

出水時における流木の発生 ～平成24年7月の九州北部豪雨について～

九州大学大学院工学研究院
矢野真一郎・田井明・北隆範



本日の構成

1. 流木に関する既存の知見
 - ・流木の定義, 機能, 問題など
2. 過去の出水における流木の流出について
 - ・近年の事例紹介
3. 平成24年7月九州北部豪雨における流木流出状況
 - ・九州北部豪雨の災害の概要
 - ・流木に関する知見
4. まとめと今後の課題
 - ・流域圏での流木問題のとらえ方

謝辞(土木学会調査団として)

九州北部豪雨調査団による調査を行うに当たり、公益社団法人土木学会、同土木学会西部支部、(財)河川環境管理財団、(社)九州地方計画協会から財政的支援を頂いた。

また、被災地域の住民の方々には調査時のヒアリングなどに協力頂いた。さらに、国土交通省九州地方整備局、各自治体(熊本県、大分県、福岡県、日田市など)、九州電力などの関係機関には資料提供や視察に多大な協力を頂いた。

ここに、記し感謝の意を表します。

1. 流木に関する既存の知見



「流木」とは？

「**流木**」の定義[林野庁(2012)]:

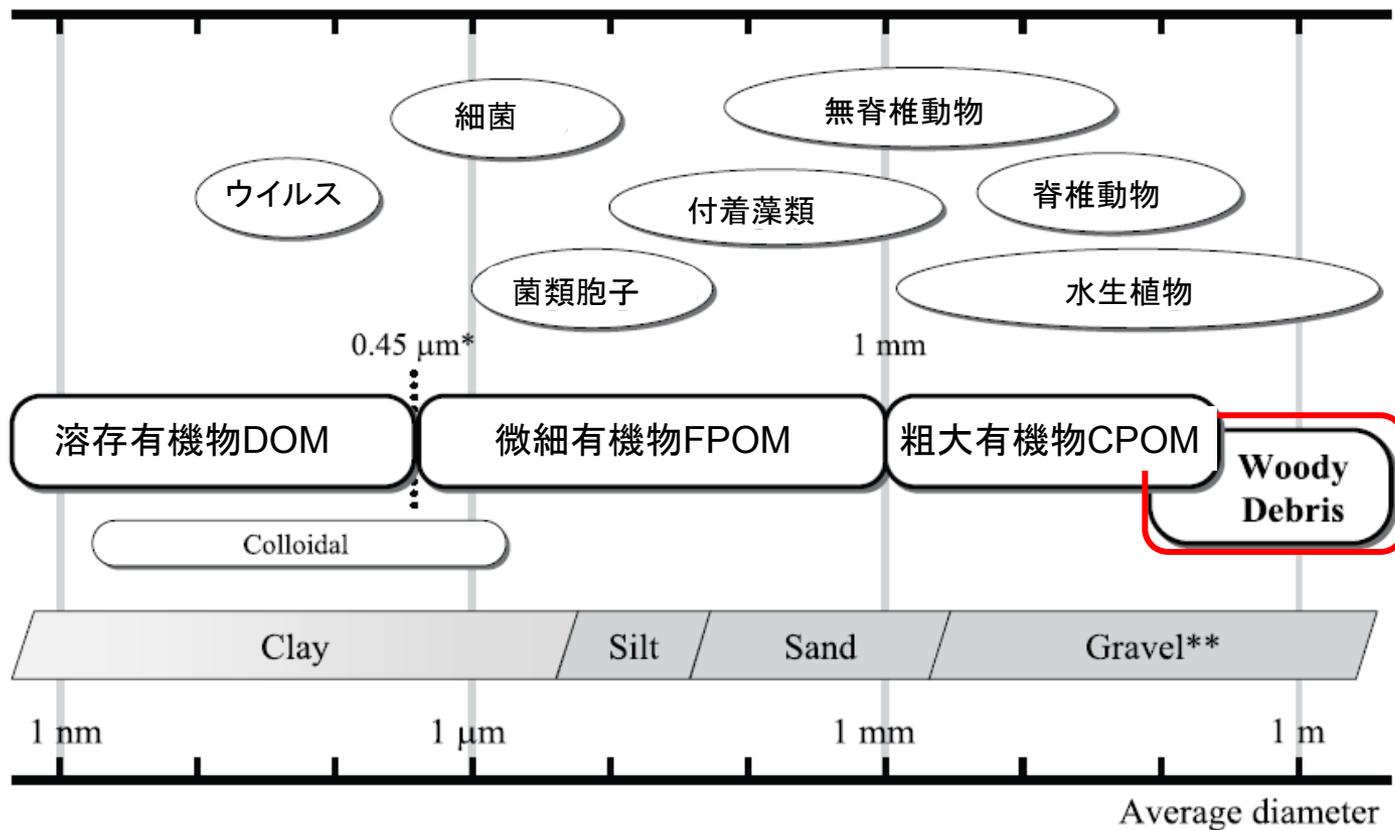
「土石流または洪水流に伴って流出する倒木等である」

河川生態学分野では、「**倒流木**」(large woody debris: **LWD**)と言われることが多い。流域で供給される有機物をサイズで分類した場合のもっとも大きいもの(>10cm)とされる。水中に倒伏した**倒木**と増水時に上流から運ばれ堆積した**流木**の総称。



倒流木

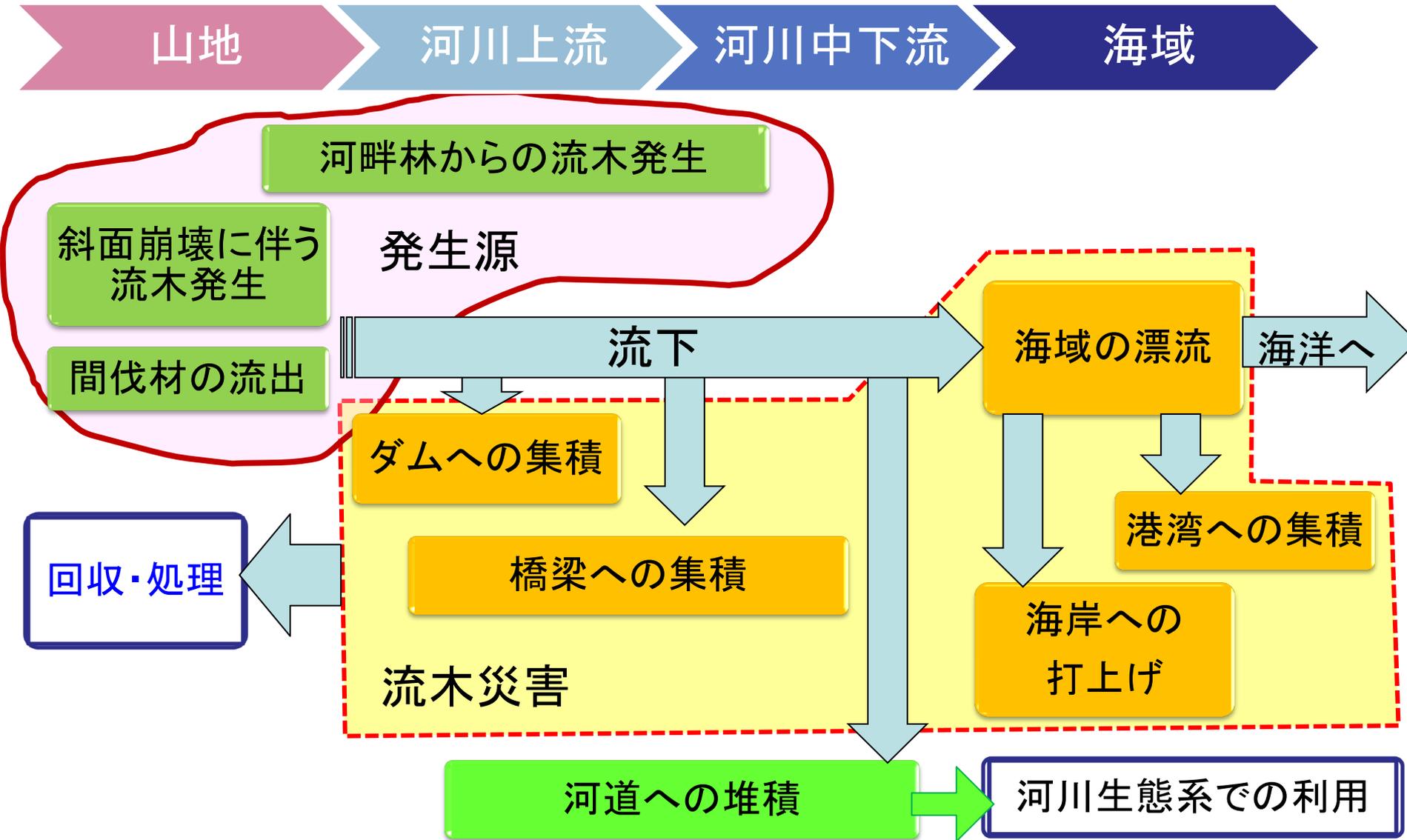
流域から供給される有機物のサイズ別分類



「流木」により発生している諸問題:

- ・ダムへの集積による機能不全
- ・橋梁などの横断構造物への集積による氾濫助長, 橋梁破壊
- ・氾濫時の堤内地への流出による家屋破壊
- ・港湾施設への集積による機能不全
- ・海域への流出に伴う海運阻害(特に小型船舶)

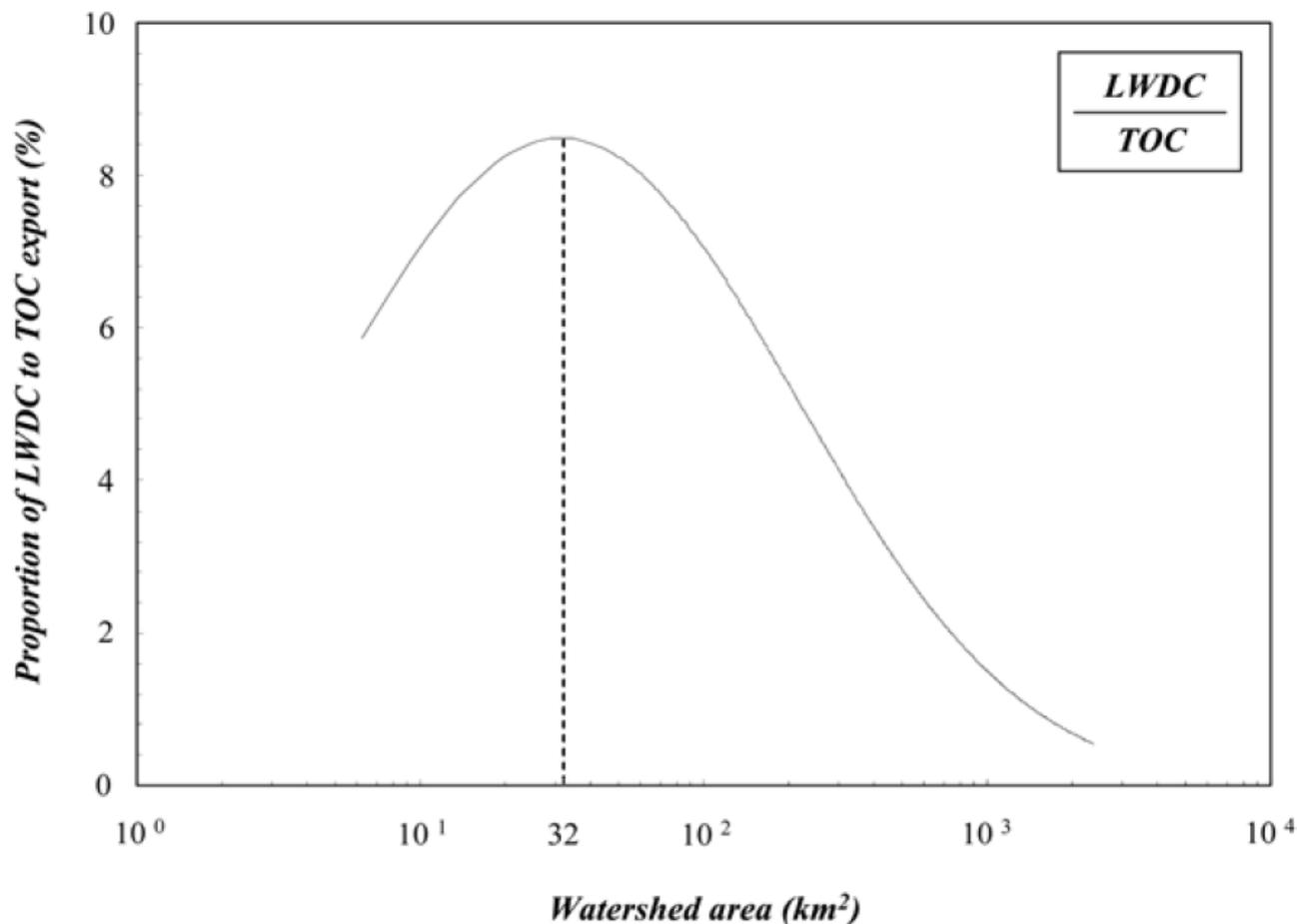
流域圏における「流木」の動態：



「(倒)流木」の生態学的機能:

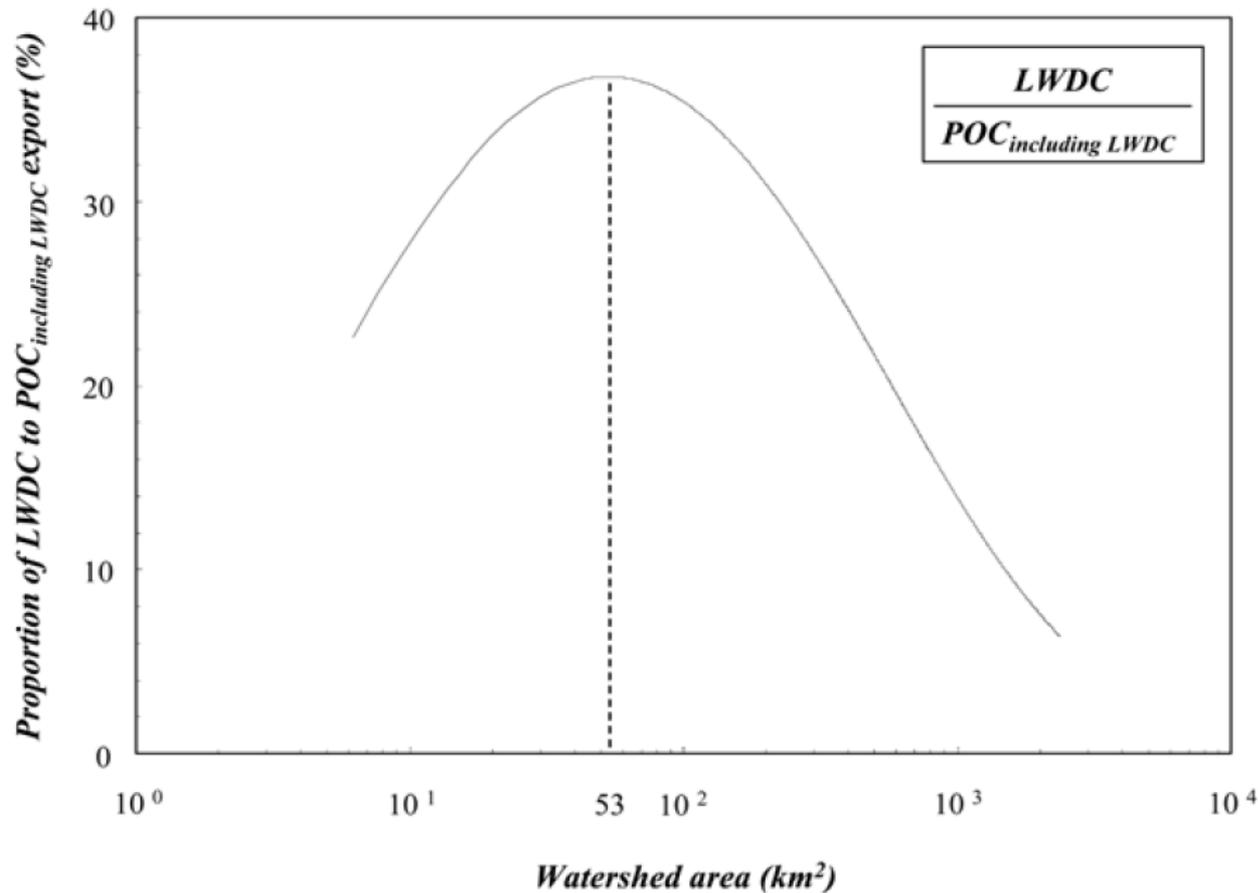
- ・有機物の供給機能.
- ・流況に影響を与え淵を形成することや水中カバーとなることから、魚類の生息量を増大させる.
- ・巨礫と同様に、トビケラ・ユスリカ等の蛹化・羽化・産卵場を提供する. 底生動物の多様性を高める.
- ・微生物群集の生息基盤を与え、有機物分解が促進される.
- ・懸濁態有機物の堆積を促進する.
- ・出水時の退避場を提供する.

流木(LWD)としての有機炭素流出



流域面積に対するTOC中のLWDCの割合(日本の131河川)

流木(LWD)としての有機炭素流出(2)



流域面積に対するPOC中のLWDCの割合(日本の131河川)

流木(LWD)としての有機炭素流出(3)

倒流木の分解速度:

樹木は高分子化合物であるセルロース, リグニンを多く含み腐食しにくい性質がある.

一般的な分解速度: 0.5-11mm/年

半減期: 100-200年

径2-5cmの枝の場合

半減期: 4-45年

径2cm以下の場合

半減期: 1-8年

流木に関する一般的知見

- ・流木の主要な発生原因
 - 1) 立木の流出・山腹崩壊, 河岸浸食など
 - 2) 過去の倒木の流出・河道内に堆積した倒木など
 - 3) 間伐材の流出・間伐材の放置によるものなど
 - 4) 用材の流出・製材所などからのもの
- ・河道を流下する際に, 切損により立木の1/2~1/3になる.
- ・針葉樹は比重が広葉樹より小さい.
 - 針葉樹:0.7-1.07(スギ・ヒノキ:0.7-0.8)
 - 広葉樹:0.93-1.22
- ・流出過程で種々の要因で捕捉される・橋梁, ダム, 河畔林, 水位低下後の河床, 流木捕捉工など

流木発生量の推定

算定基準点から上流の流域を対象として、次式で流木量 T を算出する。

$$T = t(T_1 + T_2 + T_3)$$

ここで、 t : 流出率, T_1 : 溪畔林の立木量, T_2 : 新しい斜面崩壊により見込まれる流木量, T_3 : 既崩壊地の倒木量.

t は砂防ダムなどの施設がある場合は0.5, ない場合は0.7程度.

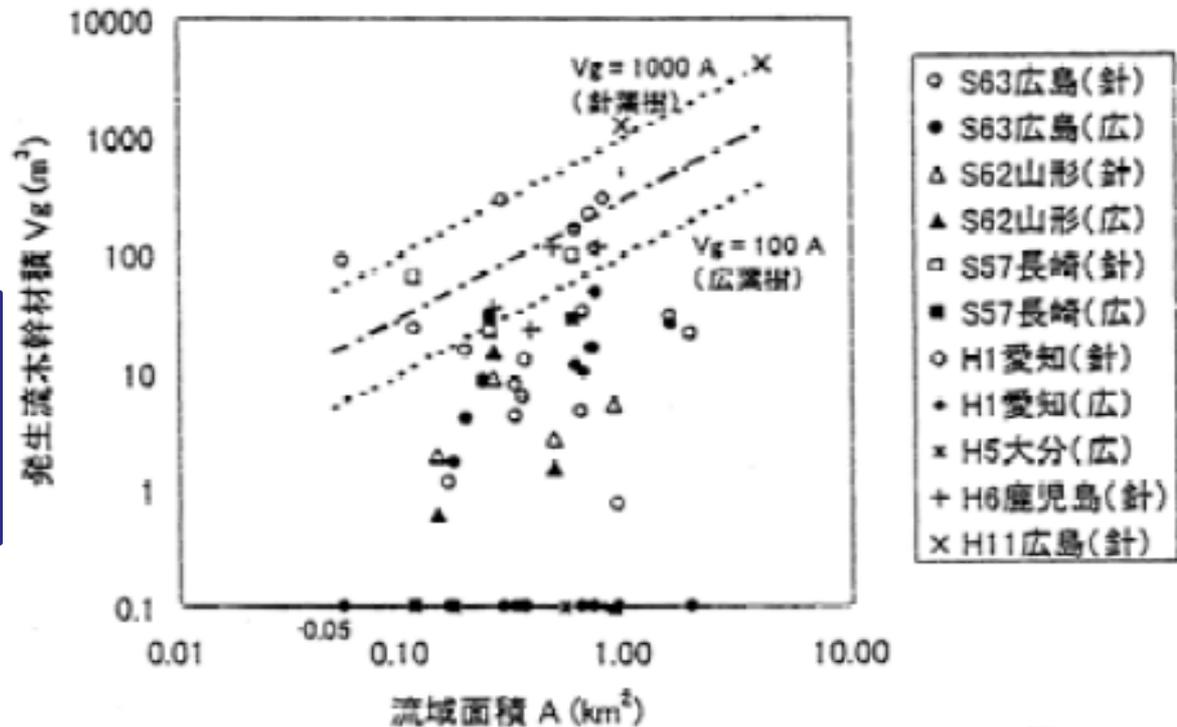
流木発生量の推定(2)

算定基準点から上流の流域面積から推定する方法.

$$T = \alpha A$$

ここで, α : 流出率(=100~1000. 平均500.), A : 流域面積(km²),

発生幹材積は針葉樹が広葉樹より大きい.

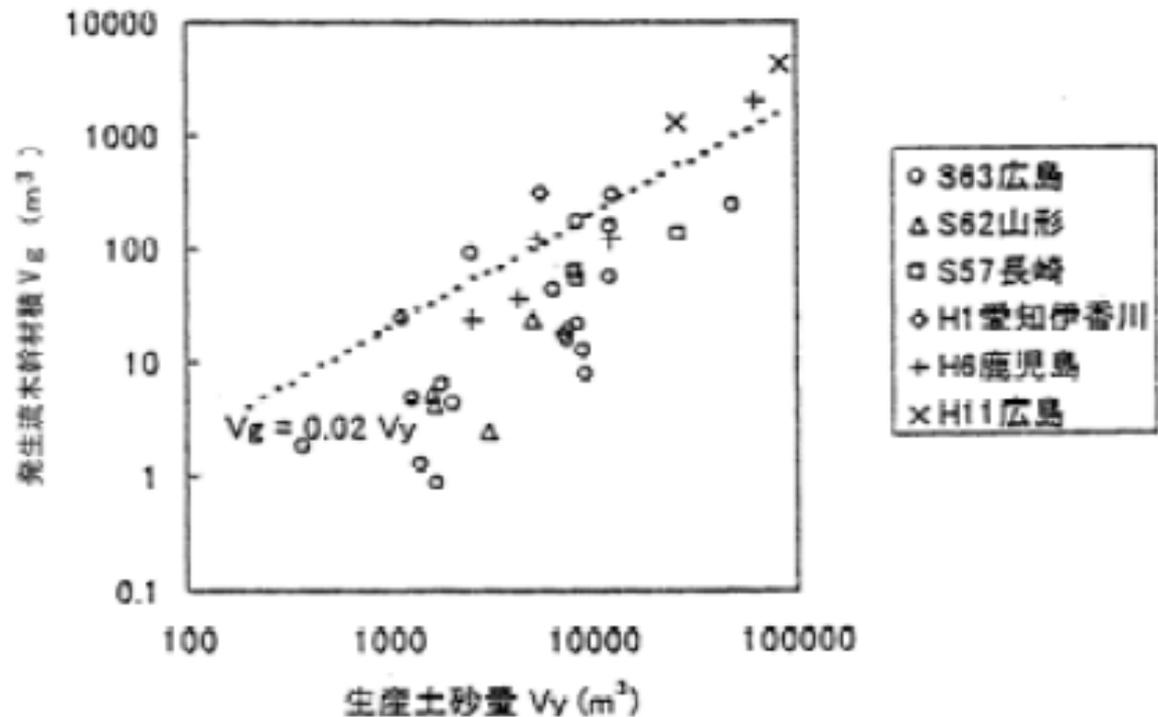


流木発生量の推定(3)

算定基準点の生産土砂量から推定する方法.

$$T = 0.02V$$

ここで, V : 土砂量(m^3),



2. 過去の出水における 流木の流出について

佐賀県，東与賀海岸

近年の水害等による流木発生事例

出水による流木流出

年月	降雨・水害規模	水系	流域面積	流木発生量	被害	備考
1993.9	台風13号	筑後川	2,860km ²	45,716m ³ (下釜ダム)		ダム集水面積: 185km ²
1998.8	5日間降雨1,200mm	那珂川 阿武隈川	3,270km ² 1,835km ²	ND	橋梁破壊	
2003.8	台風10号 ピーク流量6,400m ³ /s	沙流川 厚別川	1,345km ² 291km ²	50,000m ³ (二風谷ダム)	橋梁被害 (15箇所)	ダム集水面積: 1,215km ²
2005.9	台風14号 3日間降雨1,973mm	耳川 五ヶ瀬川	881km ² 1,820km ²	8,850m ³ (九州電力 6ダム計)	橋梁被害 海岸流出	
2006.8	前線性降雨 24時間降雨約300mm	沙流川	1,345km ²	20,000m ³ (二風谷ダム)		

流木の海岸漂着

年	降雨・水害規模	海岸	流木漂着量	備考
2001.	台風11,15号	駿河湾沿岸	57,000m ³	
2002.	台風6,7号	駿河湾沿岸	15,650m ³	

台湾における記録的台風による流木発生事例

年次	台風名(号, 中心気圧)	回収流木量
2001年	台風Toraji(8号, 960hPa) :	13,000t
2004年	台風Mindulle(7号, 940hPa):	68,000t
2005年	台風Haitang(5号, 920hPa):	16,000t
2009年	台風Morakot(8号, 945hPa):	1,030,000t

Doong, *et al.* (2011), *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1446-1454.

3. 平成24年7月九州北部豪雨に伴う 流木の流出について

大分県, 玉来川



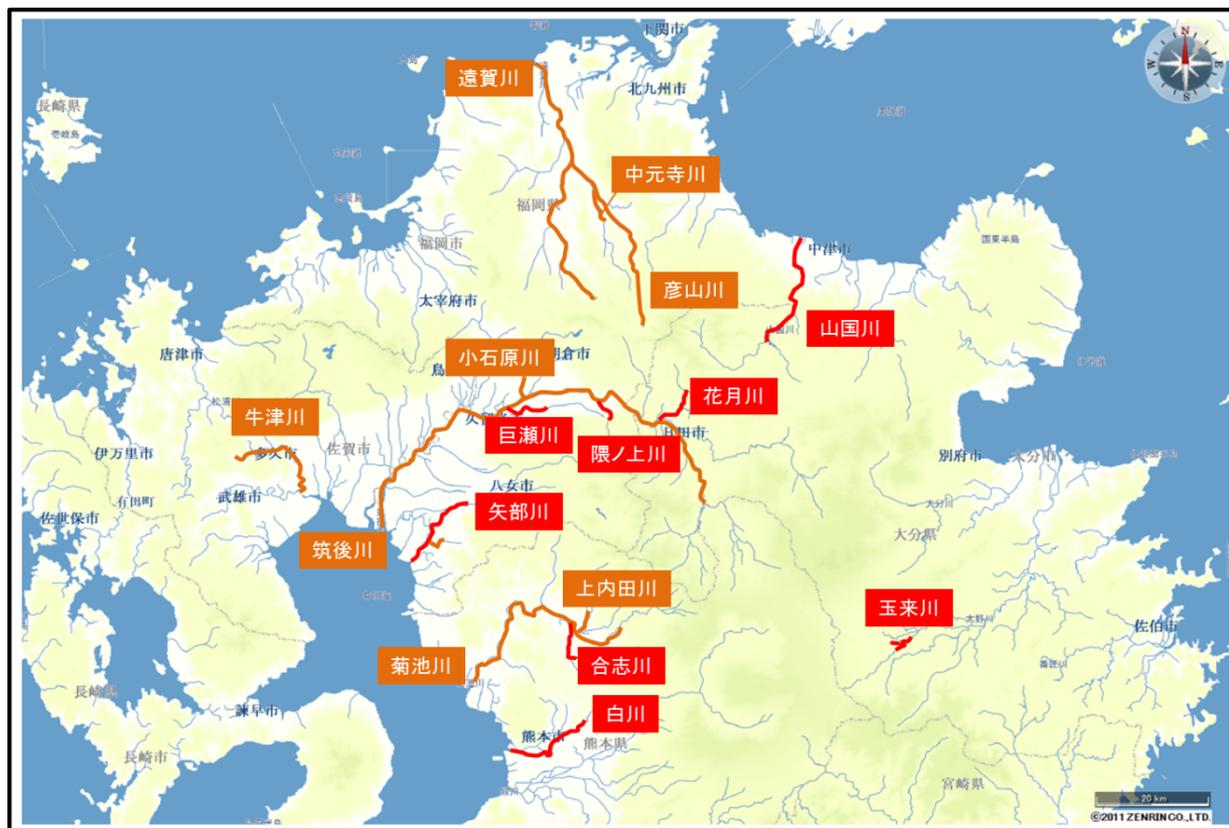
平成24年九州北部豪雨災害の特徴(1)

平成24年7月（7/3と7/11-14）に九州北部を2度にわたり襲った「**これまで経験したことのないような大雨**」と表現された豪雨は甚大な被害を熊本・大分・福岡・佐賀県域を中心にもたらした。

主な被災箇所は、**熊本県**：阿蘇周辺（土石流），白川・菊池川，**福岡県**：山国川，遠賀川，筑後川支川，矢部川（堤防決壊箇所と上流土砂災害），**大分県**：筑後川支川（花月川），大野川（玉来川），**佐賀県**：六角川（牛津川）などである。

平成24年九州北部豪雨災害の特徴(2)

■九州北部地域で同時多発的に既往最大規模の水害が発生した。



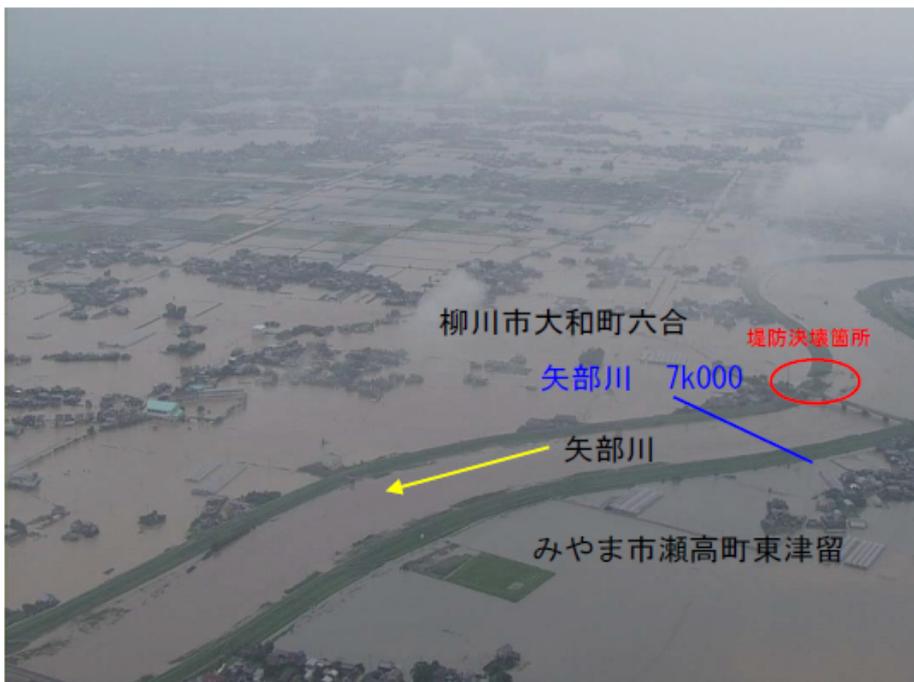
被害の出た河川（一級河川水系のみ。赤字は氾濫発生河川，茶色は氾濫危険水位を超えた河川）

河川水位の状況について～国交省水位観測値～

水位観測所 (水系・河川名)	日時	ピーク水位記録(それまでの 既往最高)	備考
片ノ瀬 (筑後川)	7月 3日 12:10	8.94m (8.71m)	観測史上最高
花月 (筑後川水系花月川)	7月 3日 9:30	4.16m (3.68m)	観測史上最高
上曾木 (山国川)	7月 3日 9:50	9.38m (8.10m)	観測史上最高
下唐原 (山国川)	7月 3日 10:40	7.46m (7.40m)	観測史上最高
妙見橋 (六角川水系牛津川)	7月13日 15:20	5.88m (6.04m)	観測史上2位
船小屋 (矢部川)	7月14日 9:00	9.76m (7.74m)	観測史上最高
花月 (筑後川水系花月川)	7月14日 7:30	4.37m (4.16m)	観測史上最高
日の出橋 (遠賀川)	7月14日 8:30	8.17m (8.06m)	観測史上最高
春日橋 (遠賀川水系中元寺川)	7月14日 8:30	4.97m (4.09m)	観測史上最高
安手橋 (矢部川水系飯江川)	7月14日 11:30	6.02m (4.60m)	観測史上最高
荒瀬 (筑後川)	7月14日 8:20	7.41m (6.97m)	観測史上最高
栄田橋 (筑後川水系小石原川)	7月14日 6:50	3.85m (3.84m)	観測史上最高
下唐原 (山国川)	7月14日 8:30	7.14m (7.46m)	観測史上2位

平成24年九州北部豪雨災害の特徴(3)

- 多数の堤防決壊が発生した: 矢部川(1箇所)・沖端川(2箇所)・花月川(2箇所)・黒川(2箇所)



やまとまち ろくごう
矢部川7k300付近柳川市大和町六合地先

平成24年九州北部豪雨災害の特徴(4)

- 10日間に2度の大規模洪水(既往最大規模洪水)の発生:

山国川・花月川・遠賀川

- ・・特に山国川と花月川では, 復旧直後に
2度目の洪水が発生

平成24年九州北部豪雨災害の特徴(5)

■ 多量の流木などによる流水障害の発生

合志川氾濫(菊池市泗水町福本付近)



菊池市泗水町福本付近 ふれあい橋落橋
撮影日時 20120713

大野川水系玉来川(竹田市)



大野川水系玉来川(竹田市)



・ショートカット部に架かる橋梁に多量の流木が集積

筑後川水系高瀬川



河岸際まで杉が繁茂しており，河岸浸食により流木化したと考えられる。

筑後川水系高瀬川



流木が多量に引っ掛かり、橋桁が落下した。

矢部川水系星野川

②宮ヶ原橋(4連眼鏡橋)



出水時福岡県撮影



2012/10/16撮影

古い石橋において、流木により桁が破壊された。桁下が水位の上昇に伴い狭まる構造になっており、流木の捕捉が促進される。

白川被災(流木) 龍田陣内4丁目 (河口間距離20.0km~21.4km)



流木による家屋全壊

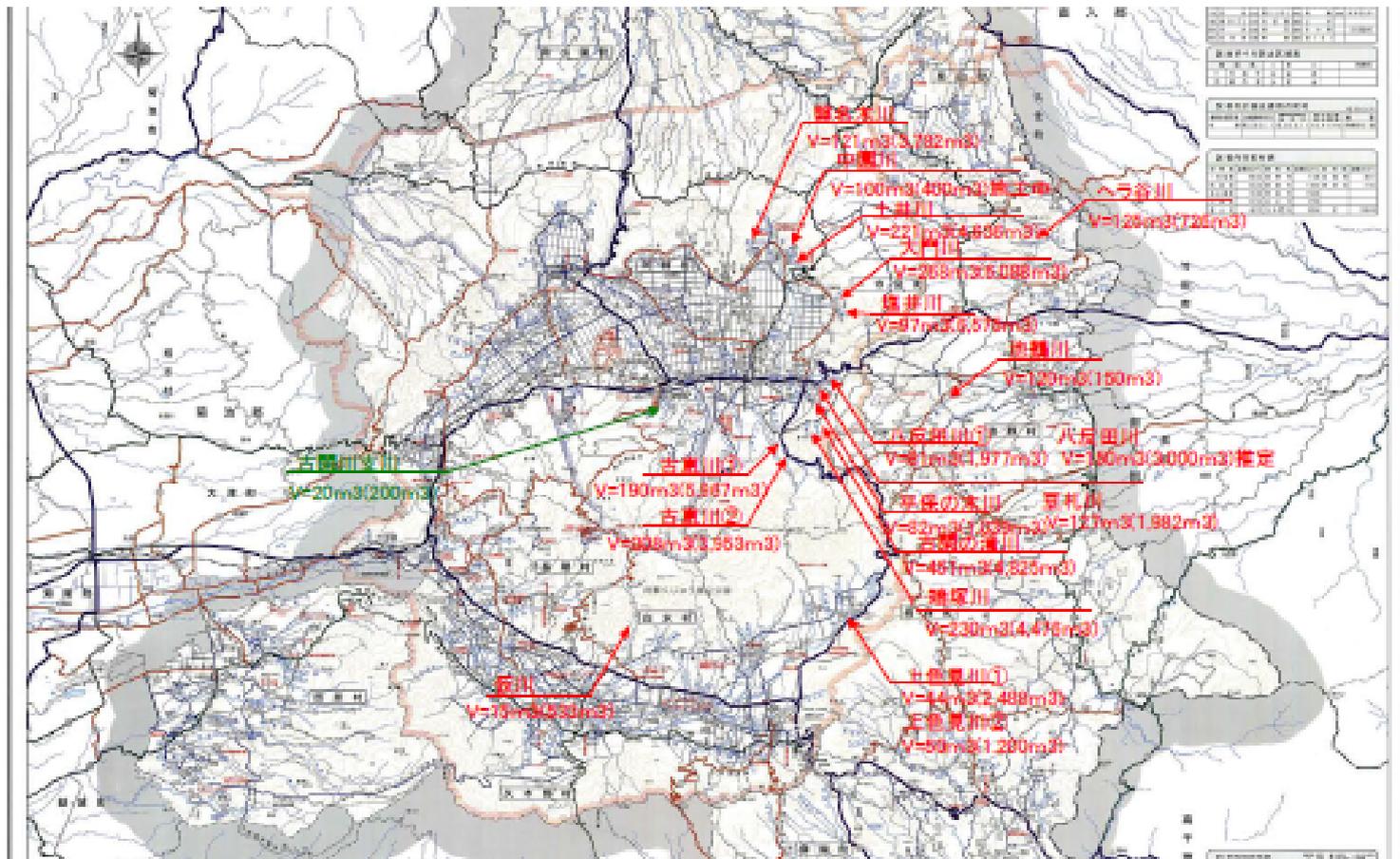


流木による家屋全壊



流木による家屋全壊

今回の水害による流木発生量： 阿蘇黒川流域の例



白川・黒川流域の砂防ダムにおける流木捕捉状況
 総捕捉量: 約3,000m³ (熊本県データより)

今回の水害により発生した流木の特性： 星野川(矢部川支川)流域の例



流木被害の調査箇所[橋本晴行九大教授の調査より]

流木長さは、小野で7m, 山内で4m程度と流下に伴い減少していた。

今回の水害により発生した流木の特性： 矢部川流域の例

浸水戸数：約1,870戸（車庫、倉庫除く）
 床上浸水：約704戸
 床下浸水：1,166戸
 浸水区域面積：約2,579ha

平成24年8月2日現在 速報値



中ノ島公園の水害防備林(クスノキ)に流木が多数捕捉された。
 流木長さは5m程度と上流の星野川山内より大きかった。

※1) 浸水被害は国土交通省による調査結果です。
 ※2) 浸水被害には内水による浸水が含まれています。
 ※3) 速報値のため、今後の調査結果により変わることがあります。

堤防決壊箇所 ×
 浸水区域
 矢部川：1カ所
 沖ノ端川：2カ所（福岡県管理区間）

九地整資料より

流木被害の調査箇所[橋本晴行九大教授の調査より]

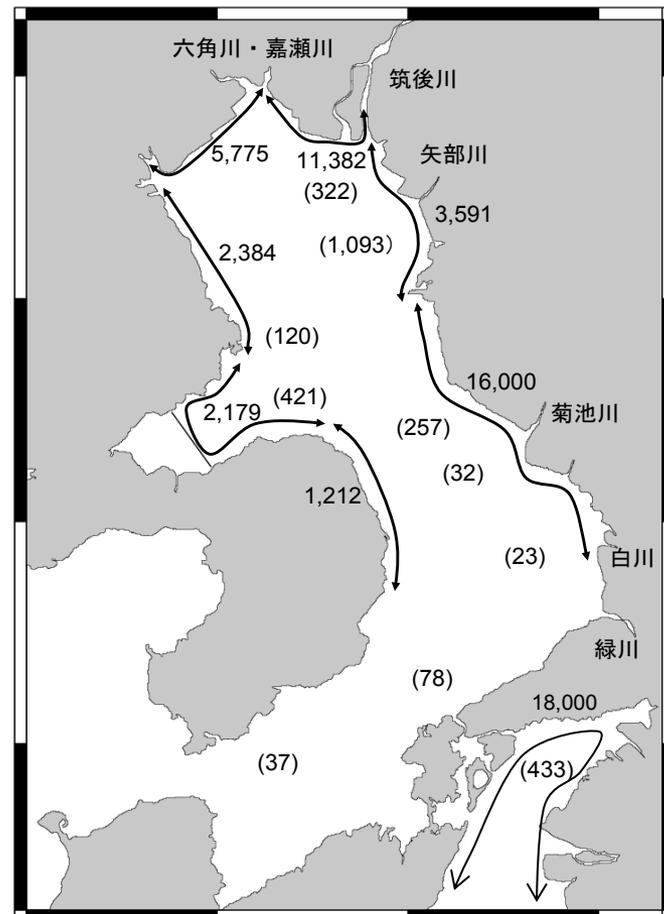
今回の水害により海域へ流出した流木量

県別の漂着物量(m³)[流木以外の災害ゴミを含む]

福岡県	熊本県	佐賀県	長崎県	大分県
4,684	34,000	19,541	3,391	7,860



佐賀県東与賀海岸の漂着(2012/7/31)



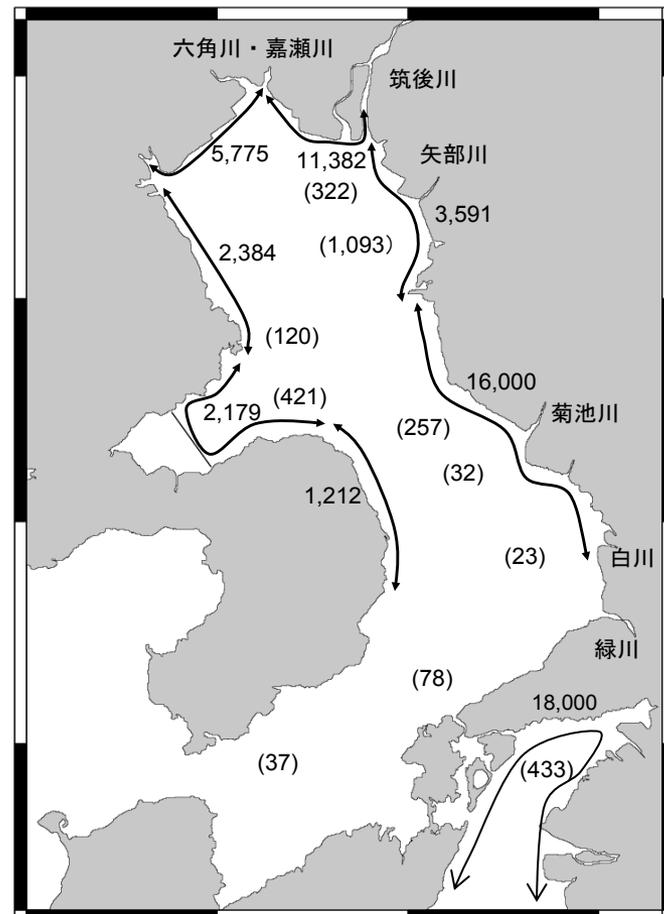
有明海における海岸漂着物の分布(m³)
[8/31まで. ()内は海上での回収量]

今回の水害により海域へ流出した流木量(2)

漂流物の内訳(m³)[その他は流木以外]

	流木	その他	合計	流木の割合
有明海	513.1	778.6	1291.6	39.7%
八代海	58.8	374.5	433.4	13.6%
全体	571.9	1153.1	1725.0	33.2%

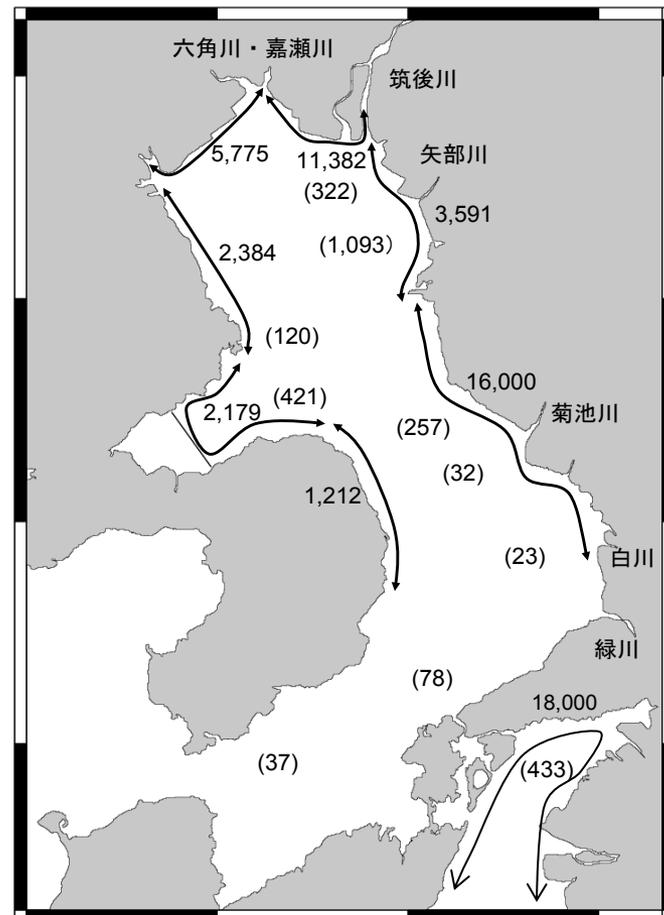
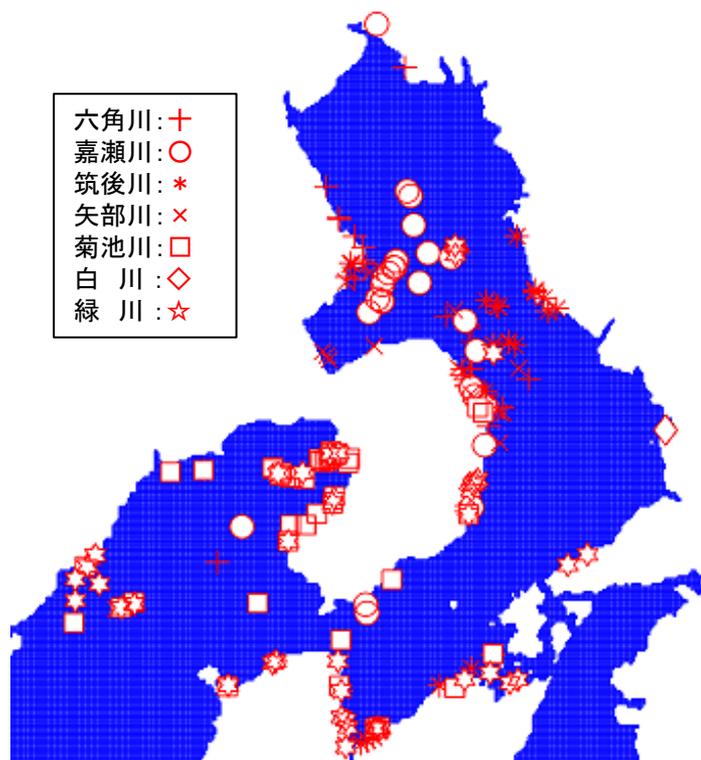
漂着物量についても4割が流木と仮定すれば、流出流木量は約**24,800m³**と推定される。
(有明海だけでは、約17,500m³)



有明海における海岸漂着物の分布(m³)
[8/31まで. ()内は海上での回収量]

今回の水害により海域へ流出した流木量(3)

drogue track: <multiple>
22-Jul-2012 00:00:00



流木漂流シミュレーション結果の一例
(一級河川から毎時放出した条件で7/22の状況)

有明海における海岸漂着物の分布(m³)
[8/31まで. ()内は海上での回収量]

4. まとめと今後の課題



熊本県, 黒川(一の宮多目的貯木池)

まとめ:

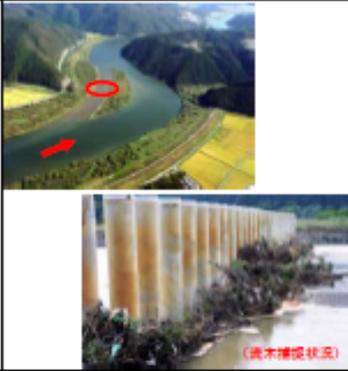
- 平成24年7月の九州北部豪雨における流木の発生状況について報告した.
- 過去の事例と比較しても、今回の出水に伴う流木流出量は大規模であった.
- 流木災害が多数発生したことは明らかであるが、環境面への影響は調査が行われていないため不明である.

今後の課題:

- 流域圏単位での流木発生ポテンシャルやリスクの評価法の確立が必要では？
- それらに基づく河川計画・道路計画・都市計画が必要では？
- 河川へ倒木を置く河川環境再生には、注意が必要では？

流木捕捉工の事例

表 2.1-12 河道内の流木捕捉施設の概要

施設名	黒川流木捕捉施設	関川流木捕捉施設	北上川山田流木捕捉施設	砂鉄川流木捕捉施設	真室川流木(ゴミ)捕捉施設
概要図					
集積実績	—	—	・H14.7 洪水では水位が捕捉工天端を上回ったため、捕捉効果が低減 ・流木捕捉率向上を目的に杭の高さは変えずに、H型配置に変更予定	・H14.7 洪水では大木で枝付き・根付きはなし。枝、丸太、墨芥が多い。	—
河川名	一級河川白川水系黒川(熊本県阿蘇郡)	一級河川関川(新潟県)	一級河川北上川(宮城県石巻市)	一級河川北上川水系砂鉄川(岩手県)	一級河川豊上川水系真室川(山形県)
担当	熊本県一宮土木事務所	新潟県上越土木事務所	国土交通省北上川下流河川事務所	国土交通省岩手河川国道事務所	国土交通省新庄河川事務所
設置時期	H2.7の流木被害を契機に、平成7年設置	H7.7流木による供用被災を契機に、平成11年設置	H11の流木被害を契機に、平成12年設置	H14.7の流木被害を契機に、平成15年設置	河川環境向上を目指して、平成16年設置
捕捉概要	上流の砂防区域で捕捉できず、流下してきた流木を河川に隣接して設置した多目的貯木地内のスリットにて捕捉。平常時貯水池に水が入らないため、ピクニックや運動広場として利用できる。	2年確率程度の流量までは下流へ流出させ、それ以上の洪水時に流木を捕捉する形状を基本。河道法線変更して湾曲外岸部に設置	自然流下してきた流木を高水敷を掘削して設けた貯木用水路内の捕捉パイルにて捕捉。湾曲内岸部に設置	低水路河床の80%の木製パイルスクリーンを造り流木等を捕捉。湾曲外岸直下流に設置	低水路河岸に幅6m、長さ21mの梁型式の捕捉装置をつくりゴミ等を捕捉。ほぼ直線河道部に設置
捕捉型式	パイルスクリーン	D型スリット 杭：φ40cm 横@2.0m 高さ4.0m	パイルスクリーン(コンクリート製) 杭：φ60cm 横@1.3m 高さ3.0m 流木捕捉率は20%	パイルスクリーン(木製) 杭：φ18cm 横@1.5m 縦@3.0m 流木捕捉率は20%	梁橋方式(木製)
その他	黒川26.2km 勾配：約1/120	関川31.5k 勾配：約1/40 川幅：40m(貯木地幅≒川幅) 低水路幅：40m	北上川21.0k 勾配：約1/10,000 川幅：600m、低水路幅：250m 捕捉幅：約70m	北上川68.4k右支川、北上川合流点から3.1k地点 勾配：約1/1,000、川幅：250m、低水路幅：22m、捕捉幅：16m	豊上川50k右支川鮭川の20k合流点から1.8k地点 勾配：約1/350、川幅：130m、低水路幅：80m、捕捉幅：6m

参考：(財)河川環境管理財団資料

河道内での流木捕捉工の実例

今次水害における黒川流木捕捉施設の実績



2013/7撮影

黒川 一の宮多目的貯木池
出水前状況写真



出水後写真



H7年建設後，初めて機能した。

参考文献

[水害と流木の関係に関して]

- ・小松(監修)(2009): 流木と災害, 技報堂出版.
- ・*林野庁(2012): 土石流・流木対策の手引き
- ・*林野庁(2007): ダム貯水池における流木流入災害の防止対策検討調査報告書
- ・*牧ら(2007): 全国のダム流木発生量調査, 土木学会論文集G, 63(1), 22-29.
- ・*田中ら(2008): 全国主要河川の流木発生量と河川・流域特性に関する研究, 水工学論文集, 52, 667-672.

[流木の生態学的機能について]

- ・川那部・水野(監修)(2013): 河川生態学, 講談社.
- ・*吉村ら(2006): 河川生態系を支える多様な粒状有機物, 応用生態工学, 9(1), 85-101.

[平成24年7月九州北部豪雨について]

- ・*土木学会九州北部豪雨災害調査団(2013): 平成24年7月九州北部豪雨災害調査団報告書.

*はWEBでダウンロード可能です.