

日本列島の海岸線を通過する地下水量の推定

ハイテック株式会社 ○足立直樹, 武田伸二
(国研) 産業技術総合研究所 丸井敦尚

1. はじめに

海水が地下水と接する沿岸域は、地下水流動系の流出域に位置し、陸域から海域へ水が「流出」する場所であるが、同時に海側から見れば、水が「流入」する場所でもある。また沿岸域は一般に人口が多く、家庭排水や工場廃水、揚水などが地下の水環境に与える影響の大きい場所でもあり、海域の環境維持においても、地下水流動は重要である。

地球を構成する大気・陸域・海洋間を移動する水の大循環に関する研究において、海洋へ直接流出する地下水に関しての定量的評価はわずかしかない。海底における地下水湧出量の評価は、地球上の水収支・水循環を正確に把握するためや、地下水が海洋へもたらす栄養塩類等の物質移動量を評価する上でも重要である。

本報告では、日本列島の海岸線を通過する地下水量について同一データを元に、水収支法で推定した結果を報告する。

2. 海底地下水湧出

海底地下水湧出とは、「陸海の境界を横切って海域に直接流出する地下水」という水文学上の定義がある。地下水としての湧出量は、海洋への河川流出量の数%~10%と推定され(表-1) 淡水資源として十分な量があるにも関わらず、ほとんど利用されていないのが現状である。

表-1 全流出に占める海底地下水湧出の割合¹⁾

著者	地下水流出の割合	手法
Berner and Berner	6% of the total water flux	文献
Church	0.01-10% of surface runoff	文献
COSODII	0.3% of surface runoff	水文学的仮定
Garrels and MacKenzie	10% of surface runoff	水収支
Lvovich	31% of the total water flux	水収支
Nace	1% of surface runoff	水文地質学的仮定
Zektser et al.	10% of surface runoff	水収支
Zektser and Loaiciga	6% of the total water flux	ハイドログラフ分離

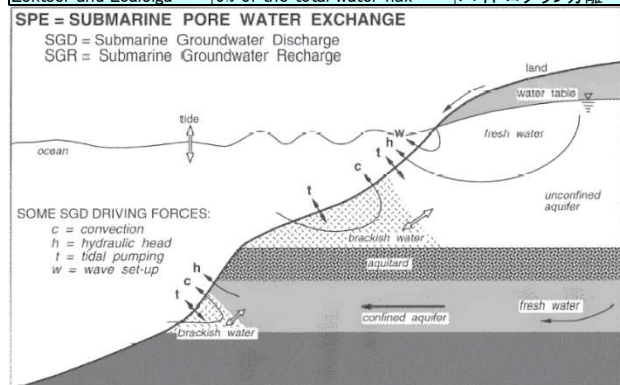


図-1 海底地下水湧出に関連するプロセス模式図¹⁾

特に日本のような温暖湿潤地域では、水収支バランスを考えると、降水量が蒸発散量と河川流出量を足し合わせたものよりも大きくなることが考えられ、過去の野外調査結果より、地下水流出には陸域由来の成分と、海水

が一旦海底下に潜り再び海洋へと流出する再循環水が含まれること、潮位変動の影響が地下水流出に及んでいることなどが明らかにされている。(図-1)

3. 海底地下水湧出量の推定

気象庁アメダス等のデータを活用し、一級河川流域毎の降水量、蒸発散量、地下水流出量を算定した。そのうえで、海岸線を通過する地下水量を第四紀層ならびに新第三紀層ごとに算定し、流域の海岸線において、単位長さ当たりの海岸線を通過する地下水量を求めた。作業概要は以下のとおりである。

(1) 流域の区分と海岸線の区分

日本には109本の一級河川が存在する。これらの流域を区分し、マップ化するとともに各流域の面積を測定する。

(2) 降水量・蒸発散量の推定

アメダスデータ²⁾を使用し、2007年から2015年の年平均降水量ならびに年平均蒸発散量(平均気温からの推定値)を流域毎に計算する。代表値の区分にはティーセン法、蒸発散量の推定にはソーンスウェイトの方法を用いる。

(3) 河川流出量

一級河川流域では、国土交通省が流量測定を実施している。³⁾その最下流部の流量観測値を用いて、流域の河川流出量とする。

(4) 海岸線の地質断面図の推定

越谷賢・丸井敦尚(2012)⁴⁾を用いて、海岸線の単位長さ当たりの第四紀層と新第三紀層の断面積を算出する。

(5) 海岸線を通過する地下水量の解析

上記データを用いて、一級河川の海岸線における単位長さ当たりの海岸線を通過する地下水流動量を第四紀層と新第三紀層に分けて求める。

4. 評価法及び使用データ

(1) 評価の方法

日本の一級河川を比較するため、一律条件でのデータ入手が重要である。そのため、海底地下水湧出量の評価法として、数値解析の水収支法による評価を行う。

(2) 年間水収支法の基本式

海底地下水湧出量は、下式に示す年間水収支法で流域毎に算出した。

$$SGD = P - E - R$$

SGD : 海底地下水湧出量

P : 降水量

E : 蒸発散量

R : 河川流出量

(3) 使用データ

流域界、降水量、蒸発散量、河川流出量に関するデータは以下のとおりである。

- 流域界は、国土数値情報の流域界・非集水域（面）データを修正したコンサベーション GIS コンソーシアムジャパン⁵⁾のデータを使用した。
- 降水量は気象庁アメダス²⁾から、全国1,147地点の降水量データを使用した。1つの観測点が影響する範囲はティーセン法で区分した。
- 蒸発散量は気象庁アメダス²⁾から、全国824地点の月平均気温データを使用し、ソーンズウェイト法で可能蒸発散量を算出した。1つの観測点が影響する範囲はティーセン法で区分した。
- 河川流出量は、国土交通省の観測データ³⁾から、一級河川毎の最下流観測所における、2007年～2015年の年平均流量を使用した。また、最下流観測所より下流に支流が存在する場合は、各支流流量も合計した。各観測所は365日分の日流量が公開されており、1日でも欠測があれば、その年の年平均流量は算出せず、評価の対象外とした。ただし、網走川、多摩川、安倍川、加古川、利根川、淀川については、毎年欠測がみられたため、欠測値が年5%以下の日数の年から年平均流量を算出した。2007年～2015年で流量データが1日も存在しなかった久慈川は、評価の対象外とした。

5. 推定結果

上記データを使用し、全国の一級河川108流域に対し、2007年～2015年の海底地下水湧出量を計算（図-2）、マップ化した（図-3）。

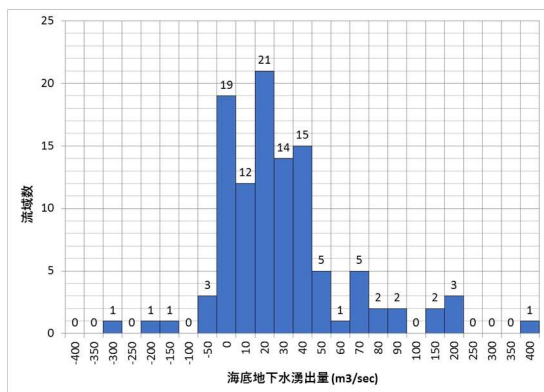


図-2 海底地下水湧出量ヒストグラム

全国108流域の海底地下水湧出量は、 $-331.76\text{m}^3/\text{sec}$ ～ $394.62\text{m}^3/\text{sec}$ という推定結果である。単純平均は $20.18\text{m}^3/\text{sec}$ 、面積加重平均は $61.58\text{m}^3/\text{sec}$ 、中央値は $17.09\text{m}^3/\text{sec}$ である。ヒストグラムは $20\text{m}^3/\text{sec}$ を峰とした左右対称に近い形である。 $0\sim40\text{m}^3/\text{sec}$ の範囲に8割の流域が含まれている。

6. 考察

解析を行った108の一級河川のうち、25流域で負の海底地下水湧出量を示した。その理由として、有効雨量の過

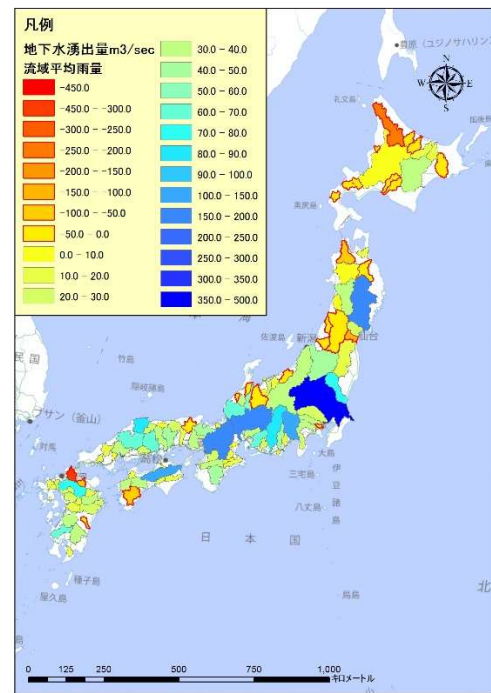


図-3 海底地下水湧出量マップ⁶⁾

小評価と河川流出量の過大評価の両面が考えられる。降水量データと河川流出データと比べると、降水量データは全国を網羅しており、測点数も流量観測所より多い。個々の観測精度も品質と均質性が確保されており、高精度であると考えられる。これに対し、河川流出データは、最下流の流量観測所毎の観測精度に依存している。さらに、最下流観測所から海岸線までがデータ空白域である。このことから、河川流出の評価精度が相対的に低いといえる。今後は使用データの見直しや精度の向上を図り、海底地下水湧出量の全国分布を再評価したい。その上で、このデータを地下資源開発、地中熱利用、防災等の地下水の管理開発に役立てていきたいと考えている。

《引用・参考文献》

- 谷口真人(2001) 地下水と地表水・海水との相互作用 地下水学会誌 第43巻第3号 p189-199
- 国土交通省 気象庁
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (確認日:2017.5.31.)
- 国土交通省 水文水質データベース
<http://www1.river.go.jp/> (確認日:2017.6.10)
- 越谷賢・丸井敦尚(2012) 日本列島における地下水賦存量の試算に用いた堆積物の地層境界面と層厚の三次元モデル(第一版) 地質調査総合センター研究資料集、no.564
- CGISJapan <http://cgisj.jp/index.html> (確認日:2017.6.2.)
- ベースマップ:国土地理院 淡色地図
<http://www.gsi.go.jp/> (確認日:2017.6.2.)