講義資料/水環境計画ー下水道以外のシステム，環境基準

	下水道以外のシステム，基本水質指標 　日本での各種衛生システムの比較(糞尿の農地還元，垂れ流し，し尿処理，下水道，浄化槽），各水質指標の意味，環境基準や多摩川の測定値との比較 絶対にこれだけはマスターしよう：典型７公害，負荷量，環境基準，BOD，DO，SS，TN，TP，大腸菌群数

典型７公害

　わが国においては，公害という言葉が忘れ去れようとしている。それはそれで，幸せなことかもしれない。環境という言葉に公害が置き換えられたことによって，地球環境問題をはじめとして，より幅広い問題にわれわれの関心がシフトした。ただ，過去は忘れてよいものではないし，今日の下水道建設をはじめたとした多くの施策が過去の経緯の中ですすめられている。新幹線は，どうして 300km/h 以上のスピードを出せないのか？これもいろいろ事情はあるにしても，典型７公害のひとつである騒音の環境基準を 300km/h 以上の運転ではクリアーできない事が大きな理由である(注：JR 東日本が東北新幹線青森開業時に 350km/h を予定している)。本講義では，水質汚濁以外の典型７公害についてはほとんど解説する事は出来ないが，典型７公害とそれに関わる環境基準が土木事業全般に及ぼしている影響を理解してほしいと考えたことから，環境基準の規制値を本講義では配布した。また，典型７公害とは何かというくらいは一般常識として知っていてほしいと考えている。
典型７公害＝大気汚染，水質汚濁，土壌汚染，騒音，振動，地盤沈下，悪臭

大気汚染の環境基準

物質	環境上の条件（設定年月日等）
二酸化いおう（ＳＯ２）	１時間値の１日平均値が 0.04ppm 以下であり、かつ、１時間値が 0.1ppm 以下であること。(48．5.16 告示)
一酸化炭素（ＣＯ）	１時間値の１日平均値が 10ppm 以下であり、かつ、１時間値の８時間平均値が 20ppm 以下であること。(48.5.8 告示)
浮遊粒子状物質（ＳＰＭ）	１時間値の１日平均値が 0.10mg/m^3 以下であり、かつ、１時間値が 0.20mg/m^3 以下であること。(48．5.8 告示)
二酸化窒素（ＮＯ２）	１時間値の１日平均値が 0.04ppm から 0.06ppm までのゾーン内又はそれ以下であること。(53．7.11 告示)
光化学オキシダント（ＯＸ）	１時間値が 0.06ppm 以下であること 。(48.5.8 告示)

・大気汚染については，こうした，古典的な汚染物質に加えてベンゼン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，ジクロロメタン，ダイオキシン類が有害大気汚染物質として環境基準が設定されている。
・環境基準を守るための仕組みとして，K 値規制というものがある。これは汚染物質の排出量を事業所等が $K \cdot He^2$ に抑えなさいという規制である。ここで K は，地域ごとに決められている定数で汚染のひどいところほど小さい値で決められている。また，He は，有効煙突高さというもので，煙突が高いほど拡散されるから多くの汚染物質を排出してもよいという考えに基づいた規制である。

騒音の環境基準

地域の類型	基　準　値	
	昼　間	夜　間
ＡＡ	５０デシベル以下	４０デシベル以下
Ａ及びＢ	５５デシベル以下	４５デシベル以下
Ｃ	６０デシベル以下	５０デシベル以下

（注）１　時間の区分は、昼間を午前６時から午後１０時までの間とし、夜間を午後１０時から翌日の午前６時までの間とする。
２　ＡＡを当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。
３　Ａを当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。
４　Ｂを当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。
５　Ｃを当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

このように地域を類型に分けて規制する考え方は，水質の環境基準にも採用されている。なお，道路，航空機，鉄道など我々土木分野と特に関係の深いことに起因する騒音については，ここでは省略するが，別の基準が適用されている。

水質指標

全国一律にあてはめる「人の健康の保護に関する」項目と地域の環境の状態に応じて定める「生活環境の保全に関する」項目とがある。

人の健康に関する項目

項 目	基 準 値
カ ド ミ ウ ム	0.01mg／l 以下
全 シ ア ン	検出されないこと。

鉛	0.01mg／l 以下
六 価 ク ロ ム	0.05mg／l 以下
砒 素	0.01mg／l 以下
総 水 銀	0.0005mg／l 以下
ア ル キ ル 水 銀	検出されないこと。
Ｐ Ｃ Ｂ	検出されないこと。
ジクロロメタン	0.02mg／l 以下
四 塩 化 炭 素	0.002mg／l 以下
1,2-ジクロロエタン	0.004mg／l 以下
1,1-ジクロロエチレン	0.02mg／l 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg／l 以下
1,1,1-トリクロロエタン	1 mg／l 以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.006mg／l 以下
トリクロロエチレン	0.03mg／l 以下
テトラクロロエチレン	0.01mg／l 以下
1,3-ジクロロプロペン	0.002mg／l 以下
チ ウ ラ ム	0.006mg／l 以下
シ マ ジ ン	0.003mg／l 以下
チオベンカルブ	0.02mg／l 以下
ベ ン ゼ ン	0.01mg／l 以下
セ レ ン	0.01mg／l 以下
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10mg／l 以下
ふ っ 素	0.8mg／l 以下
ほ う 素	1mg／l 以下

１　河川

（１） 河川での生活環境の保全に関する項目（湖沼や海域については別に定められているおり，河川にある BOD の基準は湖沼や海域の基準にはなく，COD で有機物汚染を監視し，さらに富栄養化に関する窒素とリンについて，やはり水域の利用目的に応じて基準値が定められている。）

項	利用目的の	基 準 値

型						
AA	水道1級 自然環境保全 及びA以下の欄 に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/l 以下	25mg/l 以下	7.5mg/l 以上	50MPN/ 100ml以下
A	水道2級 水産1級 水浴 及びB以下の欄 に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	2mg/l 以下	25mg/l 以下	7.5mg/l 以上	1,000MPN/ 100ml以下
B	水道3級 水産2級 及びC以下の欄 に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3mg/l 以下	25mg/l 以下	5mg/l 以上	5,000MPN/ 100ml以下
C	水産3級 工業用水1級 及びD以下の欄 に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5mg/l 以下	50mg/l 以下	5mg/l 以上	－
D	工業用水2級 農業用水 及びEの欄に掲 げるもの	6.0以上 8.5以下	8mg/l 以下	100mg/l 以下	2mg/l 以上	－
E	工業用水3級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10mg/l 以下	ごみ等の 浮遊が認 められな いこと。	2mg/l 以上	－

さらに，2003年度に水生生物の保全という観点から，全亜鉛(0.03mg/L以下)が生活環境の保全に関する環境基準として新たに基準項目となった。こうした水質に関する環境基準を守るための規制として，排水基準がある。「人の健康に関する項目」については，ほとんどの項目で，環境基準の10倍が排水基準となる。これは，環境中で10倍の希釈を仮定していることとなる。一方で，生活環境の保全に関する項目では，別の考え方が採用されており，実質的には，排水の規制というよりは，下水道の普及などのインフラ整備による改善によって，環境基準を守ることが意図されている。

土壌環境基準

土壌の環境基準は，概ね，水の環境基準が準用されており，土の汚染とは，水の汚染によって生じる，あるいは水の移動によって拡散すると考えられている。土壌環境基準が土木工法に影響を与えることもある。たとえば，トンネルの掘削した後のセグメントの裏に詰める詰め物なんて，何でもよいと考えら

れがちで，廃棄物の有効利用なども行われていたが，土壌環境基準に抵触することが近年問題となっている。廃棄物のリサイクルが環境規制によって成立たなくなっている例といえよう。

この講義では，そのうち特に重要な BOD，SS，DO，TN，TP，大腸菌群をとりあげる。その指標それぞれの説明については，テキスト（大学土木・水環境計画，オーム社）p40～p48 を参照すること。これらの項目は，環境基準では「生活環境の保全に関する」項目となっており，水域ごとに環境基準が設定されている。

本講義では，BOD，DO，大腸菌群の指標について，多摩川を例に考察をすすめ，BOD，TN，TP などの負荷量についてテキスト p198-206 に述べられている内容を講述する。 **多摩川を例に BOD を考える**

水質の環境基準には，全国一律に適用される(1)人の健康の保護に関する環境基準値（カドミウム，水銀などの重金属やトリクロロエチレンなどの地下水汚染関連物質[溶剤]や農薬類が含まれる）と水域ごとの利水目的に応じて設定する(2) 生活環境の保全に関する環境基準値（pH，BOD，SS，DO，大腸菌群および湖沼にあっては全窒素と全リン）がある（先週配布のプリントを参照）。(2)については，類型が河川ごとに指定されるが，多摩川の場合は，以下の図 3.9 のように拝島以北の上水道源として用いている区間が AA または A，羽村および小作の取水堰で流水のほとんどが取水された後，拝島以南では，排水や下水処理水の流入が続き，この区間の類型が C そして，田園調布取水堰以南の感潮区間が D 類型となっていたが，図-2 に示すように下水道の整備などによって，河川水質が BOD では，大きく改善したために，拝島橋以南もすべて B 類型に 2001 年より改められた。

図 3.9 多摩川流域一般図

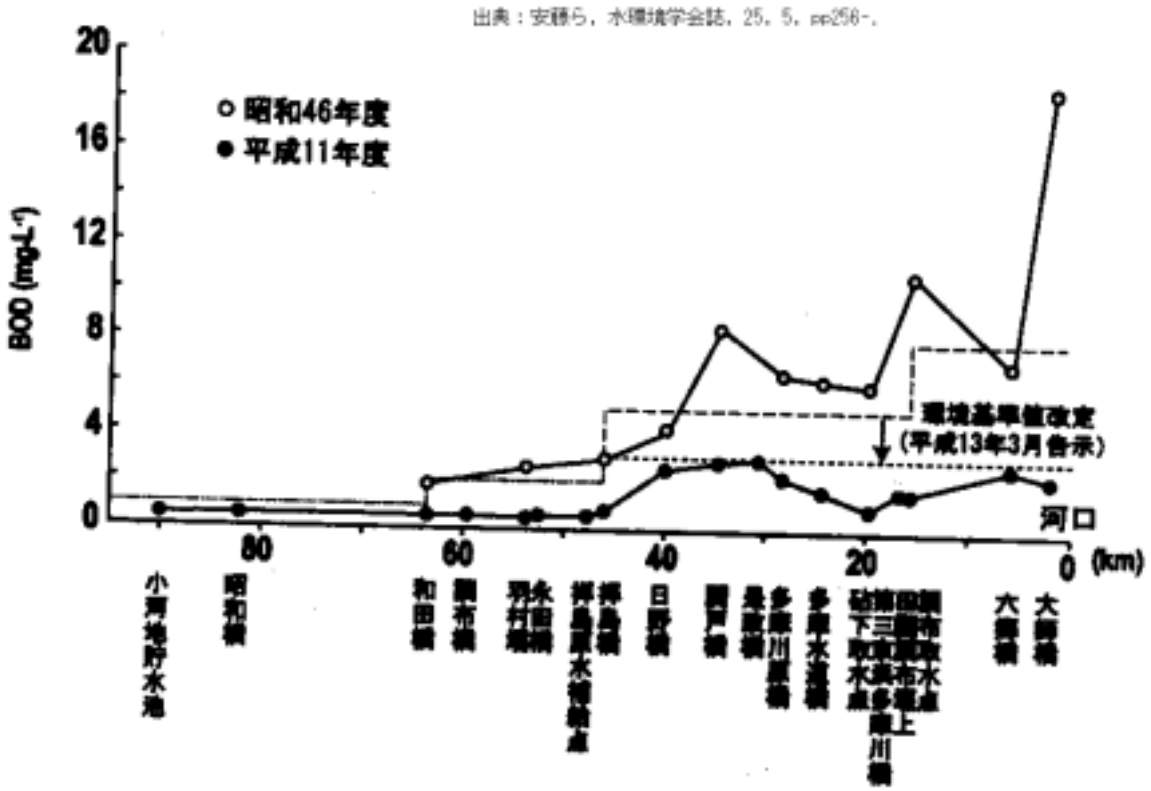

図２　多摩川の水質断面図（平成11年度）

図-2を見ると，河川の水質がBODという指標で見る限りは，昭和46年当時に比較して格段に現在改善されてきていることがわかる。これは，主として，下水道の整備に依存するところが大きく，この流域における下水道普及率も90%以上になってきている。さらに，下水道以外の河川浄化施設が，表ー3.209のように多摩川支流に作られた。さらに，小作，羽村の取水堰以南の水なし区間の解消と河川の水質浄化のために，平成4年より2m³/secの通年放流が開始された。

表 3.209　河川の水質改善事業

河川名	事業主体	事業種別	計画	事業開始・完成年
多摩川	建設省	しゅんせつ	0.5～7.0km区間でしゅんせつ	S.46～
		礫間接触浄化	野川合流地点で礫間接触浄化	S.58年完成
			平瀬川合流地点で礫間接触浄化	H.2年完成
			谷地川合流地点で礫間接触浄化	H.5年完成
			根川合流地点で礫間接触浄化	H.8年完成
仙川	東京都	礫間接触浄化	仙川で礫間接触浄化	H.6年完成

ところで，何ゆえ，BODが水質指標として重要視されるかを考えると，それは，DO=0というような嫌気的な環境では生物も棲まない死の川となるからであった。しかし，たとえば，田園調布堰での多摩川の今日の水質を示すと，必ずしも，わが国の河川では，流下時間が短いため，DOは，不足していない。DOは，右の表からも明らかなようにおおむね飽和を保っている。わが国のような流下時間の短い河川において，ロンドンのテームズ川で生まれた5日間酸素消費量の概念がどこまで有効なのか，あるいは，何のためにBODを規制するのか，あるいは，なぜ，BODの除去を下水道で再優先するのかについては，問いなおされてよいはずである。

多　摩　川

番号	項目	単位	調査地点 / 月日	田園調布堰（上）（35012）											
A1	観測水位			波	波	波	波	波	波	波	波	波	波	波	波
A2	天候			曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	晴
A3	観測時刻		時分	09:00	20:55	15:05	02:55	06:55	20:55	14:55	00:00	09:00	21:00	12:05	14:55
A4	水位		m	3.14	3.17	3.15	3.16	3.23	3.23	3.23	3.23	3.2	3.21	3.2	3.2
A5	流量		m³/sec	10.4	-	-	-	28	-	-	-	14.5	14.7	-	-
A6	全水深		m	1.72	1.75	1.73	1.74	1.8	1.8	1.8	1.8	1.76	1.77	1.76	1.76
A7	観測水深		m	0.34	0.35	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35
A8	気温		℃	25.3	23	26	21.9	26.7	24.1	28.5	23.2	29.4	25.3	30.1	26.9
A9	水温		℃	21.4	24.1	24.6	22.2	24	26.2	26.8	24.8	26.2	26	27	27.2
A11	外観			淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透	淡黄色透
A12	臭気（冷時）			無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
A13	透視度		cm	30.0<	-	30.0<	-	30.0<	-	30.0<	-	30.0<	-	30.0<	30.0<
A14	透明度		m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A15	水色			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	pH			7.600	8.200	8.000	7.500	7.500	7.900	7.500	7.500	7.700	7.700	7.600	7.800
B2	DO		mg/l	7.800	10.500	11.200	6.200	7.400	9.300	11.000	6.500	6.600	7.100	6.400	9.200
B3	BOD		mg/l	1.900	1.800	1.700	1.500	1.500	1.500	1.300	1.500	1.100	1.600	0.800	1.800
B4	COD		mg/l	5.300	6.000	5.200	6.100	4.700	4.800	4.600	4.700	4.600	5.500	4.600	5.800
B5	SS		mg/l	6.00	8.00	4.00	9.00	4.00	6.00	3.00	8.00	4.00	5.00	3.00	6.00
B6	大腸菌群数		MPN/100ml	4.90×10⁴	-	-	-	2.20×10⁴	-	-	-	4.60×10⁴	-	-	-
B7	総窒素		mg/l	5.620	-	-	-	5.540	-	-	-	4.650	-	-	-
B8	総リン		mg/l	0.4770	-	-	-	0.3150	-	-	-	0.3370	-	-	-
C1	カドミウム		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
C2	シアン		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
C3	有機リン		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	鉛		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
C5	クロム（6価）		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
C6	砒素		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
C7	総水銀		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
C8	アルキル水銀		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	N D	-	-	-
C9	PCB		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	N D	-	-	-
C10	トリクロロエチレン		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
C11	テトラクロロエチレン		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
D1	フェノール類		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
D2	銅		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
D3	亜鉛		mg/l	0.014	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
D4	総鉄性鉄		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
D5	総溶性マンガン		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
D6	クロム		mg/l	N D	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
D7	フッ素		mg/l	0.06	-	-	-	0.05	-	-	-	0.03	-	-	-
D8	n-ヘキサン抽出物質		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	N D	-	-	-
E1	アンモニウム態窒素		mg/l	0.29	-	-	-	0.13	-	-	-	0.11	-	-	-
E2	亜硝酸態窒素		mg/l	0.213	-	-	-	0.195	-	-	-	0.185	-	-	-
E3	硝酸態窒素		mg/l	5.28	-	-	-	4.55	-	-	-	4.2	-	-	-
E4	有機態窒素		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5	総窒素		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E6	総リン		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E9	オルトリン酸態リン		mg/l	0.429	-	-	-	0.277	-	-	-	0.369	-	-	-
E10	D・オルトリン酸態リン		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E11	総溶性総リン		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E13	総リン		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E14	総有機態炭素		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E15	TOC		mg/l	4.5	-	-	-	2.8	-	-	-	2.8	-	-	-
E16	総炭素		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E19	総溶性COD		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E23	シリカ		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E24	クロロフィルa		μg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E30	ケルダール窒素		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E32	植物プランクトン		Cells/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F2	臭気		度	4.4	4.8	3.5	6.5	3.9	3.1	2.3	3.7	2.9	3.5	3	2.8
F3	導電率		μS/cm	352	348	342	350	319	372	308	327	335	336	333	336
F4	酸化還元電位		v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F5	総硬度		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F13	pH 4.8 アルカリ度		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F18	pH 8.4 酸度		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F22	硫酸イオン		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F23	塩化物イオン		mg/l	36.3	-	-	-	28.7	-	-	-	34.4	-	-	-
F28	鉄		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F29	マンガン		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F31	ムッケル		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F34	陰イオン界面活性剤		mg/l	0.05	-	-	-	N D	-	-	-	N D	-	-	-
F45	2-MIB		mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

今一つ考えておきたいのは，東京などの特定の大都市では，河川水の流量に占める下水処理水の流量が際立って高くなっていることである。右の図に示すように，多摩川では，上流で流水のほとんどが取水され，中流以降は，下水処理水が河川の低水流量の 70%以上を占めるような状態となっている。したがって，下水処理水の水質が河川の水質をほとんど支配するという状況になっているのである。

例題：10mg/L のグルコース溶液($C_6H_{12}O_6$)が完全に微生物によって分解され水と二酸化炭素になるとした場合，このグルコース溶液の BOD は，いくらか

わが国の水循環　図-1-1-2 にわが国の水循環を示す。わが国の年間雨量は，1700mm ほどで，世界的に見ると，かなり多いほうであるが，洪水流出量が多いこと，人口密度が高いことから，必ずしも，一人あたりで見ると，水資源量は多くない。図を見てわかることは，以外に農業利用が多いということであろう。農地を宅地に転換すると，面積あたりの水使用量は増加するように素人は考えるが，実はそうではないと言われている。

一人 1 日あたりの水使用量は，わが国では，300-350 リットルほどであり，これと，表 4.1 を用いれば，わが国の平均的な排水の濃度がわかる(各自 BOD を計算してみよ 150mg/L ほどになったか？)。公共用水域へ排出される汚染物質の量で考えると，汲み取り式トイレを備えた家屋では，し尿は別に収集されし尿処理場で効率的に処理されるから，し尿に起因する負荷は概ね公共用水域へは排出されないと考えることができ，一方で，雑排水は垂れ流しという状況であろう。しかし，下水道が普及すると，下水処理場へし尿も雑排水も運ばれる。もし，下水処理場における除去率が BOD で 95%であったとしても，窒素については 50%でしかないとすると，下水道の普及は，汲み取りトイレ，雑排水垂れ流しに比較して，窒素の環境への負荷を増大させていることになる。

（負荷量）＝（流量）X（濃度）

図１－１－２　日本の水収支

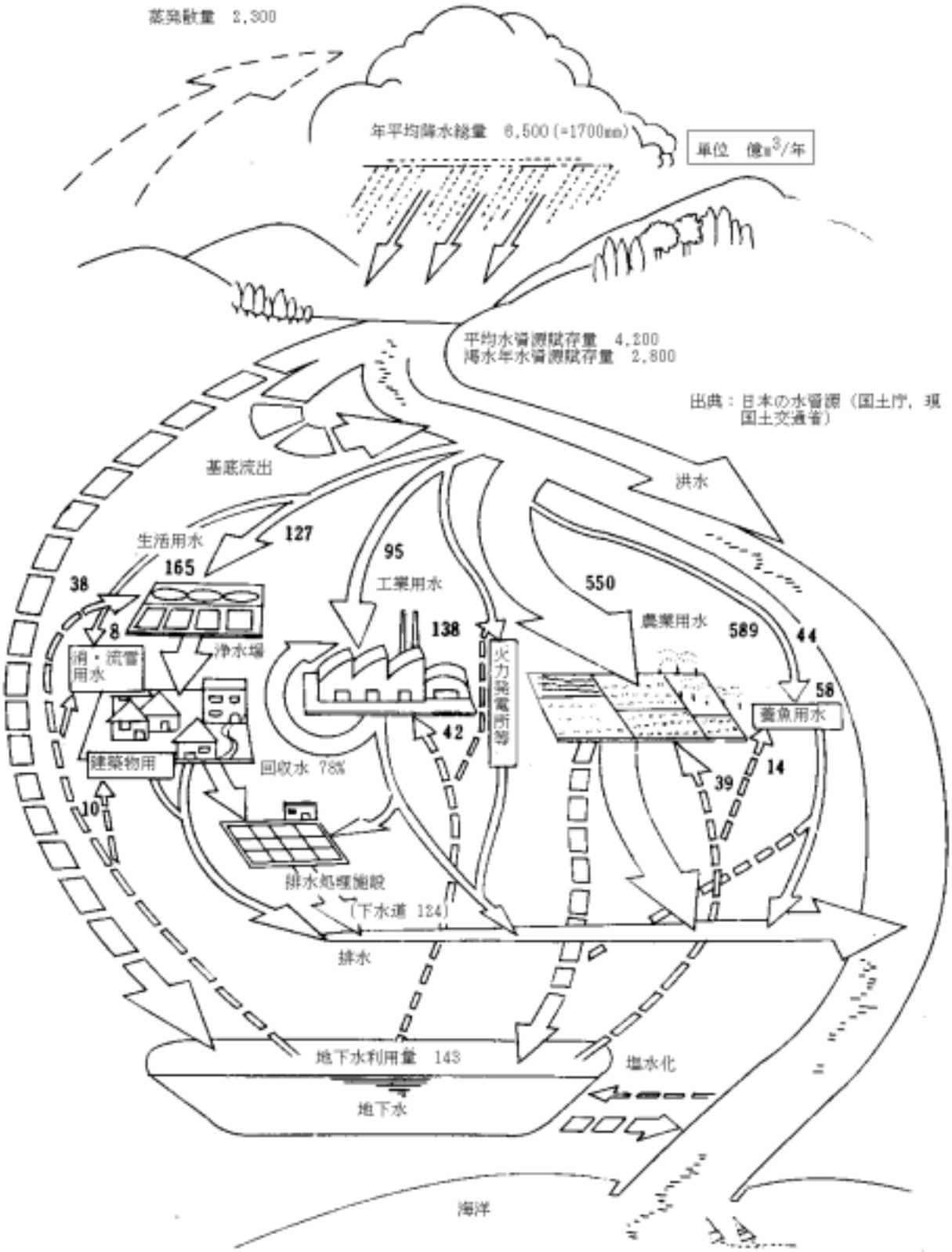
蒸発散量　2,300
年平均降水総量　6,500（=1700mm）
単位　億m3/年
平均水資源賦存量　4,200
渇水年水資源賦存量　2,800
出典：日本の水資源（国土庁，現国土交通省）
基底流出
洪水
生活用水
127
95
工業用水
550
農業用水
589
44
165
38
8
138
消・流雪用水
浄水場
火力発電所等
58
養魚用水
42
建築物用
回収水　78%
39
14
10
排水処理施設
（下水道　124）
排水
地下水利用量　143
塩水化
地下水
海洋

表 4・1　一人一日当り汚濁負荷量の参考値〔g/(人・日)〕

項目	し尿	雑排水	計
BOD	19	39	58
COD	9	17	26
SS	21	23	44
T-N	8	3	11
T-P	0.9	0.3	1.2

〔注〕 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説　平成8年度版より作成.

表 4・3　家畜による汚濁負荷量

項　目	水量〔l/(頭・日)〕	BOD〔g/(頭・日)〕	COD〔g/(頭・日)〕	SS〔g/(頭・日)〕	T-N〔g/(頭・日)〕	T-P〔g/(頭・日)〕
牛	45～135	640	530	3000	290	50
豚	13.5	200	130	700	40	25
馬	—	220	700	5000	170	40

〔注〕 流域別下水道整備総合計画調査　指針と解説　平成8年度版より作成.

表 4・4　面源汚濁負荷量の参考値

〔kg/(ha・年)〕

	COD	T-N	T-P
水　田	35～480	27～68	1.5～7.4
畑　地	4～50	8～240	0～2.4
市街地	34～380	4.5～40	0.6～6.5
降　雨	33～86	4.5～31	0.1～2.6

〔注〕 流域別下水道整備総合計画調査　指針と解説　平成8年度版より作成.

練習問題

提出期間　-月-日～-月-日(--:--まで)

１．次のようなシナリオそれぞれについて，当該水域環境中に排出される BOD，SS，TN，TP の人口あたりの負荷量(g/(人・day))を表 4.1(本日の講義資料)を参考に計算せよ。

i) 汲み取りトイレへし尿を排出(これは，当該水域外に運ばれるので，負荷量は 0 とする)し，雑排水をそのまま無処理で河川に放流する。

ii)トイレを水洗化しし尿，雑排水ともに下水道で受け入れ下水処理場で，BOD，SS については，95%，TN，TP については 50%処理してから当該水域に放流する。

２．トイレ水洗用水の使用量を 50 リットル/（人・day)，雑排水の使用量を 250 リットル/（人・day)とするときの(i)のシナリオ時の雑排水の BOD，TN 濃度，(ii)のシナリオ時の下水道処理場流入 BOD，TN 濃度を計算せよ。