

森林の変遷と土砂流出分析に基づく治水安全度向上策に関する研究

An improvement policy of flood control safety level based on  
forest transition analysis and sediment discharge observation

2022年9月

小井 宣秀

## 目次

第1章 序章	1
第1節 はじめに	1
第2節 和歌山県の概要	4
1. 地勢および気候	4
(1)地勢	4
(2)気候	4
2. 地質	4
3. 人口	5
第3節 富田川流域および河川の概要	6
1. 流域の概要	6
2. 河川の概要	8
(1)治水事業の状況	8
(2)河川利用の現状	8
(3)河川環境の現状	8
第2章 森林および河川の状況	12
第1節 森林状況の変遷	12
1. 日本における森林の変遷	12
(1)森林変遷の概況	12
(2)森林整備の歴史	19
2. 和歌山県における森林の変遷	33
(1)和歌山県の森林の概況	33
(2)和歌山県の森林整備の歴史	35
(3)和歌山県の人口と林業従事者	43
(4)木材の需要と供給	44
3. 富田川上流域（旧中辺路町および旧大塔村）における森林の変遷	46
(1)森林の概況	46
(2)森林状況の変遷	46
(3)地元の林業家古老および森林組合関係者等へのヒアリング結果	52
4. 森林変遷に関する考察	56
(1)江戸時代まで	56
(2)明治時代から第二次世界大戦まで	56
(3)第二次世界大戦中・戦後	57
第2節 河川状況の変遷	58
1. 概要	58
2. 富田川流域に影響を及ぼした災害史	61
3. 河川状況の変遷	71
(1)写真による検証	71
(2)地元の林業家古老および森林組合関係者等へのヒアリング結果	75
第3節 森林の変遷と河川の変遷の関係	76
1. 航空写真による検証	76
2. 航空写真による検証のまとめ	99
第3章 音無川、西谷川および熊野川谷川における降水と流出土砂量の検討	101
第1節 音無川流域における検討	101
1. 土砂流出計算モデル	101
(1)降雨流出計算	101
(2)土砂流出計算	102
2. 土砂流出計算結果	103
3. 土砂流出の傾向の分析	103
4. 土砂流出に有効な降雨強度の検討	104
第2節 西谷川および熊野川谷川流域における検討	108
1. 観測方法	108
2. 観測結果	108
3. 降水と土砂流出の傾向	110
4. 土砂流出に有効な降雨強度の検討	112
5. 提案したモデルの実用的意義	115
第4章 結論	118
謝辞	

## 第 1 章 序章

### 第 1 節 はじめに

我が国では、高度成長期に多くの流域で森林整備が進み、流出や土砂生産・河道への流入が減少し河道が安定化した事例が数多く報告されている。一方、近年の林業を取巻く状況変化により、十分な管理がなされぬまま荒廃化した森林が増加しており、そのような流域では平常時の土砂生産・流入の増加のみならず、降水多量時の崩壊危険度の増大も指摘されている。和歌山県の二級河川である富田川においても、河床低下に伴い機能喪失した魚道などの河川構造物がみられる一方で、瀬淵地形の曖昧化等の河道状態の変化が報告されている。

こうした中、2011年の紀伊半島大水害、2014年広島土砂災害、2015年関東・東北豪雨、2017年九州北部豪雨、2018年西日本豪雨、2019年台風第19号および2020年熊本豪雨等、大規模降雨による災害が日本各地で頻発している。いずれの災害も上流部に森林を有する流域において、大規模降雨に起因して発生したものである。従って、大規模降雨や森林の荒廃が、土砂の生産や河道への流入に与える影響を明らかにする必要がある。

降水と流出土砂量の関係性については、過去において多くの研究がなされ<sup>1)~3)</sup>、これらの成果として、流域内の地質や崩壊地の有無、河床堆積物や森林特性等により様々な形態をとることが報告されているが、その関係性を明確にすることは極めて困難である。また、西南日本の治水、利水および多目的ダムが存在しない山地流域において、降水と流出土砂量の関係性に関して、現地での実測に基づく研究がなされた数はそれ程多くはない。

こうした中、現在、山地からの土砂流出を予測するモデルは、既に高度化している<sup>4)</sup>が、測量や観測の継続性など実務レベルの運用では、依然様々な課題があり、流出土砂量のある程度の精度で簡便に求めることは、長期の流域管理を効率的に行う上でも重要である。

本研究では、流域への水および土砂の流出源となる森林の変遷について、我が国および和歌山県の状況について整理するとともに、富田川右支川の西谷川および熊野川谷川流域および隣接する一級河川熊野川右支川の音無川流域における降水と流出土砂量の関係性および治水安全度の向上策について検討を行った。

古来、森林の状態が、流域への水および土砂の流出や、洪水および土砂災害の発生に大きく影響していることが多くの歴史書などに記され、森林が降雨流出や土砂流出に影響を与えることは、古くから経験的に認識されていた。森林の影響を科学的に明らかにする試

みは、主に 20 世紀に入ってからのものであり、森林が降雨流出および土砂流出に影響を与えることは、従来の研究により明らかにされているが、森林の洪水緩和機能、特に豪雨時の洪水緩和機能に対しては、肯定的な見解と否定的な見解の両論あり、いまだにその評価が定まっていない状況にある。豪雨時の森林の洪水緩和機能に関する議論が決着しない理由の一つに、森林の洪水緩和機能が、いまだ定性的な理解に留まっており、定量的評価が進んでいないことが挙げられる<sup>5)</sup>。

しかしながら、森林の洪水緩和機能の定量的評価を直ちに行うことは困難を極めることが予想されるため、本論文では、森林の変遷と水・土砂流出の関係性について、まずは、森林の状況とその変遷、また、それらと洪水や土砂災害の発生の時系列的な関係性すなわち因果関係について歴史的事実から明らかにすることを試みた。

日本全体については、我が国の有史以来 19 世紀中葉までの森林・林業の変遷を記述した「日本人はどのように森をつくってきたのか（コンラッド・タットマン著、熊崎実訳）」<sup>6)</sup>、流砂系における土砂動態を記述した「総合土砂管理計画（山本晃一編著）」<sup>7)</sup>に基づき、森林変遷の概況を整理し、簡単な考察を加えた。また、森林整備の歴史については、森林・林業の情報を網羅的に掲載している林野庁の森林・林業白書<sup>8)</sup>および森林・林業統計要覧<sup>9)</sup>を引用した。これらの資料から、寺社仏閣をはじめとした建築用材など各時代の森林需要とそれに伴う森林荒廃および災害、森林整備と森林を取り巻く経済的環境および土砂流出防備など災害防止や地球温暖化防止対策のための二酸化炭素吸収源など森林が保有する機能等に着目して抽出し記述するとともに、それらの経年変化を一覧に整理した。また、木材伐採量や人工造林、間伐面積の推移について森林・林業白書に基づきグラフ化を行い、傾向を分析した。

和歌山県内の森林については、林野面積や人工林面積等の変遷を時系列的にまとめた資料が無かったため、和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課の「和歌山の林業（1973 年）」<sup>10)</sup>、「林業の概況（1980 年）」<sup>11)</sup>、「林業および山村の概況（1985、1990 年）」<sup>12)</sup>および「森林・林業および山村の概況（1996～2021 年）」<sup>13)</sup>から、和歌山県の森林面積、民有林・国有林の面積および蓄積、人工林・天然林の面積および蓄積、スギ・ヒノキ林および広葉樹林の面積の推移、人工造林面積の推移、国産材と外国産材の需給および価格の推移および林業従事者数を、また、国勢調査および田辺市業務資料から人口の推移について、データを抽出しグラフ化を行い、傾向の分析を行った。

また、富田川上流域の森林に関して、和歌山県林業振興課資料では確認出来なかった第二次世界大戦前後の森林の乱伐や森林の変遷および洪水や土砂災害の状況、河床材料の変化について、地元の古老らにヒアリングを実施した。ヒアリングに際しては、同時にメモ

を取るとともに、許可を得て録音したものをテープ起こしし、第2章第1節3.(3)に示した、乱伐の状況、御留林、植林、森林管理の効果、水・土砂の出方、河床材料の変化および木材の需要と価格について整理を行った。さらに、上記の日本と和歌山県内の森林の変遷およびヒアリング結果に基づき考察を行った。

富田川においては、2011年9月の台風第12号による紀伊半島大水害時に、中辺路町真砂地内で斜面が崩壊し約12万m<sup>3</sup>の土石流が河道に流入した他、富田川流域の各支川でも多くの山腹崩壊が発生した。崩壊土砂はその後の降雨に伴い継続的に河道へ流入しており、富田川の中下流域への大量の土砂堆積により、全体の治水安全度の低下が危惧されている。また、大量土砂の河道内への流入は、森林状況と崩壊発生、土砂移動を検討する上では重要な要素である。

和歌山県が管理する河川の延長は総計約1,970kmであるが、このような事態に対し河川管理を行う職員数は減少の一途をたどり、護岸や河道の管理が十分に行えていない現状である。

著者らは、富田川右支川の西谷川および熊野川谷川流域において、降水と流出土砂量の関係性を定式化することを目的として、2014年から2019年にかけて水文量と流砂量の観測<sup>14)</sup>、<sup>15)</sup>を行ってきた。しかしながら、6年間の継続的な観測をもってしてもある程度以上の土砂流出が発生したイベントは数えるほどでしかなく、系統的な説明が出来るに至っていない。そこで本研究では、近接する流域でかつ網羅的なデータが存在する一級河川熊野川の右支川である音無川流域について、降水と流出土砂量の関係性、特に流出土砂量のオーダーが変わる連続雨量の閾値の決定要因について検討した。さらに、そこで得られた概念と用いた検討手法を西谷川および熊野川谷川流域に適用し既発表<sup>14)</sup>、<sup>15)</sup>の内容に新たな解釈を試みた。

具体的には、音無川流域における流出土砂の推計結果から、降水と流出土砂量の間に見られる傾向、並びに期別連続雨量を構成する時間雨量を10～30mmの間で5mm毎に区分し、各区分雨量すなわち雨量の閾値以上の累積雨量の変化に伴う流出土砂量への影響を分析した。さらに、各区分雨量及び閾値以上の累積雨量の概念を西谷川および熊野川谷川流域に適用し、降水と流出土砂量との関係について整理し直した。

加えて、頻発する水害に対応する和歌山県職員の人員不足等、厳しい河川管理の現状を踏まえ、得られた関係式を用いた治水安全度向上のための効率的な河川管理の可能性について考察を行った。

## 第 2 節 和歌山県の概要

### 1. 地勢および気候

#### (1)地勢

和歌山県は、本州南端の紀伊半島南西部に位置し、南北約 106km、東西約 94 km、北は大阪府、東は奈良県、三重県に接し、西は紀伊水道を隔てて徳島県と相對し、南は太平洋に面している。総面積は 4,725km<sup>2</sup> で全国面積の約 1.3%<sup>16)</sup>を占めている。

同県は、古くから「木の国」といわれ、大部分が紀伊山地を中核とする山岳地帯で平坦地が少ない。西南部の太平洋沿岸は、山裾が海岸線に迫り、西日本でも代表的なリアス海岸をなしている。

紀伊山地に属する諸山脈の中には、標高 1,000m を超える護摩壇山、大塔山が聳えこれらの山地の間を県内主要河川である紀の川、有田川、日高川、富田川、日置川、古座川、熊野川等が蛇行しながら流下し、紀伊水道または太平洋に注いでいる<sup>17)</sup>。

海岸線は全長約 650km<sup>18)</sup>におよぶが、特に紀南地方の海岸は、随所に奇岩、怪石が海中に屹立しており、その雄大な景観は、本邦でもまれな景勝地として知られている。

#### (2)気候

同県の気候は、紀北と紀南で差があるが、一般に温暖で雨量も多く、いわゆる太平洋型気候を示している。令和 3 年 3 月 24 日の気象庁の報道発表資料によると、年平均気温が和歌山で 16.9℃、潮岬で 17.5℃、年間降水量は和歌山で 1414.4 mm、潮岬で 2654.3 mm<sup>19)</sup>となっており、紀南地方は紀北地方のおおよそ 2 倍の降水量がある多雨地帯となっている。

### 2. 地質

和歌山県の地質は、その構造上、西日本の島弧に平行して走る中央構造線によって内帯と外帯に区分される。この中央構造線は、紀の川に沿って和泉・葛城山麓を通り、三重県の橿田川低地に延長する。

この構造線上の内帯は、白亜系和泉層群が幅狭く東西に分布し、主として砂岩・泥岩からなっている。同県地域の大部分を占める外帯は、各時代の入り混じった地質や岩石が、ほぼ東西に帯状に分布しているのが特徴で、北から三波川地帯の結晶片岩類、変はんれい岩類、秩父類帯の古生層、中生層および日高川帯の中生層、さらには同県南部の牟婁帯の古第三系及び中新統などである。

比較的時代の新しい鮮新統，更新統は紀の川低地に分布し，段丘を形成する新期更新統（洪積層）は，各地帯の海岸，河岸に分布する．火成岩の分布は稀であるが，潮岬，新宮付近には塩基性岩その他の火成岩及び熊野酸性岩類がみられる<sup>17)</sup>．

### 3. 人口

和歌山県の人口は，1985（昭和 60）年の 1,087 千人<sup>16)</sup>をピークとして，2000（平成 12）年からは本格的な減少局面に入り，2019（令和元）年には 925 千人で日本国内の順位で 40 位となるなど，急速な人口減少に直面している．

また，出生児数も 2010（平成 22）年には 7,587 人で人口千人当たり 7.6 人と国内 39 位であったが，2019（令和元）年には 5,869 人で人口千人当たり 6.4 人と減少しているものの，国内 33 位と順位は上げている．

さらに，15～64 歳の生産年齢人口は，2010 年の 59.9%，2015 年の 57.0%，2019 年の 55.3%と減少し，国内順位については 40 位から，2019 年は 36 位<sup>16)</sup>と上昇している．これらの急激な人口減少と高齢化は，農林水産業をはじめとする産業の衰退，地域の担い手減少による伝統文化の喪失やコミュニティの崩壊，また、自治体財政の悪化による行政サービスの低下などをもたらしており，早急にそれらへの対策を講じる必要が生じている．

これらに加えて，2020（令和 2）年 1 月に日本国内で COVID-19 の症例が確認されて以降，日本全国で感染拡大がみられ，本県においても，その影響によって地域経済の疲弊が深刻になっている．

### 第3節 富田川流域および河川の概要

#### 1. 流域の概要

富田川は、その源を和歌山県と奈良県との県境に位置する安堵山（標高 1,184m）に発し、中川、鍛冶屋川、石船川、西谷川などの支川を合流し、紀州灘に注ぐ、幹川流路延長約 46.0km、流域面積 254.1km<sup>2</sup>の二級河川である。

富田川流域は、和歌山県田辺市（旧中辺路町、旧大塔村）、上富田町、白浜町の1市2町からなる。流域の地形は、上流では、北東側に 1,000m 前後の果無山脈が連なり、中流に注ぐ右支川の西谷川や左支川の石船川、内の井川等の支川では、一段低い 400m から 700m の中起伏山地が左会津川や日置川との分水界となっている。下流に至るとさらに標高の低い 200m から 500m の丘陵性の山地が富田川を囲むように分布している。

本川上流では谷底平野の発達が悪く、両側に山地が迫り深い溪谷となっているが、中流の栗栖川付近や北郡付近では河岸段丘が発達している。鮎川付近から下流には標高 200m 以下の富田川下流丘陵が分布し、富田川沿いは狭長な谷底平野からなる富田川低地を形成している。また、河口には海岸砂州が発達し、河口から約 1.6km は感潮域になっている<sup>20</sup>。図 1-1 に富田川流域の全体図、富田川の右支川の1つである西谷川、熊野川谷川、一級河川熊野川右支川音無川の流域位置図および観測機器の位置を示す。

流域の地質は四万十帯（音無川層群・牟婁層群）と田辺層群であり、砂岩と泥岩の互層ならびに礫岩により構成されている。上流域に音無川層群、中流域に牟婁層群が東西方向に帯状に見られる。また、下流域に田辺層群が分布している。

流域の気候は、南海気候区に属し温暖多雨である。年平均降水量は、下流域で 1,800mm 程度であるが、上流域では 2,600mm を超える。年平均気温は 15～17℃である。

流域の土地利用は、山地が約 86%、水田・畑が約 7%、宅地が約 3%、その他が約 4%である。富田川沿いには、近畿自動車道紀勢線、国道 42 号、国道 311 号、国道 371 号が走り、海岸沿いには JR 紀勢線が通り、交通の要衝となっている。

流域の歴史は古く、熊野三山への参詣道「熊野古道（中辺路）」の多くの部分は、「紀伊山地の霊場と参詣道」として世界遺産に登録されており、富田川沿いには水垢離場の跡や王子跡などのほか、周辺に広がる森林、農耕地、集落が文化的景観として残されている。また、オオウナギ生息地として 1923（大正 12）年に 3 箇所が国の天然記念物に指定され、さらに、富田川の河口から約 18 km の区間（河口から旧中辺路町と旧大塔村の境界まで）が 1935（昭和 10）年に追加指定されている。



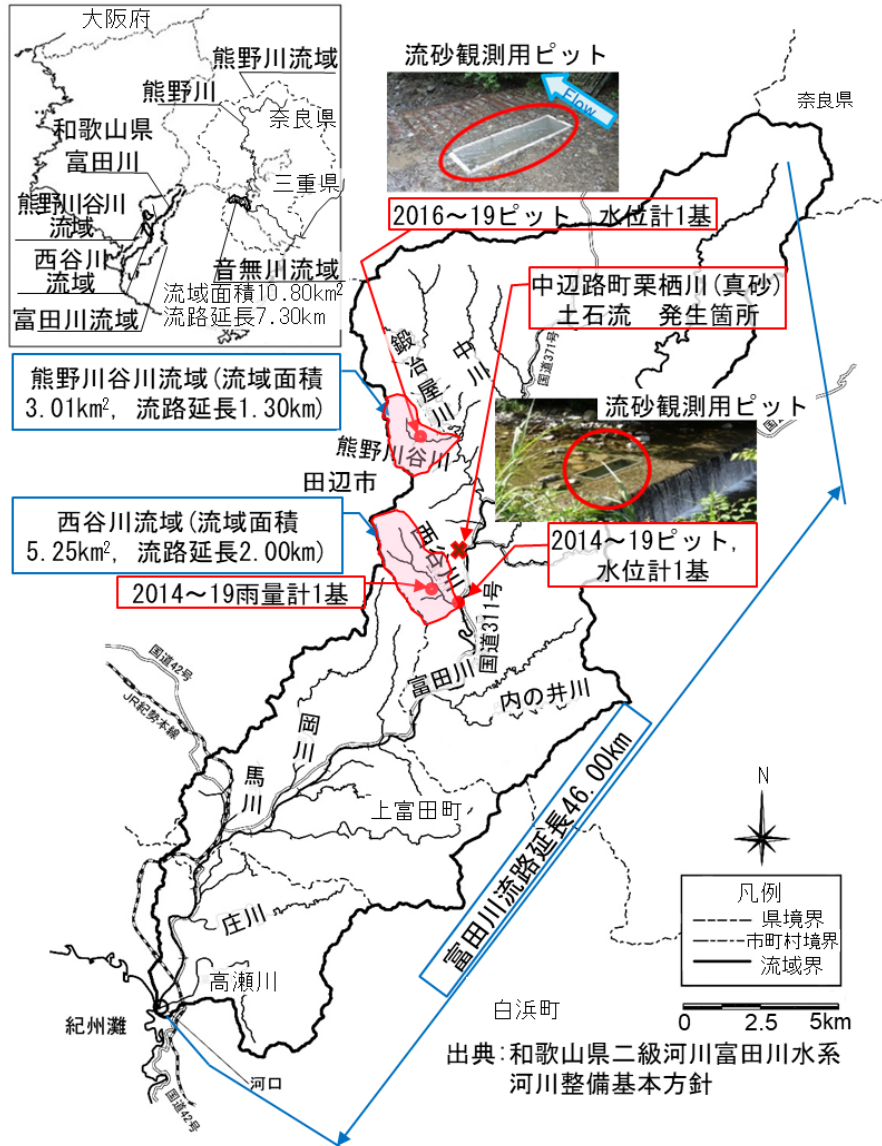


図 1-1 富田川，西谷川，熊野川谷川および音無川流域図，並びに観測機器位置図

富田川流域には熊野古道に関連した観光施設や温泉などが点在し，富田川沿いには熊野古道の探訪コースが設定されるなど，隣接する白浜温泉や熊野三山と併せた観光ルートの一部となっている．熊野詣での基点となる王子が点在し，真砂地区の土石流発生箇所直上流側の富田川と石船川の合流地点に鎮座する滝尻王子は，熊野三山の霊域のはじまりとされている．また，稲葉根王子跡の水垢離場から見る富田川と背後の山の風景は，和歌山県朝日・夕陽百選に選ばれている．河川の沿川には，「清姫の墓」や，富田川堤防の人柱となった「彦五郎の碑」など河川に関係の深いものがある．

流域の産業は，第三次産業が約 72%で最も多く，次いで第二次産業の約 19%，第一次産業の約 8%となっている<sup>20)</sup>．

## 2. 河川の概要

### (1)治水事業の状況

富田川流域では、明治から昭和初期にたびたび堤防が決壊し、大きな被害を受けてきた。特に明治22年8月の明治大洪水は、堤防が各所で決壊し、洪水と土砂が流下して565人の命が奪われる大災害であった。また、昭和34年9月の伊勢湾台風、昭和36年9月の第2室戸台風等で、たびたび浸水被害を被っている。

富田川の治水事業は、昭和25年から中小河川改修事業として実施され、田辺市内の井から河口までの間約15.4kmの築堤や河道掘削等を実施してきた。昭和53年には計画降水流量を3,000m<sup>3</sup>/sと定めた工事实施基本計画を策定し、現在に至っている。

しかしながら、その後も昭和63年9月の集中豪雨、平成2年9月の台風第19号、平成15年8月の台風第10号、平成23年9月の台風第12号による紀伊半島大水害等により浸水被害が生じており、今後も被害の軽減を図る必要がある。

### (2)河川利用の現状

河川水の利用については、古くから農業用水や水道用水として利用されている。上流域では雨量が多く、渇水による被害の報告はない。しかし、近年、雨の少ない秋から冬にかけて、生馬橋から上流の区間では河川水が伏流して地表水が一時的に涸れることがある。

河川空間利用については、田辺市鮎川の河川敷では高水敷が「水辺の楽校」として整備され、自然学習の場として利用されている。また、アユ、アマゴ、ウナギの漁業権が設定されており、多くの釣り人に利用されているとともに、キャンプなど普段からレクリエーションの場となっている。さらに、「清姫まつり」などのイベントが開催され、地域の人々の交流の場となっている。

### (3)河川環境の現状

富田川は和歌山県内でも南部に位置し、黒潮の影響で温暖であるため、オオウナギを始めとした亜熱帯系の生物が見られる。また、人為的改変が少なく自然が多く残っていることから、生物多様性が確保された河川と考えられる。

渓流域（中川合流点上流域）の河道は、瀬・淵が連続して見られ、河床や河岸に岩盤が露出し、河床には大礫が多く、河床勾配は1/100程度である。河川沿いにはハンノキ、ケヤキ、イロハモミジなどの渓谷林が発達し、森林と河川の環境の両方に依存する動物の生息環境として機能している河川と樹林地が接する区間が続いている。

魚類ではアユ、アマゴ、オオヨシノボリ、ルリヨシノボリ、タカハヤなどの遡上が確認されており、河道内には魚類等の移動を妨げるような横断構造物は少ない。鳥類では

ヤマセミやカワガラス、オオルリなどが確認されており、河川周辺にはそれらの鳥類が好む露岩地が存在する。また、哺乳類では流域内にニホンザルやイノシシ、ツキノワグマやカモシカが確認されている。

上流域（中川合流点～内の井川合流点）の河道は、早瀬、平瀬、淵が交互に現れ、河床は大礫を主体とし、河床勾配は 1/160 程度である。河川沿いの山地には、スギ・ヒノキの人工林、シイ、カシの自然林が多く見られ、河道内にはアカメガシワ、ツルヨシなどが見られる。

魚類ではアマゴ、アユ、ウナギ、カワムツ、タカハヤ、シマドジョウ、シマヨシノボリ、カワヨシノボリなどが確認されており、河道内には魚類が生息できるような採餌の場としての瀬と、休息の場・洪水時の避難場としての淵が存在している。鳥類ではチュウサギ、カワガラスが確認されており、河川敷にはサギ類の採餌場所や多くの生物の生息場になっている草場が広がる。また、富田川の河床は低下傾向にあり、西谷川合流点では魚道に段差ができており支川との連続性が妨げられている。

中流域（内の井川合流点～馬川合流点下流）の河道は、丘陵を侵食して形成された谷底平野を流れる区間であり、河床勾配は 1/310 程度である。川幅が広がり交互砂州を形成し、瀬と淵が交互に分布し、河床材料は礫を主体とする。

植物ではカワラケツメイ、カワラハハコといった礫河原特有の植物が見られ、高水敷にはクズ、セイタカアワダチソウなどが分布している。魚類ではアユ、ウナギ、ギンブナ、オイカワ、カワムツ、シマドジョウ、ドンコ、カワヨシノボリなどが確認されており、アユが生息できるような餌（珪藻）が生育できる岩や転石の瀬と、魚類の休息の場となる淵が存在している。また、鳥類ではチュウサギ、ヒクイナ、コチドリ、イカルチドリなどが確認されており、河道内にはサギ類の休息場所となっている竹林やヤナギ林、コチドリの繁殖場所となっている丸石河原が存在する。

下流域（馬川合流点下流～富田橋上流）の河道は、流れが緩やかになり河床材料は砂礫が主体である。河床勾配は 1/640 程度である。血深井堰や大井堰等の横断構造物が存在するが、魚類の移動は確認されており、その上流には湛水域が形成されている。山付きの箇所では流れの方向を大きく変え、深い淵を形成している。

植物では水際部でヨシ、ツルヨシ、セキショウモ、高水敷でコイヌガラシが見られ、魚類・鳥類・両生類等の生息環境としての植生帯を形成している。

魚類ではオオウナギ、アユ、オイカワ、シマドジョウ、外来種であるカダヤシなどが確認されており、河道内にはオオウナギが身を隠すことのできる岩や流木等の隙間や豊

富な餌生物を確保できる環境が存在している。また、血深井堰、大井堰上流の湛水域では、サギ類、カモ類、ミサゴなどの鳥類が確認されている<sup>20)</sup>。

なお、2009（平成21）年2月に、白鷺橋下流約1km地点において、富田川が国の天然記念物「オオウナギ生息地」として指定されているオオウナギの幼魚が確認されている<sup>21)</sup>。

感潮域（富田橋上流～河口）では、河口に砂州が発達し、河道は大きく左岸側に寄せられ、支川高瀬川と合流して狭い開口部から太平洋に流下している。河床材料は砂礫・シルトが主体である。植物は砂州ではハマエンドウ、ハマヒルガオ、タヌキマメ、塩性湿地ではハマボウ、水際部ではヨシなどが見られる。

魚類ではアユ、ボラ、ゴクラクハゼなどの、底生動物ではミナミテナガエビなどの生息が確認されている。また、鳥類はシギ類、カモ類、オオヨシキリが確認されており、河口の干潟はシギ類などの餌場・産卵場に、河道内のヨシ原はオオヨシキリの繁殖地や多くの生物の生息場となっている。さらに、河口部にはミサゴが魚を捕食している水面が広がっている。

富田川の水質については、全域においてA類型に指定され、BOD75%値をみると、環境基準点である河口付近の富田橋地点、補助基準点である上流の生馬橋で環境基準（2mg/l以下）を概ね満足している<sup>20)</sup>。

## 参考文献

- 1) 芦田和男，高橋保，奥村武信，道上正規，沢田豊明：山地流域における出水と土砂流出，京大防災研究所年報 第15号B，pp.349-361，1972.4.
- 2) 難波宣士，川口武雄：山地流域からの土砂流出に及ぼす諸因子とくに森林の影響，林業試験場研究報告 第173号，pp.93-116，1965.2.
- 3) 恩田裕一編：人工林荒廃と水・土砂流出の実態，岩波書店，pp.1-209，2008.
- 4) 高橋保：土砂流出現象と土砂害対策，近未来社，pp.261-302，2006.
- 5) 糸数哲：森林の生育が水と土砂の流出に与える影響の評価に関する研究，京都大学学術情報リポジトリ，pp.2，pp.6，2015.
- 6) コンラッド・タットマン著，熊崎実訳：日本人はどのように森をつくってきたのか，築地書館，pp.4-13，1998.
- 7) 山本晃一編著，公益財団法人河川財団企画：総合土砂管理計画 流砂系の健全化に向けて，技報堂出版，pp.6-11，2014.

- 8)林野庁：平成 25 年度森林・林業白書 第 I 章 森林の多面的機能と我が国の森林整備  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/25hakusyo/pdf/5hon1-1.pdf> (2018 年 12 月 31 日閲覧)
- 9)林野庁：森林林業統計要覧  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/toukei/youran.html> (2019 年 1 月 4 日閲覧)
- 10)和歌山県林業振興課：和歌山の林業 (1973 年)  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/gaikyou/index.html> (2017 年 1 月 17 日閲覧)
- 11)和歌山県林業振興課：林業の概況 (1980 年)  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/gaikyou/index.html> (2017 年 1 月 17 日閲覧)
- 12)和歌山県林業振興課：林業および山村の概況 (1985, 1990 年)  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/gaikyou/index.html> (2017 年 1 月 17 日閲覧)
- 13)森林・林業および山村の概況 (1996～2021 年)  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/gaikyou/index.html> (2017 年 1 月 17 日, 3 月 20 日, 2019 年 1 月 23 日, 2021 年 12 月 1 日, 2022 年 1 月 22 日閲覧)
- 14)小井宣秀, 武藤裕則, 田村隆雄, 河尻拓郎：西谷川流域における降水量, 地下水位及び流砂量の関係について, 平成 28 年度土木学会四国支部第 22 回技術研究発表会, 2016.5.
- 15)Nobuhide,k.Yasunori, M.and Takao, t.:An observational research on hydrological data and sediment transport in the Nishidani and Kumanogawadani river basin and mountain watershed, the38<sup>th</sup> IAHR World Congress September 1-6, Panama City, Panama, 2019.
- 16)和歌山県調査統計課：令和 2 年度指標からみた和歌山県のすがた  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/020300/100/index.html> (2021 年 12 月 12 日閲覧)
- 17)和歌山県林業振興課：和歌山の林業 昭和 48(1973)年 9 月  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/gaikyou/index.html> (2022 年 1 月 2 日閲覧)
- 18)和歌山県調査統計課：和歌山県の地勢と気候 令和 3(2021)年  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/020300/kids/wakadata/chisei.html> (2021 年 12 月 12 日閲覧)
- 19)気象庁報道発表資料：令和 3 年 3 月 24 日平年値(1991～2020 年)  
[http://www.jma.go.jp/jma/press/2103/24a/210324\\_heinenchi.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/2103/24a/210324_heinenchi.html) (2022 年 1 月 2 日閲覧)
- 20)和歌山県河川課：富田川河川整備基本方針  
[https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/080400/hoshin/kihonhosin\\_d/fil/tonda-kihonhosin.pdf](https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/080400/hoshin/kihonhosin_d/fil/tonda-kihonhosin.pdf) (2017 年 3 月 17 日閲覧)
- 21)国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所：記者発表資料  
<https://www.kkr.mlit.go.jp/kinan/news/090224.pdf> (2022 年 1 月 3 日閲覧)

## 第2章 森林および河川の状況

### 第1節 森林状況の変遷

#### 1. 日本における森林の変遷

##### (1) 森林変遷の概況

日本の国土面積は約 378,000km<sup>2</sup>で、これに対して森林面積は約 251,000km<sup>2</sup>であり約 66.4%を占めている<sup>1)</sup>。我が国では古来、多くの人々は、森林もしくはそれらを含む流域に生まれ、成長し、文明・文化を育んできた。具体的には、住居や薪炭を始め、寺社や仏閣の建築など、多くの資材、燃料を森林から得ることによって生活を営み文化の形成を行ってきた。第二次世界大戦後の高度経済成長期に安価な外国産材が多量に輸入されるまでは、我々日本人は森林の恵から生活の糧の大部分を享受してきた。森林変遷の概況について、熊崎実は、「日本人はどのように森をつくってきたのか」(コンラッド・タットマン)の訳者まえがきの中で、以下の様に述べている。

「この日本列島の三分の二は森林におおわれている。比較的早くから開けた超過密の島国に、これほど多くの森林が残っているのは異例のことだ。しかしその森のほとんどは原始の姿をとどめていない。何世代にもわたって繰り返された人間の干渉で森林の様相はすっかり変わっている。今日の森林景観は、良くも悪くも、日本人の作り出したものであり、一種の文化遺産なのである。」<sup>2)</sup>

古代から、日本人は、国土の大部分を占める森林を利用し過度に伐採を行った結果、災害や早魃に見舞われてきたため、森林の利用規制や植林を行うなど森林に対して働きかけを行うことによって、多くの原生林は、樹種はもとより、山地崩壊に伴う地形の変状など原初の状態から変容してきている。これら森林の具体的な変容状況について、タットマンは以下の様に述べている。

「工業化以前の日本の森林は二つの大きな危機に直面した。律令国家の成立過程で見られた古代の略奪(西暦 600~850 年)と、豊臣秀吉・徳川家康の諸国統一に象徴される近世の略奪(1570~1670 年)である。特に近世以降、森林伐採が日本全国に広がり、林地開墾も盛んになった。傾斜が急で地質的にも脆弱な日本の山地に繰り返し強度の干渉が加えられれば、生態系の劣化が急速に進展する。事実、近世の略奪があった直後には荒廃の一手手前まで来ていた。しかし、現実には朝鮮半島や中国の山地に見られるような極度の森林荒廃は起こらなかった。」<sup>2)</sup>

ここで、朝鮮半島や中国の山地で見られた極度の森林荒廃が、日本では起こらなかったことについては興味深い点であるが、日本人特有の自然に対する畏敬の念や道德観、先祖からの知恵が影響しているものと考えられる。その理由について熊崎は、以下のよう記述している。

「十七世紀の終わり頃から伐採速度が低下し、より安定的な森林利用のパターンが出現するからである。第一に森林の利用と林産物の消費に対して強い規制が加えられるようになった。統治者による上からの取り締まりに加えて、村人たちもコミュニティのレベルで自主的な規制を強めていった。しかしながら、消極的な規制だけでは林産物の絶対的な不足は解決しない。ついで、十八世紀の半ばあたりから、規制に加えて、積極的に資源を育成する方式が広く採用されるようになった。スギ・ヒノキの人工造林がそれである。タットマン氏によれば、こうした措置が成功をおさめ、日本はドイツとともに世界に先駆けて収奪的な林業から持続的な林業への転換を果たしたという。

この転換によって今日の日本型育成林業の原型が形成され、二十世紀半ばまでつづく『植林の時代』を支えることになるのだが、その育成林業はいま崩壊の瀬戸際にある。」<sup>2)</sup>

一方、森林の変遷を山地災害等の土砂災害や洪水災害からの視点で見ると、古代や近世には、過度な森林伐採に起因した土砂災害や洪水による被害が記録されている。これらの経験から、先人は渇水を含めた災害対策として様々な森林保全対策を行ってきた。また、流域の多くを占める森林の保全対策を行うことによって、上流域の山地崩壊はもとより、河道に流入する土砂を抑制し、中・下流域の過度な河床上昇を防止する流域全体を俯瞰した洪水対策を行ってきた。これらについて、山本晃一は、その編著「総合土砂管理計画 流砂系の健全化に向けて」のなかで以下の様に述べている。

「天武 5 (676) 年には細川山(奈良県明日香村)の草木伐採を禁じ、和銅 3 (710) 年には森林の伐採禁止と伐採制限を行った(遠藤, 1934)。大同元 (806) 年の山城国大井山(京都嵐山)の『大井山河岸の伐採禁止』は、土砂流出防止対策として樹木の伐採を禁止したものである。弘仁 12 (821) 年には『応ニ水辺山林ヲ記損スルヲ禁制スベキコト』として、水源の山林、河畔林の伐採の禁止を令している。翌年には水源林と行路樹の伐採の禁止令が出された(所, 1977)。

山地および河畔林の伐採は、河床上昇による氾濫・土砂災害の増加、河岸浸食の激化をもたらすとして樹木の伐採を禁止したのである。ここに総合土砂管理的視点が官制として導入されたと言えよう。」<sup>3)</sup>

近世に入ると、江戸時代初期には、山地流域の植生と土砂流出の関係性や、河道への土砂供給と河床変動の関係性について、現地状況を踏まえた令を公布し、草木の根の掘り起こしの禁止や、樹木が無い山地には植樹を行うこと、また、新しく農地を開拓し河道を狭めることを禁止するなど、土砂災害、洪水防御及び渇水対策の観点からの森林保全対策が幕府全体の政策として、下記のように施行されるようになった。

「寛文6（1666）年2月、徳川幕府は『山川掟の令』と言われるようになる令を公布した。（淀川百年史編集委員会、1974；荒井編、1969）。その内容は、

- ①近年は草木の根まで掘り取るので、風雨が強い時は川筋に土砂が流出して川の流れが滞るので、今後は草木の根を掘り取ることを停止すべきであること。
- ②山方の木立がない所には、この春から木苗を植え付け、土砂が流れ落ちぬようにすること。
- ③新規に田畑を起こしたり、盛出して川面を狭めたりしてはならないこと。

附 山中で焼畑を新規にしてはならないこと。

というものであった。このうち①、②、③の附は、山地流域の樹木・草木と土砂供給の関係、土砂供給と河床変動の関係に関する知見に基づいて令を公布したものである。」<sup>3)</sup>

さらに、淀川水系で発生した大災害を契機として、幕府は各河川の調査を行い水害の実態の把握を試みている。その際、治山・治水に関する識者が現れ、現地状況に基づいて幕府への進言を行うとともに、構築した理論が幕府の山林政策として採用されている。このことについても以下のように記述されている。

「天和3（1683）年、淀川水系に大きな災害が起き、幕府は各河川を巡見した。この巡見には土木・水利に詳しい河村瑞賢が加わっていた。瑞賢は山地における乱伐が災害の大きな要因だとして、伐採の禁止と植樹を強く進言している。

熊沢蕃山（1619～91）は、晩年の作である「集義外書」（宮崎監修、1978）において、次のように言っている。

『水上の水、流れの谷々山々の草木を切りつくすので、土砂と樹木のからみがなくなり、一雨一雨ごとに河川へ土砂が流れこんで、河床が高くなり、河口が埋もれてしまう』、『後にとめ山（樹木の切出しの禁止）を行っても、木の根まで掘った山は、30～50年でも草木は育たぬものである』、『（樹木を切ってしまうと）山沢の神気が薄くなって、水を生じること少なくなるので、平常時の流れ（水量）が細くなる。しかも大雨のたびに持ち出したる砂は、川床となってしまうので、砂の中をくぐる水も多い。本来、川というものは平地より低いものであるが、今は平地と等しくなり、あるいは平地より



も高くなって（流水が）平地よりも高い所をながれるものがある』、『むかしは、川が深かったので、大方の大雨、大水では、田畑家屋敷をそこなうことはなかった。今は川が浅い。山々に雨水をたくわえる（そこで）少しの水も中水となり、中水は大水となり、大水となれば堤を超えて破り、田地家屋敷をそこなうことが多い』

この記述は、『淀川・吉野川、紀の川などの河床が埋まり、河口が浅くなり、舟の航行が難しくなった。これに対して、どのように砂を取ったら良いのか、川を付けよう（川筋の変更）を考えるべきか』という問いに答えるものとして書かれたものである。『集義外書』は蕃山の晩年の著作であり、岡山旭川での経験、幕府の畿内での山林対策および見聞を踏まえて書かれたものである。この理論は幕府の山林政策として公認されていたものであった。」<sup>3)</sup>

上記の様に、森林は、我が国における河川流域圏の国民生活、経済活動、防災に多大な影響を与えてきた。同時に人々は、森林に対して、植林や間伐、枝打ち、下草刈りなど、手入れや働きかけを行い、比較的小さい域内で自給生活を営んできた。森林からの林産物を利用するとともに、森林への手入れ等を怠ると災害や渇水を招き、自分達の生活が脅かされ、極端な場合には集落が壊滅することを、経験上身をもって認識しており、コミュニティ内で代々、知恵として受け継がれてきた。このことについて、熊崎は秋田藩のケースから以下の様に述べている。

「そこで私がふと考えたのは幕藩体制という政治経済のシステムである。当時は藩という比較的小さな経済圏内で可能なかぎり自給することになっていた。人々の自由な移動は許されず、藩の外に出るのはほとんど不可能であった。つまり孫子の代まで地域の資源の枠内で生きていかねばならない。幸いなことに比較的小さい地域であったから、域内の森林の状況を自分たちの目で確かめることができた。森の木を刈りすぎれば、やがて用材や燃料の不足に直面せざるを得ない。山が荒廃すれば、水の流れが不安定になって、洪水や干ばつに悩まされる。その苦しみが体験的に分かっていた。だから、住民たちは森林が濫用されないように監視の目を光らせ、互いに林産物の消費を自制したのである。」<sup>2)</sup>

では何故、現在の日本の森林は荒廃してしまったのであろうか。我々が、和歌山県田辺市中辺路町澤の能城宏之氏をはじめとする林業家にヒアリングを行うなかで、彼らが最も強く訴えたのは、第二次世界大戦後、高度経済成長期が終わりに近づき、安価な外国産木材が主に建築資材として輸入されたことや、アルミニウムやプラスチック等の他の資材に代替えされたことによって、競争原理により国産材の価格破壊が起こり、従前は高値で取引されていた国産のスギ・ヒノキの木材価格が低下し、枝打ちや間伐等の

森林の手入れに要する費用が売却価格を上回り、経営が成り立たなくなった、ということである。このため、多くの山林所有者が森林の適切な管理を放棄し、森林が荒廃化していったのである。このことについても、熊崎は、以下の様に述べている。

「タットマン氏が平成にまでおよぶ日本の全森林史を書くとしたら、列島の森林が直面した三番目の危機として『二十世紀の略奪』を加えたはずである。二十世紀に入ってから、官民挙げての植林の努力が、列島の森林荒廃を阻止し、木材の国内生産を増やしたのは事実だが、その一方で森林の伐採頻度が高まり、列島の森林はしだいに疲弊の度を深めていった。それが特に顕著になったのは太平洋戦争とその後の復興期においてである。1950年の林野庁の調査によると、森林1haあたりの林木蓄積量は全国平均でわずか67m<sup>3</sup>。温帯の工業国も最低レベルにまで落ち込んだ。

この危機に直面して日本人はふたたび植林に精を出した。戦中戦後に刈り荒らされた山林にほどなく緑がよみがえり、奥地の天然林や里山の薪炭林なども次々と成長の早い針葉樹に切り替えられていった。このときの植林熱は大変なもので、わずか二、三十年の間に森林景観が一変したほどである。だが、この植林も年々増加する当面の木材需要に対してはあまり足しにはならない。木材資源の枯渇とともに材価の急騰が始まった。他の資材による木材の代替と外国産木材の輸入が本格化するのはこのときからである。そのおかげで国内の森林はあまり刈られなくなった。長年酷使された列島の森林にしてみれば、しばしの休息がおとずれたということであろう。二十世紀の略奪が生み出した森林危機は、植林によってではなく非木質系の代替資材と外国産の木材によって救われたと言っている。

それは一方で、化石燃料の大量消費と地球規模の森林破壊という深刻な代償をともなっていた。地球環境の悪化と引き換えに、国内の森林が安定を得たのである。森林について言えば、伐採圧力が国内の森林から国外の森林に移された。その対象となったのは、東南アジアの熱帯雨林、北米やロシアの北方林、オーストラリアの天然生ユーカリ林をはじめ、世界のあらゆる森林におよんでいる。世界中のこれほど多くの地域から、これほど大量の木材・木製品を集めている国はほかにはない。輸入材の多くは原生林から刈り出されたもので価格も安かった。というのも材木の更新保育費用や環境へのダメージを最小にするための費用が含まれていなかったからである。更新費用と環境費用を外部化した安価な木材が大量に流入すれば、植えて育てる育成型の林業は成り立たない。世界に先駆けて成立した持続可能な人工林林業はこのようにして存立の基盤を失ったのである。その結果、世界一の木材輸入国でありながら、自国の森林の活用度がもっとも低くなるという奇妙な現象が生み出されている。」<sup>2)</sup>

こうした市場経済と自由貿易は、安価な材料を手軽に入手可能となるといった日常生活レベルでの目先の利益を国民にもたらした。しかしながら、地球規模の市場経済と自由貿易によってもたらされた現象は、他国で起こっている乱伐による災害を認識せず、自国の経済的利益のみを考えた「利他の精神」を失った帰結である。このことについても熊崎は、「明治期になって藩や県の境界が低くなり、日本という国民国家が経済活動の重要な単位となった。さらに70年代以降は国の境界を越えて物資や資本が自由に行き来する時代である。何千キロも離れた見ず知らずの国から珍しい木材がいくらでも入るようになった。輸出国森林が伐採されそこで何が起きているかまるで分らない。森を失った先住民の人たちの苦難が時たま報道されても、見て見ぬふりをする。それと同時に木材の取引が世界中に拡大したことで資源の限界が実感できなくなったとなれば誰も消費を自制しようとしなない。」<sup>2)</sup>と述べている。

また、筆者が中学生の時代に、多くの中国人が自転車に乗って通勤をしている映像を見て、中国やインドの様な多くの人口を有する国が、当時の先進国並みのモータリゼーションや工業化が進んだ生活水準になった時、排気ガスや工場廃液がもたらす公害が地球環境へ及ぼす影響を危惧したものである。さらに、マハトマ・ガンジーは、金銭的利益のみを優先し、物が溢れかえった便利さに溺れる生き方が、精神的に豊かな暮らしとはならないことを述べており、自己の利益のみを追求する世界的な市場経済や自由貿易に潜む危険性に早くから警鐘を鳴らしている。これらのことについて、熊崎は以下のように述べている。「地球規模の市場経済に潜む危険性を早くから予見していたガンジーは1929年にこう書いた。『インドが西欧のやり方をまねて工業化することを神は禁じている。イギリスのような小さな島国の経済帝国主義が今日世界を鎖でつないでいるが、もし人口3億のインドが同じような経済開発を始めたとしたら、世界はイナゴの大群に襲われたように丸裸になってしまうであろう』と」<sup>2)</sup>。

イギリスがおこなったやり方を忠実にまねて成功したのが日本である。この小さな島国の1億2500万人が高い生活水準を享受できるのも、経済帝国主義によって世界の資源をかき集めているからだ。このことについても、熊崎は以下のように述べている。

「タットマン氏の表現を借りれば、工業化社会が取り得るテクニックを駆使して世界のエコシステムから生計のかてを獲得しているということになる。ガンジーがインドの人々に説いたのは『国内で手に入らないものは欲しがるな』、『自らの手でつくったもの以外は身につけるな』ということであった。これが人間のまっとうな生き方だとすれば、地域資源の循環的利用を旨とした徳川のシステムのほうが、現代のシステムよりも、はるかにまっとうであったと言わねばならない。」<sup>2)</sup>

世界銀行によると、2020年のインドの人口は約13億8千万人であり、中華人民共和国の人口は外務省によると2022年1月時点で約14億人となっている。ガンジーが1929年に予見した約3億人をはるかに凌駕する事態となっており、2021年11月にイギリスのグラスゴーで開催されたCOP26に合わせて、地球環境に問題意識を持つ若者が世界各地でデモや集会などを行った。地球規模で環境保全のための経済や生活活動を変革する最後のチャンスとなるのではなかろうか。

森林が荒廃化し、山地崩壊による土砂災害や洪水災害発生のポテンシャルが高まるなかで、近年、2011年9月の紀伊半島大水害や、広島県を中心に大きな被害を出した2016年8月豪雨災害、2018年西日本豪雨災害<sup>4)</sup>など、局地的集中豪雨の頻発や台風の大規模化等、気候変動によって自然災害が激甚化・大規模化している。こうしたなか、流域における水循環系を、災害発生ポテンシャルに対して、より安全な状態に移行させるためには、流砂系の健全化、特に土砂生産源である森林の健全化が重要な課題である。そのための方策の一つとして、熊崎は以下の様に述べている。

「日本型育成林業を高く評価したタットマン氏もその将来が気になるらしい。本書の序文で次のように問うている。『美しい森林の崩壊は林業技術者と山林の所有者に深刻な問題を投げかけている。森林を壊れるにまかせて、もっと強靱で自然に近い混交林に変えていくべきか。それとも、地球規模の森林消失で木材の国際価格が引き上げられ、造林地が伐採されたあとに、新しい造林学に依拠した新たな人工林が造成されることになるのか』と。おそらくこの両方ともが正解だろう。ひ弱な人工林を強靱な混交林に変えていく一方で、人工林林業の市場競争力を高める努力が求められると思う。いつもまでも外国産の木材に頼るわけにはいかないからだ。」<sup>2)</sup>

近年、地球の温暖化がクローズアップされるなかで、大気中の二酸化炭素を吸収する森林の役割と化石エネルギーに代わる木材の役割が改めて注目されるようになった。また、最近、ヨーロッパを中心に、木質資材の見直しやバイオマス発電が温暖化対策の一つとして真剣に取り上げられるようになった。日本でもそうした検討が始まっている。環境に優しい伝統的な日本の林業が再評価されることに期待したい。

## (2)森林整備の歴史

上述の様に、我が国では、歴史上、過度な森林伐採を行ったために森林の荒廃を招いたことが幾度かあった。しかしながら、先人達は、荒廃地や崩壊地、伐採跡地に植林や間伐、枝打ち等の施業、すなわち森林整備を行うことによって、森林の回復を図ってきた。第二次世界大戦後の森林整備が、植林、保育、間伐等と時間経過とともに移行するなかで、人々の森林に対する要求が内外の情勢の変化に伴い移り変わり多様化してきた。以下に、我が国の森林整備の歴史について、林野庁の森林・林業白書<sup>5)</sup>に基づき、代表的な年代ごとに記すとともに、概要を図 2-1 に示した。また、林野庁の林業統計要覧から該当する数値を抽出しグラフ化をおこなった。

### 1)第二次世界大戦前までの森林整備等の状況

(江戸時代まで)

我が国では、1. (1)で示したとおり、古来、森林資源を寺社仏閣や住居などの建築用材、薪炭等の燃料、農業用の肥料、家畜の餌等として利用してきた。これに対して、森林整備の取組は、川岸や海岸を守るためのものや、建物、街道、村落の周辺の防風や美観のための造林が大部分であったとの記録が断片的に残されている。

江戸時代になると、江戸や大坂等の大都市で、城郭や寺院などの建築用の木材需要が増大したこと等から、全国各地で建築用、生活用、農業用等のための森林伐採が盛んに行われるようになり、森林資源の枯渇や災害の発生が深刻化するようになった。

このため、幕府や各藩によって、森林の伐採を禁じる留山が定められるなど、森林を保全するための規制強化とともに、公益的機能の回復を目的とした造林も推進されるようになった。また、林政に関する優れた論者も現れ、治山治水の考えに基づく土砂流出防止林や、水源涵養林、防風林、海岸防砂林等が各地で造成された。さらに、人口が集中する大都市等での需要に応じ、木材生産を目的とする造林も行われるようになった。大都市付近に位置し河川での流送の便が良い地域では、造林を伴う本格的な民間林業が発達し、現在に至る林業地の形成が促進された。

一方、後述するが、紀州藩では、江戸時代初期から、森林が有する水源涵養機能や防災機能の重要性を認識していた為政者が存在したため、早期から森林保護政策に取り組んでいた。このため、国内の他の地域のように森林資源の枯渇や災害の発生が深刻化した顕著な記録は残されていない。また、東北、九州等の一部の地域では、藩が主導的に木材生産と造林を推進し、その中で、藩と造林者である地元農民等が立木の販売収益を分け合う分収林制度も生まれた。主にスギ・ヒノキが造林され、その育苗、植栽、保育等の技術開発及び普及が進んだ。

<p><b>1)第二次世界大戦前まで</b></p> <p>(江戸時代まで) 森林資源を寺社仏閣、住居、薪炭等に利用 川岸・海岸防護や建物・街道等の暴風用等造林の記録が残存 (江戸時代) 江戸や大坂等で城郭等建築用の木材需要増大 森林資源枯渇や災害発生 留山等の森林保全規制強化 分収林制度誕生</p> <p>(明治維新から大戦前まで) 近代化に伴う森林伐採の拡大 森林荒廃の深刻化と災害多発 政府による近代的所有権の導入 治水三法の制定 保安林制度創設 日清・日露戦争後に林業生産隆盛 林業地の新規開拓 天然林伐採 木材再生産目的の植栽</p>
<p><b>2)第二次世界大戦中・戦後</b></p> <p>(戦中・戦後) 大戦拡大に伴う軍需物資等で大量の木材需要 未利用森林の伐採拡大 戦後復興用の森林伐採の増大 S20・30年代は全国で大規模山地災害・水害の発生 造林未済地解消が喫緊の課題 国土保全や水源涵養目的の森林造成の必要性を強く認識 造林補助事業 山間部荒廃地等では所有者等が植栽未済 治山事業10箇年計画 山梨県で第1回全国植樹祭</p>
<p><b>3)木材増産の要請と拡大造林</b></p> <p>(木材増産の要請) S30年代以降、経済復興に伴う住宅建築等目的の需要増大 燃料転換で広葉樹等の里山林が利用減少 需要に対し国産針葉樹の供給量が停滞 木材物価指数は2倍超の上昇 国内木材の大幅増産 天然林伐採と人工林化の要望増大 価格安定救急対策として緊急増伐 広葉樹伐採の本格化 丸太・合単板等木材輸入の自由化</p> <p>(伐採跡地への造林の推進) S30～50年代は緊急増伐や広葉樹林伐採跡地等への針葉樹植栽推進(拡大造林) 主に森林所有者等が公共事業(造林補助事業)として実施 分収造林方式の森林整備 融資等による造林 チェーンソー・林道・トラック等を利用する造林作業システムの全国的導入 造林対象地の減少、価格低迷、経費増大による拡大造林の急速な減少</p> <p>(林業基本法の制定) S30・40年代は都市と農山村の格差問題 国土均衡発展のため林業振興が重要課題 林業基本法の制定 拡大造林等による森林生産力の増強 機械化・路網密度向上等による生産性向上 森林整備による公益的機能発揮 全国、地域森林計画を策定 入会林野近代化法による所有権の近代化と明確化 所有者の自発的な施業のため森林施業計画制度の導入</p>
<p><b>4)林業の低迷と国民の要請の多様化</b></p> <p>(林業の低迷と保育の必要性) S40年代、外材輸入自由化により国産材供給減少 過疎・高齢化で林業生産活動は低迷 人工林保育の必要性増大 (国民の要請の多様化への対応) S40年代後半、都市周辺の自然減少や公害発生 屋外レクリエーション需要増大 自然環境保護法・条例の制定 拡大造林への批判 (多面的機能の重視と森林・林業基本法の制定) S50年代以降、輸入製品の増加、木材需要・価格の低迷 林業生産活動の停滞 国民の期待は災害防止機能が最上位、地球温暖化防止機能が上位に 日本学術会議から「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」が答申 多面的機能の発揮のための森林・林業基本法の制定</p>
<p><b>5)地球温暖化への対応と新たな動き</b></p> <p>(地球温暖化防止のための間伐等の推進) 気候変動枠組条約第3回締約国会議(1997COP3) 京都 温室効果ガス6%(森林3.8%)削減 森林整備(間伐)の拡大 (2013年以降の森林吸収源対策) 第19回締約国会議(2013COP19) ポーランド 2005年度総排出量比で3.8%(森林2.8%)削減 (森林資源の成熟化と新たな課題及び取組) 温暖化防止機能の観点から森林の若返りが必要 所有者の林業に対する関心・経営意欲の低下 荒廃森林増加の危惧 野生鳥獣害の深刻化 脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律 公共建築物に加え公共土木施設における木材利用の推進</p>

図 2-1 日本における森林整備等の変遷の概要

(明治維新から第二次世界大戦前まで)

明治時代に入り、我が国は急速に西欧文明を取り入れ、近代化を進めた。木材の利用についても、建築用をはじめ、工事の足場や杭、鉱山の坑木、電柱、鉄道の枕木、貨物の梱包、造船材料、栈橋等の各種装置及び施設、紙に加工されるパルプの原料等、工業を中心とした近代産業の発展に伴って様々な用途に木材が使われるようになった。これに伴い、国内各地で森林伐採が盛んに行われたため、森林の荒廃は再び深刻化し災害の多発を招いた。

明治政府は、1876（明治9）年から林野の官民有区分を実施し、我が国の森林への近代的所有権の導入が進められる一方、森林保全のための対策については、当初は十分に講じなかった。その後、1897（明治30）年に森林法を制定し、保安林制度の創設等によって、森林の伐採が本格的に規制されることになった。

また、これらの災害を契機として、同時期の1896（明治29）年には河川法が、翌1897年には砂防法が制定された。

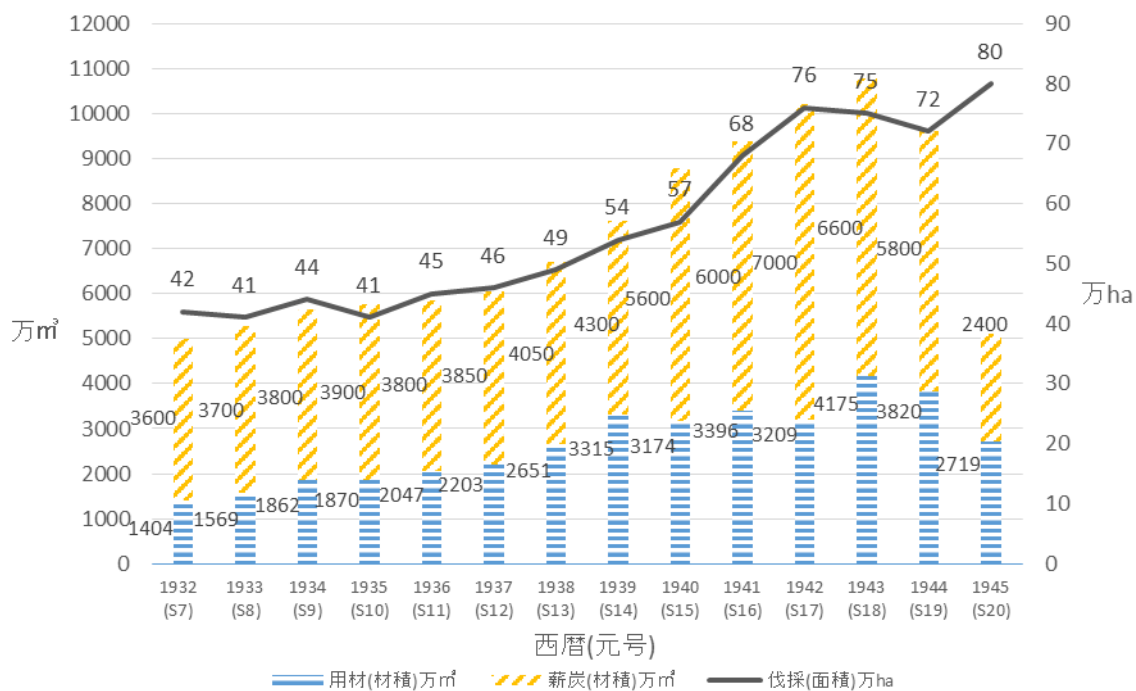
森林整備については、国有林において、1899年から1922（大正11）年までの国有林野特別経営事業で、国有林野を払い下げた費用により無立木状態の荒廃地への植栽等が、積極的に行われた。公有林においては、1920年から公有林野官行造林事業が始められ、国が市町村との分収林契約に基づき森林整備を行った。

一方、私有林においては、明治20年代から先進林業地に倣った林業技術の改良および導入の意欲が高まっていた。特に日清・日露戦争後は、木材需要の増大に対応するため各地で林業生産が盛んとなり、林業地の新規開拓もなされ、天然林の伐採とともに木材の再生産を目的とした植栽が行われた。1907（明治40）年には政府により植樹奨励事業が開始され、植樹造林一般が奨励されたが、当時補助対象となったのはクスノキほか8種の特用樹種のみであった。その後、1929（昭和4）年には造林奨励規則が制定され、民有の無立木地への植栽に補助金が支出されるようになった。また、1911年からは、第1期森林治水事業が開始され、荒廃地を復旧し、再生するための取組が計画的に行われるようになり、1919年には樹苗育成奨励規則が制定され、府県および民間の樹苗養成に補助金が支出されるようになった。

## 2)第二次世界大戦中・戦後の森林の荒廃と復旧

(戦中・戦後の伐採と森林の荒廃)

昭和10年代には第二次世界大戦の拡大に伴い、軍需物資等として大量の木材が必要となり、これに対応するため未利用の森林の伐採が行われた（図2-2）。



出典:林野庁「林業統計要覧」

図 2-2 第二次世界大戦前・後の木材伐採量の推移

終戦後も、主要な都市を中心に戦災を受け、食料も物資も不足する中で、復興のために大量の木材を必要としたことから、我が国の森林は大量に伐採された。このような戦中・戦後の森林の大量伐採の結果、我が国の戦後の森林は大きく荒廃し、昭和20年代および30年代には、各地で台風等による大規模山腹崩壊や水害が発生した。

このため、国土の保全や水源の涵養の面から、国民は森林造成の必要性を強く認識するようになった。この時期、民有林では約120万ha、国有林では約30万haの造林未済地があり、その解消が喫緊の課題であった。

明治初期の文明開化による都市部周辺の森林の乱伐と同様に、第二次世界大戦後のこの時期においても、森林の乱伐によって、各地で台風等による大規模な災害が発生している。歴史に学ぶことの重要性が再認識された。

(復旧造林の推進)

こうした中で、終戦の翌1946(昭和21)年には、造林補助事業が治山事業や林道事業とともに公共事業に組み入れられ、造林未済地の解消を主目的として積極的に推進された。1950年には造林臨時措置法が制定され、要造林地の指定とともに、森林所有者が造林しない場合は所有者に代わって第三者に造林を行わせることができることなどとされた。1951年には農林漁業資金融通特別会計[1953年に農林漁業金融公庫に引き継ぎ]により長期低利融資制度が設けられ、造林等が制度金融の対象とされた。



一方、山間部の荒廃地等では、国土保全の観点から早急な復旧が求められたが、森林所有者等による植栽は期待できない状況であった。このため、1946年度および1947年度に、全国の山地を対象に荒廃地調査を行った上で、第1次治山5カ年計画（1948年）や治山事業10箇年計画（1954年）により治山事業を実施した。

また、終戦当時の深刻な食糧難に伴い、造林のための苗畑は農業生産に転用され、苗木の生産は低調であったが、1950年頃に国有林が民苗養成事業を積極的に行って以降、造林のための苗畑は急速に整備され、これに伴い苗木の生産は増加した。1960年には、民間等の苗畑面積は約7,200haに達し、植林用の山行苗木の生産量は13億本を超えた。

1950年には、「荒れた国土に緑の晴れ着を」をスローガンに、第1回全国植樹祭が山梨県で開催された。全国植樹祭は、国民的な国土緑化運動の中心的行事として、その後も現在に至るまで毎年春に開催されている。また、同年には、国土緑化運動の一環として緑の羽根募金が始められた。同募金も、その後毎年行われ、1995（平成7）年に緑の募金による森林整備等の推進に関する法律に基づく緑の募金となり、現在に至っている。

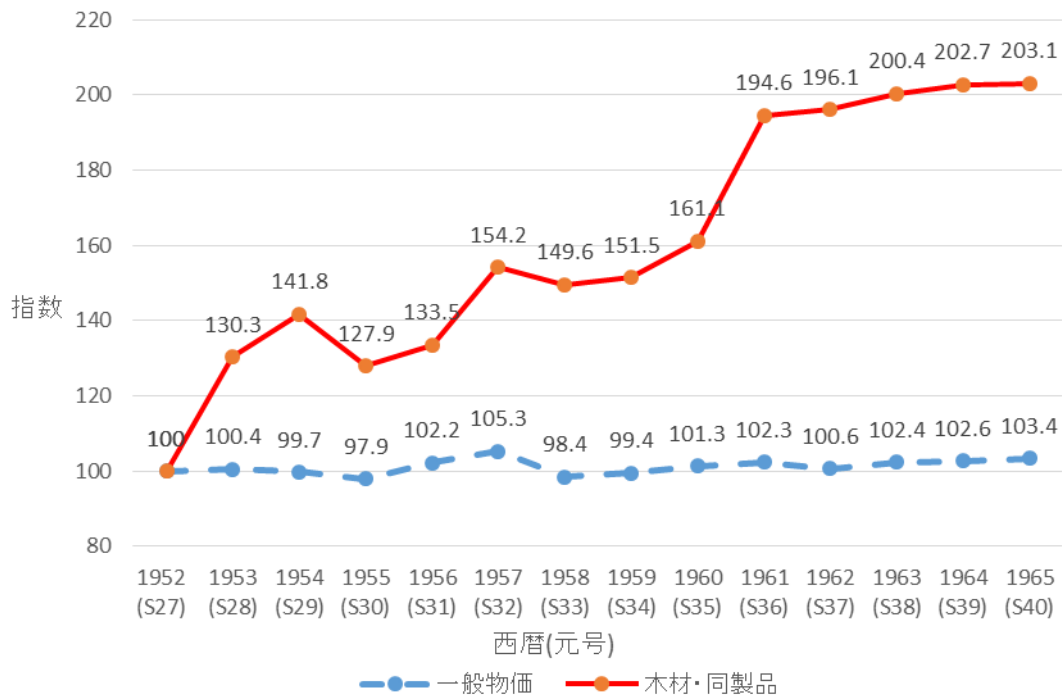
1951年には森林法が改正され、国（農林大臣）及び都道府県（知事）による森林計画制度が創設されるとともに、民有林においては、適正伐期齢未満の伐採を許可制にするなどによって伐採規制が強化された。こうした一連の施策により、1956年度には、これまでの造林未済地への造林が一応完了となった。

### 3)木材増産の要請と拡大造林

（木材増産の要請）

1950年頃から、我が国は戦後の混乱期を脱し、経済は、ようやく復興の軌道に乗るようになり、これに伴って住宅建築等のための木材の需要も増大に転じた。一方、昭和30年代以降は、石油やガスへの燃料転換や化学肥料の使用が普及したことに伴い、広葉樹等の里山林がそれまでのような薪炭用林や入会林として利用されなくなってきた。

当時は、建築用材、土木建設用材、梱包用材のためのスギ、マツ等の針葉樹の需要が大きかったのに対し、国産針葉樹材の供給量が停滞していたため、一般物価指数がほぼ横ばいで推移する一方で、木材物価指数は2倍を超える上昇となっていた（図2-3）。こうしたことから、国内における木材の大幅な増産および、そのための天然林の伐採と人工林化を望む声が大きくなった。



出典: 日本銀行調べ「東京卸売物価指数」

図 2-3 昭和 30 年代の卸売物価指数の推移

こうした経済状況等を背景として、政府は、1961年に木材価格安定緊急対策を決定し、国有林および民有林における緊急増伐を、残廃材チップの積極的利用、輸入の拡大等とともに行うこととなった。また、パルプ用材については、その原料の大部分を占めていたマツ類の原木調達が困難になっていたが、原料を広葉樹に転換するための設備投資が急速に行われた結果、1963年には針葉樹を上回るようになった。これに伴い、広葉樹の伐採も本格的に行われるようになった。

この時期、広葉樹林から針葉樹林への転換による拡大造林に伴い、1953（昭和28）年7月の紀州大水害や1958年8月の台風第17号、1959年9月の伊勢湾台風や1961年9月の第二室戸台風など、多くの風水害が発生した。

一方、政府の貿易・為替自由化計画大綱（1960年）等に基づき、木材輸入の自由化が段階的に進められ、昭和30年代を通じて、丸太、製材、合単板等の輸入が自由化された。

（伐採跡地への造林の推進）

緊急増伐が行われた伐採跡地には、建築用材等としての需要を見込むとともに、早期に森林を回復する観点から、成長が早い針葉樹の植栽が進められた。このうち、広葉樹林の伐採跡地等への針葉樹の植栽を拡大造林という。これらの造林は、主に森林所有者など自らによって、公共事業（造林関係補助事業）として実施された。

また、森林所有者が自らの努力では植栽困難な箇所等については、森林開発公団[現在の独立行政法人森林総合研究所]や造林公社[現在の森林整備法人]が当面の費用を負担する分収造林方式によって森林整備が行われた。さらに、当時の木材価格の状況から、補助事業によらず融資等による造林も行われた。

この時期には、素材生産、造林の技術開発および普及も進んだ。素材生産では、1954年に北海道を襲った洞爺丸台風による風倒木の緊急処理が契機となり、伐採にチェーンソー、輸送に林道とトラック等を利用する作業システムが全国的に導入された。あわせて、広葉樹林の伐採跡地への造林を推進するための技術開発（適地判定、林木育種及び林地肥培）も行われた。このような取組により、昭和40年代半ばまで、木材需要に対応するために伐採された跡地等において、毎年40万ha弱の造林が行われた。

その後、人工造林面積の多くを占めた拡大造林は、1970年度から急速に減少し、1980年度には、ピーク時（1960年度）から半分以下の16万haとなった（図2-4）。

その要因としては、造林対象地（多くが旧薪炭林）が少なくなったこと、残っているのは権利関係が複雑で造林を進めにくい森林であったこと、木材価格の低迷により伐採が行われなくなったこと、労賃や苗木代等の経費が増大したことなどがあつた。（林業基本法の制定）

昭和30年代は、第二次世界大戦後の高度経済成長期であり、都市と農山村の格差

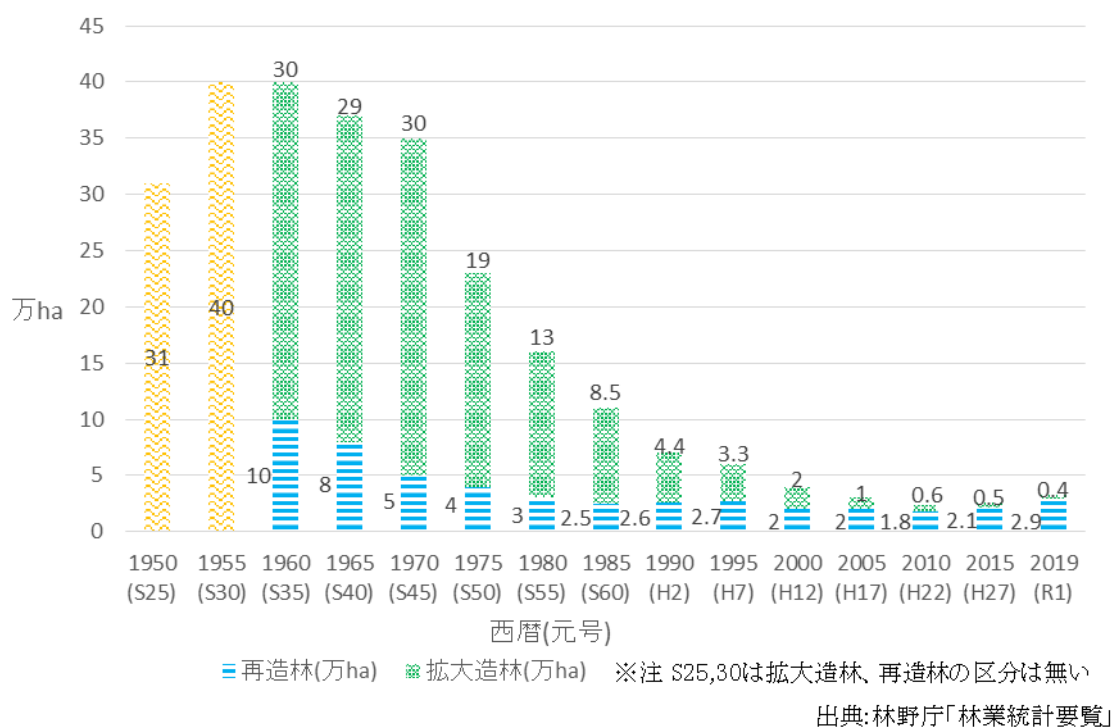


図 2-4 戦後の人工造林面積の推移

の問題が顕在化した時期でもある。当時、農山村で問題となりつつあった都市部への人口流出をくい止め、国土の均衡ある発展を図るため、山村の主要産業である林業の振興が重要な課題となっていた。

このような観点から、1964年に林業基本法が制定され、旺盛な木材需要に対応した国産材の供給を図ることができるよう、林業総生産を増大させることなどを目標とした。特に、生産政策としては、拡大造林等により林業的利用に供される森林を拡大し、森林生産力の増強を図るとともに、機械化の推進、路網密度の向上、優良種苗の確保等により生産性の向上を図ることとした。森林については木材等生産機能を重視し、森林整備は林業生産活動が行われることのおのずから進み、結果的に公益的機能の発揮も図られるとの考えであったと言える。

こうした中で、森林整備に関しても、1962年に森林法が改正され、これまでの伐採許可制は必要最小限度の規制にとどめるとともに、農林水産大臣は全国森林計画を、都道府県知事は地域森林計画を立て、森林資源の保全と森林生産力の増大を図ることとした。また、1966年に入会林野近代化法が制定され、森林について所有権の近代化と明確化を更に推進することとした。

その上で、個々の森林所有者の自発的な意欲に基づき森林施業が行われるよう、1968年に森林施業計画制度が新設され、認定を受けた森林施業計画に従って実施する森林施業に、税制、補助等の優遇措置が講じられることとなった。

#### 4)林業の低迷と国民の要請の多様化

(林業の低迷と保育の必要)

昭和40年代になると、木材需要は高度経済成長の下で拡大を続けたが、需要は輸入が自由化された外材丸太によって賄われ、国産材の供給はむしろ減少し、山村の過疎化や高齢化等も相まって、林業生産活動は低迷した。一方、これまでに造成した人工林が成長し、保育の必要な森林が増加したことから、その着実な実施を確保する必要があった。

このため、公共事業（造林事業）の補助対象として、1973年には下刈りと雪起こしが、さらに1974年には除間伐が追加された。

(国民の要請の多様化への対応)

昭和40年代後半には、都市への産業や人口の集中により、身近な自然の減少や公害の発生など生活環境が悪化する中、屋外でのレクリエーション需要が増大するとともに、国民の自然環境の保全への意識が高まった。こうした背景の下、地方公共団体による自然保護条例等の制定や、原始的な自然環境など優れた自然環境を有する区域

の適正な保全等を目的とした自然環境保全法の制定（1972年）が行われた。森林についても、ゴルフ場、別荘等の開発用地として価格が安く利用規制のない森林（保安林以外の普通林）を主体に広範かつ急速に開発が進み、一部の地域においては土砂の流出・崩壊による被害、環境の悪化等の問題が生じたことに対応して、1974年の森林法改正により、一定規模を超える森林の開発を規制する林地開発許可制度が創設された。

一方、森林整備についても、屋外でのレクリエーション需要や、自然環境への配慮が求められるようになり、このような観点から、天然林の伐採を伴う拡大造林への批判もみられるようになった。

こうした中、政府は、林業基本法に基づき策定する森林資源に関する基本計画について、1973年、1980年および1987年と数次にわたる改定を行い、多様な木材需要に対応するとともに、森林に対する国民の多様なニーズに応えるため、①伐採年齢の多様化、長期化、②複層林施業及び育成天然林施業の推進、③森林の総合的利用の推進の3つに重点を置き、この方向に沿った森林整備を図っていくこととした。

この間、国有林においては、1973年に「国有林野における新たな森林施業について」を策定し、木材生産との調整を図りながら、貴重な動植物の保護、学術研究、国民の保健休養等に供すべき森林については、保護林の増設、レクリエーション利用のための森林の整備を行うことなどを基本方針とした。このことにより、皆伐施業における伐区面積の縮小、伐採箇所の分散、土砂の流出の防備、自然景観の維持等のための保護樹帯の設置等が行われるなど、公益的機能の増進を目的として、施業方法の大きな転換が図られた。

また、民有林においては、森林資源に関する基本計画の改定方向を踏まえ、1987年に、造林補助事業を単層林整備（人工造林、保育及び作業路）、複層林整備（受光伐、樹下植栽、保育及び作業路）、育成天然林整備（改良、保育及び作業路）の3つの事業区分に再編された。

当時、林野庁では、全国各地の篤林家による複層林施業事例について沿革や施業方法等の実態調査を行い、林業試験場[現在の独立行政法人森林総合研究所]においても、人工林の非皆伐施業に関する研究等が実施されるなど、複層林施業の調査研究が活発に行われた。

（多面的機能の重視と森林・林業基本法の制定）

昭和50年代に入ってからには木材需要が頭打ちとなり、また、昭和60年代以降は、円高方向への推移等により輸入材の価格が相対的に低下して、木材製品輸入が急激に

増大し、さらに、1991（平成3）年のバブル景気崩壊後の景気後退等による木材需要の減少が加わって、木材価格は長期的に低迷するようになった。

このような中で、林業生産活動は一層停滞し、間伐や枝打ち等の施業が行われない人工林や、植栽が行われない伐採跡地がみられるようになるなど、森林所有者等の自発性だけで森林整備が進むことを期待し難い状況となった。

また、この時期には、内閣府が行う森林と生活に関する世論調査で、国民が森林に期待する働きとして、「木材を生産する働き」が下位となる一方で、「山崩れや洪水などの災害を防止する働き」が最上位となるとともに、新たに「地球温暖化防止に貢献する働き」が上位に登場した。2001年には、日本学術会議から「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」が答申されるなど、森林の有する多面的機能の評価が進むとともに、その一層の発揮が求められるようになった。

こうした中で、1998年度に国有林野事業の抜本的改革が行われ、従来の林産物の供給に重点を置いた国有林野の管理経営方針を、公益的機能の維持増進を旨とする方針に大きく転換された。

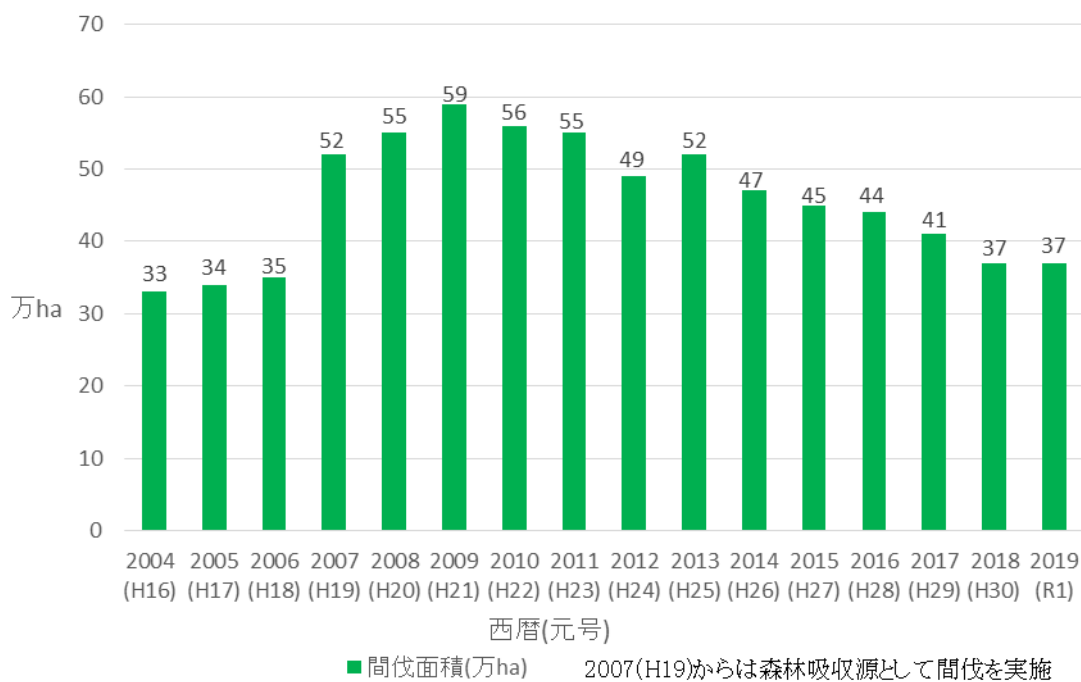
さらに、2001年には森林・林業基本法が制定され、森林の多面的機能の発揮のための政策を体系的に推進することとした。特に、森林整備については、地域の特性に応じた造林、保育および伐採の計画的な推進、林道の整備、優良種苗の確保等を、森林所有者だけではなく国、地方公共団体も含めた多様な主体により推進することとした。林業については、森林の多面的機能の発揮に果たす役割に鑑み、生産性の向上等によって健全な発展を図っていくこととした。

また、同法に基づき策定された森林・林業基本計画では、森林の有する多面的機能のうち、特に発現することを期待される機能に応じて、全国の森林を「水土保持林」、「森林と人との共生林」及び「資源の循環利用林」の3つに区分することとした。その後、2011年に国による3機能区分は廃止され、地域主導により区域を設定できることとされたが、重視すべき機能に応じて森林を区分（ゾーニング）し、望ましい森林の姿と森林整備の在り方を示す政策は現在も続いている。

## 5)地球温暖化への対応と新たな動き

（地球温暖化防止のための間伐等を推進）

1992年に、地球温暖化防止のための国際的な枠組みとして気候変動に関する国際連合枠組条約（気候変動枠組条約）が採択され、森林の地球温暖化防止機能が注目されるようになった。1997年の気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）では京都



出典:林野庁整備課調べ

図 2-5 近年の間伐面積の推移

議定書が採択され、2008年から2012年までの5年間の第1約束期間における温室効果ガス排出量の各年平均を、基準年である1990年の水準と比較して、原則として先進国全体で少なくとも5%、我が国は6%削減することが定められた。

我が国が京都議定書の約束を履行するため、地球温暖化対策の推進に関する法律に基づき策定した京都議定書目標達成計画では、京都議定書に基づく温室効果ガスの6%削減約束のうち、温室効果ガスの排出削減により0.6%、森林吸収源対策により3.8%、京都メカニズムにより1.6%を確保することとしており、森林に期待される役割は極めて大きいものとなった。育成林については、1990年以降に適切な森林施業が行われた場合に森林経営として吸収量が算入されることから、第1約束期間以前は毎年35万ha程度で推移していた我が国の間伐面積を、第1約束期間には年平均で55万haとするなど、森林整備面積の拡大を図る必要があった。

このため林野庁では、森林吸収源対策としての間伐等について、毎年の補正予算で追加的財源を確保しつつ、2008年に成立した森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法に基づく措置も活用して着実に実施した結果（図2-5）、目標である3.8%分の森林吸収量を確保できることとなった。

国全体の目標については、2014年4月に、2012年度の温室効果ガス排出量の確定値が公表され、森林吸収量の目標が達成されたことなどから、京都議定書第1約束期

間（2008～2012年）の5か年平均で基準年比8.4%減となり、京都議定書の目標である基準年比6%減を達成することとなった。

#### （2013年以降の森林吸収源対策）

2013年から地球温暖化防止対策は京都議定書の第2約束期間（2020年までの8年間）に入るとともに、気候変動枠組条約の下では、気候変動枠組条約第16回締約国会議（COP16）における合意に基づき、各国が自主的な取組を強化することとされている。このような中、2013年11月にポーランドで開催された気候変動枠組条約第19回締約国会議（COP19）において、我が国は、気候変動枠組条約の下で先進国が設定することとされている2020年度における自主的な温室効果ガス削減目標について、2005年度総排出量比で3.8%を削減することを表明した。このうち森林吸収源については、2.8%以上の吸収量の確保を目標としており、森林には引き続き大きな役割が期待されている。

この森林吸収量の目標は、第2約束期間においては森林経営活動による森林吸収量の算入上限値が1990年総排出量比で各国一律3.5%（2013～2020年平均）とされていることを踏まえ、この上限値が確保されることを前提としたものである。この目標を達成するためには、年平均52万haの間伐等を実施する必要があるほか、森林による二酸化炭素の吸収量が確保できるよう成長に優れた種苗の確保等を図る必要がある。

このため、2013年に森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法の延長を行うとともに、将来の二酸化炭素の吸収作用の強化を図るため、成長に優れた種苗の母樹の増殖に対して新たに支援を行うこととした。一方で、森林吸収量を確保するために必要な間伐等の支援については、依然として安定的な財源の確保を行うことが課題となっている。

#### （森林資源の成熟化と新たな課題及び取組）

我が国における1千万haの人工林のうち、9齢級（45年生）以下の人工林は2012年3月末現在で504万haに上っており、引き続き保育や間伐等の手入れを適切に行っていくことが課題となっている。同時に、高齢級（10齢級以上）の人工林も523万haに上っており、木材等生産機能と地球温暖化防止機能の発揮の観点からは、これらの成熟した森林資源を伐採し、利用した上で跡地に再造林を行う「若返り」を図ることが求められる。

しかしながら、国内の林業は、依然として、小規模零細な森林所有構造の下、施業集約化、路網整備、機械化の立ち後れ、担い手不足等により、生産性が低い状況にある。木材価格も低迷する中、森林所有者の林業に対する関心は低下しており、相続等



に伴い経営意識の低い森林所有者も増加している。このため、森林資源が十分に活用されないばかりか、必要な間伐等の手入れや収穫期にある森林の伐採、主伐後の再造林等の森林施業が適切に行われず、多面的機能の発揮が損なわれ、荒廃化の進行が危惧される森林もある。

野生鳥獣等による被害も深刻化している。特に、シカによる被害は、生息数の増加や生息域の拡大等に伴い増加しており、植栽した苗木の食害、下層植生の消失や踏みつけによる土壌流出等が、森林の整備と森林の多面的機能に重大な影響を与えつつある。

野生鳥獣害については、後述するが、和歌山県田辺市中辺路町の林業家である能城氏にヒアリングした際に、特にシカによる樹皮の齧り被害が著しく、樹木の根に近い部分を悪戯で齧るため樹木全体の価値が低下することが証言されている。

また、山地災害等については、第1章第1節でも述べたとおり、近年の日本では各地で山地崩壊や洪水などの大規模災害が例年のように発生しており、流域治水の重要性が増している。

特に、短時間強雨の発生頻度が長期的に増加傾向にあることの影響が懸念されている。これには地球温暖化の影響もあるとされており、今後とも地球温暖化が進行した場合には、こうした傾向が更に顕著になるとの予測結果もある。このため、地球温暖化の防止に向けた森林吸収源対策の推進と併せ、地球温暖化の影響の軽減を図る適応策として、山地災害防止機能および土壌保全機能等の一層の発揮に向けた取組みの強化が求められる。

現在、森林整備については、森林経営計画の作成の促進、森林所有者や境界の明確化等を通じて施業の集約化を推進するとともに、高性能林業機械と路網の整備等による低コストかつ高効率な作業システムの構築や、市町村の森林・林業行政を技術面で支援する森林総合監理士（フォレスター）の育成等が進められている。

また、新たな取組みとして、造林および保育コストの削減のため、伐採、地拵えおよび植栽の一貫の実施を可能とするコンテナ苗の導入、成長に優れた種苗の開発や普及等が推進されているほか、シカを効率的に捕獲できるシャープシューティングの導入等、新たな野生鳥獣被害対策の取組みも進められている。さらに、NPOや企業等による森林整備・保全活動が広がり、地方公共団体による森林整備等のための独自課税が拡大する等、森林整備を社会全体で支えようとする動きもみられる。

木材利用についても、2010年に公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律が制定されるとともに、2012年7月には電気事業者による再生可能エネルギー

電気の調達に関する特別措置法に基づく再生可能エネルギーの固定価格買取り制度が開始され、各地で木質バイオマスによる発電施設の整備が進められており、さらに、中高層建築物での利用が期待できる CLT など新たな製品及び技術の開発及び普及の取組も本格化しつつある。

また、2021（令和3）年には、脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律が施行され、法の対象が公共建築物から建築物一般に拡大されており、木材利用の一層の推進が図られている。

和歌山県においては、低炭素社会の実現に向け、公共建築物に加えて、公共土木施設においても、木製沈床工や砂防堰堤の残存型枠、立入防止柵や木製ガードレール等その活用範囲を拡大するなど、木材利用の積極的な推進を図っている。

## 2. 和歌山県における森林および山村の変遷

### (1)和歌山県の森林の概況

1. (1)および(2)では、日本における森林変遷の概況と森林整備の歴史について述べてきたが、富田川流域が存在する和歌山県における森林の概況について、和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課の「令和3年度森林・林業及び山村の概況」<sup>6)</sup>から森林面積等の関係諸データを抽出しグラフ化を行うとともに、以下に記した。

和歌山県の森林面積は、2021（令和3）年4月1日現在361,253haであり、県土総面積472,465haの約76.5%となっている。このうち、民有林面積は344,155haを占め、森林面積の95.3%、国有林面積は17,098haで森林面積の4.7%である（図2-6）。

民有林のうち地域森林計画対象森林は343,057haである。地域森林計画対象森林のうち人工林面積は206,864haで60.3%を占め、天然林面積は128,007haで37.3%を占めている（図2-7）。民有林の蓄積は121,519千m<sup>3</sup>で、年間1,151千m<sup>3</sup>の成長量である。このうち人工林の蓄積は100,825千m<sup>3</sup>で、天然林の蓄積は20,894千m<sup>3</sup>である（図2-8）。

また、人工林面積は206,864haで、その樹種別構成（面積）は、スギが87,984haで42.5%、ヒノキが112,887haで54.6%、その他が5,993haで2.9%である（図2-9）。人工林の蓄積100,825千m<sup>3</sup>のうち、スギは48,400千m<sup>3</sup>で48.0%、ヒノキは50,919千m<sup>3</sup>で50.5%、その他が1,506千m<sup>3</sup>で1.5%となっている（図2-10）。また、天然林の128,007haのうち、広葉樹は119,960haで93.7%、マツが7,063haで5.5%、その他が984haで0.8%となっている（図2-11）。

民有人工林の樹齢別構成（スギ・ヒノキの面積）では、12歳級（56～60年生）がピークで17.7%を占め、主伐適齢期の11歳級以上の面積が75%以上（図2-12）となっており、早期の活用が求められている。和歌山県内の保安林については、水源涵養機能や土

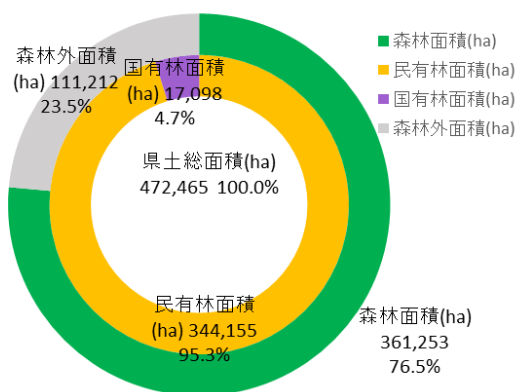


図 2-6 和歌山県の森林面積および民有林・国有林面積

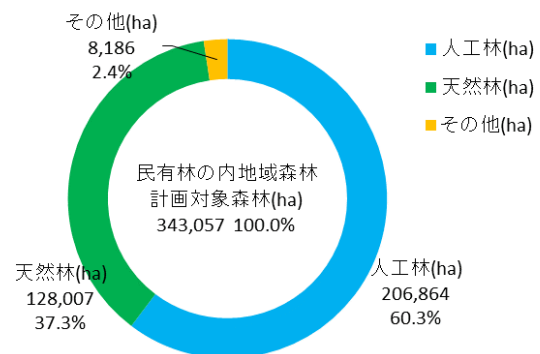


図 2-7 民有林面積の内訳

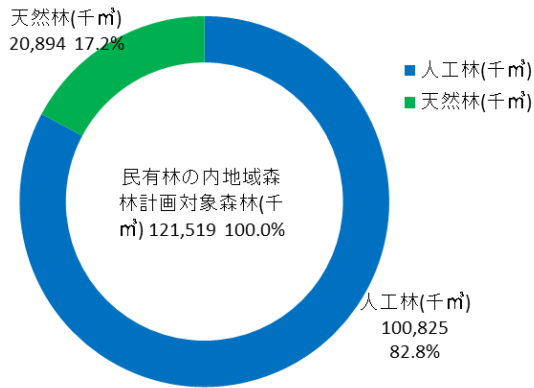


図 2-8 民有林蓄積の内訳

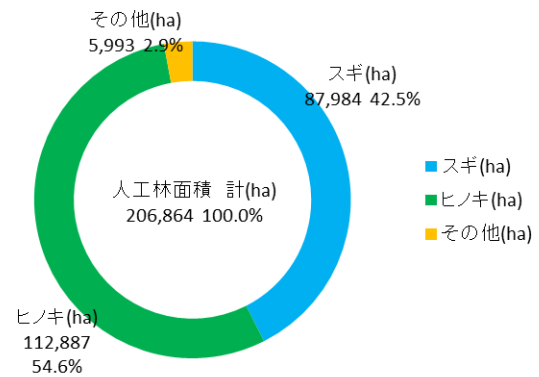


図 2-9 人工林樹種別面積の内訳

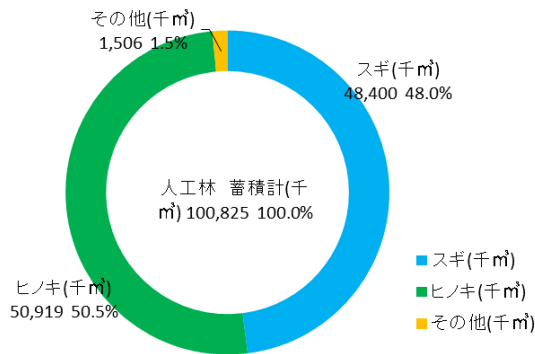


図 2-10 人工林樹種別蓄積の内訳

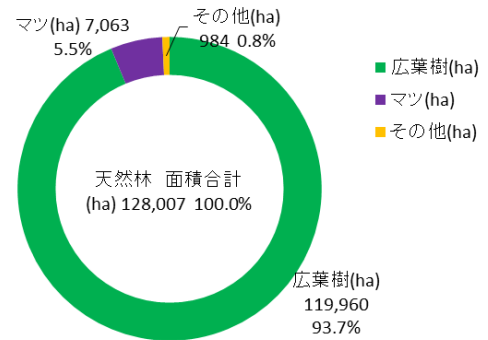


図 2-11 天然林樹種別面積の内訳

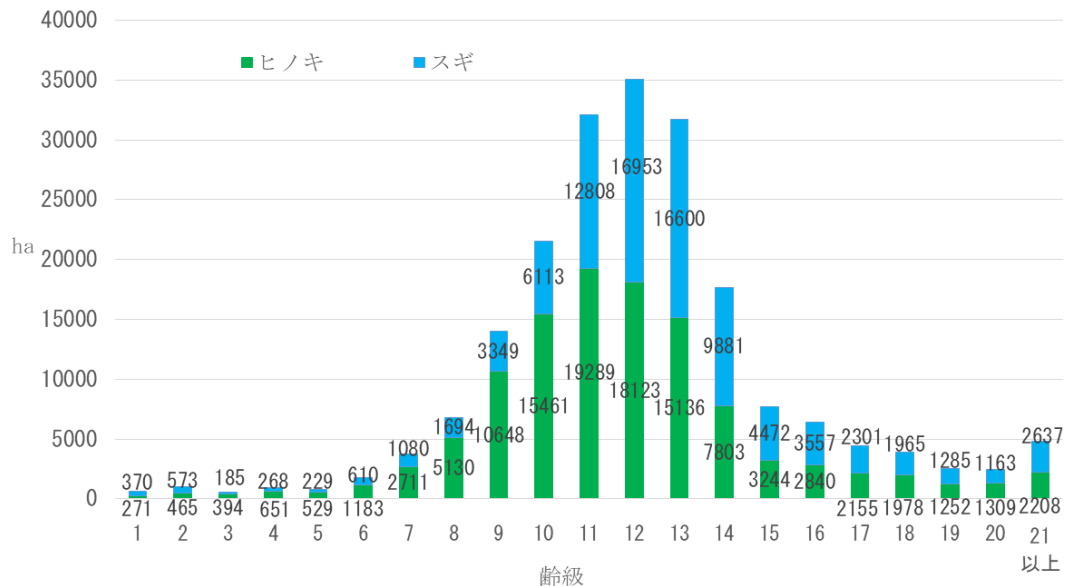


図 2-12 民有人工林(スギ・ヒノキ)年齢構成

砂流出防備など、公益的機能の発揮上重要な森林を指定しており、保安林面積は、2021年4月1日現在13種類134,522haで県内森林の37%を占めている。このうち、国有林が15,598ha、民有林が118,924haとなっている。

## (2)和歌山県の森林整備の歴史

### 1)はじめに

和歌山県における森林整備の歴史について、和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課資料「紀州材の歴史」<sup>7)</sup>に基づき、以下に示した。

和歌山県は、1871（明治4）年に旧紀州徳川藩の領地のうち熊野川以西の領域と旧高野山領を合せて成立した。江戸時代には、紀伊山地を源流とする主な河川の多くが紀州徳川藩の領地を流れ紀州灘に河口を有していた。

領地が狭まった明治以降も紀の川や熊野川といった一級河川は、和歌山市と新宮市に注いでいるため、豊かな森林資源を持つ紀伊半島の大部分は和歌山県の領域に含まれる点は変わらなかった。このため、有田川や日高川、富田川、日置川、古座川といった県が管理する二級河川と合せると、和歌山県は紀伊半島の大半を流域に持つという特色を現在も備えている。

一方、鉄道や道路網など近代交通機関が導入され発展するまでは、重量のある木材の輸送は河川に頼ってきた（写真 2-1、写真 2-2）ため、豊かな紀伊山地の木材は、和歌山県の沿岸の河口にまず運ばれてきた。このことから、約 650km におよぶ和歌山県の沿岸を、大阪と江戸とを結ぶ廻船が頻繁に航行されるようになった。このため、沿岸の浦々は廻船の寄港地となり、江戸と大阪という二大市場に物資を容易に輸送できたことから、紀州の沿岸線では、木材業を始め多くの産業を発展させる素地となった。

和歌山県は、森林資源の豊かな国であると同時に、多くの木材を送り出す国であるという意味から、紀伊の国は「木の国」とも呼ばれてきた。



河川を活用した木材の輸送（鉄砲せき）

写真 2-1



河川を活用した木材の輸送（筏師）

写真 2-2

## 2)第二次世界大戦前までの森林整備等の状況

(江戸時代から明治時代)

1619（元和5）年、藩祖徳川頼宣が紀伊入国と共に、領国紀勢の森林保護を主眼として、藩内森林中、官有民有の区別無く、杉・桧・槻・栢・楠・松の六木を、禁制のお留木として一切の伐木を禁止した。これが紀伊藩のお留木のはじまりである<sup>8)</sup>。このように、和歌山藩主徳川頼宣は、国土保全と資源保護を目的に六木について、藩有はもとより私有林でも、許可なくして伐ることは禁止しており、藩の勘定奉行の支配下に森林行政を担当した山方元役所を設置し、その指揮下に郡奉行、代官、大庄屋以下村役などを所属させて、直接森林の保護並びにその看視に当たらせていた。

1636（寛永13）年、紀伊藩は森林保護政策として、熊野地方禁制六本木の中、小立木、枯木一切伐を禁止し、杉、檜、松の立木については、七～八尺以上は伐木禁止とした<sup>9)</sup>。

また、歴代紀伊藩主中、最も森林保護に力を入れたのは、徳川吉宗で、有用樹木の育成に努めているから、紀州における植林はこのころに始まったものと思われる。中辺路町等口熊野における人工造林の歴史については、明らかではないが、享保（1716～1732年）のころの古文書中に「伐跡には木を植置」などに見えるから、既にこの頃には植林が行われていたことは確かである<sup>8)</sup>。

慶応（1865年）より3,40年以前の寛政（1800年）や文化（1804年）の頃には、中辺路町においても杉・檜の植林が盛んに行われていて、すぐり（間伐）も行われていた事も知られる。江戸時代における山林保護の行政は、植林も含めて比較的行き届き、近年まで良林が遺された処も少なくはなかった。しかしその一面において、寛延（1748年）の松林皆伐による紀伊各地の山荒れや、元治（1864年）慶応（1865年）の二度に及ぶ長州征伐の軍費調達の為、天下に誇った熊野の美林の多くが、惜しげもなく伐採され失われた<sup>8)</sup>。

1861（文久元）年に熊野市木本から積み出された木材は、3年間でスギ板20万束分になった。このうち、87パーセントが江戸へ送られ、残りが日方（海南市）にて漆器製造の材料として利用された。なお、江戸へ送る際には、廻船が用いられていたようである<sup>7)</sup>。

(明治時代から第二次世界大戦前)

紀州における「お留木制」は、廃藩となり明治維新に至って解除された。しかしながら、解除とともに官有、民有を問わず随所の山林において、濫伐、更には盗材が行われ、後には森林をなしていた上木が失われただけでなく、地崩れを伴う山林の荒廃が次々と発生していった。

1889（明治22）年8月紀伊半島を襲った大災害も、起こるべくして起こった。そして罹災後、治山治水が強く叫ばれ、これに呼応して森林法の改正や、法改正による森林組合の設立などによって、各地の荒廃した山地にも堂々として人工造林がなされた<sup>10)</sup>。明治13年の和歌山県統計書によると、和歌山市、新宮市の製材取扱量が際だって大きくなっている。この背景には、和歌山市が吉野材の集散地として発展してきた歴史がある。ただ、和歌山市では、大消費地の大阪に近かったため素材のまま売りさばくのが商売上得策であったことから機械製材の導入は遅れた。一方、新宮市については、熊野材の集積地として近世からの歴史があり、製材品を江戸に送っていたことから、取扱量が大きくなっていったようである<sup>7)</sup>。

### 3)戦後高度成長期以降における森林の変遷

我が国全体、また和歌山県においても、過去に過剰な伐採による森林の荒廃があった。その後、伐採跡地等への植栽、保育、間伐等の森林整備を実施している。第二次世界大戦後の高度経済成長期には、主として住宅建築のために、スギやヒノキ等の用材林を伐採し、資材としての供給がなされてきた。

和歌山県の森林面積等の諸データの変遷について、和歌山県林業振興課の「和歌山の林業（1973年）」、「林業の概況（1980年）」、「林業および山村の概況（1985、1990年）」および「森林・林業および山村の概況（1996～2021年）」に基づきグラフ化を行った。このうち林野面積および材積について高度成長期以降の1973（昭和48）年以降の変遷を図2-13に示した。グラフからは、1973年の365,564haを最大値として、1990（平成2）年には364,909haとピークがあるものの、2021（令和3）年には361,253haまで減少している。これについては、後ほど述べるが、再造林及び拡大造林面積の減少が影響を与えているものと考えられる。また、材積については、森林を構成する樹種の成長に伴い、年々増加し、1973年には3,217万m<sup>3</sup>であったものが2021年には12,575万m<sup>3</sup>と3.9倍に増加していることが分かる。国有林面積及び材積の同時期の変遷を図2-14に示した。1973年の18,804haと比較して、1980年から2001年の間は、19,572haから19,026haと多くなっているが、2006年には17,548haと

減少し、2021年には17,098haまで減少している。また、材積については、1973年には180万m<sup>3</sup>であったものが、2001年の317万m<sup>3</sup>まで増加した後、2006年には305万m<sup>3</sup>と減少しているものの、それ以降は、年々増加し2021年には409万m<sup>3</sup>となっている。一方、民有林の面積は、図2-15に示す様に、1973年には346,760haであったものが、1980年には344,218haと大きく2,542ha減少し、1990年には345,400ha、

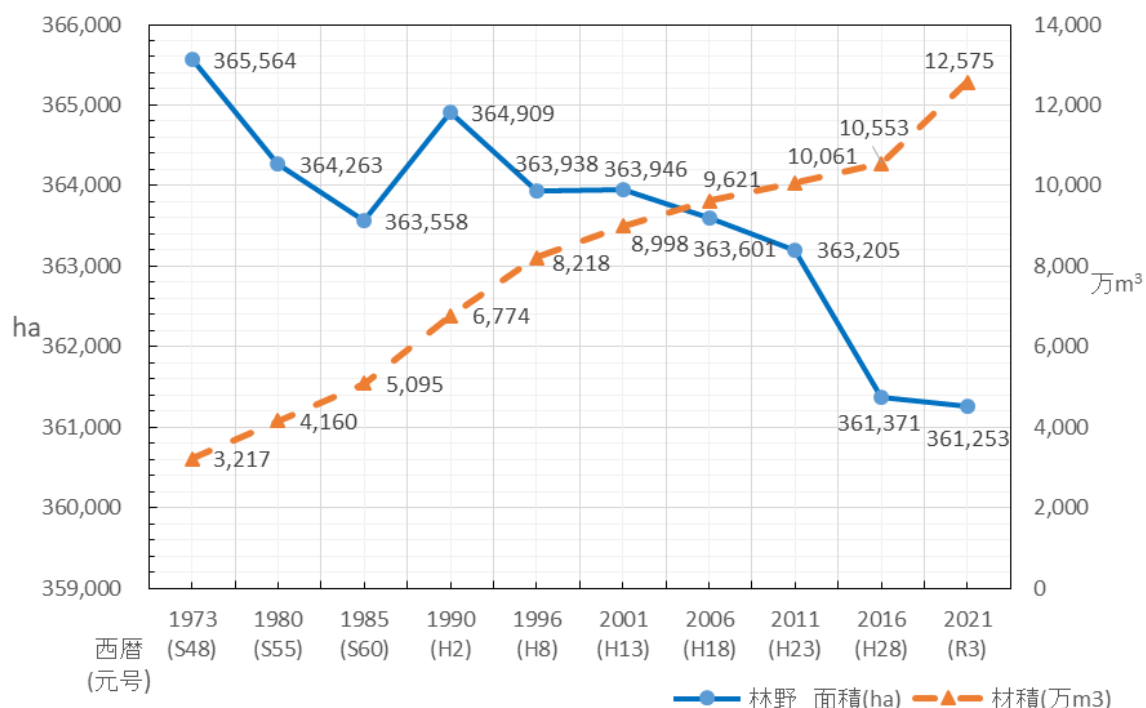


図 2-13 和歌山県 林野面積 (ha) および材積 (万 m<sup>3</sup>) の変遷

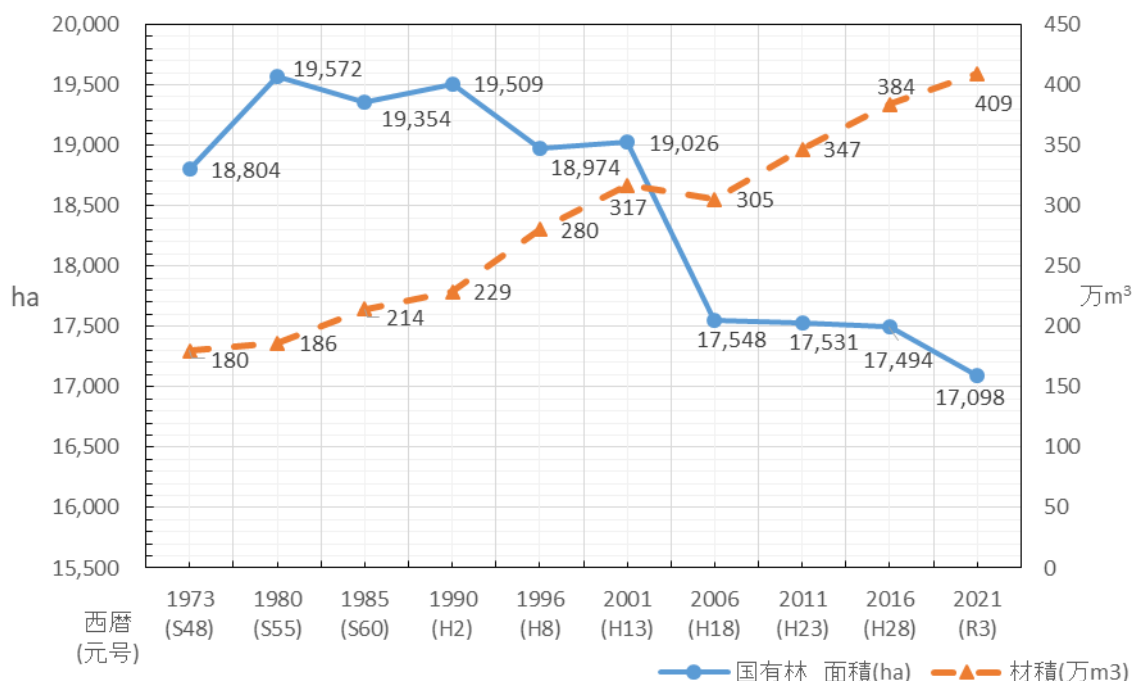


図 2-14 国有林面積 (ha) および材積 (万 m<sup>3</sup>) の変遷



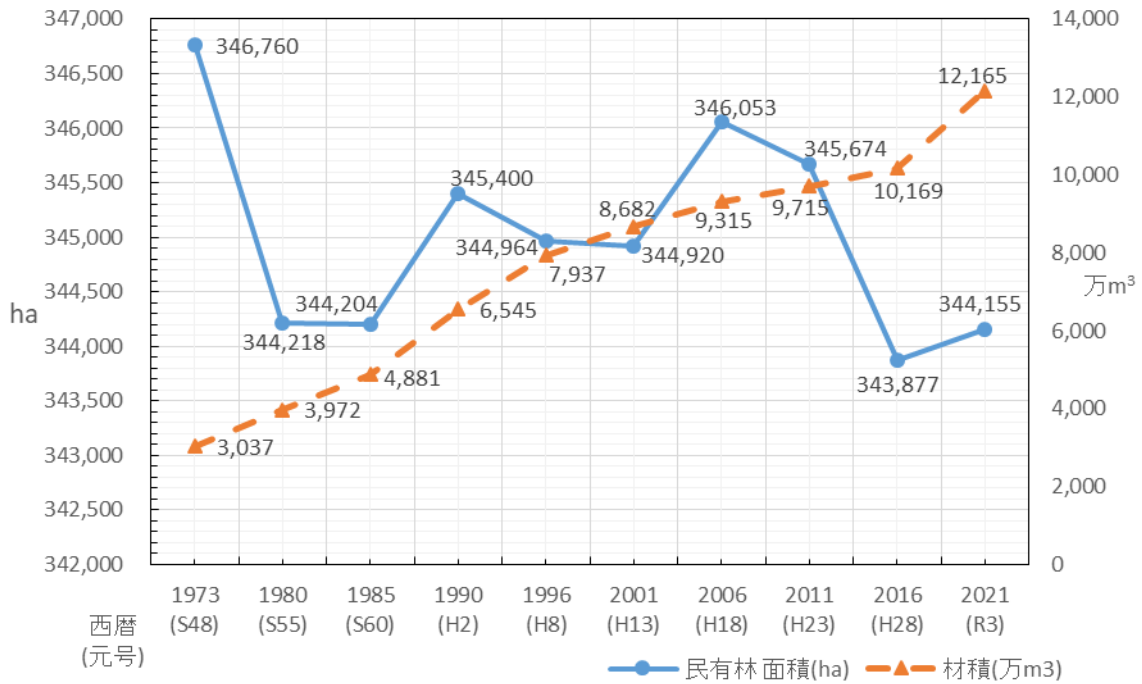
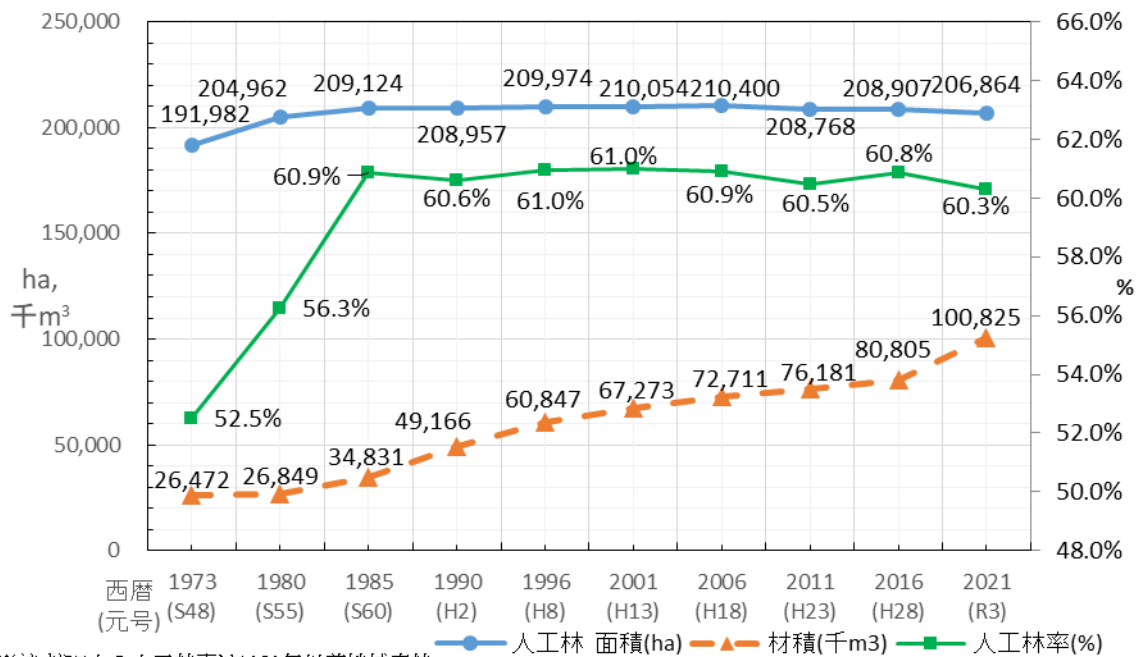


図 2-15 私有林面積 (ha) 及び材積 (万 m<sup>3</sup>) の変遷



※注 グラフ上の人工林率は1980年以前地域森林計画が未導入により年次間で不整合となる

図 2-16 人工林面積 (ha) と人工林率 (%) および材積 (m<sup>3</sup>) の変遷

2006年には346,053haと増加しているものの、2016年には343,877haと減少しているが、2021年には344,155haと再び増加している。また、私有林の材積についても、同図に変遷を示した。林野全体および国有林と同様に増加傾向を示しており、1973年には3,037万m<sup>3</sup>であったものが、1985年には4,881万m<sup>3</sup>、1990年には6,545万m<sup>3</sup>、1996年には7,937万m<sup>3</sup>と年々増加し、2021年には12,165万m<sup>3</sup>と1973年の約4倍となっている。和歌山県の人工林面積および人工林率の変遷を図2-16に示した。

1973年の191,982haから1985年の209,124haへと17,142ha増加し、人工林率も52.5%から60.9%に増加している。その後は2021年の206,864haまで、面積および人工林率は、ほぼ横ばいで推移している。また、人工林の材積の変遷についても同図に示した。1973年には2,647万m<sup>3</sup>であったものが、1990年には4,917万m<sup>3</sup>、1996年には6,085万m<sup>3</sup>となり、2016年には8,081万m<sup>3</sup>となった。さらに、2021年には増加率が上昇し1億83万m<sup>3</sup>となった。これは、造林面積が増加し、樹木の成長量に比較して伐採量が少ないため、材積が増加したものと考えられる。

一方、和歌山県の天然林の面積、材積および広葉樹林面積の変遷について、図2-17に示した。天然林面積は、1973年には146,747haであったものが、1980年には134,245haに12,502ha減少している。その後、1985年に130,293haに減少した後、2001年に129,569haまで減少したが、一転して2011年の131,643haまで増加した。

その後、2021年には再び128,007haまで減少している。1973年から1985年にかけては、人工林における面積増加分の約17,000haと、天然林面積の同期間における減少分の約16,000haと、ほぼ同程度の値となっている。

また、天然林の材積については、1973年に1,111万m<sup>3</sup>であったものが、1985年には1,395万m<sup>3</sup>、2001年には1,947万m<sup>3</sup>と順次増え、その後、2011年の2,089万m<sup>3</sup>まで増加した後、2021年には2,069万m<sup>3</sup>まで減少している。さらに、天然林のうち広葉樹林の面積の変遷も図2-17に示した。ここで、和歌山県林業振興課が公表して

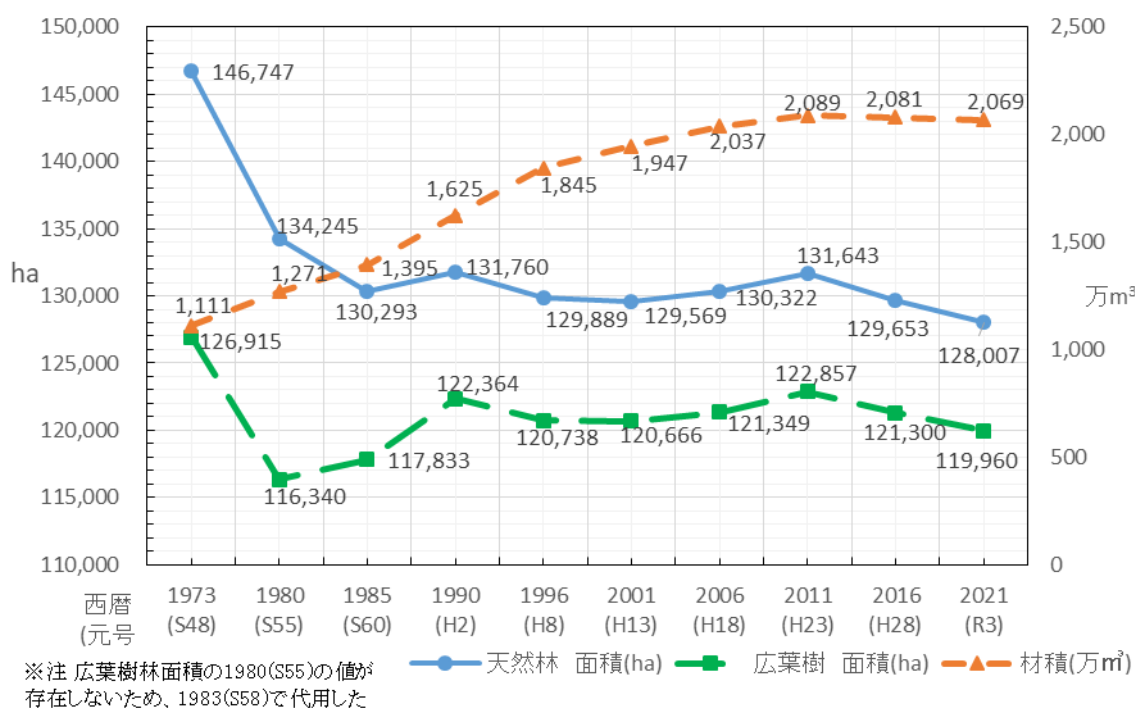


図 2-17 天然林面積 (ha) と材積 (万 m<sup>3</sup>)，およびその内広葉樹林面積 (ha) の変遷

いる「林業及び山村の現況」の1980（昭和55）年度の資料には、広葉樹林面積のデータが無かったため、直近の1983年度の資料を使用している。グラフからは、1973年の126,915haから1983年の116,340haまで減少していることが分かる。これは、天然林を伐採し、拡大造林していったことに起因するものと考えられる。その後、1990（平成2）年には、122,364haまで回復し、1996年には120,738haまで減少するものの、2011年には122,857haまで増加している。これは、近年、森林の水源涵養機能や防災機能を高めるために、田辺市をはじめとする自治体や企業が、水源の森として伐採跡地に広葉樹を植樹する活動が広がっていることに起因するものと考えられる。しかしながら、その後、2021（令和3）年には、119,960haまで減少している。その理由としては、2011年の紀伊半島大水害時に広葉樹林においても山地崩壊が発生したことが考えられる。

人工林の内、スギ林およびヒノキ林の同時期の変遷について、図2-18に示した。スギ林は、1973年には90,799haであったものが、1980年には92,701haと増加しているものの、その後、減少に転じ、2001年には89,926haまで減少している。2006年には若干増加して90,032haとなるものの、再び減少し、2011年には88,756haとなっている。その後、2016年には89,063haまで増加した後2021年には再び87,984haまで減少している。

一方、ヒノキ林は、1973年には87,816haであったものが、1985年には109,444ha

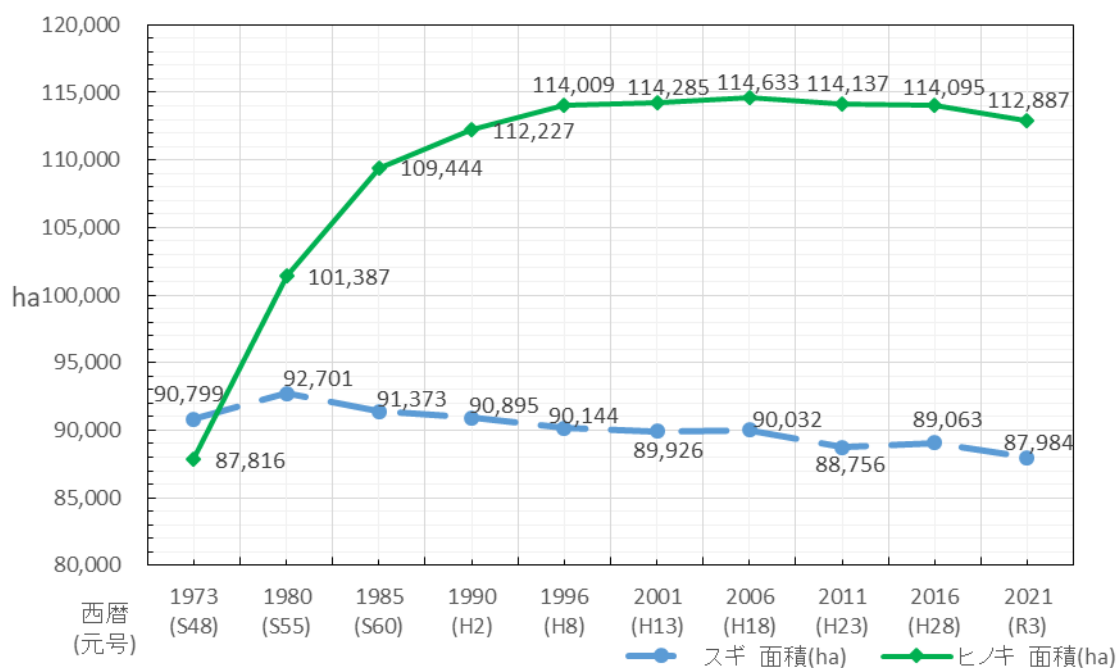


図 2-18 スギ林およびヒノキ林面積 (ha) の変遷

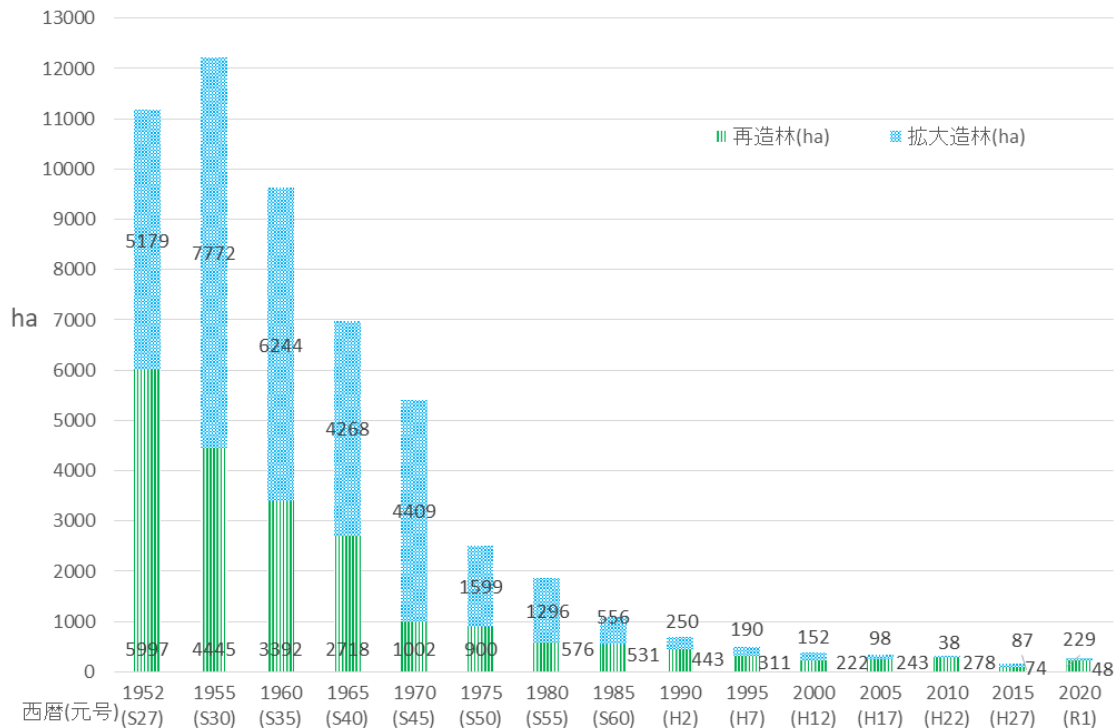


図 2-19 和歌山県における戦後の人工造林面積の推移

まで増加している。その後、増加率は低くなるものの、1996年には114,009haまで増加している。その後は、ほぼ横ばいで推移し2016年には114,095haとなり、2021年には112,887haに減少している。これは、後述する拡大造林、再造林面積が1980年までは一定程度の面積があるものの、その後1985年以降は激減していることと整合的である。また、スギ林が1980年をピークに減少していったことに対して対照的である。

和歌山県では、終戦後、1952（昭和27）年頃から造林が積極的に行われるようになった。造林面積の推移を図2-19に示した。グラフから、1952年には5,997haの再造林を行うとともに、5,179haの拡大造林を行っている。1955年には4,445haの再造林を行うとともに、戦後最大の7,772haの拡大造林を行っている。その後、順次減少していき、1970年には、4,409haの拡大造林を行うものの、再造林は1,002haとなり、5年後の1975年には、再造林が900ha、拡大造林は1,599haと激減している。最近では、2010（平成22）年に再造林が278ha、拡大造林が38haとなり、2015年には再造林が74ha、拡大造林が87haとさらに減少しているものの、2020（令和元）年には再造林が48ha、拡大造林が229haと増加傾向にある。

これは、価格の安い外国産材に圧されたことと、アルミニウムや合成樹脂等に建材の原材料が変遷してきたためであると、中辺路町の林業家らは語っている。

### (3)和歌山県の人口と林業従事者

1970（昭和45）年以降の和歌山県の人口（国勢調査）および林業従事者数の推移を図2-20に示した。

和歌山県の人口は、1970年に1,042,736人であったものが、1980年には、1,087,012人に増加し、1985年には、ほぼ横ばいの1,087,206人となった。1990（平成2）年には1,074,325人と若干減少したものの、1995年に1,080,435人まで再び増加した後、減少を続け2015年には963,579人にまで減少している。

これに対して、和歌山県の林業従事者数については、1970年には5,956人であったが、1980年には4,077人、1985年には3,019人、1990年には、2,312人と年々減少率は減っているものの、大きく減少している。その後も減少を続け、2015年には1,134人となっている。

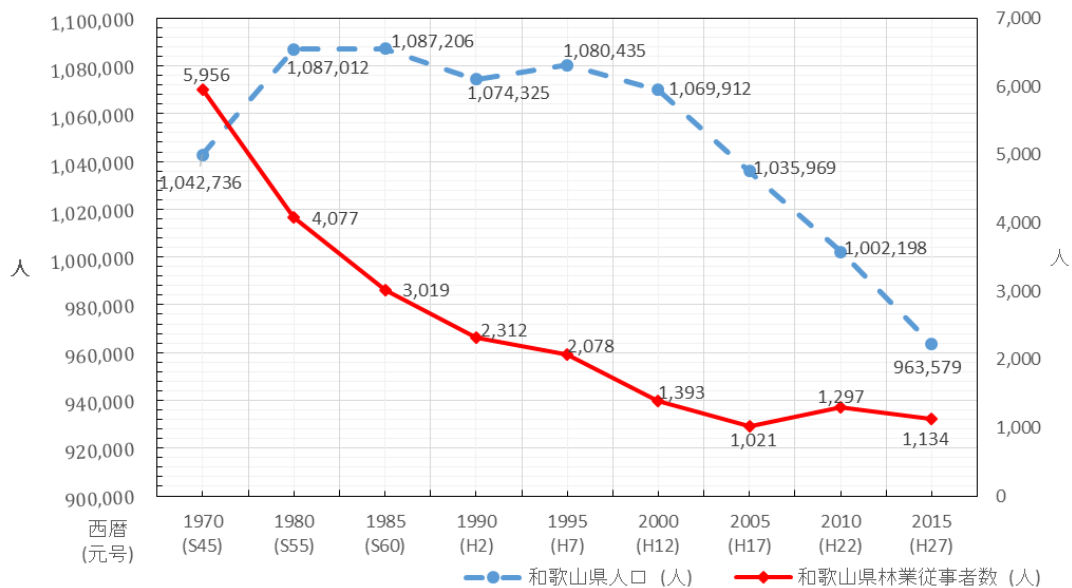


図2-20 和歌山県の人口および林業従事者数の変遷(人)

#### (4)木材の需要と供給

和歌山県における1973（昭和48）年以降の国産材と外材の需給の推移について図2-21に示した。グラフからは1973年で既に国産材が579千 $m^3$ で外材が1,832千 $m^3$ となっており、外材が国産材を大きく上回っている。国産材はその後、減少を続け2016年には168千 $m^3$ となっているものの2019（令和元）年には221千 $m^3$ まで増加している。一方、外材は1985年に1,263千 $m^3$ まで減少した後、1990（平成2）年には1,445千 $m^3$ と増加したものの、その後減少を続け、2011年には103千 $m^3$ と国産材を下廻り、2019年には30千 $m^3$ となった。

和歌山県における1973年以降の木材価格の推移について図2-22に示した。ヒノキ中丸太は1973年には61,012円/ $m^3$ であったものが、1980年には93,000円/ $m^3$ に上昇し、1985年には67,600円/ $m^3$ になった後、1990年には再び98,500円/ $m^3$ に上昇した。その後、1996年には77,700円/ $m^3$ 、2001年には40,200円/ $m^3$ と下落し、2017年には13,900円/ $m^3$ となり、1990年の約7分の1まで下落している。

また、スギ中丸太については、1973年に29,524円/ $m^3$ であったものが、1980年には44,800円/ $m^3$ に上昇し、1985年には27,600円/ $m^3$ になった後、1990年には再び33,000円/ $m^3$ に上昇した。その後、1996年には24,400円/ $m^3$ 、2001年には18,500円/ $m^3$ と下落し、2017年には10,900円/ $m^3$ となり、1980年の約4分の1まで下落している。スギ中丸太も、ヒノキ中丸太と同様の価格推移の傾向を示している。

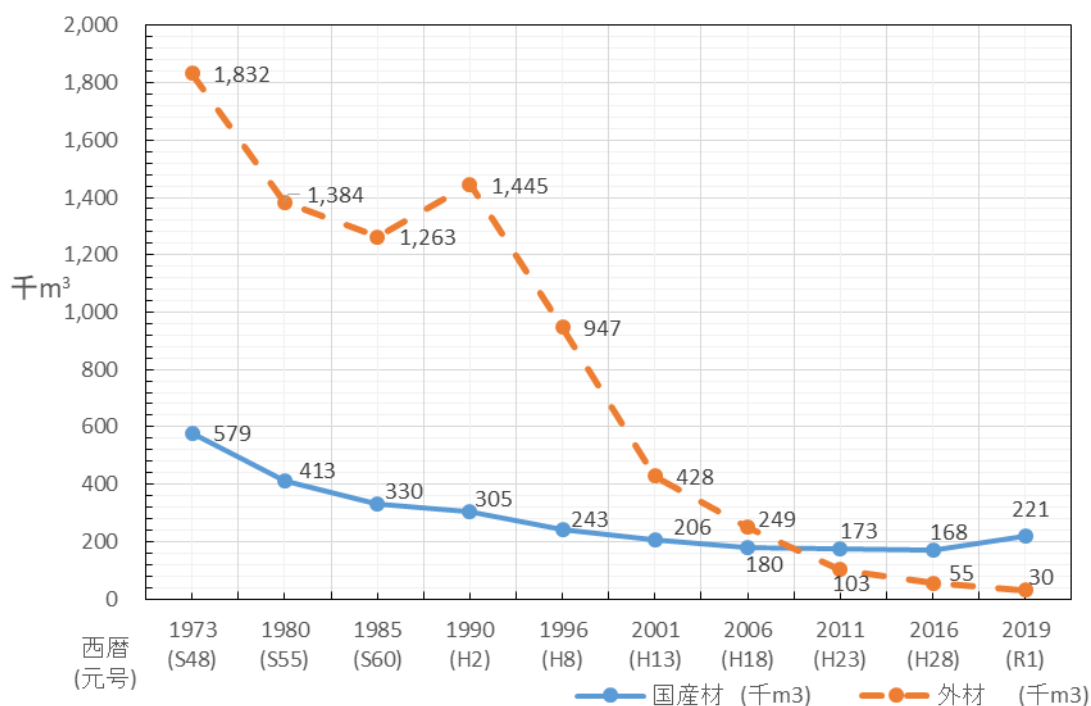


図2-21 和歌山県における国産材と外材の需給の推移(千 $m^3$ )

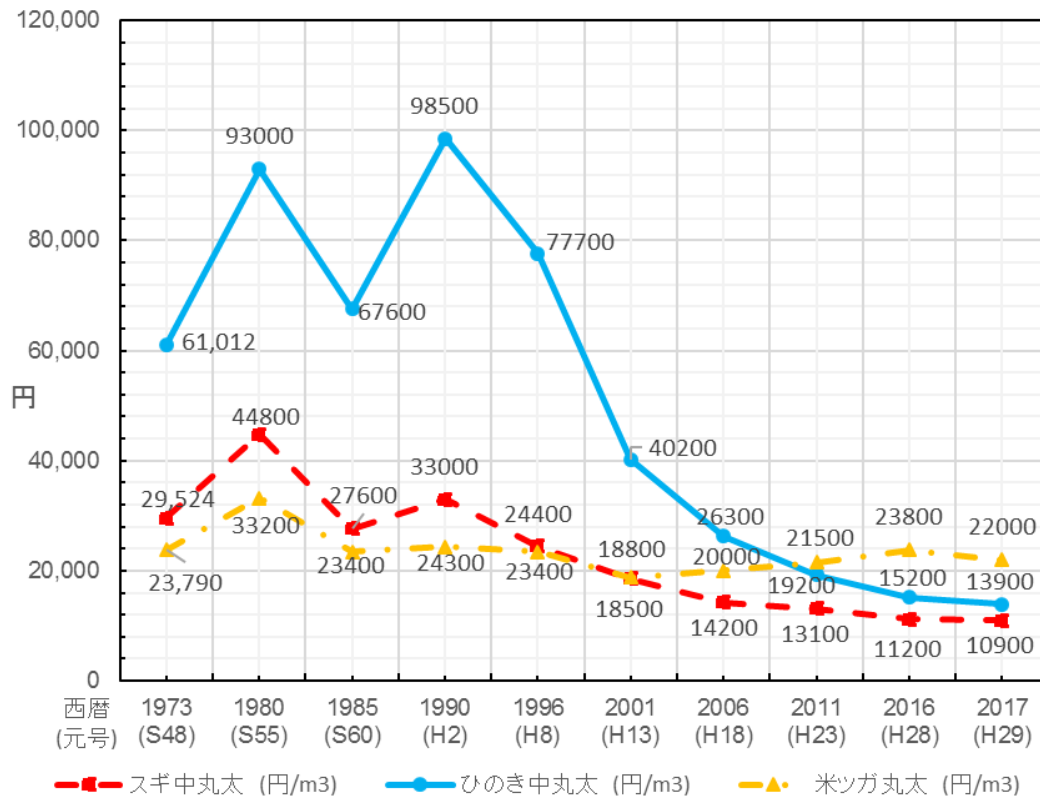


図 2-22 和歌山県における木材価格の推移(円)

さらに、米ツガ丸太については、1973年に23,790円/m<sup>3</sup>であったものが、1980年には33,200円/m<sup>3</sup>に上昇し、1985年には23,400円/m<sup>3</sup>になった後、2001年には18,800円/m<sup>3</sup>と下落したものの、ほぼ横ばいで推移し2006年には20,000円/m<sup>3</sup>となった。その後上昇に転じ2016年には23,800円/m<sup>3</sup>となり、2017年には22,000円/m<sup>3</sup>に下落している。

### 3. 富田川上流域(旧中辺路町および旧大塔村)における森林の変遷

#### (1)森林の概況

紀南地方の植林事業は、かなり古い時代から実施されていたが、本格的な植林は江戸時代以降であるという。しかし、当時の植林は、今の様な利潤追求を中心としたものではなく、広葉樹から針葉樹まで幅広く種を選んで植え付けたり、種子をまいたりする治山治水型の植林であった。

日本のもとの自然は森林であり、西南日本のそれは照葉樹林であった。照葉樹とはツバキ、クス、シイ、カシなどで代表される常緑の樹木であって、日光を受けて葉の表面が美しく光り輝くことからこの呼び名がある。温暖多雨な地方に生育する樹木であるため、これらの樹木で構成された森林、すなわち照葉樹林は日本の南半分から台湾を経て南中国からヒマラヤ方面に伸びた細い帯状の地域にのみ分布している。日本にきた我々の祖先は、この森林を伐り開いて住みつき、この森林を利用し、この森林に護られながら生活してきた。日本人の文化を照葉樹林文化と呼ぶのはそのためであろう。

中辺路町のもとの自然はどんな姿であったのだろうか。これを明らかにした調査資料はないが、これを証明する資料は町内にいくつかある。神社の森や果無山脈寄りの地にいくつか残されている自然林がそれである<sup>11)</sup>。

#### (2)森林状況の変遷

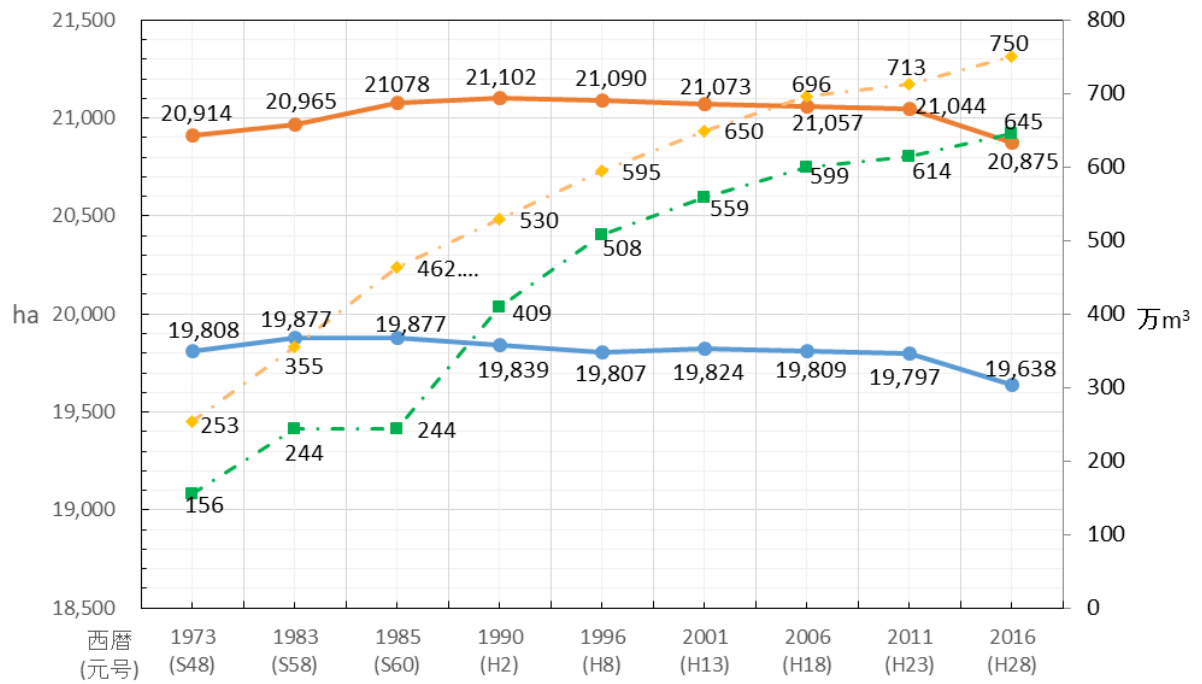
富田川上流域に位置する旧中辺路町（以下「中辺路町」）および旧大塔村（以下「大塔村」）について、第2章第1節2.(2)3)「和歌山の林業（1973年）」等で示した資料および田辺市資料から林野面積等の諸データを抽出しグラフ化を行った。

そのうち、林野面積および材積の変遷を図2-23に示した。中辺路町の林野面積は、1973（昭和48）年に19,808haであったものが、1983年には19,877haと微増した後、2011（平成23）年の19,797haまで微減し、2016年には19,638haまで減少している。

大塔村の林野面積は、1973年に20,914haであったものが、1990年には21,102haまで増加した後、2011年には21,044haまで微減し、2016年に20,875haまで急減している。2011年から2016年にかけての減少は、両町村ともに、2011年9月に発生した紀伊半島大水害の影響を受けているものと考えられる。中辺路町および大塔村における国有林面積およびその材積の変遷を図2-24に示した。

中辺路町の国有林面積は、1980（昭和55）年に1,599haであったものが、1990（平成2）年まではほぼ横ばいで推移し、1996年には1,469haに減少し、その後2016年まで再び横ばいで推移している。

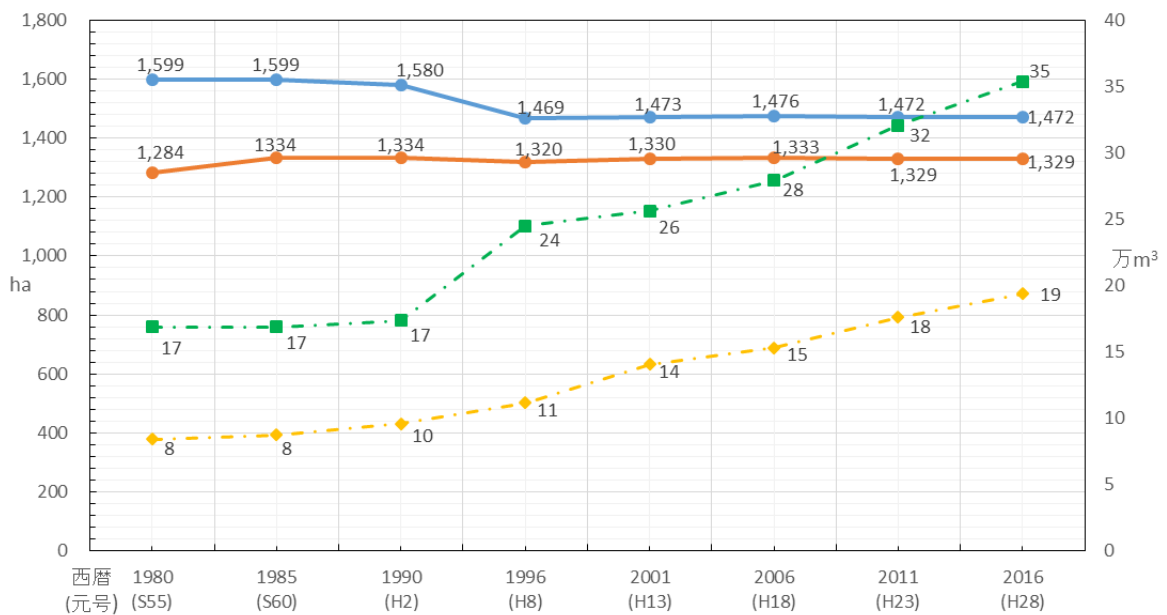




※注 2005年の市町村合併により2006年以降の中辺路町、大塔村の各データがないため、H13の田辺市全体に対する比率で算出した。

● 中辺路町 林野面積 (ha)    ● 大塔村 林野面積 (ha)  
 ■ 中辺路町 材積 (万m³)    ◆ 大塔村 材積 (万m³)

図 2-23 旧中辺路町, 旧大塔村 林野面積 (ha) および材積 (万 m<sup>3</sup>) の変遷



※注 大塔村の1973(S48)年の国有林の材積データがないため1980年からとした。また、2005年の市町村合併により2006年以降の中辺路町、大塔村の各データがないため、H13の田辺市全体に対する比率で算出した。

図 2-24 中辺路町および大塔村 国有林の面積 (ha) および材積 (万 m<sup>3</sup>) の変遷

大塔村の国有林面積は、1980年に1,284haであったものが、1985年には1,334haまで増加した後、2016年の1,329haまで、ほぼ一定の面積で推移しており、2. (2)3)和歌山県における国有林面積の推移 (図 2-14) とは異なる傾向となっている。一方、国有林の材積については、中辺路町および大塔村ともに歳月の経過とともに増加している。

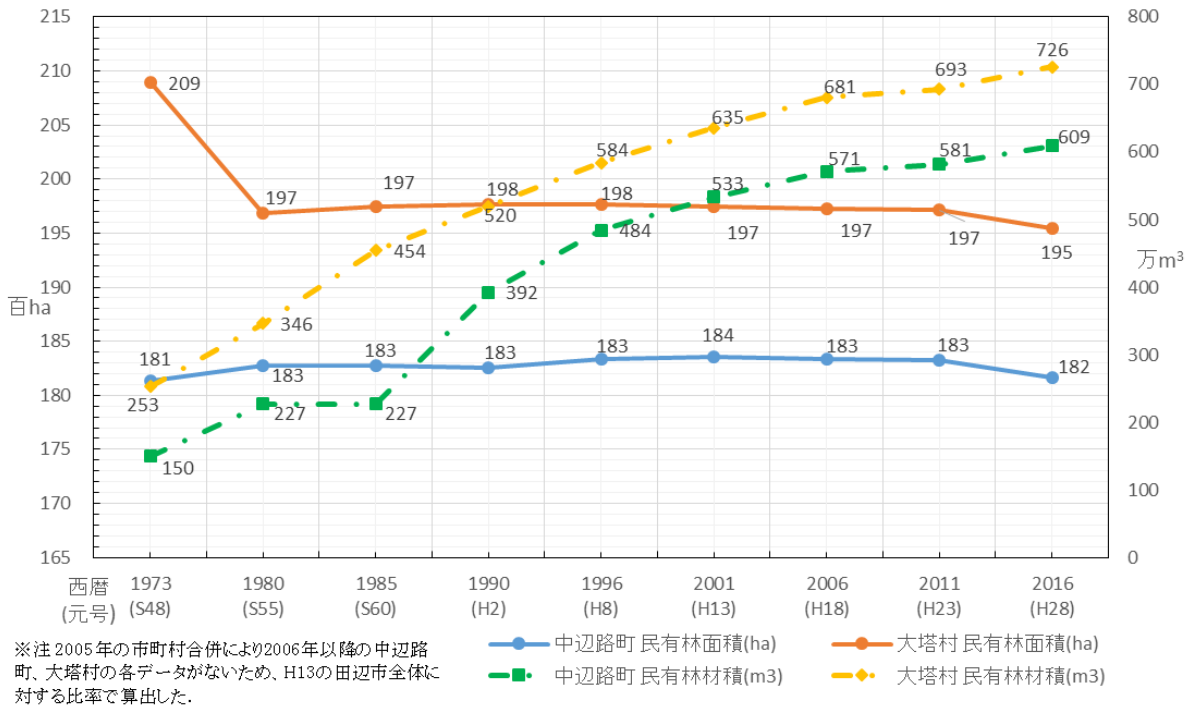


図 2-25 中辺路町および大塔村 民有林の面積 (ha) および材積 (m<sup>3</sup>) の変遷

中辺路町および大塔村における民有林面積およびその材積の変遷を図 2-25 に示した。

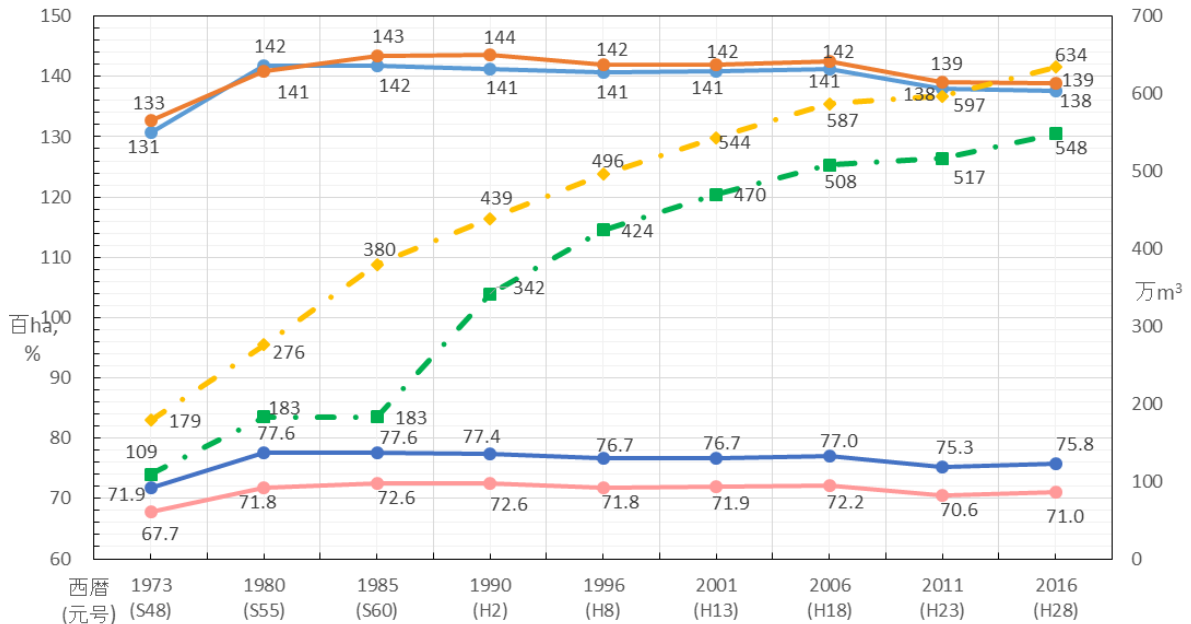
中辺路町の民有林面積は、1973年に18,100haであったものが、2001(平成13)年の18,400haを最大値として2016年の18,200haまで、ほぼ横ばいで推移している。大塔村の民有林面積は、1973年に20,900haであったものが、1980年には19,700haまで減少した後、2016年の19,500haまで、ほぼ一定の面積で推移している。2. (2)3)和歌山県における民有林面積の推移(図 2-15)とは異なる傾向となっている。

材積については、中辺路町が1980年から1985年まで227万m<sup>3</sup>で横ばいに推移している以外は、一定割合で年月の経過とともに増加している。

中辺路町および大塔村における人工林面積およびその材積の変遷を図 2-26 に示した。

中辺路町の人工林面積は、1973年に13,100haであったものが、1980年には14,200haに増加し、その後は2006(平成18)年まで横ばいで推移し、2011年および2016年には13,800haまで減少している。

大塔村の人工林面積は、1973年に13,300haであったものが、1980年には14,100haまで増加した後、2006年までほぼ横ばいで推移し、2011年および2016年には13,900haまで減少している。



※注 1973年および1980年の地域森林計画が存在しないため、1985年の地域森林計画面積と林野面積で按分計算し人工林率を算出した。また、2005年の市町村合併により2006年以降の中辺路町、大塔村の各データがないため、H13の田辺市全体における比率から算出した。

図 2-26 中辺路町および大塔村 人工林の面積 (ha)，材積 (m<sup>3</sup>) および人工林率 (%) の変遷

材積については、民有林の傾向と同様に、中辺路町が 1980 年から 1985 年まで 183 万 m<sup>3</sup> で横ばいに推移している以外は、一定割合で年月の経過とともに増加している。

また、人工林率については、中辺路町では、1973 年に 71.9%であったものが、1980 年には 77.6%と増加した後、2006 年までほぼ横ばいで推移し、2011 年には 75.3%まで減少したものの、2016 年には 75.8%まで増加している。

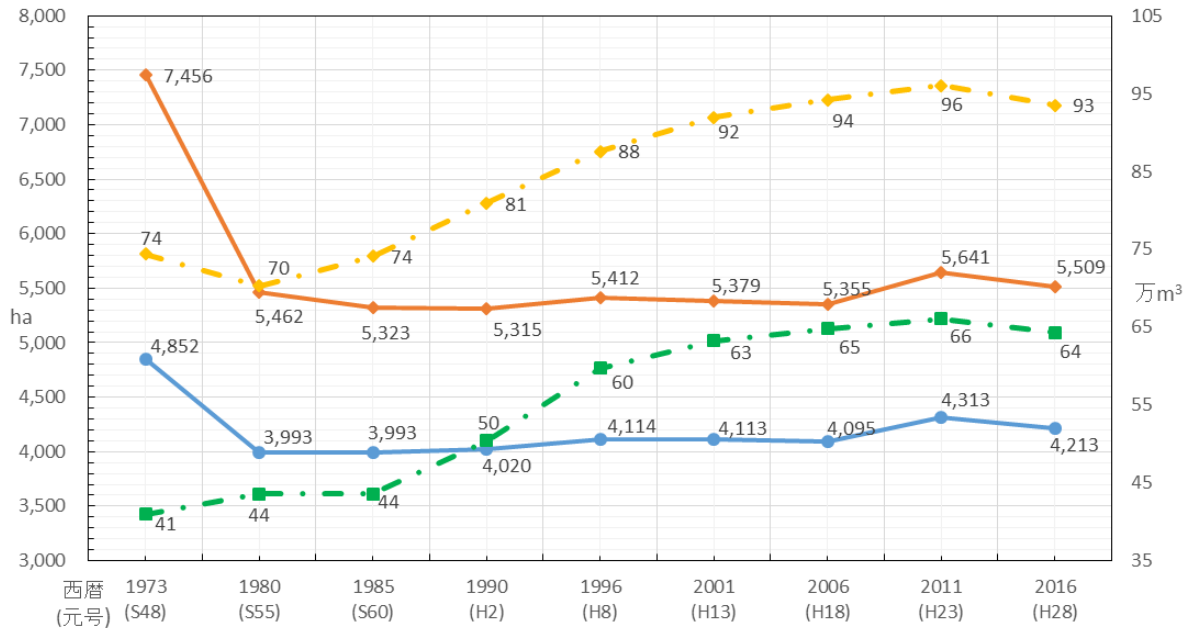
一方、大塔村では、1973 年に 67.7%であったものが、1980 年には 71.8%と増加した後、2006 年までほぼ横ばいで推移し、2011 年には 70.6%まで減少したものの、2016 年には 71.0%まで増加している。

中辺路町および大塔村における天然林面積およびその材積の変遷を図 2-27 に示した。

中辺路町の天然林面積は、1973 年に 4,852ha であったものが、1980 年には 3,993ha に減少した後、2006 年まで横ばいで推移し、2011 年に 4,313 ha に増加した後、2016 年には 4,213ha まで再び減少している。

大塔村の天然林面積は、1973 年に 7,456ha であったものが、1980 年には 5,462ha まで減少した後、2006 年までほぼ横ばいで推移し、2011 年に 5,641ha に増加した後、2016 年には 5,509ha まで減少している。

材積については、中辺路町および大塔村ともに概ね増加傾向にあるが、2011 年以降は若干減少している。



※注 2005年の市町村合併により2006年以降の中辺路町、大塔村の各データがないため、H13の田辺市全体における比率から算出した。

図 2-27 中辺路町および大塔村 天然林の面積 (ha) および材積 (m<sup>3</sup>) の変遷

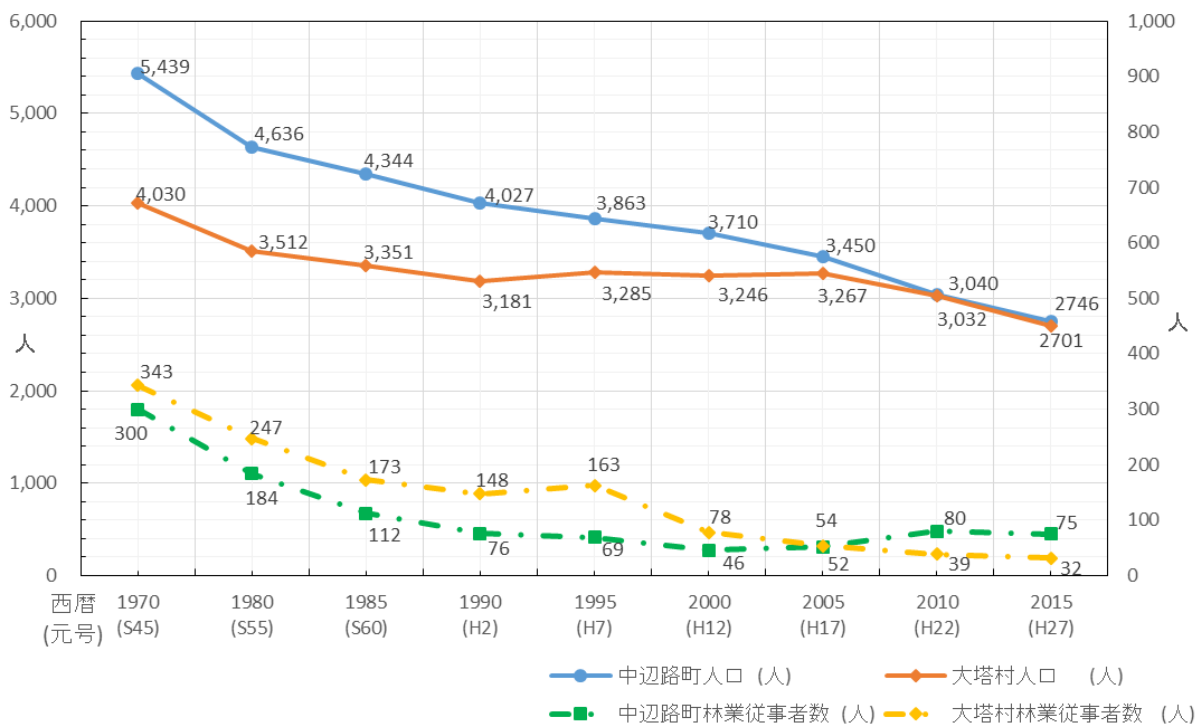


図 2-28 中辺路町および大塔村 人口および林業従事者の変遷

中辺路町および大塔村における人口および林業従事者数の変遷について、国勢調査、和歌山県森林・林業および山村の現況および田辺市資料に基づき図 2-28 に示した。

中辺路町の人口は、1970（昭和 45）年に 5,439 人であったものが、1980 年には 4,636 人に急激に減少した後、2015（平成 27）年の 2,746 人まで減少している。

大塔村の人口は、1970年に4,030人であったものが、1990年には3,181人まで減少した後、1995年には3,285人まで増加に転じ、その後2005年までほぼ横ばいで推移しているものの、2015年には2,701人まで減少している。

一方、林業従事者については、中辺路町では、1970年に300人であったものが、1990年には76人まで急激に減少した後、2000年には46人まで減少し、その後増加に転じ2010年には80人となった後、2015年には75人まで減少している。

大塔村では、1970年に343人であったものが、1990年には148人まで急激に減少した後、1995年には163人まで増加したものの、再び減少に転じ2015年には32人まで減少している。

### (3)地元の林業家古老および森林組合関係者等へのヒアリング結果

森林および河川状況の変遷について、地域の実情を把握するために、地元の古老らから情報を得ることは有効な手段である。従って、富田川上流域に位置する田辺市中辺路町および大塔村における第二次世界大戦前からの状況の変化を明らかにするため、著者らは、中辺路町澤で林業を営む能城宏之氏、元森林組合職員で田辺市議会議員の宮井章氏および地元住民の串憲和氏に対して1998（平成30）年4月28日に、旧大塔村の郷土史を編纂している洞口久善氏に対して1997（平成29）年1月23日にヒアリング調査を行い、両町村の森林および河川の状況や変遷について情報収集および考察を行った。そのうち森林に関する事項を下記に示す。

#### 1)第二次世界大戦前の森林状況

##### ①江戸時代の森林

- ・山林および植林の状況 森林は乱伐されていたか、禿山であったか 乱伐の目的（言い伝えの範囲で）

能城氏曰く、「江戸時代のこの辺の山林は、植林ではなく自然林であっただろう。自然に生えた杉ヒノキを切ってきてお城を立てるとか、木曾のヒノキを切ってきて、伊勢神宮を20年に一度更新するなど、そんなことをやっていたかと思う。私は、植林を行ったのは明治に入ってから、という勉強しかしていません。」とのことであった。また、宮井議員および串氏曰く、「よく分からないが、中辺路町福定からは黒木（モミ、トガ）の直径2mもの大木が切り出されていたらしい。これらは自然林であったであろう。」とのことであり、森林の乱伐や禿山については、言及がなかった。

- ・御留林

宮井氏および串氏は、御留林については分からない、とのことであった。

能城氏によると、私の先祖は水上（能城氏の居住地区）の庄屋をやっていたが、江戸時代に田辺には安藤という殿が居り、藩が森林を押さえていたらしい、ということであった。

- ・植林（針葉樹、広葉樹）の状況

能城氏は、スギやヒノキは手入れが必要で、伐出に70～80年かかる。広葉樹は手入れが要らないので費用が要らない。水持ちは広葉樹の方が良いと思う、と述べていた。

- ・針葉、広葉樹林の差異による支川（谷）毎の水の出方の違い

宮井，串，能城氏ともに，森林の差異による河川水位の増え方や減り方，濁りの状態を含めて分からない，とのことであった。

## ②明治，大正，昭和初期（第二次世界大戦前）

- ・山林および植林の状況 森林の乱伐状況、禿山であったか 乱伐の目的

宮井，串氏ともに分からない，とのことであったが，能城氏からは，禿山ではなかった，との発言があった。

- ・植林（針葉樹，広葉樹）の状況

能城氏曰く，「明治時代から，植林があったのではと思うが，その時代に植林をするのは，よっぽど篤志な人であった。」

宮井氏は，中辺路町森林組合に施業経歴が残っているのではないかと，とのことであった。

- ・土砂の出方，基盤岩，河床材料の粒形

能城氏曰く，「明治22年の大水害では，私の祖母が，普段は山の木々の深緑で黒っぽく見えていたが，朝起きたら山が崩壊して地山が露出し白く見えた，と言っていた。」とのことであった。

## 2)第二次世界大戦後の森林状況

- ・山林の状況 森林の乱伐状況，禿山であったか 乱伐の目的

宮井，串氏から，禿山では無かった，との言及があった。

- ・植林（針葉樹，広葉樹）の状況，混交林，下層植生の影響

宮井氏曰く，「私が森林組合に従事していた頃，我々は普段，雑木と呼んでいる広葉樹を伐採して，建築用等の用材林として針葉樹を拡大造林した。私は現在，51歳だが，森林組合に入った昭和63年や平成元年頃は，まだ拡大造林と言っていた。また，広葉樹と針葉樹とでは保水力に差異は無い，基盤となる地層によるものが大きいという説もある。」と言っていた。

能城氏は，「昔，国の税制度は，固定資産税と森林税の二重課税であった。熊野川谷川のピットを埋めた谷には10ha植林したが，手入れが不要なため広葉樹を植えたい。昔はそこにスギ林が300haあったが，今は200haしかない。本多静六という林学博士が法制林と言って，植林から施業，伐採まで50年間で，1サイクル回ると言っていた。今はスギでもヒノキでも木材価格はあまり変わらず安い。手間と何十年も時間を掛けて収穫する時にはその分が回収できない。最近では森林環境税が国会で審議されているが，業としては成り立たない。」と言っていた。

- ・水の出方，河川水位の増え方，減りの状態

宮井氏は、農地や林道工事で、重機によって地山を掘削するので濁る。山の伐採では濁らない。スギ、ヒノキの蒸散量は大きい、と言っていた。

能城氏は、水の出方は減っていないのではないか、寺の谷川（能城氏宅庭に清浄な水を引いている能城氏宅のすぐ上流の谷）は伐採しても水位に差がない。

片山内閣（和歌山県田辺市出身片山哲第46代内閣総理大臣）の時に農地改革をやったが、農地でも集約化をしているのに、林業改革をやっていたら、小規模林家が増えて経営が成り立たず、大変な事になっていた。

昭和30年に輸入の自由化をしたから安い外材が入ってきて、国産材の価格が下がり、林業経営が成り立たなくなった。最近ではアルミや合成樹脂の化粧板（ビニールと木を層状化した新建材）で軽いから、国産材の製品（扉等）は売れない。混交林や下層植生がある森林は、土砂流出防備に良いのは分かっているが、儲からない。

#### ・森林法，砂防法，河川法の効果

宮井氏は、土砂流出防備林は保安林全体面積からすると面積が少ない，効果は分からないと言っていた。

### 3)植林地の特性

#### ①林地方向

能城氏曰く、「植林する山腹の方向は、日光が当たりすぎて乾燥せず、肥沃であるため、北向きが良い。スギは水に強いが、ヒノキは水に弱いため中腹に植林する。」とのことであった。

#### ②地形 尾根，沢

能城氏は、「尾根は中腹、沢は谷と言ってスギが良い。流水であればスギは育つ。山のとっぺんは松，ナラ，ウバメガシが適していて痩せ山でも良い，と国が奨励している。」と言っていた。

#### ③地質

地質については，言及がなかった。

### 4)森林管理の効果

#### ①管理の状態による水・土砂の出方の差異，森林の適正管理

能城氏は，適正管理は林業経営的には難しい，下手に手入れをしたら大赤字と言っていた。管理の状態による水・土砂の出方の差異については，言及がなかった。

#### ②間伐や枝打ち等の施業による効果



能城氏曰く、「節の無いスギが高くなると思って、枝打ちをすると、全く節が無くなって、逆に価値が無くなる」とのことであった。施業による水・土砂の出方の差異については言及がなかった。

#### 5) 富田川流域で良好な管理がなされている針葉樹林帯

宮井氏は、「富田川流域では、最上流域の兵生の国有林は、昔は集落や小学校があり、トロッコがあつて、森林の手入れをしていた。」と話している。

能城氏は、「混交林では無い。私の管理する森林で、良好な管理状態の森林はありません。中辺路町石船に福山守八氏の山がある。山の下腹、中腹にスギ、ヒノキを植林し、枝打ちをしている。山の上面にはシイなど広葉樹を残している。

森林経営の事がメインになってしまうと思うが、中辺路町森林組合長の岡上哲三氏に、森林関係の事を調べている事を言っておきます。」と話して頂いた。

#### 6) 木材の需要と供給

- ・ 国産材と外材の木材価格の推移

能城氏は、「スギとヒノキは同価格になってきた、良い杉だとヒノキより高価になる。両者の価格は、昔の 1/5 未満で、殆ど 1/10 程度に下落している。ヨーロッパ（スウェーデンの方）から木材を買っている。無地の木材で安い。

スギ、ヒノキは 5、60 年生の木材を育てて、売り上げが 50 万円/ha 程度。植えるだけで獣害対策のネット費用、人件費で 80 万円/ha かかる。山は若い人には勧められない。」と語っていた。

#### 7) 鹿等動物の森林への食害

能城氏は、「山にはシカ、イノシシ、アライグマ、ツキノワグマ等の血を吸ったマダニが居て悪いウィルスを媒介する。アウトドアブームで都会の人が山に入ってマダニに血を吸われると人間に感染する。老人は身体が弱く、感染すると 10 人のうち 2～3 人は死亡する。シカの頭数を減らす必要がある。

シカはヒノキを齧る。針葉樹の皮を齧られると腐る。一番材積のある根本付近で使いたい所がダメになる。植林ではシカ対策に 1.5～2m の網で囲うが、お金が掛かる。投資しても殆ど収益が上がらない。国産材価格を上げ、需要を高めるために輸入を止めるべき。

サルは賢い。シイタケなどを食べる。クマが一番怖い。アライグマは外来種で素行が悪い。スイカ、トウモロコシなどを食い散らす。イノシシは大したことは無い、芋を掘るだけ。作物で残るのは米、稲のみ。」と語っていた。

#### 4. 森林変遷に関する考察

日本全体および和歌山県における森林の変遷について各時代に分けて考察を試みた。

##### (1)江戸時代まで

1. (2) 1)で述べたように、江戸時代には、日本全体を見ると、人口の集中した江戸や大坂等の大都市で城郭や寺院などの建築用の木材需要が増大したため、全国各地で生活用、建築用等の森林伐採が盛んに行われるようになり、森林資源の枯渇や災害の発生が深刻化するようになった。このため、幕府や各藩によって、森林の伐採を禁じるなど、森林を保全する規制がなされ、あわせて、公益的機能の回復を目的とした造林も推進されるようになった。

一方、2. (2) 2)で述べたように、和歌山県においては、江戸時代初期から藩祖徳川頼宣がお留木を定め、一切の伐木を禁止するなど、国土保全と資源保護を目的とした森林保全に取り組んでいた。また、歴代藩主中、最も森林保護に力を入れたのは、徳川吉宗であり、紀州における植林はこの頃に始まったものと思われ、中辺路町の古文書にも享保(1716~1732年)のころには植林が行われていた記録が残されている。

これらのことから、都市部周辺では周辺山林の伐採により森林資源の枯渇や災害が発生したのに対して、和歌山県では、秋田藩のケースで述べられたとおり、幕藩体制下で紀州藩という比較的小さな経済圏内で自給していた人々の教訓が活かされたため、厳正な森林管理が行われたことにより、土砂流出対策や洪水対策等の災害対策が経験的になされていたことが伺える。

##### (2)明治時代から第二次世界大戦前

日本全体では、明治時代になると急速に西欧文明を取り入れ、近代化を進めたため、建築用や鉄道の枕木など木材が多く使われるようになった。このことに伴い、国内各地で森林伐採が盛んに行われ、森林の荒廃は再び深刻化し災害が多発した。明治政府は当初、林野の官民有区分を実施したが、森林保全のための対策については十分に講じられていなかった。その後、1897(明治30)年に森林法を制定し、森林の伐採が本格的に規制されることになった。

和歌山県においても、明治維新に至ってお留木制は解除されたため、官有、民有林において濫伐や盗材が行われ、地崩れを伴う山林の荒廃が発生した。1899(明治22)年の大災害もこうした山林の荒廃に起因して起こったため、罹災後、治山治水が強く叫ばれ、これに呼応して森林法の改正や、森林組合の設立などによって、各地の荒廃した山地に人工造林が進められた。

この時期には、和歌山県を含め日本全体において、江戸時代の良き教訓が活かされていなかったことが伺える。

### (3)第二次世界大戦中・戦後

この時代には、和歌山県を含む日本全体が、戦争の拡大に伴い、軍需物資等として大量の木材を必要とした。また、終戦後も、戦災を受けた主要な都市の復興のために、森林は大量に伐採された。この結果、森林は大きく荒廃し、昭和20年代および30年代には、各地で台風等による大規模な山地災害や水害が発生した。

和歌山県においても、昭和28年に有田川や日高川、富田川を中心とする大水害が発生したため、国土保全や水源涵養の面から、森林の造成の必要性が強く認識されるようになった。

これらのことから、造林が進められることになったが、日本全体では、**図 2-4** より、1955（昭和30）年および1960年がピークとなっていることに対して、和歌山県では、1955年がピーク（**図 2-19**）となっており、日本全体と比較して早い時期から造林が進められていたことがわかる。

昭和40年代になると、高度経済成長の下で木材需要は拡大を続け、**図 2-4** より、日本全国の造林事業は、1965（昭和40）年および1970年には、それぞれ37万haおよび35万haと、ピーク時である1960年の40万haの約93%および約88%と減少傾向にあるものの一定規模が確保されていた。しかしながら、木材需要は輸入が自由化された外材丸太によって賄われ、国産材の供給はむしろ減少し、山村の過疎化や高齢化等も相まって、林業生産活動は低迷した。これらのことから、1975年には約23万haと約58%まで半減し、その後、1985年には11万ha、1995（平成7）年には6.0万haと急減し、2010年には2.4万haまで減少した。

和歌山県においても同様の傾向を示したが、**図 2-19** より、ピーク時である1955年の約12,200haから、1960年には約9,600ha、1965年には約7,000ha、1970年には約5,400haと、それぞれ約79%、約57%、約44%となり、1975年には約2,500haで約20%まで急減し、2015（平成27）年には約160haまで減少するなど、日本全国と比較して、その減少割合は顕著であった。

従って、**図 2-13** で示されるように、林野面積は減少するものの、木材利用がなされないため森林は成熟する一方で、材積が増加していくという現象が発生しており、木材利用の促進による森林の「若返り」が課題となっている。

## 第2節 河川状況の変遷

### 1. 概要

富田川の河川状況の変遷について、和歌山県政史や中辺路町誌等に基づき、以下に概要を記した。

富田川は、源流から約2 kmの区間で急流をなし、その区間の河床平均勾配は約1/3にも達する(図2-29)。中流域の右支川である鍛冶屋川では、小規模な穿入曲流(メアンダー)が発達し、熊野川付近には、典型的な還流丘陵が認められる<sup>12)</sup>。

穿入曲流(下刻曲流)は、山間地を流下する河川によく発達する地形である。自由に曲流していた河川が、地盤の浸食を復活した時、曲流を保ちながら下刻作用が働き形成される。

穿入曲流が見られる鍛冶屋川流域は、おもに音無川層群からなり、その下部層は主として泥岩優先ないし等量の砂岩泥岩互層である。大局的には、流下方向がこれらの地層の走向とほぼ一致している。一般的に、穿入曲流が形成される要因として、いくつかの考え方があがるが、そのひとつは、地殻変動に伴う地盤の隆起による場合である。急激な隆起運動により、浸食基準面の低下が生じ、その時の自由曲流のまま下刻浸食が働く場合である。もう一つは、気候変動に伴う浸食基準面の低下による場合で

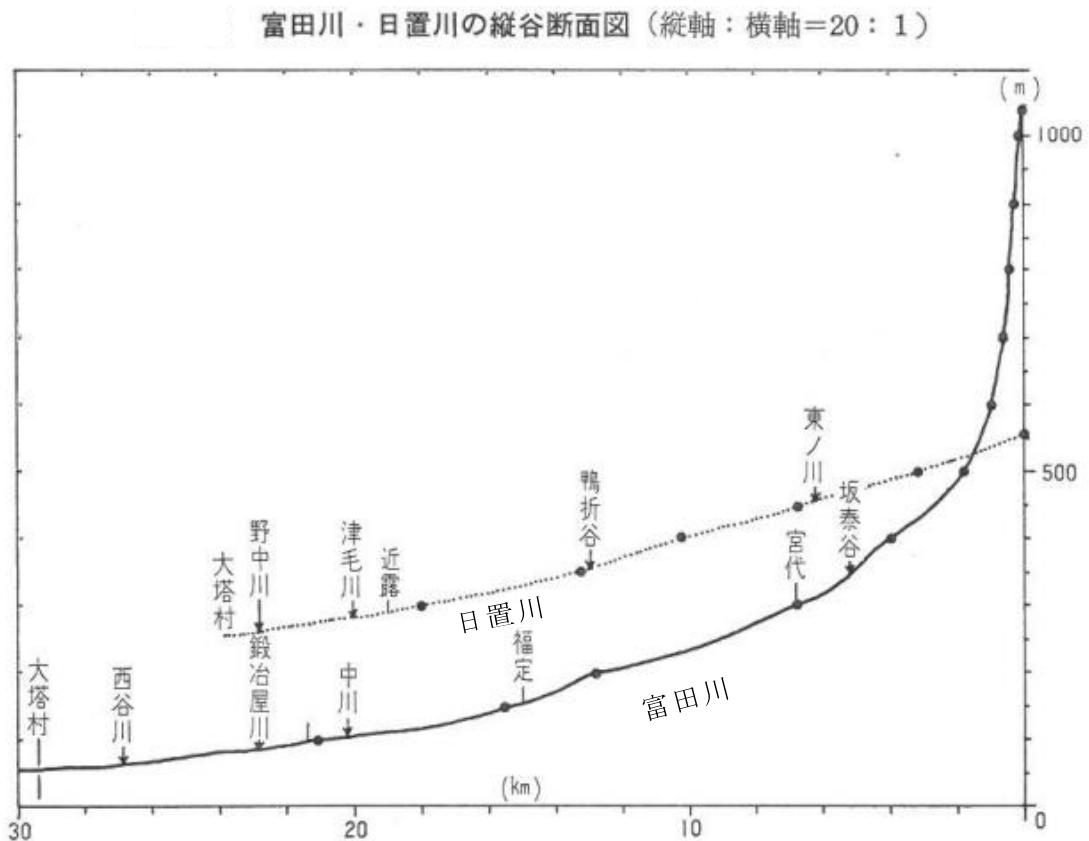


図2-29 富田川および日置川の縦断面図

あり、氷河の発達と関係する。更に、流域の地層・岩石の硬軟による流路の制約も考えられる。

鍛冶屋川流域の曲流については、前二者の要因により形成されたと推定される。特に、第四紀に入ってから紀伊半島中央部の顕著な隆起運動が知られている。また、当時は世界的な氷河の消長に伴う海水準変動も生じていた。これら二つの要因により自由曲流をしていた鍛冶屋川がその曲流を保ちながら流路を継承的に下刻したと考えられる<sup>13)</sup>。

還流丘陵は、穿入曲流と密接に関連し、流路の変更により生じた旧河道（空谷）と、現河道とによって囲まれた孤立丘陵の地形をいう。鍛冶屋川流域の熊野川付近（図 2-30）で観察され、旧河道とほぼ同じ高度で、対岸に小規模な河成段丘が観察される。このことは、段丘面が河床をなしていたころに河水は旧河道を流れ、流路変更とともに下刻浸食が進行したことを物語っている。旧河道と段丘面は、現在水田に利用されている<sup>14)</sup>。

富田川中流域では、栗栖川や北郡に河成段丘が発達しており、その他小規模なものは、鍛冶屋川流域でも見られる。栗栖川の場合は、田辺市中辺路行政局からその下流にかけて、富田川の北岸に分布する。高位段丘は、県林木育種場付近に、中位段丘は狭い範囲で原ノ瀬橋の北詰に分布するが、その中央部に北東から南西に流れる開析谷が発達している。前者の段丘面の海拔高度は約 150m、河床からの比高は約 50m、後者の高度は約 130m、比高は約 30m である。低位段丘は、主に新旧両国道に挟まれた地域に分布し、高度は約 100m、比高は約 5~6m である。中辺路中学校運動場の崖には一部で巨礫を含む段丘礫層が観察される。

北郡の段丘は、北郡から中地にかけて、富田川の東岸に発達する。段丘面は下流側に向けて緩く傾斜し、元ン谷をはじめ、三本の開析谷が発達する<sup>15)</sup>。

中流域から下流域においても、鮎川付近から下流側は標高 200m 以下の河成段丘が分布しており、富田川沿いには狭長な富田川低地を形成している。

### 鍛冶屋川流域熊野川付近の環流丘陵

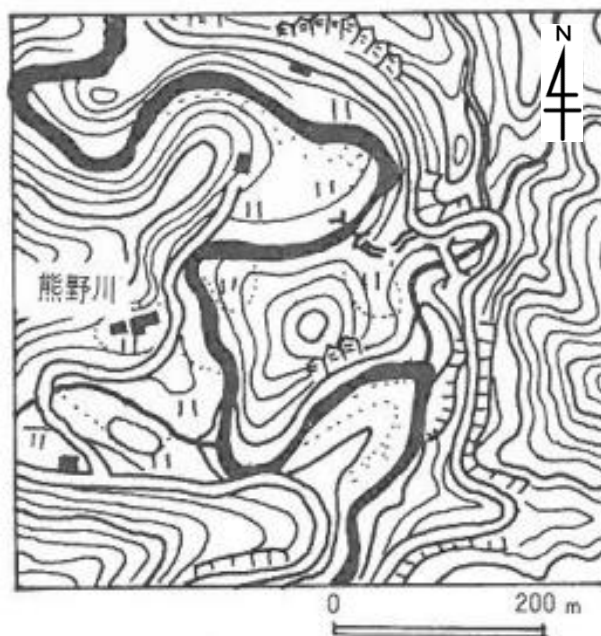


図 2-30 鍛冶屋川流域熊野川付近の環流丘陵

河川内の状況については、全体的に河床は下降傾向にあり、西谷川との合流点では、富田川本川の河床低下によって、西谷川河口部に設置された堰堤工の魚道への乗り口が2m程度水面から上部に位置したことにより機能しなくなっている(写真 2-3)。



写真 2-3 富田川と西谷川の合流点の魚道

また、西谷川合流点に位置する真砂大橋や内の井川合流点に架かる鮎川新橋では、河床低下によって、橋脚フーチングの露出が確認されている。

一方、砂利が堆積するなど河床上昇が見られる区間も報告されている。串氏や宮井氏は、中流域の左支川である石船川との合流点である滝尻地内では、昭和40年から50年代には、河床に砂利はあまり無く、岩盤が露出していたと証言している。

後述するが、洞口氏にヒアリングを行う中で提供して頂いた写真で、旧大塔村向越地内にあるベラ淵においても水深が浅くなっていることが確認できる。

さらに、筆者が小学校高学年の昭和50年頃には、栗栖川地内の鍛冶屋川との合流点付近の淵では、川岸の岩盤から飛び込みが可能で、川底は目視出来ず、当時の筆者の背丈の倍は優に超える、かなりの水深があった記憶がある。令和4年現在では、河床が容易に目視できるほど水深が浅くなっており、瀬淵地形の曖昧化が進行している。

また、河床材料についても、昭和40年代頃の高度経済成長期と比較して、粒径が小さくなってきているとの報告がなされている。

## 2. 富田川流域に影響をおよぼした災害史

江戸期以降から平成30年までの期間で、富田川流域を含む和歌山県に影響をおよぼした主要な災害および日本全国を合せた参考事項について、中辺路町誌<sup>16)</sup>、和歌山県県土整備部資料<sup>17)</sup>、気象庁HP<sup>18)</sup>、消防庁HP<sup>19)</sup>から事象を抽出し、表2-1に示した。なお、風水害については朱書き、森林に関連する事項は緑色文字で表記した。

表 2-1 富田川流域に影響を及ぼした災害史および参考事項

NO.	西暦	年号	年	月	日	分類	参考	災害事項	参考事項	参考文献
	1603	慶長	8	2月	12日		参考		徳川家康征夷大將軍に	歴史年表
1	1604	慶長	9	12月	6日	地震津波		熊野大地震、津波、死者多数		災害誌
	1605		10							
2	1606	慶長	11	9月	1日	風水害		大雨、各地区洪水		災害誌
	1607		12							
	1608		13							
	1609		14							
	1610		15							
	1611		16							
3	1612	慶長	17	6月	22日	風水害		熊野地方暴風雨	家康キリスト教禁止令	災害誌 歴史年表
	1613		18							
4	1614	慶長	19	5月	12日	風水害		大雨大洪水		災害誌
	1615	元和	1							
	1616		2							
	1617		3							
5	1618	元和	4	8月		風水害		熊野地方暴風雨		災害誌
	1619		5							
	1620		6							
	1621		7							
	1622		8							
	1623		9							
	1624	寛永	1							
	1625		2							
	1626		3							
6	1627	寛永	4	1月	24日	地震		熊野地方大地震		万代記
	1628		5							
	1629		6							
	1630		7							
	1631		8							
	1632		9							
	1633	寛永	10	2月			参考		幕府鎖国を令す	歴史年表
	1634		11							
	1635		12							
7	1636	寛永	13			森林			熊野地方禁制六本木の中、小立木、枯木一切伐を禁止、杉・檜・松、立木は七〜八尺以上は伐木禁止	県政史
	1637		14							
	1638	寛永	15	2月	27日		参考		島原の乱平定す	歴史年表
	1639		16							
	1640		17							
	1641		18							
	1642		19							
	1643		20							
	1644	正保	1							
	1645		2							
	1646		3							
	1647		4							
	1648	慶安	1							
	1649		2							
8	1650	慶安	3			森林			熊野六本留木の中、杉・檜・松三本伐採許可される	県政史
	1651		4							
	1652	承応	1							
	1653		2							
	1654		3							
	1655		4							
	1656		5							
	1657		6							
	1658	万治	1							
9	1659	万治	2			森林			田辺藩六本木禁制のほか三尺廻り樹も禁止	万代記
10	1660	万治	3	9月	20日	風水害		暴風雨田辺元島難破船多し		災害誌
	1661	寛文	1							

NO	西暦	年号	年	月	日	分類	災害事項	参考事項	参考文献	
11	1662	寛文	2			地震	紀州大地震		災害誌	
	1663		3							
	1664		4							
	1665		5							
	1666		6							
	1667		7							
	1668		8							
	1669		9							
	1670		10							
	1671		11							
	1672		12							
	1673	延宝	1							
12	1674	延宝	2			風水害	大洪水人畜多く死す、熊野大飢饉		年代記	
	1675		3							
	1676		4							
	1677		5							
	1678		6							
	1679		7							
	1680		8							
	1681	天和	1							
	1682		2							
	1683		3							
	1684	貞享	1							
	1685		2							
	1686		3							
	1687	貞享	4	1月18日		参考		將軍綱吉生類憐みの令を発す	歴史年表	
	1688	元禄	1							
	1689		2							
	1690		3							
	1691		4							
	1692		5							
	1693		6							
	1694	元禄	7	10月12日		参考		松尾芭蕉五十三歳歿す	歴史年表	
	1695		8							
	1696		9							
	1697		10							
13	1698	元禄	11	9月1日		地震	大地震	江戸大火、紀伊国屋文左衛門材木を江戸に送る	万代記	
	1699		12							
	1700	元禄	13	12月		参考		水戸光圀歿す 73歳	歴史年表	
	1701	元禄	14	3月14日		参考		江戸城内で浅野長矩、吉良義央を傷つく	歴史年表	
	1702	元禄	15	12月14日		参考		赤穂四十七士等仇討	歴史年表	
	1703		16							
	1704	宝永	1	9月		参考		有徳公(吉宗)紀伊相続 21歳	南徳川	
	1705		2							
	1706		3							
14	1707	宝永	4	10月4日		地震津波	参考	南海道大地震、津波、死者田辺20人、新宮18人、家屋倒壊流失、田辺842棟、新宮184棟	11月23日富士山爆発宝永山出現す	災害誌 歴史年表
	1708		5							
	1709		6							
	1710		7							
15	1711	正徳	1	8月		風水害	大風雨 家屋田畑被害大		災害誌	
	1712		2							
	1713		3							
	1714		4							
	1715		5							
	1716	享保	1	8月13日				紀伊藩主吉宗將軍となる	南徳川	
	1717		2							
	1718		3							
	1719		4							
	1720		5							
	1721		6							
	1722		7							
16	1723	享保	8			風水害	早魃 享保3~9年、熊野早魃、風水、虫害大不作紀州大飢饉 餓死者多く出す		災害誌	
	1724		9							
	1725		10							
	1726		11							
	1727		12							
	1728		13							
	1729		14							
	1730		15							
	1731		16							



NO	西暦	年号	年	月	日	分類	災害事項	参考事項	参考文献
	1732	享保	17	3	2	参考		10月 紀伊、伊勢、虫害 損耗激し31万五千石余 歳入殆ど無し 熊野大 飢饉餓死者5818人、西 谷雲峰山福蔵寺(前身、 真砂漬入山万福寺)創 造	棟礼寺
	1733		18						
	1734		19						
	1735		20						
	1736	元文	1						
	1737		2						
	1738		3						
	1739		4						
	1740		5						
	1741	寛保	1						
	1742		2						
	1743		3						
	1744	延享	1						
	1745		2						
	1746		3						
	1747		4						
17	1748	寛延	1	7	22	風水害	暴風雨、洪水		災害誌
	1749		2						
	1750		3						
	1751	宝暦	1						
	1752		2						
18	1753		3	5		森林		田辺藩より禁制六本木 について通達	万代記
	1754		4						
19	1755	宝暦	5	1	9	大雪		熊野大雪降る 新宮一 尺余、奥地丈に余る	新宮市誌
20	1756	宝暦	6	9	16	風水害	暴風雨被害多し 諸国紀州共に300年来の 大洪水		災害誌
21	1757	宝暦	7	9	16,17	風水害		6月13日熊野ひょう降る (本宮十津川)	災害誌
	1758		8						
	1759	宝暦	9	9		参考		平賀源内、電気学を唱 える	歴史年表
	1760		10						
	1761		11						
	1762		12						
	1763		13						
	1764	明和	1						
	1765		2						
	1766		3						
	1767		4						
	1768		5						
	1769	明和	6						
	1770		7						
	1771		8						
	1772	安永	1						
	1773		2						
	1774		3						
	1775		4						
22	1776	安永	5			森林		田辺藩かや・つが・桜・ 栗を加え10禁木とする	
	1777		6						
23	1778	安永	7	4	29	火山		伊豆大島大噴火	歴史年表
	1779		8						
	1780		9						
	1781	天明	1						
	1782		2						
24	1783	天明	3			森林、 飢饉		田辺藩10本木に加え 榎・桐・柿も留め木とし た。天明大飢饉2~7年 まで続く(領外10万、領 内餓死1人もなし)、7月7 日浅間山噴火 死者 35000人ともいう	真砂文書 歴史年表
	1784		4						
	1785		5						
	1786		6						
	1787		7						
	1788		8						
	1789	寛政	1						
	1790		2						
	1791		3						
	1792		4						
	1793		5						
	1794		6						

NO	西暦	年号	年	月	日	分類	災害事項	参考事項	参考文献
25	1795	寛政	7			森林、 参考		田辺藩お留木中、かや・ つが・栗・桜、留木解除 する。7月7日円山応挙 歿す63歳	真砂文書 歴史年表
	1796		8						
	1797		9						
	1798		10						
	1799		11						
	1800	寛政	12	5月		参考		伊能忠敬北陸及び蝦夷 地測量始める	歴史年表
26	1801	享和	1			森林		山方より山林交換、伐 採の禁止を触れる	万代記
	1802		2						
	1803		3						
	1804	文化	1			参考		紀伊人口477,361人(男 245,624人,女231,737人)	南徳川
	1805	文化	2			参考		華岡青洲麻酔薬を完 成、乳癌手術を行う(県 政史年表では文化5年)	望郷
	1806		3						
	1807		4						
	1808		5						
	1809		6						
	1810		7						
	1811		8						
	1812		9						
	1813		10						
	1814		11						
	1815		12						
	1816		13						
	1817		14						
	1818	文政	1						
	1819		2						
	1820		3						
	1821		4						
	1822		5						
27	1823	文政	6	2月27日		農業		大早ばつ	日置川庶 民の歩み
	1824		7						
	1825		8						
	1826		9						
	1827		10						
	1828		11						
	1829		12						
	1830	天保	1						
	1831	天保	2	2月		参考		大坂安治川口に天保山 を築く	歴史年表
	1832		3						
	1833		4						
	1834		5						
	1835		6						
	1836		7						
	1837		8						
	1838		9						
	1839	天保	10	3月5日		参考			
	1840	天保	11	8月				広東で阿片戦争英兵起す	歴史年表
	1841		12						
	1842		13						
	1843		14						
	1844	弘化	1						
	1845		2						
	1846	弘化	3			参考		紀伊人口499,826人(男 256,751人,女243,075人)	南徳川
	1847		4						
	1848	嘉永	1						
	1849		2						
	1850		3						
	1851		4						
28	1852	嘉永	5	7月	風水害		田辺地方暴風雨		災害誌
	1853	嘉永	6	6月3日		参考		アメリカ使節 ベリー・浦 賀に来る	歴史年表
29	1854	嘉永/ 安政1	7	11月4・5 日	地震津 波		大地震、津波		災害誌
30	1855	安政	2	11月14日	地震		大地震 和歌山、田辺、 新宮、各地大被害		災害誌
	1856		3						
	1857		4						
	1858	安政	5			参考		8月前後よりコレラ流行 死者3万人、福沢諭吉慶 應義塾の端緒開く	歴史年表

NO	西暦	年号	年	月	日	分類	災害事項	参考事項	参考文献
	1859	安政	6	10		参考		吉田松陰(29歳)等安政己未の大獄で刑死す	歴史年表
	1860	安政/万延1	7	3	3	参考		桜田門外の変 大老井伊直弼(46歳)遭難死す	歴史年表
	1861	文久	1						
	1862		2						
	1863		3						
	1864	元治	1	8	6	参考		第一次長州征伐、紀州公総督となる	南徳川
	1865	慶応	1	4	13	参考		幕府長州再征の師を起し紀伊茂承総裁となり石州に出陣する	南徳川
	1866		2						
	1867	慶応	3	10	14	参考		徳川慶喜、将軍職奉還(大政奉還)	歴史年表
	1868	明治	1	7	15	参考		江戸を東京と改称、9月8日、明治と改元・一世一元と制定する	歴史年表
	1869		2						
	1870		3						
	1871	明治	4	7	14	参考		廃藩置県により和歌山県と改称・藩知事東京召集	県政史
	1872		5						
	1873		6						
	1874		7						
	1875		8						
	1876	明治	9						
	1877	明治	10	2	15	参考		西郷隆盛の西南の役、長瀬庄吉等従軍す 4月河川鮎漁税制定	歴史年表 県政史
	1878	明治	11						
	1879	明治	12	5		参考		和歌山測候所設置	県政史
	1880		13						
	1881	明治	14	10	29	参考		板垣退助自由党結成	歴史年表
31	1882	明治	15	3		森林、参考		民有林の取締りを町村に委任、このころより原始林乱伐始まる。コレラ・チフス大流行 死者618人	県政史
32	1883	明治	16			森林		山村保護の県告諭	くちくまの
	1884		17						
33	1885	明治	18	12		森林		日高上南部梅を初めて栽培する。コレラ・赤痢・チフスで死者267人	県政史
	1886		19						
	1887		20						
	1888		21						
34	1889	明治	22	8	18・19日	風水害	県下大暴風雨、大洪水死者1,247人、西部死者906人、家屋流出5,199戸、被害者北海道移住	2月11日 大日本帝国憲法発布、皇室典範	くちくまの 歴史年表
	1890	明治	23	9	1			トルコ軍艦エルトゥール号大島沖沈没、遭難死者587人	歴史年表
	1891		24						
	1892		25						
35	1893	明治	26	8		風水害	全県下暴風雨死者32人、家屋倒壊2,400軒		県政史
	1894	明治	27	8	1			日清戦争始まる	歴史年表
	1895		28						
36	1896	明治	29	4	8	法令		河川法公布	歴史年表
37	1897	明治	30	3	30	法令		砂防法、4月12日森林法公布	歴史年表
	1898		31						
	1899		32						
	1900		33						
	1901		34						
	1902	明治	35	1				日英同盟成る	歴史年表
	1903		36						
	1904	明治	37	2	10			日露戦争始まる	歴史年表
	1905	明治	38	5	27・28日			日本海大海戦(海軍記念日)、9月5日日露講和(ポーツマス)条約締結	歴史年表
	1906		39						
	1907		40						
	1908		41						
	1909		42						
38	1910	明治	43	5		風水害	台風紀伊半島上陸 死者70名	朝来、栗栖川線道路改修される	歴史年表 県政史
	1911		44						

NO	西暦	年号	年	月	日	分類	災害事項	参考事項	参考文献
39	1912	明治45/ 大正	1	9月	風水害		全県下暴風雨、10月 災害土木費、補助規定制定		県政史
	1913		2						
	1914	大正	3	7月		参考		第一次世界大戦始まる 8月23日対独宣戦布告	歴史年表
	1915	大正	4	7月17日		参考		滝尻王子史跡指定	県年
	1916	大正	5	12月9日		参考		夏目漱石50歳歿	歴史年表
40	1917	大正	6	10月10日	風水害		県下台風、死者22人		県政史
	1918	大正	7	11月		参考		ドイツ降伏、大戦終る	歴史年表
	1919		8						
	1920	大正	9	10月1日		参考		全国第一回国勢調査実施(本県人口75万42人)	歴史年表
41	1921	大正	10	7月	風水害	参考	全県下洪水、9月25日紀伊半島台風死者12人		県政史
	1922	大正	11	7月		参考		瀬戸鉛山に京大臨界実験所開設	県政史
42	1923	大正	12	9月1日	地震		関東大震災		歴史年表
	1924		13						
	1925		14						
	1926	大正 15/昭和	1			参考		土木出張所(和歌山・名手・御坊・田辺・新宮)設置	歴史年表
	1927		2						
	1928	昭和	3	5月21日		参考		医博野口英世52歳黄熱病で歿す	歴史年表
	1929		4						
	1930		5						
	1931		6						
	1932		7						
	1933		8						
43	1934	昭和	9	9月21日	風水害		室戸台風(死者465人)		県政史
	1935		10						
	1936		11						
	1937		12						
	1938		13						
	1939	昭和	14	9月3日		参考		第二次世界大戦始まる	歴史年表
	1940	昭和	15	10月1日		参考		第5回国勢調査(県人口86万5074人)	歴史年表
	1941	昭和	16	4月		参考		日ソ中立条約調印、12月8日 日米開戦(太平洋戦争始まる)	歴史年表
	1942		17						歴史年表
44	1943	昭和	18	3月	火災		東西牟婁郡境山火事(1万400町歩焼失)		県政史
45	1944	昭和	19	12月7日	地震		東南海道大地震 死者38人		歴史年表
46	1945	昭和	20	9月17日	風水害	参考	全県下暴風雨(枕崎台風)	4月1日米軍沖繩上陸、8月6日広島、8月9日長崎原爆投下	県政史 歴史年表
47	1946	昭和	21	12月	地震 津波		南海道大地震(新宮大火、全焼2398戸)	続上記8月9日ソ連軍満州侵攻、9月ミスリ艦上で降伏文書調印	災害誌
	1947	昭和	22	10月1日		参考		10月1日国勢調査 県人口95万9999人、田辺本宮間に国鉄バス開通	歴史年表 県年
	1948		23						
	1949	昭和	24	11月		参考		湯川秀樹がノーベル物理学賞受賞	歴史年表
48	1950	昭和	25	9月31日	風水害		ジェーン台風		災害誌
	1951		26						
49	1952	昭和	27	5月15日	火災	参考	小松原大火災、寺の外民家多数焼失	6月道路法公布される。国道42号一級国道昇格	災害誌 歴史年表
50	1953	昭和	28	7月18日	風水害		全県下水害(死者615名不明431名浸水309戸、全半壊24戸)、災害救助法発動、7月24~25日水害御見舞永積侍従来県		災害誌
51	1954	昭和	29	6月22・23日	風水害		紀南集中豪雨水害、9月25~26日 洞爺丸台風		災害誌 歴史年表
	1955	昭和	30	10月1日					
	1956		31						
	1957		32						
52	1958	昭和	33	8月25日	風水害	参考	台風第17号(浸水436戸.386ha)		水害統計
53	1959	昭和	34	9月26日	風水害		伊勢湾台風(死者2名不明2名浸水142戸全半壊12戸野中大被害)		歴史年表
	1960		35						
54	1961	昭和	36	9月16日	風水害		第二室戸台風襲来(浸水301戸全半壊303戸)		歴史年表

NO	西暦	年号	年	月	日	分類	災害事項	参考事項	参考文献
55	1962	昭和	37	7	月	風水害	集中豪雨で戸土山崩れ富田川流れ止める		災害誌
56	1963	昭和	38	5	月14日	風水害	参考 集中豪雨(浸水30戸、1ha)		水害統計
	1964	昭和	39	10	月1日		参考	東海道新幹線営業開始、10月1～24日オリンピック東京大会開催	歴史年表
	1965		40						
	1966		41						
57	1967		42	7	月9日	風水害	集中豪雨(浸水250戸、350ha)		水害統計
	1968	昭和	43	4	月		参考	南紀白浜空港開港、東京～白浜定期航路開設	県政史
	1969	昭和	44				参考	1月中辺路町砂利採取事業開始、11月	県政史
	1970		45				参考	県道田辺本宮線国道311号に昇格	
	1971		46						
	1972		47						
	1973	昭和	48						
58	1974	昭和	49	7	月4～7日	風水害	台風第8号(浸水297戸、248ha)		水害統計
	1975	昭和	50	10	月1日		参考	第12回国勢調査 県人口107万2118人	歴史年表
	1976		51						
	1977		52						
	1978		53						
	1979	昭和	54						
	1980		55						
	1981		56						
59	1982	昭和	57	7	月24日	風水害	集中豪雨(浸水52戸)		水害統計
	1983		58						
	1984	昭和	59						
	1985		60						
	1986		61						
	1987		62						
60	1988	昭和	63	9	月25日	風水害	参考 集中豪雨(浸水70戸)		水害統計
	1989	平成	1	1	月7日		参考	昭和天皇崩御87歳、皇太子明仁親王即位	歴史年表
	1990	平成	2						
	1991		3						
	1992		4						
	1993		5						
	1994		6						
61	1995	平成	7	9	月25日	風水害	地震 集中豪雨(浸水198戸、37ha)	1月17日阪神・淡路大震災(死者6434名行方不明3名)	水害統計
	1996		8						
62	1997	平成	9	7	月26日	風水害	集中豪雨(浸水5戸、5ha)		水害統計
	1998		10						
	1999		11						
	2000		12						
	2001		13						
	2002		14						
63	2003	平成	15	8	月6～10日	風水害	台風第10号(床上浸水1戸、0.0245ha)		水害統計
	2004		16						
	2005		17						
	2006		18						
	2007		19						
	2008		20						
	2009		21						
	2010		22						
64	2011	平成	23	9	月1～4日	風水害	地震 台風第12号に伴う紀伊半島大水害(死者56名、行方不明5名、浸水5855戸、全半壊1993戸)	3月11日東日本大震災(死者19759名、行方不明2553名)	和歌山県
	2012		24						
	2013	平成	25	10	月16日		風水害	伊豆大島土砂災害(死者36名、行方不明3名)	
	2014	平成	26	7	月30～8月26日		風水害	平成26年8月豪雨災害 台風第11号、12号 愛知県、和歌山県、島根県、山口県、徳島県に甚大な被害(死者6名、床上浸水1648棟)、広島土砂災害(死者77名、家屋全壊179戸、床上浸水1086棟)	
									気象庁
	2015	平成	27	9	月7～11日		風水害	台風第18号関東、東北水害(死者8名、負傷者80名、住家全壊81棟、半壊7,044棟、一部損壊384棟、床上浸水2,481棟、床下浸水13,149棟)	
									気象庁

NO	西暦	年号	年	月	日	分類	災害事項	参考事項	参考文献
	2016	平成	28	6月	19～30日	風水害		梅雨前線豪雨 熊本等西日本水害(死者7名、負傷者12名、住家全壊37棟、半壊165棟、一部損壊189棟、床上浸水520棟、床下浸水2,015棟)	気象庁
	2016	平成	28	8月	16～31日	風水害		台風第7号、第11号、第9号、第10号及び前線による大雨・暴風、北日本を中心とする8月20日からの大雨、台風第11号及び台風第9号による被害(死者2名、負傷者76名、住家全壊6棟、半壊19棟、一部損壊577棟、床上浸水665棟、床下浸水2,587棟)、 台風第10号による被害(死者26名、行方不明者3名、負傷者14名、住家全壊518棟、半壊2,281棟、一部損壊1,174棟、床上浸水279棟、床下浸水1,752棟)	気象庁
	2017	平成	29	6月	30～7月10日	風水害		梅雨前線及び台風第3号による大雨と暴風、西日本から東日本を中心に大雨、5日から6日にかけて西日本、特に九州北部で記録的な大雨(死者39名、行方不明者4名、負傷者35名、住家全壊309棟、半壊1,103棟、一部破損94棟、床上浸水202棟、床下浸水1,706棟)	気象庁 消防庁
	2017	平成	29	9月	13～9月18日	風水害		台風第18号及び前線による大雨・暴風、南西諸島や西日本、北海道を中心に大雨や暴風(死者5名、負傷者59名、住家全壊3棟、半壊11棟、一部損壊531棟、床上浸水1,970棟、床下浸水4,653棟)	気象庁
	2017	平成	29	10月	21～23日	風水害		台風第21号及び前線による大雨・暴風、西日本から東日本、東北地方の広い範囲で大雨(死者8名、負傷者215名、住家全壊5棟、半壊15棟、一部損壊630棟、床上浸水2,456棟、床下浸水3,426棟)	気象庁
	2018	平成	30	6月	28～7月8日	風水害		平成30年7月豪雨(前線及び台風第7号による大雨等)、西日本(岡山県真備町等)を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨(死者224名、行方不明者8名、負傷者459名、住家全壊6,758棟、半壊10,878棟、一部破損3,917棟、床上浸水8,567棟、床下浸水21,913棟)	気象庁
	2018	平成	30	9月	3～9月5日	風水害		台風第21号による暴風・高潮、西日本から北日本にかけて暴風、特に四国や近畿地方で顕著な高潮、暴風や高潮の影響で関西国際空港の滑走路の浸水をはじめとして、航空機や船舶の欠航、鉄道の運休等の交通障害	気象庁

表 2-1 を見ると、江戸時代初期の 1606（慶長 11）年，1612（慶長 17）年，1614（慶長 19）年および 1618（元和 4）年に連続して風水害が発生している。1636（寛永 13）年には、熊野地方の禁制六本木のうち、小立木、枯木一切の伐採を禁止し、杉、檜、松の立木は七から八尺以上は伐木禁止とするなど森林保護を行っている。

その後、1660（万治 3）年および 1674（延宝 2）年に風水害が発生しているが、延宝の風水害では、大洪水が発生し人畜多く死す、熊野大飢饉との記録が残されている。また、1711（正徳元）年および 1723（享保 8）年にも風水害が発生し、享保では熊野早魃、風水害に伴う虫害の発生による紀州大飢饉によって餓死者が多く出たとの記録がある。さらに、1748（寛延元）年，1756（宝暦 6）年に風水害の発生があり、翌 1757（宝暦 7）年には、諸国紀州共に 300 年来の大洪水があったことが記録されている。

これらの期間中の、1659（万治 2）年には、田辺藩では六本木禁制のほか三尺廻り柵も禁止されており、1753（宝暦 3）年には、田辺藩から禁制六本木について通達が出されている。また、1776（安永 5）年には、田辺藩が、かや、つが、桜、栗を加えて 10 禁木とし、さらに、1783（天明 3）年には、田辺藩の 10 本木に加えて槿、桐、柿も留木とした。天明 2～7 年には大飢饉があり、田辺領外で餓死者が 10 万人出たが、領内では 1 人も出なかった、との記録が残っている。この同時期、天明 3 年 7 月 7 日に浅間山が噴火し死者が 35,000 人とも記録されている。

これら積極的な森林保護政策が功を奏したのか、1758（宝暦 8）年から 1851（嘉永 4）年までの 94 年間風水害の記録は残っていない。

明治に入り、1882（明治 15）年には、民有林の取り締まりを町村に委任したころから、原始林の乱伐が始まっている。翌 1883（明治 16）年には、山村保護の県告諭が出された。

1889（明治 22）年 8 月 18 日から 20 日にかけて四国中部を北上した台風による大雨のため、日高郡・西牟婁郡・東牟婁郡を中心に河川氾濫などの大水害となり、死者 1,247 人、家屋流出 5,199 戸の被害が発生<sup>20)</sup>し、多くの被災者が北海道に移住した。

その 4 年後、1893（明治 26）年にも、全県下での暴風雨によって死者 32 人、家屋倒壊 2,400 軒の風水害が発生し、1896（明治 29）年には河川法が、翌 1897（明治 30）年には砂防法と森林法が交付された。

1910（明治 43）年，1917（大正 6）年，1921（大正 10）年と、それぞれ死者 70 人，22 人，12 人の被害が出る風水害が発生し、1912（明治 45，大正元）年の風水害時には、災害土木費の補助規定が制定された。

昭和に入り、1934（昭和9）年の死者465人を出した室戸台風、1945（昭和20）年の枕崎台風、1950（昭和25）年のジェーン台風と続いた。

1953（昭和28）年7月18日に、活発な梅雨前線の活動に起因して、紀伊半島中部山岳地帯で集中豪雨となり、特に有田川・日高川流域で土砂崩れと堤防の決壊が発生した。和歌山県全体で死者615人、重傷者894人、行方不明者431人、罹災者243,298人、流出または全壊家屋8,682戸、田畑の流出埋没52,829町歩、被害額は807.1億円に達した<sup>20)</sup>。

筆者が和歌山県に入庁した際の頃、中村卓二検査員から、「昭和28年当時、有田の土木出張所に勤務しており、この水害を目撃した。有田川の濁流の中を家屋が流されており、その屋根の上で、助けを呼ぶ人を見たが、なす術が無かった。非常に胸を打たれた。」という体験談を聞き、大洪水の恐ろしさを実感したものである。

翌1954（昭和29）年9月にも、紀南地方を洞爺丸台風が襲った後、1958（昭和33）年台風第17号、1959（昭和34）年9月の伊勢湾台風では死者2人、行方不明者2人、浸水142戸、全半壊12戸の被害を出した。

さらに、1961（昭和36）年第二室戸台風にて浸水301戸、半壊303戸の被害が発生した。翌1962（昭和37）年7月の集中豪雨により、中辺路町戸土の富田川左岸の斜面が崩壊し、富田川を埋塞した。この災害については、筆者が幼少の頃、崩壊後の状況を直接目撃した母親から当時の被害の大きさを聞いていたが、現在も崩壊跡地は針葉樹ではなく、広葉樹となっており、他の山腹とは林相の違いと崩壊の規模が認識できる。

その翌年、1963（昭和38）年5月にも風水害が発生した後、1967（昭和42）年7月、1974（昭和49）年7月、1982（昭和57）年7月、1988（昭和63）年9月と3～7年毎に洪水や土砂災害が発生している。

平成に入ってから、1995（平成7）年9月、1997（平成9）年9月、2003（平成15）年8月と風水害が続き、2011（平成23）年9月の台風第12号による紀伊半島大水害（死者56人、行方不明者5人、浸水5855戸、全半壊1993戸）の発生にまで至っている。



### 3. 河川状況の変遷

#### (1)写真による検証

河川状況の変遷について、2017（平成29）年1月23日のヒアリング調査時に洞口久善氏から拝借した写真によって以下に示した。

##### 1)旧大塔村向越地内ベラ淵

写真 2-4 は、1961（昭和36）年に撮影、写真 2-5 は、2022（令和4）年2月2日に撮影したものである。

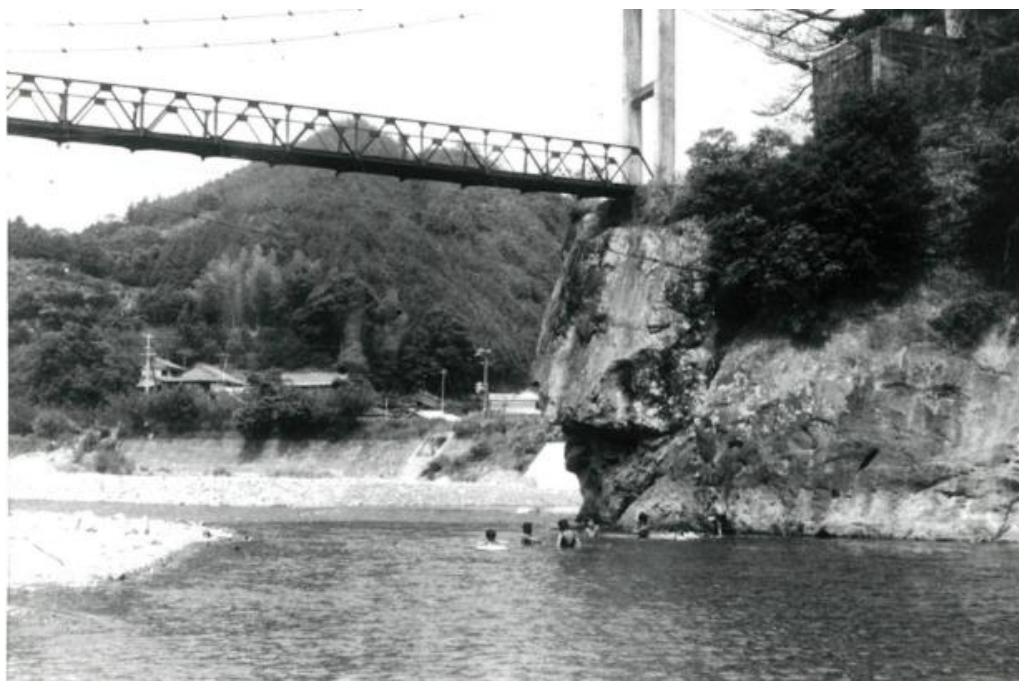


写真 2-4 富田川 旧大塔村向越ベラ淵 1961(昭和36)年撮影



写真 2-5 富田川 旧大塔村向越ベラ淵 2022(令和4)年2月2日撮影

写真 2-4 および写真 2-5 を比較すると、写真中央部岩盤のオーバーハングした下端から水位までの距離、および水泳をする児童の身長から、河床が低下していることが見て取れる。また、写真 2-4 は撮影時期が示されていないものの、水泳をしていることから



写真 2-6 富田川 旧大塔村向越ベラ淵 2022(令和4)年2月2日撮影



写真 2-7 富田川 旧大塔村向越ベラ淵 2022(令和4)年2月2日撮影

夏場であることが考えられ、**写真 2-5** は 2 月に撮影したため、渇水期であることから、単純に比較はできないが、児童の身長から水深が浅くなっていることが推察される。

さらに、ベラ淵を上流側から撮影した**写真 2-6** および中央部岩盤の上部から撮影した**写真 2-7** を示した。これらの写真から、河床低下および淵の水深が浅くなっていることが見て取れる。

## 2) 鮎川橋および鮎川新橋

写真 2-8 は、1936（昭和 11）年に撮影、写真 2-9 は、2022（令和 4）年 2 月 2 日に撮影したものである。両写真を比較すると、護岸の高さや橋脚の高さから河床が低下していることが見て取れる。



昭和 11 年竣工「鮎川橋」

写真 2-8 富田川 旧大塔村鮎川 鮎川橋 1936(昭和 11)年撮影



写真 2-9 富田川 旧大塔村鮎川 鮎川新橋 2022(令和 4)年 2 月 2 日撮影

また、令和4年に撮影した**写真 2-9**から、橋脚下部とフーチングが露出していることが確認できる。このことから、鮎川新橋が架橋された1972（昭和47）年3月以降も河床低下が進行していることが分かる。

## (2)地元の林業家古老および森林組合関係者等へのヒアリング結果

### 1)能城宏之氏，宮井章氏，串憲和氏のヒアリング結果

#### ①明治，大正，昭和初期(第二次世界大戦前)

- ・土砂の出方，基盤岩，河床材料の粒形

能城氏曰く、「明治22年の大水害の前は、市ノ瀬（河口から13 km地点）まで小舟が遡上して来ることができた。河床は岩盤であった。

#### ②第二次世界大戦後

- ・土砂の出方，基盤岩，河床材料の粒形

昔は河床のいたる所で岩盤が露呈していて、こんなに砂利は無かった，と宮井，串両氏は述べていたが，能城氏からは言及がなかった。

- ・水の出方，河川水位の増え方，減りの状態

富田川は土砂が出ている。伏流水化しているのではないか。串氏も，富田川の河川水は伏流水化していることに同意見であった。



利用した航空写真は、和歌山県西牟婁振興局建設部業務資料[1947（昭和 22）年，1974（昭和 49）年および 1997（平成 9）年に撮影]，国土地理院電子国土基本図（オルソ画像および簡易航空写真）および和歌山県河川・下水道局砂防課空中写真測量業務資料である。撮影範囲を図 2-32 に示した。

ここで、図 2-32 のうち国土地理院電子国土基本図の撮影範囲①および②については、下流側は 2019（令和元）年 10 月，上流側は 2017（平成 29）年 4 月，範囲③については、2017 年 4 月，範囲④については、下流側は 2017 年 4 月，上流側は 2014 年 4 月（簡易航空写真），範囲⑤については、2014 年 4 月（簡易航空写真）に撮影されたものである。また、和歌山県砂防課の空中写真は、2020（令和 2）年 2 月に撮影されたものである。

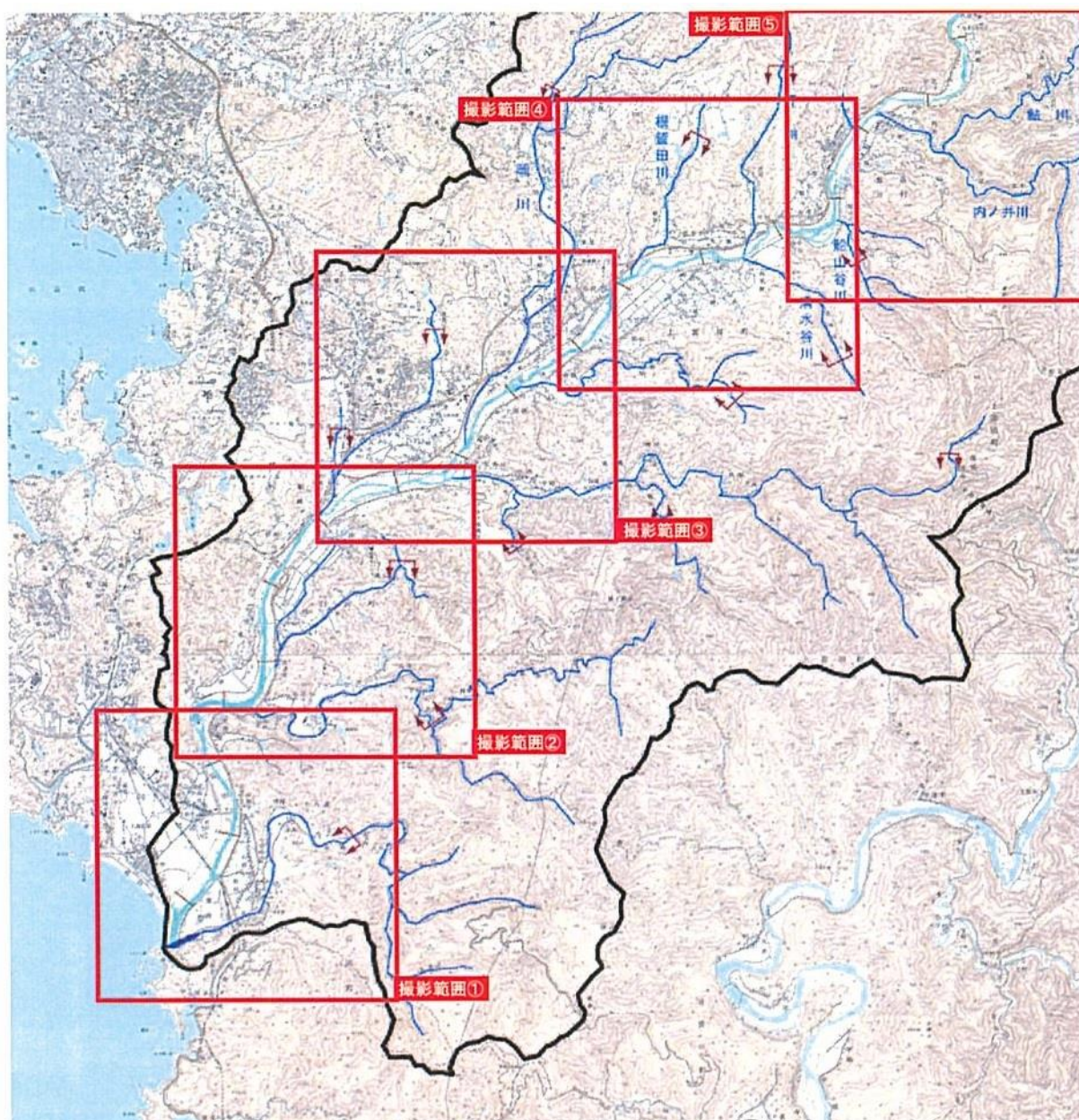


図 2-32 富田川流域航空写真撮影範囲図（河口～約 17km 地点）  
出典：和歌山県西牟婁振興局建設部業務資料

## (1)撮影範囲①（河口～約 2.5km）

図 2-32 において、撮影範囲①の航空写真を、写真 2-10（1947 年撮影）、写真 2-11（1974 年撮影）、写真 2-12（1997 年撮影）、写真 2-13（2017 年、2019 年撮影）および写真 2-14（2020 年撮影）に示した。なお、数字は背景色から見易さにより着色した。

### 1)1947（昭和 22）年と 1974（昭和 49）年の比較

山林については、写真 2-10 の赤丸 1 に示すように、薪炭等に利用されたことから、1947 年の植生は、1974 年のものと比較して稀薄であることが見て取れる。河道については、1974 年と比較して、1947 年は河口部が広がっており、1974 年までの間に土砂が堆積したものと考えられる。一方、砂州については、あまり変化が見受けられない（写真 2-10 青丸 2）。JR 橋から富田橋上流側までの約 2km 地点までの区間では、滞筋が右岸側に大きく変化している（写真 2-10 水色丸 3）。また、河畔林については、富田橋下流左岸側にわずかに見られるのみであり、1974 年のものには若干の成長が認められる（写真 2-10 緑色丸 4）。

### 2)1974（昭和 49）年と 1997（平成 9）年との比較

山林については、写真 2-11 の赤丸 5 に示すように、1997 年の植生は、1974 年のものと比較して成長が見受けられる。特に、写真 2-11 の赤丸 6 の尾根部は、植生による被覆が顕著である。河道については、砂州の河道側が鋸の歯状にギザギザに浸食（写真 2-12 青色丸 7）されている。河口部右岸側および JR 橋の上下流兩岸の植生が成長した結果、砂州面積が減少し、河道の固定化が進行（写真 2-12 緑色丸 8）している。

### 3)1997（平成 9）年と 2017（平成 29）年等との比較

山林については、写真 2-13 の赤丸 10 に示すように、高速道路建設による切土は見られるものの、植生の顕著な変化は見受けられない。河道については、2011 年の大水害でフラッシュした砂州がほぼ復元（写真 2-13 青色丸 11）している。また、JR 橋上流側の河畔林が砂州に変化するとともに、滞筋の幅が広がっているものの、富田橋左岸下流側の河畔林はあまり変化が見られない（写真 2-13 緑色丸 12）。

### 4) 2017（平成 29）年等と 2020（令和 2）年との比較

山林については、写真 2-14 に示すように、植生の顕著な変化は見受けられない。河道については、河口部の砂州が成長し、幅が広がっている（写真 2-14 青色丸 13）している。また、河道内の植生が減退し、堆砂域が拡大している箇所を確認できる（写真 2-14 水色丸 14）。



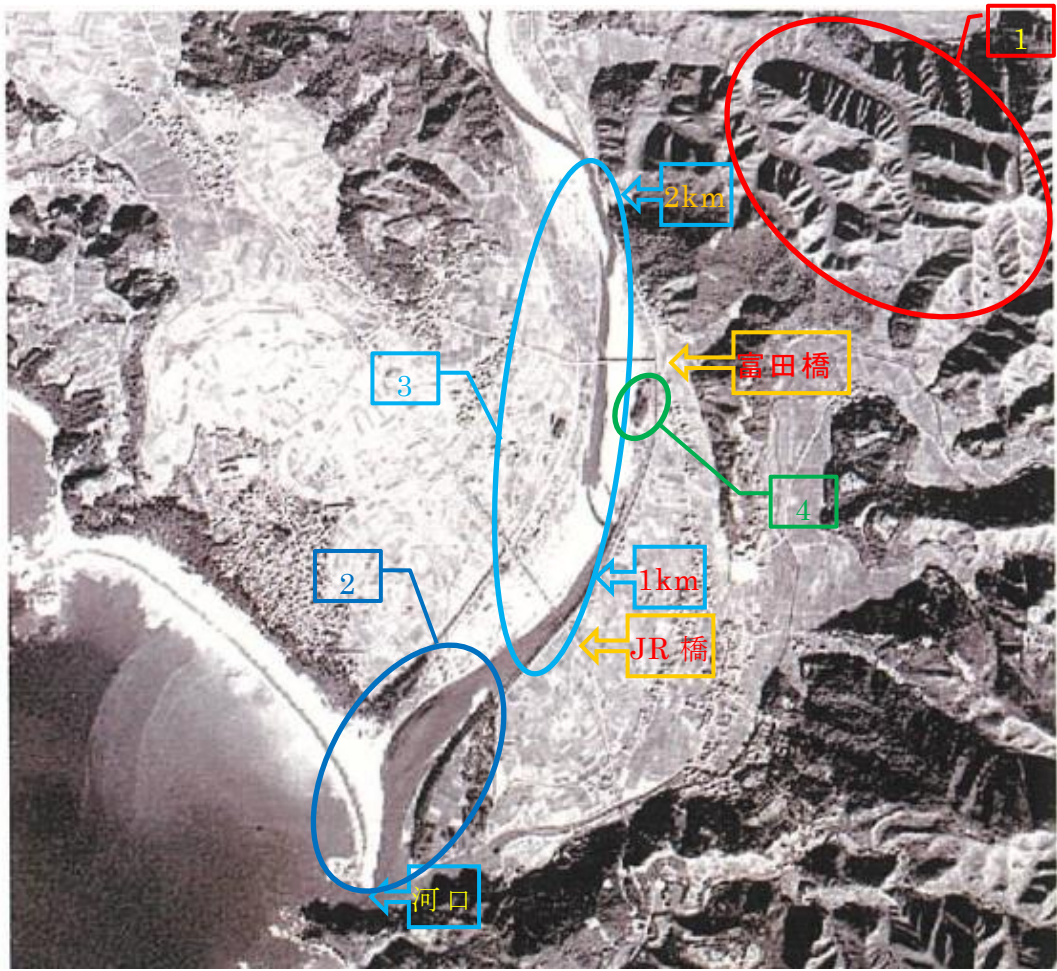


写真 2-10 富田川流域航空写真 1 1947 (昭和 22) 年撮影

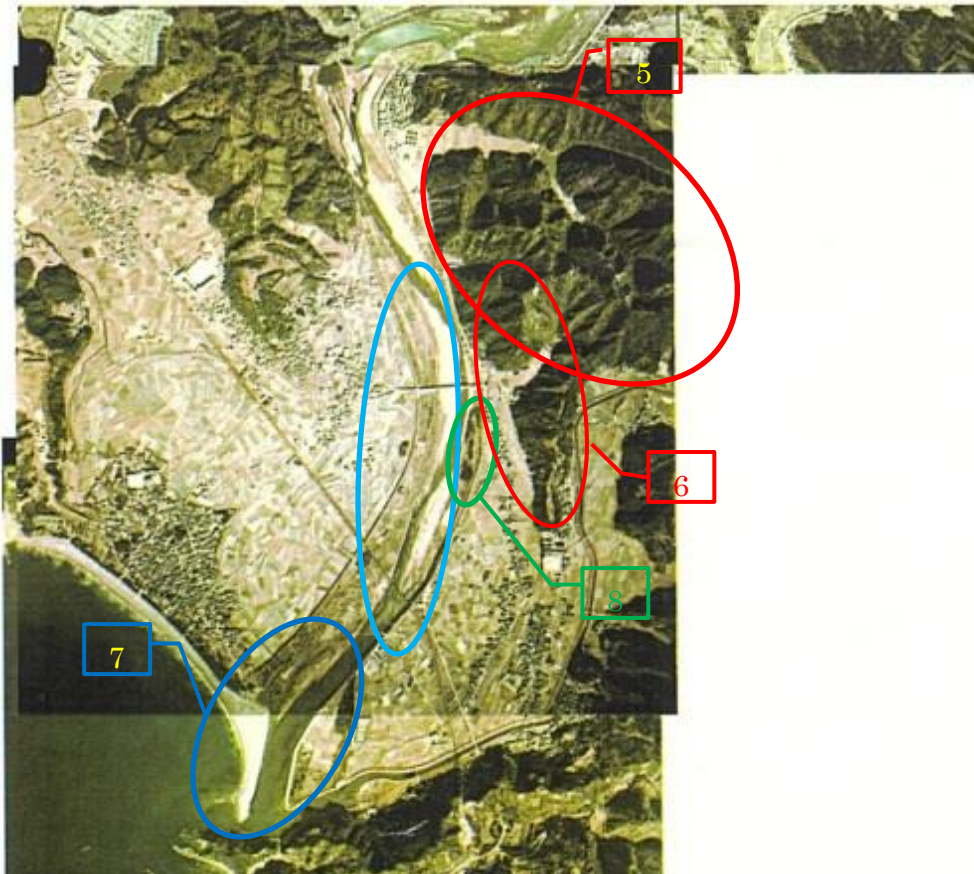


写真 2-11 富田川流域航空写真 2 1974 (昭和 49) 年撮影

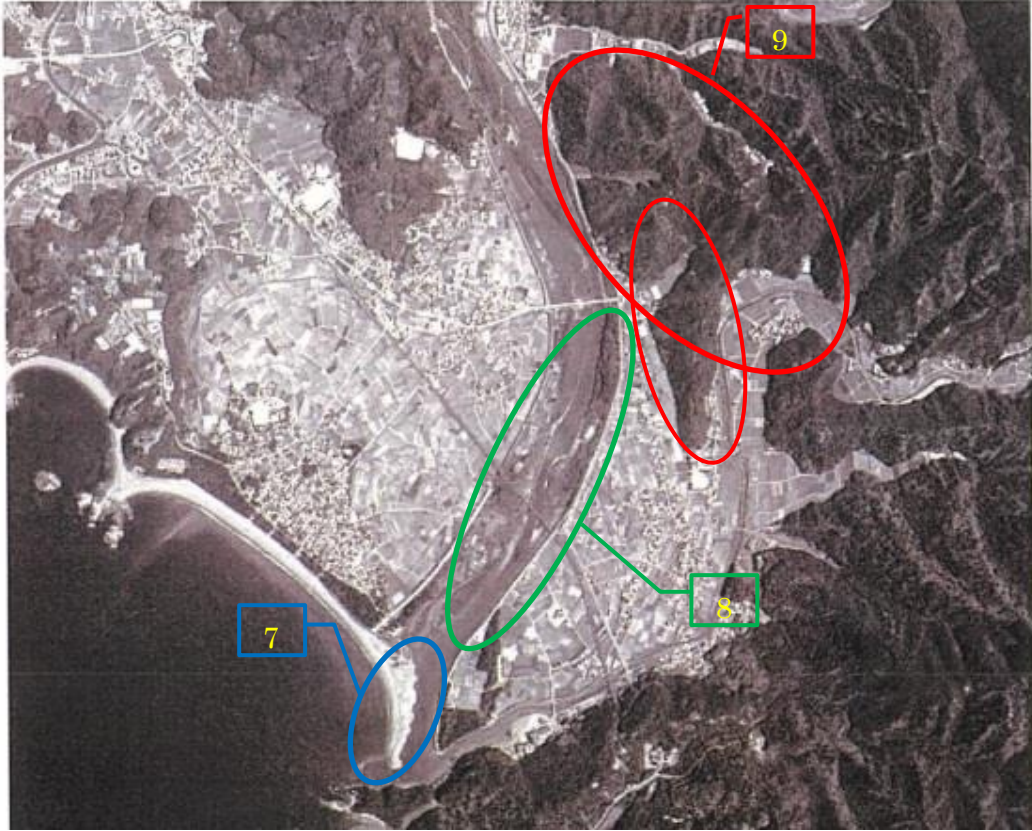


写真 2-12 富田川流域航空写真 3 1997（平成 9）年撮影

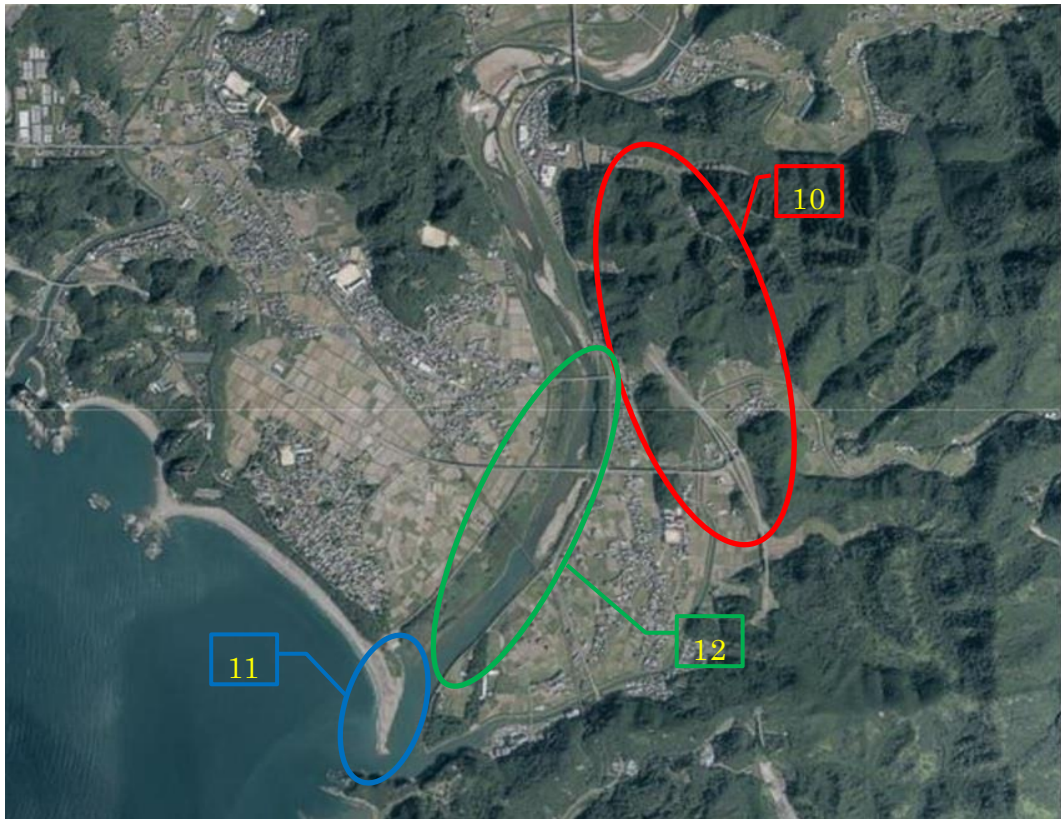


写真 2-13 富田川流域航空写真 4 2017（平成 29）年，2019（令和元）年撮影



写真 2-14 富田川流域航空写真 5 2020（令和 2）年撮影

## (2)撮影範囲②（約 2.5～約 6.0km）

図 2-32 において，撮影範囲②の航空写真を，写真 2-15（1947 年撮影），写真 2-16（1974 年撮影），写真 2-17（1997 年撮影），写真 2-18（2017 年，2019 年撮影）および写真 2-19（2020 年撮影）に示した。

### 1)1947（昭和 22）年と 1974（昭和 49）年との比較

山林については，全体的に植生の顕著な成長は認められない（写真 2-15 赤色丸 15）。河道については，特徴的な事象として，1947 年には大井堰上流側の淵の面積は少なかったが，1974 年には面積が拡大して湛水域となっている（写真 2-15 青色丸 16）。庄川合流（約 3.0km）地点の右岸側の植生に成長（写真 2-15 緑色丸 17）が見られる。瀬田川合流（約 3.5km）地点では，濬筋が数本に分かれて細くなっており，1947 年には見られた右岸側の淵が無くなるなど，瀬淵地形の曖昧化が進んでいる（写真 2-15 青色丸 18）。また，郵便橋（約 5.0km）付近では，濬筋が 1947 年には左岸側であったが，1974 年には右岸側に変化（写真 2-15 青色丸 19）している。一方，郵便橋上流側の約 6.0km 地点および馬川合流点上流側の約 6.5km 付近では，濬筋は右岸側で変化は見られない（写真 2-15 青色丸 20）。

### 2)1974（昭和 49）年と 1997（平成 9）年との比較

山林については，写真 2-17 の赤丸 21 に示すように，1997 年の植生は，1974 年のものと比較して全体的に成長が見受けられる。河道については，1974 年に確認できた大井堰上流側の湛水域は認められない（写真 2-17 青色丸 22）。また，白鷺橋から平橋，郵便橋上流側および馬川合流点上流側の区間において植生の成長が認められ（写真 2-17 緑色丸 21），その結果，郵便橋上流側においては，濬筋が固定化するとともに細くなっている（写真 2-17 青色丸 24）。

### 3)1997（平成 9）年と 2017（平成 29）年等との比較

山林については，写真 2-18 の赤丸 25 に示すように，植生は成長しているものと考えられるものの，顕著な変化は見受けられない。河道については，大井堰上流側の湛水域は無くなり濬筋が細くなっており，土砂の堆積が認められる（写真 2-18 青色丸 26）。また，2011 年の大水害により河道内の植生が減少（写真 2-18 緑色丸 27）しており，濬筋は全般的に太くなり，随所に堆砂域が認められる（写真 2-18 青色丸 28）。

### 4) 2017（平成 29）年等と 2020（令和 2）年との比較

山林については，写真 2-19 かおらは，植生顕著な変化は見受けられない。河道については，大井堰上流側の濬筋が太くなり，堆積域が縮小している（写真 2-19 青色丸 29）。一方，各所で堆砂域の面積が拡大している（写真 2-19 青色丸 30）。

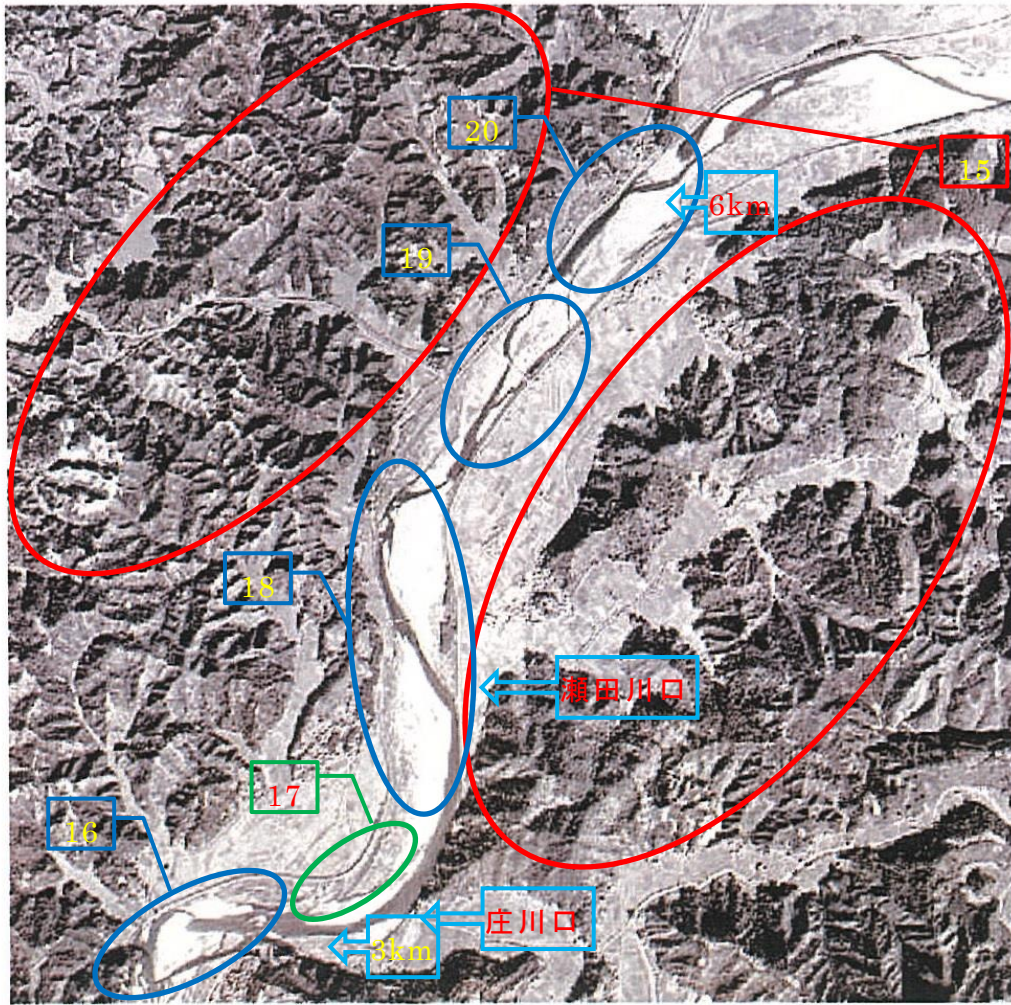


写真 2-15 富田川流域航空写真 6 1947 (昭和 22) 年撮影

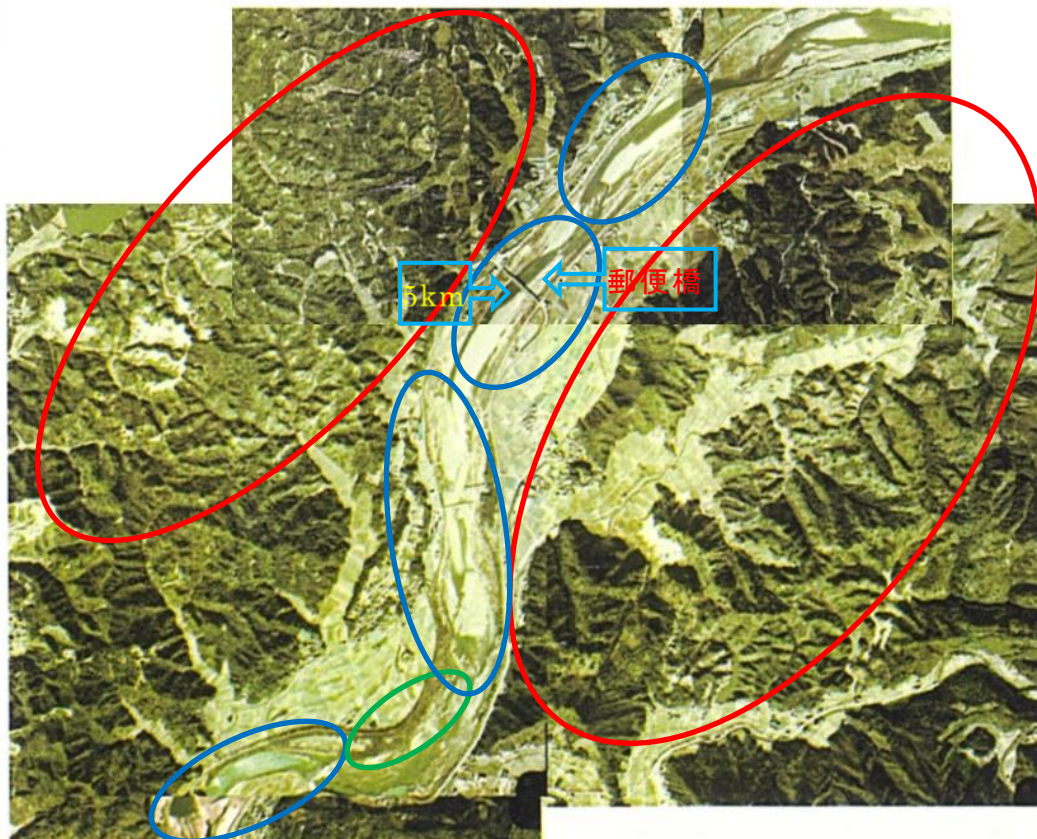


写真 2-16 富田川流域航空写真 7 1974 (昭和 49) 年撮影

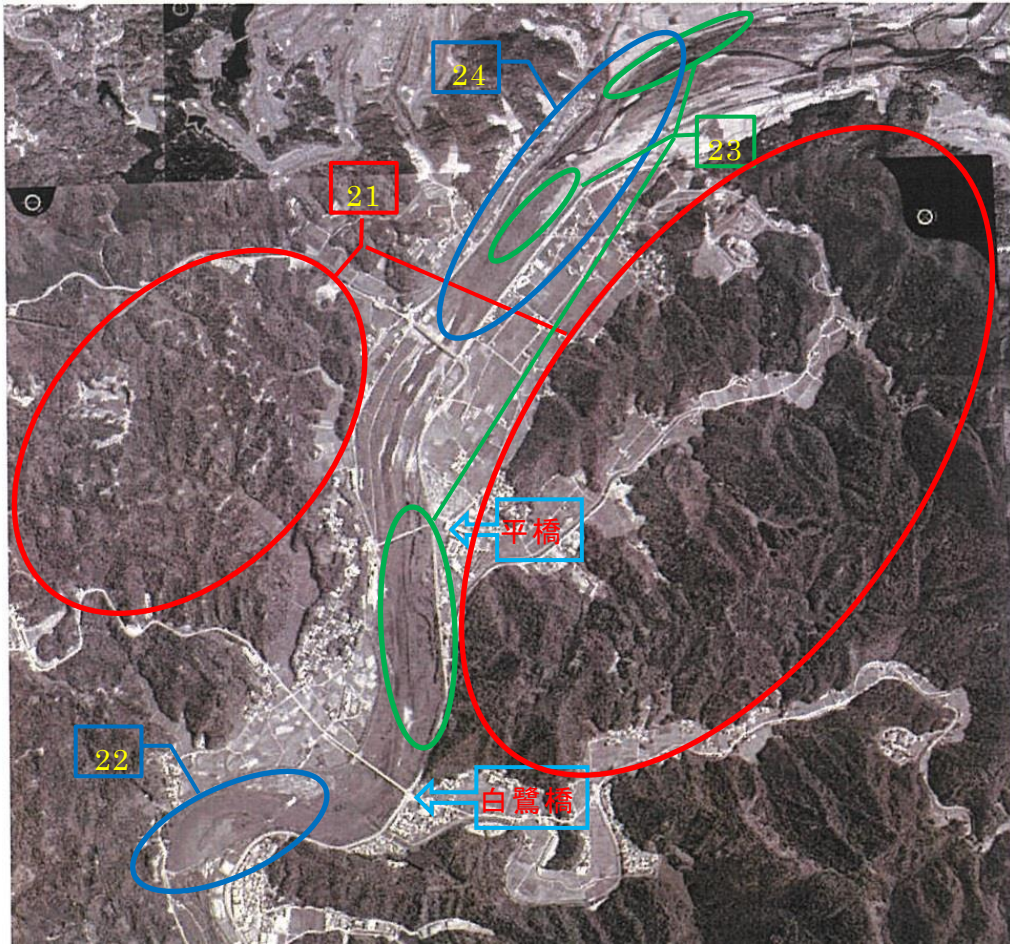


写真 2-17 富田川流域航空写真 8 1997（平成 9）年撮影

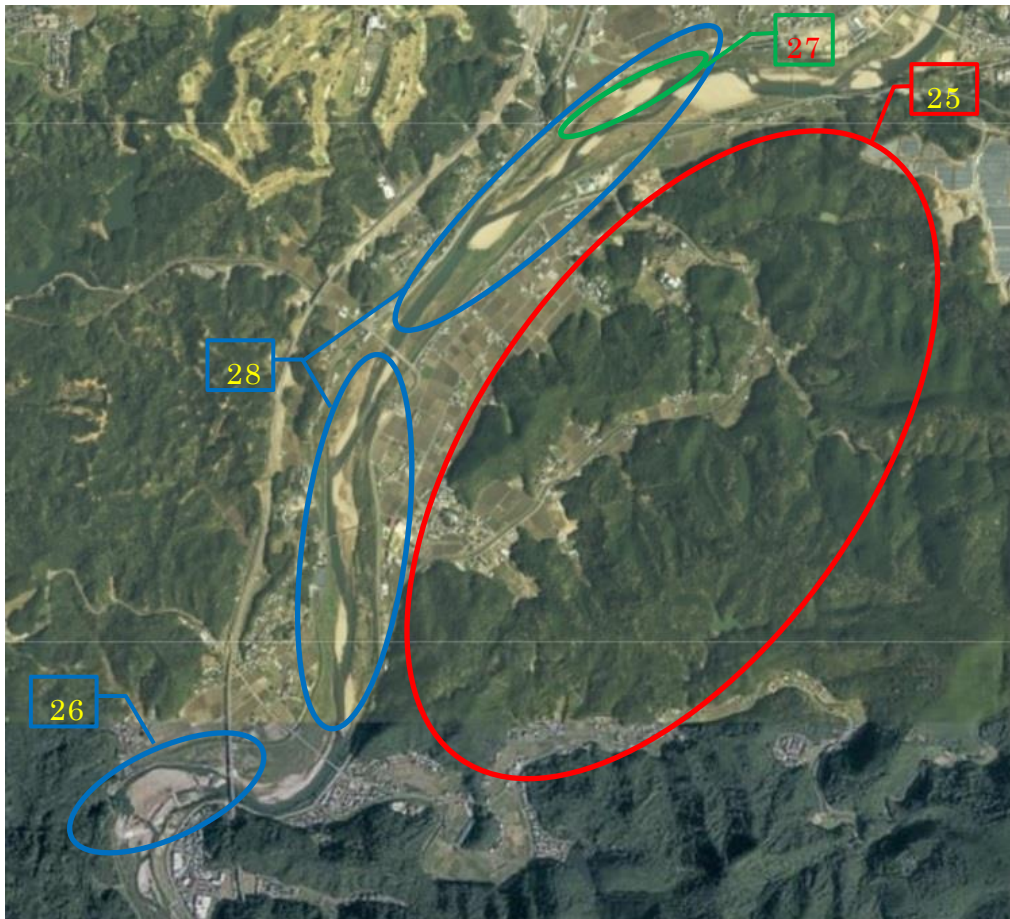


写真 2-18 富田川流域航空写真 9 2017（平成 29）年，2019（令和元）年撮影



写真 2-19 富田川流域航空写真 10 2020 (令和 2) 年撮影

### (3)撮影範囲③（約 6.0～約 10.0km）

図 2-32 において，撮影範囲③の航空写真を，写真 2-20（1947 年撮影），写真 2-21（1974 年撮影），写真 2-22（1997 年撮影），写真 2-23（2014 年，2017 年撮影）および写真 2-24（2020 年撮影）に示した．

#### 1)1947（昭和 22）年と 1974（昭和 49）年との比較

山林については，全体的に植生の顕著な成長は認められない（写真 2-20 赤色丸 31）．河道については，馬川合流点上流側（約 6.5km）付近の瀬淵の面積が 1974 年には拡大（写真 2-20 青色丸 32）している．岡川合流点より上流側の岩田橋までの滯筋が左岸側から中央と右岸側へ変化（写真 2-20 青色丸 33）している．また，岩田橋付近（約 9.0km）では，滯筋が中央の 1 本から右岸側に 2 本に分岐しており，岩田橋上流側では，右岸側から左岸側に変化するとともに，全体的に滯筋の面積が拡大している（写真 2-20 青色丸 34）．

#### 2)1974（昭和 49）年と 1997（平成 9）年との比較

山林については，写真 2-22 の赤丸 35 に示すように，1997 年の植生は，1974 年のものと比較して全体的に成長が見受けられる．河道については，馬川合流点上流側（約 6.5km）および岡川合流点上流側（約 8.5km）付近で，1974 年には見られなかった植生が確認できる（写真 2-22 緑色丸 36）．その結果，全体的に滯筋が固定化するとともに細くなっている（写真 2-22 青色丸 37）．

#### 3)1997（平成 9）年と 2014（平成 26）年等との比較

山林については，写真 2-23 の赤丸 38 に示すように，植生は成長しているものと考えられるものの，顕著な変化は見受けられない．河道については，馬川合流点上流側（約 6.5km）および岡川合流点上流側（約 8.5km）付近において，2011 年の大水害により河道内の植生が減少（写真 2-23 緑色丸 39）しており，滯筋は全般的に太くなり，当該区間においても随所に堆砂域が認められる（写真 2-23 青色丸 40）．

#### 4) 2014（平成 26）年等と 2020（令和 2）年との比較

山林については，写真 2-24 からは，植生の顕著な変化は見受けられない．河道については，馬川合流点上流側（約 6.5km）から岩田橋上流側（約 8.5km）において，滯筋は全般的に細くなり，随所にみられた堆砂域の拡大が認められる（写真 2-24 青色丸 41）．



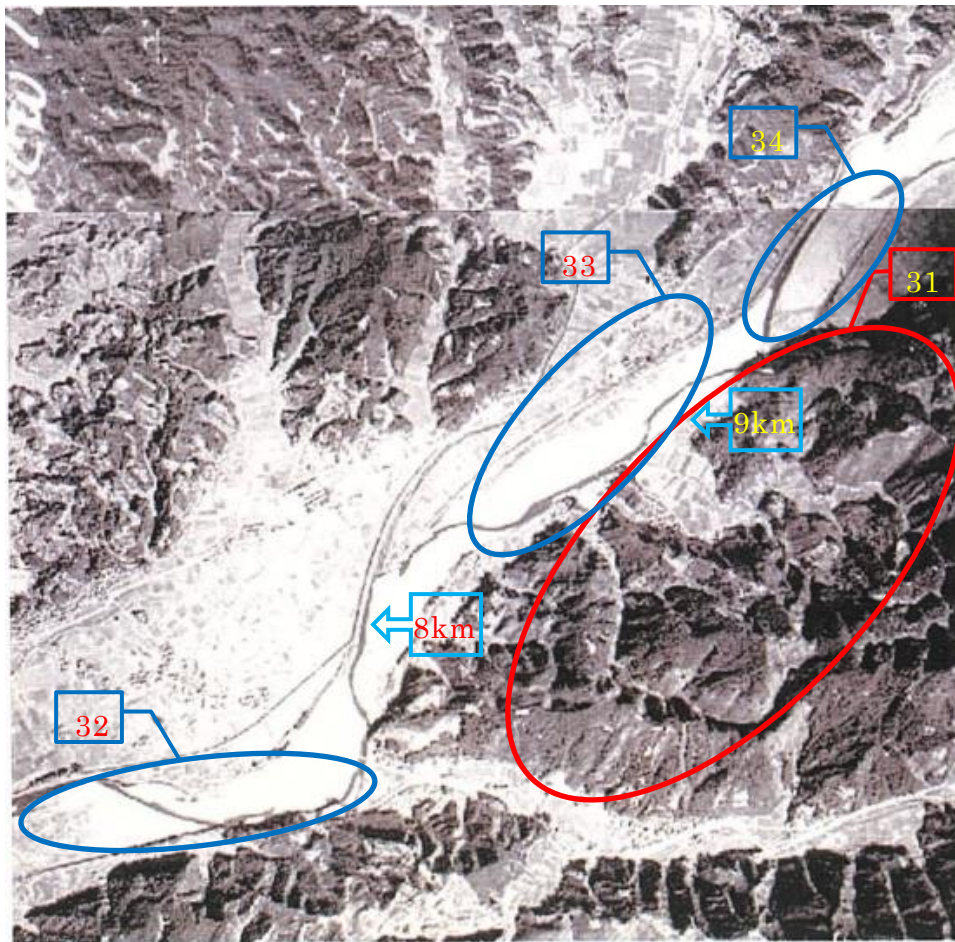


写真 2-20 富田川流域航空写真 11 1947 (昭和 22) 年撮影

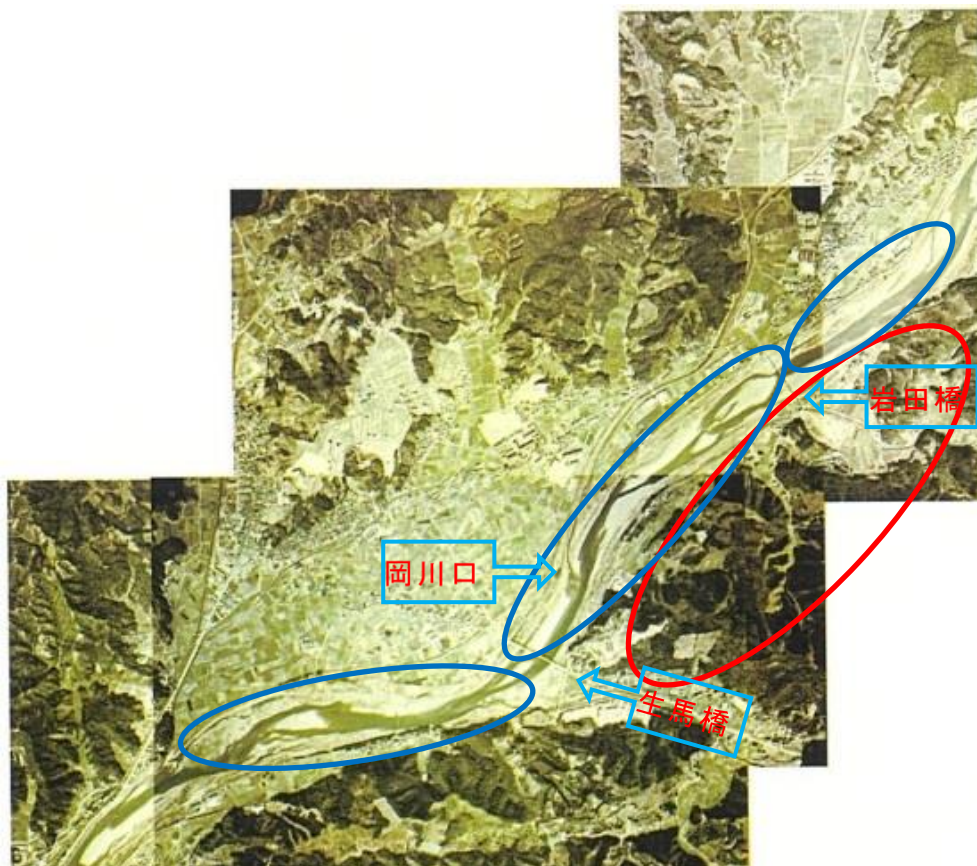


写真 2-21 富田川流域航空写真 12 1974 (昭和 49) 年撮影

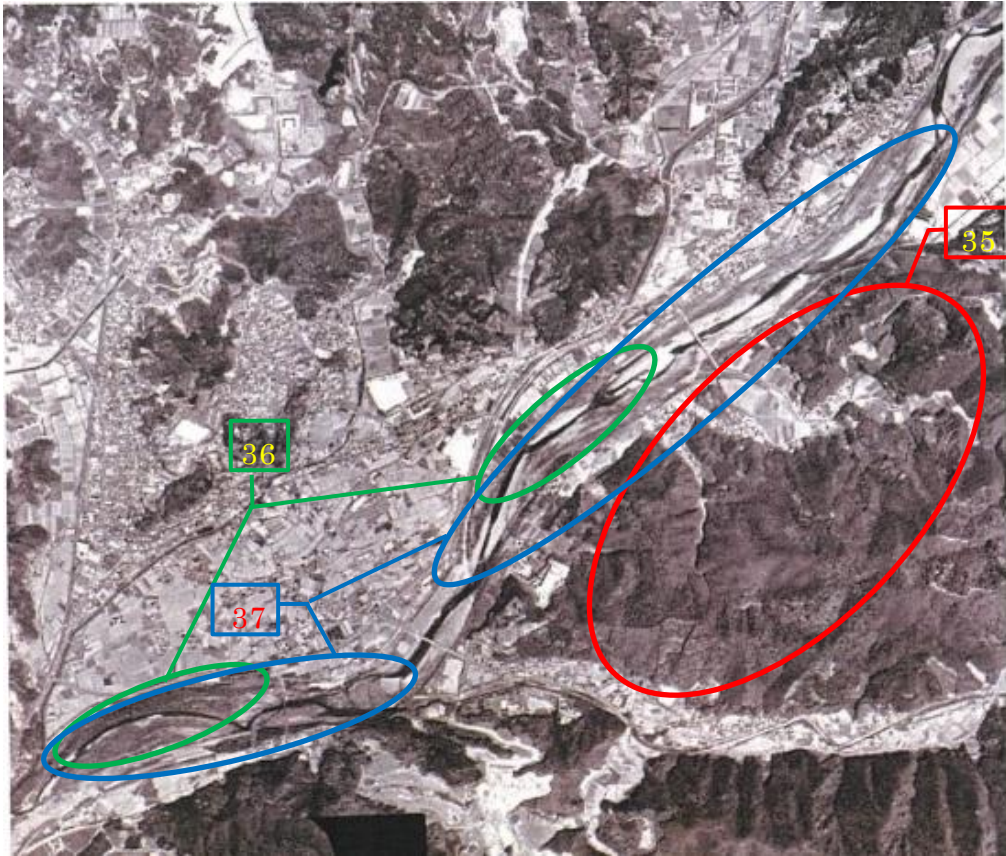


写真 2-22 富田川流域航空写真 13 1997（平成 9）年撮影

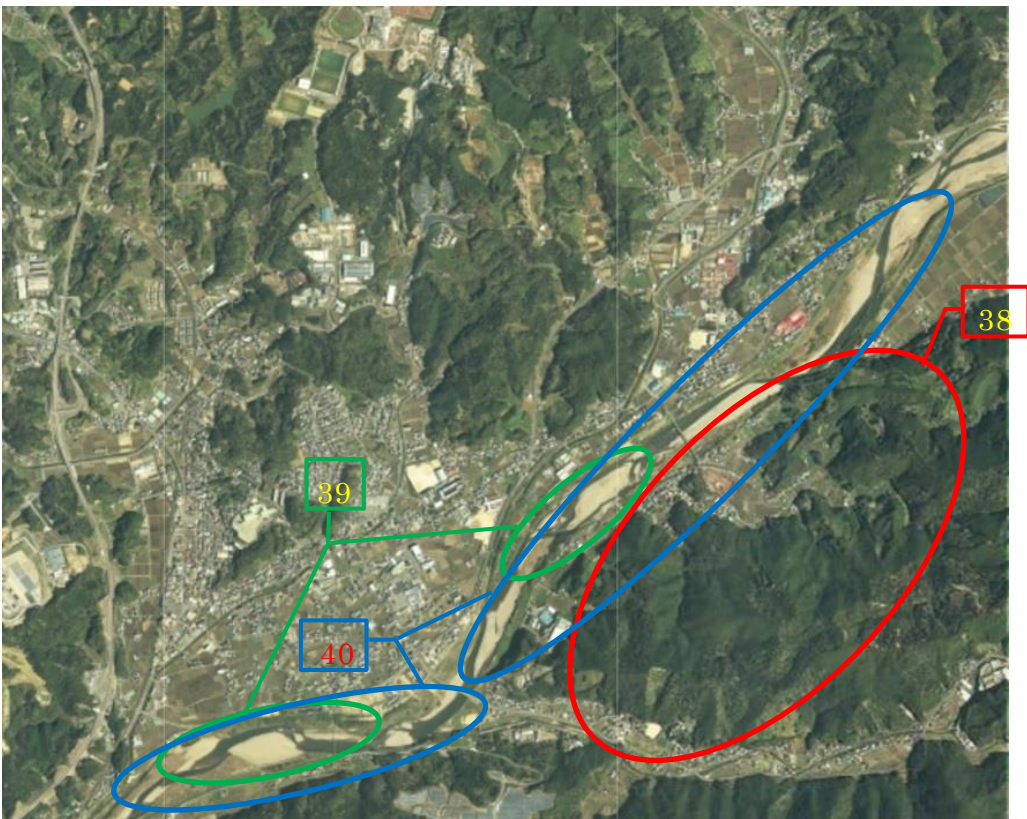


写真 2-23 富田川流域航空写真 14 2014（平成 26）年，2017（平成 29）年撮影



写真 2-24 富田川流域航空写真 15 2020 (令和 2) 年撮影

#### (4)撮影範囲④（約 10.0～約 14.0km）

図 2-32 において，撮影範囲④の航空写真を，写真 2-25（1947 年撮影），写真 2-26（1974 年撮影），写真 2-27（1997 年撮影），写真 2-28（2014 年，2017 年撮影）および写真 2-29（2020 年撮影）に示した。

##### 1)1947（昭和 22）年と 1974（昭和 49）年との比較

山林については，全体的に植生の顕著な成長は認められない（写真 2-25 赤色丸 42）。河道については，根皆田川合流点（約 11.0km）上流側から市ノ瀬橋（約 12.0km）付近までの滯筋が，1947 年には左岸側にあったものが，1974 年には，数条に増加して河道全体に拡大し，堆砂域の面積も減少している（写真 2-25 青色丸 43）。また，市ノ瀬橋上流側では滯筋が右岸側から左岸側に変化し，水域の面積も拡大している（写真 2-25 青色丸 44）。市ノ瀬水位観測所（約 13.0km）付近では，淵の水域面積が拡大するとともに，上流側では左岸側にあった滯筋が右岸側に変化し，水域の面積が縮小している（写真 2-25 青色丸 45）。また，加茂橋（約 14.0km）下流側では，滯筋が狭くなり，上流側では左右岸に 2 つに分岐している（写真 2-25 青色丸 46）。

##### 2)1974（昭和 49）年と 1997（平成 9）年との比較

山林については，写真 2-27 の赤丸 47 に示したが，1997 年の植生は，1974 年のものと比較して全体的に成長が見受けられる。河道については，根皆田川合流点（約 11.0km）で，兩岸にあった滯筋が中央部 1 本になり，同合流点上流側では，幅広い瀬が左岸側の狭い滯筋に変化している（写真 2-27 青色丸 48）。また，市ノ瀬橋上流側では，左岸側から右岸側に渡る滯筋が発生し，その上流側では瀬の幅が狭くなっている（写真 2-27 青色丸 49）。市ノ瀬水位観測所付近では瀬と淵は，ほぼ変わらないが，上流側の滯筋の幅がやや広くなっている（写真 2-27 青色丸 50）。また，加茂橋下流側では，左岸側から右岸側に変化し，条数も複数になっている（写真 2-27 青色丸 51）。

##### 3)1997（平成 9）年と 2014（平成 26）年等との比較

山林については，写真 2-28 の赤丸 52 に示すように，一部植生による被覆が見受けられ，植生は成長しているものと考えられる。河道については，根皆田川合流点では滯筋に顕著な変化は見られないが，同合流点上流側では，左岸側から中央および右岸側に変化している。また，1997 年に見られた植生が 2014 年等では無くなっている（写真 2-28 青色丸 53）。市ノ瀬橋上流側では，左岸側から右岸側に渡る滯筋が無くなり，その上流側では滯筋の幅が広がっている。また，市ノ瀬水位観測所付近では淵が縮小している（写真 2-28 青色丸 54）。加茂橋下流側の滯筋は右岸側から左岸側に変化しており，同

橋上流側から鮎川新橋までの間では、澇筋が太くなっている（写真 2-28 青色丸 55）。

#### 4) 2014（平成 26）年等と 2020（令和 2）年との比較

山林については、写真 2-29 から、一部伐採跡地が見られるものの、顕著な変化は認められない。河道については、根皆田川合流点では、中央部の澇筋は左岸側に変化しているが水流は僅かである（写真 2-29 青色丸 56）。市ノ瀬橋上流側では、澇筋が中央部から左岸側に変化しているものの、市ノ瀬水位観測所付近の淵は存在している（写真 2-29 青色丸 57）。加茂橋下流側の澇筋は左岸側から右岸側に変化している（写真 2-29 青色丸 58）。また、全般的に堆砂域の面積が拡大している。

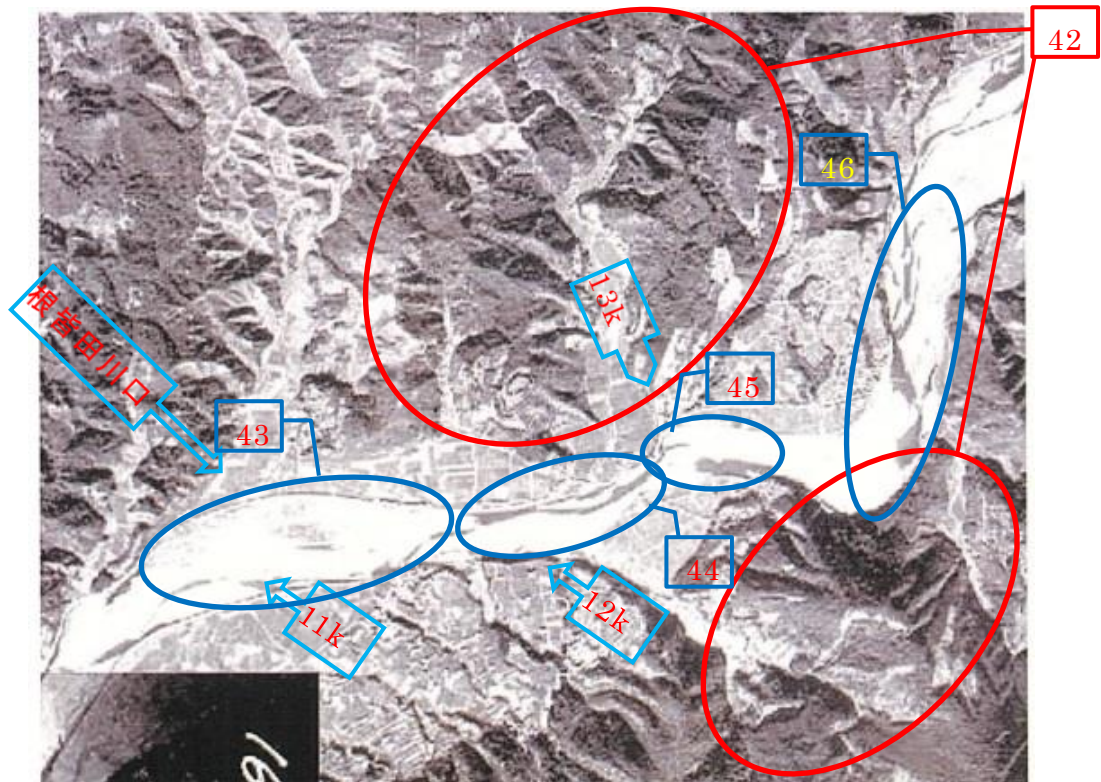


写真 2-25 富田川流域航空写真 16 1947 (昭和 22) 年撮影

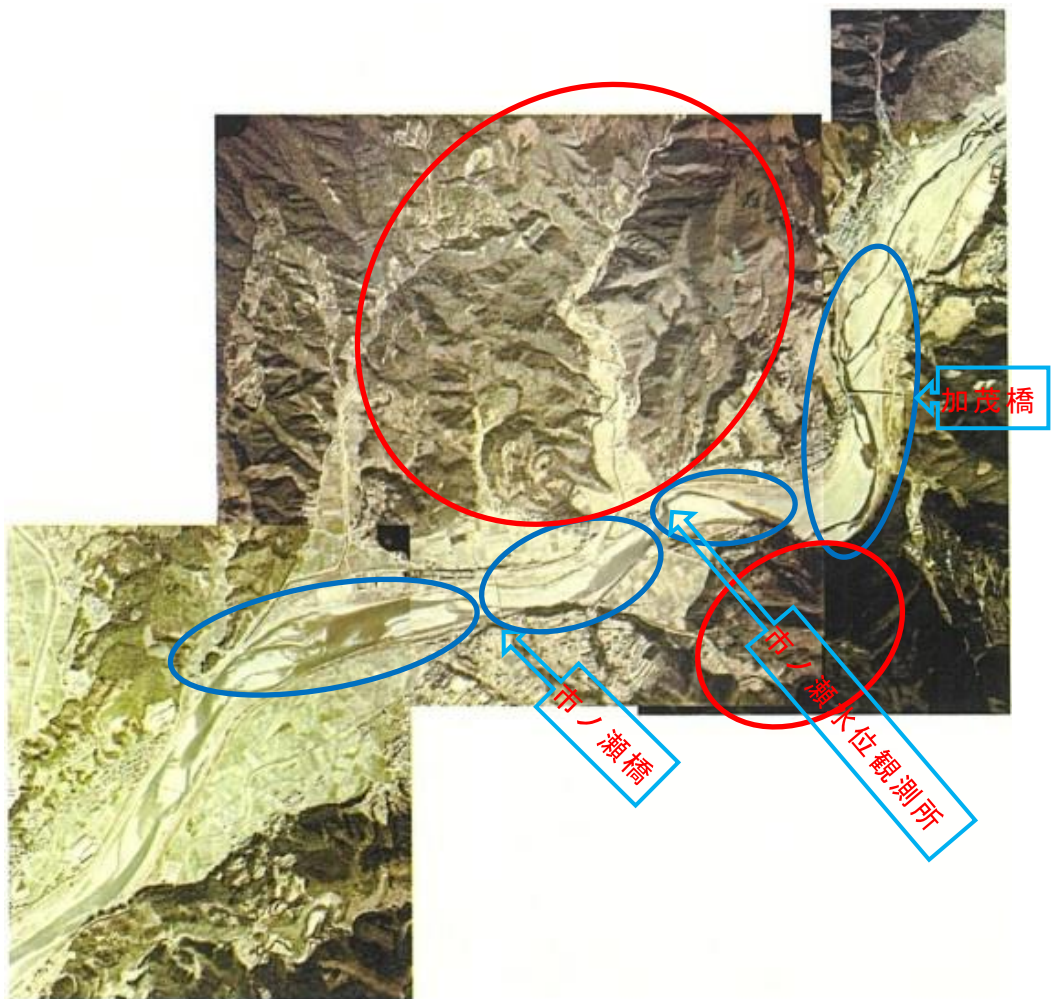


写真 2-26 富田川流域航空写真 17 1974 (昭和 49) 年撮影

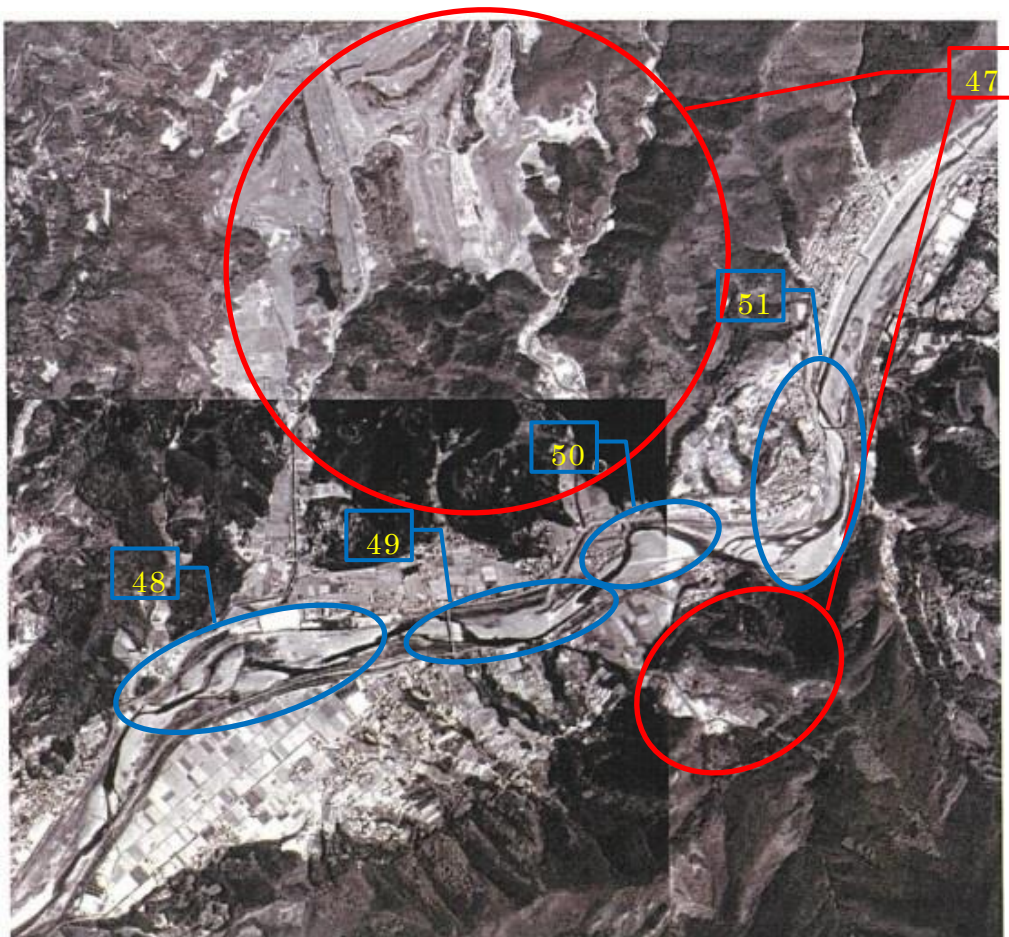


写真 2-27 富田川流域航空写真 18 1997（平成 9）年撮影

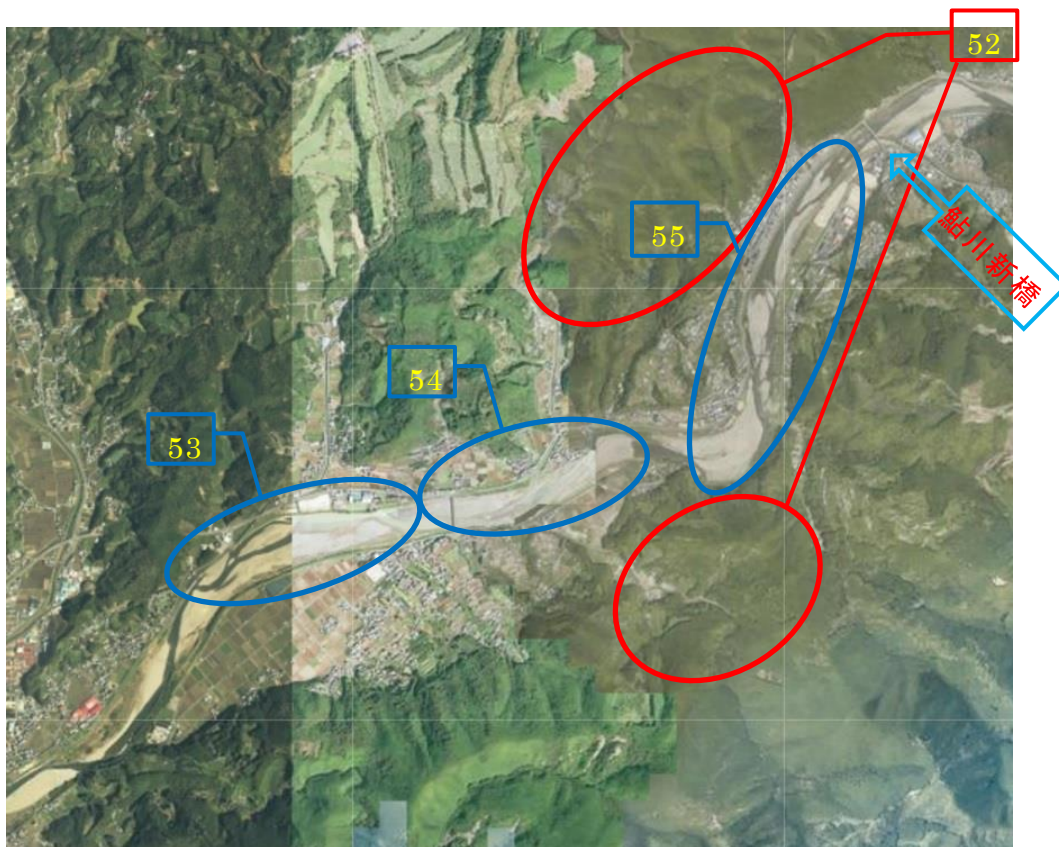


写真 2-28 富田川流域航空写真 19 2014（平成 26）年，2017（平成 29）年撮影



写真 2-29 富田川流域航空写真 20 2020（令和 2）年撮影



#### (5)撮影範囲⑤（約 14.0～約 17.0km）

図 2-32 において、撮影範囲⑤の航空写真を、写真 2-30（1947 年撮影）、写真 2-31（1974 年撮影）、写真 2-32（1997 年撮影）、写真 2-33（2014 年撮影）および写真 2-34（2020 年撮影）に示した。

##### 1)1947（昭和 22）年と 1974（昭和 49）年との比較

山林については、植生の成長が部分的に認められる（写真 2-30 赤色丸 59）。河道については、加茂橋（約 14.0km）上流側から澗筋が左岸側に分岐し、鮎川新橋（約 15.0km）下流側では右岸側の 1 本になっている（写真 2-30 青色丸 60）。また、鮎川新橋上流側では澗筋が左岸側から右岸側に変化している（写真 2-30 青色丸 61）。能越橋（約 16.8km）下流のベラ淵の川幅が減少している（写真 2-30 青色丸 62）。

##### 2)1974（昭和 49）年と 1997（平成 9）年との比較

山林については、写真 2-32 の赤丸 63 に示したが、1997 年の植生は、1974 年のものと比較して部分的に成長が見受けられる。河道については、加茂橋（約 14.0km）から鮎川新橋（約 15.0km）の間で、水辺の楽校が平成 8 年度に左岸側に整備されており、澗筋は直線化し幅が広がっている（写真 2-32 青色丸 64）。鮎川新橋付近では、澗筋が中央に 1 本になっており、上流側では、左岸側に寄っている（写真 2-32 青色丸 65）。ベラ淵付近では、川幅が広がっており、淵が存続している（写真 2-32 青色丸 66）。

##### 3)1997（平成 9）年と 2014（平成 26）年との比較

山林については、写真 2-33 の赤丸 67 に示すように、植生は成長しているものと考えられ、一部植生は伐採されている。河道については、加茂橋上流側では、澗筋が左岸側にも見られ、水辺の楽校前では、川幅が広がっている（写真 2-33 青色丸 68）。鮎川新橋上流側では、中央部の澗筋が無くなり、右岸側の 1 本になっている（写真 2-33 青色丸 69）。ベラ淵付近では、川幅が狭くなっており、淵の存在は明確には認められない（写真 2-33 青色丸 70）。

##### 4)2014（平成 26）年と 2020（令和 2）年との比較

山林については、写真 2-34 から、植生に顕著な変化は見られないが、赤丸 71 に示すように、一部植生は伐採されている。河道については、加茂橋上流側では、澗筋が細くなり、堆砂域の面積が拡大している（写真 2-34 青色丸 72）。鮎川新橋上流側では、澗筋が細くなり、堆砂域の面積が拡大している（写真 2-34 青色丸 73）。ベラ淵付近では、川幅が広がっており、淵の存在が確認できる（写真 2-34 青色丸 74）。

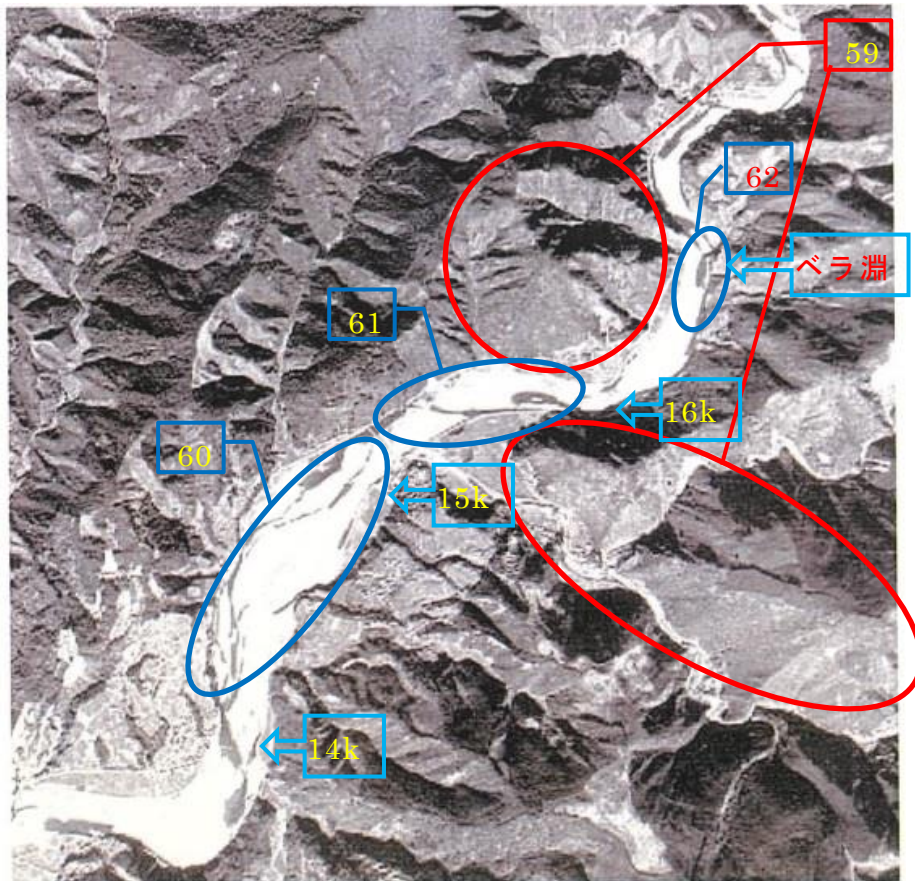


写真 2-30 富田川流域航空写真 21 1947 (昭和 22) 年撮影

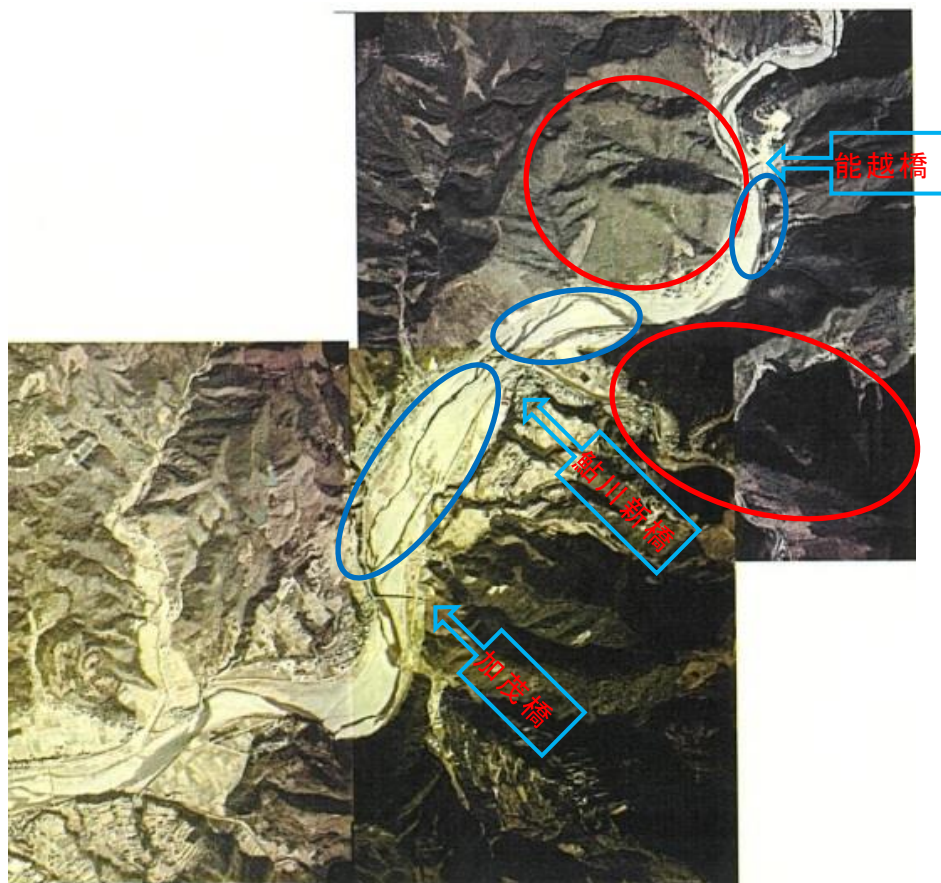


写真 2-31 富田川流域航空写真 22 1974 (昭和 49) 年撮影

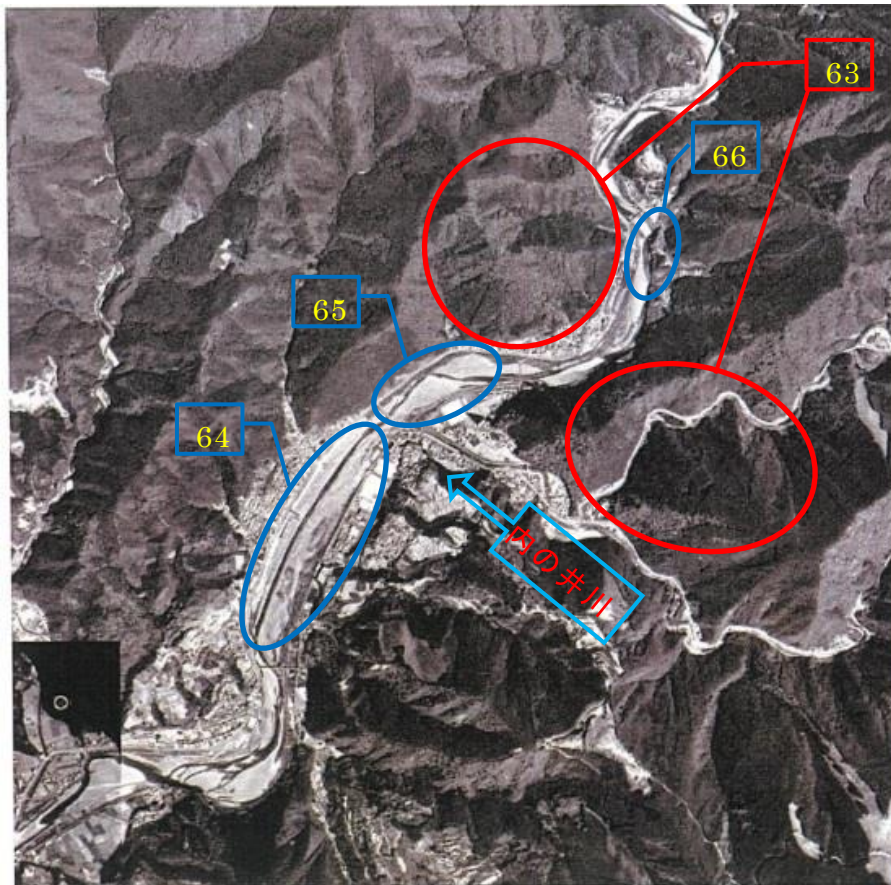


写真 2-32 富田川流域航空写真 23 1997 (平成 9) 年撮影

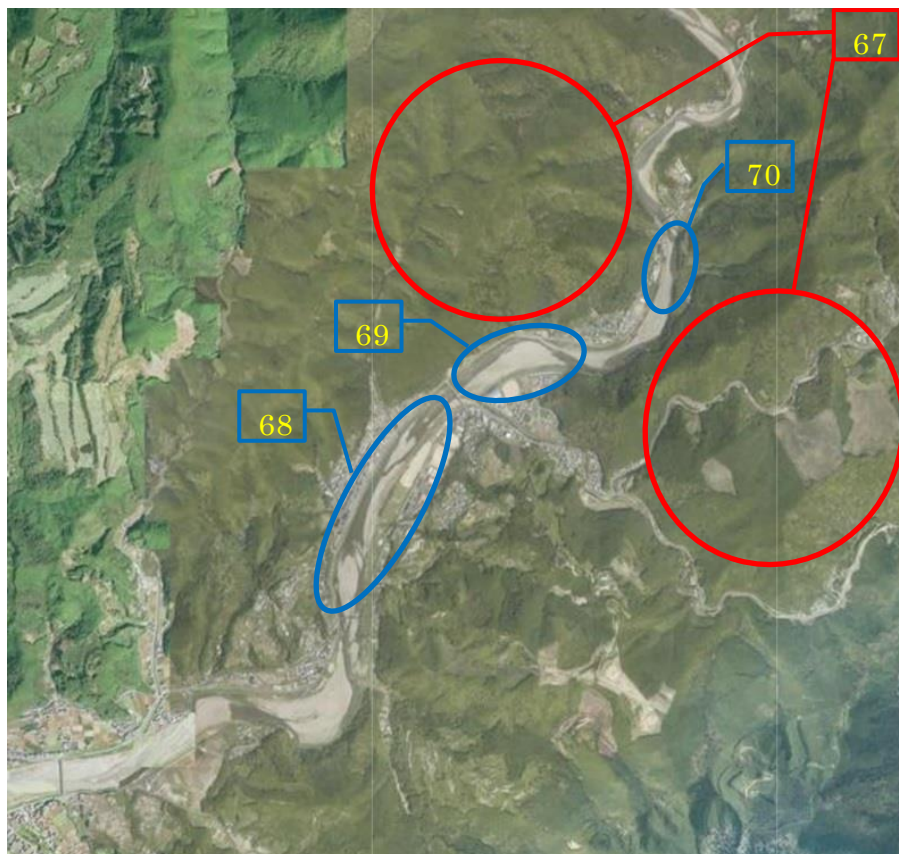


写真 2-33 富田川流域航空写真 24 2014 (平成 26) 年撮影

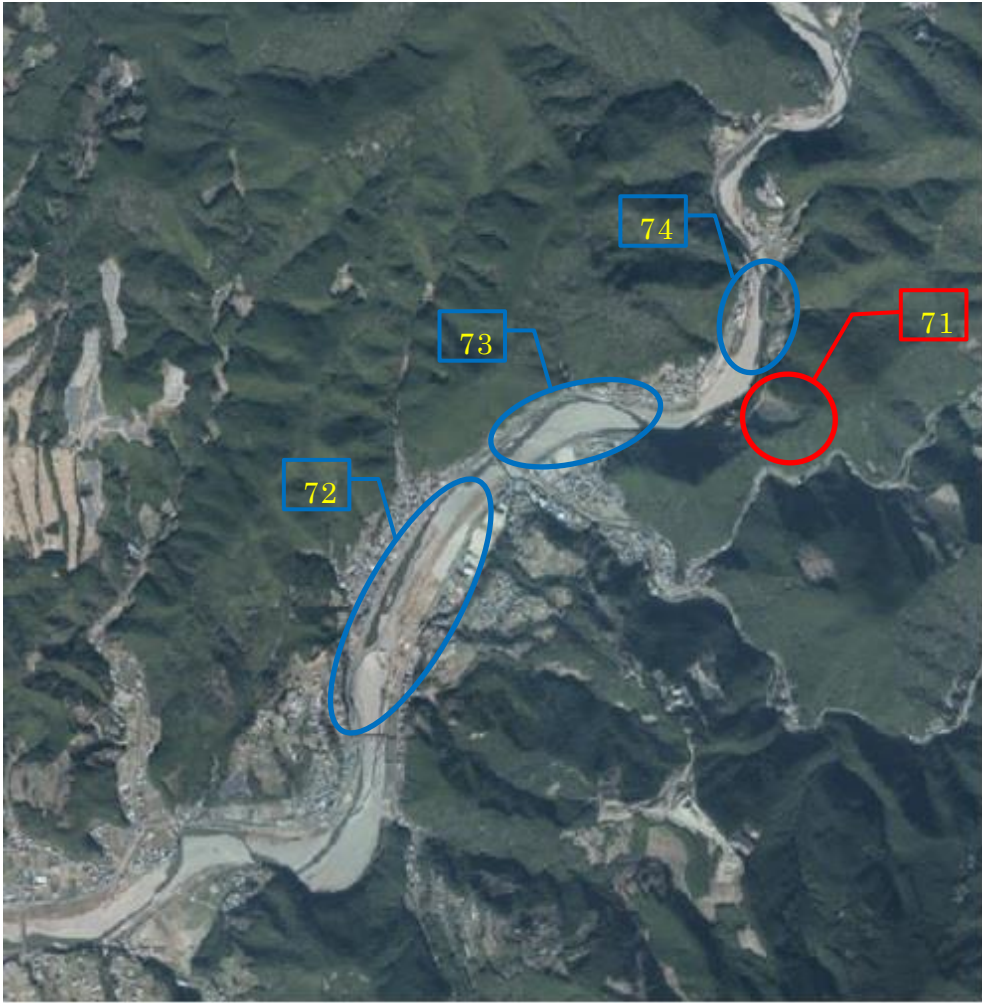


写真 2-34 富田川流域航空写真 25 2020（令和 2）年撮影

## 2. 航空写真による検証のまとめ

上記 1. において、第二次世界大戦後の 1947（昭和 22）年から、各年代の航空写真を用いて、山林および河川の変遷状況について検証してきた結果を以下に示した。

- (1)山林については、戦後、住宅建築や薪炭等の利用により伐採跡地が随所に見られたが、歳月の経過に伴い、植生が成長し山地を被覆している。さらに、成熟した林地については、一部伐採地が確認できた。
- (2)河道内の植生については、1947 年から成長が見られ、1997（平成 9）年が最も繁茂していることが確認できる。その後、2014（平成 26）年には、河道内の植生は少なくなっていることが見て取れる。これは、1947 年から 1997 年までの間には、河道内植生を流下させるだけの洪水が発生せず、河道が固定化されており、2011（平成 23）年の紀伊半島大水害による出水で、植生が流出していることを示している。
- (3)河道については、各期間で頻繁に滯筋が変化していることが確認できた。また、2011 年の紀伊半島大水害以降、2014 年、2017（平成 29）年、2020（令和 2）年と、年月が経過するごとに、河道内の堆砂域の面積が拡大していることが見て取れた。これは、大水害時に大量に河道内に流入した土砂が、その後の出水によって、順次、上流側から下流側に流送されているものと考えられる。
- (4)ベラ淵や鮎川新橋で見られた河床低下との関係性については、上流域に位置するベラ淵や、中流域の上流端にほど近い鮎川新橋では、平均河床勾配が約 1/160（約 15.4～27.8km）であるため、掃流力が優勢となり河床が低下したものと考えられる。一方、航空写真で確認された堆砂域の拡大については、中流域は平均河床勾配が約 1/310（約 6.0～15.4km）で、下流域は 1/640（約 0.0～6.0km）となっているため、堆砂域が拡大したものと推測される。

## 参考文献

- 1)林野庁：森林・林業統計要覧 2021 I-A p.5
- 2)コンラッド・タットマン著，熊崎実訳：日本人はどのように森をつくってきたのか，築地書館，pp.4-13，1998.
- 3)山本晃一編著，公益財団法人河川財団企画：総合土砂管理計画 流砂系の健全化に向けて，技報堂出版，pp.6-11，2014.
- 4)気象庁 HP：「災害をもたらした気象事例（平成元年～平成 30 年）」  
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index\\_1989.html](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html)（2019 年 1 月 5 日閲覧）
- 5)林野庁：平成 25 年度 森林・林業白書（平成 26 年 5 月 30 日公表）  
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/25hakusyo/pdf/6hon1-2.pdf>（2019 年 1 月 6 日閲覧）
- 6)和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課：「令和 3 年度 森林・林業及び山村の現況」（2022 年 2 月 5 日閲覧）
- 7)和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課：「紀州材の歴史」  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/kisyuzai/history>（2022 年 2 月 26 日閲覧）
- 8)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻第 2 編第 5 章第 6 節
- 9)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻附中辺路町年表
- 10)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌下巻第 6 編第 3 章第 1 節
- 11)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻第 1 編第 5 章第 1 節
- 12)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻第 1 編第 2 章第 2 節
- 13)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻第 1 編第 2 章第 3 節
- 14)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻第 1 編第 2 章第 4 節
- 15)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻第 1 編第 2 章第 5 節
- 16)和歌山県田辺市中辺路町：中辺路町誌上巻 附中辺路町年表
- 17)和歌山県県土整備部土砂災害啓発センター：平成 23 年紀伊半島大水害の概要  
<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/080604/2011disaster/2011disaster.html>（2022 年 5 月 15 日閲覧）
- 18)気象庁 HP：災害をもたらした気象事例（平成元年～本年）  
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index\\_1989.html](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html)（2022 年 8 月 21 日閲覧）
- 19)消防庁 HP：災害情報一覧 <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/>（2022 年 8 月 21 日閲覧）
- 20)和歌山県：「災害の記憶を未来に伝える」  
<https://www.hakubutu.wakayama-c.ed.jp/saigai/2019book.pdf>(2022 年 2 月 5 日閲覧)

### 第3章 音無川，西谷川および熊野川谷川流域における降水と流出土砂量の検討

#### 第1節 音無川流域における検討

##### 1. 土砂流出計算モデル

降水と流出土砂量の関係性を把握するために，国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所が行った流出土砂予測業務<sup>1)</sup>の内，音無川流域における1995～2015年の期間中のデータを用いて分析を行った．同業務で使用された土砂流出計算モデルは，降雨流出計算と土砂流出計算を組み合わせたものであり，その概要を以下に示す．なお，期別連続雨量は，前後に24時間以上の無降雨期間がある一かたまりの降雨と考え，連続雨量が50mm以上，かつ掃流砂の発生が推計されたイベントを抽出した．

##### (1)降雨流出計算

斜面流水モデルの支配方程式として，表面流には kinematic wave 法，中間流にはダルシー則<sup>2)</sup>を用いることで，各層から流出する流水の支配方程式は式(1)～式(8)のように表せられる．表面流については，

$$\partial h_1 / \partial t + \partial q_1 / \partial x = (r - f_1) \cos \theta_s \quad (1)$$

$$q_1 = 1/n_s i^{1/2} h_1^{5/3} \quad (2)$$

ここに， $h_1$ ：表面流の水深， $q_1$ ：表面流における単位幅流量， $r$ ：降水量， $f_1$ ：A層における浸透能， $\theta_s$ ：斜面傾斜角， $n_s$ ：斜面におけるマンニングの粗度係数， $i$ ：斜面勾配(=  $\tan \theta_s$ )である．

中間流 A 層については，

$$\lambda_e \partial h_2 / \partial t + \partial q_2 / \partial x = (f_1 - f_2) \cos \theta_s \quad (3)$$

$$q_2 = k_1 h_2 i \quad (4)$$

ここに， $\lambda_e$ ：土層内における有効空隙率， $h_2$ ：中間流 A 層における水深， $q_2$ ：中間流 A 層における流量， $f_2$ ：B 層における浸透能， $k_1$ ：A 層における透水係数である．

中間流 B 層については，

$$\lambda_e \partial h_3 / \partial t + \partial q_3 / \partial x = (f_2 - f_3) \cos \theta_s \quad (5)$$

$$q_3 = k_2 h_3 i \quad (6)$$

ここに， $h_3$ ：中間流 B 層における水深， $q_3$ ：中間流 B 層における流量， $f_3$ ：C 層における浸透能， $k_2$ ：B 層における透水係数である．

河道流水モデルの支配方程式として，流水の連続式および運動方程式は，式(7)に示す貯留型の方程式として表せられる．

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{[Q(x_i) + Q(y_i) - Q(x_{i+1})]}{BL} + \frac{q}{B} + r \cos \theta \quad (7)$$

ここに、 $h$ ：単位河道  $i$  における水深、 $L$ ：単位河道  $i$  における河道長、 $B$ ：単位河道  $i$  における河幅、 $Q(x_i)$ 、 $Q(y_i)$ ： $x_i$ 、 $y_i$ 地点からの流入量、 $Q(x_{i+1})$ ： $x_{i+1}$ 地点からの流出量、 $q$ ：単位河道  $i$  に接続する山腹斜面からの単位長さ当たりの横流入量、 $\theta$ ：斜面傾斜角である。

運動方程式は kinematic wave 法による近似によって、式(8)のようになる。

$$Q(x_{i+1}) = \frac{1}{n} I^{1/2} B h^{5/3} \quad (8)$$

ここに、 $n$ ：単位河道  $i$  におけるマンニングの粗度係数、 $I$ ：単位河道  $i$  における河床勾配 ( $= \tan \theta$ )。

## (2)土砂流出計算

著者らが西谷川および熊野川谷川流域で実施した調査および観測では、河床材料のうち粒径 2mm 未満の通過質量百分率が 20%程度以下<sup>3)</sup>であり、濁度計による浮遊砂の計測は行っておらず、ピットによる捕捉土砂量を対象とした<sup>4)</sup>こと、また音無川における粒度調査の結果、浮遊砂の多くを占める 2mm 未満の粒径は 11%程度未満<sup>1)</sup>であったことから、計算結果の内、浮遊砂および wash-load 成分は考慮せず、掃流砂のみを対象とした。掃流砂量の算定には、芦田・道上式<sup>5)</sup>を用いる。掃流砂については式(9)にて示される。

$$Q_{bi}(x_{i+1}) = 17B \sqrt{sgd_i^3 p_i \tau_{*ei}^{3/2}} \left(1 - \frac{u_{*ci}}{u_*}\right) \left(1 - \frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*i}}\right) \quad (9)$$

ここに、 $Q_{bi}(x_{i+1})$ ： $x_{i+1}$ 地点から流出する粒径別掃流砂量、 $s$ ：土砂の水中における比重、 $g$ ：重力加速度、 $d_i$ ： $d_i$ 粒径、 $p_i$ ：粒径  $d_i$ の粒子の含有率、 $u_*$ ：摩擦速度、 $u_{*ci}$ ：粒径  $d_i$ の粒子の限界摩擦速度、 $\tau_{*i}$ 、 $\tau_{*ei}$ 、 $\tau_{*ci}$ ：それぞれ、粒径  $d_i$ の粒子の無次元掃流力、無次元有効掃流力、無次元限界掃流力である。

ここで、 $u_*$ および $\tau_{*i}$ は式(10)および式(11)から得られる。

$$u_* = \sqrt{ghl} \quad (10)$$

$$\tau_{*i} = u_*^2 / sgd_i \quad (11)$$

また、有効掃流力 $\tau_{*ei}$ には対数則から推定される式(12)、式(13)、式(14)を用いる。

$$u_{*e} = \frac{u}{6 + 5.75 \cdot \log_{10} \frac{h}{dm \left(1 + 2 \frac{u_{*cm}^2}{sgd_m}\right)}} \quad (12)$$



$$\tau_{*ei} = u_{*e}^2 / sgd_i \quad (13)$$

$$u_{*cm} = \sqrt{0.05 \cdot sgd_m} \quad (14)$$

ここに、 $u_{*cm}$ ：平均粒径の粒子に対する摩擦速度， $d_m$ ：平均粒径である。

$u_{*ci}$ は芦田・道上による修正 Egiazaroff の式<sup>5)</sup>により式(15)，式(16)で表される。

$$\frac{u_{*ci}^2}{u_{*cm}^2} = \begin{cases} 0.85 & \frac{d_i}{d_m} < 0.4 \\ \frac{1.64}{\left(\log 19 \frac{d_i}{d_m}\right)^2} \cdot \frac{d_i}{d_m} & \frac{d_i}{d_m} \geq 0.4 \end{cases} \quad (15)$$

$$\tau_{*ci} = u_{*ci}^2 / sgd_i \quad (16)$$

## 2. 土砂流出計算結果

期別連続雨量とその間に推定された流出土砂量の関係を表 3-1 に示す。表 3-1 中には累積有効雨量（試算）も示しているが、これについては後述する。表 3-1 より、期別連続雨量 84～1,119mm の範囲で 7.47～265.34m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> の流出土砂が推計されている。また、年ごとの推計流出土砂量は、2005 年の 13.39m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年を最小値として、2011 年の 449.58m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年が最大値となっている。流域面積と比流出土砂量の関係<sup>6)</sup>によると、音無川流域と同一流域である十津川では 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年程度の値となっており、音無川は十津川と比較して 2 オーダー程度少ないものの、本推計は掃流砂のみを対象としていることから、ほぼ妥当なものと考えられる。

## 3. 土砂流出の傾向の分析

期別連続雨量と単位面積あたりの推計流出土砂量の関係を図 3-1 に示す。図 3-1 より、最大値を包絡して見た場合、概ね雨量の増加に伴い流出土砂量も増加する傾向が見受けられるが、同一雨量に対するばらつきはかなり大きい。

ここで、同一雨量に対する流出土砂量のばらつきという観点から、図 3-1 中にプロットされた点は以下の 3 グループに大別される。

- A. 流出土砂量が概ね 50m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> 以下である雨量 240mm 以下のグループ
- B. 流出土砂量のばらつきが 10～100m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> とやや大きくなる雨量 240～440mm のグループ
- C. 流出土砂量のばらつきが 10～250m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> とさらに大きくなる雨量 440mm 以上のグループ

グループ A (図 3-1 中青四角) は、他のグループに比してイベント数が多く、また、それらは比較的狭い範囲に固まっていることから同一雨量に対する流出土砂量の再現性がある程度存在するものと考えられる。また、流出土砂量が  $50\text{m}^3/\text{km}^2$  以下の領域では雨量の増加に伴い土砂量が増加する傾向にあることがうかがえる。

グループ B (図 3-1 中赤丸) は、グループ A において過半を占めた流出土砂量  $30\text{m}^3/\text{km}^2$  以下がほとんどなく全体的に流出土砂量が増加している。しかしながら、雨量と流出土砂量の間には明確な傾向はない。グループ C (図 3-1 中緑菱) では、グループ B との境界近くである雨量 440mm 付近で流出土砂量が約  $15\text{m}^3/\text{km}^2$ 、約  $130\text{m}^3/\text{km}^2$  および  $200\text{m}^3/\text{km}^2$  超と大きく異なる値でそれぞれ 2 イベントずつ存在する点が特徴的である。

雨量 600mm 付近にも流出土砂量が大きく異なる 2 イベントが存在するが、それより大きい範囲ではイベント数が少なく、傾向は明らかではない。雨量が最大および第 2 位のイベントにおける流出土砂量がいずれも約  $250\text{m}^3/\text{km}^2$  であることから、この値が同流域における限界流出土砂量を示しているとも考えられる。

#### 4. 土砂流出に有効な降雨強度の検討

図 3-1 に示したように、期別連続雨量に対して流出土砂量は一意には定まらず、そのばらつきは期別連続雨量が大きくなるほど顕著となる。これは、総雨量が同一であっても、降雨波形やそこに含まれる降雨強度の構成が異なることが一因と考えられる。特に、降雨に対する応答としての土砂流出を考えた場合、ある程度以下の弱い雨は、土砂流出にはほとんど寄与しないことが想定される。

このことを確認するために、第 1 節 3. でグループ C の特徴として指摘した、雨量 440mm 付近の 6 つのイベントのうち、流出土砂量の異なる 3 つのイベントを選び出しそれらのハイエトグラフ及びハイドログラフを示したのが図 3-2 である。図 3-2 より、流出土砂量の小さいイベント⑦では、降雨強度  $20\text{mm}/\text{hr}$  以下の比較的弱い雨の占める割合が大きいのにに対し、流出土砂量の大きいイベント③では、そのような弱い雨の占める割合がそれほど大きくないことがわかる。そこで、降雨強度に流出土砂を発生させるある閾値が存在すると仮定し (以降、有効降雨強度とする)、閾値を  $10\sim 30\text{mm}/\text{hr}$  に

表 3-1 音無川の期別連続雨量および各区分時間累積雨量と推計流出土砂量の関係

番号	対象降雨期間 (流出土砂が推計された降雨 を抽出)		実測値								推計値			備考
			期別連 続雨量 (mm)	最大 時間 雨量 (mm)	左記 周辺 連続 時間	(a) 期別連 続雨量 の内時 間10mm 以上累 積雨量	(b) 左記の 内時間 15mm以 上累積 雨量	(c) 左記の 内時間 20mm以 上累積 雨量	(d) 左記の 内時間 25mm以 上累積 雨量	(e) 左記の 内時間 30mm以 上累積 雨量	流出土砂量 (m <sup>3</sup> )	km <sup>2</sup> 当た り流出 土砂量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	km <sup>2</sup> 当た り年間 流出土 砂量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> / 年)	
1	1995 (H7)	9/23~10/1	240	35.0	13	155	87	69	69	69	444.74	41.14	41.14	
2	1997 (H9)	6/18~20	186	32.0	15	139	115	82	61	32	443.31	41.01	276.66	
3		7/25~26	452	42.0	22	413	402	333	264	264	2466.64	228.18		③
4		8/4~7	175	38.0	4	100	100	63	63	38	80.73	7.47		
5	1998 (H10)	6/21	122	25.0	15	75	64	45	25	0	185.56	17.17	90.69	
6		9/18~22	385	34.0	12	192	140	106	84	34	488.48	45.19		
7		9/23~24	214	49.0	13	143	85	70	49	49	306.30	28.34		
8	1999 (H11)	6/22~29	392	30.0	13	172	140	140	30	30	355.06	32.85	60.89	
9		7/2~3	154	35.0	7	112	100	82	62	35	303.11	28.04		
10	2000 (H12)	9/2	166	58.0	7	163	163	163	140	88	935.56	86.55	112.66	
11		9/10~12	323	24.0	32	252	159	92	0	0	142.20	13.15		
12		9/12~15	163	28.0	17	84	52	52	28	0	140.14	12.96		
13	2001 (H13)	8/19~21	466	39.0	35	377	350	298	214	135	2237.91	207.02	293.23	
14		9/30	136	48.0	7	117	105	89	89	89	550.46	50.92		
15		10/10	141	26.0	11	125	125	75	51	0	381.46	35.29		
16	2002 (H14)	7/6~10	199	76.0	9	95	95	76	76	76	274.10	25.36	158.38	
17		8/27~29	445	59.0	52	357	291	227	120	92	1438.03	133.03		⑧
18	2003 (H15)	5/30~31	101	23.0	10	83	61	43	0	0	136.55	12.63	88.16	
19		8/7~8/9	382	29.0	29	293	279	246	136	0	816.42	75.52		
20	2004 (H16)	4/27	90	19.0	11	54	19	0	0	0	94.57	8.75	225.70	
21		6/19~21	240	48.0	16	207	174	155	155	155	543.27	50.26		
22		8/3~5	326	41.0	21	237	216	128	106	78	619.87	57.34		
23		9/27~29	161	26.0	15	145	96	46	26	0	106.94	9.89		
24		10/19~20	319	59.0	25	232	207	174	154	127	1075.13	99.46		
25	2005 (H17)	9/4~7	465	27.0	40	344	185	47	27	0	144.74	13.39	13.39	⑥
26	2006 (H18)	5/7	161	32.0	16	114	69	53	32	32	367.16	33.96	89.36	
27		7/5	84	23.0	8	67	44	44	0	0	598.84	55.40		
28	2007 (H19)	7/10~15	450	23.0	26	227	167	67	0	0	154.62	14.30	14.30	⑦
29	2009 (H21)	6/22~24	128.5	44.0	7	85	62	44	44	44	293.93	27.19	67.56	
30		7/25~29	397	33.0	12	216	102	85	65	65	436.40	40.37		
31	2010 (H22)	4/22	157.5	29.5	17	89	51	51	30	0	362.82	33.56	98.74	
32		6/18~22	240	25.0	5	132	83	47	25	0	345.80	31.99		
33		7/9	100.5	30.5	11	80	53	53	31	31	131.12	12.13		
34		9/27~28	94.5	27.0	14	79	69	69	27	0	227.68	21.06		
35	2011 (H23)	6/10~11	111.5	27.5	17	42	28	28	28	0	325.49	30.11	449.58	
36		7/17~20	622	53.5	48	494	412	297	254	172	1226.32	113.44		④
37		8/31~9/3	1119	48.0	47	977	889	785	612	422	2764.46	255.73		①
38		9/19~9/21	364	43.5	28	246	171	154	154	77	543.72	50.30		
39	2012 (H24)	6/19	208.5	48.5	15	155	143	128	128	128	257.46	23.82	107.87	
40		9/30	273	61.5	10	260	260	260	260	233	908.60	84.05		
41	2013 (H25)	6/26	200	33.0	18	179	157	89	89	64	759.26	70.24	191.46	
42		9/14~16	470	54.5	31	393	331	244	174	91	1310.40	121.22		
43	2014 (H26)	8/8~10	649.5	51.5	45	580	486	402	353	218	2868.29	265.34	309.04	②
44		10/5~6	207	55.0	11	179	167	167	167	167	472.41	43.70		
45	2015 (H27)	6/2~3	102.5	26.0	12	62	48	48	26	0	246.82	22.83	96.24	
46		7/15~17	530	39.5	30	460	387	321	229	175	793.55	73.41		⑤

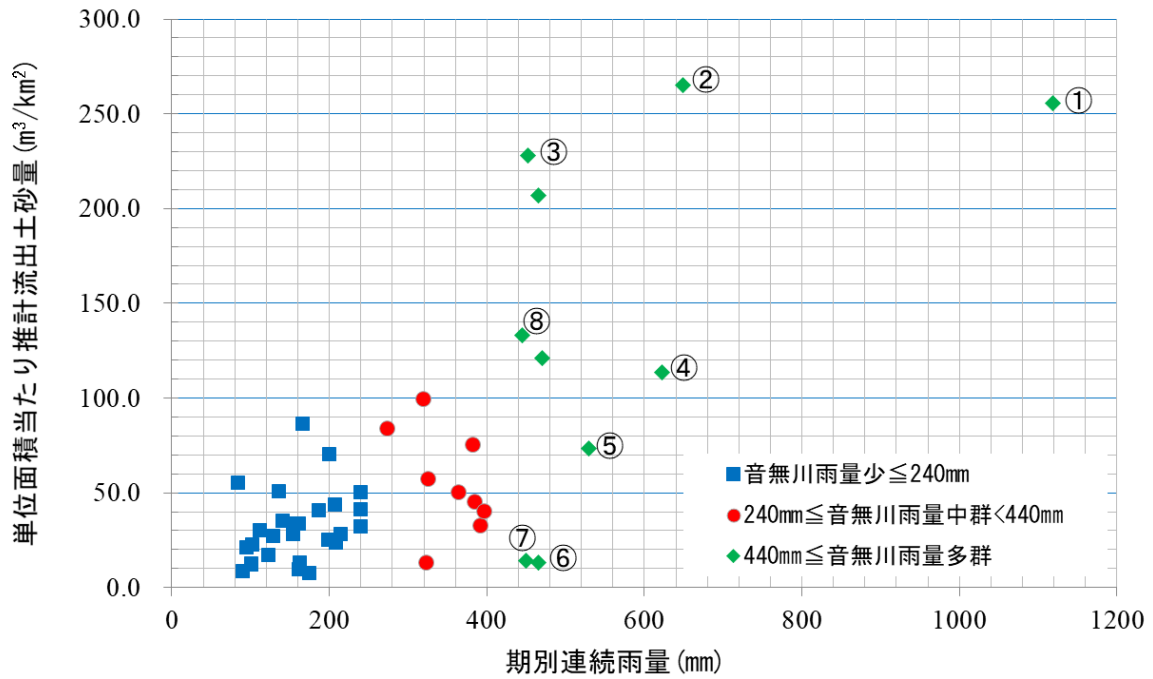


図 3-1 音無川流域 単位面積当たりの期別連続雨量と推計流出土砂量の関係

変化させたときの閾値を超える雨量の累積値（以降，累積有効雨量とする）を計算し，表 3-1 に記載した。

図 3-3 はこのうち，有効降雨強度を  $20\text{mm/hr}$  とした際の累積有効雨量(x 軸)と流出土砂量(y 軸)の関係をプロットしたものである。なお，図 3-3 には有効降雨強度の概念を適用する前の累積雨量（期別連続雨量）と流出土砂量の関係も合わせてプロットしている。図 3-3 より，有効降雨強度未満の雨量が省かれ総雨量が減ることにより，各プロットは y 軸方向へと移動するが，その移動量は総じて期別連続雨量が大きいものほど大きい。

図 3-3 には，累積雨量と流出土砂量の間に関係があるものと仮定して各プロット群に対する相関係数

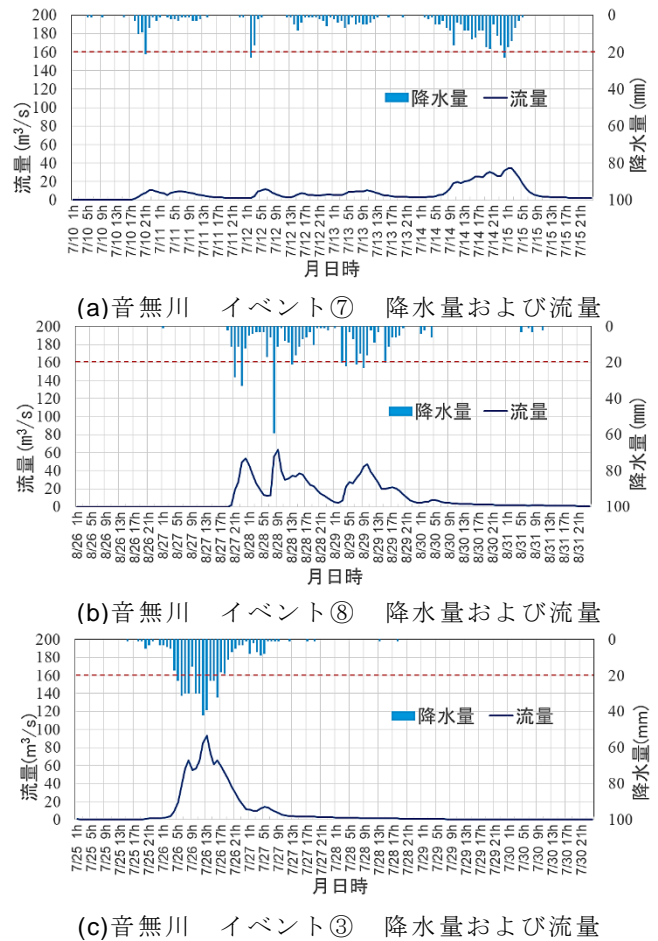


図 3-2 音無川流域 期別連続雨量 440mm 付近のイベントの降水

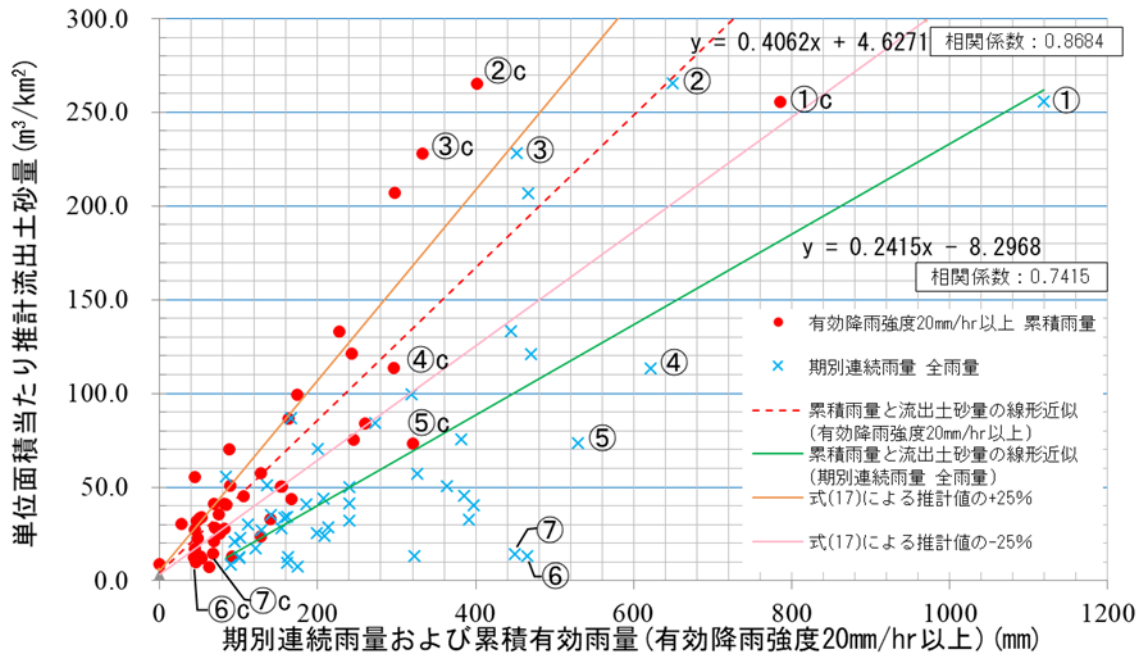


図 3-3 音無川流域 単位面積当たりの期別連続雨量および累積有効雨量(有効降雨強度 20mm/hr 以上)と推計流出土砂量の関係

を記入しているが、有効降雨強度を導入することにより、線形関数の傾きが大きくなると共に相関係数も大きくなることが見て取れる。

図 3-4 は、閾値の変化に対する相関係数の変化を示したものであるが、これより有効降雨強度を 20mm/hr とした場合に相関係数が最も高くなる。

以上のことから、音無川流域においては降雨強度が 20mm/hr 以上の場合に最も土砂流出に有効な降雨となり、それ未満の降雨を省いた累積有効雨量を用いることで、流出土砂量は式(17)によって見積もられる。

$$V_s = 0.4062R_{ce} + 4.6271 \quad (17)$$

ここに、 $V_s$ ：流出土砂量、 $R_{ce}$ ：累積有効雨量(閾値 20mm/hr)である。図 3-3 には式(17)による推計値±25%の領域も示しているが、半数以上のプロットがこの範囲内に存在し、精度としてはやや粗いものの式(17)の有効性を示している。

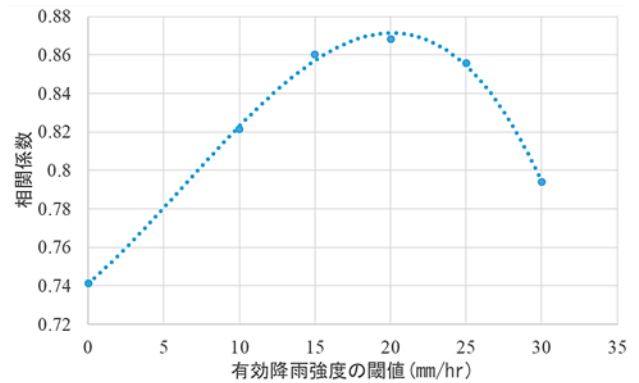


図 3-4 音無川流域 有効降雨強度の閾値に対する相関係数

## 第2節 西谷川および熊野川谷川流域における検討

上記、第1節4.において、音無川流域で得られた雨量の閾値および累積有効雨量と流出土砂量との関係性について、西谷川および熊野川谷川流域の観測結果に適用が可能か検討を行った。

### 1. 観測方法

西谷川流域では2014～2018年、熊野川谷川流域では2016～2019年に雨量、河川水位および流出土砂量の観測を行った。各年度の観測期間および流砂量計測日を表3-2に示す。

掃流砂の観測手法については、現在までに様々な検討がなされており<sup>7)~10)</sup>、ピット掃流砂計測装置に代表される直接的な手法と音響法に代表される間接的な手法があるが、本観測では掃流砂の絶対値を直接観測可能で、現時点では間接法より精度の良いピットによる手法を採用した。

西谷川流域では、流域のほぼ中心部に雨量計を、また流域下流端にほど近い落差工の直上部に図1-1に示す掃流砂量計測用のピットを設置し、ピット内部に水位計を設置した。ここで、ピットの諸元は開口部の幅1.8m、縦断方向長さ0.45m、深さ0.45m、空容積0.3386m<sup>3</sup>であり、捕捉された土砂量にピット幅と河道幅の比を乗じて河道全幅での流砂量<sup>4)</sup>とした。

熊野川谷川流域においては、集水域に明らかな崩壊地が含まれるのを避けて中流部に位置する落差工を選び、その直上部に西谷川と同様にピットと水位計を設置した。なお、ピットへの集水域は1.02km<sup>2</sup>であり、流域面積の約1/3である。

### 2. 観測結果

観測結果の一例を図3-5に、降雨イベント毎に整理したものを表3-3に示す。ここで、期別連続雨量は前後に24時間以上の無降雨期間がある一かたまりの降雨と考え、連続雨量が50mm以上、かつ原則として観測水位が河床面から5cm以上に上昇したイベントを抽出した。なお、設置した雨量計の不調による欠測期間に

表3-2 西谷川および熊野川谷川での各年度の観測期間および流砂量計測日

流域名	年度	観測期間	流砂量計測日
西谷川	2014(H26)	6/28～11/29	7/18, 8/19, 10/9, 12/17
	2015(H27)	8/6～12/23	9/22, 12/7
	2016(H28)	6/18～11/16	7/22, 10/31
	2017(H29)	7/1～11/22	8/15, 11/3
	2018(H30)	5/12, 6/28～11/26	5/12, 6/30, 9/1, 10/2
熊野川 谷川	2016(H28)	6/18～11/16	7/22, 10/31
	2017(H29)	7/1～11/22	8/15, 11/3
	2018(H30)	6/28～11/26	9/8
	2019(R1)	5/18～11/30	8/8, 9/14, 11/30

については、気象庁アメダスの栗栖川観測所の雨量で代用した。また、音無川流域（表 3-1）と同様に、イベント毎に累積有効雨量の試算値を示した。表 3-3 より、西谷川流域では期別連続雨量 63～681.5mm の範囲で観測結果が得られているが、期別連続雨量が 200mm 以下の場合流出土砂量が 0.07m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> 程度以下であるのに対し、500mm 以上となると、2018 年の 507mm のイベントを除き 0.32～0.43m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> となった。

一方、熊野川谷川流域では、期別連続雨量 154～664mm の範囲で観測結果が得られたが、西谷川で見られたような雨量の多寡に対する単位面積あたり流出土砂量の応答性が見られず、1.11～1.48m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> とほぼ一定であった。同流域の特徴としては、西谷川流域と比べて

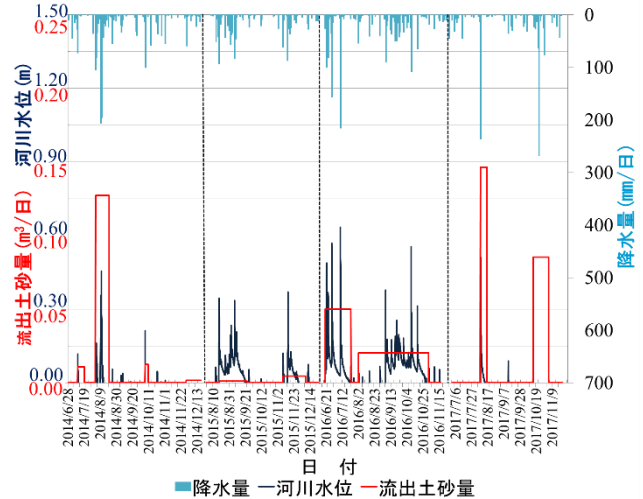


図 3-5 西谷川流域 降水量-河川水位-流出土砂量の観測結果 (2014～2017 年)

表 3-3 西谷川および熊野川谷川の期別連続雨量および各時間区分の累積雨量と流出土砂量の関係

番号	流域	対象降雨期間 (一連の連続雨量が50mm 以上かつ観測水位がある 場合は水位が5cm以上の 降雨を抽出)	観測値											km <sup>2</sup> 当たり 流出土砂量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	備考		
			期別連続雨量 (mm)	観測日	流出土砂量 (m <sup>3</sup> )	最大時間雨量 (mm)	左記 周辺連続 時間	期別連続雨量の内下記各時間区分の 累積雨量(mm)					最高 水位 (m)				
								(a) 時間10 mm以上	(b) 時間15 mm以上	(c) 時間20 mm以上	(d) 時間25 mm以上	(e) 時間30 mm以上					
1	西谷川 流域 面積	2014 7/6～7/10	131	7/18	0.097	13.0	18	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.019			
2		(H26)	8/1～5, 8～12	681.5	8/19	2.275	30.5	43	415.0	354.5	245.5	139.5	30.5	0.46	0.433	⑦	
3			10/5～10/6	115	10/9	0.055	40.5	8	99.5	71.5	71.5	71.5	71.5	0.21	0.010	⑤	
4			11/28～11/29	63	12/17	0.030	14.5	14	40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.006		
5	5.25 km <sup>2</sup>	2015 (H27)	8/17, 9/1～2, 6～9	339	9/22	0.134	29.5	17	242.0	180.0	145.5	55.5	0.0	0.35	0.026	④	
6			11/8～9, 13～15, 17～18	251	12/7	0.134	35.5	15	76.0	54.0	35.5	35.5	35.5	0.37	0.026	③	
7		2016 (H28)	6/19～21, 22～23, 27～30, 7/8～7/10	664	7/22	1.681	59.5	31	458.0	411.0	339.5	294.0	186.0	0.63	0.320		
8			8/1～2, 9/4～8, 12 ～15, 17～20, 22～ 25, 10/8～10/9	620.5	10/31	1.855	39.0	18	305.5	211.5	196.5	176.0	149.0	0.56	0.353		
9		2017 (H29)	8/4～8/7	254	8/15	1.287	34.0	25	183.5	169.0	98.5	34.0	34.0	0.51	0.245	①	
10			10/14～23, 28～29	527	11/3	1.735	31.0	47	294.5	239.0	204.5	111.5	31.0	-	0.330		
11		2018 (H30)	4/24～25, 5/2～3, 6～9	507	5/12	0.134	24.5	28	304.0	126.5	80.5	0.0	0.0	-	0.026	②	
12			5/30～31, 6/5～9, 18～21, 26～30	539.5	6/30	2.023	48.5	40	243.0	176.0	108.5	86.0	86.0	-	0.385		
13			8/23～24	337.5	9/1	1.753	52.0	34	252.5	252.5	233.5	233.5	181.5	0.76	0.334		
14			9/29～10/1	174	10/2	0.370	34.5	16	127.5	114.5	65.0	65.0	65.0	0.61	0.071	⑥	
15		熊野川 谷川 流域 面積	2016 (H28)	6/19～21, 22～23, 7/8～10	664	7/22	1.448	59.5	31	458.0	411.0	339.5	294.0	186.0	0.18	1.426	
16				9/4～8, 12～15, 17～20, 22～25, 10/8～9	566.5	10/31	1.125	39.0	18	261.5	152.5	132.0	132.0	105.0	0.10	1.107	⑧
17		3.01 km <sup>2</sup>	2017 (H29)	8/4～8/7	254	8/15	1.505	34.0	25	183.5	169.0	98.5	34.0	34.0	0.13	1.481	
18				10/14～10/23	426	11/3	1.430	31.0	47	235.0	193.0	175.5	82.5	31.0	0.19	1.407	
19	2018 (H30)		8/23～24, 9/4	489	9/8	1.486	52.0	34	372.5	362.0	343.0	302.0	250.0	0.48	1.463		
20	ピット への集 水面積		2019 (R1)	5/20～21, 6/26～ 7/2, 7/3～4, 15～19	504.5	8/8	1.329	34.5	31	203.0	144.5	111.0	88.0	34.5	0.05	1.308	
21	1.02 km <sup>2</sup>		8/13～16	395.5	9/14	1.467	32.0	56	254.0	156.0	106.0	58.0	32.0	0.33	1.444		
22			10/17～19	154	11/30	1.442	38.0	26	71.5	71.5	38.0	38.0	38.0	-	1.419		

河川水位の上昇の程度が低く、降雨イベント終了後、短時間で河床以下に水位低下しており、伏流水化していることが考えられる。

### 3. 降水と土砂流出の傾向

期別連続雨量と単位面積あたりの流出土砂量の関係を図 3-6 に示す。図 3-6 には、西谷川と熊野川谷川の両者の結果をプロットしている。図 3-1 に示した音無川の結果と比較すると、ばらつきはあるものの、熊野川谷川で 1~2 オーダー程度、西谷川ではさらに 1 オーダー流出土砂量が小さい。第 1 節 3. で検討したグループ分けの観点で見ると、西谷川に関しては、音無川と同様に雨量 200~250 mm を境に流出土砂量のばらつきが大きくなっている。

一方、雨量 400mm 前後でばらつきはそれほど変わらないが、むしろ雨量 520mm 以上で流出土砂量がほぼ  $0.40 \text{ m}^3/\text{km}^2$  程度に収れんしている。これに対して熊野川谷川では、第 2 節 2. でも指摘したように、1 イベントを除いて流出土砂量は  $1.40 \text{ m}^3/\text{km}^2$  でほぼ一定である。

以上のことから、西谷川では音無川の例に倣い、雨量 200mm あたりに 1 つのグループ境界の存在がうかがえる。加えて、雨量 520mm 以上での傾向から、同流域の限界流出土砂量は今回の観測結果からは  $0.40 \text{ m}^3/\text{km}^2$  程度と推測される。

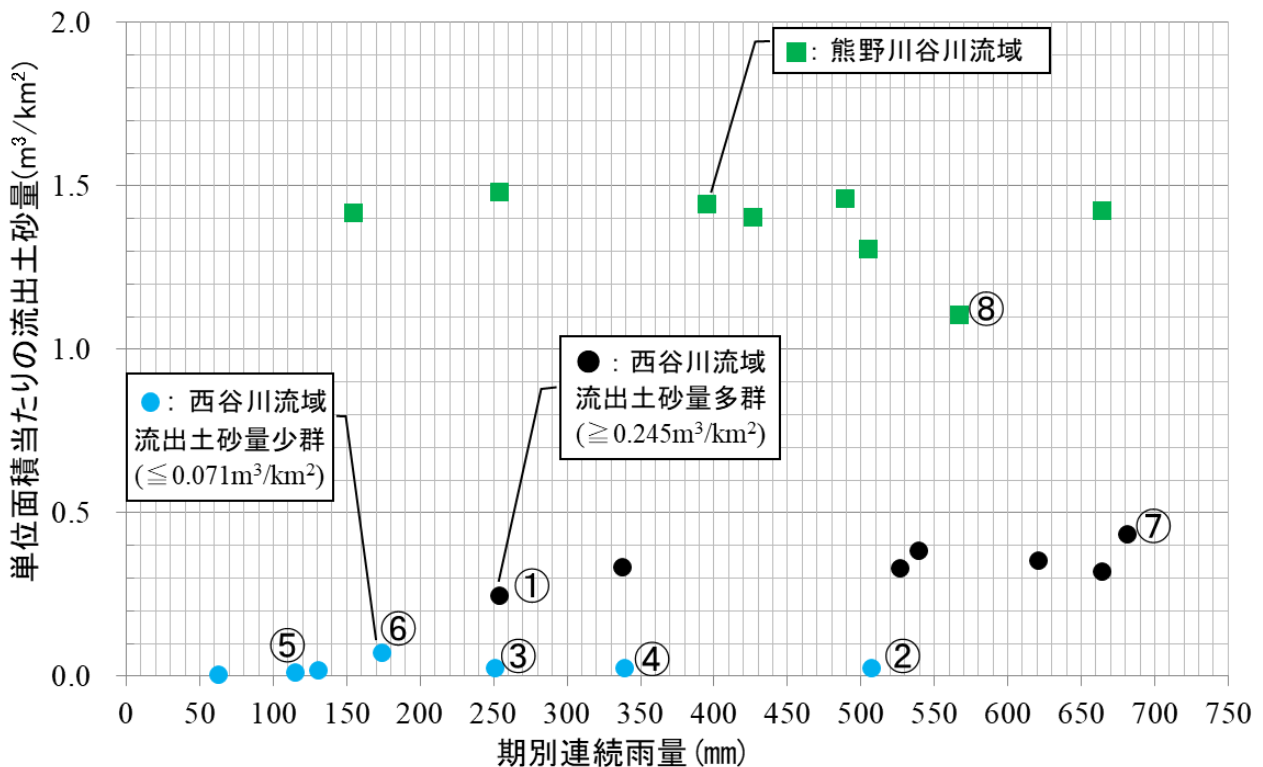


図 3-6 西谷川および熊野川谷川流域における期別連続雨量と単位面積当たりの流出土砂量の関係



一方、熊野川谷川では、今回の観測結果においては、単位面積あたりの流出土砂量は雨量に依らずほぼ一定と特異な結果を示している。

ここで西谷川および熊野川谷川と音無川流域のオーダーの違いについて、2011年9月の大水害時の崩壊地面積(図 3-7~9)<sup>11)</sup>と各河川の水位(図 3-10)の観点から考察を行った。まず、崩壊地面積から推定崩壊土砂量を求める Guzzetti らの経験式<sup>12)</sup>を式(18)に示す。式(18)によって求めた各流域の推定崩壊土砂量を表 3-4 に示した。

$$V = 0.074A^{1.45} \quad (18)$$

ここに、 $V$ ：崩壊土砂量、 $A$ ：崩壊面積である。

表 3-4 より、崩壊土砂量は、熊野川谷川流域では 19,412m<sup>3</sup> で、音無川の 97,971m<sup>3</sup> と比較して、ほぼ 1 オーダー小さく、西谷川では 5,116m<sup>3</sup> で熊野川谷川と比較してさらに 1 オーダー小さい推計結果となり、図 3-1 と図 3-6 で示された流出土砂量の関係性と同様の傾向が見られた。

次に、2014 年から 2018 年までの降水量および各流域の河川水位を示したものが図 3-10 である。なお、音無川の 2015 年の水位については、水位計の不具合により欠測となっている。図 3-10 より、音無川の最大水位は 2.40m 程度で、西谷川は 0.60m 程度、熊野川谷川は 0.40m 程度となっており、河川水位の観点からも音無川は西谷川・熊野川谷川流域で流出土砂量は雨量に依らずほぼ一定となったことについては図 3-10 に示すように同川は水位上昇量も継続時間も小さく掃流力は小さいものの、表 3-4 に示すように多量の崩壊土砂が河道に残留しているため、短時間で同流域の限界流出土砂量に達した後に水位低下するといった流量の変化が短時間に急激に生じる先鋭的な土砂流出現象による可能性が考えられる。

加えて、西谷川流域の特殊事情として、



図 3-7 西谷川流域の崩壊位置図



図 3-8 熊野川谷川流域の崩壊位置図

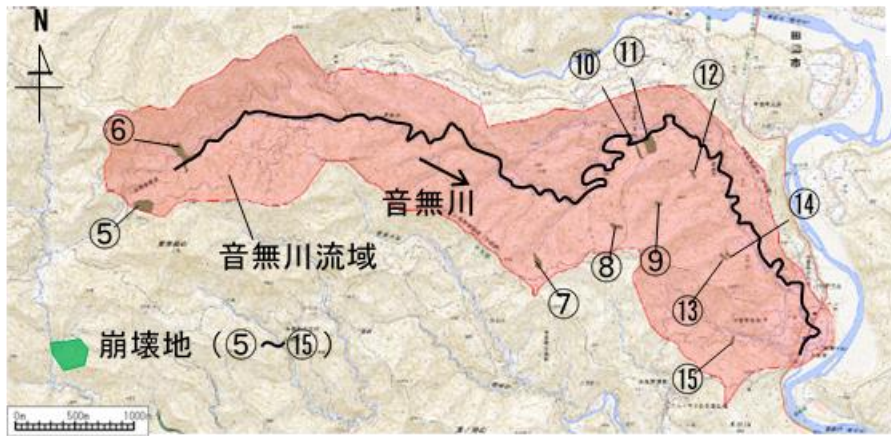


図 3-9 音無川流域の崩壊位置図

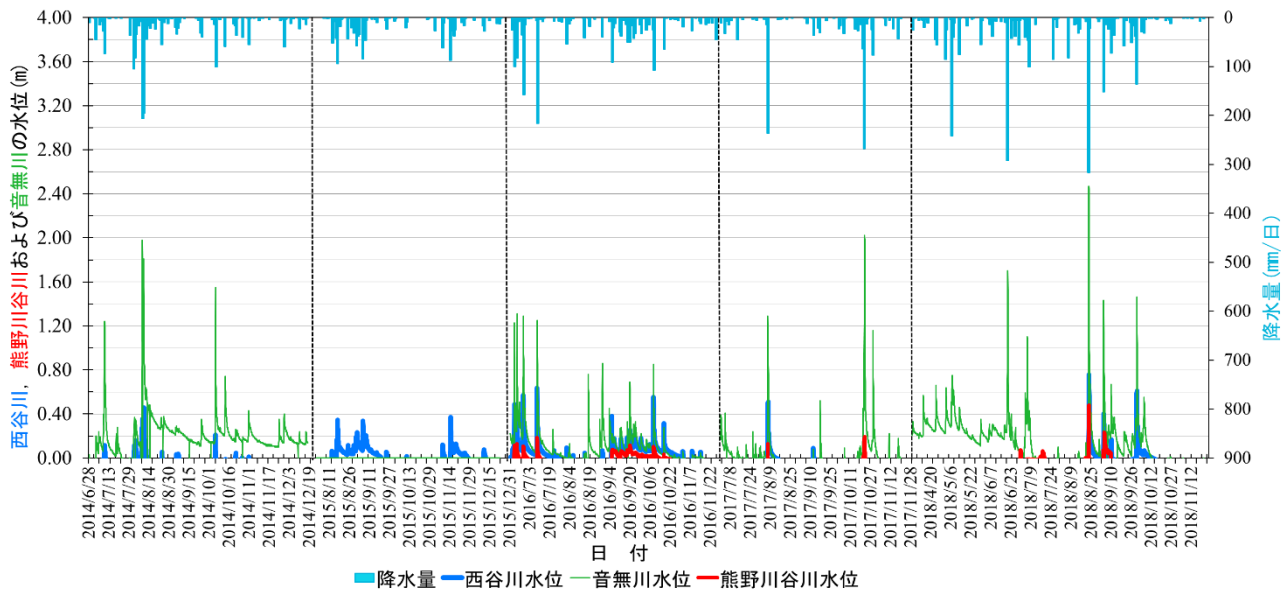


図 3-10 西谷川，熊野川谷川および音無川流域における降水量と河川水位の観測結果（2014～2018）

同流域は過去に地すべり対策事業による地下排水トンネル等の施設が設置されており，それらの流末は岩盤が露呈した沢に流下されている．このことも，同流域の流出土砂量が少ないことの要因として考えられる．

#### 4. 土砂流出に有効な降雨強度の検討

第 2 節 3. での検討において，熊野川谷川では流出土砂量は雨量に依らずほぼ一定であったことから，本項目の検討は西谷川に限って進めることとした．

表 3-4 西谷川，熊野川谷川および音無川流域

流域名	崩壊地番号	崩壊地面積 (m <sup>2</sup> )	推定崩壊土砂量 (m <sup>3</sup> )
西谷川	①	2,005	4,543
	②	481	573
	計	2,486	5,116
熊野川谷川	③	4,947	16,828
	④	1,359	2,585
	計	6,306	19,412
音無川	⑤	8,274	35,475
	⑥	2,733	7,118
	⑦	2,356	5,740
	⑧	1,716	3,625
	⑨	714	1,016
	⑩	3,468	10,054
	⑪	5,431	19,267
	⑫	1,928	4,292
	⑬	1,847	4,031
	⑭	1,200	2,157
計	31,866	97,971	

図 3-11 は、西谷川における観測結果に対して図 3-3 と同様に、有効降雨強度の概念を適用したときの累積雨量および期別連続雨量を x 軸に、流出土砂量を y 軸にプロットしたものである。

なお、図 3-11 には、有効降雨強度の概念適用前の関係に加えて、有効降雨強度を 15mm/hr および 20mm/hr とした際の結果および相関係数を合わせて示している。

有効降雨強度の概念を適用することによるプロット群の変化傾向は、音無川におけるものと同様であることが確認できる。しかしながら西谷川においては、有効降雨強度を 20mm/hr とした場合には相関係数が適用前よりも小さくなり、適合度はかえって良くない。

今回検討した閾値の範囲では、西谷川流域に対しては 15mm/hr とした場合の相関係数が最も高かった。このことから、一流域で得られる有効降雨強度は必ずしも普遍的ではないが、概ね 15~20mm/hr 程度となることが推測される。

図 3-11 には、図 3-3 と同様に、有効降雨強度 15mm/hr とした場合の流出土砂量の推計値±25%の領域も示しているが、音無川ほどにはこの概念の適用が有効でないことがわかる。その理由としては、データ総数が少ないことに加えて、流出土砂量の少ない部分（0.10m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>以下：以下グループ D とする）と多い部分（0.24m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>以上：以下グループ E とする）とに二分されて偏ってデータが存在していることがあげられる。そこで、プロット群をこれら 2 つのグループに分け、それぞれで相関およびその±25%を

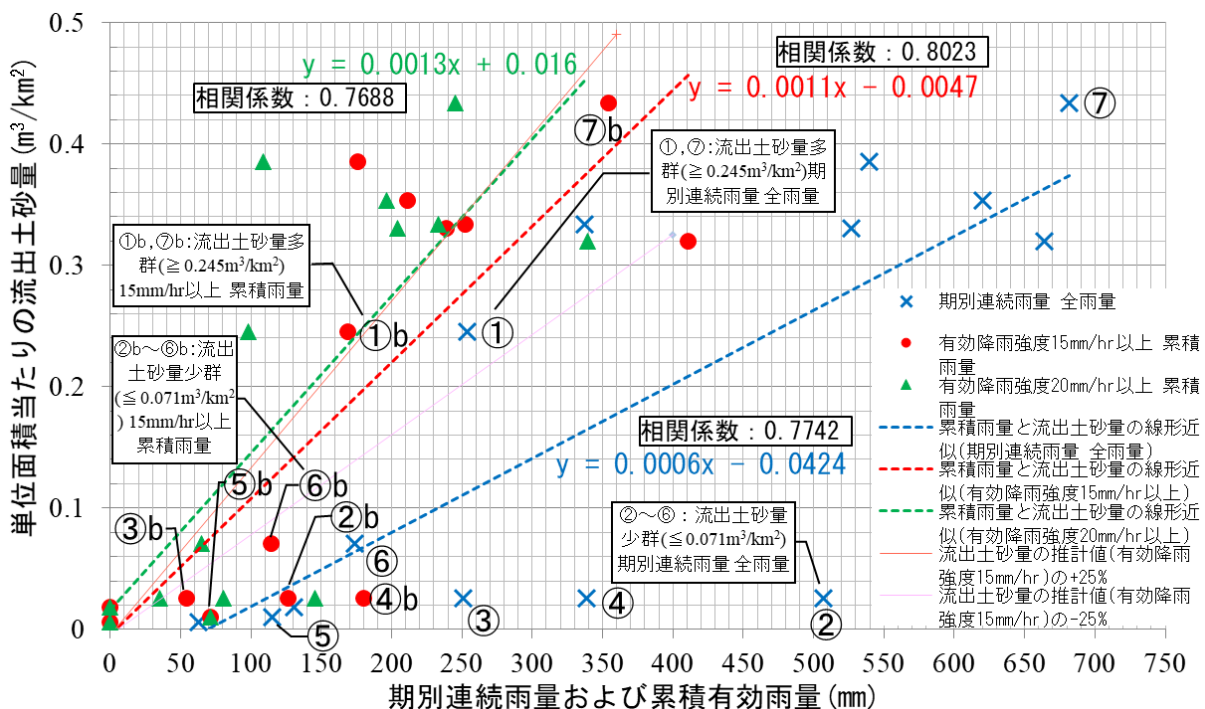


図 3-11 西谷川流域の期別連続全雨量および累有効積雨量(有効降雨強度 15mm/hr 以上および 20mm/hr 以上)と流出土砂量の関係

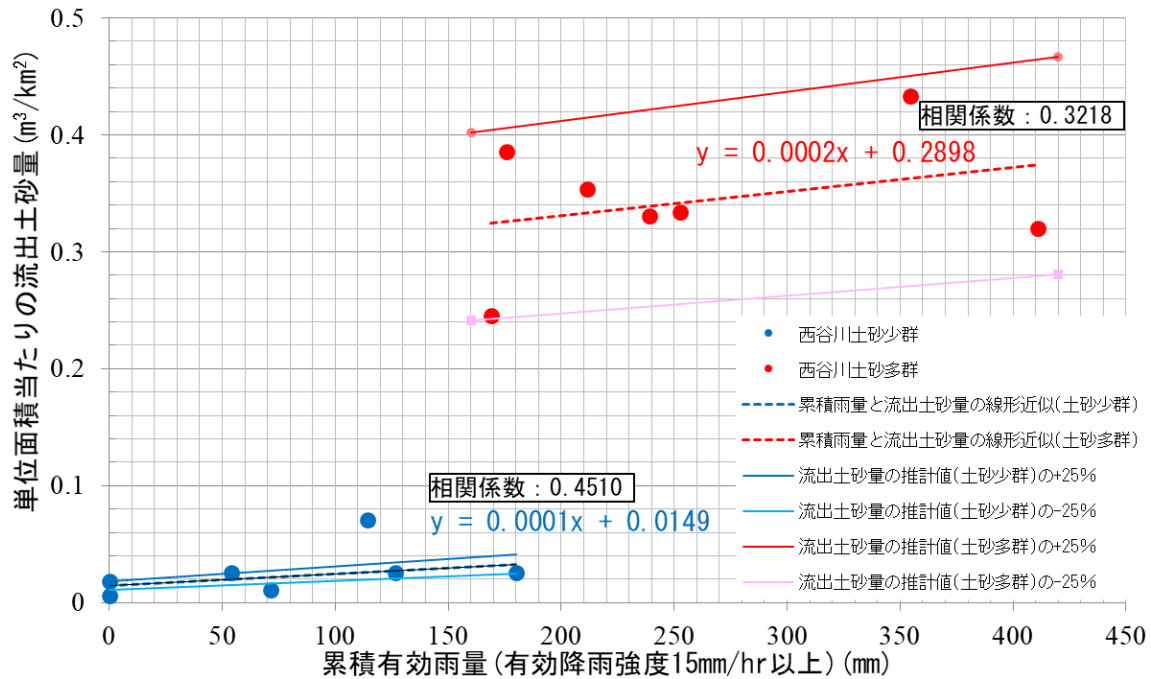


図 3-12 西谷川流域の累積有効雨量(有効降雨強度 15mm/hr 以上)と流出土砂量の関係

取ったものが図 3-12 である。なお、横(x)軸は累積有効雨量(閾値 15mm/hr)であり縦(y)軸は単位面積当たりの流出土砂量( $\text{m}^3/\text{km}^2$ )である。また相関係数を合わせて示している。図 3-12 より、相関係数は必ずしも高くはないものの、グループ E についてはほぼ全てのプロットが、またグループ D についても大半のプロットが $\pm 25\%$ の領域に存在することがわかる。

さらに、期別連続雨量(図 3-6)では 250~500mm の範囲で重なっていた両者の境界を、概ね 170~180mm と決定することができる。境界値付近では流出土砂量が 2 つ存在する課題は残るが、西谷川のように雨量に対する流出土砂の応答が明瞭に変化する流域では、有効降雨強度の概念を導入することで、雨量の境界値を明確に決定できる可能性を示唆している。

以上より、西谷川流域においては降雨強度が 15mm/hr 以上の場合に最も土砂流出に有効な降雨となり、それ未満の降雨を省いた累積有効雨量を用いることで流出土砂量は式(19)および式(20)によって見積もられる。

$$V_s D = 0.0001 R_{ce} + 0.0149 \quad (19)$$

$$V_s E = 0.0002 R_{ce} + 0.2898 \quad (20)$$

ここに、 $V_s D$ はグループ D の、 $V_s E$ はグループ E の流出土砂量、 $R_{ce}$ : 累積有効雨量(閾値 15mm/hr)である。

## 5. 提案したモデルの実用的意義

今回導出した簡易な土砂流出量予測モデル，具体的には式(17)，式(19)および式(20)の実用性について考察する．

和歌山県では近年，冒頭に記した 2011 年 9 月台風第 12 号による大規模斜面崩壊以外にも，2003 年 8 月台風第 10 号，2009 年 7 月梅雨前線，2017 年 10 月台風第 21 号，2018 年 9 月台風第 21 号等による出水により，中下流域での土砂堆積による河床上昇や，護岸の被災などが問題となっている．被災後調査の中心となる土木技術職員数は，1980 年度から 2020 年度の 40 年間で，約 520 人から約 380 人まで約 3 割削減されており，現場レベルで全ての流域エリアを調査することは極めて困難であり，その状況は今後気候変動の激化に伴い一層深刻となることが予想される．また，県管理河川の出水による土砂流出・被災状況については，職員の調査作業の安全確保を第一として，水位が低下した後に，河川管理道路や一般道路，橋梁上など，河川へのアクセスが容易な箇所から目視による調査を中心に実施しているが，前述したように約 2,000km に及ぶ河川延長を有する全ての流域を調査することは現実的には不可能であり，実際には出水後かなりの時間が経過した後に，市町村や地元地区からの通報により河床上昇や被災箇所を認識することが大部分を占めるため，流域にとって治水安全度が低下した危険な状態で，長期間にわたり放置されている現状となっている．

このような状況への対応策として，既に開発された数値モデルにより事前，ないしは発災後に各流域での流出・堆積土砂を推定し効率的に調査・対応を進めることが考えられるが，全ての流域に対して，想定される全ての降雨パターンを用いて事前予測することは現実的ではなく，また発災後にそのような解析を行うこともモデルが複雑であるほど即応性に欠ける点は否めない．

今回提案したモデルは，降雨量に応答した流出土砂量を，複雑なモデル計算を行うことなく，表計算レベルで容易かつ迅速にある程度の精度で推定できるところに特徴があり，実際に河道を流下する流砂量を推定できる点で現状の土壌雨量指数よりも有利である．本モデルであれば，想定される全てとまでは行かずとも，多数の降雨パターンに対して各流域での流出土砂量を事前予測しておき，実際の降雨パターンに照らして類似のものから現地状況を推定することや，短時間降雨予測に基づき直前予測を行い前もって被害想定流域を絞り込んでおくこと，あるいは実降雨を用いた発災直後の迅速な推定も可能と考える（図 3-13）．

特に、以上の作業を、複雑なモデルに対する知識や計算の技術を有せずとも実行可能な点は、上述の技術者の減少や地方自治体における政策的経費の減少に対する方策としても有効である。各河川の流出実態を踏まえた上で、簡易かつ迅速な流出土砂量の推定を行うことは、近年頻発する土砂の流出と河道内堆積による氾濫現象<sup>13)</sup>の助長を未然に防ぐという点で治水安全度の向上に資するのみならず、調査業務量をいたずらに増やすことなく迅速に県単独事業による河床掘削や災害復旧事業の応急復旧工事を施工することによって治水安全度の向上を図り流域内住民の生命を守ることに資するものとして、地方自治体レベルの河川管理の実態に即したものとする。

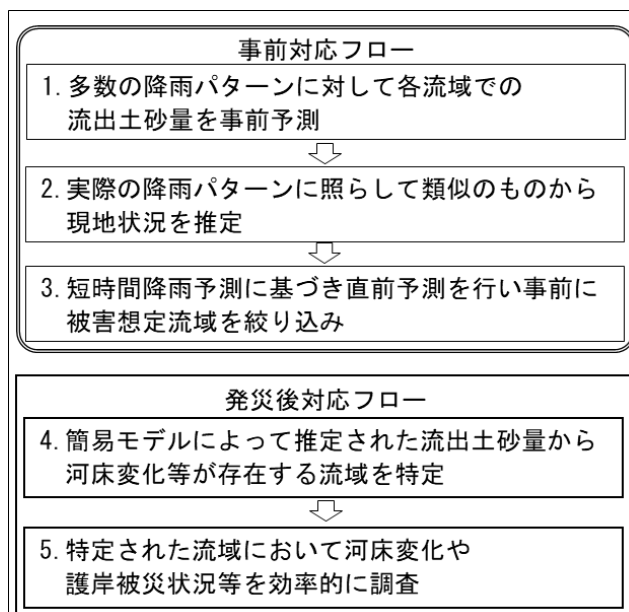


図 3-13 提案したモデルを用いた対応フロー

## 参考文献

- 1)国土交通省 近畿地方整備局 紀南河川国道事務所：H25年度熊野川土砂動態分析評価資料作成業務報告書，株式会社ニュージェック受託，pp.1-16，pp.5-1-124，2014
- 2)箭内 寛治，浅川 美利，土木学会編：わかり易い土木講座6 土質工学，pp.66-67，彰国社，1991
- 3)福田郁子，武藤裕則，田村隆雄，小井宣秀：森林の状態が土砂流出に与える影響に関する基礎的研究，令和2年度土木学会四国支部技術研究発表会，2020.
- 4)岡本敦，内田太郎，鈴木拓郎：山地河道における流砂水文観測の手引き（案）国総研資料，第686号 pp.13-14，pp.20-26，2012.
- 5)山本晃一編：総合土砂管理計画，技報堂，pp.162-164，2014.
- 6)土木学会水工学委員会：水理公式集，p.265，2018.
- 7)谷寧人，水山高久，堤大三，藤本将光：山地河川における間接法と直接法を用いた流砂観測事例，平成24年度砂防学会研究発表会概要集，pp.612-613，2012.
- 8)水山高久，里深好文：ピット掃流砂計測装置のハイドロフォンのキャリブレーションへの適用，砂防学会誌，Vol. 56，No. 3，pp.55-56，2003.
- 9)吉柳岳志，永井健二，竹内昭浩，臼杵伸浩，佐野寿聰，江口友章，西村直記，水山高久：自動開口式ピット掃流砂計測装置の開発，砂防学会誌，Vol. 65，No. 2，pp.37-39，2012.
- 10)鈴木拓郎，内田太郎，岡本敦，高橋健太，山下伸太郎，小菅尉多，福本晃久：音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂観測手法の現地適用性の検証，砂防学会誌，Vol. 66，No. 1，pp.4-14，2013.
- 11)和歌山県 県土整備部 河川下水道局 砂防課：平成23年度 砂調第102号 台風12号災害発生箇所判読業務 報告書，国際航業株式会社受託，p.4-1，2012.
- 12)国土技術政策総合研究所：平成23年(2011年) 紀伊半島台風12号土砂災害調査報告6. 台風12号による土砂災害の評価及び対応，国総研資料，第728号，p.189，2012.
- 13)土木学会水工学委員会 2017年九州北部豪雨災害調査団：平成29年7月九州北部豪雨災害 調査報告書，pp.48-175，2020.6.
- 14)経済産業省 HP：「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略を策定しました」（2020年12月25日）<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html>（2022年3月6日閲覧）

## 第4章 結論

本研究では、大規模降雨や森林の荒廃が、土砂の生産や河道への流入に与える影響を明らかにすることを目的として、第1章では、富田川流域の概要について、また、第2章では、森林および河川状況の変遷について検討を行った。

森林は、古来、寺院や城郭などの建築物、橋梁や水制工などの社会資本の材料となる木材の生産源として不可欠な存在であった。また、先人達は、代々伝わる知恵に基づき、濫伐防止のための森林保護政策や伐採跡地等には植林を行い、流域内の洪水や土砂災害の防止に尽力してきた。荒廃した森林が大規模な降水を被ると、流出土砂量が多くなることを経験則として認識していたことが分かった。

これらの森林の防災機能については、我が国全体および和歌山県の森林の変遷と災害発生の歴史を整理することによって、より一層明らかになった。

我が国では、明治時代に入り、急速に近代化が進められ、建築物や鉄道などの資材に木材の利用が急増したことに伴い、森林の伐採が盛んに行われたため、森林が荒廃化し全国各地で災害が多発した。これらのことを契機として、森林法や河川法、砂防法が制定され、流域の災害対策が体系的に整備された。また、第二次世界大戦中の軍事物資の確保のために、また、戦後の復興期にも、戦災を受けた主要な都市の復興などによって、森林が大量に伐採されたため、明治時代と同様に災害が各地で多発した。防災対策および用材林生産のために荒廃地を中心として造林が行われたが、高度経済成長期以降、安価な外国産材の輸入とプラスチック等の他原料の資材に置き換わることによって林業は衰退していった。

林業家の能城氏も指摘していたが、流域の防災機能の多くを担う森林の整備を、経済原理に依拠する民有林政策として行うことが、問題の根源にあることが明らかになった。こうしたなか、2020年10月、菅内閣総理大臣は2050年カーボンニュートラルに向けて脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した<sup>14)</sup>。二酸化炭素吸収源としての森林整備の推進が期待される。

第3章では、降水と流出土砂量の関係性について、それらの間に見られる傾向と雨の降り方、すなわち降雨強度、および流域の治水安全度の向上方策について検討を行った。検討の結果、得られた成果を列挙すると以下のとおりである。

1. 音無川流域における雨量と流出土砂量の関係から、概ね雨量の増加に伴い流出土砂量も増加する傾向が見受けられるが、同時に同一雨量に対する流出土砂量のばらつきも大きくなり、その程度は雨量240mm、440mmの2つの境界値を越えるごとに段階的に大きくなることがわかった。



2. 同一雨量に対する流出土砂量のばらつきを説明する概念として有効降雨強度，すなわち土砂流出に有効な降雨強度を導入し，有効降雨強度以上の雨量成分（累積有効雨量）と流出土砂量の関係を検討した結果，音無川流域においては有効降雨強度を 20mm/hr とした場合に累積有効雨量と流出土砂量の相関が最も高かった。
3. 西谷川および熊野川谷川流域における流出土砂量は，音無川に比べて 1～3 オーダー小さい。西谷川においては，音無川と同様に雨量の増加に伴う流出土砂量とそのばらつきの増大が見られたが，熊野川谷川については雨量に対する応答性が見られずほぼ一定値であった。
4. 西谷川流域においては，有効降雨強度を 15mm/hr とした上で，流出土砂量の多寡による 2 つのグループに分けて，第 4 章 2. で述べた有効降雨強度の概念を適用することで，概ね適切な流出土砂量を予測することができた。
5. 各流域において得られた累積有効雨量と流出土砂量の関係式を活用して，流域毎の大規模降雨による流出土砂量や災害発生の予測を行い，対応する流域を絞り込むことで，効率的な河川管理が可能となり，流域の治水安全度向上に資する可能性を示唆した。

今後の課題としては，各小流域でのピット容量の拡大や自動観測システムの開発などによる観測精度の向上，および出水期間中の時期による流出土砂量の特性の分析により，降水との関係性をより明確にすることが必要である。また，富田川流域全体への適用，並びに森林の樹種や管理状態の差異による降水量と流砂量の間関係性をより明確にするために，同一の地質区分上に存在し，森林状態が異なる流域での比較検討が望まれる。

**謝辞：**本研究を実施するに際し，徳島大学大学院社会産業理工学研究部の武藤裕則教授，田村隆雄准教授および京都大学防災研究所白浜海象観測所の馬場康之准教授に終始多大なる御指導および御支援を頂いたことに深謝いたします。また，現地調査や観測，データ解析などにおいて，京都大学防災研究所白浜海象観測所の水谷英朗助教(当時)，久保輝広技術職員，徳島大学河川・水文研究室福田郁子氏，長谷川諒氏，宮本光司氏，国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所の築地貴裕課長および水上裕介課長，和歌山県河尻拓郎次長，天野拓士主任，中村圭吾主任，平畑哲哉主査，田村直大主査，松川大佑技師，和歌山県森林・林業局職員諸氏，田辺市職員諸氏，一般社団法人全国治水砂防協会大野宏之理事長，能城宏之氏，洞口久善氏，串憲和氏，竹末圭一郎氏，柏木美智代氏，松本拓也氏等地元関係諸氏に御協力を頂いた。そして，日々の仕事および研究に取り組むなかで，姉塚元孝子氏，妻真千，長女みこの，二女更紗には 8 年に亘る長期間支えて頂いた。ここに感謝の意を表します。