

砂防施設周辺における帰化植物の分布状況

天竜川上流河川事務所

1. はじめに

近年、帰化植物による本来あるべき生態系の攪乱が危惧されている。国土交通省河川局でも、平成10年度以降河川における外来種対策が検討され、「河川における外来種対策に向けて(案)」が取りまとめられた(注；「帰化植物」、「外来種」の定義はあいまいな部分が多い。本研究中では、本来日本に自生しない種すべてを「外来種」とし、そのうち日本国内に定着して自然に生育しているものを「帰化植物」とした。)。砂防事業においても、牛伏川におけるニセアカシアの拡大分布と集団倒伏等をはじめとし、各地で帰化植物の影響が懸念されている。一方で、砂防事業では、荒廃地や砂防施設の施工に伴って発生した人工的な裸地部分を、早期に植生を回復させる必要性から、積極的に生育の早い外来種を導入する場合がある。かつて、導入された植生は、やがて自然植生へ遷移し、衰退していくため、さほど問題はないと予想されてきた。ところが、近年になり上流域において砂防事業に伴って帰化植物が分布域を拡大させている恐れがあることが指摘されている。しかしながら、砂防事業はその要因のひとつであり、実際には周辺の利用状況や、地域的な条件等のその他の要因によるところも大きく、実態が明らかなでない。同時に、帰化植物の侵入状況について、簡便に客観的に評価する手法についても得られていない。

そこで、本研究では、天竜川上流域における流域、工法、完成からの経過年数及び周囲の利用状況の異なる複数の砂防施設に対して、帰化植物の分布状況について把握し、併せて帰化植物の侵入状況の評価方法について考察した。

2. 調査手法と対象地の概要

(1) 調査手法

一般に、帰化植物の分布状況を把握する場合、対象地域における全出現種数と、帰化植物の出現種数の比で表した「帰化率」が指標として用いられる。帰化率は、対象としている環境中に出現する頻度が把握できるものの、面的な分布量については把握できない。そこで、本研究では帰化植物を含むすべての出現種について、分布量を「分布量指数」として1(稀)～4(多い)の4段階で評価した。また、その場所の侵入状況の量的な指標として、分布量を次式のとおり定義した。ここで、量の評価を、分布量指数を底が10の指数としている。分布量は、見かけの量を視覚的に判断するため、指数で表現した方が、実際の生育量と対応すると考えたためである。

$$\text{分布量 } A = \sum N \cdot 10^{n-1}$$

N=分布指数 n の帰化植物の種数

(2) 対象地

天竜川上流域における砂防樹林帯を含む11施設を対象とし、周辺の植物相と植物群落の分布状況、利用の状況について把握した。施設の抽出基準は、以下のとおりとした。(1)地域性を把握するため、1流域については、流域内から複数の施設を抽出する。(2)異なる施設による環境変化を比較するため、砂防えん堤以外の施設を含める。(3)完成からの経過年数の影響を比較するため、経過年数の異なる施設を抽出する。表1及び図1に示す11施設を調査対象施設とした。

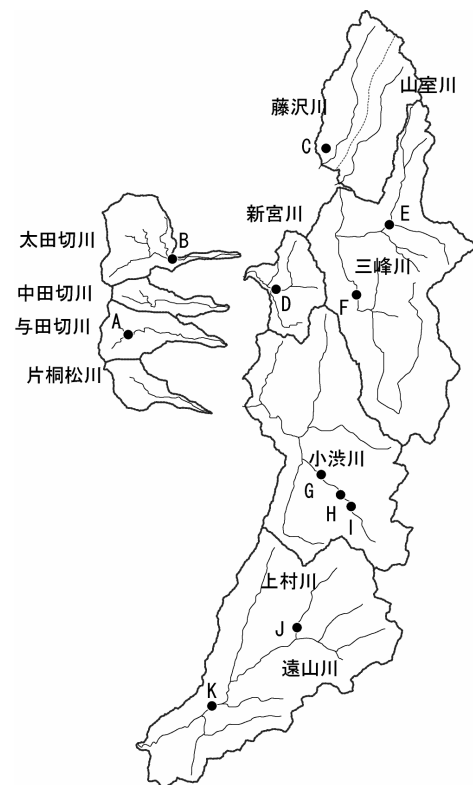


図1 調査対象施設

表1 対象施設

施設名称	完成後 年数(年)	備考・施設種別
与田切川 中流域	A 14	セルダム
太田切川 下流域	B 31	床固工/親水整備
山室川流域	C 6	スリット型えん堤
新宮川流域	D 23	えん堤
三峰川 中流域	E 42	えん堤/登山道近く、三峰川水系県立自然公園。流域源頭は南アルプス国立公園
三峰川 下流域	F 38	護岸
小渋川 中流域	G 49	えん堤
小渋川 上流域	H 37	えん堤
小渋川 上流域	I 21	えん堤
遠山川 上流域	J 14	えん堤
遠山川 下流域	K 6	砂防林/親水整備

表2 砂防施設周辺の帰化植物侵入状況調査結果

砂防施設	帰化率		分布量指数(1～4)別帰化植物出現種数					分布量※
	帰化率(%)	順位	1	2	3	4	合計	
A	5.8	10	2	3	3	0	8	332
B	17.8	2	6	8	4	0	18	486
C	13.0	4	0	9	6	2	17	2,690
D	12.3	5	10	15	1	0	26	260
E	18.5	1	3	15	8	1	27	1,953
F	9.0	7	2	5	4	1	12	1,452
G	5.1	11	0	3	3	1	7	1,330
H	7.0	9	0	6	1	1	8	1,160
I	8.2	8	2	7	1	0	10	172
J	9.6	6	3	6	1	1	11	1,163
K	17.1	3	5	9	7	3	24	3,795

分布量 = $\sum (N \times 10^{n-1})$ N: 分布量指数 n の帰化植物出現種数

3. 結果及び考察

(1) 施設周辺の侵入の状況

表2に調査結果を示す。その結果、施設B、E、Kがいずれも帰化率17%以上であり、これらの共通点として、利用者の多い登山道や舗装道に近く(B,E,K)、親水設備が備えられており(B,K)等で、外部から帰化植物が持ち込まれやすい状況にあることが示された。施設C、Kでは、分布量指数が4に評価される帰化植物が2種以上出現した。これらの施設はいずれも施工から6年と、他の施設と比較して非常に新しく、出現が確認された帰化植物の中には緑化材料として多く用いられる種もあり、施工時に使用したものがその後も生育しているものと思われる。また、地域的な特徴として、竜東地域のほとんどの施設でフサフジウツギが確認された。小渋川流域の施設G、H、Iでは共通して分布量指数3~4でフサフジウツギが確認されている。それに対して、竜西地区の2施設と新宮川流域の施設Dでは全く確認されておらず、フサフジウツギが天竜川上流域でも特に小渋川を中心とした竜東流域において特異的に分布していることが確認された。

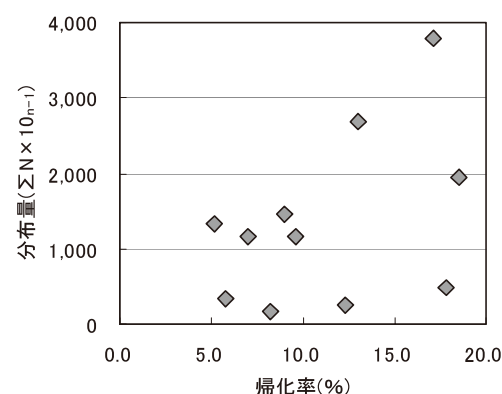


図2 帰化率と分布量の関係

(2) 帰化植物の分布量評価

一般的な帰化植物の侵入状況の指標である帰化率と、本研究で導入した分布指数を用いた分布量を比較し、図2に示す。その結果、帰化率が高い地点についても、「帰化植物の頻度が高いものの、帰化植物による群落形成を伴わない地点」、「帰化植物により群落が形成され、帰化植物による群落がその環境の重要な要素となっている地点」を分離することができた。これらの地点では、帰化植物による環境への寄与は異なると考えられ、分布量の多い地点に対しては、「拡大分布を阻害する対策」、「各々の分布量は少ないが帰化率の高い地点については、今後のモニタリングと帰化率の持ち込みを阻害する対策」が必要と考えられる。そのため、分布量をひとつの指標としてこれらの地点を分離することは、今後の対策を検討する上で活用できると考えられる。

なお、本研究では分布量指数の底を暫定的に10としたが、今後対象とする環境や分布量の判断基準とともに検討する必要がある。

4. まとめ

本研究では、天竜川上流を対象に帰化植物の侵入状況とその要因を、帰化率と分布量の両方で把握することを試みた。その結果、侵入の要因としては、砂防事業による積極的な導入のほか、周辺の登山道や併設した親水施設の利用に伴う外部からの持ち込み、地域の潜在的な帰化植物等が考えられた。また、帰化率と併せて、帰化植物の分布量の指標とした分布量指数と、その総計の分布量を導入することで、帰化率のみでは把握することのできない面的な分布量の概略を把握することができた。砂防施設の特性上、堆砂敷には洪水後氾濫源が形成され、周囲の先駆植生が侵入しやすい環境が形成される。そのため、帰化植物についても非常に侵入しやすい環境が整っているといえる。そこで、砂防施設の配置が周囲の重要な環境が損なうことのないよう、親水施設の整備や、早期緑化を目的とした緑化資材の利用等は、周辺の状況（法的な保護地域指定、地域的な帰化植物の分布状況）を考慮のうえ、検討する必要がある。

1 はじめに

砂防事業を効果的に実施するための砂防基本計画を、客観性と合理性をもって立案するには、土砂の生産・流出土砂量の推定精度の向上が必要となる。土砂動態に関する解析は、定期横断測量成果を用いた平均断面法等により行われてきたが、一定間隔での測量であることや奥地への進入が困難であることなど、土砂動態を把握するには限界がある。天竜川上流河川事務所では、与田切川において航空レーザー計測を用いた山地流域における土砂流出に関するモニタリングを行っており、そこでの航空レーザー計測による地形データの再現性について検証した。

2 計測範囲と航空レーザー計測諸元

天竜川上流河川事務所管内の、天竜川の支川でその源頭部に百間ナギと呼ばれる巨大崩壊地をもつ与田切川において、ヘリコプター搭載型航空レーザー計測システムを用いて融雪出水期および夏期出水期の精密地形計測を行い、両期の河床変動調査等に供している（表 1）。

表 1 航空レーザー計測諸元

項目	設定値	項目	設定値
対地高度	650m	レーザー発射数	25000 回/秒
対地速度	70 k m/h	コース間隔	200m
スキャン角	17°（半角）	重複率	50%
スキャン周波数	18Hz	平均計測密度	6 点/m ²
ビーム拡散度	0.2mrad	平均点間隔	0.40m

3 航空レーザー計測の特性

航空レーザー計測では、航空機搭載のレーザー測距儀より発射されたレーザー光線が、平面鏡により左右に照射されるとともに、航空機の前進によってジグザグの軌跡となる地形計測が行われる。したがって、計測点の軌跡は照射および航空機の数値に影響され、それらに応じて計測間隔も異なる。また、航空機から離れる照射の両端ほど間隔は広く、照射の折り返し部分や相対する斜面では狭くなるという特性を持っている。

レーザー光線は指向性が強く、本ケースでの地上到達時の拡散直径は 12cm 程度に過ぎない。しかし、この円の中の最も低い場所が標高値として認識される一方、その位置は円の中心として認識されるため、急斜面ほど記録される座標と標高値が実際に採用された位置との間に食い違いが生じることとなる。

このように計測されたデータは、植生等によって遮蔽されて地上に到達しなかったと思われるものが除去された後、内挿処理により空間解析に適した正方格子に正規化される。

これらを整理すると、航空レーザー計測データによる地形の再現性は主に、計測間隔、地形形状、植生被覆率、内挿処理手法の 4 つに起因するといえる。

4 与田切川上流域の土砂移動現象の実態と地形再現性

平成 16 年度においては、6 月 4 日と 11 月 21 日に航空レーザー計測を行った。ここでは、11 月の計測値から 6 月の計測値を差分した夏期出水期の河床変動量とその再現性について報告する。

4.1 出水との関連

平成 16 年は観測史上最も多くの台風が日本列島に上陸した年であり、与田切川に近接する気象庁アメダス「飯島」観測所によると、全体的な降水量も多く、年間雨量は 2,365mm を記録し、11 月計測前には 100mm 以上の日雨量を観測している（図 1）。しかし、期間中に大洪水はなく、中小規模の出水が主体であったと考えられる。

4.2 土砂移動の実態

6 月と 11 月に平均点間隔 0.4m で計測された航空レーザー計測成果よりそれぞれ 0.5m 間隔の正方格子に正規化し、河床変動量解析に供した。河床変動が顕著であったオンボロ沢下流部における現況写真（図 2a）および航空写真（図 2b）、標高陰影（図 2c）、変動量断彩（図 2d）を示す。これらから堆積、侵食の場が局部的に表現されていることが読み取れ、航空レーザー計測の正確さを定性的に把握することができた。

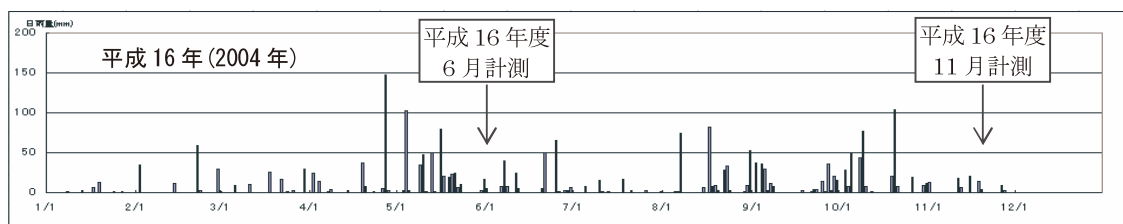


図 1 アメダス「飯島」降雨観測結果（平成 16 年）

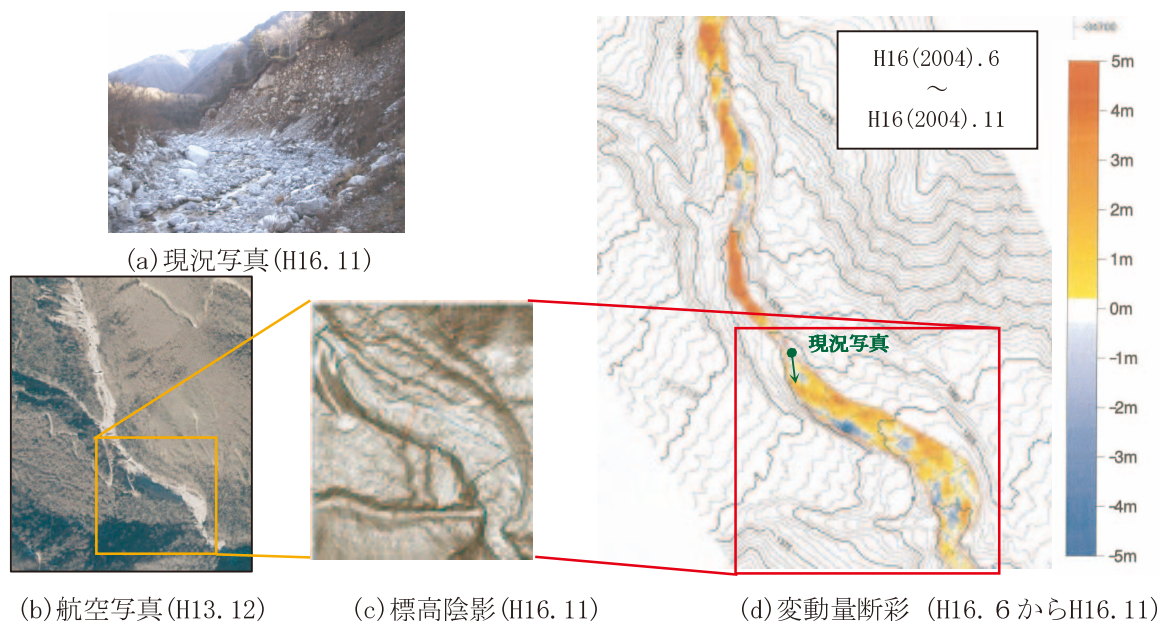


図 2 土砂移動の実態

4.3 航空レーザー計測の地形再現性

現地にて17箇所の横断測量を行い、航空レーザー計測データから得られた断面との較差を0.5m間隔で算出し、溪床・溪岸侵食量を把握するのに十分であるかを検証した（表 2）。この結果、計測条件が悪くて標準偏差が0.3mを超えた箇所が2箇所あったが、全体では標準偏差0.23mの地形再現性が確認できた。

表 2 断面形状による計測データ（標高）の精度検証

位置(キロ程)	0	0.3	1.6	2.4	3.1	3.65	5.35	5.86	6.5	7.3	8.6	8.7	9.2	9.4	9.5	9.75	10.65	合計
河床幅[m]	33.8	47.8	65.0	54.4	86.8	78.3	32.5	82.4	122.9	82.7	53.4	74.7	34.2	27.4	61.0	51.6	16.4	1005.0
データ数	68	95	130	109	173	157	65	165	246	165	106	149	65	55	122	97	33	2000
平均[m]	-0.10	-0.01	-0.06	-0.11	0.01	-0.10	-0.25	0.08	0.07	-0.14	-0.04	0.05	0.02	-0.09	0.14	0.02	-0.60	-0.02
最大較差[m]	-0.57	-0.59	-0.45	-0.68	0.59	-0.45	-0.69	1.18	0.18	-1.37	0.23	1.40	0.85	-0.39	0.98	0.56	-1.26	1.4
標準偏差[m]	0.19	0.20	0.13	0.18	0.14	0.12	0.27	0.33	0.06	0.27	0.07	0.26	0.18	0.15	0.19	0.24	0.35	0.23

5 まとめ

本検証結果により 0.5m 間隔で計測された航空レーザー計測成果では、68%の確率で±23cm の変化を把握できていることがわかった。これは、従来の定期横断測量成果を用いた平均断面法に比して格段に精度の高い諸量を得ることができるとともに、人の進入が困難な上流域も下流域と同様に同精度で計測が可能となった。

なお、今後、河床変動のみでなく溪岸および山腹の侵食等による生産土砂量の把握等へ拡大していくには、植生によるレーザー光の遮蔽、地形による計測間隔の変化、計測時期、河川水の影響など検討する課題も多く残されているが、これらを解決していくことにより砂防基本計画の客観性と合理性が一層向上するものと期待できる。

与田切川の流砂量観測結果から見た洪水規模による流砂特性の変化について

天竜川上流河川事務所

1. はじめに

天竜川水系における流砂系一貫した総合土砂管理計画の策定に資するため、天竜川上流河川事務所では、「与田切川流砂観測施設」を天竜川右支川与田切川中流部（図-1）に設置し、2000年9月から流水・土砂の直接採取により、洪水中の流砂量と土砂の粒度分布の時系列変化を観測している。本施設による流砂観測は2004年度で5カ年を向かえ、出水時の流砂データが蓄積されてきた。2003年8月9日の台風10号の降雨により生じた出水の前後で同一水深に対する流砂量が増加する傾向が認められた。¹⁾2004年も相次ぐ台風の襲来により、水位が1m以上に達する規模の大きな出水が4回観測され、2004年の流砂特性にも変化がみられた。

本発表では過去5年間の観測結果から得られた洪水規模の差異による掃流力と掃流砂量の関係の変化について整理するとともに、水深方向の流砂量変化についても観測結果を基に考察した。

2. 与田切川流砂観測施設の概要

流砂観測施設の詳細な機能・構造に関しては、既に報告されている²⁾ので、ここでは概要について記す。本観測施設は、坊主平砂防堰堤地点の河川水位流速測定と同時に堰堤袖部に河床から0cm(下段)、50cm(中段)、100cm(上段)3段の取水孔を設けて流水を施設に導水し、各段ごとに回転式のふるい(トロンメル)にかけて残留した土砂の重量・粒径とトロンメルを通過した濁水のSS濃度を測定し、流砂の量と質を時系列的に計測する装置である。ここで2003年まではトロンメルの網目は下段が1mm、中・上段が0.5mmの設定であったが、2004年に施設改良を実施し、全トロンメルの網目を1mmに統一した。

3. 流砂観測概要

表-1に2001～2004年までの代表的な洪水観測の実施日を示す。与田切川においては2000年の観測開始以降、2002年までは最大水深が1m以下の小規模な出水しか起こらなかったが、2003年～2004年にかけて最大水深が1m以上に達する比較的規模の大きな出水が6回生じた。観測期間中最大の出水は2003年8月8日～10日にかけての出水でピーク時水位1.78m、ピーク流量474m³/sであり、2004年の最大規模は8月30～31日と10月19～21日のピーク時水位1.67m、ピーク流量421m³/sであった。図-2に2004年6月21～22日、8月30～31日の出水時の時間雨量、河川水位、各段取水孔から観測された土砂ハイドログラフをそれぞれ示す。土砂ハイドログラフはトロンメルで捕捉した土砂(粒径1mm以上)と通過した土砂(1mm以下)を分けてそれぞれ体積土砂濃度(%)で示してある。ここで、1mm以下の細粒分が全流砂に占める割合は平均的には50%程度であるのに対して、図に示した8月30～31日と直前の8月17～20日の出水は、細粒分が全流砂の90%以上を占める他の出水とは流況の異なる出水であった。

表-1 代表的な洪水観測日

	日時	最大時間雨量 (田切)	最高水位 (m)	ピーク流量 (m ³ /s)
H	6月19～20日	15mm	0.69	77
13	10月1～2日	23mm	0.76	90
H	7月10～11日	10mm	0.94	141
14	7月15～16日	4mm	0.47	23
	10月1～2日	4mm	0.56	45
H	7月23～25日	8mm	1.18	218
15	8月8～10日	18mm	1.78	474
	9月20～22日	6mm	0.51	32
	9月25～26日	7mm	0.98	149
H	6月21～22日	3mm	1.23	237
16	8月17～20日	14mm	0.87	120
	8月30～31日	5mm	1.67	421
	9月7～8日	3mm	0.66	68
	9月29～30日	3mm	0.58	35
	10月8～10日	7mm	1.04	171
	10月19～21日	13mm	1.67	421



図-1 位置図

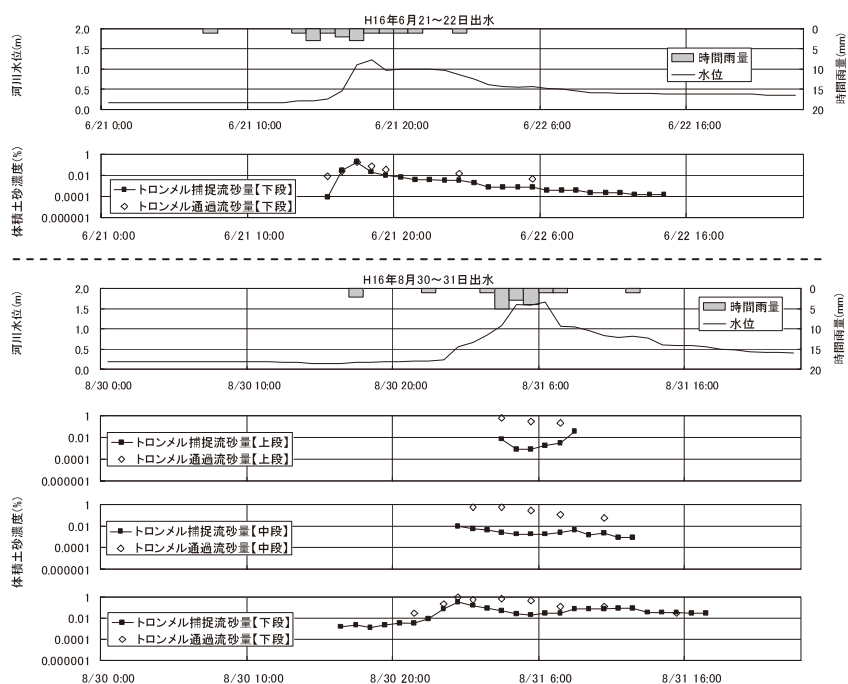


図-2 流砂観測結果による底面の流砂ハイドログラフ

洪水規模による流砂量特性の変化を見るため、図-3 に 2002 年から 2004 年までの時系列で水位が 40cm～60cm の時の底面観測流砂量の出水毎平均値を整理した。図-3 には洪水時のピーク水位も整理してある。2002 年から 2003 年 8 月にかけては、水位 40～60cm 時の流砂量はやばばつきはあるものの、ほぼ横ばいの傾向にあるが、2003 年 8 月 8 日の出水以後若干増加している。その後、2004 年 8 月までも横ばい傾向であった流砂量が 2004 年 8 月 20 日の出水を境に明らかに 1 オーダー程度増加している様子が見て取れる。図-4 には観測値の無次元掃流力 (τ_*) と無次元流砂量 (Φ) の関係を示したが、2004 年 8 月 20 日の出水を境に同値の τ_* に対する流砂量が増加していることが分かる。このように流砂特性を変化させる要因としては、規模の大きな出水により、アーモアコート破壊、溪岸崩壊等の土砂供給状況を変化させる現象が上流で生じたことなどが考えられる。

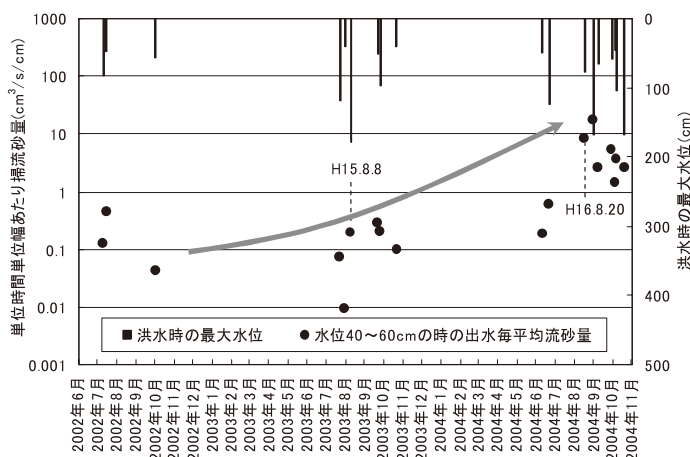


図-3 出水毎の下段観測流砂量平均値(水位 40～60cm 時)の時系列変化

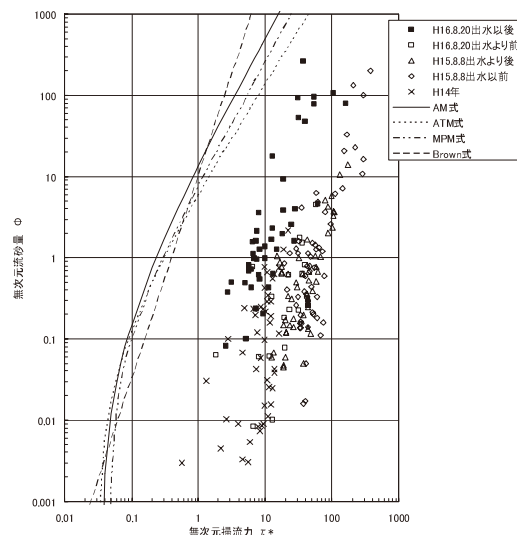


図-4 下段観測値の τ_* と Φ の関係

5. 水深方向の流砂量変化

与田切川流砂観測施設において高さ 50cm と 100cm の取水から得られる値は浮遊砂成分を観測しているとみなし、水位が 50cm を超えて中段以上の観測データが得られた出水について、底面観測値を基準面濃度とした水深方向の土砂濃度分布をプロットした。図-5 に観測値と Rouse の濃度分布式の比較の例を示した。

また、底面の観測土砂濃度と代表的な基準面濃度式との比較を図-6 に示す。

この結果により底面の観測値を基準面濃度と見なした場合の土砂濃度分布は Rouse の分布式、底面の土砂濃度は Lane-Kalinske の基準面濃度式とそれぞれ比較的良好一致していることが分かった。

6. まとめ

2000 年から継続している与田切川における流砂観測の結果、洪水の規模に応じて流砂特性に変化が生じている事が分かった。この 2 年間の同一の掃流力に対する流砂量は増加傾向にあると考えられ、2003 年から 2004 年にかけて出水が相次いだことにも起因するものかと考えられるが、今後の調査を継続させ判断していきたい。また、浮遊砂についても観測値から概ね予測可能になったと考えられる。今後、流砂特性を変化させる要因を解明し、雨量等の関係により流砂特性の変化を定量的に把握することができれば、精度の高い土砂動態予測が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 三上幸三ほか：与田切川の流砂観測結果からみた洪水規模による流砂特性の変化について、平成 16 年度砂防学会研究発表会概要集、P.16-17、2004。
- 2) 浦真ほか：与田切川における流砂の計測—流砂系モニタリングのために—、砂防学会誌、Vol.54、No.3、P.81-88、2001。

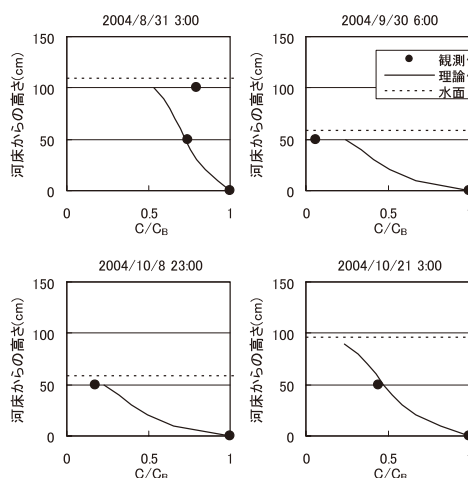


図-5 濃度分布の観測値と理論値の比較

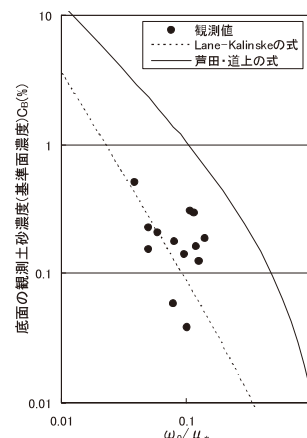


図-6 基準面濃度の観測値と理論値の比較

安倍川砂防における低周波を用いた土砂移動実験

国土交通省 静岡河川事務所

はじめに

洪水による土砂流出、河床変動など土砂の移動実態は、洪水量、河床材料、地形特性など様々な要因が複合的に関係しており、それらの現象を的確に把握することは、今後の土砂管理手法、数値解析手法の精度向上を図ることが出来る。従来、実施されている土砂移動の計測方法は、礫をトレーサーとして実施するケースが多いが、河床変動の大きな河川では土砂が埋没するなど礫移動の追跡課題も多い。本実験では、新たに開発した低周波センサー（発信器）を現地礫に埋め込み、洪水前後の礫位置を追跡することで土砂移動のメカニズムを把握する目的で現地実験を実施した。

1. システム概要

低周波を用いた土砂移動モニタリングシステムを図-1、発信器の一般仕様を写真-1 に示す。本システムの最大の特徴は、発信器が水中や砂礫中に埋没しても探知可能な低周波磁界を用いた地中通信システムの技術を応用したもので、礫追跡用の発信器は保護外装を設けた場合に最小 60mm 程度（発信器本体は 45mm）まで対応可能な事である。発信器は個々に異なる周波数の低周波磁界発信器を内蔵しており、制御磁石を取り外した後に転倒することによって低周波磁界を約 1 ヶ月間発信する。発信は流下した発信器が発生する低周波磁界を可搬型探知機で検出することで発信器の種類・位置を確認できる。

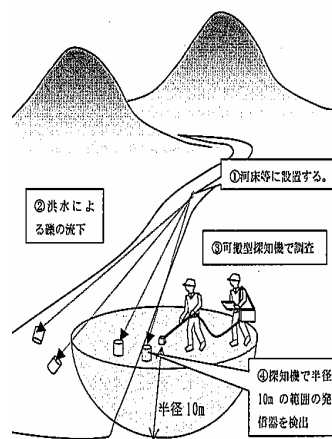


図-1 低周波を用いた土砂移動

2. 実験概要

実験に先立ち、現地の礫を採取し事前に礫に 50mm の円形カッターで穴を開け、その中に発信器を埋め込み表面を赤色の蛍光塗料で着色した。洪水前の礫設置位置は、金山砂防堰堤下流の 41.5k（流域面積 50Km²）である。河道諸元および礫諸元を以下に示す。

・実験対象区間：金山砂防堰堤 41.5K～大河内砂防堰堤 34.1K までの 7.4Km 区間。

・河床勾配 I=1/30～50、・河床幅 B=40～80m 程度

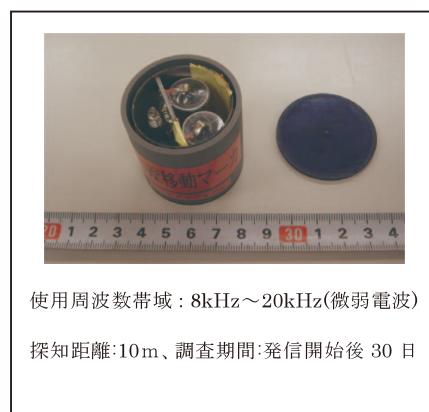
・礫形状および個数：100mm～190mm（15 個）

・対象範囲：河床粒径加積曲線の 70～85%粒径程度、

比重 2.32～2.62

3. 結果と考察

(1)礫の位置確認と採取礫は、H16.9.28 に横断方向の流水部及び砂州部に設置、洪水後の礫の位置確認



使用周波数帯域：8kHz～20kHz(微弱電波)

探知距離：10m、調査期間：発信開始後 30 日

写真-1 発信器の一般仕様

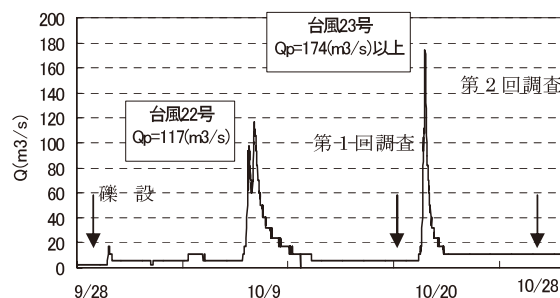


図-2 調査期間の流量(大河内堰堤)

は 10.19～20（第 1 回目）と 10.28～29（第 2 回目）について実施した。なお、10 月は相次いで台風が来襲したため、河川流量が多く、位置確認のための現地進入が大きく制限されたが、第 1 回目調査で現地砂礫 6 個、第 2 回目調査で 7 個の総現地礫種類 8 個（表 1）の位置を確認した。約 1 ヶ月間に最大 5Km の移動が確認され、そのほとんどの礫が地中内（写真 2、3、4）で発見されたことから、洪水時は流心部で減水期に流心が移動し砂州を形成していることが考えられ、1 m 程度の洗掘・堆積の挙動が繰り返されたことが推察される。

(2) 礫の破損と摩耗

採取した 4 礫の内、礫 NO.17、礫 NO.25 は発信器取り付け穴の影響で一部破損、礫 NO.29 は礫の鉱物脈部分で破断し、その端部は摩耗され丸みを帯びていたことで見た目は破損が判断できない状態であったが設置前礫重量 10.197kg が破損により 6.162kg 低減し、また、礫 NO.30 は破損が見られなかったが、設置前礫重量 8.727kg が摩耗等により 0.286kg 低減した。採取した礫は事前に着色した赤色蛍光塗料が摩耗によりほとんど消え、礫の移動に伴い礫自体が摩耗および破損等を繰り返しながら移動していることが推察される。

4. おわりに

今回のシステムは、土砂移動モニタリングが現場で対応可能であるかの確認も含めた予備的な実験であったが、発信器が探知機の 10m 以内であれば全ての発信器が地中水中であれ数 cm の精度で位置確認が可能であった。今後は、①発信・受信器の小型化・軽量化および継続時間の延長、②探知機受信範囲の拡大、③橋梁等での礫通過の確認（探知機を複数設置し礫通過時の時間的把握を検討し、平成 17 年度についても引き続き土砂移動モニタリングを実施する予定である。

表-1 第 2 回目調査の礫位置確認

礫 NO	粒径 (mm)	移動距離 (m)		横断位置
		第 1 回目	第 2 回目	
17	124	100	300	中州中央：礫採取
21	139	10	確認できず	ほぼ流心
23	156	確認できず	5,100	流心の右岸
24	161	800	1,200	ほぼ流心
25	161	3,300	800	左岸砂州の水際：礫採取
27	179	100	移動無	ほぼ流心
29	189	3,100	移動無	中州中央：礫採取
30	185	確認できず	5,300	流水の右岸：礫採取

第 2 回目の移動距離は第 1 回目からの移動距離である。



写真-2 礫 NO.17(河床から 60cm)



写真-3 礫 NO.29(河床から 100cm)



写真-4 礫 NO.30(河床から 20cm)

1. はじめに

長野県木曽郡上松町に位置する“滑川流域”では毎年のように土石流が発生しており、下流の人家、国道 19 号、JR 中央西線等に甚大な被害の発生が懸念されている。

一方、現在整備中の北股沢床固工群内には樹林帯が形成され、駒ヶ岳登山道が整備されており、地元自治体を主体とした公園整備計画も進められている。北股沢床固工群は、12 基の床固工からなる施設として計画されており、基幹施設である滑川 4 号床固工右岸袖部は延長 220m、袖高約 20m の巨大施設となっていることから景観、利用、経済性等の観点から見直しが必要となっている。

本業務は、北股沢床固工群において床固工群内に存在する樹林帯の土石流抑止効果の検討を行うとともに基幹施設である滑川第 4 号床固工（右岸）の袖構造の見直しを図ることを目的とし、土石流氾濫シミュレーション等から袖構造・対策工法について検討し、概略設計を行った。

2. 検討結果

2.1 現地調査

北股沢では平成 16 年 8 月 18 日に土石流が発生し、滑川第 1 砂防堰堤堆砂域内の一部の樹林帯が消失した。土石流発生後の現地調査における、樹木の状況及び周辺に分布する礫径の関係から、胸高直径 20cm 以上の樹木（巨礫を捕捉しているものは 30cm 以上）は、土石流を抑止している可能性が高いと考えられる。

また、根系調査（引き倒し試験）結果より、既存の学会論文等では、胸高直径と最大荷重の関係は、直線的な関係があることが報告されているが、今回、巨木の引き倒し試験結果を加えることで、二次曲線的な抵抗力を示すことが確認された。概ね 35cm 以上の胸高直径の樹木であれば計画規模の土石流にも耐えられる結果が得られた。

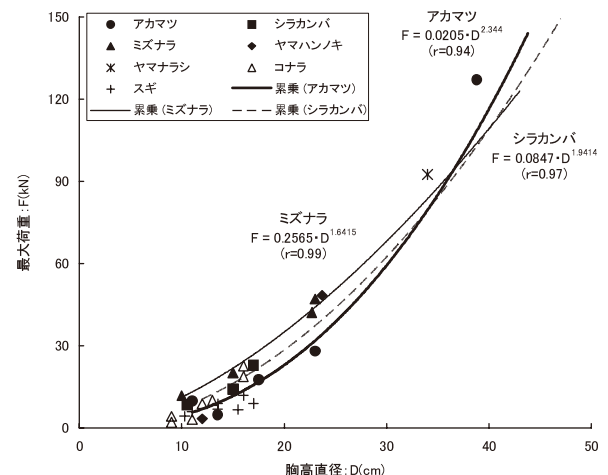


図-1 胸高直径と最大荷重の関係

2.2 樹林帯の効果検討

樹林帯の土石流抑止効果について、「樹幹密度による土砂濃度の低減」「倒木限界の設定」を踏まえた土石流氾濫シミュレーションモデルを構築した。効果の確認を行った結果、樹林帯を通過する際に土砂濃度が低下するため、樹林帯内部を追加する際に土砂堆積が促進されることが確認された。

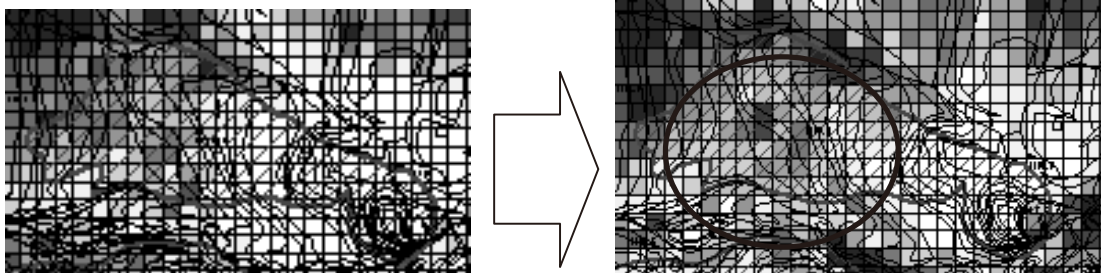
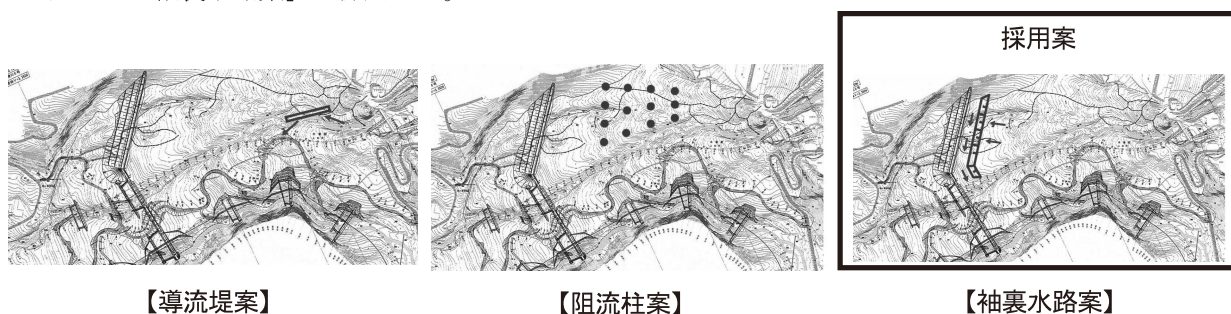


図-2 樹林帯内部における土砂堆積状況

2.3 滑川第4号床固工袖部検討

袖部の構造については、①袖高が高い、②利用計画を考慮した修景になっていない問題に対し、「導流堤案」「阻流柱案」「袖裏水路案」について抽出し、本業務で構築した土石流氾濫シミュレーションモデルにより効果の確認を行った。解析結果より、現況計画案に比べすべての対策案で水位低下効果が確認された。最適案としては、最も水位低減に効果が高く、コストが最も低く、自然環境への影響が少ない「袖裏水路案」を採用した。



2.4 滑川第4号床固工袖部および対策工の概略設計

平成14年度詳細設計においては、水理模型実験の水位に対して床固工本体水通しの余裕高1.0mを確保できる袖勾配を求めた結果、袖勾配を1/20に変更（元設計1/8勾配）している。本業務においては、袖裏水路案シミュレーションの水位に対して同様に余裕高1.0mを確保できる袖勾配として1/45に設定した。袖部構造は、コスト的に有利であり、修景盛土により周辺の環境をはじめ、上松町公園計画への利用、建設残土の処理等、多方面への利用が可能であることから、「INSEM+修景盛土案」を採用した。

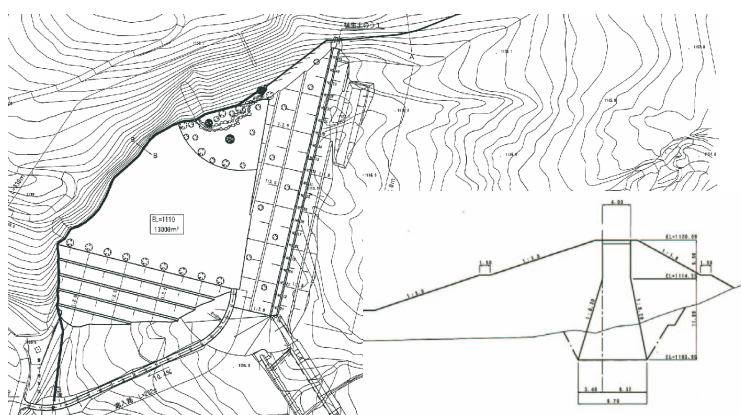


図-5 計画施設平面図

3. おわりに

データの信頼性を高めるために、胸高直径の太い樹木についてより多くの引き倒し試験の実施が必要であり、北股沢床固工群の施設施工に伴う樹林の伐採計画に合わせて、引き倒し試験を継続実施することが重要である。

土石流堆積物を多く含む現況樹林を計画樹林まで育成させるための手法について整理するとともに、今後、他地域においても樹林帯の土砂捕捉効果を期待するための整備マニュアルとして、目標とする樹林帯を形成させるまでの樹林の育成計画案を検討する必要がある。

平成 16 年度狩野川水系砂防計画検討業務委託 業務概要

1.はじめに

沼津河川国道事務所では、平成 13 年度から狩野川水系の新しい砂防基本計画の検討を開始した。これまでの検討は、直轄契機災害となった昭和 33 年狩野川台風における短期の土砂移動現象を主体とする短期計画シナリオ(案)、既往調査成果による流量シナリオ、計画流砂量、中期・長期の土砂移動現象による影響等について実施した。

平成 16 年度業務では、現況施設の効果を検証し短期の計画対象現象に対する土砂処理方針を立案した。

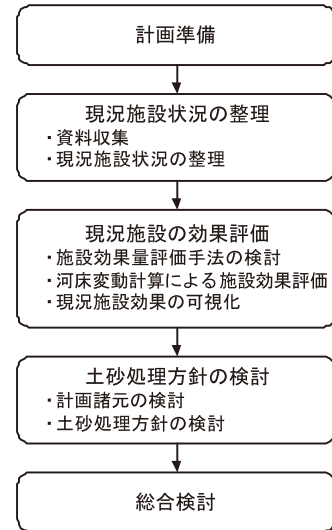


図1.平成16年度検討フロー

2.検討概要

2.1 現況施設状況の整理

現況砂防施設（直轄砂防施設、県補助施設、県林務施設、林野庁施設等）の効果把握に必要な施設調査成果、施設台帳、管内図等を収集し、既往施設の位置、施設諸元、効果量の算定を行った。諸元の不明な施設は、現地確認により整理した。収集した資料は、計画諸元や土砂処理方針検討の基礎資料として活用した。

2.2 現況施設の効果評価

計画対象現象時に現況施設がどのように効いているかを評価するために、短期計画対象現象による無施設時と現況施設時の一次元河床変動計算を行い、計算結果の比較により評価を行った。

その結果、現況施設時には、無施設時に比べてトラブルスポット（最大水位が制限水位を超える断面）になりうる場所の数、及び越流高が減少し、被害軽減効果が発揮されていると判断した。（図 2、表 1）

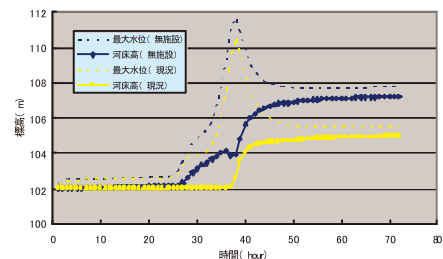


図 2 水位・河床変化図

現況施設効果の可視化には、無施設・現況施設時に共通して被害が想定されるトラブル断面について 2 次元氾濫シミュレーションを実施し、現況施設の効果を確認した。

2.3 土砂処理方針の検討

2.3.1 計画諸元の検討

短期土砂移動現象を対象として、現況施設の評価結果をもとに、試算ケースによる一次元河床変動計算を数ケース実施した。（表 2）

表 1 トラブルスポットの相対評価

項目	無施設	現況
トラブルスポット 総断面数	67 狩野川46 大見川21	52 狩野川32 大見川20
越流規模 (最大越流高の累計)	100.3 狩野川61.8 大見川38.5	77.4 狩野川46.5 大見川30.9

表 2 試算ケース

試算ケース	検討目的
水のみ固定床ケース	狩野川本川・大見川の河積不足箇所把握
水のみ移動床ケース	支川・残流域からの土砂コントロールだけでは土砂災害が軽減・解決されにくい箇所の把握
計画諸元ケース	上記2ケースの検討結果、並びに現況施設の評価結果を踏まえ、総合的に計画諸元を設定する

試算ケースは、狩野川本川・大見川の河積不足箇所の把握を目的とした「水のみ固定床」、土砂の流入を”0”として河床の2次移動に伴う変動状況の把握を目的とした「水のみ移動床」、及び計画諸元検討の際における仮の計画流砂量ケース（「計画諸元ケース」）とした。

「水のみ固定床」、「水のみ移動床」の試算から狩野川本川、大見川本川における河積不足箇所、河床の2次移動抑制が必要な箇所が判明した。

表3 施設効果量、流砂量、生産土砂量等の総括表

流域名 (*残流域扱い)		流域面積 (km ²)	基本土砂量 (×10 ³ m ³)	施設効果量 (×10 ³ m ³) →%は基本土砂量を100とした場合の割合		無施設 流砂量 (×10 ³ m ³)	現況 流砂量 (×10 ³ m ³) →%は無施設流砂量を100とした場合の割合	水のみ移動床 流砂量 (×10 ³ m ³) →%は無施設流砂量を100とした場合の割合		
大見川に流入する主要支川ならびに 残流域	菅引川	28.5	792	410	52%	461	339	74%	0	0%
	徳永・冷川	30.4	953	496	52%	221	192	87%	0	0%
	城川	5.5	236	105	44%	23	21	89%	0	0%
	年川	21.1	640	212	33%	48	47	99%	0	0%
	篠場川上流	132	441	71	16%	261	215	82%	0	0%
	篠場川中流	5.0	243	77	32%	197	119	61%	0	0%
	篠場川下流	1.9	130	16	12%	105	89	85%	0	0%
	大見残3 ⁺	4.4	252	23	9%	205	181	88%	0	0%
	大見残2 ⁺	8.4	372	39	11%	301	264	87%	0	0%
	大見残1 ⁺	2.1	179	10	6%	145	135	93%	0	0%
狩野川に流入する主要支川ならびに 残流域	大見川	120.5	4,238	1,917	45%	1,033	830	80%	304	29%
	持越川	31.8	1,046	461	44%	548	288	53%	0	0%
	長野川	10.3	313	158	50%	240	176	73%	0	0%
	吉奈川	10.7	430	93	22%	177	135	76%	0	0%
	皆沢	2.1	55	28	51%	48	36	75%	0	0%
	船原川	18.7	631	233	37%	263	224	85%	0	0%
	柿木川	16.2	445	162	36%	102	98	96%	0	0%
	深沢川	4.7	133	51	38%	20	20	101%	0	0%
	修善寺川	20.6	556	766	138%	35	30	85%	0	0%
	本谷川上下流	26.7	722	124	17%	376	306	81%	0	0%
	狩野残5 ⁺	6.0	262	79	30%	212	133	63%	0	0%
	狩野残4 ⁺	5.7	230	75	33%	186	111	60%	0	0%
	狩野残3 ⁺	6.6	337	196	58%	273	77	28%	0	0%
	狩野残2 ⁺	9.6	449	109	24%	364	255	70%	0	0%
	狩野残1 ⁺	0.4	60	0	0%	49	49	100%	0	0%
	狩野川	290.6	9,907	4,749	48%	1,942	1,636	84%	324	17%

*) 残流域扱いの流砂量は本川河道に流入する供給土砂量を意味する。

計画諸元は、表3の総括表に基づき計画流砂量を設定し、数ケースの試算から本川でのトラブルスポットの解消・氾濫規模の減少、及び砂防基準点上流でのトラブル地点を踏まえ、支川の流出抑制を基本流砂量の40%、斜面の流出抑制を25%とした。

2.3.2 土砂処理方針の検討

土砂処理方針は、狩野川流域について基本生産土砂量を集計する単元流域（図3）毎に災害・地域特性、シミュレーション結果による堆積・侵食傾向、砂防事業の経緯等を踏まえ、土砂生産域（最上流部）の生産源対策方針、流送域（上・中・下流域）の土砂整備方針に関してとりまとめた。

特に、土砂量については、計画基準点（修善寺橋）の基本流砂量194万m³に対する計画流砂量を78万m³とした。

3.総合検討(今後の課題)

今後は、短期計画対象現象の計画流砂量を満たす施設配置計画の検討、中・長期シナリオによる土砂処理方針の検討を進める必要があり、課題、留意点等について以下に挙げる。

【今後の課題】

- ①河床堆積土砂の2次移動によりトラブルが発生する区間の対応
- ②他官庁の現況施設状況の正確な把握
- ③長期的な土砂移動実態の把握 等



図3 単元流域図

2-2施設対策法案の検討

再生化の方向性

砂防施設による溪流環境への影響を把握した結果、以下の課題が抽出された。この課題に対して、溪流環境の再生化の方向性について検討を行った。溪流環境再生の整備方針は以下のとおりである。

課 題	溪流環境再生に向けた整備方針
■ 土砂災害の防止	■ 砂防計画と整合を図った再生 掛斐川筋には透過型施設は設置しない等
■ 改変されてきた溪流環境の再生	■ 多様な水域環境の再生 瀬淵の減少、単調化による溪流環境の変化を改善する
■ 良好な溪流環境の保全	■ 魚類の遡上環境の再生 分断された水域の連続性を回復する
■ 自然を利用した地域活性化	■ 溪畔林の再生 溪流環境保全のため、消滅した溪畔林の再生を図る
	■ 自然度の高い溪流の保全 砂防施設の少ない溪流は、現状の溪流環境を保全する
	■ 砂防施設を利用した新たな環境の創造 新たな環境の創出、利用及び、地域活性化を図る

3. まとめ

■ 砂防施設設置に伴う物理環境の変化

- ・堰堤上流の変化・堰堤下流の変化

■ 生物生息環境

- ・上流域の環境改善・下流域の環境改善

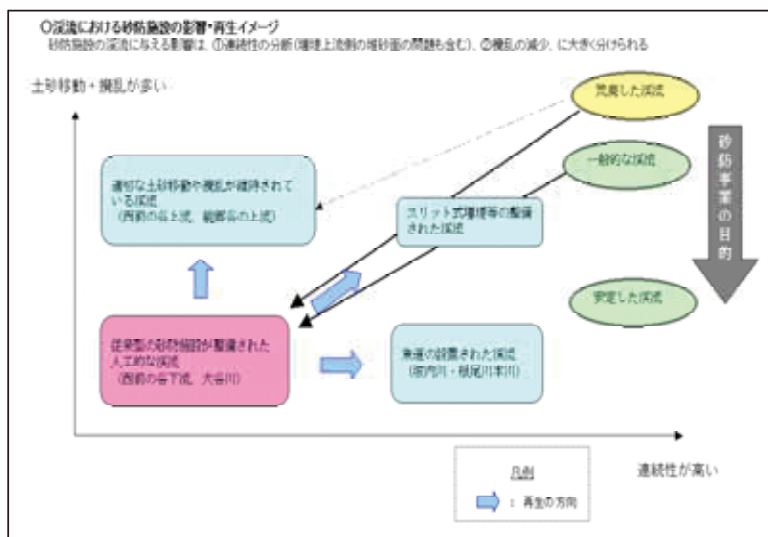
■ 砂防施設改良のポイント

- ・連続性の回復・攪乱・利用・修景

■ 物理環境調査

- ・モニタリング調査の指標

調査のポイント⇒空中写真の撮影、環境の区分、対照点（リファレンス）、横断測線



溪流環境再生に向けた方向性

■ 砂防施設の影響と再生の方向性

- ・物理的な連続性の遮断⇒連続性の確保
- ・土砂流出による攪乱の減少⇒適切な攪乱の維持

■ 新たな環境の創出

- ・未満砂時の湛水による溪流環境の多様化
- ・砂防施設を用いた利用や地域活性化

■ 流量の確保、伏流の防止

- ・減水区間における、維持流量の確保
- ・堰堤上流側の伏流対策

今後の課題

溪流再生計画に向けた詳細検討、砂防施設の影響評価に関する追加調査、環境に影響を与える砂防施設の評価、維持流量の検討と伏流調査、溪流環境再生化手引き（案）の作成

1. 目的

本業務は、富士山南西地区に位置する野溪（以下「南西野溪」）において航空レーザ測量を行うことにより、これまで得られていなかったより詳細な微地形データを取得し、今後の砂防計画検討の基礎資料とするものである。

在来の地勢を知る方法は航空写真と、航空写真より図化された地形図を用いることが主流である。しかし、樹木などに隠れた部分に存在する起伏などについては詳細な形状を表現することが困難であり、時には現地を確認する必要性が生じたりする短所がある。近年ではGPSの利用、デジタル技術の進化により航空測量分野においても技術的進歩を遂げている。今回おこなった航空レーザ測量であるが、レーザ測量は地表にある樹木等をデータから除去が可能であり、地表に存在する詳細な微地形データを取得することができる。実際に作成されたデータには今まで知り得なかった沢や起伏を多数確認することができ、より正確な地勢の把握を可能にした。今後の砂防計画においても、より具体的に計画立案が可能になると期待される。今回は富士山南西地区航空レーザ測量の流れと成果について報告するものである。

2. 方法

①航空レーザ計測及び航空デジタル写真撮影：航空レーザ計測は、海拔 2,000m 未満は平均 0.7m × 0.7m の範囲に 1 点程度、海拔 2,000m 以上は平均 1.0m × 1.0m の範囲に 1 点程度の計測密度を基本としてコースを設定した。コース間ラップ 50% 以上を基本とした。富士山山腹部は急傾斜であり計測密度が不均一に成りやすいため、コース数を増やした。航空デジタル写真撮影は、高解像度デジタルカメラ（1 億画素：13824×7680）を用いて位置情報（3次元座標、傾き）を持った画像データを取得した。

②精度検証：地上 20 箇所において VRS-GPS 測量を用いて得た検証点と、検証点から半径 3m 以内に入るレーザ計測データを比較して精度を検証した。

各検証点の差分平均は 1.7cm であり、1,000 レベルの標高地の基準である 3.3cm 以内（「国土交通省公共測量作業規定」第 71 条、第 72 条より）であり、計測値のバラツキである差の標準偏差についても最大で 2.0cm 程度であり、良好な計測結果が得られていることが確認できた。

③オリジナルデータ作成：取得したレーザ計測データ及びGPS観測データより、測点ごとの 3次元要素を座標変換し、ノイズ、樹木等の除去等を行いオリジナルデータを作成した。

④コース間段差の確認：作成したオリジナルデータから使用する座標系（VIII系）に変換を行い、各コース間の段差確認を行い、2 コース間の垂直方向誤差ほぼ 0 であり、コース間の整合性に問題はないと判断できた。

⑤レーザ計測点密度を確認するため、1/2500 国土基本図にある計測点で検証を行った。

全体で平均計測点密度 2.19 点/m²、平均グリッド間隔 0.45m となり、使用を満たしていることを確認した。

⑥グランドデータ作成：オリジナルデータから、樹木、地物除去結果野確認を行うため、赤色立体地図を作成、エラー箇所の抽出を行い、データ修正しグランドデータを作成した。

⑦メッシュデータ及び加工データ作成：グランドデータから、TIN（不定三角形網）による内挿計算をほどこし、1 m メッシュの数値標高モデルを作成した。メッシュデータから、1 m 間隔の等高線データと段彩陰影図（赤色立体図）を作成した。

⑧オルソフォト作成：機体にGPS、IMU、撮影記録データとGPS基準局データから撮影位置座標と傾きを算出。この結果を用いてメッシュデータ及び航空デジタル写真を用いてオルソ画像を作成した。

⑨ポイントビューア作成：作成したメッシュデータ、オルソフォトデータ、段彩陰影図（赤色立体図）をポイントビューア用データ形式に変換し、取り込みを行った。

⑩青木ヶ原地区データの調整・加工

平成13年度富士山青木ヶ原地区火山地形調査業務で航空レーザ測量により取得された地形データ及び航空デジタル写真画像からオルソ画像を作成した。

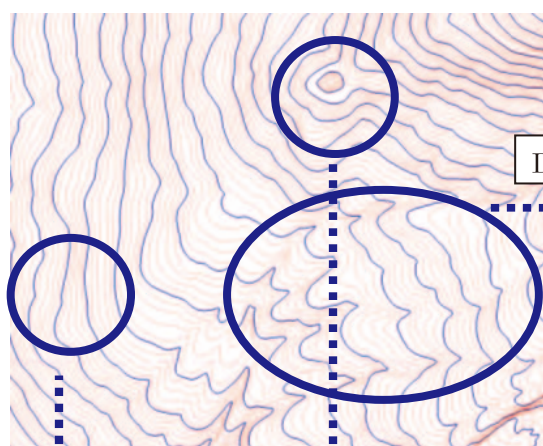


図1. 従来のDMデータ等高線

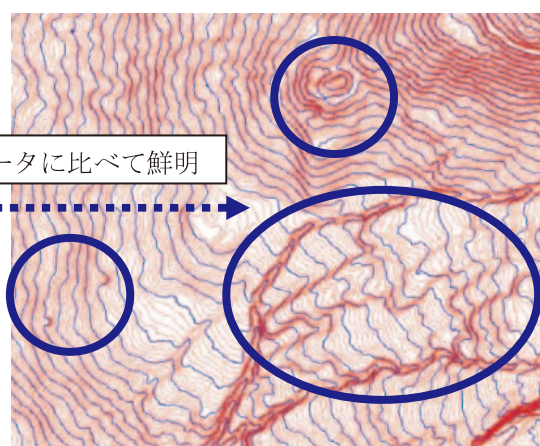


図2. レーザデータ等高線

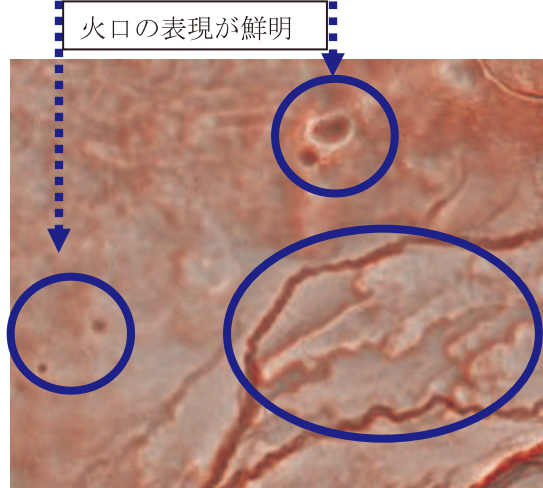


図3. レーザデータ赤色立体地図画像



図4. オルソ画像

3. データ活用方法の検討

富士砂防事務所の特性を踏まえ、砂防計画における航空レーザデータの利用を中心に事業全般にわたってデータ活用方法を検討した。