

# 会誌

第 55 号 (平成 9 年 3 月 30 日刊行)

## 目次

## 一般講演

1. カキの光合成	岐阜県農業総合研究センター	松村博行・尾関 健	1
2. チャ葉の葉身切斷処理による葉温分布の変化	野菜・茶業試験場	松尾 喜義・本間 知夫・細井 徳夫・渡辺 利通	6
3. 埋設パイプ内通水方式による畠内地温制御に関する数値実験	—数値解析法および冷却時の温度分布—		
	岐阜大学農学部	田中 逸夫	
4. トマト個体群の持続的維持が可能な葉面積調査法	野菜・茶業試験場	細井 徳夫	13
5. 水稻体を通したメタン輸送に及ぼす地上部および地下部温度の影響	野菜・茶業試験場	細野 達夫	17
	農業環境技術研究所	野内 勇	

## 特別講演

1. 「東海地方における最近の気象概況」	名古屋地方気象台予報課	平井 章仁	21
2. 「難発芽性作物のプラグ苗生産の試み」	中部電力(株)電気利用技術研究所 (株)メイテック	岩尾 憲三 柴田 孝信	25

## シンポジウム

1. 「電気事業における農業研究」	中部電力(株)電気利用技術研究所	岩尾 憲三	29
2. 「人工気象と環境調節」	野菜・茶業試験場	細井 徳夫	33
3. 「苗生産における品質管理と電気計測」	(株)メイテック	柴田 孝信	39
4. 「ウインドレス鶏舎と環境調節」	愛知県農業総合試験場	近藤 恭	43

# 日本農業気象学会東海支部規約

## 第1章 総 則

- 第1条（名称）：本会は日本農業気象学会東海支部とする。
- 第2条（目的）：本会は農業気象に関する研究をすすめ、その知識の普及をはかり、また地方的問題の解決にも努力するとともに農業気象学同好者の親睦をはかることを目的とする。
- 第3条（事務局）：原則として支部長の所属する機関におく。

## 第2章 事業

- 第4条（事業）：本会は第2条の目的を達成するために次の事業を行う。
- (1) 総会（運営に関する基本的事項、その他重要な会務の審議、および報告）年1回。
  - (2) 例会（研究発表、講演、談話会、見学等）年2回。
  - (3) 会誌の発行。
  - (4) その他必要と認める事業。

第5条（事業年度）：本会の事業年度は毎年4月1日に始まり翌年3月31日に終わる。

## 第3章 会 則

- 第6条（会員）：本会の会員は、愛知・岐阜・三重・静岡の4県における日本農業気象学会会員ならびに、農業気象に関心を有する者をもって組織する。本会への入会を希望するものは、氏名・住所・職業・勤務先を記入の上、本会事務局に申し込むものとする。

## 第4章 役 員

- 第7条（役員）：本会に次の役員をおく。
- |      |    |     |          |
|------|----|-----|----------|
| 支部長  | 1名 | 評議員 | 4名（各県1名） |
| 会計監査 | 1名 | 幹事  | 各県若干名    |

第8条（任務）：

- (1) 支部長は支部の会務を総理し支部を代表する。支部長に事故ある時または欠けたときは支部長があらかじめ指名した評議員または幹事がその職務を代行する。
- (2) 評議員は各県の会務のとりまとめを行う。
- (3) 評議員及び幹事は幹事会を構成し重要な会務を評議決定する。
- (4) 会計監査は本会の会計を監査する。
- (5) 幹事は支部長の命令を受け本会の事務を執行する。

第9条（選出）：

- (1) 支部長は評議員の合議により選出される。
- (2) 評議員は、愛知、岐阜、三重、静岡の各県毎1名を選挙により決める。支部長に選出されたときには補充する。
- (3) 会計監査は支部長が会員の中から委嘱する。
- (4) 幹事は支部長が会員の中から委嘱する。

第10条（任務）：役職の任務は2年とし、重任を妨げない。

第11条（解任）：役員が東海地方を離れ、またはその職場を退いた場合には自然解任となる。

## 第5章 顧 問

- 第12条（顧問）：本会に顧問をおくことができる。顧問は幹事会で承認し、支部長が委嘱する。

## 第6章 会 議

- 第13条（会議）：本会には総会と幹事会をおく。
- (1)（総会）：年1回開催し支部長が招集する。但し臨時に招集することができる。
  - (2)（幹事会）：必要に応じ支部長が役員を招集する。

## 第7章 会 計

- 第14条（会計年度）：本会の会計年度は事業年度と同じとする。
- 第15条（経費）：本会の経費は会員の会費および寄付金などによる。
- 第16条（会費）：支部年会費は次のとおり前納とする。  
正会員 1,000円
- 第17条（決算）：会計の決算は会計年度終了後速やかに監査を経てその後最初に行われる総会に報告しなければならない。

## 第8章 そ の 他

- 第18条：その他は本部会則に準ずる。

- 第19条（会則の改正）：この会則の改正は総会の決議により行う。

## カキの光合成

松村博行・尾関健

岐阜県農業総合研究センター

The photosynthesis of Persimmon.

Hiroyuki Matsumura, Takeshi Ozeki

Gifu Prefecture Agricultural Research Center

### 1. はじめに

果樹の光合成についての研究は少なく、従来は大きな同化箱を樹全体に被覆して測定するため多大な労力と時間が費やされていた。また、切り枝を利用する方法も試みられてきた。近年、携帯型光合成蒸散測定装置が普及し、簡単に葉の一部をチャンバーに挟み込んで数秒で測定でき、同一葉を継続して測定することも可能となった。また、対象に適したチャンバーも開発され、果樹用のチャンバーも普及してきた。

具体的には、1985年愛媛大・石井ら<sup>1)</sup>は同化箱に鉢植えの苗木を入れて測定し、モモ、イチジクはカキ、ナシ等に比べ、土壤中のエチレンが多いと光合成速度が低下することを報告している。また、1986年果樹試験場・鴨田ら<sup>2)</sup>は、同化箱に切り枝を入れて測定し、カキ「富有」の光合成速度は20 mg/dm<sup>2</sup>hであると報告している。

このように、同化箱を用いると温度及び光条件が自然と異なり、偶然的な数値を得る恐れが大きかった。これに対して、携帯型光合成蒸散測定装置は自然状態で継続的に測定できるため、過去には推定値であった部分の解明に役立ってきた。しかし、夏季高温における屋外での測定は、コンピューター本体が高温になって可動せず、推定値に頼らざるを得ないところであった。そのため、早朝の35°C以下の時に光合成が旺盛で、気温の上昇と

ともに光合成速度が低下し、10時以降は光合成をしないとする仮説が主張されてきた。

そこで、夏季にチャンバー以外の部分を冷却することで、気温35°C以上の夏季に光合成を測定することができ、また遮光や電照と光合成の関係に関する新しい知見が得られたので報告する。

### 2. 材料及び方法

- (1) 試験1 岐阜県農業総合研究センターほ場。16年生「富有」を供試して、1995年1月10日からハウス被覆し、最高気温35°C、最低気温15°Cに保った樹と、ろ地の樹を比較した。携帯型光合成蒸散測定装置「KIP-9010」を用いて、5月29日に光合成速度を測定した。
- (2) 試験2 岐阜県農業総合研究センターほ場。17年生「富有」を供試して、1996年8月1日（日の出 5:01、日の入 18:55）に携帯型光合成蒸散測定装置「KIP-9010」を用い、本体及びエアーバッグを氷で冷やし、エアーチューブ及び測定ヘッド（センサー部を除く）にはタオルで被覆し、直射日光が当たらないように高温対策を施して光合成速度等を測定した。
- (3) 試験3 岐阜県農業総合研究センターほ場。17年生「富有」を供試して、「KIP-9010」を用いて、1996年9月11日及び10月4日に光合成速度等を測定した。
- (4) 試験4 岐阜県農業総合研究センターほ

場、17年生「富有」を供試し、1996年9月30日に間口5m、高さ4mのハウスを被覆し、天窓換気と5m毎に直径30cmの換気扇を用いて常時外気を導入させたところの樹とろ地の樹の光合成速度等を「KIP-9010」を用いて、1996年11月21日に測定した。

(5) 試験5 岐阜県農業総合研究センターほ場の間口5m、高さ4mのハウスでビニール被覆した24年生「伊豆」を供試し、雨天(1996年9月9日)と晴天(1996年9月11日)の光合成速度等を「KIP-9010」で測定した。

(6) 試験6 岐阜県農業総合研究センターほ場の17年生「富有」を供試し、4月25日から収穫期まで主幹から1m、高さ2mの位置に蛍光灯「パルック」を外に向けて設置し、午前4~8時まで点灯した。(反射フィルムで反対側への光を遮断し、対照区とした。)1樹内で電照区と対照区を設けて、1996年8月1日に「KIP-9010」で光合成速度等を測定し、11月25日に果実を収穫調査した。

(7) 試験7 岐阜県農業総合研究センターほ場の24年生「伊豆」を供試し、雨天(1996年9月9日)の17~18時に、投光器の光を葉に照射し、4000Luxと3000Luxにしてその時の光合成速度等を「KIP-9010」で測定した。

(8) 試験8 岐阜県農業総合研究センターほ場の17年生「富有」、26年生「幸水」及びコンテナ栽培3年生「ふじ」、「紫玉」、「青島温州」を供試し、1996年8月2日10時に光合成速度等を「KIP-9010」を用いて測定した。

### 3. 結果及び考察

(1) 試験1 春季の光合成について、朝外気温が低いうちにはハウス内の樹の光合成速度が速いが、外気温が上昇して光が十分照射される7時からは、ろ地の樹が旺盛に光合成をし、ハウス内の樹はろ地の1/2程度となった。夕方、ろ地が急速に光合成速度が減少するのに対して、ハウス内の樹は緩やかに減少した。

(2) 試験2 夏季の光合成について、ろ地で

は日の出とともに光合成は急速に増大するが、光が強くなった10時には急速に減少し、その後高温に対する葉の体制が整えられて、再度光合成速度は上昇し、16時にピークに達した。

これに対して遮光した樹は、10時に光合成速度は低下せず上昇し、15時にピークに達したが、ろ地の76%の26.8mg/dm<sup>2</sup>hrであった。

(3) 試験3 秋季の光合成について、9月11日及び10月4日とも遮光により光の量は最大44~33%減少したが、光合成速度は78~90%を維持して、遮光のデメリットは夏季の59%より減少した。

(4) 試験4 冬季の光合成について、平年は11月20日前後に落葉するため11月上旬には光合成速度は0に低下する。1996年は暖冬傾向で、紅葉しないろ地の葉が11月21日にも認められ、光合成速度も最大8.4 mg/dm<sup>2</sup>hrに達した。これに対して、ハウスはろ地より33%上回った。これは夜間の気温の低下がろ地よりも少なく、昼間20°C近くに上昇することによるものと考えられた。

(5) 試験5 雨天と晴天の光合成について、雨天は最大で7.8 mg/dm<sup>2</sup>hrと試験4の冬の葉よりも光合成速度は低く、晴天の24%程度であった。

(6) 試験6, 7 電照による光合成への影響について、従来電照は日の出前か日の入後のいずれが効率的か論議されたが、いずれもエネルギー的には無効であることが判明した。即、電照が可能な200Lux程度では光合成は認められず(表7)、数分以上の照射で葉に高温障害が発生するような4000Luxでは光合成が上昇することが明らかになった。今後は、電照は光中断等、信号として考えることに限定されると思われた。

(7) 試験8 樹種別の光合成について、従来カキはナシの1/3程度の光合成能力とされていたが、ナシより27%もカキの方が上回っていた。

表1 春季のハウスとろ地の光合成特性 (1995.5.29. 富有)

項目	区	朝	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19時
照度	ハウス		3	80	160	250	270	300	310	320	320	305	305	280	90	40	30	5
(x100Lux)	ろ 地		5	110	250	500	720	850	870	920	830	790	650	510	350	150	70	15
光合成速度	ハウス		2.4	7.5	11.7	12.0	12.5	13.0	14.1	15.0	14.5	14.5	14.5	14.5	9.1	4.8	2.1	
(ng/dm <sup>2</sup> hr)	ろ 地		0.5	5.4	9.3	22.0	25.5	27.7	30.1	32.2	29.1	27.2	25.1	20.1	18.4	10.7	5.8	2.4
気温	ハウス		15.0	15.0	16.5	19.1	22.0	27.7	28.1	28.2	28.3	28.3	28.1	25.0	21.5	20.7	19.7	18.0
(℃)	ろ 地		10.9	12.1	14.3	16.1	18.5	25.3	28.7	34.7	31.2	30.6	27.9	24.1	20.5	19.2	18.9	17.5

表2 夏季の遮光と無処理の光合成特性 (1996.8.1. 富有)

項目	区	朝	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
照度	遮光		29	111	177	300	224	457	402	327	327	234	153	331	306	
(x100Lux)	CONT		107	266	525	731	937	968	933	825	796	473	374	63	59	
光合成速度	遮光		71	302	554	694	1066	946	947	1005	919	549	381	51	25	
(μE/m <sup>2</sup> /s)	CONT		543	1473	1813	2171	2133	2069	1965	2104	1987	1600	1477	105	66	
光合成速度	遮光		5.5	17.8	20.0	20.1	20.2	21.5	24.6	26.0	26.8	21.0	2.9	0.2		
(ng/dm <sup>2</sup> hr)	CONT		13.4	28.3	33.0	20.7	11.2	17.9	21.0	30.3	30.0	33.0	35.3	6.2	3.9	
蒸散速度	遮光		0.92	2.33	2.60	3.97	4.20	1.59	4.84	4.75	4.65	2.97	3.04	1.47	0.05	
(g/dm <sup>2</sup> hr)	CONT		1.06	2.14	3.09	3.04	2.15	2.19	5.36	5.11	4.97	2.94	4.51	2.32	0.01	
気温コントラクタンス	遮光		0.16	0.38	0.34	0.44	0.43	0.11	0.48	0.45	0.43	0.27	0.31	0.11	0.00	
(cm/s)	CONT		0.21	0.40	0.50	0.29	0.15	0.13	0.33	0.33	0.36	0.22	0.47	0.18	0.00	
葉温	遮光		30.2	32.0	32.9	35.6	35.3	36.6	34.9	34.2	33.4	32.8	32.3	30.6	31.2	
(℃)	CONT		28.7	31.6	32.3	35.7	34.4	38.0	38.5	38.3	38.5	34.6	34.3	31.5	29.9	
気温	遮光		24.2	26.5	28.3	30.7	31.7	35.1	35.3	35.1	35.5	34.7	33.9	31.7	31.1	
(℃)	CONT		25.6	27.3	28.1	30.3	32.0	34.7	34.2	36.1	35.1	34.5	33.7	31.7	31.7	

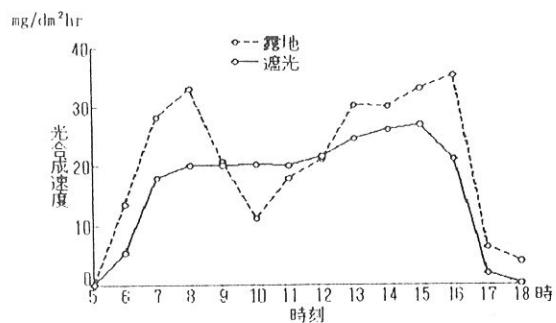


図1 夏季の光合成速度 (1996.8.1, 富有)

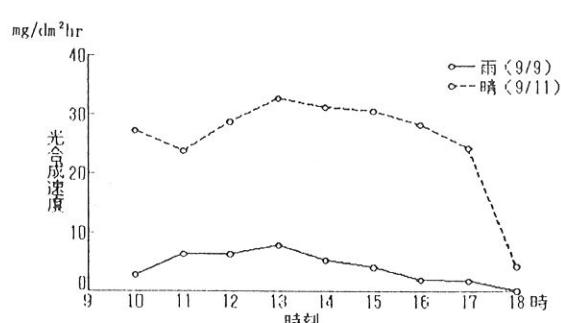


図2 雨天と晴天の日の光合成特性 (伊豆)

表3 秋季の遮光と無処理の光合成特性 (1996.9.11. 富有)

項目	区	朝	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18時
照度	遮光		30	115	250	270	300	350	400	385	350	315	110	5	
(x100Lux)	無処理		100	245	480	595	670	840	905	855	780	610	290	80	
光合成速度	遮光		7.8	10.5	17.2	18.0	20.4	25.2	23.9	20.0	18.0	15.5	7.5	0.0	
(ng/dm <sup>2</sup> hr)無処理			10.0	19.5	25.2	27.1	29.3	32.3	31.6	22.1	20.4	19.7	12.1	0.5	
気温	遮光		19.8	22.7	23.8	24.5	25.7	27.5	28.6	27.5	27.7	25.5	24.3	23.0	
(℃) 無処理			20.9	23.7	24.5	24.9	25.3	29.0	27.4	28.5	28.1	25.9	24.5	21.7	

表4 秋季の遮光と無処理の光合成特性 その2 (1996.10.4, 富有)

項目	区	朝	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
照度	遮光		45	120	190	245	185	227	190	160	120	46	
(x100Lux)	無処理		50	270	500	570	650	680	590	450	168	63	
光合成速度	遮光		4.0	15.1	19.6	25.5	27.9	24.8	20.1	16.9	11.7	3.7	
(ng/dm <sup>2</sup> hr)無処理			4.5	20.5	31.7	31.9	31.1	26.3	21.8	27.1	13.3	6.5	
気温	遮光		18.3	20.0	21.5	26.1	25.4	31.0	26.3	28.1	24.8	23.1	
(℃) 無処理			18.5	20.2	21.7	26.3	25.7	30.6	27.2	28.2	25.1	22.8	

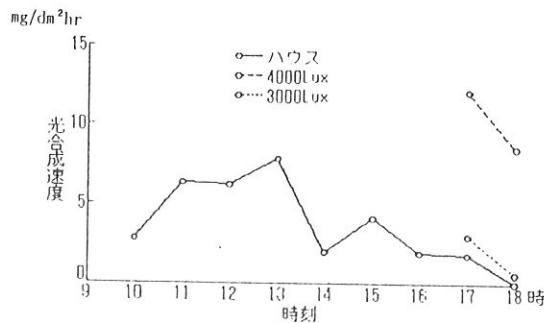


図3 雨の日の電照効果(1996.9.9, 伊豆)

表5 冬季のハウスとろ地の光合成特性(1996.11.21、富有)

項目	区	朝	8	9	10	11	12	13	14	15	16	時
照度	ハウス		27	35	105	110	140	100	100	75	35	
(x100Lux)	ろ 地		45	93	280	330	380	300	270	195	60	
光合成 (mg/dm² hr)	ハウス		3.5	7.5	11.5	9.1	11.2	10.5	9.2	8.2	0.5	
ろ 地			2.0	4.4	7.2	7.7	8.4	8.0	7.3	5.7	0.5	
気温	ハウス		11.0	14.7	16.1	16.5	19.7	22.0	21.5	20.7	14.5	
(℃)	ろ 地		3.7	14.2	20.8	17.3	19.9	20.1	19.5	17.1	13.7	

表6 雨天と晴天の光合成特性(雨天: 1996.9.9、晴天: 1996.9.11、伊豆)

項目	区	時刻	10	11	12	13	14	15	16	17	18
照度	雨天		32	48	62	70	36	42	30	33	0
(x100Lux)	晴天		600	360	800	830	690	550	620	110	52
光合成 (μE/m²/s)	雨天		36	76	77	100	12	46	15	19	0
晴天			1045	561	1755	1945	1660	1580	1695	228	68
光合成 (mg/dm² hr)	雨天		2.8	6.3	6.2	7.8	2.0	4.1	1.9	1.8	0
晴天			27.2	23.7	28.7	32.8	31.2	30.5	28.3	24.2	4.3
蒸散速度	雨天		0.02	0.26	0.67	0.62	0.25	0.47	0.48	0.41	0.10
(g/dm² hr)	晴天		2.10	2.32	2.50	2.75	2.32	2.68	1.83	1.52	1.08
風速 (cm/s)	雨天		0.01	0.07	0.23	0.54	0.05	0.12	0.13	0.12	0.05
晴天			0.34	0.21	0.25	0.36	0.21	0.29	0.20	0.15	0.11
葉温	雨天		26.3	24.9	24.9	26.8	25.9	25.6	25.6	25.0	24.5
(℃)	晴天		27.1	29.9	30.3	32.8	34.0	32.7	32.9	30.4	30.1
気温	雨天		20.5	20.9	21.2	21.7	21.6	21.7	21.6	21.6	21.4
(℃)	晴天		26.2	27.8	28.5	30.1	31.0	30.5	30.1	28.9	27.5

表7 電照による光合成特性(1996.8.1 日の出 5:01)

項目	区	時刻	4:50	5:00	5:10	5:30	6:00	7:00	8:00	9:00
照度	電照		1.9	2.5	6	19	107	358	527	-
(x100Lux)	CONT		0.3	2.5	6	19	107	355	525	731
光合成 (μE/m²/s)	電照		-	0	-	34	527	1406	1820	-
CONT			-	0	-	19	543	1473	1813	2171
光合成 (mg/dm² hr)	電照		-	-1.0	-	1.9	13.8	30.9	33.0	-
CONT			-	-0.5	-	0.7	13.4	28.3	33.0	20.7
蒸散速度	電照		-	0.31	-	0.42	0.98	2.43	3.01	-
(g/dm² hr)	CONT		-	0.40	-	0.34	1.06	2.14	3.09	3.04
風速 (cm/s)	電照		-	0.04	-	0.06	0.16	0.36	0.46	-
CONT			-	0.05	-	0.06	0.21	0.40	0.50	0.29
葉温	電照		-	28.4	-	28.7	29.8	33.1	33.5	-
(℃)	CONT		-	29.5	-	28.6	28.7	31.6	32.3	35.7
気温	電照		-	23.6	-	25.9	25.6	28.7	28.7	-
(℃)	CONT		-	26.8	24.5	23.9	25.6	25.6	27.3	28.1
										30.3

表8 電照による果実の品質 (1996.11.25、富有)

区	平均果重 (g)	糖度 (%)	果肉硬度 (kg/cm <sup>2</sup> )	果色	果形指数
電照	303	17.7	2.0	7.6	1.69
CONT	309	17.7	1.9	7.7	1.69

表9 電照による光合成特性 その2 (1996.9.9、伊豆)

区	照度 (x100Lux)	光合成有效放射 (μE/m <sup>2</sup> /s)	光合速度 (mg/dm <sup>2</sup> hr)	蒸散速度 (g/dm <sup>2</sup> hr)	気孔コダクタンス (cm/s)	葉温 (℃)	気温 (℃)
強電照	17:00	40	339	12.1	0.57	33.1	21.6
	18:00	40	301	8.5	0.42	32.0	21.4
弱電照	17:00	30	76	3.0	0.53	0.13	30.5
	18:00	30	70	0.6	0.24	0.10	30.2
対照	17:00	28	19	1.8	0.41	0.12	25.0
	18:00	0	0	0.0	0.10	0.05	24.5

表10 樹種別の光合成 (1996.8.2 10:00)

樹種	照度 (Lux)	光合成有效放射 (μE/m <sup>2</sup> /s)	光合速度 (mg/dm <sup>2</sup> hr)	蒸散速度 (g/dm <sup>2</sup> hr)	気孔コダクタンス (cm/s)	葉温 (℃)	気温 (℃)
カキ	83,600	1,987	27.4	5.0	0.36	38.5	34.4
ナシ	74,000	2,006	21.5	4.4	0.34	37.3	34.0
リンゴ	72,000	2,109	22.2	4.3	0.55	34.3	34.4
ブドウ	78,800	2,197	10.0	2.8	0.16	38.1	35.0
ミカン	60,300	1,559	9.4	2.0	0.10	38.0	35.0

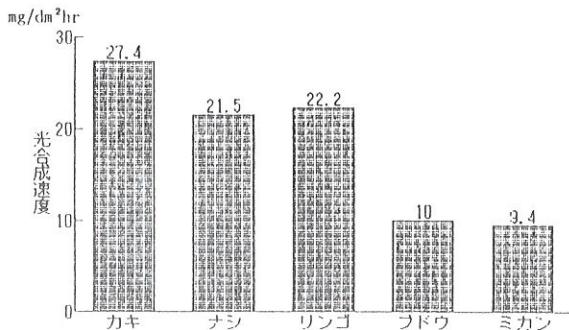


図4 樹種別の光合成速度の違い (1996.8.2 10:00)

#### 4.まとめ

以上の結果、試験2と試験8の1日違いでも、35℃以上になるかならないかで大差が認められ、高温では急速に光合成速度が低下することが認められる。

これは、遮光処理による高品質化技術に結びつくものであり、冬季ハウスで地よりも光合成速度が増すことは、抑制栽培での大生産を裏付けるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 石井孝明他 (1985) : 土壤空気中のエチレンが果樹の光合成に及ぼす影響  
園芸学会発表要旨(1)46-47
- 2) 鴨田福也他 (1986) : 果樹の光合成・呼吸特性に関する研究  
園芸学会発表要旨(1)84-86

## チャ葉の葉身切斷処理による葉温分布の変化

松尾喜義・本間知夫・細井徳夫・渡辺利通

野菜・茶業試験場

Changes of Temperature Distribution in Tea Leaves by Cutting the Leaf Blade

Kiyoshi Matsuo, Tomoo Homma, Norio Hosoi and Toshimichi Watanabe

National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

### 1. はじめに

チャは、柔らかい新芽を収穫対象物とする作物のため、1年に2~3回(一番茶、二番茶、三番茶:最近は三番茶の収穫は少ない)摘採され、展開直後の新芽が失われる。そのほかに、なめらかな摘採面を形成し、均一な新芽生育を図るために、整枝と呼ばれる葉層の部分的な剪除作業が、1年間に約5回程度行われ、そのたびに葉層の一部分が失われる。

摘採や整枝によって、茎葉が機械的に切除されると、一部の葉が失われるため茶樹全体としての光合成機能が低下する。また茎葉の切り口の修復など、樹体にかかるストレスはかなり大きいと考えられる。しかし、これらの傷害ストレスが樹体に与える影響については、不明な点が数多く残されている。

今回、熱画像測定装置を使用する機会に恵まれ、葉身の切断に伴って発生する現象を、表面温度変化の面から検討したので報告する。

### 2. 材料および調査方法

熱画像測定には、NEC三栄製サーモトレーサーTH1100型を用いた。測定は1996年8月~9月上旬に実施し、熱画像データはフロッピーディスクに記録するとともに、ビデオプリンターで印画紙に出力した。測定は実験室の直射日光が当たらない条件下で行った。

#### 実験1. サンゴジュの切り枝による予備検討

場内に栽植されているサンゴジュの生け垣から、1996年春期に伸長した枝(長さ約30cm、葉数8枚)を採取し、切り口を水に挿して実験室に持ち帰った。

約1mの距離から熱画像を観察しながら、一部の葉についてハサミで葉身の一部を切除し、温度分布の変化を観察した。また、枝の先端葉を茎ごと切除し、切除葉と残存葉の温

度変化を調べた。さらに、約1.5mの距離からレフランプ(ナショル、500W色温度3200°C)で照明し、葉温の変化を調査した。

#### 実験2. チャの切り枝による検討

場内'やぶきた'成木茶園で、1996年の一番茶後に中切り更新を実施し、再成長してきた部位から長さ約50cmの枝を採取した。切り枝は一夜水さし状態で静置し、翌日実験に供した。

実験には、切り枝2本を用い、一方は水挿し状態とし、他方は水を除いた状態に保持した。両枝の上から4枚目と6枚目の葉身の先端部分約2cmをハサミで切除し、葉温の変化を調べた。また、葉身の一部に切れ込みを入れた処理と切り口にワセリンを塗布した処理を行い、温度分布に及ぼす影響を検討した。実験は、切り枝から約2mの位置から100Wの白熱電球で照明した状態で実施した。

### 3. 調査結果

室内で日光の直射を受けない場合の葉温は室温と同程度であり、部位による温度差は小さかった。電球で照明すると葉温が上昇し、部位による葉温分布の幅がより大きくなつた。葉身切除処理による葉温変化を把握する目的に適した照明は、100W白熱電球を用いるのが良く、500Wのレフランプでは昇温効果が大きすぎた。

#### 実験1. サンゴジュ切り枝

サンゴジュの葉身を切断すると、切り口の近傍約1cmの範囲が他の部位より葉温が低下し、その低下は一夜経過後の約16時間後にも認められた。枝ごと葉を切除した場合には、切除後に切除葉の葉温が急に低下する時期があり、その後葉温が上昇することを認めた。

(写真1,2)



写真1 切断処理したサンゴジュ枝の葉温分布

注) →印が切断部位を示す。  
熱画像はカラーで得られるが  
印刷の都合で白黒とした。  
△が高温部で▲が低温部を示す。  
他の写真も同じ。



写真3 チャ切り枝の切断部位の葉温分布

注) ①→は切断後無処理  
②→は切断面にワセリン塗布  
③→は切れ込み処理

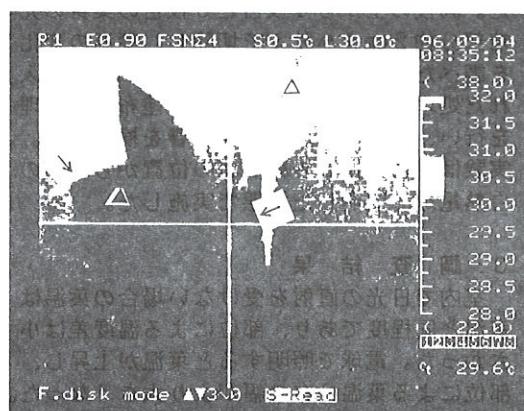


写真2 切断処理から約16時間後の葉温分布



写真4 水の有無による葉温分布の差異

注) →印が切断部位を示す。  
左側が水なし、右側が水あり

## 実験2. チヤ切り枝

チヤでもサンゴジュと同様に、葉身の切斷により切り口近傍の葉温低下が認められた（写真3）が、サンゴジュより温度低下範囲が狭く、約5mm程度であった。またチヤでは、葉温低下部分の消滅も早く、切斷後約半日で周囲と同じ温度になった。

チヤ葉に切れ込みを入れた場合も切削した場合と同様に、切れ込み付近の葉温が低下した（写真3）。また、チヤ葉の切り口断面にワセリンを塗布したところ葉温の低下は認められなかった。このことから、切り口近傍の葉温の低下は、切り口からの水分揮散によって発生するものと推定された（写真3）。ただ、切り口付近の無傷の葉面からの水分蒸散も葉温の部分的低下に関与している可能性もあるのでその点については今後検討が必要とみられる。

水のない切り枝の場合には、水挿しした枝より葉温は全体に高くなつた。この場合も、葉身の切削や切れ込み処理によって切り口近傍の葉温が低下した（写真4）。

## 4. 考 察

物体の赤外線放射強度の2次元的分布を計測できる熱画像測定装置の発達により、農業研究分野での熱画像測定の利用も農業気象分野を中心に一般的になりつつある<sup>2)</sup>。

一方、作物の生理的反応を調査解析する場合も、葉の表面温度の情報は、気孔からの水分発散の状態変化を通じ、光合成や作物体内の水分の状況を鋭敏に反映すると考えられ、詳しい研究も行われている<sup>1)</sup>。今後、チヤの栽培研究分野においても、葉層表面温度の計測は有用な調査手法として発展すると予想される。

今回実施した実験は、極めて初步的な検討ではあるが、従来の点的な温度測定手法では現象を十分には捉えきれない性質の問題である。この問題に関して、熱画像の測定と解析は予想以上に有効で、葉身切削処理によって、葉温の分布にどのような変化が発生するのかを、画像としてほぼリアルタイムで観察することができた。さらに、切削面付近の葉温低下が認められなくなる時間から、切削面が閉塞して水分揮散が止まるまでの時間も推定することができた。今後、熱画像測定装置がさらに普及し、従来の方法では計測が困難で、十分に解析できなかつた現象の解明に役立つことを期待したい。

## 5. まとめ

熱画像測定装置で葉温の分布を測定することにより、チヤとサンゴジュについて、葉身切削処理で、損傷部位近傍の葉温が低下する現象を捉えることができた。また、熱画像の経時的变化を追跡することによって、葉温低下部位が消滅する時期を知ることができ、損傷部の切削面が閉塞され水分揮散が減少するまでの時間を推定することが可能であった。

## 謝 辞

本研究の遂行についてご配慮いただいた野菜茶試設生産部の各位に深く感謝いたします。

## 引用文献

- 1)井上吉雄, 1990: 多次元センシングによる作物群落の生産機能・状態の非破壊非接触モニタリングに関する研究 第2報 葉群温度の動態の解析および蒸散速度、気孔抵抗の推定方法. 農研センター報, 18, 41-68.
- 2)真木太一・黒瀬義孝, 1987: 热映像解析法による局地的表面温度分布の特性解明に関する研究. 四国農試報, 49, 59-78.

# 埋設パイプ内通水方式による畠内地温制御に関する数値実験 —数値解析法および冷却時の温度分布—

田中逸夫

岐阜大学農学部

A Numerical Experiment on Control of Soil Temperature in Raw Circulating Water in Buried Pipes —Method of Numerical Analysis and Temperature Profile in Cooling—

Itsuo Tanaka

Faculty of Agriculture, Gifu Univ.

## 1. はじめに

通水パイプを用いた地温制御は、これまで主に低温期の地中加温を目的に実施されてきた<sup>3)</sup>が、最近では高温期の地中冷却も併せて行うことによるイチゴの周年栽培技術も開発されている<sup>1)</sup>。他方、本方式による地温制御に関する研究は、作物の生育に対する地温上昇効果、地温分布および経済性等に関する試験的研究<sup>4), 5)</sup>があるが、研究例は少ない。

そこで本研究では、地温制御の最適化とシステムの省エネルギー化をはかることを目的に、数値解析による温度分布の予測を試みた。

## 2. 数値解析法

本解析は、①水分移動による熱移動への影響、水分分布、土壤の温度伝導率の温度依存性およびパイプ表面における接触熱抵抗を無視し、②土壤の均一性と通水パイプ表面温度の一定一様性および畠内温度分布の二次元性（畠長さ方向への熱移動はない）を仮定して行った。なお、Seki and Komori(1990)は、水分移動が熱移動へ及ぼす影響は無視できることを示唆している。

図1に解析の対象とした畠形状を示す。本解析では、複数の同一形状の畠が等間隔に配置されている場合を対象とした。従って、計算は図中の2本の一点鎖線で囲まれた領域について行えばよいことになる。

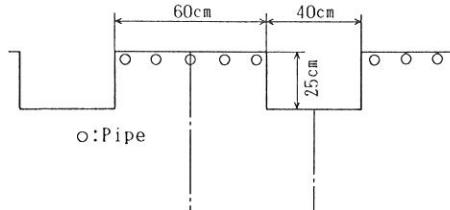


図1 解析対象の畠形状

以下に、基礎方程式および境界条件を示す。

基礎方程式

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right)$$

境界条件

$$T = T_s \quad (x = 0\text{cm}, 0 \leq y \leq 30\text{cm})$$

$$T = T_s \quad (0 \leq x \leq 25\text{cm}, y = 30\text{cm})$$

$$T = T_s \quad (x = 25\text{cm}, 30 \leq y \leq 50\text{cm})$$

$$T = 25^\circ\text{C} \quad (x = 100\text{cm})$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (y = 0\text{cm})$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (y = 50\text{cm})$$

ただし、t:時間、T:土壤温度、

T<sub>s</sub>:表面温度、α:土壤の温度伝導率

本解析では、地中の境界条件として、畠表面から深さ100cmの地温の日変動がないとした。そして、今回の計算では8月を対象にして行ったので、その値を25°C<sup>2), 8)</sup>に設定した。さらに、畠表面での境界条件として表面温度を与えた。表面温度は次式を自作して用いた。

$$T_o = \frac{T_d}{2} \sin \frac{(t+24-\tau)\pi}{24-(t_b-t_a)} + T_m \quad (0 \leq t < t_a)$$

$$T_o = \frac{T_d}{2} \left\{ \sin \frac{(t-t_a)\pi}{2(t_b-t_a)} + \sin \frac{(t-t_b)\pi}{2(t_b-t_a)} \right\} + T_m \quad (t_a \leq t \leq t_b)$$

$$T_o = \frac{T_d}{2} \sin \frac{(t-\tau)\pi}{24-(t_b-t_a)} + T_m \quad (t_b < t \leq 24)$$

$$\tau = \frac{1}{2} (3t_b - t_a - 24)$$

ただし、 $T_d$ : 表面温度の日較差、 $T_m$ : 日平均表面温度、 $t_a$ : 最低表面温度の発生時刻、 $t_b$ : 最高表面温度の発生時刻

図2に上式を使って求めた畠表面温度の例を示す。図中の(a)、(b)、(c)は、各々、 $T_d = 12, 10, 24^{\circ}\text{C}$ ,  $T_m = 30, 25, 13^{\circ}\text{C}$ ,  $t_a = 5, 5, 7\text{hr}$ ,  $t_b = 14, 14, 14\text{hr}$ として求めたものである。

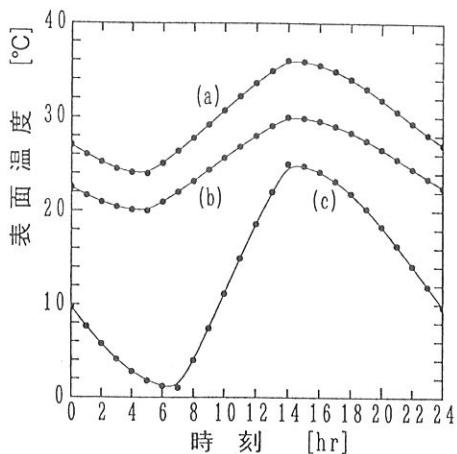


図2 畠表面温度の計算例

数値解析は差分法の陽解法<sup>6)</sup>により行った。図3に要素分割を示す。なお、時間メッシュは解の安定条件を考慮して5分とした。

さらに、パイプに隣接する要素の節点とパイプ表面との距離は、パイプの半円周と隣接要素の節点との水平平均距離  $\{=(1-\pi/8)\Delta y$  (y方向) } および鉛直平均距離  $\{=(1-\pi/8)\Delta x$  (x方向) } とした (図4参照)。

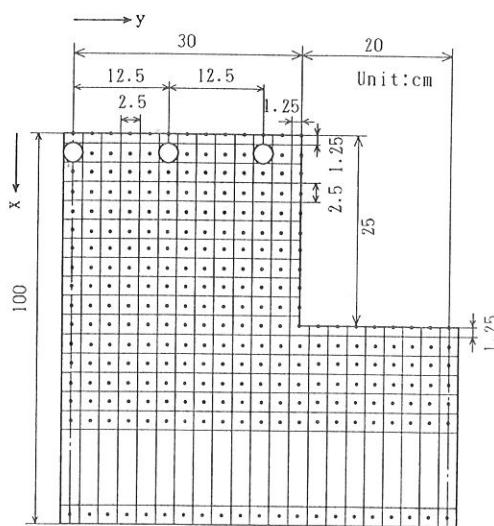


図3 要素分割図

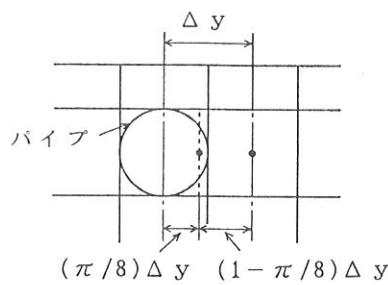


図4 パイプ表面と隣接要素間の距離の算定

解の収束判定は、各時刻における全要素の温度が一日前の同一時刻の温度と $0.01^{\circ}\text{C}$ 以内で一致していることを条件にして行った。

### 3. 結果および考察

今回の計算は、イチゴを対象とした高温期の地温制御を対象として行った。また以下に示す結果は、特記したものを除き、土壤の温度伝導率を $0.30\text{cm}^2/\text{min}^7)$ 、畠表面温度を図2中の曲線(a)およびパイプ表面温度を $10^{\circ}\text{C}$ とした場合である。

図5、6に地温制御を行わない場合および地温制御時の6時間おきの温度分布(等温線)

を示す。なお、図中の破線は温度伝導率が $0.18\text{cm}^2/\text{min}$ の場合である。本解析では、温度伝導率の温度依存性を無視し解析領域内でのその一様性を仮定している。そこで、これらの仮定の妥当性を検証する一方策としてこのような比較を行った。本解析条件下では、地温制御時の深さ20cm以内の領域では、温度伝導率の大きさの影響はほとんどないといえる。

イチゴの高温期栽培では深さ20cm以内（以後、根圈と呼ぶ）の地温を $22^\circ\text{C}$ 程度に保つことが要求される<sup>1)</sup>。しかし、図6の場合でも主に畠肩部に高温域が生じ、地表面温度が最高となる14時以降その領域は拡大し、20時頃に最も大きくなる。

そこで、畠肩部の高温化を抑制するために、栽培面以外を完全に断熱した場合および肩部（深さ15cm、肩面から5cmの位置）にさらに一本パイプを設置した場合の解析を行った。それらの結果を図7および図8に示す。断熱処理をすると、畠表面およびパイプ付近を除く領域での温度の均一性がはかられる。また、図8から、肩部へのパイプ設置により地温の制御性が向上することがわかる。なお、これらの場合には、パイプ表面温度を $15^\circ\text{C}$ に設定しても、畠表面付近を除く深さ20cm以内の地温を $22^\circ\text{C}$ 以内に保つことが可能であることを確認している。

#### 4. おわりに

本報告では、水分移動に伴う熱移動を無視し、地中の温度伝導率を一定かつ一様として得られる二次元非定常熱伝導方程式を、差分法により数値解析した結果を示した。

本来ならば、本解析法の有効性を実証するために、実測値との比較を示す必要がある。

しかし、現時点では、この比較のために有効な実測値は見当たらないので、未検討のままである。従って、今後実測値を取得し、本解析結果との比較を行うとともに、設定した

仮定の妥当性の検証や畠表面における境界条件の与え方等の検討を行い、解析法の修正と改良を行う予定である。

さらに、地温制御に伴う地上部熱環境への影響やパイプ表面からの吸・放熱量の算出法について引き続き検討することも課題である。

#### 引用文献

- (1) 岐阜県農業総合研究センター, 1993 : "全国で初のいちごの周年栽培技術が開発されました", 研究開発レポート.
- (2) 林徹夫ほか, 1987地盤冷熱と自然換気を利用した住宅のパッシブクーリング手法の検討, 九大総理工研究科報告 9(1):73-78.
- (3) 板木利隆, 1977 : "施設栽培における地温制御", 施設園芸の環境と栽培, 誠文堂新光社, 東京, 168-170.
- (4) 板木利隆・金目武男, 1968 : 温湯利用によるビニルハウスの地中加温に関する試験, 神奈川園研報 (16) : 57-64.
- (5) 板木利隆・金目武男, 1970 : 温湯利用によるビニルハウスの地中加温に関する試験(続報), 神奈川園研報 (18) : 124-130.
- (6) 片山功蔵ほか, 1976 : "非定常熱伝導の数値解法", 伝熱工学の進展3, 養賢堂, 111-209.
- (7) 日本機械学会編, 1986 : 伝熱工学資料(改訂第4版), 丸善, 東京, 321.
- (8) 農業気象学会編, 1977 : 新編農業気象ハンドブック, 養賢堂, 164.
- (9) Seki,H. and Komori,T., 1990 : Heat and moisture transfer in soil warming by circulating warm water in a buried pipe line, J. Agr. Met. 45(4), 217-226.

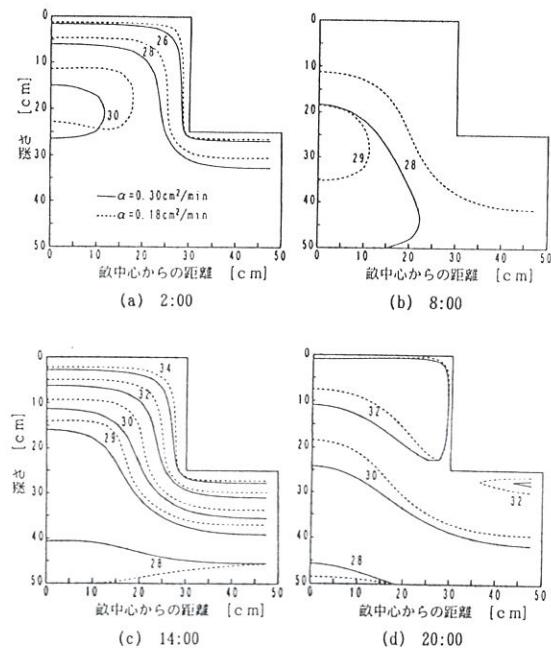


図5 無制御時の温度分布

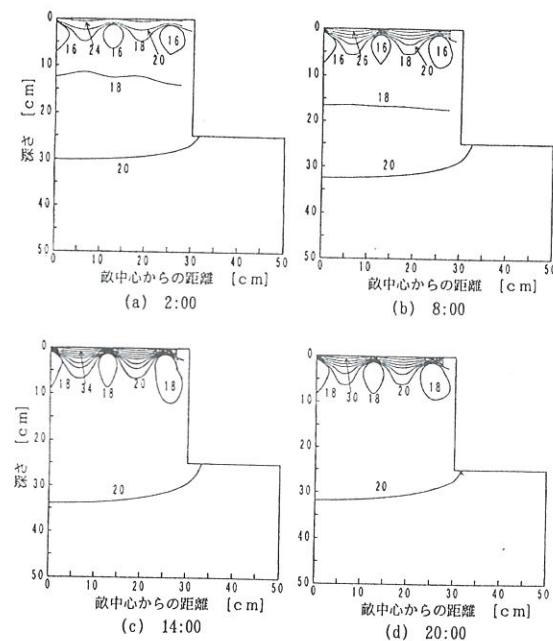


図7 敵肩部および敵間を断熱した場合の温度分布

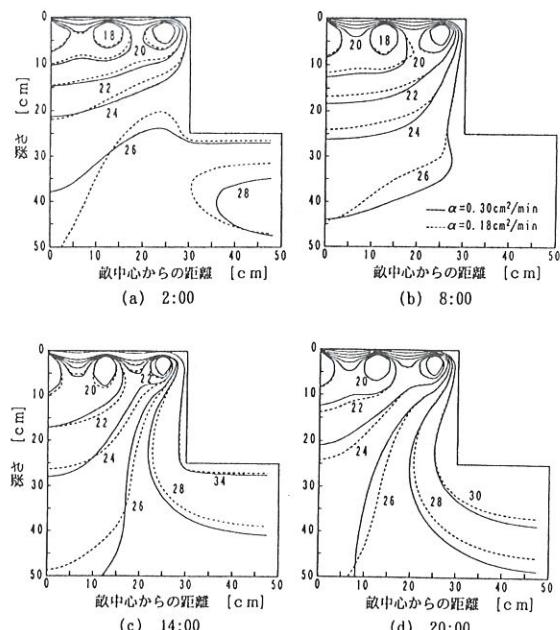


図6 制御時の温度分布

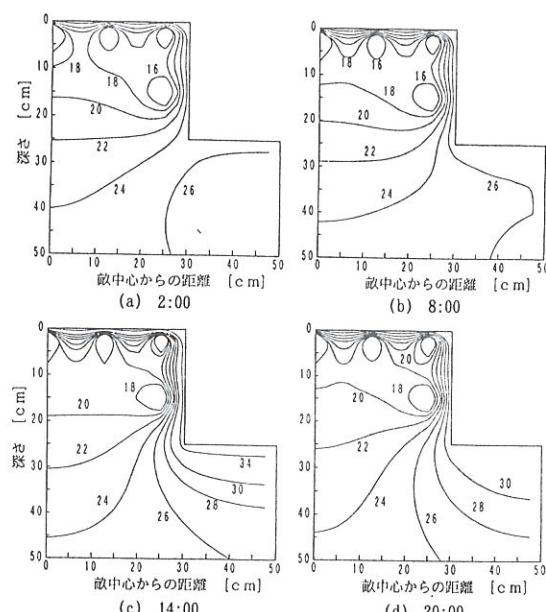


図8 肩部にパイプを増設した場合の温度分布

## トマト個体群の持続的維持が可能な葉面積調査法

細井徳夫

野菜・茶業試験場

Survey method of leaf area of the tomatoes in the greenhouse

Norio Hosoi

Nati. Res. Inst. Vegetables, Ornamental Plants and Tea.

### 1.はじめに

作物個体群の受光体制および光合成の研究は、葉面積の正確な調査が基本となる。トマト個体群の葉面積調査は、群を構成する平均的な個体を抜き取りる方法により通常行われる。充分な個体数が用意できない施設内のトマト栽培では、調査個体数と回数が増すほど結果的に個体数が減少し個体群維持に影響する。

個体群葉面積を非破壊で調査するための画像解析装置を用いた手法もあるが、装置価格が高く、誤差が大きく、精度を検証することも非破壊では不可能である。

施設における周年栽培トマトの最大収量及び良品質を可能にする個体群葉面積の検証、受光体制の持続的維持の研究遂行には、個体群の持続的維持が可能な精度の良い簡単で省力的な葉面積の調査法を必要とする。

開発した葉面積調査法は個体群の葉面積に大きな影響を与えることなく、個体数の減少もなく、高さ 2 m の個体群では個体抜き取りによる葉面積調査と比較し省力かつ精度は良い。

### 2. 個体群葉面積の調査法

#### ①個体密度の調査

調査対象個体群の平方メートルあたりの個体数を調査する。(本/m<sup>2</sup>)

#### ②個体当たり平均生葉数の調査

個体群を構成する平均的な個体 10 本の生葉数を調査し、個体当たりの平均生葉数を把握する。(枚/個体)。

#### ③調査葉の採取法

個体群の平均的葉面積を形成していると推定される付近の個体につき、図-1 に示すように第 1 の個体は最上葉、第 2 の個体は上から二番目の葉、第 3 の個体は上から三番目の葉と、個体あたりの平均生葉数まで逐次摘葉する。

#### ④葉重と葉面積の測定

上位の摘み取り葉から葉重の測定後、直ちに葉面積を測定する。(葉面積計またはゼロックス)

#### ⑤生葉を乾燥する。

⑥乾燥葉重を測定する。

⑦個体当たりの葉面積、個体群の葉面積を推定する。(一葉切除法)

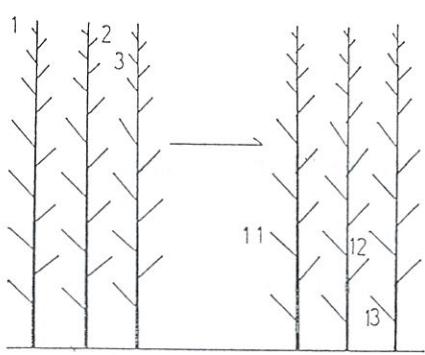


図-1 調査葉の切除法

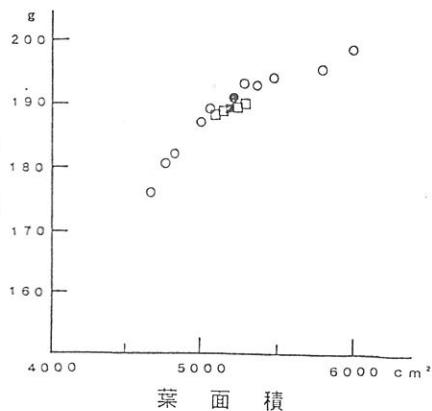


図-2 個体抜き取りによる葉面積の個体間差と1葉切除法による調査間差異  
抜き取り法 ○, 一葉切除法 □

## 2. 簡易層別葉面積と現存量の推定

### ①個体密度の調査

調査対象個体群の平方メートルあたりの個体数を調査する。(本/m<sup>2</sup>)

### ②個体当たり平均生葉数の調査

個体群を構成する平均的な個体10本の生葉数を調査し、個体当たりの平均生葉数を把握する。(枚/個体)

### ③生葉の層別区分

個体群の高さが2mであれば、30cm間隔にテープを張り、層別に生葉を区分する。

### ④葉位と層区分の調査

10個体について、上位からの葉位と層区分の関係を調査し、各葉位がどの層に区分されるか2回反復調査する。

### ⑤調査葉の採取法

個体群の平均的葉面積を形成していると推定される付近の個体につき、第1の個体は最上葉、第2の個体は上から二番目の葉、第3の個体は上から三番目の葉と、個体あたりの平均生葉数まで逐次摘葉する。

### ⑥葉重と葉面積の測定

上位の摘み取り葉から葉重の測定後、直ちに葉面積を測定する。(葉面積計またはゼロツクス)

### ⑦生葉を乾燥する。

### ⑧乾燥葉重を測定する。

⑨各層の葉面積と葉重を、④⑤から推定する。(一葉切除法)

⑩果段位と層区分の関係を調査し、各果段がどの層に属するか10個体調査する。

各果段の平均果実数を把握する。

⑪最上果段の平均着果数3の場合は3個体を用い摘果は各個体から1個、第2果段は最上位果段を摘果した以外の個体を用い、最上位果段と同様に各個体の第2果段から1個摘果する。同様に第3、4果段の果実を摘果し、果実が付着する各果段の果実重量を推定する。

⑫各層の果実重を⑩と⑪から推定する。

⑬層別の葉面積、葉重、果実重を⑨と⑪から推定する。

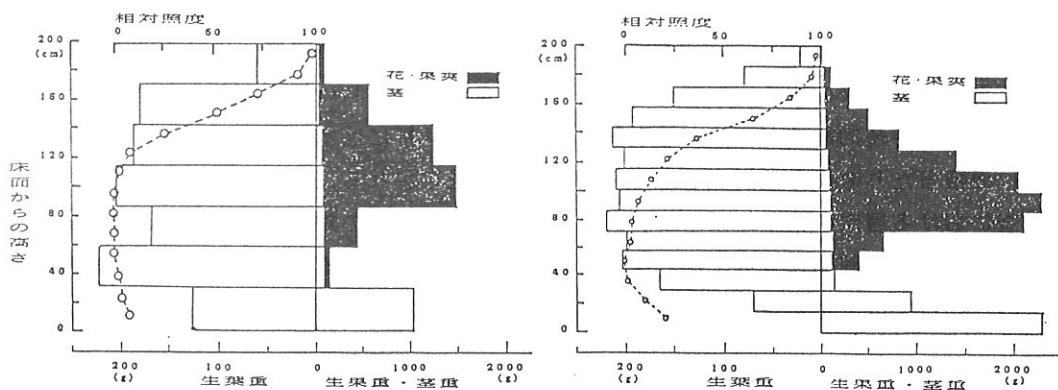


図-3 簡易層別葉面積調査法によるトマト個体群の生産構造図(左図)

抜き取り調査によるトマト個体群の生産構造図(右図)

葉面積指数: 3.9, 培養液濃度(EC): 1.7(mS/cm), 定植日 1993年6月15日,  
調査日 1994年4月14日

### 3. 1葉切除法による個体群葉面積の調査結果の精度と考察

従来の抜き取り調査法による個体葉面積の差異と1葉切除法による推定個体葉面積の差異を図-2に示す。

○で示された抜き取り調査法の個体あたり葉面積の分布はかなり大きく、●で示す10個体の平均値と比較し±20%の範囲に分布する。

抜き取り調査法による葉面積の個体間差はかなり大きい。すなわち、生葉付着数が各個体でかなり異なること、個体の草勢を反映し各葉の面積にも差異がかなり認められた。

抜き取り調査法による個体群の葉面積の推定には図-2から判断して最低5~7個体の葉面積調査が必要と推察され、この葉面積調査は3人にて8時間をする。

一方、□で示す1葉切除法の個体当たり葉面積推定値について、反復調査の結果およびその平均(■)との差異が小さい。すなわち、切除葉数が一定であり、かつ切除葉は各個体か

ら1葉と切除葉自体が平均化されている結果である。

1葉切除法による個体群葉面積の推定は図-2の結果から判断すると反復を要しない。  
この作業を遂行するには1人2時間で完了する。

#### 4. 簡易層別葉面積および現存量の推定結果と考察

同一個体群について、簡易層別葉面積および現存量の推定結果と従来法による層別葉面積および現存量の結果を図-3に示す。従来法は10個体を用いて調査した。

簡易の層別葉面積は抜き取り調査による従来法の2倍の30cm厚に層区分したが、層別の葉面積、葉重は、従来の抜き取り調査による対応する層の比較しやや変動が大きい。また、現存量の大部分を占める果重の層別分布も従来の抜き取り調査による対応する層の比較し差異が認められた。したがい、層別の葉面積や現存量を把握するには、2個体相当分の調査では不十分と推定された。一方、層別の葉面積（葉重）と果重の積算値に推定茎重を加えた推定現存量は従来の抜き取り調査法による現存量にほぼ等しい結果を得た。すなわち、トマト個体群の持続的維持が可能な層別葉重、現存量の解析には本調査は使用不可であるが、単位面積当たりの現存量調査として利活用可能と推定される。

本調査における層別の葉重と果重が、10個体の抜き取り調査の対応層とかなりの差異が発生するのは、調査個体が少數であり各果段の果重が著しく異なること、特に収穫対象果段に付いている果数による現存量の変動が大きいことに原因すると推察される。

#### 5. まとめ

一葉切除法で推定した個体当たり葉面積のサンプル間差異は、抜き取り調査法の個体当たり葉面積の個体間差異と比較し著しく小さく、1回の数値で個体群葉面積の推定がほぼ可能である。

同時に各果段から果重が平均と推定される果実一個をとり、各果段の平均着果数を調査すれば、トマト個体群の持続的維持が可能な単位面積当たりの現存量が推定可能である。

注意事項は、冬期間においては晴れた日に葉切除を行うこと、葉切断面から灰色カビ病の進入発生が認められる。

100個体のトマトを用意できれば月1回の葉面積調査を遂行できる。高さ2mの個体群では個体の生葉は25~30枚でありほぼ3ヶ月で更新する。

## 水稻を通したメタン輸送に及ぼす地上部および地下部温度の影響

細野達夫・野内 勇\*

野菜・茶業試験場 施設生産部

\*農業環境技術研究所

### Effect of temperatures around top and roots of rice plants on methane transport in rice plants

Tatsuo HOSONO and Isamu NOUCHI\*

National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

\*National Institute of Agro-Environmental Sciences

#### 1. はじめに

水田は、温室効果ガスであるメタンの主要な発生源の一つであると考えられている<sup>1)</sup>。しかし、水田からのメタンフラックスは空間変動、時間変動が大きい。その変動の量を推定して、水田からのメタン放出量の評価の精度を高めることが求められている。そのために、また、水田からのメタン放出量抑制技術の開発のためにも、水田からのメタン放出機構を解明することが必要である。水田からのメタン放出は、主として水稻植物体を通してなされることが知られている<sup>2)</sup>。従って、水田からのメタンフラックスは、水田土壤中のメタン濃度と水稻を通した根圏から大気へのメタン輸送過程により決まる。Nouchi et al. (1994)は、水稻は水田土壤中のメタンを大気へ放出する通導パイプであり、土壤中のメタンは水稻の通気組織系を通した拡散により輸送されると仮定する拡散モデルを用いて、水田のメタンフラックスの季節変化を解析し、現実のメタンフラックスの季節変化をよく説明できることを示した<sup>3)</sup>。また、細野・野内(1996)は、水稻を通したメタン拡散におけるコンダクタ

ンスは大きな変化幅を持ち、それは温度に依存することを示唆した<sup>4)</sup>。そこで、本研究では水耕栽培の水稻を用いて温度（根圏温度および地上部温度）を変化させる室内実験により、水稻体内を拡散するメタンのコンダクタンスと温度との関係について検討した。

#### 2. 研究方法

実験用水稻は、自然光型人工気象室内において木村氏B液を用いて水耕栽培したものを使用した。

実験装置の概略を図1に示す。高濃度メタン溶液に水稻の地下部を浸し、地上部をチャンバー内にいれ、一定流量の空気を通気するチャンバーの空気入口と出口のメタン濃度を測定しメタン放出速度を測定するものである。高濃度メタン溶液は、50%のメタンガスをフラスコ内の水耕液中にバーリングさせることにより調製した。チャンバーへの通気は、流量約8ℓ min<sup>-1</sup>で外気を導入した。

水稻苗地上部をチャンバー内に入れて固定する方法は以下のようである。ゴム栓（上径8cm、下径8.2cm、高さ約3cm）の中央に穴を開け、塩ビ製パイプ

(内径2 cm、長さ4 cm) を挿入する。その塩ビ製パイプ内に、水稻の基部の位置がパイプの最下部から約1 cm程度となるように水稻を差し込む。パイプの中にゲル状のアルギン酸塩を注入し、室温で固化させて、水稻と塩ビ製パイプおよびゴム栓を一体化させる。この植物および塩ビ製パイプと一体化したゴム栓を、チャンバー最下部の開口部に差し込むと、水稻地上部はチャンバー内に入った状態となる。チャンバーはステンレス製の骨組みにより支持されており、上下に位置を変えられるようになっている。チャンバー全体を降下させ、図1のように水稻の根がフラスコ内の水耕液に浸るようにする。フラスコとゴム栓との距離は殆どゼロとなるようにするが、完全には密着させない。

メタン高濃度溶液を満たしたフラスコは液温を制御するために恒温水槽に入れられた。これらシステム全体は人工光の人工気象室内に設置し、地上部温度を制御した。空気中および溶液中のメタン濃度はガスクロマトグラフにより測定した。また、チャンバー内気温、水耕液温度等をモニターした。

水稻を通したメタン放出の拡散モデルは次式のようである。

$$F = 1000 C D_1 N$$

ここで、F: 水稻地上部からのメタン放出速度 ( $\text{mg h}^{-1}$ )、C: 水耕液中メタン濃度 ( $\text{mg l}^{-1}$ )、 $D_1$ : 水稻一茎あたりのコンダクタンス ( $\text{cm}^3 \text{h}^{-1}$ )、N: チャンバー内茎数である。F、CおよびNの測定値を上式に入れて $D_1$ を求め、コンダクタンスと温度の関係を調べた。

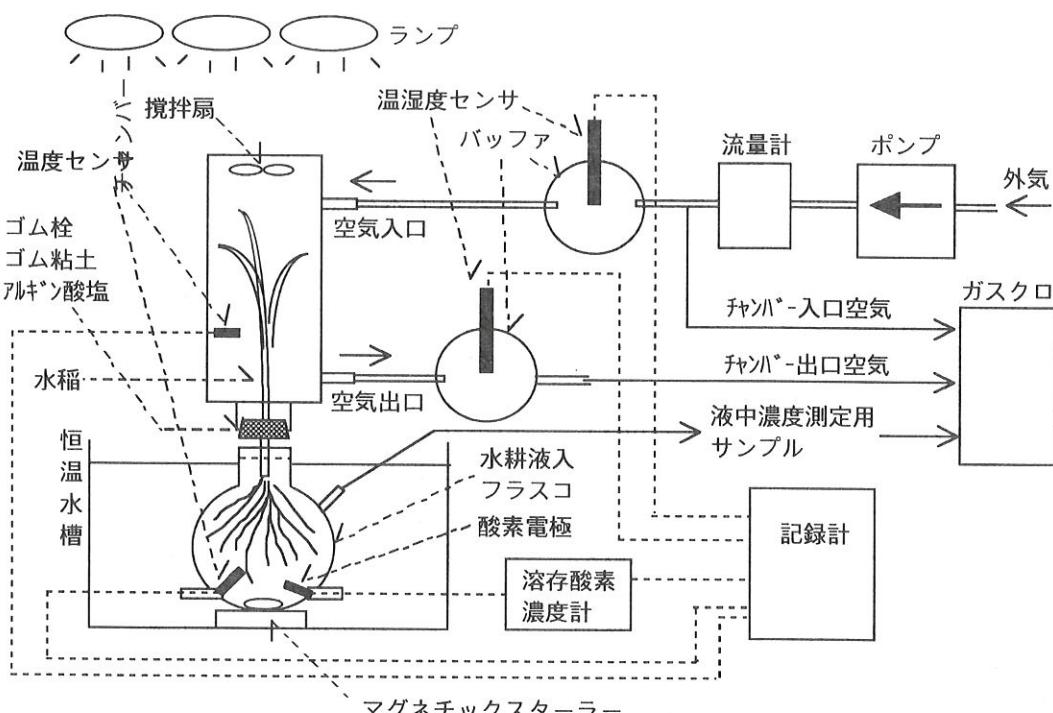


図1 根圈温度制御およびメタン放出速度測定システムの概略

### 3. 結果と考察

#### (1) 水稻地下部温度が水稻体中のメタン輸送コンダクタンスに及ぼす影響

図2に、溶液温度、チャンバー内気温、溶液中メタン濃度、水稻を通したメタン輸送のコンダクタンスおよびメタン放出速度の変化を示す。溶液温度の変化とコンダクタンスの変化のトレンドは非常によく一致している。このことは、根圏温度が水稻を通したメタン輸送過程に大きく影響を及ぼすということを示唆する。

溶液温度が30°Cのときのコンダクタンスは15°Cにおけるよりも、2倍以上大きかった(Fig. 2)。一般に、溶液中の溶質の単純拡散係数は温度とともに増加し、Wilke(1949)の方法で計算すると、30°Cにおける拡散係数は15°Cにおける値の約1.5倍であるが、これは2倍以上というコンダクタンスの増加を説明できない。このことは、拡散以外の何らかの要因が温度に依存

して変化することを示唆する。例えば、根の表皮細胞膜が温度增加によって生理的に変化し、ガス透過性が増大するといったことが想像される。

#### (2) 水稻地上部温度が水稻体中のメタン輸送コンダクタンスに及ぼす影響

溶液温度を25°Cに保ち、チャンバー内気温すなわち水稻地上部のまわりの気温を変化させる実験では、チャンバー内気温がコンダクタンスに及ぼす影響は比較的小さかった(図は示さず)。地上部の気温が上昇したとき、コンダクタンスはやや減少する傾向であり、地上部気温が38°Cのときのコンダクタンスは、地上部気温が30°Cの場合のおおよそ0.8倍であった。この原因については不明であったが、水稻地上部の状態もコンダクタンスに多少の影響を与えることを示しているものと推察される。

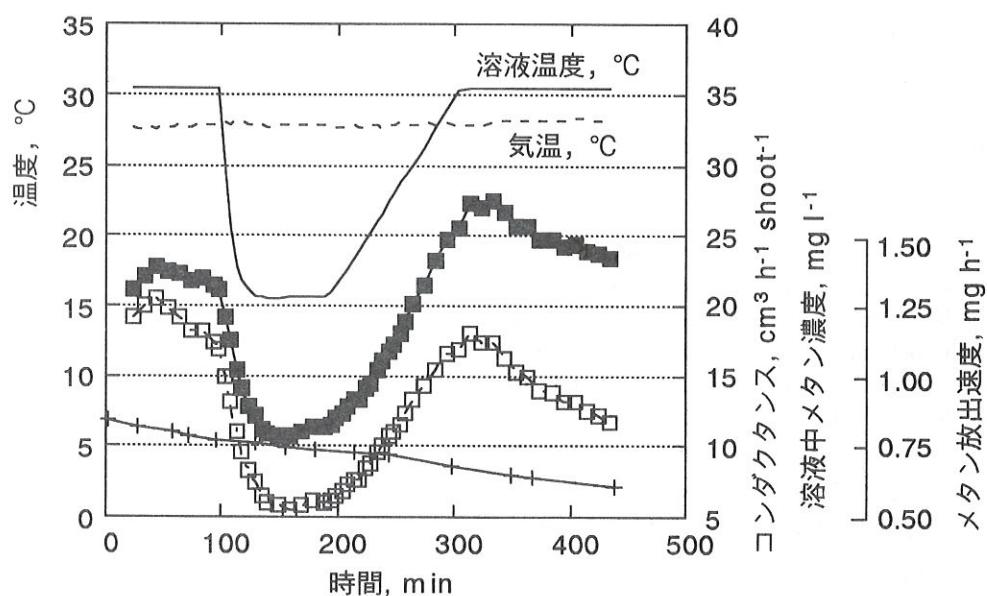


図2 高濃度メタン溶液に水稻の根を浸す実験における、溶液温度、チャンバー内気温、溶液中メタン濃度(+)、水稻を通したメタン輸送のコンダクタンス(■)およびメタン放出速度(□)の経時変化

#### 4. まとめ

水稻の根の周りの温度を変化させる実験では、水稻体中のメタン輸送のコンダクタンスは15°Cから30°Cの温度変化により2倍以上になった。一方、地上部のまわりの気温を変化させる実験においては、コンダクタンスの変化は比較的小さかった。これらの結果から、水稻地下部の温度が水稻体のメタン輸送過程に大きく影響することが示され、水稻体中のメタン輸送速度を決定する上で根の部分の通過が重要であることが示唆された。

#### 引用文献

- 1) Watson, R.T., Meira Filho, L.G., Sanhueza, E. and Janetos, A. (1992): Green house gases: Sources and sinks. In *Climate Change 1992, The supplementary report to The IPCC scientific assessment*, ed. by Houghton et al., Cambridge Univ. Press, UK, 25-46.
- 2) Schütz, H., Schröder, P. and Rennenberg, H. (1991): Role of plants in regulating the methane flux to the atmosphere. In *Trace gas emissions by plants*, ed. by Sharkey, T.D. et al., Academic Press, San Diego, 29-63.
- 3) Nouchi, I., Hosono, T., Aoki, K. and Minami, K. (1994): Seasonal variation in methane flux from rice paddies associated with methane concentration in soil water, rice biomass and temperature, and its modeling. *Plant Soil*, 161, 195-208.
- 4) 細野達夫・野内 勇 (1996) : 水田からのメタンフラックスと水田土壤中メタン濃度の季節変化. 農業気象, 52, 107-115.

## 東海地方における最近の気象概況

平井章仁  
名古屋地方気象台予報課

Recent Weather Conditions in Tokai District

Akihito Hirai  
Forecast Division, Nagoya Local Meteorological Observatory

### 1. はじめに

近年、異常気象や気候変動に対する関心が高まっている。東海地方では1987年冬から1995年冬にかけ9年連続の暖冬となつたことや、1993年の記録的な冷夏、1994年・1995年の暑夏などはまだ記憶に新しいことである。また、最近では夏季を中心に慢性的な水不足が度々発生し、社会的に大きな影響を与える状況となっている。

ここでは東海地方4県（愛知、岐阜、三重、静岡）内の14気象官署の気象データをもとに、過去40～50年間の気温・降水量・日照時間の傾向や特徴についてまとめた。（なお、平年値は1961年から1990年までの30年間の平均である。）

### 2. 気温

図1は、東海地方における年平均気温（14気象官署の平均）の平年差の経年変化をグラフに表したものである。1940年代末から緩やかな上昇傾向を示している。最近では、1990年の平年差が+1.3°C、1994年が+1.2°Cであったが、1993年の平年差が-0.1°C、1995年が+0.3°Cなどからここ数年は変動が大きい傾向となっている。

図2-1, 2は、夏季（6～8月）と冬季（12～2月）の3ヶ月平均気温の平年差の経年変化である。最近の特徴として1980年代中頃から夏季には変動が大きく、冬季には高温側に安定している。特に、1993年夏の記録的な冷夏（平年差が-1.3°C）から、

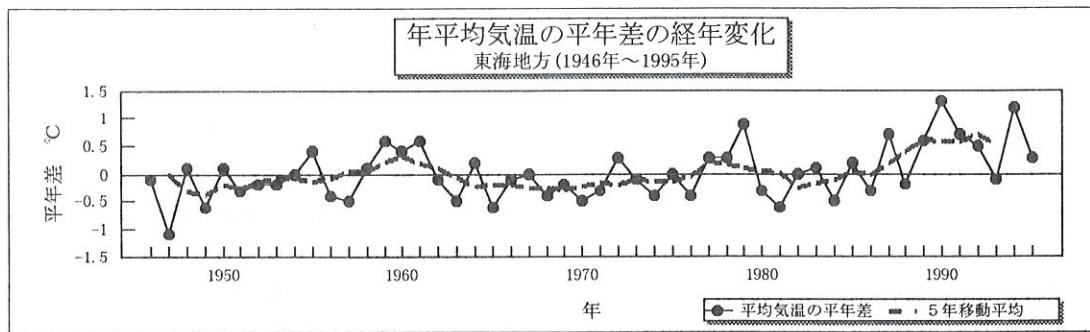


図1 年平均気温の平年差の経年変化（東海地方）

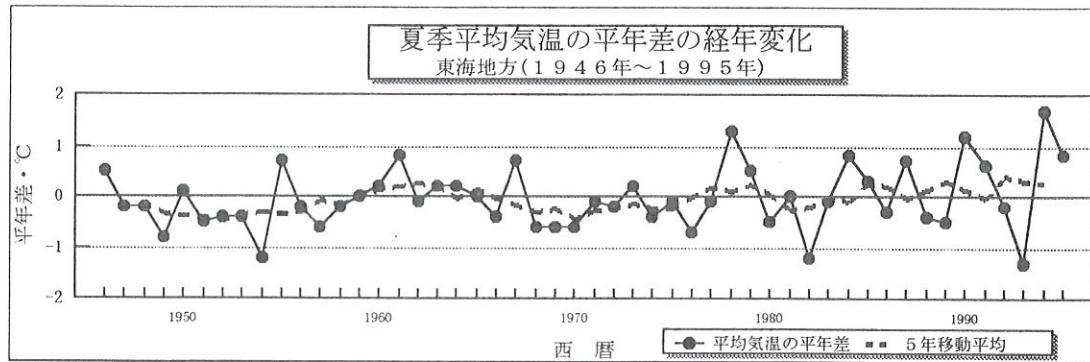


図2-1 夏季平均気温の平年差の経年変化

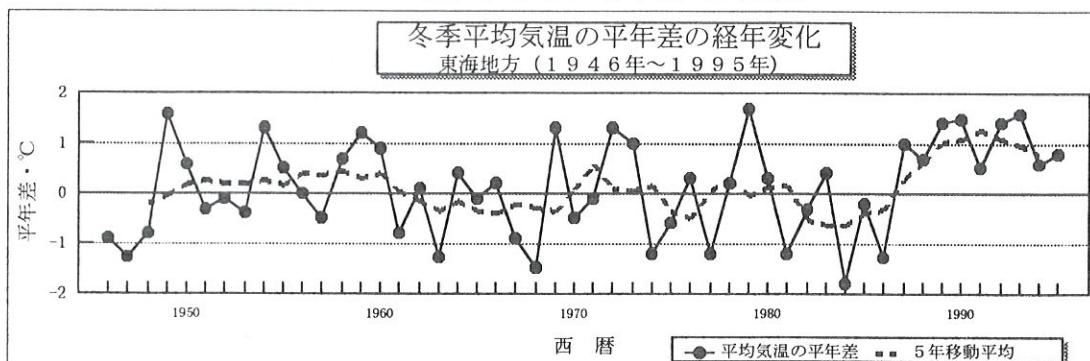


図2-2 冬季平均気温の平年差の経年変化

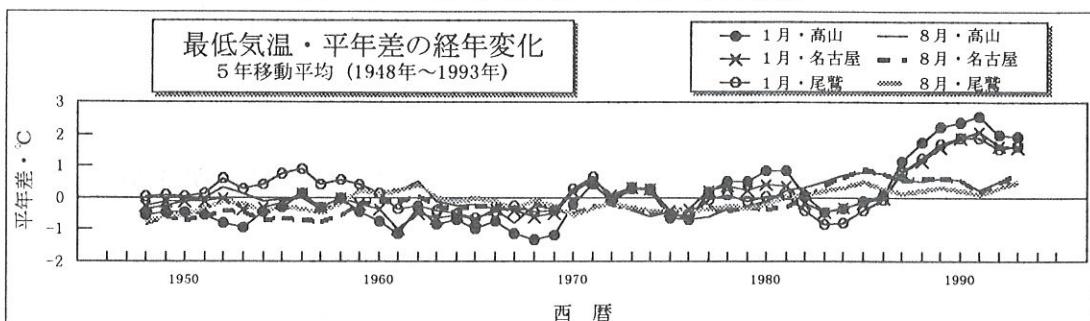


図3 1月と8月の月平均最低気温の平年差の経年変化（5年移動平均）

翌年の1994年夏は記録的な暑夏（平年差が+1.7°C）に大きく変動したのが目立っている。

図3に高山・名古屋・尾鷲の3地点における1月と8月の月平均最低気温の平年差の経年変化を示した。1990年頃を中心に1月の平年差が+2.0°C前後となっており、1980年代後半から、3地点とも1月の最低気温

の平年差が、8月のそれを大きく上回っている点が注目される。月平均の最高気温を見ると（図は省略）、1990年頃を中心に3地点とも1月は平年より1.0°C前後高く、8月は平年並かやや低い傾向となっている。このことから、図1に見られる1990年を中心とした高温期は、8月を中心とした夏季より、1月を中心とした冬季の最低気温の上昇が大

きく寄与しているものと考えられる。

### 3. 降水量

図4-1, 2は、前記の3地点における冬季(12~2月)と夏季(6~8月)の3ヶ月降水量の平年比を5年移動平均で示したものである。夏季は冬季に比べ年々の変動が小さい。最近の特徴として、1980年代中頃以降夏季の降水量が、平年より少ない年が多くなっている。

### 4. 日照時間

図5は、3地点における年日照時間の経年変化を示したグラフである。尾鷲については特に目立ったトレンドは見られないが、名古屋についてみると、1960年以降増加傾向で、その割合は年に約6時間10分である。

反対に高山では、1940年代以降緩やかな減少傾向となっており、その割合は年に約2時間43分である。

図6に、高山の日照時間を季節別に示した。それによると秋・冬については特に目立ったトレンドは見られないが、春・夏では緩やかに減少している。

また1995年春(3~5月)の高山の日照時間は、428.9時間で1941年以降最も短い時間となった。

図7は、名古屋の季節別日照時間の経年変化である。四季の中で春が一番日照時間が長く、秋が短くなっている。また、1980年頃からは全季節とも日照時間が増加傾向を示している。

図8は、尾鷲の季節別日照時間の経年変化である。尾鷲の特徴は、他の2地点に比べて年々の変動が大きいことである。

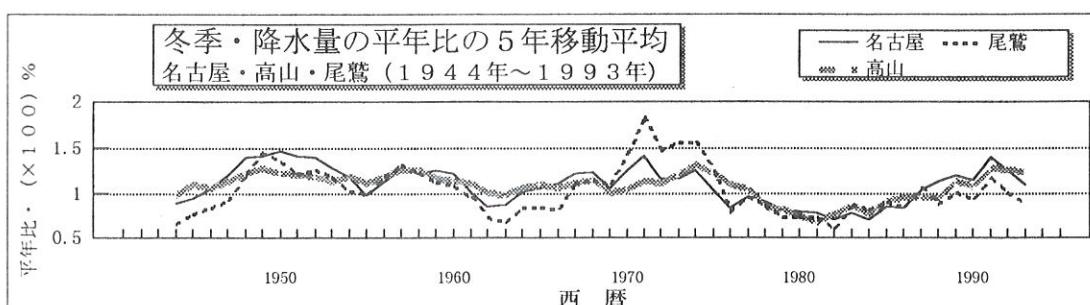


図4-1 冬季降水量の平年比の経年変化（名古屋・高山・尾鷲）

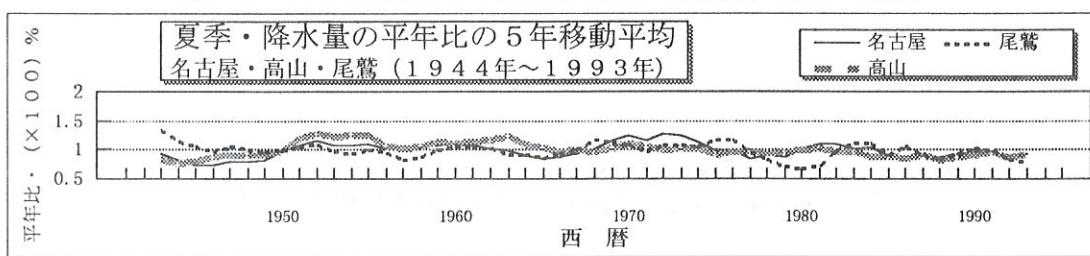


図4-2 夏季降水量の平年比の経年変化（名古屋・高山・尾鷲）

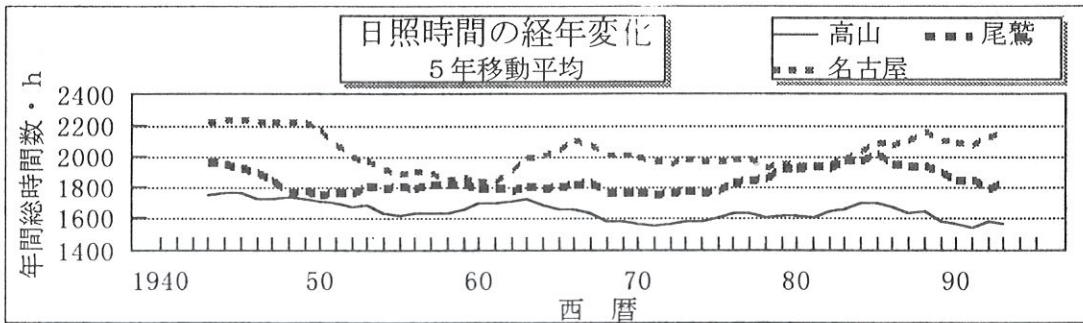


図5 年日照時間の経年変化（高山・名古屋・尾鷲）

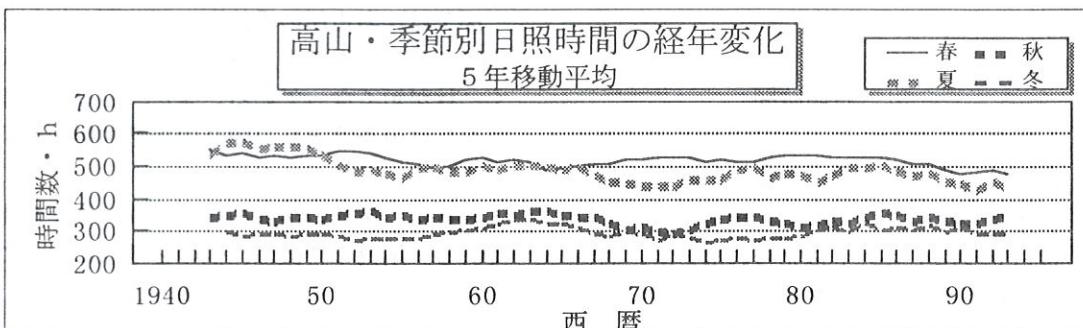


図6 高山における季節別日照時間の経年変化

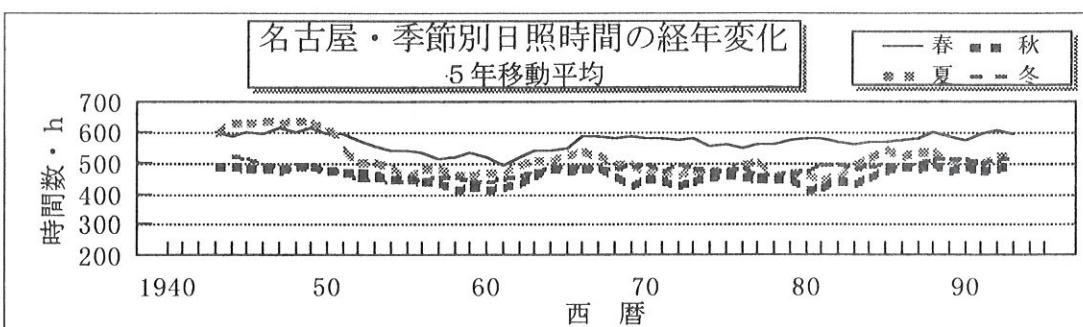


図7 名古屋における季節別日照時間の経年変化

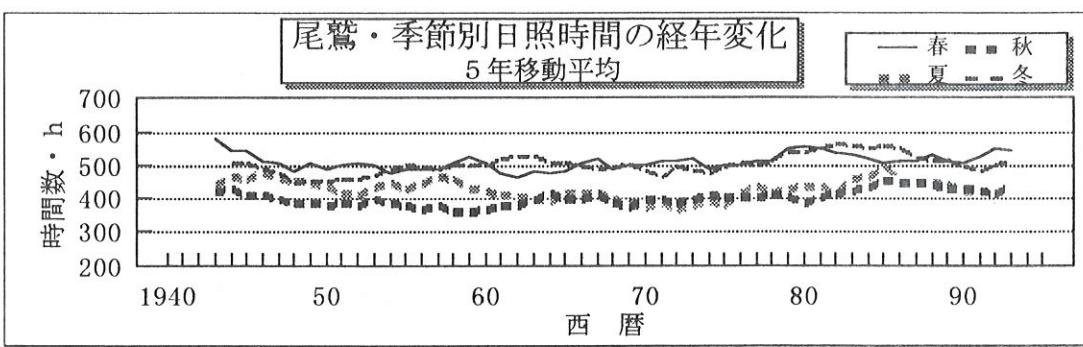


図8 尾鷲における季節別日照時間の経年変化

## 難発芽性作物のプラグ苗生産の試み

岩尾憲三・柴田孝信\*

中部電力(株)電気利用技術研究所・(株)メイテック\*

### Transplant Production of Difficult Germination

Kenzo IWAO, and Takanobu SHIBATA\*

Chubu Electric Power Co., Inc. and Meitec Inc.\*

#### 1. はじめに

苗生産の専業化が進み、大量で齊一なプラグ苗やポット苗がいたるところで見られるようになった。この種の苗生産の方式は、わが国では形から始まった感が強く、必ずしも技術的な環境が整った結果としてもたらされたものとは考えにくい。むしろ、生産の現場では基礎的な技術的課題が噴出しているのが実情である。

筆者らは、種苗工場の開発や特定地域への苗供給に伴う課題の一つとしてプラグ苗生産にこの数年、取組んでいるが、当面する課題は次のとおりである。

- ① プラグ(セル)トレイといった断片的な「物」ではなく、一貫したシステム化や機械化された技術が必要であること
- ② 難発芽性の種子も含めた発芽技術の標準化が必要であること

今回、特別講演の機会が与えられたので、これらの課題について筆者らの成績を含めながら検討を加えてみたい。問題提起の一つになれば幸いである。

#### 2. プラグ苗生産に求められること

一般論としては、健全な苗を供給できること、齊一であること、歩留りが高いことなどが考えられるが、これでは具体性に乏しい。板木<sup>1)</sup>

はプラグ苗生産の経営の観点から、次のようにその条件をより詳しく説明している。

- ① 生産性の高い良質な苗を育成できること
- ② 栽培者の求める時期に、求められる数量を安定的に供給できること
- ③ 苗価格が生産農家の収支に見合ったものであること

そして、以上のいわゆる「十分条件」に対応する「必要条件」として、以下のような諸条件を挙げている。ここでは、紙数の都合上、キーワードを列記するに留める。

- ① 齊一性、健全、技術の向上、管理者の存在、品質管理、問題解決能力
- ② 正確な需要の把握、施設・設備・人員の適正規模、分業化、外注化
- ③ 施設稼働率の向上、苗の付加価値の向上、省力化、ノウハウの活用

上記の諸条件は一見しただけで、プラグ苗に限定したことではなく、作物全般、さらには一般の経済活動における商品の基本的な要件を述べている点が興味深い。分業化や外注化を強調するなど、端的に企業的活動とその総合品質管理の必要性を訴えていることが重要なポイントであると思われる。

#### 3. 施設・環境調節の必要性

前述の「必要条件」を満たすためには、かな

りの施設と組織を伴うことが示唆される。ここでいう施設とは、単なる建物を指すのではなく、経営や運用といったソフトウエアを具現化し、システム化するための機能的なものである。発芽のプロセスに限定して、具体例を挙げてみよう。図1はトルコギキョウの発芽後の日数と発芽率の推移を示したものである。このデータからトルコギキョウの苗の計画生産において、温度と光の条件が重要であることがわかる。発芽の適温は25°Cであることから、温度調節の機能が必要となる。一方、適温であっても暗条件ではほとんど発芽しないため、照明も必要となる。また、播種の仕方についても、土壤で被覆されると遮光されるので発芽しない。そのため、直播きが必要になる。それに伴って、種子が乾燥しないような湿度の管理や灌水技術の問題が浮上してくる。

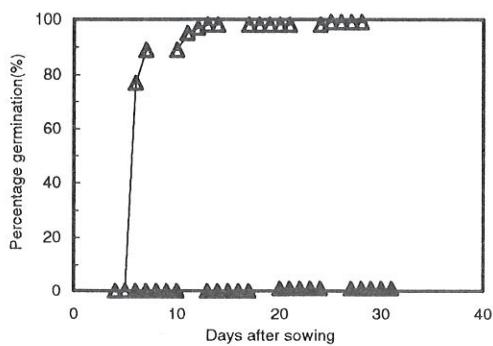


図1 トルコギキョウの播種後の発芽率の推移  
△: 光照射 25°C, ▲: 暗黒 25°C

このように多くの作物について、苗の計画的生産には適切な環境調節が不可欠となる。そのため、それらの苗の発芽のための施設、つまり発芽ユニットと呼ぶべきシステムを考えなくてはならない。このような技術化を行わず、いわゆる「成行き」にまかせる場合には、図2のレタスの直播きの例にみられるように、齊一性を実現することは困難になる。その結果、作業計画が成立せず、大きなムダが発生して経営的にダメージを被ることになる。

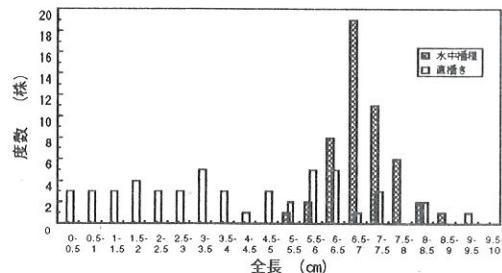


図2 播種方式による発芽齊一性の違い(レタス)

#### 4. 発芽の改善例と問題点

図3は難発芽とされるセントウリディウムについて、発芽温度に着目して発芽率の改善の推移を示したものである。多くの作物で適温とされる25°Cから開始して、やや高温および低温へシフトさせた。高温側では成績が落ちたため、さらに低温の15°Cまで下げた。その結果、発芽率は明条件で30%まで改善された。但し、初期成長は抑制された。

ここで、発芽率を評価するにあたって、問題が生じた。即ち、供試した種子には無胚種子が多く含まれていたため、発芽率が著しく低い値を示したことである。実質的には、十分高い発芽率であった。その対策として図4に一例を示したように、何らかの標準的な検査を行う必要性が示唆された。

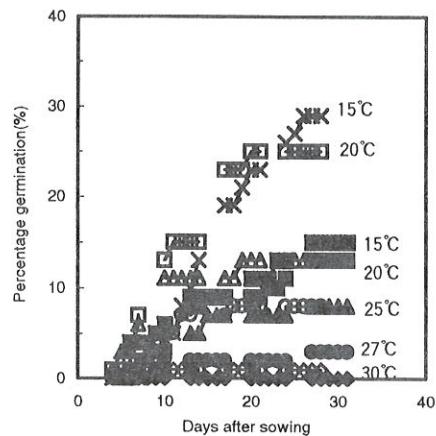


図3 発芽の改善の例 (セントウリディウム)  
□: 光照射、■: 暗黒

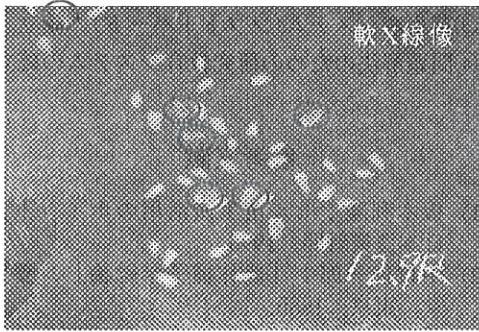


図4 無胚種子の存在 (○印、セントウリティイム)

### 5. 難発芽とは何か

苗の生産において難発芽性の作物を避けて通ることはできない。既に、難発芽性種子として取扱われている作物の例は表1に示すように意外に多い。一方では、難発芽とされている種子を特別なノウハウなしに、容易に発芽させている事例もある。発芽がかなり困難で、ノウハウを伴うという側面は経営戦略上の強力な武器にもなる。そのような重要なことがらであるにもかかわらず、"難発芽"という現象や言葉があいまいなままであることは大きな問題であるといえる。

幾つかの対象植物について、筆者らが整理を試みた例をみても図3に示すとおり、難解である。"難発芽"の意味について、まだ充分に研究し、整理することが必要であろう。

表1 難発芽性種子の例

花きの種類	科名	原産地	分類
アストランチア・マヨール 'ブリマドンナ'	セリ	ヨーロッパ	宿根草
アキネ 'モナリザ'	キンポウゲ	地中海沿岸	球根
アストロメリア・リグツ 'ハイブリッド'	ヒガンバナ	南アメリカ	球根
エンジューム 'アルビナム'	セリ	南ヨーロッパ	宿根草
'アーババム'	*	*	*
オニブキ	キク	日本、中国	宿根草
クリスマスローズ	キンポウゲ	西アジア	宿根草
スマーツツリー	ウルシ	ヒマラヤ	花木
ニチニチソウ 'ブリティ・イン・ピンク'	キョウチクトウ	熱帯地域	1年草
デルフィニウム 'マジックフォンテン'	キンポウゲ	ヨーロッパ	宿根草
ミヤマオダマキ	キンポウゲ	*	宿根草
ムラサキセンダイハギ	マメ	日本	花木
ラーカスター 'ジャイアント・インペリアル'	キンポウゲ	北ヨーロッパ	1年草
パンジー 'クリスタル系'	スミレ	温帯地域	1年草
'マキシム系'	*	*	*
'インペリアル系'	*	*	*
ヘメカラス	ユリ	東アジア	宿根草

(愛知農試資料)

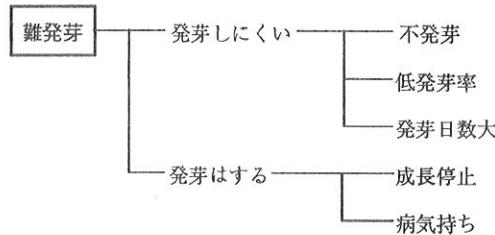


図5 「難発芽」という言葉の意味

### 6. シードテクノロジーの重要性

上述の問題を解決してゆくためには、個々の発芽のノウハウを開示するといった手品のタネ本を作るような事業ではなく、難発芽の機構解明も含めた、より基本的で標準的な技術を我々研究者のサイドで確立しておくことが急務であると思われる。つまり、発芽の難易の情報や前処理の方法、発芽の環境条件や方式、順化や苗化の方法や評価基準などの標準的な体系をマニュアルとして示す必要がある。ちなみに、表2に筆者らの発芽率と成苗率の評価基準を示す。

このよう技術は、"シードテクノロジー"と呼ぶべきものであろう。発芽率一つについても、販売種子中に不稔種子が多く含まれる現状では、品質の管理や評価は困難である。

例えば、発芽試験の標準化として次の項目が挙げられる。

#### ・種子検査

顕微鏡観察、胚露出法、軟X線透過像

#### ・基本特性のチェック

吸水率、適正温度、光の有無と質

#### ・発芽促進処理

osmoconditioning, bioactive chemicals

物理的処理、阻害物質除去、浸漬処理

#### ・播種方法

培地特性の定義、fluid drillingなど

これら以外にも適切な項目を加えたJISに相当する標準が公開できるようになれば、さら

に高度なノウハウが生まれ、苗産業がより健全に発展することが期待できる。JIS の一つに加えても良いと思われる。

表2 発芽率と成苗率の基準の例

(1)発芽率の評価基準	
発芽の程度	発芽率
難発芽	50%以下
発芽問題なし	60~70%
発芽良好	90%以上
(2)成苗率の評価基準	
苗化の難易	成苗率
難	40%以下
易	60%以上

- ③苗生産システム(ソフト+ハード)の確立
- ④問題解決のための研究教育システムの確立

## 参考文献

- 1) 板木利隆：セル苗生産活用のポイント，日本農業新聞，1996.
- 2) 中村俊一郎：「農林種子学総論」，養賢堂，東京，1985.
- 3) 「生物生産プロセスのシステム化」成果編集委員会編：「生物生産のシステム化」，日本学術振興会，東京，1978.
- 4) 柴田孝信・岩尾憲三・高野泰吉：発芽に及ぼす温度影響の画像処理による評価，農気東海誌 51:21-24, 1993.
- 5) 東京近郊そ菜技術研究会編：「野菜の成型苗利用と生産システム」，誠文堂新光社，東京，1992.

## 7. おわりに

農学は非常に歴史のある学問・技術の一つであると理解してきたが、苗の生産にあたって発芽の基本から取組まねばならないという実情は21世紀の入口に立ったいま、逆説的な印象をおぼえる。時代の寵児であるバイテクも現場の問題解決には余り役に立たない。このような問題の背景として、従来の知識伝達型の教育や観察・記述型の研究方法に限界を感じられる。極端な例になってしまふが、現場で発生する問題を「事件」、データを「証拠」、研究を「捜査」とみなすくらいの思いきった研究方法論の転換が必要な段階に、我々が置かれている状況は至っているのではないだろうか。教育機関もこのことを反映して、問題解決能力と品質管理能力の資質を備えた農業サイエンティストを養成して欲しいものである。

最後に、本講演のポイントを摘要として再掲する。

- ①苗産業の展開のためのシートテクノロジーの確立
- ②難発芽の機構解明

## 電気事業における農業研究

岩尾 憲三

中部電力(株)電気利用技術研究所

Studies on Agriculture in Electric Power Industry

Kenzo IWAO

Electrotechnology Applications R&D Center, Chubu Electric Power Co., Inc.

### 1. はじめに

今回のシンポジウムは「電気と農業」をテーマとし、1996年8月28日に中部電力(株)電気利用技術研究所(名古屋市緑区大高町)にて研究所の見学も併せて開催された。電気事業には“農業電化”という言葉があり、以下に詳しく述べるとおり歴史的にみて農業との関わりは深い。当研究施設は昭和40年に設立されたが、当初から漁業も含めた農業電化のテーマが主要な研究ジャンルの一つに位置づけられてきた。

現在の取組みは、時代の変化を反映しつつ、地域の農業振興にやや的をしぼって研究を進めながら、地域の生態系や地球温暖化対策などの環境問題にもアプローチしている。これは平素の農業研究を通じて培ってきた植物の知識のお陰であると考えている。

今回の発表は「温故知新」に習い、電気事業と農業の関わりを歴史的に振返ることによって、これから農業における電気利用のあり方について展望を試みるつもりである。

### 2. 農業電化の歴史

農業電化の歴史は古く、明治35年(1902年)に山形県西田川郡大泉村で灌がい用の動力として電動機が利用されたことに始まる。その後、耕地整理の進展に伴って灌がいや排水用

としての利用が進んだ。大正中期(1920年頃)には、小規模水力発電所が多く開発されるのに伴って脱穀、粉すり作業、製茶加工などにも利用されるようになった。当時は、農業がわが国の主たる産業であり、中小の多くの電力会社が競ってこれらの農業用電力の契約獲得に奔走したといわれている。

第2次大戦後のわが国は食糧の確保が最大の課題であり、灌がい用、脱穀調製用、甘しおの電熱育苗用に電力を利用し、普及させることができた。これが農業電化の第一歩となる。

しかしながら、国の復旧に伴い、食糧事情が緩和するとともに工業力が発展してくると多くの作業用動力がエンジンに置き代わるようになり、電動機は定置式の作業に限定されるようになった。

この時代の電気利用の特徴は、大規模経営のための「省力化」や「生産力の向上」ではなく、より集約的な農業を行う方向で利用が進められ、農地の個人所有に立脚した今日の農業の形態が定着していった。

昭和30年代に入り、わが国の産業は工業化の道を突き進むことになったが、農業の組織化や企業化は個人単位のシステムが定着していたことにより、スムーズに移行することができずに今日まで推移するに至った。

### 3. 農業における電気の利用

一口に農業と言っても、その意味は広すぎるるので、これを耕地管理、栽培管理、農産物調製、農産物加工、畜産・養鶏・養蚕、林業、水産業に分類し、各々を電動機利用、電熱利用、電灯利用について調べたものが表1である。電動機の利用が最も多く、次いで電熱利用、電灯利用が続く。近年、行われているヒートポンプによる干柿の低温除湿乾燥などは電動機利用とも言えるが、広い意味で電熱利用とした。電灯利用も光合成を行うための高エネルギーの補光まで利用が広がっている。

### 4. 農業用電力の年次推移

図1は年度別に全国の農業用電力の契約口数と契約容量の推移を示したものである。平成5年で契約容量は約750万KWに達している。契約口数は昭和54年の約175万口をピークに

やや減少の傾向を示し、平成5年で約165万口となっている。このことは、一口当たりの契約容量が増加、即ち一戸当たりの設備規模が拡大していることを示しており、望ましいことである。また、図1から読みとれることであるが、昭和40年代が農業生産においても高度成長時代であったことが裏付けられている。

ところで、東海地方の現在の農業は表2に示されるように施設型農業が突出していることが特長である。具体的には、クリーンルームを活用したバイオテクノロジーによる無菌苗の利用や食品加工、大規模ハウス栽培、キノコの工場的生産、予冷技術、ヒートポンプの農業利用などが挙げられる。これらは、いずれも積極的な電気の活用を前提とした技術である。我々、電気事業者としては、当地方のハイテク農業を電気が支えていると認識するとともに誇りとするところである。

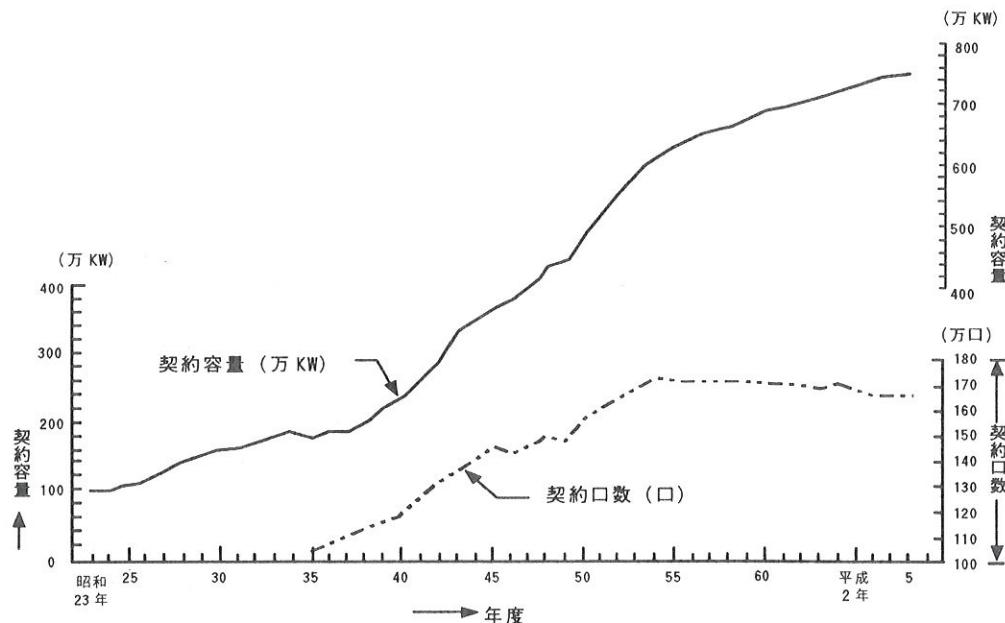


図1 農業用電力の契約口数と契約容量の推移(全国)<sup>1)</sup>

表1 農業における電気の利用<sup>2)</sup>

利用別 作業別	電動機利用	電熱利用	電灯利用	その他
耕地管理	灌漑、排水、干拓、客土、土地改良工事	焼土		
栽培管理	灌水、薬剤散布、防霜、肥料粉碎配合、ケーブル運搬	育苗、促成栽培、抑制栽培、温床(室)栽培、軟化栽培、播木、接木、催芽	誘蛾灯 電照栽培	催芽促進
農産物 調製	脱穀、糖摺、麦摺、農産物貯ぞう、通風乾燥、キヤリンク	各種農産物の加温乾燥、貯蔵、キヤリンク貯ぞう、たばこ乾燥		
農産物 加工	精米、精麦、製粉、製麵、平麦、ひきわり、洗澱、澱粉製造、缶詰、びん詰製造、製茶、搾油、醸造、食品製造、製縫、い草加工、精糖	製茶、澱粉乾燥、醸造(味噌、醤油など)、干柿乾燥、赤外線乾燥		
畜産・養鶏・ 養蚕	給水、飼料粉碎、裁断、配合、乾燥、プレス、牛乳冷却、撹乳室内(蚕室、鶏舎、畜舎)換気、鶏糞乾燥、蚕種冷ぞう、製糸、刈毛、畜産加工	赤外線飼育、孵卵、育雛、蚕種飼青、稚蚕飼育、給水の加温保温	電照飼育、卵鑑別、繭の鑑別、蚕種の孵化、紫外線照射	電気牧柵 繭さなぎ殺し
林業関係	原木運搬、製材、輸送、木工品製造	育苗		高周波乾燥
水産業関係	養魚の換水、給水、水産物加工、アレーション	人工孵化、越冬飼育	集魚灯、養魚灯	

表2 東海地方にみられるハイテク農業と要素技術

区分	事例および内容	備考
(1)ハイ・テクノロジーの活用	・メリクロン苗の大量生産 ・イチゴの無病苗の利用 ・キクの無病苗 ・カーネーションの無病苗の利用 ・フキの無病苗の利用	豊橋市 愛知県 愛知県渥美町 愛知県吉良町 知多市
(2)バイテク関連技術	・食肉加工(クリーンルーム) ・乳製品(クリーンルーム) ・農産加工—豆腐、納豆、炊飯—(クリーンルーム)	豊橋市 名古屋市 名古屋市
(3)工場的種苗生産	・トマトの自動接木システム ・サボテンの電熱線利用ベンチ式種苗生産 ・しばり杉の電熱線利用育苗 ・接ぎ木苗活着装置	常滑市 春日井市 愛知県足助町 豊橋市
(4)工場的キノコ生産	・ビニールハウス内で菌床栽培方式を導入、クーラー使用により周年栽培。 ・ヒートポンプを利用したシイタケ栽培 ・ヒートポンプを利用したシイタケ発芽水槽の水温調整	西春日井郡 三重県一志郡 豊橋市
(5)予冷、夜冷技術	・イチゴの夜冷設備、予冷庫の普及 ・トルコギヨウの冷房育苗を全国に先がけて採用。 ・夜冷育苗のシステムを利用したイチゴの促成栽培 ・夜冷育苗によるイチゴの栽培 ・小規模予冷施設の集団導入によるイチゴの計画出荷 ・スターチスの促成栽培における冷暖房 ・野菜予冷施設	三重県一志郡 長野県 三重県磯部町 岐阜県加茂郡 愛知県瑞穂町 岐阜県丹生川村
(6)ヒートポンプの農業利用	・イチゴ栽培にヒートポンプを導入して寒冷地における周年栽培を可能にした ・ヒートポンプを利用したえのき茸の栽培 ・ヒートポンプの利用によるバラの温室栽培 ・ヒートポンプを使用したハウス冷房によるリーガースベゴニア開花促進 ・セントポーリア栽培にヒートポンプ導入 ・ヒートポンプを利用した移動式栽培システムによるデンドロビュームの低温処理	鈴鹿市 高山市 岐阜県安八郡 桑名市 岐阜県本巣郡 半田市
(7)高度環境調節	・加温管理によるミカンの高品質生産 ・大規模水耕栽培システム ・胡蝶蘭栽培によるマイコンによる複合環境制御 ・セントポーリアの潜熱利用クーリングシステム導入 ・イチゴの間欠照明と地中温水循環 ・トマトの地中温水循環栽培 ・キクの電照栽培 ・オウトウのコンピュータ自動制御管理システム ・メロンのコンピュータ制御による温室栽培 ・アストロメリアの温室土壤地温管理とコンピュータ制御 ・人工光型植物工場(リーフレタス)	蒲郡市 三重県、愛知県 知多市 岐阜県本巣郡 愛知県幡豆郡 岐阜県海津町 渥美町 中野市 静岡県磐田郡 岐阜県安八郡 静岡県榛原郡

## 5. これから農業電化の展望

以上で述べた農業電化の歴史的な流れは、図2のように模式的に表されると思う。即ち、「力」としての利用から「熱」、「光」へと発展し、現在は「通信」、「計測」、「制御」へと電気利用の特質が着実に変化している。これは農業に限った現象ではなく、社会や産業全般の動向と一致していると言える。現在の農業の実態から、今後の農業電化を展望することは容易ではないが、いずれにしても電気の特質を活かす方向にすすんでゆくと考えるのが自然である。電気利用の特質を改めて示すと次のとおりである。

- 動力だけでなく、熱や光として利用できる。
- 電動機は振動が少なく、耐用年数が長い。
- 自動運転ができる。
- 操作が簡単にでき、遠隔操作も可能である。
- 大量の情報の処理や通信が容易である。
- クリーンな作業環境を実現できる。
- 料金の面では、効率的に使う必要がある。

これらの特質を踏まえ、これまで辿った歴史を温故知新として学ぶならば、通信・計測・制御としての利用がさらに発展すると考えられる。ただ、細かい点では通信が単なる電話のレベルではなくなり、国際的規模でネットワーク化されること、情報の量が膨大になること、さらにそれらの情報が計測・制御と連動してゆくことに留意する必要があると考えている。

## 6. おわりに

今回、電気事業と農業の関わりがいかに深いかを十分に時間をかけて説明する機会を与えられたことは電気事業に携わる者として非常に光栄なことであり、会員の方々に深く感謝の意を表したい。ただ、全電力消費量に占める農業の電力消費量が1%を下回った今日では、「関わりが深かった」と言う方がより正確かもしれない。今後の展望として述べたことは、電気事業の内側で農業の研究に携わっている者としての願望でもある。電気や情報は積極的に使うべきものであり、これらによって産業として技術の高度化と活性化を図って欲しいものである。電気の利用が量から質へ移行してゆくのは時代の趨勢である。エネルギーとして電気を生産・販売してきた電気事業にとっては新しい課題の一つであるが、電気が将来の農業にとって真に役立つならば本望である。

### 参考文献

- 1) (社)農業電化協会, 1994: 農業用電気供給統計(平成5年度).
- 2) (社)農業電化協会, 1970: 農業電化の概要.

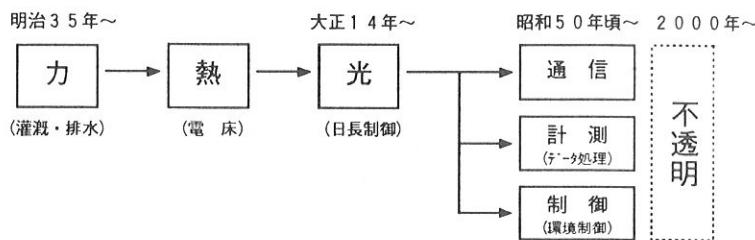


図2 農業における電気の使われ方の推移

## 人工気象と環境調節

細井徳夫

野菜・茶業試験場

人工気象室内ですべての作物生産が可能になりつつある。しかし、自然の圃場条件と比較しコスト上昇をともなう。環境制御装置での栽培コストおよび種類別のコスト計算または相互比較された事例は以外に少ない。そこで、環境制御装置の種類別に水稻栽培のコスト計算例を紹介する。

### 1. 植物栽培用環境調節装置の種類

日本の試験研究機関において一般的に稼働する環境調節装置を表-1に示す。閉鎖型の人工光と自然光環境調節装置間の差異は、光量と光質のみにかぎられる。近年ではバイオテクノロジー育種の隔離温室は、大きな自然光環境調節装置である。

複合環境調節装置を設備した農業用ガラス室は自然光環境調節装置に近い機能を有すものが存在する。環境制御要素が多い人工光環境調節装置の環境制御法を表-2に示す。一般に植物工場の

表-1 環境調節装置の種類と性能

種類	環境の制御要素
人工光環境調節装置	光強度、照射時間、光量、光質(回析格子型、フィルタ型、色電球), 温度、湿度、風量、ガス濃度(与圧装置), 地下部温度
自然光環境調節装置 (バイテク育種温室)	密閉型: 日長(補光装置), 温度、湿度、風量、ガス濃度(与圧装置) 地下部温度
	開放型(空気シャッター): 日長(補光装置), 温度、湿度、風量、地下 部温度
ガラス室 (複合環境調節温室)	加温、冷却装置稼働時は密閉(強制通風: 風量可変), 加湿装置, 窓開 閉装置, 換気扇

表-2 人工光環境調節装置の環境調節方法

制御要素	調節機構
光強度制御: 点燈数, 照射時間制御: タイマー, 光質: 手動	光源室冷却装置
温度制御: 冷却機とヒーターの比例制御, ON, OFF制御.	温水と冷水の比例制御, ON, OFF制御.
湿度: 湿度センサによる加湿器と除湿回路を用いた冷却器による制御.	
風量: ギヤー, 可変モータ, インバータによる制御	
地下部温度: 恒温槽による制御	

小型版と理解される本装置は、光源は種類が多くかつ特色がある。すなわち、並の昼色蛍光灯、植物用蛍光灯(赤色部と青色部のエネルギーが多い蛍光灯)、カラード蛍光燈、白熱燈、高圧水銀燈、バラストレス水銀燈(水銀燈に白熱抵抗体を加えたもの)、メタルハライド燈(陽光ランプ、BOCランプ、ナトリウム燈)、沃素球などが一般的で、これらを組み合わせて光源とするものが多い。光質

等の特殊研究装置にはキセノンランプが使用されている。

温度制御法は、簡易・小型の装置では市販のエアコンをコンピータ制御する機構が多い。大型装置では冷水と熱水を用いた制御方法をとり、稼働費用節減のため熱水は灯油ボイラーを使用する。

## 2. 人工光環境調節装置の稼働費用と水稻の栽培コスト

試験研究機関で一般的に利用されている小型人工光環境調節装置の稼働経費の事例を表-3に示す。環境調節装置の大きさは、 $1.8 \times 1.8m = 3.24 m^2$  とし、表-3の機能を有し、電気量は積算電力計にて年間計測したもの、各制御部門別の電気量は暖候期と寒候期の1月間の計測から仮定したものである。収容室の気温はおおむね $20^\circ C$ とする。装置内に水稻個体群が栽培されていると仮定する。

表-3 人工光環境調節装置機能( $1.8 \times 1.8m = 3.24 m^2$ )

温度制御：機械式比例制御(Day;  $30^\circ C$ , Night;  $20^\circ C$ )、電灯の種類と燈数(植物個体群の上部で $20\text{ Klux}$ , 12時間点燈:  $18\text{ MJ/m}^2/\text{Day}$ )、バラストレス水銀灯 $750W \times 6$ 、陽光ランプ $400W \times 9$ 、蛍光灯 $40W \times 12$ 、光室冷却用送風装置(圧力扇 $400W \times 1$ )、温度制御用冷却器 $1.5\text{ kW}$ ,  $0.75\text{ kW}$ 、加熱器パワートランジス $2\text{ kW}$ 、加湿器(遠心式 $100W \times 2$ )、送風機(シロッコ型 $0.75\text{ kW}$ )、

環境調節装置の電力量の概算を表-4に示す。人工光環境調節装置の電気量は照明時間と照明の強さが大きく支配する。水稻は12時間日長、 $3000\text{ lux}$ ,  $1.5\text{ MJ/m}^2/\text{Day}$ の条件にて播種から稔実まで栽培が可能である。しかし、一般的には12時間日長、2万lux,  $15\sim 20\text{ MJ/m}^2/\text{Day}$ 程度が栽培しやすい。表-4によれば、水稻が個体群状態で栽培されている本装置の日電気料は約2000円である。

一般に水稻の現存量(生体重)が重いほど暖候期の電気量はやや減少し、寒候期の電気量は増加する。すなわち、設定条件が等しく同時に稼働している寒候期の無栽培環境調節装置では25%電気量の減少を認めている。

表-4 環境調節装置の電気量

	照明	温度制御	加湿	送風	小計
Day ; 12時間	8.6 +	1.5 +	0.2 +	0.7 =	$11.0\text{ kW}$ $11.0 \times 12 = 143.0\text{ kW}\cdot\text{h}$
Night ; 12時間	0 +	1.0 +	0 +	0.7 =	$1.7\text{ kW}$ $1.7 \times 12 = 20.4\text{ kW}\cdot\text{h}$
日電気量 $143.0 + 20.4 = 163.4\text{ kW}\cdot\text{h}$					大口電気料: 12円/ $1\text{ kW}$ .
日電気料金 $1.960\text{ 円}$					日電気料金/ $m^2 = 1.961 / 3.24 m^2 = 605\text{ 円}$

人工光環境調節装置についても植物の生育時期や装置の収容室気温など電気量の変動要因ではある。水稻の生育期間別または季節別の積算電気量はそれぞれ異なるが、頁数の関係で省略し日電気量を一定と仮定し以後説明する。

第一5表は、人工光環境調節装置に生育した水稻と水田の収量性の解析結果を示す。環境調節装置の水稻は10日間の10時間日長、気温 $30^\circ C$ 、窒素減肥処理により幼穂形成が可能で、生育期間を自由に変更できる。したがい、生育期間が異なる水稻個体群の収量性を比較する。

この環境調節装置に栽培されている水稻個体群は、水耕によって分けつを押さえ主稈のみで生育

させている。この水稻は、発育と生育が等しく、葉面積を好適に制御した特殊な個体群で、弱光下にて徒長なく、ポット等の栽培法と比較し著しく多収である。なお、人工光環境調節装置にて水稻を徒長無く生育させることは工夫を必要とする。

乾物重/ $m^2$ を生育日数で割ると水田は9.7g、人工光60, 90, 120, 150日生育区では、それぞれ3.4, 10.4, 9.0, 7.5g/ $m^2$ となり、90日区の人工光下の日当たり光合成量は太陽光下と殆ど等しい。60日区では個体群の葉面積が少なく、150日区では相互遮蔽が強かった。120日区の収量は最も多いが、単位面積当たりの収量を比較すると水田に及ばなかった。年間収量を比較すると、60日区6回、90日区は4回の繰り返しが可能で、60, 90, 120, 150日生育区では、それぞれ660, 1756, 1353, 1034gとなり90日区の収量性が最も高い結果を得た。この結果から、環境調節装置内で作物を栽培する場合は、乾物生産量/ $m^2$ が最大である生育期間を探索し、この条件にて栽培することがコスト削減の重要な課題である。

人工光下の水稻収量は、水田と比較し、生育期間が等しい150日区では単位面積当たりの乾物重が軽く、収量構成要素を比較すると千粒重が軽く、稔実率が高い特徴を示す。

表-5 人工光環境調節装置と水田に栽培した水稻の収量性解析

収量/ $m^2$ (乾物重/ $m^2 \times$ 転流率) = 乾物/ $m^2 \times$ 粉/(粉+藁) × 玄米/(玄米+粉穀)
水田収量/ $m^2$ (生育日数150日) = 1468g × 4.8/10 × 8.5/10 = 599g
生育期間60日人工光収量/ $m^2$ = 208g × 6.1/10 × 8.5/10 = 110g
生育期間90日人工光収量/ $m^2$ = 939g × 5.5/10 × 8.5/10 = 439g
生育期間120日人工光収量/ $m^2$ = 1083g × 4.9/10 × 8.5/10 = 451g
生育期間150日人工光収量/ $m^2$ = 1128g × 4.6/10 × 8.3/10 = 431g
収量/ $m^2$ = 株数/ $m^2 \times$ 1株穗数 × 1穗粒数 × 稔実歩合 × 千粒重/1000
水田収量/ $m^2$ = 35/ $m^2 \times$ 12穗 × 84.9粒 × 80/100 × 21.1g/1000 = 599g
60日収量/ $m^2$ = 462/ $m^2 \times$ 1穗 × 13.3粒 × 99/100 × 17.9g/1000 = 110g
90日収量/ $m^2$ = 462/ $m^2 \times$ 1穗 × 50.1粒 × 95/100 × 19.9g/1000 = 439g
120日収量/ $m^2$ = 462/ $m^2 \times$ 1穗 × 54.5粒 × 89/100 × 20.1g/1000 = 451g
150日収量/ $m^2$ = 462/ $m^2 \times$ 1穗 × 58.6粒 × 85/100 × 18.7g/1000 = 431g

人工光環境調節装置と水田に栽培した水稻の玄米コストを表-6に示す。90日区のgあたり電気コストは124円、水田では0.25円と約500倍の価格差を示す。1粒当たりでは90日区2.4円、水田0.053円である。60日、120日、150日では90日区の玄米コストと比較しかなり高い。

表-6 人工光環境調節装置と水田の玄米コスト比較

人工光環境調節装置 水田 (4月播種10月収穫)			人工光環境調節装置栽培コスト					
生育期間	45~300日	150~180日	生育期間(日)	60	90	120	150	
収量/ $m^2$	80g~450g(120日)	500~600g	500~600Kg/10a	コスト/g(円)	330	124	161	210
電気コスト/玄米g	124円	0.25円(1.5万/60Kg=0.25円/g)	コスト/粒(円)	5.8	2.4	3.2	3.8	

g当たり電気コスト: 605(日電気料金/ $m^2$ ) × 90(生育日数) ÷ 439g(収穫量) ≠ 124円

1粒のコスト:  $605(\text{日電気料金}/\text{m}^2) \times 90(\text{生育日数}) \div (439g \div 19.9 \times 1000) = 2.4\text{円}$

水田の1粒コスト:  $0.25(\text{gあたりコスト}) \div 1000 / 21.1(\text{g当たり粒数}) = 0.00528$

### 3. 自然光環境調節装置の稼働費用と水稻の栽培コスト

自然光環境調節装置にて生産される水稻の収量解析とコストの計算例を以下に示す。表-7は使用した自然光環境調節装置の性能と暖候期と寒候期における制御要素別の電気量を示す。

自然光環境調節装置を冬の盛岡にて稼働することはかなり困難であったが、日長調節装置で夜間を覆うことにより、除雪の作業が加わるもの環境調節機能は完全に機能した。自然光の日電気料金/ $\text{m}^2$ を人工光と比較すると暖候期は60%，寒候期においても70%と稼働費はかなり安い。

表-7 自然光環境調節装置電力使用量の概算  $1.85 \times 1.85\text{m}^2 = 3.42\text{m}^2$

温度制御: 機械式比例制御(Day; 30°C, Night; 20°C), 日長制御用蛍光灯40W×8(植物個体群の上部で400lux, 4時間点燈), 温度制御用冷却器 1,5KW×3, 加熱器 500W×6, 加湿器 遠心式 100W×2, 送風器400W×2, 日長制御装置(400W)

暖候期				寒候期			
冷却	加温	加湿	送風	冷却	加温	加湿	送風
Day ; 12時間	3.0	1.0 + 0.8 + 0.8 = 5.6Kw		1.0	2.5 + 0.8 + 0.8 = 5.1Kw	0.32×3	
Night; 12時間	1.5	1.5 + 0.8 + 0.8 = 3.0Kw		1.0	2.5 + 0.8 + 0.8 = 5.1Kw		
日電気量 $5.6 \times 12 + 3.0 \times 12 = 103.2\text{Kw}\cdot\text{h}$				日電気量 $5.1 \times 12 + 0.32 \times 3 + 5.1 \times 12 = 123.4\text{Kw}\cdot\text{h}$			
日電気料金 1.238円				日電気料金 1.480円			
日電気料金/ $\text{m}^2 = 1.238 / 3.42\text{m}^2 \neq 3.62\text{円}$				日電気料金/ $\text{m}^2 = 1.480 / 3.42\text{m}^2 \neq 4.23\text{円}$			
(大口電気料金 : 12円/1Kw)							

表-8 暖候期自然光環境調節装置生育水稻と水田の収量性解析

収量/ $\text{m}^2$ (乾物重/ $\text{m}^2 \times$ 転流率) = 乾物/ $\text{m}^2 \times$ 粉/(粉+葉) × 玄米/(玄米+粉穀)
水田収量/ $\text{m}^2$ = 1468g × 4.8/10 × 8.5/10 = 599g
生育期間60日自然光収量/ $\text{m}^2$ = 257g × 5.4/10 × 8.5/10 = 118g
生育期間90日自然光収量/ $\text{m}^2$ = 873g × 5.2/10 × 8.5/10 = 386g
生育期間120日自然光収量/ $\text{m}^2$ = 1333g × 5.1/10 × 8.5/10 = 578g
生育期間150日自然光収量/ $\text{m}^2$ = 1299g × 4.7/10 × 8.4/10 = 513g
収量/ $\text{m}^2$ = 株数/ $\text{m}^2 \times$ 1株穗数 × 1穗粒数 × 稔実歩合 × 千粒重/1000
水田収量/ $\text{m}^2$ = 35/ $\text{m}^2 \times$ 12穗 × 84.9粒 × 80/100 × 21.1g/1000 = 599g
60日収量/ $\text{m}^2$ = 462/ $\text{m}^2 \times$ 1穗 × 13.2粒 × 99/100 × 19.4g/1000 = 118g
90日収量/ $\text{m}^2$ = 462/ $\text{m}^2 \times$ 1穗 × 41.0粒 × 97/100 × 21.0g/1000 = 386g
120日収量/ $\text{m}^2$ = 462/ $\text{m}^2 \times$ 1穗 × 67.0粒 × 86/100 × 21.7g/1000 = 578g
150日収量/ $\text{m}^2$ = 462/ $\text{m}^2 \times$ 1穗 × 67.1粒 × 78/100 × 21.2g/1000 = 513g

収量解析の表-8によれば、日射量の多い暖候期の自然光収量は、人工光に比較し90日区を除き

乾物重、玄米重とともに勝る。寒候期における盛岡の日射量は著しく少なく、その収量は暖候期に比較し50%程度で、人工光より低収でかつコストも割高であった。

暖候期における自然光の乾物重/ $m^2$ を生育日数で割ると水田9.7g, 60, 90, 120, 150日の生育区では4.2, 9.7, 11.1, 8.6g/ $m^2$ となり、120日区の日当たり光合成機能が最も高い。60日区では個体群の葉面積が少なく、150日区では相互遮蔽が強かった。最も多収の120日区の単位面積当たり収量は水田にわずかに及ばなかった。

年間収量を比較すると、60日区6回、90日区4回の繰り返しが可能であるが、自然光環境調節装置の収量は季節の日射量を強く反映した。日射が強い季節は120日区の個体群葉面積が最も適合し、日射が弱いと人工光のごとく90日区の葉面積は良い結果を得た。寒候期の収量は、90日区が乾物重/ $m^2$ 、日当たり乾物重増加量/ $m^2$ 等の光合成機能が高く、収量も高い結果を得ている。

人工光と暖候期自然光の収量構成要素の顕著な差異は千粒重で、自然光の千粒重は水田条件とほぼ等しく、人工光より1g重い。

暖候期自然光の単位面積あたり乾物重は人工光より多いが、水田と比較し軽く、糞/藁比が水田と比較し高い特徴を示す。

暖候期自然光環境調節装置の水稻栽培コストを表-9に示す。暖候期においては人工光と比較しコストはかなり改善される。しかし、寒候期では電気量は人工光より少ないが、収量の低下が大きく、玄米コストは人工光より高い結果を得た。

表-9 暖候期自然光環境調節装置内の水稻生育と玄米コスト

自然光環境調節装置内の生育		自然光栽培装置栽培水稻のコスト(円)			
生育期間	45~300日	生育期間(日)	60	90	120
収量/ $m^2$	72g~578g(120日)	g当たりコスト(円)	184	84	75
		1粒当たりコスト(円)	3.6	1.8	1.6

g当たり電気コスト:362(日電気料金/ $m^2$ )×90(生育日数)÷386g(収穫量)≠84.4

1粒のコスト:362(日電気料金/ $m^2$ )×90(生育日数)÷(386g÷21.0×1000)=1.77

水田の1粒コスト:0.25(gあたりコスト)÷1000/21.1(g当たり粒数)=0.00528

#### 4. 環境制御装置の大型化と電気量

大型化によるコストダウン程度を示すため、小型人工光環境調節装置とほぼ等しい光源、明るさ(日射量)の広さ4倍の装置について水稻の収量と電気コストを計算した。本装置の性能を表-10に示す。温度制御用冷却器がやや小型であるものの水稻の生育温度を保つに十分である。この装置の電気量の解析表を小型の人工光と比較すると、照明用の電気量の増加は大きいが、温度制御に使用されるとくに昼間の電気量増加は極めて少ないことが特徴である。これは植物個体群の蒸散による冷却効果が大きいことを示す。すなわち、人工光、自然光を問わず、植物の葉面積が大きくなると、室内空気の交換率を上げることによって植物の蒸散による冷却を期待できる。さらに昼間における空気交換率を上げれば室内CO<sub>2</sub>の低下の防止にも寄与できる。12.96m<sup>2</sup>の広さの人工光環境制御装置の日電気料金/ $m^2$ は299円と広さ3.42m<sup>2</sup>の自然光環境制御装置よりはるかに低コストとなる。

したがって、人工光環境調節装置の大型化による玄米のコストは、3.42m<sup>2</sup>から12.96m<sup>2</sup>へ大型化により、50%低下する。しかし、水田と環境調節装置における生産物の玄米コストを比較すると200倍の

差異が認められる。

表-10 大型人工光環境調節装置の電気量の概算  $3.6 \times 3.6\text{m}^2 = 12.96\text{m}^2$

温度制御：機械式比例制御(Day;30°C, Night;20°C). 電灯の種類と燈数(植物個体群の上部で20 Klux, 12時間点燈 : 18 MJ/m<sup>2</sup>/Day). バラストレス水銀灯750W×16, 陽光ランプ400W×16, 蛍光燈80W×28. 光室冷却用送風装置(圧力扇 200W×2). 温度制御用冷却器 2.2KW, 1.5KW. 加熱器 2KW. 加湿器(遠心式 100W×4). 送風機(シロッコ型1.5KW),

照明 温度制御 加湿 送風

Day ; 12時間 21 + 1.5 + 0.4 + 1 = 23.9Kw 23.9×12=286.8Kw·h

Night; 12時間 0 + 2.0 + 0 + 1 = 3.0Kw 3.0×12= 36.8Kw·h

日電気量 286.8+36.8=323.6Kw·h 大口電気料金 : 12円／1Kw

日電気料金 : 3.883円 日電気料金/m<sup>2</sup> = 3.883/12.96m<sup>2</sup> ≠ 299円

表-11 環境調節装置の大型化と玄米コスト(円)

人工光3.42m <sup>2</sup>			人工光12.96m <sup>2</sup>			自然光3.42m <sup>2</sup>			水田	
生育期間	gコスト	1粒コスト	gコスト	1粒コスト	gコスト	1粒コスト	gコスト	1粒コスト	gコスト	1粒コスト
60	330	5.8	163	2.9	184	3.6	0.25	0.0052		
90	124	2.4	61	1.2	84	1.8				
120	161	3.2	80	1.6	75	1.6				
150	210	3.8	104	1.9	106	2.2				

## 5.まとめ

人工光環境調節装置または植物工場内で作物を栽培する問題点は、水耕法を使い窒素を少量ずつ毎日供与する方法により作物の徒長を完全に制御抑制する技術が開発<sup>1)</sup>されており、技術的には殆どない。

一方、環境制御費用は精度を上げるほど幾何学的に電力とエネルギーを必要とする。環境調節装置の稼働費はここに記述した電気料金のみにおいても、生産物売却金をはるかに上回る。なお、人工光源に用いる電燈の寿命は、水銀燈、ハロゲンランプは約2年。蛍光燈1年であり、400~700Wのハロゲンランプは1燈あたり1万円更新に必要である。さらに、植物工場の建設設備費は、一般温室と比較しかなり高額である。

植物の単位面積当たりの光合成能力は、陽光を好む植物と日陰を好む植物間で若干差異があるが、栽培作物は陽光作物が多くその差異は小幅である。したがい、水分含量が多く日陰を好む作物が植物工場の栽培対象作物に適合する。しかし現在のところ一般作物の植物工場栽培は、良い結果を採算的に得ていない。

人工光型植物工場は、菌類等、栽培に環境制御を必要とする特殊農産物の生産に貢献している。また、自然光型植物工場は、比較的付加価値の高い種苗生産には充分機能する。

1) 細井徳夫 1975. 日作紀 44: 382~388.

## 苗生産における品質管理と電気計測

柴田孝信  
(株)メイテック

Quality Control and Electrical Measurement on Transplant Production

Takanobu Shibata

Meitec Co.

### 1. 苗生産と品質管理

#### (1) 品質管理の必要性

苗半作といわれるよう、苗の生育期間は作物の一生の一部分であるにもかかわらず非常に重要で、苗の優劣がその後の栽培を大きく左右する。優良な苗を生産するために苗生産のシステム化が要求されている<sup>31, 48-49)</sup>。その背景として以下の事項があげられる。

- ・種苗に関連したバイオテクノロジーの発展
- ・プラグシステムの導入
- ・優良素質苗の安定生産
- ・購入苗の増加に伴う苗供給の産業化
- ・省力化

以上の要求をとりまとめると、揃った良い苗をいつでも同じように生産したいということになる。つまり、植物の計画的生産である。そのためには、①生産目標が明確化されること、②製品の規格化と均一化を図ること、③生育制御を可能にすることの3つの要件が満たされる必要がある。これらの要件を満たすためには、植物工場のような装置化された栽培施設以上に運用技術が必要不可欠であると考えられる<sup>20)</sup>。

工業の製造工程では製品の状態量が常に監視されている。作物生産においても成長量などの品質を常時監視することが計画生産の必要条件になるとを考えられる。

#### (2) 品質管理とは

- 品質管理 (QC) は次のように定義される<sup>16)</sup>。
- ・経営科学に体系化される一手法。

・全社的な立場で、統計的手法を設計、製造、販売の全工程に適用しながら、定められた製品の品質水準が保たれるような管理活動をいう。

品質管理というと統計を連想するが、今日は SQC (~1955) とよばれる統計的品質管理から企業活動のすべてを品質管理する総合的品質管理 (TQC, 1955~) へと発展してきている。

品質とは、製品の機能、コスト、生産量や納期、アフターサービスのことをいう。品質管理の実施とは、目標設定→製造→検査→改善→目標設定…の PDCA サークルを順に回すことである (図 1)<sup>51)</sup>。自動車や家電製品に代表されるわが国の工業製品が今日の国際競争力を築いたのは品質管理によるところが大である。

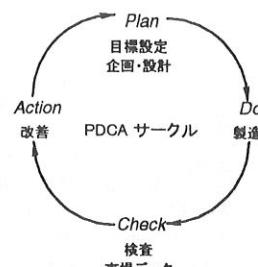


図 1 品質管理の実施

### 2. 苗品質と電気計測

#### (1) 苗品質と生体計測

苗の品質は外部品質と内部品質に分けられる。外部品質は重さ、形、草丈、茎径、色、

根量などが挙げられる。内部品質はクロロフィルやカロチノイドなどの色素成分、糖やアミノ酸などの代謝物質や病気の有無などが含まれる。流通過程で取引対象となるのは、このうち大きさ、形、色などの外部品質である。

品質を管理するためには、当然のことながら品質を検査する手段が必要で、作物の成長をモニタする成長計測技術が重要になる<sup>11-12, 18)</sup>。気温、湿度、風速、CO<sub>2</sub>、光、培地養水分などの環境データは、高湿度と土壤水分を除けば、高い精度で秒単位の計測が安価なセンサで簡易にできる。しかし、既存の工業分野の技術の応用が最も困難な部分は生体計測であり、環境データ以上に重要な植物の成長データの自動的な計測は非常に困難であるのが現状である。

表1に植物生体情報の計測手法を示す。このうちオンラインモニタに適した計測手法としては、画像処理、葉温や光合成速度が挙げられる。画像処理は非破壊・非接触で植物の形状を認識できること、汎用的なアルゴリズム<sup>45)</sup>を利用できることなどから成長量の計測手法として多く利用されてきている。橋本(1990)<sup>10)</sup>は、植物の生育状態を診断するには画像処理が最適であると述べている。

表1 生体情報のセンサ<sup>50)</sup>

成長状態	画像処理、伸長率、重量変化の非破壊計測など
水分状態	葉温、β線透過率、Qメータ、茎径、静電容量、熱移動量、根茎、画像処理など
物質移動量 や生理活性	光合成速度、気孔開度蒸散量、クロロフィル蛍光、遅延発光、フォトン計測、膜電位、RI(-CT)、NMR(-CT)、イオン選択電極、水ボテンシャルなど

## (2) (コンピュータ)画像処理の発展<sup>8, 32)</sup>

栽培者は生育状態などの情報の多くを目視から得ている。一般に、人が受け取る情報の75%は視覚<sup>13)</sup>から得られると言われている<sup>8)</sup>。

画像処理は、人間の目視機能の拡大や代替を可能にすることが期待され<sup>43)</sup>、ここ約30年間ですばらしい実績と共に発展を遂げている。リモートセンシングや医用画像処理の分野に限られていた画像処理は、今日では非常に多くの分野に応用されている<sup>24)</sup>。処理対象が難しく実用化例が少ないリモートセンシングや医用画像処理に比べ、産業分野への応用<sup>20)</sup>は各種製造業を中心に急速に増え、今後の発展が最も期待できる分野の一つである<sup>43)</sup>。画像処理技術が応用されている分野としては、目視検査・選別、非破壊検査(計測)、産業用ロボットの視覚系などがある<sup>44)</sup>。

### (3) 農業分野における画像処理の適用

農業分野における画像処理の適用は、1970年代からのリモートセンシングの農業利用に始まる<sup>1)</sup>。1970年代後半から、大学などの研究機関において植物生体情報計測に適用され始め、1980年代の後半からはロボットの視覚系への適用<sup>4, 46)</sup>、成長計測装置<sup>23, 25, 36)</sup>や人工知能を利用した品質評価システムの開発<sup>14, 17, 30, 41, 47)</sup>などが行われている。画像処理の農業分野への適用は、工業分野と比べた場合、処理対象が複雑である代わりにそれほど処理の高速性を要求されないことが特徴である。

水耕栽培されるキュウリのO<sub>2</sub>濃度による根系成長への影響<sup>52)</sup>、葉の複雑度の形状認識<sup>19)</sup>、杉の年輪幅の画像計測<sup>27)</sup>、レタス葉の形状に及ぼす温度影響の画像処理による評価<sup>7)</sup>、レタス根長による発芽温度の評価<sup>35)</sup>、モモ果樹の樹体および根量の解析<sup>32)</sup>など、画像処理による成長計測が様々な部分へ応用されている。キュウリを材料とした画像面積と生育との関係の式化<sup>22)</sup>、生育の統計的パターン認識による成長の量的評価<sup>5)</sup>、リーフレタスの投影面積と成長の関係<sup>28)</sup>、リーフレタスの形状特微量と生体重の関係<sup>15, 36)</sup>などから、形状特微量により成長を推定できることが明らかにされた。植物成長をオンライン計測する手法として、農産物の形状計測手法の開発<sup>2)</sup>、ミカンと

ほうれん草の形態特徴量のオンライン自動計測の試み<sup>3)</sup>, キュウリ植物群の生育評価のための画像処理手法の開発<sup>6)</sup>, 植物工場で栽培する葉菜類の自動成長計測技術の開発<sup>33, 37)</sup>, トマト苗の自動形態計測のための手法<sup>21)</sup>などが開発された。さらに、植物成長のオンライン自動計測システムの開発<sup>23, 25, 36)</sup>や栽培支援情報を提供するシステムの開発<sup>34, 38, 40)</sup>も行われるようになった。マイクロコンピュータ技術の急速な進歩により、画像処理システムを研究のための実験設備から実用的な計測・検査装置に利用できるようになってきている<sup>9)</sup>。

### 3. 植物工場における品質管理の実例

#### (1) 成長量と品質管理

植物工場で水耕栽培する苗の生体重の度数分布図を図2に示す。生体重の分布は正規分布に従っていた。栽培が不適な場合と適切な場合の生体重の分布の概念を図3に示す。栽培が不適な場合、図中aのように生体重の平均値が小さく標準偏差が大きい分布を示す。

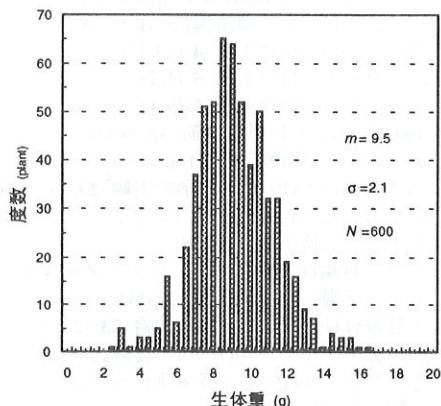


図2 レタス苗の生体重の分布

逆に、栽培が適切であれば図中cのように平均値が高く標準偏差が小さい分布を示す。したがって、計画的生産とは正規分布曲線を図中の右方向に移動させることになる。環境条件

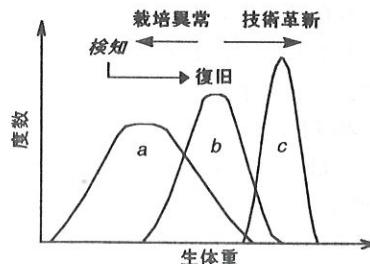


図3 計画生産性と分布の形との関係

を最適化かつ均一化すれば、生体重の平均値が大きく標準偏差が小さい急峻な分布曲線が得られるはずである。一定の品質の製品を出荷するためには、管理限界線（平均値  $m \pm$  標準偏差  $\sigma$  の  $n$  倍）による品質管理がプロセスの移行時と出荷時に必要であると考えられる。

#### (2) 画像処理による重量成長の推定

植物の重量は、成長を定量化するための最も基本的な計測量である。とくに成長の目安として知りたいのは、葉菜類では葉、根菜類では根、果菜類では実の大きさ、形状、色つやということになる<sup>42)</sup>。作物を大規模生産することを想定すると、重量の無人計測は省力化につながり、さらに環境の最適制御や異常の発見に役立つと想定される<sup>42)</sup>。

リーフレタスの葉面積と生体重の間には有意な相関関係が存在する（図4）<sup>15, 28, 36, 39)</sup>。生体重と投影面積との関係を数式化することにより、非破壊計測が可能な投影面積による地上部生体重の推定が可能である<sup>40)</sup>。投影面積と生体重の相関係数が高くなるのは葉が重ならない苗の生育ステージである。

### 4. おわりに

苗の成長の品質管理手法および画像処理による生体重の電気計測を中心に関連を紹介した。品質管理は、ただ検査すればよいものではない。最近では、品質を検査することから不良品を作らないで済むように工程の品質を向上させることが重要になってきている。電気計測の真の目的も不良品を検出することであ

なく、不良品を作らないようにするための手段を提供することにある。このためには、計測値がデータのままでなく“情報”に変換される必要がある。

今まで工場のものであった品質管理が農業の分野にも適用され始めている。たとえば、1996年夏の病原性大腸菌O157による集団食中毒の被害をきっかけにして、農水省がカイワレダイコンの製造工程に工業の品質管理手法を応用していくことを発表した（朝日新聞、1996年8月18日朝刊）。時間的・数量的・品質的に計画出荷が可能なシステムを構築するためには、装置化などのハードウェアだけではなく、品質管理などのソフトウェアに属する生産技術の確立が急務であると考えられる。

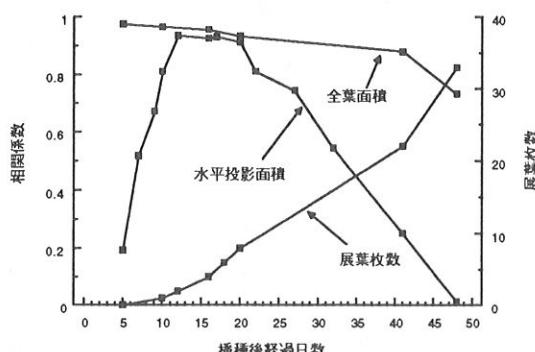


図4 画像計測した葉面積と生体重の関係

## 文献

- 1) 秋山 侃(1995)：生環調 32:145-154.
- 2) Buckley, D.J. & McAdam, W.E.(1972): *Trans. ASAE* 15:324-326.
- 3) 土井淳多(1976)：農機誌 38(3):353-358.
- 4) 土井淳多(1986)：ロボット (51):37-46.
- 5) Eguchi, H. & Matsui, T.(1977): *Environ. Control in Biol.* 15:37-45.
- 6) *ibid.*(1978): *Environ. Control in Biol.* 16:47-55.
- 7) 江口壽彦ほか(1991)：生物環境調節 29:141-145.
- 8) Hall, E.L. (1979): "Computer Image Processing and Recognition", Academic Press, pp584.
- 9) 花木真一ほか(1986)：“パソコン画像処理”，昭晃堂, pp212.
- 10) 橋本 康(1990)：センサ技術 10(9):79-82.
- 11) *ibid.*(1992)：遺伝 46(4):28-31.
- 12) 星 岳彦ほか(1989)：電気設備 9:127-133.
- 13) Hubel, D.H. & Wiesel, T.N. (1959): *J. Physiol.* 148: 574-591.
- 14) 池田善郎・齊藤義行(1993)：農機誌 55: 59-64.
- 15) 岩尾憲三ほか(1991)：生物環境調節 29:89-93.
- 16) JIS Z 8101 (品質管理用語)
- 17) 甲斐和広ほか(1995)：生物環境調節 33:261-267.
- 18) 小林 肇(1989)：省力と自動化 20(10):74-78.
- 19) 近藤 直(1988)：生物環境調節学会第 26 回全大要旨集 p18-19.
- 20) 黒野剛弘(1988)：テレビ誌 42:699-703.
- 21) Ling, P.P. & Ruzhitsky, V.N. (1992): *Acta Hort.* 319: 607-612.
- 22) Matsui, T. & Eguchi, H. (1976): *Environ. Control in Biol.* 14:1-7.
- 23) Meyer, G.E. & Davison, D.A. (1987): *Trans. ASAE* 30:242-248.
- 24) 苗村昇平・中川 豊(1988)：テレビ誌 42:30-33.
- 25) 中沢 弘ほか(1989)：精密工学 55:1035-1040.
- 26) 西 貞夫ほか(1986)：In “植物工場のすべて” (日本施設園芸協会編) p144-167, 日本施設園芸協会.
- 27) 野田真人(1990)：京大原子炉実験所 Tech. Rept. (336):63-67.
- 28) 小田雅行ほか(1987)：農氣東海誌 45:6-12.
- 29) 大政謙次ほか(1988)：“植物の計測と診断”，朝倉書店, pp239.
- 30) 佐竹隆顕ほか(1992)：農機誌 54(4): 67-75.
- 31) 「生物生産プロセスのシステム化」成果編集委員会編 (1978)：“生物生産のシステム化”，日本学術振興会, pp323.
- 32) 柴田孝信(1995)：名城大学博士論文 pp387.
- 33) 柴田孝信ほか(1991)：農氣東海誌 49:21-25.
- 34) Shibata, T. et al. (1992): *Acta Hort.* 319:689-694.
- 35) 柴田孝信ほか(1993a):農氣東海誌 51:21-24.
- 36) *ibid.*(1993b)：生物環境調節 31:29-35.
- 37) *ibid.*(1993c)：植物工場 4:123-130.
- 38) *ibid.*(1993d)：植物工場 5:11-18.
- 39) *ibid.*(1993e)：植物工場 5:39-43.
- 40) *ibid.*(1994)：生物環境調節 32:79-86.
- 41) *ibid.*(1996)：植物工場 8:160-167.
- 42) 高辻正基ほか(1978)：化学の実験 29:302-306.
- 43) 田村秀行監修(1985)：“コンピュータ画像処理入門”，総研出版, pp288.
- 44) 田村秀行編(1990)：“コンピュータ画像処理：応用実践編”，総研出版, pp241.
- 45) 田村秀行ほか(1982)：情処学論 23:321-328.
- 46) 田中芳夫・小川洋司(1990)：農機誌 52(1):61-67.
- 47) 寺野寿朗ほか(1990)：第 6 回77' システムシンポジウム講演要旨集 p287-290.
- 48) 東京近郊そ菜技術研究会編(1992)：“野菜の成型苗利用と生産システム”，誠文堂新光社, pp160.
- 49) 渡部一郎・板木利隆(1990)：“電気利用による野菜の育苗と栽培”，農業電化協会, pp181.
- 50) 安井秀夫(1986)：In “植物工場のすべて” (日本施設園芸協会編) p75-91, 日本施設園芸協会.
- 51) 谷津 進(1986)：“TQC における問題解決の進め方”，日本規格協会, pp133.
- 52) Yoshida, S. & Eguchi, H.(1987): *Biotronics* 16: 13-23.

## ウインドレス鶏舎と環境調節

近藤 恒

愛知県農業総合試験場 企画情報部

Laying Performance in a Windowless House and Environmental Control

Kyo Kondo

Aichi-ken Agricultural Research Center Planning and Information Division

### 1.はじめに

養鶏産業は、1960年から1980年にかけて、急速な発展を遂げました。この間に、飼育方法が大きく変化し、環境問題に対する意識も高まっています。現在、各地区で「ウインドレス」鶏舎の建設が進められています。この新しい飼育方式は、窓がないため、外気温による影響を受けず、また、換気装置による空気循環によって、室内の温度や湿度を適切に調節できます。しかし、一方で、換気装置の運転音や、換気扇による風速が、鶏のストレスや産卵率に影響を与える可能性があります。また、換気装置の故障により、突然の停电が発生する場合、鶏の命に危険が及ぶことがあります。因此、換気装置の信頼性と、停电時の備えが、重要な要素となります。

## 2. ウィンドウレス鶏舎の現状

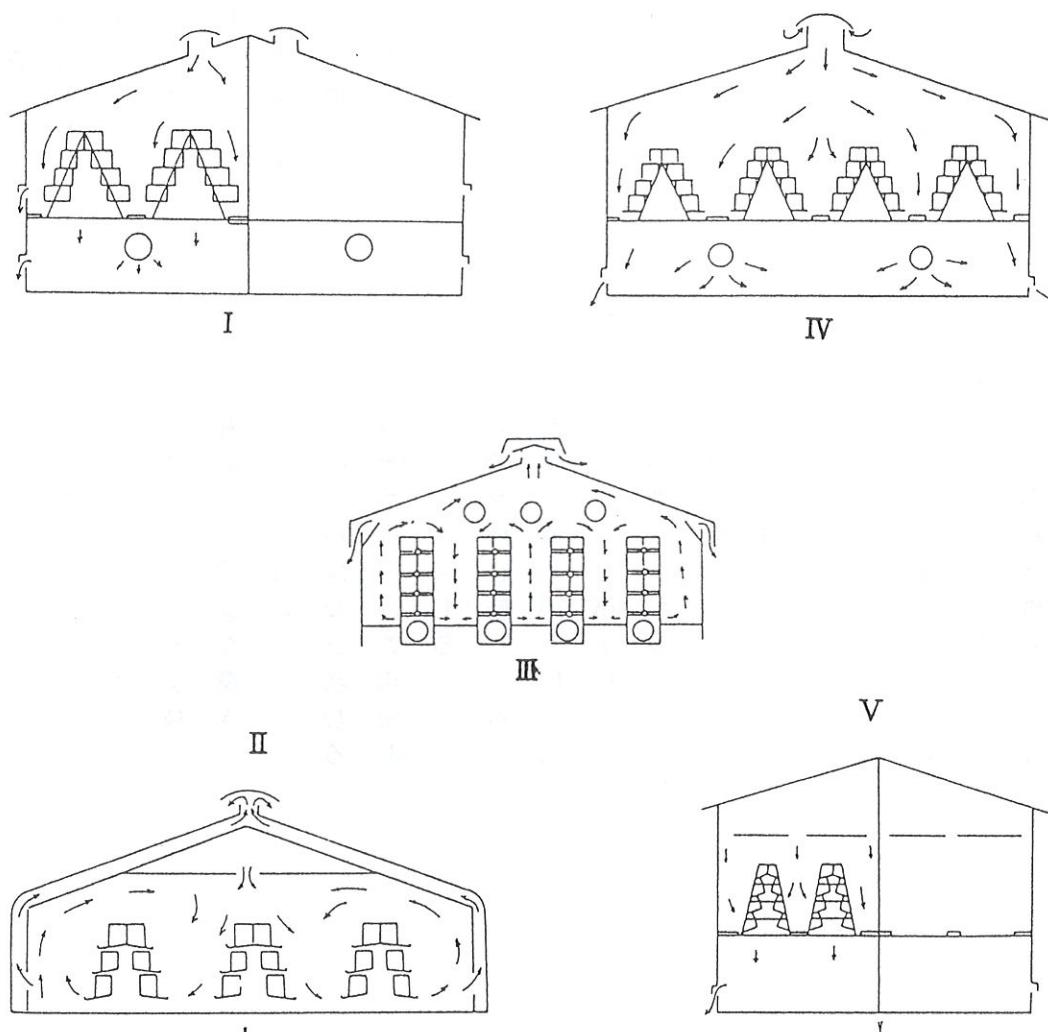
ウ育	の飼	部レ型	採スで	いは
つ式、た。	上ウス	なに	なに	りで、とけす
る様しは、ンウ	ドレ	少設	た。少設	た列)い、で付応
な設査てイド	しや建	示や設	た。少設	異りおおきな1管電
異施調いウン	ジ段含に圧取に	一3も的陽の育	当6む高式り対	りおおきな1管電
のをつミイ	にと施る。ケみ合躍むト飼	にとの間	よとと従ない。	約め
態し、等にセウ	表羽い1の場飛込ク度れ様	時2著放度	開度2の	た
形定性IIIたな	表羽100りててIIるてりダ密ら様	第3.顕開密	率11.成	りで、とけす
の選卵し全	第000,あつ全はてべ送や高みはとと	第3.顕開密	率11.成	な1管電
地舎中開は	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	産率等	率11.成	存し
域を産で放完	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	求同	率11.成	生示
各鶏間のを他	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	同	率11.成	を
内レ働鶏気が、	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	求同	率11.成	し
内レ働鶏気が、	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	同	率11.成	た
知ド查とある	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	求同	率11.成	た
施収が、大3他収換はる	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	同	率11.成	た
規収へは容環気各た飼も・方使な鶏産重	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	求同	率11.成	た
卵87.4%	は10でな列隔比に扇が間るで、%と逆	同	率11.成	た

### 3. ウィンドウレス鶏舎の環境調整

氣式へを換クた  
な床外氣もダした。  
暖高舍空と風示い  
温たるらた舍送にて  
的しすかれ鶏や図れ  
較押積部汚各造さ  
比選蓄下は構てな  
をがてⅢ。舍し分  
めの糞しあ鶏置十  
たも鶏風Ⅱ、で設が  
るのに送式うを氣  
す下下ので方よど換  
化件床ら式するなに  
変条はか方出れんう  
にのV部すりわアよ  
妙時上出送行フの  
微風IV、りら分助道  
り微り、送か十補輪  
よでI、たを部が・氣  
に象の風上氣ト換

4 ま と め

めさるは多のべ、なとど  
高まる。げにもの比異件か  
をるあ下設トもにと条術  
約で態費めコキ管従な環き  
集減形却たグで育どにのべ  
地輕育償のン持飼なと状むる  
土を飼設そニ維のさこ現組あ  
力い施ンは來しるりで  
は、働しので、ラ性従難れし、取要  
舍労わり須産めのさ握重  
鶏　　さた必で、生た術求把ちが  
スし、ふ当が要の技要をのと  
レ処に羽化必た、育理が性たこ  
ウ対型1模がま飼管術特せろ  
ドに郊　規金　群や技のわす  
ン題近し、大資る。法いら合断  
イ問市かにのあ度、方しれし判  
ウ害都しめ額で密氣新こらか  
公にた多額高換る照う



第1図 ウィンドレス鶏舎の換気輪道

第1表 ウィンドウレス鶏舎の様式と施設内容

	I	II	III	IV	V
様 式	高床式ウインドウレス	ウインドウレス	開放式	高床式ウインドウレス	高床式ウインドウレス
構 造	木造・断熱材使用	鉄骨・断熱材使用	鉄骨・断熱材使用	木造・断熱材使用	鉄骨・断熱材使用
規 模	725.7 m <sup>2</sup> (12.3m×59m)	588 m <sup>2</sup> (11.1m×53m)	660 m <sup>2</sup> (10m×66m)	660 m <sup>2</sup> (10m×66m)	851.6 m <sup>2</sup> (11.5m×74m)
収 羽 数	22,000羽 (330cm/羽)	10,000羽 (588cm/羽)	22,400羽 (295cm/羽)	17,280羽 (588cm/羽)	21,120羽 (397cm/羽)
ケ - ジ 形 態	30×45×42.5 (4羽収容)	50×62×43 (6羽収容)	50×45×54 (6羽収容)	30×39×42.5 (3羽収容)	50×36×38.1 (5羽収容)
配 列	4段4列2室	3段6列	垂直4段8列	4段8列	4段4列2姿
飼育密度	100羽/3.3m <sup>2</sup>	56羽/3.3m <sup>2</sup>	112羽/3.3m <sup>2</sup>	86羽/3.3m <sup>2</sup>	82羽/3.3m <sup>2</sup>
給 餌 スペース	7.5cm/羽	8.3cm/羽	8.3cm/羽	10cm/羽	10cm/羽
環境調整	陽圧換気(上部より入気) ファン20基・コントローラ1基) 細霧装置 ジェットファン2基(床下部)	陽圧換気 細谷式換気システム(上部入気側壁面より排気) ファン11基(インバーター及びサーモスタット付き)	陽圧換気 オランダ式(地下及び上部ダクトより入気側壁上部排気)上部ファン3・下部ファン8基、温度センサー12点	陽圧換気 サミー方式 (ファン20基・サーモスタット付き)	陽圧換気 東洋システム式 (ファン12基コントローラー1基)
特 徴	1棟2室 床下にダクト送風 細霧装置利用 S 61年新設	細谷式 側壁2重構造 S 48年建設 S 62年改造	オランダ式 各ケージに換気穴を配置 夏期は地下部からも入気	サミー設計	東洋システム
その他の施設及び機械	高床式開放鶏舎 ショベルカー	同鶏舎2棟 育成舎1棟 (ウインドウレス・温湯暖房式)	鶏糞発酵処理装置	鶏糞発酵処理装置	高床式ウインドウレス育成舎(温水ボイラ) 鶏糞処理施設

第2表 ウィンドウレス鶏舎の飼養管理省力化と電力使用量

(1万羽換算/日)

様式 労働内容	ウインドウレス鶏舎 (h)	開放鶏舎 (h)
集卵	2.3	18.4
除糞	0.4	6.0
給餌	-	6.1
その他	0.7	6.1
合計	3.4	36.6
電力料金(円/1羽/日)	3,200	1,700
償却費(円/1羽/日)	6,300	6,600

## 支 部 報 告

### ○平成 8 年度総会

平成 8 年 8 月 28 日(水)に中部電力(株)電気利用技術研究所にて開催され、平成 7 年度の事業及び会計報告、平成 8 年度の事業計画と予算が承認された。

### ○平成 8 年度シンポジウム及び見学会

平成 8 年 8 月 28 日(水)に中部電力(株)電気利用技術研究所にて開催され、「電気と農業」のテーマで 4 課題の講演が行われた。また、同研究所内を見学した。参加者は 21 名であった。

### ○平成 8 年度研究発表会

平成 8 年 11 月 30 日に三重大学生物資源学部にて開催され、5 題の研究発表と 2 題の特別講演が行われた。参加者は 20 名であった。

## 平成 7・8 年度役員

支部長	高野泰吉
顧 問	江幡守衛
本部評議員	吉岡 宏
会計監査	林 悟朗
庶務幹事	鈴木茂敏
会計幹事	道山弘康
編集幹事	岩尾憲三
幹 事	島地英夫
愛知県	島地英夫
岐阜県	岩尾憲三
静岡県	河野恭廣
三重県	松村博行
	堀内孝次
	須田長良
	鈴木義彦
	鈴木 富
	倉貫幸一
	西口郁夫
	大和陽一
	新庄 椎

### 日本農業気象学会東海支部投稿規定

寄稿論文は、所属機関名、著者名、本文、文献の順に記載する。印刷 4 項(400 字詰原稿用紙 20 枚、但し図及び表を含む)までは支部で負担します。超過項のあるときは 1 項 4,000 円の割合で負担願います。

図は黒で明りょうに書いて下さい。

文献を記載される場合は著者名の性のアルファベット順とし、次のように書いて下さい。

雑誌の場合 著者名、年号：表題、雑誌名、巻(号)、項。

単行本の場合 著者名、年号：書名、発行所、項。

原稿は報告後 1 ヶ月以内に下記編集係宛に送付下さい。

期日内に到着しない論文があると発行期日に差し支えますので十分注意して下さい。なお、著者校正ができませんから、原稿用紙に特に明りょうに書いて下さい。

別刷は 50 部支部で負担します。

原稿送付先 〒459 名古屋市緑区大高町字北関山 20-1

中部電力電気利用技術研究所

日本農業気象学会東海支部 編集幹事 岩尾憲三  
島地英夫

MKV

連続  
**4年間**  
展張が可能

無滴剤の  
スプレーいらずで  
効果  
**長持ち**

支  
ハウスバンドが  
**不要**

耐久無滴農PO  
だから  
**強い**

■突き刺し、切りキズから裂け目が拡がりにくいフィルムです。 ■キリ・モヤの発生を抑えます。

耐久無滴農POフィルム

スーパー・ソーラー・ムテキ®

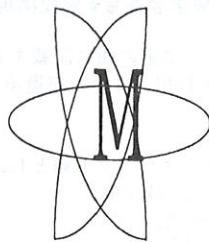
特許製品

▲三菱化学MKV株式会社

本社/〒108 東京都港区芝4-1-23 三田NNビル TEL03-5441-4722 FAX03-5441-4753  
名古屋支店/〒450 名古屋市中村区名駅3-28-12 大名古屋ビル TEL052-565-3622 FAX052-565-3618

試薬 薬 機器

丸



善

ご注文は

店

TEL (052) 951-2744

FAX (052) 951-2747

名古屋市中区丸の内 3-9-1

夢ふくらむ

# エアドーム AIR DOME



## エアドームの特徴

- ① 手間のかかる基礎工事をしなくても良い。
- ② 太陽光線を十分に生かした設計です。
- ③ ドームの移動や撤去は簡単にできます。
- ④ 網膜空気構造のため、骨組みをする必要がありませんので、コスト低減が図れます。
- ⑤ ドームの大きさ、形は自由設計です。
- ⑥ 強風時の風圧調整や温度管理も自由にできます。
- ⑦ ドーム内は広くて高いので、大型機械等の稼働もスムーズです。またランニングコストも比較的安く上がります。
- ⑧ 作物栽培以外にも、いろいろ利用できます。



田植え期 1月中旬



収穫期 6月下旬

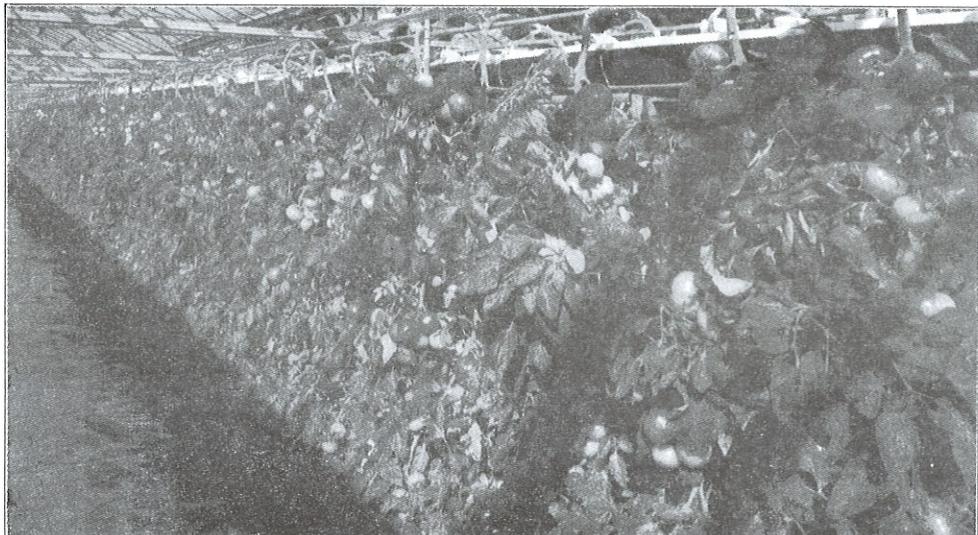
## 利用例

観光農園・茶園・養魚場・釣り堀・各種イベント広場・堆肥場・収納庫・プール・スポーツ広場  
ゲートボール場・テニスコート・農産物の生産及び育苗施設・観光用ドーム温室・広告・宣伝媒体など

ドーム内の利用面はきわめて広くあなたのアイデア設計が生かされます。

◎ 東海物産株式会社

本社 〒510 三重県四日市市高角町2997番地  
TEL 0593-26-3931 FAX 0593-26-6758



## トマト栽培革命

トマト・トリプル栽培システム ★栽培技術の大幅簡略化(花房3段摘心による年4作方式)

★立体2段栽培により、2倍の植付け株数を実現  
(6~7本/坪から12~16本/坪へ)

★収量倍増(定植15株/坪で44.2t/10a)

★根を上部にした吊り下げ栽培のため、誘引作業がない

★年間を通じての作付体系をローテーション化できる

GFMプラント  
(トマト専用NFT)



## イチゴの水耕多段栽培!!

「ハートベリー」

GFMプラント  
(イチゴ専用NFT)



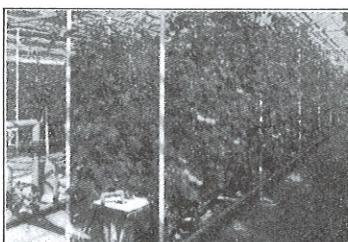
★夜冷装置・山上げ処理が不要!!

★作業がラクで省力・省エネ化!!

★周年栽培が実現!!

★高品質イチゴ生産!!

★画期的な収量・高収益!!



GFMプラント **さか**  
(果菜用NFT)

GFMプラント **し**  
(葉菜用NFT)

GFMプラント **え**  
(果菜・葉菜用DFT)



株式会社 **M式水耕研究所**

愛知県海部郡十四山村坂中地1丁目37 ☎05675(2)2401㈹ ㈹490-14

関東営業所/千葉県船橋市東船橋3丁目45番2号101 ☎0474(23)5061 ㈹273

発行所：名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学農学部内

日本農業気象学会東海支部

郵便振替口座 00840-4-26195

東海銀行植田支店 普通 1267796