

クロマツ、アカマツのタネの成熟と発芽

文部教官 勝田 柁・教授 佐藤大七郎

Masaki KATSUTA and Taisitiroo SATOO

Maturity and Germination of *Pinus thunbergii* and *P. densiflora* Seeds

まえがき

タネの成熟と発芽については いろいろの樹種、たとえば スギ、ヒノキ^{9,12,28)}、エゾマツ²⁷⁾、モミ²⁸⁾、*Pseudotsuga menziesii*^{1,5)}、*Tsuga heterophylla*¹⁾、*Picea pungens*、*P. glauca*^{6,7)} などですらべられている。マツ類のタネでも、タネの重量、含水率の変化、胚の発達、発芽力の発生などをしらべた いくつかの報告がある^{4,9,15,16,17,19,20,28)}。ここでは これらの報告でえられた知見をもとにして、タネは いつ発芽できる状態になっているか、また 未熟なタネに 発芽する力をあたえることができるか、などの点について さらにくわしくしらべてみた。

材料と方法

実験につかった木は 東大演習林付属 田無試験地にある人工交配用の母樹で、クロマツが 1964 年に 19 号、1965、1966 年に 21 号 (いずれも千葉県産、12 年生)、アカマツが 1965 年に 13 号、1966 年に 25 号 (いずれも岩手県産、12 年生) をつかった。

成熟の過程は 受精前から完熟まで 7 段階 (A~G) にわけた。成熟の段階と球果の採取日時は 表-1 にしめた。また それぞれの成熟の段階における タネの乾重量と、生重量にたいする含水率を 図-1 にしめた。表-1 をみると、1964、1965、1966 年で おなじ成熟の段階でも 採取日時がすこしちがっている。図-1 のクロマツのタネの乾重量のカーブでみると、1964 年と 1965 年は ほぼおなじ成熟の経過をたどったと思われるが、B、C、D で 1965 年は 1964 年より 未熟な状態にあったと思われる。1966 年は アカマツのタネで実験したので、1964、1965 年と成熟の経過がちがっていたかどうかかわからないが、C、D で、1964、1965 年のクロマツより成熟のすすんだ状態にあったと思わ

表-1. 成熟の段階と球果の採取日時
Table 1. Stage of maturity and date of cone collection.

成熟の段階 Stage of maturity	球果の採取日時 Date of cone collection		
	1964	1965	1966
A	June 19	—	—
B	July 21	July 15	July 18
C	Aug. 10	Aug. 7	Aug. 8
D	Aug. 26	Aug. 19	Aug. 29
E	Sept. 15	Sept. 7	Sept. 19
F	Oct. 1	Oct. 2	Oct. 7
G	Oct. 21	Oct. 21	Oct. 27

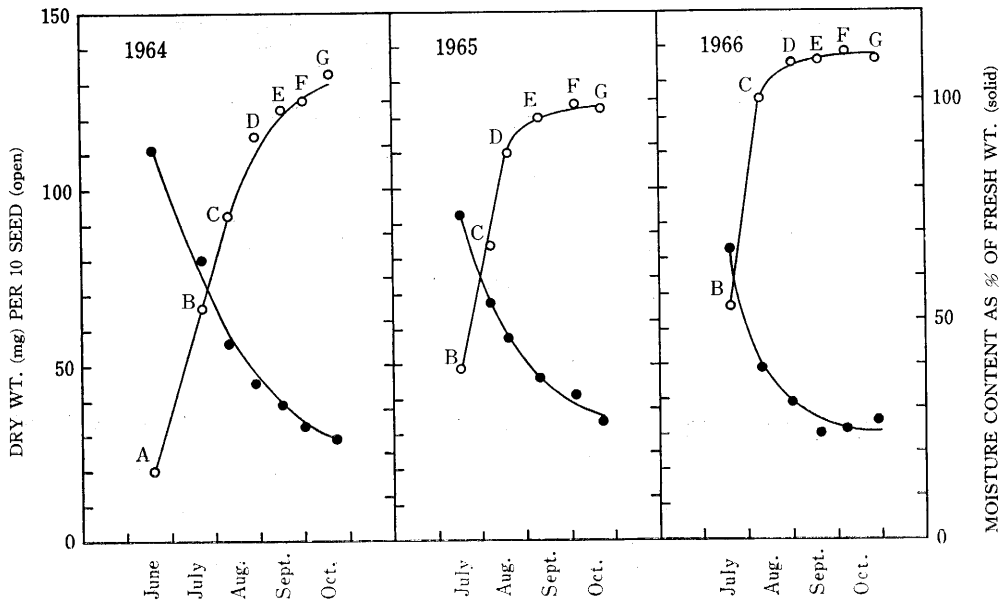


図-1. 成熟過程の クロマツ, アカマツのタネの乾重量と 生重量にたいする含水率
 左: クロマツ 1964 年, 中: クロマツ 1965 年, 右: アカマツ 1966 年。
 白丸: 乾重量, 黒丸: 含水率。

Fig. 1. Dry weight and moisture content of immature seeds of *P. thunbergii* and *P. densiflora*
 left: *P. thunbergii* 1964, middle: *P. thunbergii* 1965, right: *P. densiflora* 1966.
 open circles: dry weight, solid circles: moisture content.

れる。

球果は それぞれの段階で 10~15 コずつ採取し ただちに実験にもちいた。タネをすぐつかうときは 球果をわり 鱗片をはがして ピンセットでとりだした。

タネの発芽には 25°Cの発芽試験器をつかい とくに光をあてなかった。発芽床は ガーゼとロシをしいたペトリ皿で 適当に水をあたえた。発芽率は すべて 50 粒 2 組 合計 100 粒でしらべた。

成熟のいろいろの段階で 球果やタネに 低温-湿, 乾, 室温-湿, 乾などの処理をした。それらの処理方法は 表-2 にまとめてしめた。

表-2. 未熟の球果, タネにたいする処理方法
 Table 2. Treatment with various temperature and humidity in immature cones and seeds.

処 理 Treatment	摘 要 Remarks
低温, (L)*	冷蔵庫内, 4°C 4°C in refrigerator.
室温, (R)*	実験室内, 室温。 room temperature in laboratory.
乾, (D)*	シリカゲルをいれたデシケータ中。 in desiccator with silica gel.
湿, (W)*	しめったワタをいれた大型秤量ビン中。 in large weighing bottles with wet cotton.
25°C*	恒温器内, 25°C。 25°C in thermostat.
5, 30, 60%*	硫酸で調節した デシケータ内の相対湿度。 relative humidity in desiccator with sulphuric acid.

*; これらの記号は 図中の記号とおなじ。symbols in parentheses are the same with that in figures 4, 5.

結果と考察

タネの成熟と発芽 成熟の各段階であつめた球果から ただちにタネをとりだして、カワつき

とカワをとりぞいたとき（うすい内皮はとくにとりぞかなかつた）の発芽率をしらべて 図-2 にしめた。

カワをとりぞくと、クロマツ、アカマツともに 8月下旬から9月上旬に 50% 以上が発芽した。カワつきのタネでは、クロマツが 10月はじめに わずかに発芽し、10月中旬に 50% 以上の発芽率に、アカマツが 9月中旬に わずかに発芽し、10月上旬から中旬に 50% 以上の発芽率になった。

クロマツ、アカマツでしらべた いままでの報告では、カワつきのタネで 8月下旬から9月上旬に わずかに発芽し^{9,15)}、9月中旬に 約 40% が発芽した例²⁸⁾がある。これらの報告にくらべると、この実験につかつた材料では カワつきのタネの発芽する時期が すこしおそい。つかつた材料で 発芽する時期が はやくなったり おそくなったりするのは、タネの成熟のはやき、タネの活力、カワの性質などが 木によって、また木のある場所によつて ちがっているためだと思われる。

つぎに、アカマツ、スギ、ヒノキのタネが 形態的に完成し 発芽力をもつてから、それぞれのカワつきのタネが じゅうぶんな発芽力をしめすまでに、かなり長い期間（40~50日）が必要だといわれている⁹⁾。この実験でも、

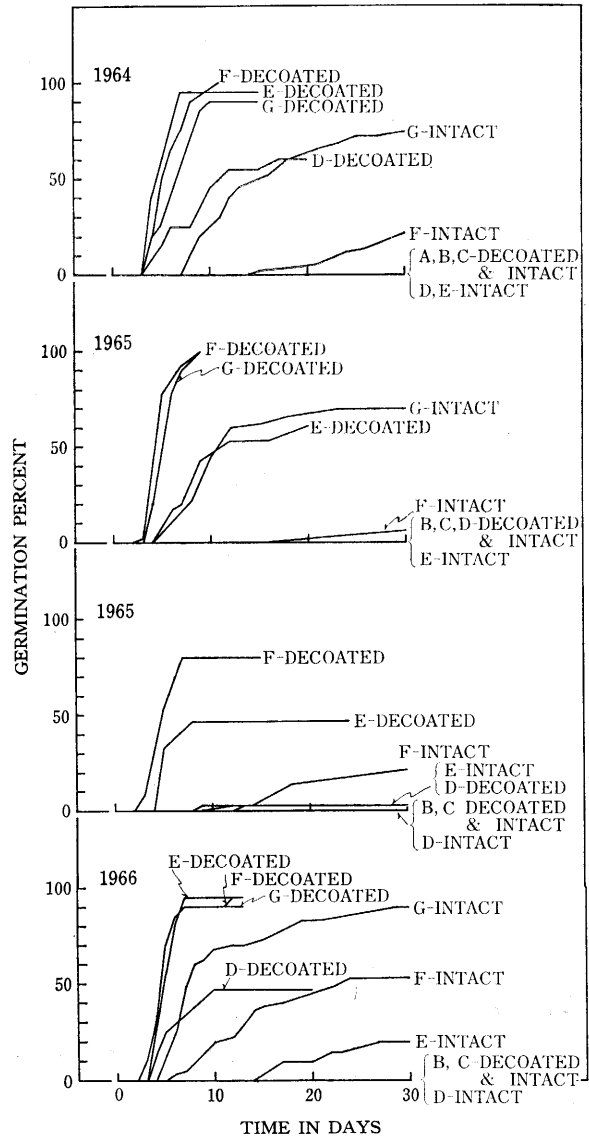


図-2. クロマツ、アカマツの未熟なタネの発芽
上から：クロマツ 1964年、クロマツ 1965年、アカマツ 1965年、アカマツ 1966年。
A~G: 成熟の段階、INTACT: カワつきのタネ、DECOATED: カワをとりぞいたタネ。

Fig. 2. Germination of immature seeds of *P. thunbergii* and *P. densiflora*
From top downward: *P. thunbergii* 1964, *P. thunbergii* 1965, *P. densiflora* 1965, *P. densiflora* 1966.
A-G: stage of maturity, see Table 1.

カワをとりぞいたタネが 発芽力をしめしてから、カワつきのタネが 50% 以上発芽するまでに、40~50 日必要だった。

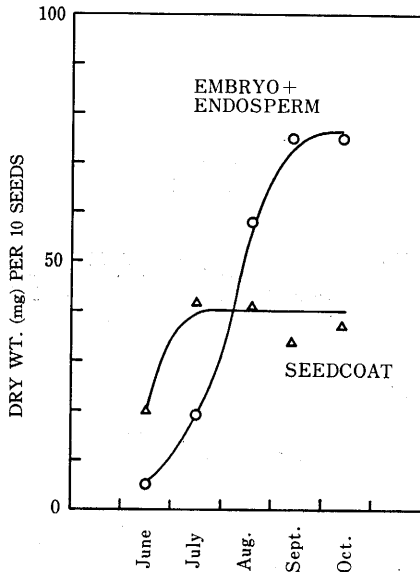


図-3. 成熟過程のクロマツのタネの胚、胚乳とカワの乾重量

Fig. 3. Dry weight of embryo plus endosperm and seedcoat of immature seeds of *P. thunbergii*.

クロマツのタネでしらべると、カワの乾重量は7月中旬に最大になり、タネの内部より はやく完成すると考えられる(図-3)。しかも 完熟したマツ類のタネのカワは 発芽に不利な性質をもつといわれ、クロマツ、アカマツ^{8,10,11,13}をはじめ、チョウセンマツ^{2,14}、*P. jeffreyi*²⁶、*P. strobus*¹⁸、*P. silvestris*²¹などで、カワをとりぞくと はやく発芽することがしられている。カワの発芽に不利な性質については、タネの内部が 吸水してふくれるのに 機械的な障害になるとか³、ガス交換をさまたげるとか^{18,18,25}、外種皮よりも内種皮による¹¹など、いろいろの考えがあり、また2葉松と5葉松とで原因が多少ちがっていると思われるが、おもに カワの機械的、物理的な性質が 発芽にとって 不都合なのだと考えてよいだろう。そこで、タネが 発芽力をもってから カワつきのタネが 発芽するまでに 長い期間を必要

とするのは、はやくカワが形成されることと そのカワが 発芽に不利な性質をもっているために、タネが じゅうぶんな活力をもつまで カワをやぶって発芽できないからだと考えられる。

未熟なタネの発芽促進 8月上旬にあつめた球果を 50~100 日間 低温でしめった状態におき、その後 球果からタネをだして カワをとりぞくと、図-4 にしめすように発芽した。発芽しても 発芽率がひくく 発芽もおそかったが、正常に発芽するタネができた。

8月上旬のタネ(成熟の段階 C)は カワをとりぞいても発芽しない(図-2)。また 室温や乾燥の状態におくと 球果のままでも処理しても発芽せず(図-4, 上)、まれに発芽するタネがあっても 幼根端が黒変して 伸長しなかった。さらに 球果からタネをとりだして 低温でしめった状態においても まったく発芽しなかった。したがって 8月上旬のタネが発芽力をもつためには 球果のまま 低温でしめった状態におくことが必要だった。

球果のN量をしらべたとき¹⁷、7月中旬まで 樹体から鱗片へ 7月中旬以後 鱗片から あるいは 鱗片をとってタネへ Nが動くことをあきらかにした。そこで 8月上旬に 球果のまま 低温でしめった状態におくと、鱗片にたくわえられた養分が タネへ移動し タネが発育をつづけるのに 好都合なのではないかと思われる。しかし 7月下旬のタネは 球果のまま

低温でしめった状態においても 発芽しなかったため、球果からの養分だけで タネが発育をつづけるには おのずから限界があると思われる。この処理が有効であるためには、球果からの補給だけでたりる程度に、養分や胚発達など タネの内部が充実していることが必要だと思われる。

なお 温度や湿度など 処理方法については さらに検討する余地がおいと思われる。

つぎに 8月下旬から9月中旬に採取した球果を 低温、室温で 乾、湿の処理をしたのち タネをだして カワつきのタネの発芽率をしらべ 図-5 にしめした。球果を室内に放置したときと (徐々に乾燥) 低温でしめった状態においたときに、かなりよく発芽した。図示しなかったが、球果からタネをとりだして処理したときは、低温でしめった状態においたときだけ わずかに発芽した。

8月下旬から9月中旬のタネ (成熟の段階 D, E) は カワをとりのぞくと 50%以上発芽するが、カワつきのままでは 発芽することができない。この時期のタネが カワつきのまま発芽するためには、カワの発芽に不利な性質が とりのぞかれるか、タネの内部が カワをやぶって発芽する活力を

もたなければならぬ。低温でしめった状態においたことも、球果のまま室内に放置したことも、未熟なタネに活力をあたえる なんらかの変化をひきおこしたと思われる。前者の処理は

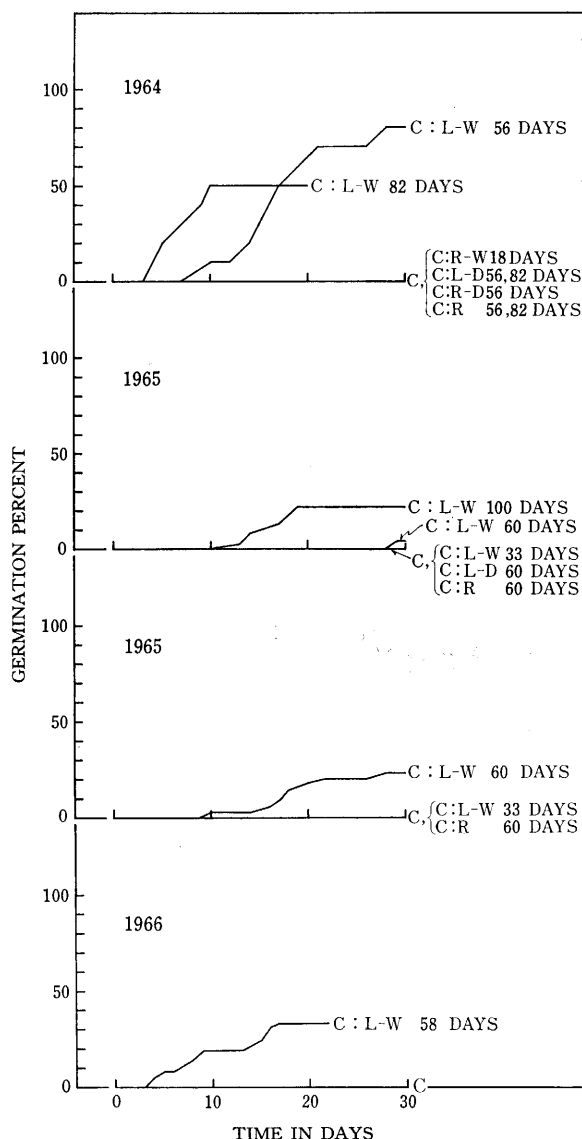


図-4. 8月上旬にあつめた球果を いろいろの状態処理したあとの、カワをとりのぞいたタネの発芽上から: クロマツ 1964年, クロマツ 1965年, アカマツ 1965年, アカマツ 1966年。

図中の記号: 表-2 に表示, 日数: 処理日数。

Fig. 4. Germination of decoated seeds, after dry and wet storage in immature cones, stage C. From top downward: *P. thunbergii* 1964, *P. thunbergii* 1965, *P. densiflora* 1965, *P. densiflora* 1966. Symbols in this figure: see Table 2.

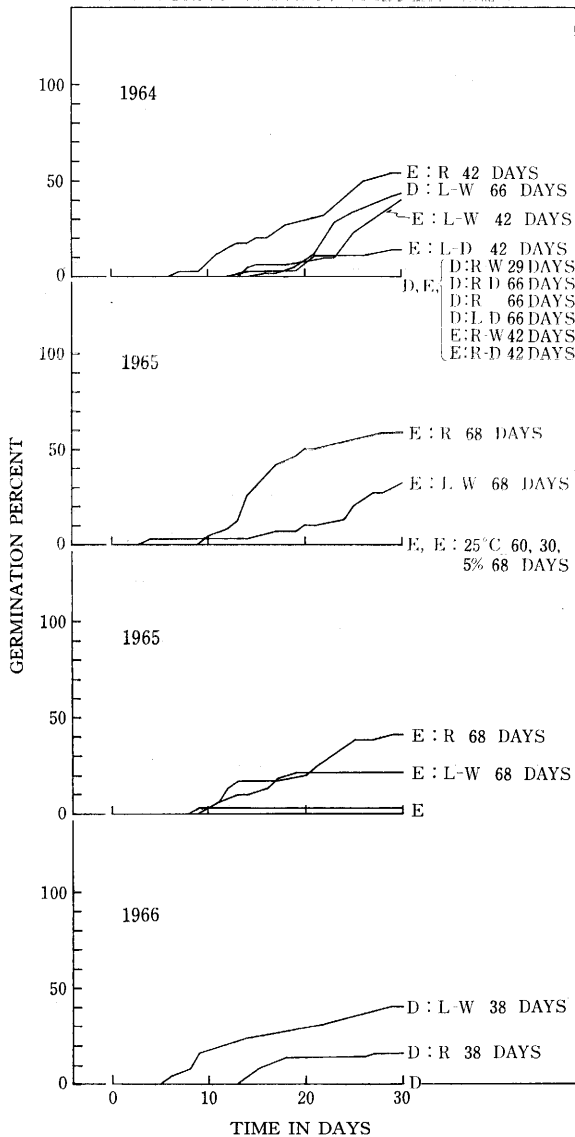


図-5. 8月下旬から9月中旬にあつめた球果をいろいろの状態処理したあとの、カワつきのタネの発芽上から: クロマツ 1964年, クロマツ 1965年, アカマツ 1965年, アカマツ 1966年。

図中の記号: 表-2に表示, 日数: 処理日数。

Fig. 5. Germination of intact seeds, after dry and wet storage in immature cones, stage D. and E. From top downward: *P. thunbergii* 1964, *P. thunbergii* 1965, *P. densiflora* 1965, *P. densiflora* 1966. Symbols in this figure: see Table 2.

発芽を促進するのにより効果的な処理であり (いわゆる低温湿層処理にちかい), 後者の処理は一段と成熟をすすめるのに効果があったのではないかと推測される。前者と同様の処理は *Pseudotsuga menziesii*²⁴⁾ で、後者と同様の処理も *P. menziesii*^{22, 23)} で、また後者にちかい低温での乾燥処理が *Pinus virginiana*²⁹⁾ でそれぞれ報告されているので、いずれもカワをとりどげば発芽する未熟なタネで活力をたかめる処理として有効だと思われる。

なお球果からとりだした未熟のタネを貯蔵すると発芽率がひくくなるといわれている²⁸⁾。またアカマツの未熟のタネでは冬まで室内におくと発芽率がたかくなるともいわれている⁹⁾。この実験でしらべたところでは、9月下旬以後球果からタネをとりだし室内に放置するか乾燥状態におくと、発芽率がたかくなり発芽もはやくなった。しかし球果をとる時期が9月上旬以前になると逆に発芽率がひくくなった。この実験では完全熟時にすべての処理をうちきって翌春までたくわえなかったもので、貯蔵後の発芽率の変化についてはわからない。

ま と め

(1) カワをとりのぞいたタネでは、クロマツ、アカマツともに 8月下旬から 9月上旬に 50%以上が発芽した。カワつきのタネでは、クロマツ、アカマツともに 10月中旬に 50%以上が発芽した。

カワつきのタネの発芽がおくれるのは、発芽に不利な性質をもつカワが胚、胚乳よりはやく形成されるために、タネがじゅうぶんな活力をもつまでカワをやぶって発芽できないからだと考えた。

(2) 8月上旬にあつめた球果を 50~100日間低温でしめった状態においたあとで、タネをとりだしカワをとりのぞくとわずかだが発芽した。低温で、球果のまましめった状態におくと、タネは発育をつづけるのではないかと思われる。

また 8月下旬から 9月中旬にあつめた球果を、球果のまま室内に放置するか、低温でしめった状態におくと、カワつきのタネが発芽した。いずれも未熟なタネに活力をあたえるのに有効な方法なのでこれらの処理のもつ意味について考えた。

この実験にあたっていろいろ便宜をはかってくださった造林学教室と田無試験地のみなさんにお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) ALLEN, G.S.: For. Chron., 34: 266-274, 275-282, 1958.
- 2) ASAKAWA, S.: J. Jap. For. Soc., 38: 125-129, 1956.
- 3) 浅川澄彦: 林試研報, 159: 1-88, 1963.
- 4) BUCHHOLZ, J. T.: Bot. Gaz., 108: 232-244, 1946.
- 5) CHING, T. M. and CHING, K.K.: For. Sci., 8: 21-31, 1962.
- 6) CRAM, W. H.: For. Sci., 2: 26-30, 1956.
- 7) CRAM, W. H. and WORDEN, H. A.: For. Sci., 3: 263-269, 1957.
- 8) 郷 正士: 東大演報, 39: 55-60, 1951.
- 9) 郷 正士・平松 遙: 東大演報, 48: 103-114, 1955.
- 10) 郷 正士: 日林誌, 38: 276, 1956.
- 11) 郷 正士: 東大演報, 59: 1-18, 1965.
- 12) 長谷川孝三: 帝林東京林試報, 4(2): 1-355, 1943.
- 13) HATANO, K.: Plant & Cell Physiol., 4: 129-134, 1963.
- 14) HATANO, K.: Bull. Tokyo Univ. For., 60: 101-111, 1965.
- 15) 勝田 柁: 東大演報, 55: 125-159, 1959.
- 16) 勝田 柁: 日林誌, 43: 157-161, 1961.
- 17) 勝田 柁, 佐藤大七郎: 日林誌, 46: 166-170, 1964.
- 18) KOZLOWSKII, T. T. and GENTILE, A. C.: For. Sci., 5: 389-395, 1959.
- 19) MAKI, T. E.: J. For., 38: 55-60, 1940.

- 20) McLEMORE, B.F.: J. For., 57: 648-650, 1959.
- 21) NYMAN, B.: Studia Forestalia Suecica, 2: 1-164, 1963.
- 22) POGODA, G.: Allg. Forstzeitschr., 17: 283, 1962.
- 23) REDISKE, J. H.: For. Sci., 7: 204-213, 1961.
- 24) SILEN, R. R.: J. For., 56: 410-413, 1958.
- 25) STANLEY, R. G.: Physiol. Plant., 11: 503-515, 1958.
- 26) STONE, E. C.: Plant Physiol., 32: 93-99, 1957.
- 27) 柳沢聡雄: 林試研報, 70: 71-92, 1954.
- 28) 柳沢聡雄: 林試研報, 172: 45-94, 1965.
- 29) FENTON, R. H. and SUCOFF, E. I.: U. S. For. Serv. Res. Note NE. For. Exp. Sta. No. NE-31, 1965. (For. Abst., 27, 2034 による)

Summary

Germination of decoated and intact seeds of *P. thunbergii* and *P. densiflora* during the period from fertilization to full maturity, and the effect of dry and wet storage of immature cones and seeds were studied.

1) Seeds collected during the period from the end of August to the beginning of September showed germination over 50 percent only when they were decoated, while more than 50 percent of seeds collected in the middle of October germinated even when they were intact (Fig. 2). Germination of intact seeds was considered to be later than that of decoated seeds, because the development of seed coat, which was known to be a mechanical and physical barriers for germination, was faster than that of embryo and endosperm (Fig. 3).

2) Seeds collected in the beginning of August germinated only when they were decoated after wet storage at 4°C for 50-100 days in immature cones, though germination of these seeds was slow and poor (Fig. 4). Immature seeds seemed to gradually develop in wet storage with cone scales at low temperature.

Intact seeds collected from the end of August to the middle of September germinated after wet storage at 4°C and gradual dehydration at room temperature for 40-70 days in immature cones (Fig. 5). The effect of the both storage conditions on viability in immature seeds was discussed.