

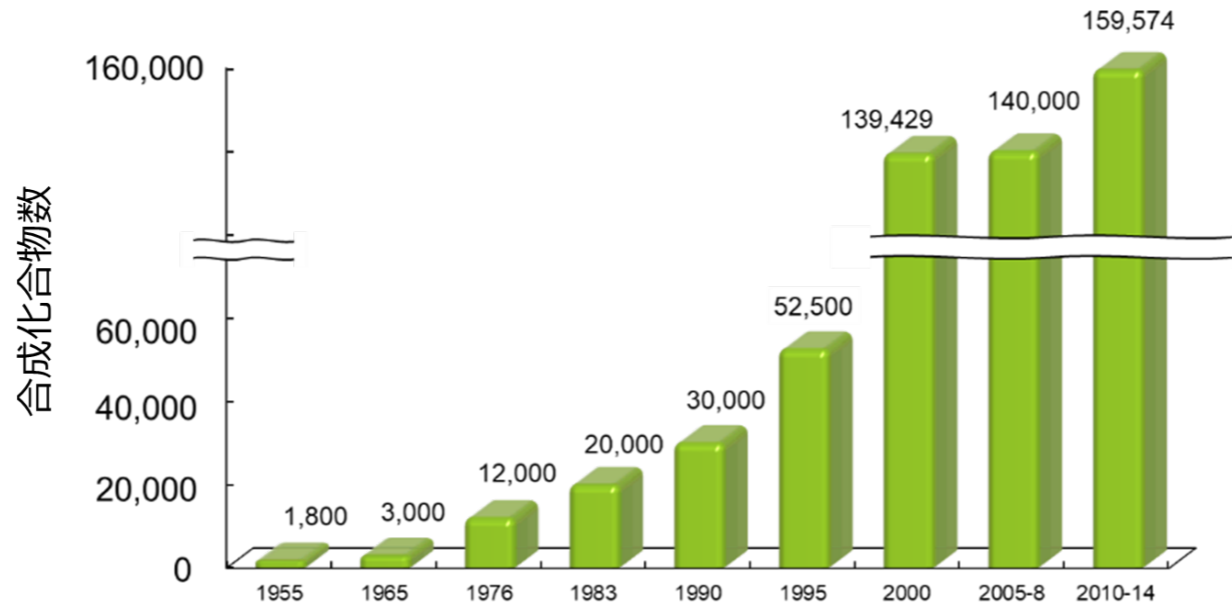
活性酸素を指標にした 多様な農薬種の超効率選抜手法

公立諏訪東京理科大学 工学部 機械電気工学科
教授 来須 孝光

2026年2月19日

社会的位置づけ

1つの農薬製品を開発するのに必要な合成化合物数の推移



[1] Boardman R., Dalhousie University, p.38, 1986.

[2] McDougall P., CropLife America and the European Crop Protection Association, p.4, 2016.

新規農薬の開発頻度の極度な低下が問題

農薬探索手法は大きく分けて2つ

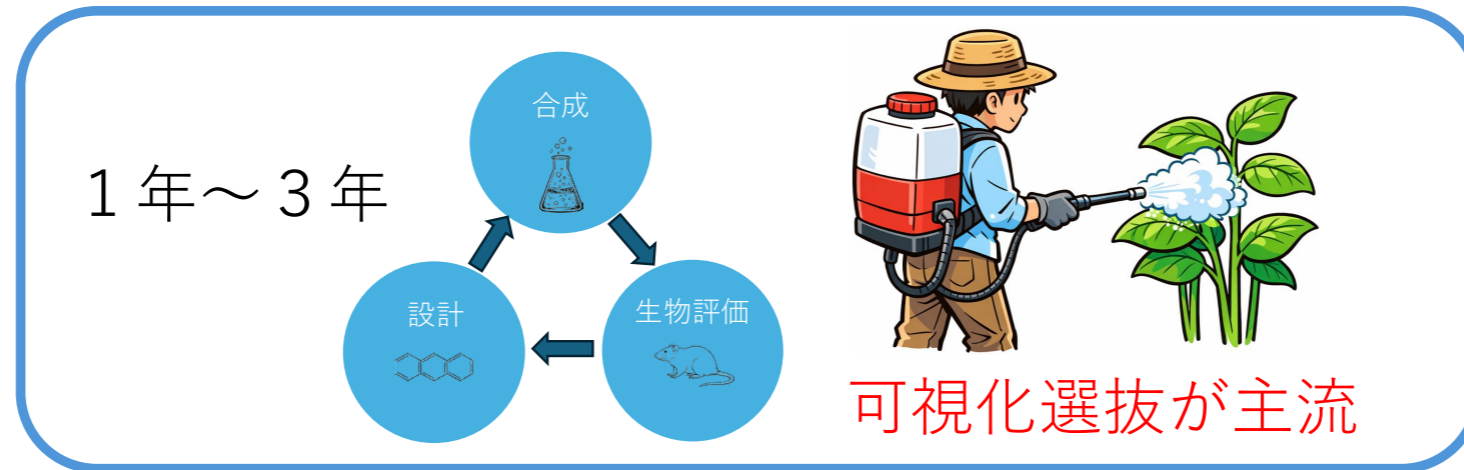
- ・表現型ベース探索
- ・標的ベース探索

従来の農薬探索手順と課題

＜表現型ベース探索＞

- ・農薬分野では害虫や雑草などを直接使用するこの手法がメイン
- ・本手法は新規の作用機構を見出せる可能性はあるものの、スループットが低く、既存農薬と同じ作用機構の化合物が高頻度でヒットすることが課題

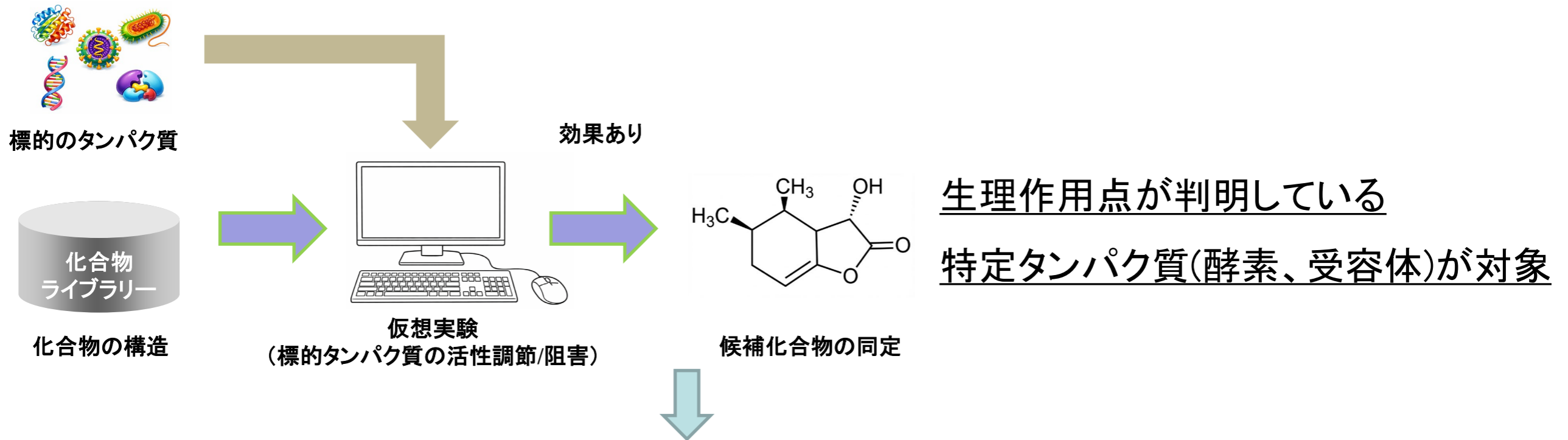
※除草剤分野においてこの20年で新規作用性を有する化合物は僅か1件のみ



従来の農薬探索手順と課題

< 標的ベース探索 >

- ・ハイスループット探索が可能
- ・特定の薬剤標的分子(酵素等)を設定する必要があるため、原理的に未知の薬剤標的に対する探索ができず、画期的な作用を有する新規化合物を見いだすのは難しい



新規作用機構を有する化合物の高効率に選抜可能な探索手法の開発が強く求められている

主要な農薬の種類

種類	用途
殺虫剤	農作物等を加害する有害な昆虫等を防除
殺菌剤	植物病原菌(糸状菌や細菌)の有害作用から農作物を守る
除草剤	農作物等の収量／品質等に悪影響を及ぼす雑草類を防除
植物成長調整剤	植物の生理機能を増進または抑制して、種子を無くしたり結実を増加させたり倒伏を軽減

(クロープライフジャパンHP: https://www.croplifejapan.org/qa/a4_01.html)



低環境負荷型農薬とは？



持続可能農業に期待される農薬 低環境負荷農薬＝抵抗性誘導剤／防疫剤

近代農業における農薬の役割と問題点

病虫害の防除



一方で問題も...

共生菌や益虫 への影響



薬剤耐性菌・害虫 の出現



植物の免疫力を高める農薬の開発



圃場の生物相の 保全



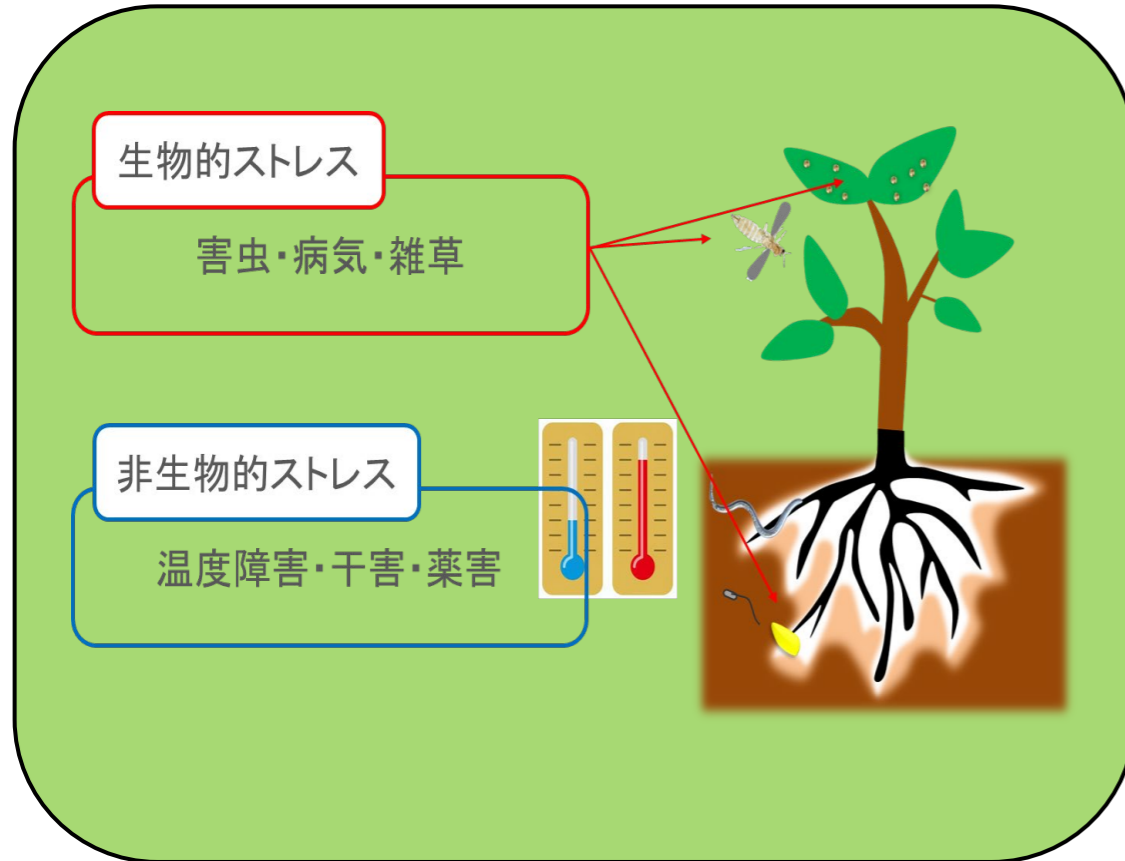
薬剤耐性菌・害虫 の出現回避



近代農業において農薬は、病虫害による作物の収量減少を防ぐために必要不可欠なものである一方、環境への影響や薬剤耐性が問題。

私たちは、植物の免疫の仕組みを理解し、植物サプリとも呼ぶべき、植物の潜在能力を活かし、免疫力を向上させる新たな化合物の開発に取り組んでいます。

持続可能農業に期待される農薬 生物刺激剤(バイオスティミュラント; BS)



農薬: 生物学的ストレス(害虫・病原菌…)を緩和
BS: 非生物的ストレス(温度・乾燥…)を緩和



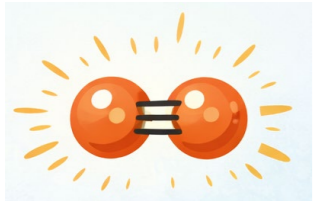
環境ストレスを制御(緩和)することにより植物が持っている能力を引き出し、**収量**、**品質**などについて良好な影響を与える農業用資材

現状の市場規模は約35億ドル程度→年率2桁の成長を続けており、今後も需要拡大が見込まれる

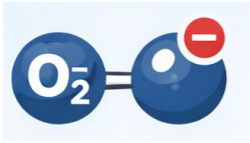
活性酸素(ROS)とは…

活性酸素種(Reactive Oxygen Species: ROS)

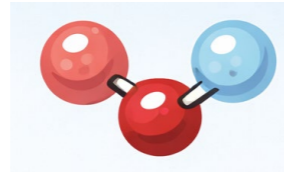
酸素が電子を取り込み、より反応性の高い化合物に変化したものの総称 ※強力な酸化剤



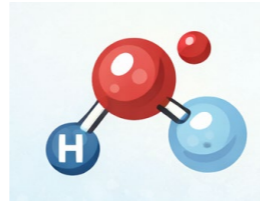
一重項酸素
(1O_2)



スーパーオキシド
($O_2^{\cdot-}$)



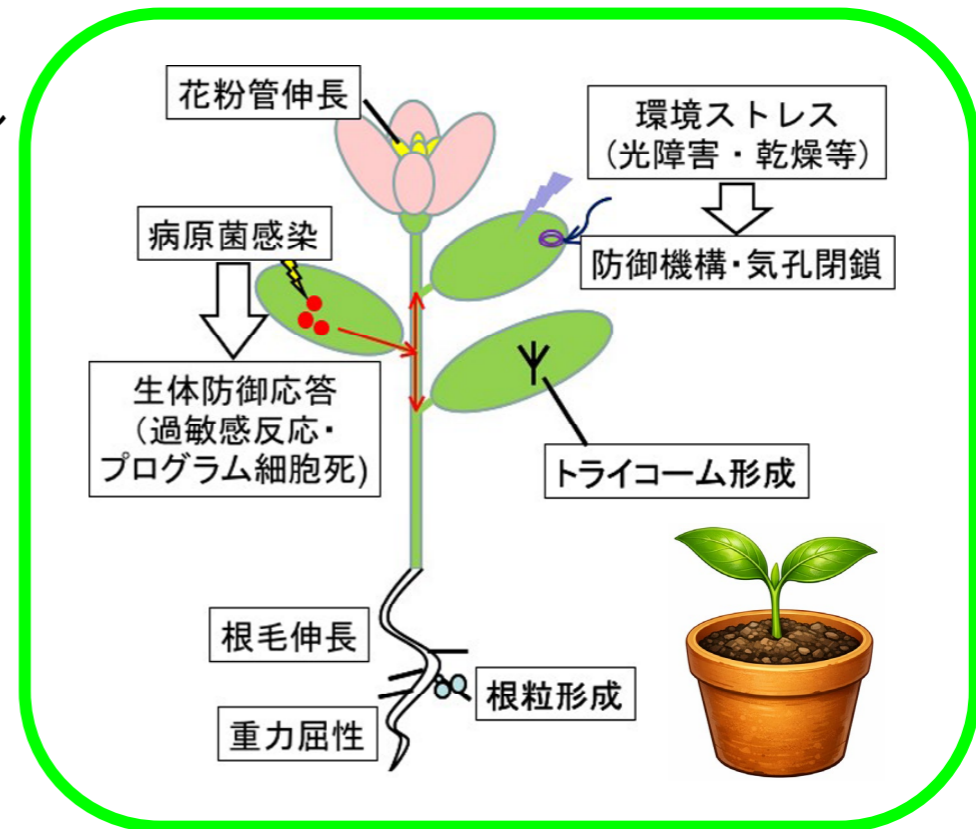
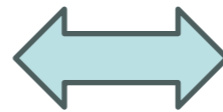
過酸化水素
(H_2O_2)



ヒドロキシラジカル
($HO\cdot$)

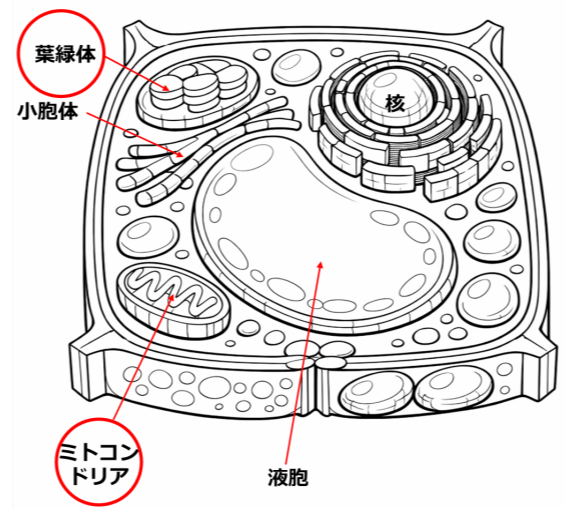
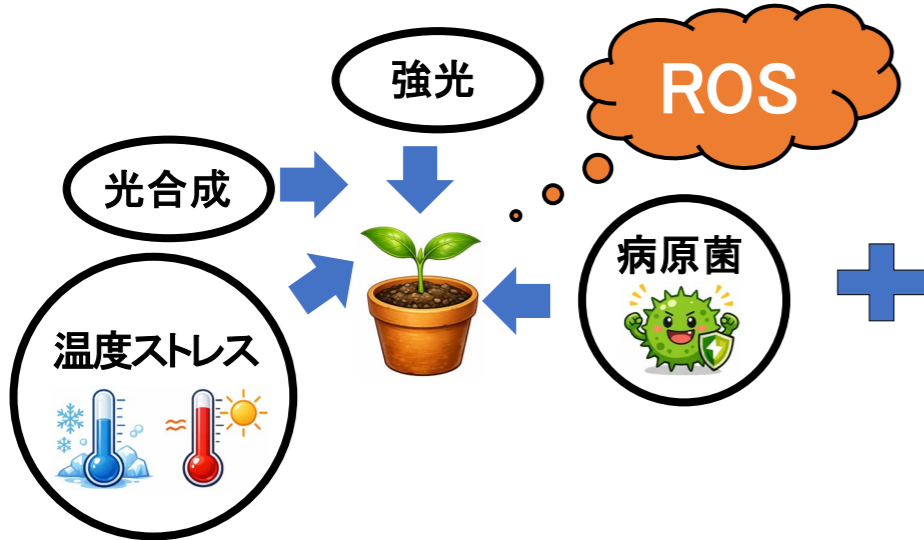
ROSが過剰に蓄積すると…

細胞の膜などが損傷を引き起こし、
農作物成長に**悪影響**



多様な生命現象の局面において
積極的に産生されるROS

ROS制御化合物群の多様な農薬種への展開



ROS制御は作用点が多様であり
マルチターゲット

様々な環境ストレス/感染防御応答/
光合成/代謝活動で産生

多様な部位(器官、酵素)で産生

適切な場所で生成/制御

過剰蓄積

免疫活性: 抵抗性誘導剤
ストレス耐性: BS(生物刺激剤)

除草活性: 除草剤
殺菌活性: 殺菌剤/殺虫剤

様々な箇所に作用を持つ農薬種の包括的な探索が可能



ROS制御剤の選抜

↓

植物抵抗性誘導剤
生物刺激剤
除草剤
殺菌剤/殺虫剤 etc.

多様な農薬の取得

『スクリーニング方法、生物刺激剤、防疫剤及び除草剤』国際公開WO2025/115382

本系は<1>ROSという多様な生理／代謝作用から生じる生体物質測定と<2>植物の健全性の指標の一つである葉緑体のクロロフィル自家蛍光測定を用いた2段階選抜から構成

<メリット>

- ・96穴プレート内の少量の植物培養細胞において実施され、既存の植物個体の散布処理試験に比べて使用化合物量も大幅に削減可能
- ・抵抗性誘導剤／防疫剤、生物刺激剤および除草剤のスループット選抜が1回の試験で終了可能
- ・マルチターゲットな新規作用を持つ農薬候補の効率的且つ低コスト選抜が可能

※既存特許(類似特許)との違い

『植物防御活性化物質のための方法、植物防御活性化物質及び免疫応答亢進方法』特許第5885268号

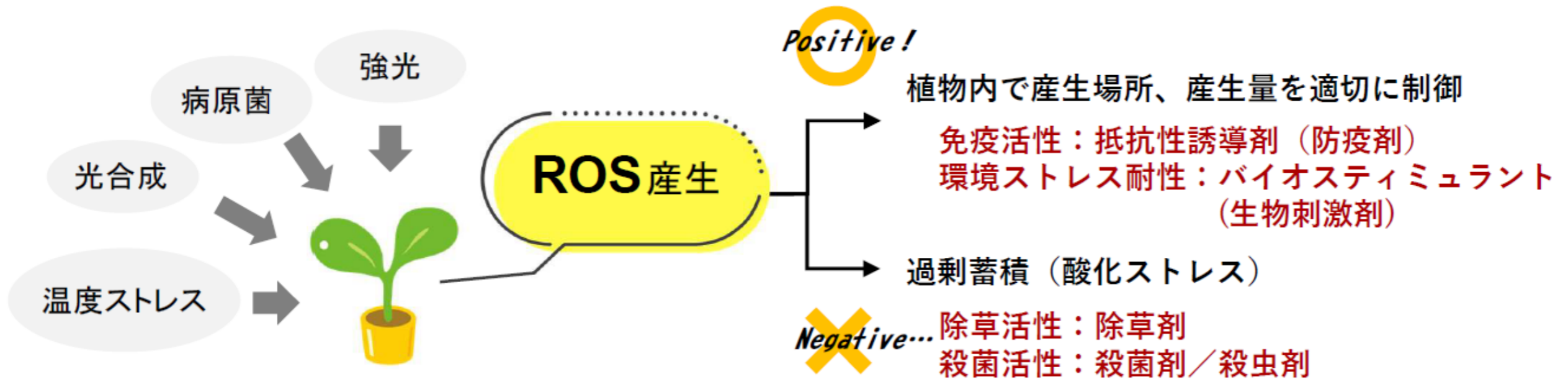
→既存技術は抵抗性誘導剤／防疫剤のみ選抜可能

→本系では、1回の試験評価で多種類の農薬取得が可能

植物活性スクリーニング方法

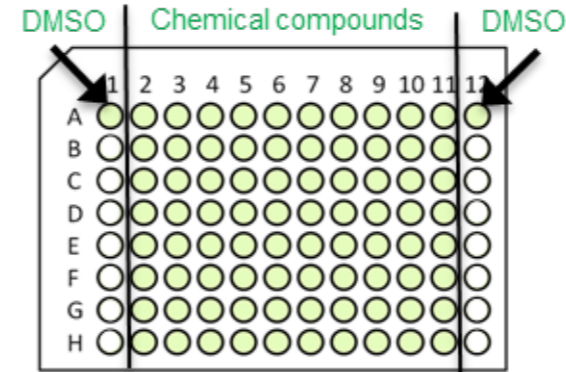
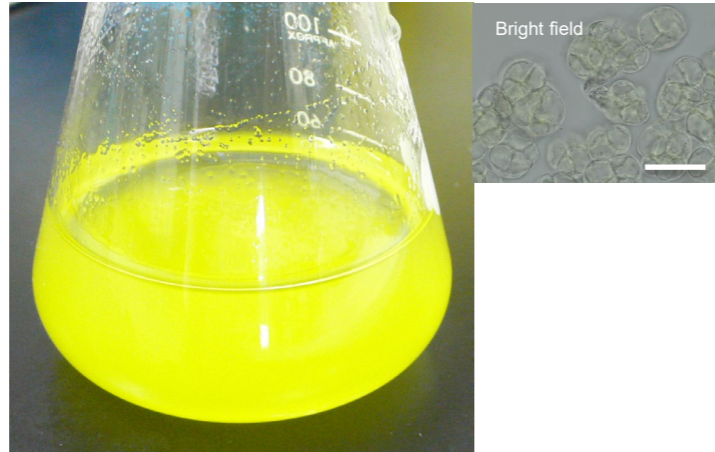
活性酸素種（ROS）と葉緑体活性を指標として、植物活性の低下/向上に作用する化合物を選抜する

- 特長
- ROSを指標にすることで、新規作用機構をもつ化合物を高効率に選抜できる
 - 農薬種の包括的な探索が可能（除草・殺菌活性、免疫活性、環境ストレス耐性）
 - 従来の農薬選抜と比較し、ハイスループット解析（化合物300点/日）が可能
- 96穴プレートを使用した1回の試験で、少量サンプルから植物活性に作用する化合物を選抜



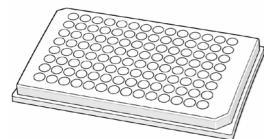
緑色植物培養細胞活用の利点

シロイヌナズナT-87株



- ・ 光合成能を維持した培養細胞系のため、環境ストレス由来の生理応答が植物個体と類似
- ・ 環境ストレス障害による可視化選抜に比べて、選抜効率や定量性が高い
- ・ 個体に比べ化合物の細胞への浸潤性が高いことから、今まで除外されていた化合物に関しても網羅的に探索可能

スクリーニングの流れ(化合物300点評価可能/日)



96 穴プレート

<自動分注装置の活用>



	DMSO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	DMSO
A		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
B		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
C		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
D		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
E		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
F		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
G		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
H		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

(1) 植物細胞の分注

(2) 化合物添加によるプライミング(1.5 h)

(3) 環境ストレスを模倣した酸化ストレス(パラコート)処理

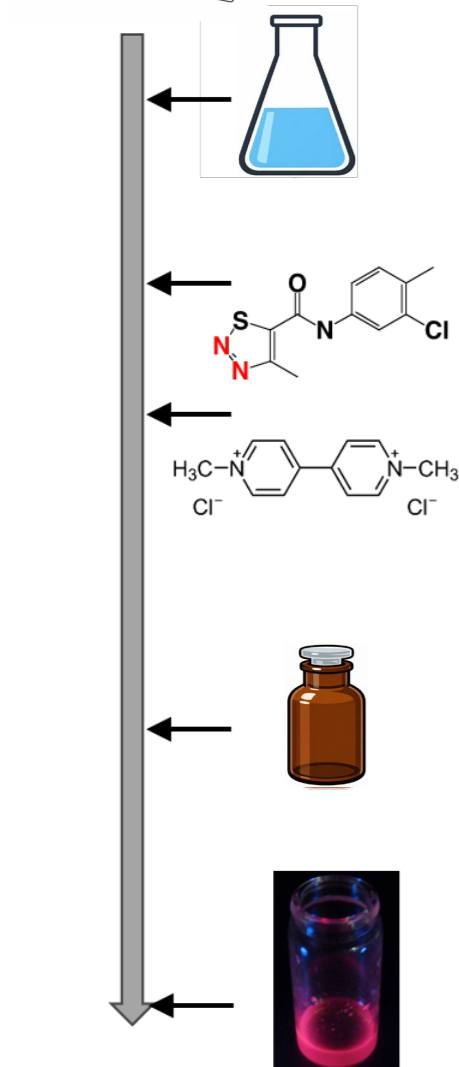
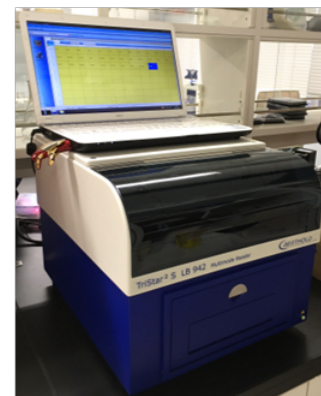
(4) ROS発光試薬による**ROS蓄積検出** (6h)

1次スクリーニング

<マルチリーダーによる自動測定>

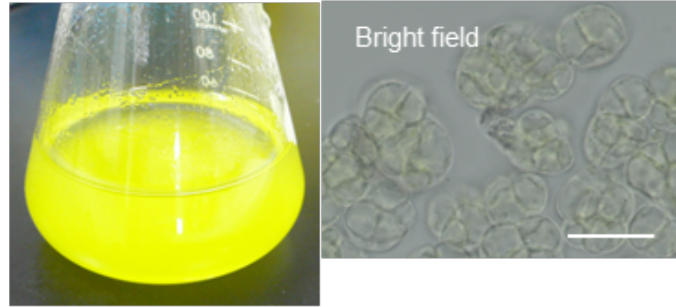
(5) **葉緑体の自家蛍光測定による細胞ダメージの定量** (24h)

2次スクリーニング

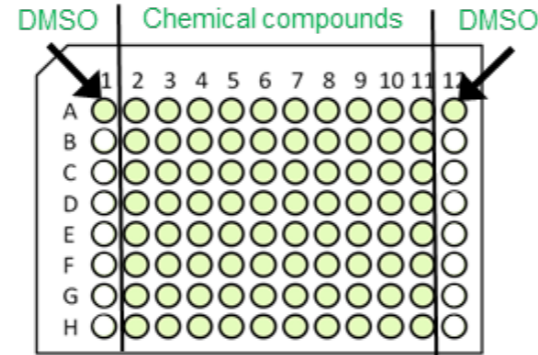


化合物ライブラリからのスクリーニングの実例

a



b



前処理

- (1) 植物細胞の分注 (緑色培養細胞)
- (2) 化合物添加によるプライミング
- (3) 環境ストレスを模倣した酸化ストレス処理

※自動分注装置を活用

1次スクリーニング

- (4) ROS発光試薬によるROS蓄積検出 (6h)
プレートリーダー (発光測定)

2次スクリーニング

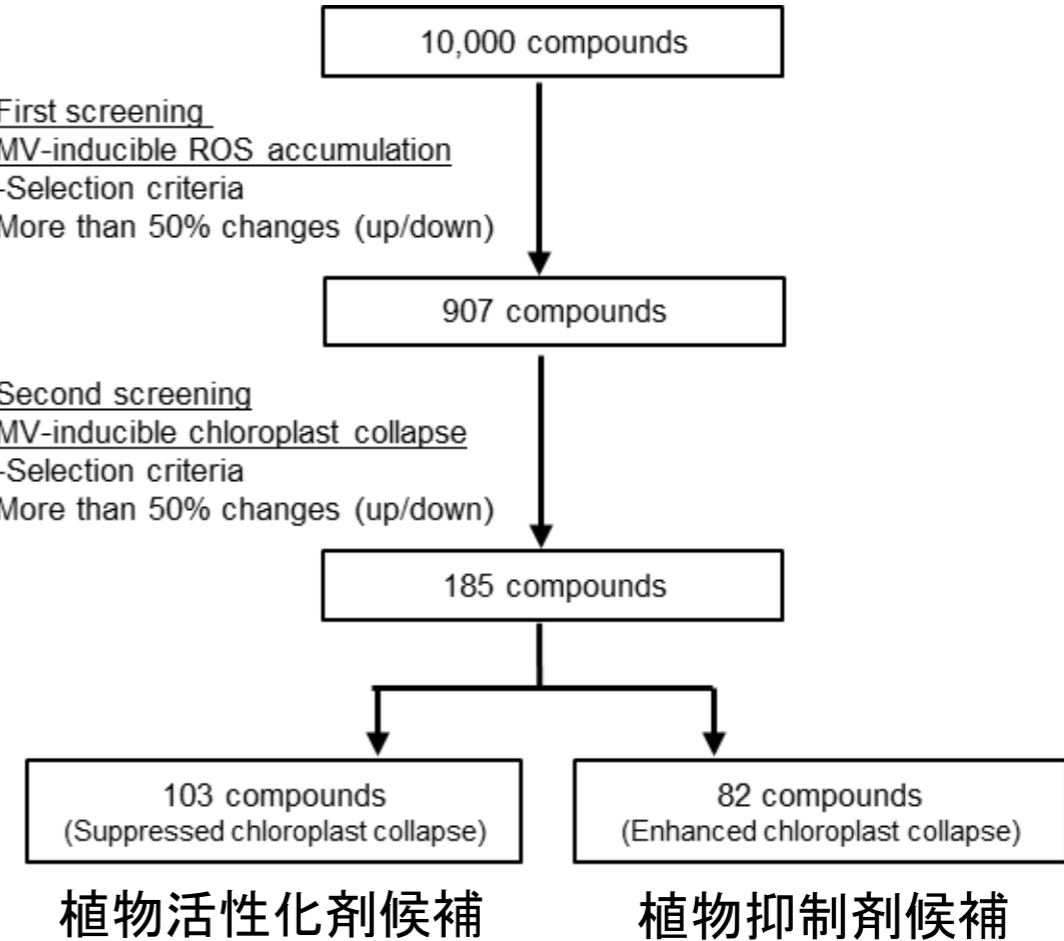
- (5) 葉緑体の自家蛍光測定による細胞ダメージの定量 (24h)
プレートリーダー (蛍光測定)

結果・解析

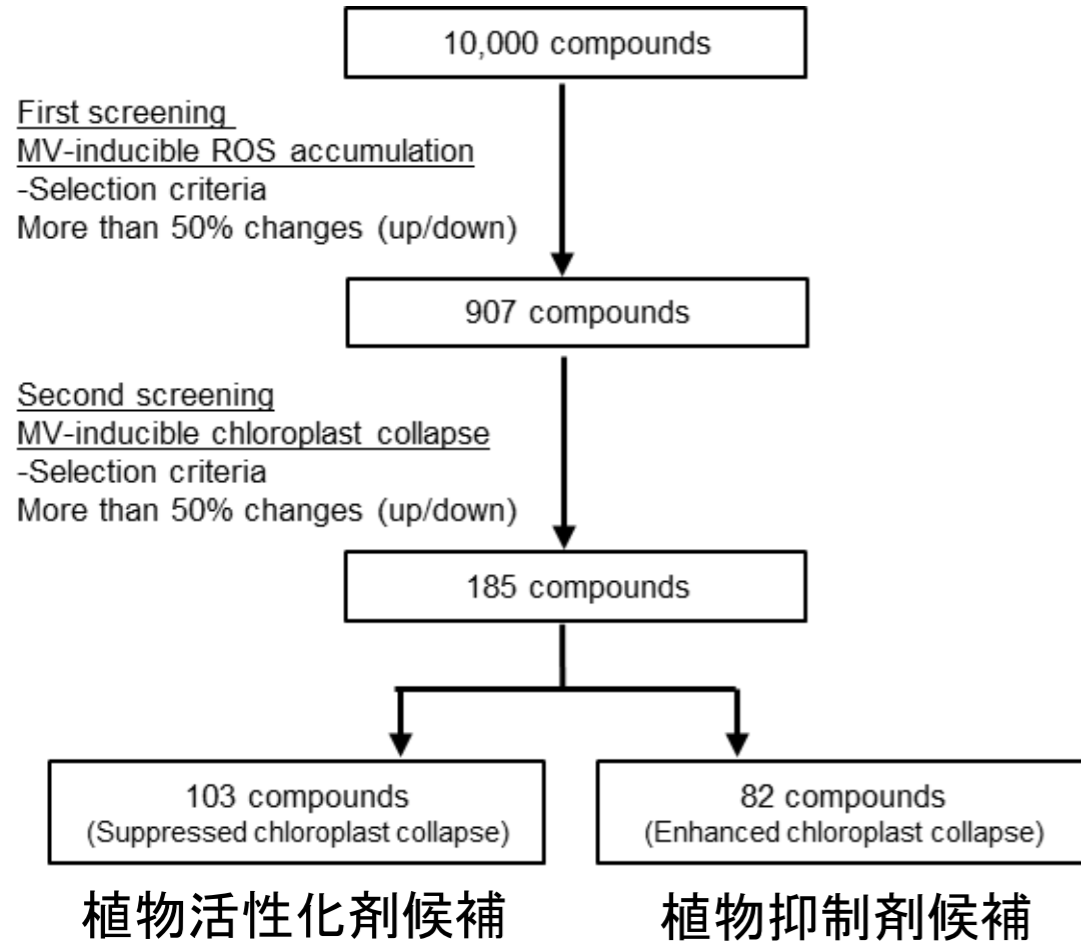
細胞ダメージ 大 ⇒ 除草活性、殺菌活性
小 ⇒ 免疫活性、ストレス耐性

First screening
MV-inducible ROS accumulation
-Selection criteria
More than 50% changes (up/down)

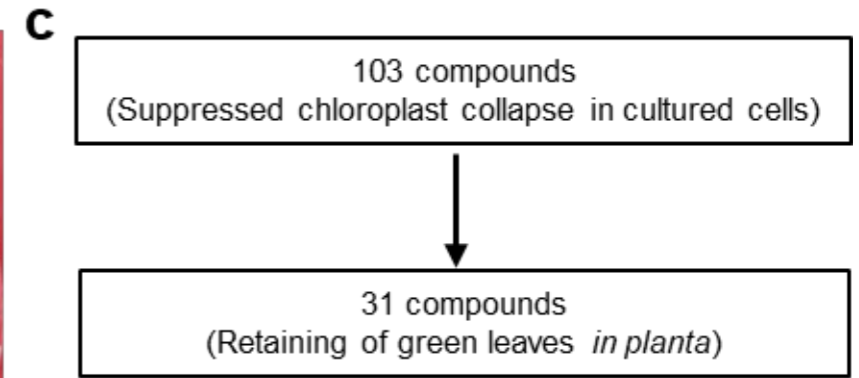
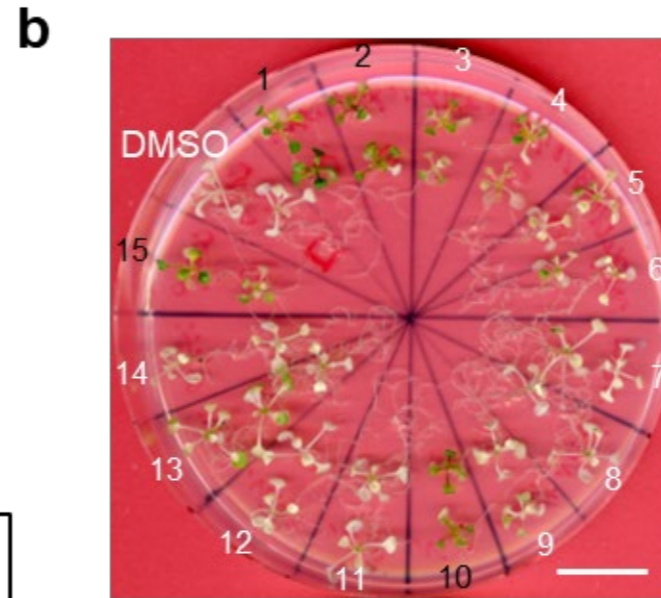
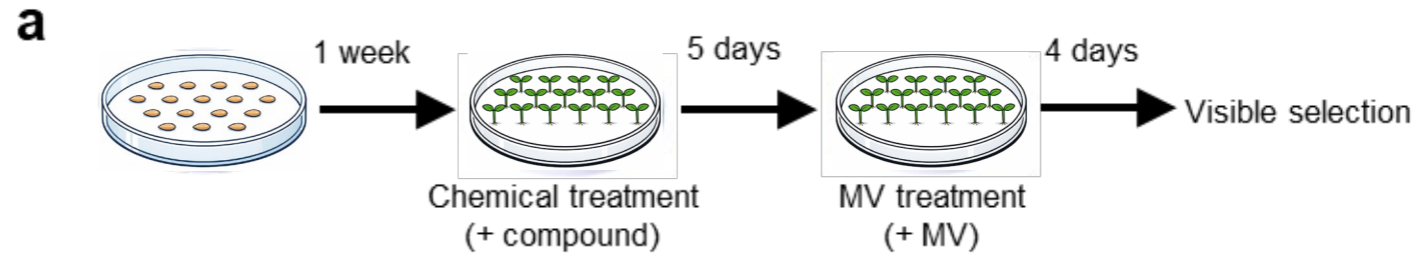
Second screening
MV-inducible chloroplast collapse
-Selection criteria
More than 50% changes (up/down)



選抜化合物の例: バイオスティミュラント候補

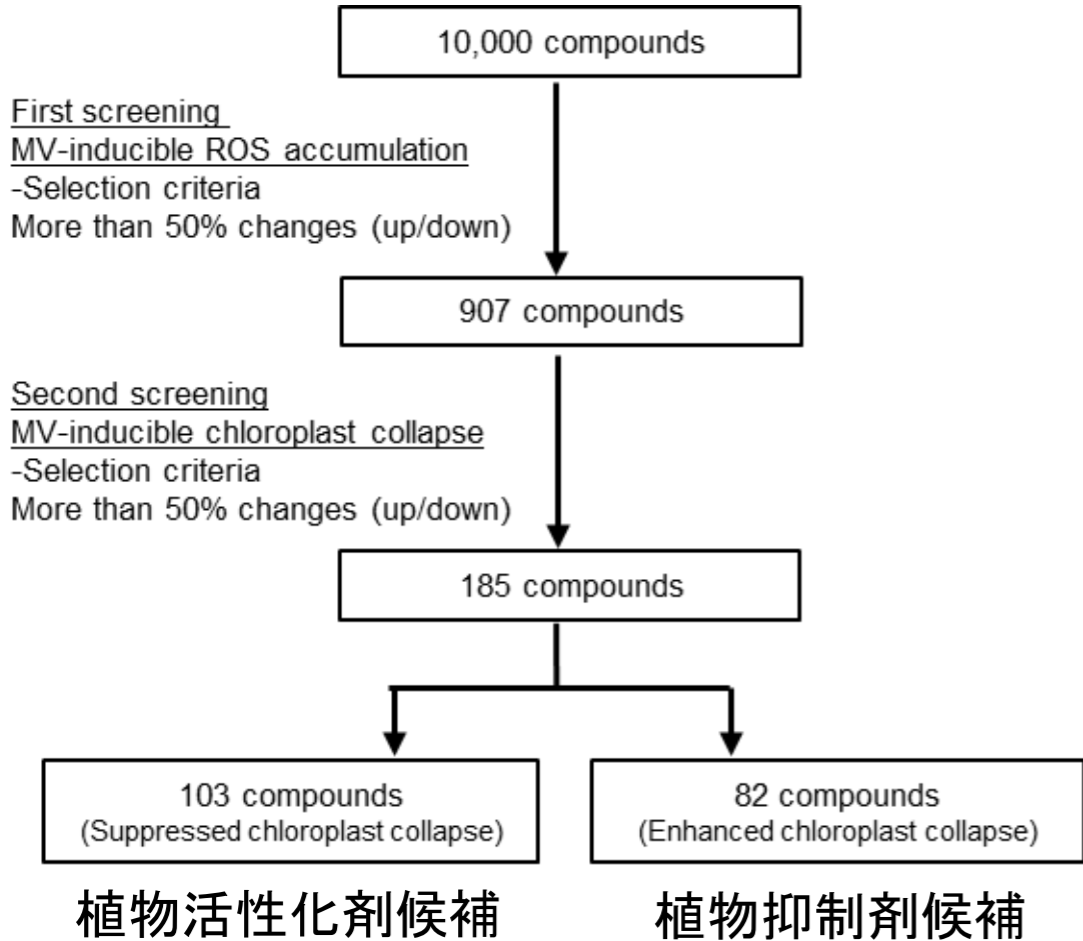


薬剤処理

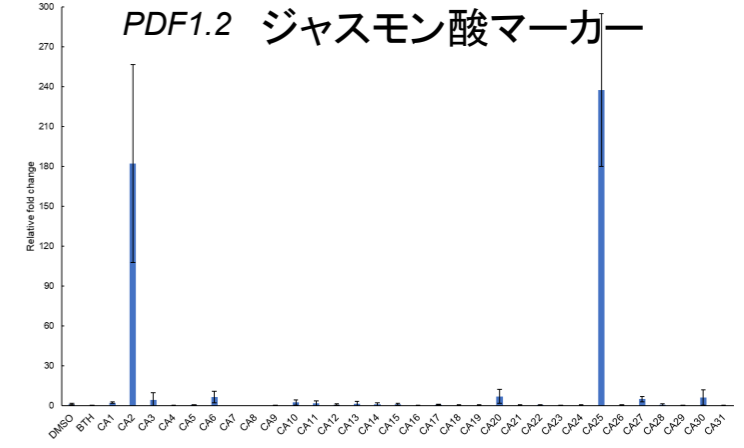
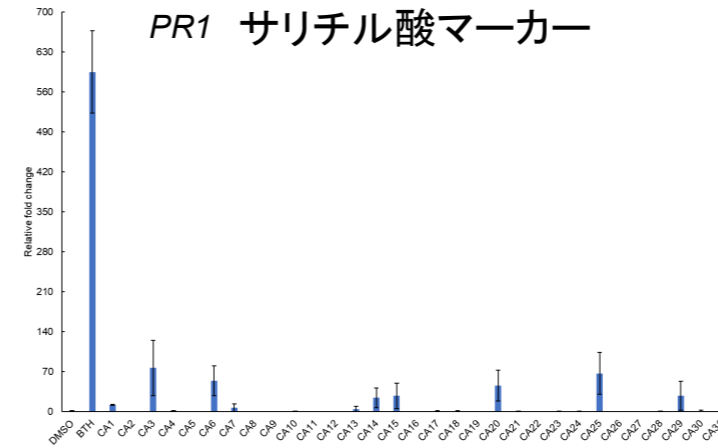


緑色保持→酸化ストレスに対して耐性向上→BS候補

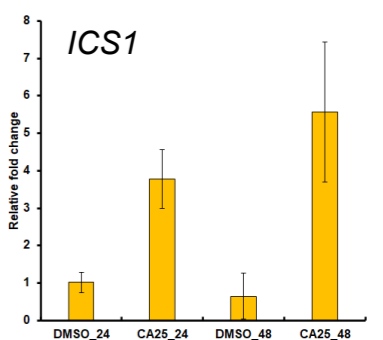
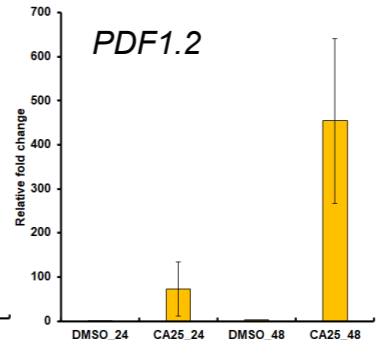
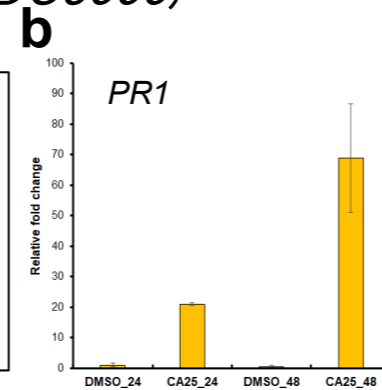
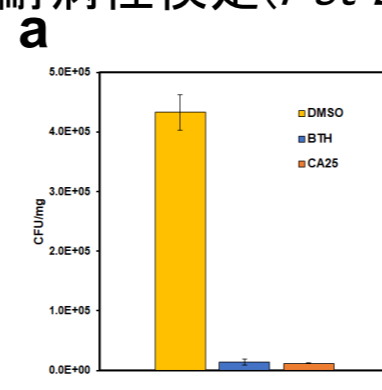
選抜化合物の例：抵抗性誘導剤／防疫剤候補



遺伝子発現(24h)



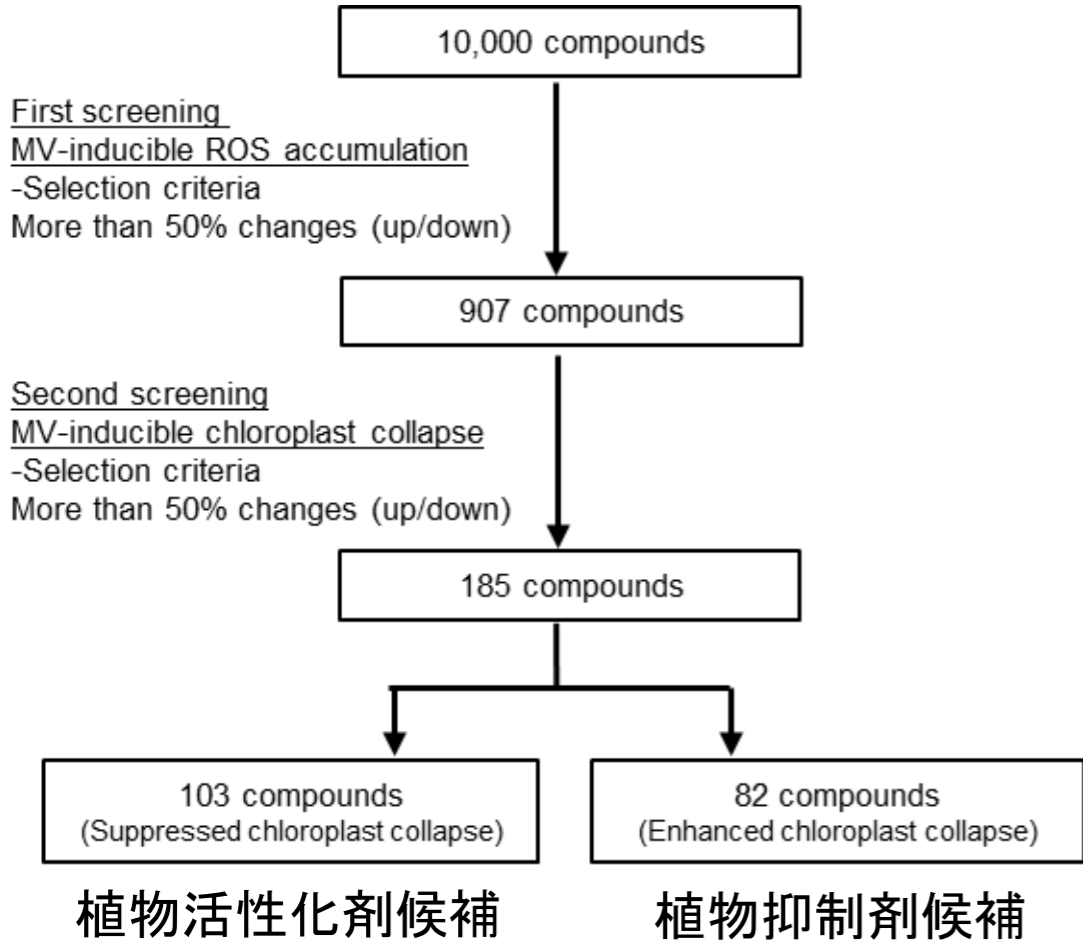
耐病性検定(*Pst DC3000*)



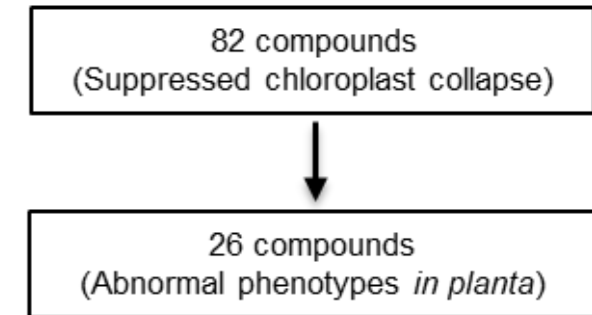
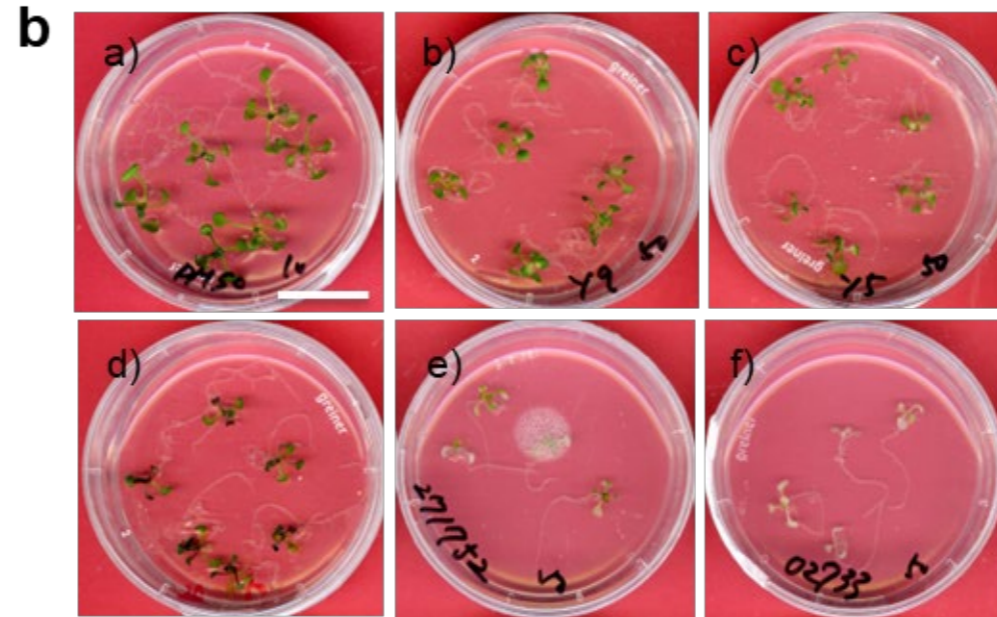
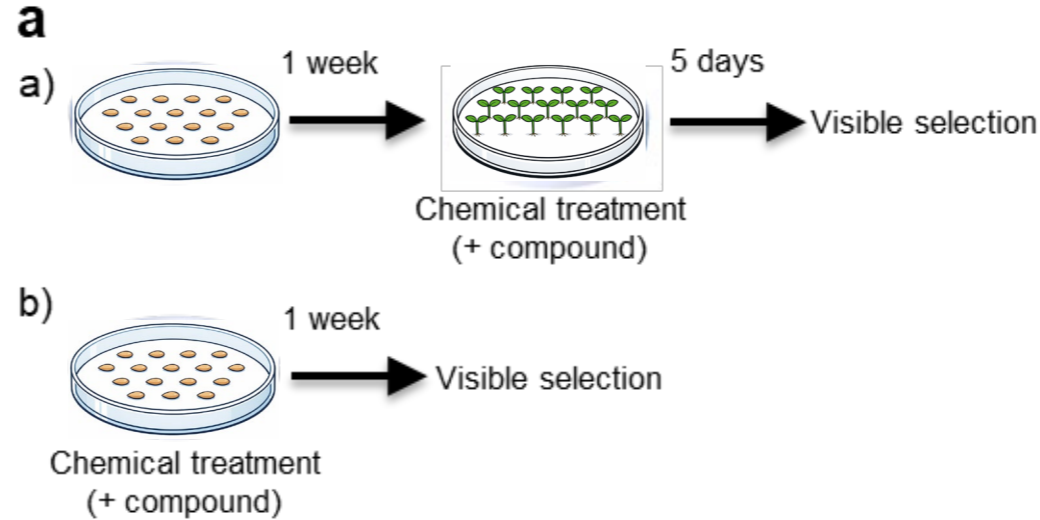
遺伝子発現(48h)

耐病性向上 + 既存剤と異なるホルモン応答
→ 新規作用性を持った抵抗性誘導剤／防疫剤候補

選抜化合物の例：除草剤／殺菌剤／殺虫剤候補



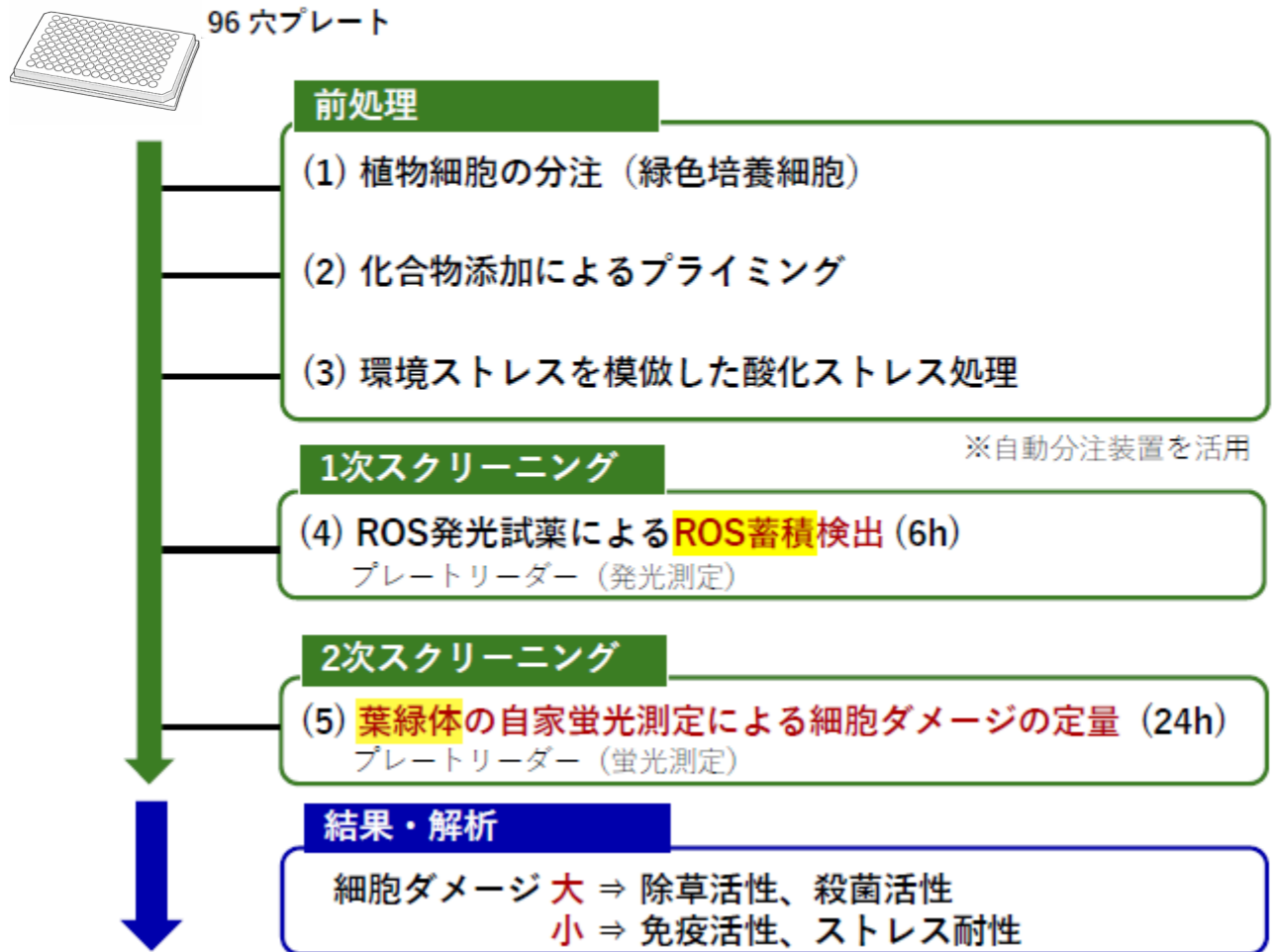
薬剤処理



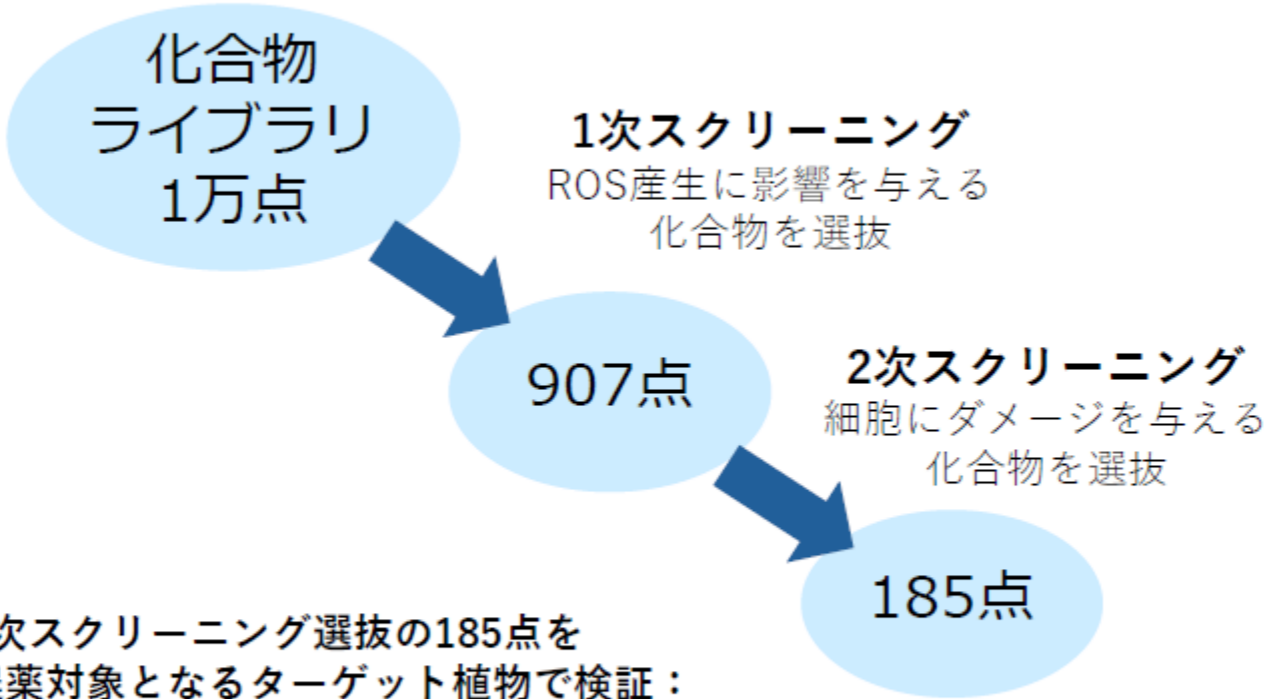
生育阻害、アントシアニン蓄積、壊死、白化等
→ 除草剤候補

スクリーニングのイメージとライブラリからの選抜例

スクリーニングのイメージ ROS蓄積量測定と葉緑体クロロフィル自家蛍光測定を用いた2段階選抜



市販の化学ライブラリからの選抜例



- 植物活性化剤候補 103点** ⇒ 31点でバイオスティミュラント／防疫剤の可能性
一部の化合物は新規防疫剤の可能性あり
- 植物抑制剤候補 82点** ⇒ 26点で除草能 (成長阻害、壊死、白化) を有することを確認

企業利用の期待／可能性

以下のような企業保有資材を持つ企業へ技術供与することで、農薬活性評価が可能

- 化合物ライブラリ
- 生理活性物質
- 天然抽出物
- 食品抽出成分

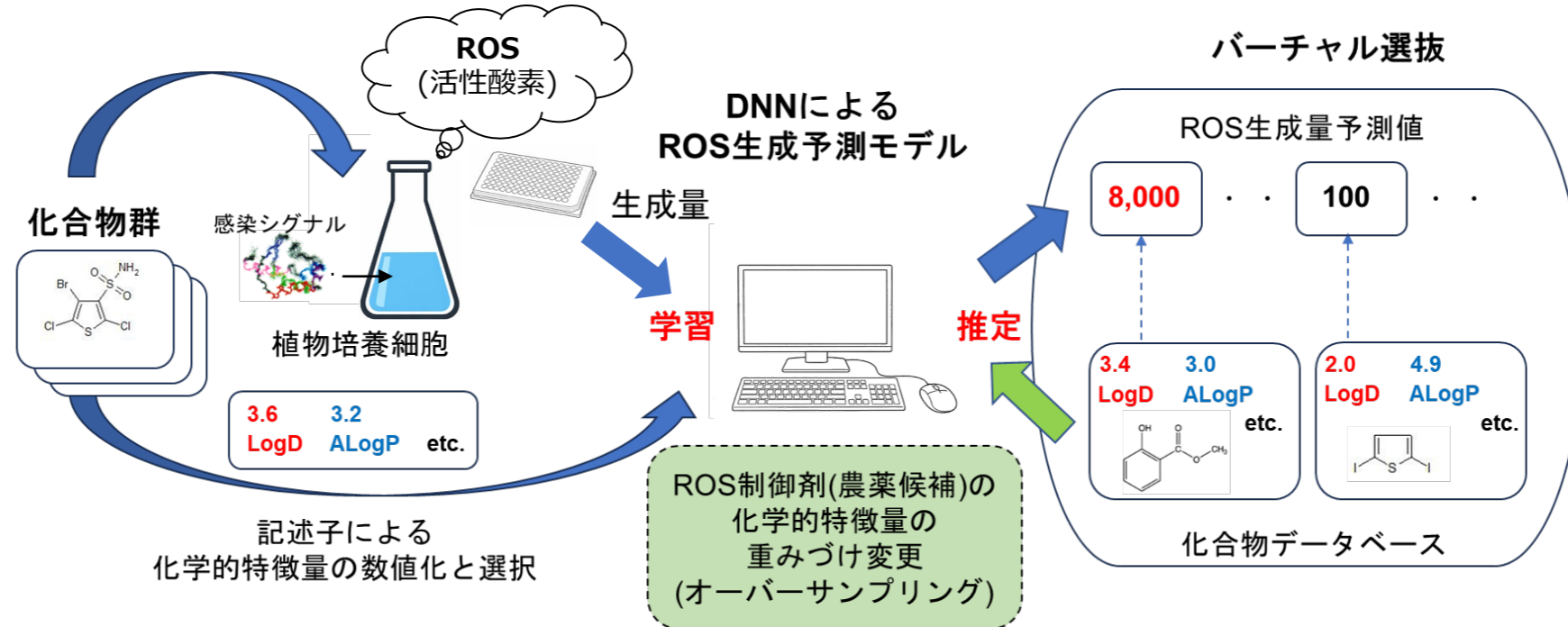
→ 既存化合物ライブラリ再評価、新規MoA除草剤探索、新規抵抗性誘導剤探索

本技術に関する知的財産権

発明の名称 : スクリーニング方法、生物刺激剤、防疫剤及び除草剤
出願番号 : 国際出願PCT/JP2024/034959
(国際公開WO2025/115382)
出願人 : 公立大学法人公立諏訪東京理科大学
発明者 : 来須孝光

ROS活性を指標としたバーチャルによる 農薬探索システムへの展開

バーチャルスクリーニング



Plant Methods, 19巻1号, e142 (2023)
化学と生物, 63巻7号, 303-305 (2025)

本手法によるROS実測データを加えることで、多様な農薬種のバーチャル探索可能

事前スクリーニングへの活用、濃縮バーチャルライブラリとしての活用

産学連携の経歴

- ・ 2010年-2011年 JST A-STEPフュージビリティスタディステージ事業に採択
- ・ 2020年-2022年 JST A-STEPトライアウト事業に採択
- ・ 2010年- 複数企業との共同研究実施

お問い合わせ先

公立諏訪東京理科大学 産学連携センター

TEL : 0266-73-1345

e-mail : sangaku@admin.sus.ac.jp

生成画像について

画像の一部は生成AIツールにより作成／編集（作成者：来須、ツール：Copilot、2026年）