

小野庄士*: ミズゴケ類の胞子発芽に対する環境要因の影響

Syoshi ONO*: Studies on the environmental effects on spore germination in *Sphagnum*

コケ植物の胞子発芽及びその後の形態形成に環境要因が大きな影響を与えることはよく知られている (Cambell 1905, Goebel 1930, etc.). Inoue (1960) はゼニゴケ類 Marchantiales の各種の胞子発芽について、その影響を詳細に報告している。また Wada et al. (1984) は *Anthoceros miyabeanus* の発芽に対する光条件の影響を報告している。ミズゴケ類においては、胞子発芽のパターンに関する研究は多数発表されているが、胞子発芽に対する環境要因の影響についてはほとんど研究がなく、Isoviita (1966), Nishida (1970) 等もこの必要性を指摘している。

筆者は8種類のミズゴケの胞子を入手し、光の強弱、光の質、pH、胞子の生存年数について実験を行ない、二、三の知見を得たのでここに報告する。

材料と方法 資料の採集日時と場所は Tab. 1 で示した。培養は3%寒天培地、栄養源は1/2 Knop 液、直径3~9 cm のシャーレを使用、光は1日の内16時間照射、照度2000 lux、温度は常に20°C の条件下で行なった。

実験結果と考察

光の強弱：光の強弱は光源を6本の蛍光灯(20 W)から取り、1300 lux, 120 lux, 20 lux の3段階になるよう半透紙で調整した。培地の pH は6.0-6.5 とした。実験結果は Tab. 2 及び Fig. 2 で示した。

光の強弱とミズゴケの胞子発芽及びその後の形態形成については次の3点に要約される。まず、胞子発芽においてミズゴケの胞子は他のコケ類の胞子と同様、光がまったく照射されない条件下では発芽は起らない。しかし、Tab. 2. から明らかなように、光の強弱とは無関係に、かつ光が照射されさえすれば、発芽は高率で行なわれることがわかる。次に仮根形成との関係においては差があることがわかる。*Sphagnum compactum*, *S. papillosum*, *S. apiculatum* では弱光が仮根形成を著しく低下させるが、*S. nemoreum*, *S. kushiroensis* では弱光にもかかわらず確実に多くの個体で仮根が形成されている。葉状原糸体形成との関係では、仮根形成と同様、その形成率にばらつきがみられるが、特に *S. kushiroensis* では弱光下にもかかわらず高率の形成を示すことは特記に

* 山形県立米沢東高等学校生物学教室。Biological Laboratory, Yonezawa-Higashi High School, Marunouchi, Yonezawa City, Yamagata Pref. 992.

Tab. 1. Materials and their localities.

| Species | Locality | Date |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|
| <i>Sphagnum papillosum</i> Lindb. | Kushiro-moor, Hokkaido | Aug. 1983 |
| <i>S. compactum</i> Lam. et Card. | Mt. Zao, Yamagata Pref. | Aug. 1983 |
| <i>S. apiculatum</i> Lindb. | Kushiro-moor, Hokkaido | Aug. 1983 |
| <i>S. tenellum</i> Ehrh. ex Hoffm. | Mt. Azuma, Yamagata Pref. | Aug. 1979 |
| | Mt. Zao, Yamagata Pref. | Aug. 1984 |
| <i>S. nemoreum</i> Scop. | Mt. Azuma, Yamagata Pref. | Aug. 1983 |
| | Mt. Azuma, Yamagata Pref. | Aug. 1984 |
| <i>S. kushiroensis</i> Suzuki | Kushiro-moor, Hokkaido | Aug. 1983 |
| <i>S. subobseum</i> Warnst. | Hananomaki, Iwate Pref. | July 1984 |
| <i>S. girgensohnii</i> Russ | Mt. Azuma, Yamagata Pref. | Aug. 1979 |

Tab. 2. Effect of light intensity on spore-germination.

| Species | Light int. | A | B | C | D | E |
|---------------------------|------------|-------|-------|------|---|-------|
| <i>Sphagnum compactum</i> | 1300 lux | 92.5 | 87.8 | 17.0 | 4 | 84.6 |
| | 120 lux | 95.7 | 5.9 | 3.5 | 1 | 11.9 |
| | 20 lux | 98.8 | 0.0 | 1.3 | 0 | 1.1 |
| <i>S. apiculatum</i> | 1300 lux | 100.0 | 98.1 | 45.1 | 5 | 98.1 |
| | 120 lux | 95.3 | 4.8 | 2.5 | 1 | 0.0 |
| | 20 lux | 83.7 | 0.0 | 2.1 | 0 | 0.0 |
| <i>S. nemoreum</i> | 1300 lux | 98.1 | 100.0 | 56.2 | 6 | 95.2 |
| | 120 lux | 100.0 | 63.0 | 6.2 | 2 | 3.8 |
| | 20 lux | 100.0 | 82.7 | 3.4 | 1 | 0.0 |
| <i>S. kushiroensis</i> | 1300 lux | 97.1 | 100.0 | 67.0 | 4 | 100.0 |
| | 120 lux | 95.4 | 95.5 | 12.0 | 2 | 96.7 |
| | 20 lux | 96.9 | 97.5 | 8.1 | 1 | 53.1 |
| <i>S. papillosum</i> | 1300 lux | 94.4 | 100.0 | 51.9 | 5 | 97.1 |
| | 120 lux | 93.1 | 22.2 | 5.5 | 1 | 6.9 |
| | 20 lux | 78.7 | 5.4 | 2.5 | 1 | 2.7 |

A: Germination (%). B: Rhizoid differentiation (%). C: Average cell-number. D: Rhizoid number. E: Thalloid protonema differentiation (%).

値する。また、*S. nemoreum* では、1300 lux の条件下で糸状原糸体が多数の分枝を形成し、二次的原糸体の形成も観察された。このような多数の分枝をもつ糸状原糸体について Nishida (1970) は同様の現象が *Sphagnum cuspidatum*, *S. girgensohnii*, *S. squarrosum*, *S. imbricatum* でも観察され、種特有の性質とは認めがたいとしているが、分枝の頻度、密度はこの実験からも明らかなように各種によって著しい差がみられる。

光の質：緑・青・赤のセロハン紙で2重にシャーレを包むことで、緑・青・赤・赤+青 (far-red) の光を得た。すなわち、各々異なる波長の光を得る方法で実験を行なった。培地の pH は 6.0-6.5 である。実験結果は Tab. 3, 4, Fig. 1 で示した。

Tab. 3 より、高等植物の種子発芽に大きな影響を与える far-red を含めた全ての光は、ミズゴケの胞子発芽にあまり影響がみられない。これは Inoue (1960) が *Reboulia hemisphaerica* で得た結果と同じである。しかし、Wada et al. (1984) は *Anthoceros miyabeanus* で far-red の条件下では発芽しないことを確認している。

Tab. 4. は *Sphagnum compactum* の胞子発芽及びその後の形態形成と光の質との関係について観察した結果である。前述したように発芽率は、全く光が与えられない場合を除いて、光の質に関係なく高率となる。ところが、その後の原糸体の発達に光の質は大きな影響を与える。特に赤色光の条件下では脱分化が著しく、本来なら葉状原糸体となるべき細胞が再び糸状原糸体となったり、仮根形成のみが頻繁に行なわれたりする (Fig. 1)。この結果、葉状原糸体形成は低率となり、逆に仮根形成率及びその細胞数は顕著な値を示すこととなる。この傾向は同時に実験した *Sphagnum apiculatum* でも観察された (Fig. 1) ほか、Inoue (1960) が *Marchantia polymorpha*, *Reboulia hemisphaerica* で行なった実験でも報告されている。

pH と胞子発芽率：ミズゴケ類の生育は一般に pH 値が低い所でみられ、酸性指標植物の一つとなっている。しかし、ミズゴケ類の胞子発芽と pH との関係については、あまり詳しい報告がなされていない。そこで、*Sphagnum apiculatum*, *S. nemoreum*, *S. kushiroensis* の3種を用いて培養実験を行なった。培地は HCl, NaH₂PO₄, K₂HPO₄ による pH 調整を行なった 1/2 Knop 溶液で寒天培地をつくり実験を行なった。その結果は Tab. 5. で示した。

ミズゴケ類は強酸性の土地でも生育しているのが確認されているが、今回の実験でも pH 3.0 ですでに発芽が 90% 以上になるものが観察できた。一方、pH 8.2 でも、発芽率は低下するものの発芽が認められたことから、アルカリ性に対する耐性もあることがわかる。Andrus (1974) は、ニューヨーク州のミズゴケ生育地の pH を種ごとにまとめている。この中で、今回実験を行なった *Sphagnum apiculatum* について測定しているが、生育 pH の範囲は 3.0-7.4 であり、おもに 3.7-5.3 に生育していると報告している。この結果は上の胞子発芽の場合と大体一致しているといえる。しかし、pH

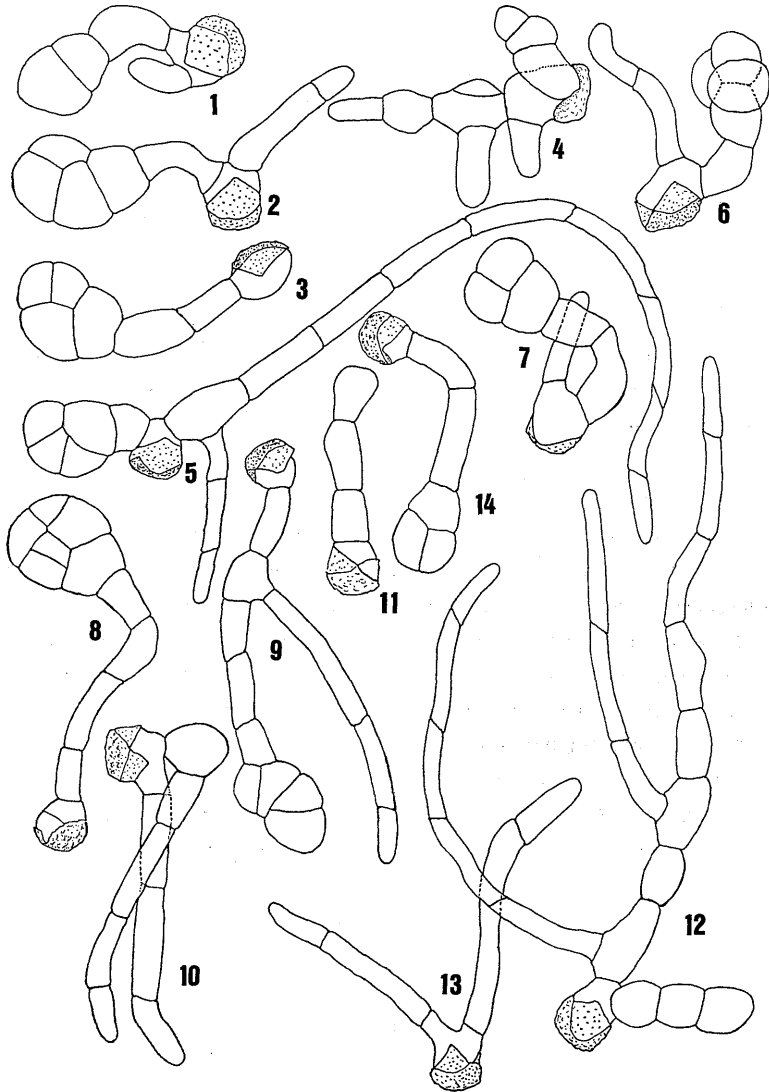


Fig. 1. The effects of light quality on *Sphagnum compactum* (1-7, 12) and *S. apiculatum* (8-11, 13). 1-3, 8. Green light condition. 4, 5, 9, 10, 12. Red light condition. 6, 11, 13. Blue light condition. 7, 14. Far-red light condition. All figs. $\times 249$.

Tab. 3. Effect of light quality on spore-germination (%).

| Species | White | Blue | Red | Far-red |
|--------------------------|-------|------|------|---------|
| <i>Sphagnum nemoseum</i> | 95.1 | 92.2 | 85.3 | 56.9 |
| <i>S. tenellum</i> | 89.4 | 87.5 | 87.3 | 51.6 |
| <i>S. subobseum</i> | 92.2 | 93.8 | 73.8 | 71.6 |
| <i>S. papillosum</i> | 98.0 | 88.1 | 94.1 | 94.2 |

Tab. 4. Effect of light quality on spore-germination of *Sphagnum compactum*.

| Colour | Germination (%) | Thalloid protonema differentiation (%) | Thalloid protonema cell-number | Rhizoid differentiation | Rhizoid cell-number |
|---------|-----------------|--|--------------------------------|-------------------------|---------------------|
| White | 93.5 | 84.6 | 8.2 | 87.8 | 12.0 |
| Green | 100 | 72.2 | 4.1 | 31.8 | 6.9 |
| Blue | 87.3 | 30.2 | 3.9 | 18.6 | 6.3 |
| Red | 98.2 | 5.0 | 4.3 | 98.2 | 14.0 |
| Far red | 95.8 | 8.7 | 3.0 | 34.8 | 5.0 |

Tab. 5. Effect of pH on spore-germination (%).

| Species | pH 2.2 | 3.0 | 4.2 | 5.2 | 6.0 | 7.0 | 8.2 | 9.0 |
|----------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|-----|
| <i>Sphagnum apiculatum</i> | 0.0 | 7.7 | 62.5 | 95.2 | 92.0 | 100 | 25.0 | 0.0 |
| <i>S. nemoreum</i> | 0.0 | 96.7 | 100 | 100 | 96.8 | 90.9 | 42.3 | 0.0 |
| <i>S. kushiroensis</i> | 0.0 | 95.3 | — | 93.8 | 86.2 | 100 | 95.8 | 0.0 |

6.0-7.0 になってもなお 90% 以上の発芽率を示すことは、この種が pH に対しより広い適応性をもつことを示していると考えられる。

胞子の生存期間：コケ植物、特に蘚類における胞子の生存は、乾燥状態で放置すれば数年は発芽可能であろうと考えられているし、二・三の報告もある (Chaloud 1932, Meyer 1941, etc.)。苔類では最高18ヶ月 (*Reboulia hemisphaerica* など4種類) が報告されている (O'Hanlon 1926, Chavan 1937, Inoue 1960)。ミズゴケ類では少くとも6ヶ月は発芽可能であったという Bold (1948) の報告があるだけである。

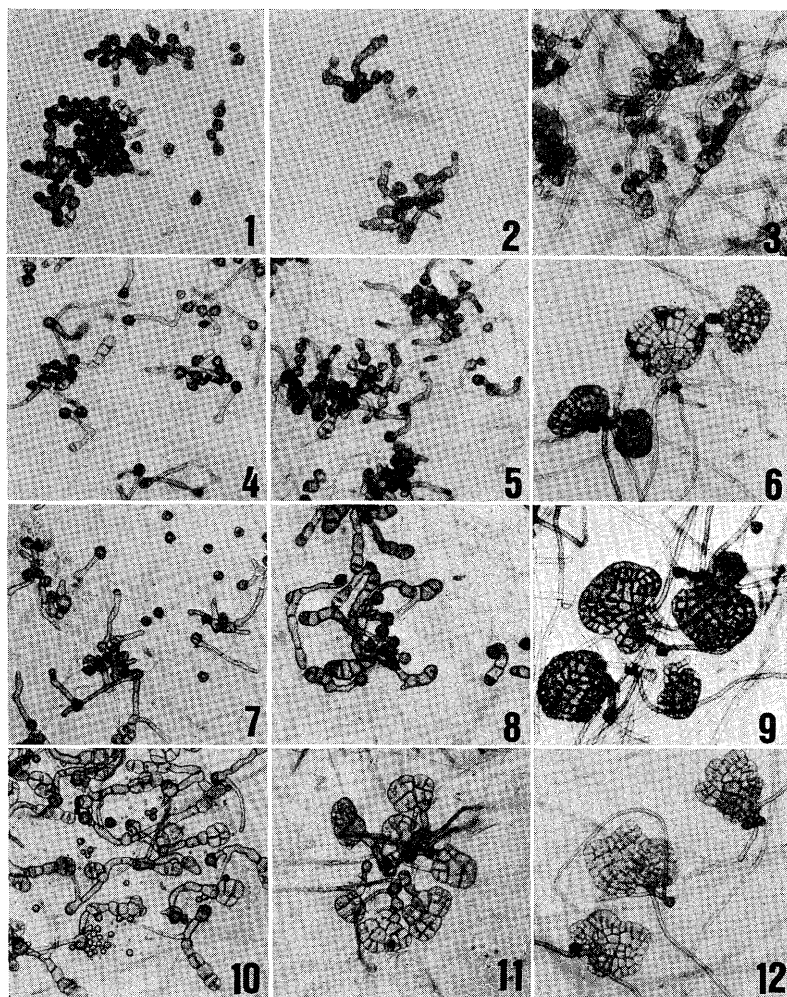


Fig. 2. Effects of light intensity. 1-3, *Sphagnum compactum* Lam. et Card. 4-6, *S. apiculatum* Lindb. 7-9, *S. papillosum* Lindb. 10-12, *S. kushiroensis* Suzuki. 1, 4, 7, 10: 20 lux, 2, 5, 8, 11: 120 lux, 3, 6, 9, 12: 1300 lux. (All figs. $\times 80$.)

1979年の夏に採集し、乾燥保存していた2種類 (*Sphagnum girgensohnii*, *S. tenellum*) に関して発芽実験を行なった。pH は 6.1 である。実験結果は Tab. 6 で示した。どちらの種においても 90% 以上の高率の発芽率を示していることから、少なくとも55%

Tab. 6. Spore longevity (April, 1984).

| Species | Collected in | Germination (%) |
|------------------------------|--------------|-----------------|
| <i>Sphagnum girgensohnii</i> | Aug. 1979 | 94.8 |
| <i>S. tenellum</i> | Aug. 1979 | 92.3 |

月は生存できることが確認できた。しかも、発芽及びその後の原糸体の発達において通常の分化が行なわれた。

最後に、本稿をまとめるにあたり終始御指導いただいた国立科学博物館井上浩博士に心より感謝申し上げます。

Summary

The effects of light-intensity, light-quality, pH value and longevity on the spore-germination of *Sphagnum* species were shown in Tab. 2-6. The spores of *Sphagnum* do not germinate in darkness, but they germinate under very low light-intensity (20 lux); the development of protonema seems to be greatly affected by light-intensity. The percentage of spore germination is not markedly affected by light-quality, but the differentiation of protonema is greatly affected by it. Under far-red light the filamentous protonema does not produce any thalloid protonema. Three species of *Sphagnum* equally germinate in pH between 3.0 and 8.2, but the percentage of germination varies among species under different pH value. The spores of *Sphagnum* seem to survive for rather long period (ca. 4 years).

Literature cited

- Andrus, R.E. 1974. The sphagna of New York State. 1-421. Bold, H.C. 1948. The protallium of *Sphagnum palustre*. Bryologist 51 : 55-63. Cambell, D.H. 1905. The structure and development of mosses and ferns. 708 pp. Macmillan, N.Y. Chalaud, G. 1932. Germination des spores et phase pro-tamique. In F. Verdoorn (ed.), Manual of bryology, Chapt. IV., pp. 89-108. The Hague. Chavan, A.R. 1937. A morphological study of *Cyathodium barodae*. Amer. Journ. Bot. 24 : 484-492. Goebel, K.V. 1930. Organography of plants, especially of the Archegoniatae and Spermatophyta Part II. Special organography. Oxford. Inoue, H. 1960. Studies in spore germination and

the earlier stages of gametophyte development in Marchantiales. J. Hattori Bot. Lab. 23: 148-191. Isoviita, P. 1966. Studies on *Sphagnum* L. I. Nomenclatural revision of the European taxa. Ann. Bot. Fenn. 3: 199-264 Klebs, G. 1893. Über den Einfluss des Lichtes auf die Fortpflanzung der Gewächse. Biol. Zbl. 13: 641-656. Meyer, S.L. 1941. Physiological studies on mosses. II. Spore longevity in *Physcomitrium turbinatum* and *Funaria hygrometrica*. Bryologist 44: 67-75. Nishida, Y. 1970. Studies on the differentiation of the protonema in two species of the Sphagnaceae. Bot. Mag. Tokyo 83: 249-253. O'Hanlon, S.M.E. 1926. Germination of spores and earlier stages in development of gametophyte of *Marchantia polymorpha*. Bot. Gaz. 82: 215-222. Wada, K., Y. Hirabayashi & W. Saito 1984. Light germination of *Anthoceros miyabeanus* spores. Bot. Mag. Tokyo 97: 369-379.

○高等植物分布資料 (114) Materials for the distribution of vascular plants in Japan (114)

○イヅカニコウモリ *Cacalia amagiensis* Kitam. 1984年11月11日, 神奈川県植物誌調査会の昭和59年度第13回の合同調査が小田原市早川・根府川地内で行なわれた。根府川地内のゴルフ場への道路を林道に入った1地点で、高橋がフキに似た葉をつけた一品に注目して、これをイヅカニコウモリと断定した。附近を探したところ、扁円形の葉で葉脈が凹み、葉柄に稜が出て、地下走出枝を持った単葉のものが30株位あった。小さい派出尾根を廻った沢で更に調査を行い、長谷川が林道から100m位離れた杉林で、モミジガサと混生し、茎葉が2枚づつあり、見事に花序(種子)を付けている約30株のイヅカニコウモリを見出した。産地は星ヶ山(814.6m)の海拔400~450mである。

これまで北限産地とされていた伊豆八幡野(杉本:静岡県植物誌, 1984)から直線距離にして約30kmの地である。伊豆特産と考えられている本種の神奈川県での発見は特筆すべきものとする。なお一株を標本とし、神奈川県立博物館(KPM)に保管した。当小報の発表を勧められた神奈川県植物誌調査会顧問、靄山泰一先生にお礼を申し上げる。

(神奈川県立博物館 高橋秀男

Hideo TAKAHASHI・横浜市南区 [REDACTED] 長谷川義人 Yoshihito HASEGAWA)