

高時川の瀬切れのメカニズム

平成16年9月1日

琵琶湖河川事務所

目 次

§ 1	目的.....	1
§ 2	瀬切れのメカニズムの概要.....	1
	(1) 水循環系における河川流量の位置づけ.....	1
	(2) 瀬切れ発生要因となりうる事象の抽出と考えられる影響.....	2
§ 3	各要因及び影響の検証.....	4
	(1) 気象に関する変化.....	5
	(2) 流域特性に関する変化.....	7
	(3) 河道特性に関する変化.....	9
	(4) 水利用に関する変化.....	11

§1 目的

高時川において発生する瀬切れの要因とその影響についての仮説を提示し、これまでに実施してきた高時川並びにその周辺環境を対象とした調査検討結果に基づいて、瀬切れの発生メカニズムを検証することを目的とする。

§2 瀬切れのメカニズムの概要

(1) 水循環系における河川流量の位置づけ

健全な水循環系において、降水が流域に浸透、河川流量として流出し、流下する過程を模式図で以下に示す。

瀬切れのメカニズムを考える上で、水循環系の主な構成要素は、降水、山林の水源涵養、地下水涵養、河川流量、沿川地域の適切な水利用である。

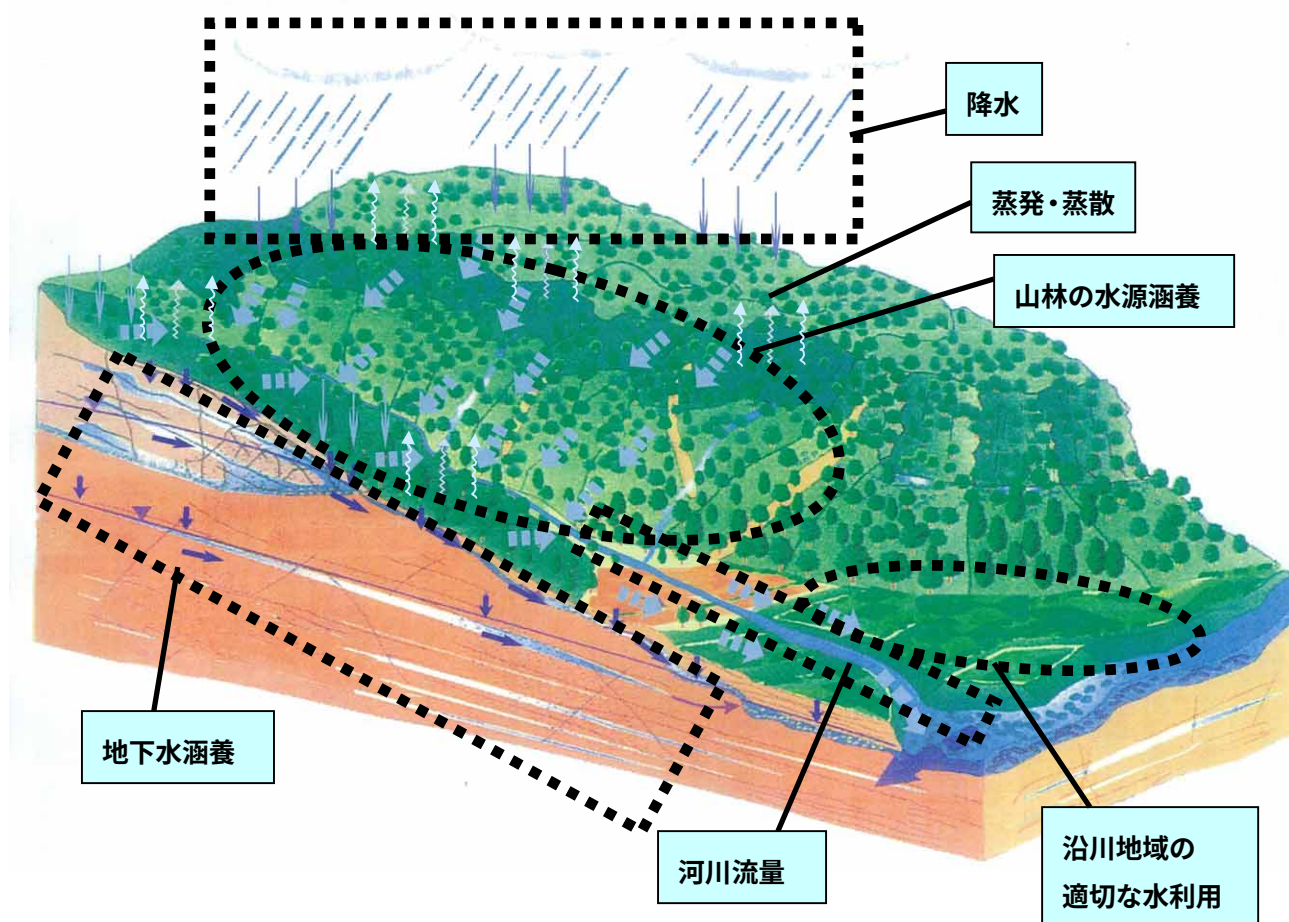


図 2-1 水循環系の構成要素

(3) 瀬切れ発生要因となりうる事象の抽出と考えられる影響

水循環系の構成要素を踏まえ、高時川において瀬切れの発生要因となりうる事象を挙げ、その要因によって考えられる影響を以下に整理する。

表 1-1 瀬切れの発生要因となりうる事象と考えられる影響

変化	瀬切れの発生要因となりうる事象	考えられる影響
気象に関する変化	・少雨化傾向 ・降雨の変動の増大 ・暖冬少雪傾向	・地下浸透・水源涵養量の減少 ・雪解け水の減少・早期流出
流域特性に関する変化	・山林の減少・荒廃	・出水時の流出量・流砂量の増加 ・山林の水源涵養機能の低下 ・地下水の低下
河道特性に関する変化	・流砂の河床堆積による天井川の進行	・河川内の流水の覆没＝地下への流出・浸透量増大
水利用に関する変化	・取水施設(頭首工・井戸等)からの取水	・施設下流の河川流量の減少

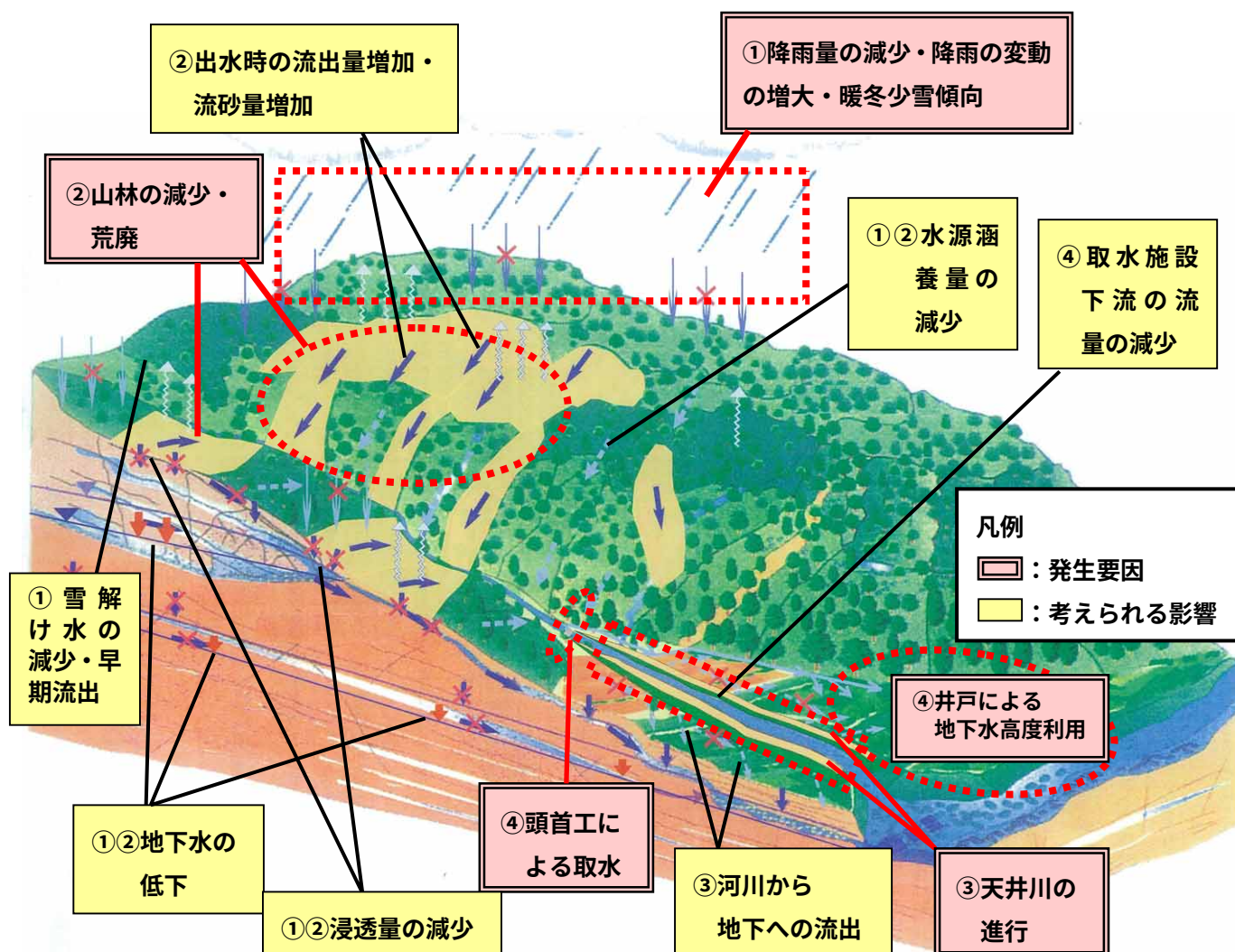


図 2-2 瀬切れ発生要因となりうる事象と影響 模式図

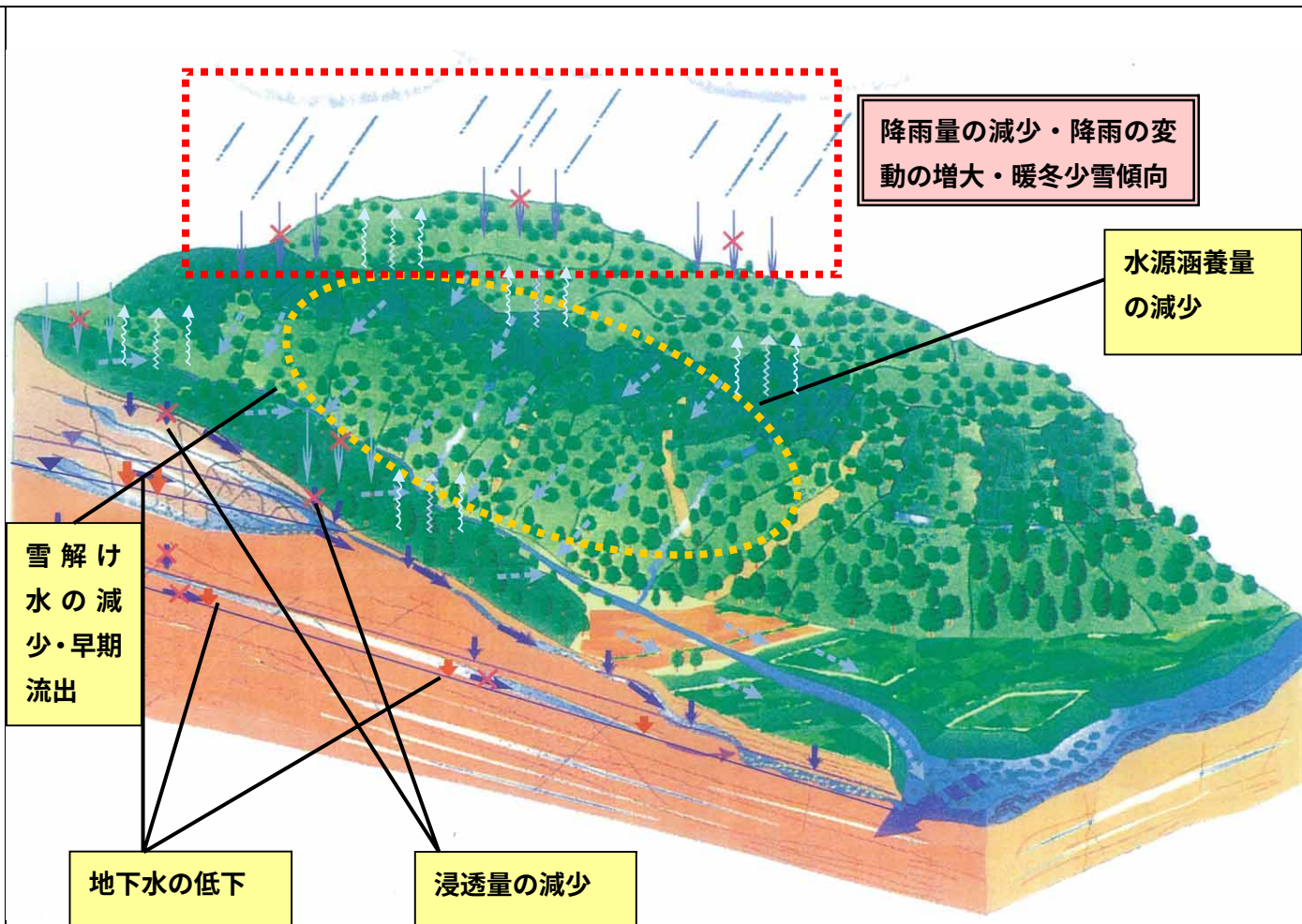


図2-3 高時川・姉川流域図

§ 3 各要因及び影響の検証

仮説として提示した各要因及び考えられる影響に対して、既往の調査検討結果に基づき、検証した結果を次頁以降に示す。

(1) 気象に関する変化

気象に関する変化の模式図	 降雨量の減少・降雨の変動の増大・暖冬少雪傾向 水源涵養量の減少 雪解け水の減少・早期流出 地下水の低下 浸透量の減少						
要因とその影響	<table><tr><td>[要因]</td><td>➡</td><td>[影響]</td></tr><tr><td>・少雨化傾向 ・降雨の変動の増大 ・暖冬・少雪傾向</td><td></td><td>・地下浸透・水源涵養量の減少 ・雪解け水の減少・早期流出</td></tr></table>	[要因]	➡	[影響]	・少雨化傾向 ・降雨の変動の増大 ・暖冬・少雪傾向		・地下浸透・水源涵養量の減少 ・雪解け水の減少・早期流出
[要因]	➡	[影響]					
・少雨化傾向 ・降雨の変動の増大 ・暖冬・少雪傾向		・地下浸透・水源涵養量の減少 ・雪解け水の減少・早期流出					
まとめ	【わかった事項】 ・高時川流域周辺では、近年、少雨化傾向が窺える。 ・最大積雪深が減少傾向にあることから、降雪量も減少傾向にあることが推測される。 ・暖冬の影響によって融雪時期が早まり、雪解け水の早期流出が起こっていると推測される。 ・流量観測データとの相関性から過去の瀬切れ発生日数を推定でき、近 30 年の経年変化は横ばい傾向である。 【不明な事項】 ・降雨量と河川流出量の定量的な関係が把握できない。 ・雪解け水の早期流出による瀬切れへの影響が把握できない。						

要因・影響の検証データ・資料

1) 近年の降水特性

- ・高時川流域近傍に位置する敦賀観測所における観測データから、年降水量の経年変化を見ると、少雨化傾向が窺える。

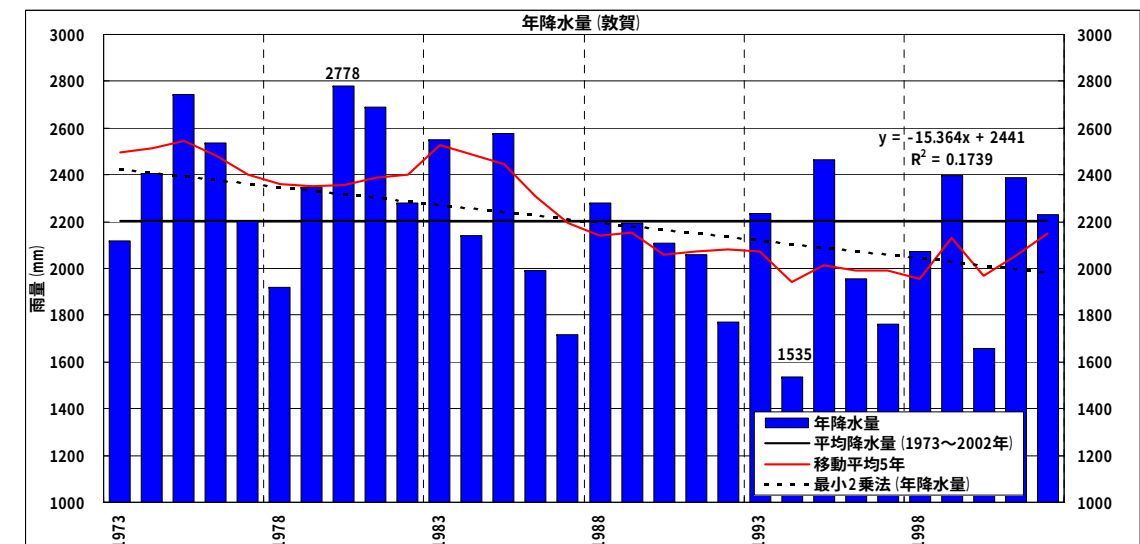


図 3-1 年降水量の経年変化(敦賀)

- ・高時川流域近傍に位置する敦賀観測所における観測データから、最大積雪深の経年変化を見ると、減少傾向が窺える。

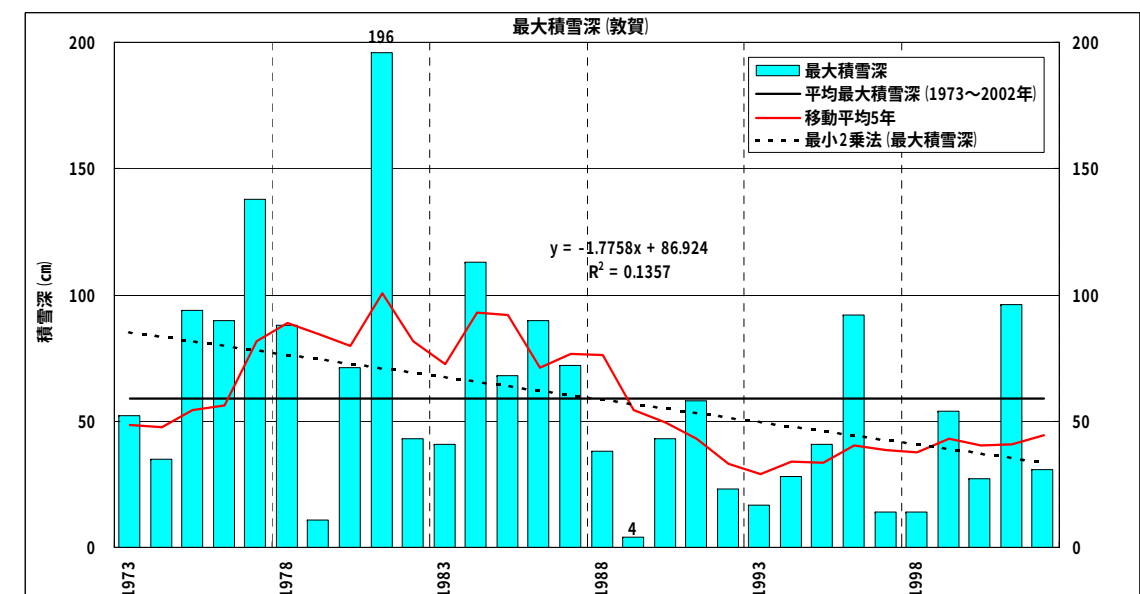


図 3-2 最大積雪深の経年変化 (敦賀)

2) 雪解け水の減少・早期流出

・ 菅並の観測流量データの経年変化から、近年は 4 月の流出量が減少し、3 月と 4 月の流出量の大小が逆転している。

これは、年平均気温及び冬季気温の上昇による暖冬傾向によって、融雪時期が早まっていることと、降雪の減少傾向によって流出量が減少しているためと推測できる。

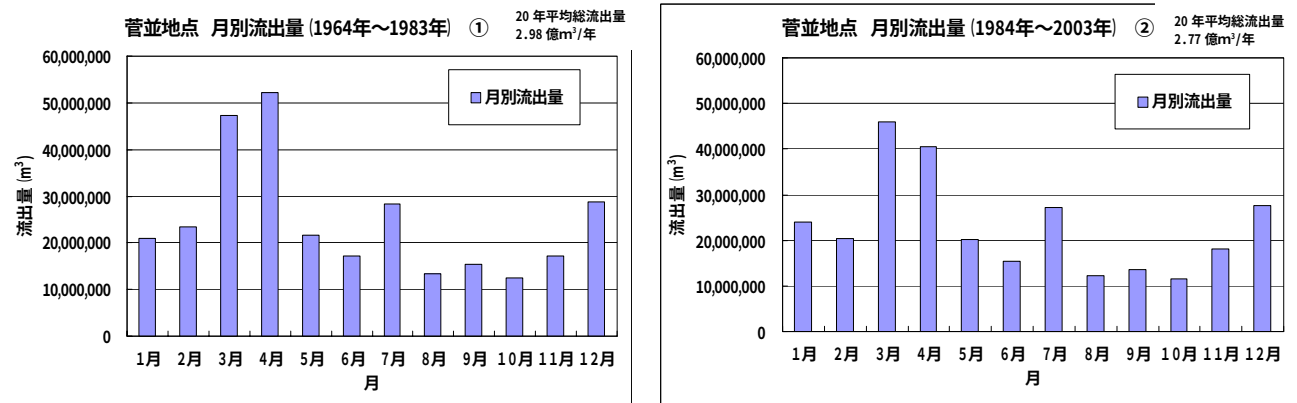


図 3-3 菅並地点の流出量の経年変化

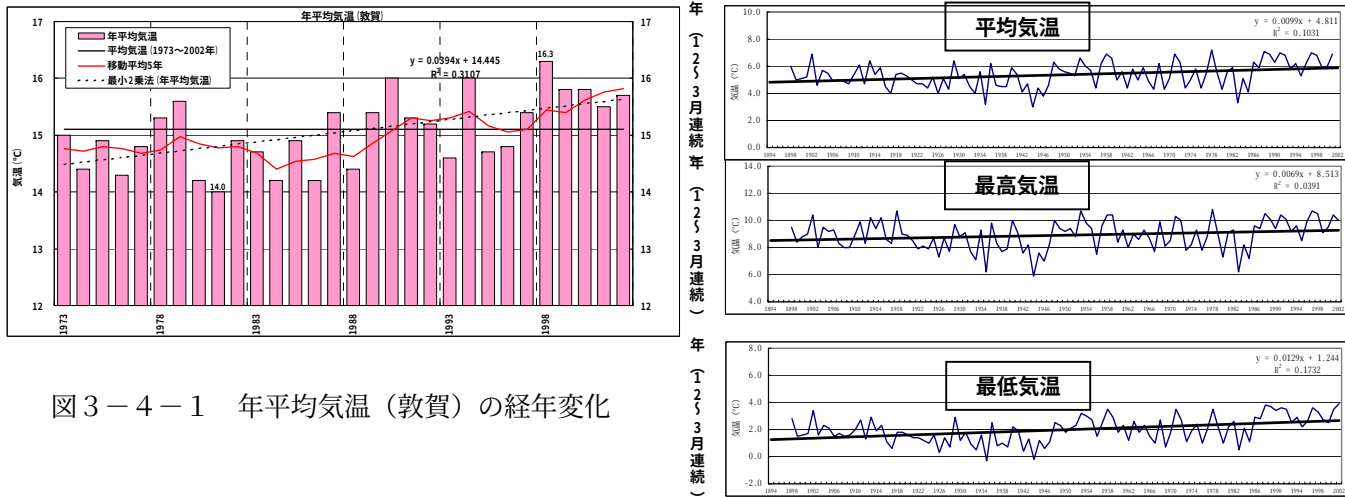


図 3-4-1 年平均気温（敦賀）の経年変化

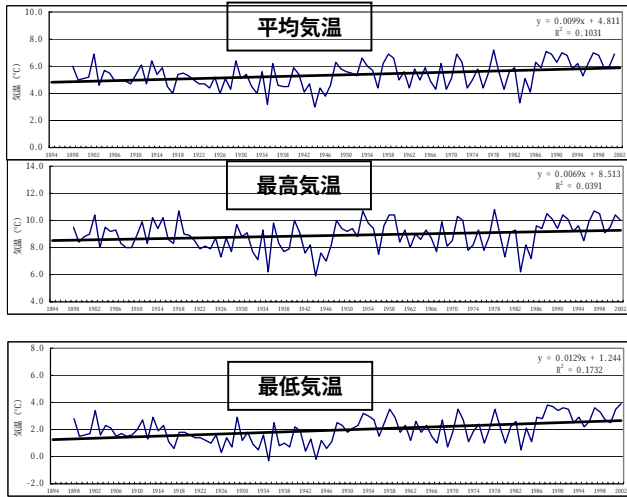


図 3-4-2 冬季気温（敦賀）の経年変化

3) 瀬切れ日数の推定

i) 瀬切れ日数と相関の高い気象、水文データの選別

高時川の瀬切れ日数の実測は、平成 8-12、15 年の最近の 6 年間でしか行われていない。過去の瀬切れ日数を推定するため、過去から継続的に測定が行われている気象、水文データの中から、瀬切れ日数と相関の高いものを選別した。相関の検討は、瀬切れ日数との関連性が予想される以下の三つのデータに対して行った。

①降水量（中河内）

②無降水(少雨)日数（中河内）

③高時川(菅並、福橋流量)で低流量(：一定値以下の日平均流量)が観測された日数

なお、瀬切れ日数との相関の検討は、下流での取水の取水量の変動が小さい 9-11 月のデータを対象に行った。

9-11 月の対象日のデータを元に、縦軸に瀬切れ日数を横軸に各検討データをプロットし、回帰直線、相関係数を求めた結果、上記①～③のデータのうち、③がもっとも瀬切れ発生日数との相関が見られた。

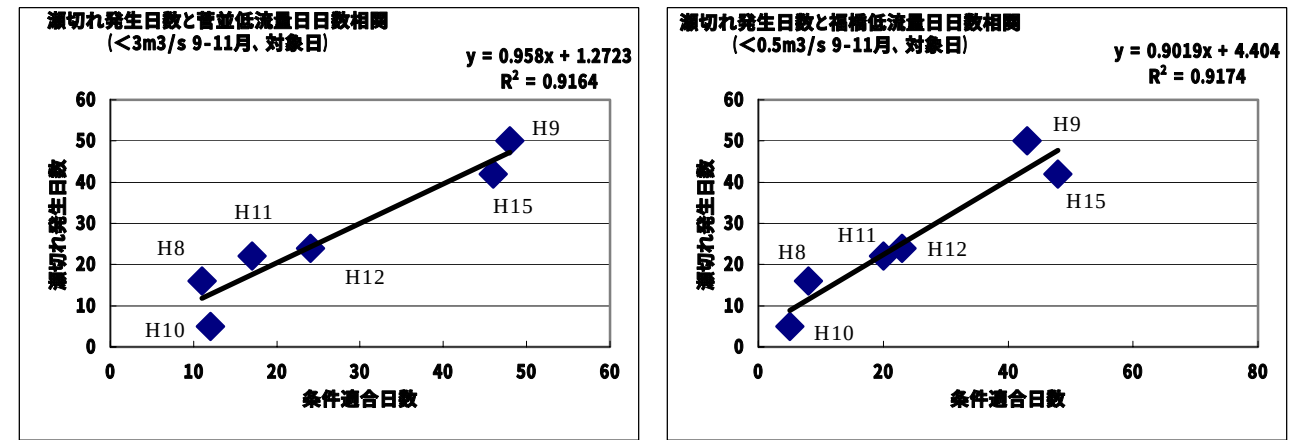
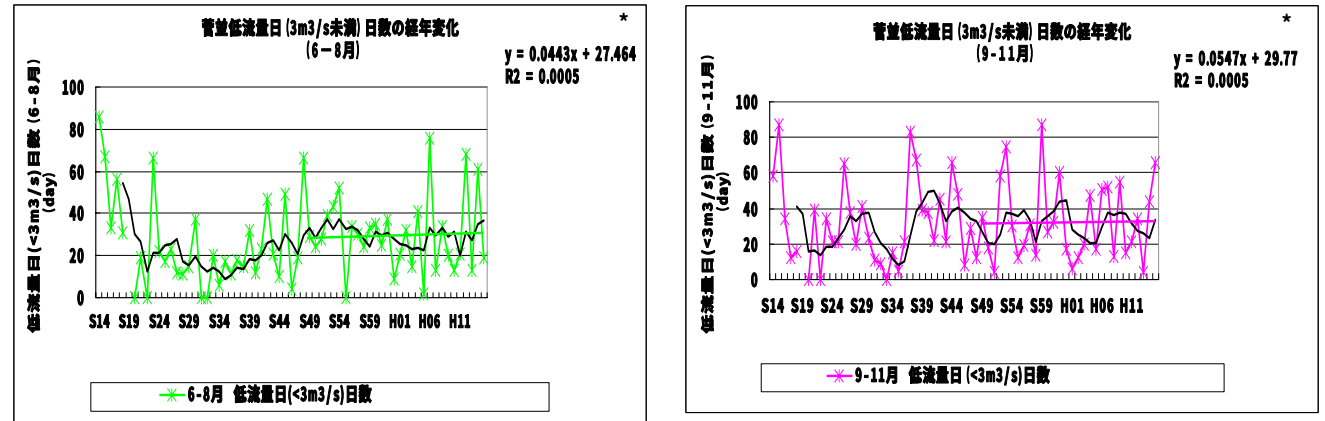


図 3-5 瀬切れ発生日数と低流量日数との相関性

菅並流量 3m³/s 以下となる日数の経年変化（6-8、9-11 月）を下図に示す。5 年移動平均でみると 6-8 月に昭和 30 年前半から昭和 50 年頃までは増加傾向にあり、それ以降はほぼ横ばいである。9-11 月については変動が大きく明確な傾向は見られない。



* 近年 30 年間の一次近似を示す。

図 3-6 菅並地点における日平均流量 3m³/s 未満の日数の経年変化

(2)流域特性に関する変化

流域特性に関する変化の模式図

出水時の流出量増加・流砂量増加

山林の荒廃

水源涵養量の減少

要因とその影響

[要因]
山林の減少・荒廃

⇒

[影響]
・出水時の流出量及び流砂量の増加
・山林の水源涵養機能の低下

まとめ

【わかった事項】

・昭和43以降山林の開発が活発に進められた。
・昭和38～49頃の伐採の進行率が高い。
・昭和50～平成6にかけても伐採面積は昭和38以前と同程度の規模を保持している。
・林業就業者の減少により、管理が不十分な山林が増え、荒廃が進むことが推測される。

【不明な事項】

・山林の荒廃に伴う流出特性の変化、水源涵養機能の低下についてはその影響を把握できない。(次頁参照)
・丹生ダム流域以外の高時川残流域における山林の変化については把握できていない。

要因・影響の検証データ・資料

1) 山林の伐採・開発
高時川流域における山林開発についての記載資料や航空写真からの判読により、山林の伐採・開発の状況を以下に示す。
[昭和48研究資料「消えゆく里の記録(余呉町)」]
・山林への道路敷設が明治23年以降始まる。
・共有林の売却・開発が昭和43～46年頃、奥川並600ha、針川1500ha、尾羽梨2000haの規模で行われた。

[昭和22～平成6の森林施業範囲の推移
(航空写真からの判読)]

年	森林施業面積	主な伐採地区
昭和22～38 (約16年間)	9.3km ²	中河内周辺、針川上流部、尾羽梨川・奥川並川の中流部
昭和38～50 (約12年間)	13.5km ²	鷲見川上流部、尾羽梨川上中流部
昭和50～平成6 (約19年間)	9.3km ²	奥川並川上流部

上表より、昭和38～50にかけて伐採の進行率が高い。また、昭和50以降も進行率こそ低下するものの伐採面積は昭和38年以前と同等の規模を保っている。

図3-7 森林施業範囲の推移

2) 林業の動向 [林業統計調査]

流域や沿川の自治体全体や余呉町・木之本町の林業就業戸数の推移を見ると、林業の衰退により、山林の管理が不十分になることが推測される。

林業実態の推移

（単位：戸）

	昭和35年	昭和45年	昭和55年	平成2年	平成12年
県計	33,097	29,652	24,155	24,796	9,910
周辺自治体計	6,232	5,892	4,922	5,114	2,081
長浜市	575	484	392	532	160
近江町	377	498	323	274	69
浅井町	1,116	1,195	1,166	1,173	443
虎姫町		50	61	13	
湖北町	627	580	403	373	126
びわ町	5	6	10	7	2
高月町	504	436	387	395	162
木之本町	1,331	1,047	766	917	520
余呉町	1,051	987	784	829	282
西浅井町	646	609	630	601	317

3) 山林の変化と流出特性・水源涵養機能の把握についての検討

森林には水源かん養機能が存在することが知られており、この機能が流出量を平準化させることがわかってきている。高時川の集水域では、昭和 17 年以降、森林の伐採が行われてきた経緯があるため、流出特性に変化が現れている可能性が考えられた。高時川周辺の森林における保水能力の変動について検討するため、敦賀降水量と菅並流量のデータを元に高時川の流出特性の変化を調べたが、特筆すべき傾向はつかめなかった。

以下にその内容を示す。

i) 菅並流量から高時川の流況をまとめる

菅並流量（昭和 39 年～平成 15 年）のデータから各年の豊水、平水、低水、渇水の値を決めた。

ii) 敦賀の年降水量をもとに 1) のデータを 4 グループに分ける

同程度の降水に対して、過去と現在で流出特性に違いが見られるかを検討するため、敦賀の年間降水量で ①1500～2000mm、②2000～2500mm、③2500mm～3000mm、④3000mm 以上の 4 グループに各年を分けて、同一グループ内で流況の傾向を調べた。この 4 グループの中で、②2000～2500mm、③2500mm～3000mm のグループに分けられた年が多かったため、この二つのグループで比較を行った。

②2000～2500mm、③2500mm～3000mm グループをさらに年代別に区分し、それぞれの平均値を求めてグラフ化した。結果としては、経年変化で特に目立った傾向は見られなかった。

表 3－2 敦賀年間降水量の分布

	1500～ 2000mm	2000～ 2500mm	2500～ 3000mm	3000mm 以上	計
1939	1	0	0	0	1
1940-49	0	6	3	1	10
1950-59	0	6	3	1	10
1960-69	0	5	5	0	10
1970-79	1	5	4	0	10
1980-89	2	4	4	0	10
1990-99	4	6	0	0	10
2000-	1	2	0	0	3
合計	9	34	19	2	64

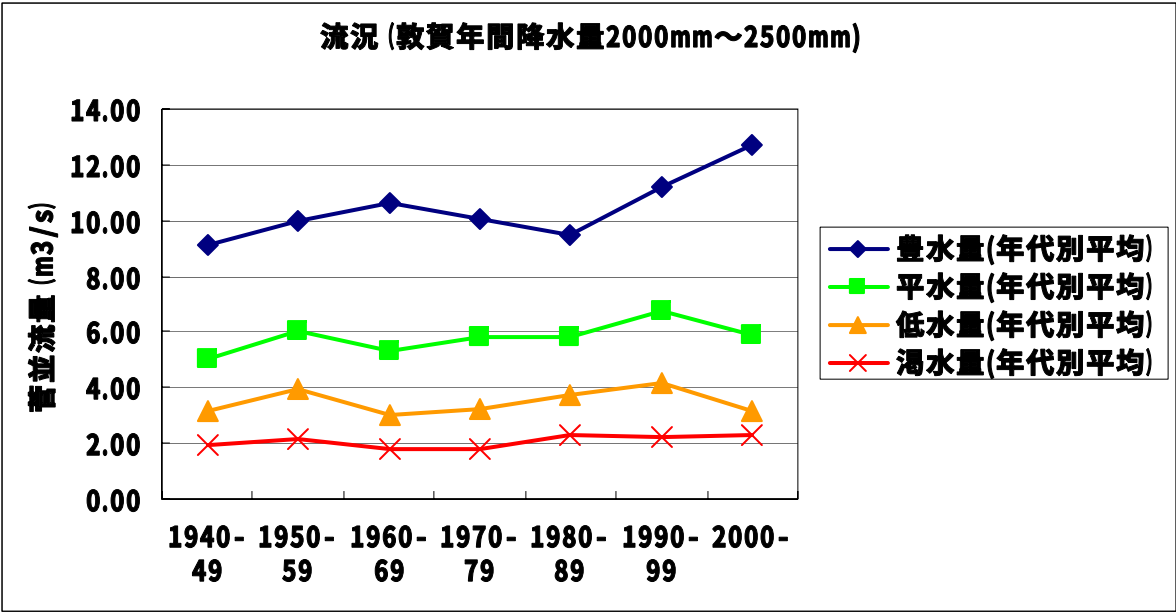


図 3－8 豊、平、低、渇水量の推移 (敦賀年間降水量②2000mm～2500mm)

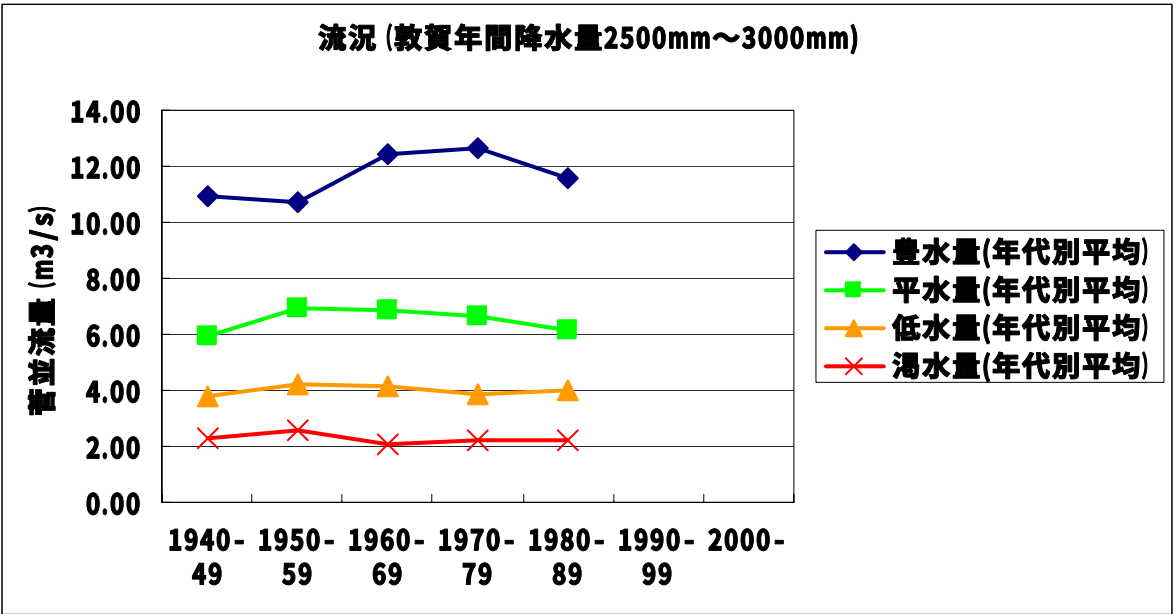
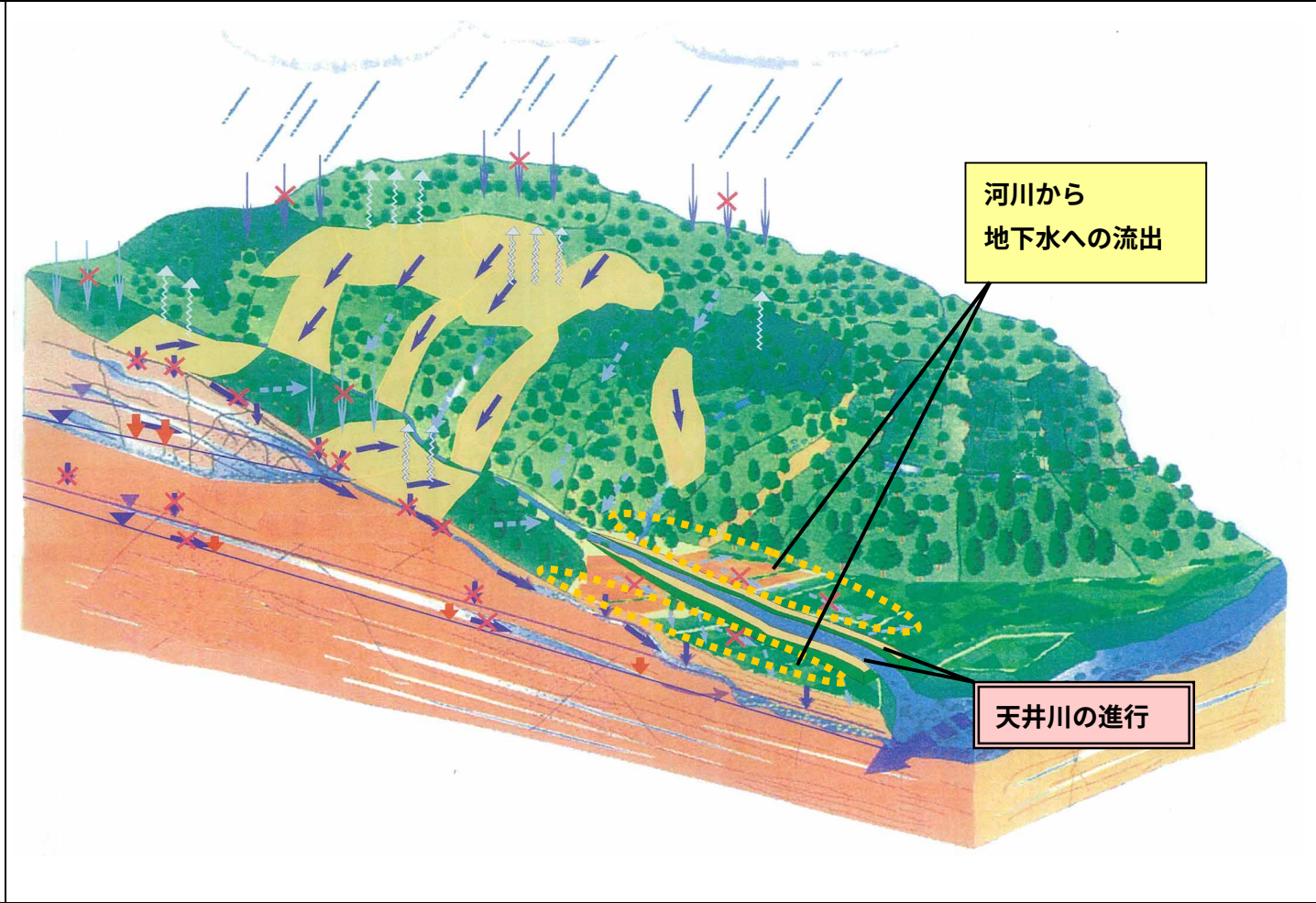
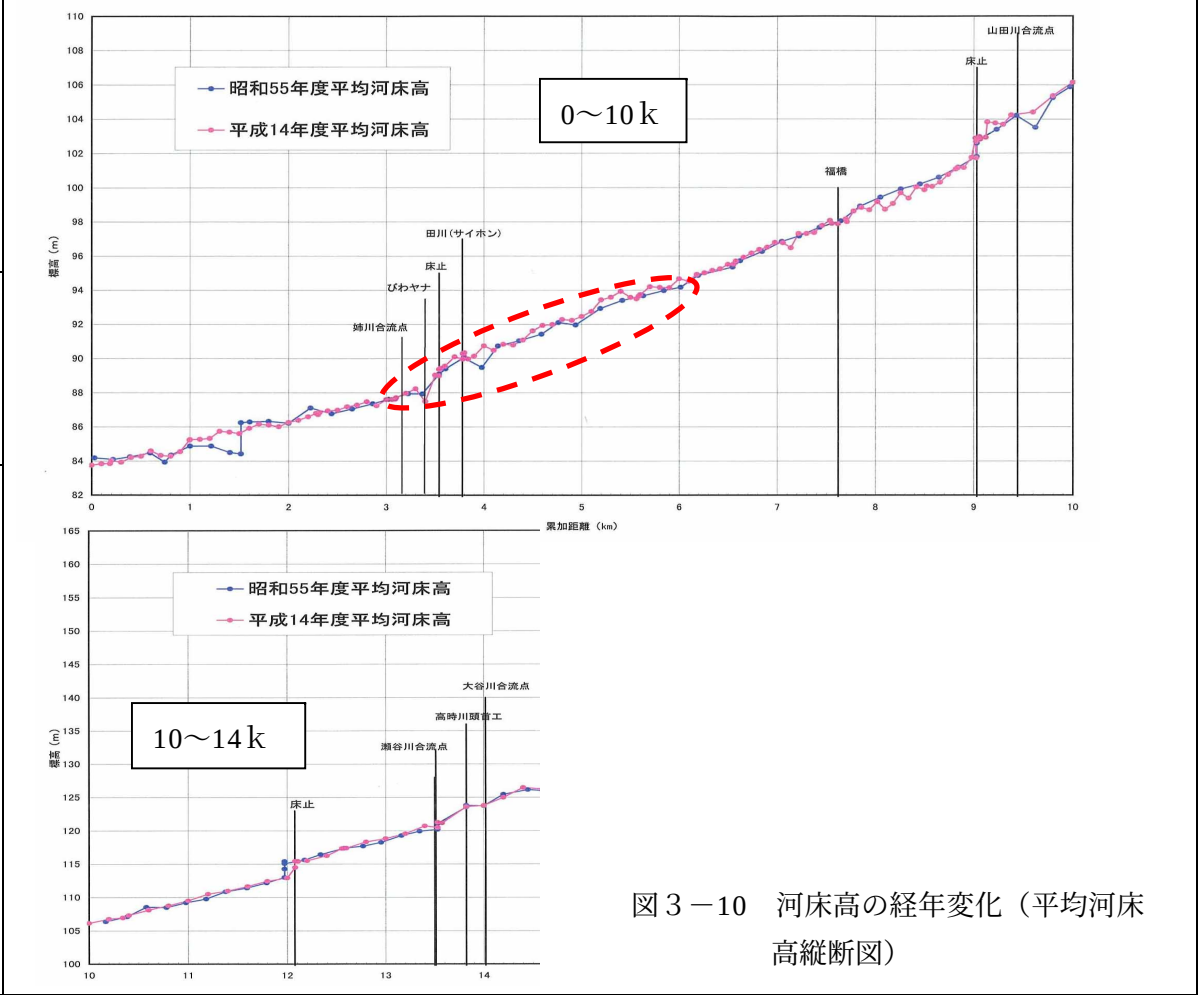


図 3－9 豊、平、低、渇水量の推移 (敦賀年間降水量③2500mm～3000mm)

(3)河道特性に関する変化

河道特性に関する変化の模式図		要因・影響の検証データ・資料
要因とその影響	[要因] ・ 流砂の河床堆積による天井川の進行 [影響] ・ 河川内の流水の覆没＝地下への流出・浸透量増大	1) 天井川の歴史 高時川における天井川の歴史に関して既往文献(田川沿革誌、田川カルバート関係資料)には以下のことが記載されている。 - 江戸時代までは高時川・姉川・田川の3川が合流して琵琶湖へ流れていたが、その頃からすでに高時川・姉川は流砂が堆積し河床の上昇が見られる河川であった。その原因は、水源に禿山があり、かつ川幅が大きく急流で、流砂量が多いためである。 - 江戸時代末期、10年程度の間に河床が約5～6尺(約1.5～1.8m)上昇した。 2) 近年における河床高の傾向 測量資料から高時川の河床高について、縦断面図(平均河床高)及び横断面図から、その経年変化を見てみると、以下のことが言える。 - 昭和55～平成14にかけての平均河床高の縦断面図から、河床の経年変化を見ると、3.6～6kの区間で<u>堆積傾向が見られる</u>。また、最深河床高の縦断面図からも、5～6kの区間で堆積傾向が見られる。 
まとめ	【わかった事項】 - 高時川における天井川化は少なくとも、江戸時代末期からは見られる現象であった。 - 近年は、顕著な河床の一方向的な上昇傾向(天井川の進行)は見られないが、3.6～6k付近など、流砂の堆積により河床高の上昇傾向が窺える区間が見られ、この区間は瀬切れ多発区間と整合している。 【不明な事項】 - 天井川化の進行に伴う瀬切れ発生頻度の定量的な評価ができない。	図3-10 河床高の経年変化(平均河床高縦断面図)

要因・影響の検証データ・資料

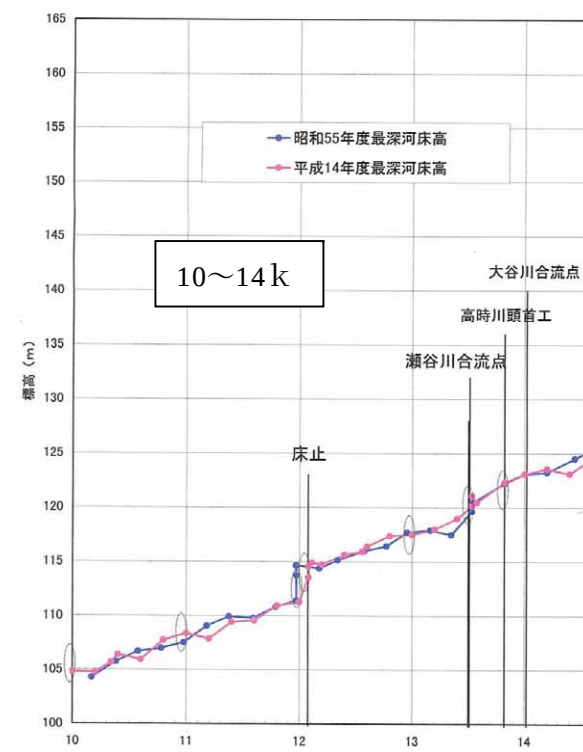
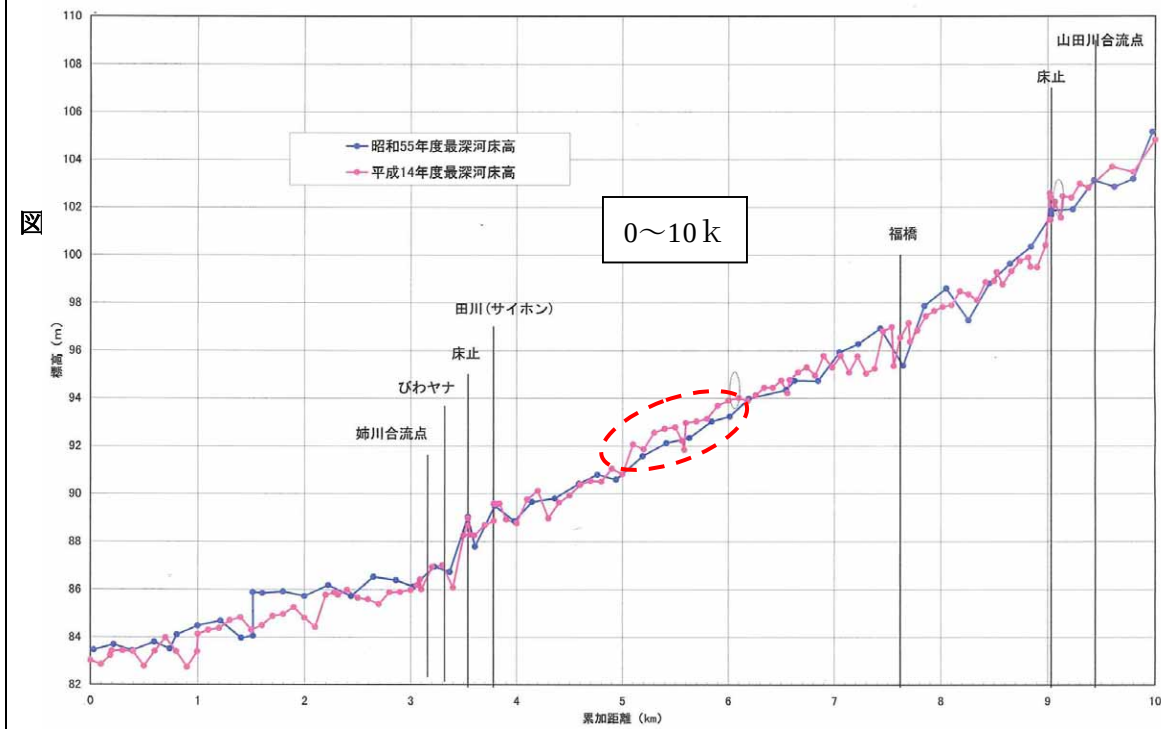


図3-1-1 河床高の経年変化
(最深河床高縦断面図)

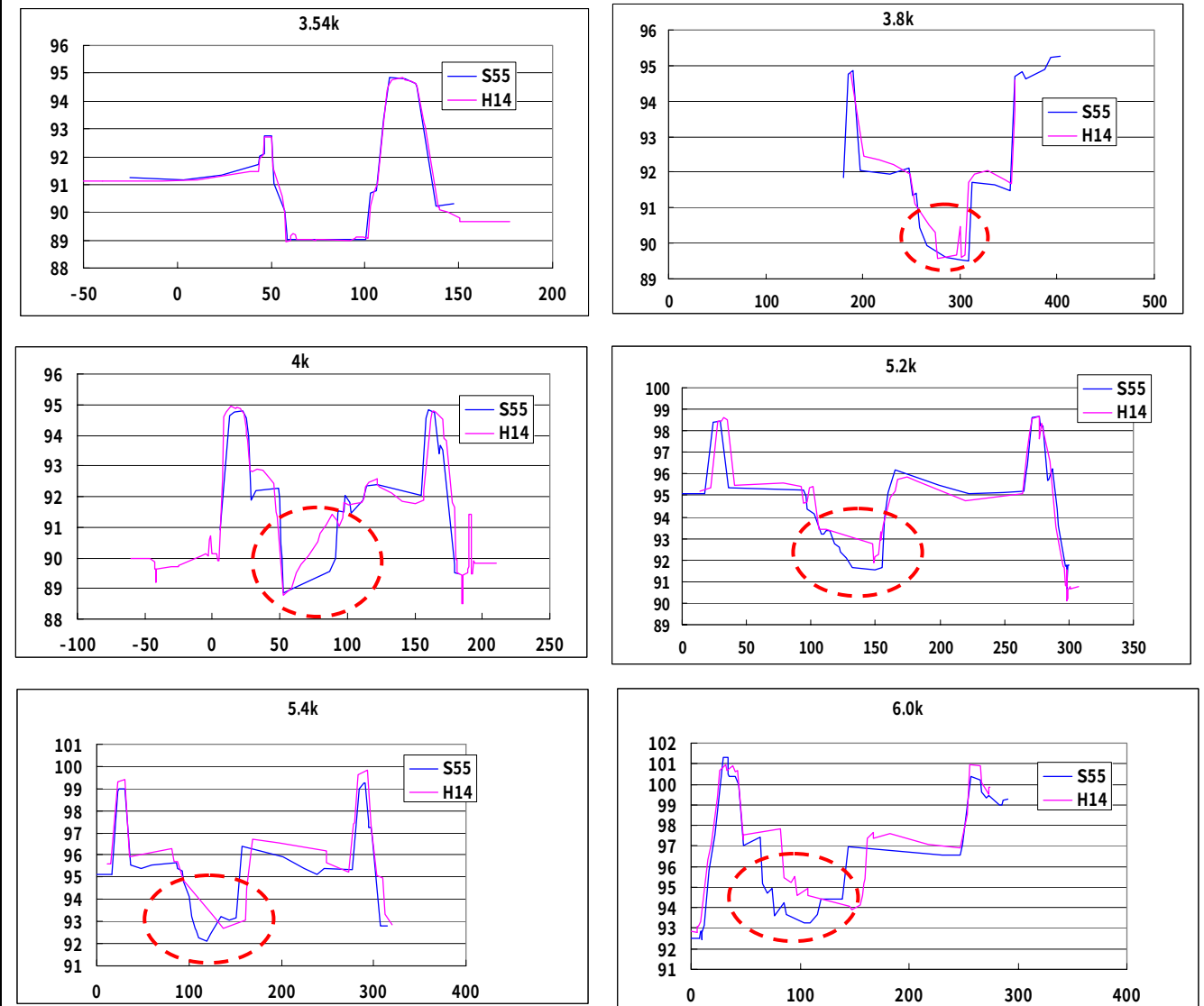


図3-1-2 堆積傾向にある区間の河床高の経年変化(横断面図)

(4)水利用に関する変化

水 利 用 に 関 す る 変 化 の 模 式 図		
	[要因] 高時川頭首工からの取水 ⇒ [影響] 頭首工下流の河川流量の減少	
	【わかった事項】 - 農業水利としての取水に関しては、高時川頭首工完成後に安定した取水が行えるようになり、その取水量も増加した。 【不明な事項】 - 高時川頭首工が完成する前の瀬切れの状況が不明であるため、頭首工完成による瀬切れ増加の定性的・定量的な影響の把握ができない。 - 地下水利用と瀬切れの関係について定量的な把握はできない。	

要因・影響の検証データ・資料				
1) 農業水利の歴史				
- 昭和 17 年(1942)に合同井堰が新設されるまでは、時の権力関係によりいくつかの井堰が設置されていた。合同井堰ができた後も、水争いによる高時川右岸(餅の井)と左岸(上井)の対立は続いた。 - 高時川合同井堰も昭和 17 年の建設後、度々の出水により損傷を受け、昭和 23～24 年に県営土地改良事業で改修された。 - 抜本的な解決は、昭和 44(1969)年、国営湖北土地改良事業で高時川頭首工が完成した後である。				
1. 水利権の付与以前				
施設	構造	かんがい面積 (h a)	取水量 (m3/s)	
			最大	最小
高時川合同井堰	コンクリート堰	878	4.160	0.060
餅ノ井堰	粗朶堰	410	1.878	0.806
出典：国営土地改良事業計画書（S38年，近畿農政局）				
2. 水利権付与後				
10 年に 1 度発生する程度の渇水年を想定している。				
表-1 取水量(昭和51年9月30日同意) かんがい面積				
期 間	最大取水量(m3/s)			
	かんがい期		非かんがい期	
	代かき期	普通期		
	5/1～ 6/14	6/15～ 9/22	9/23～ 翌年4/30	
区 分				
高時川頭首工	11.440	10.370	1.150	

写真、高時川頭首工

表-2 取水量(平成4年3月31日同意) かんがい面積					
期 間	最大取水量(m³/s)				
	かんがい期		非かんがい期		
	代かき期	普通期			
	4/16～ 5/5	5/6～ 9/7	9/8～ 12/15	12/16～ 翌年3/31	4/1～ 4/15
区 分					
高時川頭首工	11.440	11.434	2.490	3.200	2.490

表-3 取水量(平成14年7月5日同意) かんがい面積4,717ha					
期 間	最大取水量(m³/s)				非かんがい期
	かんがい期				
	早期作の苗 代田への代 かき期	本田への代 かき期	普通期		
	3/27～ 4/10	4/11～ 4/30	5/1～ 9/15	9/16～ 12/15	
区 分					
高時川頭首工	4.223	10.189	11.276	2.490	3.200

※ 1. 高時川幹線掛り（中央幹線含む）の必要量、草野幹線の不足並びに調整池（西池）への導水分を取水。
なお、自流が不足する場合には余呉湖から補給を受ける。

※ 2. 最大取水量は、S28～H4（40ヵ年）の第 1 位としている。

※ 3. 早期作（コシヒカリ）を推進している。早期作（コシヒカリ）：早植作（日本晴）＝ 7 5：2 5

枠線太字：瀬切れ発生期間

【参 考】

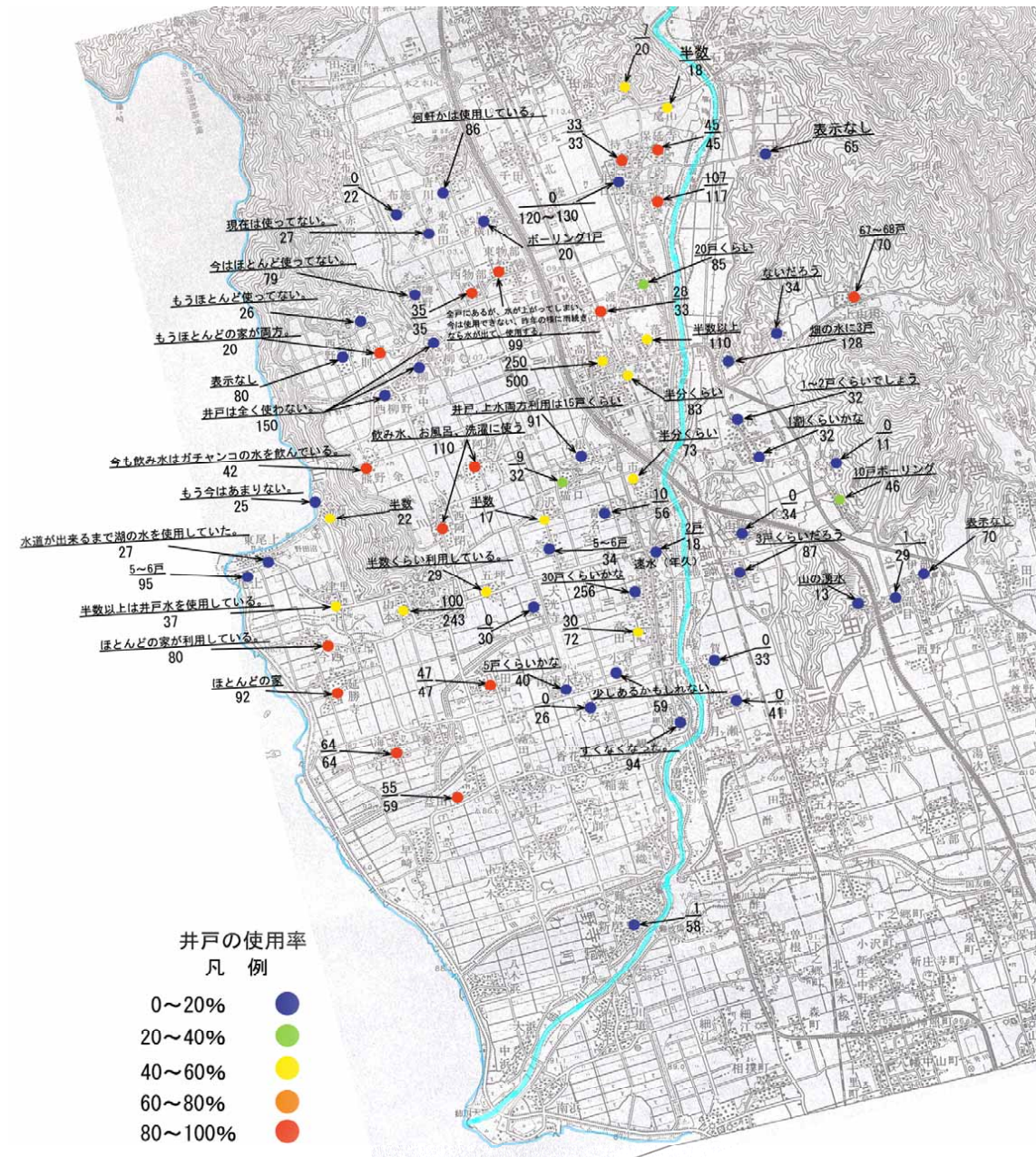


図3-13 高時川沿川の地下水利用状況