安全で持続可能な水利用のための放射性物質移流拡散シミュレータの開発

沖グループ：流域水質シミュレータの開発

沖　大幹・守利　悟朗

CREST研究集会, 東大生研, 2012/8/27

サブテーマ：流域水質シミュレータの開発

●課題

★芳村グループ、村上グループ及び末木グループと緊密に連携しながら、研究対象フィールドを決定し、流域シミュレータのチューニング・再現実験に着手する。現地調査の状況に応じて、流域GIS等を援用して必要な情報を取得し数値モデルに組み込む。さらに、取得した情報を用いてモデルパラメータの同定を行い、土砂収支及び河床形状といった項目に関して再現実験を進める。

1. 流域シミュレータのチューニング・再現実験
   小滝川砂防堰堤における再現計算

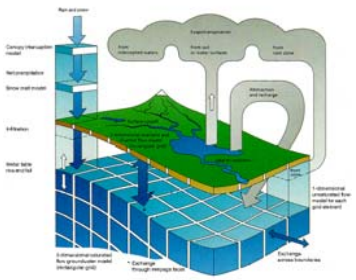
2. 大堀川における土砂動態モデルの構築および検証
   ・河川測量データ整備

3. 草木ダムにおける土砂動態モデルの構築及び放射性物質の力学的諸量の解析手法の開発

MIKE SHE - integrated modelling

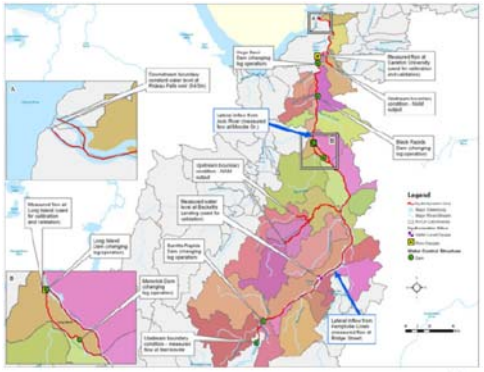
- Features
  - Integrated
  - Distributed
  - Physically based

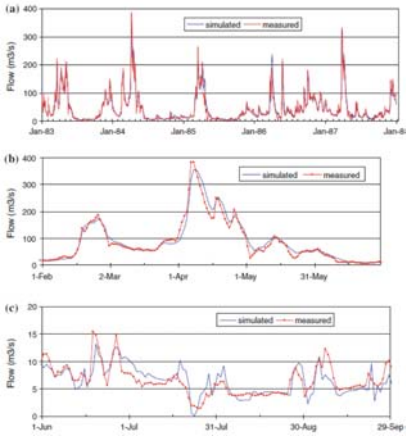
MIKE SHE
an Integrated Hydrological Modelling System



- Modules:
  - Basic
    - PP　Pre and Post processing
    - WM　Water Movement
  - Add-on
    - AD　Advection-Dispersion
    - SD　Sorption/Degradation
    - MP　Macro Pore Flow
    - GW　Groundwater
    - BM　Biodegradation
    - IR　Irrigation and Crop Growth
    - LR　Linear Reservoir
    - DAISY Crop Yield and Nitrogen Consumption

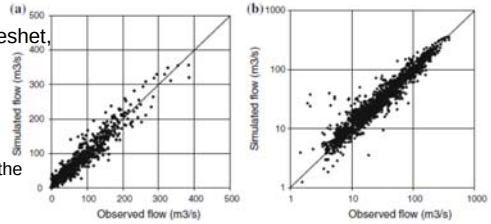
MIKE 11（Rivers）



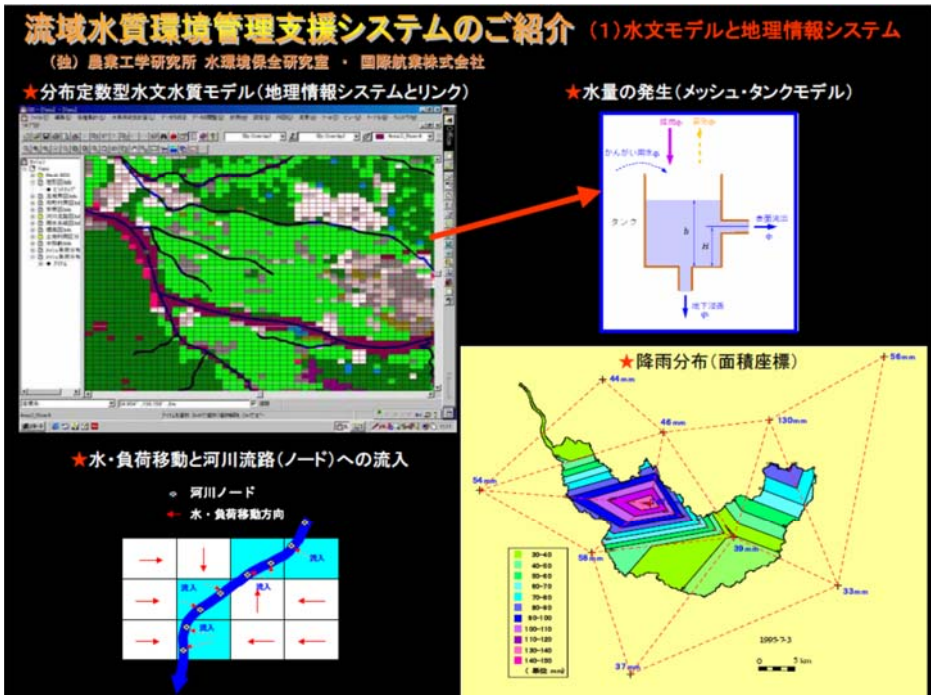


Daily flows at Carleton University
(a) 5 year calibration period, (b)1984 spring freshet,
(c) 1985 summer months

Scatter plots of daily flows
(a) normal scale, (b) log scale



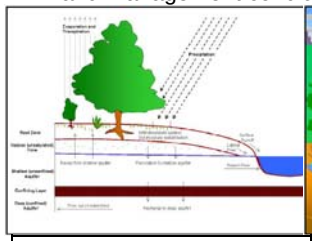
(Ferdous Ahmed, 2010. A hydrodynamic model for the Lower Rideau River,Nat Hazards, 85-94.)

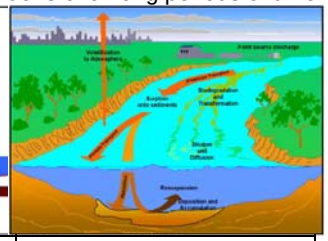


SWAT: Soil and Water Assessment Tool

http://www.brc.tamus.edu/swat/

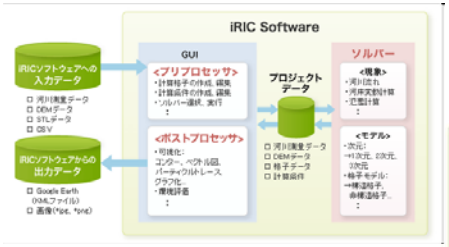
Predict the impact of land management practices on water, sediment, and agricultural yields in large complex watersheds with varying soils, land use and management conditions over long periods of time



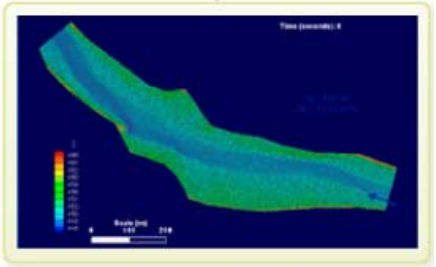


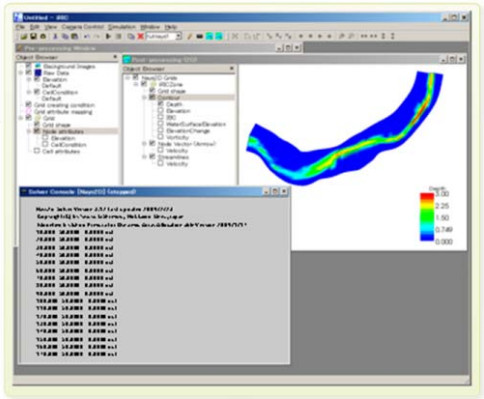
Land Phase of the Hydrologic Cycle	*Routing Phase of the Hydrologic Cycle*
▪Controls the amount of water, sediment, nutrient and pesticide loading to the main channel ▪Use water balance equation: $SW_t = SW + \Sigma(R_{day}-Q_i-E_a-P_i-QR_i)$ SW, soil water content t, time R_{day}, amount of precipitation Q_i, amount of surface runoff E_a, amount of evapotranspiration P_i, amount of percolation QR_i, amount of return flow	▪The movement of water, sediments, etc. through the channel network of the watershed to the outlet ▪Keeps track of mass flow in the channel ▪Models the transformation of chemicals in the stream and streambed ▪Inputs for Routing in the Main Channel or Reach: Flood Routing, Sediment Routing, Nutrient Routing, Channel Pesticide Routing ▪Inputs for Routing in the Reservoir: Reservoir Outflow, Sediment Routing, Reservoir Nutrients, Reservoir Pesticides

iRICソフトウェア



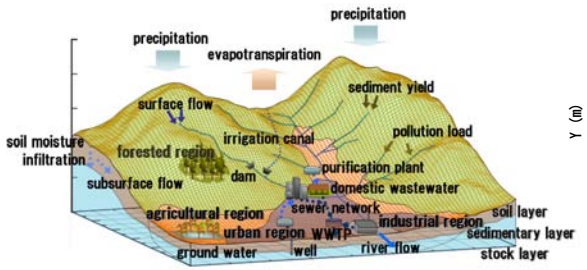
河川の非定常平面二次元流れと河床変動・河岸侵食の計算を行うことができる。

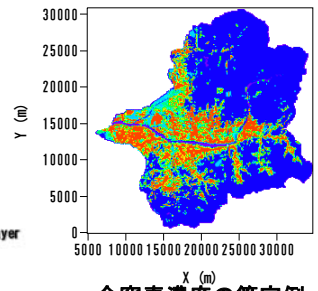




清水康行:河道平面形状の形成における河床・河岸の変動特性の相互関係について、土木学会水工学論文集、第47巻、pp. 643-648, 2003.

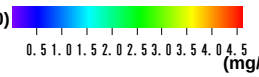
流域シミュレータの現状と算定例

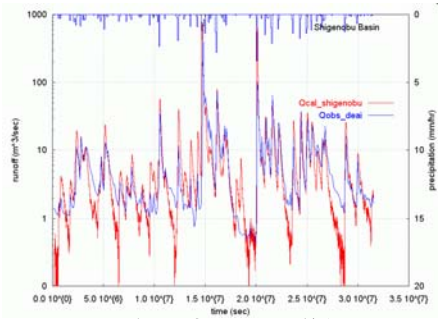




全窒素濃度の算定例

(Mouri and Oki, 2010)

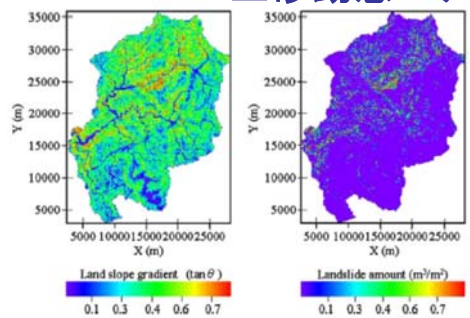




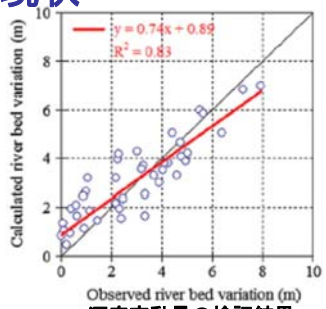
降雨・流出再現計算例

◆高解像度の地理情報がベース
◆土地被覆、人間活動を考慮
◆降雨を外力として、その後の水・土砂の移動を再現・予測
➔水・水質・土砂の移動に伴う放射性物質輸送に対応させる

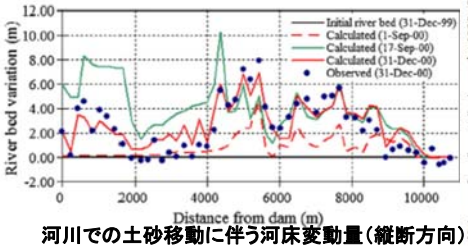
土砂動態モデルの現状



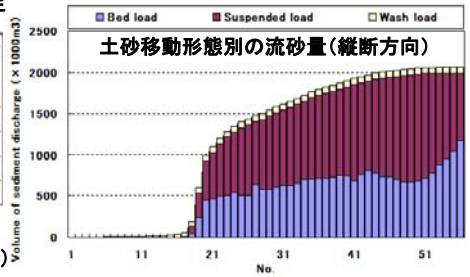
斜面崩壊による土砂生産量を50m格子で算定



河床変動量の検証結果



河川での土砂移動に伴う河床変動量（縦断方向）



土砂移動形態別の流砂量（縦断方向）

137Csの貯水池への蓄積量等を推定

(Mouri et al., 2011)

●土砂動態とセシウムの関係

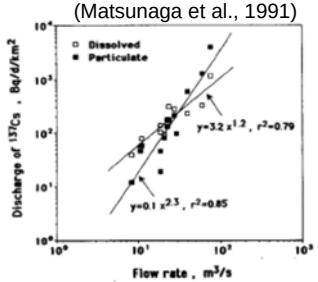
Fig. 6. Impact of agricultural practices on 137Cs vertical distribution

(Stefano et al., 1999)

セシウムは表層土壌に吸着され、主に土砂と共に移動するといった動態が1960年代およびチェルノブイリ事故時の降下物挙動から明らかとなっている。

●セシウムは粘土などにトラップされて表層に 集中するという特徴がある
●森林域や果樹園などでは表層から30cm程度の間にトラップされている
●耕作地では土壌の混合による均一化により一様分布を示している

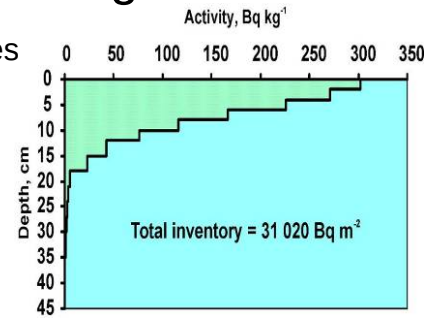
(Matsunaga et al., 1991)



セシウムが粘土などにトラップされて表層に 集中し、その後の水分や土壌の移動と良い相関がある

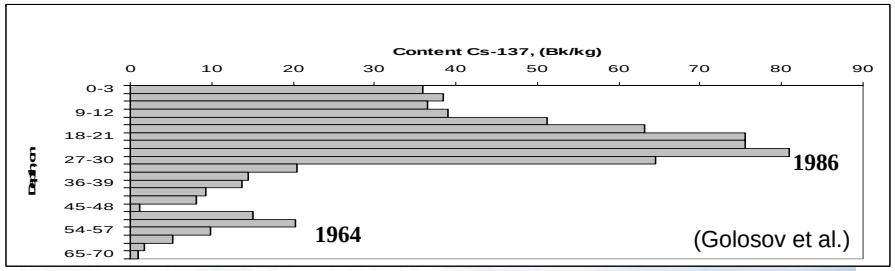
Chernobyl-derived ^{137}Cs fixation and vertical migration

- There are no any differences between bomb-derived and Chernobyl-derived ^{137}Cs fixation and vertical migration. Behavior of Chernobyl-derived ^{137}Cs is similar with bomb-derived ^{137}Cs.

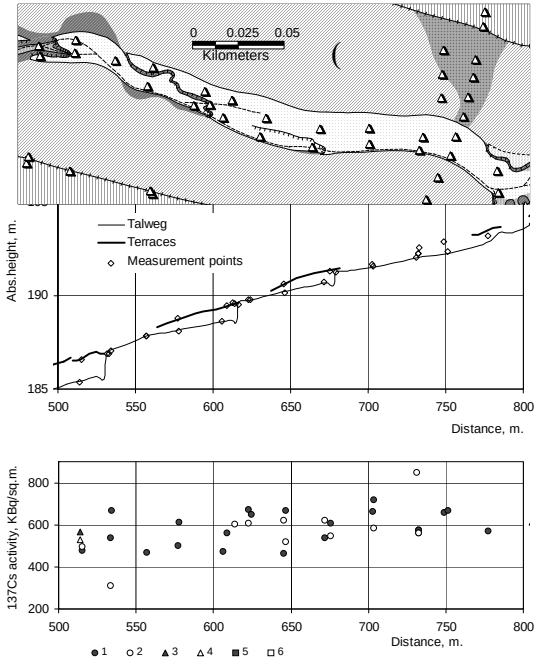


Depth-incremental ^{137}Cs profile recorded for reference site 1 within the Novosil experimental station (Golosov et al.)

Cs-137 vertical distribution for the dry valley bottom



(Golosov et al.)



Study of ^{137}Cs along the dry valley bottom

Catchment Lapky, Tula region, area with high level of Chernobyl contamination

Legend

- Valley side
- Valley bottom
- Deposition zone in hollows
- Erosion scarps

Dry valley bottom

1- in-situ measurement deposition site

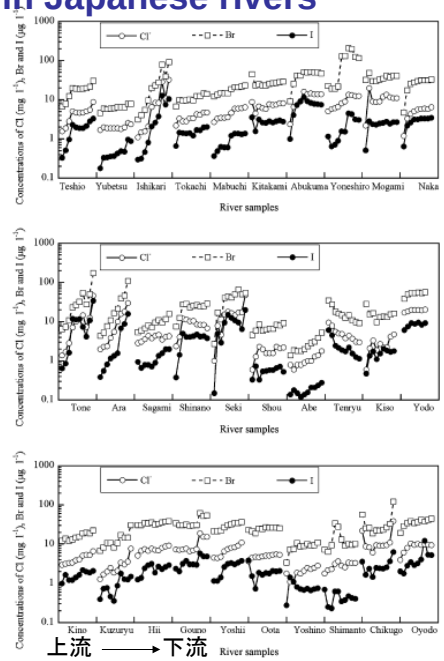
2- laboratory measurement deposition site

3- in-situ measurement, eroding site

4 - laboratory measurement, eroding site

(Golosov et al.)

●Concentrations of iodine in Japanese rivers



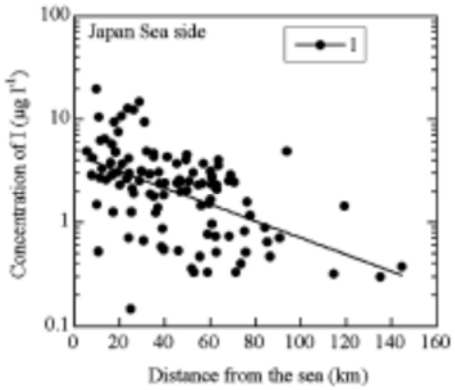
Near the Japanese coast, organic I has the highest concentration followed by inorganic gaseous I and particulate I. Since I is highly concentrated in the atmosphere, and I in river waters were higher than in seawater.

海岸よりも河川の河口部での濃度が高い結果。

(Tagami and Uchida, 2006)

●Concentrations of iodine in Japanese rivers

天竜川以外で河口部での濃度が高かった。



Concentrations of I in all samples are plotted in Fig. 3, from the upper stream to the river mouth. Except for the results of the Tenryu river, the concentrations of I in each river increased when the sampling points were nearer the river mouth.

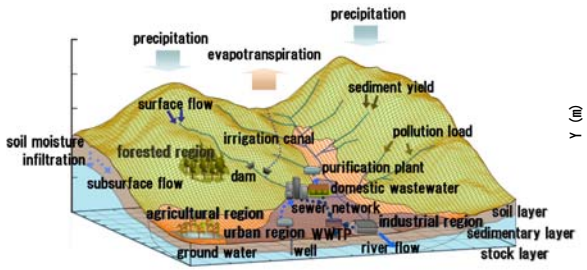
(Tagami and Uchida, 2006)

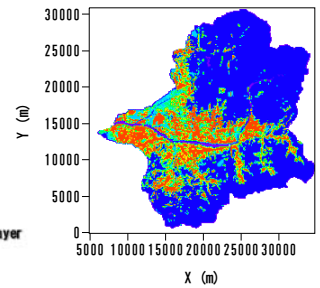
Average annual water run-off of each river and Cl, Br and I inputs to the sea

River name	Length (km)	Average water run-off ($m^3 s^{-1}$)	Cl^- (10^9 gy^{-1})	Br (10^6 gy^{-1})	I (10^6 gy^{-1})
Teshio	256	210	26.4	106	9.7
Yubetsu	87	36	2.2	7	0.5
Ishikari	268	496	84.5	269	29.9
Tokachi	156	92	10.1	31	4.1
Mabuchi	142	51	6.9	27	1.3
Kitakami	249	307	66.6	258	25.9
Abukuma	239	126	38.9	150	25.0
Yoneshiro	136	211	56.6	441	11.3
Mogami	229	390	116.5	442	26.5
Naka	150	78	10.8	56	6.2
Tone	322	241	53.4	192	39.3
Ara	173	46	9.3	25	2.8
Sagami	109	36	4.3	10	1.2
Shinano	367	376	87.2	251	35.1
Seki	64	52	18.3	46	9.5
Shou	115	33	1.7	7	0.5
Abe	51	25	0.8	2	0.1
Tenryu	213	207	30.4	99	13.9
Kiso	227	227	16.4	107	9.9
Yodo	75	231	138.8	369	59.6
Kino	136	41	5.3	20	2.0
Kuzuryu	116	57	4.6	22	1.5
Hii	153	40	9.1	43	2.8
Gouno	194	143	40.8	165	15.2
Yoshii	133	60	12.7	53	4.4
Oota	103	70	10.6	53	4.0
Yoshino	194	86	5.1	22	2.0
Shimanto	196	121	10.5	44	1.6
Chikugo	143	105	36.8	103	8.7
Oyodo	107	138	36.3	151	15.9
Total	5103	4334	952	3569	371
Amazon*	ca. 6300	175000	22000	–	–

* Data from Gibbs (1972).

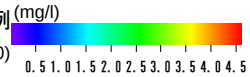
流域シミュレータの現状と算定例

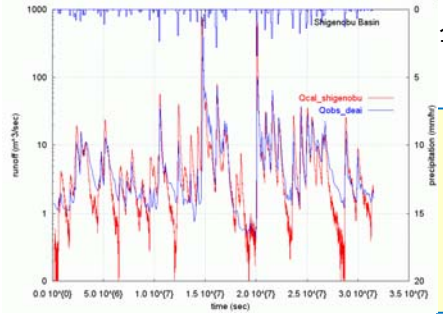




全窒素濃度の算定例

(Mouri and Oki, 2010)

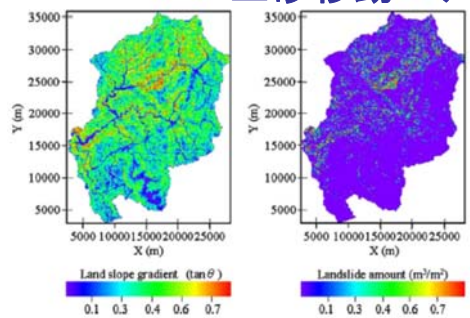




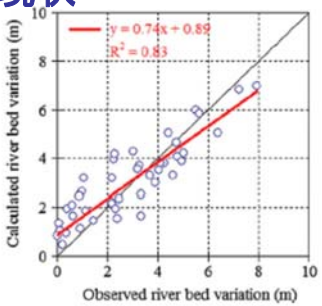
降雨・流出再現計算例

- ●高解像度の地理情報がベースになっている
- ●土地被服情報、人間活動情報、水文・水質・気象情報を考慮している
- ●降雨を外力として、その後の水分・土砂の移動現象を再現・予測することが可能である
- ●水分の移動現象に関わる水質・土砂・放射性物質の問題に対応するモデルとなっている

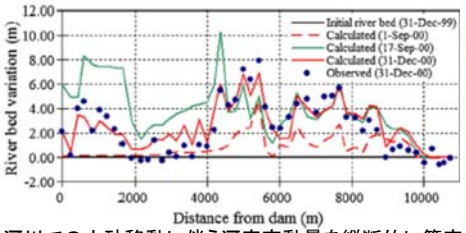
土砂移動モデルの現状



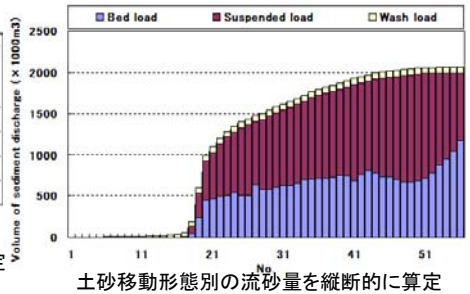
斜面崩壊による土砂生産量を50m格子で算定



河床変動量の検証結果



河川での土砂移動に伴う河床変動量を縦断的に算定



土砂移動形態別の流砂量を縦断的に算定

(Mouri et al., 2011)

⇒ **137Csの貯水池への蓄積量等を推定**

●濁度に着目した土砂動態シミュレーションの構成1

本検討で構築した土砂動態シミュレーションモデルの構成は、以下のとおりである

《初期条件》

河道条件の入力 ← INPUT
- ・断面形状
- ・初期河床形状
- ・河床材料(粒度分布)

シミュレーションに必要な現地観測データの収集

《上流端条件》

流量の入力 ← INPUT
給砂量の算定 ← INPUT

流量時系列
(現地観測データまたは洪水流出解析結果に基づき供給する。)
土砂流出予測
(上流端の水理条件に基づき給砂する。粒度分布は河床材料調査結果による。)

最上流端のダム

《下流端条件》

下流端水位の入力 ← INPUT ・ダム運用ルール

流水モデル ← 計算 ← 一次元不等流
- ・連続方程式
- ・運動方程式

●濁度に着目した土砂動態シミュレーションの構成2

流砂モデル ← 計算
- *掃流砂量* 掃流砂量式による
- *浮遊砂量* 拡散方程式に基づく
- *ウォッシュロード量* 拡散方程式に基づく

河床変動モデル(河床高と粒度分布の変化) ← 計算
- *量的変動量(河床高)*
- *質的変動量(粒度分布)*

粒径別の土砂保存式(粒径階別流砂成分の各項)に基づく河床変動および粒度分布変化

ダム放流量・流出土砂量・濁度の時系列・縦断分布の算定

OUTPUT

2番目のダム

3番目のダム

小滝川を対象に土砂動態モデルの検証を行った。

●濁度に着目した土砂動態モデルの基礎式

・ **掃流砂，浮遊砂およびウォッシュロードの効果が混在するダム上流の河床変動の基礎式は、連続条件により、次式のように示される。**

$$\frac{\partial Z}{\partial t}+\frac{1}{B}\left[\sum_{k=1}^{Nb}\left(\frac{B_s}{1-\lambda_{deb}}\frac{\partial q_{debxk}}{\partial x}+\frac{B_s}{1-\lambda_b}\frac{\partial q_{bxk}}{\partial x}+\frac{B_s\left(E_{sk}-D_{sk}\right)}{1-\lambda_s}\right)+\sum_{k=Nb+1}^{Nd}\frac{B_s\left(E_{wk}-D_{wk}\right)}{1-\lambda_w}\right]=0$$

単位時間の河床変動量 / 掃流砂による河床変動量 / 浮遊砂による河床変動分 / ウォッシュロードによる河床変動分

濁度成分

ここに、Δt:10～3600sec，λ_b,λ_s:掃流砂・浮遊砂の空隙率(0.4)，λ_w:ウォッシュロードの空隙率(0.7)，B:河床幅(m)、N_b:粒径階の分割数，k=1～N_b:掃流砂、浮遊砂の粒径階の番号，k= N_b～N_d:ウォッシュロードの粒径階の番号,Z_b:河床位，*Bb*:河床幅，*Bs*:流砂幅，q_{bk}:粒径d_kの単位幅掃流砂量,*EskDsk*:粒径d_kの浮遊砂の河床付近における単位面積当りの巻き上げフラックスと沈降フラックス*EwkDwk*:粒径d_kのウォッシュロードの河床付近における単位面積当たり巻き上げフラックスと沈降フラックス

(Mouri and Oki, 2010)

土砂動態シミュレーションモデルの概要②

② 河床変動の基礎式

掃流砂・浮遊砂およびウォッシュロードが混在する河床変動の基礎式は、連続条件により次式のように示される。

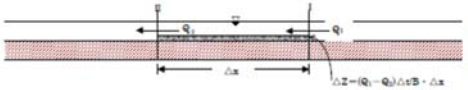
$$\frac{\partial Z}{\partial t}+\frac{1}{B}\left[\sum_{k=1}^{m}\left(\frac{B_k}{1-\lambda_s}\frac{\partial q_{Bk}}{\partial x}+\frac{B_k(E_{sk}-D_{sk})}{1-\lambda_s}\right)+\sum_{k=N_1+1}^{N_2}\frac{B_k(E_{wk}-D_{wk})}{1-\lambda_w}\right]=0$$

単位時間の河床変動量　掃流砂による河床変動分　浮遊砂による河床変動分　ウォッシュロードによる河床変動分

ここに、Δt：10～3600sec、λ_s：掃流砂・浮遊砂の空隙率（0.4）、λ_w：ウォッシュロードの空隙率（0.7）、B：河床幅（m）、N_1：粒径階の分割数、k=1～N_1：掃流砂、浮遊砂の粒径階の番号、k=N_1～N_2：ウォッシュロードの粒径階の番号

＊）河床変動の基本的な考え方

河床変動は下図に示すように基本的には、上流の断面Ⅰを通過して上流から流入する土砂量と、下流断面Ⅱから流出する土砂量の差で決まる。



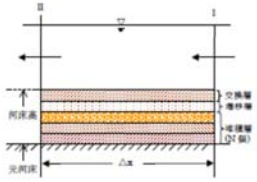
$Q_1>Q_2$：堆積
$Q_1=Q_2$：変化なし
$Q_1<Q_2$：侵食

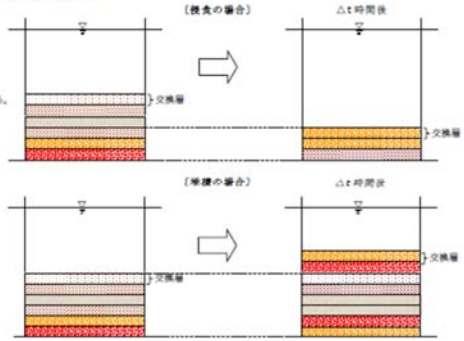
③ 粒度分布の解析

粒度分布は、河床を床面から順に交換層、遷移層、N個の堆積層に分けて考える。

一つの層においては、その粒度分布は同じであるとする。右に示す例のうち、例えば河床低下（侵食）が生じる場合、交換層からは細粒子が多く抜け出すので、交換層内は粗粒化していく。

計算は、このように粒子交換を考慮したものであり、各層の粒度分布は計算上、常時記憶されている。





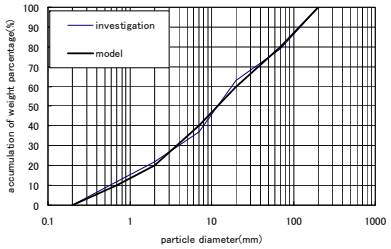
●河床材料及び供給土砂の粒度分布の設定

- 今回構築するモデルでは、河床材料の最大粒径を200mmとし、0.2mm以下の土砂をウォッシュロード成分とする。そして、粒径範囲を10段階に分け、それぞれ次のように設定する。

  河床材料(掃流砂・浮遊砂成分)：200mm～0.2mm　で6段階に分ける。

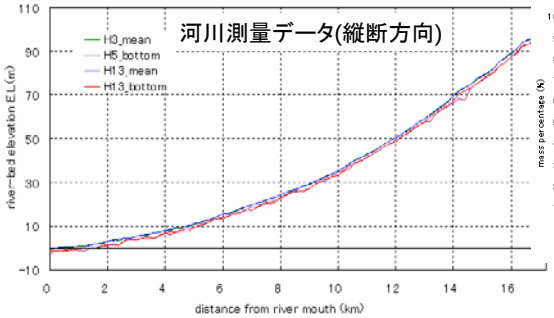
  ウォッシュロード成分　　：0.2mm～0.001mmで4段階に分ける。

なお、ウォッシュロードの粒度分布は対象流域に調査データが無い為、一般的な粒径階とし、含有率は後述のモデル同定時の試算により設定した。

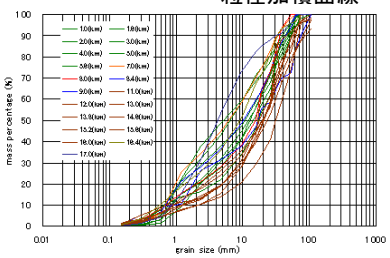


粒径 (mm)	代表粒径 (mm)	沈降速度 (cm/s) RUBEY式	河床材料(%) 矢作川 通過百分率	河床材料(%) 矢作川 含有率	ウォッシュロード(%) 通過百分率	ウォッシュロード(%) 含有率
200			100.0			
	118.30	112.80		20.0		
70			80.0			
	37.40	63.45		20.0		
20			60.0			
	11.80	35.68		20.0		
7			40.0			
	3.70	20.06		20.0		
2			20.0			
	1.20	11.28		10.0		
0.7			10.0			
	0.40	5.070		10.0		
0.2			0.0		100.0	
	0.10	0.9198				5.0
0.07					95.0	
	0.0370	0.1360				20.0
0.02					40.0	
	0.0118	0.0139				45.0
0.007					20.0	
	0.0026	0.0007				30.0
0.001					0.0	
合計				100.0		100.0

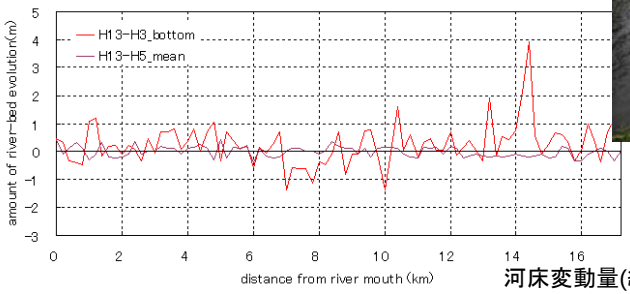
●河床形状及び河床材料データ



粒径加積曲線

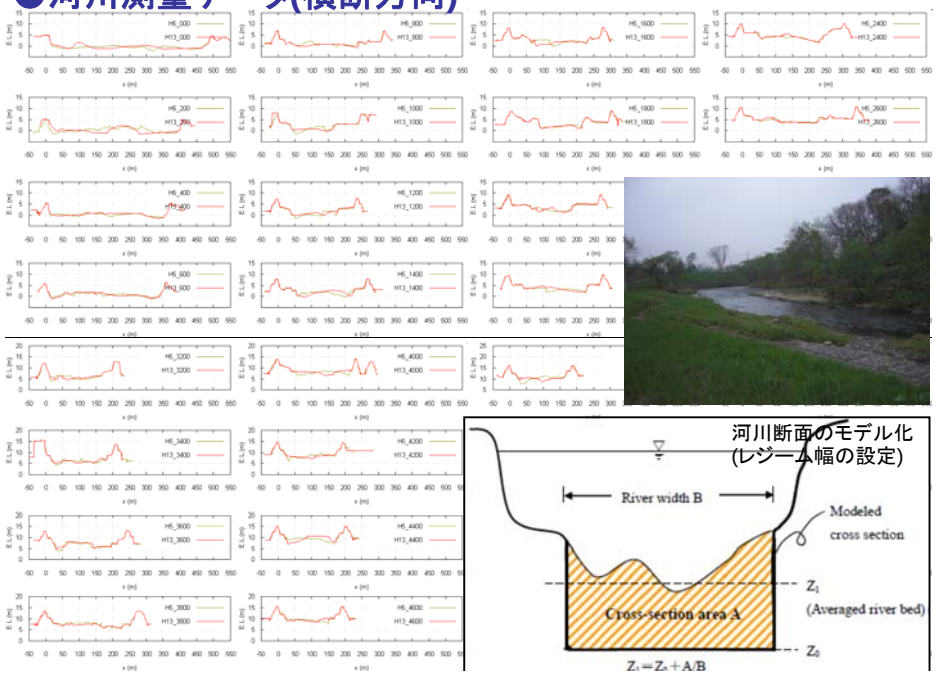


浮遊砂サンプリング
(村上グループ)

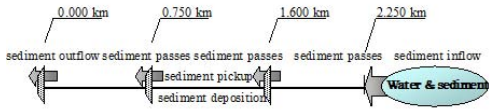


河床変動量(縦断方向)

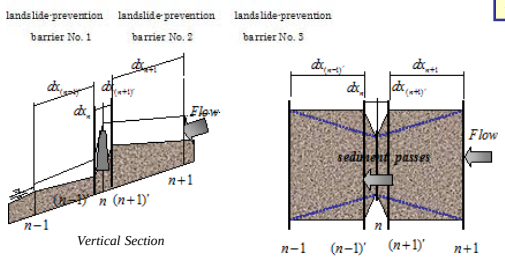
●河川測量データ(横断方向)

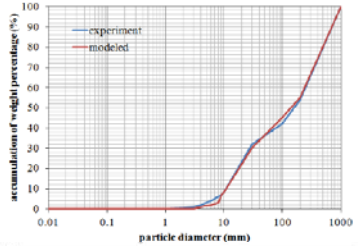


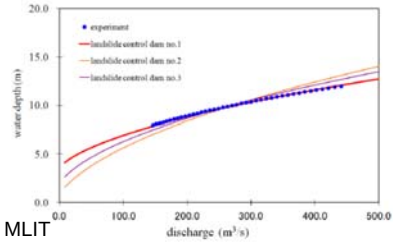
●濁度に着目した土砂動態モデル検証計算

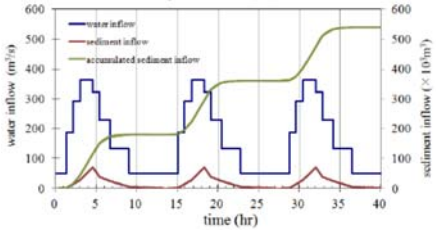


土砂動態モデルの検証を目的として、小滝川の計画洪水及び土砂粒度分布を用いて、堰堤の諸元が異なる様々なケースについて数値シミュレーションにより検討を行い、モデルの性能および堰堤の効果を明らかにした。



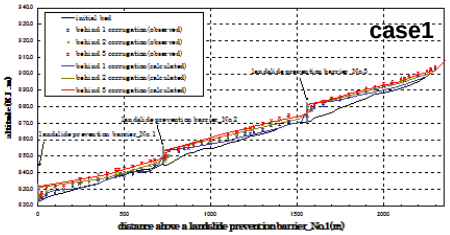


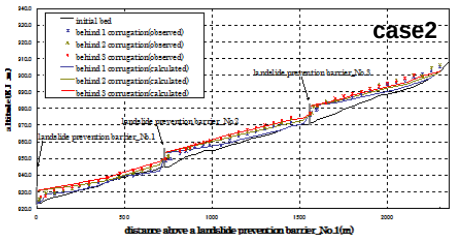


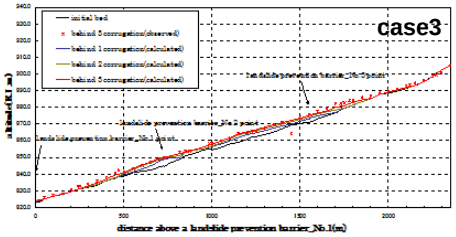


Data：MLIT

●小滝川堰堤再現計算結果







CASE	specification of landslide prevention barrier			water inflow
	No. 1	No. 2	No. 3	
1	2.0 m × 2	3.0 m × 2	3.0 m × 2	plan flood corrugation (3 floods)
2	1.0 m × 2	3.0 m × 2	3.0 m × 2	
3	no structure	no structure	no structure	

Case1

		observed(×1000m³)	calculation(×1000m³)
sediment inflow		553.0	553.0
sediment deposition	landslide prevention barrier_No.1 area	63.5	90.7
	landslide prevention barrier_No.2 area	130.4	178.8
	landslide prevention barrier_No.3 area	219.1	178.3
sediment discharge		142.0	110.3

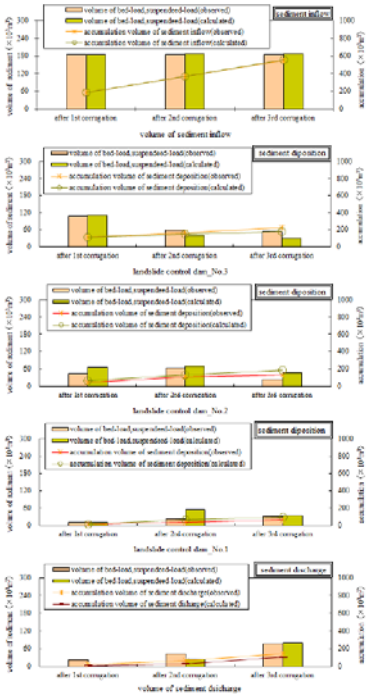
Case2

		observed(×1000m³)	calculation(×1000m³)
sediment inflow		553.0	553.0
sediment deposition	landslide prevention barrier_No.1 area	106.9	107.0
	landslide prevention barrier_No.2 area	150.7	181.9
	landslide prevention barrier_No.3 area	200.4	175.2
sediment discharge		97.0	90.9

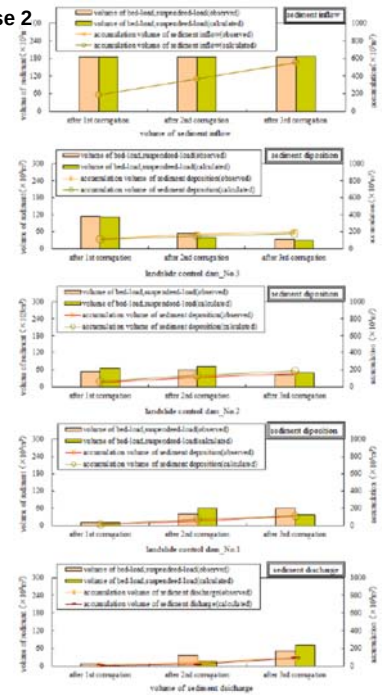
水理模型実験によるデータを用いた検証計算結果。
洪水波形ごとの河床形状、土砂堆積量及び土砂収支を精度良く再現できた。

●小滝川再現計算結果(土砂収支)

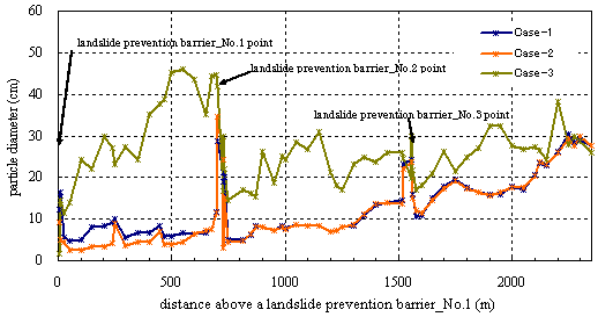
Case 1

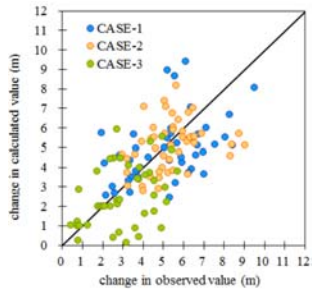


Case 2



●小滝川再現計算結果(土砂粒径縦断、河床変動量)



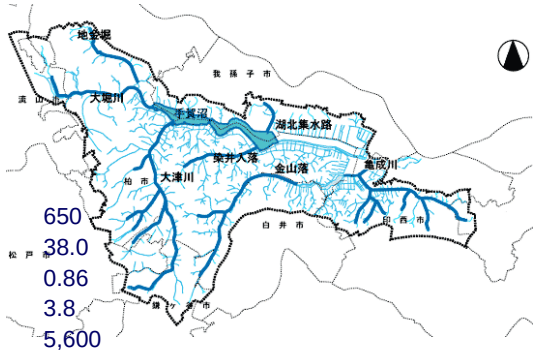


○ 土砂粒子の粒径は、1波形及び2波形目では、下流の砂防堰堤に向かって小さくなっている。3波形目では、最下流の砂防堰堤で大粒径となっている。

○ 検証計算において、計画洪水波形の3波形を与え、波形ごとでの土砂収支・堆砂形状を数値計算によって再現した。この計算での土砂収支や堆砂形状が実験での結果と良く一致していれば、使用しているモデルが妥当であることが確認できる。その意味では、今回の計算結果は実験での堆砂形状、河床変動量および土砂収支を良く再現できており、モデルの妥当性が示されたと考えられる。

Mouri, G., Golosov, V., Shiiba, M., Hori, T., Chalov, S., Oki, T. Assessing the effects of consecutive sediment-control dams using a numerical hydraulic experiment to model river-bed variation. CATENA (Preliminary accept)

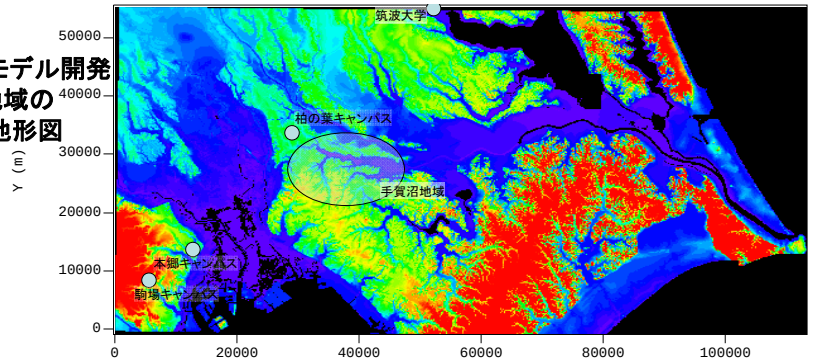
手賀沼

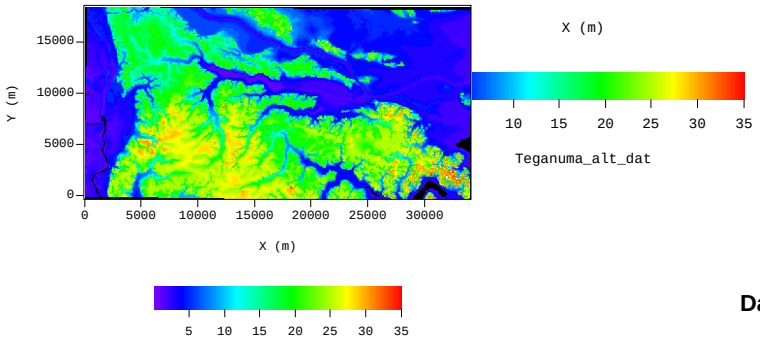


沼	面積(ha)		650
	周囲(km)		38.0
	水深	平均(m)	0.86
		最大(m)	3.8
	容量(千m³)		5,600
流域	指定地域内流域面積(ha)		14,398
	指定地域内流域人口(千人)		503
	流域市町村		7市(松戸市、柏市、流山市、我孫子市、鎌ヶ谷市、印西市、白井市)
	主要流入河川		大掘川、大津川、金山落など
利水	上水(千m³/年)		無
	工業用水(千m³/年)		無
	農業用水(千m³/年)		24,072(21年度)
	内水面漁業(t/年)		156(20年:印旛沼を含む) (主要魚種:コイ、フナ)

(末木先生,2011)

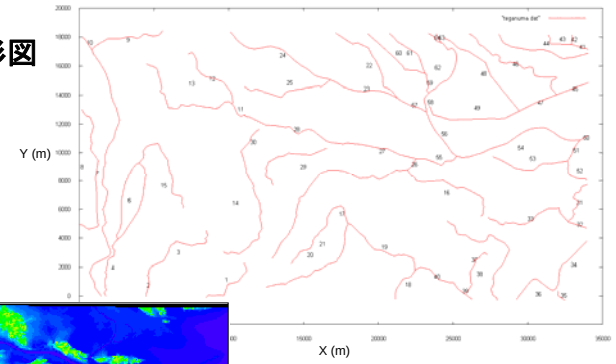
●手賀沼モデル開発 手賀沼地域の標高地形図

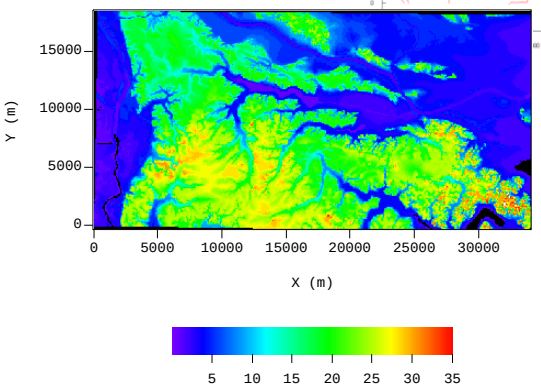




Data: DNI-50m

●手賀沼地域の地形図及び河道網①

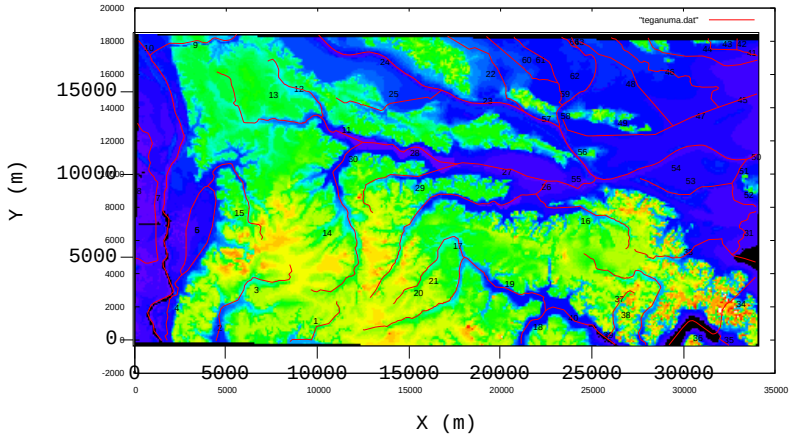




Data: DNI-ks271,ks272

Data: DNI-50m

手賀沼地域の地形図及び河道網②

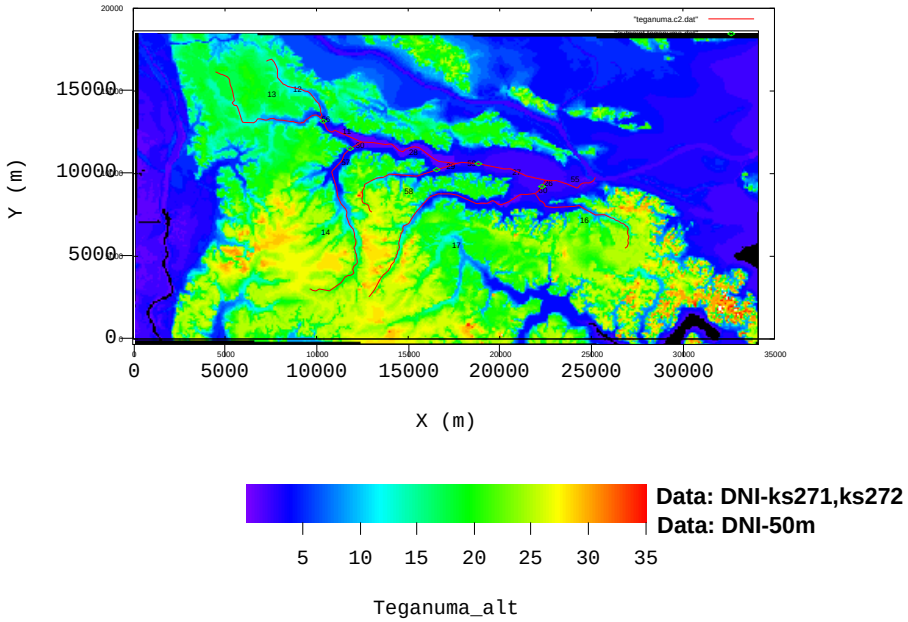


Data: DNI-ks271,ks272

Data: DNI-50m

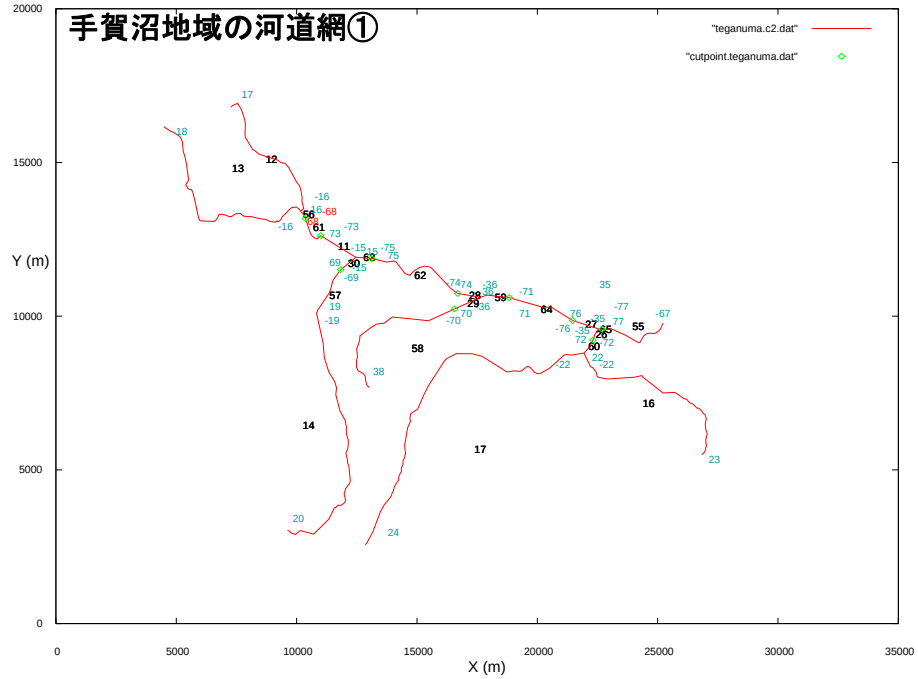
Teganuma_alt

手賀沼地域の地形図及び河道網③

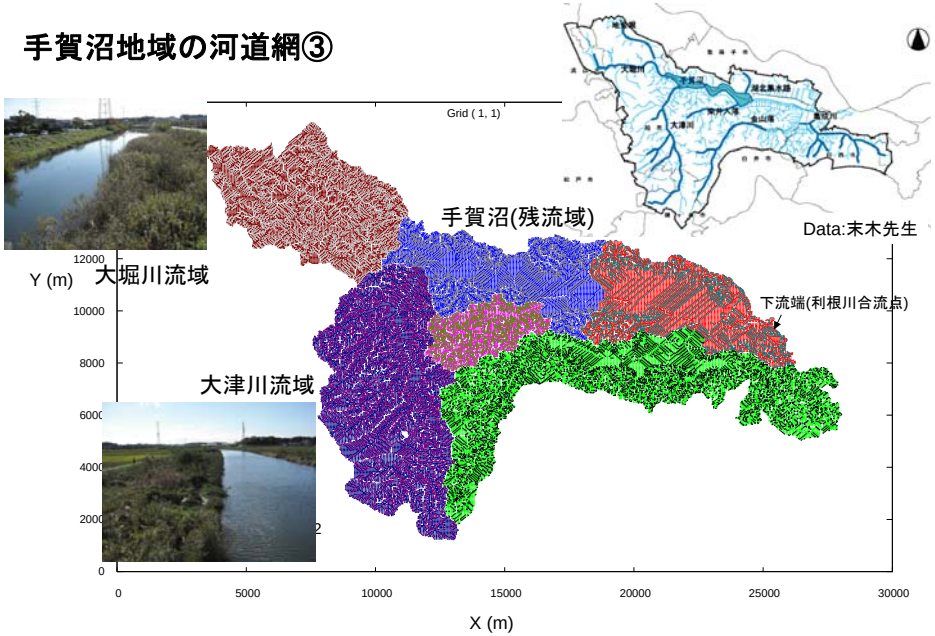


Data: DNI-ks271,ks272
Data: DNI-50m

手賀沼地域の河道網①



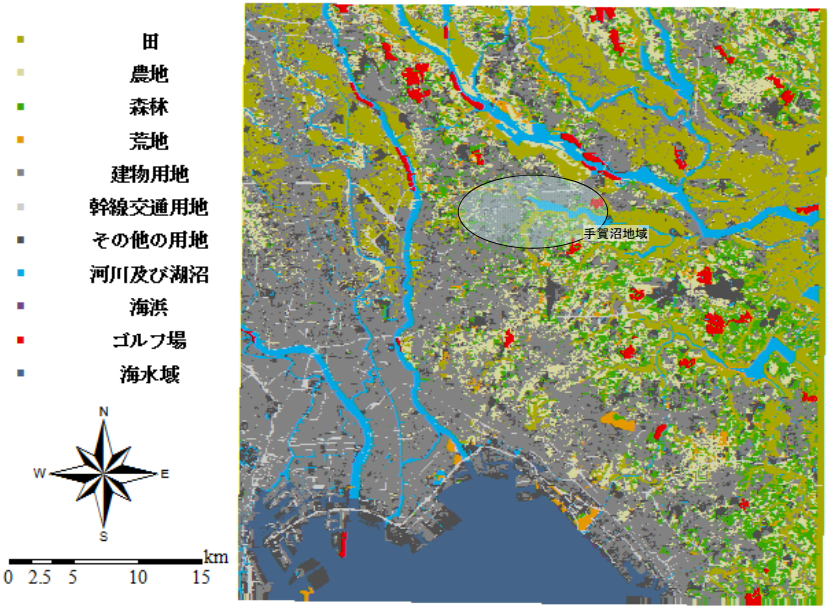
手賀沼地域の河道網③



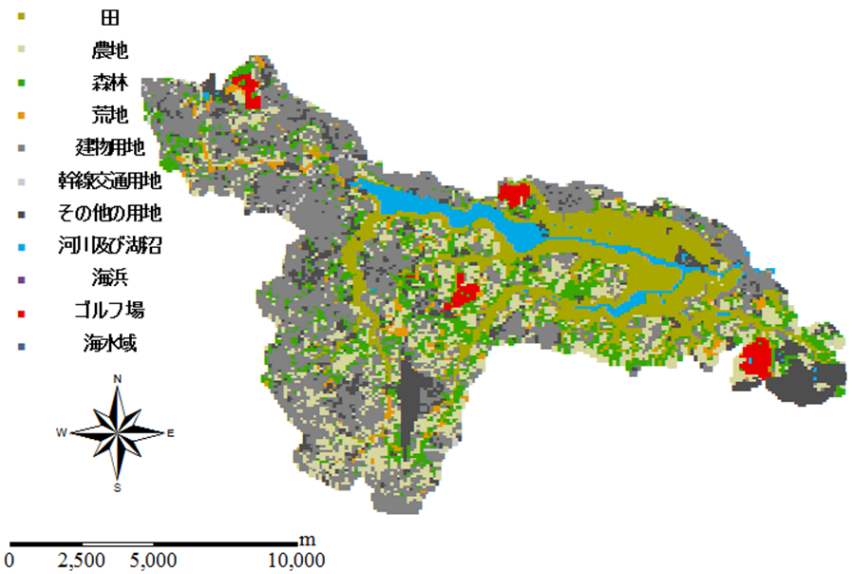
流域面積:148. 85km²

Data: DNI-ks271,ks272
Data: DNI-50m

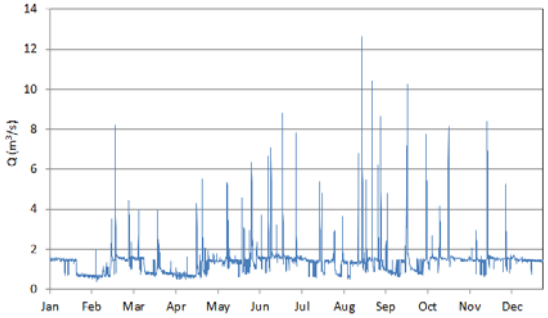
手賀沼地域の土地利用①



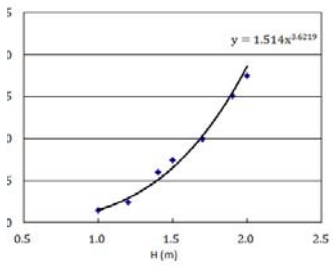
手賀沼地域の土地利用②



大堀川を対象とした土砂動態計算(昭和橋流量、H-Q式、標準断面図)

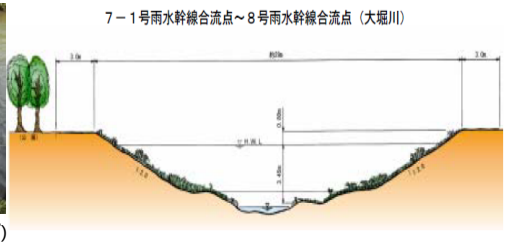


2011年、昭和橋流量



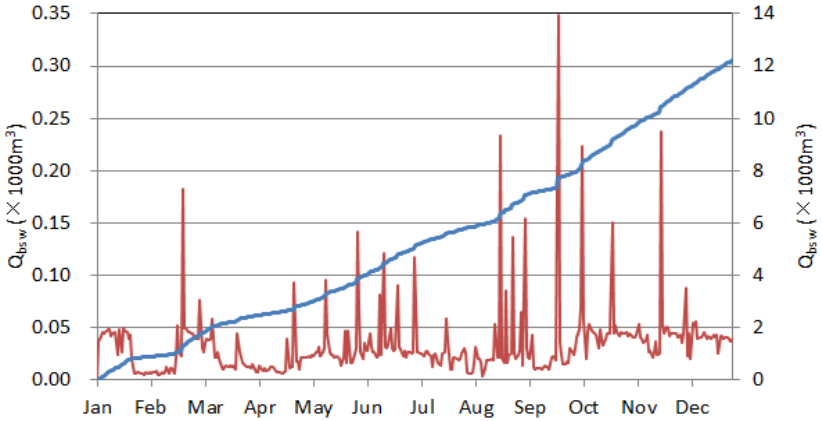
(酒井ら、2006)

浮遊砂のサンプリング(村上グループ)



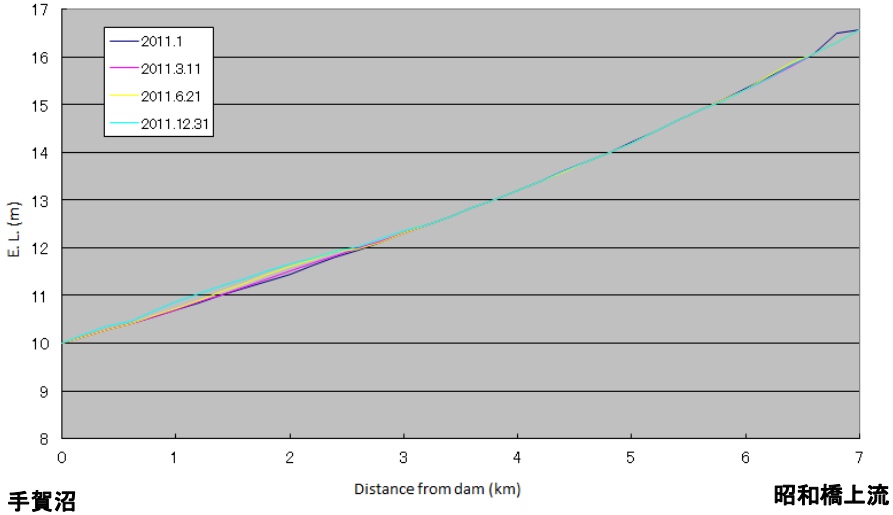
縦断勾配：
1/1500～
1/1300

大堀川を対象とした土砂動態の連続解析結果



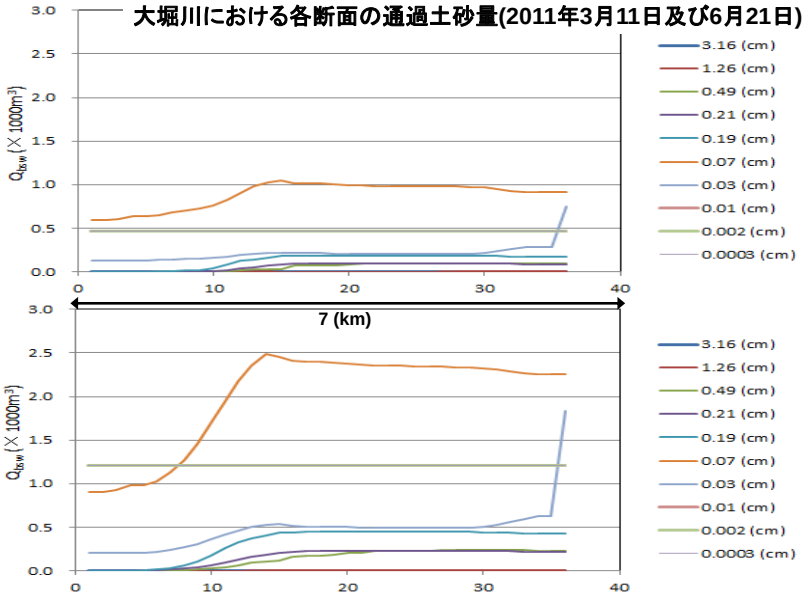
手賀沼への流入土砂量の試計算結果(2011年)

大堀川を対象とした土砂動態の連続解析結果



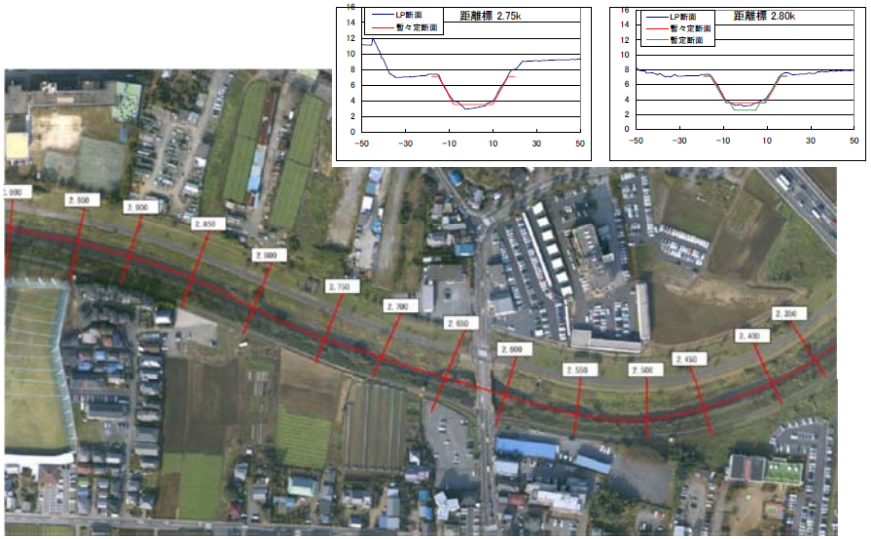
大堀川における河床形状の変化(2011年)

大堀川を対象とした土砂動態計算



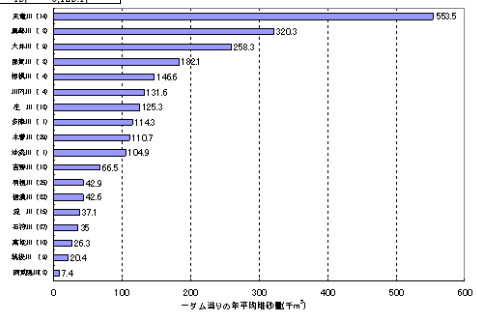
出水時においては、微細粒子(SS)は河床に堆積しにくく、大部分はダムに流入している可能性がある。

大堀川における測量データ (H23年現況)



●水系別のダム堆砂状況 (今後の計画)

水系	調査ダム数	総貯水容量 ① (百万m³)	②堆砂量 (百万m³) 合計	全堆砂率 ②/① (%)	年平均堆砂量 ③ (千m³/年)	1ダム当たりの年平均堆砂量 (千m³)	実績比堆砂量 ③/① (m³/km²/年)	ダム流域面積 ④ (km²)	
天竜川	14	623.7	197.6	31.7	7,749.5	553.5	1,583	4,895.0	上位10位
黒部川	3	210.4	31.4	14.9	960.9	320.3	2,083	461.2	上位10位
大井川	9	289.0	87.0	30.1	2,324.7	258.3	3,115	746.2	上位10位
那賀川	3	77.5	17.5	22.6	546.3	182.1	886	616.7	上位10位
相模川	4	129.4	23.9	18.5	586.6	146.6	488	1,201.3	上位10位
川内川	4	143.2	10.1	7.1	526.4	131.6	640	822.3	上位10位
庄川	13	538.5	61.5	11.4	1,628.5	125.3	1,424	1,144.0	上位10位
多摩川	1	189.1	4.1	2.2	114.3	114.3	435	262.9	上位10位
木曽川	29	706.3	119.3	16.9	3,211.0	110.7	513	6,254.8	上位10位
沙流川	1	5.0	3.7	72.9	104.9	104.9	185	567.0	上位10位
吉野川	13	523.6	26.4	5.0	864.9	66.5	449	1,927.1	その他代表河川
利根川	25	924.2	31.5	3.4	1,073.4	42.9	400	2,683.0	その他代表河川
信濃川	32	554.3	35.3	6.4	1,364.6	42.6	379	3,602.9	その他代表河川
淀川	15	244.3	11.6	4.7	556.1	37.1	114	4,890.9	その他代表河川
石狩川	37	992.6	41.4	4.2	1,295.0	35.0	234	5,535.5	その他代表河川
筑後川	10	176.4	7.5	4.3	293.6	29.4	186	1,576.5	その他代表河川
高梁川	9	193.1	6.9	3.6	236.4	26.3	217	1,091.9	その他代表河川
阿武隈川	8	134.9	1.6	1.2	59.3	7.4	19	3,125.1	その他代表河川



フォッサマグナや中央構造線などの代表的な構造線に近い天竜川水系や大井川水系において、1ダム当たりの年平均堆砂量や比堆砂量が大きくなっている。西日本では小さくなっている。

ダムに着目した放射性物質の長期的な蓄積量の推定を行なう。

(角, 2000等)

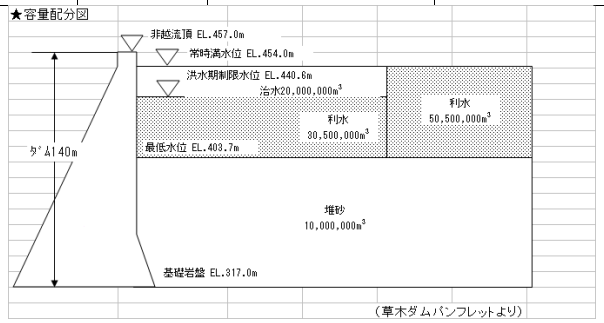
草木ダムの位置図

(文部科学省モニタリング(平成23年7月～9月))

草木ダムにおける基礎データの整理

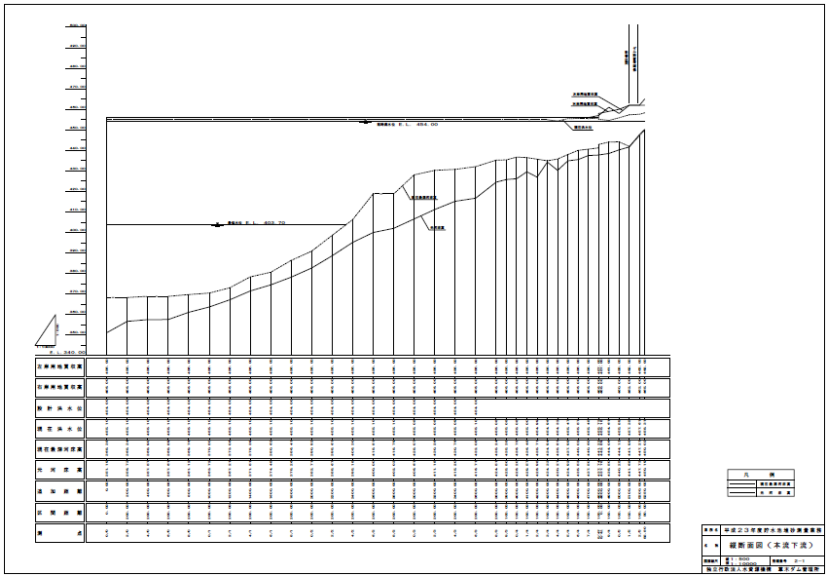
項　目	期間／時期	資　料	区間／地点
測量結果	S50.1 H10.1	草木ダム貯水池内および河道 測量結果縦横断図	ダム～ダム上流 5.2km 渡良瀬川 82.80k～84.00k
波形		草木ダム計画波形	
流入量	S50.1～H24.12	草ダム管理所	
放流量		草木ダム計画波形 草木ダムただし書操作要領	
計画高水流砂量	無施設 Ｈ１０時点 計画完成時	計画高水流砂量総括表	草木ダム地点 （流域面積：253.26km²）
ｳｫｯｼｭﾛｰﾄﾞ流量	S57 台風 10 号	浮遊土砂分析報告書	沢木入地

★容量配分図

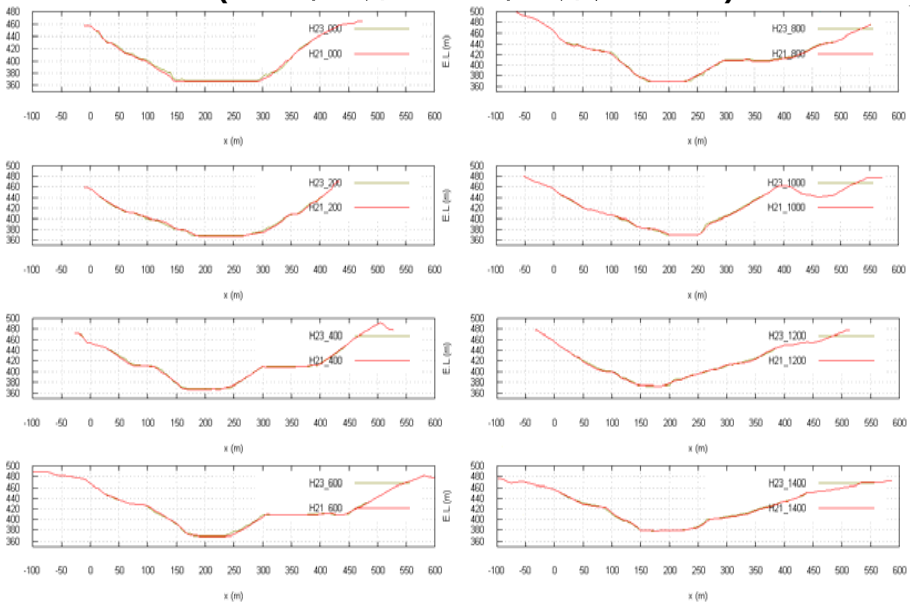


（草木ダムパンフレットより）

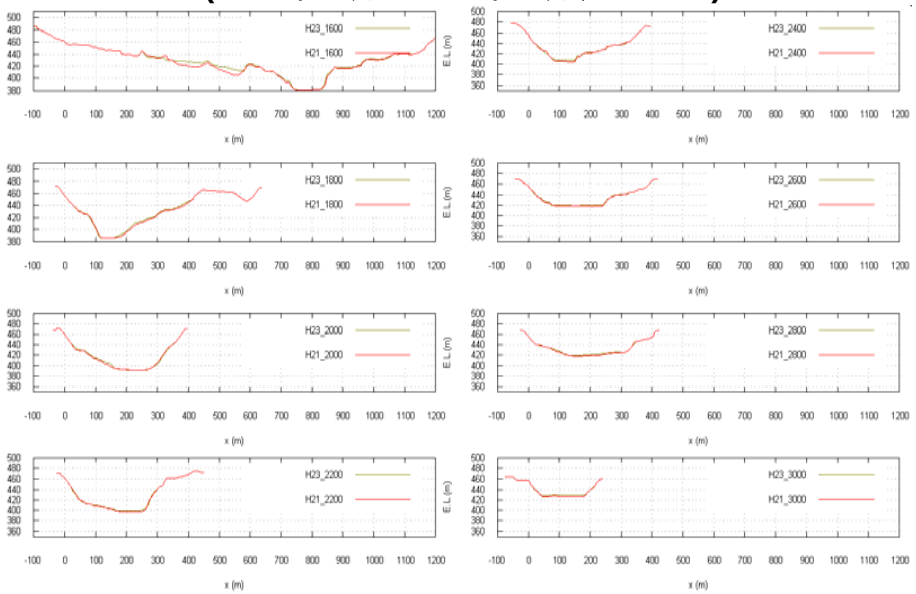
草木ダムにおける測量データの整理



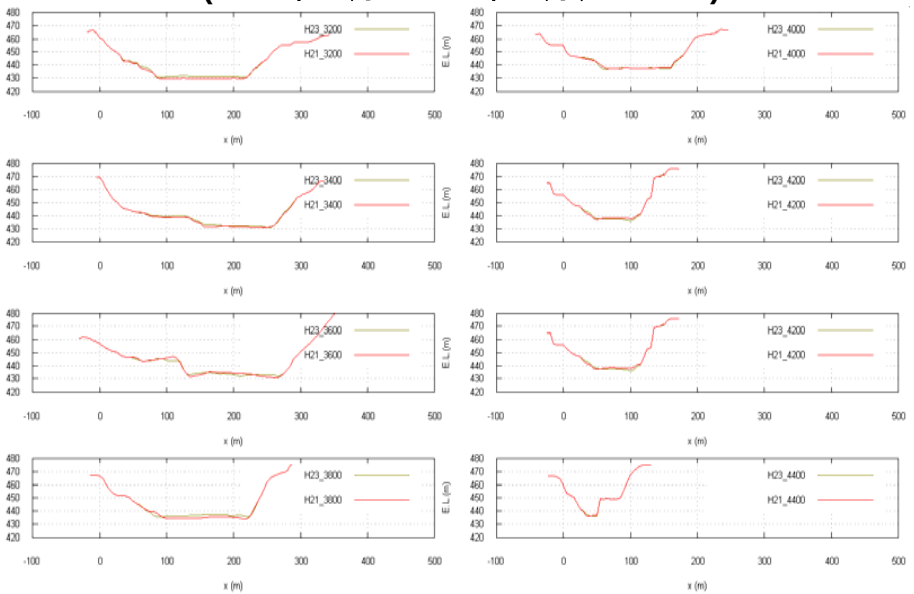
草木ダムにおける河川横断の径時変化
(2009年12月～2011年12月、0/0～4/1)



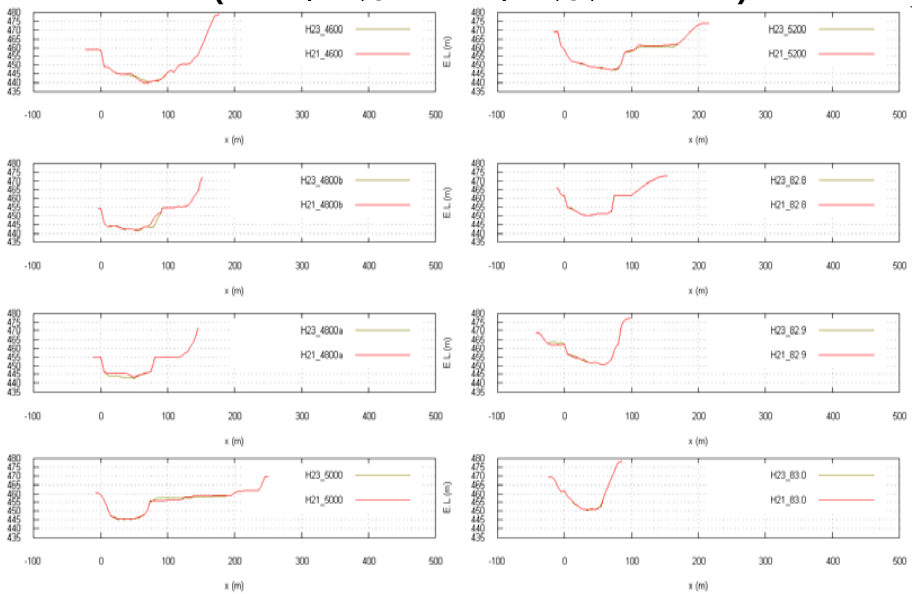
草木ダムにおける河川横断の径時変化
(2009年12月～2011年12月、6/1～0/3)



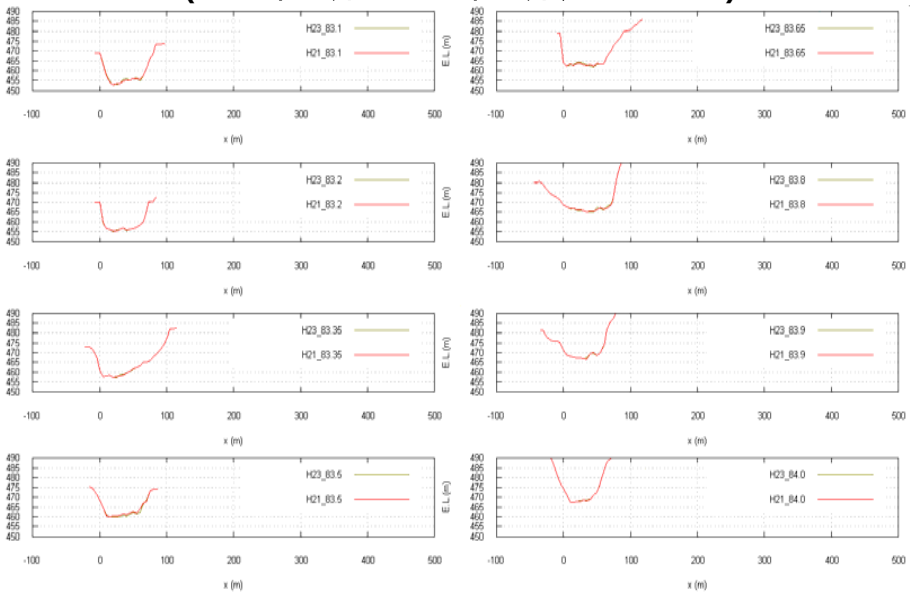
草木ダムにおける河川横断の径時変化
(2009年12月～2011年12月、2/3～4/4)



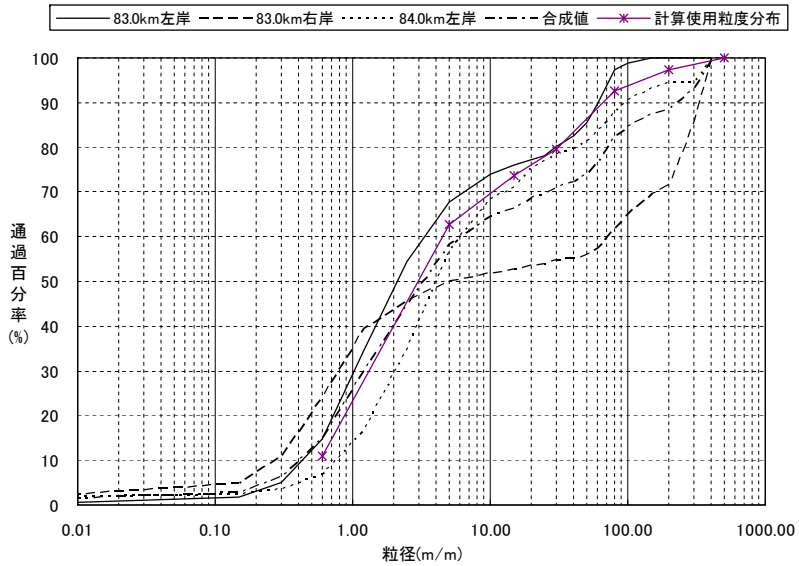
草木ダムにおける河川横断の径時変化
(2009年12月～2011年12月、6/4～83.0)



草木ダムにおける河川横断の径時変化
(2009年12月～2011年12月、83.1～84.0)



草木ダムにおける土砂粒度分布



草木ダムにおけるダム運用モデル

本計算の実施においては、計画波形を使用するにあたり、
以下の要領でダム運用を行うものとする。

計算開始時の初期水位はEL.440.6mとする。

1. 流入量＜500m3/s、ダム水位＝EL.440.6mの場合（**図** ①の期間）
放流量＝流入量として、水位El.440.6mを保つ。

2. 流入量≧500m3/s、EL.440.6m＜ダム水位≦EL.451.8mの場合（**図** ②の期間）
放流量を**図**に示す計画高水調節ゲートHQ＊）を用いて設定し、ダム運用を行う。
このときの最大放流量は640.0m3/sとする。

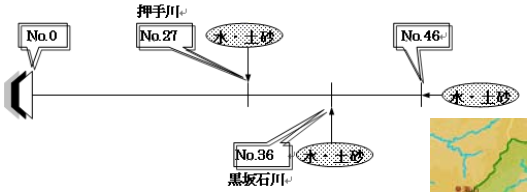
3. 流入量≧500m3/s、ダム水位＞EL.451.8m（**図** ③の期間）
放流量を**図**に示すただし書操作時HQ＊＊）を用いて設定し、ダム運用を行う。

4. 流入量＜500m3/s、ダム水位＞EL.440.6mの場合（**図** ④の期間）
放流量＝500m3/sで一定放流とし、水位をEL.440.6mまで下げるようにダム運用を行う。

草木ダムにおける土砂水理条件のモデル化

流域モデル

流域モデルは、下図に示す通り、渡良瀬川本川と、黒坂石川及び押手川の2支川を考慮する。ただし、支川については本川への流量及び土砂の供給のみを行うものとする。



計算区間

計算区間は、草木ダム地点～上流約6.4km地点で、
全46断面とする。また、支川の流入はないものとする。

草木ダムにおける流入量、放流量およびダム水位の径時変化 (計画洪水波形、現況)

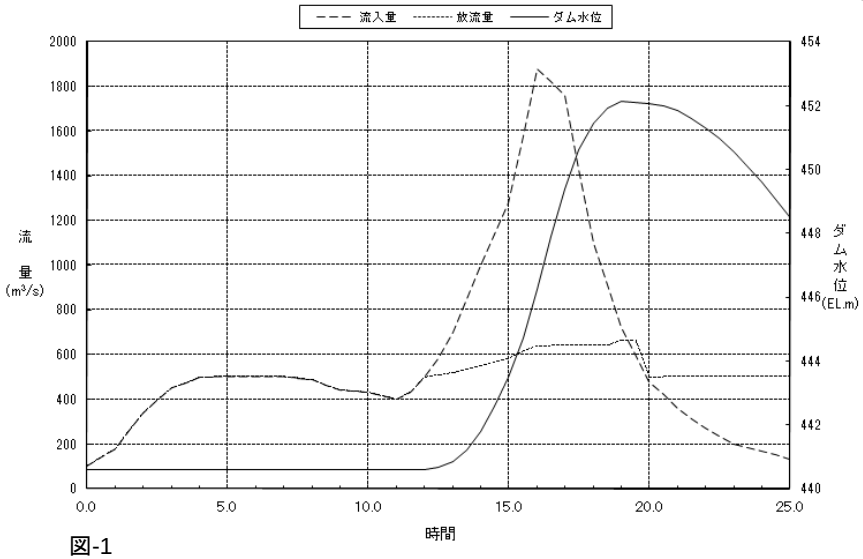
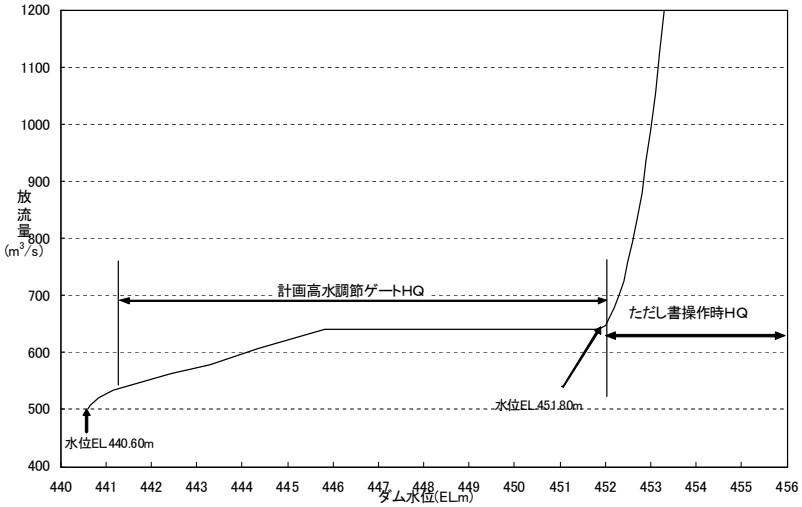


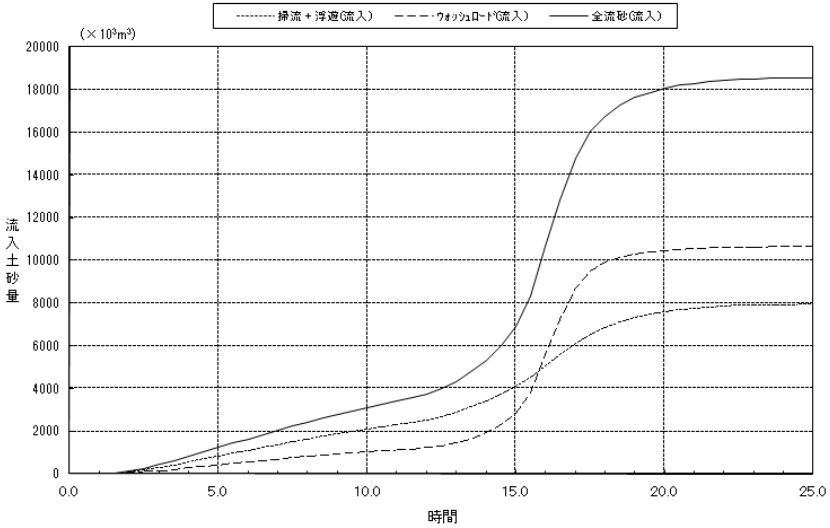
図-1

草木ダムにおける計算使用ゲートH-Q

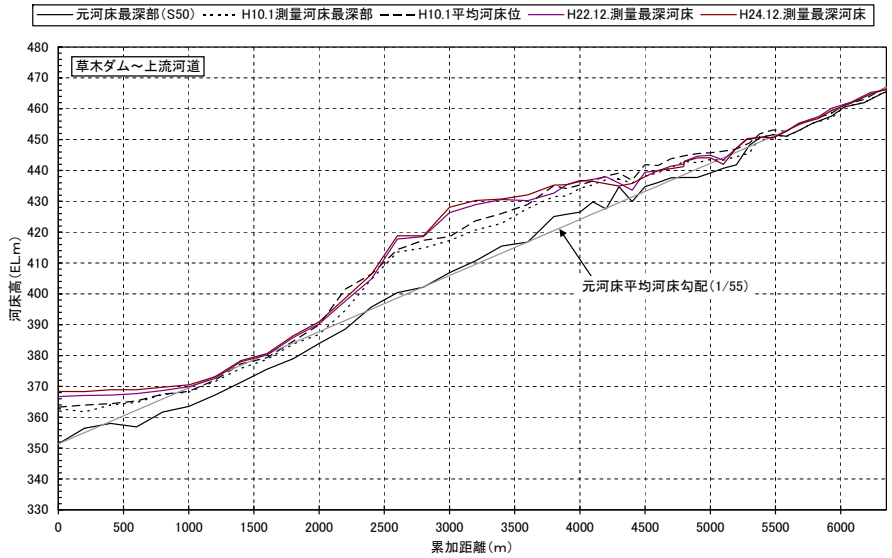


図－2　計算使用ゲートHQ曲線

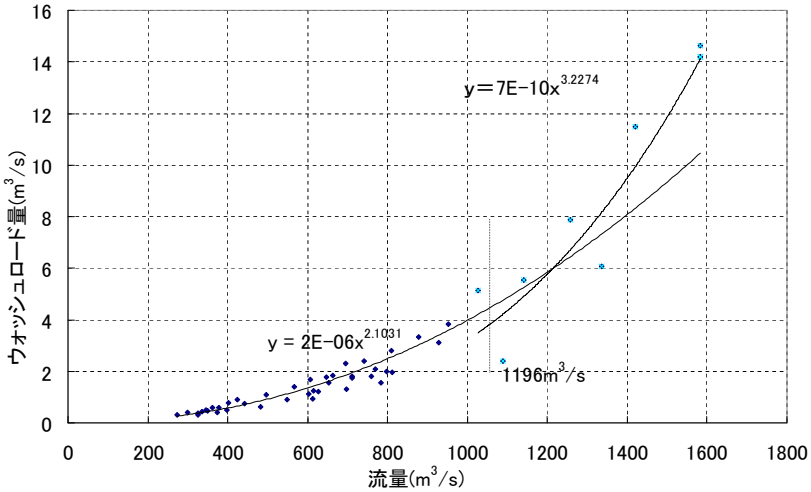
草木ダムにおける流入土砂量の径時変化
(計画洪水波形、現況)



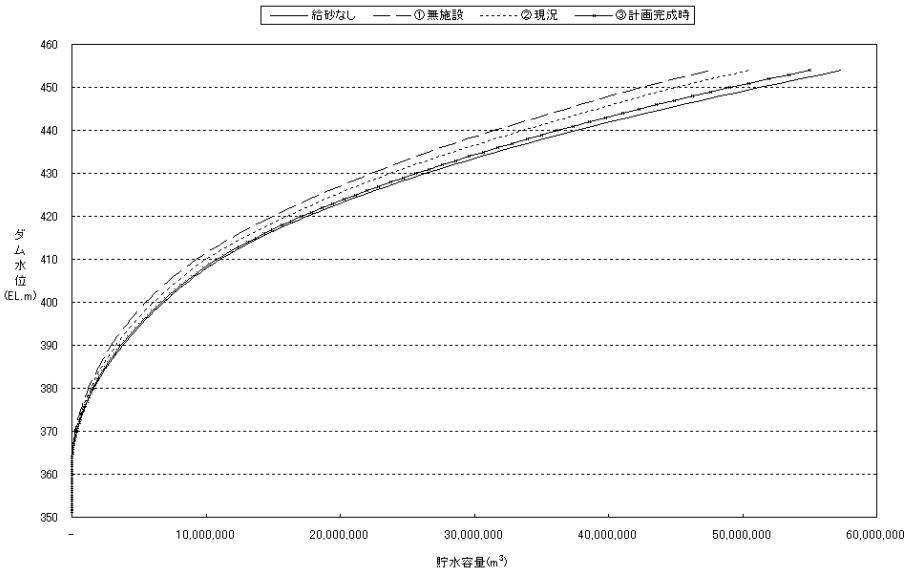
草木ダムにおける流入土砂量の径時変化
(計画洪水波形、現況)



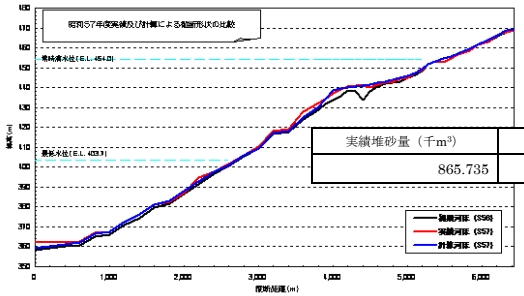
草木ダムにおけるウォッシュロード算定式の係数



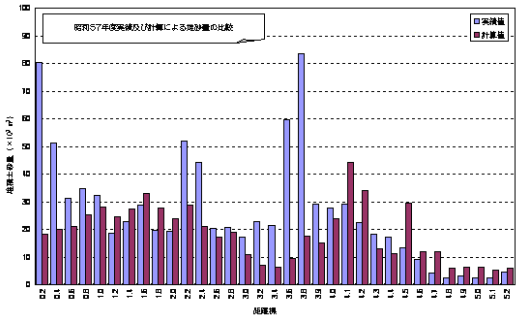
草木ダムにおける貯水池HV曲線



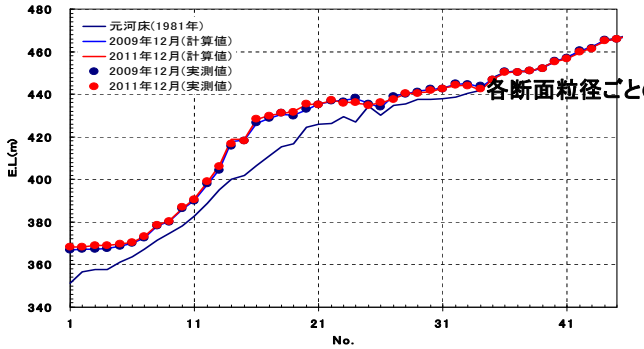
実績及び計算結果における縦断形状の比較



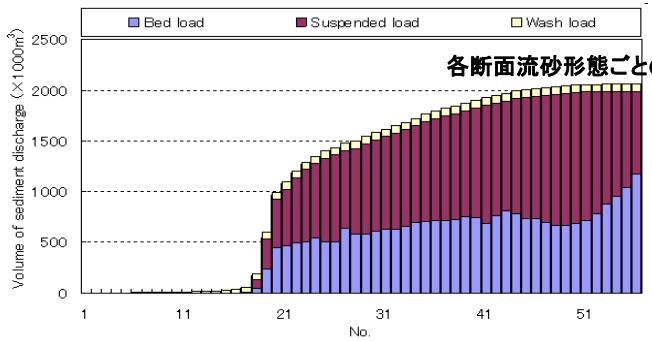
実績堆砂量（千m³）	計算堆砂量（千m³）
865.735	866.063



草木ダムにおける試計算結果(2009-2011年)

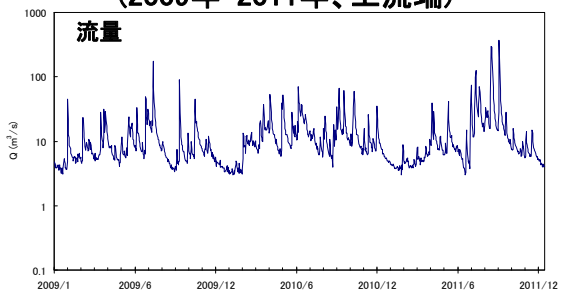


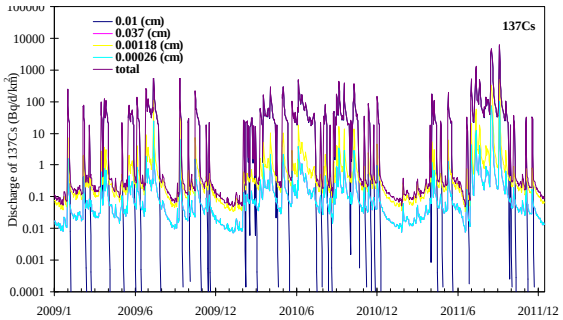
各断面粒径ごとの流砂量



各断面流砂形態ごとの流砂量

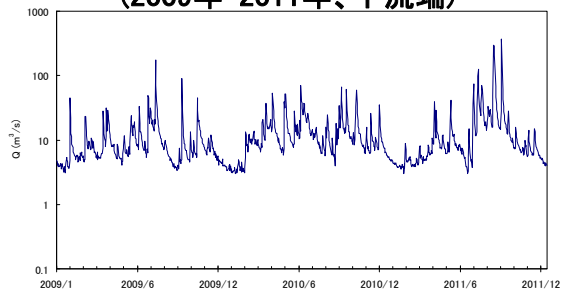
草木ダムにおける流量および137Cs土砂量の経時変化（2009年-2011年、上流端）

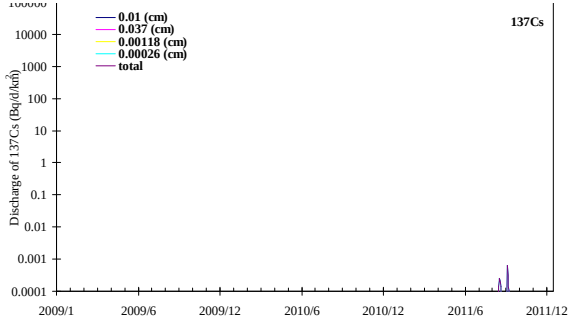




上流端

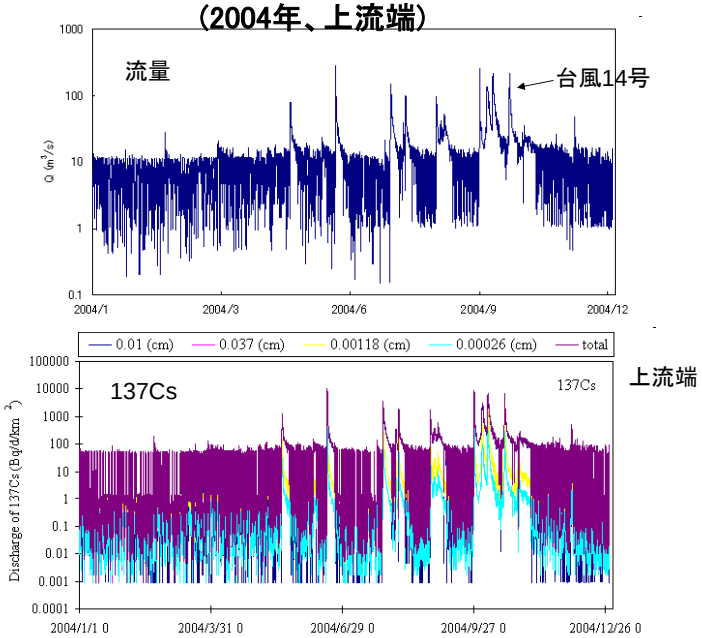
草木ダムにおける流量およびCs137の経時変化（2009年-2011年、下流端）



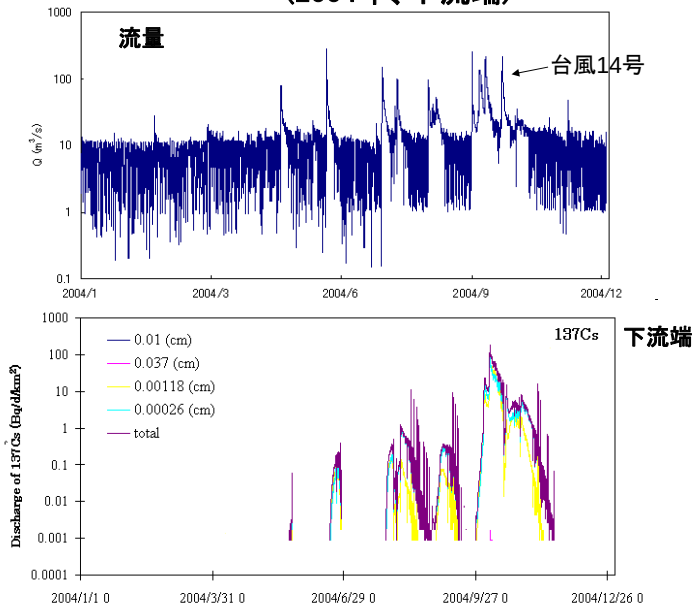


上流端

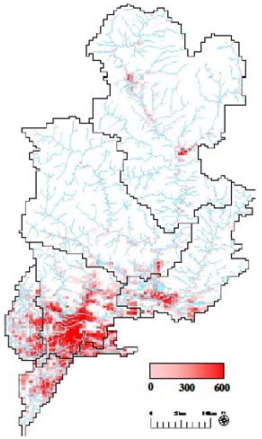
草木ダムにおける流量およびCs137の経時変化（2004年、上流端）



草木ダムにおける流量およびSS土砂量の経時変化（2004年、下流端）



今後の計画



Mouri et al., 2010

芳村・末木・村上グループとの緊密な協力
- ●大堀川測量データの加工及び整備
- ●大堀川における測量の実施
- ●浮遊土砂サンプリング
- ●放射性物質力学過程の導入

マスバランスモデル

Matsunaga et al., 1998; Pinder et al., 2010等

物理モデル

Ciffroy et al., 2006等土粒子への吸着係数、魚類による除去係数等の設定

paper

•Mouri, G., Shinoda, S., and Oki, T. 2012. Assessing environmental improvement options from a water quality perspective for an urban-rural catchment. Environmental Modelling & Software

•Mouri, G., Shinoda, S., and Oki, T. 2012. Assessing the effects of consecutive sediment-control dams using a numerical hydraulic experiment to model river-bed variation. CATENA

•Mouri, G., Shinoda, S., Golosov, V., Shiiba, M., Hori, T., Kanae, S., Takizawa, S., and Oki, T. 2012. Ecological and hydrological responses to climate change in an urban-forested catchment, Nagara River basin, Japan. Urban Climate (revise)