

## 河川におけるスカムの発生に関する研究 (その3) ——降雨後のたい積状況変化について——

山崎正夫 津久井公昭

### 要 旨

たびたびスカムの発生が見られる、神田川の白鳥橋～隆慶橋において、降雨前後における河川底質の性状を調査した。その結果、降雨の翌日の底泥表層部分は、スカムと同程度の含水率や強熱減量を示した。この事実から、スカムとして浮上する懸濁成分は、降雨時に河川へ供給されることが判明した。

一方、河川底からの発生ガスを捕集して組成を調べたところ、メタンと窒素が分析され、スカムを浮上させる主なガス成分はこの2者であることがわかった。室内実験ではこの他に二酸化炭素も分析されたが、これは実際の河川においては水中に溶解してしまったものと考えられた。

また、これまでの調査結果も合せ、スカムの発生メカニズム及び発生予測について考察した。

### 1 はじめに

これまでの報告で、スカムは河川底にたい積した有機性の懸濁物質が、嫌気性分解による発生ガスがもたらす浮力により水面に浮上したものであること、及び潜水調査により、河川底泥のたい積物中には、繊維状物質や生活系のゴミが多く、不均一にたい積しており、これらは降雨時に余水吐きなどから供給されたと考えられることなどを明らかにした。<sup>1, 2)</sup>

今回は、神田川でスカムがたびたび発生する地点において、スカムとして浮上する懸濁成分が、実際に降雨時に供給されるのかを確認するため、降雨前後における底質変化について調査した結果、及びスカムを浮上させるガス成分の分析結果を報告する。

### 2 調査地点及び調査方法

調査地点は、神田川で最も頻繁にスカムの発生が見られる白鳥橋から隆慶橋までの次の3地点とした。St.1: 白鳥橋直下; St.2: 白鳥橋と隆慶橋の中間地点; St.3: 隆慶橋直下 (図1参照)。

平成3年11月26日、11月29日、12月4日、及び12月10日に、船で現地に行き、コアサンプラーにより底泥を採取した。コアサンプラーによる採取が困難な場合は、エックマンバージ採泥器を使用した。

コアサンプラーで採取した底泥試料は、5 cmごとに切断した後、また、エックマンバージ採泥器で採取した試料はそのまま、それぞれ2 mmメッシュのフルイで夾雑物を除去し、遠心分離機 (3000 rpm, 20 min) で処理して

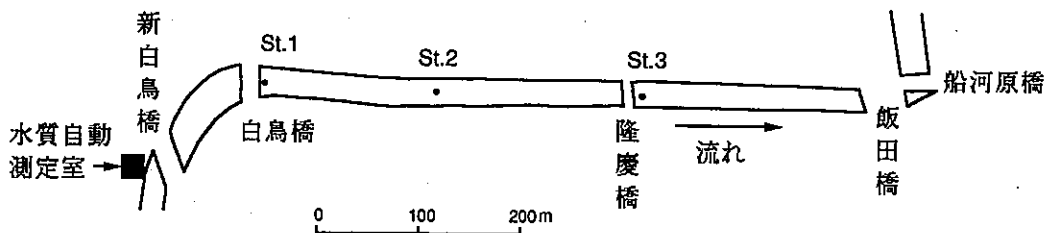


図1 神田川底泥調査地点

湿試料とした。この湿試料について乾燥減量及び強熱減量を測定した。

降雨は11月28日にあり、この日、千代田区が神田川源水橋、及び高田橋直下に位置する終末処理場排水口において、プランクトンネットを用いて採取した懸濁物についても測定を行った。また、12月4日には陸奥橋付近でスカムが浮遊しており、これについても採取し測定を行った。

一方、スカムを浮上させる要因の一つである、底泥中で発生するガスの組成を検討するため、口径30cmのポリエチレン製ロートを水面に被せて発生ガスを集め、吸引ポンプでテドラバッグに捕集した。また、白鳥橋の直下でエックマンバジ採泥器で底泥を採取し、夾雑物を除いた後ガラス容器に移し、気層を窒素ガスで置換して密栓した。これを25℃の恒温室に静置し、発生ガスをガスシンジで採取した。これらのガスについて、TCD付ガスクロマトグラフを用いて組成を分析した。測定条件は次のとおりである。

- ガスクロマトグラフ： 島津 GC-14A
- 検出器： 熱伝導度検出器 (TCD)
- 充てん剤： Unibeads C 80/100 mesh, 3mm φ × 2m
- カラム温度： 120℃； 検出器温度： 140℃
- 注入口温度： 140℃； 検出器電流： 100mA
- キャリアガス： ヘリウム 2 kg/cm<sup>2</sup>

### 3 結果と考察

#### (1) 降雨前後における底質の変化

この調査期間前後における、気象庁のアメダスデータ(大手町)、及び東京都環境保全局水質保全全部の水質連続測定結果(神田川新白鳥橋)のうちCODと濁度を、図2に示す。この図から、11月28日の降雨は次のような内容であったことがわかる。

- ①この降雨は、11月8日以来のもので、3週間に渡って降雨はなかった。
- ②この降雨は、早朝5時から夜9時まで断続的に降り続き、1時間当たり最大11mm、総雨量65mmであった。

11月8日と11月28日のCODと濁度のデータを比較してみると、濁度のピークはほとんど変わらないのに対し、CODは11月28日の降雨時の方が大きなピークとなっている。したがって、11月28日の降雨では、神田川に流入した懸濁成分中の有機物の含有量が多かったものと推定

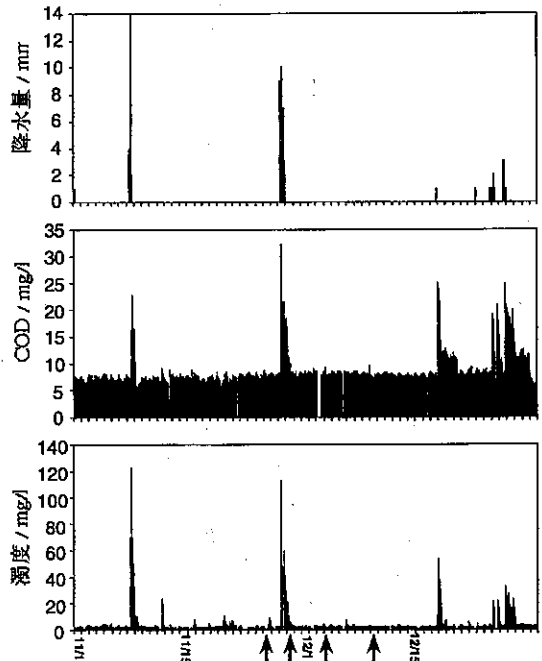


図2 降水量と神田川水質との関係 (矢印は調査日を示す)

される。

なお、降雨当日の11月28日午前10時頃、この調査域の約3km上流にある高戸橋たもとの余水吐きから、泥水のような褐色の濁水が神田川に流入するのが確認された。神田川そのものも完全に濁っており、水面には植物の葉の他、生理用品などの生活系のゴミも多数浮遊していたことから、高戸橋で見られたのと同様な濁水が、他の多数の余水吐きからも流入していたものと推定される。

降雨前後に採取した底泥試料の、深さごとの乾燥減量及び強熱減量の分析結果を表1に示す。表1には、この他、現場で採取されたスカムの分析結果、及び降雨当日にプランクトンネットで採取された懸濁物の分析結果も示した。

降雨2日前の11月26日と降雨翌日である11月29日の分析結果を比較すると、降雨により、含水率及び強熱減量の高い物質が河川底表面にたい積したことが分る。ただし、採取地点によりこの様な層の厚みにはバラツキが見られる。しかし、このような含水率及び強熱減量の高い層は、降雨6日後にはどの地点についても見られず、降

表1 降雨前後における底質の性状

調査日	調査地点	深さ (cm)	含水率 (%)	強熱減量 (%)
91.11.26	St.1	0-5	33.8	4.0
		5-10	25.8	2.0
	St.2	0-5	36.1	5.7
		5-10	29.2	3.0
	St.3	0-5	30.4	3.2
		5-10	36.8	5.2
91.11.29	St.1	0-1	37.6	6.1
		1-5	31.3	3.2
		5-10	25.5	1.8
	St.2	0-1	83.4	31.4
		1-5	37.2	6.3
		5-10	42.7	9.1
	St.2	0-2	79.6	40.9
		2-4	72.8	33.7
		4-10	58.8	10.1
		10-15	32.9	4.5
	St.3	0-1	77.9	26.6
		1-5	35.6	6.1
5-10		37.3	5.5	
91.12.04	St.1	0-5	32.8	5.1
		5-10	28.3	2.7
	St.2	0-5	40.7	8.7
		5-10	49.9	13.7
		10-15	38.4	7.9
	St.3	0-5	39.9	8.1
5-10		30.4	4.7	
10-15		39.5	8.5	
91.12.10	St.1	0-5	30.5	3.4
		5-10	29.8	3.4
	St.2	イッタン	41.7	8.3
St.3	イッタン	39.5	8.1	
91.12.04	隆慶橋(スカム)		70.9	39.6
91.11.28	神田川源水橋(SS)		88.7	69.2
91.11.28	処理場排水口(SS)		88.1	92.8

雨前の状態とほとんど同じになっていることが分かる。

降雨から6日後に見られたスカム発生日の12月4日の表層底泥は、現場で採取したスカムの値に比べ含水率、強熱減量が共に小さい値となっている。原因の詳細は不明であるが、可能性として、採取地点では既に表層部分

から含水率や強熱減量の高い成分は、スカムとして除去されており、当日採取されたスカムはこの地点から離れたところから流れてきたものである、などが考えられる。

降雨当日の神田川及び終末処理場排水口で採取された懸濁物は、スカムよりもはるかに強熱減量が高くなっている。採取された懸濁物はプランクトンネットに捉えられたもので、細かな砂泥はほとんど含まれておらず、全体として、洗濯排水中に見られるような、綿クズ状であった。スカムには少なからず砂泥が含まれているため、このような強熱減量(有機物濃度)の差となって表われたものと考えられる。

以上のように、降雨当日の水中のCODや降雨翌日の底泥表層部分の強熱減量が顕著に高かったこと、及び前報にも示したとおり表層底泥中には生活起源と考えられる混入物が非常に多いことなどから、スカムとして浮上する有機物含量の高い成分は、間違いなく下水管に沈積していた生活排水中の懸濁成分などが降雨によって一挙に洗い流され、余水吐きを通じて神田川にもたらされたものと判断される。

(2) 発生ガスの組成

神田川でスカムの発生する地点では、河川底から連続的に気泡が発生している。隆慶橋(St.2)付近で採取したガスを分析したところ、約85%が窒素で、残りはメタンであることが分かった。炭酸ガスは全く検出されなかった。

一方、白鳥橋直下で採取した底泥を25℃で静置した際に発生したガスの組成は、経過日数によって変化した。2週間後では、窒素が25%、メタンが57%、炭酸ガスが18%であった。

現場で採取したガス中には炭酸ガスが検出されなかったのは、恐らく水に溶解したためと考えられる。室内実験では、水の交換が行われなかったため、溶けきらずに検出されたのであろう。したがって、河川の底泥中に発生するガスの主なものは、窒素、メタン、炭酸ガスで、これらのうち、スカムの浮上に寄与しているのは、窒素とメタンであると判断される。

4 スカムの発生機構

今回得られた結果と、前回までの結果を総合すると、スカムの発生機構は図3のようになると考えられる。各工程は、次のように説明される。

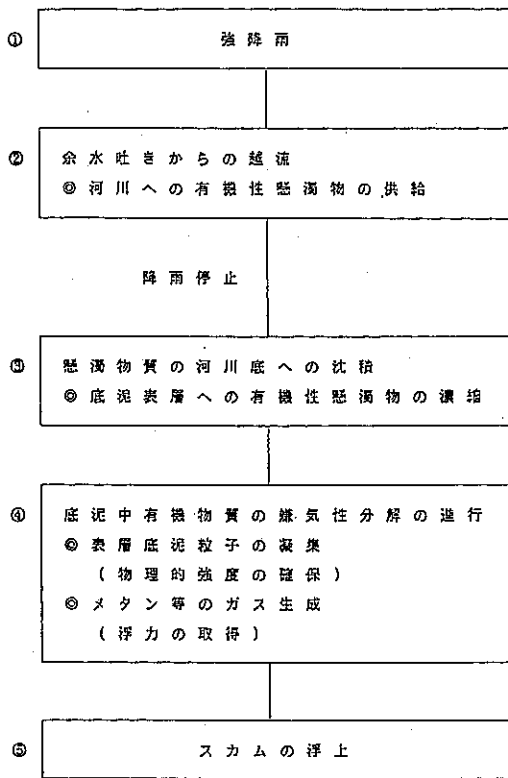


図3 スカムの発生メカニズム

- ① 余水吐きからの越流を引起こす、強い降雨
- ② 雨天時越流水中の有機性懸濁物の河川への流入  
ただし、越流を伴う降雨前に、下水管に有機性懸濁物が蓄積するために必要な無降雨期間が短い場合は、当然ながら河川に供給される有機性懸濁物量は少なくなると考えられる。
- ③ 雨天時越流水により河川に供給された有機性懸濁物の河川底への沈積  
余水吐きを通じて河川に流入する越流水中には、有機性懸濁物以外にも、土砂などの無機性懸濁物も多く含まれる。これらが河川に流入した場合、比重の重い無機性懸濁物は速やかに沈降するが、土砂などに比べ比重の軽い有機性懸濁物は沈降は遅く、したがって底泥の表層部分への有機性懸濁物の濃縮が起こる。
- ④ 河川底表層に沈積した有機性懸濁物中における微生物作用（嫌気性分解）による懸濁粒子の凝集（スカムという塊として浮上できるための強度の獲得）、及びメタ

ン、窒素の発生（浮力の付与）

神田川を始めとする多くの都内中小河川の感潮域では、常にガスの発生が見られ、そのガス組成の分析結果からも、明らかに底泥中で嫌気性分解が起っていることがわかる。ガス発生は、微生物作用によるものであるが、一般にこれら微生物は、主として多糖類からなる細胞外ポリマーを生成し、吸着物への橋かけを時間と共に強固にすると言われている<sup>3)</sup>。底泥表層部分に沈積した有機性懸濁物が、直径数 cm から数10cmもの大きさを持つ塊として浮上するための強度は、このような微生物の作り出す吸着力による凝集と、もともと含まれている糸状藻類や紙起源と思われる繊維状物質などの物理的な絡まりあいによるものと考えられる。特に前者は、浮力を得るためのガスを、確実に保持する効果を持つと考えられる。

なお、塩水くさびの存在による底泥表層への水中溶存酸素の補給の遮断、すなわち嫌気的条件の維持もメタンなど、スカム浮上を促すガス成分の生成に大きく寄与しているものと考えられる。

#### ⑤ スカムの浮上

①から④のプロセスを経て、スカムが水面に浮上してくる。スカム原因物質の供給を断つためには、合流式下水管を分流式に変更するなどの大規模な処置を要するため、スカムの発生を根本的に防止することは、現時点では極めて困難である。

しかし、スカムの発生（浮上）は経験的に降雨数日後に見られることなどからも、これを予測することはある程度可能と考えられる。もし、スカムの発生予測ができれば、水面への散水などによりスカムを再び沈降させ、少なくとも水面からは除去することができる。しかし、降雨が頻繁に続いたり、数日に渡るような長時間の降雨のあった場合には、有機物の豊富な懸濁成分がすっかり洗い流されるためか、スカムの生成が見られないこともある。したがって、スカムの発生を精度よく予測するためには、降雨量、降雨時間、注目する降雨前後における降雨頻度などと、スカムの発生との詳細な関係を明らかにする必要があると考えられる。このためには、アメダスデータ、水質連続測定データ、及びスカムの発生状況の記録が欠かせないが、前2者は比較的容易にデータを手に入れることが可能である。一番問題なのは、スカム発生状況の把握である。現在、千代田区により神田川の

白鳥橋他において、スカムの常時観測が行われているが、1日1回の観測で、しかも観測者の都合などで未観測の日も多いなど、若干の問題がある。また、スカムは水の流れや風に身を任せて浮遊していることから、観測した時点で見られたスカムが、いつどこで生成、浮上したものはかなりあいまいである。実際、平成3年度（4～8月）におけるスカムの常時観測結果とアメダスデータとの照合を試みたが、明確な関連性は見出せなかった。しかし、ビデオなどを利用することにより、スカム発生状況を綿密に把握できる可能性がある。これらのデータが全て整い、降雨とスカム発生との関係が明らかになることができれば、スカム発生日の予測は、十分可能性があるものと期待される。

終りに、調査に協力していただいた、千代田区及び文京区の関係各位に深く感謝する。

なお、アメダス及び水質連続測定データは、当所水質

部の安藤晴夫研究員により大型コンピュータから抽出されたものである。

#### 参考文献

- 1) 山崎正夫, 津久井公昭: 河川におけるスカムの発生に関する研究(その1) スカムの起源に関する研究, 東京都環境科学研究所年報1991, p.174-179.
- 2) 山崎正夫, 津久井公昭: 河川におけるスカムの発生に関する研究(その2) 神田川白鳥橋～飯田橋間のたい積状況調査結果, 東京都環境科学研究所年報1991-2, p.182-184.
- 3) 森崎久雄, 服部黎子: 界面と微生物, 学会出版センター, p.30 (1986).
- 4) 千代田区他: 神田川水系スカム対策専門部会資料, 平成4年2月など.

---

### Study on the Production of Scum in River (3)

#### --- Change in the Sediment Characteristics by a Rainfall ---

Masao Yamazaki and Takaaki Tsukui

#### (Abstract)

The characteristics of sediments from Kanda River, between Shiratori and Ryukei Bridges where scum is observed often, have been examined before and after a rainfall. The water content and ignition loss of the surface sediment collected on the next day of the rainfall was almost same level as those of scum. This result shows that the suspended matters which rise to the water surface as the scum are supplied during the rainfall.

On the other hand, the bubbles come up from the sediment layer were collected and analyzed, and it was found that they were composed of nitrogen and methane which give the scum buoyancy. In a laboratory experiment, in contrast, sediments also produced carbon dioxide, which is probably dissolved to water in the real river.

As a summary of this and previous studies, the mechanism and prediction of scum production have been discussed.