

福島第一原発事故直後の福島県周辺の農地土壌における放射性物質濃度

著者	木方 展治, 大瀬 健嗣, 谷山 一郎
雑誌名	農業環境技術研究所報告
巻	34
ページ	23-28
発行年	2015-03
URL	http://doi.org/10.24514/00003007

doi: 10.24514/00003007

農環研報 34,
23-28 (2015)

福島第一原発事故直後の福島県周辺の 農地土壌における放射性物質濃度

Concentration of radioactive materials of agricultural soil in surrounding area of Fukushima prefecture just after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident

木方展治*・大瀬健嗣**・谷山一郎***

(平成26年12月2日受理)

Synopsis :

The authors measured concentration of ^{131}I , ^{134}Cs and ^{137}Cs in agricultural soil (0–15 cm) which were sampled in Miyagi, Ibaraki, Tochigi, Gunma, Saitama, Chiba and Kanagawa Prefecture on the basis of the request of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) and the prefectural governments just after accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) from March 25 to April 2, 2011. Fukushima Prefecture, where the FDNPP is located, and northern Ibaraki Prefecture were not included. This paper shows the data of ^{134}Cs and ^{137}Cs including ^{131}I which are unpublished.

The ranges of ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , radioactive Cs ($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$) are from 18.1 to 2600 Bq kg⁻¹, from 5.8 to 1980 Bq kg⁻¹, from 7.0 to 2060 Bq kg⁻¹, from 12.8 to 4040 Bq kg⁻¹, respectively. In general the concentrations are high in southern Miyagi, middle Ibaraki and northern Tochigi Prefecture where are near to the FDNPP.

The range of $^{131}\text{I} / ^{137}\text{Cs}$ concentration ratio shows the large difference from 0.76 to 11.9. The averages of the ratio in each prefectures are 3.71 in Miyagi Prefecture, 6.10 in Ibaraki Prefecture, 2.94 in Tochigi Prefecture, 2.11 in Gunma Prefecture, 3.28 in Saitama Prefecture, 4.03 in Chiba Prefecture and 3.50 Kanagawa Prefecture. This results shows the $^{131}\text{I} / ^{137}\text{Cs}$ ratio at the areas is deferent with the time of passing of radioactive plume and the weather at deposition.

The average $^{134}\text{Cs} / ^{137}\text{Cs}$ ratio as 0.92 in Tochigi Prefecture is lower than the value as 0.96 and 0.97 in Ibaraki and Tochigi Prefecture respectively. However it is difficult to conclude that there is difference $^{134}\text{Cs} / ^{137}\text{Cs}$ ratio between the prefectures in low radioactive Cs concentration.

* 土壤環境研究領域

** 元土壤環境研究領域、現福島大学

*** 元研究コーディネータ

I はじめに

2011年3月11日の東日本大震災に伴い東京電力福島第一原子力発電所（以下福島第一原発）において炉心溶融事故が発生し、多量の放射性物質が環境に放出され、福島県を中心とした日本の広範囲の農作物や土壌が汚染された。放出された放射性物質の量は77万TBqとチェルノブイリ原発事故時の約15%に相当し、国際原子力事故評価尺度（INES）でレベル7の深刻な事故であった（原子力安全・保安院, 2011）。事故直後に厚生労働省などが2011年3月に定めた放射性物質の暫定規制値を上回った農作物は、北は岩手県北部の牧草から、西は静岡県の茶葉まで広い範囲に及んだ。2012年4月に定められた新たな食品基準値を上回る農作物が2014年3月時点でも検出され、出荷規制が行われている（厚生労働省, 2014）。

そのような中で、（独）農業環境技術研究所（以下農環研）では福島第一原発事故直後に農林水産省や県からの要請を受け、宮城県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県および神奈川県で採取された農地土壌試料の ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 放射能濃度を測定した。 ^{134}Cs および ^{137}Cs 放射能濃度については各県のホームページ上で公開されるとともに、農林水産省の2011年度の放射性物質に汚染された農地の作付け制限策定に対する土壌放射性セシウム濃度の目安にも利用された。ここでは、これまで公表されていなかった ^{131}I 放射能濃度を含めて、農環研で分析した結果について報告する。

II 方法

土壌は、2011年3月25日～4月2日に、各県の担当者が採取した。採取方法は、2011年3月24日に農林水産省消費・安全局農産安全管理課が各都道府県に通知した「農地土壌の採取・送付手順（マニュアル）」に従った。その概要は付録に示す。

上記マニュアルに従って採取され、ビニール袋に充填された生土をよく混合し、生土100 gをV型容器に充填し、測定試料とした。放射性物質濃度を「緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法」（文部科学省, 2004）に従い、農環研のゲルマニウム半導体検出器を用いて1,000～10,000秒間測定した。また、別に分取した生土試料を110℃で24時間乾燥後土壌水分を測定した。土壌の放射性物質濃度は ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 放射能濃度を乾土1kgあたりのBq（ Bq kg^{-1} ）で示した。

地域的な放射性物質濃度の比較を可能とするため、放

射性物質濃度は2011年4月1日0:00時点の減衰補正した。

これらデータの一部は、既に2011年4月上旬に各県のホームページ上で公開された。データは採取日時に補正したデータである。なお、各県から公開されたデータには農環研以外の分析機関が行った結果も含まれている。

III 結果および考察

表1に、採取市町村、 ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 放射能濃度と検出限界、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 放射能濃度の和である放射性セシウム濃度、 $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比および $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比を示す。放射能濃度は有効数字3桁または小数点以下1桁の値で表示する。対象となる放射性物質の測定値は全て検出限界よりも高かった。また、放射性物質濃度が高い試料は、試料によって測定時間を短くしたため、放射能濃度が高いと検出限界も高い。

土壌中 ^{131}I 濃度は18.1～2600 Bq kg^{-1} 、 ^{134}Cs 濃度は5.8～1980 Bq kg^{-1} 、 ^{137}Cs 濃度は7.0～2,060 Bq kg^{-1} および放射性セシウム濃度は12.8～4040 Bq kg^{-1} の範囲であった。一般に宮城県南部、栃木県北部、茨城県中央部などが高く、福島第一原発に近い地域ほどそれぞれの放射能濃度が高い。

$^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比は、0.76～11.9の範囲と1桁以上に範囲にあった。採取地点の数や地理的分布に偏りがあるが、宮城県の平均値は3.71、茨城県は6.10、栃木県は2.94、群馬県は2.11、埼玉県は3.28、千葉県は4.03、神奈川県は3.50と地域的な違いが認められる（表2）。文部科学省（2011）によると、福島県の2011年6月14日現在の $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比は、福島第一原発の北側の海沿いや内陸部よりも南側の海沿いで高い傾向を示していた。放射性プルームの放出時期や降雨の有無などにより、沈着時の $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比が地域によって異なると考えられるが、詳細については福島県や茨城県北部のデータとの照合が必要である。

$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は0.57～1.12の範囲にあった。小森ら（2013）によると、2011年3月11日時点で補正した福島第一原発の汚染水の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は、一号機が0.89～0.93、二号機が0.96～1.05、三号機が0.97～1.04であり、一号機からの汚染が主であった宮城県の牡鹿半島沿いの土壌中の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は0.91程度であったが、その他の地域の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比のほとんどは1.0程度であった。本報告では宮城県の平均値0.92は、茨城県や栃木県の平均値

表1 農地土壌の放射性物質濃度（補正日：2011年4月1日）

No	県	市町村	土地利用	¹³¹ I		¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		放射性セシウム (Bq kg ⁻¹)	¹³¹ I/ ¹³⁷ Cs 比	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs 比
				測定値 (Bq kg ⁻¹)	検出限界 (Bq kg ⁻¹)	測定値 (Bq kg ⁻¹)	検出限界 (Bq kg ⁻¹)	測定値 (Bq kg ⁻¹)	検出限界 (Bq kg ⁻¹)			
1	宮城	登米市	水田	403	4.9	101	4.0	114	3.7	215	3.54	0.89
2	宮城	登米市	水田	350	5.4	91.7	4.2	104	4.0	196	3.37	0.88
3	宮城	栗原市	水田	268	6.3	102	4.2	108	4.7	210	2.49	0.94
4	宮城	栗原市	水田	466	6.7	257	4.6	254	4.3	511	1.84	1.01
5	宮城	美里町	水田	300	5.0	73.3	3.4	80.3	3.1	154	3.74	0.91
6	宮城	大崎市	水田	217	5.3	118	4.5	129	3.9	247	1.68	0.91
7	宮城	大崎市	水田	273	4.2	88.9	2.8	99.6	2.5	188	2.74	0.89
8	宮城	色麻町	水田	217	5.5	72.8	3.5	73.1	3.3	146	2.96	1.00
9	宮城	大和町	水田	671	6.7	121	4.8	138	4.6	259	4.86	0.88
10	宮城	仙台市泉区	水田	374	5.2	44.5	3.2	53.6	3.3	98.1	6.98	0.83
11	宮城	川崎町	水田	404	5.0	85.2	3.6	89.4	3.3	175	4.52	0.95
12	宮城	柴田町	水田	1720	6.1	336	4.0	357	3.5	693	4.82	0.94
13	宮城	白石市	水田	1690	8.0	335	5.3	349	5.1	684	4.84	0.96
14	宮城	丸森町	調整田	1020	5.5	270	3.7	287	3.5	557	3.55	0.94
15	茨城	茨城町	水田	1190	6.9	177	5.3	185	5.0	362	6.43	0.96
16	茨城	潮来市	水田	418	3.5	80.0	2.9	85.2	2.9	165	4.90	0.94
17	茨城	行方市	水田	545	4.8	115	3.7	112	3.3	227	4.87	1.03
18	茨城	板東市	畑	690	8.2	75.4	4.6	67.3	5.3	143	10.3	1.12
19	茨城	水戸市	水田	2310	10.2	180	5.5	194	5.1	374	11.9	0.93
20	茨城	龍ヶ崎市	水田	1400	9.9	545	6.5	553	6.0	1100	2.53	0.99
21	茨城	稲敷市	水田	738	7.6	178	5.7	200	4.6	378	3.69	0.89
22	茨城	大子町	水田	421	6.1	83.1	3.9	87.9	4.9	171	4.79	0.95
23	茨城	つくば市	水田	460	4.9	53.6	3.8	60.6	3.5	114	7.58	0.88
24	茨城	笠間市	畑	576	7.3	161	5.0	167	5.0	328	3.45	0.97
25	茨城	桜川市	水田	710	4.9	77.4	3.7	82.5	3.8	160	8.60	0.94
26	茨城	筑西市	水田	567	4.6	75.9	3.5	79.3	3.3	155	7.15	0.96
27	茨城	八千代町	水田	502	4.7	94.5	3.4	98.7	3.3	193	5.09	0.96
28	茨城	神栖市	畑	416	4.0	92.2	2.6	100	2.6	192	4.16	0.92
29	栃木	小山市	水田	578	5.6	108	4.9	110	4.5	218	5.26	0.98
30	栃木	栃木市	水田	542	4.7	59.7	3.7	66.3	4.2	126	8.18	0.90
31	栃木	上三川町	水田	755	6.3	132	5.1	143	5.0	275	5.28	0.92
32	栃木	鹿沼市	水田	642	5.8	123	4.4	123	4.8	246	5.22	1.00
33	栃木	日光市	水田	1660	11.2	512	10.5	525	8.6	1040	3.16	0.98
34	栃木	矢板市	水田	1180	9.5	549	8.7	579	8.7	1130	2.04	0.95
35	栃木	那須烏山市	水田	668	5.9	92.2	4.0	89.9	4.2	182	7.43	1.03
36	栃木	高根沢町	水田	230	3.7	144	3.2	148	3.4	292	1.56	0.97
37	栃木	大田原市	水田	1820	11.2	1150	9.8	1160	8.9	2310	1.57	0.99
38	栃木	大田原市	水田	725	7.2	338	5.0	350	4.8	688	2.07	0.97
39	栃木	大田原市	水田	1160	5.0	741	4.8	755	3.4	1500	1.54	0.98
40	栃木	大田原市	水田	865	10.7	240	7.2	247	6.1	487	3.50	0.97
41	栃木	大田原市	水田	884	12.2	370	8.1	377	7.6	747	2.35	0.98
42	栃木	大田原市	水田	1260	11.1	987	7.3	1030	6.9	2020	1.22	0.96
43	栃木	那須塩原市	水田	879	11.5	494	7.3	511	7.3	1010	1.72	0.97
44	栃木	那須塩原市	水田	1110	11.7	735	7.5	740	6.0	1480	1.50	0.99
45	栃木	那須塩原市	水田	1910	15.0	1560	9.5	1580	8.8	3140	1.21	0.99
46	栃木	那須塩原市	水田	1470	14.7	1180	9.9	1210	8.6	2390	1.21	0.98
47	栃木	那須塩原市	水田	1360	13.9	902	9.0	927	8.6	1830	1.47	0.97
48	栃木	那須塩原市	牧草地	2600	14.0	1980	12.5	2060	11.6	4040	1.26	0.96
49	群馬	館林市	畑	281	4.2	72.9	4.1	77.1	3.4	150	3.64	0.95
50	群馬	沼田市	畑	152	4.2	104	3.7	104	3.9	208	1.46	1.00
51	群馬	高崎市	畑	188	4.8	117	4.3	119	4.5	236	1.58	0.98
52	群馬	伊勢崎市	畑	155	4.4	53.2	3.7	55.5	3.9	109	2.79	0.96
53	群馬	みどり市	畑	285	5.0	99.1	4.2	107	3.3	206	2.66	0.93
54	群馬	嬬恋村	畑	187	7.0	240	5.4	245	5.0	485	0.76	0.98
55	群馬	前橋市	畑	86.3	2.5	26.7	2.0	31.0	1.8	57.7	2.78	0.86
56	群馬	下仁田町	畑	351	4.1	281	3.0	288	2.8	569	1.22	0.98
57	埼玉	秩父市	畑	209	2.8	50.3	3.0	58.7	2.7	109	3.56	0.86
58	埼玉	鶴ヶ島市	畑	18.1	1.6	5.8	1.4	7.0	1.9	12.8	2.58	0.83
59	埼玉	熊谷市	畑	45.0	2.2	9.1	1.9	16.0	1.9	25.1	2.81	0.57
60	埼玉	久喜市	畑	184	2.4	37.7	2.3	44.0	2.0	81.7	4.18	0.86
61	千葉	香取市	畑	607	5.3	129	5.0	133	4.6	262	4.57	0.97
62	千葉	旭市	畑	213	4.2	33.4	3.7	36.5	4.9	69.9	5.84	0.91
63	千葉	山武市	水田	209	3.5	53.1	3.2	60.2	3.4	113	3.48	0.88
64	千葉	千葉市緑区	水田	234	3.4	39.9	3.4	50.1	3.1	90.0	4.67	0.80
65	千葉	長生村	畑	90.7	2.3	20.7	2.0	24.6	3.0	45.3	3.69	0.84
66	千葉	館山市	水田	47.9	3.5	17.2	2.5	18.0	2.1	35.2	2.66	0.95
67	千葉	館山市	畑	33.5	1.9	11.7	1.7	12.4	1.9	24.1	2.71	0.94
68	千葉	香取市	水田	592	2.5	120	2.3	127	2.3	247	4.66	0.94
69	神奈川	平塚市	水田	125	4.3	36.2	5.5	35.1	5.9	71.3	3.57	1.03
70	神奈川	相模原市緑区	水田	360	1.8	98.6	2.3	103	2.2	202	3.49	0.96
71	神奈川	三浦市	水田	196	1.5	32.5	11.1	34.3	1.8	66.8	5.71	0.95
72	神奈川	小田原市	水田	504	8.5	341	10.6	335	9.8	676	1.50	1.02
73	神奈川	海老名市	水田	237	3.6	65.2	5.0	73.1	4.7	138	3.24	0.89
74	神奈川	小田原市	果樹	164	2.0	44.7	2.0	52.4	2.1	97.1	3.12	0.85
75	神奈川	小田原市	果樹	152	1.8	28.0	1.8	39.3	1.7	67.3	3.86	0.71

表2 農地土壌の放射性物質濃度のとりまとめ (補正日: 2011年4月1日)

県	項目	^{131}I (Bqkg $^{-1}$)	^{134}Cs (Bqkg $^{-1}$)	^{137}Cs (Bqkg $^{-1}$)	放射性セシウム (Bqkg $^{-1}$)	$^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比
宮城	最大	1720	336	357	693	6.98	1.01
	最小	217	44.5	53.6	98.1	1.68	0.83
	平均	598	150	160	310	3.71	0.92
茨城	最大	2310	545	553	1100	11.9	1.12
	最小	416	53.6	60.6	114	2.53	0.88
	平均	782	142	148	290	6.10	0.96
栃木	最大	2600	1980	2060	4040	8.18	1.03
	最小	230	59.7	66.3	126	1.21	0.90
	平均	1120	620	637	1260	2.94	0.97
群馬	最大	351	281	288	569	3.64	1.00
	最小	86.3	26.7	31.0	57.7	0.76	0.86
	平均	211	124	128	253	2.11	0.95
埼玉	最大	209	50.3	58.7	109	4.18	0.86
	最小	18.1	5.8	7.0	12.8	2.58	0.57
	平均	114	25.7	31.4	57.2	3.28	0.78
千葉	最大	607	129	133	262	5.84	0.97
	最小	33.5	11.7	12.4	24.1	2.66	0.80
	平均	254	53.1	57.7	111	4.03	0.91
神奈川	最大	504	341	335	676	5.71	1.03
	最小	125	28.0	34.3	66.8	1.50	0.71
	平均	248	92.3	96.0	188	3.50	0.92
全体	最大	2600	1980	2060	4040	11.9	1.12
	最小	18.1	5.8	7.0	12.8	0.76	0.57
	平均	634	249	258	507	3.77	0.94

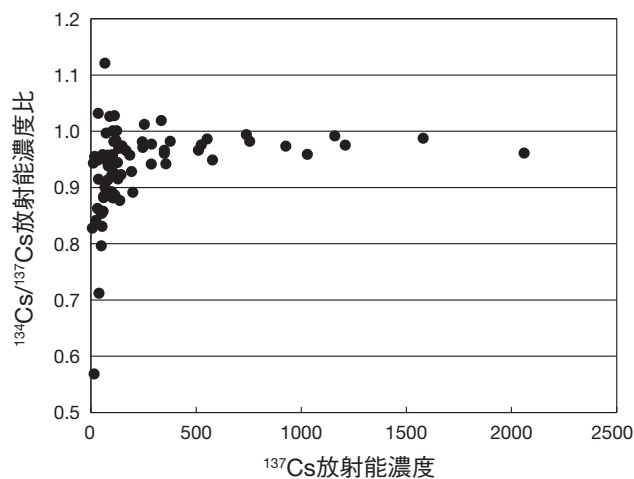


図1

0.96や0.97よりも低い、その他の県では埼玉県の0.78や千葉県0.91といった値もある。このため、 ^{137}Cs 濃度と $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比の関係をみると ^{137}Cs 濃度が 100 Bq kg^{-1} 以下に低下すると $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比のばらつきが大きくなる(図1)。 ^{134}Cs および ^{137}Cs が低濃度の試料では測定時間を十分にとって、測定精度の向上を図った上で考察する必要がある。

摘 要

著者らは農林水産省や県からの要請を受け、宮城県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県および神奈川県において、福島第一原発事故直後の3月25日から4月2日にかけて採取された農地土壌試料の ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 放射能濃度を測定した。今回、これまで公表されていなかった ^{131}I 放射能濃度を含めて、農環研で分析した結果を公開する。

福島県周辺7県における ^{131}I 濃度は $18.1\sim 2600\text{ Bq kg}^{-1}$ 、 ^{134}Cs 濃度は $5.8\sim 1980\text{ Bq kg}^{-1}$ 、 ^{137}Cs 濃度は $7.0\sim 2060\text{ Bq kg}^{-1}$ 、放射性セシウム濃度は $12.8\sim 4040\text{ Bq kg}^{-1}$ である。各県内の分布を比較すると宮城県南部、栃木県北部および茨城県中央部などが高く、福島第一原発に近い地域ほどそれぞれの放射能濃度が高い。

$^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比は、宮城県が3.71、茨城県が6.10、栃木県が2.94、群馬県が2.11、埼玉県が3.28、千葉県が4.03、神奈川県が3.50と地域的な違いが認められる。放射性プルームの放出時期や降雨の有無などにより、沈着時の $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比が地域によって異なったためと考えられる。

$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は $0.57\sim 1.12$ であり、宮城県の平均値0.92は、茨城県や栃木県の平均値0.96や0.97よりも低い。その他の県では埼玉県の0.78や千葉県の0.91といった値もあるが、 ^{137}Cs 濃度が 100 Bq kg^{-1} 以下になると、濃度が低下するとともに $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比のばらつきが大きくなることから、低濃度の試料では、測定精度を向上させた上で考察する必要がある。

発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価, 分析化学, **62**, 475-483

- 3) 厚生労働省 (2014) : http://www.maff.go.jp/noutiku_eikyo/mhlw6.html (2015年1月17日)
- 4) 文部科学省 (2004) : 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法, p1-174
- 5) 文部科学省 (2011) : http://radioactivity.mext.go.jp/ja/contents/6000/5047/24/5600_0921.pdf (2015年1月17日)

引用文献

- 1) 原子力安全・保安院 (2011) : <http://www.meti.go.jp/press/2011/06/20110606008/20110606008-2.pdf> (2015年1月17日)
- 2) 小森昌史・小豆川勝見・野川憲夫・松尾基之 (2013) : $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を指標とした福島第一原子力

付録

農地土壌の採取・送付手順 (マニュアル)

土壌の採取

(1) ほ場内採取地点の決定

- ① ほ場に対角線を引き、その交点1点と頂点を結んだ線の中点4カ所の計5カ所を採取地点とする。ほ場が広い場合は中心付近の10aを対象とする。
- ② 農作物が作付されている場合は株間、畝立てされている場合は畝間、樹園地の場合は樹間とする。

(2) 試料採取

採土器がある場合、(1) で定めたほ場内採取地点 (5カ所) において鉛直に耕盤層または耕盤層が15 cmよりも深い場合は15cmの深さまでの土壌を採取する。表面に稲わらなどがある場合も取り除かないでそのまま採取し、ビニール袋に入れる。試料採取後、採土器内をよく清掃する。

採土器がない場合、 $30 \times 30 \times 20$ cm程度の穴をあけ、1断面を垂直にし、そこから上面と底面が同じ面積になるように耕盤層または15 cmまでブロック状に土壌試料を採取し、袋に入れる。

5ヶ所の土壌試料を袋に入れた後、土壌試料をよくほぐし、混合する。

土壌試料の量は1 kg程度とし、多少の増減は差し支えない。