

潮止堰撤去後における武庫川下流部の問題

岡田 隆*

1. 沿革と現状

武庫川の潮止堰は河口より約 2.5km 上流にある転倒式の堰である(写真1)。「武庫川の治水を考える連絡協議会」(以下、「協議会」と略称)は、2003年2月13日尼崎土木事務所尼崎港湾管理事務所を訪ね、当時の管理室工務課長等に面会して、潮止堰について質疑応答を行ったことが、潮止堰との関わりの出発点だった。当時、パンフレットのようなものではなく A-3 用紙にプリントされた説明書を戴いた。それによると「改築の経緯」として、

「2. 改築の経緯

武庫川下流部の改修は、阪神間に占める地域の重要性より 1920(大正9)年(一部改修)から始まり、潮止堰は、当初床止め工として設置された。1955(昭和30)年頃からの高度成長時代に地下水の過剰汲み上げに起因する地盤沈下により潮止の機能を持つようになった。改修事業によりアーチ型固定堰からアーチ型可動堰に姿を変えます。」

また、潮止堰について、

「3. 潮止堰計画諸元

堰形式 鋼製転倒堰(ステンレス製・トルク軸タイプ) 2.0m(H)×30.4m×4門
堰平面形状 直線近似アーチ形状
堰頂・堰敷高 OP+2.35m・OP+0.35m
潮位 計画高潮位 OP+5.20m
倒伏水深 H=0.4m
倒伏システム 上流水位一定維持方式多段倒

伏制御 0.6m

起立操作 手動による(1門毎)

工事期間 1990.10~1992.7

総事業費 約 20 億円(下部工 約 12 億円, 上部工 約 8 億円)」

と書かれていた。

この内容は協議会の広報誌「武庫川レポート」第13号(2003.4.15)にも記載したが、この号には同年3月28日に第1回「(仮称)武庫川委員会」準備会議がホテル甲子園で開かれたとの記事も掲載されている。港湾管理事務所での会合は上記準備会議より約1ヶ月半早かったのである。当時、広報誌の記事で、私は「協議会の姿勢から言えば、堰は不要だから撤去すべきである」との主張を述べたが、余り注目をひかなかった。なお、上記記事によると、転倒堰の年間維持費は電気代とNTTの通信ケーブル代等70万円ぐらいと記されている。

それから7年後の2010(H22)年9月に武庫川水系河川整備計画(以下、「整備計画」と略称)が策定されて、武庫川水系流域委員会も所期の目的を一応終了して解散した。新たに策定された整備計画では下流築堤区間(河口~JR 東海道線橋梁まで)について“潮止堰は、周辺の地下水の利用状況等を勘案して適切に対応することを前提に撤去する。また、床止工は、同様のことを前提に撤去または改築する。”と書かれている¹⁾。協議会がこの問題について最初の発言以来7年後に兵庫県当局は堰の撤去を明言したのである。

2. 撤去に伴い検討すべき問題

潮止堰は河川を横断する構造物であり、堰の上流では淡水(陸水)が100%を占める。一方海水は堰の下流で止められ、満潮時、特に同時に台風等による高潮の発生時以外には海水が堰を超えて遡上することは殆どない(台風と高波が同時に起こった時に上流の水位が上がり、堰の転倒機能が上流からの洪水と判断を誤って転倒してしまったことがあった)。プログラムの設定に従って、洪水により上流水位が実際に上昇して転倒するのは、1,2年に1回程度だと思われる。潮止堰撤去の結果常識的に考えられるとおり、淡水と海水の混合する区域(汽水域)ができ、この範囲は潮の干満によ



写真1 潮止堰の現況(対岸の建物は兵庫医大)

*武庫川の治水を考える連絡協議会

って定期的に変動する。更に潮止堰撤去は武庫川水系河川整備計画の一環として組み込まれているので、下流域一帯では河道の拡幅、掘削やそれに伴って該当区域内橋梁の橋脚補強等大規模な工事が続行されるだろう。一連の事業により、武庫川下流域の自然環境、生態系及び周辺住民の生活環境や川への関わり方にも大きな影響を及ぼすと思われる。

2.1 地下水の塩水化について

潮止堰撤去により海水が上流に遡上し、兩岸の地下水位に影響を与える事は定性的には概ね確実と思われるが、定量的な把握はなされていない。

一般的に、地下水の塩水化は自然現象を人為的に変える事によって発生する。国内で塩水化が問題となり始めたのは1960(S35)年頃からで、東海道新幹線の開通、東京オリンピックの開催等(1964)、日本が敗戦からの復興に立ち上がり発展の道を取り始めた頃である。

尼崎市・西宮市のその頃の地下水事情については地質調査所(現在は独立行政法人 産業技術総合技術研究所 地質調査研究所)月報の詳細な資料がある^{2,3)}。尼崎市については市内37事業所について、使用水量・水源別取得水量・用途・井戸諸元等が記されている。大口使用者として関西電力発電所(2事業所)、住友金属、神崎製紙等がある。当時の尼崎市の地下水利用量110,000m³/日は深度250mまでの間の6層の帯水層より集水されており、武庫川から供給されるものについてはその経路がかなり明らかになっている。また、過剰な揚水により塩水の混入、地盤沈下などを促進したことも判っている。更に、伊丹市西部で武庫川流量6m³/s程度の時期に仁川合流点より下流では約1kmごとにそれぞれ上流側流量の15%程度が伏没、浸透しているとの記録があり、床止工の影響を受けてその両側に特に浸透する水量が増加している傾向があるとも述べている。

西宮市については30事業所及び西宮市の8箇所の水源井用水取得量・井戸諸元・用途等が記されている。大口使用者として朝日ビール・西宮市水源用水がある。西宮市水源は10m程度の浅井戸だが、一般事業所は深度70~220m迄の帯水層から収水されており、地盤沈下や塩水化も確認されている。また既にこの頃から酒造業者の使っている「宮水」は地盤沈下の影響により狭い範囲の土地でしか採取できなくなっているとの記述がある。上記調査書作成時より50年以上経過しているので、当時の調査対象であった事業所は現在までに廃業したり、市外に移転したりしてその状況は大きく変化している。その後、尼崎、西宮、伊丹3市では条例により地下水の採取規制が実施されるようになり、極端な地盤沈下は見られなくなった。この経過と協議会が2003年に入手した「改修の経緯」を比較すると、潮止堰の工事期間は1990~1992年となっており、既に沈下の最盛期は終わった頃である。改修理由には他の原因があったとも推測される。

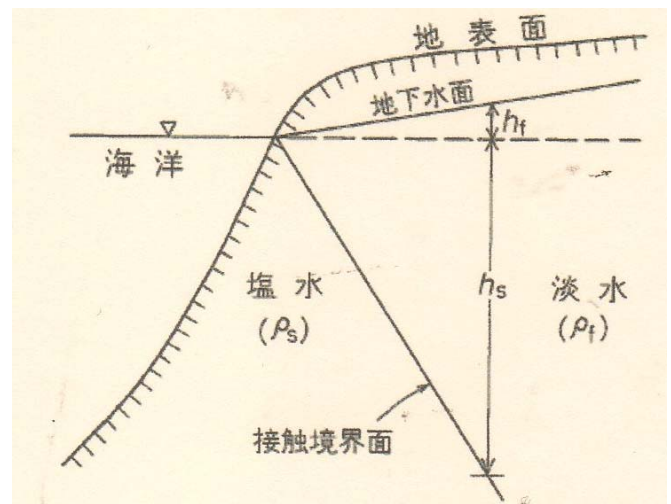


図1 Ghyben-Herzberg の関係に基づく自由水面を有する海岸帯水槽への塩水侵入

理論的には Ghyben-Herzberg の関係により、海水の密度は淡水と海水の密度差の40倍なので2液が静力学的平衡の状態にあるという仮定条件の下では次式が成立する(図1参照)。

$$h_s = \rho_f / (\rho_s - \rho_f) \times h_f$$

h_s : 海面から淡水と塩水との接触境界面までの深さ

ρ_f : 淡水の密度

ρ_s : 塩(海)水の密度

h_f : 海面から地下水面までの高さ

$\rho_s = 1.025 \text{g/cm}^3$, $\rho_f = 1.000 \text{g/cm}^3$ とすると

$$h_s = 40h_f$$

しかし、現実には地下水面の季節変動や潮汐による塩水体の往復運動による接触境界面の変動・その他の要因によって、境界は幅の広い混合層からなっているので、上式のように静的平衡状態にあることは稀であって明確には分かれていない⁴⁾。

現時点では、気候変動による海面上昇の影響についても検討が行われるようになった。温暖化の影響によって海水面が上昇すると従来そこにあった淡水層(淡水レンズ)の厚さが縮小するといわれている。潮止堰周辺の実測塩分濃度、地下水コンター(等高線)の資料を見ても地下水位は上流に行くほど高く、塩分濃度は下流の方が高く、普通に想像される結果で、そこまで、影響があるのかはよく判らない。2012年5月、西宮土木事務所は東は蓬川、西は新川(甲子園球場西)北は名神高速道路に至るかなり広い範囲で井戸利用調査の実施を始めた⁵⁾。これは従来何度か実施された範囲よりかなり広範囲になる。もしもこの範囲内で周辺と比べて塩分濃度が低い(淡水レンズのような)特別な淡水区域が発見されれば、地震等で給水システムが破損した場合には非常に有効な地下水源になると考えられる。気候変動に伴うこうした研究は始まったばかりで、武庫川周辺の地下水が今後どのように変動するかまでは明らかに出来ないだろうが、こうした調査を今

表 1 潮止堰付近の井戸水調査例

No.	河口よりの距離 (×100m)	川中心線よりの離隔 (m)	Cl ⁻ イオン濃度 (ppm)	市 域	調 査 記 録
1	42.0	190	44.2	西 宮	業務（風呂）用。水質豊富。
2	36.0	360	56.7	西 宮	散水用。飲用不適。豊富。
3	33.0	450	63.0	西 宮	同上。赤錆が出る。
4	29.5	700	30.4	西 宮	2箇所あったが、今は1箇所。
5	31.0	400	80.5	西 宮	畑の散水用に使用。
6	33.0	140	53.2	尼 崎	洗濯用。豊富。液状化影響。
7	30.2	210	40.9	尼 崎	植木の散水用。
8	29.4	175	45.8	尼 崎	諏佐之男神社手洗い用。
9	29.5	210	93.7	尼 崎	2箇所。散水用。豊富。
10	28.5	360	20.6	尼 崎	散水。観賞魚用。
	平均=32.21	平均=319.5	平均=52.9		

後の減災対策に役立てることは重要であろう。

なお、塩水遡上については兵庫県の平成 22 年度第 3 回河川審議会資料の「塩水遡上・地下水計算」に現在までの調査結果が掲載されている⁶⁾。それによると民生井戸の使用状況は 1987 (S62) 年に約 110 箇所、2002 (H14) 年に約 50 箇所、2009 (H21) 年に約 40 箇所と約 20 年の間に 1/3 程度に減少している。2002 年の再調査で得られた測定結果の内、10 例を表 1 に示す⁷⁾。表中西宮市は武庫川右岸、尼崎市は同左岸である。

潮止堰は河口より約 2,300m の地点にあるので、上表の数値と堰の位置とは塩素イオン濃度と比例的な関係にあるとは言い難く、また川中心からの離隔距離とも比例的な関係ではないように思われる。

2.2 汽水域の拡大による影響

潮止堰の撤去により、上流より流れてくる淡水は自由に流下するので、海水は満潮時には潮止堰の位置を超えて更に遡上し、淡水と海水の入り交じった汽水域 (estuary) が出現する。汽水域の上流への延長距離は当然その時の満潮時海水位によって異なるが、上記河川審議会資料では最大で河口から 4.5km の地点 (国道 2 号線と JR 東海道線との間) まで達すると予測している。この予測通りだとすれば、汽水域の延長長さは約 2km になる。

この区域の生態系事前調査の一環として、協議会では兵庫生物学会の協力により国道 2 号線下流 2 号床止め工の周辺で生物調査を実施した。採集した水生生物は、アユ・オイカワ・スゴモロコ (コウライモロコ)・カマツカ・タモロコ・カワヨシノボリ・ゴクラクハゼ・マハゼ・ナマズ・メダカ・テナガエビ・ミナミヌマエビの 12 種類だったが、この中には潮止堰下流から堰を越えてきたと考えられるものもあった⁸⁾。上記河川審議

会資料では 2 号床止工付近の河川底層の塩分濃度を 1% 程度と推定しているが、この条件では、生態系はどのように変化するか検討課題の一つであると思う。実際に潮止堰の上下流で流水をサンプリングして、水質を測定した (2013.1.15)。

その結果、硝酸イオン、燐酸イオンには大きな差はなく COD は海側の方がやや高かった。また塩分濃度は潮止堰上流では 0 だったが、下流側では、下流に行くほど塩分濃度が高くはならず、0.8~1.8%にかなりバラツキがあった。1 回だけのテストに過ぎず、この日は 2 日続きの雨の後だったので、これだけでは確定的なことは何も言えない。また、サンプルは表面水なので、水底近くの水を採取しなければならず、特殊なサンプラーを必要とする。この付近の生態系についても今後の調査が必要と思われる。

汽水域については国土交通省河川局が 2004 (H16) 年に発行した「汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書」(150 頁)がある。1 級河川を主な対象にしているが、その中には武庫川を含む 4 本の 2 級河川が特に含まれ、河口の写真も掲載されている。分類タイプとして淀川、大和川と同じ「内湾型砂泥河川」に分類されている。この手引き書では武庫川の潮止堰や床止工については何も記述がないが、汽水域に人為的改変を行う場合には慎重な配慮が必要だと述べている。

これについて手引き書より直接引用する⁹⁾。
「汽水域における管理上の問題には次のものがある。」

- ・環境の把握や人為的改変に伴う環境への影響に関する調査・研究を進める
- ・これまで得られた知見を基に人為的改変による物理・化学的現象の調査・分析手法を取りまとめる
- ・必要な調査の実施やデータの整理を通じ、汽水環境を適切に捉える

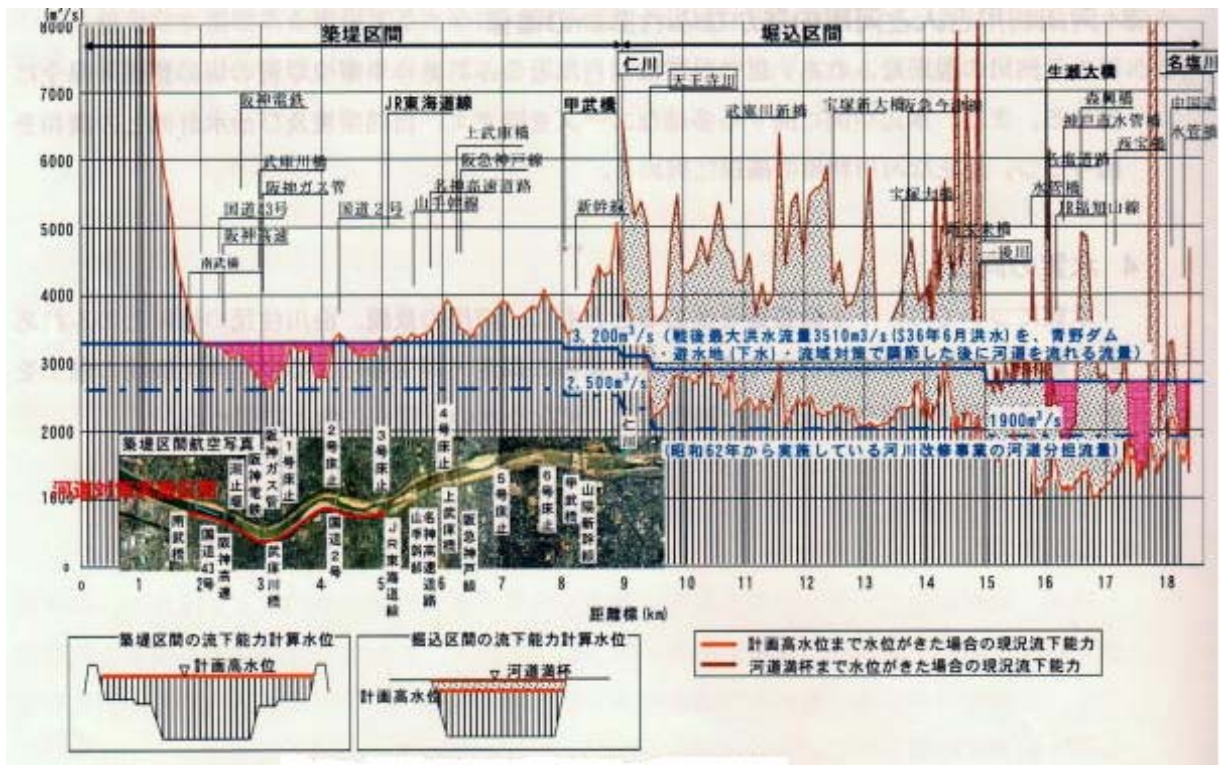


図2 現況流下能力と河道への配分流量

- ・河川整備の計画段階において環境に及ぼす影響を事前に予測評価するとともに、その影響の回避提言を行うとともに、許可工作物の工事及び専用許可の際の適切な審査に活用する
- ・汽水域の環境を復元する自然再生の取り組みなどを行う

これについて河川整備計画では、第4章第3節河川環境の整備と保全に関する事項の中の「目標『汽水域の拡大と干潟の創出』」に「汽水域が拡大すればドジョウ等の生息する淡水域は縮小するが、流域内の生息数が多いこと、本来的に汽水域であることから、特別な対策は不要である。汽水・海水性の底生動物、魚類や鳥類の一部は、工事の影響で一時的に個体数の減少する区間が発生するものの、干潟をはじめとする多様な生息環境を創出することにより、隣接地からの種の供給による回復とこれまで以上の生物多様性が期待される。」と書かれており、かなり楽観的な見解である。

手引き書の指摘は、自然状態で存在する汽水域に何らかの変化を人為的に加えることを想定した場合で、潮止堰の撤去とは逆の視点だが、基本的な問題点は同じで、撤去前に現状の具体的なデータ等を整理する事はスタート時期と今後（撤去後）との比較のために必要だが、その姿勢は明らかにされていない。整備計画は単に潮止堰の撤去に止まらず、その他の工事の影響から完全に復旧するには長時間—恐らく10年以上はかかると思われる。その間によく検討して、生態系の豊かな環境を創出する努力が必要だろう。また、潮止堰下流の現状が「全域にわたって単調な環境であり、

生物相は他の水系と比較しても著しく貧弱である。」と認めていながら、堰が撤去されて汽水域になれば自然に復活するような考えと取られかねないが、そう簡単ではないと思われる。

2.3 整備計画実施後の潮止堰周辺の変化

整備計画は武庫川ダムの建設が事実上中止された事により、下流築堤区間による流量の3,200m³/sを確保することを目的の1つとして設定された。

上のグラフ（図2）は整備計画（原案）下流築堤区間（P.49）に掲載図のコピーで、そのうち下流築堤区間の部分だけを示してある。左端縦軸の目盛りは流量を示し3,000と4,000の間の3,200に引かれている線は「戦後最大洪水流量3,510m³/s（S36年6月洪水）を青野ダム・遊水池（下水）・流域対策で調節した後に河道を流れる流量」と図中に註記してある。3,200の線より下に示される3角形の部分が流下能力不足箇所を示す（既に潮止堰は撤去されたものとしてこのグラフは作成されている）。3角形は南武橋より約150m上流より始まり、JR 東海道線付近で終わっているが、流下能力が最も不足しているのは阪神ガス管橋付近である。現在までに実施された武庫川下流部の河川整備事業の説明によると（例：平成24年3月資料）No.21地点（南武橋より約300m上流）における高水敷の最大掘削幅40.7m【川幅（低水護岸間の距離）=131.6m】となっている。

一方阪神ガス管付近のNo.27地点【川幅=112.5m】では河川幅は尼崎市側に約3m拡幅されるだけとなっている。国道43号線下流は高水敷の幅が最も広く河川拡

幅が一番やりやすいスペースである（毎年西宮市が消防出初め式に使っている）。更に南武橋下流は上のグラフから見ればもう海の一部であり、流量は 4,000m³/s から 8,000m³/s まで急上昇している部分だが、この部分も河道拡幅の対象で、既に【第 1 工区】として工事着工が決定し、現在実施中である。河川幅は広い方が洪水時により安全なことには違いないが、厳しい兵庫県の財政事情で貴重な税金を使って施工すべきなのか疑問を感じる。整備計画原案に示された上図とも矛盾している。

前ページの記述と重複するが、第 2 回 武庫川水系河川整備計画フォローアップ委員会 (H24. 11. 30) で提示された「進行管理計画 進行管理項目一覧」には下流部築堤区間での【点検指標】の項目で河床掘削に伴い必要となる橋梁の補強または改築として、

- ・南武橋（改築）
- ・国道 43 号、阪神高速橋梁（護床工）
- ・阪神電鉄橋梁（補強）
- ・武庫川橋（旧国道橋梁）（護床工）
- ・ガス管橋（補強又は改築）
- ・国道 2 号線橋梁（補強又は改築）

が挙げられている。このうち国道 43 号—武庫川橋（旧国道）—ガス管橋付近の河道拡幅は前ページの図（河道への配分流量）でも判るように、河道拡幅の第一候補に挙げるべきと考えられ、点検指標の再検討も必要ではないか。この付近では堤内側の地理的環境からも西宮・尼崎市側へ拡幅すべき余地はないと思われる。また低水路拡幅、高水敷掘削区間として右岸 No. 10～No. 31 (L=2,000m) も点検指標としてあげられている。No. 10～15 区間は前ページの図で流量が 5,000m³/s 以上の区間であり、水路拡幅の必要はないと思われる。

河口付近の川幅に合わせて拡幅しているようだが、そこまでするならばもっと河口部の景観にも即した工事内容にすべきではないか。橋梁の改築補強も膨大な予算が必要と思われるが、洪水時における河道内の抵抗を減らす上では効果的である。ガス管橋は都市ガスを通す為だけだから、負荷も年中略一定であり、川の中に現在のように多くの橋脚を立てずとも吊り橋か、斜張橋のような構造とする事は可能であり、大洪水時には効果を発揮すると思われる。ガス会社にも CSR（企業の社会的責任）の事業として再検討して貰ってはどうかと考える。また阪神電鉄の鉄橋は高水敷から鉄橋下端までの高さは約 3m しかない。鉄橋自身をもっと高い位置に持ってくる必要があるのは誰が見ても納得でき、改築すべきと思うが、補強に止まっている。一連の計画を見ると、やりやすい工事を優先的にやっているような印象を受ける。整備計画は 20 年間の予定で実施するのだから、難工事と思われるものでも敢えて着手の計画をすべきと考える。

阪神電鉄～1 号床止工付近まで川幅を広げずに流下能力を増加するためには、河床掘削しか手段はないが、

掘削すると上流部からの河床勾配がこの付近で急に変化し、川底に窪地ができて水中溶存酸素量 (DO) が低下する水域ができて生態系に悪影響を及ぼすのではないかと危惧する。その為にも橋梁の改築を優先すべきである。

本項冒頭にも述べたように整備計画は下流築堤区間の流量増大を目標の一つとしている。潮止堰の撤去を初めとするこの区間一帯の工事について簡単に検討したが、その内容が最適の結果かどうかについては尚多くの問題がある。整備計画第 1 章にも書かれているように 3,200m³/s を得るための条件である青野ダムの洪水調節流量の拡大、道場付近の遊水池の整備を含め、築堤区間の堤防強化、流域対策での雨水一時貯留設備の整備等、多くの対策があるが、現在では河道拡幅以外の状況がどうなっているのか、兵庫県当局からの積極的な情報提供は余り見られないと感じる。

地球温暖化については今や誰も疑う余地がなく、今後もトレンドとしては降雨量が減少するといわれている中でも、所謂ゲリラ降雨等局所被害に対する総合的治水対策が求められるが、現状は河道拡幅のみが強調されている。

「総合的な治水対策の推進」、「動植物の生活環境の保全・再生」は整備計画（原案）第 1 章でも述べられているが、今後どのように展開されるのか注目しなければならない。

また、対象としている 3,510m³/s (S36 年 6 月 23 日) は 2 日実績雨量 244.6mm で甲武橋基準点における計算流量は 4,605m³/s、過去 100 年間における統計の最大流量である。降雨は自然現象だから上限はないが、この洪水の発生頻度をもっと多く、仮に 60 年に一度としたところで洪水の発生時間は長くても 3 日間 (72 時間) 程度、即ち時間比では、

$$3 \div (60 \times 365) = 0.000137$$

で 7,300 分の 1 (0.014%) にしかならないと推定される。人生の大半である 60 年という時間のうち 99.98% の過ごし方はきわめて大切である。災害対策はもちろん必要で重要だが、住民に取っては洪水のない普段の状態と接し、感じる川の姿こそ日常生活の上では大事であり、熟考すべきテーマであるのではないかと思っている。そういう視点からの整備計画のあり方についても住民も行政も「参画と協働」の精神で一体となつて、この際再検討が行われてもよいのではないのだろうか。

参考文献

- 1) 兵庫県 (2010) 武庫川水系河川整備計画(案), pp. 49-50.
- 2) 藤田延男, 竹下敏夫, 後藤隼治, 岡部喜久男 (1957) 尼崎市工業用水小規模地域調査報告, 地質調査所月報, Vol. 8. 281-300.
- 3) 藤田延男, 高橋 稔 (1963) 兵庫県西宮市工業用水地下水調査報告, 地質調査所月報, Vol. 14, 509-528.

- 4) 村下敏夫 (1982) 本邦における地下水の塩水化, 治水調査所月報, **33**(10), 479-530.
- 5) 兵庫県阪神南県民局西宮土木事務所武庫川対策室 (2012) 武庫川河川整備事業にかかる井戸利用調査のおしらせ, pp. 1-4.
- 6) 兵庫県 (2010) H22 年度第 3 回兵庫県河川審議会 (第 3 回治水部会報告), F 塩水遡上・地下水計算 (塩水遡上範囲図), pp. 9-12.
- 7) 兵庫県阪神南県民局資料地図記入資料より
- 8) 岡田 隆 (2003) 武庫川下流潮止堰 — 尼崎港湾管理室にて取材 —, 武庫川の治水を考える連絡協議会広報誌「武庫川レポート」, No. 12, 6-7.
- 9) 汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会 (国土交通省) (2004) 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引き書, pp. 2-26.