

SDGsから見た雑草管理

—第27回アジア太平洋雑草科学会議に出席して—

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
技術顧問

與語 靖洋

2019年9月3日～6日、マレーシアのカリマンタン（ボルネオ）島の西側に位置するサラワク州クチンにおいて、リバーサイドマジェスティックホテル（図-1）を会場にして、第27回アジア太平洋雑草科学会議（APWSS2019）が開催された。本会議は隔年で開催されるが、2年前の9月に第26回会議（京都）で50周年を祝ったことが記憶に新しい。今回のメインテーマは“*Weed Science for Sustainable Agriculture and Environment*（持続的農業と環境のための雑草科学）”であった。正式な報告を待たなければならないが、アジア諸国を中心に200名を超える参加者があり、基調講演を含む約120の口頭発表、70近いポスター発表があった。以下、私が聴取した発表を中心に報告する。

1. 基調講演

オーストラリアのStephen Powles氏が、「アジア太平洋地域における除草剤抵抗性とその管理：挑戦と機会」と題して講演した。その中で、我々の研究目標は雑草ではなく食料、すなわち雑草管理の先にある食料生産への貢献にあること、また、雑草を進化的生存者にとらえて、除草剤抵抗性雑草が世界の農耕地の10%である1.5億haに侵入していること、さらにその管理において、新規薬剤を含む除草剤の多様性が重要であることを述べた。本講演を聴いて、著者には2008年にヨーロッパの研究者が集まって作成したリュブリャーナ宣言が頭に浮かんだ。そこでも、ヨーロッパにおける登録農薬の激減によって、抵抗性病害虫や雑草の発現が助長されることが懸念され、“化学的多様性”、即ち農薬の多様性を訴えていた。

2. 全体講演

イギリスのShiv Shankhar Kaundun氏は、「雑草における非作用点抵抗性の発達とメカニズム」と題して、除草剤抵抗性雑草を、作用点抵抗性と非作用点抵抗性に分けて解説した。後者については、吸収抑制、補償（活性酸素種のスカベンジャーによる抗酸化作用）、作用点への集積抑制（長距離輸送の抑制および液胞への集積、解毒（異物）代



図-1 会議が開催されたリバーサイドマジェスティックホテル

謝の4つに区分されるとした。異物代謝については、シトクロムP450等による酸化還元反応に代表される第1相反応、グルタチオン-S-トランスフェラーゼ等による抱合反応である第2相反応が良く知られているが、ここではATP-Binding Cassette (ABC) トランスポーターによる第3相反応も紹介

された。なお、ABCトランスポーターは、生物界に広く存在する膜タンパク質であり、様々な物質の輸送を行っている（相馬 2013）。植物において、このトランスポーターは、第2相反応までに代謝された異物を最終的に液胞等に封じ込める役割を果たしている。

アメリカ合衆国のRobert Zimdahl氏は、「持続型農業と環境のための雑草科学：倫理上の展望」と題した講演をした。世界における病害虫・雑草管理のための化学物質の80%が農業で使われており、その40%が除草剤である一方で、レーチェル・カーソン女史の『沈黙の春』に代表されるように、生物多様性影響を含む環境破壊の要因の一つとして農業が挙げられている。農業は人間にとって必須の活動であるが故に、その持続性だけでなく、生物多様性や水



図-2 著者のポスター発表

等に対する責任を果たす必要性を強調した。しかし、現実には農畜産物輸出大国であるアメリカ合衆国においても農学部が減少しているとのことである。

インドのSamunder Singh氏は、「ヒメカナリークサヨシの生態生物学と管理」について話題提供した。生態生物学（英語ではEcobiology）は日本ではあまり馴染みがない言葉であるが、その科学的基盤に立って、ここではいわゆる“ホップ”や“ジム”に代表されるACCase阻害剤耐性雑草の対策として、不耕起栽培、畦間への湛水、作付体系等の手法を組み合わせて、埋土種子を管理することを提案した。なお、ヒメカナリークサヨシ（*Phalaris minor* Retz.）は、帰化植物として世界に広がるとともに、日本にも輸入穀物等に混入して侵入・定着している。また、ACCase阻害剤を含む多剤耐性の報告もある。

韓国のDo-Soon Kim氏は、「雑草研究の新しい道具としての植物イメージ科学（植物フェノミクス）」と題して、可視光と赤外線を利用することで、雑草の同定や除草剤の効果・薬害、さらには抵抗性雑草のモニタリング等の用途に利用できることを紹介した。著者が知るところによれば、植物イメージ科学は、植物科学・工学・イメージデータ科学の境界領域であるが、放射性同位元素やポジトロン（陽電子）、さらにはGFP（タンパク質）を利用したイメージングが研究分野で既に利用されている。ここでは、人間がすることをコンピュータにさせる深層学習を組み合わせるのがポイントである。海外では雑草を検出しながらスポット処理する精密農業や、スマホで撮った写真から雑草を同定するソフトウェアがすでに実用化されている。日本でも、信州大学の渡邊氏のグループが雑草分野に応用した研究を進めている。

インドのA.N. Rao氏は、「アジア太平洋地域における雑草科学の発展と将来」と題して、APWSSにおける過去の発表論文（2327報）を調べた結果を報告した。研究テーマの30%が除草剤に関するものであり、雑草（含む抵抗性雑草）や除草剤耐性作物が続く。除草剤の発表数は年々増加しているものの、作用機構の種類は頭打ちになっていること、雑草については、水田におけるヒエをテーマにしたものが最も多く、雑草イネがそれに続くとのことであった。また、発表内容の推移から、将来期待される研究テーマが見えてきたと概括している。

オーストラリアのMichael D. Day氏は、「生物的雑草防除：挑戦と機会」と題して、生物的雑草管理には115年の長い歴史があるものの、あまり普及しないことに言及した。その理由として、生物多様性の減少を助長することを挙げていた。しかし、著者の知る限り、少なくとも日本では、殺草スペクトルが極めて狭く、効果が安定しないまたは不十分であることが、広く普及しない原因であったと思われる。

同じくオーストラリアStephen William Adkins氏は、「気候変動下における生物的侵入者の世界的脅威：厄介な侵入者を例として」と題して、地球温暖化がC3植物であるアメリカブクリョウサイ（*Parthenium hysterophorus* L.）の蔓延に寄与していることを、地理的障壁（C3植物がC4植物に比べて一般に地上部の成長が早く、種子生産量が多く、休眠性が高いこと）、生物的ストレス（CO₂の増加がC3植物に有利であること）、景観要因等から説明した。

3. 一般講演

約110の演題のうち、研究テーマで見ると、雑草管理が40題強と最も多く、そのうち12題が生物的雑草管理であった。その次に、アレロパシー、雑草の生物的・生態的特性、除草剤の薬効・薬害、除草剤抵抗性雑草が続いた。場面では稲と畑作物に関するものが30題弱、その他が50題弱であった（表-1）。なお、遺伝子組換え作物に関する一般講演はなかった。以下、発表から垣間見る各国の雑草管理の状況を簡単にまとめた。

マレーシアでは、各種除草剤耐性稲の栽培体系が構築されている。代表的なものにイミダゾリノン耐性（クリアフィールドイネ）、アセチルCoAカルボキシラーゼ耐性（Provincia）がある。これらは除草剤とのセット販売になるため、メーカーの管理が厳しいと思われるが、現地では

表-1 一般講演の概要

研究テーマ	稲	畑作物	果樹	工芸作物	その他	小計
雑草生物的・生態的特性	5	2			5	12
除草剤の薬効・薬害	3	6		1	2	12
除草剤抵抗性雑草	3	5	1	1		10
除草剤耐性作物						0
製剤施用法	1	1		1	3	6
新規除草剤（含む解毒剤）	3			1	4	8
除草剤の挙動（含む残留）	1				1	2
雑草管理（含む外来雑草）	9	11	1		10	31
生物的雑草管理	3				9	12
雑草利用		2			1	3
アレロパシー	1	1	1		12	15
その他（教育・技術普及）					1	1
小計	29	28	3	4	48	112

備考：講演等要旨から調べたものであり、キャンセルされた演題を含む

雑草イネとの交雑が問題視されている。

インドでは、総合的雑草管理 (IWM) をベースとした二毛作において、稲わら被覆を組み合わせた不耕起栽培における雑草の防除価は、稲わら被覆をしない耕起栽培と同程度であり、水田輪作としての水稲と小麦の不耕起栽培におけるわらの被覆を推奨している。

オーストラリアでは、“作物の雑草競合力を忘れるな”をキーワードに、ソルガムやリョクトウ (緑豆) において、狭畦栽培等によって栽植密度を高めることで、必要防除期間の短縮を図っている。

その他、アジア太平洋地域ではないが、ナイジェリアでは、寄生植物であるストリガ耐性トウモロコシ品種の最適栽培時期に関する報告があった。

スリランカでは、被覆力が強くアレロパシー活性を有することで、雑草との競合性が高い稲品種を湛水直播用に開発している。著者の知る限り、日本でも、稲の草型による被覆力の違いに関する研究 (小荒井 2018, 橋 2017) やアレロパシーに関する研究 (松尾ら 1999) がある。また、海外でも以前からアレロパシー活性が高い稲の開発が進められている (Jabran 2017)。

台湾における水稲栽培は、移植の二毛作が中心でその90%がジャポニカであるが、そこにおける雑草イネ問題が顕在化しつつある。その対策として、収穫後の入水による雑草イネの発芽誘発と、代掻きや除草剤処理 (1週間間隔で3回) が行われている。

バングラデシュでは、不適切な雑草管理によって、稲、小麦、トウモロコシ、ジャガイモ、サトウキビ、ジュート^{注1)}、茶、その他の作物において、それぞれ40~50%、24~58%、49%、43%、20%、75~80%、9%、25~60%の収量減がある。また、大豆における手取り除草は、生産費の40~60%を占めている。

ラオスでは、労力削減と時間短縮を目指して、移植水稲から直播水稲に移行しつつあるものの、83%が手取り除草で、除草剤の利用はわずか6%にとどまっており、牧草との

作付体系や中耕等を組み合わせたIWMの導入を試みている。

また、ヨーロッパにおいて、2017~2022年の5年計画で、37機関が参画するIWMのプロジェクトIWMPRAISE (Integrated Weed Management: PRACTical Implementation and Solutions for Europe) が紹介された。全体で約7億円を投入し、形骸化したIWMから脱却するために、環境にやさしく、持続性が高く、かつ外部からの影響に対する回復性も強い作付体系を目指す。ヨーロッパにおける北から南まで、一年生から永年作物まで、様々な栽培体系をカバーし、全体には、生物多様性や生態系サービスの観点から、除草剤への依存度を軽くして、有機農業体系への発展を目指す。

4. ポスター発表

70題弱の演題のうち、研究テーマで見ると、雑草の生物的・生態的特性が約19題と最も多かった。その次に、除草剤の薬効・薬害、除草剤抵抗性雑草、アレロパシーが続いた。場面では稲と畑作物に関するものが半数以上を占め、その他が約20題であった (表-2)。なお、ここでは、遺伝子組換え作物に関する発表が2題あった。以下、トピックを簡単にまとめた。

J-H. Yenら (台湾) は、土壌中の嫌気性菌群をPCR-DGGE^{注2)}を利用して解析し、それらによるブタクロールの分解をガスクロマトグラフ (ECD検出器) で測定した。他に、異化的金属還元細菌 (*Shewanella* spp.) が産生する硫

表-2 ポスター発表の概要

研究テーマ	稲	畑作物	果樹	工芸作物	その他	小計
雑草生物的・生態的特性	6	6		3	4	19
除草剤の薬効・薬害	4	2		1	1	8
除草剤抵抗性雑草	5	1		2		8
除草剤耐性作物	1				1	2
製剤施用法		1				1
新規除草剤 (含む解毒剤)	4	1				5
除草剤の挙動 (含む残留)	1		1		2	4
雑草管理 (含む外来雑草)	1	1	1	1	1	5
生物的雑草管理					6	6
雑草利用					1	1
アレロパシー	1	3	1		3	8
その他 (教育・技術普及)						0
小計	23	15	3	7	19	67

備考：講演等要旨から調べたものであり、キャンセルされた演題を含む

注1) 黄麻のこと。カーペット、バッグ、導火線等、様々な用途で使われる工芸作物

注2) 同じ長さの二本鎖 DNA 断片を塩基配列の違いに基づいて分離する電気泳動法で、平板培養できない微生物も検出できる。ここでは、土壌微生物が有する 16S-rDNA で半定量的に解析した。

酸亜鉛ナノパーティクルによって、アメトリンやジウロンを速やかに分解できることを示した。

Tosapon Pornpronら (タイ) は、パイナップル畑において、ジウロンとブロマシルを3回 (何れも2,000ga.i./ha) 処理しても、汚染管理局が規制する最大濃度を超えなかったこと、サトウキビの枯凋剤 (ビスピリバックNa, グリホサート, トリネキサバックエチル) の無人ヘリ散布で、糖度を効果的に向上させることができることを報告した。

シンジェンタは、Resistance In-Season Quick test (RISQ) という、ベトリ皿を使った除草剤 (ALS阻害剤やACCase阻害剤) 抵抗性の簡易生物検定法を開発し、ヒメカナリークサヨシの事例を紹介した。

その他、マレーシアにおける雑草イネと栽培イネは、葉身や茎の厚さ等一部の形質に違いがあるものの、形態上の違いはほとんどないこと、中国の小麦栽培において、ドリフトレスノズルを利用することで、少なくとも20%処理量を削減できるとの報告があった。

日本からは、秋田県、宮城県、大分県の公設農業試験場からの報告もあるとともに、信州大学の渡邊らが、ドローンによるRGB画像を利用したクズ群落の評価方法を紹介していた。

私自身は、農研機構時代に行った研究成果を新たに統計解析して、湛水条件におけるアミド系除草剤の残効性は温度の上昇とともに低下するが、それは土壤吸着や雑草の感受性ではなく、田面水中の残留性に起因することを示した (図-2)。

5. 若手研究者フォーラム

アジア太平洋地域の6名の若手研究者が話題提供した。以下簡単に紹介する。

多剤抵抗性タイヌビエを材料に、P450の一つであるCYP81Aのサブグループ (A12~21) について、33除草剤、24作用機構グループで調べ、解毒代謝される除草剤や交差反応性に大きな違いがあることを示した (京都大学)。芝における多剤耐性スズメノカタビラは、シマジン、ALS阻害剤、ACCase阻害剤等に耐性を示した (オーストラリア)。雑草イネのほとんどの生物型が280日以内に発芽し、その休眠性は徐々に低下するとともに、温度によって発芽率は上昇しなかった (マレーシア)。侵入雑草セイヨウノコギリソウ (*Achillea millefolium* L.) の繁殖特性は、海拔が高くなるにつれて増加する (インド)。二酸化炭素の上昇を経験した雑草個体群の形質は次世代に受け継がれるが、グリホサートの効果への影響は限定的であった (オーストラリア)。アメリカブクリョウサイ防除のための微生物に関する基礎的知見を示した (マレーシア)。

6. その他のトピック

会議前日の午前中には、文書執筆のためのワークショップが開催された。対象となるのは、博士論文や投稿論文執筆だけでなく、国際的な研究補助金申請も含まれており、Putra Malaysia大学のKSI (Keywords (キーワード), Sequence (結果), Importance (重要性)) 手法を用いて行われた。同日の午後には理事会と並行して、APWSS Young Scientists 'Meet And Greet' Event, いわゆる若手研究者の集いが開催された。

本会議に入り、夕食会等で各種受賞の表彰が行われ、APWSS学生渡航助成金 (Student Travel Grant Award) 5名、IWSS 学生渡航助成金3名、Corteva Agriscience Malaysia学生渡航助成金3名に授賞した。また、Soekisman Tjitrosemito, Khan Bahadar Marwat, Anis Rarman, 松本宏の各氏に特別功労賞 (Life Time Achievement Award) が受賞された。さらに、5名の若手研究者にベストポスター賞を授賞した。最後に、Rao氏およびJuraimi氏のあいさつに続いてAPWSS旗の引継ぎ式が行われ、会議を閉会した。

会議の翌日にはエクスカージョンが企画され、マレーシアのボルネオ島の昔の文化を紹介したSarawak Cultural Local Villageや、同島におけるオランウータンの保護区であるSemenggoh Nature Reserveなどを見学した。それらの場所では当然のことながら様々な熱帯性の草種が生息していたが、日本に生息する雑草やそれらの近縁種と思われる草種も見られた。

なお、次回 (第28回) APWSSは、2021年11月にタイのチェンマイ、次々回 (第29回) APWSSは2023年に中国の南京において開催予定である。また、第8回国際雑草科学会議 (IWSC) は、新型コロナウイルスの影響で延期となったが、“Global Weeds in 2020 (世界の雑草2020)”をテーマにタイのバンコクにおいて今年の12月7日~12日に開催される。

参考文献等

- 相馬義郎 2013. ABCトランスポーター. 日本薬理学雑誌 141, 222-223.
- 小荒井晃 2018. 発酵粗飼料用水稲栽培における雑草管理に関する研究. 雑草研究 63, 25-32
- 橘雅明 2017. 寒冷地における水稻品種とタイヌビエとの競合関係の定量的評価に関する研究. 雑草研究 62, 50-57.
- 松尾光弘ら 1999. イネ品種におけるアレロパシー物質の抽出・単離と評価. 雑草研究 44(別), 186-187.
- Jabran, K. 2017. Rice allelopathy for weed control, Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control, Springer Briefs in Plant Science, 35-47.