

助成番号 0129

## 中国、新疆ボステン湖の水利用と塩性化に関する研究

助成研究者：長島秀樹(東京水産大学海洋環境学科)

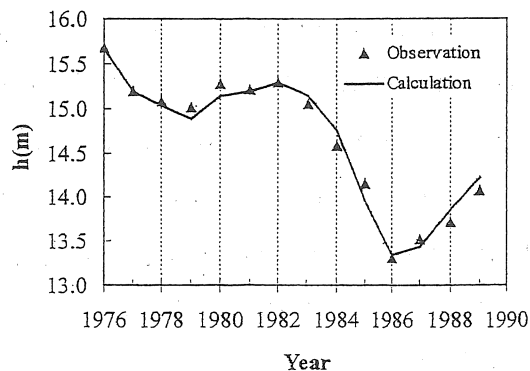
共同研究者：趙景峰(東京水産大学海洋環境学科)

(中国科学院新疆生態與地理研究所)

共同研究者：何清(中国科学院新疆環境気象研究)

中国新疆ウイグル自治区のボステン湖は、中国内陸部最大の湖で東京湾に匹敵する広さを有しており、その水は乾燥地における貴重な水資源として利用されている。しかし、上流で灌漑水等に使われるため、貯水量は人間活動の影響を大きく受ける。とくに2000年10月より、中国政府はこの湖の水を1~2億 $\text{m}^3$ /年、下流のタリム川に放流することを開始した。このことは、2000年7月28日付けの読売新聞科学欄でもとりあげられ、ロブ湖、アラル湖で起った湖水面積の激減、消滅といったかつての不幸なできごとを繰り返すことが危惧されている。我々は、湖の水位変化、河川流量、降水量、気象要素など蓄積された観測資料を解析しこの湖の水収支モデルを開発しており、そこで得られた成果は、シンポジウム、学会などですでに発表している。この湖が抱えるのもう一つの問題は、淡水湖であるにもかかわらず、かなりの塩分濃度(0.2%程度)があり、その濃度がゆるやかではあるが上昇していることである。新疆大頭魚などの固有種、1960年代から導入したレン魚・コクレンなど経済性のある魚種を含め、貴重な水産資源を有するこの湖の塩分の変化傾向を把握し、将来予測を行うことは、現在振興しつつある養殖産業の今後を占う上でもきわめて重要と考えられる。本研究は、乾燥地に位置するボステン湖の水収支・熱収支・塩分収支予測のモデル開発を目指し、将来的に期待されるボステン湖水産環境総合科学の基礎をつくとともに、湖の持続的効率的な水利用に資することを目的とする。

本年度は、湖の水収支の経年変化を予測するモデルを完成した。図は、その結果で、1976年から1989年までの湖の水位変化を良く説明している。このモデルにより、2000年秋に開始した、取水プロジェクトの影響を評価した。また、湖の塩分変化について過去の資料を調べ、その特徴を把握した。それによると、1958年から1982年にかけて、塩分濃度は0.3~1.9g/lに上昇したが、これは人為的な影響によるものであることが推察される。





29

助成番号 0129

## 中国、新疆ボステン湖の水利用と塩性化に関する研究

助成研究者：長島秀樹（東京水産大学海洋環境学科）

共同研究者：趙景峰（東京水産大学海洋環境学科）

（中国科学院新疆生態與地理研究所）

何清（中国科学院新疆環境氣象研究）

## ① 研究目的

中国新疆ウイグル自治区のボステン湖は、中国内陸部最大の湖で東京湾に匹敵する広さを有しており、その水は乾燥地における貴重な水資源として利用されている。しかし、上流で灌漑水等に使われるため、貯水量は人間活動の影響を大きく受ける。とくに2000年10月より、中国政府はこの湖の水を1～2億 $\text{m}^3$ /年、下流のタリム川に放流することを開始した。このことは、2000年7月28日付けの読売新聞科学欄でもとりあげられ、ロプ湖、アラル湖で起った湖水面積の激減、消滅といったかつての不幸なできごとを繰り返すことが危惧されている。我々は、湖の水位変化、河川流量、降水量、気象要素など蓄積された観測資料を解析しこの湖の水収支モデルを開発しており、そこで得られた成果は、シンポジウム、学会などですでに発表している。この湖が抱えるのもう一つの問題は、淡水湖であるにもかかわらず、かなりの塩分濃度（1.0g/l程度）があり、その濃度がゆるやかではあるが上昇していることである。新疆大頭魚などの固有種、1960年代から導入したレン魚・コクレンなど経済性のある魚種を含め、貴重な水産資源を有するこの湖の塩分の変化傾向を把握し、将来予測を行うことは、現在振興しつつある養殖産業の今後を占う上でもきわめて重要と考えられる。本研究は、乾燥地に位置するボステン湖の水収支・熱収支・塩分収支将来予測のモデル開発を目指し、将来的に予測される、ボステン湖水産環境総合科学の基礎をつくとともに、湖の持続的効率的な水利用に資することを目的とする。

## ② 研究方法

1976～1989年の水文点、気象点観測資料および衛星画像を用い湖のあるエンチ盆地全域の水文の特徴を解析し、ボステン湖流域の年間水収支モデルをすでに発表している。また、これにもとづく、水収支の経年変化とその予測モデルについてもすでにほぼ完成している。そこで、これらの概要を述べるとともに、ボステン湖塩分濃度の調査を取りまとめた結果を報告する。

## 2.1 ボステン湖の年間水収支モデル

2.1.1 ボステン湖は図-1に示すように中国北西部の新疆に位置し、平均約940 $\text{km}^2$ の面積を有しており、新疆の主要都市コルラに水資源を供給している。この湖へ流入する水

は、開都河などの主要河川、降水、さらには灌漑用水の残り水であり、湖水面からの蒸発と、ただ一つの流出河川である孔雀河へ流出することにより失われる。これに地下水の流入流出が加わり、湖の水位が左右されることになる。この項では1983年3月～1984年2月に組織的に行われた気象・水文調査資料をもちい、ボステン湖の季節別蒸発量を計算するとともに、水収支の式より湖へ流入出する地下水の季節変化量を推定した。地下水を除き、観測値がこの調査期間得られており、とくに複雑と見られる灌漑用水の排水量については、1982年11月～1984年3月における資料がある。他の年にはこのデータはないので、唯一ここで取り上げた調査期間のみ、ボステン湖の水収支を直接議論できることになる。したがって、水収支の残差として地下水流入流出量の季節変化を論じることができる。なお、湖面からの蒸発量は、ボステン湖水文点で直径20cmの蒸発皿で得られた資料をもとに換算した。この手続きは複雑で、詳しくはZhao and Nagashima(2001)を参照されたい。

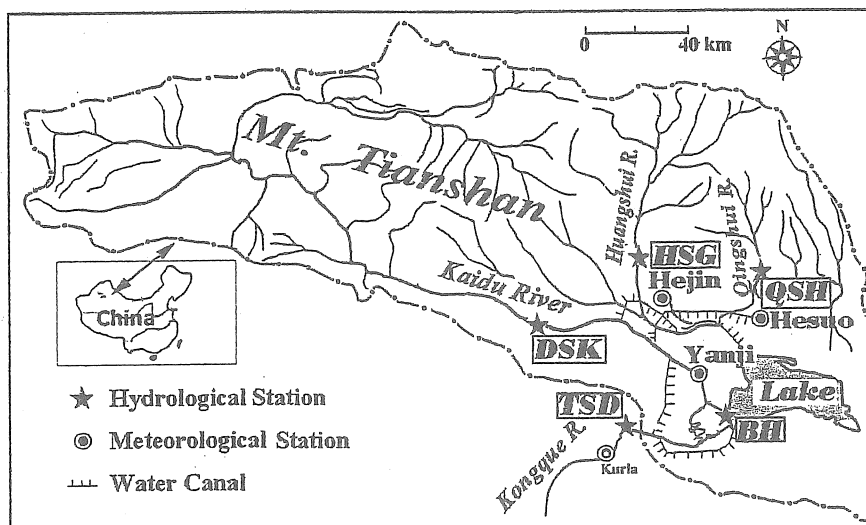


Figure 1. Schematic map of the catchment area of Yanji Basin, Lake Bosten ( $41^{\circ}09' \sim 42^{\circ}09'N$ ,  $86^{\circ}42' \sim 87^{\circ}26'E$ ; lake area:  $877.0 \sim 1002.4 \text{ km}^2$ ; lake depth:  $13.5 \sim 17.2 \text{ m}$ , lakes bottom elevation:  $1031.5 \text{ m}$ ), the river system and the irrigation canals where it is the main part of vegetation areas. Hydrological stations (excluding the BH) are located at the edge of the basin.

## 2.2 人間活動がボステン湖の水位変化に及ぼす影響

ボステン湖の水位は、季節により年により変化する。主要な流入河川である開都河流域は、広大な農場地域がひろがっており、灌漑用水としてその水を利用している。したがって、ボステン湖の水位は農地での水利用に影響を受けると考えられる。しかしながら、多数の灌漑用水路での水利用の状況を把握することはきわめて困難であり、ボステン湖だけを取りあげ、その収支を経年的に議論することは難しい。幸いにして、この湖のあるエン

チ盆地は閉じられた盆地で、ここから流出する水は孔雀河のみであり、その他は湖面からの蒸発、地表面状態に依存する陸地からの蒸発散で失われるのみである。そこで、地下水も含めエンチ盆地全体の水収支を議論し、ボステン湖の水位変化を考察する。

エンチ盆地全体の水収支は、図-2 に示した模式図にもとづき、以下の式で表すことができる。

$$(R_i + P_s + G_i) - (R_o + E_o + G_o) = \Delta W_s + \Delta G_s \quad (1)$$

ここに、 $R_i$ は河川から盆地内への流入量、 $P_s$ は降水量、 $G_i$ は地下水流入量、 $R_o$ は流出河川流量、 $G_o$ は地下水流出量であるが、閉じられた盆地なのでこれは無視する。 $\Delta W_s$ と $\Delta G_s$ はそれぞれ、湖貯水量の変化および地下水貯水量の変化をあらわす。蒸発量( $E_o$ )は湖面からの蒸発量( $E_{LS}$ )、湖面以外の地表面からの蒸発散量( $E_{JS}$ )および湖の周辺からの地下水蒸発量( $E_G$ )の和を表す。この中で $E_{LS}$ 、 $E_{JS}$ と $E_G$ の3つをいかに推定するかがモデルの鍵となる。

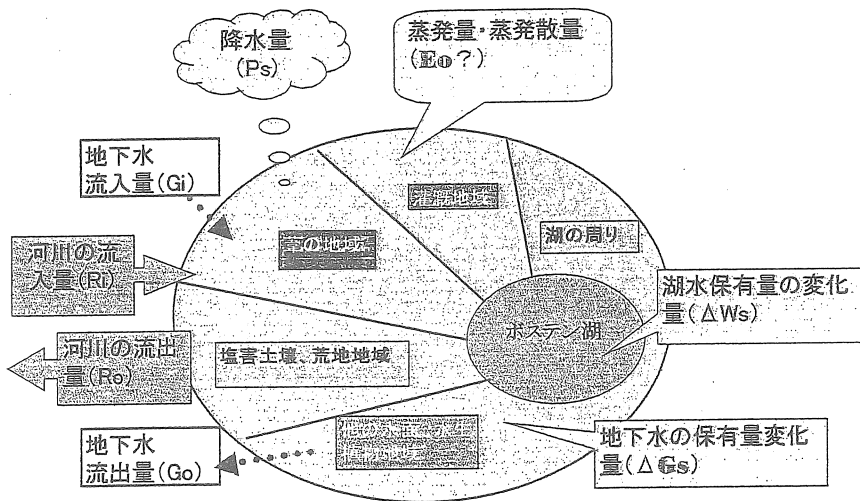


Figure 2. The Sketch Map of the Water Balance of the Yanji Basin

### 2.2.1 地下水流入量

1975年～1976年にエンチ盆地で行われた地下水調査から、河川流入量との関係が得られている。それによると、盆地への年間地下水流入量は年間河川流入量の8.33%となっている。そこで、ここでは

$$G_i = 0.083 \cdot R_i \quad (2)$$

の関係を用いて  $G_i$  を評価した。

### 2.2.2 オアシス地帯からの蒸発量および蒸発散量

湖面からの蒸発量を、(3)式をもちいて評価した。

$$E_{LS} = \lambda_m \cdot E_{B20} \cdot S_L \quad (3)$$

ここに、 $E_{B20}$  は直径 20cm の蒸発皿を用いてボステン湖水文観測点で観測された年間蒸発量、 $S_L$  は湖面の面積、 $\lambda_m$  は換算係数で、1983 年～1984 年にかけて行われた調査結果に基づく (Zhao and Nagashima:2001)。また、植生地帯など 4 種類に分類した地表面からの蒸発散量は、式 (4 a) で表される。

$$E_{JS} = E_w \sum_{j=1}^4 (K_j \cdot S_j), \quad (j=1, 2, 3, 4) \quad (4a)$$

ここに  $E_w$  は

$$E_w = \lambda_m \cdot E_{20M} \quad (4b)$$

で、水面からのポテンシャル蒸発量で、3 式と同様の換算式を用いる。これをもとに、種類の異なる地表面からの蒸発散量を式 (4 a) により評価する。 $S_j$  は面積、 $K_j$  は換算係数を表す。さらに、湖の周辺からの蒸発量 ( $E_G$ ) を評価する。1 式では  $\Delta G_s$  と  $E_G$  が未知数であり、 $E_G$  を一意的に決定することは困難である。しかし、地下水量は湖水の水位との関連がある (Li : 1999) ことから、湖水位の変化に着目する。本研究での調査期間では、1976, 1979, 1981, 1982 の 4 年間で年の最初と最後で水位がほとんど変化しない。そこで、これらの年には、地下水量も変化しないと仮定し、 $\Delta G_s=0$  とすると、(1) 式より、

$$E_G = (R_i + P_s + G_i) - (R_o + E_{LS} + E_{JS} + G_o) - \Delta W_s \quad (5)$$

となる。この式により得られた  $E_G$  と蒸発量  $E_o$  をもちいて、次のような帰帰式を求める。

$$E_G/E_o = a \cdot h + b \quad (6)$$

ただし、 $h$  は湖の水深、 $a, b$  は実験的に決める係数である。これにより、湖周辺からの蒸発量 ( $E_o$ ) を評価することが可能となる。

### 2.3 ボステン湖の塩分濃度変化について

ボステン湖は、唯一の流出河川である孔雀河を通じて天山南路の主要都市コルラの水源となっているが、都市の発展にともない、水の需要量が増加した。そのため、1970 年代、ボステン湖への主要流入河川である開都河から直接孔雀河に水を送る水路が建設された、しかしこのことは、湖の循環を損なうとともに、塩分の増加を招くこととなった。1950 年代から 1980 年代にかけて、塩分量は 0.39～1.86g/l と増加し、湖の塩性化を引き起こした。そこで政府は 1982 年、この水路を閉鎖するとともにポンプステーションを設け、湖の水を汲み出すことにより循環を促進することを試みている。このように、湖の塩分は人間活動と密接な関係がある。この項では、湖の塩分収支を議論する。

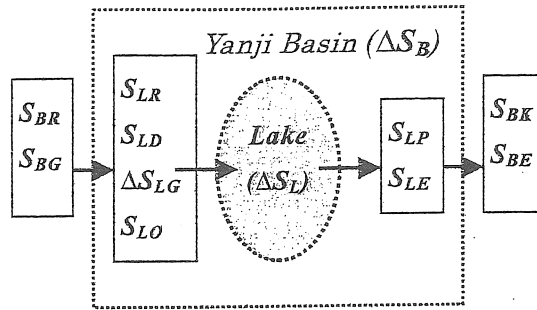


Figure 3. Schematic View of Salt Budget

### 2.3.1 塩分収支

図-3 にエンチ盆地(7 式)とボステン湖(8 式)における塩分バランスを示す。ここに  $S_{BR}$ ,  $S_{BG}$  はそれぞれ、河川からの塩分流入量、地下水からの流入量を、また  $S_{BK}$ ,  $S_{BE}$  はそれぞれ、孔雀河への流出塩分量、葦に取りこまれた塩分量をあらわす。また、 $S_{LR}$ ,  $S_{LD}$  は、それぞれ開都河、灌漑用水の排水を、 $\Delta S_{LG}$  は地下水の正味の流入量をあらわす。

$$\Delta S_B = S_{BR} + S_{BG} - S_{BK} - S_{BE} \quad (7)$$

$$\Delta S_L = S_{LR} + S_{LD} + \Delta S_{LG} + S_{LO} - S_{LP} - S_{LE} \quad (8)$$

これらについて、過去の資料を参照し、§ 3.3 で塩分バランスを議論する。

## ③ 研究結果

### 3.1 ボステン湖水収支の季節変化

1983 年から 1984 年にかけて、月ごとに観測されたボステン湖の水位と河川流量、ボステン水文観測所で得られた降水量・蒸発量を表-1 に示す。これによると、ボステン湖の水位は、11 月に最も低く、その後上昇して 4 月に最も高くなる。このことは、湖の水は暖候期には減少し、寒候期には増加することを意味している。河川流入量は、開都河がその 78% を占めているが、図-4(a) に示すように、夏季(6 月～8 月)に最も多い。灌漑用水からの排水は農業活動が盛んな夏季に多い。降水は、5 月から 9 月にみられるが、河川流入量、灌漑用水の排水にくらべ、十分小さい。一方、湖から失われる水は、図-4(b) 示すように、蒸発と、流出河川である孔雀河への流出量である。蒸発量は年間で  $9.3 \times 10^8 m^3$  (967.7mm) であり、孔雀河からの年間流出量  $9.6 \times 10^8 m^3$  とほぼ匹敵する。また、蒸発量は夏季に大きく 4 月から 10 月で年間の 77.7% に達するが、とくに 4 月と 5 月に最も大きい。

Table 1. The Levels, Areas and Storage Changes of Lake Bosten

Month	Level ( $H_i$ )	Area ( $S_i$ )	Stor. change ( $Sv_i$ )	$Id_i$	$Ir_i$	$Op_i$	Precip. ( $P_i$ )	$E_{20,i}$
	(+1040 m)	km <sup>2</sup>	(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	(mm)	(mm)
M.-1983	6.88	963.44	0.475	0.047	0.898	0.327	0	133.2
Apr.	6.9	964.20	-0.475	0.108	0.639	0.575	0	327.6
May	6.82	961.16	-0.380	0.271	0.613	0.519	20.9	374.6
Jun.	6.82	961.16	-0.095	0.279	1.322	0.444	11	373.7
Jul.	6.79	960.02	-0.570	0.212	1.009	0.512	3	365.8
Aug.	6.72	957.36	-0.665	0.184	1.005	0.534	19.9	324.8
Sep.	6.63	953.94	-0.855	0.313	0.684	0.613	19.4	205.3
Oct.	6.53	950.14	-0.950	0.265	0.588	0.480	0	161.4
Nov.	6.51	949.38	0.285	0.122	0.899	0.584	0	56.6
Dec.	6.53	950.14	0.190	0.088	0.768	0.537	1.2	11.4
J.-1984	6.55	950.90	0.190	0.069	0.602	0.482	0	14.2
Feb.	6.58	952.04	0.475	0.041	0.618	0.332	0	43.6

$E_{20,i}$  denotes the data measured by the evaporimeter pan with a diameter of 20 cm.

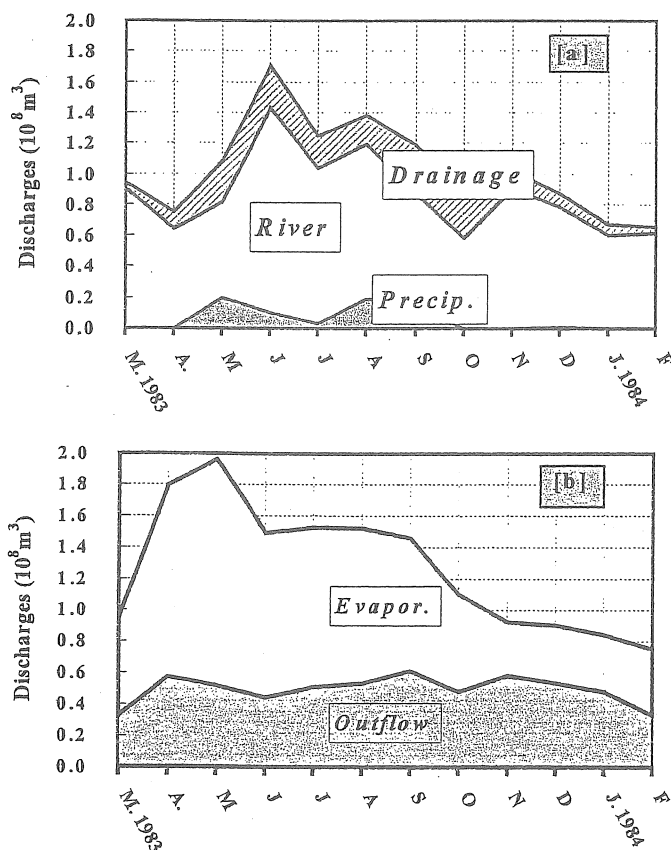


Figure 4 a: Inflows of Kaidu River, Drainage and Precipitation  
 b: Outflows of the Kongque River and Lake's Evaporation



### 3.2 ボステン湖水収支の経年変化

2.2 で述べた手法により、ボステン湖の水収支の経年変化を検討する。まず、地下水量の増減が、湖の水位の増減と関係があると仮定して、水位変化のない年をとりだし、湖周辺からの蒸発量を推定した。このことの妥当性を調べるには、地下水量の増減のある年に、湖の水位変化と関連性があるかどうかを検討しなければならない。図-5(a)はこれらの関係を示す。これより、地下水量の増減と湖の水位変化とは良い相関(相関係数0.814)があることがわかる。

つぎに、(1)式で、湖の水位を未知数として、1976年から1989年までの水収支を計算し、ボステン湖の水位をもとめる。このシミュレーションの結果を、観測値とともに図-5(b)に示す。これらは非常に良く一致し、14年間で誤差は最大で-0.20~0.17m程度となっている。

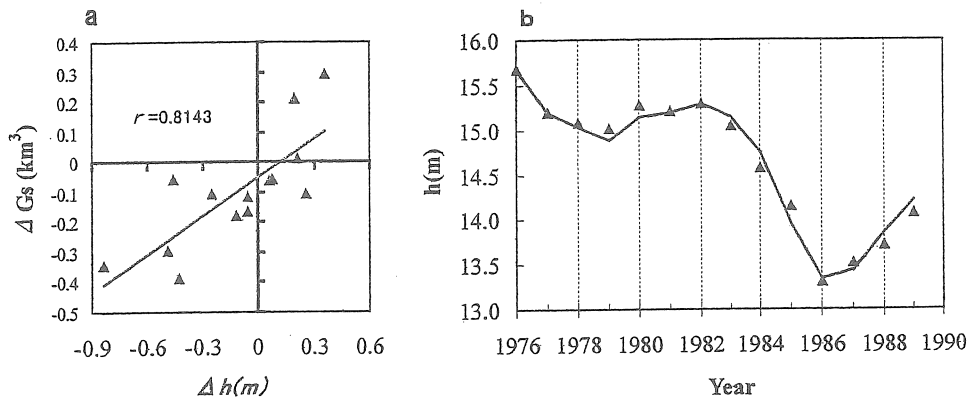


Figure 5 a: The relation between the annual storage change of ground water ( $\Delta G_s$ ) and the annual changes of lake's depth ( $\Delta h$ ) that is fitted with a linear regression equation shown as the red line(here, correlation coefficient ( $r$ ) equals to 0.8143 when we assigned the  $K_w$  as 1.25). b: Comparison of the lake's annual depth ( $h$ ) between the numerical calculation (line) and the data (Black mark) recorded from 1976 to1989.

### 3.3 ボステン湖の塩分変化

ボステン湖の塩分は、2.3 で述べたように、1950~1980年にかけて、0.39 から 1.86g/l と、緩やかではあるが、上昇してきた。これは、主要流入河川である開都河の水を唯一の流出河川である孔雀河に直接水路で導いたため、湖の循環、水交換が悪くなったためである。そこで政府は 1982 年、ポンプステーションを設けて湖の水をくみ出し、直接水路を縮小することで対処している。そのために現在では塩分量はやや減少している。

Table 2. Annual Salt Budgets of Yanji Basin ( $10^4t$ )

	1982B	1982	1983	1984	1985
$S_{BR}$	110.6	110.2	95.0	93.7	94.2
$S_{BG}$	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
$S_{BK}$	-53.6	-59.8	-99.3	-122.0	-113
$S_{BE}$	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3
$\Delta S_B$	60.5	54.0	-0.8	-24.8	-15.3

<sup>a)</sup>  $S_{BG}$  and  $S_{BE}$  referred to Chen Q.C.(1995) and Yi L.Z (1984).

Table 3. Annual Salt Budgets of Lake Bosten ( $10^4t$ )

	1983	1984	1985
Rivers ( $S_{LR}$ ) <sup>*)</sup>	86.2	35.3	34.2
Drainage ( $S_{LD}$ )	44.9	32.4	28.2
Dust and Prec. ( $S_{LO}$ )	6.8	6.5	6.3
Groundwater ( $\Delta S_{LG}$ )	-2.4	-2.2	-1.9
Pump St. ( $S_{LP}$ )	-78.3	-100.7	-100.6
Export by reed ( $S_{LE}$ ) <sup>**)</sup>	-0.8	-0.8	-0.8
Remains ( $\Delta S_L$ )	56.4	-29.5	-34.6

<sup>\*)</sup>  $51.0 \times 10^4t$  of salt into the lake in 1983, because of Huangshui River was dredged;

<sup>\*\*)</sup>  $S_{LE}$  referred to data in 1983 from Yi L.Z (1984).

表 2、3 は、図 3 に模式的に示したヤンチ盆地、ボステン湖の塩分収支を表したものである。ここで添え字 B,L はそれぞれ Yanji Basin, Lake Bosten を表す。また、R は、河川、G は地下水の意味、K は孔雀河 (Kongque river)、E は植生へ貯えられる塩分を意味する。また、D は灌漑用水の排水、P は、Pump station を、O (Others) は、ダストや降水に伴ってこの地区に供給される塩分を表す。これによると、盆地に河川から供給される塩分量 ( $S_{BR}$ ) が最も多く、年間 100 万トン前後で年によりそれほど大きな変化はない。盆地から取り除かれる塩分は孔雀河への放出 ( $E_{BK}$ ) が多く、とくに 1983 年にはそれ以前の 2 倍近く増加している。また、湖に着目すると、流入河川である開都河東支流 ( $S_{LR}$ ) からの流入が多いが、灌漑用水の排水 ( $S_{LD}$ ) に含まれる塩分もかなり多い。湖からの塩分の除去に最も多く寄与しているのは、Pump Station ( $S_{LP}$ ) で、約 100 万トンであり、河川からの流入塩分と同程度を汲み出していることになる。

#### ④ 考察

中国政府は 2000 年秋より、ボステン湖の水を年間 1~2 億立米タリム河に供給しはじめた。タリム河流域での水不足が深刻なためである。しかし、今まで述べてきたように、ボステン湖の水は、主要都市コルラにとっての貴重な水資源であるのみならず、湖は貴重な水産資源も供給している。そこで、この中国政府の政策が将来的にボステン湖にどのような影響を及ぼすかについて考察する。まず、1976 年以来、灌漑用水など人為的なインパクトに変化がないと仮定し、また降水量・蒸発散量、河川流量などは 1976 年か

ら1989年までの平均値をもちいると、1989年には湖の水深は平均14.97mとなる。一方、1989年の観測値はこれより0.6m低くなっている。このことは、1976年から1989年の間に増加した農地への灌漑用水の影響、すなわち人間活動の影響の結果と解釈できる。また、仮に1989年以降人間活動も気候の変化もないとすると、水位は緩やかに低下し、2050年には12.44mとなる。一方、他の条件を固定したうえで、タリム河へ毎年1億立米の水を流しつづけると、2050年には水位は10.8~9.6mと低下し、湖の水は1976年の貯水量7.4km<sup>3</sup>の41.0%~31.3%に減少してしまうことが予測される。

#### ⑤ 今後の課題

本研究により、ボステン湖の水収支のモデルは完成した。これにより、将来予測が可能となっている。一方、塩分収支についても、3.3で記述したように、湖全体を一様としたときの基本的な状況は把握できた。しかしながら、過去の資料(1981)をみると、塩分量は、湖の東西でかなりの差(0.4g/l)があり、西部に比べ東部が高い。これは、唯一の流出河川である孔雀河が湖西部の端に位置しているためで、湾内循環流の重要性がうかがえる。現在は塩分分布の地域性とその原因について検討中である。乾燥地に貴重な水資源を供給するとともに、水産資源の育成の場でもあるボステン湖で、ローブ湖、アラル湖などで起った不幸な出来事が繰り返されないよう、より正確な将来予測システムの開発が望まれる。

#### ⑥ 参考文献

- H. T. Kutusnizuofu, M. Murzayefu, (1959): 博斯蚕騰湖及其将来、科学出版社, China.
- Shenyang Wu (1992): Tarim Basin Heat and Moisture Transference Research—Evaporation and its correlativities, Marine Publishing House, CHINA, pp.13,
- Shunzheng Han, C.H. Li *et al.* (1985): Reed Resources of the Bosten Lake, Scientia Geographica Sinica, Vol. 5, No. 4, pp.374~380.
- Xinjiang Hydrological Investigation Bureau, (1965): Ground water in Xinjiang, China, Science press, China.
- Xin Li (1999): The Effects of Human Activities to Water Ballance in the Arid Land of China and Experimental Research on it —A case study in Alar Irrigation area, Xinjiang, China. Graduate School of Science And Technology, CHIBA, UNIVERSITY, JAPAN, January 1999, pp.54.
- Xixian Li (1981): Caring and Improving the benefit of the Lake Bosten, Science and Technology in Bayinguole Region, Vol. 48, Xinjiang, China.
- Xincai Zhong (1988): Primary Evaluation of Water Surface Evaporation in Bosten Lake, Arid Land Geography, Vol. 11, No. 4, pp.39~44.

- Yelin Lu, Dehuo Wang et. al. (1977): Report of the hydrological and Geological General Investigation in the Yanji Basin, 0925 Investigation Group.
- Yunxiang Huang *et.al.*(1990): Summarize and Prospects for the Research on the Water Salinity of the Lake Bosten in Xinjiang, Study on the Environmental Investigation of the Lakes and the Reservoir in China, Environmental Science Publish House, China.
- Yaoxian Liu, Y.G. Qu (1984): Utilization and Improvement of the Lake Bosten, Xinjiang Geography Vol. 7, No 4, pp.17-29.
- Zhengcai Cheng (1982): View of the Water Balance in Lake Bosten, Science and Technology in Bayinguole Region, Vol. 48, Xinjiang, China, 5-13.
- De Hua Mao 1978: The Possible Changes of the Environment in the Bosten Lake, Xinjiang Geography, Vol. 1, pp. 56-63.
- Zhensheng. Xiang (1982): Research on the Adjustment Affection of the Lake Bosten for Water, Salinity and the Reasons of the Salinity Increasing, Science and Technology in Bayinguole Region, Vol. 48, Xinjiang, China
- 中華人民共和國水文年鑑、天山以南內陸河水文資料、 Vol.10, No. 2, 1976~1989年。
- 新疆人民出版社 (1979) :《新疆魚類誌》、新疆水產局、pp.1~61。
- 新疆荒地資源綜合考察隊(1882) : 博斯騰湖の塩化原因及び制御に関する研究、《地理学報》, Vol. 37, No. 2, pp. 144~153.
- 盧業林、王徳厚ら (1977) : 焉耆盆地、区域水文調査報告、中華人民共和國、00925部隊、pp1~182。
- 劉耀先、曲耀光 (1984) : 博斯騰湖の制御及び利用、《新疆地理》, Vol. 7, No. 4, pp. 17~29.
- 易莅庄、黄維ら (1984) : 巴音郭楞蒙古自治州における国土の計画、博斯騰湖の保護・整備及び資源開發計画、新疆維吾爾自治区、巴州国土博湖計画組, pp. 1 ~ 70.
- 華潤葵、李玉勤 (1983) : 博斯騰湖における葦の資源調査についてリモートセンシング技術の応用、《地理科学》、Vol. 3, No. 2, pp. 151-157。
- 向振声、劉武林 (1982) : 博斯騰湖に対する水塩の調節作用に評価及び塩化原の検討的探討、巴州科技, Vol. 48, pp. 14~31
- 成正才 (1982) : 博斯騰湖水収支に関する研究、巴州科技, Vol. 48, pp. 5~13.
- 吳申燕 (1992) 編 : 塔里木盆における地・水・熱の状況に関する研究—蒸発及び相関の問題、海洋出版社、pp. 12-13.
- 程 其疇 (1995) : 《博斯騰湖研究》、河海大学出版社, pp.1~148.

## Effect of human activity on salinization of the Lake Bosten in Xinjiang, China

Hideki NAGASHIMA, Zhao JING FENG\* and He QING†

Tokyo University of Fisheries,

\*Xinjinang Institute of Ecology and Geography

†Xinjiang Institute of Meteorological Research, China

Lake Bosten is located in Yanji Basin of Xinjiang in China. It is the biggest freshwater lake inland China now, with 1002 km<sup>2</sup> in area. Also it provides very important water resource for the extremely arid-zone of the central Asia. However, with the increasing of irrigation lands in the basin and water requirement for the city in the lower reaches, the lake had shrunk sharply, especially during 1980s; moreover, it was reported by Yomiuri (Newspaper in Japan) that more water would be taken out from the lake since 2000. To avoid the misfortune experience such as the Lake Aral and Lop, it have suggested that the water balance of the lake must be take care immediately. Accordingly, we have analyzed the water budgets in the Yanji basin based on the data observed at the hydrological and meteorological stations, and made a numerical model to simulate their changes for the future. The relative results had been reported in some symposiums and academic forum. But as another feedback of the lake corresponding to the people's actions, water salinity had increased, it implies that the lake will become a salty lake soon. Thus, it requires us to study on mechanism of the salt changes, and to predict the possible changes about water salinity in the lake. It will be of much benefit to the development of fisheries, as the lake is the habitat for the 24 species of fish which including the 4 native species (e.g. *Aspiorhynchus Laticeps* etc.). The purpose of this study is to establish the models to predict the changes of water, heat and salt in the lake, in order to using the water resources carefully and effectively in future.

In this fiscal year, we develop a numerical model to forecast an annual variability of water level of the lake. The result shows that the model gives a good prediction of the variation of water depth (h) as shown in the Figure. By using the model, we estimate effects of the project started in fall, 2000. We also investigate the variation of salt concentration in the lake form the historical data. The result shows that the salt concentration becomes high from 0.3 to 1.9 g/l since 1958 to 1982. This is probably due to the human activity such as making canals, irrigation facilities and so on.

