

渤海海峡における海水交換流量とその黄河流域変動に対する応答  
**Water exchange flux through the Bohai Strait and its response to the change  
in Yellow River runoff**

郭 新宇・王 強 (愛媛大・沿岸環境科学研究センター)

Xinyu Guo and Qiang Wang (Center for Marine Environmental Studies, Ehime University)

The runoff of Yellow River has been known to vary dramatically in the past five decades. In this study, we address the water exchange flux through the Bohai Strait, a channel connecting the Bohai Sea and the Yellow Sea, and its response to the variation of runoff of Yellow River. The motivation for this study is because the direct influences of the Yellow River on the Bohai Sea have been widely concerned but the indirect influences have not been noticed. Among the indirect influences, the water exchange through the Bohai Strait is an important process because the exchange water flux there is usually more than 50 times of the runoff of Yellow River and thus affects greatly the environment in the Bohai Sea. Our tool for this study is a three-dimension ocean model with a resolution of 1/18 degree in both zonal and meridian directions and 20 layers in vertical. The model domain included not only the Bohai Sea and Yellow Sea, but also the East China Sea, which allow us to avoid the problems related to the open boundary conditions in a regional ocean model. The results of a nested ocean general current model (Guo et al., 2003) and four leading tidal constituents are given along the open boundary. On the surface, the model is forced by monthly averaged forcing including wind stress, sea surface temperature, net heat flux, evaporation and precipitation, and air pressure. Six major rivers in the model domain, including the Yellow River and Changjiang River, are considered in the model. We carried out five numerical experiments to study the response of the water exchange through the Bohai Strait to the change of Yellow River runoff. The five experiments correspond to five decades (1950s, 1960s, 1970s, 1980s, and 1990s). The differences among these cases are the Yellow River runoff and the location of Yellow River mouth. Model results represent successfully some well-known features on the water exchange through the Bohai Strait. Generally, water flows into the Bohai Sea through the north part of the Bohai Strait and flows out through the south part of the strait. By analyzing model results, we concluded that this pattern is mainly due to wind-driven current in autumn and winter and due to density-driven current in summer and spring. Tidal residual current also contributes to this pattern but its effects are confined near the coast. Using model results, we can quantitatively estimate the exchange water flux through the Bohai Strait. Corresponding to the different Yellow River runoff in the past five decades, water exchange flux through the Bohai Strait shows significant variation. As the Yellow River runoff decreases from  $1733 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (1960s) to  $444 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (1990s), the annual water exchange flux through the Bohai Strait decreases from  $5.86 \times 10^4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  to  $5.40 \times 10^4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , whose difference is approximately 3.5 times of the reduction of the Yellow River runoff. Furthermore, we found that the response of water exchange flux has a significant season-dependence. The maximum response occurs in spring, when the reduction of water exchange flux through the Bohai Strait is 7 times of the reduction in the Yellow River runoff. However, in summer the water exchange flux keeps almost unchanged in the five experiments.

渤海に流入する黄河流域は 50 年代から激減している (図 1)。このような河川流量の激減は黄河自身の環境のみならず、渤海の塩分値、密度流、さらに黄海との海水交換に大きな影響を与えているだろう。また、これらの変動により、黄河と渤海海峡から供給される物質フラックスの変化も予想される。

過去 50 年間の黄河流域変動の影響を定量的に評価するため、渤海、黄海、東シナ海を対象とする 3 次元数値モデルを構築してきた。モデル結果の評価とモデル結果に現れた黄河プルームの挙動とその支配要因については、本

proceeding 中の Wang and Guo のものを参照されたい。本講演では、渤海海峡における海水交換流量の季節変動とその黄河流域変動に対する応答に注目する。

図 2 に渤海海峡における海水交換流量中の潮汐残差流、密度流、吹送流の割合を示す。これらの成分は三つの実験から得られた。実験 1 は潮汐のみで、実験 2 は潮汐と浮力にかかわる過程で、実験 3 は実験 2 の条件にさらに風応力を加えて駆動した。実験 2 と 1 の差を密度流、実験 3 と 2 の差を吹送流とみなしている。図 2 に示されるように、密度流と吹送流は潮汐残差流

( $57441\text{m}^3/\text{s}$ )の半分の交換流量をもたらしている。また、両者は異なった季節変動を示している。冬から夏までの密度流による交換流量の増加量は河川流量の増加量の10倍前後達している。

ほかの外力を変化せず、図1に示された過去50年間の流量変動のみ変化させた計算から、黄河流量変動に対する渤海海峡における交換流量の変動を見積もった(図3)。50年代の値を基準とする場合は、90年代の黄河の河川流量は

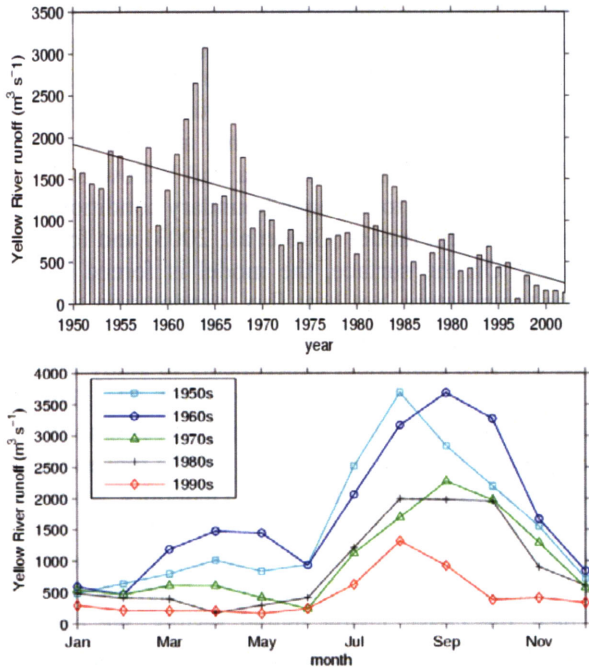


図1. 過去50年の年平均黄河流量(上段)と10年毎の月平均流量(下段)

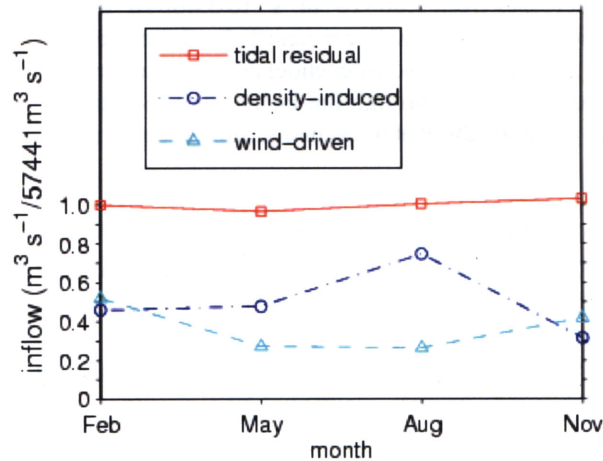


図2. 渤海海峡における海水流入量に対する潮汐残差流、密度流と吹送流の割合の季節変動

その2割前後に落ちている。一方、渤海海峡における交換流量は季節によるが、50年代から90年代まで最大で約2割減少している。一番大きく減少しているのが5月である。これは黄河プルームの挙動に関係する。黄河から入った淡水は潮流と風により、すぐ黄海に流出せず、次の年の春に流出することがモデル結果から分かった。今後、このような時間ラグの生物生産への影響を調べる必要があるだろう。

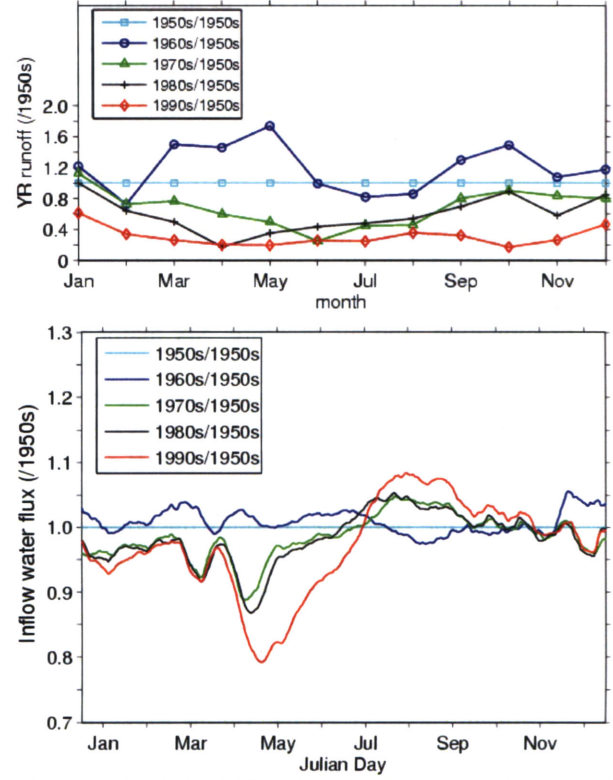


図3. 50年代を基準にする60、70、80と90年代の黄河流量(上段)と渤海海峡における海水流入量(下段)

参考文献  
Guo X. Y., Hukuda H., Miyazawa Y., & Yamagata T. (2003): J. Phys. Oceanogr. 33: 146-169.