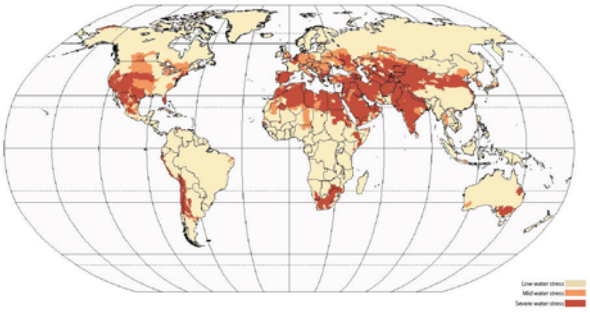
持続可能な都市公園研究 －神戸市を事例として－

神戸芸術工科大学 大学院 芸術工学研究科
李　泰衡

Ⅰ．背景

水は飲用水、工業用水、農業用水として人々の生活に欠かすことのできない資源である、また一方で、本来の姿である河川や湖沼などの自然環境として、人間の生活に潤いと安らぎを与えてくれる資産である。しかし、近年工業地や市街地、住宅地などの拡大に伴い、総量としての水資源量が減少傾向にある。また、産業の発展に伴う環境汚染の影響により、利用可能な水資源量も徐々に減少している。そして、舗装に覆われた都市域においては、豪雨に伴う雨水の河川への直接流出が、洪水被害を引き起こしている。 洪水被害の発生を抑制する為の河川整備(河川断面の拡幅、堤防築造や改修)工事費、浸水区域における防災対策費の支出など経済的な課題もあり、これらに対する適切な対策が必要となっている。

世界の水資源の分析図を見ると、濃度が濃い部分が水のストレスが高い地域であり、日本の関西、神戸も水に対するストレスが高い地域である。



世界の水資源の分析図

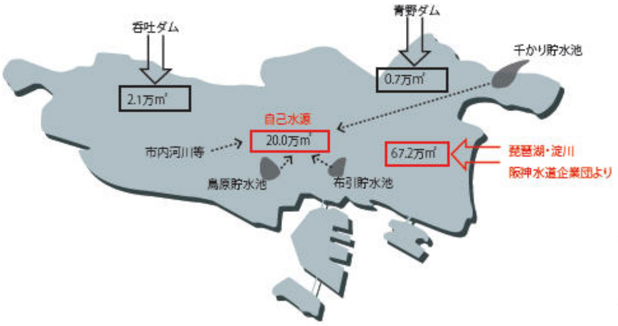
出典： CESR_The Center for Environmental Systems Research より

Ⅱ．課題

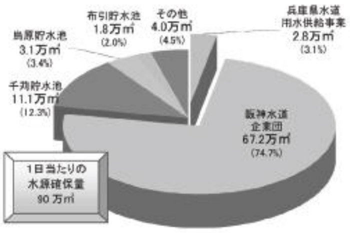
1. 地形的特徴

山と海の間に細長く位置している神戸市では、流域面積が小さく、流路長が短い河川が多く、降雨量に比べて利用可能な水資源量が少ないという特徴がある。海岸線より2～4km の位置に山がせまっており、山から海にかけて、最大1／20 の傾斜を有する「すべり台的地形」を形成している神戸市は、雨水の貯留と利用が難しい場所である。

このような 地形的要因により降水量に比べて有効雨量の低い神戸市では、一日あたりの水使用量90万m3に対して、自己水源はわずか20万m3(22%)である。 67.2万m3(74.7%)を阪神水道企業団から供給を受けている。 また、集中豪雨の際に洪水の危険性を回避するため、六甲山麓に降った雨を直ちに海へ排水するシステムを適用している。



兵庫県水道用水供図



【水資源確保量の内訳一覧表】

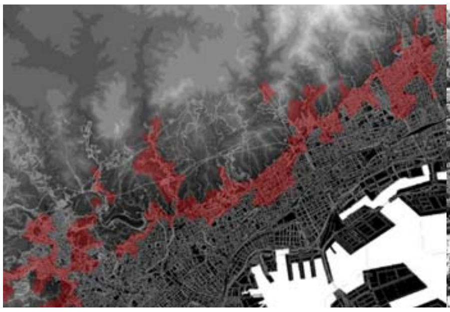
主な水源		確保量（㎥/日）
自己水源	千苅貯水池	111,000
	布引貯水池	18,000
	烏原貯水池	31,000
	市内河川等	40,000
	計	200,000
阪神水道企業団	琵琶湖・淀川	653,381
兵庫県水道用水供給事業	呑吐ダム	21,000
	青野ダム	7,000
合　計		881,381

水資源確保量の内訳一覧表

出典： 兵庫県水道用水供給事業 より

2. 災害の危険性

現在、神戸市では、山麓部分まで住宅やその他の施設が高密度で配置されている。 兵庫県企画県民部政策室の分析資料によると、六甲山山麓地域の大部分が、集中豪雨や地震による山崩れや土砂災害の危険性が高い地域となっている。



土砂災害危険予想図

土砂災害事例

出典： 土砂災害危険予想箇所 より

3. 人口の推移

神戸市の人口は減少傾向にあり、兵庫県企画県民部政策室によれば、神戸市の人口は、現在の約150万人から2050年には約120万人に減少し、山麓周辺においても減少すると予測されている。
これらの問題に起因する自己水源未確保、地滑りなどの災害の危険性、人口減少に伴うコンパクト都市化などの神戸市の課題は、本研究の持続可能な公園の設計において、研究の根拠となるとともに、研究の方向性を提示している。

Ⅲ. 分析

1. 標高

神戸市の標高を分析した結果、最高点は六甲山の山頂で標高931.25ｍで、三宮を中心とした神戸の中心市街地の標高は10ｍ－60ｍとなっている。そして、それらの間に位置する山麓付近の標高30m-150mである。

2. 傾斜

六甲山の山麓付近の傾斜角度は10-20°が多く分布している。10°以上の傾斜地では一般的に建築の建設が困難であるといわれており、当該計画地もそのような建設が困難なエリアを含んでいる。

3. 地形

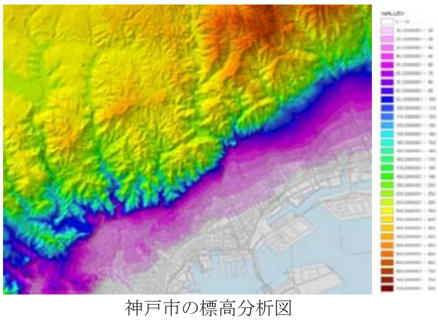
都心部を中心とした、地形のモデリング。 計画地の全体的な地形は,六甲山のある北が高く、南へいくほど低くなる。 また、山麓の地形は東の方が西より高く、10ー30m程度の高低差がある。

4. 用途地域

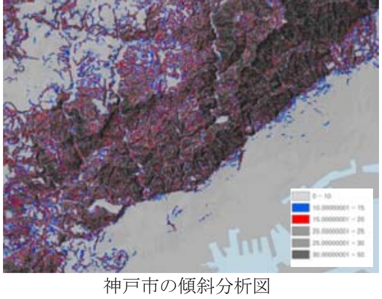
平野部には、商業や業務施設が集積しており、南部の臨海地域には工業地帯、貿易、観光施設が広がっている。そして、六甲山の山麓周辺は中高層及び低層の住宅地が広く分布している。

5. 自然環境の概要・気候

気象庁のデータによると、風向は平均的に、春は東北東の風、夏は西南西の風、秋は北風、冬は西風であり、風速は概ね3～3.5m/ sである。
降水量は年間1216.2mmであり、5,6,7,9月の降雨量があります。年平均気温は16.7度で安定しており、計画区域の日照時間は、地形図でシミュレーションした結果、春分･秋分：10ー12時間、夏至：12ー15時間、冬至：8ー10時間で、年平均は約10ー12時間の日照時間であることが判かった。



神戸市の標高分析図



神戸市の傾斜分析図

神戸市の土地利用細分図

6. 六甲山

①歴史(神戸市による植林事業)

明治初期には地表が露出するほど荒廃した状態であった六甲山は、1902年(明治35年)からはじめられた植林によって、1915年(大正4年) までに約334万本の樹木が植えられ、今日までの長い時間をかけて森として育てらえてきた。武庫連山海陸古覧によると、神戸や兵庫津に家屋が密集し、兵庫の港に集まる多数の商船など、港町として現在の兵庫区を中心とした地域の繁栄した当時の様子がよくわかる。

本作からも六甲山脈は、摩耶山の天上寺、再度山の大龍寺の社寺林などを除いては、樹木が少ない山だったことが読み取れる。

②地形・地質

六甲山は、今から約100万年前から東西方向の強い圧力が加わり、1,000年の間で平均75cmの割合で上昇し続けた。これを「六甲変動」と呼び、六甲山の断層はこの変動を起因とするものが多く、六甲断層、五助橋断層、布引断層、諏訪山断層をはじめとして数多くの断層が東西に走っている。

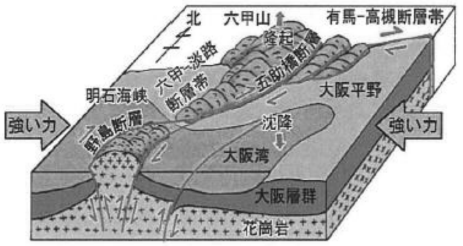
六甲山の地質は、丹波層群、花こう岩層、有馬層群、神戸層群、大阪層群に分類される。六甲山の大部分は花こう岩層で、その表層には六甲変動により破壊された花こう岩が風化して出来たマサ土が薄く堆積している。丹波層群は砂岩や粘板岩などで構成される地質で、六甲山では東お多福山から本山町にかかる地域に見られる。有馬層群は流紋岩質溶結凝灰岩などで構成され、有馬南側の射場山から灰形山、逢ヶ山にかけた地域や双子山周辺で比較的広い範囲で分布している。大阪層群は荒地山北部、会下山などに小規模に分布する。

③自然環境の概要・植生

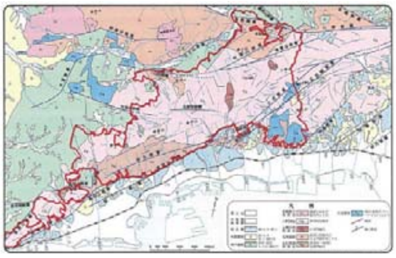
アカマツ林、コナラ林、アラカシ林の人工林の割合が広範囲に分布し、次いで、ブナ林、シラキ群落、ウラジロ – サカキ群落の自然林（二次林）と、スギ･ヒノキ植林、外国産樹種植林、果樹園、ススキ群が分布している。

④ 生物生息･生育環境の現状

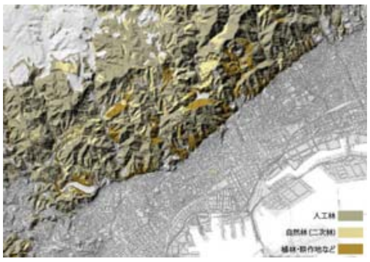
六甲山は、植生の単純化や都市近郊という環境にも関わらず、森林、ため池、渓流などの多様な生息環境を有している為、ニホンリス等のほ乳類、アカゲラ、カッコウ、フクロウ等の鳥類、エゾゼミ、ムカシトンボ等の昆虫類、また、ヒダサンショウウオ、タカハヤなどの両生類や魚類等の多様な生物が確認されている。



六甲山の成立模式図



六甲山の地質分布



六甲山の 植生分布

出典： 国土交通省六甲砂防事務所資料 より

Ⅳ. 方針

本研究では、2050年の神戸市における自己水源の増加を目的とした土地利用モデルを提案することで、経済的、環境的に持続可能な開発のビジョンを提示する。山麓周辺の住宅及び施設を移転し、雨水の貯留を目的とした公園を提案する。 公園全体が雨水を貯めるタンクとなり水位を調節することで、ゲリラ豪雨や集中豪雨時に都市の安全を守る役割をもった公園となる。

また現在の海へ雨水を速やかに排水する河川システムを取りやめ、公園敷地内に雨水貯留タンクと調整池を点在させることで、海への水の流れを遅らせるように計画する。 そしてこの水資源を神戸市の生活用水、工業用水、農業用水として活用させることで、自己水源率の増加にも貢献する。 山麓に造成された公園は、ヒートアイランド現象や水不足などの問題を緩和し、居住者の安全を守りながら、公園内では多様なプログラムが提供されることで、自然と都市をつなぐ役目を果たす。

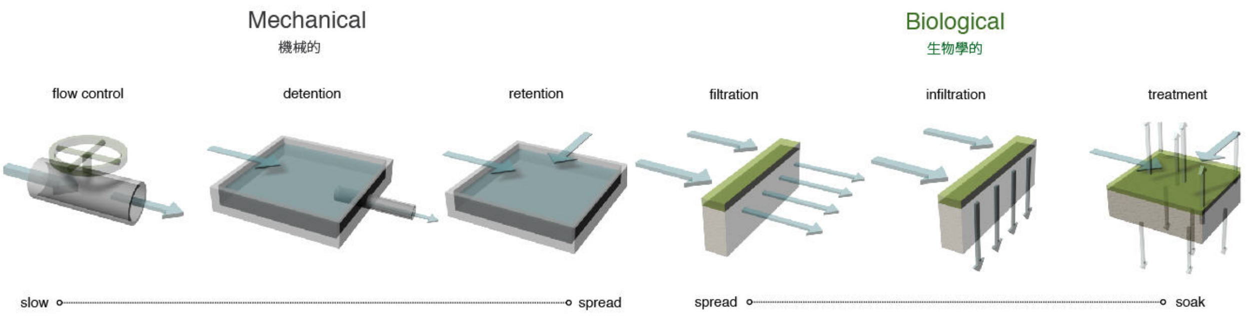
1. BENCH-MARKING

世界的に雨水の浸透、利用方法に関する研究が数多くなされており、以下のような、多様なシステムを取り入れた経済的、環境的損失を減らす事例が存在する。

①Mahabi, Sweden-Stockholm

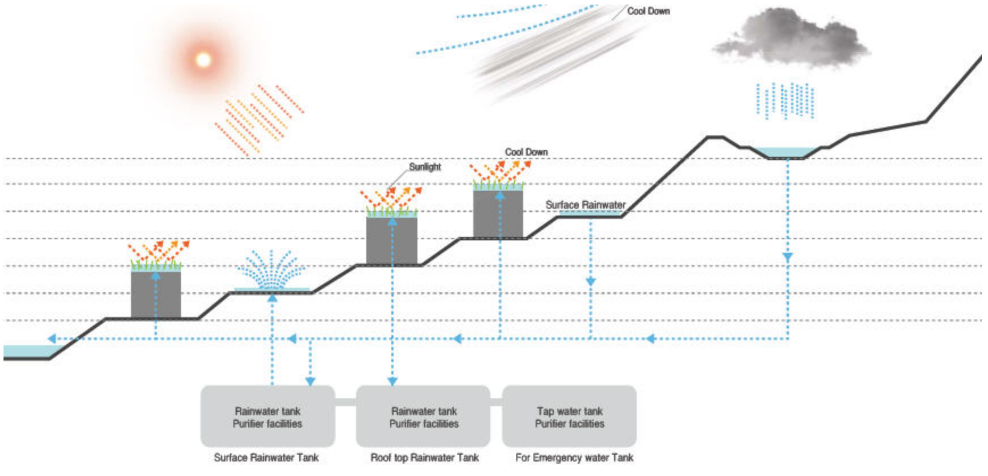
Sweden-Stockholmで 4km 離れた Mahabi市は 2015年に完成される新都市として、持続可能な都市モデル

の構築と運営システムを目標にしている。 都市内に雨水を管理・保存したり、都市内の人工河川を循環して人々に親水空間を提供するとともに、工業用水のリサイクルシステムを取り入れている。
②Mill Race Park, Columbus, Indiana
1998年完成したこの公園は二つの河川が合流する場所でゲリラ豪雨など集中豪雨時に都市へあふれる水を、公園に貯めるようになっている。都市と公園の新しい関係をデザインしている事例だ。
③Chicago, America
大規模プロジェクトではなく、ヒューマンスケールの提案である。 個々の住宅に直接集水システムを設置、分散式集水をすることで、活用度を極大化し、ローコストながら環境的な効果を新たにつくっている点が印象的である。
2. プロセス
①工学・生態学的
水資源管理システムとして機械的なコントロールと生物学的なコントロールに分けて機械的なコントロールを介して集水して保有して生物学的なコントロールを通じた濾過、浸透、利用を提案する。
公園の一番下に位置する湿地公園は、生物学的なコントロールを通じた水資源の濾過、浸透、利用が可能となる。



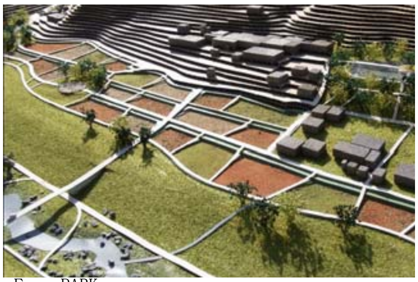
水資源管理システム 模式図

②地形的
北高南低地形の計画地近郊には六甲山脈を水源とする湧水が数多く存在し、それらの湧水は人々の生活と深いつながりを持っていた。特に、酒造りの盛んな西宮や灘では「宮水」といい、地場の産業を支える役割を担っていた。本計画は、六甲山脈に降った雨水を下流都市部で有効に利用することができる、新たな宮水の創出を目指した。仕組みとしては、山麓部に雨水を貯留するスペースを確保し、その高低差を利用し、機械的なコントロールを必要としない水の放流システムを構築することで、都市部の建物屋上まで水を持ち上げることが可能となる。屋上緑化を通じたヒートアイランド現象の緩和は多く行われているが、今回の提案では、放流過程の雨水を直接建物の屋上に上げることにより、建物から発せられる熱を下げることが可能となり、効率的に水資源の活用が可能となる。



高低差を利用した水の放流システム 模式図

③文化財（お寺、神社）の保存、住宅団地の移転
山崩れや土砂災害による人命被害などを考慮して、住宅団地や、移動可能な施設は移設し、文化財（お寺、神社など）重要施設は保存する。
④ 都市との連携
神戸は東西に延びる鉄道を中心とした、横軸中心の動線と鉄道の駅を中心とした開発が行われた動線と経済活動が密接関係し合う都市である。本計画では、現在ある横軸の強い都市構造に、各エリアの性格を踏襲した縦軸を付加することによって。都市全体のバランスの良い発展を図り、山麓部分にそれぞれの縦軸と呼応する親水公園を配置、連携させる方法を提案する。エリアは既存の土地利用の状況を考慮し、Ａ～Ｆの6つのエリアとした。各エリア毎に、エネルギー、農業、水質浄化など特徴ある公園地区を形成して、公園の性格を付与しました。 その他、災害のリスク、水源の確保などの要因も配慮した貯留を前提として公園計画とした。縦軸の連携を図り、コンセプトの設定、都市との連携、スケールによる人々の活動の可能性などを考えて設計アプローチした。
⑤Landscape Design Plan
・ A-ZONE[Energy Treatment PARK]-再生可能エネルギー発電施設やその体験の場を提供する公園を提案。縦軸に工場地帯を配置。再生可能エネルギーを活用した周辺工場では、市民の多様な体験、活動の場を展開する。
・ B-ZONE[Farm PARK]- 住民や来訪者への貸農園を展開。栽培、収穫、販売を通した子供達の環境教育活動の場。また、生態系の調査活動など多様な活動の場を創出する。
・ C-ZONE[Water Treatment PARK] -雨水の貯留施設、浄水場を展開し、水の大切さや浄化の過程を見学、体験できるプログラムを展開。また、水辺の緑地空間を展開し、多様な活動を受け止める憩いの場を創出する。
・ D-ZONE[Culture PARK]-北野異人館街との連携による文化体験プログラムを検討。
・ E-ZONE[Transportation PARK]-新幹線新神戸駅が位置するエリア。新神戸駅を中心とした自然と文化を育むゲート空間を展開する。
・ F-ZONE[Art Gallery PARK]-コンサート、ギャラリーなど多様なアート活動を支える公園緑地を提案する。王子動物園と兵庫県立美術館を結ぶ道「ミュージアムロード」を主軸ととらえ、ミュージアムロードとその周辺地区をアート・スペースとして再生する。


Farm PARK

Water Treatment PARK

Art Gallery PARK

Ⅴ.Vision

1. 環境的効果

①ヒートアイランド現象の緩和

環境的なビジョンとして、六甲山につながる緑地を展開することで、夏の夜に六甲山から海へ吹く風の道を市街地へと引き込み、都心のヒートアイランド現象を緩和する。

②緑地の拡張

公園緑地における植栽では，六甲山に自生する樹木の種を利用することで、六甲山系の環境と同質の緑地の拡張をはかる。

2. 経済的効果

① 災害に対する都市の保護

② 自己水源増加

③ 縦軸 横軸 連繫 均衡的な景気の活性化

- 参考文献 -

1. H23年 5月 兵庫県企画県民部政策室 資料
2. H23年 2月 神戸市水道管理局 資料
3. H23年10月18日（仮称）神戸スマート都市づくり計画研究会資料
4. Stormwater Managagement Manual _ City of Chicago
5. Michael Van Valkenbergh Associates _ RECONSTRUCTING URBAN LANDSCAPES(2009)
6. LARGE PARKS _ Foreword by James Corner(2000)
7. 平成20年7月　発行神戸市水道局総務部経営管理課（神戸水道ビジョン２０１７）資料
8. 国土交通省六甲砂防事務所資料
9. 生物多様性神戸プラン2020
10.「武庫連山海陸古覧」神戸市立中央図書館資料
11. 「六甲山　森林整備戦略」平成24年4月
12. 兵庫県水道用水供給事業
13. 国土交通省六甲砂防事務所資料
14. CESR_The Center for Environmental Systems Research6.