

# ハマヒルガオおよびアサガオの体制と生産

研修員 毛原亮照\*

この研究は地下茎を長く引き、茎が匍匐<sup>ほふく</sup>する多年草のハマヒルガオ (*Calystegia So-*  
*ldanella* Roem. et Schult. ) と分類学上同じ科に属し体制の異なる一年草のアサガオ (*Pharbitis Nil* Choisy ) についてエネルギー収支を調べたものである。

単位重量あたりの光合成量は匍匐<sup>ほふく</sup>性のハマヒルガオでは若い葉も古い葉もあまり差がなく、つる性で上に伸びるアサガオでは若い葉の方が古い葉よりも多いことがわかる。また植物一単位としては一年草で上に伸びるアサガオが、多年草のハマヒルガオに比べて同化作用、異化作用とも活発で、しかも同化量がまさり生長量も多いという結果を得ている。

## 1 はじめに

ハマヒルガオは海岸の砂地に生育する多年草で、地上部に比べたいへん大きな地下茎をもっている。茎はまれに物に巻きついて上に伸びるが、ほとんどは地上に匍匐<sup>ほふく</sup>し、砂にうずもれても枯れることなく新しい芽を出すような旺盛な生活力をもっている。

一方同じ科に属するアサガオは観賞用として栽培される一年草で、茎はつる性で物に巻きつき上に伸び地下茎はなく、地上部が地下部に比べて大きい。

緑色植物は光合成によって生活のためのエネルギーを得ており、一方では呼吸によるエネルギーの消費が各器官で行なわれている。この場合呼吸の全量に比して葉で行なわれる光合成が上まわった分量だけ植物体に有機物が蓄積されることになる。

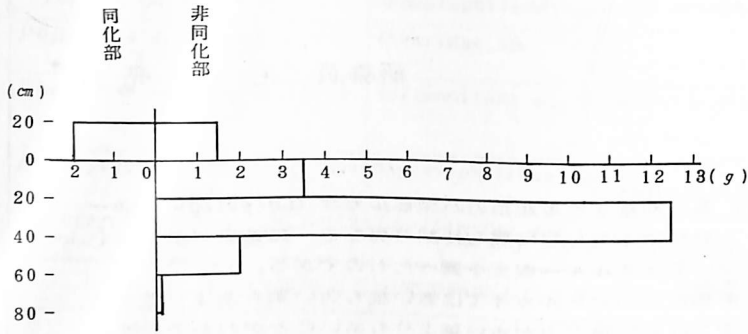
筆者は匍匐<sup>ほふく</sup>性のハマヒルガオと、分類学上は同じ科に属するがつる性で上に伸び体制の異なるアサガオのエネルギー収支について調べ、体制の違いとエネルギー収支の関連について考察した。なおこの実験は植物の生長の盛んな5月から8月にかけて行なったものである。

## 2 実験方法と結果

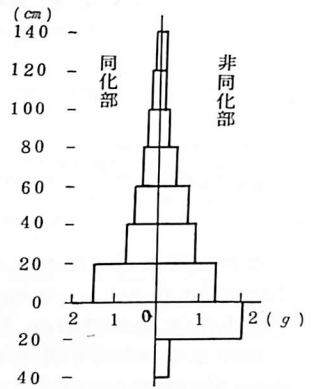
### (1) 同化部と非同化部の乾燥重量比

植物のエネルギー収支を考える場合には光合成と呼吸が行なわれる同化部と、呼吸だけを行なう非同化部の二つに分けて考える必要がある。そこで同化部と非同化部の乾燥重量比をとってみた。高さ20 cmごとに乾燥重量を測定し5個体の平均をとり構造図で表わしたのが(図1)(図2)である。ハマヒルガオでは同化部と非同化部の比が約1:10, アサガオは約1:2であり、ハマヒルガオの非同化部、とくに地下茎の部分が多いのが特徴である。

\* 両津市立理科教育センター 両津市立両津小学校教諭



(図1) ハマヒルガオの乾燥重量



(図2) アサガオの乾燥重量

(2) 光合成量と補償点

正常の光合成では吸収される二酸化炭素と放出される酸素の量の容積比(光合成商)は1であるので、放出される酸素の量によってハマヒルガオとアサガオの光合成量を測定し、それをもとに光合成曲線から補償点を求めた。

① 実験装置

光合成簡易定量装置と蛍光灯簡易光源装置を(図3)のようにセットした。

② 実験方法<sup>1)</sup>

ア 二酸化炭素緩衝液(0.1M・K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>と0.1M・KHCO<sub>3</sub>の容積比1:1の混合液)を大型試験管に10cmほどとり、試験管の内壁に二酸化炭素緩衝液をしみこませたる紙を底の二酸化炭素緩衝液につくように入れ、銅網に測定する葉を固定した。ガス漏れのしないようにしっかりとゴムせんをした。この実験に用いた葉は実験終了後取り出して方眼紙に写し取り面積を測定した。

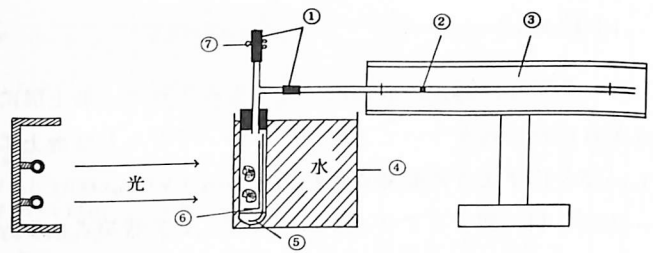
イ 細いガラス管(内径1mm)の管内に約0.5cmの長さにはスポイトで指標液を入れてT字管のゴム管(①)、あるいは目盛板(③)を動かして指標液(②)を0の位置に合わせた。

ウ コントロールとして葉を入れない光合成簡易定量装置を同様にセットした。

エ 8000Lux, 5000Lux, 2500Lux, 1000Lux, 0Lux(アルミはくで試験管を包み暗黒にしたもの)の各照度で測定を行なった。水そうの水は外界との温度差をなくすため室温29℃に調整した水を使った。

③ 結果

ハマヒルガオの若い葉と古い葉, アサガオの若い葉と古い葉について5分間ごとに変化量を読み取り,



(図3) 実験装置セット模式図

- ①…ゴムかん, ②…指標液, ③…目盛板, ④…水そう
- ⑤…ろ紙, ⑥…銅網, ⑦…ピンチコック

(表1) ハマヒルガオの葉の測定結果(29°C)

照度	項目	時間(分)							
		0	5	10	15	20	25	30	
8000 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 ( $\frac{cm^3}{cm^2} \times 10^{-2}$ )	若い葉	0	0.15	0.34	0.48	0.62	0.71	0.87
		古い葉	0	0.15	0.26	0.37	0.48	0.56	0.70
	乾量1gあたりの変化 ( $\frac{cm^3}{g}$ )	若い葉	0	0.38	0.86	1.22	1.57	1.80	2.21
		古い葉	0	0.48	0.83	1.17	1.52	1.78	2.22
5000 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 ( $\frac{cm^3}{cm^2} \times 10^{-2}$ )	若い葉	0	0.10	0.23	0.33	0.44	0.51	0.60
		古い葉	0	0.07	0.15	0.22	0.30	0.38	0.44
	乾量1gあたりの変化 ( $\frac{cm^3}{g}$ )	若い葉	0	0.25	0.58	0.84	1.12	1.29	1.52
		古い葉	0	0.22	0.48	0.70	0.95	1.21	1.40
2500 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 ( $\frac{cm^3}{cm^2} \times 10^{-2}$ )	若い葉	0	0.03	0.06	0.12	0.17	0.24	0.28
		古い葉	0	0.03	0.07	0.10	0.14	0.21	0.26
	乾量1gあたりの変化 ( $\frac{cm^3}{g}$ )	若い葉	0	0.08	0.15	0.30	0.43	0.61	0.71
		古い葉	0	0.10	0.22	0.32	0.44	0.67	0.83
1000 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 ( $\frac{cm^3}{cm^2} \times 10^{-2}$ )	若い葉	0	0.04	0.06	0.09	0.11	0.12	0.14
		古い葉	0	0.02	0.05	0.06	0.08	0.10	0.11
	乾量1gあたりの変化 ( $\frac{cm^3}{g}$ )	若い葉	0	0.13	0.19	0.29	0.35	0.39	0.44
		古い葉	0	0.05	0.13	0.15	0.20	0.25	0.28
0 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 ( $\frac{cm^3}{cm^2} \times 10^{-2}$ )	若い葉	0	-0.10	-0.18	-0.30	-0.39	-0.51	-0.59
		古い葉	0	-0.08	-0.13	-0.18	-0.24	-0.32	-0.37
	乾量1gあたりの変化 ( $\frac{cm^3}{g}$ )	若い葉	0	-0.25	-0.46	-0.76	-0.99	-1.29	-1.50
		古い葉	0	-0.25	-0.41	-0.57	-0.76	-1.02	-1.17

30分間測定した。葉の1 cm<sup>2</sup>あたりの変化量および乾量1 gあたりの変化量を表わしたのが(表1)(表2)である。

横軸に反応時間, 縦軸に1 gあたりの変化量をとるとほぼ原点を通る直線上に並び光合成量は時間に比例しており, 照度が大いほど同化量が多いことがわかる。グラフから外そう法により1時間の同

(表2) アサガオの葉の測定結果(水温29℃)

照度	項目	時間(分)							
		0	5	10	15	20	25	30	
8000 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> × 10 <sup>-2</sup> )	若い葉	0	0.32	0.56	0.94	1.07	1.67	2.11
		古い葉	0	0.08	0.16	0.24	0.30	0.38	0.44
	乾量1gあたりの変化 (cm <sup>3</sup> /g)	若い葉	0	1.35	2.36	3.97	4.51	7.05	8.90
		古い葉	0	0.43	0.86	1.28	1.60	2.03	2.35
5000 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> × 10 <sup>-2</sup> )	若い葉	0	0.22	0.47	0.57	0.80	0.91	0.98
		古い葉	0	0.07	0.11	0.16	0.20	0.25	0.28
	乾量1gあたりの変化 (cm <sup>3</sup> /g)	若い葉	0	0.93	1.98	2.41	3.38	3.84	4.14
		古い葉	0	0.37	0.59	0.86	1.07	1.34	1.50
2500 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> × 10 <sup>-2</sup> )	若い葉	0	0.07	0.14	0.18	0.25	0.31	0.35
		古い葉	0	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13
	乾量1gあたりの変化 (cm <sup>3</sup> /g)	若い葉	0	0.30	0.59	0.76	1.05	1.31	1.48
		古い葉	0	0.11	0.21	0.37	0.48	0.59	0.70
1000 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> × 10 <sup>-2</sup> )	若い葉	0	-0.06	-0.12	-0.17	-0.24	-0.29	-0.30
		古い葉	0	-0.02	-0.03	-0.04	-0.06	-0.08	-0.09
	乾量1gあたりの変化 (cm <sup>3</sup> /g)	若い葉	0	-0.25	-0.51	-0.72	-1.01	-1.22	-1.27
		古い葉	0	-0.11	-0.16	-0.21	-0.32	-0.43	-0.48
0 Lux	1 cm <sup>2</sup> あたりの変化 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> × 10 <sup>-2</sup> )	若い葉	0	-0.16	-0.33	-0.42	-0.64	-0.73	-0.84
		古い葉	0	-0.04	-0.07	-0.10	-0.13	-0.18	-0.22
	乾量1gあたりの変化 (cm <sup>3</sup> /g)	若い葉	0	-0.68	-1.39	-1.77	-2.70	-3.08	-3.54
		古い葉	0	-0.21	-0.37	-0.53	-0.70	-0.96	-1.18

化量を求め、その数値をもとにして横軸に照度(Lux)、縦軸に1gあたりの変化量(cm<sup>3</sup>/g)をとり光合成曲線を求めたのが(図4)(図5)である。

この図からハマヒルガオ、アサガオの見かけの同化量、ならびに真の同化量が求められる。ハマヒルガオは若い葉も古い葉も同化量にあまり差がみられませんが、アサガオの若い葉と古い葉の同化量には大

きな差があり、若い葉は光合成が盛んである。

乾量1gあたりの光合成量をみるとアサガオの方が多く、8000Luxの場合ハマヒルガオで7.28 $cm^3/g$ ,アサガオで15.17 $cm^3/g$ である。また1個体の光合成量はハマヒルガオが14.56 $cm^3$ ,アサガオが53.85 $cm^3$ である。

また(図4)(図5)から補償点が求められ、ハマヒルガオは800Lux~900Lux,アサガオは1600Lux~1700Luxであり、ハマヒルガオの補償点の方が低い。したがってハマヒルガオはアサガオに比べ、弱い光でも同化量が呼吸量を上まわることになる。

### (3) クロロフィルの定量

クロロフィルは光合成の明反応において最初に光を受けとめる重要な働きをもっていて、光合成量をきめる一つの要因である。それで光合成量とクロロフィル量との関係を見るためフェオフィチン法によってクロロフィル量を定量した。フェオフィチン法はクロロフィルからマグネシウムをはずし安定したフェオフィチンに変化させて比色定量する方法である。

#### ① 実験方法<sup>2)</sup>

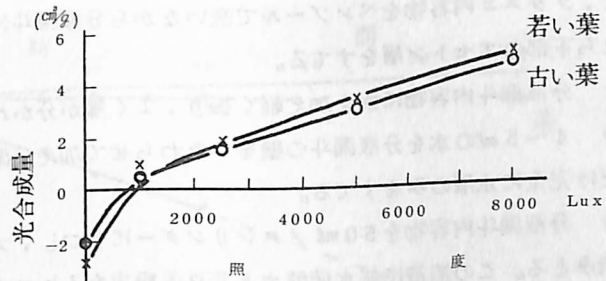
実験の手順は次のように行なった。

ア 20 $cm^2$ 位の葉を取り半分に切りそれぞれの面積をはかる。生量または乾量あたりのクロロフィル量を計算するため測定しない半分を使って葉面積と生量および乾量の関係を調べる。

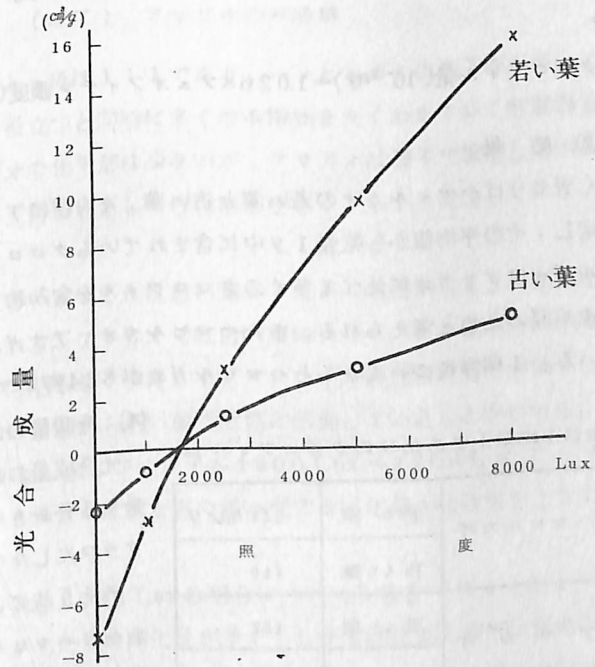
イ 試料を細かく切り乳鉢ですりつぶして80%アセトン5mlを加え、続いて濃塩酸を2~3滴加える。クロロフィルはフェオフィチンに変化し緑色からかっ色に変化する。

ウ 乳鉢の内容物を小漏斗でろ過し、それを100ml三角フラスコへ移し、80%アセトンでろ紙の色が消えるまでよく洗う。

エ 100mlの分液漏斗に少量のベンゾールを入れて、活せんからの漏れがないように活せんをしめ



(図4) ハマヒルガオの光合成曲線



(図5) アサガオの光合成曲線



らせ、フラスコ内容物をベンゾールで洗いながら分液漏斗にうつす。アセトンとベンゾールの層が分かれたら下部のアセトン層をすてる。

オ 分液漏斗内容物に水を加え軽く振り、よく層が分かれてから水層をすてる。

カ 4~5 mlの水を分液漏斗の壁をつたわらせて加え、漏斗を静かにまわしてよく内壁を洗い、できるだけ完全に水層のみをすてる。

キ 分液漏斗内容物を50 mlメスシリンダーにうつし、フェオフィチンのベンゾール溶液の容積(ml)を読みとる。この溶液に無水硫酸ナトリウム粉末を入れて透明にする。

ク 透明になった溶液を光電比色計のキュベットに入れ、赤色フィルター(660 mμ)を通した光で透過度(%)を読み、フェオフィチン濃度・透過度曲線(田崎氏のフェオフィチン濃度・透過度曲線を使用)からフェオフィチン濃度(10<sup>-2</sup> mg/ml)を求める。なお試料中のクロロフィル量を次の式で求める。

$$\text{クロロフィル量}(10^{-2}\text{mg}) = 1.026 \times \text{フェオフィチン濃度}(10^{-2}\text{mg/ml}) \times \text{ベンゾール溶液容積}(ml)$$

② 結果

(表3)はハマヒルガオの若い葉と古い葉、ならびにアサガオの若い葉と古い葉をそれぞれ二回ずつ測定し、その平均値から乾量1 g中に含まれているクロロフィル量を算出し表わしたものである。ハマヒルガオはアサガオに比べて多くのクロロフィルを含み約2倍である。これはハマヒルガオの葉の形が小さく厚いためと考えられる。またハマヒルガオ、アサガオとも古い葉ほど多くのクロロフィルを含んでいる。1個体についてみるとハマヒルガオが82.4 mg, アサガオが75.6 mgで大きな差がない。

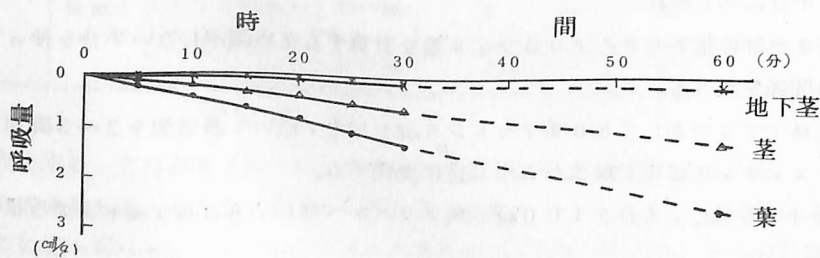
(表3) 乾量1 gあたりのクロロフィル量

ハマヒルガオ	若い葉	38.4 mg/g
	古い葉	44.0
アサガオ	若い葉	18.2
	古い葉	24.4

(4) 呼吸量の測定

光合成量の測定に用いた装置で茎、根(地下茎)の呼吸量を5分おきに読みとり30分間測定した。測定の結果をグラフにしたのが(図6)(図7)である。

外そう法により1時間の呼吸量を求めると乾燥重量1 gあたりハマヒルガオの葉が2.60 cm<sup>3</sup>/g, 茎が1.30 cm<sup>3</sup>/g, 地下茎が0.20 cm<sup>3</sup>/gであり、アサガオは葉が4.79 cm<sup>3</sup>/g, 茎が0.46 cm<sup>3</sup>/g, 根が0.46 cm<sup>3</sup>/gである。ハマヒルガオ、ア



(図6) ハマヒルガオの呼吸量

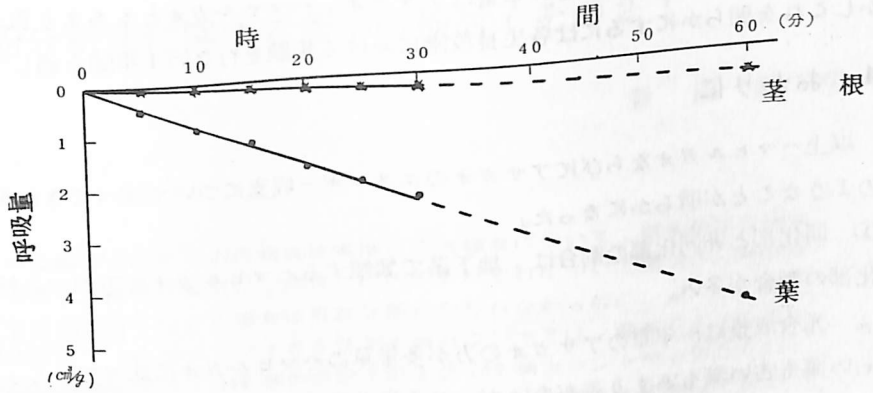
サガオとも葉の呼吸量が一番多く、活発に活動していることがわかる。アサガオは茎、根とも呼吸量は同じであるが、ハマヒルガオでは茎の呼吸量の方が地下茎に比べて多い。

ハマヒルガオおよびアサガオの体制と生産(毛原)

1 個体についてみるとハマヒルガオは  $10.77 \text{ cm}^3$  であり、アサガオは  $20.01 \text{ cm}^3$  である。

3 考 察

(1) 同化部と非同化部の割合をみるとハマヒルガオの非同化部の割合が多くなっているが、地上部における同化部



(図7) アサガオの呼吸量

と非同化部の割合はハマヒルガオ、アサガオともほぼ 1 : 1 であり、ハマヒルガオの地下部が多いことになる。ハマヒルガオの地下茎は栄養生殖に役立つと同時に多くの有機物をたくわえておく貯蔵器官となっていることがわかる。これに対しアサガオの地下部は少ないが、アサガオは種子で繁殖し茎がつる性で物に巻きついて体を支持するため、根の支持器官としての役割が小さく、あまり発達していないためと思われる。

(2) クロロフィル量は若い葉よりも古い葉に多いが、これは古い葉が下において光がじゅうぶんあたらないので、低照度をカバーするためと考えられる。アサガオでは古い葉にクロロフィル量が多いのに、同じ照度における光合成量が若い葉よりもいじむしく少なく、クロロフィルの光合成能力が低下していると考えられる。また若い葉の呼吸量が多いことから若い葉が活発に活動していることがわかる。

(3) 補償点はハマヒルガオが  $800 \text{ Lux} \sim 900 \text{ Lux}$ 、アサガオが  $1600 \text{ Lux} \sim 1700 \text{ Lux}$  でハマヒルガオの方が低い。したがって多年草のハマヒルガオは秋などの弱い光でも同化量が呼吸量を上まわって有機物が蓄積される結果になる。

(4) ハマヒルガオとアサガオのエネルギー収支を  $8000 \text{ Lux}$  の場合についてみると(表4)のようになる。アサガオの光合成量が多いのは乾量  $1 \text{ g}$  あたりの同化量が多く、しかも同化部と非同化部の比がハマヒルガオに比べて同化部の割合が多いことから当然であるが、呼吸に使われるエネルギーの割合も少なく、同化量の半分以上が蓄積され、エネルギー収支は差引き大きな値を示している。それに比べハマヒルガオではほとんどが呼吸に使われ蓄積される量が少なくエネルギー収支の差は小さいことになる。これはアサガオはとくに生長の盛んな花の咲く少し前の時期における実験であり、ハマヒルガオは花の咲き終わった時期における実験であるためとも考えられるが、アサガオは一年草であり生長の期間が短かく、生長速度が速いことからと思われる。ハマヒルガオは多年草であり1時間に蓄積される量は少ないが、年間に蓄積される量は多くな

(表4) エネルギー収支 ( $8000 \text{ Lux}$  の場合)

種	項目	光合成量	呼吸量	光合成量 - 呼吸量
ハマヒルガオ		$14.56 \text{ cm}^3$	$10.77 \text{ cm}^3$	$3.79 \text{ cm}^3$
アサガオ		5385	2001	3384

り、1年間に同化され蓄積される量はアサガオ、ハマヒルガオともあまり差がないものと思われる。しかしこれを明らかにするには各生長段階における実験を行ない1年間を通しての調査が必要である。

#### 4 おわりに

以上ハマヒルガオならびにアサガオのエネルギー収支について述べてきたが、これによっておよそ次のようなことが明らかになった。

- ① 同化部と非同化部の割合は、地下茎で繁殖するハマヒルガオの方がつる性のアサガオに比べて非同化部の割合が多い。
- ② 光合成量は一年草のアサガオの方が多年草のハマヒルガオに比べて多く、匍匐性のハマヒルガオは若い葉も古い葉もあまり差がないが、つる性のアサガオは若い葉と古い葉では大きな差がある。
- ③ 若い葉は古い葉に比べて光合成も呼吸も盛んに行なわれている。
- ④ ハマヒルガオの補償点は800 Lux～900 Luxであり、アサガオは1600 Lux～1700 Luxである。
- ⑤ 単位乾燥重量あたりのクロロフィル量は若い葉よりも古い葉に多い。
- ⑥ 根(地下茎)、茎、葉のうちで呼吸の盛んなのは葉である。
- ⑦ エネルギー収支の差が大きいのは多年草で匍匐性のハマヒルガオよりも一年草でつる性のアサガオの方である。また有機物の蓄積される量もアサガオの方が多い。

これらはこの植物の生活史の中の一断面を実験室で行なった結果であり、この結論をそのまま自然の生育地での植物にあてはめることはできない。したがって今後は生活史の研究と各生長段階における実験を行なうことが課題である。

今後はこの研究を手がかりとして研究を深めていきたい。

#### 文 献

- 1) 全国理科教育センター研究協議会編：生物実験の定量化 学習研究社(1971)
- 2) 田嶋忠良，田口亮平：実験植物生理生態学実習 養賢堂(1970)
- 3) James Bonner, Arthur W. Galston：植物の生理 岩波書店(1971)
- 4) H. Lundegårdh：植物実験生態学 岩波書店(1969)
- 5) 牧野富太郎：新日本植物図鑑 北隆館(1962)