

若狭湾における海洋環境モニタリングシステム等に関する調査研究
Study on the Marine Environment Monitoring System in the Wakasa Bay

小野真宏^{*1}、安隆己^{*1}

Masahiro ONO, Takami YASU

Abstract

This study develops the short-term forecasting model which grasps shift/diffusion situation of the design of the monitoring system which performs the continuous surveillance of the marine environment in Wakasa Bay, and the radioactive material to the ocean in preparation for radioactivity disclosure accidents, such as a nuclear power plant.

要約

本研究は、原子力発電所での万一の放射能漏洩事故に備え、若狭湾内での海洋環境を連続的に監視するモニタリングシステムの設計と海洋への放射性物質の移行・拡散状況を把握する短期予測モデルを開発するものである。

緒言

若狭湾は、丹後半島先端の経ヶ岬と越前岬とを結んだ線を境界として外洋と区分され、表面積 2,657 km²、容量 264 km³ の日本海に面した外洋性内湾であり、200 m 以深には水温 2℃ 以下の日本海固有水が存在する。丹後半島沿いには、対馬暖流水が流れ、若狭湾内の流動に大きな影響を与えることが指摘されている。また、若狭湾の沿岸部には、多数の原子力発電所が運転しており、我が国の原子力発電所立地地域として先駆的な役割を果たしてきた。

本研究は、各種モニタリング技術を駆使し、若狭湾を対象とした海洋環境の安全性を確認するための海洋環境モニタリングシステムの設計と、万一の原子力発電所事故に備えた海洋での放射性物質の移行、拡散状況を予測するための放射性物質拡散予測モデルを開発することを目的としている。また、これらの海洋環境モニタリングデータを活用することによって、若狭湾並びに周辺の本州の海水循環機構を明らかにするとともに、若狭湾における低次生態系(プランクトン等)の状況を提供することにより、水産資源の保護、育成、変動予測等への活用が期待され、若狭湾地域の産業振興に資することができる。

本報告では、これまで段階的に進めている海洋環境モニタリングシステムの設計、海洋調査、モデル開発のうち、海洋調査とモデル開発について述べる。

II. 研究開発内容

1. 海洋調査

放射性物質拡散予測モデル等の開発に必要な各種データを取得するための海水流動調査、水質調査、沈降粒子量調査を実施した。海洋環境における各種入力パラメータは、季節により大きく異なるため、各季節での測定が必要であり、今年度は、初夏～夏季の時期を対象とした。

2. モデル開発

既存の流動・拡散モデル、生態系モデル、放射性物質拡散モデルをベースに若狭湾へ適用させるための

^{*1} 研究開発部・エネルギー開発グループ

本研究は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの受託事業として、(財)若狭湾エネルギー研究センターが実施した平成18年度「若狭湾における海洋環境モニタリングシステム等に関する調査研究」の成果です。

必要な改良を行い、デモ用に想定した事故シナリオに基づいた放射性物質拡散予測を行った。

研究調査結果

研究調査結果の概要を以下に示す。

1. 海洋調査

モデル開発に必要な各種データを取得するための海洋調査を初夏～夏季にかけて実施した。海洋調査観測点を図 - 1 に示す。

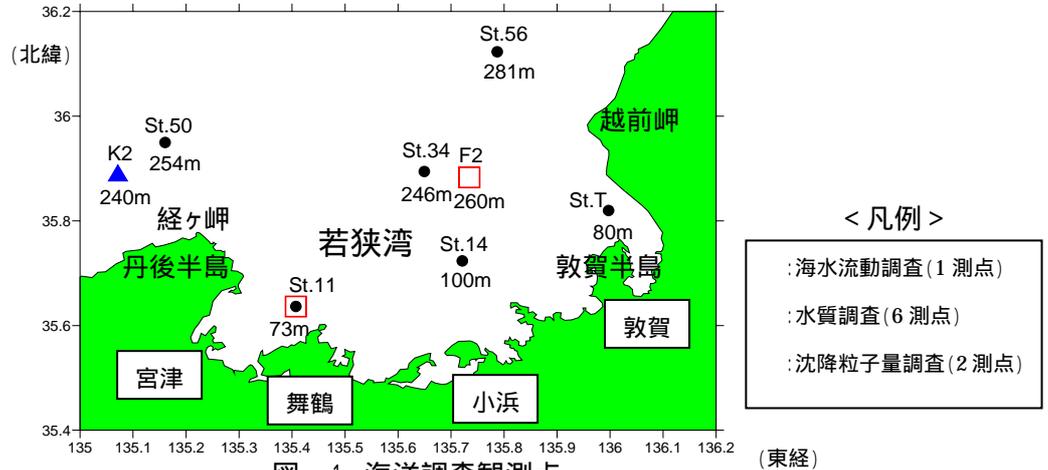


図 - 1 海洋調査観測点

海水流動調査は、6月5日から6月26日までの3週間にわたって丹後半島沖のK2において係留観測による連続測定を実施し、30分ごとの層別データを取得した。水深30m層の流向・流速ベクトルを図-2に示す。流向は、対馬暖流の影響により常に東向き成分を持ちつつ、約140時間前後の周期で南北方向への明瞭な変動がみられた。最大流速は35 cm/s程度であった。

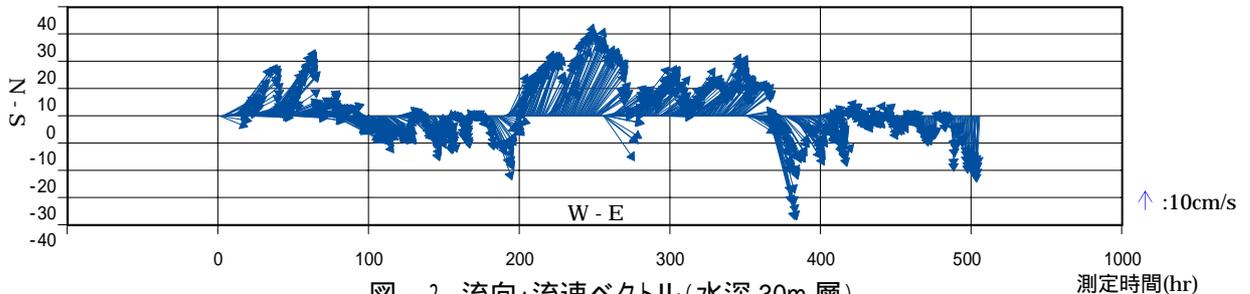


図 - 2 流向・流速ベクトル(水深30m層)

水質調査は、若狭湾内の夏季水質状況を把握することを目的に実施した。図-3に水温・塩分水平分布、図-4に沖合観測点 St.50,34,56 と沿岸観測点 St.11,14,T からなる水温・塩分鉛直分布を示した。沿岸観測点の表層では、高温・低塩分傾向が認められる。これは陸域からの淡水流入による影響と推察される。沖合観測点では水深150m前後に水温・塩分躍層が、200m以深に水温2℃以下の日本海固有水が確認できた。

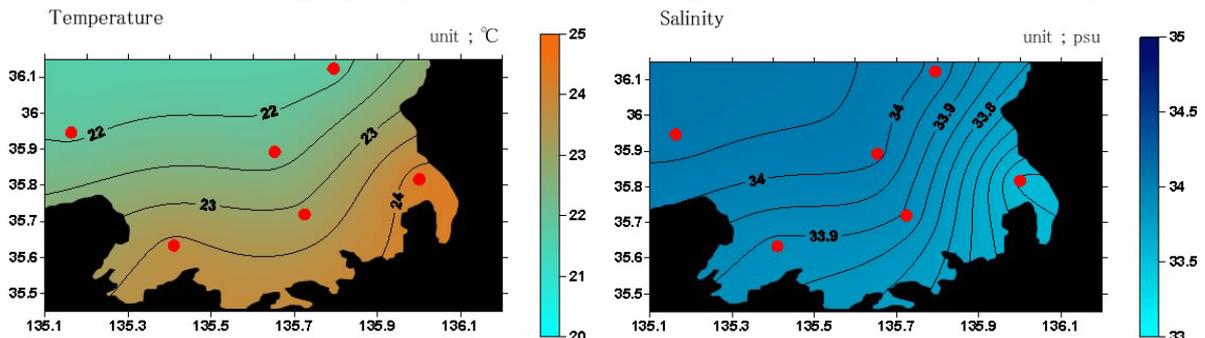


図 - 3 表層の水温・塩分の水平分布(左:水温、右:塩分)

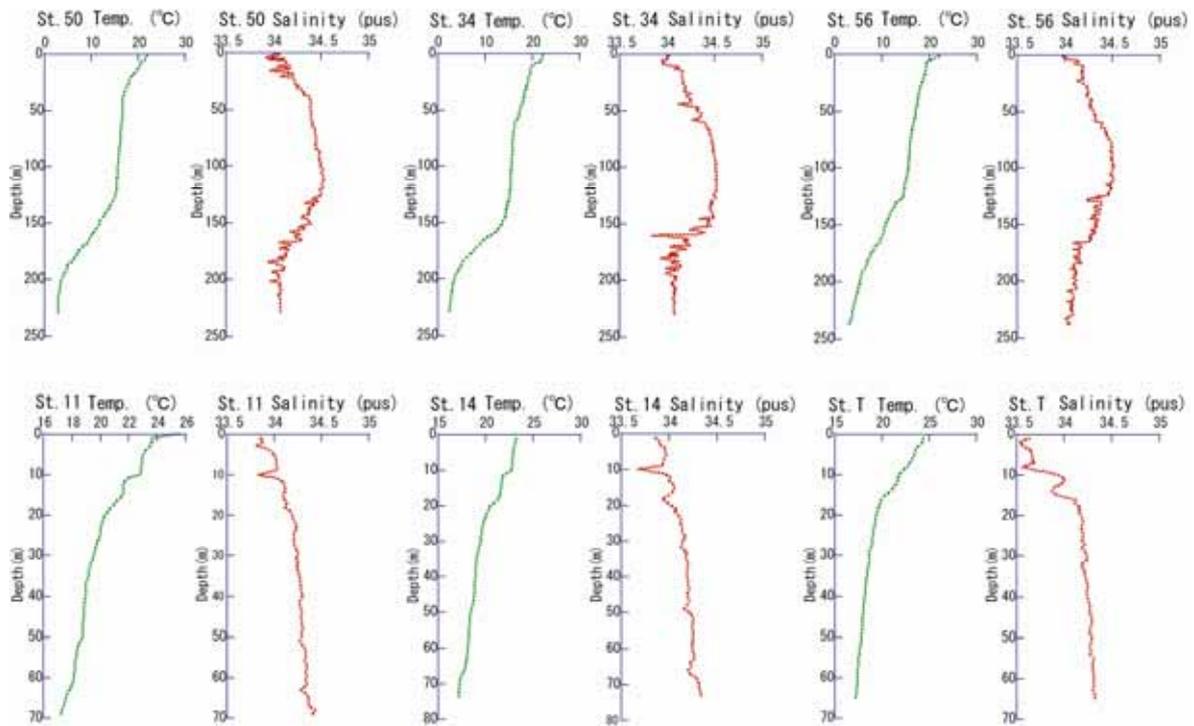


図 - 4 水温・塩分の鉛直分布(上段: 沖合観測点、下段: 沿岸観測点)

沈降粒子量調査は、湾口部のF2と由良川河口沖のSt.11の2測点において、沈降粒子を捕集するための塩化ビニル製 Masflex 型セジメントラップを3日間設置して実施した。両測点ともに3層(各層4本)の係留系とした。沈降粒子の全粒子束を表 - 1、沈降粒子の化学組成を表 - 2に示す。両測点ともに、1 mm 以上の全粒子束は水深とともに減少する傾向に対し、1 mm 以下の全粒子束は逆に増加する傾向であった。St.11 では、全層において陸起源物質が沈降粒子中の約 40 %含まれており、上層から底層にかけて生物起源である無定形ケイ酸塩のオパール(珪藻類やケイ質鞭毛藻類等の遺骸)は4倍に、炭酸カルシウム(有孔虫や円石藻等の遺骸)は0.4倍に変化した。F2では、陸起源物質が深度とともに45 ~ 70 %まで増加し、上層から底層にかけてオパールは1.6倍に、炭酸カルシウムは0.5倍に変化した。海底堆積物の陸起源物質は、73 ~ 88 %と両測点ともに高かった。

表 - 1 沈降粒子の全粒子束

観測点	水深 (m)	捕集時間 (day)	全粒子束平均値 (mg/m ² /d)	
			>1mm]	<1mm]
St.11	10	3.0	300	517
	44		64	1,034
	59		55	899
	131		154	148
F2	191	3.0	81	924
	233		79	1,188

表 - 2 沈降粒子の化学組成

観測点	水深 (m)	有機物	オパール	炭酸カルシウム	陸起源物質
St.11	10	31.7	6.2	21.4	38.6
	44	29.3	23.6	10.6	42.4
	59	27.3	25.3	9.3	43.3
	堆積物	0.9	1.4	6.9	73.1
F2	131	32	15.4	15.2	44.5
	191	13.3	24.2	10.3	64.8
	233	11.6	24.2	7.3	69.7
	堆積物	4.6	9.9	4.3	87.6

単位 (%)

2. モデル開発

流動・拡散モデルの開発では、若狭湾の実流況パターンを力学的に構築するために、Princeton Ocean Model (POM) による流動計算を行った。その結果、過年度海水流動調査で観測された若狭湾の基本的流動パターンである無環流型、1環流型、2環流型を開発したモデルで示すことができた。流動計算は、西側境界で水位差 1 cm の外力を駆動力として与えて行った。図 - 5 に若狭湾の基本的流動パターンの模式図を示す。

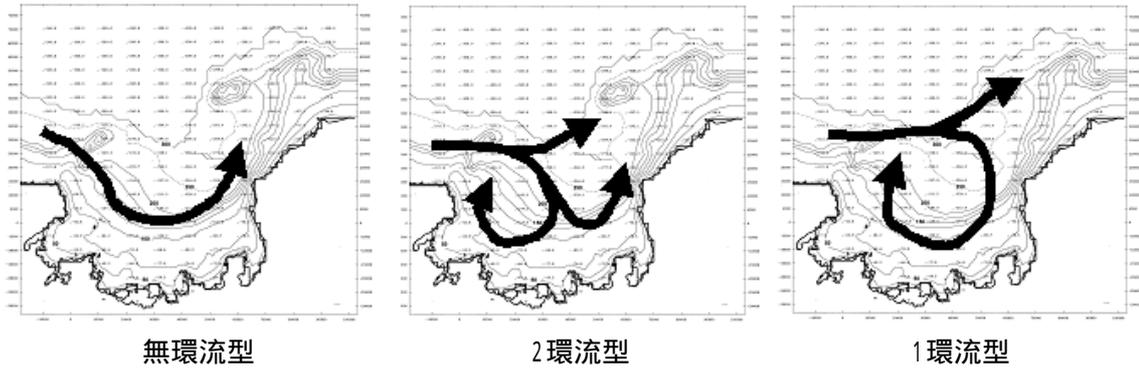


図 - 5 若狭湾の基本的流動パターンの模式図

低次生態系モデルの若狭湾への適用では、米国環境保護庁(EPA)の生態系モデル(チェサピーク湾モデル、Mulligan1987)を原型として、海洋調査で得た動物プランクトンの項目を追加したモデルを構築した。

放射性物質拡散モデルでは、スクャベンジング効果(放射性核種が海水中の懸濁粒子等に吸着され海水中から除去される現象)を考慮し、かつ短期予測に適しているクレグ(Clegg and Whitfield, 1990,1991)のモデルを若狭湾に適用化し、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I の4核種について拡散予測計算を行った。デモ用事故シナリオは、敦賀半島先端を負荷点位置とし、放出量は、1 TBq(10^{12} Bq)の単位放出量を与え、瞬間放出とした。負荷を設定した格子(水平2 km、鉛直20層)での負荷濃度は、 $1 \text{ TBq}/(2 \text{ km} \times 2 \text{ km} \times 1.46 \text{ m}) = 1.7 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ となる。図 - 6に ^{90}Sr の拡散3日後の表面分布予測計算結果を示す。負荷点位置からの流れが北東の無環流型、2環流型では、湾口方向に向かって拡散し、若狭湾湾口部での濃度は 10^1 Bq/m^3 程度あり、負荷濃度である 10^5 オーダーから 10^4 オーダー減少している。1環流型では、負荷位置からの流れが無環流型、2環流型と異なり、西向きになるため、 10^2 Bq/m^3 の濃度域が湾内中央部から西部にかけて分布する予測計算結果となった。

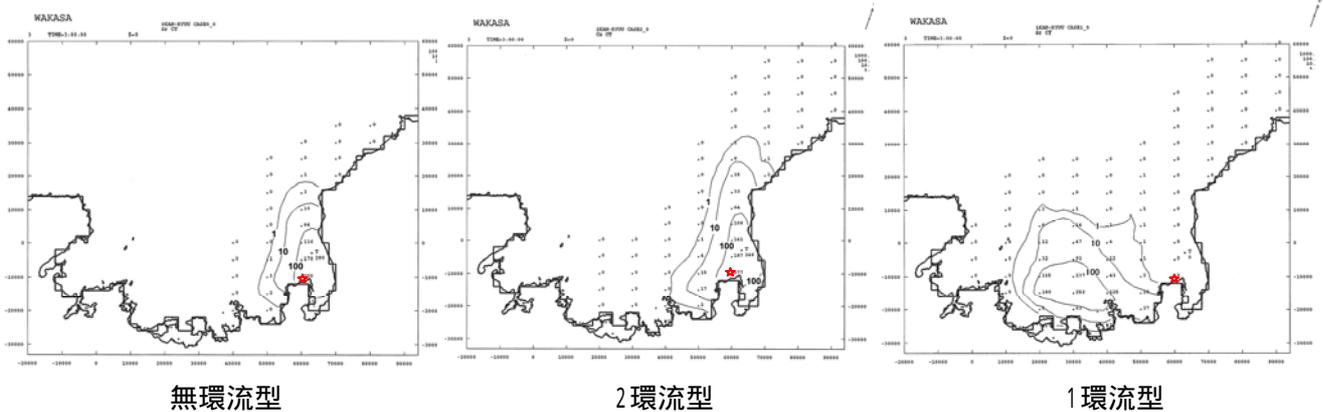


図 - 6 ^{90}Sr の拡散3日後の表面分布予測計算結果(Bq/m^3)

IV. 結言

今年度は、放射性物質拡散モデル等の開発に必要な海洋調査と、流動・拡散モデル、低次生態系モデル、放射性物質拡散モデルのプログラム開発及び若狭湾への適用化を実施した。その結果、経ヶ岬沖の流動を的確にモニタリングすることにより、複雑な流動を示す若狭湾内の流況パターンを開発したモデルで予測できる可能性が示された。また、若狭湾に適用化させた放射性物質拡散予測モデルを用いて、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I の4核種について、若狭湾の基本流動パターンにおける拡散予測計算を実施した。今後は、観測結果を開発したモデルにフィードバックさせて予測精度の向上を図るとともに放射性物質の移行による局所的な蓄積など、放射性物質の中長期的な移行・堆積モデル開発を進める予定である。