

## 様式 C-19

# 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月21日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21710187

研究課題名（和文）3次元GISを用いた屋上緑化計画と雨水流出遅延効果の評価

研究課題名（英文）Evaluation and suggestion of storm water runoff delay effect from green roof systems based on 3D-GIS analysis.

研究代表者

菊池 佐智子（KIKUCHI SACHIKO）

東北大学・大学院生命科学研究科・助教

研究者番号：50409471

研究成果の概要（和文）：屋上緑化システムは、粗放型薄層屋上緑化システムとした。貯排水層のみの最大ピーク流量は最も小さいもので0.298L/min、流出率は0.63となった。芝を植栽した粗放型薄層屋上緑化システムの最大ピーク流量は最も小さいもので0.093L/min、流出係数は0.30となった。これらの値を用いて、2000年の東海豪雨を想定した流出シミュレーションを行い、雨水流出抑制型屋上緑化施工区の特性を検討した。

研究成果の概要（英文）：The material under test of this study has dealt with extensive green roof systems, typically made by drainage boards, artificial light-weight soil and turf. The least peak runoff 0.298L/min obtained when the only drainage board was installed. The number of runoff coefficient was 0.63. The least peak runoff 0.093L/min obtained when the extensive green roof system with sod was installed. The number of runoff coefficient was 0.30. Using these values, we simulated Tokai torrential rain (2000), and calculated the water runoff from some case study areas. As the results, we suggested the characteristics of green roof installed area, especially reduction of the storm water runoff.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：緑地計画、GIS、環境動態把握

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、自然災害科学

キーワード：自然災害、防災、環境政策、都市計画・建築計画、地理情報システム(GIS)

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、日本の雨水整備は、行政・企業・市民等、多様な主体がさまざまな事業・取組みを実施してきた。地球温暖化との関連性が指摘されている局所的集中豪雨の増加は、道路冠水による交通機能の障害、地下街等の地下空間への浸水被害を頻発させている。今後

は、「雨水の排除」を目的とした雨水の浸水対策だけではなく、流域における健全な水環境の改善、都市におけるヒートアイランド対策、地域コミュニティの形成や地域の防災力向上など、「まちづくり」に対応した総合的・技術的・実務的な施設配置を提案することが急務である。

科学研究費において、屋上緑化に関連する採択課題は、ヒートアイランド現象の緩和(新里 2007, 他), 省エネルギーの推進(小林 2004, 他), 自然的環境の創出(上甫木 2008, 他)となっており, 現状では「屋上緑化」は, 単なる技術的な個別の問題解決手法に過ぎず, 「安全・安心, 快適な, 魅力と活力があふれるまちづくり」を可能にする施設として, 認められていない。

本研究では, 屋上緑化の雨水流出遅延緩和効果を「まちづくり」という今後の社会において重要なテーマと連携させ, 「屋上緑化施工区」という新たな緑化重点地区として確立するものである。

## 2. 研究の目的

本研究では, 「雨水抑制型屋上緑化施工区」が成立しうる客観的根拠の提示を目的とした。そのため, 「屋上緑化システムの貯排水層の雨水貯留特性評価」, 「屋上緑化システムの雨水流出特性評価」, そして, 「実街区への施工を想定した流出シミュレーション」を個別の目的と位置づけて, 研究に着手した。

## 3. 研究の方法

本研究では, 粗放型薄層屋上緑化システム(以降, 緑化システム)を供試体とした。本緑化システムは, その植栽部が芝・セダム類を使用しており, 灌水・その他の管理の省力化が可能である。そのため, 都市部の生物・生態系の維持や植生の画一性に対する批判的な意見がある。しかし, 軽量化と管理の省力化という特性は, 一度に大規模な緑化が施工できるため, 本研究の目的である都市部の雨水流出抑制, すなわち, 雨水浸透面の確保に有効な技術であると判断した。

### (1) 屋上緑化システムの貯排水層の雨水貯留特性評価

緑化システムの軽量化には植栽基盤の軽量化及び薄層化, 管理の省力化には基盤中の水分管理が重要である。そこで, 本システムで水分管理の役割を担う貯排水層に着目し, 単体での雨水貯留機能を計測し, 評価した。

#### ① 供試ボード(表-1 参照)

基盤の軽量・薄層化を目的に開発された発泡スチロール製貯排水ボード(以下, ボード)5種を選定した。これら5種のボードはでに販売され, 多くの施工実績を有するものである。

#### ② 実験装置と降雨イベント

既存の緑化システムに使用されているプラスチックケース(500×500×75.0mm)に供試ボードを1枚敷き, 勾配1%の屋上面を想定したジュラルミン製容器(500×500×100mm)にはめ込んだ。降雨イベントは, 0時, 6時, 12時, 18時の1日4回とし, 降雨強度150mm/h, 降雨継続時間1時間となるよう, 明治大学農

学部ガラス室内の人工降雨装置 DIK-6000-S(大起理化工業株式会社)下に設置した。

表-1 5種の供試ボード

名称	SM30	SM40	SM55	P25	P45
表 (mm)	$\phi = 28$ $l_1 = 18$	$\phi = 22$ $l_1 = 4$	$\phi = 30$ $\phi_2 = 20$ $l_1 = 6.5$	$\phi = 12$ $l_2 = 25$ $l_1 = 42$	$\phi_1 = 17$ $\phi_2 = 12$ $\phi_3 = 20$
裏 (mm)	$l_1 = 35$ $l_2 = 28$	$l_1 = 50$ $l_2 = 37.5$	$l_2 = 135$ $l_1 = 50$	$\phi_1 = 12$ $\phi_2 = 28$	$l_1 = 11$ $\phi_2 = 30$ $\phi_3 = 12$
側面 (mm)	$H = 30$ $h_1 = 13, h_2 = 7$	$H = 40$ $h_1 = 26, h_2 = 4$	$H = 55, h_1 = 6$ $h_2 = 6, h_3 = 16$	$l_1 = 42, l_2 = 25$ $h_2 = 9$	$l_1 = 42, H = 45$ $h_1 = 12, h_2 = 19$ $h_3 = 10$
貯水量 (L/m <sup>2</sup> )	3.0	10.0	2.8	2.2	7.1

### ③ 測定機器と測定方法(図-1 参照)

降雨イベント前後の連続した流量を計測するため, ゴミやサビなどが機構部に詰まることなく, 体積流量の測定が可能な電極非接液型電磁式流量センサ FD-M5AT(キーエンス)を採用した。流量センサは, 計測時に気泡や水圧による影響を受けないよう, 水流が下から上へと向かう部分に配置した。データログは, 現地でのデータ確認が可能なタッチ型ペーパーレスレコーダ TR-V500(キーエンス)を採用し, 記録回数は1/10秒に設定した。そして, ハイドログラフを作成するため, 1/10秒間隔で記録した流量は, 1分間の相加平均値にまとめた。



図-1 測定機器

### ④ 雨水貯留特性の評価

雨水貯留特性を判断・評価する指標は, 流出開始時間(min), 最大ピーク流量(L/min)とその到達時間(min), 累積流量(L), 流出率とした。

次に, 単体での雨水貯留特性が明らかになった5種のボードを用いて, 緑化システムを作成した。土壌は, 人工軽量土壌本来の貯排水能力が計測できるよう, 有機物や肥料が混合されていない石炭灰由来のリサイクル人工軽量土壌(ソイレンG土壌/CAタイプ)を採用した。植物は, その形態が単純で, 施工事例も多い芝から, ケンタッキーブルーグラス “ミッドナイトII” *Poa pratensis* を選択し, 早期緑化の観点から, ソッド(播種量

15.0g/m<sup>2</sup>)を使用した。これらの資材を、ボードの貯留特性実験に用いたプラスチックケースにボード・不織布・人工軽量土壌・芝の順で充填し、一定期間養生させ、植物の安定した生育が確認できた緑化システムを供試体として、以下の実験を実施した。

(2) 屋上緑化システムの雨水流出特性評価

① 供試体

ケースの最下層部に配したボードの表裏面の凹凸構造及び厚さの違いから、3区2連の緑化システムを供試体とした。養生～実験は、明治大学農学部ガラス室内で行い、水分条件を一定に保つように、適宜灌水し、刈高は20mmとした。

② 実験装置と降雨イベント(図-2参照)

ボードの貯留特性実験に用いたジュラルミン製容器に緑化パネルをはめ込んだ。降雨イベントは、18時の1日1回とし、降雨強度75mm/h、降雨継続時間1時間となるよう、同ガラス室内の人工降雨装置DIS-6000-S(大起理化学工業株式会社)下に設置した。1つの供試体において、3~4回の連続した降雨イベントを発生させ、全6区が2回の連続した降雨イベントを受けるまで計測した。



図-2 実験風景

③ 測定機器と測定方法

流量センサは、ボードの貯留特性実験に採用した機種よりも測定レンジが小さなFD-SS2A(キーエンス)を採用し、気泡や水圧による影響を受けないよう、水流が下から上に向かう部分に配置した。データロガは、現地でのデータ確認が可能なタッチ型パーソナルレコーダTR-V500(キーエンス)を採用し、記録回数は1/10秒に設定した。そして、ハイδροグラフを作成するため、1/10秒間隔で記録した流量は、1分間の相加平均値にまとめた。

④ 雨水流出特性の評価

雨水流出特性を判断・評価する指標は、流出開始時間(min)、最大ピーク流量(L/min)とその到達時間(min)、ピーク流量終了時間

(min)と累積流量(L)、流出係数とした。

これまで屋上緑化の雨水流出遅延緩和効果は、効果を期待したい降雨イベント前後の水分条件に依存すると言われていた。本研究では、降雨イベント前に灌水等を実施せず、緑化システム内の水分条件を乾燥状態とした場合(E区)と降雨イベント前に灌水等を実施し、緑化システム内の水分条件を飽和状態(S区)とした場合の2つについて、それぞれ上述した特性をまとめた。

(3) 実街区への施工を想定した流出シミュレーション

① ケーススタディエリア

新設の雨水貯留浸透施設の設置が困難と考えられる東京都千代田区と屋上緑化の施工により機能的に緑が繋がる緑化計画への展開が期待できる東京都杉並区をケーススタディエリアとした。

② 想定した降雨イベント

浸水被害が発生した実績降雨パターンとして、2000年名古屋市で1日降水量428mmを観測し、東京都の洪水ハザードマップ作成の対象としている2000年東海豪雨とした。

③ 雨水流出量の算定方法

合理式(式1)に、屋上緑化の施工を想定しない部分については、地表面の工種別基礎流出係数を代入した。想定する屋上緑化は、40mmの発泡スチロール製貯排水ボード上に石炭灰由来の人工軽量土壌を使用し、ケンタッキーブルーグラス *Poa pratensis* のソッドを植栽した粗放型薄層屋上緑化システムとした。この緑化システムの施工を想定した部分については、乾燥状態の流出係数0.30、流出開始遅延時間25分、湿潤状態の流出係数0.48、流出開始遅延時間6分を適用した。

$$Q = (C \times I \times A) / 3.6 \quad \text{(式1)}$$

ここに、 $Q$ : 雨水流出量(m<sup>3</sup>/sec)、 $C$ : 流出係数、 $I$ : 到達時間内の降雨強度(mm/h)、 $A$ : 集水面積(km<sup>2</sup>)とする。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

① 屋上緑化システムの貯排水層の雨水貯留特性評価

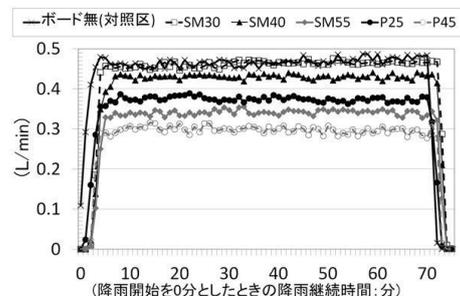


図-3 ボード5種の流出ハイドログラフ

1分間の相加平均にまとめた流量を用いて

流出ハイドログラフを作成した(図-3 参照)。そして、この流出ハイドログラフから、流出開始時間(min), 最大ピーク流量(L/min)とその開始時間(min), 流出が停止した降雨開始75分までの累積流量(L), 流出率をまとめた(表-2 参照)。

表-2 ボード5種の雨水貯留特性

	ボード無	SM30	SM40	SM55	P25	P45
厚さ(mm)	0	30	40	55	25	45
流出開始時間(min.)	3	5	4	8	4	5
最大ピーク流量(L/min)	0.467	0.462	0.431	0.341	0.374	0.298
ピーク流量到達時間(min)	6	7	9	8	7	7
累積流量(L)	32.87	32.37	29.94	23.67	26.04	20.78
流出率	0.98	0.97	0.91	0.72	0.79	0.63

② 屋上緑化システムの雨水流出特性評価

1分間の相加平均にまとめた流量を用いて流出ハイドログラフを作成した(図-4 参照)。そして、この流出ハイドログラフから、流出開始時間(min), 最大ピーク流量(L/min)とその開始時間(min), 流出が停止した降雨開始3時間後までの累積流量(L), 流出係数をまとめた(表-3 参照)。

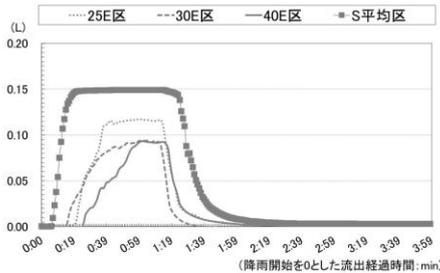


図-4 ボード厚と緑化システム内の水分条件の違いに着目した流出ハイドログラフ

表-3 ボード厚と緑化システム内の水分条件の違いに着目した雨水流出特性

	25E区	30E区	40E区	S平均区
流出開始時間 (min)	20	15	25	6
最大ピーク流量到達時間 (min)	43	60	62	24
ピーク流量終了時間 (min)	74	73	77	75
流出停止時間 (min)	240	100	194	240
最大ピーク流量 (L)	0.117	0.094	0.093	0.149
累積流量 (L)	6.342	4.478	4.123	12.768
流出係数	0.39	0.30	0.30	0.48

③ 実街区への施工を想定した流出シミュレーション

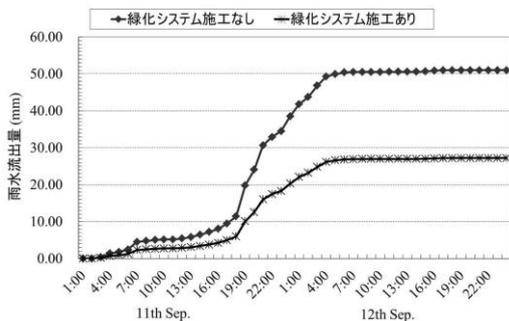


図-5 千代田区における屋上緑化施工の有無による雨水流出量の違い

千代田区における屋上緑化施工の有無による雨水流出量の違い(図-5 参照), 杉並区における屋上緑化施工の有無による緑量(図-6 参照)および雨水流出量の違い(図-7 参照)を以下に示す。



図-6 杉並区における屋上緑化施工の有無による緑量の違い(左から, 学校, アパート, 店舗兼住宅の屋上に緑化システムを施工した場合)

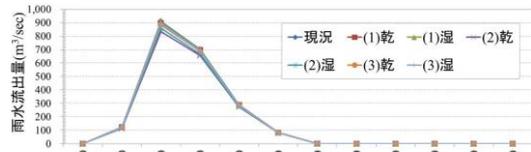


図-7 杉並区における屋上緑化の施工の有無による雨水流出量の違い

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

① 屋上緑化システムの貯排水層の雨水貯留特性評価

想定した時間 150mm の降雨強度では、ボードのみでも雨水貯留の可能性が確認できた。このことは、灌水回数を削減するために設置したボードが、雨水流出抑制にも一定の効果をも有すること、このボードを備えた粗放型薄層屋上緑化は、薄層であっても緑化面積を広範囲で確保することで、都市の雨水浸透面拡大に寄与すると言える。

② 屋上緑化システムの雨水流出特性評価

想定した時間 75mm の降雨強度では、ボード厚 40mm で乾燥状態の緑化システムの雨水流出特性が最も高く評価され、緑化システム内の水分条件が湿潤状態になると、ボード厚に関わらず雨水流出抑制効果を有することが確認できた。このことは、局所的集中豪雨に対して、粗放型薄層屋上緑化システムの水分条件に関わらず、一定の流出抑制効果を明示したと言える。

③ 実街区への施工を想定した流出シミュレーション

想定した降雨イベントでは、緑化面積に比例して、雨水流出が抑制されることを確認した。このことは、雨水の一時貯留・流出抑制を粗放型薄層屋上緑化システムの新たな機能・効果として位置づけるものと言える。

(3) 今後の展開

国内外で開発されている流出シミュレーションモデルに本研究で得られた屋上緑化

の雨水流出特性を示す指標(流出係数, 流出遅延時間)を適用し, 流出シミュレーションの精度を高めることで, 効果的な雨水流出抑制型屋上緑化施工区の提示が可能となる。また, 土壌層・植栽層のタイプを変更し, 粗放型薄層屋上緑化システムの雨水流出特性に関するデータの蓄積も必要と考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計12件)

1. 菊池佐智子, 輿水肇, 実降雨パターンと浸水被害の分析に基づく屋上緑化適地の評価に関する研究, ランドスケープ研究, 査読有, 72巻, 5号, 2009, 871-874
2. 菊池佐智子, 輿水肇, 建築特性に着目した浸水常襲地区における屋上緑化の雨水貯留・流出遅延効果の試算, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, F-1, 2009, CD-ROM
3. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, Estimating Storm Water Reduction on Single-Family Residence with Green Roof Systems, Journal of Landscape Architecture in Asia, 査読有, 5, 2010, 189-194
4. 菊池佐智子, 輿水肇, 浸水被害常襲地区の空間特性に配慮した屋上緑化計画の検討, 地理情報システム学会講演論文集, 査読無, 19, 2010, CD-ROM
5. 菊池佐智子, 輿水肇, 浸水被害常襲地区における屋上緑化用貯排水ボードの雨水管理施設としての可能性, 日本建築学会学術講演梗概集, 査読無, F-1, 2010, CD-ROM
6. 菊池佐智子, 輿水肇, 局所的集中豪雨を想定した各種屋上緑化用貯・排水ボードの雨水貯留特性評価, ランドスケープ研究, 査読有, 73巻, 5号, 2010, 693-696
7. 菊池佐智子, 輿水肇, Storm Water 対策に向けた実降雨パターンを用いた屋上緑化の流出シミュレーション, 特殊緑化技術に関する研究発表会要旨集, 査読無, 2010, 44-47
8. 菊池佐智子, 輿水肇, 貯排水ボードを有する屋上緑化パネルの降雨回数および降雨量と流出量の関係, 環境情報科学, 査読無, 40巻, 1号, 2011, 92-93
9. 菊池佐智子, 輿水肇, 局所的集中豪雨を想定した貯排水層の異なる屋上緑化システムの流出特性, ランドスケープ研究, 査読有, 74巻, 5号, 2011, 739-742
10. 菊池佐智子, 輿水肇, 降雨回数の異なる薄層屋上緑化パネル設置を想定した街区レベルの雨水流出シミュレーション, 日

本建築学会学術講演梗概集, 査読無, F-1, 2011, CD-ROM

11. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, A Comparison of Green Roof Systems with Conventional Roof for the Storm Water Runoff, International Conference 2011 on Spatial Planning and Sustainable Development (SPSD2011), 査読無, 2011, CD-ROM
12. 菊池佐智子, 輿水肇, 粗放型薄層屋上緑化システムの雨水流出遅延効果の定量化, 平成23年度特殊緑化技術に関する研究発表会要旨集, 査読無, 2011, 23-26

[学会発表] (計26件)

1. 菊池佐智子, 輿水肇, 浸水被害常襲地区における雨水流出遅延効果を期待した屋上緑化の検討, 2009年度都市計画ポスターセッション, 日本都市計画学会, 東京大学(東京), 2009.5.15, ポスター発表
2. 菊池佐智子, 輿水肇, 実降雨パターンと浸水被害の分析に基づく屋上緑化適地の評価に関する研究, 平成22年度日本造園学会全国大会研究発表会, 日本造園学会, 明治大学(東京), 2009.5.24, 口頭発表
3. 菊池佐智子, 輿水肇, 屋上緑化の雨水貯留・流出遅延効果の試算に基づく都市型浸水対策の検討, 第5回GISコミュニティフォーラム, Esri ジャパン, 東京ミッドタウン(東京), 2009.6.4, ポスター発表
4. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, Storm Water Measures Using Rooftop Greening, ESRI International User Conference 2009.7.15, ESRI, San Diego (US), 2009, 口頭発表
5. 菊池佐智子, 輿水肇, 建築特性に着目した浸水常襲地区における屋上緑化の雨水貯留・流出遅延効果の試算, 日本建築学会大会, 日本建築学会, 東北学院大学(宮城), 2009.8.28, 口頭発表
6. 菊池佐智子, 西尾直也, 輿水肇, 実降雨パターンを用いた屋上緑化の雨水貯留, 浸透特性評価ー雨水貯留浸透施設の新設が困難な浸水常襲地区をケーススタディにー, 全国共同利用研究発表大会, 東京大学空間情報科学研究センター, 東京大学(千葉), 2009.11.12, ポスター発表
7. 菊池佐智子, 輿水肇, 宅地内に設置した雨水ますおよび屋上緑化による雨水流出抑制効果の試算結果, 2010年度都市計画ポスターセッション, 日本都市計画学会, 東京大学(東京), 2010.5.14, ポスター発表
8. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, Storm Water Runoff Simulation of Water Retainage Green Roof Systems for

- Sustainable Hydrology in Urban Area, URBIO 2010, ウィンク愛知(愛知), 2010.5.19, ポスター発表
9. 菊池佐智子, 輿水肇, 局所的集中豪雨を想定した各種屋上緑化用貯・排水ボードの雨水貯留特性評価, 平成22年度日本造園学会全国大会, 日本造園学会, 名城大学(愛知), 2010.5.23, 口頭発表
  10. 菊池佐智子, 輿水肇, 屋上緑化の雨水貯留浸透能力の評価と適正配置に関する検討, 第6回GISコミュニティフォーラム, Esriジャパン, 東京ミッドタウン(東京), 2010.6.3, ポスター発表
  11. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, The Storm Water Delay Property of Green Roof Panel, Esri International User Conference 2010, Esri, San Diego(US), 2010.7.15, ポスター発表
  12. 菊池佐智子, 輿水肇, 浸水被害常襲地区における屋上緑化用貯排水ボードの雨水管理施設としての可能性, 日本建築学会大会, 日本建築学会, 富山大学(富山), 2010.9.9, 口頭発表
  13. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, Storm Water Runoff Simulation of Some Types of Green Roof Systems in Urban Area, World Green Roof Congress 2010 Mexico City, World Green Infrastructure Network, Mexico City(Mexico). 2010.10.8, 口頭発表
  14. 菊池佐智子, 輿水肇, 浸水被害常襲地区の空間特性に配慮した屋上緑化計画の検討, 地理情報システム学会大会, 地理除法システム学会, 立命館大学(京都), 2010.10.24, ポスター発表
  15. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIEM, Estimating Storm Water Reduction of Single-Family Residence with Green Roof Systems, 第12回日中韓国際ランドスケープ専門家会議, 日本造園学会, 横浜開港記念館(神奈川), 2010.10.30, ポスター発表
  16. 菊池佐智子, 輿水肇, 粗放型薄層屋上緑化用貯排水ボードの設置による地区内雨水流出抑制効果の試算, 全国共同利用研究発表大会, 東京大学空間情報科学研究センター, 東京大学(千葉), 2010.11.11, ポスター発表
  17. 菊池佐智子, 輿水肇, 貯排水ボードを有する屋上緑化パネルの降雨回数および降雨量と流出量の関係, 第7回環境研究発表会ポスターセッション, 環境情報科学センター, 日本大学会館(東京), 2010.11.24, ポスター発表
  18. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, Rainwater Retention Evaluation of Green Roof Drainage Layer, 8<sup>th</sup> Annual Green Roof & Wall Conference Vancouver, Green Roofs for Healthy Cities, Vancouver(Canada), 2010.12.2, ポスター発表
  19. 菊池佐智子, 輿水肇, Storm Water 対策に向けた実降雨パターンを用いた屋上緑化の流出シミュレーション, 特殊緑化技術に関する研究発表会, 都市緑化機構, 田島ルーフィング本社(東京), 2010.12.9, 口頭発表
  20. 菊池佐智子, 輿水肇, 土地利用形態に着目したピーク流量を低減させる屋上緑化適地の検討, 2011年度都市計画ポスターセッション, 日本都市計画学会, 東京大学(東京), 2011.5.27, ポスターセッション
  21. 菊池佐智子, 災害に強いまちづくりへの提案: 屋上緑化の雨水流出遅延・抑制効果の定量化, 東北大学生態適応グローバル COE セミナー, 東北大学(宮城), 2011.7.7, 口頭発表
  22. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, The Runoff Reduction on Green Roof Influence of Difference Characteristics, Esri International User Conference 2011.7.13, Esri, San Diego(US), 2011, 口頭発表
  23. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, A Comparison of Green Roof Systems with Conventional Roof for the Storm Water Runoff, International Conference 2011 on Spatial Planning and Sustainable Development(SPSD 2011), 2011.7.30, 口頭発表
  24. 菊池佐智子, 輿水肇, 降雨回数の異なる薄層屋上緑化パネル設置を想定した街区レベルの雨水流出シミュレーション, 日本建築学会大会, 日本建築学会, 早稲田大学(東京), 2011.8.25, 口頭発表
  25. KIKUCHI SACHIKO, KOSHIMIZU HAJIME, Runoff calculation on thin layer of a green roof on storm water runoff in simulated Tokai Torrential rain, UIA 2011, 東京国際フォーラム(東京), 2011.9.27, ポスター発表
  26. 菊池佐智子, 輿水肇, 粗放型薄層屋上緑化システムの雨水流出遅延効果の定量化, 平成23年度特殊緑化技術に関する研究発表会, 都市緑化機構, 田島ルーフィング会議室(東京), 2011.12.9, 口頭発表
6. 研究組織  
(1) 研究代表者  
菊池 佐智子 (KIKUCHI SACHIKO)  
東北大学・大学院生命科学研究所・助教  
研究者番号: 50409471