

## 《研究ノート》

# タイ国と共に歩んだ雑草研究歴

沖 陽 子\*

### はじめに

私とタイ国との出会いは1981年の秋に始まる。インドで開催された国際学会に参加した帰路にバンコク郊外の農業共同組合省農業局に立ち寄ったのである。インドでかなりのカルチャーショックを受けた後であったので、多少の耐性が出来ていたが、それでも喧噪の空港で人の荷物を勝手に引っ張っていくタクシーの運転手に閉口したのを覚えている。そして、4年後にアジア太平洋雑草学会が開催されたチェンマイを訪れたのを機として、その後1994年まで毎年タイ国を訪問することとなった。JICAのタイ雑草研究短期専門家として滞在した後、日本学術振興会発展途上国協力事業交換研究者として、あるいは科研国際学術研究分担者としてプロジェクトに関与したからである。また、その間に6人の研究生をタイ国より受け入れた。本稿では、その間に得た知見を3期に分けて話を進めたい。

### タイ国における水生雑草問題

まず、JICAのタイ雑草研究短期専門家として滞在した時に筆者に与えられた課題は、水生雑草の現状把握と対策であった。そこで、Bankok, Nakhon Sawan, Kanchanaburiなどの中央部・西部と Hat Yai, Phatthalung, Narathiwat,

---

\*おき ようこ、岡山大学環境理工学部

表1 タイ国の中央部・西部・南部の水系に繁茂する水生雑草

学名	生活型	学名	生活型
<i>Ceratophyllum demersum</i>	S	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	E
* <i>Hydrilla verticillata</i>	S	<i>Ipomea aquatica</i>	E
<i>Myriophyllum tetrandrum</i>	S	<i>Hygroryza aristata</i>	E
* <i>Najas graminea</i>	S	<i>Nelumbo nucifera</i>	E
<i>Ottelia alismoides</i>	S	* <i>Coix aquatica</i>	E
* <i>Potamogeton malaianus</i>	S	* <i>Colocasia esculenta</i>	E
<i>Utricularia flexuosa</i>	S	* <i>Eleocharis dulcis</i>	E
<i>Cabomba caroliniana</i>	S	<i>Limncharis flava</i>	E
<i>Azolla pinnata</i>	F	<i>Ludwigia adscendens</i>	E
* <i>Salvinia cucullata</i>	F	<i>Monochoria hastata</i>	E
* <i>Pistia stratiotes</i>	F	<i>Monochoria vaginalis</i>	E
<i>Lemna perpusilla</i>	F	<i>Polygonum tomentosum</i>	E
* <i>Eichhornia crassipes</i>	F	<i>Ceratopteris thalictroides</i>	E
* <i>Nymphaea lotus</i>	R	<i>Marsilea crenata</i>	E
<i>Nymphaoides indica</i>	R	<i>Bacopa monnieri</i>	E
<i>Alternanthera sessilis</i>	E	<i>Limnobium spongia</i>	F

生活型：S；沈水型 F；浮遊型 R；浮葉型 E；抽水型

\*：主要水生雑草

Pattani, Yala などの南部へ赴き、水生雑草の繁茂状況を調査した。表1は採取した主な水生雑草のリストである〔OKI 1987〕。その中で\*印が付されているのがタイ王立灌漑局水生雑草研究室で報告されている最も繁茂の著しい水生雑草である〔TAMASARA 1983〕。ホテイアオイが最も優占度が高いことはいうまでもない。チャオプラヤ川に滔々と流れるホテイアオイは、タイの風物詩となっている。

さて、タイの国土面積は531,115 km<sup>2</sup>であるが、その5%以上が水域面積で、灌漑、航行、養魚、水力発電、飲料水など多面的に利用されている。従って、水生雑草がこの大切な水域に異常繁茂すると、多くの障害が生じる。航行の障害、ダムの機能低下、洪水の原因、重要な蛋白源としての養魚の障害などであ

る。防除法として人力、機械、除草剤、生物的防除が考えられるが、最もよく目にするのは養魚池や運河で腰まで水につかって人力で除草している姿であった。人件費が安いからであるが、除草剤の方がさらに安いという試算もあった。人力除草では400-800 B (パーツ)/rai (1600m<sup>2</sup>) にかかるのに対して、2,4-D 散布では150 B/rai 程度であった。しかし、除草剤使用が普及しないのは、知識の普及や入手の困難さより住民の蛋白源である魚への魚毒性への懸念からであろう。また、灌漑局は高価な刈取り船を輸入していたが、経費は1350-2700 B/rai と高く実用性は低かった〔プラコンボン・野田 1986〕。一方、カセサート大学には生物防除研究センターが1975年から設立されており、精力的な研究が進められボタンウキクサ (*Pistia stratiotes*) とホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) の昆虫天敵 (waterlettuce moth: *Episammia pectinicornis*, mottled water hyacinth: *Neochetina eichhornia*) をフロリダより輸入して防除を成功させていた〔NAPOMPETH 1982〕。

ではなぜ、水生雑草がこんなに蔓延するのであろうか。筆者は表1で採取した水生雑草の発生水域環境を調査して、富栄養化と関係の深い無機態窒素濃度と無機態リン濃度を表2にまとめた〔OKI 1987〕。岡山県にある児島湖は日本でワースト5に入るほど富栄養化の進んだ湖であるが、アンモニア態窒素：0.26 ppm、硝酸態窒素：0.52 ppm、無機態リン：0.25 ppm が年間の平均値である〔沖 1982〕。この値と比較すると、タイの水系もかなり富栄養化が進んでいることが推察された。特に、大型のホテイアオイ発生場所と富栄養化との関係が顕著に認められた。そこで、筆者は研究の焦点をホテイアオイの管理に絞り、タイ産のホテイアオイの生理生態的特性を把握することにした。

### タイ産ホテイアオイの有性繁殖

ホテイアオイは南アメリカ原産の多年生の浮遊植物である。1824年にブラジルで発見されて今日までに、北緯40度から南緯45度までの5大陸50カ国以上に分布圏を広げた。水生植物で唯一、世界十大害草として「青い悪魔 (Blue devil)」

表 2 タイ国の中央部・西部・南部における水生雑草が繁茂する水系の水質

探水地	pH	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	PO <sub>4</sub> -P (ppm)	
Kanchanaburi (pond)	7.19	0.07	0.04	0.11	
Kanchanaburi (pond)	7.20	0.10	0.08	0.11	
Ta-Tong-Na Dam	7.40	0.07	0.11	0.09	WH(小型)*
Kanchanaburi (pool)	7.11	0.06	0.01	0.09	
Kanchanaburi (Khwaee river)	---	0.08	0.56	0.10	WH(大型)
Va-Chiralongkom Dam	7.33	0.15	0.68	0.09	WH(小型, 大型)
Kanchanaburi (pool)	6.61	0.24	0.00	0.11	WH(小型)
Nakhon Pathom (pool)	6.62	0.33	0.00	0.83	WH(大型)
Nakhon Pathom (pond)	6.58	0.85	0.00	2.11	WH(大型)
Chi Nat Dam	6.83	0.04	0.11	0.10	WH(小型, 大型)
Bung Boraphet Swamp	7.98	0.04	0.09	0.09	WH(小型)
Sing Buri (pool)	6.52	0.04	0.00	0.09	
Ayutthaya (pool)	6.19	0.95	0.58	0.09	WH(大型)
Thale Noi Lake	6.04	0.14	0.10	0.14	WH(小型, 大型)
Hat Yai (pond)	3.72	0.05	0.00	0.11	
Na Thawi (pool)	6.60	0.56	1.64	2.95	WH(大型)
Khok Pho (pond)	5.86	0.12	0.30	0.09	WH(小型)
Ban Nong Sata (Pattani river)	5.54	0.04	0.16	0.09	
Yala (pond)	4.81	0.10	0.00	0.11	
Sai Buri (pool)	4.51	0.24	0.11	0.11	WH(小型)
Pattani (pool)	6.16	0.16	0.00	0.34	
Pattani (pool)	6.47	0.52	0.00	0.45	WH(大型)

\*WH: ホテイアオイの発生水系

の名で恐れられている。伝播経路は観賞用としての導入が主で、19世紀末から20世紀初頭に隆盛した〔沖 1996〕。タイ国も王妃の要請でインドネシアのボゴール植物園より取り寄せたものが、全土に広がったといわれている〔プラコンボン・野田 1986〕。

ホテイアオイはストロンを伸ばして娘株を形成し、1週間で株数は2倍となる。高密度になると、葉柄の膨らみはなくなり、草丈は1m以上となる。よく、熱帯地域のホテイアオイと日本のホテイアオイは同種ですかと質問される。そ

れほど形態が環境により異なるのである。筆者はタイのホテアオイに出会う前に、アメリカ合衆国フロリダ州のホテアオイについて生産性に関する形質の変異性を調査した。その結果、環境要因が外部形態の発現および生産性に大きく関与することが明らかになった [OKI and REDDY 1989]。しかし、雑草の特性は変異性が高いことである。バンコクに滞在する前にタイの雑草専門家からタイ国ではホテアオイの実生繁殖は確認していないという情報を得ていた。たまたま筆者がバンコクに滞在したのは乾期で、開花盛期であったので、バンコク産ホテアオイの有性繁殖が日本のものと異なるのかを検討した [沖・プラコンボン 1987]。

### 1. 花の形質調査

ホテアオイの花は図1に示したように3型の異花柱花をもち、中花柱花が世界的に優占している。すなわち、短雄ずい3本と長雄ずい3本との中間に雌ずいが位置しているものが多いが、この中花柱花の雄ずいと雌ずいの空間的配置を測定した結果、京都産の系統と比較するとバンコク産の系統は雌ずいの位置を中心に、長雄ずいまたは短雄ずいとの距離がより長いことが認められた。

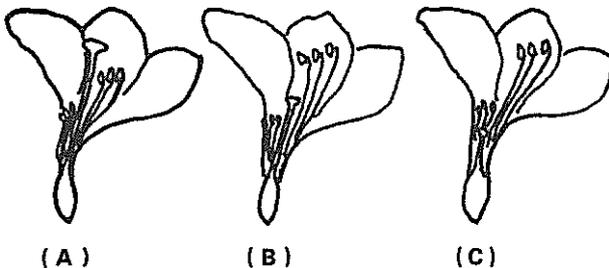


図1 ホテアオイの3型異花柱花の概念図  
(A) 長花柱花 (B) 中花柱花 (C) 短花柱花

### 2. 開花結実特性

バンコク郊外の農業局雑草科学研究所周辺の水路に開花していた小型と大型

表3 バンコク産および京都産ホテアオイの人工受粉による種子生産特性

		バンコク産系統		京都産系統
着花数/1花穂	小型株 <sup>a</sup>	16.21	(10-21) <sup>c</sup>	12.53
	大型株	31.60	(22-47)	----
稔実朔果率 (%) <sup>d</sup>	小型株	29.19	(0-66.67)	69.64
	大型株	0.00		----
結実数/1朔果	小型株	4.77	(0-17)	85.77
	大型株	0.00		----
結実数/1花穂	小型株	12.40	(0-53)	651.14
	大型株	0.00		----

a: 数値は 50 開花株の平均値

b: 小型株; 草高 30 ~ 50cm・着花数 20 以下、大型株; 草高 80cm 以上・着花数 21 以上

c: (範囲)

d: 1 花穂当たりの成熟朔果/1 花穂当たりの着花数 × 100

のホテアオイを採取し、人工受粉（自家受粉）後、同一栽培条件下で1ヶ月間栽培した後に稔実朔果率および1朔果中の種子数を調査した。なお、小型のホテアオイは草高30~50cmで着花数20花以下、大型は草高80cm以上で着花数21花以上と便宜的に区別した。その結果を表3に示した。それによると1花柄当たりの着花数は小型株で平均16花、大型株で約32花であった。これは日本で一般に観察される花数より多い。次に稔実朔果率であるが、小型が平均29%で京都産の70%と比較すると結実した朔果が少ないことが認められ、また1朔果中の種子も平均5粒（京都産：平均86粒）で僅かしか得られなかった。さらに大型株は全く結実しなかった。人工受粉において、このような結実状況が認められたことは、日本産のホテアオイと有性繁殖に関して変異が生じていると推察された。また、マレーシア、ジャワ、ベンガル、スーダンも結実しないという報告がある〔沖 1982〕。

### 3. 蒴の裂開の経時的变化

稔実歩合が低いことが明らかになったので、その原因を追求するために蒴の経時的变化を調べた。その結果、小型株では日本産と同じく開蒴が早くから認められたが、大型株では遅く午後3時30分でも開蒴しないものがあること、その傾向は短雄ずいに高いことを把握した。

### 4. 花粉発芽力

大型株の花粉発芽率は30℃、35℃と高温になるに伴い発芽が促進された。しかしながら、京都産では30℃で5時間後に78%の発芽率が認められているのに対して、バンコク産は発芽が遅く1日後でも35℃で34%と低く、不稔花粉出現率も高かった。

### 5. 種子の発芽力

小型株から得た種子を日本に持ち帰り、岡山大学構内のファイトトロン内で発芽実験を実施した。置床後1週間で発芽が開始し、休眠は認められず、1ヶ月後の最終発芽率は84%と高く、その後の実生の生育も正常であった。

以上の結果よりバンコク産ホテイアオイは小型、大型共に日本産と比較して稔実朔果率が低く、かつ小型と大型では開花結実特性に違いがあることが明らかになった。その原因として開蒴の進行状況、花粉発芽率の低さが示唆されたが、根本的な原因とは考えにくかった。まだ雌ずいの機能について究明していないので、バンコク産の不稔性が自家不和合性に因るものかは明確ではないが、日本産の有性繁殖とは異なる特性を有することは明らかである。後に、岡山大学構内で岡山産、沖縄産、フロリダ産、バンコク産およびチェンマイ産の各系統について、同一環境条件下で栽培して有性繁殖の比較を行ったところ、バンコク産およびチェンマイ産のみ結実せず、他の系統は差異なく結実した〔OKI and PRAKONGVONGS 1988〕。このことから、伝播のルーツがフロリダ系統と日本系統は同じで、東南アジア系統とは異なり、分化が生じていることが予測されるが、その後の研究を進展させていないことに悔いが残る。

## ホテイアオイの活用法

タイ国でのホテイアオイの侵入水系は排水路が最も多く、次いで貯水池、灌漑水路、河川と続く。その最大増殖力は  $20\text{g FW/day/m}^2$ 、現存量は  $17.9\sim 38.9\text{kg FW/m}^2$  である [IBRSG 1983]。この値は岡山県児島湖のホテイアオイの場合と同等またはそれ以下である。ただ、日本と異なり、年中生育盛期となるので年間の総生産量は大きな値となる。これを防除する適切な方法が確立されないままにあった。そこで、管理の一環としてホテイアオイの利用を考えるに至った。従って、第2期の課題は、タイ国におけるホテイアオイの有効な活用法の検証であった [OKI 1990]。

## 1. プンマカサン地区のホテイアオイを利用した水質浄化および堆肥製造施設

1989年から1992年にかけては、農業共同組合省土地開発局のスタッフが進めていた有機物リサイクルプロジェクトに参画した。当時、土地開発局およびカセサート大学が中心となり、土壌改良を目的とする有機物リサイクルを推進しており、その一環としてバンコク市街のプンマカサン地区にてホテイアオイを利用した水質浄化および堆肥製造プロジェクトが実施されていた。それはロイヤル・プロジェクトの一つであった (写真1)。

## ① 水質浄化およびバイオマス生産

水質浄化の対象となっていた小運河は、両岸に水上生活が営まれていたり、製糖工場などが建ち並び、生活雑排水や工場排水が流入し悪臭がたつ水系であった。溶存酸素： $0\sim 6\text{ mg/l}$ 、pH： $7.2\sim 9.5$ 、EC： $0.520\sim 0.797\text{ mS/cm}$ 、BOD： $60\sim 80\text{ ppm}$ 、COD： $61\sim 86\text{ ppm}$ 、窒素およびリン濃度の値が得られなかったが、上述の値から水質汚濁がかなり進んでいた。その水系に写真1に示す通り、 $100\text{ m}^2$  単位のホテイアオイ栽培枠を設置し、上流部から下流部にかけて水質の変化を追跡調査した。季節的変動を伴うが下流域では BOD の値が  $19\sim 85\%$  (平均  $51\%$ ) 減じていた。ただ雨期においては滞留時間が短くなり、表層面のみ汚水が流れ去る傾向にあり、自然状態の開放水系で活用する難しさが提起された。



写真1 プンマカサン地区のホテイアオイの水質浄化および堆肥への利用化プロジェクトの全景

一方、バイオマス生産については栽培枠内に植被率の約20%に相当する個体群落を投入し、約16-17週間放置後に人力またはバックホーで収穫する管理を実施した。収穫時の現存量は $18.75\text{kg FW/m}^2$ で日本の富栄養化の進んだ水系での栽培と比較して低い値であった。収穫されたホテイアオイは河岸の敷地に山積みされ、堆肥製造の資源となる。

## ② 堆肥製造

山積みしたホテイアオイは1～2週間の天日乾燥により水分含量を落とす。その後、ホテイアオイを幅2～3 m、高さ30～40 cmに積み上げて踏み込み、その上に2.5～5 cmの厚みに家畜の糞尿を積み重ねる。三層目には化学肥料を広げ、湿度を保つために水分を加える。ホテイアオイ：糞尿：化学肥料の重量比を100：10：1とする。もし、分解促進剤として微生物を使用する場合は、その溶液を第一層のホテイアオイ層に注ぎ込む。この三層を1単位として全体の高さが1～1.5 mになるまで積み重ね、最上層を肥沃土で2.5 cmの厚さに覆

表4 ホテアオイの生成堆肥の肥効成分（乾物換算値）

	沖縄	茨城県 洞峰沼	千葉県 手賀沼	茨城県 土浦農協	神戸市 水道局	タイ
窒素全量	2.81%	3.29%	3.47%	1.20%	2.07%	1.27%
リン酸全量	1.76%	1.40%	3.63%	2.30%	1.77%	0.71%
カリ全量	3.37%	4.74%	0.60%	1.60%	2.60%	4.84%
全炭素量	33.40%	36.80%	-	-	-	-
水分	80.00%	53.20%	70.00%	64.00%	62.75%	-
pH	8.60	7.96	-	7.80	8.20	-
製造工程	野積み	発酵槽	野積み	野積み	発酵槽	野積み
添加物・資材	・サトウキビ*枯葉 ・石灰窒素 ・鶏糞	・生脱水汚泥	・単独 (オオ*クス)	・モミ*ラ	・乾燥牛糞 ・下水汚泥 ・モミ*ラ	・家畜糞尿 ・化学肥料

う。30～45日で堆肥が出来上がるが、その間、堆積物の水分含量が50～70%になるように管理し、7～10日間隔で切り返しなどの維持管理を行う。本プロジェクトでは、1raiにつき、新鮮重30tonのホテアオイが収穫されたが、この収穫量から約5.5tonの堆肥が製造された。堆肥中の窒素、リン、カリウムの含有率は各々1.27%、0.71%、4.84%であった。表4に日本で製造されたホテアオイ堆肥の肥効成分をまとめたが、地域によりかなり値が異なることがわかる〔沖縄総合事務局農林水産部土地改良課1990〕。また、土地開発局のスタッフがホテアオイの部位別または他の水生雑草を資材とする分解過程をバンコクや岡山大学の実験室レベルでも追求した〔PIRIYAPRIN1991〕。

堆肥効果実験では水田、畑作物共に良好な結果を得ており、土壌改良材として良い役割を果たしている。しかも1ha当たり6～18tonの堆肥施用で通常の化学施肥量の半量が節約された。ところが、ホテアオイの重金属吸収能が高いことが良く知られており、堆肥として利用する場合の危険性が問題となり、重金属の体内移動の研究が緊急課題となった。調査の結果、堆肥中のカドミウ

ム、鉛およびクロムはホテイアオイ体内中の含有率よりも高かったが、その値は厚生省で規制されている水準以下であり、かつ野菜栽培における施肥実証試験では野菜が堆肥より吸収する重金属の量は問題にならない程度であることが明らかになった。従って、ひとまず危険性は解消されたが、工場排水の処理が企業側の敷地内で徹底して実施されていない状況は現在も続いており、日本のように一般水路に重金属類や毒性物質が流入しないという保証がない限り、不安は拭えないと筆者は考えている。

以上、タイにおける水生雑草の資源利用化プロジェクトは一応の成果をおさめたが、その後の発展は楽観視できないものであった。なぜならば、まずブンマカサンの水質浄化施設は、高速道路が施設を横断して建設され恒久化が望めなくなった。また、農家は化学肥料が簡単に入手できるようになり、維持管理が煩わしい堆肥利用を拒否する傾向が現れた。しかし、最近、タイ国も日本と同様に環境保全型農業の推進から堆肥が見直されているとき。現在、日本では水分含量の多い資材について高速堆肥化装置が開発されており、野積み法より短期間に悪臭のない良質堆肥を製造している。この技術を導入して有機物再利用の研究をさらに発展させてほしいと願っている。

## 2. 産業省によるホテイアオイ工芸品の製品開発

タイ国では、ヨシ、バナナ、イナワラ、シペラス類（カヤツリグサ科）を素材とした手工芸品の制作が盛んで、農家の副収入源として大きな役割を果たしている。その技術をホテイアオイに応用して、ハンドバック、帽子、小物入れ、造花、ハンモックなどの工芸品を制作する試みが、産業省産業推進局を中心に展開されている（写真2）。

草丈1 m前後のホテイアオイの葉柄部のみを利用し、3日間天日乾燥をした後、防腐および殺菌処理を施し、製品に応じ漂白も行うのである（写真3）。ロールした後に適度に繊維に沿って裂いた素材を使って写真4に示したように編み込む。強靱にするために芯にバナナを使用する場合もある。目的に応じてインディゴ染料などで自然染色を行う。ホテイアオイ原料は乾物1 kg当たり約10



写真2 ホテアオイを素材とした手工芸品

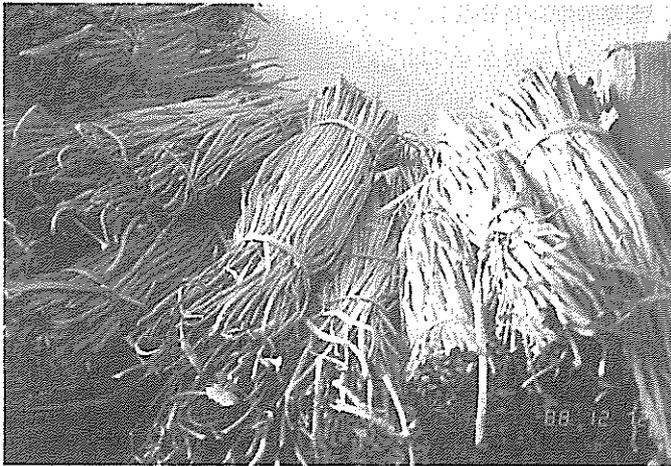


写真3 手工芸品資材となる天日乾燥した後のホテアオイ葉柄部

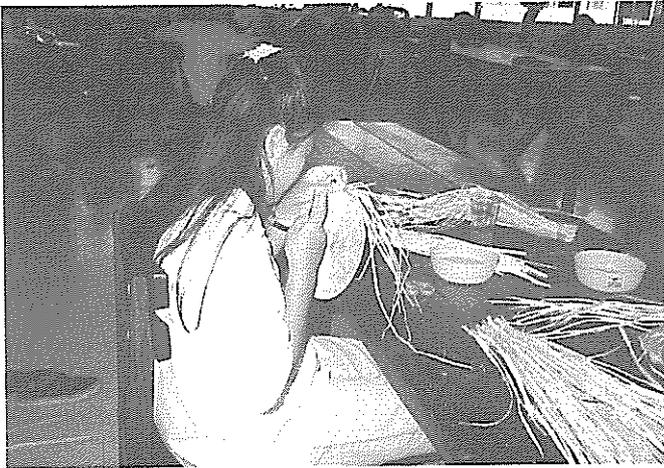


写真4 産業省におけるホテアオイを素材とした手工芸品の制作指導

Bで供給され、約50gの原料で簡単な小物入れができる。その売値は約100Bである。他の素材と比べて比較的高収入となる。

既に、制作技術は確立しており、より強靱で美しい製品開発に努力する一方、農家の婦人に対して、トレーニングコースをバンコクを始め各地に設置し、制作技術を指導している。タイ国において、ホテアオイを民芸品の材料として用いることは、地域性に根ざした利用法と考えられる。しかしながら、1m以上の草丈のホテアオイが必要となるので、需要が増せば自然状態の雑草を使用するより栽培する方が得策と産業省のスタッフが説明していた。雑草の利用を管理の一環として考えることの難しさを感じたものである。

### コンケン地域の塩性土壌と雑草植生

さて、1992年以降は滞在地が大都会バンコクから離れ、タイ東北部に移った。この時期が第3期となる。

不規則な降雨、塩類集積、低肥沃土という生物生産には不利な立地条件に加えて、森林伐採など人間活動、とくに経済面からの影響により、タイ東北地帯の不毛化と環境破壊が急速に進行していた時期である。従って、コンケン地域を中心に塩性土壌地帯における生物生産活動の場の修復のために、ポルダーステム（日本独自の輪中形式）を導入した生態工学的研究が展開されていた。このプロジェクトは日本学術振興会発展途上国科学協力事業および文部省科学研究費補助金国際学術研究の補助の下に実施されていたもので、農業工学、生態学、土壌学などの各分野の学際的協力の下に、塩性土壌地帯にポルダーステムと耐塩性、耐旱性雑草を導入し、これに作物、養魚、小動物飼育などを組み合わせた持続的・生物生産方式を確立するものであった。ポルダーステムは冠水や洪水によって生じる土壌浸食を防止する目的で、利用可能な荒地に低い堰堤（高さ1 m程度）を築くものである。またこのポルダーステムは内部に塩類の集積を押さえるカットゾーンを持ち、流水を溜める水深1.5 m程度の水路を備えていた。

塩性土壌地帯は植生の維持が難しく、とくに乾期は塩類が土壌表層面にスポット状に集積されるために限られた塩生植物の存在しか認められなくなる。しかしながら、雨期においては中生植物も十分に繁茂し、乾期の到来に伴い耐塩性の強い植物が生き残ることになる。このような植生の変遷は塩性土壌の諸特性の変化に起因するものと考えられるが、逆に植生の存在が土壌の諸特性に変化を起こすものとも考えられる。そこで、筆者はこのプロジェクトにおいて、優占種の異なる植生の根系の発達を深度別に調査し、土壌学者と共に土壌の諸特性を分析することにより双方の相互関係を検討した。

### 1. 優占種の異なる植生が塩性土壌の諸特性に及ぼす影響

調査は雨期が終わり乾期が始まって約1ヶ月経たコンケン市内の塩害地と郊外のプラユン村に構築されたポルダーステム内で実施した〔足立ら 1995〕。踏査の結果、コンケン市内の塩害地では *Pluchea indica*（キク科 ヒイラギギク）、*Dactyloctenium aegyptium*（イネ科 タツノツメガヤ）、*Cynodon dactylon*（イネ科 ギョ

ウギシバ)、ポルダー内では *Panicum repens* (イネ科ハイキビ)、*Fimbristylis aestivalis* (カヤツリグサ科コアゼテンツキ)、*Fimbristylis dichotoma* (カヤツリグサ科テンツキ) が各々優占種である植生被覆部とその近傍の裸地部を試掘地として選定した。50 cm 四方のコドラード枠を設置して各試掘地の地上部のバイオマスを測定した後、土壌は根重の測定用、含水比・pH・EC・Na イオン測定用、埋土種子の測定用に各々供試した。裸地部も同様のサンプリングを行った。

### ① 地上部バイオマス

今回、対象となった優占種はいずれも耐塩性の強い植物であるが、とくに *Pluchea indica* で地上部のバイオマスが高かった。これは小低木でかつ塩性土壌の指標植物となる種で、乾期が到来しても現存量が減少しなかったことによる。また、土壌表層面にリターが多く堆積し、この現象は土壌表面層の土壌特性に影響を与えるものと推察された(写真5)。

### ② 深度別根重分布

次に採土最深度 50-60 cm 層まで根系の発達が認められたのは、*Pluchea indica*、*Panicum repens*、*Dactyloctenium aegyptium* であった。*Cynodon dactylon* は採土最深度が 30 cm であったため、30 cm 以下の様相が把握できなかったが、深根性が認められているので上述の3種と同様の傾向と推察される。それに対して、*Fimbristylis aestivalis* は 30-40 cm 層まで、*Fimbristylis dichotoma* は 15-20 cm 層までしか根系の発達は見られなかった。いずれの植生も表層 0-5 cm 層に根量が最も多かったが、*Fimbristylis aestivalis* のみ 5-10 cm 層で多かった。

一方、裸地部は根量が激減していたが、ポルダー内は残根があり、乾期が到来してから地上部が枯死したと推測された。とくに *Panicum repens* は乾期の期間は 10 cm 以下でライゾーム(根茎)が残存することが把握された。

### ③ 植生被覆部と裸地部における EC の比較

いずれの植生被覆部も表層 0-2 cm の EC 値が最も高く、それ以下では急激に低下するが、下層 50-60 cm では若干高くなる傾向にあった。植生間では

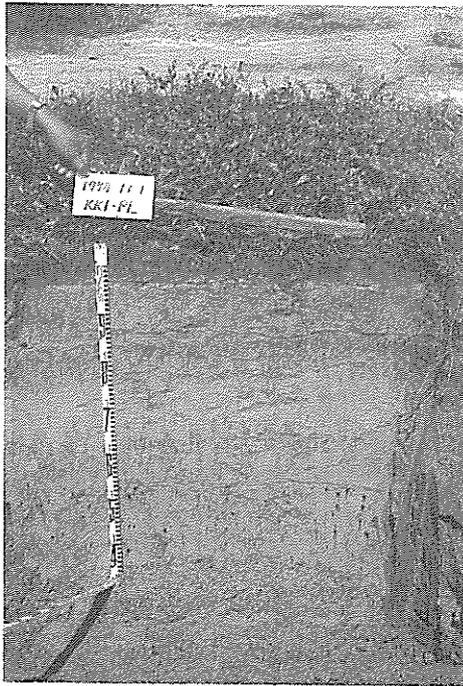


写真5 コンケン地域の *Pluchea indica* 植生被覆部の断層面  
(採土深度 60 cm)

*Pluchea indica* と *Fimbristylis aestivalis* では表層 0-2 cm の EC 値が 7-8 mS/cm と高く、*Dactyloctenium aegyptium* と *Fimbristylis dichotoma* は 4 mS/cm 前後、*Panicum repens* は 2 mS/cm 程度、*Cynodon dactylon* は 0.14 mS/cm と最も低かった。

一方、裸地部の表層 0-2 cm の EC 値はいずれも 12.5~16.4 mS/cm の範囲にあり、植生の繁茂を許す環境ではなかったが、下層に向かうにつれて植生被覆部と同様に急激に低下した。しかし、植生被覆部に比べて高い EC 値を示した。

#### ④ 埋土種子

植生被覆部における埋土種子は大部分が表層 0-2 cm に存在しており、深く

とも 10 cm 以内に分布が限られている [WANIKORN 1996]。地上部の優占種と地下部の埋土種子の優占種との相関が高かったのは *Fimbristylis dichotoma*、*Dactyloctenium aegyptium* および *Fimbristylis aestivalis* であった。これらは一年草で種子繁殖を主な繁殖源とするため膨大な数が確認された。それらの近傍の裸地部ではほとんど埋土種子の分布が確認されなかった。また、*Pluchea indica* は多数の種子を生産するが風散布種子であるので、その埋土種子は裸地部ともに全く見られず、*Chloris barbata* (イネ科クロヒゲシバ) の埋土種子が少し見られたにすぎなかった。*Panicum repens* も種子を生産するが、不稔の種子が多いので、埋土種子としては存在せず、植生被覆部には *Portulaca oleracea* (スベリヒユ科)、*Fimbristylis aestivalis* および *Fimbristylis dichotoma* の埋土種子が数多く確認された。裸地部には *Fimbristylis aestivalis* が僅かに存在していた。

以上から塩性土壌地帯における植生の変遷の一断面を垣間見たが、土壌の諸特性と植生の根系の発達との相互関係を把握し、その知見から塩性土壌の生物学的改良策を模索するまでに至らなかったことが残念である。

## 2. ギョウギシバ (*Cynodon dactylon*) の耐塩性

ギョウギシバが塩性土壌地帯に分布していたが、この植物は寒帯を除きほとんど全世界に分布するコスモポリタン種である。日本でも空地や海岸に生育し踏圧に強く、駆除しにくい雑草であるが、芝生用、飼料、薬草としても価値がある。そこで、筆者は塩性土壌地帯に分布していたギョウギシバを日本に持ち帰り、塩分の無い土壌で2年間栽培した後に、岡山産のギョウギシバと共に同一環境条件下で塩分濃度が生育に及ぼす影響を検討した [沖・宇津木 1996; 宇津木 1996]。

岡山産のギョウギシバは塩田跡から採取して直ちに供試した系統(宇野津産)と、路傍から採取した系統(国府市場産)の2系統を使用した。NaCl 処理はCl 濃度で1000、3000、5000、8000および10000 ppmの所定濃度になるように加え、無添加区の対照区と共に2ヶ月間栽培した。

表5 NaCl 処理によるギョウギシバ植物体内における Na, K, Ca, Mg 含有率および Na 地上部移行率

系統	処理区 (Cl:ppm)	Na(%)		K(%)		Ca(%)		Mg(%)		K/Na 比		Na 地上部 移行率(%)
		T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	
コケシ	0	0.22	0.30	1.41	0.85	0.30	1.31	0.17	0.23	6.54	2.85	41.88
	1000	0.37	0.36	1.34	0.89	0.26	1.48	0.15	0.26	3.62	2.47	51.21
	3000	0.43	0.37	1.32	0.77	0.31	1.48	0.15	0.24	3.11*	2.07	53.32
	5000	0.42	0.66	1.46	0.76	0.24	1.04	0.19	0.27	3.45*	1.15	39.97
	8000	0.42	0.59	1.38	0.78	0.30	1.18	0.16	0.31	3.33*	1.33	41.87
	10000	0.50*	0.76*	1.37	0.82	0.58	1.05	0.17	0.30	2.75*	1.08	39.94
宇野津 (塩田跡)	0	0.18	0.39	1.68	1.07	0.14	2.13	0.13	0.14	9.20	2.72	31.19
	1000	0.21	0.59	1.56	1.06	0.14	1.52	0.11	0.16	7.25	1.81	26.78
	3000	0.32	0.73	1.53	0.96	0.14	0.97	0.11	0.14	4.71	1.33	30.91
	5000	0.35	0.88	1.39	1.01	0.15	0.87	0.09*	0.13	3.96	1.14*	28.58
	8000	0.47*	0.98*	1.49	0.84	0.11	1.01	0.12	0.17	3.18	0.86*	32.40
	10000	0.54*	1.06*	1.50	0.84	0.13	1.09	0.11	0.22	2.80*	0.79*	33.63
国府 市場 (路傍)	0	0.10	0.28	1.39	1.10	0.13	1.33	0.09	0.20	13.71	3.86	26.88
	1000	0.17	0.30	1.33	0.89	0.15	1.17	0.10	0.18	7.98	2.98	37.59
	3000	0.26	0.36	1.25	0.70	0.14	0.97	0.09	0.17	4.74*	1.95	42.71
	5000	0.40*	0.77	1.26	0.80	0.13	1.30	0.09	0.20	3.11*	1.05*	34.99
	8000	0.44*	0.86	1.26	0.75	0.12	1.40	0.09	0.28	2.83*	0.87*	34.07
	10000	0.48*	1.10*	1.32	0.82	0.12	1.01	0.09	0.23	2.75*	0.74*	30.27

\* : 対照区に対して 5% で有意差があることを示す。

T : 地上部、 R : 地下部

生長量はいずれの系統も 5000 ppm 区までは対照区と同程度あるいはそれ以上となり、10000 ppm 区でも生長量の低下は見られたものの、対照区の 50% 以下には減じなかったため耐塩性の高い植物であることが確認された。また、植物体内の Na, K, Ca, Mg 含有率、K/Na 比および Na 地上部移行率を調べると表 5 の通りとなった。まず Na 含有率は処理濃度が高まるに伴い地上部より地下部の含有率が高くなった。一方、Na イオンと K イオンの拮抗作用により高濃度処理区において K の含有率が減少することが予想されたが、全般的に K

含有率は NaCl 処理濃度に影響されなかった。この傾向は Ca, Mg においても同様であった。また、コンケン系統が他の系統より Ca, Mg 含有率が高かった。全 Na 吸収率に対する地上部 Na 率の割合を Na 地上部移行率として算出したところ、いずれの系統も処理区間で差は認められず、コンケン系統が高い値を示した。

以上より、ギョウギシバは Na の吸収および地上部の移行を抑制し、K, Ca, Mg の吸収を維持することにより塩害を避けることが把握された。しかも塩類集積土壤に自生していたコンケン系統は他の系統より Na 地上部移行率と Ca, Mg 含有率が高い傾向が示され耐塩性との関わりが暗示された。現在多くの系統を集め、親植物の生育期の土壤塩分環境と耐塩性との関係、Na の地上部への移行を抑制する地下部の機構の解明などの研究を継続している。

## おわりに

私がタイ国に頻繁に訪れている間に、タイ国は未曾有の発展を遂げた。タイ国経済は農産物の多様化、輸入代替工業化から輸出指向工業化へと着実な歩みを遂げ、現在急激に産業高度化の道をたどりつつある。日本の高度経済成長期を彷彿させる感がある。

しかしながら、タイ国はもともと農業を経済の基盤として発展してきた国であり、国民のほぼ 2/3 は農業に関係しているといわれている。また、国内総生産や輸出に占める農林水産業の割合は徐々に低下しつつあるが、依然として重要な位置を占めている [バンコク日本人商工会議所 1995]。現在の農業開発の目標をみると、農業セクターの成長率の維持、農民の所得引き上げ、自然資源の保護・開発などが挙げられており、農業機械、農薬、肥料などの普及も目覚ましい。

一方、急速な経済発展には必ず環境汚染問題が伴う。日本の1970年代の公害問題が現在のタイ国で広がっている。さらに先進国と同様に地球規模の環境問題も加わり、対策に頭を悩ませている。

筆者のタイ国での雑草研究は、上述の農業、環境問題に深く関わり合いながら進んできた。頻度高く訪れていながら、さして成果が得られなかったことを悔いているが、雑草の諸特性が温帯の日本とは異なること、雑草の機能開発を含めた雑草管理が地域により大きく異なることなど多くの知見が得られたことに感謝している。

3年前から、タイ国を離れてインドネシア国で新しい研究を実施しているが、機会があればタイ国に戻って残された課題、新たに生じている雑草問題に手を染めたいと願っているこの頃である。タイ国の豊かな食文化、風土、敬虔な仏教徒である国民性が今もなお、私の胸に焼きついて郷愁を誘っている。

最後に、タイ雑草研究短期専門家として滞在中にご指導を賜ったプロジェクト・リーダーの故野田健児博士、日本学術振興会のプロジェクト参加の機会とご教示を賜った東京大学名誉教授杉二郎博士並びに高井康夫博士、研究実施にあたり適切なるご助言を頂いた岡山大学環境理工学部教授足立忠司博士に、この場をお借りして心から御礼を申し上げたい。

## 引用文献

足立忠司・沖 陽子・杉 修一

1995 「構成種の異なる植生が塩性土壌の諸特性に及ぼす影響」『タイ国塩性土壌地帯におけるボルダーシステム導入の生態工学的研究』科研国際学術研究報告書、1-40.

バンコク日本人商工会議所

1995 「タイ国経済概況 1994/1995年版」、1-471.

IBRSG

1983 The preliminary survey of the project for the effective use of water hyacinth in Thailand. : 1-71.

NAPOMPETH, B.

1982 Biological control research and development in Thailand. *Proc. Int. Conf. Pl. Prot. in Tropics* : 301-323.

沖 陽子

1982 「水生雑草ホテイアオイの環境要因に対する生育反応及び繁殖力に関する研究」  
博士論文、1-184.

1996 「ミズアオイ科」『植物の世界』113、週刊朝日百科、朝日新聞社、154-157.

沖 陽子・C. プラコンボン

1987 「バンコク産ホテイアオイの有性繁殖」『ホテイアオイ研究会ニュースレター』  
11：8-9.

沖 陽子・宇津木 友

1996 「ギョウギシバの耐塩性における系統差異について」『雑草研究』41（別号）：  
238-239.

OKI, Y.

1987 Utilization of Aquatic Weeds and its Possibility. *Proc. of Seminar on Weed Biology and Weed Control in Thailand*, Ministry of Agri. and Cooperatives Thailand and Japan International Cooperation Agency, 16-22.

1990 Study on Resource Recovery of Aquatic Weeds. *Report of Overseas Visits, NODAI Center for International Programs* : 99-103.

OKI, Y. and C. PRAKONGVONGS

1988 Variation in floral characters and leaf form among clones of water hyacinth. *Abstracts of the 2nd Tropical Weed Science Conf.*, Phuket, Thailand. 41.

OKI, Y. and K.R. REDDY

1989 Variation in productive characters of water hyacinth. *Weed Research, Japan* 34 (3) : 107-116.

沖縄総合事務局農林水産部土地改良課

1990 「ホテイアオイを活用した土壌改良法調査結果報告書」：1-71.

PIRIYAPRIN, S. et al.

1991 Evaluation of decomposition rate of different parts of water hyacinth in composting. *Report of JSPS Cooperation Programmes under the Core Univ. System* : 1-25.

ブラコンボン, C.・野田 健児

- 1986 「タイにおけるホテイアオイ問題」『ホテイアオイ研究会ニュースレター』 : 8  
: 5-8.

TAMASARA, S.

- 1983 Aquatic Weed Problem in Thailand. *Proc. of The First Tropical Weed Sci. Conf.* 1  
: 149-161.

宇津木 友

- 1996 「ギョウギシバの耐塩性における系統間差異について」卒業論文、1-48.

WANIKORN, N.

- 1996 Germination characteristics of some tropical weed seeds and composition and density of buried weed seeds in saline soil. *Report of JSPS Cooperation Programmes under the Core Univ. System* : 1-25.