

# ドイツ住宅地における水循環に配慮した技術・デザイン手法に関する一考察 シャーンハウザー、ウィニンデン、クロンスベルグ住宅地における雨水循環を題材に

福岡 孝則<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>工学研究科建築学専攻 持続的住環境創成講座

キーワード： 水循環に配慮した都市デザイン, 雨水活用, グリーンインフラ、持続的住環境

近年気候変動や都市化に伴うゲリラ豪雨やヒートアイランドなどによる影響が増大している。原因の一つに、土や緑による浸透・蒸発散作用、つまり自然の水循環が損なわれたことにあるとされ、都市の大部分を占める住宅地の在り方は大きな責任と可能性を担っている。この状況に対し、住宅地における雨水活用の促進により地域レベルでの健全な水循環の回復に貢献することができる。本研究は雨水活用で先進的なドイツにおける3つの住宅地の水循環に配慮した計画事例を選定し、住宅地内で適用された雨水活用手法の分析を行うことにより住宅地内で適用可能な水循環に配慮した技術手法を抽出した。雨水貯留による洪水防止・飲料水の利用量削減、浸透による地下水涵養といった個別の技術手法から、総合的に水循環を考え、更に微気象調整、生物多様性の促進、生活環境の向上へつながる包括的な手法への展開がみられることを把握した。

## 1. 研究の背景と目的

近年、気候変動と都市化によりヒートアイランド化やゲリラ豪雨などによる影響が増大している。原因の一つに土や緑による浸透・蒸発散作用による水の循環が損なわれたことにあるといわれ、日本の都市部で25%以上の面積を占める住宅地外部空間のあり方は大きな責任と可能性を担っている。気候変動対応や洪水抑制という観点から住宅地の持つ役割と可能性がドイツにおいては施策レベルと実践レベルでの計画が進んでいる。本研究は住宅地内での雨水を中心とした水循環に配慮した実践的な計画理論の構築に向け、適用された技術・計画手法の抽出、持続的な環境形成の促進に寄与することを目的としている。

国内における研究動向としては気候変動、ゲリラ豪雨問題、水資源の管理等持続環境の形成に関連した分野の研究は近年増加している。特に水循環に関連したものでは雨水の貯留、浸透を適用とした技術の評価、GIS(地理情報システム)を活用した土地利用と集水域に関する研究、水量(降雨、使用量、貯水率など)のモニタリング、保水による雨水流出量管理とクールシティ化の研究等があるが、個別の技術内での研究と評価が多く技術・計画手法を応用して住宅地や都市と結びつける方向性には動いていない。

海外ではヨーロッパにおいて近年EUの助成によりSWITCHという都市の水環境管理に包括的に取り組む研究機関が組織された。SWITCHは特に水を取り巻くパラダイムシフト、雨水環境管理、効率的な水の供給と利用、中水、都市の水計画、水



図—1\* 都市域の水循環（左）と持続的な水循環(浸透・蒸発散・貯留・再利用)の概念図（右）

政策の6つを核に研究プロジェクトを進めているが特にこの中でも持続的な水循環に配慮した都市デザインを目指した研究のビジョン構築を目指しており今後は機能的、個別な技術論、設備論を超えた包括的、総合的な水環境管理を目指している点が新しく、他国にも大きな影響を与えている。一方アメリカにおいては環境保護局(EPA)主導でグリーンインフラという概念が紹介され雨水流出を土壌浸透、緑からの蒸散、保水機能等を複合的に計画手法として展開することで下水や都市河川への雨水流出量を管理し環境負荷を下げることを目指した一連の研究が始まっている。こうした国内と海外の研究動向からも水循環に配慮したデザインはビジョンとしては認識されるが、住宅地への応用を目指して包括的、総合的な技術・計画手法に取り組んだ研究はみられない。また水循環を取り巻く環境も気候帯による降水量の変化や都市化の状況等により異なり、実践に向けた包括的なビジョンを保ちながら個々の地域の環境に適切な技術・計画手法を連動させた研究が必要とされている

といえる。こうした都市計画上の戦略を実現するうえでも水循環に配慮した計画・デザインの具体的な手法の展開が急務であり、従来の個々の水循環に配慮した技術のみならずそれを包括的にシステムとしてランドスケープ、都市デザインと一体に考える計画手法が必要とされよう。本研究ではドイツの住宅地における水循環に配慮した計画の中から特にシャーンハウザー住宅地、ウィニンデン住宅地、クロンスベルグ住宅地を対象事例とし、住宅地における雨水・環境技術を応用した計画・デザイン手法に対する知見を考察する。

## 2. 研究方法

一連の研究の第一段階として、手法が広く適応可能である外構部分を持つドイツの住宅地計画事例を対象とする。水循環に配慮した技術・デザインの手法の抽出のために、ヨーロッパ最大規模の雨水循環に戦略的に取り組んだドイツのシャーンハウザー住宅地と、昨年持続的環境デザインの権威Green Dotアワードを受賞し、同じく水循環に配慮した技術を適用したドイツのウィニンデン住宅地、エキスポ2000敷地に隣接するハノーファーのクロンスベルグ住宅地を事例対象として取り上げる。研究は以下の通り進める。まずシャーンハウザー住宅地とウィニンデン住宅地、クロンスベルグ住宅地の計画概要を住宅地設計者による住宅地ランドスケープ設計図書及び住宅地の雨水活用ガイドライン資料を整理したうえで、プロジェクト内で適用された水循環に配慮した技術・デザイン手法の一端を明らかにする。さらに住宅地においてこうした個別の水循環に配慮した技術手法がどのように一つの関係性を持つ雨水循環システムとして成立しているか考察を導き出す。

## 3. 水循環に配慮した住宅地計画の概要

### 3. 1 シャーンハウザー住宅地における計画の概要

シャーンハウザー地区は以前軍の基地として利用されていた。シュツツガルト近郊では最大級ともいえる150haを有した基地は、2002年の州の園芸博覧会（IGA）を契機に、雨水の収集再利用などエコシステムを導入した先進的な住宅として生まれかわることとなった。まず敷地計画の骨格となる水の処理に際して、二つの大きな指針が決定された。一つは雨水の収集を公園システムの一環として整備することで地域の生態系にリンクさせてゆくこと。二つ目は、洪水を防ぐためにも、雨水の排水のスピードを遅らせることとともに、大地にできるだけ多くの雨水を浸透させることによってインフラ設備面での投下費用を削減させることである。雨水は今まで行われていた雨水と汚水の混合下水溝システムとは全く異なる水の収集・処理システムへと変容を遂げた。住宅の屋根、裏庭、前庭、歩行者空間、駐車場のすべての雨水は開渠の水路を通じて、1.5キロの長さにもわたる貯水地公園へと流入するように設計されている。この住宅地の中心にある公園の中央には人工的なコンクリートの歩行者空間兼水路が設けられている。降水量が多いときは、雨水は住宅地全体からこのコンクリートの水路へ流れ込み、音を立てながら緩やかな滝のように流れていく。この水路や階段の下部を流れ落ちる水は自然浄化され、最終的には地域の湿地システムやビオトープへと

排出される。住宅地の雨水は最終的に地域の水システムへと還元され、長いスパンでは雨水となってまた住宅地に戻ってくるという仕組みである。

この住宅地の計画で特徴的なのは、水循環の基礎である雨水環境システム自体が、住宅地全体を総体として運動しながら計画されている点である。また日常の生活の中で水循環のプロセスが住宅から、庭から、駐車場から目に見えるような状況でデザインされていることが挙げられる。そして降水量が多い時には、雨水は全く異なった表情を見せる。普段は公園として子供たちの遊び場となっている場所が、雨が降り続けると一定の期間だけ、貯水池として池のように水で満たされる。都市空間の中での雨水の処理は常に災害などの様々な問題を想定しなければならないので技術的に難しい。本プロジェクトは水循環目のプロセスを可視化し、公園等の機能と組み合わせている点、地域の生態系である湿地や河川に最終的に浄化した雨水を還元するという発想がみられる。

### 3. 2 シャーンハウザー住宅地における水循環に配慮した技術・デザイン手法

シャーンハウザー住宅地の中で水循環に配慮した住宅地計画上の大きな特徴は次のようになる。a) 敷地全体で南方向に向けてテラス状の公園兼一時的貯水池が形成される。公園の緑の地表面による雨水の保水、浸透といった第一の機能と地下の浸透トレンチと雨水管が砕石の中に設置され緑化された地表面を流れる雨水と地下に浸透した水の流れを管理する第二の機能の複合で成り立っている。b) 敷地内で緑地や公園はグリーンインフラとして住宅地内の全ての雨水を外部空間を使って浸透、雨水流出速度の緩和になるようなネットワークが形成されている。また公共外部空間と住宅という分断がなく、個々の住宅の庭、駐車場、歩行者空間、緑化された屋根といったものがすべてネットワーク上につながって機能している。c) 住宅地という一単位から小流域圏の一単位への接合に関しては集められた雨水を住宅地の周辺地を活用しながら段階的な雨水ビオトープを配し、水が雨水ビオトープを通過するにつれ水の浄化も進み、最終的には地域内を流れる小河川へと戻すという水循環計画の大きな骨格（表1参照）が形成されている。d) 水循環に配慮した具体的なデザイン手法としては緑化屋根、雨水貯留植栽、緑溝、透水性舗装、雨水貯留タンク、雨庭、公園兼雨池、雨水ビオトープ（貯水池）、雨水階段、浸透駐車場、開渠式雨水溝、窪地植栽、ベランダ植栽等があげられる。

### 3. 3 ウィニンデン住宅地における計画の概要

ウィニンデンはシュツツガルト近郊に立地する3.4haの工業跡地の住宅地への再生プロジェクトである。2006年-2008年の設計計画期間を経て、2011年にプロジェクトは竣工した。敷地上においては汚染された土壌の浄化、また敷地のコンクリート等は粉碎され地盤を安定させるために再利用された。建物のボリュームの配置は敷地に適度にヒューマンスケールな密度を創出し、また歩行者空間を一定の秩序やリズムがあるものとしている。建築のタイポロジーは住環境と一体となりガーデン・シティの質の歩行者空間

を提供している。ここでは水循環に配慮した技術が住宅地計画の骨格を形成している。住宅地は水循環の要である滞留池を中心に配し、それを取り囲むように配置されている。中心の滞留池の水は住宅地内から収集された雨水が集められ、住民の憩いや社交の場としても機能している。敷地内のアクセスは徹底的歩行者優先ではあるが、歩車共存のコンセプトで地下駐車場や庭と庭の間の植栽間に駐車場を設ける等の工夫をしている。住宅地に隣接する草原は降雨量の多い時は氾濫原として、通常は子供の遊び場として使われている。また、敷地に隣接する小川は再生され、レクリエーション用の小道と共に整備された。住宅の素材においては健康的なコミュニティの創成のために化学薬品を使わず、環境に優しい素材、地材や地元の木材が使われている。屋外空間においてもドイツの御影石を粉砕したものを雨水浸透コンクリートに混ぜて使う、コンクリートやアスファルト等ごく普通で安価な素材を使っている。植栽計画においては生物多様性を考慮して原生植物を多く使うような構成となっている。人間が住みやすい豊かな住環境の創成に向けては個々の住宅にプライバシーが保たれるように工夫をする一方、個々の家々が関係性をたまちながらも居住者どうしのつながりを保てるような工夫がされている。個々の住宅には85 kWhのエネルギーが地元の熱発電所から供給される。敷地内の非透水性舗装面積は95%から30%へと減少した。雨水は住宅地の庭や歩行者空間を通過して中央の滞留池に集められ、ここから徐々にステップ上の雨水浄化、流出速度緩慢設備を通過して氾濫原としても機能する住宅地へ隣接した草原へと流れ込む。その後氾濫原である草原から徐々に住宅地の側を流れる小川へと浄化された雨水が流れ込むという仕組みになっている。

### 3. 4 ウィニンデン住宅地における水循環に配慮した技術・デザイン手法

ウィニンデン住宅地における水循環に配慮した計画上の特徴は以下になる。a) 敷地の中心に雨水の滞留池を配置し、池に面するように住宅と前庭が配置されている。個々の住戸から公共の滞留池の間に半公共とプライベートのランドスケープ空間が創生され、住民同士の触れ合い、社交の場となるように計画されている。b) 敷地内のサーキュレーションは歩行者優先、歩車共存型となっており透水性舗装、透水性駐車場が採用され不透水面は30%に抑えられた。c) 住宅地内の庭、屋上、歩行者空間等から集められた雨水はいったん住宅地中心の滞留池に集められ、ステップ上の自然浄化池を経て住宅地に隣接する氾濫原の役割を果たす草原へと流れるような仕組み(表1参照)となっている。最終的には敷地近接の小河川へ浄化された雨水が流入する。d) 水循環に配慮した具体的なデザイン手法としては緑化屋根、緑溝、透水性舗装、雨水貯留タンク、雨庭、雨水滞留池、浸透駐車場、草原兼氾濫原等があげられる。

### 3. 5 クロンスベルグ住宅地における計画の概要




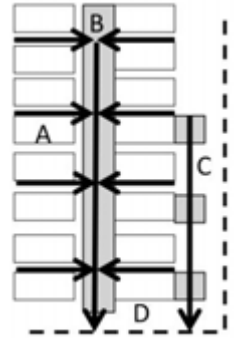
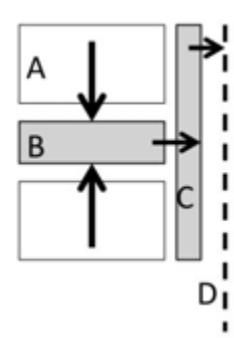
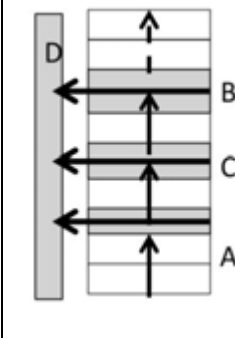
ハノーファー市のクロンスベルグ住宅地は2000年のハノーファー万国博覧会の会場の跡地周辺部130haの土地を住宅地として開発したものである。住宅地に隣接する6.5haの公園部分は特に雨水公園として計画された。この大規模な開発計画時に際しては従来の自然地の持つ雨水流出量が開発により急

に増大し下流での洪水等の災害が発生することを未然に防ぐということが大きな開発目標に掲げられた。クロンスベルグにおける計画のコンセプトは非常に高いレベルで持続的な都市環境を創成することであり、ランドスケープデザインの中でも特に水循環に配慮したコンセプトが強く打ち出されている。クロンスベルグにおける住宅地の庭や歩行者空間、公園は雨水の浸透が可能なように窪地・浸透トレンチ・システム、開渠型の側溝、窪地等を計画的にネットワーク上に配置することにより住宅地内の雨水が包括的に活用されるよう計画されている。降雨時には住宅地の屋外空間や道路脇の緑溝から収集された雨水が敷地内を東西に貫通する雨水13 X 30メートルの滞留テラス9つを徐々に時間をかけて流れていくように設計されている。テラスの地表面は約5%のスロープに抑えられ、それぞれのテラスの間には約30センチの高低差がコンクリート製の小さい堰で区切られている。一つのテラスが雨水で一杯になると雨水は堰を過ぎて次のテラスへと流れ出す。この緩やかなプロセスの中で同時に雨水の蒸散、浸透という現象が起こり、原生植物等で被覆された地表面を流れることで雨水も徐々に浄化される。9つのテラスを流れる間に住宅地から流出した雨水はできるだけ水循環の方へ活用され、最終に残った雨水のみが敷地から流出することとなる。豪雨時等にも備えてこうした緑溝や雨水貯水テラスの地下部には雨水管が埋められ、その周りを砕石から地表面にかけて砂で被覆し、その上に植栽が計画されている。クロンスベルグの住宅地計画においては新しい窪地・浸透トレンチシステムの導入のためにハノーファー市道路局と水管理局の間で徹底的な協働作業で公共の部分から私的な住宅地の雨樋の素材に至るまで検討と調整が重ねられた。また先進的な窪地・浸透トレンチシステムの導入に当たってはハノーファー大学水環境管理研究所のパイロットプロジェクトとしてドイツ連邦共和国国土交通・建設・住宅省の支援を受けている。

### 3. 6 クロンスベルグ住宅地における水循環に配慮した技術・デザイン手法

クロンスベルグ住宅地における水循環に配慮した計画上の特徴は以下になる。a) 住宅地内の屋外空間、歩行者空間、道路脇から収集された雨水は東西に延びる二つの緑地帯を流れ段階的に浸透、貯水テラスを通過することで雨水の流出速度と流量を緩和している(表参照)。b) 雨水管理技術の中心となるのは窪地・浸透トレンチ・システムである。原生植物等によって被覆された地表面と、雨水管が埋設された地下部の両方を活用しながら雨水流出量を管理、一方で浄化も進める。c) 住宅地内のプライベートな中庭部分から流れ出る雨水に関しては住宅地に囲まれた中庭空間の中で雨水が一定期間貯水できるようなパッシブな仕組み適用されている。d) 水循環に配慮した具体的なデザイン手法としては緑化屋根、窪地・浸透トレンチシステム、雨水テラス、浸透・貯水池、滞留池、開渠型の側溝、透水性駐車場等があげられる。

表 1 水循環に配慮した技術・デザイン手法

ドイツ住宅地における水循環に配慮した技術・デザイン手法（筆者作成）			
プロジェクト名	シャーンハウザー住宅地	ウィンデン住宅地	クロンスベルグ住宅地
立地	シュトゥットガルト郊外、ドイツ	シュトゥットガルト郊外、ドイツ	ハノーファー、ドイツ
住宅地内における水循環のフロー	 <p>(A) 緑化屋根→庭→開渠式雨水排水路→(B) 雨水貯留池→(C) 人工湿地→(D) 地域河川</p>	 <p>(A) 緑化屋根→庭→開渠式雨水排水路 もしくは雨水浸透トレンチ→(B) 生態滞留池→(C) 小河川公園→(D) 地域河川</p>	 <p>(A) 庭→開渠式雨水排水路もしくは雨水浸透トレンチ→(C) 雨水浸透テラス→(B) 生態滞留池→(D) 雨水貯留池</p>
住宅地内で適用された水循環技術手法	緑化屋根, 雨水貯留植栽外、緑溝、雨水浸透トレンチ, 開渠式薄排水路、透水性舗装, 浸透性駐車場, 雨水滞留池, 雨水テラス, 人工湿地	緑化屋根, 雨水浸透トレンチ, 雨水貯留タンク、生態滞留池、小河川（氾濫原）, 緑溝、窪地植栽	緑化屋根、窪地、開渠式雨水排水路、雨水浸透トレンチ、雨水テラス、調節池、生態滞留池、透水性舗装、浸透性駐車場
水循環フローの概要模式図 *（上記住宅地内における水循環のフロー参照）			
環境的便益及び多機能化	洪水対策、地下水涵養、流域健全性、微気象緩和、生物棲息地とレクリエーション空間提供、水と緑によるアメニティ空間の提供	洪水対策、住環境における水のアメニティ空間の提供、地下水涵養、流域健全性、生物棲息地とレクリエーション空間提供	洪水対策、微気象緩和、地下水涵養、雨水流出量の制御、生物棲息地とレクリエーション空間提供、流域健全性、グリーンストリート空間の提供

#### 4. 3つの住宅地における水循環に配慮した計画デザイン手法の特徴

シャーンハウザー、ウィニンデン、クロンスベルグという3つの住宅地計画における水循環に配慮した技術・デザイン手法の特徴としては住宅地の規模や周辺環境の状況に関わらず、敷地外への雨水流出量をできるだけ抑制し周辺環境や川下環境への環境影響を最小限に留めるという共通の目標を有するが個々には敷地内の傾斜、河川や周辺の湿地等の自然環境条件により住宅地内の水循環に配慮した計画の方針に差異が見られた。(表1参照)シャーンハウザー住宅地においては線形の貯水池兼公園を住宅の中心に位置づけ、テラスを通じて浸透、一時的な貯水、水の浄化を行うような仕組みとなっている。また特徴的なのは貯水池が通常時は公園緑地としてレクリエーション用に多機能型の活用をされている点である。反対にウィニンデン住宅地においては積極的に雨水を滞留池として住宅地の中心に位置づけ、住宅地の中で滞留池を中心に配置している。この滞留池から住宅地に近接する草原兼氾濫原へ雨水を流し、最終的には雨水は小河川へと流出する。クロンスベルグ住宅地においては貯水池一堰一つのユニットとし、高低差を利用して雨水テラスを形成している緑地と、住宅地内で雨水を浸透、一時的に貯留する手法の組み合わせを適用している。水循環に配慮したデザイン手法に関しては3住宅地において緑化屋根、緑溝、透水性舗装、透水性駐車場、貯水池等が共通して適用されている。デザイン手法は水循環の方針や計画手法と連動していると考えられ、3つの住宅地の中では異なるデザイン手法体系で水循環に配慮したシステムが構築されているといえよう。

#### 5. 考察

日本において水循環に配慮した住宅地の技術・デザイン手法の考え方を導入に際しては雨水流出抑制のために処理施設的なアプローチが取られてきた。貯水池は構造物として住宅地の片隅等に設置するという位置づけが多かった。雨水抑制に関する貯水池、浸透、緑化屋根等の個々の技術に関する研究は進められ、また実際に手法として適用されているが、そうした雨水抑制技術は貯留と浸透に限られる傾向にあり住宅地の外構と一体的に技術・デザイン手法を適用していくという視点を持つことは少なかった。事例として挙げたドイツの3住宅地において展開された計・デザイン手法の中ではこうした雨水技術を包括的にシステムとしてつなげて考えている。この考え方は今後我が国における水循環に配慮したデザインを進める上で参考になる点が多い。

次に水循環とランドスケープという機能を掛け合わせて多機能型の計画・デザイン手法を適用している例が3つのプロジェクトの中で見られた。シャーンハウザー住宅地においては通常レクリエーション公園である場所が降雨時には雨水の貯水、浸透の水のランドスケープとして雨水が流出するまでは別の子供の遊び場として機能しているが、降雨後は氾濫原として雨水の流出量を制御する機能を果たす。クロンスベルグ住宅地においてはより積極的に降雨時の雨水の動きや浸透、流出のプロセスがランドスケープと連動して計画されている。

このようにドイツの住宅地における水循環に配慮した技術・デザイン手法の一端からは今後、包括的・総合的に水循環を地域・都市スケールで捉えるための展開への可能性があると考えられる。

#### 6. 参考文献

- 1) Hoyer, Jacqueline;Wolfgang, Dickhaut;Kronawitter, Lukas;Weber, Bjoern(2011) Water Sensitive Urban Design :Jovis : 141pp
- 2) 遠藤新 (2010) : 米国都市における雨水流出管理政策としてのグリーンインフラに関する研究 : 都市計画論文集 Vol. 46 No.3 : 649-654
- 3) 小林亨:(1989): 雨の景観認識の諸特性に関する研究 : 日本都市計画学会学術研究論文集 : 433-438
- 4) 清水裕之ほか:(2011): 水の環境学 : 名古屋大学出版会 : 173-189
- 5) 石川幹子ほか編:(2005): 流域プランニングの時代—自然共生流域圏・都市の再生— : 技法堂出版 : 307pp
- 6) 日本建築学会編:(2011): 雨の建築道 : 技法堂出版 : 194pp
- 7) Stokman, Antje : DIRTY DESIGN - Engaging water infrastructure systems as urban landscapes. (2010) : Jovis
- 8) Shannon, Kelly : Water Urbanism (2008) : Sun Publishers
- 9) Dreiseitl, Herbert; Grau, Dieter : Waterscapes. Planning, Building and Designing with Water (2001) : Birkhaeuser
- 10) Spirn, Anne : アーバン・エコシステム(1995) : 公害対策技術同友会 : 337pp
- 11) 清水裕之:(2012):ドイツの緑地保全における地域計画、景観計画、土地利用計画、地区詳細計画及び緑地整備計画の接続—バイエルン州、ミュンヘン地域を事例として : 日本都市計画学会論文集 : 235-240
- 12) 日本建築学会:(2011):雨水活用建築ガイドライン : 日本建築学会 : 63pp
- 13) 福岡孝則:(2012):ドイツ・水循環に配慮した都市環境デザイン : 水循環—貯留と浸透 : 雨水貯留浸透技術協会 : 21-24
- 14) Eckert, Anjaほか: Hannover Kronsberg Handbook (2004) : City of Hannover : 127pp
- 15) Reed, Jessica: Arkadien Winninden, Green Dot Award Submittal Document (2012) : provided by Atelier Dreiseitl
- 16) Meissner, Erhard: Naturnahe Entwässerung von Verkehrsflächen in Siedlungen (2005) : Bayerisches Landsamt fuer Wasserwirtschaft : 41pp