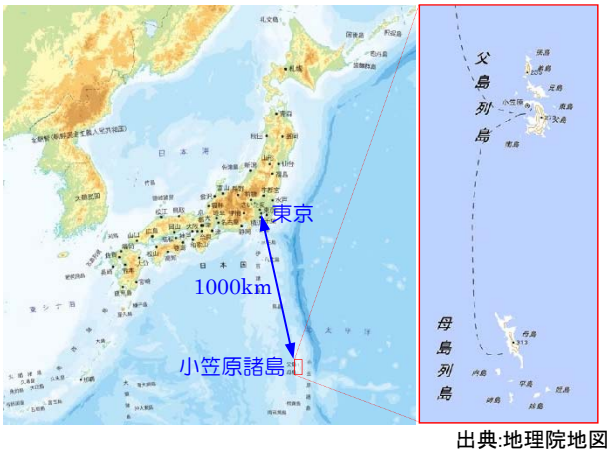
世界遺産小笠原諸島の環境に配慮した砂防施設（沈砂池）設計の検討

東京都小笠原支庁　橋本 勝、榎本亮二、瀬戸祥太
(株)間瀬コンサルタント　○宮崎新二、手塚和博、藤井省五、森山清郁、矢萩雄介

1 はじめに

小笠原諸島は、日本列島から 1000km 南の太平洋上に位置し、大陸と陸続きになったことがない海洋島である。このため、生物が独自の進化を遂げ、小さい島でありながら固有種の割合が高いことが評価され、平成 23 年 6 月に世界自然遺産として登録されている。



出典:地理院地図

図 1 小笠原諸島の位置

当発表では、小笠原諸島の父島で実施した砂防施設設計において、生態系に配慮した検討事例について報告する。

2 砂防施設設計の概要

設計する砂防流域では、豪雨のたびに多量の土砂が流出し土砂災害の危険性が切迫している。このため、新たに砂防施設を整備して、土砂災害から人命や財産を守ることを目的に、砂防堰堤 2 基と流路工の施設設計を行った。

施設設計では、土砂災害防止はもとより、環境に配慮することが求められた。特に流路工の放流河川に生息する小笠原固有の水生生物への影響軽減が強く求められ、その対策として沈砂池を設計した。

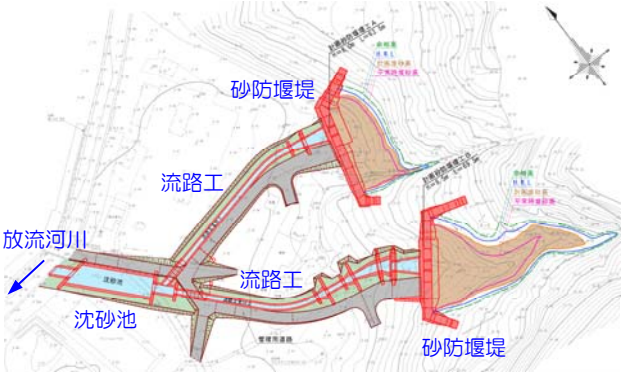


図 2 砂防施設設計画平面図

3 沈砂池の設置に至る経緯

東京都では、小笠原の貴重な自然環境等への影響を極力低減することを目的に、『小笠原諸島の公共事業における環境配慮指針』を策定し、生物の多様性などに配慮しながら事業を進めることにしている。

また、継続して実施されている環境調査では、放流河川に、小笠原の固有種であるオガサワラヨシノボリやオガサワラカワニナ、オガサワラコテナガエビなどが生息していることが判明している。これらの水生生物は、急激な水質の変化に弱いことから、工事中に発生する濁水や豪雨時の高濃度泥水が流出することによる個体数減少の影響が懸念されている。

オガサワラ ヨシノボリ	オガサワラ カワニナ	オガサワラ コテナガエビ

写真 1 放流河川に生息する小笠原の固有種

さらに、今回の砂防事業に対して複数の生態系専門家にヒアリングを実施した結果、工事中の濁水や完成後の泥水を抑えるため沈砂池の設置が望まれた。

4 沈砂池の設計方法

4.1 沈砂池内で沈降させる土粒子の設定

環境調査の報告書によると「懸濁物の堆積によって水生生物の基礎生産力が低下する」とあることから、沈砂池内で沈降させる土粒子は、放流河川内に沈殿しない粒径を目標とする。

国総研資料の技術論文[※1]では、観測結果から「洪水時にはウォッシュロードよりも大きい粒径の 0.105～0.21 ㎜の土砂についてはウォッシュロード形態で流下していたことが考えられる」と記載されていることから、洪水時には粒径が 0.21 ㎜以下の土粒子は河床に沈殿することはないと判断できる。

したがって、洪水時では 0.21 ㎜よりも小さい粒径の土粒子を、洪水時以外の平常時では 0.105 ㎜よりも小さい粒径の土粒子を沈砂池内で沈降させる方針とした。

4.2 沈砂池の規模の設定

4.2.1 沈砂池内で沈降する土粒子

沈砂池内で沈降する土粒子は、粒子の沈降速度と沈砂池の延長および水深に依存するため、沈降する土粒子は、沈降速度と沈砂池内の流速および延長から計算できる。その基となる粒子の沈降速度を表 1 に、粒子と沈降速度のプロットグラフを図 3 に示す。

表 1 粒子の沈降速度[※2]

表５－１　粒子の沈降速度（㎜/s）　（水温：１０℃、密度：2.65mg/㎜³）

直　径 (㎜)	沈降速度	直　径 (㎜)	沈降速度	直　径 (㎜)	沈降速度	直　径 (㎜)	沈降速度
1.0	100	0.2	21.0	0.04	1.1	0.006	0.025
0.9	92	0.15	15.0	0.03	0.62	0.005	0.017
0.8	83	0.10	7.4	0.02	0.28	0.004	0.011
0.7	72	0.09	5.6	0.015	0.155	0.003	0.0062
0.6	63	0.08	4.8	0.010	0.069	0.002	0.0028
0.5	53	0.07	3.7	0.009	0.056	0.0015	0.00155
0.4	42	0.06	2.5	0.008	0.044	0.0010	0.00069
0.3	32	0.05	1.7	0.007	0.034	0.0001	0.00007

注）密度2.65mg/㎜³の粒子は水中の砂を主体とする無機物
直径0.002㎜以下は、計算値であり、適用外である。

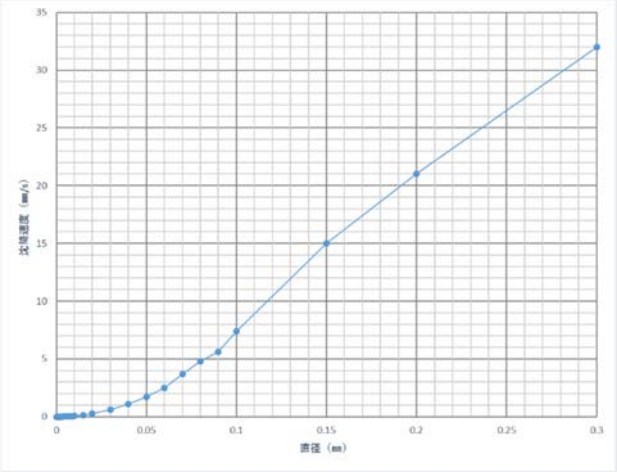


図 3 粒子と沈降速度のプロットグラフ(0.3 ㎜以下)

4.2.2 沈砂池規模の設定

沈砂池に流入する前の流路工の流速は、50 年確立規模の計画断面において 1.40m/s である。

洪水時に沈降させる土粒子を 0.21 ㎜とすれば、沈降速度は図 3 のグラフから 22 ㎜/s となる。

流路工と沈砂池の水深が同じ 0.85m であれば、0.21 ㎜の土粒子が沈降するまでの時間 38.6s（850 ㎜÷22 ㎜/s）を沈砂池内で確保する必要がある。

流路工本川と沈砂池の断面形状は、土地利用や用地条件から図 4 に示す通りとした。

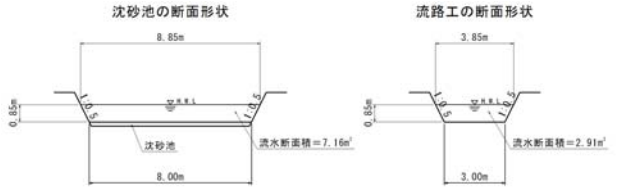


図 4 沈砂池と流路工の断面形状

沈砂池内の流水断面積は流路工の 2.46 倍(7.16m²÷2.91m²)であるため流速は 0.57m/s に低下する。

このことから沈砂池長を 22m(38.6s×0.57m/s)以上確保すれば計算上 0.21 ㎜の土粒子を沈砂池内で沈降させることができるが、洪水時以外の流量が少ない場合でも 0.1 ㎜以下の土粒子を沈砂池内で出来るだけ沈降させるため、沈砂池延長を 30m とした。

4.3 確率年別に沈砂池内で沈降する土粒子の推計

上記設定した沈砂池規模（沈砂池底幅 8.0m,水深 0.85m,長さ 30m）において、計画断面や洪水規模、洪水時以外の少流量の場合に、どの程度の土粒子が沈降するか次の方法で推計した。

① 沈砂池の流水断面倍数を算出する。
（沈砂池流水断面積÷流路工流水断面積）
② 沈砂池の流速を推計する。
（流路工流速÷①）
③ 沈砂池を通過する時間を推計する。
（沈砂池延長÷②）
④ 沈砂池内で沈降する速度を推計する。
（水深÷③）
⑤ 沈降速度から沈降粒径（直径）を読み取る。
（図 3 より）

以上の方法により推計した、確率年別に沈砂池内で沈降する土粒子を表 2 に示す。

この結果、計画断面規模の洪水においては 0.16 ㎜以上の土粒子が沈降すると推計される。また、3 年確立規模の洪水においては 0.10 ㎜以上の土粒子が沈降すると推計される。

表 2 確率年別に沈砂池内で沈降する土粒子

CASE	計画流量	水深	流路工本川		沈砂池				沈降粒径
	(流下能力)		流水面積	流速	流水面積	流速	通過時間	沈降速度	
	(m^3/s)	(m)	(m^2)	(m/s)	(m^2)	(m/s)	(sec)	(mm/s)	
計画断面	4.07	0.85	2.91	1.40	7.16	0.57	52.7	16.1	0.16㎜以上
50年確立	3.67	0.80	2.72	1.36	6.72	0.55	54.5	14.7	0.15㎜以上
30年確立	3.42	0.76	2.57	1.33	6.37	0.54	55.9	13.6	0.14㎜以上
10年確立	2.86	0.68	2.27	1.25	5.67	0.50	59.9	11.3	0.13㎜以上
(5年確立)	2.18	0.58	1.91	1.15	4.81	0.46	65.7	8.8	0.11㎜以上
(3年確立)	1.72	0.50	1.63	1.06	4.13	0.42	71.7	7.0	0.10㎜以上
(2年確立)	1.34	0.43	1.38	0.98	3.53	0.38	78.3	5.5	0.09㎜以上
(1年確立)	0.97	0.35	1.11	0.87	2.86	0.34	88.8	3.9	0.08㎜以上

CASEの( )で記載した確率年は、多摩地区から比例換算による計画流量である。
沈砂池の通過時間は、沈砂池延長30m÷沈砂池内流速(m/s)で算出した。
沈降速度は、水深(mm)÷通過時間(sec)で算出した。
沈降粒径は、粒子の沈降速度をプロットしたグラフから読み取った。

国総研資料の技術論文※1から、洪水時には 0.21 ㎜以下の土砂は河床に沈殿することはないと判断できることや、粒径 0.105 ㎜以下のウォッシュロードでは平常時の流水でも土砂が河床に沈殿することはないとされている。

このことから、3 年確立規模以下の洪水を含む洪水時以外の流水では、ウォッシュロードよりも大きい土粒子が下流河川へ流出することはなく、3 年確立規模を超える洪水でも流水中の土粒子が下流河川に沈殿することはないと判断できる。

したがって、砂防流域からの流水を、設計した規模の沈砂池に通すことで、濁水濃度の低減と下流河川に沈殿する土粒子の解消が可能となり、固有種の保全が期待できる。

また、今回の設計で設定した沈砂池規模における、流量と沈降粒径の関係グラフを図 5 に示す。このグラフをから流量に対する沈降粒径が推定できる。

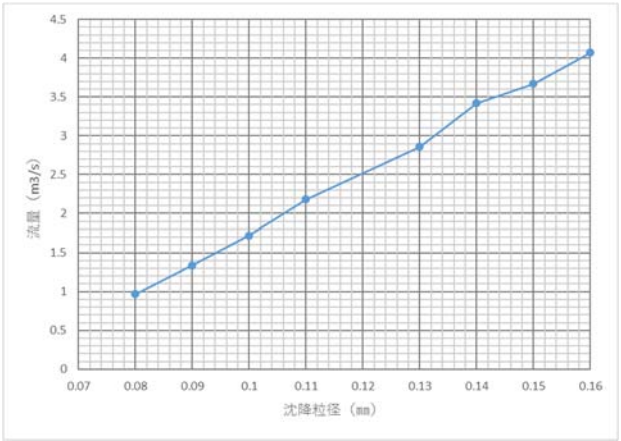


図 5 流量と沈降粒径の関係グラフ

5 おわりに

今回実施した沈砂池設計では、規模の設定方法や沈降する土粒子の推計方法を示すことができた。

今後は、降雨後の流量と沈砂池に沈殿した粒径や放流先河川の濁土、水生生物や固有種の生息数等の変化について、定期的な調査を継続して実施し、沈砂池設置の効果について検証する必要がある。

また、今回の設計事例が、希少種が生息する河川上流における砂防施設設計にも代用できるか確認していきたい。

－以上－

※1:土砂動態予測のための河床変動モデルの改良(平成 15 年 3 月)
※2:採石技術指導基準書(平成 15 年版)資源エネルギー庁