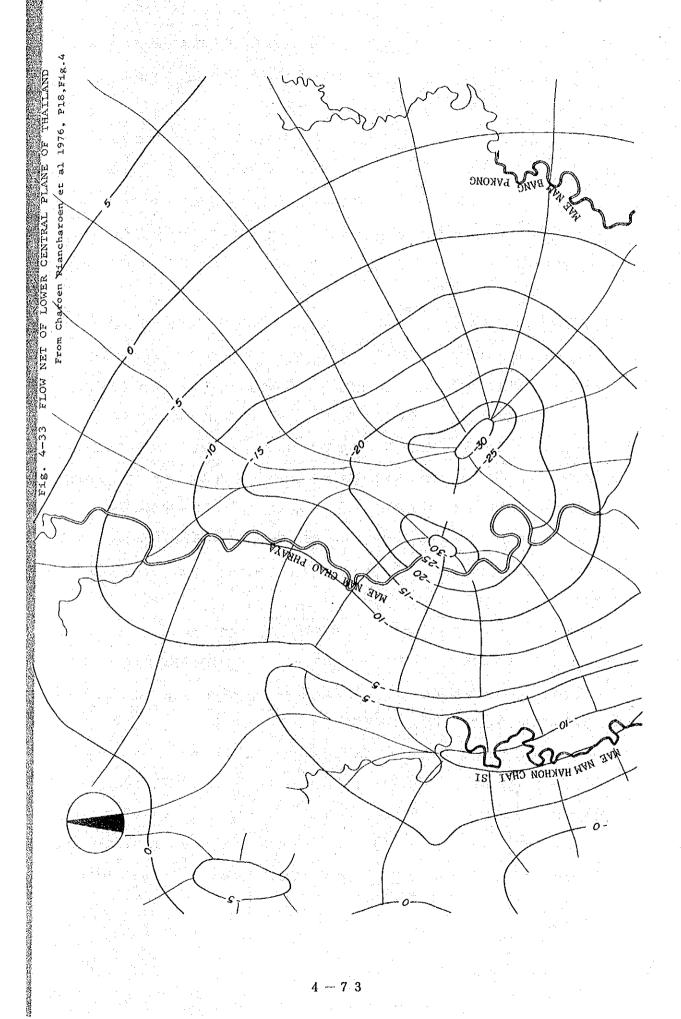
4-1-6 地下水瓶養量

バンコク首都圏とその周辺地区の地質構造をみると、地表近くにかなり連続の良い、いわ ゆるバンコク粘土層が存在し、下部の5帯水層への地表水の浸透を拒んでいるかのようでも る。

地下水の涵養があるかないか、あるいはその量が豊富であるか否かは、地下水利用の立場からみると極めて重要な問題である。

Recharge には同一帯水層内でダルシーの法則に従って水頭の低い地域に層流の形をとって行われるものと、下部帯水層の水頭が上部帯水層よりも低い場合に不透水層を通過して漏水という形で行われるものがある。

パンコク首都圏と調査地域の地下水の涵養の場の力学的な条件は、1958年以降のパンコク市内における地下水の大量の揚水によって、5帯水圏夫々の水頭が低下し、地表而下30mに達する地下水位降下帯が形成され、周辺地区から、地下水の流線が集中している。(図4-33)



従って、上流域からの涵養は充分に考えられる。しかし、水位降下帯が年々その広がりを増加せしめている現状にあっては、総揚水量に対して涵養量は少く、年々帯水層内の地下水の貯留分を消費しているものと考えられよう。

漏水という形での涵養が可能かどうかということを断定することは、極めて困難なことがらである。一応、不透水層が厚く連続しているから、垂直漏水はないとした方が安全であるかもしれない。しかしながら、現状のように水頭低下が苦しい状況下にあっては、理論的には可能である。若し、圧力水頭差が 30m あり、半加圧層が 50m の層厚で存在したとしても、約 200m/day/ km^2 の垂直漏水は、 $5\times10^{-9}m$ /sec の透水係数をもつやわらかい不透水層で生ずる可能性がある。

地下水の水質の型によっても涵養の著しい地下水であるか否かの検討をするとともできるといわれている。第1回の調査の際得られた既存データ(表 4 - 1 6)によってキイーダイアグラムを作成したが、その段階では Ca (HCO₃)₂ タイプの地表水あるいは涵養の充分な地下水であるととを示す地下水が一部にみられた。(図 4 - 3 4 、図 4 - 3 5)

しかし、第2回目の調査で採水、分析した地下水の水質の型は、すべてが停帯性の地下水であるNa HCO3 タイプと、塩水汚染を受けた Na2SO4 or Na CL タイプであることが別らかとなった。この段階で、地表からの涵養の可能性は否定せざるを得なくなった。

Charoen et al, 1976の推論によるとLow Central Plain において、平年降前量の約6%が地下水を涵養し、その量は4.212 Million cubic meters あると推定されている。(表4-17)

この量は、現況においてRecharge 量を数値的に表わした唯一のものである。Recharge area がどこにあるかと言う議論はLow Central Plain の外部迄検討されるべきものであって、かつ、area の面積としては、約54,000km² を要するという大きなものであるので、現在この問題を検討することは不可能と思われる。

しかし、水道計画を行なう場合、どうしても安全揚水量をもって、取水計画を立案する必要がある。

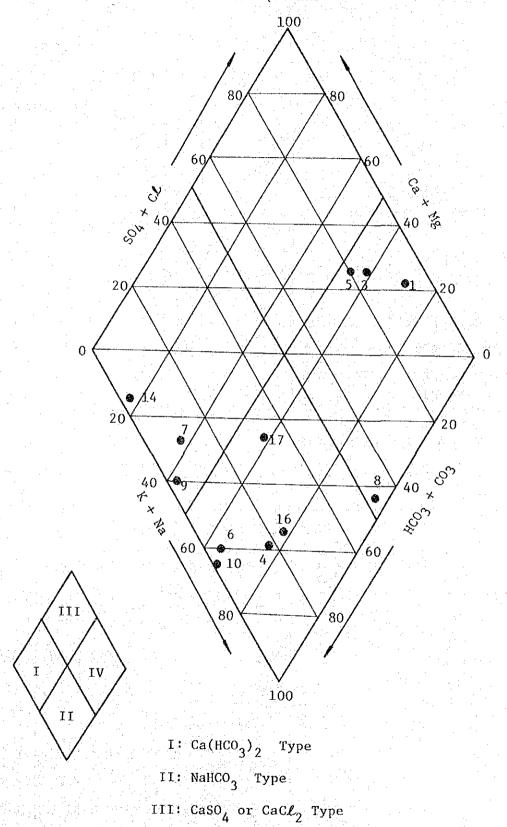
このような水理地質条件下にあっては、目標年次迄に、地下水位の極端な低下によって、 地盤沈下を生ぜしめたり、あるいは塩水汚染を生ぜしめることがないような取水計画を、² 下水位変動予測シミュレーション等によって決定しなければならない。しかしながら、^{現2} にあっては、観測井を伴った試験井のデータが調査地区に欠如しているがためにこれを断念した

Table 4-16 CHEMICAL ANALYSES OF GROUND WATER FROM SELECTED WELLS IN BANGKOK

and the second s								
Hardness as CaCO3	1560	76 567 66	490 82 94	16 152 110	97	128	226 120	118
Total Solids		121	1 1 1	_ _ 383	463 404	9/5	1 1	1 1
S0 ₄	366	1.4 5.0 0.4	2.8 5.2 4.0	1.6 2.8 1.2	0.0	1	1.2	6.4
нсо3	350	60 253 227	270 251 341	304 307 376	677	1	248 258	423
F	0.1	HOH	0.00	0.1 0.2 0.1	1.0	1	0.8	1.2
NO3	0.0	0.0	1.0 0.0	0.0	0.4	0.006	0.0	0.0
co ₃	0	0 16 16	0 9 0	000	r-1	ı	α I	177
co ₂	28	3.0 13	27	24 19 38	14	1	7.9	27
CL	3075	14 773 33	578 2.8 17	198 1.6 0.0	8.8	06	4.0 580	78
Mn (Total)	113	0.00 0.63 0.00	1.00	00.00	00.0	ı	00.00	0.80
Fe (Total)	1	0.10	0.16 0.12 0.28	0.16 0.26 0.00	0.06 2.1	1.0	0.16	20
K	29	_ 1.2 6.5	4.7	3.53	1 1	ı	တ္ I ထ	7. 1.6
Mn	1610	338 90	248 66 98	251 47 93	1 1	,	16	175
Mg	193	7.1 51 8.8	75 11 73	1.9 14 9.8	7.0	1	27	19
Ca	308	19 142 12	72 15	2.4 38 28	27.	i	97	16
pII	7.3	7.5	7.2 8.4 8.3	7.3	7.7	8.0	7.7	7 4
Depth (meters)	47	120 106 88	152 198 158	149 176 198	268 274	335	487	640
Location Code	707473	670169 698992 661092	658145 649326 671206	629369 639280 722293	659426 545385	545385	475147 545385	560158
	Н	2.67	700	ထတ္ပ	11	13	14	16
AQUIFER	BANGKOK	PHRA PRADAENG	NAKHON LUANG	NONTHABURI	SAM KHOK	PHYATHAI	THONBURI	PAKNAM

Charoen Piancharoen et al, 1976, p20, Table II

Fig. 4-34 KEY-DIAGRAM ANALYSIS OF GROUND WATER FROM EACH AQUIFERS



IV: Na₂SO₄ or NaCL Type

Fig. 4-35 DISTRIBUTION OF GROUND WATER QUALITY WITH KEY-DIAGRAM ANALYSIS

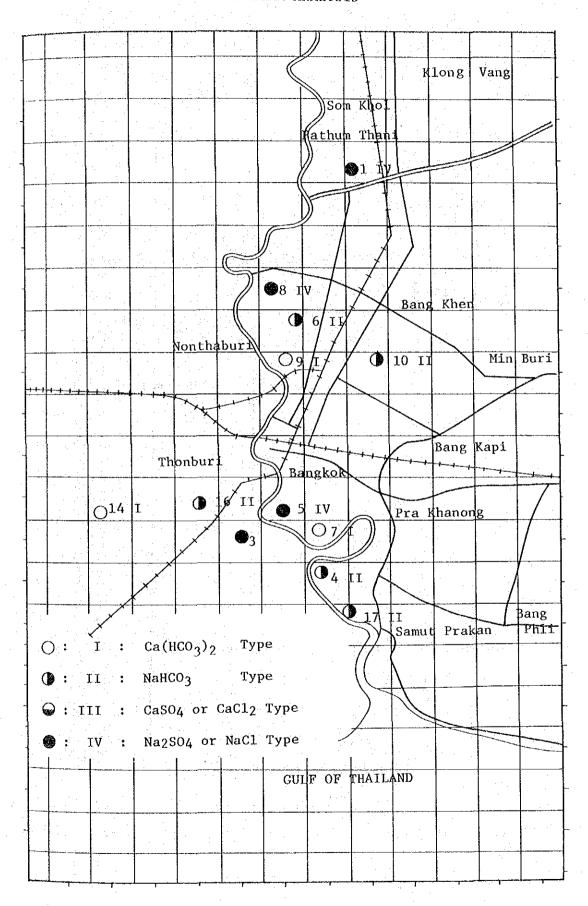


Table 4-17 ESTIMATED GROUND WATER SAFE YIELD

Ground Water Basin	Effective area (km^2)	Average annual rainfalls(mm)	Average % of rainfalls annual reaching ground rainfalls(mm)	Recharging water (safe yield) (millions m3)
Northern Highland and Upper Central Plain	000*66	1,200	8.75	10,395
Lower Central Plain	54,000	1,300	00.9	4,212
Khorat Plateau	180,000	1,200	5.00	10,800
Mae Klong Basin	30,000	1,300	8.75	3,412
Gulf Coastal Plain	10,000	1,800	8.75	1,575

THAILAND COUNTRY REPORT, UNITED NATIONS WATER CONFERENCE, ESCAP REGIONAL PREPARATORY MEETING, 1976, Table IV-1

今迄の総合的な検討から Recharge としては Low Central Plaine周辺部に貯留されている地下水が、首都圏における地下水位の低下に伴い流動する形での Rechargeと、
滅圧に伴う、半加圧層を通しての漏水以外には考えられないということになった。このような観点に立ったとき、安全揚水量という量を定める基準は次の2つの基準が考えられる。
1) 塩水化を生ぜしめない揚水量

2) 半加圧層の漏水に伴い生するであるう地盤沈下を生じせしめぬような揚水量 塩水化の原因は、海水の直接的な浸入と、水位低下による帯水層内の被圧度の低下に伴 って生じる上部層内に含まれている塩水の溶脱によるものである。

パンコク市内の塩水化は4-1-5で検討されたととく。直接的な海水の浸入よりむしる、漏水及び溶脱による塩水化の可能性が強いようである。

バンコク周辺地区の地下水の Recharge は次のような式で表現しても良いと考えられる。

$$\frac{\partial}{\partial x}(Tx\frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(Ty\frac{\partial h}{\partial y}) = S \cdot \frac{\partial h}{\partial t} + W(x,y,t)$$

h ; 地下水位

Tx, Ty; xy方向の透水量係数

S : 貯留係数

W(x, y, t); 揚水量

左辺は、水頭差によって供給される地下水量で、この値よりW(x,y,t) の値が大であれば、 $S\cdot \frac{\partial h}{\partial t}$ は負となって、年々地下水位が低下し、減圧によって塩水化、地盤 沈下を生ずる。 両者の値が等しい場合には水位に変動はなく、供給と取水のバランスが とれたものとなる。

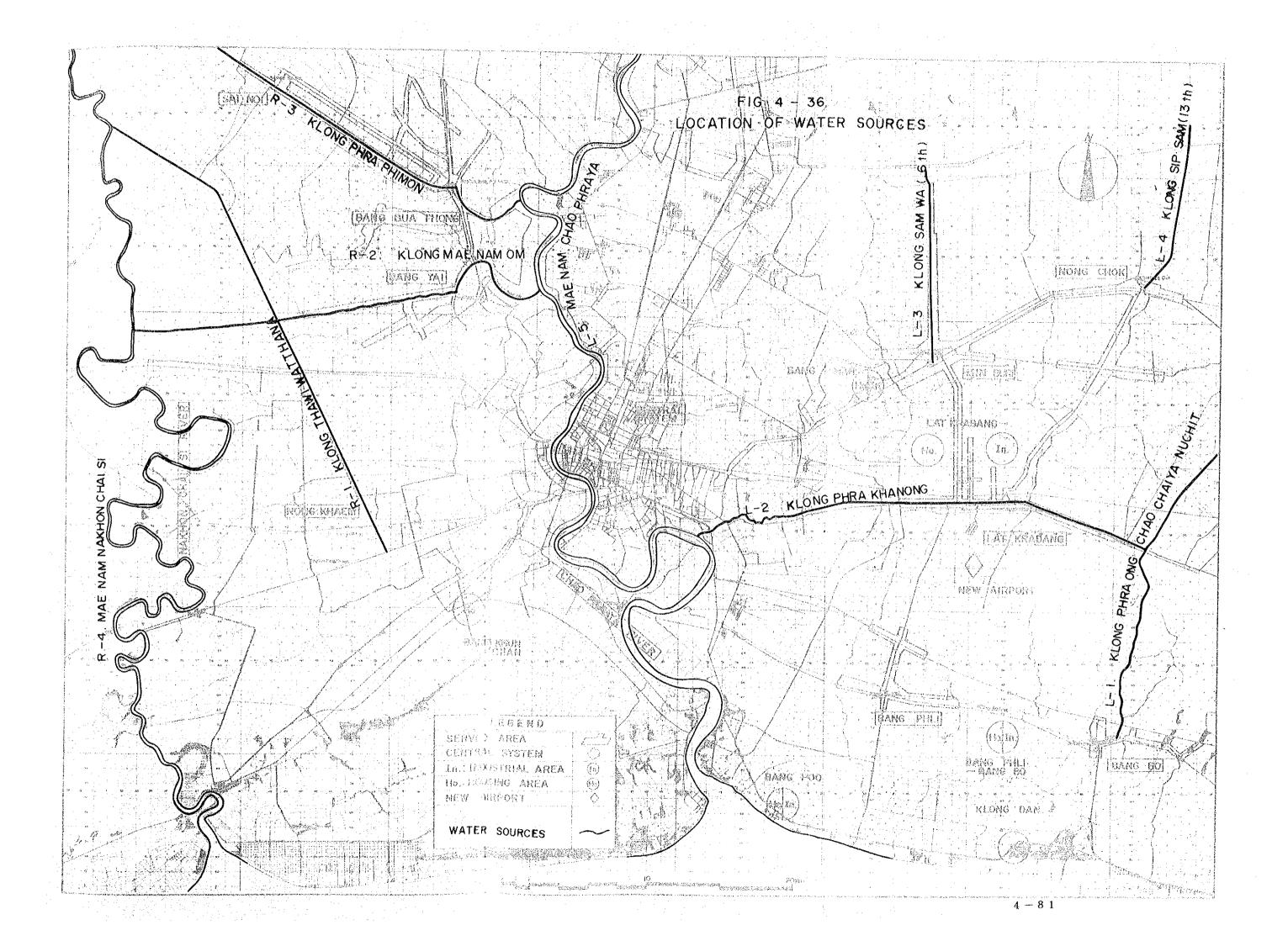
Separate System の計画取水量が安全揚水量として、水頭差で流動する水量に等しいか、又は少いならば安定した取水が可能であるとした。 1973年 のナコンラング 帯水層の地下水位面を利用して、地下水流動量を求めるとととした。

採水しょうとしている帯水層は、ナコンラング帯水層とノンタブリ帯水層である。バンコク市内における被圧水頭面の低下の状況が同じ傾向を示していることから、ナコンラング帯水層とノンタブリ帯水層が同じ動水勾配をもつものと仮定し、両者合計して、40m/hr/mの透水量係数をもつものと考えると、バンコク市内への流動量は約86,000

mi/day となる。(動水勾配: i = 1/1,200~1/3,000,地下水流動幅: L=166,000 m) 今、8 Amphoes の井戸群に供給される量としては左岸地区では、43,000 mi/day となる。一方、右岸地区のSai Noiは、Nakhon Chai Si 河に形成されている地下水谷に所属しているので別に考え、流線網による流動量を、採水を目的にしているノンタブリ帯水層、単層の透水量係数を20mi/hr/m²として求めると、Sai Noiにおいて約1,700 mi/day, Bang Bua Thong, Bang Yai 2地区に対しては9,600 mi/dayで合計54,300 mi/d となる。

一方、計画揚水量は左岸で31,800㎡/dayであり、右岸においてはSai Noiで1,500㎡/day, Bang Yai, Bang Bua Thong では9.600㎡/dayで合計 42,900㎡/dである。各 Amphoe の井戸群が揚水を始めると、当然、周辺に水位降下コーンが形成される。井戸群の影響圏の位置における、コーン形成による目然水位の降下は、Bang Yai, Bang Bua Thong で約2 m以内、Nong Chok で約7 m、Min Buri, Lat Krabang で約8 m Bang Phli, Bang Bo, Sai Noiではほとんど降下することはないであろう。

しかし、この予想はあくまでも各 Amphoe の取水量だけを問題としているので、首都 圏における地下水位低下が周辺に波及する影響がこれに加算されるとみなくてはならない。 今 Min Buri における自然水位は、地盤面下約20mにあり、Bang Chan 工業用水取水井からの情報によると年々1mの水位の低下があるという。このまま2,000年迄に低下が続くと、自然水位は-40m以上になり、現在のパンコク市内と同様な状況になるであるう。しかし、この間に行政的対策がとられ、パンコク市内での地下水取水が適正なものとなるならばSeparate System における地下水取水に対してはより優利な条件がもたらされることになると考えられよう。



4-2 表流水

4-2-1 調查対象水源

表派水をSeparate System の水源として考えた場合、図4-36 に示す Klong 及びRiver が、計画給水区域との関連において、位置的に大きな可能性を占めている。

一方、水道水源として最も重要な Factor は、その水源の持つ水量と水質であることは 言うまでもない。

今回の現地調査で得られた Data を基に、以下対象の表流水を Klong と River に大別して、各水源毎にその可能性の大要を述べる。

4-2-2 Chao Phraya River 右岸地区

- (1) Klong Water
 - 1) Klong Thawi Watthana (R-1)

このKhlongは前回(1973年)のFeasibility Studyにおいて地下水の全く可能性のないNong Khaem 地区の水道水源としてRecommend された。一般に Klong の水を水道水源として考える場合問題となるのは、Klong の有機的汚染の進行である。

従って、今回の踏査では、水道水源としての評価をするに当り、 Klong については、特に有機的汚染に着眼して集中的に行なわれた。つまり、汚濁の指標としてBOD。を採用して、各対象 Klong での水質解析を行った。

Klong Thawi Watthana についての BOD_5 値は、3点について行なったがその結果は表 4-1.8に示す通りである。

表 4 — 1 8 に示すように、 本 Klong を水道水源として考えた場合、BODs は既に通常の水処理での限界値と言われる 4 ppm を越えており、1972年に検出された BODs 値 1.6 ppm と比較すると約 3 倍の値であり、毎年約 0.8 ppm づつ汚濁が進んでいることになる。

他方、本 Klong を水量的に評価した場合、Dry Season においては殆んど就量がないため、何らかの対策をたてなければ 約50,000m/日にも及ぶ Nong Khaem 地区の Demand には到底対応できないであろう。

以上、Klong Thawi Watthanaについての検討の結果は、水道水源として重要な2つの要求である水量及び水質のどちらも不適当であると判断された。よって、本Klong は計画水源の枠よりはずされなければならない。

Table 4-18 WATER QUALITY OF KLONG THAWI WATTHANA

I tom Point	D O (ppm)	B O D ₅ (ppm)	Remarks
Amphoe Taling Chun	1. 5	4. 3	Near Railway Bridge
Amphoe Phasi Charom	2. 8	5. 2	In front of Wat Saladaeng
Amphoe Phasi Charoen	1. 6	4. 5	Near Petch Kasem Bridge

2) Klong Mae Nam Om (R-2)

Klong Mae Nam Om は、Chao Phraya River 本流より直接分岐しており、量的にも水道水源として充分であり、ゲート等の水制がないところから、水質的にも Chao Phraya River と大差ないものと思われる。従って、もし Chao Phraya River 右岸全体の地域に Chao Phraya River の水を供給するにしても、本 Klong でその役割は充分果たせるものと思われる。

前回の調査では、本 Klong の有機的汚染についての解析は、その外観より判断して不要として行なわれなかった。しかし、先に述べた如く、 Klong Thawi Watthana が水道水源として不適当と判断されるに至った現在、右岸地区の水道水源としてKlong Mae Nam Om は、大きなShare を占めることとなる。従って、その重要性を考えて本 Klong の水質解析を行なった。

3) Klong Phra Phimon (R-3)

この Klong は、 図 4 - 3 6 に示す通り、 位置的に他地区と大きく離れている Sai Noi 地区の表流水源として一応検討の対象と考えた。しかし、この Klong の有機的汚染は非常に顕著なものであり、先に述べた Klong Thawi Watthana の水質と比較しても、その汚濁は、はるかに進行している。更に水量的にも非常に大きな不安が残る。

従って、一応位置的には評価できるが、水質的或いは水量的な評価をすれば、Klong Phra Phimonは水道水源としての可能性は無いものと判断された。

(2) River Water

1) Nakhon Chai Si River (R-4)

今まで右岸地区の Klong 表流水の可能性について検討した結果、結局のところ Klong Mae Nam Om のみが、唯一の Feasible な水道水源と考えられる。

また、右岸地区に他の表疏水源の可能性を求めるならば、やや遠くなるがNakhon Chai Si Riverが考えられる。Nakhon Chai Si River に Separate System の右岸地区の全取水量を求めた場合、そのTotal Demand は、2000年において62,000㎡/日(0.72㎡/sec)である。

一方、Nakhon Chai Si River の渇水期における総水量は50㎡/sec であり、 このうち30㎡/sec は塩水遡上防止の為の維持用水で、残りの20㎡/sec = 1,730,000㎡/日 が水道用水として取水可能であると伝えられている。

従って、右岸全体の Central System の Demandは、2000年において1,230,000 ㎡/日 といわれ、この値にSeparate System の 2000年におけるWater Demand を上乗せしてもTotal Demand は 1,292,000㎡/日であり、今仮にChao Phraya River 右岸全域の水需要量を、このNakhon Chai Si River に依存したとしても取水可能量の 2/3 程度である。

言いかえれば、Chao Phraya River右岸の総需要量に対してNakhon Chai Si Riverを水源とする水道計画案も成立つと言う事である。

他方、このように大きなCapacity を持つNakhon Chai Si River には、塩水 遡上という水質的に大きな問題がある。

一般的に水中の塩分(Saline)は塩素イオン(Chlorine Ion) で表わされ、その量はそれぞれ前者はSalinity、後者はChlorinity で表現される。

又、両者の関係はStandard Methodの14 th Edition によれば経験的に次式に示す関係がある。

Salinity % = 0.03 + 1.805 (Chlorinity)

[here % = parts per thausand]

Nakhon Chia Si River の塩水遡上に関する資料は比較的少ないが、以下に限 ちれたData ではあるが解析を行い、取水地点のRecommendation を行う。

① Data % 1 (Sampling year - 1977)

図4-37は、第一回現地踏査 (June ~ March 1977) で得られた最も新しいData である。

このグラフより判断される事はどの Data も Salinity は河口より30kmさかのぼれば殆んど一定値となっている。

ことでSaline の Index として、Chlorinity (amount of Chloride lon)を用いて、飲料水用原水としての最高値を200ppm におさえて、以下本Data の評価を行う。

先に記した Salinity と Chlorinity の関係式に C = 200 ppm = 0.2 % を代入して

S‰を求めると

S % = 0.03 + 1.805 C %

 $\therefore S = 0.391\% = 391 ppm$

となり、図4-37 にAcceptable Limitとして点線で示した。

つぎに、各 Data の Salinity 391 ppm (Chlorinity 200 ppm) を記録する河口からの距離を以下に記す。

S	ampling I	Data	Distance from mouth of river
	1 Feb	1977	2 2 Km
	3	"	2 3 "
	5	"	3 1 "
1.0	7	<i>"</i>	3 3 "
	9	"	3 2 "
	1 3	"	3 0 "

したがって、本Data より推測すれば、Nakhon Chai Si River の取水地点 は河口より30 Km以上離れた位置に決定されるべきである。

② Data Mo. 2 (Sampling year - 1968 ~ 1970)

図 4-3 8 は、1968~1970年に互って測定された Data で Nakhon Chai Si

River の Salinity が 391 ppm (Chlorinity 200 ppm)以下を示すの社員 4-38に示すごとく河口より60 Km以土離れた地点になる。

したがって、このData より判断すれば、水道水源としての取水地点はPhet Kasem Road との交点であるPo Kaw Bridge 附近までさかのぼれば良い事になる。

しかし、1968年の5月のData は、Po Kaw Bridge 附近で、Salinityで 約16.000 ppm もの値を示している。

このData の時間的な記録はないが、もしこの日のSampling回数を増やして機の上流側で行った場合、図中に 2点鎖線で示すような仮定線が得られる。

この仮定線上で、飲料水恕限度220 ppm (Salinity 391 ppm) の地点を求めると、河口より約70 km~80 km 地点の間に存在する事となる。

3 Data Ma 3 (Sampling year - 1973~1976)

表 4 - 20 は 1 9 7 3 ~ 1 9 7 6 年 に於けるNakhon Chai Si Riverの Chlorinity の測定結果であり、これを図化したものが、 図 4 - 3 9 である。

図4-39に示す通り、 本 Data は Data K1及び Data K2と違い、魵 (Saline)を、塩素イオン(Chloride Ion)で表わしている。

さて、本 Data を Data Mol と対比した場合、との2つの Data は非常に類似ており、約20 Km程度 Data Mol の曲線を上流側に移行すれば本 Data の曲線が 短得られる。

したがって、これらの2つのData はかなり信頼性があると思われ、Nakhon Chai Si River の塩水遡上は、形としてはこのような曲線を描くものと推定される。

ただし、数値的には先にも述べたように、Data Kol より得られる取水地点は同口より30 Km上流であるが、本Data によれば更に20 Km上流にさかのほる必要がある。

以上3種類のData解析を行ってきたが各資料の数値が大幅に違うため、^{これ6}の相関をつかむ事は非常に困難な業となっている。

したがって、現在の段階では取水地点は安全sideに考え、Data 版2に従って 一応80Km程度さかのほれば水道水源として先ず問題がないものと考えられる。 しかし、もしNakhon Chai Si River を水源と定める場合には、水源の予定 地点に於いて少くとも1ヶ年の水質試験を継続して行う必要があろう。

参考の為に今回の現地踏査に於いて得られた本件に関する水質テスト結果を表4 -19 に示しておく。

Table 4 - 19 CHLORINITY OF NAKHON CHAI SI RIVER (Sampling Date 9, Mar.)

(ppm)

mpling Point		ion Chai Si River	
Sampling Point	Surface	Middle	Bottom
1	1 0.0	9. 0	8. 0
2	1 3.0	1 1.0	1 1.0
3	1 3.0	1 5.0	1 4.0
4	1.4.0	1 7. 0	1 6.0
5	1 9. 0	1 8.0	1 7.0
6	1 4 4.0	_	·

Table 4 - 20 ChLORINITY OF NAKHON CHAI SI RIVER
- Data Ma 3 (1973 - 1976) -

Date of	Tidal	Result of	Analysis	(Chlorine	o, my e)	Dames
Analysis	Condition	1	2	3	4	Remarks
1973, 1 Aug.			3 4	14	17	
1 4 No v.	•••	_	23	12	11	
1975, 5 Mar.	_	-	350	16	1.6	:
8 Apr.		5,0 0 0	4.1	16	*72	
1 2 May	Low	200	33	23	14	:
1 4 May	High	200	6 5	18		
18 Jun	Low	1,775	3 4	2.5	17	
18 Jun.	High	3,5 7 5	40	× 26	18	
14 Jul.	Low	1,315	4 6	23	1 4	
15 Jul.	High	2,5 2 5	4 5	19	10	
5 No v.		. 30	11	8	7	
2 5 De c.	<u></u>	<u>::</u>		_		
1976, 17 Jun		3,8 5 0	. 19	1 5	14	
27 Fe b.	Low	6,450	115	25	18	
2 3 Mar.	Low	6.875	1,500	12	8	•
2 3 Mar.	High	*10,500	* 2,8 5 0	14	7	
14 Jun.	-	370	3.1	24	18	
15 Jul.	Low	7.8	23	26	2 5	· .
15 Jul.	High	1,800	33	24	22	
Mean	-	2.9 6 9.5	294.1	1 8.9	1 8.1	

- * Maximum Value
- 1 Samut Sakorn Province
- 2 Amphoe Katum Ban
- 3 Amphoe Sam Pran
- 4 Amphoe Nakhon Chai Si

Fig. 4-37 SALINITY OF NAKHON CHAI SI RIVER - DATA NO.1 (MAR. 1977) -

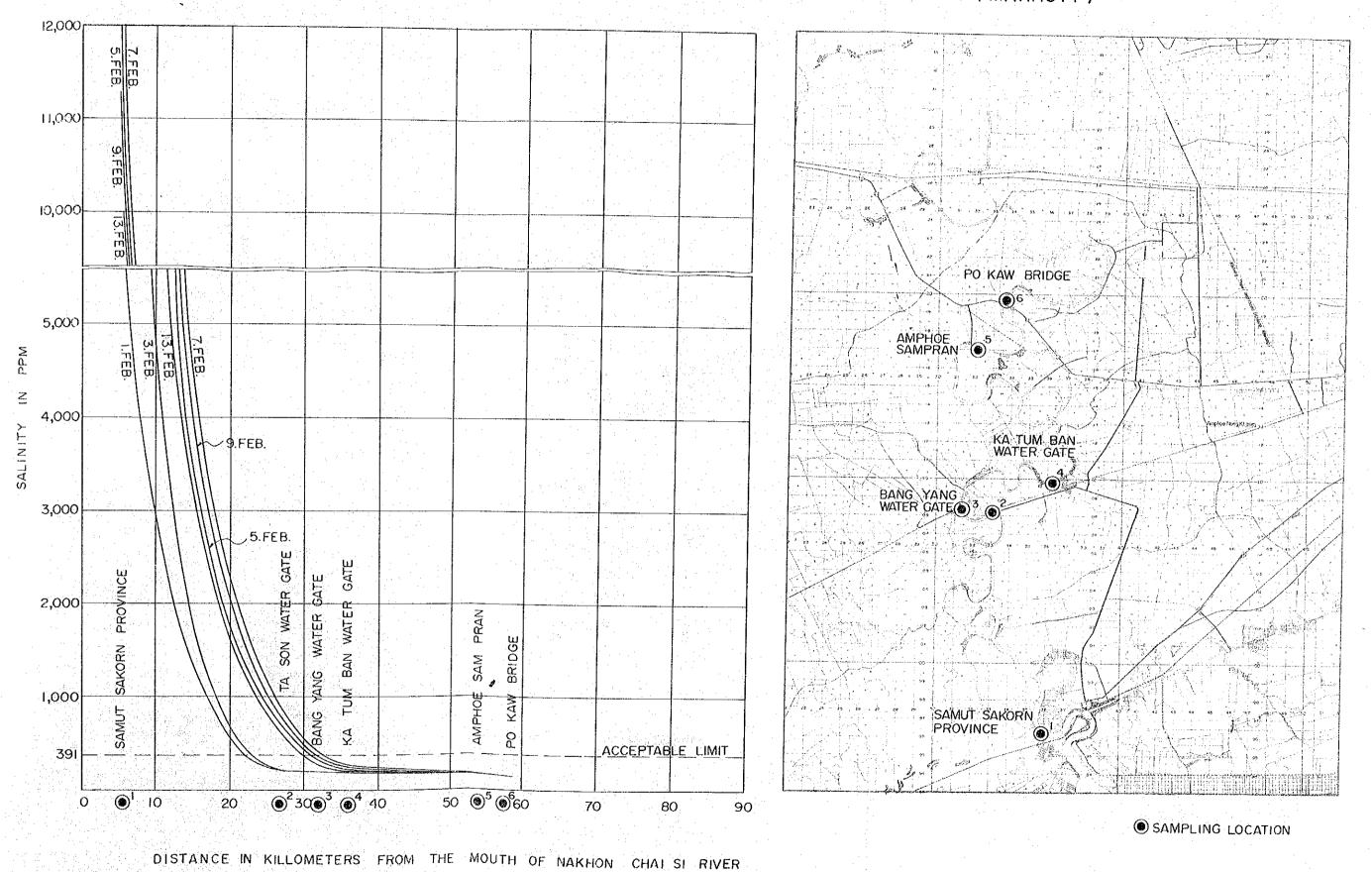
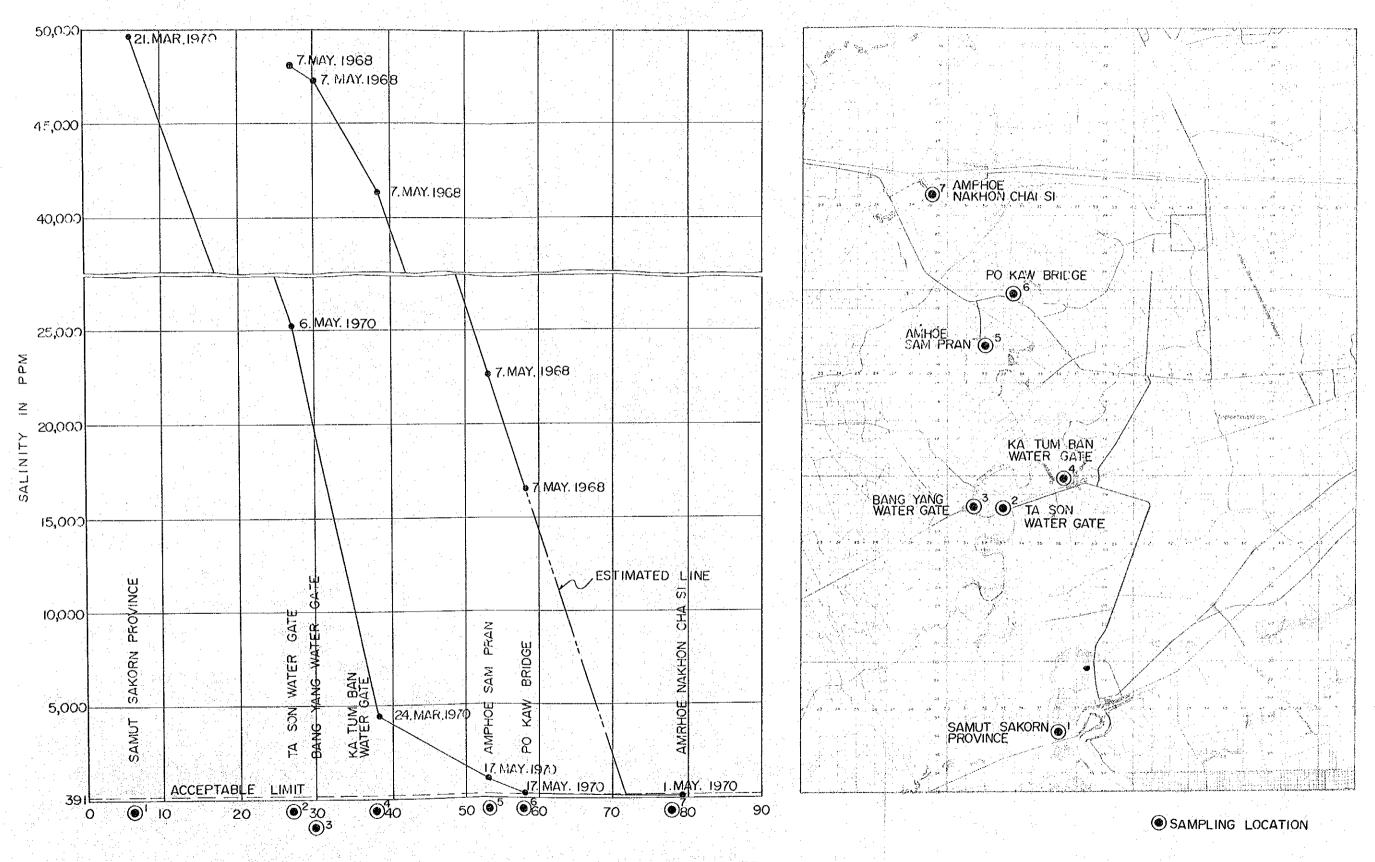
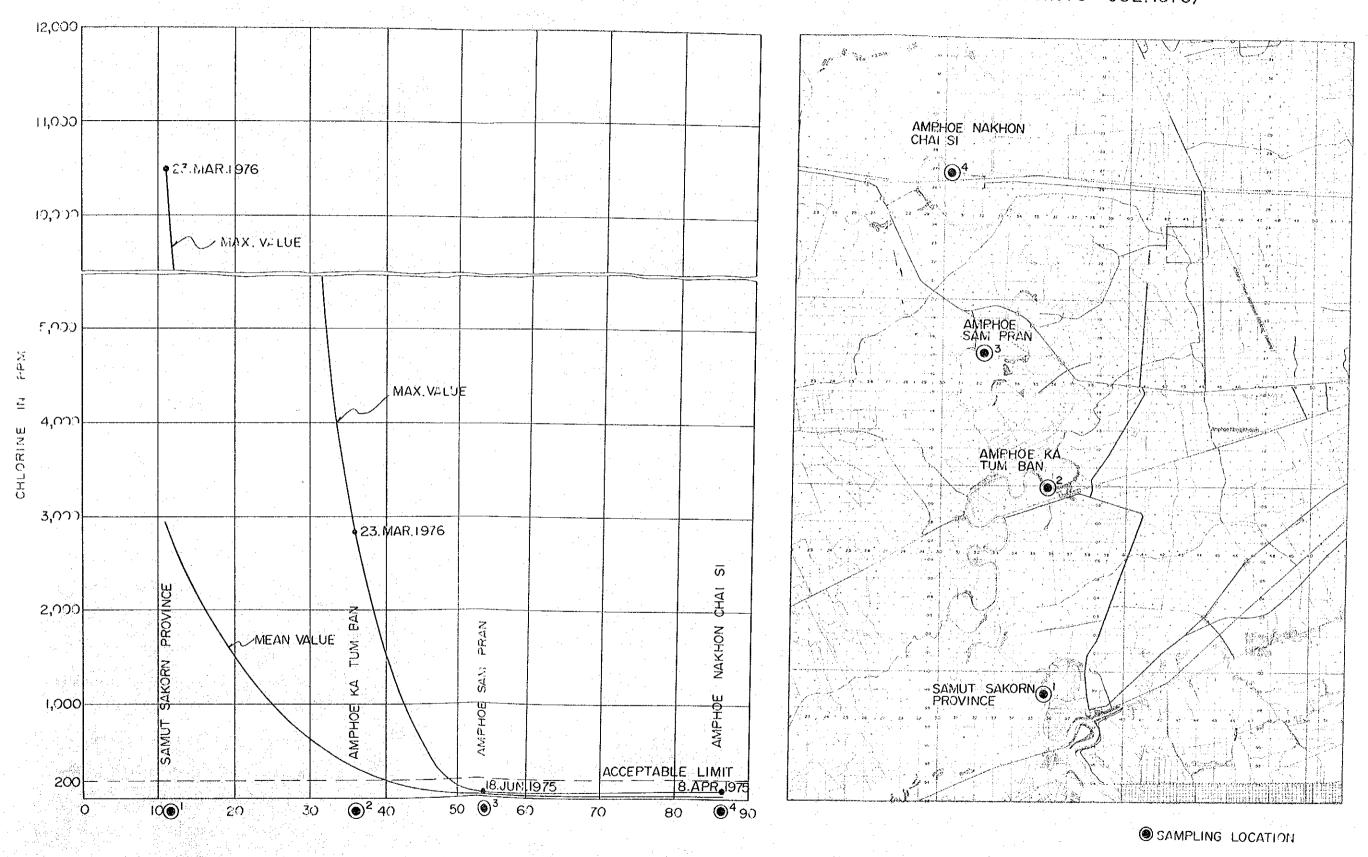


FIG. 4-38 SALINITY OF NAKHON CHAI SI RIVER - DATA NO.2 (MAY 1968~MAY 1970)-



DISTANCE IN KILLOMETERS FROM THE MOUTH OF NAKHON CHAI SI RIVER



DISTANCE IN KILLOMETERS FROM THE MOUTH OF NAKHON CHAI SI RIVER

4-2-3 Chao Phraya River左岸地区

(1) Klong Water

1) Klong Phra Ong Chao Chaiya Nuchit (L-1)

この Klong は、図 4 - 3 6 に示す通り、Chao Phraya River 左岸及び南部地区のAmphoe Bang Bo, Bang Phli の水源として位置的には非常に都合のよい所にある。また、水質的にも先に述べた Klong Thawi Watthanaと比較するとかなり清澄であるといえる。

しかしながら、この Klong は、現在 Chacheong Sae Water Works (belonging to PWD)によって、4,800 m/Hの水が、水道原水として取水されており、新たに近い将来4,800 m/Hの水が拡張工事として増量される予定である。

また、Amphoe Bang Bo から 2 km北に上った位置で、Bang Prakong Water Works (belonging to PWD)によって、5,000㎡/日 の水が水道水源として計画されている。従って、既に Total 量で約15,000㎡/日の水が、他の水道施設の水源として配分されている事実を考えた場合、本 Klong は非常に捨て難い水源であるが、この Klong に左岸南部地区、即ち、Bang Bo, Bang Phli, Klong Dan, Bang Pooの総量約116,000㎡/日 もの大量の水を依存することは、量的に極めて困難であるので、この Klong は水源として放棄せざるを得ないであろう。

2) Klong Phra Khanong (L-2)

この Klong は、前回の調査で Amphoe Lat Krabang 地区の水源として暫定的に選定されたが、水質的には大きな問題が残っている。前回の調査で、この Klongについては、いわゆる有機的汚染の疑いが強かったので、BOD5の試験が行なわれた。この結果は 2 ppmであり、同時期に実施された Klong Thawi WatthanaのBOD5値1.6 ppmよりも大きく、水道水源としてはや \ 疑わしいものであった。しかし、前回のScope of Work の中では、Chao Phrayá River 左岸地区については、対象が Amphoe Lat Krabang 地区のみに限られていたので、いたずらに遠い水源をLat Krabang 地区のみに限られていたので、いたずらに遠い水源をLat Krabang 地区だけの為に求めることは経済的に Feasible な Plan だとは言えなかった。従って Klong Phra Khanong は、水道水源として決して最適であると言えないが、本 Klong に対する排水処理対策の早急な確立を前提として、一応 Amphoe Lat Krabang 地区に対する水源としてRecommend された。

しかし、先に述べたように Klong Thawi Watthana の水質汚染が毎年 BOD_{5億}で約0.8 ppmの割合で進行している事実や、 Klong 沿いに密集する人家を考えた場合、水道水源としては不適であろう。

3) Klong Sam Wa (L-3) 及び Klong Sip Sam (L-4)

この2つの Klong は、Chao Phraya River 左岸のAmphoe Min Buri Nong Chok にそれぞれ流れ込んでいる。これらの Klong は、北部に位置するKhao Yai 山脈にはさまれた広大な流域面積を持っている。従って、その流量は非常に豊富であり、特に Klong Sip Samにおいては、Flood Season で20㎡/sec、Dry Season においても5㎡/sec の水が直接 Nong Chok の Amphoe Town に流れ込んでいる。この2つの Klong に左岸全体のWater Demand を求めた場合、そのTotal量は2000年において193,150㎡/日であるのに対し、Klong Sip Samの Dry Season の流量は、先にも示した如く5㎡/sec = 432,000㎡/日である。この内、Klong Sip Samの Separate System に対する取水可能量を半分と考えても充分に、左岸全体のDemand を満たすことになる。

との様にとの2つの Klong は非常に重要な Klong であり、Separate System 内にある Klong の中では、水道水源として最適なものと言えよう。

又、Klong において、たびたび問題となる有機的汚染も、これらの2つのKlong は現状のところ例外であり、水質的な面からも以下に検討されるように、水道水源としてRecommendableな Klong である。

今回の調査は、水質汚濁の為の調査ではない為、充分な考察を行うにはあまりにも Dataが不足しているが、水源調査の際行ったBOD 試験と現地観察の結果から、標 と汚濁負荷(BOD-Load) の関係を考察し、将来予測の一資料としたい。

図 4 — 3 6 に示される如く、Min Buri の District Office の北方約3 kmの態点が Klong Sam Wa(L-3)の Sampling Point である。汚濁計算に先立ち現地の状況より判断して、この地点より上流に向って約1 kmは Klong の両岸に50 mの膿で人家が存在し、それ以上は100 mの間隔で人家が存在するものとし Khlong 流速を2.5 km/日と推定する。

又、汚濁負荷量原単位(Unit of BOD-Load) はし尿については139/人・目であり、Total で298/人・目とし、1車当りの人口を6人とする。

以上の仮定をもって以下汚濁計算を進める。

いま、Sampling Point を先に仮定した人家の数に従ってA区間と無限大区間に分けて考えると発生汚濁負荷量は、

j) A区間=
$$\frac{10,000m}{50m/#}$$
 × 6 $\stackrel{\wedge}{\longrightarrow}$ × 2 side × 2 6 $\stackrel{g}{\wedge}$ $\stackrel{\wedge}{\longrightarrow}$ 日

 $= 624009/\Pi$

各区分当り(2.5 Km)

6 2 4 0 0 9/H -
$$(\frac{10 \text{ Km}}{2.5 \text{ Km}})$$
 = 1 5,6 0 0 9/H

ji) 無限大区間(各区分当り)

$$\frac{2.500 \, m}{1.0.0 \, m/\text{fb}} \times 6^{\text{ff}} \times 2^{\text{side}} \times 26^{\text{g/f}} \cdot \text{B}$$

= 7.8009/8

となる。

又、BOD(or BOD-Load)の減少は一般に、次の様な一次反応式で表わされる。

$$L = L_0 \cdot 10^{-K_i t}$$

ここで、 L: t日後のBOD(or BOD-Load 9/day)

 L_0 ; t=0日のBOD("

K; 脱酸素恒数

脱酸素恒数は正確には、実験によって求めるべきであるが、20℃に於て01の 値が平均的な値とされている。

そこで次式によって水温28℃のK;値を求めると014となる。

$$K_{1-T} = K_{2} 0 (1.0 4 7^{T-20})$$

$$= 0.1 (1.0 4 7^{28-20})$$

$$= 0.1 4$$

n番目の区分のBOD はn番目区分に住む人口による負荷の他に、上流からの負荷が加算される事と各区分(2.5 Km区分)の発生汚濁負荷量が等しい事から

$$L = L_0 \cdot 10^{-Kt}$$
 の式より

 $L_n = L_0 (10^{-Kit} + 10^{-2Kit}10^{-(n-1)Kit}10^{-nKit})$ という一般式が成り立つ。

ととで

① Ln: n番目区分のBOD-Load 9/day

② L₀ : A区間に於ては15,6009/day 無限大区間 " 7.800 "

 $3 K_i : K_{i-T} = 0.14$

① t:汚濁の発生点より Sampling Point 迄の流下時間

⑤ n: 上流より下流に向っての区分の番号

したがって、A区間のSampling Point 迄の流出汚濁負荷量は、

$$Ln_1 = 15,600 \times (10^{-0.14} + 10^{-0.14 \times 2} + 10^{-0.14 \times 3} + 10^{-0.14 \times 4})$$

 $= 15,600 \times (0.724 + 0.525 + 0.380 + 0.275)$

= 29.7009/day

また、無限大区間のSampling Point 迄の流出汚濁負荷量は、

$$L n_2 = 7.800 \times (10^{-0.14 \times 5} + 10^{-0.14 \times 6} + \dots 10^{-0.14 \times \infty}$$

 $= 7.800 \times (0.200 + 0.145 + 0.105 + 0.076 + \cdots)$

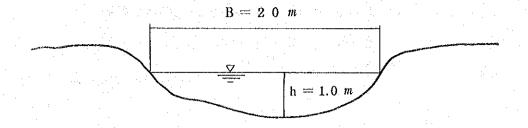
= 5,6008/day

したがって、Sampling Point に於ける Total 流出 BOD Load は

$$\Sigma Ln = Ln_1 + Ln_2 = 29,700 + 5,600 = 35,3009/d$$

となる。ここで Sampling Point の河川断面は概略、以下に示す如くであり、また推定 Klong 流速 v = 2.5 Km/d であるので Sampling Point に於ける流量は、

$$Q = Av = 1.6 \text{ m} \times 2.500 \text{ m/d} = 40.000 \text{ m/day}$$



$$\therefore A = 2 \ 0 \ m \times 1.0 \ m \times 0.8$$
$$= 1 \ 6 \ m^2$$

でありBOD値は、

BOD =
$$\frac{\sum L_n}{Q} = \frac{35.300 \, \text{%/day}}{40.000 \, \text{m/day}} = 0.88 \, \text{%/m} = 0.9 \, \text{ppm}$$

となる。とこで現地で得られた実測値 0.8 ppm と比較するとReasonable な値と言え、各設定値は実状を反映していると考えられる。

上式からわかるように n を無限大まで大きくとっても Σ Ln は無限大に大きくならず、 Sampling 地点の BOD は現地点では大きくても BOD < 1 ppm に止どまる事が考察される。

そこで日本国内の経験より、水道水源の限界 BOD 値を Ba = 4 ppm とすると、1日当りの発生汚濁負荷量が 1 区分当り約 B=6 1,0 0 0 9 / day となるときが水道水源としての限界値である。

Ba (ppm) =
$$\frac{B(9/d)}{Q(m^3/d)} \cdot (10^{-Kit} + 10^{-2Kit} \dots + 10^{-nKit})$$

$$4 = \frac{B}{40,000} \cdot (10^{-1\times0.14} + 10^{-2\times0.14} + 10^{-\infty\times0.14})$$

$$B = 61,000 \text{ g/day}$$

いいかえれば Klong Sam Wa 沿いに発生するBOD-Load が 2.5 km当り 6 1,000 g/day となったとき、この Klong は水道水源として放棄されるべきである。

したがって汚濁負荷量の原単位を269/人・日とした場合、61,0009/日に相

当する人口が、将来とも生活様式に変化がなく、汚濁負荷量の原単位が現状と変bないとして約4倍となった時が本 Klong の水道水源としての限界であることが推定出来る。

$$\frac{61,0009/\Pi}{15,6009/\Pi} = 4$$

以上の検討の如く、Klong Sam Waは現状のところ、有機的汚染については、胸 定値及び仮定計算値とも、それぞれBOD 0.8 ppm 、BOD 0.9 ppm と低い値を示 しており、水道水源として良質な水であると言えよう。

しかし、Amphoe の発展と共に人口が増え、かつ生活様式が向上すれば、必然的に汚濁負荷量原単位(Unit of BOD-Load) も増加し水質汚濁が急速に進行する事になるから、水道普及に合わせて排水処理対策の早急な確立が、水質保全と環境衛生の上から望まれる。

また、ことで仮定した数値の確認の為の、水質汚濁調査と研究を行う事の必要性 を痛感する。

(2) River Water

1) Chao Phraya River (L - 5)

Separate System を考える場合のChao Phraya Riverの価値は、Separate Systemの水源として考えられている井戸、あるいは Klong が、水量及び水質的に将来その使用に堪えられなくなった場合には深い意味を持つであろう。

RID が最近に調査したところによると、最下流の流量は $85m/\sec$ であり、河口における塩水遡上防止流量 $60m/\sec$ を差引いた残りの $25m/\sec$ (2.160,000m/)の範囲で Central System の水道水源に与えられるようである。

他方 Central System の将来の必要原水量は表4-21の如くである。

この表より判断されることは、近い将来Chao Phraya River およびその他の水 漁開発が、Central System 内の将来における水需要を満たす為に必要となってく るであろう。

Table 4-21 DEMAND ESTIMATES OF RAW WATER FOR WATER SUPPLY
IN BANGKOK METROPOLITAN AREAS

	R	w Water Re	quired	
Year	Surface Water (CMD)	Ground Water (CMD)	Total	Percentage of Ground Water (%)
1977	9 5 0,0 0 0	3 1 2.0 0 0	1,2 6 2,0 0 0	2 4 7 2
1979	1,8 0 0,0 0 0	5 3 2.0 0 0	2.3 3 2.0 0 0	2 2 8 1
1981	2,3 0 0,0 0 0	4 4 8,000	2.7 4 8,0 0 0 3,8 9 4,0 0 0	1 6 3 0 7 5 5
1985	3,6 0 0,0 0 0 4,7 0 0,0 0 0	2.9 4,0 00	4,7 0 0,0 0 0	-
1995	6,000,000		6,0 0 0,0 0 0	<u>-</u>
2000	6,000,000		6,000,000	

4-2-4 採水水質テスト結果

① 採水位置

表流水の水質調査は、

- 1) Chao Phraya, Nakhon Chai Si 両大河の塩水遡上の把握
- 2) 水源となる可能性のある Klong Water の調査

の2点に関して調査を行ないSeparate System の水源として良好な取水地点の選定がなされた。

各採水点の位置は図4-40 に示す通りであり、その水質テスト結果は表4-22,表4-23に示す通りである。

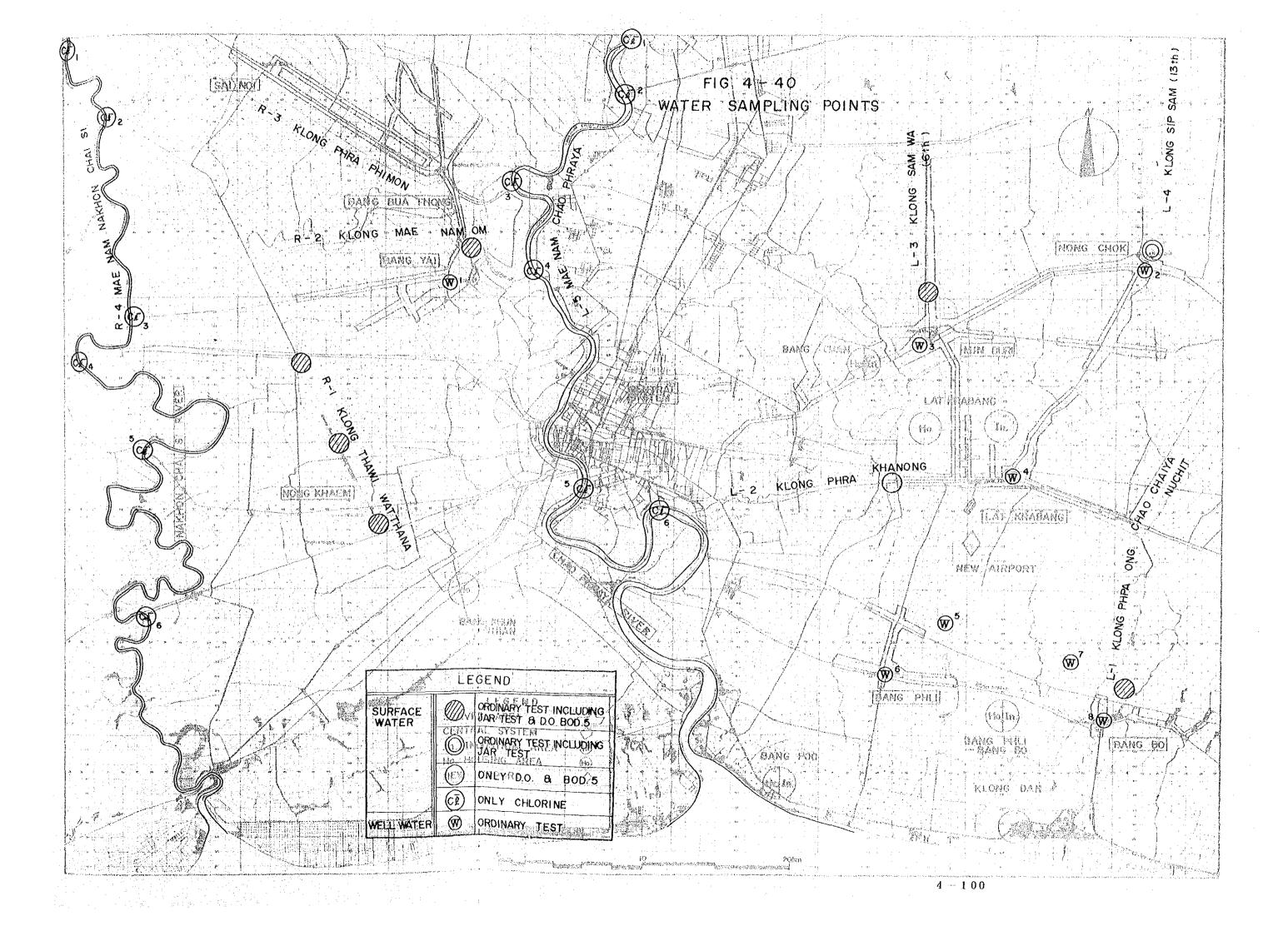


Table 4-22 RESULT OF WATER QUALITY ANALYSIS

	L-4	ni1 75 7.65	88 ni1 415	29 90 88 5	nil	22.7	0.804	nil.) ; t !	1.77	Lin		: : : :	13,000 162,000 14,000				
	L-3	nil " 73 7.2	82 n£1 303	120 154 03	24	10 52.5	0.496	0.115	1 1	1.63	111	1 1 c	2 8.	24,000 261,000 66,000				
	L-2											- C	4.2					
	1-1	nii 88 7.3	134 nil 642	310 262 152	18	92 59.6	1 1 1 1 1 1	0.175) - - -	3.7	0.263	υ΄ 	2.2	18,000 47,000 2,000	Nuchit			
	R-2	nil 22.0 7.4	.92 ni1 152	100 - 94	2.2	8 4 4 0 C	0.336 0.408	0.250		0.52	, T , L	6.0	, E	16,500 23,000 5,000	o Chaiya	38		
	R-1-3	nil 80 7.46	136 110 136	250 - 144 124	2 Ø	66 7 7 7	1.056	0.025	0.23	2.0	0.070	1.4	7.7	35,000 144,000 81,000	Phra Ong	g Phra Khanong g Sam Wa	Sip	
	R-1-2	nil ni 170 7.22	112 nf1 954	230 - 152 113	211	40 - 7	0.564 1.348	0.385	0.07	7.8	0.450	7 L4	5.2	18,000 135,000 60,000		L-2, Klong L-3, Klong		• *
	R-1-1	H = 0		206	- m	25.42.6	0.700 1.092	0.625		4.0	0.207	٦. ٢.	4.3	11,000 115,000 55,000	ana			
Klong	Chemical Analysis	Color Odor Turbidity PH	Methyl Orange Alkalinity Phenolphthalein Alkalinity Total Solids	Dissolved Solids Suspended Solids (by M.F.) Total Hardness as Calcium Carbonate	Non-Carbonate Hardness "	Chloride as Chlorine Sulphate as Sodium Sulphate	Ammonia free as Nitrogen Ammonia-albuminoid as Nitrogen	Total Organic N. as Nitrogen Nitrate as Nitrogen Nitrite as Nitrogen	Calcium O-Phosphate	Iron Fluoride as Fluorine	Manganese Mannesium	Free Carbon Dioxide	B.0.D.	<pre>Bacteria 37'C-24 hrs.(Number/ml) Coliform Bacteria Faecal Coliform (Number/100 ml)</pre>	Note : R-1-1, Klong Thawi Watthana	R-11-2, " " " " " " " " " " " " " " " " " " "	R-2, Klong Mae Nam Om	

Table 4-23 Water Quality of Well Water

Place	W-1	W-2	W-3	W-4		W_6	W-7	W-8
	Bang	Nong	Min	Lat		Bang	Bang	Bang
Item	Yai	Chok	Buri	Krabang	Phli 1	Phli 2	ğ	Bo 2
Color	nil	nil	nil	lin	nil	níl	níl	nil
Odor	E . •	=	.	<u>=</u>	¥1	=	-	1
Turbidity	3.6	0.5	2.3	1.2	14.0	8.2	1.3	3.4
	7.1	7.98	7.55	7.5	7.6	7.5	7.92	7.7
Methyl Orange Alkalinity	256	430	368	386	292	340	328	282
Phenolphthalein Alkalinity	lin	14	8	4	n1]	nil	00	nil
Total Solids	364	926	200	534	507	654	567	740
Dissolved Solids	330	730	390	400	375	510	430	595
Suspended Solids				; 1	1	1	1	1
Total Hardness as Calcium	166	120	96	98	136	172	76	148
Carbonate			2+ -					: 1
Carbonate Hardness	166	120	96	98	136	172	92	148
Non-Carbonate Hardness	liu	Liu	lju	nil	nil	liu	lin	nil
Chloride as Chlorine	40	126	18	හ 	4. ധ	118	44 80	166
Sulphate as Sodium Sulphate	9.7	73,8	58.2	48.2	61.1	75	12.8	110
Oxygen Consumed 37°C. 3 hours	1 1	•	1	1	. 1	1	ı	,
Ammonia-free as Nitrogen	1	•	ı	ı			ı	į
Ammonia-albuminoid as Nitrogen			1	1	1		1 • 1 · 1 · 1 · 1 · 1 · 1 · 1 · 1 · 1 ·	j
Total Organic N. as Nitrogen		•	•			1	11	4
Nitrate as Nitrogen	1	nil	liu	liu	nil	nil	liu	trace
Nitrite as Nitrogen	1	trace	trace	trace	trace	0.0026	trace	0.0036
Calcium	1		1	1	1	1	ı	1
O-Phosphate	0.03	ı	į	. 1	1	ı	1	ı
Iron	0.40	nil	nil	nii	2.4	nii	liu	liu
Fluoride as Fluorine	0.39	ı	j		ŀ	ı		1
Manganese	0.31	trace	trace	trace	trace	Ĺi.	nfi	liu
Magnesium	1.1	,	1	•	1		:	i
Free Carbon Dioxide	56.0	28.0	34.0	36.0	28.0	22.0	16.0	42.0
MPN per 100 ml 24 hr. Total Plate Count at 37°C	00	0	0	0	0 (1	85 4 80 00	7 P	1.1
	K							

第5章 広域水道計画

第5章 広域水道計画

5-1 概 要

本広域水道計画は Separate System の 9 Amphoes とその周辺に計画されている 8 ケ 所の新規開発地域を含めた需要量を対象として水道計画を行なう。

全体給水区域は Bangkok 市内を流れる Chao Phraya River を境として右岸と左岸に大別され、 Central System を中央にして大きく離れた周辺に位置しており、水源及び導水送水施設等を考慮すると、右岸と左岸両地区に分けた広域的水道計画を立案するのが最適であり、その両地区に分けた計画案の策定を行なったものである。

計画案の水源は前章で求めた表流水及び Klong からの取水可能地点と地下水の揚水可能量の範囲、あるいは Central System からの分水が可能であるという条件に基づき 2000 年の需要量を対象にそれらの水源と各給水区域に対して水道計画として成り立つ組合せの検討を行ない比較案を作成した。その結果右岸、左岸地区とも 6 Case の広域的水道計画案が立案された。

組合せは水源が単独の場合は選択の余地はなく、問題は水源から各地区の配水池までのルート選定に起結する。

一方、水源が複数になると、水源と配水池との間に多数の組合せが生じ、それらの各ケースについて実現性と経済性を検討して選定する必要がある。

実現性の問題は第4章で選択された水源は全て可能性を持っており残る経済的な見地より各ケースについて比較検討を行なって最適案を選定する。尚 Central System からの分水 案に対してはその後の Central System 内に関する補足調査結果を基に最適案との関連に おける見直しを行ない、実施可能最適案の水道計画を立てる事とする。

5-2 計画比較案の策定条件

5-2-1 水 源

広域水道の水源としては第4章の水源調査結果より、水量及び水質共可能なものは下記の通りである。

- (1) Right Bank
 - 1) We 11
 - 2) Klong Mae Nam Om
 - 3) Nakhon Chai Si River
 - 4) Central System からの分水
- (2) Left Bank
- 1) We l l
 - 2) Klong Sam Wa 及び Klong Sip Sam
 - 3) Central System からの分水

Wellを水源とする場合は地下水調査結果より、その利用範囲を Amphoe の給水に限る ととが望ましい。ただし、新規開発地区でも Bang Chan は、既に Project が建設段階 に入っていること、水量の少ないことを考慮してWell の使用を可能とする。一方、 Amphoe Nong Khaem は、その地区の地下水が既に塩水によって汚染されているため、 地下水の利用は放棄せざるを得ない。

従って、Well の利用が可能な地区は

Amphoe: Sai Noi, Bang Bua Thong, Bang Yai

Nong Chok, Min Buri, Lat Krabang,

Bang Phli, Bang Bo

Development Program: Bang Chan の計9地区とする。

Klong 及び River を水源とする場合、右岸地区の Klong Mae Nam Om は、Chao Phraya River の本流から直接分岐している Klong で、水量的な問題はない。又^{水質}も Chao Phraya River とほぼ同様と考えられる。 取水地点の逸定にあたっては、Bang Yai の集落の上流側に計画する。ただし、取水点は北 3 地区には近いが Nong Khaem 地区へは長距離の送水管が必要となる。

Nakhon Chai Si River は、Chao Phraya Riverと並ぶ大河川で水量は豊富である。しかしながら、塩水そ上の問題から取水点は河口から 8 0 Km 溯らねばならず導水は長距離を要することとなる。

左岸地区の Klong Sam Wa, Klong Sip Sam は比較的大きな Klong であるが、 共に水門を有し農業用水あるいは、水上交通に利用されている。そのため取水量が1.5㎡/sec 以下の場合は Klong Sam Waからだけの取水とし、それ以上の場合は両 Klong からの 取水とする。なお、これらの Klong は給水区域の北端に位置し、南2地区への送水は長い送水管を必要とする。

Central System からの分水は、非常に有利な水源と判断されるが、Central System の建設年次との調整が大きな問題として残る。Chao Phraya River 右岸ではSeparate Systemの対象水源とするThe Phra Reservoir が既に工事中であり 近い将来完成するので、1982年(給水開始予定)よりの分水が可能である。一方左岸においては Bang Thong Rang、Pak Bo、Samrong の 3 ケ所の Reservoir が対象となり、その内 Bang Thong Rang Reservoir の完成が遅いので ここからの近い将来の分水は不可能である。

5-2-2 給水区域プロック割

(I) Right Bank

Right Bank の送水を受ける地点は4ヶ所のAmphoes と1ヶ所の新規開発地域であり、これらの受水点を用途と地域的な面から2つのグループにまとめて比較Case を考える。

- 1) 北3地区: Sai Noi, Bang Bua Thong, Bang Yai の3 Amphoes を対象と する。
- 2) Nong Khaem 地区: Amphoe Nong Khaem と新規開発地区の Bang Khun Thian 住宅団地を常に同一クループとみなす。

(2) Left Bank

Left Bank の送水を受ける地点は、5ヶ所のAmphoes と7ヶ所の新規開発地域があり、これら12ヶ所を個々に取扱うことは複雑で検討すべきケースが増えるのみである。

よって、これらの受水点を用途と地域的な面から4つのグループにまとめて比較 Case

を考える。

- 1) 東 3 地区: Nong Chok, Min Buri, Lat Krabang の 3 Amphoes と Bang Chan の工場団地及び住宅団地を常に同一グループ とみなす。
- 2) 南2地区:Bang Phli, Bang Boの 2 Amphoes を対象とする。
- 3) 東開発地区:Lat Krabang の工場団地、住宅団地、新空港計画。
- 4) 南開発地区:Bang Phli, Bang Bo の中間付近に計画される工場団地と住宅団地。 Bang Pooの工場団地と住宅団地。 Klong Dan の工場団地。

5-2-3 比較案選定事項

- (1) Right Bang
 - 1) Well は Amphoe (北 3 地区)に限って給水する。
 - 2) Nong Khaem 及び Bang Khun Thian 地区はWell からの給水はありえない。
 - 3) Klong Mae Nam Om と Nakhon Chai Si Riverからの同時に取水する組合せ は考えない。
 - 4) 北3地区が Central System からの分水を受ける時は、その他も Central System からの分水とする。
 - 5) Nong Khaem 地区がCentral System からの分水を受ける時 Bang Khun Thian 地区は、その送水管の途中で分岐して分水するものとする。
- (2) Left Bank
 - 1) Well は Amphoe (東3地区及び南2地区)とBang Chan 地区に限って給水する。
 - 2) Well の利用に対しては、東3地区と南2地区及びBang Chan 地区を同時に扱い、使用する場合はこれらの全地区同時に使用する。
 - 3) Well の使用が可能である地域(Amphoe と Bang Chan) が表流水あるいは
 Central からの分水を受ける場合は、その近隣する開発地区と同じ水源を利用する
 場合に限る。
 - 4) Klong 水源による遠隔な南地区だけの給水は考えない。