

平成 24 年度県立大学地域貢献研究の研究成果について（ 完了報告・中間報告 ）

研究テーマ	地球化学トレーサーから評価する若狭嶺南流域圏の地下水の特性と水圏生物群集への影響
研究期間	平成 24 ～ 25 年度
主たる研究者	【学部・学科】 海洋生物資源学部・海洋生物資源学科 【職・氏名】 助教・杉本 亮

【研究目的】

小浜平野の豊富な地下水は、地域住民の貴重な飲料水であるとともに、小浜湾に湧き出すことで水産資源を育む恵みの水ともなっている。しかしながら、小浜市における地下水利用の現状を鑑みると、海を豊かにする限りある水であるという概念はない。小浜湾の生物生産を持続的に利用するためにも、地下水の適正な利用・管理と水圏環境の保全を統合的に実施していく必要がある。本研究では、地下水の科学的特性や地下水湧出が持つ生態学的意義を明確にし、「持続可能な地下水管理」と「持続可能な生態系管理」を統合的に扱うことができる管理方策の提言のための基礎的知見を得ることを目的とし、以下の調査を2年間かけて実施した。

サブテーマ①：小浜平野における地下水の特性の解明

サブテーマ②：地下水湧出が水圏生物群集に及ぼす影響の評価

【研究成果】

① 小浜平野における地下水の特性の解明

小浜平野内の地下水の特性を明らかにすることを目的とし、地球化学トレーサーを使用した起源推定・滞留時間推定を行った。

● 地下水の起源・水源標高の推定

小浜市周辺の地下水（浅層・深層）・山麓湧水・降水の水素・酸素安定同位体比分析を実施した。その結果、小浜市周辺の地下水・湧水は主に冬季の降水・降雪に由来することが明らかになった（図1）。また、小浜市の上水道水源となっている深層地下水の涵養標高を湧水の酸素同位体比から推定される涵養線をもとに推定したところ、およそ標高にして80～100m付近で涵養しているものと推察される（図2）。

※湧水から想定される涵養線は、十分量のデータから検討されていないので、今後精度を上げる必要がある。

● 地下水の滞留時間の推定

H24年度に、小浜市の上水道水源4か所を含む湧水・地下水（計7か所）に含まれるトリチウム・フロン類（CFC₂）・六フッ化硫黄（SF₆）の3種類の年代トレーサーの分析を実施した。その結果、湧水・地下水には有意のトリチウムが含まれており、若い地下水（40年未満）であることが明らかになった（図3）。またCFC₂に関しては汚染が激しく、小浜市の地下水の年代測定には利用できなかった。そこで、H26年度にSF₆を中心に19検体の分析を追加的行ったところ、滞留時間は湧水：6～9年、浅層地下水：6～10年、深層地下水：3～8年程度と見積もられた（図4）。また、北川から離れるほど滞留時間は長くなる傾向にあった。

※推定モデルの選択ならびに個々の地下水においては上記の値よりも滞留時間が長いものも存在する。

② 地下水湧出が水圏生物群集に及ぼす影響の評価

小浜湾に湧きだす地下水湧出の実態および生物生産過程への影響を評価することを目的とし、地下水トレーサーであるラドン(^{222}Rn)を利用して以下の調査を実施した。

● 小浜湾全域スケールでの地下水湧出量ならびに栄養塩輸送量の調査

小浜水産高校の実習船あおばを使用し、2012年度は湾奥部から湾口にかけての縦断調査を実施したところ、底層水中のラドン濃度は時間的・空間的に大きく変化すること、その流出量は春季に最も多いことが示唆された。そこで2013年度は、小浜湾全域を網羅する広域調査を実施し、地下水湧出量と栄養塩輸送量を推定した。小浜湾の地下水湧出量は $0.05\sim 0.80\times 10^6\text{ m}^3\text{ d}^{-1}$ であり(図5)、地下水位と海面水位の時間変化に応じて湧出量も変化していた。地下水流入量は、全淡水流入量の4~44%を占めており、河川流量の低下する夏季にその割合が高くなる傾向にあった。また、地下水から供給される窒素、リン、ケイ素は、全陸水由来の栄養塩輸送量の平均で39%、58%、37%を占めていた。特に小浜湾の一次生産はリン制限下にあるため、地下水によるリン供給は小浜湾の生物生産において重要な役割を果たしている。実際、湾内で湧水が多く出ていると想定されている場所の底層水中の植物プランクトン現存量は、地下水湧水量の大きかった初春に高い傾向にあった。

● 浅海域における地下水湧出と一次生産力の関係調査

2013年3月に小浜湾の浅海域を対象とした ^{222}Rn の曳航調査を実施した(図6)。その結果、小浜湾東部海域において ^{222}Rn 濃度が特に高い傾向にあった。この東部海域において、夏季に ^{222}Rn 濃度測定と現場培養実験による一次生産力の測定を行ったところ、 ^{222}Rn 濃度が高い場所で一次生産力も高い傾向が認められた(図7)。このことは、海底湧水による栄養塩供給が、浅海域の一次生産過程に大きな影響を与えていることを意味している。また、海底湧水指標である“ ^{222}Rn ”と一次生産力指標である“二酸化炭素分圧”を同時連続的に測定することができるシステムも新たに開発し、その有用性も検証した。

● アマモ場を対象とした地下水湧出と生物生産過程の調査

2012年7月末から8月初旬にかけて小浜湾内のアマモ場2カ所(湾奥の甲ヶ埼、湾口付近の泊)において、湧水環境と生物生産環境の調査を実施した。甲ヶ埼と泊のアマモ場で直接計測された 1 m^2 当たりの海底からの地下水湧出量は、 267 L/day と 82 L/day であった。そのうち淡水が占める割合はそれぞれ0.7%と0.3%であった。水中の植物プランクトンおよびアマモに付着している付着藻類の濃度は、泊よりも甲ヶ埼の方が高かった。また、アマモ場内の付着動物量も甲ヶ埼の方が著しく高かった。このことは、海底からの地下水湧出が甲ヶ埼のアマモ場内の生物生産を高めていることを示唆しており、湧水・藻場を起点とした生物生産システムが存在している可能性が示された。

【研究成果の発信・地域への還元】

本研究の成果の一部は、すでに新聞やTV等で取り上げられている。また、2013年6月8日と2013年11月9日に地下水市民講座を開催した。2014年10月26日に第3回地下水市民講座を開催するとともに、地下水保全の意識向上を目的とした市民参加型の自噴高一斉調査を実施する予定である。

※ホームページ掲載用として使用するため、A4 2枚程度で簡潔にまとめてください。
参考資料(図、写真等)があれば添付してください。

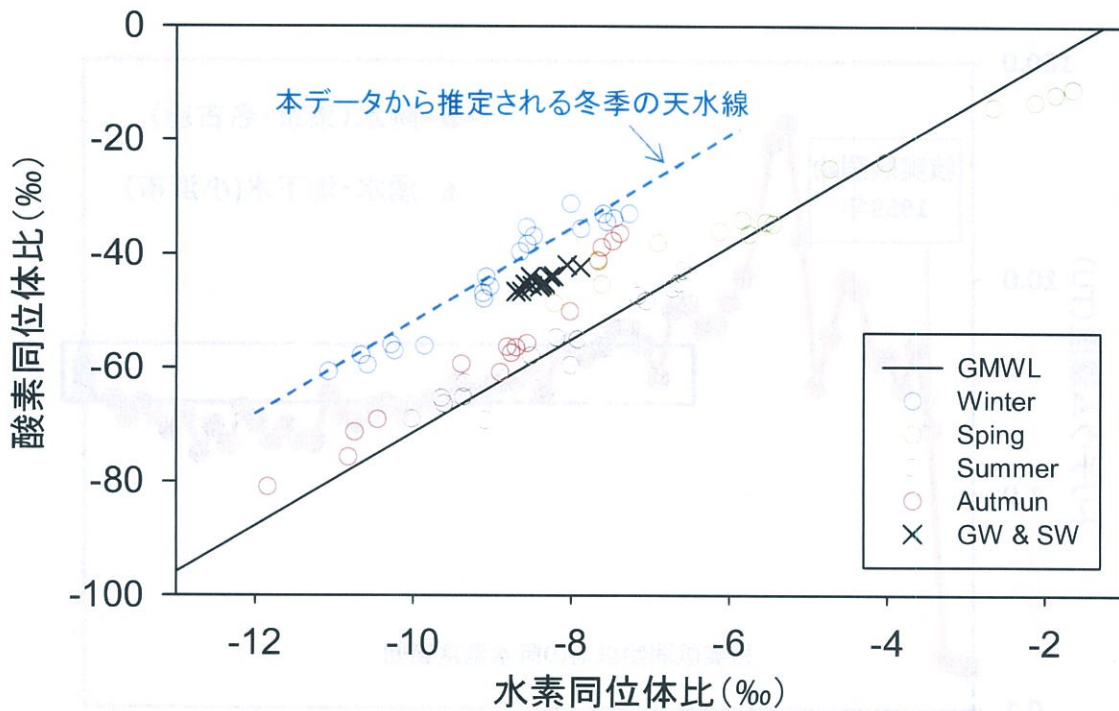


図1. 小浜市周辺の地下水・湧水(x)および降水(o)の水素・酸素安定同位体比. 降水のカラーは季節の違いを意味する(青:冬季、緑:春季、茶:夏季、赤:秋季). 実線は全球レベルの降水の平均値(天水線:GMWL).

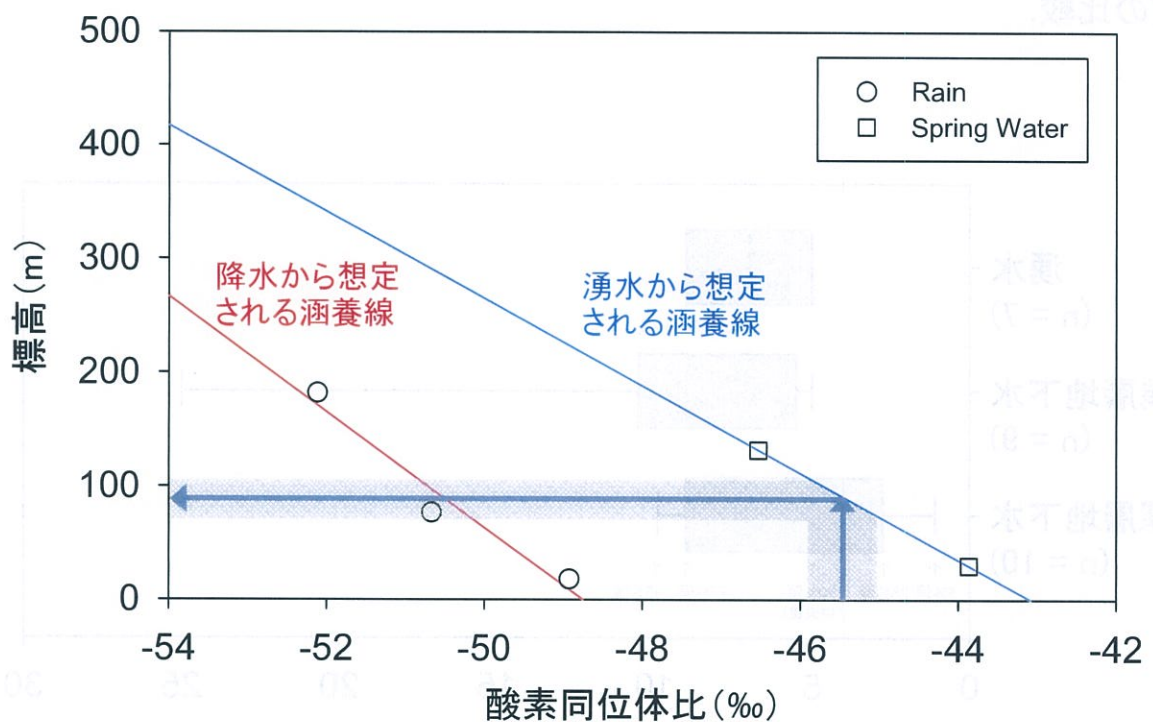


図2. 降水および湧水の酸素安定同位体比から推定される涵養線. 降水は年間平均値を使用. 青いエリアは、小浜市の上水道水源となっている深層地下水の酸素同位体比から想定される涵養標高の取りうる範囲を表す.

参考資料(2): 地球化学トレーサーから評価する若狭嶺南流域圏の地下水の特性と水圏生物群集への影響

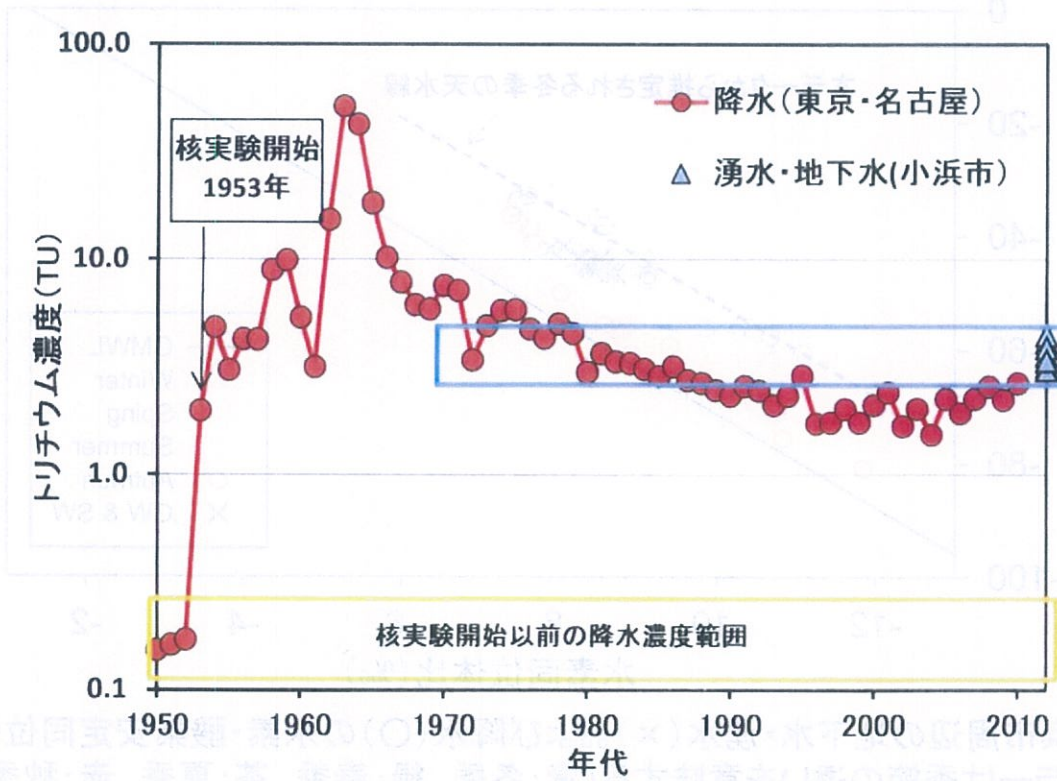


図3. 小浜市周辺の湧水・地下水のトリチウム濃度と降水(東京・名古屋)のトリチウム濃度の比較.

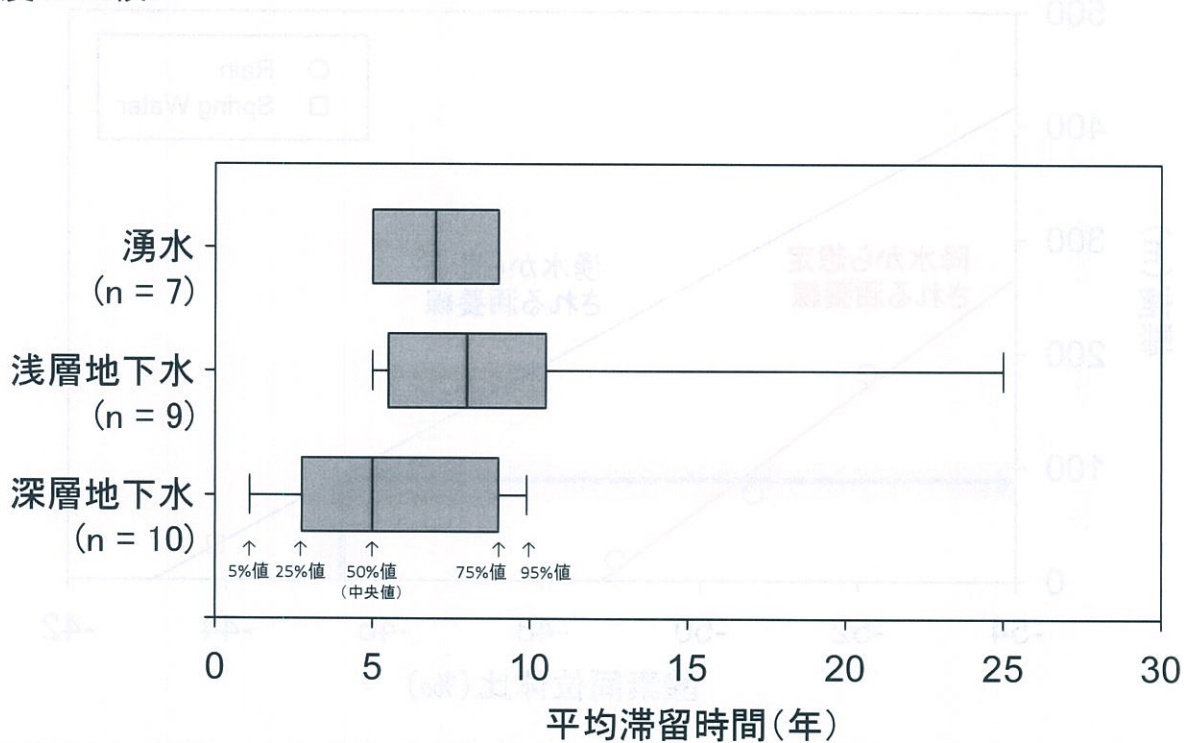


図4. SF₆から推定された小浜平野および周辺の湧水、浅層(不圧)地下水、深層(被圧)地下水の平均滞留時間.

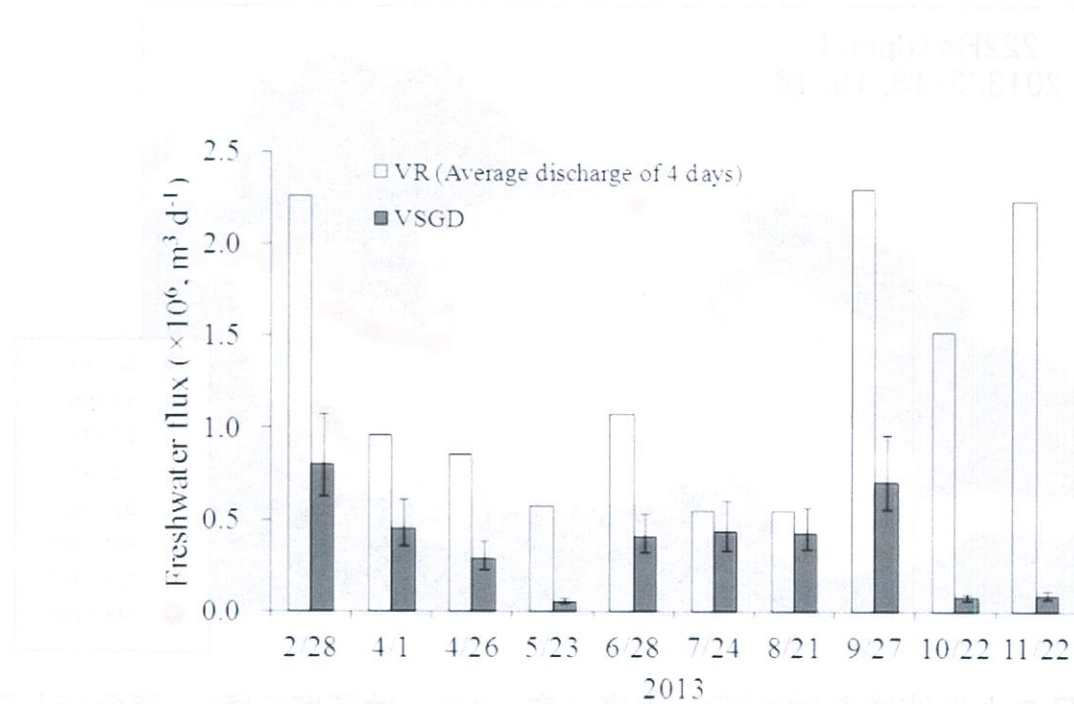


図5. 小浜湾への淡水流入量(Freshwater flux)の時間変化。白色は河川水流入量、灰色はラドン(²²²Rn)の収支モデルから算出された地下水の湧出量を表す。

	地下水		河川水		地下水/(地下水+河川水)	
	(kg/day)		(kg/day)		(%)	
窒素	53	~ 784	198	~ 1085	8	~ 68
リン	4	~ 54	6	~ 34	24	~ 83
ケイ素	163	~ 2397	576	~ 6455	9	~ 66

表1. 観測期間中(2013年2月から11月)の地下水・河川水から小浜湾への窒素・リン・ケイ素の輸送量、および地下水が占める割合。

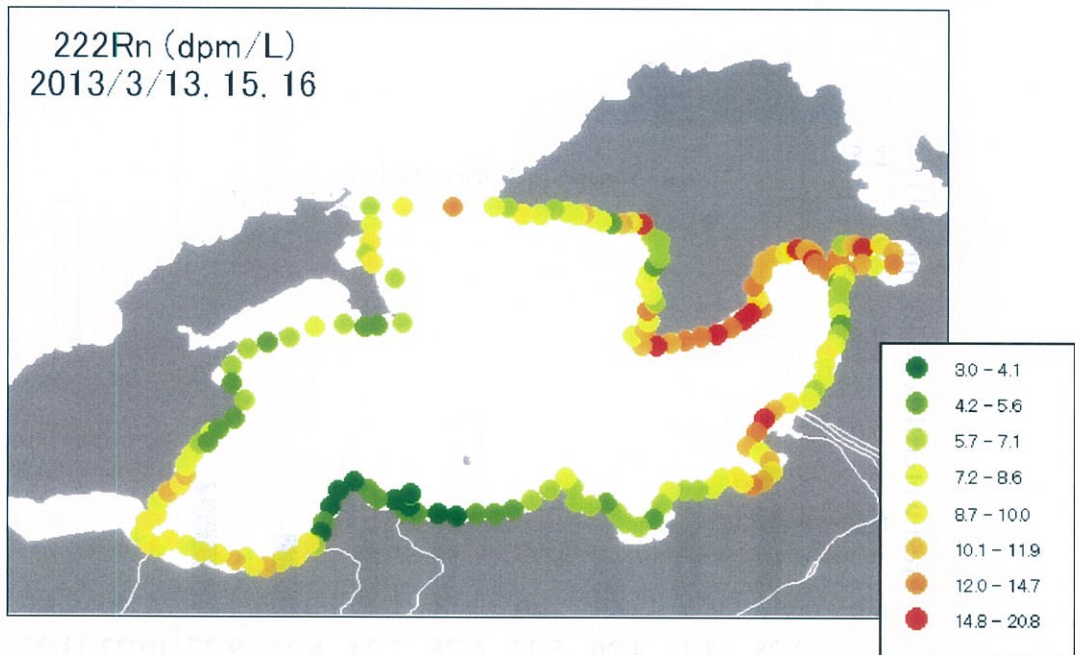


図6. 2013年3月の小浜湾浅海域の²²²Rn濃度分布。カラーは濃度を表し、赤色ほど濃度が高いことを意味する。

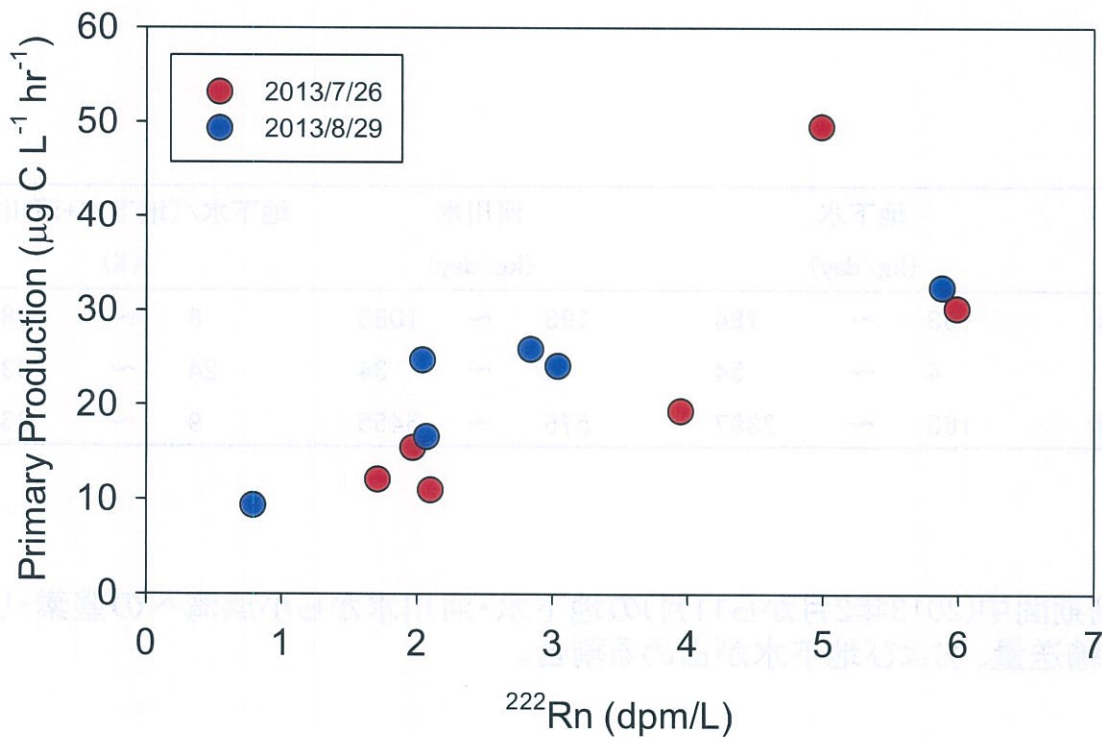


図7. 小浜湾東部海域の6測点における²²²Rn濃度と1時間あたりの一次生産力の関係。赤色は2013年7月26日、青色は8月29日。