

図27 各種ハエ類雌のフライトミル飛行による飛行能力の比較
上位10平均飛行速度

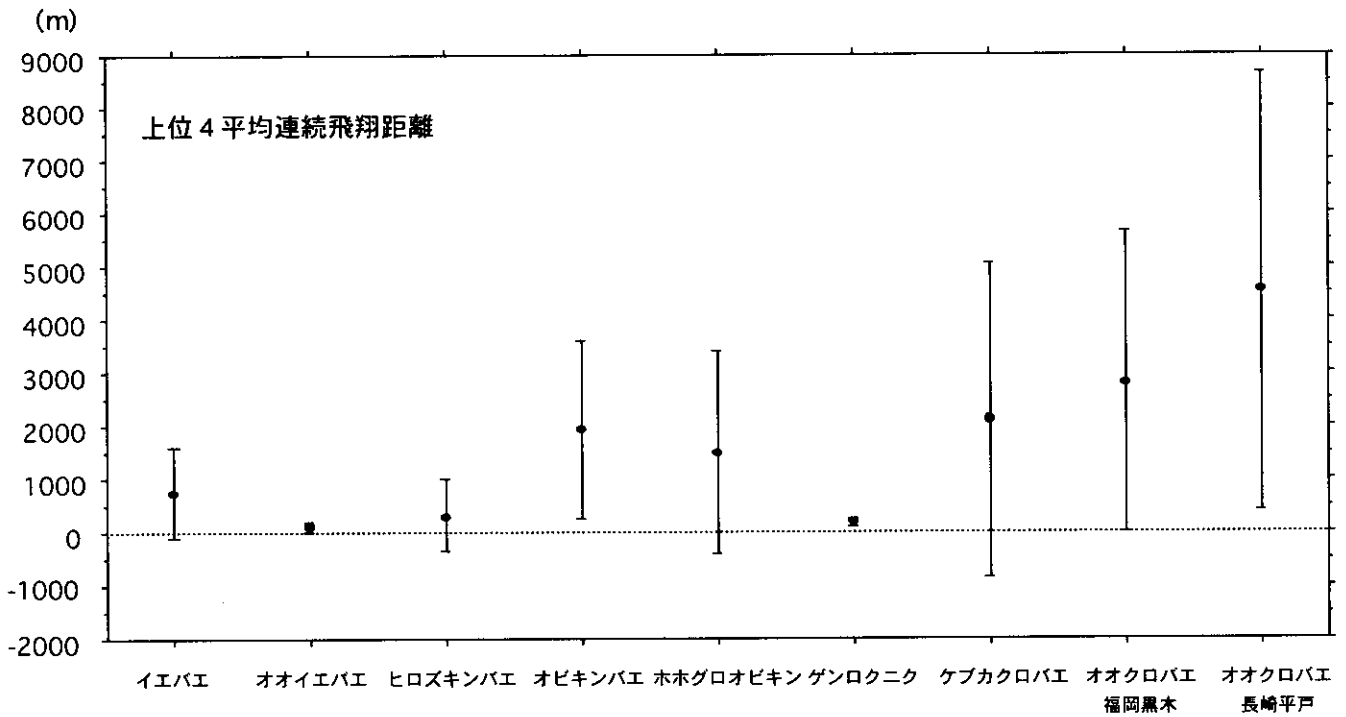


図28 各種ハエ類雌のフライトミル飛行による飛行能力の比較
上位4平均連続飛行距離

(h)

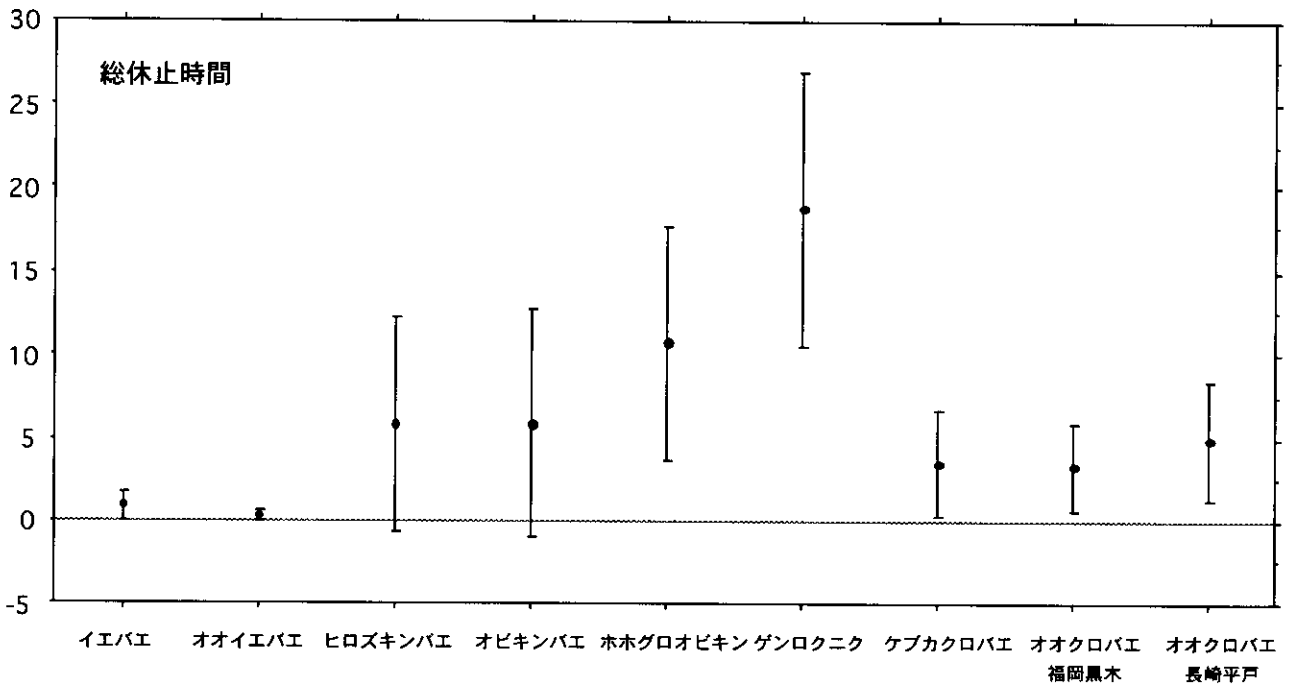


図29 各種ハエ類雌のフライトミル飛翔による飛翔能力の比較
総休止時間

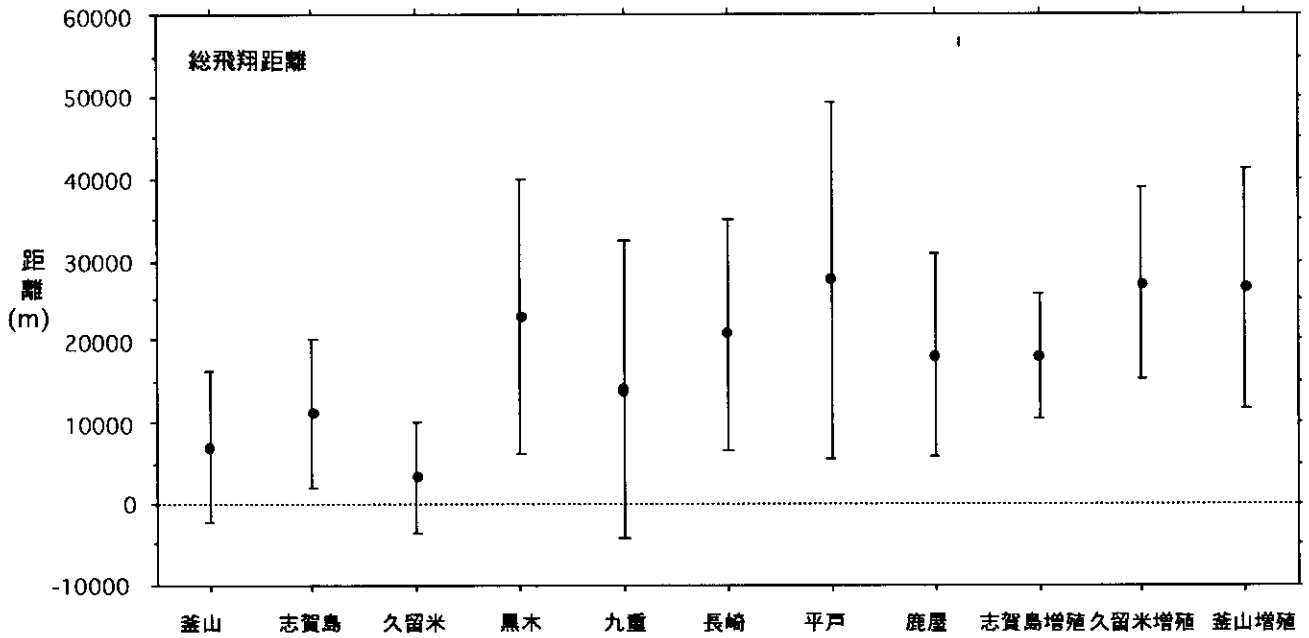


図30 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の総飛行距離

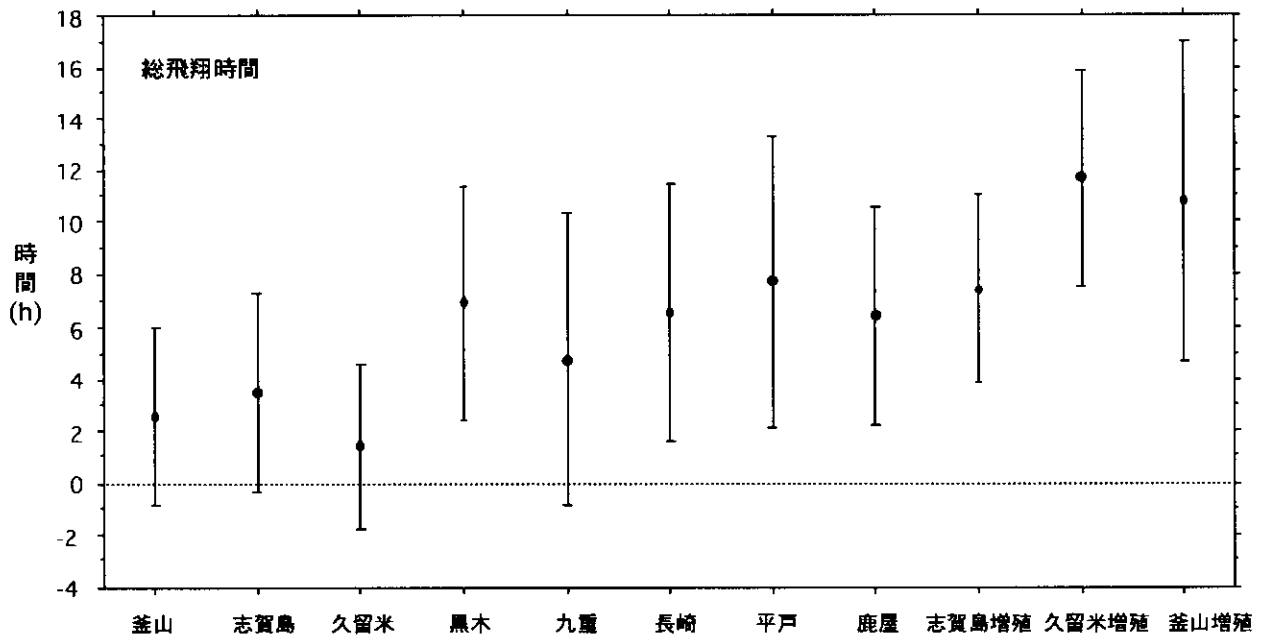


図31 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の総飛行時間

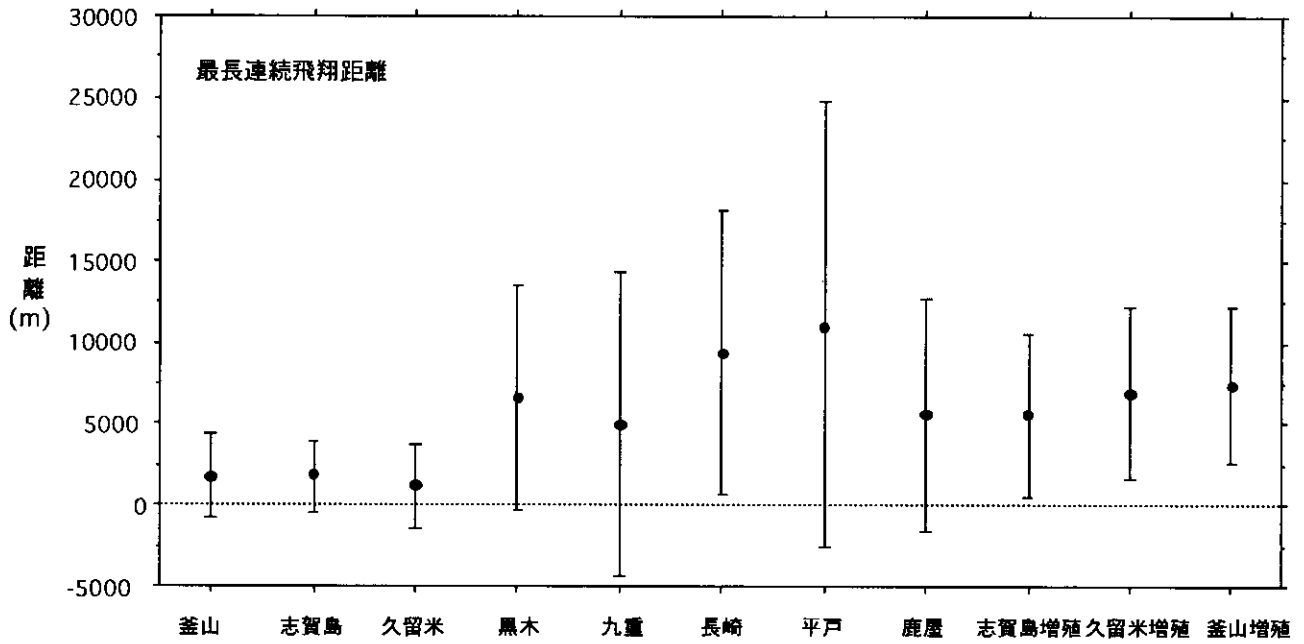


図32 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の最長連続飛行距離

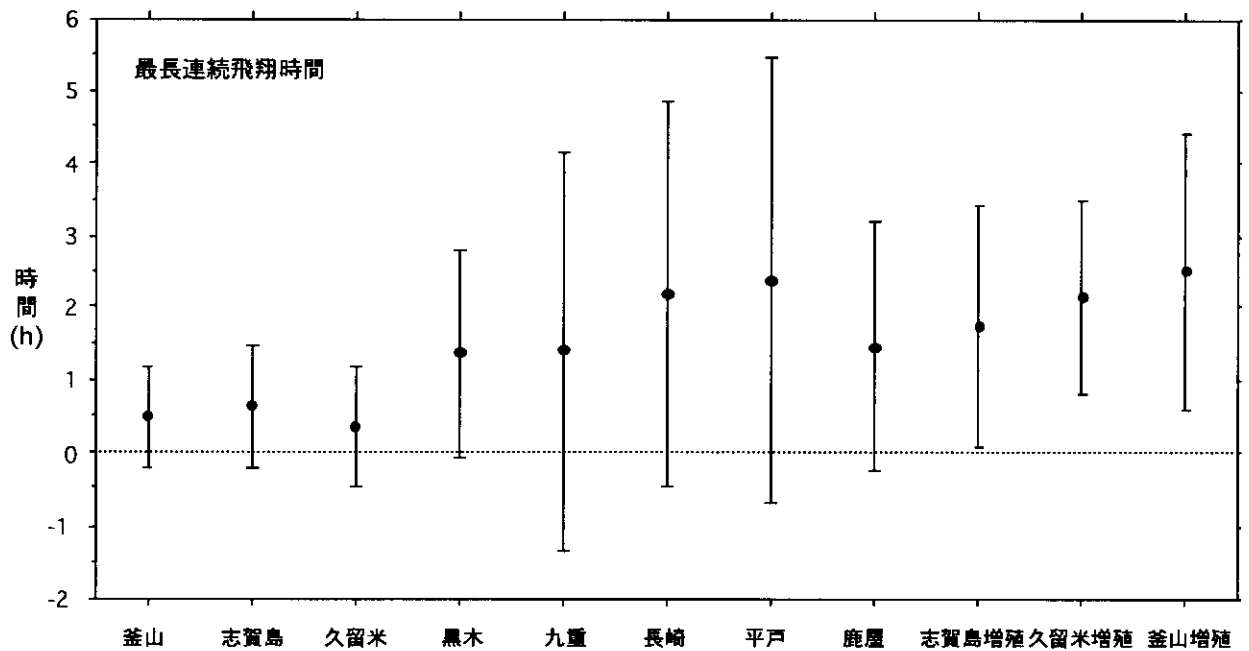


図33 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の最長連続飛行時間

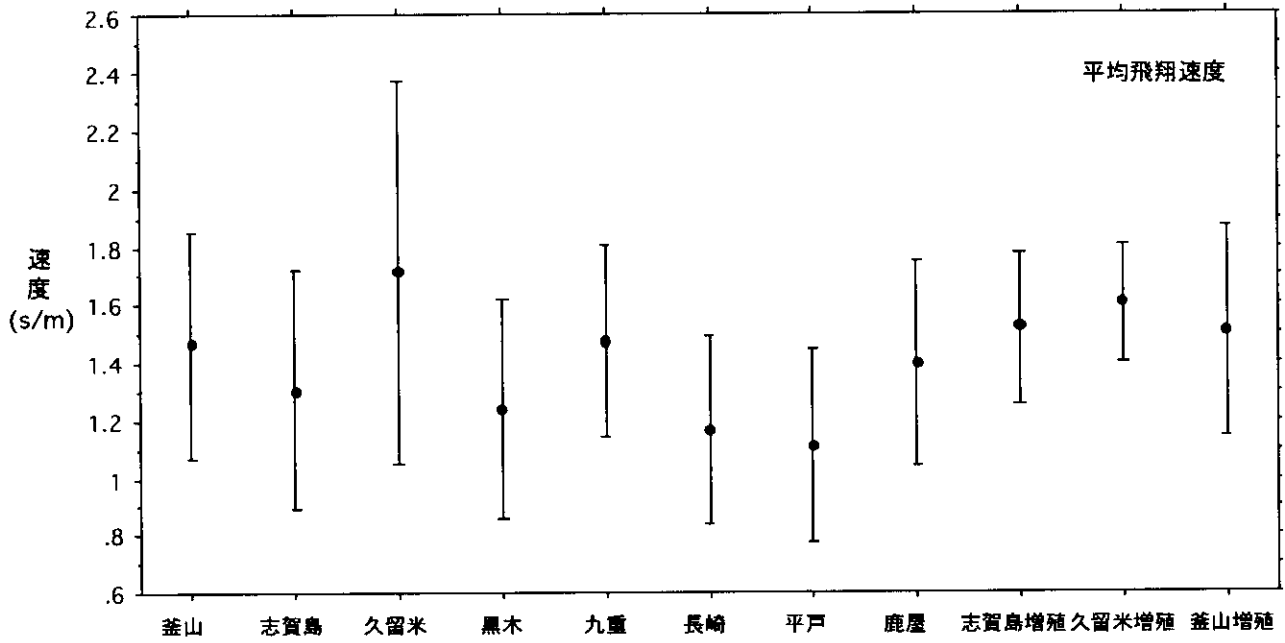


図34 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の全飛行の平均飛行速度

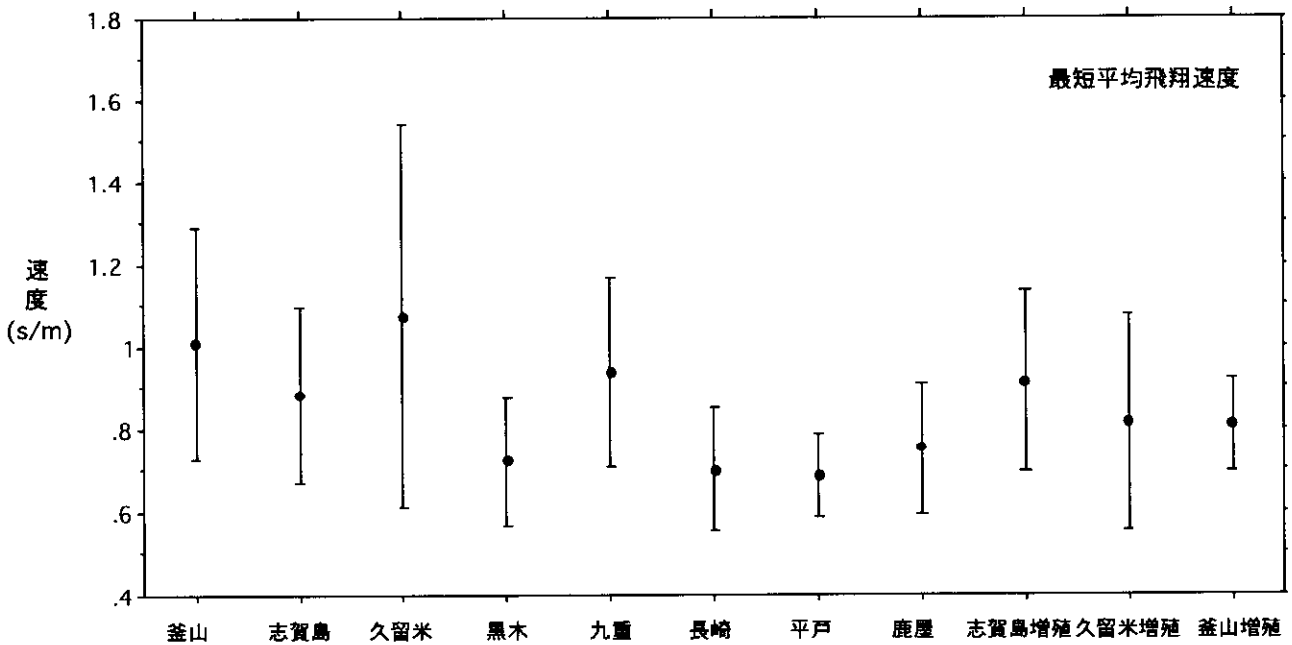


図35 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の全飛行の最短平均飛行速度

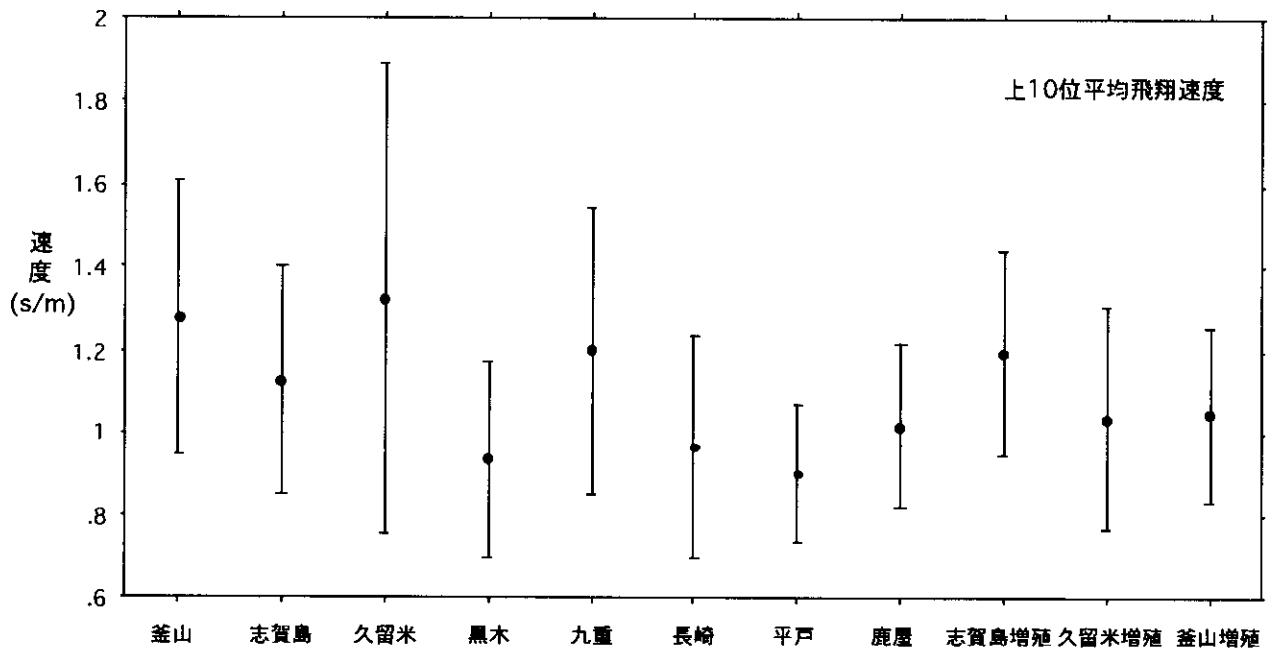


図36 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の上位10個の平均飛行速度

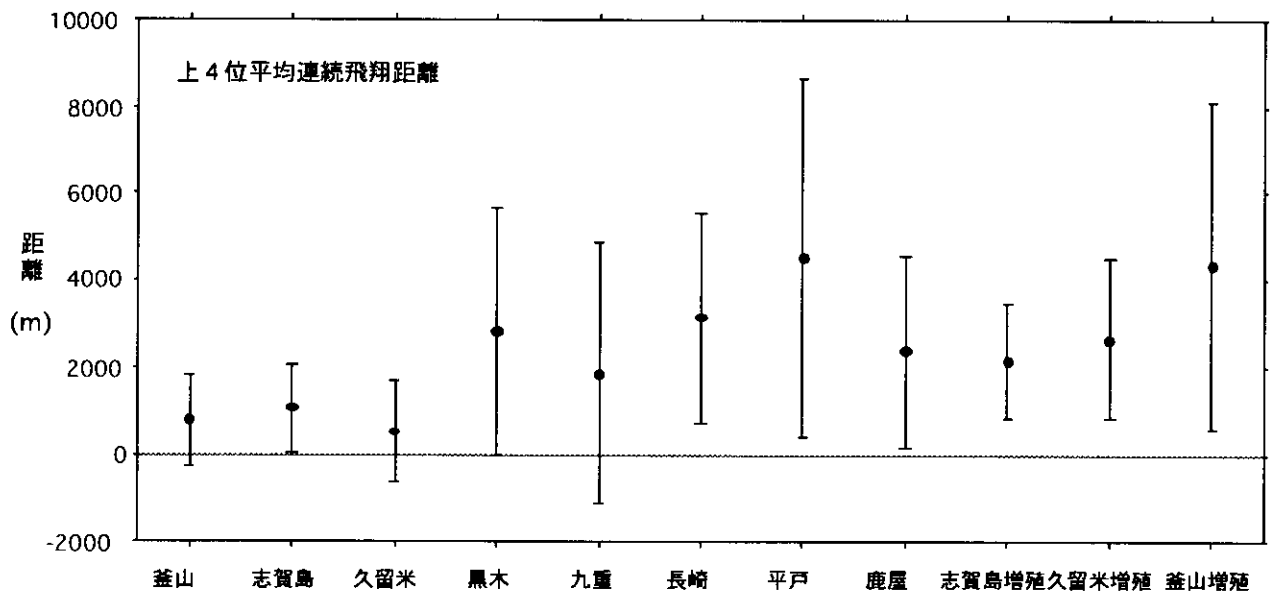


図37 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛行能力の比較
各個体の上位4個の平均連続飛行距離

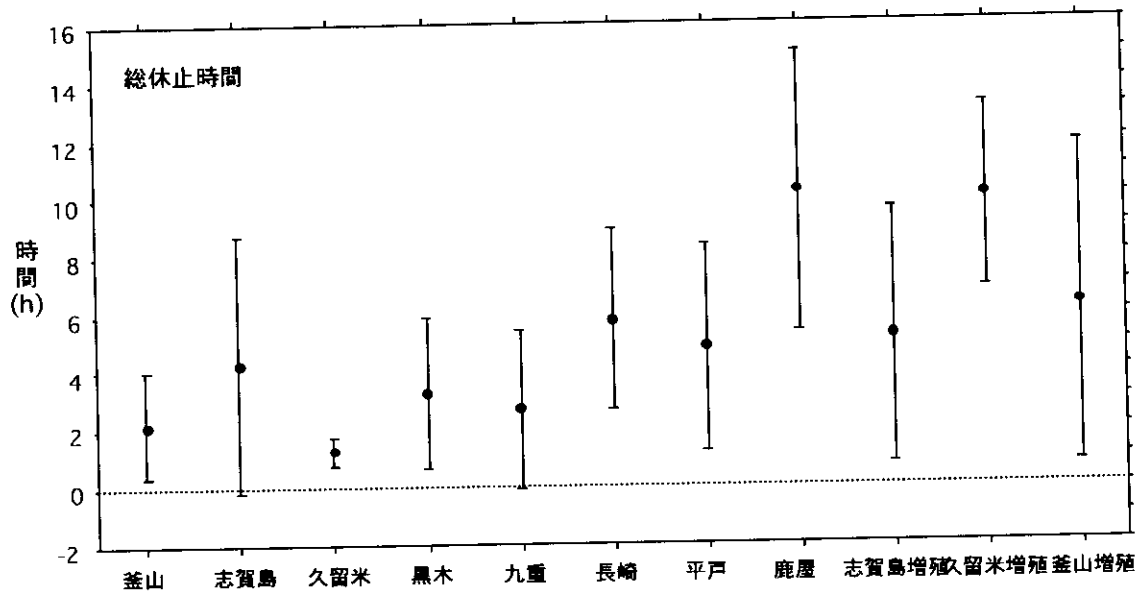


図38 フライトミル装置による各地オオクロバエの飛翔能力の比較
各個体の総休止時間

表1

イエバエ

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.39	17.74	3.78	0.47	12710.76	3.53	1.34	1.48	9323.00	2563.25	95
2	2.275	12.00	2.65	0.75	3353.28	0.93	2.001	2.78	1577.00	534.75	226
3	1.91	53.73	1.28	1.10	1863.99	0.52	1.754	2.04	1063.00	495.75	74
4	2.29	28.98	0.29	0.47	222.16	0.06	1.554	2.14	89.00	66.50	58
5	2.02	31.60	4.56	0.39	9187.80	2.55	1.395	2.38	4933.00	1859.75	45
6	1.99	27.55	1.92	0.68	1520.77	0.42	1.637	1.88	929.00	431.25	89
7	1.92	21.24	0.30	0.21	326.47	0.09	1.555	2.15	210.00	109.75	36
8	1.85	55.93	0.98	3.00	515.43	0.14	1.520	1.61	306.00	173.25	193

表2

オオイエバエ

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	0.79	42.19	0.120	0.152	191.12	0.053	0.677	0.94	237	129.25	13
2	2.07	130.26	0.042	1.375	16.02	0.004	1.249	1.84	10	7.75	38
3	0.99	42.63	0.539	0.722	264.36	0.073	0.667	0.85	240	206.5	61

表3

ヒロズキンバエ

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	2.72	577.35	0.194	16.519	106.74	0.030	2.13	2.34	41.00	20.75	103
2	1.64	20.50	5.118	1.293	4510.41	1.253	1.14	1.37	3127.00	2184	227
3	1.65	21.16	3.653	1.328	4186.67	1.163	0.53	1.07	2651.00	1800.25	226
4	1.83	24.39	0.276	1.030	323.64	0.090	2.57	3.08	257.00	86	152
5	1.92	83.89	0.297	1.095	125.69	0.035	1.30	1.56	70.00	54.5	47
6	2.35	24.30	0.753	1.026	234.87	0.07	1.77	1.96	114.00	87	152
7	2.04	3903.89	0.033	5.422	52.32	0.01	1.81	2.01	24.00	14	5
8	2.56	45.16	0.102	1.192	28.04	0.01	1.72	1.93	12.00	8.25	95
9	2.08	1134.46	0.302	17.332	94.73	0.03	1.69	1.86	56.00	42	55
10	1.97	182.72	0.757	4.822	137.80	0.04	1.01	1.53	137.00	77	95
11	2.36	14.88	0.495	0.918	75.88	0.02	1.60	1.82	36.00	21.5	222
12	1.82	449.68	0.540	15.239	69.24	0.02	1.12	1.41	62.00	49	122
13	1.73	216.14	1.003	14.349	408.68	0.11	1.23	1.50	332	226	239
14	1.40	70.56	0.945	2.430	243.16	0.07	0.80	0.93	221	117.25	124
15	2.23	58.86	0.600	2.698	170.11	0.05	1.67	1.78	93	82.25	165

表4 オビキンバエ

	平均飛翔速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛翔時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛翔時間 (sec)	最長連続飛翔時間 (hour)	最短平均飛翔速度 (sec/m)	上位10平均飛翔速度 (sec/m)	最長連続飛翔距離 (m)	上位4平均連続飛翔距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.13	626.76	0.832	12.361	2002.27	0.556	0.865	1.10	1775	539.50	71
2	0.74	31.42	3.668	1.012	6959.02	1.933	0.683	0.82	10193	4090.25	116
3	1.47	29.28	0.160	0.862	47.92	0.013	0.694	1.31	69	28.25	106
4	0.90	464.09	4.851	8.122	5495.32	1.526	0.631	0.70	8705	3275.50	63
5	1.34	42.76	1.588	0.962	1799.61	0.500	1.090	1.24	1625	946.00	81
6	1.60	44.60	2.279	0.335	3247.76	0.902	0.828	1.52	1622	1127.25	27
7	1.40	450.19	0.539	19.383	395.25	0.110	0.987	1.04	296	189.00	155
8	1.12	27.18	3.310	1.170	2366.36	0.657	0.613	0.88	2156	1627.50	155
9	1.80	8.43	6.538	0.152	9810.84	2.725	1.525	1.90	5953	2758.00	65
10	1.47	520.64	3.553	12.293	8733.82	2.426	0.935	1.25	6935	1882.00	85
11	1.21	449.90	2.464	12.997	1885.41	0.524	1.004	1.05	1648	1108.75	104
12	0.94	36.73	5.884	0.133	16415.56	4.560	0.776	1.06	18216	5520.25	13

表5 ホログロオビキン

	平均飛翔速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛翔時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛翔時間 (sec)	最長連続飛翔時間 (hour)	最短平均飛翔速度 (sec/m)	上位10平均飛翔速度 (sec/m)	最長連続飛翔距離 (m)	上位4平均連続飛翔距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.57	50.56	2.33	0.351	2878.81	0.800	1.04	1.45	2039	1277.25	25
2	0.71	979.33	4.06	4.625	9769.37	2.714	0.64	1.11	15333	4755.00	17
3	1.69	652.77	0.08	1.632	136.36	0.038	1.47	2.37	93	32.00	9
4	0.81	4028.50	3.89	14.547	11331.12	3.148	0.76	1.11	14826	4178.25	13
5	1.16	9204.07	2.90	22.251	3528.90	0.980	0.89	1.12	2565	1762.00	25
6	1.14	937.92	7.41	10.421	10280.17	2.856	0.94	1.13	8601	4717.25	40
7	1.18	1847.00	4.98	11.800	7505.84	2.085	1.10	1.60	6392	3346.75	23
8	0.83	285.04	3.56	0.238	12569.56	3.492	0.79	0.85	15072	5117.93	3
9	1.64	1744.89	0.42	13.571	554.62	0.154	1.13	1.58	320	173.50	28
10	1.70	781.60	0.28	13.244	83.40	0.023	0.80	1.31	52	47.25	61
11	1.49	3685.03	0.38	21.496	226.51	0.063	1.06	1.26	161	131.75	21
12	1.67	707.86	0.12	13.961	31.94	0.009	0.86	1.54	97	31.00	71
13	1.28	2664.39	1.30	18.503	1864.00	0.518	0.82	1.47	1748	852.75	25
14	1.29	1692.74	1.17	4.702	1635.49	0.454	1.24	1.32	1319	813.25	10
15	1.44	85.47	0.49	2.873	1060.35	0.295	0.92	1.09	778	217.75	121
16	2.05	1406.62	0.17	18.755	96.25	0.027	1.06	2.13	91	37.25	48
17	2.05	136.92	0.27	5.439	76.43	0.021	1.52	1.74	42	32.00	143
18	1.11	356.11	1.51	13.453	4357.49	1.210	0.93	1.16	4150	1060.75	136

表6 ゲンロクニクバエ

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上位10平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上位4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.51	1009.10	0.771	17.554	290.19	0.081	0.913	1.22	313	169	63
2	1.43	486.73	1.049	0.036	185.26	0.051	0.171	1.12	163	156	128
3	1.41	638.71	1.331	25.903	435.17	0.121	1.000	1.23	424	292.25	146
4	1.28	772.35	1.068	26.174	477.46	0.133	0.995	1.09	380	245.5	122
5	1.36	1342.00	0.319	21.621	105.21	0.029	1.202	1.27	77	70	58
6	1.29	19.00	1.663	20.111	681.46	0.189	1.120	1.35	579	339.5	97
7	1.53	624.97	0.750	20.659	170.00	0.047	1.164	1.30	146	113.5	2
8	1.24	1379.47	0.289	17.550	324.33	0.090	1.009	1.65	315	177	46

表7 ケブカクロバエ

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	短平均飛行速度 (sec/m)	上位10平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上位4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	2.13	90.38	0.13	2.76	93.48	0.026	1.37	1.98	68	26.00	110
2	1.82	56.05	0.38	4.31	169.90	0.047	0.88	1.31	165	97.25	277
3	1.44	50.23	2.47	0.35	6104.57	2.251	1.11	1.47	5566	1977.33	25
4	2.65	27.69	0.08	1.15	15.17	0.004	1.90	2.27	8	7.25	149
5	2.20	300.36	0.14	1.67	64.33	0.018	1.83	2.12	31	25.50	20
6	2.82	27.46	4.79	4.00	735.51	0.204	0.65	0.93	380	200.00	525
7	1.79	8.26	6.52	1.83	7779.27	2.161	1.06	1.26	5682	1943.25	799
8	1.67	57.87	0.35	1.96	79.51	0.022	0.87	1.16	46	29.25	122
9	1.65	121.90	0.57	9.99	32.96	0.009	1.21	1.31	118	82.00	295
10	1.14	37.39	3.36	0.12	9278.84	2.577	1.07	1.47	8667	2645.50	12
11	1.97	17.19	3.72	6.63	1184.93	0.329	1.12	1.32	655	530.25	1389
12	0.96	35.83	13.34	1.21	28154.03	7.821	0.79	1.03	30343	11635.00	122
13	1.23	115.92	3.34	6.25	4627.77	1.285	1.01	1.17	3752	2078.75	194
14	1.16	78.93	7.74	7.10	5258.39	1.461	0.91	1.08	5781	3881.25	324
15	1.30	94.07	14.40	9.41	10207.78	2.835	0.78	1.09	11499	5561.00	360
16	1.29	35.26	5.60	1.36	11592.82	3.220	1.09	1.14	8923	3152.50	139
17	1.85	73.42	9.09	4.38	3363.07	0.934	1.14	1.50	2950	2440.50	215

表 8

オオクロバエ 釜山観

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.75	27.17	0.551	0.672	194.94	0.054	1.045	1.43	107	96.25	89
2	0.90	47.01	0.992	0.313	2362.49	0.656	0.807	1.14	2927	875.50	24
3	1.21	27.10	1.716	2.966	151.21	0.042	0.953	1.00	154	138.00	394
4	1.42	43.85	0.318	1.973	53.37	0.015	0.970	1.23	55	42.75	162
5	1.52	32.64	0.432	1.895	137.59	0.038	0.882	1.22	139	80.50	209
6	1.88	43.22	0.062	0.456	33.35	0.009	1.59	2.01	21	16.75	38
7	2.09	51.88	0.931	0.778	350.22	0.097	1.560	1.91	168	151.75	54
8	1.74	18.64	7.495	4.433	2110.04	0.586	0.699	1.24	3020	1306.25	856
9	1.28	25.10	11.302	4.365	3094.46	0.860	0.863	0.97	2574	1333.00	626
10	1.25	39.32	0.042	0.546	37.35	0.010	1.037	1.29	36	26.00	50
11	1.95	39.34	1.760	5.999	1498.16	0.416	1.128	1.30	736	464.50	549
12	1.03	39.55	5.070	1.066	8591.22	2.386	0.757	0.99	8425	3552.25	97
13	0.97	28.12	2.255	2.499	4350.32	1.208	0.814	1.15	5041	1840.50	320

表 9

オオクロバエ 志賀島観

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.45	16.62	11.403	2.93	4457.96	1.238	0.639	0.96	2413	1778.00	635
2	1.24	25.31	1.162	2.17	293.97	0.082	0.862	1.01	355	245.00	308
3	1.55	2.59	8.162	2.59	3804.51	1.057	0.942	1.27	4038	2416.25	295
4	1.15	28.71	2.924	3.83	412.97	0.115	0.584	0.66	455	365.50	480
5	0.91	37.30	3.783	1.09	961.14	0.267	0.737	0.91	1304	1010.50	105
6	1.26	46.45	0.346	1.10	328.24	0.091	0.909	1.21	361	122.50	85
7	0.87	8.72	1.676	8.72	9099.15	2.528	0.868	1.52	6617	2633.75	1767
8	1.82	29.71	0.410	1.51	87.06	0.024	1.192	1.47	52	50.25	183
9	2.07	22.72	8.322	14.42	1662.90	0.462	1.197	1.27	1055	860.50	2284

表10 オオクロバエ 久留米観

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	0.67	40.52	0.993	1.373	2047.81	0.569	0.57	0.67	3586	976.75	122
2	1.20	37.58	1.038	1.733	734.59	0.204	0.77	0.86	712	363.25	166
3	1.23	25.77	0.220	1.002	31.21	0.009	0.84	0.97	36	31.75	140
4	1.64	28.60	0.273	1.311	49.90	0.014	1.16	1.16	32	24.50	165
5	1.81	25.51	0.091	2.431	17.70	0.005	0.71	0.84	16	13.50	343
6	1.33	25.01	0.470	1.000	81.32	0.023	0.90	1.05	56	44.75	144
7	2.84	30.22	0.053	0.839	17.28	0.005	2.02	2.37	7	3.89	100
8	2.58	10.87	0.346	1.462	19.77	0.005	1.61	1.93	9	8.25	484
9	1.71	9.53	10.367	0.691	9671.21	2.686	0.77	1.48	7819	3754.00	261
10	2.12	46.25	0.029	0.732	10.22	0.003	1.41	1.90	6	4.75	57

表11 オオクロバエ 黒木観

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	0.865	30.12	3.45	2.761	3895.16	1.082	0.50	0.81	6970	2291.00	330
2	0.751	27.23	7.29	2.443	7872.11	2.187	0.57	0.71	13189	5502.25	323
3	1.632	23.22	13.52	10.422	1745.72	0.485	0.87	1.03	1693	838.25	1616
4	1.044	11.51	10.52	1.871	13057.01	3.627	0.57	0.60	16539	6785.75	585
5	1.236	61.31	0.85	1.362	87.29	0.024	0.78	0.90	90	77.00	80
6	1.942	34.39	0.58	5.340	61.16	0.017	0.77	1.33	79	25.50	559
7	1.759	14.40	3.71	1.668	1894.24	0.526	1.00	1.42	1887	560.50	417
8	1.464	12.95	9.39	4.609	1174.85	0.326	0.78	0.95	1009	581.50	1281
9	0.853	16.71	12.30	1.472	7550.24	2.097	0.68	0.73	11165	5890.50	317
10	1.385	34.49	2.82	6.084	505.02	0.140	0.61	0.80	699	502.50	635
11	1.508	20.33	6.12	1.914	3173.32	0.881	0.76	1.10	2154	1772.25	339
12	1.040	54.11	3.86	1.623	6891.90	1.914	0.74	1.10	9022	2414.75	108
13	0.837	17.66	8.73	3.803	4867.45	1.352	0.60	0.72	6855	3521.75	775
14	0.993	18.08	13.47	0.341	16708.10	4.641	0.76	0.91	21850	8804.00	68
15	1.888	19.51	0.20	0.374	79.47	0.022	1.10	1.65	54	26.00	69
16	0.999	14.86	9.83	0.793	13057.01	3.627	0.57	0.61	16539	6785.75	192
17	1.384	33.66	2.80	5.871	505.02	0.140	0.61	0.80	699	502.50	628
18	1.632	23.22	13.52	10.422	1745.72	0.485	0.87	1.03	1693	838.25	1616
19	1.384	5.54	6.68	1.345	5971.07	1.659	0.74	1.27	8066	2530.00	874

表12 オオクロバエ 九重山

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	2.183	27.72	0.104	0.92	25.60	0.007	1.347	1.83	19	16.25	119
2	1.056	11.09	13.979	2.36	8582.57	2.384	0.841	0.91	9254	4301.5	765
3	1.390	26.97	1.272	1.09	329.97	0.092	1.018	1.15	322	244.75	146
4	1.522	50.49	0.256	1.29	29.10	0.008	0.843	1.09	33	25.25	92
5	1.213	24.48	15.603	2.39	35897.93	9.972	0.860	1.12	32348	9883.75	352
6	1.297	35.82	1.157	3.30	297.06	0.083	0.818	0.91	209	118.25	332
7	1.795	37.71	0.808	0.98	273.97	0.076	0.986	1.32	162	117	94
8	1.537	11.26	4.521	1.69	3048.82	0.847	0.800	1.02	3427	1366.5	540
9	1.093	21.84	11.605	6.55	11520.72	3.200	0.684	0.86	14791	5534.75	1080
10	1.881	20.43	4.402	9.84	3632.80	1.009	0.722	1.06	2336	1152.5	1735
11	1.592	35.07	0.325	0.38	336.39	0.093	1.457	1.55	229	107.25	39
12	1.435	29.81	0.044	0.14	69.29	0.019	0.910	1.88	54	23.25	17
13	1.163	31.57	7.060	3.80	2082.11	0.578	0.877	0.90	1854	1257	433

表13 オオクロバエ 長崎

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	0.860	85.02	5.352	6.069	2511.41	0.698	0.596	0.69	4215	2175.75	257
2	1.319	158.91	0.937	5.473	137.10	0.038	1.015	1.52	177	119.25	124
3	1.515	74.89	7.489	11.504	1329.34	0.369	0.632	0.78	1376	1034.50	553
4	0.959	173.67	5.098	5.837	11662.73	0.670	0.670	0.96	13087	4084.25	121
5	1.049	41.54	5.784	6.393	18492.28	3.748	0.900	1.00	14463	4152.50	554
6	0.968	38.49	8.529	2.192	18721.57	5.200	0.663	0.93	22489	6903.75	205
7	1.428	12.19	18.619	2.559	28969.39	8.047	0.782	1.07	23408	6809.00	756
8	1.112	26.40	8.306	3.080	6742.42	1.873	0.613	0.75	7713	2823.25	420
9	0.675	578.31	3.357	10.442	4300.00	1.194	0.573	0.68	7503	3033.50	65
10	1.730	40.66	1.910	4.010	63.53	0.018	0.583	1.29	109	78.00	355

表14 オオクロバエ 平戸

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	0.97	20.81	16.45	4.60	37939.76	10.539	0.78	0.95	48395	12761.5	796
2	0.76	87.80	10.31	4.66	5001.44	1.389	0.59	0.67	11491	8006.75	191
3	1.06	191.52	15.98	10.05	17653.69	4.904	0.53	0.80	17597	9341	189
4	1.04	8.45	9.06	0.99	8006.62	2.224	0.73	0.93	10910	5902.25	421
5	0.97	10.09	8.52	1.27	12090.12	3.358	0.74	0.88	14465	5444.75	454
6	1.26	34.47	4.72	7.54	2478.29	0.688	0.63	0.91	3957	1561.25	788
7	1.85	73.87	1.93	4.49	979.81	0.272	0.90	1.31	673	349	219
8	0.91	182.51	0.26	2.64	159.31	0.044	0.63	0.78	311	211.5	52
9	0.65	34.69	1.43	0.08	4988.47	1.386	0.65	1.00	7688	1960	8
10	1.43	23.91	11.63	11.13	3052.65	0.848	0.68	0.77	4458	2969.75	1675
11	1.26	43.65	4.28	5.52	1951.54	0.542	0.71	0.93	2073	1367	455

表15 オオクロバエ 鹿屋

	平均飛行速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛行時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛行時間 (sec)	最長連続飛行時間 (hour)	最短平均飛行速度 (sec/m)	上10位平均飛行速度 (sec/m)	最長連続飛行距離 (m)	上4平均連続飛行距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.48	50.73	3.68	18.85	206.27	0.06	0.651	0.80	300	244.00	1338
2	1.35	329.42	14.912	8.69	11802.67	3.28	0.758	0.94	8627	5325.25	95
3	1.68	40.67	10.733	13.29	5012.59	1.39	0.686	0.87	4990	3353.00	1171
4	1.82	33.93	4.058	567.91	329.09	0.09	0.653	1.25	504	213.50	843
5	2.04	113.49	0.665	11.41	81.77	0.02	1.156	1.48	47	29.50	362
6	1.14	148.52	3.940	13.53	4884.04	1.36	0.796	1.05	6136	1912.75	328
7	1.42	45.11	7.441	10.00	3260.26	0.91	0.596	0.84	3557	2136.50	798
8	1.30	11.57	7.581	1.01	2542.95	0.71	0.760	0.94	2182	1668.25	313
9	1.34	85.77	1.911	13.96	145.59	0.04	0.832	0.92	175	128.75	586
10	0.91	175.70	9.022	8.15	10606.82	2.95	0.575	0.70	11912	4851.75	167
11	0.89	79.23	6.538	5.22	19426.69	5.40	0.812	1.10	23912	6039.00	237

表16 オオクロバエ 志賀島増殖

	平均飛翔速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛翔時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛翔時間 (sec)	最長連続飛翔時間 (hour)	最短平均飛翔速度 (sec/m)	上10位平均飛翔速度 (sec/m)	最長連続飛翔距離 (m)	上4平均連続飛翔距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.41	50.31	5.723	3.801	5279.76	1.467	0.71	1.05	5011	2149.75	272
2	1.59	66.99	7.614	8.187	1746.69	0.485	0.94	1.17	1233	1030.25	440
3	1.43	28.87	5.625	0.505	5125.69	1.424	0.97	1.29	3902	2151.25	63
4	1.11	22.45	5.986	2.981	3022.95	0.840	0.60	0.88	3734	1519.50	478
5	1.51	11.43	11.394	3.505	2271.15	0.631	0.77	0.96	2935	2557.00	1104
6	1.95	21.45	10.248	4.879	4333.42	1.204	0.86	1.31	3376	1812.75	819
7	1.71	13.56	17.164	5.494	3106.88	0.863	0.51	0.91	3195	2382.00	1459
8	1.24	13.76	9.575	6.099	4913.57	1.365	0.78	1.01	6325	3715.00	1595
9	1.52	144.58	8.543	13.936	5920.46	1.645	0.84	1.21	4662	3020.75	347
10	1.63	32.41	7.120	5.266	1655.17	0.460	0.93	1.06	1210	843.50	585
11	2.24	29.64	5.976	7.204	743.43	0.207	0.62	1.17	428	276.00	875
12	1.41	33.52	8.282	2.504	4688.76	1.302	0.94	1.24	5010	3261.00	269
13	1.50	39.33	2.655	1.617	1187.28	0.330	1.11	1.30	889	543.00	148
14	1.69	14.68	12.451	3.659	5762.29	1.601	1.12	1.23	4997	2177.00	897
15	1.54	16.40	3.594	0.670	8664.55	2.407	1.35	1.82	6395	1733.75	147
16	1.47	93.67	8.399	5.204	6514.26	1.810	0.74	0.85	6403	2105.25	200
17	1.20	33.48	2.735	1.730	1836.81	0.510	0.76	1.07	1690	956.75	186
18	1.59	92.20	5.196	15.854	475.79	0.132	0.73	0.94	523	487.50	619
19	1.16	159.75	6.459	15.443	17718.32	4.922	0.93	1.29	16093	4706.75	348
20	1.35	27.82	8.652	2.233	22845.83	6.346	1.21	1.54	18009	5297.50	289
21	1.60	16.66	14.041	4.976	4039.26	1.122	0.93	1.09	2729	2047.50	1075
22	1.06	45.72	5.091	1.931	13927.84	3.869	0.87	1.35	14593	3852.75	152
23	1.11	33.06	1.522	0.891	4391.46	1.220	0.99	1.70	4416	1150.00	97
24	1.25	75.05	6.944	0.271	19536.73	5.427	1.20	1.70	16266	4927.25	13
25	1.38	47.50	4.796	0.396	8080.29	2.245	1.22	1.53	6620	2343.00	30

表17 オオクロバエ 久留米増殖

	平均飛翔速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛翔時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛翔時間 (sec)	最長連続飛翔時間 (hour)	最短平均飛翔速度 (sec/m)	上10位平均飛翔速度 (sec/m)	最長連続飛翔距離 (m)	上4平均連続飛翔距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.61	123.43	5.864	14.160	1047.23	0.291	0.619	0.79	921	665.25	413
2	1.39	15.42	15.464	10.407	12620.86	3.506	0.690	0.95	13865	5039.50	2430
3	1.88	18.50	11.771	8.755	8487.67	2.358	1.196	1.42	7098	2107.50	1704
4	1.53	21.93	13.738	6.690	8795.45	2.44	0.758	0.99	5848	2794.00	1098

表18 オオクロバエ 釜山増殖

	平均飛翔速度 (sec/m)	平均休止時間 (sec)	総飛翔時間 (h)	総休止時間 (h)	最長連続飛翔時間 (sec)	最長連続飛翔時間 (hour)	最短平均飛翔速度 (sec/m)	上10位平均飛翔速度 (sec/m)	最長連続飛翔距離 (m)	上4平均連続飛翔距離 (sec/m)	総休止回数
1	1.48	15.82	26.624	3.454	5694.86	1.582	0.76	0.90	6981	5164.75	786
2	1.17	140.51	9.587	18.773	4592.40	1.276	0.75	0.91	5289	2648.00	481
3	1.06	48.38	10.674	3.629	9168.10	2.547	0.79	1.05	8904	6483.25	270
4	0.90	10.00	4.084	0.003	14703.96	4.084	0.90	0.90	16384	16384.00	1
5	1.63	12.93	14.735	0.844	9707.72	2.697	0.81	0.98	8645	4928.00	235
6	0.99	35.09	5.632	0.526	8040.59	2.233	0.81	0.85	7563	4121.50	54
7	1.23	38.70	8.410	13.654	2429.71	0.675	0.60	0.71	3120	1731.00	1270
8	2.02	177.75	4.121	12.838	3031.27	0.842	0.77	0.94	1962	748.75	260
9	1.51	25.89	19.849	3.524	28416.76	7.894	0.82	0.89	19993	7791.50	490
10	2.05	30.61	13.529	4.345	19212.73	5.337	0.86	1.15	8089	3943.25	511
11	1.39	37.82	11.647	4.055	6781.21	1.884	0.70	0.86	4614	3536.00	386
12	1.97	20.92	10.763	8.607	3122.27	0.867	0.90	1.05	3161	1711.75	1481
13	1.70	13.50	13.471	6.545	8705.43	2.418	0.61	1.47	7004	4546.75	1745
14	1.52	29.65	5.883	1.466	10270.38	2.853	1.00	1.37	8840	2720.25	178
15	1.81	10.16	11.384	4.693	7444.80	2.068	0.97	1.26	7011	2315.00	1663
16	1.62	263.29	2.707	12.726	2968.38	0.825	0.84	1.34	2071	749.00	174

厚生科学研究費補助金（新興・再興感染症研究事業）
分担研究報告書

シラミ症流行対策と殺虫剤抵抗性の分子診断

分担研究者 富田 隆史 国立感染症研究所昆虫医科学部殺虫殺そ剤室長
協力研究者 新庄 五朗 (財) 日本環境衛生センター環境生物部部长
関 なおみ 豊島区中央保健福祉センター保健医療担当係長
矢口 昇 池袋保健所生活衛生課生活衛生係員

研究要旨

厚生省生活衛生局へ 1999 年度によせられた都道府県によるアタマジラミ症の被害報告書を解析し、現在のアタマジラミ症の実体と問題点を解析した。

アタマジラミの同胞種であるコロモジラミの殺虫剤感受性 NIID 系統を用い、ろ紙接触法により、本種の駆除薬であるフェノトリン感受性について、処理開始 24 時間後までのノックダウンを観察した。24 時間後に 50% ノックダウン率をもたらす薬剤濃度 (KC50) は 15 - 40 mg/m² と推定した。処理開始 3 時間後に 100% ノックダウンをもたらす濃度は 60 mg/m² で、この値は 24 時間後においてもほとんど相違ないことを確認した。さまざまな生理条件で試験に供することを余儀なくされ、かつ、コロニーあたりの採取数も少ないことが予想される野生のアタマジラミの殺虫試験に基づき抵抗性個体を判定するためには、フェノトリン ≥ 60 mg/m² の閾濃度値で 3 時間後のノックダウン率を観察することが適切であるといえた。他の害虫種におけるピレスロイド抵抗性の主要な遺伝的要因となっている作用点遺伝子点突然変異の検出をアタマジラミ種で行うことを目的として、para-orthologous Na⁺チャンネル遺伝子の保存ペプチド配列とアタマジラミ種での部分的既知配列に基づき、RT-PCR による増幅を行い、2086 アミノ酸残基をコードするコロモジラミ種の cDNA 配列を決定した。また、アタマジラミとコロモジラミの海外からの移入または国内における移動・分散および両同胞種間での遺伝子交流の可能性を研究する目的で、641 残基をコードするアセチルコリンエステラーゼ cDNA 配列、および 286, 301, および 383 塩基の、それぞれ、ミトコンドリアのチトクロム酸化酵素サブユニット II, III, およびチトクロム b 遺伝子の部分的塩基配列を決定した。

A. 研究目的

わが国では 1990 年代に入り幼・小児を中心にアタマジラミ症が再興している。1997 年の厚生省統計ではその罹患者は約 9 千人であるが、国内で唯一のヒトジラミ

駆除用認可薬であるピレスロイド系殺虫剤フェノトリンの同年の出荷数 (33 万個) を考慮すると、実際の罹患者数は発表数を遙かに上回っているものと思われる。一方、現在、国内のコロモジラミの主な罹患者は

衣服を交換しない路上生活者などである。ヒトジラミの駆除には有機合成殺虫剤が広く用いられているが、海外の先進諸国においては、有機リン系、ピレスロイド系殺虫剤に対して数十倍から 100 倍以上の抵抗性比を示すアタマジラミの出現が報告されており、抵抗性の発達がすでに社会問題視されている (Mumcuoglu et al. 1995; Rupes et al. 1995; Piccolo et al. 1998; Downs et al. 1999)。わが国では戦後の一時期にコロモジラミの有機塩素剤抵抗性が報告されて以降、研究分担者の所属部が 1999 年にコロモジラミについて調査を開始するに至るまで、両シラミ種に対する殺虫剤の有効性について調査が行われていない。海外との人的交流の増大と駆除薬による抵抗性の選抜などにより、抵抗性シラミがアウトブレイクする可能性は否定できない。世界的に見て、ヒトジラミの抵抗性機構の研究はほとんど行われていない。その一つの理由として、シラミの宿主依存性により、代替の吸血源を利用した飼育が一時的でさえ困難なことがあげられる。通常数時間おきに宿主からの吸血を行うシラミが、罹患患者から採取された後様々な絶食時間を経て研究室で試験されると、未処理区であっても死亡率が上がり、殺虫試験の実施と感受性の判定が非常に困難になることは我々も経験済みである。そこで、殺虫剤の有効性/抵抗性を測るために、供試虫の生理条件に左右されず、かつ少数例に基づいても判定可能な検査・試験法が必要とされる。

本研究では、(i) DDT とピレスロイド剤の作用点である para-orthologous Na⁺ チャンネルの遺伝子配列をコロモジラミとアタマジラミより単離し、殺虫剤抵抗性コロニーに特異的なタンパク質一次構造の変異を解析し、抵抗性に寄与する突然変異を特定し、最後にシラミの遺伝子診断により駆除薬の有効性をモニターすることを目的と

する。両シラミ種は同胞種の関係にあり、両種の相同遺伝子の配列は対立遺伝子レベルの差違程度のもので予想されるので、継代飼育中の感受性コロモジラミ系統から遺伝子配列が単離されれば、アタマジラミからも容易にその相同遺伝子が単離できると予想される。次の段階として、PCR や LCR (ligase chain reaction) などを利用し、特定の DNA 部位の塩基置換のみに焦点を当て、個体レベルでシラミ抵抗性遺伝子を簡便に検出する調査を行う。他の害虫種においては、これらの作用点の変異に基づく抵抗性は、分解・解毒を行う代謝系の抵抗性要因に基づく抵抗性に比べても、同系の薬剤に対して交差抵抗性を示す場合がほとんどで、最も主要な抵抗性要因となっている。その場合、異種昆虫の間であっても、タンパク質の特定の相同なアミノ酸座位において特定のアミノ酸に置換することにより殺虫剤作用点のタンパク質分子が非感受性になる例が、イェバエとチャバネゴキブリの Na⁺ チャンネル (Williamson et al. 1996; Miyazaki et al. 1996) について明らかにされている。アタマジラミで最も問題になるピレスロイド抵抗性に関しては、代謝系の抵抗性要因はほとんど関与しないことが最近明らかにされ、その殺虫剤作用点である Na⁺ チャンネルの構造変化が強く疑われている (Hemingway et al. 1999)。

(ii) 殺虫剤抵抗性の発達に関連して問題となるのがシラミの移動分散の実体である。アタマジラミとコロモジラミの種間関係については、最近、ミトコンドリアのチトクロムオキシゲナーゼサブユニット 1 の遺伝子配列を用いて塩基配列多型を解析した結果、両種間で遺伝子の交流が生じているという異説が唱えられている (Leo, personal communication)。これらの問題を分子系統地理学的に明らかにするためには、複数の遺伝子の配列多型性を解析する

が必要になる。今年度は、進化的に保存されたペプチド配列に基づけば増幅が容易に可能であるアセチルコリンエステラーゼとミトコンドリアの複数の酵素について遺伝子配列をコロモジラミから得ることにした。

(iii) 厚生省は、アタマジラミ症の年間発生件数と罹患者数についての調査を都道府県の生活衛生担当課の協力を得て行っている。その調査結果によると、冒頭にもふれたように述べたように、アタマジラミ症は戦後の動乱期を除くと 1981 年をピークに再興し駆除薬の上市に伴って激減はしたが、1992 年の 2 度めのピークの後、1994 年より上昇を示していることがわかる（厚生省環境整備課ニュース）。このような近年のアタマジラミ症の動態からは、今後さらなる深刻な流行の事態を招くことが危惧され、対策のための現状解析が必要となっている。このため、入手可能な情報を整理して、今日のアタマジラミ症の実態を調査した。

B. 研究方法

コロモジラミ：

1953 に札幌市で採取され、国立感染症研究所でボランティアからの吸血により継代飼育されている殺虫剤感受性の感染研系統 (NIID と略) を殺虫試験の対照として用いた。野生コロニーとしては、1999 年 5 月から 2001 年 2 月にかけて東京都豊島区保健所から提供を受けた 8 名の罹患者由来の野生コロニーをそれぞれ試験した。保健所が路上生活者の集団検診を行う際に新しい衣服が用意されており、シャワー後に新しい衣服と交換したため廃棄された罹患者の衣服を保健所より提供してもらい、その衣服からシラミを採取し、したがって倫理面での問題はない。

殺虫試験：

ろ紙接触法により行った。内径 90 mm のガラスシャーレに Whatman 5A ろ紙を敷き、アセトンで希釈したフェノトリン溶液 320ul を安全ピペッター付きのガラスピペットで均一に滴下し、30 分間の乾燥の後シラミを置き、湿度 60%のもと、24 時間目までの経過を観察した。吸血後 12 時間以内の NIID の成虫および採取後 12 時間以内の野生シラミの 3 齢幼虫と成虫を供試虫として用いた。フェノトリン原体は住友化学工業より提供を受けた。ピンセットで接触刺激を与えても移動ができない中毒症状を呈するシラミをロックダウンと判定し、ロックダウン虫と死虫を併せた割合をロックダウン率とした。

核酸抽出：

NIID 系統シラミを核酸抽出に用いた。RNA は 20 頭または 1 頭の成虫より Isogen (Nippon Gene) を用いて抽出し、マスで抽出したものについては、Oligotex dT30-super (Takara) を用いて poly(A) RNA の選抜を行った。DNA は 20 頭の成虫より QIAamp Tissue Extraction kit (Qiagen) を用いて抽出した。

PCR：

Na⁺ チャンネルおよびアセチルコリンエステラーゼ (AChE) 遺伝子配列については、Poly(A) RNA の一部または一頭由来の total RNA 全量に対して、アンカー配列付きの poly(dT) 16 オリゴヌクレオチドをプライマーとして、ReverTra Ace (Toyobo) を用いて逆転写した。PCR には ExTaq (Takara) を用いた。Na⁺ チャンネル cDNA 配列の増幅に用いたプライマーは表 1 に示す。5'-RACE は cRACE 法に基づく 5' Full RACE Core kit (Takara) と 5'リン酸化遺伝子特異的プライマーを用いて行った。AChE cDNA コード配列中央部の増幅は、ツマグロヨコバイ AChE cDNA 増幅に用いたのと同じ縮重プライマー (Tomita

et al. 2000) を用いた。

ミトコンドリア由来のチトクロム酸化酵素サブユニット III と チトクロム b 遺伝子配列については、マスで抽出した total RNA の一部を直接使い、それぞれ、CCTTyAAyCCnTTyCArATyCC と GAGCGiArrATiGCrTAiGCrAA をプライマーとして逆転写し、それに引き続く PCR には、それぞれ、CCTTyAAyCCnTTyCArATyCC と GCTGCyTCrAAAnCCrAArTGrTG および GGTTAyGTiyTiCCiGrGGiCAyAT と AArTAyCAyTCiGGyTGrATrTG のプライマーセットを用い、cDNA を増幅した。チトクロム酸化酵素サブユニット II 遺伝子配列については、抽出したゲノム DNA を鋳型とし、ATyGGnCAyCArTGrTAyTGrIC と ATyGGnCAyCArTGrTAyTGrAG のプライマーセットとして DNA を増幅した。

塩基配列の解析：

アガロースゲル電気泳動で分離した PCR 産物をゲルより切り出し、QIAEX II Gel Extraction kit (Qiagen) を用いて精製後、直接または TA Cloning kit (Invitrogen) を用いてクローニング後、シークエンシングした。シークエンシングの標識反応には BigDye Terminator kit (Applied Biosystems) を用い、解析は Genetic Analyzer 310 System (Applied Biosystems) によった。タンパク質配列の相同性は ClustalW プログラムで解析した。

資料の解析：

厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課によるねずみ・衛生害虫等による被害発生調査は、①発生被害種、②被害発生又は発見年月日、③被害発生場所、④被害の対象、⑤被害の状況、⑥措置の状況、を調査項目として実施し、発生のつど都道府県担当窓口を通じて報告を得ている。1999 年度の報告書からアタマジラミ症を抽出して、罹

患者の年齢構成、発症発見の経緯（アタマジラミ症の罹患を見出したきっかけ、治療方法の詳細、および治癒の確認や伝播の抑制、などに関して整理した。

C. 研究結果

バイオアッセイ：

NIID 系統と野生コロニーのコロモジラミのフェノトリン浸透ろ紙継続接触による処理開始 24 時間後のノックダウン率を図 1A に示す。NIID シラミを用いた試験日の異なる 4 回の反復試験の結果、50% ノックダウン率をもたらすフェノトリン濃度 (KC50) の範囲は 15-40 mg/m² と推定した。用いた 8 つの野生コロニーもほぼ同様な感受性レベルにあった。NIID シラミを用いた反復試験のうちの 1 つについて、処理開始後、1 時間、2 時間、3 時間、および 18 時間後にも経過を観察した結果を図 1B に示す。3 時間後の処理濃度に対するノックダウン率応答は、18 時間後と 24 時間後の応答とほぼ同様で、3 時間目以降では、60 mg/m² の濃度で 100% ノックダウンした。野生コロニー #8 でも、濃度 60 mg/m² で 100% ノックダウンした (図 1C)。フェノトリン 60 mg/m² での 3 時間継続接触が抵抗性個体を識別する可能にする試験条件であるといえる。

Na⁺ チャンネル遺伝子：

未知の cDNA 配列のウォーキングには、NIID シラミからマス抽出して得た RNA を用いまず RT-PCR を行い、それに引き続き 3'-RACE と 5'-RACE を行った。その手順は表 1 の PCR #1 から #4 とそれらの PCR 番号に対応する図 2 のコンティグに示す。ドメイン 2 の部分的領域を増幅するためにアタマジラミで既知の遺伝子特異的プライマー (GSP) セット (表 1 PCR #1A, Lee et al. 2000) を利用した他は、動物種における保存ペプチド配列に基づく縮