

オーストリア・マッハラントダムプロジェクト における土地適応型流域治水整備

二井 昭佳¹・岡田 一天²

¹正会員 国土館大学理工学部 教授 (〒 154-8514 東京都世田谷区世田谷 4-28-1)

E-mail: nii@kokushikan.ac.jp

²正会員 プランニングネットワーク 技術顧問 (〒 114-0012 東京都北区田端新町 3-14-6)

E-mail: kokada@pn-planet.co.jp

世界的な気候変動を受け、従来の「氾濫させない川づくり」から、氾濫した場合でも被害を最小化できる「水害に強いまちづくり」に向けた実装化が求められている。本稿では、河川の地形条件や沿川集落の土地利用に応じた流域治水整備として、オーストリア・マッハラントダムプロジェクトに注目した。1991年のドナウ川洪水を機にドナウ川約 35km 区間を対象に、7つの自治体の連携により整備が実施され、その大きな特徴として、可搬式堤防や輪中堤、個別建物の洪水防御や集落移転による遊水エリアの確保など、それぞれのまちの立地特性や土地利用、洪水の氾濫特性に応じた洪水防御手法により、流域全体の治水安全度と地域の魅力を高める整備を両立していることを指摘した。

キーワード：流域治水，可搬式堤防，輪中堤，集落移転，個別建物防御，土地利用，レジリエント

1. はじめに

日本では、毎年、大雨による河川の氾濫などによる水害が発生している。環境省など5つの省庁が2018年に発刊した「気候変動の観測・予測および影響評価レポート2018～日本の気候変動とその影響～」¹⁾によれば、世界的な気候変動の影響に伴い、日本でも将来的に短時間強雨や大雨による降水量が増加することが示されており、今後ますます水害リスクが高まる状況にある。

こうした状況を踏まえ、国の考え方も、従来の「氾濫させない川づくり」から、氾濫した場合でも被害を最小化できる「水害に強いまちづくり」²⁾へと転換を進めており、よりレジリエントな地域づくりに向けた実装化が求められている。

その有効な方法として「流域治水」が挙げられるが、その実行には多くのステークホルダーとの合意という大きなハードルを抱えている。これに対し、2010年の島谷らによる福岡県・樋井川流域を対象とした全住民参加型流域治水の提言³⁾は、従来の総合治水の枠組みを大きく超え、ステークホルダー自体の主體的な参加に加え、教育やファイナンスなどを含む総合的な観点からの提言となっており、きわめて重要な内容となっている。また、2016年3月には、滋賀県が「滋賀県流域治水の推進に関する条例」を公布した。本条例には、雨水貯留などの流

域貯留対策や防災情報などの地域防災力向上対策に加え、氾濫原減災対策として、水害リスクに応じた建築制限や土地利用規制、水害リスク情報提供といった建築・土地利用の誘導・規制も実装している点が非常に画期的である。なお、生命に危険が及ぶ浸水が予見される浸水警戒区域は、2019年10月時点で2地区が指定されている。

筆者らは、これらの取り組みに強く賛同する立場であるが、流域全体の治水安全度をより高めるためには、河川の地形条件や川沿いの土地利用に応じ、計画的な氾濫域の設定、場合によってはその氾濫域を自然地に戻すことも視野に入れた流域治水計画が必要だと考えている。

その具体的な事例として、オーストリア・マッハラントダムプロジェクト (Machland Dam Projekt) に着目する。本プロジェクトは、ドナウ川に面する7つの自治体の連携により、対象流域全体の治水安全性を確保すると同時に、自然環境の回復や歴史資源の活用といった地域づくりを実現したものである。

そこで本稿では、より効果の高い流域治水のあり方に資する資料となることを目指し、マッハラントダムプロジェクトにおける計画経緯や整備内容の特徴、運営方法について報告することを目的とする。

なお本稿の内容は、オーストリア交通・技術革新・技術省 (bmvit) やオーバーエスターライヒ州、マッハラントダム公社などの資料^{4) 5)}と現地調査に基づいている。

2. マッハラント地域とプロジェクト経緯

(1) マッハラント地域の概要

マッハラント地域 (Machland) は、ドナウ川を挟み、オーバーエスターライヒ州ペルグ郡の南部とニーダーエスターライヒ州の西部にまたがる地域である。現在はマッハラントという行政単位は存在していないが、先史時代の集落が確認できる地域の一つで、長い歴史を持つ地域である。なお上流部にはオーストリア第三の都市であるリンツ、下流にはドナウ川クルーズで名高い世界遺産のヴァッハウ渓谷が位置している (図-1)。

今回のプロジェクトエリアは、マッハラント地域のなかでもドナウ川より北側 (左岸側) のマウトハウゼン (Mauthausen)、ナアーン (Naarn im Machlande)、ミッテルキルヘェン (Mitterkirchen im Machland)、ザクセン (Saxen)、バウムガルテンベルク (Baumgartenberg)、グライン (Grein)、サント・ニコラ (St. Nikola) の 7 つの自治体にまたがるエリアである。

(2) マッハラントダムプロジェクトの経緯

先述の資料などによれば、プロジェクトの経緯は以下の通りである。当地域は古くからたびたび洪水の被害を受けていたが、1991 年 8 月のドナウ川の洪水を機に、抜本的な解決を目指し、当地域の 7 つの自治体が共同で



図-1 マッハラントダムプロジェクト位置図



図-2 2002 年ドナウ川大洪水の様子 (バウムガルテン) 樹木より手前がドナウ川、右集落: アイゼンドルフ、左集落: ピッツィング、2 軒を残し全て住宅移転

洪水対策の必要性を表明した。これを受け、同年 10 月に、当時のオーストリア共和国農業大臣がマッハラントの洪水防御にかかわる調査の開始を公表し、1993 年には当地域の 7 つの市町村が北マッハラント洪水防御協会 (Hochwasserschutzverband Donau-Machland) を設立し、「マッハラントダムのために力を合わせる」という共同声明を発表した。その後、1993 年から 1996 年にかけて洪水防御計画が検討された。同国の治水整備の基本的な考えは、歴史ある地域や重要な経済活動地域では 100 年確率の洪水、それ以外の地域は 30 年確率の洪水に対して安全を確保することとされている。マウトハウゼン、グライン、サント・ニコラの 3 自治体は前者に、ナアーン、ミッテルキルヘェン、バウムガルテンベルク、ザクセンの 4 自治体は後者に該当し、それに合わせた計画が立案され、1997 年から環境影響評価 (EIA 指令) に基づく評価手順が検討され、2002 年に完了した。

しかしその年の 8 月に、当地域で過去最大の洪水が発生し、オーバーエスターライヒ州での推計被害総額は 11 億ユーロにものぼった (図-2)。これにより、計画は一時中断し、基本的に防御エリアは 100 年確率の洪水に対応できるよう、住宅移転の範囲や堤防高さなどを再検討することとなった。

その後、2003 年 11 月に計画の再検討が完了し、2004 年にオーバーエスターライヒ州とニーダーエスターライヒ州の環境局との議論が開始され、2005 年には生態系回復プロジェクトとして、あらたに生態系水路の計画を追加し、再び環境影響評価 (EIA 指令) が実施された。

2008 年 4 月には、7 つの自治体の出資により事業目的会社マッハラントダム公社 (Machland-Damm GmbH) が設立され、2008 年 12 月より 8 つのセクションに分けて整備を開始し、2012 年 8 月に竣工した。なお、2010 年 6 月には洪水防御システムを管理する組織として、マッハラントダム公社と同じく 7 つの自治体の共同出資によるマッハラントダム管理公社 (Machland-Damm Betriebs GmbH) が設立された。

3. マッハラントダムプロジェクトの整備

(1) プロジェクトの全体概要

マッハラントダムは、マウトハウゼンからサント・ニコラに至るドナウ川左岸の約 35km の区間を対象とした洪水防御で、2002 年のドナウ川大洪水後に、オーストリア国内で実施された約 500 の洪水防御プロジェクトのなかで最大のプロジェクトである。総費用は、1 億 8260 万ユーロ (約 220 億円、1 ユーロ 120 円換算) となっている。費

用負担は、国 50%、州 30%、7つの自治体 20%である。

なお建設された堤防の総延長は、約 34.6km である。そのうち、32.3km の区間は 100 年確率の洪水に対応しているが、2.3km の区間は 30 年確率までの洪水にのみ対応している。堤防構造は、土堤が 30.7km で、可搬式堤防（堤防壁含・マウトハウゼン+グライン）が約 3.9km となっている。このほか、8.7km の生態系水路、陸閘、非常用電源 24ヶ所、ポンプ場 7ヶ所、可搬式堤防倉庫 3ヶ所、コントロールセンター 1ヶ所などが設けられている。

(2) 各プロジェクトユニットの整備概要

整備は、7つの自治体のエリアと生態系水路の 8つに分けて実施された。ここでは、それぞれのユニットごとに整備内容を説明する。

a) プロジェクトユニット 1：ナアーン

ナアーンは、マウトハウゼンの下流に位置する人口約 3000 人の町で、中心部のナアーン以外は小さな集落から構成されている。町の面積約 35km² のうち、約 7割が農地で占められており、残りが集落と森林となっている。

堤防は、100 年確率の洪水に対応する高さで、ドナウ川から最大で 1km 程度引きを取ったところに設けられており、その全長はアウ地区 (Au) からシュタフリング地区 (Staffling) を結ぶ約 6.6km である。堤防構造は基本的に土堤だが、可搬式堤防による陸閘が 1カ所設けられている。工事は 2009 年 9月に開始され、2012 年 8月に完了した。なお、この地区には、プロジェクトユニット 8の生態系

水路の流入口が設けられている。

b) プロジェクトユニット 2：ミッテルキルヘン

ミッテルキルヘンは、ナアーンの下流に位置する人口約 1700 人の町で、ナアーン同様、小さな集落から構成されている。町の面積約 28km² のうち、約 6割が農地で占められており、残りが集落と森林となっている。

堤防は、100 年確率の洪水に対応する高さで、集落を繋ぐように配置されており、その全長は、ループレヒツホーフ (Ruprechtshofen) からミッテルキルヘンに至る約 8.3km である。図をみるとわかるように、支流のナアーン川付近では、ナアーン川の遊水ゾーンも確保するように堤防線形が配置されている。堤防構造は基本的に土堤だが、100 年確率以上の洪水時の越流部分が数カ所、また可搬式堤防による陸閘も 2カ所設けられている。工事は 2009 年 9月に開始され、2012 年 8月に完了した。

なお、この地区では、住宅移転も実施されており、特にヒュッティング (Hütting) は、全 60 世帯のうち 57 世帯が移転に同意し、3km 程度内陸の場所に集団移転し、ノイ・ヒュッティング (Neu-Hütting) という集落を形成している。なお、住宅移転の仕組みについては後述する。

c) プロジェクトユニット 3：バウムガルテンベルク

バウムガルテンベルクは、河畔から内陸に 4km 程度入ったところに町の中心が位置する人口約 1700 人の町である。ナアーンやミッテルキルヘンに比べ、町の中心部にかたまって集住している。町の面積約 16km² のうち、約 6割が農地で、残りが宅地と森林となっている。



図-3 生態系水路の取水口



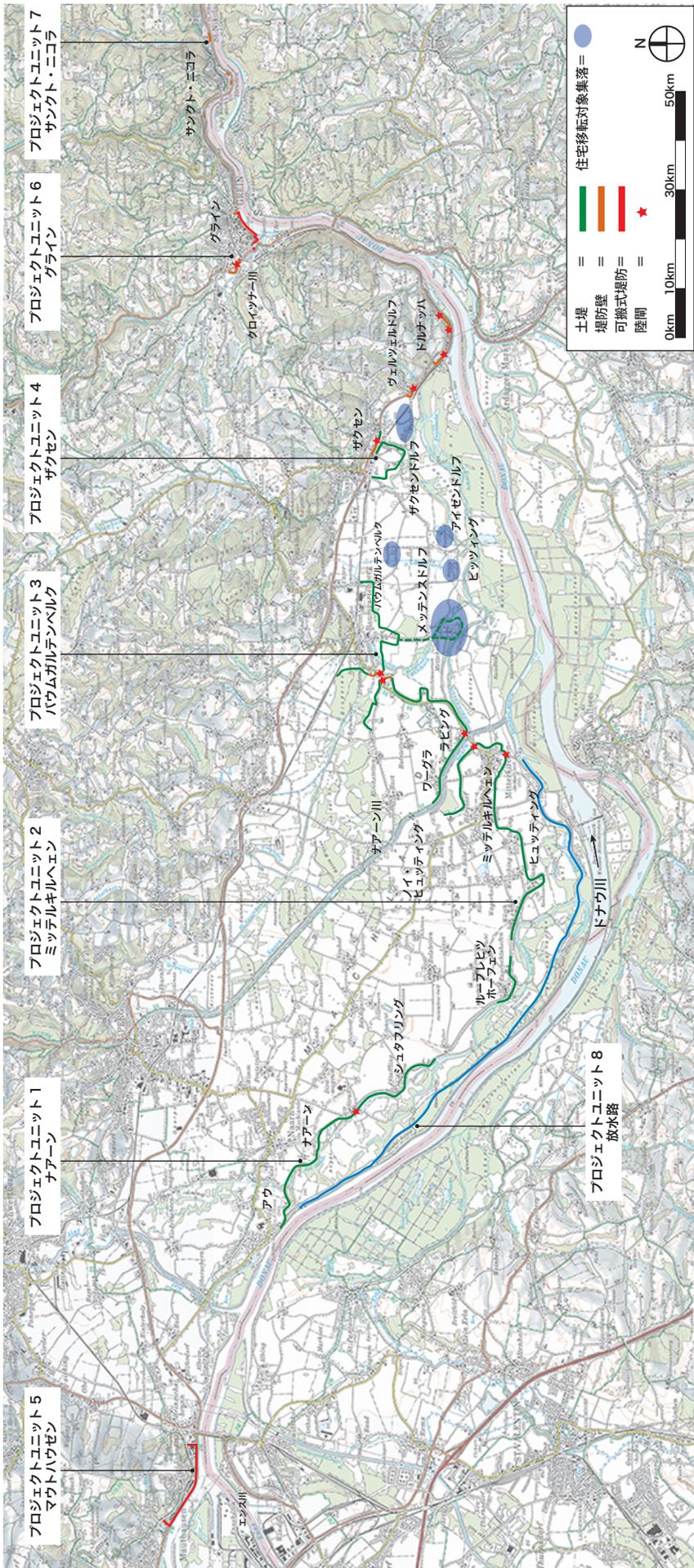
図-5 かつての集落の様子と氏名が記されたサイン



図-4 ヒュッティング (Hütting) の集落記念碑
3軒のみ残留した、背後はそのひとつ



図-6 ナアーン川の左岸 (ラビング) から
ナアーン川と遊水地を望む



マツハラダム施工期間

PU	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5						
1				2009年9月～2012年8月		
2				2009年9月～2012年8月		
8				2009年9月～2012年8月		
3				2009年12月～2011年11月		
4					2011年4月～2012年8月	
6					2010年10月～2011年9月	
7						2011年4月～2012年8月

図-7 マツハラダムプロジェクト整備図

堤防は、100年確率の洪水に対応するものと30年確率の洪水に対応するものの2種類から構成されている。100年確率に対応する堤防は、ナアーン川左岸のミッテルキルヘンのワーグラ (Wagra), ラビング (Labing) から、バウムガルテンベルクの中心部を囲むように配置され、その全長は約10.9kmである。堤防構造は基本的に土堤だが、部分的に堤防壁も用いられており、その最大高さは6.5mである。また100年確率以上の洪水時の越流部分が数カ所、可搬式堤防による陸開も3カ所設けられている。

また、30年確率の洪水に対応する堤防は、全長約2.3kmで町の中心部とは離れた川側に位置しているメッテンスドルフ (Mettensdorf) のみを囲い、町の中心部に延びるように配置されている。この詳しい経緯は把握できていないが、メッテンスドルフも40前後の住宅移転が実施されており、隣接するピツィングは14住宅全てが移転していることが関係していると思われる、今後の課題としたい。

なお工事は2009年12月に開始され、2011年10月に完了した。

d) プロジェクトユニット4：ザクセン

ザクセンも、バウムガルテンベルク同様に、川から内陸に2km程度入ったところに町の中心が位置する人口約1800人の町である。町の面積約19km²のうち、約6割が農地で、残りが宅地と森林となっている。

堤防は、100年確率の洪水に対応する高さで、ザクセンの中央部の南側に位置するザクセンドルフでは土堤による輪中堤、堤防壁と可搬式堤防の組み合わせ、ドナウ川に近いヴェルツェルドルフ (Wetzelsdorf) とドルナッハ (Dornach) では、個別の住宅を守るように堤防

壁と可搬式堤防の組み合わせが用いられている。堤防の総延長は2.6km、最大高さは6mで、100年確率以上の洪水時の越流部分も設けられている。なお建設は2011年4月に開始され、2012年8月に完了した。

e) プロジェクトユニット5：マウトハウゼン

マウトハウゼンは、プロジェクトの最も上流にあり、ドナウ川にエンス川 (Enns) が合流する地点に位置している。古くより花崗岩の産出地として知られ、ドナウ川の貿易で栄えた。人口は約5000人で、河畔に町の中心部がある。第二次世界大戦中にナチスにより設置されたマウトハウゼン強制収容所のイメージが強いが、歴史ある美しい町である。

堤防は、100年確率の洪水に対応する高さで、ドナウ川とドナウ国道の間に、可搬式堤防と堤防壁を組み合わせで設けられている。これにより平常時は、町の広場からドナウ川の眺めが確保されている。なお堤防の総延長は約2kmで、そのうち可搬式堤防は1.5km、最大高さは2.4mある。可搬式堤防の倉庫は、中心部から1.5kmの位置に設けられている。建設は2008年12月に開始され、2010年6月に完了した。

f) プロジェクトユニット6：グライン

グラインは、プロジェクトの対象地のなかで最も著名な観光地である。古くより川港として栄え、グラインブルク城を始め、歴史的な建物が多く残り、美しい町である。人口は約1900人で、河畔に町の中心部がある。

ドナウ川が大きくカーブする外側に位置していることから、古くから洪水被害を多く受けてきた。また、小さな支流であるクロイツナー川も氾濫するため、二つの川



図-8 堤防天端から見た輪中堤 (ザクセンドルフ) 農地も囲われているため狭苦しい印象はない



図-9 堤内地から見た越流堤 (ザクセンドルフ)



図-10 マウトハウゼン：歩道端部に可搬式堤防を設置

に対する洪水防御が実施されている。

ドナウ川沿いの堤防は、100年確率の洪水に対応する高さで、ドナウ川と河畔広場の間に、可搬式堤防と堤防壁を組み合わせて設けられている。これにより、広場からドナウ川の眺めを楽しむことができる。なお堤防の最大高さは4.5mで、そのうち河畔式堤防の高さは3.65mとなっている。2013年のドナウ川大洪水の写真を見ると、その衝撃的な高さが理解できる(図-12)。

また、クロイツナー川沿いでは、道路も氾濫流路に組み込むことで、遊水エリアを広く確保するように、可搬式堤防と堤防壁を組み合わせた堤防が配置されている。

なお堤防の総延長は約1.9kmであり、そのうち可搬式堤防が750mである。可搬式堤防の倉庫は、中心部から1kmの位置に設けられている。建設は2010年10月に開始され、2011年9月に完了した。

平常時の豊かな空間利用に向けた興味深い工夫として、町の上流側の堤外地には、キャンプ場に併設するようにタイヤ付きのレストランがあり、洪水の際には避難できるようにになっている。また、その内陸部には高齢者向け

の集合住宅が立地しているが、敷地内の庭は浸水を許容することで、開放的な空間を生み出している。

g) プロジェクトユニット7: サント・ニコラ

サント・ニコラは、プロジェクトの最も下流にあり、山裾がドナウ川付近まで延びている地形に位置している。人口は約800人で、河畔から高台に住宅が点在している。

こうした地形条件のため、連続的な堤防を建設するのではなく、建物ごとに洪水を防御する方法が採用された。36建物のうち、100年確率の洪水に対応するものが29つ、30年確率に対応するものが7つとなっている。その方法としては、建物自体を堤防壁で囲むタイプや、洪水の高さ以上に居住スペースを確保できるよう住宅をかさ上げするタイプとなっている。

h) プロジェクトユニット8: 生態系水路

ナアーンからミッテルキルヘンの間には、かつて存在していた流路を復元するように小さな放水路が設けられている。これは、豊かな生態系を育むことを目的としている。そのため、10年確率程度の洪水で氾濫を繰り返すような河畔空間となっている。



図-11 グライン：歩道端部の立ち上がりに可搬式堤防



図-12 2013年6月の洪水時のグライン

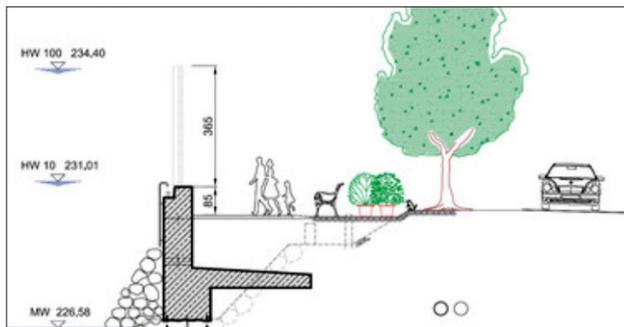


図-13 グライン断面図



図-14 グライン：堤防と外構の一体化



図-15 住居に洪水壁を巡らした事例(サント・ニコラ)



図-16 住居をかさ上げた事例(サント・ニコラ)

4. 土地適応型流域治水整備の特徴

本章では、本プロジェクトの特徴を、土地の特性に応じた洪水防御の方法、遊水機能を強化する住宅移転、柔軟な土地利用、運営システムと 2013 年のドナウ川大洪水の点から整理する。

(1) 土地の特性に応じた洪水防御の方法

前章で述べたように町の立地地形や歴史、集住形態といった土地の特性に応じて、洪水に対する防御方法が採用されているのが大きな特徴である。グラインやマウトハウゼンは、歴史的な町でかつ河畔に町の中心部を有していることから、可搬式堤防を主体とした方法が採用され、町から川への眺望が確保されることで、観光産業への影響を抑えることに成功している。一方、同じように河畔に立地しているものの建物が点在しているサンクト・ニコラでは、それぞれの住宅ごとに防御対策をおこなうことで、少ない費用でかつ水辺への眺望も確保している。また、ミッテルキルヘン、バウムガルテン、ザクセンでは、川に近い小規模な集落では住宅移転、川から離れた町の中心部では輪中堤を採用することで、大きな遊水エリアを確保することに成功している。

それぞれの自治体が自分たちの利益のみを追求した治水整備に比べ、はるかに高い治水安全度を確保すると同時に、費用の低減も図られているといえる。

(2) 遊水機能を強化する住宅移転

本プロジェクトでは、5つの自治体・11集落（ミッテルキルヘン：2集落、バウムガルテンベルク：2集落、ザクセン：5集落、グライン、サンクト・ニコラ）で、合計 254 の住宅が移転しており、これによりミッテルキルヘンからザクセンの間に広大な遊水地を確保することに成功している。

この住宅移転に際しては、治水整備推進法（Wasserbautenförderungsgesetz 1985 - WBFG）にもとづき資金が調達される仕組みとなっており、オーバーエスタライヒ州の専門家によって建物価値が推定され、財務省によって補償金額が確定される。その金額の 80%（連邦政府 50%、州政府 30%）が、住宅所有者に支払われることになるようである。すなわち住宅所有者には、2割の自己負担が発生する。なお、土地は補償の対象外であり、移転後も所有者のものとなる。ちなみに、住宅移転に 9363 万ユーロの補償費が発生しており、プロジェクト全体の工費の半分程度を占めている。

また、これらの住宅移転は、住宅所有者の意思に基づいて決定されるのが大きな特徴である。そのた

め、洪水被害に対する補償を受けない旨を記した書面を提出することで、移転せずそのまま住み続けることができる。図-4 のヒュッティングでは 3 軒の住宅が移転せず、調査時点で暮らしが営まれていた。こうした選択の自由は、たとえば高齢者が生まれ育った生家で最後まで住みたいといった気持ちに寄り添うことも可能になるといった利点を有している。

(3) 柔軟な土地利用と地域の魅力向上

堤防設置位置は、必ずしも河川との境界部には設けられていないのも大きな特徴である。これは、農地や森林に限らず、例えば図-14 のように市街地であっても道路や公共空間や公共建築の外構などを遊水エリアに組み込む方が合理的な場合には、そうした方法が積極的に採用されている。これにより、川とまちを連続した堤防で断絶しないという効果も生まれている。

ここにも当該自治体が主体的に関わっていることの利点が現れているといえる。

(4) 運営システムと 2013 年のドナウ川大洪水

流域治水を進める場合には、その洪水防御システムの運用構築も非常に重要となる。本プロジェクトも、対象エリアが広大な上に、非常用電源やポンプ場、陸閘、可搬式堤防といった多くの施設を有していることから、オーストリアで最も複雑で最大の洪水防御システムだと言われているようである。

なお水位観測所は 13 箇所を設置されており、その観測結果はコントロールセンターに送信される仕組みとなっている。またポンプ場は、すべてコントロールセンターで監視が可能になっている。とくに、グラインやマウトハウゼンの可搬式堤防は、その延長距離も長いことから、セットアップの体制やマニュアルを整備している。こうした運営管理は、先述したマッハラントダム管理公社（Machland-Damm Betriebs GmbH）によっておこなわれている。

上記のハード面とは別に、住民への防災情報の提供や、想定規模を超える洪水発生時の避難対策など、水位レベルに応じた行動マニュアルも整備されているようである。とくに避難対策では、人間に加え家畜も対象に計画がなされており、自家用車を所有していない人々の避難経路やピックアップ場所も丁寧に決められている。こちらは、それぞれの自治体が主導し計画されているとのことであった。なお 2013 年 6 月には 100 年確率を超える大洪水が発生したが、こうしたハード・ソフト両面の運営体制により、大きな問題なく機能したようである。

5. おわりに

以上より、マッハラント地域では、1991 年のドナウ川洪水を機に、7つの自治体の連携により流域治水整備が勧められ、可搬式堤防や輪中堤、個別建物の洪水防御や集落移転による遊水エリアの確保など、それぞれのまちの立地特性や土地利用、洪水の氾濫特性に応じた洪水防御手法により、流域全体の治水安全度と地域の魅力を高める整備を両立していることを指摘した。

またこうした背景には、治水整備が河川管理者と当該自治体の協力で元々実施されていること、当該自治体もまた2割程度の費用負担をしていること、当該自治体が出資する運営会社が一元的に洪水防御システムを管理していることなど、治水整備に当該自治体が積極的に関与していることも大きいと思われる。

ただ今後は、計画調整に関して判明しなかった点や、運用の仕組みなどについて継続して調査したい。

参考文献

- 1) 環境省、文部科学省、農林水産省、国土交通省、気象庁：気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート 2018 ～日本の気候変動とその影響～, 2018.
- 2) 例えば, 国土交通省 水管理・保全局：河川事業概要 2018, 国土交通省, 2018.
- 3) 島谷幸宏, 山下三平, 渡辺亮一, 山下輝和, 角銅久美子：治水・環境のための流域治水をいかに進めるか?, 河川技術論文集, 第 16 巻, pp17-22, 2010.
- 4) 例えば, マッハラントダム公社 HP <https://machlanddam.at/start/>
- 5) 例 え ば, Christoph Hackel : Hochwasserschutz Machland - Ein Jahrhundertbauwerk, Flussbautagung 2012 Hochwasserrisikomanagement Analyse - Bewertung - Minderung - Kommunikation, pp.85-88, 2012. Josef Hoyer : Hochwasserschutz Machland - Ein Jahrhundertbauwerk, Flussbautagung 2012 Hochwasserrisikomanagement Analyse - Bewertung - Minderung - Kommunikation, pp.89-92, 2012. Oberösterreichischer Landesrechnungshof : Hochwasserschutz Machland Nord, LRH-Bericht INITIATIVPRÜFUNG, 2014. など