

# 花の万博 あれから30年 緑化技術の変遷とグリーンインフラ

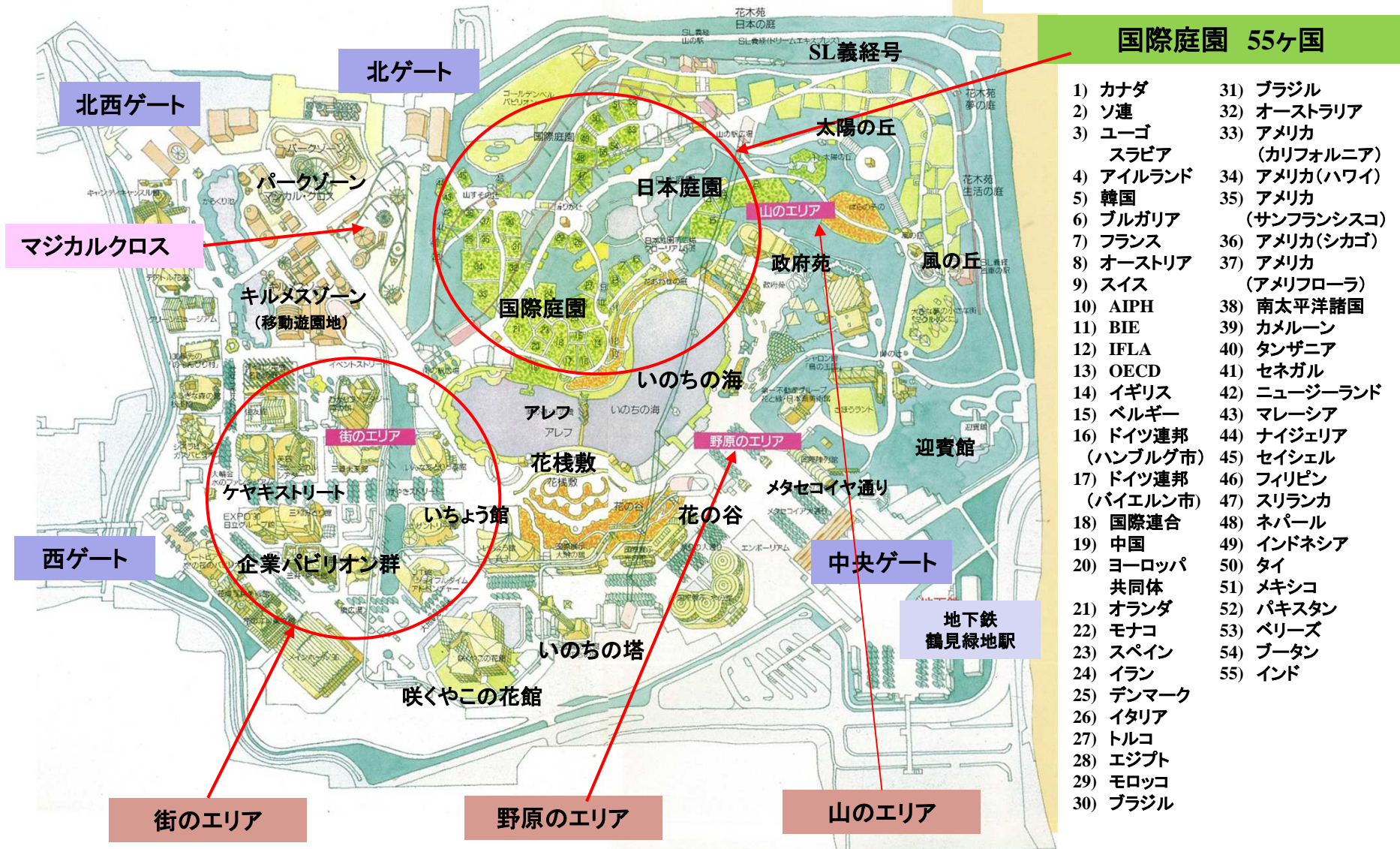
一般社団法人グリーンインフラ総研 木田幸男





# ■会場は華やかにゾーン分けされ、国際庭園が美しさを競った

The International Garden and Greenery Exposition, Osaka, Japan, 1990 (広さ: 122ha)





## ■会場予定地はゴミの埋め立て跡地

会場は元ゴミの埋め立て跡地だった。  
大量のガスが発生していて、現地では、  
ガスの燃焼装置が取り入れられ、その施設  
が各所に見られた。



最初の作業は、ガスの濃度測定と土壌硬  
度をはじめとした土壌調査から始まった。

ゴミの山の向こうに「いのちの塔」が見える。



土壌断面調査



ガスの発生状況を確認



土壌硬度調査



# ■緑化技術……ガス抜き対策と連続植栽技術

## 緑化技術 ① 還元ガス対策

メタン、エタンなどの還元ガスは、土中の酸素を奪取する力が強い。そのため、土中では樹木に不可欠な酸素と還元ガスが競合状態となり、最終的に樹木側が呼吸できなくなることで枯れるケースが多い。そこで、地上との通気性の確保、連続での植栽方法などの工夫が必要であった。

## 緑化技術 ② 連続植栽

劣悪土壌の場合、単独植え穴改良は非効率と同時に枯損の危険性が高い。そこで、植え穴下層を排水層兼用の素材(黒曜石パーライト)で連続させることで、枯損から回避する技術で対応が行われた。



植え穴下層の通気性改良工



問題なく生育する連続植栽



連続植栽技術 © 2021 一般社団法人グリーンインフラ総研



# ■緑化技術……地表面の高さ調整で樹木周辺をかさ上げ

## 緑化技術③ 樹木の周辺かさ上げ

造成時に、樹木の根元を現地土壌でかさ上げする場合がある。その際は細心の注意を払わないと、樹木が呼吸不全で枯死するケースが多い。特に針葉樹は要注意。黒曜石パーライトを樹木周辺に敷きつめ、幹周辺も土壌と接しないように撒きつけ、かさ上げを行う。

## 緑化技術④ 酸素管(DOパイプ)の開発

土壌内に酸素を送り込むための通気管。フレキシブルな状態で扱いやすく、地上と地下を結んで根に酸素供給する。今では、樹木の植栽では必需品となっている。



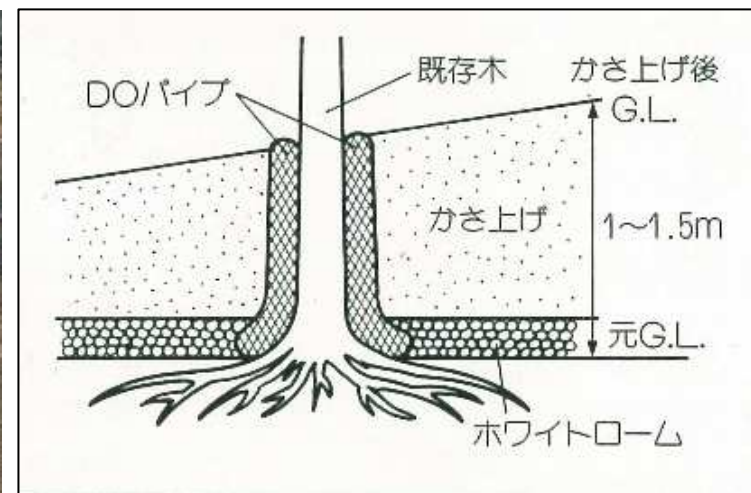
樹木周辺かさ上げ対策の完了と旺盛に育つメタセコイア



メタセコイア周辺のかさ上げ対策



メタセコイア周辺のかさ上げ対策



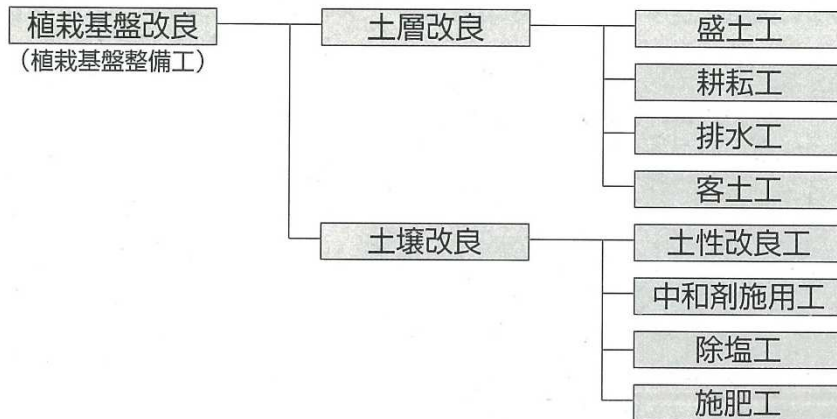
断面図



# ■緑化技術……土壌改良材の混入

## 緑化技術 ⑤ 土壌改良材の混入

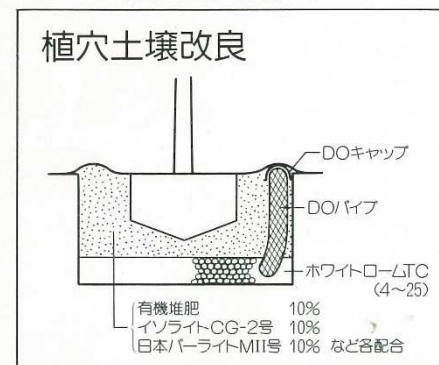
植栽の成功は、植栽基盤の良し悪しが大きく作用する。改良には、土層改良と土壌改良の2つがある。



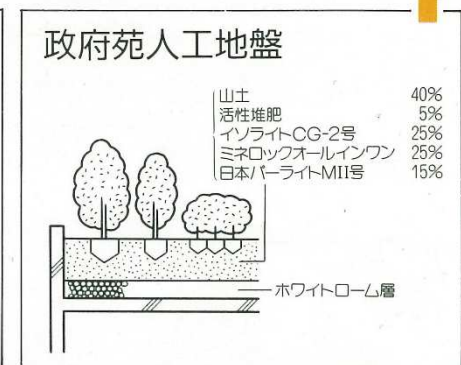
### 土壌改良材の混入

本現場においては、植え穴下層への黒曜石パーライトによる土層改良に加え、土壌に改良材を混入する土壌改良工が行われた。

関西の場合は、マサ土の保水性の改良を主眼として使用されている。



植え穴内土壌に土壌改良材を混入。DOパイプを使うことで枯死を防止できることから、使用頻度が増えた。



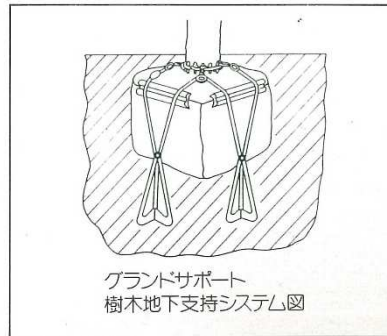
当時は軽量人工土壌が開発されていなかったため、山土の軽量化と土壌改良が試みられた。



# ■緑化技術……地下支柱の開発

## 緑化技術 ⑥ 樹木を地下で支える

樹木の支柱は良好な景観の障害となる。支柱が地上で見えないようにするため、地下支柱が開発されて間もない頃で、本現場で大量に使用された。地下に地中アンカーを打ち込み、根鉢をワイヤーで締め付ける簡単な方法で始まったが、その後横打ち式などが開発されて、今では定番の造園用資材となっている。



地下支柱の概念図



イチヨウの根鉢に地下支柱を設置している



イチヨウ館前のオオイチョウ。樹木支柱がないので、すっきりとした景観に仕上がっている。



## ■緑化技術……土舗装の開発

### 緑化技術⑦ 土舗装の歩径路を多用

アスファルトでは味気ない。石舗装では高価につくため、会場内の歩径路は土舗装が採用された。自然な風合いが出せるように、土壌表面の固結化を促進する資材で施工された。



土表面固化剤の使用状況



重機での転圧作業中



土舗装の完成  
自然な風合いが、会場にマッチしている。  
アスファルトの表面が対照的。



**あれから30年が経過した。**

異常気象が激しくなり、緑化技術はグリーンインフラの一環として進化中。

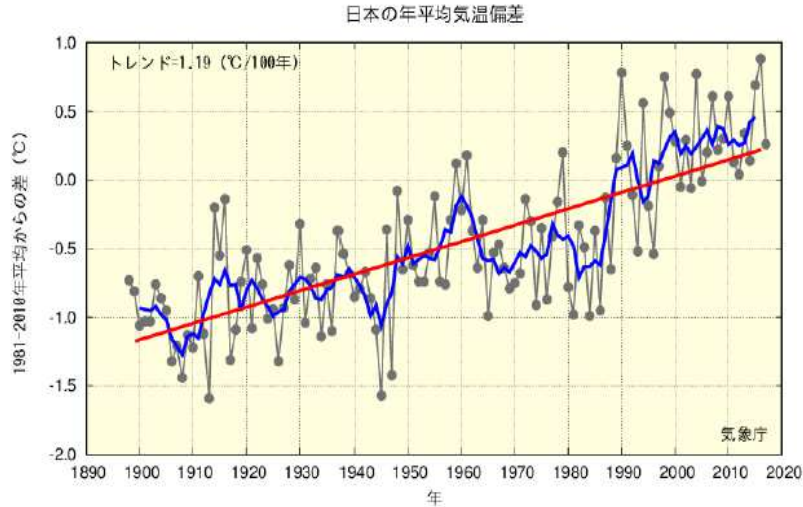


# ■緑化技術の変遷は時代の問題解決手法だった

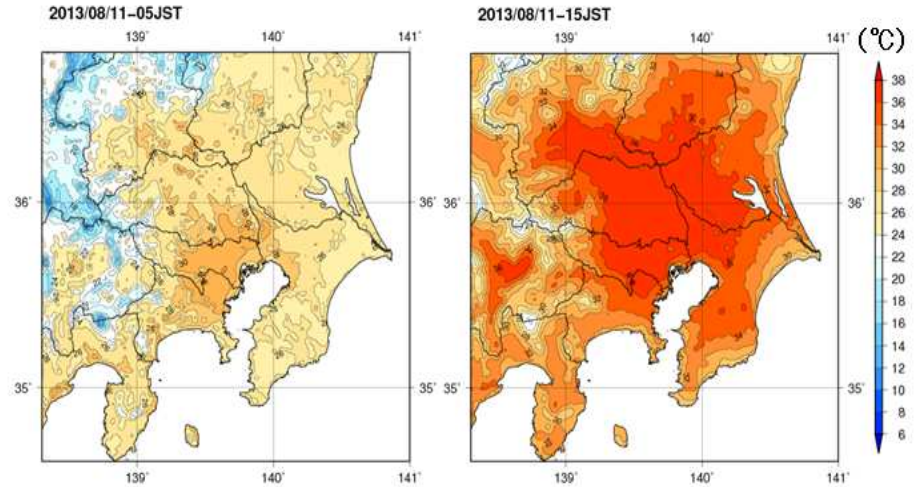
年代	緑化技術	時代背景と問題点
1970年	ゴルフ場開発盛ん(芝草、グリーン造成技術) 法面緑化技術(厚層基材吹き付け)	(1970) 大阪万博(月の石展示) (1977) 第三次全国総合開発がスタート 全国縦断の高速道路建設、各地で埋め立てによる人工島建設、大規模造成工事盛ん
1980年	埋め立て地における植栽基盤造成技術の必要性 緑化技術の底上げと技術者不足に向けて、マニュアル化が始まる 土壌改良工法、地下支柱、緑化資材が開発される	重機造成による植栽基盤障害発生(土壌の固結化、酸性硫酸塩土壌) 日本造園学会、日本緑化工学会で土壌改良の研究が盛ん
1990年	(1990) 花の万博開催 法面緑化技術(樹林化) 屋上緑化技術の開発	(1987) 第四次全国総合開発(全国一日交通圏 全国横断高速道路網) (1997) 京都議定書(COP3) 批准 (1998) 21世紀の国土のグランドデザイン(五全総)
2000年	(2000) 日本造園学会: 植栽基盤整備マニュアル完成 壁面緑化技術の開発	(2000) 循環型社会推進法の成立
2010年	ビオトープ、LID、環境配慮など グリーンインフラが盛んに (2020) 日本造園建設業協会: 改訂版「緑化・植栽マニュアル」	(2015) 第4次社会資本整備重点計画にグリーンインフラを正式表記 (2017) 都市公園法の改正、P-PFIが盛んに
2020年	道路再整備計画に伴う技術開発 (2021) グリーンインフラ整備技術ガイドライン制作中 官民連携の緑化技術開発	(2019) コロナ禍による社会構造の変化 (2020) 国土交通省: グリーンインフラ官民連携プラットフォーム、補助金、グリーンインフラ大賞
2025年		(2021) 東京オリンピック開催予定 (2025) 大阪万博開催予定



# ■都市の温暖化と集中豪雨は増加の一途



日本の平均気温は1900年からの120年間で約1.5℃上昇  
 (気候変動監視レポート2017より)  
 東京の平均気温は100年間で3.2℃上昇  
<http://news.livedoor.com/article/detail/15042743/>



関東地方における(左)2013年8月11日午前5時の気温、(右)同日午後3時の気温の分布  
[https://www.data.ima.go.jp/cpdinfo/himr\\_faq/O1/ga.html](https://www.data.ima.go.jp/cpdinfo/himr_faq/O1/ga.html)



左図は時間当たり降水量50mm以上(3年確率)、右図は同80mm以上(30年確率) 気候変動監視レポート2017より

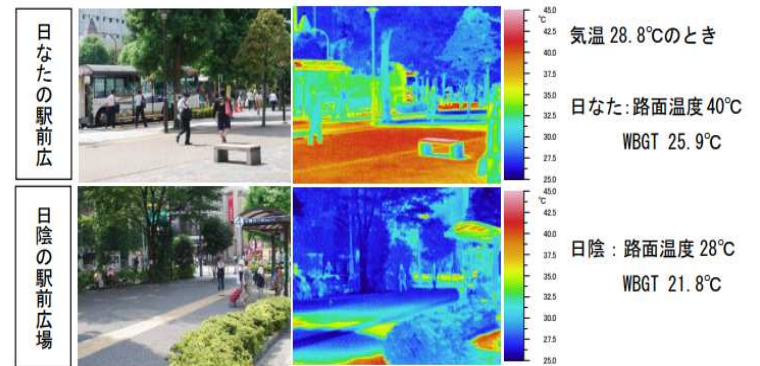


図 2.13 駅前広場における日なたと日陰の状況

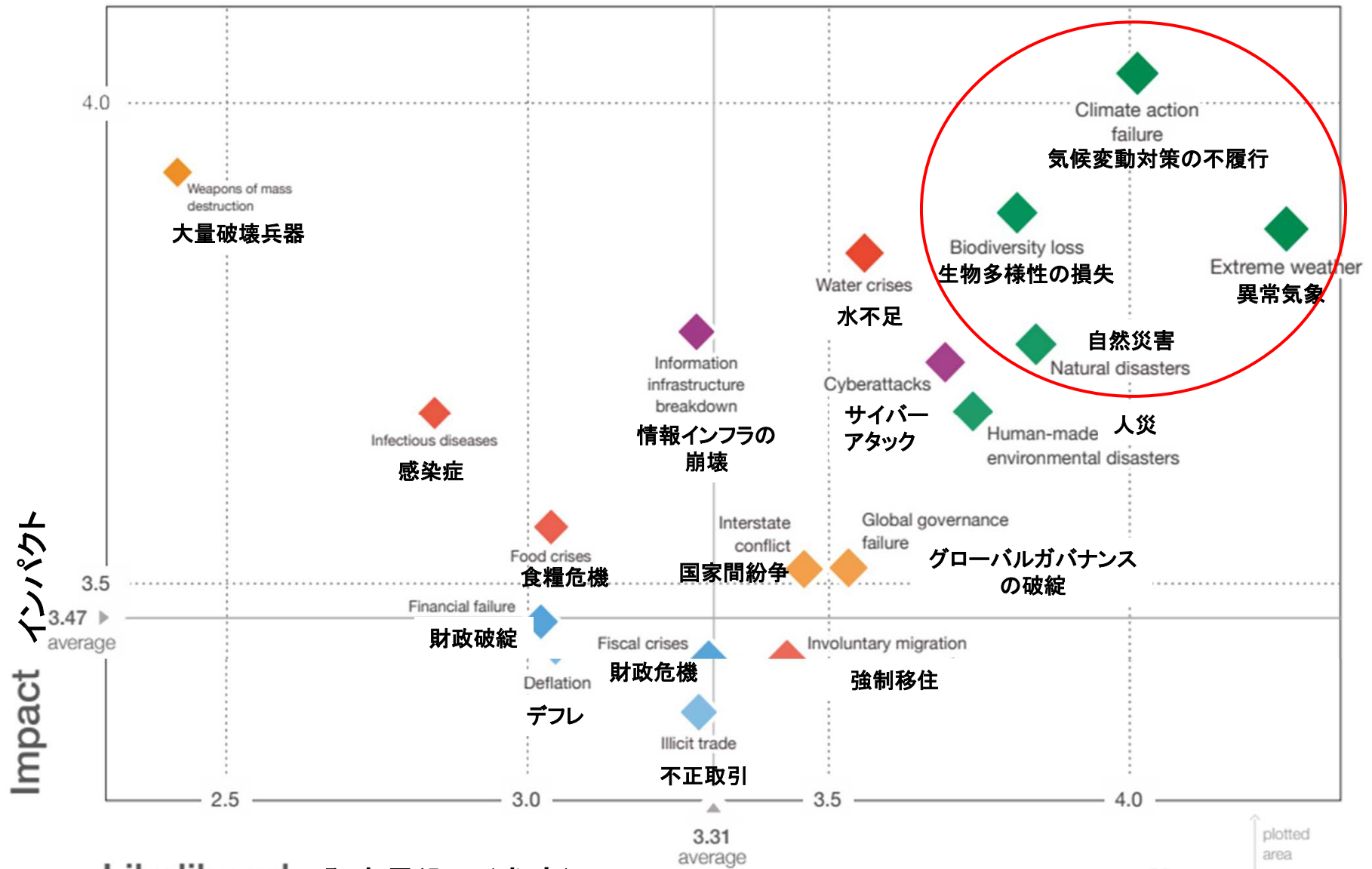
東京都 京王線調布駅南口, 2008年9月10日11時40分 資料)平成20年度環境省調査

## 緑地のもつ温度低減効果

[https://www.env.go.jp/air/life/heat\\_island/guideline/chpt2.pdf](https://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guideline/chpt2.pdf)



# ■ 気候変動対策の不履行が非常に高い確率で進み、世界に最も甚大な被害を及ぼす



Likelihood 発生見込み(尤度)

世界経済フォーラム: The Global Risks Landscape 2020 より(紙面の都合で一部修正)



# ■グリーンインフラという概念の出現

グリーンインフラとは、「みどりや水など、自然がもつ多様な機能を賢く利用することで、持続可能な社会と経済の発展に寄与するインフラや土地利用計画」を指します。

グリーン(環境)がインフラ(社会基盤)として認知され、社会性を持った。

「みどり」とは、Green と Greenery の二つがある。

緑の持つ多機能性を活用しつつ、環境を基礎としてインフラを考えること。



## 都市の構造＋緑化



+

## エネルギー問題



+

## 資源、環境問題





## ■グリーンインフラのもつ多様な機能は、存在価値から利用価値へ

■自然のもつ多様な機能は、存在することから生まれる価値と利用することから生まれる価値の2つ

「多様な機能の活用」は、防災・減災、環境より、健康福祉や地域の魅力創造に注目が集まる。

### 1. 防災・減災

治水、地震・津波減災  
土砂災害防止、延焼防止

### 2. 水循環・管理

雨水の処理利用

### 3. 気候変動対策

ヒートアイランドの緩和  
CO2削減

### 4. 生物多様性への寄与

生息場所や種の多様性の保全、場の創出

### 5. 地域の魅力向上

コミュニティの形成、景観の向上、資産価値の上昇、産業創生、  
環境教育の場の提供、食料の生産

### 6. 健康や福祉に貢献

大気浄化、騒音の抑制、健康増進、レクリエーションの場の創出



## ■グリーンインフラの実例 (横浜市グランモール公園: 雨の循環回廊とクールエリアの創出)

雨水、土壌、植物のもつ自然な機能を、都市公園の基本的なプロセスとして活用し、雨の循環回廊とクールエリア(微気象)を創出、時に豪雨対策としての防災機能も発揮。賑わいのある公園を創出。

### グリーンインフラ

蒸発散効果で冷える

保水性舗装

貯留碎石路盤

雨水のしみ上がり

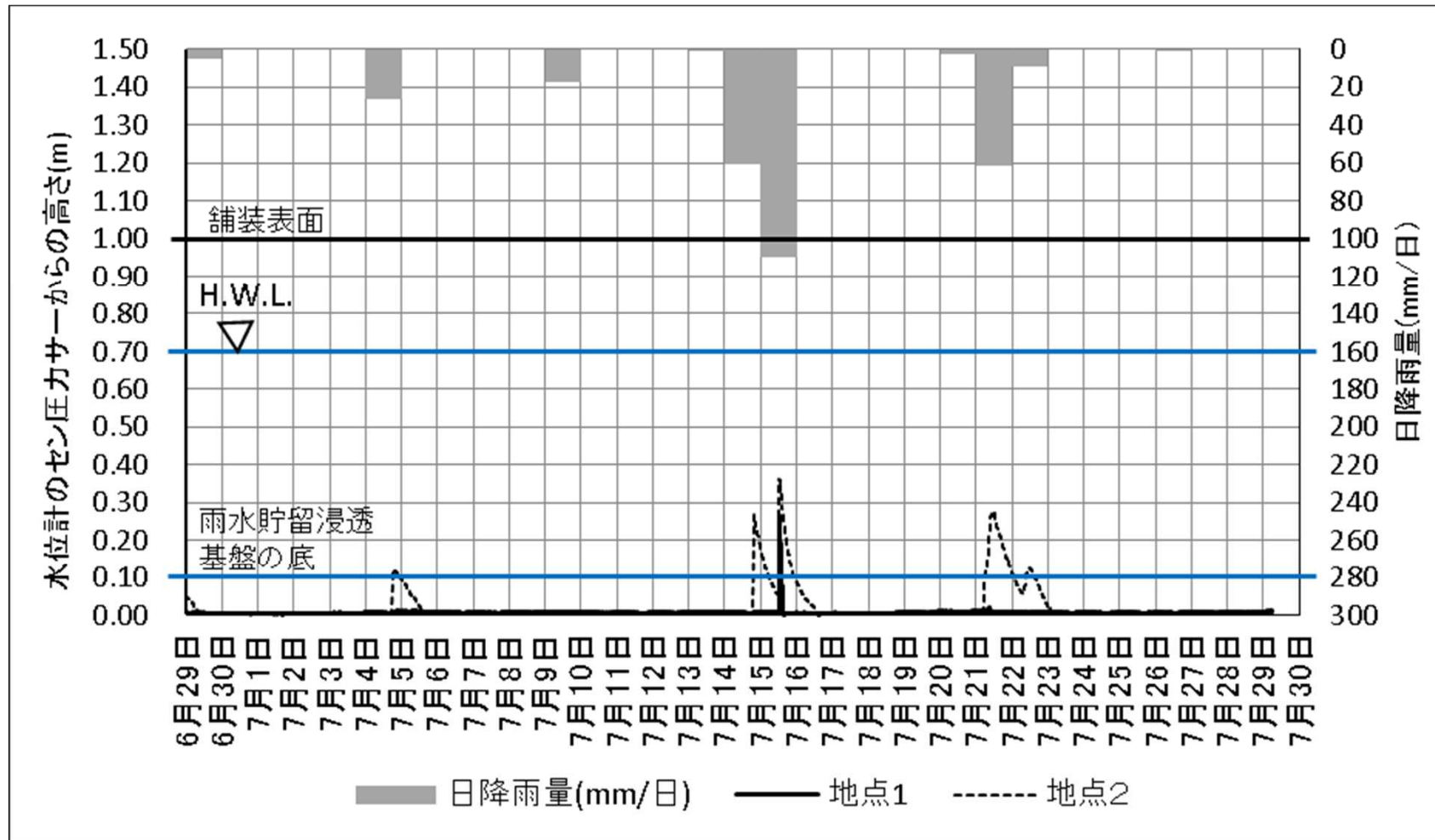
雨水の浸透

側溝

雨水貯留浸透基盤

# ■ 雨水処理の状況 (横浜グランモール公園)

## 雨の循環回廊とクールエリアを創出する



野島ら(2017)「グリーンインフラの要素技術である雨水貯留浸透基盤の設置による雨水貯留浸透効果及び微気象改善効果」日本緑化工学会誌Vol42 No.3



# ■ 涼しさと公園と賑わい(横浜グランモール公園)

あめの循環回廊とクールエリアを創出する

## サーモカメラによる温度比較(日陰部分)



日陰部分の比較

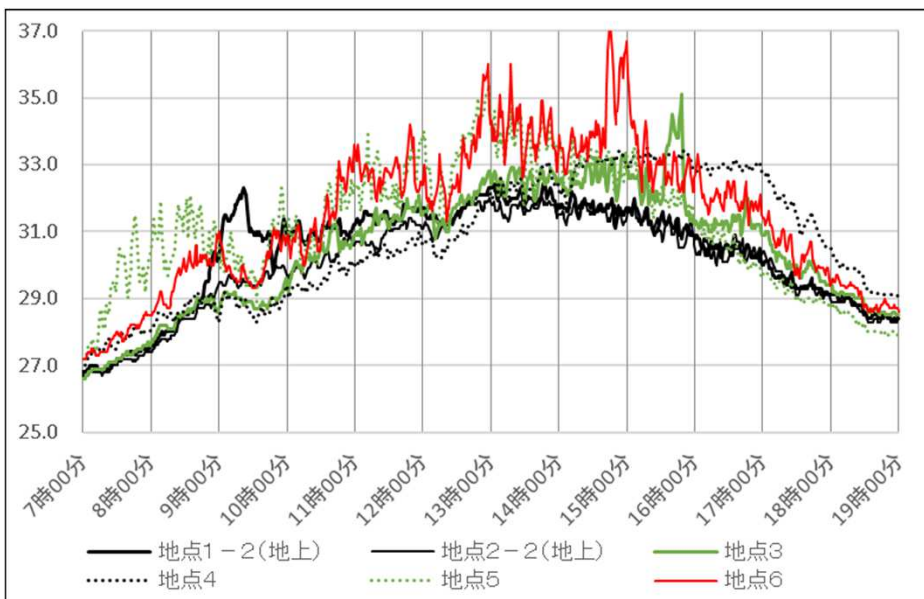


日陰部分の比較

# ■ データで見る涼しさの証明 (横浜市グランモール公園)

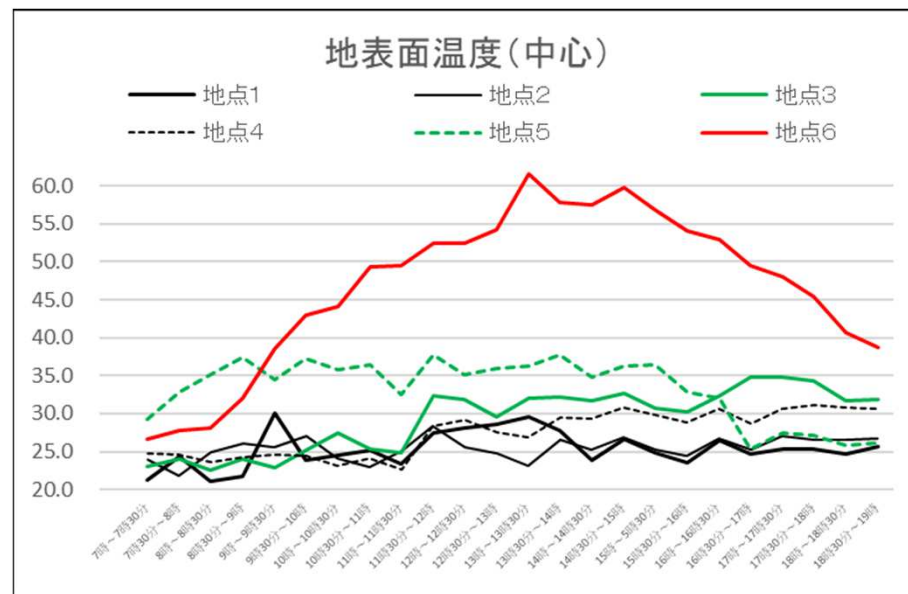
(公益財団法人都市緑化機構のグリーンビジネス・マネジメント共同研究会の助成を得て東邦レオ(株)が2016年夏に観測)

地上1.5m地点での温度……同条件下で約1.5℃の差



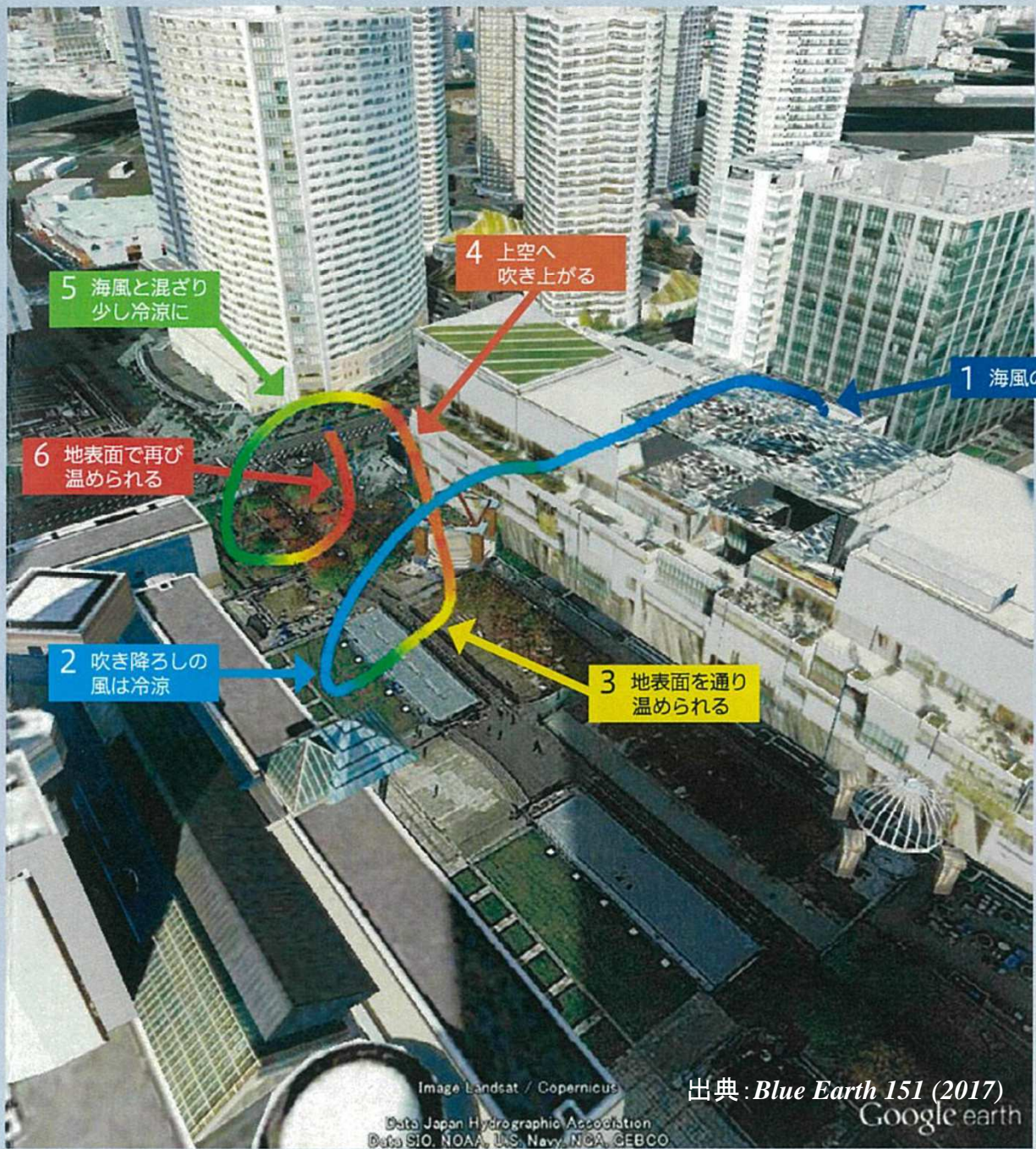
地点1-2(樹木下、貯留碎石路盤施工区)と地点6(日照)では約5℃以上の差  
 地点1-2(樹木下、貯留碎石路盤施工区)と地点3(日陰下で貯留碎石路盤施工なし区)では約1.5℃の差が認められた。  
 (日本緑化工学会誌Vol42.No.3)

地表面での温度……同条件下で約5.0℃～9℃の差



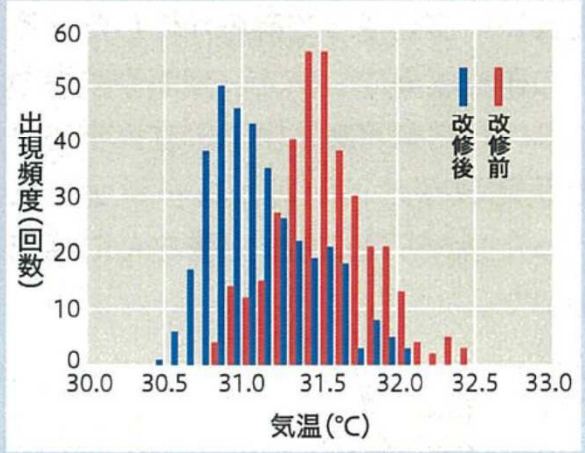
地点2(樹木下、貯留碎石路盤施工区)と地点6(日照)では約30℃以上の差  
 地点2(樹木下、貯留碎石路盤施工区)と地点3(日陰下で貯留碎石路盤施工なし区)では約9℃の差が認められた。  
 (日本緑化工学会誌Vol42.No.3)





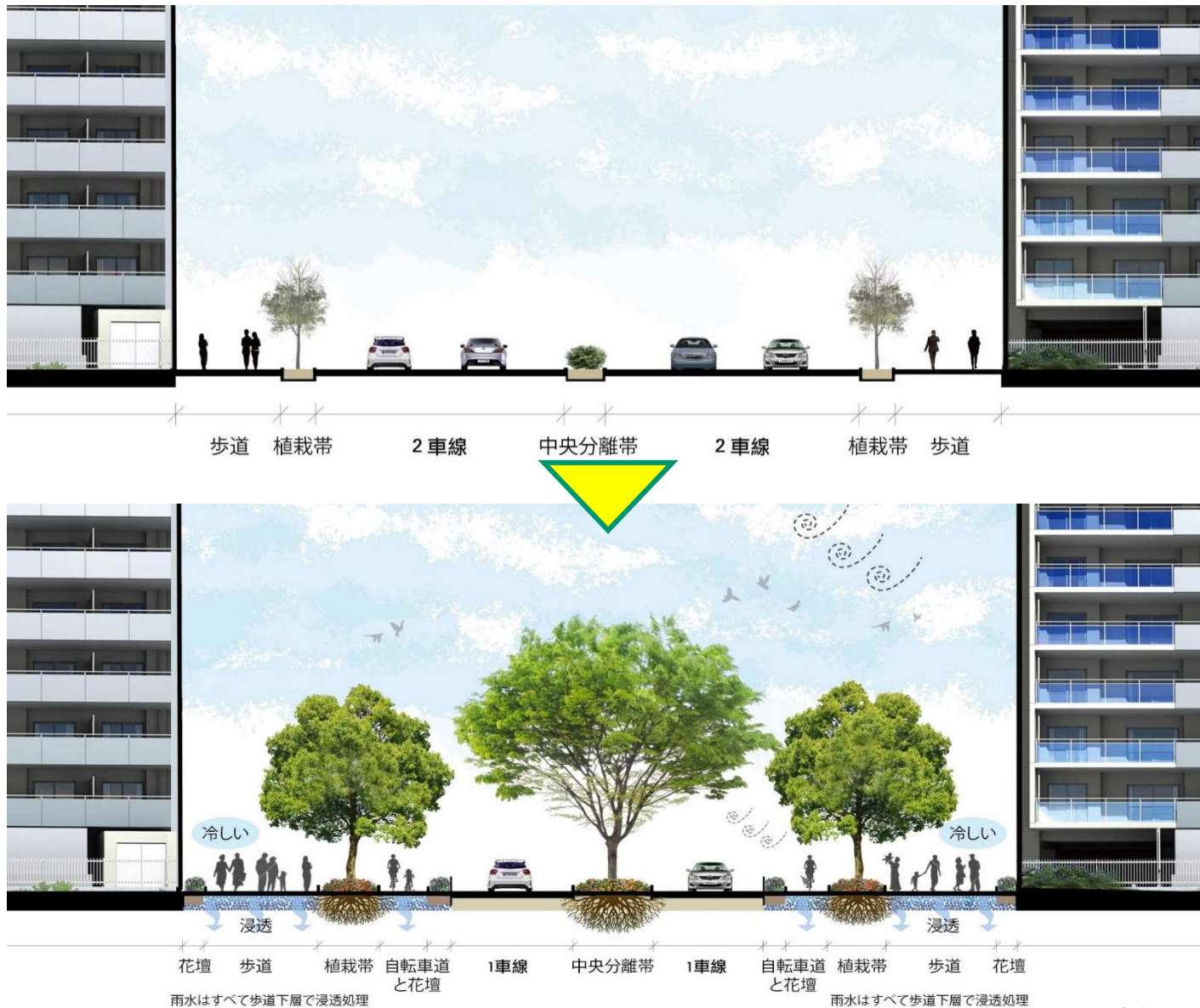
**空気の流れと温度変化の一例**  
 涼しい海風が地面に吹き降りたとき、地面で温められる様子が分かる。地面の温度を低くすることで、冷涼な海風をより効果的に利用できる。

**改修前後での気温の出現頻度の分布**  
 シミュレーションによって気温の出現頻度を求めたところ、改修前(赤いグラフ)のピークは31.5°C付近だが、改修後(青いグラフ)にはピークが30.8°Cまで低下した。改修の効果があったことを示している。





# ■グリーンインフラを活用した、車中心からヒト中心の街づくりへ





## ■ 道路空間の再整備 (御堂筋はフルモール化へ、多くの計画が進む)



御堂筋の現状 (出典：大阪市御堂筋将来ビジョン)



御堂筋フルモール化イメージ (出典：大阪市御堂筋将来ビジョン)



側道の歩行者空間化のための実験が進む

多くの都市で、道路の空間整備が進む。基本的には、一旦締め固めた植栽基盤をどのように整備するかで、将来の生育が決まる。街路樹の域を超えた、ビルを一步出ると森のような景観があれば、新たな都市のあり方と安らぎの場を作ることができるはず。



イメージ図



イメージ図

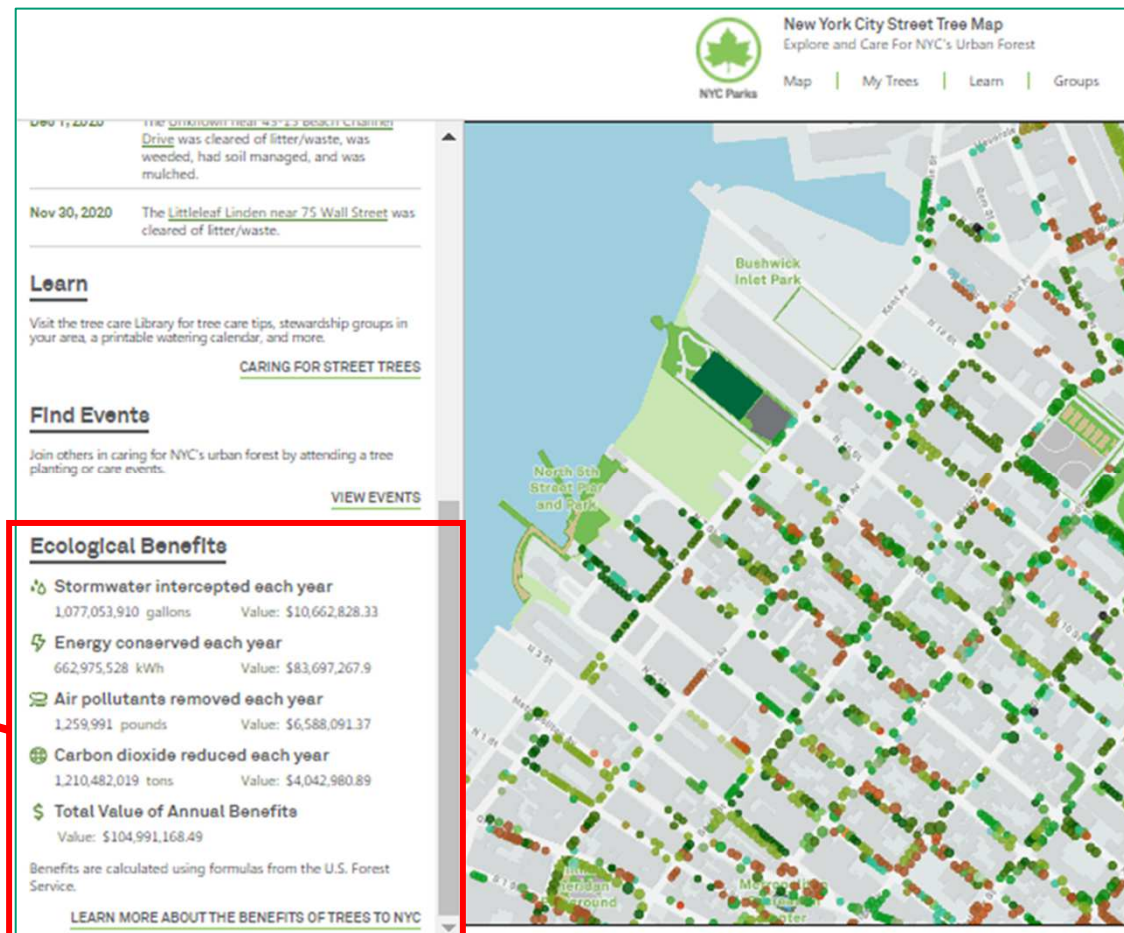
# ■ 評価技術 ニューヨーク市街路樹の環境価値 = 約1億ドル

New York City Green Street Tree Mapによれば、街路樹の価値は雨水の樹冠遮断、エネルギーの保持、汚染物質の吸収、それに二酸化炭素の固定を合わせて、年間で1億ドル（104億円）の価値を生むと見積もられている（i-Tree Eco）。

## Ecological Benefit

- Stormwater intercepted each year  
1,077,053,910 gallons Value: \$10,662,828.33
  - Energy conserved each year  
662,975,528 kWh Value: \$83,697,267.9
  - Air pollutants removed each year  
1,259,991 pounds Value: \$6,588,091.37
  - Carbon dioxide reduced each year  
1,210,482,019 tons Value: \$4,042,980.89
- Total Value of Annual Benefits  
Value: \$104,991,168.49

Benefits are calculated using formulas from the US Forest Service





# ■ 「2025年大阪・関西万博」に向けて 新たな緑化技術の必要性

## 「2025年大阪・関西万博」会場へのグリーンインフラ技術の導入

概要： テーマは「いのち輝く未来社会のデザイン」の実現のために  
夢洲、想定来場者2,800万人、経済波及効果(試算値)約2兆円

### 緑化技術→グリーンインフラ技術→SDGs(持続可能)への変遷

……国際化、DX化、ハイテク技術(バーチャルとの組み合わせ)が進んだ中で、先進性とどのように融合させ、訴求できるかが緑化技術となる。

#### 基本は

1. 夏季開催のための暑さ対策
  - ……冷える会場設営(特に歩道、広場)
  - ……樹木の緑陰効果を得るための樹種、埋立地の基盤設定
  - ……灌水頻度の超効率化(ITを駆使した)
2. 国際化を念頭に
  - ……海外からの来場者に対して親しみのもてる景観、
  - ……日本の独自性を主張した景観
3. 埋立地特有の問題解決
  - ……台風害(潮風、塩害)、耐倒木、省メンテナンス
  - ……緑の環境創造のための緑量保持