

道南地方に分布する礫土の特性と その改良に関する試験

第2報 砂客土の効果とその施肥法について

南 松 雄† 高 田 亨††

EXPERIMENTS ON THE CHARACTERISTICS AND THE IMPROVEMENT OF THE SO-CALLED "RODO SOIL," LYING IN THE SOUTH OF HOKKAIDO

II. Effect of sand dressing and manurial effect.

Matsuo MINAMI, Tôru TAKADA

I 結 言

道南地方の海岸線に広く分布し、本道の特殊土壌の1つとしてあげられている礫土の改良法ならびに合理的な施肥法確立の資料をうる目的をもって、筆者らは前報¹⁾で礫土の特性および磷酸の固定について報告し、礫土の改良すべき問題点として次のことを明らかにした。

- 1) 礫土性を軽減して可給態磷酸の増加をはかる。
- 2) 軽鬆性および過湿性の緩和を目的とする土壌改良を実施する。
- 3) 礫土の腐植は礫土と結合している型が多く分解し難く、作物の生産に対してプラスとなる面が少ないので、土壌腐植の解膠を促進させる。

従って、本報においては、主として砂客土が礫土の理学的性質の改善およびそれに伴う地温の上昇、腐植の分解促進などに及ぼす効果とその場合の施肥法について調査した結果を報告する。

本試験は北海道大学教授石塚喜明、北海道農業試験場次長西潟高一両氏のご助言のもとに遂行できたものであり、ここに深甚の謝意を表する。なお、試験の実施に際

しご協力をいただいた銭亀沢村役場、同地区農業改良普及所の職員諸氏に深く感謝する。

II 試 験 方 法

この試験に供用した土壌の物理的および化学的性質は第1～2表に示すとおりである。

土壌採取所 { 原土—亀田郡銭亀沢村中野(既墾地)
 { 海砂—石狩郡石狩町花畔(砂丘地)

本報告の前半は礫土に対する砂客土の実用化を目的とし、客土する海砂量を査定せんとしたものである。すなわち、原土と海砂を次記の方法に従って種々の割合に混合し、30 cmの深さに充填し燕麦(前進)を供試作物として、1/2,000 a 框試験を実施し、生育および収量、土壌の理学的性、土壌磷酸および窒素の形態について調査した。

試験区分	処 理 内 容
1. 原 土 区	
2. 砂客土A区	原土と海砂を容量比で4:1の割合で混合、充填す
3. 砂客土B区	原土と海砂を容量比で3:1の割合で混合、充填す
4. 砂客土C区	原土と海砂を容量比で2:1の割合で混合、充填す

播種期—昭和36年5月4日

収穫期—昭和36年8月5日

第1表 物理的性質

項目 土壌	水分	100c.c.当りの 土壌重量		容積比重		容水量		農学会法による	
		粗	密	粗	密	粗	密	粘土	コロイド
原土	10.3%	65g	76g	0.58	0.68	122%	109%	21.3%	9.0%
海砂	1.1	138	149	1.36	1.48	—	—	2.5	1.9

第2表 化学的性質

項目 土壌	pH	全窒素	全炭素	炭素率	塩基置換 容量	全置換性 塩基	吸収係数		N/5-HCl 可溶
	H ₂ O						N	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅
原土	5.46	0.84%	11.93%	14.3	m.e 53.0	m.c 17.5	897	2,395	0.013%
海砂	5.93	0.14	0.77	5.4	4.6	4.4	95	1,230	0.007

第3表 生育および収量調査

試験区別	項目	出穂期	成熟期における生育調査			框当たり収量			子実 収量比	子実重 /総重
			穂長	穂長	穂数	総重	茎秆重	子実重		
1. 原土区		7. 7	cm 76.5	cm 25.3	本 33	g 160.0	g 71.3	g 61.7	% 100	0.39
2. 砂客土A区		7. 5	77.4	25.6	35	163.1	73.1	66.7	108	0.41
3. 砂客土B区		7. 4	78.2	25.9	37	171.1	76.8	71.0	115	0.42
4. 砂客土C区		7. 3	80.0	26.1	37	173.4	77.8	72.3	117	0.42

第4表 収穫物の成分含有率および養分吸収量 (框当たり)

試験区別	項目	成分含有率						框当たり養分吸収量		
		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		茎秆	子実	茎秆	子実	茎秆	子実			
1. 原土区		1.15%	2.10%	0.16%	0.88%	3.00%	0.49%	2,116mg	657mg	2,441mg
2. 砂客土A区		1.15%	2.09%	0.17%	0.89%	3.00%	0.57%	2,235mg	718mg	2,573mg
3. 砂客土B区		1.13%	2.08%	0.18%	0.91%	3.00%	0.54%	2,345mg	784mg	2,687mg
4. 砂客土C区		1.12%	2.06%	0.19%	0.93%	3.00%	0.54%	2,360mg	820mg	2,724mg

各試験区の框当たり要素量は窒素，加里，1g，
 磷酸2gである。

後半は壟土に砂客土した場合の窒素と磷酸との
 適量および適比率を査定せんがためのもので，原
 土と海砂を容量比で3:1の割合で充填するもの
 に次記の施肥区分に従い，燕麦(前進)を供試作
 物として，1/2,000a 框試験を実施し，生育およ
 び収量，養分吸収量について調査した。

施肥区分	窒素	1, 2, 3	g/框
	磷酸	1, 2, 4	〃
	加里	1	〃

III 試験成績

A 壟土に対する砂客土の効果に ついて

1. 作物の生育，収量の比較

壟土に対する砂客土が作物の生育，収量ならび
 に養分吸収におよぼす影響を調査した結果は第3
 ~4表のとおりである。

一般に砂客土区は原土区に比較してその生育が
 おう盛で，出穂も2~4日早く，しかも，子実

重/総重も高くなる傾向が認められた。また、収量面においても、原土区にくらべ砂客土A区は8%、砂客土B区は15%、砂客土C区は17%の増収を示し、客土量の多いものほどその増収割合はいずれも高かった。一方、養分吸収量についても同様に作物の生育量に比例して原土区より常に砂客土区の方が高い。

次に、かかる生育、収量結果を示すに至つた生

育過程および養分吸収の推移を原土区ならびに砂客土B区について調査した成績は第5表および第1~2図に示すとおりである。

一般に、砂客土区は原土区に比較して葉色濃く窒素多施と類似の初期生育を示して草丈の伸長、茎数の増加が顕著であり、特に作物体内の窒素濃度および窒素吸収量も高く、その生育はきわめておう盛であった。しかも、前述のように、出穂も

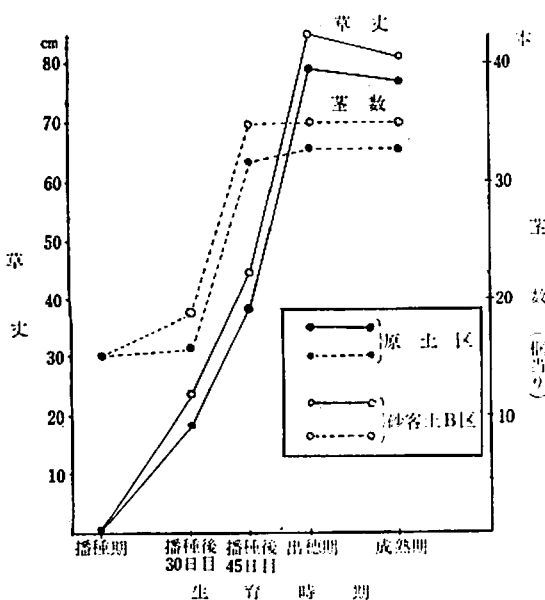
第5表 養分吸収の推移(その1)

調査時期 部位	播種後30日目				播種後45日目				出穂期				成熟期			
	茎葉		茎葉		茎葉		子実		茎葉		子実		茎葉		子実	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅		
試験区別	成分		成分		成分		成分		成分		成分		成分		成分	
原土区	5.89	0.53	3.97	0.43	3.24	0.49	2.51	0.75	1.15	0.16	2.10	0.88				
砂客土B区	6.07	0.65	4.05	0.44	3.17	0.48	2.57	0.82	1.13	0.18	2.08	0.91				

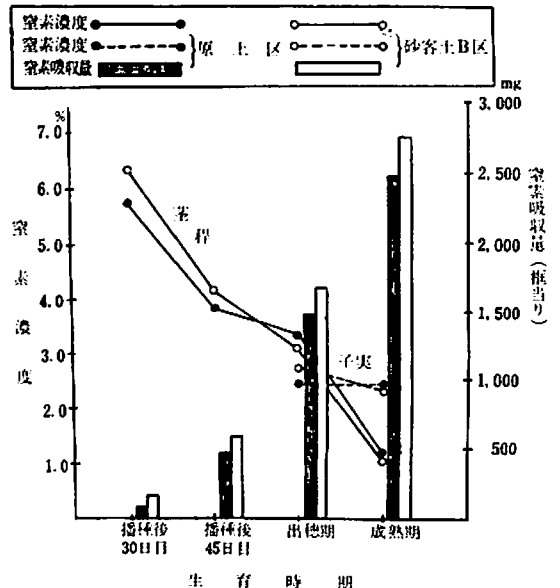
(その2)

調査時期 項目	播種後30日目				播種後45日目				出穂期				成熟期			
	吸収量 (框当たり)		吸収量 (框当たり)		吸収量 (框当たり)		総部への 移行割合		吸収量 (框当たり)		総部への 移行割合		吸収量 (框当たり)		総部への 移行割合	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅		
試験区別	成分		成分		成分		成分		成分		成分		成分		成分	
原土区	mg 91	mg 8	mg 475	mg 51	mg 1,508	mg 252	% 10.8	% 19.4	mg 2,116	mg 657	% 61.2	% 81.3				
砂客土B区	103	11	526	57	1,651	287	13.2	24.4	2,345	784	62.9	82.4				

第1図 草丈、茎数の推移



第2図 窒素濃度および窒素吸収量の推移



3日早く、茎葉部より穂部への養分の移行量も高く、生殖生長への転換が早くなる傾向を示して、壟土特有の登熟遅延の様相が軽減される。

一般的に、客土する海砂量が多いものほど栄養生長がおう盛で登熟も早くなる傾向を示し、このことが増収に反映していると思われる。

結局、収量および経済性の両面よりみて壟土に対するもっとも効果的な海砂の客土量は原土に対して容量比で3:1のものである。

次に、開墾以来、20余年経過した農家圃場（亀田郡銭亀沢村豊原）において、供試作物として馬鈴薯（男爵薯）を用い、かつ、当地方標準耕種法に従って実施した砂客土試験成績を表示すると第6表のとおりである。

圃場試験成績でも、框試験と同様に砂客土の効果が顕著に表われて海砂3cm客土区は対照区に比して17%の増収を示し、かつ、客土する海砂量の増大に伴って大薯の量が増加する傾向を示している。ただ、海砂6cm客土区は海砂の混合が不充分であったため、海砂3cm客土区より増収割合は低い。本試験の成績より海砂6cm客土区が海砂3cm客土区より劣るとはいいたいと思われる。

2. 理化学性の比較

壟土に砂客土することの主たる目的は土壤の理化学性の改善にあるため、跡地土壤の物理的性質の変化および地温の推移について調査した試験成績を第7~9表および第3図に示した。

第6表 生育および収量調査

試験区別	項目	開花期の調査		a 当たり塊茎収量				塊茎収量比	澱粉価	a 当たり澱粉収量
		草丈	本数	大	中	小	合計			
1. 対 照 区	cm	36.9	4.5	31.3	128.4	40.2	199.9	100	11.6	23.2
2. 海砂3cm客土区	cm	39.2	5.9	43.6	126.6	64.0	234.2	117	13.2	30.9
3. 海砂6cm客土区	cm	37.9	5.2	58.8	98.6	56.3	213.7	107	12.8	27.4

- 注) 1) 各試験区のa 当たり要素量は窒素0.8kg, 磷酸1.2kg, 加里0.8kg。
 2) 各試験区の耕起した深さは15cm。従って海砂3cm客土区の海砂量は原土に対して容量比で4:1, 海砂6cm客土区は1.5:1。
 3) 大—150g以上, 中—75~150g, 小—20~75g。

第7表 物理的性質の比較

試験区別	項目	水分	100c.c.当りの土壤重量		容積比重		容水量		10cmの高さ迄上昇するに要する時間		真比重
			粗	密	粗	密	粗	密	粗	密	
原 土 区	%	10.3	65	76	0.58	0.68	122	109	15	21	2.22
砂 客 土 B 区	%	5.3	94	106	0.89	1.00	74	51	14	15	2.81

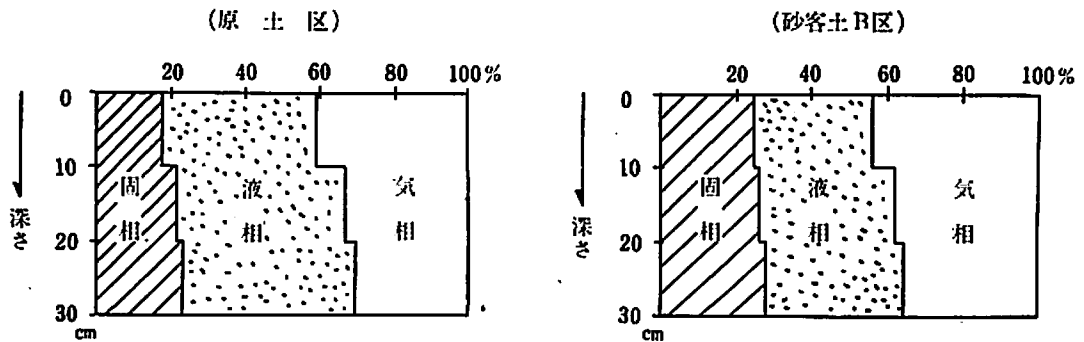
第8表 土壤3相の分布割合

層 序	項目	深 さ	固 相	液 相	気 相	孔 隙
			%	%	%	%
原 土 区	区~1	0~10	19.1	40.3	40.6	80.9
	区~2	10~20	22.1	44.3	33.6	77.9
	区~3	20~30	22.6	46.6	30.8	77.4
砂 客 土 B 区	区~1	0~10	24.7	32.3	43.0	75.3
	区~2	10~20	26.0	36.5	37.5	74.0
	区~3	20~30	27.5	37.1	35.4	72.5

第9表 地温の推移 (地表下10cm)

試験区別	調査月日	5月		6月		7月	
		10日	25日	10日	25日	10日	25日
原土区		10.5℃	13.0℃	15.5℃	19.0℃	20.3℃	22.7℃
砂客土B区		12.2	15.0	17.0	20.0	21.6	24.2

第3図 土壤3相の垂直分布



墾土は仮比重が小さく、孔隙量の大きい軽鬆土であるが、これに海砂を客土することにより土壤の仮比重が増大して単位容積内の土壤の量も増加して墾土の軽鬆性が軽減し、特に非毛管孔隙量(大孔隙量)が減少し、かつ、保水力の大小と関係のある含水量が小さくなって墾土の保水性がかなり緩和された。

また、土壤は固相、液相、気相の3相よりなる複雑な混合系であり、その3相の分布割合は土壤の種類およびその地域の気象要素によって著しく異なるが、作物の生育はもちろん、施肥の効果も3相の均衡いかんにより差異をきたすことは明らかである。美園式実容積測定装置によって土壤3相分布を調査した第8表および第3図の成績によると、墾土は普通土壤に比較して孔隙量が多く、特に液相の占める割合がきわめて大きい。しかし、本土壌に海砂を客土することによって液相の割合が減少し、気相および固相の割合が著しく増加している。このように、墾土の過湿性が緩和され、通気性が増大することは、当然作物根の伸長に対して好影響を与えるものと思われる。

次に土壤微生物の活動および土壤中の化学反応速度を支配する重要な因子の1つである地温

(土壤温度)を測定した第9表の成績によると砂客土区は原土区に比較して、作付期間中、常に2~3℃前後高い値を示している。一般に、地温は気温に比例して変化するが砂客土区の地温が原土区のそれより高いことは土壤3相分布割合の変化および比熱の小さい海砂を施用した結果によるものと考えられる。

3. 土壤窒素の無機化

このように、海砂を客土することによって気相が増加し、地温が上昇することは、当然土壤微生物の活動をおう盛にして有機物の分解を促進させるものと思われる。

従って、常法によって土壤中の無機態窒素の推移およびアンモニア生成率を測定した成績を第10表に示した。

前表によると、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の発生量の消長は両区ともに同様の傾向を示しているが、その絶対量は常に砂客土区の方がやや低い。これに反して、 $\text{NH}_3\text{-N}$ は $\text{NO}_3\text{-N}$ に比較してその量は少ないが春季(5月~6月)における $\text{NH}_3\text{-N}$ の発生量は逆に砂客土区の方が2倍程度高くなっている。次に、21℃、21日間、[湛水状態で incubate した際に発生する $\text{NH}_3\text{-N}$ を測定したアンモニア生成

第10表 無機態窒素(単位容積当たり mg)の推移およびアンモニア生成率(%)の比較

測定月日		6月1日			6月20日			7月10日		
試験区別	成分	NH ₃ -N	NO ₃ -N	計	NH ₃ -N	NO ₃ -N	計	NH ₃ -N	NO ₃ -N	計
		mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
原土区		3.0	53.8	56.8	1.2	49.4	50.6	0.8	45.6	46.4
砂客土B区		6.5	51.6	58.1	2.0	46.1	48.1	1.4	40.6	42.0

測定月日		8月5日			全窒素	アンモニア生成量	アンモニア生成率
試験区別	成分	NH ₃ -N	NO ₃ -N	計			
		mg	mg	mg	mg	mg	%
原土区		3.9	14.0	17.9	867	12.8	1.48
砂客土B区		2.5	12.7	15.2	677	14.1	2.08

注 1) 砂客土B区の NH₃-N, NO₃-N, 全窒素, アンモニア生成量は原土区100gと同一容積中の量。
 2) アンモニア生成率
 全窒素に対するアンモニア生成量の百分比。

第11表 化学的性質(乾土100g中)

試験区別	項目	pH		置換酸度 Y ₁	N	C	C/N	塩基置換容量	全置換性塩基	置換性			塩基飽和度	窒素吸収係数
		H ₂ O	KCl							CaO	MgO	K ₂ O		
		mg	mg	%	%	m.e	m.e	mg	mg	mg	%			
1. 原土区		5.46	4.85	3.27	0.84	11.93	14.3	53.0	17.5	503	53	48	32.9	897
2. 砂客土A区		5.64	4.87	2.14	0.52	6.31	12.2	28.3	10.8	391	33	35	38.1	682
3. 砂客土B区		5.67	4.90	2.05	0.45	5.22	12.1	23.2	9.2	248	25	27	39.8	630
4. 砂客土C区		5.74	4.95	2.01	0.37	4.50	12.0	17.8	7.8	202	20	26	44.1	562

量ならびにアンモニア生成率についてみると、いずれも原土区より砂客土区の方が高い値を示している。このことは砂客土によって土壤中の有機態窒素の無機化が促進されてアンモニア態窒素含量が増加したものと考えられ、前述の砂客土した場合、作物が窒素多施と類似の初期生育を示した事実を裏書きしている。

4. 土壌の化学的性質の比較

以上のように、坩土に海砂を客土することによって土壌の理化学性が改善され、土壌温度も上昇することが判明したが、このことは当然土壌の化学性にも影響を及ぼすものと考えられる。

従って、常法によって跡地土壌の化学的性質について調査した成績を第11表にかかげた。

海砂の客土によって土壌養分が稀釈される関係上、砂客土施用区は原土区に比較して窒素、腐植、塩基置換容量、置換性塩基含量がいずれも減少し、その傾向は客土する海砂量の多いものほど著しい。一方、土壌の pH および塩基飽和度は逆に高くなっている。

次に、坩土の磷酸固定におよぼす砂客土の影響を調査するために、常法により磷酸吸収係数、N/5-HCl 可溶磷酸、活性礬土含量及び CHANG & JACKSON 法¹⁾に従って1N-NH₄Cl, 0.5N-NH₄F, 0.1N-NaOH, 0.5N-H₂SO₄を用いて土壌を連続抽出して無機態磷酸を磷酸石灰(Ca-P₂O₅)、磷酸アルミナ(Al-P₂O₅)、磷酸鉄(Fe-P₂O₅)に分別定量した結果を第12表にかかげた。

この成績によれば、砂客土施用区は原土区にくらべ N/5-HCl 可溶磷酸含量が高く、磷酸吸収力および磷酸固定に關する活性礬土含量が著しく低下しており、しかも、その傾向は客土する海砂量の多いものほど著しい。特に砂客土によって無機態磷酸のうち、Al-P₂O₅ および Ca-P₂O₅ 含量が減少し、Fe-P₂O₅ 含量が増加したことは注目に値し、N/5-HCl 可溶磷酸の増加量の大部分は Fe-P₂O₅ であることを暗示している。このように、坩土に砂客土することは土壌中の可給態磷酸含量を増加させ、しかも、磷酸固定力を減少させて磷酸肥料施用に、有利な状態になることがわかった。

第 12 表 磷酸吸収力および各形態別磷酸含量 (乾土 100g 中)

試験区別	項目	磷酸吸収 係 数	活 性* Al ₂ O ₃	N/5-HCl 可 溶	CHANG & JACKSON 法		
				P ₂ O ₅	Ca-P ₂ O ₅	Al-P ₂ O ₅	Fe-P ₂ O ₅
1. 原 土 区		2.395	mg 126	mg 13.8	mg 41.3	mg 85.7	mg 20.3
2. 砂 客 土 A 区		1.885	95	15.4	28.5	64.6	26.6
3. 砂 客 土 B 区		1.715	71	15.6	26.2	55.7	29.3
4. 砂 客 土 C 区		1.519	63	16.2	20.9	41.8	32.6

注) 活性 Al₂O₃*—酢酸, 酢酸ソーダ緩衝液可溶 Al₂O₃

第 13 表 SIMON 法による腐植の形態 (原液 30 c.c. 当たり)

試 験 区 別	溶 剤	浸 出 部			沈 澱 部		
		KMnO ₄ 消費量		沈澱 %	KMnO ₄ 消費量		腐植化度
		a	b		NH ₃	Acb ₄	
1. 原 土 区	NaOH	376	26	93.0	353	64	18.1
	NaF	110	28	74.5	88	73	82.9
2. 砂 客 土 A 区	NaOH	408	32	92.1	383	80	20.8
	NaF	125	28	77.6	100	91	91.0
3. 砂 客 土 B 区	NaOH	428	33	92.2	406	86	21.1
	NaF	139	27	80.5	119	109	91.5
4. 砂 客 土 C 区	NaOH	431	38	92.3	413	89	21.5
	NaF	157	26	83.4	137	125	91.9

第 14 表 各種溶剤に溶出する炭素量 (乾土 100g 中 mg)

試験区別	項目	全炭素	溶 出 する 炭 素 量			全炭素に対する溶出炭素量の 百分比		
			0.5% NaOH	0.5% NaF	0.5% Na- oxalate	0.5% NaOH	0.5% NaF	0.5% Na- oxalate
			mg	mg	mg	mg	%	%
1. 原 土 区		11,933	2,976	1,274	492	23.9	10.7	4.1
2. 砂 客 土 A 区		6,315	2,822	1,343	514	44.7	21.2	8.1
3. 砂 客 土 B 区		5,227	2,701	1,484	530	51.7	28.4	10.1
4. 砂 客 土 C 区		4,504	2,522	1,605	546	56.0	35.6	12.1

5. 土壌の腐植および窒素の形態

地力にもっとも大きな影響を与える土壌成分の1つに腐植があげられ、しかも、壙土のように腐植含量が20%以上をこえる土壌では腐植が地力におよぼす影響が大なることは十分に考えられる。一方、これまでの実験結果より、砂客土によって土壌中の有機態窒素の無機化が促進されることがわかった。

従って、壙土に砂客土した場合の腐植の性質がどのように変化するかを確かめる必要がある。ま

ず、SIMON 法⁷⁾ならびに弘法、大羽による SIMON 法の修正法⁸⁾によって、NaOH, NaF, Na-oxalate に溶解する腐植の量について測定した結果は第13～14表に示すとおりである。

SIMON 法による腐植の形態を調査した第13表によれば NaOH, NaF 浸出部中の KMnO₄ 消費量および沈澱%, 腐植化度は客土する海砂量が多くなるに従って増加している。特に、石灰沈澱剤である NaF 浸出部の KMnO₄ 消費量ならびに真性腐植酸含量の多寡を示す腐植化度が著しく増大

している。このことは墾土に海砂を客土することによって腐植物質およびフルボ酸の割合が低下し、安定な形態の腐植の割合が増加したことを意味している。

次に、弘法・大羽による SIMON 法の修正法によって 0.5% NaOH, 0.5% NaF, 0.5% Na-oxalate に溶出する腐植抽出液中の炭素量を、河田による TJURIN の修正法³⁾ により Diphenylamine のかわりに phenylanthranilic acid を指示薬として測定した第 14 表によると 0.5% NaOH に溶出する炭素量は土壌の全炭素含量に比例して客土する海砂量の多いものほど少ないが、これに対して、0.5% NaF および 0.5% Na-oxalate に溶出する炭素量は 0.5% NaOH 溶出量に比較して少ないが、砂客土量の多いものほど逆に増加している。また、全炭素に対する溶出炭素量の百分比についてみると、砂客土施用区は原土区に比較して 2 倍以上の高い数値を示し、かつ、客土する海砂量が多くなるに従って増加している。

一般に NaOH は主に礫土と結合している腐植

酸を、NaF は石灰と結合している腐植酸を、Na-oxalate は石灰、鉄などの多価塩基と結合している腐植酸を抽出すると推定されている点より考えて、砂客土によって石灰および鉄と結合している腐植酸が溶解されるものと考えられる。

PAGE²⁾ は ODÉN⁵⁾ の方法を踏襲して土壌中の炭素と窒素との輪回に関する研究を行ない、アルカリ浸出液中、酸によって沈澱する部分を humic matter と、沈澱しない部分を non-humic matter と名づけた。non-humic matter は ODÉN の Fluvosäure に相当して色の淡い分解されやすい腐植と考えられ、一方 humic matter は Humus-säure に相当して黒色のゲル状の沈澱であって微生物によって分解され難い腐植と考えられる。

従って、筆者らは墾土に対する砂客土が、土壌の窒素の形態におよぼす影響を調査するために、HOBSON & PAGE の方法²⁾ に従って窒素と炭素とを分別、定量した結果を第 15~16 表に示した。

なお、分別法を示すと次のとおりである。

第 15 表 各 fraction 中の窒素含量 (単位容積当たり mg)

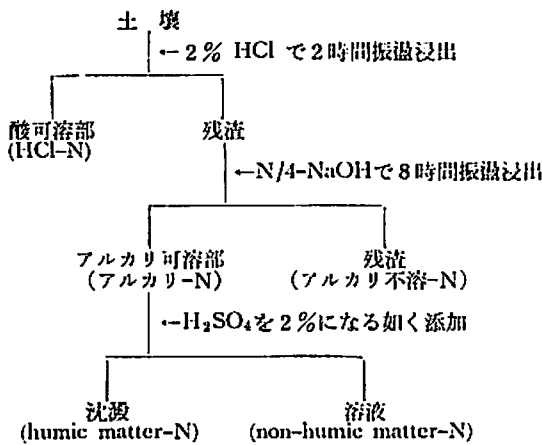
項目	Total N	2% HCl soluble N	N/4-NaOH insoluble N	N/4-NaOH soluble N	Humic matter N	Non-humic matter N
1. 原 土 区	847 (100)	14 (1.7)	402 (47.4)	431 (50.9)	399 (47.1)	32 (3.8)
2. 砂 客 土 A 区	711 (100)	15 (2.1)	312 (43.9)	384 (54.0)	344 (48.4)	40 (5.6)
3. 砂 客 土 B 区	678 (100)	16 (2.5)	282 (41.3)	380 (56.2)	338 (50.0)	42 (6.2)
4. 砂 客 土 C 区	588 (100)	16 (2.8)	228 (38.7)	344 (58.5)	300 (51.0)	44 (7.5)

注) 1) 砂客土 A, B, C 区の N は原土区 100g と同一容積中の N 量。
2) () 内の数字は全窒素に対する百分比。

第 16 表 各 fraction 中の炭素含量 (単位容積当たり mg)

項目	Total C	2% HCl soluble C	N/4-NaOH insoluble C	N/4-NaOH soluble C	Humic matter C	Non-humic matter C
1. 原 土 区	11,933	274	4,833	6,826	6,725	101
2. 砂 客 土 A 区	8,748	280	2,699	5,769	5,660	109
3. 砂 客 土 B 区	7,608	282	2,236	5,090	4,979	111
4. 砂 客 土 C 区	6,594	284	1,900	4,410	4,294	116

注) 砂客土 A, B, C 区の炭素は原土 100g と同一容積中の炭素量。



HOBSON & PAGE の方法によって窒素および炭素の fraction を分別した成績によると、砂客土によって単位容積当たりのアルカリ可溶、Humic matter 部の窒素および炭素含量は減少しているが、塩酸可溶および Non-humic matter 部の窒素、炭素含量は逆に増加している。特に ODÉN の Fluvosäure に相当し、分解されやすい腐植と考えられる non-humic matter 部の増加量はやや顕著である。また、全窒素に対する各 fraction の窒素の割合はアルカリ不溶部を除き客土する海砂量の増加に伴っていずれも増大し、特にアルカリ

可溶部の増加量がきわめて多い。

次に各 fraction 中の CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 含量を分析した第17表によれば、CaO および Al₂O₃ はともに酸による溶出量がきわめて多く、アルカリ可溶部のものが少なく、酸溶出量のほぼ半分程度である。これに反して、Fe₂O₃ は大部分アルカリによって溶出されて酸溶出量が、比較的少ない。原土区と砂客土各区の各 fraction 中の無機成分の含量（単位容積当たり）を比較すると、一般に砂客土によって各 fraction 中の Al₂O₃ 含量はいずれも減少しているが、これに対して、Fe₂O₃ 含量は逆に増加する傾向を示し、特にアルカリ可溶部 Fe₂O₃ の含量が顕著に増加している。一方酸およびアルカリ可溶の CaO 含量は各区ともに差がないので砂客土によってあまり影響を受けないものと考えられる。

一般に、Fe₂O₃ は単独ではアルカリに不溶であるはずなのにアルカリ可溶の Fe₂O₃ 含量が増加したことは腐植と結合した形で溶出したものと思われる。以上の結果より考えると、墾土に海砂を客土した場合には土壤中の Fe₂O₃ と結合した腐植が分解溶出し、そのため、腐植に附随する有機態窒素の無機化量が多くなったものと推察される。

第 17 表 各 fraction 中の無機成分量 (単位容積当たり mg)

成分名	試 験 区 別	2% HCl	N/4-NaOH	humic matter	non-humic matter
		可 溶 部	可 溶 部	部	部
CaO	1. 原 土 区	557	203	34	169
	2. 砂 客 土 A 区	558	202	33	169
	3. 砂 客 土 B 区	558	200	30	170
	4. 砂 客 土 C 区	560	197	26	171
Al ₂ O ₃	1. 原 土 区	2,838	1,138	538	600
	2. 砂 客 土 A 区	2,751	1,108	524	584
	3. 砂 客 土 B 区	2,664	1,080	524	556
	4. 砂 客 土 C 区	2,430	995	523	472
Fe ₂ O ₃	1. 原 土 区	94	404	230	174
	2. 砂 客 土 A 区	179	501	298	203
	3. 砂 客 土 B 区	240	516	309	207
	4. 砂 客 土 C 区	281	521	314	208

- 注) 1) CaO —EDTA 滴定法による。
 2) Al₂O₃ —Aluminon 法による。
 3) Fe₂O₃ —o-Phenanthroline 法による。

B 砂客土した場合の窒素用量と磷酸用量との相互関係について

前項において、壟土に砂客土した場合の物理的性質、化学的性質および土壤窒素の形態について調査の結果、本土壌の物理性が改善され、土壤温度が上昇し、有機態窒素の無機化量が多くなるこ

とがわかった。

次に、壟土に砂客土した場合の窒素と磷酸との適量および適比率を査定するために、原土と海砂を容量比で3:1に充填したものに、燕麦(前進)を供試作物として、1/2,000 aの框試験を実施しその試験成績を第18~19表および第4~5図にかかげた。

窒素施用量と生育相との関係についてみると、

第18表 生育および収量調査

試験区別	項目	成熟期における生育調査			框当たり収量			子実収量比	子実重/総重
		稈長	穂長	穂数	総重	茎稈重	子実重		
1. 無窒素区		77.9	25.5	36	162.0	74.5	70.1	110	0.43
2. 無磷酸区		67.4	23.2	34	88.7	43.0	35.6	56	0.40
3. 窒素標準量+磷酸標準量区		77.6	25.3	35	148.2	68.7	64.0	100	0.43
4. 窒素標準量+磷酸2倍量区		82.3	25.8	38	178.1	78.8	73.9	116	0.42
5. 窒素標準量+磷酸4倍量区		83.7	26.4	42	212.8	93.9	88.0	138	0.41
6. 窒素2倍量+磷酸標準量区		75.8	25.3	33	106.8	51.5	44.4	69	0.42
7. 窒素2倍量+磷酸2倍量区		80.0	26.1	36	147.0	66.4	58.8	92	0.40
8. 窒素2倍量+磷酸4倍量区		85.2	26.6	42	189.5	82.6	73.2	114	0.39
9. 窒素3倍量+磷酸標準量区		75.0	25.3	30	87.7	45.1	30.9	48	0.35
10. 窒素3倍量+磷酸2倍量区		80.0	25.9	34	119.6	61.8	45.8	72	0.38
11. 窒素3倍量+磷酸4倍量区		84.5	26.8	40	150.9	77.9	59.0	92	0.39

注) 1. 窒素標準量+磷酸標準量区の框当たり要素量は窒素、磷酸、加里各1g。
2. 窒素標準量+磷酸標準量区の子実収量を100とする。

第19表 収穫物の成分含有率および吸収量

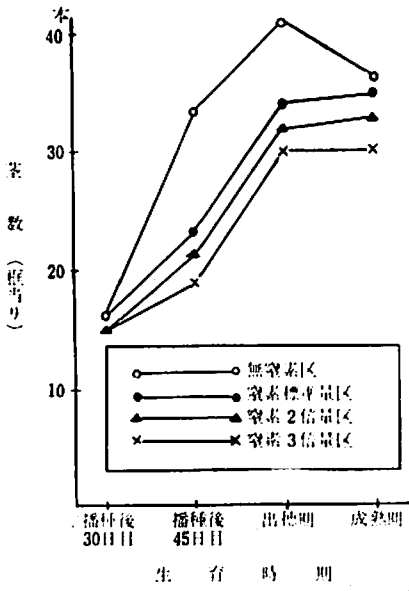
試験区別	項目	成分含有率						框当たり吸収量		
		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		茎幹	子実	茎幹	子実	茎幹	子実			
1. 無窒素区		0.80	1.71	0.21	0.71	2.76	0.43	1.79	0.66	2.36
2. 無磷酸区		1.49	2.41	0.22	1.01	2.99	0.51	1.50	0.46	1.47
3. 窒素標準量+磷酸標準量区		1.13	1.99	0.20	0.84	2.93	0.46	2.05	0.67	2.31
4. 窒素標準量+磷酸2倍量区		1.10	1.84	0.18	0.76	2.85	0.46	2.23	0.71	2.59
5. 窒素標準量+磷酸3倍量区		0.98	1.58	0.13	0.69	2.79	0.44	2.31	0.73	3.01
6. 窒素2倍量+磷酸標準量区		1.54	2.15	0.22	0.90	3.05	0.50	1.75	0.51	1.79
7. 窒素2倍量+磷酸2倍量区		1.33	2.09	0.18	0.87	2.97	0.47	2.11	0.63	2.25
8. 窒素2倍量+磷酸4倍量区		1.06	1.93	0.12	0.74	2.58	0.43	2.28	0.64	2.44
9. 窒素3倍量+磷酸標準量区		1.67	2.29	0.27	1.01	2.92	0.53	1.46	0.43	1.48
10. 窒素3倍量+磷酸2倍量区		1.38	2.35	0.18	0.93	2.72	0.54	1.93	0.53	1.93
11. 窒素3倍量+磷酸4倍量区		1.33	2.38	0.16	0.90	2.30	0.56	2.44	0.65	2.12

注) N吸収率——(砂客土区25.8%), (原土区66.5%)
P₂O₅吸収率——(砂客土区21.8%), (原土区29.4%)

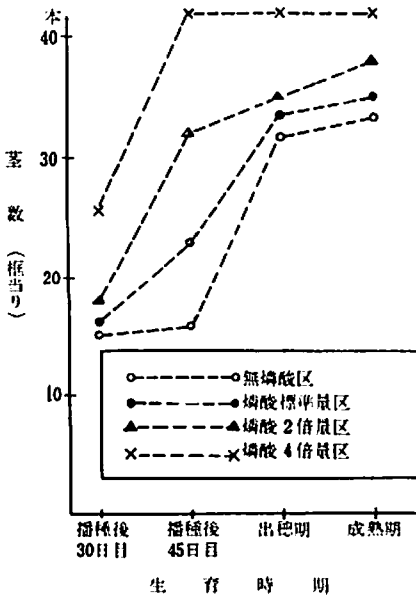
窒素施用量の少ないものほど草丈の伸長および茎数の増加がきわめて顕著で良好な生育を示して発熟も早かった。これに反して、窒素2倍量、3倍量区は磷酸の多施によってその程度は軽減される

第4図 茎数の推移 (框当たり)

〔窒素用量との関係〕



〔磷酸用量との関係〕



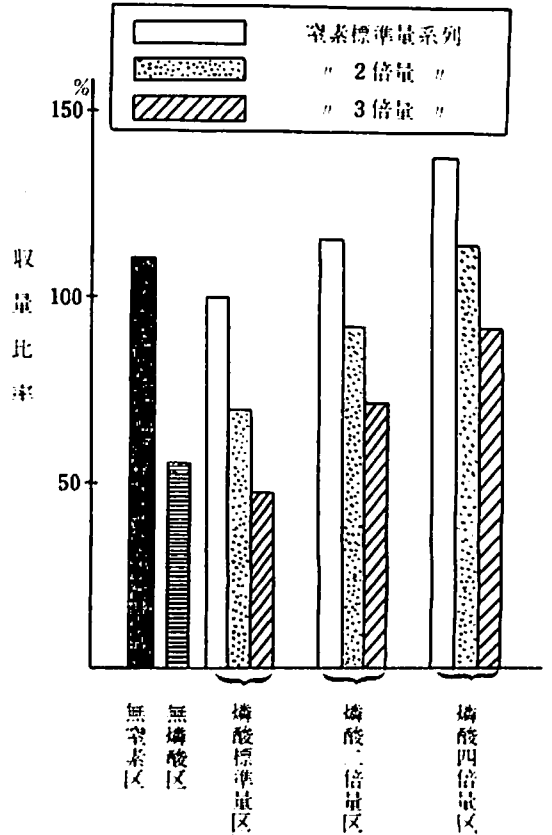
が、一般に登熟が著しく遅延して叢生状態になった。

次に、磷酸施用量と生育相との関係についてみると、磷酸施用量の増加に従って葉幅が広くなり穂も大きく、きわめておう盛な生育量を示して発熟も良好であった。

収量調査の結果によると、生育の差が収量面に反映して、窒素施用量の増加につれて次第に子実収量が低下し、無窒素区の収量をもっとも高く、窒素標準量区にくらべて10%の増収を示した。一方、磷酸の増施に伴って子実収量が次第に増加し窒素標準量、2倍量、3倍量各系列ともに磷酸4倍量区が最高の収量を示した。

このように、砂客土した場合には窒素の肥効がほとんど認められず、むしろマイナスの効果を示している。一方、磷酸の肥効はきわめて顕著であるが原土に比してやや軽減される。

第5図 窒素用量と磷酸用量との収量比率



結局、墾土に対して海砂を客土した場合の施肥法としては、土壤中の有機態窒素の無機化量が多いために、なるべく窒素の施用量をおさえて窒素4倍量程度の磷酸を多施することが望ましい。

IV 考 察

道南地方の海岸線に分布する墾土の改良されるべき問題点として、(1) 礮土性の軽減、(2) 土壤理化学性の改善、(3) 土壤腐植の解膠促進の3点を前報において指摘した。

墾土は一般に土壤無機膠質に乏しく、腐植含量が20%前後できわめて高く、黒色で一見地味が高いように考えられるが、実際には作物に対する天然供給養分が少なく、地味瘠薄で地力向上の手段として堆厩肥の施用が奨励されている現状である。また、墾土は腐植に付随する窒素含量が相当に高いにもかかわらず、これに作物を栽培すると著しい磷酸欠乏とともに窒素欠乏をも併発する。

本土壤地帯は春季において濃霧の襲来を受けるため、地温の上昇が遅く、かつ、日照量も少ないため、土壤腐植の分解が緩慢で作物の初期生育は不良である。しかし、7月中旬以降に地温も上昇し、土壤窒素の無機化量が急激におう盛となり、結局、作物は生育の後期において窒素過剰に遭遇し、このために麦類の倒伏、馬鈴薯の疫病発生、澱粉含量の低下および甜菜の T/R 比の増大と含糖率の低下を惹起するものと思われる。

また、本土壤は鬆鬆で保水性が強く、過湿性になりやすい理学的性質をもっていることも作物の生育遅延を招来し、土壤腐植の分解を緩慢化している原因とも考えられる。

従って、このような特性をもつ本土壤改良法の1つとして、砂客土について検討した結果、土壤理化学性の改善および土壤腐植の分解促進の両面においてかなりの効果をあげることが明瞭となった。

すなわち、海砂を客土することによって、単位容積当たりの土壤重量が増大し、保水性が緩和され、通気性が良好となり、地温も2~3℃上昇して墾土の理化学性が相当改善された。特に作物の初期生育が良好となって窒素多施と類似の生育を示

したことは春季における通気性の改善と地温の上昇によって土壤微生物の活動がおう盛となり、有機物の分解が進み、その分解にもつき窒素の供給量が増大したためと考えられる。実際に砂客土によって土壤窒素の無機化量が10%程度高く、NaF および Na-oxalate のような石灰沈澱剤に溶解する腐植が増加して良好な腐植の形態の割合が増大した。

次に HOBSON & PAGE の方法で窒素の fraction を分別するとアルカリ可溶の窒素含量が増加し、特に ODÉN の Fluvosäure に相当して分解されやすい腐植と考えられる non-humic matter 部の窒素含量が顕著に増大している。また、鉄は単独ではアルカリに不溶であるはずなのにアルカリ可溶の鉄含量が増大したことは砂客土によって鉄と結合せる型の腐植の溶出量が増加したものと推察される。

このように、砂客土区が原土区に比較して土壤窒素の無機化量が多く、かつ、速かであるためにその効果が作物の生育、収量面に反映したものである。

しかし、一般に本土壤は礮土と結合している型の腐植が多いため、今後、この種腐植の解膠促進の面について検討する必要がある。

V 摘 要

道南地方に分布する墾土改良法の1つとして、砂客土の効果とその場合の施肥法について調査して次のような結果をえた。

1) 砂客土によって、地温が上昇し、気相および固相の割合が増加して通気性が良好となり、過湿性も緩和され、墾土の理化学性が相当改善された。その結果、作物は窒素多施と類似の初期生育を示し、かつ、登熟性の向上と相まって収量も20%前後増収した。

2) 収量および経済性の両面よりみて、墾土に対するもっとも効果的な海砂の客土量は容量比で原土に対して3:1のものである。

3) 砂客土区は原土区に比較して、単位容積当たりの土壤窒素のアンモニア化量が10%程度高く、NaF および Na-oxalate のような石灰沈澱剤

に溶解する腐植が増加し、かつ、腐植化度も高くなった。次に PAGE の方法で土壌窒素の fraction を分別すると、アルカリ可溶の窒素が増加し、特に ODÉN の Fluvosäure に相当し、分解されやすい腐植と考えられる non-humic matter 部の窒素量が顕著に増大している。一方、各 fraction 中の CaO 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 含量を測定した結果、アルカリ可溶部の Fe_2O_3 量が増大していることより、畑土に砂客土をした場合には鉄と結合した腐植が分解溶出したものと考えられる。

4) 砂客土した場合の施肥法としては、土壌窒素の無機化量が多いために、なるべく窒素の施用量をおさえて窒素の 4 倍量程度の磷酸を施用することが必要である。

参 考 文 献

- 1) CHANG, S. C. & JACKSON, M. L., 1957; Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci., Vol. 84, 133.
- 2) HOBSON, R. P. and PAGE, H. J., 1932; Studies of the carbon and nitrogen cycle in the soil. J. Agr. Sci., 22, 497.
- 3) 河田 弘, 1957; 林野土壌調査報告, 8, 67.
- 4) 弘法健三, 大羽 裕, 1957; 土壌腐植の抽出条件について, 日本土壌肥料学会講演要旨集, 第 5 集, 12 頁
- 5) 南 松雄, 高田 亨, 佐藤亮八, 昭和 35 年; 道南地方に分布する畑土の特性とその改良に関する試験, 第 1 報 理学的性質と磷酸固定について, 道立農試集報, 第 5 号, 24 頁
- 6) ODÉNS., 1919; Die Huminsäuren. Kolloid Beih-eft 11.
- 7) SIMON, K. and SPECHERMANN, H., 1938; Beiträge zur Humusuntersuchungsmethodik. Bodenkunde u Pflanzenernähr, 8, 129.

Summary

In the previous report, the characteristics and phosphate fixation on the so-called "rodo soil" lying in the south district of Hokkaido was described.

In Hokkaido, the so-called "rodo soil" has been characterised as a black humus soil which accumulated above 30 cm in depth on the earth surface and is lacking in phosphorus remarkably.

In the present paper, the authors describe studies on the changes of physical properties and nitrogen forms of soil caused by sand dressing.

The results were summarized as follows;

(1) By sand dressing, the physical properties of "rodo soil" were changed remarkably; earth temperature, rate of air phase and solid phase, aeration were increased and then excessive wetness was mollified.

According to these changes, crops showed growth similar to those manured with nitrogen at a high level.

Therefore, yields were increased about 20% compared with control plot.

(2) According to increase of sand dressing, the mineralized content of nitrogen accompanying the decomposition of organic matter was considerably high and then the content of humus extracted by NaF and Na-oxalate was increased.

On the other hand, the content of alkali soluble nitrogen and nitrogen containing non-humic matter part which correspond to ODÉN's fluvosaure fractionated from soil by PAGE's method were increased especially, also the content of alkali soluble iron was increased.

From these observations, it seems that the humus combined with iron was isolated by sand dressing.

(3) The amount of the most effectual sand dressing on the so-called "rodo soil" is in the ratio of one to three for soil by volume.