

除草剤・生育調節剤と 農業生産エネルギー

全国農業協同組合連合会農業技術センター技術主管 永江祐治

三題断でもないが、昨年から本年にかけて、筆者の頭のなかに強く印象づけられた記事が三つあった。その一：1978年の British Crop Protection Conference (Weed Control) における Robinson の講演で、来るべき 1/4 世紀における雑草関係の問題点の一つとしてエネルギーをとりあげ、とくに除草剤の使用が耕起回数の減少を可能にして総合的にエネルギー節減に役立つことを指摘している¹⁾。

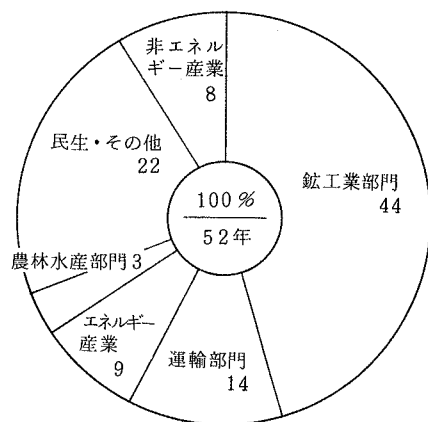
その二：九州大学の江藤教授²⁾が雑誌“化学と生物”の巻頭に“生物と化学とエネルギー”と題する小文をものされ、太陽エネルギーを代謝可能エネルギー変換するに際して、農薬の果し得る貢献を指摘されている。

その三：近着の International Pest Control 誌³⁾に、長年にわたる農業機械化とくに直播ドリル播の分野における貢献に対して、ICI が英国王立農業協会の 1980 年機械関係金賞を受賞されたことが報道されている。記事によると、農業機械に直接関係のない分野での受賞は、10 年の歴史のなかでも最初のことの由である。後述するように、ICI はパラコートなどの除草剤の使用によって耕起回数を減少し、エネルギー節減をはかる技術の確立にはたいへん熱心であった。

たまたま筆者は、さきに除草剤の世界市場と研究開発の現況を本誌に紹介する機会を得、エ

ネルギー問題の論議がさかんな折から、この面における除草剤・植物生長調整剤の利用や研究開発動向にも触れたいという思いはあったものの、諸種の理由で見送って、単に各種耕作法によるジーゼル燃料の使用量の比較のみをあげて、除草剤使用効果の一例とするにとどめた⁴⁾。

一方、未利用資源の活用として、バイオマス計画がマスコミをにぎわせ、科学技術庁・農林水産省その他有力企業の研究・開発・調査・計画状況がしばしば報道され、また農業関係では農林水産技術情報協会の機関誌“研究ジャーナル”にすぐれた総説が連載されたが、農業についての言及はほとんどなされず、この部門での先駆的な報告である Pimentel の論文の紹介



(宇田川⁶⁾から作図)

図1 わが国のエネルギー需要構造

表1 農林水産部門のエネルギー需要(52年)

(単位: 10^{12} kcal)

	通産省総合エネルギー統計	通産省エネルギー統計年報	
	農林水産部門	農業・林業・狩猟業	水産・増殖業
灯油	12.0	12.6	0.4
軽油	7.7	6.1	1.5
重油	79.3	15.0	61.8
電力	3.4		
計	102.4	33.7	63.7

(宇田川⁶⁾から作表)

に対して、農薬サイドからの手きびしい反論があった程度である⁴⁾。

除草剤の使用によるエネルギー節約への貢献に関する文献は、意外に紹介されていないので、本稿には筆者の目にふれたものを取りまとめた。

1. 農業生産エネルギー

農業と農業生産エネルギーの関係に入る前に、農業生産エネルギーのだいたいの位置づけを見ておきたい。

通産省の調査によると、52年度のわが国のエネルギーの全需要のうち、農林水産部門は3%で(図1)、この数字は30年ごろからほとんど一定である。表1に整理したように農林水産部門のエネルギー需要は102兆4億kcalであるが、そのうち3%は水産・増殖業の消費熱量であり、農業・林業・狩猟業の消費は1%であるので、農林業消費エネルギーは総エネルギーの1%を占めるに過ぎないことになる。ただし上記の数値は直接消費だけであって、肥料・農薬・機械の生産に投入される間接エネルギーは考慮されていない。

イギリスにおける農業部門のエネルギー需要は、国民第1次燃料消費の4%を占める。これに食品加工と流通部門での消費を合算すると、

表2 アメリカの食糧システムにおけるエネルギー使用量

(単位: 10^9 kcal)

	農業生産段階	加工・流通段階	消費段階	合計
1940	124.5	285.8	275.2	685.5
1947	272.0	407.6	349.0	1,082.6
1950	303.4	453.5	377.3	1,134.2
1954	328.6	506.4	416.5	1,251.5
1958	356.3	542.3	462.4	1,361.0
1960	373.9	571.5	494.8	1,440.2
1964	440.5	656.0	594.0	1,690.5
1968	503.0	787.6	730.9	2,021.5
1970	526.1	841.9	804.0	2,172.0

(Steinhart; 川井⁷⁾)

13%に達するという¹⁾。

本論からややそれるが、食糧システム全般からみると、農業生産段階を上まわる大量エネルギーが、加工・流通段階や消費段階で使用されることが問題点として強く指摘されている。表2には、アメリカの食糧システムにおけるエネルギー使用量の推移を示しておいた。宇田川⁶⁾は、最近では農業生産に使用されるエネルギーよりも農家生活に使用されるエネルギーの方がはるかに大きい点から、“農村とエネルギー”の観点から農業エネルギー問題を考えるべきことを指摘し、ソフト・エネルギー・パス⁸⁾の流れをくんでエネルギーの地域主義の必要性を論じていることを付け加えておく。

2. 農業生産における農薬使用エネルギー

農業エネルギー論として最も早く問題点を提起し、それだけにもろもろの論説に引用されているPimentelら⁹⁾の報告から、表3、4を掲げておく。彼らはトウモロコシが世界的にみて食糧作物の第3位(1973年、以下同じ)、穀物の第2位を占め、米国においても最も重要な穀物であることと、利用できるデータが最も豊富であることからトウモロコシを選んで種々検討

表3 トウモロコシ栽培における平均投入エネルギー

		(エーカー当り)					
投 入 ¹⁾		1945	1950	1954	1959	1964	1976
労働力 (時間)		23	18	17	14	11	9
機械 (kcal×10 ⁸)		180	250	300	250	420	420
ガソリン (ガロン)		15	17	19	20	21	22
肥料 ²⁾ : チッ素 (ポンド)		7	15	27	41	58	112
リン (ポンド)		7	10	12	16	18	31
カリ (ポンド)		5	10	18	30	29	60
種子 (ブッシェル)		0.17	0.20	0.25	0.30	0.33	0.33
かんがい (kcal×10 ⁸)		19	23	27	31	34	34
農薬 ²⁾ : 殺虫剤 ³⁾ (ポンド)		0	0.10	0.30	0.70	1.00	1.00
除草剤 ³⁾ (ポンド)		0	0.05	0.10	0.25	0.38	1.00
乾燥 (kcal×10 ⁸)		10	30	60	100	120	120
電力 (kcal×10 ⁸)		32	54	100	140	203	310
運搬 (kcal×10 ⁸)		20	30	45	60	70	70
収量 (ブッシェル)		34	38	41	54	68	81

(Pimentel⁹⁾)

- 1) 原報には算出基礎の詳細が付記されているが省略した。
 2) 筆者補筆。
 3) エーカー当り使用量は1945年にはほとんど0で、殺虫剤では1964年に頭打ちとなり、除草剤では増加しつつある。

表4 トウモロコシ栽培における投入エネルギー

		(kcal×10 ⁸ /エーカー)					
投 入 ¹⁾		1945	1950	1954	1959	1964	1970
労働力		12.5	9.8	9.3	7.6	6.0	4.9
機械		180.0	250.0	300.0	350.0	420.0	420.0
ガソリン		543.4	615.8	688.3	724.5	760.7	797.0
肥料 ²⁾ : チッ素		58.8	126.0	226.8	344.4	487.2	940.8
リン		10.6	15.2	18.2	24.3	27.4	47.1
カリ		5.2	10.5	50.4	60.4	68.0	68.0
種子		34.0	40.4	18.9	36.5	30.4	63.0
かんがい		19.0	23.0	27.0	31.0	34.0	34.0
農薬 ²⁾ : 殺虫剤 ³⁾		0	1.1	3.3	7.7	11.0	11.0
除草剤 ³⁾		0	0.6	1.1	2.8	4.2	11.0
乾燥		10.0	30.0	60.0	100.0	120.0	120.0
電力		32.0	54.0	100.0	140.0	203.0	310.0
運搬		20.0	30.0	45.0	60.0	70.0	70.0
全投入		925.5	1,206.4	1,548.3	1,889.2	2,241.9	2,896.8
収量(産出)		3,427.2	3,830.4	4,132.8	5,443.2	6,854.4	8,164.8
産出/投入比		3.70	3.18	2.67	2.88	3.06	2.82

(Pimentel⁹⁾)

- 1) 計算基礎は省略した。 2) 筆者補筆。
 3) 11×10^8 kcal/ポンド (生産・加工を含む)。

し、食糧生産とエネルギー危機と題する論文を
 発表したのであった。

アメリカにおけるトウモロコシ生産のための資材・労働力などの投入量と、そのカロリー換算表を表3、4に示した。表5は投入エネルギーの年次別構成比と、1950年を100とした指数を計算した結果を示したものである。Pimentelらの指摘は、技術革新によって単位面積あたりの収量は著しく増加したが、その大きな要因はエネルギーの多投にあること、一方産出/投入比に見る如くエネルギー効率がてい減する傾向にあることなどである。報告発表当時農業用全殺虫剤の17%と、全除草剤の41%がトウモロコシに使用されたとし、石油危機に際して省エネルギーのための農薬代替策を述べている。表5に見るように、農薬エネルギーの投入の伸び率は他のエネルギーに比して著しく高率であることは事実であるが、1970年時点での農薬エネルギーが栽培全エネルギーの僅かに0.8%を占めているに過

ぎない点に、より注目される。

Pimentelらは、労働力に関するエネルギー

表5 トウモロコシ栽培における投入エネルギーの年次別構成比と指数

(単位:%)

	1945		1950		1954		1959		1964		1970		1970 /1950
	構 成	指 数	構 成	指 数	構 成	指 数	構 成	指 数	構 成	指 数	構 成	指 数	年 率
燃 料	58.7	88	51.0	100	44.5	112	38.3	118	33.9	124	27.5	129	1.3
肥 料	8.1	49	12.6	100	19.1	195	22.7	283	26.0	384	36.5	696	10.2
農 薬	0	—	0.1	100	0.3	259	0.6	618	0.7	894	0.8	1,294	13.7
機 械	19.4	72	20.7	100	19.4	120	18.5	140	18.7	168	14.5	168	2.6
電 力	3.5	59	4.5	100	6.5	185	7.4	259	9.1	376	10.7	574	9.1
運 搬	2.2	67	2.5	100	2.9	150	3.2	200	3.1	233	2.4	233	4.3
その他	8.2	73	8.6	100	7.4	112	9.3	170	8.5	185	7.7	215	3.9
全投入	100.0	77	100.0	100	100.0	128	100.0	157	100.0	186	100.0	240	4.5
産 出		89		100		108		142		179		213	3.9
産出/ 投入費		116		100		84		91		96		89	△0.6

(表4から作表)

一投入が最小であることから、省エネルギーのために労働力の多投を検討している。彼らによると、除草剤の1回施用にはトラクター・マウンツによる散布では1エーカーあたり1万8千kcalを要するが、手動散布によれば僅かにその1/60の300kcalを要するに過ぎないとしている。しかし、他方で労働単価が高いため、手動散布経費はトラクター散布のその4倍にのぼる。したがって、燃料価格がさらに高騰したとき、除草剤のスポット処理においてのみ手動散布が経済的に有利になるであろうと述べている。この論文発表以後、石油価格はおそらく10倍程度に急騰しているので、単に計算上のみから言えば、今日では除草剤の手動散布は経済的にも機械散布より有利になっているはずである。

これに対して、Alderら¹⁰⁾は手動散布の能率を計算して次のように批判している。アメリカ中西部の農家は平均して40haのトウモロコシを栽培している。現用の背負式スプレヤーの能力からみて、1時間あたり0.32haの処理が可能であるとすると、40a散布には125労働時間、

すなわち週40時間就労として3週間を要することとなり、労力的にとうてい実現不可能のうえ、よしんばこれが可能であったとしても、雑草防除適期内に散布を終了することはまず不可能であるとして、Pimentelらの提案代替策が単にエネルギー面のみの考慮にもとづく観念的なものであると批判している。

Pimentelらは、さらに除草剤による雑草防除と機械除草のエネルギー消費を比較して、前者のエネルギー多消費を指摘している。すなわち、雑草発生前・発生後にそれぞれ1回ずつ、毎回エーカーあたり2ポンドの除草剤を使用すると、除草剤のエネルギー4万4千kcalのほか、1回処理ごとに0.5ガロンのガソリンを使用するため合計エーカーあたり8万255kcalを消費する。これに対し、回転ホー3回を含む3回の機械除草では、ガソリン2ガロンすなわちエーカーあたり7万2450kcalを消費し、薬剤除草に比して約10%のエネルギー節減になっている。彼らは不耕起(ないし省略)栽培によるエネルギー節減の可能性を認めながらも、その場合の病虫・雑草問題を考慮するとき、さ

表6 イギリスの作物生産におけるエネルギー投入

	パレイショ (イギリス, 1972)		全作物 (イギリス, 1972)		トウモロコシ (アメリカ, 1970) ^{b)} (参考)	
	(GJ×10 ⁶)	(kcal×10 ⁹) ^{a)}	(GJ×10 ⁶)	(kcal×10 ⁹) ^{a)}	(GJ/ha)	(kcal/ha×10 ⁸) ^{a)}
燃料(直接使用分)	2.8	669	83.7	20,004	8.23	1,969
肥料	3.90	932	113.5	27,127	10.91	2,609
農薬(生産・施用)	0.24 (1.9%)	57	2.1 (0.9%)	502	0.23 (1.4%)	54
機械	3.45	825	30.2	7,218	4.34	1,038
電力					3.20	766
かんがい	1.34	320			0.35	84
運搬その他	0.72	172	7.5	1,793	2.67	637
合 計	12.47	2,980	237	56,644	29.93	7,158

a) 筆者補筆. b) Pimentel⁹⁾から. c) 一部訂正.

(Green¹¹⁾)

表7 アメリカにおける栽培全エネルギーに占める栽培投入量の相対的寄与率 (1969～1970)

	栽培全エネルギー中の構成比(%)					
	労働力	燃料	肥料	農薬	減価償却	その他
トウモロコシ(穀物)	0.06	47	19	4	21	9
トウモロコシ(牧草)	0.09	52	10	4	27	7
ソルガム	0.06	37	16	2	37	8
稲	0.05	41	5	5	33	16
オート麦	0.06	51	10	0.4	32	7
大豆	0.08	56	0.05	7	25	12
ピーナッツ	0.13	41	6	12	23	18

らに詳細な解析が必要であるとして、それ以上に立ち入ることを避けている。

農業生産エネルギーに占める農薬関係の位置については、なおイギリス、日本などの例があるので、これらを表6～8に掲げた。表6はイギリスにおける農業生産の例であっ

(Alder¹⁰⁾)

表8 米生産における補助産出エネルギー

(単位: 10⁴kcal)

	25年	35年	45年	49年
労働・畜力	139	103	59	44
種子	19	14	16	16
肥料	240	607	982	982
農薬	6	96	132	186
機械	137	383	1,383	1,595
光熱動力	36	81	250	243
資材	—	58	62	208
建物	182	181	250	292
水利	155	285	240	272
その他	—	134	322	863
補助エネルギー計	914	1,942	3,696	4,701
産出エネルギー	1,160	1,590	1,730	1,770
産出/補助	1.27	0.82	0.47	0.38

(宇田川(1976): 宇田川^{6,*)})

* 既報(宇田川¹²⁾; 川井⁷⁾の引用など)と一部異なるが、最も新しい訂正と思われるので6)によった。

て、原報¹¹⁾ではGJ (ギガ・ジュール)を単位として用いているが、表にはkcal値をも併記しておいた。なお1GJはジーゼル燃料約7ガロンに相当する。また、さきにかかげたPimentelらのトウモロコシの例(表3)は原報どおりkcal/エーカーで表示したので、表6にはこれをkcal/haに換算して比較対照しておいた。イギリスの全作物で0.9%、パレイショで1.9%が農薬による投入エネルギーである。

表7はアメリカにおける各種作物栽培における投入エネルギーの相対寄与率を示したもので、農薬の使用エネルギーはPimentelの前記報告にくらべると全般にややかめの数字である。

米生産における例を表8に示した。49年時点で農薬は全補助エネルギーの4.0%で、25年か

表9 各種農薬生産の投入エネルギー

(単位: GJ/t)^{a)}

	ナフサ	燃料油	天然ガス	コークス	電力	スチーム	合計 ^{b)}
除草剤							
MCPA	53.3	12.6	12.0		27.5	22.3	130 (31.1)
DCMU (diuron)	92.3	5.2	63.1		85.6	28.3	270 (64.5)
アトラジン	43.2	14.4	68.8		37.2	24.7	190 (45.4)
トリフルラリン	56.4	7.9	12.8		57.7	16.1	150 (35.9)
パラコート	76.1	4.0	68.4		141.6	169.3	460 (109.9)
2,4 PA (2,4-D)	39	9			23	16	85 (20.3)
2,4,5-T	43	2	23		42	25	135 (32.3)
(chloramben)	92	5	29		44	0	170 (40.6)
DNBP (dinoseb)	49	11	9		3	8	80 (19.1)
DCPA (propanil)	62	3	40		64	51	220 (52.6)
propachlor	107	14	29		84	56	290 (69.3)
MDBA (dicamba)	69	4	73		96	53	295 (70.5)
グリホサート	33	1	93		227	100	454 (108.5)
ジクワット	70	1	65		100	164	400 (95.6)
殺菌剤							
ファーバム			42	3	13	23	61 (14.6)
マンネブ	27	9	23	8	25	7	99 (23.7)
キャプタン	38		14		52	11	115 (27.5)
殺虫剤							
メチルパラチオン	37	2	24	6	73	18	160 (38.2)
トキサフェン	3	1	19		32	3	58 (13.9)
カルボフラン	137	41	63	1	127	82	454 (108.5)
NAC (carbaryl)	11	1	48	26	54	13	153 (36.6)

a) $1 \text{ GJ} = 10^9 \text{ J}$, $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$,
 $\text{GJ/t} = 0.239 \times 10^8 \text{ kcal/kg}$.

b) カッコ内は $10^3 \times \text{kcal/kg}$

(Green¹¹⁾)

表10 機械および薬剤除草における使用エネルギー

除草方法	使用除草剤	使用量		燃料 (l/ha)	エネルギー (GJ/ha)	合計 (GJ/ha)
		kg/ha	ポンド/エーカー			
機械除草				16.9	0.56	0.56
薬剤除草				1.7	0.06	
	M C P A	0.75	0.67		0.10	0.16
	ジ ュ ロ ン	2.3	2.0		0.62	0.68
	アトラジン	1.13	1.0		0.21	0.27
	トリフルラリン	1.13	1.0		0.17	0.23

(Greenら¹²⁾を一部改表)

ら49年にいたる間に31倍(年率14.7%)に増加している。

3. 不耕起ないし省略栽培による省エネルギーと除草剤の役割

ポンド)はややひくめにすぎようである。

表9の数値を使用してGreenらが試算した耕作・栽培法と除草剤使用の組み合わせによるエネルギー必要量の比較を、いささかはん難に過

記載が農薬全般に関

係するものになってしまったので、再び除草

剤にもどすこととする。

ICIのGreenら¹²⁾

は、彼らが独自に開発

したコンピューター・

プログラムを用いて不

耕起(no-tillage)

ないし省略栽培(red-

uced cultivation)

における除草剤の使用

がエネルギーの節約に

貢献し得ることを詳細

に検討した結果を報告

している。

彼らは前提として、

まずスチーム・電力・

天然ガスなどの原料エ

ネルギーを求めたうえ、

除草剤を中心とする各

種農薬を生産するに必

要な投入エネルギー量

を求めた。表9はその

結果を示したものであ

る。除草剤では80から

460 GJ/t (19~110

 $\times 10^3 \text{ kcal/kg}$)の間

に分布しているので、

さきのPimentelの

仮定($11 \times 10^3 \text{ kcal/}$

表 11 森林における機械および薬剤除草の比較

	単 位	機械除草	薬剤除草
処 理 面 積	ha/日	2.6	13.0
トラクター使用エネルギー	GJ/8時間	3.48	3.48
使用エネルギー	GJ/ha	1.34	0.27
2, 4, 5-T使用エネルギー	GJ/ha	—	0.47
機械除草2回合計エネルギー	GJ/ha	2.68	—
薬剤除草1回合計エネルギー	GJ/ha	—	0.74
薬剤除草による年間節約エネルギー	GJ/ha	—	1.94 ^{b)}

(Greenら¹²⁾を一部改表)

a) 3.5 kg/ha = 3.1 ポンド/エーカー。

b). ジーゼル燃料 13ガロン/ha に相当。

表 12 慣行栽培と直播ドリル播栽培

プラウおよび諸耕			直播ドリル播栽培		
作 業	燃 料 (l/ha)	エネルギー (GJ/ha)	作 業	燃 料 (l/ha)	エネルギー (GJ/ha)
プラウ耕	22.5	0.75	散 布	1.7	0.06
深 耕	22.5	0.75	ドリル耕	11.2	0.38
軽ハロウ耕	5.6	0.19	ハロウ耕	5.6	0.19
ドリル耕	11.2	0.38	パラコート ^{a)}		0.39
軽ハロウ耕	5.6	0.19			
合 計		2.26	合 計		1.02

(Greenら¹²⁾)

a) 0.84 kg/ha = 0.75 ポンド/エーカー

ぎるくらいはあるが、表10～16に示した。表10は機械除草と薬剤除草の比較を、表11は森林における同様の比較を、表12は慣行栽培と直播ドリル播栽培との比較を、表13は諸種の耕作栽培法における使用エネルギーの比較を、表14は慣行および不耕起栽培における使用エネルギーの比較を、それぞれ示したものである。耕起に使用される燃料エネルギーに比較して、薬剤除草によるエネルギー節約の可能性がよく示されている。

同様な試算を Phillipsら¹⁸⁾も行なっている。

表 13 諸種の耕作栽培法における使用エネルギー

耕 作 法	燃 料 (l/ha)	エネルギー (GJ/ha)
慣 行 裁 培	46.7	1.56
省 略 裁 培	32.7	1.09
0.56 kg/ha パラコート (= 0.5 ポンド/エーカー)		0.26
合 計		1.35
直播ドリル播栽培	7.4	0.25
0.84 kg/ha パラコート (= 0.75 ポンド/エーカー)		0.39
合 計		0.64

(Greenら¹²⁾)

表 14 慣行および不耕起栽培における使用エネルギー

耕 作 法	燃 料 (l/ha)	エネルギー (GJ/ha)
慣 行 耕 作	61.8	2.06
不 耕 起	20.2	0.68
パラコート ^{a)}		0.39
合 計		1.07

(Greenら¹²⁾)

a) 0.84 kg = 0.75 ポンド/エーカー

表15はトウモロコシ栽培における慣行と不耕起栽培との比較を示したものである。表16はAlderらによる各種栽培法におけるジーゼル燃料消費を比較したものである。

不耕起または耕起回数を減少するには、前諸表にみたとおり除草剤を使用することが不可欠である。かつては、耕起は農業生産にとって必須の作業と考えられたが、イギリスでは長年の実証試験の結果、不耕起でも充分高収量を維持することができ、むしろ耕起による土壌侵蝕を回避する利点が認められた。同様の事実はアメリカでも報告されており、表17はワタ作における各種耕作法による経費のほか収量をも比較したもので、除草剤使用・不耕起の場合が最高の収量を示した。さらに表18は、不耕起栽培が慣行栽培に比較して土壌水分の蒸発を抑止し、蒸

表 15 慣行および不耕起栽培法によるトウモロコシ生産におけるエネルギー消費の比較

管 理 ・ 作 業 投 入	単 位 投 入 あ た り エネルギー所要量(kcal×10 ³)	算 出 基 礎		所要エネルギー kg×10 ³ /ha	
		慣行栽培	不耕起栽培	慣 行	不 耕 起
機械：製作、修理 肥料	20.5/kg	11.6 kg/ha	9.5 kg/ha	237	195
チッ素	13.9/kg (N)	140 kg/ha		1,946	1,946
リン	1.8/kg (P ₂ O ₅)	70 kg/ha		126	126
カリ	1.1/kg (K ₂ O)	70 kg/ha		77	77
種子	4.0/kg	15.9 kg/ha	18.2 kg/ha	64	73
除草剤・殺虫剤	24.2/kg (有効成分)	2.3 kg/ha	3.4 kg/ha	56	82
プラウ (mold board)	235/ha	1 回		235	
ディスク	82/ha	75cm 畝幅		82	
植付	83/ha			83	83
除草剤施用	17/ha			17	17
肥料散布	18/ha			18	18
収穫	128/ha	75cm 畝幅		128	128
穀物乾燥	0.15/kg	水分23→15% (収量 9000 kg/ha)		1,350	1,350
同上運搬	0.033/kg (距離 3 km)	収量 9000 kg/ha		297	297
合 計				4,716	4,392

(Phillips ら)

表 16 各種栽培法におけるジーゼル燃料消費

(単位: l/ha)

作 業	耕作のみ (除草剤不使用)	慣行栽培 (除草剤と耕起)	不耕起栽培
プラウ耕 (8 インチ深)	15.7	15.7	0
深耕反転ディスク耕	8.9	8.9	0
植 付	4.7	4.7	3.3
耕 起	16.8 (4回)	4.2 (1回)	0
散 布	0	0.9 (1回)	2.7 (3回)
計	46.1	34.4	6.0

(Alder¹⁰⁾)

表 17 ワタ作における各種栽培法による除草経費と平均収量

	ha 当り平均ホー時間		ワタ平均収量 (3 年) (kg/ha)
	ホウ時間 (時間)	経 費 (ドル)	
(1)除草剤 3 回処理 耕起 2 回	0	0	547
(2)除草剤 5 回処理 不耕起	0	0	620
(3)耕起 5 回 人力ホー	185	388	593
(4)耕起 5 回のみ	0	0	177

(Alder¹⁰⁾)表 18 慣行および不耕起栽培におけるトウモロコシ
による土壌水分の蒸散と蒸発 (単位: cm)

	不耕起栽培		慣 行 裁 培		降 雨
	蒸 散	蒸 発	蒸 散	蒸 発	
5 月	0.0	2.1	0.0	6.3	17.9
6 月	7.6	1.0	6.4	6.8	9.7
7 月	12.4	0.3	9.5	2.1	10.1
8 月	9.2	0.2	7.2	1.4	4.1
9 月	1.5	0.5	1.1	2.5	9.1
合計	30.7	4.1	24.2	19.1	50.9

(R. E. Phillips ら¹⁸⁾)

1970～73 の 4 年間の平均値。

散を旺盛にすることを示したものである。

以上主としてアメリカとイギリスにおける状況を文献から拾い出したのであるが、わが国の水稲作は経済的にも栽培的にも、あるいは雑草防除の面からもきわめて特異的であるし、畑作にあっては未だ充分な集団(大規模)栽培が行なわれず、農業エネルギー面からの必要性に基づく不耕起ないし省略栽培の可能性は少ないであろうが、農業の国際経済性を考慮し、また農業

の輸出開発を指向するとき、この問題は今後の動向として見過すことはできないのでなかろうか？ もちろん農薬-除草剤-使用をエネルギー面からのみ論ずることには問題もあり、環境問題などを充分念頭においた適正防除・総合管理を軸とすべきことは当然である。

4. 石油植物への植物生長調整剤の利用

石油危機以来、わが国のエネルギー原料事情には本質的な構造変化が進みつつあるとして、代替エネルギーの開発の必要性が強く叫ばれ、その一環としてバイオマス計画、グリーンエネルギー計画などが華々しい話題の的となっている。

54年12月に開催された生物資源の活用に関するシンポジウムは、新しい生物資源の開発と新しい農地の開拓(環境への適応・順化)のほか、単位面積当りの収量の増加と質の改善を要素としてテーマが編成されたようである¹⁴⁾。

バイオマスが未利用資源の活用にあることから、この面での生長調整剤による増収は本来考慮すべき問題ではないであろう。しかし、石油植物の栽培などでは生長調整剤の積極的利用が当然考えられるところである。Calvinの“Green Factories”¹⁵⁾の発表以来、未だ日が浅い故か¹⁶⁾、上記に関する情報は皆無に等しいが、僅かにアメリカ農務省における研究の情報が報告されているので¹⁷⁾、これを紹介しておく。

アメリカに自生するゴム樹から炭化水素源として利用し得る植物を選抜し、3ないし5世代の育種と栽培の改良によって石油植物を開発することが試みられている。改良の目標は、全植物マスと全炭化水素収量の両面けられ、今までに株の選択、交配および生長促進剤の使用によって、収量が10倍程度に増加した例があるという。

化学的刺激剤を利用したアメリカ農務省の研

究ではある種の生長調整剤(bioregulator)を収穫3週間前に散布することにより hevea では4~5倍の、guayule(シオンの類)では2~6倍のゴム収量の増加が認められた。使用薬剤は廉価であるといわれるが、実用化にはなお2~3年の圃場試験における実証が必要であるようである。

最後にバイオマスの利用に関連して西村¹⁸⁾は、ユーカリ植物の全面利用の重要性を指摘し、ユーカリ植物中のアレロパシー物質、抗ウィルス性物質、発芽抑制および生長抑制物質などの生理活性物質の検討の必要性を説いている。新農業探索の手がかりとして、興味ある指摘である。

引用文献

- 1) D. W. Robinson: 1978 Proceedings Brit. Crop Prot. Conf., Vol. 3, 800 (1979).
- 2) 江藤守総: 化学と生物, 17, 547 (1979).
- 3) Int'l Pest Control, 22(4), 80 (1980).
- 4) 永江祐治: 植調, 14(2), 2 (1980).
- 5) 農業ビジネス, 9, No.411 (1979. 11. 28); No.412, (1979. 12. 5).
- 6) 宇田川武俊: “エネルギー危機と農業”, 日本農業の動き 52, P.89 (1980).
- 7) 川井一之: 研究ジャーナル, 2(11), 36 (1979).
- 8) エイモリー・ロビンズ, 宮田泰弘・植屋治紀訳: “ソフト・エネルギー・パス”, 時事通信社(1979).
- 9) D. Pimentel et al.: Science 182, 443 (1973).
- 10) E. F. Alder et al.: Weed Sci. 24, 99 (1976).
- 11) M. B. Green: Chem. & Ind. 641 (1976).
- 12) M. B. Green, A. McCulloch: J. Sci. Food Agric. 27, 95 (1976).
- 13) R. E. Phillips et al.: Science, 208, 1108 (1980).
- 14) 平塚喜明・平井篤志: 化学と生物, 18, 400 (1980).
- 15) M. Calvin: Chem. & Eng. Chem., Mar.20,30(1978).
- 16) M. Calvin: Bio Science, 29, 533 (1980).
- 17) Farm Chem., 143(2), 76 (1979).
- 18) 西村弘行: 化学と生物 17, 775 (1979); 農業および園芸, 55, 851 (1980).