

最終講義(H25年2月28日)

種子散布の謎を解く

長崎大学教育学部

中西弘樹

これまでの研究

- 海岸植生の生態
 - 種子散布の生態
- 

→→ 漂着物の研究

- 長崎県の植物相とその植物地理
、特に島の植物

散布体 = 親植物から離れる かたち

- 種子または孢子
- 果実の一部か果実全体
- 果実に花の一部か苞がついたもの
- 花序の一部か全体
- 植物体全体あるいは地上部全体

散布の方法(散布様式)

- 動物散布・・・動物に運ばれる
 - 被食動物散布
 - 付着動物散布
 - アリ散布
- 水散布・・・水に運ばれる
 - 雨滴散布
 - 海水の流れによる散布＝海流散布
 - 淡水の流れによる散布
- 風散布・・・風に運ばれる
- 自動散布・・・自分で飛ばす
- 重力散布・・・特別なしくみがない

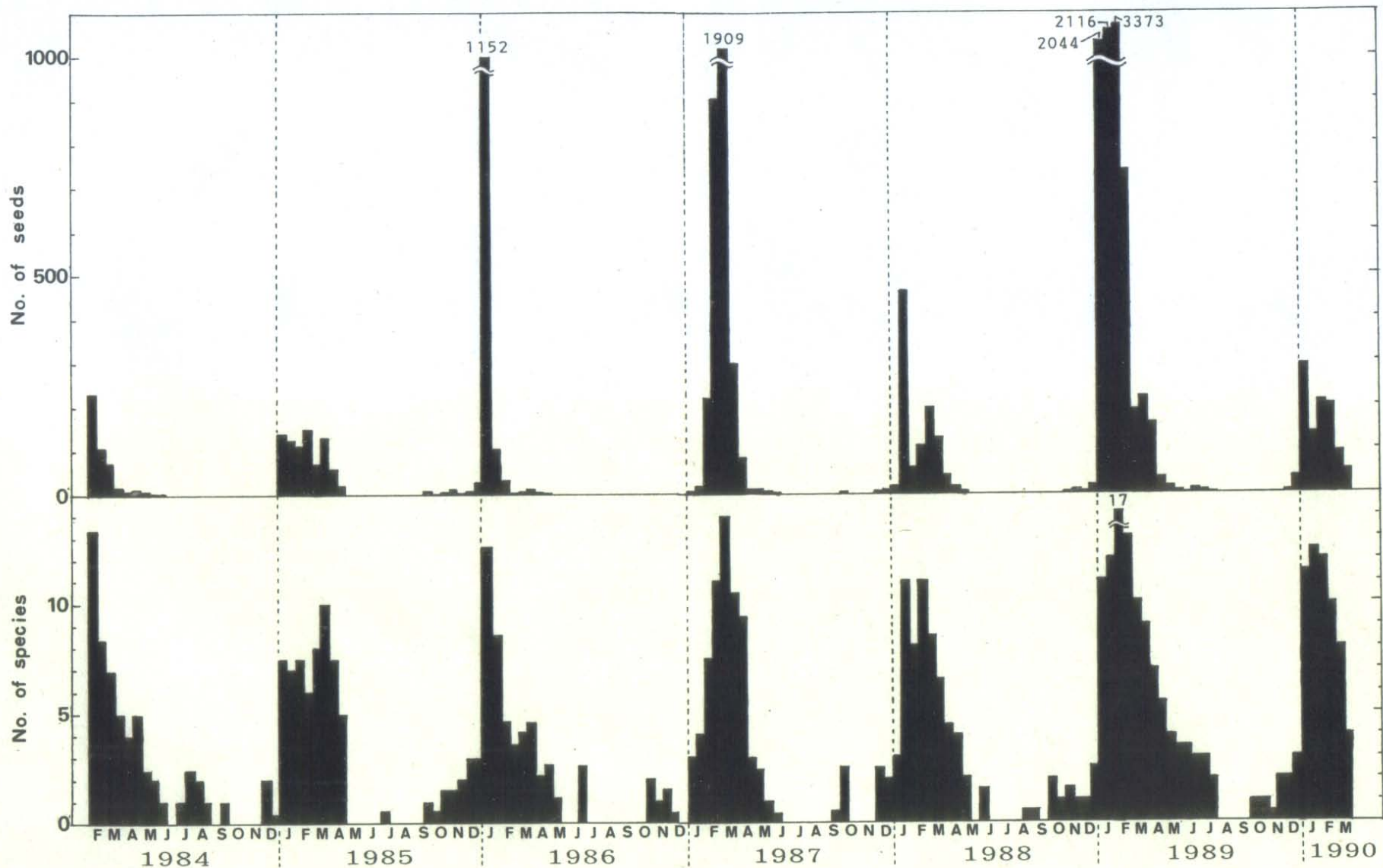
被食動物散布

- 果実が食べられ、種子だけが糞とともに排出され、散布される。
- 鳥と哺乳類が主な散布動物である。
- 果実は多肉果をつける。
→ 動物と植物は共生関係にある



クログネモチの実を食べるヒレンジャク

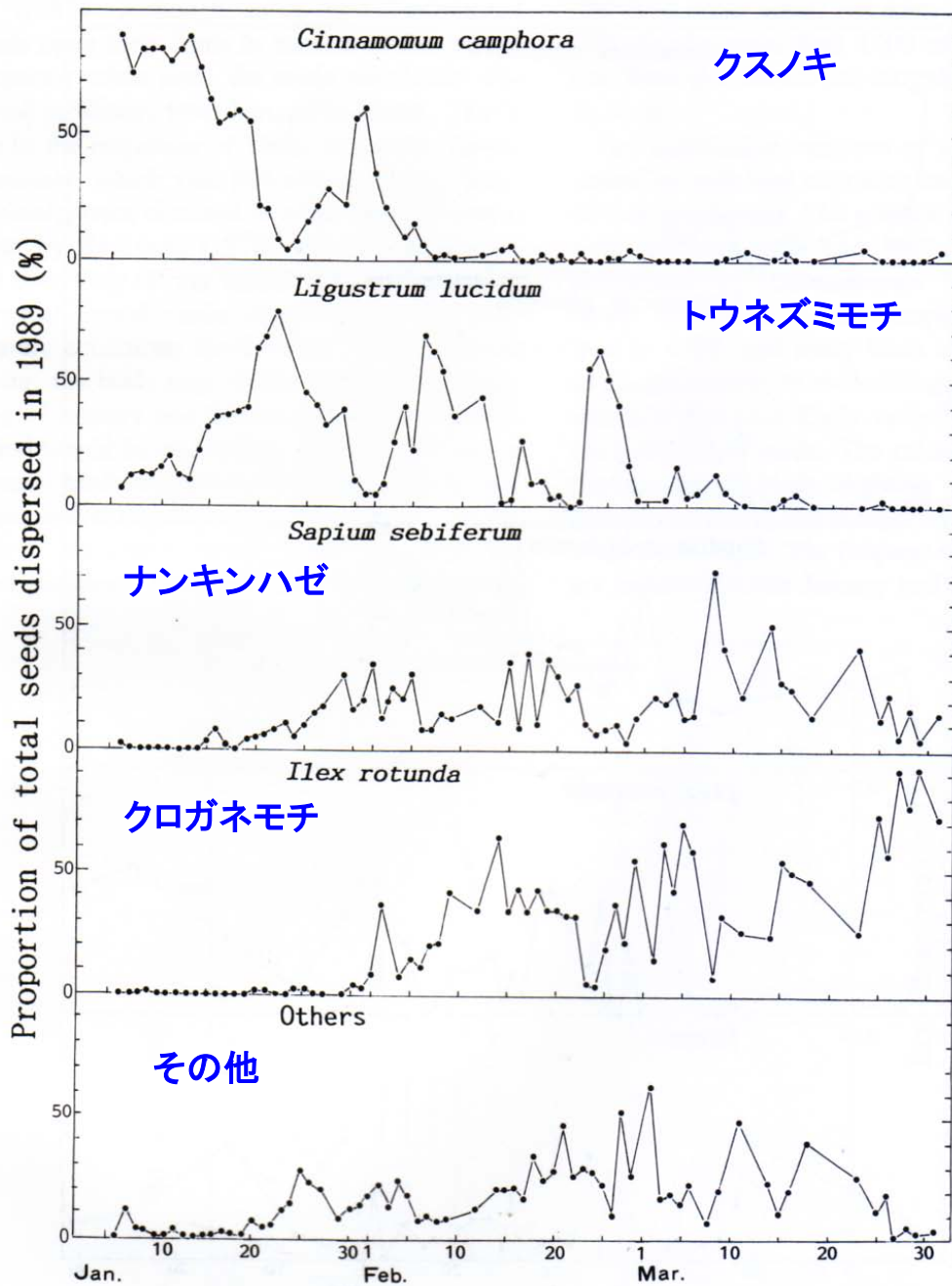




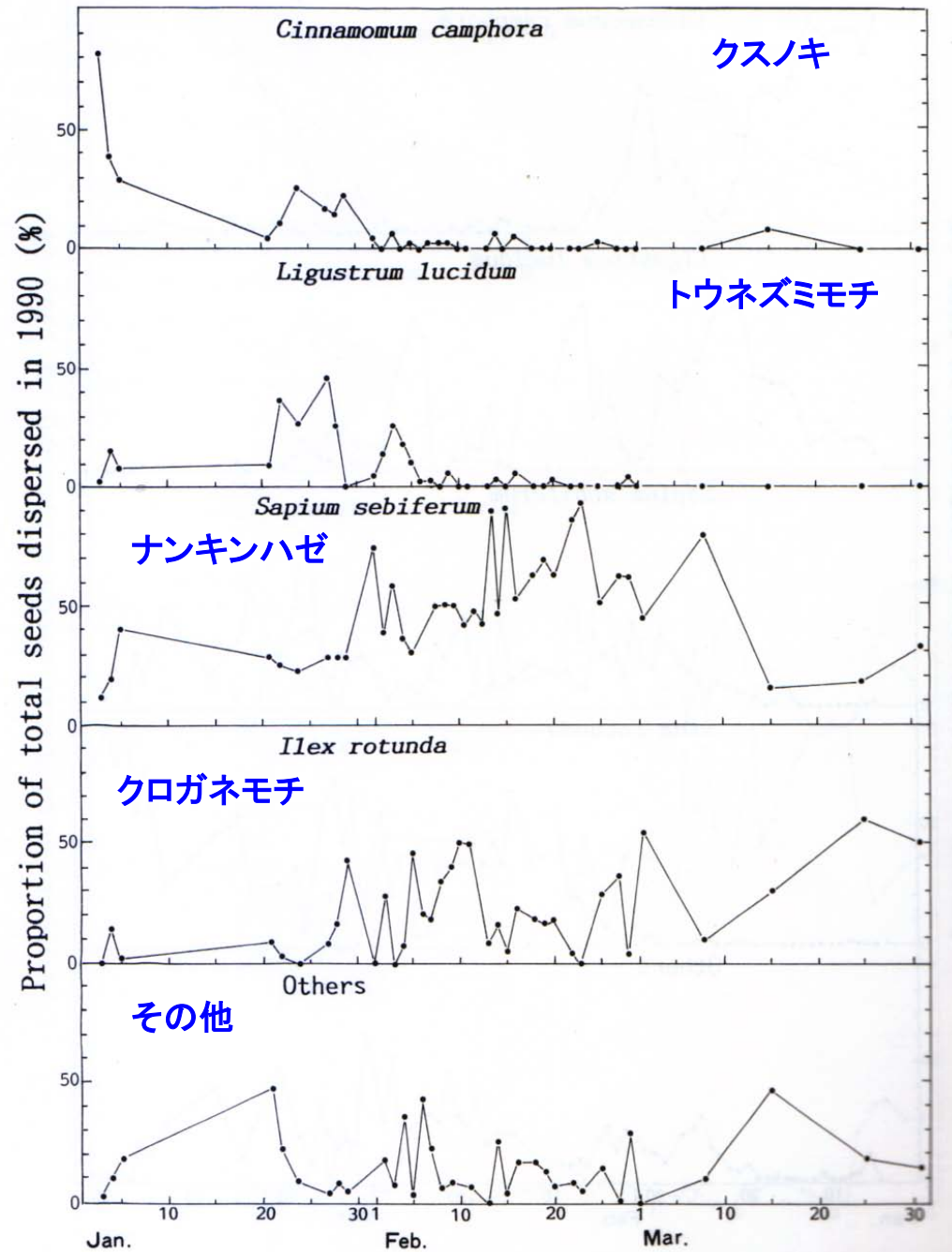
Annual variation of seeds dispersed by birds

7年間に種子トラップに落下した種子数

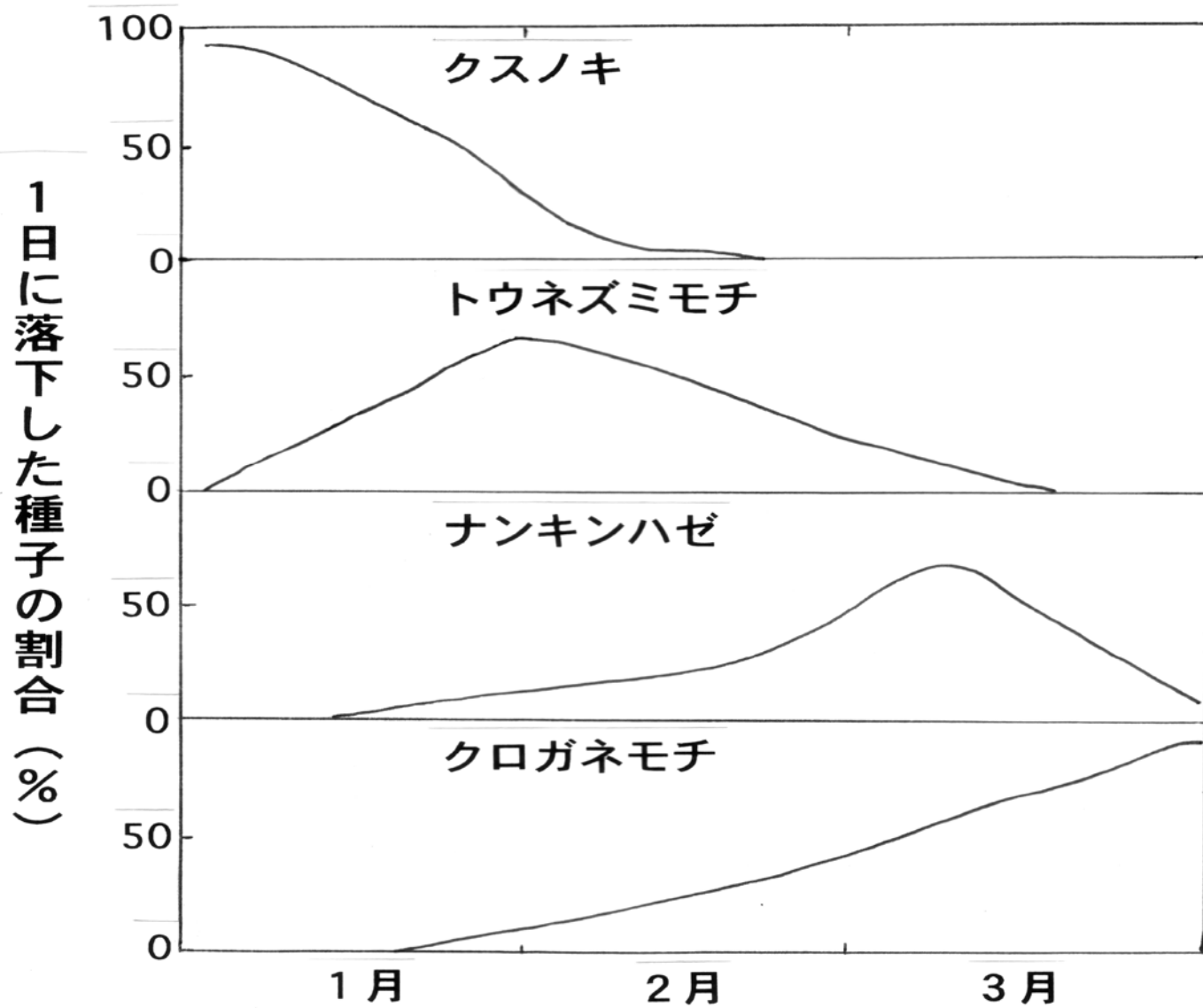
種名	種子数	母樹からの距離(m)
トウネズミモチ	4647	10
クスノキ	4492	50
クロガネモチ	3280	100
ナンキンハゼ	2522	10
チュウゴクアカギ	1116	200
ヒサカキ	209	50
ヤツデ	202	10
ハゼノキ	173	>1000
ピラカンサ	86	600
ヘクソカズラ	47	>1000
その他	299	—
合計	17073	—



散布総種子数の中の割合の変化(1989)
(Nakanishi 1991)



散布総種子数の中の割合の変化(1990)
(Nakanishi 1991)



鳥は木の実を毎年決まった順番に食べることがわかった

平野部における冬期の鳥散布果実の色と散布時期の関係

クスノキ、ヤブニッケイ、ネズミモチなど＝黒い果実・・・早く(1月ごろ)食べられる

→→→栄養(脂肪分)が高い

クロガネモチ、ナンテンなど＝赤い果実・・・遅く(3月ごろ)食べられる

→→→栄養(脂肪分)が乏しい

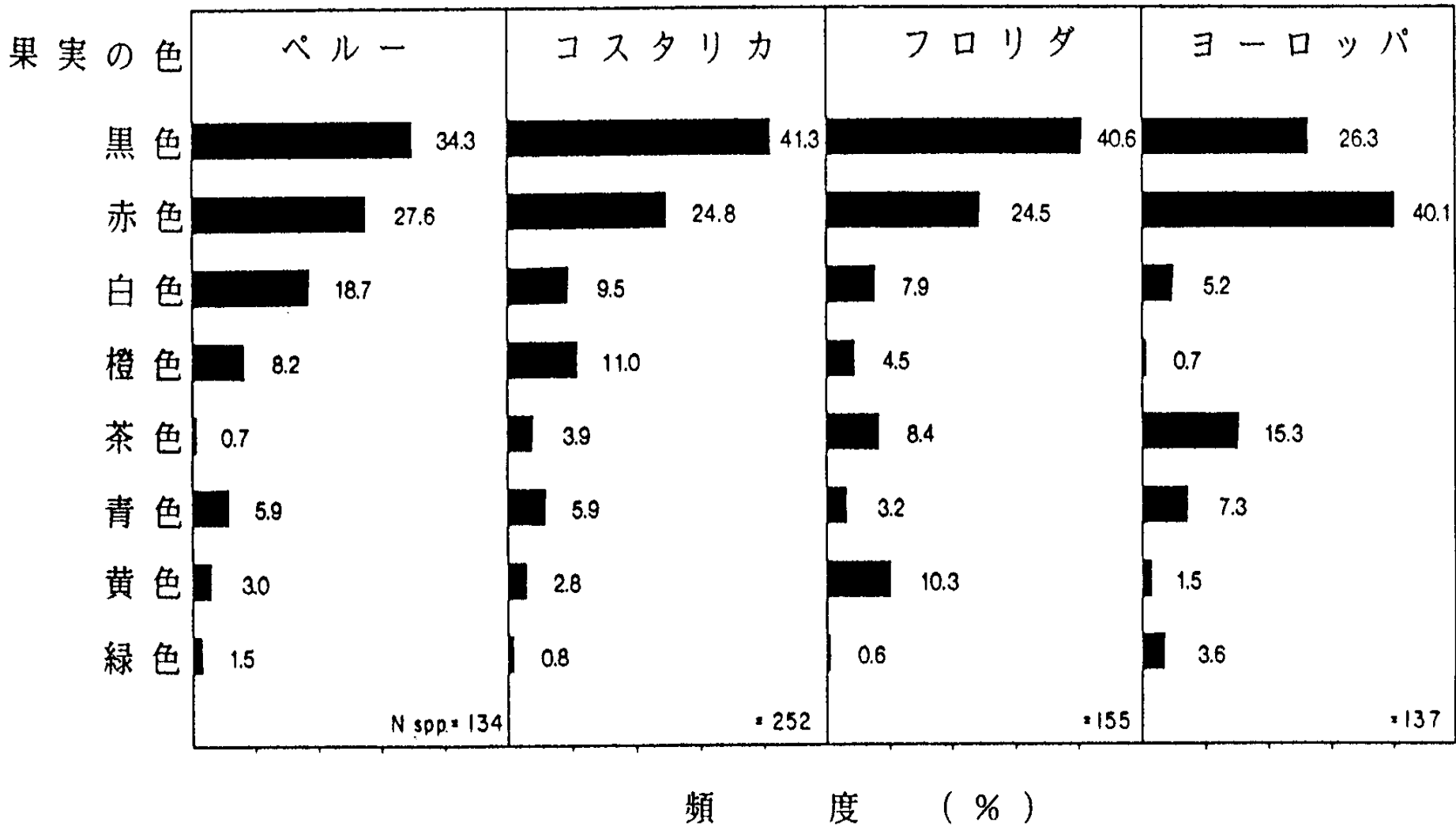
※滞在している鳥は栄養の高い果実から食べている→栄養の少ない果実は、より目立つ必要がある。



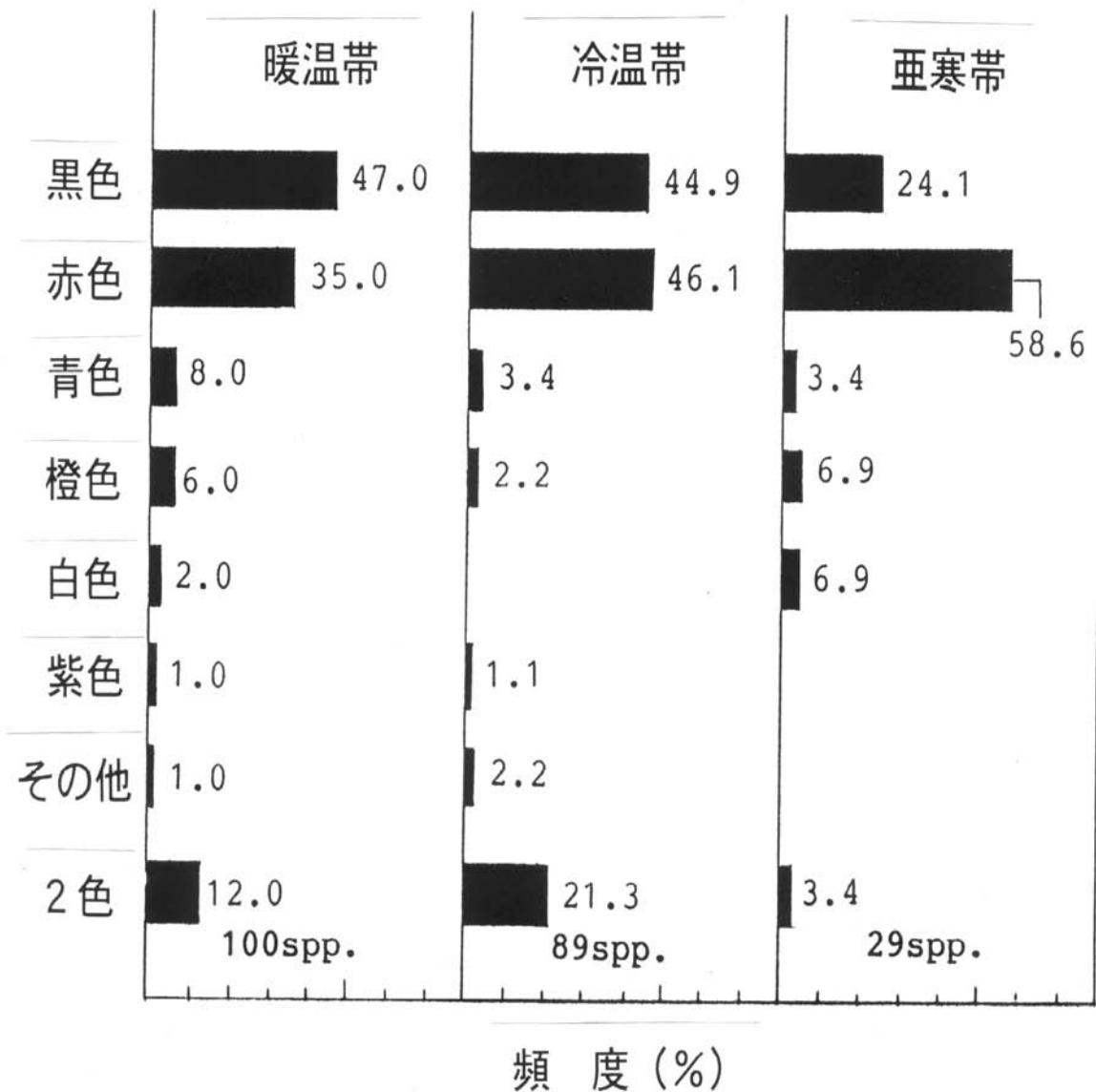
アキガミの実を食べるジョウビタキ



ヤブニッケイ



鳥散布果実の色の割合の比較 (Wheelright & Jansen 1985)

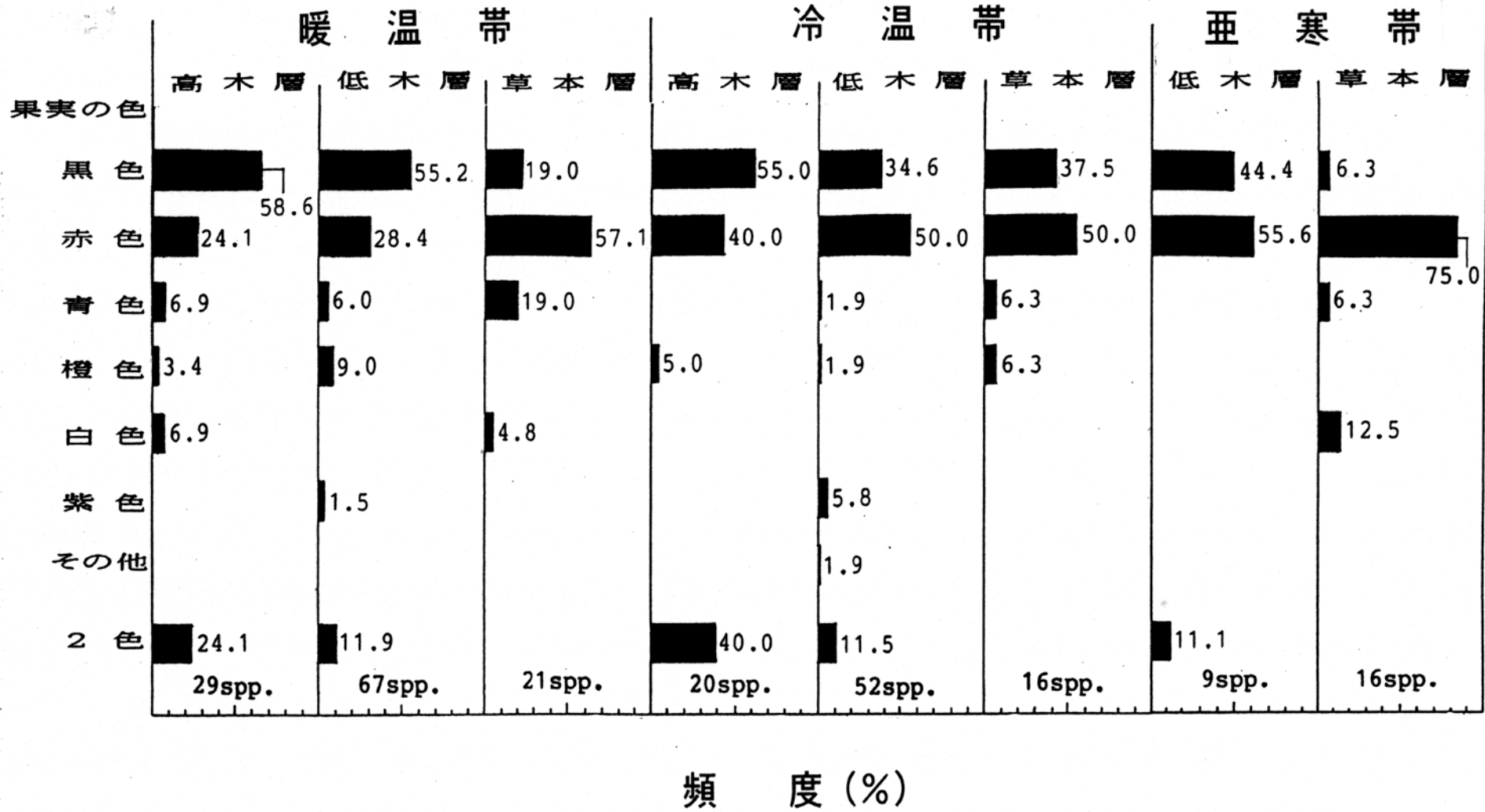


各気候帯の森林構成種の鳥散布果実の色の割合

(Nakanishi 1996による)



森林の階層構造



日本の各気候帯および各階層における鳥散布果実の色の割合

(Nakanishi 1996)



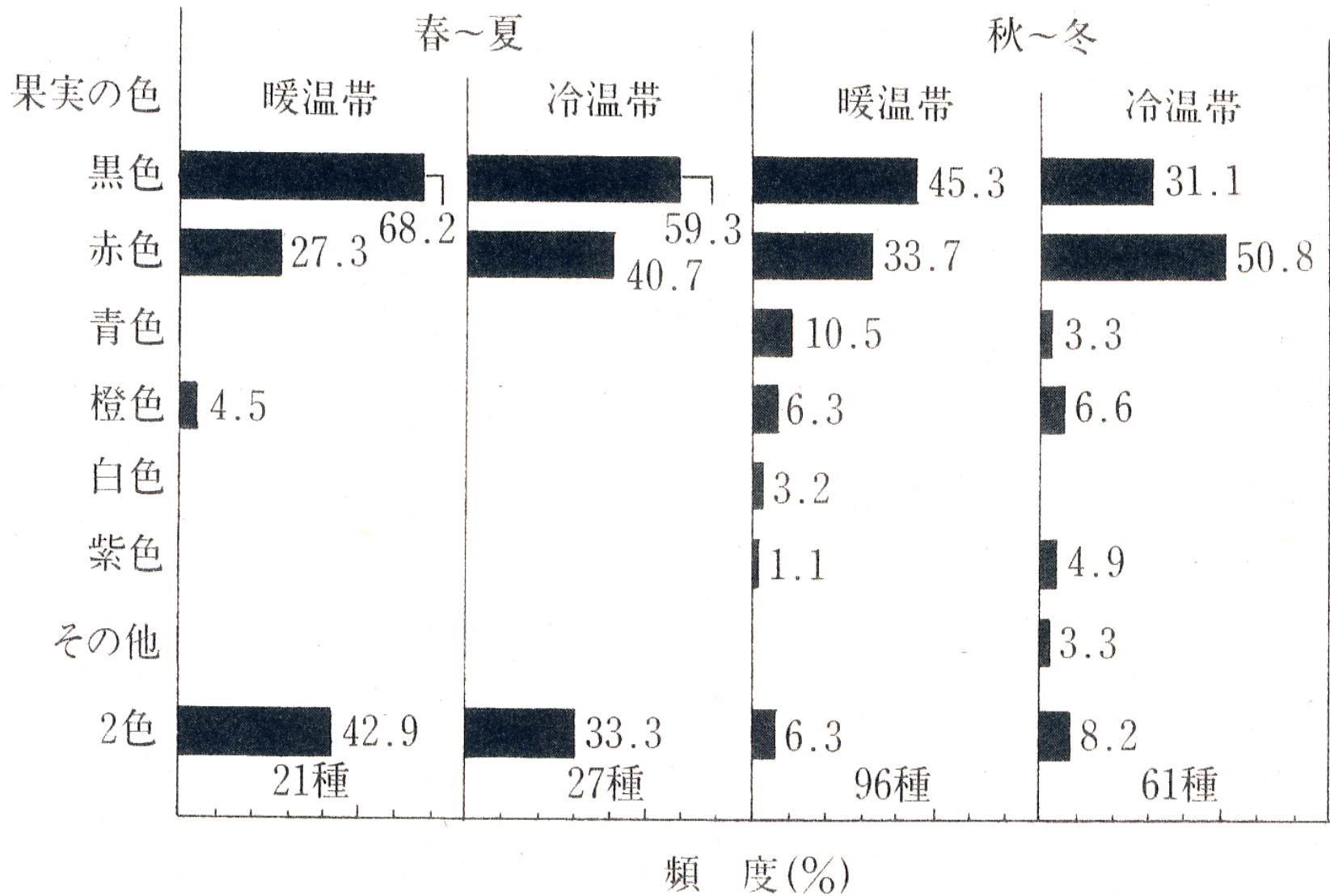
クサギ



タブノキ

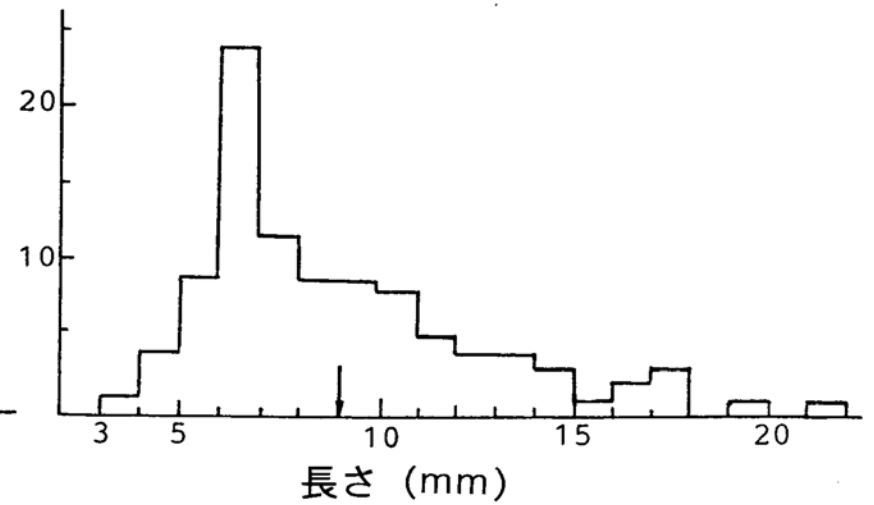
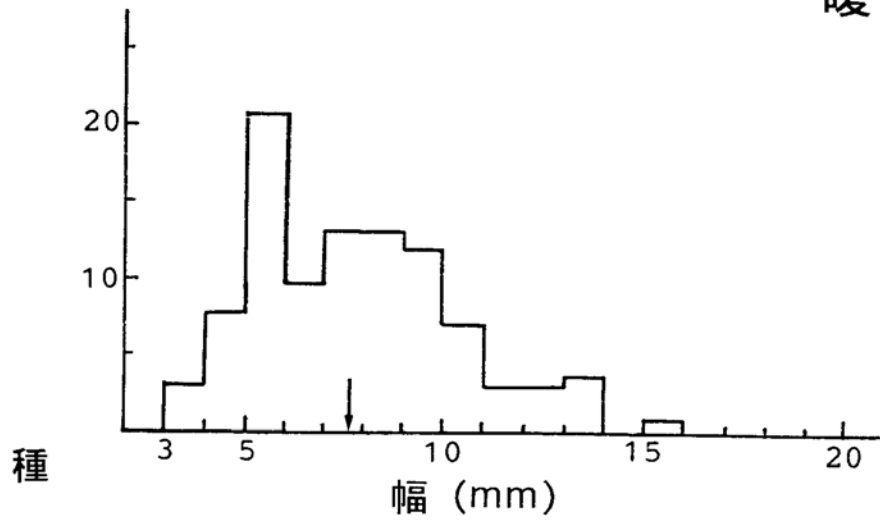


シウリザクラ



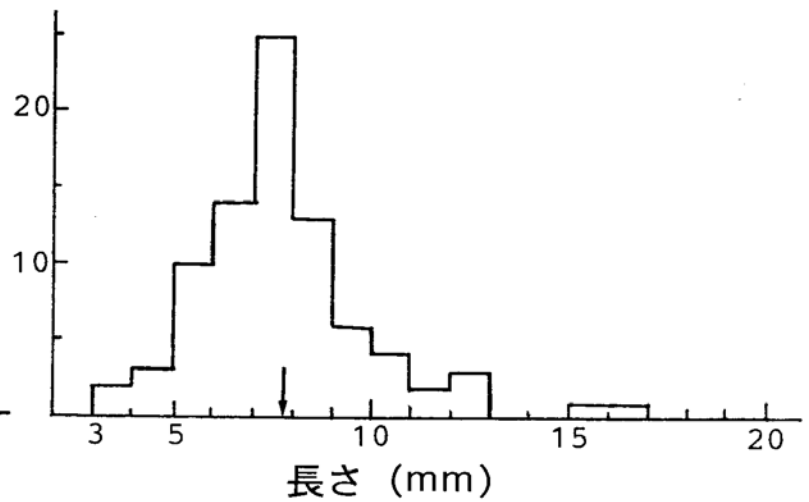
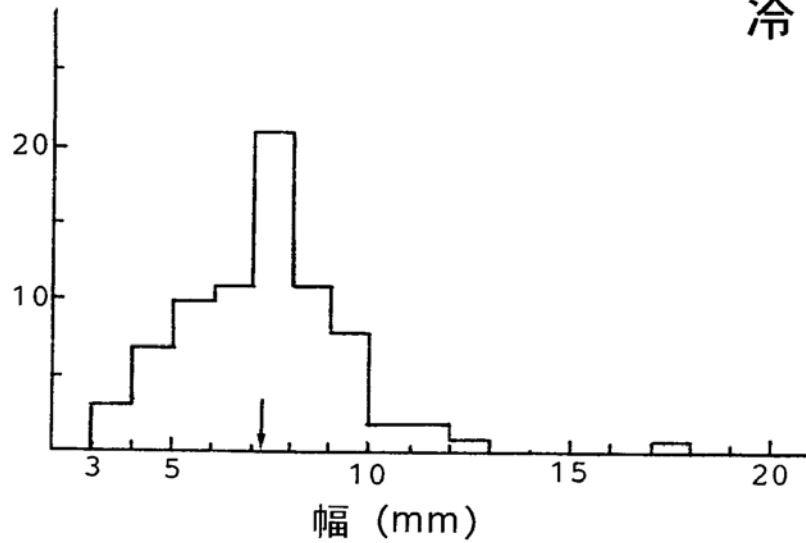
季節別鳥散布果実の色の割合

暖温帯



種

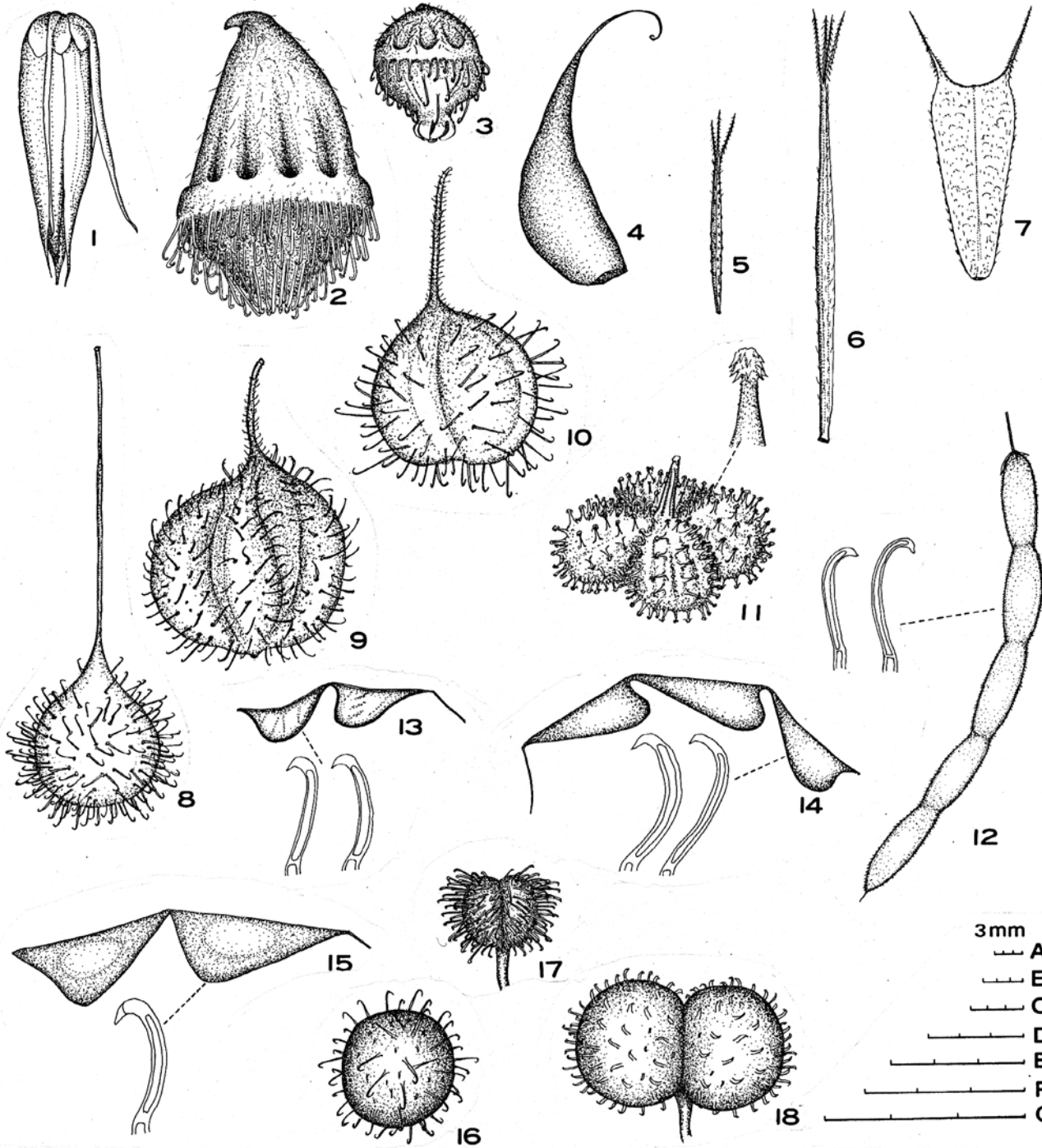
冷温帯

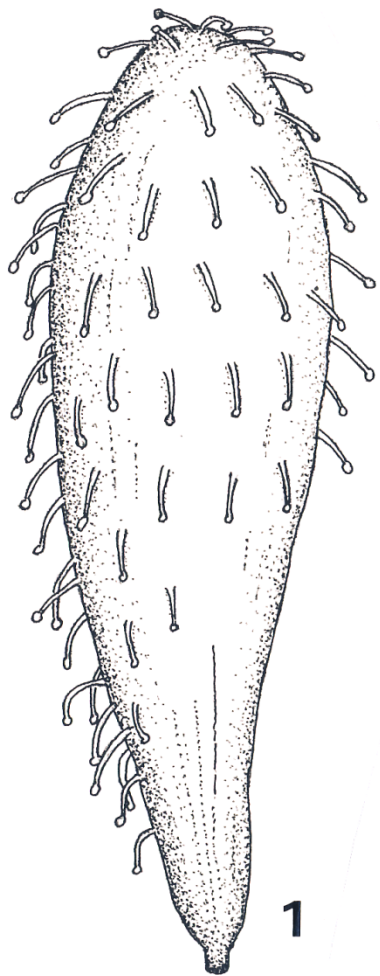


付着動物散布

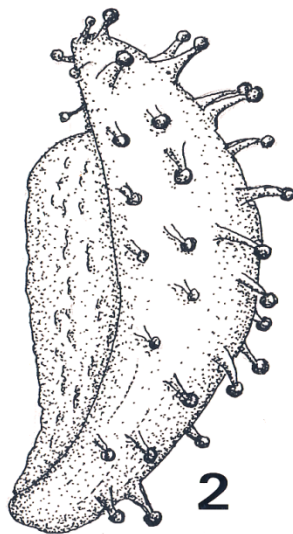


トゲによって付着するもの





1



2



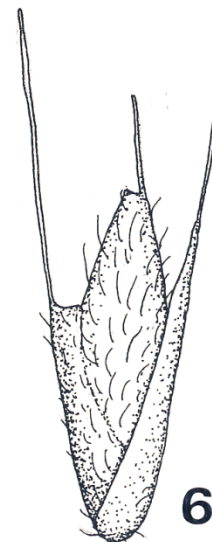
5



3

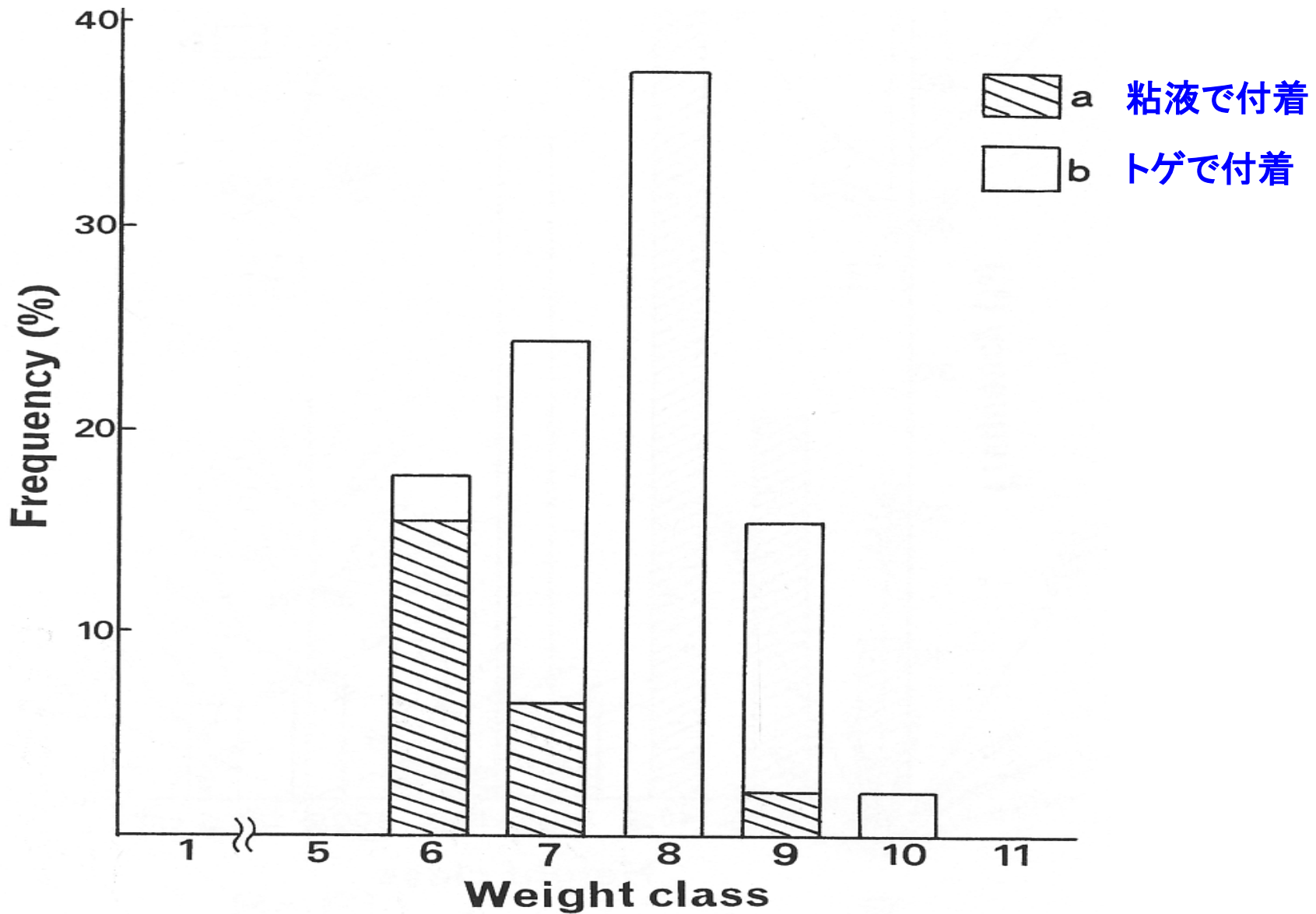


4

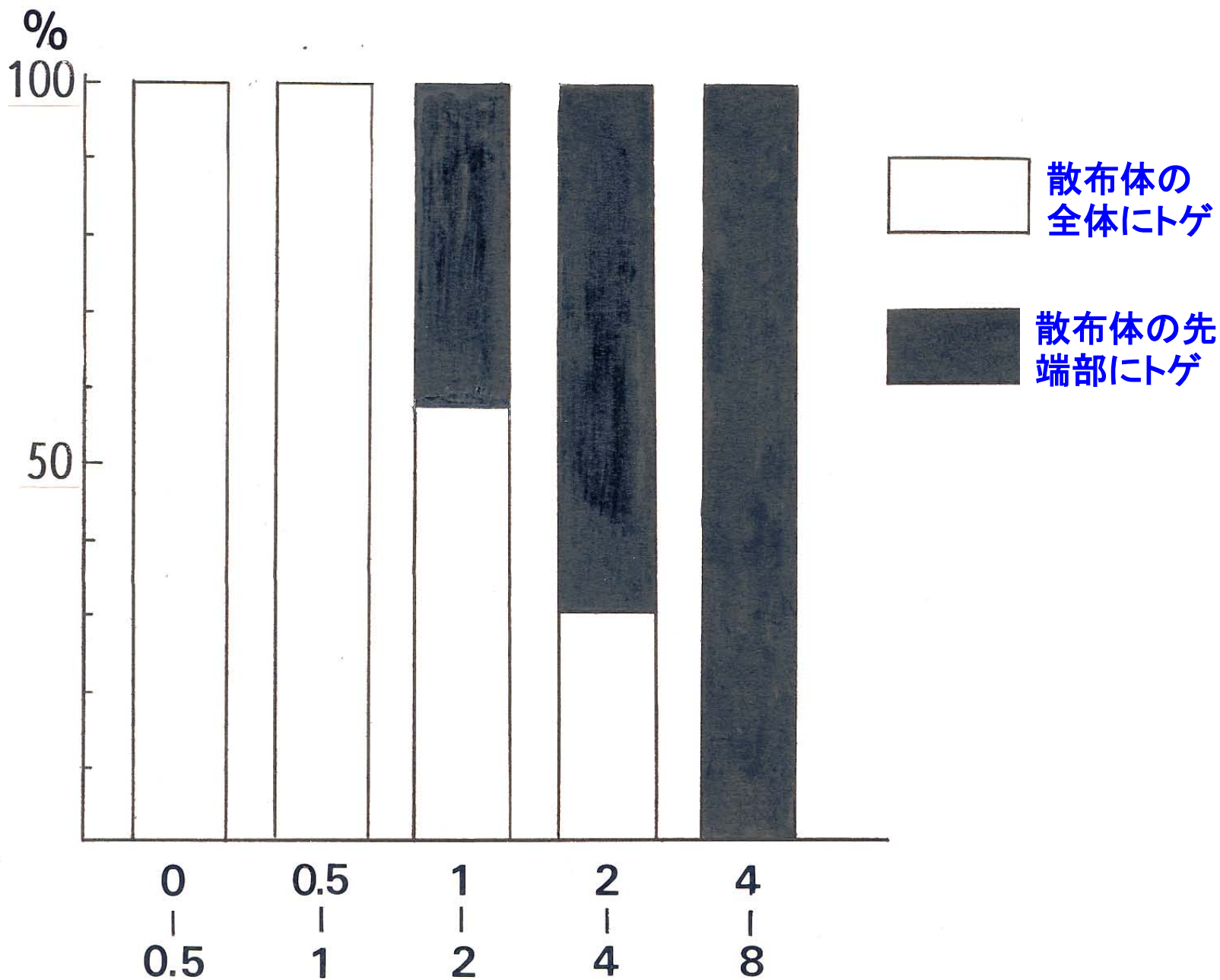


6

粘液を出して付着するもの



付着散布植物の種子重クラス別の種数頻度 (Nakanishi 2000)



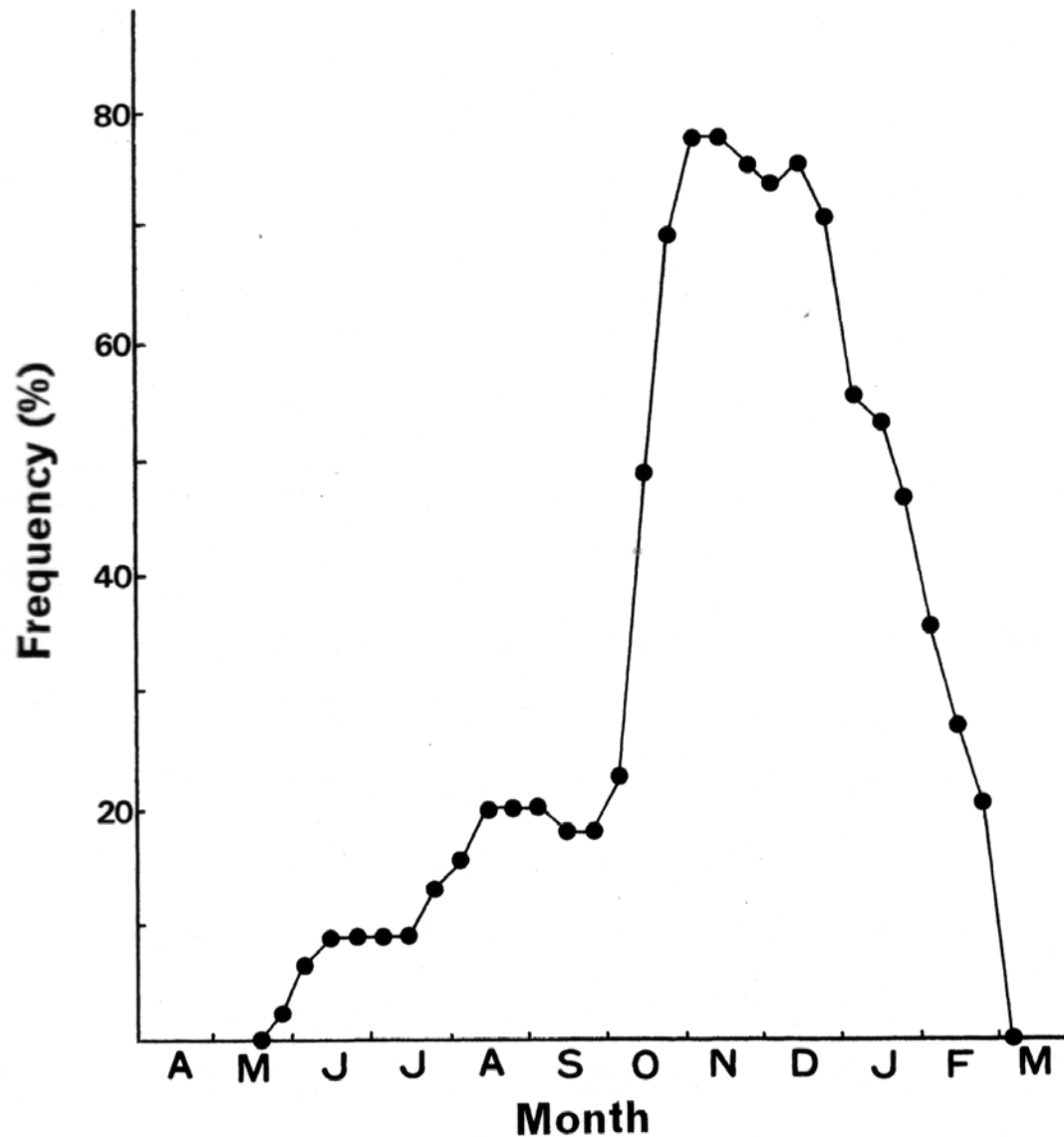
トゲの大きさのクラス別の種数頻度(mm)

付着散布体の重量と形態

種名	重量(mg/100gr.)	形態
フジカンゾウ	5029.8±319.2	分果
ノブキ	2315.7±14.5	果実
キンミズヒキ	2055.4±60.0	果実
オオバヌスビトハギ	1998.4±145.5	分果
ミソナオシ	1966.1±47.1	分果
ヌスビトハギ	1637.8±68.9	分果
マルバヌスビトハギ	1307.2±52.9	分果
ケヤブハギ	1201.0±39.2	分果
トウササクサ	733.4±6.9	小穂
ヤブニンジン	717.9±30.9	分果
オヤブジラミ	529.9±17.4	分果
ウマノミツバ	514.2±11.5	分果
シンミズヒキ	508.3±28.1	果実と花柱
イノコズチ	506.8±11.5	果実+萼+苞
ササクサ	467.4±43.8	小穂
チカラシバ	456.9±28.4	小穂
クルマムグラ	460.1±60.8	分果
ミズタマソウ	387.3±3.2	果実
ハエドクソウ	377.8±9.8	果実+萼
ヒナタイノコズチ	370.6±5.4	果実+萼+苞
ミズヒキ	336.7±5.4	果実+花柱
タウコギ	318.1±5.6	果実+萼
オオルリソウ	317.2±11.5	果実
ヤブジラミ	224.5±4.9	分果
タニタデ	176.8	果実
シバハギ	168.9±12.0	分果
チヂミザサ	161.4±3.4	小穂
エダウチチヂミザサ	144.9±2.9	小穂
ダイコンソウ	142.4±3.1	果実+花柱

付着散布体の形態

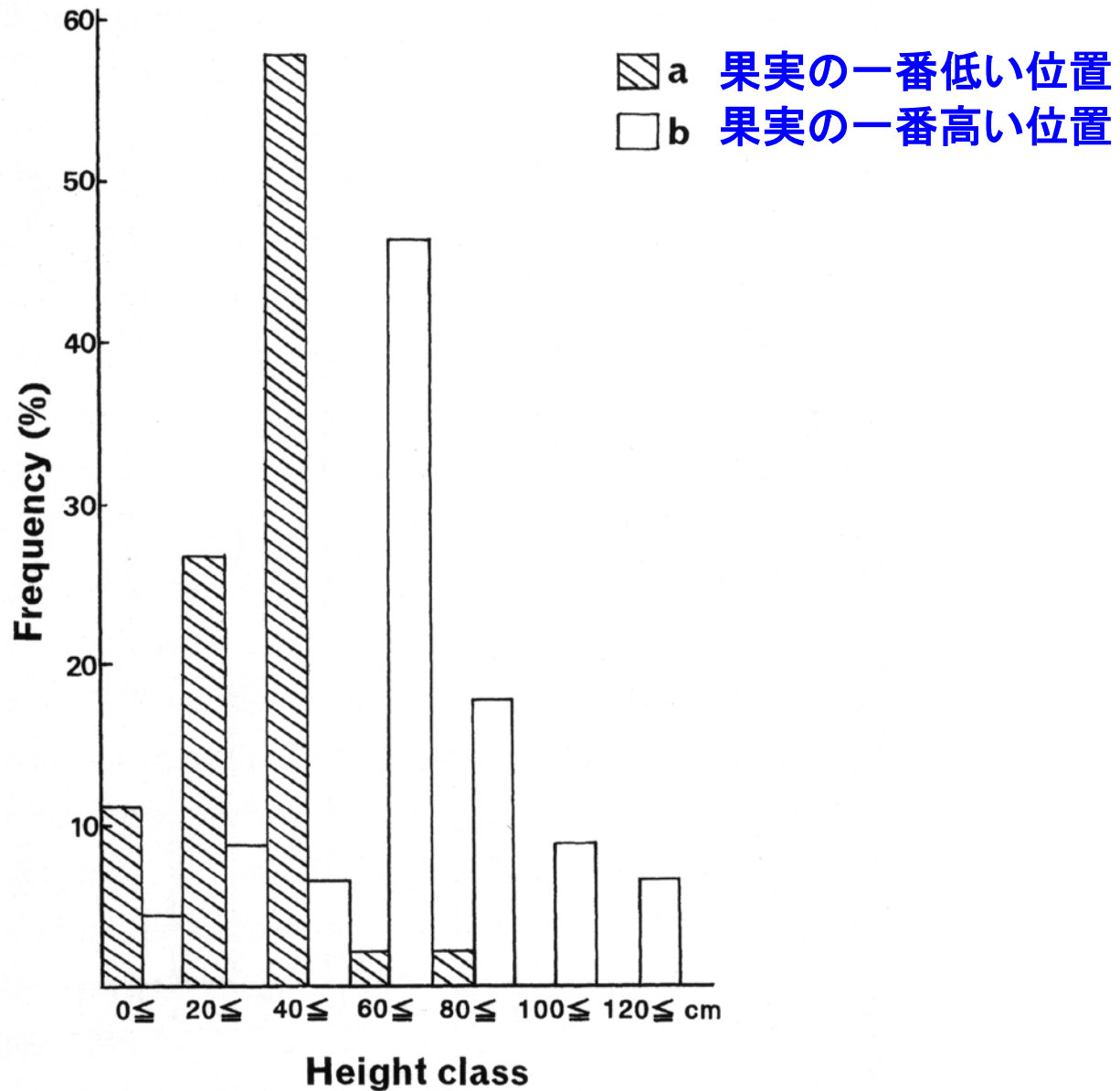
形態	種数(%)
分果	16 (35.6%)
果実	11 (24.4%)
果実+穎	5 (11.1%)
果実+萼	5 (11.1%)
果実+苞	3 (6.7%)
果実+花柱	2 (4.4%)
果実+萼+苞	2 (4.4%)
分果+花柱	1 (2.2%)



散布季節：10日ごとの熟した付着散布体をもつ植物の種数頻度 (Nakanishi 2000)



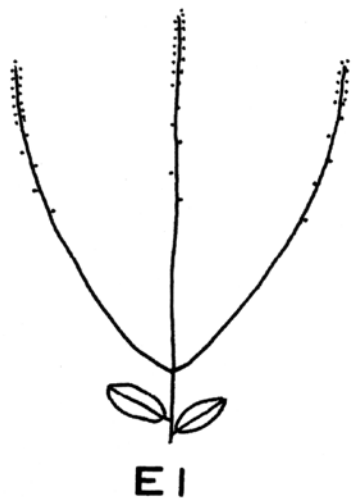
冬期になって枯れたササクサ



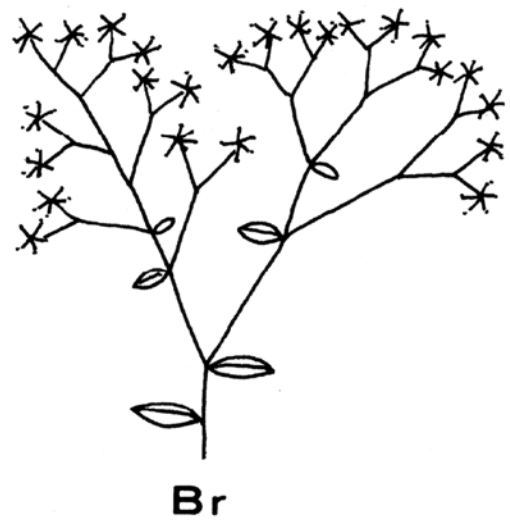
付着散布植物の高さクラス別の種数頻度 (Nakanishi 2000)



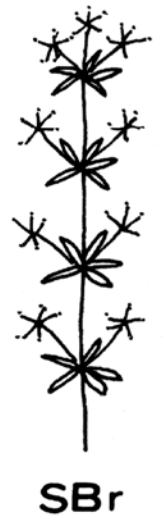
EI



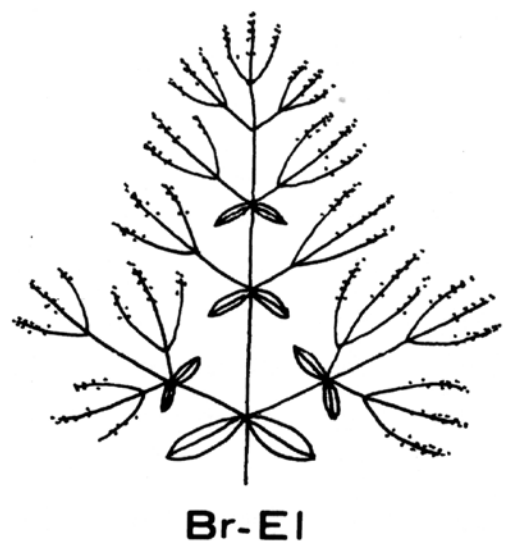
EI



Br



SBr



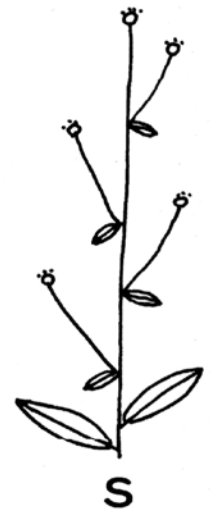
Br-EI



B



B



S

Fig. 1. Inflorescence type. EI: elongate type; Br: branching type; SBr: short branching type; Br-EI: branching-elongate type; B: brushy type; S: separate type.

(Nakanishi 2000)

Table 1. Frequency of infructescence type

Infructescence type	No. of species (%)
branching type	16 (35.6)
elongate type	11 (24.4)
separate type	6 (13.3)
brushy type	5 (11.1)
branching-elongate type	4 (8.8)
short branching type	3 (6.7)

(Nakanishi 2000)



イノコズチ



ミズヒキとシンミズヒキ

ハエドクソウ



付着散布植物の生育形と生育立地 (Nakanishi 2000)

科名	種名	生育形	生育立地
ヒユ科	ヒナタイノコズチ	H	草地・林縁
	イノコズチ	H	林床・林縁
タデ科	ミズヒキ	G	林縁
	シンミズヒキ	G	林縁
バラ科	キンミズヒキ	H	林縁
	ダイコンソウ	H	林縁
	オオダイコンソウ	H	林縁
マメ科	ミソナオシ	N	林縁
	ヌスビトハギ	Ch	林縁
	ヤブハギ	Ch	林縁
	マルバヌスビトハギ	Ch	林縁
	オオバヌスビトハギ	Ch	林床
	フジカンゾウ	Ch	林縁
	シバハギ	Ch	草地
	アカバナ科	ミズタマソウ	G	林縁
	ウシタキソウ	G	林縁
	タニタデ	H	林床
セリ科	ミヤマタニタデ	H	林床
	ウミノミツバ	H	林縁
	ヤブニンジン	G	林縁・林床
	ヤブジラミ	Th	路傍・草地・林縁
アカネ科	オヤブジラミ	Th	路傍・林縁
	ヤエムグラ	Th	路傍・林縁
	クルマバソウ	H	林床
	オオバノヤエムグラ	H	林床
	オオバノヨツバムグラ	H	林床
ムラサキ科	オオルリソウ	Th	林縁
	オニルリソウ	Th	林縁
	サワルリソウ	H	林床
ハエドクソウ科	ハエドクソウ	G	林床
キク科	メナモミ	Th	路傍
	コメナモミ	Th	路傍
	タウコギ	Th	水田・湿地
	ヌマダイコン	H	林縁
	ヤブタバコ	H	林縁
	サジガンクビソウ	H	林縁
	ガンクビソウ	G	林床・林縁
	ノブキ	G	林縁
イネ科	チヂミザサ	Ch	林床
	ササクサ	H	林床
	トウササクサ	H	林床
	チカラシバ	H	路傍

九州西部におけるソデ群落組成表

スタンド番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
群落高 (cm)	70	90	80	60	60	80	40	60	40	50
植被率 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	95	95
海拔 (m)	230	230	230	500	520	520	570	570	710	710
付着植物種数	4	4	5	5	4	7	5	8	5	4
出現種数	15	13	12	16	12	18	11	18	16	14
付着植物率 (%)	27	31	42	31	33	39	45	44	31	29
<hr/>										
* ダイコンソウ	22	22	33	12	33	22	22	22	22	12
* ミズヒキ	22	.	+	22	+	11	11	22	22	33
ヤブタデ	22	12	33	12	+2	+2	.	+2	12	+2
フユイチゴ	+	12	+2	22	.	.	44	12	.	.
コアカソ	22	22	.	+	.	+	+	+	.	.
* ミズタマソウ	.	33	12	.	.	33	.	12	22	12
ツクシアザミ	.	.	.	.	+	+	11	+	+	+
* イノコズチ	+2	.	22	22	.	.	.	.	12	12
ヨモギ	.	+2	+	12	.	+	.	.	+	.
ミツバ	.	.	+	12	.	.	.	+	22	22
コミヤマミズ	.	.	.	+	+2	+	.	.	+	+
* チヂミザサ	.	.	.	+	.	+2	12	+	+	.
ヤマノイモ	+	.	+	.	.	.	.	.	+	+
ササガヤ	.	.	.	12	12	+2	.	+	.	.
* キンミズヒキ	.	.	.	.	22	33	12	+2	.	.
ツユクサ	+	+2	.	.	.	+	.	.	.	.
* ヤブタバコ	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.
* ヌスビトハギ	.	+2	+	.	+	.	.	.	.	.
* ヒナタイノコズチ	.	.	.	.	12	+	.	12	.	.

* : 付着散布植物を示す

地域別付着散布植物の割合

地域	付着種数	全種数	割合
日高地方	16 spp.	609 spp.	2.6%
岩手県	44	2120	2.1%
山形県	43	1765	2.4%
千葉県	47	1608	2.9%
富山県	42	1838	2.3%
滋賀県	46	1609	2.9%
佐賀県	46	1680	2.7%
鹿児島県	58	2561	2.2%

付着散布植物の特徴

- 散布動物に何も報酬をあたえない。
- 動物を誘引する手段をもたない
- 熟してもすぐに散布されない→果実が宿存性
- 散布時期はおもに秋から冬である。
- 果実序は多く分枝するか長く伸長する。
- 多くがやや大型の草本植物である。
- 林縁に生育するものが多い。

雨滴散布

- 古くから下等植物の胞子が雨粒によって散布されることが知られていた。



コチャダイゴケ



スジチャワンタケ



ゼニゴケの杯状体



ヤマネコノメソウ



チャルメルソウ



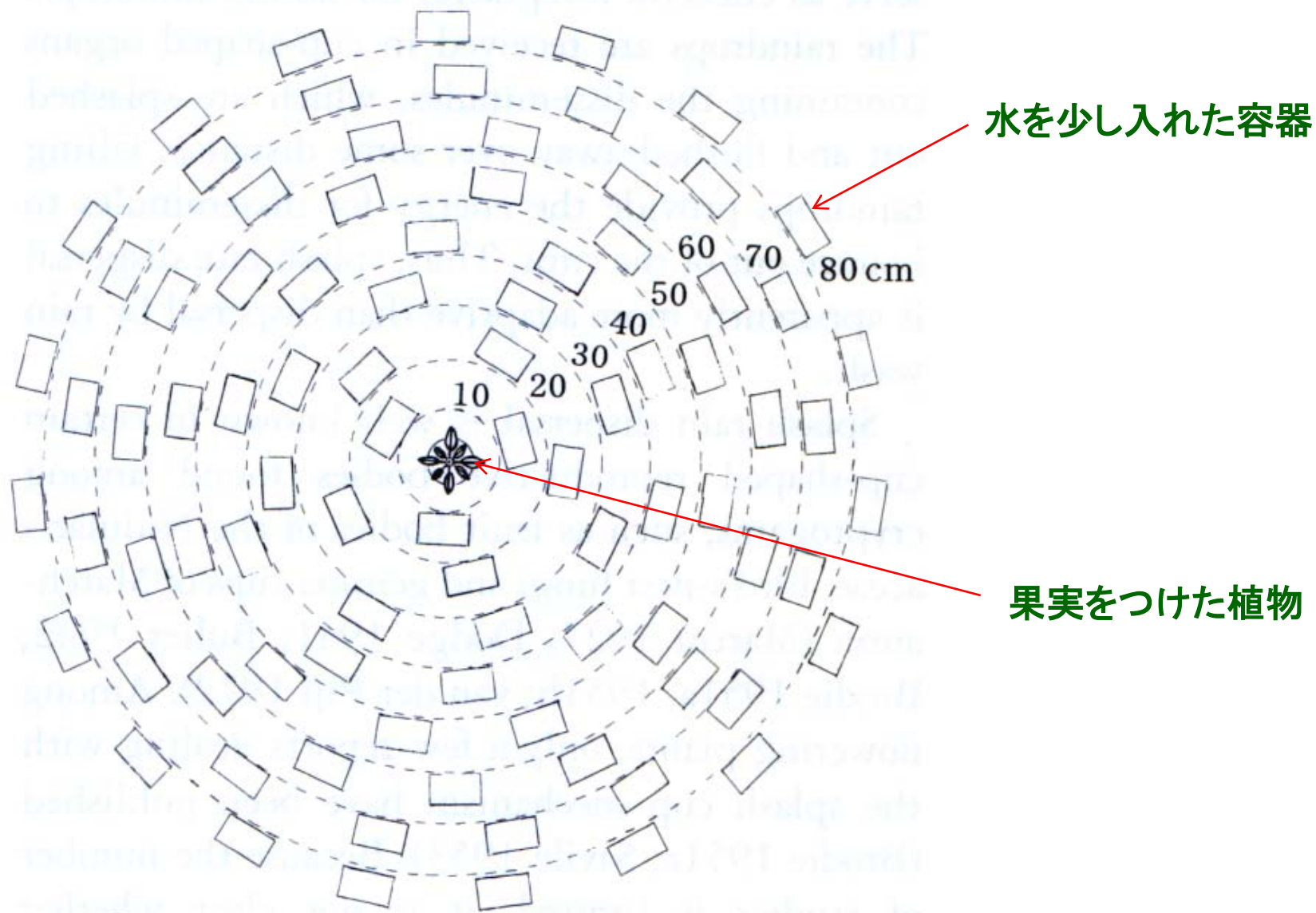
ミズタビラコ



ハルリンドウ

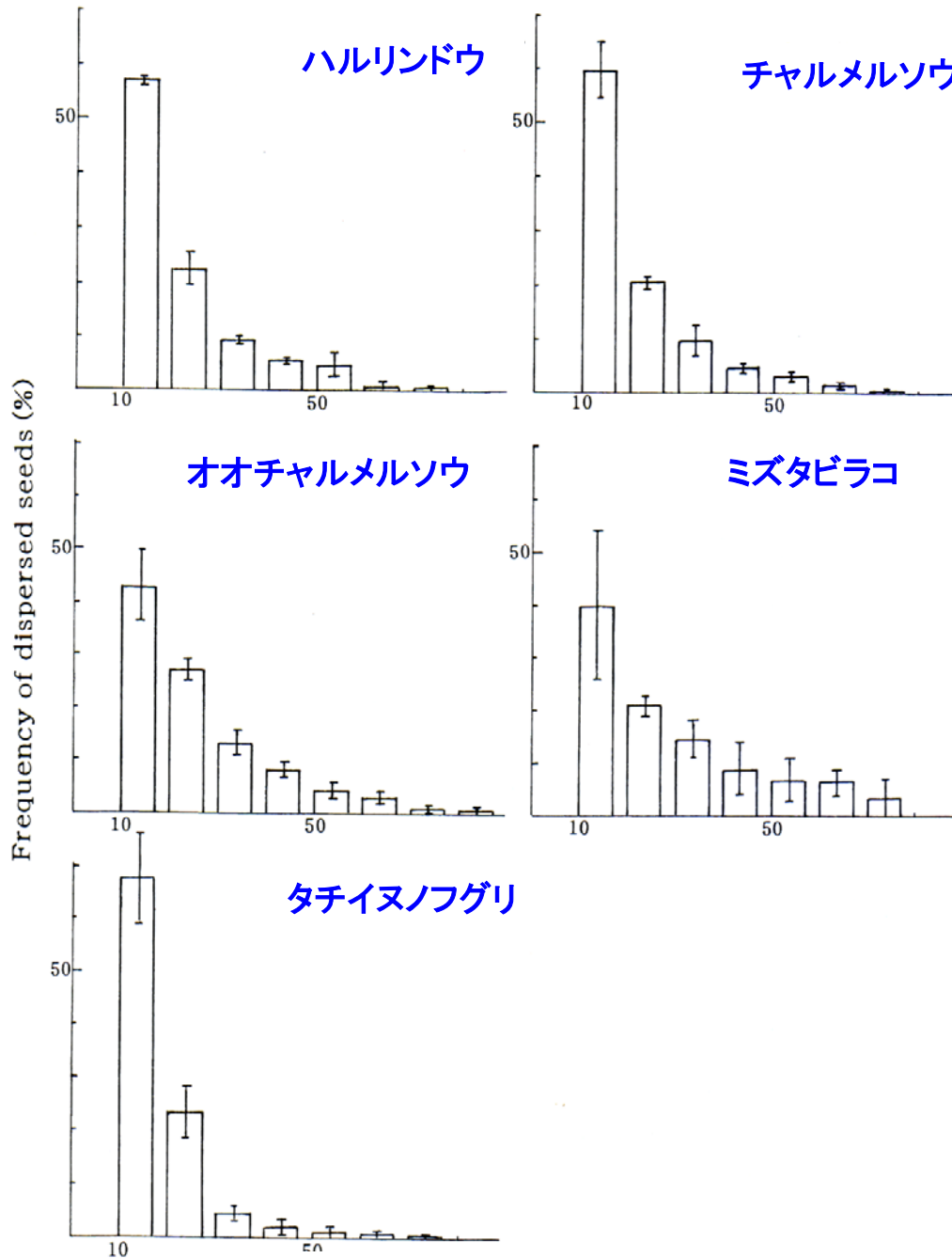
雨滴散布植物の生育地と植物高

科名	種名	生育地	平均の植物高 (cm)
ムラサキ科	ミズタバコ	溪側	17.0(14.8-19.2)
ナデシコ科	ツメクサ	道端	4.7(3.8-5.7)
	ハマツメクサ	道端、海岸	4.7(3.9-5.5)
ベンケイソウ科	ハママンネングサ	海岸	19.7(17.6-21.8)
	ヒメレンゲ	溪側	4.5(3.8-5.3)
リンドウ科	ハルリンドウ	草原	7.9(7.1-8.7)
	コケリンドウ	林縁、草原	7.8(6.7-8.5)
ユキノシタ科	イワネコノメ	林縁、溪側	4.8(4.0-5.6)
	ヤマネコノメ	林縁、溪側	8.6(7.1-10.1)
	コガネネコノメ	林縁	4.1(3.6-4.6)
	タチネコノメ	林縁、溪側	8.6(7.7-9.5)
	チャルメルソウ	溪側	32.1(28.3-35.8)
ゴマノハグサ科	サギゴケ	水田、湿地	5.2(4.3-6.1)
	トキワハゼ	水田、道端	6.1(4.3-7.9)
	タチイヌノフグリ	道端、林縁	11.5(9.4-13.6)
	ムシクサ	水田、道端	15.8(8.8-17.3)



屋外における種子散布実験 (Nakanishi 2002)

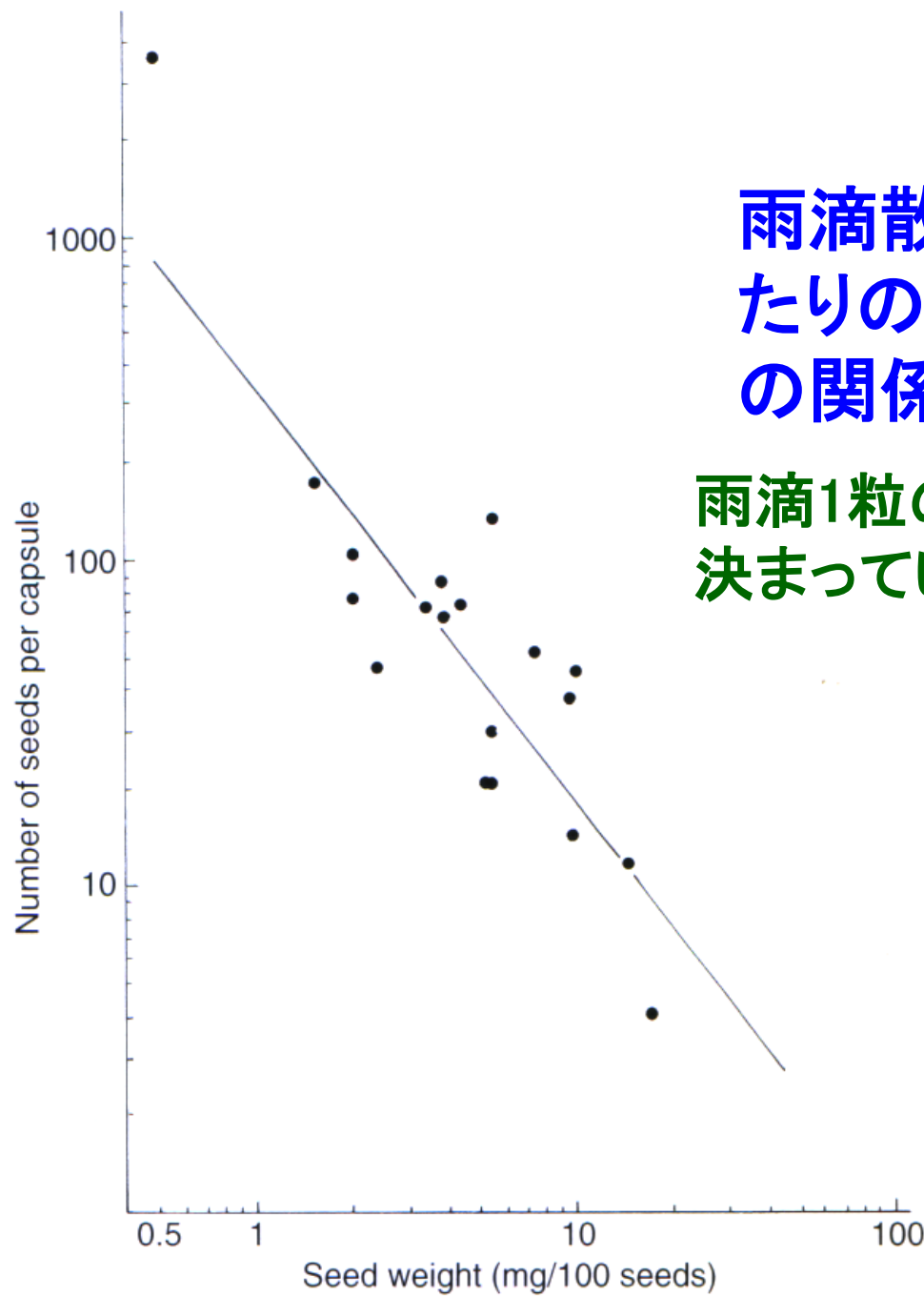
雨滴による種子の散布距離 (Nakanishi 2001)



植物からの散布距離

雨滴散布植物の果実あたりの種子数と種子重の関係 (Nakanishi 2002)

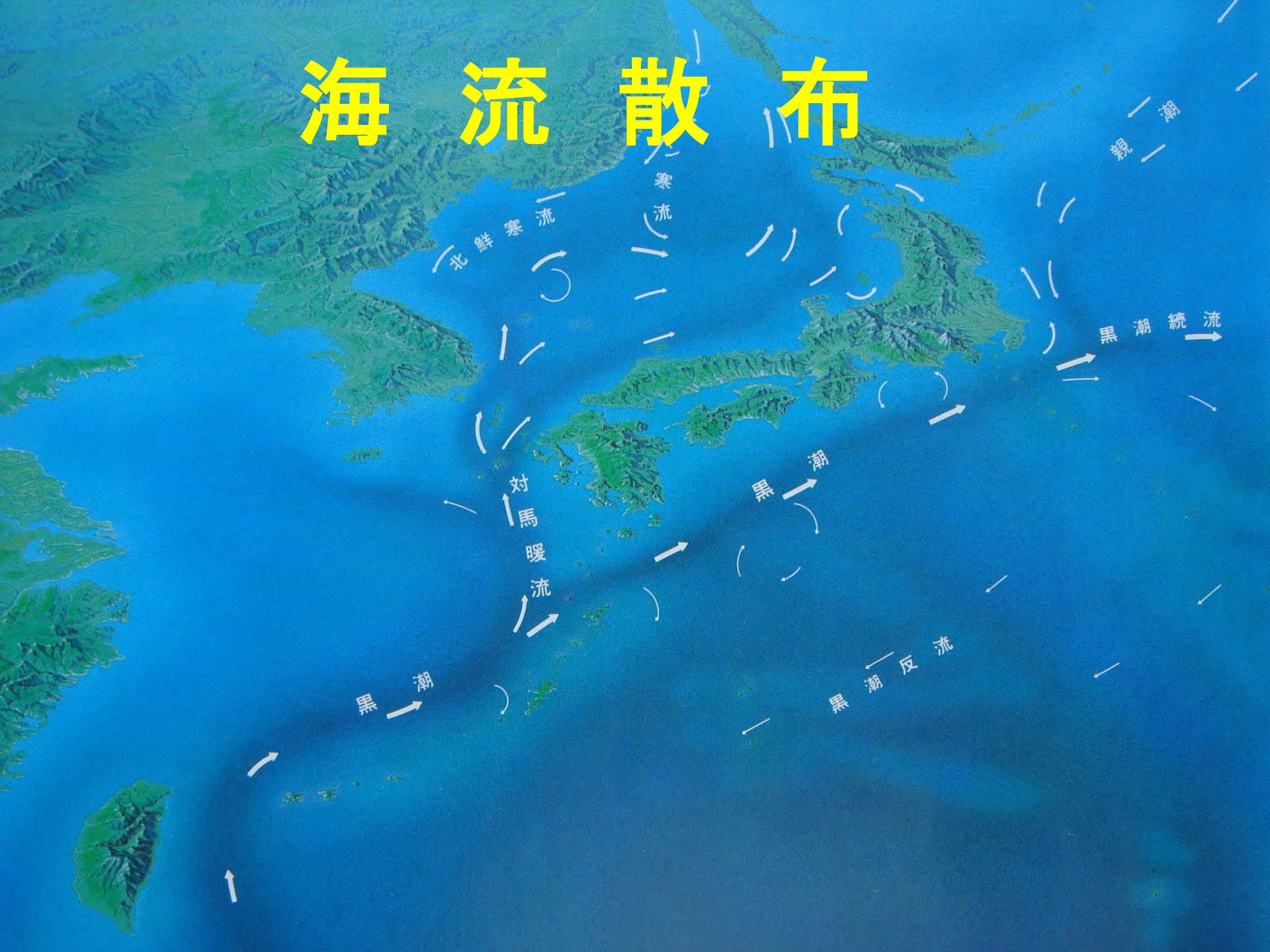
雨滴1粒のエネルギーはほぼ決まっているからか？



雨滴散布植物の特徴

- 小型の草本植物である。
- 種子が熟すと果実は垂直になり上向きに開く。
- 開いた果実はカップ(茶碗)型となる。
- 果実の内側は平滑である。
- 長期間、果茎や果実は枯れずに生きている。
- 種子は比較的軽い。
- 散布距離は100cm以下である。

海流散布





ココヤシ

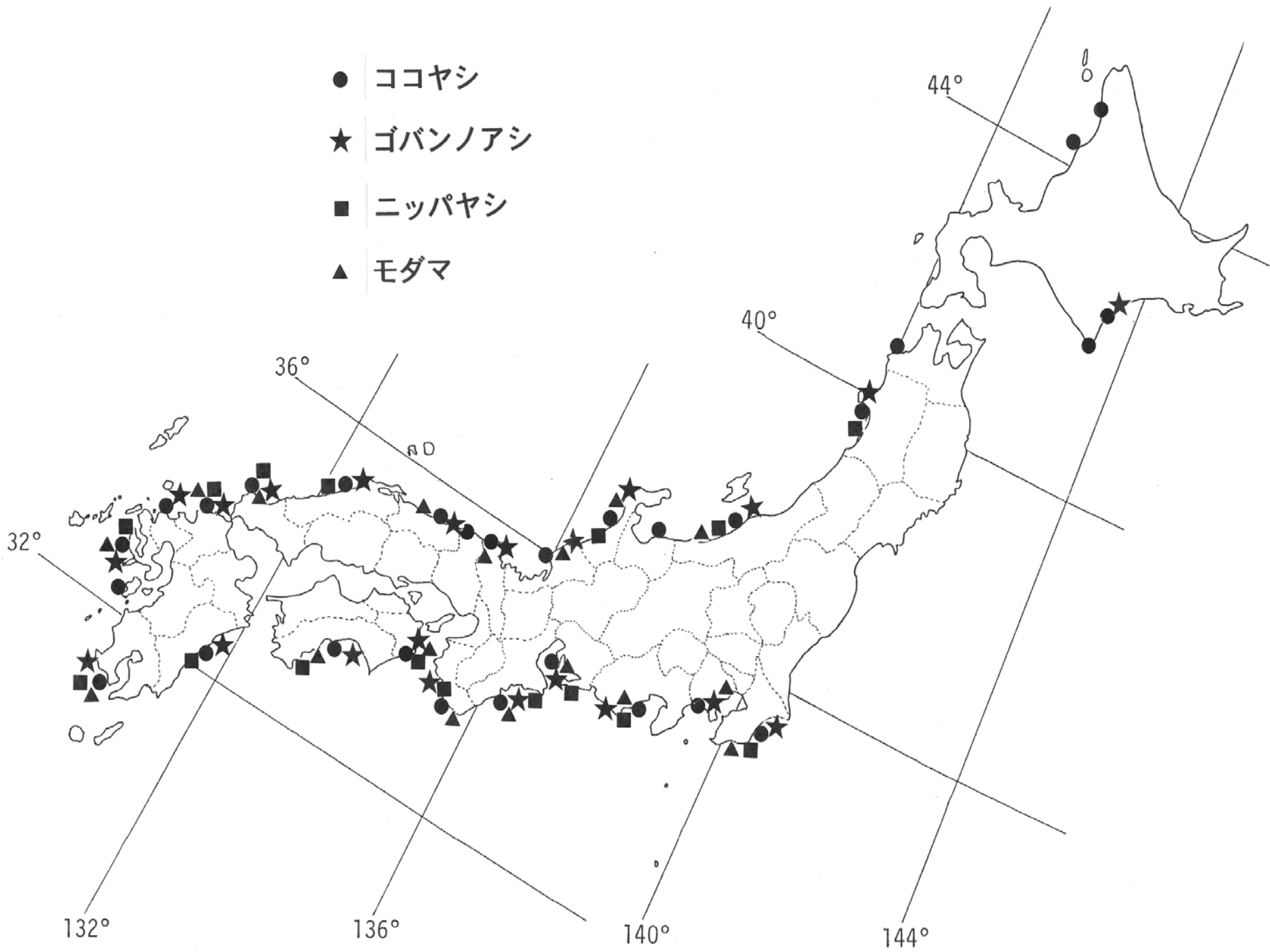


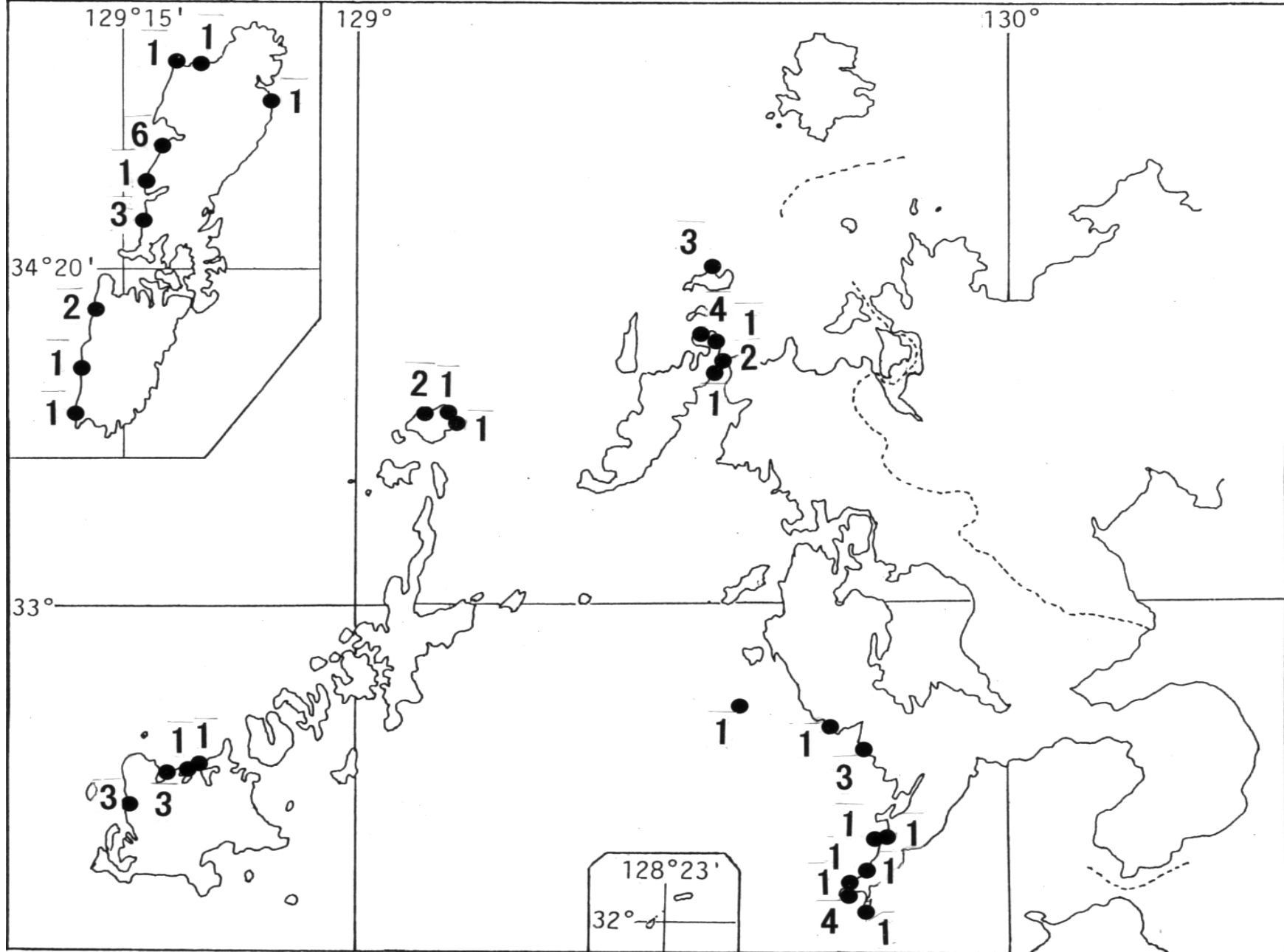
ゴバンノアシ



ニツパヤシ

- ココヤシ
- ★ ゴバンノアシ
- ニッパヤシ
- ▲ モダマ

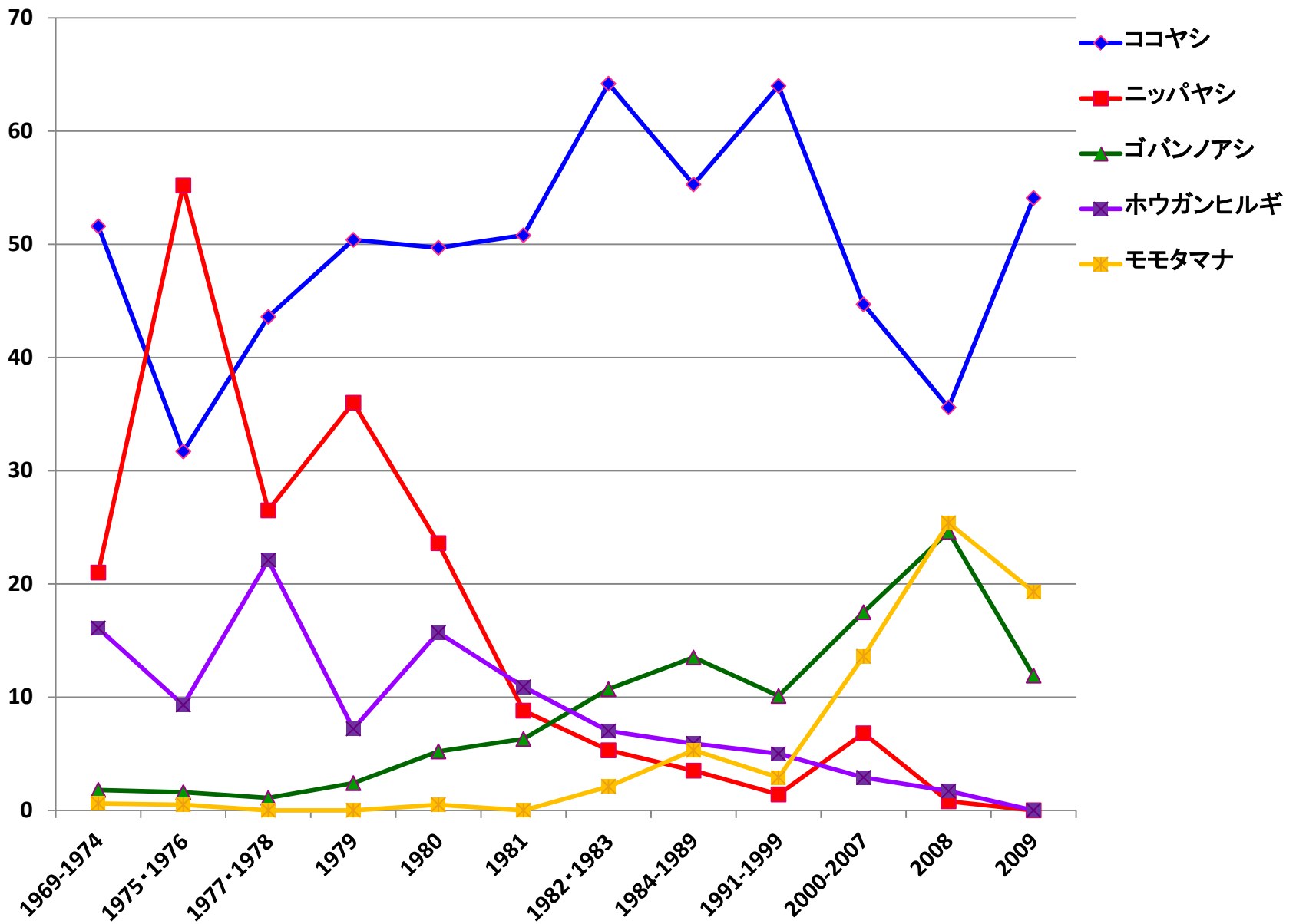




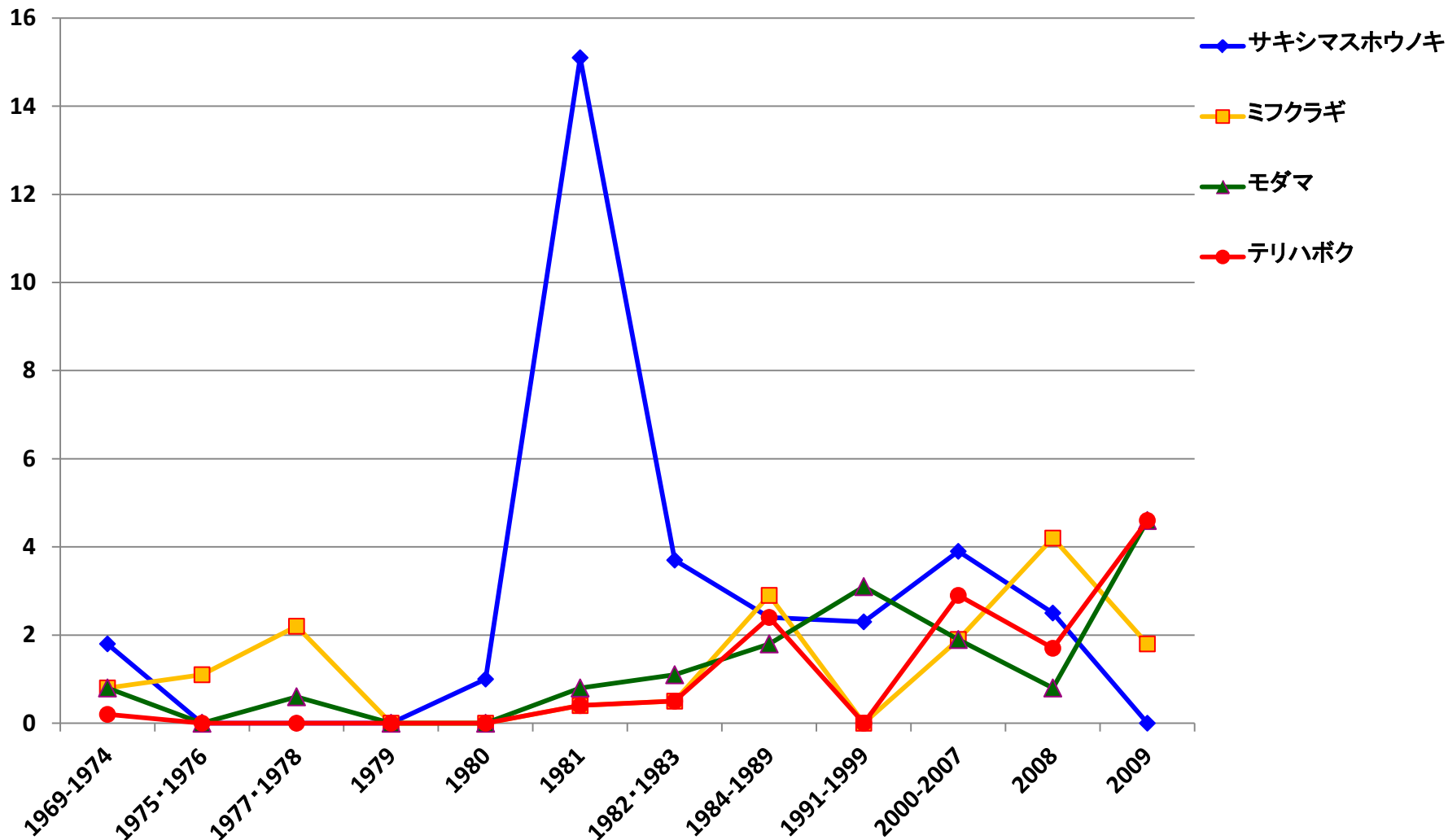
2008年のココヤシの漂着地点と数

40年間(1969-2009)に発見された熱帯起源 の漂着果実と種子(中西・石井2010)

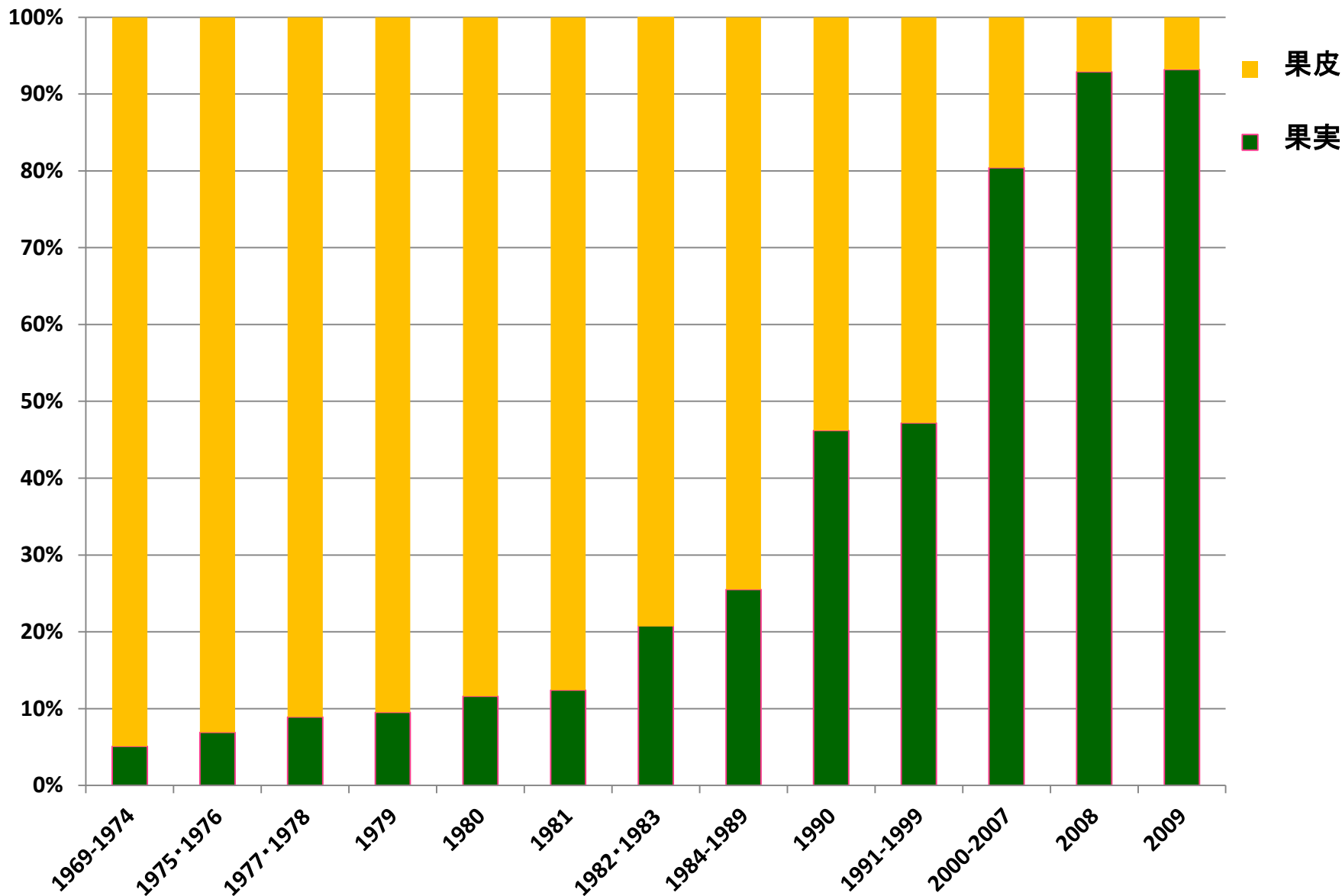
ココヤシ	1135	オオミナンキンハゼ	17
果実	284	オオミフクラギ	8
果皮	851	ビンロウジュ	7
ニッパヤシ	394	ククイノキ	6
ホウガンヒルギ	292	サガリバナ	5
ゴバンノアシ	164	アダン	5
モモタマナ	89	パラゴムノキ	4
サキシマスホウノキ	69	ワニグチモダマ	4
オオバヒルギ	39	イルカンダ	3
ミフクラギ	30	タイヘイヨクルミ	2
マンゴスチン	24	ハスノミカズラ	2
モダマ	23	その他	27
テリハボク	18	合計	3502



40年間(1969-2009)の漂着果実と種子(頻度の高い種)の発見個数の割合の変化(中西・石井2010)



40年間(1969-2009)の漂着果実と種子(頻度の低い種)の発見個数の割合の変化(中西・石井2010)



ココヤシの果実と果皮の漂着の割合の変化

漂着頻度の変化は何を示しているか？

・増加傾向にあるもの・・・ココヤシ(果実)、ゴバンノアシ、モモタマナ、サキシマスオウノキ、ミフクラギ、モダマ→海岸の浸食→地球温暖化？

・減少傾向にあるもの・・・ニツパヤシ、ホウガンヒルギ→マングローブ湿地の消失→開発

漂着果実と種子の変化→→地球規模の環境問題を反映している

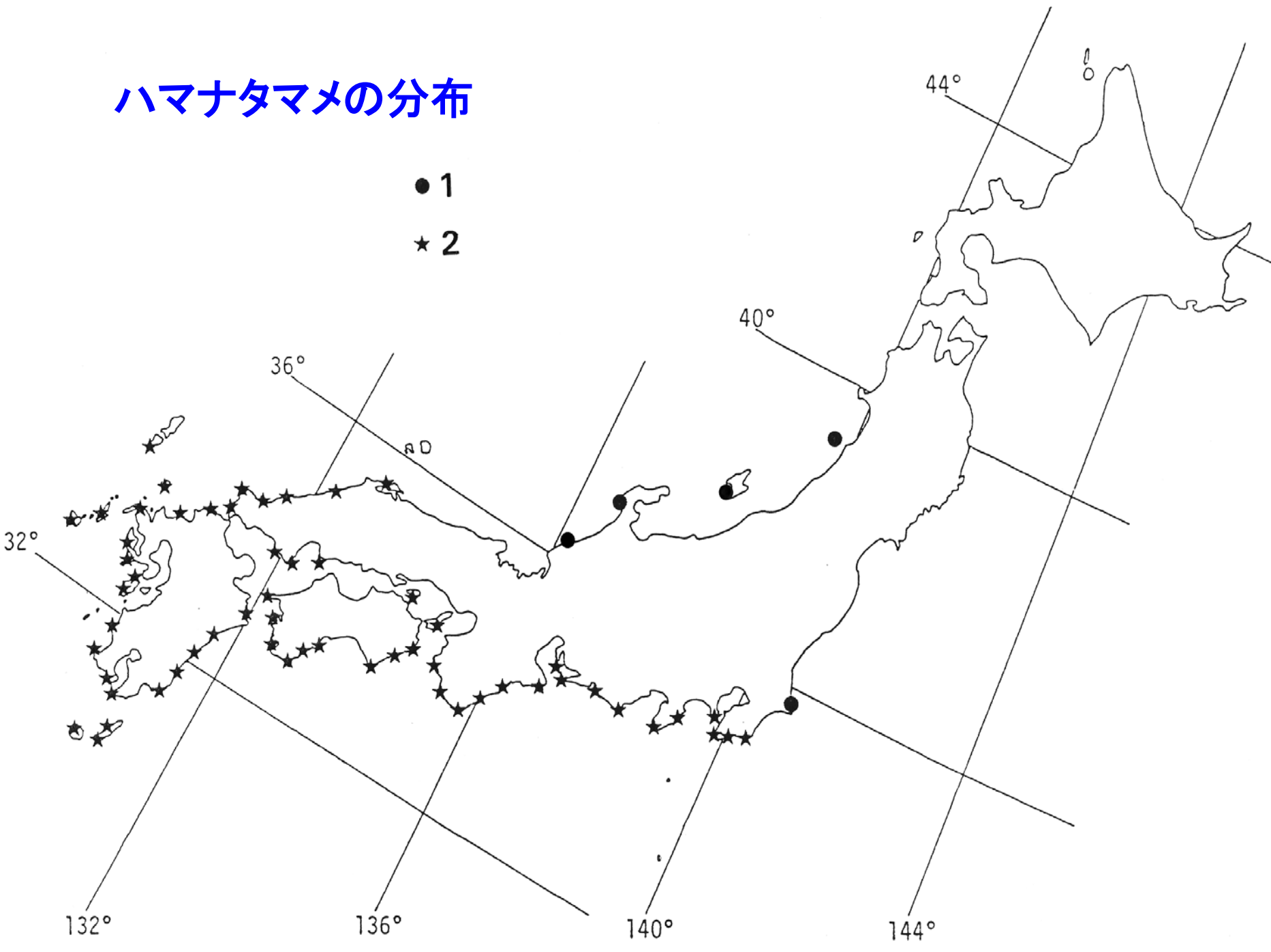


ハマナタマメの芽生え

ハマナタマメの分布

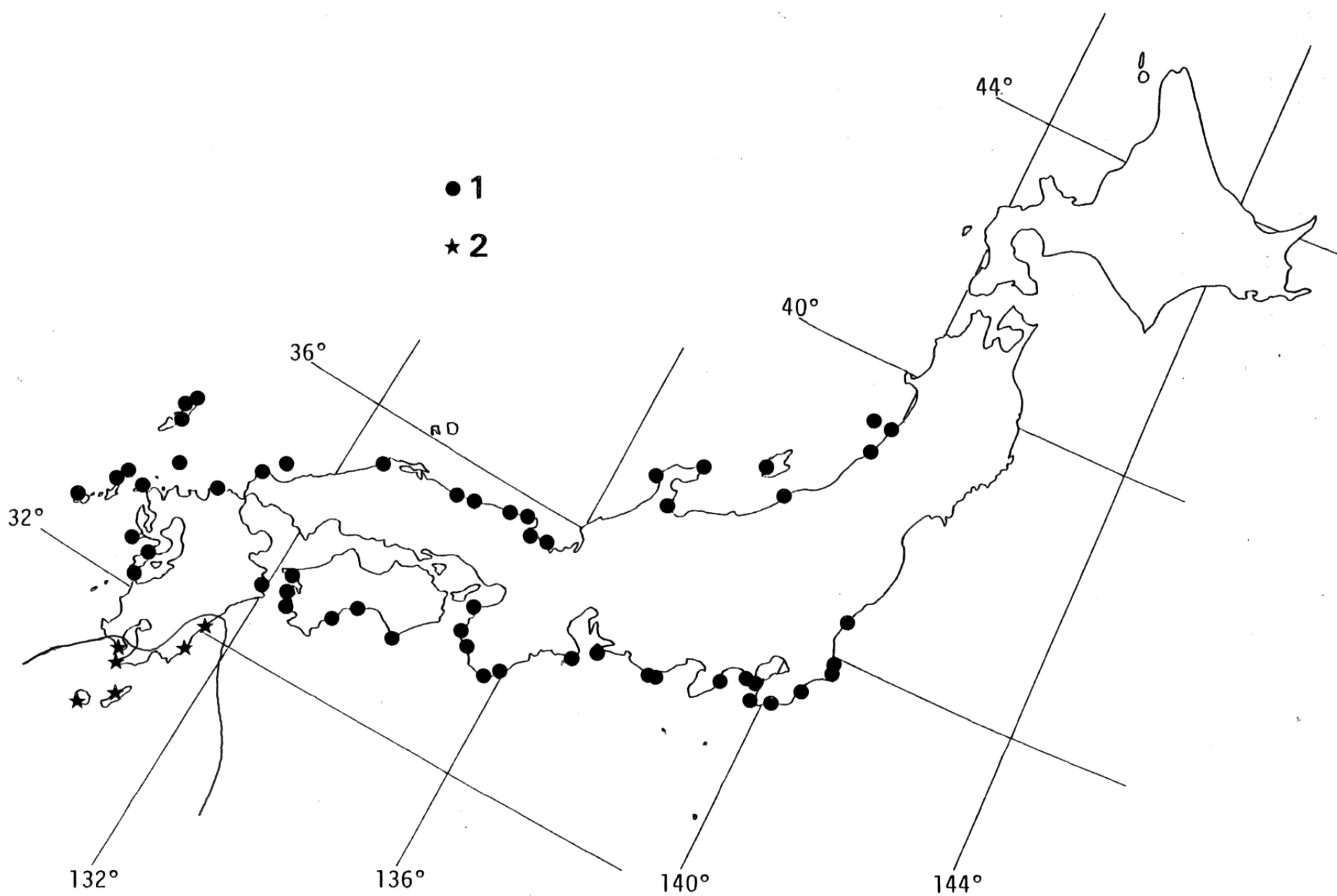
● 1

★ 2



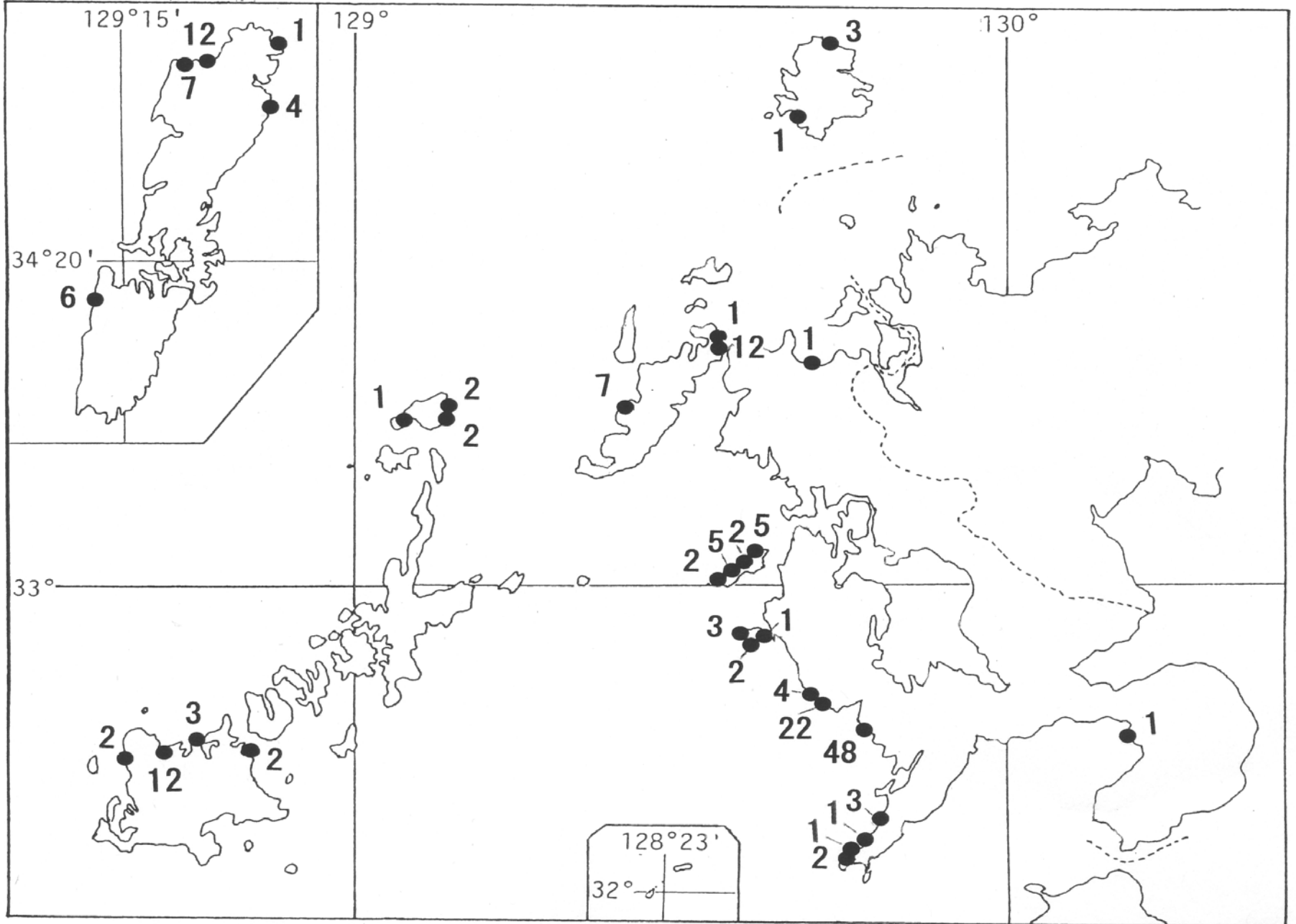


ゲンバイヒルガオ



グンバイヒルガオの分布(中西1987)

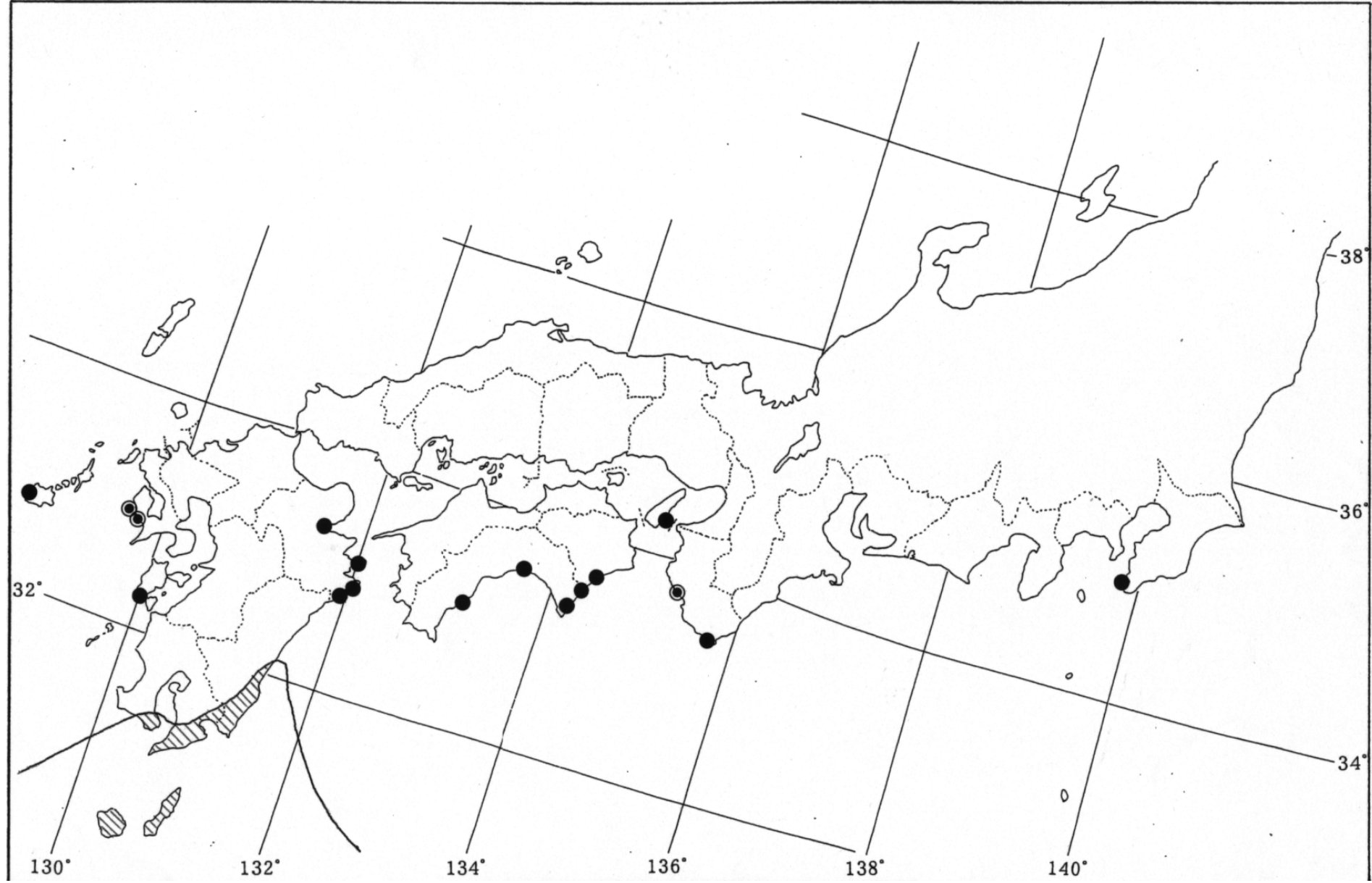
1: 漂着発芽個体、2: 繁殖個体



2008年グンバイヒルガオの漂着発芽地点と個体数



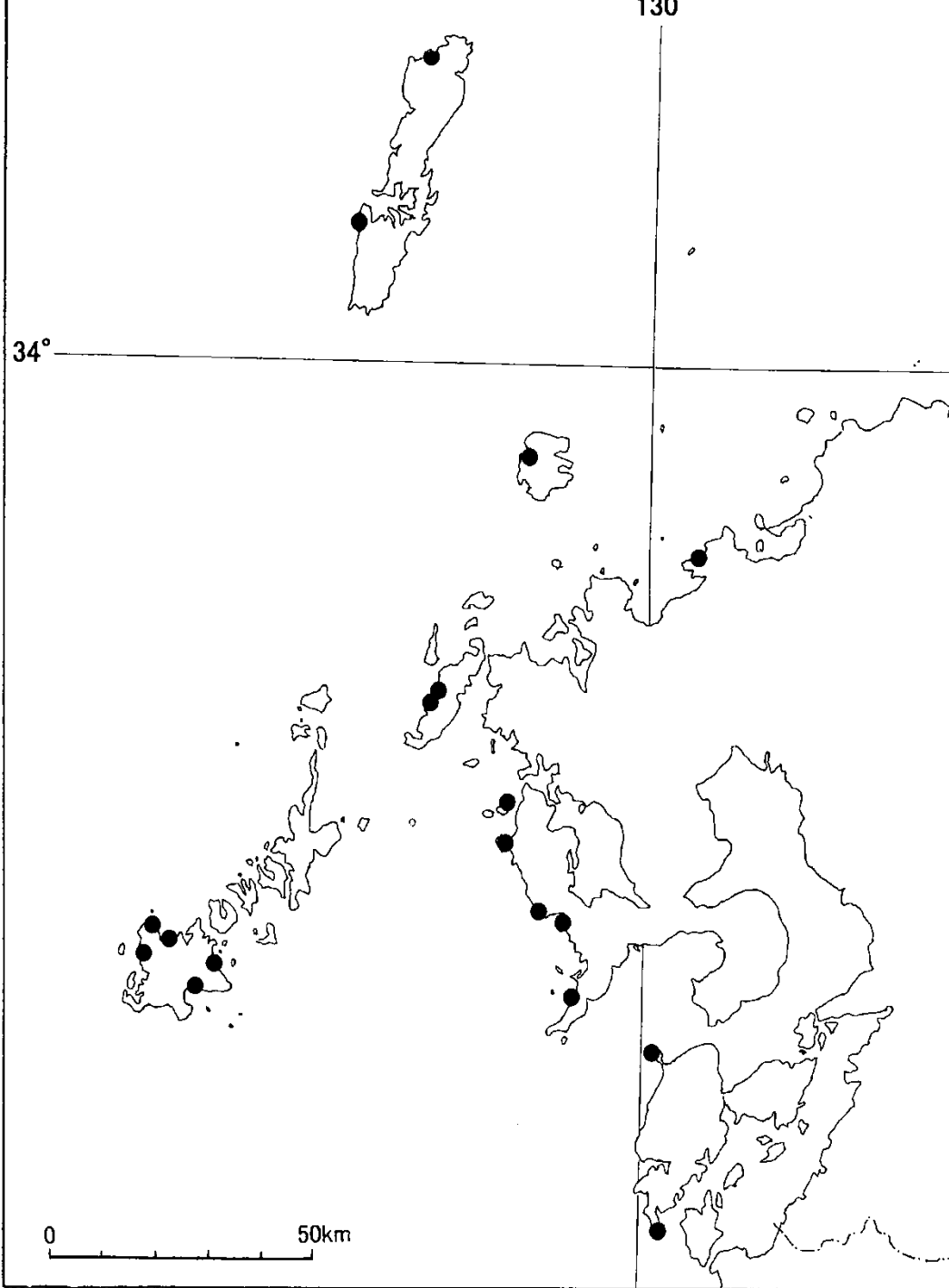
ガンバイヒルガオ(長崎市外海町研石ヶ浜)



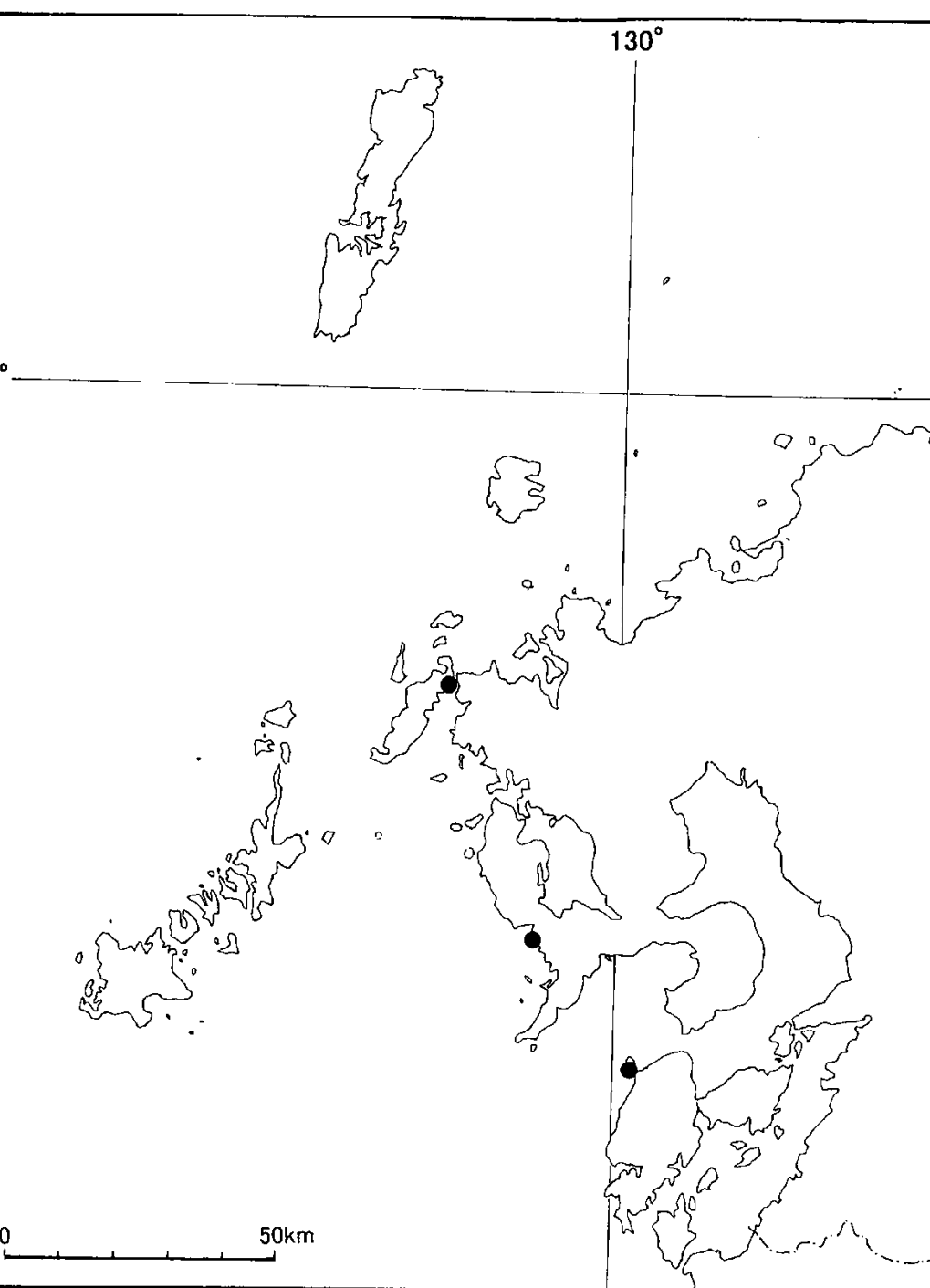
ゲンバイヒルガオの越冬個体の分布(中西2009)

グンバヒルガオの北限地域における 1月の日最低気温平均の変化

	1950-1959	2000-2009
長崎	3.2	4.1
宇和島	2.8	3.0
室戸岬	4.6	5.0
潮岬	4.9	5.2
御前崎	3.1	3.5
勝浦	2.3	3.0



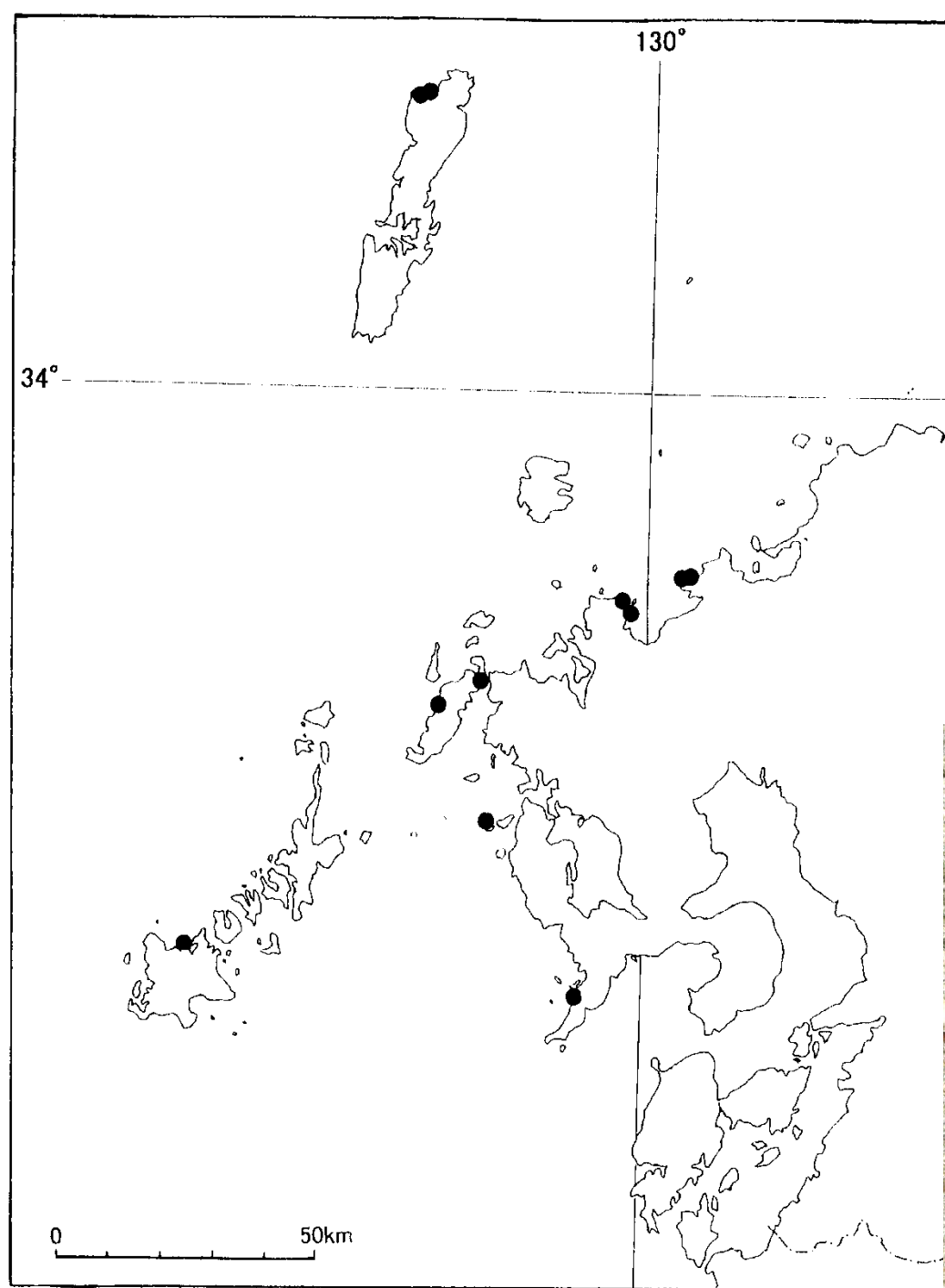
ヒレガクアサガオ(仮称)

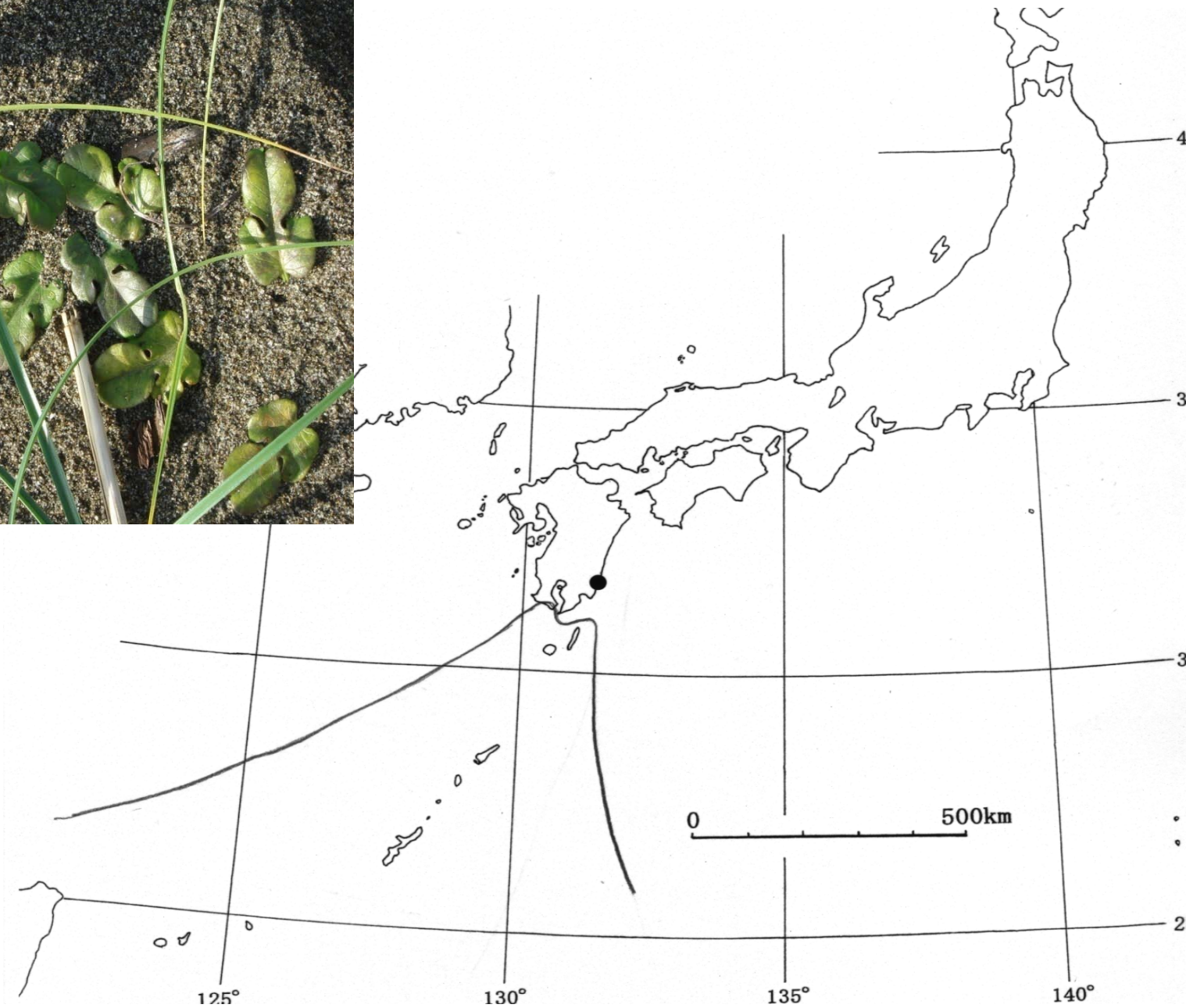


モミジヒルガオ



フセンアサガオ





アツバアサガオ



アツバアサガオ(宮崎県日南市)



オオバアサガオ (*Stictocardia tilifolia*) (長崎県平戸市飯良)



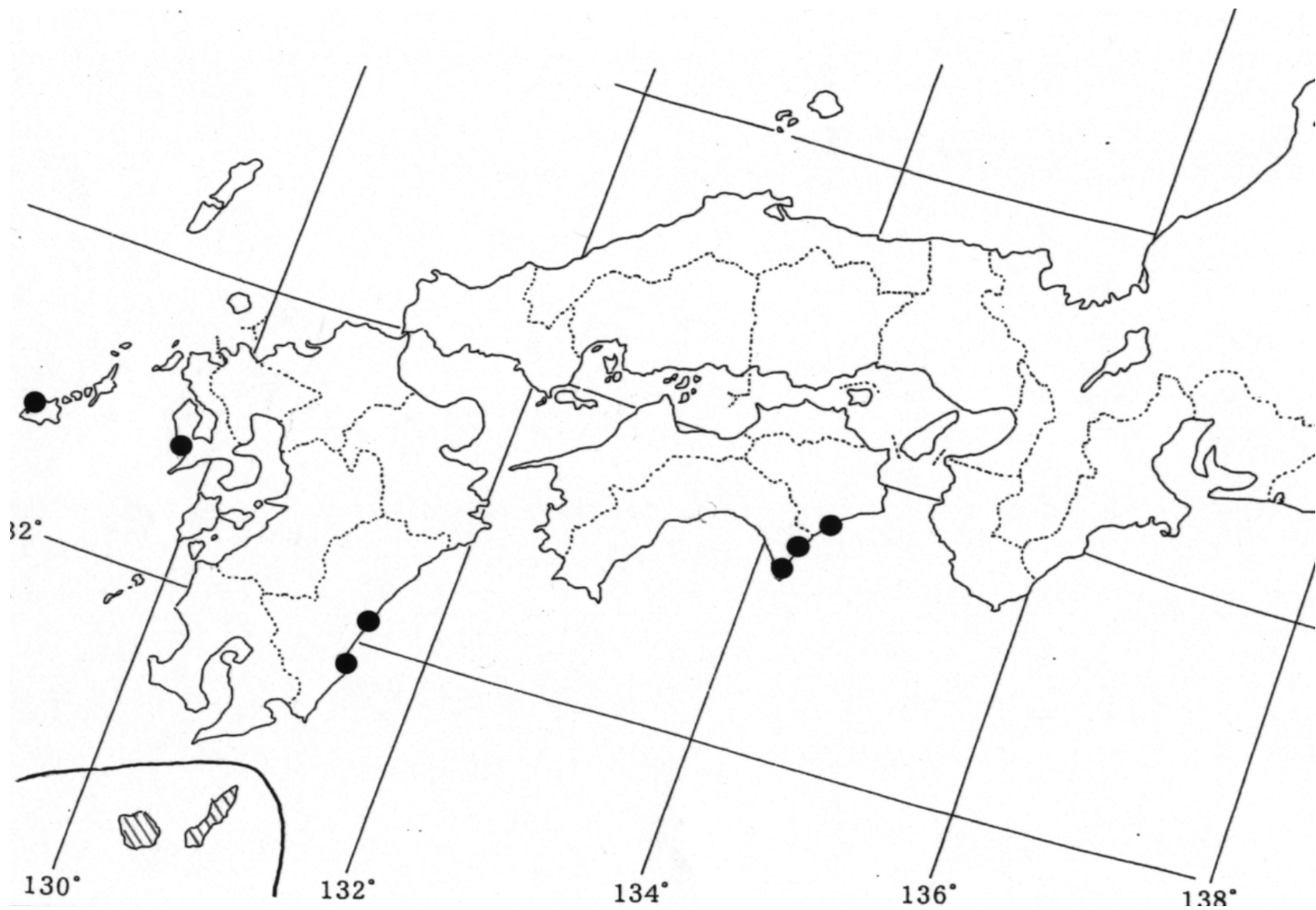
ウジルカンダ (*Mucuna macrocarpa*) (長崎県野崎島)

ウジルカンダ(イルカンダ)の分布





ハマアズキとゲンバイヒルガオ(長崎県五島市三井楽町)



ハマアズキの分布



シイノキカズラ(長崎県小値賀島)

海流散布のまとめ

- 黒潮によってさまざまな熱帯起源の散布体が多く漂着している。
- 漂着した種子の中には発芽するものがある。
- 海流散布植物は地球温暖化に伴って、すばやく分布を拡大することができる。

生物学の論理

- 物理学、化学、生物学、地学にはそれぞれ論理がある！ → 生物学の論理は？
- 現代は**科学技術の時代**である
航空機も列車もコンピューターも科学技術（物理学や数学の応用）
- **物理学や数学中心の考えが主流**

生物学も分子生物学が主流

- ・ DNAの研究(分子生物学)は物理学者、化学者が行っている→生物学ではない？
- ・ E-E効果とは

What is true for *E. coli* is true for elephants.

大腸菌に当てはまることは、ゾウにも当てはまる

しかし、大腸菌を調べてもゾウの生態はわからない

理科の中の生物学の考え

- **生物は時間と空間の存在である**→所変われば生物が変わる。時間がたてば生物が変わる。
- 生物の世界は法則通りにはいかない→物理・化学的には捉えられない。
- 生物の理解は、**生物多様性**を理解すること

生物の見方＝子どもの見方

- 子どもを1つのモノサシで見ない。
 - 子どもをさまざまな面から見る。
 - 子どもの理解は**子どもの多様性**を理解すること
- 家族、社会も生物学的な見方ができる

大都会は熱帯多雨林

- さまざまな生活をするものがある
- 目立つ色や形のものがある
- 競争が激しい
- 進化のスピードがはやい
- 多様性が高い

熱帯多雨林は1つの生態系として成り立つが、
都会は地方がないと存在しない

グローバル化と外来生物の増加

グローバル化は外来生物が増加することと同じではないか？

・便利な生物がそれだけ多くなる→緑化には最適

・外来生物が在来種を駆逐する
→多様性の消失