

ニューオーリンズのUrban Water Planにみる 道路空間を活用した水循環計画の計画手法

青木 章悟¹・山口 敬太²・川崎 雅史³

¹学生会員 京都大学大学院工学研究科 修士課程

(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1, E-mail:aoki.shogo.83w@st.kyoto-u.ac.jp)

²正会員 博士(工学) 京都大学大学院工学研究科 准教授

(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1, E-mail:yamaguchi.keita.8m@kyoto-u.ac.jp)

³正会員 博士(工学) 京都大学大学院工学研究科 教授

(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1, E-mail:kawasaki.masashi.7s@kyoto-u.ac.jp)

近年の気候変動による水害リスクの増大が世界的に問題となっている。日本においては総合治水や流域対応治水の観点から治水施策が進められてきたが、米国においても甚大なハリケーン被害を契機として、洪水防止と環境形成の包括的な水循環システムの形成が推進されている。本研究は、ニューオーリンズのUrban Water Plan水都市計画を取り上げ、既存の土地利用及び道路空間を活用して、洪水防止の対応を図る水循環計画の手法を抽出し、治水と都市デザインの融合を図る計画概念についての知見を得ることを目的とする。その結果、道路空間を活用した水害対応型の新しいインフラ概念と、エリアの特性に応じて道路や公共空間等の複数の施設を組み合わせて実現する水循環システムの計画手法を示した。

キーワード: ニューオーリンズ, 水循環, グリーンインフラ, 内水氾濫, 道路, 水路, 公共空間

1. 研究の背景と目的

近年、気候変動によって日本や世界各地の湿潤地域において台風や集中豪雨などの短時間強雨の発生が増加傾向にあり、今後も増加すると予測されている。そんな中、かつて雨水の一時貯留・浸透の役割を担っていた樹林地、草地、畑、水田などは市街地化によって舗装された道路や駐車場、建築物に変わり、非浸透面の増加を招いた。この短時間強雨の増加と非浸透面の増加による自然の水循環システムの破綻によって雨水の流出速度、流出量が増大し、下水管のオーバーフロー、それに伴う汚染物質放流や内水氾濫といった問題が多く発生している。これらの問題を解決するためには、個々の施設対策では十分に解決できず、加えて洪水対策のみならず都市環境形成も包括する都市全体での自然の水循環システムを形成することが重要である。

これらの水循環システムの形成に関する社会基盤整備手法のひとつにグリーンインフラ (Green Infrastructure, 以下GI) がある。日本では、水循環基本法 (2014年) や水循環基本計画 (2015年)、水循環施策 (2016年) が示されているほか、国土交通省や環境省を中心に、「第2次国土形成計画」「第5次環境基本計画」等においてGIを推進するべきものとして位置づけており、気

候変動に対してGIによってリスクを軽減することを目指す政策が推進され始めている¹⁾。しかし、雨水マス、浸透トレンチ、透水性舗装、遊水地、調整池などのグリーンインフラに関する個々の要素技術の発達は見られるものの、それらの個々の要素技術が連関して機能をより大きく発揮するような計画技術は未だ発展の途上にある。

欧州では、自治体においてGI推進計画を総合戦略や成長戦略に位置づけ、都市計画に組み込むことで導入を進めるとともに、自治体内部の連携を図っており、また、これを促すEUや政府による政策・制度が存在している²⁾。たとえばコペンハーゲン市では、気候変動適応策であるクラウドバーストプランが策定されており、道路や下水道などの排水系統と貯留地などの貯留機能を複合的に連動させながら雨水を地表面や地下で処理するように設計する計画の実施が検討されている³⁾。米国でも連邦環境保護庁が主体となりGIを推進しており、ポートランド市では1995年よりインフラ整備を開始し、グリーンストリート、緑溝、雨水プランター、屋上緑化、透水性舗装など、現在5,000箇所程度のGIが市内に存在している⁴⁾。

近年、これらの欧州や米国の先進的なGIを対象に、空間の質の向上や洪水リスクの軽減を目的とした敷地・街区スケール、流域スケールでのGI導入計画に関する研究は見られるものの、インフラの個々の要素を複合的

に連関させることで都市スケールでの水循環までを考慮している計画に関して言及している研究は十分でない。

そこで本研究は、都市全体で複数の集水域を設定し、各集水域で道路、水路、貯留地、空地などをシステムとしてつなぎ洪水・地盤沈下対策のみならず、水辺環境の創出を目的とした都市全体の新たな水循環システムの計画の提案とその手法について明らかにすることを目的とする。具体的には、ニューオーリンズの“Greater New Orleans Urban Water Plan (2013)”と、そこに示された代表的な計画事例を対象として、敷地、建物、道路、空地、水路等の土地利用やインフラ管理の領域・境界を超えて複数のインフラをどのように相互に連結しているかを分析し、新たな水循環計画の考え方と計画手法を明らかにする。

2. 研究の対象と手法

(1) 研究の対象

本研究の対象地であるグレーター・ニューオーリンズ大都市圏はアメリカ合衆国の南東部に位置するジェファーソン郡とオーリンズ郡から成る。ニューオーリンズはミシシッピ川が氾濫し、運ばれてきた土砂によって形成されたミシシッピデルタの東北端近くに位置し、今から約300年前に自然堤防沿いに建設されて以来、水に囲まれ、水によって特徴づけられてきたという歴史がある。部分的に海拔ゼロメートル地帯が存在しており、周囲を堤防によって囲まれているが、2005年8月に発生したハリケーン・カトリナによって堤防が決壊し、約8割が水没した。現在は周囲の堤防保護システムにより防備が固められているが、頻繁な降雨による内水氾濫や現在の排水システムに起因する地盤沈下などの重大な課題が残されており、現在のインフラでは不十分であるとされた⁵⁾。このような流れを経て、2010年にルイジアナ州の都市計画課の災害復興ユニットによってGreater New Orleans, Inc. (GNO, Inc.)が設立され、対象エリアにおけるGreater New Orleans Urban Water Planの発展が目指され⁶⁾、2013年に本計画が完成した。

ニューオーリンズは南側のミシシッピ川から北側のポンチャートレイン湖に向かって、自然堤防の微高地から後背湿地が広がり、隆起線を挟んで低湿地が広がるという地形をしており、従来は隆起線の南側に降った雨は隆起線を越えて北側の湖に排水されていた。本計画ではこの排水システムを変更し、隆起線によって集水域を分け、南側の雨水は川に排水することで、北側の負荷を減らし、各集水域の相互依存性を低下させ、安全性を高め、かつ、集水域ごとに水循環を強化することが主な目的である。

現在の事業の状況については、Urban Water Planのうち、主にOrleans LakesideとOrleans Riversideの中のいくつかのエリアが市のレジリエンスプロジェクトに位置付けられ、実際に事業化が進んでいる。特徴的なものとしては、Orleans LakesideのGentilly Resilience Districtのプロジェクト⁷⁾と、Orleans RiversideのLaffite Greenway / Bluewayのプロジェクト⁸⁾が挙げられる。前者については、道路や空地にバイオスウェルやレインガーデンなどのGIを導入することによって地表のブルー・グリーンネットワークの創出、市内最大の未開発区画を近隣規模の貯留対策を実証し、雨水を浸透させ、公共レクリエーションとして機能する施設となるMirabeau Water Gardenの開発を目指すものである。後者については、都市において性質の異なる様々な部分間の水文学的なつながりを回復させ、公共の場に再び水を戻すための大規模プロジェクトの第一歩となるような線形公園の建設を目指すのである。

以上のように、現在進行している事業は今後の水循環計画の実施を円滑に遂行するための経験の積み重ねやモデルケースという位置づけであると考えられる。これらのプロジェクトはおおよそ2021年から2022年頃の竣工が目標とされており、現在はプレデザインの段階にある。

(2) 研究の手法

本研究では、水循環システムを形成するにあたっての都市設計的知見を明らかにするために、この計画を主導したWaggoner & Ball Architectsによる資料⁹⁾に基づいて分析を行い、ニューオーリンズのケースを通じて、水循環計画を成り立たせる多様な要素やパターンの抽出を行う。

3. 水循環計画を構成するインフラの要素とその機能

水循環計画を構成する計画技術を分析するにあたり、その計画概念として、SLOW（緩速）、STORE（貯留）、DRAIN（排水）、CIRCULATE（循環）、DISPERSE（分散）を基本形として見出した（表-1）。このうちCIRCULATEはエリア全体での地表面上での雨水の運搬機能を果たすConveyance（導水）と地中への浸透による地下水涵養機能を果たすInfiltration（浸透）の二つに分けて考えることが出来る。これらは、水に囲まれ、水による継続的な洪水や経済損失などの脅威に対する対処法を学んできたオランダの大使館とAmerican Planning AssociationとともにWaggoner & Ball Architectsが起こしたDutch Dialoguesの概念¹⁰⁾¹¹⁾に基づいている。

そして、都市に存在する道路、水路、公共用地、民有地などのインフラがこれらの基本形を実現させる。そして、基本形の中のより具体的な機能に対応するように各イン

表-1 基本形についての説明

SLOW (緩速)	排水システムの負荷を減らすために最初に行うべきなのがSLOWである。雨が降ったその場所での雨水の保持・浸透が重要である。他の解決策に比べて小規模でできるが、「水が落ちる場所」に配置が必要である。
STORE (貯留)	SLOWの次のステップがSTOREである。排水ネットワークの中にSTOREを組み込むことが重要であり、そのためにパツファの拡大と貯留地への水のリダイレクトシステムが必要である。「水が落ちる場所」に配置は必要はないが、大きな規模が必要である。
DRAIN (排水)	通常の降水にはSLOWとSTOREで対処し、豪雨時などの必要な時だけ排水する。排水システムは基本的に各集水域で完結した効率的なものとする。
CIRCULATE (循環)	地表での雨水の運搬Conveyance(導水)と地中への雨水の浸透Infiltration(浸透)の2つに分けられる。地表の水循環と高い水位を日々の水管理に組み込むことで、安全な水の運搬機能、地下水のバランス、水質、地域の生態系の健康を改善する。
DISPERSE (分散)	主に民有地などの改良によるものである。規模に関わらず敷地に降った初期雨水の流出抑制に寄与する。一つ一つは小さくても広いエリアに多くが分散することによって効果が期待できる。

フラも要素に分けられる。よってこの章では、水循環計画を成り立たせる基本形と、それを実現させるインフラと機能の対応について示す。

(1) インフラの要素

a) 道路

道路は都市の非浸透面の代表的なものであり、かつ、すでに都市全体に広がり、ネットワークを形成している。ゆえに道路は水循環システム形成のためのGIの導入にあたって必要不可欠な要素である。

道路へのGIの導入に関しては、沿道、歩道全面、歩車道全面の三段階に分けられる。

沿道については、歩道の一部、もしくは縁石の拡張部分にバイオスウェルやレインガーデンなどの要素を組み込むことによって、敷地や道路から流れてきた雨水が下水道に流される前に一時貯留されることによってSLOW機能が発揮される。どのような道路においても最も導入されやすく、特に都心などの土地の高度利用化が進んだ場所において最適である。地下の土壌の性質や周辺の公共設備との兼ね合いによって、地中まで浸透させるか、雨水プランターなどのように保持に留めるかを決定する。

次に歩道全面については、歩道の部分に透水性舗装の要素を組み込んだり、歩道の交差点部分のデッドスペースにレインガーデンなどの要素を組み込んだりすることによって、雨水の保持及び簡単なSTORE機能が発揮される。歩道の全面改装を行うため、干渉が多い都心から離れた、比較的交通量が少ないようなところでの実施が望ましい。

歩車道全面については、歩道及び車道までも透水性舗装や地表下貯留空間、浸透性パイプなどの要素を組み込むことによって、道路全体が非浸透面から浸透面へと転換し、多大なSTORE機能が発揮されるほか、道路ネットワーク全体で地中との雨水の流れが作られることに

よるCIRCULATE機能も発揮される。歩車道の全面改装を行うため、郊外の住宅地などでの実施が望ましく、特に下水道インフラが整備されていないところでは実施もしやすく、水の自給自足への貢献も期待できる。

b) 水路

水路は都市において地表の水の流れを創出する代表的なものであるため、水循環システムの形成にあたって必要不可欠な要素である。

水路に関しては、簡易な改修整備と、大規模改修・新設の二つに大きく分けられる。改修整備については、堰の導入によって水を一気に流すのではなく、段階的に流すことによってSLOW機能が発揮される。また、水路のり面の勾配の変更、オープンスペースとしての整備によって水との接続性が高められ、水路の拡張によって河積が上げられ、水路の水位の流動的制御を導入することによって、STORE機能が発揮される。

そして大規模改修・新設については、かつては開水路だったが現在は暗渠化されているような、かつての水の流れに沿うようなところを中心に開水路として整備することによってSTORE機能が発揮されるとともに、地表の水の流れが強化され、CIRCULATE機能が発揮される。

c) 公共用地

公共用地は多大な貯留量を確保する可能性を持っており、先述の道路や水路ネットワークを安全に機能させるという意味でも、水循環システムの形成にあたって必要不可欠な要素である。

公共用地であるため、上位計画の策定段階からネットワークの中に実際に組み込んで考えていくことが可能であり、道路や水路ネットワークとの双方向的な水の流れを可能にするような設計にする必要がある。具体的な要素としては、後述するMirabeau Water Gardenや水路の再整備に伴う周辺の公園化など、大規模な空地におけるグラウンドなどと併設する戦略的公園用地、湿地の再生、高架下の活用、駐車場の活用などによってSTORE機能が発揮される。

d) 民有地

民有地は都市全体に分散していることが特徴であり、道路、水路、公共用地のネットワークを補完するという意味で、水循環システムの形成にあたって必要不可欠な要素である。

民有地であるため、一つ一つの規模も小さく、GIの導入に賛同を示すかどうか不明であるため、上位計画の策定段階からネットワークの中に実際に組み込んで考えていくことは難しい。したがって、GIの導入のインセンティブとなる計画を通して、単純なオンサイトでの初期雨水の流出抑制によるSLOW機能の向上を目指すことが重要である。

(2) 要素の組み合わせ方による新しいインフラの概念

ここでは、三つの新しいインフラ概念の構成要素（表-2）とその機能について示す。

表-2 三つの新しいインフラの概念の構成要素

	構成要素
インターセプター ストリート	バイオスウェル、レインガーデン、透水性舗装(全面)、地表下貯留槽
ウォーターレーン	バイオスウェル、レインガーデン、透水性舗装(一部)
フローティング ストリート	バイオスウェル、レインガーデン、透水性舗装(全面)、浸透性パイプ

a) インターセプターストリート

インターセプターストリート¹²⁾ (INTERCEPTOR STREET) は、道路脇のバイオスウェル・レインガーデン、透水性舗装、地表下貯留空間という四つの要素から構成される(図-1)。住宅などの敷地に降った雨水はバイオスウェルやレインガーデンに流れ込み、道路上に降った雨水も透水性舗装によって貯留されながら溢れた分はバイオスウェルやレインガーデンに流れ込み、地表下の貯留空間に貯留される。

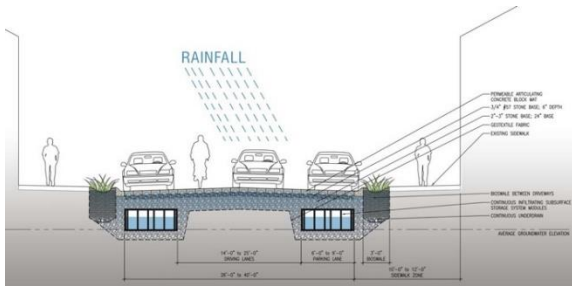


図-1 インターセプターストリート断面図¹³⁾

このインターセプターストリートを雨水の流下方向と垂直に配置する(図-2)ことにより、雨水の上流での保持、流下速度の緩衝装置として機能する。これらを斜面地に集めて並べることで、棚田のような形を形成し、雨水流出抑制に大きな効果を発揮する。



図-2 インターセプターストリート平面図¹⁴⁾

以上から、このインターセプターストリートは十分な貯留地を確保できないような斜面地にある密集住宅地に最適な計画手法である。

b) ウォーターレーン

ウォーターレーン¹⁵⁾ (WATERLANE) は、道路脇、もしくは中央分離帯のバイオスウェル・レインガーデン、透水性舗装という三つの要素から構成される(図-3, 4)。バイオスウェル・レインガーデンが道路脇に設置される場合には縁石のカットなどにより、敷地、道路に降った雨水が流れ込む。中央分離帯のように道路中央に設置される場合にはバイオスウェル・レインガーデンと数個に一個の排水柵を地表下のパイプなどでつなぐことにより、敷地、道路に降った雨水が流れ込むようにする。

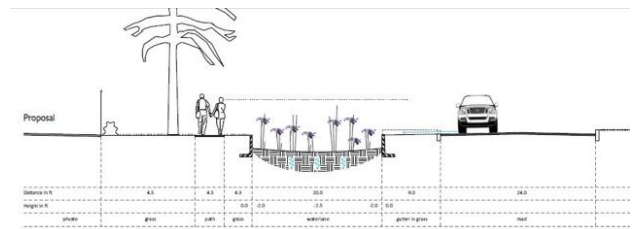


図-3 ウォーターレーン断面図(沿道型)¹⁵⁾

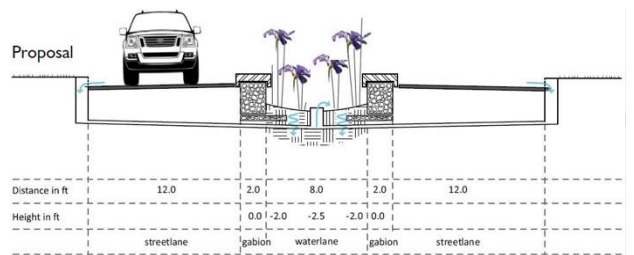


図-4 ウォーターレーン断面図(中央分離帯型)¹⁷⁾

商業地などのようにすでに効率的な道路ネットワークを形成しているところにこのウォーターレーンを導入することで、雨水の流出抑制を図りながら、統制された雨水の流れを作り出すことによって、斜面地における効率的な雨水の運搬機能を発揮する。

以上から、このウォーターレーンは都心部の高舗装率の商業地における、既存の道路を用いた地表の水ネットワークの創出のための計画手法である。

c) フローティングストリート

フローティングストリート¹⁸⁾ (FLOATING STREET) は、道路脇のバイオスウェル、道路脇のレインガーデン、透水性舗装、道路下の浸透性パイプという四つの要素から構成される(図-5)。これらに加え、地形や周辺の土地利用に合わせて道路の横断勾配および縦断勾配を変更することで成り立つ。横断勾配を従来の凸型の形から片勾配に変更することによって雨水を片側に集めることができ、もう片側で交通が機能できるようになるのと同時

に多くの貯留量を確保できる。敷地に降った雨水はバイオスウェルやレインガーデンに流れ込み、道路上に降った雨水はまずは透水性舗装を通して路盤に貯留され、許容量に達するとバイオスウェルやレインガーデンに流れ込む。これらの地表での貯留が許容量に達すると道路下の浸透性パイプに流され、以降地表と地下の排水システムが同時に機能する。

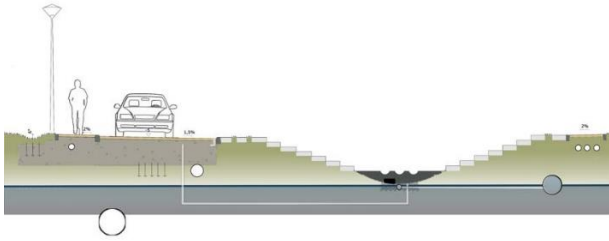


図-5 フローティングストリート断面図¹⁹⁾

このフローティングストリートを雨水の流れに沿うように横断勾配，縦断勾配を操作して配置することにより，雨水の流出抑制をしつつ，地表での安全な雨水運搬機能を発揮する（図-6）。主に住宅地で実施し，先述のウォーターレーンに比べて大きな規模で改良を行うものであるため，ある程度の貯留機能も期待できる。また，浸透性パイプにより，水路や湖との双方向的な水の流れを実現することによって，乾燥時の地下水涵養にも寄与する。

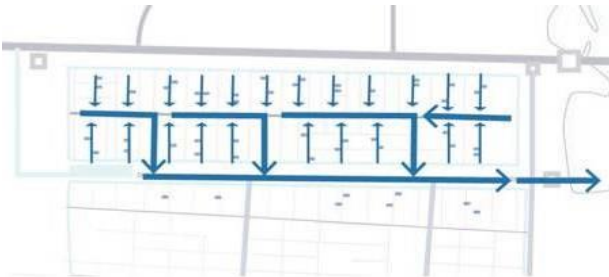


図-6 フローティングストリート平面図²⁰⁾

以上から，このフローティングストリートは海拔ゼロメートル以下の低地，特に地盤沈下の危険性がある住宅地における常時，非常時の水循環ネットワークの創出に最適な計画手法である。

4. エリアの特性に応じた水循環計画の計画手法

(1) 形成手法の基本的な考え方

インターセプターストリート，ウォーターレーン，フローティングストリート，水路の四つを地域全体に張り巡らすことで水循環の土台を形成することを基本線に，地域全体にGIを散りばめ，これら四つの組み合わせと，

これら四つへの公共用地や民有地などの土地の組み合わせ方（表-3）を工夫することで，各エリアの地形や土地利用形態などの特徴に最も合致したSLOW，STORE，DRAIN，CIRCULATE機能の発揮を図ることがUrban Water Planにみる水循環計画の形成手法に対する基本的な考え方である。

表-3 エリアごとのパターンの組み合わせ

	パターンの組み合わせ
a) 斜面地 (商業地)	△インターセプターストリート◎ウォーターレーン○駐車場貯留 -△屋上緑化-○大規模戦略的公園用地
b) 斜面地 (住宅地)	◎インターセプターストリート○分散型空地貯留-△道路・水路による大規模な水のリダイレクト-○大規模戦略的公園用地
c) 低地 (水路あり)	○道路のGI-◎循環型水路-◎水位の流動的制御-○道路沿い，交差点の空地貯留-○大規模戦略的公園用地
d) 低地 (水路なし)	○道路のGI-◎フローティングストリート-◎水路の導入-○分散型空地貯留-○大規模戦略的公園用地

凡例: ◎エリアの核, ○不可欠な要素, △オプション

(2) エリア特性ごとの形成手法

a) 斜面地（主に商業地で構成）

斜面地はその地形の特性上，斜面のその先の下流域のある一か所に雨水の流れが集中する傾向がある。そのため，出来るだけ上流で雨水を保持し，下流への表面流出の絶対量を減らし，かつ水の流れをコントロールすることにより，雨水の分散を図り，下流域での雨水の一極集中を防ぐことが最重要の課題である。次に商業地の課題としては，土地利用の高度化が進んでいるため，浸透面への転換が可能な場所が限られており，また，既存の公共設備との干渉が多いことが挙げられる。これらのことから，斜面地（主に商業地）のエリアにおいては，SLOWとConveyance，特にConveyanceを重点的に考える必要がある。

具体事例であるJefferson Riversideのケース（図-7）²¹⁾から手法の抽出を行う。斜面地の最上流域の商業地でない場所にインターセプターストリートの導入を行って雨水の流出を抑制し，SLOW機能の発揮を図る。インターセプターストリートで保水しきれなかった雨水は既存の排水システムとウォーターレーンに流れる。ウォーターレーンによって流出を遅らせながら雨水の流れをコントロールすることによって，SLOWとConveyanceの機能の発揮を図る。このシステム上重要な位置づけをもつウォーターレーンは既存の排水システムと接続性を持たせるために3個に1個の割合で排水樹と地表下で連結される。また，商業地には多く存在すると考えられる駐車場と相互に連結（図-8）し，駐車場下部での貯留を行うことによって効果的なSTORE機能の発揮を図る。

これらのシステムによって雨水の流出抑制を図るが，これらのシステムの許容量を超えるような降水の発生時に備えて，下流域に大規模な戦略的公園用地を配置し，(Metropolitan Park Zone)，そこまでウォーターレーン

と既存の排水システムによって運ばれ、貯留される。そして激甚な豪雨によってエリア外に排水する必要がある



図-7 ウォーターレーン平面図²³⁾

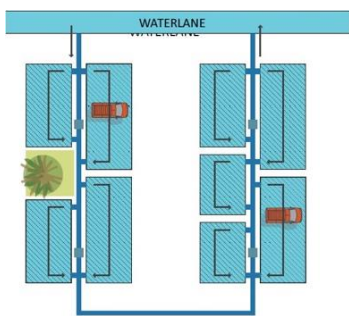


図-8 ウォーターレーンと駐車場の接続²³⁾

場合には、2018年に完成したHarahanのポンプ場からミシシッピ川に排水される。上記の水循環システムを一般化したダイアグラムが図-9である（筆者ら作成）。

b) 斜面地（主に住宅地で構成）

住宅地の課題は、降水量に対して十分な排水システム

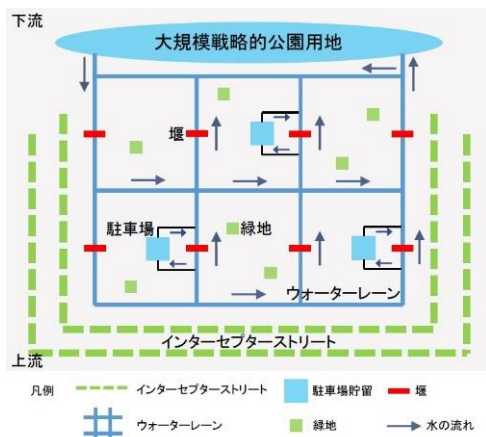


図-9 斜面地（主に商業地で構成）の水循環システム

が整っていない場所が存在することである。一方で商業地などと比べて既存の公共設備との干渉が少なく、浸透面への転換が可能な場所も多く、また、同じような道路形態が規則正しく並んでいる傾向がある。これらのことから、斜面地（主に住宅地）のエリアにおいては、SLOW, STOREとConveyance, 特にSLOW, STOREを重点的に考える必要がある。

具体事例であるOrleans Lakesideのケース²⁴⁾から手法の抽出を行う。まず、斜面地の住宅地の道路のほぼ全域にこのエリアの特筆すべき事例であるインターセプターストリートを導入し、住宅地全体がインターセプターストリートによる一種の柵田を形成することによって雨水の流出を抑制し、多大なSLOW機能の発揮を図る。また、インターセプターストリートに導入される地表下貯留槽によるSTORE機能の発揮も図る。インターセプターストリートで保水しきれなかった雨水は既存の排水システムに流される。この間、住宅地に分散した空地による単純なオンサイトでの初期雨水の流出抑制も図る。Conveyanceについては先述のウォーターレーンのようにエリア全体にConveyanceのためのシステムを張り巡らせることが出来ない場合は、大きな道路や水路による大規模な水の流れの変更の可能性を探ることも選択肢の一つとなる。Orleans Lakesideでは斜面地に降った雨水は全て中心部の窪地に流れ込むが、Claiborne Corridor沿いに導入される大規模な水路によって水の流れがリダイレクトされ、西のHollygrove District, 東のDesire Districtに流される。この二つの地区および窪地部分に大規模な湿地や戦略的公園用地を配置し、計画的に雨水を貯留する。窪地の大規模貯留地については、第2章第1節にて述べたLaffite Greenway / Bluewayのプロジェクトが現在進行中であり、建設段階に入っている²⁵⁾。そしてエリア外に排水する必要がある場合にはポンプ場からミシシッピ川に排水される。上記の水循環システムを一般化したダイアグラムが図-10である（筆者ら作成）。

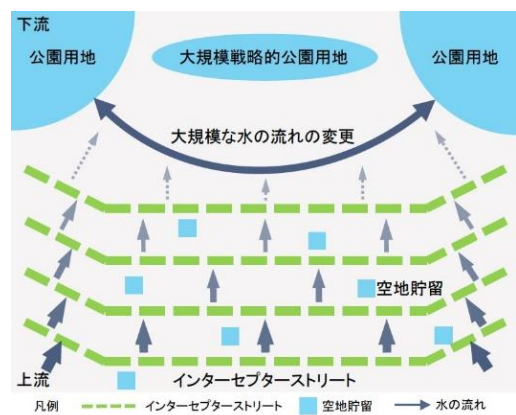


図-10 斜面地（主に住宅地で構成）の水循環システム

c) 低地（開水路型水路システムあり）

低地の課題は、全体的に雨水が溜まりやすく、かつ、微小な地形の変化によって様々な場所に雨水が溜まりやすいことである。また、土壌の特性上地盤沈下の危険性が高い地域については地下水の涵養が重要となってくる。そのため、全体的に浸透面を増加させ、水を循環させることが最重要課題である。開水路型水路システムがすでに存在している場合には水循環のための土台は整っているわけであるから、この水路システムの強化が課題となる。これらのことから、低地（開水路型水路システムあり）のエリアにおいては、地表のCIRCULATEシステムの強化とSTOREを重点的に考えていく必要がある。

具体事例として、Jefferson Lakesideのケース²⁰から手法の抽出を行う。まず、住宅地の道路にGIを導入し、各道路に雨水浸透・保持機能を持たせることによって雨水の流出を遅らせ、SLOW機能の発揮を図る。これらの住宅地の道路などで保水しきれなかった雨水は既存の排水システムに流れ、このエリアの特筆すべき事例であるエリア全体に張り巡らされている循環型水路に流される。また、この循環型水路沿いを再整備することで人の水辺への接続性も高める。同時に水路沿いの道路には浸透性の排水柵が導入され、地下水涵養に寄与する。そしてこの循環型水路に水位の流動的制御システムを導入することで、常時（水位を上げる）の水循環、地下水涵養機能を強化することで地表のCIRCULATEシステムを強化し、非常時（水位を下げておく）の水路自体でのSTORE機能の発揮を図る。そしてこの循環型水路および排水システムによって幹線道路沿いや交差点下の貯留地、都市型湿地などに計画的に流され、貯留される。そしてエリア外に排水する必要がある場合には南北に走る水路からポンチャートレイン湖に、別のポンプ場（Kenner）から西側のLaBranche湿地に排水される。上記の水循環システムを一般化したダイアグラムが図-11である（筆者ら作成）。

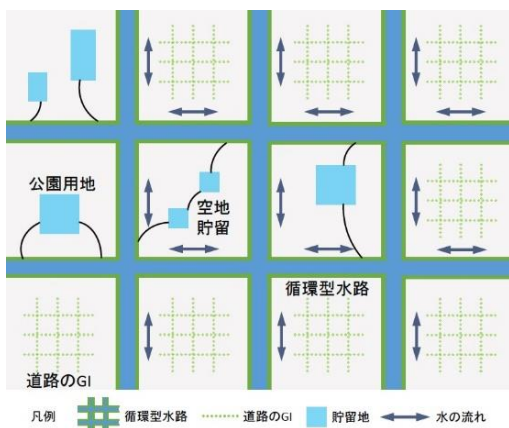


図-11 低地（開水路型水路システムあり）の水循環システム

d) 低地（開水路型水路システムなし）

開水路型水路システムが存在していない低地には、地表の水循環システムの新設が課題であり、地表のCIRCULATEシステムの構築とSTOREを重点的に考えていく必要がある。

具体事例として、Orleans Lakesideのケース²¹から手法の抽出を行う。まず、道路にGIを導入し、各道路に雨水浸透・保持機能を持たせることによって雨水の流出を遅らせ、SLOW機能の発揮を図る。そして、このエリアの特筆すべき事例であるフローティングストリートおよび水路システムをエリア全体の道路に導入することによって、現在の単なる道路ネットワークから道路・水の複合ネットワークに転換させ、SLOW, Conveyance, STORE, CIRCULATE機能の発揮を図る。特にフローティングストリートは微地形、周辺の土地利用の状態を考慮に入れた水の流れを作り出すことが出来るように設定する。このエリア内に降った雨水は、フローティングストリート、水路、地下排水システムなどによってエリア全体を循環し、公共空地や大規模戦略的公園用地などと連結することで、貯留量の確保を図る。上記の水循環システムを一般化したダイアグラムが図-12である（筆者ら作成）。

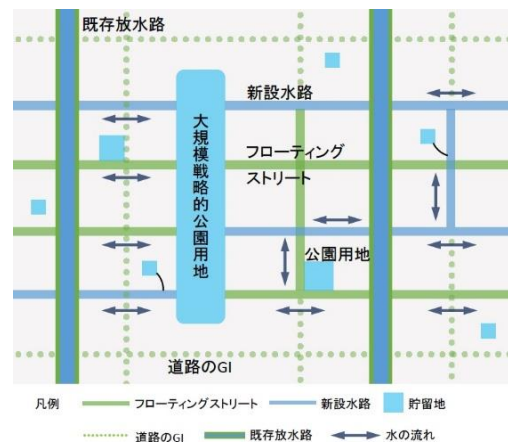


図-12 低地（開水路型水路システムなし）の水循環システム

5. まとめ

本研究は、個々のグリーンインフラの要素が複合的に関連させることでより大きな効果を発揮する事例が少ないこと、かつ、関連させることの重要性に着目し、様々なインフラをシステムとしてつなぐことで水循環計画の形成を目指す計画であるニューオーリンズのUrban Water Planについて調査、分析を行い、水循環計画の計画手法に関する知見を得た。その成果は以下の通りである。

・水循環計画を構成する要素とそれらの組み合わせ方による3つの新しいインフラの概念について示した。①インターセプターストリートは、雨水の流れに逆らうように流下方向と垂直に配置することで、多大な**SLOW, STORE**機能を発揮する。②ウォーターレーンには、比較的小規模な改良であっても既存の効果的な道路ネットワークを雨水ネットワークとしても機能させることで、**SLOW, Conveyance**機能を発揮する。③フローティングストリートは、道路の全面的な改良によって水と交通の共存を可能にし、浸透性パイプによって双方向的な水の流れを実現することで、**STORE, CIRCULATE**機能を発揮する。

・Urban Water Planの事例を通じて水循環計画の計画手法を示した。斜面地（主に商業地で構成）では、**SLOW**と**Conveyance**が重要であり、ウォーターレーンと下流の貯留地を中心とした安全な水循環ネットワークの形成が図られる。斜面地（主に住宅地で構成）では、**SLOW, STORE**と**Conveyance**が重要であり、インターセプターストリートによる道路自体の貯留地化と貯留地の分散を中心とした上流での雨水保持が図られる。低地（開水路型水路システムあり）では、**CIRCULATE**の強化と**STORE**が重要であり、循環型水路を中心としたエリア全体に広がる常時、非常時の水循環システム強化が図られる。低地（開水路型水路システムなし）では、**CIRCULATE**の創出と**STORE**が重要であり、エリア全体の道路へのフローティングストリート・水路の導入と貯留地との接続を中心としたエリア全体に広がる常時、非常時の水循環システムの創出が図られる。

以上の通り、道路空間を活用して水循環を実現するためのインフラの機能転換のための要素技術を示したが、それらは各エリアの地形特性や水理特性に応じて組み合わせられて実装することが目指された。すなわち、個々の要素ごとの機能の発揮にとどまることなく、管理の枠組みを超えた相互の連結によって、効果的な水循環システムの実現が試みられていることを明らかにした。本研究ではその水システムを抽象化して示したが、これは日本においても十分適用可能な計画技術であると考えられる。

謝辞

The Greater New Orleans Urban Water Planの策定を主導した Waggonner & Ball Architectsの代表、David Waggonner氏にご協力及びご助言をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日本政策投資銀行：EUにおけるグリーンインフラ推進政策と日本への示唆, pp6, 2019
- 2) 日本政策投資銀行：EUにおけるグリーンインフラ推進政策と日本への示唆, pp1, 2019

- 3) 中島直弥, 星野裕司：気候変動適応に向けたインフラ計画の展開プロセスと実行支援に関する研究, 都市計画学会論文集, Vol.53, No.3, pp1185-1190, 2017
- 4) SHANDAS, Vivek, 原田宏美：「グリーンインフラを活用した新しい街づくりに向けて」 アメリカにおけるグリーンインフラ導入の現状と課題について, 日本緑化工学会誌, Vol.42, No.3, pp405-408, 2016
- 5) WAGGONNER & BALL: Greater New Orleans Urban Water Plan, https://wbae.com/projects/greater_new_orleans_urban_water_plan, (2019/09/03)
- 6) Greater New Orleans Urban Water Plan: About, [https://livingwithwater.com/blog/urban_water_plan/about/\(2019/09/03\)](https://livingwithwater.com/blog/urban_water_plan/about/(2019/09/03))
- 7) City of New Orleans: GENTILLY RESILIENCE DISTRICT, <https://www.nola.gov/resilience/resilience-projects/gentilly-resilience-district/>, (2019/09/03)
- 8) Climate Adaptation Knowledge Exchange: Enhancing Flood Resilience with the Greater New Orleans Urban Water Plan, <https://www.cakex.org/case-studies/enhancing-flood-resilience-greater-new-orleans-urban-water-plan>, (2019/09/03)
- 9) Greater New Orleans Urban Water Plan: Reports, [https://livingwithwater.com/blog/urban_water_plan/reports/\(2019/09/03\)](https://livingwithwater.com/blog/urban_water_plan/reports/(2019/09/03))
- 10) WAGGONNER & BALL: Dutch DialoguesTM, https://wbae.com/projects/dutch_dialogues, (2019/09/04)
- 11) USGBC+: DUTCH DIALOGUES, <http://plus.usgbc.org/dutch-dialogues/>, (2019/09/04)
- 12) Greater New Orleans Urban Water Plan: Urban Design, pp70-73
- 13) Greater New Orleans Urban Water Plan: Water System Design, pp30
- 14) Greater New Orleans Urban Water Plan: Urban Design, pp72
- 15) Greater New Orleans Urban Water Plan: Elmwood Fields and Water Lanes
- 16) Greater New Orleans Urban Water Plan: Elmwood Fields and Water Lanes, pp16
- 17) Greater New Orleans Urban Water Plan: Elmwood Fields and Water Lanes, pp19
- 18) Greater New Orleans Urban Water Plan: Lakeview Floating Streets
- 19) Greater New Orleans Urban Water Plan: Lakeview Floating Streets, pp28
- 20) Greater New Orleans Urban Water Plan: Lakeview District, pp18
- 21) Greater New Orleans Urban Water Plan: Water System Design, pp54-55
- 22) Greater New Orleans Urban Water Plan: Elmwood Fields and Water Lanes, pp20
- 23) Greater New Orleans Urban Water Plan: Elmwood Fields and Water Lanes, pp28
- 24) Greater New Orleans Urban Water Plan: Water System Design, pp60-61
- 25) Climate Adaptation Knowledge Exchange: Enhancing Flood Resilience with the Greater New Orleans Urban Water Plan
- 26) Greater New Orleans Urban Water Plan: Water System Design, pp56-57
- 27) Greater New Orleans Urban Water Plan: Water System Design, pp58-59