

諫早湾潮受け堤防締め切り(1997年4月14日)後の 堤内の干陸地に生育する夏の種子植物相(予報)

陣 野 信 孝

長崎大学教育学部生物学教室
(平成9年10月31日受領)

A Preliminary Study on the Spermatophytic Flora in Summer
on the Dried Land Inside the Bank after Isahaya Bay was Closed
on April 14, 1997.

Nobutaka JINNO

Biological Laboratory, Faculty of Education, Nagasaki University
Bunkyo-machi, Nagasaki, 852 Japan
(Received Oct. 31, 1997)

Abstract

Many studies had been done about the distribution of halophytes (Tsuda 1947, Hatanaka 1956, Kuranari and Iwamura 1976, 1977, Iwamura 1987, Nakanishi 1989, Ejima et al. 1990, Takahashi et al. 1991). However, there have been a few study as to weeds invaded into the dried land after the reclamation (Kobayashi 1952, Jinno and Ida, 1988).

Now, 3,550 ha of a inner part of Isahaya Bay was closed for the reclamation in April 14, 1997. Since water level is kept at -1 m of sea level standardized at Tokyo Bay, a broad dried land was emerged. As a desalinization was progressed, many spermatophytic plants (glycophytes), so called weeds invaded into the dried land.

14 study sites were set on the dreid land inside the bank, and investigations based on the relation between the flora and soil properties were done from July to August in 1977. Soil salinity was storongly desalinized at the mouth area of river, since soils of habitats was gravelly sand. Clayey soils were also considerably desalinized at sites where fresh water was lifted from a back creek by a lift pump. Then, many weeds grew on such sites. On the other hands, the desalinization of clayey soils near the bank already constructed, where the lift pump was not set, was progressing more slowly. Therefore, since the soil salinity was still considerably high, weeds did not grow except

for halophytes, such as *Suaeda japonica*. Moreover, plants did not grow on reduced soils.

108 plant species including some halophytes were found. Plant species of high emergence rate were *Sonchus oleraceus*, *Ecliptata prostrata* and *Rumex japonicus* etc. among plants investigated. Halophytes, especially those of the seashore did not spread so much on dried lands.

Hereafter, I would like to study the succession of spermatophytes on dried land inside the bank.

Key words: After reclamation—*Ecliptata prostrata*—glycophytes (non-halophytes)—halophytes—plants invaded—reduced soil—*Rumex japonicus*—*Sonchus oleraceus*.

I はじめに

諫早湾干拓工事は、締め切り面積を3,550haに縮小して1989年に始まり、1997年4月14日に潮受け堤防で締め切られた。堤内の水位が-1mに保たれたため、堤内は干上がり広大な干陸地が出現した。河川が流入していたところの河口域は砂礫地となっている。小野島地先の以前干潟であったところは、既設の堤防から約2km沖まで干陸化し割れ目が入り砂漠のような不毛の土地になっている。

河川の塩沼地における植物の分布については、今までに比較的多くの研究があるが(津田 1947, 畑中 1956, 須崎 1975, 倉成・岩村 1976, 1977, 岩村 1988, 中西 1989, 江島他 1990, 高橋 1991, 陣野・梅野 1995), 干拓によって干陸化した直後の土地への植物の侵入定着についての研究は少ない(小林 1952, 陣野・井田 1988)。そこで、諫早湾干拓工事によってできた干陸化した土地において、植物相がどのように遷移していくか追跡調査研究を進めていくことにした。そこで、先ず、既設堤防の周辺部において、1997年締め切り4~5ヶ月後、同年の夏期(7~8月)における種子植物の侵入定着を土壌の塩分と酸化還元電位との関連において調査したのでここに報告する。

II 調査地

堤内において14地点を設定した(Fig. 1)。いずれの地点も潮受け堤防で締め切られる前は定期的に海水に浸かり小野島の塩生植物を除いて種子植物の生育は見られなかった所である。なお、Fig.1における-1mのラインは「長崎の自然と文化(1997)」によった。

堤内の北部から(1)北高来郡高木町金崎地先, (2)同境川河口。(3)同小江川河口, (4)同小江川河口沖のカキ床, (5)諫早市本明川河口(不知火橋下方)(6)同川内町地先, (7)同小野島赤崎新地地先西, (8)同赤崎新地地先(黒崎排水機場), (9)北高来郡森山町二反田川河口, (10)同森山西, (11)同森山大島, (12)森山東(有明川河口), (13)南高来郡愛野町阿母崎沖(有明川河口), (14)同吾妻町牛口の各地点である。金崎地先は北部排水門のすぐ内側で、吾妻町牛口は南部排水門のすぐ内側である。()内の数字は地図上の地点番号を示す。

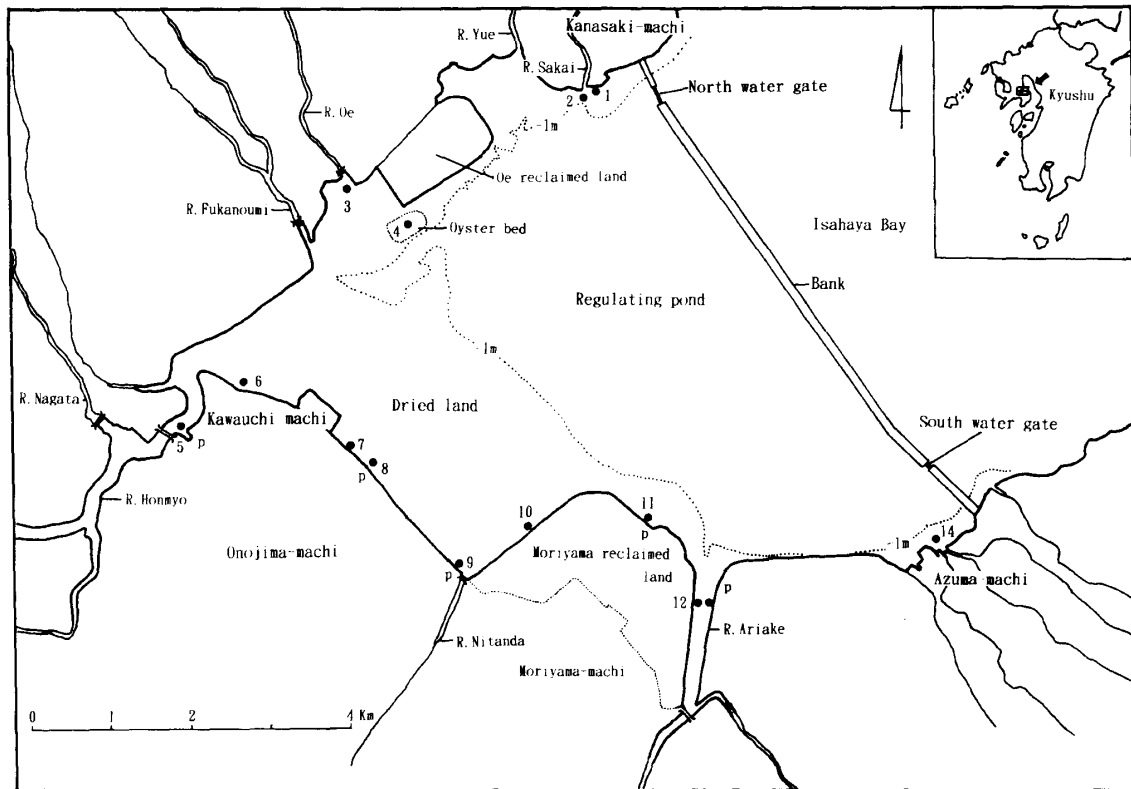


Fig. 1 Map showing sites investigated on the dried land after Isahaya Bay was closed. Abbreviations: ●, sites investigated; p, lift pumps set inside the already constructed bank.

現地調査は1997年7月下旬から8月下旬にかけて実施した。

III 調査方法

1. 調査地によっては、植物が生育するところ（砂礫地）と植物が生育していないところ（主として潟土の所）があるので、その要因を探るためそれぞれの場所で深さ10～15cmの土壌をビニル袋に採集した。場所によっては25～30cmの深さの土壌も採取した。

2. 各調査地では少なくとも20×20m²以上出来るだけ広く踏査して、生育する植物をリストアップした。分類表は伊藤（1980）にしたがって作成した。また、14地点における出現頻度の高い種から並べた表も作成し、踏査によって種ごとにおおまかに(1)多い(2)中程度(3)少ないの3つの段階に分けて調査した結果も記入した。

3. 土壌の電気伝導度（EC）の測定

溶液の比抵抗の逆数をいい、この値が高い土壌ほど土壌溶液中に陰イオンや陽イオンの含有量が多い、つまり土壌塩分が高いことを意味する。下記により測定した。

(1)採集した土壌を新聞紙に広げ直射日光のあたる窓際に数日間おき風乾した。砂礫質の土壌は2mmの篩でふるった。潟土は柔らかいうちに小さな土塊にしてそれを円盤状にして風乾をたすけた。

(2)円盤状の潟土を小さく砕き、コーヒーミル（SCM-40A, Shibata Ltd.）で粉碎した。

(3) 粉碎した土 5 g をビーカーにとり蒸留水 25 ml をいれガラス棒で十分に攪拌し 3000 rpm で 10 分間遠心しその上清を試験管にとり EC メーター (CM-30, T O A Ltd.) で測定した。

4. 土壌の酸化還元電位 (Eh) の測定

干潟地であったところでは、スコップで土壌を掘り下げ断面をつくり深さ約 10 cm のところに電極を (pH メーター, HORIBA D-14, 酸化還元電極 HORIBA 6860-10 C) 突き刺し測定した。測定は少なくとも 3 ケ所で行った。しかし、砂礫地では土壌がかたく所定の深さで電極を突き刺すのが困難であったため測定は行わなかった。

5. 堤内の干陸地に定着生育のもととなった植物の種子の供給源の調査

堤内の植物が定着するもととなった種子は、海岸や背後地から運び込まれたと考えられる。それを確かめるために、金崎町地先において、干陸地と海岸や背後地の水田そばにおいて両方にまたがって生育する植物種から検討した。

6. 堤内の干陸地の雑草生育地の除塩の進行

堤内の干陸地の除塩の進行を調べるために、背後地の水田そばの雑草生育地と海水に定期的につかる北部排水門の外側の金崎海岸と南部水門の外側の西郷海岸の土壌とを比較した。

IV 結果と考察

1. 調査地の概要と植物の生育

- (1) 金崎町地先：砂礫地で近くに小さな小川が流入している。この砂礫地には多くの雑草が生育している (Fig. 2)。潟土が堆積した非生育地もある。背後地は水田。
- (2) 境川河口：転石もある砂礫地で、多くの雑草が生育している。潟土が堆積した非生育地もある。背後地および河川の流域は水田。
- (3) 小江川河口：転石もある砂礫地で、多くの植物が生育している。潟土が堆積した非生育地もある。背後地および河川の流域は水田
- (4) 小江川河口沖のカキ床 (Fig. 3)：以前カキの養殖場であったところで、干潟の上に直径



Fig. 2 Photograph of the site at Kanasaki. Weeds grew. North water gate is found at the back.



Fig. 3 Photograph of oyster beds at the lower part of the mouth area of R. Oe. Weeds grew on oyster beds.

3～5メートルのカキ床が点在している。死滅してカキの間に潟土や砂が堆積している。潟土は風化している。この上の植物はよく繁茂している。潟土のところは非生育地となっている。

- (5)本明川河口(不知火橋下方)：以前の河原に潟土が堆積している。現在の川岸近くには特にイネ科が多く生育している。河原にはパッチ状に潟土が堆積した非生育地もある。堤内に注ぐ最大の1級河川の河口。流域は水田。
- (6)川内町新地地先：潟土が堆積したところで、既設の堤防そば（調査地点）には塩生植物も生育していない。堤防から約100m沖にはタカサブロウの芽生えやシチメンソウがまれに生育している。本明川の河口の天狗鼻から約500m東にある。
- (7)小野島1：黒崎排水機場の西約300mの地点であり、潟土が堆積したところである。塩生植物であるシチメンソウが群生しているが、雑草の侵入はみられない。流入河川は近くにはない。
- (8)小野島2 (Fig. 4)：潟土が堆積下ところ。黒崎排水機場の揚水溜柵そばであり、その溜め柵直下やその周辺部に雑草の侵入が少しみられる。
- (9)二反田川河口(既設堤防の内側に揚水ポンプが設置されている)：既設堤防の外側5～6mのところには、堤防をつくるときにその基礎固めに用いた石（捨て石）が高さ40～50cm、幅4～5mの帯状となって露出している(以下捨て石帯)。その捨て石帯のところには潟土が堆積し多くの雑草が生育している。潟土は風化してさらさらしており潟土に特徴的な粘着性は殆どない。捨て石帯と堤防の間は潟土が堆積した非生育地となっている。
- (10)森山西：生育地と非生育地は地点(9)のそれとほぼ同じである。揚水ポンプの設置はなく生育地のそばに小さな濡筋がある。
- (11)森山大島 (Fig. 5)：生育地と非生育地は地点(9)のそれとほぼ同じである。近くに排水門と揚水ポンプがある。
- (12)森山東(有明川河口)：生育地と非生育地は地点(9)とほぼ同じである。
- (13)阿母崎沖(有明川河口)：捨て石帯は既設堤防のすぐそばにある。そこには多くの雑草が生育している。潟土は風化し粘着性は殆どない。捨て石帯の外側(有明川寄り)は非生育地となっている。近くに揚水ポンプがある。



Fig. 4 Photograph of the site at Onojima 2. Halophyte, *Suaeda japonica* grew gregariously.



Fig. 5 Photograph of the site at Moriyama Ōshima. Weeds grew on the narrow strip of stones beside the bank.

Table 1. Soil textures of sites investigated.

No. Sites	Texture	
	Habitat	Non-habitat
1 Kanasaki	Gravelly sand	Clay
2 Mouth of R.Sakai	Gravelly sand	Clay
3 Mouth of R.Oe	Gravelly sand	Clay
4 Oyster bed	Oyster test	Clay
5 Mouth of R.Honmyo	Clay	Clay
6 Kawauchi-machi	(Clay) ¹	Clay
7, 8 Onojima	Clay	Clay
9 Mouth of R.Nitanda	Clay + stone ²	Clay
10 Moriyama West	Clay + stone ²	Clay
11 Moriyama Ōshima	Clay + stone ²	Clay
12 Moriyama East	Clay + stone ²	Clay
12 Abozaki	Clay + stone ²	Clay
12 Azuma-machi	Gravelly sand	Clay

¹ Plants did not yet grow.

² Stones used for the foundation of the bank are exposed making a narrow strip of land. Clay accumulated was weathered.

(14)吾妻町牛口：南部潮受け堤防のすぐ内側で数本の小さな川が流入している。砂礫地の広さも今回調査したなかで堤内で一番広く多くの雑草が生育している。潟土が堆積してたところには、塩生植物のシチメンソウのみが散在している。

2. 堤内の種子植物相

17目28科108種の種子植物が観察された (Table 2)。種数の多いのはキク科の21種 (全体の約20%) とイネ科の20種 (同約19%) であった。これらに次ぐものとして、タデ科の8種 (同約7%)、カヤツリグサ科の6種 (同約3%) であった。これらのうち、塩生植物は耐塩性の強いシチメンソウやハママツナのほか、ホソバハマアカザ (いずれもアカザ科)、ウラギク、フクド (いずれもキク科)、ヨシ (イネ科) の6種であった。これら6種は塩沼地植物とされている (伊藤 1990)。なお、小野島1, 2におけるシチメンソウは潮受け堤防で締め切られるまえから自生していたし、今回の干陸地では沖合約2 kmまで点在して広がっている (未発表)。また、伊藤 (1990) による海辺植物はツルナ (ツルナ科) だけがみられた。このようにツルナを含めても塩生植物は全体の約6%しか占めていない。また、金崎におけるようにハマナデシコ、ハマヒルガオ、ハマゼリなど海辺植物は堤内の干陸地へは侵入せず、これらは微妙な塩類土壌を選んで生育するのであろう (Table 6)。

1957年10月に潮止めが行われ同年11月に干陸化した国営森山干拓地を Fig. 1 に記している。陣野と井田 (1988) は1959年この干拓地において造成畑での畑作試験でハママツナ、ハウキギク、ウラギク、ホソバハマアカザ、シオクグ、ヨシ、タカサブロウ、ヨモギ、ノゲシの9種の雑草を報告し、これらのなかでマママツナとハウキギクがたくさん発生したとしている。今回の報告ではハウキギクは14の調査地点のうち1地点でしかも1本のみ出現している (Fig. 2)。この違いは、陣野と井田 (1988) の調査が2年後の生育地の塩分が3分の1に減少した時点での調査であることによると考えられる。また、出現する植物種数が今回の調査に比べると少ないが、これは、試験用の畑という限られた場所での調査と

Table 2. Flora on the dried land inside the bank after Isahaya Bay was closed on April 14, 1997.

1. Dicotyledoneae (双子葉類)	<i>A. gracilis</i> Desf. (ホナガイヌビユ)
1. Salicales (ヤナギ目)	<i>Celosia</i> sp. (ケイトウの一種)
Salicaceae (ヤナギ科)	<i>Alternanthera sessilis</i> DC. (ツルノゲイトウ)
<i>Salix</i> sp. (ヤナギの一種)	<i>A. nodiflora</i> R. Br. (ホソバツルノゲイトウ)
2. Urticales (イラクサ目)	<i>Achyranthes bidentata</i> BL. (ヒナタイノコズチ)
Urticaceae (イラクサ科)	5. Papaverales (ケシ目)
<i>Boehmeria nippononivea</i> Koidzumi (カラムシ)	Crusiferae (アブラナ科)
<i>B. biloba</i> Wedd. (ラセイトソウ)	<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medic. (ナズナ)
3. Polygonales (タデ目)	<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>Backer forma raphanistroides</i> Makino (ハマダイコン)
Polygonaceae (タデ科)	<i>Cardamine flexuosa</i> With. (タネツケバナ)
<i>Rumex acetosa</i> L. (スイバ)	<i>Rorippa indica</i> Hiern. (イヌガラシ)
<i>Rumex japonicus</i> Houtt. (ギシギシ)	<i>Nasturtium officinale</i> R.Br. (オランダガラシ)
<i>R. obtusifolius</i> L. (エゾノギシギシ)	6. Rosales (バラ目)
<i>Polygonum aviculare</i> L. (ミチヤナギ)	Leguminosae (マネ科)
<i>P. nodosum</i> Pers. (オオイヌタデ)	<i>Aeschynomene indica</i> L. (クサネム)
<i>P. thunbergii</i> Sieb. et Zucc. (ミゾソバ)	<i>Trifolium repens</i> L. (シロツメクサ)
<i>P. senticosum</i> Franch. et Savat. (ママコノシリヌグイ)	<i>Medicago hispida</i> Gaertn. (ウマゴヤシ)
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench (ソバ)	7. Geraniales (フウロソウ目)
4. Centrosperame (アカザ目)	Oxalidaceae (カタバミ科)
Phytolaccaceae (ヤマゴボウ科)	<i>Oxalis corniculata</i> L. (カタバミ)
<i>Phytolacca americana</i> L. (アメリカヤマゴボウ)	Geraniaceae (フウロソウ科)
Molluginaceae (ザクロソウ科)	<i>Geranium carolinianum</i> L. (アメリカフウロウ)
<i>Mollugo pentaphylla</i> L. (ザクロソウ)	Euphorbiaceae (トウダイグサ科)
Aizoaceae (ツルナ科)	<i>Euphorbia supina</i> Rafin. (コニシキソウ)
<i>Tetragonia tetragonoides</i> O.Kuntze (ツルナ)	<i>E. hypericifolia</i> L. (オオニシキソウ)
Portulacaceae (スベリヒユ科)	8. Rutales (ミカン目)
<i>Portulaca oleracea</i> L. (スベリヒユ)	Rutaceae (ミカン科)
<i>P. grandiflora</i> Hook. (マツバボタン)	<i>Fagara ailanthoides</i> Engl. (カラスザンショウ)
Caryophyllaceae (ナデシコ科)	9. Cucurbitales (ウリ目)
<i>Dianthus japonica</i> Thunb. (ハマナデシコ)	Cucurbitaceae (ウリ科)
<i>Stellaria aquatica</i> Scop. (ウシハコベ)	<i>Trichosanthes cucumeroides</i> Maxim. (カラスウリ)
Chenopodiaceae (アカザ科)	<i>Cucurbita</i> sp. (カボチャの一種)
<i>Chenopodium dentrorubrum</i> Nakai (アカザ)	<i>Cucumis</i> sp. (ウリの一種)
<i>C. glaucum</i> L. (ウラジロアカザ)	<i>Citrullus</i> sp. (スイカの一種)
<i>C. ambrosioides</i> L. (ケアリタソウ)	10. Myrtiflorae (フトモモ目)
<i>Atriplex subcordata</i> Kitagawa (ホソバハマアカザ)	Onagraceae (アカバナ科)
<i>Suaeda maritima</i> Dumort. (ハママツナ)	<i>Oenothera erythrosepala</i> Borbas (オオマツヨイグサ)
<i>S. japonica</i> Makino (シチメンソウ)	<i>Ludwigia prostrata</i> Roxb. (チョウジタデ)
Amaranthaceae (ヒユ科)	
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (アオゲイトウ)	

11. Umbelliflorae (セリ目)
 Umbelliferae (セリ科)
Oenanthe javanica DC. (セリ)
12. Tubiflorae (シソ目)
 Convolvulaceae (ヒルガオ科)
Ipomea sp. (アサガオの一種)
 Verbenaceae (クマツヅラ科)
Verbena brasiliensis Vell. (アレチハナガサ)
 Solanaceae (ナス科)
Lycium chinense Mill. (クコ)
Solanum americanum Mill. (アメリカイヌホウズキ)
Lycopersicon sp. (トマトの一種)
 Scrophulariaceae (ゴマノハグサ科)
Veronica persica Poir. (オオイヌノフグリ)
V. arvensis L. (タチイヌノフグリ)
12. Campanulales (キキョウ目)
 Compositae (キク科)
Sonchus oleraceus L. (ノゲシ)
S. asper L. (オニノゲシ)
Youngia japonica DC. (オニタビラコ)
Ixeris stolonifera A.Gray (ジシバリ)
Lactuca indica L. (アキノノゲシ)
Erigeron sumatrensis Retz. (オオアレチノギク)
Solidago altissima L. (セイタカアワダチソウ)
Aster tripolium L. (ウラギク)
A. subulatus Michx. (ホウキギク)
Kalimeris yomena Kitamura (ヨメナ)
Artemisia princeps Rampan. (ヨモギ)
A. fukudo Makino (フクド)
Centipeda minima A.Br.et Aschers (トキンソウ)
Bidens biternata Merr. et Scherff (センダングサ)
B. frondosa L. (アメリカセンダングサ)
Eclipta prostrata L. (タカサブロウ)
Erechtites hieracifolia Raf. (ダンドボロギク)
Crassocephalum crepidioides S.Moore (ベニバサボロギク)
Ambrosia artemisiaefolia L. (ブタクサ)
A. trifida L. (クワモドキ)
Xanthium canadense Mill. (オオオナモミ)
- II. Monocotyledoneae (単子葉類)
 1. Juncaceae (イグサ目)
 Juncaceae (イグサ科)
Juncus effusus var. *decipiens* Buchen. (イ)
2. Commelinales (ツユクサ目)
 Commelinaceae (ツユクサ科)
Commelina communis L. (ツユクサ)
C. benghalensis L. (マルバツユクサ)
3. Graminales (イネ目)
 Gramineae (イネ科)
Agropyron tsukushiense var. *transiens* Ohwi (カモジグサ)
Arthraxon hispidus Makino (コブナグサ)
Coix lachrymajobi L. (ジュズダマ)
Cynodon dactylon Pers. (ギョウギシバ)
Digitaria timorensis Balansa (コメヒシバ)
D. adscendens Henr. (メヒシバ)
Echinochloa crus-galli Beauv. (イヌビエ)
E. crus-galli Beauv. var. *caudata* Kitagawa (ケイヌビエ)
E. crus-galli Beauv. var. *aryzicola* Ohwi (タイヌビエ)
Eleusine indica Gaertn. (オヒシバ)
Eulalia viminea O.Kuntze (ヒメアシボソ)
E. borealis T. Koyama (ササガヤ)
Lolium multiflorum Lam. (ネズミムギ)
Miscanthus sinensis Anderss. (ススキ)
Paspalum dilatatum Poirlet (シマスズメノヒエ)
Phragmites communis Trin. (ヨシ)
Polypogon manspeliensis Desf. (ハマヒエガエリ)
Setaria viridis Beauv. subsp. T.Koyama (エノコログサ)
S. glauca Beauv. (キンエノコロ)
Zoysia tenuifolia Willd. (コウライシバ)
4. Cyperales (カヤツリグサ目)
 Cyperaceae (カヤツリグサ科)
Cyperus microiria Steud. (カヤツリグサ)
C. iria L. (コゴメガヤツリ)
C. compressus L. (クグガヤツリ)
C. rotundus L. (ハマスゲ)
C. alternifolius L. (シュロガヤツリ)
Kyllinga brevifolia Rottb. subsp. *leiolepis* T. Koyama (ヒメクグ)

Table 3. Emergence rate of main species investigated on the dried land inside the bank after Isahaya Bay was closed on April 14, 1997.

No. of sites investigated	1	2	3	4	5	6 ¹	7 ²	8	9	10	11	12	13	14	Emergence rate (%) of plants	
Soil texture of habitats	G	G	G	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	G		
Grades of the desalinization of habitats	H	H	H	H	M	M	M	H	H	H	H	H	H	H		
Total numbers of plants species investigated at each site	44	44	25	29	20	0	1	19	23	9	46	31	30	56		
<i>Sonchus oleraceus</i> L. (ノゲシ)	○	△	△	△	□			△	○	△	○	○	○	○	86	
<i>Eclipta prostrata</i> L. (タカサブロウ)	△	△	△	○	□			△	○	△	○	○	○	○	86	
<i>Rumex japonicus</i> Houtt. (ギシギシ)	△	△		□	△			□	□	△	○	△	○	○	79	
<i>Digitaria adscendens</i> Henr. (メヒシバ)	△	○	○	△	□			□	○		□	△	○	○	79	
<i>Bidens frondosa</i> L. (アメリカセンダングサ)	△	○	□	△				△	□	△	△	△	○	□	79	
<i>Alternanthera nodiflora</i> R. Br. (ホソバツルノゲイトウ)	△		△		△			△	○	△	○	△	△	△	71	
<i>Rorippa indica</i> Hiern. (イヌガラシ)	△	△	△	△	△			△			△	△	△	△	71	
<i>Cynodon dactylon</i> Pers. (ギョウギョウシバ)	△	△	△	△	△			△			△	△	△	△	71	
<i>Echinochloa crus-galli</i> Beauv. (イヌビエ)	□	○	△		○			□			□	△	△	△	71	
<i>Portulaca oleracea</i> L. (スベリヒユ)	□	△	△					△	○		△	△	△	□	64	
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L. (ケアリタソウ)	○	○	△		△				△		○	△	○	△	64	
<i>Echinochloa crus-galli</i> Beauv. var. <i>caudata</i> Kitagawa (ケイヌビエ)	△	○			△			△	△		○	△	○	△	64	
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (アオゲイトウ)	△	□	△	△							△	□	□	○	57	
<i>A. gracilis</i> Desf. (ホナガイヌビエ)	△	○	△	△							△	△	△	□	57	
<i>Setaria viridis</i> Beauv. subsp. T. Koyama (エノコログサ)	△	○	○		△						△	△	○	□	57	
<i>Artemisia princeps</i> Rampan. (ヨモギ)			△	△	△						△	△	△	△	50	
<i>Echinochloa crus-galli</i> Beauv. var. <i>aryzicola</i> Ohwi (タイヌビエ)	△	○			○			□			△	△	△		50	
<i>Phragmites communis</i> Trin. (ヨシ)	□			△	□						△	△	△	△	50	
<i>Cyperus iria</i> L. (コゴメガヤツリ)	△	△	△					△	□		△			△	50	
<i>Polygonum nodosum</i> Pers. (オオイヌタデ)	△	○	△					△			△			△	43	
<i>Chenopodium dentrorubrum</i> Nakai (アカザ)	△	○	△							△	△	○			43	
<i>Suaeda japonica</i> Makino (シチメンソウ)					△			○	○	△	△				43	
<i>Aeschynomene indica</i> L. (クサネム)				△	△			△	△	△	△	△			43	
<i>Ipomea</i> sp. (アサガオの一種)	△	△	△		△						△	△			43	
<i>Solidago altissima</i> L. (セイタカアワダチソウ)	△			△						△	○	△	△		43	
<i>Xanthium canadense</i> Mill. (オオオナモミ)					△			△	□		△	△		△	43	
<i>Eleusine indica</i> Gaertn. (オヒシバ)	△	△	△		△						△			△	43	
<i>Atriplex subcordata</i> Kitagawa (ホソバハマアカザ)	□										△	△		△	29	
<i>Suaeda maritima</i> Dumort. (ハママツナ)	□	△									△			△	29	
<i>Achyranthes bidentata</i> BL. (ヒナタイノコズチ)			△	△							△			△	29	
<i>Ludwigia prostrata</i> Roxb. (チョウジタデ)					□						△	△		△	29	
<i>Solanum americanum</i> Mill. (アメリカイヌホウズキ)	△	△	□											△	29	
<i>Lactuca indica</i> L. (アキノノゲシ)			△		△									△	29	
<i>Coix lachrymajoba</i> L. (ジュズダマ)				△	△	△								△	29	
<i>Cyperus rotundus</i> L. (ハマスゲ)	△							△	△					△	29	
The others ; 72 species																

Abbreviation: G; garavelly sand, C; clay, H; high, M; medium.

^{1,2} The river does not flow into the site investigated or fresh water does not be pumped up from a back creek. The maginitude of plants investigated was roughly classified to three grades at each species as followed: ○; many, □; medium, △; few.

雑草が研究の対象になっていなかったことによると考えられる。

ところで、今回確認された植物のなかで、代表的な塩生植物であるシチメンソウやハママツナなどがアカザ目に7科19種もふくまれるのは興味をもたれる。アカザ科のシチメンソウは体内にベタインを合成して耐塩性を獲得することが知られている（横石・谷本1992, Yokoishi and Tanimoto 1994）。また、アカザ科の多くの植物はベタインを蓄積して耐塩性を獲得することが知られている（Hanson *et al.* 1985）。このように、アカザ目の植物は遺伝的に耐塩性をもっているのかもしれない。

次に、14の調査地点において出現頻度が29%以上の植物36種を Table 3 に示した。ノゲシとタカサブロウの2種が出現頻度がとくに高く14地点中12地点に出現（86%）している。これらに次ぐ出現頻度が79%の種として、ギシギシ、メヒシバ、アメリカセンダングサの3種がある。71%の種としては、ホソバツルノゲイトウ、イヌガラシ、ギョウギシバ、イヌビエがある。64%では、ケアリタソウ、ケイヌビエ、57%では、アオゲイトウ、ホナガイヌビユ、エノコログサ、50%では、ヨモギ、タイヌビエ、ヨシ、コゴメガヤツリであった。

出現頻度が29%以上の種全体でみると、イネ科が10種約28%で一番多く、今回は定性的な調査であるが、全体として量的にも一番多く占めているものと考えられる。また、塩生植物であるシチメンソウ、ハママツナ、ホソバハマアカザを含むアカザ目のものが10種も含まれている。

各調査地点における出現種数は、生育地の除塩が進みやすい砂礫地で、しかも、河川や揚水ポンプが設置されたところで多かった（Table 3）。流入河川やポンプの設置がない川内町新地地先と小野島1は除塩が進みにくく、また既設の堤防があるため風媒花の種子以外は供給が困難な所であった。そのために、雑草の定着生育がみられなかったと考えられる。森山西は捨て石帯がありそこは除塩は進みやすいところであるが、種子の供給がかなり困難な所であった。そのため、他に比べて雑草の種数が少ないと考えられる。背後地の雑草の種類と堤内の干陸地に定着した雑草の種類において、金崎町での調査で97%も一致することから種子は当然のことながら背後地からの供給されることが確認できた（Table 5）。また、締め切り前の海岸に生育する雑草と堤内の干陸地に定着した雑草においても同様の結果がえられた（Table 6）。

堤内の干陸地の雑草の発育段階と背後地のそれとはほぼ同じであるので、当年度の種子散布によるとは考えられない。河川などで運ばれた前年度の休眠種子が本年になって土壤塩分が低くなるなど、条件が整って発芽し定着したのと考えられる。一方、ノゲシは、背後地のそれに比べて殆どが小さくて栄養生長段階にあり当年度の種子が風で運ばれた定着したものと推測される。ノゲシは春先から育つ冠毛をもつ代表的な風媒花の植物のひとつである。

3. 土壤の電気伝導度 (EC) と酸化還元電位 (Eh)

各調査地点には、植物の生育地と非生育地とがある。生育地は全体として電気伝導度(以下 EC) の値が低く(土壤塩分が低い)、一方、非生育地は生育地に比べてかなり高かった(土壤塩分が高い)。非塩生種子植物が生育できる最大限界値は小野島2のデータが示すように 2d cm^{-1} 付近であろう (Table 4)。作物の場合、ECが 2d cm^{-1} をこすと生育不良となり除

Table 4. Electric conductivity (EC) and oxidation-reduction potential (Eh) of soils inside the bank.

No. Sites	Plant existence ¹	EC(dSm ⁻¹) ²	Eh(mv) ³
1 Kanasaki	+	341.7±105.7×10 ⁻³ (3)	n.m.
	-	6.7±1.1(4)	-125.0±45.7(3)
2 Mouth of R.Sakai	+	200.0±47.7×10 ⁻³ (3)	n.m.
	-	5.1±0.8(3)	-315.0±50.2(3)
3 Mouth of R.Oe	+	145.7±12.9×10 ⁻³ (3)	n.m.
	-	5.8±0.7(3)	-167.7±36.9(3)
4 Oyster bed	+	1.0±0.2×10 ⁻³	n.m.
	-	11.8±1.5(3)	-288.3±58.0(3)
5 Mouth of R.Honmyo	+	5.2±0.7(3)	276.0±34.7(3)
	-	7.2±0.1(3)	-188.0±25.9(3)
6 Kawauchi-machi	-	6.5±0.1(3)	167.7±46.5(3)
			[-101.0±11.5(3)] ⁵
7 Onojima 1	+ ⁴	7.5±0.6(3)	177.0±10.6(3)
			[68.3±10.6(3)] ⁵
8 Onojima 2	+	1.9±0.3(3)	179.0±39.0(3)
	-	5.7±0.3(5)	173.5±34.0(10)
			[-135.3±11.2(3)] ⁵
9 Mouth of R.Nitanda	+	802.0±4.5×10 ⁻³ (3)	n.m.
	-	5.2±0.5(3)	-273.1±21.5(3)
10 Moriyama West	+	772.3±84.0×10 ⁻³ (3)	104.3±28.4(3)
	-	8.7±0.7(3)	-245.3±25.0(3)
11 Moriyama Ōsmhima	+	483.3±29.7×10 ⁻³ (3)	n.m.
	-	5.9±0.8(3)	-281.5±25.3(3)
12 Moriyama East	+	707.0±8.5×10 ⁻³ (3)	132.3±9.5(3)
	-	8.1±1.3(3)	-313.0±22.2(3)
13 Abozaki	+	486.0±49.3×10 ⁻³	n.m.
	-	10.2±1.4(3)	-373.3±23.5(3)
14 Azuma-machi	+	336.3±137.8×10 ⁻³ (4)	n.m.
	-	8.4±0.2(3)	-166.3±7.6(3)

Abbreviation: n.m.,not measrueable. Unmeasureable soils were dark brown with the naked eye and were oxidized state.

Numbers of soil samples collected and of points measured at each site are presented in parentheses. Measurement of Eh(mv) of soils was done at the field.

¹ That of glycopytes

² Soils of -10~-15cm deep were measured.

³ Measured at the soil section of about -10cm deep.

⁴ Halophytic plants,only *Suaeda japonica* grew.

⁵ Numbers in brackets indicate values at -30 cm depth of soils.

Means ± standared errors are presented.

塩が必要とされることとよく一致する（三好他，1992）。

小林（1952）は岡山県児島干拓地での調査において，乾土当たりの土壌含塩量が1.5%でハマアカザ科が，1.5~1.0%ではキク科，スベリヒユ科，ゼニアオイ科，1%前後ではタデ科，ヒユ科，イネ科，ハマスゲ科，0.8~0.5%ではマメ科が発生したことを報じている。前述したように，干拓地にはアカザ目（アカザ科，スベリヒユ科，ヒユ科）が多く発芽・定着する傾向にある。

酸化還元電位（以下 Eh）は砂礫の多くの生育地では土壌が固いため測定できなかったが，土壌の肉眼観察では褐色をしており酸化された土壌と推測できた。普通の畑の土壌と

Table 5. Rate of the same emergence of plants investigated at the paddy land to that at dried land at Kanasaki inside the bank after Isahaya Bay was closed.

Plant	Rate(%)
Halophyte	0(0)
Glycophyte	97(31)

Numbers of plants investigated at the paddy land are shown in parentheses.

同じで植物の生育には問題がない土壌である。

川内町新地地先と小野島2の非生育地の

10~15cmの深さで Eh は正の値(酸化土壌)で

あったが、25~30cmの深さでは負の値(還元土壌)であった。雑草はせいぜい10~15cmの深さまでにしか根をおろしていない。ここで植物の生育が見られないのは、還元状態になった深いところの土壌で硫化水素のような有毒なガスが発生して植物の生育を抑制している可能性がある。

4. 堤内の植物の生育地の土壌塩分

金崎町地先の雑草生育地の土壌の EC は背後地の水田そばのそれに比べるとやはり約8倍ほど高かった(Table 7)。一方、金崎

Table 6. Rate of the same emergence of plant investigated at the former seashore to that at the dried land inside the bank after Isahaya Bay was closed.

Plants	Rate(%)	
	Kanasaki	Azuma
Halophyte	0(3 ¹)	0(1 ²)
Glycophyte	79(19)	80(50)

Numbers of plants investigated at the former seashore are shown in parentheses.

¹ These were *Dianthus japonica*, *Cnidium japonicus* and *Calystegia soldanella*.

² It was *Dianthus japonica*.

Table 7. Electric conductivity (EC) of land soils at Kanasaki.

Soils	EC(dSm ⁻¹)
Paddy land soils	42.2±8.5×10 ⁻³ (3)
Dried land soils ¹	341.7±105.7×10 ⁻³ (3)

Numbers of soil samples is shown in parentheses.

¹ Soils from habitats of glycophytes.

Table 8. Electric conductivity (EC) and oxidation-reduction potential (Eh) of soils at the coast outside the bank.

Sites	Plant existence ⁽¹⁾	EC(dSm ⁻¹) ⁽²⁾	Eh(mv) ⁽³⁾
Kanasaki coast	+	2.7±0.9(4)	n.m.
	+	33.5±5.8(3) ⁽⁴⁾	n.m.
	-	35.5 ⁽⁵⁾	n.m.
Saigō coast	+	1.3±0.3(10) ⁽⁶⁾	170.7±21.2(3) ⁽⁶⁾
	+	129.4±74.5(8)×10 ⁻³⁽⁷⁾	n.m.
	+	78.3±6.1(3)×10 ⁻³⁽⁸⁾	n.m.
	-	2.7±0.1(3) ⁽⁹⁾	-147.0±25.5(3) ⁽⁹⁾

Abbreviation: n.m., not measurable.

Numbers of soil samples collected and of points measured at each site are presented in parentheses.

⁽¹⁾ Glycophytes.

⁽²⁾ Soils of -10~-15 cm deep were measured.

⁽³⁾ Measured at the soli section of ca.-30 cm deep.

⁽⁴⁾ Sea water exudated into a hole dug during the soil sampling.

⁽⁵⁾ Sea water off Kanasaki coast at the low tide.

⁽⁶⁾ Salty wetland, habitats of halophytes.

⁽⁷⁾ Dune of seacoast, habitats of halophytes.

⁽⁸⁾ Habitats of glycophytes.

⁽⁹⁾ Salty wetland, non-habitats.

海岸と西郷海岸の塩生植物の生育地の土壌の E_c に比べて、堤内の干陸地の雑草生育地のそれは非常に低かった（Table 8）。つまり、堤内の雑草生育地は除塩がかなり進んでいることが分かった。金崎海岸と西郷海岸の塩生植物の生育地の EC 値が潟土に比べ比較的低いのは砂礫地で水の保水性が低いためと考えられる。

V 摘 要

1. 諫早湾が1997年4月14日に潮受け堤防で締め切られた後、堤内に14地点を設け、同年7～8月にかけて堤内に定着生育する種子植物を調べた。
2. 湾奥の堤内の調査地点は潟土で、湾奥から潮受け堤防に向かうにつれて砂礫地になった。小野島より東側には、既設の堤防のすぐそばに捨て石が高さ30～50cmに露出して帯状になったところ（捨て石帯）がある。
3. 河口域の砂礫地、クリークの水が排水される排水門の近くや背後地の水を排水するためのポンプが設置されているところの堤内の捨て石帯は除塩が進んでいた。
4. 塩分が高い潟土には塩生植物を除いて雑草の侵入定着は見られなかった。また、還元土壌には植物の生育は見られなかった。
5. 堤内の周辺部には合わせて108種類の植物を確認した。それらのうちキク科に21種（全体の約20%）、イネ科にも同じ20種（同19%）が属した。これらに次いでタデ科に8種（同7%）、カヤツリグサ科に6種（同3%）が属した。以上の4科で全体の50%を占めた。
6. 堤内の干陸地に侵入定着した塩生植物としては、シチメンソウ、ハママツナ、ホソバハマアカザ（以上アカザ科）、フクド、ウラギク（以上キク科）、ヨシ（イネ科）の6種がみられた。また、侵入定着した海辺植物はツルナ（ツルナ科）だけであった。これらは合わせても全体の約6%しか占めない。
7. シメンソウを除いて塩生植物の侵入定着の広がりには狭く量的にも少なかった。また、海岸に生育する海辺植物の堤内の干陸地へ侵入はごく僅かであった。

引 用 文 献

1. 津田通夫（1947）塩生植物の生態学的研究 植物学雑誌 60：703-714.
2. 小林忠男（1952）農作物の耐塩性に関する研究 第2報 耐塩性による干拓農作物の分類及び農作物と雑草との生態学関係 日作紀22（3～4）：36-38.
3. 畑中健一（1956）シチメンソウの分布と生態 採集と飼育 18(4)：112-117.
4. 須崎民雄（1975）九州東北部・周防灘沿岸におけるシチメンソウの分布 福岡の植物 第2号：1-15.
5. 倉成靖任・岩村政浩（1976）塩生植物の分布-有明海沿岸東部-佐賀の植物 Vol.11 No.1：33-37.
6. 〃〃〃〃〃〃（1977）塩生植物の分布-有明海沿岸西部・玄界灘沿岸-佐賀の植物 Vol.12 No.1：21-30
7. 矢野悟道・波田善夫・竹中則夫・大川徹（1980）『日本の植物図鑑II 人里・草原』（保育社）pp.66-69.
8. Hanson, A. D., May, A. M., Grumet, R., Bode, J., Jamieson, G. C. and Rhodes (1985) Betaine synthesis in Chenopods: Localization in chloroplasts. Proc. Natl. Sci. USA 82：3678-3682.
9. 岩村政浩（1987）シチメンソウの分布と生態-有明海沿岸-佐賀の植物 Vol.23：40-48.

10. 陣野久好・井田勝實 (1988) 諫早干拓地の干陸初期における二期作水稲と畑作物の栽培適性に関する研究 pp. 1-87. 長崎県総合農林試験場
11. 中西弘樹 (1989) 有明海沿岸の塩生植物 採集と飼育 Vol.51. 11: 484-487.
12. 江島正郎・田中清・林田真治・原正隆・横尾昌之・伊藤憲太郎 (1990) 長崎県諫早市小野島のハママツナ 日本の生物 4(1): 69-75.
13. 三好洋・嶋田永生・石川昌男・伊達昇 (1992) 『土壤肥料用語辞典』(農村漁村文化協会) pp.66-69.
14. 高橋貞夫・平田真知子・上田治身 (1991) 有明海西岸(長崎県・佐賀県)の海岸及び福岡県一部の干潟に於けるマツナ属 (*Suaeda*) の分布と生態(第一報) 長崎県生物学会誌 38・39: 43-49.
15. 横石孝治・谷本静史 (1992) シチメンソウの耐塩性機構について 佐賀大学農学部浅海干潟総合実験施設研究紀要 Vol.6: 15-18.
16. Takaharu Yokoishi and Shizufumi Tanimoto (1994) Seed germination of the halophyte *Suaeda japonica* under salt stress. J.Plant.Res.107: 385-388.
17. 陣野信孝・梅野美佐 (1995) 長崎県諫早市本明川水系におけるイネ科植物(ヨシ, ツルヨシ, アイアシ, オギ, ススキ)の生育地の土壌性質 長崎大学自然科学研究報告 Vol.53: 19-26.
18. 長崎の自然と文化 (1997) No.38: 1-20. 諫早湾特集 長崎の自然と文化を守る会.