

千原光雄*: 本邦暖海産緑藻類の生活史に関する研究(4)

ウチワサボテングサの生活史について(1)**、***

Mitsuo CHIHARA*: Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan (4)

On the life-history of *Halimeda cuneata* Hering. (1)**、***

サボテングサ属 *Halimeda* は熱帯及び亜熱帯の水域に広く分布する代表的な緑藻類の一つである。一体このような地域には非常に多種類の緑藻類の生育することが知られているが、それらの生殖とか発生、生活史などについての現在のデータは極めて貧弱である。サボテングサ属もその例に洩れず、そういった知見は豊富とはいえない。古く Derbès & Solier (1856) は *Halimeda Tuna* で孢子嚢とそれに形成される游走細胞の観察を報告し、その後、更に若干の人達 (Schmitz, 1880; Gepp, 1904; Howe, 1907; 神田, 1940; Egerod, 1952) により生殖器官の形態等が報告されたが、それらはいずれも単なる形態的記載に留っており、その性質とか機能とかの点は全く未知の状態で過されてきた。尨が最近、Feldmann (1951) は地中海産の *H. Tuna* f. *platydisca* に於て孢子嚢内に形成される游走細胞に2種類あることを観察し、それらの接合現象はみることはできなかつたが、おそらくこの植物は雌雄異種で異型配偶をおこなうものであろうと推論している。

筆者は1950年、伊豆須崎に於てウチワサボテングサ *H. cuneata* Hering. の生殖時期が夏季であることを知り、爾來この植物の生活史の解明に努力を払つてきた。ここに生殖を中心とした二三の結果につき報告をなしたい。

? 材 料

主として伊豆下田町須崎に生育するウチワサボテングサを用いたが、後に1954、'55年度に於ては比較のため八丈島産のものをも観察に供した。

? 観 察 と 実 験

(1) 天然に於ける観察——伊豆須崎附近に於ては低潮線のやや下の附近より以深にかけて生育しているのが割合容易にみられる。又タイドプールのそれに相当する帯位にもしばしば観察される。

周年観察によると、夏の終り頃から初秋にかけて小形のウチワサボテングサを沢山み

* 東京教育大学、下田臨海実験所、静岡県下田町。Shimoda Mar. Biol. Stat., Tokyo Univ. of Education Shimoda, Shizuoka Pref.

** 文部省科学研究助成金によるもの一部。

*** 下田臨海実験所業績 88号。Contributions from the Shimoda Mar. Biol. Stat., No. 88.

ることができるが、これらの、翌春から夏にかけての生育は頗る顕著で6-7月には最も大型となり7-10cm、或はそれ以上の高さに達する。

生殖器官形成の時期は1951-55年を通じて年により多少の変動はみられたものの、いずれも年1時期に固定し始どが7月下旬~8月下旬にかけての夏季高温時が常であつた。処が1955年、八丈島での観察によると既に6月下旬に於てかなり多数の成熟固体をみることができた。尙1954年5月上旬にはみられなかつた。これらの事実のみから多くを推論することは勿論尙早ではあるが、少くとも八丈島のウチワサボテングサの生殖時期は伊豆須崎のそれよりもほほ1ヶ月は早く始るといふことはいえる。因にこれと同様な現象がキツコウグサ *Dictyosphaeria cavernosa* やアミモヨウ *Microdictyon japonicum* などでも認められた。今参考までに伊豆下田附近に於ける海水温度及び成熟時期と八丈島のそれ

らとを比較して掲げてみると第1図のようであり、これらのことからウチワサボテングサの生殖時期は水温と密接な関係を有していることが推察できる。

処でウチワサボテングサの生殖はその様式が Holocarpic であるため、生殖時に於ては栄養体の部分は褪色して白色であり、游走細胞放出後、藻体はまもなく流失するに至る。したがつて生殖時期の末期の頃には肉眼的に認め得る藻体は非常に少数となる。

尙、生殖器官形成と潮汐との関係についてはかなり綿密な観察をなしたが、今の処明かな連関性は認められない。

(2) 生殖器官(雌雄配偶子囊)——生殖器官は Segment の表面、縁部等に叢生乃至は点々として存在する。それらは Cortical utricles の表面の部分が外方に向つて糸状に伸長してできた短い柄(孢子囊柄, Sporangiphore; Sporangienstände) (Fig. 2, Fig. 3) の先にブドウ状に形成されているもので、その形成初期には細目の棍棒状を呈して

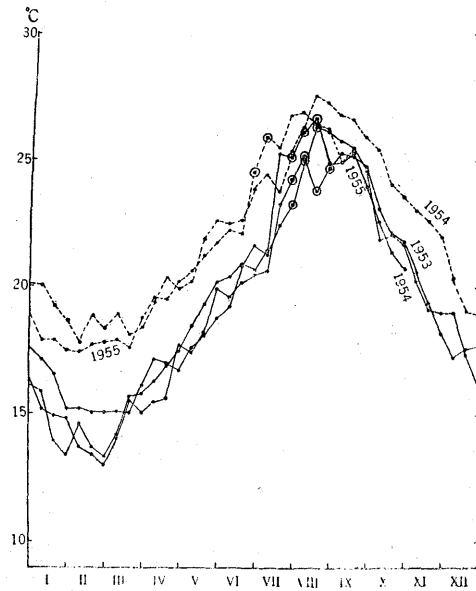


Fig. 1 Diagram showing the relation between the maturity of *Halimeda cuneata* and the water temperature. Curves show mean temperatures of a period of ten days. — and - - - - show the temperatures at Shimoda and at Hachijo respectively. O indicates the presence of the mature individuals.

Present data of the maturity in Hachijo Island are based upon the observations that the writer carried out there during two visits to the island in 1954 (May) and 1955 (June-July).

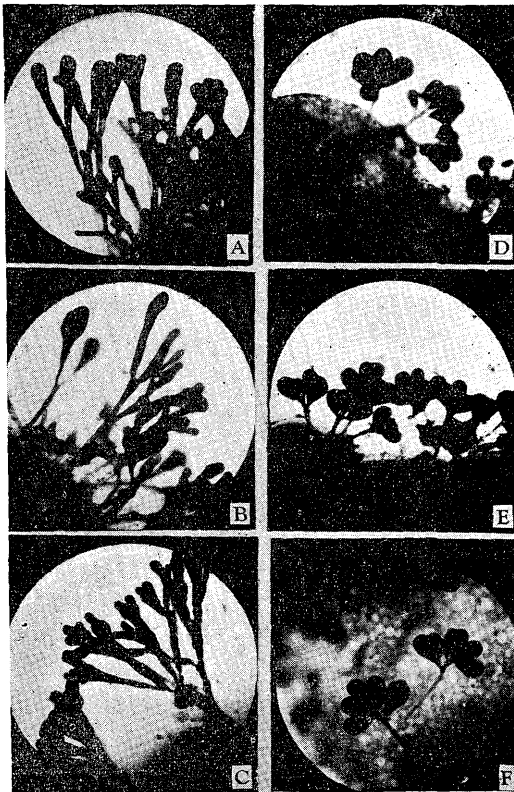


Fig. 2. *Halimeda cuneata*. A-C. immature gametangia
D-F. mature gametangia. ($\times 140$)

器官は夫々個体を異にして形成される。

(3) 游走細胞(雌雄配偶子)——一般に孢子囊柄の始源体のみえ始めてから2-3日中に成熟した游走細胞の形成をみる。游走細胞の放出は肉眼的には恰も煙のふき出されるようであり、その時刻は必しも早朝のみとは限らず日中或は夕方でもなされた。処で先に述べた如く生殖器官に2種類あるがそれらから放出される游走細胞にも又異つた2型をみることができる。即ち一方は大型で(長さ、 $6.5-7.5\mu$ 、幅、 $2.5-3.5\mu$)、体のほぼ中央部より後部にかけて明瞭な1眼点を有し、さらに緑褐色の色素体若干と顆粒物質を蔵している。又先端部に長さ約 $9-11\mu$ の鞭毛2本を具え活潑に游泳する。体全体は一般に長卵形であるが游泳時のその形態にはかなりの変化がみられる(Fig. 4, F.-L)。尙、顕著な走光性は認められない。処でもう一方の游走細胞はその形態行動等、かなり前者

いるが、成熟するにつれて卵状乃至球状(径、 $ca 150-180\mu$)に近くなる(Fig. 2, Fig. 3)。このような形成過程に於て孢子囊柄の分岐の箇所には、しばしばくびれが観察される(Fig. 2, A, B, C; Fig. 3, c)。尙、孢子囊柄は従来 *H. Tuna*, *H. gracilis*, *H. discoidea*, *H. macroloba* 等で知られているような顕著な枝分れは示さない(Fig. 3, A, B, E)。又生殖器官と栄養体の部分との境にはミル属 *Codium* やハネモ属 *Bryopsis* などにみられるような隔膜は形成されない。

生殖器官はすべての個体に於て著しい形態上の差異はみられないがその色調に於て異つた2型を識別することができる。即ち一方はやや、緑褐色であり他方は淡い緑色である。後述するようにこれらのうちの前者は雌性配偶子囊であり後者は雄性のそれである。尙この2種の生殖

のそれと似ているが、やや小型で(長さ, 5.0-6.3 μ , 幅 2.0-2.9 μ) 而も眼点を欠き、又は色素体は淡い緑色である (Fig. 4, A-E.). 尙両者の游泳時間は割合長く 12 時間以上に及ぶものもある。

次に放出後直ちにこれら相異なる 2 種の游走細胞を混合させると、そこに接合現象が観察される。接合は先端部と先端部、先端部と腹部、腹部と腹部、腹部と後部等々種々の様式がみられる (Fig. 4, M-R.) が、いずれにしても接合をする游走細胞の数は全体からみて

随分と少い。尙、放出後数時間を経たからの交配実験では接合現象は殆ど見られなくなる。

接合子は初め 4 本の鞭毛で鈍い不安定とおもわれる運動を続けているが、まもなく基質に附着し鞭毛を失い球状となり (Fig. 4, S) 後に薄膜を被る。その後にて顕著な発育はみられずやや径を増大させる程度であつたが、更なる生育については現在明かでない。この点は今後追究したいと考えている。

考 察

上述の結果から判断してウチワサボテングサは雌雄異種で異型配偶子による有性生殖をおこなつており、いまだ接合子の発生や核学的な現象等は不明であるが、おそらく曾て Schussnig (1939) が *Caulerpa prolifera* で確認したと同じように、その生活環様式は単相の配偶子を有する複相の植物体のみによる交代、即ち **monogénétique** (Feldmann, 1952) なもので、ミル型 **Codium Typus** (Kylin, 1938) の範疇をとるものであらうとおもわれる。

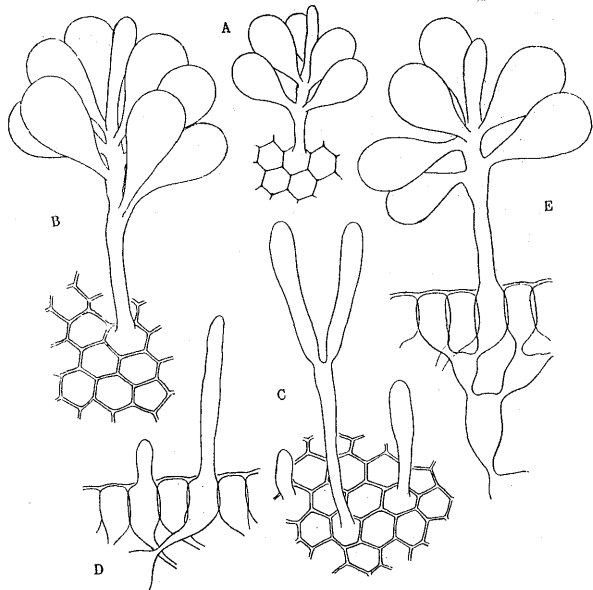


Fig. 3. *Halimeda cuneata*. A. B. C. surface views of parts of the thalli bearing reproductive organs. (A. B. mature gametangia. C. immature gametangia.) D. E. peripheral parts of sections through the thalli, with reproductive organs. (D. immature gametangia. E. mature gametangia.) (A. $\times 320$, B-E. $\times 400$)

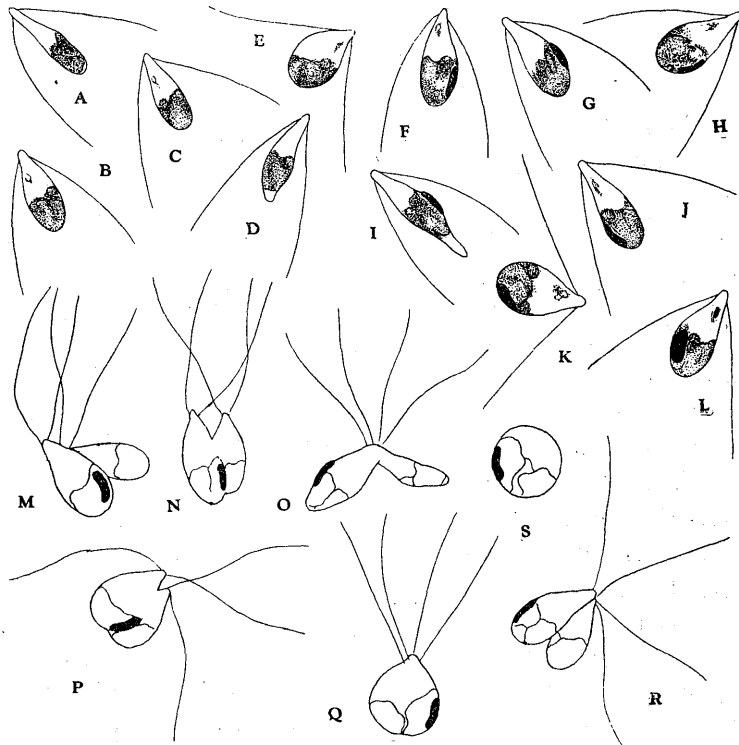


Fig. 4. *Halimeda cuneata*. Gametes and their conjugations. A-E: male gametes. F-L: female gametes. M-R: conjugations. S: zygote. ($\times 2000$)

次に、ウチワサボテングサの生殖時期は伊豆須崎に於ては、年を通じて夏季7-8月の1時期に固定しておりその他の時期にはみられない。サボテングサ属でのこのような現象については既に神田(1940)はパラオ島のヒロハサボテングサ *H. macroloba* に於ける観察で推論をしている。一般に緑藻類で熱帯及び亜熱帯産の種類は、筆者の伊豆須崎附近での観察では、その生殖時期は年間を通じて極めて短い期間の1時期に固定している。このような生殖時期の決定に影響を及ぼすものとして幾つかの外界条件が考えられるが、そのうちの一つに海水温度を挙げることができよう。因にこれらの関係を示したものが第1図で、ほぼこの連関がうなずける。そして伊豆須崎附近及び八丈島ともに水温が略 $23-24^{\circ}\text{C}$ の頃から成熟個体がみられ始めるといことがいえよう。尚、伊豆須崎附近では一般に5月下旬-6月-7月にかけてが生殖時期であるアミモユウが入丈島では既に5月上旬に、又7月上、中旬-8月のキツコウグサが既に6月中、下旬に於て夫々多量の成熟個体がみられたという事実は、上述の関係を更に裏書きする

ものであるとおもう。

次に観察の項で述べた如く、胞子嚢柄の分岐の箇所にてしばしばくびれをみる事ができるが (Fig. 2, A. B. C; Fig. 3, C), この様子はハゴロモ属 *Udotea*, ハウチワ属 *Avrainvillea*, マユハキモ属 *Chlorodesmis*, ニセマユハキモ属 *Pseudochlorodesmis* 等の栄養体を構成する糸状細胞の分岐点に於て観察されるものと非常によく似ており, サボテングサ属とそれらとの近縁性を思い合せて興味が深い。

ここで, Feldmann (1951) によつて報告されたヨーロッパ産 *H. Tuna* f. *platydisca* の生殖と, その部分に関しての本邦産ウチワサボテングサを比較してみると種々の点で全く類似している。僅かに游走細胞の放出時刻, 運動状態に於て若干の差異をみたが然し筆者も又数多い観察に於て Feldmann の記述した如き早期放出, 急速な游泳の停止等の現象もしばしばみえており, このような事柄は藻体の健康状態や外界条件などによりかなり左右されるらしいもので本質的な差異とはおもえない。

尙その際 Feldmann はサボテングサ属の配偶子の形態や, その Holocarpic な放出様式などの点はミル属とは著しく異り, イワズタ属に非常に類似している (例えば *Caulerpa racemosa* var. *wifera*, Iyengar, 1940) ことを指摘し, そしてこのことは両属の色素体の細胞学的性質がともに Heteroplasty なることより近縁関係にあるとした先の提唱 (Feldmann, 1946) を更に証拠だてるものであると述べている。幸い筆者は数年前より伊豆須崎附近に多産するスリコギズタ *C. racemosa* var. *laete-virens* の生殖を観察しこれらの事柄を比較検討する機会に恵まれたが少くとも Feldmann の指摘した上述の点では全く同様な結果を得た。然し乍ら両者の間には次のような差異もみられる。即ちスリコギズタに於てはその成熟に際し, 色素体, 核等の内容物は互に絡み合うようにして体の表面部の内側に沿つてやや規則正しい網目状に排列し, そして栄養体の部分そのまま胞子嚢へと変成する。これに反しウチワサボテングサでは, 先に観察の項で詳述した如く, 体の表面は特殊な形の胞子嚢を作り, 而もその形成初期に於て顕著な網目状模様を呈することはない。

最後にサボテングサ属の分類上の位置について眺めてみると, 従来多くの場合主としてその体構造などの上からハゴロモ属, ハウチワ属などとともに Siphonales (広義) のミル科に属せられてきた (Boergesen, 1913; 1940; Setchell & Gardner, 1920; Oltmanns, 1922; Fritsch, 1935; 岡村, 1936; etc.)。処が最近 Feldmann (1946) は色素体及び細胞膜の性質に基礎をおき Siphonales を *Caulerpales* と *Eusiphonales* の2つの Order にわけ, そしてサボテングサ属は *Udoteaceae* の一員として *Caulerpacaeae*, *Dichotomosiphonaceae* とともに *Caulerpales* に所属せしめた。尙 *Eusiphonales* には残余の科, 即ち *Codiaceae* (ミル属のみを含む), *Bryopsidaceae* 及び *Halicystidaceae* を含めている。更に近年 Feldmann (1954) は上述の特長に加うるに生殖及び生活環の様式等の点を考慮して *Derbesiales*, *Codiales*, *Caulerpales*, 及び *Dichotomosiphonales*

の4つの Order に細分することを提唱している。

これに対し Egerod (1952) は従前通りサボテングサ属はミル科に扱っている。尙、Fritsch (1954) は Siphonales に関する上述の Feldmann の提唱に不賛成の立場をとっている。Feldmann のこのような提案は今後の緑藻類の system を考える際の一つの方向を示したともいふべきで、注目に値するものであるが然し、その妥当性については更に多角の面からの検討を必要とすべきであるとおもう。

要 要

季節的消長及び生殖の面から伊豆須崎産ウチワサボテングサの生活史を攻撃した。

1. 肉眼的に認めうる小形の幼体は一般に晩夏及び初秋にみられる。翌年の6-7月には藻体は最も大形となる。

2. 生殖時期は年を通じて一般に7月下旬-8月の1時期に固定している。然し八丈島に於ては既に6月下旬に成熟個体がみられた。この事実に関連して生殖時期の決定に水温が大きな影響を及ぼしていることを指摘した。

3. 生殖器官は Cortical utricles が外方へ伸長、変形したものでブドウ状を呈する。この際、栄養体の部分は内容が生殖器官へ移行するため褪色して白色となる。尙栄養体の部分と生殖器官の間には隔膜は形成されない。

4. 生殖器官は色調により2つにわけられる。一つは雌性配偶子嚢で緑褐色を呈しているが、他は雄性配偶子嚢で淡い緑色である。両者は夫々個体を異にして形成される。

5. 雌性配偶子は長卵形、やや大型で1眼点、2鞭毛を有する。顕著な走光性は認められない。雄性配偶子はその形態、行動等、前者と類似するがやや小型で而も常に眼点を欠く。

6. 放出直後の交配実験により接合現象を観察した。数時間後の実験に於ては接合は極めて少い。

7. ウチワサボテングサは雌雄異種で異型配偶による有性生殖をなし、その生活環様式は、イワズタ属と同様でミル型とおもわれる。

終りにのぞみ御指導と御校閲をたまわつた九大・瀬川宗吉博士に感謝申上げる。又種々御教示を忝うした東大・新崎盛敏博士に、更に常々御激励を頂いている教育大・伊藤洋、三輪知雄両教授に心から御礼申上げる。尙、八丈島の海水温は東京都水産試験場八丈現業場の菅野裕長先生の御教示によつた。記して感謝の意を表する。

Résumé

The writer has investigated the life-history of *Halimeda cuneata* Hering., with special reference to the reproduction and seasonal growth throughout the whole year. The materials used in this study were collected from Susaki near Shimoda

of Izu Peninsula, and partly from Hachijō, the southern end in the Izu Archipelago.

The present alga grows on rocks below the low-tidal level. Their young individuals make their appearance at first in early autumn. Through spring and summer the fronds become vigorously increased in size, and, during June and July most of them attain to the richest appearance, being over 10 cm in height.

The fact that the fronds bearing reproductive organs are found in the vicinity of Susaki, only in late July to August, whereas already in late June in the island of Hachijō located in the warmer region, leads us to the conclusion that the maturation period of the present alga has correlation with the sea water temperature.

The sporangiophores are scattered over the surface of the segments of the frond. The sporangial vesicles are globose to ovoid, measuring about 150-180 μ in diameter, and they are borne on them which issue from the surface of cortical utricles. Towards maturation the contents of vegetative portion remove into the reproductive organs.

The writer was able to ascertain the liberation and conjugation of gametes in this alga. The present species is dioecious. The female reproductive organs become brownish green in colour while the male ones pale green. The female gametes are long oval, measuring 6.3-7.5 μ in length, 2.5-3.5 μ in breadth. They have one eye spot, several brownish green chloroplasts, some granules and two flagella being ca. 9-11 μ in length. Though the male gametes bear a great likeness to the female ones in shape or behaviour, they are slightly smaller in size being 5.0-6.3 \times 2.0-2.9 μ . Furthermore, they are pale green and have no eye spot. The writer could not ascertain the distinctive phototactic tendency.

Thus, the present alga bears a close resemblance to European *Halimeda Tuna* f. *platydisca* reported by Feldmann (1951) in feature or behaviour. The difference is that their liberations of the gametes in the present species take place at all times throughout the day they may swim for a long time over 12 hrs. under favourable conditions.

When the gametes of different sexes are mixed together, just after their liberation, they conjugate with each other in pairs. However, in the progress of time after liberation, it seems the conjugations rarely happen.

As mentioned above the present alga is dioecious and anisogamous, and it can safely be considered that its life-cycle is an alternation of a diploid plant with haploid gametes in the same manner as reported by Schussnig (1939) in *Caulerpa prolifera*, entirely belonging to the so-called "Codium-type."

引用文献

- (1) Boergesen, F. Dansk Botanisk Arkiv, **1** (1913); K. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Meddel., **15** (1940) (2) Derbès, A. & A. J. J. Solier, Suppl. aux C. R. Acad. Sci. Paris, **1** (1856) (3) Egerod, L. Univ. Calif. Publ. Bot., **25** (1952) (4) Feldmann, J. C. R. Acad. Sci. Paris, **222** (1946); Ibid, **233** (1951); Rev. Cytol. Biol. Végét., **8** (1952); 8^e Congr. Intern. Bot., sec. **17** (1954) (5) Fritsch, F. E. The structure and reproduction of the algae, **1** (1935); 8^e Congr. Intern. Bot., sec. **17** (1954) (6) Gepp, E. S. Journ. Bot., **42** (1904) (7) Howe, M. A. Bull. Torrey Bot. Club., **34** (1907) (8) Iyengar, M. O. P. Journ. Ind. Bot. Soc., **18** (1940) (9) 神田千代一, 科学南洋, **3** (1940) (10) Kylin, H. Arch. f. Protistenk., **72** (1938) (11) 岡村金太郎, 日本海藻誌, (1936) (12) Oltmanns, F. Morphologie und Biologie der Algen, **1** (1922) (13) Schmitz, F. Sitzber. niederrhein. Gesel. Nat. Heilk., Bonn, (1880) (14) Schussnig, B. Bot. Notiser, (1939) (15) Setchell, W. A. & N. L. Gardner, Univ. Calif. Publ. Bot., **8**, (1920).

○ 矢頭 献一 大和国大台ガ原山の頂上附近にはシラベが生育していない
Ken-ichi YATOH: The Conifers forest of Mt. Ōdaigahara.

大和・伊勢・紀伊の国境に在る大台ガ原山の頂上附近に針葉樹林が見られるが、この森林にシラベ (*Abies Veitchii*) が混生しているという報告が岡本氏¹⁾・小泉源一先生²⁾ 其他の方々によつてなされ、筆者も小泉先生に伺つてその様に思つていたことがあつた。

しかし紀伊半島でシラベの見られる山地は大峰山系の海拔 1,800 m 以上の弥山の南のみで、それより高度の低い台高山系 (最高は大台ガ原の海拔 1,695 m) にもこれが見られるというのはどうも疑わしいので、其後機会のある度に大台ガ原山頂の針葉樹林の構成樹種を精密に調べてきた。特に 1954 年、1955 年には頂上附近の針葉樹林で未踏査の部分为数回飛行機を利用してその位置を確め、更に現地でも毎木調査を行い、できる限りの個体について樹種の調査を行つたが、ついに 1 本のシラベをも見つけなかつた。

又、岡本氏の採集品の収められていると思われる奈良女子大の腊葉庫や、小泉先生の標本のある京大の腊葉庫も見せて頂いたが大台ガ原産のシラベの標本を見ることはできなかつた。

以上の様な次第でここに大台ガ原山頂上附近の針葉樹林内にシラベの無いことを一応確認したものとして報告したい。尙、現在までにこの地区で確実に生育を認めた針葉樹は次の 7 種である、量の多い順に書けばウラジロモミ (*Abies homolepis*)、トウヒ (*Picea jezoensis* var. *hondoensis*)、コマツガ (*Truga diversifolia*)、ハリモミ (*Picea polita*)、ゴヨウマツ (*Pinus pentaphylla* var. *Himekomatsu*)、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*)、イチイ (*Taxus cuspidata*) である。(三重大学農学部森林植物学教室)

- (1) 岡本勇治: 大台ガ原山 p. 27 (1923)
(2) 植物分類・地理, **3**: 163-165 (1934)