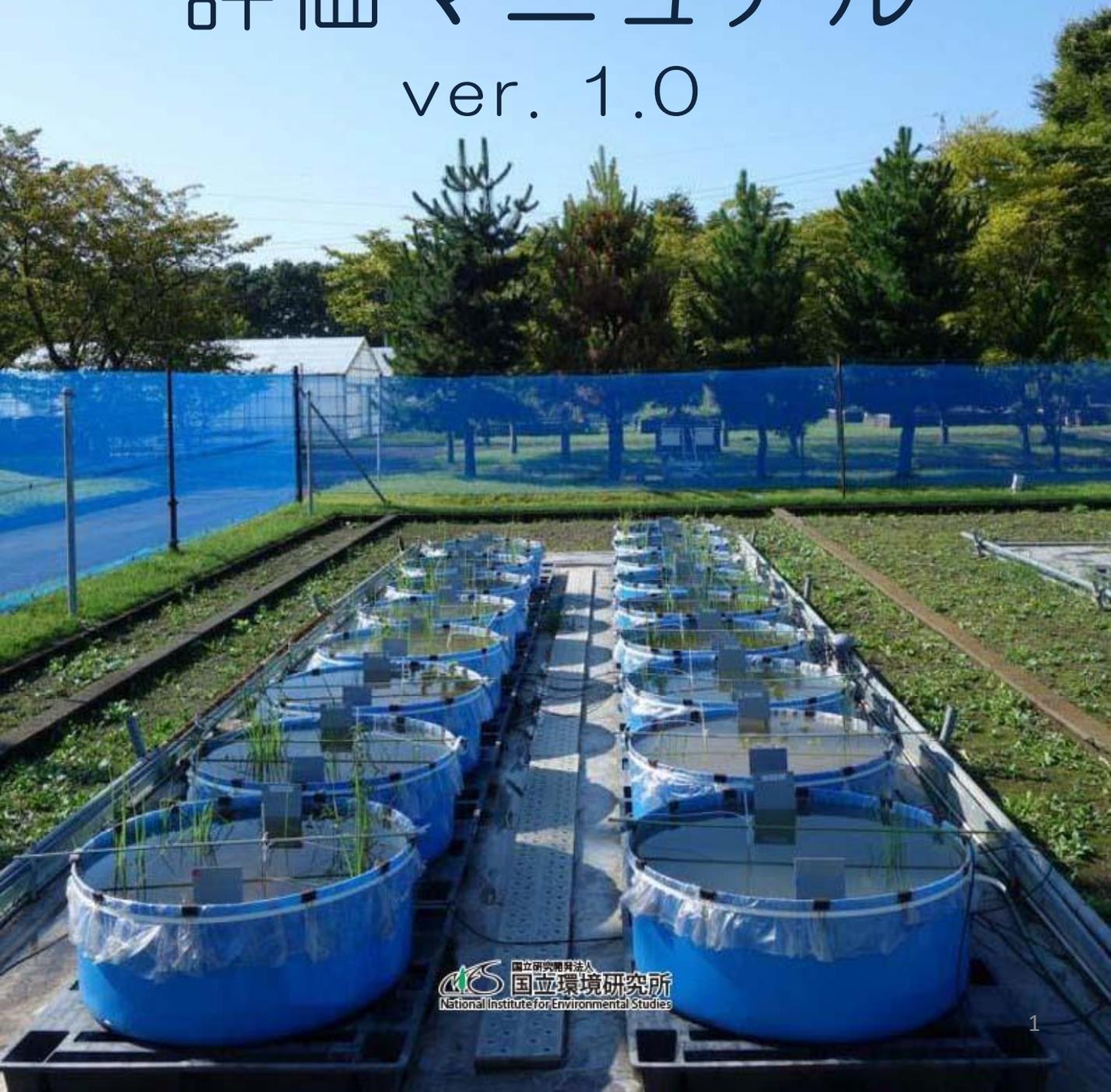


メソコズムを用いた 生態系に対する 農薬リスク 評価マニュアル

ver. 1.0



目次

はじめに	4
止水式メソコズム試験の概要	5
試験の実施	6
止水式メソコズム試験の流れ	7
止水式メソコズム試験に用いる道具	8
タンクの設置	9
薬剤の投入	11
水・土の残留農薬調査	12
生物調査	13
タンクの維持・管理	19
試験結果の解析	20
メソコズム試験結果の解析について	21
メソコズム試験結果の解析の流れ	22
PRC解析	23
特定の種への影響	25
コラム：PRC解析のより専門的な解説	27
付録	32
主要な殺虫剤のPEC、HC ₅₀	33
PRCテンプレートの使い方	35
個別解析用テンプレートの使い方	42
参考文献	43

はじめに

メソコズムを用いた生態系に対する農薬リスク評価について

生態系は多種の生物が織りなす複雑な相互作用によって構築されているため、ビーカー内の試験生物に対する急性毒性試験のみで農薬の生態系への影響を判断することは困難です。

農薬による生物多様性への影響を生態学的に評価することが可能な止水式メソコズム試験は、地域ごとの生物多様性に配慮した農薬やその使用方法の選択を支援するためのツールとして最適です。

本マニュアルは、地域におけるそれらの取組を支援するために、環境省請負事業「平成28年度農薬による生物多様性への影響調査業務」により作成したものです。

止水式メソコズム試験でできること

可能	<ul style="list-style-type: none">● タンクに移出入可能な生物、および導入した生物が構築する<u>群集全体に対する農薬の影響評価</u>● 特定の指標生物に対する農薬の影響評価● 野外の止水条件における水中・土壌中農薬濃度推移の把握
難しい	<ul style="list-style-type: none">● タンクへの移入が期待できない生物への農薬影響評価※● 個々の種が農薬から受ける直接的・間接的影響の区別● 流水条件における水中・土壌中農薬濃度推移の把握

※ タンク内での発生あるいは移入が期待できない種について評価をおこなう場合は、その種の導入も検討します

重要

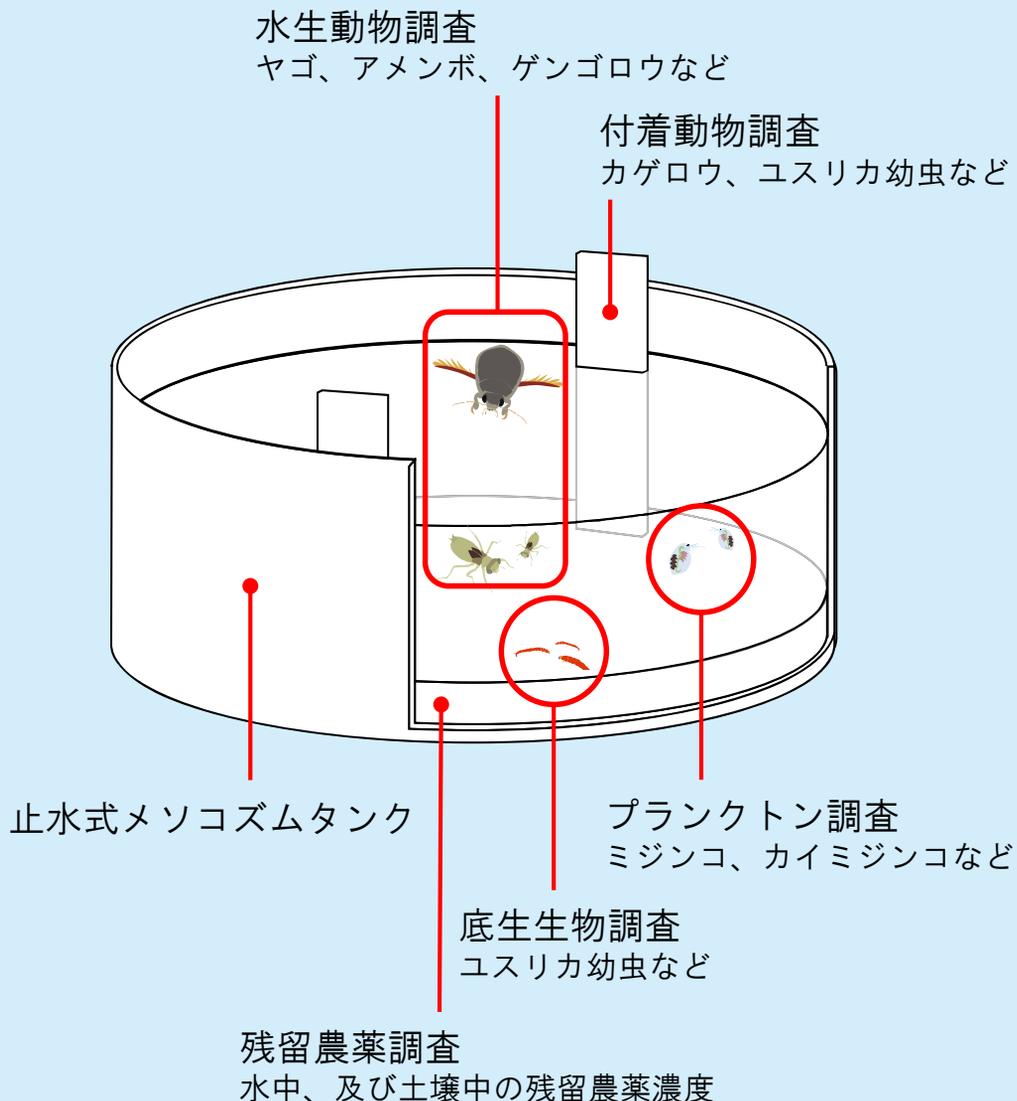
止水式メソコズム試験だけでなく、それぞれの種の急性毒性試験や実際の野外調査の結果も含めて総合的に解析することで、より一層精度の高い評価をおこなうことが可能になります

止水式メソコズム試験の概要

止水式メソコズム試験は、生態系の重要な要素である生物種の地域固有性や季節性、群集構造を反映して、農薬の水域生態影響を評価するシステムです

土壌と水を入れ野外に設置したタンクに農薬を導入し、定期的に水質や残留農薬濃度を測定するとともに、生物相の調査を実施します

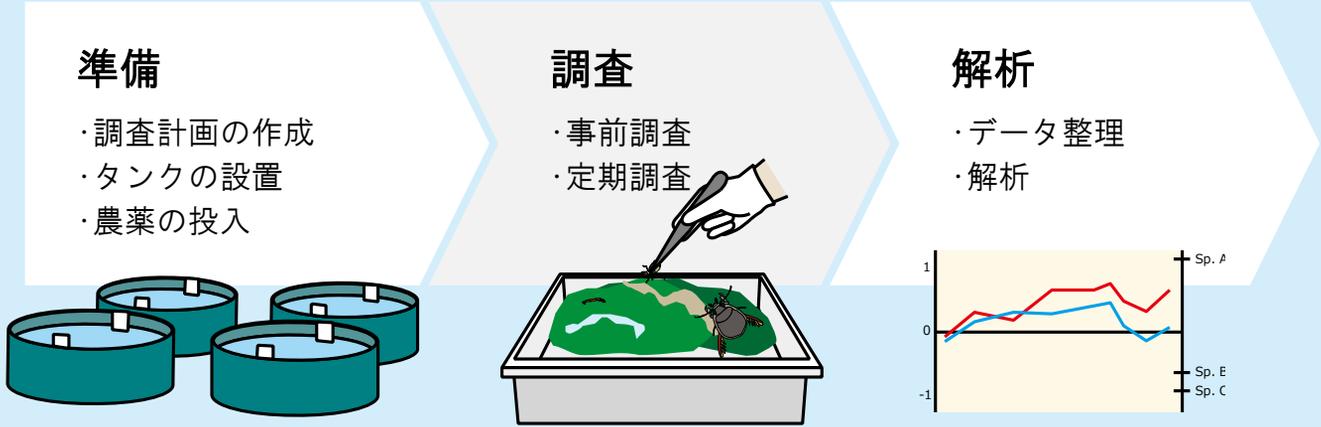
周辺環境から生物を自由に出入りさせ、定期調査から得られる生物相の時系列変遷データを解析することにより、調査地域における生物群集に及ぼす農薬の影響を評価します



1. 試験の実施

止水式メソコズム試験の流れ

試験全体の流れ



調査計画の例 (以降、この調査計画に従って方法を説明します)

目的	水稻箱苗施用剤●●及び★★が〇〇県△△市水田地帯の生物群集に及ぼす影響を比較する
実施場所	〇〇県△△市の水田地帯の休耕田
開始時期	田植え時期と薬剤投入のタイミングを一致させるように調整 (薬剤投入1か月前までにタンク設置、2週間前に事前調査)
実施期間	薬剤投入後約5か月
調査頻度	生物調査：2週間おき12回 (事前調査を含む) 農薬濃度：薬剤投入前、薬剤投入2時間後、1、3、7、14、28、56、84、112、140日後 (合計11回)
試験農薬	●●、及び★★ (市販の箱苗施用製剤)
農薬濃度	HC ₅₀ 値 (有効成分、1濃度区)
使用する水	水道水150L / 1タンク (300Lタンク使用)
使用する土壌	無農薬水田土壌75L / 1タンク (事前に残留農薬濃度を確認のこと)
反復数	薬剤区・コントロール区それぞれ4反復ずつ (合計12タンク)
調査項目	農薬濃度：水中・土壌中 生物調査：プランクトン・水生動物・底生動物・付着動物
解析方法	・PRC解析で概況判断し、その結果に応じて個別の解析 ・特定の指標種に対する影響の有無の解析

止水式メソコズム試験に用いる道具

- 水と土壌を入れたタンクと、生物調査・物理条件調査・水・土壌サンプル採取道具があれば、止水式メソコズム試験をおこなうことができます。
- 下に道具構成例を示しますが、調査目的に応じて構成内容を調整しましょう。
- 複数必要な道具は、サイズ、色、形を揃えるようにしてください。

道具構成例

タンク	紫外線劣化に強いFRPや樹脂製の円筒型水槽を使用します。 水150L、土壌75L導入する場合、浅型300L程度が最適です。 <前ページシナリオの場合> 薬剤2種 各1濃度区×4反復+コントロール4反復=合計12タンク 色はできるだけ同じにしてください。
付着生物調査板	タンクあたり2枚の塩ビ板を設置します。 <前ページシナリオの場合> 450mm×120mm程度の塩ビ板2枚×12タンク=合計24枚
プランクトンネット	250μmメッシュ、口径300mm、側長500mm程度のものを用います。 コンタミの心配がないので、1つで十分です。
魚すくい網	口径300mm程度のものを使用します。薬剤や生物のコンタミを防ぐため、同じ規格のものを処理区数用意します。 <前ページシナリオの場合> 薬剤2種+コントロール=合計最低3本（12本あればベスト）
遮光PEボトル	残留農薬濃度分析用の水・土壌サンプルの冷凍保存に用います。 250mlのものを使用します。サンプル数必要です。 <前ページシナリオの場合> 薬剤2種×4反復×1回2本（水・土壌）×10回+試験開始前の土壌=合計161本
土壌コアサンプラー	農薬分析用の土壌の採取や、底生生物の調査に使用します。 内径100mm、深さ50mm程度の塩ビ製キャップがお勧めです。 処理区数用意します。 <前ページシナリオの場合> 薬剤2種+コントロール=合計最低3個（12個あればベスト）
ふるい	0.85mmメッシュのものを用います。 コンタミの心配はありませんが、複数あると便利です。
イネ苗	箱苗施用剤を試験する場合は、薬剤を吸収させたイネ苗をタンクに植えつけます。また箱剤を使用しない場合でも、イネを植えつけることで生物の移入を促進したりタンク内の環境を安定させる効果が期待できます。
その他	ピンセット、バット、洗浄瓶（純水用）、ステンレス製ヘラ、バケツ、水道ホース、使い捨てゴム手袋、使い捨て長手袋、ビニル袋、タッパー、遠沈管もしくは5mlチューブ（生物サンプル保管用）、クーラーボックス など

タンクの設置

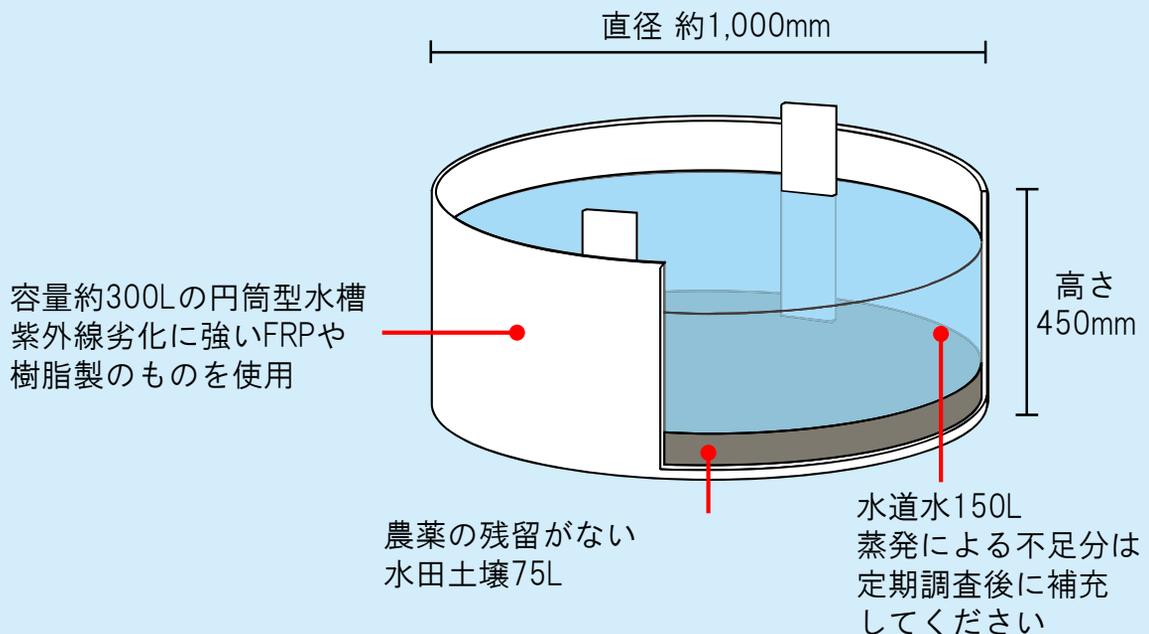
それぞれの地域に固有かつ多様な生物群集に対する農薬の影響評価を行うために、止水式メソコズム試験では調査する動物のほとんどを人為的な導入によらず、周辺環境からの自然な移入に委ねます。

タンク設置の例

調査開始1か月前までにタンクを設置し、周辺環境からの自然な生物の移入を促します。

※生物の移入の妨げになるため、できるだけハウス内は避け露地に設置しましょう。

300Lタンク使用の場合（水150L、土壌75L導入）



重要

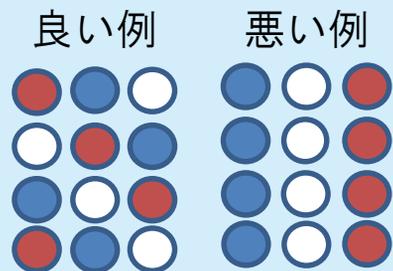
農薬の残留がない土壌を入手するのが困難な場合は、**事前に残留農薬濃度分析を行い、残留の程度が比較的低いもの**を使用します。

タンクを並べる際には、できるだけ**すべてのタンクが同じ条件になる**ようにするとともに、**同じ試験区のタンクを並べて設置することは避けて**ください（設置場所が試験結果に影響するのを防ぐため）。

タンクの設置

タンクの配置例

：できるだけ同じ処理区が固まらないようにします。さいころやランプ、Excelの乱数機能を使ってランダムに配置するのもいいでしょう。



○ 無処理； ● 薬剤A； ● 薬剤B

イネ苗の植え付け

タンクあたり4～9株程度が適当です。

箱苗施用剤の試験を行わない場合は、10cm程度のポリポットで育苗し、そのままタンク内に設置すると作業が容易です。

タンクは実水田に比べ水位が高いため、田植え期のサイズのイネ苗を植えた場合、水没し生存率が下がります。下記のような方法で補ってください。

- 箱苗施用剤を試験する場合…田植え期のサイズのイネに薬剤を吸収させてタンクに植え、枯れるようなら大きく育てた苗を追加で植える、もしくはポットごと設置する。
- 箱苗施用剤の試験以外の場合…あらかじめ大きく育てた苗を植える、もしくはポットごと設置する。

薬剤の投入

止水式メソコズム試験の実施には、試験対象の薬剤をタンクに投入する必要があります

試験目的に合わせて、用いる剤型や初期濃度、投入方法などを設定します

剤型の種類と濃度設定

液剤、 粒剤等	<ul style="list-style-type: none">● 植物体や根元への散布を行う剤型です。● 試験の際は、実用薬量、もしくはPECやHC₅₀（下記）を参考に決定し、同一薬剤のタンク間で薬剤濃度が同じになるように投入します。 <p>（例）S粒剤（有効成分1%含有）の場合 実用薬量：3kg/10a（製剤として） PEC：0.027mg/L（有効成分として） HC₅₀：3mg/L（有効成分として） →直径1m、水150Lのタンクに対し、製剤をそれぞれ約2.4g、0.41g、45g投入する。</p>
箱剤	<ul style="list-style-type: none">● 育苗箱の土に混ぜて苗に吸収させる剤型です。● 試験の際は、あらかじめイネ苗を育てる際に実用薬量を育苗箱に加え、通常の栽培と同様に薬剤を吸収させた苗をタンクに植えます。

設定濃度の参考として、環境中予測濃度（PEC）、種の感受性分布（SSD）を基にした50%の生物種に影響が出ないと予想される濃度（HC₅₀）などがあります。

PEC：http://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/odaku_kijun/kijun.html
（環境省webサイト）より必要な農薬の評価書を参照。

HC₅₀：参考文献5（43ページ）

※農業環境技術研究所（現・農研機構・農業環境変動研究センター）のwebサイトに、SSDやHC₅₀の概念の説明があります。

<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/press/160325/>

33, 34ページに主要な殺虫剤のPEC、HC₅₀を掲載しています。

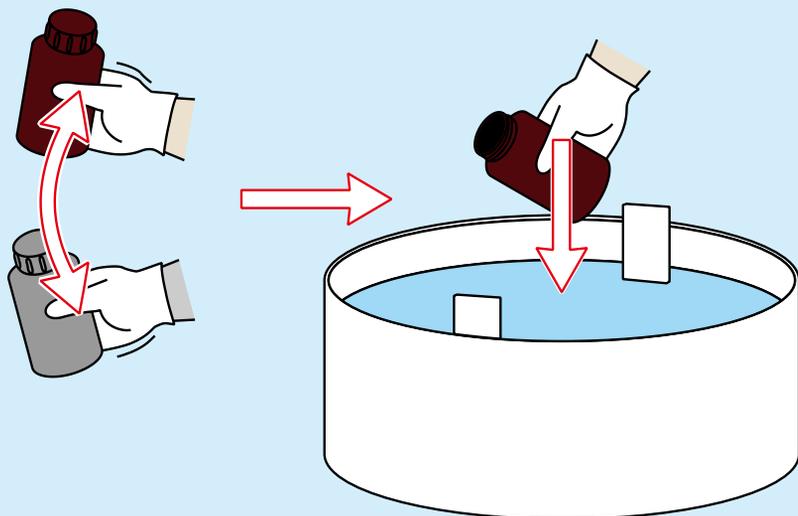
水・土の残留農薬調査

農薬は光や熱によって分解するため、流出がなくとも濃度は低下し、生物群集におよぼす影響の程度も変化します。

水および土に残存する農薬濃度を測定することで、発生する生物群集との対応関係を調べることが可能になります。

- 光による分解を抑えるため、遮光ボトルを用います。
- 熱による分解を抑えるため、分析までは冷凍保存します。
- 農薬によって濃度分析方法は様々ですので、対象とする農薬の濃度分析方法に従ってください。

調査するタンクの水で容器を共洗いし、その水を捨ててから水や土壌を採取します。土壌はコアサンプラーで表面から5cm程度をくりぬくように採取します。水、土壌とも、タンク内の複数の地点から少しずつ採取するようにします。



重要

薬剤や生物のコンタミネーションを防ぐため、**手袋は水槽ごとに取り替えます。**

農薬分析は専門業者に発注することもできます。**予算に応じて回数を調整**するなどし、農薬の濃度を確認しておくことが重要です。また、水・土の採取量は分析業者の指示に従ってください（通常は100mlあれば十分です）。

2年以上に渡って試験を行う場合は、2年目以降は**その年の農薬投入前にも残留濃度を調べると**、より農薬の濃度と生物影響の関係への理解が深まります。

生物調査

各タンクに発生した**生物の種類や個体数**を調べ、処理区ごとに比較します。

生物は種によって生活場所やライフスタイルが異なるため、本マニュアルではプランクトン・水生動物・底生動物・付着動物に分けて調査方法を紹介しています。**試験の目的や対象に応じて、必要な調査**を行ってください。

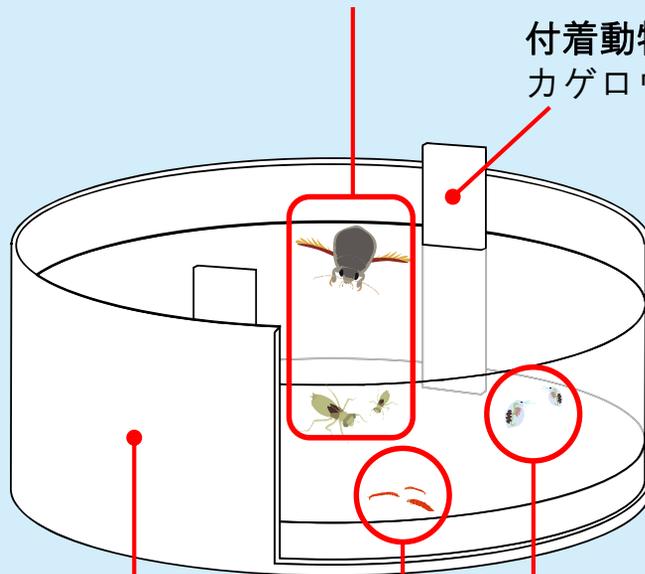
特定の種に対する影響を知りたい場合はその種だけの調査でも構いません。

水生動物調査

ヤゴ、アメンボ、ゲンゴロウなど

付着動物調査

カゲロウ、ユスリカ幼虫など



止水式メソコズムタンク

プランクトン調査

ミジンコ、カイミジンコなど

底生動物調査

ユスリカ幼虫など

生物調査

出現した種を正確に同定することは、正確な試験のためには大変重要です。しかし生物の同定は、慣れない人には難しい場合も少なくありません。また、地域によっても生息する生物種は異なります。

種の同定が難しい場合は、科まで、目までといったように、**大まかな分類群ごと**に分けることもできます。

例) ガムシ類成虫、イトトンボ類幼虫、ミジンコ類、など

また、種名が分からない場合でも、**形態の違いがあれば別の種**として記録しておくことにより、より詳細な分析が可能になります。

例) イトトンボ類幼虫1、2、…、 など

ただしその場合、同じ分類群内での種構成の変化などをとらえることはできなくなります。また、認識される群の数が減ることで解析結果に影響が出る可能性もあります。

群集動態を調べる場合、たとえばミジンコなら目または科、昆虫なら科または属レベルまで同定できれば、種まで同定した場合に近いレベルで把握することができます。

より詳細な同定・解析を行ないたい場合は、**近隣の博物館の学芸員や、地元の自然愛好家といった方々の協力を得る**ことで、スムーズかつ正確に同定作業を行えるでしょう。地域の力を結集することが、地域の自然を守るための一番の近道です。

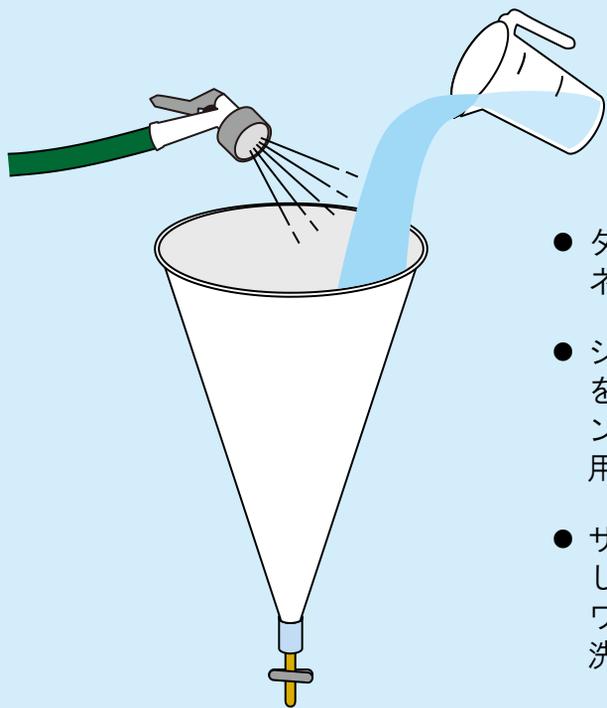
また、43ページに挙げた参考文献もぜひ活用してください。



プランクトン調査

土壌に含まれる休眠卵から発生するプランクトンを利用して、農薬がプランクトンに及ぼす影響を調査します。

プランクトンの世代期間は比較的短いので、薬剤投入直後の短期的な影響を反映することがあります。



- タンクの水を1Lすくい取り、プランクトンネットで濾しとります。
- シャワーでネットに付着したプランクトンを洗い落とし、溜まったプランクトンをサンプル瓶に入れて持ち帰り、実体顕微鏡を用いて同定します。
- サンプルを採取した後、次のサンプルを濾しとる前に、下のコックを開けたままシャワーでネット内を流すことで残った残渣を洗い落とします。

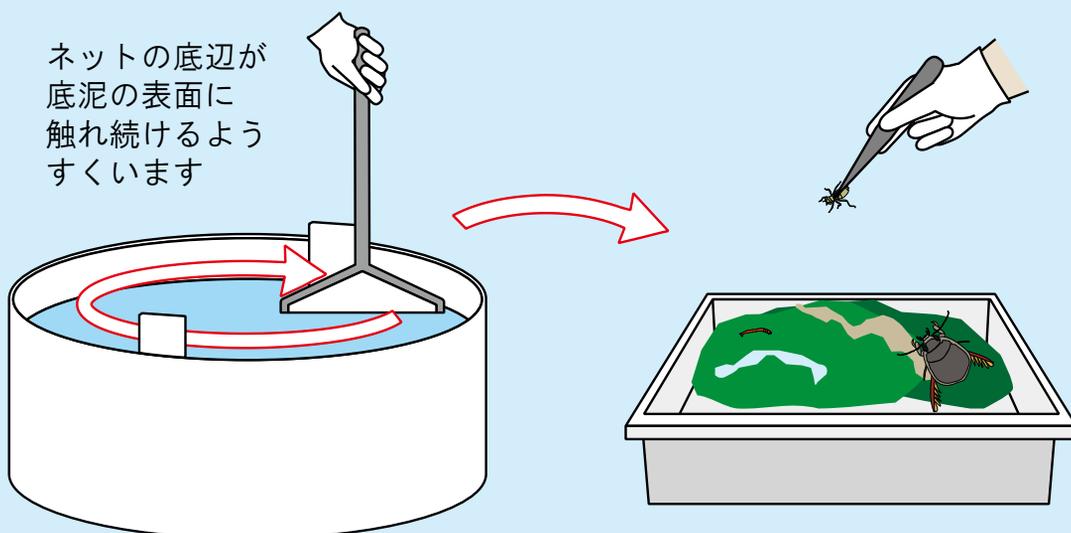
重要

正確な種名がわからない場合でも、形態的に区別のできるものは**別の種として記録**しておくことで、より細かな解析につながります。この時、サンプルをエタノールで保存しておくことをお勧めします。

水生動物調査

周辺環境からの自然な移入により形成された群集を利用して、農薬が比較的大型の動物相に及ぼす影響を調査します。

- 魚すくいネットでタンク内を一周、一定の速度ですくい、内容物をバットなどにあけ、肉眼で確認できる動物を採集・同定します。
- 薬剤や生物のコンタミネーション防止のため、一度採集した生物（植物を含む）は、水槽に戻しません。



重要

正確な種名がわからない場合でも、形態的に区別のできるものは別の種として記録しておくことで、より細かな解析につながります。

昆虫類では成虫と幼虫とで異なる食性を持つものも多いこと、及び幼虫の移動能力が限られていることから、両者を分けて記録することでより細かな解析につながります。この時、サンプルをエタノールで保存しておくことをお勧めします。

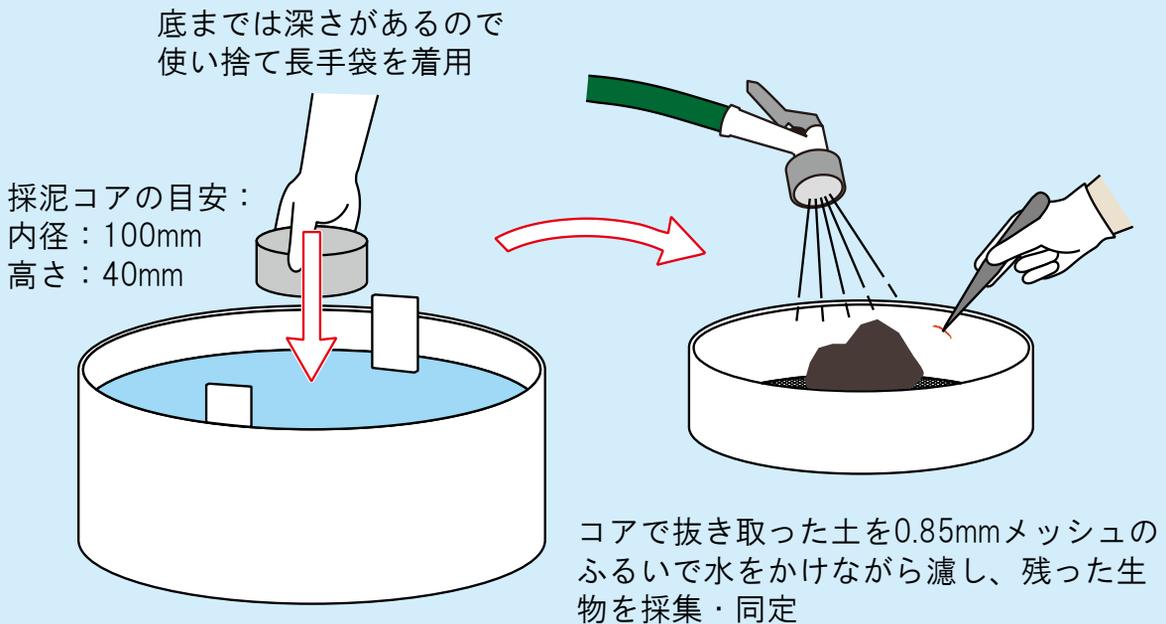
トンボ類幼虫の調査は、イネ株などにつく羽化殻の調査によって行うこともできます（その場合は最低週2回程度の調査が必要）。

底生動物調査

農薬が土壌中に生息するユスリカ幼虫などの生物に及ぼす影響を調べます。

ユスリカの世代期間は昆虫類の中では比較的短いので、薬剤投入直後の短期的・中期的な影響を反映することがあります。

- 採泥コアで採取した土壌をふるいにあけ、流水で土壌を濾しながらふるいに残った動物を採集・同定します。
- 薬剤や生物のコンタミネーション防止のため、一度採集した生物（植物を含む）は、水槽に戻しません。



重要

正確な種名がわからない場合でも、形態的に区別のできるものは**別の種として記録**しておくことで、より細かな解析につながります。この時、サンプルをエタノールで保存しておくことをお勧めします。

付着動物調査

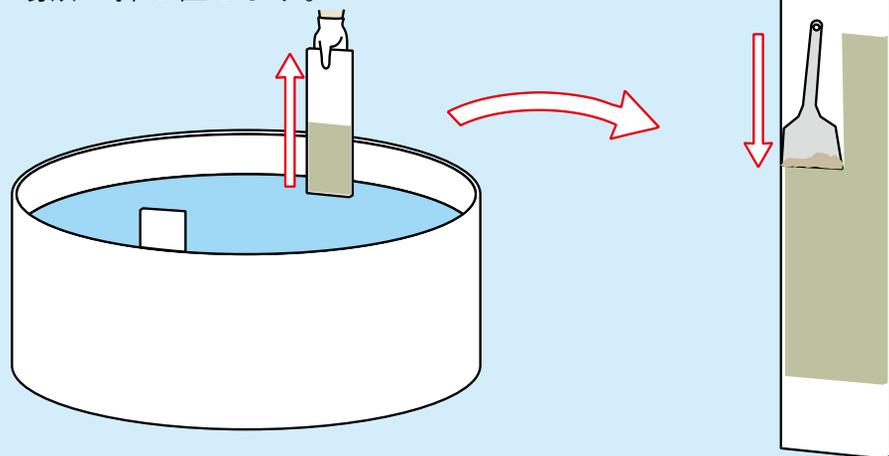
底質の条件によっては、ユスリカ幼虫などは底泥から構造物の表面などへ移動することがあります。

付着動物調査では、塩化ビニル板を用いてこれらの動物を調査します。

- 2か所に設置した塩化ビニル板に付着している動物を採取・同定します。

付着生物調査板を静かに抜き
ヘラなどで両面を藻ごっこそぎ取ります。

こそぎ取った後の板は流水で洗浄後
元の場所に挿し直します。



重要

藻や動物がついていない場合でも、条件を統一するため、ヘラでこそぎ取る作業を同様におこないます。

正確な種名がわからない場合でも、形態的に区別のできるものは別の種として記録しておくことで、より細かな解析につながります。この時、サンプルをエタノールで保存しておくことをお勧めします。

タンクの維持・管理

試験期間中および期間外のタンクの維持・管理について、注意すべき点をまとめます。

- 雨天時の対応
 - 大雨が降り、タンクの水が溢れることが予想される場合には、農薬の濃度が変わってしまうのを避けるため、ブルーシート等をかけ雨水の流入を防ぎます。
 - 屋根つきの場所（側面を解放したハウスなど）に設置する方法もありますが、生物の移入が少なくなるため試験には不向きです。
- カエルや鳥、小動物の侵入
 - カエルも水辺の生態系の重要な構成要員ではありますが、タンクという狭い閉鎖系の中では他の生物に対する捕食圧が大きく、試験に支障をきたす場合があります。カエルの侵入やオタマジャクシの発生が見られた場合は、適宜除去してください。
 - また、鳥や小動物などがタンク内の生物を捕食しに訪れる場合も、鳥・動物除けを設置するなどしてください。
- 試験期間外の管理
 - 試験終了後、翌年も継続して調査を行う場合は、そのまま野外に設置し続けます。水は完全に干上がらない程度としてください。
 - また、翌年の試験開始までの間に、前年の調査で採取した分の土壌を補充し、かき混ぜてください（その際も、農薬の残留がないか確認した土壌を使用してください）。

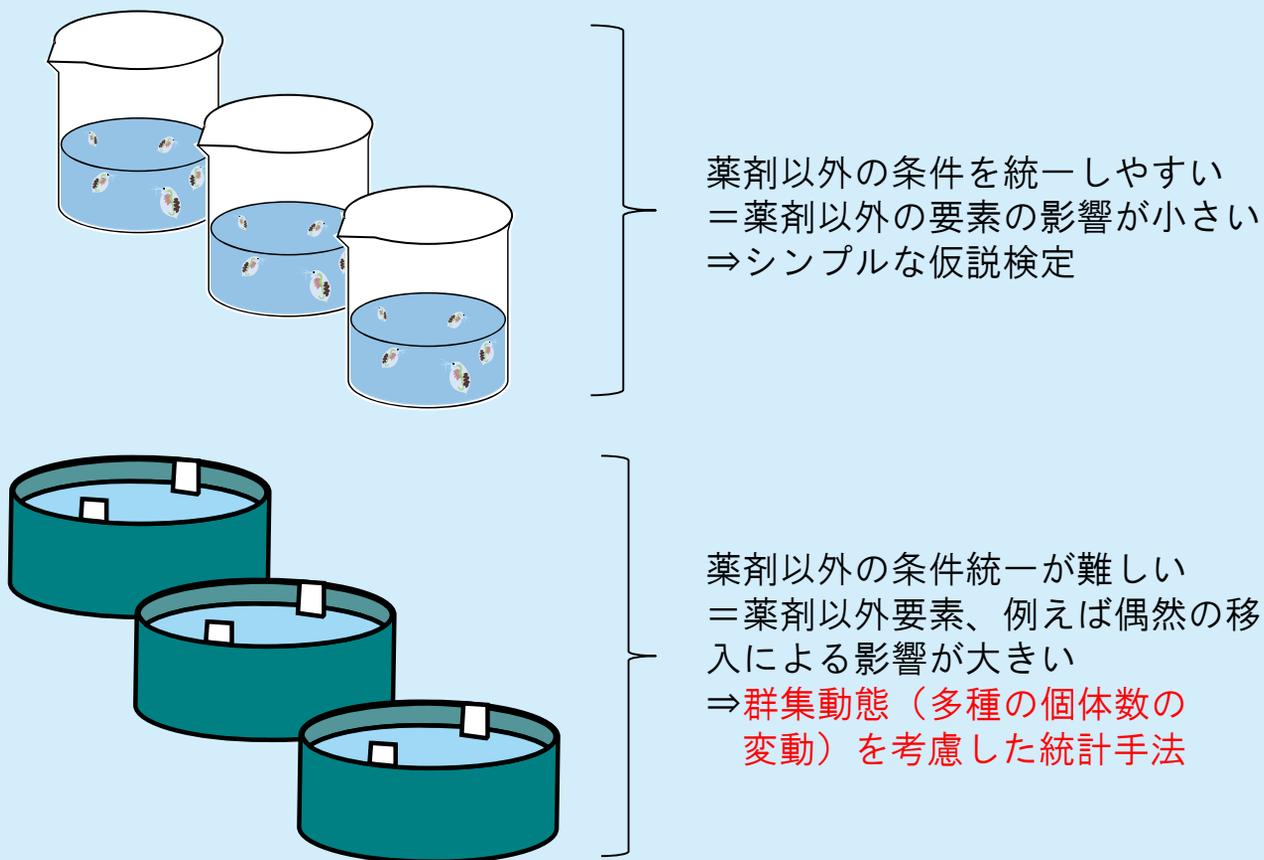
2. 試験結果の解析

メソコズム試験結果の解析について

止水メソコズム試験は半野外環境で、周囲からの生物の自然な移入に依存して行われます。したがって薬剤の影響以外の要素を各タンクで統一することは難しく、同じ処理区内でも結果に大きなばらつきが出ることがあります。そのため、**単純にある生物の個体数だけを見ても薬剤の影響を適切に評価することはできません。**

そこで、試験結果を適切に解釈し、処理区間で見られた個体数の差異が自然に起こりうるものか、薬剤の影響によるものなのかを明らかにするためには**個体群動態（全生物の個体数の変動）を考慮した統計解析**を行う必要があります。

本マニュアルでは、メソコズム生物群集全体の動態を解析する手法としてPRC解析を推奨しています。また、特定の種に着目する場合の解析方法としてt検定をご紹介します。



メソコズム試験結果の解析の流れ

調査の目的により、適切な解析方法を選択してください。

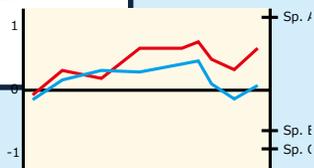
- 生物群集全体を対象としたい／特に着目する種が決まっていない場合
…まずPrincipal Response Curves (PRC) 解析を行い、その結果を見て
続く解析を決めます。
- 特定の種に着目したい場合
…その種の個体数や発生消長の比較などを行います。

試験・解析準備

- 試験実施
- データ整理・精査

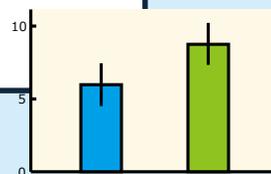
PRC解析

- 薬剤特有のパターンの検出
- 種のスコアの比較
- 着目する種の抽出
→23ページへ



その他の解析

- (例)
- 総個体数の比較
- 季節変動の比較
→25ページへ



解析における着目点

- コントロール区からの乖離の程度
- それぞれの種の発生量
- 発生した生物相の違い
- 発生消長のずれ
- 群集構造の回復性の有無
- など

重要

解析にはそれぞれ**利点**・**欠点**があるので、それらの特徴を踏まえ有効に組み合わせることで総合的に薬剤の影響を評価します。

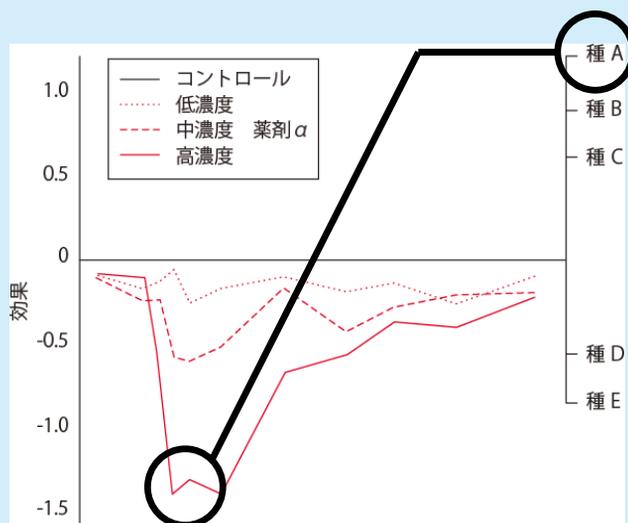
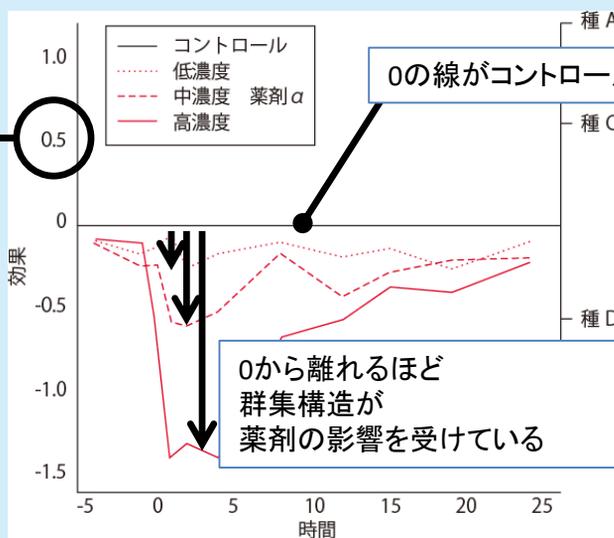
メソコズム試験の評価方法：PRC解析

PRC解析は無処理区の生物群集動態を0とみなして、薬剤処理区の生物群集動態が無処理区からどれだけ離れているかを可視化します。

すなわち、本来の自然環境からどれくらい乖離しているかがわかります。

PRC解析の例

値の正負そのものに意味はない
(データの組み合わせにより符号が逆転することもある)



「種の値の符号」×「PRCの値の符号」
＝その種が薬剤から受けた影響の符号
(この場合はプラス×マイナス＝マイナス、つまり減少)

この場合、

- 薬剤αの生物群集への影響は、高濃度ほど大きいですが、時間の経過とともに収束する
- 薬剤処理区の種A, B, Cが無処理区と比べて減少し、種D, Eは逆に増加する傾向があったということがわかります。

PRC解析用テンプレートを、統計解析言語“R”の総合開発環境である“RStudio”スクリプトとして用意しています（使い方は35～41ページ）。

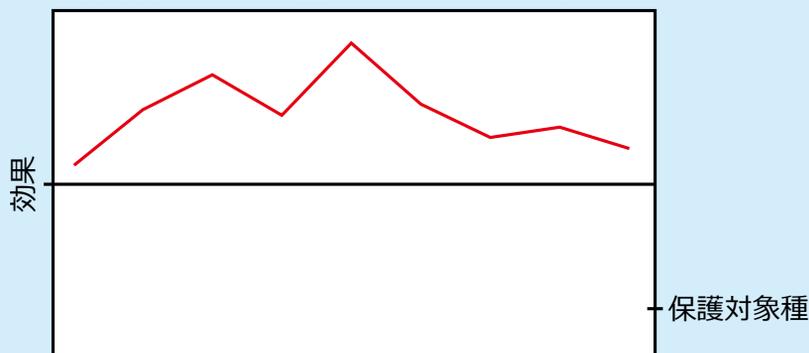
PRC解析の結果を受けて、顕著な結果を示した種について個別に解析（42ページ）を行うのも有効です。

PRC解析における影響評価の例

目的により解析結果の解釈は変化するものの、解析においてまず最初におこなうことは、調査した農薬に特有のパターンを検出することです。

PRC解析により、出現したそれぞれの種における大まかな増減傾向を把握できる場合があるので、それを有効に利用しましょう。

例1：保護したい種がリストに挙がった場合

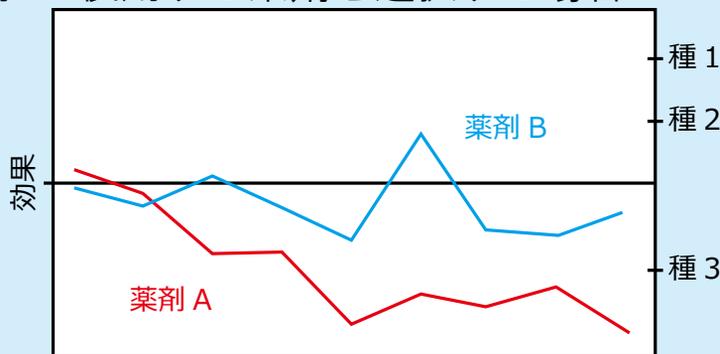


保護対象種に対して
明らかに負の影響



保護対象種の総個体
数をコントロールの
ものと比較

例2：使用する薬剤を選択する場合



薬剤Aは薬剤Bと比べて
時間経過とともに影響
の程度が拡大傾向



減少が見られた種1、2
の総個体数を処理間で
比較

重要

単年度の影響は小さくても、複数年に渡り使用を継続することで影響の程度が増大する場合があります。

異質なパターンが検出された場合は、PRC解析のみで判断するのではなく、より詳細な解析を行いましょう。

メソコズム試験の評価方法：特定の種への影響

特定の生物種に対する農薬の影響を調べたい場合は、**その種の個体数をコントロールと処理区の間で比較する**のが最も簡単な方法です。

最も簡単な群間比較の方法として**t検定**があります。これにより各調査日ごとの個体数およびシーズンを通しての個体数を比較することができます。

Microsoft Excelで使用できる「個別解析用テンプレート」をご用意しています（使い方は42ページ）。

注

- データが明らかに正規分布に従わない場合は、t検定の使用は不適切とされています。そのような場合はU検定などを使用してください。
- 試験する薬剤が多数ある場合、2群間の比較を繰り返すことは統計学的に問題があるとされています。そのような場合は分散分析、多重比較法を行ってください。

いずれも標準的な統計ソフトであれば実装されている機能になります。

本マニュアルでご紹介しているt検定は、あくまでも特定の条件下で使用可能な簡易的な手法とお考えください。

調査記録シート例

調査時に使用する記録シートの例を示します。参考にしてください。
こちらの調査シートは環境省のwebサイトからダウンロードできます。

止水メソコズム調査シート 水生生物調査				
日時： 2017/8/2		8 週目	天気：くもり 気温：32℃	
処理区名	種名	個体数	種名	個体数
1 コントロール	種a	10	種d	18
	種b	2		
	種c	6		
2 薬剤〇〇 高濃度				
3 薬剤〇〇 低濃度				
4				

生物調査の記録シートは調査項目（プランクトン、水生動物、底生動物、付着動物）ごとに用意すると作業しやすくなります。

記録したデータは集計用テンプレートに入力してください（環境省webサイトよりダウンロードできます）。

コラム：PRC解析のより専門的な解説（1）

メソコズム試験で得られるような群集データの解析は、以前は主成分分析（Principal Component Analysis, PCA）とその派生形の分析手法を用いて行うのが一般的でした。生物集団の時系的変化もPCAを用いた解析が可能ですが（図1）、図の可視化並びにコントロールや他の試験区との比較が難しいのが欠点でした。そこで現在では、主成分分析の欠点を改良した**主要反応曲線（Principal Response Curves, PRC）**を用いるのが一般的になっており、本マニュアルでもこちらを紹介しています。

PRC解析についての理解を深めるために、主成分分析とPRC解析を比較してみましょう。

• 主成分分析

メソコズムで2週間おきに調査を行い、種Aと種Bの2種が記録された場合を考えましょう。各種の個体数をそれぞれ横軸、縦軸として2種の個体数（=群集構造）をプロットし、時系列に沿って各点を結ぶと図1の青線のようにになります。

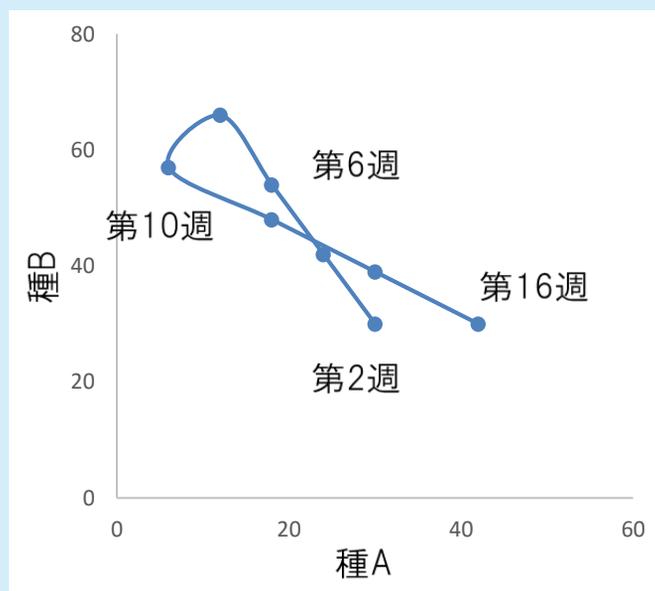


図1 2種が確認されたメソコズムの群集構造の変遷

コラム：PRC解析のより専門的な解説（2）

実際のメソコズムでは多くの種（ n 種としましょう）が見つかります。上と同様にグラフ化するには種の数分の軸、つまり n 本の軸が必要（ n 次元）ですが、この様な3次元以上のデータの可視化は不可能です。これを可視化するためには軸の数つまり次元を減らす必要があります。

そこでまず、仮想の n 次元空間の中で、タンク間のばらつきが最大になるように「新しい軸」を設定します。これを**第一主成分**と呼びます。続いて、この第一主成分と直行する軸の中で、タンク間のばらつきが最大になる軸を「**第二主成分**」として設定します。以下 $n-1$ 軸まで同様に設定できますが、**第一、第二軸（主成分）**だけを用いて、この2軸からなる平面に各サンプルを投射すると図2のようになります。これは最初の図1（2種の場合）と同じ2次元の図ですが、主成分分析により n 種全部の情報が部分的に含まれています（各軸の**因子寄与率**）。

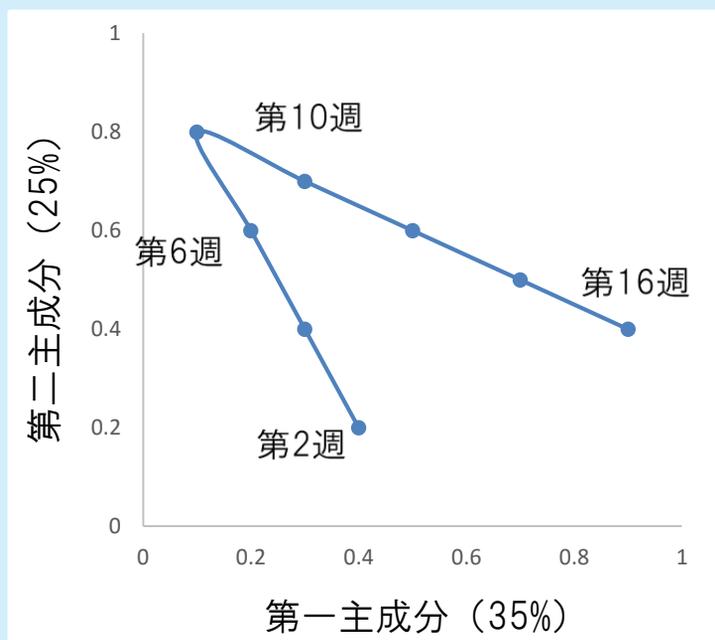


図2 n 種が確認されたメソコズムの群集構造の変遷：主成分分析による投射図

コラム：PRC解析のより専門的な解説（3）

ここで、各調査日のプロットを時系列に沿って結ぶと、各タンクの群集構造の変遷が分かります（図2の青線）。

複数の区がある場合、同じグラフ上に各区の曲線（図3の青線と赤線）を描写し比較することで、群間比較ができます。ただし、曲線が複雑に変化する場合などは群間の差が明確になりません。また、時系列が一方向、一定間隔にならないのも、結果の解釈を難しくする一因です。

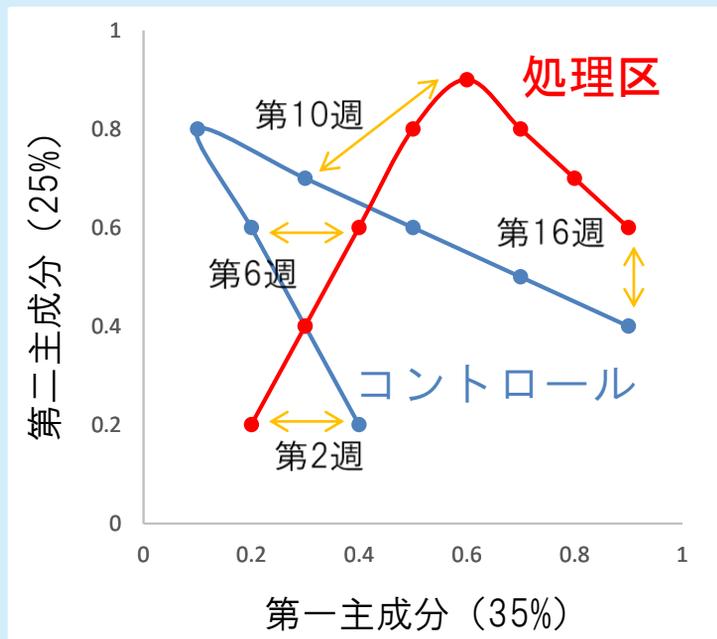


図3 主成分分析による群間比較

• PRC解析

そこで、より容易な結果の解釈を可能にするため、PRC解析が提案されました。PRC解析では以下の2点が改良されています。

- 横軸を時間とし、調査日ごとの比較を行う
- それぞれの種について、コントロールと処理区の個体数の平均の差を算出する（コントロールはゼロとする）。

コラム：PRC解析のより専門的な解説（4）

これをすべての組み合わせについて比較することで、以下の二つの変数を推定します。

- **基礎反応**：種の反応を除いた、処理の内容と経過時間で決まる基本的な反応
⇒これを結んだものがPRCの曲線となる（図4の赤線）
 - **種のスコア（因子負荷量）**：種に特異的な反応
⇒これをグラフの右に表示する（図4の③）
- そして、この両者かけたものが、その種のその処理・時点における応答となります（図4）。

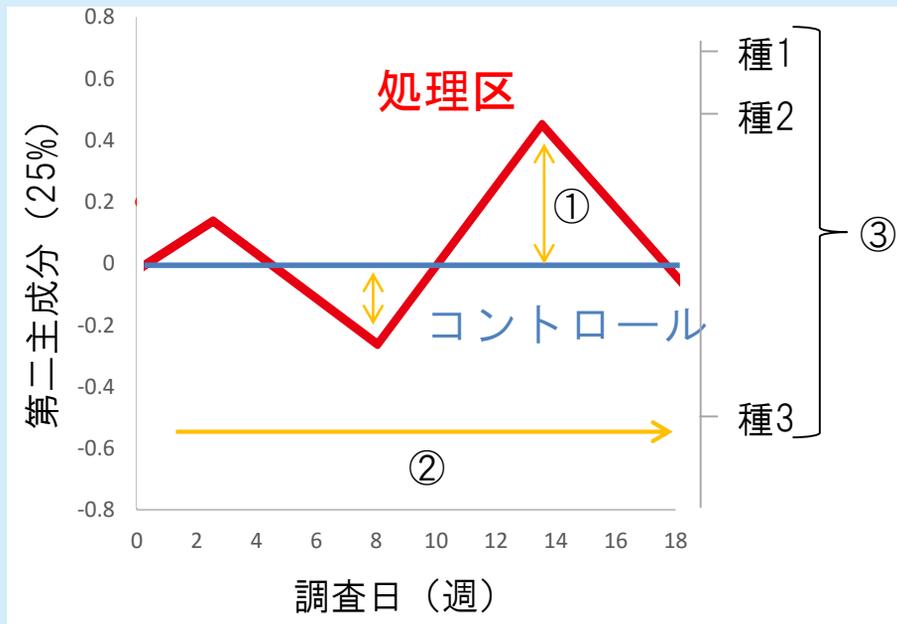


図4 PRC解析による群間比較

これにより、①コントロールとの差、②経時変化、③種ごとの反応の違い、を読み取るのが、主成分分析のグラフと比べて容易になっています。

ここでは数式は使わず平易な解説を心がけましたが、PRC解析を提唱した論文（文献19）ではモデリングに基づく厳密な定義も示されていますので、関心のある方はぜひ目を通してみてください。

MEMO

付録

主要な殺虫剤のPEC、HC₅₀

PRCテンプレートの使い方

個別解析用解析テンプレートの使い方

参考文献

スケジュール表・メソコズム配置表

ファイルのダウンロードについて

主要な殺虫剤のPEC、HC₅₀

原体名	製剤名（例）	PEC ($\mu\text{g/L}$)	HC ₅₀ ($\mu\text{g/L}$)
フェノブカルブ	バッサ	*0.67	57
カルボスルファン	アドバンテージ	※	1.2
ベンフラカルブ	オンコル	0.027	6.0
フェニトロチオン	スミチオン	※	20
フェンチオン	バイジット	※	12
フェントエート	エルサン	0.069	4.9
ダイアジノン	ダイアジノン	0.059	20
フィプロニル	プリンス	0.30	3.6
エチプロール	キラップ	9.0	180
エトフェンプロックス	トレボン	0.036	1.4
シラフルオフェン	MR. ジョーカー	0.061	1.4
イミダクロプリド	アドマイヤー	4.5	36
クロチアニジン	ダントツ	0.79	79
ジノテフラン	スタークル	7.5	3000
チアクロプリド	バリアード	0.45	1100
チアメトキサム	アクタラ	0.58	2200
ニテンピラム	ベストガード	6.0	1600

主要な殺虫剤のPEC、HC₅₀（続き）

原体名	製剤名（例）	PEC ($\mu\text{g/L}$)	HC ₅₀ ($\mu\text{g/L}$)
スピノサド	スピノエース	※	240
ピメトロジン	チェス	1.4	290000
カルタップ	パダン	※	320
チオシクラム	エビセクト	1.0	150
ジフルベンズロン	デミリン	0.013	74
ブプロフェジン	アプロード	12	590
テブフェノジド	ロムダン	2.3	1400
クロラントラニ リプロール	アセルプリン、 プレバソン	0.30	130

PEC：http://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/odaku_kijun/kijun.html
に掲載の各農薬の評価書より抜粋

HC₅₀：文献5（42ページ）より抜粋

*フェノブカルブのリスク評価に当たっては、PECの算出に代わり、使用現場周辺の公共用水域におけるモニタリング調査の結果が活用されている

※カルボスルファン、フェニトロチオン、フェンチオン、スピノサド、カルタップの5剤についてはPECが未算出である

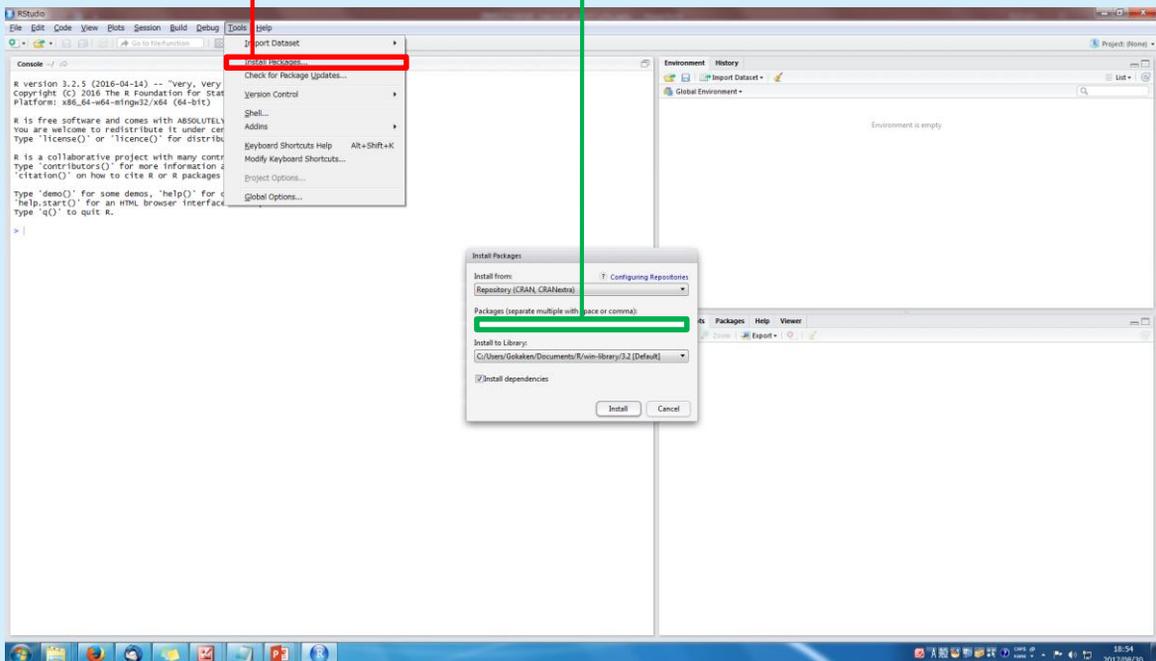
PRC解析テンプレートの使い方：準備

はじめに、以下の準備をしてください。

1. 統計解析ソフト「R」を以下からダウンロード、インストールする
<https://www.r-project.org/>
2. R用のユーザーインターフェース「RStudio」を以下からダウンロード、インストールする
<https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/>
3. パソコンのCドライブに「Rdata」フォルダを作成（Windowsの場合）

4. RStudioを起動し、「Tools」→「Install packages」をクリック

5. 「Packages」に「vegan」と入力して「Install」をクリック



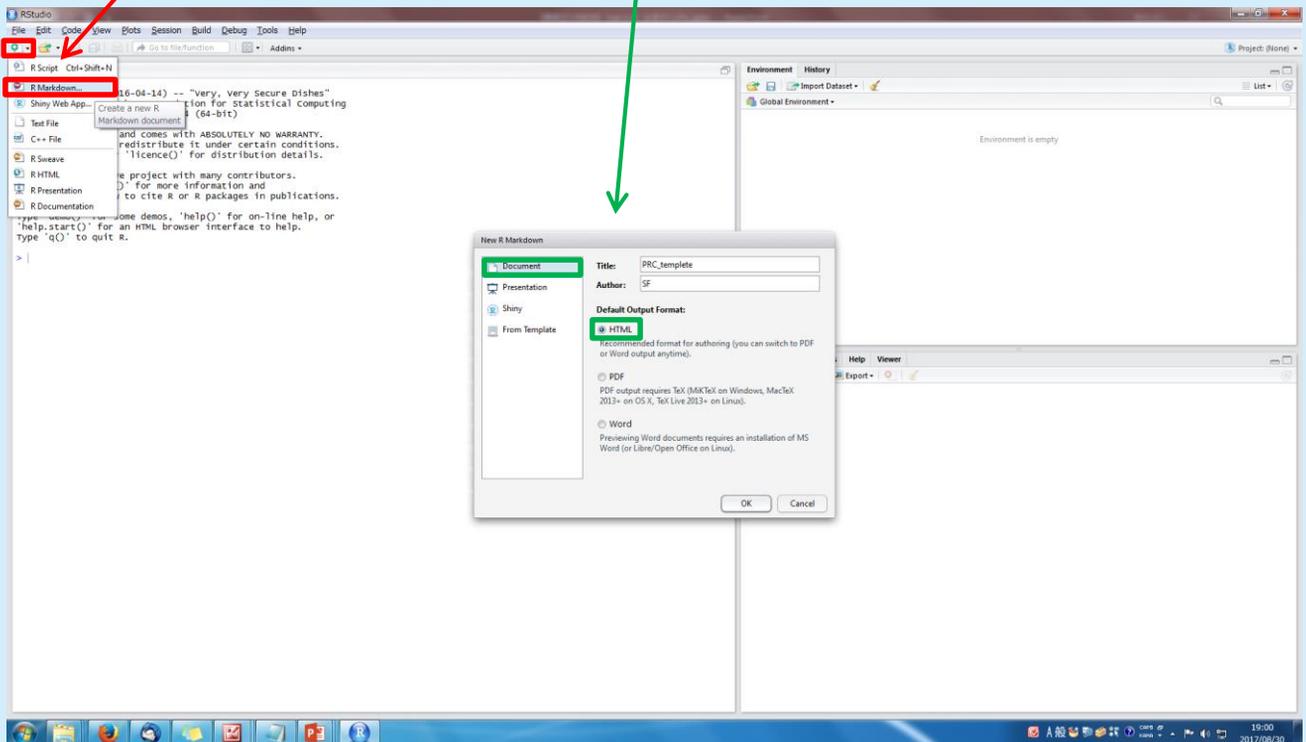
veganはPRC解析用のパッケージです。インストール（上記4、5）は初めて使うときだけ必要です。

PRC解析テンプレートの使い方：準備

6. 環境省のwebサイトから、PRC解析テンプレートとデータ集計シートをダウンロードし、前ページ3で作ったフォルダに保存する

7. 画面左上の  をクリック
→ 「R Markdown...」 をクリック

8. Document、HTMLを選択し、OKをクリック



ここでは主にWindows環境の場合について説明しています。Macなど異なる環境でお使いの場合は適宜読み替えてください。

PRC解析テンプレートの使い方：準備

9. 左上にコンソール画面が表示されるので、内容をすべて消去する

10. PRC解析テンプレート「PRCテンプレート.docx」の全内容をコピーし、コンソール画面にペーストする

```
RStudio  
1  
2 output: html_document  
3  
4 止水メソッド試験PRC解析 種別 全処理区  
5  
6 Version 0.2.1.  
7 Last update: 2014/01/17  
8  
9 ### 1. パッケージのロード  
10  
11 [r load_package]  
12 library("vegan")  
13  
14  
15 ### 2. データの処理  
16 [r set_data]  
17 # 解析テンプレートとデータファイル(mesocosm_data_sheet.csv)を保存したフォルダを指定  
18 setwd("C:/rdata")  
19 # csv形式データを相対パスで指定し データを読み込む  
20 num_Total <- read.csv("mesocosm_data_sheet.csv")  
21  
22 # 以下の説明は「mesocosm_data_sheet_使用例.xlsx」の内容に従う  
23  
24 # 比較する薬剤処理区を指定。chem列(0列)に入れた薬剤名を指定する  
25 # (以下の例の場合、CT: コントロール、TM: テラメトキサムの処理区が比較される)  
26 # 全ての処理区を指定したい場合は下の2行を削除  
27 s1ct_chem <- (num_Total$chem == "CT" | num_Total$chem == "TM")  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000  
1001  
1002  
1003  
1004  
1005  
1006  
1007  
1008  
1009  
1010  
1011  
1012  
1013  
1014  
1015  
1016  
1017  
1018  
1019  
1020  
1021  
1022  
1023  
1024  
1025  
1026  
1027  
1028  
1029  
1030  
1031  
1032  
1033  
1034  
1035  
1036  
1037  
1038  
1039  
1040  
1041  
1042  
1043  
1044  
1045  
1046  
1047  
1048  
1049  
1050  
1051  
1052  
1053  
1054  
1055  
1056  
1057  
1058  
1059  
1060  
1061  
1062  
1063  
1064  
1065  
1066  
1067  
1068  
1069  
1070  
1071  
1072  
1073  
1074  
1075  
1076  
1077  
1078  
1079  
1080  
1081  
1082  
1083  
1084  
1085  
1086  
1087  
1088  
1089  
1090  
1091  
1092  
1093  
1094  
1095  
1096  
1097  
1098  
1099  
1100  
1101  
1102  
1103  
1104  
1105  
1106  
1107  
1108  
1109  
1110  
1111  
1112  
1113  
1114  
1115  
1116  
1117  
1118  
1119  
1120  
1121  
1122  
1123  
1124  
1125  
1126  
1127  
1128  
1129  
1130  
1131  
1132  
1133  
1134  
1135  
1136  
1137  
1138  
1139  
1140  
1141  
1142  
1143  
1144  
1145  
1146  
1147  
1148  
1149  
1150  
1151  
1152  
1153  
1154  
1155  
1156  
1157  
1158  
1159  
1160  
1161  
1162  
1163  
1164  
1165  
1166  
1167  
1168  
1169  
1170  
1171  
1172  
1173  
1174  
1175  
1176  
1177  
1178  
1179  
1180  
1181  
1182  
1183  
1184  
1185  
1186  
1187  
1188  
1189  
1190  
1191  
1192  
1193  
1194  
1195  
1196  
1197  
1198  
1199  
1200  
1201  
1202  
1203  
1204  
1205  
1206  
1207  
1208  
1209  
1210  
1211  
1212  
1213  
1214  
1215  
1216  
1217  
1218  
1219  
1220  
1221  
1222  
1223  
1224  
1225  
1226  
1227  
1228  
1229  
1230  
1231  
1232  
1233  
1234  
1235  
1236  
1237  
1238  
1239  
1240  
1241  
1242  
1243  
1244  
1245  
1246  
1247  
1248  
1249  
1250  
1251  
1252  
1253  
1254  
1255  
1256  
1257  
1258  
1259  
1260  
1261  
1262  
1263  
1264  
1265  
1266  
1267  
1268  
1269  
1270  
1271  
1272  
1273  
1274  
1275  
1276  
1277  
1278  
1279  
1280  
1281  
1282  
1283  
1284  
1285  
1286  
1287  
1288  
1289  
1290  
1291  
1292  
1293  
1294  
1295  
1296  
1297  
1298  
1299  
1300  
1301  
1302  
1303  
1304  
1305  
1306  
1307  
1308  
1309  
1310  
1311  
1312  
1313  
1314  
1315  
1316  
1317  
1318  
1319  
1320  
1321  
1322  
1323  
1324  
1325  
1326  
1327  
1328  
1329  
1330  
1331  
1332  
1333  
1334  
1335  
1336  
1337  
1338  
1339  
1340  
1341  
1342  
1343  
1344  
1345  
1346  
1347  
1348  
1349  
1350  
1351  
1352  
1353  
1354  
1355  
1356  
1357  
1358  
1359  
1360  
1361  
1362  
1363  
1364  
1365  
1366  
1367  
1368  
1369  
1370  
1371  
1372  
1373  
1374  
1375  
1376  
1377  
1378  
1379  
1380  
1381  
1382  
1383  
1384  
1385  
1386  
1387  
1388  
1389  
1390  
1391  
1392  
1393  
1394  
1395  
1396  
1397  
1398  
1399  
1400  
1401  
1402  
1403  
1404  
1405  
1406  
1407  
1408  
1409  
1410  
1411  
1412  
1413  
1414  
1415  
1416  
1417  
1418  
1419  
1420  
1421  
1422  
1423  
1424  
1425  
1426  
1427  
1428  
1429  
1430  
1431  
1432  
1433  
1434  
1435  
1436  
1437  
1438  
1439  
1440  
1441  
1442  
1443  
1444  
1445  
1446  
1447  
1448  
1449  
1450  
1451  
1452  
1453  
1454  
1455  
1456  
1457  
1458  
1459  
1460  
1461  
1462  
1463  
1464  
1465  
1466  
1467  
1468  
1469  
1470  
1471  
1472  
1473  
1474  
1475  
1476  
1477  
1478  
1479  
1480  
1481  
1482  
1483  
1484  
1485  
1486  
1487  
1488  
1489  
1490  
1491  
1492  
1493  
1494  
1495  
1496  
1497  
1498  
1499  
1500  
1501  
1502  
1503  
1504  
1505  
1506  
1507  
1508  
1509  
1510  
1511  
1512  
1513  
1514  
1515  
1516  
1517  
1518  
1519  
1520  
1521  
1522  
1523  
1524  
1525  
1526  
1527  
1528  
1529  
1530  
1531  
1532  
1533  
1534  
1535  
1536  
1537  
1538  
1539  
1540  
1541  
1542  
1543  
1544  
1545  
1546  
1547  
1548  
1549  
1550  
1551  
1552  
1553  
1554  
1555  
1556  
1557  
1558  
1559  
1560  
1561  
1562  
1563  
1564  
1565  
1566  
1567  
1568  
1569  
1570  
1571  
1572  
1573  
1574  
1575  
1576  
1577  
1578  
1579  
1580  
1581  
1582  
1583  
1584  
1585  
1586  
1587  
1588  
1589  
1590  
1591  
1592  
1593  
1594  
1595  
1596  
1597  
1598  
1599  
1600  
1601  
1602  
1603  
1604  
1605  
1606  
1607  
1608  
1609  
1610  
1611  
1612  
1613  
1614  
1615  
1616  
1617  
1618  
1619  
1620  
1621  
1622  
1623  
1624  
1625  
1626  
1627  
1628  
1629  
1630  
1631  
1632  
1633  
1634  
1635  
1636  
1637  
1638  
1639  
1640  
1641  
1642  
1643  
1644  
1645  
1646  
1647  
1648  
1649  
1650  
1651  
1652  
1653  
1654  
1655  
1656  
1657  
1658  
1659  
1660  
1661  
1662  
1663  
1664  
1665  
1666  
1667  
1668  
1669  
1670  
1671  
1672  
1673  
1674  
1675  
1676  
1677  
1678  
1679  
1680  
1681  
1682  
1683  
1684  
1685  
1686  
1687  
1688  
1689  
1690  
1691  
1692  
1693  
1694  
1695  
1696  
1697  
1698  
1699  
1700  
1701  
1702  
1703  
1704  
1705  
1706  
1707  
1708  
1709  
1710  
1711  
1712  
1713  
1714  
1715  
1716  
1717  
1718  
1719  
1720  
1721  
1722  
1723  
1724  
1725  
1726  
1727  
1728  
1729  
1730  
1731  
1732  
1733  
1734  
1735  
1736  
1737  
1738  
1739  
1740  
1741  
1742  
1743  
1744  
1745  
1746  
1747  
1748  
1749  
1750  
1751  
1752  
1753  
1754  
1755  
1756  
1757  
1758  
1759  
1760  
1761  
1762  
1763  
1764  
1765  
1766  
1767  
1768  
1769  
1770  
1771  
1772  
1773  
1774  
1775  
1776  
1777  
1778  
1779  
1780  
1781  
1782  
1783  
1784  
1785  
1786  
1787  
1788  
1789  
1790  
1791  
1792  
1793  
1794  
1795  
1796  
1797  
1798  
1799  
1800  
1801  
1802  
1803  
1804  
1805  
1806  
1807  
1808  
1809  
1810  
1811  
1812  
1813  
1814  
1815  
1816  
1817  
1818  
1819  
1820  
1821  
1822  
1823  
1824  
1825  
1826  
1827  
1828  
1829  
1830  
1831  
1832  
1833  
1834  
1835  
1836  
1837  
1838  
1839  
1840  
1841  
1842  
1843  
1844  
1845  
1846  
1847  
1848  
1849  
1850  
1851  
1852  
1853  
1854  
1855  
1856  
1857  
1858  
1859  
1860  
1861  
1862  
1863  
1864  
1865  
1866  
1867  
1868  
1869  
1870  
1871  
1872  
1873  
1874  
1875  
1876  
1877  
1878  
1879  
1880  
1881  
1882  
1883  
1884  
1885  
1886  
1887  
1888  
1889  
1890  
1891  
1892  
1893  
1894  
1895  
1896  
1897  
1898  
1899  
1900  
1901  
1902  
1903  
1904  
1905  
1906  
1907  
1908  
1909  
1910  
1911  
1912  
1913  
1914  
1915  
1916  
1917  
1918  
1919  
1920  
1921  
1922  
1923  
1924  
1925  
1926  
1927  
1928  
1929  
1930  
1931  
1932  
1933  
1934  
1935  
1936  
1937  
1938  
1939  
1940  
1941  
1942  
1943  
1944  
1945  
1946  
1947  
1948  
1949  
1950  
1951  
1952  
1953  
1954  
1955  
1956  
1957  
1958  
1959  
1960  
1961  
1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967  
1968  
1969  
1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975  
1976  
1977  
1978  
1979  
1980  
1981  
1982  
1983  
1984  
1985  
1986  
1987  
1988  
1989  
1990  
1991  
1992  
1993  
1994  
1995  
1996  
1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021  
2022  
2023  
2024  
2025  
2026  
2027  
2028  
2029  
2030  
2031  
2032  
2033  
2034  
2035  
2036  
2037  
2038  
2039  
2040  
2041  
2042  
2043  
2044  
2045  
2046  
2047  
2048  
2049  
2050  
2051  
2052  
2053  
2054  
2055  
2056  
2057  
2058  
2059  
2060  
2061  
2062  
2063  
2064  
2065  
2066  
2067  
2068  
2069  
2070  
2071  
2072  
2073  
2074  
2075  
2076  
2077  
2078  
2079  
2080  
2081  
2082  
2083  
2084  
2085  
2086  
2087  
2088  
2089  
2090  
2091  
2092  
2093  
2094  
2095  
2096  
2097  
2098  
2099  
2100  
2101  
2102  
2103  
2104  
2105  
2106  
2107  
2108  
2109  
2110  
2111  
2112  
2113  
2114  
2115  
2116  
2117  
2118  
2119  
2120  
2121  
2122  
2123  
2124  
2125  
2126  
2127  
2128  
2129  
2130  
2131  
2132  
2133  
2134  
2135  
2136  
2137  
2138  
2139  
2140  
2141  
2142  
2143  
2144  
2145  
2146  
2147  
2148  
2149  
2150  
2151  
2152  
2153  
2154  
2155  
2156  
2157  
2158  
2159  
2160  
2161  
2162  
2163  
2164  
2165  
2166  
2167  
2
```

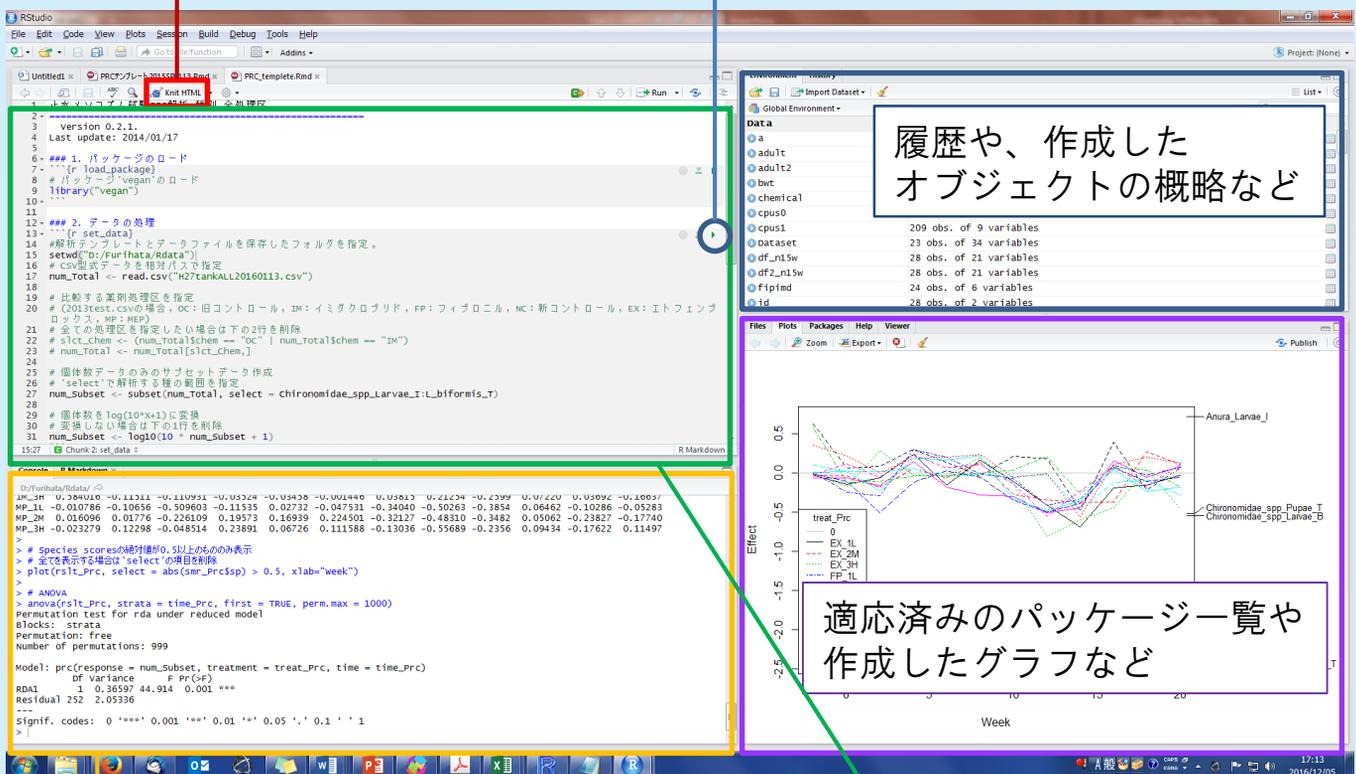
PRC解析テンプレートの使い方：解析の実行

画面左上のコンソール画面で、必要に応じて内容を変更します（**データファイルの名前**や**比較する薬剤の選択**など）。

文頭に「#」がついている文は、説明のための文ですので、この指示に従ってください。また、あるコマンド文を実行しないようにしたい場合は、文頭に#を追加します（「〇〇の場合は以下の文を削除」の場合など）。

「Knit to HTML」をクリックすると解析結果をHTMLファイルで出力できる（PDF、Wordファイルでの出力も選べる）

順を追って実行したい場合は、をクリックするとブロックごとにコマンドが実行される



The screenshot shows the RStudio interface. The top-left pane displays R code for a PRC analysis, including package loading, data reading, and model fitting. The top-right pane shows the Environment window with a list of objects. The bottom-right pane displays a plot of species scores over time, with lines for different treatments and species. The bottom-left pane shows the console output, including the results of the ANOVA and permutation tests.

履歴や、作成したオブジェクトの概略など

適応済みのパッケージ一覧や作成したグラフなど

実行中のコマンドとその結果。ここに直接コマンドを入力することもできる。

前ページで貼り付けたPRC解析テンプレートの内容。適宜変更して実行する。

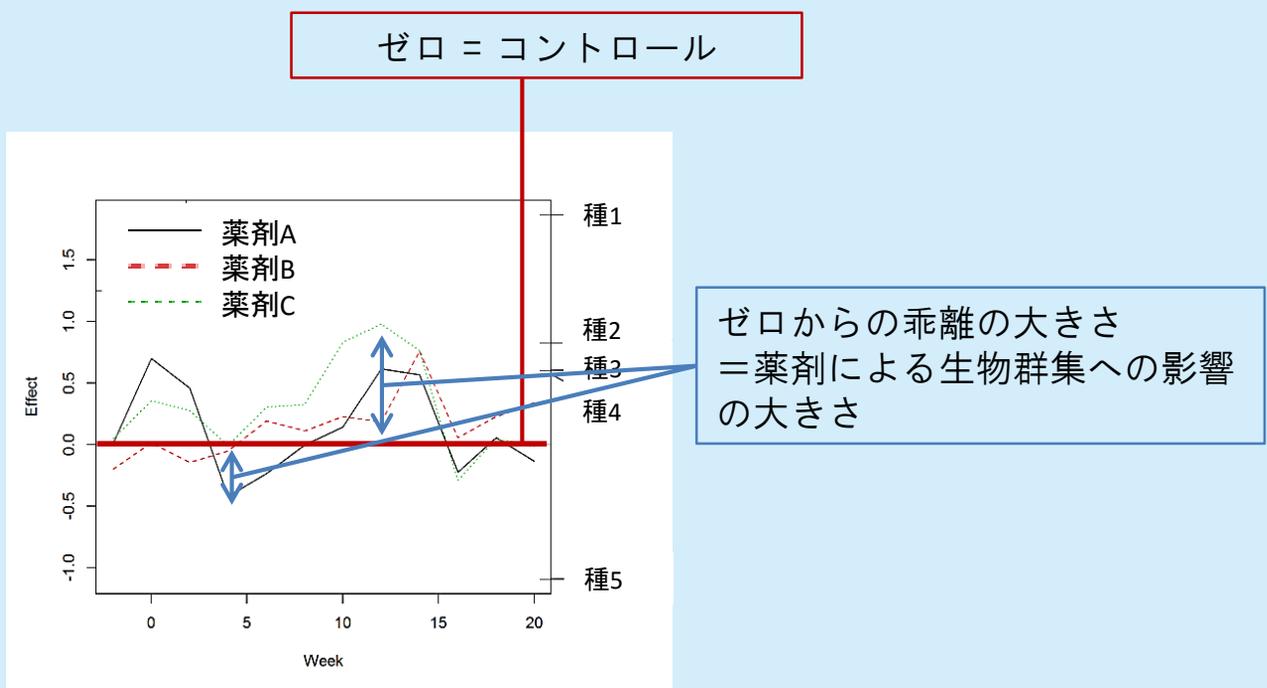
お使いの環境や保存先の設定、また行いたい解析の内容に応じて、PRC解析テンプレートの内容を適宜変更してお使いいただけます。

PRC解析テンプレートの使い方：結果の解釈

PRC解析テンプレートを実行すると、計算結果の数値一覧と、それをグラフ化したものが表示されます。

ここでは、グラフの解釈の仕方の目安をご紹介します。

群集全体への影響



この例では…

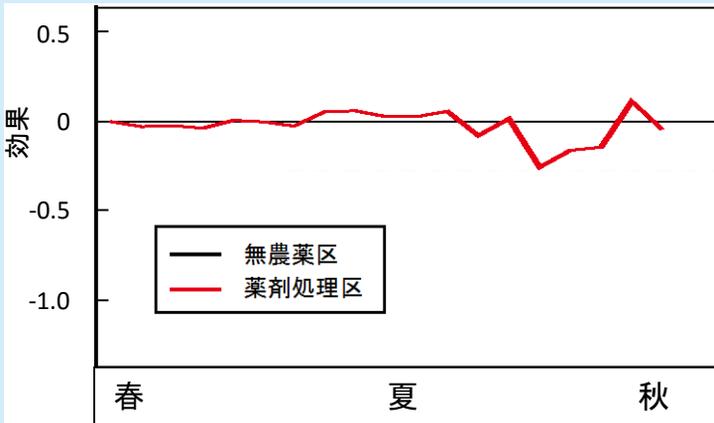
- 薬剤Aでは土約0.5を超える動きが見られる（影響の向きが頻繁に変わる）が、B、Cは概ね一定傾向。
- A、B及びCともに、コントロールからの乖離が一時的に0.5を超えるが、その後収束傾向。

長期間に渡って同じ薬剤を繰り返し使用することで、影響の度合いが大きくなる場合もあります（次ページ）。

より長期間に渡り調査を行うことで、単年の調査では調べることができなかった薬剤の影響を明らかにできると期待されます。

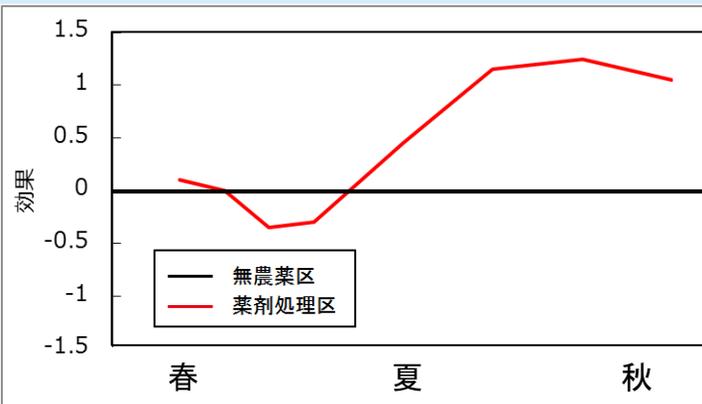
PRC解析テンプレートの使い方：結果の解釈

群集全体への影響



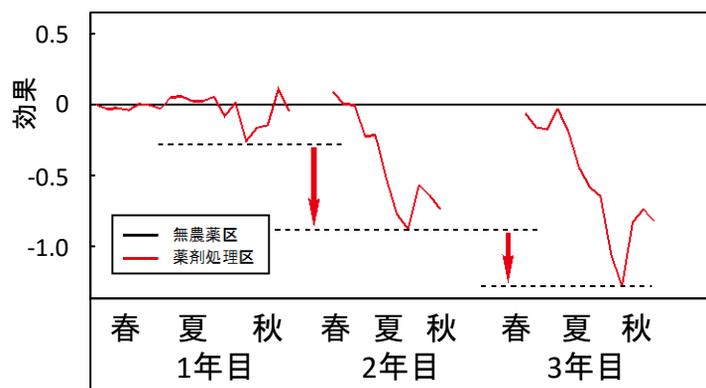
コントロールとの差が0.5未満／影響がゼロに収束する

... メソコズムに出現する生物に対して、単年では影響は小さいと考えられるが、経年での調査、またメソコズムに出現しない生物への影響評価が必要。



影響がゼロに収束しない

... 群集構造に与える影響が大きいと考えられる。
(ただし複数年に渡り試験を継続することで、単年(例:初年度)に観測された影響の程度が次年度に変化する場合もある)



コントロールとの差が年々広がる

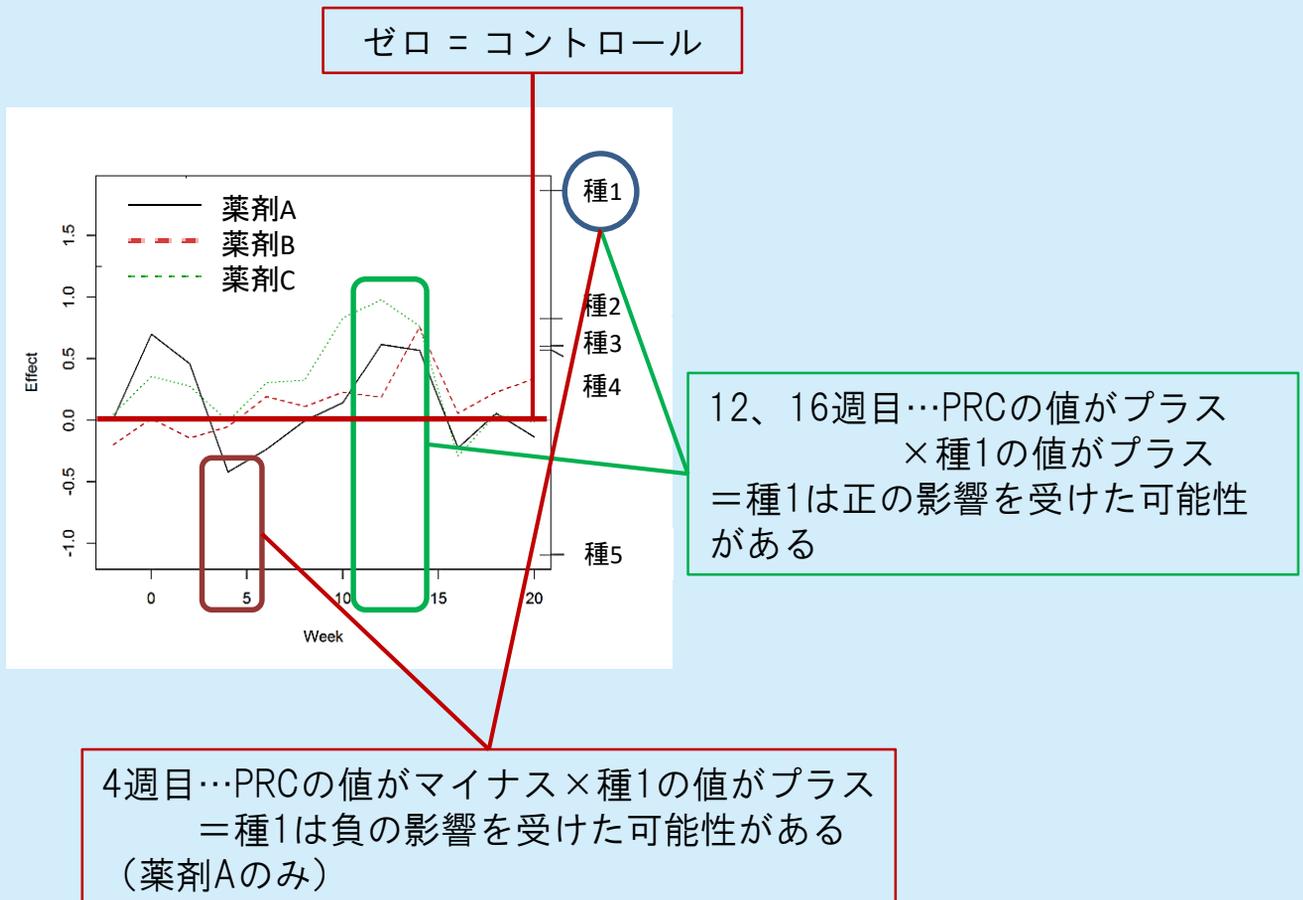
... 連続使用により影響が累積している可能性がある。

PRC解析テンプレートの使い方：結果の解釈

PRC解析テンプレートを実行すると、計算結果の数値一覧と、それをグラフ化したものが表示されます。

ここでは、グラフの解釈の仕方の目安をご紹介します。

個々の種への影響



デフォルトでは種のスコアの絶対値が0.5を超えた種のみ表示しています（有意とみなす慣例的な基準）。全ての種を表示させることも可能です。

種のスコアだけで影響を判断することはできません。その種の総採集個体数や、その種が本来発生する時期かどうかなども含め、総合的に判断する必要があります。

個別解析用テンプレートの使い方

1. 青のセルに対象種名、調査日、処理名・個体数を入力する

2. 黄色のセルに調査日ごとの各区の平均が表示される

種名:	日付	週	対照区1	対照区2	対照区3	対照区4	処理区1	処理区2	処理区3	処理区4	対照区平均	処理区平均	週ごとのt検定
	2016/6/10	-2	4	3	6	5	5	7			4.5	6.0	0.2606
	2016/6/24	0	19	14	9	19	12	14			15.3	13.0	0.5702
	2016/7/7	2	27	28	27	27	7	9			27.3	8.0	0.0000
	2016/7/21	4	26	27	36	27	12	12			29.0	12.0	0.0084
	2016/8/4	6	46	35	35	35	10	8			37.8	9.0	0.0023
	2016/8/18	8	54	55	54	44	11	12			51.8	11.5	0.0005
	2016/8/31	10	63	53	54	54	28	29			56.0	28.5	0.0015
	2016/9/16	14	53	51	55	48	32	34			51.8	33.0	0.0013
	2016/10/13	16	54	53	58	53	49	50			54.5	49.5	0.0508
	2016/10/27	18	45	44	44	54	42	47			46.8	44.5	0.5995
	2016/11/11	20	45	35	36	45	35	41			40.3	38.0	0.6444
	2016/11/25	22	36	36	36	36	24	27			36.0	25.5	0.0003



平均値へのt検定 0.00300

3. グラフが表示される

4. 緑のセルに週ごと、およびシーズンを通した平均に対するt検定のp値が表示される

※タンク数や調査日を追加する場合は、平均およびt検定値のセル（黄色と緑のセル）の計算範囲を変更してください。

※複数の剤をそれぞれコントロールと比較する際は、スプレッドシートをコピーして使用してください（複数の剤の同時比較はできません）。

参考文献

メソコズム試験に関する研究論文

1. Sanchez-Bayo and Goka (2006) Ecological Effects of the Insecticide Imidacloprid and a Pollutant from Antidandruff Shampoo in Experimental Rice Fields. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25: 1677-1687
2. Hayasaka et al. (2012) Differences in Ecological Impacts of Systemic Insecticides with Different Physicochemical Properties on Biocenosis of Experimental Paddy Fields. *Ecotoxicology* 21: 191-201
3. 早坂ら(2013)イミダクロプリドおよびフィプロニルを有効成分とする育苗箱施用殺虫剤の連続施用がトンボ類幼虫の群集に及ぼす生態影響。日本農薬学会誌、38: 101-107
4. 五箇、早坂(2013)農薬の生態リスク評価は生物多様性を守れるか～高次リスク評価法としてのメソコズム試験を通じて～。環境毒性学会誌、16: 21-28
5. Nagai (2016) Ecological Effect Assessment by Species Sensitivity Distribution for 68 Pesticides Used in Japanese Paddy Fields. *Journal of Pesticide Science* 41(1), 6-14
6. Kasai et al. (2016) Fipronil Application on Rice Paddy Fields Reduces Densities of Common Skimmer and Scarlet Skimmer. *Scientific Reports* 6: 23055.

参考文献

生物の同定に役立つ図鑑類

7. 宇根 豊、日鷹一雅、赤松富仁(1989) 減農薬のための田の虫図鑑—害虫・益虫・ただの虫。農山漁村文化協会。
8. 河合禎次、谷田一三・共編(2005) 日本産水生昆虫 科・属・種への検索。東海大学出版会。
9. 内山りゅう(2013) 田んぼの生き物図鑑 増補改訂新版。山と溪谷社。
10. 刈田 敏(2006) 水生生物ハンドブック 改訂版。文一総合出版。
11. 滋賀の理科教材研究委員会・編集(2008) 普及版 やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック。合同出版。
12. 田中正明(2002) 日本淡水産動植物プランクトン図鑑。名古屋大学出版会。
13. 水野寿彦・高橋永治(2000) 日本淡水動物プランクトン検索図説。東海大学出版会。

参考文献

統計解析に関する書籍・論文

14. 粕谷英一(1998) 生物学を学ぶ人のための統計のはなし。文一総合出版。
15. 市原清志、佐藤正一、山下哲平(2016) 新版統計学の基礎 第2版。日本教育研究センター。
16. 村井潤一郎(2013) はじめてのR: ごく初歩の操作から統計解析の導入まで。北大路書房。
17. 石田 基広(2016) 改訂3版 R言語逆引きハンドブック。シーアンドアール研究所。
18. Paul Teetor・著、大橋 真也・監訳、木下 哲也・翻訳 (2011) Rクックブック。オライリージャパン。
19. Van den Brink and Ter Braak (1999) Principal response curves: Analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18(2): 138-148

作業スケジュール表

標準的な作業スケジュールをまとめます。作業予定日・実施日や追加の作業などを記入してお使いください。

こちらの表は環境省のwebサイトでもダウンロードできます。

設置・管理	生物調査	土水採取	予定日	実施日	備考
タンク設置(水・土投入)					
イネ播種					
	事前 -2週目				
箱剤施用 (箱剤の場合)					
		施用前			
農薬施用・田植え	② 0週目	0日目			
		1日目			
		3日目			
		1週目			
	③ 2週目	2週目			
	④ 4週目	4週目			
	⑤ 6週目				
	⑥ 8週目	8週目			
	⑦ 10週目				
	⑧ 12週目	12週目			
	⑨ 14週目				
	⑩ 16週目	16週目			
	⑪ 18週目				
	⑫ 20週目	20週目			

※タンクの設置は、目的に応じて1ヶ月～半年前に行います。設置から試験開始まである程度時間を置いた方が群集が安定します。

※施用前の土水採取は、その年の農薬施用の数日前～直前に行います。

※作業内容・頻度は、適宜変更してください。

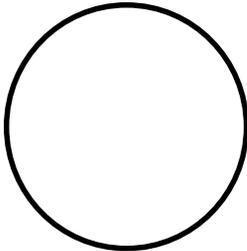
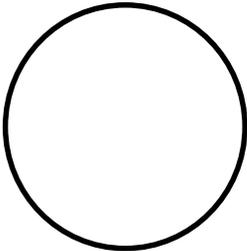
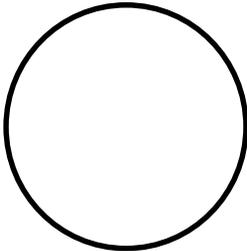
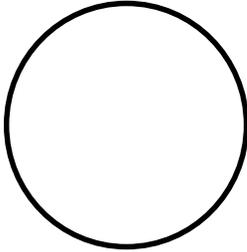
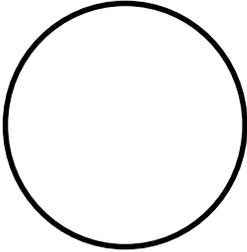
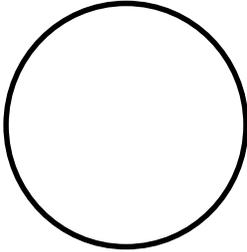
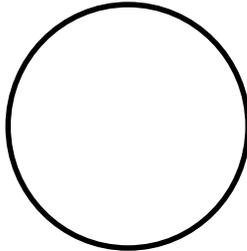
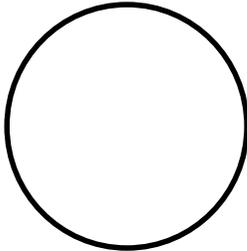
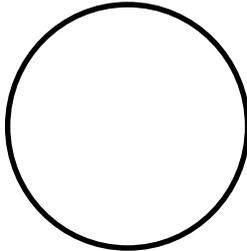
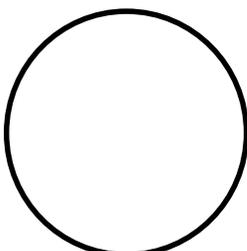
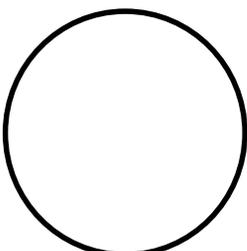
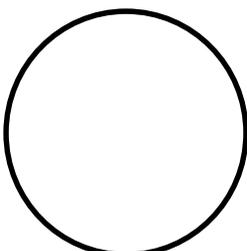
メソコズム配置記録表

下の円に各タンクの処理と番号を記入してお使いください。
こちらの表は環境省のwebサイトでもダウンロードできます。

使用薬剤

薬剤1:

薬剤2:

ファイルのダウンロードについて

環境省のwebサイトより、以下のファイルをダウンロードできます。

- 作業スケジュール表・メソコズム配置記録表(PDFファイル)
ファイル名: スケジュールと配置.pdf
- 調査記録シート(Microsoft Excel用)
ファイル名: 調査シート.xlsx
- データ集計シート(Microsoft Excel用)
ファイル名: 集計シート.xlsx
- PRC解析テンプレート(統計ソフト「RStudio」用)
ファイル名: PRCテンプレート.docx
- 個別解析用記録・解析テンプレート(Microsoft Excel用)
ファイル名: 個別解析シート.xlsx

以下のURLよりダウンロードしてください。

http://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/ecol_risk/mesocosm.html

※PRC解析テンプレートを使用するためには、統計ソフト「R」および、そのユーザーインターフェイス「RStudio」が必要です。

お問い合わせ先：

国立研究開発法人 国立環境研究所

生物・生態系環境研究センター 生態リスク評価・対策研究室

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

Tel & FAX：029-850-2480

E-mail：invasive@nies.go.jp