ヨシとヒメガマの種子散布　―正月の戯れ―

会 長　大 滝 末 男

去る1月8日に、新しい年号の平成の時代を迎えましたが、会員各位にはご機嫌うるわしいことと、お喜び申しあげます。東京の1月2～3日は快晴で、終日ほとんど無風状態、日中の気温は14℃にも達し、3月下旬なみの暖冬でした。1月2日は西新井橋（全長444.6 m、幅15m）北詰付近の低水路（川幅約200 m）の左岸で、図1～3に示すようなヨシ（アシ）、ヒメガマおよびセイタカアワダチソウ群落の花穂で、種子の付属物である毛についてウオッチングしました。

昨年末の東京は1か月以上も降雨がなく、空気がたいへん乾燥したうえに、空っ風で知られる北西風の強い日も多く、ヨシやヒメガマの花穂についている種子は、大部分飛散していた。それでも絹毛のついた、これらの残存種子を比較する意味で、冠毛のついたセイタカアワダチソウの種子（頴果を含む瘦果）も検鏡して観察できたので、これらの種子を図4で紹介する。また、1月4日の朝は、砂埃が立ち、紙片が舞い上がる、風力3～4ぐらいの北風が吹いた。そこで、落下傘状態になって、風散布するこれら3種の微小種子を、高さ10mある堤防敷（土手）の上で、たこ（凧）あげならぬ、たね（種）飛ばし遊びをして戯れたので、その時の結果と感想などについて述べてみたい。

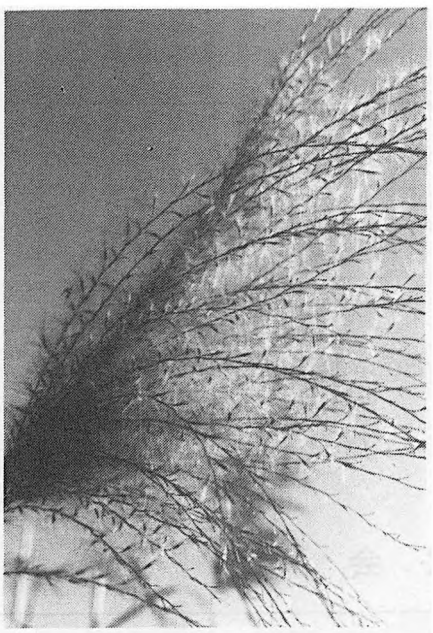

図1　ヨシ（アシ）　1989（昭和64）年1月2日

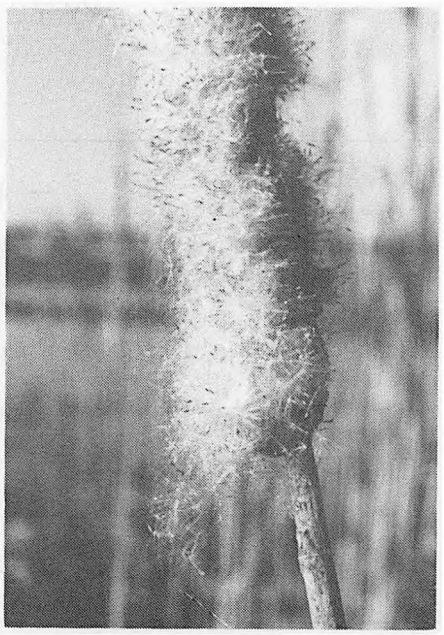

図2　ヒメガマ　1989（昭和64）年1月2日

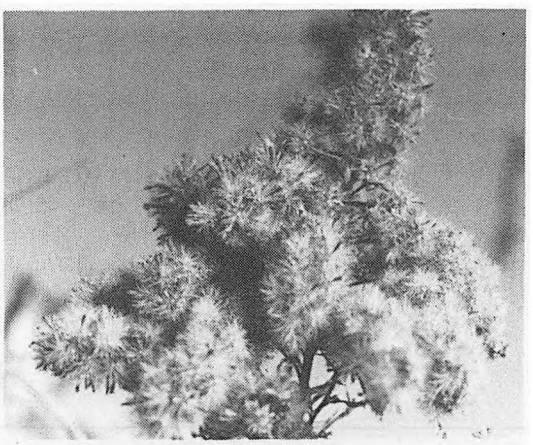

図3　セイタカアワダチソウ　1989（昭和64）年1月2日

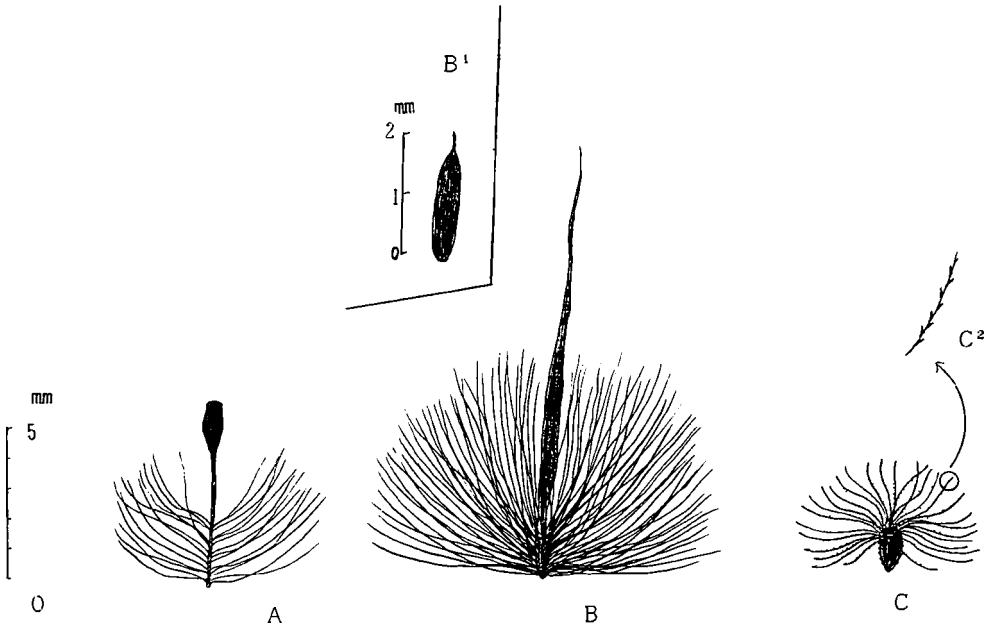

図4 毛の比較 A. ヒメガマ、B. ヨシ、B¹ ヨシの種子、C. セイタカアワダチソウ、C² 毛の一部拡大、
1989(平成元)年1月8日 (大滝原図)

(1) ヨシ、ヒメガマ、セイタカアワダチソウの種子のつくり

ヨシ(アシ)*Phragmites communis* Trin. (イネ科)とヒメガマ *Typha angustata* Bory et Chaub. (ガマ科)は、共に水辺に群生する抽水植物である。この場合ヒメガマは常に水深約1m以内に成育、ヨシは普通水深50cmぐらい以内で、湿地にも成育することができる。両種とも花茎が1.5 ～ 3 mにものび、熱帯地方を除き全世界に広く分布するので、世界種または汎存分布種として知られる。これに対して、セイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L. (キク科)は北アメリカ原産で、日本には明治30(1893)年頃に帰化した、草高2m内外になる大型の多年草で、湿地にもよく成育する中生植物である。この植物はアレロパシ(他感作用)がある例としても知られ、戦後急激に日本中に広がった。荒川の高水敷にも各所にまとまった群落が現在見られる。3種とも種子に毛があり、晩秋から初冬にかけて、風散布することでも知られる。いずれも花茎の頂上に花穂が生じ、有毛の種子を多量に風散布する。

この3種の種子の構造は、従来あまり発表されていないようなので、それぞれ1個の種子について詳にまとめ、比べてみると表1のようになる。

(2) 種子の風散布の物理的考察

種子の散布型には風散布、水散布、動物散布および物理的な乾湿散布などあるが、上記の植物は3種とも有毛のそう(痩)果で、パラシュートのように落下する風散布型の種子に属する。キク科のセイヨウタンポポの種子では、風速10m/sであると仮定した場合は、飛行距離が10kmという報告(Schmdt, 1918)がある。但し、sは1秒間を示す。われわれは平素、毛のある種子の落下現象の場合には、しばしば無風状態でも、容易に垂直には、地上に落下しないことに気がついていると思う。このような場合、原理的にはどのように考えればよいのであろうか。

かつて、物理学者で文学者としても知られた寺田寅彦博士(1878～1935)が、自分の家の庭で、マメ科のフジ[(藤)の実]の種(豆果)が、はじけて約9mも飛ぶ距離についての物理的な考察を、彼自身の随筆集(1933年2月、鉄塔)にのせている。物理学者のそれを、私がここで真似るわけではないが、あえて物理学的に非生命現象の考察をしてみることにした。

① 落下運動の落下の法則は、力学の分野を開拓した

表1. 3種の種子の特徴の比較

	種子の大きさ	毛の長さ	毛の概数(本)	100㎎中に含まれる種子の概数(個)
ヨシ	長さ 2〜3㎜, 幅 約0.4㎜	10〜15㎜	200 〜 300	200 〜 300
ヒメガマ	長さ 約1㎜, 幅 約0.2㎜	4〜6㎜	20 〜 30	600 〜 800
セイタカアワダチソウ	長さ 約1㎜, 幅 約0.3㎜	2〜3㎜	20 〜 25	400 〜 500

(注) ① 1個の種子の質量は、非常に微小なため、普通では計測が極めて困難である。そこで、上皿天秤の最小量の100㎎分銅を使用して、その中に含まれる種子を概数で算定した。

② 水草であるヨシとヒメガマの種子は、毛の表面が平滑であるのに、セイタカアワダチソウの冠毛では、表面に微小な鋸歯状の突起があることを発見した。このことは特に、注目に値すると考えられる。

先駆者のガリレイ(1564〜1642)が、1636年に発表したが、「物体は空気の抵抗がなければ、重くしても軽くしても、すべて$g = 9.8\ m/s^2$の加速度で落ちる(gを重力加速度という)」。つまり、落下している物体は、重力がはたらくので、毎秒$9.8\ m/s^2$ずつ速度が増していくことになる。また、距離sだけ落ちたときの速度は、$v^2 = 2gs$, $v = \sqrt{2gs}$ となるし、距離sだけ落ちるのに要する時間は、$s = 1/2gt^2$, $\therefore t = \sqrt{2S}/g$ となる。この公式にあてはめてみると、10mの高さから落ちるときの種子の速さ、vと、それに要する時間tは$v = \sqrt{2} \times 9.8 \times 10 = 14\ m/s$, $t = \sqrt{2} \times 10/9.8 \fallingdotseq 1.43$ 秒となる。

ところが、ヨシやヒメガマなどの種子は上記の法則や公式には、全くあてはまらず、容易に落ちてこなかったし、速度もほとんど変わらないように見えた。

② そこで、次にニュートン(1642〜1727)の運動の3法則を考えてみた。第1の法則は慣性の法則で、これは「物体に外から力が加わらなければ、物体は等速度運動か静止をつづける」、つまり、加速度が0であるという法則である。第2の法則は、単に運動の法則といい、これは、「物体の加速度aは、加えられた力、Fに比例し、物体の質量、mに反比例する」というもので、これを式で表わすと、$F = ma$となる。いま、種子がほとんど速度を変えないで、落ちていることから考えると、第1の法則にあるように、種子にはたらく重力と、絹毛にはたらく上向きの空気の抵抗力が等しくなって、打ち消されていると考えられる。文献を調べてみると、霧雨(水滴の直径0.01㎜)の粒は、重さと空気抵抗がつりあって、等速度で落ちるとき、その速さは、0.003 m/sという超スローモーションであることが知られている。

まして、ヨシやヒメガマなどの種子は、前述のように100㎎中に、200 〜 300および600 〜 800個ずつも含まれていることから考えると、重さは極めて小さく、その上、空気抵抗を大きくするための長い絹毛を、多数つけていることからして、落下速度は極めて小さいわけである。仮に、第2の法則があてはまるとしても、加速度は$9.8\ m/s^2$などは考えられなく、はるかに小さいだろう。

いま、条件を簡単にして、種子の落下速度0.005 m/s、風の水平速度が10 m/s、種子の落ちる高さを10mとし、他の条件を考えないとすると、10m落ちる時間は$t = 10/0.005 = 2000$秒、この間に風で、水平に運ばれる距離は、$10 \times 2000 = 20000$ mとなり、Schmdtの報告ほどではないが、2㎞ぐらい先まで飛散することは納得できる。

さて、上記のような七面倒くさい法則などにふれるまでもなく、前記3種の植物の風散布の実験的な遊びは、次のようであった。この遊びは、去る1月4日の午前9時ごろに実施した。まず、十分に乾燥した花穂から、1個ずつばらばらにした毛のついた種子を、口径10㎝、深さ約20㎝のやや厚めのビニール袋に沢山詰めた後、口を開き、ビニール袋の外側を手で軽く叩くと、種子は口から風下に向かって、容易に花吹雪みたいになって飛散する。この結果は1個ずつばらばらになっていた種子ほど、より遠方へ飛散し、数個体以上くっついた種子は、その手前に飛散した後、地上に落下した。堤防敷(土手)の内側で、南に当たる高水敷はグランド(野球場)になっていて、低水路までの幅は、約120mほどである。当日は好天でたいへん見通しはよかったが、風向や風速の強弱によって、飛行距離や飛行方角がまちまちなので、とても一人では正確に計測することが困難であった。しかも、ヨシやヒメガマの種子には、未熟な種子が多く含まれているので、完熟して質量を一定に保った種子だけを選出することが困難で、何回も同じ実験を、繰り返して、より正確にデータをとることはとても無理で

あった。したがって、今回の実験はあくまで半ば遊びであった。私のやりかたは、甚だ杜撰かつ非科学的であったと思う。それでも結果的には、セイタカアワダチソウ＜ヨシ＜ヒメガマの種子の順にほぼ遠方へ飛散することがどうやら察知できた。このたびの私独自の実験は、当初の予想に反し、極めて困難かつ不可能に近いことも判明した。しかし、水草に関した、お正月の屋外での遊びとして、すこぶる幼稚な戯れの割りには、たいへん面白く楽しいものであった。

（3） 散布様式の分化について

上記に述べたような法則を考慮にいれながら、前記3種の種子の毛について、いろいろ考察してみたことを下記へ順不同に列挙したので、これらについて、読者のご批判をいただければ幸いである。

① 種子の風散布も、風媒花の花粉の場合と同様に、その生産量は極めて多産かつ多量であるといえる。したがって、飛散するこれらの種子の大部分は、落下後環境に適応し、無事発芽して繁殖することは偶然的で稀有と考えられ、ほとんどが無駄になっているのが、自然界の実状であろう。しかも、それらの測定方法やデータをとることも、おそらく不可能に近いであろう。

② 3種の微小種子を検鏡すると、相当量の未成熟の種子が、セイタカアワダチソウ＜ヨシ＜ヒメガマの順に多いようであることが判明した。このような生命現象は、生物界で子孫を残すための生殖方法は、人間も含めて全ての生物に見られることであるかもしれないが、より原始的な植物ほど生産される種子が多いようで、これは、大変面白いことである。

③ 上記3種の花穂のつく花茎の高さは、いずれも1～3mもある。これらから飛散する種子は、地上から、高い位置ほど有利であるといえる。また、日本のような中緯度地方では、晩秋の季節風の強い季節には、容易に偏西風の影響を受けやすいものと考えられる。この場合は、地上10km余に及ぶ対流圏やジェット気流層まで上昇した後、遠方にある他の中緯度の国ぐにの地域まで、種子が飛散して落下することが、可能でないかと予想される。

④ 地球上に、ガマ科の植物が出現したのは、約1億年前の白亜紀中期頃であると発表（Axelrod, 1952）されている。いま、ヒメガマとヨシの種子につく絹毛を比較した場合、ヨシの毛の方がヒメガマより、長くて多数存在することから、ヨシはヒメガマより遅い時代になって出現したのではないかと、推測できないだろうか。この場合、勿論退化現象も進化の1つであることをよく承知の上のことだが。

⑤ 一般にキク科は種子植物の中で、最も進化していると考えられている仲間である。このたび、ヒメガマとヨシの毛について、比較のために調べたセイタカアワダチソウの冠毛を検鏡すると、ヒメガマやヨシの絹毛の表面には見られない微歯が、鋸歯状に存在することを確認できた。この事実はキク科は、ガマ科やイネ科より、さらに新しい時代に分布して、地球上に出現したものであると考えたいがどうであろう。

参考資料

寺田寅彦 著 寺田寅彦全集 文学篇 第4巻 岩波書店（1950）
玉川百科大辞典 物理 2 誠分堂新光社（1963）
堀田 満 著 「植物の分布と分化」 三省堂（1974）
浅間一男 著 「被子植物の起源」 三省堂（1975）

1989（平成元）年2月5日 記

〔編集後記〕

このたびは会報の発行がたいへん遅れ、申し訳ありませんでした。先の10周年記念号の発行遅延の後遺症でしょうか、はじめ原稿の集まりが悪く、ようやく集まると今度は、私の超多忙時と重なり編集作業が遅れることになりました。結局、何篇か次号回しにさせていただきましたが、お許し下さい。そのストックがありますので、次号はそれほど遅れず発行できそうです。投稿予定の方は至急、原稿をお送り下さい。