

3. 仁淀川における清流基準調査について

大森真貴子・田嶋 誠*・貞岡秀俊**・富田健介***

Clear Stream Standard Investigation of Niyodo river

Makiko Oomori, Makoto Tajima, Hidetoshi Sadaoka, Kensuke Tomita

【要旨】 高知県においては、河川を環境資源ととらえ、その水環境を保全し、次世代に引き継ぐことを目的として、流域の特性に応じた清流保全計画を策定している。仁淀川については、流域の水文化、川本来の生態系や美しい景観を後世へ残していくために、子どもたちを川へ呼び戻すことを重要な取り組みのひとつとしている。高知県の代表的な清流である四万十川では、住民が参加できる独自の水質基準調査があり、10年以上継続されている。四万十川と同等の清流を保っている仁淀川でも同様の調査が適用できるか、また活用できるかを検討した。

key words : 仁淀川, 清流基準, 清流度

1. はじめに

仁淀川は、四国の最高峰である石鎚山を源流とする愛媛県・高知県を流れる流域面積1560km²、流路延長124kmの一級河川であり、愛媛県側の面河川と久万川が合流し、四国山地を南下し、高知県仁淀川町へ流入している。高知県に入ると流域最大の大渡ダムを通過し水量が乏しくなるが、多くの支川が流入することにより大河となり、太平洋へと流れ込んでいる。近年上流域では「青の神秘」「仁淀ブルー」などと言われ、密かなブームとなっている。

そこで、この仁淀川の清流を後世へ残していくためには、住民自ら調査をし、清流のすばらしさを実感し、長期間見守っていく調査が必要となってくる。四万十川では、「住民の方々に分かりやすく、調査に参加してもらいやすい水質調査」をコンセプトに清流基準調査を実施し、幅広い年代の住民によって10年以上継続されている。四万十川と共に清流と言われている仁淀川において、この清流基準調査が適用できるか検討したので報告する。

2. 調査内容

2. 1 調査地点

調査地点については図1のとおりである。仁淀川本川6地点及び河川流量が多く冬季にも枯渇しない支川の4地点を設定した。上流域では主要道路から河川までの高低差が約20mもあり、連絡道が少ないことから、住民が容易に調査可能な地点という観点では選定できなかった。

本川は、上流から大森、大崎、中仁淀沈下橋、柳瀬、伊野水位観測所、仁淀川大橋で行い、支川は長者川、土居川、坂折川、上八川川の仁淀川への流入口で行った。なお、調査地点は年度ごとに見直しているため、地点によっては欠測となった時期がある。

2. 2 調査時期

2010年度から2015年度の6年間の調査で、年に4回四季別（春季4月～6月、夏季7月～9月、秋季10月～12月、冬季1月～3月）に行った。

* 現中央東福祉保健所 ** 現安芸福祉保健所 *** 現環境対策課

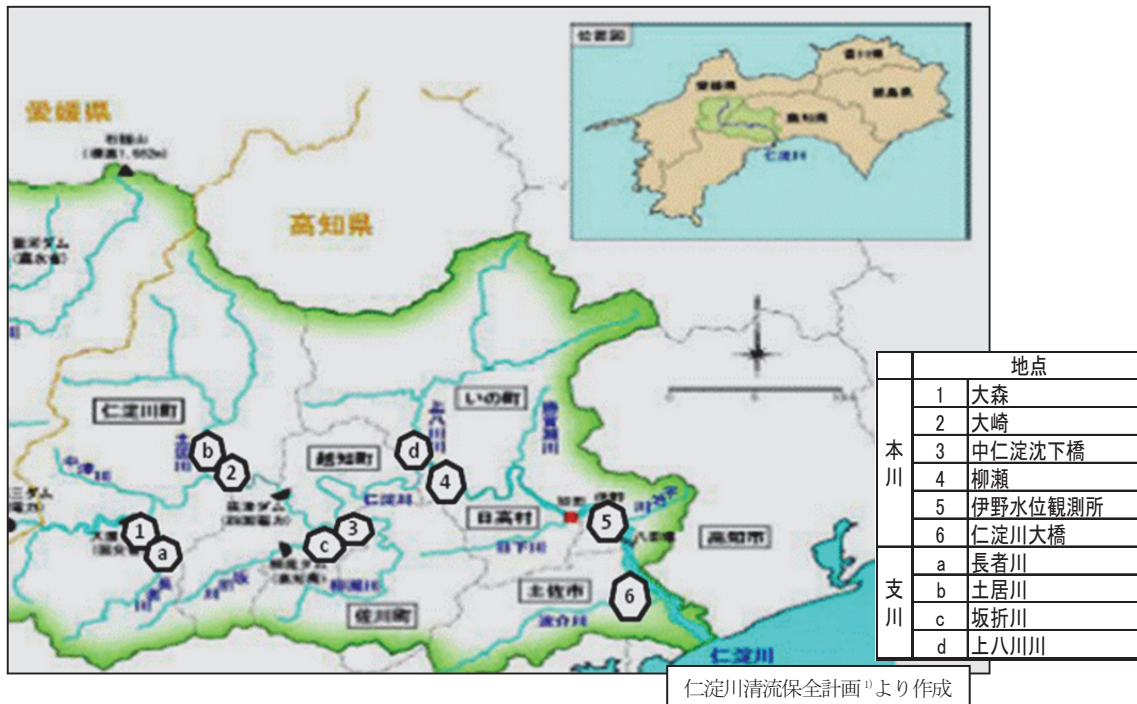


図1 調査地点

2. 3 調査方法

「高知県四万十川の保全及び流域の振興に関する基本条例」に制定された清流基準調査と同じ方法で調査を行った。内容は、ブラックディスク(黒色円盤)を使用した清流度調査法と、キックスイープ法で採取した水生生物による四万十川方式調査法及び窒素・りんに係る調査法である。



図3 清流度調査法

2. 3. 1 清流度調査法

4～5日間続いて雨がなく河川水質が安定した昼間の晴れた日を選ぶ。水深0.3～1.0m位の平瀬で、直径20cmのブラックディスクを水中に入れ、そのディスクを水平方向に見通したときに見えなくなる距離(m)を、測定者が清流度計(図2)を使って測定する方法である(図3)。



図2 清流度計

2. 3. 2 水生生物による四万十川方式調査法

2000年度～2001年度に四万十川流域で調査した水生生物調査結果を基に考案した調査方法である。地点ごとに年4回、水生生物採取用の網を用いてキックスイープ法で採取する。採取場所は、河川の瀬を中心に上流下流また左岸右岸など条件の違う場所数カ所で行った。調査員が数人で採取し、採取時間については自由とした。

表1に40種の指標生物とスコア値1～10を示した。スコア値は、きれいな河川に生育する水生生物ほど高く設定されており、その合計である「総スコア値(TS値)」を求めた。その総スコア値と採取生物の種類数である「指標生物数」から平均スコア値(ASPT値)を求めた。

$$\text{平均スコア値 (ASPT値)} = \frac{\text{総スコア値 (TS値)}}{\text{指標生物数}}$$

表 1 指標生物40種及びスコア値

指標生物	スコア値
アミカ	10
サワガニ	9
チラカゲロウ	9
ヒラタカゲロウ	9
カワゲラ	9
ナガレトビケラ	9
携巢性トビケラ	9
ヘビトンボ	9
ヨコエビ	9
タニガワカゲロウ	8
マダラカゲロウ	8
ヒゲナガカワトビケラ	8
ナガレアブ	8
カワニナ	8
モンカゲロウ	7
サナエトンボ	7
ナベブタムシ	7
シマトビケラ	7
ガガンボ	7
ブユ	7
テナガエビ	7
プラナリア	7
コカゲロウ	6
キイロカワカゲロウ	6
ヒラタドムシ	6
ホタル	6
スジエビ	6
モクスガニ	6
イシマキガイ	6
アミメカゲロウ	5
タイコウチ・ミズカマキリ	5
シジミガイ	5
タニシ	4
モノアラガイ	3
ヒル	2
ミズムシ	2
アメリカザリガニ	1
赤いユスリカ(腹鰓アリ)	1
サカマキガイ	1
イトミミズ	1

である。ダム の 水量調節により流量が少 ないため 緑藻が繁茂していることが多く、清流度は最小で 1.5m、最大で7.7mとなった。調査を実施した 2 年間に おいて、春季夏季は低く冬季には高いという傾向を示したが、2014年度の冬季には清流度が低い値を示した(図4)。大渡ダム通過直後の本川の状態を把握するために選定した測定地点であったが、天候に左右されやすく、清流度の測定には不向きであると考えた。

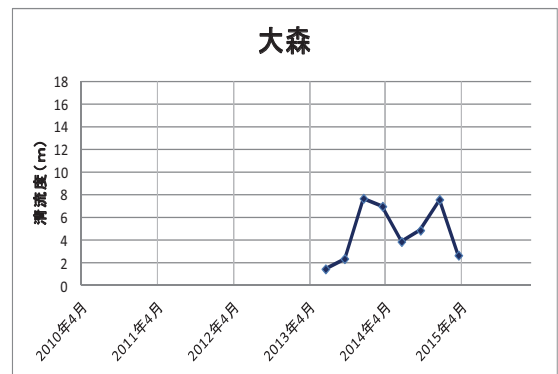


図 4 大森の清流度

3. 1. 1. 2 長者川 (地点a)

長者川は2011年度調査から追加された測定地点である。地点1大森の下流で合流している長者川の地点であり、魚釣り等住民に親しまれている場所である。清流度は、最小3.2m、最大13.9mとなり、秋季には13.4m、13.7mと高い値もあった。6年間の平均値は7.8mとなり、透明度の高い支川であると判断できた(図5)。

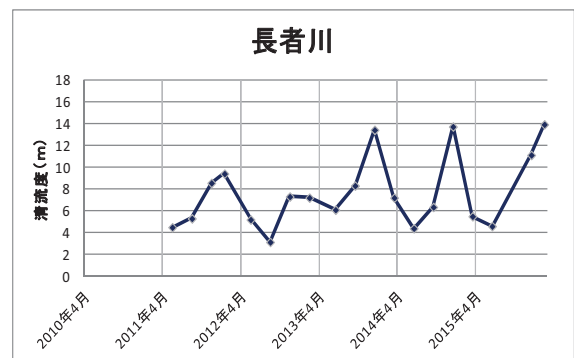


図 5 長者川の清流度

2. 3. 3 窒素・りんによる調査法

河川水をポリ容器に採取し、冷凍保存後試験を行った。全窒素については銅・カドミウムカラム還元法(流れ分析法)、全りんについてはペルオキソニ硫酸カリウム分解法(流れ分析法)にて測定した。

3. 調査結果

3. 1 清流度

3. 1. 1 調査地点別

3. 1. 1. 1 大森 (地点1)

大森は、大渡ダム通過後最初の測定地点である。岩場の深淵であり、河川表層の動きが少ない場所

3. 1. 1. 3 土居川 (地点b)

土居川は「仁淀ブルー」が実感できる安居渓谷を流下してきた一次支川である。合流地点から約

3 km上流で、子ども達に親しまれている場所を測定地点とした。清流度は、最小4.4m、最大15.9 mであり、6年間の平均値が9.9mであった。冬季が一番高い傾向にあり、低い夏季と冬季の差が10mの年もあった。最小値でも4.4mを示し、仁淀川の調査地点の中で最も清流度の高い地点であり、かなり透明度の高い支川であることが分かった(図6)。

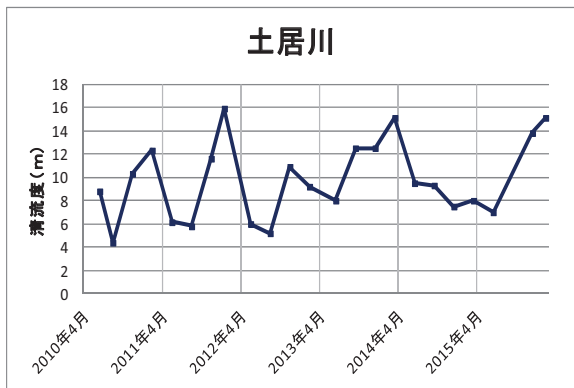


図6 土居川の清流度

3.1.1.4 大崎 (地点2)

大崎は、清流度の高い土居川が本川に合流した直下の地点である。地点1大森と比べ河川水量も増加した。河川の蛇行により右岸は深淵になっており、測定が可能である左岸においては表層の流速が10cm/秒未満の緩やかな流れの地点である。清流度は最小1.2m、最大15.1mであり、6年間の平均値は5.0mであった。土居川の影響もあり、冬季に高い傾向を示したが、夏季と冬季の清流度の差は、2013年度を除いて3~5mと毎年度同じ傾向を示した(図7)。

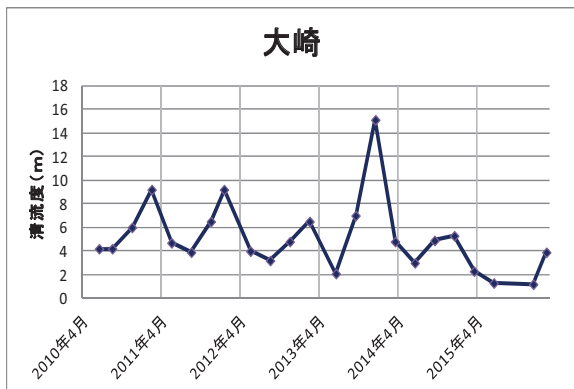


図7 大崎の清流度

3.1.1.5 坂折川 (地点c)

坂折川は大崎から約10km下流で合流する支川であり、上流には桐見ダムがある。測定地点は仁淀川への合流前の瀬と淵が存在し、頭大の石が多い場所である。清流度は最小1.7m、最大10mであり、6年間の平均値は4.9mであった。この地点については、夏季より春季が低い値を示し、周辺の田畑の影響も考えられる。年度内での清流度の変動は約6mであり、6年間を通じ同じ傾向を示した(図8)。

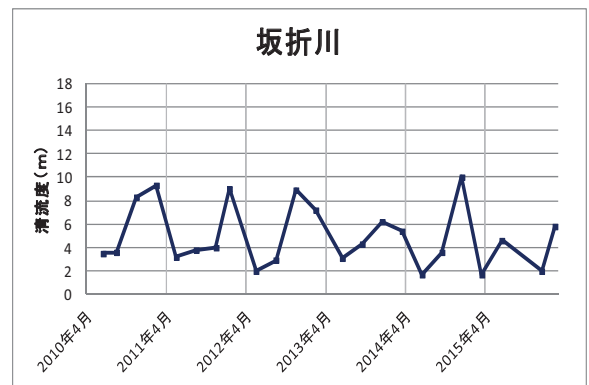


図8 坂折川の清流度

3.1.1.6 中仁淀沈下橋 (地点3)

中仁淀沈下橋は、坂折川が合流した直下の地点であり、河川敷が広く、調査には良好な地点である。清流度は最小1.0m、最大13.0mであり、6年間の平均値は6.2mであった。この測定地点は坂折川の影響により、最小値を示す時期が年度によって違いがみられた。年度内での清流度の変動は約8mであり、他の本川の地点より変動が大きかった(図9)。

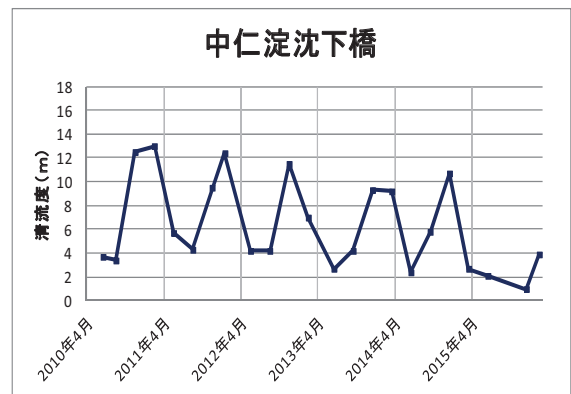


図9 中仁淀沈下橋の清流度

3.1.1.7 上八川川 (地点d)

上八川川は、仁淀川中流域で最も水量の多い支川であり、本川に大きな影響を与えている。本川合流前の上八川口橋の下流を測定地点とした。直径約30cm大の石が多い、流速約1m/秒の急流の場所である。清流度は、最小2.1m、最大14.0mであり、6年間の平均値は5.2mであり、他の地点に比べて年間の変動は小さかった(図10)。

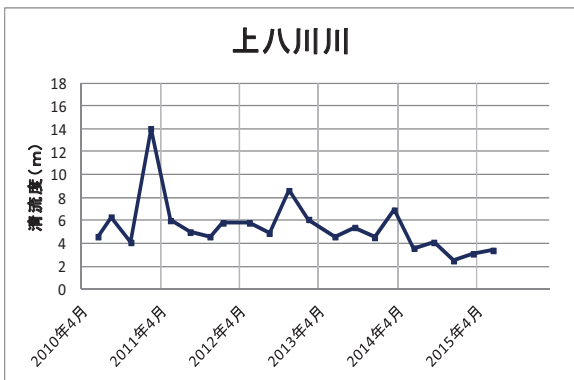


図10 上八川川の清流度

3.1.1.8 柳瀬 (地点4)

柳瀬は、上八川川合流後の地点であり、測定場所の左岸はこぶし大の石が多く、淵と瀬がない平らな河床である。清流度は最小2.4m、最大9.4mであり、6年間の平均は5.6mであった。年間の変動は約4mであり、本川の上流地点の中仁淀沈下橋より変動は小さかった(図11)。

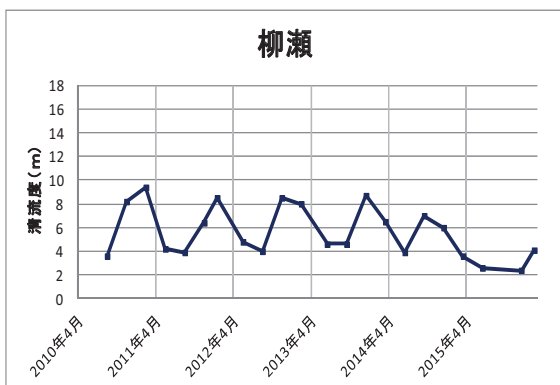


図11 柳瀬の清流度

3.1.1.9 伊野水位観測所 (地点5)

伊野水位観測所は、下流域の地点であり、キャンプや祭りなど仁淀川の清流を楽しむ場所である。清流度は最小2.5m、最大9.3mであり、6年

間の平均は5.3mで、年度内の変動は約4mだった。季節変動については、上流地点の柳瀬と同じ挙動を示した(図12)。

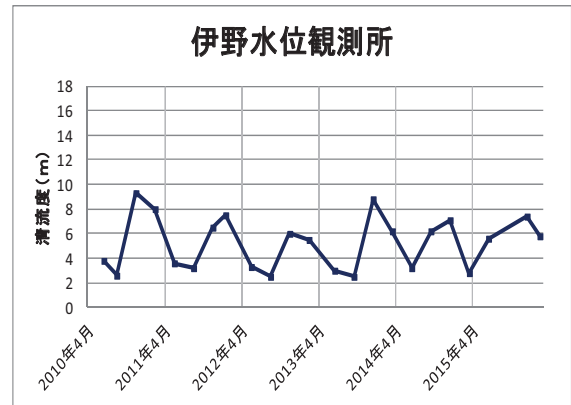


図12 伊野水位観測所の清流度

3.1.1.10 仁淀川大橋 (地点6)

仁淀川大橋は河口から約6km上流に位置し、海水の影響を受ける地点である。清流度は最小1.2m、最大9.5mであり、6年間の平均値は3.9mであった。季節変動は、他の地点より明確ではなかった(図13)。下流域の支川による影響を確認するために設置した地点であったが、海水の影響が大きく評価ができないため、もう少し上流に地点を設定すべきであった。



図13 仁淀川大橋の清流度

3.1.2 平均値の経年変化及び地点別相関

清流度の平均値の経年変化を、図14、表2に示した。年3回のみ測定であった2015年度を除くと、標準偏差がおおむね1.5以下となり、各地点とも大きなばらつきはなかった。

6年間の清流度の平均値は、本川の6地点にお

いては、4.71m、4.98m、6.16m、5.57m、5.28m、3.86mとなり4～6mの値を示した。支川の地点については、長者川が7.75m、土居川が9.87m、坂折川が4.93m、上八川川が5.17mとなり、本川より高い値を示した。四万十川の場合は、清流度が上流から下流にかけて低下する傾向にあるが、仁淀川については透明度の高い支川が多く流

れ込んでいるため、上流から下流にかけて同程度の値を示した。

地点ごとの清流度の相関を、表3に示す。回数の少ない大森を除いて、坂折川と中仁淀沈下橋、中仁淀沈下橋と柳瀬で強い相関が見られた。本川の地点で支川の影響を受けていると考えられるのは中仁淀沈下橋のみであった。

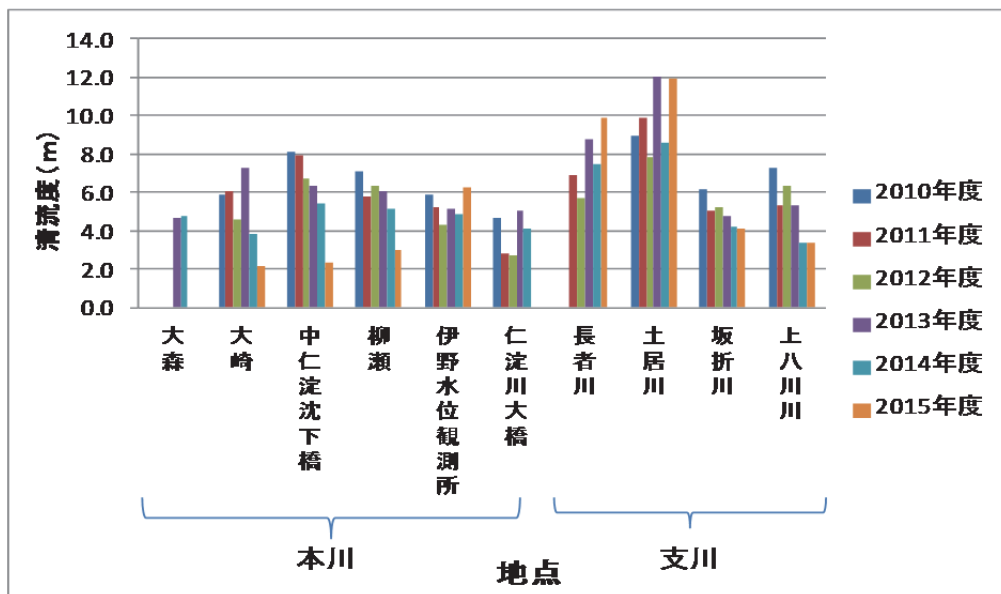


図14 清流度の平均値の経年変化

表2 清流度の年度別平均値

地点	年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	平均	標準偏差	標準偏差 (2015なし)
本川	大森				4.7	4.8		4.71	0.088	0.088
	大崎	5.9	6.1	4.6	7.3	3.9	2.1	4.98	1.825	1.318
	中仁淀沈下橋	8.2	8.0	6.7	6.4	5.4	2.3	6.16	2.137	1.151
	柳瀬	7.1	5.8	6.3	6.1	5.1	3.0	5.57	1.397	0.717
	伊野水位観測所	5.9	5.2	4.3	5.1	4.8	6.3	5.28	0.713	0.584
	仁淀川大橋	4.7	2.8	2.7	5.0	4.1		3.86	1.062	1.062
支川	長者川		6.9	5.7	8.8	7.5	9.9	7.75	1.609	1.260
	土居川		9.9	7.8	12.0	8.6	12.0	9.87	1.775	1.617
	坂折川		5.0	5.3	4.8	4.3	4.1	4.93	0.748	0.713
	上八川川		7.3	5.4	6.4	5.4	3.3	5.17	1.570	1.462

表3 清流度の地点別相関

	大森	大崎	中仁淀沈下橋	柳瀬	伊野水位観測所	仁淀川大橋	長者川	土居川	坂折川	上八川川
大森	1.000									
大崎	0.582	1.000								
中仁淀沈下橋	[0.933]	0.669	1.000							
柳瀬	0.781	0.764	0.902	1.000						
伊野水位観測所	[0.928]	0.536	0.707	0.664	1.000					
仁淀川大橋	[0.839]	0.681	0.678	0.759	0.789	1.000				
長者川	0.714	0.485	0.385	0.323	0.724	0.735	1.000			
土居川	0.354	0.408	0.403	0.427	0.604	0.631	0.626	1.000		
坂折川	0.753	0.543	0.861	0.768	0.687	0.603	0.552	0.387	1.000	
上八川川	0.037	0.314	0.456	0.495	0.208	0.453	-0.121	0.301	0.396	1.000

3.1.3 清流度と濁度

一般的に川の濁りを評価する方法として濁度がある。清流度調査法は、濁度では表現しにくい透明さを表す方法として採用されており、四万十川においては清流基準の1項目として10年以上測定されている。図15は四万十川の清流度と濁度の関係を示したものであり、図16は仁淀川の6年間の測定結果を表したものである。四万十川については、決定係数が0.6089となり、清流度と濁度の強い相関がみられた。一方、仁淀川については決定係数が0.4452となり、四万十川と比べると低い値となったが、一定の相関がみられた。

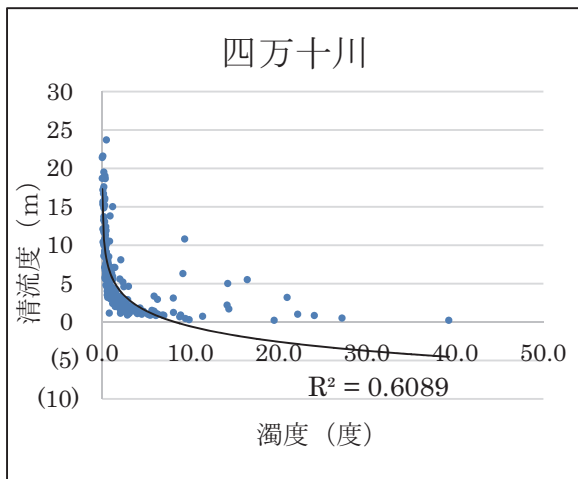


図15 四万十川の清流度と濁度

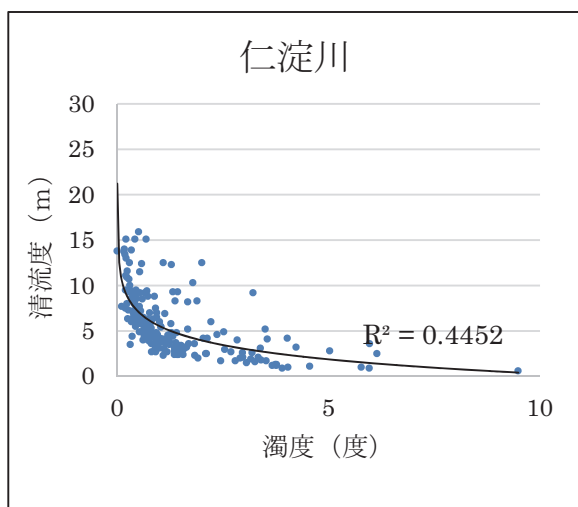


図16 仁淀川の清流度と濁度

3.2 水生生物調査

調査結果を表4に示す。最上流地点の大森と最下流地点の仁淀川大橋は深淵で水生生物採取が困難であるため、水生生物調査の地点から2地点は除外した。全地点においてスコア値8～9の生物の出現回数が多い傾向を示した。坂折川は出現回数の多い生物（出現確率0.5以上）が12種類と最も多く、水生生物生息には適した場所であることがうかがえる。

種類数の変化を図17、ASPT値の変化を図18に示した。採取した水生生物の種類数は年々増加傾向を示した。このことは川の瀬までの経路がなく、当初は水生生物の採取が困難であったか、各地点の河床の特徴を把握した後半には種類数が増加したと推測される。ASPT値については、伊野水位観測所以外の地点において、四万十川での清流の目安である7.5以上を示し、良好な水質であると考えられる。

6年間のASPT値の平均値は表5のとおりであった。長者川では種類数10.6、ASPT値7.79、坂折川では種類数11.4、ASPT値7.61を示した。他の地点については、ASPT値が7.49～7.87と高い値を示したが、種類数が7.0～8.7と少し低い値であった。水生生物調査で水質を評価するためには、川の深さが30cm位で30～40cm/秒の流れがあり、こぶし大の石があるなど、水生生物が多く採取できる場所の選定が重要である。

表4 水生生物の出現回数

指標生物	スコア値	地点名							
		長者川	土居川	大崎	坂折川	中仁淀 沈下橋	上八川川	柳瀬	伊野水位 観測所
アミカ	10	0	1	0	2	2	1	3	0
サワガニ	9	3	0	0	0	0	0	0	0
チラカゲロウ	9	7	10	4	12	6	5	7	3
ヒラタカゲロウ	9	18	19	6	19	17	11	16	14
カワゲラ	9	16	21	8	22	20	18	18	21
ナガレトビケラ	9	16	13	4	16	14	6	9	6
携巢性トビケラ	9	13	12	4	13	14	10	4	12
ヘビトンボ	9	4	8	1	14	5	4	0	1
ヨコエビ	9	0	0	0	0	0	0	1	0
タニガワカゲロウ	8	11	14	8	14	8	9	12	10
マダラカゲロウ	8	17	17	7	15	18	13	16	17
ヒゲナガカワトビケラ	8	15	13	6	20	17	15	14	14
ナガレアブ	8	3	2	0	1	0	1	0	2
カワニナ	8	0	0	0	0	0	0	0	0
モンカゲロウ	7	5	1	0	8	1	2	2	0
サナエトンボ	7	4	1	1	10	4	2	3	4
ナベブタムシ	7	0	0	0	0	0	0	0	0
シマトビケラ	7	15	11	7	15	14	11	9	14
ガガンボ	7	9	7	5	8	11	6	3	2
ブユ	7	5	9	2	9	7	6	4	5
テナガエビ	7	0	0	0	1	2	0	1	1
ブラナリア	7	0	0	0	3	0	0	0	0
コカゲロウ	6	14	12	6	11	11	10	11	13
キイロカワカゲロウ	6	1	1	0	2	0	0	0	1
ヒラタドROMシ	6	7	8	3	14	10	3	1	7
ホタル	6	0	0	0	0	0	0	0	0
スジエビ	6	1	0	0	0	0	0	0	1
モクズガニ	6	1	0	0	0	0	0	0	0
イシマキガイ	6	0	0	0	0	0	0	0	0
アミメカゲロウ	5	0	0	0	0	0	0	0	0
タイコウチ・ミズカマキリ	5	0	1	0	0	0	0	0	0
シジミガイ	5	0	0	2	13	5	0	1	0
タニシ	4	0	0	0	0	0	0	0	0
モノアラガイ	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ヒル	2	5	7	0	8	2	6	2	8
ミズムシ	2	0	0	0	1	0	0	0	0
アメリカザリガニ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
赤いユスリカ (腹鰓アリ)	1	0	0	1	0	0	0	0	0
サカマキガイ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
イトミミズ	1	0	1	0	1	0	0	0	2
採取回数		18	22	10	22	23	20	21	22

(出現確率が0.5を超えるものを色付けする.)

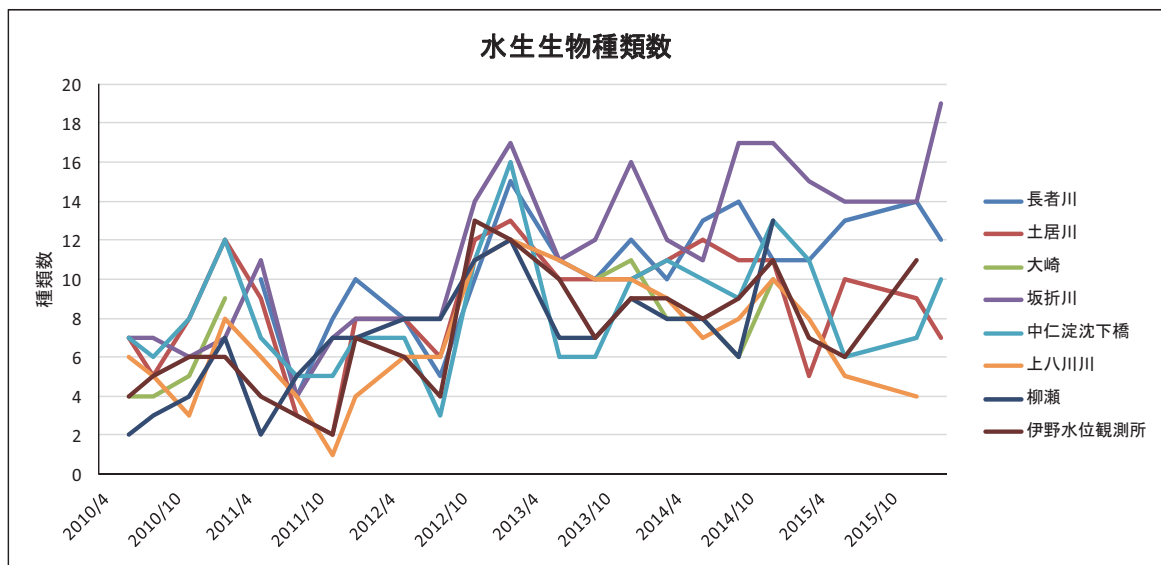


図17 水生生物種類数の変化

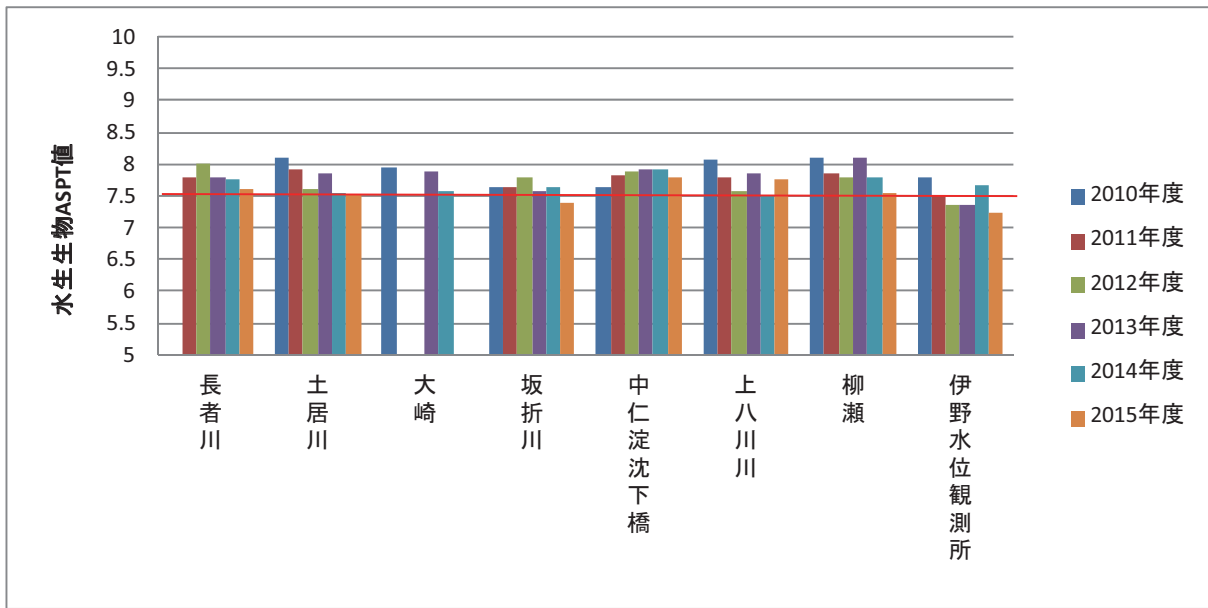


図18 調査地点別ASPT値の変化

表5 ASPT値の年度別平均値

	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	平均値
長者川		7.8	8.0	7.8	7.8	7.6	7.79
土居川	8.1	7.9	7.6	7.8	7.6	7.5	7.75
大崎	7.9			7.9	7.6		7.80
坂折川	7.6	7.6	7.8	7.6	7.6	7.4	7.61
中仁淀沈下橋	7.6	7.8	7.9	7.9	7.9	7.8	7.83
上八川川	8.1	7.8	7.6	7.9	7.5	7.8	7.76
柳瀬	8.1	7.9	7.8	8.1	7.8	7.6	7.87
伊野水位観測所	7.8	7.5	7.4	7.4	7.7	7.2	7.49

3.3 窒素・りん測定

3.3.1 全窒素

全窒素の測定結果を、図19、20に示す。支川の地点である坂折川と上八川川において若干低い値を示した。本川の地点の6年間の平均値は、大森0.42mg/L、大崎0.38mg/L、中仁淀沈下橋0.36mg/L、柳瀬0.34mg/L、伊野水位観測所0.33mg/L、仁淀川大橋0.42mg/Lとなり0.4mg/L前後の値となった。支川については、土居川で冬季に高くなる傾向が見られ、6年間の平均値は長者川0.42mg/L、土居川0.50mg/L、坂折川0.22mg/L、上八川川0.24mg/Lとなった。

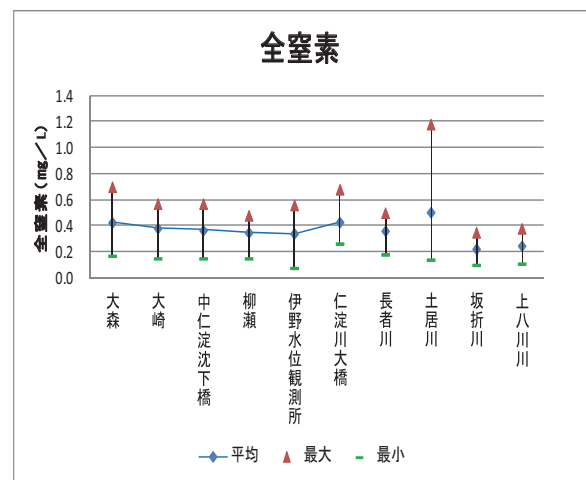


図19 全窒素測定結果

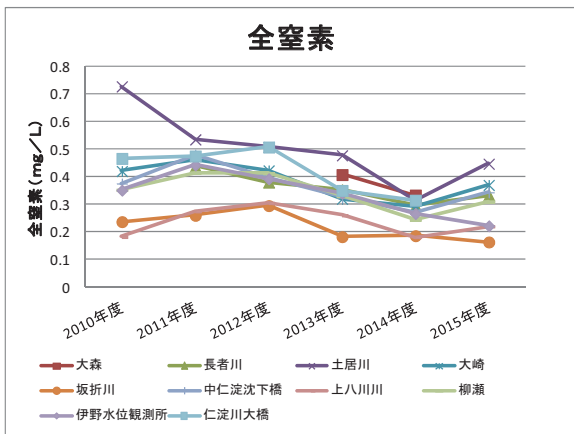


図20 全窒素の経年変化

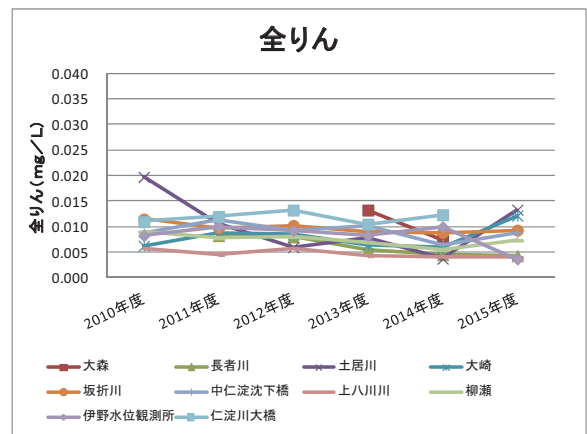


図22 全りんの経年変化

3.3.2 全りん

全りんの測定結果を、図21, 22に示す。全地点において全窒素よりは季節変動が見られたが、平均値の経年変化においては変動が大きく現れなかった。本川の地点の6年間の平均値は、大森0.010mg/L、大崎0.008mg/L、中仁淀沈下橋0.009mg/L、柳瀬0.007mg/L、伊野水位観測所0.008mg/L、仁淀川大橋0.011mg/Lとなり0.010mg/L前後の値となった。支川の地点については、6年間の平均値は長者川0.006mg/L、土居川0.010mg/L、坂折川0.009mg/L、上八川川0.004mg/Lを示した。

3.4 考察

3.4.1 清流度調査

清流度調査については、四万十川と同じく季節変動が見られるため、年4回の測定を行い平均値を求めることで、水のきれいさを評価することが可能であると考えられる。また、6年間の調査結果から住民独自での調査の目安になる表6の基準値案を提案する。しかし、地点1大森、地点b土居川、地点2大崎などの上流域の地点については、生活圏から川までの高低差が大きいことと、約7kgの清流度計の運搬を考えると、車等での移動が必須となる。また、地点6仁淀川大橋については、海水の影響の少ない上流に変更が必要である。

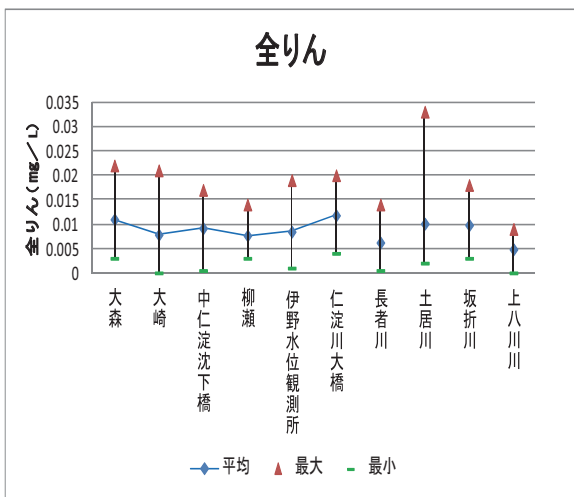


図21 全りん測定結果

表6 仁淀川の清流度基準値案

基準地点		基準値
河川名	地点名	清流度
仁淀川	大森(地点1)	5 m 以上
	大崎(地点2)	5 m 以上
	中仁淀沈下橋(地点3)	6 m 以上
	柳瀬(地点4)	6 m 以上
	伊野水位観測所(地点5)	5 m 以上
	仁淀川大橋(地点6)	(4 m 以上)
長者川	(地点a)	8 m 以上
土居川	(地点b)	10 m 以上
坂折川	(地点c)	5 m 以上
上八川川	(地点d)	5 m 以上

3.4.2 水生生物調査

水生生物調査については、各地点ともASPT値が高い値を示しており、40種の水生生物から水質を判定する四万十川方式調査は適応可能であると考えられる。しかし、本調査地点には水生生物調査に適した瀬がなく適切な判定が難しい状況から、地点の再選定も含め、採取場所の検討が必要であると考えられる。

3.4.3 窒素・りん測定

窒素・りんについては、仁淀川は四万十川より少し高い値であり、また大きな季節変動が見られることから、窒素・りんでの水質の判定は難しい。この変動については年間通じての動向でないことから、周辺状況をみて生活系の影響ではないと考えられ、本調査地点10ヶ所については窒素・りんでの判定は難しい。

ただし、今後下流域については生活系の影響を見るために必要になると思われる。

4 まとめ

清流度については、本川が3.9~6.2m、支川が4.9~9.9mであり、仁淀川の透明さを表現するためには、濁度ではなく清流度を測定することが適している。

水生生物調査においては、スコア値の高い水生生物が多く採取され、河川の評価が十分にできた。また、ASPT値平均値も7.49~7.87を示し、四万十川で使われている清流の目安である7.5付近の値を示した。

窒素については、年度別平均値が0.22~0.50mg/Lであり、りんについては0.01mg/L以下であった。地点によっては大きな季節変動があり、窒素・りんでの河川評価は難しい。

今回の調査結果より、四万十川清流基準調査方法は仁淀川の水質調査にも十分適用できると考えられる。しかし、窒素・りんについては低濃度が測定できる簡易測定キットがないことや、窒素・りんの変動が大きいことから、評価の項目として採用するか検討しなければならない。

今後、仁淀川全体を把握するため、汚濁負荷量の多い下流域の支川も追加し、水質調査を継続する予定である。

上流域の支川については清流を維持し、一方下流域の支川の対策にも取り組み、流域全体で見守る必要がある。

この調査を通じて、多くの住民に河川の状況の変化に気付いてもらう必要があることから、住民や小中学生の調査への参加が不可欠であると思われる。

参考文献等

- 1) 仁淀川清流保全計画
- 2) 貞岡秀俊ら：四万十川清流保全モニタリング状況について、高知県環境研究センター所報, 29, 43-53, 2012
- 3) 大森真貴子, 山村貞雄：仁淀川河口域における微量金属等の動向調査結果について(2007-2009年度), 高知県環境研究センター所報, 26, 61-66, 2009
- 4) 澤田祐貴子ら：仁淀川渓流域の森林整備による水質影響調査結果について(2009-2013年度), 高知県環境研究センター所報, 29, 17-23, 2012

