

図1. カイワレ大根 180検体における一般細菌 (SPC) ・大腸菌群 (Coliform) 汚染分布

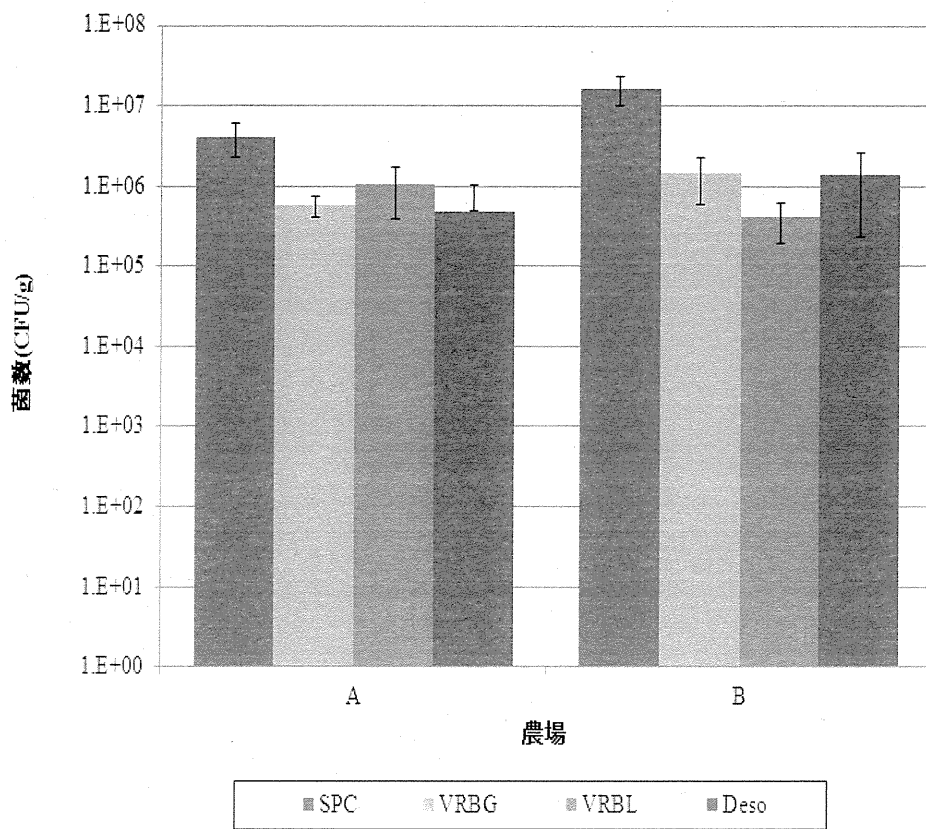


図2. 2農場由来のカイワレ大根検体 (n=20) における各種衛生指標菌汚染状況

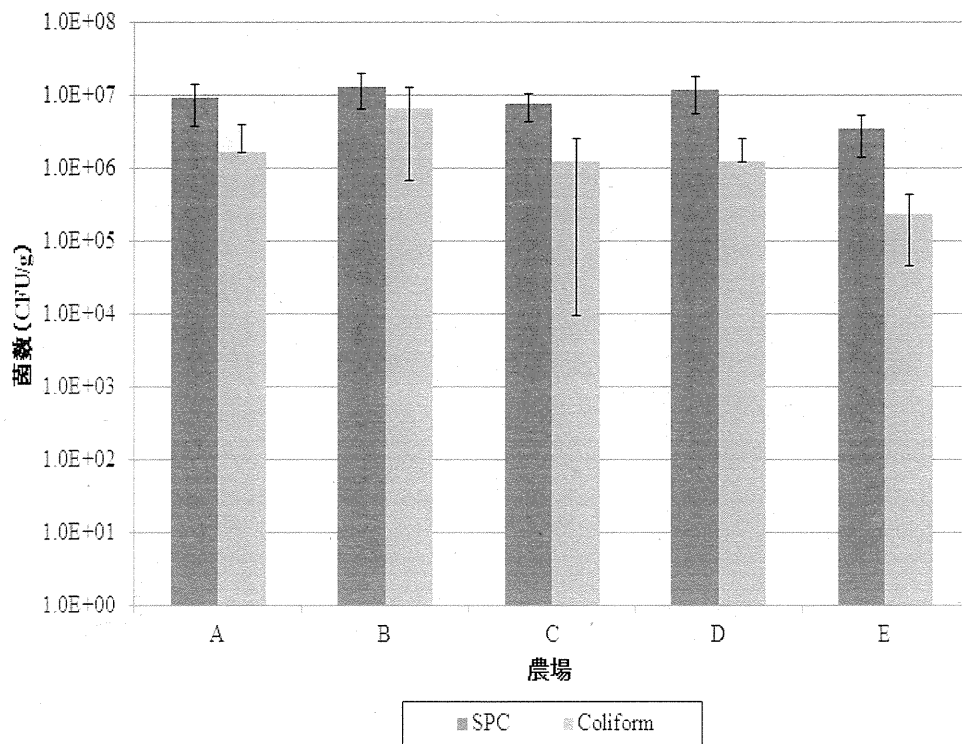


図3. 農場別に見たカイワレ大根検体の一般細菌 (SPC) ・大腸菌群 (Coliform) 汚染状況

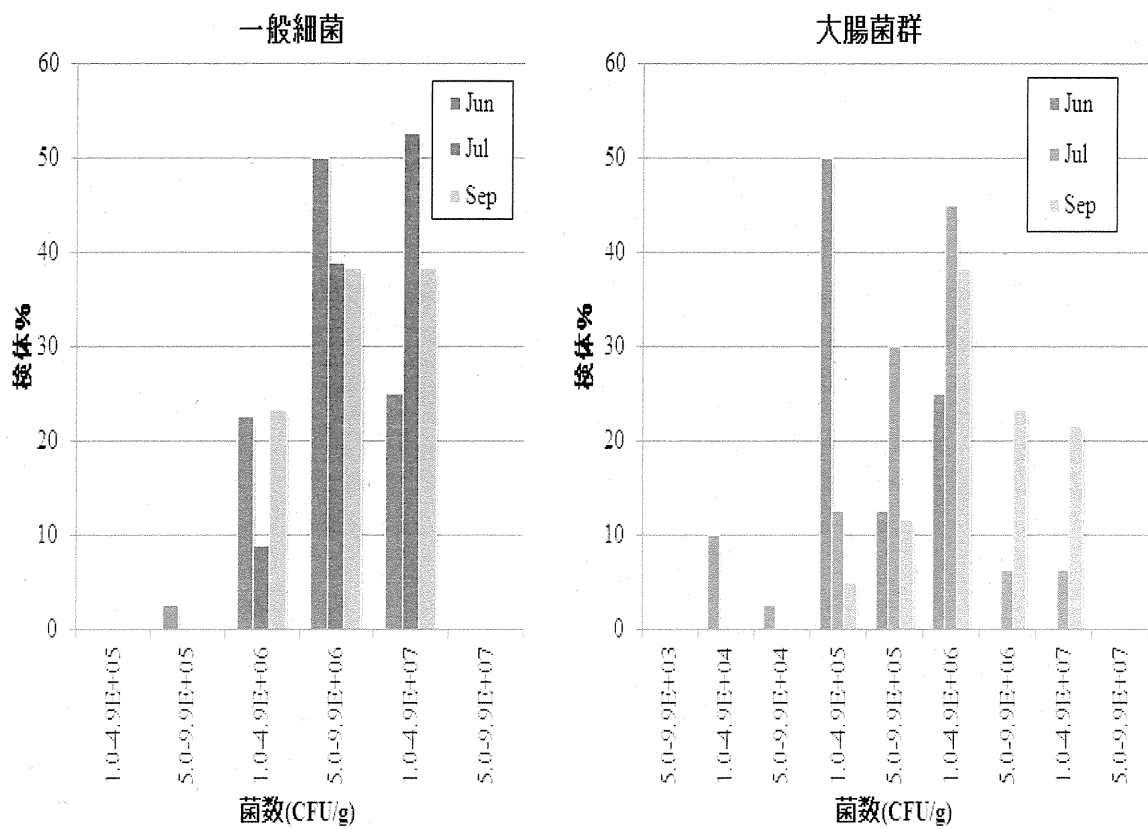


図4. 月別に見たカイワレ大根検体の一般細菌 (SPC) ・大腸菌群 (Coliform) 汚染状況全検体の汚染分布を6月 (Jun) ・7月 (Jul) ・9月 (Sep) の各月別に表示した。

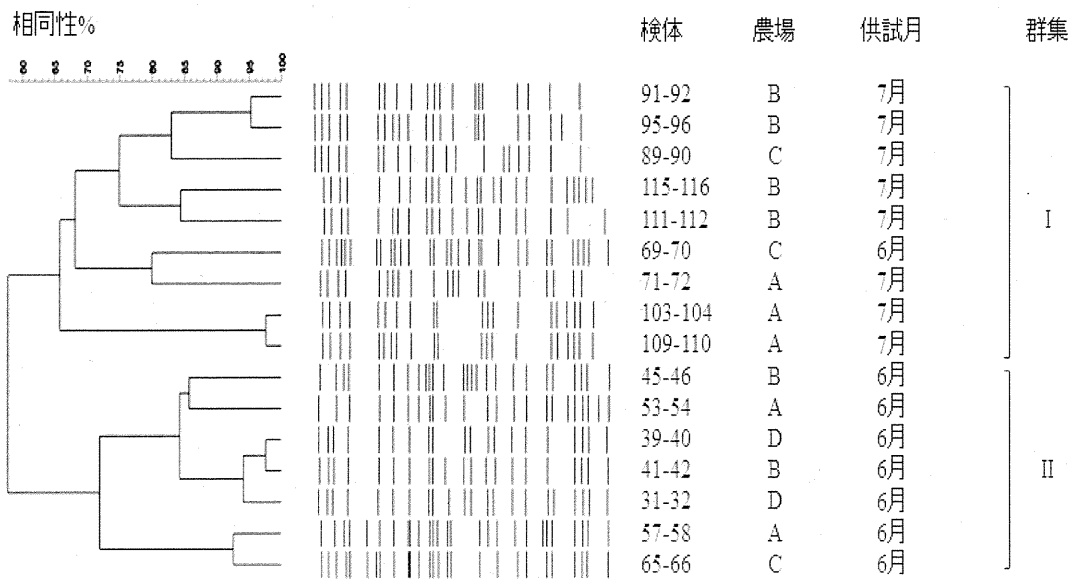


図5. PCR-DGGE法によるカイワレ大根代表検体 (n=16) の系統解析  
 農場A-Cで2012年6月・7月に生産された代表検体を無作為に抽出し、試験に供した。系統樹はUPGMA法に基づき作成した。クラスターは相同性58%で2群集に大別された。

表1. カイワレ大根における細菌汚染に関する代表的文献一覧

検索用語(該当件数/全数)*	論文題目	著者	所属	誌名・巻号・頁	発行年
(ダイコン/TH or カイワレ大根/AL) (2/88)	芽物野菜等の細菌汚染実態調査(2006~2007)	小林妙子 ら	宮城県保健環境セ	宮城県保健環境センター年報 26:103-104.	2008年12月
	芽物野菜等の食中毒菌汚染実態調査	山田わか ら	宮城県公衆衛生協会	宮城県保健環境センター年報 25:31-33.	2007年11月
(ダイコン/TH or カイワレ/AL) and (細菌/TH or 細菌/AL) (11/25)	<i>Salmonella</i> Montevideoが検出された食中毒事例について	渡邊節 ら	宮城県保健環境セ	宮城県保健環境センター年報 24:121-125.	2006年11月
	日本を震撼させたO157による集団食中毒 その後の10年 大規模食中毒への対応について	津村慶人	堺市保健所	日本食品微生物学会雑誌 24(2):72-73.	2007年7月
	生食用野菜の細菌汚染および食酢による殺菌効果	古茂田恵美子, 綿貫知彦	東京家政大	東京家政大学研究紀要 47(2):7-12.	2007年2月
	サルモネラ食中毒事例および散発サルモネラ症患者から分離された <i>Salmonella</i> MontevideoのPFGE解析	齋藤紀行 ら	宮城県保健環境セ	日本食品微生物学会雑誌 23(3):143-148.	2006年10月
	腸管出血性大腸菌O157及びサルモネラ汚染種子における保存期間での菌の生存とその発芽野菜における汚染	工藤由起子 ら	医薬食衛研	日本食品微生物学会雑誌 21(1):14-22.	2004年4月
	<i>Salmonella</i> Enteritidis付加芽物野菜種子における超音波と温湯処理による菌数低減効果	名塚英一 ら	食品総合研	日本食品微生物学会雑誌 20(3):99-104.	2003年10月
	カイワレダイコン由来乳酸菌 <i>Lactococcus lactis</i> による大腸菌O157:H7及び大腸菌群の排除	奥田俊郎 ら	三和農林	防菌防黴 30(7):405-413.	2002年7月
	有機・水耕栽培野菜の食中毒菌汚染実態と分離菌株の疫学的解析	小西典子 ら	都衛研	日本食品微生物学会雑誌 18(1):9-14.	2001年3月
	市販食品(生食用野菜,食肉,イカ乾製品及び加工食品)の細菌汚染実態調査 1999年度	久門勝利 ら	千葉衛研	千葉県衛生研究所研究報告 24:31-34.	2000年12月
	市販食品(生食用野菜および食肉)の細菌汚染実態調査 1998年度	久門勝利 ら	千葉衛研	千葉県衛生研究所研究報告 23:15-19.	1999年12月
生食用野菜における食中毒細菌の増殖・消長	上田成子, 桑原祥浩	女子栄養大	防菌防黴 27(6):369-375.	1999年6月	
かいわれ/AL and (細菌/TH or 細菌/AL) (2/4)	市販かいわれ大根の細菌汚染状況とその除菌法について	金井美恵子	相模女子大	相模女子大学紀要 62B:7-11.	1999年3月
	「かいわれ大根」の細菌汚染の実態調査	篠田知広 ら	宮崎大	日本獣医師会雑誌 45(10):805.	1992年10月

\* 括弧内の表記は、細菌汚染に関する内容を含む文献の数/同用語により検索された文献の数を意味する。

表2. カイワレ大根供試検体における一般細菌および大腸菌群の汚染状況

検体番号	農場	一般細菌 (CFU/g)	大腸菌群 (CFU/g)	検体購入日 (月/日/年)	東京都における最 高/最低気温 (°C)
1	E	9.12E+05	2.93E+04	06/12/12	18.7/16.9
2	E	1.09E+06	1.63E+04	06/12/12	18.7/16.9
3	E	4.72E+06	2.24E+04	06/12/12	18.7/16.9
4	E	6.30E+06	1.10E+04	06/12/12	18.7/16.9
5	E	4.91E+06	3.61E+05	06/12/12	18.7/16.9
6	E	2.59E+06	3.54E+05	06/12/12	18.7/16.9
7	E	6.20E+06	3.36E+05	06/12/12	18.7/16.9
8	E	3.06E+06	4.81E+05	06/12/12	18.7/16.9
9	E	2.96E+06	4.35E+05	06/12/12	18.7/16.9
10	E	1.64E+06	3.89E+05	06/12/12	18.7/16.9
11	C	5.46E+06	1.14E+05	06/28/12	25.3/19.4
12	C	7.04E+06	1.31E+05	06/28/12	25.3/19.4
13	C	1.18E+07	1.17E+06	06/28/12	25.3/19.4
14	C	1.04E+07	1.21E+06	06/28/12	25.3/19.4
15	C	7.22E+06	5.19E+05	06/28/12	25.3/19.4
16	C	5.74E+06	1.19E+05	06/28/12	25.3/19.4
17	C	6.57E+06	1.14E+05	06/28/12	25.3/19.4
18	C	3.89E+06	9.09E+04	06/28/12	25.3/19.4
19	C	6.39E+06	1.25E+05	06/28/12	25.3/19.4
20	C	3.52E+06	1.10E+05	06/28/12	25.3/19.4
21	D	1.03E+07	7.67E+05	06/03/12	24.2/17.0
22	D	8.43E+06	5.00E+05	06/03/12	24.2/17.0
23	D	8.43E+06	4.07E+05	06/03/12	24.2/17.0
24	D	7.96E+06	2.13E+05	06/03/12	24.2/17.0
25	D	9.35E+06	1.94E+05	06/03/12	24.2/17.0
26	D	5.93E+06	3.52E+05	06/03/12	24.2/17.0
27	D	8.89E+06	4.35E+05	06/03/12	24.2/17.0
28	D	9.26E+06	2.41E+05	06/03/12	24.2/17.0
29	D	7.87E+06	2.41E+05	06/03/12	24.2/17.0
30	D	9.91E+06	4.35E+05	06/03/12	24.2/17.0
31	D	8.43E+06	1.11E+06	06/12/12	18.7/16.9
32	D	8.61E+06	6.89E+05	06/12/12	18.7/16.9
33	D	8.80E+06	1.57E+06	06/12/12	18.7/16.9
34	D	3.33E+07	4.78E+06	06/12/12	18.7/16.9
35	D	1.18E+07	2.74E+06	06/12/12	18.7/16.9
36	D	1.20E+07	6.78E+05	06/12/12	18.7/16.9
37	D	1.61E+07	1.16E+06	06/12/12	18.7/16.9
38	D	1.30E+07	2.19E+06	06/12/12	18.7/16.9
39	D	1.59E+07	2.63E+06	06/12/12	18.7/16.9
40	D	1.95E+07	3.76E+06	06/12/12	18.7/16.9
41	B	1.02E+07	4.53E+05	06/14/12	23.6/15.7
42	B	1.55E+07	7.22E+05	06/14/12	23.6/15.7
43	B	1.10E+07	2.35E+06	06/14/12	23.6/15.7
44	B	6.94E+06	7.84E+05	06/14/12	23.6/15.7
45	B	9.72E+06	2.84E+06	06/14/12	23.6/15.7
46	B	1.09E+07	1.53E+06	06/14/12	23.6/15.7
47	B	1.06E+07	2.15E+06	06/14/12	23.6/15.7
48	B	1.34E+07	5.18E+06	06/14/12	23.6/15.7
49	B	1.13E+07	3.15E+06	06/14/12	23.6/15.7
50	B	1.68E+07	4.67E+06	06/14/12	23.6/15.7
51	A	1.02E+07	2.32E+06	06/18/12	27.6/22.2
52	A	7.22E+06	7.16E+05	06/18/12	27.6/22.2
53	A	8.52E+06	8.19E+05	06/18/12	27.6/22.2
54	A	7.78E+06	6.63E+05	06/18/12	27.6/22.2
55	A	9.81E+06	8.10E+05	06/18/12	27.6/22.2
56	A	9.81E+06	6.30E+05	06/18/12	27.6/22.2
57	A	1.22E+07	8.51E+05	06/18/12	27.6/22.2
58	A	1.24E+07	9.30E+05	06/18/12	27.6/22.2
59	A	9.81E+06	7.16E+05	06/18/12	27.6/22.2
60	A	1.31E+07	9.19E+05	06/18/12	27.6/22.2
61	C	9.54E+06	6.49E+05	06/29/12	27.2/20.9
62	C	9.54E+06	5.91E+05	06/29/12	27.2/20.9
63	C	7.78E+06	5.19E+05	06/29/12	27.2/20.9
64	C	6.20E+06	5.08E+05	06/29/12	27.2/20.9
65	C	6.39E+06	1.73E+06	06/29/12	27.2/20.9
66	C	9.91E+06	2.86E+06	06/29/12	27.2/20.9
67	C	1.00E+07	9.47E+05	06/29/12	27.2/20.9
68	C	8.06E+06	2.46E+06	06/29/12	27.2/20.9
69	C	5.93E+06	1.05E+06	06/29/12	27.2/20.9
70	C	8.33E+06	1.82E+06	06/29/12	27.2/20.9
71	A	1.06E+07	1.68E+06	07/18/12	32.1/25.7
72	A	9.07E+06	1.39E+06	07/18/12	32.1/25.7
73	A	2.86E+07	1.18E+07	07/18/12	32.1/25.7
74	A	1.74E+07	6.02E+06	07/18/12	32.1/25.7
75	A	1.02E+07	2.23E+06	07/18/12	32.1/25.7
76	A	1.06E+07	1.38E+06	07/18/12	32.1/25.7
77	A	1.05E+07	1.86E+06	07/18/12	32.1/25.7
78	A	1.61E+07	5.09E+06	07/18/12	32.1/25.7
79	A	1.14E+07	3.58E+06	07/18/12	32.1/25.7
80	A	8.98E+06	1.00E+06	07/18/12	32.1/25.7
81	C	7.50E+06	4.27E+05	07/19/12	35.1/26.1
82	C	1.24E+07	1.16E+06	07/19/12	35.1/26.1
83	C	8.06E+06	1.06E+06	07/19/12	35.1/26.1
84	C	7.31E+06	1.16E+06	07/19/12	35.1/26.1
85	C	7.13E+06	7.11E+05	07/19/12	35.1/26.1
86	C	6.85E+06	7.22E+05	07/19/12	35.1/26.1
87	C	8.15E+06	1.25E+06	07/19/12	35.1/26.1
88	C	6.76E+06	1.40E+06	07/19/12	35.1/26.1
89	C	2.01E+07	1.42E+06	07/19/12	35.1/26.1
90	C	1.54E+07	1.72E+06	07/19/12	35.1/26.1

表2. つづき

91	B	1.91E+07	6.39E+06	07/19/12	35.1/26.1
92	B	1.69E+07	7.50E+06	07/19/12	35.1/26.1
93	B	1.65E+07	2.45E+06	07/19/12	35.1/26.1
94	B	1.55E+07	3.07E+06	07/19/12	35.1/26.1
95	B	2.69E+07	1.40E+07	07/19/12	35.1/26.1
96	B	2.92E+07	1.57E+07	07/19/12	35.1/26.1
97	B	1.69E+07	1.22E+07	07/19/12	35.1/26.1
98	B	1.61E+07	1.03E+07	07/19/12	35.1/26.1
99	B	2.67E+07	2.55E+06	07/19/12	35.1/26.1
100	B	2.74E+07	3.76E+06	07/19/12	35.1/26.1
101	A	3.07E+06	3.79E+05	07/19/12	35.1/26.1
102	A	3.50E+06	1.94E+06	07/19/12	35.1/26.1
103	A	2.77E+06	6.20E+05	07/19/12	35.1/26.1
104	A	3.32E+06	3.17E+05	07/19/12	35.1/26.1
105	A	3.07E+06	1.60E+05	07/19/12	35.1/26.1
106	A	1.39E+06	2.46E+05	07/19/12	35.1/26.1
107	A	5.83E+06	4.74E+05	07/19/12	35.1/26.1
108	A	4.72E+06	4.36E+05	07/19/12	35.1/26.1
109	A	7.13E+06	2.19E+05	07/19/12	35.1/26.1
110	A	6.48E+06	1.06E+05	07/19/12	35.1/26.1
111	B	2.97E+07	5.87E+05	07/19/12	35.1/26.1
112	B	2.38E+07	7.39E+05	07/19/12	35.1/26.1
113	B	7.69E+06	5.30E+05	07/19/12	35.1/26.1
114	B	1.58E+07	4.17E+06	07/19/12	35.1/26.1
115	B	1.62E+07	1.20E+06	07/19/12	35.1/26.1
116	B	1.78E+07	1.02E+06	07/19/12	35.1/26.1
117	B	1.69E+07	6.93E+05	07/19/12	35.1/26.1
118	B	1.81E+07	2.87E+06	07/19/12	35.1/26.1
119	B	1.01E+07	8.52E+05	07/19/12	35.1/26.1
120	B	9.91E+06	1.50E+06	07/19/12	35.1/26.1
121	B	5.28E+06	2.48E+06	09/05/12	33.2/24.6
122	B	2.52E+06	1.24E+06	09/05/12	33.2/24.6
123	B	7.87E+06	6.76E+06	09/05/12	33.2/24.6
124	B	5.74E+06	4.54E+06	09/05/12	33.2/24.6
125	B	3.00E+06	2.12E+06	09/05/12	33.2/24.6
126	B	4.86E+06	2.55E+06	09/05/12	33.2/24.6
127	B	3.47E+06	3.33E+06	09/05/12	33.2/24.6
128	B	3.61E+06	5.00E+06	09/05/12	33.2/24.6
129	B	3.76E+06	4.69E+06	09/05/12	33.2/24.6
130	B	2.70E+06	2.34E+06	09/05/12	33.2/24.6
131	B	9.72E+06	2.85E+06	09/07/12	31.3/23.8
132	B	1.00E+07	7.50E+06	09/07/12	31.3/23.8
133	B	1.44E+07	3.97E+06	09/07/12	31.3/23.8
134	B	1.01E+07	3.36E+06	09/07/12	31.3/23.8
135	B	8.15E+06	3.83E+06	09/07/12	31.3/23.8
136	B	4.35E+06	4.81E+06	09/07/12	31.3/23.8
137	B	7.96E+06	7.50E+06	09/07/12	31.3/23.8
138	B	1.02E+07	6.20E+06	09/07/12	31.3/23.8
139	B	7.41E+06	1.23E+06	09/07/12	31.3/23.8
140	B	6.48E+06	5.37E+06	09/07/12	31.3/23.8
141	B	1.27E+07	7.13E+06	09/10/12	33.1/26.3
142	B	1.99E+07	1.04E+07	09/10/12	33.1/26.3
143	B	1.12E+07	7.59E+06	09/10/12	33.1/26.3
144	B	1.03E+07	8.43E+06	09/10/12	33.1/26.3
145	B	2.22E+07	1.56E+07	09/10/12	33.1/26.3
146	B	2.32E+07	1.91E+07	09/10/12	33.1/26.3
147	B	9.44E+06	8.70E+06	09/10/12	33.1/26.3
148	B	1.12E+07	8.33E+06	09/10/12	33.1/26.3
149	B	1.92E+07	1.60E+07	09/10/12	33.1/26.3
150	B	2.41E+07	1.77E+07	09/10/12	33.1/26.3
151	B	2.83E+07	2.83E+07	09/11/12	33.5/25.7
152	B	1.64E+07	2.05E+07	09/11/12	33.5/25.7
153	B	5.19E+06	7.22E+06	09/11/12	33.5/25.7
154	B	1.45E+07	1.06E+07	09/11/12	33.5/25.7
155	B	1.52E+07	1.83E+07	09/11/12	33.5/25.7
156	B	2.31E+07	1.85E+07	09/11/12	33.5/25.7
157	B	1.31E+07	1.09E+07	09/11/12	33.5/25.7
158	B	1.31E+07	1.11E+07	09/11/12	33.5/25.7
159	B	1.45E+07	1.49E+07	09/11/12	33.5/25.7
160	B	1.12E+07	8.80E+06	09/11/12	33.5/25.7
161	C	6.48E+06	8.14E+05	09/12/12	32.9/24.4
162	C	7.22E+06	8.33E+05	09/12/12	32.9/24.4
163	C	1.13E+07	1.06E+06	09/12/12	32.9/24.4
164	C	5.37E+06	7.95E+05	09/12/12	32.9/24.4
165	C	7.50E+06	8.33E+05	09/12/12	32.9/24.4
166	C	9.35E+06	1.10E+06	09/12/12	32.9/24.4
167	C	3.15E+06	6.25E+05	09/12/12	32.9/24.4
168	C	6.48E+06	7.77E+05	09/12/12	32.9/24.4
169	C	9.72E+06	1.17E+06	09/12/12	32.9/24.4
170	C	5.56E+06	5.68E+05	09/12/12	32.9/24.4
171	C	4.81E+06	4.10E+05	09/14/12	32.1/26.4
172	C	4.44E+06	2.40E+05	09/14/12	32.1/26.4
173	C	3.46E+06	2.53E+05	09/14/12	32.1/26.4
174	C	6.48E+06	3.76E+06	09/14/12	32.1/26.4
175	C	4.81E+06	2.12E+06	09/14/12	32.1/26.4
176	C	8.89E+06	6.45E+06	09/14/12	32.1/26.4
177	C	6.30E+06	4.26E+06	09/14/12	32.1/26.4
178	C	5.83E+06	2.60E+06	09/14/12	32.1/26.4
179	C	4.44E+06	3.06E+06	09/14/12	32.1/26.4
180	C	5.46E+06	3.98E+06	09/14/12	32.1/26.4
SM	Total	1.04E+07	3.37E+06	-	-



表3. カイワレ大根代表検体における構成細菌叢の比較

Genus	農場A		農場B		農場C	
	6月(45-46)	7月(95-96)	6月(65-66)	7月(89-90)	6月(57-58)	7月(109-110)
<i>Acinetobacter</i>	3.76	21.70	6.36	15.49	5.11	4.60
<i>Arcicella</i>	0.04	0.01	5.73	4.04	0.00	0.00
<i>Chryseobacterium</i>	15.44	38.79	9.49	2.85	6.07	4.57
<i>Duganella</i>	27.92	22.43	9.94	2.46	23.14	24.58
<i>Flavobacterium</i>	0.41	0.27	20.76	12.56	0.49	0.34
<i>Janthinobacterium</i>	2.64	0.00	6.33	5.97	0.16	0.18
<i>Pseudomonas</i>	12.78	2.76	2.20	17.20	12.63	23.54
<i>Rhizobium</i>	2.30	1.41	4.55	0.91	8.79	0.20
<i>Shinella</i>	1.61	0.00	0.90	0.00	10.72	2.43
<i>Sphingobacterium</i>	0.11	0.52	5.97	2.06	0.95	0.57
<i>Sphingomonas</i>	4.40	0.77	0.46	0.78	5.29	6.35
<i>Stenotrophomonas</i>	0.58	1.73	9.49	13.81	14.55	11.05

冷凍食品の安全性確保のための微生物規格基準設定に関する研究

研究分担者 椿 広計 統計数理研究所 副所長 教授

研究要旨：

食品ロットに含まれる微生物数の計数データに関する不確かさ評価方式とそれを基にした抜取検査方式について、サーベイと検討を進めた。国際的に採用されている 2 クラス抜取検査、3 クラス抜取検査の数理をサーベイすると共に、計量抜取検査の OC(Operating Characteristic)曲線改善のために赤尾洋二が 1960 年代に提唱した圧縮限界の考え方の適用可能性を考察した。その結果、安全基準以外により緩い基準値を設定し、その両者に基づいて一般離散分布に基づく 3 クラス抜取検査を設計することで、2 クラス抜取検査より検出性能の高い抜取検査方式を設計できることが示された。現時点ではポアソン分布に基づく抜取検査方式の設計が実現している。

1. 食品安全に関わる検査設計方式導出の目的

微生物起因の食中毒リスクを低減するためには、菌数と重篤な食中毒発生事象に関する用量反応関係の把握と共に、菌数を対象とした抜取検査の設計が大きな問題となっている。この際、公衆衛生学上許容できないイベントリスク（重篤な食中毒を発症させる確率が一定確率以上となる）を与える菌数を非許容菌数  $n_R$  とし、抽出した  $m$  サンプル中この非許容菌数以上となるサンプルが 1 件でもあれば不合格とする方式[1]が食品安全分野で国民からその実行を許容される 2 クラス抜取検査方式となる。

しかし、この 2 クラス抜取検査方式は、同一検出力を確保するために必要なサンプル数が大きくなり、統計的には合理的な方法と言えない。このため、国民から許容される 3 クラス抜取検査方式を設計することが検出力向上あるいはサンプルサイズ削減のために必要となる。

本研究の目的は、この方式の検出力を上げるために社会的に許容される菌数  $n_A$  を定め

( $n_A < n_R$ )、この許容菌数より多い菌数となるサンプルが  $c$  件あっても不合格とする 3 クラス抜取検査を設計することである。

一方、この種の検査方式の背後には各サンプルでカウントされる菌数測定の不確かさの評価の 2 つの課題を明らかにする必要がある。

一つは、統計学の枠組みを超えて、国際度量衡委員会が ISO と共に 1993 年に刊行した「測定の不確かさの表現ガイド[2]」と統計的方法[3]の整合性[4]の問題である。第 2 のそして食品安全により直接かかわる問題は、計数値、特に度数データや比率データの不確かさ表示に関する統計的問題である。この第 2 の問題についての展望を明らかにすることも本研究の目的である。

2. 計数データの不確かさに関わる問題の調査

国際的には計数データの不確かさ評価については、国際標準化機構の ISO TC69「統計的方法の適用」 SC6「精度管理」で議論されており、現時点でも各国の合意に基づく規格原案が得ら

れていないことが分かった。

2005年に質的データ(度数、比率など)の不確かさ評価に関わる原案作成をフランスが提唱したが原案作成に至らず、日本(鈴木知雄東京理科大学教授)がその作業を引き継ぐ形になっている。

計数データの不確かさ表示に関する統計的困難が、何かはほぼ明らかである。すなわち、量的変数の従う確率分布として代表的である正規分布には、平均に関わる母数(位置母数) $\mu$ (平均)とばらつきに関わる母数 $\sigma$ (標準偏差)が存在し、両者を実験的に推定することが可能である。その母数は、正規分布を想定した最尤法などで求められることは勿論、最尤推定量が分布形の想定に依存しない、素朴なモーメント推定量とも一致するために、汎用的統計手法[5]と見なすことができたのである。

これに対して、度数分布として、食品安全分野でもよく用いられてきたポアソン分布は、平均 $\mu$ が定まると分散は $\mu$ と一意的に定まり、ばらつきに関する母数を導入することは不可能である。比率の代表分布である二項分布にも同様の問題がある。この問題を解決するために、平均 $\mu$ 、分散 $\sigma^2\mu$ といった確率モデルを導入しようとする、その最尤推定量は決して単純なモーメント法には帰着できないことも数学的に証明されている。実務的には安全側の処置であるモーメント法(擬似最尤法)で全ての問題を取り扱おうとすると、対応する確率評価が不可能という批判をうけることになる。

### 3. 食品安全に関わる不確かさ評価方法

本研究は、ポアソン分布に代わり、一般化線形モデルの混合効果モデル(Mixed Effect Model)として正当化可能な「負の二項分布」に基づく不確かさ体系構築が必要と結論する。何故ならば、負の二項分布は、平均 $\mu$ のとき、分散は $\mu + \phi\mu^2$ という性質をもち、 $\phi=0$ の特別な場合がポアソン分布となる。

各測定値の平均 $\mu$ 自体がガンマ分布に従う揺らぎを持っているとき、その度数分布が負の二項分布となり、その揺らぎの程度を表すのが母数 $\phi$ であり、正規分布の分散とほぼ同じ役割を果たすこととなっている。

また、負の二項分布の $\mu$ に関する最尤推定はモーメント法となる点、ガンマ分布についても最尤推定はモーメント法として解釈できることから、量的データの不確かさで用いられる分散成分模型をこのガンマ分布の推論として定式化すれば、正規分布同様、分布形の仮定が本質的なものとならず、応用上利用しやすい分布と考える。

ただし、この種の統計的方法論の応用可能性については、食品分野の実データなどでの検証を通じて行われるべきものであり、多くの問題は、今日的課題と言わざるを得ない。

### 4. 3 クラス抜取検査方式の Operating Characteristics 評価のための方法と設計理論

菌数 $N$ がある離散確率分布に従っているとすると、3クラス検査方式の合格確率は、抽出した $m$ サンプルすべての菌数が $n_R$ 未満かつ、 $m$ サンプル中 $c$ 個未満のサンプルの菌数 $n_A$ 未満となる確率となる。

そこで、期待値 $\mu$ の一般的な離散分布において、

$$P(\mu) = \Pr(N \geq n_R),$$

$$Q(\mu) = \Pr(n_A < N < n_R)$$

とおけば、合格確率 $P_A(\mu, m, c, n_A)$ は、

$$\begin{aligned} P_A(\mu, m, c, n_A) &= \\ & (1 - P(\mu))^m \sum_{k=0, \dots, c-1} m C_k \{Q(\mu)/(1-P(\mu))\}^k \\ & \times \{(1-P(\mu)-Q(\mu))/(1-P(\mu))\}^{m-k} \\ & = \sum_{k=0, \dots, c-1} m C_k Q(\mu)^k \{1-P(\mu)-Q(\mu)\}^{m-k} \end{aligned}$$

となる。本研究は、サンプルの母菌数分布が様々な期待値 $\mu$ のポアソン分布に従うとし、 $n_R$ が用

量反応関係より定められていると仮定して、上記の確率評価方法を用いて3クラス抜取検査方式を設計した。

ロットの合否判定に対する合理的な要請は、期待値  $\mu$  のポアソン分布の下で、 $n_R$  以上の菌数となるサンプルが確率  $\alpha$ 、例えば、1/10 以上となるロットを棄却すべきロットとして、 $P(\mu_\alpha) = \alpha$  となる状況でロット合格確率を一定確率  $\delta$ 、例えば 0.05 以下に抑えることである。この条件を満たす  $\mu$  を  $\mu_\alpha$  と記すこととする。一方、 $n_R$  以上の菌数となるサンプルが確率  $\beta$ 、例えば 1/100000 以下となるロットを受容すべきロットとして、 $P(\mu_\beta) = \beta$  となる状況でロット合格確率を一定確率  $\varepsilon$  以上、例えば 0.95 以上にすることが必要がある。

この方式は、わが国が開発した規準型抜取検査方式の設計方針であり、この  $\mu_\alpha$  という期待値に対して、上記の制約条件を満たす3クラス検査方式の中で、 $n_R$  が与えられたとき、最もサンプル抽出数  $m$  の小さくなる  $c$ 、 $n_A$  の組み合わせを求めることとなる。

従って、 $\gamma(\mu) = Q(\mu)/(1-P(\mu))$  とおけば、 $m$  を与えた時、

$$(1-\alpha)^m \sum_{k=0, \dots, c-1} {}_m C_k \gamma(\mu_\alpha)^k \{1-\gamma(\mu_\alpha)\}^{m-k}$$

は、 $c$  と  $\gamma$  について、できるだけ小さくなるように

$$(1-\beta)^m \sum_{k=0, \dots, c-1} {}_m C_k \gamma(\mu_\beta)^k \{1-\gamma(\mu_\beta)\}^{m-k}$$

は、 $c$  と  $\gamma$  についてできるだけ大きくなるような検査方式を設計した上で、合格率に関する確率的制約、すなわち  $\delta$  と  $\varepsilon$  に関する要請が満たされなければならない。この、制約付き最適化問題は、多目的最適化問題であり一意解をもつわけではない。従って、本研究では国際標準化機構が開発した許容すべき水準のみを規定する検査方式を実際に設計することとした。

許容すべき水準（抜取検査方式でいう AQL; Acceptable Quality Level）のみを設定することだけを規定する抜取検査方式を採用すると[6]と、 $c$  と  $\gamma$  について、下記の合格確率を一定確率  $\varepsilon$  以上とすることが問題になる。

$$(1-\beta)^m \sum_{k=0, \dots, c-1} {}_m C_k \gamma(\mu_\beta)^k \{1-\gamma(\mu_\beta)\}^{m-k}$$

本来は、AQL は  $n_R$  と共に社会的に設定する必要があるが、これを  $n_R$  との関係性、すなわち上記  $\beta$  を設定することで便宜的に定めることも可能である。

例えば、 $n_R=1000$  と想定したとき、 $\beta=10^{-5}$  と設定すると、受容すべきポアソン分布の期待値は 868 となる。すなわち、期待値 868 のポアソン分布の、上側  $10^{-5}$  点 (0.001%点) がほぼ 1000 となる。

ここで、サンプル数  $m$  を 10、AQL の受容確率  $\varepsilon$  を 95%以上に設定すると、この制約を満たす  $c$  と最小の  $n_A$  との組み合わせは表 1 のようになる。

表 1 にはこの  $c$  と最小の  $n_A$  の組み合わせ、並びにロット平均が 1000 の時の棄却確率も記載した。この種の作業を  $m$  を変動させ、包括的に行う事で所望の抜取検査方式を設計することが可能となる。この方式は  $c \geq 9$  では、AQL である 868 よりも閾値  $n_A$  が低くなり、品質機能展開の提唱者として国際的にも著名な赤尾洋二（山梨大学名誉教授）が 1958 年に提唱し、2000 年代以降国際的にも検討が開始された圧縮限界を有する計数検査[7]と類似の構造を持つことは、興味深い。社会的説明においても  $n_A$  という第 2 の閾値が十分小さくなっていることは  $\delta$  が十分 0 に近い限り説明しやすいものと思われる。

## 5. 結論と考察

4章の検討によれば、ロットから 10 サンプルを抽出し 1000 個以上の菌が含まれるサンプルが 1 個でもあれば不合格とする 2 クラス抜取検査で

用いる安全基準に加えて、全サンプルが 849～999 個の菌を含んだ場合には不合格といった、新たな判定基準を追加する 3 クラス抜取検査方式を用いることは、抜取検査の性能を改善するという意味で、統計的には合理的である。

表 1  $n_R=1000$ 、 $m=10$ 、 $\mu_{0.99999}=868$ 、 $\varepsilon=0.95$  としたときの  $c$  と  $\max n_A$ 、並びに  $\mu=1000$  に対する棄却確率  $\delta$

$C$	$n_A$	$\delta$
1	945	1.00
2	921	1.00
3	908	1.00
4	899	1.00
5	891	1.00
6	883	1.00
7	876	1.00
8	868	1.00
9	860	1.00
10	849	1.00

加えて、公衆衛生上の目標となる 1000 と共に、食品安全管理上の業者目標 793 (圧縮限界) が明確に意識されることになるという意味でも有用と考える。

更に、10 サンプルの内半数の 5 個以上が 891～999 個の菌を含んだ場合には不合格といった、判定基準を追加する 3 クラス抜取検査方式は更に消費者危険を小さくすることが可能であるが、生産者側からするとその達成を確実にすることは難しいこと、第 2 の限界が若干上がることについての消費者の不安という 2 点を十分議論する必要はある。この方式は、現在特別な数値について検討しただけであるが、一般的評価アルゴリズムと Operating Characteristics 曲線を出力するアルゴリズムを統計ソフト R 上で開発済みであるので、菌数と発症に関する Dose Response 関係が同定されれば、食品安全専門家との協業

のもとで、適切な 3 クラス抜取検査を設計できると考える。

今後、3 章の不確かさ評価方式の結果から導かれる負の二項分布に基づく 3 クラス抜取検査方式を設計することも必要である。そのためには、実際に食品ロット菌数のバラつきに関わる母数  $\phi$  の共同実験などによる推定が必要となる。実際、抜取検査方式自体が  $\phi$  に依存するという大きな問題を解決する必要が実用性のためには必要である。ただし理論的には、2 段抜取検査、すなわち第一段の抜取は  $\phi$  の推定の為におこない、第 2 段の抜取検査で合否を判断するという方式の開発も可能である。

#### 参考文献

- [1] ISO/ TC69/ SC5 (2006) ISO 18414:2006 *Acceptance sampling procedures by attributes -- Accept-zero sampling system based on credit principle for controlling outgoing quality.*
- [2] BIPM/IEC/IFCC/ICO/IUPAC/OIML (1993) *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, ISO.
- [3] 日本工業標準調査会(1999) JIS Z 8402-1 測定方法及び測定結果の精確さ (真度及び精度) — 第 1 部: 一般的な原理及び定義、日本規格協会.
- [4] 日本工業標準調査会(2006) JIS Z 8404-1 測定の不確かさ—第 1 部: 測定の不確かさ評価における併行制度、再現精度及び真度の推定値の利用の指針、日本規格協会.
- [5] MuCullagh, P. and Nelder, J.A. (1989) *Generalized Linear Models*, Chapman and Hall.
- [6] ISO/ TC 69/ SC5 (1999) ISO 2859-1:1999 *Sampling procedures for inspection by attributes -- Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*
- [7] 赤尾洋二(1958) 圧縮限界を利用した計数規準型 1 回抜取検査, 品質管理誌報文集, Vol. 9, pp.99-101.

## 冷凍食品の安全性確保のための微生物規格基準設定に関する研究

研究分担者 大西 俊郎 九州大学 経済学研究院 准教授

### 研究要旨

1. 2 階級および 3 階級サンプリングプランが、同じ生産者リスクをもつ統計的仮説検定の中で消費者リスクを最小にするという意味で最適な検定方式になっていることを示した。
2. サンプリングプランを数理ソフトウェアでプログラム化し、OC 曲線・OC 曲面のグラフを描画できるようにした。汚染濃度に正規分布を仮定した場合のサンプリングプランを数理ソフトウェアでプログラム化し、様々な設定の下で平均汚染濃度 vs ロット合格率のグラフを描画できるようにした。
3. サンプリングプランを実装することを意識して、サンプリングプランの構築・評価というスキームを統計学的見地から考察し、数理ソフトウェア上で表現した。

### A. 目的

食品の安全性確保のための微生物規格基準では 2 階級あるいは 3 階級サンプリングプランが用いられている。

- 2 階級サンプリングプラン サンプルを汚染濃度に応じて acceptable および defective という 2 属性の階級に分け、ロットから抽出した  $n$  個のサンプルのうち defective なサンプルの個数が所与の値  $c$  以下のときにロットを合格と判定する。
- 3 階級サンプリングプラン サンプルを acceptable, marginally acceptable および defective の 3 属性の階級に分ける。ロットを合格と判定するのは、抽出した  $n$  個のサンプルのうち defective なサンプルが 0 個、かつ、marginally acceptable なサンプルが所与の値  $c$  以下のときだけである。

これらのサンプリングプランにおける数理を統計学的見地から検討することが目的である。

### B. 方法

1. 統計家としての観点から微生物規格基準に関する文献を調べる。
2. 食品の安全性科学の研究集会などに参加し、研究手法を調査する。

3. 数理ソフトウェアを使ってサンプリングプランの特性を視覚的に明らかにし、シミュレーションを行う。

4. ワークショップのオーガナイズし、食品の安全性科学の専門家と情報を交換する。

### C. 結果

1. 2 階級および 3 階級サンプリングプランが統計的仮説検定における尤度比検定として導出されることを示した。ネイマン・ピアソンの補題により、生産者リスクが同一の統計的仮説検定の中で消費者リスクを最小化する検定方式となっていることが分かる。生産者リスクおよび消費者リスクはそれぞれ統計的仮説検定における第 1 種および第 2 種の過誤の確率である。
2. サンプル群における微生物濃度の幾何平均が対数正規分布に従うことが知られている。この経験的事実を微分方程式および中心極限定理を用いて説明した。また、微生物濃度の確率分布に基づく 2 階級および 3 階級サンプリングプランの表現を求めた。
3. 2 階級サンプリングプランは通常、2 項分布を用いてモデル化される。Defective なサンプルの

割合  $p_d$  とすると、ロットの合格率  $A(p_d; n, c)$  は 2 項分布を使って計算できる。  $n, c$  を固定して  $A(p_d; n, c)$  を  $p_d$  の関数としてグラフ表示したものは OC 曲線と呼ばれる。同様に、3 階級サンプリングプランにおけるロットの合格率  $A(p_d, p_m; n, c)$  は 3 項分布を使って計算できる。ここで、  $p_m$  は marginal acceptable なサンプルの割合である。  $A(p_d, p_m; n, c)$  をグラフ表示したものは OC 曲面と呼ばれる。

サンプリングプランの特性はこの OC 曲線・OC 曲面から分かる。数理解析ソフトウェア mathematica でサンプリングプランの OC 曲線・OC 曲面を描画するプログラムを作成した。

2 項分布・3 項分布を用いたモデルはロットが非常に大きいと仮定している。実際のロットは有限であるから、これは近似である。厳密化するには、2 項分布を超幾何分布に、3 項分布を 2 変量超幾何分布に修正する必要がある。超幾何分布または 2 変量超幾何分布を用いた時の OC 曲線・OC 曲面を描画するプログラムも作成した。興味深いことに近似を用いることは本来の厳密なモデルを過小評価する傾向があることが分かった。

4. 3 階級サンプリングプランで説明する。Defective, marginal acceptable の判定はサンプルの汚染濃度がそれぞれしきい値  $M, m$  を超えるかどうかで行われる。サンプルの汚染濃度（正確には汚染濃度の対数）は正規分布  $N(\mu, \sigma^2)$  を使ってモデル化できる。ここで、  $\mu$  および  $\sigma^2$  はそれぞれ平均および分散である。項目 3 で述べた  $p_d$  および  $p_m$  は  $\mu, \sigma^2, M, m$  を使って表現できるので、ロットの合格率  $A(p_d, p_m; n, c)$  は  $\mu, \sigma^2, M, m, n, c$  の関数となることが分かる。変数が 3 つ以上なのでグラフ化するには工夫が必要である。合格率を  $\mu$  の関数としてグラフを描画するプログラムを作成した。その他の変数はパラメータとして扱い、パラメータが変化するとグラフがどのように移動するかが分かるようなプログラムとなっている。
5. Food Safety Objective (FSO) によるリスク管理のモデルでは、汚染濃度の変化を 3 つのフェーズ—(1) 初期状態における汚染, (2) 加熱などによる汚染の低減, (3) 流通過程における汚染の増加—に分け、それぞれに正規分布を仮定する。これを数理ソフトウェアでプログラム化した。

6. サンプリングプランを実装することを意識し、サンプリングプランの構築・評価を次の 5 つのフェーズに分解し、それぞれ数理ソフトウェア上で表現した。

- (a) 汚染濃度のモデリング： ある微生物の汚染濃度（対数単位）が正規分布  $N(\mu, \sigma^2)$  に従うと仮定する。もちろん、  $(\mu, \sigma^2)$  は未知パラメータである。
- (b) データに基づくパラメータ推定： データに基づいて  $(\mu, \sigma^2)$  を推定する。例えば最尤推定が考えられる。適切な事前分布に基づき Bayes 推定することも考えられる。
- (c) OC 曲線の描画： 推定値に基づき、臨界値 vs ロット合格率のグラフを描画する。
- (d) OC 曲線のずれを定量化： 推定値と真値は一般に異なる。このずれによる OC 曲線のずれを描画する。
- (e) ロット合格率の確率分布の評価： もし事前分布を仮定していると、ロット合格率に対する確率分布を評価できる。

#### D. 考察

Bayes 統計学の枠組みで捉えるのがよいと考えている。Bayes 統計学と従来の統計学（頻度主義の統計学と言われる）の違いは、推定すべきパラメータも確率変数だと考え、これに対して確率分布を仮定する点である。これは事前分布と呼ばれ、パラメータに関して我々が持っている事前情報を組み込むことができる。モデルが複雑になると Bayes 統計学が頻度主義の統計学を優越することが知られている。

2 階級および 3 階級サンプリングプランは 2 項分布および 3 項分布に基づく統計的推測である。2 項分布であれば、ベータ分布を事前分布として仮定すると比較的簡単な演算で推定を行うことができる。普通、Bayes 統計学では推定においてマルコフチェーン・モンテカルロ法などの技法が必要になってくるが、2 項分布とベータ分布の組み合わせの場合には代数的な演算で推定可能である。したがって実装も比較的容易である。

C. 結果 第 6 項で述べた内容は対象菌の濃度を測定する場合である。実際にはすべての菌の濃度を測定することは実務的に不可能である。何らかの形で指標菌を設定し、指標菌の濃度から対象菌の濃度を推定しなければいけない。このような場合には多変量正規分

布を仮定することになる。

#### E. 結論

Bayes 統計学の枠組みで捉え、サンプリングプランを定期的に評価を行い、更新していくべきである。



厚生労働科学研究費補助金（食品の安心・安全確保推進研究事業）  
冷凍食品の安全性確保のための微生物規格基準設定に関する研究  
平成22年度-24年度 総合分担研究報告書

寄生虫による汚染に関する研究

研究分担者	杉山 広	国立感染症研究所寄生動物部
協力研究者	柴田勝優	国立感染症研究所寄生動物部
協力研究者	武藤麻紀	国立感染症研究所寄生動物部
協力研究者	森嶋康之	国立感染症研究所寄生動物部
協力研究者	平 健介	麻布大学生命・獣医学部
協力研究者	鈴木 淳	東京都健康安全研究センター
協力研究者	長谷川専	株式会社 三菱総合研究所

研究要旨：食品媒介の寄生虫症は、「飲食に起因する健康被害」の具体的な例であり、「食中毒」としてその発生を防止する必要があることから、食品衛生に係わる各種の法令が重要な役割を果たすと期待される。このような法令の中から、初年度は「食品衛生法」、次年度は「と畜場法」と「食鳥検査法」、そして最終年度は「植物防疫法」と「家畜伝染病予防法」を選び、これらに相当する国際機関や諸外国の法令を検索して、我が国の法令との比較を行なった。まず「食品衛生法」に関する国際比較により、寄生虫に係る規格基準を定めていないことが、我が国の法令の欠陥的特徴であると分かった。さらに食肉については、微生物（細菌等）に関する成分規格が「食品衛生法」に定められていなかった。これを補填する内容を「と畜場法・食鳥検査法」に探したが、見当たらなかった。このように寄生虫・微生物に関する成分規格が「と畜場・食鳥処理場」関連の法令に定められていないのは、諸外国も我が国と同様であった。「植物防疫法」や「家畜伝染病予防法」は、植物や家畜の伝染性疾患の国内侵入を防ぐための根幹となるが、輸入食品の安全性の確保は、検疫の場においても基本的には「食品衛生法」に委ねられていた。食品媒介寄生虫に対する食品衛生上の対応が必要な現状にあっては、やはり「食品衛生法」において寄生虫に係る規格基準を定める必要があると考えられた。本研究班の命題は「冷凍食品の安全性確保」であるので、「冷凍」という手段で、食品媒介寄生虫による健康被害が効果的に防止できるのか、先ず文献調査を実施した。その結果、食品媒介種として重要な原虫・蠕虫の多くは、これらを死滅に導く冷凍条件が既に確認されていた。その条件の例としては、アメリカ食品医薬品局やコーデックス委員会が水産物の寄生虫に係る処理基準とした $-20^{\circ}\text{C}$ 以下・7日間以上を挙げることができた。そこで我が国で食中毒事故の発生が目立つ肺吸虫と、その多発が懸念される猫回虫を材料に実際に検討し、上に示した条件の冷凍で、十分に感染が予防され得るであろうことを検証した。更に食品における寄生蠕虫の汚染が広範に見られ、

我々が常に感染の危機に見舞われている事実を確認するため、マサバとゴマサバを検索した。その結果、いずれの魚種においても可食部の筋肉に、人体寄生性のアニサキスが証明された。キンメダイのような深海魚を調べたところ、サバに認めた虫種とは異なる人体寄生種のアニサキスが多数寄生していた。シメサバやチャンジャなどの加工食品にもアニサキスが証明された。加工食品のアニサキスは死滅しており、感染の危険性はないが、アニサキス・アレルギーなどの健康被害の原因になり得ることから、対策が必要と考えられた。

## A. 研究目的

寄生虫による食品汚染に関する研究に、本研究班で取り組んだ。食品媒介の寄生虫症は、「飲食に起因する健康被害」、すなわち「食中毒」の具体的な例であることから、その発生を防止するには、食品衛生に係わる各種の法令が重要な役割を果たす。このような法令の中から、初年度は「食品衛生法」、次年度は「と畜場法」と「食鳥検査法」、そして最終年度は「植物防疫法」と「家畜伝染病予防法」を選び、これらに相当する国際機関や諸外国の法令と我が国の法令とを比較し、食品中の寄生虫に関する規格基準や寄生虫に対する食品の検査法等の情報を抽出・整理した。また汚染食品の「冷凍」で寄生虫の感染を予防するための条件（温度・時間）に関する成績を集積した。更に、寄生虫による食品汚染の実態調査を実施した。

## B. 研究方法

### 1. 食品衛生に係わる各種法令の国際比較

調査対象の機関としてコーデックス委員会 (Codex)、国際獣疫事務局 (OIE) および欧州連合 (EU) を、また対象国としてアメリカ合衆国 (米国)、オーストラリア、ニュージーランド、および韓国を選んだ。これらの機関・国の公開資料を入手し、食品および輸入食品の寄生虫・微生物に係る規格基準に関する情報を収集した。また、と畜検査や食品の輸入検疫時の検査対象となる病原体・疾患、判定基準、廃棄等の措置、検査員の資格要件を検索・整理・解析した。

### 2. 寄生原虫・寄生蠕虫の冷凍耐性に関する

## 調査・研究

### 2-1. 寄生原虫・寄生蠕虫を殺滅する冷凍条件についての文献調査

寄生原虫・寄生蠕虫を殺滅するための食品の冷凍条件について、PubMed および医学中央雑誌等を検索し、関連の原著論文を抽出した。

### 2-2. 寄生虫の殺滅に有効な冷凍条件に関する研究

肺吸虫は我が国では年間 40 例以上の症例報告が続く重要な食品媒介寄生蠕虫である。主な感染源はサワガニなので、サワガニを冷凍処理し、体内のウェステルマン肺吸虫および宮崎肺吸虫が感染能力を失うかを調べた。国際食品微生物規格委員会 (ICMSF) のリストに取り上げられながらも、冷凍耐性に関する検討が進んでいない *Toxocara* 属の猫回虫について、虫体殺滅に有効な冷凍条件を調べた。

### 3. 寄生虫による食品汚染に関する調査研究

#### 3-1. マサバ、ゴマサバおよびキンメダイにおけるアニサキスの寄生状況

「サバ」はアニサキスの感染源として重要な魚種であるが、ゴマサバ *Scomber australasicus* のアニサキスに関する検査成績は乏しい。そこで同時期に同一海域で漁獲されたマサバ *S. japonicus* と同時にゴマサバの検査を実施し、得られた成績を比較した。検出虫体を顕微鏡下で形態観察し、アニサキス I 型幼虫を選別した後、個体別に DNA を調製し、リボソーム DNA の ITS 領域を PCR 増幅した。増幅産物の制限酵素切断 (PCR-RFLP) とシーケンシングを行ない、虫種が *Anisakis simplex* (以下 As, 本邦の主要人体寄生種) であるのか、*A. pegreffii* (以下 Ap, スペインでの人体寄生種、我が国ではほとんど症例

報告なし) であるかを分子同定により明らかにした。

### 3-2. キンメダイにおけるアニサキスの寄生状況

深海魚であるキンメダイを対象に、アニサキスの寄生状況を調べた。虫体は視認で検出し、鮮魚由来のアニサキス虫体と同様の方法で種同定した。

### 3-3. サバ等の加工食品からのアニサキスの検出状況

シメサバ、塩サバ(干物)等のサバ加工品やチャンジャ(タラ内臓の発酵食品)を対象に、アニサキスの汚染状況を調べた。虫体は目視で確認し、鮮魚由来のアニサキス虫体と同様の方法で種同定した。

## C. 研究結果

### 1. 食品衛生に係わる各種法令の国際比較

「食品衛生法」に関する国際比較により、寄生虫に係る食品の規格基準が一切、定められていないことが、我が国の法令の欠陥的特徴であると分かった。さらに食肉については、「食品衛生法」に微生物(細菌等)に関する成分規格が定められていなかった。これを補填する内容を「と畜場法・食鳥検査法」に探したが、見当たらなかった。このように寄生虫・微生物に関する成分規格が「と畜場・食鳥処理場」関連の法令に定められていないのは、諸外国も我が国と同様であった。「植物防疫法」や「家畜伝染病予防法」は、植物や家畜の伝染性疾患の侵入を防ぐための根幹となるが、輸入食品の安全性の確保は、検疫の場でも基本的には「食品衛生法」に委ねられていた。

(三菱総合研究所委託報告書・参照)

### 2. 寄生原虫・寄生蠕虫の冷凍耐性に関する調査・研究

#### 2-1. 寄生原虫・寄生蠕虫を殺滅する冷凍条件についての文献調査

文献検索の結果、食品媒介種として重要な寄生虫の多くは、原虫・蠕虫を問わず、冷凍による虫体殺滅の条件が既に検討されていた。例えば、国際食品微生物規格委員会(ICMSF)により危害要因としてリストアップされた原虫6種類のうち5種類、また蠕虫5種類のうち4種類については、既に冷凍の条件が検討されていた(表1)。概して言えば、アメリカ食品医薬品局やCodexが水産物の寄生虫に係る処理基準とした条件、すなわち $-20^{\circ}\text{C}$ 以下・7日間以上の冷凍が、水産物以外の食品を汚染する寄生虫に対しても、殺滅に向けて有効に作用すると考えられた。

#### 2-2. 寄生虫の殺滅に有効な冷凍条件に関する研究

ウェステルマン肺吸虫の感染は、中間宿主サワガニを喫食前に、 $-18^{\circ}\text{C}$ で100分間、あるいは $-80^{\circ}\text{C}$ で50分間冷凍すれば、予防できることを明らかにした。猫回虫の感染は、感染源となる待機宿主ニワトリの汚染筋肉を、 $-25^{\circ}\text{C}$ で12時間、喫食前に冷凍すれば予防できることを明らかにした。

### 3. 寄生虫による食品汚染に関する調査研究

#### 3-1. マサバおよびゴマサバにおけるアニサキス同胞種の寄生状況

駿河湾のマサバおよびゴマサバ由来のアニサキスI型幼虫はAsで、一部は筋肉から検出された。東シナ海のマサバおよびゴマサバ由来のアニサキスI型幼虫はApで、総て内臓から検出された。

#### 3-2. キンメダイにおけるアニサキスの寄生状況

深海魚であるキンメダイを調べたところ、サバに認めた虫種とは異なる人体寄生性のアニサキス*A. physeteris*が多数寄生していた。

#### 3-3. サバ等の加工食品からのアニサキスの検出状況

シメサバの12%、塩サバの3%、またチャンジャは検体の総てから、アニサキスAsが検出された。さつま揚げの6%から、Asの遺伝子が検出された。

表1. 寄生原虫・寄生蠕虫の殺滅に有効な冷凍条件に関する文献調査

寄生虫		食品種 <sup>b)</sup>	処理		生死判断 <sup>c)</sup>	参考文献
種 (学名・和名)	発育期 <sup>a)</sup>		温度(°C)	時間		
<i>Toxoplasma gondii</i> トキソプラズマ	S0c	-	-80	20日	感染実験	山浦 (1976) [28]
	U0c	-	-80	1日	発育試験	
	シスト	豚肉	-12.4	-	感染実験	Kotula <i>et al.</i> (1991) [14]
<i>Pentatrichomonas hominis</i> 腸トリコモナス	Tp	-	-15	1日	-	深沢ら (1964) [8]
		豚肉、豚肝	-15	1日	-	
<i>Cryptosporidium parvum</i> クリプトスポリジウム	オーシスト	-	-11	60分	発育試験	桑原 (1931) [16]
		-	-15	168時間	感染実験	Fayer & Nerad (1996) [7]
<i>Cyclospora cayetanensis</i> サイクロスポーラ	オーシスト	-	-20	24時間	感染実験	Sterling & Ortega (1999) [22]
		-	-20	24時間	発育試験	
<i>Giardia duodenalis</i> ジアルジア	シスト	-	-20	1時間	感染実験	Mahbubani <i>et al.</i> (1991) [18]
<i>Sarcocystis fayeri</i> フェイヤー住肉胞子虫	シスト (ブラディゾイド)	馬肉	-20	48時間	形態観察	鎌田 (2012) [11]
<i>Kudoa septempunctata</i> ナナホシクドア	クドア胞子	ヒラメ	-15~-20	4時間	-	温泉川 (2012) [30]
<i>Clonorchis sinensis</i> 肝吸虫	Mc	-	-12	20日	感染実験	Fan (1998) [6]
		-	-20	7日	-	
<i>Paragonimus westermani</i> 肺吸虫	Mc	-	-13	2日	形態観察	津田 (1959) [26]
		-	-40	30分	-	
		サワガニ	-18	100分	感染実験	杉山ら (2012) [23]
<i>Diphyllobothrium latum</i> 広節裂頭条虫	Pc	魚	-18	24時間	形態観察	Salminen (1970) [20]
<i>D. nihonkaiense</i> 日本海裂頭条虫	Pc	-	-8	12時間	-	Eguchi (1929) [5]
		マス	-8	12時間	-	
		魚(マス)	-10	6時間	-	妹尾ら (1925) [3]
		魚(マス)	-17.5	5日	感染実験	
<i>Taenia saginata</i> 無鉤条虫	Pc	牛肉	-5	15日	形態観察	Hilwig <i>et al.</i> (1978) [10]
		牛肉	-10	9日	形態観察	
		牛肉	-20	6日	形態観察	
<i>Taenia solium</i> 有鉤条虫	囊虫	豚肉	-5	4日	感染実験	Sotelo <i>et al.</i> (1986) [21]
		豚肉	-15	3日	感染実験	
		豚肉	-24	1日	感染実験	
<i>Ascaris lumbricoides</i> 人回虫	虫卵	-	-21	120日	発育試験	山崎 (1954) [29]
<i>Toxocara cati</i> 猫回虫	幼虫	鶏肉	-25	12時間	感染実験	Taira <i>et al.</i> (2012) [24]
		-	-15	1日	形態観察	川田 (1968) [12]
<i>Anisakis simplex</i> アニサキス	幼虫	-	-20	4時間	形態観察	Gustafson (1953) [9]
		魚(ニシン)	-17	15時間	形態観察	
		魚(マサバ・筋肉)	-20	14時間	感染実験	山田 (1971) [27]
		魚(スケトウダラ・内臓)	-20	48時間	形態観察	
<i>Pseudoterranova decipiens</i> シュードテラノバ	幼虫	魚	-5	96時間	-	Bier (1976) [4]
		魚	-10	17時間	-	
		魚	-20	16.5時間	-	
<i>Ancylostoma duodenale</i> ビズニ鉤虫	虫卵	-	-5	9時間	-	小林ら (1959) [13]
<i>Gnathostoma binucleatum</i> 二核顎口虫	幼虫	魚(鯰・鰻)	-10	48時間	形態観察	Alvarez-Guerrero & Aiba-Hurtado (2011) [2]
<i>Crassicauda giliakiana</i> 旋尾線虫 (Type X 幼虫)	幼虫	魚(ホタルイカ)	-32	60分	形態観察	Akao <i>et al.</i> (1995) [1]
<i>Trichinella britovi</i> 旋毛虫	幼虫	猪肉	-21	1週間	感染実験	Laour <i>et al.</i> (2013) [17]
<i>Trichinella nativa</i> 旋毛虫	幼虫	豚肉	-18	161日	感染実験	Theodoropoulos <i>et al.</i> (2000) [25]
<i>Trichinella spiralis</i> 旋毛虫	幼虫	豚肉	-20.7	82時間	感染実験	Kotula <i>et al.</i> (1990) [15]
		豚肉	-17.8	106時間	感染実験	

a) S0c: 胞子形成オーシスト; U0c: 胞子未形成オーシスト; Tp: トロフォゾイト; Mc: メタセルカリア; Pc: プレロセルコイド

b) -: 食品から寄生虫を分離して検査に使用

c) -: 文献中に判断方法の記述なし