

長期供用後の疎水材型暗渠の 排水機能持続性と疎水材の性状変化 —泥炭農地における動向—

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 資源保全チーム

○岡村 裕紀
大深 正徳
中山 博敬

暗渠による排水を円滑に行うため、透水性の優れた地域発生資材を疎水材として埋戻す暗渠工が実施されている。この暗渠工は歴史が浅いため、長期供用後の排水機能や疎水材性状が確認されていない。

そこで本研究では、ホタテ貝殻および埋木チップ（圃場内の埋木をチップ化したもの）を疎水材として用いた暗渠において長期供用後の排水機能や疎水材性状について検討した。

ホタテ貝殻は貝殻成分 Ca の溶出が生じたものの、大きな破損はみられず、埋木チップは比較的腐朽速度の遅い軟腐朽菌による腐朽が確認されたものの、チップの細片化はみられなかった。ホタテ貝殻、埋木チップを用いた暗渠はともに排水機能が維持されていた。

キーワード：暗渠排水、疎水材、泥炭農地

1. はじめに

近年、暗渠による排水を円滑に行うため、掘削土を埋戻す代わりにモミガラ、火山灰、木材チップ、貝殻等の透水性に優れた地域発生資材を疎水材として埋戻す暗渠（以降「疎水材型暗渠」と称す）が実施されている¹⁾²⁾。昨今、ホタテ養殖産業の盛んな地域に近い泥炭農地では、ホタテの貝殻を疎水材として使用する例が多くなっている。しかし、ホタテ貝殻は酸に溶けやすいため、酸性の比較的強い泥炭土壌中において、排水性および形状を保ち続けることが可能なのかという懸念がある。さらにホタテ貝殻を含めて疎水材型暗渠の歴史は浅いため、長期供用後の排水機能や疎水材性状が確認されていない。

そこで本研究では、ホタテ貝殻および圃場内の埋木であったアカエゾマツをチップ化した埋木チップの疎水材型暗渠を施工した泥炭農地において、施工後 11 年目における地下水位、排水量、疎水材性状等の調査を実施し、過年度の調査結果¹⁾を加えた考察を行い、疎水材型暗渠の長期供用後の排水機能および疎水材性状を検討した。

2. 調査概要

北海道北部に位置する浜頓別町の採草地（約 400m×約 90m）で調査を実施した。この調査圃場では 1996 年 8～10 月に暗渠を施工し、雪解け後に圃場面の仕上げ Yuki Okamura, Masanori Ofuka, Hiroyuki Nakayama

として約 10cm の置土を敷均した。その後、施肥および播種を実施し、1997 年 6 月末までに草地更新を完了した。1996 年の暗渠施工時に宍戸ら¹⁾により、圃場中央部の幅約 120m、奥行き約 90m の範囲に、暗渠の施工方法が異なる 3 つの試験区が設けられた。2008 年に筆者らは宍戸ら¹⁾の調査内容を参考に調査を行った（図-1）。暗渠の詳細は図-2のとおりである¹⁾。なお、暗渠施工後の初回調査は、草地更新が完了した 1997 年に実施しており、これを施工直後として整理した。なお、暗渠管はいずれの施工タイプでも内径 50mm のコルゲート多孔管を使用した。また、暗渠間隔は 15m、平均埋設深は約 1 m 深である。

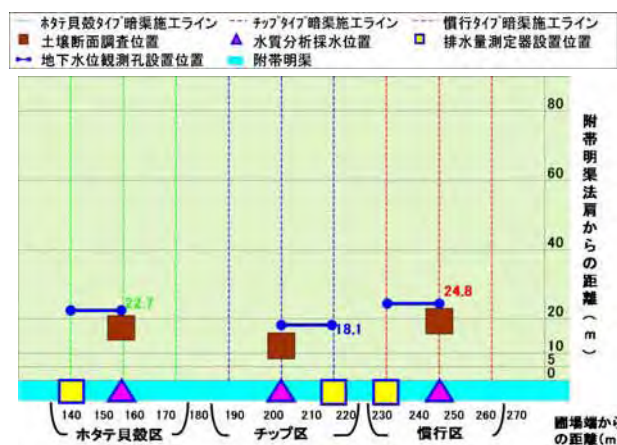


図-1 調査範囲詳細図（施工後 11 年目調査時）

※図中の数字は附帯明渠からの距離を表す。

(1) 地下水位調査

施工後2年目¹⁾と施工後11年目に、圃場内の地下水位を把握するために地下水位観測を行った。施工後2年目には各区において、附帯明渠から圃場内へ向かって約21~28mの位置で、暗渠管より2.0m離れた地点に自記水位計を設置した¹⁾。なお、設置箇所バラツキがあるのは圃場内の湛水している窪地を避けたためである。施工後11年目には各区において図-1に示すように附帯明渠から圃場内へ向かって約18~25mの位置で、両暗渠管より0.5m、1.0m、2.0m、4.0m、6.0mの地点に合計10個の自記水位計(OYO S&Dmini)を設置した。なお、施工後11年目の設置位置は、過年度の調査で乱れた土壌および窪地を避けるため、過年度の設置位置より附帯明渠側に1~3m移動した位置とした。地下水位観測は2008年8月中旬から11月中旬にかけて行った。ただし、8月中旬から9月上旬は片側5箇所のみで観測を行った。

(2) 排水量調査

施工後11年目の調査では、2008年7月上旬から8月下旬まで、暗渠の落口に排水量測定器³⁾を設置し、排水量を連続測定した。ただし、チップ区については計器の不具合により欠測となった。この排水量測定器は、導入管、ストレーナー、水道メータ、データロガーで構成されており、暗渠からの排水量を連続計測できる仕組みとなっている。

(3) 水質調査

疎水材の使用による水質への影響を把握するため、各区において暗渠からの排水を採水し、その水質を分析した。施工後11年目の採水は2008年7月に2回、8~11月に各月1回の計6回行った。分析項目および分析方法は表-1の通りである。なお、施工直後は8~11月、施工後1年目は5~10月、施工後2年目は5~11月に各月1回採水し分析した¹⁾。

(4) 断面調査

施工直後¹⁾、施工後5年目¹⁾および施工後11年目に各区で暗渠断面を含む土壌断面調査を実施した。その際に疎水材の断面形状を観察した。

(5) 疎水材性状調査

疎水材の性状を追跡調査するため、番号を記して重量を測定したホタテ貝殻を暗渠施工時に埋設し、さらに附帯明渠にも同様に重量測定したホタテ貝殻をナイロン製の袋に入れて浸漬した¹⁾。埋木チップはナイロン製の袋に入れたものを明渠排水路へ浸漬した。袋に入れて埋設または浸漬した試料と疎水材の一部を表-2に示す位置で採取した。また、石田ら⁴⁾および佐藤ら⁵⁾の方法を参考に表-3に示す測定および成分分析を行った。

Yuki Okamura, Masanori Ofuka, Hiroyuki Nakayama

3. 結果及び考察

(1) 地下水位調査

本項では、地下水位観測結果を用いて、①施工後2年目¹⁾から施工後11年目までの9年間における排水機能の低下の有無についてと②施工後11年目における排水機能の良否について検討した。①は、降雨後の地下水位ピーク時から3日後までと、3日後から7日後までのそれぞれ

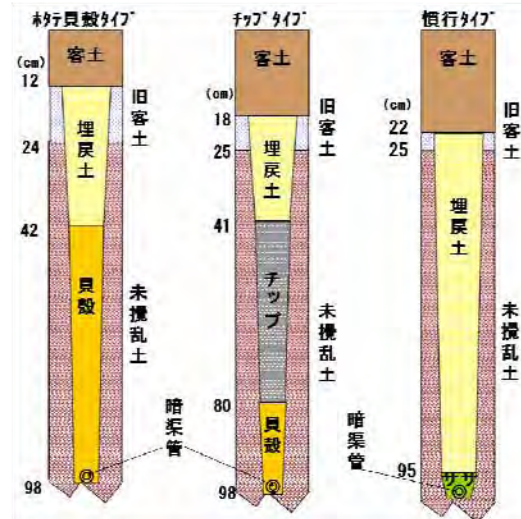


図-2 暗渠施工断面図(施工直後¹⁾)

※ 図中の数字は地表面からの深さを表す。

表-1 水質分析項目および分析方法

分析項目	分析方法
pH (H ₂ O) (水素イオン濃度)	ガラス電極法
Ec(電気伝導度)	電気伝導度計
Ca(カルシウム)	フレイム原子吸光度法

表-2 疎水材試料採取箇所

疎水材	採取箇所	埋設深度 (cm)	採取数量		
			施工後 ¹⁾ 2年目	施工後 ¹⁾ 5年目	施工後 11年目
ホタテ貝殻	ホタテ貝殻区	30-52※1	-	5枚	10枚
		52-62※2	10枚	6枚	14枚
		52-62※1	-	5枚	10枚
		62-81※1	-	5枚	10枚
	チップ区	75-93※1	-	7枚	10枚
埋木チップ	チップ区	43-75※1	50~100g	50~100g	50~100g
	附帯明渠	浸漬※3	50~100g	50~100g	-

※1 疎水材として使用されていたもの

※2 番号を記して重量測定しナイロン製の袋にいれたもの

※3 重量測定しナイロン製の袋にいれたもの

表-3 疎水材性状分析項目および分析方法

疎水材	分析項目	分析方法
ホタテ貝殻	重量	電子天秤秤量
	載荷強度	載荷強度試験
埋木チップ	リグニン	Effland法
	C/N	CHNコーダー法
	多糖類	HPLC法

れの地下水位変化量を求め、両年を比較した。②は、施工後 11 年目に 2 本の暗渠管間で測定した 10 地点のうち、地下水位が最も高い地点のデータを用いて、農林水産省の設計基準に示されている地下水位の基準⁹⁾を満たしているかどうかで判断した。

施工後 2 年目¹⁾と施工後 11 年目において、同様の降雨が観測された時の地下水位変動を示す(図-3)。なお前述の通り、施工後 2 年目の調査では暗渠管より 2.0m 離れた位置でのみ地下水位を測定しているため、施工後 11 年目の値も 2.0m 地点のデータのみを示す。ホタテ貝殻区の施工後 2 年目では、ピーク時から 3 日後までに地下水位が約 26cm 低下し、3 日後から 7 日後までに地下水位が約 10cm 低下している。また、施工後 11 年目ではピーク時から 3 日後までに約 29cm 低下し、3 日後から 7 日目までに 10cm 低下している。すなわち、ホタテ貝殻区においては、施工後 2 年目¹⁾から 9 年間経過した時点でも排水機能の低下はみられなかった。一方、チップ区と慣行区については、施工後 11 年目の地下水位の上昇が緩慢であったため、排水機能の低下の有無は明らかにできなかった。

施工後 11 年目の各区において、2 本の暗渠管間の 10 地点で測定した地下水位のうち、地下水位が最も高い地点の降雨後の地下水位変動を示す(図-4)。圃場内の地下水位は、設計基準では降雨後 2~3 日後の地下水位が地表面下 40~50cm、降雨後 7 日以降の地下水位が地表面下 50~60cm にあることが作物の生育に望ましいとされている⁹⁾。ここでは、降雨後の地下水位のピーク時を基準として、その 3 日後に地下水位が地表面下 40cm 以下で、7 日後に地表面下 50cm 以下であれば暗渠が良好に機能していると判断した。

図-4 より、いずれの区においても地下水位のピーク時より 3 日後には、地下水位が地表面下 40cm 以下となっており、7 日後には 50cm 以下となっている。したがって、いずれの区も施工後 11 年目の暗渠の排水機能は良好であると考えられた。

(2) 排水量調査

図-5 に施工後 11 年目における排水量観測結果の日平均値を示す。観測期間中は 7 月に大きな降雨量が観測されたのみであったため、ここでは 7 月のデータのみを示す。また、チップ区は機器の不具合からデータを得ることはできなかった。降雨量は 7 月 9 日に 63.5mm、7 月 11 日に 40mm であった。排水量はホタテ貝殻区、慣行区の両区とも降雨時に増加しており、特にホタテ貝殻区の排水量は大きく変化している。同時期の地下水位データが得られていないため明確な考察はできないが、前項で述べたようにホタテ貝殻区の降雨後の地下水位は速やかに低下していることから施工後 11 年目においても排水機能は低下していないと考えられる。

Yuki Okamura, Masanori Ofuka, Hiroyuki Nakayama

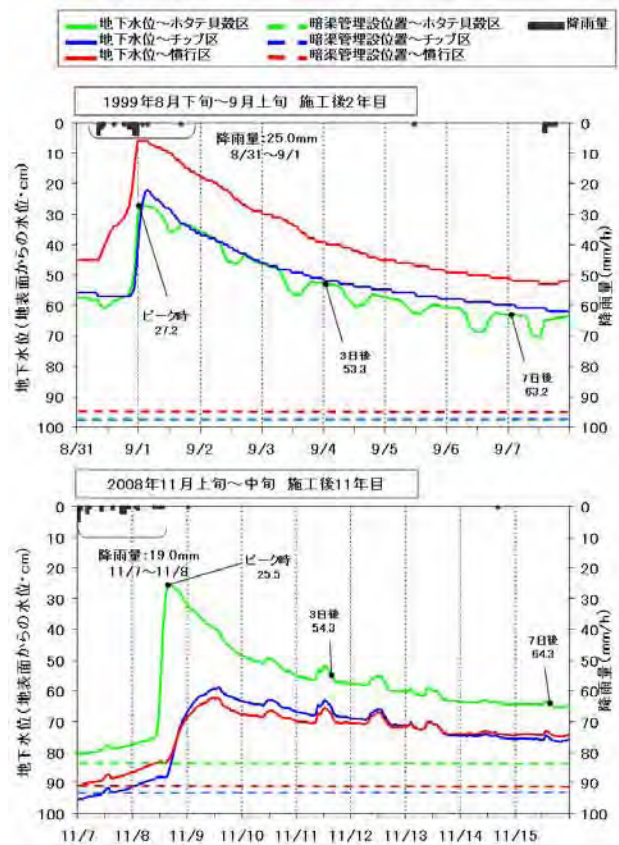


図-3 地下水位変動 (2.0m 地点の降雨前後)

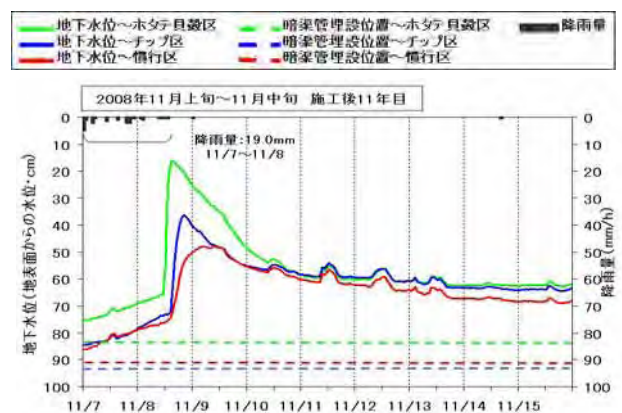


図-4 地下水位変動
(地下水位変動の大きい地点の降雨前後)

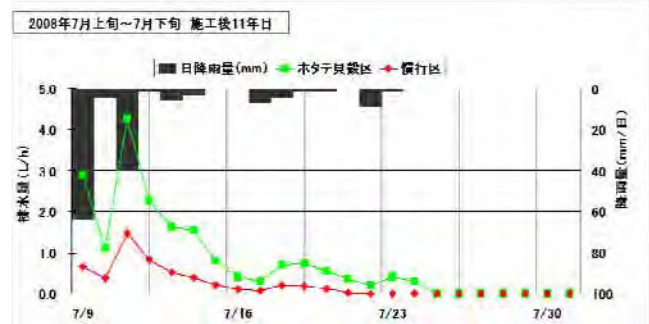


図-5 暗渠からの排水量 (日平均値)

(3) 水質調査

図-6に暗渠からの排水の水質分析結果を示す。

pHは慣行区では概ね6以下で推移した。一方、ホタテ貝殻区およびチップ区では6以上と慣行区より高い値で推移した。Ca濃度は慣行区では20mg/L以下と低い値で推移した。一方、ホタテ貝殻区およびチップ区では50mg/L以上であり、慣行区より高い値で推移した。泥炭土中は酸性成分が多いためホタテ貝殻のCaが溶出する³⁾と言われており、施工後11年を経過しても溶出が続いていることが明らかとなった。ECはCa濃度の推移とほぼ同じ動きをしており、無機イオンであるCa濃度の影響を強く受けていると推察される。

(4) 断面調査

図-7に施工後11年目の暗渠断面図、写真-1に施

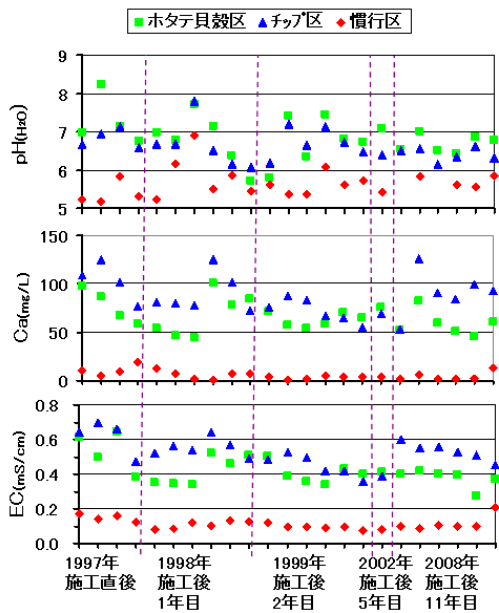


図-6 暗渠からの排水の水質

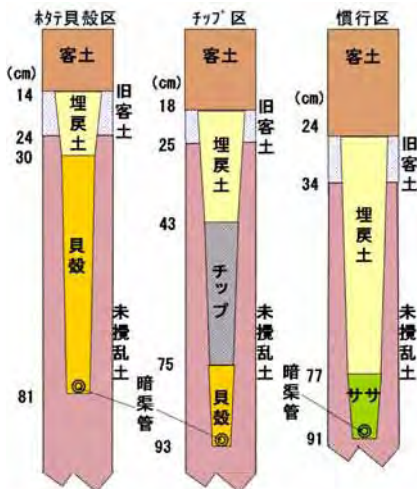


図-7 暗渠施工断面図(施工後11年目)

※ 図中の数字は地表面からの深さを表す。

工後11年目の疎水材の断面を示す。目視観察ではホタテ貝殻、埋木チップともに施工直後¹⁾から疎水材の形状、色調等に大きな変化はみられなかった。

(5) 疎水材性状調査

a) ホタテ貝殻の性状調査

施工後11年目に回収したホタテ貝殻の状態を写真-2に示す。目視観察ではホタテ貝殻区のホタテ貝殻は損傷がほとんどみられなかった。チップ区および附帯明渠浸漬のホタテ貝殻はホタテ貝殻区に比べ、損傷したものが多かった。また、各区における右殻と左殻での状態に大きな差異はみられなかった。



写真-1 施工後11年目の疎水材断面
(左:ホタテ貝殻区、右:チップ区)

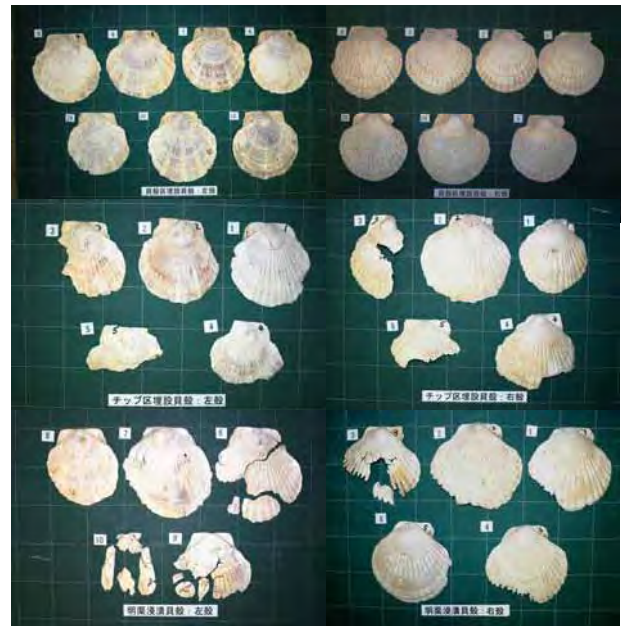


写真-2 施工後11年目のホタテ貝殻外観

上段左:ホタテ貝殻区左殻、上段右:ホタテ貝殻区右殻

中段左:チップ区左殻、中段右:チップ区右殻

下段左:附帯明渠浸漬左殻、下段右:附帯明渠浸漬右殻

※ ホタテ貝殻区の貝殻は埋設時に番号を記して重量測定しナイロン製の袋に入れたものである。写真に示したホタテ貝殻区とチップ区のホタテ貝殻採取深度は異なる(表-2参照)。

写真-3は施工後5年目¹⁾と施工後11年目に採取したホタテ貝殻の表面を拡大したものである。施工後11年目では施工後5年目まではみられなかった虫喰いの様な小さな孔が多く、貝殻でみられた。孔のあいた貝殻の枚数は附帯明渠へ浸漬したものが最も多く、チップ区、ホタテ貝殻区、の順に少なくなった。また、貝殻1枚当たりの孔の数も附帯明渠へ浸漬したものが最も多く、次いでチップ区、ホタテ貝殻区、の順に少なかった。ホタテ貝殻区ではホタテ貝殻の埋設深度の浅い位置と深い位置およびその中間でホタテ貝殻を採取したが、採取深度が深くなるほど孔のあるホタテ貝殻の枚数が多く観察され、1枚当たりの孔の数も深いほど多くなる傾向にあった。

前述の通り水質分析結果から、ホタテ貝殻を埋設した暗渠ではCaの溶出が継続していることが明らかとなっている。すなわち、今回観測された多数の小さな孔は長期にわたるCa溶出により発現したものと推察される。また、深度が深いほど孔が多いことと、附帯明渠浸漬ホタテ貝殻での孔の数が最も多いことから、水に浸漬している時間が長いほどCaの溶出が多くなると考えられる。さらに、孔の周辺部は指で強くつまむと簡単に崩れ、また、後述する載荷強度試験時には、孔の周辺でホタテ貝殻が割れていることから、孔部分のホタテ貝殻の強度は低下しているといえる。

図-8、図-9にホタテ貝殻区のホタテ貝殻と附帯明渠に浸漬したホタテ貝殻の重量および載荷強度の経年変化を示す。いずれのホタテ貝殻も埋設前に番号を記して重量測定した後、ナイロン製の袋に入れて埋設したものである。ただし、施工直後の載荷強度試験に用いたサンプルは、ナイロン製の袋に入れたものとは別の新鮮貝殻各10枚である。各年に使用したホタテ貝殻枚数を表-4に示す。

重量変化は、採取時の貝殻の重さを埋設前（施工直後）の重さ¹⁾で除して重量百分率を求めた残存率として示した。施工後から附帯明渠浸漬ホタテ貝殻の重量減少が進み、施工後11年目には残存率が45~57%まで低下した。一方、ホタテ貝殻区のホタテ貝殻は施工後11年目で残存率が98%と高い値を示した。

載荷強度はホタテ貝殻区の右殻を除く他の3種類では、施工直後¹⁾と比較して、施工後2年目以降において5%水準で有意な低下を示した。特に附帯明渠に浸漬したホタテ貝殻は、ホタテ貝殻区よりも強度の低下が著しい。すなわち、ホタテ貝殻を水没する環境下で使用し続けた場合には劣化の進行が早まることが懸念される。一方、写真-4に附帯明渠浸漬貝殻とホタテ貝殻区の下層から採取したサンプルの写真を示したが、長時間水没していると考えられるホタテ貝殻区下層の貝殻は、附帯明渠浸漬貝殻ほど損傷していなかった。また、前述したとおり、ホタテ貝殻区の暗渠断面は、施工後11年目でも



写真-3 採取ホタテ貝殻の表面
(左：施工後5年目¹⁾、右：施工後11年目)

表-4 疎水材性状試験使用ホタテ貝殻枚数

採取箇所	殻の種類	施工直後		施工後2年目	施工後5年目	施工後11年目
		重量	載荷強度			
ホタテ貝殻区	右殻	15枚	10枚	5枚	3枚	7枚
	左殻	15枚	10枚	5枚	3枚	7枚
明渠	右殻	15枚	10枚	5枚	5枚	5枚
	左殻	15枚	10枚	5枚	5枚	5枚

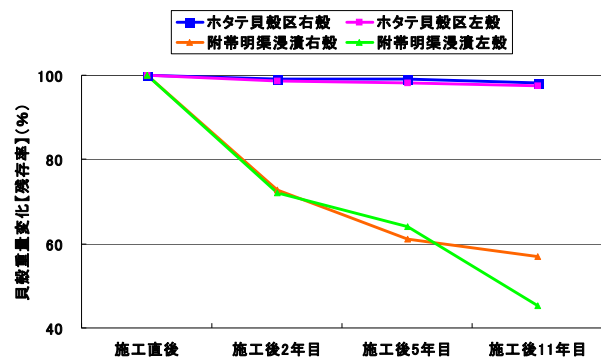


図-8 ホタテ貝殻の重量変化

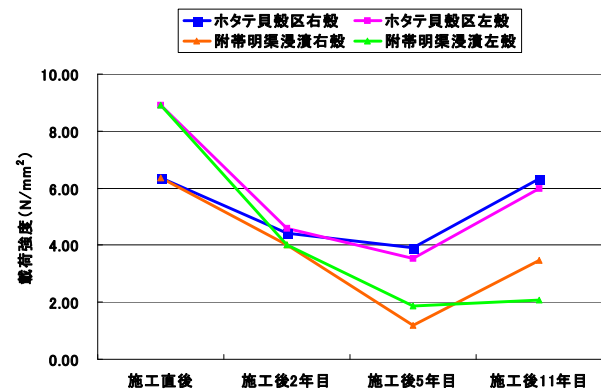


図-9 ホタテ貝殻の載荷強度変化



写真-4 附帯明渠浸漬貝殻と疎水材下層部貝殻の比較
(左：附帯明渠浸漬貝殻、右：ホタテ貝殻区下層部左殻)

施工直後の断面¹⁾とほぼ同じであることから、少なくとも施工後11年目までは疎水材としての強度は維持されていると考えられる。

b) 埋木チップの性状調査

施工後11年目にチップ区から採取した埋木チップおよび施工後2年目の埋木チップの状況¹⁾を写真-5に示す。なお、附帯明渠に浸漬したチップについては、ナイロン製の袋は回収したものの中身は失われていた。袋の破損は認められなかったことから、施工後11年目までにチップが分解、あるいは細片化して溶出したものと推察される。施工後11年目の目視観察では表面の一部に焦げたような跡がみられ、また、表面は軟化していた。この特徴は木材腐朽菌の一つである軟腐朽菌による腐朽の特徴と一致する⁷⁾。また、施工後11年目のチップは施工後2年目におけるチップ¹⁾と比較して細片化は進んでいなかった。

埋木チップの成分分析結果を表-5に示す。C/N比の低下は腐朽が進んでいることを意味する⁸⁾。施工後11年目にC/N比が大きく低下していることから、腐朽が進んでいることが示唆される。また、リグニンの割合は施工後11年目に増加しており、逆にセルロースやヘミセルロースが含まれる多糖類の割合は低下している。このことは、軟腐朽菌による腐朽の特徴⁸⁾と一致している。したがって、施工後11年目の埋木チップは腐朽が進行しているものの、材の強度低下が他の腐朽形態より遅い⁹⁾軟腐朽であることが明らかになった。

4. まとめ

本報では、ホタテ貝殻および埋木チップの疎水材型暗渠を施工した泥炭農地において、施工後11年目にお



写真-5 施工後2年目、11年目の埋木チップ形状
(左: 施工後2年目¹⁾、中: 施工後11年目、右: 施工後11年目拡大図)

表-5 チップ材分析結果

成分	施工直後	施工後 ¹⁾ 2年目	施工後 ¹⁾ 5年目	施工後 11年目
リグニン ※1	25	34	35	39
C/N	166	220	262	59
多糖類 ※1	54	44	61	47

※1 対絶対乾試料 (%)

ける排水機能および疎水材性状について調査を実施した。また、過年度の調査結果を加えた考察を行い、疎水材型暗渠の長期供用後の排水機能および疎水材性状を検討した。その結果、次のことがわかった。

1) ホタテ貝殻を用いた暗渠については、施工後11年目においても、排水機能の低下はなかった。埋木チップを用いた暗渠については、排水機能の経年変化の有無は判断できなかった。ただし、施工11年目における排水機能についてはホタテ貝殻、埋木チップともに計画基準で求められる値を満たしており、良好であった。

2) ホタテ貝殻は、ホタテ貝殻区、チップ区とも、貝殻成分のCa溶出が続き、貝殻の表面には無数の孔がみられた。また、附帯明渠に浸漬した貝殻では特に多くの孔がみられ、強度低下が著しかった。長時間水に浸かる状態にすることはホタテ貝殻の劣化を促進するものと思われる。ただし、水浸している時間が長いと思われる疎水材下層部の貝殻は損傷も少なく、疎水材の断面形状の変化もほとんどなかった。すなわち、施工後11年を経ても疎水材としてのホタテ貝殻の強度は維持されていた。

3) 埋木チップは木材の強度低下が比較的遅いといわれている軟腐朽菌による腐朽が進行中である。施工後11年目の時点でチップの細片化はほとんどみられず、形状は維持されていた。

4) 以上のことから、ホタテ貝殻および埋木チップを用いた暗渠の排水機能と疎水材性状は、施工後11年を経ても維持されていることが確認された。

参考文献

- 1) 宍戸信貞、森川俊次、中村和正、岡本隆、石渡輝夫：暗渠排水の疎水材として用いた貝殻及び埋木チップの効果と耐久性、開発土木研究所月報No.574、pp.18~28、2001。
- 2) 北川巖：圃場の総合的な排水改良技術の確立に関する研究、北海道立農業試験場報告第113号、pp.1~42、2007。
- 3) 石田哲也、山田章：暗渠排水量の自動計測記録装置の開発、第50回北海道開発局技術研究発表会、2006。
- 4) 石田哲也、山田章：暗渠疎水材に使用したホタテ貝殻の劣化状況に関する報告、寒地土木研究所月報No.666、pp.20~24、2008。
- 5) 佐藤真由美、三浦真由己、関一人、斎藤直人、北川巖：木質チップの暗渠用疎水材としての利用、林産試験場報第17巻第1号、pp.1~6、2003。
- 6) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 計画暗きよ排水 基準書、技術書、pp.37、2000。
- 7) 北海道立林産試験場：特集「木の家」百年持たせませす、林産試だより、pp.6~7、1986。
- 8) 窪田實：暗渠用疎水材としてのカラマツチップーその適応性について一、林産試だより、pp.6~10、1996。