

今後取り組むべき研究課題

—第26回アジア太平洋雑草学会議の主要講演から—

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
研究所

渡邊 寛明

平成29年9月19日から4日間にわたり京都リサーチパークで開催された第26回アジア太平洋雑草学会議 (The 26th Asian-Pacific Weed Science Society Conference in Kyoto) では、開会式後の Duke 氏による基調講演に続いて、Golden Jubilee Memorial Lectures (APWSS 創立50周年記念講演会) が開催され、本地域の著名な雑草研究者6名による報告があった。これらの講演の他にも、除草剤利用、除草剤抵抗性、ヒエ、アレロパシー等の本地域の重要課題に関する4題の Plenary Lectures があり、雑草研究の成果や課題がそれぞれの視点で論じられた。また、一般講演では雑草の発生動向や雑草管理技術の開発状況などについて多岐にわたる研究成果が報告された。私自身は本会議の財務担当として会期中の多くの時間を登録デスク (受付) で過ごしていたので、一般講演はほとんど聞くことができなかったが、幸い、受付近くのメイン会場 (バズホール) での講演を視聴することができた。それらのアブストラクトや演者による総説記事を参考にしながら、今後取り組むべき課題を中心にその概要を報告したい。私の聞き取りの未熟さから、演者の意図とは少し異なる解釈をしている点があるかも知れないが、そこは何卒ご容赦願いたい。

基調講演

9月20日の開会式に続いて、アメリカ農務省 (USDA) の Agricultural Research Service の Stephen O. Duke 博士による基調講演が行われた。博士は、除草剤に対する抵抗性等にみられる雑草の進化を防止するための総合的雑草管理 (IWM) の重要性を述べた。ダーウィンは単一の防除手段に対する病害虫の進化を予言していたが、雑草においても70年の除草剤への依存がもたらす除草剤抵抗性として早くから顕在化しており、IWMのアプローチがその予防に重要な役割を果たすと論じた。IWMを構成する個々の要素技術においても、空間的、時間的に多様であれば雑草管理の多様性をさらに高めることができ、作用機構の異なる除草剤のローテーション使用も抵抗性の発達を最小限に抑えることに役立つとしている。一方で、新たな作用を持つ除

草剤の開発が進まず複数の除草剤に対する抵抗性雑草がまん延している場面では、除草剤以外の管理手段を活用した IWM の普及が急務である。そのような場面でも、依然として除草剤は多くの草種に有効であり、その有効性を長く維持するためにも IWM の普及は重要であると述べた。将来は、新規作用機構を有する除草剤、機械除草や除草剤利用のための除草ロボット技術が確立し、バイオテクノロジーは、スプレー可能な RNAi、遺伝子改変による除草剤耐性作物、微生物除草剤、アレロパシー作物などを将来における主要な雑草管理ツールに仕立ててであろうと述べた。また、薬剤にみられる負相関交差抵抗性の利用も、将来における持続的な除草剤利用に役立つかもしれない。ただ、これら新しい技術が実用化される時、私たちは IWM を採用してこなかった過去の経験から学んだことを忘れてはならないと、Duke 博士は注意喚起している。

Golden Jubilee Memorial Lectures

基調講演に続いて、創立50周年記念講演会が開催され、アジア太平洋地域を代表する6名の雑草研究者により本地域の重要課題に関して発表された。トップバッターの APWSS 前事務局長 Nimal Chandrasena 博士は、50年に及ぶ APWSS の活動とこれまでの会議での研究発表内容からみた本地域における主な雑草課題の変遷を示した。さらに、記念本 "50th Anniversary Celebratory Volume Asian-Pacific Weed Science Society" (表-1, 図-1) の作成と発行の経緯を紹介した。この本は、大会参加者に無料配布された。

続いてフィリピン・マニラ大学の Aurora M. Baltazar 教授は、1967年のハワイでの第1回 APWSS 会議から2015年のインド・ハイデラバードでの第25回会議までの講演数や参加者数等のデータを示しながら、50年の APWSS の歴史と発展を概説した。また、APWSS の主要メンバーがかかわった雑草の解説本 "The World's Worst Weeds" や "A Geographical Atlas of World Weeds" 等の成果を挙げ、APWSS の取り組みが本地域の雑草科学の発展に貢献してきたと説明した。

植調協会の森田弘彦博士による講演では、本地域における水田雑草の発生と生育に及ぼす重要な環境要因として、モンスーン気候の温帯地域では「温度」、明瞭な乾季と雨季を持つ熱帯地域では「土壌水分」が取り上げられた。博士は、ヒエ属雑草等のイネ科雑草での研究事例に基づいて、各環境要因の季節変化 (夏-冬, 乾期-雨期) に対する雑草の反応が水稲作におけるそれらの適応戦略に深くかかわって

いること、これら環境条件に対する雑草の反応性を詳細かつ正しく理解することが除草剤の合理的な使用につながると強調した。

APWSS 事務局長で ICRIASAT (国際半乾燥熱帯作物研究所) の主任研究員である Adusumilli N. Rao 博士は、

APWSS 会長の松本宏筑波大教授とともに編纂した ” Weed Management in Rice” (表 -1, 図 -2) を紹介し、その作成と編集の経緯を説明した。この本は、大会参加者に割引価格で販売された。Rao 博士らによる 「Rice Weed Management in the Asian-Pacific Region: An Overview」

表 -1 APWSS 創立 50 周年を記念して発行された 2 つの書籍

1. 50th Anniversary Celebratory Volume (ISBN: 978-81-931978-5-1)		
編集	N. Chandrasena and A.N. Rao	
発行	アジア太平洋雑草学会, 日本雑草学会, インド雑草学会	
定価	1,000 円 (購入問合せ先: 日本雑草学会事務支局 Tel 075-415-3661)	
内容	<p>Section I – Contributed Papers</p> <p>Asian-Pacific Weed Science Society: A glimpse of the past 50 years and perspectives N.Chandrasena and A. N. Rao</p> <p>Weed science in the Asian-Pacific region: Present status and experiences S. Adkins</p> <p>Commemorating 50 years of the Asian-Pacific Weed Science Society (1967-2017) A.M. Baltazar</p> <p>Temperature and soil moisture as principal factors on emergence and growth of weeds in rice production in Asian-Pacific region H. Morita</p> <p>Technological advances for weed management N. Burgos <i>et al.</i></p> <p>Ringing the changes on the taxonomy of <i>Echinochloa</i> (L.) P. Beauv. (barnyard grass) in the Asian-Pacific region P. W. Michael</p> <p>Biologically-based methods of weed management: The next 50 years R. Charudattan</p> <p>Ethics, agriculture, and the environment R.L. Zimdahl</p> <p>The future of weed science in the Asian-Pacific region – Some perspectives for the next 50 years</p> <p>‘Beautiful blue devil’ or ‘Cinderella’? Perspectives on opportunities to use water hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i> [Mart.] Solms) P. Ray and N. Chandrasena</p> <p>Section II – Memories and reflections</p> <p>By K. Itoh, K.U. Kim, A.R. Sharma, D. Kurniadie, D.V. Chin, Md. H. Ali, N.T. Yaduraju, A.H. Juraimi, S.K. De Datta, B.S. Chauhan, B. Marambe, C. Manechote, G. Hassan and K.B. Marwat</p>	
2. Weed Management in Rice (ISBN: 978-81-931978-4-4)		
編集	A.N. Rao and H. Matsumoto	
発行	アジア太平洋雑草学会, 日本雑草学会, インド雑草学会	
定価	4,000 円 (購入問合せ先: 日本雑草学会事務支局 Tel 075-415-3661)	
内容	<p>Rice weed management in the Asian-Pacific region: An overview A.N. Rao <i>et al.</i></p> <p>Climate change effects on rice, weeds and weed management in Asian-Pacific region N.E. Korres <i>et al.</i></p> <p>The role of industry in managing rice weeds in the Asian-Pacific region during the past, present and in future H. Kraehmer <i>et al.</i></p> <p>Herbicide resistant weeds in rice of the Asian-Pacific region: Characteristics, mechanisms and management of resistance S. Iwakami and A. Uchino</p> <p>Herbicide tolerant rice and weed management in Asian-Pacific region: Progress and potential S. Sudakir <i>et al.</i></p> <p>Biocontrol and weed management in rice of Asian-Pacific region A. K. Watson</p> <p>Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) allelopathy and <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv H. Kato-Noguchi</p> <p>Weed and their management in rice cultivation in Australia: An overview and future prognosis N. Chandrasena <i>et al.</i></p> <p>Weeds of rice and their management in China J. Zhu <i>et al.</i></p> <p>An overview of weed and weed management in rice of South Asia A.N. Rao <i>et al.</i></p> <p>Rice weed management in Southeast Asia V. Kumar <i>et al.</i></p> <p>Rice weeds and management in North America N. Roma-Burgos <i>et al.</i></p> <p>Rice weed and their management in Japan H. Watanabe and H. Morita</p> <p>Weeds and weed management in temperate rice of Korea I.Y. Lee <i>et al.</i></p> <p>The weedy rice threat in rice-growing Asian-Pacific region M. Rathore <i>et al.</i></p>	

表-2 Steve W. Adkins 教授により提案された今後取り組むべき課題

- 雑草イネなどコメ生産の脅威となる重要雑草の総合管理戦略
- 作物生産や在来植生にとって脅威となる侵入外来種の総合対策
- 実用的で経済的な除草剤抵抗性雑草の管理戦略の構築
- 除草剤耐性作物においてスーパー雑草（除草剤抵抗性の雑草イネなど）を出現させないための持続的な雑草管理技術
- 気候変動が雑草（特に C_3 植物）と今後の雑草管理戦略に与えるインパクトの解明
- 雑草の種同定や複雑な雑草問題を整理するためのエキスパートシステムの開発と利用
- ガイダンスシステム、GPS、GIS、リモートセンシング技術等を活用した精密農業技術を含む雑草管理の新たな物理的手法
- 抑草力の強い作物や天然資材の利用および伝統的生物防除を含む生物的管理技術
- 問題雑草を同定・地図化し、除草剤使用を最小限に抑えるためのエキスパートシステムを利用した地域に合わせた雑草管理技術
- 国際貿易、物流、旅行の増加に伴う侵入外来種の増大メカニズムの解明と防止
- 新たな改善技術を迅速にエンドユーザーへ移転する方策
- アジア太平洋地域における次世代の雑草研究者を育てる教育活動

(50th Anniversary Celebratory Volum に掲載された Adkins 教授による総説から)

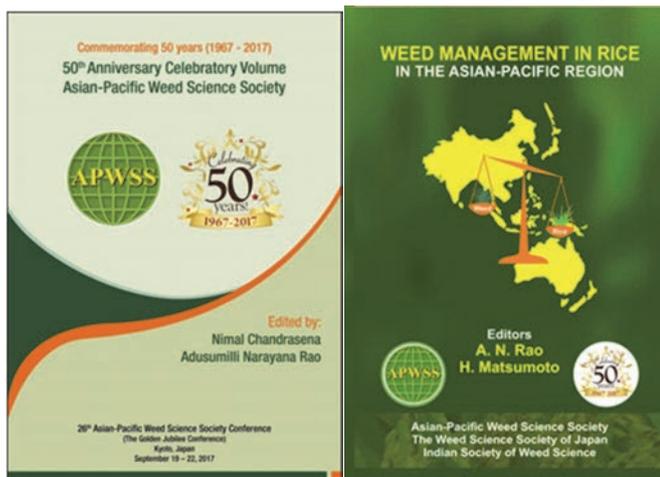


図-1 50th Anniversary Celebratory Volume

図-2 Weed Management in Rice

は、本地域における多様な稲作形態と雑草問題を紹介しており、アジア・太平洋地域での稲と雑草の「幅」を理解するための格好な資料となる。元 APWSS 会長でクイーンズランド大学の Steve W. Adkins 教授は、雑草管理技術が発達した現在でも雑草問題が食糧生産と環境保護に脅威を与え続けている背景として、気候変動、国際貿易や物流等にもなう地球規模での雑草の移動、除草剤抵抗性等を挙げた。具体的な脅威として雑草イネ、*Parthenium* 属雑草（アメリカブクリョウサイ等）、*Mikania micrantha* の特性と被害について概説した。Adkins 博士はこれら増大する雑草の脅威の軽減に向けて取り組むべきアプローチを整理しているが（表-2）、中でも特にバイオテクノロジー、各種のコンピューター技術、除草剤への依存を下げるための生物的、耕種的、機械的防除技術、他感物質（Allelochemical）を利用した除草剤開発、雑草リスク評価、ナノテクノロジーの発展に期待を寄せている。

国際雑草学会の会長でアーカンサス大学教授の Nilda Roma-Burgos 博士もまた、雑草科学における新しい技術革新が現在の壁を打ち破る新しい管理ツールの開発につながるの期待を述べた。除草剤に対する抵抗性は将来における新たな雑草管理ツールの開発を促進するとし、すでにそのような革新は始まっているとのこと。将来はゲノミクス、プロテミクス、メタボロミクス、バイオインフォーマティクス、システムバイオロジー、分子生物学等の研究と応用が雑草科学と農業技術に大きなインパクトを与え、それら新しい科学技術と次世代シーケンサー技術が、RNA 干渉、遺伝子編集等の進歩や新しい除草剤のターゲット部位の発見や新規の雑草管理ツールの開発を促進すると論じている。また、他の演者と同じように、リモートセンシング技術やロボット技術にも大いに期待しており、それらがコスト面を含めてより実用的な技術となれば、侵入雑草や除草剤抵抗性雑草の早期発見と拡散モニタリングにより、大規模圃場管理の改善につながるとしている。

6名の演者による講演内容はそれぞれの異なる視点での報告であったが、共通して述べられたのは、本地域の研究推進と技術開発には APWSS を通じた情報交換と若手研究者の育成および基盤的研究の着実な発展が極めて重要性であるということであった。N. Chandrasena 博士と A.N. Rao 博士により紹介された2冊の記念本（表-1、図-1、図-2）には、アジア太平洋地域におけるこれまでの雑草研究の成果と今後の研究課題に関する演者らの総説が掲載されている。日本雑草学会で販売されているので、興味のある方は購入していただきそれらを参照してほしい。

Plenary Lectures

今大会では3日目と4日目にそれぞれ2題の Plenary Lecture があつた。それら講演内容の概要は以下のとおりである。

9月21日（3日目）

演者：濱村謙史朗氏（日本植物調節剤研究協会）

演題：Development of herbicides for paddy rice in Japan

濱村氏は日本の水稲作における除草剤開発・普及の経緯について講演した。我が国の伝統的な稲作から始まり、1950年の2,4-D導入以降の除草剤の普及にもなう除草労働時間の低減、有効成分の開発・普及と問題雑草の変遷、体系処理から一発処理への処理体系の変化、省力散布のための1キロ粒剤、フロアブル、ジャンボ、豆つぶといった新たな剤型の開発の経緯と、田植同時処理、水口処理、投

げ込みなど圃場規模に応じた除草剤の散布法など、その講演内容は水稲作雑草管理の全般にわたるものであった。日本の水田および水稲作が置かれている自然条件や社会条件（立地条件、経営・圃場規模、気象条件、水稲栽培法、農業政策）との関係で、除草剤の開発・普及の経緯を考察した内容は大変解りやすく、除草剤の剤型と省力散布技術では動画を活用した説明もあり、聴衆の目をステージに引き付けた。海外からの参加者にとっては、アジア太平洋地域における我が国の水稲作と水田雑草管理の特徴を理解する上で大いに役立つものと思われる。

演者：Dr. Deepak Kaundun（英国・シンジエンタ）

演題：Evolution, mechanism and sustainable control of herbicide resistance in weeds

Kaundun 博士は、もっとも厄介な抵抗性雑草として北米のトウモロコシや大豆畑でのヒユ属雑草 (*Amaranthus* spp.)、北西ヨーロッパとオーストラリア小麦畑地域の、ノズメノテッポウ (*Alopecurus myosuroides*) とボウムギ (*Lolium rigidum*) を挙げた。除草剤抵抗性は種子や花粉でも広がるが、一義的にはヘテロな雑草集団の中に内在する遺伝的変異が元になっていると説く。マルチ作用点の除草剤に比べると単一作用点の除草剤は抵抗性の影響を受けやすいこと、除草剤の代謝や移行が関係している非作用点変異の抵抗性は関与する遺伝子が多く、そのメカニズムが分かり難いものに対して、作用点変異の抵抗性ではその原因遺伝子の決定が容易であるとの説明があった。抵抗性形質は fitness の面で生存や適応上不利となる場合があると予測されるが、圃場レベルでその長期的意義はまだ十分に明らかにされていない。将来はコンピューターを用いたモデル試験により抵抗性の進化リスクを軽減するための管理戦略の設計が可能であるが、そのためにも現場での簡易な抵抗性検出技術が重要であると論じた。

9月22日(4日目)

演者：Dr. Do-Soon Kim（韓国・ソウル大学）

演題：Genetic diversity of *Echinochloa* species in taxonomic and ecological aspects

Kim 博士は、2倍体から6倍体まで様々な倍数性を有するヒエ属植物について、その遺伝的多様性に関する De novo RNA シーケンシングやトランスクリプトーム解析による最近の研究成果を紹介しながら、熱帯から温帯、湿潤水田から乾燥した畑条件まで幅広い環境適応性を有する本属植物の遺伝的背景について述べた。

演者：藤井義晴氏（東京農工大学）

演題：Research on allelopathy for weed science in

Asian-Pacific region

藤井教授は、これまで開発されてきたアレロパシー活性、他感物質の単離、分析、農業への寄与を評価するための各種研究手法およびそれらにより得られたこれまでの研究成果を紹介した。3つの主要なアレロパシー作用経路（根圏浸出、葉浸出、揮発）に対応した検定法として教授が開発したプラントボックス法、サンドイッチ法およびディッシュパック法で評価されたアレロパシー植物数千種のデータベースが構築されつつある。代表的な他感物質としてムクナの L-DOPA、ヘアリーベッチのシアナミド、台湾レンギョウ (*Duranta repens*) の durantanin、バラ科シモツケ属植物 (*Spiraea* spp.) のシス桂皮酸について概説するとともに、雑草管理の実用場面での応用事例として外来植物が有するアレロパシー活性の評価、アレロパシー活性を有する被覆植物を用いた雑草管理を紹介した。また、重力屈性に影響を及ぼす他感物質などを例にあげ、アレロパシー研究が新たな作用機構を有する除草剤の開発につながることを期待されると述べた。

一般講演での研究発表

プログラム集によれば一般講演では、18のオーラルセッションで146題、2会場でのポスター発表167題、あわせて313題の研究発表があった（表-3）。なかでも除草剤抵抗性については発生状況、管理、作用点変異の抵抗性、非作用点抵抗性とテーマ別のセッションが設けられ、オーラルとポスターをあわせて51題の発表があった。また、除草剤開発に関する発表が32題、除草剤利用も40題と多く、除草剤耐性作物や総合的雑草管理なども含めると、除草剤利用場面を想定した研究発表が全体の半数以上を占めた。一方で、生物防除、アレロパシー、除草剤を用いない雑草管理技術の3つのセッションでは56題の発表があり、東南アジアや南アジアでの除草剤に対する行政的規制を背景にした”Botanical：植物資材による雑草制御”など、除草剤依存を軽減することを目指した研究についても活発な情報交換が行われた。また、本地域の農業生産においても侵入雑草の脅威が年々高まっていることもあり、これに関する研究発表が22題あった。

一般講演の雑草イネのセッションでの発表は9題であったが、本大会初日の9月19日に農研機構による雑草イネをテーマにした国際シンポジウムが開催され、そこでは米国、中国、オーストラリア、日本の研究者から6題の講演があった。いずれも雑草イネの由来や対策を考える上で重要な内容で、その適応や種子休眠をゲノム情報から解析した研究

表-3 一般講演でのテーマ別発表数

セッションテーマ	発表数		
	オーラル	ポスター	計
Aquatic weeds	9	0	9
Invasive alien species	6	16	22
Parasitic weeds		2	
Weed biology and ecology	7	27	37
Utilization of weeds		1	
Weedy rice	6	3	9
Herbicide tolerant crops	6	3	9
Biological control	12	2	14
Non-chemical control	6	9	15
Allelopathy	7	20	27
Weed management	13	10	23
Weed problem, constraint, and opportunity in different countries	11	5	16
Herbicide resistance	25	26	51
Herbicide	19	13	32
Herbicide usage	19	21	40
New technology	0	3	3
Others	0	6	6
合計	146	167	313

(データ：第26回アジア太平洋雑草科学会議プログラム集)

成果や雑草イネ対策のための取り組みについて報告があった。各国とも雑草イネ対策に苦労しているが、APWSSでの過去の発表と比較すると研究材料に用いる雑草イネ試料は

ずいぶん豊富になっており、雑草イネの多様性を明らかにする研究は着実に進んでいる。雑草イネは本地域の稲作における最も大きな脅威となり得ることから、これらの研究成果が雑草イネの防除戦略の構築に役立つことを期待したい。

おわりに

地球規模で急増する人口その生活を支え続けるために、農業生産に関わる全ての専門分野において、これまで以上の技術革新が求められている。雑草研究分野は、除草剤の開発・利用に代表されるような実用技術の開発を通して世界の農業生産の向上に大きく貢献してきたが、それでも除草剤抵抗性、侵入雑草、雑草イネなど安定した農業生産を妨げる多くの課題が山積している。気候変動のみならず経済活動や社会構造も大きく変化するなか、それらの脅威はますます大きくなることが予測される。演者たちは、このような状況をふまえながら、将来に向けた研究開発、技術革新の道筋を提案しておられた。今回の会議は、私自身にとっても将来のIWMの在り様をあらためて考える4日間となった。国際観光都市である京都での会議だったこともあり、海外から300名近くの参加が得られた。その一方で日本国内からの参加者は150名程度にとどまった。235名の国内参加があった22年前のつくば会議と比べると、日本人の参加はずいぶん少ない。今回のAPWSS会議に参加できなかった本誌読者の方々が、本稿によって会議の雰囲気や少しでも感じ取ることができれば幸いである。

田畑の草種

草合歓 (クサネム)

マメ科クサネム属の一年生草本。全国の水田や川岸などの湿地に生える。草高数十センチのものから大きくなると1mを超えるものも。葉は頂小葉を持たない偶数羽状複葉。花は淡黄色で1cmほどの典型的な蝶形花。

「クサネム」の名は、同じマメ科の「ネムノキ」の草本版ということであつたようである。しかしながら花の形は大きく異なるし、葉も、「ネムノキ」は同じ偶数羽状複葉ではあるが2回の複葉である。両種とも夜になると葉を閉じる「就眠運動」をするという点では似ているが、これもこの2種に限ったものではない。はてさて・・・。

どちらも在来種で、古人たちの目についていたはずである。目についていたはずであるがクサネムが万葉人に取り上げられることはなかった。万葉人に取り上げられたのは「合歓木」の方であった。万葉集に「合歓木」を詠った歌が3首ある。そのうちの2首。

昼は咲き夜は恋ひ寝る合歓木の花
君のみ見めや戯奴さへに見よ (巻8)

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

紀女郎が、若い大伴家持をちょっとからかって贈った歌。それに応えた大伴家持の歌。

我妹子が形見の合歓木は花のみに

咲きてけだしく実にならじかも (巻8)

家持にとって年上の郎女は凛とした宮廷女性であったようである。「合歓」は「ねむ」とも「ごうかん」とも読む。ちなみに「合歓」とは夫婦が同衾することをいう。

クサネムは「就眠運動」のみならず太陽に向かって葉を広げるといふ「日周運動」も。一日中「日周運動」をした後さらに「就眠運動」である。「クサネム」はその動きにかなりのエネルギーを費やしているはずである。そのためであろうか夕方の就眠は早いようである。早く寝て早く起きているのであろうか。土田耕平にこんな歌があつた。

草合歓はすでにねむれり夕ぐれの
岡のへ來れば空のあかるさ