

第三章 白川の土砂動態の歴史的変遷と研究方針

本研究では、熊本県白川の河口域をメインのフィールドとして調査解析を進める。本章では、熊本県白川の土砂動態の特徴を既往の資料から大まかに理解することを目的として、流域概要、河床変動履歴について整理する。さらに、白川河口域の土砂動態の研究方針をまとめる。

3-1 白川流域の概要

3-1-1 阿蘇カルデラ

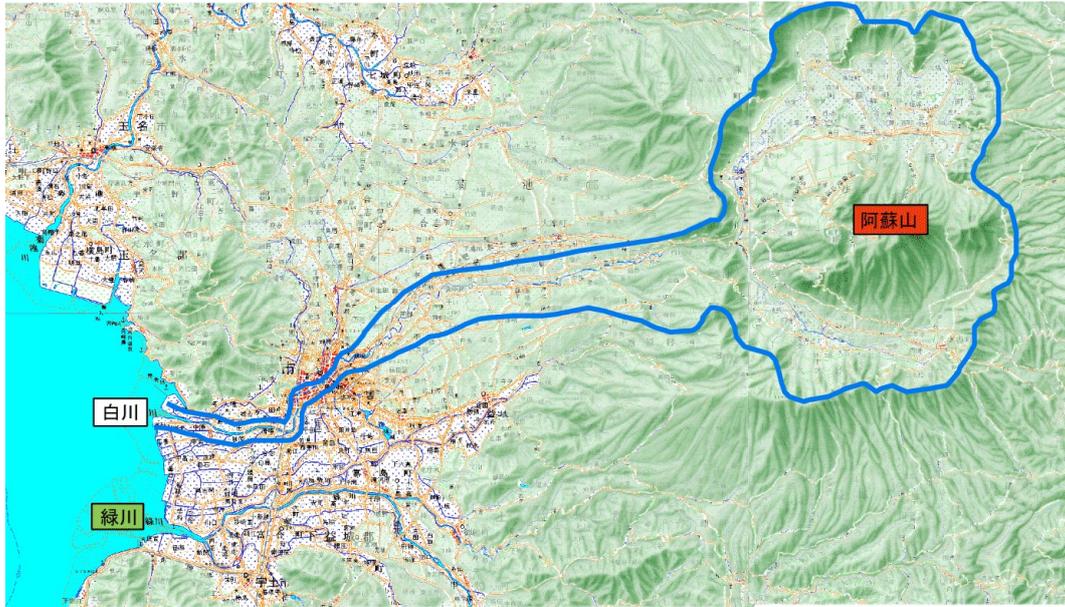
白川の流域全体図を図-3-1に示す。白川の流域面積は約480km²であり、流路延長は74kmである。白川の水源部は円形状を成した阿蘇カルデラであり、大きさは東西18km、南北24km、面積380km²で、白川の流域面積の約8割を占める。阿蘇は世界一大きいカルデラとして有名であると共に、カルデラ内の中央火口丘は今でも活発に噴煙を上げており、日本有数の火山地帯である。

阿蘇地域の中央部には中央火口丘である阿蘇五岳が輪立し、その周りを取り囲むように盆地状の水田地帯が発達しており、北側には黒川が、南側には白川が流れている。そしてさらにその周囲を外輪山が取り囲んでいる。盆地の標高は500m前後であるが、中央火口丘は1,500m前後、外輪山は1000m前後と比高差が大きく、写真-3-1に示すように盆地の周囲を急峻な山腹斜面が取り囲んでいる。

阿蘇火山は第三紀より活動しはじめ、現在もなお活動中の活火山であるため、カルデラの地質は火山性の特徴を持っている。表層地質について見ると、外輪山内壁の急峻部や中央火口丘の山頂部では溶岩類が露出して堅固な地盤を形成しているが、それ以外のほとんどのエリアは火山灰、軽石層、泥流堆積物などの未固結堆積物に覆われている。

また、白川では“ヨナ”と呼ばれる黒色土砂が主に運搬されている。ヨナはより新しい時代に形成された火山灰土を示し、その鉱物組成は斜長石、火山ガラス、重鉱物、単斜輝石である（菅野ほか、1962）。中岳より阿蘇谷東部から北東部に厚く分布し、特に裾野部に厚く分布している。この火山灰層は透水性がよく粘着力に乏しいため崩壊しやすく、膨大な土砂が白川に供給されることによって熊本平野や火口干潟が形成されている。

植生は、原野や崩壊地が多く、この傾向は山岳部で顕著である（写真-3-2）。



図－3－1 白川流域全体図



写真－3－1 カルデラ盆地（白川）と外輪山の山腹



写真－3－2 カルデラ盆地（黒川）と山腹の植生

3-1-2 中流・下流域

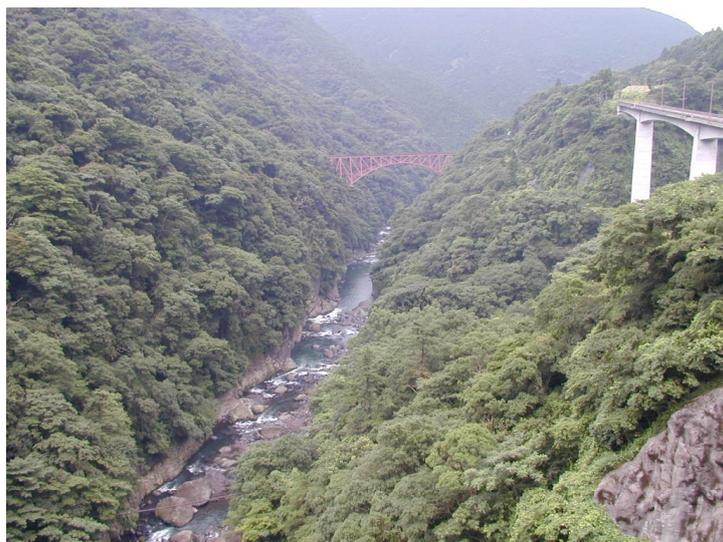
カルデラからの出口付近（立野）、中流部（大津町）、下流部（熊本市内）の河道の様子と河床材料の様子を、それぞれ写真-3-3～5に示す。

阿蘇カルデラに源を発した黒川と白川は外輪山の切れ目で合流して、深い峡谷を流れ下り、中流の洪積台地の間を貫流して熊本平野に達し、熊本市内を通過して有明海に流入する。下流部の流域は河道のみである。これは阿蘇カルデラから供給された膨大な土砂により度重なる氾濫を繰り返して天井川を形成した結果であると考えられる。

河床材料は、いずれの地点でも 1mm～100mm 程度の砂礫が主体であり、このうち砂分がヨナに相当する。



下流から上流のカルデラ出口を望む



上流から下流を望む

写真-3-3 カルデラからの出口峡谷（立野）



下流を望む



河床材料

写真－3－4 中流域（大津町）



熊本市中心部の銀座橋



河床材料，よどみ部には砂が見られる



河床材料，こぶし大の砂利が大半
写真－3－5 下流域（熊本市内）

3-1-3 河口域の特徴

図-3-2 に河口域の平面図と河床縦断図を、写真-3-6 に河口域の斜め写真を示す。白川は有明海に流入しているため、潮汐による干満差が最大で 4m 程度と大きい。河床縦断図から分かるように、干潮時には潮位が最深河床高よりも低くなるため、河道内から塩水がほとんど全て抜けきって、さらに河口前面から沖合 2.5km 付近にかけて砂泥質の干潟が干出する。

このときの河川水位（淡水による）は 0.5～1.5m 程度であり、標高にして-1～0m である。そのため、満潮位の方が高く、上げ潮時には塩水が強混合状態で勢いよく河道内へと進入してくる。なお、河道 4.5km には井樋山堰があるため、塩水が進入してくる感潮区間はここより下流となる。

感潮河道では特に漁業は行われていないが、海水の逆流時にはボラの遡上が活発に見られる。干潟部ではノリの養殖が盛んであり、またアサリの養殖も行われている。アサリは自然状態では漁を行うほどには取れないらしく、他地域から輸送してきた砂を干潟上に定期的にまいて、その上に稚貝を放流して養殖している。

写真-3-7 に河口域の代表的な材料であるガタ土とその分布状況を、写真-3-8 にもう一方の代表的な材料であるヨナとその分布状況を示す。白川の河口域は北側を射崎鼻という半島で、南側を熊本新港によって囲まれているため、土砂の動きは白川の河口域において閉鎖されており、沿岸漂砂のような動きは少ないと予想される。したがって、阿蘇カルデラから供給された土砂が河口域の地形を形成していると考えられる。その主体を成すのは前述の通りヨナ（新生火山灰土）であるが、粒径に応じて河口での堆積状況が異なる。

シルト・粘土成分はガタ土と称されるが（有明海沿岸で一般に用いられる固有名詞）、これは流速が低下する領域に集積する。例えば、写真は河口 0km 地点を干潮時に作業員が横断している様子であるが、岸付近にはシルト・粘土が堆積しており膝まで潜っていることからその厚さが理解できる。さらに上流の河岸付近や南沖合の熊本新港防波堤付近には、数メートル程度堆積している。

一方、ヨナのうち砂成分は流速が早い領域に堆積している。例えば、写真は先ほどと同じ地点で、水流のある領域を横断している様子であるが、こちらは足が埋まることなく容易に歩ける。河道の大部分の領域にはヨナが堆積している。

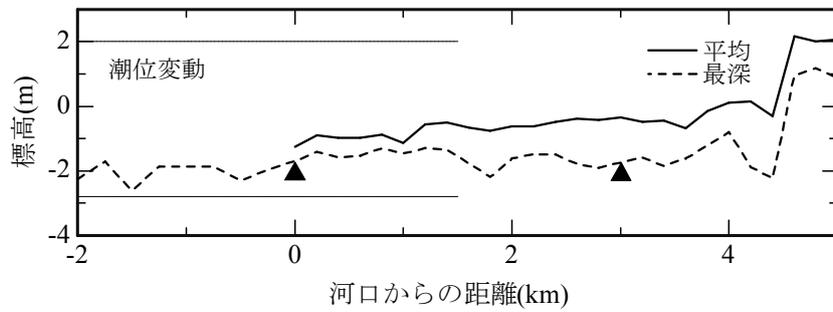
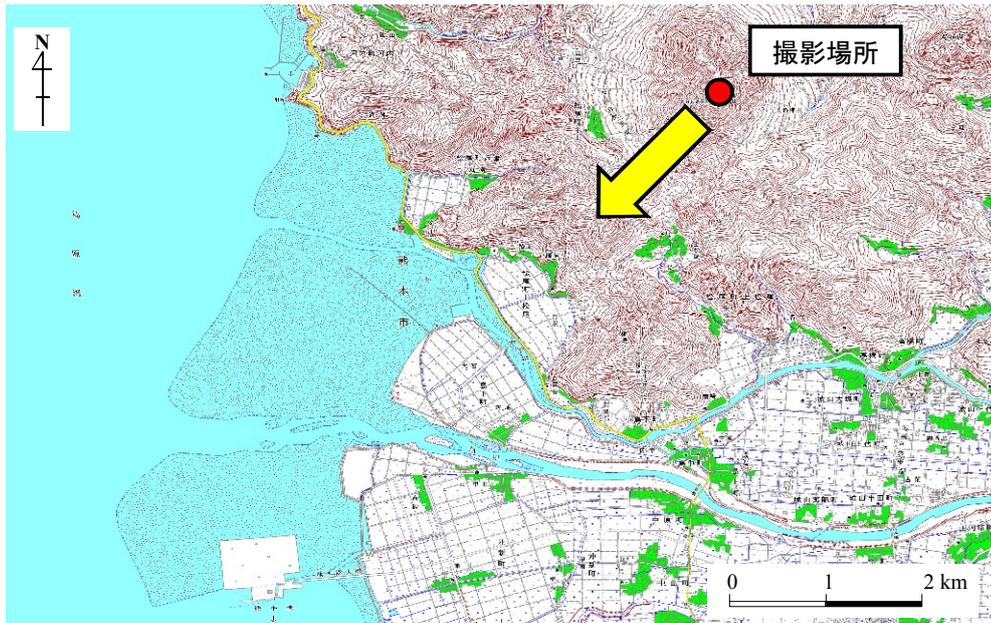


図-3-2 河口域の平面図と河床縦断図



写真-3-6 河口域の斜め写真



写真-3-7 ガタ土とその分布状況



写真-3-8 ヨナとその分布状況

3-2 河床変動履歴と土砂動態の特徴

3-2-1 昭和28年洪水の状況

白川では昭和28年6月に既往最大の洪水が発生し、濁水が白川から溢れて熊本市内は水没し、多大な被害が生じた。

この年は5月中旬から梅雨に入り、梅雨前線の活動により活発な降雨があり、6月17日～20日の降雨では総雨量が黒川で389mmに達し、土壌の水分量は過飽和の状態にあったものと推測される。その数日後に再度、梅雨前線が活動し始め、6月24日から29日には小国で6日間雨量が1000mmに達する異常な降雨となった。このうちでも特に26日には、24時間降雨が阿蘇山で約430mm、黒川と立野で約500mmに達する大規模な降雨があった。

その結果、洪水が発生し、立野地点(阿蘇カルデラの出口)では最大流量が2,470m³/sに達し、熊本市街への入り口付近の流量が1,100 m³/sを越えたあたりから市街への氾濫が始まって、氾濫面積15.5km²について平均水深1mにも及ぶ濁水が市内を覆った(藤芳, 1956)。

洪水規模としては、「この度の昭和廿八年六月廿六日の大水害(六・二六の大泥水害)これ亦空前と言ふべき大水害で寛政八年のそれと比較して果たしていずれが兄か、何れが弟か、俄に判じ難い」(松本, 1979)とある。寛政八年とは1796年であり、また昭和28年以降にこれより大きな洪水は発生していないので、記録に残っている200年程度の期間においては既往最大と言えるようである。

3-2-2 昭和28年洪水における土砂輸送状況

さて、白川の水害で特徴的なのは多量の土砂が含まれている点である。昭和28年の水害では、氾濫時の土砂濃度は8.3% (83,000mg/l)に達し、100万m³もの泥土が市内に堆積したとされている(藤芳, 1956)。この土砂が氾濫区域14.9km²(白川敷地0.6km²を除いた値)に平均的に堆積し、その湿潤密度が1.3であると仮定すると、堆積厚さは8.7cmとなる。当時は、泥の除去作業が最も困難な課題で、「低い家並みの横丁には“泥土の山脈”が日とともに高くなっていった」(松本, 1979)とあり、白川の土砂輸送量が極めて多いことが分かる。

この土砂の供給源は阿蘇カルデラであり、500mmにも達する日雨量によって、山腹崩壊が至る所で発生した。崩壊土砂量は阿蘇地域崩壊土砂量調査報告書(熊本工事事務所, 1976)に詳細に記されているので、これを引用する。

この報告書では空中写真の判読と崩壊地の現地踏査から崩壊土砂量を推定している。その結果、崩壊個数はカルデラ全体で3,219ヶ所、崩壊面積は4.7km²であり、谷筋の約10%が崩壊したとされている。図-3-3は、報告書の数値を基にして作成した崩壊土砂量と各地域での堆積土砂量の収支図である。報告書の結論の主要部分を抜粋すると次のようになる。「阿蘇山腹で620万m³が崩壊し、各所で堆積してカルデラの外には306万m³が流出し、そのうち熊本市街には410万m³が堆積したと見積もられた。」

「しかし、熊本市街の堆積量と海への流出量を考えると、カルデラからの流出量は過小であり、実際には山腹崩壊量よりも溪流堆積土砂の流出の方が大きい可能性が高い。」

ここで、熊本市街の堆積量は前述の資料では 100 万 m^3 とされており、どちらが適切かは判断できないが、「山腹崩壊量よりも溪流土砂堆積量の流出の方が大きい」という結論は興味深い。

すなわち、これまで土砂の「粒径」には一切触れてこなかったが、熊本市街に堆積した土砂は「泥土」と表現されており、おそらく細砂混じりシルトではなかったかと推測される。一方、山腹崩壊地の表層土砂は砂質土が主体である（熊本工事事務所，2000）。いわゆる「ヨナ」は後者を指すと思われるが（写真-3-8），その変化生成物が泥土として溪流の至る所に日々堆積し、それが洪水時に大規模に流出したと考えれば、「山腹崩壊量よりも溪流堆積土砂の流出が多い」という仮説や熊本市街に「泥土」が大量に堆積したという事実も説明が付く。

したがって、白川の主要土砂がヨナであるとは言っても、その挙動を粒径別に考えることが重要であり、第四章以降の調査解析でも砂質土とシルト・粘土の挙動を分けて検討する。

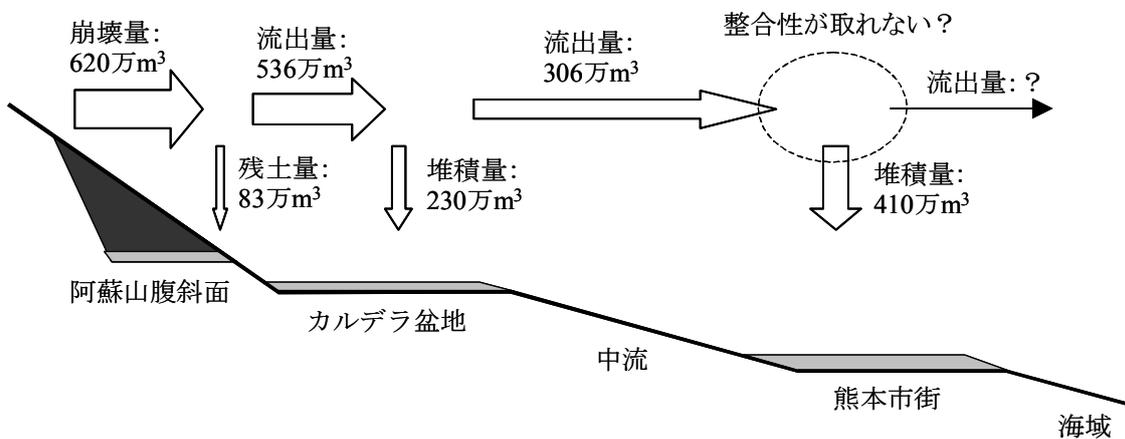


図-3-3 流出土砂量の収支

3-2-3 河床変動履歴

現在では昭和 28 年の既往最大洪水から約 50 年が経過したが、その間の河床変動を整理して河口域への土砂供給状況を把握する。

図-3-4 に河床の縦断図を、図-3-5 に横断図を示す。測量範囲は河口から熊本市街への入り口である竜田口（17.2km）までである。セグメントは 16km を境にして変わる。また、測量は昭和 30 年から開始されたので、洪水以前の河床高が分からない。

16km より上流の河床は昭和 30 年以降、ほとんど変化がないが、下流は大きく低下しており、低下量は最大で 3m 程度である。また、4.5km 地点には堰があって河床が固定されており、昭和 30 年には 16km から等勾配で河口まで到達していたが、河床の低下に伴って堰によって河床が固定化され、堰の下流ではほぼ水平勾配に落ち着いている。河床低下の速度は、昭和 30 年から 52 年にかけて大きく、昭和 61 年以降はほとんど変化がない。

ここで、土砂供給の観点から見ると河床変動の履歴は次のように推測される。昭和 28 年の既往最大洪水によって多量の土砂が供給された結果、河床が著しく上昇し、その後阿蘇カルデラから一定量の土砂が供給されているものの、28 年当時の河床を維持するほどの量は供給されないため、徐々に河床が低下し、昭和 61 頃から現在の河床で安定している。

昭和 28 年の洪水によって河床が上昇したのか、以前から高い状態であったのか、現時点では判断できないが、洪水直後に記された文献には次のような記述がある。「白川にしても古くは子飼まで舟を通じたという。(中略)舟が通うたとなれば現在より掘れていたに違いない。なお、子飼より下流には八幡淵・傘淵・声取淵など深い淵もいくつか会ったと聞く。果たして幾何量かは判らぬが昔よりは河床が上がったと見るのが常識であろう。」(松本, 1953)。子飼は 14.5km 地点である。

これだけでは根拠としては乏しいが、いずれにせよ現在では阿蘇からの土砂供給量と下流域の河床変動量は釣り合っており、安定形状となっていると見ることが出来る。

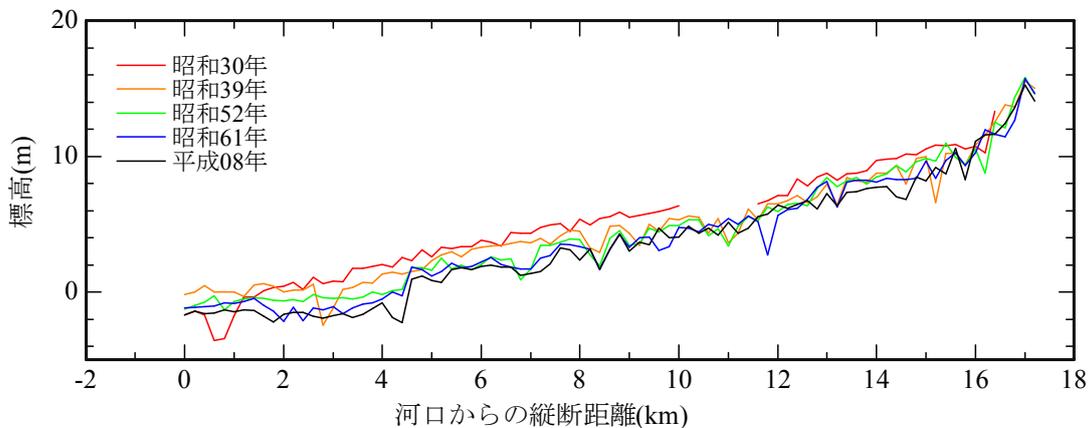


図-3-4 白川下流域の河床変動履歴，最深河床縦断図

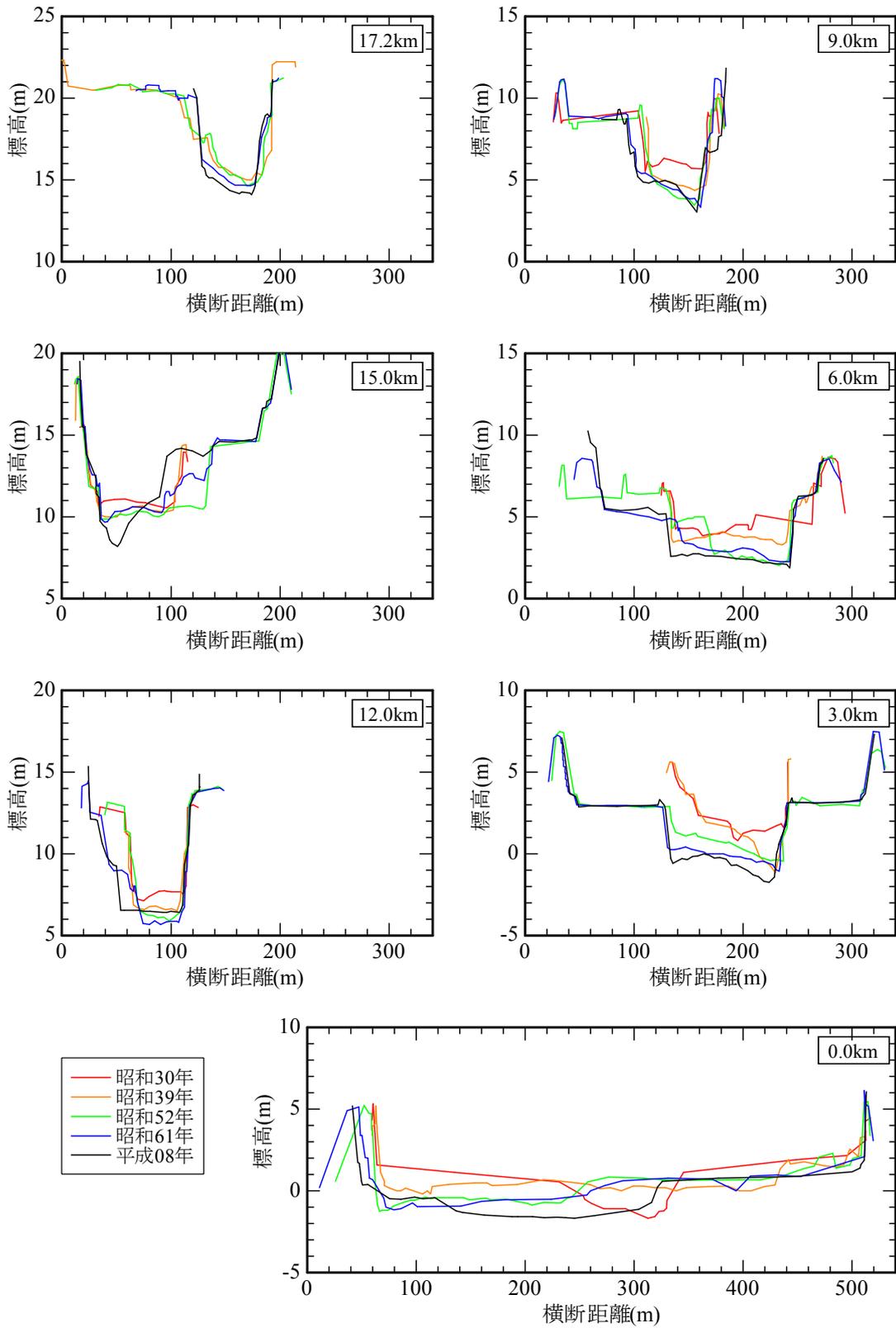


図-3-5 白川下流域の河床変動履歴，横断図

3-3 白川河口域の土砂動態についての研究方針

第四章以降では白川河口域の土砂動態を詳細な現地観測によって解明してゆくが、これまでに述べてきた白川の特徴をふまえて、次のように研究方針を設定する。

白川では「ヨナ」と呼ばれる土砂が阿蘇カルデラから大量に供給されるが、それらは表層崩壊によって生産される砂質土と溪流堆積物から流出する泥質土（ヨナの変化生成物）に分けられる。これらは、白川を流下して河口に到達すると、河口域で堆積もしくは移動すると考えられるが、粒径の違いによって物理化学的な挙動が異なるであろう。

そこで本研究では、白川上流からの土砂供給状況、河口域や干潟への堆積状況、潮流による堆積土砂の再移動を1年にわたって詳細に観測し、また各過程における土砂の粒径や鉱物組成の分析を行う。さらにその結果を用いて、地形変化量と土砂移動量を粒径別に、また季節別に計算し、以上をまとめて1年間の粒径別土砂収支を検討する。表-3-1に各観測の実施時期を示す。観測方法については、各項目の章で詳しく述べる。

表-3-1 観測項目と実施時期

観測名	内容	Month 2001												2002				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
上流からの土砂供給	モニタリング	■																
	濁水採取						■											
地形変化	測量						■	■		■								
	底質採取						■	■		■								
平水時の土砂動態	モニタリング	■																
	集中観測						■			■								

参考文献

- 菅野一郎（1962）：「日本の土壌型」農村漁村文化協会，pp.69-76.
- 熊本工事事務所（1976）：阿蘇地域崩壊土砂量調査報告書
- 熊本工事事務所（2000）：平成 11 年度白川浮遊土砂調査業務報告書
- 藤芳義男（1956）：白川調査書，第一編，白川洪水の解析（昭和 28 年 6 月出水）
- 松本唯一（1953）：昭和 28 年 6 月 26 日災害に関する論文，熊本日日新聞
- 松本唯一（1979）：昭和廿八年熊本泥水害冠水堆砂詳密地図（白川筋浸水堆砂状況図）