

畑 雑 草 の 発 生 予 測

農業研究センター耕地利用部 高柳 繁

植物防疫の分野である、いもち病菌、うどんこ病、ウンカ・ヨコバイ類、ハダニ類などの主要病害虫に関する発生予察については、すでに40数年来、国家的事業として取組まれてきている⁶⁾。これらの病気や害虫は発生の年次変動が大きく、また被害が直接的でそのうえ一般に防除が難しいことから、いったん発生してしまっただけでは手遅れなことが多く、このため発生を予め察知してそれに応じた予防的な措置を講ずることが不可欠とされる。これに対して雑草防除分野についてみると、雑草は病害虫と同等以上の被害を作物に及ぼすものの、発生の年次変動は比較的小さく、加害は間接的であり発生後でも早い時期に防除すれば作物被害を免れることが可能である。このため古くから人力を主体とする機械的あるいは耕種の防除によって何とか作物被害を回避してきたので、防除のための「雑草発生予測」という概念はなかなか育ちにくかった³⁾。

しかし除草剤が無かった時代の農作業でもっとも時間を要し、苦しかったのは除草作業でもあったため、除草剤の出現とそのドラスティクな効果は炎天下の苛酷な労働にあえいでいた農家にとってはまさに福音で、戦後の雑草防除技術が主に除草剤中心に進歩したのも、ごく当然なことであった。ところが近年になって除草剤に対する過度の依存が目立つようになってきた。

そして生産コストの上昇、作物や人体への安全性の問題のみならず除草剤耐性雑草の出現に端的に示されるような生態系に与える影響など深刻な事態を招いている。もちろん除草剤の過剰使用の危険性は誰もが認識しているのだが、かといって今さら除草剤を全くやめて戦前の農業に逆戻りするというわけにもいかない。そこで除草剤の使用は必要最少限度に留めることにし、代りに機械的防除や生態的防除を取入れた総合防除法を開発することこそが、今もうとも必要とされているのである。

総合防除技術の理論体系を策定するうえでは、雑草および作物の生理生態的研究、環境系としての気象、土壌の研究、防除方法の選定とその効果の評価といった多岐にわたる試験研究の蓄積と膨大な情報の解析を待つ必要があるが、差し当り緊急に開発を要する基本的な技術は発生予測法であろう。雑草発生予測とは、どんな雑草が、いつ、どのくらい、どのような時間的パターンで発生するかということを事前に明らかにしようとする技術であるから、もしこの技術が完成したならば、効果的で、かつ合理的な雑草防除方法に関する意志決定は極めて容易となり、総合的な雑草防除水準の策定に当たっても、著しい貢献が期待される。

雑草防除分野においての発生予測に関する研究は、先に触れたような背景もあって、病害虫

分野に比べて非常に立遅れている。筆者は三年ほど以前から雑草の発生予測法の開発に関する研究に従事しているが、何分にも参考となる既往の研究成果があまりに少ないために、全で一から手探りで始めなければならない状態であった。このため雑草発生予測の全体を論ずることは現時点ではまだ筆者にとって荷が重過ぎるので、本稿では筆者らが現在、試行錯誤的に進めている研究^{14, 15, 16, 17)}を中心に紹介して、表題に対する一応の責任を果すことにしたい。

1. 発生予測モデルの基本的な考え方

まず、発生予測法（以下では発生予測モデルということもある）を策定するに当っては、全体を二つの部分モデルに分けた方が考え易い。

部分モデル1は草種別の年間発生絶対量（累積出芽数）の予測に関するものである。雑草発生量は当然のことながら、その圃場の土中に埋蔵されている雑草種子（埋土種子）量に規制される。埋土種子数の絶対量は対象圃場での前年までの雑草種子生産量、作付体系、管理作業、風や水による雑草種子の移動、動物の加食などによって大きく左右されるが、これらの要因は個々の圃場に特有のものであり、またこれらの要因に伴って種子の量の面だけでなく種子の死滅や休眠といった質の面までも異ってくる。したがって部分モデル1は対象圃場ごとに収集した情報をもとにモデルを策定しなければならない点に特徴がある。

部分モデル2は季節的発生活長すなわちどのような時間的パターンでそれぞれの雑草が発生するのかを予測しようとするものである。このモデルでは各種の環境要因の雑草の発芽や出芽に及ぼす影響が量的に評価されねばならない。ここで環境要因としては温度、土壤水分、光、

土壤中のガス環境などが考えられる。各種環境要因と発芽・出芽との関係についての研究はすでにいろいろな草種について実施されており、本モデルでもこれら既存の情報を大いに活用すべきであるが、発生予測モデルの策定を前提として行われた研究はほとんど無いので、モデルに見合ったデータの整理や追試験の必要があるだろう。

2. 二つの部分モデルの展開

年間発生可能絶対量の予測（部分モデル1）：

このモデルの策定では前述のように個々の対象圃場からの情報が不可欠である。そこで筆者らの研究では直接、実験的に情報を得ることにした。すなわち一定量の土壌を採取してその中に含まれる雑草種子を回収し、草種別に活力種子数を判定して、換算により単位面積当たりの発生可能数を推定しようというものである。したがってこのモデルの精度には土壌のサンプリング方法、埋土種子の回収法、回収した種子の活力診断法などの実験の精度そのものがそのまま反映される。これらの実験方法の問題点については項を改めて論議する。

発生の時間的パターンの予測（部分モデル2）：

これは発生と環境要因の因果関係をモデル化するものである。このようなモデルに適した手法としては、①単回帰式や重回帰式（数量化手法を含む）によるもの、②時系列解析によるもの、③差分または微分方程式によるシステムモデルによるものがある。雑草発生予測に関連したものでは①の回帰モデルによる手法を用いた例としては説明変数を温度（日平均気温や積算温度など）とし、目的変数を出芽数（率）あるいは出芽迄日数としたモデルがいくつか報告されているが^{1, 9, 11)}、回帰モデルの限界として事例的

であり一般性に乏しいことが難点である。②の時系列解析によるものは発生様相とそれに影響する要因の現時点までの時間変動から、将来の発生量を統計的に予測する手法で、雑草の発生予測に用いられた例はまだ見当たらないが害虫の発生予測では具体的に検討されている⁷⁾。③のシステムモデルによる手法では雑草の発生に関与する各種のパラメータをコンピュータ内部でさまざまに変更してシミュレートできるので予測技術としては極めて有効でかつ普遍性が高い。この手法の難点はモデルを構築するまでの過程が一朝一夕にはいかないことである。雑草発生予測のシステムモデルの例としては、筆者らが現在、検討を進めているものがある^{14, 15)}。

①、②、③のいずれの手法を用いるとしても雑草発生の時間的パターンを環境要因との関連性で明らかにしようとするには個々の雑草の発芽・出芽性に関する既往の情報の収集、整理に加えて、モデルに見合った実験によるデータの蓄積が不可欠である。

3. 土壌中の活力種子数の推定

発生予測モデル策定の第1歩は部分モデル1を完成することで、これによって初めて部分モデル2の初期値(年間発生可能数)が設定される。発生可能数の推定はすでに述べたように実験的に対象圃場の埋土種子の量と質(生死や休眠程度)を調べることが、もっとも直接的で確実な手段である。土壌中の活力種子数の推定法にはいろいろのものが考案されているが、ここでは筆者が現在とっている方法について説明してみたい。

土壌中に活力のある種子がどのくらい含まれているかを知る方法としては、①一定の土壌を採取して、その土壌をそのまま発芽試験に供し

て出芽を数えるもの(例えば佐合ら⁸⁾)、②一定量の土壌から種子を回収して、その中の活力種子を何らかの方法で検定するものの二つに大別される。①の方法ではサンプル土壌から出芽が終了するまでには、ふつうかなりの時間がかかり(3年以上を要するという報告もある)、またその間の土壌の攪拌や水管理の問題、発芽床の容器が嵩張るために扱う点数が限定されるといったことから、筆者の指向する発生予測モデルの情報収集には適さないと判断され、②の方法を選ぶことにした。

②の方法はさらに次のように分類される。第一は土壌の採取方法で、(イ)多量の土壌の少点数採取と、(ロ)少量の土壌の多点数採取とがある。第二は採取した土壌からの種子の回収方法でこれには、④いろいろの大きさの目をもつ篩(またはナイロンバッグ)を組合せて、水洗い等によって埋土種子を土壌や残渣物から篩分ける方法、⑤雑草種子と土壌の比重の違いを利用して両者の中間の比重をもつ溶液で分離する方法(この方法をここでは比重分離法とよぶ)、⑥aとbの併用法などがある。

ところで埋土種子の回収に当っては、回収精度が高くなければならないことは当然であるが同時に短時間のうちに出来るだけ多くの点数のサンプルから種子を回収して、その量と質を明らかにするということもまた、農家個々の圃場を対象に発生予測を行おうとする本技術の性格からいって必須の条件である。そこで筆者らの研究においては、これらの点を考慮して埋土種子の回収法を選定した。

まず採取する土壌の1点当りの量とサンプル数の問題については、(イ)の方法と(ロ)の方法のどちらが対象圃場全体の埋土種子の真の値を正し

く反映しうるかという統計的な検討の余地が残されてはいるが、筆者らの研究では土壌の採取や採取後の材料の取扱いが容易な点から、(ロ)を採用した。また埋土種子の回収方法については、回収精度の点と回収に要する時間の点を考慮して⑥を採用することにした。

初めにこれらの方法が、高精度、迅速、簡便という当初の目的にかなうものかどうかを明らかにするために、いくつかの予備実験を行った¹⁶⁾。

まず土壌からの種子の回収精度を調べる前に雑草の種子がどの程度の比重であるかを知っておく必要がある。そこで主要畑雑草7種の種子を10%きざみに調製した0~50%の炭酸カリ溶液に混入攪拌して、種子の浮沈の状態によって各種子のおおよその比重を判定しようとした。その結果、供試種子が100%浮き上がった炭酸カリ溶液の濃度は、ツユクサ種子では50%（比重1.51）、メヒシバ、ハルタデ、シロザ、カヤツリグサ種子では40%（比重1.40）以上、スベリヒユ種子では30%（比重1.28）以上であった。ヒメイヌビエ種子は特異的で0%を含む全濃度の溶液で100%の種子が浮き上がったが、これは同種子の比重が必ずしも軽いということではなく、恐らく種子の構造に何らかの原因があるものと推察された。いずれにしても全供試草種の種子は炭酸カリ50%溶液（比重1.51）では全て浮き上がることが判明した。一方、農研センター人工圃場にある関東地方の主要な畑土壌である赤黄色土、灰色低地土、厚層腐植質黒ボク土、淡色黒ボク土の真比重をみると、それぞれ2.65、2.61、2.48、2.58であった。このことから上記の7草種と4土壌に限ってみれば、理論上、比重1.51の炭酸カリ50%溶液中では、土壌は全て沈み、逆に雑草種子は全て浮き上が

るはずである。

それでは実際にはどうだろうか。先に示したタイプの異なる4種の土壌に既知の数の雑草種子を混入し、炭酸カリ50%溶液を用いた比重分離法で浮選される種子の回収率を調べてみた。結果では土壌タイプによる分離精度の差は明確ではなかったが、草種による差が認められ、各草種の回収率はメヒシバで78~99%、ヒメイヌビエで97~100%、ハルタデで87~100%、スベリヒユで78~100%、シロザで87~100%、カヤツリグサで52~79%であった。カヤツリグサのように小さい種子や、メヒシバのように土壌中の有機物（茎葉や根の残渣）と区別しにくい種子の回収率が一般的に劣ることから、回収誤差は分離操作時よりも検鏡時に大きく現われると考えられたが、カヤツリグサを除けば、おおむね80~100%の回収率が得られたことから、本手法が目的をほぼ満足しうるものと判断した。

比重分離法の欠点の一つは、浮選された種子を土壌が混入しないように容器から取出すまでの操作に時間がかかることである。筆者は種々の試行錯誤の結果、図1に示すような装置を考案した。同装置による埋土種子の回収手順は次のようである。まず対象圃場の土壌を直径5.1 cm、長さ5 cm（容積100 ml）の金属円筒コアで採取する。（農研センターの淡色黒ボク土の場合では採取土壌は乾土重で約50 gに相当する）。次にこの土壌を生土のまま300 mlのトールビーカに移し、炭酸カリ50%溶液約200 mlを加えて良く攪拌して（筆者は家庭用の泡立て器を用いている）、15分程度放置すると図1のAのように土壌と雑草種子を含む有機物層とが分離する。図1のBは吸引濾過装置である。aは濾過鐘で、真空ポンプで吸引しているため

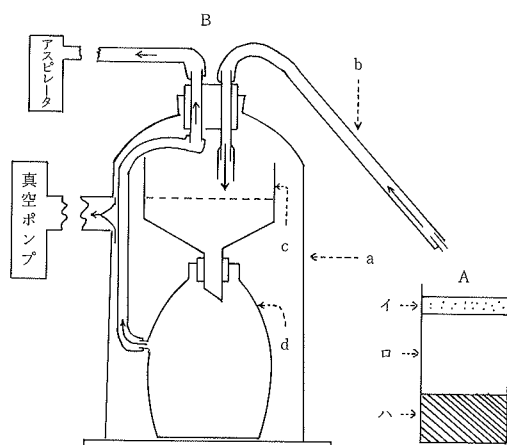


図1. 比重分離法の装置¹⁶⁾

イ……有機物層、ロ……炭酸カリ50%溶液、ハ……土壌、
a……濾過鐘、b……ビニールチューブ（先にガラス管が付
いている）、c……プフナーロート、d……濾過ビン

に鐘内は負圧になっている。したがってbのチューブの先に取り付けたガラス管が吸引口となって、Aのトールビーカ内の有機物層だけを吸取ることができる。吸取られた有機物と炭酸カリ溶液の一部はcのプフナーロートで濾過されるが、この際、濾布として約0.5 mm目のナイロン網を用いている。濾過操作によって炭酸カリ溶液と同溶液に混入している微細な土壌粒子などが除去される。最後に濾過鐘を取りはずしてプフナーロート内を良く水で洗浄して種子に付着している炭酸カリを洗い流したのち、濾布を取りはずして、種子を乗せたままの状態でバットの上に広げて室内風乾に供し、ロートには新しい濾布をセットして濾過鐘をかぶせ次のサンプルの吸引操作に移

る。この間、濾過された溶液等はいったん濾過ビン(d)に貯ったのち、アスピレータを通して自動的に系外に排出される。この装置の利用によって1時間当たり10～15点のサンプル土壌からの種子の回収を消化することが可能となり、迅速・簡便化という当初の目標に大きく近づくことができるようになった。

比重分離法でもうひとつ問題となるのは分離に用いる溶液が雑草種子の活力に悪影響を及ぼすのではないかという懸念で、実際そのような事実があるとの報告もある^{2, 10)}。そこで畑雑草6種の種子を用い、炭酸カリ50%溶液に60分および24時間浸漬したのち、それぞれについて水

表1. 炭酸カリ50%溶液が雑草種子の活力に及ぼす影響¹⁶⁾

(浸漬終了後30日の発芽率とTTCによる胚の着色率、%)

処 理		草 種	メシバ	ヒメイヌビエ	ハルタデ	スベリヒユ	シロザ	カヤツリグサ
60分浸漬	発芽率	水洗	95	80	38	35	30	23
		無水洗	0	0	0	0	3	0
	TTC着色率	水洗	0	0	10	—	58	—
		無水洗	0	0	25	—	58	—
	計	水洗	95	80	48	—	88	—
		無水洗	0	0	25	—	61	—
24時間浸漬	発芽率	水洗	95	63	18	23	25	15
		無水洗	0	10	10	15	3	0
	TTC着色率	水洗	0	0	28	—	35	—
		無水洗	0	0	18	—	30	—
	計	水洗	95	63	46	—	60	—
		無水洗	0	10	28	—	33	—
無浸漬	発芽率		94	74	51	70	35	24
	TTC着色率		0	0	2	—	39	—
	計		94	74	53	—	74	—

注) 20/30℃(12/12h)明条件で30日間インキュベート後、未発芽種子についてTTCテストを実施した。スベリヒユとカヤツリグサはTTCテストを行わなかった。

洗するものとししないものに分け、発芽試験とTTCテストによって炭酸カリ溶液が種子の活力に与える影響を調べた。表1に示すとおり無水洗区は水洗区に比べ明らかに活力が低下し、また水洗区では24時間浸漬は60分浸漬よりも発芽率が低下する傾向にあった。しかし60分浸漬後に水洗した種子は、スベリヒユを除き、おおむね無浸漬のものと同程度の活力を有していた。これらのことから埋土種子の回収操作に当っては炭酸カリ溶液に浸漬しておく時間はなるべく短くし、また回収した種子は濾過の際に良く水洗することによって、炭酸カリが種子の活力に及ぼす影響を極力排除できると結論された。

これまでは埋土雑草種子の回収方法とその問題点について述べてきたが、次では回収した種子の活力程度をどのようにして検定するかについて少し触れてみたい。

種子の活力を検定する方法としては、発芽試験法、押しつぶし法、TTCテストが主に用いられている。発芽試験法による種子の活力の検定は直接的、確実に労力的にも問題は少ないが、難点はインキュベータ等の装置を要するため一度に取扱える材料数に限度があること、結論が出るまでに時間がかかること、死滅種子と休眠種子の区別がつきにくいことなどである。押しつぶし法は種子を軽く押して、つぶれた種子を死滅種子、つぶれない種子を活力種子とする方法で精度はやや劣るが簡便で特殊な装置も必要としない。ただし微細な種子には適用できないし、また検定者による個人差が問題となる。TTCによる胚の染色の有無によって活力を診断する方法は広く採用されており、国際的にも公認されている手法である¹³⁾。難点は種子を一点づつ切断するのが大変にやっかいなことで、押しつぶし法と同じく微細な種子には適用しがた

いことである。

以上の三つの方法にはそれぞれ一長一短があり、どの方法を採用するかは現在のところ研究者各自の判断に委ねるよりしかたがないが、「雑草発生予測」という観点に立った種子の活力検定法の早急な開発が望まれるところである。

4. 圃場での土壌のサンプリング法

埋土雑草種子を回収して対象とする圃場に発生する雑草量を推定しようとする研究は国内ではほとんど行われていないが、諸外国には多くの報告がある。しかしこれら研究の大多数において、土壌のサンプル点数や採取位置などについては研究者各人の経験からまちまちに定めているようである。埋土種子量をもとに将来の雑草発生数を予測しようとするとき、サンプルが対象圃場の実態を正しく反映するものでなければならぬことはいうまでもない。すなわちサンプルから期待される埋土種子数と対象圃場の真の埋土種子数の差異を統計的に充分に吟味しておかないと、以後の発生予測モデルの展開上に大きな支障をきたす恐れがあるからである。

それでは実際にはどのようにしてサンプリング計画を立てれば良いのだろうか。ここでも筆者らがとった方法を例にとって紹介する¹⁷⁾。

はじめに統計的な準備をしておこう⁴⁾。いま対象圃場の埋土種子数の真の平均値とサンプルから得られた埋土種子数の平均値との差を相対標準誤差Dで表し、これを推定精度と定義する。

$$D = \sqrt{V(\bar{m})} / m \cdots \cdots (1)$$

ここで $V(\bar{m})$ はサンプルの埋土種子数の平均値の分散、 m は埋土種子数の真の平均値である。(1)式から任意の推定精度 $D(=0 \sim 1)$ を得るための必要サンプル数 q_D は母集団(圃場の埋土種子集団)が十分に大のときは次式で

得られる。

$$q_D = V(x) / D^2 m^2 \dots\dots\dots(2)$$

ここで $V(x)$ はサンプルの埋土種子数 x の分散である。

実際の計算に当っては D に任意の目標推定精度を代入し、また m は未知であるのでサンプルの埋土種子数 x の平均値 $\bar{x}$ を代入して q_D を求める。もちろん実際のサンプル数を q_D に代入して推定精度 D を求めることもできる。

松島⁵⁾ はイネの収量予察のための調査個体数を決定するのに次式を用い早見表を作成している。

$$n = t^2(\alpha, \infty) C^2 / P^2 \dots\dots\dots(3)$$

ここで n は必要調査個体数、 $t(\alpha, \infty)$ は自由度が無量大で有意水準が α の場合の t 値、 C は変動係数(%)、 P は母集団の平均値とサンプルの平均値との差(%)である。

いま(3)式において、 $\alpha = 0.32$ (信頼度 68%) とおくと t 値は 1 となり(3)式は次のようになる。

$$n = C^2 / P^2 \dots\dots\dots(4)$$

上式は(2)式と全く同一のものである。

(2)、(3)、(4)式から明らかなように目標推定精度を 2 倍に高める (D の値を $1/2$ にする) と必要サンプル数は 4 倍になることが分る。

実際の圃場で(2)式の適用を試みた。使用したのは農研センター内の $7\text{ m} \times 6\text{ m}$ の圃場で、調査前年の春から秋までの期間は雑草を放任して大量の種子を落下させ、初冬に雑草地上部を搬出後、表土を約 3 cm 剥ぎとり攪拌混合してから元に戻し埋土種子の均平化を図り、その後耕深 15 cm のロータリー耕を行っている。サンプリングは全体を 1 m^2 づつに区画し、直径 5.1 cm 、長さ 5 cm の金属円筒コアで各区画につき 1 点を採土した。埋土種子の回収方法は前項に準じた(表 2)。

表 2. $6 \times 7\text{ m}$ の圃場から採取した 42 点のサンプルル土壤 (100 m^3) 中の種子数と必要最少サンプル数^{注)}の決定¹⁷⁾

草 種	メヒシバ	ヒメイヌビエ	シロザ	イヌホウズキ
平 均 値	40.88	23.05	10.33	2.90
分 散	343.08	100.83	26.57	3.16
変動係数 (%)	45.30	43.56	49.85	61.38
目標精度 (D) に対する必要サンプル数	5 %	83	76	100
	10 %	21	19	38
	20 %	6	5	10
	30 %	3	3	5

注) 圃場の埋土種子の真の平均値を $D\%$ 以内の誤差の精度で推定するのに必要なサンプルの最少数。

対象としたメヒシバ、ヒメイヌビエ、シロザ、イヌホウズキの 4 草種とも推定精度を 10% 以内の誤差に納めようとするには、わずか 42 m^2 の面積であっても数十点のサンプリングが必要ながことが分った。この結果から、同圃場については土壤サンプリングの目標精度は 20% ($D = 0.2$) 程度とするのが妥当であろうと判断された。(2)式あるいは(4)式から理解されるように、一定の推定精度を得るのに必要とされるサンプル数は標本のもつ変動係数によって決定される。表 2 に示すとおり、本調査のサンプルにおける 4 草種の埋土種子数の変動係数は 44~61% と非常に大きなものであった。供試圃場では大量の種子生産が行われたことと、埋土種子の均平化操作が実施されたことによって、通常の圃場に比べて埋土種子密度に関するバラツキは小さかったと考えられるので、一般のサンプリングでは、さらに大きな変動係数がえられることが予想される。

さて現実にサンプリングを行おうとする場合、ふつう対象圃場の埋土種子の分布密度に関する

情報は未知である。このためどのくらいの点数をサンプリングすれば目標精度に達するかを前もって知ることができない。この問題の解決策として二つの方法がある。一つは二回調査法とよばれ、サンプリングを2回に分けて行うもので、1回目には密度の予備推定を行い、これに基づいて2回目の必要サンプン数を決定する方法である。もう一つの方法は逐次調査法とよばれ、サンプル数を決めずに調査を開始して、1単位を調査するごとに結果を集計し逐次サンプリングを継続して目標精度が達成された時点で調査を打切るというものである⁴⁾。いずれの方法を採用するにしても土壌サンプリング、種子の回収、活力検定までの過程が、省力的でかつ短時間内に達成されなければ、目標精度を満足しうるサンプル数の確保は困難となろう。

これまでは埋土種子集団のいうなれば水平方向の分布密度について述べてきたが、次には種

子集団の分布密度の垂直方向の問題について検討する。

大多数の畑雑草の出芽深度は地表1 cm 以内で、それより深い層からの出芽率は極端に劣るとされているので¹²⁾、発生予測のための土壌サンプリングもこの地表から1 cm 程度の層について行われるのが妥当であろうが、通常はサンプリング作業の容易さなどから深度5 cm あるいは10 cm の層について採土するケースが多い。埋土種子数から出芽数を推定するには、回収した全種子数に何らかの係数を乗じて単位面積当りの出芽数を導くのであるから、サンプリングした土壌中の種子の分布密度が土層の垂直方向でバラツキがあったのでは、推定精度に大きな誤差が生ずることになる。一方、夏雑草の発生予測のための土壌サンプリングは、ふつう冬～早春の間に実施されるが、サンプリング後に行われる耕起作業が埋土種子集団の垂直分布密度

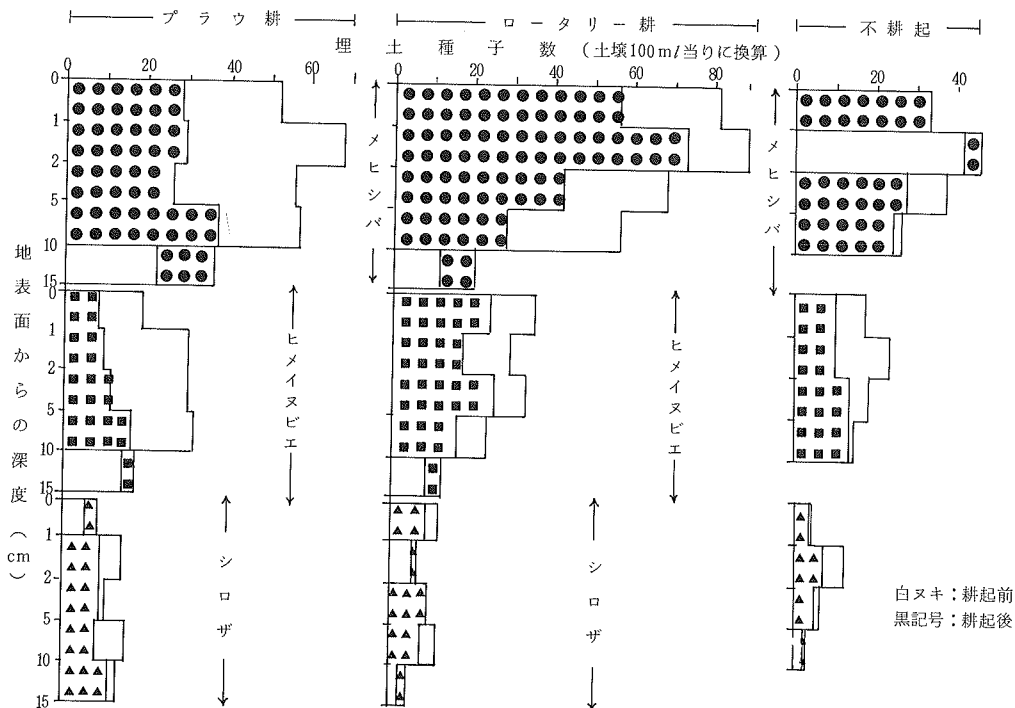


図2. 耕起前と耕起後の埋土種子密度の土中垂直分布の様相¹⁷⁾

に与える影響も気懸りである。そこで埋土種子がどのような垂直分布密度で存在するかを耕起処理との関係でみてみた¹⁷⁾。調査はプラウ耕（耕深 25～30 cm）、ロータリー耕（耕深 15 cm）、不耕起の圃場について行い、それぞれ耕起前と耕起直後に土壌深度別にサンプリングを実施した（図 2）。

耕起処理後のメヒシバ、ヒメイヌビエ、シロザの埋土種子の土中垂直分布密度は、耕起前に比較してプラウ耕では 0～10 cm までの深度の種子密度が低下し、逆に 10～15 cm までの深度の種子密度は増加するという傾向がみられた。ロータリー耕も同様であったが種子密度の増減程度はプラウ耕ほど顕著ではなかった。また一部例外はあるが、両耕起法において概して耕起処理前には 0～10 cm までの深度と 10～15 cm までの深度の 3 草種の種子密度の間には有意な差異が認められたのに対し、耕起後には 0～15 cm 深度までのいずれの深度の土壌層の種子密度の間にも有意差は認められなくなった。また不耕起では 0～10 cm までの深度の各層の種子密度間には有意差はなかった。

ここで示したのは特定の圃場についての一度だけの調査によるもので、この結果から一般的な結果を引出すのは危険であるが、少なくとも、土壌の浅い層（本試験では 0～10 cm の層）での種子の分布密度のバラツキは耕起の有無にかかわらず比較的小さいが、これらの層の埋土種子の絶対数は耕起法によって大きく変化するというこ

とは言えるであろう。

5. む す び

—— 実用化へのアプローチ ——

トータルな発生予測法に立入る以前のサンプリング計画や埋土種子の回収法といったモデルの導入部分で枚紙のほとんどを費してしまった。そこで最後に当り、筆者が描いている発生予測システムのイメージを示して、むすびに代えさせていただくことにしたい。

図 3 の流れ図にそって説明する。まず対象圃場において所定の容器で所定の量・深さの土壌をサンプリングする。サンプリング時期はふつう休閑期が適当と思われるが、できれば前作終了後、いったん耕起したのちにサンプリングすることが望ましい。サンプルは容器のままで普

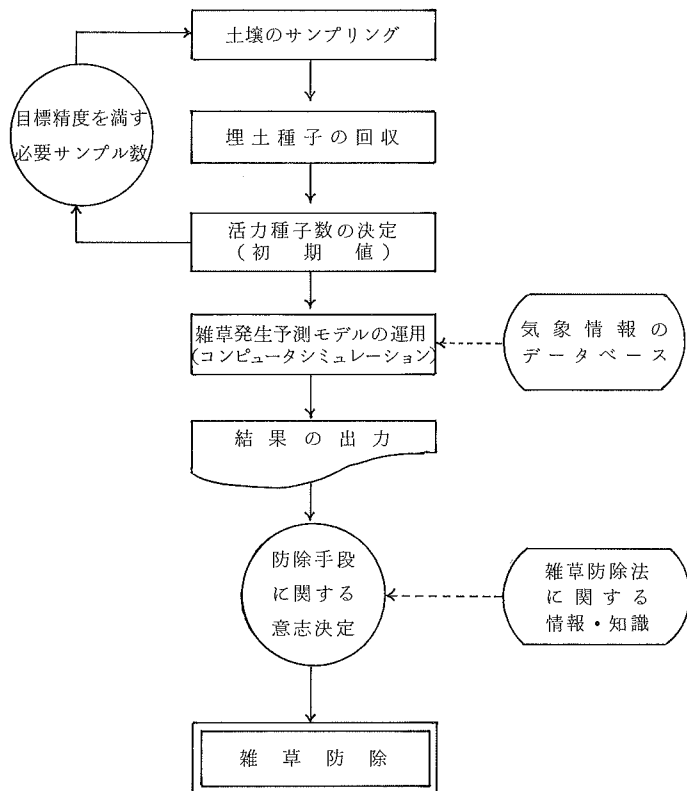


図 3. 雑草発生予測システムのフローチャート（高柳原図）

及機関に送られ、ここで埋土種子の回収および草種別の活力種子数の検定がなされる。この結果に基づき、対象圃場ごとのサンプルについての主要草種の活力種子数の変動係数が計算され、サンプル数が目標精度に満たない場合には再度、農家にサンプリングを要請する。活力種子数に関する情報は研究機関に送られ、何らかの加工の後に、同機関の保有する雑草発生予測モデル（発生予測シミュレータ）に初期値として入力される。この発生予測モデルには、ふつう作物播種予定日から先に予測される長期間の各種の気象要素の値が必要となるが、この値には対象圃場付近の予測必要期間についての平年値を用いても良いし、あるいは過去の気象データの

統計値をもとに乱数を利用した模擬的な気象をコンピュータ内部に発生させて用いることも可能である。最終的に出力された雑草発生予測結果は農家あるいは普及機関に送り返され、これに見合った防除方法に関する意志決定がなされることになる。

ここに示したシステムは未成熟のもので、また予測実施にかかるコストや時間を無視しているので、今後の実用化に当ってはより一層の検討が必要だが、そのためには基礎的な研究の積み重ねが益々、重要となろう。さらに発生予測モデルに加えて、雑草害を予測しうるモデルが開発されてはじめて、真の意味で理に適った雑草防除水準の策定に到達しうるのである。

引 用 文 献

- 1) BLACKSHAW, R. E., E. H. STOBBE, C. F. SHATKEWICH and W. WOODBURY : Weed Sci. **29**, 179~185 (1981).
- 2) KROPAC, Z., : Pedobiologia **6**, 105~128 (1966).
- 3) 近内誠登：第8回日本雑草学会シンポジウム講演要旨, 43~62 (1987).
- 4) 久野英二：動物の個体群研究法 I, 生態学研究法講座 **17**, 共立出版 (1986).
- 5) 松島省三：農技研報告 **A 5**, 206~215 (1957).
- 6) 農林水産省農蚕園芸局植物防疫課：植物防疫 **37**, 415~416 (1983).
- 7) 林 燦隆：植物防疫 **37**, 430~436 (1983).
- 8) 佐合隆一・大西茂志・上園孝雄他2名：雑草研究 **28** (別), 161~162 (1983).
- 9) SATORRE, E. H., C. M. GHERSA and A. M. PATARO : Weed Res. **25**, 103~109 (1985).
- 10) STANDIFER, L., : Weed Sci. **28**, 134~139 (1980).
- 11) 鈴木光喜・須藤孝久：雑草研究 **20**, 105~108 (1975).
- 12) 高林 実：農研センター報告 **2**, 75~123 (1984).
- 13) 高柳謙治：農技研報告 **D 28**, 1~88 (1977).
- 14) 高柳 繁・草薙得一：雑草研究 **31** (別), 57~58 (1986).
- 15) ————・—————：雑草研究 **32** (別), 115~116 (1987).
- 16) ————, ZUNGSONTIPORN, S., 草薙得一：雑草研究 **32** (別), (1987).
- 17) ————・草薙得一：雑草研究 **32** (別), 119~120 (1987).