

都市レベルの気候変動適応策を環境モデル都市 堺のクールライン事業に当てはめる試み -ロンドン東北部の事例を参考に-

尾崎 平¹・辻宅 由治²・盛岡 通³

¹正会員 関西大学助教 環境都市工学部 (〒564-8680大阪府吹田市山手町3丁目3-35)
E-mail:ozaki_t@kansai-u.ac.jp

²非会員 日本水工設計(元関西大学) (〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場2丁目9-8)

³正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680大阪府吹田市山手町3丁目3-35)
E-mail:tmorioka@kansai-u.ac.jp

本研究では、わが国において環境モデル都市に認定されている大阪府堺市（大阪府）の狭山池・仁徳陵ネットワーク水路の再生事業とイギリスのロンドン東北部で、気候変動型適応事業として位置づけられているMayes brookとMayesbrook 公園の再整備事業の事業計画、評価内容を比較評価し、今後の水路再整備事業の評価項目、方法について考察した。その結果、Mayesbrookでは、気候変動への適応策の検討やエコシステムサービスの評価などが実施されているのに対し、日本ではそこまでの検討はなされていない。そのため、今後は、気候変動の影響や生態系サービスも考慮した持続可能な都市形成に向けた政策、技術オプションの検討を行い、実装に向けた過程と結果を評価する枠組みを構築していく必要がある。

Key Words : *adaptation strategy, eco-model city project, brook catchment restoration, river corridor*

1. はじめに

都市内の水辺空間として代表的なものは、河川や湖沼であるが、わが国の特徴的な水辺空間として、農業用水を確保するためのため池、ため池と田を結ぶ水路がある。都市部においては、宅地化が進み従前、田畑であった土地が宅地に変容し、これまで活用されてきた農業用水路が、その本来の役目を失いつつある。

また、宅地化の影響を受け、従来、開水路であった水路が、道路幅員確保のため覆蓋されるなど、水面積が減少してきている。

そのような影響を受け国土交通省では都市の水辺を保全、再生、創出するために、都市内水辺の活用と水量の確保に向け、2004年に都市水路検討会を設置し、2005年に「懐かしい未来へ～都市をうるおす水のみち～」¹⁾を取りまとめている。その提言を受け、2005年5月には、都市水路計画策定モデル地域を選定し、プロジェクトが実施されている。2009年には、モデル地域での検討結果をもとにした「都市の水辺整備ガイドブック」²⁾が公表されている。

また、個別事業として、都市水路計画策定モデル地域

に選定された堺市は、2009年に環境モデル都市として認定され、そのスローガンとして『クールシティ・堺』を掲げ、クールラインの再生として、狭山池、仁徳陵ネットワーク水路の再生を位置づけている。

このように近年、都市内の水辺の活用・保全を目的とした小河川、水路の再整備が注目されている。わが国以外でも、ニューヨークのBronx River Restration Project、イギリスにおけるMayes brook Restration Project等、先進国の多くの国で実施されている。イギリスでは、水辺の再整備にあたり、Urban River Survey (URS) やEcosystem Services Assessment(ESA)を用いてMayes brookとMayesbrook公園等が評価されてきた。

わが国では、これまで水路、水辺の再整備の際には水量および水質を指標とした評価が主流であった³⁾。しかしながら、小河川、水路や水辺の機能としては、生態系や植生の保護・育成、ヒートアイランド対策、浸水対策等、多岐にわたっており、従来型の評価では十分にその価値を評価できない。また、海外での取り組み事例において、気候変動への適応策の検討やエコシステムサービスの評価などが実施されており、持続可能な都市形成のためには新たな枠組み、評価が必要不可欠になってきて

いる。

本研究では、わが国において環境モデル都市に認定されている堺市（大阪府）の水辺再整備事業とイギリスのロンドン東部の水辺再整備事業の事業計画、評価内容を比較評価し、今後の水路再整備事業の評価項目、方法について考察する。

2. 対象プロジェクトの概要比較

(1) 研究の手続き

堺市とロンドンの両事業について、インターネットより収集可能な事業内容、評価方法について収集・調査を実施し、その後、現地調査を実施した。

インターネットを用いた調査では、両事業の目的、評価指標、評価方法に重点を置いた調査を行い、両事業の比較から、持続可能な都市形成のために必要な枠組み、評価について考察した。

現地調査について、ロンドンの事例については、第一

段階の公園再整備が終了しているため、その特徴的な取り組みについて、現地調査を実施した。また、堺市の事業については現地調査の上、実施設計中現状と動向の把握に留めた。

(2) 対象プロジェクトの選定

本研究では、国内事例として、環境モデル都市でかつ、都市水路計画策定モデル地域となっている堺市の狭山池、仁徳陵ネットワーク水路の再生事業を、国外事例としてイギリス、ロンドンのThe Mayes brook and Mayesbrook park restoration projectを対象とする。

両プロジェクトを選定した理由は、堺市は環境モデル都市ならびに都市水路計画策定モデル都市として、わが国において水辺再生の先導的なプロジェクト実施していること、次に、ロンドンの同プロジェクト、特に公園再整備は、イギリス内における気候変動適応型公園の第一号であり、公園内を流れるThe Mayes brookと公園を一体的に再整備した事業例であり、イギリス内の先導的なプロジェクトのため選定した。

表-1 対象プロジェクトの概要比較一覧^{(4),(9)}

都市名	堺市	London(Barking and Dagenham Borough Council)
事業名	狭山池・仁徳陵ネットワーク水路の再生	The Mayes brook and Mayesbrook park restoration
事業主体（自治体） （政 府） （NGO/NPO）	・堺市建設局土木部	・ GLA(Greater London Authority)
	・国土交通省	・ EA(Environment Agency)
	・観濠クルーズSakai	・ WWF-UK, ・ London Wildlife Trust,
	・ 芦ヶ池ワークショップ	・ Natural England, ・ Thames Rivers Restrtaion Trust
事業計画書	・堺市緑の基本計画推進プラン(2010) ・環境モデル都市事業(2009) ・都市の水辺整備ガイドブック(2009) ・都市水路計画策定モデル事業(2005)	・ The Mayes Brook restoration in Mayesbrook Park, East London: an ES assessment(2011) ・ Mayes Brook Catchment Restoration Strategy(2010) ・ The London River Action Plan(2009)
事業目的	・狭山池から仁徳陵古墳など百舌鳥古墳群に至る荒廃、消失しつつある水路を再生する。 ・健全な水環境を保全するとともに、水路再生を通じて周辺の緑とあいまって豊かな自然環境の改善・再生等を図る。 ・仁徳陵古墳の安定した水量を確保する。 ・ヒートアイランド減少の緩和を図る。	・貯留施設、河川氾濫防止、氾濫原等複数の組合せにより水害より都市を守る。 ・水路、池の水質改善、水路の形状・形態の改善、植樹により、生物多様性、レクリエーション機能、景観、干ばつ対応機能等の向上を図る。
事業概要	・狭山池から仁徳陵古墳を経て内川・土居川から堺旧港までを結ぶ「狭山池・仁徳陵ネットワーク水路再生」を推進する。 ・雨水や地下水などの水源の活用による持続可能な水環境の実現を図る。	・前世紀の気候を対象として設計され、建造された50年以上前の社会基盤施設を、今後の気候を考慮した施設に更新を図る。 ・Mayesbrook Park内にFloodplain, Reed Pool, 湿原を整備し、水害対策、生物多様性の向上を図る。 ・気候変動、野生生物、自然浄化機構などの説明板を設置し、環境教育にも寄与する。
事業効果	・河川、水路、古墳などの水のネットワークを再生し、水環境を改善する。 ・仁徳陵・大仙公園から大浜公園などの既存の緑を水でつなげ、都市にうるおいとやすらぎを与える魅力ある水辺空間を創出する。 ・みどり、水辺の増加によるヒートアイランド減少の緩和。	・水路と池を結び浸水対策の向上、水と緑の回廊を形成し、水環境の改善、野生生物の回遊性機能の向上を図る。 ・Britain's first climate change parkと位置づけ、気候変動に関する説明板の設置、イベントの開催により気候変動に対する市民意識の向上を図る。 ・緑化による大気環境改善、微気象の改善。
事業期間	・2010-2013	・2010-2011(Phase 1), ・2014-2017(Phase 2)

(3) 対象プロジェクトの概要と比較

Web上で公開されている各種事業計画書をもとに対象プロジェクトの概要を比較するため、事業主体、目的、概要、効果について整理した(表-1)。両事業とも同時期に計画がなされ、現在進行中のプロジェクトである。

a) 事業主体とその関わり

共に自治体、政府、NGO/NPOが関わっている。しかしながら、Mayesbrookの事例では、EA(Environment Agency)の関与が非常に高く、URS、ESAの実施主体はEAである。一方、堺の事例では、環境モデル都市事業、都市水路計画策定モデル事業の事業は、国主導であるが、実際の計画、事業実施、評価については自治体が行っている。また、NGO/NPOの関わりについて、UKは、それらの活動主体に経験と歴史もあり、その活動も活発である。

b) 事業計画書の公開状況と内容

公開されている事業計画書は、Mayesbrookの事例の方が豊富でかつ、その内容も充実している。堺市水路の事例では、緑の基本計画推進プラン⁴⁾内の概要(A4-1頁)、堺市環境モデル都市行動計画⁷⁾(6頁)堺市ホームページ⁸⁾での事業説明(印刷ページ換算A4-3頁)、環境省の事例集⁹⁾(6頁)程度である。その内容は目的と事業内容の概要を示したものである。一方、Mayesbrookの事例では事業計画書³⁾(37頁)、ESAレポート⁶⁾(50頁)で、定性的分析、定量的分析、事業効果について評価がなされている。

c) 事業目的の比較

事業目的の共通項は、水質の改善、自然環境の改善・再生である。差異も目立つ。堺市水路では安定した水量の確保、ヒートアイランド現象の緩和があがる。Mayesbrookでは、生物多様性、氾濫原の確保等、さらに多機能・役割を事業目標としてあげている。

d) 事業概要の比較

堺市水路では雨水や地下水を活用した狭山池・仁徳陵ネットワーク水路の再生、ロンドンでは、水路および水路が流れる公園も含めた水辺の再整備事業を展開している。Mayesbrookの事例では達成目標のマイルストーンが設定され、その事業計画のプログレス評価がなされる仕組みとなっている。

e) 事業効果の比較

表-1中に示す通り、堺市水路の事例は水量・水質の改善、ヒートアイランド減少の緩和を期待しているのに対し、Mayesbrookの事例ではより幅広く気候変動の影響の緩和、適応を目的とした浸水防除、生物生息環境の向上も掲げられている。また、環境教育の場としても活用し、市民の意識向上にも寄与したいと考えている。

両都市とも水辺の再生のリーディングプロジェクトを実施しているが、Mayesbrookの方が水辺再生の直接・間接効果を大きく期待していて、それに見合った投資計画、便益の評価をする枠組みが提案されている。

3. The Mayes Brook and Mayesbrook Park 復元プロジェクトの現地調査(特徴的な取り組み)

2012年10月にMayesbrook 公園および公園内の水路について現地調査を実施した。本公園はイギリス国内で第一号となる気候変動適応型公園として位置づけられている。面積は45haと広く(日本の都市基幹公園(総合公園)クラス)、園内には、芝生広場、池に加え、サッカーやクリケットコート、体育館、遊具、健康増進器具などが整備されている。ここでは、気候変動適応型として特徴的に整備された事例について示す(写真-1、表-2)に示す。表-2に示すとおり、自然の持つ機能を活用したコベネフィット型の整備がなされているのが特徴である。

整備前は平坦な広場に歩道とそれ沿いに樹木が植えられており、公園敷地境界部(①)を水路が流れていた。その水路はコンクリートブロックの台形水路であり、高い鉄柵に囲われていたため、人工的でかつ、アクセスもできない空間であった。

整備にあたり、浸水対策、水質浄化、生物生息場の創出、環境教育の場としての活用を目的に①～⑦に示すような整備が行われている。

浸水対策機能(SUDS)は、公園内の調整池に加え、約36,000トンの土を掘削し、新たな氾濫原として、約15,800m³の貯留機能を追加している。また、Swalesと表現される「くぼ地状湿原」を複数設置し、それらを暗渠で結ぶことにより雨水の貯留・浸透機能を持たせている。

水質浄化の側面では、ヨシやアシの設置により自然の浄化機能を活用している。

生物生息環境の創出として、水路を改修(蛇行化、コンクリートブロックの台形水路から植栽を施した多自然型の小川のように改修)し、三日月湖や瀬と淵の創出等により多様性を持たせている。

親水性を向上し、環境教育の場を創出し、これまでの水路脇に設置されていた鉄柵の排除、積極的に水路に近づけるように設え、生物観察を容易とする環境に整えている。また、動植物に関する掲示板、気候変動による影響に関する掲示板を公園内に配置し、環境教育の場としても活用されている。

表-2 Mayesbrook Parkにおいて想定される整備内容と効果

技術要素	効果	浸水対策	水質浄化	生物環境	親水、教育
①蛇行化、植生護岸、鉄柵除去				○	○
②ヨシ・アシの植栽			○	○	
③Oxbow Lakeの設置			○	○	
④Seasonal Pondの設置				○	○
⑤くぼ地・湿原の設置		○		○	
⑥Flood plainの創出		○			
⑦植樹、説明板					○

(技術要素の①～⑦は写真-1中の①～⑦と対応)

4. 都市の水辺再整備に必要な新たな視点

Mayesbrookの事例を参考に、都市の水辺再整備に必要な視点について考える。都市内における水辺や緑といった広い意味でのみどりの役割には、4系統と呼ばれる環境保全、防災、景観、レクリエーションがあげられる。

しかし、役割は、時代の変化、人々のニーズの変化に応じて対応していかなければならない。昨今の、地球の温暖化や気候変動といった気象的な現象の変化や高齢化、施設の老朽化といった社会環境の変化など、20世紀とは違った環境条件が顕在化してきている。そのため、これまでの役割に加え、新たなニーズ、環境の変化に適した役割を担う必要があり、そのための投資と便益を算定する評価の枠組みと手法が求められる。

その一つの評価手法として、ESRを用いた評価があげ

られ、Mayesbrook公園では適用されている⁹⁾。その評価項目は表-3に示すとおりである。ESの4つのサービス毎で評価がなされており、本事業の便益としては、供給：0ポンド、調整：2.8万ポンド（気候変動緩和、浸水リスク軽減、浸食防止）、文化：82万ポンド（レクリエーションとツーリズム効果が大きい）、基盤：3.1万ポンド（栄養塩の循環、生物生息場の確保）と評価されている。

日本では水辺の再整備となると水量、水質の改善に留まる傾向が強く、この例のレベルの検討はなされていない。なお、PES（Paying for Ecosystem Services）の方法については、確立された手法があるわけではなく、また、得られた結果の妥当性や検証も容易ではないことため吟味の余地はある。しかしながら、リーディングプロジェクトに対して、このような先進的な評価を実施することは、今後の事業計画、評価に発展させる契機となる。



写真-1 再整備前後のMayesbrook Parkの一部（左：整備前(2010年6月）、右：整備後(2012年5月)、写真はGoogle Earthより）

表-3 The Mayes Brook restoration in Mayesbrook Park のエコシステムサービスの評価項目⁹⁾

<p>(1) Provisioning services</p> <ul style="list-style-type: none"> ① Fresh water ② Food (crops, fruit, fish etc.) ③ Fibre and fuel (timber, wool etc.) ④ Genetic resources (used for crop/stock breeding and biotechnology) ⑤ Biochemicals, natural medicines, pharmaceuticals ⑥ Ornamental resources (shells, flowers etc.) 	<p>(2) Regulatory services</p> <ul style="list-style-type: none"> ① Air quality regulation ② Climate regulation (local temperature/rainfall, greenhouse gas sequestration etc.) ③ Water regulation (timing and scale of run-off, flooding etc.) ④ Natural hazard regulation (storm protection) ⑤ Pest regulation ⑥ Disease regulation ⑦ Erosion regulation ⑧ Water purification and waste treatment ⑨ Pollination
<p>(3) Cultural services</p> <ul style="list-style-type: none"> ① Cultural heritage ② Recreation and tourism ③ Aesthetic value ④ Spiritual and religious value ⑤ Inspiration of art, folklore, architecture and so on ⑥ Social relations (such as fishing, grazing or cropping communities) 	<p>(4) Supporting services</p> <ul style="list-style-type: none"> ① Soil formation ② Primary production ③ Nutrient cycling ④ Water recycling ⑤ Photosynthesis (production of atmospheric oxygen) ⑥ Provision of habitat

5. 堺市を対象とした適応策の検討の試み

ここでは、適応策検討の試みとして、堺市を対象とした市として取り組まれている事業ならびに筆者らが行った実地調査の例を示す。実地調査は、図-1に示すようにURSの枠組みと同様に対象水路を500mのリーチで区切り、水辺の評価方法論の一つのRHS・HQAを参考にした。

(1) 内水氾濫

堺市上下水道部では内水ハザードマップを公開している(図-2)。水路や準用河川、河川沿いに氾濫しやすい傾向にある。そのため水路や周辺のため池ならびに公園等を活用した対策が必要である。周辺50mバッファ内の土地利用状況を調べた結果(図-3)、田畑の宅地化の影響もあり、民地が隣接しており、不透透面積の比率が高い。土地利用政策も含め浸透性能を高めるなど、流域としての対応が必要である。

(2) 生物生息環境調査

本対象水路は、元来、農業用水の利用の観点から整備されたものである。しかし、田畑の宅地化等により、周辺の土地利用も変化してきており、生物の生息環境としては乏しくなっている。観察した結果、水路は基本的にコンクリート護岸であり、水路内には段差、堰も多く、回遊性の高い生物の生息の場としては適していない。また、区間のほとんどは直線水路であり、かつ区間によっては、相当期間にわたって水が流れていないところもあり、多様性に乏しく、生物生息環境として劣っている。

(3) 堺市白鷺公園の気候変動適応公園としてのポテンシャル

調査対象としたReach10の区間には、氾濫対策の調整池機能を果たす白鷺公園(敷地面積9ha)が整備されている(図-4)。日本の都市部では、貯留機能を持たせる用地の制約が大きいため、これまで公園や学校の校庭を活用した貯留機能が確保されてきている。白鷺公園内の調整池(但馬池)は堺市の中で流出抑制施設として位置づけられており、その貯留容量は約54万 m^3 と堺市の中では最大規模である。市の花でもあるハナショウブが育てられている。Mayesbrook公園のような生態系への配慮等は乏しく、機能的には運動広場、野球場としての利用の位置づけが強く、また、ハナショウブの観賞と言う点で庭園の景観の側面にも力点が置かれている。

現状では適応型公園とは言えないものの氾濫対策機能を有した施設を併設し、気候変動適応策のポテンシャルは高い。今後の公園再整備に合わせて、生態系にも配慮した機能の追加、景観形成の観点から軌道敷地に沿った植栽環境の充実等を追加していく構想が必要である。

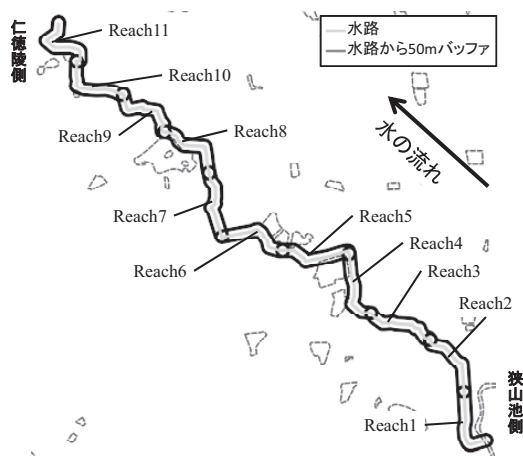


図-1 URSに基づく対象水路のリーチ区分

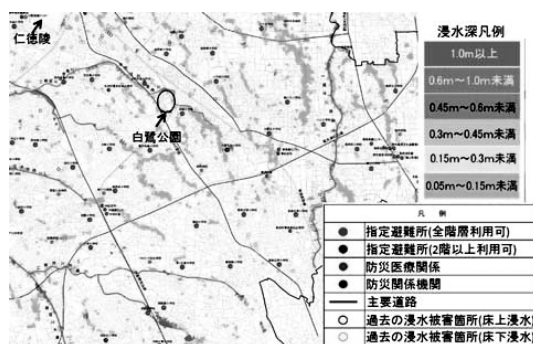


図-2 内水ハザードマップ¹⁰⁾

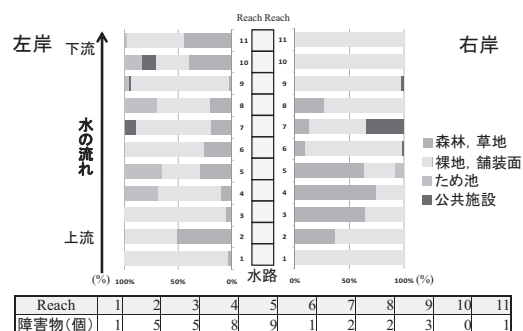


図-3 URSに基づく生物生息環境調査結果



図-4 白鷺公園平面図

6. おわりに

本研究では、わが国において環境モデル都市に認定されている堺市（大阪府）の水辺再整備事業とイギリスのロンドン東部の水辺再整備事業の事業計画、評価内容を比較評価し、今後の水路再整備事業の評価項目、方法について考察した。

事例調査の結果、堺市水路の公開された事業計画に関する内容の記述（アカウンタビリティ）体系（フレームワーク）はMaesbrookのそれと比較して非常に乏しいことが再認識された。イギリスの事業計画は、Boroughレベルの公園・みどり計画、GLAとしてのグリーングリッド、気候変動適応戦略、ナショナルレベルの水辺再整備計画として体系だった計画がなされていた。すなわち、イギリスでは、気候変動への適応策の検討やエコシステムサービスの評価などが実施されている。一方、わが国では、水量、水質、浸水の議論に留まる傾向が強く、十分な検討はなされていない。

また、実際にイギリスで整備された気候変動適応型のMayesbrook公園では、自然のメカニズムをうまく活用した浸水対策、水質改善対策、生物の生息環境を創出していた。日本においても公園を遊水池として活用する事例は多く見られ、ポテンシャルは存在するが、現状では、気候変動適応型という包括性には達していない。

イギリスと日本では、文化や気候、都市の人口密度、建物の集積度合いも異なるため単純に比較や技術の適用はできない。また、ESAやPESについては、未だ確立されたものではなく、その方法、エビデンスには議論の余地がある。しかし、まずは取り組み事例を増やし、議論を重ね、その精度を向上していくことが肝要である。

都市の水辺、みどりに対する役割・機能は、社会環境の変化により変容してきており、従来型の単位面積当たりの水面積や緑量、単なる水量、水質の議論では不十分である。水・みどりの役割が大きくなってきていることに対しては、それに応じた便益を評価する枠組みと指標

が必要である。また、社会的価値として広く認識・評価されることで、それにふさわしい投資がなされ、よりよい都市形成に寄与するものとする。そのため、今後は、気候変動の影響や生態系サービスも考慮した持続可能な都市形成に向けた政策、技術オプションの検討を行い、実装に向けた過程と結果を評価する枠組みを構築していく必要がある。

謝辞：本研究の一部は平成24年度関西大学在外研究ならびに日本学術振興会の科研費（24710053、研究代表者：尾崎平）の助成を得て行った研究の成果であり、関西大学先端科学技術推進機構 健康まちづくりのためのソーシャルデザイン研究グループの活動の一環である。

参考文献

- 1) 国土交通省都市水路検討会：懐かしい未来へ～都市をうるおす水のみちへ、国土交通省、2005。
- 2) 国土交通省：都市の水辺整備ガイドブック、2009。
- 3) たとえば、堀江信之、伊藤昭彦、渡邊俊光、古谷猛裕：再生水を活用した都市の水環境改善検討に関する調査研究、下水道新技術研究所年報、Vol.2, pp.71-82, 2005。
- 4) 堺市：堺市緑の基本計画推進プラン(平成 22～25 年)、堺市、p.31, 2010。
- 5) Environmental Agency and Queen Mary University: Mayes Brook Catchment Restoration Strategy, 2010。
- 6) Environmental Agency :The Mayes Brook restoration in Mayesbrook Park, East London: an ecosystem services assessment, 2011。
- 7) 堺市：堺市環境モデル都市行動計画、pp.18-22, 2009
- 8) 堺市 HP：仁徳陵・内川水環境再生プラン<<http://www.city.sakai.lg.jp/shisei/gyosei/shishin/sangyo/mizukankyosaisei.html>>(2013.8.27 参照)。
- 9) 環境省：「環境用水の導入」事例集～魅力ある身近な水環境づくりにむけて～、pp.145-150, 2007。
- 10) 堺市 HP：堺市内水ハザードマップ (H22.5) , <http://water.city.sakai.lg.jp/saigai/hazard.html>(2013.8.27 参照)。

(2013. 7. 19 受付)

PRO-ACTIVE IMPLICATION OF URBAN CLIMATE CHANGE ADAPTATION IN BROOK CATCHMENT RESTORATION PROJECT IN ECO-MODEL CITY SAKAI EXPECTED TO BE COMPARED WITH LONDON SUBURBAN RESTORATION PRACTICE

Taira OZAKI, Yuuya TSUJITAKU and Tohru MORIOKA

In this paper, we compare the brook restoration project of Sakai and London in term of objectives, contents and effect based on plan documents. Sakai has been declared an Environmental model city by Japanese government. Mayesbrook park in London is designed to produce the UK's first climate change adaptation public park. The documents of Mayesbrook project evaluates the protected outcomes of a programme of work to restore the Mayes brook, in terms of the benefits this will bring to ecosystem services. This comparative study highlights that the UK pilot practiced under the support of CC adaptation strategy, ESR and evaluating payment for ES, and systematic park system (or corridor) planning procedures.