

キリエダの CO₂ 同化*

大学院学生 根岸賢一郎 助教授 佐藤大七郎

Ken'itiroo NEGISI and Taisitiroo SATOO:

The Effect of Detachment on Apparent Photosynthesis of Akamatu
(*Pinus densiflora*) and Matebasii (*Lithocarpus edulis*) Seedlings.

同化量をはかる材料に しばしばキリエダ (またはキリハ) がもちいられる。キリエダはとりあつかいの点で すぐれているだけでなく 室内ではハチウエや水耕ナエをのぞけば キリエダにしないかぎり はかることはむずかしい。ところで その同化量は 母体についたままのばあいと おなじだろうか。2・3 の報告^{1,2,3,4)} があるが おおくの研究がキリエダをもちいてすすめられてきたわりには しらべられていないようだ⁵⁾。

この問題を取りあげた直接の動機は われわれのあつかう材料について この点をあきらかにしたいとおもつたからだ。またひとつには これまでよりもはるかにながい時間の測定をおこなつて サシキをおこなつたばあいの 同化作用がどうなるか (サシホもキリエダとかんがえてよい) のミトオンがえられるとかんがえた。

実 験

測定のほとんどは 1953 年秋に のこりは 54 年秋におこなつた。材料はアカマツがおもで マテバシイについてもしらべた。同化量は同化箱をとすまえの空気の CO₂ 濃度と とおした

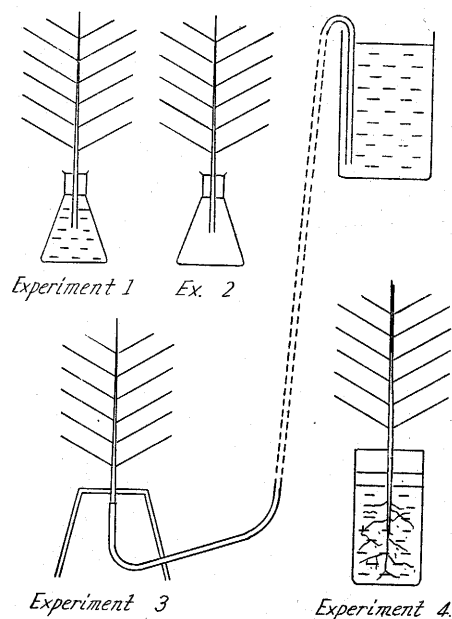
1 表 処 理 の 方 法

| 実験 | 処 理 | はかった数 | |
|----|--|-------|-------|
| | | アカマツ | マテバシイ |
| 1 | 地上部をきりとりキリクチを水につける | 4 | 3 |
| 2 | 地上部をきりとり 水はあたえない | 2 | 2 |
| 3 | 地上部をきりとり圧力のかかった水 (落差 1 m ほど) をキリクチからあたえる | 2 | — |
| 4 | 全体をほりとつてネの部分を水にいれる | 1 | — |
| 5 | 1 の処理について湿度をかえる 湿度 70% | 4 | — |
| | | 100% | 4 |

* 研究費の一部は 29 年度文部省科学研究助成補助金によつた

あとの濃度とのチガイからもとめた。まえにのべた⁶⁾とおなじ CO_2 をはかる装置 条件をととのえる装置をつかつた。

実験 1, 2, 3, 4.—1953 年秋 (10~11 月) の測定には ハチウエの 1 年生アカマツと当年生マテバシイをもちいた。ナエにあたえた処理を 1 表にしめす。



1 図 処理ナエのささえかた
Fig. 1. Illustration of test plants
set for measurement.

CO_2 濃度のフレ そのほかの原因からおこる同化量の変化を ある程度チェックするため ハチウエのままのナエを対照として 処理ナエとともに はかつた。測定はつぎのようにすすめた。まえの日の夕方 充分に水をあたえたのち 2 コのハチウエナエを実験室にもちこんでおく。つぎの日の朝 同化箱にいれアカルサ 25,000 lux* 温度 25°C 湿度 60% に調節し ほぼ 30 分おいてから 1 回目の同化量測定をおこなう。ついで処理をあたえるハチをとりだし よくきれるキリダシでハエギワからきりとり 1 図のようにして同化箱にもどし 夕方ちかくまで何回かはかつた。1 回の測定時間は 10 分 3 コの CO_2 定量装置を同時にうごかし 1 コは空気の CO_2 濃度をはかるのにあて のこり 2 コは処理ナエと対照ナエの同化箱に それぞれつないだ。

実験 1 では おなじキリエダについて何日かはかつたが このばあい測定をおえたあとハチはそのまま実験室のクラガリにおいた。つぎの日からの測定のススメカタは 処理のテーマがないことをのぞけば まつたくおなじ。クラガリにおいたあいだの気温は 18~20°C 湿度は 60~80% 対照のハチには 毎日へつただけの水をおぎない またキリエダをいれた三角フラスコの水はとりかえた。

同化量の測定とともに 処理ナエの水分の状態をしらべる目的で 実験 1, 2, 3 については テンピンでキリエダのオモサをはかつた。このときキリクチが空中にさらされるために 実験 1, 3 では水のスイアゲへの影響がかんがえられるが 水にずっとつけたものにとくらべたところあまりひびかないようにみえた。

実験 5.— 1954 年秋 (9~10 月) の測定には 東大農学部内の苗畑にうえられた 5~6 年生のアカマツから ナガサ 15 cm のキリエダをとつて材料にした。キリクチを水につけたばあい (実

* ナエのタカサのなかほどでのアカルサ。20,000 lux ぐらいで同化量は最大になるから充分なアカルサとおもわれる。

験1の処理とおなじ)の空中湿度の影響をしらべるために 湿度 70 % と 100 % のもとでしらべた。

結 果

アカマツ

実験 1.— キリクチを水につけたキリエダでは 2-A 図のようにキリトリのあとしばらく個体によつてちがうが 1~2 時間の同化量は キリトリまえと あまりちがわない。それから急激にへり きわめてひくい値におちついた。(2-A, 2-C 図の同化量はキリエダが きりとられなかつたばあいにしめすと予想される値 expected rate に対する実測値のワリアイでしめた)。

このキリエダをクラガリに つぎの朝までおいてからはかると 3 図のようにキリトリまえの値にちかい同化量をしめたが やがてまえの日とおなじようなスヂミチで ひくい値になった。さらに何日か測定をつづけたが にたような変化がみられた。しかし きりとつてから日がたつにしたがつて 同化はおとろえてゆくようにおもわれる。(3 図には結果の一部をしめた)。

キリエダのオモサは ふくまれる水の量をあらわすとかんがえられるが きりとつたあと急激にへつたのち いくらかふえた。(2-A 図 きりとつたすぐあとのオモサを 100 としめした)。クラガリにつぎの朝までおくと オモサはキリトリまえよりもおもくなるが アカリのもとにおくと ふたたびまえの日とおなじように へりはじめた。何日かつづけてしらべたところ毎日にたようなことが くりかえされた。(3 図)

実験 2.— キリエダに水をあたえないばあいの同化量のヘリカタは 水をあたえたばあいにくらべ いくらかはやく はじまるようで ミカケ同化量はへつてほとんど 0 になるか または呼吸量のほうが おおきくなった。キリエダのオモサのカワリカタにも おなじようにチガイがみられた。(2-A 図)

実験 3.— 2 回の測定にすぎないが キリクチに圧力をかけた水をあたえたばあいは キリクチを水につけたただけの実験 1 にくらべ 同化量のヘリハジメは いくらかおくれるようだ。またオモサのカワリカタについても おなじことがいえるとおもう。(2-A 図)

実験 4.— わずか 1 回の測定だが ネのついたままほりあげて水につけたばあい 同化量への影響は ほとんどないようだ。(2-A 図)

実験 5.— キリクチを水につけたキリエダについて 湿度 70 % と 100 % でしらべたところ 2-B 図のように湿度の影響はきわめておおきかつた。100 % のばあいの同化量のヘリカタは 70 % とくらべ きわめてゆるやかであつた。100 % ではキリエダのオモサがはじめいくらかふえ そのあとへつた。そのヘリカタは同化量のばあいとおなじように ゆつくりであつたが 個体によるバラツキがおおきかつた。(この実験ではキリトリまえにはかることが できなかつたので 2-B 図の同化量は キリトリのあと 35~45 分にえた値に対するワリアイでしめた)。

マテバシイ

実験1と2のばあいについてしらべたが アカマツとほぼおなじ結果をえた。しかし 水をあたえないばあいの同化量のヘリは アカマツにくらべ よりはやくはじまるようだ。(2-C 図)

また実験1のキリエダの同化量を何日かつづけてしらべた結果 アカマツでみられたほどのツナガリによる同化量の回復は みとめられないようで 日がたつにつれて すみやかにおとろえた。(3 図)

か ん が え

キリトリが同化量に おおきな影響をあたえることがわかつた。同化量の変化に平行して キリエダにふくまれる水分のワライイのかわることがみとめられ そのあいだにツナガリがかんがえられる。

キリクチを水につけたキリエダで ふくまれる水のワライイが キリトリまえにくらべ へるのはなぜか。アカマツのナエの地上部をきりとり 実験1の同化量測定とにたような条件のもとで 吸水量と蒸散量の時間的なカワリカタを ポトメーターによりしらべた結果を 4 図にしめた。きりとつたすぐあと 吸水量にくらべて蒸散量のはるかにたかいことが はじめにみられる急激な水分のヘリの原因になつているようだ。この時期には 吸水量は蒸散量にくらべわずかなので キリクチを水につけてあつてもなくても キリエダの水分のヘリカタには あとになつてみられるほどの おおきなチガイはみとめられない。したがつて実験1と2のばあいの同化量もあまりちがわなにかんがえられる。しかし それからしばらくたつと 蒸散量と吸水量がひとしくなり さらに吸水量がいくらかおおくなるので 水分のワライイもある値までさがるとふえはじめ 同化量もある程度までへつたあとは ほぼそのちかくにおちつくとかんがえられる。

キリエダの同化量の変化が ふくまれる水分によるものならば きりとつたあとの吸水量と蒸散量のツライイをたもつことによつて 同化量への影響をふせげそうだ。実験3では キリクチから圧力のかかつた水をあたえることによつて 吸水量をおおくしようところみ また実験5では 湿度を100%にたかめることによつて蒸散量をおさえ キリエダの水分状態がかわらないようにつとめた。いずれのばあいも そのキキメはあるようで とくに湿度をたかめたばあいにいちじるしかつた。このふたつをくみあわせれば さらにおおきなキキメがあるかもしれない。こうしたことから キリエダの水分状態が 同化量の変化のおもな原因のひとつであることは ほとんどたしからしい。

キリトリのすぐあとに キリエダの吸水量と蒸散量のツライイがとれないのは ふたつの作用のあいだのオクレによるものとかんがえられる⁷⁾。しかし実験条件のもとにおくかぎり オクレのすべてをとりもどすことができなかった——いいかえれば キリトリまえの水分含量までもどらないのは なぜだろうか。ネのついたままの植物でも 吸水と蒸散のあいだにオクレのあるこ

とが みとめられており⁸⁾ ネのついたスギナエとネをのぞいたものにと カゼをあててしらべたところ キリトリナエのほうがむしろ吸水と蒸散がつりあうまでの時間が はやかつたという⁹⁾。この点だけをかんがえると キリエダのほうがネのあるばあいより 有利なようにもみえる。それにもかかわらず ネのついたままほりとつて水につけたナエ (実験4) では 同化量への影響がほとんどみとめられなかつた。

植物にふくまれる水のワリアイは 外部の条件とのツリアイによつてきまるとかんがえられるが ネのあるばあいと ネのないキリエダとでは おなじ条件のもとにあつても つりあう水分量がちがうのであろうか。吸水量をふやし (実験3) あるいは蒸散量をおさえ (実験5) ても 結局のところ 水分がへるのをおくらせるだけで もとの値のままにたもつことができなかったことから このようにもかんがえられる。

しかし まつたく条件がかわつて クラガリにひとばんおくと キリエダの水分量はほぼもとの値にもどる。*Hedera colcica* で にたような結果がえられており 光のエネルギーの蒸散へのハトラキカケがおおきいといわれている。³⁾

への水分と同化量の関係は複雑で¹⁰⁾ 気孔とのツナガリもあまりはつきりしない¹¹⁾。ここにえた結果は個体によるバラツキもあつて ふたつのあいだに はつきりした関係をもとめることはむずかしい。しかし われわれにとつて きわめてわずかとしかおもわれない水分の変化が 同化量におおきな影響をあたえるようで このことはヒデリやカゼが 同化作用にどうひびくかをかんがえるばあいの たすけになるだろう。

さて きりとつた材料—キリエダまたはキリハをもちいて同化量をはかることについて これまでどのようにかんがえられてきたか。はじめにものべたように この問題を正面からしらべた報告はすくないが かなりおおくの人がカンガエをのべている。

キリハをつかつてもよいというカンガエのなかには たださしつかえないというだけでなく よりすすんでキリハの長所をあげているものがある。すなわち キリハは葉柄から自由に水をすいあげ ハにふくまれる水分のワリアイを一定にたもつことができるので 母体についたハにくらべて生理的条件をそろえることができるという¹¹⁾。しかし一方では キリハのばあい水分の供給が ともすればなめらかにいかないというカンガエから 測定時間をできるだけみじかくし測定中におこる水分の消費をできるだけへらし¹²⁾ 水分条件や気孔のヒラキがかわらないようにたもつ必要がある¹³⁾ ともいわれ ここにえた結果も このカンガエをうらづけている。

きりとつてから わずかのあいだの同化量は キリトリまえとあまりかわらないことが *Plectranthus fruticosus*, *Jacobinia Pohliana* で¹⁾ また Norway spruce のキリエダで⁴⁾ しらべられている。だが ながい時間の測定にはむかなくともおもわれ 炭水化物の定量によつて *Acer plantanoides* の 12 時間の同化量をしらべたところ キリハの値は母体についたものにくらべはるかにちいさかつたといわれる¹⁴⁾。しかしまた きりとつてから かなりながいあいだ こ

でみられたような同化量の急激な変化が みとめられなかつた例もある³⁾。

キリクチを水につけたばあいと つけないばあいのチガイは キリトリのすぐあと 30~40 分ぐらいでは あまりかわらないといわれ¹⁾ この実験の結果もほぼ同様であつたが マテバシイでは かなりはやくからチガイがあらわれるようだ。

この実験でしらべたのはキリエダであり うえにひきあいにだしたおおくは キリハについてのものである。キリエダとキリハでちがうかどうか くらべてみなかつたが キリトリによる影響の原因のひとつとみられる 吸水作用と蒸散作用のあいだのオクレが 水のトオリに対するハやエダの内部抵抗によるとかんがえられているので キリエダのばあいはキリハにくらべ エダの抵抗だけよけいになるわけで あるいは影響はよりおおきいのかもしれない。

ここにえた結果をふくめて いままでの報告をながめると かなりまちまちで 材料や実験条件のチガイによるものだろうが 結局のところ キリエダを材料にするばあいは 材料の水分状態がかわらないようにつとめることがたいせつで 測定の時間をながくすることは さけたほうがよさそうだ。

おなじ個体について 何日かつづけた測定の結果からみると サシキしたばあいにサシホがしめす同化量は サシドコの 水分条件がよいとしても 空中湿度はかなりひくいとおもわれるので きわめてわずかとかんがえられる。もつとも 材料はサシキの問題をあつかうのに ふさわしいものとはいえないし キリクチを水につけたばあいとは条件もちがうので いずれ実際にさしつけしたスギのサシホについてしらべたい。

ここでは同化量がへるおもな原因として 水分をとりあげたが もちろんそのほかにも原因はかんがえられる。マテバシイのキリエダでは 日がたつにつれて同化量のヘリカタがいちじるしかつたが 水分のカワリカタだけからは説明がつかない。(3 図) アカマツではキリエダにしても水につけておくと 数ヶ月間はみたところ ほとんどそこなわれない状態をたもっているが マテバシイでは数週間ではのイロがかわつて おちてしまう。きりとつた植物体では 同化生産物や養分のウゴキがさまたげられるといわれ¹⁵⁾ おおくの異常な物質代謝がみとめられている¹⁶⁾。それらと同化のツナガリをかんがえることが とくにサシキのように ながいあいだにわたるキリエダの問題をあつかうばあいには必要だとおもう。

あ ら ま し

同化をしらべる材料に キリエダをつかつてもよいだろうか。アカマツとマテバシイのキリエダで キリトリが同化量にどうひびくかをしらべた。キリクチを水につけただけのばあいには きりとつてから 1~2 時間のあいだの同化量は キリトリまえとほぼひとしいが そのあと急激にさがる。(2-A, 2-C 図) キリエダの水分のへることがおもな原因のひとつにかんがえられたので キリクチから圧力のかかつた水をあたえ あるいは 空中湿度をたかくしてみたところ

キリトリの影響があらわれるまでの時間を かなりのばすことができた。(2-A, 2-B 図) したがって キリエダを材料につかうばあいは こうした方法により なるべく水分状態のかわらないようにすることがのぞましい。

おみちびきいただいた中村賢太郎先生と はげましてくださった造林学教室のみなさんに ころからお礼もうしあげます。

文 献

- 1) BAUER, P. : Geben abgeschnittene Blätter physiologisch richtige Assimilationswerte? *Planta* 24 : 446-453. 1935.
- 2) ALTEN, F. and GOEZE, G. : Zur Messung der Assimilationsintensität an Gramineen, *Ber. d. dtsh. bot. Ges.* 56 : 132-142. 1938.
- 3) TSUCHIYA, I. : Änderung des Wassergehaltes des abgeschnittenen Blattes von *Hedera colcica*, das unter konstanten äusseren Bedingungen mit dem Blattstiel Wasser frei aufsaugt. (in Japanese with résumé in German). *Physiology and Ecology (生理生態)* 5 : 85-96. 1953.
- 4) CLARK, J. : The immediate effect of severing on the photosynthetic rate of Norway spruce branches. *Plant Physiol.* 29 : 489-490. 1954.
- 5) TSUCHIYA, I. (土屋 格) : 植物生理基礎実験法 p. 53 (奥田編 : 植物栄養生理実験書) 1953.
- 6) Negisi, K. and SATOO, T. : Influence of soil moisture on photosynthesis and respiration of seedlings of Akamatu (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.) and Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON.) (in Japanese with résumé in English) *Jour. Jap. Forest. Soc. (日林誌)* 36 : 113-117. 1954.
- 7) STEFANOFF, B. and STOICKOFF J. : Über den Wasserhaushalt der Holzpflanzen. *Jour. Ecol.* 20 : 89-104. 1932.
- 8) KRAMER, P. J. : The relation between rate of transpiration and rate of absorption of water in plants. *Amer. Jour. Bot.* 24 : 10-15. 1937.
- 9) SATOO, T. : Relation between rate of transpiration and rate of absorption of water in seedlings of *Cryptomeria japonica* exposed to artificial wind. *Bull. Tokyo Univ. Forests.* 37 : 19-30. 1949.
- 10) ILJIN, W.S. : Der Einfluss des Wassermangels auf die Kohlenstoffassimilation. *Flora(Jena)* 116 : 360-378. 1923.
- 11) GASSNER, G. and GOEZE, G. : Über den Einfluss der Kaliernährung auf die Assimilationsgrösse von Weizenblättern. *Ber. d. dtsh. bot. Ges.* 50a : 412-482. 1932.
- 12) STOCKER, O. : Assimilation und Atmung westjavanischer Tropenbäume. *Planta* 24 : 402-445. 1935.
- 13) LUNDEGÅRDH, H. : Environment and plant development. p. 35 1931.
- 14) STÅLFELT, M. G. : Till kändedom om förhållandet mellan solbladens och skuggbladens kolhydratsproduktion. *Medd. Statens Skogsförsöksanst.* 18 : 221-280. 1921.
- 15) GEIGER, M. : Studien zum Gaswechsel einer extremen Schattenpflanzen (*Aspidistra*) und zur Methodik der Gaswechselversuche. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 67 : 635-701. 1928.
- 16) BONNER, J. : Plant Biochemistry. (Japanese edition) p. 113, 150, 305 (山田・丸尾訳) 1954.

Résumé

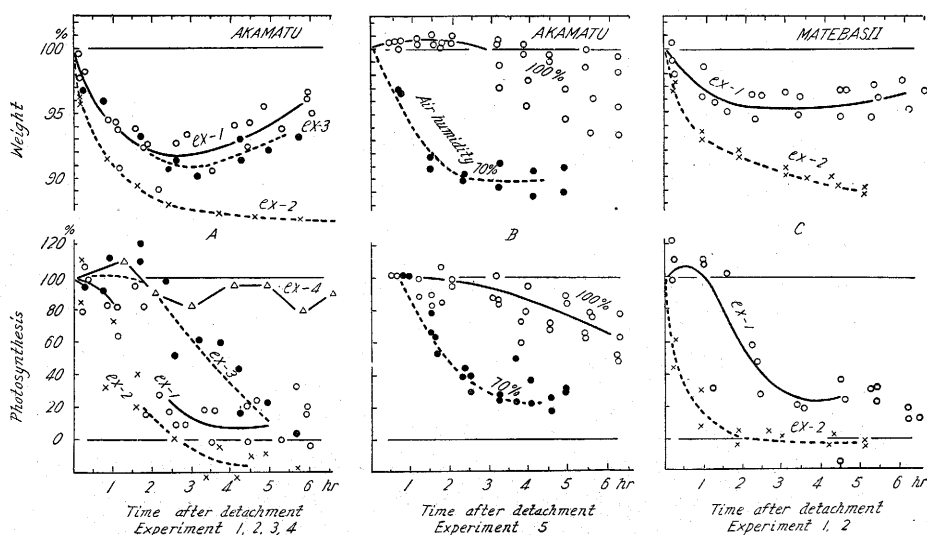
The effect of detachment on apparent photosynthesis of Akamatu (*Pinus densiflora*) and Matebasii (*Lithocarpus edulis*) seedlings.

Though many works on the rate of photosynthesis have been carried out with detached parts of plants, the information concerning the effect of detachment is very little.

In this paper, the effect of detachment on the rate of apparent photosynthesis was studied with 1-year-old seedlings of Akamatu (*Pinus densiflora*) and yearling Matebasii (*Lithocarpus edulis*).

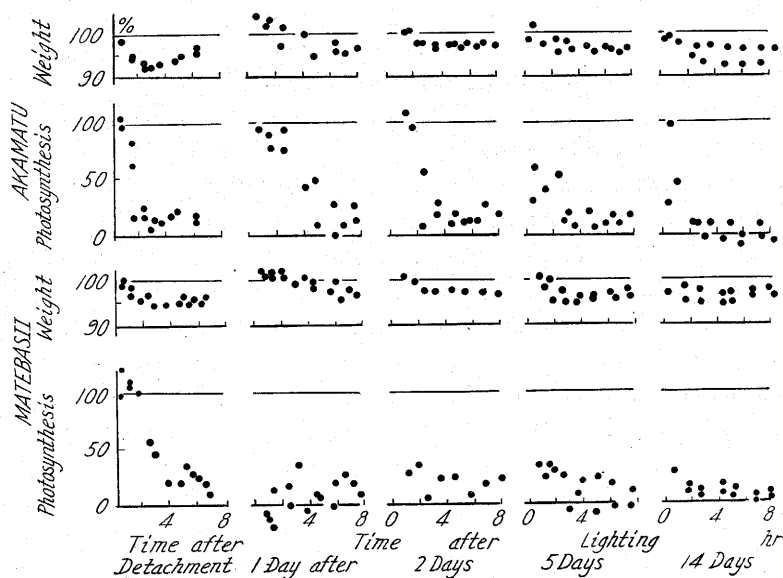
The observations were made under five different conditions as follows: *experiment 1*, detached shoot, cut surface of it was dipped in water just after cutting. *experiment 2*, detached shoot lacked supply of water. *experiment 3*, detached shoot, cut surface of it attached compactly to a rubber tubing through which water with pressure was supplied from the reservoir put on higher place (about 1 meter high). *experiment 4*, intact seedling, lifted from soil, the root of it was washed and dipped in water carefully. *experiment 5*, detached shoot, cut surface of it was dipped in water same as experiment 1, but another condition differed as described later. In Fig. 1, an illustration of plants set for these experiments was presented.

Apparent photosynthesis was measured by determining the difference between the carbon dioxide content of the air before and after it passed over the plants. Carbon dioxide in the air was determined by measuring the change in electrical resistance of a dilute solution of sodium hydroxide in a gas absorption tower. Experiments were performed in a insulated chamber where light intensity was held constant at 25,000 lux. at the middle height of shoot and temperature nearly at 25°C. In experiment 1-4, relative humidity was held at about 60 per cent, in experi-



2 図. 同化量とオモサの処理による変化 (実験 4 をのぞいて処理はキリトリ)

Fig. 2. Time course of apparent photosynthesis and weight of test plants after the treatment of cutting to detached shoot. (except experiment 4.)



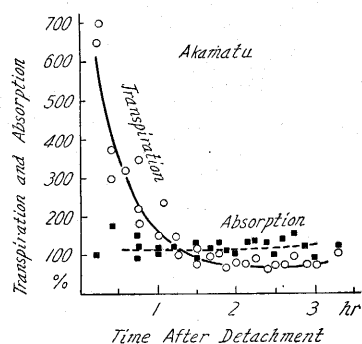
3 図. キリクチを水につけたキリエダの同化量とオモサの日変化

Fig. 3. Daily course of apparent photosynthesis and weight of detached shoot, cut surface of it dipped in water.

ment 5, at 70 or 100 per cent.

For Akamatu all of the experiments carried out, but for Matebasii only the observations under the condition of experiment 1, and 2 were made. Time course of apparent photosynthesis after these treatment was shown in Fig. 2-A, B, C with change of weight of test shoot measured at the same time. Photosynthetic rate in Fig. 2-A (Akamatu ex. 1,2,3,4) and 2-C (Matebasii ex. 1, 2) was shown as percentage to expected rate that was calculated from the value obtained simultaneously with intact potted plant as control, and in Fig. 2-B (Akamatu ex. 5) as percentage to the rate that was observed just after the detachment. Weight of shoot was expressed as percentage to the value weighed just after detachment. In experiment 1, sometimes observations were made extending more longer period, in this case the test shoots were left in darkness from the evening after the end of daily observation until the next morning before the beginning of it. Daily course of photosynthetic rate shown in Fig. 3 was expressed as percentage to the value observed before detachment.

Results of experiment 1 and 2 show that the photosynthetic rate of detached shoot decreased considerably after 1 to 2 hours following detachment, while that of intact dug plant (ex. 4) had kept original rate of it for long time. The beginning of depression was more faster in experiment 2, especially for Matebasii, compared with experiment 1 in which the cut surface of shoot dip-



4 図. きりとつたあとの蒸散量と吸水量の変化 (はじめの吸水量を 100 としてあらわした)

Fig. 4. Time course of transpiration and absorption of water after detachment. (percentage to the rate of absorption observed just after detachment.)

ped in water. The change of weight that indicates water condition in detached shoot was parallel with the time and daily course of photosynthetic rate after detachment in many observations, and the presence of connection was supposed between them.

Fig. 4 shows the time course of transpiration and absorption of water of detached Akamatu shoot observed under same condition as experiment 1. From this it is evident that the change of water content of detached shoot is related to unbalance between transpiration and absorption, and remarkably high rate of transpiration just after the detachment is connected with initial depression of weight. If the water content is a cause of the change of photosynthetic rate after detachment, it is probable that the degree of depression of the rate was reduced by any way of keeping the water content as constant. In experiment 3 water with pressure was supplied to the cut surface of shoot to increase the rate of absorption of water, and in experiment 5 the detached shoot was placed in assimilation chamber in which air humidity was very high, nearly at 100 per cent, to decrease the rate of transpiration. Both methods of keeping the water content lengthened a time in which the photosynthetic rate is unchangeable. Though these methods are effective, especially it of high humidity, it is impossible to keep initial water content and rate of photosynthesis for long time. It is of question whether this is owing to insufficiency in method of keeping water condition or not. The condition of water in detached shoot, however, was not the only cause of this phenomena, by this the depression in photosynthetic rate of detached Matebasii shoot observed in following days after detachment can not be explained.

From these results it is concluded that detached shoot is not inadequate as the material for observation of photosynthetic rate so long as the water content of it has maintained as constant.