

畑地流域からの土砂流出と沈砂池の効果

寒地土木研究所 水利基盤チーム 古檜山 雅 之
 鷓 木 啓 二
 寒地土木研究所 道北支所 細 川 博 明

火山灰地帯における畑作地域の一部では、降雨や融雪水による土壌侵食が生じており、土砂流入による排水路の機能低下や下流域水環境への影響が問題となっている。このような地域での土砂流出対策として沈砂池の整備がある。本研究では、畑地流域に整備された沈砂池において堆積土砂量及び流出土砂量の観測調査を行い、その結果から沈砂池への流入土砂量を推定した。また、推定した各土砂量から捕捉率を算出し、沈砂池の土砂捕捉機能を評価した。

キーワード：沈砂池、火山灰土壌、畑地流域、土壌侵食、捕捉率

1. はじめに

北海道では道南や道東を中心として火山灰性土壌が広がり、そこでは畑作農業が展開されている。これらの地域の一部では、降雨や融雪により傾斜地にある畑が侵食されて土壌流亡が生じやすい状況にある。そのため、排水路では、農地からの土砂流出・堆積による排水機能の低下が生じているほか、農地の肥沃な土壌が下流域の湖沼及び海域へ流出することにより富栄養化等の水環境悪化を招いており、水生生物の生育環境や漁業への影響が問題となっている。

農業農村整備事業では、農地流域から流亡する土砂の下流への流出を抑制する手法の一つとして沈砂池等の整備を行っている。これらの施設は設計段階で土壌流亡予測式等から土砂流入量を推定し施設規模を決定する。しかしながら、実際の土砂流入量は降雨等の気象条件や流域の土地利用変化等の要因により変動する。そのため、造成された沈砂池の土砂流出抑制機能の検証や土砂流入量予測と実態の相違について把握することが、今後の施設設計や施設造成後の維持管理において重要である。

そこで本研究では、事業完了後5年が経過した沈砂池を調査フィールドとして、2009年～2010年の2カ年にわたり沈砂池内の堆積土砂量と沈砂池からの流出土砂量の現地観測調査を行い、沈砂池への流入土砂量を推定するとともに、現時点での土砂捕捉機能を検証し、事業完了後における沈砂池機能の継続性を評価した。

2. 調査方法

(1) 調査地の概要

Masayuki Kohiyama, Keiji Unoki, Hiroaki Hosokawa

調査は北海道東部に位置する美幌町及び津別町で行った。この地域では、受食性の高い火山灰性土壌の農地が広がり、融雪時や降雨時に侵食（水食）を受けて土壌流亡が生じやすいことから、農地からの土砂流入により排水路が断面狭小となり、排水機能が低下していた。このため、平成10年度から平成16年度まで実施された国営総合農地防災事業において農地からの土壌流亡を抑制し、排水路の排水機能を回復させるとともに、その機能を維持するため、土砂流出抑制工や護岸工の整備など各種対策を実施してきた。土砂流出抑制工のうち、排水路本線上流域からの流入土砂を排水路内で捕捉し堆積させる施設として沈砂池が整備された。本研究ではこの沈砂池について事業実施中において重点的に調査が行われていた施設を調査対象として選定した。調査対象とした沈砂池の諸元を表-1に示す。

表-1 沈砂池諸元表

名称	流域面積 (km ²)	流域内土地利用区分面積 (km ²)				最大可能堆積容量 (m ³)
		森林	農地	裸地	その他	
沈砂池A	17.2	7.4	5.6	1.4	2.8	2,439
沈砂池B	3.9	0.8	2.6	0.2	0.3	1,008
沈砂池C	1.8	0.6	1.0	0.1	0.1	969
沈砂池D	7.1	3.8	1.5	0.6	1.2	2,360

(2) 土砂捕捉機能の検証方法

本研究では沈砂池の土砂捕捉機能の評価方法として、各池に流入した土砂量の捕捉率を求めることにした。算出式は、「捕捉率 = 堆積土砂量 / 流入土砂量」で表される。河道を流下する土砂の形態はウォッシュロード（wash load）、浮遊砂（suspended load）、掃流砂（bed load）に大別されるが¹⁾、一般河川において掃流

砂を定量化することは困難である。そこで、掃流砂は沈砂池ですべて沈降すると仮定すると、池から流出する土砂はウォッシュロードと浮遊砂となり、池流出口の浮遊物質（SS）を計測することで流出土砂量を算出する。これにより、流入土砂量は「堆積土砂量 + 流出土砂量（SS）」で表されこととなり、捕捉率の算出式は「捕捉率 = 堆積土砂量 / (堆積土砂量 + 流出土砂量 (SS))」（図 - 1）となる。このため、沈砂池の堆積土砂量及び沈砂池流出口での流出土砂量を観測した。

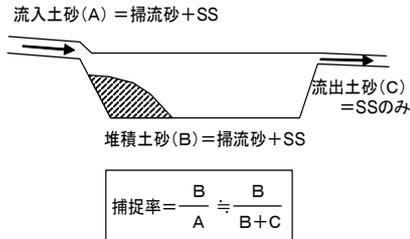


図-1 捕捉率算出手法

(3) 堆積土砂量調査

沈砂池に堆積した土砂量は、竣工時の施設底面と堆積土砂表面の標高差から体積を求め、これに単位体積重量を乗じて重量に換算した。

堆積土砂標高の測定は沈砂池を縦5m横1m（沈砂池Dは縦5m横2m）の格子状に区切り、各格子点における堆積土砂表面の標高を測量した。測量作業は、陸地化している箇所は徒歩により、水中部分はボートを使用して堆積土砂を乱さないように実施した。観測期間は2009年4月から2010年11月までである。単位体積重量は、2008年に室

内試験を行い決定した。水中部でコア採取が困難な箇所は、湿潤飽和状態における中詰材の単位体積重量の測定方法「北海道開発局 港湾・漁港工事監督マニュアル暫定版」²⁾に準拠して試験を行った。

(4) 流出土砂量調査

沈砂池から流出する土砂量調査として、沈砂池の流出口直下流において流量とSSの観測を実施した。観測期間は2009年が3/21～11/30まで、2010年は3/12～11/30までである。流量は、徒歩により随時流量観測を実施してH-Q曲線を作成し、自記水位計（感圧式）により観測した連続水位から連続流量に換算した。SSは、自動採水器によって降雨出水時の河川水を採水して濃度を測定し、自記濁度計（透過光式）により観測した濁度指示値との相関から連続濃度を求めた。SSの分析方法はGFP濾過法である。自動採水器には雨量計（転倒ます式）を接続し、5mm/2hr以上の降雨があった場合に起動するようにした。また、雨量も自記計により連続観測を行ったが、冬の降水量は近隣アメダスの値を用いた。

3. 結果と考察

(1) 堆積土砂量の変化と堆砂要因

調査期間における降水量と堆積土砂量の推移を図 - 2 に示す。ここでは、5月～11月を「降雨期」、12月～2月を「積雪期」、3月～4月を「融雪期」として整理した。

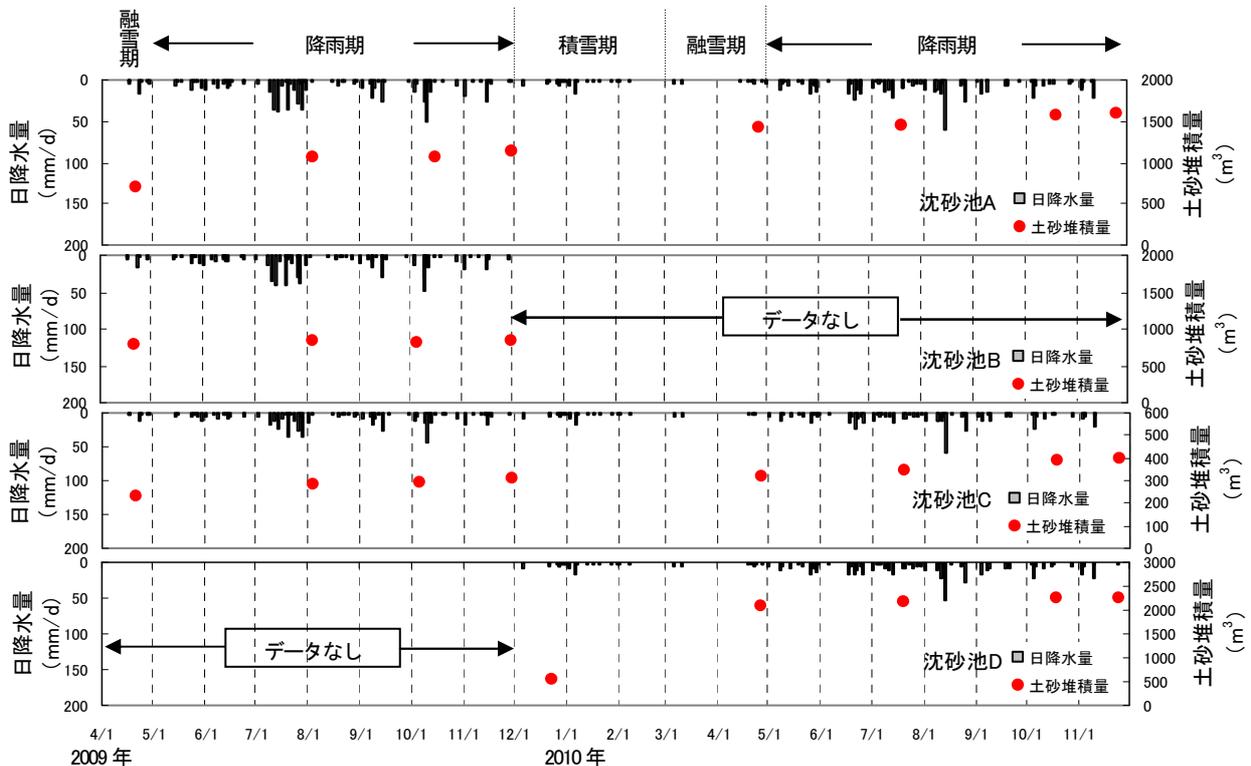


図-2 調査期間中の日降水量と堆積土砂量の推移

降雨期の状況を見ると、2009年は4月～8月の増加量が大きい。これは7月中～下旬に20mm/dを超える降雨出水が集中したことから、土壌侵食に起因する土砂流出が頻繁に発生し、沈砂池に土砂が堆積したと思われる。2010年は7月～10月の増加量が大きい。これは8/13に65mm/dの降雨出水があり、その影響により堆積土砂量が増加したと思われる。

積雪期と融雪期の状況を見ると、各沈砂池とも堆積土砂量が増加していることがわかる。2009年12月から2010年4月にかけてはほとんど降雨がないことから、この堆積土砂量の増加は、融雪による土砂流入により沈砂池に土砂が堆積したものと考えられる。

次に、各沈砂池の最大可能堆積容量に対する土砂堆積量の割合を表-2に示す。各池とも堆積割合が増加しており、とくに沈砂池Dでは、2010年の最終調査段階で96%にも達していた。

表-2 土砂堆積量

名称	単位: 上段 m ³ 下段 %			
	2009.4	2009.11	2010.4	2010.11
沈砂池A	698 (29)	1134 (46)	1419 (58)	1592 (65)
沈砂池B	775 (80)	847 (87)	-	-
沈砂池C	230 (23)	307 (30)	321 (32)	395 (39)
沈砂池D	-	534 (23)	2090 (89)	2269 (96)

()内は最大可能堆積容量に対する割合

(2) 流出土砂量の変化と流出要因

調査期間における降水量と累加SS負荷量の推移について、沈砂池Aを代表地点として図-3に示す。

降雨期についてみると、2009年は7月と10月にSS流出のピークがみられた。7月ピーク時の降雨状況を見ると、7/25に一連降水量32mm（時間最大雨量11mm/h）、7/27に一連降水量38.5mm（時間最大雨量20.5mm/h）の降雨出水による累加SS負荷量の大幅な増加がみられた。10月ピーク時の降雨状況を見ると、10/8～10/9に一連降水量75.5mm（時間最大雨量6.5mm）の降雨出水による累加SS負荷量の増加がみられた。2010年は8月にSS流出のピークがみられた。8月の降雨状況を見ると、一連降水量65.5mm（時間最大雨量12.5mm/h）の降雨出水による累加SS負荷量の増加がみられた。いずれのパターンについても、汎用土壌流亡予測式（USLE）で定義される侵食性降雨（一連降水量約13mm以上）を上回る降水量であった。

次に融雪期についてみると、2009年には累加SS負荷量の大きな増加はみられないが、2010年には比較的大きな流出ピークがみられた。図-4に流出ピーク始期である4/1～4/2の気温と沈砂池AのSS負荷量の時間変化を示す。この日は最低気温がプラスとなっており、一日を通じて融雪が進行したと思われる。また、気温は午前7時前後より上昇し、午後1時前後にピークを迎えている。それに対してSS負荷量は気温上昇開始から数時間後に気温に追従する形で大きく増加し、午後3時前後にピークを迎えている。この時期には降雨がほとんどないことから、融雪が土砂流出の要因と考えられる。

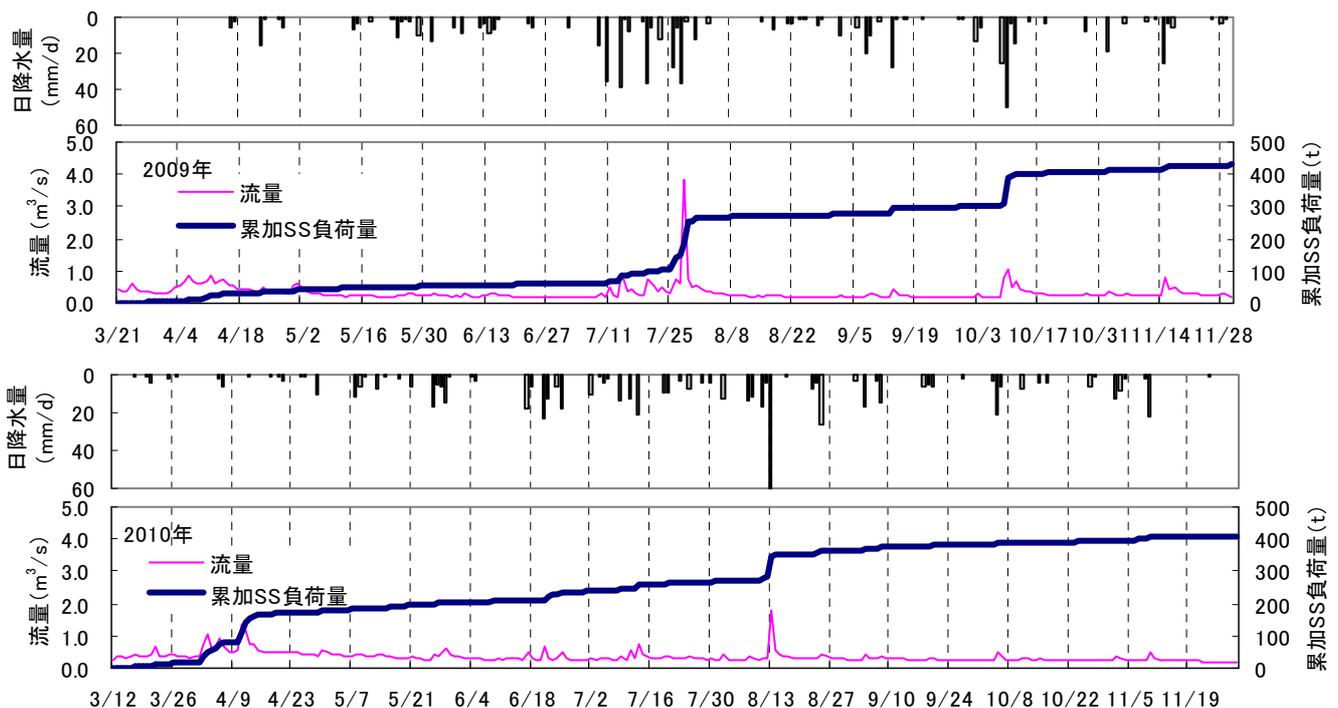


図-3 調査期間中の日降水量と累加SS負荷量の推移（沈砂池A）

(3) 捕捉率の算出

3. (1)及び(2)の調査結果より各沈砂池における捕捉率を算出し、表-3に整理した。捕捉率の算出手法は2. (2)で記述したとおりである。観測期間2009年の捕捉率は沈砂池Aで49%、沈砂池Bで54%、沈砂池Cで73%となっており、各池とも観測期間全体での捕捉率は良好である。2010年の捕捉率は沈砂池Aで24%、沈砂池Cで92%、沈砂池Dで80%となっており、2009年と比較して沈砂池Aの捕捉率が低下していた。図-5に沈砂池A及び沈砂池Cにおける累加SS負荷量の推移と捕捉率の関係について示した。2010年の4/26~7/20は侵食性降雨も少なく、累加SS負荷量も小さな傾きで推移している。しかし7/20以降をみると、8/13の降雨出水により累加SS負荷量が急激に増加している。7/20以降での捕捉率は沈砂池Aで55%、

沈砂池Cで93%であった。また2009年についてみると、7月と10月の降雨によって累加SS負荷量が増加しており、4/21~8/4の捕捉率は沈砂池Aで55%、沈砂池Cで84%、10/6~11/30の捕捉率は沈砂池Aで36%、沈砂池Cで77%となっていた。また8/4~10/6は累加SS負荷量が小さな傾きで推移しており、この期間の捕捉率は沈砂池Aで30%、沈砂池Cで20%となっている。すなわち、比較的大きな降雨出水により土砂流出量が増加している場合において流域からの流入土砂を捕捉しており、平水時には土砂流入が少なくことから、平水流量で流入する浮遊砂がそのまま沈砂池を通過して下流へと流出すると推察された。

表-3 対象沈砂池における捕捉率

単位：%

沈砂池名	2009年				2010年			
	4/21 ~ 11/30	4/21 ~ 8/4	8/4 ~ 10/6	10/6 ~ 11/30	4/26 ~ 11/24	4/26 ~ 7/20	7/20 ~ 10/19	10/19 ~ 11/24
沈砂池A	49	55	30	36	24	▲	55	11
沈砂池B	54	62	25	75	-	-	-	-
沈砂池C	73	84	20	77	92	91	93	▲
沈砂池D	-	-	-	-	80	34	88	39

※ -は未調査、▲は土砂堆積量減少により算出不能

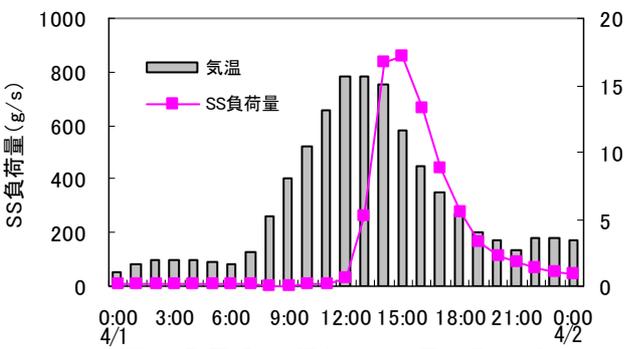


図-4 融雪期の気温とSS負荷量の経時変化

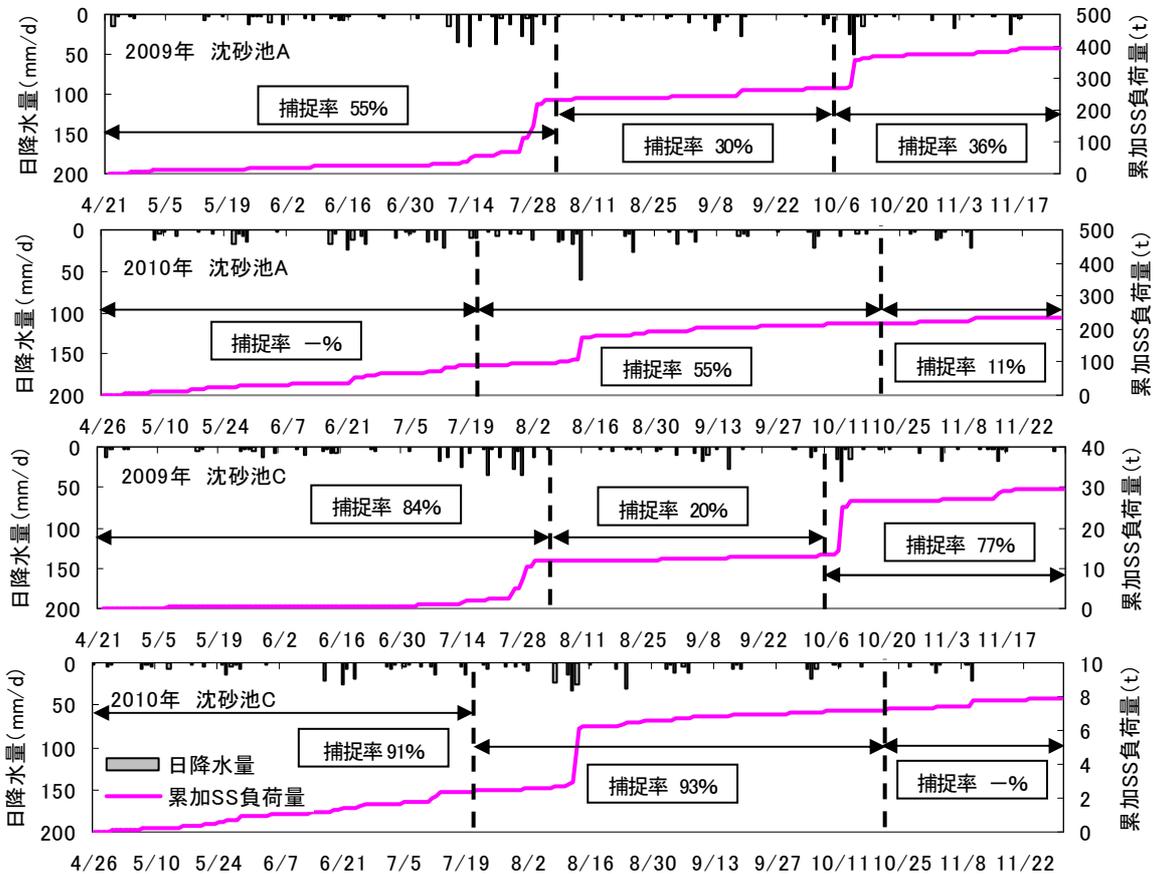


図-5 累加SS負荷量と捕捉率の関係

沈砂池Dは、堆積土砂量が最大可能堆積容量の96%にまで達しているが、観測期間全体の捕捉率は80%と非常に高い。これは、沈砂池D流域は森林の占める割合が他の沈砂池よりも多く、流入土砂の物理的性質（粒径等）が他の沈砂池と異なること等が要因として考えられるが、現時点では明らかではないため、堆積した土砂の物理性試験等の調査により流入土砂の起源を明らかにすることが今後の課題となる。これを明らかにすることで、有効な土砂抑制対策が可能となる。

4. おわりに

農業農村整備事業にて整備された沈砂池について、事業完了後5年が経過した段階での土砂捕捉機能を調査した。堆積土砂量調査及び流出土砂量調査では、比較的規

模の大きな降雨出水時と積雪寒冷地特有である融雪出水時において堆積土砂量及び流出土砂量が増加することがわかった。また、算出した捕捉率から言えることとして、流出土砂量が急激に増加するような降雨出水時に流域から流入する土砂を捕捉していることから、現時点において調査対象沈砂池の土砂捕捉機能については十分機能していると評価する。

しかしながら、堆積土砂は経年的に増加しており、今後も継続的に土砂捕捉機能を発揮するためには、定期的な維持管理（土砂撤去）を行い、長期的な施設運用をしていくことが望まれる。

参考文献

- 1)河村三郎：土砂水理学，森北出版，p.242（1982）
- 2)北海道開発局：港湾・漁港工事監督マニュアル暫定版，p.159（1999）