

---

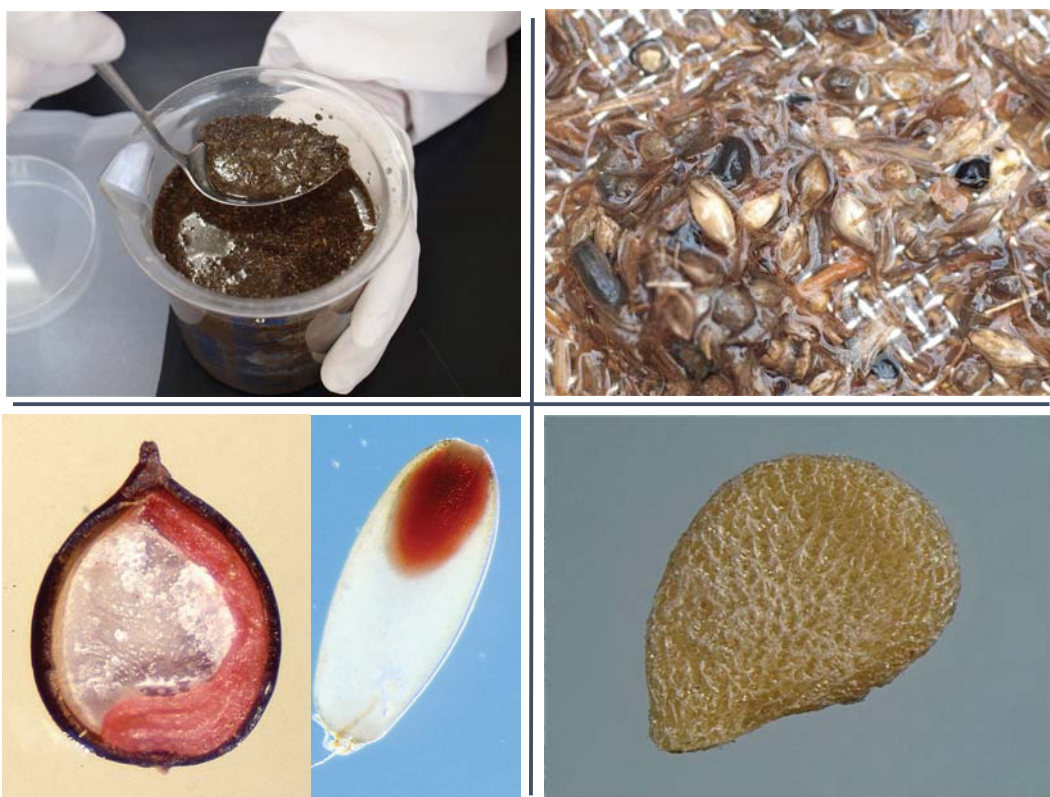
---

麦作・大豆作・水稻作の難防除雑草

埋土種子調査マニュアル

---

---



2009年5月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業総合研究センター  
東北農業研究センター  
九州沖縄農業研究センター

## はじめに

この「埋土種子調査マニュアル」は、作付け前に潜在的な雑草発生ポテンシャルを知り、雑草防除技術の導入効果を正当に評価するために、農研機構の交付金プロジェクト研究「難防除雑草の埋土種子診断と個体群動態－経済性評価統合モデルに基づく総合的雑草管理（IWM）の検証（平成19～22年度）」に参画している雑草研究分野の専門家によって作成されたものです。

同プロジェクト研究では、今後の雑草防除の基本となるべきIWM（Integrated Weed Management：作期移動・不作付け期間の耕種管理・機械除草などを組み込み体系化し、除草剤を大幅に削減した総合的雑草管理）の検証を目指しています。雑草の埋土種子量（シードバンク）は、作付け期間における雑草の増減の予測やIWMに組み込まれる各種防除技術の効果に影響する第1の要因であるため、信頼性の高い調査手法を共通的に使うことが重要です。

このマニュアルは、総論として、「1. 埋土種子調査の目的」および「2. 埋土種子調査法の概要」、各論として、「3. 種子の特徴と調査法」および「4. 雑草種子の写真集」から構成されています。このうち、「2. 埋土種子調査法の概要」では、調査計画、試料採取と保管、種子の分離・同定・生死判別などの基本的な手法が解説され、「3. 種子の特徴と調査法」では、日本の穀物生産の基盤である水田を利用した輪作における水稻作、麦作、大豆作の難防除雑草を採り上げ、詳細な解説を付しています。

私たちは、この「埋土種子調査マニュアル」が、プロジェクト研究における取組みだけでなく、広く利用され、雑草の生態や防除技術の試験研究において前提となる調査項目として、埋土種子の調査が当たり前になることが望ましいと考えています。関係各位にご活用いただき、また、ご意見等をいただきながら、バージョンアップしていきたいと考える次第です。

2009年5月

独立行政法人 農業食品産業技術総合研究機構  
中央農業総合研究センター

研究管理監 木村 武

## 目 次

1. 埋土種子調査の目的	1
2. 埋土種子調査法の概要	2
2-1 調査手順	2
2-2 土壌の採取と保存	4
① 土壌の採取	4
② 採取後の処理と保存	8
2-3 分離同定法による埋土種子の調査	9
① 比重分離法	9
② 直接法	12
③ 種子の同定と生死判別	15
2-4 発芽法による埋土種子の調査	17
3. 種子の特徴と調査法	19
〈大豆作〉	
3-1 アメリカセンダングサ	20
3-2 アサガオ類	22
3-3 タデ類	24
3-4 シロザ・ヒユ類	26
3-5 メヒシバ	28
〈麦作〉	
3-6 カラスムギ	30
3-7 スズメノテッポウ	32
3-8 カズノコグサ	34
〈水稲作〉	
3-9 コナギ	36
3-10 ノビエ類	38
3-11 イヌホタルイ	40
3-12 イボクサ	42
4. 雑草種子の写真集	45
付表「雑草種子の比重と大きさの一覧」	62
参考文献	64
執筆者一覧	68
雑草名の索引	69

---

### 〈表表紙の写真〉

左上から時計回りに、①比重分離法による埋土種子の作業風景、②直接法で洗い出されたイヌビエの種子、③イヌホオズキの種子、④TTC 試薬で胚が染色されたハルタデとメヒシバの種子。

---

## 1. 埋土種子調査の目的

---

農業技術は、工業技術などと比べて地域性が強いと言われます。ある地域で成り立つ技術が、他では使い物にならないことがあるということです。その要因としては、気象条件や土壌条件が考えられますが、雑草防除技術については、こうしたことが隣り合った圃場間でさえよく起こります。これには、埋土種子の量や種構成の違いが大きな影響を与えていると考えられています。

戦後、急速に発達・普及した除草剤と関連技術の効果は比較的安定しており、圃場の違いを強く意識しなくてもよい風潮をもたらしました。しかし、近年の食品の安全・安心や、環境問題に対する意識の高まりは、雑草防除技術を除草剤だけでなく、耕種的防除技術なども組み合わせた総合的雑草管理の方向に向かわせています。耕種的防除技術は除草剤と比べて効果が弱いものが多く、圃場が違うと効果がまるで違うことがよくありますが、これは埋土種子の量や種構成の違いによることが多いように思われます。圃場ごとにどのような雑草がどれだけ発生し、埋土種子はどれほど存在するのか、そのような細かな観察が必要な時代が再び訪れつつある、そのように考えることができるかも知れません。

もしも、作物を作付けする前に埋土種子についての情報が得られていれば、潜在的な雑草発生量の目安になり、将来的には、それに応じて適切な防除法または防除法の組み合わせを選択することが可能になることが期待されます。このように、**作物の作付け前に潜在的な雑草発生量を知る**ことが、埋土種子調査の第一の目的です。潜在的な雑草発生量の推定精度は高いほど情報の価値は高まりますが、そのためには今後のデータ蓄積が必要になります。

また、新しい技術の効果を慣行技術と比べようとするとき、使う圃場の埋土種子量や種構成が異なっている場合は、正しい判断ができません。例えば、新しい技術で雑草がよく防除できたように見えても、実は埋土種子がほとんど無い圃場だったからかもしれませんし、逆に、防除に失敗したとしても、偶然、埋土種子が極めて多い圃場を使ってしまったからかもしれません。埋土種子についての情報があれば、試験結果の解釈はより合理的に行えます。このように、**雑草防除の効果を正當に評価するための指標とすることが**、埋土種子調査の第二の目的です。

以上は、いずれも1作だけの作物栽培を考えた場合の埋土種子調査の目的ですが、雑草防除の長期的な評価にも埋土種子調査は欠かせません。農業経営は1作だけで完結するものではありません。雑草防除が1回だけうまくいっても、次作から失敗が続くのでは、持続的な経営はできません。毎回の雑草防除の成否は、残草量や収量などの影響から直接評価することができますが、年が違えば気象条件などいろいろな条件が異なるので、雑草が前年に比べて増えたのか減ったのかの判断は案外難しいものです。その点、埋土種子なら時を超えて、同じ尺度で比較することができますから、雑草の増減を正しく判断できます。このように、**雑草量の長期的な増減を把握することが**、埋土種子調査の第三の目的です。

肥培管理の合理化や新しい技術の開発の前提として土壌の調査が行われるのと同様に、これからは、雑草防除の合理化や新しい技術の開発の前提として、様々な場面で埋土種子の調査が行われるのが望ましいと、私たちは考えています。

## 2. 埋土種子調査法の概要

### 2-1 調査手順

埋土種子を調べる方法としては、採取した土壌を調べる方法と、圃場での出芽を調べて、そこから推定する方法の2つが考えられます(図2-1-1)。さらに、採取した土壌を調べる方法には、後述するように、土から種子を分離する方法(分離同定法)と、発芽させて実生を調べる方法(発芽法)があります。一般に、分離同定法は、①次作での雑草の発生量を事前に予測することで栽培管理に役立てたり、②埋土種子量の季節変動や長期的な変化を知るのに適当な方法です。一方、発芽法は、当季における雑草発生量を正確に予測するのに適当な方法です。当季における雑草発生量の予測は、新しい防除技術の効果を慣行技術との比較の上で正当に評価するための圃場試験などで必要になるでしょう。

土壌を採取してから、あるいは圃場で出芽が始まってからでは後戻りができない場合がありますので、調査の目的に応じて、あらかじめ調査方法や時期、採取する量のある程度決めておく必要があります。この項では埋土種子調査法のうち、採取した土壌を調べる方法の概要を説明します。圃場での出芽を調べる方法については、2-4を参照してください。

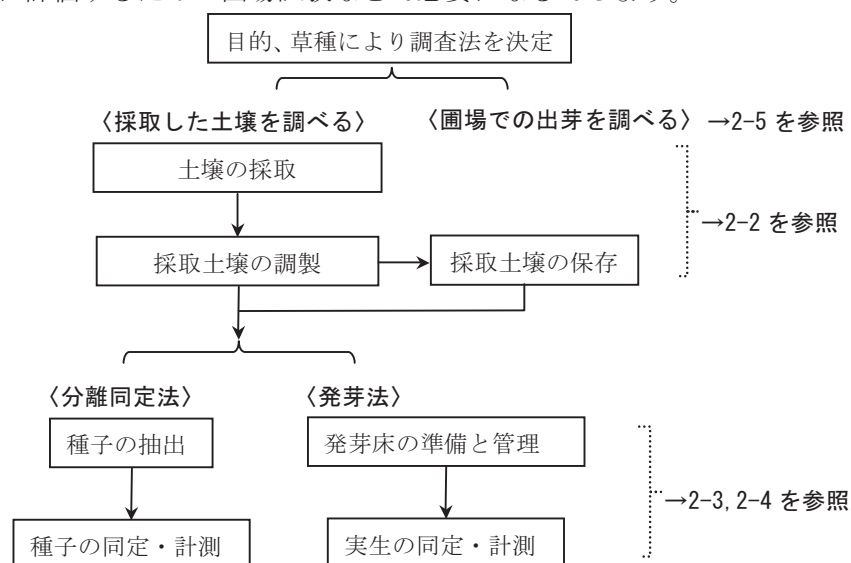


図2-1-1 埋土種子の調査手順の概要

#### 土壌の採取、調製と保存(詳細は2-2)

圃場内の埋土種子の分布は均一ではないので、複数の箇所から、可能な限り多く採取するのが原則です。信頼できるデータを得るためには、一般に、埋土種子の量が少ないほど多くの土壌が必要で、分布が不均一であるほど圃場内の多数の箇所から採取する必要があります。ただ、現実には土壌中に種子がどれだけ含まれているか分からないことが多いでしょうから、多めに採取しておき、十分に均一に混ぜ合わせた後、一定量を計りとして調査に用いるのが合理的です。

採取した土壌は、その後の作業をやりやすくするため、ある程度ほぐし、また、目で見ても明らかな種子以外の粗大有機物などを除いておきます。すぐに調査しない場合には、土壌中の雑草の種子が発芽しないようにすぐに乾燥させるか、冷凍庫で保存します。

#### 採取した土壌を調べる(詳細は2-3、2-4)

前処理が終われば、土壌中の埋土種子の種類や量を調べることとなりますが、その方法には、土壌から種子を何らかの方法で取り出して数える方法(分離同定法)と、種子を発芽させ、実生を数える方法(発芽法)があります(表2-1-1)。分離同定法の方が時間がかからず、多くの種子を検出できますが、発芽させる方法にも固有のメリットがあるので、目的に応じて方法を決めます。

分離同定法では種子を同定し、数を調べます。取り出された種子には種子以外の粗大有機物、小石や大きな土粒子がなお大量に混ざっており、そこから種子だけを取り出す必要があります。また、通常問題になるのは生きている種子だけなので、種子の生死の判別もあわせて行う必要があります。一連の作業は、目的とする種子の大きさに応じて、実体顕微鏡かルーペの下で行うのが普通です。

発芽法では発芽した実生を同定し、数を調べます。発芽床を定期的に観察し、出芽した幼植物の数を記録したうえで順に抜き取っていきます。同定ができなかった個体は次の調査まで残しておくか他の場所に移植して、同定できるようになるまで育てます。

表 2-1-1 採取した土壌から埋土種子を調べる方法の比較

名 前	方法の概要	特 徴 <sup>注1)</sup>		適応草種例 <sup>注2)</sup>
		作業性	データの正確さ	
分離同定法	種子を数える	×塩類溶液や特別な装置が必要 ○結果がすぐに出る	○回収率が高い ×圃場での発芽数と必ずしも一致しない	
比重分離法	比重の大きい溶液で浮かせて回収	○作業は比較的簡単で、短時間で回収可能	×発芽性が変化する可能性がある ○小さな種子でも回収可能	・コナギ、ヒユ類など種子の小さな草種
直接法	篩や水流などにより直接回収	×作業が難しく、時間がかかる	○発芽性の変化が小さい ×小さな種子の回収は困難	・タイヌビエ、アサガオ類など種子の大きな草種
発芽法	発芽させた実生を数える	○試薬や特別な装置が不要 ×長期間の作業、観察が必要 ×結果が出るのに数週間～数か月かかる	×埋土種子数が過小評価される傾向がある ○実際の発芽時期に合わせて行えば、圃場での発芽数をよく再現する ×季節により結果が異なるなど再現性に問題	・メヒシバなど種子休眠の浅い草種 ・アゼナ類など種子が極めて小さな草種

注1) 利点と考えられる特徴には○を、欠点と考えられる特徴には×を付した。

注2) 例示した草種は、他の方法が適応しないことを意味するわけではなく、目的に応じて方法を選択することが望ましい。例えば、メヒシバの種子休眠は浅いので発芽法は適応するが、事前に発生量を予測することを目的とするなら、分離同定法が望ましい。

いずれの場合でも、形態だけをたよりに同定を行うこととなりますが、土壌を採取した圃場の情報(例えば前年の発生雑草の種構成、作目など)から候補となる草種の範囲を狭めることができます。同定にあたっては、この冊子の「3. 種子の特徴と調査法」と「4. 雑草種子の写真集」を参考にしてください。また、冊子の末尾には参考文献リストを付してあります。必要に応じて、これらの文献にもあたってください。

[小林浩幸]

## 2-2 土壌の採取と保存

### ①土壌の採取

土壌は、面積を決めて採取します。これは、収量や作物体の量など、農学上の多くの統計量と同様に、雑草個体群を量的に把握する場合も普通、面積当たりに換算するからです。採取する深さは、作土の深さ（例えば15cm）までとするのが普通で、採取する土の体積は面積×深さとなります。

土壌の採取には、市販の円筒形の採土器などを用いるのが普通ですが、塩ビや鉄製の管を打ち込んでも採取できます。一般に、土壌の化学分析のために用いるよりも土壌の量は多く必要ですから、大きめなものを用います。大まかな調査では、園芸用のマルチの穴空け機（ホーラー）が便利です。これを用いると1回あたり、1200cm<sup>3</sup>ほどの土が一度に採取できます。仮に1回の分析に200gの乾土を用いるとすると、採取時の土壌の含水率が20%、仮比重が1.1とすれば約230mlの土壌が必要で、15cmの深さまで採取するなら相当する面積は約15cm<sup>2</sup>、円筒形の採土器であれば、直径は4.4cm以上のものが必要と計算されます。用いる器具の大きさが分析する土の量と一致している必要はありません。大きめの器具を用いて多めに採取し、十分に混合してから重量ベースで一定量を計りとって分析を行えば埋土種子数の推定は可能で、残った土は予備として取っておくこともできます。なお、別途土壌の仮比重を測定しておけば、分析用の土壌は面積や容積を決めずに採取しても、後日、単位面積当たりの埋土種子量を推定することができます。

圃場内の雑草の分布は不均一ですから、当然埋土種子の分布も不均一です。したがって、その圃場に存在する平均的な埋土種子の量を知るためには、同じ場所からたくさんの土壌を採るのではなく、圃場内のいろいろな場所から少しずつ採った方が、分析する土壌の量は同じでも、より確からしいデータを得ることができます。平均値だけでなく、ばらつき具合も知るためには、サンプルを別々に分析する必要がありますが、平均的な値を知るだけで足る場合には混合（コンポジット）したものの一部だけを分析します。なお、あらかじめ圃場をていねいに耕起、砕土、整地しておくことができれば、埋土種子の分布がより均一になってサンプル間のばらつきが減り、採取作業も容易になることが期待されます。農家圃場での実施は難しいですが、所内の実験では、調査の精度を高めるために取りうる工夫の一つと考えられます（コラム「イヌビエの埋土種子数の直接計数法」（12ページ）を参照）。

得られるデータの信頼性は、分析する土壌の量や採取する箇所数で決まるので、それを適切に設定することは極めて重要です。しかし、データの信頼性は、調べようとする草種の種子密度にも依存するため、結局、事後的にしか決まらないものです。具体的には、コラム「サンプリング計画」（5ページ）に、採取する土壌の量や方法についての理論が説明されています。種子の密度の見当がおおよそついている場合にはそれに応じて、未知の場合には多めに採取しておいて、とりあえずその一部について分析を行い、足りなければ追加で分析をするのが原則です。分析の労力や保管場所の制限などを考え合わせると、圃場当たりの土壌採取量は、乾土で2kg程度までとするのがよいでしょう（この場合でも、1箇所から全てを取るのではなく、5~10箇所程度から採取した土壌をよく混合し、一定割合をサンプルとして、他は圃場に戻します）。

除草剤による防除を主体とした通常の水稲作では、1m<sup>2</sup>あたり数粒といった極めて低い密度のノビエ



図 2-2 土壌採取には園芸用のホーラーも使える

類種子が問題となることがあります。このような値の極めて小さな領域で精度の高い推定を行おうとすると、莫大な量の土壌が必要になる可能性があります。こうした分析には、この冊子で解説する調査法はなじまないかも知れません。あくまでも、総合的雑草管理のための埋土種子量のおおまかな把握、つまり、1 m<sup>2</sup> 当たりの種子数が2であるか5であるかを突き止めるのではなく、10未満なのか、100なのか、1000なのか、といった程度の把握を目的とした調査と考えてください。

土壌を採取する時期の選定も重要です。雑草埋土種子の量や種構成は、季節的に大きな変動が見られることが多いからです。まず、事前に埋土種子量を知り、それを栽培に活かすことを目的とするなら、分析結果が遅くとも作物の播種前にわかっていなければいけません。したがって、例えば6月上旬播種の夏畑作物なら、遅くとも5月中に採取する必要があるでしょう。ただし、前年の秋など、非常に早い時期の採取は、その後、埋土種子の量や種構成が大きく変化することがありますので、その予測がある程度可能であることが前提になります。次に、ある栽培法のもとで雑草の埋土種子が増えたのか減ったのかを知るためには、作物の播種時と収穫時に、2年以上続けて採取するのが普通です。2年以上続けるのは、上述したように、収穫から次の播種までに埋土種子の量や種構成が変化するため、播種時と収穫時の比較だけでは判断ができないからです。また、年間を通じた消長を調べる必要があることもあるでしょう。この場合には、年間に何度も採取する必要がありますが、機械的に1か月ごとなどとするよりも、作物、雑草の生育ステージや栽培暦に応じて採取時期を決める方が合理的です。重要な時期としては、例えば作物の播種前、耕起の前後、新たな雑草種子散布の直前、種子散布終了直後、作物の収穫時があげられます。

[小林浩幸]

## サンプリング計画

### 〈サンプル数と推定精度〉

土壌サンプリングの方法、特に必要なサンプル数は対象圃場における対象草種の種子密度とその分布型によって、また密度推定の要求精度によって大きく変わります。もちろん、どのような場合でもサンプル数を多く取るほど推定精度は向上するわけですが、現状埋土種子の調査には多くの人手と時間を要するケースが多く、調査可能なサンプル数はそうした要因によって決まることが多いと考えられます。以下、サンプル数と推定精度の関係について述べ、ついで実際のサンプリング法について提案します。なお、以下の記述は全て対象圃場がサンプリングの総面積に対して十分大きい場合、すなわち無限母集団とみなせる場合についてのものです。

よく知られているように、 $q$ 個のデータの平均値 $m$ の分散は、個々のデータの分散が $\sigma^2$ だとすると $\sigma^2/q$ となります。この関係を式で表すと(1)式のようにになります。

$$V(m) = \sigma^2/q \quad \dots\dots (1)$$

埋土種子調査の推定精度 $D$ を相対標準誤差 $\sqrt{V(m)}/m$ で表し(久野、1986)、(1)式を代入すると、

$$D = \sqrt{V(m)}/m = (\sigma/\sqrt{q})/m \quad \dots\dots (2)$$

精度 $D$ とサンプル数 $q$ の関係式が得られます。(2)式の右辺を見ると、[精度] = [標準誤差] / [平均]



の関係になっていることが判ります。また精度Dは、サンプル数 $q$ が一定の場合、 $\sigma/m$ 、即ち変動係数に比例することがわかります。

精度Dは相対標準誤差として定義されているので、値が大きいほど精度が低く、値が小さいほど精度が高い点に注意が必要です。だいたいの目安として、一般的な動態研究で0.2~0.3、詳細な生命表解析を主眼とする集約的な研究で0.1~0.2、やや大まかな鳥瞰的研究で0.3~0.4とされています(久野1986)。

(2)式を変形すると目標精度Dに対する必要サンプリング数が、

$$q = \sigma^2 / D^2 m^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

で得られます。(3)式からは、必要サンプル数 $q$ は、精度Dを一定に保つとすると、 $(\sigma/m)^2$ に比例することがわかります。

ここで、対象とする雑草種の種子がランダムに分布している1枚の圃場を考えます。このとき土壌コアサンプルに含まれる種子数はポアソン分布に従うと想定されます。ポアソン分布では平均と分散が等しい、 $m = \sigma^2$ という性質があるので(2)式は、

$$D = (\sigma / \sqrt{q}) / m = (\sqrt{m} / \sqrt{q}) / m = 1 / \sqrt{qm} \quad \dots\dots\dots (2)'$$

となります。例えば処理可能サンプル数 $q$ が16、コアサンプル中の平均種子数 $m$ が9の場合、精度 $D = 0.083$ でかなり高精度の推定ができることとなります。式を変形すると必要サンプル数が、

$$q = 1 / D^2 m \quad \dots\dots\dots (3)'$$

で得られます。図1は $D = 0.1, 0.2, 0.4$ の場合の必要サンプル数と種子密度の関係を示したものです。

これは種子がランダムに分布するという理想的状況下での必要サンプル数です。実際の圃場では、前年の雑草の不均一な発生などが原因で、 $m < \sigma^2$ となるのが普通です(集中分布と呼びます)。したがって図1は、これより増えることはあっても減ることはない最低限のサンプル数と考えるべきでしょう。

#### 〈サンプリング計画の実際〉

通常、圃場の埋土種子の様子は(特に現地では)予備知識が全くないのが普通です。調査を始めてみて目標精度にはるか及ばないことが明らかになった場合、改めて追加サンプルを取ることは、多数の

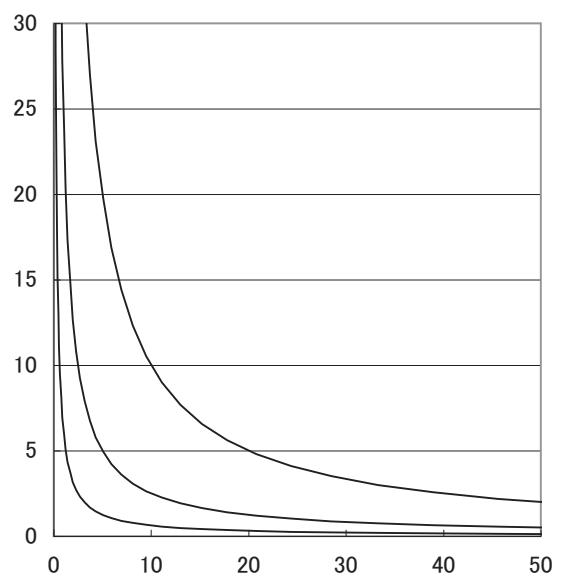


図1 ランダム分布する埋土種子の密度推定における必要推定精度 $D = 0.1, 0.2$ および $0.4$ の場合の種子密度と必要サンプル数との関係

圃場を相手にする場合には事実上不可能となるでしょう。そのような事態を避けるためには、以下のよう  
なサンプリング計画が有効です。

0. 労力などの制限要因から調査可能上限数  $Q$  と下限調査数  $q_0$  を決める ( $q_0$  の決定の際、検出す  
べき種子密度の下限値が決まっている場合、またはおおざっぱにでも種子密度が想定できる場合  
には図 1 が参考となる)。

1. 対象圃場を調査可能上限数の  $Q$  区画に分割する。

2.  $Q$  区画から土壌サンプルを無作為 (完全無作為抽出または系統抽出) に採取する。

3.  $Q$  個の土壌サンプルから無作為に予め決めておいた最低調査数  $q_0$  個のサンプルを選び種子数  
を調査する。

4. 得られた  $q$  個 (最初は  $q_0$ ) のデータをもとに、平均  $m$  と分散  $\sigma^2$  を推定し、(3)式で必要サン  
プル数  $q_D$  を求める。

5.  $q_D < q$  の場合：調査終了。

$q_D > q$  の場合：1 個の追加サンプルを残ったサンプルから無作為に選び種子数を調査する。4  
へ戻る。

当然のことながら、この方法でも最終的に  $q_D > Q$  の場合には、目標精度は達成できません。調査可  
能上限数  $Q$  を増やすことなく推定精度  $D$  を上げるためには、前段で述べたことから明らかなように、平  
均値  $m$  を大きくするか、標準偏差  $\sigma$  を小さくすることが必要です。

平均値  $m$  を大きくする方法は、現実的には 2 のプロセスで、採取する土の量を増やすしかありません。  
例えば、1 区画から  $n$  個の土壌コアを取り、それらを合わせて 1 サンプルとした場合には、平均は  $n$  倍、  
標準偏差は  $\sqrt{n}$  倍になるので、一定の  $Q$  に対する精度  $D$  は  $1/\sqrt{n}$  倍に向上します。しかしこの方法では、  
調査すべき土の量も  $n$  倍になってしまい、労力的にサンプル数を  $n$  倍に増やしたのと大差がない場合も  
多いと思われます。ちなみに土壌コアを  $n$  個取る代わりに容積が  $n$  倍のコアサンブラを用いることも考  
えられますが、区画内の種子の分布がランダムな場合を除いては、 $n$  倍容積のコアサンブラで 1 個取る  
方法は、基準容積のコアサンブラで  $n$  個を取る方よりも精度は劣ります。

一方、調査する土の量を増やさずに標準偏差を小さくする方法としては、1 区画から  $n$  個のサンプル  
を採取し、それを十分に混合してその  $1/n$  を調査するという方法があります。今、 $Q$  区画からそれぞれ  $n$   
個のサンプルを無作為に採取したとします。個々のサンプルに含まれる種子数の圃場全体の分散  $\sigma^2$  は、  
 $Q$  個の区画内それぞれにおける分散  $\sigma_n^2$  と  $Q$  個の区画間の分散  $\sigma_i^2$  に分割できます。この内  $\sigma_n^2$  は  $n$  個の  
サンプルを十分に混合・攪拌することにより小さくすることができます。ある区画の  $n$  個のコアサン  
プル内の種子数の平均が  $m'$  ( $m' < \sigma_n^2$ ) とすると、十分な混合・攪拌により内部の種子の分布はランダム  
に近くなることが期待されます。ここから  $1/n$  (元のコアサンブラの容量相当) を 2 次サンプリングす  
ると、そこに含まれる種子数は平均  $m'$  のポアソン分布に従うと仮定できることから、全体の分散  $\sigma^2$   
は、 $\sigma_n^2 - m'$  だけ減少させることができます。この方法は  $m'$  に比べて  $\sigma_n^2$  が大きいほど有効性が増しま  
す。

以上、サンプリング計画について述べましたが、ここでは  $m > \sigma^2$  となるような、均一性の高い種子  
分布は想定しませんでした。それは、そうした分布が自然界ではまれなことによります。もちろん、種  
によってはそういった分布をすることがないとは言えませんが、その場合の埋土種子調査はここで述べ  
た集中分布の場合よりも容易なものになるはずです。

[中山壮一]

## ② 採取後の処理と保存

湿土のまま室内または冷蔵庫で長期間保存するのは望ましくありません。通常の冷蔵庫の設定温度である4~5℃程度では雑草の種子は発芽する可能性があり、また、発芽しなくても齢が進行し、種子の寿命を短くする可能性があるからです。湿土のまま長期間保存する必要がある場合には、乾燥させるか冷凍保存する必要があります。サンプルを乾燥させることにはいろいろな利点がありますが、一方、欠点も考えられます（表 2-2-2）。

表 2-2-2 サンプルを乾燥させる利点と欠点

利点	サンプルを軽量化できる。 室内で長期間保存ができる。 比重分離に用いる塩類溶液の比重を低下させない。 塩類溶液浸漬の害作用を低減させる(Tsuyuzaki 1993)。
欠点	設定温度によっては乾燥中に種子が発芽または死亡する可能性がある。 土壌の硬化によりその後の取り扱いが面倒になることがある。

乾燥後に土塊を崩して細かくするには労力がかかるので、採取直後に手で簡単に崩しておきます。またその際、ついでに石、木片などの明らかに種子とは異なる粗大な残さを取り除きます。水田から採取した含水率の高い土壌は、湿土の状態ではほぐすのは容易でなく、かといってそのまま乾燥させると硬化が著しいので、少し乾燥させてからあらためてほぐすなどの工夫が必要です。乾燥がうまくできないようなら、湿土のまま、種子の抽出作業を行ってしまうことも検討します。この場合、短期間なら冷蔵庫に保存しておくことができますが、その間も種子の死滅は進行し、冬雑草は発芽する場合があることも知っておく必要があります。なお、湿土でもマイナス30℃程度の冷凍庫に入れれば相当長期間、保存できますが、凍結が埋土種子の生存に影響を及ぼさないことを草種ごとに確認しておく必要があります。

土壌サンプルを乾燥させる場合には、紙袋に入れて、乾燥機で40℃程度の温度で乾燥させるのがよいと思われます。乾燥機の中で紙袋が相互に接触しないようにして、できるだけ早く乾燥が進むように心がけます。含水率が30%程度であれば、湿土で1.4kg程度（乾土で1kg程度）を紙袋に入れて40℃で乾燥させた場合、4~5日でほぼ完全に乾燥します。30℃では十分に乾燥することができず、乾燥中に雑草の種子が発芽し、その後乾燥により死亡する場合があります（図 2-3）。60℃なら2日程度で乾燥できますが、種子は死亡する可能性があります。いずれの場合でも、熱の種子への影響を最小限に留めるため、乾燥が終われば速やかに取り出し、その後は室内にて乾燥貯蔵します。土ごと乾燥貯蔵した種子の失活速度は、採取種子を単独で保存する場合と大差ないと考えれば、通常1~2年の保存は問題ないと考えられます。



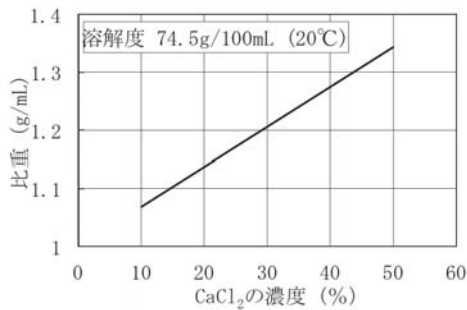
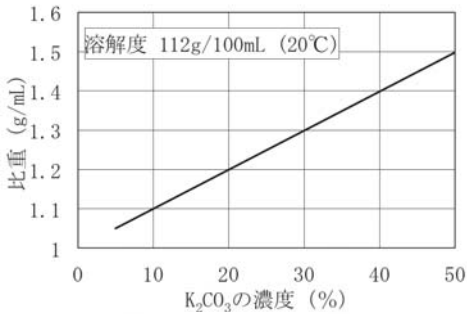
図 2-3 土壌の乾燥中に発芽し、死亡したメヒシバの種子  
胚の部分が肥大し、発芽が不可逆的に進行した状態が認められる。このような種子は、圃場から採取した時には生存していたとする解釈も成り立つ。

[小林浩幸]

## 2-3 分離同定法による埋土種子の調査

### ① 比重分離法

比重分離法は、採取した土壌に比重の高い塩類溶液を加え、埋土種子を浮かせて取り出すもので、種子のサイズにかかわらずいろいろな草種で使え、簡便で結果がすぐに分かる唯一の方法です。塩類としては、比重を容易に高くでき（表 2-3-1）、比較的安く大量に入手できることから（15kg で 10,000 円程度）、炭酸カリウム（ $K_2CO_3$ ）がよく用いられます。溶液は強アルカリ性を示すので、作業にはゴム手袋を着用するのが無難です。また、廃液の処理は、研究所などで定められた方法で行ってください。融雪剤として用いられる  $CaCl_2$  は安価で、溶液が中性で扱いやすいという利点があります。ただし、低温では溶解度が低く、比重を十分に高められない場合がある（表 2-3-1）ので注意が必要です。また、Malone（1967）が考案した、水 200ml に  $(NaPO_3)_6$  を 10g、 $NaHCO_3$  を 5g、 $MgSO_4$  を 25g 溶かした溶液が用いられることもあります。比重が 1.1 程度と低い割には種子を良く回収できますが、 $K_2CO_3$  などの高濃度溶液には及びません。



塩類溶液の水面に浮き上がった種子の回収法としては、スプーンなどですくい取って回収する方法（すくい取り法）とアスピレータを用いて吸い取る方法（吸引ろ過法）が考えられます（小林ら 2008；高柳ら 1990）。すくい取り法は吸引ろ過法の半分程度の作業時間で種子を取り出せ、特別な装置も不要ですが、吸引ろ過法による回収種子数の 95%程度を回収できます。より正確なデータが必要な場合には吸引ろ過法が望ましいですが、雑草埋土種子による圃場の汚染程度を大まかに把握するにはすくい取り法で十分と考えられます。下のコラムに、50%炭酸カリウム溶液を用いた比重分離法の例を示しました。用いる塩類などが違っていても基本的な操作には変わりがないので、必要に応じて適宜変更を加えて試行してください。

塩類溶液の水面に浮き上がった種子の回収法としては、スプーンなどですくい取って回収する方法（すくい取り法）とアスピレータを用いて吸い取る方法（吸引ろ過法）が考えられます

（小林ら 2008；高柳ら 1990）。すくい取り法は吸引ろ過法の半分程度の作業時間で種子を取り出せ、特別な装置も不要ですが、吸引ろ過法による回収種子数の 95%程度を回収できます。より正確なデータが必要な場合には吸引ろ過法が望ましいですが、雑草埋土種子による圃場の汚染程度を大まかに把握するにはすくい取り法で十分と考えられます。下のコラムに、50%炭酸カリウム溶液を用いた比重分離法の例を示しました。用いる塩類などが違っていても基本的な操作には変わりがないので、必要に応じて適宜変更を加えて試行してください。

[小林浩幸]

### [具体例] 50%炭酸カリウム溶液を用いた簡便な比重分離法

#### 〈用意するもの（図 1）〉

- ・ 50%炭酸カリウム溶液（1 サンプルにつき 350ml；下の〈50%炭酸カリウム溶液の作成〉を参照）
- ・ 500ml ビーカー（1 サンプルにつき 1 個）
- ・ 0.2mm 角目のポリエステル布（1 サンプルにつき 1 枚〈すくい取り法〉または 2 枚〈吸引法〉）
- ・ シャーレ（直径 9cm×深さ 2cm）またはそれ以上の容量の容器
- ・ ダブルクリップなどポリエステル布を漏斗に固定するもの 2 個
- ・ 柄をまげたスプーン（すくう部分が 5～6cm 程度のもの）



図 1 比重分離法に必要な器具

これだけですくい取り法による分離が可能。

- 500ml の洗浄瓶 2 本（1 本には 50%の  $K_2CO_3$  溶液を、もう 1 本には水道水を入れておく）
- 500ml 程度のビーカー（水道水を入れておく）
- 吸引ろ過装置一式（（吸引ろ過装置の製作）を参照）

### 〈50%炭酸カリウム溶液の作成〉

水道水 1000ml に対して炭酸カリウムを 1kg 溶かす。発熱反応なので、時間をかければ自然に溶けるが、しっかりとした棒で時々攪拌すると早く溶かすことができる。入り口が大きく開き、下部にコックのついたポリタンクに作り置きをしておく作業がしやすい。

### 〈吸引ろ過装置の製作（図 2）〉

**材料:** 高さ 25~30cm 程度で上と横に口のあるデシケータ、デシケータに適合した穴付シリコン栓 2 個、

内径 5mm のガラス管または樹脂製の管（長さ 10cm のものを 3 本）、真空用ホース（長さ 50cm 程度のものを 2 本）、アスピレータ（30l/分程度；吸引口が 2 本ついているものであれば 2 本をあわせて用い、真空度を高める）、直径 9cm 程度の漏斗、500ml 程度の広口瓶かフラスコ（漏斗や広口瓶は、デシケータのサイズや形状により適切なサイズを選ぶ）



図 2 吸引ろ過装置の製作例

装置の右側のホースの先に吸引ポンプをつなぐ（左）。デシケータは、真空での使用が可能なものを用いる。ろ液の回収には、使用済みの試薬の容器なども使うことができる（右）。

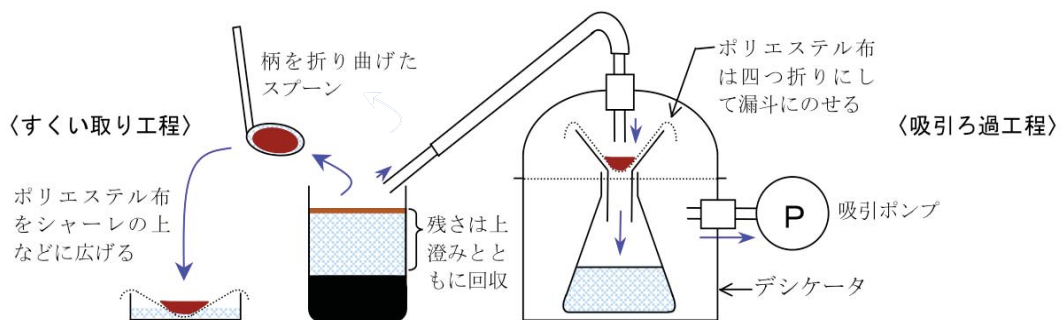


図 3 比重分離による埋土種子の抽出手順

手順：（図 2, 3 を参照）

- (1) デシケータの横の口と吸引ポンプを穴付シリコン栓、ガラスか樹脂製の管、真空用ホースでつなぐ。
- (2) デシケータの上の口に穴付シリコン栓、ガラス管を用いて真空用ホースをつなぐ。ガラス管は、デシケータ内にやや長く突き出るように差し込む。ホースのもう一方の口にはガラス管をつなぐ。このガラス管が吸引口になる。
- (3) デシケータの中に漏斗を差し込んだ広口瓶またはフラスコを入れる。デシケータのふたを閉め、上の口に取り付けられたガラス管の先端が、漏斗の上端よりも若干下になるように取り付け位置を調整する。

## 〈埋土種子の抽出手順 (図3)〉

### 1 比重分離

- (1) 土壌サンプルを改めてよく攪拌してから 200g (乾土相当) を計り取り、500ml ビーカーに入れる。
- (2) 50% $K_2CO_3$  溶液を 350ml 程度加え、しっかりとした棒またはハンドミキサーで、溶液が土壌に完全に行き渡り、こなれるまで攪拌する (図4 (左))。2分程度がめやす。終わればミキサーなどについた残さを塩類溶液でよく洗い流す (図4 (右))。そのまま約 30 分静置すると、下から順に土壌、上澄み、雑草種子を含む残さの 3 層に分かれる (図5)。分離が悪い場合もあるが、30 分以上静置しても状況はそれほど改善しないので、時間がたてば次のプロセスへ。



図4 ハンドミキサーによる攪拌 (左) と洗浄 (右)



図5 攪拌後、概ね 10 分 (左)、20 分 (中)、30 分 (右) 経過した土壌サンプル

### 2-1 すくい取りによる残さの回収

- (1) ポリエステル布を直径 9cm、深さ 2cm のシャーレまたはそれ以上の容量の容器の上に広げる (図6 (右))。ポリエステル中央部分はへこませておく (液が外にこぼれ出ないようにするため)。



図6 残さをスプーンですくい取り (左)、ポリエステル布の上にあける (右)

- (2) 液面に浮かんだ残さをスプーンですくって (図6 (左))、ポリエステル布の上にあける (図6 (右))。ビーカーの壁面に付着した残さは、ビーカーを傾げるか、洗浄瓶に入れた  $K_2CO_3$  溶液をかけて一旦洗い落とす。目で見て種子らしいものがなくなるまで続ける。
- (3) すくい終わればスプーンについた残さを洗浄瓶の水道水で良く洗い流し、ポリエステル布の上に落とす。
- (4) ポリエステル布の端々を指でしっかり持って袋状にして、残さが外に出ないように持ち上げ、布の上に残った溶液を絞り出す。→ 〈残さの洗浄と乾燥〉の項へ



図7 すくい取り法で取りきれなかった残さの吸引による回収

### 2-2 吸引ろ過による残さの回収

- (1)~(4)はすくい取り法と共通

(5) もう 1 枚のポリエステル布を四つ折りにして広げ、漏斗に設置する（残さが少ない場合にはすくい取り工程で使った、残さが上についた布を再度利用すればよい）。水圧で布がずれないように 1～2 個のクリップで漏斗に固定しておく（図 2（右））。アスピレータのふたを閉め、すくい取り法でとりきれなかった残さをすべて吸い取る（図 7）。ビーカーの壁面に付着した残さは、ビーカーを静かに傾げるか、洗浄瓶に入れた  $K_2CO_3$  溶液をかけて一旦洗い落とす。上澄みのすべてを吸い取るのが望ましいが、目で見て種子らしいものがなくなればその時点でやめてもかまわない。残さの吸い取りが終わればあらかじめ洗浄用に用意しておいたビーカーの水道水を吸いとして、管内を洗浄する。  
→〈3 残さの洗浄と乾燥〉の項へ

### 3 残さの洗浄と乾燥

- (1) 布の端を持ったまま水道水で十分に洗浄する（図 8（左））。洗浄が終われば再度絞って水分を落としてから実験室内など風のない場所に設置した机の上に広げ、貼り付ける（図 8（右））。
- (2) ポリエステル布上の残さは 1～2 日で乾燥するので、布の上の残さのすべてを保存用の容器か子袋に入れて、検鏡用のサンプルとする。[小林浩幸・好野奈美子]



図 8 ポリエステル布の端々を持って袋状にして、流水中で洗浄（左）した後、実験台に広げて乾燥（右）

## ② 直接法

直接法は、採取した土壌から目的の埋土種子を直接洗い出して取り出すもので、比較的種子のサイズが大きな草種に使える方法です。操作は単純ですが、比較的労力と時間がかかります。必要な資材は、土壌を採取するための塩ビ管、洗い出すための篩とザル、種子をより分けるためのピンセットなどで、消耗品にかかる経費はほとんどありません。洗い出しのために水道が使える、泥水を流してもよい場所が必要です。[牛木純]

### [具体例] イヌビエの埋土種子数の直接計数法

#### 〈用意するもの〉

以下、資材の大きさなどは全て目安であり、必要に応じて変更してもよい。次項の写真を参照、  
〈土壌採取〉

- ・ 塩ビ管（直径 7.5cm×長さ 13cm、容積約 300ml）
- ・ ポリ袋（塩ビ管を入れて結べる程度の大きさ）
- ・ 移植ゴテ

- ・ 油性ペン

#### <洗い出し>

- ・ プラ船（内寸：850×548×187cm、容積約 80L）
- ・ ビール瓶ケース
- ・ 篩（試験用、ステンレス製、直径 20cm、深さ 4.5cm、目開きは 1mm と 2mm の 2 種類、金網と枠のつなぎ目に隙間がある場合には、バスボンドなどの接着剤で隙間を埋めておくと洗い易い）
- ・ すくい網（目開きは 1mm 以下、直径 15cm 程度、あまり深さが浅いもの）
- ・ プラスチックケース（塩ビ管を水に浸すことができる程度の大きさ）
- ・ 洗面器（直径 25cm 程度、篩より一回り大きい）
- ・ 散水設備（シャワーで散水できるノズルを付けたホース）
- ・ ビニール手袋、プラスチックラベル。

#### <拾い出し>

- ・ ピンセット（ステンレス製、歯科用）
- ・ 拡大鏡（円形の蛍光管付き）
- ・ カルトン（直径約 16cm、白色）
- ・ ガラスシャーレ（直径約 9cm）
- ・ ろ紙（直径約 9cm、安価なものでもよい）
- ・ 洗浄瓶（プラスチック製）
- ・ 油性ペン



図 1 土壌サンプル

#### <土壌採取>

調査点数（別項参照）分の塩ビ管を圃場に配置する（例：1a の圃場に約 3m 間隔でメッシュ状に 9 点採取）。塩ビ管を土壌に垂直に踏み込み、塩ビ管の容積分の土壌が詰まったら、移植ゴテなどで掘り出す。土壌が崩れないように塩ビ管ごとビニール袋に入れて、地点名などを記載する（図 1）。採取した土壌はできるだけ速やかに以下の洗い出しを行うことが望ましい。数日保存する場合には、冷蔵庫に入れる。

#### <洗い出し>

あらかじめ図 2 のようにプラ船、ビール瓶ケース、篩（二段重ね、上：2mm、下：1mm）、散水ホースなどをセットする。

手順：

- (1) 塩ビ管ごと土壌をプラスチックケースに入れて、数時間程度水につけておく（図 2）。急ぐ場合には、塩ビ管から土壌を取り出し、水中で土塊を崩してもよい。プラスチックラベルに地点番号を記載してケースに入れておく。
- (2) プラスチックケース内の土壌を 2 段にした篩の上から流し入れる（図 3）。
- (3) シャワーで洗い流しながら土壌を篩に通す（図 4）。この時、篩から水があふれないように注意する。残った根なども



図 2 準備



図 3 2mm 篩へ



図 4 土壌の洗い流し



できるだけ土壌を洗い流す。この行程でほとんどのイヌビエ種子は2mmの篩を通過するが、大型の種子や芒のある種子が残りに引っかかり残る場合があるので、以下の手順で回収する。

(4)全ての土壌が目を通りしたら、上段の2mmの篩をはずし、洗面器にひっくり返して入れる(図5)。2mmの篩の底面からシャワーを流し、篩の上の残りを洗面器に洗い流す。この時、洗面器から水と残りがあふれないように水量に注意する。

(5)洗面器に洗い流した残りを、すくい網の上に流し移す(図6)。

(6)すくい網の上に移した残りを少量の水でプラスチックケースに洗い流す(図7)。以上で2mmの篩からの回収を終える。

(7)次に、1mmの篩上に残った土壌をシャワーで洗いながら篩に通す(図8)。強くこすりつけると種子が潰れる可能性があるため、軽く撫でて洗うが、土はできるだけ洗い流す。ほとんどのイヌビエ種子は1mmの目を通りせずに残る。

(8)上記と同様に1mmの篩を洗面器にひっくり返して入れる(図5参照)。1mmの篩の底面からシャワーを流し、篩の上の残りを洗面器に洗い流す。この時、洗面器から水と残りがあふれないように水量に注意する。

(9)洗面器に洗い流した残りを、すくい網の上に流し移す(図6)。

(10)すくい網の上に移した残りを少量の水でプラスチックケースに洗い流す(図7)。以上で1mmの篩からの回収を終える(図9)。



図5 洗面器へ



図6 すくい網へ



図7 ケースへ



図8 1mm 篩



図9 回収した種子と残さ

### 〈拾い出し〉

事前に拡大鏡、カルトン、ピンセット、シャーレなどを図10、図11、図12のように準備しておく。

(11)プラスチックケースから水に浮いた残りの



図10 分別前の状態



図11 種子の分別



図12 分別した種子

一部をカルトンに流し入れる(図10)。

(12)拡大鏡(肉眼でも可)で残さの中からイヌビエの種子をピンセットで拾い出す(図11)。水を薄く張った別のカルトンに種子を入れるとピンセットから離れやすい。種子は水中で浮くものと沈むものがある。沈んでいる種子は小石と見分けが付きにくいので、注意して拾い出す。

(13)拾い終わった残りはトレーにためて置く。上記を繰り返し、全ての残さから種子を回収する。最後にトレーにためた残さに取りこぼしがないかチェックする。

(14)全ての種子を拾い出したら、ピンセットでシャーレに種子を並べ(図12)、押しつぶし法により生死判別を行う。

[牛木純]

### ③ 種子の同定と生死判別

#### 〈種子の選別〉

取り出された残さには、種子以外の有機物残さや粒径の大きな土粒子などの夾雑物が大量に含まれています。簡単に除ける夾雑物はあらかじめ除いておくべきですが、それでもまだたくさんの夾雑物が含まれているはずですから、そこから種子を取り出していく作業が必要になります（残さを除いて種子だけにするのではなく、種子を拾い出す方がずっと効率的です）。ノビエ類など比較的大きな種子だけが目的の場合には、実体顕微鏡か拡大鏡（ルーペ）を用いますが、肉眼でも作業が可能なこともあります（コラム「イヌビエの種子の直接計測法」（21 ページ）を参考にしてください）。目的の草種の種子がコナギなどのように小さい場合や、草種が定まっていない場合には、実体顕微鏡を用います（図 2-3-1（上））。同定に不安がない場合には総合倍率で 5～10 程度の低い倍率の方が観察しやすいですが、確実な同定のために数 10 倍～100 倍程度の倍率が必要になることもありますので、低い倍率から観察ができ、ズーム比が高い実体顕微鏡があると便利です。

残さは、薄いプレートに重なりがないように広げます（図 2-3-1（下））。拡大鏡や実体顕微鏡で観察するとき、残さが層をなしてうずたかく積まれていると、その中に埋没した種子を見逃してしまいますし、残さをいちいち崩しながらの作業は大変だからです。プレートは端から順番に、もれがないように視野に入れ、鋭利なピンセットを用いて取り出していきます。視野の広さと合致する大きさのマス目が書かれているプレートを用いると、観察の重複やもれを防ぐことができます。目的の草種が定まっていない場合、全ての草種を一度に拾い上げるのは慣れないと難しいものです（人間の目は、一度イヌビエの種子を探し始めると、すぐ隣にあるシロザの種子には目がいかないようにできているようです）。この場合、草種を一つだけ決めて拾い出し、ひととおり終わってから始めに戻って次の草種を拾い出すようにした方が、かえって効率が高まり、見落としも減ります。

#### 〈同定〉

最も確実な同定方法は、現物と見比べることです。種子の形態には場所場所ではばらつきがある可能性を考えると、調査対象圃場から採取しておいた散布前の種子を用いるのが確実です。他の場所で採った種子でも、印刷物と比較すればずっと情報量が多いですから、基本的な草種の種子については、標本を持っておくと良いと思います。自ら用意することができない場合には、中央農研の雑草バイオタイプ・総合防除研究チームなどに頒布可能な種子がある場合がありますから、御相談ください。現物がない場合には、既存の図鑑類を用います（引用文献末尾のリストを参照のこと）。また、近縁種で、色や形態がよく似た種子の場合には、大きさが決め手になることもありますので、付表「雑草種子の比重と大きさの一覧」（62 ページ）も参考にしてください。



図 2-3-1 種子の選別作業（上）と選別用のプレートにマス目付きのシャーレを使用した例（下）。左手に持っているのは種子回収用のサンプル管。

### 〈生死判別〉

最も簡単な生死判別の方法は、形態の観察と押しつぶし法（高柳 2004）によるものです。外見上欠損や変色のない種子をピンセットで押したときに内容物が固く、充実しているものを生存しているとみなします。からであったり、内容物が腐敗して発芽力のない種子はこの方法で選別できます。判別になお不安がある場合には、果皮や種皮をむき、種子、特に胚の部分の変形や変色のないことを確かめます。

一般に広く行われている種子の生死判別法に、TTC 検定があります（山末 2001）。胚の断面が露出するように切断した種子を、TTC 試薬（TTC (2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride) の 0.1~1%水溶液）に浸漬して数時間から一昼夜、発芽適温の暗所に置いておき、胚の部分が赤く染まった種子を生存種子とみなします。これは、胚の部分では TTC が還元されて赤色のフォルマザンになるためです。適当な浸漬の条件や種子の切り方は、草種によって異なることがあるので、各論 3. 種子の特徴と調査法の記述も参考にして下さい。実際には、押しつぶし法と TTC 検定による生死判別はほぼ一致する草種も多いので（Jaclyn *et al.* 2007）、一度確認をして問題がなければ、あとは押しつぶし法だけによることも考えられます。なお、比重分離法での 1 時間程度の高濃度の塩類溶液への浸漬は、乾燥種子の場合、良く洗浄すれば TTC 検定に影響を与えないようですが、あらかじめ確認しておくべきです。

生死は発芽試験によっても判別することができます。最適な発芽条件で発芽したものを生存種子とみなしますが、最適な発芽条件は草種によって異なりますので、3. 種子の特徴と調査法を参照してください。ただし、雑草の種子には休眠性が見られ、生存種子が全て発芽するとは限りません。湿潤暗条件でしばらく置いておくなどにより休眠を可能な限り覚醒させてから発芽試験を行う必要があります。特に、散布された直後の雑草種子は強い休眠状態にあるのが普通ですから注意が必要です。休眠覚醒条件が分かっている草種については、各論に記載してありますのでそれも参照してください。

発芽試験で発芽すれば、その種子の生存は疑いがないですが、発芽しなかった種子が死亡しているとは限りません。一方、現在、もっとも広く受け入れられている生死判別法は TTC 検定と考えられますが、手間がかかります。押しつぶし法は簡単ですが、信頼性に疑念がないではありません。このように、生死判別法はどれも一長一短なので、調査の目的やかけられる手間がどの程度であるかによって、適当なものを選ぶ必要があります。なお、信頼性をあまり損なわず、手間を度省く手段として、これらの方法を組み合わせることが考えられます。例えば、始めに抽出された全ての種子について発芽試験を行い、次いで発芽しなかった種子に押しつぶし法を試み、生存と判定されたものについて TTC 検定を行うことにすれば、手間をある程度省けます。この方法で発芽した種子を休眠覚醒種子とみなせば、休眠状態の検定も合わせて行えることとなりますが、比重分離法で用いる塩類溶液は、発芽に影響を与える可能性がありますので留意が必要です。また、直接法で水を用いて洗い出す場合でも種子が吸水、乾燥を繰り返したり、吸水状態で露光することで発芽性が変化する可能性がありますので、いずれにしても休眠状態についてのデータは参考値と考えた方が無難です。

### 〈埋土種子数の算出法〉

埋土種子数は、一定の深さまでの面積当たりで表記します。雑草の個体数は単位面積当たりで表現するのが普通で、埋土種子数もそれと合わせておいた方が都合が良いからです。例えば、断面積 30cm<sup>2</sup> の採土管で 15cm の深さまで採取した土壌中から、ある雑草の種子が 15 個取り出されたとする、

$$\text{取り出された種子数} / \text{土壌の採取面積} = 15 / 30 \times 10000 = 5000 \text{ 個/m}^2$$

で、この圃場の深さ 15cm までの土層には、1m<sup>2</sup> 当たり 5000 個の種子が入っていると推定されます。

[小林浩幸・三浦礼・牛木純]

## 2-4 発芽法による埋土種子の調査

発芽法による埋土種子の調査は、土壌から実際に出芽した雑草を抜き取り、その種類と数によって埋土種子量を推定します。この方法は土壌をそのまま使用することができるので、簡便で、種子の分離が困難な雑草が対象の場合に有効ですが、最短でも約1ヶ月の試験期間が必要です。多くの雑草種子は休眠を持っているので、試験の目的によって土壌の採取時期や試験時期を選ぶ必要があります。休眠している種子を調査する場合は、さらに1~2ヶ月試験期間が必要になります。たとえば、夏雑草は秋季に土壌を採取してすぐに発芽法を行うと、新しく生産された雑草種子の多くは休眠しているために発芽してきません。発芽法にかけの前あるいは発芽法の途中で休眠覚醒処理を行います。春季に土壌を採取した場合は、自然条件で休眠が覚醒されているのですぐに発芽してくる種子が多いと考えられます。

発芽法で重要なことは雑草が発芽しやすい環境を設定することです。雑草の発芽適温、水分環境、休眠覚醒条件は、畑雑草（夏雑草、冬雑草）、水田雑草、そして種によって異なります。詳しくは、3. 種子の特徴と調査法を参照し、目的とする雑草に適した発芽条件を設定してください。埋土種子全体を調査したい場合は、採取土壌をよく混合してから、それぞれの発芽条件用に分割して使用します。畑雑草の場合は土壌水分は畑水分とし、土壌を1cm以下の厚さに広げます。発芽に光が必要な種子などは土壌の厚いと発芽が悪くなります。温度は夏畑雑草は25℃程度、冬畑雑草は15℃程度とします。水田雑草の場合は種によって発芽に適する水分条件が異なるので（表2-4-1）、温度を30℃程度とし、土壌水分を畑水分（好気）条件（最大容水量状態が適するので、土壌の表面が乾かないようにする）あるいは湛水（嫌気）条件（土壌の上に1~3cm水をためる）とします。湛水条件での水田雑草の発芽は、土壌の厚みを数mm以下に薄く広げます。

表 2-4-1 主な1年生水田雑草の発芽水分条件

分類	畑水分	湛水
イネ科	イヌビエ ヒメイヌビエ アゼガヤ	タイヌビエ ヒメタイヌビエ
カヤツリグサ科	コゴメガヤツリ ヒデリコ	タマガヤツリ ヒナガヤツリ
広葉	単子葉	イボクサ コナギ ミズアオイ ホシクサ
	双子葉	タカサブロウ タウコギ アメリカセンダングサ ヤナギタデ チョウジタデ クサネム

簡易的には、ガラス室やビニールハウスなどのような場所（雨がかからないで、自然に変温と明暗切り替え条件になる場所）で行うことができますが、温度や光条件が制御できるファイトトロンなどを使用すると試験の繰り返しや比較も容易です。

[渋谷知子]

### [具体例] 畑雑草（夏雑草中心だが冬雑草も含む）の埋土種子数の発芽法による推定

#### 〈温度・光・水分条件〉

温度と光は15℃（暗条件）/25℃（明条件）の変温条件、12時間切り替えを基本とします。  
畑水分になるように適宜灌水して試験します。

#### 〈土壌の採取量が100ml程度の場合〉

100mlの採土器（採土面積20cm<sup>2</sup>、深さ5cm）で採取した土壌は、直径15cm、高さ28mm程度のシャーレに均一に広げると0.5~1cm程度の厚さになるので、そのまま観察できます（図2-4-1）。このシャーレより大きいものは扱いにくく、また高価なので、プラスチックコンテナやスゴ



図 2-4-1 シャーレでの発芽法

ンジを組み合わせた方法を使用するとよいでしょう。灌水は洗ビンや霧吹きで行います。

### 〈土壌の採取量が 1000ml 以上の場合〉

土壌の採取量が多い場合は、そのまま使用すると多大な試験面積が必要になりますので、有機物残さや夾雑物の除去、乾燥、砕土を行なった後、土壌だけを減らす作業を行います。土壌を減らす際に埋土種子を損失しないように、目的とする雑草種子が落ちない目の篩を使用します。ここでは、1000ml の畑土壌（表面積 200cm<sup>2</sup>、深さ 5cm）を採取し、土壌の量を約 1/2 にした例について示します。

(1)目的とする雑草の種子が落ちない篩（ほとんどの種類の雑草の種子を拾うためには 0.212mm の篩を使用）の下に土壌受け皿を組み合わせ、土壌を少しずつ振とう機にかけます（**図 2-4-2**）。土壌の重さを量りながら振とうし、約 1/2 の量にします。篩上の雑草種子を含む土壌を使用しますので、集めてビニール袋に入れます。受け皿に落ちた土壌は捨てます。

(2)土壌を広げる容器を不織布（黒色、遮根シート、土壌は通過せずには水は通過する素材）で作成します。大きさは土壌を広げたときに厚さが約 1cm 以下になるような底面積（たとえば 500~600cm<sup>2</sup>（25~30×20cm））とし、高さは約 3cm とします。四隅をやや内側に折り込んでホチキスで留めると、土壌がこぼれにくく灌水などの作業が容易です。

(3)水管理作業を容易にするため、コンテナとスポンジ（厚さ約 3cm）を利用します。スポンジは、水の中で押し洗いをするようにして十分に水を吸わせます。スポンジの吸水が悪い場合はさらに厚めのペーパータオルや新聞紙をかぶせ、これらにも吸水させます。この上に作成した土壌を広げる容器をセットします。容器の中心あたりに土壌を入れ、土壌が湿ってベタベタにならないうちに速やかに薄い板状のもので約 1cm の厚さに広げます（**図 2-4-3**）。

(4)灌水は適宜行い、畑水分条件に保ちます。コンテナとスポンジの間に水を注いで、吸水させます。シャワーで土壌の上から灌水する時は、細かい水滴にして土壌が流れないように十分注意します。

(5)約 1 週間ごとに発芽した雑草を抜き取りながら、種類と発芽本数を計測します。複数の種が発芽している場合は、まず 1 つ目の種について数え、次に 2 つ目の種について数えていくと効率がよいです。子葉の段階で同定が困難なものは本葉が 1~2 枚位まで生育させて同定します。あまり大きく生育させると抜き取りにくくなります。抜き取る時には根に付いた土壌をできるだけ持ち出さないようにします。種が判別できないもので重要と考えられる種は仮の番号をつけて本数を数え、小さなポットに移植して育成し、後で同定します。

(6)約 1 ヶ月で発芽してくるものが少なくなったら、試験を終了します。土壌中にはまだ休眠種子が残っている可能性があるため、休眠している種子も調査する場合は、土壌をポリエチレン袋に入れ、休眠覚醒処理（畑水分条件で 5~10℃、約 1 ヶ月保存）を行います。

(7)休眠覚醒処理後、(3)~を繰り返し、再度、約 1 ヶ月の発芽試験を行って終了します。 [渋谷知子]



図 2-4-2 土壌の量を減らす前処理

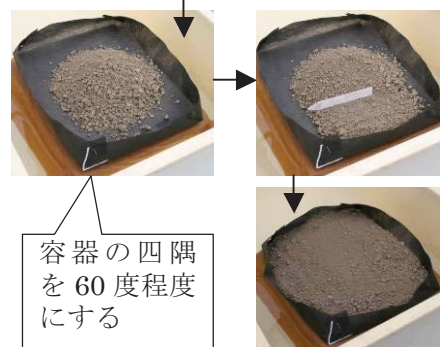


図 2-4-3 コンテナ利用の発芽法

---

### 3. 種子の特徴と調査法

---

### 3-1 アメリカセンダングサ [*Bidens frondosa* L.]

アメリカセンダングサは、大正時代に日本に帰化したとされている北米原産のキク科の一年生夏雑草です(図 3-1-1)。現在は沖縄県を除く国内のほぼ全域で普通に見られる雑草となっています(環境庁、1998)。アメリカセンダングサは湿潤な条件を好むため、転換畑の大豆作で特に問題視されていますが、大豆作だけではなく水稲作でも問題雑草となることがあります。アメリカセンダングサの花は、他のキク科植物、例えばヒマワリなどと同じように小さな花(小花と呼びます)が集まった頭花(または頭状花とも呼びます)を形成します。1つの頭花に多い場合、100 近い種子をつけます。



図 3-1-1 大豆畑のアメリカセンダングサ (撮影 10月9日、福島市)

#### 種子と幼植物の形態

アメリカセンダングサの種子は、先端方向が幅広なくさび形をした扁平な瘦果に覆われており、瘦果の先端には、2本(まれに3本)の芒があります(図 3-1-2、図 3-1-3)。瘦果の芒には先端方向とは逆向きの多数の棘があるため衣類などに刺さると取れにくく往生する“ひつつき虫”と呼ばれる一種です。瘦果は、頭花の外側のものほど幅広、短小、内側のものほど細くて長いという多様な形態をしています(図 3-1-2)。図 3-1-3 に示したタウコギの瘦果も同様に、扁平なくさび形で2本の芒を持ち、幅広なものから細長いものまで形態が多様なため、慣れないと種を同定する上でとまどうこともあります。しかし、図 3-1-3 をよく見るとわかるように、アメリカセンダングサの瘦果は全体に先端を向いた毛に被われているのに対して、タウコギでは瘦果の縁の部分に逆向きの短い棘がある点でこの両種の瘦果は識別が可能です(中山 2004)。慣れないうちはルーペなどを用いてこの点を確認すると良いでしょう。

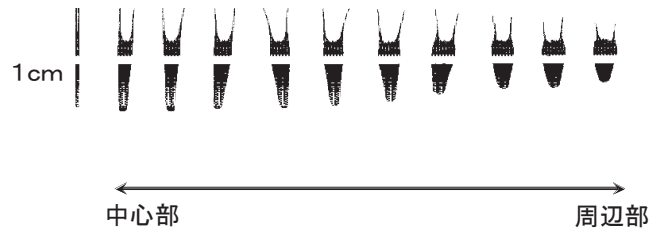


図 3-1-2 アメリカセンダングサの瘦果の形態は頭花内の着生位置によって異なる(中山 2004)

土中から採取した種子の場合、瘦果が剥がれて種子(図 3-1-4)だけになっている場合もあるかも知れません。その場合瘦果ほど両種の識別は容易ではありませんが、アメリカセンダングサでは幼根部和

子葉部の境目にくさびれがあり、その境界が明確なのに対して、タウコギでは不明瞭となっています。極端に言えばアメリカセンダングサはラケット型、タウコギはボート型とでも言えるで



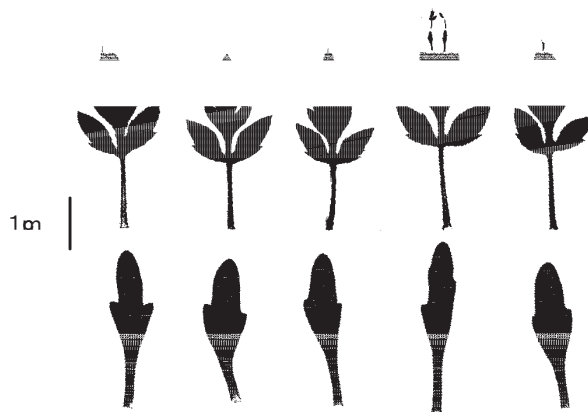
図 3-1-3 アメリカセンダングサ(上)とタウコギの瘦果



図 3-1-4 アメリカセンダングサ(上)とタウコギの種子

しょうか。なお、**図 3-1-4** は植物体から直接採取した風乾種子です。ここでは種皮の色が兩種で明らかに違っていますが、土中から採取した種子ではここまで明瞭な違いは無い場合もあり、種子の色は参考程度に止めた方がよいでしょう。

発芽させて育成することが可能であれば、葉の形態によって識別することができます。アメリカセンダングサでは切れ込みが深く小さな3枚の葉の様に見えますが、タウコギでは切れ込みはあるものの明らかに1枚の葉になっています。この違いは本葉第1葉の段階から明瞭なので (**図 3-1-5**)、識別点として有効です。



**図 3-1-5** アメリカセンダングサ (上) とタウコギの本葉第1葉 (中山 2004)

### 種子の寿命

土中に埋設した種子は4年以上生存する (鍵谷 1992) とされる一方、作土中の種子は死滅や発芽により翌秋までにほとんど消失する場合もあり (小荒井ら 2006)、作土中での種子の残存期間は比較的小さいようです。

### 種子の発芽と休眠

成熟直後の種子は休眠状態にあり、そのままでは発芽しませんが、24時間瘦果を流水にさらす (杉野・芦田 1973)、あるいは60日程度の湿潤低温処理 (原田ら 1991) を施すことで発芽するようになります。これは瘦果や種皮に含まれる成分が休眠制御に関与しているからと考えられています (杉野・芦田 1973)。乾燥保存種子でも成熟後50日くらい経つと35℃くらいの高湿条件では発芽するようになりますが、20℃以下では発芽することは有りません (杉野・芦田 1973)。約60日低温条件を経ることで、湛水条件、畑条件の別なく土中種子の休眠は打破され、畑低温条件でさらに約60日を経ると発芽に対する光要求性が無くなります (小荒井ら 2006)。雪解け間もない春先に水田の畦畔周りに高密度で発芽しているアメリカセンダングサを普通に見かけることから、休眠から醒めた種子は20℃以下の低温条件でも発芽可能なようです。

### 土中種子の採取法と生存検定法

発芽法、篩を使った洗い出し法、比重分離法あるいはそれらを併用することが現実的と考えられます。

発芽法では、採土時期によっては休眠打破のため低温処理を施した方が効率がよいでしょう。種子、瘦果とも大型なので、拾い出しは十分肉眼で行えます。しかし種子、瘦果には細長いものもあるので、洗い出しの際に篩の目に刺さって種子が破損するのを防ぐ意味で0.5mm目程度の細かい篩を用いることが薦められます。また種子は細長い形をしていることに加えてやや柔らかめですので篩で洗う際、種子を壊してしまわないよう注意する必要があります。さらに瘦果の状態では水に浮く場合が多いので、篩を使った洗い出しでは、水を篩の上からあふれさせないよう注意する必要があります。瘦果の芒が植物の根や茎葉残さなどにささって紛れていることもあるので、いわゆるゴミの扱いにも注意する必要があります。

TTC 試薬で種子の生死判定を行う場合は、瘦果を半分に切断するか、瘦果が取れた種子では子葉部分の先端辺りに針やカッターなどで傷を付けるだけでも種子全体が染色されます。 [中山壮一]



### 3-2 アサガオ類 [*Ipomoea* spp.]

アサガオ類はヒルガオ科の熱帯および温帯アメリカ原産の一年生夏雑草です。日本ではマルバルコウは1990年代から飼料用トウモロコシ畑で問題となっていました。近年は大豆畑においてアメリカアサガオおよびマルバアメリカアサガオ（アメリカアサガオの葉が分裂しない変種）、マルバアサガオ、アサガオ、マメアサガオ、ホシアサガオ、マルバルコウ、ツタノハルコウの侵入が確認されています。特に温暖地以西で問題となっていますが、東北地方でも発生が確認されています。いずれもつる性で作物にからみついてその上を覆い（図3-2-1）、畦畔にも繁茂します（図3-2-2）。この他、樹園地、荒地地、路傍などに侵入しています。

アサガオ類の出芽は春から初秋まで見られ、つるを分枝して生育します。開花は日長の影響を受け、出芽が遅くなると開花までの期間が短くなる短日性を示します。花はロート型でマルバアメリカアサガオ、マルバアサガオは大型、マメアサガオ、ホシアサガオ、マルバルコウは小型です（図3-2-3）。マルバアメリカアサガオとマルバアサガオの花色は、青色から桃色など多くの変異があります。結実には温度が関係し、遅く開花したものは結実までの期間が長くなります。降霜によって枯れます。

関東地方で6月下旬に出芽した場合、マルバアメリカアサガオ、マルバアサガオ、マルバルコウは8月中旬から開花し、9月中旬から結実しますが、ホシアサガオとマメアサガオは晩生で9月上旬に開花し、10月上中旬から結実します。ホシアサガオ以外の種は殻が割れて種子が自然に落下しやすいですが、ホシアサガオの種子は冬でも植物体についたままになっているものが観察されます。

2009年現在、大豆に登録されている土壌処理除草剤や全面処理できる茎葉処理除草剤ではアサガオ類に対して十分な効果はありません。非選択性茎葉処理除草剤の中には効果が高いものもありますが、大豆にかからないようにアサガオ類だけに散布する畦間処理技術は開発中です。つるで大豆に絡みつくので機械的防除や手取りも困難であるため、大豆畑全面に広がってしまってからでは、どうすることもできません。畦畔からの侵入防止や侵入初期の防除が重要です。

**種子と幼植物の形態**（図3-2-3）アサガオ類の種子は黒～褐色で硬い種皮に覆われています。種子は1果実中に4または6個形成されますが、生育後期では1～2個の場合もあります。マメアサガオの種子は丸みのある円錐形に近い形ですが、その他の種はほぼ球を縦に4または6個に切った形です。大きさは、大きい順にマルバアメリカアサガオ、マルバアサガオ、マメアサガオ、ホシアサガオ、マルバルコウです。子葉は、マルバアメリカアサガオ、マルバアサガオ、マルバルコウが切れ込みが小さく丸みを



図3-2-1 大豆畑のマルバルコウ  
（撮影9月26日、筑西市）

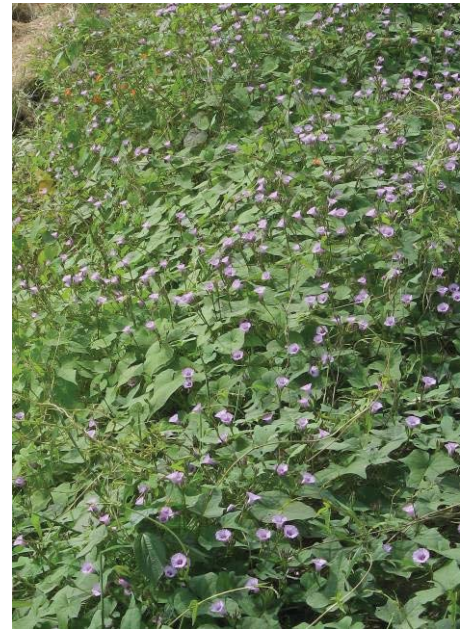
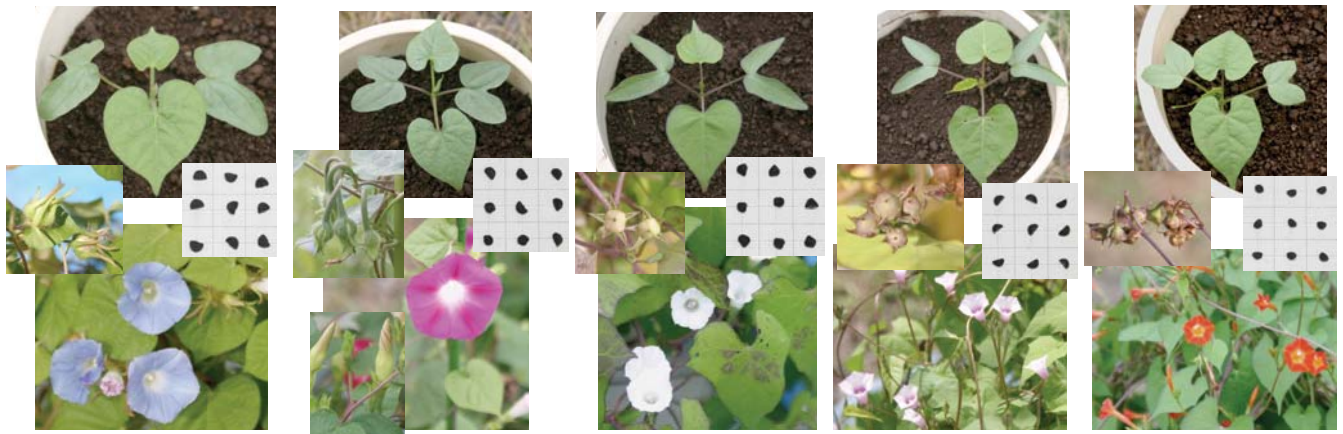


図3-2-2 畦畔のホシアサガオ  
（撮影9月27日、つくば市）



マルバアメリカアサガオ    マルバアサガオ    マメアサガオ    ホシアサガオ    マルバルコウ

図 3-2-3 主なアサガオ類の幼植物、花、果実、種子

おびるのに対して、マメアサガオとホシアサガオは大きく切れ込んどがっています。子葉の段階でアサガオ類を全て識別するのは困難ですが、本葉が出るとマルバアメリカアサガオは短毛が密生していること、マルバルコウは葉が薄くて縁に角があることで識別できます。マメアサガオはホシアサガオに比べて本葉の外縁が紫色になりやすい傾向にあります。

#### 種子の寿命

アサガオ類の種子は硬実です。硬実種子の寿命は長く、39年間埋土したマメアサガオの種子の約30%が生きていたという報告もあります (Toole *et al.* 1946)。しかし、何らかの要因で硬実が破られて吸水した種子は発芽に不適な低温や湛水によって死滅します。吸水したマルバアメリカアサガオは他種よりも低温 (10℃以下) で死滅しやすい傾向にあります (澁谷ら 2008)。アサガオ類の種子の寿命は硬実の強さと関連があると考えられます。

#### 種子の発芽と休眠

硬実が破られて吸水した種子の発芽は、マルバアメリカアサガオでは 20℃、マルバアサガオ、マメアサガオは 15℃、ホシアサガオとマルバルコウは 10℃程度で十分に始まりますが、発芽適温は 25~30℃です (澁谷ら 2008)。変温や光は発芽に必要ありません。アサガオ類の休眠は主として硬実性 (種皮の不透水性) によるものと考えられています (Baskin *et al.* 1998)。

#### 埋土種子の抽出法と生死判別

アサガオ類だけを回収するのであれば、種子が大きいので洗い出し法が簡便です。1.7mm 角目よりも細かいメッシュを用いて洗い出し、メッシュ上に残った種子を拾い出します。硬実種子に混じって吸水した種子や種皮だけで中身がなくなっている種子も回収されます。洗い出しの作業中に吸水することもあるので、直ちに発芽試験を行なって生死を判別します。発芽温度は 25℃程度とします。約 7 日間、種子の吸水および発芽を観察し、発芽した種子は生存とし、膨軟しているものの発芽しない種子はピンセットで軽く押し、つぶれるものを死滅種子とみなします。硬実のままの種子は、カッターナイフで種皮を刺傷処理し、吸水させて発芽試験を続けます。吸水して発芽したものは硬実のために休眠していた生存種子とします。種皮を刺傷処理する時は、胚を傷めないように尖っているところは避けて、丸みのある部分の一部を削り取るようにします (図 3-2-4)。

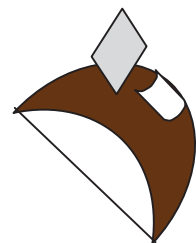


図 3-2-4 アサガオ類の種子の硬実を破るための刺傷処理部位

[澁谷知子]

### 3-3 タデ類（タデ属） [*Persicaria* spp.]

タデ類（タデ属）雑草は全国の畑地に普通に見られる一年生夏雑草ですが、主な草種だけでも、ハルタデ(*Persicaria maculosa* Gray ; 図 3-3-1)、イヌタデ(*P. longisetata* (De Bruyn) Kitag.)、ヤナギタデ(*P. hydropiper* (L.) Spach)、オオイヌタデ(*P. lapathifolia* (L.) Delarbre var. *lapathifolia*)、サナエタデ(*P. lapathifolia* (L.) var. *incana* (Roth) H. Hara)と5種類ほどあります。草種によって、生育期、開花期などは異なりますが、種子は総じて硬実で休眠性が強いものが多く、冬期低温によって休眠が破られ、春期のかなり低温の時期から発生するという共通の特徴があります。



図 3-3-1 大麦圃場に発生したハルタデ  
(撮影 5月 21日、つくば市)

タデ類雑草は、生育期には主に開花時期または出芽から開花までの期間と、茎の節とそこに着く筒状の托葉鞘の縁毛の有無で見分けることができます(図 3-3-2)。ハルタデは開花の短日反応性が弱いため出芽から開花までの期間がほぼ一定で短く、早春に出芽したものは麦類の収穫期に開花・結実して種子を散布します。大豆栽培でも短期間で成長して種子を散布します。葉の中央に黒斑があることが多く、托葉鞘には短い縁毛があります。ハルタデには開花が遅く、ハルタデよりも大きく生育する種内変異が存在し、オオハルタデと称されます。イヌタデは草丈が 50 cm を超えることは少なく、短穂状の花序は他種より濃い淡紅色で、開花期は 6~10 月です。茎は赤く、地を這うように分枝します。托葉鞘には長い縁毛があります。ヤナギタデは湿った場所を好み、転換畑などに多発する傾向があります。強い短日性のため、開花期は関東では 8 月以降の晩生です。穂状の花序は細長く疎らで垂れ下がります。茎は直立して分枝し、葉の毛は目立ちません。托葉鞘には短い縁毛があります。葉に辛みがあり、幼植物は「芽タデ」として食用とされます。オオイヌタデも強い短日性のため開花期は遅く夏以降です。花序は太く長い穂状で垂れ下がります。縦の筋が目立つ托葉鞘には縁毛がなく、節がふくれれます。また、葉脈が明瞭で数が多いのも特徴の一つです。サナエタデの外観はオオイヌタデによく似ていますが花序はそれほど小さくなく、茎の節がふくれない点でオオイヌタデと異なります。また、ハルタデと同様に短日性があまり強くないので、出芽から開花までの期間が短く、早春に発芽したものは夏までに開花結実します。



ハルタデ

イヌタデ

ヤナギタデ

オオイヌタデ

図 3-3-2 タデ類雑草の節と托葉鞘

#### 種子と幼植物の形態

一般的にタデ類の種子といわれているのは実は果実です(瘦果)。タデ類の種子(瘦果)はどれも硬実ですが、形態と果皮の光沢や色で草種を見分けることができます(図 3-3-3)。ハルタデの種子はレンズ型の広卵形または3稜形をしており長さ 2~3 mm 程度で、色は黒褐色から黒色で光沢があります。イヌタデの種子は3稜形で長さは 1.5~2 mm 程度、黒色で光沢があります。ヤナギタデの種子は厚みのある

レンズ型または丸みを帯びた3稜形で長さ2~2.5mm程度、光沢はなく暗褐色をしています。オオイヌタデの種子は扁平な円形で長さ2~2.5mm程度、黒褐色で光沢があります。サナエタデの種子はオオイヌタデの種子に似た扁平な円形で長さ2.5~3mm程度、黒褐色で光沢はありません。

幼植物では、子葉の形と色が草種によって異なります。イヌタデの子葉は広楕円形で他種よりも丸みを帯びています。第1~2葉も広楕円形ですが先端は少しとがっています。ヤナギタデの子葉は長楕円形で光沢があり、裏面が淡紅色をしています。オオイヌタデの子葉は細長い長楕円形で、第1~3葉は長楕円ひ針形、繊毛があり、葉色は白っぽくみえます。

### 種子の寿命

種子の寿命は硬実のため一般的に長く、土中でも長期間生存します。ハルタデの種子は、埋土後10年経過で60%以上、16年経過しても40%以上発芽したという報告があります(Goss 1924)。また、湛水条件でも死滅率は低く、水田輪作で水稻栽培の翌年にもよく発生し、雑草害をもたらします。

### 種子の発芽と休眠

種子は開花後10日程度で発芽力を有するようになります(中谷1996)。これらタデ類の穂状の花序は1日単位で開花日が異なる多様な熟度の種子の集合体となっており(図3-3-4)、開花期以降に中耕などですき込まれると、熟度や休眠性がばらばらな埋土種子集団が形成され、不斉一な発生の原因となります。

休眠の深さは草種で多少異なりますが、硬実でイネ科などの雑草と比べると総じて深いとされています。また、休眠は自然条件下では冬期に土中で低温に曝されることにより覚醒します。実験室内の条件などでは5℃程度の低温で水に浸漬あるいは湿った土壤に埋設するなどの湿潤処理により休眠が覚醒しますが、それに必要な期間は最短40日程度です。休眠覚醒した種子は平均気温10℃前後でも発芽が始まりますが、発芽適温は15~25℃程度で、昼夜の変温条件により発芽は促進されます。また、種子は光発芽性を示し、発芽試験では12時間明条件でよく発芽します。

### 埋土種子の抽出法と生死判別

タデ類雑草の種子は、前述のとおり、おおよそ長径1.5~3mm、短径1~2mm程度の大きさですので、洗い出す場合、約0.5mm以下のメッシュの篩の上に種子が混入している土壤を置き、流水などで土壤を洗い流すと、種子は篩上に残ります。種子は光沢があるものも多く、また、球形のシロザやヒユ類などよりも大型で、レンズ形、三稜形または扁平な円形をしているため、比較的容易に判別してピンセットなどで取り出すことができます。発芽試験には、20℃(暗条件)/30℃(明条件)の変温条件が適しています。前述のように休眠が非常に強いので、発芽しなかった種子についてはTTC検定などで生死を判別する必要があります。

タデ類の種子は硬実で、押しつぶし法では生死の判別がつきにくいのも特徴の一つです。したがってTTC検定により生死判別を行います。TTC検定にあたっては、種子をカミソリやメスの刃などで図3-3-5のように、頂点から底辺に向かってできるだけ切断面を広くとり、胚が見られるように切断します。生存している種子は胚の部分が赤く染まりますが、死んでいる種子の胚は染色されません。【中谷敬子】

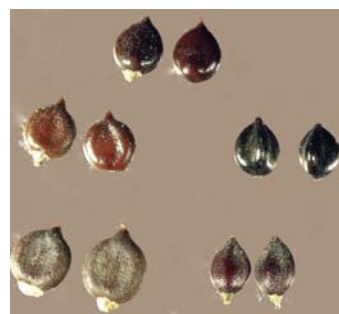


図 3-3-3 タデ類雑草の種子  
上から時計回りにハルタデ、イヌタデ、ヤナギタデ、サナエ



図 3-3-4 開花後5日のハルタデの花序



図 3-3-5 TTC 試薬で胚が染色されたハルタデ種子

### 3-4 シロザ [*Chenopodium album* L.]・ヒユ類 (ヒユ属) [*Amaranthus* spp.]

シロザ、ヒユ類ともに全国の畑で普通に見られるヒユ科の一年生夏雑草です(図3-4-1)。芽心が赤くなる変種があり、アカザと称しますが、生態の違いは違いははっきりしないため、ここでは区別しません。ヒユ類のうち、畑作物栽培で問題になるものとしては、ホソアオゲイトウ、アオゲイトウ、イガホビユ、イヌビユ、ホナガイヌビユなどがあります。大豆栽培では、いずれも現行の茎葉処理除草剤では効果が劣るため優占しやすく、大きな雑草害をもたらすことがあります。



図3-4-1 大豆畑のシロザ(左;撮影10月7日、福島市)とホソアオゲイトウ(右;撮影8月13日、福島市)

なかでもシロザやホソアオゲイトウ、アオゲイトウは大型で、発生密度が高い場合には被害が甚大です。シロザの出芽は早春、夏畑作物が播種される前からみられますが、ヒユ類の出芽は広葉の夏雑草としては遅く、春から初夏までみられます。

シロザの開花は遅く、8月以降に比較的一斉に始まる傾向があつて、種子散布は9月以降です。ヒユ類の開花は早いものでは7月頃と早いですが、10月頃まで続き、種子散布も比較的長いようです。シロザや、大型のヒユ類は枯れ上がりが遅く、大豆畑栽培では収穫期まで生存する場合が多いので汚損粒の原因にもなります。

種子の寿命は長く、耕起などによって一旦埋土されると長期間にわたって埋土種子集団を保持する傾向があります。発芽適期に耕耘などによって土壌が攪拌されるたびに土中の種子が掘り出され、多くの個体が出芽します。乾田直播以外では水田で問題になることはありません。水田から畑に転換した初年目にはあまり見られませんが、畑状態が続くと次第に増加します。

#### 種子と幼植物の形態

シロザとヒユ類の種子はいずれも平たい円形で光沢があり、よく似ています(図3-4-2)。種子の色は、シロザは多くの場合黒ですが、ヒユ類は黒または褐色で、同じ種類でも黒っぽいものと赤みの強いものが混ざります。種子の長径はシロザ、イヌビユ、ホソアオゲイトウ、イガホビユともに1.0~1.3mm程度、種子の幅はいずれも0.6mm前後です。種間で大きさと形がわずかに異なりますが、一般的な実体顕微鏡では種子の大きさだけで確実に識別するのは困難です。シロザはへその一端がくちばし状に大きく突き出る一方、ヒユ類は種子の周縁部が円盤状にややくぼむ傾向があります。ヒユ類のうち、ホソアオゲイトウ、アオゲイトウ、



図3-4-2 シロザ、ヒユ類の種子(左)と、シロザの幼植物(中)、ヒユ類(イガホビユ)の幼植物(右)  
種子は、左上から時計回りにイヌビユ、イガホビユ、ホソアオゲイトウ、シロザ。

イガホビユの種子は、イヌビユやホナガイヌビユと比べてやや細長い傾向があるようです。シロザの種子は胞（種子を包む薄皮）が取れにくく、土中から取り出されたものにもいくらか残存することがしばしばあり、胞が取れやすいヒユ類との区別点になります。

シロザ、ヒユ類ともに子葉は細長く、わずかに肉質を帯びる傾向があります（図 3-4-2）。ヒユ類では明らかに見られる中央脈が、シロザでは見られないこと、最初の本葉がシロザは対生に、ヒユ類は互生に出ることは両者の良い区別点となります。発芽したばかりの実生の子葉には種皮が付着している場合があります、これも同定の参考になります。また、後述するように、発芽適温の違いから、シロザの出芽の方がずっと早くから始まることも現場での同定には役立つかもしれません。

### 種子の寿命

シロザの種子の寿命は畑雑草のなかでは特に長く、散布された翌春までの死亡率は、地表面でも土中でも 5%未満で、埋土された場合の死亡率は年間 20%程度と推定されています。シロザが大きな埋土種子集団を形成するのはこのためです。湛水条件下でも死亡率は高まらず、水稻を 3 作行った 3 年後の生存率は 50%以上だったという報告があります（鈴木 2006）。ヒユ類も畑雑草のなかでは種子の寿命が長い方ですが、シロザほどではなく、ホソアオゲイトウの種子は埋土されると翌春までに 10~20%程度が死亡します。ヒユ類は、湛水条件で死亡率が高まるとする観察例があります。

### 種子の発芽と休眠

シロザの発芽は 10℃以下でも見られ、適温は 25℃程度です。30℃以上でも発芽しますが、特に暗条件では発芽率が顕著に低下します。シロザの種子は光発芽性を示しますが、15℃程度の低い温度では光による発芽促進効果はみられません。緑蔭光は発芽を抑制し、特に 10~20℃程度の低い温度では暗条件よりも発芽が劣る場合があります（小林ら 2006）。変温の効果ははっきりしません。散布直後の休眠は深いですが、冬から春にかけての休眠覚醒は速やかで、春には大半の種子が休眠から覚醒します。休眠を人為的に覚醒させるには、10℃程度の湿潤条件が有効とされ、1 か月の処理で 80%の種子が覚醒しますが（渡邊 1978）、温度が高い方が覚醒効果が高いとする報告もあります（松尾・窪田 1988）。

ヒユ類の発芽適温は 30~35℃とシロザよりも高く、15℃以下ではほとんど発芽しません。変温は発芽を促進するようです（小林ら 2006）。ホソアオゲイトウには光発芽性が見られず、光はむしろ発芽を阻害します。特に緑蔭光による発芽阻害は顕著です（Washitani *et al.* 2005; 小林ら 2006）。このように、ホソアオゲイトウの種子は光に対して他の畑雑草にはみられない特徴的な反応を示します。また、埋土の休眠覚醒効果は大きくなく、むしろ地表面で休眠覚醒が良く進む傾向があります。湿潤処理には温度に関わらず休眠覚醒効果がありますが、効果は限定的だったという報告もみられます（松尾・窪田 1989）。

### 埋土種子の抽出法と生死判別

比重分離法で抽出します。塩類溶液の比重は、乾土ならシロザで 1.3 以上、ヒユ類で 1.4 以上、湿土ならシロザで 1.4 以上、ヒユ類で 1.5 にします。種子の生死は、ピンセットで押しつぶすことで概ね判別ができます。生存種子は軽く押しつぶれず、しっかりしていて、さらに強く圧迫すると白または褐色がかかった粉状の固形物が出てきます。軽く押しつぶすだけで乳液が出てきたり、内容物が充実していない種子には発芽能力がありません。TTC 検定を行う場合には、種子を 2 つに切ります。どの方向に切っても胚は現れますから、向きを気にする必要はありません。浸漬温度はシロザは 25℃程度、ヒユ類では 30℃~35℃程度が適当でしょう。着色は薄い傾向があります（図 3-4-3）。



図 3-4-3 TTC 試薬で染まったシロザの種子

生存種子は軽く押しつぶれず、しっかりしていて、さらに強く圧迫すると白または褐色がかかった粉状の固形物が出てきます。軽く押しつぶすだけで乳液が出てきたり、内容物が充実していない種子には発芽能力がありません。TTC 検定を行う場合には、種子を 2 つに切ります。どの方向に切っても胚は現れますから、向きを気にする必要はありません。浸漬温度はシロザは 25℃程度、ヒユ類では 30℃~35℃程度が適当でしょう。着色は薄い傾向があります（図 3-4-3）。

[小林浩幸]

### 3-5 メヒシバ [*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler]

メヒシバは全国の畑、畦畔、樹園地、荒れ地などで普通に見られるイネ科の一年生夏雑草です(図 3-5-1)。夏畑作物の重要な雑草ですが、北東北や北海道では多くありません。近縁のアキメヒシバも全国で見られますが、こちらは北海道や東北に多くみられます。

出芽は春から初夏までみられます。出穂は、最も早いもので6月下旬、普通には8月頃で、出穂の約3週間後に種子散布が始まります。短日植物で、夏になって日長が短くなると一斉に出穂する傾向があります。畑では開花・結実すると比較的早く枯れ、10月頃まで生存する個体はわずかです。

一般に、頻繁に耕される畑では少なく、不耕起栽培や耕起が頻繁でない畑で優占することが多いようです(Kobayashi *et al.* 2003)。ただし、日長に鈍感な早生の系統が存在し、頻繁に耕される畑で優占することがあります。乾田直播以外では水田で問題になることはありません。水田から畑に転換した初年目は少ないですが、畑状態が続くと次第に多くなります。

#### 種子と幼植物の形態

他のイネ科雑草と同じく、一般にメヒシバの種子と言われているのは正確には小穂(穎果)で、果実が「穎」と言われる何枚かの皮に覆われたものです(図 3-5-2(左),(中))。本当の種子は、果実の表面のごく薄い皮(果皮)の中にあります。小穂はひ針形で長さ2.9mm、幅0.8mm、厚さ0.4mmほどです。小穂を構成する一番外側の穎は長さ0.4mmほどのごく小さな三角形の第一苞穎で、その反対側に小穂の半分ほどの長さの第二苞穎が着いています。苞穎の内側にあるのが護穎とその反対に位置する内穎で、これらは小穂とほぼ同じ長さです。メヒシバの小穂は、実は不稔の小花と稔性の小花の2つからなっています。外側にある不稔の小花の護穎は大きく、縁には剛毛が多数見られることがあって、「くし毛」と称されますが、全く欠く個体も見られます。穎を全て取り去ると果実が現れます。親植物から脱落しすぐの種子にはこれらの穎が付属していますが、土の中から取り出される種子の中には、苞穎や不稔の小花の護穎が失われたものも多いので注意が必要です。

メヒシバの幼植物は他のイネ科雑草に比べて葉がやや幅広、軟弱で軟毛が密生するのが特徴です(図

3-5-2(右))。この特徴は子葉にも顕著に見られるので出芽直後でも見分けられます。ヌカキビの子葉はやや幅広でメヒシバに似ますが、無毛で葉脈のはっきりと見える点で区別できます。



図 3-5-1 大豆畑のメヒシバ

(撮影 8月16日、福島市)



図 3-5-2 メヒシバの種子(小穂)と幼植物

左は苞穎に覆われている状態、中は苞穎と不稔の小花の護穎を欠く状態。いずれも花柄のつく側を下に向けてある。右は転換畑に発生した幼植物。

## 種子の寿命

種子の寿命は短く、特に土の中に埋められた場合には、種子が生産された翌年の春までに80%ほどが死亡します (Kobayashi & Oyanagi 2005)。地表面に残った場合の死亡率はそれよりも低いですが、地表面の種子の多くは春から夏にかけて発芽し、また、種子食昆虫に好んで食べられるので、1年以上生きて残る種子はごくわずかです。結局、地表面でも土中でも1年以上生きて残る種子は10%未満になります。このため、メヒシバが繁茂する畑は、1年間、頻繁な耕耘などで徹底防除に努めれば、発生个体数を劇的に減らすことができます。湛水条件下での死亡率は必ずしも高くないようで、3年間に水稻を3作行った後に、10%程度の種子が生き残っていたという報告があります (鈴木 2006)。

## 種子の発芽と休眠

10~15℃以上で発芽が始まり、発芽適温は30~35℃程度です。昼夜の変温は発芽を促進し、変温幅が大きいほど効果が大きくなります。種子は光発芽性を示します。ただし、緑の葉を通した緑蔭光は発芽促進効果が小さく、この性質は、発芽しても枯死する可能性が高い作物などの草冠下では発芽せずに種子を温存する役割を果たしていると考えられます (小林ら 2005)。発芽には適当な水分が必要で、圃場では温度条件が満たされているとき、10mm以上の降水の2~3日後に多数の発生が見られます。

休眠はごく浅く、温度や水分の条件が整えば散布直後の秋に発芽することもあります。埋土されると休眠覚醒は速やかで、冬のうちに種子の大半が覚醒します。地表面でも春までには多くの種子が休眠から覚醒します。休眠覚醒が進むと、温度や光などの発芽のための条件が次第に緩和され、発芽しやすくなります。ただし、未発芽で夏を迎えると二次的に光発芽性が強まり、暗条件では発芽しなくなります (Kobayashi & Oyanagi 2005)。低温湿潤貯蔵には休眠覚醒効果があるとされていますが、暗条件であれば30℃程度の高い温度でも休眠覚醒効果があるようです。

## 埋土種子の抽出法と生死判別

0.4mm角目よりも細かいメッシュを用いれば直接法も使えますが、相当な手間が必要になるので、比重分離法が現実的です。乾燥させた土壌なら比重1.3以上、湿土なら比重1.4以上の塩類溶液で比重分離をすると90%以上の種子を回収できます。実体顕微鏡で観察して変色が見られず、ピンセットで軽く押しつぶれないものを生存種子と見なします。胚乳に異常がなくても胚が変色している場合があり、このような種子は発芽能力が無いかあってもごく弱いことが多いので、胚は特に良く観察する必要があります。判断に迷う場合には穎を外して果実を直接観察します。種子の、柄が着いていた側を鋭利なピンセットで圧迫すると、全ての穎を一度に除くことができます。



図 3-5-3 TTC 試薬で胚が染まった種子

TTC 試薬で生死判別をする場合には、二つに切るよりも穎を取り去った果実を用いる方が判定しやすいようです (図 3-5-3)。その際、胚の付近に鋭利なピンセットの先などで少し傷を付けておきます。乾燥種子なら比重分離法で  $K_2CO_3$  や  $CaCl_2$  の高濃度溶液に30~60分ほど浸かっても、TTC 試薬による生死判別にはほとんど影響しません。発芽試験による場合は、20℃ (暗条件) / 30℃ (明条件) の変温条件とします。春から夏までに採取された埋土種子は、この条件で発芽したものを生存種子と考えてよいでしょう。しかし、新たな種子散布から翌春までに採取されたものについては、事前に休眠覚醒処理を行う必要があります。その場合も、全ての種子の休眠が覚醒しているとは限らないので、発芽しなかった種子については押しつぶしやTTC検定などで生死を確認します。

[小林浩幸]



### 3-6 カラスムギ [*Avena fatua* L.]

カラスムギはムギ作では世界的な雑草です（図 3-6-1）。日本でも畑地やその周辺草地、道路法面、河川敷などに生育します。本州以南ではムギ類と同じように秋期に出芽し、初夏に出穂・開花するイネ科の一年生冬雑草です。ただし、北海道など冬の厳しい高緯度地方では春に出芽し、夏に開花結実します。飼料作物のエンバク *A. sativa* L. はカラスムギが栽培化されたものと考えられ、カラスムギと異なって種子は脱粒しません。緑肥やセンチュウ防除に用いられる通称“野生エンバク”は近縁の *A. strigosa* Schreb. の栽培種であり、カラスムギとは別種です。



図 3-6-1 コムギ畑のカラスムギ  
(撮影 5 月 25 日、袋井市)

カラスムギの出芽は関東地方では 9 月頃に始まり、11 月に盛期を迎え、春まで続きます。他の冬生一年草に比べて、かなりだらだらと長期にわたることが特徴です。また、種子が大きいために出芽可能深度もかなり深く、軟らかい土壌では 15cm の深さからも出芽します。そのため、幼植物は冬場の霜柱による凍上害や乾燥の影響を受けにくく、越冬生存率が他の冬雑草に比べて高いのもカラスムギがムギ畑でやっかいな雑草になっている一因です。4 月～5 月に出穂し、ムギ類の登熟期に結実します。関東地方では、オオムギの収穫期（5 月下旬～6 月上旬）には種子は穂についたままですが、コムギの収穫期（6 月上旬～中旬）にはほとんどの種子が地上に脱落しています。ただし、日長反応性ははっきりしないため、春～夏に出芽した個体が夏場や秋口に出穂することもあります。

2009 年現在、ムギ類に登録された除草剤ではいずれもカラスムギに対して十分な防除効果がありません。カラスムギが侵入してしまったほ場でムギ類の連作を続ける限り、蔓延は避けられません。ムギ作を中止して、1～2 年、休耕やジャガイモ、野菜類に作付を切り替えてカラスムギの種子の生産を防止すればその後急激に減少するようです(浅井・與語 2004)。

#### 種子と幼植物の形態

カラスムギは 1 つの小穂に 2～3 の小花をつけます。基部から上に向かって順に第 1 小花、第 2 小花とよびます。基部の小花ほど大きい傾向があります。第 3 小花は特に小さく、多くは不稔です。種子（穎果）は雑草としては大きく、外穎の長さは 14～20mm、千粒重は 15～20 g あります。外穎からよじれて折れ曲がった長い芒があります。これが地表面の乾湿に応じて伸びたり曲がったりしながら、地表面の植物残さ内や地面の窪みや割れ目に種子を押し込むはたらきをします。穎の色は黄色いものから褐色、灰褐色や黒に近いものまで変異があり、外穎に生える毛の密度やその色も集団によって異なります（図 3-6-2）。カラスムギの種子は大きいため、1 個体あたりの種子生産数は多くとも数百～1,000 粒です。面積あたりの最大の種子生産量は 20,000～30,000 粒/m<sup>2</sup>と推定されています(Maxwell *et al.* 2007)。

カラスムギの幼植物はムギ類とたいへんよく似ています（図 3-6-3）。そのため、出穂してはじめてカラスムギが畑に入りこんでいることに気づく場合も少なくありません。ムギ類とカラスムギの幼植物の形態の違いは次のとおりです。1) 葉身の捻れの向



図 3-6-2 色や毛の生え方が異なるさまざまなカラスムギ種子

きが異なり、ムギ類は時計回り方向に、カラスムギは反時計回り方向に捻れる。2) ムギ類には葉身基部に葉耳があり、稈を取り囲むが、カラスムギには葉耳はない。3) ムギ類の植物体はやや光沢のある明るい緑色だが、カラスムギはくすんだ色合いで葉鞘や葉身基部にまばらに毛が生えていることが多い。

### 種子の寿命

後述するように、カラスムギの種子休眠性には大きな種内変異があります。休眠性の深い種子ほど土中で長持ちする傾向があります。休眠性が浅い集団では土中に埋められたカラスムギの種子が1年以内にほぼ全て発芽あるいは死亡し、翌年まで生き残る割合はわずかです。休眠性の深いものでは年々減少しつつ2～3年にわたって発芽します。耕土下層に埋め込んだ種子は10年近く生き残った例が知られています(Miller & Nalewaja 1990)。地表面の種子の多くは散布された年内に発芽し、翌年まで残るものはわずかです。また、かなりの割合で種子食昆虫や鳥類、齧歯類に食べられてしまいます(Holmes & Froud-Williams 2005)。湛水条件下での死亡率はきわめて高く、25℃以上の水温で2週間程度あればほぼ全滅するという報告があります(木田・浅井 2006)。水稲との二毛作ではカラスムギが蔓延することはありません。



図 3-6-3 カラスムギの幼植物。

### 種子の発芽と休眠

植物体から脱落した直後のカラスムギの種子でも10～15℃以下の温度であれば発芽します。ただし、地温が発芽適温より高いために、野外でその時期にカラスムギが発芽することはありません。夏場の高温・乾燥した環境を経ることで20℃程度の温度でも発芽できるようになり、秋から冬にかけて発芽します。何度まで温度が下がれば発芽するのか、そのためにどの程度の高温・乾燥条件が必要なのか、はカラスムギの集団によって異なります。土中に埋め込まれた種子よりも、地表面で夏を越した種子の方が休眠覚醒が進むため(より高い温度で早くから発芽できるようになる)、出芽時期も土中の種子と比べてだいぶ早まります。発芽に光は不要です。

### 埋土種子の抽出法と生死判別

カラスムギの種子は雑草としてはかなり大きく、種子の生産量は最大で30,000粒/m<sup>2</sup>以下ですが、これはカラスムギ純群落の場合の密度です。ムギ類との混合群落では通常その半分以下となります。その場合、100cm<sup>3</sup>の土壌から回収できるカラスムギ種子の数は数十粒にとどまります(高橋ら 2007)。カラスムギの種子だけを回収するのであれば、2mm角目よりも細かいメッシュを用いた直接法が最も簡便です。メッシュ上にはカラスムギの種子以外にも礫や植物遺体が残りますが、肉眼でそれらと種子を識別するのは簡単です。この方法ですと、他の雑草種子はまず混入しません。土の中から取り出した種子からは芒がほとんど失われています。回収した種子の生死の判定には穎を剥いて、穎果を取り出します(図3-6-4)。健全な状態であれば生存と判定して問題ありません。穎果が無くなっている(土中で発芽して夭折した痕跡)、あるいは萎んでいるものは死滅と見なします。発芽試験は15℃以下の暗条件で行います。回収した種子の表面には土中の雑菌類が付着しており、そのまま発芽試験をおこなうと途中で腐敗してしまいます。それを防ぐには、置床前にムギ類の種子消毒用の殺菌剤に浸漬処理します。



図 3-6-4 土中から回収して穎を剥いたカラスムギの果実

[浅井元朗]

### 3-7 スズメノテッポウ [*Alopecurus aequalis* Sobol. var. *amurensis* (Komar.) Ohwi]

スズメノテッポウは全国の畑、畦畔、路傍などにごく普通に見られるイネ科の越年生雑草です(図3-7-1)。特に関東以西の水稲麦二毛作での水田裏作で強害雑草として問題となります。近年では、九州北部の広い範囲でチフェンスルフロンメチルやトリフルラリンといった除草剤に対して抵抗性を示すバイオタイプが確認されており、蔓延圃場では収穫放棄する事態も生じています(図3-7-2)。また、生態分布が異なり、水田に発生する水田型と畑地に発生する畑地型の2型があり、形態的にも違いが認められます(「種子と幼植物の形態」の項を参照のこと)。これらを区別する場合、水田型をスズメノテッポウ(*A. aequalis* var. *amurensis*)、畑地型をノハラスズメノテッポウ(*A. aequalis* var. *aequalis*)とします。

出芽は初秋から冬にかけてみられ、麦圃では麦播種後に比較的速やかに出芽します。出穂は3月~5月にかけてみられ、出穂した穂の先端から順に開花・結実します。開花後に葯が濃い黄色になるのが特徴的です。



図3-7-1 スズメノテッポウの出穂個体



図3-7-2 抵抗性スズメノテッポウの蔓延圃場

#### 種子と幼植物の形態

一般にスズメノテッポウの種子と言われているのは正確には小穂で、本当の種子である穎果が膜質の護穎(外穎)に包まれていて、さらに毛が密生した同じ大きさの2つの包穎に包まれています(図3-7-3)。内穎はありません。小穂は扁平な長楕円形で、長さが3~3.5mmです。畑地型はこれよりも少し小さく2~2.5mmです。穎果は暗いあめ色の線状倒披針形で、長さ1~1.5mm、幅0.8mm、厚さ0.5mmです。短い芒があり、小穂から飛び出しています。スズメノテッポウの幼植物体は、第1葉は線状披針形で、先端が鈍くとがっています(図3-7-3)。長さは10~15mm、幅が0.5mm、緑色で毛はなく、垂直に開出します。カズノコグサと酷似しており、この時点で両種を見分けるのは困難です。2~6葉期の個体では、根色が赤みがかかった茶色で、白色のカズノコグサと識別できます(森田ら1990)。



図3-7-3 スズメノテッポウの小穂(左)、穎果(中)と1葉期の幼植物(右)

## 種子の寿命

種子の寿命は長くありません（荒井 1961）。土中に埋められた種子は、夏季の土壤水分が湛水であるか、畑水分であるかにかかわらず、種子が生産された翌年の春までに 90%以上が死滅します。土中に埋め込まれずに地表面に残った種子は、ほとんどが秋から冬にかけて発芽し、1 年以上生存している種子はごくわずかです。したがって、スズメノテッポウが繁茂する圃場では、徹底防除して種子を作らせないようにすれば、翌年の発生量を劇的に減らすことができます。

## 種子の発芽と休眠

発芽は 5~30℃の範囲で可能ですが、発芽適温は 10-20℃程度です（荒井 1961）。光条件は発芽には影響を与えず、休眠が覚醒していれば発芽します。

生産されてすぐの種子は休眠状態にあります。埋土されると 1 ヶ月程度で休眠覚醒します（荒井 1961）。風乾貯蔵した場合においても、採種後 2 ヶ月程度で大半の種子は休眠覚醒します。湿潤状態での 15℃/30℃の変温条件には休眠覚醒効果があり、採種後 2 週間風乾貯蔵した場合も、湿潤変温処理後 30 日間で 90%以上の種子が発芽します。

## 埋土種子の抽出法と生死判別

0.4mm 角目以下の篩の上で採取した土壌を洗い流し、残さから種子を拾い出します。埋土後 1 年以内の種子の多くは包穎が付いていますので、それを同定の手がかりにしてスズメノテッポウの種子だけを拾い出します。埋土後 1 年以上経過した種子は包穎が外れ、同定が困難なものも増えてきますが、埋土後 1 年以上生存している種子はごくわずかです。大まかな調査では考慮する必要はないでしょう。

洗い出した種子は、15℃/30℃、暗/明条件で発芽試験を行います。20 日以上埋土された種子であれば 1 週間で生存種子の 90%以上が発芽します。発芽しなかった種子は、ピンセットで軽く押してつぶれなければ TTC 検定によって生死の判別を行います。胚が小さいので、TTC 検定には 2 つに切らずに穎を取り除いた穎果を供試します（図 3-7-4）。肉眼で判別が困難な場合は顕微鏡で染色の有無を確認します。

なお、スズメノテッポウの種子の比重はイネ科雑草の中では大きい方で、比重分離法による場合には、乾土で 1.4、湿土で 1.5 の比重の塩類溶液を用います。 [大段秀記]



図 3-7-4 TTC 試薬で胚とその周辺が染色された種子（左）と染色されなかった種子（右）

### 3-8 カズノコグサ [*Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fern.]

カズノコグサは全国に分布しているイネ科の越年生雑草で、畑や畦畔、休耕田、水路などにごく普通に見られます(図 3-8-1)。特に西南暖地の水稲麦二毛作での水田裏作麦で繁茂し、強害雑草として問題となっています。乾田よりも湿田を好み、大豆跡で少なく水稲跡で多く発生する傾向にあります。穂は直立した長い円錐状で、小穂が2列に並んでおり(図 3-8-2)、その様がカズノコに似ていることから、カズノコグサの名がつけられました。



図 3-8-1 カズノコグサの出穂個体



図 3-8-2 カズノコグサの穂

出芽はスズメノテッポウと同様に初秋から冬にかけてみられ、麦圃では麦播種後に比較的速やかに出芽します。出穂は4月～5月にかけてみられ、出穂した穂の先端から順に開花・結実します。

#### 種子と幼植物の形態

一般にカズノコグサの種子と言われているのは正確には小穂(図 3-8-3 (左))のことで、本当の種子である穎果(図 3-8-3 (右))は膜質の外穎と内穎に包まれており、さらに袋状の2枚の包穎に包まれます。小穂は扁平な円形で、長さ、幅ともに2.6～3.5mm、厚さ0.8～1.0mmで軽く、包穎が袋状になっていることから水に浮いて散布され、拡散していきます。外穎は白色の舟形で、先端は包穎の外に出ています。内穎も白色の舟形で、外穎と同じか少し短い。穎果は茶褐色の線状長楕円形で、長さ1.8～2.0mm、幅0.7mm、厚さ0.6mm程度です。

カズノコグサの幼植物体は、第1葉は線状披針形で、先端が鋭くとがっています。長さは10～25mm、幅が0.8～1.0mm、緑色で毛はなく、垂直に開出します。スズメノテッポウと酷似しており、この時点で両種を見分けるのは困難です。2～6葉期の個体では、根色が白色で、赤みがあったスズメノテッポウと識別できません(森田ら 1990)。



図 3-8-3 カズノコグサの小穂(左)と穎果(右)

## 種子の寿命

種子の寿命は長くありません（荒井 1961）。土中に埋められた種子は、夏季土壤水分が湛水、畑水分にかかわらず、種子が生産された翌年の春までに 90%以上が死滅します。土中に埋め込まれずに地表面に残った種子は、ほとんどが秋～冬にかけて発芽し、1 年以上生存している種子はごくわずかです。したがって、カズノコグサが繁茂する圃場では、完全防除して種子を作らせないようにすれば、翌年の発芽量を劇的に減らすことができます。

## 種子の発芽と休眠

発芽は 5～30℃の範囲で可能ですが、発芽適温は 10～20℃程度です（荒井 1961）。また変温条件では発芽に光は必要ありませんが、定温条件では光が必要です。

種子の休眠は深くなく（荒井 1961）、水稻の湛水直播をした場合に、播種後の落水期間中に発芽することがあります。埋土されると 1 ヶ月程度で休眠覚醒します。風乾貯蔵した場合においても、採集後 2 ヶ月程度で大半の種子は休眠覚醒します。湿潤状態での 15℃/30℃の変温条件は休眠覚醒効果があり、採集後 2 週間風乾貯蔵した種子においても、処理後 30 日間で 90%以上の種子が発芽します。

## 埋土種子の抽出法と生死判別

0.4mm 目よりも細かい篩の上で採取した土壌を洗い流し、残さから種子を拾い出します。埋土後 1 年以内の種子の多くは包穎が付いていますので区別はつきやすいですが、包穎は夏季の間に腐敗して、脈だけが残った状態になります。埋土後 1 年以上経過した種子は包穎が外れているものも増えてきますが、埋土後 1 年以上生存している種子はごくわずかですので、大まかな調査では考慮する必要はないでしょう。

洗い出した種子は、15℃/30℃、暗/明条件で発芽試験を行います。20 日以上埋土された種子であれば 1 週間で生存種子の 90%以上が発芽します。発芽しなかった種子は、ピンセットで軽く押しつぶれなければ TTC 検定によって生死の判別をします。染色される部位は小さいので、実体顕微鏡で染色の有無を確認します（図 3-8-4）。



図 3-8-4 TTC 検定で胚が染色された種子（左）とされなかった種子（右）

[大段秀記]

### 3-9 コナギ [*Monochoria vaginalis* (Burm.f) Kunth]

コナギは、全国の水田で広く発生がみられるミズアオイ科の水田一年生雑草です (図 3-9-1 (左))。ミズアオイ科の植物は、現在日本には 3 属 4 種存在し、そのうち池や水路の雑草として知られるホテイアオイ (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) を除くミズアオイ属 2 種、コナギ、ミズアオイ (*M. korsakowii* Regel et Maack) およびそして 1976 年頃に外国から帰化した (岡武ら 1979) アメリカコナギ (*Heteranthera limosa* (Sw.) Willd.) の 3 種が水田の一年生雑草です。また、近年、成長しても葉身が心臟形とならず細葉のままのコナギを 1 変種と扱い、ホソバコナギ (*M. vaginalis* (Burm.f.) Kunth var. *angstifolia* G. X. Wang, T. Kusanagi et K. Ito) とする見解もあります (Wang *et.al* 2003; 図 3-9-1 (右))。



図 3-9-1 水田に発生したコナギ (左) とホソバコナギ (右)

ミズアオイ属の 2 種は古い時代からの水田雑草で、特にコナギは東南アジアを原産とし水稻に随伴して渡来した史前帰化植物の一つとされ、南方より日本に帰化し、北上を続け、現在では全国に分布しています。ミズアオイも沖縄を除く全国に分布していますが、産地は限られています (笠原 1968)。またアメリカコナギは、今のところ岡山県南部や北部九州などに分布しています (松尾ら 1997)。

#### 種子と幼植物の形態

コナギは、長さ 1cm 程度のだ円形のさく果の内に、おおよそ 40~220 個の種子が入ります (片岡ら 1979)。種子は長さ 0.94~1.00mm、千粒重は約 128mg となります (笠原 1968) (図 3-9-2 (左))。ミズアオイやアメリカコナギの種子の形態はコナギ種子と似た形態をとりますが、ミズアオイ種子の長さは 1.3mm (森田ら 1980)、千粒重は約 442mg (森田 1982) となり、コナギ種子より大きく、アメリカコナギ種子の長さは約 0.70mm、千粒重は約 67.7mg となり (岡武ら 1979)、コナギ種子より小さいため、ミズアオイ種子

やアメリカコナギ種子と区別することは容易です (図 3-9-2 (右))。また、コナギ幼植物は、の形態はミズアオイやアメリカコナギとよく似ていますが、子葉~1 葉展開期頃は子葉の先端に種子殻が付着し



図 3-9-2 コナギの種子 (左) とミズアオイ科雑草 4 種の種子の比較 (右)

右の写真は、左よりミズアオイ、コナギ、ホソバコナギ、アメリカコナギ。

ているので種子殻の大きさで、4葉期頃は葉身の形状をよく観察することで区別することができます（森田 1982）。しかし、コナギとホソバコナギとを種子および幼植物で区別することは困難です。

### 種子の寿命

コナギ種子の寿命は、水田雑草の中では長い方で、毎年完全にコナギを防除しても 20 年間出芽し続けたという試験結果があります（川名ら 1999）。また、耕土下層に埋められた種子は、17 年間は生きていたという試験結果もあります（小荒井ら 1998）。

### 種子の発芽と休眠

コナギの発芽は、酸素を嫌い、低酸素条件にならない限り発芽しません。酸素分圧が低いほど発芽率が高くなりますが、酸素 0.5%以下では発根しなくなります（片岡ら 1978）。したがって、発芽試験は、必ず低酸素条件で実施します。発芽は、20℃以上の温度で発芽しますが、20℃では種子根がほとんど伸長しません。発芽適温は 25～35℃で、高温ほど揃って発芽します（小荒井ら 2002）。

コナギ種子は、秋に親株から脱落した直後は一次休眠の状態にありますが、他の草種の種子に比べて休眠が浅く、冬季の変温条件下での寒さにより、容易に休眠は覚醒します（片岡ら 1977; 汪ら 1996）。休眠種子を人為的に覚醒させるには、1-2 か月間の低温水中貯蔵を行います。休眠覚醒した種子は、明条件では良好に発芽します。貯蔵期間が長くなると休眠覚醒はさらに進み、暗条件でも発芽するようになります（千坂ら 1977a）。休眠の覚醒程度によって好適な発芽床の条件も異なります。休眠覚醒程度が小さい場合には密栓した水中が適当ですが、覚醒が進めば湛水土壤中とすることも可能で、さらに進めば密栓していない水中でも発芽させることができるようになります（千坂ら 1977b; 小荒井ら 1991）。ただし、稲粃を 1 日浸漬させた水を発芽試験に使用することで、休眠覚醒した種子は上述の発芽床の条件に関わらず、容易に発芽させることができます（小荒井ら 2002）。

休眠覚醒したコナギ種子は、通常は代かきなどで低酸素条件になった時、一斉に発芽します。好適な発芽条件とならず、発芽しなかった休眠覚醒種子は、夏には再び休眠状態に入ります（千坂ら 1977b）（二次休眠）。例えばコナギ種子の出芽可能深度は土壌表面から 7mm までで、それよりも深い層に位置する種子は夏に二次休眠に入ると考えられます。

### 埋土種子の抽出法と生死判別

種子が小さいので、比重分離法によるのが現実的です（嶺田ら 1997）。乾燥した土壌なら比重 1.3 以上、湿土なら 1.4 以上の塩類溶液を用いますが、水田土壌は乾燥すると硬くなり、作業性が著しく悪くなりますので、湿土を用いた方が効率的です。取り出した種子は押しつぶし法および発芽試験法を用いて生死を判定します。押しつぶし法および発芽試験法で判定できない種子は、休眠している可能性があるため、最終的に TTC 検定などにより生死を確認します（図 3-9-3）。なお、TTC 検定にあたっては、種子を半分に切断しますが、縦、横どちらの方向に切断してもかまいません。胚の染色は、やや薄い傾向があります。



図 3-9-3 TTC 試薬で染色したコナギ種子

[小荒井晃]



### 3-10 ノビエ類（ヒエ属） [*Echinochloa* spp.]

ノビエ（野稗）は、栽培ヒエに対して雑草ヒエであるタイヌビエ（*Echinochloa oryzicola* Vasing.）、イヌビエ（*E. crus-gali* (L.) Beauv. var. *crus-gali*）、ヒメイヌビエ（*E. crus-gali* (L.) Beauv. var. *praticola* Ohwi）、ヒメタイヌビエ（*E. crus-gali* (L.) Beauv. var. *formosensis* Ohwi）の総称で、いずれもイネ科の一年生夏雑草です（藪野 1975）。タイヌビエ（図 3-10-1（左））は全国の水田でみられる水稻によく擬態した典型的な随伴雑草ですが、転換畑でも転換まもなくの頃には多くみられます。イヌビエ（図 3-10-1（中、右））は全国の水田、畑、非農耕地など、湿った場所から乾いた荒地まで様々な場所で発生する変異に富んだ雑草で、タイヌビエとは別種です。イヌビエの変種として、出穂が早くて路傍や畑などより乾燥した条件に適応したヒメイヌビエや、水稻に良く擬態した温暖地以西の水田に適応したヒメタイヌビエがあります。ケイヌビエと呼ばれているノビエは、外穎に長い芒のあるイヌビエのことです（図 3-10-1（右）、図 3-10-2（右））。

#### 種子と幼植物の形態

ノビエの種子は、外穎と内穎に包まれています（図 3-10-2（左、中））。外穎の外側には小穂を包む苞穎があり、通常、苞穎を含めた小穂全体を「種子」と呼んでいます（ノビエの小穂には通常2つの小花がつきますが、そのうち1小花だけが実って種子となります）。

イヌビエとヒメタイヌビエの小穂は 3~4mm、ヒメイヌビエが 2~3mm で、苞穎の長さは小穂の約 1/3 です（図 3-10-2（中））。タイヌビエの小穂長は 4~5mm と大きく、苞穎長は小穂の約 1/2 もあります（図 3-10-2（左））。タイヌビエは、小穂および苞穎が他のノビエよりも明らかに大きいので容易に見分けることができます。

タイヌビエには、小穂が無芒で丸みを帯びて光沢があるC型と、外穎がざらつき片側が平たいF型の2つのタイプがあり、太平洋側にはC型、日本海側にはF型が多く分布しています。



図 3-10-1 タイヌビエ（左2つ）、無芒型のイヌビエ（中2つ）のと有芒型のイヌビエの穂（右）  
タイヌビエの小穂はイヌビエよりも大きい。  
いずれも転換初年目の大豆畑より採取。



図 3-10-2 タイヌビエ（左）、無芒型のイヌビエ（中）  
と有芒型のイヌビエ（右）の小穂



図 3-10-3 イヌビエ（成植物）の葉身と葉鞘の境目（左）と、幼植物（右）

ノビエ類が属するヒエ属は、イネ科の特徴となっている葉身と葉鞘の境目にあるべき葉舌（小舌）がないことで他と見分けられます（図 3-10-3（左））。これは他の属にはみられないヒエ属の決定的な特徴です。このような特徴は、2葉期以降の幼植物（図 3-10-3（右））にも見られます。また、幼植物を静かに引き抜くと小穂が残っていることが多いので、同定の手がかりになります。

### 種子の寿命

ノビエ種子の寿命は水田雑草の中では短い方ですが、毎年完全にタイヌビエを防除しても6年間出芽し続けたという試験結果があります（Miyahara *et al.* 1989）。耕土下層に種子を埋めた試験では、12年後も種子は生きていました。ただし、畑状態では寿命は比較的短く、散布された翌年の春までに40%程度が死亡します。

### 種子の発芽と休眠

ノビエ類の発芽には十分な酸素、温度、水分が必要です。15℃以上の温度で発芽しますが、最も適した温度は25～30℃で、高温ほど揃って発芽します。水田に適応したタイヌビエは水中でも発芽しますが、好気的な湿潤条件で発芽は良好です。イヌビエの種子はさらに好気的な条件を好み、水中では発芽し難いので、発芽試験は必ず湿潤条件（湿潤ろ紙上など）に置床して行ないます。

ノビエ類の種子は秋に親個体から脱落した直後は深い一次（初期）休眠の状態にあり、年内は発芽しません。年が明けて1～3月に徐々に休眠が醒めていきます。この間も戸外の温度が低いので水田土壌中で発芽することはなく、4月以降の平均気温が15℃以上になるころに戸外で発芽が始まります。タイヌビエでは水稲移植時期には土壌中のほとんど全ての種子は休眠覚醒状態になっていますので、通常は代かきによって一斉に発芽します。ただし、土壌中の全ての種子が発芽するのではなく、土壌中の数～10%の種子が発芽し、3cmより深く埋まった種子などは未発芽の状態、夏には再び休眠状態（二次休眠）に入ります（宮原 1972）。

### 埋土種子の抽出法と生死判別

ノビエ類の種子は篩の上で土壌を洗い流して、網目上の残さから種子を拾い集めます（図 3-10-4）。水田の代かき土壌は粒子が細かいので、1mm目以上の篩を用いれば土壌はほとんど流れます。また、タイヌビエで種子が大きい場合は2mm目の篩が有効です。調べようとするノビエ類の種子の大きさを考慮して篩の目の大きさを選択します。

取り出した種子は発芽試験、押しつぶし法、TTC検定あるいはそれらの組み合わせにより生死を判別します。発芽試験による場合は、20℃（暗条件）/30℃（明条件）程度の変温条件が適当です。押しつぶし法では、閉じたピンセットで並べた種子を順に強く押しつぶし、しっかりとした手応えで白い胚乳がつぶれて出た種子を生存種子とし、簡単につぶれたり、白い胚乳が確認できない種子は死滅種子とします。TTC検定では、胚の断面が露出するように2つに切断します（図 3-10-5）。浸漬温度は30℃程度とします。押しつぶし法とTTC検定の生死判別の結果は概ね一致しますが、回収した種子数が少ない場合には、TTC検定によるのが確実です。 [渡邊寛明]



図 3-10-4 篩の網上に残ったイヌビエの種子



図 3-10-5 TTC溶液で染色したタイヌビエの種子

### 3-11 イヌホタルイ [*Schoenoplectus juncooides* (Roxb.) Palla]

イヌホタルイは全国の水田、水路、湿地・湖沼などで普通に見られるカヤツリグサ科の水田雑草です(図 3-11-1)。雑草防除の場面では通常「ホタルイ」と呼ばれますが、類似草種にタイワンヤママイ (*S. wallichii* (Nees) T.Koyama) やホタルイ (*S. hotarui* (Ohwi) Holub)、コホタルイ (*S. komarovii* (Roshev.) Soják) などがあり、タイワンヤママイは東北に多くみられ、コホタルイは北海道にみられます。ホタルイは水田ではそれほど多くはなく、湿地や湖沼などにみられます。



図 3-11-1 水田に発生したイヌホタルイ

多年生で、秋期に株の基部が僅かにふくらんだ越冬芽を形成して越冬します。越冬芽には休眠性はなく、春期の気温上昇に伴って萌芽します。一方、種子繁殖も旺盛で、秋期に大量の種子を生産します。裸地条件では1株当たり 10,000~15,000 粒という調査結果が出ています(渡辺ら 1991a)。水田内では、越冬芽は冬期の乾燥と代かき時の埋没によって容易に防除できる(岩崎ら 1981) ので、この種子による繁殖が主とされます。

#### 種子と幼植物の形態

一般に「ホタルイ」の種子と言われているのは正確には果実で、比較的硬い褐色~黒褐色の光沢のある果皮に覆われています。果実は特徴のある広倒卵形で両面はレンズ型、イヌホタルイでは長さ 2.0~2.4mm 程度です(図 3-11-2)。ホタルイの果実はイヌホタルイと同程度の大きさですが、イヌホタルイでは両面が凸レンズ型なのに対して、ホタルイでは内側の面が平ら

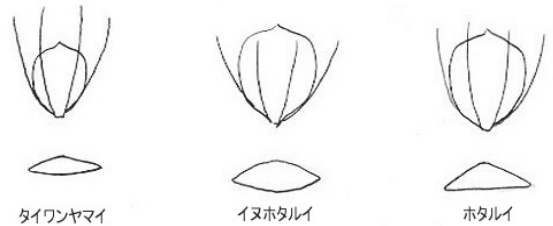


図 3-11-2 ホタルイ類の種子の形状(模式図)

上段は上から見た種子の形状。

下段は種子の横断面。

な平凸レンズ型をしているので区別できます。タイワンヤママイは若干小さく、長さ 1.5~1.8mm 程度で、形状は両凸~平凸レンズ型ですが、イヌホタルイやホタルイとは果実の基部に着生する数本の刺針状花被片の長さで区別できます。すなわち、それぞれの草種の刺針状花被片は、タイワンヤママイでは果実の2倍程度の長さがあるのに対して、イヌホタルイでは同長かやや短く、ホタルイでは1.5倍程度です。親植物から落下してすぐの種子にはこれらの刺針状花被片が着生していますが、土中から取り出された種子では、ほとんどが脱落しているため注意が必要です。コホタルイの種子は他の草種の種子よりも小さく、長さ 1.2~1.5mm です。

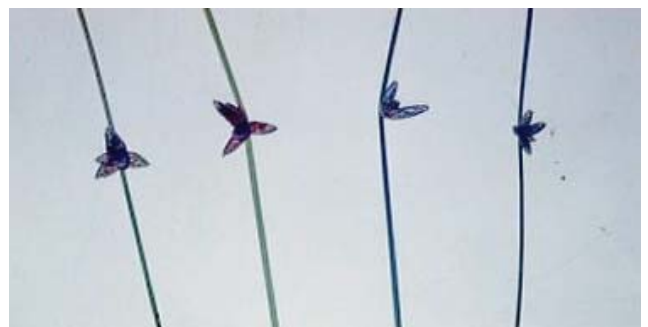


図 3-11-3 ホタルイ類似雑草の穂の比較

左からホタルイ、イヌホタルイ、タイワンヤママイ、コホタルイ。

イヌホタルイの幼植物は、種子からの発生では、初め線形の葉が数枚出た後に、先の尖った針のような花茎と呼ばれる茎が抽出してきます。一方、越冬芽からの発生では、最初から花茎が抽出してきます。

その後は何本もの花茎が続けて抽出し、そう生状態となります。幼植物の段階でイヌホタルイと他の類似草種を区別するのは困難ですが、その後花茎の先端に穂を着生するので、この段階での草種の区別は容易になります（図 3-11-3）。

### 種子の寿命

種子の寿命は非常に長く、イヌホタルイでは水田土中で 10 年以上生存することが確認されています（千坂ら 1985）。土壌条件や気象条件による違いがありますが、毎年、土中種子の 10%前後が出芽し、20%程度は死滅すると推定されている（渡辺ら 1991b）ことから、新たな種子の供給が無くても、埋土種子の 7 割は翌年に残ることになります。この他に、水田に埋土されたホタルイ種子の 7 年後の生存率は 98%であったのに対して、コホタルイ種子は 4 年後でも生存率が 60%程度に低下し、種子の生存年限には草種による違いが認められています（住吉 1997）。

### 種子の休眠と発芽

イヌホタルイの種子は秋期に成熟・落下した直後は深い一次休眠にあり、そのままの状態では発芽しません。水田では、耕起などで埋土されると冬の間には休眠覚醒が進行します。通常は田植え時期に最も休眠覚醒した状態となります（住吉・伊藤 1999）。したがって、田植え以降は比較的早い時期に発生がみられます。このようにイヌホタルイ種子の休眠覚醒が低温で進行することから、室内で休眠覚醒させるためには、水中や湿潤土中、湛水土中などに種子を埋め込み、低温で 1～4 カ月間貯蔵します（住吉 1996）。水田条件では、夏期までに未発芽の種子は、再び休眠が深まり二次休眠に入ります（住吉・伊藤 1999）。

発芽は 12.5～40℃の範囲で確認されており（渡辺・宮原 1988）、比較的広い温度範囲で発芽可能ですが、最適温度は 30℃前後です。光発芽性を示し、明条件で発芽が促進されます。また、昼夜の変温も発芽を促進します。発芽床条件に関しては、一般的に嫌気条件での発芽が良好（片岡・金 1978）で、水中条件や湛水土による条件など（渡辺ら 1991b）が用いられることが多いようです。しかしながら、十分に休眠覚醒した種子では、湿潤ろ紙上でも良好な発芽率が得られています（住吉 1996）。

### 埋土種子の抽出法と生死判別

イヌホタルイの種子は篩の上で土壌を洗い流して、網目上の残さから種子を拾い集めます。1 mm 目程度の篩を用いれば良いでしょう。通常は果皮が水をはじくので、土壌から分離した後は種子を水に浮かせて回収することも可能です。春先の回収であれば、そのまま密栓水中などの嫌気条件で、30℃程度の恒温あるいは昼夜変温の明条件で発芽試験を行って発芽したものを生存として判断できます。種子が休眠している可能性がある場合は、10℃程度の低温の湛水土中などに 1～2 カ月間貯蔵してから発芽試験を行えば同様に生存の確認が可能です。他の草種と同様に、種子を半分に切って TTC 溶液に浸けて生死判別を行うことも可能です。この場合、胚の部分の切断面に入るように、種子の中央部分を縦方向に切る必要があります（図 3-11-4）。浸漬温度は 30℃程度がよいでしょう。

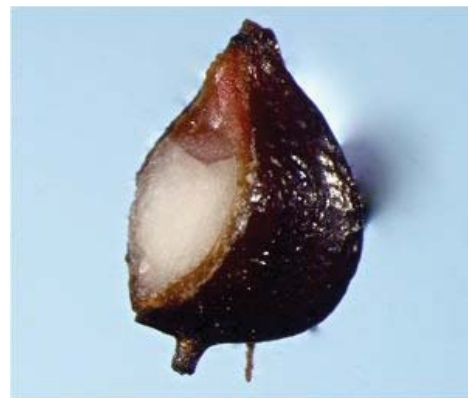


図 3-11-4 TTC 溶液で染色したイヌホタルイ種子

[住吉正]

### 3-12 イボクサ [*Murdannia keisak* (Hassk.) Hand.-Mazz]

イボクサはツククサ科の一年生夏雑草で、北海道から九州の水田、湿地などに普通に見られます（図3-12-1）。水田では、畦畔際に普通に見られる雑草で、あまり問題にされることはありませんでしたが、近年、水稻の栽培法（直播栽培、移植栽培）を問わず、水田内での発生が問題になっています。

出芽は3～5月の畑水分条件で主にみられ、その後、茎が地面を這うように伸び、節から根と分枝を出して広がっていきます。また、茎は切断されても、湛水中ではすぐに節から根を出して活着し、生育範囲を広げていきます。繁茂すると水稻にからみつくように這い上がるため、水稻の減収や倒伏、収穫作業の妨害を引き起こします。開花時期は9月中旬以降と遅いため、9月中旬に水稻が収穫できる水田であれば、水田内に種子を落とすことは少ないので、刈り跡や畦畔での防除対策が水田内での蔓延を防ぐ観点で重要となります。



図3-12-1 畦畔から水田内に侵入するイボクサ

#### 種子と幼植物の形態

イボクサの果実（さく果）は楕円形で、中は3室に分かれ、1室には1～3個の種子が入っています。種子は黒褐色で不定形であり、①楕円形状、②長さが3～4mmの半楕円形状、③長さが1～2mmの半円形状、④長方形状、と大きく分けて4形状に分かれます。各種子の幅は約2mm、厚さは約1mmで、側面にくぼんだへそがあります（図3-12-2（左））。

その種子のへそから芽を出します。まず、白色の子葉鞘が出て、その後に第1葉が出ますが、地表面で確認できるのは第1葉からです。葉は淡緑色、無毛であり、茎の基部で太く、先端は尖っています。長さは第1葉が1cm程度、第2葉が2cm程度と、だんだんと長くなっていきます（図3-12-2（右））。第9葉ぐらいになると、下部葉の節から分枝が出てきます。

#### 種子の寿命

種子の寿命は水田雑草の中では短い方です。ポット試験の結果ですが、種子を土中に混ぜ込んだ1年目には90%程度の種子が出芽などで消失しますが、2年目以降は消失割合が少なくなってきます。完全に防除すると、種子を土中に混ぜ込んでから6年目に出芽はみられなくなります。



図3-12-2 イボクサの種子（左）と幼植物（右）

## 種子の発芽と休眠

他の水田雑草より出芽時期はかなり早く、平均気温が 8℃前後になると出芽がみられるようになりま  
す。関東地方では 3 月中下旬にあたります。10～30℃の温度で良好に発芽しますが、高温ほど発芽が揃  
います。水分条件では、湿潤条件で発芽は良好で、湛水条件下ではあまり発芽しません。そのため、水  
田での出芽は乾田期間に多くみられ、湛水後は土壌表面からわずかにみられる程度です。光条件では、  
明条件、暗条件ともに良好に発芽します。

種子は強い休眠性を有しており、落果直後から年内にかけては全く発芽しません。休眠覚醒は年が明  
けてから徐々に進み、2 月にはほとんど休眠から醒めています。強制的に休眠覚醒させるためには、5℃  
程度の低温条件で、湛水条件か湿潤条件とし、1～2 ヶ月の貯蔵期間が必要です。乾燥条件下では休眠覚  
醒は進みません。出芽期間は 3～5 月で、その時期を過ぎると、また休眠状態に入ります。

### 埋土種子の抽出法と生死判別

直接法を行う場合、種子の大きさは前述のようにまちまちですが、小さい種子でも 1mm 弱ですので、  
安全を見越して、0.50～0.71mm (0.500～710 μm) の篩を用います。土壌を洗い流して、種子を拾い  
出す時は、根やわらなどの植物残さに種子が絡み付いていることが多いので、それを見逃さないよう  
にします。拾い集めた種子は発芽試験や押しつぶし法、TTC 検定により生死を判別します。休眠種子が多  
い 6～12 月頃に埋土種子量を調査する場合は押しつぶし法や TTC 検定で、休眠覚醒種子が多い 1～5  
月頃に調査する場合は発芽試験に押しつぶし法や TTC 検定を組み合わせます。発芽試験は 20～25℃、  
湿潤濾紙床で行います。光条件は明暗どちらでも良好な発芽をします。発芽試験で発芽しなかった種子  
は押しつぶし法や TTC 検定で生死の判別を行います。両方法の生死判別の結果に大きな違いはあり  
ません。

発芽法を行う場合、休眠覚醒種子が多い 1～5 月、できれば出芽前の 3 月上旬までに土壌を採取し、  
畑水分条件で、20℃以上の温度が確保できる場所を実施します。発芽法では容器内に土壌を薄く広げる  
必要がありますが、イボクサはかなり深い位置からも出芽しますので、土壌の厚みは 3cm 程度でも良好  
に出芽します。休眠種子が多い 6～12 月に土壌採取を行う場合には、低温湿潤条件で 1～2 ヶ月の休眠  
覚醒処理を行った後に上記と同様に試験を実施します。

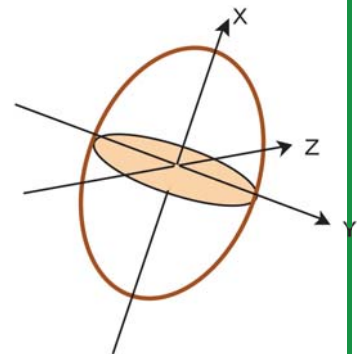
[川名義明]



## 4. 雑草種子の写真集

### 解説

1. 1粒ないし2粒を大写しにした写真のほか、変異の幅がいくらでも把握できるように、10粒程度が写った写真も載せた。また、散布時点で胞などが付属している種子については、それらがついたままのものと、除去したものの両方を写すように心がけた。
2. 同定の手がかりとして、各草種が問題になる主な作目（「麦」、「大豆」、「水稲」）と生活型（「一年生夏雑草」など）を付記した。
3. 同定と土壌からの抽出の際の参考の意味で、写真の右側に、種子の大きさ（X、Y、Z）と、乾燥種子の比重の平均値と標準偏差の推定値を添えた。測定には、大きさについては10粒、比重については5粒以上を供試した。Xは種子の長さ、Y、ZはそれぞれX方向と垂直な断面における長径と短径。種子の分離にあたって、メッシュの細かさを決める場合、最も通り抜けやすいのはメッシュの面に対してXが垂直になったときであることを考慮すると、YとZの値が重要になる。比重は、供試種子の全てが浮き上がる塩類溶液の最小比重であり、真の比重ではない。真の比重はそれよりも小さい可能性が考えられるが、比重分離にあたっての安全側の数値と考えていただきたい。



種子の大きさの計測  
の考え方



トキンソウ *Centipeda minima* (L.) A. Braun & Asch.)

キク科



X=1.10±0.15mm  
Y=0.21±0.03mm  
比重=1.12g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

アメリカセンダングサ *Bidens frondosa* L.)

キク科



X=4.40±0.50mm  
Y=1.17±0.14mm  
Z=0.45±0.07mm  
比重=1.20 g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆 水稻

タウコギ *Bidens tripartita* L.)

キク科



X=4.37±0.59mm  
Y=0.98±0.06mm  
Z=0.38±0.05mm  
比重=1.15 g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆 水稻

タカサブロウ (モトタカサブロウ) *Eclipta thermalis* Bunge)

キク科



X=2.54±0.20mm  
Y=1.02±0.09 mm  
Z=0.37±0.04 mm  
比重=1.17g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆 水稻

ヤエムグラ 〈*Galium spurium* L. var. *echinospermon* (Wallr.) Hayek〉

アカネ科



X=1.97±0.20mm

Y=1.58±0.20mm

比重=1.26g/cm<sup>3</sup>

1年生冬雑草

麦

アブノメ 〈*Dopatrium junceum* (Roxb.) Buch.-Ham. ex Benth〉

ゴマノハグサ科



X=0.40±0.03mm

Y=0.19±0.02mm

比重=1.34g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草

水稻

アゼナ 〈*Lindernia procumbens* (Krock.) Borbas〉

ゴマノハグサ科



X=0.36±0.02mm

Y=0.17±0.01mm

比重=1.31g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草

水稻

大豆

アメリカアゼナ 〈*Lindernia dubia* (L.) Pennell var. *major* Pennell〉

ゴマノハグサ科



X=0.38±0.03mm

Y=0.16±0.01mm

比重=1.29g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草

水稻

大豆

アゼトウガラシ <*Lindernia angustifolia* (Benth.) Wettst.>

ゴマノハグサ科



X=0.38±0.03mm  
Y=0.25±0.03mm  
比重=1.21g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稲

マルバルコウ <*Ipomoea coccinea* L.>

ヒルガオ科



X=3.31±0.17mm  
Y=3.06±0.15mm  
Z=2.31±0.13mm  
比重=1.29g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

マメアサガオ <*Ipomoea lacunosa* L.>

ヒルガオ科



X=4.23±0.26mm  
Y=3.84±0.16mm  
Z=3.49±0.30mm  
比重=1.29g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

ホシアサガオ <*Ipomoea triloba* L.>

ヒルガオ科



X=3.79±0.30mm  
Y=3.01±0.12mm  
Z=2.26±0.12mm  
比重=1.34g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

マルバアサガオ *(Ipomoea purpurea (L.) Roth)*

ヒルガオ科



X=4.45±0.21mm  
Y=3.42±0.38mm  
Z=3.02±0.28mm  
比重=1.32g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **大豆**

マルバアメリカアサガオ *(Ipomoea hederacea (L.) Jacq. var. integruscula A. Gray)* ヒルガオ科



X=4.51±0.21mm  
Y=3.46±0.38mm  
Z=3.42±0.31mm  
比重=1.32g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **大豆**

イヌホオズキ *(Solanum nigrum L.)*

ナス科



X=1.88±0.30mm  
Y=1.47±0.08mm  
Z=0.58±0.05mm  
比重=1.14g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **大豆**

オオイヌホオズキ *(Solanum nigrescens Mart & Gal.)*

ナス科



X=1.51±0.09mm  
Y=1.10±0.04mm  
Z=0.49±0.04mm  
比重=1.14g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **大豆**

テリミノイヌホオズキ *(Solanum americanum Mill.)*

ナス科



X=1.35±0.06mm  
Y=1.04±0.05mm  
Z=0.37±0.03mm  
比重=1.16g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **大豆**

ヒロハフウリンホオズキ *(Physalis angulata L. var. angulata)*

ナス科



X=1.50±0.06mm  
Y=1.25±0.06mm  
Z=0.48±0.04mm  
比重=1.21g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **大豆**

チョウジタデ *(Ludwigia epilobioides Maxim.)*

アカバナ科

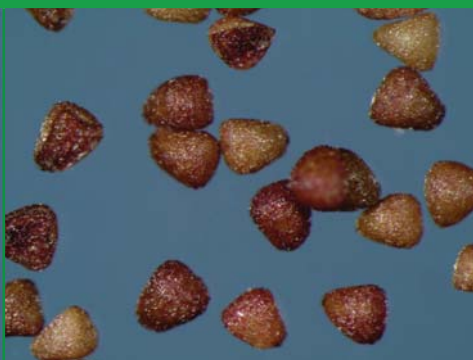


X=1.19±0.25mm  
Y=0.55±0.06mm  
比重=1.19g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **水稲**

ヒメミソハギ *(Ammania multiflora Roxb.)*

ミソハギ科




X=0.36±0.03mm  
Y=0.30±0.03mm  
比重=1.17g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 **水稲**

ホソバヒメミソハギ <i>(Ammania coccinea Rottb.)</i>		ミソハギ科
		X=0.42±0.03mm Y=0.33±0.02mm 比重=1.26g/cm <sup>3</sup>
1 年生夏雑草		水稻

キカシグサ <i>(Rotala indica (Willd.) Koehne var. uliginosa (Miq.) Koehne)</i>		ミソハギ科
		X=0.68±0.02mm Y=0.22±0.02mm 比重=1.26g/cm <sup>3</sup>
1 年生夏雑草		水稻

カラスノエンドウ (ヤハズエンドウ) <i>(Vicia angustifolia L.)</i>		マメ科
		X=2.66±0.23mm Y=2.37±0.21mm Z=2.48±0.21mm 比重=1.39g/cm <sup>3</sup>
1 年生冬雑草		麦

クサネム <i>(Aeschynomene indica L.)</i>		マメ科
		X=3.66±0.28mm Y=2.67±0.09mm Z=1.68±0.11mm 比重=1.31g/cm <sup>3</sup>
1 年生夏雑草		水稻 大豆

アレチウリ <*Sicyos angulatus* L.>

ウリ科

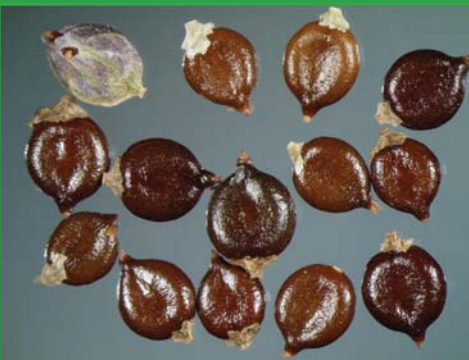


X=8.01±0.23mm  
Y=6.20±0.21mm  
Z=2.98±0.09mm  
比重=1.12g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

オオイヌタデ <*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre var. *lapathifolia*>

タデ科



X=2.10±0.17mm  
Y=1.67±0.19mm  
Z=0.65±0.11mm  
比重=1.33g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

サナエタデ <*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre var. *incana* (Roth) H. Hara>

タデ科



X=2.38±0.10mm  
Y=1.96±0.10mm  
Z=0.72±0.07mm  
比重=1.32g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

ハルタデ <*Persicaria maculosa* Gray>

タデ科



X=1.96±0.13mm  
Y=1.55±0.10mm  
Z=0.84±0.05mm  
比重=1.34g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

オオハルタデ *(Persicaria maculosa Gray)*

タデ科



X=1.84±0.11mm  
Y=1.36±0.08mm  
Z=0.68±0.05mm  
比重=1.34g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 **大豆**

ハルタデの種内変異で、開花が遅く、大きく生育するタイプ

イヌタデ *(Persicaria longiseta (De Bruyn) Kitag.)*

タデ科



X=1.78±0.04mm  
Y=1.27±0.05mm  
Z=1.08±0.06mm  
比重=1.33g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 **大豆**

ヤナギタデ *(Persicaria hydropiper (L.) Spack)*

タデ科

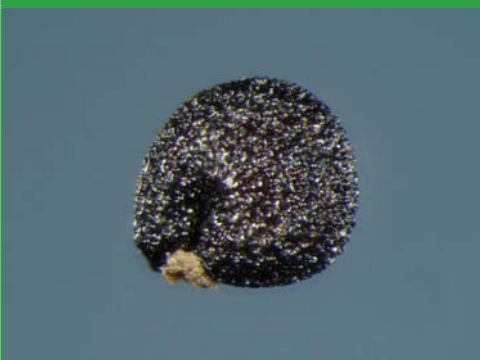


X=1.91±0.15mm  
Y=1.55±0.14mm  
Z=0.96±0.08mm  
比重=1.34g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 **大豆** **水稻**

スベリヒユ *(Portulaca oleracea L.)*

スベリヒユ科



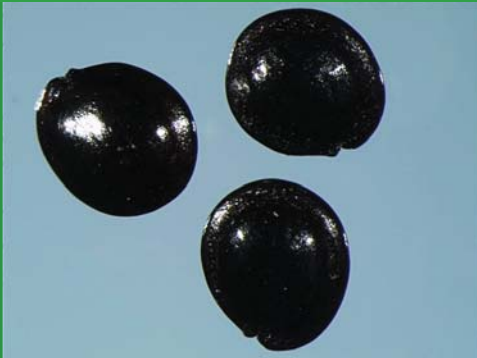
X=0.75±0.06mm  
Y=0.69±0.08mm  
Z=0.38±0.04mm  
比重=1.25g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 **大豆**



アオゲイトウ (*Amaranthus retroflexus* L.)

ヒユ科

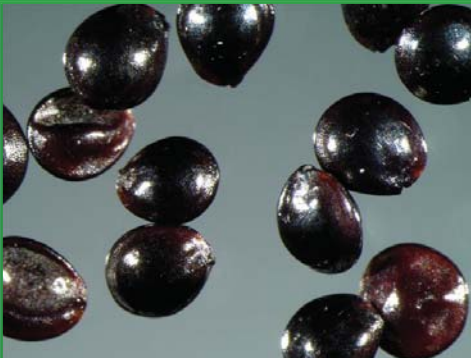
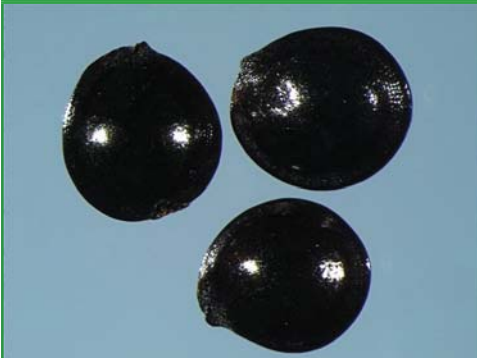


X=1.06±0.05mm  
 Y=0.96±0.04mm  
 Z=0.62±0.02mm  
 比重=1.38g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

ホソアオゲイトウ (*Amaranthus hybridus* L.)

ヒユ科



X=1.03±0.06mm  
 Y=0.91±0.05mm  
 Z=0.57±0.05mm  
 比重=1.38g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

イガホビユ (*Amaranthus powellii* S. Watson)

ヒユ科



X=1.00±0.03mm  
 Y=0.86±0.06mm  
 Z=0.56±0.02mm  
 比重=1.39g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

イヌビユ (*Amaranthus blitum* L.)

ヒユ科

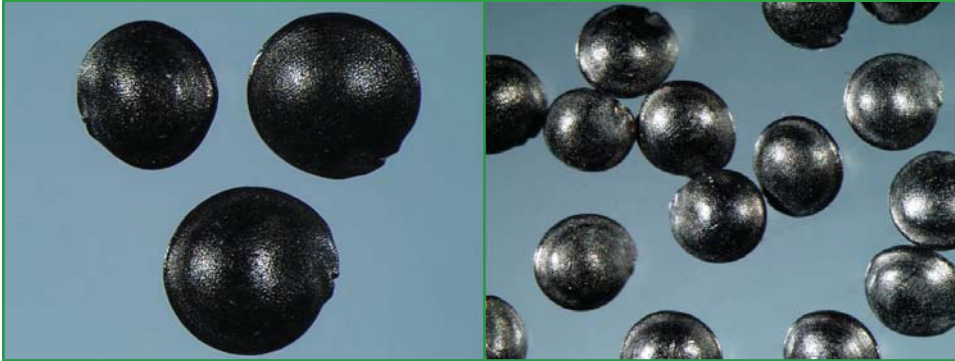


X=1.14±0.04mm  
 Y=1.04±0.05mm  
 Z=0.60±0.08mm  
 比重=1.31g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

ホナガイヌビユ <*Amaranthus viridis* L.>

ヒユ科

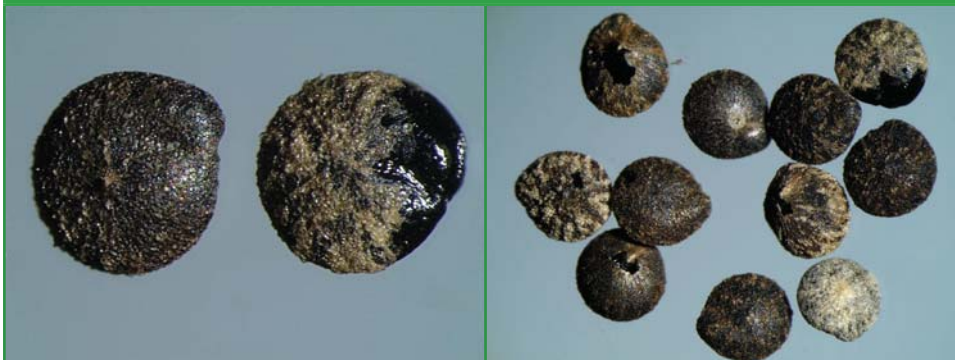


X=1.03±0.05mm  
Y=0.98±0.04mm  
Z=0.69±0.03mm  
比重=1.37g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

シロザ <*Chenopodium album* L.>

ヒユ科

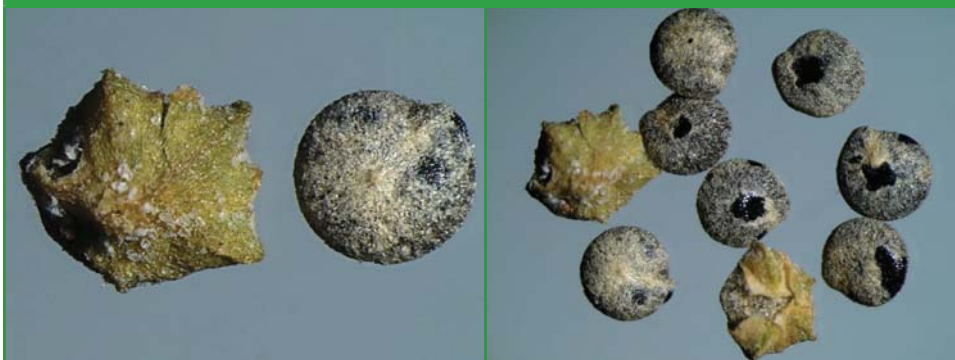


X=1.20±0.07mm  
Y=1.10±0.07mm  
Z=0.63±0.10mm  
比重=1.33g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

コアカザ <*Chenopodium ficifolium* Smith>

ヒユ科



X=1.04±0.06mm  
Y=0.98±0.05mm  
Z=0.50±0.02mm  
比重=1.31g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

コナギ <*Monochoria vaginalis* (Burm. fil.) C. Presl var. *plantaginea* Solms-Laub.>

ミズアオイ科



X=1.01±0.06mm  
Y=0.56±0.04mm  
比重=1.30g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稻

イヌビエ *(Echinochloa crus-galli (L.) Beauv var. crus-galli)*

イネ科



X=2.67±0.24mm  
 Y=1.62±0.13mm  
 Z=1.04±0.07mm  
 比重=1.32g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

ヒメイヌビエ *(Echinochloa crus-galli var. praticola Ohwi)*

イネ科



X=2.59±0.18mm  
 Y=1.44±0.08mm  
 Z=0.93±0.04mm  
 比重=1.33g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

ヒメタイヌビエ *(Echinochloa crus-galli var. formosensis Ohwi)*

イネ科



X=2.94±0.10mm  
 Y=1.77±0.06mm  
 Z=1.16±0.04mm  
 比重=1.32g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稻 大豆

タイヌビエ *(Echinochloa oryzicola (Vasing.) Vasing.)*

イネ科



X=3.78±0.19mm  
 Y=1.78±0.05mm  
 Z=1.16±0.06mm  
 比重=1.30g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稻 大豆

メヒシバ *Digitaria ciliaris* (Letz.) Koeler

イネ科



X=2.10±0.11mm  
 Y=0.77±0.05mm  
 Z=0.43±0.03mm  
 比重=1.33g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

アキメヒシバ *Digitaria violascens* Link

イネ科



X=1.53±0.08mm  
 Y=0.69±0.04mm  
 Z=0.38±0.04mm  
 比重=1.31g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

オオクサキビ *Panicum dichotomiflorum* Michx.

イネ科



X=1.99±0.06mm  
 Y=0.85±0.02mm  
 Z=0.55±0.01mm  
 比重=1.27g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 大豆

アゼガヤ *Leptochloa chinensis* (L.) Nees

イネ科



X=0.71±0.06mm  
 Y=0.43±0.04mm  
 Z=0.35±0.09mm  
 比重=1.36g/cm<sup>3</sup>

1年生夏雑草 水稲 大豆

カラスムギ (*Avena fatua* L.)

イネ科



X=8.66±0.38mm  
 Y=2.22±0.13mm  
 Z=1.75±0.07mm  
 比重=1.26g/cm<sup>3</sup>

1 年生冬雑草 麦

ネズミムギ (*Lolium multiflorum* Lam.)

イネ科



X=3.59±0.44mm  
 Y=1.32±0.13mm  
 Z=0.88±0.13mm  
 比重=1.37g/cm<sup>3</sup>

1 年生冬雑草 麦

スズメノテツポウ (*Alopecurus aequalis* Sobol. var. *amurensis* (Komar.) Ohwi)

イネ科



X=1.65±0.12mm  
 Y=0.89±0.05mm  
 Z=0.49±0.05mm  
 比重=1.35g/cm<sup>3</sup>

1 年生冬雑草 麦

ノハラスズメノテツポウ (*Alopecurus aequalis* Sobol. var. *aequalis*)

イネ科



X=1.34±0.12mm  
 Y=0.67±0.04mm  
 Z=0.26±0.04mm  
 比重=1.32g/cm<sup>3</sup>

1 年生冬雑草 麦

カズノコグサ <*Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fern.>

イネ科



X=1.98±0.18mm  
Y=0.71±0.07mm  
比重=1.29g/cm<sup>3</sup>

1年生冬雑草 麦

スズメノカタビラ <*Poa annua* L.>

イネ科



X=1.42±0.13mm  
Y=0.58±0.05mm  
比重=1.37g/cm<sup>3</sup>

1年生冬雑草 麦

イヌホタルイ <*Schoenoplectus juncooides* (Roxb.) Palla>

カヤツリグサ科



X=1.93±0.14mm  
Y=1.70±0.11mm  
Z=0.91±0.07mm  
比重=1.36g/cm<sup>3</sup>

多年生雑草 水稻 大豆

台湾ヤマイ <*Schoenoplectus wallichii* (Nees) T.Koyama>

カヤツリグサ科



X=1.85±0.07mm  
Y=1.50±0.07mm  
Z=0.70±0.04mm  
比重=1.36g/cm<sup>3</sup>

多年生雑草 水稻 大豆

ヒデリコ *(Fimbristylis miliacea (L.) Vahl)*

カヤツリグサ科



X=0.64±0.03mm  
Y=0.41±0.02mm  
比重=1.36g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稲

カヤツリグサ *(Cyperus microiria Steud.)*

カヤツリグサ科



X=1.34±0.05mm  
Y=0.60±0.05mm  
比重=1.31g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆

コゴメガヤツリ *(Cyperus iria L.)*

カヤツリグサ科



X=1.21±0.04mm  
Y=0.56±0.03mm  
比重=1.33g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稲 大豆

ヒナガヤツリ *(Cyperus flaccidus R. Br.)*

カヤツリグサ科



X=0.64±0.03mm  
Y=0.38±0.02mm  
比重=1.32g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稲

タマガヤツリ 〈*Cyperus difformis* L.〉

カヤツリグサ科



X=0.60±0.03mm  
Y=0.35±0.02mm  
比重=1.26g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稻

イボクサ 〈*Murdannia keisak* (Hassk.) Hand.-Mazz〉

ツユクサ科



大種子  
X=2.76±0.26mm  
Y=1.76±0.06mm  
Z=0.85±0.04mm  
比重=1.40g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 水稻 大豆

ツユクサ 〈*Commelina communis* L.〉

ツユクサ科



X=2.42±0.11mm  
Y=2.44±0.15mm  
Z=1.49±0.13mm  
比重=1.39g/cm<sup>3</sup>

1 年生夏雑草 大豆







## 参考文献

- 荒井正雄 1961. 水田裏作雑草の生態学的研究. 関東東山農試研報 19, 1-182.
- 浅井元朗・與語靖洋 2005. 関東・東海地域の麦作圃場におけるカラスムギ、ネズミムギの発生実態とその背景. 雑草研究 50, 73-81
- Baskin C. C. and Baskin J. M. 1998. Germination ecology of seeds with physical dormancy. In: Seeds. Academic Press, London, 101-132
- 千坂英雄・伊藤一幸・児嶋清・古谷勝司・片岡孝義・宮原益次 1985. 数種水田雑草の埋土種子の寿命. 雑草研究 30 (別), 133-134.
- 千坂英雄・片岡孝義 1977a. 水田一年生雑草種子の休眠・発芽・出芽の特性. 雑草研究 22(別), 94-96.
- 千坂英雄・古谷勝司・片岡孝義 1977b. 水田雑草種子の休眠の季節的推移. 雑草研究 22(別), 97-99.
- Goss W. L. 1924. The viability of buried seeds. J.Agric.Res. 29, 349-362.
- 原田二郎・佐々武史・田中孝幸 1991. アメリカセンダングサの休眠種子の発芽に及ぼす各種植物成長調節物質の影響. 北陸作物学会報 6, 114-116.
- Holmes R. J. & Froud-Williams R. J. P. 2005. Post-dispersal weed seed predation by avian and non-avian predators. Agric. Ecosyst. Environ. 105, 23-27.
- 岩崎桂三・綿島朝次・萩本宏 1981. ホタルイ, イヌホタルイおよびタイワンヤマイの越冬性と越冬株から発生した植物の防除. 雑草研究 26, 104-110.
- Jaclyn K. Borza, Paula R. Westerman, and Matt Liebman 2007. Comparing estimates of seed viability in three foxtail (*Setaria*) species using the imbibed seed crush test with and without additional tetrazolium testing. Weed Technol. 21, 518-522.
- 久野英二 1986. 「生態学研究法講座 17 動物の個体群動態研究法 I - 個体数推定法 -」. 共立出版, 東京, 55-57.
- 鍵谷俊樹 1992. アメリカセンダングサ (*Bidens frondosa* L.) の生理生態と防除. 植調 26, 23-27.
- 環境庁 1998. 「'96 身近な生き物調査調査結果」. 11.
- 片岡孝義・金昭年 1977. 数種雑草種子の休眠覚醒の貯蔵条件による差異. 雑草研究 22, 156-158.
- 片岡孝義・金昭年 1978. 数種雑草種子の発芽時の酸素要求度. 雑草研究 23, 9-12.
- 片岡孝義・児嶋清・古谷勝司 1979. コナギの生育と種子生産. 雑草研究 24, 86-91.
- 川名義明・森田弘彦・高林実・宮原益次 1999. 暖地における水田一年生雑草の出芽の年次消長 - 25 年目までの結果 - . 雑草研究 44(別), 148-149.
- 木田揚一・浅井元朗 2006. 夏期湛水条件がカラスムギおよびネズミムギ種子の生存に及ぼす影響. 雑草研究 51, 87-90
- 小荒井晃・芝山秀次郎 1991. 異なる条件で貯蔵したコナギ種子の発芽率の推移. 雑草研究 36(別), 38-39.
- 小荒井晃・森田弘彦・李度鎮・伊藤一幸・渡辺寛明・芝山秀次郎・宮原益次 1998. 22 年間耕土下層に埋土した水田雑草種子の発芽率. 雑草研究 43(別), 224-225.
- 小荒井晃・森田弘彦・服部眞幸・芝山秀次郎 2002. イネ籾の水抽出液を用いた寒天培地によるコナギの培養法. 雑草研究 47, 14-19.
- 小荒井晃・住吉正・大段秀記・保田謙太郎 2006. 貯蔵条件の異なるタウコギ, アメリカセンダングサ種

- 子の休眠と生存. 雑草研究 51(別), 122-123.
- 小林浩幸・土井倫子・小柳敦史 2005. 地表面で越冬した夏畑雑草種子の発芽に対する温度と光条件の影響. 雑草研究 50(別), 134-135.
- Kobayashi H, Nakamura Y and Watanabe Y. 2003. Analysis of weed vegetation of no-tillage upland fields based on the multiplied dominance ratio. Weed Biol. Manage. 3, 77-92.
- Kobayashi H. and Oyanagi A. 2005. *Digitaria ciliaris* seed banks in untilled and tilled soybean fields. Weed Biol. Manage. 5, 53-61.
- 小林浩幸・露崎浩・高柳繁 2005. 雑草モノグラフ 4. メヒシバ(*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler). 雑草研究 50, 310-326.
- 小林浩幸・好野奈美子・内田智子 2008. 比重分離した雑草埋土種子をスプーンですくって回収する. 雑草研究 53(別), 108.
- Malone C.R. 1967. A rapid method for enumeration of viable seeds in soil. Weeds 15, 3891-382.
- 松尾光弘・芝山秀次郎 1997. 侵入から約 20 年を経過した 1995 年の岡山県南部の水田におけるアメリカコナギの分布. 雑草研究 42, 221-226.
- 松尾和之・窪田哲夫 1988. シロザ種子の休眠覚醒に及ぼす温度および光の影響. 雑草研究 33, 293-300.
- 松尾和之・窪田哲夫 1989. 主要畑雑草の休眠覚醒におよぼす湿潤処理の影響. 雑草研究 34(別), 67-68.
- Maxwell B. D., Smith R. G. & Brelsford M. 2007 Wild Oat (*Avena fatua*) Seed Bank Dynamics in Transition to Organic Wheat Production Systems. Weed Sci. 55, 212-217.
- Miller S. D. & Nalewaja J. D. 1990 Influence of burial depth on wild oat (*Avena fatua*) seed longevity. Weed Tech. 4, 514-517.
- 宮原益次 1972. 水田雑草タイヌビエ種子の休眠性に関する生理生態学的研究. 農事試験場研究報告 16, 1-62.
- Miyahara M., Morita H. and Takabayashi M. 1989. Survival of seeds of major annual weeds buried into cultivated soil for 15 years under different soil moisture conditions and cultivation types in paddy fields of sothern Japan. Proceedings of the 12th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, 57-66.
- 嶺田拓也・沖陽子 1997. 雑草防除法、耕起法および作付け様式の異なる水田における埋土種子の比較. 雑草研究 42, 81-87.
- 森田弘彦 1982. 水田雑草ミズアオイの幼植物形態および開花, 種子生産の特性についてーコナギとの比較. 雑草研究 27, 16-21.
- 森田弘彦・土井康生 1980. ミズアオイとコナギの分類と北海道における分布について. 雑草研究 25(4), 297-299.
- 森田弘彦・川名義明・中山壮一 1990. 水田裏作雑草カズノコグサとスズメノテッポウの幼植物の簡易識別法と除草剤に対する反応の差異. 雑草研究 35, 373-376.
- 中谷敬子 1996. ハルタデの種子繁殖特性の解明. 雑草研究 41, 163-169.
- 中山壮一 2004. 水田で目立つ帰化雑草ーアメリカセンダングサー. 植調 37, 324-330.
- 岡武二郎・富久保男・中野幸彦 1979. 水田の新しい帰化雑草 *Heteranthera limosa* について. 雑草研究 24, 113-116.
- 澁谷知子・浅井元朗・中谷敬子・三浦重典 2008. 帰化アサガオ 5 種の発芽における温度反応性の種間差. 雑草研究 53, 200-203.

- 杉野守・芦田馨 1973. 雑草の発育生理学的研究(1)アメリカセンダングサの発芽と光周期的花芽分化. 近畿大学農学部紀要 6, 1-13.
- 住吉正 1997. ミヤマホタルイ種子の休眠・発芽および長期間貯蔵されたホタルイとコホタルイの種子の発芽と出芽. 日作東北支部報 40, 61-63.
- 住吉正 1996. イヌホタルイおよびタイワンヤマの種子の休眠と発芽に及ぼす貯蔵条件の影響. 雑草研究 41, 9-23.
- 住吉正・伊藤一幸 1999. 水田土壌中におけるタイワンヤマ (*Scirpus wallichii* Nees) とイヌホタルイ (*S. juncoides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama) の種子の休眠状態の季節変化と年次間差異. 雑草研究 44, 125-131.
- 鈴木光喜 2006. 秋田県における畑雑草種子の埋土条件での休眠発芽特性. 東北の雑草 6, 1-8.
- 高橋恭一・山田良雄・松嶋賢一・浅井元朗 2007. 神奈川県相模原市田名望地河原麦栽培ほ場におけるカラスムギ防除の取り組み. 雑草と作物の制御 2, 52-56
- 高柳繁 2004. 関東黒ボク土地帯における主要一年生畑夏雑草の定量的発生予測. 中央農業総合研究センター研究報告 5, 23-58.
- 高柳繁・中谷敬子・草薙得一・松永順子・野口勝可 1990. 浮選法による土壌中雑草種子分離回収装置の試作. 雑草研究 35, 189-191.
- Toole E. H. and Brown E. 1946. Final results of the duvel buried seed experiment. J. Agric. Res. 72, 201-210.
- Tsuyuzaki S. 1993. Seed viability after immersion in K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution. Seed Sci. Technol. 21, 479-481.
- 汪光熙・草薙得一・伊藤一幸 1996. ミズアオイとコナギの種子の休眠, 発芽出芽特性の差異. 雑草研究 41(3), 247-254.
- Wang, Guan-Gxi, Li, W., Wan, X-C. and Ito, M. 2003. *Monochoria vaginalis* var. *angstifolia*, a new variety of the Pontederiaceae from Thailand. Acta Phytotaxonomica Sinica 41, 569-572.
- 渡辺寛明・宮原益次 1988. イヌホタルイ種子の発芽に及ぼす種子の貯蔵条件及び発芽時の温度と光の影響. 雑草研究 33(別), 155-156.
- 渡辺寛明・宮原益次・芝山秀次郎 1991a. 水田におけるイヌホタルイの生育と種子生産量. 雑草研究 36, 153-161.
- 渡辺寛明・宮原益次・芝山秀次郎 1991b. 水田土壌中におけるイヌホタルイ種子の生存状態と発生. 雑草研究 36, 362-371.
- 渡邊泰 1978. 北海道における畑作雑草に関する生理・生態学的研究. 北海道農業試験場研究報告. 123, 17-77.
- Washitani I. 1985. Field fate of *Amaranthus patulus* seeds subjected to leaf- canopy inhibition of germination. Oecologia 66, 338-342.
- 藪野友三郎 1975. ヒエ属植物の分類と地理的分布. 雑草研究 20, 97-104.
- 山末祐二 2001. 種子の休眠・発芽調査法, 日本雑草学会編「雑草科学実験法」, 日本雑草学会, 東京, pp.52-53.

#### 一般的な図鑑類

種子や幼植物の同定に際しては、本マニュアルのほか、以下の文献も参考にしてください。これらはいずれも一般的な図鑑類で、入手も容易です。なお、本マニュアルの執筆にあたってはこれらの文献を参考にしましたが、引用箇所は個別に示していません。

- 浅野貞夫 1995. 「原色図鑑 芽ばえとたね-植物 3 態/芽ばえ・種子・成植物」. 全国農村教育協会, 東京.
- Iwatsuki K., Bufford D. E. and Ohba H. (eds) 1993, 1995, 1999, 2001, 2006. Flora of Japan Volume 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, Kodansha, Tokyo.
- 北村四郎・村田源・小山鐵夫 1964. 「原色日本植物図鑑」 (3 分冊). 保育社, 大阪.
- 神奈川県植物誌調査会編 2001. 「神奈川県植物誌 2001」. 神奈川県立生命の星・地球博物館, 小田原.
- 笠原安夫 1968. 「日本雑草図説」. 養賢堂, 東京.
- 長田武正 1993. 「増補 日本イネ科植物図譜」. 平凡社, 東京.
- 中山至大・井之口希秀・南谷忠志 2000. 「日本植物種子図鑑」. 東北大学出版会, 仙台.
- 大井次三郎 1983. 「新日本植物誌 顕花編 改訂版」. 至文堂, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫編 1982. 「日本の野生植物 草本」 (3 分冊). 平凡社, 東京.
- 清水建美 2003. 「日本の帰化植物」. 平凡社, 東京.
- 清水矩美・森田弘彦・廣田伸七 2001. 「日本帰化植物写真図鑑」. 全国農村教育協会, 東京.

## 執筆者一覧（五十音順）

浅井元朗	中央農業総合研究センター 雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム
牛木 純	中央農業総合研究センター 雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム
大段秀記	九州沖縄農業研究センター 雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム
川名義明	中央農業総合研究センター 雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム
小荒井晃	九州沖縄農業研究センター イネ発酵 TMR 研究チーム
小林浩幸	東北農業研究センター カバークロップ研究チーム
渋谷知子	中央農業総合研究センター カバークロップ研究関東サブチーム
住吉 正	九州沖縄農業研究センター 九州水田輪作研究チーム
中谷敬子	中央農業総合研究センター カバークロップ研究関東サブチーム
中山壮一	東北農業研究センター 東北水田輪作研究チーム
三浦 礼	東北農業研究センター カバークロップ研究チーム
好野奈美子	東北農業研究センター カバークロップ研究チーム
渡邊寛明	中央農業総合研究センター 雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム

## 雑草名の索引

アオゲイトウ . . . . . 26, 54, 62	タカサブロウ . . . . . 46, 62
アキメヒシバ . . . . . 28, 57, 63	タマガヤツリ . . . . . 61, 63
アゼガヤ . . . . . 57, 63	チョウジタデ . . . . . 50, 62
アゼトウガラシ . . . . . 48, 62	ツタノハルコウ . . . . . 22
アゼナ . . . . . 47, 62	ツユクサ . . . . . 61, 63
アブノメ . . . . . 47, 62	テリミノイヌホオズキ . . . . . 50, 62
アメリカアサガオ . . . . . 22	トキンソウ . . . . . 46, 62
アメリカアゼナ . . . . . 47, 62	ヌカキビ . . . . . 28
アメリカコナギ . . . . . 36	ネズミムギ . . . . . 58, 63
アメリカセンダングサ . . . . . 20, 46, 62	ノハラスズメノテッポウ . . . . . 32, 58, 63
アレチウリ . . . . . 52, 62	ハルタデ . . . . . 24, 52, 62
イガホビユ . . . . . 26, 54, 62	ヒデリコ . . . . . 60, 63
イヌタデ . . . . . 24, 53, 62	ヒナガヤツリ . . . . . 60, 63
イヌビエ . . . . . 38, 56, 63	ヒメイヌビエ . . . . . 38, 56, 63
イヌビユ . . . . . 26, 54, 62	ヒメタイヌビエ . . . . . 38, 56, 63
イヌホオズキ . . . . . 49, 62	ヒメミソハギ . . . . . 50, 62
イヌホタルイ . . . . . 40, 59, 63	ヒロハフウリンホオズキ . . . . . 50, 62
イボクサ . . . . . 42, 61, 63	ホシアサガオ . . . . . 22, 48, 62
オオイヌタデ . . . . . 24, 52, 62	ホシクサ . . . . . 17
オオイヌホオズキ . . . . . 49, 62	ホソアオゲイトウ . . . . . 26, 54, 62
オオクサキビ . . . . . 57, 63	ホソバコナギ . . . . . 36
オオハルタデ . . . . . 53, 62	ホソバヒメミソハギ . . . . . 51, 62
カズノコグサ . . . . . 34, 59, 63	ホナガイヌビユ . . . . . 26, 55, 62
カヤツリグサ . . . . . 60, 63	マメアサガオ . . . . . 22, 48, 62
カラスノエンドウ . . . . . 51, 62	マルバアサガオ . . . . . 22, 49, 62
カラスムギ . . . . . 30, 58, 63	マルバアメリカアサガオ . . . . . 22, 49, 62
キカシグサ . . . . . 51, 62	マルバルコウ . . . . . 22, 48, 62
キクモ . . . . . 17	ミズアオイ . . . . . 36
クサネム . . . . . 51, 62	ミゾハコベ . . . . . 17
コアカザ . . . . . 55, 62	メヒシバ . . . . . 28, 57, 63
コゴメガヤツリ . . . . . 60, 63	モトタカサブロウ→タカサブロウ
コナギ . . . . . 36, 55, 63	ヤエムグラ . . . . . 47, 62
サナエタデ . . . . . 24, 52, 62	ヤナギタデ . . . . . 24, 53, 62
シロザ . . . . . 26, 54, 62	ヤハズエンドウ→カラスノエンドウ
スズメノカタビラ . . . . . 59, 63	
スズメノテッポウ . . . . . 32, 58, 63	
スベリヒユ . . . . . 53, 62	
タイヌビエ . . . . . 38, 56, 63	
タイワンヤマイ . . . . . 59, 63	
タウコギ . . . . . 46, 62	

注) 斜字は本文中の説明のみの草種



麦作・大豆作・水稲作の難防除雑草  
埋土種子調査マニュアル

---

2009年5月31日 初版第1刷

2013年11月1日 訂正第2版

編集・発行 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業総合研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

電話 029-838-8481

東北農業研究センター

〒020-0198 岩手県盛岡市下厨川字赤平4

電話 019-643-3414

九州沖縄農業研究センター

〒861-1192 熊本県合志市須屋2-4-2-1

電話 096-242-1150

---

佐藤印刷印刷（茨城県つくば市）