

1. はじめに

水環境はわれわれの生活の場の重要な環境である。中でも水環境に直接放流負荷をもつ下水道システムは、その機能と効果の上で最も水環境の中で評価されるべきものである。水環境を評価し、土木工学の施設が環境やわれわれの生活にどのような影響を与えるのかをアセスメントするには、下水道施設、とりわけ、雨天時に下水道施設がどのような役割を果たしているかを評価することが重要である。

従来下水道施設は晴天時を中心とした家庭排水や工場廃水等のいわゆる点源汚濁を対象としており、雨天時に都市環境に堆積した負荷や、大気からの降下物を対象とはしてこなかった。雨水は水量として取り扱って来たのが中心である。公共用水域に汚濁物が次第に蓄積しはじめ、公共用水域の水質保全も非常にクリティカルな汚濁負荷量について論議されることが多くなってきた状況下において、水環境の制御施設である下水道システムが雨天時負荷流出に十分対処できなければ、水環境の汚濁、ひいては水環境アセスメントに大きな意味をもってくる。

そこで、この論文では、下水道施設の対象としている汚濁負荷を整理し、非常に重要であるが余り考慮されていなかった雨天時流出の影響とその対応策について検討する。さらに、雨天時下水道システムの改善方法や、水環境アセスメントからの重要性を考察し、下水道の水環境への果たす技術とその方策について検討したい。

2. 雨天時都市汚濁物と下水道施設

(1) 下水道施設の汚濁物

下水道施設からみた汚濁物は大別すると、点源汚濁と非点源汚濁とに分けられる。前者は晴天時を対象とするものであり、後者は雨天時を対象として流出してくるものであり、汚濁源は表-1に示したものになる。従来の下水道システムでは、家庭下水や工場廃水などの点源を主として対象としており、その他に雨天時に流出してくる汚濁負荷には大気中の浮遊物、降下物質、自動車に伴って発生する負荷、路面のちり、ごみ、動植物に由来する廃棄物、都市の中水路の河床堆積物、下水道雨水管さよ、合流管さよ底の堆積物、土壌浸食や、工事に伴う負荷などの非常に多種類の汚濁物がある。これらの負荷が、雨天時に一挙に流出してくる。

(2) 雨天時都市汚濁流出の影響

これらの汚濁物が雨天時に流出し公共用水域に多量の汚濁物をもたらしているが、現在の都市汚濁流出の影響とその対応策をまとめると図-1のようになる。雨天時都市汚濁問題はその防止技術の上からは、公共用水域の汚濁防止法、公共用水域の現在の状態、対応技術、雨天時都市管理の4つに分けられよう。第一は、公共用水域での法的な基準を守っていても、雨天時に多量の負荷が放流された場合に、法的な基準値が意味をもたなくなることと、非常に厳しくなりつつある規制が、雨天時には許されるというア

表-1. 下水道からみた汚濁源

汚濁物	時期	汚濁源
点源汚濁	晴天時	1. 家庭下水 2. 工場廃水
非点源汚濁	雨天時	1. 大気中の浮遊物、降下物質 2. 自動車に伴って発生する汚濁物 3. 路面負荷(路面のちり、ごみ) 4. 動植物に由来する廃棄物 5. 都市の中水路の河床堆積物 6. 下水道雨水管さよ、合流管さよ底の堆積物 7. 土壌浸食(工事)

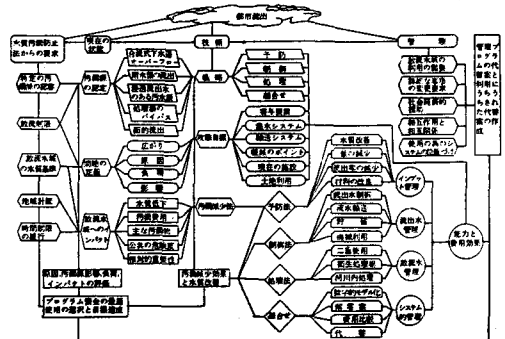


図-1 都市汚濁流出のフロー

ンバランスが生じてくる。特に、水環境には、放流負荷の水域へ与えるインパクトが大きく、水質悪化や、汚濁防止に必要な費用の増大があり、広域的に原因物質が面的に広がり、その影響も広がる。汚濁源は主として、面的負荷の外に、処理場での雨天時のバイパス放流や、浸透流出水のある汚水きよなどからの流出もあり、雨天時に対象としなければならぬ技術は広範囲に及ぶ。対応技術としては、予防、制御、処理、それらの組み合わせがあり、それらを効果的に行ってゆくための目標としては、集水システム、輸送システム、負荷軽減のポイント、現在施設、土地利用を十分考察するとともに、雨天時流出に寄与する要素をとり出すことである。これらの技術と併行して、現在管理を進めてゆくべきものとしては、流出率を含めた汚濁物の管理であるインフラ管理、流出水の制御を中心とした流出水の管理、処理場を中心とした放流水の管理、システムの管理が重要となり、技術と管理を統合した全体的な管理方法としては、放流水域の利用需要の程度、社会経済的援助、相互作用などを考えて対応してゆかざるを得ない。

3. 雨天時流出負荷とその評価

(1) 雨天時流出水質の挙動

雨天時流出水質は時間的に大きな変化をする。図-2は神山うがれ県市内で得た合流式下水道の雨天時流出水質を表わしたものである

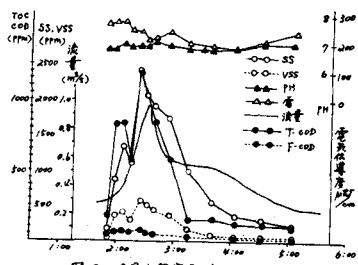


図-2 流量水質実測例(8.49.7.30)

る。流量の増加とともにSSや、有機性物質が非常に多く流出していることがわかる。ピーク水質時はCOD等が1,000ppmを越えている。図-3は大阪門真排水区における水質挙動を表わしたものである。雨天時にはかなり大きな水質となっていることがわかる。

表-2は合流式下水道における雨天時下水水質の公共用水域への放流水質を表わしたものである。BODでみると、放流水質の変化は大きい(11~1,176ppm)平均値では、ブルックリン(N.Y.)で180ppm、シンシナティ(オハイオ)で200ppm、サフラメント(カリフォルニア)で165ppmと生下水に近い放流水質もある。わが国でも地域によって異なるが平均値で32~90ppmにあり、雨天時水質の悪化が指摘しうる。

(2) 雨天時流出負荷量

図-4は山口が東京都谷端川で雨天時に流出してくる負荷量を実測したものと、シミュレーションモデルによって計算したものとを比較したものであるが、雨天時に晴天時負荷流出に相当するような汚濁負荷が流出していることがわかる。

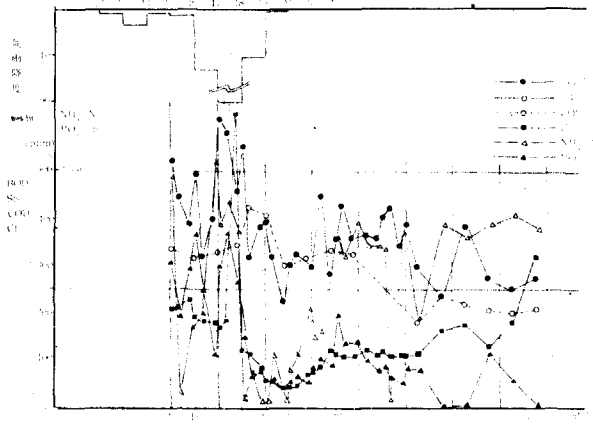


図-3 降雨時の大阪門真排水区の水質(単位)

表-2 合流式下水道における雨天時下水の水質

下水処理場、排水区、流域	1974年		1975年		1976年		1977年		1978年		1979年		1980年		1981年		1982年		1983年		1984年		1985年		1986年		1987年		1988年		1989年		1990年		1991年		1992年		1993年		1994年		1995年		1996年		1997年		1998年		1999年		2000年		2001年		2002年		2003年		2004年		2005年		2006年		2007年		2008年		2009年		2010年		2011年		2012年		2013年		2014年		2015年		2016年		2017年		2018年		2019年		2020年		2021年		2022年		2023年		2024年		2025年		2026年		2027年		2028年		2029年		2030年		2031年		2032年		2033年		2034年		2035年		2036年		2037年		2038年		2039年		2040年		2041年		2042年		2043年		2044年		2045年		2046年		2047年		2048年		2049年		2050年		2051年		2052年		2053年		2054年		2055年		2056年		2057年		2058年		2059年		2060年		2061年		2062年		2063年		2064年		2065年		2066年		2067年		2068年		2069年		2070年		2071年		2072年		2073年		2074年		2075年		2076年		2077年		2078年		2079年		2080年		2081年		2082年		2083年		2084年		2085年		2086年		2087年		2088年		2089年		2090年		2091年		2092年		2093年		2094年		2095年		2096年		2097年		2098年		2099年		2100年		2101年		2102年		2103年		2104年		2105年		2106年		2107年		2108年		2109年		2110年		2111年		2112年		2113年		2114年		2115年		2116年		2117年		2118年		2119年		2120年		2121年		2122年		2123年		2124年		2125年		2126年		2127年		2128年		2129年		2130年		2131年		2132年		2133年		2134年		2135年		2136年		2137年		2138年		2139年		2140年		2141年		2142年		2143年		2144年		2145年		2146年		2147年		2148年		2149年		2150年		2151年		2152年		2153年		2154年		2155年		2156年		2157年		2158年		2159年		2160年		2161年		2162年		2163年		2164年		2165年		2166年		2167年		2168年		2169年		2170年		2171年		2172年		2173年		2174年		2175年		2176年		2177年		2178年		2179年		2180年		2181年		2182年		2183年		2184年		2185年		2186年		2187年		2188年		2189年		2190年		2191年		2192年		2193年		2194年		2195年		2196年		2197年		2198年		2199年		2200年		2201年		2202年		2203年		2204年		2205年		2206年		2207年		2208年		2209年		2210年		2211年		2212年		2213年		2214年		2215年		2216年		2217年		2218年		2219年		2220年		2221年		2222年		2223年		2224年		2225年		2226年		2227年		2228年		2229年		2230年		2231年		2232年		2233年		2234年		2235年		2236年		2237年		2238年		2239年		2240年		2241年		2242年		2243年		2244年		2245年		2246年		2247年		2248年		2249年		2250年		2251年		2252年		2253年		2254年		2255年		2256年		2257年		2258年		2259年		2260年		2261年		2262年		2263年		2264年		2265年		2266年		2267年		2268年		2269年		2270年		2271年		2272年		2273年		2274年		2275年		2276年		2277年		2278年		2279年		2280年		2281年		2282年		2283年		2284年		2285年		2286年		2287年		2288年		2289年		2290年		2291年		2292年		2293年		2294年		2295年		2296年		2297年		2298年		2299年		2300年		2301年		2302年		2303年		2304年		2305年		2306年		2307年		2308年		2309年		2310年		2311年		2312年		2313年		2314年		2315年		2316年		2317年		2318年		2319年		2320年		2321年		2322年		2323年		2324年		2325年		2326年		2327年		2328年		2329年		2330年		2331年		2332年		2333年		2334年		2335年		2336年		2337年		2338年		2339年		2340年		2341年		2342年		2343年		2344年		2345年		2346年		2347年		2348年		2349年		2350年		2351年		2352年		2353年		2354年		2355年		2356年		2357年		2358年		2359年		2360年		2361年		2362年		2363年		2364年		2365年		2366年		2367年		2368年		2369年		2370年		2371年		2372年		2373年		2374年		2375年		2376年		2377年		2378年		2379年		2380年		2381年		2382年		2383年		2384年		2385年		2386年		2387年		2388年		2389年		2390年		2391年		2392年		2393年		2394年		2395年		2396年		2397年		2398年		2399年		2400年		2401年		2402年		2403年		2404年		2405年		2406年		2407年		2408年		2409年		2410年		2411年		2412年		2413年		2414年		2415年		2416年		2417年		2418年		2419年		2420年		2421年		2422年		2423年		2424年		2425年		2426年		2427年		2428年		2429年		2430年		2431年		2432年		2433年		2434年		2435年		2436年		2437年		2438年		2439年		2440年		2441年		2442年		2443年		2444年		2445年		2446年		2447年		2448年		2449年		2450年		2451年		2452年		2453年		2454年		2455年		2456年		2457年		2458年		2459年		2460年		2461年		2462年		2463年		2464年		2465年		2466年		2467年		2468年		2469年		2470年		2471年		2472年		2473年		2474年		2475年		2476年		2477年		2478年		2479年		2480年		2481年		2482年		2483年		2484年		2485年		2486年		2487年		2488年		2489年		2490年		2491年		2492年		2493年		2494年		2495年		2496年		2497年		2498年		2499年		2500年		2501年		2502年		2503年		2504年		2505年		2506年		2507年		2508年		2509年		2510年		2511年		2512年		2513年		2514年		2515年		2516年		2517年		2518年		2519年		2520年		2521年		2522年		2523年		2524年		2525年		2526年		2527年		2528年		2529年		2530年		2531年		2532年		2533年		2534年		2535年		2536年		2537年		2538年		2539年		2540年		2541年		2542年		2543年		2544年		2545年		2546年		2547年		2548年		2549年		2550年		2551年		2552年		2553年		2554年		2555年		2556年		2557年		2558年		2559年		2560年		2561年		2562年		2563年		2564年		2565年		2566年		2567年		2568年		2569年		2570年		2571年		2572年		2573年		2574年		2575年		2576年		2577年		2578年		2579年		2580年		2581年		2582年		2583年		2584年		2585年		2586年		2587年		2588年		2589年		2590年		2591年		2592年		2593年		2594年		2595年		2596年		2597年		2598年		2599年		2600年		2601年		2602年		2603年		2604年		2605年		2606年		2607年		2608年		2609年		2610年		2611年		2612年		2613年		2614年		2615年		2616年		2617年		2618年		2619年		2620年		2621年		2622年		2623年		2624年		2625年		2626年		2627年		2628年		2629年		2630年		2631年		2632年		2633年		2634年		2635年		2636年		2637年		2638年		2639年		2640年		2641年		2642年		2643年		2644年		2645年		2646年		2647年		2648年		2649年		2650年		2651年		2652年		2653年		2654年		2655年		2656年		2657年		2658年		2659年		2660年		2661年		2662年		2663年		2664年		2665年		2666年		2667年		2668年		2669年		2670年		2671年		2672年		2673年		2674年		2675年		2676年		2677年		2678年		2679年		2680年		2681年		2682年		2683年		2684年		2685年		2686年		2687年		2688年		2689年		2690年		2691年		2692年		2693年		2694年		2695年		2696年		2697年		2698年		2699年		2700年		2701年		2702年		2703年		2704年		2705年		2706年		2707年		2708年		2709年		2710年		2711年		2712年		2713年		2714年		2715年		2716年		2717年		2718年		2719年		2720年		2721年		2722年		2723年		2724年		2725年		2726年		2727年		2728年		2729年		2730年		2731年		2732年		2733年		2734年		2735年		2736年		2737年		2738年		2739年		2740年		2741年		2742年		2743年		2744年		2745年		2746年		2747年		2748年		2749年		2750年		2751年		2752年		2753年		2754年		2755年		2756年		2757年		2758年		2759年		2760年		2761年		2762年		2763年		2764年		2765年		2766年		2767年		2768年		2769年		2770年		2771年		2772年		2773年		2774年		2775年		2776年		2777年		2778年		2779年		2780年		2781年		2782年		2783年		2784年		2785年		2786年		2787年		2788年		2789年		2790年		2791年		2792年		2793年		2794年		2795年		2796年		2797年		2798年		2799年		2800年		2801年		2802年		2803年		2804年		2805年		2806年		2807年		2808年		2809年		2810年		2811年		2812年		2813年		2814年		2815年		2816年		2817年		2818年		2819年		2820年		2821年		2822年		2823年		2824年		2825年		2826年		2827年		2828年		2829年		2830年		2831年		2832年		2833年		2834年		2835年		2836年		2837年		2838年		2839年		2840年		2841年		2842年		2843年		2844年		2845年		2846年		2847年		2848年		2849年		2850年		2851年		2852年		2853年		2854年		2855年		2856年		2857年		2858年		2859年		2860年		2861年		2862年		2863年		2864年		2865年		2866年		2867年		2868年		2869年		2870年		2871年		2872年		2873年		2874年		2875年		2876年		2877年		2878年		2879年		2880年		2881年		2882年		2883年		2884年		2885年		2886年		2887年		2888年		2889年		2890年		2891年		2892年		2893年		2894年		2895年		2896年		2897年		2898年		2899年		2900年		2901年		2902年		2903年		2904年		2905年		2906年		2907年		2908年		2909年		2910年		2911年		2912年		2913年		2914年		2915年		2916年		2917年		2918年		2919年		2920年		2921年		2922年		2923年		2924年	
--------------	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--

しかも、540haの流域においてBOD負荷が8t程度堆積し、それが降雨によって4t程度流出したこともわかる。

図-5は大阪府水排水区において降雨時に流出する実測負荷量と運動式モデル、完全混合モデル、堆積負荷評価モデルを用いて、雨天時の流出負荷量をシミュレートしたものである。降雨時の流出負荷量は大きい。

表-3は、平均的な降雨により各流域において、公用水域に放流される流出負荷量を表わしたものである。単位面積当たりBOD負荷では1~2.7 t/km²もの放流負荷量が存在しており、仮りに2t/km²とすると、人口密度200人/haとして人口50万の都市では、平均的にBOD負荷が50tも放流されることになる。この負荷量は、直接河川に流出するとすると、流量25 m³/secの比較的大きな河川においても、一日でこの負荷量が流出するとすれば、平均値として河川水質は23ppmも上昇することになる。雨天時に河川水質の悪化するのも十分理解できよう。

このような多量の非点源汚濁負荷が存在している場所は主として半数以上は下水管きよ内である。図-6,7は大阪府水排水区における管きよ内の汚濁流達率を表わしたものである。晴天時には、特にBOD等の有機物の流達率は低く、下水処理場に発生負荷量が十分達していないことが明らかとなるとともに、時間的にも汚濁物の堆積の状況が変化していることがわかる。BODの汚濁流達率が0.6~0.7にあり管きよ内に堆積した負荷がフラッシュアウトされても、降雨後、1.5日程度で回復することがわかる。

このように、非点源汚濁負荷量が大きくなるのは従来の下水道システムには汚濁物の流達率が1でないことを評価していなかったことと、さらに、下水道システムが汚濁負荷の大きさと水環境に与えるインパクトをアセスメントしていなかったことによるといえよう。

4. 雨天時下水道の実状と改善のアセスメント

(1) 雨天時下水道改善

米国では⁵⁾、都市域から水域に流入する年間総汚濁負荷量の40~80%は下水処理場以外から由来するものであるといわれている。また処理場から雨天時に流出する有機物や重金属類を含む有害物質も多く、米国河川延長の1/6はこれらの雨天時負荷によって汚濁されている。米国はわが国の1/2の降雨量ではあるが、これだけ問題視されており、わが国では高密度で、水使用量も欧米なみになっており、雨天時負荷流出の影響は非常に大きい。これはすべて、非点源汚濁負荷にもとづくものであり、合流式下水道の雨天時負荷流出も大きい、分流化は雨水そのものの処理は行なわないため、限られた汚濁軽減効果しかなく、現在の下水道システムは処理技術万能のものではないことも十分認識しておく必要がある。

年間100回程度の降雨(3ヶ月)があるわが国では、雨天時流出負荷の制御は容易ではなく、そのためには、路面清掃、集水ます、下水管きよの清掃なども基本的な事項として重要であり、市民1人1人が地域の保全の立場

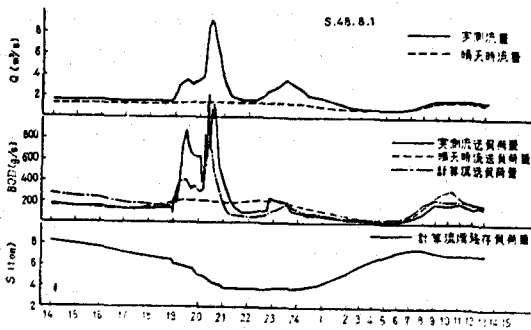


図-4 シミュレーション結果と実測値との比較 (S. 4.8.8.1)

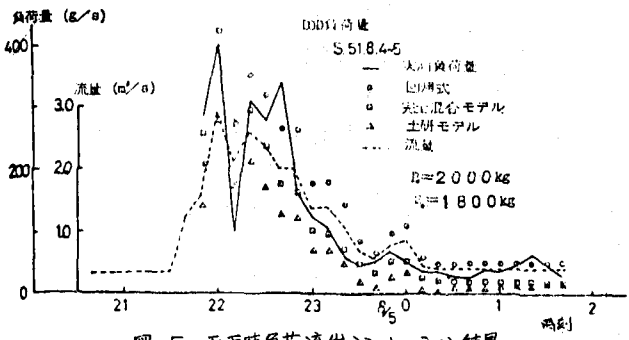


図-5 雨天時負荷流出シミュレーション結果

表-3 大阪府水排水区における単位面積当たりBOD負荷

土壌	汚濁	東京府内管端川排水区	札幌市内排水区	大阪府内排水区
BOD負荷 (t/km ²)		1~1.6	2.32	2 ~ 2.7

から汚濁負荷の防止を行なわざるを得ない。
 このように水環境は雨天時に弱い下水道によって汚濁負荷流出のショックロードを受けており何らかの上で土地管理を行なってゆく必要がある。

このような水環境に重要な下水道システムを評価してゆく場合に以下の立場から考えてゆく必要がある。

図-6 平常時管さ内BOD流量率(48.12.17)

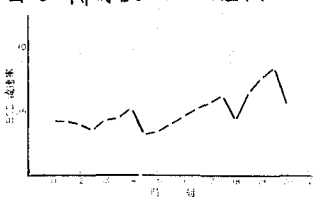
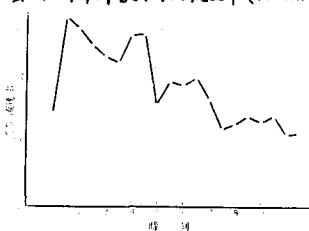


図-7 平常時管さ内SS流量率(48.12.17)



1) 雨天時汚濁防止は、洪水制御、土地の

侵食防止、土地利用技術と結びつけて行なわなければならない。

2) 都市化による不浸透面積の増大も関係しており、流出係数の変化とその制御、対応が重要である。

3) 交通から発生する負荷も十分考慮する必要がある。

4) 汚濁物の発生をできるだけ抑え、晴天時発生負荷は、晴天時に完全に処理しうるシステムとする。

5) 都市雨水管理の基本的な方法は、多種多様な処理と制御の手段を柔軟性と効率を達成するように組み合わせることであり、

① 貯留と処理の組み合わせ

② 雨天時汚水、晴天時汚水施設の2重利用

③ 制御、処理、再利用の組み合わせ

が重要となる。

6) 現在の合流式下水道の越流防止のためには、流量制御、流水輸送、貯留、機械制御の4つが重要であり、これらを有機的に結びつけることである。

7) 雨水の放流基準はないが、雨天時の放流負荷量が大きい現在、放流する水面をある程度限定して考えてゆく必要がある。コンドンは公共用水域の総量的規制の考え方が必要と述べており、米国の州や地方が公共用水域の利用度と重要性から雨水規制の条令を設けているように、公共用水域の汚濁容量(現在ある汚濁量も含む)から考えてゆく必要がある。

(2) 下水道システム改善の方向

従来から下水道システムは少しずつ改良はされてきているが、それは水処理設備や処理方法についてであり、都市域の汚濁予防と制御を含めた防止方法については目が向いていなかった。米国においても上記のようであり、わが国では、まだ雨水汚濁の総合的な解決方法には目が向いていないといえる。米国では合流式下水道をやめて合流式処理区域を拡大しておるところも多く、雨天時下水の制御と処理を前提とした合流式下水道を建設している。合流式にしても雨水汚濁問題が解決するのではなく、処理と制御を前提とした合流式下水道の雨水汚濁総合解決が望ましいと考えている。

さらに、雨水汚濁防止の土地管理による方法は、1つは構造物を設けて流量、負荷制御を行なう方法があり、浸透性舗装、洪水制御、汚濁防止技術も含まれるが、いずれも、土地の中に降った雨水管理のための施設制御である。もう1つは、発生源で汚濁物の発生をできるだけとめる方法であり、そのための生活の方法、有害物質の使用禁止、土地利用の制限、土地の開発などを適正に行なうなどのソフト面からのものである。

土地管理というと土地利用とだけ考えられがちであるが、土地にまつわるすべての管理であり、量的に大きく不定期的な雨水を対象とする限り、非構造的な管理で雨水汚濁防止をすることもできない。両方が機能的に結びつき合い、それらの効果を発揮してはじめて、雨水管理ができるものである。現在は、構造的な方法も、非構造的な方法も行なわれてはいるが、雨水汚濁防止は土地管理の上からはまだこれからはいまという段階である。滞

水池を設けることも土地管理からみた構造物による雨水管理の一つである。

雨天時放流負荷は、下水道の負荷発生が10%程度増大しただけでも、水域に放流される負荷量はかなり大きくなる場合も多く、雨天時汚濁防止の上からは、汚濁負荷の発生をできるだけ低く抑えることである。

下水道システムは管きよにかなりの汚濁物が堆積する。従って、分流化などの管きよを増大させても、それだけ汚濁物を面的に堆積させているだけであり、それよりも、合流式下水道において雨水汚濁制御のしうる施設に切りかえてゆくべきであろう。

5. 下水道における水環境技術のアセスメント

(1) 下水道を中心とした水環境技術

宗宮²⁾らは下水道を含めた水環境技術は次の3つによって構成されているとしている。(表-4)

- 1) 水量の増減と分布
- 2) 施設改善による容量の変化
- 3) 浄化能の変化

水使用量の増大の分布は地域の水環境への汚濁発生量と関連していることが和田により明らかにされているが²⁾施設改善による下水道の量的、質的(処理系)な容量の変化も重要であり、下水道の最も重要な機能である処理能を向上も大切である。しかし、これらの技術は、点源汚濁を中心とした場合の水環境技術である。非点源汚濁を対象とする場合には、これらの技術の外に、

- 1) 非点源汚濁流出に伴う下水道の雨水流出制御技術
- 2) 雨天時の浄化能技術
- 3) 非点源汚濁を含めた下水道システムの開発整備技術
- 4) 総合的な下水道計画技術

が必要である。従来の下水道では雨水に対しては量的な取り扱いが中心であり、非点源汚濁流出を考慮にいたった雨水の流出制御は下水道システムに最も大切なものであり、現在のシステムには処理技術中心になっているが、雨水制御を考えた処理技術も重要な課題である。晴天時だけ技術的に解決すれば、雨天時はさして問題とならないと考えられているが、公共用水域、水環境へ処理水や汚濁物が放流、流出する以上、水環境には晴天時・雨天時がない。トータルの汚濁負荷量が大きな意味をもってくる。

さらに、現在の下水道システムは非点源汚濁には非常に弱い構造をもっており、非点源への対応のできるシステムとする技術の開発と整備が大切であり、そのためには、下水道計画を総合的な広い視野をもった水環境制御の技術の上で行なうべきであり、下水道計画技術の向上が急務である。

(2) 水環境技術の制御基礎因子

水環境における汚濁物質の挙動は大半が、一次反応型で

$$\frac{dc}{dt} = -kc$$

示され、汚濁物の挙動は、物質の水環境での反応速度 k と系内の滞留時間 t とによって規定される。従来の処理システムでは k の値はさらに細かく分類され、その特性値を定めて活用している。しかし、広域的な水環境系の中で汚濁物の制御を考えてゆく場合には、自ずと k 自身の値も変化しようし、非点源汚濁物を含めた下水道システムでは、次のような基礎的事項が考えられよう。

- 1) 処理技術系では k を大きくする技術を発展させる。

表-4 水環境制御技術

(1)	(2)	(3)
1. 水質の改善、拡大 (降雨・海水含む) 2. 水の再利用、循環節約 3. 用途別給水 4. 供給カット 5. 水価格の変化 6. 人口増減 7. 水利利用改善・改良 8. 降雨の制御	1. 排水路の勾配、幅等の改善 2. 一時貯留槽の設置 3. 処理場設置場所の改善 4. 下水道方式の多様化 5. 土地構造の改善	1. 水系への排水分散 2. 処理レベルの改善 3. 排水源での浄化 4. 使用水質の改善 5. 生産プロセスの改善 6. 産業物の資源化 7. 水域自浄力の保全と拡大

- 2) しかし、下水道の輸送系、雨天時流出系ではKはできるだけ小さくする技術を開発する。
- 3) Kの制御が困難な場合にはオによって制御することが大切であり、そのための施設の開発が重要である。
- 4) 汚濁物の発生のもとになる水使用量を減少させる。
- 5) K, オの制御が困難な場合には水環系統での移動速度 v を大きくする。

6. まとめ

水環境の制御施設の1つである下水道の汚濁負荷の評価を行ないその機能強化のための考察を行った。現在の水環境では汚濁負荷制御のためには非点源汚濁負荷の制御が最も重要な課題であり、非点源負荷量の流出量の大きさを検討し、水環境の保全のためにはいかに下水道施設の機能と効果が大きいのかを評価した。このような重要な意味をもつ下水道が年間の1/4程度の降雨時に十分機能すべきための雨天時下水道の改善の考え方、ならびにその方策についても検討し、最後に今後下水道システムが備えなければならぬ、今後積極的に開発してゆかねばならぬ技術について検討した。これらは水環境のアセスメントのための基本的でかつ重要な現実の方策となるとともに、水環境アセスメントで何が重要なのかアセスメントでできる基礎となろう。

参考文献

- 1) フランシス・コンドン；雨水及び合流式下水道，第3回日米下水処理技術委員会会議録，日本下水道協会，1974年12月
- 2) 神山桂一，高畑征三郎；合流式下水道における雨天時流出汚濁負荷量の推定，第12回衛生工学シンポジウム講演集，1976年11月
- 3) 建設省土木研究所；「下水管理施設設計の合理化に関する調査報告書」，「合流式下水道の改良に関する調査(1)」——，土木研究所資料 第981号，昭和49年10月
- 4) 山口高志；雨天時合流式下水道からの汚濁流出シミュレーション——都内谷端川排水区の場合——，土木技術資料 18-2 (1976)
- 5) 稲場紀久雄訳；米国の合流式下水道改善の政策と戦略，水道公論，Vol. 12, No. 7 (1976年7月)
- 6) 宗宮功他；水環境における下水道の意義，第4回環境問題シンポジウム講演集，土木学会，1976年8月
- 7) 和田安彦；都市施設における水利用と汚濁発生，下水道協会誌，Vol. 13, No. 149, 1976/10