

地域の安全確保に一層尽力し、
技術開発の成果を全国へ発信する



紀伊山系砂防事務所 事務所長
やまもと さとし
山本 悟司さん

「崩壊土砂量1億m³」というのは、とてつもない土砂量です。発災当時は、道路が寸断されて近づけない地域もあり、状況把握が困難な状態でした。緊急対策工事を早急に進めるため、長殿・栗平地区では、ヘリコプターで運搬できる分解型重機を使用しました。工事用の仮設道路は、繰り返す大雨で幾度か流失。斜面崩壊が拡大するリスクも少なくありませんでした。現場の条件として厳しく、安全確保に細心の注意を払いながら対策工事を進めていきました。

そうした難しい環境に適した多様な新技術・工法を導入しています。近畿地方整備局では対策技術の確立・発展や、成果の還元・発信などを行う「大規模土砂災害対策技術センター」を、和歌山県の那智勝浦町に設置しました。また、ゼネコンなど民間企業の皆様が持つ技術力を活用するため、E/Cという契約方式等で技術提案を受けました。作業の安全確保に向け、重機を無線で遠隔操作する「無人化施工」の他、重機が自動的に工事を行う「自動化施工」を導入しました。急峻な地形の栗平地区では、ドローンによる目視外自律飛行の実証実験を、全国で初めて令和3年3月に実施しました。これはドローンを自律飛行させて、離陸地点から見通しのかかない箇所を撮影・点検する取り組みです。発災から10年を経て一定の成果に至りましたが、国の「国土強靱化計画」などの制度も活用し、少しでも早く住民の皆さまに安全な地域を取り戻していただけるよう、今後も努力してまいります。



1.紀伊山系砂防事務所
…紀伊半島大水害の被害を受け、二次災害防止を目的として平成24年(2012年)に開設。
2.大規模土砂災害対策技術センター…今後起こる大規模土砂災害に向け、調査・研究、対策技術の開発を行う施設。



い や
熊野地区
(和歌山県田辺市)



被害: 死者・行方不明者3人、全壊5棟
崩壊土砂量: 約526万m³
河道閉塞: 高さ25m、幅350m

湛水池の規模が比較的小さく、埋め戻しは完了し、1号砂防堰堤は完成、床固工群を施工している。施設管理用道路が市道を兼ねており、令和3年6月に市道として復旧し供用を開始。大回りの迂回規制が解除された。

土研式投下型
水位観測パイ

測定機器の運搬が難しい湛水池にヘリで投下し水位を測定する



3県の崩壊土砂総量は、東京ドーム約80杯分にあたる約1億m³に及んだ。大規模な斜面崩壊の多くは、表土層だけでなく深層の地盤まで崩れる「深層崩壊」。土砂によって河道(水の流れ)が閉塞し、湛水池(天然ダム)が形成された。あれから10年、近畿地方整備局の「紀伊山系砂防事務所」と、その直轄事業「赤谷地区」(奈良県五條市)工事現場、また、道路寸断により孤立を余儀なくされた十津川村(同県を視察し、しるWalker'sハッシュレポート1、2として報告する。



きたまた
北股地区
(奈良県野迫川村)



被害: 全半壊8棟
崩壊土砂量: 約117万m³
河道閉塞: 高さ28m、幅130m

河道閉塞した直下に住宅地域が広がる。5カ所のうち、崩壊地の規模は比較的小さく、湛水池の埋め戻しは完了し、1号・2号砂防堰堤が完成している。現在、床固工群などを施工している。

無人化施工

モニターを見ながら無人化施工で重機を遠隔操作。



紀伊半島大水害から10年 先進技術を 駆使し、 復旧進む 防災の思い新たに

平成23年(2011年)9月、台風12号により、紀伊半島(奈良県和歌山県・三重県)では、3000力所を越える斜面崩壊が発生し、死者・行方不明者88人を数えた(紀伊半島大水害)。



くりだいら
栗平地区
(奈良県十津川村)



崩壊土砂量: 約2,385万m³
河道閉塞: 高さ100m、幅350m

崩壊土砂量が約2,400万m³と、5カ所のうちで最も多い。谷が深く、現場への移動がより困難な地区である。湛水池の埋め立ては完了。基幹堰堤(1号砂防堰堤)が完成し、2号砂防堰堤を施工中。

目視外自律飛行
ドローンによる点検

自律飛行する、調査用ドローンと電波中継用ドローンの2機を用い、危険箇所を自動点検(国産機)。



ながとの
長殿地区
(奈良県十津川村)



崩壊土砂量: 約595万m³
河道閉塞: 高さ85m、幅400m

基幹堰堤(2号砂防堰堤)が、平成28年に完成した。湛水池の仮排水路を設置し、現在は斜面地下で急勾配の排水トンネルを掘削している。湛水池の水位を下げた後、埋め戻しを行う計画である。

(上)ヘリで運べる分解型重機
(下)排水トンネル掘削機

掘削には、多様な地盤状況や障害物にも対応するCMT工法(複合推進工法)を採用。



大規模河道閉塞地区

被災地に
最新技術を導入

過去に例のない豪雨、甚大な被害——。平成23年9月上旬、国土交通省近畿地方整備局は、日本建設業連合会へ災害対策工事の支援を要請。河道が全閉塞した5カ所の現場で、困難を極めながらも官民一体となり、調査・測量作業が進められた。こうした迅速な初動対応により、災害発生12日後に緊急対策工事がスタート。技術開発を進め、湛水池の洪水を防ぐ対策、斜面の再崩壊を防止する対策、土石流対策などの工事が行われた。「二次災害を防ぐ!」という関係者共通の思いが、その作業を根拠から支えていた。

立入りできない
施工環境の中、
自動化施工により
生産性を向上させる



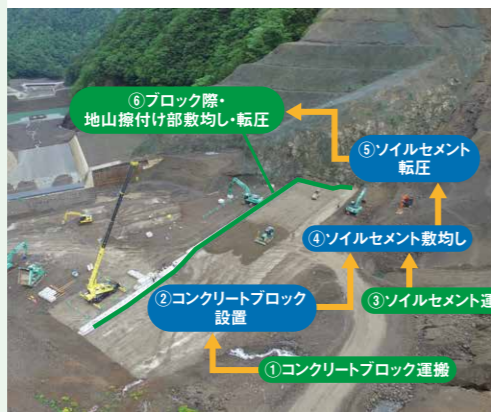
鹿島建設株式会社
赤谷工事事務所 所長
江口 健治さん

流域面積が広く水位上昇が顕著なことに加えて、崩落斜面の上部に段差40cmほどの地割れがあり、また、斜面からの堆積土が泥流化し施工領域に流入するリスクもありました。再崩落対策として、斜面監視用の計測機器を配置したほか、「作業中止基準」を明確に定め、雨量などが基準値を超えると担当者の携帯電話に警報が届くシステムを導入しました。

また、早期から無人化施工を採用。被災の翌年から、出水期になると台風や大雨、再崩落が発生し、手戻りがありました。これまで人的な二次災害は起きていません。現在施工中の3号砂防堰堤は、出水期間中は人の立ち入り禁止となる区域に位置しています。出水期は無人化施工と、新たに自動化施工を採用して作業を進めています。

堰堤のブロックは重さ2.55tと、大型乗用車に相当し、無人の遠隔操作であれば設置の精度確保が難しい作業です。比べて、自動化施工は動きに無駄がなく、精度良くブロックを設置することが可能です。また、数均し、転圧作業についても、所定の範囲に数均し、規定の回数を自動で転圧でき、1人で4台程度の重機を操作することも可能です。

この現場には国内外から多くの視察があり、平成26年度には地盤工学会・社会貢献賞を受賞しました。今後も無災害心をこめた物づくりを念頭に業務に進んでいます。



● 自動化した作業 ● 無人化遠隔操作で施工

point 01 **コンクリートブロック設置**

鋼製金物とゴムチューブで作られた「人工筋肉ロボット」を、重機の操縦席に搭載。ブロックの背面に付けたARマーカーを重機のカメラが認識し、コンピューターが目標の座標値を自動で算出。自動運転ファイルを作成・実行することで、コンピュータの指令どおりにロボットが重機を操作し、自動運転を行う。



機械で簡単に設置できるブロックと把持(はじ)装置を開発



point 02 **ソイルセメント数均し・転圧**

現場の発生土とセメントを混合したソイルセメントを、無人化施工で運搬、荷降ろしする。その後、自動化施工で数均し(平らに均す)、転圧(振動で密度を大きくする)を行う。



1. 無人化・自動化施工遠隔操作室 2. 無線LANを用い、遠隔操作室で無人化・自動化施工を管理する。

無人化・
自動化施工の導入

雲仙普賢岳噴火復旧復興工事(1994年)における導入を機に全国展開した「無人化施工」。重機を遠隔操作する技術で、作業の安全確保に有効だが、施工効率低下する課題がある。赤谷地区では「無人化施工」に加えて、施工計画に基づいて重機が自動運転で作業を行う「自動化施工」を導入し、3号砂防堰堤を構築している。災害復旧現場での自動化施工の適用は全国で初めて。

あかだに
**赤谷地区
深層崩壊と現在の様子**

被害：全壊一棟、キャンプ場
崩壊土砂量：約1,100万m³
河道閉塞：高さ67m、幅250m



崩壊土砂量は東京ドーム9杯分に相当する約1,100万m³。1号・2号砂防堰堤と床固工群が完成し、現在は自動化施工を導入して3号砂防堰堤を構築している。
※工事は取材時(令和3年(2021年)7月)現在の状況です。

大規模な河道閉塞が起これ、近畿地方整備局が直轄事業とする5カ所の工事のうち、河川の流域面積が広く、湛水池(天然ダム)の水位が上がりやすい赤谷地区。台風シーズンには毎年のように再崩落が発生し、早期から危機管理対策として「無人化施工」を採用してきた。令和3年、崩落斜面直下にある3号砂防堰堤の着工にあたり、重機が自動的に動く「自動化施工」を導入。復旧工事の軌跡を追う。自動化施工の実際を取材した。



赤谷地区(奈良県五條市)

復旧の軌跡と今
—自動化施工の導入—

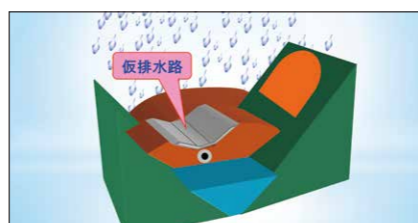
度重なる
台風被害との苦闘

被災直後、現場への進入路(県道)が流失しており、技術者たちは、倒木や石、土砂に埋まる川沿いの片道5kmを調査のために歩いた。崩壊斜面の高さは、東京スカイツリーに近い約600m。「正直、怖かった。一日に何度も作業服を着替える現場は他になかった」と担当者は振り返る。使命感を果たす覚悟で得た「やりがい」が、やがて「生きがい」に変わったという。
天然ダムの水位を下げるため、ヘリコプターで発電機を空輸しポンプで強制排水した。県道を応急復旧し、重機を搬入した。夜間や降雪時も不休で施工を続け、発災4カ月余り後、仮排水路底部が完成したことを受けて、下流の警戒区域の規制が解除された。
恒久対策工事の着工後も、毎年のように台風出水と再崩落に見舞われ、平成26年(2014年)8月には、砂防堰堤が2度にわたって被災した。しかし、この砂防堰堤が機能したため、下流域へ大規模な土砂と水の流出を防止したと推測される。

緊急対策工事と恒久対策工事

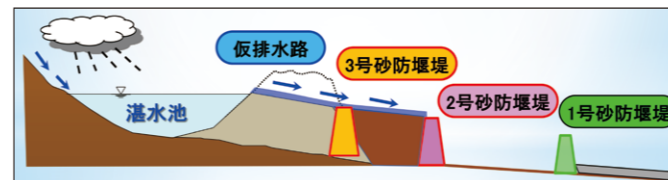
●緊急対策工事のイメージ

土砂を掘削して暗渠排水管を通し、天然ダムの水位を下げ、越流水を下流に安全に流下させる仮排水路を設ける。



●恒久対策工事の基本方針

- ①河道閉塞の脚部固定(2号砂防堰堤、3号砂防堰堤)
- ②土砂流出による土石流被害の防止(1号砂防堰堤)





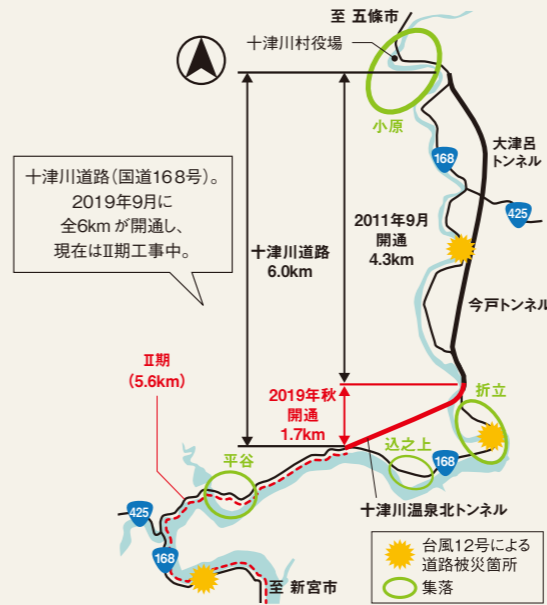
3.十津川村役場
4.十津川村建設課、施設課、産業課に取材した。



1.朝廷を守護した郷武士「十津川郷士」の活躍、明治の大水害、古来の信仰などについて学べる「歴史民俗資料館」。



2.水害慰霊祭(2021年8月20日、十津川村小川の紀伊半島森林植物公園)。紀伊半島大水害で死者・行方不明者合わせて13人になった。慰霊祭は明治22年の大水害の追悼行事として例年行われている。



「命の道」

大水害を乗り越えて、復興の村づくり(十津川)

日本一広い村として知られ、その96%が森林から成る奈良県十津川村。平成23年(2011年)の紀伊半島大水害による山林崩壊は、村内75カ所、260haに及んだ。死者行方不明者13人、全半壊48戸。唯一の移動経路、国道168号が村の北部と南部で崩壊し、実質2カ月間にわたり村は孤立した。「命の道」と呼ばれる国道168号「十津川道路」の整備、観光資源の復旧開発、現地木材利用の復興住宅建設……。災害復興を過疎の村の再生につなぐ、新たな取り組みを追った。

森と共に暮らす気骨の「山の民」 その安心・安全を支える国道づくり

十津川村は淡路島や琵琶湖よりも広い面積に、青くみずみずしい森林が広がり、「本州最後の秘境」とも呼ばれている。古代、神武天皇の道案内をした八咫鳥(伝説上の三本の足のカラス)が、十津川の人々の先祖だという説も伝わる。壬申の乱では天武天皇に加勢し、その後も連綿と朝廷を守護して、明治の地租改正まで免税地となっていた。

急峻な山岳地で狩猟や林業を営んだ「山の民」にふさわしい逸話である。地名の起源は、「十の支流が集まった川」、また「都や津(港)から遠い遠津川」に由来するともいう。

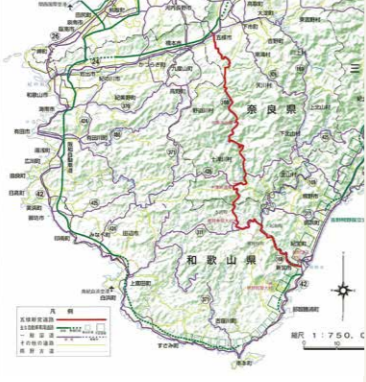
近代に入り、明治22年(1889年)8月に、十津川一帯で未曾有の大水害が発生し、死者168人を数えた。崩壊土砂量は約2億m³で、今もこの崩壊土砂量を超える災害は見られない。生活困難に陥った2667人が北海道に移住し、新十津川町をつくった。彼らは母村を慕い、現在も交流が続いている。

そして2011年9月。深層崩壊によって長殿・栗平の2カ所に天然ダムが出現し、村営住宅や発電所、橋梁が大破した。新たなバイパス道路として9月19日に開通式を予定していた国道168号「十津川道路」(折立ー小原間、延長4.3km)は緊急工事を行い、9月6日に前倒しで開通。孤立集落の解消、救助活動や支援助物資の輸送に貢献した。トンネルが大部分を占める新設道路は大水害にも、びくともしなかった。

その後、2019年9月に平谷ー折立間延長1.7kmが完成し、十津川道路の全6kmが開通した。現在、村内では十津川道路II期、長殿道路、風屋川津・宇宮原工区の事業が国土交通省によって、また新天工区と坂本工区が奈良県によって着々と進められている。十津川のみならず、紀伊半島全体の防災・復興に寄与する「命の道」である。

「五條新宮道路」と「紀伊半島アンカールート」

十津川村の主要幹線道路である国道168号「五條新宮道路」は、奈良県五條市と和歌山県新宮市を結ぶ延長130kmの地域高規格道路であり、一部開通済みのエリアを含め全15工区に分かれ整備事業が進められている(十津川道路はその一部を構成する)。全線が開通すると現在の所要時間がクルマで約47分短縮が可能になる(平成6年比)。さらに、生活道路としてだけでなく救急医療や世界遺産である紀伊山地の観光資源の活用にも役立ることが可能になる。



五條新宮道路(国道168号)

また、南海トラフ地震等の大規模災害への対応を高める幹線ネットワークとして、国道168号(五條新宮道路)、169号、近畿自動車道紀勢線、京奈和自動車道で構成される紀伊半島アンカールート(船のイカリ型ルート)が形成され、防災、人と物流、紀伊半島の地域活性化に貢献すべく整備が進められている。



紀伊半島アンカールート



写真(右)は十津川道路のこの付近



●復興公営住宅
村内南部、高森の復興公営住宅。将来、入居者に払い下げできるよう戸建てとなっている。石垣など、十津川の伝統住宅の特徴が随所に取り入れられた。



13.新たな集落づくりの起点となった「高森のいえ」14.ゆったりした時間の中で自助・共助の暮らしが営まれる。15.遊歩道や開放渡り廊下が自然な交流を育む。



高森の郷 (特別介護老人ホーム)
高齢者向け住宅 (単身3棟)
高齢者向け住宅 (二世帯用)
一般向け住宅 (子育て世帯用)
センター広場

高森のいえ

被災地の応急仮設住宅は、軽量鉄骨を用いたプレハブが一般的。しかし「村には木材があるじゃないか」と更谷村長(当時)が、管轄の奈良県に掛け合った。十津川は林業の村だ。村内の建築共同体が県の公募に応じ、プレハブに負けない工期と価格で完成させた。入居者が元の自宅近くで暮らせるよう村内4カ所に分けて建設した。被災後の数年間の居住に備え、二重サッシと断熱材を採用し、壁・床材に十津川産材を使用。「温かみがあり快適」と入居者に喜ばれた。

村では大水害以降、公営住宅・公共施設の建築に関し、コンサルタントや有識者に助言を求めて、「復興を全国発信できる」よう工夫を重ねた。復興公営住宅は山を削った造成地に建てられることが多いが、風景を壊さないよう集落への埋め込み型を採用し、北部の谷瀬、南部の高森に建設した。さらに、高森等において、高齢者と若者の自助・共助による新しい集落づくりを始めている。

新しい集落「高森のいえ」は、復興公営住宅と特別介護老人ホームに隣接している。高齢の単身・2人世帯、子育て世帯用の住宅、開放渡り廊下、交流センター棟などで構成し、住民同士で高齢者や子どもを見守り、生き甲斐を持って暮らせる。一連の住まいづくりは、十津川の暮らし全体を評価対象とする「2017年アジア都市景観賞」をはじめ、数々の賞を受賞した。

被災地の応急仮設住宅は、軽量鉄骨を用いたプレハブが一般的。しかし「村には木材があるじゃないか」と更谷村長(当時)が、管轄の奈良県に掛け合った。十津川は林業の村だ。村内の建築共同体が県の公募に応じ、プレハブに負けない工期と価格で完成させた。入居者が元の自宅近くで暮らせるよう村内4カ所に分けて建設した。被災後の数年間の居住に備え、二重サッシと断熱材を採用し、壁・床材に十津川産材を使用。「温かみがあり快適」と入居者に喜ばれた。

村では大水害以降、公営住宅・公共施設の建築に関し、コンサルタントや有識者に助言を求めて、「復興を全国発信できる」よう工夫を重ねた。復興公営住宅は山を削った造成地に建てられることが多いが、風景を壊さないよう集落への埋め込み型を採用し、北部の谷瀬、南部の高森に建設した。さらに、高森等において、高齢者と若者の自助・共助による新しい集落づくりを始めている。

新しい集落「高森のいえ」は、復興公営住宅と特別介護老人ホームに隣接している。高齢の単身・2人世帯、子育て世帯用の住宅、開放渡り廊下、交流センター棟などで構成し、住民同士で高齢者や子どもを見守り、生き甲斐を持って暮らせる。一連の住まいづくりは、十津川の暮らし全体を評価対象とする「2017年アジア都市景観賞」をはじめ、数々の賞を受賞した。

地域交流しながら最期まで村で暮らす 十津川村の新しい集落づくり

大水害とコロナ禍で観光客減少も 観光地開発やワーケーションで活路開く

全国に先駆けて「源泉かけ流し」を宣言した3つの温泉や、生活用としては日本一長い「谷瀬の吊り橋」、神秘の大峽谷「瀧峡」などを有し、世界遺産「大峯奥駈道」「熊野参詣道小辺路」が縦断する十津川村。主要産業の一つ、観光業が大水害で受けた影響、そして復興の道のりは?

3カ所の温泉のうち、最も旅館が多い十津川温泉は源泉の一部が埋まり、仮復旧後も大水害の影響による河床上昇に苦しんだ(現在は復旧し通常営業)。振興策の一つとして、2020年に、新スポット「空中の村」がオープン。網だけで組み上げた吊り橋、ツリーハウスや樹上カフェで空中森林浴が楽しめる。地域おこし協力隊参加のフランス人がプロデュースした。

大水害後、村全体の観光客数が年間約60万人まで落ち込み、2019年73万人に回復するが、翌年はコロナ禍で約49万人に。しかし、キャンプ場利用の日帰り温泉客は減少率が小さい。人口密度が低く自然豊かな場所へ家族で訪れる人々が増え、ワーケーションなどの働き方も広がり、「住まい方」が見直されている。

人口3100人余りと過疎化の進む十津川村だが、Uターン、Iターンが増加しつつある。例えば谷瀬集落では、大水害後の地域づくりが奏功して9世帯21人増。地域に子どもたちの歓声が戻った。取り組みの先駆けとなった高森の例を紹介しよう。

大水害とコロナ禍で観光客減少も 観光地開発やワーケーションで活路開く

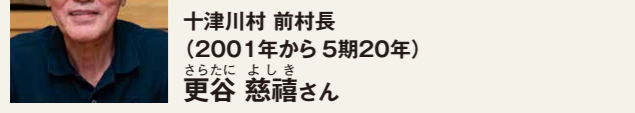
全国に先駆けて「源泉かけ流し」を宣言した3つの温泉や、生活用としては日本一長い「谷瀬の吊り橋」、神秘の大峽谷「瀧峡」などを有し、世界遺産「大峯奥駈道」「熊野参詣道小辺路」が縦断する十津川村。主要産業の一つ、観光業が大水害で受けた影響、そして復興の道のりは?

3カ所の温泉のうち、最も旅館が多い十津川温泉は源泉の一部が埋まり、仮復旧後も大水害の影響による河床上昇に苦しんだ(現在は復旧し通常営業)。振興策の一つとして、2020年に、新スポット「空中の村」がオープン。網だけで組み上げた吊り橋、ツリーハウスや樹上カフェで空中森林浴が楽しめる。地域おこし協力隊参加のフランス人がプロデュースした。

大水害後、村全体の観光客数が年間約60万人まで落ち込み、2019年73万人に回復するが、翌年はコロナ禍で約49万人に。しかし、キャンプ場利用の日帰り温泉客は減少率が小さい。人口密度が低く自然豊かな場所へ家族で訪れる人々が増え、ワーケーションなどの働き方も広がり、「住まい方」が見直されている。

人口3100人余りと過疎化の進む十津川村だが、Uターン、Iターンが増加しつつある。例えば谷瀬集落では、大水害後の地域づくりが奏功して9世帯21人増。地域に子どもたちの歓声が戻った。取り組みの先駆けとなった高森の例を紹介しよう。

山を手入れし、環境を守ることは「山の民」の責務です



十津川村 前村長 (2001年から5期20年)
さらたに よしき 更谷 慈禧さん

「どれだけ降れば気が済むのか」という、すさまじい大雨、そして大水害……。深層崩壊で生まれた天然ダムは住民生活の脅威となりました。破壊された道路の電柱には電話や電気のケーブル、地下には水道管があり、ライフラインが崩壊。道路は避難と被災地整備を担う「命の道」であることが立証され、また、建設業の大切さも実感しました。全国的に記録的大雨が増え、南海トラフ巨大地震などもいつ起こるかわかりません。五條新宮道路は紀



前村長のご自宅にて

伊半島アンカールートの背骨にあたりますが、頻繁に雨量規制等で通行止めになります。道路はつながってこそその道路です。

私は以前から、木材を村内で加工し販売する6次産業化を提唱。そして、大水害を機に、山を守ることが川を治め、人の命と地球環境を守ることであり、それは山の民の責務だと考えるようになりました。我々は山の手入れをするかわりに林業において恩恵を受けてきました。観光業も同じで、都会から豊かな自然



10.網の吊り橋などを使って空中散歩できる新スポット「空中の村」。



11.「野猿(やえん)」と呼ばれる昔の交通手段。今は観光用として利用されている。12.深い緑の川と大渓谷を船でめぐる、村南部の「瀧峡」。

観光



8.神秘の森に流下する落差32mの名瀑「笹の滝」。9.絶景とスリルが同時に楽しめる「谷瀬の吊り橋」。戦後、住民たちが出資して架橋された。