

§1 緒論

我国に於ける地域開発は、新産業都市、工業整備特別地区、低開発地域工業開発地区指定など、いずれも工業を核子とする計画が立てられ、所得水準の向上、地域格差の是正などがうたい上げられてきた。しかしながら、現実には、大都市圏、大平洋ベルト地帯への工業と人口の集積はますます大都市圏に於ける過密の問題は早急に解決を迫られている。

水保全上からこれを見ると、水不足、地下水吸み上げによる地盤沈下、都市内河川の水質汚濁は、公共上下水道への投資の立遅れと相まって、急速に深刻化している。したがって、ハコ都市化時代を招来すると云われる昭和六十年代になると、大都市圏への工業及び人口の集積は一般と激しくなり、水保全政策は根本的な政策を強いられ、公共上下水道、水資源確保のための公共投資も莫大なものとなるであろう。さらに、従来の地域計画、都市計画に於ては、水保全の問題は必ずしも先決的な制約条件とはならず、計画主体の目標ないしは、上部計画からの権限という形で、計画地域の人口と工業が与えられ、これに混入しただけの水資源の開発という手順で計画が立てられてきた。

したがって、水保全の立場からの地域計画、都市計画へのフィードバックは充分でなく、結果的には水保全に無理を強いている面が多かった。

かかる観点から、我々は、過密地域に於ける工業立地を水保全よとの様に考えていけば良いか、水保全からのフィードバックがどの程度効果を期待できるかを、昭和六十年の荒川流域をとって検討した。

§2 水保全と立地規制

まず、産業連関分析による立地産業の業種、規模の選定の数学モデルを取り上げる。

今、ある地域又は流域に於いて、立地希望と認められる工業がいくつか候補に上がっているとする。

しかしながら、用水量の制約のため、すべての工業を立地させることは不可能であり、二の中から、どの業種を、どの程度の規模で立地させれば、水質汚濁を最小に抑えようとするかが必要となる。対象とする地域（又は流域）を R 、それ以外を S と全国を分けぬ。産業（又は工業）を n 個の部門に分け、 l 地域の j 産業の総生産額を X_j^l 、 l 地域から k 地域への j 産業に対する最終需要額を F_{jk}^{kl} 、 k 地域の j 産業から l 地域の j 産業への投入係数を a_{ij}^{kl} とする。ただし、 k および l は、 R 地域又は S 地域とする。需要均衡方程式は、次の様になる。

$$X_i^k = \sum_l \sum_j a_{ij}^{kl} X_j^l + \sum_l F_{il}^{kl} = \sum_{j=1}^n a_{ij}^{kR} X_j^R + \sum_{j=1}^n a_{ij}^{kS} X_j^S + F_{il}^{kR} + F_{il}^{kS} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad k = R, S, \quad l = R, S,$$

目標年次に於いて、 R 地域の j 産業が ΔX_j^R だけ立地されるとする。制約条件として、(a)どの産業も現状の総生産額を下ることはないとし、現状の各産業の最終需要額を $\overline{F}_{il}^{kl}$ と示すと、(1)式から、次式が得られる。

$$X_i^k - \sum_{j=1}^n a_{ij}^{kR} (X_j^R + \Delta X_j^R) - \sum_{j=1}^n a_{ij}^{kS} X_j^S \geq \overline{F}_{il}^{kR} + \overline{F}_{il}^{kS} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} X_j^R &\geq 0 & (j=1, 2, \dots, n) \\ \Delta X_j^R &\geq 0 & (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \right\} (3)$$

(2) 新設される産業は、用地取得、その他との関連もあり、標準的な規模を指し、標準規模の1〜P倍までの産業を考える。この地域に於いて、四標準次に新設産業(工業)に対して供給可能な用水量を W^R 、立地候補地種 j の標準規模として、必要用水量を w_j 、年間総生産額を X_j 、生産額1単位当りの用水量を $b_j = w_j/X_j$ とすると、立地産業に対する制約条件は、 $PX_j \geq \Delta X_j^R \geq X_j$ である。したがって、 $b_j \cdot \Delta X_j^R \geq w_j$ --- (4) $b_j \cdot \Delta X_j^R \leq P w_j$ --- (5) $\sum_{j=1}^n b_j \cdot \Delta X_j^R = W^R$ --- (6)

かかる制約条件のもとに、この地域に於ける、排水処理費をできるだけ少ない様にして、水系の水質保全を図ることを目的とする。工業種の排水量(生産額1単位当り)、その水質(BODなど)を S_j 、 C_j とすると、新設業種による水質汚濁負荷の増加分 D^R は、次の式で与えられる。

$$D^R = \sum_{j=1}^n \Delta X_j^R \cdot S_j \cdot C_j \quad \text{--- (7)}$$

よって、制約条件式、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)のもとに、(7)式の汚濁負荷量を最小にしていく解、 X_j^R ($j=1, 2, \dots, n$)、 X_j^R ($j=1, 2, \dots, n$)、 ΔX_j^R ($j=1, 2, \dots, n$)を求めると、新設立地業種の、適正業種、規模が求まる。

このL・Pモデルは、水系汚濁負荷の量を制限してあり、用水需要量を最小にしていく、モデルへと変えることが出来る。さらに、地域ないし、流域を度入河川に充ていく、かの排水区分け、(7)式で示される汚濁負荷の河川への流入量を定めておくと、河川の水質をできるだけ良好に維持するシステムへと変えていくこともできる。

反面これらのモデルは、以下の様な難点がある。(1) 投入係数 a_{ij} が地域ごとに異なること。(2) 新産業都市などのように、新たに工業を誘地してくる地域では便利であるが、工業集中地区に於ける場合の様に、工業生産の拡大の大きいところでは、既存工場による水保全が問題となっており、それを経営的でない。

そこで、工業集中地域に於いては、もっとマクロな観点から、その地域に於ける工業の業種構成を大枠で捉えて、水保全を図ることを考える。

§3 工業の業種分類と排水原単位

従来、工業用地は労働力、土地、交通、水、原材料、消費地などの原単位的因子から考察されてきた。しかしながら、最近では、より都市的な、経済的、社会的要因が増しているといわれる。^(註1)

そこで、都市化の段階に依って、工業業種の立地傾向がどう相違するかを、工業粗付加価値の都市階層別、都市地帯別の構成から、各業種を分類すると、産業中分類業種は表-1の様に分類することが出来る。^(註2)

この都市化による業種区分と、水保全上から見た、用水量、排水量、排水水質との関連を明らかに、水保全上の計画分類を、表-2のごとく作製した。

用いた資料は、経済企画庁の全国4の工場排水の水質分析結果と、工業用水統計表(昭和37年)である。原単位は、すべて、工業出荷額当りとし、水質指標としては、BODをとった。

BOD負荷原単位は、次式で求めた排水量原単位に水質を乗じて、出荷額当りのBOD負荷量を算出

した。

$$\text{排水量} = \text{用水量} - (\text{ボイラー用水} + \text{原料用水} + \text{回收水})$$

又、用水量原単位は、将来の回収率の向上を見込んで、冷却用水、蒸調用水の80%が再利利用されると仮定して、用水量原単位を修正して、実用水量原単位を示した。修正式は次の通り。

$$\begin{aligned} \text{実用水量原単位} &= \\ \text{用水量原単位} \times \frac{1}{1+0.8\eta} \\ \eta &= \frac{\text{冷却用水} + \text{蒸調用水}}{\text{全用水量}} \end{aligned}$$

この分類表は、前述した様々BOD負荷原単位と、実用水量原単位とを組み合わせて作製したものである。

概略的には、α型は、BOD負荷原単位、用水量原単位ともに極めて大きく、過密地域の立地には不向きな業種である。α2型は用水量が極めて小さい割に、BOD負荷原単位はそれ程でもなく、一応内陸部への立地が許される業種である。

α型は、その逆で、内海部での立地が許されるものとする。

さて、β型を普通と考えるならば、γ1、γ2型は、BOD負荷原単位、用水量原単位ともに小さく過密地域へも立地可能な業種と考えられる。

と云うので、この計区分類表先の表-1に示した都市化による業種区分と対応させてみると、良く傾向が一致している。

すなわち、都市型工業はαベ

表-1 都市化と業種区分

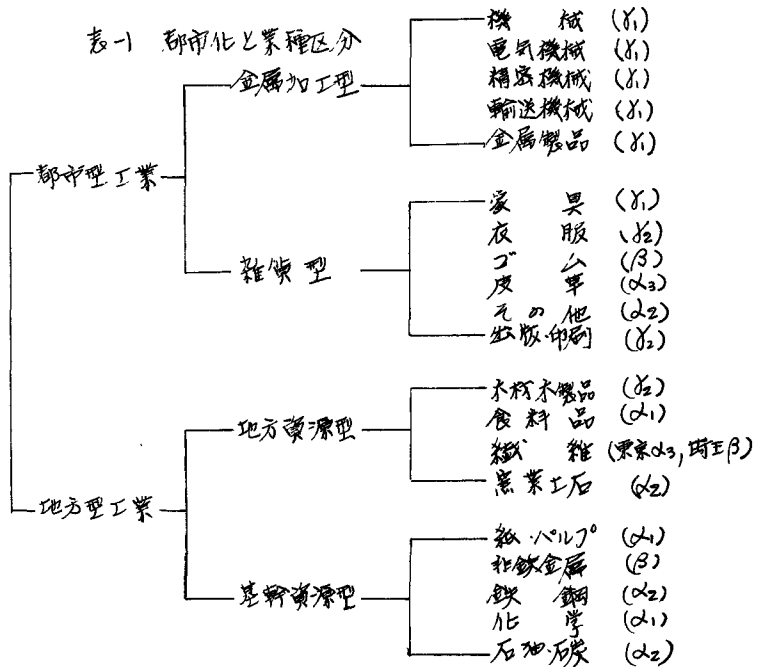


表-2 計区分類表

計区分類	中分類	用水量原単位 (m³/億円/日)	実用水量原単位 (m³/億円/日)	排水量原単位 (m³/億円/日)	BOD負荷原単位 (g/万円/日)
α1	食品	196(T), 204(S)	144(T), 148(S)	97(T), 97(S)	82(T), 820(S)
	紙・パルプ	93(T), 784(S)	902(T), 759(S)	873(T), 733(S)	3692(T), 3078(S)
	化学	150(T), 1462(S)	944(T), 919(S)	478(T), 443(S)	462(T), 443(S)
α2	鉄鋼	611	355	205	24.6
	その他	894	639	79	9.5
	炭業土石	469	304	129	15.5
	石油石炭	483	276	71	15.1
α3	繊維(T)	93	76	75	42.3
	皮革	118(T), 119(S)	74	27(T), 45(S)	98(T), 203(S)
β	繊維(S)	117	84	98	18.5
	ゴム	120	75	84	10.1
	非鉄金属	172	111	98	11.8
γ1	家具	33	29	30	3.6
	金属	47	40	42	5.0
	機械	29	21	21	2.5
	電気	39	26	26	3.1
	輸送	33	26	22	2.6
	精密	24	19	23	2.8
γ2	衣服	9	8	6	0.7
	木材	13	12	9	1.1
	出版印刷	17	13	16	1.9

T: 東京都 S: 埼玉県

てY型、雑貨型も、ゴム、皮革、その他を除き、すべてY型となっている。逆に地方型は、木材のY型と、非鉄金属のβ型を除き、すべてα型で過密地域には何もない工業ばかりである。

したがって、表1,2から(1)地方型工業から都市型工業へと、工業生産に於ける加工段階への移行に対応していること。(2)大都市に於ける工業土地は、水保率上の因子を反映していること。(3)都市に於ける工業規制による水保率は、都市型工業への積極的な業種転換によつて、ある程度図られること。がわかる。

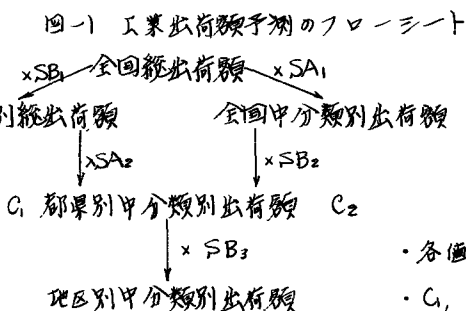
§4 荒川流域に於ける工業規制の例

ハ副都市化を招くと云われる昭和六十一年を目標年次として、現在の工業生産の増大傾向を放任した場合、これに断面的に業種規制を加えて、積極的に都市型工業への転換を図る場合との、用排水上の問題を比較検討した。

目標年次に於ける工業排水量の予測

工業排水量の予測は、用水量、排水量、BOD負荷量の算出のため、産業中分類業種毎に、東京都と埼玉県について求めた。予測のフローシートは、図-1に示す様に2通りの方法を用いた。SA型、SB型の配分係数の過去十年間のデータを直線又は指数関数に回帰させて、目標年次のSA, SBの値を定め、これに目標年次の全国総排水量を乗じて、C₁, C₂という2つの値を求め、その平均値をとった。

ただし、配分係数のSA型とは、ある地域に於ける特定中分類業種の排水量の総排水量に対する割合であり、SB型とは、ある中分類(又は総類)に於いて、特定地域の排水量のそれを含む広地域の排水量に対する割合である。



- ・各値は目標年次のもの。
- ・C₁, C₂の平均で、都県別中分類別排水量とする。

目標年次の全国総排水量は、東京都推計の136.7兆円と、した。^(注3)

予測の結果は、表3で示すと表-3のようになる。

東京都では、昭和三十八年度の4.5倍、埼玉県は8.1倍と増大する。しかしながら、構成比で比べるとわかる様に、東京都の全国に対する相対的位置は低下して、周辺部の埼玉県は、逆に全国シェアが1.3倍程度伸びることになる。

表-3 工業排水量予測の結果 10億円

都県	昭和	38	60	60/38
埼玉県		699(2.98)	5,606(4.07)	8.1
東京都		4,135(15.7)	18,785(13.9)	4.5
全国		23,438(100)	36,700(100)	5.8

(注)・昭和37年に物価補正

・()内は全国を100とする構成比

工業の規制

工業規制の方法は、次の様にして行なう。

(1) 放任した場合の都県別中分類別工業排水量を、東京都は特別区毎、埼玉県は5つの地区へと、配分係数SB₃によつて分け、各地区の工業排水量の総量は変えない。

(2) 既存工業の業種変換、転換は行われぬ。

(3) 既存工場の目標年次に於ける出荷額は、東京都では、従業員1人当りの生産性の向上から現在(昭和三十一年)の1.7倍になるとし、埼玉県では土地利用がきびしくなると予測されることから、工場の敷地面積当りの生産性が、現在の東京都並みになると仮定して、中分類にと求めた。平均では2.8倍程度の伸びとなる。

(4) 業種規制の方法は、荒川流域の水保全が現在でもきびしい事と、後述する様に、放任した場合、非常に悪化する事から、積極的に都市型工業構成へと変換するため、計画分類に対して水の規制を設ける。

計画分類 α_1 型 : 新設を全く許さない。

、 α_2 型 : 右海部では α_1 型と同じ。内陸部では α_1 型につき規制。(鉄鋼は除く。)

、 α_3 型 : 内陸部では α_1 型と同じ。右海部では α_1 型につき規制。

、 β 型 : 放任する。

、 γ_1, γ_2 型 : 推奨業種。既存工業に比例して伸ばす。

これらの工業規制の結果は、計画分類業種の出荷額構成を示すと表-4 のようになる。

すなわち、東京都、埼玉県とも、 γ_1 型の金属加工型工業が、ほぼ50%以上の出荷額構成を占める典型的な都市型工業へと競争する。

現在、東京都への機械工業の集積がいつに比し、全国シェアが精密52.9%、金属製品26.4%、機械20%、輸送機械11.8%を占めている

表-4 計画分類別出荷額構成

	昭和分類	1 10,000						
		α_1	α_2	α_3	β	γ_1	γ_2	計
東京 都	39	2027	1289	443	436	4318	1346	10,000
	60 (放任)	1603	1432	135	541	4430	1647	10,000
	60 (計画)	821	554	152	541	4320	3112	10,000
埼玉 県	39	2553	2219	71	1129	3479	549	10,000
	60 (放任)	1642	2500	63	1361	4216	218	10,000
	60 (計画)	645	643	36	1361	6880	425	10,000

ることからも、埼玉県の構成を目標年次までに都市型中心へと転換していくことは、決して無理のあることではない。今後、電子工業、電子計測機を始めとする高度の技術水準と技術集積を要する、新技術開発型産業が、南関東へ集積されていくと考えられる。又、東京都では型のシェアーが大きいのは、現在でも出版・印刷の対全国シェアーが53.7%を占めていることから、うなずけると思われる。

工業用水需要量とBOD負荷に及ぼす工業規制の効果

工業規制を行、 β の場合と、放任した場合とについて、表-2 に示した原単位から、目標年次に於ける工業用水需要量、BOD負荷量、工場排水量を算定した結果を表-5に示す。

すなわち、工業用水需要量は、工業を放任した場合、現在の5.5倍程度となり、利根川水系フルプランによってこの需要量に応じられない^(注4)。工業規制を行うと、約1/2 の2.5倍程度に抑えらるることかできるが、利根川水系の開発量が1950万 $\text{m}^3/\text{日}$ とされているから、これでも応じられないことは明らかである。したがって、水保全のために、首都圏ではさらに工業規制が必要となるかも知れないが、他水系からの取水、下水処理水の再利用、海水の淡水化などと組合せて、コストの面からの検討が必要であろう。

表-5 工業規制の効果

	工業用水需要量 (4m³/a)			工場排水量 (1m³/a)			BOD負荷 (ton/a)		
昭和	39	60(推定)	60(規制)	39	60(推定)	60(規制)	39	60(推定)	60(規制)
埼玉	1,168	13,215	5,485	641	4,180	1,856	121	609	217
東京	5,862	25,617	12,075	1,304	7,750	4,008	446	1,717	783
計	7,030	38,832	17,560	1,945	11,930	5,864	567	2,326	1,000

(注) 用水量は、埼玉県、東京都全体に対する値。BOD負荷、排水量は、荒川流域に対する値。

さて、荒川水系へ流入すると思われる工場排水BOD負荷は、現在の4倍近くに増大し、水質汚染が急速に進行することが予想される。しかしながら、土地規制によって1.8倍程度にまでおさえることができる。又、用水量の減少に伴い、排水量も減り、これによって河川水質は、幾分か改善されて、逆に水質は悪化するとも考えられる。そこで、家庭下水による負荷も加えて、荒川の水質予測と項を改めて論じる。

5.5 水質予測と工業規制の効果

将来人口と市街地化予測

東京都及び埼玉県の将来人口と市街地人口の予測は、東京都推計の値を用いた。これは表-6に示す。(注5)

表-6 将来人口

都県	昭和	39	60
埼玉県		282(41.4)	696(87.4)
東京都(23区)		881(100.0)	633(100.0)

(注) ()内は市街地化人口率

汚染負荷の算定

家庭下水による負荷算定は、以下の仮定を設けた。

- (1) BOD人口当量は、食生活の向上、生活水準の向上に伴って、昭和60年Kは 65g/人/日 とする。
- (2) 排水量は、同様K考えて、東京都 600l/人/日、埼玉県 350l/人/日 とする。
- (3) 家庭下水に対する下水処理普及率は、市街地地 100%、市街地外人口に対しては、し尿処理施設によるとする。
- (4) 家庭下水に対する終末処理場のBOD除去率は 85%。

又、工場排水によるBOD負荷については、東京都については、100% 終末処理場へと流入して、BOD除去率は 80% になるものと仮定した。又、埼玉県については、下水道建設中の荒川左岸流域下水道区域内の工場による排水はすべてそこで処理されると仮定し、残りは、河川へ直接放流されるとした。

この様にして求めた、荒川水系の汚染負荷をまとめると、表-7 のようになる。

すなわち、工業規制K依って、BOD負荷は、ほぼ1/2 K、排水量は、3/5程度になる。

河川内のBOD分解

河川内のBOD分解の計算は、以下の条件で行なった。

- (1) 計算したBOD負荷と、排水量はすべて河川内へ流入する。

表-7 荒川水系汚染負荷

条件	BOD負荷 (t/日)	排水量 (4m ³ /日)
昭和60年(推定)	1045.7	16,202
1 (規制)	497.2	10,127

- (2) 河川の自浄作用は無視する。
- (3) 感潮部の影響は無視する。なお、感潮部の水質予測は建設地土不腐腐所などで行われている。
- (4) 荒井流量は、上流の香塩地奥の10年間の月平均流量を使用する。なお、本論文では、8月の平均流量 $25.4 \text{ m}^3/\text{s}$ で計算した結果を示す。
- (5) 利根川から武蔵水路によって導入される浄化用水は、 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ とし、これが下流の秋ヶ瀬取水堰で取水されて、新河岸川へ $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 入れられるとする。

図-2 (F-2) に示すのは、工業規制を加えた場合と、放任した場合のBOD分岐を対比したものである。

工業を放任すると、浄化用水 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ を加えても、秋ヶ瀬地奥でBOD 18 ppm であり、上水源と取水するとは、不可能である。したがって、荒川放水路へそのまま流すと、隅田川のBODは、 $30 \sim 40 \text{ ppm}$ となってしまう。又、浄化用水 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ が全然ないと、秋ヶ瀬地奥でのBODは 43 ppm となり、隅田川の汚濁が上流へと逆流するようになる。

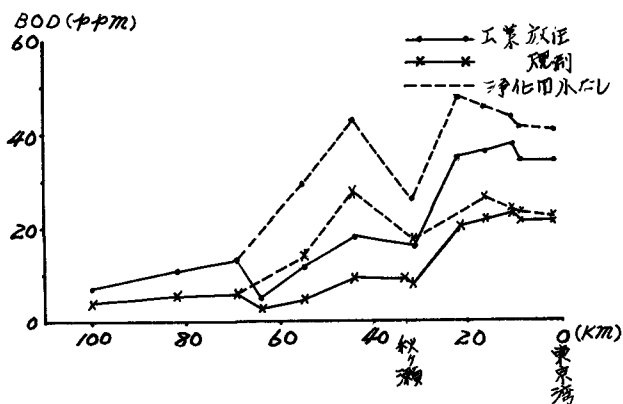
ところが、工業規制が行われれば、浄化用水がある場合だと、秋ヶ瀬地奥のBODは 10 ppm 以下となって、上水源として維持できることになる。この場合、隅田川も $20 \sim 25 \text{ ppm}$ 程度と相当改善される。

さて、図-3 (F-3) に示すのは、工業を放任した場合、どの程度の汚濁対策がとられると、秋ヶ瀬地奥より上流を上水源として維持できるかを検討したものである。

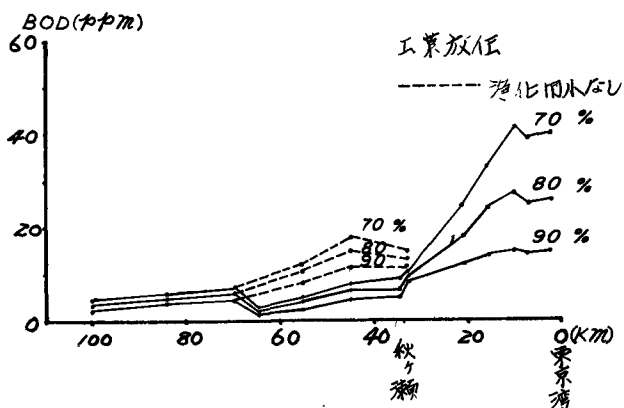
計算条件は、埼玉県から発生する工場排水負荷のゆ、流域下水道で処理されない分も、すべて処理が行われるとして、埼玉県、東京都とも、工場排水BOD負荷除去率が、70、80、90%の3ケースについて、浄化用水 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ の前提について計算した。

上水源としてのBODの最低条件を 10 ppm とするならば、70%除去に浄化用水 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ が加われば、可能である。しかし、これでも、下流の隅田川は、 40 ppm 近い値となる。BOD除去率を90%とした場合だと、浄化用水 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ との組合せによって、秋ヶ瀬地奥で 5 ppm 以下、隅田川でも 15 ppm 以下に抑え

F-2



F-3



えることが出来る。しかしながら、浄化用水がないと、秋ヶ瀬で10ppmを越えることとなり、将来の汚濁対策が技術的にも、経済的にも困難をきわめることが予想される。

ところが、先にお示し様に、工業規制がかかると、浄化用水さえ入ると、一応上水道として、秋ヶ瀬地奥まで維持できる。

そこで、工業規制を加えておいて、埼玉県の流れ下水道区域外の工場排水の一部を処理することを考える。

工場排水の濃度、川越、入間地区にBOD除去率80%の処理場を作った場合の水質分布が同一4(F-4)である。

この場合だと、浄化用水がなくとも秋ヶ瀬地奥を10ppm程度にすることが出来る。なお、同一5(F-5)は、左岸流域下水道の水質への効果と、工業放流の場合について示した。

§6 結論

以上、工業の立地規制を行なった場合と放流した場合とについて、水保全上の問題を考えさせた。

荒川流域に限らず、大都市周辺では工業及び人口の集積を放置しておくと、水保全上、社会問題が多くなると思われる。一方で、公共上下水道への公共投資を強かに進めていくことが大切であるが、他方、水保全の観点から、人口と工業の適正な配置を考え、社会政策的な対策をも併せて行う

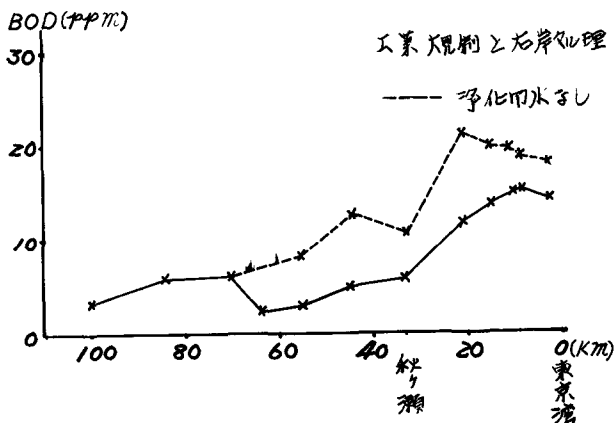
ことが必要とされる。勿論、かかる配置の問題は、特定流域の水保全と、他流域、海域へのしわ寄せによって解決することになりかねないので、全国的視野からの検討が必要である。

なお今回は、工業規制の問題を断片的に扱うにせうが、マクロな分析に終った。今後§2で概念的に示した計画を詳細に開発していくつもりである。

参考文献

- (注1) 我国工業の地域構造 工業立地研究会 昭和42年
- 2 地域社会と都市 大栗佐武郎他。 ”
- 3,5 近郊豊満地帯の市街地化予測について。 首都圏開発局 昭和41年
- 4 首都圏水需要の長期見通し。 東京湾総合開発協議会 昭和41年。

F-4



F-5

