

表9 下水処理における推定エストロゲン除去率³⁶⁾

type	season	location	water consumption per head	estimated E2 input (ng/L)	measured E2 output (ng/L) Desbrow et al. (f)	percentage removal
percolating filter	summer	Harpenden	264 l	13.6	3.7-7.1	48-73
biological filter	winter	Horsham	167 l	21.3	4-5.7	73-81
biological filter	winter	Naburn	151 l	24	6.5-10	58-73
extended aeration	winter	Billing	210 l	17	6.1-7.4	57-64
activated sludge	summer	Deephams	201 l	17.8	4.3-12	33-76
activated sludge	summer	Rye Meads	248 l	14.4	2.7-6.3	56-81

表 10 蒸留水中でのステロイドの溶解性⁹⁹⁾

Eryndiol diacetat	263* ± 1,75	(N = 3)
Lynestrenol	275 ± 4,01	(N = 6)
Chlormadinonacetat	205 ± 4,48	(N = 6)
Mestranol	310 ± 3,18	(N = 5)
Norethisteronacetat	998 ± 2,79	(N = 6)
Norgestrel	1730 ± 4,07	(N = 3)
Megestrolacetat	1710 ± 3,37	(N = 3)
Medroxyprogesteronacetat	1910 ± 4,27	(N = 3)
Äthinylöstradiol	4745 ± 3,62	(N = 6)

* Vier Derivate bei der Messung nicht berücksichtigt

表 11 蒸留水への天然および合成排卵抑制ホルモン剤の溶解性³¹⁾

Natural Urinary Hormones	Solubility (mg/L)	Synthetic Ovulation-Inhibiting Hormones	Solubility (mg/L)
Androsterone	5.75	Ethinodiol diacetate	0.26
Dehydroisoandrosterone	6.85	Chlormadinone acetate	0.16
Etiocholanolone	7.67	Dimethisterone	0.29
Pregnandiol	8.36	Mestranol	0.32
Testosterone	8.75	Norethynodrel	0.65
Pregesterone	9.12	Norethindrone acetate	0.98
Estrone	12.42	Norethindrone	1.44
β -Estradiol	12.96	Medroxyprogesterone acetate	1.95
Estriol	13.25	Ethinyl estradiol	4.83

表 12 環境水中微量混入ステロイド濃度 (イムノアッセイ) ³²⁾

Analyte	Limit of detection (ng/liter)	Total samples	Positive samples ^a	Concentrations
Norethisterone	10	14 (8 river) (6 potable water)	2	17 ng/liter —
Ethinyl estradiol	5	17 (9 river) (8 potable water)	0	— —
Progesterone	5	14 (8 river) (6 potable water)	1	6 ng/liter 6 ng/liter
Methotrexate	6.25	13 (7 river) (5 potable water) (1 hospital effluent)	0	— —
			1	1 μg/liter

^a Samples above the level of detection of each assay.

表13 環境水中の経口避妊薬(イギリス)⁴²⁾

	Norethisterone (ng/L)		Ethinyl estradiol (ng/L)	
	(1982. 9)	(1987. 8)	(1982. 9)	(1987. 8)
下水処理水 (8試料)	実施せず	8/20	実施せず	<1-7
河川水 (13試料)	<10-17	<2-10	<5	2-15
貯留水 (3試料)	実施せず	<2-10	実施せず	1-3
飲料水 (12試料)	<10	<2	<5	<1-4

表 14 イギリスにおける家庭用下水処理後の流出水中の天然および合成エストロゲンレベル³⁹⁾

site	date	estrone	17 β -estradiol	17 α -ethynylestradiol
Southend STW	15/5/95	48.0 \pm 1.3	48.0 \pm 6.0	7.0 \pm 3.7
	17/5/95	45.0 \pm 2.5	42.0 \pm 1.4	nd
	22/5/95	32.0 \pm 1.2	29.0 \pm 1.2	nd
Harpenden STW	17/7/95	5.2 \pm 0.6	3.7 \pm 0.6	nd
	24/7/95	8.5 \pm 0.6	7.1 \pm 1.0	nd
	1/8/95	8.9 \pm 0.8	4.4 \pm 0.5	nd
Rye Meads STW	17/7/95	3.6 \pm 0.4	2.7 \pm 0.1	nd
	24/7/95	1.8 \pm 0.5	5.5 \pm 0.5	nd
	1/8/95	2.1 \pm 0.4	6.3 \pm 0.2	nd
Deephams STW	17/7/95	13.0 \pm 4.6	12.0 \pm 2.6	nd
	24/7/95	2.0 \pm 0.05	4.9 \pm 0.4	nd
	1/8/95	9.4 \pm 0.9	4.3 \pm 0.5	nd
Naburn STW	28/1/95	76.0 \pm 10.3	10.0 \pm 1.6	4.3 \pm 0.5
	4/12/95	15.0 \pm 1.0	6.5 \pm 1.2	0.6 \pm 0.2
	16/1/96	48.0 \pm 2.9	9.8 \pm 1.0	1.9 \pm 0.2
Horsham STW	30/1/95	6.1 \pm 0.6	4.9 \pm 0.4	0.2 \pm 0.1
	4/12/95	10.0 \pm 0.3	5.7 \pm 0.7	0.6 \pm 0.1
	15/1/96	12.0 \pm 0.5	4.0 \pm 0.4	0.8 \pm 0.1
Billing STW	29/1/95	6.4 \pm 0.5	6.1 \pm 0.04	nd
	7/12/95	1.4 \pm 0.15	7.4 \pm 0.6	nd
	11/1/96	9.9 \pm 1.2	6.9 \pm 0.9	nd

^a nd, not detected. Quantitation was based on m/z 213 270 (estrone), 213 272 (estradiol), 215 274 (α -17 β -estradiol internal standard) and 213 296 (17 α -ethynylestradiol). Each value represents the mean and standard deviation of three replicate injections.

表 15 オランダでの表層水中のホルモンレベル⁴³⁾

Location, sampling date	Concentration ^{a,b} (ng/l)			
	17 β -estradiol	17 α -estradiol	17 α -ethinylestradiol	Estrone
1. Meuse — Eysden 26/8/97	0.8* (0.9*)	0.3* (0.4)	0.4* (0.3*)	2.7 (2.1)
5/11/97	5.5	1.1	< 0.2	2.5
9/12/97	0.6*	< 0.1	< 0.2	3.4
2. Rhine — Lobith 27/8/97	< 0.6 (0.7*)	< 0.1 (0.3*)	< 0.3 (0.3*)	< 0.3 (0.7*)
11/11/97 ^c	1.0*	1.4	1.2	1.7
11/11/97 ^c	2.8	3.0	4.3	2.9
3. New Waterway — Beneluxtunnel 2/10/97	< 0.3	< 0.1	< 0.1	0.3*
4. New Waterway — Maassluis 20/8/97	0.6* (0.6*)	0.2* (0.2*)	0.3* (< 0.3)	0.3*
3/11/97	< 0.4	< 0.1	< 0.2	< 0.1
5. North Sea Canal — IJmuiden 1/10/97	< 0.3	< 0.1	< 0.1	0.5*
6. Haringvliet 5/11/97	< 0.4	< 0.1	< 0.2	< 0.1
7. Canal Gent-Terneuzen 24/9/97	0.3*	< 0.1	< 0.1	0.6
8. Western Scheldt — Terneuzen 24/9	< 0.3	< 0.1	< 0.1	< 0.2
9. Western Scheldt — Hansweert 23/9	< 0.3	< 0.1	< 0.1	< 0.2
10. Eastern Scheldt 13/10/97	< 0.3	< 0.1	< 0.1	< 0.2
11. Delfzijl sea canal 14/10/97	< 0.3	< 0.1	< 0.1	0.5*
Median concentration	< LOD	< LOD	< LOD	0.3
Number of locations where compound was observed	4 of 11	3 of 11	3 of 11	7 of 11

^aData are not corrected for recovery. Values between LOD and LOQ are indicated in the tables with an asterisk (*).

^bValues in parentheses refer to the same sample after treatment with β -glucuronidase (for explanation see text).

^cTwo separate samples.

表 16 オランダでの下水処理プラントからの流出水中 (5ヶ所) のホルモンレベル⁴³⁾

Type of WWTP	Sampling location and period	Concentration ^{a,b} (ng/l)			
		17 β -estradiol	17 α -estradiol	17 α -ethinylestradiol	Estrone
Domestic	WWTP A (Oct. 97)	n.a. ^c	< 1.3 (< 1.3)	< 1.4 (< 1.4)	2.7 (5.4)
	WWTP A (Dec. 97)	1.1*	< 0.1	< 0.2	15
	WWTP B (Oct. 97)	n.a. ^c	< 1.7 (< 1.3)	< 1.8 (< 1.4)	< 0.4 (1*)
	WWTP B (Dec. 97)	0.7*	1.2	< 0.2	6.3
	WWTP C (Oct. 97)	< 0.6 (< 0.6)	< 0.1 (< 0.1)	< 0.3 (0.5*)	2.1 (2.2)
	WWTP C (Dec. 97)	12	5.0	7.5	47
	Median concentration	0.9 ^d	< LOD	< LOD	4.5 ^d
	Number of locations where compound was detected in Oct. 97	1 of 1	0 of 3	0 of 3	2 of 3
Number of locations where compound was detected in Dec. 97	3 of 3	2 of 3	1 of 3	3 of 3	
Industrial	WWTP D (Oct. 97)	< 0.6 (< 0.5)	< 0.5 (< 0.3)	< 1.8 (< 1.4)	11 (7.4)
	WWTP D (Dec. 97)	1.8	2.1	2.6	0.7
	WWTP E (Oct. 97)	< 0.7 (< 0.6)	< 0.1 (< 0.1)	< 0.3 (< 0.3)	< 0.4 (< 0.3)
	WWTP E (Dec. 97)	< 0.4	< 0.1	< 0.2	< 0.1
	Median concentration	< LOD	< LOD	< LOD	0.4 ^d
	Number of locations where compound was detected in Oct. 97	0 of 2	0 of 2	0 of 2	1 of 2
	Number of locations where compound was detected in Dec. 97	1 of 2	1 of 2	1 of 2	1 of 2

^aValues are not corrected for recovery. Values between limit of detection (LOD) and limit of quantification are indicated in the tables with an asterisk (*).

^bValues in parentheses refer to the same sample after treatment with β -glucuronidase (for explanation see text).

^cNot analyzed due to technical problems during HPLC fractionation.

^dAverage of two median values.

表 17 建設省による全国の下水処理場の環境ホルモン調査結果の一部⁴⁵⁾

概要	放流先	琵琶湖				
	処理水量	m ³ /日	127.000			
	排除方式	分流				
	水処理方式	同時凝集				
	汚泥処理方式	活性汚泥循環変法 濃縮消化脱水焼却				
採取	年月日	98.7.29	98.7.29			
	試料採取時刻	13:00	14:30			
試料名		流入下水	放流水	減少率(%)		
測定結果	天候	晴	晴			
	気温	(°C)	31.0	31.5		
	水温	(°C)	25.2	26.8		
	pH		7.0	7.0		
	色		乳褐色	透明		
	臭い		下水臭	塩素臭		
	SS	[mg/l]	177	0.4	99.8	
	BOD	[mg/l]	112	0.6	99.5	
	COD	[mg/l]	68.1	3.4	95.0	
	TOC	[mg/l]	73.5	4.3	94.1	
	1	4-t-オクチルフェノール	[μg/l]	1.2	n.d.	91.7
	2	4-n-オクチルフェノール	[μg/l]	n.d.	n.d.	—
	3	ノニルフェノール	[μg/l]	5.4	tr(0.18)	96.7
	4	ビスフェノール A	[μg/l]	1.14	0.04	96.5
	5	フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	[μg/l]	15	n.d.	98.7
6	フタル酸ブチルベンジル	[μg/l]	n.d.	n.d.	—	
7	フタル酸ジ-n-ブイル	[μg/l]	3.0	n.d.	93.3	
8	アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル	[μg/l]	3.72	0.07	98.1	
9	スチレンモノマー	[μg/l]	n.d.	n.d.	—	
10	17βエストラジオール	[μg/l]	0.036	0.004	88.7	

表18 日本における環境水中の人畜由来の女性ホルモン検出地点数とレベル⁴⁶⁾

	17 β -Estradiol	17 α -Estradiol	Ethinyl estradiol
河川水	80/124 (65%)	45/124 (36%)	2/124 (2%)
湖沼水	5/6 (83%)	1/6 (17%)	0/6 (0%)
海域水	3/7 (18%)	0/17 (0%)	0/17 (0%)
地下水	1/23 (4%)	0/23 (0%)	2/170 (1%)
全体	89/170	46/170	2/170
濃度レベル(μ g/L)	N.D.~0.011	N.D.~0.040	N.D.~0.002

表 19 アメリカにおける環境水中経口避妊薬、ホルモン補充療法剤および肥育ホルモン剤の EIC¹⁶⁾

薬 剤	使用量から算出した EIC (ng/L)	販売量から算出した EIC (ng/L)
経口避妊薬 (エチニルエストラジオール)	2.16	0.012
ホルモン補充療法剤 (抱合型エストロゲン)	4.15	36.9
成長促進ホルモン剤 (エストラジオール)	14.2	算出できず

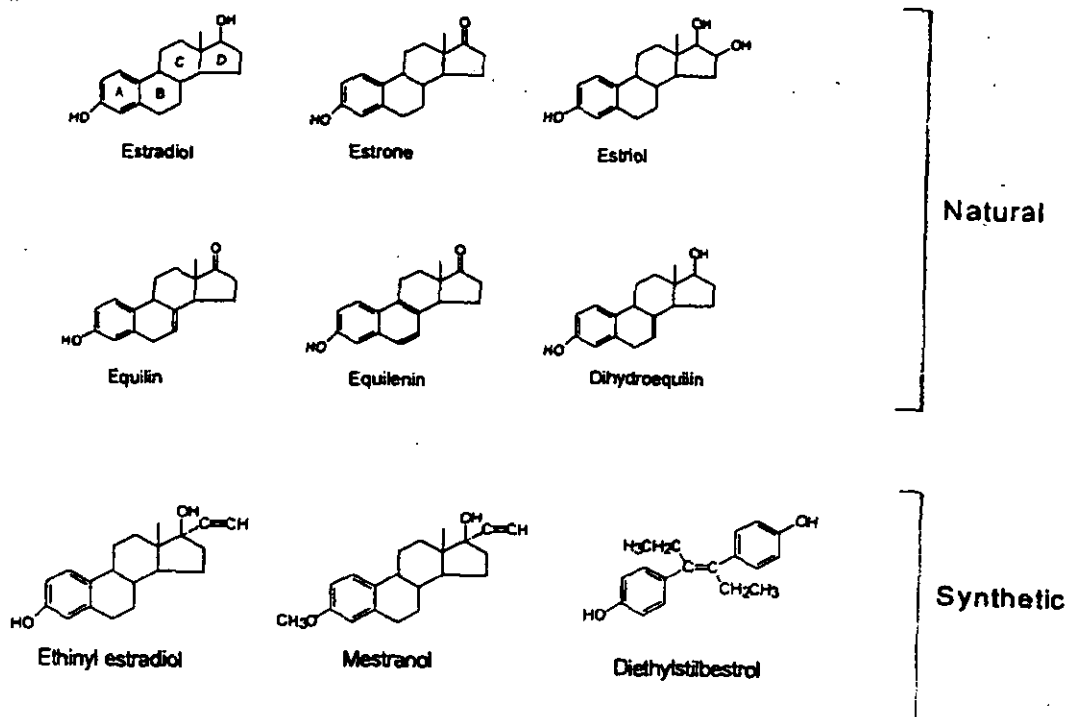


図1 天然および合成エストロゲンの化学構造 16)

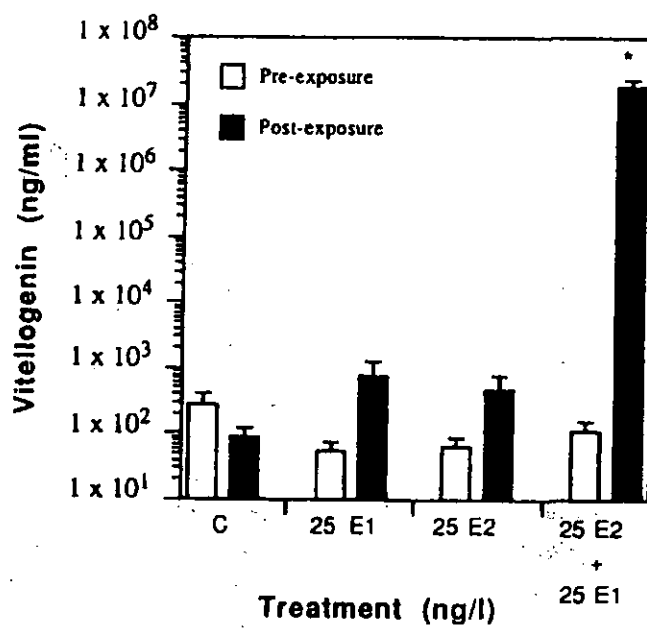


図2 雄ニジ鱒へのエストロン (25 μ g/L) とエストラジオール (25 μ g/L) 単独および併用3週間曝露時の作用と対照群との比較¹²⁾

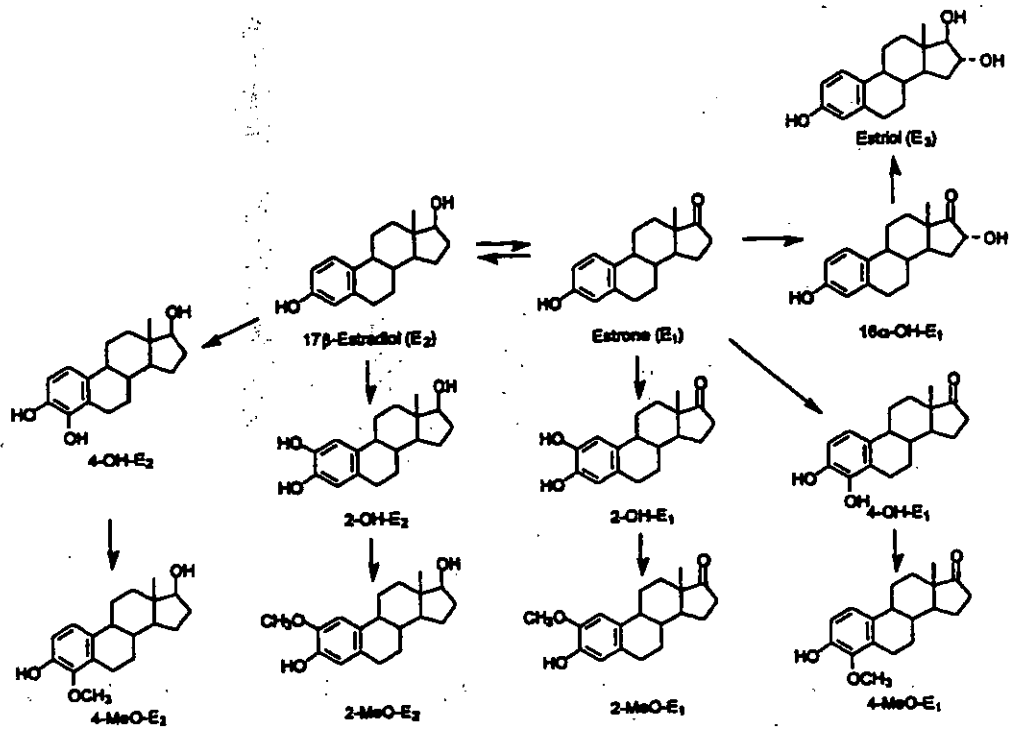


図3 エストラジオールの代謝経路¹⁶⁾

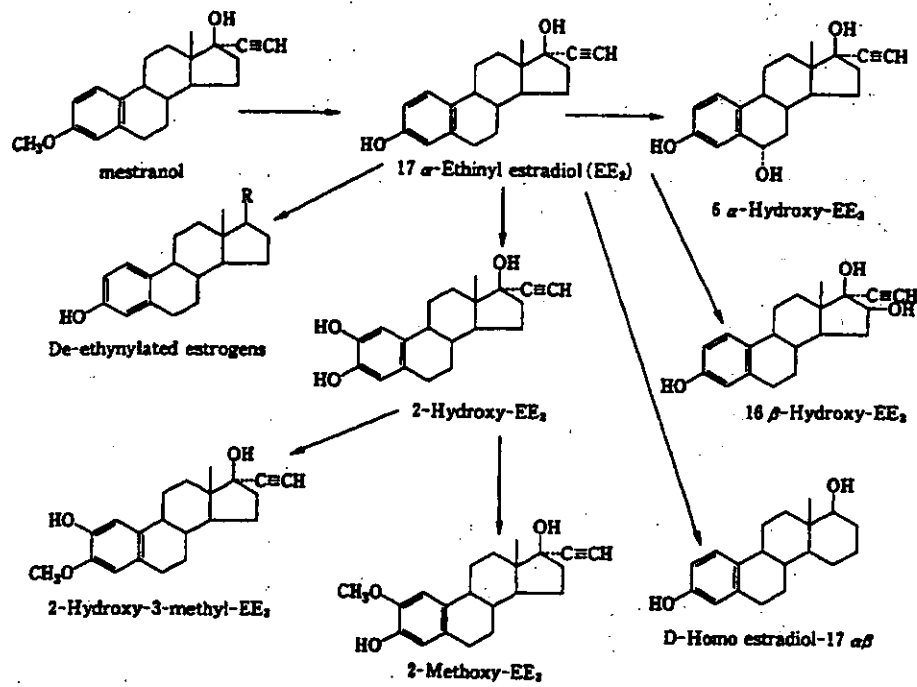


図4 メストラノールとエチニルエストラジールの代謝経路¹⁹⁾

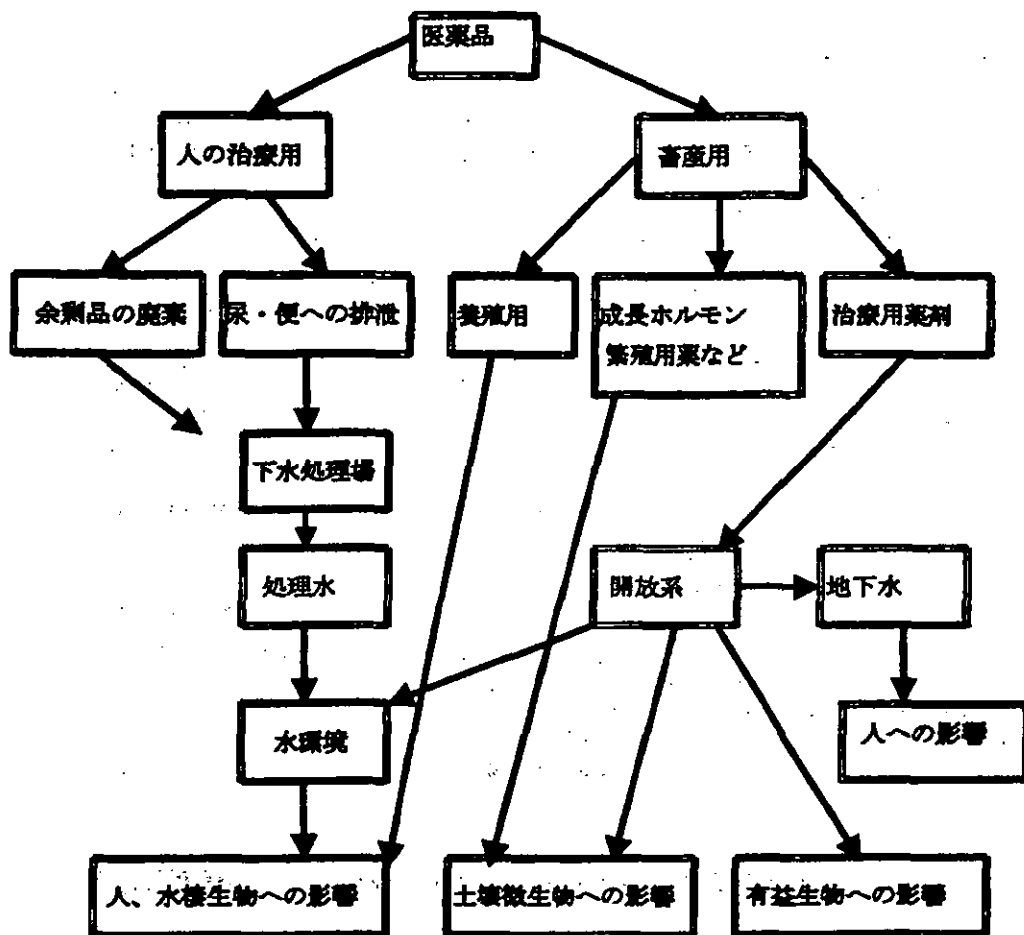


図5 医薬品および動物用薬品による環境水汚染経路¹⁾

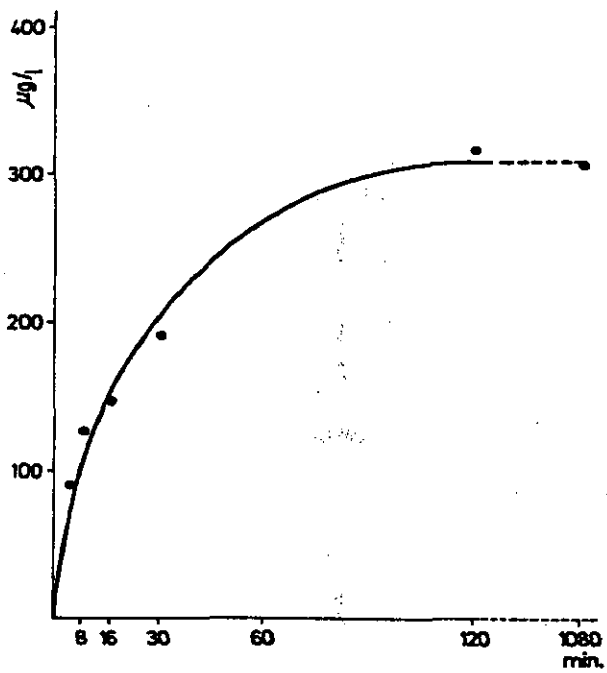


図6 蒸留水へのメストラノールの経時的溶解性 (22°C) ³⁹⁾

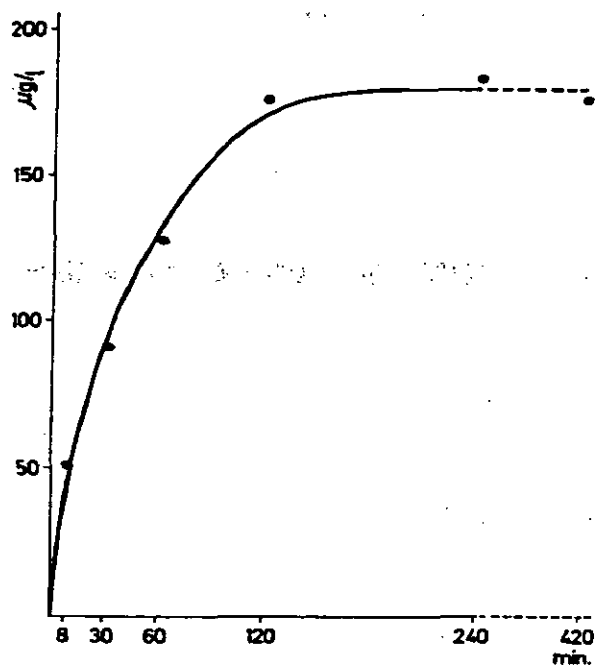


図7 汚水中でのメストラノールの経時的溶解性 (22°C) ³⁹⁾

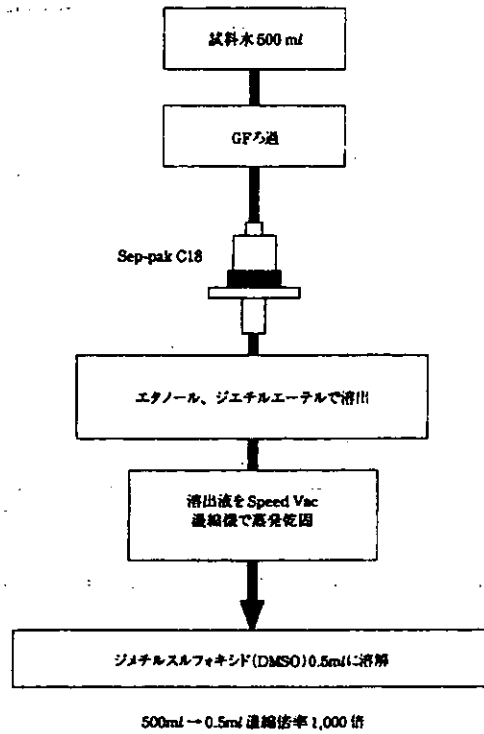


図8 エストロゲン様物質を選択・回収するための固相抽出法濃縮フロー⁴⁷⁾

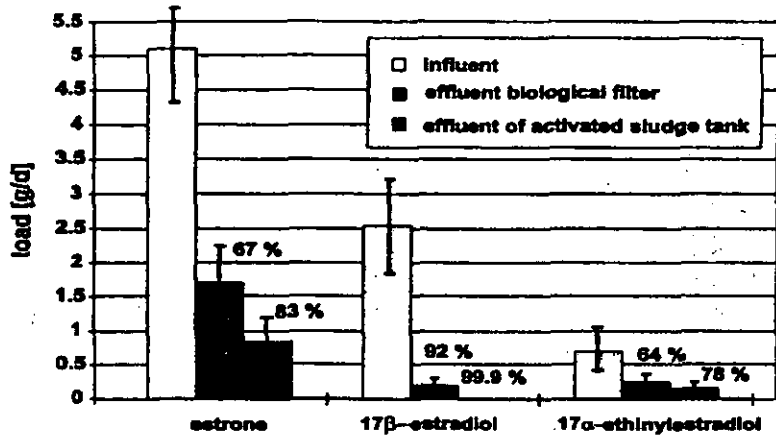


図9 ブラジル Penha RJ 地域の下水処理プラントでのエストロゲンの処理能と除去率⁴⁾

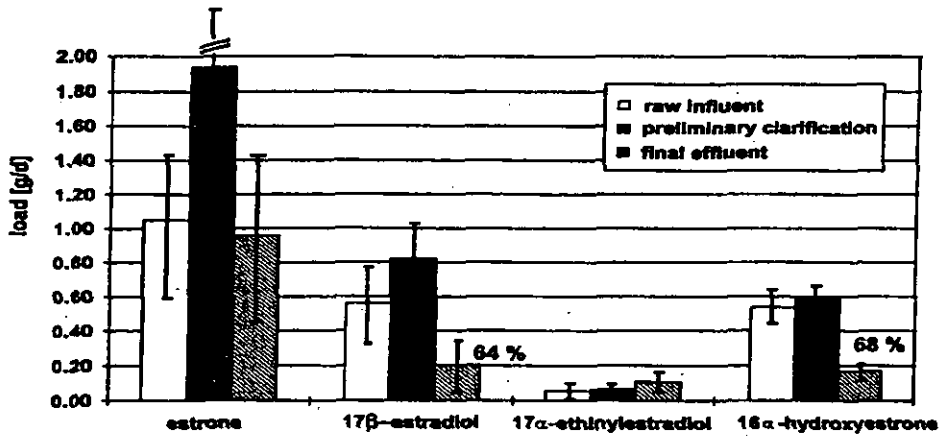


図10 ドイツ、フランクフルトの下水処理プラントのエストロゲン処理能と除去率⁴⁾

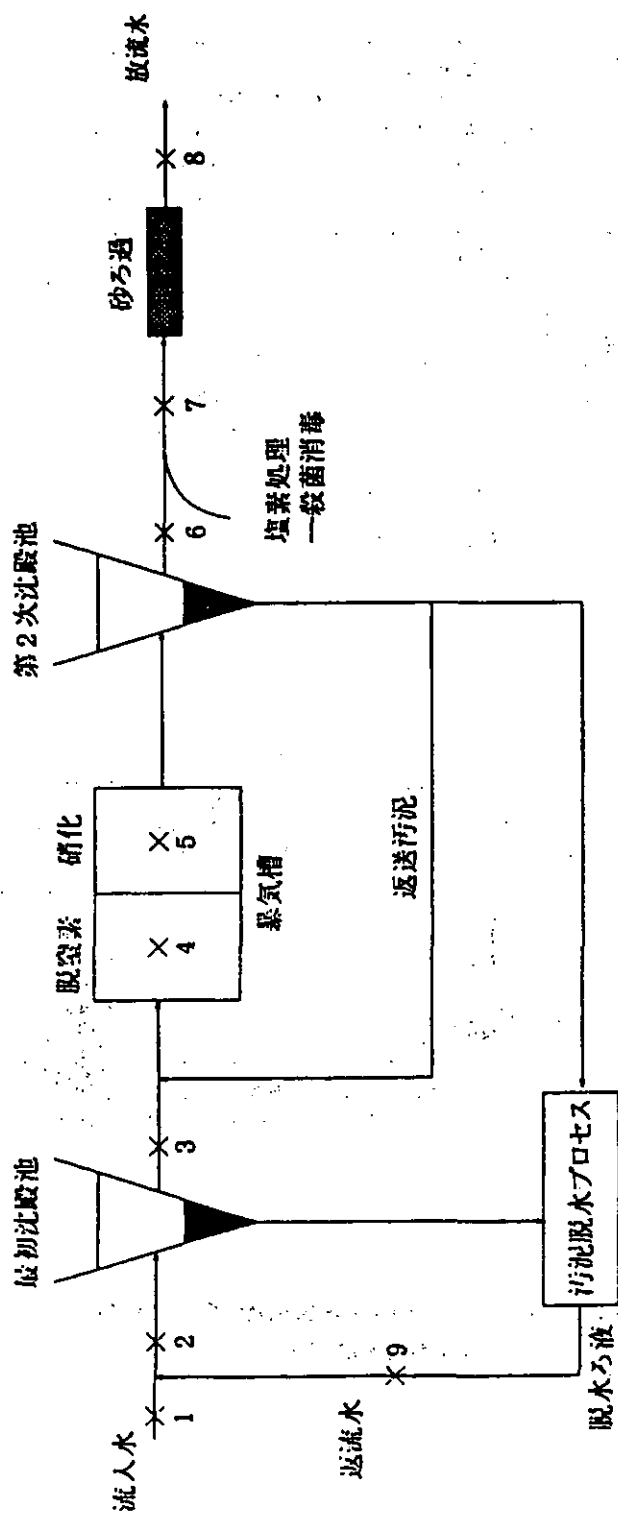


図 11 調査対象の下水処理プロセス (17)

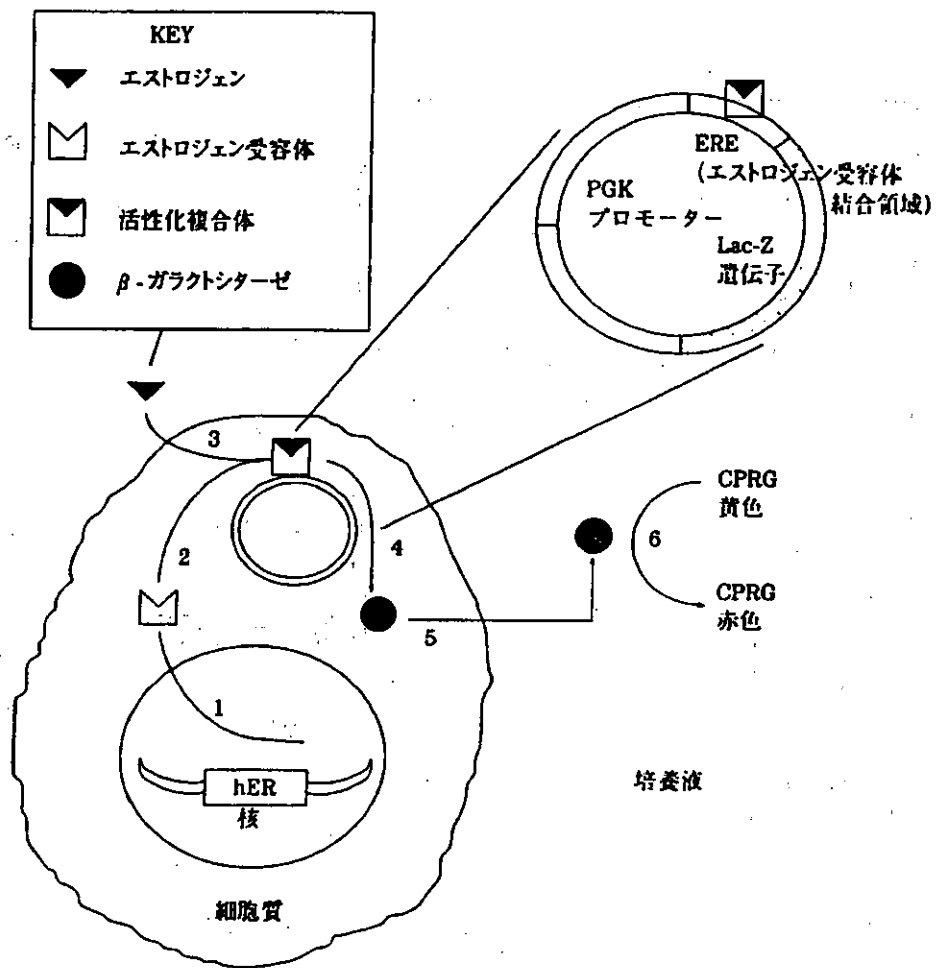


図 12 キメラ酵母を用いたエストロジェン様物質測定原理 47)