菌の感染には水が必須であるということは、水が多い過湿環境、つまり私たちが問題としている湿害環境を考えると、そこで影響を受けやすいのはどちらかということ日和見卵菌のほうでしょうか。

加藤 やはり環境ストレスが大豆に非常に強く加わらないと罹りませんので、日和見卵菌とここで呼ばせてもらったものの方が茎疫病菌よりは条件がしっかり整わないと病気が出ないと思います。大豆を播種して出芽不良になった時に、皆さんは多分、一度は水浸しになった状態の田を見ているのだらうと思います。そのような場所では酸素不足とか、他の生理的な障害が当然起こるだらうということは容易に想像できますので、生理障害によって大豆が出芽しなかったと農家の方とかは思われていたでしょうし、多分、それが原因のほとんどであると認識されてきたと感じています。ところが、本当は出芽不良という現象に対しては菌がかなり関与しているのではないかなというように私は考えています。

川口 水が漬かりそうな場所での苗立ち不良のメカニズムには発芽生理の影響もありますが、卵菌が原因になっていることもあるということですね。場所によって苗立ち不良の原因は異なると考えられますから一概には言えないのですが、卵菌を防除すれば、これまでは生理的に発生した湿害と思っているものが、かなり軽減される場面もあると考えていいのでしょうか。

加藤 はい、そう思います。

#### ◇卵菌の増殖と温度

Q: 私は、以前、日照が異なる条件でポット試験をしたことがあります。一方は寒冷紗で覆って日照を遮り、一方は日照がある区を設定しました。飽水状態のところと同じように播種して試験をした時に、日照があつて温度が上がる区のほうが発芽率が低下したのですが、その解釈に悩んでいました。お話からすると、温度が高いことにより、卵菌が繁殖しやすくなり、出芽不良になったととらえてよろしいのでしょうか。

加藤 私はまだ、卵菌の温度反応を見ていないのでよくわかりません。卵菌の中でも高い温度で出やすい菌と、それから低い温度で出やすい卵菌とがいます。これらの菌の菌糸の伸びは大体 30℃を超えたくらいが一番速いのです。そういうことを考えますと温度が高いほうが出やすいというふうには言えるかとは思いますが、在原さんの行われた実験がどの程度の時期にどのような温度帯の条件で行われたかということにはわかりませんので、私がいうことがそのまま当てはまるかどうかはわかりませんが、可能性としてはあるのではないかと思います。

#### ◇卵菌の感染しやすい生育ステージと部位

中野（農研機構） 大豆の生育ステージが気になります。今回の試験では発芽した直後ということなのですが、発芽種子のどの部分が感染しやすいかということ、さらに大きく大豆が生育した後も日和見菌による病害はあるかという2点をお聞かせください。

加藤 まず後者の質問ですが、生育後には、まずほとんど日和見菌による病気はないだろうと思います。それから前者の質問については、どこから感染するかというのは、そこまで細かいことは調べておりません。

川口 感染部位はわからないけれど、生育後期には罹らないということですね。

加藤 はい。

#### ◇卵菌の感染とpH

Q: 大豆の試験等をやっております。環境要因について一点伺いたいことがあります。福井県では特に冬季に、季節風に伴う大陸からの風で強い酸性雨、全国でも最も強いのではという酸性の雪が降ります。それにより、12月から4、5月くらいにかけて土のpHがかなり下がることが最近わかってきました。一方で、ナス科などの疫病では土壌のpHが下がると出やすいということが言われていると思いますが、pHと日和見型の感染をする卵菌類には関係があるのかという点を教えていただけますか。

加藤 日和見菌の感染がpHと関係があるかということについては、私は情報を持っておりません。茎疫病については、富山県や福井県でも研究しておられますが、pHの低いほうが発生しやすいというような話がありますので、菌群が似ているということから推測するとpHの低下で少しは発生しやすいのかなというようにも考えられなくはありません。ただ、これは個別の菌の話ですので何とも言えないと思います。

川口 ありがとうございました。ではこれで第1部の3名の講演を終わりたいと思います。1部は現地での湿害、対策技術を中心にお話しましたが、小柳さんの話は茨城県、関東南部で、田中さんの話は福岡県、北九州ということで、地域の限られた話なのかもしれません。今日の参加者の方は全国から来ていらっしゃいますので、できれば総合討論の時に「うちの地域ではこうだ」という実例、ご苦労話もお伺いできればと講演者の方からは聞いております。よろしく願いいたします。