

3. 市街地における雨水汚濁負荷量の測定及び対策

下水道整備等の点源対策の進展に伴い、ノンポイント負荷が沿岸域等の公共用水域の水質に与える影響は次第に大きくなっており、特に、閉鎖性水域の水質を考える際にはノンポイント負荷の影響を無視することができない。分流式下水道が整備された市街地では、路面排水等のノンポイント汚濁負荷を含む雨天時流出水が、ほとんどの場合、雨水管を介して未処理のまま公共用水域に放流されているのが現状であり、有効な汚濁負荷削減対策が望まれる。この雨天時流出水には、従来から関心の高かった有機物及び栄養塩類という汚濁物質のほか、重金属及び内分泌かく乱化学物質等が含まれていることが確認されており、放流先下流に生息する水生生物及び水道水源への悪影響が懸念される。

市街地からの雨天時流出水の汚濁負荷対策については、下水道事業が汚濁負荷の削減に大きな役割を担っていることは論を俟たないが、下水道事業の中で有効なノンポイント負荷削減対策を実施し、かつ有効な成果を挙げるためには、最も基礎的な情報である発生・流出汚濁負荷量及び対策の実施により見込まれる削減効果を的確に把握する必要がある。

そこで、まず、汚濁負荷削減計画において重要となる面源負荷量原単位について文献調査を行い、重金属及び内分泌かく乱物質を含めて市街地ノンポイント負荷の実測調査を行うとともに、流出負荷量の予測手法について検討を行った。また、地方自治体に対するアンケート調査により市街地ノンポイント負荷対策の現状を把握し、市街地ノンポイント負荷削減対策の有効な手段の一つとして考えられている雨水浸透ますの汚濁負荷削減効果を明らかにする目的で流出実験を行った。

3.1 面源負荷量の原単位に関する文献調査（平成 17 年度）

一般に、流域別下水道整備総合計画（以下「流総計画」という。）等の計画における面源負荷量の推定には、原単位法が用いられている。特に流総計画において算出される面源負荷量は市街地における面源負荷対策の基礎となるので、できる限り正確な値を用いることが望ましいが、実際には調査の困難さなどから、他地域で調査された原単位を準用している事例が多い。しかし、汚濁負荷量原単位は、実測された場所及び期間における原単位であるから、特に他地域の原単位を適用する場合には十分に留意して用いる必要がある。そこで、文献を収集して、既往調査における面源負荷量原単位の情報を整理した。本調査の主眼は市街地であるが、比較のために降雨、農地（水田、畑）及び山林由来の汚濁負荷量原単位についても文献調査の対象に含めた。対象水質項目は COD、TN 及び TP とした。

本調査で収集した資料は、「湖沼水質保全計画」及び「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説（平成 11 年度版）」（以下「流総指針」という。）のほか、次の 2 つの条件を満たす資料とした。

- ✓ 1997 年以降に発表された資料（1996 年までの資料は、流総指針の中で整理されているため）
- ✓ 一般に公開されている資料

収集した資料を整理した結果が及び表-3.1 である。図-3.1 は箱ひげ図であり、箱形は上下 25% の間の値を示している。COD 及び TP については市街地及び水田の原単位が、TN については畑の原単位が大きい傾向にあった。面源の中で市街地は、特に COD 及び TP について高い値となる可能性があることが改めて浮き彫りとなった。

表-3.1 面源負荷量原単位

(a) 市街地							(b) 水田 (純排出負荷量)						
	調査件数	平均値	中央値	最小値	最大値	標準偏差		調査件数	平均値	中央値	最小値	最大値	標準偏差
COD	31	92.3	55.8	13.6	378.0	77.7	COD	12	92.5	46.4	-71.1	352.0	122.9
TN	31	14.8	12.2	3.1	378.0	9.38	TN	14	13.1	10.6	-10.4	37.3	12.5
TP	31	1.69	0.93	0.24	6.50	1.49	TP	12	1.45	0.62	-0.92	5.05	1.85

(c) 畑							(d) 山林						
	調査件数	平均値	中央値	最小値	最大値	標準偏差		調査件数	平均値	中央値	最小値	最大値	標準偏差
COD	16	28.2	22.3	4.0	84.0	23.0	COD	28	22.3	16.2	2.4	154.0	29.2
TN	38	69.7	52.3	2.4	238.0	58.4	TN	45	4.5	3.3	0.3	22.1	4.23
TP	31	0.68	0.50	0.00	2.43	0.550	TP	38	0.24	0.14	0.01	1.31	0.285

備考1：単位は kg/ha/年。

備考2：水田の「純排出負荷量」は、水田からの総排出負荷量から用水に含まれる負荷量を差し引いた値を意味する。

3.2 市街地ノンポイント負荷の実測調査 (平成16年度～18年度)

(1) 対象地区及び対象降雨

実測調査の対象地区として選んだのは、分流式下水道が整備された市街地で、それぞれに異なる土地利用を有する3つの雨水排水区 (A排水区, B排水区, C排水区) である。表-3.2に対象地区の概要を示す。それぞれの排水区の面積は95 ha, 18 ha, 67 haであり、不浸透面積率はいずれも60%～70%の範囲にある。排水区間の直線距離は、最大でも十数キロメートルと比較的近い。対象地区の選定にあたっては、次の4点に留意した。

- ・河川等による背水の影響が少ないこと。
- ・山林及び農地等を極力含まないこと。
- ・晴天時に不明な水の流出が少ないこと。
- ・ある程度の面積 (10 ha 程度以上) を有すること。

なお、不浸透面積率は、土地利用ごとに設定された屋根、道路及び浸透域の割合 (脇岡ら, 2001) と、国土地理院発行の土地利用データ (10 m メッシュ, 2000年調査) を基に集計した土地利用ごとの面積に乗じて算出した。

平成16年度から18年度までの5降雨を対象に、上述の3排水区にて実測調査を行った。平成16年度は Rainfall 1 及び Rainfall 2, 平成17年度は Rainfall 3 及び Rainfall 4, 平成18年度は Rainfall 5 である。なお、先行無降雨日数は 0.5 mm/day 以下の小雨を除いて求めた。雨量は、採水地点近傍の公共施設の屋上又は空地に雨量計を設置し、5分間隔にて常時観測を行った。また、採水地点における流量は、採水地点直近の上流側に水位計を設置して得られた5分間隔の水位データ及び予め求めておいた水位-流量の関係式から算出した。

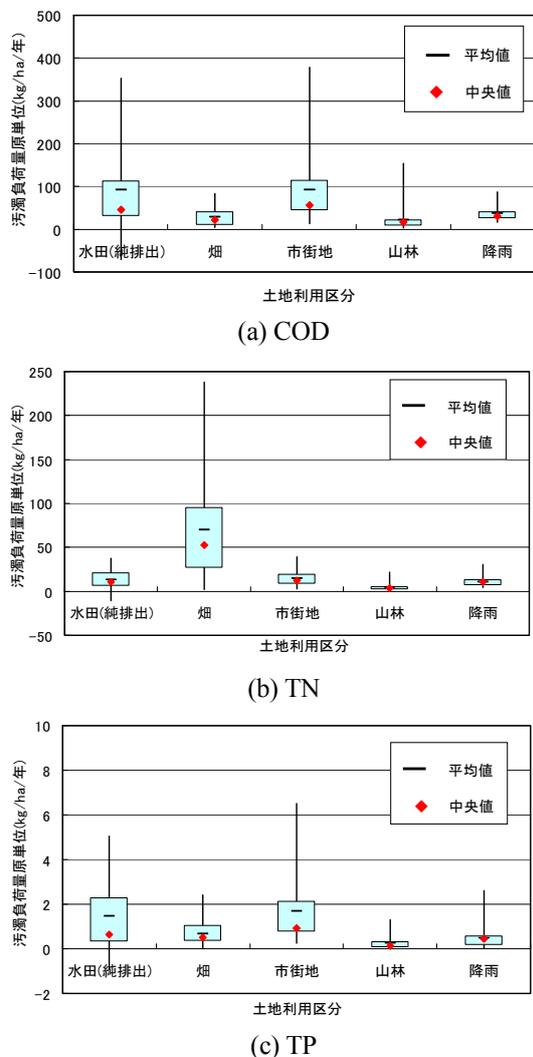


図-3.1 土地利用別面源負荷原単位の比較

(2) 採水及び水質分析方法

雨水の採水は作業員の手による直接採水とし、一降雨あたり 14~20 本の試料を採取した。採水の間隔は、流出の初期は約 5 分とし、その後適宜 30 分~1 時間程度に間隔を広げた。分析の対象とした水質項目は、SS, VSS, BOD, CODMn, TN 及び TP であるが、一部の調査では、重金属（銅, 亜鉛, 鉛, カドミウム）、ベンゾ(a)ピレン (B(a)P) 及びビスフェノール A (BPA) も併せて分析した。水質分析にあたっては、いずれの水質項目も下水試験方法に従った。また、採水と同時にポータブルの水質センサーを用いて濁度及び電気伝導度 (EC) を計測した。

表-3.2 実測調査の対象地区の概要

	A排水区	B排水区	C排水区
面積	95ha	18ha	67ha
不浸透面積率	69%	67%	61%
土地利用	中高層住宅 商業地	住宅地	住宅地
国道等の幹線道路	含む	含む	含まない

(3) 調査結果

対象降雨の概要は表-3.3 のとおりである。

汚濁負荷流出の特性を見るために、水質分析を実施した項目のうち SS, BOD, 鉛及びビスフェノール A の 4 項目について、図-3.2, 図-3.3 及び図-3.4 に水質及び負荷量の経時変化 (Rainfall 1) を示す。水質について見ると、排水区によって流出の特性が異なる。C 排水区では、概してファーストフラッシュが他の 2 排水区に比べ顕著である。ただし、鉛については検出することができなかった。他方、A 排水区では、特に SS 及び BOD でピーク濃度までの立ち上がりが緩やかであった。また、ビスフェノール A については他の項目と異なる流出波形を示した。負荷量については、流量に大きく影響されるため、ピークがファーストフラッシュのピークよりも遅れて現れることが多く、降雨中期にピークが現れる傾向が見られた。

表-3.3 実測調査の対象降雨

	A排水区				B排水区				C排水区			
	先行無降 雨日数 (日)	総降 雨量 (mm)	時間最大 降雨量 (mm/hr)	流出 係数	先行無降 雨日数 (日)	総降 雨量 (mm)	時間最大 降雨量 (mm/hr)	流出 係数	先行無降 雨日数 (日)	総降 雨量 (mm)	時間最大 降雨量 (mm/hr)	流出 係数
Rainfall 1	7	14.5	2.5	0.27	7	15	3.5	0.06	7	14.5	3	0.05
Rainfall 2	10	6	2.5	0.48	10	9.5	2.5	0.27	10	8	2.5	0.14
Rainfall 3	63	37.5	11	0.85	6.3	42.5	10.5	0.04	63	43.5	9.5	0.07
Rainfall 4	3	16.5	6	0.47	—	—	—	—	12	15.5	5.5	0.08
Rainfall 5	2.5	27	8.5	0.50	—	—	—	—	2.5	17.5	7.5	0.26

備考: Rainfall 4及びRainfall 5については、B排水区で実測調査を実施しなかった。

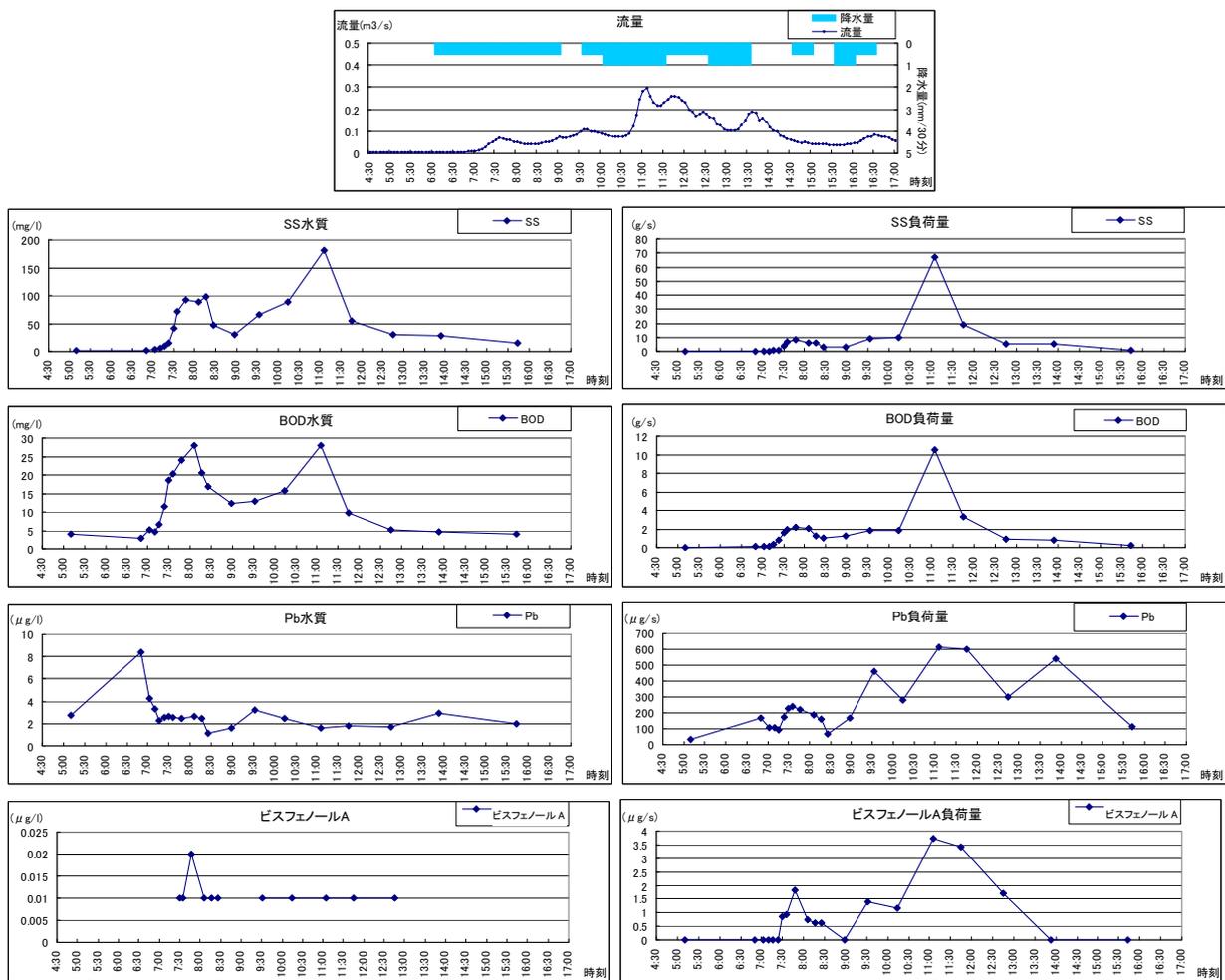


図-3.2 水質及び負荷量の経時変化 (A排水区、Rainfall 1)

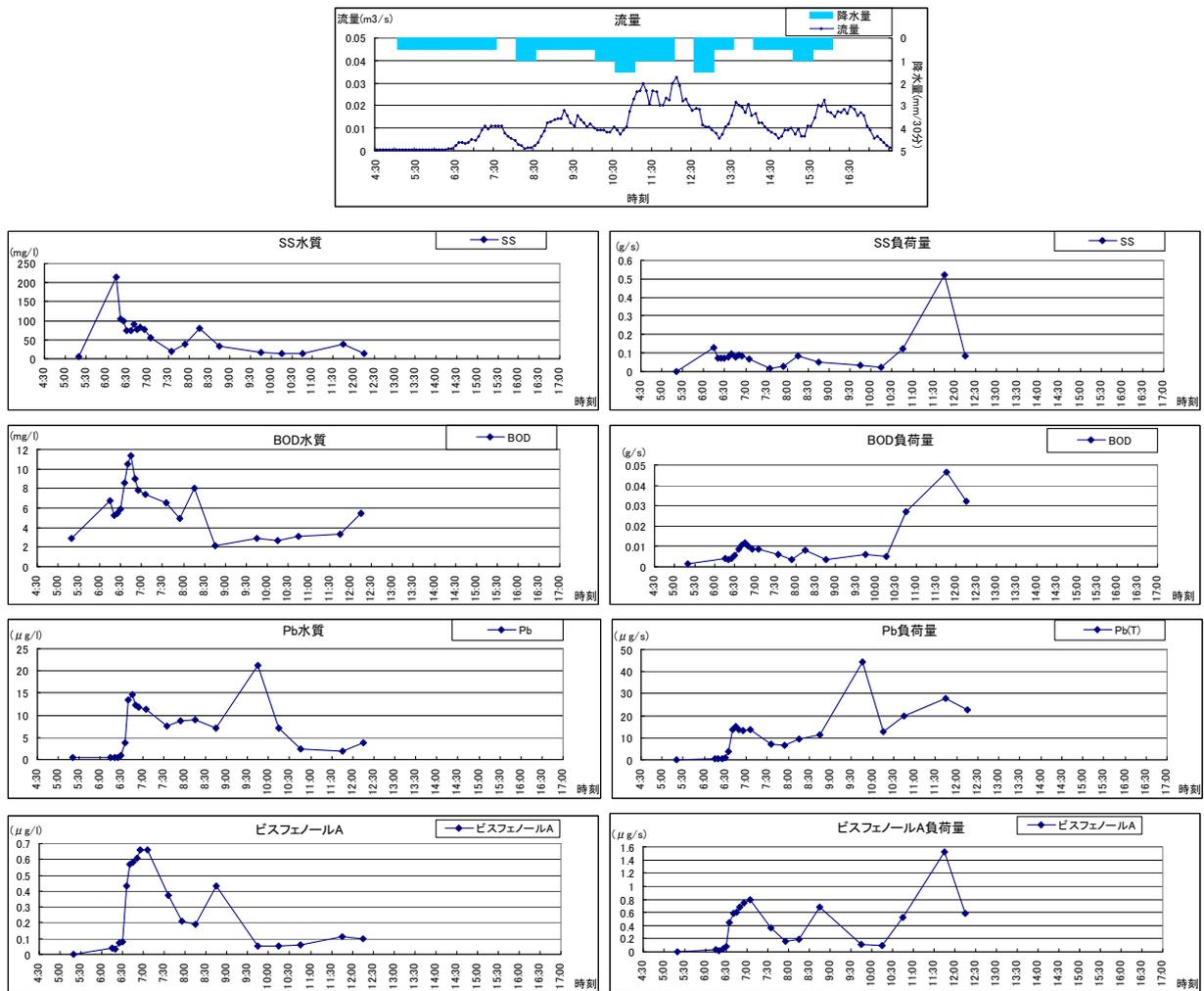


図-3.3 水質及び負荷量の経時変化 (B排水区、Rainfall 1)

表-3.4 一降雨あたり平均水質

		SS	BOD	CODMn	TN	TP	Cu	Zn	Pb	Cd	BPA	B(a)P
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)	(μg/L)
Drainage area A	Rainfall 1	66	12.8	15.5	2.9	0.30	-	0.07	0.008	0.001	0.21	0.007
	Rainfall 2	86	19.8	29.3	4.0	0.51	0.06	0.35	N.D.	N.D.	0.23	0.025
	Rainfall 3	72	11.2	23.5	2.4	0.27	0.27	1.10	0.006	N.D.	0.08	0.011
	Rainfall 4	62	5.4	12.0	2.0	0.22	0.03	0.25	0.021	0.004	-	-
	Rainfall 5	45	3.4	8.0	1.4	0.02	0.02	0.08	0.000	N.D.	-	-
	Mean	66	10.5	17.6	2.6	0.26	0.09	0.37	0.009	0.001	0.17	0.015
Drainage area B	Rainfall 1	27	4.0	5.7	2.1	0.12	0.00	0.04	2.300	3.354	0.11	0.018
	Rainfall 2	83	21.3	28.9	3.3	0.25	0.04	0.38	0.015	N.D.	0.67	0.041
	Rainfall 3	84	6.5	11.0	2.1	0.24	0.20	0.38	0.000	N.D.	-	-
	Mean	65	10.6	15.2	2.5	0.20	0.08	0.26	0.772	1.118	0.39	0.030
Drainage area C	Rainfall 1	31	5.7	9.5	2.7	0.11	0.04	0.09	N.D.	N.D.	0.08	0.014
	Rainfall 2	54	12.4	20.2	2.4	0.16	0.05	0.14	0.001	N.D.	0.16	0.033
	Rainfall 3	68	7.0	11.4	1.6	0.19	-	-	-	-	-	-
	Rainfall 4	29	3.2	6.5	1.7	0.07	0.12	0.07	0.014	0.003	-	-
	Rainfall 5	30	2.4	6.7	1.4	0.09	0.03	0.06	0.000	N.D.	-	-
	Mean	42.5	6.1	10.9	2.0	0.12	0.06	0.09	0.004	0.001	0.12	0.023
EQS		25	(2, 3)	(3, 5)	(0.4, -)	(0.03, 0.05)	-	0.03	0.01	0.01	-	-
PNEC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0.005

Note: "N.D." means not detected. "-" means deficiency, not measured, or not applicable. In EQS of BOD, CODMn, TN, and TP, (,) means (EQS of receiving water of Drainage areas A and B, EQS of receiving water of Drainage area C).

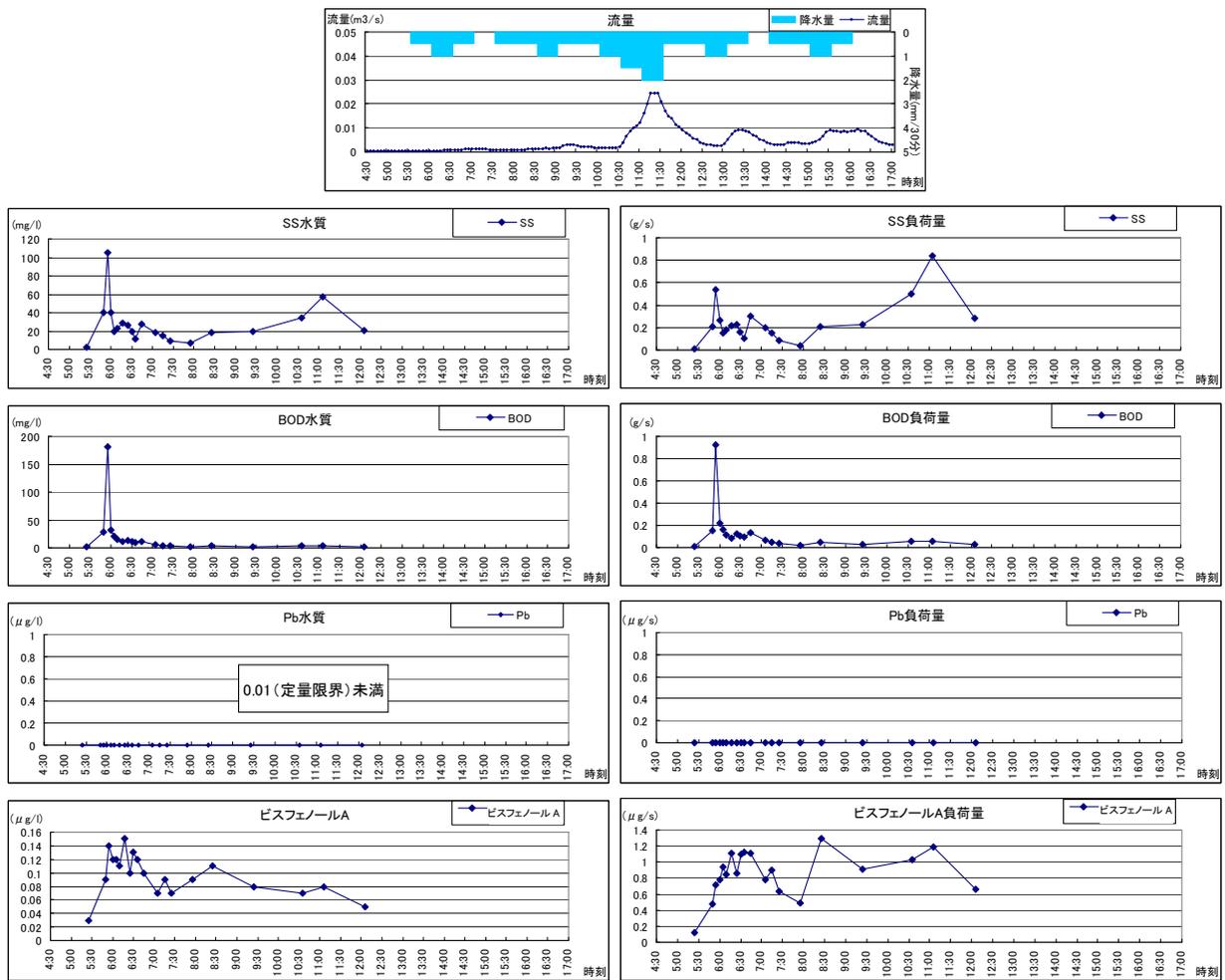


図-3.4 水質及び負荷量の経時変化 (C排水区、Rainfall 1)

表-3.5 一降雨あたり比流出負荷量

		SS (kg/ha)	BOD (kg/ha)	CODMn (kg/ha)	TN (kg/ha)	TP (kg/ha)	Cu (g/ha)	Zn (g/ha)	Pb (g/ha)	Cd (g/ha)	BPA (mg/ha)	B(a)P (mg/ha)
Drainage area A	Rainfall 1	3.83	0.751	0.908	0.172	0.0174	-	4.4	0.49	0.035	12.04	0.42
	Rainfall 2	2.25	0.519	0.767	0.104	0.0135	1.6	9.1	N.D.	N.D.	6.05	0.65
	Rainfall 3	22.95	3.566	7.478	0.763	0.0845	84.6	349.2	1.87	N.D.	24.79	3.65
	Rainfall 4	4.44	0.382	0.852	0.145	0.0156	1.8	17.8	1.53	0.250	-	-
	Rainfall 5	6.07	0.458	1.083	0.196	0.0136	2.4	11.5	0.057	N.D.	-	-
	Mean	7.91	1.14	2.22	0.28	0.03	22.57	78.39	0.79	0.06	14.29	1.58
Drainage area B	Rainfall 1	0.17	0.026	0.037	0.013	0.0008	0.0	0.2	0.02	0.022	0.73	0.12
	Rainfall 2	0.47	0.122	0.165	0.019	0.0014	0.2	2.2	0.09	N.D.	3.84	0.23
	Rainfall 3	1.34	0.103	0.175	0.033	0.0039	3.2	6.0	0.00	N.D.	-	-
	Mean	0.66	0.083	0.126	0.022	0.0020	1.1	2.8	0.03	0.007	2.28	0.18
Drainage area C	Rainfall 1	0.14	0.027	0.045	0.013	0.0005	0.0	0.4	N.D.	N.D.	0.35	0.06
	Rainfall 2	0.27	0.063	0.103	0.012	0.0008	0.3	0.7	6.18	N.D.	0.84	0.17
	Rainfall 3	2.21	0.226	0.372	0.051	0.0061	-	-	-	-	-	-
	Rainfall 4	0.32	0.035	0.071	0.019	0.0008	1.3	0.7	0.16	0.029	-	-
	Rainfall 5	1.36	0.108	0.300	0.062	0.0041	1.2	2.9	0.00	N.D.	-	-
	Mean	0.86	0.09	0.18	0.03	0.00	0.7	1.2	1.6	0.0	0.59	0.11

Note: "N.D." means not detected. "-" means deficiency, or not measured.

一降雨あたり平均水質（EMC: Event Mean Concentration）を表-3.4 に示し、水質環境基準（EQS: Environmental Quality Standard）及び予測無影響濃度（PNEC: Predicted No Effect Concentration）のデータを付す。水質環境基準は、各排水区の放流先下流にある一級河川の水質データ（国土交通省）であり、PNEC は生態系に対し影響を及ぼさないと予想される濃度として設定されたものである（環境省(2003), 環境省(2004)）。EMC に関しては、各排水区で SS, BOD, COD, TN, TP 及び亜鉛で概ね水質環境基準を超過し、排水区からの流出水が相当程度汚染されていることが確かめられた。水質環境基準が設定されていない B(a)P に関しても、PNEC を大きく超過する濃度で流出しており、放流先の生態系に無視できない影響を与えている可能性が示唆された。

一降雨あたり比流出負荷量を表-3.5 に示す。A 排水区と B 排水区及び C 排水区との間に、大きな差が認められた。原因の一つとして、土地利用状況の違いが考えられる。A 排水区は都市の中心市街地で、幹線道路を有している。一方、B 排水区及び C 排水区は主に住宅地であり、かつ、表-3.3 に示すとおり流出係数が非常に小さく、不浸透面積率で表されているよりも浸透能力の大きい可能性がある。

3.3 市街地ノンポイント負荷の推定方法検討（平成 17 年度～18 年度）

(1) 重回帰式による比流出負荷量の推定

流出負荷量は、地表面に堆積する汚濁物が雨水により洗い流されたものである。このような汚濁物は大気降下物、タイヤかす及び落葉等から構成されており、また、降雨量によって掃流される際の摩擦速度が異なる。したがって、先行無降雨日数及び総降雨量という気象条件が、流出負荷量を規定する大きな要因になっているものと考えられる。中村(1993)を参考にし、降雨イベントごとに総降雨量及び先行無降雨日数を説明変数として比流出負荷量を推定する方法 式 (3.1) を、重回帰分析を行い検討する。データは「3.2 市街地ノンポイント負荷の実測調査」で得られたものを用いる。

$$L = a \cdot \sum r + b \cdot NDD \quad \text{式 (3.1)}$$

(L: 一降雨あたり比流出負荷量 (kg/ha), $\sum r$: 総降雨量 (mm), NDD: 先行無降雨日数 (日),
a 及び b: 定数)

5つの降雨イベントに対して実測データが得られた A 排水区及び C 排水区について、SS, BOD, COD, TN 及び TP という水質項目を対象にして重回帰分析を行ったところ、図-3.5 のとおりの結果が得られた。重回帰式の決定係数はいずれも 0.8 以上であり、当該実測データからは、一降雨あたり比流出負荷量は概ね 式 (3.1) によって説明されているといえる。ただし、A 排水区では、総降雨量、先行無降雨日数ともに大きかった Rainfall 3 での流出負荷量に影響を受けていることに注意が必要である。

このような推定手法の信頼性が確認できれば、市街地ノンポイント負荷削減のための計画策定又は対策施設の設計において、ある程度の合理性を有する値として用いることができる可能性がある。

(2) 水質センサーの活用による推定

濁度は SS と高い相関関係があり、EC は溶解性成分と相関関係があることが知られている。「3.2 市街地ノンポイント負荷の実測調査」の A 排水区の Rainfall 1~3 のデータを用いて、濁度と BOD, COD, TN, TP それぞれとの直線相関を調べたところ、いずれも決定係数が 0.75 以上であった。また、EC と溶存態 TN との間にも、ファーストフラッシュ前に高い相関性が見られた。濁度及び EC は現場用の自動モニタリング手段として活用できる可能性がある。

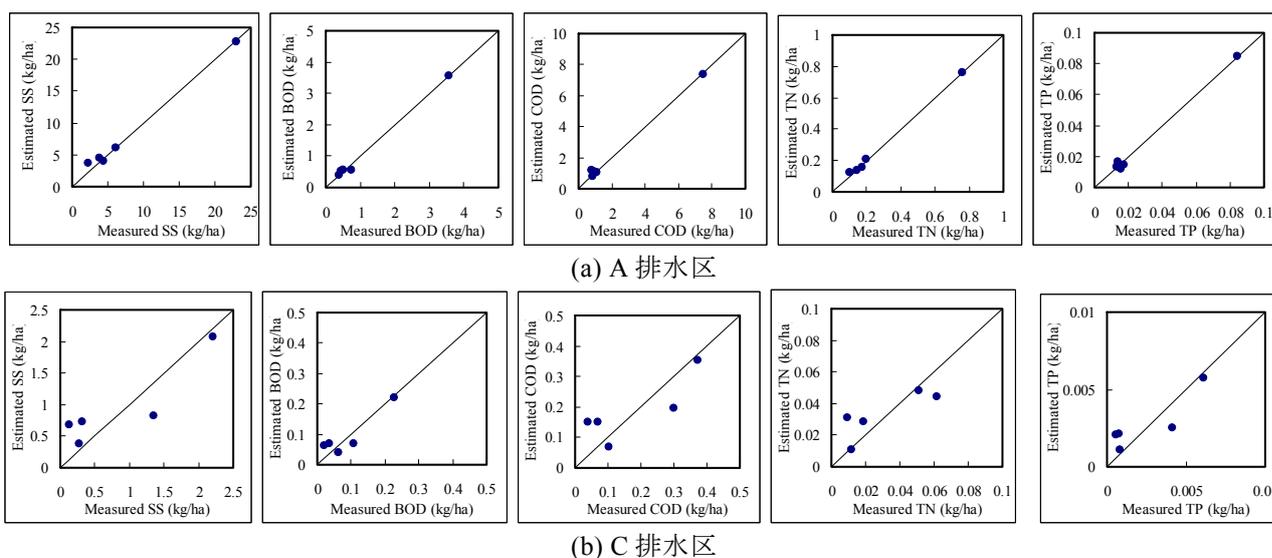


図-3.5 重回帰式による一降雨あたり比流出負荷量の推定結果

3.4 市街地ノンポイント負荷対策の現状整理（平成18年度）

現状におけるノンポイント負荷対策の実態把握及び課題抽出を行う目的で、全国の地方自治体を対象にアンケート調査を実施した。アンケート調査は平成19年1月から3月にかけて実施し、都道府県及び政令指定都市に依頼し回答していただく方法を採用した。このとき、各都道府県管内の市町村に該当する事例がある場合には、アンケート調査票を該当の市町村に転送していただき、全国すべての事例を網羅するよう留意した。

質問内容は表-3.6に示すとおりである。質問Ⅱ及び質問Ⅲについては、該当がある場合のみ回答いただいた。以下、「対策事例」、「関連計画」はそれぞれ「市街地から主に雨水を介して流出するノンポイント負荷を削減する対策（雨水浸透、貯留、植生浄化など）の事例」、「市街地ノンポイント対策に関連する計画（流総計画及び湖沼水質保全計画等）」を指すものとする。

市街地ノンポイント負荷対策以外の事例（雑排水処理事業など）を排除して回答を集計したところ、表-3.7のとおり関連計画及び対策事例が整理された。関連計画数は11、対策事例数は4であり、現状では市街地ノンポイント負荷対策がほとんど進捗していないことが改めて浮き彫りとなった。関連計画については、市街地ノンポイント負荷に削減負荷量の割り当てが定められていたものは11計画のうち2計画であり、市街地ノンポイント負荷の削減に向けては、関連計画の大半が具体性を有していなかった。

関連計画、対策事例のいずれも有しない都道府県及び政令指定都市に対し、なぜ対策を実施していないか尋ねたところ、多くの地方自治体で、現在でも面整備又は合流改善事業を優先させていること、制度又は財源に問題があること並びにノンポイント負荷の実態把握が困難で問題として認識できないこと等の理由が挙げられた。関連計画及び対策事例の詳細等を含め、アンケート調査の結果は（財）下水道新技術推進機構「市街地ノンポイント対策に関する手引き（案）」平成20年3月の巻末資料D-6に詳しいので参照されたい。

表-3.6 アンケート調査における質問内容

大項目	小項目
質問Ⅰ 全体の概要	1. 市街地面源負荷対策に関連する計画及び対策事例数 2. 市街地面源負荷対策を実施していない場合、その理由
質問Ⅱ 市街地面源負荷対策の関連計画	1. 市街地面源負荷対策関連計画の名称及び概要 2. 市街地面源負荷量の取扱い 3. 市街地面源対策の同計画における位置づけ 4. 計画の進捗状況及び策定時の技術的な苦労点
質問Ⅲ 市街地面源負荷対策の事例	1. 市街地面源負荷対策の概要及び計画諸元 2. 対策実施のための費用 3. 対策による効果の評価方法 4. 対策施設の維持管理状況 5. 対策実施にあたっての技術的な苦労点

表-3.7 関連計画及び対策事例の一覧

都道府県名 市町村名	関連計画		対策事例	
	計画数	計画名	事例数	事例名
神奈川県 横浜市	1	東京湾流域別下水道整備総合計画		
千葉県	2	利根川流域別下水道整備総合計画 手賀沼に係る湖沼水質保全計画	1	市街地排水浄化対策事業 手賀沼流域下水道湖北貯留場
茨城県	1	霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画		
長野県	2	諏訪湖水質保全計画 天竜川流域別下水道整備総合計画	1	諏訪湖流域下水道事業 雨水貯留槽
愛知県	3	名古屋港海域等流域別下水道整備総合計画 知多湾等流域別下水道整備総合計画 渥美湾等流域別下水道整備総合計画		
滋賀県	1	琵琶湖水質保全対策行動計画	1	山寺川市街地排水浄化対策事業
鳥取県	1	中海に係る湖沼水質保全計画		
広島県 坂町			1	水循環創造事業
合計	11		4	

3.5 雨水浸透ますの汚濁負荷削減効果に関する実験（平成18年度）

雨水浸透は、雨水流出量の減少による浸水対策としての効果及び湧水の復活といった水循環の再生等、多面的な効果を有する施策である。雨水浸透ますのノンポイント負荷削減機能に着目し、その汚濁負荷削減効果を把握するため流出実験を行った。

(1) 実験方法

D市住宅地の道路に設置された雨水ます、雨水浸透ますそれぞれ4基を対象に、人工降雨（ます内への注水）による流出調査を行った。人工降雨は、清水（水道水）及び人工的に作成した濁水（付近の雨水ますから堆積物を採取し、水道水と混合したもの）の2種類を用い、流入水及び流出水の水質及び流量を測定した。なお、濁水実験においては、累積流量が約120L（2mm/hrに相当）を超えた後、清水に切り替えることとした。これは、路面負荷のファーストフラッシュを単純に表現したものである。

流入水はタンクからポンプで送水し、ますの側壁からます内に注水した（図-3.6、写真-3.1）。流出水の水質測定は注水前にタンク内の水を採水し、流出水の水質については下水道の雨水管に接続する箇所にて作業員がバケツで流出水を採水し、それぞれ分析に供した。実験中は濁度計によります内の濁度を30秒ごとに計測し、濁度が一定時間（約5分を目安）以上ほとんど変化なしと認められた時点で実験を終了した。なお、流出水を採水する際には、重量法による流量測定も併せて実施した。

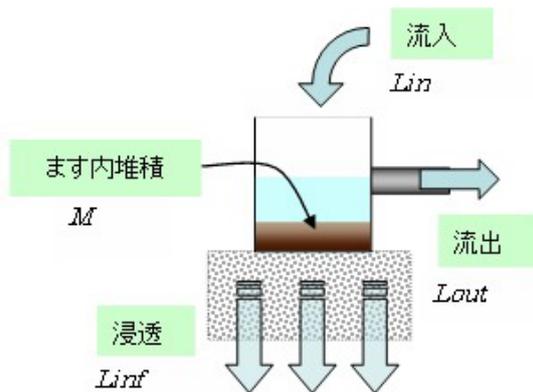


図-3.6 雨水浸透ます実験の概要



写真-3.1 調査の様子

水質分析項目はSS, TS, COD, TN 及び TP であり, COD, TN 及び TP については溶存態も併せて分析した. 調査条件一覧を表-3.8 に示す.

(2) 実験結果

流出実験結果の一例として, 想定降雨強度 10mm/hr の 4 ケースにおける流量及び COD 負荷量の経時変化を図-3.7 に示す. Case 1-1 (清水, 雨水ます) では, 時間経過とともに流出負荷量が減少し, 流入負荷量に漸近した. これは, 注水初期にます内の堆積物が巻き上げられるものの, 一定流量の下で巻き上がる堆積物量が次第に減少したためと考えられる. また, Case 2-1 (清水, 雨水浸透ます) では, 実験開始後約 10 分間, 流入水の全量が浸透したため汚濁負荷の流出はなかった. 流出した後の流出負荷量は, 流入負荷量と概ね同程度で推移した.

一方, 濁水を用いた実験 Case 1-3 (雨水ます) では, 実験初期に上澄み液の流出があったため流出負荷量が比較的小さな値を示したが, その後はほぼ流入負荷量に追従した形で推移した. 流入水が清水に切り替わる (実験開始から約 15 分) 前は, 流入負荷量が流出負荷量を上回っており, 雨水ますが COD 負荷を捕捉していたことが示唆される. Case 2-3 では, 濁水が流入していた間ほとんどの水が浸透し, ますから流出が開始した後も流出負荷量は流入負荷量とほぼ同程度の値であった.

表-3.8 調査条件一覧

case	ますの種類	想定降雨強度	流入水の種類	浸透量 (L/hr)
1-1	雨水ます	10mm/hr	清水(水道水)	—
1-2		30mm/hr	清水(水道水)	—
1-3		10mm/hr	濁水	—
1-4		30mm/hr	濁水	—
2-1	浸透ます	10mm/hr	清水(水道水)	243
2-2		30mm/hr	清水(水道水)	1355
2-3		10mm/hr	濁水	592
2-4		30mm/hr	濁水	985

備考1: 「想定降雨強度」は, 流入水量の目安であり厳密な流量ではない. ます1個の集水面積を $20 \times 3 = 60\text{m}^2$ と設定した.

備考2: 「浸透量」は浸透ますから水が流出する間の浸透水量(流入水量と流出水量の差)から算出した.

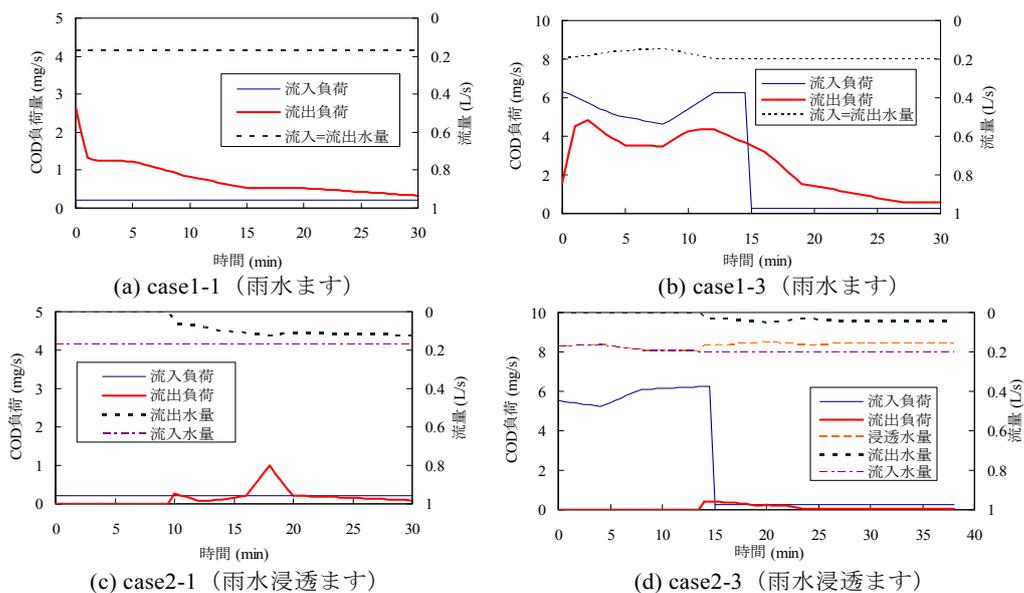


図-3.7 COD 負荷量及び流量の経時変化

(3) 汚濁負荷削減効果の評価

雨水ます及び雨水浸透ますが有する汚濁負荷削減効果は、式 (3.2) に定義する汚濁負荷削減率により評価した。

$$(\text{汚濁負荷削減率}) = (\text{総流入負荷量} - \text{総流出負荷量}) / (\text{総流入負荷量}) \quad \text{式 (3.2)}$$

流入・流出負荷量の比較、削減率の一覧をそれぞれ図-3.8、表-3.9 に示す。雨水ますにおいて、流出負荷量が流入負荷量を上回ったため負の値となる傾向にあった一方、雨水浸透ますでは概ね正の値となり、汚濁物質が雨水浸透ますにより捕捉されている結果となった。特に、濁水を用いた Case 2-3 及び Case 2-4 においては、例えば COD で 90%以上を示す等、すべての水質項目で高い値となった。清水実験(想定降雨 30 mm/hr) の Case 2-2 では、COD 及び TP で負の値となったが、流量が大きいために雨水浸透ますの堆積物の巻き上げが大きくなり、結果として流出負荷量が卓越した可能性がある。水質項目別では、TN、D-TN (溶存態 TN) 及び TS が雨水浸透ますのみならず雨水ますでも捕捉される傾向にあった。

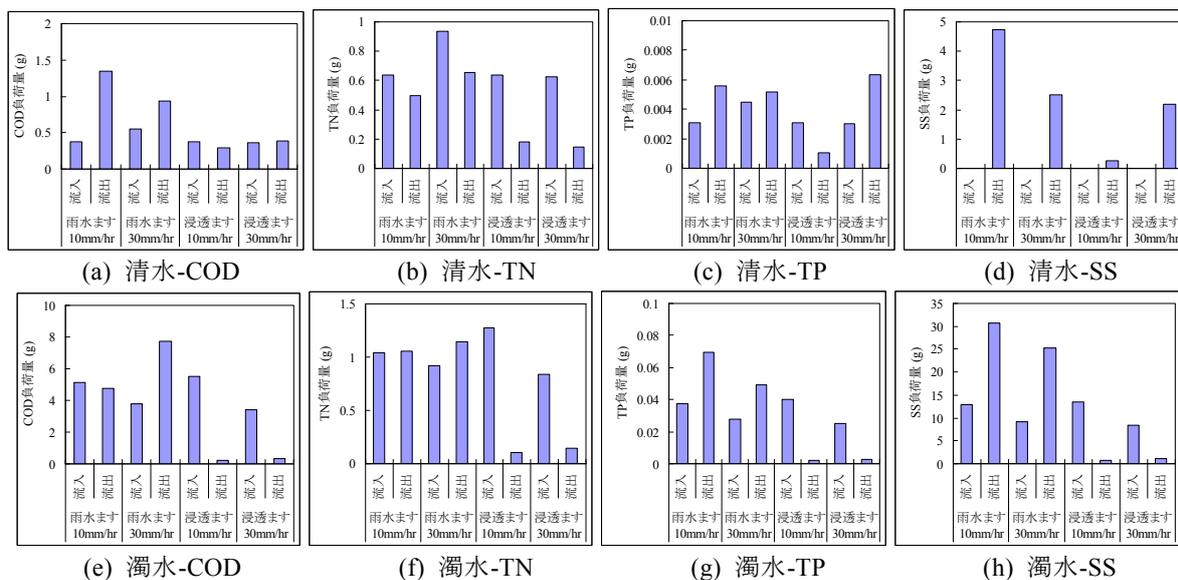


図-3.8 流入・流出負荷量の比較

表-3.9 汚濁負荷削減率

case	ますの種類	想定降雨強度	流入水の種類	COD	D-COD	TN	D-TN	TP	D-TP	SS	TS
1-1	雨水ます	10mm/hr	清水	-263.6	6.9	21.9	28.2	-81.7	-26.7	-	14.1
1-2		30mm/hr	清水	-70.9	15.3	30.2	33.4	-15.0	-1.7	-	23.7
1-3		10mm/hr	濁水	6.4	-48.8	-2.2	14.8	-85.7	-332.2	-138.8	0.1
1-4		30mm/hr	濁水	-105.2	-44.2	-24.7	21.1	-77.0	-61.0	-174.7	8.0
2-1	浸透ます	10mm/hr	清水	21.7	76.9	71.2	71.4	66.6	50.5	-	63.5
2-2		30mm/hr	清水	-5.9	81.1	76.2	76.9	-112.2	64.9	-	67.8
2-3		10mm/hr	濁水	96.5	91.2	92.0	90.7	95.3	85.0	94.8	92.8
2-4		30mm/hr	濁水	91.0	79.1	82.9	79.6	89.9	63.0	87.4	78.8

備考: 「-」は、流入負荷量がゼロであったため、削減率を計算できなかったことを示す。

謝辞

本研究の実施においては、実測調査フィールドの提供及びアンケート調査への回答等の協力を地方自治体の関係各位にいただいた。これらの協力が得られなかったならば、有益なる研究成果には決して至らなかった。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 環境省環境リスク評価室『化学物質の環境リスク評価 第2巻』, 2003
 環境省環境リスク評価室『化学物質の環境リスク評価 第3巻』, 2004
 国土交通省河川局『水文水質データベース』(<http://www1.river.go.jp>)
 中村栄一「雨水流出による汚濁負荷の流出特性」, 下水道協会誌論文集, Vol.30, No.364, pp.1-12, 1993
 肱岡靖明, 古米弘明, 市川新「下水道台帳データベースと細密数値情報を利用した分布型モデルによる都市雨水流出解析」, 下水道協会誌, Vol.38, No.469, pp.78-89, 2001

成果の公表

- 1) 藤生和也, 吉田敏章, 田本典秀「雨天時における路面排水負荷対策に関する調査」, 『国総研資料第263号 平成16年度下水道関係調査研究年次報告集』 pp.21-24, 平成17年7月
- 2) 田本典秀, 吉田敏章, 藤生和也「重金属を含む市街地ノンポイント負荷の流出特性」, 『第5回環境技術学会研究発表会予稿集』 pp.173-174, 環境技術学会, 平成17年9月
- 3) 田本典秀, 吉田敏章「市街地におけるビスフェノール A 及びベンゾ(a)ピレンの流出実態に関する調査」, 『第33回環境システム研究発表会講演集』 pp.131-135, 土木学会, 平成17年10月
- 4) 藤生和也, 吉田敏章, 田本典秀「雨天時における路面排水負荷対策に関する調査」, 『国総研資料第323号 平成17年度下水道関係調査研究年次報告集』 pp.15-18, 平成18年6月
- 5) 藤生和也, 吉田敏章, 田本典秀「市街地雨水汚濁負荷量の測定・計画手法に関する調査」, 『国総研資料第404号 平成18年度下水道関係調査研究年次報告集』 pp.5-10, 平成19年6月
- 6) Yoshida, T. and Tamoto, N. 'Present status and estimation method of pollutant load in wet weather flow from urban areas' "Proceedings of the 10th Japanese-German Workshop on Waste Water and Sludge Treatment" pp.345-353, February 2007
- 7) Tamoto, N., Yoshida, T. and Fujiu, K. 'Field Survey and Alternative Estimation on Runoff Pollution Load from Urban Areas', "Proceedings of NOVATECH 2007" pp.1623-1630, June 2007
- 8) 田本典秀, 榊原隆, 吉田敏章「市街地排水の調査と汚濁負荷原単位」, 『第10回日本水環境学会年会シンポジウム講演集』 pp.66-67, (社)日本水環境学会, 平成19年9月
- 9) 田本典秀, 榊原隆「市街地における面減負荷対策としての雨水浸透施設の効果」, 土木技術資料, Vol.49, No.10, pp.22-27, 平成19年10月
- 10) Tamoto, N. and Sakakibara, T. 'Efficiency of infiltration facilities for urban stormwater pollutant removal', 11th International Conference on Urban Drainage, 2008

成果の活用

本研究の成果は、本省下水道部の平成 18 年度市街地ノンポイント対策検討委員会における検討に活用され、同委員会による審議を経て策定された(財)下水道新技術推進機構「市街地ノンポイント対策に関する手引き（案）」平成 20 年 3 月 (<http://www.jiwet.jp/result/material/>) の内容に反映された。