

表六甲渓流域における出水特性

宇野宏司*

吉賀一弘**

A Characteristic of Runoff at Omote Rokko Mountain Area

Kohji UNO*

Kazuhiro YOSHIGA**

ABSTRACT

In Omote rokko mountain area, there are several streams which flow in parallel in narrow area. The characteristic of rainfall in this area is exactly alike, however, that of runoff is still unveiled. In this study, we tried to clarify the difference of the characteristics of runoff by the difference with or without river structure. Study site are the Karasuhara river and the Iyatani one. In both rivers, continuous monitoring of water level and water temperature and scheduled field observation on water quality and sediment property were carried out. At the beginning of the rainfall, the water level drastically got higher, however, in the reduction term, the recovery of water level tends to delay at downstream of Karasuhara river. This phenomena might be affected by the dam.

Keywords : Omote Rokkou mountain area, runoff, Ishii dam, mountain stream

1. はじめに

兵庫県南部，表六甲地域には比較的流路の短い急勾配の都市河川が数多く流れている⁽¹⁾。昭和 13 年の阪神大水害をはじめ，この地域では古くから土砂災害が多発し，国の直轄事業として砂防堰堤等の整備が進められてきた⁽²⁾。その一方で，平成 7 年の阪神大震災以降は，親水空間の整備も図られている。

応用生態工学の観点からは，河川生態系の連続性や生息場に攪乱をもたらす洪水パルスの重要性が指摘されているが，表六甲地域を流れる都市河川を対象にこのような検討は過去にはなされていない。表六甲河川には様々な河川構造物が設置されている一方で，比較的狭いエリアで並行して流れているために，地勢や降雨のタイムラグやその量にはほとんど差がないと思われる。そこで，本研究では，ほぼ同一の流域条件の中での水位や底質の変動の違いを比較することで，河川構造物の有無による下流域への流域環境へのインパクトの差異について検討した。



図1 調査地点

* 都市工学科 准教授

** 日本ミクニヤ 技師（都市工学科卒業生）



図2 石井ダム



図3 イヤガ谷調整池

表1 石井ダムの概要⁽³⁾

項目	内容
事業者	兵庫県
所在地	兵庫県神戸市北区山田町下谷上
緯度・経度	北緯34度42分11秒 東経135度08分53秒
河川水系	新湊川水系
目的	洪水調節 農地防災 レクリエーション
型式	重力式コンクリート
堤高	66.2m
堤頂長	155m
堤体積	182,000m ³
流域面積	6.9km ²
湛水面積	110,000 m ²
総貯水容量	2,200m ³
有効貯水容量	2,000m ³
着手/竣工	1972年/2008年

表2 イヤガ谷調整池の概要⁽⁴⁾

項目	内容
事業者	神戸市
所在地	神戸市北区山田町藍那字下ノ切20-1
緯度・経度	北緯34度42分11秒 東経135度7分36秒
河川水系	新湊川水系
目的	洪水調節
型式	コンクリート
堤高	11.0m
堤頂長	51.0m
堤体積	2,575m ³
流域面積	3.13km ²
湛水面積	7.279m ²
総貯水容量	148.18m ³
有効貯水容量	143.91m ³
着手/竣工	1982年/1985年

2. 調査河川と代表的な河川構造物

2.1 調査河川 本研究で調査対象とするのは新湊川水系に属する鳥原川とイヤガ谷川の2河川である。鳥原川の上流には1960年代に開発された宅地が広がっている。一方、イヤガ谷川は、深く落ち込んだ急峻な谷あいが曲折しながら連続する中を流れており、都市部から比較的近い距離にありながら開発の手も及ばず、非常に貴重な動植物の生態系を維持している。訪れる者もまれであることから「神戸最後の秘境」とも言われている。本研究では、図1に示すとおり、それぞれの河川の上流域と下流域に調査地点を設けた。

2.2 代表的な河川構造物 本研究の調査対象河川の一つである鳥原川の中流には、石井ダム(図2)が設置

されている。本ダムの諸元を表1に示す。本ダムは、平常時は堤体下部の常用洪水吐から放水するが、洪水時には呑口6門、吐口2門を有する非常用洪水吐から、天端側水路方式によって自由越流形態で放流される。本ダムは、その目的の1つにレクリエーションを掲げる全国でも珍しいダムとなっており、ダム堤体に多目的のホールが設けられたり、展望台としてダム天端が開放されたりしている。

一方、イヤガ谷川の上流域にはイヤガ谷調整池(図3)が存在する。本調整池の諸元を表2に示す。この調整池は流域の宅地造成を目的とした日生鈴蘭台第3土地区画整理事業に伴い、周囲の雨水を集めるために建設されたものである。なお、この調整池は上流観測点よりもさらに上流に設置されている。

両河川には、これらの構造物以外にもいくつかの堰や落差工などが見られるが、それらの諸元の詳細が不

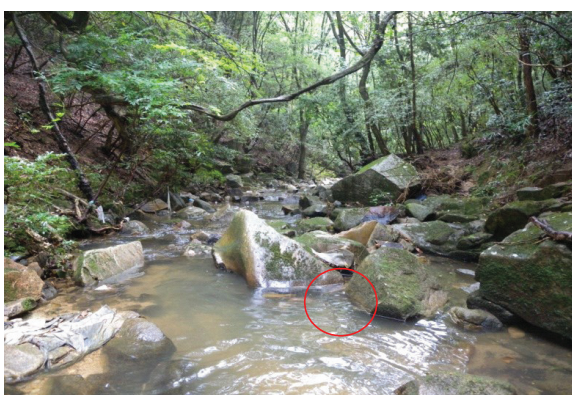
【鳥原川上流】



【鳥原川下流】



【イヤガ谷川（石井川）上流】



【イヤガ谷川（石井川）下流】

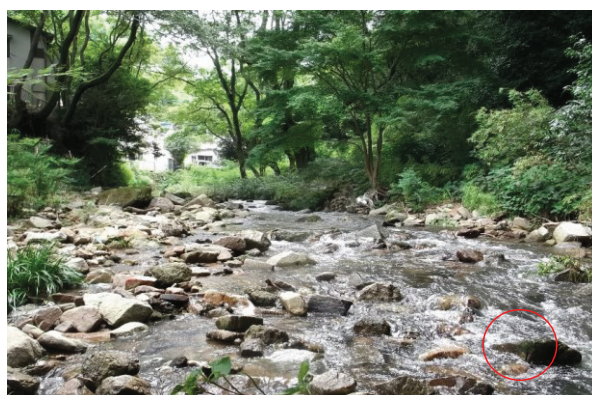


図4 調査地点の様子 (○印は自記録式水位計の設置場所)

表3 調査日

調査日	調査時間帯	天候
2014.6.3	9～12時	晴
2014.7.2	13～16時	晴
2014.7.25	10～13時	晴
2014.8.12	8～11時	曇
2014.9.11	9～12時	雨
2014.10.8	8～11時	晴
2014.11.5	8～11時	曇
2014.12.3	10～13時	晴
2014.12.27	9～12時	晴

明であること、また上述の構造物に比べてスケールが小さいことから本論文では取り扱わないこととする。

3. 調査地点・調査方法

調査地点の特徴、現地調査の内容を以下に示す。

3.1 調査地点の特徴 調査地点は、図4に示す4地点で、それぞれ以下のような特徴がある。鳥原川上流(図4左上)は、調査地点の中では最も市街地に近く、

周囲には住宅街が広がっており、また神戸電鉄の車両基地などもある。この地点周辺には、洪水出水の際に上流から運ばれてきたと思われる岩石が点在している。この地点から、石井ダムを経て鳥原貯水池に至る途中に、鳥原川下流の調査地点(図4右上)がある。上流地点よりも水勢があり、岩床が露出している。また小滝のような落込みが繰り返し出現している。一方、イヤガ谷川上流(図4左下)は、周囲を完全に木々に覆われているために日中でも光が届きにくい状況である。イヤガ谷川下流(図4右下)の調査地点は、神戸電鉄鶴越駅近くの民家が点在する谷沿いにある。大小さまざまなサイズの石、家庭等から投棄されたと思われるブロック・タイル等が多く見られ、出水時の地形変化は4地点の中で最も顕著である。

3.2 連続モニタリング調査 2014年6月より石井川と伊屋ヶ谷川の上流部と下流部に設けた合計4か所の計測地点で連続モニタリング調査を実施した。調査日を表3に示す。モニタリングに際しては自時記録式水位計(HOBO U-20, onset社)を使用し、測定時間間隔2分で水温と水位(圧力から換算)データを取得した。器材の設置に際しては、園芸用ブロック内に格納した上で、さらに現地周辺の転石等を載せ、出水による流

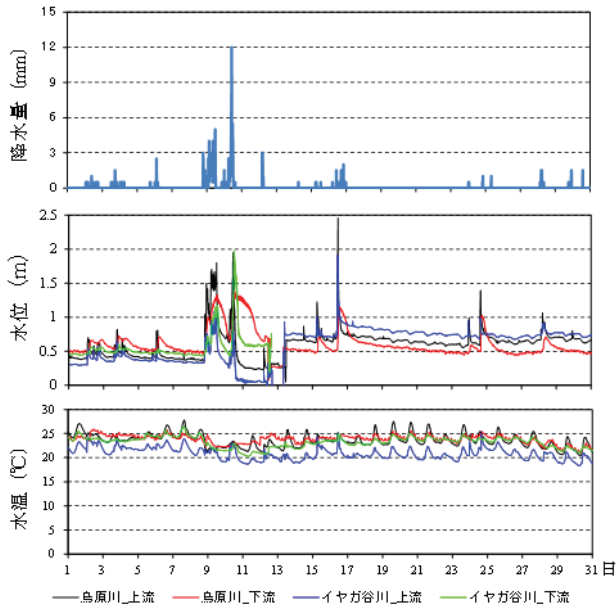


図5 出水期の降水量・水温・水位変動
(2014年8月)

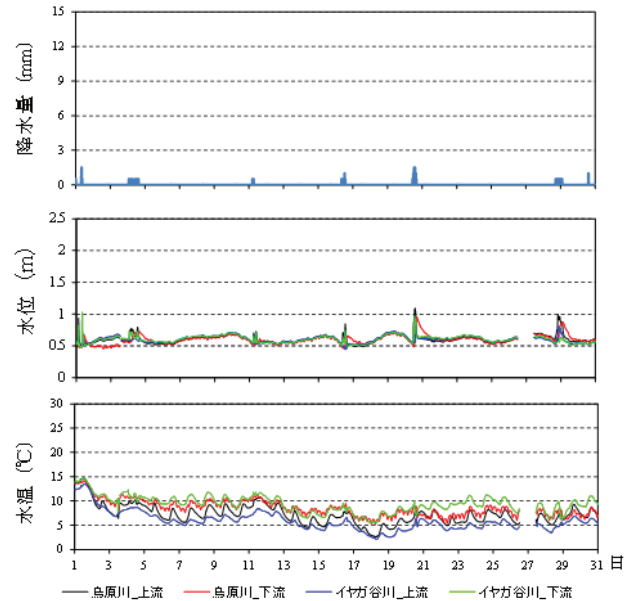


図6 渇水期の降水量・水温・水位変動
(2014年12月)

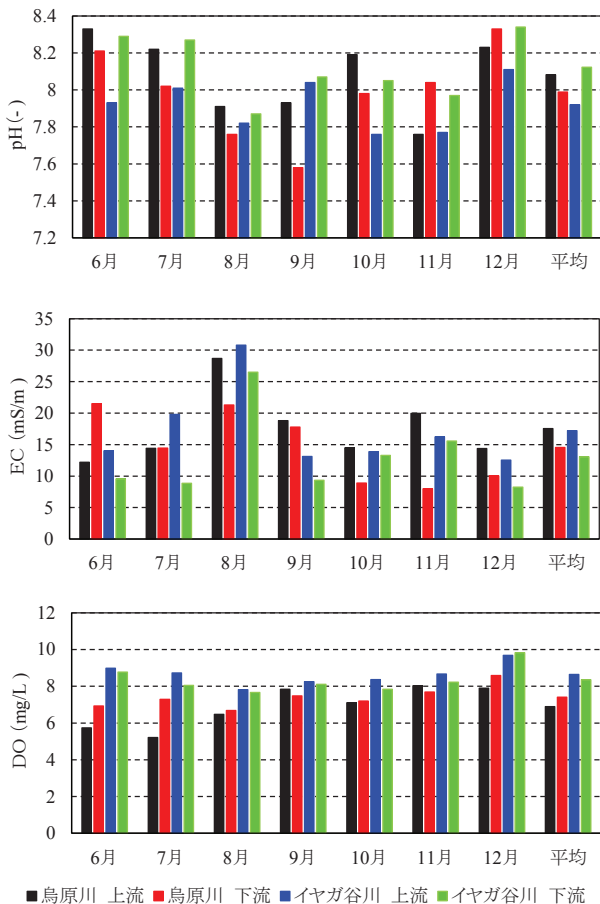


図7 水質 (pH・EC・DO) の時間変化

出を防ぐ措置を施した。器材の交換，データ回収は，以下に示す水質・底質調査時に実施した。

3.3 水質・底質調査 連続モニタリング調査と並行して水質調査⁽⁵⁾と底質調査を行った。水質調査では，水温

のほかに水素イオン指数 (pH)，溶存酸素 (DO)，電気伝導度 (EC) の3項目を携帯型質計 (東亜ディケーケー製) にて計測した。

一方，底質調査については，現地で採取した河川表層砂を実験室に持ち帰り，有機物量 (強熱減量) の測定を行った。強熱減量は採取した底質を約 80°C の炉乾燥炉に入れて水分を飛ばした後に，約 800°C の電気炉に入れ，半日間で減少した有機物量を求めた。また，撮影した底質の画像解析⁽⁶⁾により，平均粒径，中央粒径，淘汰係数を求めた。

4. 調査結果及び考察

4.1 水温・水位の時間変動 図5に出水期(2014年8月)，図6に渇水期(2014年12月)の降水量(気象庁アメダス観測点：神戸)⁽⁷⁾，水位，水温変動を示す。

図5において，2014年8月上旬に見られるまとまった降雨は台風1412号の通過によるものである。この台風では，芦屋市と有馬温泉を結ぶ芦有ドライブウェイの一部区間が崩落し通行止めになるなど，調査地点付近においても大きな被害が出た⁽⁸⁾。当該調査期間中において最大規模のまとまった降雨を記録しており，2m近くの水位上昇が見られた。また，8月中旬にはこの台風接近時の先行降雨の影響を受けて，わずかな降雨ながら2m以上の大幅な水位上昇が見られた。こうした出水時の水位変動についてみると，増水時にはいずれの地点においても急激な立ち上がりを示すことに加え，減水時に鳥原川下流において水位低下が遅れる傾向が見受けられる点が特徴として挙げられる。各地点が降雨に対応した流出形態を示す理由としては，周

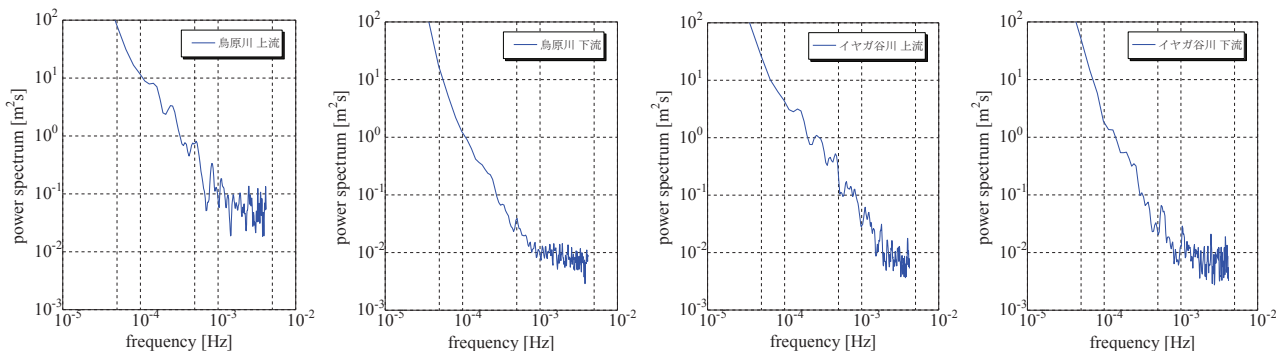


図8 スペクトル解析結果 (水位)

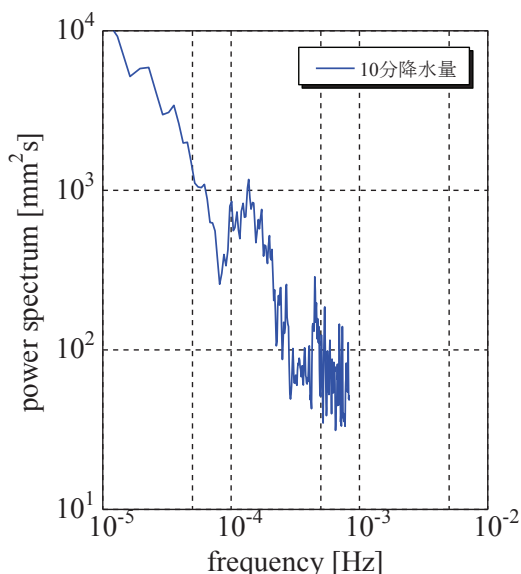


図9 スペクトル解析結果 (10分降水量)

辺の宅地開発の影響や雨の集まりやすい地勢が考えられる。一方、鳥原川下流で水位低下が遅れる理由としては、上流に設置された石井ダムにおける貯留効果によるものと考えられる。

図6より、渇水期においても、鳥原川下流での出水時水位低下の遅れは認められるが、地点間の水位変動の差は出水期ほどの大きな差異は見られなかった。

水温変動については、出水期、渇水期ともイヤガ谷川上流で最も低くなる傾向が見受けられる。一方、最高水温については、出水期(夏季)には鳥原川上流、渇水期(冬季)にはイヤガ谷川下流での出現機会が多くなっている。出水期(夏季)に鳥原川上流で水温が高くなるのは、同地点が他の地点よりも滞留しやすい地形となっていることが一因と考えられる。一方、渇水期(冬季)にイヤガ谷川下流で水温が高くなるのは、水量が少なくなり地表面の日中の温度上昇の影響を他の地点よりも強く受けやすいためであると考えられる。

4.2 水質の時間変化 図7に水素イオン指数(pH)、電

気伝導度(EC)、溶存酸素(DO)の時間変化を示す。

溶液の酸性・アルカリ性の度合いをあらわす水素イオン指数(pH)については、全期間を通じて中性から弱アルカリ性の値を示し一般的な自然河川の指標レベルに収まっていた。8月には、全地点でpH値が下がっているが、これは、光合成に寄与する河道内の藻類が台風接近に伴う出水により一掃され、二酸化炭素の消費が減った結果、 $[H^+]$ が増加したためと考えられる。

電気伝導度(EC)は、水中に溶存しているイオンの量と各イオンの当量電導度と水温に支配されるもので、水中の化学成分の存在の目安になる指標である。これについては、pHとは逆に8月に値が増加していることから、洪水時にはより多くの電解質が溶出していることがわかる。

水棲生物の生存可否の目安となる溶存酸素(DO)については、全期間を通じ、鳥原川上流で低く、イヤガ谷川上流で高くなる傾向が見られる。鳥原川上流でのDOが低くなる要因としては、付近の民家からの生活排水の流入や、他の地点に比べて滞留しやすい地勢の影響が考えられる。一方、イヤガ谷川上流はほとんど手付かずの溪流環境が残されており、良好な水環境が維持されていると推察される。このように地点によって多少の差異は認められるものの、当該調査期間においては、各地点とも生態系に影響を与えるとされる3mg/Lを下回ることはなかった。

4.3 水位変動に関するスペクトル解析 図8に出水期(8月)の水位データ、図9に同時期の10分降水量データに対するスペクトル解析の結果を示す。10分降水量データに対するスペクトル解析の結果からは、 $10^{-4}Hz$ (2.7時間周期)と $5 \times 10^{-4}Hz$ (33分周期)付近にスペクトルのピークが見られるが、水位の応答性はいずれの地点においても $5 \times 10^{-4}Hz$ (33分周期)付近の方で確認されており、短期集中型の降雨イベントとの応答性が確認された。また、パワースペクトルの卓越周期はいずれの河川とも上流で複数確認できるが、下流ではそれが鈍る傾向にあることがわかる。

4.4 底質の時間変化 図10に底質(平均粒径・淘汰度・

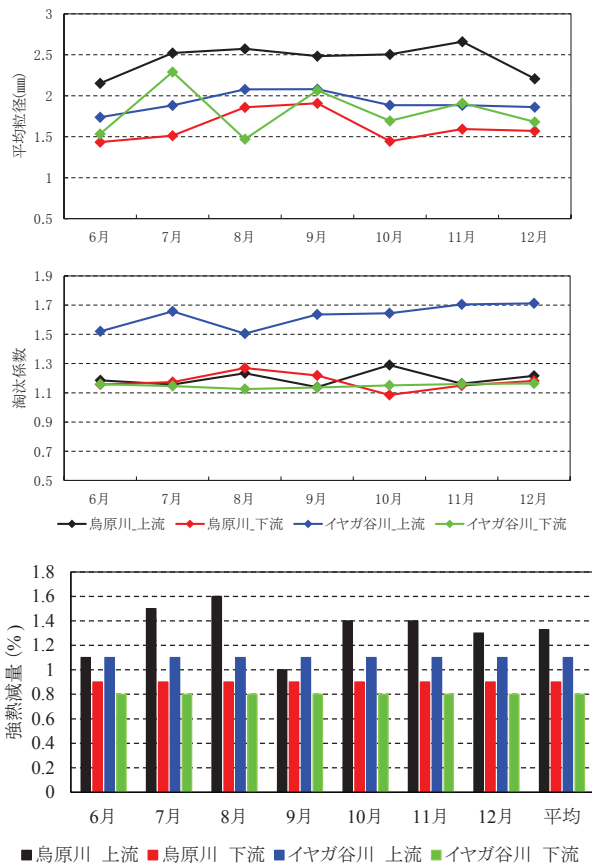


図 10 底質の時間変化
(平均粒径・淘汰係数・強熱減量)

強熱減量)の時間変化を示す。

平均粒径は、その地点に作用した直近の掃流力の履歴を間接的に示す指標である。これは必ずしも洪水時の最大値を示すものとはならず、流況によっては洪水末期に運ばれた微細粒子が堆積している可能性も考えられる。流下途中に石井ダムを擁する烏原川では、上流での平均粒径は2.5mm程度、下流での平均粒径は1.5~2.0mm程度で推移していた。8月の台風出水前後での顕著な粒径変化は認められなかった。一方、イヤガ谷川においては、上流・下流ともに平均粒径は2.0mm前後で推移していた。また、下流地点で8月の台風出水直後で一時的に細粒化していた。

淘汰係数は粒度分布の特徴を表し、ばらつきや分級の程度をあらわす指標で、0に近づくほど粒子は均一、値が大きくなるほど粒子は不揃いとなる。当該研究期間ではイヤガ谷川上流地点で1.6前後、その他の3地点において1.2前後で推移していた。イヤガ谷川では上流から下流に向かうに連れて淘汰が進んでいるのに対し、流下途中にダムのある烏原川では、淘汰が進んでいないことがわかる。

強熱減量は、底質に含まれる有機物量を示す指標で

ある。4地点を比較するといずれの月においても、烏原川上流で最大となっていた。また、8月の台風出水直後では、同地点を除く3地点で強熱減量が減少していた。これらの地点では洪水により底質表層に付着していた有機物が洗い流されたことが考えられる。一方、烏原川上流は滞留しやすい地勢のため、他の3地点に比べて有機物の剥離や底質の移動があまり見られなかったのではないかと考えられる。

5. まとめ

本研究では、表六甲地域を流れる、途中の河川構造物の異なる2つの溪流を対象に、降雨時の出水特性の違いを比較し、河川構造物の有無の違いによる流出形態の違いについて考察した。流下途中に石井ダムを有する烏原川では、下流側で顕著な流出の遅れが認められたほか、土砂供給の分断化が進んでいる可能性が示唆された。今回は水位や水質・底質といった物理的・化学的指標の観点から両河川を比較したが、引き続き生物調査等を導入することで、より多面的に都市部に残存する溪流環境の実態を明らかにする予定である。

参考文献

- (1) 神戸市建設局防災部：こうべの川，26p.，2014.
- (2) 国交省近畿地整六甲砂防事務所：六甲山の災害史，<http://www.kkr.mlit.go.jp/rokko/disaster/history/index.php> (2015年10月30日確認)
- (3) 一財 日本ダム協会：ダム便覧「石井ダム」，<http://damnet.or.jp/Dambinran/binran/TopIndex.html> (2015年10月30日確認)
- (4) 神戸市建設局，伊屋ヶ谷調整池台帳
- (5) 西條八束・三田村緒佐武：新編湖沼調査法，230p.，1995.
- (6) 宇野宏司，濱森彩，辻本剛三，柿木哲哉：デジタルカメラ画像を用いた淡路島・成ヶ島における底質環境モニタリング，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.66, No.1, pp.676-680, 2010.
- (7) 気象庁：過去の気象データ検索，<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> (2015年10月30日確認)
- (8) 神戸市：台風11号及び8月16日の大雨への対応について(まとめ)(平成26年8月20日15:00現在)2p.，2014.