

【海外事情】

オーストリアにおける流水型ダム

京都大学防災研究所水資源環境研究センター 角 哲也*

キーワード 洪水調節専用ダム・流水型ダム・オーストリア

1. はじめに

欧州では洪水調節専用の流水型ダムは文字通り「Flood Retention Basin あるいは Flood Control Basin」と呼ばれ、今回報告するオーストリアではドイツ語で「Hochwasser Rückhaltbecken」である。同種のダムはオーストリアの他、ドイツ南部にも建設され、特に、オーストリア南東部のオーストリア第二の都市 Graz（人口約 30 万人）を州都とする Styria 州（面積 16,392 km²、人口約 120 万人）に多くの事例が見られる。日本で現在議論されている堤高 50 m を超えるダムに比べると比較的小規模のものが多く、ダム堤体の底部に洪水吐きを有し、自然調節方式で洪水調節を行う点で、設計のコンセプトは全く同様

である。なお、これらの中には、洪水吐きに自然開閉式のゲートが設置されているものや、底部洪水吐きに魚道機能を付加したもの、さらには、ダム建設前の蛇行河川の形態を極力残しながら湛水地を設計したものなど、管理上・河川環境上の工夫が見られるものがある。

今回、2009 年 7 月 20 日に Graz 工科大学の Helmt 教授の紹介により Styria 州の担当者（Hornich 氏）にヒアリングを行うとともに、代表的な 4 ダムの事例を調査する機会を得たので、これらの特徴について報告する。

2. Styria 州の特徴と流水型ダムのニーズ

Styria 州はオーストリアにある 9 つの州の一つで、図 1 のように南東部に位置し、南は旧ユーゴスラビアか

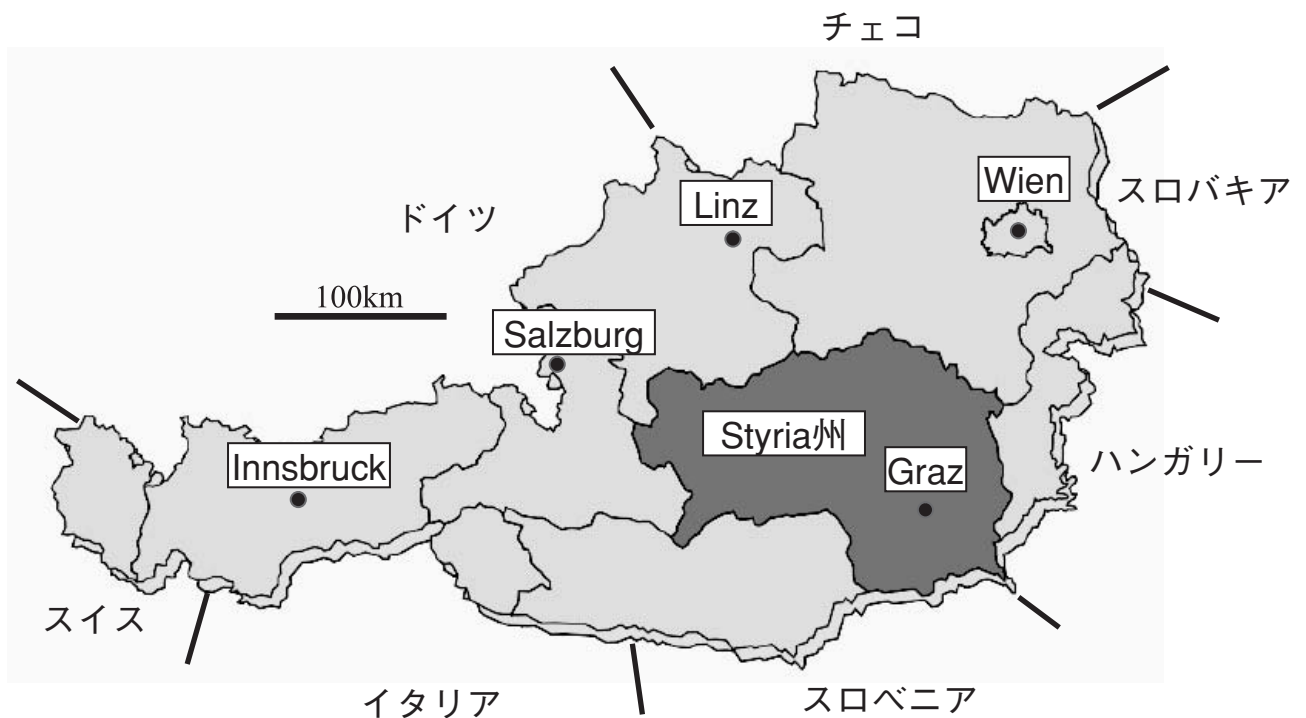


図-1 オーストリア Styria 州

* 教授

ら分かれたスロベニアに接している。気候は比較的温暖で、ワイン用のぶどう栽培が盛んである。年間降水量は835 mmで、日本の約1/2であり、特に6、7月に降水量が多いのが特徴である。周辺は1,000～2,000 mの山地に囲まれ、Graz近郊に点在する村落はこれらの山地から流れ出る河川沿いに位置している。これらの河川はもともと小規模なもので、概して治水安全度は高くない。近年、集中豪雨でこれら村落に洪水被害が生じるケースが多く発生しており、河川改修か河川上流部での貯留機能の増強かの選択を迫られる場合が増えているようである。

オーストリアの治水対策のガイドライン¹⁾によれば、治水安全度の基本的考え方は次のように提示されている。

- 1) 住居、重要な経済施設、交通施設は100年確率洪水(HQ100)を対象に防御する。特に、社会的、文化的、または、経済的に重要な施設は、より大きな確率洪水に対しても対策を行う。
- 2) 重要度の低い施設(例えば道路など)は、30年確率洪水(HQ30)を対象に防御する。
- 3) 農地や山林に対しては特別な防御は行わない。

このような背景のもと、治水安全度を向上させるための方法論として、ここに取り上げる洪水調節用の流水型ダム計画が1960年代頃から進められてきており、これまでに図-2に示すように93施設が建設されている。これらの施設は、図-3に示すように貯水容量で10万 m^3 以下の小規模なものが全体の3/4を占めるが、50万 m^3 以上の中規模の施設もあり、最大のものは170万 m^3 である。これらのダムは、図-4に示すように、概ね山地河川の出口部に設置されており、小規模分散型の洪水対策施設と位置づけることができる。これらのダムの構造形式を表-1に示すが、アースフィルダムが多いことがわかる。

Styria州では、このような洪水調節用の施設を計画・設計する際のガイドライン(図-5)および設計図書を

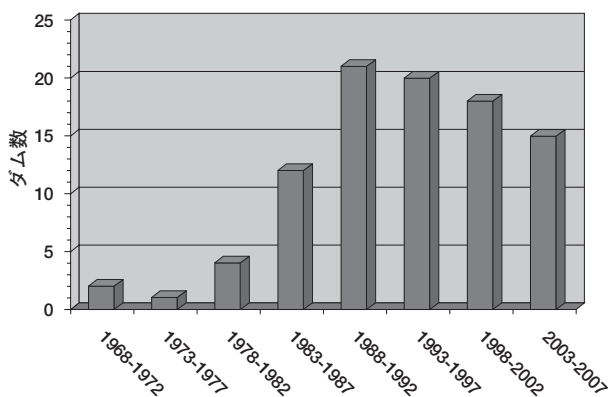


図-2 Styria州における流水型ダムの建設の歴史

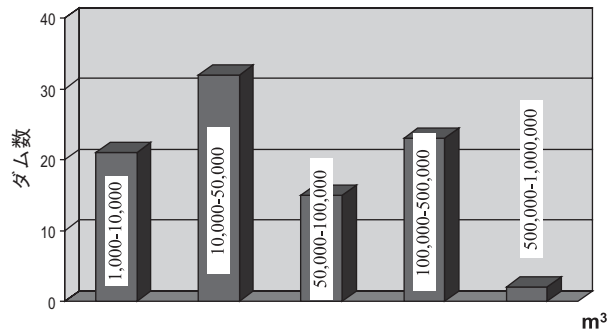


図-3 Styria州における流水型ダムの貯水容量

表-1 Styria州の流水型ダムのダム形式

ダム形式	個数
アースフィルダム	82
複合ダム(重力+アースフィルダム)	8
重力式コンクリートダム	3

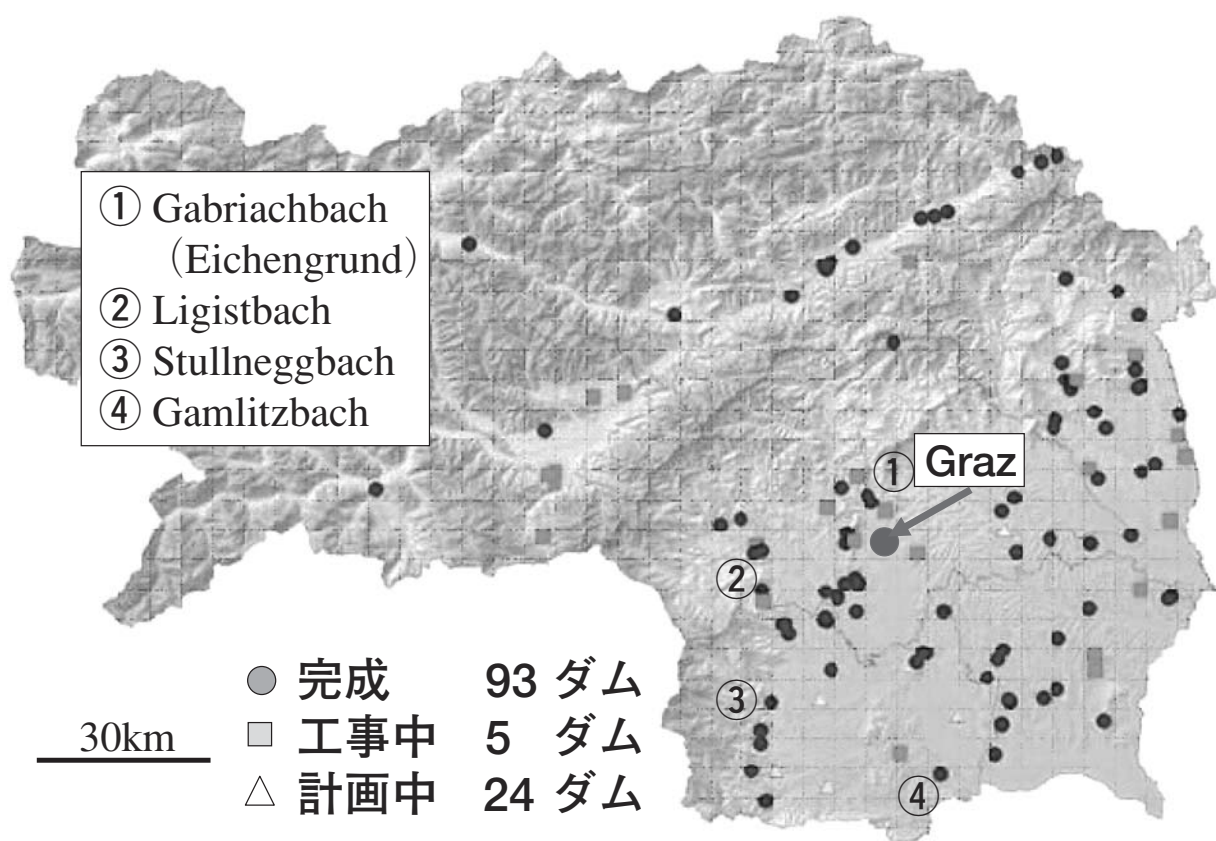
とりまとめた設計事例集(図-6)が作られており、これらより基本的な考え方を伺い知ることができる。ガイドラインでは、洪水調節計画、洪水吐きの水理設計、河川環境への配慮などの項目ごとに標準的な考え方が提示されている。なお、これら施設の事業費は、連邦50%、州政府40%、地元自治体10%により負担している事例が多い。また、洪水により湛水する土地の管理方針としては、一般的に10～30年以下の確率で頻繁に冠水する標高の低い区域は全面買収を行うが、それ以上の区域は買収は行わず、大洪水で湛水が生じた際には金銭補償されることを前提に農地などとして利用が継続されるしくみとなっている。

3. 流水型ダムの4つの事例

ここでは、今回訪問することのできた図-4に示す4箇所のダムについて、その特徴を紹介する。

(1) Gabriachbach (Eichengrund) (図-4(①))

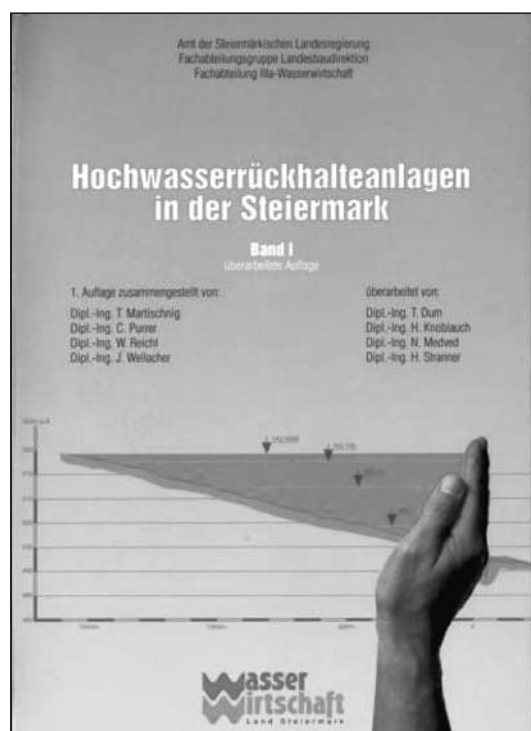
この施設は最近完成したもので、Graz市の郊外に位置しており、写真-1に示すように遊水池の形態をなしている。このダムは、今回の訪問日の2日前に降雨による湛水が生じ、湛水地内の草が一部枯れている様子が伺えた。ダム直上流の貯水池部は浅い池となっており、ピオトープとして整備されている(写真-2)。洪水吐きは写真-3、4に示すように円管を金属プレートで少し絞り込んだ形状であり、そこに写真-5に示すような自然開閉式のゲートが設置されている。このゲートは写真-6に示すように中心軸に対して一方にフロートが、もう一方にゲートが設置されている。湛水に伴ってフロートに作用する浮力による回転運動が発生し、底部洪水吐



図ー4 Styria 州の流水型ダムの所在地



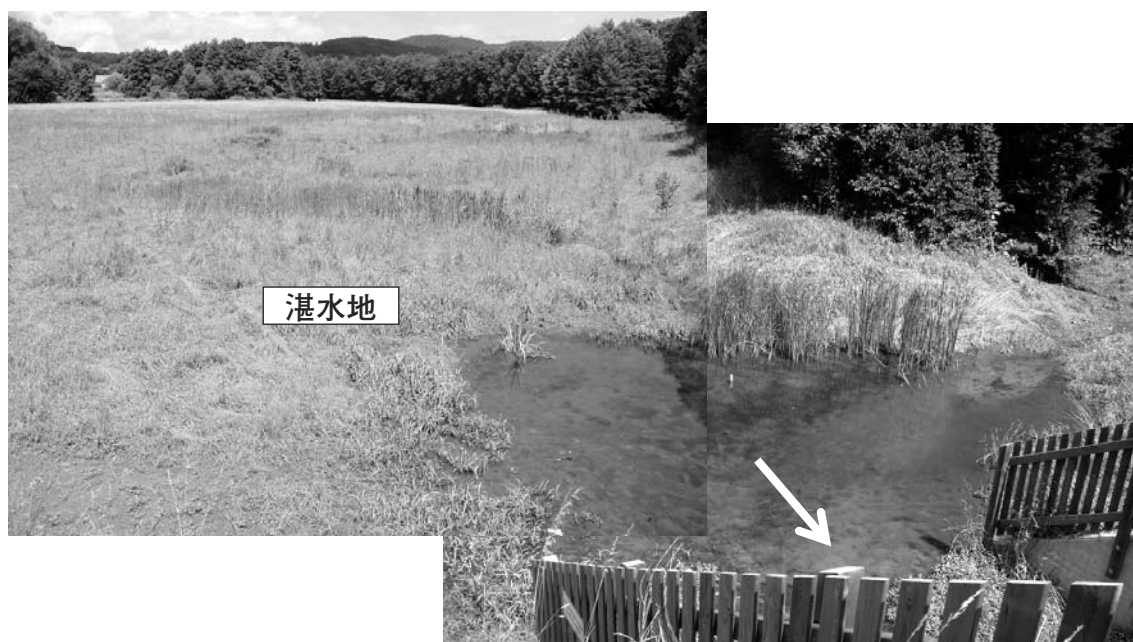
図ー5 Styria 州の流水型ダムの設計ガイドライン



図ー6 Styria 州の流水型ダムの設計事例集



写真一 1 Gabriachbach Eichengrund 全景



写真一 2 ダム直上流のビオトープ



写真-3 底部洪水吐きと越流部洪水吐き（下流側より）

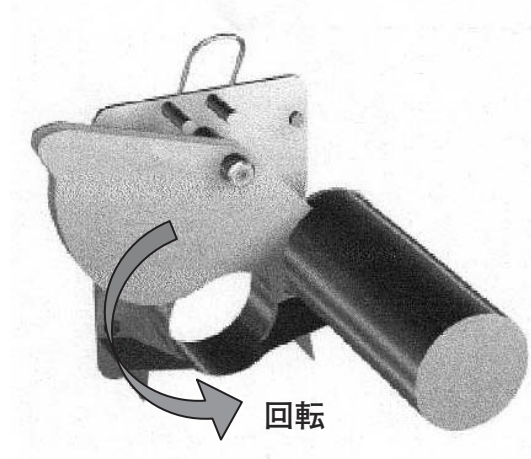


写真-6 自動開閉ゲート（NEUHOLD 社）



写真-4 底部洪水吐きのゲート部
（金属プレートで絞り込んでいる）



写真-7 底部洪水吐きの自動開閉ゲート



写真-5 底部洪水吐きの自動開閉ゲート
（上流側より，スクリーンの中）



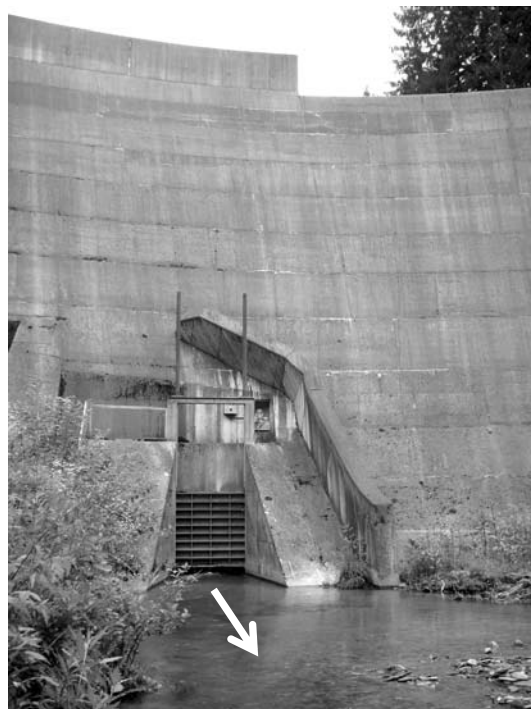
写真-8 底部洪水吐きの自動開閉ゲート

の開口部がゲートによって次第に閉じられ、最後は最小開度を保持するようになっており、貯水位にかかわらずほぼ一定の放流量が維持されるしくみである。このような自然開閉式のゲートは、写真－7、8 のような形式のものも導入されており、最大洪水量が概ね $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 未満の洪水吐に適用可能とのことである。なお、洪水吐の前面には、流木や浮遊ゴミを捕捉するためのスクリーンが設置され、自然開閉式のゲートが設置されているダムでは、このスクリーンが重要な機能を果たしているものと考えられる。これらスクリーンには、洪水後に流木などが捕捉されるが、定期的に除去を行って維持管理を行うことが求められる。しかしながら、中には管理が不十分な施設が見られたため、州政府の指導により地元の管理責任の明確化を図ってきているようである。

(2) Ligistbach (図－4(②))

この施設は 1989 年に完成したもので、山間部に位置している (写真－9)。ダムは重力式アーチ形式である。貯水容量 $160,000 \text{ m}^3$ 、堤高 23.2 m 、流域面積 8.4 km^2 であり、30 年確率洪水を調節 ($30 \rightarrow 3.6 \text{ m}^3/\text{s}$) する。底部洪水吐は 1 門で、写真－10 のように一定開度で固定されたゲートがダム下流面に設置され、また上流面には底部洪水吐き流入部に写真－11 のようなスクリーンが設置されている。このダムのユニークなところは、写真－12 に示すように底部洪水吐きの横にダム堤体をくり抜

く形で管理用通路が設置されていることである。常時は写真－13 に示すような水密構造の扉で閉鎖されているが、必要な場合には下流側から開閉してダム上流側 (写真－11 のスクリーンの横) にアクセスできるようになっている。



写真－10 ダム下流面（底部洪水吐きゲート）



写真－9 Ligistbach 全景



写真-11 ダム上流面（底部洪水吐きとスクリーン）



写真-12 ダム下流面（左側の開口部が管理用通路）



写真-13 管理用通路の内部（下流側：奥が管理用通路の扉）

（3） Stullneggbach (図-4(③))

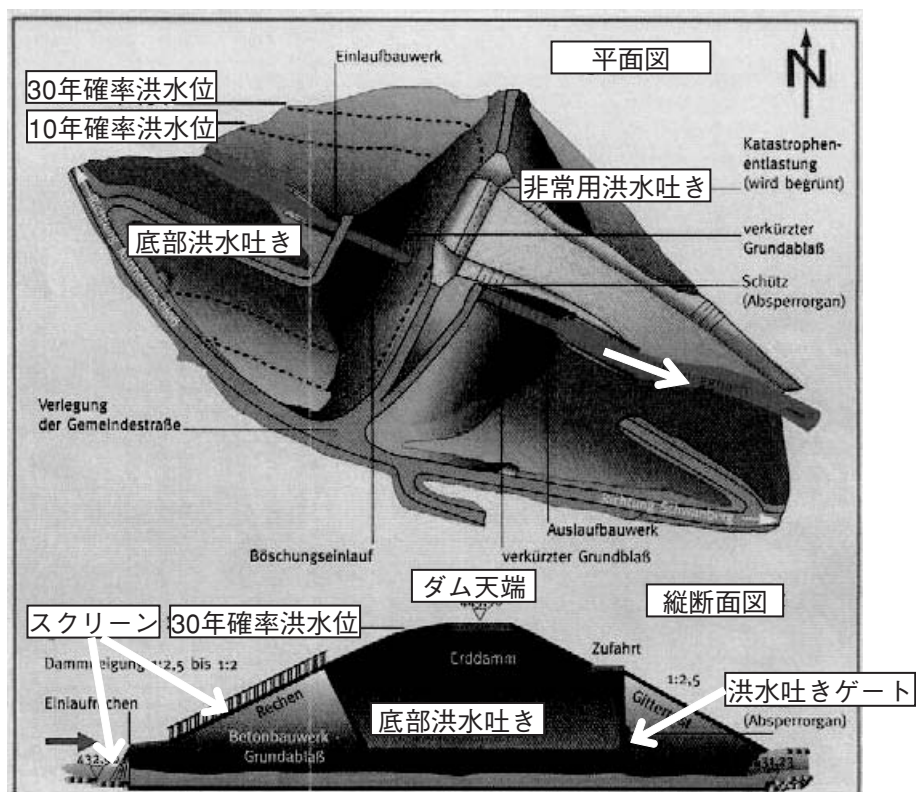
この施設は1998年に完成したもので、このダムも比較的山間部に位置している。ダムは写真-14および図-7に示すようにアースフィル形式であり、底部洪水吐き部分はコンクリートで作られている。貯水容量202,400 m³、堤高17.9 m、流域面積31.8 km²であり、30年確率洪水を調節（49→21 m³/s）する。底部洪水吐きは1門で、一定開度で固定されたゲートがダム下流側に設置されている。上流側の底部洪水吐き流入部には写真-15のようなスクリーンが設置されており、特徴的なのは図-7に示すように堤体上流面に沿って開口部が設置され、この部分にも写真-16に示すようにスクリーンが設置されていることである。これは、写真-15に示す底部洪水吐きの流入部が流木などで閉塞してしまった場合に、貯水位上昇が発生する可能性があるが、この場合にも、この上部の開口部から底部洪水吐きに水が流れ込むようになっており、底部洪水吐きのフェールセーフ機能を有している。ダム技術241号²⁾において、スイスのオルデンドラムに堤体上部までスクリーンが設置されていることを紹介したが、ほぼこれと同じ効果を有しているものと考えられる。なお湛水地内には、写真-17に示すようなスリット堰堤が河道に設置されており、オーストリアではこの方式による流木対策が多用されているようである。

もう一つの特徴は、この底部洪水吐きは魚道としての機能を追及していることである。水路底部は写真-18に示すようにステップ状になっており、流速が抑えられる構造となっている。さらに、水路脇には写真-19に示すように甲殻類や底生魚が登りやすいように小さな蛇かごが配置されている。さらに極め付きは、先に紹介した上流部とともに、この底部洪水吐きの下流部も、図-7に示すように開口部となっており、太陽光が極力取り込まれる仕組みとなっている。なお、下流側の開口部は転落防止のために写真-20に示すようにグレーチングで覆われている。また、底部洪水吐きと下流河道は、写真-21に示すようにスムーズに接続する形となっている。

最後の特徴は、施工方法である。複合ダムの底部洪水吐き部は写真-22に示すようにコンクリートで先行して施工されている。一方、非常用洪水吐きは、アースフィルの堤体上をそのまま越流させると侵食が発生する恐れがあるため、写真-23で示すように鉄筋を敷設した上に薄層にコンクリートを打設して、アースフィルの堤体上にコンクリート水路を設置している。なお、このコンクリート水路の上面には再度盛土を行って、平常時には目隠しをおこなっている。



写真－14 Stullneggbach 全景



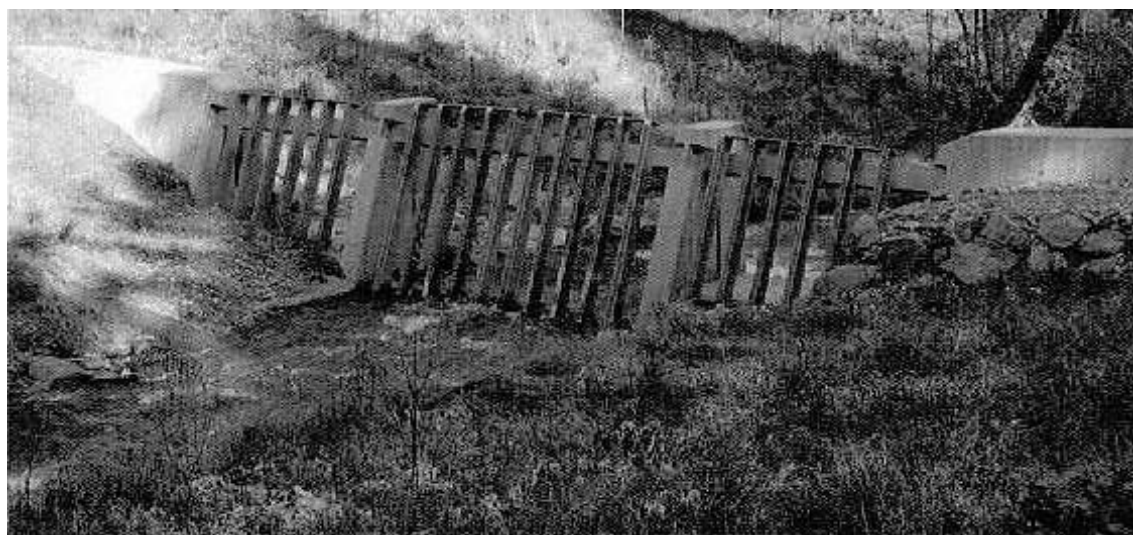
図－7 Stullneggbach 標準図



写真ー 15 底部洪水吐き前面のスクリーン



写真ー 16 底部洪水吐き上部の開口部とスクリーン



写真ー 17 ダム上流のスリット堰堤



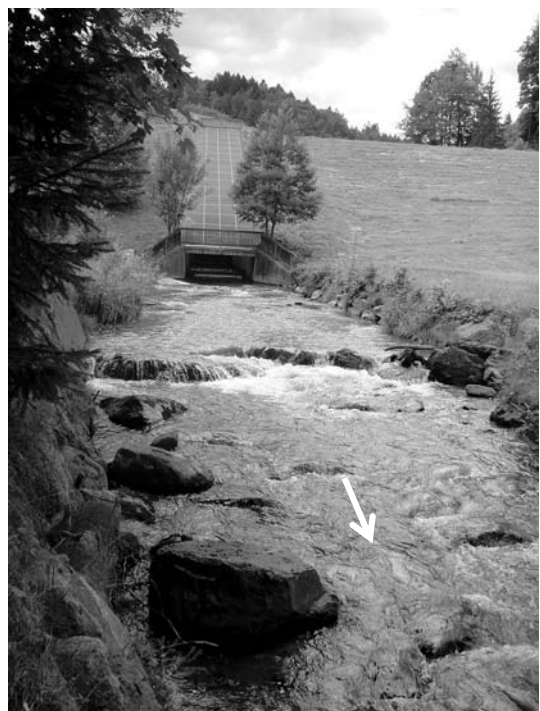
写真－18 ステップ水路状の底部洪水吐き内部（ダム下流側）



写真－19 底部洪水吐き側壁沿いに設置された蛇かご



写真－20 底部洪水吐きの開口部とグレーチング



写真－21 底部洪水吐きと下流河道



写真－22 複合ダムの底部洪水吐き部の施工状況
(Lafnitz/Waldbach)



写真－23 非常用洪水吐き部の施工状況



写真－24 Gamlitzbach 全景

(4) Gamlizbach (図-4(④))

この施設は2006年に完成したもので、このダムは平地に近いところに位置している。ダムは写真-24に示すようにアースフィル形式であり、洪水吐き部分はコンクリートで作られている。貯水容量350,000 m³、堤高9.3 mであり、100年確率洪水を調節(90 → 58 m³/s)する。この施設の最大の特徴は、河川環境の保全を徹底的に追及していることである。具体的には、写真-24に示すようにダム建設前の蛇行河川の形態をそのまま残しながら湛水地を設計しており、アースフィル形式のダム本体は2つに分割され、その間を埋めるようにコンクリートの洪水吐きが設置された複合ダムとなっている。コンクリートの洪水吐きの軸は河川に直交するように配置され、この中央に主洪水吐きとなる底部洪水吐き(写真-25、26)が設置されるとともに、アースフィル堤体の方にも副洪水吐きとなる底部洪水吐きが設置されている。

もう一つの特徴は、写真-27に示すように河畔林の残る従前河道を湛水地内に残すとともに、河道外貯留方



写真-25 洪水吐き部（ダム下流面）



写真-26 底部洪水吐き（ダム上流面）



写真-27 湛水地内の河畔林の残る河道



写真-28 湛水地内のレクリエーション用の池

式で、写真-24に示すように湛水地内に池を複数配置して地元でレクリエーション目的で開放していることである。これらの池は、河川からの分流水で緩やかに水の交換が行われており、写真-28に示すように、最下流の池では地元の子供たちが水泳を楽しんでいる。

4. 今後に向けて

オーストリアは日本の河川ほど土砂生産は大きくないが、山地河道の出口部に今回紹介したような洪水調節ダムを複数配置して洪水対策を進めており、その数は今後とも増加する傾向である。計画降雨の大きさの相違により、施設単体の規模はそれほど大きくはないが、現在、日本で計画されている流水型ダムの設計上の課題について、大いなる示唆を与えてくれる事例が多く見受けられる。今回紹介した事例をもとに参考にするべき点を列挙すると以下のとおりである。

（１）流木などによる洪水吐きの閉塞対策

閉塞対策用にスクリーンを設置する。ただし、底部に流木などが集積して流れにくくなった場合の対策として、フィルダム形式の場合には底部洪水吐きの上部に開口部を設けて、貯水位上昇時に水が流れ込むように設計する。上流河道部には、鋼製スリットダム形式の流木止め施設を設置する。

（２）自然開閉式ゲート

洪水流量の小さい施設の場合には、ダムからの放流量を一定に保つようにフロートと回転機構を組み合わせた自然開閉式ゲートを底部洪水吐きに設置することが考えられる。これにより、底部洪水吐きの断面積を大きくし、平常時の土砂流下や魚類の移動など河川の連続性への影響を小さくするとともに、洪水初期の不必要な洪水カットを防止し、洪水調節容量を有効に活用することができる。なお、回転機構を有するため、洪水吐き前面のスクリーンは流木などをより確実に捕捉できるように配置する必要がある。

（３）洪水吐きの魚道としての活用

ダムの堤体の高さがそれほど高くない場合には、洪水

調節に伴う満水時の底部洪水吐き内の流速もそれほど大きくなく、ステップ状の水路とすることにより魚道としての機能を確保することができる。また、底部洪水吐きの上部を上下流部ともに極力開放することにより、太陽光を取り入れて、より自然な環境を創造することができる。

（４）従前河道とダム堤体の配置

ダム堤体の設計に際して、可能な場合には、ダム建設前の蛇行河川の形態をダム建設後もできるだけ残せるようにダム軸や放流設備の平面線形を工夫することにより、より自然な環境を創造することができる。

（５）湛水地内の活用方法

洪水時に一時的に冠水する湛水地内の利用方法として、従前河道をそのまま維持するとともに、河道外貯留方式で、湛水地内に池を配置してレクリエーション目的などで湖面利用を図ることが考えられる。

参考文献

- 1) <http://wasser.lebensministerium.at/article/articleview/50514/1/14408/>
- 2) 角 哲也：スイスにおける治水専用オルデンダムの水理設計と管理，ダム技術 No.241，pp.3～16，2006。