

奈良県下の農地土壌における養分集積の状況

平 浩一郎・竹中 勲

Condition of Soil Nutrient Accumulation from the Survey on Nara Farmland

Koichiro TAIRA and Isao TAKENAKA

Key Words: Soil survey, Nutrient accumulation

農地土壌は、作物を栽培する際の支持体と養水分供給のソースとしての役割を担っている。そのため、土壌から収奪される養分は主に肥料として施用されるが、作物の生育状況や要求量とのアンバランスにより、吸収されなかった肥料が土壌中に残存する。そのため単一の作物を連作した場合や、降雨による洗脱の起こらない施設栽培では、土壌中に残存する肥料成分が徐々に集積することが知られている。

持続的に農業を営むためには、土壌中に過度の養分が集積しないような施肥管理が重要である。そのためには、定期的な土壌診断とそれに基づく施肥管理が不可欠であるが、土壌分析に要する時間や手間のため、大半の農地では経験に基づく施肥管理が行われている。そこで、県内農地における土壌養分の集積状況を明らかにするため、平成20年度に行った土壌調査結果を用いて解析を行った結果を報告する。

材料および方法

土壌分析は、平成20年度「土壌由来温室効果ガス計測・抑制技術実証普及事業」により県内各地より採取した土壌を試料とした。分析に供した土壌の点数は、栽培作目別に水稲16地点、大豆6地点、果菜類32地点(イチゴ、トマト、ナス、キュウリ)、葉菜類17地点(ホウレンソウ、コマツナ、ミズナ、チンゲンサイ、キクナ等)、その他野菜4地点(ダイコン、アスパラガス)、果樹18地点(カキ、ミカン、ブドウ等)、茶10地点の合計103地点であった。今回の調査では、主に専作的に農業を営んでいる農家を選択しており、果菜類や葉菜類等の集約的な作物が多かったのは、本県農業の特徴を現しているものと考えられる。

供試土壌は、各ほ場の数カ所から採取した1層土壌を混合、均一化し、2mmの篩をとおして礫を除いた。

供試土壌に含まれる交換性カルシウム(Ca)、交換性マグネシウム(Mg)、交換性カリウム(K)はセミマイクロシヨールンベルガー法により抽出し、可給態リン酸(P)については、

0.001 M(pH3.0)の硫酸で抽出した。各成分の定量は、ICP発光分光法(サーモエレメンタル製 IRIS Intrepid XSP11)により行った。

結果および考察

第1~4図に可給態リン酸、交換性カリウム、交換性カルシウム及び交換性マグネシウム含有量のヒストグラムを示した。可給態リン酸含有量の基準値は、水田で10 mg/100 g、普通畑及び樹園地で30~50 mg/100 g²⁾であり、上限値は最も高いもので100 mg/100 g³⁾とされているが、調査点数の内96%が10 mg/100 gを超え、約66%が100 mg/100 gを超えていた(第1図)。

交換性カリウム含有量の基準値¹⁾は、作物により異なるが15~50 mg/100 gであり、これ以上の含有量を示す場合には減肥するべきであるが、約35%の地点で50 mg/100 gを超えており、最高値は214.4 mg/100 gに達していた(第2図)。

交換性カルシウムの基準値¹⁾は作物により異なるが、150~250 mg/100 gが適正值である。しかし、全体の85%の地点で250 mg/100 gを超え、その2倍にあたる500 mg/100 gを超える地点も41%存在し、最高値は1,887 mg/100 gに達していた(第3図)。

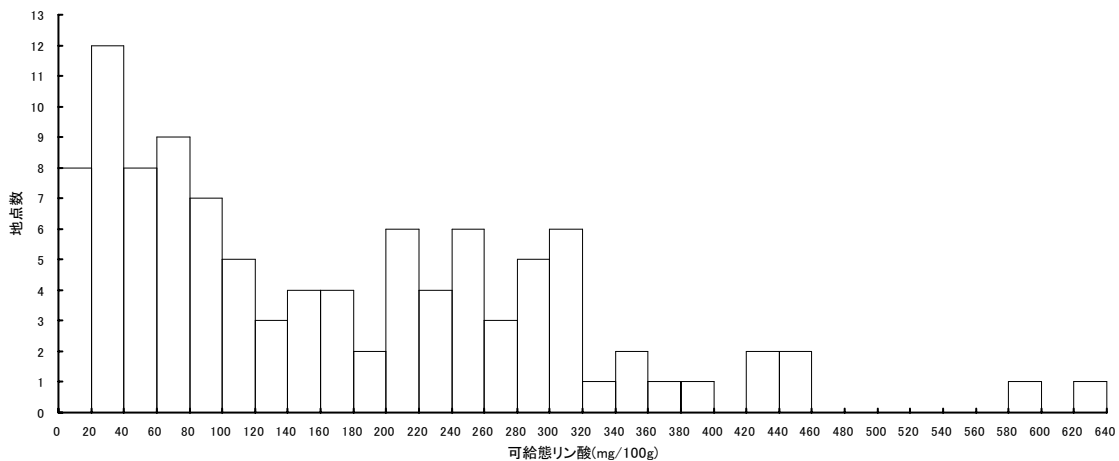
交換性マグネシウムの基準値¹⁾は、20~50 mg/100 gが適正值であるが、63%の地点で50 mg/100 gを超え、22%の地点では100 mg/100 gを超えていた(第4図)。

土壌中の塩基類は、その含有量と併せてバランスも重要である。第5図に各塩基類の当量比について示した。横軸に交換性カルシウムと交換性マグネシウムのバランスであるCa/Mg比を示し、縦軸に交換性マグネシウムと交換性カリウムのバランスであるMg/K比を示している。また、図中に示した破線は下限値を示し、実線は上限値を示している。この図で破線と実線に挟まれ、適正なCa/Mg比を示す調査地点は67%と比較的多いものの、非常に高い値を示す地点もあり極端に塩基バランスが崩れた地点のあることが示さ

第1表 供試土壌の測定結果

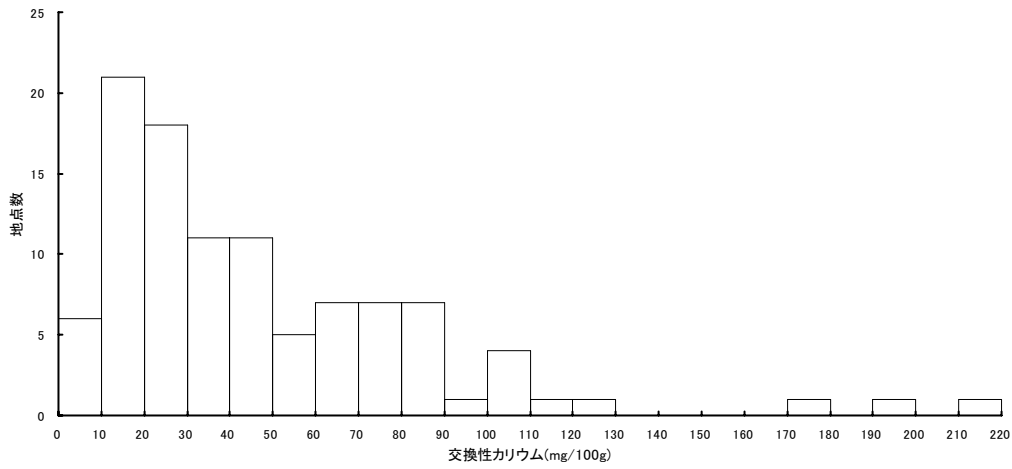
Table 1. Measurements of test soils

試料 No.	栽培品目	可給態リン酸			交換性塩基類(mg/100g)		当量比		試料 No.	栽培品目	可給態リン酸			交換性塩基類(mg/100g)		当量比	
		mg/100g	CaO	MgO	K ₂ O	Ca/Mg	Mg/K	mg/100g			CaO	MgO	K ₂ O	Ca/Mg	Mg/K		
1	水稲	18	321	59	10	3.9	13.7	53	果菜類	80	384	101	36	2.7	6.5		
2	水稲	24	149	16	8	6.7	4.9	54	果菜類	285	1,886	216	63	6.3	8.1		
3	水稲	37	291	29	22	7.2	3.2	55	葉菜類	211	455	51	34	6.4	3.5		
4	水稲	21	290	37	22	5.6	3.9	56	葉菜類	55	427	87	20	3.5	10.4		
5	水稲	59	151	15	6	7.1	5.6	57	葉菜類	262	660	61	43	7.8	3.3		
6	水稲	97	267	35	11	5.5	7.5	58	葉菜類	61	352	42	20	6.0	5.0		
7	水稲	23	171	18	11	6.7	3.8	59	葉菜類	82	615	62	11	7.1	13.4		
8	水稲	27	156	16	10	7.1	3.6	60	葉菜類	395	702	179	214	2.8	1.9		
9	水稲	20	204	25	22	5.8	2.7	61	葉菜類	264	841	95	32	6.3	7.0		
10	水稲	61	274	37	24	5.3	3.7	62	葉菜類	433	512	155	108	2.4	3.3		
11	水稲	46	338	49	24	4.9	4.9	63	葉菜類	240	626	87	99	5.2	2.1		
12	水稲	32	453	59	37	5.5	3.7	64	葉菜類	254	1,446	274	43	3.8	14.8		
13	水稲	9	346	38	15	6.6	5.7	65	葉菜類	61	907	129	23	5.1	13.2		
14	水稲	11	356	37	22	6.8	4.0	66	葉菜類	78	466	68	19	4.9	8.5		
15	水稲	10	406	39	22	7.5	4.1	67	葉菜類	230	618	51	15	8.7	8.1		
16	水稲	9	325	32	15	7.2	4.9	68	葉菜類	256	806	90	28	6.4	7.5		
17	大豆	21	356	58	13	4.4	10.5	69	葉菜類	154	342	73	60	3.4	2.8		
18	大豆	34	433	47	22	6.7	4.9	70	葉菜類	588	380	220	122	1.2	4.2		
19	大豆	38	782	109	10	5.1	26.6	71	葉菜類	111	533	197	196	1.9	2.3		
20	大豆	27	308	24	18	9.3	3.0	72	その他野菜	441	1,058	119	90	6.4	3.1		
21	大豆	43	265	65	51	2.9	3.0	73	その他野菜	194	655	53	76	8.8	1.6		
22	大豆	10	348	51	22	4.9	5.4	74	その他野菜	16	637	60	17	7.6	8.5		
23	果菜類	435	185	29	38	4.6	1.8	75	その他野菜	54	305	58	10	3.8	13.6		
24	果菜類	90	189	22	19	6.1	2.7	76	果樹	168	576	56	16	7.4	7.9		
25	果菜類	246	267	37	37	5.2	2.3	77	果樹	82	630	116	106	3.9	2.5		
26	果菜類	625	508	68	58	5.4	2.8	78	果樹	161	545	44	32	9.0	3.1		
27	果菜類	119	209	150	59	1.0	6.0	79	果樹	47	301	32	44	6.7	1.7		
28	果菜類	28	243	33	11	5.4	6.7	80	果樹	71	124	15	26	6.0	1.3		
29	果菜類	322	333	65	89	3.7	1.7	81	果樹	440	543	35	35	11.3	2.3		
30	果菜類	289	429	65	34	4.8	4.4	82	果樹	158	536	67	78	5.7	2.0		
31	果菜類	227	439	46	24	6.8	4.4	83	果樹	305	1,108	115	87	6.9	3.1		
32	果菜類	316	363	83	78	3.2	2.5	84	果樹	94	281	38	62	5.4	1.4		
33	果菜類	40	132	19	14	5.1	3.2	85	果樹	261	792	65	45	8.8	3.4		
34	果菜類	359	380	114	63	2.4	4.3	86	果樹	230	1,145	44	44	18.8	2.3		
35	果菜類	281	221	38	25	4.2	3.5	87	果樹	246	494	53	49	6.7	2.6		
36	果菜類	341	341	21	7	12.0	6.7	88	果樹	280	539	58	44	6.6	3.1		
37	果菜類	138	215	38	31	4.0	2.9	89	果樹	197	399	59	40	4.9	3.4		
38	果菜類	98	267	46	20	4.1	5.5	90	果樹	306	703	73	53	6.9	3.2		
39	果菜類	119	164	56	102	2.1	1.3	91	果樹	43	139	15	21	6.8	1.6		
40	果菜類	95	417	57	21	5.2	6.5	92	果樹	29	301	47	85	4.6	1.3		
41	果菜類	220	929	84	53	8.0	3.7	93	果樹	71	447	40	37	8.0	2.5		
42	果菜類	215	742	103	41	5.2	5.8	94	茶	258	712	73	87	7.1	1.9		
43	果菜類	208	568	75	11	5.4	15.3	95	茶	113	764	110	83	5.0	3.1		
44	果菜類	318	1,353	169	20	5.7	20.2	96	茶	63	390	63	67	4.4	2.2		
45	果菜類	291	379	50	76	5.5	1.5	97	茶	124	568	75	69	5.5	2.5		
46	果菜類	365	297	77	70	2.8	2.6	98	茶	312	1,261	234	107	3.9	5.1		
47	果菜類	148	1,008	90	25	8.1	8.3	99	茶	177	412	59	69	5.1	2.0		
48	果菜類	164	1,080	114	47	6.8	5.6	100	茶	106	278	46	46	4.4	2.3		
49	果菜類	75	646	102	7	4.6	34.7	101	茶	133	917	79	84	8.3	2.2		
50	果菜類	319	363	59	76	4.5	1.8	102	茶	212	1,336	187	115	5.1	3.8		
51	果菜類	247	348	105	21	2.4	11.8	103	茶	145	543	99	75	3.9	3.1		
52	果菜類	218	831	274	177	2.2	3.6										

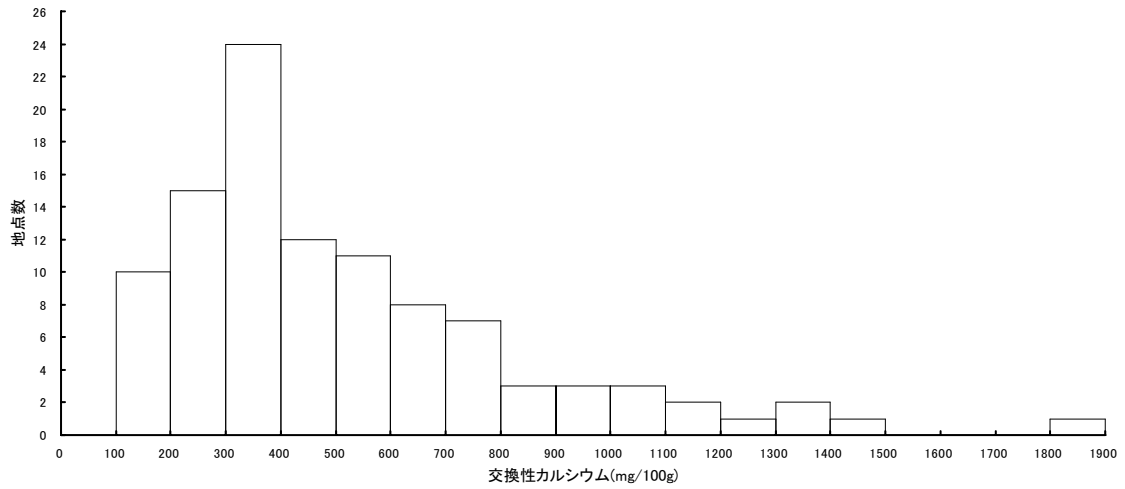


第1図 可給態リン酸含有量のヒストグラム

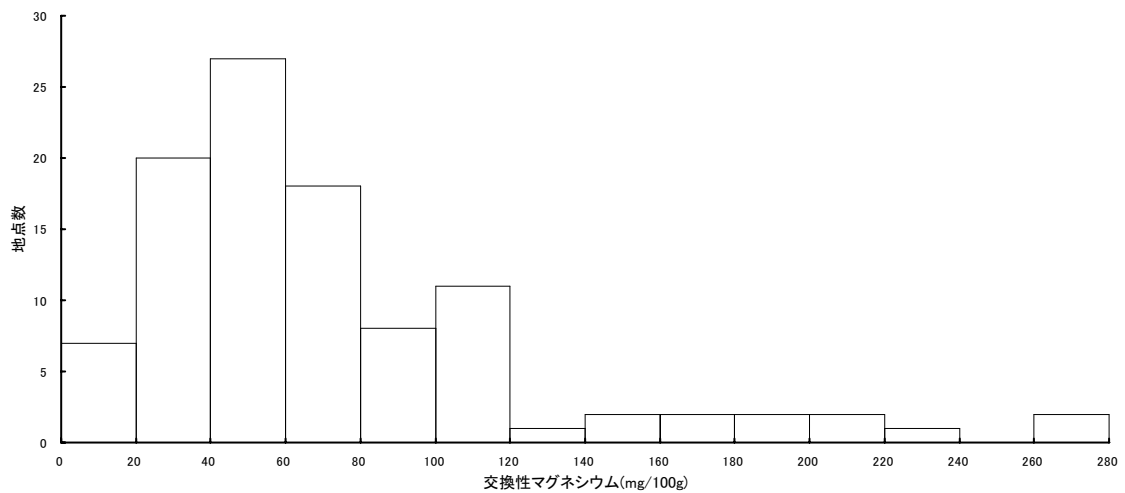
Fig.1. Histogram of available phosphate



第2図 交換性カリウム含有量のヒストグラム
Fig.2. Histogram of Exchangeable potassium



第3図 交換性カルシウム含有量のヒストグラム
Fig.3. Histogram of Exchangeable calcium



第4図 交換性マグネシウム含有量のヒストグラム
Fig.4. Histogram of Exchangeable magnesium

れた。個々の作目別では、水稻、大豆及び茶の圃場では72%の地点で適正範囲にあったが、果菜類や葉菜類、果樹では34%の地点が適正範囲外にあった。Mg/K比については、適正範囲の上限値を超える地点が66%にのぼり、果菜類の1地点で約35と非常に高い値を示していた。一般的に、交換性カルシウム及びマグネシウムの主な供給源は、土壌のpH調整のために投入される苦土石灰肥料であり、適正な比率に調整された資材を利用することで、多くの地点においてCa/Mg比が適正な値に保たれていると考えられる。一方、Mg/K比が高くなる原因は、植物の要求量がマグネシウムに対してカリウムが圧倒的に多く、土壌中の交換性カリウムを多く収奪することから、結果的に交換性マグネシウムに対する交換性カリウムの相対的な量の減少によるものと考えられる（第5図）。

第2表は、各塩基類の当量比について、基準値に対して高いあるいは低い地点について、地点数をまとめたものである。この表からCa/Mg比とMg/K比ともに適正範囲にある地点は、103地点中14地点に過ぎず、全体の86%にあたる残り89地点では、Ca/Mg比あるいはMg/K比のいずれかの値が適正範囲外にあり、塩基バランスが悪化している地点が著しく多いことが示された（第2表）。

第6図では、交換性カルシウムと交換性マグネシウムの含有量の分布を示した。図中では、含有量の適否は考慮せず、塩基バランスの適正な範囲(Ca/Mg当量比：3-7)を網掛けで示した。交換性カルシウムに対して相対的に交換性マグネシウムが多い範囲(Ca/Mg比：3以下)には、果菜類7地点と葉菜類4地点、大豆1地点が含まれた。これらの地点(12地点)では、全ての地点で交換性マグネシウムの値が基準値を超えており、マグネシウム過剰がCa/Mg比低下の要因であった。一方、交換性マグネシウムが相対的に少ない(Ca/Mg比：7以上)地点は、果樹6地点、果菜類及び葉菜類がそれぞれ3地点、その他野菜2地点、茶2地点、水稻5地点、大豆1地点が含まれていた。これらの内の20地点では交換性カルシウムの量が基準値を超えており、2地点ではマグネシウムの量が基準値を下回っていたことから、交換性カルシウムの過剰がCa/Mg比上昇の主たる要因であった。（第6図）。

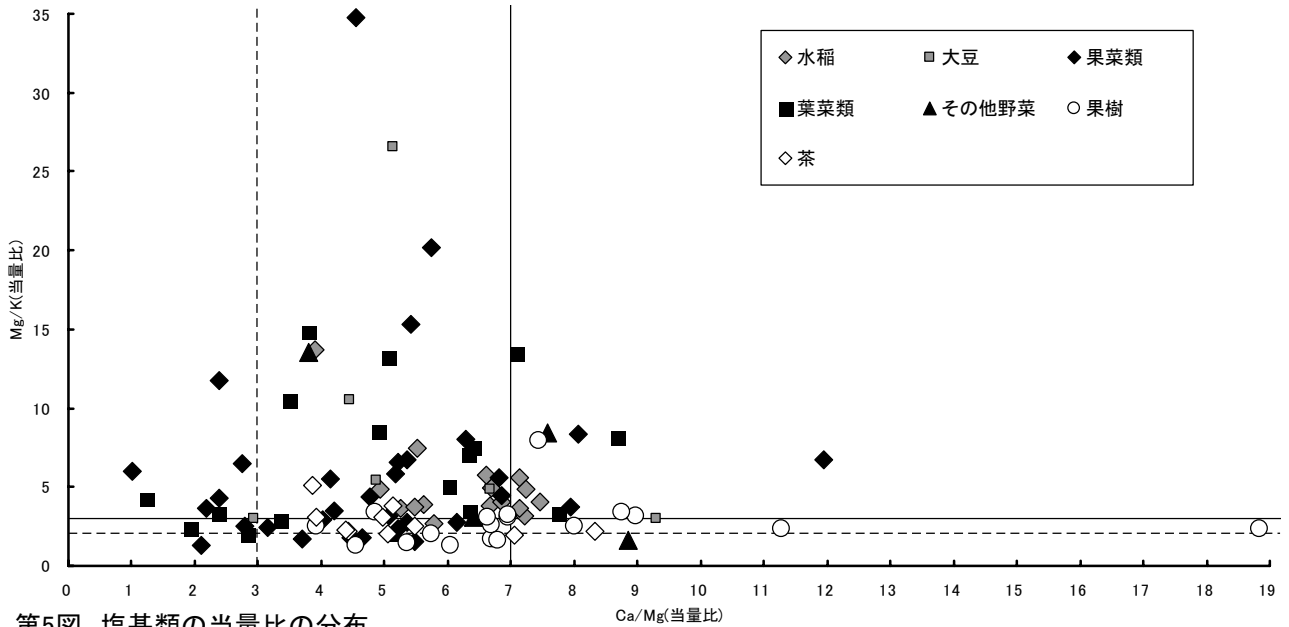
第7図では、交換性マグネシウムと交換性カリウムの含有量の分布を示している。第6図と同様に塩基バランスが適正な範囲(Mg/K当量比：2-3)を網掛けで示した。交換性マグネシウムに対して交換性カリウムが相対的に多い地点(Mg/K比：2以下)は、果菜類5地点及び葉菜類1地点、その他野菜1地点、果樹5地点、茶2地点が含まれた。これらの地点の内10地点では、交換性カリウムの量が基準値を超えており、2地点では交換性マグネシウムの量が基

準値を下回っていたことから、Mg/K比低下の主たる要因は交換性カリウムの過剰であることが示された。一方、交換性マグネシウムに対して交換性カリウムが少ない(Mg/K比：3以上)範囲には、水稻15地点および大豆6地点、果菜類21地点、葉菜類13地点、その他野菜3地点、果樹7地点、茶4地点と非常に多くの調査地点があり、特に水稻の調査地点の94%と大豆の調査地点の83%がこの範囲に含まれていた。これらの地点の内16地点では交換性カリウム含有量が適正範囲を下回っており、46地点では交換性マグネシウムの量が基準値を超過しており、内8地点では交換性カリウムの不足と交換性マグネシウムの過剰が同時に見られた。その他の15地点では、両塩基ともに過剰あるいは不足の状態にありながら、相対的に交換性マグネシウムの量が多いことによりMg/K比が上昇していた。このことから、Mg/K比低下の要因は、主として交換性マグネシウムの過剰であるが、交換性カリウムの不足もそれに次ぐ頻度で発生することが示された（第7図）。

Ca/Mg比及びMg/K比のような塩基バランスの悪化は、特定の塩基類の欠乏あるいは過剰によって起こるが、今回調査した地点については、117例中88例(75%)が特定塩基類の過剰により塩基バランスが悪化しており、欠乏によるものよりも圧倒的に多かった。

以上のように、今回の調査では、多くの調査地点で可給態リン酸及び塩基類について、基準値を超えており、非常に高い値を示す地点も含まれていた。更に、塩基類については、そのバランスが崩れている地点が多く見られ、バランスを悪化させる要因としては、塩基類の過剰によるものが大半であった。一般的に、肥料等の資材を多量に施用し、単一作物を連作することにより塩類集積及びバランスの悪化が進行することが知られており、果菜類、葉菜類、果樹および茶については、この条件に当てはまった。しかし、一般的にこのようなことが起こりにくいとされる、水稻や大豆については塩基類の含有量は低いものの、塩基バランスについては悪化が見られた。このことは、今回の調査対象農家のように熱心に農業に取り組んでいる場合、土づくりにも熱心であり、家畜ふん堆肥の投入を積極的に行うことも多く、それに伴い栄養塩類が土壌に負荷されることも一因と推察された。

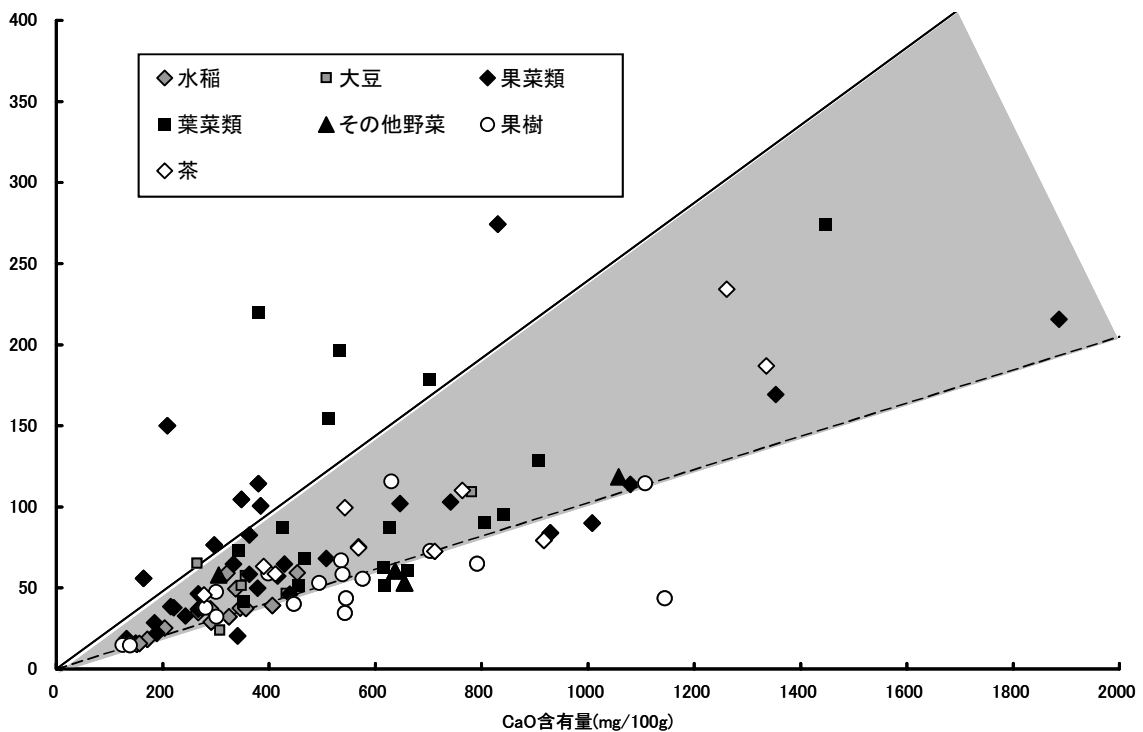
このことから、数年毎の土壌診断に基づき、不要な肥料を削減する取り組みにより新たな負荷を避けると同時に、蓄積した塩類を徐々に低下させることが重要である。一方、今回の調査では栄養塩類が過剰に集積した土壌において、収量や品質に問題のない農産物が生産されている事実があることから、養分欠乏を前提とした現在の土壌診断基準について、現実に即した見直しが必要と考えられた。



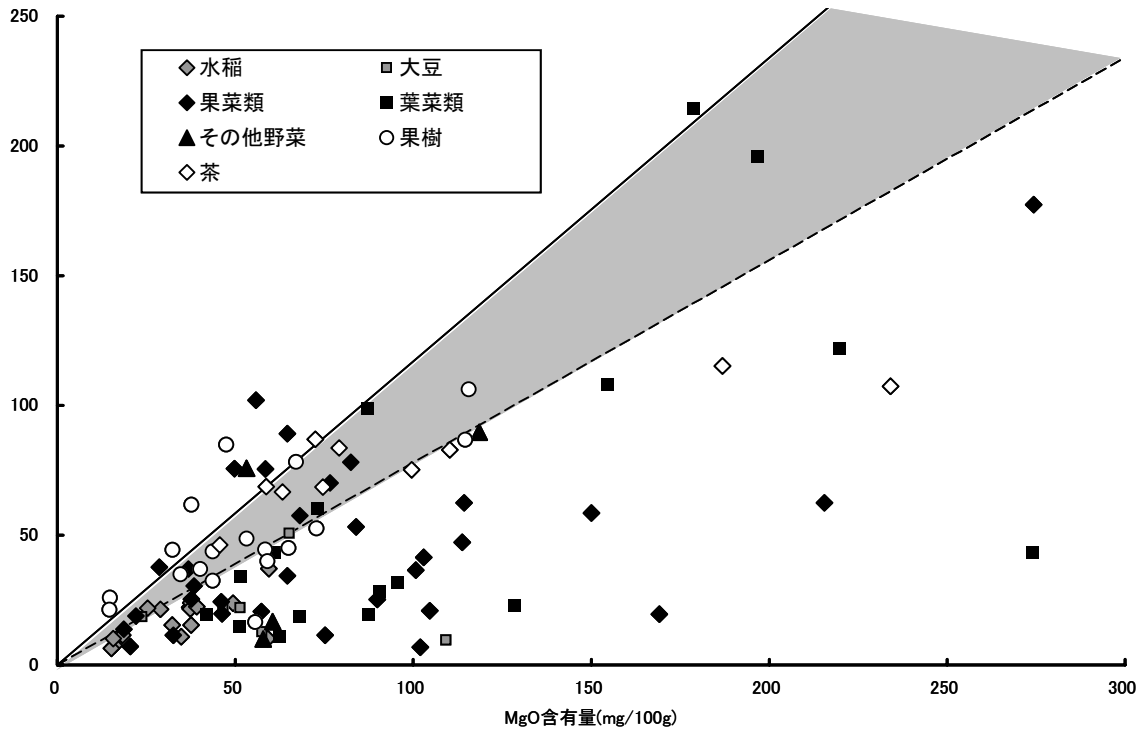
第5図 塩基類の当量比の分布
Fig.5. Scatter chart of equivalent ratio

第2表 塩基類の等量比の分布
Table 2. Contingency table of equivalent ratio

		Ca/Mg(当量比)			合計
		低い	適値	高い	
Mg/K (当量比)	低い	2	10	2	14
	適値	3	14	4	21
	高い	7	45	16	68
	合計	12	69	22	103



第6図 カルシウム(CaO)およびマグネシウム(MgO)含有量
Fig.6. Contents of calcium oxide and magnesium oxide on Scatter chart



第7図 マグネシウム(MgO)およびカリウム(K₂O)含有量
Fig.7. Contents of magnesium oxide and potassium oxide on Scatter chart

参考文献

1. 奈良県農林部. 1983. 土壌診断基準値. 奈良県農林部. リーフレット
2. 奈良県農林部. 1987. 奈良県地力増進基本指針. 奈良県農林部. 2-7
3. 農林水産省. 2007. 地力増進基本指針. 農林水産省. 3-7