

水稻の個体群光合成および呼吸測定値からの 太陽エネルギー転換効率算出の試み

その1. 個体群呼吸光合成比の生育に伴う変化

今木 正*・石塚 仁*・早川 純二*

The Efficiency for Solar Energy Conversion in Rice Population
estimated from Crop Photosynthesis and Respiration
under Field Conditions

I. The Ratio of Respiration to Photosynthesis
during the Ripening Stage

Tadashi IMAKI, Hitoshi ISHIZUKA and Junji HAYAKAWA

Using four extremely early-maturing and three early or medium-maturing varieties, crop photosynthesis and respiration in the field were measured 20~30 days intervals from 50~20 days before to 20~40 days after heading. The temperature coefficient of respiration (Q_{10}) was linearly increased from 1.21 to 2.52 according to the growth stage. Crop respiration under the growing temperature was changed curvilinearly and showed its maximum value at about 10 days before to 10 days after the heading time, which was slightly later than gross photosynthesis under the light intensity of 1.0 or 0.6 cal./cm². The ratio of respiration to photosynthesis (R/P ratio) was increased associated with the growth stage, and in the ripening stage, the R/P ratio of extremely early-maturing varieties which were matured under high temperature, was about 10 to 30% higher than that of early or medium maturing varieties.

日本における現在の水稻栽培は、耐肥性品種の育成に加えて病虫害や雑草防除への化学薬品などの補助エネルギーの導入により多肥多収技術が確立されて高い収量水準に到達していると考えられる。しかし世界的なエネルギー資源の不足が叫ばれる今日、水稻栽培のような気象利用型の作物栽培においては堀江¹⁾も指摘するように、気候資源を活用した栽培法が今後ますます重要になってこよう。本研究は島根県において気候資源を活用した水稻の安定多収作期を策定する前提として、現在県内の特に出雲部平坦地において主力となっている水稻の早植栽培について太陽エネルギー転換効率の面から検討を加えようとしたものである。

一般に早植栽培が収量増加に結び付くのは、収量生産

期の日射量が多いためそれに伴う乾物増加量が期待できることと、栄養生長期間の延長による莖数増加によるものとされている。一方個体群に吸収された太陽エネルギーが乾物に転換する効率（いわゆる見掛けのエネルギー転換効率）に関しては標準的な普通期栽培が早植栽培のそれよりも高いという報告もなされ、その一つの理由として登熟期の高温が指摘されている。そこで水稻個体群の光合成および呼吸の測定結果を整理して、光合成に対する呼吸の比が作期あるいは出穂期の違いによりどの程度変動するかを極早生品種と早生中生品種を用いて比較した実験について報告する。

材料および方法

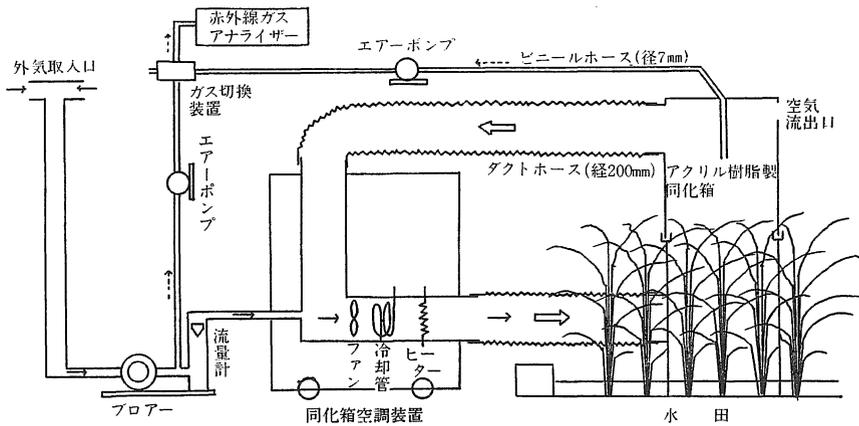
1. 実験個体群の栽培方法

実験は1976, 1977, 1978年の3年度にわたって本学作

* 作物学研究室

第1表 供試品種, 育苗方法及び栽植密度

年	品 種 名	播種日 (月.日)	移植日 (月.日)	苗 床 の 種 類	移植時葉令	栽植密度 (株数/m ²)	実験区記号
1976	日 本 晴 日 本 晴 フジミノリ	4. 21	5. 27	保温折衷苗代	6. 1	22. 2	76日本晴D
						11. 1	76日本晴T
						22. 2	76フジミノリ
1977	日 本 晴 日 本 晴 フジミノリ チドリ オツネ坊主 短銀坊主	5. 11	6. 10	保温折衷苗代	6. 1	22. 2	77日本晴D
						11. 1	77日本晴T
		4. 12	5. 17		5. 9	77フジミノリ	
					6. 0	77チドリ	
		5. 11	6. 10		6. 1	77オツネ坊主	
					5. 8	77短銀坊主	
1978	コシヒカリ 大 空	4. 17	5. 17	箱育苗(乾籾100g)	4. 0	23. 8	78コシヒカリ
					4. 2	78大空	



第1図 個体群光合成測定装置模式図

第2表 施肥量およびチッ素の分施肥方法

年	施肥量 (kg/10a)			チッ素の分施 (kg/10a)				
	チッ素	リン酸	カリ	元	分	穂 ₁	穂 ₂	実
1976	8.5	9.0	8.5	3.0	1.5	2.0	2.0	0.0
1977	8.5	9.0	8.5	3.0	1.5	2.0	2.0	0.0
1978	9.5	9.0	10.2	3.5	1.5	2.5	0.0	2.0

注 元：元肥，分：分け肥，穂₁，穂₂：穂肥，実：実肥

物学研究室の圃場で行った。主な耕種概要を第1表に示した。品種としては極早生のフジミノリ，チドリ，コシヒカリ，大空。早生から中生として，日本晴，オツネ坊主，短銀坊主を用いた。1976，1977年は成苗を1978年は箱育苗の中苗を移植した。栽植密度は30 cm×15 cmの22.2株/m²を基本とした。施肥量は第2表に示したが，1978年は他の2年と比べ施肥方法及び施肥量を変更した。その他の栽培管理は本学研究室の慣行によった。

2. 光合成および呼吸の測定方法

1) 測定装置

個体群光合成および呼吸の測定は，第1図の半閉鎖方式の通気系を用いた装置で行った。まず，ブローアによって地上約4 mの高さから外気を吸入し，流量計で空気の流量を調節し，同化箱空調装置に送り温度を一定にさせた後，透明なアクリル樹脂製の同化箱に導いた，流入した空気は主に同化箱の上部の余剰空気流出口から外部に流出するようにした。同化箱と同化箱空調装置の間は常に空気を循環させ，箱内の温度を所定の温度に保つと共に空気を攪はんし箱内のCO₂濃度を均一化した。一方外気取り入れ口と，同化箱内からそれぞれCO₂濃度測定用のサンプリングガスを交互にとり，赤外線CO₂ガスアナライザー(Beckmann 315A型)で測定した。同化箱は測定する稲個体群の草高に合わせて積み重ねる段数を2～3段に変えた。1段は75 cm×75 cmの底

第3表 各実験区の出穂日および収穫時の生育状態

実験区記号	出穂日 (月・日)	移植～出穂 まで日数(日)	止葉葉数	稈長 (cm)	穂重 (g/m ²)
76日本晴D	8.16	81	16.0	—	673
76日本晴T	8.16	81	16.1	—	572
76フジミノリ	7.27	61	14.3	—	551
77日本晴D	8.23	74	16.2	77.3	569
77日本晴T	8.24	75	16.9	76.3	505
77フジミノリ	7.17	61	14.0	81.6	505
77チドリ	7.19	63	14.1	79.5	607
77オツネ坊主	8.29	80	17.0	110.1	569
77短銀坊主	8.29	80	17.5	60.3	527
78コシヒカリ	7.28	72	14.3	93.7	802
78大空	7.30	74	14.7	85.7	793

注 実験区記号：第1表参照

面積を持ち、高さは 50 cm で、これを出来るだけ稲個体群の群落構造を乱さないようにセットした。呼吸については、光合成の測定終了後同化箱に暗幕をかぶせて測定した。

2) 測定時期と測定条件

年度によって多少異なるが、出穂期を基準にして、その前50～20日から、その後20～40日のいわゆる収量生産期に約20日から30日間隔で行った。光合成は個体群光合成の光反応を調査した。そのため晴天を選び一日の全天日射量の変化を利用した。測定温度は測定日内では一定とし日中の気温に近い条件に設定した。同化箱内に送り込む空気量は外気と箱内の CO₂ 濃度差が 10～15 ppm の差になるようにした。呼吸は光合成の測定を行った温度条件で必ず行い、毎回ではないが、Q₁₀ の算出のため光合成測定温度との温度差が約10℃となるように20℃付近でも測定を行った。箱内に送り込む空気量は外気と内気の CO₂ 濃度差が 5～10 ppm の差になるようにした。

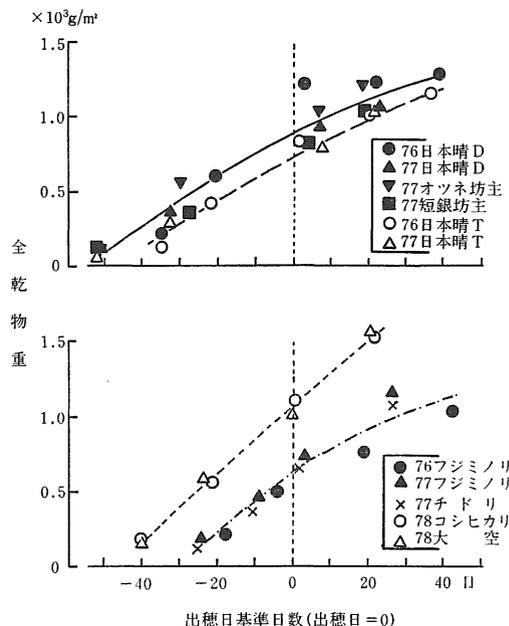
3) 抜き取り調査

光合成および呼吸の測定後に抜き取りを行った。各回とも、同化箱内の測定株の内10株を無作為に抜き取り、茎数あるいは穂数の平均的な株2株を選び、この株について器官別乾物重と葉面積を測定した。葉面積は青写真法を用いた型取り法によった。

実験結果

1. 生育の概要

第3表に出穂日と収穫時の生育状況、第2、3図に呼吸と光合成に大きく関与する全乾物重と葉面積指数(LAI)の推移を示した。これらの結果から年度、品種、



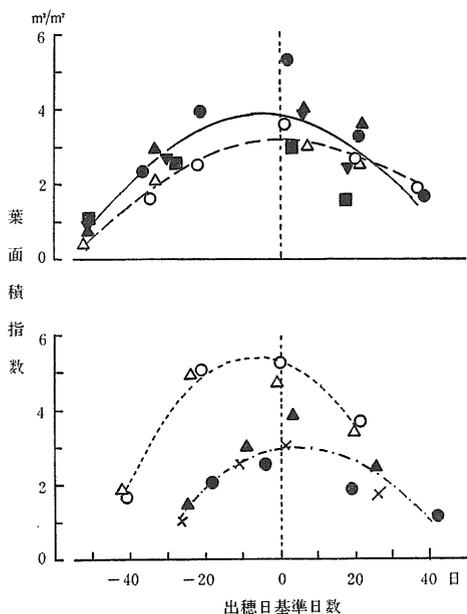
第2図 全乾物重の推移

栽植密度によって分類した11の実験区(第1表参照)は7月中、下旬に出穂した極早生品種群を供試した実験区と8月中、下旬に出穂した早生、中生品種を供試した実験区とに大別出来る。しかし生育の量的な要素を考慮に入れると4つのグループに分けることができる。即ち、出穂まで日数が80日で、出穂時の全乾物重が約 900 g/m²、LAI が約 4 の早生、中生品種の76日本晴D、77日本晴D、77オツネ坊主、77短銀坊主の4実験区のグループA。出穂まで日数が80日だが栽植密度が前者より低く、出穂時の全乾物重が約 700 g/m²、LAI が約 3 の早

第4表 個体群呼吸速度の温度反応を推定するのに使用した測定値

実験区記号	測定日 (月・日)	出穂日 基準日数 (日)	測定 1		測定 2		Q ₁₀
			測定温度 (°C)	個体群呼吸速度 (g CO ₂ /m ² ・hr.)	測定温度 (°C)	個体群呼吸速度 (g CO ₂ /m ² ・hr.)	
76日本晴D	7.11	-36	30.1	0.63	21.0	0.53	1.21
	7.26	-21	29.7	1.05	19.9	0.52	2.05
	8.18	2	30.5	1.79	20.6	0.84	2.15
	9.6	21	29.6	0.82	20.0	0.43	1.96
	9.23~24	38~39	30.3	0.96	20.4	0.46	2.10
76日本晴T	7.12	-35	30.1	0.49	20.0	0.36	1.36
	7.25	-22	29.9	0.38	20.6	0.28	1.39
	8.17	1	30.9	1.20	21.0	0.48	2.52
	9.5	20	31.0	1.18	20.7	0.59	1.96
	9.21~22	36~37	31.1	1.33	20.3	0.69	1.84
76フジミノリ	7.9	-18	30.5	0.65	20.4	0.50	1.30
	7.23	-4	29.5	0.90	20.1	0.58	1.60
	8.15	19	30.9	0.70	20.5	0.40	1.71
77日本晴D	7.3	-51	31.0	0.31	20.4	0.23	1.33
77日本晴T	7.3	-52	29.6	0.25	20.8	0.15	1.79
77チドリ	6.23	-26	29.6	0.43	19.2	0.33	1.29
78コシヒカリ	6.17	-41	33.6	1.90	24.3	0.99	2.02
	7.5~7	-23~-21	29.3	2.61	20.1	2.26	1.17
78大空	6.18	-42	33.8	2.21	23.9	1.29	1.72
	7.6	-24	31.1	1.93	19.1	1.00	1.73

注 実験区記号：第1表参照，出穂日基準日数：出穂日を0とした日数で負の値は出穂前，正の値は出穂後を現わす。



第3図 葉面積指数の推移

注 グラフの記号は第2図の上段および下段に対応している

生品種の76日本晴T，77日本晴Tの2実験区のグループB。出穂まで日数が60日と短く，出穂時の全乾物重が約650 g/m²，LAI が約2.5の極早生品種の76フジミノリ，

77フジミノリ，77チドリの3実験区のグループC。極早生品種ではあるが出穂まで日数が70日で，出穂時の全乾物重が約1,000 g/m²，LAI が約5.5の78コシヒカリ，78大空の2実験区のグループDである。第2，3図はこのグループ毎に測定値を出穂日基準日数（第4表参照）に対して二次回帰させて示した。回帰式はいずれも1%水準で有意であった。以後定性的な検討には出穂日あるいは出穂日基準日数による観点，定量的な検討には後者の4グループによる観点から行うこととする。

2. 個体群呼吸速度の推移

呼吸は温度に大きく支配されるため，温度を考慮に入れて比較ができるように，呼吸の温度反応係数 Q₁₀ を求めた。第4表に同一測定日に二段階の温度で呼吸を測定した値を示した。各測定日毎に求めた Q₁₀ は1.21から2.52の範囲にあり Q₁₀ は1.66~2.06あるいは1.23~1.56の変動を示すとした山田らの報告とほぼ一致したが，出穂日基準日数と関連させてみると生育の進展とともに Q₁₀ 値が高くなる傾向が認められた。山田らの報告でも同じような傾向が認められる。そこで Q₁₀ を出穂日基準日数に対して回帰させると直線関係が成り立ち次式が求められた。

$$Q_{10} = 1.79 + 6.31 \times 10^{-3}D \quad (r = 0.483^*)$$

ここでDは出穂日基準日数を現す。

この回帰式を利用して各実験区の各測定日毎の呼吸速度を温度25°Cに換算して第5表に示した。大部分の実験

第5表 各実験区測定日毎の個体群総光合成速度の光反応曲線と温度25℃における個体群呼吸速度

実験区記号	測定日 (月・日)	出穂日 基準日数 (日)	個体群総光合成速度の光反 応曲線回帰式係数			個体群呼吸速度 (温度25℃に補正) (g CO ₂ /m ² ・hr.)
			測定温度(℃)	P	K	
76日本晴D	7.11	-36	30.6	20.69	0.40	0.57
	7.26	-21	30.4	21.89	0.67	0.75
	8.18	2	30.0	15.87	1.01	1.20
	9.6	21	30.2	6.82	1.43	0.61
	9.23~24	38~39	30.2	3.55	1.84	0.65
76日本晴T	7.12	-35	30.6	5.90	1.86	0.42
	7.25	-22	32.1	11.76	0.66	0.32
	8.17	1	29.9	9.36	1.61	0.73
	9.5	20	30.7	6.37	3.61	0.79
	9.21~22	36~37	30.4	4.88	6.09	0.92
76フジミノリ	7.9	-18	30.5	9.02	0.88	0.56
	7.23	-4	30.6	9.64	1.74	0.74
	8.15	19	30.6	5.26	3.44	0.51
	9.7	42	30.5	1.98	5.01	0.35
77日本晴D	7.3	-51	29.5	6.55	0.87	0.26
	7.21	-33	30.4	9.40	1.48	0.74
	8.29~30	6~7	30.1	16.79	0.96	0.78
	9.14	22	30.2	11.65	0.99	0.71
77日本晴T	7.3	-52	29.5	2.53	2.42	0.20
	7.22	-33	30.1	8.06	1.83	0.82
	8.31~9.1	7~8	30.4	11.97	1.72	1.00
	9.14~15	21~22	31.2	7.79	1.60	0.56
77フジミノリ	6.22~23	-25~24	30.4	9.09	0.82	0.52
	7.8	-9	30.4	9.35	2.94	1.08
	7.20	3	30.5	12.59	1.59	1.21
	8.12	26	30.4	4.98	2.23	0.61
77チドリ	6.23	-26	30.4	8.94	0.71	0.34
	7.8	-11	30.1	12.63	0.91	0.44
	7.20	1	29.9	10.24	1.53	0.81
	8.14	26	30.2	4.78	2.10	0.42
77オツネ坊主	7.9	-51	30.5	4.69	2.38	0.48
	7.30	-30	30.1	22.07	0.50	0.80
	9.4	6	30.0	30.41	0.34	0.87
	9.16	18	30.3	9.12	1.48	0.91
77短銀坊主	7.9	-51	29.8	5.20	1.76	0.58
	8.1	-28	31.2	12.83	1.48	1.21
	9.1	3	30.2	13.77	1.14	0.85
	9.17	19	30.4	8.83	1.76	0.83
78コンヒカリ	6.17	-41	24.5	9.17	1.46	1.17
	7.5~7	-23~-21	30.1	19.03	0.94	2.50
	7.28	0	30.4	9.25	3.36	1.73
	8.18	21	29.6	8.29	2.87	1.21
78大空	6.18	-42	23.7	5.77	2.77	1.44
	7.6	-24	30.8	15.80	0.74	1.39
	7.29	-1	29.7	22.69	0.42	0.77
	8.19	20	30.7	10.48	2.51	1.12

光反応曲線回帰式： $Pg = PKI / (1 + KI)$ Pg は個体群総光合成速度 (g CO₂/m²・hr.)、 P 、 K は定数、 I は光強度 (cal./cm²)

第6表 個体群呼吸速度（温度25℃）の生育に伴う推移回帰式係数

グループ名	個体群呼吸速度の回帰式係数と相関係数 (温度25℃)			
	a	b	c	R
グループA	9.39×10^{-1}	-2.01×10^{-3}	-2.25×10^{-4}	0.732**
グループB	7.34×10^{-1}	5.06×10^{-3}	-7.33×10^{-5}	0.70
グループC	8.20×10^{-1}	3.72×10^{-3}	-4.40×10^{-4}	0.677*
グループD	1.53×10^0	-1.39×10^{-2}	-4.06×10^{-4}	0.437

注 $R=a+bD+cD^2$ R: 個体群呼吸速度 (g CO₂/m²・hr.) D: 出穂日基準日数 (日)
 グループA: 76日本晴D, 77日本晴D, 77オツネ坊主, 77短銀坊主
 グループB: 76日本晴T, 77日本晴T
 グループC: 76フジミノリ, 77フジミノリ, 77チドリ
 グループD: 76コシヒカリ, 78大空
 Rは重相関係数で、数値の後の*, **は5, 1%水準で有意を示す。

第7表 個体群総光合成速度（温度25℃）の生育に伴う推移回帰式係数

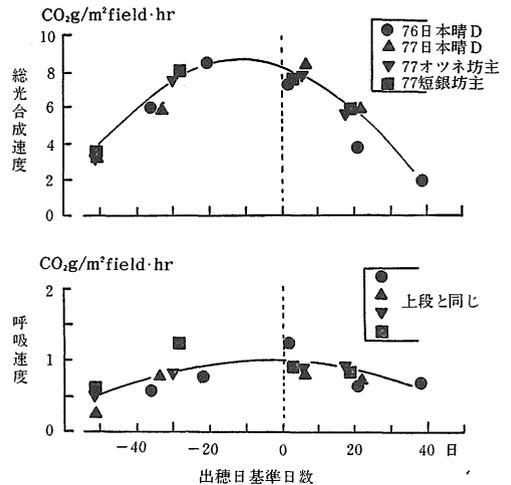
グループ名	個体群総光合成速度の回帰式係数と相関係数							
	(光強度 1.0cal, 温度 25℃)				(光強度 0.6cal, 温度 25℃)			
	a	b	c	R	a	b	c	R
グループA	7.97	-5.82×10^{-2}	-2.94×10^{-3}	0.945**	5.87	-3.91×10^{-2}	-2.01×10^{-2}	0.935**
グループB	6.05	-1.29×10^{-2}	-1.86×10^{-3}	0.833*	4.77	-4.14×10^{-3}	-1.30×10^{-3}	0.804**
グループC	6.25	1.63×10^{-3}	-3.34×10^{-3}	0.873**	5.04	1.05×10^{-2}	-2.85×10^{-3}	0.859**
グループD	7.93	-1.95×10^{-2}	-2.06×10^{-2}	0.721	6.06	3.97×10^{-3}	-1.00×10^{-3}	0.654

注 $Pg=a+bD+cD^2$ Pg: 個体群総光合成速度 (g CO₂/m²・hr.) D: 出穂日基準日数 (日)
 グループA, B, C, D: 第6表脚注参照
 Rは重相関係数で、数値の後の*, **は5, 1%水準で有意を示す。

区で生育の進展とともに生育量が増加してそれに伴い呼吸速度は大となるが、出穂期前後を境にして次第に低下していくのが認められた。そこで、生育量の似た各グループ毎に呼吸速度を出穂日基準日数に対して二次回帰させ、その結果を第6表に、またその一例を第4図に示した。回帰式が5%水準以上で有意となったのはグループAとCであった。生育量の多いグループAは個体群呼吸速度の最高値は出穂日より前に、生育量の小さいグループCは逆にそれが出穂後に認められた。

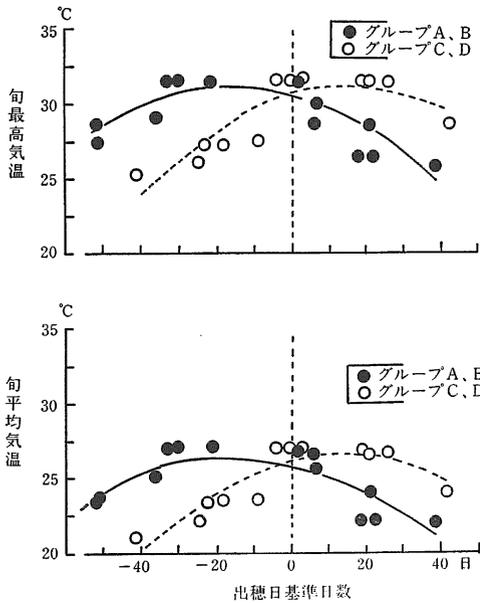
3. 個体群光合成速度の生育に伴う推移

各実験区各測定日毎に一日あるいは半日の全天日射量の変化に伴うみかけの光合成速度の日内変化（測定点23～90）を整理して、光の強さと総光合成速度の関係を求め、その結果を村田らの式に当てはめた。その場合同時に測定した暗呼吸速度を加えて総光合成速度とし、結果を第5表に示した。回帰させた式は直角双曲線でいずれも5%水準以上で有意であった。回帰式の係数（第5表参照）Pは、漸近線を示すからそれぞれの測定時期の理論的な最大光合成速度を示していることになる。この値を出穂日を基準にした日数と対応させてみると、-20日から10日頃に最高値を示し以後次第に減少していくことがわかる。しかし呼吸速度の推移の項で認められたように生育量の違うグループ間で最高値を示す時期がやや異なった。またもう一つの回帰係数Kは直角双曲線の立ち上がりの勾配を示している。生育量の極端に小さい頃はいかかって値が高いが生育とともに小さくなり、生育量



第4図 個体群光合成速度および呼吸速度の生育に伴う推移の1例
 注: 上段 光強度 1.0cal/cm², 気温25℃
 下段 気温 25℃

が増大するに伴い再び大きくなり登熟後半になると低下する傾向を示した。これは生育量の小さい時期は光合成の光反応曲線が飽和型を示すが次第に不飽和型になり直線的になっていき、光合成量が低下するにつれて飽和型^{6,7)}に変化していくことを示している、既往の結果と良く一致した。以上の結果を次のような考えかたでさらに整理してみた。即ち、総光合成速度も呼吸ほどではないが温



第5図 生育に伴う気温の推移

度に対して変化すると言われている³⁾。本実験では、光合成の温度に対する反応を測定していないので武田らの示した次式を当てはめて各実験区各測定日の結果を、温度を25℃に換算した。

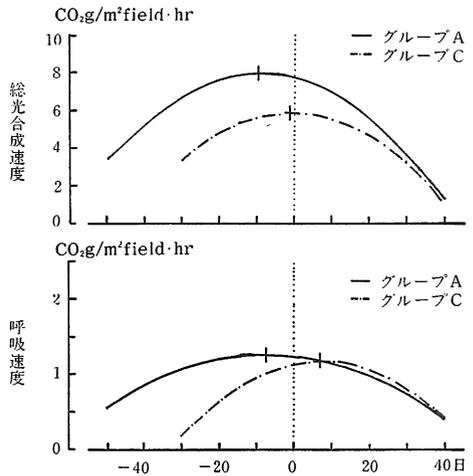
$$Pg = -7.54 \times 10^{-2} + 1.3 \times 10^{-2}T - 2.45 \times 10^{-4}T^2$$

ここで、 Pg は総光合成速度を、 T は気温を示す。

温度25℃に揃えた個体群総光合成速度の生育に伴う推移を各グループ毎に光の強さ1.0と0.6 cal./cm²の二段階について二次曲線に回帰させて第7表に、その一例を第4図に示した。グループDを除くと回帰式はいずれも5%水準以上で有意で、呼吸速度の推移よりもやや早く最高値となり生育量の少ないグループはそれが遅く、生育量の多いグループは早い傾向が認められた。

考 察

本実験で得られた個体群呼吸速度と光合成速度の推移に対し、見掛けのエネルギー転換効率という観点から検討を加える。とくに極早生と早生中生成種の結果から転換効率を作期との関連で考えてみる。結果の項では呼吸、光合成とも25℃に温度を揃えて生育に伴う推移を整理したが、呼吸、光合成とも温度に支配されることから生育に伴う推移を温度を揃えて比較するのは現実的ではない。ここで、7月中、下旬に出穂したグループC、Dと8月中、下旬に出穂したグループA、Bの各測定日の気温の推移を第5図に示した。この図から分かるよう



第6図 生育段階の温度条件を考慮した個体群光合成速度と呼吸速度の推移

注：上段 光の強さ1.0 cal/cm²、旬最高気温
下段 旬最高気温

にグループA、Bは出穂前20日頃を最高値とし以後次第に低温となっていくのに対し、グループC、Dは出穂期から出穂期25日頃に最高値となり、気温の推移がはっきりと異なった。そこで生育段階の温度条件を考慮して個体群光合成(光の強さ1.0と0.6 cal./cm²)と呼吸速度を計算して第8、9表にまたその一例を第6図に示した。温度条件としてはそれぞれの生育段階ごとの松江における旬最高気温と平均気温を用いて換算した。光合成に対する回帰式はグループDを除いて他は5%水準以上で有意であったが、呼吸に関してはグループA、Cのみが5%水準以上で有意であった。第8、9表の回帰曲線から呼吸と光合成の値が最大値に達する生育段階を求めると、25℃に温度を揃えて比較した結果と同じくおよそ光合成の最大値を示す日が呼吸のそれよりも早かったが、この傾向は光の強さ1.0 cal./cm²、最高気温の条件下でより明瞭であった。総光合成を固定エネルギー量と対応しているとすれば、総光合成と呼吸の差は固定エネルギーの歩留まりの大小を示すことになり、総光合成に対する呼吸の割合が大きくなれば固定エネルギーの歩留まりが低下し見掛けのエネルギー転換効率が低下すると考察できる。そこで、総光合成に対する呼吸の比(R/Pg)を上記回帰曲線から求め、25℃に温度を揃えた場合と生育段階の温度を考慮した場合についてその推移を出穂日を基準にした前後30日について第7図に示した。この図から光合成呼吸の回帰式がともに有意となったグループA、Cについてみると、両者とも同じ傾向を示し

第8表 生育段階の温度条件を考慮した個体群総光合成速度の生育に伴う推移回帰式係数

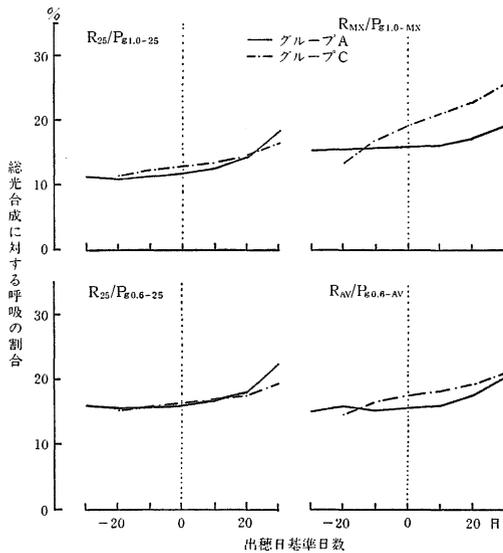
グループ名	個体群総光合成速度の回帰式係数と相関係数							
	(光強度 1.0cal, 旬最高気温)				(光強度 0.6cal, 旬平均気温)			
	a	b	c	R	a	b	c	R
グループA	7.78	-5.30×10^{-2}	-2.78×10^{-3}	0.939**	5.83	-4.16×10^{-2}	-2.07×10^{-3}	0.935**
グループB	5.87	-9.53×10^{-3}	-1.73×10^{-3}	0.822*	4.76	-6.47×10^{-3}	-1.37×10^{-3}	0.813*
グループC	5.98	-5.81×10^{-3}	-3.03×10^{-3}	0.853**	5.03	1.26×10^{-2}	-2.93×10^{-3}	0.860**
グループD	7.70	-2.58×10^{-2}	-2.04×10^{-3}	0.665	6.10	6.93×10^{-3}	-1.13×10^{-3}	0.721

注 $Pg = a + bD + cD^2$ Pg : 個体群総光合成速度 (g CO₂/m²・hr.) D : 出穂日基準日数 (日)
 グループA, B, C, D: 第6表脚注参照
 R は重相関係数で、数値の後の*, **は 5, 1%水準で有意を示す。

第9表 生育段階の温度条件を考慮した個体群呼吸速度の生育に伴う推移回帰式係数

グループ名	個体群呼吸速度の回帰式係数と相関係数							
	(旬最高気温)				(旬平均気温)			
	a	b	c	R	a	b	c	R
グループA	1.24	-5.86×10^{-3}	-3.91×10^{-4}	0.749**	9.05×10^{-1}	-3.89×10^{-3}	-2.55×10^{-4}	0.611*
グループB	1.01	3.79×10^{-3}	-1.97×10^{-4}	0.644	7.76×10^{-1}	-2.05×10^{-3}	-1.59×10^{-4}	0.625
グループC	1.15	1.02×10^{-2}	-7.35×10^{-4}	0.746*	8.81×10^{-1}	6.55×10^{-3}	-5.50×10^{-4}	0.737**
グループD	2.06	-6.37×10^{-3}	-5.35×10^{-4}	0.444	1.62×10^0	-9.00×10^{-3}	-4.73×10^{-4}	0.433

注 $Pg = a + bD + cD^2$ R : 個体群呼吸速度 (g CO₂/m²・hr.) D : 出穂日基準日数 (日)
 グループA, B, C, D: 第6表脚注参照
 R は重相関係数で、数値の後の*, **は 5, 1%水準で有意を示す。



第7図 個体群総光合成に対する呼吸の割合の推移

注: R_{25} 25℃換算した呼吸速度
 $Pg_{1.0-25}$ 温度25℃での1.0cal/cm² 総光合成
 Mx 最高気温
 Av 平均気温

生育後期になるほど R/Pg 比が次第に大きくなっていくことが分かる。呼吸は全乾物重に比例するので、重量増加が生育後期まで続くことから、出穂期前後に最大に

なる葉面積に影響される光合成との比が生育後期になると大となるとの報告と一致する。さらに生育時期の温度を考慮した場合は高温下で登熟するグループCは登熟盛期の R/Pg 値が高く、グループCはグループAに対し10~30%値が大きかった。したがって見掛けの光合成量(総光合成量-暗呼吸量)、純生産量(乾物生産量)、ひいては見掛けのエネルギー転換効率も低下すると考えられる。生育後期になると温度の影響を受けやすい維持呼吸が全呼吸に占める割合が高くなるのでエネルギー転換効率が高温下で低下するとした村田の考え³⁾と一致する。このことから、極早生品種を日射量の多い盛夏期に出穂させ多収を考える早期栽培は日射量の利用面では有利になるが、補足したエネルギーを乾物に転換する効率としては、より低い気温になってから出穂する品種や作期に比べて低い値となる可能性を示している。しかしグループA, Cは出穂期の違い以外に生育量の違いもあり、登熟期の気温のみに注目してよいかという問題は残る。ここで極早生ではあるが生育量の多いグループDについて考察する。このグループは回帰式がいずれも有意ではなかったが、気温25℃に揃えて比較した R/Pg 比が他のグループとは異なり生育の進展とともに低下した。これは呼吸の最大値が光合成の最大値よりも早かったことが理由であるが、武田らの測定した例でも基肥を多くして栄養生長量を増大させると呼吸の最大値が出穂期よりかなり前に来ている。本実験でもグループDは乾物重がどのグループよりも大きく推移していた。一方生育段階の

温度条件を考慮したグループDの R/Pg 比（光の強さ 1.0cal./cm^2 ，旬最高気温）は生育の進展に連れて変化しなくなった。これは呼吸と光合成が最大になる時期が一致し，呼吸と光合成の比が全期間を通じて変わらなかったからであるが，登熟期が高温であったため生育後期になっても R/Pg 比が高く維持されたことになり，グループCと同様，出穂期が高温であると見掛けのエネルギー転換効率が低くなる可能性を示していることになる。またグループDは LAI の量の割には光合成量が他のグループに比べて少なく，その結果 R/Pg 比が高くなっている。その理由としては LAI が大きく相互遮蔽により受光態勢が悪化したこともその一つかも知れない。グループA，B，Cは収量水準が低く（第1表），多収であったグループDの動きは重視する必要がある今後の検討課題としたい。

ま と め

生育の推移につれて測定した光合成と呼吸の測定値を整理，換算し出穂前20日から出穂後30日の呼吸光合成比を求めた結果 R/Pg 比は7月末に出穂すると8月中旬以降に出穂したものに比べて約10～20%程度値が大きくなった。このことは，作期，出穂期が異なり，温度環境が変わると，見掛けのエネルギー転換効率が影響される可能性を示したことになる。従来作期の策定において収量生産期の日射量の多少がややもすると重視されているが，真の意味の適作期を考えるにはエネルギー転換効率

の面からの検討も必要であるので，本報告で得られた結果はその手掛かりになるものと考えられる。しかし，転換効率は吸収した日射量に対する固定エネルギー量であるので単純に呼吸と光合成の比ではない。従って次報において，葉面積と吸光係数からエネルギー吸収量の推定を，光合成呼吸測定値から一日当たりのエネルギー固定量を試算し，一日単位のエネルギー転換効率を算出し，本報告の結果を考察する予定である。

引用文献

1. 堀江 武：農技研報告A 28：2-81，1981.
2. 鈴木 守・中村公則：日作紀 46(4)：530-536，1977.
3. 村田吉男：光合成と物質生産（宮地・村田編）理工学社 東京 1980，P.420-421，P.499-498.
4. 山田 登・村田吉男・長田明夫・猪山純一郎：日作紀 23(2)：214-222，1954.
5. 村田吉男・猪山純一郎：日作紀 31(4)：315-322，1963.
6. 村田吉男・長田明夫・猪山純一郎：日作紀 26(2)：159-164，1957.
7. 武田友四郎・玖村敦彦：日作紀 26(3)：165-175，1958.
8. 武田友四郎・玖村敦彦：日作紀 45(1)：139-150，1976.