

# 吉野川 2 地点間の流量の連続性の検討 —疎な配置の電波流速計による—

FLOW DISCHARGE CONTINUITY BETWEEN 2POINTS  
ALONG THE YOSHINO R. BY POORLY INSTALLED  
RADIO CURRENT METERS.

山口 高志<sup>1</sup>・中島 洋一<sup>2</sup>

Takayuki YAMAGUCHI, Yoichi NAKAJIMA

<sup>1</sup>水文水資源学会 名誉会員 (〒277-0863 千葉県柏市豊四季645-14)

<sup>2</sup>(株)横河電子機器 (〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷5-23-13)

Flow discharge continuity between 2points along the Yoshino R. had been well observed, but after 2005 the discontinuity had occurred.

In the report, investigating the retocty data of radio- current meters and floods of 2 points, discussing the causes of the disconinuity, countermeasnres, adding radio current meters and deciding stagnant areas , are proposed.

**Key Words :** Floodflow discharge ,radio current meter.

## 1. はじめに

### 1.1 電波流速計の現状

電波流速計は、1985年あたりから、河川への適用性の検討が始められ(1~4、5)、徐々にその有効性が認められ、1989年には現地に設置され、2000年頃には20余ヶ所に達した。その特徴について、まずメリットから触れれば、照射した地点の表面流速を水面に非接触で、ほぼ確実に採取し、オンラインで流量データを提供できることが大きいメリットであろう。浮子にしても、すぐれものの ADCP も人力に頼らざるをえず、時間もかかり、また接触機器であるため危険もあり、なかなかオンラインというわけにはいかない。

加えて橋上流側に設置、観測するため、流速の横断分布に相対に急変はなく、ピアーによる後流の影響の大きい下流に比べて、設置台数も相対に少なく、また水深方向補正係数  $f$  も 0.85 に近いものと考えられる。

デメリットをいえば、上述表面流速のみ、一点の流速という点などが挙げられ、同じ表面流速ながら同時多点という画像処理法に対してひけめが見られ、加えて同法はカメラの解像度向上などで性能をアップしているようであるが、追跡物(浮遊物、白波?)の確認手法のソフトなどで、実用今一步のようにも感じられる。

他に雨による欠測、緩流(出水の下り、平水)には弱い点などもデメリットに挙げられよう。比較が本論の趣旨ではないので、これ以上は触れない。なお参考までに

アメリカでも、電波流速計流速計の利用が始められている(6)。

また、最近冗費節約ということで、停止している電波流速計が増加し、故障後未修理などを加えると、稼働している電波流速計は2,3カ所になっている。なお、それに代わって可搬式電波流速計がその簡便さから普及し始めている。

### 1.2 吉野川 2 地点間の流量の連続(これまで)

吉野川での電波流速計の設置は、上下流 2 地点間の流量の連続の達成を目的に上流の瀬詰大橋(36k)および下流阿波中央橋(25k)に設置された。ただし単年度で設置されたため予算の制約により、これまで既設置のものに比べると、1 台の電波流速計の担当幅は飛びぬけて大きかった。

設置後の2004年、この年は日本上陸台風が10を数えた年であったが、4つの出水が吉野川をおそい(1つは計画高水規模)、多くの貴重な結果を残した(7,8)。

その後筆者は、これまで全国に設置された電波流速計が観測したデータから得られた知見を、2008年に12頁のパンフ(8)に、そしてその増補版として2014年に20頁の小冊子にまとめた(9)。その中に、吉野川 2 地点間の流量の連続について、2008年版には2004年の4大出水で成功したとするし、その後2014年度版では2005年の出水で無残にも不成功に終わったとし、その因をあまり詳細な検討も加えずに、台数が少ない故以に帰していた。そ

してその後、上流の瀬詰大橋の機器の更新（2011～13停止）もあって、2地点間の流量連続に関する検討は休止していた。

しかし2014年の出水を機に再び検討を行ったところ、筆者のまったくの不注意による結論であることが判明したので、ここに報告する。

## 2. 2地点観測流量の連続

### 2.1 瀬詰大橋のデータ検討（1回目のトライアル）

2014年8月に続けて2出水があり、いずれも10,000m<sup>3</sup>/s (Qmax) を越え、瀬詰大橋の電波流速計も更新されたこともあり、そのデータから眺め始めた。

型通り、H～Vsiから眺めたところ、まずch.1（最左岸）のH～Vsiが在来とは大きく変化していることに気付いた。それを示す前に、ハイドログラフ t-Vsiを見ていただこう（図-2.1）。図示の通り、他地点とはことなり、始めから終わりまで高流速を保っている。

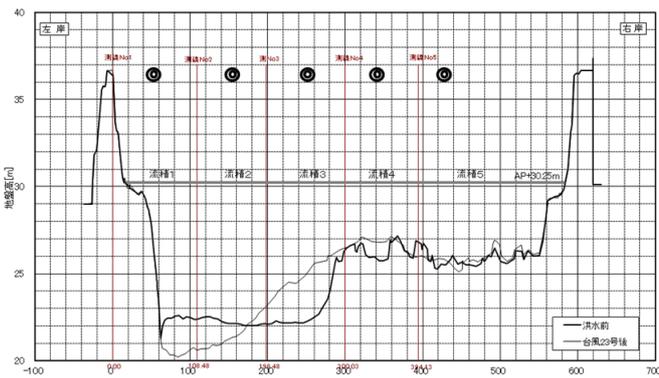


図-2.3 横断面（瀬詰大橋、4出水前後）

この現象に少しこだわって、2004年 H～Vs1を図-2.2（Vs2も併記）に、その時の急激な横断変化を図-2.3に、2005.9、2011.5、2014年の3出水を図-2.4（断面変化 図-2.5）に示す。

まず、図-2.2、断面の激変があったにもかかわらず、断面最大流速 Vs2 は高値安定、Vs1は微増あるものの、低い値安定である。それが、2005年に急増（逆ループ含み）、その後はH=26～27m付近でのふくらみが目立っている。

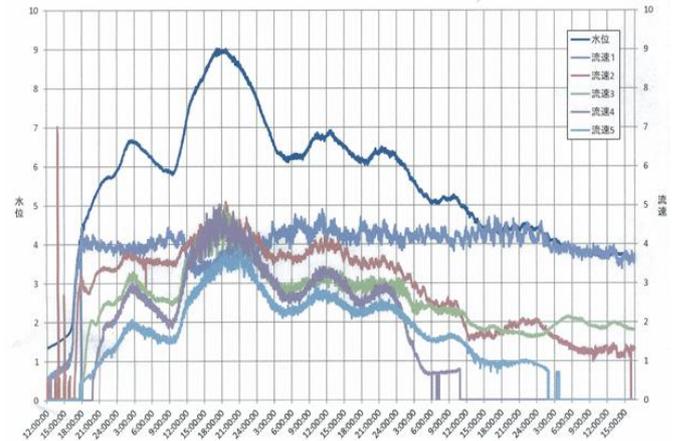


図-2.1 H、Vsiのハイドログラフ

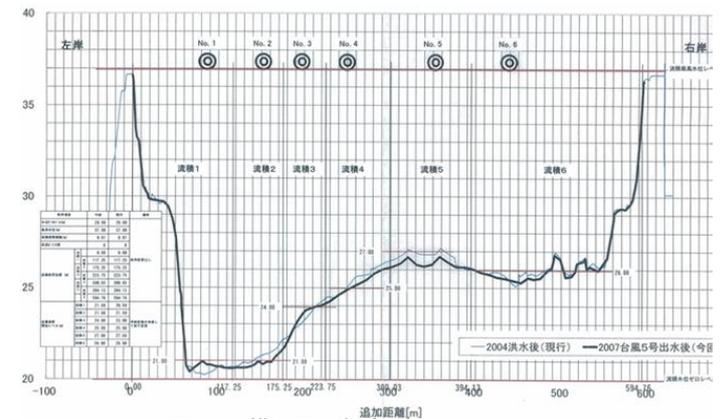


図-2.5 横断面（瀬詰大橋、2004、2007）

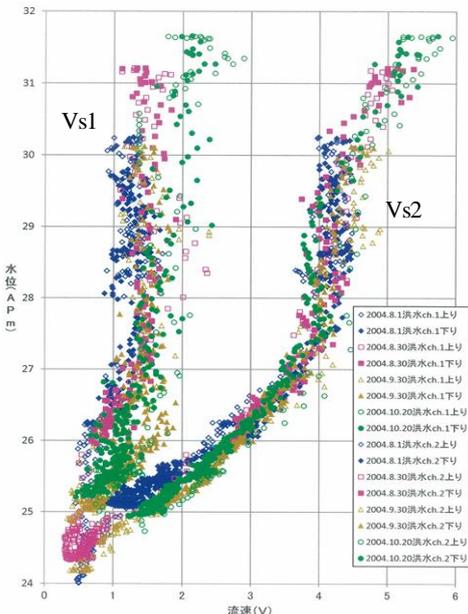


図-2.2 H～Vs1～2  
（瀬詰大橋、2004、4出水）

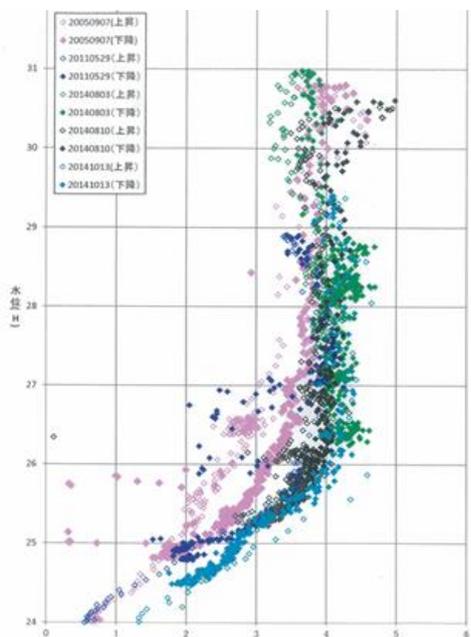


図-2.4 H～Vs1  
（瀬詰大橋 2005,2011,2014 (5出水)

ここでは、2地点間の流量の連続というテーマとは離れるが、原因について少しだけ考察を加えておこう。

とにかく断面変化に対応しない流速の変化（増加）があったのであるから、上流側の流れの変化に原因があると考えられる。ここで上流の空中写真を紹介する（図-2-6～7）。この地点は、主流が右岸よりから左岸よりに変化する地点であるが、その地点が下流に向かって徐々に前進していることが読みとれ、左右岸をへだてている砂州高を下げ、左岸寄り流量を増加させ、 $Vs1$ を増加させたと推量される。なお、堤防法線形状も、見逃せない点である。

2地点間の流量の連続の問題に話を戻して、あらためて図-2.5の横断図（流速計担当幅）を眺めると、ほとんどの水位で最大流量を示した $Vs1$ の担当断面が妥当でないのに気付く。

つまり、2004年当時のように、 $Vs1$ が低流速である場合は、高水敷上堤防まで、その流速で代表させても誤差が小さかったが、断面最大流速が最左岸にあらわれては、影響が大きすぎることになる。

ここでは1つの試算としてその影響の大きさを確かめるべく、 $\Delta Q1=Vs1 \Delta A1$ の1/2および1/3を減じて下流阿波中央流量（-時間早め）ハイドロと比べてみた。

相対に一致度のよい例（図-2.8）、少し悪い例（図-2.9）を示す（1/2 $\Delta Q1$ 減は省略）。ピークは流下して低減すること、低減部の不一致は、一律1/3 $\Delta Q1$ 減らしたためでもあり、当初の不一致の主因は、 $Vs1$ の扱いにあったと考えられる。

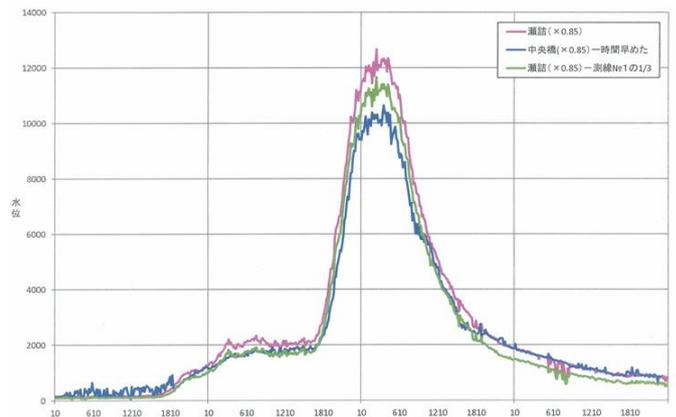


図-2.8 流量ハイドログラフ  
(瀬詰、中央(1時間ずらし) 2005.9)

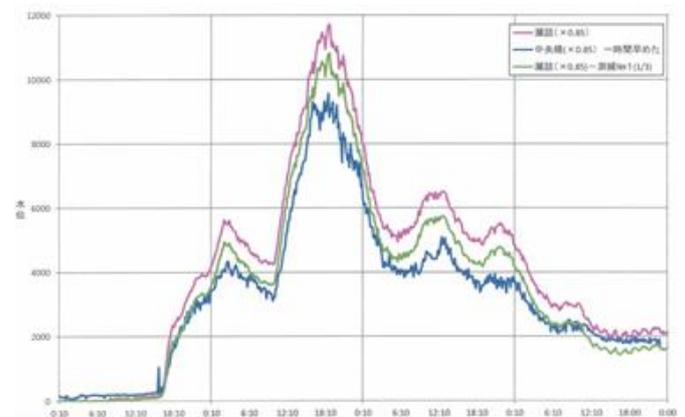


図-2.9 流量ハイドログラフ  
(瀬詰、中央(1時間ずらし) 2014.8)

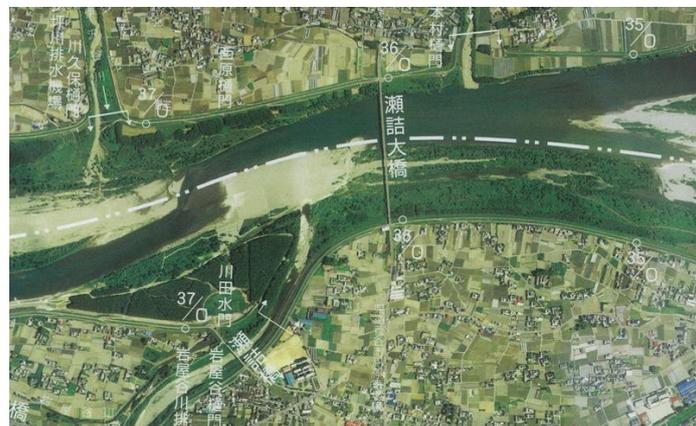


図-2.6 空中写真（瀬詰大橋、2002.5）



図-2.7 空中写真（瀬詰大橋、2012.10）

## 2.2 2回目のトライアル

2014年11月徳島河川国道事務所に、とりあえずここまでの報告に行き、

- i. 阿波中央橋については、前報告後(10)それほど変化がないこと (図省略)。
- ii. 瀬詰大橋については、ch.1のVs1の急変を含めた流況の変化があったこと。とりわけ測器配置上、両端部どちらかに最大流速が出ると、堤防沿いの緩流速部までその影響が出て、流量の過大評価につながる、ましてそれが低水路に設置されている場合、影響が大きいこと。
- iii. 電波流速計の追加についての検討は別途、イ) 洪水流観時、可搬式電波流速計での懸案地点(複数以上)の補足観測、あるいは、ロ) 過去の浮子観測データを用いて横断分布を作成し(因みに浮子は電波流速計の倍、投下されている)、その追加の必要性の検討

などを提案した。その後、現地踏査を行い、あらためて死水域、瀬、河状の変ぼうなども観察した。

本報告では、提案した2014出水の浮子によって下流側流速分布を検討し、現状での流量算出の改善法の検討および流速計追加の必要性の高い場所の指摘などを行って見る。

2014年8月の2出水の浮子観測データを用いて、瀬詰大橋および阿波中央橋下流の流速分布を調べてみた。

$Q_{max}=12,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度ではあったが、流量3段階についてのそれぞれの地点の流速分布を図-2-10～11に示す。

まず、瀬詰大橋については、前にも指摘したように低水路左岸側(No.2、No.3)は、流量低下にともなう流速低下があまり見られず、左岸偏流は同様に認められた。また、兩岸No.1、およびNo.10、No.11は、 $Q=12,000\text{m}^3/\text{s}$ までは流速0であった。左岸側高水敷部分40～50mおよび右岸堤防から約100mは死水域と考えるのも一法と思われた。

もう一点、No.6の地点(高水敷と低水路のさかい付近)の流速の低下が見られる。上流からの左岸への偏流と直進流のさかいと思われ、これはch.4がカバーしていると考えられる。

阿波中央橋については、電波流速計が一台のみの左岸高水敷、設置のない右岸側高水敷、およびワンド右の堤防までの区間が興味深い。例えば、No.3とNo.4は当然相関が高く、 $V_3=0.9V_4$ 程度であったが、No.2とNo.4は全く相関がなく、No.2は恐らく直上樋門からの、あるいは派川からの流量と相関すると考えられる(図-2-12.1～4)。

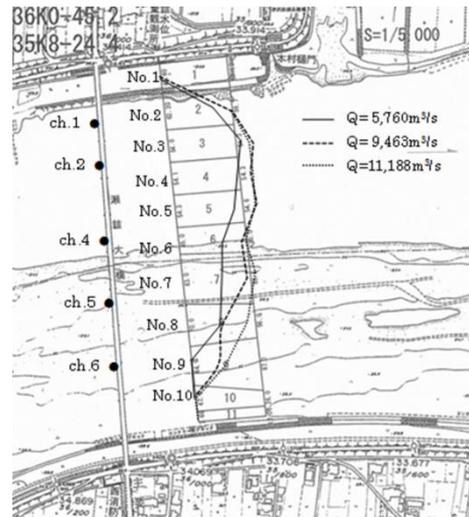


図-2.10 浮子による流速分布図  
(瀬詰大橋、2014.8月、2出水)

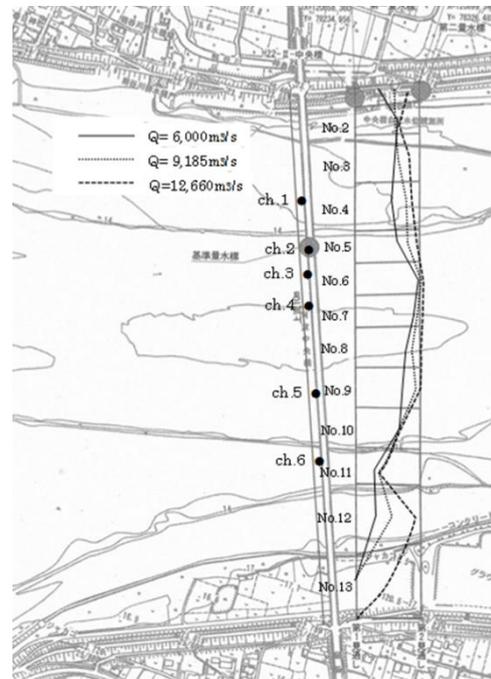


図-2.11 浮子による流速分布図  
(阿波中央橋、2014.8月、2出水)

右岸高水敷の流速(No.11)は、全体としてワンド水位が本川水位より高いことから、No.12と相関が高いと思われたが、それほどでもなく、またNo.10ともあまりなかった。強いて言えば、両者の6割程度の流速であった。電波流速計が必要な地点といえよう。

最右岸部は、 $H=5.1\text{m}$ までは流速0で、それを越えるとワンド流速(No.12)の6割を示した。

以上の検討結果より、それぞれ2地点での流量計算法を以下のように変更することにした。なお、阿波中央橋の横断を図-2.13に示す。変更点①～④は、すべて流量減となるものである。

	case1	case2	case3
瀬詰大橋	在来通り	①最左岸 0~40m (40m) 死水域	③右岸より高水敷 550~610m Vs6の60%とするH $\geq$ 3.8m
		②最右岸 500~600m (100m) 死水域	
阿波中央橋	在来通り	④最右岸 720~830m 死水域	Vs6の60% H $\geq$ 5.1m

結果を図-2.8~9と同じ出水に対応して、図-2.14~15に示す。前回とほぼ同よう、一方で好結果、一方で差が大きいという結果になった。

地点毎の効果についていえば、在来計算に比べ、ピーク流量 瀬詰11,700→10,500m<sup>3</sup>/s、中央 9,500→9,200m<sup>3</sup>/s (2014.8.2~5出水) というように、瀬詰1000m<sup>3</sup>/s減に対し、中央300m<sup>3</sup>/s減と、差が減少する方向であることがわかる (case 3がまだ計算未了で紹介できないが、これは同よう差が縮まる方向である)。

以上、十分といえる検討ではなかったが、上流 $\Sigma Q >$  下流 $\Sigma Q$ の原因の解明に一步前進したのではないかと考えている。

今後電波流速計の増補、そのための出水時調査などを提案して参りたい。

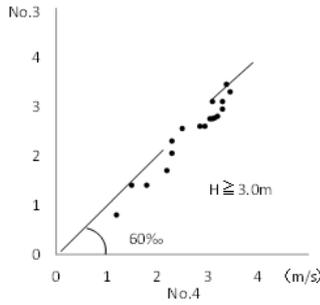


図-2.12.1 浮子流速相関図

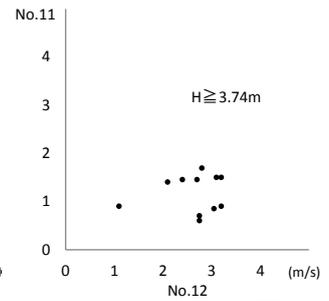


図-2.12.2 浮子流速相関図

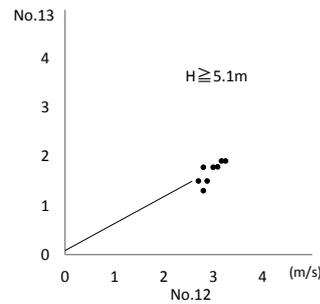


図-2.12.3 浮子流速相関図

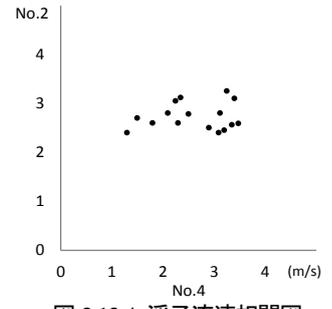


図-2.12.4 浮子流速相関図

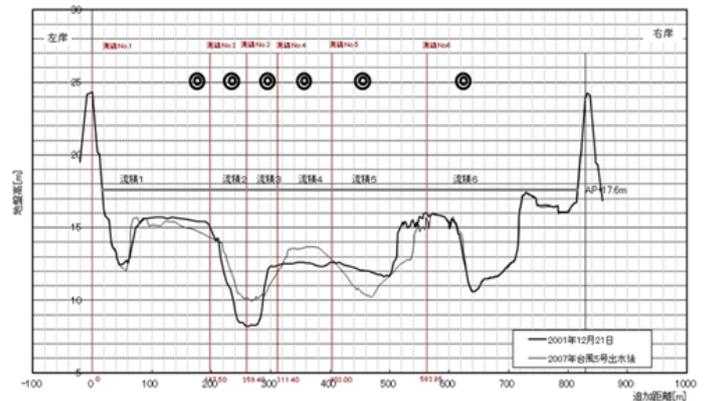


図-2.13 阿波中央橋横断面

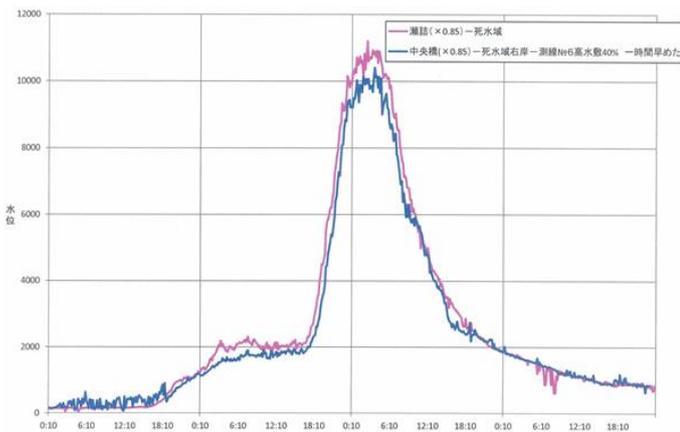


図-2.14 流量ハイドログラフ  
(瀬詰、中央(1時間ずらし)2005.9)

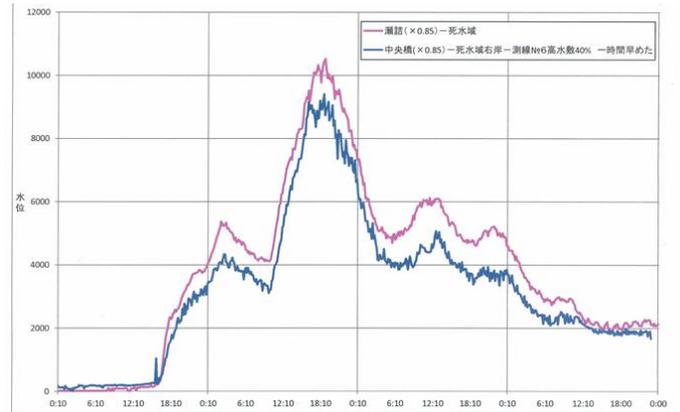


図-2.15 流量ハイドログラフ  
(瀬詰、中央(1時間ずらし)2014.8)

## あとがき

現地データを使って技術論文を書くことは、ほんとに難しい。水量を含めて、データが少ないからである。

しかし今回は、電波流速計が2地点で14年間にわたって、データを取り続けていたから（一部中断）、おどろくほどの河道の変化を見ることが出来たし、不十分ながら2地点間の流量の連続に希望が見えて来た。

今後両地点の河道がどのように変化していくのか、楽しみである、と同時に「継続」のむずかしさというものをあらためて感じさせる。

謝辞：国交省徳島河川国道事務所からは、データの提供、貴重なアドバイス等を受けた。ここに記して感謝の意を表したい。

また図の作成を含め論文の作成には、河口尚子氏の（東京建設コンサルタント）多大な応援をいただいた。ここに感謝申し上げる。

## 参考文献

- 1～4.河川情報センター；河川情報研究所報告、1～5号 1989～1992.
5. 山口高志・新里邦生；電波流速計による洪水流量観測 土木学会論文集 No.497,II-28 1994.
6. Costa,J.E.et al；Use of radars to monitor stream discharge by noncontact methods,W.R.R, Vol.42, 2006
7. 山口高志；表面流速の変化が読んだ河道水理、水水学会研究発表会、2006.
8. 山口高志；電波流速計のこれまで 2008.7.
9. 山口高志；電波流速計のこれまで 増補版 2014.6.
10. 山口高志；電波流速計による洪水流量観測—河川砂防技術基準への反論と2つの事例紹介—河川流量観測の新時代 第4巻 2014.2.

(2015. 2. 13受付)