

1 - 3) 畑作物栽培における望ましい土壌条件

(1) 北海道における水田土壌の現状

土壌の分布

北海道の田本地面積は昭和45年に26.9万haに達したが、平成14年には21.9万haまで減少し、水稲作付け面積は12.0万haとなった。ここでは、地力保全基本調査を基に平成5年に集計された水田土壌面積27万haの内訳から土壌分布の特徴をまとめた。道内の水田土壌で最も分布面積が広いのは排水性の不良なグライ土で、空知、上川に多い。次に多いのは灰色低地土、泥炭土、褐色低地土であり、泥炭土は石狩、空知に7割以上分布している。これらの4種類の低地土が全道の8割を占める。台地の土壌は空知、上川に多く、火山性土(黒ボク土)は空知南部から胆振、日高にかけての太平洋側に多く分布する。

表1-3-1 水田土壌群の支庁別分布面積¹⁾

(単位ha)

支庁	低地の土壌						台地の土壌			台地(火山性)の土壌			合計
	砂丘未熟土	褐色低地土	灰色低地土	グライ土	黒泥土	泥炭土	褐色森林土	灰色台地土	グライ台地土	黒ボク土	多湿黒ボク土	黒ボクグライ土	
渡島		1834	1209	3351		1047				419	157	45	8062
檜山		3938	3331	1202		2171	341			693	31		11707
後志		4060	2745	1224		1039	1531	78	136				10813
石狩	84	1654	1913	9027	1529	12995		196			1249	568	29215
空知		10468	18959	28810		25445	1263	12372	3766	564	1535	407	103589
上川		15285	17356	14554	276	8386	3768	8724	2185				70534
留萌		5143	3050	2676			257						11126
胆振		1199	4676	1905		16				452	1815	1826	11889
日高		3400	1524	761		651				144	51	448	6979
網走		1985	3547	1582		1091		101					8306
十勝		60	1175	236		939					1389	759	4558
合計	84	49026	59485	65328	1805	53780	7160	21471	6087	2272	6227	4053	276778

土壌の特徴

石狩、空知支庁の水田で大きな分布面積を占める土壌について、各土壌タイプの排水性に関する特徴を示す。一般的にこの地域では、各土壌とも細粒質であることが多く、土壌分類上は泥炭土であっても粘土の客土が行われ、全体として重粘質な土壌となっている。このため、畑転換時には土壌が重く十分な砕土がしずらい上、土壌孔隙が少なく土壌構造の発達もあまりないという特性があり、たとえ地下水位を下げたとしても透排水性が劣る。

泥炭土

泥炭土では、降雨に敏感に反応して地下水位は上昇するが、降雨後は比較的早く通常レベルまで低下する。圃場の排水性は無機質層(客土層)の厚さや土性により異なる。また、無機質層と泥炭層では土壌水分変動が異なる。無機質層は後述の灰色低地土の表層部と類似した特徴を示す。無機質層では上層からゆっくり乾燥していくが、泥炭層が過度に乾燥することは稀である。

め、畑作物の根における養水分吸収機能が低下し、湿害と呼ばれる生育障害が生じる。湿害による障害の程度は作物の種類や生育程度によって異なるが、森・小川⁶⁾は10～30%の気相率があれば作物根の伸長阻害は少なくなるとしている(図1-3-2,3)。こうした研究成果を基に、土壤診断基準では概ね根圏土層中に15～25%の気相があれば良いとされている⁵⁾。しかし水田土壤では、先に述べたようにもともと孔隙が少ないため気相率は低く、重力水が抜けた直後の水分条件(pF1.5)で気相率は10%以下ということが多い。加えて透排水性も良くないので重力水が抜けるのにより多くの時間を要する。従って、各種の対策によってまず土壤の気相率を高めることが重要である。

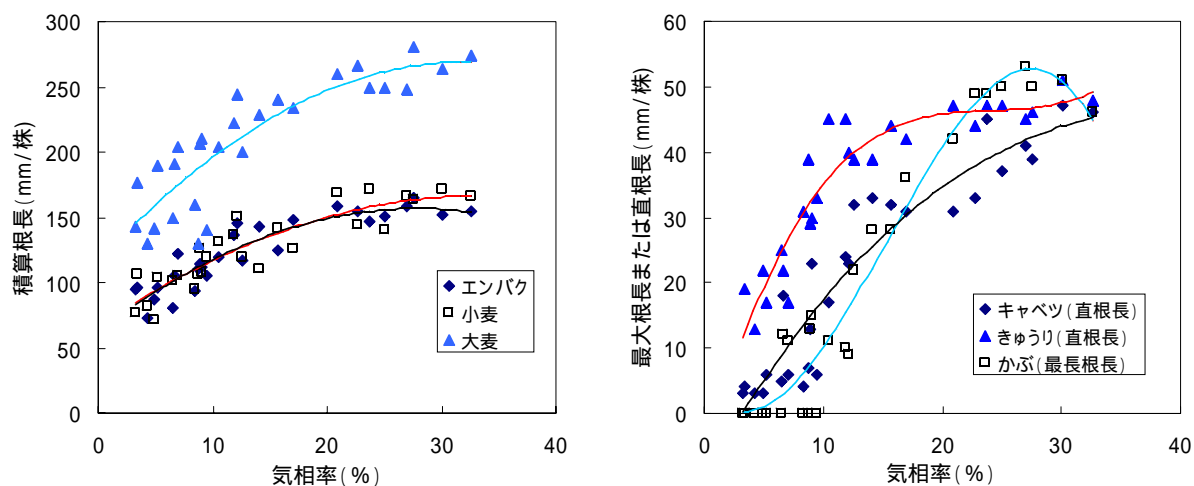


図1-3-2 ポット試験による土壤の気相率と作物根長の関係⁶⁾

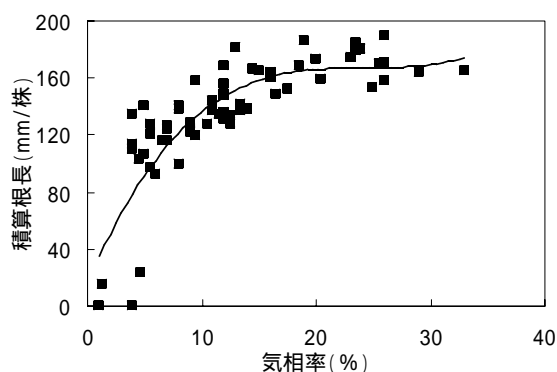


図1-3-3 現地採取土壌を用いた気相率とエンバク根長との関係⁶⁾

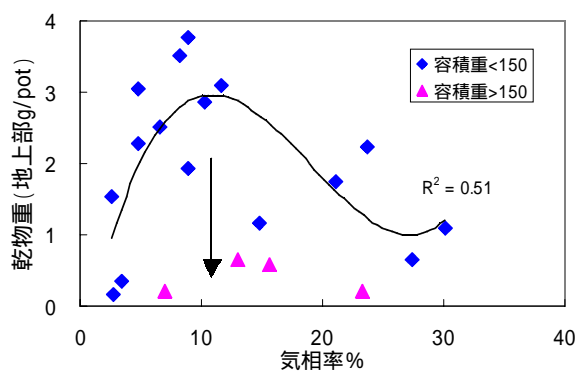


図1-3-4 土壤の気相率とタマネギ乾物重の関係

地下水位

畑作物栽培を行うためには、一般に地下水位を下げる必要がある。それは、作土中の水分と地下水が毛管でつながっている限り、地下水位が低いほど作土の水分も少なくなり、反対に気相率が高まるためである。

図1-3-5は、暗渠排水の整備された南幌町の転換畑(灰色低地土)において、地下水位の変化を見たものである。大雨の直後には地下水位が作土下部付近まで上昇するが、その後は一週

間程度で暗渠埋設深(60cm)まで徐々に低下している。このような推移は転換畑の一般的な姿であり、火山性土の畑地のような速やかな地下水位低下にはならないと考えられる。

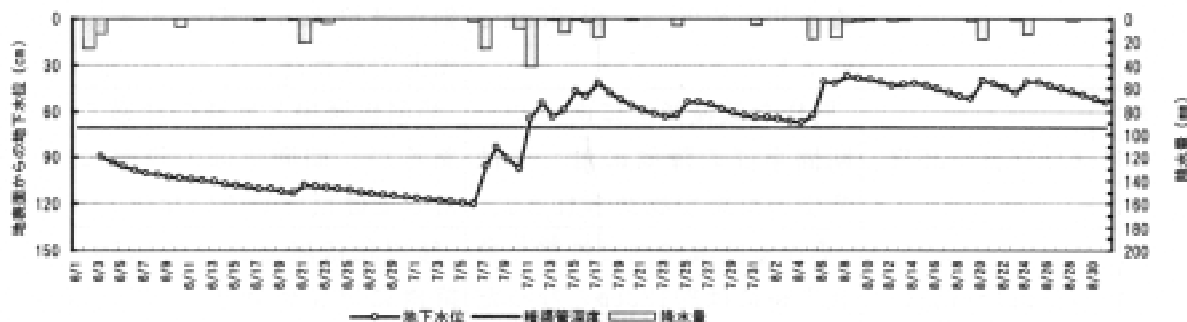


図1-3-5 排水改良基盤整備を行った転換畑における地下水位の推移

(南幌町灰色低地土、2002、北海道開発局農業水産部、未発表)

表1-3-4 作物種による好適地下水位 ⁷⁾

地下水位	作物名	最適地下水位	収量 (kg/a)	備考
高い	秋小麦	23 >	59	
	なす	25 >	800	
	スイートコーン	30 >	130	
	ピーマン	30 >	250	
	大豆	31 >	30	
	キャベツ (極早生晩まき)	32 ~ 55	540	
	かぼちゃ	32 >	110	
	きゅうり	33 >	630	
	そば	34 >	18	30cm以上で発芽不良
	キャベツ (夏まき冬取り)	35 >	420	
	はくさい	36 >	1080	
	レタス	36 ~ 46	550	
	トマト	36 >	620	
	にんじん (春まき)	40 >	150	
	ブロッコリ	40 >	70	
	たまねぎ	49 >	600	
	二条大麦	53 >	71	
	にんじん (夏まき)	60 >	180	
	ほうれんそう	66 >	280	23cm以上で発芽不良
	カリフラワー	70 >	80	
	すいか	71 >	380	30cm以上で着果不良
	いんげん	75 >	70	
	低い	小豆	100 >	(14)

作物による好適地下水位を比較検討した例として、幸田⁷⁾が茨城県において一定地下水位の傾斜圃場(転換畑)を用いて行った試験(表1-3-4)が挙げられる。この結果によると、一般に言われているように小麦や大豆の収量は地下水位が高くても良好であるのに対し、小豆や菜豆では極めて不良であり作物間差が大きい。また、十勝の火山性土における調査結果(図1-3-6)では、地下水位が概ね50~60cm以下にある場合は小豆でも比較的安定した収量を示した。

地下水位が高い場合は地耐力も低下する傾向がある。通常のトラクタ走行においては4(kgf/cm²)程度、耕起等の機械作業では6(kgf/cm²)以上の地耐力が必要とされるため、耕盤層の形成とともに、地下水位を耕盤下20~30cmまで低下させる必要がある。

これらのことを総合的に勘案すると、水田の畑地化にあたっては地下水位を少なくとも50cm以下に低下させることが必要である⁸⁾。ただし、地下水位が低いほど良いという訳ではない。根に対する水分供給は土壌の重要機能であるため、次に述べるように、水田土壌では、転作作物に対する水分供給と地盤沈下抑制の面から、ある程度の地下水位は維持した方が良いと考えられる。

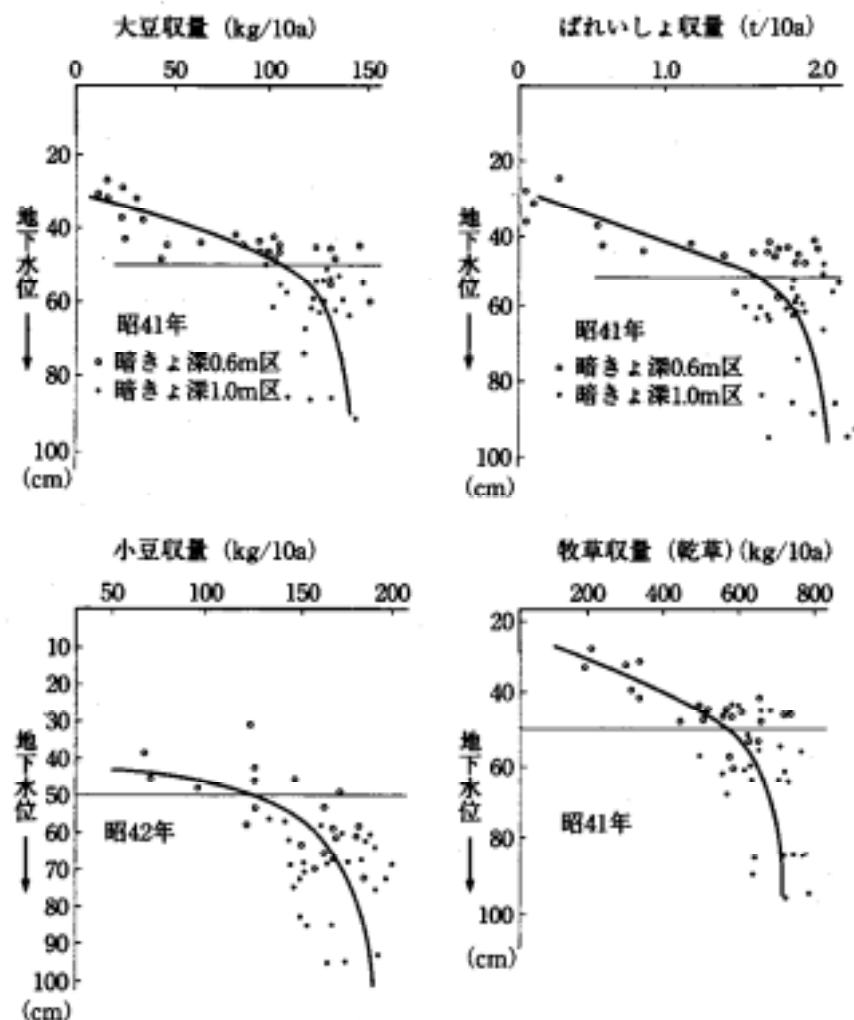


図1-3-6 地下水位が畑作物の収量に及ぼす影響 (北海道開発局、音更町火山性土)

保水性と水分供給

地下水位を極端に下げずに作土の気相率を高めるには、土壌の孔隙率を増やす必要があり、特に亀裂や根穴などの大きな孔隙 (= 粗孔隙) の割合を高めることは有効である。重力水が抜けた後も土壌に保持されている水が有効水で、有効水を保持できるような土壌中の微細な孔隙を有効水孔隙と呼ぶ。表1-3-5に示すように、水田土壌ではこの有効水孔隙もやや少ない傾向がある。水田土壌の有効水の保水力は、深さ0～30cm土層全体でも20～25mm程度⁹⁾に過ぎず、これは火山性土の半分程度である。畑作物の蒸発散量は初夏の晴天時には1日2～5mmに達する¹⁰⁾ので、10日間も降雨がなければ作土の乾燥は急速に進み、水不足に起因する光合成能や養分吸収能の低下などで生育が抑制される。道央地帯では5～7月の蒸発散量が降水量を上回る傾向にあり¹⁰⁾、転換畑における作物の生育面で水不足の影響は小さくないと予想される。こうした乾燥の影響を避ける上で、地下水面と作土中の水分が毛管で連続している場合は毛管上昇による土壌水分供給が期待されるので、地下水位はあまり下げ過ぎず、1m以内に維持するのが得策と考えられる。

表1-3-5 地目による作土の孔隙特性の比較

	水田(転換畑含む)			畑地		
	地点数	平均値	(標準偏差)	地点数	平均値	(標準偏差)
全孔隙率	95	59.1	(7.5)	93	55.9	(8.5)
気相率	95	10.4	(9.8)	93	13.9	(7.9)
有効水孔隙率	21	4.4	(2.4)	78	5.1	(2.4)

単位: vol/%

注) H14年度道営土地改良事業調査地区土壌調査報告書より抜粋集計した。
水田、畑地は地目による区分で、水田は主に道央地帯、畑地は主に道東地帯で
気相率はpF1.5または1.8での値、有効水はpF1.8～3.0の値。

透水性

一般に水稻の移植栽培では代かきが行われるが、機械でとろとろに攪拌された代かき層は乾燥すると堅密化する。また、収穫時の土壌乾燥が不十分な場合はコンバインの踏圧と繰り返しにより透水性が阻害される。特に枕地ではクローラの旋回時に起こる繰り返しが甚だしい。土壌が湿潤な時に作業したトラクタのわだちも透水性不良の要因となる。さらに秋の降雨や積雪の影響が大きいので、収穫後に土壌の乾燥する期間が短く土層中への亀裂の発達が見えない。

このように、本道の水田土壌は自然条件と人為条件の両面から透水性が悪化しやすい方向にあり、石狩川中下流域を中心に透水不良を示す例がたいへん多い。土層中にこのような難透水層が存在すると、転作に向けていくら地下水位を低下させ作土の孔隙量を増やしても、ひとたび大雨が降れば行き場のない水が滞留したままで乾燥が進まない。従って、水田の畑地化にあたっては、まず第一にこの点の改善を図り、排水のための水みちをつくるのが重要である。

畑地化により圃場の乾燥を進めると、表1-3-6に示すように自ずと透水性は高まっていく。

表1-3-6 土壌別心土の透水係数の変化¹¹⁾

土壌型	ほ場	飽和透水係数のオーダー					
		速	-2	-3	-4	-5	-6
褐色低地土	一般田	*****					
	転作畑	=====					
灰色低地土	一般田	*****					
	転作畑	=====					
褐色森林土	一般田	*****					
	転作畑	=====					
グライ土	一般田	*****					
	転作畑	=====					
泥炭土	一般田	*****					
	転作畑	=====					

化学性

養分の多少やその保持、バランスに関する土壌化学性は、土壌の物理性と比較して水田と畑地でそれほど大きな違いはないと考えられるが、転作初年～2年目は以下の事項に注意が必要である。また、転作3年目以降の注意事項は普通畑に準じる⁵⁾。

窒素：畑地化によって土壌が酸化条件となり、土壌微生物の活動が活発化して易分解性の有機物が急速に無機化される。実用的には土壌からの無機化窒素量が増えるので1～3kg/10aの減肥が必要である。

リン酸：土壌リン酸は、乾燥によりアルミニウム、鉄との結合が促進されるため、有効化されるリン酸量は減少する。このため、リン酸供給力の低い火山性土や排水不良な条件ではリン酸質肥料を多めに施用するが、近年土壌中へのリン酸蓄積が進んでいるため、土壌改良資材としての施用が必要かどうかは土壌診断により判定する。

カリ：泥炭土壌など窒素肥沃度が高い土壌では、窒素とのバランスを維持するためカリ肥料は多めに施用する。

石灰・苦土：水稻が好ケイ酸植物でカルシウムをあまり必要としないことや、水田土壌のpHは畑地より低めに維持されていることから、全般に水田土壌は石灰が少ない。畑転換により土壌はさらに酸性化し、塩基の流亡も増大すること、また、畑作物は一般に石灰を必要とし、露地野菜はさらに積極的な石灰供給が必要であることを考慮すると、畑転換にあたってはまず石灰、苦土など塩基類の補給が必要である。ただし、蛇紋岩地帯を源流とする夕張川や空知川水系周辺では土壌中に苦土が十分存在しているため、苦土増施は不要である。

微量要素：排水不良で石灰施用量の少ない転作大豆ではマンガン過剰症、排水良好で石灰質資材が多投されている転換畑ではマンガン欠乏症に留意する。いずれも土壌のpHを適正に保つことが前提である。

表1-3-7 転換畑の養分状態（水田高度利用対策調査、1978～1981）

注)本調査における畑地は石灰やリン酸資材を投入しているため水田より高まっている。

土壌型	前歴	全炭素 (%)	置換性塩基 (mg/100g)			塩基飽和度 (%)	有効態*リン酸 (mg/100g)	調査点数
			CaO	MgO	K ₂ O			
灰色台地土	水田	1.99	194	53	19	45	8.3	12
	1年間畑	2.26	232	55	13	55	13.0	
	3年以上畑	1.97	263	55	15	60	19.2	
褐色低地土	水田	3.46	221	50	16	49	7.3	19
	1年間畑	3.24	254	56	18	58	12.0	
	3年以上畑	3.38	283	52	23	59	12.0	
灰色低地土	水田	2.44	212	103	11	59	10.3	16
	1年間畑	2.34	257	104	15	69	12.4	
	3年以上畑	2.93	276	99	22	67	17.3	
グライ土	水田	2.50	213	78	9	55	9.1	19
	1年間畑	2.44	238	77	23	59	11.1	
	3年以上畑	2.35	326	101	27	72	17.6	
泥炭土	水田	4.92	276	126	20	63	8.6	28
	1年間畑	6.21	277	113	26	59	14.6	
	3年以上畑	7.04	308	116	28	60	14.5	

*Truog-P2O5

土壌診断基準値と施肥対応

同じ水田でも水稲生産を行う場合と畑作物生産を行う場合では、求められる土壌条件が異なる。このため、土壌診断基準値も表1-3-8のようにそれぞれ異なっている。過去に水稲作付時に土壌診断を行っていても、改めて畑地としての土壌診断を行う必要がある。土壌物理性については転作後直ちに基準値を満たす場合は少ないので、中長期的な改善対策を行うべきである。

一方、水稲生産時には、近年の低タンパク米生産指向を受けて有機物の施用が極めて少なくなっている。水稲生産時においても水田の地力維持のためには毎年堆肥1t/10aの施用は前提とされていたが、稲わら収集、堆肥化、圃場還元システムが不十分のため遵守されているとは言い難い。畑利用に際しては乾燥条件下では有機物の分解が早まること、土壌の物理的な改善に資することなどから有機物の積極的かつ継続的な施用が望ましい。また、有機物の施用後は、その後作において窒素あるいはカリの減肥(増肥)対応を行う必要がある。

表1-3-8 土壌診断基準の比較⁵⁾

診断項目	単位	(抜粋)			
		水田	一般畑地	野菜畑	花き土壌
(物理性)					
作土深	cm	15～20	20～30以上*	20～30以上*	30以上
作土の固相率	vol.%	30～40	25～40		
作土の粗孔隙率	vol.%	-	15～25	15～25	20～30
作土の易有効水容量	ml/100ml	-	15～20	15～20	20～25
作土の碎土率	%	-	70以上	70以上	70以上
すき床層のち密度	mm	15～20	-	-	-
心土のち密度	mm	-	16～20以下*	18～20以下*	18以下
飽和透水係数のオーダ	cm/s	-3～-4	-3～-4	-3～-4	-3
地下水位	cm	50以下	60以下	60以下	60以下
収穫期地耐力	kg/cm ²	2.5以上	-	-	-
(化学性)					
pH (H ₂ O)		5.5～6.0	5.5～6.5	6.0～6.5	6.0～6.5
電気伝導度	mS/cm	-	-	0.8以下*	0.8以下*
有効態リン酸	mg/100g	10以上	10～30	15～30*	10～20*
交換性カリ	mg/100g	15～30	15～30	15～35*	15～35*
交換性石灰	mg/100g	80～400*	80～600*	100～450*	100～450*
交換性苦土	mg/100g	25以上	25～45	20～50*	20～50*
石灰飽和度	%	35～50	40～60	40～60	40～60
可給態ケイ酸	mg/100g	16以上	-	-	-
遊離酸化鉄	%	2.0以上	-	-	-
易還元性マンガン	ppm	100～1000	50～500	50～500	50～500
熱水可溶性ホウ素	ppm	-	0.5～1.0	0.5～1.0	0.5～1.0
可給態亜鉛	ppm	-	2～40	2～40	2～40
可給態銅	ppm	-	0.5～8.0	0.5～8.0	0.5～8.0
交換性ニッケル	ppm	-	5以下	5以下	-

*条件によって限界値が異なる

表1-3-9 有機物施用に伴う施肥対応⁵⁾

有機物の種類	現物重(t) (あたり)	減肥可能量(kg/10a)		備考
		窒素	カリ	
たい肥 単年度 連用5～10年	1 1	1 2	4 4	年3t上限
バークたい肥	1	0～0.5	3	品質指標あり
えん麦緑肥(後作)	2.5～4.0	0～4	10～20	C/N=15～25
シロカラシ緑肥(後作)	3.0～4.5	4～6	10～20	C/N=12～20

引用文献

- 1) 橋本 均・志賀弘行編(1993) . 北海道立農業試験場資料.21 . 中央農試 .
- 2) 中央農試編(1979) . 田畑輪換可能性分類図 . 北海道農務部 .
- 3) 中央農試(2001) . 泥炭分布地域における大区画水田の適正規模と管理対策 . 平成13年普及奨励ならびに指導参考事項 . 北海道農政部 . p121-122 .
- 4) 中央農試環境基盤科(2001) . 石狩川水系泥炭層厚分布図及び安定地盤分布図 . 中央農試 .
- 5) 北海道農政部道産食品安全室編(2002) . 北海道施肥ガイド . 北海道農政部
- 6) 森 哲朗・小川和夫(1967) . 土壌の物理的要因と作物の生育に関する研究 第1報 土壌の空気量・硬度と作物の生育 . 東海近畿農試研究報告 . 16 . p77-103 .
- 7) 幸田浩俊(1983) . 野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究 第1報 地下水位と作物の生育・収量(作土層の水分吸引圧・気相率、および土壌養分の動態との関係) . 茨城県農試研究報告 . 22 . p25-64 .
- 8) 安養寺久男(1987) . 地下水位の低下目標値の設定 . 北海道地域における転換畑作研究成果情報 . p10-15 . 北海道農業試験研究推進会議 . 北海道農試 . p1-5 .
- 9) 北海道開発局開発土木研究所土壌保全研究室(1993) . 北海道の農耕地土壌の物理性とくに水分保持特性(北海道の畑地かんがいのための土地資源諸元) .
- 10) 畑地かんがい試験研究会(1997) . 北海道における畑地かんがいの手引き . 北海道農政部 . p9-27,39,65-80 .
- 11) 上川農試(1974) . 水田の復元化に伴う土壌肥料的対策 . 昭和49年普及奨励ならびに指導参考事項 . 北海道農政部 . p75 .