

Fig. 4. Possible evolutionary trends in the three types of egg capsules in the genus *Dipturus* and subgenus A, I, *Dipturus tengu*, II, *D. gigas*, III, *Raja pulchra*.

んでいると考えられる (Fig. 4).

12. Genus B の卵殻 (Fig. 3—E)

テングエイ属の D—I 型の卵殻と同じ形態である。Horns の断面は円形で, anterior horns と posterior horns の長さには差がない。Respiratory fissure は horns の先端にある。表面は円滑である。

13. シボガカスベ属 (*Fenestraja*) の卵殻 (Fig. 3—F)

主部は長さが幅の 2 倍以上と縦長である。Horns の断面は円形で, posterior horns の長さは卵殻幅の 2 倍以上と長い。Respiratory fissure は anterior horns の先端と, posterior horns の根元にある。表面は円滑である。卵殻の形態で見る限り, ホコカスベ科の *Cruriraja parcomaculata* の卵殻に極めて類似している。全体としては B—II 型に属する形態である。

14. *Leucoraja* 属の卵殻 (Fig. 3—G)

形態は D—I 型である。Horns の断面が円形で,

posterior horns の長さは卵殻幅の 1.5~2 倍と長い。Respiratory fissure は anterior horns の先端付近と, posterior horns の中間部にある。Posterior apron が発達する種と, tendril を持つ種がある。表面は円滑である。

15. *Malacoraja* 属の卵殻 (Fig. 5—A)

形態は D—I 型である。Horns の断面が円形で, 長さは短い。Respiratory fissure は anterior horns でも posterior horns でも先端にある。Lateral keel と apron はよく発達する。表面は円滑である。

Compagno (1999) は *Malacoraja fuliginia* を後述するアナンデールカスベ属に移動したが, 卵殻の形態で見る限りこの処置が妥当であったかどうかは疑問である。また, *Malacoraja senta* の卵殻は後述する *Raja* 属の *Raja clavata* に極めてよく似ている。

16. オカメエイ属 (*Okamejei*) の卵殻 (Fig. 5—C)

形態は D—I 型である。Horns の断面は円形で, anterior horns と posterior horns の長さには差がない。Respiratory fissure は horns の先端にある。表面は円滑である。コモンカスベの卵殻には tendril がある。

17. ガンギエイ属 (*Raja*) の卵殻 (Fig. 5—B)

形態は D—I 型である。Horns の断面は円形で, anterior horns と posterior horns の長さはほぼ等しい。Respiratory fissure は horns の先端にある。表面は円滑である。Tendril を持つ種がある。

Malacoraja 属の項で述べたように, *Raja clavata* の卵殻は apron と keel が発達して *Malacoraja* 属の卵殻に類似した形態を持ち, 属の帰属が移動する可能性がある (Figure 5—A)。

18. アナンデールカスベ属 (*Rajella*) の卵殻 (Fig. 5—E)

形態は D—I 型で, horns の断面は円形である。Respiratory fissure は anterior horns では先端に, posterior horns では中間部にある。

Rajella leopardus の卵殻は本属のみならず, 他の属とも異なる形態を持つ (Figure 5—E 左)。Lateral keel がよく発達し, 鋸歯縁があり, horns は短く堅固で, respiratory fissure は horns の中間部にある。この種の卵殻は他のどの属の卵殻とも異なる形態を示している。

19. *Rostroraja* 属の卵殻 (Fig. 5—D)

主部は幅広く, 長さは幅の 1.5 倍以下である。Horns はテーブ状で, 断面は平坦である。Posterior horns は卵殻幅の約 1.5 倍と長い。Respiratory fissure は horns の根元にある。Lateral keel はよく発

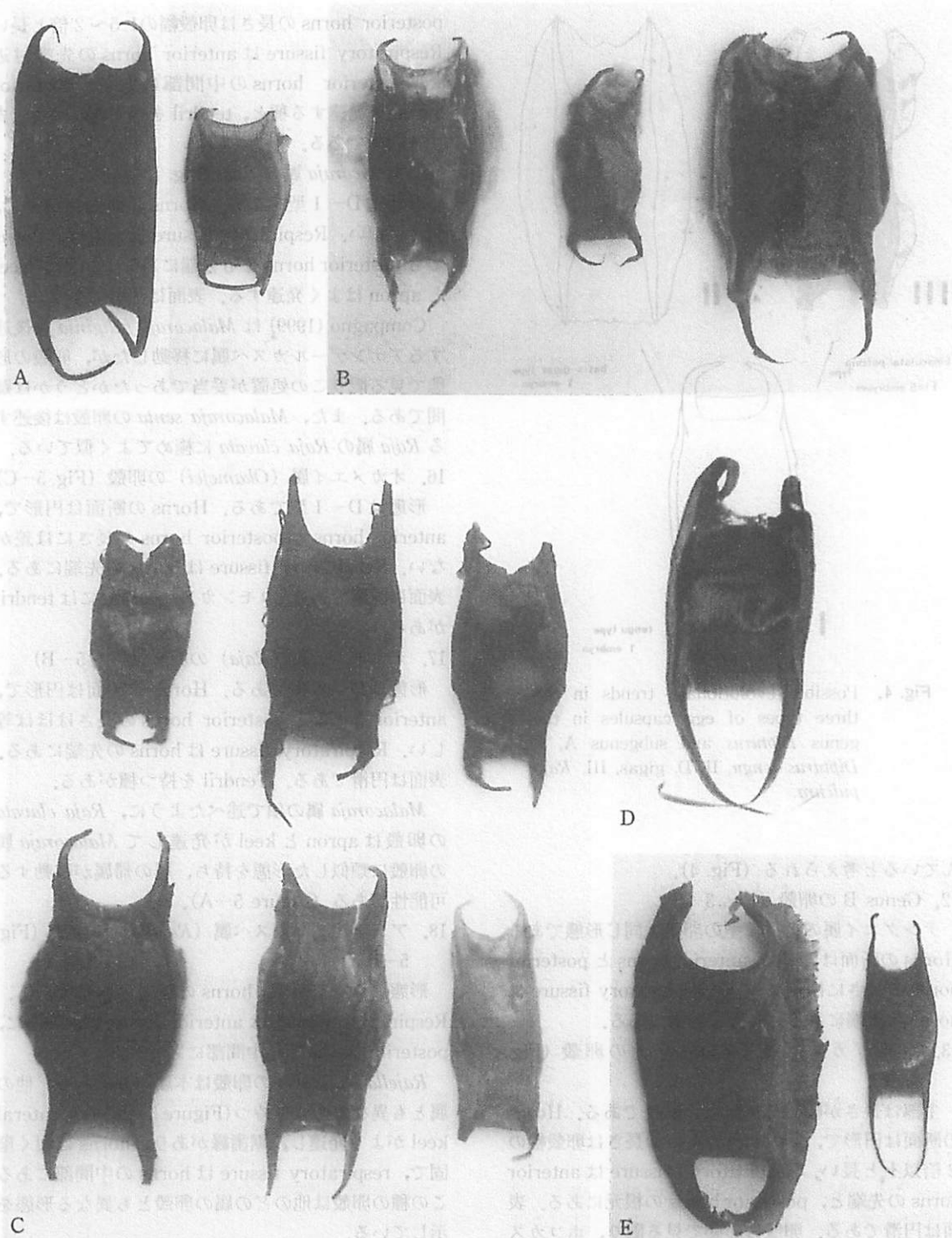


Fig. 5. A: Egg capsules of the genus *Malacoraja*. Left. *M. fuliginia*; Right. *M. senta*; B: Egg capsules of the genus *Raja*. Left. *R. montagui*; Center. *R. miraletus*; Right. *R. clavata*; C: Egg capsules of the genus *Okamejei*. Top left *O. meerdervoortii*; Top center, *O. kenojei*; Top right, *O. acutispina*, Bottom left, *O. boesemani*, Bottom center, *O. hollandi*, Bottom right, *O. schmidti*. D: Egg capsule of *Rostroraja alba*; E: Egg capsules of the genus *Rajella*. Left. *R. leopardus*; Right. *R. bigelowi*.

違する。表面は縦走畝によって粗雑である。この卵殻はR-I型として他の卵殻とは独立の形態と考えられる。

論 議

系統推定の方法

a. 分布

ガンギエイ目魚類ではより古い系統が浅海から深海に移動し、かつ汎世界的な分布を示していると考えられている。ソコガンギエイ属、テングエイ属がその古い系統である。(Hulley, 1972; Stehmann,

1986)。Table 3 に28のグループの世界における分布を示した。この分布パターンから、ミツボシカスベ属もまた、古い起源を持つグループと考えられる。従って、この3グループの卵殻が基本型と考えられる。

これら3グループに含まれる種は200m以上の深海に生息し、高緯度の冷水域にも適応している。更にソコガンギエイ属とミツボシカスベ属は極海域にも分布する。

b. 共有性

これら3つのグループ内では、卵殻の形態がより普遍的なものを基本型と考えることが出来る。共有

Table 3. Distributional patterns of the 28 groups of skates around the world
Arg: Argentina; Aus: Australia; Brz: Brazil; Chl: Chile; NZ: New Zealand

Family	Genus	Atlantic Ocean				Arg.	Chl.	Pacific Ocean			Indian Ocean		Polar Oceans		
		E.N. Atlantic	E.S. Atlantic	W.N. Atlantic	W.S. Atlantic			E.C. Pacific	Aus. NZ.	E.N. Pacific	W.N. Pacific	Indian Ocean	South Africa	Arc. Ocean	Ant. Ocean
Arhynchobatidae	<i>Arhynchobatis</i>							●							
	<i>Bathyraja</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●
	<i>Irolita</i>							●							
	<i>Notaraja</i>							●		●	●				
	<i>Pavoraja</i>							●							
	<i>Pezanimobatis</i>					●	●								
	<i>Pseudoraja</i>			●											
	<i>Rhinoraja</i>									●					
	<i>Rioraja</i>				●	●									
	<i>Atlantoraja</i>				●	●									
	<i>Sympterygia</i>					●	●								
Rajidae	<i>Amblyraja</i>	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	<i>Breviraja</i>			●	●										
	<i>Dactylobatus</i>			●	●										
	<i>Dipturus</i>	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	<i>Fenestraraja</i>			●	●			●							
	<i>Leucoraja</i>	●	●	●									●		
	<i>Malacoraja</i>	●	●	●									●		
	<i>Neoraja</i>	●	●	●											
	<i>Okamejei</i>							●		●	●				
	<i>Raja</i>	●	●	●							●	●			
	<i>Rajella</i>	●	●	●									●		
	<i>Rostroraja</i>	●	●												
	Genus A	●								●	●				
	Genus B									●					
	Western Pacific species										●				
Anacanthobatidae	<i>Anacanthobatis</i>			●							●	●	●		
	<i>Cruriraja</i>			●									●		

性原則 (Commonality principle) である。

c. 卵殻によるグループ分け

Table 2 に示したように、卵殻の形態には4つのグループからの派生性が認められる。すなわち、ソコガンギエイ属の系統のB-I型あるいはB-II型、テングエイ属の系統のD-I型、D-II型、D-III型、そして、ミツボシカスベ属のA-I型、更に *Rostroraja* 属のR-I型である。

d. 進化的傾向

また、これら4系統の中では、平行的な進化傾向が認められる。この進化的傾向を Table 4 に示した。①表面は粗雑から円滑になる、② posterior horns は長く、断面は円形になる、③ lateral keel と apron は発達する、④ respiratory fissure は horns の根元から先端に移動する。

Table 4. Evolutionary trends in the egg capsules of skates

Characters	primitive	advanced
Surface	rough	smooth
Posterior horns	short	long
Shape of horn section	depressed	circular
Lateral keel	absent	developed
Apron	absent	developed
Respiratory fissure	root of horns	tip of horns

系統の推定

a. ミツボシカスベ属 *Amblyraja*

ミツボシカスベの卵殻は lateral keel が発達して薄く、horns の長さが中庸であり、特異な形態を示している。これは独立した1つの系統と考えられる。

b. *Rostroraja* 属

表面が粗雑で、posterior horn が長く、horn がテープ状で、respiratory fissure が horn の根元にあり、lateral keel が発達するという特異な形態を示す。これも、ミツボシカスベ属、ソコガンギエイ属、テングカスベ属と対等な1つの系統を形成している

と考えられる。

c. ソコガンギエイ属 *Bathyraja*

ソコガンギエイの一部、クジカスベ属、*Sympterygia* 属の卵殻は表面が粗雑で、horns の長さが中庸で、respiratory fissure が horns の中間にある B-I 型である。一方、ソコガンギエイ属の B-II 型、*Psammobatis* 属では卵殻の表面が円滑で、posterior horns が長く、horns の断面が円形である。この B-II 型、*Psammobatis* 属の卵殻から、トビツカエイ属、*Fenestraja* 属、*Atlantoraja* 属、ホコカスベ属、*Cruriraja* 属の卵殻が進化したと考えられる。従って、*Fenestraja* 属はガンギエイ科でなく Arhynchobatis 科に属するのが妥当であり、またホコカスベ科はガンギエイ科よりも Arhynchobatis 科に類縁が近いと考えられる。

d. テングカスベ属 *Dipturus*

テングエイ属の D-I 型の卵殻は表面が円滑で、horns の長さが中庸で、respiratory fissure が horn の先端にあることから、ガンギエイ属、オトメエイ属と共通点を持つ。後2属の卵殻はテングカスベ属の卵殻D-I型に由来すると考えられる。

テングエイ属内では、D-I型から、lateral keel と apron が共に発達するD-II型が進化し、更にD-III型が進化したと考えられる (Fig. 4)。2尾以上の胎子を持つD-III型の卵殻は既に属の変異を越えている形質と考えられ、この卵殻を持つ2種 *Raja pulchira* と *Raja binoculata* は1つの独立した属を形成すると考えるのが妥当である。

Malacoraja 属の卵殻は lateral keel が発達することを除けば、D-I型の卵殻に似ているので、この型の卵殻が次に進化したと考えられる。一方、ガンギエイ属の *Raja clavata* の卵殻は *Malacoraja* 属の卵殻に酷似しているため、この種は *Malacoraja* 属に含めるべきと考えられる。

Leucoraja 属、アナンデールカスベ属の卵殻は

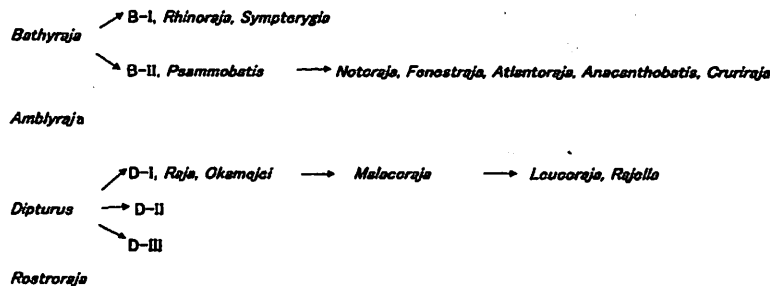


Fig. 6. Schematic evolutionary trends in the egg capsules of 19 groups in the present study.

horns が長いことで、互いに似ている一方で、表面が円滑で、horns の断面が円形で、respiratory fissure が horns の先端または中間にあることで、D-I 型の卵殻に似ている。従って、D-I 型から horns が長くなる方向に進化したものと考えられる。アナンドールカスベ属の *Raja leopardus* は、lateral keel が発達して鋸歯縁があり、horns が短いなど特異な形態を示しており、独立した属を設立することが考えられる。

以上の系統推定を Fig. 6 に示した。

謝 辞：卵殻研究をご指導下さった東京海洋大学名誉教授の石山禮藏先生に感謝申し上げます。卵殻標本を貸与して下さった世界中の研究機関の方々にお礼申し上げます。

引用文献

- Bigelow, H.B. and W.C. Schroeder. 1953. Fishes of the western north Atlantic. Part I. Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays. Part II. Chimaeroids. Mem. Sears Found. Mar. Res., No. 1, Pt 2, xv+588 pp.
- Clark, R.S. 1919-22. Rays and skates (Raiae). No. 1. -Egg-capsules and young. Jour. Mar. Biol. Ass. U. K., 12 (new series): 577-643.
- Clark, R.S. 1926. Rays and skates. A revision of the European species. Fish. Bd. Scotland. Sci. Invest., 1926(1): 1-66, figs. 1-44, pls. 1-36.
- Clark, R.S. 1938. Rajidae. Pages 1-58 in M. Joubin, ed. Faune Ichthologique de l'Atlantique nord.
- Compagno, L.J.V. 1999. Checklist of living elasmobranchs. Pages 471-498 in Sharks, skates and rays. Hamlett, W.C. ed., The John Hopkins Univ. Press, Baltimore and London.
- Dean, B. 1904. Evolution in a determinate line as illustrated by the egg-cases of chimaeroid fishes. Biol. Bull., 7: 105-112.
- Dean, B. 1906. Chimaeroid fishes and their development. Carnegie Inst. Washington, P. (32), 172 pp., 11 pls.
- Dean, B. 1912. Onthogenesis in the egg-capsules of Chimaera. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 31(3): 35-40.
- Hulley, P.A. 1972. The origin, interrelationships and distribution of southern African Rajidae (Chondrichthyes, Batoidei): Ann. South African Mus., 60(1): 1-103.
- Ishihara, H. 1990. Study on the systematics and fishery resources of the skates inhabiting the north Pacific. PhD. Dissert., Univ. of Tokyo, 186 pp.
- Ishiyama, R. 1950. Study on the Japanese skates. Egg-capsules of ten species. Jap. Jour. Ichthyol., 1(1): 30-36.
- Ishiyama, R. 1958. Observation of the egg-capsules of skates of the family Rajidae, found in Japan and adjacent waters. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll., 118(1): 1-24.
- Ishiyama, R. and H. Ishihara. 1977. Five new species of skates in the genus *Bathyraja* from the western north Pacific, with reference to their interspecific relationships. Japan. Jour. Ichthyol., 24(2): 71-90.
- Nakatsuka, M. and I. Hanno. 2003. Identification of skate egg-capsules Human network radiating from ML. Program and abstracts Japan Driftological Society, 2003, 7-10.
- McEachran, J.D. 1984. Anatomical investigation of the New Zealand skates *Bathyraja asperula* and *B. spinifera*, with an evaluation of their classification within the Rajoidei (Chondrichthyes). Copeia, 1984(1): 45-58.
- McEachran, J.D. and L.J.V. Compagno. 1982. Interrelationships of and within *Breviraja* based on anatomical structures (Pisces: Rajoidei). Bull. Mar. Sci., 32(2): 399-425.
- McEachran, J.D. and K.A. Dunn. 1998. Phylogenetic analysis of skates, a morphologically conservative clade of elasmobranchs (Chondrichthyes: Rajidae). Copeia, 1998(2): 271-290.
- McEachran, J.D. and T. Miyake. 1986. Interrelationships within a putative monophyletic groups of skates (Chondrichthyes, Rajoidei, Rajini). Pages 281-290 in T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura, eds. Indo-Pacific Fish Biology, ISJ, Tokyo, 998 pp.
- Stehmann, M. 1986. Notes on the systematics of the rajid genus *Bathyraja* and its distribution in the world oceans. Pages 261-268 in Uyeno, T., R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura, eds. Indo-Pacific Fish Biology, ISJ, Tokyo, 998 pp.
- Templeman, M. 1982. Development, occurrence and characteristics of egg-capsules of the thorny skate, *Raja radiata*, in the northwest Atlantic. Jour. North-west Atl. Fish. Sci., 3: 47-56.
- Vladykov, V. -D. 1936. Capsules d'oeufs de Raies de l'Atlantique Canadian appartenant au genre *Raja*. Bull. Le Naturaliste Canadian, 63(7): 211-231.
- Whitley, G.P. 1938. The eggs of Australian sharks and rays. Austr. Mus. Mag., 4(10): 372-382.

(Received Sept. 1, 2005; accepted Oct. 30, 2005)

中西 弘樹¹: 長崎県野母崎海岸にブナの殻斗が漂着Hiroki NAKANISHI¹: Cupule of *Fagus crenata* Blume drifted ashore on the coast of Nomozaki in Nagasaki Prefecture, southwestern Japan

ブナ *Fagus crenata* Blume (ブナ科) は冷温帯自然林の代表的な種で、鹿児島県高隈山から北海道黒松内低地帯まで分布する日本の固有種である (Horikawa 1972). ブナの殻斗の漂着は分布域の中心である東北地方の日本海側沿岸ではふつうに見られ、対馬海流の影響で、分布域を越えて、北海道北部日本海沿岸にまで漂着している (中西 1999).

九州ではブナの生育地は限られており、海拔およそ1,000m以上の山地に生育して、その殻斗の漂着はこれまで知られていなかった。しかし、1998年6月に長崎県西彼杵郡野母崎町(現長崎市)野母崎の海岸で1個を発見することができた(図1)。殻斗の表面はかなり風化し、長さは22mm、4つの裂片に別れ、1つの裂片の幅は7.5mmであった。漂着起源の可能性のある九州山地の分水嶺の西側では、ブナは佐賀県の背振山系と作礼山、長崎県の雲仙山系と多良岳、熊本県の阿蘇山系、鹿児島県の紫尾山に生育地がある(図2)。しかし、地図で地形を見る限り、佐賀県、長崎県、熊本県の生育地を源とする河川は、東シナ海に注がず、唯一鹿児島県の紫尾山が可能性がある。すなわち、この山系の谷川の水は東シナ海に注いでいることから、そこから対馬海流に乗って野母崎海岸へと運ばれてくる可能性が考えられる。しかし、紫尾山のブナの個体数は多くはなく、また、ブナの生育地は谷川沿いではないので、海に出て、長崎県の海岸まで流れてくる可能性はきわめて低い。たとえブナの木の下に1万個のブナの殻斗を置いたとしても、九州の生育地は山地の上部であり、落ち葉の間に埋もれてしまい、河川に出るのは1個あるかないかであろう。さらに海に出ることは困難である。したがって、野母崎海岸に流れてくる確率はきわめて低いことになる。一方、本州の日本海側海岸に出たブナの殻斗は、対馬海流の影響で日本海沿岸を北上するのがふつうで、本州沿いに南下して、しかも九州北部沖を通り、さらに九州北部を西廻りに南下したとは考えられない。尚、台湾にはタイワンブナ *Fagus hayatae* Palib. が分布しているが、限られた山地に生育している(金平 1936) ことから、この殻斗が日本に漂着してくる可能性はほとんどない。

以上のように、長崎県野母崎海岸へのブナの殻斗の漂着は、通常では考えられない、きわめて可能性の低いことがおきた一つの例である。ブナの殻斗は散布体ではないので、分布の拡大には繋がらないが、生物の分布拡大はこのようにまれなことでも歴史的時間を考えれば、お



図1. 漂着したブナの殻斗。

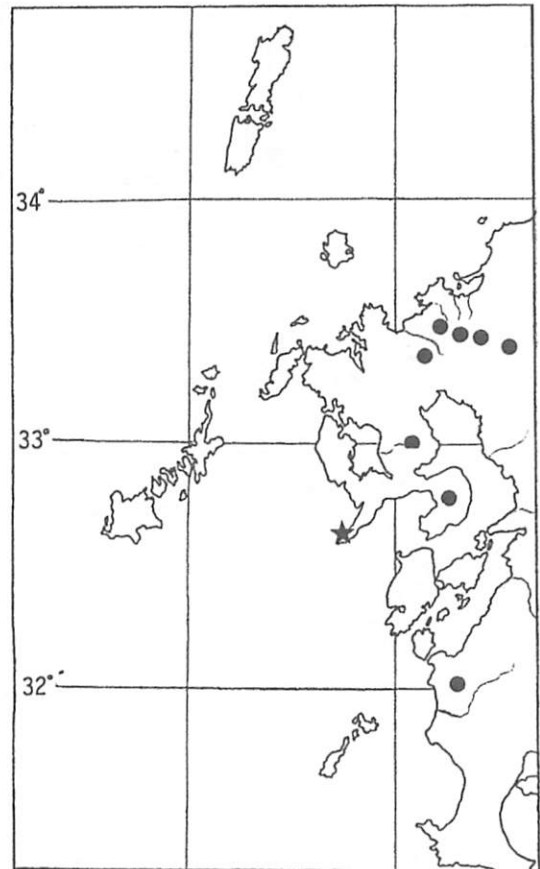


図2. 九州西部におけるブナの分布(●)と漂着地点(★)。

こりうることを、この漂着は示している。

引用文献

Horikawa, Y. 1972. Atlas of the Japanese Flora. 12+500+8pp., Gakken, Tokyo.
 金平亮三. 1936. 増補改版台湾樹木誌. 754pp., 養賢堂, 東京.
 中西弘樹. 1999. 漂着物学入門. 211pp., 平凡社, 東京.

追記：本稿投稿後、2005年9月、上記の発見地から北へ約30kmの長崎市外海町（旧西彼杵郡）研石浜においてもブナの殻斗を発見することができた。この殻斗は4つの裂片のうち、2つを欠き、残る2つの裂片も先端部が破損しており、長さ約17mmしかなかったが、6mmの果柄が残っていた。

¹ 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学教育学部生物学教室

¹ Biological Institute, Department of Education, Nagasaki University, 1-14, Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan



10mmのスケール



(★) 発見地 (●) 本種の分布地