

自然災害研究のための利用可能データ

木下 武雄[†]

(受付 2003 年 9 月 16 日; 改訂 2003 年 11 月 6 日)

要 旨

自然災害への極値理論の応用については、理論的展開とともにその解析を可能にするデータの品質を理解し、品質の向上を図ることが重要である。その品質への理解をこの拙文の目的とする。ここでは品質についての簡単な考察を行い、データには数値データと記述データのあることを示し、雨量・流量等を中心として、観測の法律・組織・方法をまとめ、筆者の現地踏査経験から誤差混入の要因を述べ、実際の問題点について考察した。またデータ利用に当たっての注意事項を述べ、この分野の研究のための一助とした。

キーワード：自然災害，データ品質保証，観測，降水量，水位，流量。

1. 序

自然災害は自然現象の発生の平均値からの偏りの大きい場合に重大な結果をもたらすことは言を俟たない。自然災害の研究の一つの柱としては、現象発生の極値分布を知る必要がある。それは防災の計画の樹立に当たって工学的、社会経済学的にも重要な情報だからである。またリアルタイム的な防災活動においても極値分布がどうなっているかを念頭におけば迅速な対応ができる。そのために、個々の現象について極値分布がわかっていなければならないわけであるが、実際の現象について、その分布を求めるための利用可能データということになると、決して十分に存在するとは言えない。ここでは雨量・水位・流量による自然災害対策を中心にして、そのデータの持つ注意点、特にその品質について考慮すべき点などをあげて、極値理論の展開において、データの利用についての参考に供したい。

2. 自然災害のデータとは

品質とは一般に観測精度とデータの時系列としての長さである。この他にも時間的・空間的な分解能もある。

観測精度とは真値があって、それに対する観測値の接近の度をあらわすわけで、対象が変動しないものであれば、何回か測定して、測定値の分布から真値のあるあたりを推定し、測定値の真値への接近の度をあらわせばよい。標準偏差をもって真値への接近の度を推察することもできる。しかし、自然現象は決して同じものが 2 度とは生起しないので、観測とはある位置で瞬間的な 1 回きりの行為である。周辺(時間的・空間的に)の値に近ければ「精度が良い」というような推定はできるので、あいまいであるが、精度という尺度をここで用いる。

時系列としてのデータの長さは、長い方が良いが、測器の特性・観測環境が均質でなくなれ

[†] 株式会社 水文環境：〒103-0005 東京都中央区日本橋久松町 10 番 6 号；s.k.kinosita@mx9.ttcn.ne.jp



図 1. プロペラ型風向風速計.

ば、長い期間のデータでも意味がなくなる。風速計を風杯型からプロペラ型(図 1 参照)に変えたため応答特性が変わり、時系列としての長さが切断された。観測環境の変化については案外見過ごされやすい。そのための検証は後で述べるが、例としては雨量データの不均質性である。雨量計を設置した時は十分に広闊な周囲環境であっても、長年のうちに樹木が生育し、徐々に樹冠が雨量計を覆ってしまうことも稀にある。従って、雨量データの長期の均質性には十分な警戒が必要である。

長期データでも欠測が多ければこれもデータとしては欠格である。これまで、観測者が観測所に常駐していた時代は、雨が全く降らなかった期間は - 印をつけ、降ったが、測器に感じないくらいの微量であった場合は 0.0 と記し、測器に感じれば、例えば 0.2 mm と記録した。欠測は欠測と書いた。しかし、コンピュータ化のため今は 1 mm 単位という極めて粗い読取精度となったこと、さらにテレメータ等では欠測しても入力信号が 0 であるから、入力信号がなければどんな大雨が降っても 0 mm としか記録されない場合がある。2 月、3 月の雨がすべて 0 なので、調べたら冬期のため観測を中止していたという例がある。雨量が 0 ではなく欠測なのである。

地上気象観測統計指針(気象庁(1990))において、「1 地点だけの資料を用いて、統計年数をこえる再現期間と日降水量の関係を、統計的外挿によって求めることは、従来のどの方法によっても信頼する値が得られないから、現状ではこのような外挿は行わない」としている。つまり 30 年のデータで 100 年確率(年最大日降水量の確率密度関数において、その値以上の発現確率が $1/100$ である日降水量を 100 年確率(日降水量)と略称する。年最大流量についても同様に処理して、100 年確率流量又は 100 年(確率)洪水と略称する。)を求められないという意味である。しかし、洪水対策を例にとれば再現期間が 100 年とか 200 年とかいう数値は日本では一般に用いられる再現期間である。数値データが得られるようになってから東京などでさえ高々 130 年で、地方によっては 30 年間のデータさえ十分でない所が多い。ではあと 70 年待ってから洪水対策を立てると言うのか。

ばらつくことが統計現象の本質であることを指摘して菅原(1985)は、2桁の乱数でそのうちの一つの数、例えば00を100年洪水に見たてて、100個ごとに区切った乱数表(一世紀ごとのデータベースに相当)から00の発生個数を数え、それが世紀ごとにゆらくことを示した。100年確率で発生されるランダムな洪水というものが、世紀を越えていかにばらつくものであるかを示した。上の例で言えば、あと70年どころか1000年観測を続けても的確に100年確率値は得られないことになる。ノイズがのれば、結果を得るのはさらに困難となる。先に述べたように自然現象は一回きりの観測であるからノイズがどの程度かも厳密には分からない。防災関係者の中には、ばらつくことと知ると、統計に不信を抱く人がいるが、ばらつくものと思えば逆に、迷いはない。

3. データの種類と長さ

データには数値データと記述データとがある。数値データには時系列のデータと、ピークのみデータとがある。前者は定時の読み取りとか、自記録(ロガー収録も含めて)から得られるもので、最近の科学観測は凡そこれに拠っている。ピークのみデータには過去の数個の大洪水の水位を柱や建物の壁に示したものもある。記述データとは古文書に見られる地震や水害の記録である。極値理論の考察のためには数値データの方が好ましいが、記述データでは日本書紀以来の古文書が約1300年前よりの事象を記録している。数値データでは気象庁が気象観測を明治8年(1875年)6月1日より東京の赤坂葵町(港区)で開始したのが始まりである。約130年前である。つまり、数値データは最も長い例でも記述データの丁度 $1/10$ の長さしかない。

国土交通省河川局は日雨量(正確には日降水量と言わねばならない)と日流量とを昭和13年(1938年)分より公刊している。大正年間(1910年~1920年頃)より水力発電を各地で行うため包蔵水力(雨量あるいは河川流量とその位置のエネルギーとより求められる)を算出するために実施されはじめた調査が、昭和10年(1935年)頃より始まった河水統制事業で具体化し、旧内務省が雨量、流量の調査を始め、それが昭和16年(1941年)になって、昭和13年分より刊行されたものである。この資料は1日の平均値(日流量)であり、普通規模の河川では流量変化が速いので、ピーク値よりも低い値しか表されていない。ピーク値を研究する場合は時間流量(時刻流量、毎時流量とも言う)のデータを用いねばならない。

中小河川、都市河川の研究では現象が短周期であるため、15分ごとのデータや10分ごとのデータを用いなければならないこともある。このようなデータは特別なプロジェクトで得られて、特別に出版されている場合が多い。また観測期間は10年とか、せいぜい20年程度である。

時間的・空間的な分解能についても若干、考察をしておかなければならない。雨量観測の例を示そう。雨量観測と言えばこれまで地上雨量計によるものであった。しかし、最近レーダによる雨量観測が普及して来た。地上雨量計では受水口が直径20cm(面積 314cm^2)で通常1時間単位で測るのに対し、レーダ雨量計では一メッシュが約 $1.5\text{km} \times$ 約 2km で、全域が5~6秒(平均化によってもっと長い時間間隔を用いるが)で測るというように、両者の分解能が著しく異なることを理解せねばならない。水位観測の例では、かつては一日2回(午前6時と午後6時)の観測を平均して日水位と呼んだものが、今は一日24回(毎正時)の観測を平均して日水位と呼んでいる。技術の進歩による分解能の違いは品質の違いになる。

4. 観測の法律等

自然災害の研究において、その対象となる分野は極めて広い。大気現象、水文現象、海洋現象、地殻現象(表層・内部など)、地球電磁気現象、その他様々な現象がある。単発現象としての観測は数多くあるが、それらの極値統計理論の展開ということになると、個々の観測という

より、組織立って、さらには法律等に基づいて業務として観測を継続している例を見なくてはならない。法律に基づく観測には永続性がある。

4.1 気象業務法

気象と呼ばれる分野については気象業務法(昭和 27 年 6 月 2 日法律第 165 号)がある。これは気象庁の業務に係わる法律であって、気象・地象・水象を扱うとし、それぞれの意味する現象の定義を述べている。正確を期すときには同法を参照されたい。ここで特筆すべきは、第 3 条で気象庁長官は次の事項を行うよう努めなければならないとして (1)気象・地震及び火山現象に関する観測網を確立し (中略) (5)気象の観測の方法及びその成果の発表の方法について統一を図ること (6) (中略) 気象に関する調査及び研究の成果の発表 (中略) 利用を促進することとしている点である。さらに気象測器の技術基準 (第 9 条)、観測成果等の発表 (第 11 条)、気象測器の検定 (第 27 条)、刊行物の発行 (第 36 条) 等が細かく規程されている。気象業務法施行規則では気象庁の行う観測の方法 (第 1 条の 2) が示されていて、そのうちの気象の項においては、気圧、気温、湿球温度、蒸気圧、露点温度、相対湿度、風(風向、風速)、降水量、積雪、雲、雲の表面の温度分布及び状態、大気の不透明度、日照時間、日射量、降水現象、凝結及び凍結現象、光象、音象、大気の微量成分(10 項目)、降水の化学成分、降下じんの化学成分、その他の現象である。続けて地象の項には地震、火山現象等、さらに水象としては潮汐、津波、陸水位などが列挙されている。

省略した項目もあるが、これだけでも膨大な観測が気象業務法の下で行われ、気象庁は成果を発表することになっている。9.1 節(1)を参照されたい。

4.2 国土調査法

国土調査法第 2 条第 2 項の規程による水調査の基準の設定のための調査は水基本調査作業規程準則(昭和 28 年 7 月 18 日総理府令 35 号)による。ここでは観測所の配置、踏査、既存資料の収集及び解析、観測所等の位置の決定、成果とりまとめなどが定められている。対象は降水量、水位及び流量、取水量又は排水量、用水量、地下水、流砂状況、積雪、水質、水温、水利慣行である。

降水量調査作業規程準則(昭和 29 年 12 月 10 日総理府令第 86 号)では総則、観測所の設置及び観測員の委嘱、観測、結果のとりまとめが述べられている。水位及び流量調査作業規程準則(昭和 29 年 10 月 9 日総理府令 75 号)では総則、観測所の設置、観測(通則、定時の水位観測、こう水流量以外の流量観測、こう水流量観測、野帳の記載)、結果のとりまとめが述べられている。

4.3 発電水力流量

発電水力流量測定規則(昭和 40 年 6 月 15 日通商産業省令第 55 号)では電気事業法の第 102 条の規程に基づく流量測定規則を制定している。

5. 観測の組織

観測の組織又は組織化は永続性のあるデータ収集のため必要である。Kinosita and Sonda (1967 年)はかつて、都市化によって、降雨から河川への流出現象がどのように変化するかを研究しようと試みた。東京都北部を流れる石神井川に観測所を設け、観測を継続した。都市環境の変化、それが重要な原因要素であるが、それを把握し切れなくなって、研究を終了させた。具体的には下水道網がこの流域に縦横に敷設されたため流出の実態、特にその時間的变化が把握し切れなくなったのである。その場合、このプロジェクトにおいて、下水道との組織的関連を強化しておけば、もう少し、別の途があったかも知れない。

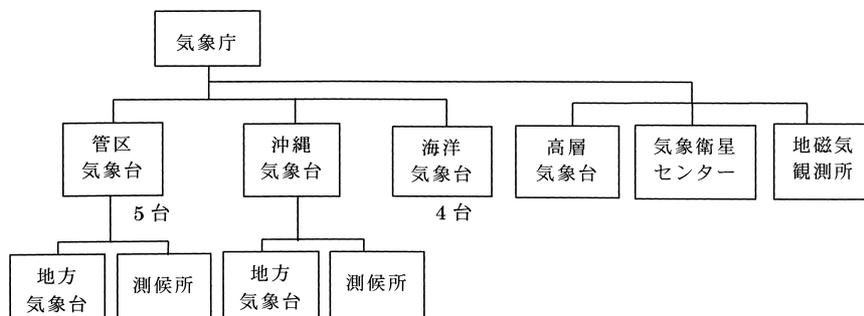


図 2. 気象庁の組織の説明図.

5.1 気象庁

(1) 組織

気象庁は国土交通省の外局という立場で、図 2 のような組織で、観測については大きな組織である。管区気象台の下には各都道府県(管区気象台所在地を除く)に 1 地方気象台が、成田、羽田、関空(あえて俗称を用いた)にはそれぞれ航空気象台が、沖縄気象台の下には 3 台の地方気象台がある。測候所は管区、地方気象台のない重要な都市、岬、島などに配置されている。これらはすべて気象業務法に沿って観測を永年継続しているので、有益なデータが蓄積されているし、また成果をまとめて「○○の気象」というような冊子を発行している。

(2) 観測の手引

気象庁では観測と統計の手引として地上気象観測指針、地上気象観測統計指針を発行している。これは気象業務法に則っている観測と統計の技術の指針である。

5.2 河川局

国土交通省河川局(旧称 建設省河川局)では雨量年及び流量年表を 1938 年より公刊していることはすでに述べたが、この他にも水質年表、多目的ダム管理年報などを公刊している。そのうちの雨量及び流量の観測手順について、若干の説明をする。

(1) 組織

図 3 に示すような組織である。各河川事務所が管理している河川(全国でこのような一級水系は 109 水系あり、その本川、支川の大臣管理区間のこと)において、水位・流量を測っている。またその河川の上流の流域において雨量(正確には降水量)を測っている。

(2) 目的：治水と利水

その目的は、治水・利水のための河川の計画と管理とである。計画とは現在、河川整備計画として、各河川で進められているが、計画としてとり上げる高水(少々意味の違いがあるが、洪水とも言う)の規模を決め、その規模に安全に対応できる河道・ダム・放水路などを設計することである。これを治水計画と言う。低水においても水利権と維持用水との分配等においても計画が必要となる。水利権とは国が農業や工業・都市などの用水として利用することを認めている権利であって、明治維新前からの水利権を引き継いでいるものも少なくないため、現実には極めて分かりにくいものである。維持用水とは河川の水理・環境・景観等のために必要とされる流量であるが、これも決め手の手法が確立されるわけではない。新しい利水の要求や維持用水の不足があれば、上流に貯水池を作って、低水を補給する計画を立てねばならない。これを利水計画と言う。

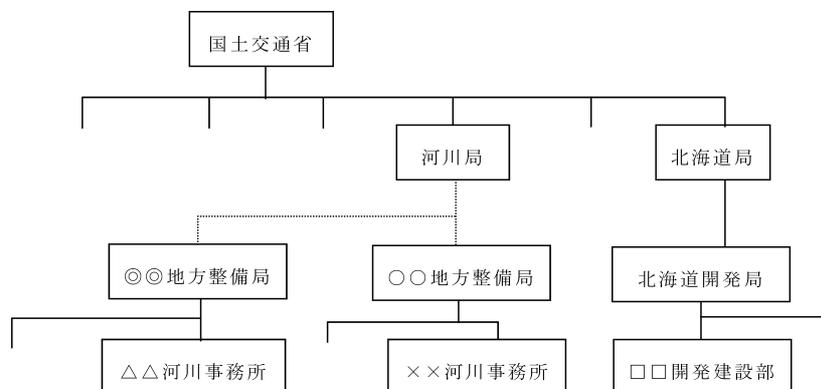


図3. 国土交通省河川局を中心とした組織の説明図.

(3) 確率年

一級水系では高水に対する河川計画では、100年～200年に一度の洪水現象を対象に極値分布の解析を行うことになっている。それ以外の小規模の河川では、これよりも低い50～80年に一度という洪水現象を対象にすることもある。この計画によって、堤防のかさ上げ、放水路の開削、貯水池の建設などを行う。利水に対する計画では、10年に1度の渇水に対応できるように計画することが多い。

この10年とか100年とかの数値は、全国の河川について、同程度のリスクを平等に負うように決めたものである。現在の予算規模で、全国民が洪水の安全度を平等に享受するとすればこの程度の安全度であるということでは、はじめから投入産出分析を行って、投資限界点として100年確率に決ったというわけではないが、社会経済的検討もなされている。木下(1980)は河川などの他の防災計画の確率年も表にまとめた。

(4) リアルタイム情報

河川管理の場合、水位・流量などはリアルタイム情報として伝達・収集・配布されねばならないので、それなりの情報伝搬網がなければならない。野外で単にセンサーとロガーが置いてあるだけでなく、テレメータ装置によって実際に伝達できるように設備されている。河川管理についてのもう一つの重要な仕事は洪水時の水防活動などである。貯水池や水門の操作をして洪水を防ぐ活動をするが、堤防が危険になった時、破堤を防ぎ、また地元市町村と協力して住民を避難誘導するといった危機管理のためにも雨量・水位情報は重要である。このような目的のために雨量・水位・流量をリアルタイムで観測するわけである。

(5) 観測の手引

国土交通省では観測方法は国土交通省水文観測業務規程及び同細則において示され、建設省河川砂防技術基準(案)、水文観測(土木研究所編・著)において細かく記されている。これらは国土調査法水基本調査作業規程準則などに準じて作成されている。

6. 観測方法

6.1 雨量観測所

(1) 測器：雨量計

地上に設置するので地上雨量計とも呼ぶ。直径20cmのナイフエッジでできた受水口を持つ。

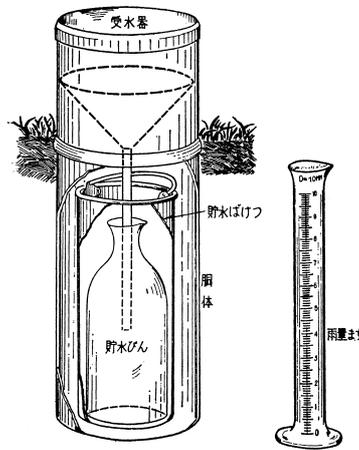


図 4. 普通雨量計 . 右は専用メスシリンダー .

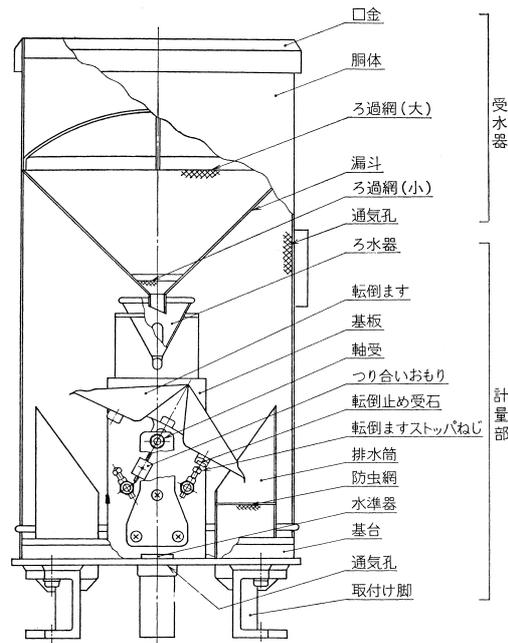


図 5. 転倒枺雨量計 . JIS B7309-1982 .

9 節で述べるようにデータベース化されている . これに対し , 電波の雨滴による後方散乱を用いたレーダ雨量計もあるが , まだ長期のデータベースは確立されていない .

雨量計の受水口の下に雨を測る装置があり , その種類は次の通りである .

ア) 普通雨量計 : 図 4 のように受水口の下に瓶があって雨を溜める . 一日一回(大雨のときは毎正時) , 瓶の中の雨量を手により専用のメスシリンダーで測る .

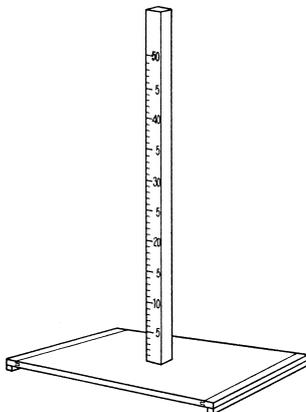


図 6. 雪板.

- イ) 貯水型自記雨量計：受水口の下に小さいタンクがあり，雨水を溜め，タンクの水位上昇をフロートで測ることによって降った雨量を測る．フロートにはペンがついていて，専用の用紙にペンで水位上昇を記録する．タンクが一ぱいになるとサイフォンで排水する．排水機構の調整が難しく，今では殆んど使われない．記録用紙を細かく読めば 0.1 mm まで，時間も 10 分まで読める．
- ウ) 転倒桁型自記雨量計：図 5 のように受水口の下に 1 対の小さい転倒桁を設け 1 mm 相当又は 0.5 mm 相当の雨が溜ると転倒するようになっている．転倒回数が雨量を表わす．現在広く使われている．はじめからデジタル計測である．
- エ) 重量式自記雨量計：受水口の下にやや大き目のタンクがあり，雨水を溜め，タンクの重量の増加を測ることによって降った雨量を測る．重量測定の精度向上によって，精度が良くなった．今後期待される方法である．

(2) 測器の変遷

時代的にみると明治・大正では普通雨量計による 1 日 1 回の観測が主流であった．大正の終り頃より貯水型自記雨量計が試用されるようになり，昭和 20 年代以降は自記雨量計は貯水型が多くなった．しかし昭和 30 年代からは転倒桁型が普及して今では，殆んどの自記雨量計は転倒桁型である．転倒桁型になって読み取り単位が粗くなった．

(3) 雪の観測

雪(以下，雹・霰・霰なども含める)は上に述べた雨量計では測れない．洪水対策などでは雪の観測は不用であるが，年降水量，年流出高とか包蔵水力というような量の解析では雪も含めての観測が必要である．雪の観測の対象には降雪量と積雪量とがある．

積雪量は乱されない位置に立てた雪尺で地面上の雪の深さを測る．スキー場などでも測られている方法に似ている．自記観測としては，柱を立て十分な高さにセンサーを取り付け，超音波，赤外線などを出して雪面までの距離を測る方法がある．

降雪量観測は木製(熱伝導率が低い)の板に垂直に標尺を立て全体を白く塗った雪板(図 6 参照)で毎日 1 回定時に板上の雪を測る．測定したら直ちに板上の雪を除去し，次の降雪を積もらせる．自記観測としては雨量計にヒータをつけた雨雪量計で雪を融かして水にして測る．但し，受水口に雪がまつわり着いて誤差が生じる可能性がある．年雨量等を扱うとき，冬期の欄に記されている数値が，どうやって測られたものであるかは，十分吟味しなければいけない．日本



写真 1. 露場の雨量計(そばの建物が高すぎる).

の平均気温は高いが、四国・九州でも雪が降るので、降雪中はヒータなしの雨量計の受水口に雪が積ってセンサーに感じなくて、雪がやんで、日が照ると雪が融けて、あたかも雪が降ったというようなデータになることがある。このようなデータでも年降水量の統計に関しては問題にならないかも知れない。冬期閉鎖中の観測所の雨量記録を 0 と書いているデータベースもあるから要注意である。

(4) 長期の統計に及ぼす観測環境

1) 雨量計は広い芝生(気象観測では露場と言う)の中央に設置することになっている。これは、局地的な風(渦巻いたりする風)の影響で雨滴が受水口へ入らなくなったりする可能性がある。それを避けるためである。露場の広さは少なくとも $10\text{m} \times 10\text{m}$ は必要であり、付近の樹木、建物の高さの 4 倍は離れていなければならない。ある観測所で雨量の経年変化があるので、地球環境の変化かと思ったら、脳に生えている桜が枝を広げて受水口を覆っていたというような例がある。観測環境が正常に維持されている保証がない観測所のデータは用いるべきでない。数多くの観測所のデータを集めたからと言って、それが適正なデータの集合かどうかはわからない。写真 1 のように露場に隣接して 10 階建ての合同庁舎が建ったというような例も見られる。研究目的にもよるが観測環境のよい、少数の観測所のデータを用いる方がよいこともある。

2) 雨量計のタイプによって受水口設置高が異なる。普通雨量計は図 4 のように受水口を地上から約 20 cm 出して半地下埋設する。他のタイプは地上設置となる。受水口の高さは転倒桁



写真 2. 量水標とリードスイッチ式水位計(右の円柱).

型では、図 5 のように地上約 45 cm，貯水型では地上約 160 cm である．不統一のようだが，受水口の下に続く記録部等が地上から連続して高く立ち上がっているのはよくないので，記録部等の下をも風がくぐり抜けて行けるように下に空間があることが必要なのである．転倒桁型も貯水型もそのようになっている．独立した建物の屋上，特に屋上の隅に設置すると，風が吹き上げて来たりして，雨が受水口へ入らず，全く誤った数値を観測することになる．

3) 山岳地帯，森林の中，過密都市域では上記の条件に合った露場を用意することが不可能である．そのため環境条件の悪いところで雨量を測っている例は多い．

風が悪環境の一因であるのは古くから指摘されていて，受水口に風よけをつけるという研究が多く実施されたが，決定版は得られていない．風をよけるというよりは風の整流装置とでも言うべきものである．山脈を越える気流の風衝，風背(の渦)の問題など，受水口につける風よけでは片付かない風の問題もある．

6.2 水位観測

(1) 測器：量水標と自記水位計とがある．写真 2 のように両者を併置する．量水標とは水中に立てた 1cm ごとの目盛を刻んだ標尺のことである．水位標，普通水位計などとも呼ぶ．零点高は別途設けられた水準拠標から求めておく．水位は目視で読む．自記水位計とはセンサーを水中に設置して，自動的に水位を測れるようにしたもので，目盛は常に量水標に合わせておく．時系列として水位が記録される．自記水位計にはセンサーの型式により次のような種類がある．

ア) フロート式

河川(湖沼・貯水池なども同じ)の水を引き入れた観測井にフロートを浮かべ，ワイヤーと，錘とを介して水位の上下をフロートの上下，ワイヤーの動き，プーリーの回転，ペンの動きに変換して行って，自記紙に記録し，また AD 変換してテレメータで送る．

イ) 気泡式

水の中へ気泡放出口を設け，極めてゆっくりと気体を送り出すと，その気体の圧力は大気圧 + 水深という形で求められる．大気圧を引けば水深となる．



写真 3. 水準拠標(地面に埋められているのを真上より撮す).

ウ) リードスイッチ式

1 cm 間隔でリードスイッチを埋め込んだ測定柱(写真 2 参照)の中を磁石をのせたフロートが水位に応じて上下する。磁石が接近したリードスイッチが ON となるので、水位がわかる。

エ) 水圧式

水圧を受けてペロースが変形し、その変形から圧力を検出し、水圧に換算する方式である。圧力の検出を、最近では水晶振動子の固有振動数の変化として検出する方法が普及しているので水晶式と称されることもある。受圧部にはセラミックなど他の素材が応用されたものもある。

(2) 零点高

水位は、一ヶ所だけで測っているなら、その零点高を不動とする堅固な構造の水位計だけでよい。それでも、洪水で流失した時、再建するに当たり、もとの零点高と合っていないければ、統計的価値を失う。さらに、他の水位計との関係つまり水面勾配などを数量的に知るために、共通の高さ座標が必要であるので、水位計のそばに写真 3 のような堅固な水準拠標を設けて、それを共通座標で表わし、水位計が流失したり、量水標を改築したりした時に零点高に狂いが生じないようにする。水準拠標は最寄の一等又は二等水準点から水準測量をして高さを求めておく。共通座標としては T.P. が広く用いられる。Tokyo Peil の略で、かつて東京湾中等潮位と言っていた国土地理院地図表記の高度の原点である。地方によってはそれぞれの Peil を用いている。例えば利根川水系では Y.P.、荒川水系では A.P. などである。地盤沈下などで零点高に、もし狂いが生じれば長期の統計には役に立たない。

(3) 長期の統計に及ぼす観測環境

水位観測の原理はすでに述べた通り単純で、河川の中に立つ標尺で水面を示す値を読み取るか又は機械・電子工学などの手法で自動的に読むかだけのことである。しかしその数値を使うには観測環境を十分吟味しなければならない。

1) 水位は河床の上下によっても、当然変化する。しばしば見られるのは、出水の度に河床

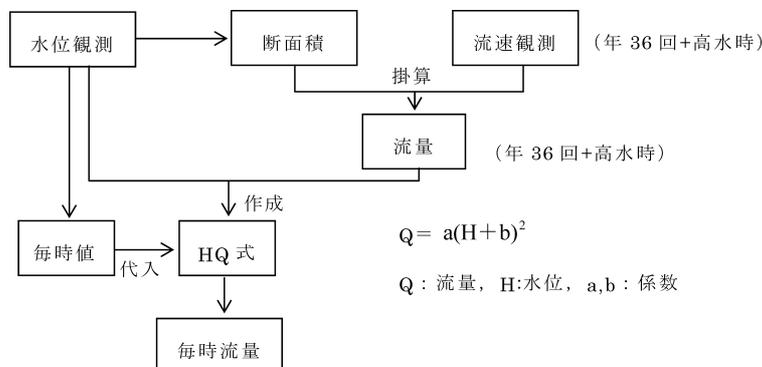


図 7. 流量観測の手順.

が上下し、平均的に水位が上ってしまったり、下がってしまったりする。堰や水門を作るとそれによって水位が上ったりする。長期的には日本の河川の水位は全体的に低下傾向にある。

2) 最近は水力発電が電力の需要のピークを補給するようになったため、上流に発電所があると発電放流のため一日の中で河川水位の変動が目立つようになった。また一週間でも平日と休日とで発電水量が変化する所がある。後述するが潮汐の影響でも水位が一日の中で変動する。水力発電では 24 時間周期なのに対し、潮汐は約 25 時間周期であることで両者の区別は可能である。

3) 河床の低下によって潮汐の及ぶ河川つまり感潮河川の範囲が河口から上流へ広がりつつある。これは長期に水位を見るときに注意せねばならない点である。水位から流量への換算を行うことが多いが(次節で述べる)その時は誤差という形でこの感潮の影響が及ぶことがある。潮汐はよく知られているようにサインカーブの合成で近似される。一日約 2 回の干満があるが、長周期の振動も重畳して、一般的に言うと年周変化と、約半月周期で振幅が増減し、朔と望(新月と満月)に振幅が大きい。従って、河川で潮汐の影響が現われやすいのは朔望のころである。統計をとるときは河口付近の検潮所で言われる朔望平均満潮位(T.P.に換算して)に注目し、最高になった潮位がどこまで遡上するかを検証し、その水位以下の水位には潮汐の影響が重畳しているかも知れないことに注意すべきである。

4) 川の中でもみおすじは常に変わっている。かつては代表性のよい位置にセンサーが設置されていたのに、みおすじが徐々に移って溜り水(死水)の水位を測っていることがある。また、センサーが水上に出てしまうということもある。このように観測環境は変化するものなので、数値に偏りがでていないかの考察が必要である。

6.3 流量観測

(1) 観測方法

流量はある断面を単位時間に通過する水の量として定義される。通常、断面積を測り、別途、流速を測ってその積が流量となる。河川では一般に、断面内に流速の分布があるので、適当に断面を分割して、区分断面ごとの断面積と流速との積の和をもって流量とする。流速観測は今のところ人手によらざるをえないので、低水では年 36 回、高水では約 1 時間ごとに流速観測を行って、流量を求め、それを水位の関数(HQ 式と呼ぶ)として作成しておき、毎時の水位をこの HQ 式に代入して毎時の流量を得ることになっている。図 7 参照。このように流量は一般に水位を介して求められるので、流量まで算出できるように設備された水位観測所を水位流量

観測所と呼ぶ。

(2) 長期の統計に及ぼす観測環境

1) 流量を求める観測の折には断面積と流速とを測り、両者を掛けるわけであるが、低水すなわち流速が約 1.0 m/秒以下なら水面にボートを浮かべ、ボートから可搬式流速計を水中に下ろして流速を測る。しかし、これ以上の流速になると作業が危険になるのでこの方法は用いられない。高水では浮子を流して流速を測るので水深が約 2.5 m 以上でないと具体的な作業はできない。そのため低水観測と高水観測との間(中水と俗称する)に観測空白域ができる。低水と高水から内挿するが、この範囲で精度が悪いのは止むを得ない。

2) 河状の変化

水位観測において述べたが、「みおすじ」や洲は流れによって刻々に変化する。流速の観測は作業の容易な所で実施するので、観測位置は経年的に変化し、中には自記水位計の位置から 3 km 以上も離れた位置で観測しているという例もある。そうした場合流量は保存量であるからというだけの理由で、単純に 3 km も先の流量を自記水位計位置での流量に代用できるかと疑われる。3 km 先の流量が代用できない理由は水理学的にも解明されているわけではないが、きれいな HQ 式にならない場合が多い。いつから 3 km も先へ観測の場所を移したか、その影響はないかを調べてから流量データを使わないと、データ連続性に問題を生じることになる。

3) 下流の影響

潮汐の影響を受ける場合は HQ 式は精度が悪い。下流に可動堰ができて、堰上げ効果により、HQ 式がまとまらなくなることがある。データ利用に際して注意すべきである。

4) 流域開発による流量の変化

流量そのものは精度よく測れていると仮定しても、流域が森林から畑地にとか、畑地が市街地というように変わると、同じ雨量であっても流量は変化する(木下(1972))。また水田の水管理の要求を厳格にしたり、河道を改修すれば、洪水のピークが鋭く立ち上がるというように流量のパターンは変る。上流で用水の取水量が増すことも考えられる。

7. 記述データ

記述データは数値に換算しにくい、我が国では奈良時代より古文書があるので、先人の努力によって記述データがまとめられている。そのうちの 2, 3 例について述べる。

7.1 記述データ全国版

(1) 小鹿島果：日本災異志(1893)、昭和 57 年 7 月復刻、五月書房

年表とそれを基にした若干の統計とより成る。西暦 550 年頃より 1870 年頃までの約 1200 年にわたる飢饉、大風、火災、旱魃、霖雨、洪水、疫癘、噴火、地震、海嘯、虫害、彗星が作表されている。出典も明記されている上、詳しい記述の「災異」もある。ここで海嘯とは今で言う津波(地震による)と高潮(台風による)がともに含まれていることに注意せねばならない。地域別(昔の国別)、時代別の回数の統計もまとめられている。小鹿島の図をそのまま図 8 に引用する。洪水発生頻度には 300 年毎にピークが現われる。このまま行けば 2041 年より 2090 年の 50 年が洪水発生ピークとなる。

(2) 東京府学務部社会課編：日本の天災・地変(上・下)(1938)、昭和 51 年 1 月復刻、原書房

概説と年表とより成る。概説では時代別に災害の概要を述べてある。ここでとり上げるのは年表である。西暦 552 年より 1867 年までの約 1200 年にわたり、地震海嘯噴火、火災、風水害、兇荒・旱魃・虫害・冷害、疫疾、飢饉の 6 欄に分けて天災・地変が述べられてある。出典も略記してある上、欄に収まり切らない注記には事件引考として約 380 ページに及ぶ別記がある。1867 年以降は上記と同じ分類法で別表に示されている。明治 10 年(1874 年)頃より昭和 10 年

明治時代など約 400 年間に発生した大洪水の上位(と思われる)4 洪水を拾い出した。次の通りである。東京における 100 年確率洪水を概観できる。

- 1742 年 寛保 2 年 8 月。利根川，荒川，東海道，神奈川など洪水。江戸市中でも水害。江戸市街でも水害が甚しい。
- 1786 年 天明 6 年 6 月～7 月連日雨。利根川，荒川，多摩川など洪水。江戸市域でも水害が甚だしい。
- 1846 年 弘化 3 年間 5 月～6 月に雨。利根川，荒川など諸川が漲った。吾妻橋，永代橋など破損した。
- 1910 年 明治 43 年 8 月利根川，荒川が洪水。市内も浸水多い。多摩川は西六郷で堤防決壊。

7.3 中国 500 年のデータ

中国気象局は中国近 5 百年旱澇分布図表(地図出版社)を公刊している。これは 1470 年～1979 年の 510 年間の中国全土にわたる 120 地点の毎年の旱魃・洪水を 5 級に分けたもので、図と表になっている。これは 120 地点の記述データから、大旱魃・旱魃・平常・洪水・大洪水が正規分布を作るとして、5 級に割りつけたものであるから極値分布研究には用いられないが、半数値データとしての 500 年という長さは評価されてよい。

8. データ品質の改善

データの品質改善と言っても、1.3 m と記録された水位を 1.5 m と書き換えた方が品質改善になるというようなことは、殆んどない。1.5 m の方が良いと思われても、1.3 m のままにしておいて、その代り直ちに観測手法の改善をして、次回の観測から、品質改善されたデータを収録するような体制に改善することが本筋である。品質の改善には大別して次の 2 つの方法がある(Kinosita(2003)及び木下 他(2003)参照)

8.1 観測現場の踏査

観測の現場つまり観測所では常に色々な問題が発生する。雨量観測所で桜が覆い被さって来た例はすでに述べた。純機械的方法で観測をしていた時代には現地でのゼンマイ時計の故障に悩まされた。電子化したら落雷(誘導雷も)の影響で欠測が多発した。河床低下により、水位が零点より下がった。量水標をマイナス値で読めばいいとは机上の議論で、こうなると読み違いの確率が俄然増える。観測の手引きはあっても、手引きにない事故や手引きの通りには行かないこともありうる。まず現場がどうなっているか、当初からの問題点、環境の変遷によって、今、何を改善すべきかを常に把握しておかねばならない。観測を円滑に進めるためには、測器を可愛がる必要がある。データを利用する側から言えば、観測所に避雷器がついているか等々を一々見に行くわけにはいかない。しかし、データをよく見ると数字の並び方から可愛がられている測器による観測値か、愛情に飢えた測器によるかわかるものである。

8.2 データ照査

さきにも述べたように、データベースに収録されてからは数値を書き換えることはできない。どうみても怪しい数値をせいぜい欠測とするぐらいである。怪しいと思っても実は極値分布に重大な貢献をする数値かも知れない。しかし、データベースのデータを利用する時には一応のチェックをした方がよい。例えば転倒桁雨量計には 0.5 mm で転倒するものと 1 mm で転倒するものがあって、それをとりちがえると倍・半分の違いが出る。水研 62 型水位計は自記紙のペン書き方法が 1～2 m，3～4 m の範囲で反転するので、それを正確に読み取っているのか。同じ高さのダブルピークの高水と思ったら、ペンの反転を知らない素人が読み取った失敗だった

ということもある。

8.3 品質改善のフィードバック

データ品質の改善に最も貢献できるのはデータの利用者である。これまで、データの欠点ばかり述べて来たが、それはデータの利用者が、データの品質について理解が乏しいことにより誤った結論に到達することを避けるための老婆心からの寸言である。データの利用者が、観測データを積極的に利用して、データに含まれる問題点を素直に指摘することによって、観測現場の改善・データ照査が促進され、それがデータ品質の向上へつながって行く。品質のいいデータならば利用者は増え、科学技術も進歩し、さらにデータの品質の向上が果せるというフィードバック回路の一翼を担うのはデータ利用者であるということを強調したい。

9. データベースとデータの利用

国内と国外とに分けて、著者の知っている限りのデータベースを述べる。この他にも多くのデータベースがあることは多言を要しないが、完成されていると称するデータベースも容易には利用できないことがあるので、注意が必要である。

9.1 国内のデータベース

(1) 気象庁

気象庁(2003)によれば、長期の気象データは非即時情報として気象官署(本庁、管区气象台、海洋气象台、地方气象台、測候所)で提供されている。媒体が印刷物かMOか等、対象分野、観測か統計かなど、文字か図か数値か、統計期間、提供を受けられる気象官署(上記の本庁か測候所か等)、閲覧が頒布か等々が付されて、約220項目がある。そのうちの主なもの2,3をあげる。

1) 気象要覧:印刷物, 天気/気象災害/地球磁気/(中略)/波浪/地震/津波/火山, 月1回発行, 1900年~2002年, 全気象官署で閲覧。

2) 気象庁月報:印刷物(1951年~1998年1月), CD-ROM(1998年~), 気圧/気温/相対湿度/風/降水量/(省略), 数値情報, 月1回発行, 全気象官署で閲覧, 頒布(CD-ROM)。

3) 地域気象観測(アメダス10分値): CD-ROM, 気温/降水量/風/日照時間/積雪の深さ, 数値情報, 1994年4月~, 1995年以降は気象庁月報, 測候所以外の全気象官署で閲覧, 頒布(CD-ROM)。

(2) 国土交通省河川局

1) 雨量年表, 流量年表を毎年公刊している。それには日雨量, 日流量と簡単な統計値がまとめられている。平成5年分から電子データ(フロッピーディスク)が付属している。観測所数は全国で, 雨量観測所397箇所, 流量観測所373箇所である。この他に水質年表, 多目的ダム管理年報, 水害統計が毎年公刊されている。国土交通省の地方整備局, 北海道開発局, 各地の河川事務所(調査課など)で閲覧できる。

2) 水情報国土は国土交通省の河川局などに係わる, 水に関するあらゆる情報を収集整理することで構築中のデータベースで, 現在管理されているデータベースには「川の防災情報(リアルタイムデータ)」「水文水質データベース」「河川環境データベース」がある。水情報国土については <http://www.mlit.go.jp/river/IDC/> で情報が入手可能である。このうち的水文水質データベースでは括弧内数字は登録されている観測所数(2002年10月15日現在), 雨量(1932), 水位(1526), 水質・底質(819), ダム・堰(95), 海象(41), 積雪深(120)である。これはインターネットで公開されており, <http://www1.river.go.jp/> で検索できる。各々徐々にデータの電子化が行われているがまだ完成してはいない。

3) 地方整備局(旧称地方建設局)では大きな出水があると、洪水速報を印刷している。これには洪水時における時系列の雨量・水位・流量が印刷されていて、ピーク値も読み取れるが、年表ではない。毎年定まった出版ではない。

9.2 世界のデータセンター

世界という目で見ると、国連傘下の組織あるいは学術団体等が自然災害に係わる現象のデータベースを作成している。

(1) 世界流量データセンター(Global Runoff Data Centre GRDC)

ドイツ連邦コブレンツ市にあるドイツ連邦水文研究所の中にある組織である。世界気象気候(WMO)によって支援されている流量データセンターである。WMO 総会の決議によって全世界から日及び月流量データの提供を受けている。大河川のデータが主である。従ってこのような大流域では日流量でも十分極値理論には役立つと思われる。特別な箇所を除いてはあまり長期のデータはないようである。

データの利用については、商業的利用を除いて自由で無制限が原則である。申込書で申込みば実費(データコピー代)でデータの提供を受けられる。このセンターの2年ごとに開かれる推進委員会には筆者が出席している。

(2) 世界降水気候データセンター(Global Precipitation Climatology Centre)ドイツ連邦オフエンバッハ市にあるドイツ気象庁の中にある組織である。国際学術連合会議(ICSU)とWMOとの合同会議によって創設されている降水量データセンターである。全世界から主として月降水量データを収集している。1986年からデータが集められている。中間成果物は観測から1年以内に出版される。検証成果物は中間成果物を検証したものである。さらに衛星観測などの成果を加えて、グリッド化されたデータセットも作成している。

(3) 国際実験流域観測網データ(仮訳) Flow Regimes from International Experimental and Network Data FRIEND)

イギリスのWallingfordにある生態学水文学センター(Centre for Ecology and Hydrology)のプロジェクトである。ユネスコの国際水文計画に協力して、地域ごとのFRIENDを打ち上げている。GRDCとも協力し、FRIENDの中に水文データベースを持っている。ヨーロッパFRIENDは最も活発で30ヶ国のデータが入力されている。観測所数は5104、平均の1観測所あたりの年数は30、最も古いデータはフィンランドの1847年からのものである。検索はパスワードを用いて、<http://www.hrwallingford.co.uk/research/data-management.html> による。

(4) 世界データセンター(World Data Centre)

国際学術連合会議には科学技術データ委員会(Committee on Data for Science and Technology)があり、全世界各地に約50の世界データセンター及びその支所が設けられている。日本には次のデータセンターがある。

- 1) 国立天文台(三鷹市) 大気光,
- 2) 国立極地研究所(板橋区) オーロラ,
- 3) 茨城大学理学部(水戸市) 宇宙線,
- 4) 京都大学理学部(京都市) 地磁気,
- 5) 通信総合研究所(小金井市) 電離層,
- 6) 気象庁(千代田区) 核放射線,
- 7) 国立天文台野辺山太陽電波観測所(長野県) 太陽電波放射,
- 8) 宇宙天文学研究所(神奈川県) 太陽地球活動

(5) 米国地質調査所(US Geological Survey—USGS)

USGSの水資源部(Water Resources Division)は全米の流量観測の統一的な組織である。デー

タ集も古くから出版されていて、昔は印刷物として毎年何分冊にも分けて、出版していた。最近では電子化されたデータを公開している。収録されている観測所数は 1,500,000 と言う。データの種類はリアルタイムデータ、観測所ごとのデータと分かれていて、内容は表流水(湖沼・河川の水位・流量)、地下水、水質である。検索は <http://waterdata.usgs.gov/nwis/> で行う。

(6) 既往最大洪水の世界カタログ(World Catalogue of Maximum Observed Floods)はユネスコ IHP-第 2 期活動として Rodier and Roche(1984)がまとめた。全世界の観測された洪水を列記した。3 種の表から構成され公刊されている。

表 1: 国名, 観測所の位置, 流域面積などと共に年平均降水量, 平均流量など流域特性について記す。

表 2: 既往最大洪水の発生年, その流量, 洪水に対応する降水量などを記す。

表 3: 年最大値の年時系列(あまり期間は長くはないが, セーヌ川パリにおいては 1759 年以來の毎年最大値もある)。

10. まとめ

筆者も河川の計画などに携わった経験者の 1 人として利用するデータの品質に十分な理解が必要であることを痛感した。また最近、水文観測検討会が国土交通省河川局の中に私的に設けられ、雨量・水位・流量の観測所の踏査からデータベースの照査を行うようになり、筆者も委員の 1 人として北海道から沖縄まで全国を巡っている。そのような経験をもとに、自然災害のデータとは何か、数値データは高々 130 年であるが記述データは 1300 年の長さがあること、永続性のあるデータにはしかるべき法律と組織が必要であること、その現状の一端を述べた。観測方法についても原理と変遷を述べた。先人のまとめた記述データ集の数々をまとめ、データの品質改善についてはデータ利用者の批判がフィードバックされて品質改善と技術の進歩に貢献することを指摘した。最後に筆者の知っている範囲でデータベースについて述べた。

自然現象のデータの悪い例ばかり述べたような報告になってしまったが、観測現場では炎天下も吹雪の中も規則どおり一刻も休まず観測しているのである。それでも、こんなことも起こるといことをデータ利用の側の研究者に知っていただき、データの持つ意味の深い理解によって、より高いレベルの研究成果を発表して戴くために、あえて拙文を提出する次第である。読者のご指導ご批判を戴ければ幸いです。

参 考 文 献

- 中国気象局.『中国近 5 百年旱澇分布図表』, 地図出版社, 北京.
- 権藤成卿(1923).『日本震災凶謹攷』, 有明書房復刻(1984 年 4 月), 東京.
- 木下武雄(1972). 都市開発に伴う流出の変化に関する研究, 国立防災センター研究報告, 29, 3-14.
- 木下武雄(1980). 降雨災害対策における超過確率年の例と問題, 国立防災センター研究報告, 23, 1-10.
- 木下武雄(2000). 地方史を通して見る災害(その 2) 江戸・東京 400 年の水害発生時系列, 災害の研究, 31, 99-107.
- Kinosita, T. (2003). Quality assurance in hydrological data, *Abstracts B, International Union of Geodesy and Geophysics, XXIII General Assembly, Sapporo*, p.349.
- Kinosita, T. and Sonda, T. (1967). Change of runoff due to urbanization, *International Symposium on Floods and Their Computation, UNESCO*, 1-13.
- 木下武雄, 清水裕, 中尾忠彦(2003) 水文観測の品質向上, 土木学会河川技術論文集, 9, 43-48.
- 気象庁(1990).『地上気象観測統計指針』, 付録 2-2, 東京.

- 気象庁(2003).『気象庁情報総覧』, 気象業務支援センター, 東京.
- 小鹿島果(1893).『日本災異志』, 五月書房復刻(1982年7月), 東京.
- Rodier, J. A. and Roche, M. (1984). *World Catalogue of Maximum Observed Floods*, Pub. No. 143, International Association of Hydrological Sciences, Paris.
- 菅原正巳(1985).『100年洪水, 水文十話』(財)水利科学研究所, 東京.
- 東京府学務部社会課 編(1938).『日本の天災・地変(上・下)』, 原書房復刻(1976年1月), 東京.
- 東京市(1914~1917).『東京市史稿 変災篇』, 東京.

Database Available to Researches on Natural Disaster Reduction

Takeo Kinoshita

(Suimon Kankyo)

In order to estimate the extreme situation in planning for natural disaster reduction, the quality of original data must be absolutely assured. This study was carried out to determine what must be considered to improve the quality of data.

Data are classified into two types: numerical and descriptive. The period is 130 years at most for the former, and 1300 years for the latter. The compilations of descriptive data are introduced. Solid legal procedures are required for everlasting observation of numerical data for extreme statistics. Laws are cited in this report to explain the legal observation systems in Japan. The Japan Meteorological Agency and the River Bureau of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport are two big organizations in Japan concerned with observation of hazardous events for disaster reduction. Their activities and their main data bases are explained. Field works to acquire data are basically tedious and elaborate. Moreover, it is very hard to observe hazardous events near the extreme situation for observation. Some mistakes are included in the data bases due to difficult conditions. The author is carrying out field surveys to improve the observation system all over Japan to eliminate such mistakes. He has already developed computer software to remove erroneous data in the data base. But his efforts are only from the data provider's side. More comments are invited from the users' side. As a result, he concludes that the most essential issue is a close linkage between users and data providers to promote natural disaster reduction.