

## トーマス燐肥の成分及肥効

農學博士 麻生慶次郎

トーマス燐肥はトーマス製鋼法に依りて含燐鐵鑛より鋼鐵を製造する際に副生するスラグを粉碎したるものにして歐洲大陸各地に於て廣く使用せらるゝ燐酸肥料なり、之れが製造法は既に製鐵専門諸士の調査せられたるところなりと信じ茲にトーマス燐肥の成分及び肥効に就て概要を記述すべし。

### トーマス燐肥の成分

トーマス燐肥は燐酸の外一般にカルシウム、マグネシウム、鐵、硅素等の化合物を含み尙ほ少量の滿俺、バナヂウム、硅素及硫黃の化合物を含む、其分量は原鑛の種類製造の際混加する石灰其他の物質の種類、分量等に依りて一様ならざれども次の如き範囲内にあり。

米國に於ける調査 (Wheeler 氏に依る)

佛國に於ける調査 (Grandeaw 氏に依る)

石 灰	(CaO)	40-60	%
燐 酸	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	10-20	
酸化鐵	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	10-20	
硅 酸	(SiO <sub>2</sub> )	5-15	
酸化滿俺	(Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3-6	
苦 土	(MgO)	2-6	
礬 土	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1-3	

石 灰	(CaO)	34-55	%
燐 酸	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	8-24(17-18%を普通とす)	
鐵	(Fe)	12-23	
硅 酸	(SiO <sub>2</sub> )	7-15	
苦 土	(MgO)	-20	

獨逸に於ける調査

フライシャー (Fleischer) 氏は 40 種のトーマス燐肥を分析して次の如き成績を得たり。

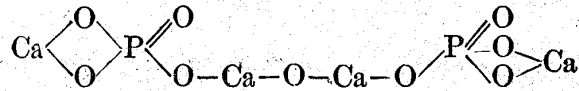
レンメルマン (Lemmermann) 氏に依ればトーマス燐肥の成分は次の如し。

	最少 %	最多 %	平均 %
燐 酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	11.39	22.97	17.25
石 灰 (CaO)	38.00	58.91	48.29
苦 土 (MgO)	1.14	8.10	4.89
酸化鐵 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.91	7.00	3.78
亞酸化鐵 (FeO)	5.86	18.00	9.44
礬 土 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.14	3.70	2.04
酸化滿俺 (MnO)	0.55	5.62	3.91
硫 黃 (S)	0.05	1.41	0.49
硫 酸 (SO <sub>3</sub> )	-	1.00	0.22
硅 酸 (SiO <sub>2</sub> )	2.70	12.90	7.96

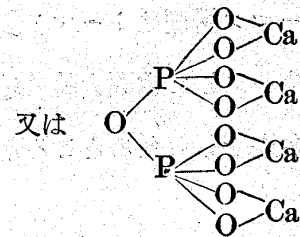
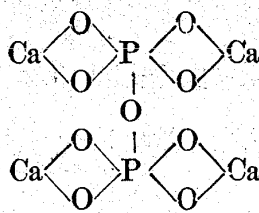
燐 酸	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	19.03	%
石 灰	(CaO)	49.40	
硅 酸	(SiO <sub>2</sub> )	8.20	
酸化滿俺	(MnO)	5.24	
硫 黃	(S)	0.60	
苦 土	(MgO)	3.40	
礬 土	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.10	
酸化鐵	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.14	
亞酸化鐵	(FeO)	8.06	
燐酸四石灰		49.02	
硅酸石灰		15.85	
石 灰		11.00	
硫化石灰		1.35	

近來はトーマス磷肥中の遊離石灰の量減少したるは製造の際割合に多量の硅酸を加ふるに因るべし即ち石灰は硅酸石灰に變じて爲めに遊離石灰量を減ずるものなり。

トーマス磷肥中の磷酸は主として磷酸四石灰 ( $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 = \text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$ ) と稱する特殊の化合状態となりて存在す、其の構造式は右の如く説明せらるゝものとす。

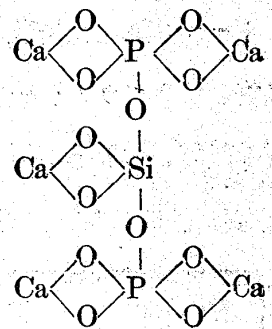


又は



磷酸四石灰は黄色扁平方形板狀の結晶なるが硅酸に富みたるスラグ中には斯る結晶少くして淡綠又は藍色の長き六方晶系針狀結晶を見る此結晶は硅磷酸五石灰 ( $(\text{CaO})_5\text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$ ) なる複鹽にして約 11%

の硅酸、29% の磷酸及 56% の石灰を含有す其構造式は右の如し



此他トーマス磷肥中に磷灰石 (Apatit) に似たる六方晶系に屬する結晶ありワグネル氏は是等の結晶を分別して其枸橐酸アンモニヤに溶解する度合を検したるに磷酸四石灰は 88%、硅磷酸石灰は 85%、磷灰石類似物は 60% 溶解したり、之れに依りて觀れば前二者が最も肥効を呈すべきものなり。

トーマス磷肥を土壤中に加ふれば其中の磷酸化合物は容易に分解して植物に吸収し得らるべき状態に變ず、而して其化學的變化に就ては學者に依りて説明異れども或者是磷酸四石灰は土壤中の水分に依りて分解せられて石灰と新鮮沈澱磷酸三石灰とを生じ後者が植物に利用せらるゝものなりといふも多くの學者は磷酸四石灰は分解して磷酸二石灰に變じ植物に利用せらるゝに至るものなりと説けり。

## 2. 農業上トーマス磷肥の肥効

農業上トーマス磷肥を評價するには磷酸含量及び微細度に依るものとす。

トーマス磷肥は微細に粉碎せらるゝ程肥効度を増すものにして 1 吋の長さに 100 の小孔を有する篩を通過すべき部分を 80% 以上含有すべきものなり。

次にワグネル (Wagner) 氏の行ひたるトーマス磷肥の微細度と肥功との關係を示す試験成績を記述すべし。

	大 麥		小 麥		亞 麻		平均	備 考
	少肥	多肥	少肥	多肥	少肥	多肥		
過 磷 酸 石 灰	100	—	100	—	100	—	100	I は粒徑 0.1 mm 以下のもの
トーマス磷肥 I	65	—	61	—	57	—	61	II は粒徑 0.1 mm 以下のもの 83% 及 0.1-0.2 mm のもの 17% を含む
同 II	59	—	61	—	55	—	58	III は粒徑 0.1-0.2 mm のもの 52%
同 III	13	11	12	13	16	15	13	と 0.2-0.4 mm のもの 48% を含む

トーマス磷肥の磷酸を定量するには一般に獨逸公定法を採用す、其分析法は 1899 年まではワグネル氏試薬（枸櫞酸アンモニヤの酸性溶液）を以て浸出したるが其後は 2% の枸櫞酸水溶液を以て之れに代用するに至りたり。

ワグネル（Wagner）氏は枸櫞酸アンモニヤ液の實際上有効なる事に就て數多のトーマス磷肥を用ひて分析成績及實地肥料試験成績を對照して次の如き數字を示したり。

	全 磷 酸 %											
	8.49	16.84	18.04	16.34	18.56	18.49	23.90	22.78	24.62	19.57	24.29	
枸櫞酸アンモニヤに溶解する磷酸	8.44	14.17	14.18	11.68	13.47	13.91	9.28	10.79	10.34	8.67	9.12	
全磷酸百分中有効磷酸	99	84	80	71	73	75	39	47	42	44	38	
初めのものを 100 とす	100	85	81	72	73	76	39	48	42	45	38	
植物に吸収されたる磷酸	100	80	72	72	66	63	40	38	38	31	30	

以上の成績に依ればトーマス磷肥中枸櫞酸アンモニヤに溶解する磷酸量の割合と實際植物栽培試験に依りて植物に吸収せらるゝ磷酸量の割合と略々相平行することを知り得べし。

メルケル（Maercker）氏は 2% 枸櫞酸水溶液を以てワグネル氏枸櫞酸アンモニヤ液に代用し得べき事を主張し燕麥を用ひて上記と同様の試験を行ひ次の如き結果を示したり。

	平均																
2% 枸櫞酸(溶解度%)	100	97.7	94.9	98.8	89.5	84.4	84.6	65.9	68.8	62.4	57.8	54.0	53.9	38.1	31.3	22.4	68.4
枸櫞酸	100	93.0	88.1	85.8	81.4	71.9	71.3	60.6	57.2	54.9	46.5	44.9	44.9	37.1	29.1	22.8	—
アンモニヤ	100	87.9	80.2	76.7	71.9	67.9	74.1	65.0	60.2	67.0	57.6	51.9	53.9	38.5	47.4	18.1	64.3
收 量 (%)	100	87.9	80.2	76.7	71.9	67.9	74.1	65.0	60.2	67.0	57.6	51.9	53.9	38.5	47.4	18.1	64.3

是等の結果に依りてトーマス磷肥中の有効磷酸を定量するには枸櫞酸の 2% 水溶液を用ゆるを以て簡便なりと認められ現時廣く採用せらるゝに至れり。

是等の分析法に依りて數多のトーマス磷肥に就て調査したる成績に依れば有効磷酸量はトーマス磷肥百分中 8—22% にして全磷酸百分中 39—93% に相當せり。

然れども佛國に於てグランドー（Grandeau）氏の行ひたる試験成績は必ずしも上記の如く分析成績と實地栽培試験成績と一致するものにあらず。

要するにトーマス磷肥の肥効は單に有効磷酸量のみによりて定めらるべきものにあらず細微度にも關係し又土質農作物の種類等に依りて異なるものなり従つて正確にト

グランド氏試験成績

溶 解 度	90	66	56	37	
收 量 {	蠶 豆	100	63	65	67
	馬 鈴 薯	100	82	75	64

ーマス磷肥の肥効を定めんには各地に於て實地栽培試験を行ふべきなり。

トーマス磷肥の肥効に就て初めて栽培試験をなしたるは獨逸に於けるフライシヤー（Fleischer）氏なりとす。氏は泥炭地を改良したる圃場に於てトーマス磷肥は過磷酸石灰及沈澱磷酸石灰に代用し得べく他の土性の圃場に於ては過磷酸石灰等と同様の効果を得んには、トーマス磷肥は磷酸量を 1 倍半乃至 2 倍與へざるべからざる事を示したり。

グランドー (Grardeau) 氏は巴里市外の瘠薄なる砂土に就て肥料試験を行ひ左の如き成績を得たり。

斯の如く砂土に於てはトーマス燐肥は過燐酸石灰に勝りたる肥効を呈したり、之れ砂土は石灰、鐵、礬土等の化合物を含むこと少く燐酸に對する吸収力小なるが爲めに過燐酸石灰中の水

	收 量	
	馬鈴薯 kg	小麥 hl
窒素、加里(無燐酸)	18.30	24
窒素、加里及過燐酸	26.21	—
窒素、加里及沈澱燐酸石灰	23.26	43
窒素、加里及トーマス燐肥(佛國製)	27.88	43
窒素、加里及トーマス燐肥(英國製)	20.23	40

溶燐酸は土壤に依りて吸収固定せらるゝこと少く雨水等に依りて流去せられたるに因るべきも亦過燐酸石灰中の酸性燐酸鹽は充分に變化せずして土中に存在し植物根に作用して、肥効を減じたる場合もあり得べし、トーマス燐肥中の燐酸は之れに反して水に不溶性にして且酸性ならざるを以て却て過燐酸石灰中の燐酸よりも大なる肥効を呈したるものなり。

一般に多くの試験成績を平均して通觀すれば等量の燐酸を施したる場合に於てトーマス燐肥の肥効は過燐酸石灰の肥効の約 50-60% なり、從て前者の市價は後者の半以下なれば經濟的に廣く使用して可なるべし。

### 水 稻

次にトーマス燐肥の肥効に就て當農學部試験地に於て行ひたる試験成績を記述すべし。

諸種燐酸肥料の肥効に就ては夙に約 40 年前に於て古在、森、長岡の諸博士は水田又は畑地に於て木框若くは亞鉛製圓筒を埋設し、試験を行ひたり其結果は左の如し。

次に氏等は 穀實及藁を分析して燐酸を定量し施用したる燐酸全量を 100 として各種燐酸肥料中の燐酸の植物體中に吸収せられたる割合即ち燐酸吸収率を算出せり。

1 反歩に付各燐酸肥料中の燐酸 1 貫匁により得らるゝ收穫増量 (無燐酸區反當收量 1 石 8 斗 1 升)	
燐礦粉	2 斗 5 升
骨 灰	3 9
トーマス燐肥	6 5
蒸製骨粉	8 3
沈澱燐酸石灰	1 3 1
過燐酸石灰	1 4 1

燐礦粉	骨 灰	トーマス燐肥	蒸製骨粉	沈澱燐酸石灰	過燐酸石灰
1.15 %	6.62	13.73	14.15	25.08	25.12

次に増收率と比較的吸収率とを合して二等分して比較的肥料價値を計算したり。

	燐礦粉	骨 灰	トーマス燐肥	蒸製骨粉	沈澱燐酸石灰	過燐酸石灰
増 收 率	11.6	27.7	46.1	58.9	92.9	100
比較的吸収率	4.8	27.4	56.9	58.6	104.0	100
比較的肥料價値	8.2	27.6	51.5	58.8	98.5	100

畑 作

第一作 大麥

	増収率	吸収率	比較的吸収率
重過磷酸石灰	100	21.5%	100
蒸製骨粉	80.1	16.6	77.2
沈澱磷酸石灰	60.2	13.8	64.2
トーマス燐肥	48.5	13.1	60.9
骨 灰	19.6	5.0	23.3

第二作 稗 (殘効試験)

	増収率	吸収率	比較的吸収率
重過磷酸石灰	100	10.8%	100
蒸製骨粉	81.0	7.3	74.0
沈澱磷酸石灰	66.6	8.3	68.4
トーマス燐肥	41.9	3.1	50.2
骨 灰	23.3	3.4	24.8

第三作 小麥 (殘効試験)

	増収率	吸収率	比較的吸収率
重過磷酸石灰	100	7.2%	
蒸製骨粉	84.4	7.6	
沈澱磷酸石灰	72.0	8.7	
トーマス燐肥	42.5	5.1	
骨 灰	34.6	8.2	

第四作 蕎麥 (殘効試験)

	増収率	吸収率	比較的吸収率
重過磷酸石灰	100	0.8%	
蒸製骨粉	83.8	0.1	
沈澱磷酸石灰	71.9	0.4	
トーマス燐肥	42.6	0.2	
骨 灰	34.7	1.0	

以上四作の結果を綜合して計算すれば次の如し。

	比較的吸収率	増収率	比較的肥料價值
重過磷酸石灰	100	100	100
蒸製骨粉	78.4	83.8	81
沈澱磷酸石灰	77.7	71.9	75
トーマス燐肥	53.5	42.6	48
骨 灰	42.7	34.7	39

以上の成績に依りて觀ればトーマス燐肥の肥効は水田並びに畑に於て過磷酸石灰の肥効の約半なりと認めて可なるべし。

然るに近年春日井農學士が駒場の腐植質輕埴土を植木鉢に入れ大麥を用ゐて試験したる成績の一例を擧ぐれば次の如し。

大 麥

	無 燐 酸	過 燐 酸 石 灰	燐 酸 一 石 灰	燐 酸 二 石 灰	燐 酸 三 石 灰	骨 粉	生 グ ワ ノ	理 研 製 燐 肥	燐酸ア ルミナ (メル ク製)	ト ー マ ス 燐 肥	大成 燐酸 アル ミナ	アグリクル ツールフォ スフハート (獨製燐 礦粉)	アン ガウ ル燐 礦粉	沈澱 燐酸 アル ミナ
草丈 尺	—	1.18	1.40	1.45	1.28	1.35	1.12	1.40	1.25	1.20	1.00	0.95	0.60	1.00
分蘖數	—	8	8	8	8	9	6	5	6	10	4	3	4	6
穀實 瓦	—	7.0	7.5	6.5	6.5	7.5	6.0	4.0	5.0	7.5	4.0	1.5	1.0	4.0
稿稈 瓦	—	6.0	8.0	8.0	6.0	6.5	5.5	4.0	5.0	7.0	4.0	2.0	2.5	5.0
全收量 瓦	0.5	13.0	15.5	14.5	12.5	14.0	11.5	8.0	10.0	14.5	8.0	3.5	3.5	9.0

