

# 雨水調整池における市街地面源負荷 削減効果向上策の提案

## IMPROVEMENT OF STORM-WATER RESERVOIRS FOR REDUCTION OF NON-POINT POLLUTION FROM URBAN AREA

佐藤和博<sup>1</sup>・二瓶泰雄<sup>2</sup>・坂井純<sup>3</sup>・重松真奈美<sup>4</sup>・大野二三男<sup>5</sup>

湯浅岳史<sup>6</sup>・上原浩<sup>6</sup>・東海林太郎<sup>7</sup>・小倉久子<sup>8</sup>

Kazuhiro SATO, Yasuo NIHEI, Jun SAKAI, Manami SHIGEMATSU, Fumio Ono,  
Takashi YUASA, Hiroshi UEHARA, Tarou SYOUJI and Hisako OGURA

<sup>1</sup>学生員 学 (工) 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻修士課程  
(〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

<sup>2</sup>正会員 博 (工) 東京理科大学准教授 理工学部土木工学科 (同上)

<sup>3</sup>非会員 学 (工) 千葉県県土整備部 (元東京理科大学学部生)

<sup>4</sup>非会員 東京理科大学学部生 理工学部土木工学科

<sup>5</sup>非会員 学 (工) 千葉県県土整備部河川環境課 (〒260-8667 千葉市中央区市場町1-1)

<sup>6</sup>正会員 修 (工) パシフィックコンサルタンツ(株) (〒163-6018 東京都新宿区西新宿6-8-1)

<sup>7</sup>非会員 学 (工) パシフィックコンサルタンツ(株) (同上)

<sup>8</sup>正会員 修 (理) 千葉県環境研究センター (〒261-0005 千葉市美浜区稲毛海岸3-5-1)

As a new measure for reduction of non-point pollution, we apply storm-water reservoirs in which basket mats are wholly and partially installed to improve flow patterns and increase residence time of particulate matter of non-point sources. To clarify the reduction effect of non-point sources using the improved storm-water reservoirs, we conducted field measurements on the bottom sediments in reservoirs located within the watershed of Lake Inba-numa. The measured results reveal that the improvement of the storm-water reservoirs may increase appreciably the trap effect of non-point pollution especially in the basket mats located near the inlet. These facts indicate that the partial improvements neat the inlets may be effective for the reduction of non-point sources in the whole watershed of Lake Inba-numa.

**Key Words** :non-point source, storm-water reservoir, urban area, Lake Inba-numa, nutrient

### 1. はじめに

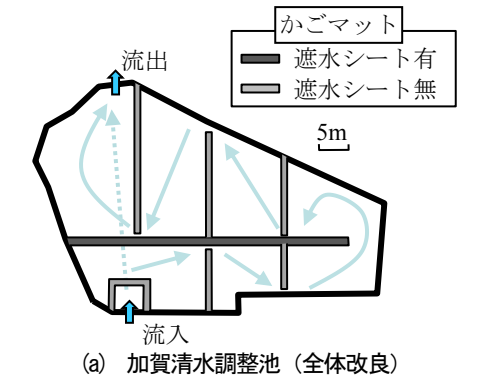
大都市域に隣接する内湾や湖沼では、富栄養化問題が未だ顕在化しており、流域全体の総合的水質改善対策が必須となっている<sup>1)</sup>。これまでに、下水道整備や工場排水規制等が実施され生活系・産業系負荷等の点源負荷は着実に削減されつつある。しかしながら、内湾や湖沼の水質環境は必ずしも改善されておらず、さらなる汚濁負荷削減のために点源負荷の余集合である「面源負荷」の対策を推進して行くことが強く求められている<sup>2)~4)</sup>。

面源負荷は、市街地や農地等の地表面に広く薄く堆積しているため、点源負荷と異なり効率的に収集するシステムは無く、面源負荷削減のための方法論が十分に確立されていない。これに加えて、都市開発の進展により、都市・市街地起源の面源負荷が顕在化しつつある<sup>3)</sup>。例えば富栄養化湖沼として名高い印旛沼では、市街地起源の面源負荷は増加しており、全負荷に占める割合はCOD

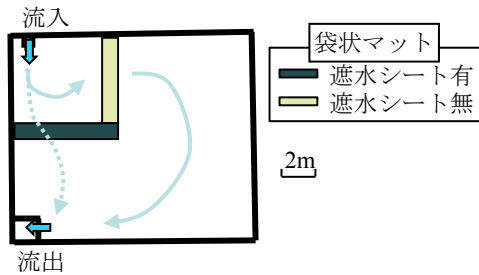
で50.4%、T-Nで24.1%、T-Pで23.2%と非常に大きい<sup>5)</sup>。

市街地起源の面源負荷対策として、本来治水目的で作られる雨水調整池の利活用が挙げられる。雨水調整池は、市街地から流出する雨水と共に汚濁物質を貯留・沈降させて面源負荷を削減することが可能であり、その一定の効果は検証されている<sup>6)・7)</sup>。しかしながら、雨水調整池は汚濁負荷対策を意図して設計されていないため、調整池内の流入口と流出口の配置が一直線になるなど負荷対策面から望ましくないものもある。このような場合には、滞留時間を増加させる簡易な工夫を施すことにより、雨水調整池の負荷削減効果のさらなる向上が期待される。

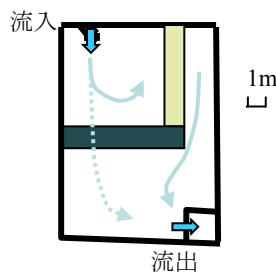
本研究では、護岸工事に用いられるかごマット等を利用して調整池内に流路を設け懸濁物質の滞留時間を長くする、という簡易な改良を施して、市街地起源の面源負荷削減効果向上の程度に関する現地実証実験を行う。ここでは、調整池全体にわたり流路を設ける案(以下、全体改良と呼ぶ)に加えて、コストと負荷削減効率を考慮



(a) 加賀清水調整池 (全体改良)



(b) 次郎丸第1調整池 (部分改良)



(c) 次郎丸第2調整池 (部分改良)

図-1 雨水調整池における改良案 (矢印の点線と実線は改良前と後において想定される流況パターンを示す)

して流入口付近にのみマットを設置する案 (以下、部分改良と呼ぶ) という2つの改良案を提示する。これらの改良効果を検証するために、市街地起源の面源負荷が顕著な印旛沼流域内の雨水調整池を観測対象サイトとし、全体改良を1箇所、部分改良を2箇所にて実施した。これらの調整池において、改良前後の堆砂量調査<sup>6)</sup>や流入・流出口におけるSS負荷量を計測し、改良前後における土砂・栄養塩 (窒素N, リンP) の負荷削減効果を比較し、改良による面源負荷削減効果がどの程度向上したかを検討する。さらに、これらの改良を印旛沼流域全体の雨水調整池に展開した場合における面源負荷の削減量を試算する。なお、本研究は、印旛沼・流域再生のために千葉県が取り組む「印旛沼水循環健全化計画」の「みためし行動」<sup>5)</sup>の一部として実施された。

## 2. 雨水調整池の改良案

### (1) 全体改良について

雨水調整池の改良を効果的に行うために、事前に印旛

表-1 調査対象の雨水調整池の概要

調整池名	供用開始	貯留量 [m <sup>3</sup> ]	底面積 [m <sup>2</sup> ]	集水面積 [km <sup>2</sup> ]	改良期間	改良案
加賀清水調整池	2000年9月	4894	1851	0.0294	2008年5月	全体改良
次郎丸第1調整池	1996年7月	506	176	0.0125	2009年10月	部分改良
次郎丸第2調整池	1996年7月	196	76	0.0125	2009年10月	部分改良

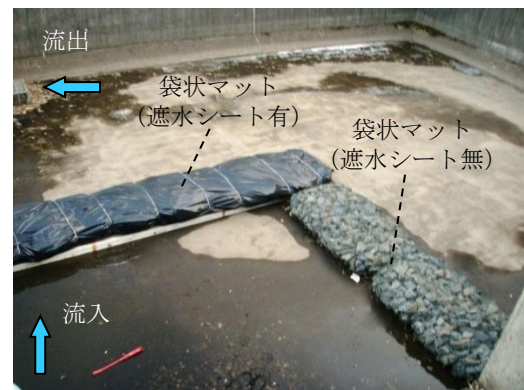


図-2 次郎丸第1調整池における改良後の様子

沼流域の雨水調整池 (合計 328 箇所) の特徴を整理した。その結果、雨水調整池の底面積は 100m<sup>2</sup>~10000m<sup>2</sup>と幅広く変化していること、流入口と流出口の配置が「一直線上」や「対角線上」にある場合が多いこと、常時水面を有する所があることなどが分かっている。雨水調整池では、底面積が大きいほど面源負荷削減量が大きくなるため<sup>6)</sup>、大規模調整池 (底面積 10000m<sup>2</sup>以上) よりも、小規模調整池 (同 100m<sup>2</sup>オーダー) や中規模調整池 (同 1000m<sup>2</sup>オーダー) の方が改良効果は得られやすい。

そこで改良対象とする雨水調整池として、まず千葉県佐倉市・加賀清水調整池を選定した。加賀清水調整池は底面積 1851m<sup>2</sup>の中規模サイズに相当し (表-1)、流入口の正面に流出口が存在する「一直線上」の流入・流出口の配置になっている (図-1 (a))。そのため、流入した汚濁物質はそのまま流出口に到達する恐れがあり、汚濁物質の滞留時間の面から望ましい流入・流出口の配置とは言えない。そこで加賀清水調整池に全体改良を施すために、同図に示すように、中央部に遮水シートで囲まれたかごマットを設置し、流入口付近では遮水シート無しのかごマットをコの字状に、その他の場所では流路が蛇行するようにかごマット (遮水シート無し) を配置した。工事期間は2008年4月21日~5月20日である。このかごマットの幅は1mであり、高さは調整池の死水容量に相当する0.30mである。遮水シートが無い場合、かごマット内の詰石の隙間を水は移動し得るが、かごマットの流体抵抗が大きいため、流入口付近では水が十分長く滞留することが期待できる。また、水位がかごマット高さを越える場合は、かごマットの配置が調整池内の流況に与

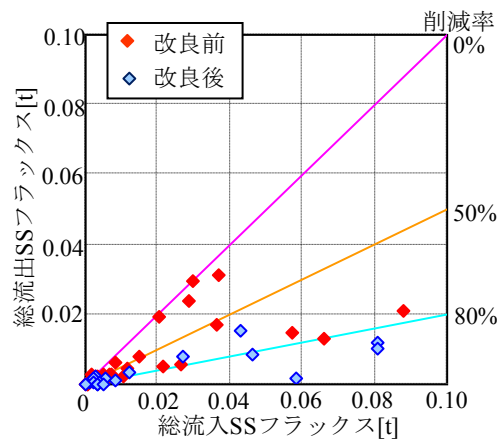
える影響は小さい。しかしながら、市街地面源負荷において卓越する降雨初期のファーストフラッシュ現象<sup>8)</sup>を想定すると、降雨初期には調整池内水位が低く、かごマットの影響を受けて滞留時間がより長くなるため、大きな負荷削減効果が期待できる。

## (2) 部分改良について

後述する改良後における加賀清水調整池の堆砂状況より、流入口付近において汚濁物質トラップ効果が高いことが判明している。また、この改良を印旛沼流域全体の調整池に展開することを考慮すると、改良コストを減らし、設置作業も容易であることが望ましい。そこで、流入口のみを囲うように根固め工等に用いられる袋状マット（フィルターユニット）を配置することにより、汚濁物質の沈降促進とコスト面、設置作業面に配慮した部分改良を実施する。対象サイトは、**図-1 (b)**、**(c)**に示すように、千葉県佐倉市の次郎丸第1調整池と次郎丸第2調整池である。**表-1**に示すように、これらの調整池の底面積は100m<sup>2</sup>程度と小規模タイプに相当し、流入口と流出口の配置は次郎丸第一調整池では「一直線上」、次郎丸第二調整池では「対角線上」にある。この部分改良としては、流入口付近を囲うように「L型」に袋状マットを配置し、遮水シートの有無を組み合わせて流路を形成している。ここでの袋状マットの高さも、調整池の死水容量に合わせて30cmとしている。工事日は2009年10月26日～11月4日であり、設置後の様子を**図-2**に示す。

## 3. 現地調査方法

雨水調整池の負荷削減効果を把握するために、調整池全体の堆砂量調査を行った。ここでは、調整池底面に長方形の木枠（38cm×30cm）を置き、木枠内に堆積している土砂を採取する。採取した土砂を乾燥させて質量を計測し、それを木枠の面積で除し単位面積当たりの乾燥質量を求め、調整池内に堆積している堆砂量分布や堆砂速度（＝堆砂量／供用年数）を算出する。また、採取した土砂の粒径分布や窒素N、リンP含有量も計測し、それに堆砂速度を掛けて粒径別堆砂速度や窒素・リン堆積速度も算定する。全調整池にて改良前に1回、改良後に2回の調査を行った。調査日と地点数としては、加賀清水調整池では改良前（2006年12月14日）は100地点、改良後（2008年12月12日と2009年11月9日）は80地点、次郎丸第1・第2調整池では改良前（2009年8月14日）は49地点、改良後1回目（2010年1月19日）は25地点、2回目（2010年7月22日）は30地点である。分析方法としては、粒径にはレーザー回折式粒度分析測定装置（SALD-3100、株式会社島津製作所製）、NやPにはオートアナライザー（swAAt、ビーエルテック（株）製）を用いた。これに加え、自記式測器による流入・流出口のSS負荷調査を加賀清水調整池にて行った。流入口には流量計（断



**図-3** 改良前後における各降雨イベントの総流入・流出SS負荷量の比較（加賀清水調整池、全体改良）

面流速流量モジュール、Teledyne ISCO製）と光学式濁度計（Compact-CLW、JFEアドバンテック（株）製）、流出口には光学式濁度計（設置期間：2007年8月～2009年3月）を各々設置した。別途観測したファーストフラッシュを含む降雨イベント時における濁度とSSの相関関係を算出し、降雨時の流入・流出SS負荷量を計算し、雨水調整池における負荷削減率等を算定する。また、全調整池内に小型水位計を設置し調整池内の水位連続観測も行った。

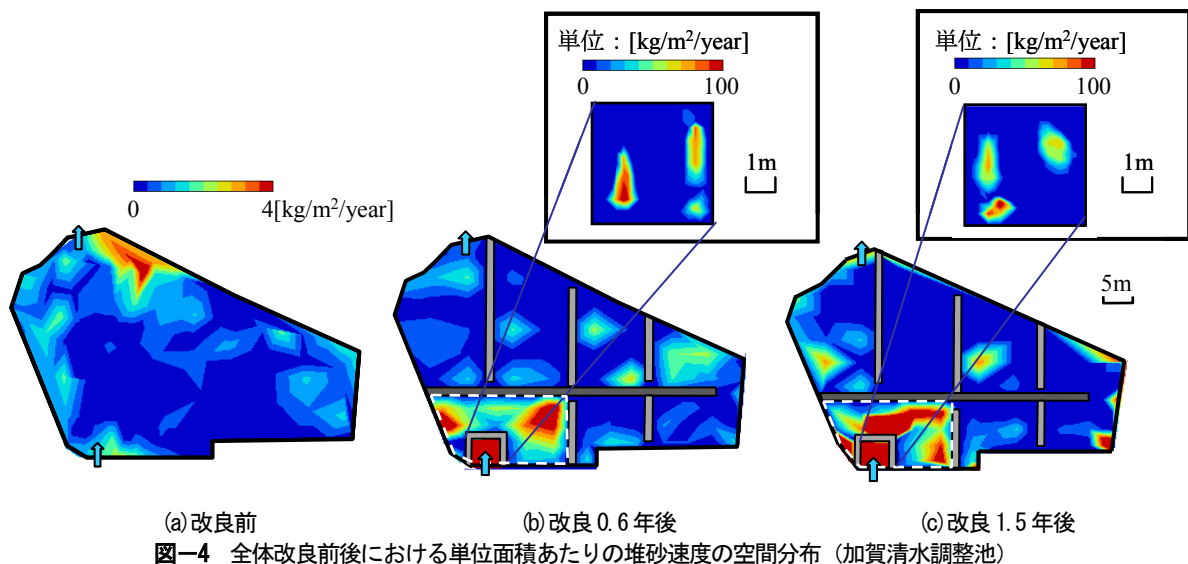
## 4. 結果と考察

### (1) 流入・流出SS負荷量の比較

まず、全体改良を行った加賀清水調整池において実施された流入・流出SS負荷量調査結果に基づいて、改良前後において、各降雨イベント時の総流入・流出SS負荷量の相関関係を**図-3**に示す。ここで対象とする降雨イベントは、改良前では2007年8月～2008年4月における31イベント、改良後では2008年5月～10月までの22イベントである。また、図中の削減率とは、雨水調整池に流入する総SS負荷量が流出せずに調整池内に留まる割合（＝1－総流出負荷量／総流入負荷量）を示している。これより、改良前における削減率は大きくバラツキがあるもののおよそ50%前後となっており、改良をしなくても雨水調整池の面源負荷削減機能がある程度備わっている<sup>7)</sup>。それに対して、改良後では削減率は80～90%まで上昇していることが分かる。このように、簡易流路設置という改良案により雨水調整池の負荷削減効果が明確に向上していることが明らかとなった。

### (2) 調整池内における堆砂速度の空間分布

上記の改良により雨水調整池の面源負荷削減効果が向上した様子を詳細に把握するために、調整池内における単位面積当たりの堆砂速度の空間コンターを**図-4**に示す。ここでは、全体改良を行った加賀清水調整池について、改良前と改良0.6年後（1回目）と1.5年後（2回目）の調



査結果を表示する。また、改良後では、流入口付近に極めて特徴的な堆砂状況が確認されたので、流入口付近のみをクローズアップしたコンター図も図示する。

これより、改良前では、流出口付近にて堆砂速度が大きいものの、その他のエリアでは全般的に小さい。それに対して、改良 0.6 年後においては、流入口付近の点線で囲まれたエリアで堆砂速度が卓越しており、特にコの字型に設置されたかごマット内側では、最大 110 kg/m<sup>2</sup>/year という突出した堆砂速度となるなど集中的に土砂が堆積している。これは、流入口付近に設置されたコの字型かごマットが、調整池に流入する雨水の流速を大幅に弱めつつ流入口付近に雨水を一時的に貯留させて、一種の沈砂池の役割を果たしているためである。その後の改良 1.5 年後では、流入口付近の点線で囲まれた範囲の堆砂速度が卓越している、というのは改良 0.6 年後の結果と変わらないが、その点線内では変化が見られる。すなわち、流入口を囲むコの字型かごマット内側における堆砂速度が減少しているが、その外側ではやや増加している。これは、マット内側の堆積土砂が侵食されて、その外側に侵食土砂の一部が堆積したものと考えられる。点線で囲まれた範囲は流入口をかごマットで二重で囲んだものと見なすことができることから、加賀清水調整池のような中規模調整池では、流入口を囲うかごマットを一重よりも二重にした方が面源負荷削減効果をより発揮している。

次に、部分改良を施した次郎丸第 1・第 2 調整池における単位面積当たりの堆砂速度マップを図-5 に示す。ここでは、改良前と改良 0.7 年後 (2 回目) の結果を表示している。これより、改良前においては、次郎丸第 1 調整池における堆砂速度は全般的に小さいのに対して、次郎丸第 2 調整池では中央部や流出口付近にて堆砂速度が相対的に大きい。これは、流入口と流出口の配置関係が次郎丸第 1 調整池では「一直線上」にあるため流入した懸濁物質がそのまま流出口に到達しやすいのに対して、次郎丸第 2 調整池では「対角線上」にあるため循環流が形成

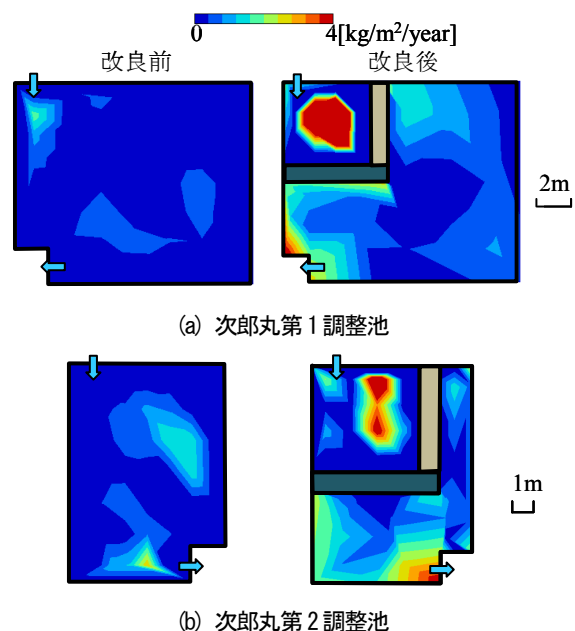


図-5 部分改良前後における単位面積あたりの堆砂速度マップの比較 (改良後は 2 回目の調査結果を採用)

され滞留時間が相対的に長くなるためである。それに対して、改良 0.7 年後では、両調整池ともに、流入口付近の L 型の袋状マット内側に多量の土砂が堆積している。これも袋状マットにより流入雨水の滞留時間が増加したためである。加賀清水調整池の結果と合わせて、流入口付近の汚濁物質トラップ効果は高く、流入口付近のみの部分改良だけでも面源負荷削減効果が促進されていることが分かる。また、袋状マットの外側の領域においても、単位面積当たりの堆砂速度が増加している。これは、袋状マット設置により流入雨水の流速レベルが著しく低下するため、マット内側のみならず外側においても流況パターンが大きく変化するため、マット外側でも堆砂が促進されたものと考えられる。

### (3) 改良前後における土砂・栄養塩削減効果の比較

このような全体・部分改良により雨水調整池の負荷削減効果がどの程度向上したのかを定量的に評価するために、改良前後における調整池全体の土砂堆積速度（＝総土砂堆積量／供用年数）と窒素・リン堆積速度（＝窒素・リン総堆積量／供用年数）を図-6に示す。改良後については、2回の調査結果を対象とし、流入口付近とその他のエリアで色分けしている。この流入口付近については、マットを一重で囲んでいるエリア（流入口①）と二重で囲んでいるエリアから一重の部分を引きいたエリア（流入口②）に分けており、次郎丸第1・第2調整池では流入口①のみ、図-4(b)中の点線で囲われた範囲を流入口付近とする加賀清水調整池ではコの字型マット内側を流入口①とその外側を流入口②としている。また、供用年数としては、改良前では供用開始から調査日までの期間を、改良後では改良工事から調査日までの期間をそれぞれ与えている。なお、加賀清水調整池の堆積速度は他の調整池よりも突出しているため、1/10倍して表示している。

これより、どの調整池においても改良前よりも改良後の方が各堆積速度は増加している。具体的には、改良後と改良前の各堆積速度の比は、全体改良を行った加賀清水調整池では1.8倍～3.1倍、部分改良を行った次郎丸第1、第2調整池では2.8倍～11倍になっており、改良による面源負荷削減効果は大幅に増加していることが分かる。改良後における各堆積速度の増加には、対象面積が小さい流入口付近の寄与が大きく、流入口付近のみの堆積速度は改良前の全体の値と比べて同程度か上回っていることが分かる。また、加賀清水調整池では、改良後の流入口①のみでは改良前の全体の値よりも小さいが、流入口①と②を合わせた結果は、前述したように、改良前の結果を上回っている。

以上より、全体・部分改良により、雨水調整池が有する面源負荷削減効果は明確に向上し、それには流入口付近を囲うマットの配置が有効であることが示された。さらに、流入口付近におけるマットの配置には、次郎丸第1、第2調整池のような小規模調整池では一重の囲みで十分であるが、加賀清水調整池のような中規模調整池では一重よりも二重の囲みの方が有効であることが示された。これらの結果と建設コスト面を合わせて考慮すると、流域全体の調整池に展開する際には、流入口付近のみの部分改良が有効であり、調整池規模に合わせてマットの囲みを一重か二重にすれば良いと考えられる。なお、改良後の1回目と2回目の結果を比べると、一部の結果では2回目の結果の方が1回目よりも小さくなるものが見られる。これは調整池内にトラップされた懸濁態物質が降雨イベント時に再懸濁させられたためである。今後、改良効果を維持する上では、流入口付近における堆積土砂の除去を定期的に行う必要があるが、その頻度や方法などの維持管理方法について今後の検討課題である。

#### (4) 改良が調整池の治水面に及ぼす影響

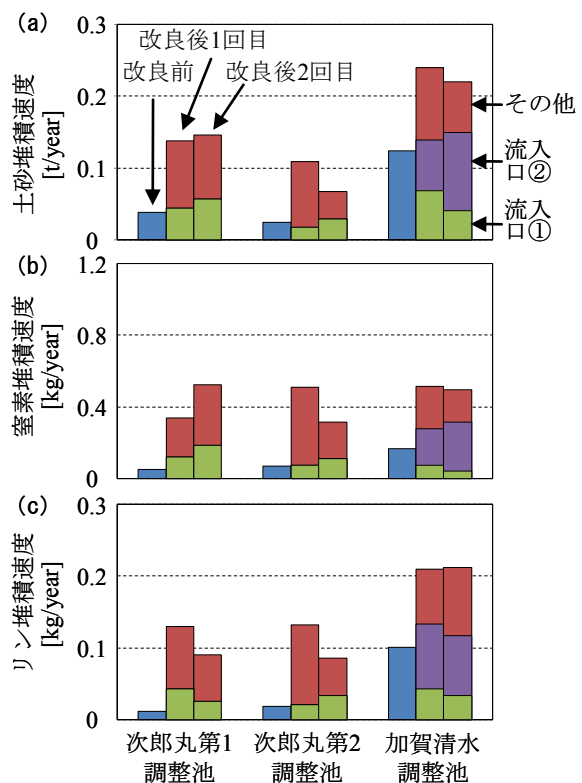


図-6 土砂(a)・窒素(b)・リン(c)の堆積速度に関する改良前後の比較（加賀清水調整池の結果は1/10倍して示す。改良後における流入口①はマットを一重で囲んでいるエリア、流入口②は二重で囲んでいるエリアから一重の部分を引きいたエリアの結果である）

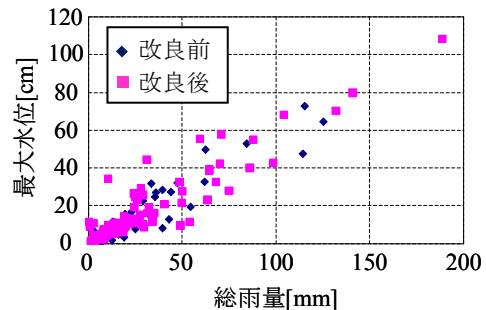


図-7 降雨イベント時における総雨量と最大水位の比較（加賀清水調整池）

本改良が雨水調整池の治水機能に及ぼす影響を確認するために、各降雨イベントの総雨量と調整池内の最大水位の相関関係を改良前後で比較したものを図-7に示す。ここでは、水位データが十分にあった加賀清水調整池を対象とする。これより、総雨量とともに最大水位が増加する様子は改良前後で概ね一致していることが分かる。同様な結果は、次郎丸第1・第2調整池においても確認されている。以上より、かごもしくは袋状マット設置を設置しても、本論文の程度の改良で死水容量までの高さならば、改良前の雨水調整池が有していた治水機能には影響を与えないことが明らかとなった

#### (5) 改良案を流域展開した場合のN・P削減量の試算

**表-2 本改良案を流域展開した場合の窒素 N・リン P 削減量 (単位: [t/year])**

		全調整池の 負荷削減量A	流域からの 面源負荷B	削減量 A/B[%]
N	流域展開前	0.294	16.85	1.7
	流域展開後	1.294		7.7
P	流域展開前	0.106	1.82	5.8
	流域展開後	0.426		23.4

本論文で検討した改良案を印旛沼流域全体に展開したときの窒素 N・リン P の削減量を試算する。改良案としては、前述したように、流入口付近をマットで囲う部分改良であり、小規模調整池では一重の囲い、中規模調整池では二重の囲いとする。対象となる中小規模の雨水調整池は 328 箇所中 253 箇所存在し、改良前の調整池が有する N・P 削減量は、底面積と N・P 堆積速度の相関式から算出する<sup>9)</sup>。改良後に関しては、小規模調整池では次郎丸第 1・第 2 調整池、中規模調整池では加賀清水調整池の調査結果をそれぞれ用いて改良効果を反映させる。ここでは、流入口付近とその他のエリアにおける単位面積当たりの N・P 堆積速度の観測結果を集水面積で除した値を求め、それに対象とする調整池の底面積と集水面積を掛けたものを改良後の N・P 削減量としている。

このようにして試算された、本改良案の流域展開前後における N・P 削減量を表-2 に示す。表中には、対象とする雨水調整池がカバーする流域 (印旛沼流域全体の面積の 3.8%) から印旛沼に流入する面源負荷量も合わせて表示する。これより、改良案を流域展開しない現状の場合では、253 の調整池で N は年間約 0.29t、リンは約 0.11t の削減量であるが、流域展開後には、N では 1.29t、P では 0.43t となっている。流域展開後と前の比率は N、P それぞれ 4.3 倍、4.0 倍となっており、大幅に面源負荷削減量が増加していることが分かる。以上のことから、本改良案の流域展開により市街地起源の面源負荷は十分削減し得ることが示唆された。

## 5. おわりに

本研究では、雨水調整池の面源負荷削減効果を向上させるために、かごマット等を利用して調整池内に流路を設け懸濁物質の滞留時間を長くする、という簡易な改良を施して、その効果に関する現地実証実験を行った。得られた主な結論は以下の通りである。

- 1) 調整池内の堆砂量調査や流入・流出 SS 負荷量調査により、全体及び部分改良は雨水調整池の負荷削減効果を明確に向上させること、それには流入口付近を囲うマットの配置が有効であることが示された。また、改良による治水面への影響はほぼないことが明らかとなった。
- 2) 流入口付近におけるマットの配置については、次郎丸第 1、第 2 調整池のような小規模調整池では一重の囲み

で十分であるが、加賀清水調整池のような中規模調整池では一重よりも二重の囲みの方が有効である。

3) 以上の結果と建設コストを考慮して、流入口付近のみの部分改良が有効であり、小規模・中規模調整池における流入口のマットの囲みをそれぞれ一重、二重とする。

4) 中小規模の雨水調整池に対して上記の部分改良案を流域展開した場合を試算した結果、窒素・リン削減量は年間 1.29t、0.43t となり、現状の流域展開前の約 4 倍となった。それより、本改良案の流域展開により市街地起源の面源負荷を削減し得る一つの有効な対策になることが示唆された。

なお、本改良案を今後流域展開する上では、改良効果の継続年数やメンテナンスの頻度・労力が極めて重要である。本研究の検討範囲では、数年程度はメンテナンスしなくても負荷削減効果は維持できているが、10 年スケールでは不明であり、今後継続して検討する予定である。

**謝辞:** 本研究は、千葉県による「印旛沼流域水循環健全化行動計画」の「みためし行動」の一つである「市街地・雨水浸透系 WG」の一部として行われている。本 WG の座長である増田学園常務理事・堀田和弘先生をはじめとする WG のメンバーの方々には有益なご助言を頂いた。また、現地観測実施に際しては千葉県佐倉市に様々なご協力を頂いた。東京理科大学理工学部土木工学科水理研究室学生諸氏には現地観測作業に対して多大なる御助力を頂いた。本研究の一部は、下水道振興基金研究助成金 (研究代表者: 二瓶泰雄) によるものである。ここに記して深甚なる謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 山田淳: 面源負荷—その現状と課題—, 環境技術, Vol.29, No.7, pp.496-501, 2000.
- 2) 和田彦彦: ノンポイント汚染源のモデル解析, 技報堂出版, pp.1-214, 1990.
- 3) 古米弘明: 都市域の雨天時汚濁負荷流出解析の現状と課題, 水環境学会誌, Vol.25, No.9, pp.524-528, 2002.
- 4) 山田淳: ノンポイント汚染—科学から政策へ—, 水環境学会誌, Vol.29, No.11, 665p., 2006.
- 5) 千葉県: 印旛沼流域水循環健全化計画会議 第 17 回委員会資料, 2010.
- 6) Y. Nihei, Y. Miyako and H. Uehara: Study on reduction of non-point sources in storm-water reservoirs, IWA DIPCON (12th International Conference on Integrated Diffuse Pollution Management), 2008 (CD-ROM, 7pages).
- 7) 二瓶泰雄, 市原翔平, 吉田拓司, 宮子雄太, 林薫, 上原浩, 東海林太郎, 湯浅岳史: 印旛沼の水環境再生を目的とした市街地流域対策に関する総合的検討, 水工学論文集, Vol.53, pp.1093-1098, 2009.
- 8) 海老瀬潜一: 汚濁物質の降雨時流出特性と流出負荷量, 水質汚濁研究, Vol.8, No.8, pp.31-36, 1985.
- 9) 二瓶泰雄, 雨水調整池における市街地面源負荷削減効果, 水循環 貯留と浸透, vol.75, pp.11-15, 2010.

(2010. 9. 30 受付)