

土壌物理研究会第36回シンポジウム 「異常気象下の作物生育と土壌物理」

座長 菊地晃二（北海道立天北農業試験場）
伊藤純雄（北海道農業試験場）

座長（菊地）：

今日の講演の内容は大きく3つに分けることができる。1つは農業気象学の話として堀口先生より、平成5年度の異常気象と基本的な熱収支の解説を基に冷害対策についての考えを示して頂いた。2つ目は、作物の面から平沢先生が関東の例で、作物の水生理と水環境問題について話して頂いた。そして3つ目には土壌を中心として、いわゆる土壌、作物、大気の動的関係解明が重要であるという天北農試の中辻さんの話、北見農試の赤司さんからの土壌病害と水環境、リモートセンシングを用いて、十勝のてんさいの収量予測や異常気象の予測についての北海道中央農試の安積さん。土壌物理的条件とは、今日の講演にあるように気象状況と関連し、実際の農業では重要な条件だと思うが、土壌物理研究はある面でかなり停滞気味である。その辺の打破のためにも今日の論議、皆さんから色々出してもらいたい。最初に堀口先生の、平成5年度の話ばかりでなく、後半にお話頂いた熱収支の基本的事項とそれに基づいた冷害対策について質問なり、意見をお願いしたい。

志賀（中央農試）：

圃場レベルでの水田の話を知ったが、もうちょっと大きい、例えば10kmぐらいのスケールで考えたときに、石狩平野などでは畑と水田がモザイク状にあるわけだが、その中の湛水面積の比率などによって、微気象がどの様に影響を受けるかということを教えて頂きたい。

堀口：

現在、衛星データを使って1kmメッシュ位で、土地利用面積比率と表面温度の関係についてやっている。面積比が1kmメッシュで全部畑の場合と全部水田の場合とどの位表面温度が違うか。数字は忘れたが、植生が無い場合に確か5℃位違ってたと思う。日中の温度が高くなるということ。だから植生がある場合とか、水田がある場合、それから裸地の場合で、温度も少し違ってくる。

志賀：

ということは例えば昼夜通して見た場合、周りに水田がある畑は、冷害年には恩恵を被っているか。それとも足を引っ張られているのか。どの様に解釈できるのか。

堀口：

水があると平均的には少し温度が高くなる。ただ、圃場条件によって違うが。というのは、洞爺湖のそばは水体が有るわけで、夜間の温度はそんなに下がらない。

松原（北見農試）：

こういう気象の場合は、極値、極端な低温だとか高温と同時にその持続期間が問題になると思う。北見で水田をやっている人の話を聞くと、去年は7月から8月の大事な時期に温度も低かったけど、その持続期間が長かったのが他の冷害年に比べ特徴であった、という話を聞いた。例えば13℃以下の気温がある程度以上続くと、そちらの影響の方が一時的に10℃より下がるよりも大きいという事もある。このことから考えると、例えば水の様な熱容量の大きいものが、下げないという意味では良いが、逆に言えばある温度をいつまでも保つ事も考えられる。例えば13℃になっていた水温がいつまでも上がらないという場合もあると思うが。

堀口：

湖のような水体が大きい場合はそうだが、水田のような場合はどうか。3日も4日も水田の低温がその為に持続するというような事は考えられないかと思うが。実際に測ったわけではないが、1日か2日位で解消するのではないかと思う。それから、低温の持続については、去年の冷害の場合は2カ月位、一番低いのは1カ月位なのだが、過去の冷害では大体2カ月位の7、8月の低温というのはたまに出ている。少し話した第2種冷夏という時には、低温の時期が1週間から10日位で、非常に強い低温があった。

成田（中央農試）：

冷害の対策として深水の効果があるというのがよく分かった。防風網は近くから遠くになるに従い効果が低くなるという話だったが、高さは何mか。

堀口：

防風網は普通1.5~2m位あると思う。

成田：

それで近場と遠くであんなに効果が違うものか。

堀口：

効果の範囲は、高さの何倍かということを出てる。大

体風速が減風するのが高さの20倍。それは防風垣の2分の1の高さで風速が2分の1になるような高さが大体20倍ということ。だから効果の範囲というのは、防風網とか防風林の高さに影響する。

座長 (菊地):

北海道中央農試の前田さんから畦畔問題で畦畔自体の透水性が良すぎて水が抜け易いという話があったが、その辺、現場で実際経験されている方に、色々お聞かせ願いたい。今井さん何か。

今井 (中央農試):

今年、去年の冷害の事もあり、普通のメーカーが作った機械なのだが、畦塗機というのが出た。これは去年、深水がとれないということで、大体15~20cmしかない畦畔を少しでも高く盛ろうということで出来た機械。それを施工した現場を見せてもらった。できた時は良かったが、1回土をのせて表面を叩いて一見良さそうに見えるが、時間が経つとクラックが結構あった。昔の教科書に畦畔の漏水を調べる図が出てた。早速それを作り、畦畔漏水を調べた。普通24時間で見ると、完全に水が抜ける箇所が結構あった。縦浸透だけ見ると、一桁の数字しか落ちていないが、畦畔の悪い所では、殆ど水が無いような所があって、畦畔が相当傷んでいるということを実感した。話はそれるが、畦畔の築造というのは従来は、代かき時に農家が畦を塗って漏水を少しでも抑えることであった。経営面積が増えると代かき時にそういう作業も出来ないし、畦畔の手入れも草刈りもやっこって感じで漏水の事についての意識が薄れたと思われる。それと、高く盛って水を入れられるという事だけで満足して、漏れているかどうかという確認はなかなかしない。常に水が入っているから、抜けている分だけ水も入ってくるから水深さえあれば深水が出来ると理解している人が多く、土木の方でも畦畔の漏水に関しては色々見ていきたいと思って、今少しづつデータを集めてる最中だ。

座長 (菊地):

やはり真面目にやる気があれば出来るだろうし、そういう研究もやられて、機械ないし農業土木がやる気になってやれば解決できる問題であると僕は解釈してるが。

今井:

畦畔の管理についてだが、今はなかなか農家レベルの営農の範疇できちっとそこまで管理するというのはちょっと難しいという気がしている。それで、本当にきちっと整理しようとする結構お金がかかる。事業かなんかできちっとした畦畔を重機でもって填圧しながら

造っていかないと。形を造るだけでは畦畔の効用を果たすのは難しい。特に今年の例を見てると感じる。

堀口:

昔は畦畔塗りをきちんとやって漏水しないようにしたが、今は無理。だからそれに代わるような畦畔からの漏水防止の事を考えなければならないと思う。いわゆる現在の社会情勢を反映してると思うが。

座長 (菊地):

どうも。

伊藤 (北海道農試):

以前から疑問に思っていたが、先生のお話の中で湿田は排水をよくしてやると温度が上昇して良くなること、それから一方で床締めをして排水を抑えると温度が上昇する、これは私ども土壌の方からするとちょっと矛盾する点も有るような気もする。湿田というのは排水性が悪く減水深が殆ど無いような田で、排水すれば減水深が出て、床締めすると減水深が止まる。それでどちらも温度上昇に効くという。何が効いてるのでどうなるのか、あるいはこの辺までの排水性ならばこっちが効くという事なのか。その辺整理していただきたい。

堀口:

漏水防止をやれば、水田の温度は上がると思うが、排水という事は私もあまり良く考えないで書いた。湧水とかそういう特別なことじゃないか。

座長 (菊地):

どうも。先生に是非というご質問があったらどうぞ。

佐久間 (北大):

今日、堀口先生の話は主に水田だったが、熱収支と関係しての話。畑の場合は、土壌温度を調節するのに色を変えるというのは気象の方ではやられているか。アルベドを変えるということ。

堀口:

実際の場面ではあまり行われていない。いわゆる春先にフライアッシュみたいなものを蒔いて、その結果としてアルベドを変えるということも行われている。大々的に表面の反射率を変えるということはあまり聞いたことはない。ただ実験結果は色々出ている。

佐久間:

実験は色々あるのか。土壌改良材として木炭を使ったら良いという話があちこちで出てきている。それで最近、エロージョンとの関係もあり、剥げた土が多くなって相当明るい感じの耕地土壌が増えてきている。もう少し大々的にやったら、どういう事になるのかと思っている。

堀口：

効果はあると思う。作物が繁茂する前の雪解け促進剤に、少し黒いやつをまいて、それで地温を上げるという事はやられている。

座長（菊地）：

平沢先生、中辻さん、赤司さんに関して質問、意見を。それぞれの3人の演者同士でも結構。

中辻：

水と根と地上部の生育という事で非常におもしろい話で、勉強になった。それで1つ質問。少し心配だと感じるところがある。土壌水分のコントロールをする場合、乾いているやつと乾いてないやつを作っている。乾かすやつはある程度乾かすと、1回水をやって、ざばっと湿らせてまた乾くのを待って、水をざばっとやってというようにやってると思ったのだが。そうすると、乾いてるところから湿らせたところの極値がなんか効いてくる事はないのか。もし僕がやる時は、ずっとその位のレベルに保つというような事をしてやると思う。極値が出るということについてはどうか。

平沢：

極値ってというのは例えばどんな。

中辻：

乾かしてpFが上がる。水をかけると、その時点で急激にpFが下がる。そうすると一気に水が入った時点で残ってた肥料成分などが溶けて一気に植物に吸われるというように、その時点でころっと状況が変わるようなことが起きてくるような気がする。

平沢：

具体的な栽培として、どういう問題が生じるかということはもちろんあると思う。とにかく1番やりたかったのは、根が発達するとそのことが根の機能というものを介して地上部にどのような影響を及ぼすかという事。それで今言われたような、土壌水分が減って、急に土壌水分が増えた時に、色々な土壌の養分が有効化して吸われるという事もあるかもしれない。しかし、そこの所は今までは考えていない。ただ、窒素などが有効化する場合、おそらく葉の色が一時的に濃くなるなどの地上部に何等かの影響が出てくると思う。葉の色を計ってみた限りでは、そういった影響は認められない。

志賀（中央農試）：

似たような質問。湿潤区というのは割と頻繁に少量灌水されている。表面から灌水していると、湿潤区の場合は常に表面が湿っていて、下はかなり乾いた状態で推移してると思うが。乾燥区だと、どばっとやると割と下まで一気に浸透するため、土層の水分分布はかなり両区で

違い、根張りに影響してる事はないか。

平沢：

湿潤区も土壌の1m位までテンシオメータを埋めて計ってる。水分張力だとやはり上の方が大きくて下が小さい。灌漑水の量も、20mmとか30mmと何日かおきに比較的に大量にやっているので、特に下の方が乾くというような事はないと思う。

竹内（北見農試）：

今の質問に関連して1つ確認して頂きたい。この湿潤区というのは湿害が出るほど湿潤ではないということか。

平沢：

はい。そのように考えている。小麦の場合は通常の降水量の条件でやっているし、土壌の表層も時々乾くので、適湿かどうかは良く分からないが、特に生育盛期に下葉が枯れあがるなどの過湿の時に現れる症状というのは生育が盛んな時には見られない。もちろん老化していくと、老化速度の違いが出てくるので、そのような時には湿潤区と乾燥区で違いが出てくる。葉面積がかなり多くあるときには、過湿によって現れる症状というのは見られなかったと思う。

竹内：

だとすると、乾燥した方が良いという結論、非常に目新しく伺っていた。この湿潤、乾燥といっても、中辻さんが言ったように強い水分ストレスを与える少し前の段階で水をばっと与える、つまり基本的に少し水分ストレスがかかっていて、時々使うだけの水をやるというのが作物にとって良い条件になるということか。

平沢：

それは実験上やむおえないこと。考えているのは、どのようにして大きな根系を作るかという事。1番てっとり早いのは、圃場などでは乾かすこと。根がよく発達するので、そういう条件を作りたかった。それで乾くと、地上部の生育が大豆などの場合は抑制されるので、後で根が張ることによって乾物生産が盛んになっても、最終的な乾物生産の差はそれ程大きく出ない。小麦の場合は、少し土壌水分が減少しても地上部は抑制されず、地下が伸びるので、そういう材料を使えば根の張り方が地上部にどのような影響を及ぼすのかということか、かなりはっきり出てくると思う。

長谷川（農環研）：

皆の意見とも共通してる場所もあるが、根が深く入ったという問題は別にして、収量をとろうとした時に、ある一定の適正な水分に保った方が良いのか、水分の変動があった方が良いのか。作物の方からどの様にお考か。

平沢：

一般的にはどうか分からないが、私の考えでは地上部の生育にとってはとにかくオプティマム、水がいつも十分保たれるような、葉とか光合成を行う器官なんかで見れば、そういうのが一番良いかと思う。ただ、圃場に生育してる作物の場合などは、気象条件かなり変動する。その時に本当に地上部がオプティマムな条件を保てるかという事があると思う。その時に水について言うと、例えば天気が良くて日中ものすごく蒸散が盛んな時には、蒸散が起こるたびに葉の水を下げなければいけない。葉の水分状態が下がると色々な生理的なプロセスが影響を受ける。例えば生長の抑制、気孔の閉鎖に伴う光合成の低下。そういう時にオプティマムな条件を保つ様な水分を圃場に与えたとしても、実際は保てないというような事になる。だから、地上部をオプティマムな条件に保つ為には、水からいえばやはり地上部に水を供給する器官である根の働きが重要な役割を果たすという事になる。それから、葉が長生きすればそれだけ光合成は高く維持できることになる。水ストレス、色々な養分の欠乏、高温などの色々な環境のファクターが植物体に影響し、老化が速まるというような事がある。という事はやはりオプティマムな条件が無いと、老化が速まるというような事になるかと思う。だから、地上部の状態をいかにオプティマムに保つかということが生産上大事で、そのために根がどのような役割を果たしているのかという事を考えないといけないと思っている。

座長(菊地)：

長谷川さん、質問だけじゃなく、もしそれに対する意見があったら。

長谷川：

今までは、適当に水をやってれば良いという、だから drip irrigation が未来の考えみたいな格好で、常に適度に水を供給してやるのが一番良いんだというように考えていた。外的環境が非常に変化する中では、一概にはそうとは言えないという事なのか。

平沢：

そう思う。drip irrigation の場合もあのような極限的な条件の中で作物を育てているわけで、本当にそれが作物にとってオプティマムなのかどうかという事があると思う。それを判断するのはなかなか難しいが、drip irrigation の場合にはよく言われるように、本当に根圏の範囲にしか水をやらない。根というのは土に埋まっているが、ポットの中で生育してる様にもものすごくコンパクトに詰まっているという事になる。それが本当にいいのかどうかという事があるのではないかと思う。根の機能

というのは、地上部を支持する、養分や水分を吸収する、老化とか色々な事に関係する植物ホルモンを合成して地上部に送るなど色々あるわけだが、そのような機能を十分に考えた上でやられているのかということになると、あまりにも根に関する研究、それから根と地上部に関する研究が少なすぎ、まだ言えないと思う。

成田(中央農試)：

成育の前半に根の伸長を促進して繁茂させた場合に、後半の水が多いか少ないかは乾物生産に余り影響がないと理解してよいか。

平沢：

いいえ。先程申し上げたのは、成育後半に同じ水分条件にあった時に成育前半、前歴がどのような影響を及ぼすかということ。成育後半に水が無ければある程度水ストレスがかかり、水がある条件に比べればやはり成育は劣るのではと思う。

座長(菊地)：

平沢先生の講演が終わった後で松中さんの方から意見をいただいたが、もうちょっと言っていたければ。

松中(天北農試)：

根の発達の有無と収量の関係については、非常に明快で説明の通りと思った。しかし少し見方を変え、大豆の場合だと成育前半の水条件は、いわゆる収量構成要素には影響を与えていないから、後半の水環境に影響を受けたと理解すれば、根のこことを持ち出さなくても話ができるのでは。それから小麦の事について言えば、どうも根の発達と収量との関係、特に収量構成要素との関係がうまく説明がつかない。出穂前1ヶ月間、乾燥させたり湿潤にさせたりした結果、どうしてこのように穂数に大きな影響がでてくるのか。逆というところ処理した後、乾かそうと乾かさまいと、その効果が穂数にこんなに差がでてくるわけがない。もし根がよく張って養水分吸収が十分に良く行われて、それが収量に影響するのであれば、おそらく登熟期間中の千粒重に影響してくるはずで、止め葉だとか第2葉の窒素濃度も高まってくるはず。だから光合成も盛んになって、登熟も良くなるはず。そうすると粒重に影響を与えるはずだが、粒重はほとんど差がない。そうすると根が多い少ないということと収量との関係は、今僕が言ったような見方をすると良く分からなくなってくる。色々な見方ができ、色々な見方をすればおもしろいのでは。

平沢：

私は水が専門だから、水に関してはかなり整理できている。しかし全体の成育ということになると、根の発達が老化にどう影響を及ぼすかは、今のレベルではや

はりまだ因果関係ができてない。現象的に根が発達すれば老化が遅くなるということが色々ところで出されつつあるが、それがどういうプロセスを経ているのか全く分からない状況。先ほどの穂数との関係だが、小麦の場合にご存知のように有効茎部割合が低くなる。先ほどの例では、無効分けつ化するとき乾燥した場合と乾燥しない時に違いがでる。根との関係で考えられることは、老化などが無効分けつ化に関係しているのではないか。それで茎数が増えればそれだけ相互遮蔽が増えるということになり、相互遮蔽が大きくなってもおかつ葉面積を高く保っているということは、根がなんらかの老化に影響しているのではないか。大豆の場合も落花、落莢はかなり大きな問題で、咲いた花に対して実の着く割合が少ない、先程のデータでも莢数が増えることによって収量が増える。これも落花、落莢が植物ホルモンに関係するとかしないと言われていたが、もしサイトカイニン等の植物ホルモンが関係するならば、根で植物ホルモンが作られるので、あながち無関係ではないということになる。ただこれはお互いを結び付けるデータがないので、推測の域でしかない。そういう事も含め、根の機能と地上部の育成との関係のみていく必要があると思う。

沢口（中央農試）：

先生の話の中で、湿潤化が根系の発達を悪化させるとあった。その理由として、一つに過湿で酸素不足が考えられる。他に、結果的に地温の低下、これが大きいと思う。地温の低下が大きいということになると、その対策として土壌の排水等が大事になる。あのような培養器のように絶えず水が供給される条件では、排水をいくら進めても結果的に地温低下は起こらざるえない。その時、それに対する対応として一つに作物サイドからの対応がある。今の話と関係するが、よく育種の方で耐冷性という言葉を使う。根系の発達から考えた場合、耐冷性という意味はないのではないか。これだけ農業が進められ、品種改良が進められ、それもあくまでも日本という気象条件の中で進められている育種の中で、その培養器の問題が基本的な問題であるということになると、今まで育種は何やってたか、ということになる。作物サイドの方からその対応というのは進んでいないのだろうか。このような実験条件では、確かに根系の発達は悪かったかもしれない。しかし、実際の現場ではそんなにシビアに現れるのものだろうか。

平沢：

実際の現場でどうかということは、スライドで示したように、試験場の落花生のデータが一番実用サイドに近いと思う。空梅雨の年は夏、干ばつにあっても収量が高いという結果があり、このことから我々が考えて設定し

た実験もあながち的外れでもなかったと思う。

座長（菊地）：

平沢先生に対する諸質問はこれで一応終り、次に中辻さんへの質問、意見を。

志賀（中央農試）

作物生産モデルということでお話されたが、もっと大きい枠で見ると作物生産モデル自体も日射量の方からモデルを作る方法と、水を主なパラメータとするものと、主に2種類あると思う。水からのモデルを用いたは、たまたま天北に居られるからなのか、お聞かせ願いたい。

中辻：

モデルのタイプは今回説明したような、水がどう動き、それが作物生産にどうつながっていくかといった、プロセスをつなげていく比較的、論理的に現象を押さえて積んでいくタイプがある。他に作物の成長曲線のある式で作って、それについて雨が降るとこの時期これがマイナスされるとか、ある時期の温度が高いと上向きになるとかという工夫をして、式が変わってくるような形に作る、という2つを今僕は考えている。どうして今回このように水でつなげていくモデルを話したかということ、このほうが理論的な裏付けがきちっとできていると思ったから。例えば CGR のような曲線がある要因できゅっと変わるといようなものは、現場でデータを押さえればできるが、その裏にどういうことが起きているのかということは明らかにならない。好みの問題かもしれないが、僕としては、今回話したような積み上げ型の方が好きだと言う事。

志賀：

例えば、群落の光合成有効放射量の吸収量を日数積算していくというものでも、それはそれで理論的積み上げモデルだと思う。結局、容水量というのは変換係数という形で書かれているが、非常にマクロに見ると係数なのかもしれないが、実は色々な条件で相当大きく変わる。このようなものは、モデル化として早道なのかどうか。

中辻：

今志賀さんが言ったような乾物生産式を日射だとか光合成の方から引っ張ってくるという方法は、昔から草地試の山地支場におられた方々がやられていて、草地学会報に10報から12報書かれている。あれは、土壌水分の影響をなかなか組み込みづらいモデル。水を吸えばそれが地上部に効いて、土の中の水が減ってそれがまた乾物生産に効いてくるという形にするには、光合成のやつで行くのはちょっと難しいと思う。どうしても水に目が行くのでこういうモデルのほうがいいと思った。

波多野（北大）：

私は志賀さんの意見に賛成ですし、中辻さんの言われ

たモデルを作って、冷害対策をしようと考えてるのであれば、温度の影響を絶対入れなければいけないと思う。温度の影響はどこに入るかというところと光合成に入る。簡単に考えれば、光合成はだいたい20~30℃ぐらいに適温があり、それ以下になると低下し、それより高くなると煮えてしまってだめになる。ようするに煮えないように水を吸って蒸散しているのだから、それが干ばつ時の影響であるし、冷たすぎて酵素活性がうまくいという時もある。その気象条件に対応するモデルを作ろうというのであるから、我々はもう少し光合成の影響のことを考えなければいけないのではないのかと思っている。その点に付いて平沢先生に補足していただきたい。

座長 (菊地):

平沢先生、作物的サイドからアドバイス何かあれば。

中辻:

光合成のところは温度の影響を入れる、それでどこに入れるかというところ、それは容水量のところに入ってこないか。だから容水量というは、その状況によっては数字が違ってきたりして難しい。容水量というのは色々なものをごっちゃまぜにした数字ではないか。容水量のところは光合成が入っていると思うが。

波多野:

それは当然入ってる。しかしそれならば温度がいくつで日射量がいくつの時の容水量を全部計らないといけないことにならないか。

中辻:

そうだ。

波多野:

光合成の学理をもう少し追及すれば、なぜ蒸散をしているのか、なぜ適温が存在するのか、なぜ気象条件に適応した作物が熱帯から温帯に分布しているのかということも理解できる。昨年佐久間先生が土地利用のことで話していただいたFAOのモデルなどは、そこが初めの基礎になって動いている。その結果として容水量が出てくるのであり、自分達の調べた容水量がこれぐらいであるということは、我々の環境条件はこれぐらいであるということも逆に認識できると思う。今日の話しのなかで作物、いわゆる畑の方の話で温度に関するところがどうもちょっと抜けている。水田は温度でいく。畑は水で、その水は爆発的に効いている。このことは事実だと思うが、初めに温度がどこに効いて、それに土壌の水分が何をしているのかということだと思う。モデルを作るということは、そういう整理が必要ではないか。

長谷川 (農環研):

去年もモデルがどうこうという議論があった。ここで

中辻さんはまず2つのことを最初考えなさいと。根圏と水の流れ。まず2つを明らかにしようということなのだが、根圏の中にあるためには水の動きを知らなければいけない。根圏の吸水項のことになると思うが、それも少し単純化しないとこういうモデルはなかなか適用できないと思う。それともう一つ水の移動だが、根圏に入る水というのは、pFでいうと2.0から2.3で考えれば良い。私もクロボクで計っているが、夏の最盛期は根群の深さが80cmとすると、そこに毎日1mmぐらいの水が上がってくる。こういうことは押さえる必要がある。それから根圏内で直接吸水するときの不飽和透水係数というのは、萎れまで、pF4.2までであるのか分からないが、僕はもう無視して良い、透水係数がネックになることはないと思う。もう1つ根圏からの水分吸水で水分消費型というものがある。それをどこまで考えるかによって水分消費型も変わると思う。5tの収量を取りたいなら、そんなに乾かすことはできないから、一般的に言われている4:3:2:1でいくというはある。異常気象ということを見ると複雑になるので自分の設定する条件を単純化して考えるのが良いと思う。

中野 (東大):

大変良い suggestion がたくさん出た。私は質問でも何でもなく、コメントを申し上げたいと思う。私の印象だとこの講演で得たことは大変ごもっともなことばかり、論理的に筋道の建方も大変クリアーで良い方向を向いていると思う。温度の点、光合成速度、根と土壌の接点のことなど色々あったが、それは中辻さんの明快でクリアーな頭でスパッと整理して、大いにこの方向で進めてほしい。早いうちに一つの試案を作って下さることを期待している。

松原 (北見農試):

中辻さんに。去年の低温、今年の干ばつとか一喜一憂する前に、根本的なところを押さえれば良いということでも今日の話しをされたが、私としてはやはり異常気象下の作物成育と土壌物理という今日のテーマに沿って、あの地域の草地が去年あるいは今年のような異常気象下になどどのような状態だったか、そのような情報が欲しい。

中辻:

去年は、名寄以北の天北地方は寒かったけど雨が比較的少なかった。寒さに対する牧草の成育を考えると、思ったほどシビアに影響を受けない感じ。水稻でのそのような状態にはならなかった。それはやはり、牧草の成育の下限温度がかなり低いこと、稲科草だと5℃位、によると思う。ただアルファルファは温度反応性が非常に高い牧草で、温度の影響を受けて平年よりも少ない。今年は今のところ雨が少ない。天北地方で言われているよ

うに、多くのデータが示すように、やはり雨が少なくと牧草の収量が少ないというのは、観面にみられている。

座長（菊地）：

それでは赤司さんの方へ移りたい。

成田（中央農試）：

硝酸体窒素と発病との関係はきれいにデータに示されていたが、最後のほうの土性と発病との関係について。砂質土壌では硝酸体窒素が流れやすく、低濃度になるから発病するとのこと。土壌の物理性との関連で見ると *Aphanomyces* の遊走子塊は50ミクロンぐらいあるが、砂質土壌だと等量直径が100ミクロン以上ぐらいで容易に遊走子が移動し、感染して発病する。一方、粘質土壌では等量直径が10ミクロン以下で、遊走子の塊を作ることできない。砂質土壌で発病しやすいということには、こういう物理的な面もあると思う。

赤司：

その通りと思うが、遊走子が物理的に動きやすいために、土壌中にある程度間隙がないとだめだ。確かに砂質土壌では間隙が大きいから遊走子が移動しやすいと思う。話しは飛ぶが、安積さんの話とかなり整合性があると、今日聞いて分かった。今日私が話したハウレン草の根腐れ病の病原菌、*Aphanomyces cochlioides* というのは、てん菜の湿害の原因となる。苗立枯れ病とか黒根病の原因となる。私は北見農試で今年36年を迎える輪作試験をやっている。そこの連作圃場では、てん菜では6月の雨は負に働く。その原因として *Aphanomyces cochlioides* に結論付けることができると思う。そうすると安積さんの話だと、湿害の時、去年の場合にはグライ土壌あるいは灰色低地土で湿害が多かった。その1つの原因は病原菌を共通とする、てん菜の苗立枯れ病、黒根病の影響があったのではないか。だから私は安積さんの仕事を見て、私の仕事とかなり整合性があると。私は湿害のブラックボックスをある程度明らかにしたが、全体的、地域的なものを鳥瞰的に明らかにし、ミクロの解析と立体的な解析が同時に進んでいけば、病気の出やすい圃場のマッピング等が可能になるのでは。土壌の物理性と病害の発生とが非常に関連あるということで今日は意を強くした。

座長（菊地）：

他にどなたか。

佐久間（北大）：

後の方で言われた温度処理について、具体的に。

赤司：

地中深10cmの温度が40℃あれば、40℃というのは

ハウレン草の病原菌を殺すのに有効な地温という定義だが、40℃得られれば病原菌は死ぬということ。

佐久間：

下層の方に残っているものがあつた。高畝にして温度処理してやるとか、少し水分を落としてから温度処理するとか、そのようなことでかなり下層の方のやつも相当殺することができることにならないか。

赤司：

先生の言われるように少し高畝にして熱効率をよくするのが、全国的な太陽熱の公定処理法になっている。あるいは、平畝でやりその後不耕起でやるということも必要だと思う。例えば根腐れ病の場合、遊走子の集まる場所が子葉の胚軸の地表面に近いところだから、地表面の温度を高め、地表面の病原菌密度を下げればある程度立枯れ性の成育初期の病害は抑えることができる。それからハウレン草の場合成育期間が短いから、ある程度成育の初期に病原菌の感染を抑えれば後は逃げきりだ。エスケープ可能で、ある程度の収穫は可能であると考える。

石渡（北海道開発局）：

湿害はほとんどが土壌病害なのか。それともてん菜の場合だけなのか。

赤司：

今日、なぜハウレン草のことを喋ったかということ、一つに私がハウレン草しかやっていないということ、ハウレン草は軟弱小物であり、湿害に弱い。他の畑作だったら結構水があっても病気による湿害があまりないこともあり、作物によって湿害の原因がそれぞれ違うと思う。ところがこと軟弱な野菜に限っては、私は湿害はほとんど病気であると思う。

石渡：

てん菜の湿害も病害か。

赤司：

てん菜の連輪作の仕事もやっているが、やはり6月に雨が降ると、特に輪作区に比べて連作区の収量は落ちる。それから成育も悪くなる。これは何かということまで調べたところ、これはやはり石塚先生がもうだいぶ前に言われた通り *Aphanomyces* による苗立ち枯れかあるいは黒根病の影響があると思う。だから作物によりそれぞれ違うと思う。それから豆科の場合、これは連輪作の北見農試の連輪作に限っての話だが、大豆は雨が降っても落ちない。むしろ気温の影響のほうが大きいようだ。だから作物によってその湿害の中身というのはそれぞれ違う。まず野菜のように走菌類によってやられやすい物というのは、ほとんどが湿害の中身は病害ではないか。今日、後ろの方に病理の専門の方もいるので、補足をお願いしたい。

座長 (菊地) :

失礼ですが高桑さん、何かコメントなり感想なり、今の赤司さんの事に関して。

高桑 :

今日の赤司さんの話、非常にクリアで、はっきりと分かり良かった。それからビートの湿害との関係は、低温多雨の年にやはり黒根が出て最初の生育が悪くなる。それが後半まで引きずる。後半になって雨が多いと、収穫物が全部黒根になってしまう。去年の場合、あまりそれで騒がれなかった。秋の天気割と良かったのかもしれない。それで安積さんに、関連あることを伺いたい。地帯的に、あのようなクリアな収量の状況は分かったが、昨日作物学会に行って聞いたら、去年の大冷害でも青森で41俵とった人がいる。その一人の人だけがそれだけの物をとっていたという。それをよく調べてみると、基本技術をよく守っている。特に土づくりで有機物を入れた土壌管理をやっていて、作物の生育が良くて収量が良かった。あのような大きい地帯的な状況の中で、ひどい条件の中でも土づくりが良くて収量が割にあった圃場が無いのか。あるいはランドサットの解析の中からとれるのか疑問。ビート畑の地上データは沢山あると思うが、その辺のことも含めて解析していただくと良いと思った。

座長 (菊地) :

どうも突然で。それでは今、安積さんの話がでたので、高桑さんのことに関して何か意見があったら。

安積 :

今回の解析はあくまでも広域的な比較ということでやっているの、個々の農家の技術的な問題というのはあまり反映してないと思う。大体95%での話をしており、かなり飛び離れた点という形で出てきてしまうと思う。ただし、ランドサット自体は非常に解像度が高いので、地域を限定して現場での地上データと比較しながら行うとか、その様な事をしていけばそれなりに地域的な微地形、農家個々の傾向というのは見えないわけではないと考えられる。例えば防風林の周辺で収量が多いなどの報告もリモートセンシングを使った事例で幾つもある。このような対応で出来無くはないかと思う。

広田 (北農試) :

初歩的な質問。作物のシーズンの間に、去年だったらおそらく2回しかリモセンデータが使えなかったと思うが、普通何回ぐらいのデータが取れるものなのか。

安積 :

ランドサットは16日に一回飛んでくる。その時に暗れてないとダメ。だから、北海道の道央部だと毎年5月

の下旬から6月の下旬にかけては少なくとも1回位は撮れている。その他に夏から秋にかけて調子の良い年は1回くらい撮れるという状況。北海道だと作物の生育期間中に2回が多い方ではないか。

広田 :

冷害の年だから少ないというわけではないのか。

安積 :

ただし、今回帯広の真上を飛んでる軌道のシーンは1回も撮れてない。ちょっとずれていて旭川の方とか空知の方をカバーしてるシーンに、偶然十勝も半分入っていたので何とか利用できたといった状況。

広田 :

そうするとビートだったら生育初期でかなり収量が分かるという話だが、1回撮って何らかの気象要素と組み合わせれば何とかいけるという話になるが、他の作物の場合もそういう整理はされているか。

安積 :

現在までに中央農試の方で水稻と麦で収量の推定の検討を行っている。麦の場合は大体5月から6月のデータが取れてる時期について、圃場の分光反射値からその年の夏の収量との関係は大体得られている。これは現在4年ないし5年程度について検討が行われてるが、いずれも同じ様な傾向を示しているの、麦は大体5月末から6月にかけてのシーンで推定が可能である。水稻の場合は、大体9月の収穫期前位のシーンがあればほぼ収量の推定は出来るといったような状況。

中野 (東大) :

リモセンの将来への利用は、世界的に関心が高く、色々な方向で使っていこうと研究してる。今日の課題との関係で、私は冷害対策を考えたい。このようなビートの冷湿害の解析に際し、はっと気がついたのは、こういう衛星写真から得られる地上情報を巧く使って、冷湿害の予測が出来るのではということ。普通物理的な発想をすると、現状分析から始まり、最終的には未来への予想というところに進んでいく。その可能性がこの衛星による地上情報から得られると考えられる。通常の天気予報官の仕事だと、地上情報が雲、圧力、温度、風の情報などを使うが、私共の研究の中ではその他の地上情報が諸々入ってくる。ただ収量予測と冷湿害発生予測とは全く質が違うと思う。で、今私が問題にしてるのは冷湿害の発生予測。これは、時期的にいつ頃予測が出されるのか。その確率はどの位のものなのか。そういう方向で既に考えあるいは実行されているなら、簡単に紹介頂きたい。

安積 :

大変難しい話。現在のところ人工衛星のデータは、先

程述べた様に非常に取得が不規則。だから現地の調査の様に、調査したいという日にデータが取得されるわけではない。そのような状況で、その年の衛星データからその年の冷湿害の程度を予測するというところまでは、まだ具体的には到達できないと思う。例えばランドサットだと、85年以来ほぼ10年間に渡ってデータが蓄積されているので、気象経過との関連で押さえていくことで危険地域をあらかじめチェックしておくという事は出来ると思う。今後人工衛星の種類が増え、定期的、安定的にデータが供給されれば、そのようなこと可能になると思う。ちなみにランドサットデータは、受信後最低でも2週間経たないと提供されない。それで解析にやはり2週間位。よって、結果が出るのには1カ月弱、という状況。
中野：

1ヶ月もかかるのか。もしデータ数が増え、解析までの時間が短縮できればどうか。

安積：

今後提供されるような衛星の中には、数日に一度のペースで観測が可能だとかいうのも予定に挙がっている。また、データの提供についても、今後はほぼリアルタイムで提供が可能になる。非常に速やかに解析が進めば、その結果を受けて、この辺は今状況が悪いとか、そういう診断結果を提供していくことは可能ではないか。

菊地：

同じ質問に志賀さんのコメントをいただきたい。

志賀（中央農試）：

ちょっと補足したい。今のは、ランドサットを使う上での問題点だが、ここ半年くらい、例えばロッキード社とかがホクレンなんか売り込みきてるような衛星がある。それはスパイ衛星技術を使ったもの。大体3m位の地上分解能で、海を外して見たいエリアだけ、契約したエリアだけ斜めに撮るといった機能がある。これだと1つの衛星で3日に一回位観測が出来る。2つ上げれば1.5日に1回出来る。ただ年間契約だから多額のお金がかかる。技術的にはこのようなものができ、これを使えばある程度安定した、光学センサーの限界はもちろんあるが、例えば植生指数が今年は何月現在どの位で、このままいけばどうなるということが、水稻の初期生育とか、甜菜、主要な作物についてかなり出来る様になると思う。研究レベルでは、現存の衛星でノウハウを蓄積して、そのような物が出てきた時に対応できるようにと、農業団体にもアドバイスができるように進めていきたいと考えている。

座長（菊地）：

堀口先生何かアドバイス頂ければ。

堀口：

今の事が全て。私もランドサット、ノア、ひまわり、色々な衛星を使っている。今、話があったようにランドサットは大体作物の生育期間に2つくらい。ノアだと約10くらい。ひまわりだと100なんぼ。ただ解像度がひまわりとかノアというのは悪い。私の持論として、あまりデータが取れないものは地上の動かない物の解析に向く。例えば土地利用とか。今、十勝地方の伏流水の調査にランドサットを使っている。先のスパイ衛星のように同一地点を観測する周期が短い物だとある程度地上の動く物、生育とか解析できると思う。だから状態により使い分けていく必要があると思う。

佐久間（北大）：

今日は、地温にこだわってる。リモートセンシングの技術を使って地表面温度あるいは作土層の温度を、どの程度の精度で把握できるか。

堀口：

これは難しい。分解能は、ノアで0.1℃、ひまわりで0.5℃。地表面温度を計算すると、それが果たして地上の真の温度かということそれは分からない。苦小牧の演習林で、地上で測ったデータとノアで測ったデータとを合わせたことがある。大体は合っていた。1℃も違わなかった。変換式を巧く使えば。だから割に合うと思う。ただ、衛星から見る地表面温度は、ほんの地表の薄い層、土壌のほんの薄い層。それが面積的に広いから、その平均状態というのが出る。色々な変換式を使っても、あるバイアスがついている場合はあるが、大体比例するというのが一般的。その変換式をどう使うのが問題。

座長（菊地）：

今回は皆さんから色々な意見を出してもらい、皆さんで考えていただく。そして明日からの物理研究に役立てていただく。特に最初に話ししたように土壌物理というのは他の要因と気象状況をつなぐ大きな役目を果たしている。結局、色々肥料をやっても、水や温度などとの兼ね合いで十分発揮できない場合、土壌物理の人方がちゃんとやってもらわにゃ困る。僕は土壌の物理性の巻頭言に、去年のような異常気象でもやはり土壌物理の人達がちゃんとしていけば、かなりの部分で冷害は防げたと言った。今もそう思っている。そのような面で大変勉強させて頂いた。最後に、今日遠くから参加された方に何か言ってもらいたい。最初に宮崎先生から。

宮崎（東大）：

私が今日のシンポジウムの議論を全体を通して学びと

ろうと思っていたことがある。それは次に冷害が来たときに土壌物理はどの位役割を果たせるだろうか、お役に立てるだろうかということ。そのような目で色々な発表、議論を聞いて、参加させてもらった。その意味では幾つかの具体的な技術的寄与を講演の中からずいぶん学ぶ事が出来た。また、討議の中でも幾つか関連する事項を聞くことができた。私自身がどうこうという事ではなく、土壌物理の分野で寄与できる事、次の収量に統計のデータになって現れる様な寄与はちょっと、とてもとてもという気がするが、何らかの前進は出来るという感じがした。モデルの進展にしても、個別の現象を押さえるという点についても。ただ、そういう事を押さえた上で、しかし土壌物理が次の冷害あるいは次の干ばつ、次の異常気象に対して出来る力量というのは、非常にまだ弱々しいというか不十分であるということは、自分自身も分野の人間として含めて反省せざるをえない気持ちがいっぱい。どうしたらそのような力量を高めることが出来るだろうか、という点について本当はさらに議論が必要だった気がする。次回あるいは次々回という事で積み重ねていけば何らかの進展があるのではないか思われた。

座長 (菊地) :

後、山形大に行かれた粕淵さん。道立の若い人を何人が育ててくれた。でも未完成であって、これからもう少しと面倒見ていかないと。後あんまり付き合いが少なくなると思うので。

粕淵 (山形大) :

質問1個もしないで申し訳なかったと思う。聞きながら、もっと僕がしっかり仕事しなければと改めて思っているところ。最後に中辻さんが言われたように、やはり物理屋だけでなく、生理をやっている方、あるいは土をやっている人達などか、本当に共同してやっていける様な状態を早く作らないといけないと思う。病院に入ると分かるが、心電図、血圧、体温、とにかく全部が同時にモニタしながらチェックするという状態であるわけ。植物も生きてるわけで、最後には物を作っていく。その最後の形になるまでに、どういう光が来ていて、温度状態がどうなっていて、根が何処まで伸びていて、どれだけ水を吸って、あるいはその時の植物体の温度は何度になっていたのかという事を、それこそ時々刻々捉え、評価できるという状態が無いと結局分からない。分

からない事はないが、本当に最終的なところまではなかなか詰められないことがあるような気がする。でも、もうそのような事がやれる時期に来てると私は思う。だから、どうやって早くそれに到達できるか。技術的な問題はかなりもう解決されてきていると思う。まあ、お金が無い事は原因の一つになっているが。出来るだけそういう事に早く近づけるような、技術的な面ももちろんまだ色々残ってると思うが、やって行かなければならないと思う。これから土壌物理を、僕なんかほんの少ししかやっていないが、出来るだけそういうところに近づけるように努力していきたく思った。

座長 (菊地) :

どうも。

座長 (伊藤) :

座長ということで座ったが、弁当を頂いただけで、なにも喋っていない。一樣最後の一言だけ。私の感想だが、今日の講演の中であるいは後の討論の中で、個人的に一番面白かったのは、平沢先生の意見。根へ投資しておくことは異常気象の克服の鍵だと言葉の外の方で言ったように思う。これは実は土壌物理にとって、大変魅力的な提案であろう。その割には質問の方々の評判はさほど良くなかった様にも思う。それは土壌物理の言葉としては了解されてないからではないか。例えば、別の見方という意見があったが、地温が下がるとか、通気が減るとか、根粒活性にも影響するであろうとか、あるいは溶脱も起こるかもしれないとか、色々他のメカニズムも考えられるから、今すぐそれに全部乗ってしまうのはどうかという気分も、実は私個人としてはしていた。ただ、大変魅力的でもあるし、今、粕淵先生が言われた様に色々な分野が共同して、きっちりした見解が表明できるような方向に進むという事が今日の異常気象、自然災害と土壌物理という言葉と作物生産とのつながりにあるのではないかという感想を持った。この言葉で私の弁当に対する領収書にしたい。

座長 (菊地) :

どうも皆さん長い間有り難うございました。これで今日のシンポジウム終わりたいと思います。