

# 犁底盤について

山 田 忍

(帯広畜産大学)

## I はじめに

北海道の畑地では、作土と心土との境に堅密な層が出来ているところがあり、これを犁底盤と称している。その厚さは大体1cm内外にすぎない。多くの作物の根はこれをつき抜けて下層に伸長することが出来ないため生育は不振となる。この犁底盤はどうして出来るか、その経過を明らかにすると同時に対策についても研究したので、その結果を御報告申し上げ御批判を仰ぎたい。尚、犁底盤の出来方などについての研究は主として本学土壌学研究室の田村助教、農業工作研究室の小野教授等によって行なわれた。

## II 犁底盤の出来やすい土とその特性

犁底盤を調査してみると未耕地には見られないが、早いものは開墾後数年にして出来始めるところもあるが、30年以上経過しても出来ないところもあり、明らかに出来やすい土壌と出来難い土壌のあることが推察出来る。そこで犁底盤の出来る経過を研究する前に、犁底盤の出来易い土とはどのような土か。その特性を調べることにした。

犁底盤の悪影響になやまされている帯広市川西町農耕地約2万ヘクタールについて詳細な土壌調査を行なって土壌区分をし、区分された土壌区と犁底盤生成の有無について調べて見たところ、犁底盤の出来る場所は僅か二つの土壌区に過ぎなかったが、その面積は農耕地の約半分を占めていた。そしてこの二つの土壌区は共に十勝統C統乾性型火山灰土に属することが明らかになった。

犁底盤の出来難い土壌区の中には、出来やすい土壌区と堆積年代もその母材も全く同じくしながら、堆積場所がちがうため土壌化過程も異にし、ちがう土壌区として取り扱っているものがある。これを十勝C統湿性型火山灰土、同じく適潤型火山灰土と呼んでいる。そこで、この乾性型火山灰地と湿性型火山灰地について、それぞれ未耕地と耕作年次のちがうところを選定して、作土と心土と犁底盤について土壌硬度を測定してみた。この場合、湿性型には犁底盤が出来ていなかったが、犁底盤の出来る位置についての硬度を測定してみた。その結果は第1表、第2表の通りである。

第1表 犁底盤の出来る地帯の土壌硬度(北農式土壌硬度計(50kg加圧)にて測定。数字の大きいもの程、硬度が高い)

層位 (深さ)	未耕地	既 耕 地				調 査 地
		耕作7年	耕作30年	耕作40年	耕作50年	
作土 (0~10cm)	18	16	16	16	16	帯広市川西町
犁底盤 (10~11cm)	16	19~27	27~45*	27~45*	27~45*	十勝C統乾性 型火山灰地
心土 (11~20cm)	15	14~18	14~18	14~18	14~18	

\* 明らかに犁底盤と認められる土の硬さ

第2表 犁底盤の出来難い地帯の土壤硬度

層位 (深さ)	未耕地	既 墾 地		調査場所
		耕作10年	耕作30年	
作土 (0~10cm)	21	18	18	帯広市川西町 稲田
犁底盤の位置 (10~11cm)	18	18~19	21~28	十勝C統湿性 型火山灰土
心土 (11~20cm)	21	21	22	

すなわち湿性型火山灰土においては耕作30年を経過しても作土と心土との境は多少硬くはなっているが、犁底盤を生成するにいたっていない。

そこで犁底盤の出来やすい乾性型火山灰土と出来にくい適潤型と湿性型火山灰土について土壤の理化学的特性を比較してみた。その結果は第3表のとおりである。

第 3 表

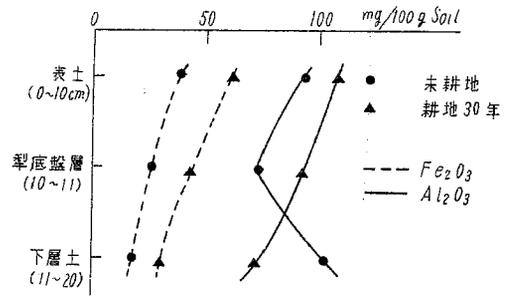
犁底盤の出来方 火山灰土の種類	出来やすい	出来にくい	
	十勝C統 乾性型火山灰土	十勝C統 適潤型火山灰土	十勝C統 湿性型火山灰土
pH	5.8	5.8	4.8
腐植%	5.0	15.0	34.0
置換容量(M・E)	12.8	30.4	51.2
置換性塩基(M・E)	3.9	10.9	4.3
飽和度%	32.2	35.9	8.4
耐水性団粒5mm以上%	15.0	43.0	24.0
粘土含量%	3.0	8.0	20.0

上の成績からみると母材を同じくしながら、犁底盤の出来やすい火山灰土と出来にくい火山灰土との間に腐植の含量、置換容量、耐水性団粒含量に大きな差異のあることが推察できる。

### Ⅲ 犁底盤の出来る経過

土層中に盤層が出来る場合、作土から溶脱した $R_2O_3$ が下層土に集積して固結することは一応は考慮に入れる必要がある。現地で土層を掘下げて犁底盤を観察してみると外観からは $R_2O_3$ の集積は認められない。耕作30年を経過してすでに犁底盤の出来ている土壤について作土、犁底盤、心土の可溶成分をTammの方法で測定して、未耕地のそれと比較してみたところ第1図に示すように犁底盤に $R_2O_3$ の顕著な集積は認められず、未耕地のそれと大差がないことから、 $R_2O_3$ の集積による固結作用が犁底盤の生成に与ついているとは考えられない。

そこでさきに犁底盤の出来やすい土と出来にくい土について明らかに差異のありと推測した腐植，耐水性団粒について耕作年次の経過に伴ってどのような変化を来しているかを調べてみた。その結果は第4表A，B，第5表A，Bの通りである。



第1図 乾性型火山灰地における未耕地と犁底盤の出来ているところの作土，心土，犁底盤の可溶性 $R_2O_3$ 。

第4表 (A) 耕作による腐植量の変化 (Tuilin法)  
(乾性型火山灰土)

層位 (深さ) cm	未耕地 %	既耕地			
		耕作7年	耕作30年	耕作40年	耕作50年
作土 (0~10)	9.68%	9.28%	5.84%	3.75%	2.83%
犁底盤 (10~11)	6.00	2.25	1.36	1.04	0.63
心土 (11~20)	2.56	1.77	0.31	0.63	0.42

第4表 (B) 耕作による腐植量の変化 (Tuilin法)  
(湿性型火山灰土)

層位 (深さ) cm	未耕地	既耕地	
		耕作10年	耕作30年
作土 (0~10)	24.01%	13.51%	11.51%
犁底盤の位置 (10~11)	22.23	17.01	12.32
心土 (11~20)	24.62	21.00	17.11

第5表 (A) 耕作による耐水性団粒含量の変化 (Bryant法 0.5mm以上)  
(乾性型火山灰土)

層位 (深さ) cm	未耕地	既耕地			
		耕作7年	耕作30年	耕作40年	耕作50年
作土 (0~10)	20.3%	8.5%	10.1%	12.9%	6.3%
犁底盤 (10~11)	26.8	7.0	5.4	4.7	4.4
心土 (11~20)	30.0	11.2	15.1	15.8	14.4

第5表 (B) 耕作による耐水性団粒含量の変化 (Bryant法 0.5mm以上)  
(湿性型火山灰土)

層位 (深さ) cm	未耕地	既耕地	
		耕作10年	耕作30年
作土 (0~10)	22.5%	19.5%	19.5%
犁底盤の位置 (10~11)	32.0	34.2	37.5
心土 (11~20)	21.5	46.1	53.0

上の成績からみて犁底盤の出来やすい土は、耕作年次の経過に伴って作土と犁底盤の腐植の含量が減少し、犁底盤の出来る頃には極端に少くなっている。犁底盤の出来にくい土では作土の腐植の含量は減る量が少ない上にはじめから含量が多いから耕作30年たっても乾性型の未耕地よりもむしろ多い。耐水性団粒も犁底盤の出来やすい土は耕作年次に伴ってどんどん減少していくが、犁底盤の出来にくいところでは、その減少はあまり目立たず心土はむしろ増加している（この原因は今のところ判らぬ）。

土壌の団粒形成に主役を果しているものは腐植と粘土である。この火山灰土においては、粘土の含量は初めから少いが湿性型においては風化に伴って増加しているが、適潤型においては必ずしも粘土含量が多いとはいえない。（第3表）

又、降下堆積時代やその母材まで同じでありながら乾性型火山灰土は適潤型や湿性型火山灰土より腐植の集積の少いことは、一面この乾性型火山灰土の腐植は集積のかたわら分解が促進されていることを物語っている。

このようなことから考えると農家の耕作法そのものが同一であったとしても、耕作に伴って腐植の消耗は湿性型や適潤型より乾性型に早く、それに伴って耐水性団粒も減少して単粒化していくことは想像にかたくない。そして単粒化された土はいわゆる弾性を失っているから踏圧に際して圧密され、土の硬度は硬くなるはずである。

北海道において現在耕作は主として馬にたよっている。そしてブラウイングに際しては一頭ひきの場合には馬は丘を歩き、しかもこの馬の踏圧は相当のもので圧密が加わり、土の硬度も増加する。もしこのような状態になった作土を翌年耕作するときは、前年より硬度が増しているため馬の抵抗が増加するが従来通りの耕し方をすれば当然作土は浅く耕され、作土の下部は耕起されずに残る。この深さは大体1cm内外と見る。そしてこの耕起されずに残された作土は、翌年更に踏圧を受けて硬度を増してますます耕起されにくくなり、これがやがて犁底盤という形で残っていくものと見る。

このような考えから北海道の犁底盤は馬が丘を歩くだけに作土の一部とみる。（内地のように耕起の際、溝を歩くと圧密を受けるのは心土の上部であるから条件が変わってくる）

又、湿性型あるいは適潤型火山灰は腐植の含量がもともと多く、このため団粒も多いが、この腐植が乾性型のものより分解しにくいいため耕作による消耗が少く、犁底盤の生成を妨げているものと解する。

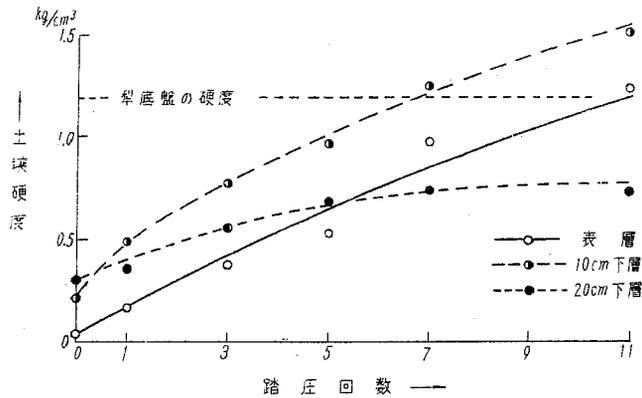
このような調査から見て腐植の含量の少い沖積土においては犁底盤は出来やすいとの考えでこの点を調査してみたところ、このような土も明らかに犁底盤は出来ていた。

#### IV 犁底盤の出来やすい土と出来にくい土

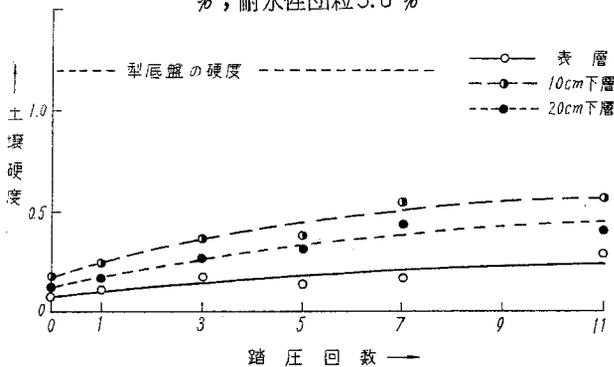
##### についてのトラクターによる踏圧試験

北海道においては現在農耕は主として馬耕に頼っているが、漸次トラクター耕にうつりつつある。そしてトラクター耕の場合には馬耕とは比較にならぬ程の踏圧を受けるだけに作土の圧密化は将来問題となる可能性が多い。そして先に述べた犁底盤の出来る理由が作土の踏圧が大きな役割を果しているとの推論が正しければ、この犁底盤の出来やすい土と出来にくい土では、トラクターの踏圧による土の圧密化に大きな差異があってもよいはずで、この点を実験によって確かめてみた。

これには犁底盤の出来やすい土と出来にくい土を同じような条件で大体作土の硬さの程度に積み重ねて、その上をトラクターで踏圧をした（小松トラクター6.6馬力）。そして踏圧回数を増すにつれて土壌



第2図 トラクター踏圧による土壌変化 (犁底盤の生成すると考えられる土壌) 耕作10年, 腐植5.8%, 耐水性団粒5.0%



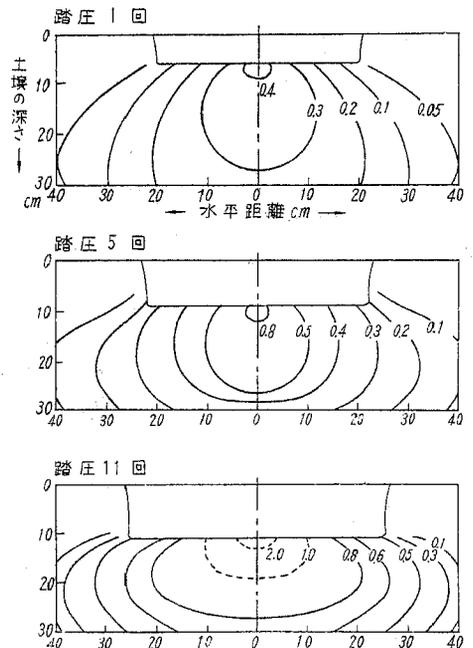
第3図 トラクター踏圧による土壌硬度変化 (犁底盤の生成されないと考えられる土壌) 耕作10年, 腐植13.7%, 耐水性団粒14.0%

又, 土壌の深さによる等, 硬度曲線を見ても, 第4図, 第5図に示す通り犁底盤の出来やすい土は同じ踏圧回数で全般に土壌硬度が高くなるが, 犁底盤の出来にくい土では, 土壌硬度が全般に低くばかりでなく, その等高度分布曲線から見て踏圧を受けると土が圧密するにはするが, 一部分は横に流動する傾向がうかがわれた。

以上の結果から今後トラクターによる耕作の場合, 踏圧による土壌硬度の増加は犁底盤の出来やすい土にその傾向が著しいことが推察されるばかりでなく, このような土は踏圧回数の増加に比例して土壌硬度も増加するので, 作物の生育観点からしても踏圧回数を少なくする何らかの措置をとる必要のあることを

硬度がどのように変わるかを調べてみた。この際踏圧によって土も流動するので, これをわかりやすくするため, 土3cmの厚さごとに石灰をまいて土と石灰のサンドウィッチを作っておいた。その結果は, 第2図, 第3図のとおりである。

すなわち犁底盤の出来やすい土では, トラクター踏圧7回で地表から10cmのところを犁底盤と同じ硬さになり, 踏圧11回で地表もその硬さになったのに対して, 犁底盤の出来にくい土では, 踏圧11回に及んでもどの深さの土もその硬さは犁底盤よりはるかに少ない数値を示し, 踏圧3回以上になると硬さの変化は殆んどみられなかった。



第4図 土壌断面等硬度曲線 (犁底盤の生成されると考えられる土壌) 絶対土壌硬度  $kg/cm^2$

暗示している。

## V 犁底盤対策

犁底盤が出来ると多くの作物の根はここで伸長がとまり、結局生育そのものに悪影響を及ぼすものであるから当然対策を講じなければならぬ。

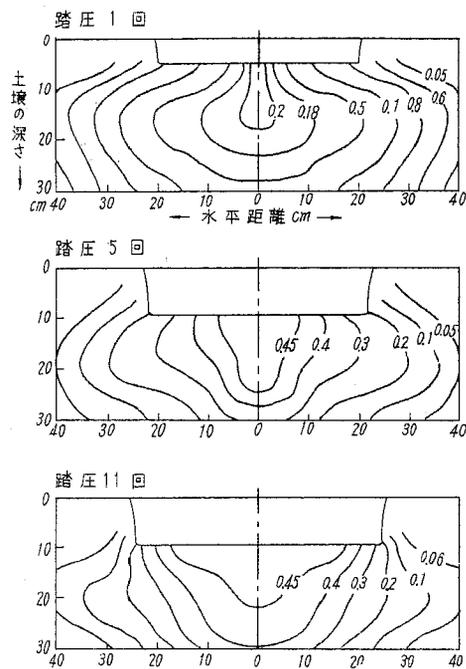
対策には二通りある。先ず犁底盤は未耕地になく明らかに耕作法そのよろしきを得なかったことにあるから、耕作法そのものの改善である。そして犁底盤の出来る原因が腐植の消耗による土壌の単粒化にあるから、たえず有機物を施して土壌の単粒化を未然に防ぐことにある。

対策のその次は犁底盤が出来た場合これをこわす方法である。深耕をすれば犁底盤はもちろんこわれる。しかし土壌そのものが犁底盤が出来易い形になっている以上、単に犁底盤をこわしても耕作を続けると再び出来始めることは、その出来る経過から考えても明らかである。そこでこのような場合深耕をしながら土壌の団粒化を計る手段を講ずればよい。土壌の団粒化には有機物を補給するののも一つの手段である。これには堆肥を施すことも考えられるが、従来の経験からすれば堆肥を施しても思った程団粒化が進まない。

土壌の団粒化を計るため土壌改良剤の施用が進められている。しかし現在市販の土壌改良剤では、乾性型火山灰土の団粒化にはさして有効でないことは、この方面の数多くの研究からも推測にかたくない。

又、火山灰土の団粒化に客土が考えられる。この場合客土材料の粘土鉱物の種類が問題となる。筆者等の試験ではモンモリロナイト型の粘土鉱物を主体とする粘土であれば、その効果は期待出来るが、カオリナイト型の粘土鉱物ではその効果は期待薄である。

次は作物栽培による土壌の団粒化である。赤クロバーの根が土壌の団粒化に大きな力のあることは、Williams が提唱して以来、日本でも追試の結果、その事実は認めている。赤クロバーは元来深根作物である。もし赤クロバーが土壌の団粒化にききめがあるなら、犁底盤対策として大きな希望をいだかせるが、犁底盤の出来ているところに栽培しても根がこの犁底盤をつき抜けて下層まで伸びるかどうか誰れも試験をしていない。又、赤クロバーがその効果を認めたとしても、牧草類は主として飼料として考えられているので、北海道とすればこの問題を無視しては実用的でない。そこで赤クロバーを交えたいろいろの荳科牧草と禾本科牧草としてチモシイを、又、荳科作物として大豆をそれぞれ供用して、俣試験で人工的に犁底盤をつくった土について栽培試験を試みた。その結果、大豆、チモシイを除いた他の荳科の牧草は何れも犁底盤をつき抜けて根が下層まで伸びることが判り、その上作土の団粒化も促進され、又犁底盤もこのためやわらかくなるなど一石三鳥の効果のあることが明らかになった。その成績は第6表A, Bに示すとおりである。



第5図 土壌断面等硬度曲線(犁底盤の生成され難いと考えられる土壌)絶対土壌硬度  $\text{kg}/\text{cm}^2$

第6表 (A) 荳科牧草栽培による耐水性団粒の変化  
(Bryant法 0.5mm以上)

作物名	大豆	スイート クロバー	アルサ イック クロバー	赤 クロバー	チモシイ	赤クロバ ー,チモ シイ混播	ラジノ クロバー	アルファ ルファ
耕作前%	15.0%							
耕作2年目の 作物収穫後	12.5%	18.2%	14.5%	22.2%	14.7%	20.0%	18.5%	17.7%
耕作前を100 とした場合の 耕作後2年目 の割合	83	121	110	148	98	133	123	118

第6表 (B) 荳科牧草栽培による犁底盤の硬さの変化  
(山中式硬度計 kg/cm<sup>2</sup>)

作物名	大豆	スイート クロバー	アルサ イック クロバー	赤 クロバー	チモシイ	赤クロバ ー,チモ シイ混播	ラジノ クロバー	アルファ ルファ
耕作前	0.70							
耕作1年目	0.83	0.34	0.61	0.41	0.72	0.47	0.43	0.28
耕作前を100 とした場合、 耕作後1年目 の割合	118	48	87	58	102	67	61	40
耕作2年目	0.75	0.25	0.45	0.21	0.64	0.22	0.36	0.21
耕作前を100 とした場合、 耕作後2年目 の割合	107	35	64	30	91	31	51	30

特に注目すべきは禾本科牧草は乾性型火山灰土の団粒化にききめが期待出来なかったし、その根は犁底盤をつきぬけることが出来なかった。又、赤クロバー、チモシイを混播した場合、赤クロバーのみが犁底盤をつき抜け、チモシイは犁底盤の上のみはびこっていた。更に以上の成績を実証するため乾性型火山灰土で既に犁底盤の出来ている農家の畑に赤クロバーを栽培して、犁底盤の硬さの変化を調べてみたが、前の枠試験と同じような傾向が認められ、赤クロバーが犁底盤をやわらげる上において実効果のあることがわかった。

第7表 農家圃場における赤クロバー栽培による犁底盤の硬さの変化  
(山中式硬度計 kg/cm<sup>2</sup>)

調査年次	調査開始 前の秋	1年目の 秋	2年目の 秋	3年目の 秋	4年目の 秋
栽培作物	大豆	赤クロバー	赤クロバー	大麦	大豆
犁底盤の硬さ	0.90	0.80	0.54	0.58	0.50
調査開始前の硬さを 100とする同上割合	100	90	60	64	56

## VI ま と め

畑地における犁底盤は出来やすい土と出来にくい土があり、そして腐植の含量の少い耐水性団粒の少い土において耕作法よろしきを得ないで腐植が消耗して土壌が単粒化したとき、耕起の際家畜の踏圧によって作土が緊密化し、この作土の下部が耕起されずに残ったものが犁底盤の出来始めで、その後耕作の際の踏圧によって硬さを増し、作物根の伸長を妨げるようになる。そしてその対策として土壌中の腐植を消耗しないような耕作法の改善も必要であるが、犁底盤がすでに出来たところでは荳科牧草を栽培すると、牧草の根は犁底盤をつき抜け、犁底盤をやわらげると同時に耐水性団粒も増加し、犁底盤対策として実用的方法といえる。