

出水に伴い発生した流木の影響

EFFECTS OF DRIFTWOOD GENERATED BY FLOODING

鈴木優一¹・渡邊康玄²

Yuichi SUZUKI and Yasuharu WATANABE

¹正会員 国土交通省 北海道開発局 石狩川開発建設部 江別河川事務所 (〒067-0074 江別市高砂町5)²正会員 工博(独) 北海道開発土木研究所 河川研究室 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

Typhoon №10 developed on August 3, 2003, and later struck the Iburi and Hidaka districts of Hokkaido. At that time, a stationary front was in the region. The typhoon brought record rainfall. On the Saru River, which runs through the region, the water level exceeded the design high water level. In the Saru River Basin, large-scale flooding generated great amounts of driftwood. Immediately after the flood, we launched surveys on driftwood that exceeded a specified length and diameter beached in the channel of the Saru River. On-site surveys on species, volume, and other factors of such driftwood were performed, and the driftwood origins were also surveyed. The survey showed that the volume of driftwood beached in the river channel was approximately 8600m³, of which 44% originated in the mountains. The volume of driftwood originating in riparian forest was estimated to be 280m³, most of it from the floodplain along the inner bank of the curved section.

Key Words : channel vegetation, driftwood, flood, riparian trees, the Saru River

1. はじめに

沙流川は、北海道胆振地方の東端に位置し、日高山脈に源を発し南西に流下して太平洋に注ぐ、流域面積1,345km²、流路延長104kmの一級河川である。流域の概要を図-1に示す。

2003年8月3日に発生した台風10号が、北海道に停滞していた寒冷前線を刺激したため、日高、胆振地方では非常に強い降雨となり、沙流川流域では流域平均総降雨量が約320mmになる等記録的な豪雨となった¹⁾。このため、沙流川では計画高水位を超過する大洪水となり、河口から21.4kmに位置する二風谷ダムでもダム流入量がダム設計洪水流量(6,200m³/s)を上回る約6,350m³/sに達した¹⁾。

この大洪水で沙流川流域では大量の流木が発生し、二風谷ダムでは、1年間にダムで処理される流木の50年分に相当する約5万m³の流木が洪水後貯水池内に滞留していた²⁾。さらに、河道内や橋梁の橋脚等にも流木が大量に堆積し、沙流川の支川では、橋桁の一部が流失した橋梁や橋脚と橋桁が下流側に傾斜する等の橋梁の被害が発生した。橋梁の被害状況の一例を図-2に示す。また、沙流川水系各支川において被災した橋梁を表-1に示す。これらの橋梁は、いずれも二風谷ダムから上流域で降雨量の多かったところや山地域からの流木流出が激しかったところに位置している。一方、二風谷ダムから下流で

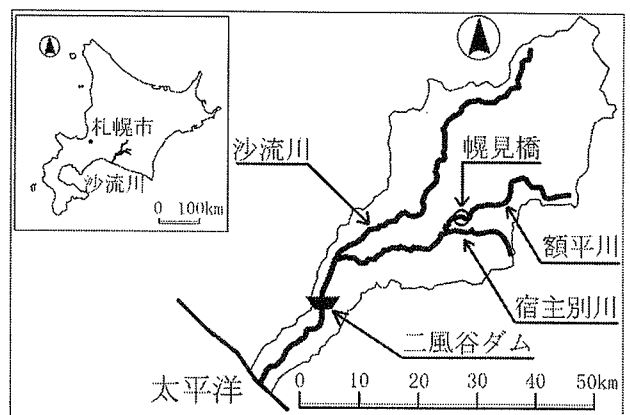
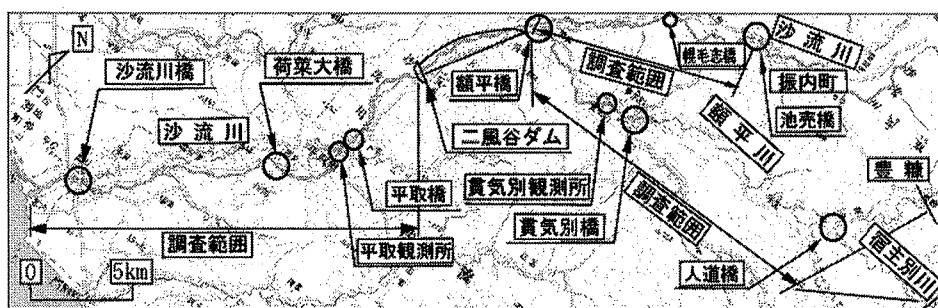


図-1 沙流川概要図



図-2 幌見橋の被害状況



図一 3 沙流川調査位置図

表一 1 橋梁被害狀況一覽表

橋梁名	河川名	被災位置	被害状況
帆見橋	額平川	平取町字豊糠	橋梁流失 L=55m 道路 L=170m
アブシ トエナイ橋	額平川	平取町字貫気別	橋梁2/4流失 L=64m
栄進橋	貫気別川	平取町字旭	橋梁右岸橋台沈下 橋梁護岸
旭栄進橋	貫気別川支流	平取町字旭	橋梁護岸(左右岸)
モイワ橋	モイワ川	平取町字旭	橋梁護岸(左岸)
仁世字1号橋	ニセウ川	平取町字岩知志	橋台洗掘 護岸工
平和橋	汐渕1支川	平取町字岩知志	橋梁護岸(左岸)
仁世字橋	ニセウ川	平取町字岩知志	橋梁護岸(左岸)
長知内1号橋	オサツナイ沢川	平取町字長知内	橋台洗掘 護岸工(左岸)
上流小橋	岡春部川	日高町字富岡	橋台基礎部洗掘
一号の沢橋	一号の沢川	日高町字富岡	橋台・橋脚基礎部洗掘
貫気別橋	額平川	平取町字貫気別	歩道橋橋脚斜
上貫気別橋	貫気別川	平取町字旭	橋台背面の流失
宿主別橋	宿主別川	平取町字芽生	橋脚傾斜
芽生橋	モシシベツ川	平取町字芽生	橋台背面の流失

3. 現地調査結果

調査結果を示す前に、文中で用いる用語を説明する。

河畔性樹種は、ヤギノ類、ヤマハシキ、ナグミ等の河道内の河畔林に多く生育していると思われる樹木とし、山地性樹種は上記以外のイカリガシ、ルニシ等の広葉樹とエビマツ、トドマツ等全ての針葉樹で、主に山地林として多く生育していると思われる樹木とした。この樹種区分は、今回の沙流川での調査範囲で、過去における調査結果の一般的な分布傾向として区分したものであり、山地林に河畔性樹種が存在しない、あるいは河畔林に山地性樹種が存在しないという意味ではない。

また、流木化の時期で、新規流木は今回の洪水で河畔林もしくは山地林が折れたり、根ごと倒れて流出し流木化したものとし、現地調査時に心材(樹木の断面である木口の中心付近に近い部分)と辺材(木口の樹皮に近い部分)の区別が付きやすい、樹皮が新しい及び折れ跡や傷が新しい等と確認されたものとした。再移動流木は、今回の洪水以前に山腹や河道内で倒伏していたものや流木化していたもの、さらに、既に伐採されていたものが今回の洪水で流され移動し、堆積したものとした。再移動流木は、現地で心材と辺材の区別が付きにくい、幹肌(樹木の樹皮を剥いだ表面)が腐朽しているものとした。

は橋梁の被災は無く、計画高水位からの余裕高(計画高水位から橋桁下面までの空間)の違いもあるが、二風谷ダムが流木を大量に捕捉した結果によるものと考えられる。沙流川流域では1992年に発生した洪水で流木が大量に発生しているが、この洪水では流木の影響で橋梁が流失するような被害は発生していない³⁾。

(1) 河畔林の流木発生源と発生量

現地調査から得られた流木発生形態としては、①河畔林が折れたり、根系ごと倒れまたは引き抜かれて流木化したもの、②土壌ごと河畔林がまとまって流出したもの、の二つに分けられた。①の形態(図-4参照)は、湾曲部の内岸側で洪水流が高水敷に乗り上げた箇所で見られ、数カ所確認された。一方②の形態(図-5参照)は、湾曲部等で洪水流が河岸を侵食した箇所、各所で確認された。河口から二風谷ダム下流までの21.4kmの区間について、河畔林の流木発生源と発生量を図-6と表-2に示す。河畔林の流木発生源においてはそのほとんどが土壌ごと流出した形態②であったため、現地調査時での流出範囲の確定が困難であった。このため洪水前後に撮影された航空写真(洪水前:1999年9月撮影,洪水後2004年9月1日撮影)を参考として河畔林の流出面積の確定を行った。また、発生量の算定は、調査区間全てについて直接材積を把握することは莫大な時間と労力を必要とすることからここでは、踏査によって代表すると判断された河口から14.5km付近の右岸側に残存していた高水敷の河畔林(主にヤギノ類)1,968本(対象面積13,200㎡)について、樹高や樹径等を測定する樹木調査を行い、それから求めた全材積55.2㎡を用い材積密度0.042㎡/10㎡を算出し、発生場所ごとの流出面積に乗じて全発生量とした。これらの図表から、形態②の低水路沿いの河畔林が発生源となったものが80%以上を占めているが、発生材積量は全体でも280㎡程度であった。

なお、河口から二風谷ダム下流までの区間について、洪水前の航空写真から高水敷上の河畔林面積を求め、材積密度0.042㎡/10㎡を用いて河畔林面積124.4haから全材積を算出すると約5,230㎡(発生量含む)となり、発生量の占める割合は河畔林全体のわずか5%程度であった。

(2) 全流木の堆積状況

a) 流木堆積量

調査範囲内の長さ1.8m以上末口10cm以上の全流木の調査結果に基づく流木堆積材積量を表-3に、また、1km²あたりに換算した堆積量を表-3と図-7に示す。なお、堆積状況の傾向を把握するため、調査範囲を10区間に分け(図-2参照)、材積(流木自体の体積)を堆積量とした。今回の洪水で、調査範囲内には材積約8,600㎡の流木が堆積していた。上記の図表から、上流側になるに従い堆積量が増える傾向であることが分かる。なお、平取橋～二風谷ダム間で堆積量が多くなっているのは、ダム直下に大きな中州があり、その中州における堆積量が材積約1,000㎡であったためである。

b) 流木の堆積場所

河口から二風谷ダム下流までの区間について、流木の堆積場所の割合を示したものを図-8に示す。この図には、流木の85%が倒伏した河畔林と河畔林内で捕捉され

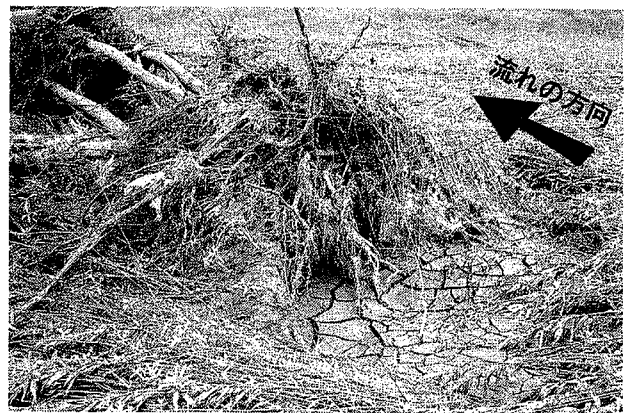


図-4 流木発生源の形態①



図-5 流木発生源の形態②

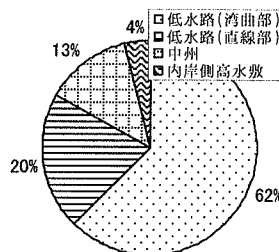


図-6 流木発生源

表-2 流木発生量

発生場所	発生量(㎡)
低水路(湾曲部)	176.1
低水路(直線部)	57.7
中州	36.8
内岸側高水敷	11.2
計	281.8

表-3 流木堆積量一覧表

区分	区間	堆積量 m ³	区間長 km	区間面積 km ²	m ³ /km ²
二風谷ダム下流	河口～沙流川橋	100.0	2.8	1.10	90.9
	沙流川橋～荷葉大橋	938.1	9.6	2.40	390.9
	荷葉大橋～平取橋	588.5	4.8	1.21	486.4
	平取橋～二風谷ダム	1,793.6	4.2	0.72	2,491.1
二風谷ダム上流	ダム上流端～幌毛志橋	569.1	6.4	1.26	451.7
	幌毛志橋～池光橋	407.4	5.5	1.50	271.6
額平川	額平橋～貫気別橋	562.1	7.1	1.01	556.5
	貫気別橋～人道橋	1,514.3	15.1	1.66	912.2
	人道橋～豊線	927.1	6.9	0.68	1,363.4
宿主別川	宿主別川	1,196.5	5.6	0.42	2,848.8
合計(m ³ /km ² は平均)		8,596.7	68.0	11.96	718.8

ていたことが現されており、河畔林の重要な役割の一端が示されている。

c) 樹種の割合

各区間別の樹種の割合を示したのが図-9である。こ

の図には、二風谷ダム貯水池から引き上げられた流木の一部分について、ダム管理所が流木調査を行った結果も記載してある。

河畔性樹種の割合は、二風谷ダムから上流では10～20%の割合であるが、下流ではその割合が増えている。これは、樹種不明の割合が減少していることもあるが、下流になるに従い高水敷上の河畔林が増え、そこから流出した河畔性樹種の影響によるものと考えられる。山地性樹種の割合は、二風谷ダムと宿主別川で60%程度となっているが、それ以外の区間では40%程度で同じ割合である。

d) 流木化の時期

流木化の時期の割合を示したのが図-10である。この図から今回の洪水で新たに流木化した割合は、ほとんどの区間で50～60%となっているが、河口付近ではその割合が70%程度と上昇しており、これも高水敷から流出した河畔林の影響を表している。再移動流木の割合は、幌毛志橋～池売橋間を除きどの区間も40%程度である。幌毛志橋～池売橋間で再移動流木の割合が約60%と高い理由は、現地の地形の状況も他の区間と変わらず不明である。

(3) 河畔性及び山地性樹種の堆積状況

河畔性樹種の代表としてヤギ類(ヱリカヤギ、ネヤギ等)を、山地性樹種の代表として針葉樹(エゾマツ、トドマツ等)の堆積状況を見てみる。

ヤギ類は、上述した様に主に河道内で多く生育している樹木である。一方針葉樹は、沙流川では中流域から上流域にかけて広く生育しているが(図-14参照)、河道内での過去の調査^{5,6)}では確認されていない樹種である。

a) 堆積割合

全堆積材積量約8,600m³に対しヤギ類は材積約760m³、針葉樹は材積約1,550m³を占めていた。それを各区間に占める割合で見たのが図-11である。

ヤギ類の堆積割合は、図-9の河畔性樹種の堆積状況とほぼ同じ傾向を示しており、河口付近での割合は25%と高くなっており、これも高水敷から河畔林が流出した影響を表している。針葉樹は河口付近でその占める割合がヤギ類より少なくなっているが、その他の区間ではヤギ類の割合と等しいか倍近くになっており、山地域から樹木が流出していることを表している。

b) 流木化の時期

流木化の時期で新規流木のみ(残りの割合は全て再移動流木)各区間での割合を示したのが図-12である。この図からヤギ類、針葉樹とも新規流木の割合が高いことが分かる。しかし、下流になるに従い新規流木の割合が高くなる、あるいは特定の区間で新規流木の割合が高いといった特定の傾向は見られない。ただし、幌毛志橋～池売橋の区間でヤギ類、針葉樹ともに新規流木の割合が60%程度と他の区間に比べ低い値となっている。

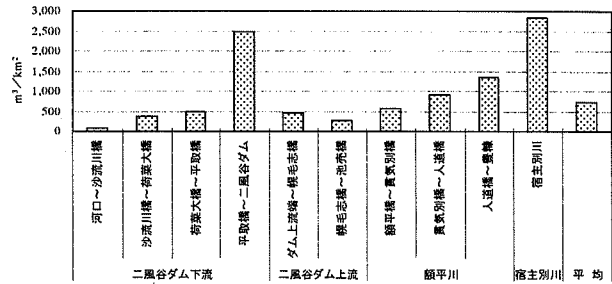


図-7 各区間の流木堆積量

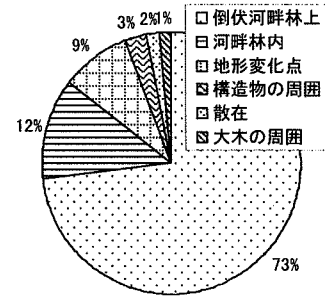


図-8 流木の堆積場所

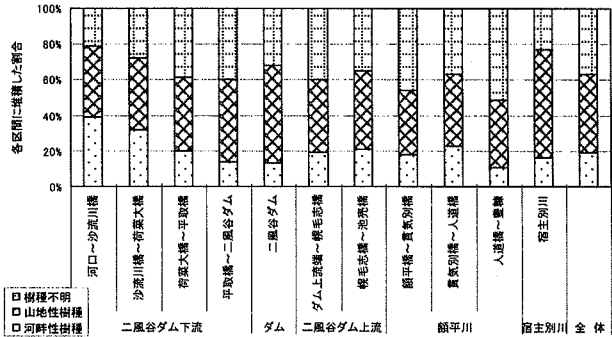


図-9 各区間の樹種の割合

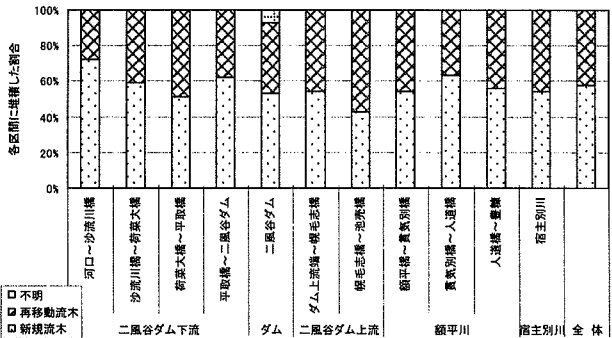


図-10 各区間での流木化の時期

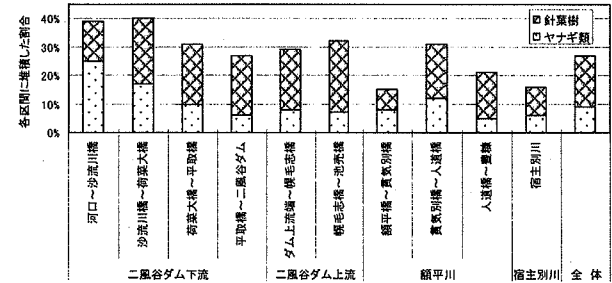


図-11 各区間でのヤギ類と針葉樹の割合

c) 樹径の割合

流木の樹径の大きさを見たのが図-13である。この図は、区間を沙流川は二風谷ダムの下流と上流に分け、額

平川と宿主別川はそれぞれ1区間として計4区間としている。また、樹径区分は10cm単位で4区分とし、この4区分の割合を合計すると100%となる。図中で、10cm以下の区分があるのは、調査対象とした流木の長さ1.8mで末口10cmの材積は0.014m³となり、これ以上の材積の流木、例えば径が5cmで長さが4mのものは調査対象としたため、樹径が10cm以下の流木も含まれているためである。この図から、ヤギ類は10cm以下のものが20%程度、11~20cmのものは50%程度を占めているが、樹径が大きくなるとその割合は低下している。このことは樹径が細いものが多いことを表している。一方針葉樹では、10cm以下のものを除き他の3区分の割合は20~40%となっている。人工林がまとまって堆積していれば、特定の大きさの割合が特出すると考えられるが、針葉樹の樹径の割合の傾向は、樹径の小さいものから大きいものまでほぼ均一に堆積していたことを示しており、天然林が多く堆積していたものと推定される。なお、ヤギ類、針葉樹とも区間の違いによる大きな差異は見られない。

4. 流木の流出過程

上述した河畔林の流木発生源や全流木とヤギ類、針葉樹の堆積状況から、山地林と河畔林が流木として流出した過程を以下に考察する。

(1)山地林の流出

今回の降雨による額平川の崩壊地について村上ら⁷⁾の研究によれば、崩壊地の分布は総降雨量300mm以上の範囲に集中していた傾向となっており、また、溪流まで達する崩壊地が全崩壊地面積の約3割を占めていたことが洪水直後に撮影された航空写真等から確認されている。

図-14に北海道(日高・十勝支庁)植生図⁸⁾から作成した沙流川流域の植生図に、今回の総降雨量の等雨量線¹⁾を重ねた図を示す。この図から、沙流川流域での総降雨量300mm以上の地域は、沙流川の中流域から上流域と額平川の全域にかけて分布しており、降雨の多かった地域に、エゾマツ・トドマツの天然林や人工林が広く分布していることが分かる。一方、エゾマツ・トドマツの北海道地方での一般的な樹齢は、エゾマツが樹径約10cmで40年、30cmで90~95年、トドマツが樹径10~30cmで20~60年とされている⁹⁾。この樹径と樹齢の関係や図-13の樹径の割合から、流木として堆積していた針葉樹の樹齢は数十年と推定される。

以上から山地林の流出は、以下のように推定される。激しい降雨に伴い山腹斜面で崩壊が発生し、溪流付近で溪流に流れ込むように発生した斜面崩壊では、針葉樹や広葉樹の主に天然林や人工林が土壌ごと流出すると共にその一部が溪流に達した。溪流では水位の上昇により、溪流沿いに既に堆積していた流木と斜面崩壊により流出した流木を合わせ下流の河川へと流出した。しかし、一部の流木は溪流沿いの立木等に流下を阻まれ堆積した。

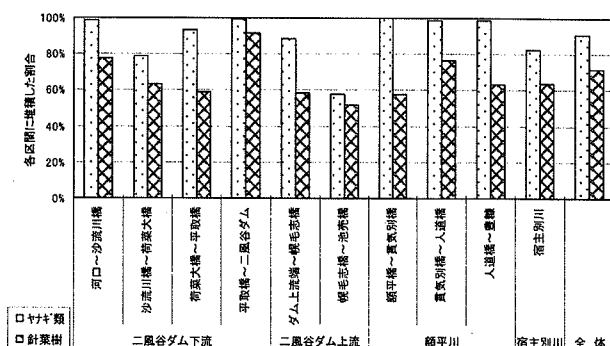


図-12 ヤナギ類と針葉樹の新規流木の割合

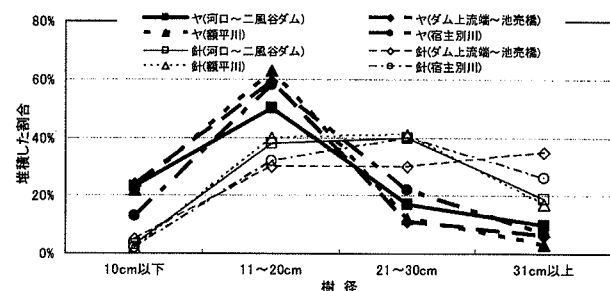


図-13 ヤナギ類と針葉樹の樹径の割合

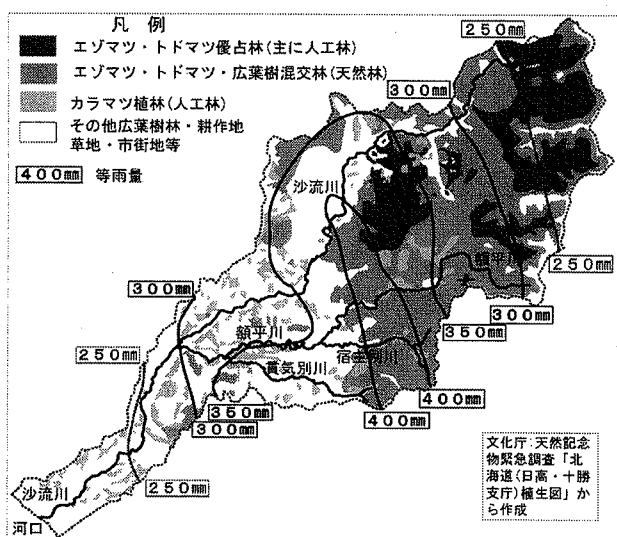


図-14 沙流川流域の植生と雨量の関係

(2)河畔林の流出

今回の現地調査では、残存した河畔林の引き倒し試験も実施しており、引き倒されたヤギの樹齢を測定すると、樹径が15cm程度までのものは1年に1cm程度成長しているのが確認されている。

今回の洪水に匹敵する洪水としては、上述した12年前に発生した1992年洪水があり、流木が海域まで大量に流出している³⁾。これらの洪水位の状態を見たものが図-15である。この図には、沙流川の河口から15.6kmに位置する平取観測所と沙流川との合流点から5.6kmに位置する額平川の貫気別観測所(図-1参照)の観測開始から2004年までの年最高水位の経年変化とそれぞれの観測所地点での平均的な高水敷の高さも合わせて示してある。

図に示されるとおり、高水敷高を上回る洪水としては、両観測所とも5～6回あるが、今回の洪水水位が既往第一位であり、1992年の洪水水位がこれに続く水位となっている。

ヤギの成長速度や樹径の割合、流木化の時期等から推定すると、今回の洪水で流出したヤギ類の多くは、1992年の洪水後に生育したものが今回新たに流出したものと推定される。

河畔林の流出は、次のように推定される。河道での水位の上昇に伴い低水路河岸の河畔林で倒伏が発生し、さらに、水位が上昇すると高水敷上の河畔林も倒伏し始める。洪水流の影響を強く受ける湾曲部の低水路沿いの河岸では、土壌ごと河畔林が流出し、また、洪水流が乗り上げた内岸側の高水敷でも、倒伏して折れたり根ごと倒れた河畔林が流出し、上流から流下してきた流木と共に下流へと流下した。

(3) 流木の流出過程

山地林と河畔林の流出過程を踏まえ、流木の流出過程を以下のように推定する。

降雨の増加とそれに伴う河川水位の上昇で山地域では斜面崩壊が発生し山地林が流出する。同時に、河道内では低水路沿いから河畔林の倒伏が始まり、洪水流の影響を強く受けている湾曲部の低水路沿いの河岸や高水敷では河畔林の流出が発生する。溪流から河川へと流出した流木は、河道内から流出した流木と相まって下流へと流下する。しかし、一部の流木は河道内の構造物や大木の周り、高水敷の河畔林等に捕捉される。山地林と河畔林の流出はその流出箇所を拡大しながら続き、さらに、高水敷等での流木の捕捉とそこからの流木流出も繰り返され、海域まで流木が流下した。時間が経過し、降雨の減少による水位の低下と共に、河畔林等に捕捉され海域まで流出しなかった流木は河道内に堆積した。

なお、流木の堆積状況から二風谷ダムより上流で発生した流木は、ダム貯水池に滞留したものが多く、ダムを流下した流木もダム直下の中州に捕捉されたものが多かったと推定される。

5. まとめ

今回の広範囲な調査から、山地域から樹齢数十年の針葉樹等が、高水敷からは樹齢15年程度のヤギ類等材積280m³が流木として河道へ流出したものと推定された。その結果、海域まで流出しなかった流木の内、材積約24,000m³が二風谷ダム貯水池に滞留²⁾し、河道内には材積約8,600m³が堆積していたことが明らかとなった。

また、河畔林の流木化による影響を考察すると、河口から二風谷ダム間の河畔林の流出材積量280m³は、同区間の流木堆積材積量約3,400m³(表-2参照)に対し8%であり、同区間の全河畔林量のわずか5%であった。河畔林の流出は、河口付近ではその堆積状況に影響を与えている

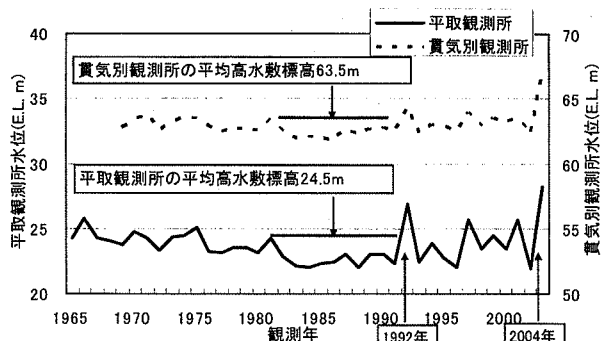


図-15 平取及び貫気別観測所の最高水位経年変化図

が、河川全体に影響を与えたとは言い難い状況であった。

河畔林の存在は、流木捕捉(河口から二風谷ダム間の流木堆積材積量の85%、材積約2,900m³を捕捉)の役割を担っており、流木化の状況や今回の出水が河川整備計画を上回る規模であったことを加味すると、低水路河岸沿いの河畔林については、これより回数の多い中小洪水に対する河岸保護の役目や今回の様な大出水時の流木捕捉のため、今後も存置されるべきである。しかし、洪水時に流れの主流線が乗り上げる内岸側高水敷や中小河川で流下能力不足が懸念される場合等には、河畔林伐採も止むを得ない。この場合、生態系保護の観点から十分な調査や配慮が成されることは言をまたない。

謝辞：本論文は、国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部の方々の協力によって行われた。また、樹種等の調査については、(財)林業土木コンサルタントの協力を得た。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部：平成15年8月8日～10日出水報告書(速報)，平成15年9月。
- 2) 国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部二風谷ダム管理所：二風谷ダム平成15年8月台風10号流木被害について。
- 3) 北海道開発局室蘭開発建設部：平成4年8月9日洪水鶴川・沙流川洪水報告書(速報版)。
- 4) 鈴木優一，渡邊康玄：沙流川での台風10号における流木の挙動，水工学論文集，第48巻(2)，pp.1633-1638，2004。
- 5) 北海道開発局室蘭開発建設部：河川水辺の国勢調査，平成7年度沙流川水系(沙流川)植物調査報告書。
- 6) 北海道開発局室蘭開発建設部：河川水辺の国勢調査，平成12年度沙流川水系(沙流川)植物調査報告書。
- 7) 村上泰啓，中津川誠，高田賢一：平成15年8月出水における額平川の崩壊地とその要因について，2004年度土木学会水理委員会河川部会，河川技術に関するシンポジウム(投稿中)。
- 8) 文化庁：北海道(日高・十勝支庁)植生図，天然記念物緊急調査，1北海道(日高・十勝支庁)，昭和57年6月1日。
- 9) 早尾丑麿：日本主要樹種林分収穫表，(財)林業経済研究所，pp.188-191，1971年。

(2004. 4. 7受付)