

石川県内灘海岸における離岸流による海浜事故原因解明のための基礎的研究

水工学研究室 米江 駿介

指導教員 犬飼 直之

1. はじめに

近年、石川県の沿岸域は土地利用の高度化に伴って海洋性レクリエーションの場としての需要が増大し、多くの人々によって楽しまれている。しかし海水浴中の海浜自己事故も多く、死亡事故などの重大事故も毎年発生している。

海水浴中の事故には幾つかの要因があるが、その中の1つに離岸流がある。離岸流とは沖向きの強い流れのことであり、地形や波浪条件が主な原因であると考えられている。既往研究では、砂浜海岸での離岸流の発生理論は提案されているが、突堤や離岸堤などの海岸構造物付近については研究例が少なく、未解明な点が多い。

2. 研究目的

本研究では、石川県内灘町内灘海水浴場を対象として内灘海水浴場を含む石川県内で発生した海浜事故を調査し、内灘海岸で海浜事故が発生しやすい波浪特性、海象を把握することを目的とする。

3. 石川県内の海浜事故

今回、新聞記事データベースを用いて過去の海浜事故について調査を行ったが、把握できた件数及び内容が少数であり、全ての事例について十分に把握することができていないと考えられるため、海上保安庁第九管区海上保安本部から事故情報を提供していただいた。その結果を表-1にまとめた。表によると、離岸流に起因するものと考えられる事故は、全海浜事故件数の半数以上発生していることがわかる。また、図-1に石川県の3つのエリアに分類し事故件数をまとめた図を示す。図より、中部エリアの海岸で事故が最も多く発生していることがわかる。このエリアでは広大な砂

浜海岸が続くほか、突堤などの構造物などもある事などから、砂浜の離岸流や構造物付近の離岸流などが発生しやすい地形であると考えられる。

表-1 石川県の海浜事故概要

年	月日	発生時刻	発生場所	離岸流
2008	7.20	11:30	内灘海水浴場	○
	7.21	14:00		
	7.21	17:40		
	8.14	15:40	米出海水浴場 河北潟放水路付近	
	8.9	14:35		
	8.16	18:15		
2009	7.20	13:25	内灘海水浴場	○
	7.23	15:25		
	8.16	14:50		
	7.20	15:30	加賀市新堀川河口	○
	7.20	16:47	徳光海岸	○
	8.3	11:03	片野海水浴場	
	8.14	12:50	珠洲市馬繰町の海岸	
8.15	13:35	千里浜	○	
2010	6.24	15:15	内灘海水浴場	○
	8.1	12:30		
	8.16	10:40	滝海岸	
	8.17	15:10	海士埼灯台付近	
	8.17	16:10	増穂が浦海水浴場	
	8.28	14:40	徳光海岸	
	8.28	14:40	大崎海岸	○
2011	7.16	17:03	内灘海水浴場	○
	7.20	19:30		
	7.21	13:50		
	8.3	16:40		
	8.18	15:00		
	8.22	16:18		
2012	7.15	18:40	内灘海水浴場	○
	7.15	21:40		
	8.4	12:20		
	8.9	10:10		
	7.16	13:00	橋立海岸	
	7.16	14:10	塩屋海岸	
	8.2	16:00	鉢ヶ崎海水浴場	
	8.7	15:40	今浜海水浴場	
	8.17	18:00	浜北海岸	
	9.2	13:20	柴垣海岸	○
2013	7.14	7:14	内灘海水浴場	○
	7.28	8:50		
	7.15	14:18	大崎海岸	○
	7.28	16:00	羽咋川河口	○
	8.9	16:40	松任海岸	

4. 内灘海岸を含む石川県の波浪特性

海浜事故の発生と、発生時の波浪には密接な関係がある事が予想されることから、ここでは夏季における石川県の波浪特性を把握することを試みた。本研究では、ナウファス(NOWPHAS)の2008年～2013年夏季(7月・8月)の金沢港沖のデータを用いた。ここでナウファスとは港湾空港技術研究所の全国港湾海洋波浪情報網であり、全国の観測点において沿岸の波浪状況をリアルタイムで知ることができる。

表-2に、離岸流事故発生時の波高・周期及び波向を、ナウファスの波浪データを用いてまとめた。表より、事故発生時の波高は大部分が1m以下であり、波向もNNWを中心にNW～Nが多いことがわかる。

次に、図-2に金沢港沖の夏季における波高別波向頻度回数を示す。図より、石川県沿岸は地形的にNW～Nの波向が卓越していることが分かる。表-2でも、離岸流による事故時の波向はNW～Nが多いことから、離岸流は日常的に発生する波浪の条件下でも発生している可能性が高いと考えられる。

図-3に波高・周期の経時変化を示す。この図に、離岸流による海浜事故当時の状況をプロットしてみると事故当時は波高1m未満が多く、比較的平穏な波で事故が発生している。また、事故発生時前後の波高・周期についても変動が少なく安定していることがわかる。

次に、図-4に波向の経時変化を示す。この図に離岸流による海浜事故当時の状況をプロットすると、事故発生時前後の一番多い波向きはNNE～NWの間であった。また、事故発生前後の波高や波向は変動せずに安定していることから、海象が変化している時ではなく、海象が安定している時に事故が多く発生していることがわかる。

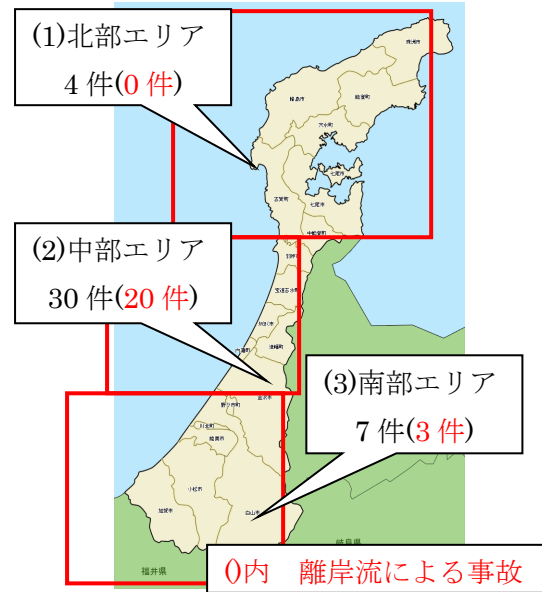


図-1 石川県の海浜事故件数(2008～2013)

表-2 石川県内の海浜事故時の海象

年	月日	時間	場所	波高(m)	周期(s)	波向(°)	離岸流
2008	7.20	11:30	内灘海水浴場	0.75	7.2	-16	NNW
	7.21	14:00		0.68	6.7	欠測	○
	7.21	17:40		0.76	6	25	NNE
	8.14	15:40	0.63	4.6	-78	WNNW	
	8.9	14:35	米出海水浴場	0.45	3.2	-30	NNW
	8.16	18:15	河北湯放水路近辺	欠測			
2009	7.20	13:25	内灘海水浴場	1.58	8	-25	NNW
	7.23	15:25		0.97	5.2	-16	NNW
	8.16	14:50		0.27	2.6	-14	NNW
	7.20	15:30	加賀市新堀川河口	1.58	8	-25	NNW
	7.20	16:47	徳光海岸	1.58	8	-25	NNW
	8.3	11:03	片野海水浴場	0.32	3	-90	W
8.14	12:50	珠洲市馬蝶町の海岸	0.84	4.7	-25	NNW	
8.15	13:35	千里浜	0.22	4.4	-12	NNW	
2010	6.24	15:15	内灘海水浴場	0.68	5.6	-33	NNW
	8.1	12:30		0.99	5.5	-49	NW
	8.16	10:40		滝海岸	1.08	6.2	-74
	8.17	15:10	海士埼灯台付近海岸	0.58	5.4	-45	NW
	8.17	16:10	増穂が浦海水浴場	0.58	5.4	-45	NW
	8.28	14:40	徳光海岸	0.44	3.1	-72	WNNW
2011	7.20	19:30	内灘海水浴場	1.94	6.9	-29	NNW
	7.21	13:50		1.26	6.9	-29	NNW
	8.3	16:40		0.39	3.2	8	N
	8.18	15:00	1.05	4.7	-119	WSW	
	8.22	16:18	0.79	5.5	-20	NNW	
	7.16	17:03	大崎海岸	0.45	6.2	12	NNE
2012	7.15	18:40	内灘海水浴場	0.76	6.2	-20	NNW
	7.15	21:40		0.76	6.6	-12	NNW
	8.4	12:20		0.77	6	-25	NNW
	8.9	10:10	欠測				
	7.16	13:00	橋立海岸	0.7	4.2	-106	WSW
	7.16	14:10	塩屋海岸	0.73	4.5	-119	WSW
	8.2	16:00	鉢ヶ崎海水浴場	0.47	4	-20	NNW
	8.7	15:40	今浜海水浴場	1.12	4.3	-29	NNW
	8.17	18:00	浜北海岸	0.68	6.4	-41	NW
9.2	13:20	柴垣海岸	欠測			○	
2013	7.14	7:14	内灘海水浴場	0.51	4.3	-78	WNNW
	7.28	8:50		0.52	6.9	0	N
	7.15	14:18	大崎海岸	0.81	5.3	-94	W
	7.28	16:00	羽咋川河口	0.53	6.2	-16	NNW
	8.9	16:40	松任海岸	0.86	4.8	-98	W

以上、内灘海岸を含む石川県内の離岸流発生時の波浪特性をまとめると以下のようになる。

- ① 波高 0.5～1.0m, 周期 4～6s.
- ② 波向は NNW～NW
- ③ 事故前後でも海象は安定している

これらのことから、波高が小さく海象が安定している環境であっても離岸流の事故に巻き込まれる可能性があることから、海水浴客は常時注意が必要であると考えられる。

5. 内灘海岸付近の概要および内灘海岸で発生する離岸流の種類について

5.1 内灘海岸の概要

図-5 に内灘海岸及び金沢港全景を示す。内灘海岸の南西側に金沢港が位置し、その境界となる突堤（防砂堤）よりも北東側が内灘海岸となる。内灘海岸は金沢市内からもっとも近い海水浴場ということもあり、市内外だけでなく県外からの海水浴客も多い海岸である。

ところが、内灘海岸では毎年のように離岸流が原因と考えられる海浜事故が発生しており、大野地区防波堤（西）および防砂堤など海洋構造物の延伸工事が原因で離岸流が発生しやすい地形になったのではないかという意見もある。

5.2 内灘海岸に隣接する海洋構造物について

内灘海岸と金沢港の境界に位置する防砂堤は、港湾事業の再評価説明資料¹⁾によると、防砂堤は平成 2 年度（1990 年度）から工事が開始され、平成 17 年度（2005 年度）までに堤体延長 438.5m までが完成している。また、Google Earth によると 2002 年 12 月には約 190m の沖側まで施工されており、その後、金沢港 2013 年版²⁾では堤体延長 800m まで延伸されているが、インターネットでは、平成 22 年（2010 年）9 月に仕事で防砂堤延伸工事に参加する旨を記した個人 HP があることから、少なくとも平成 23 年（2011 年）までは工事がおこなわれていたと考えられる。

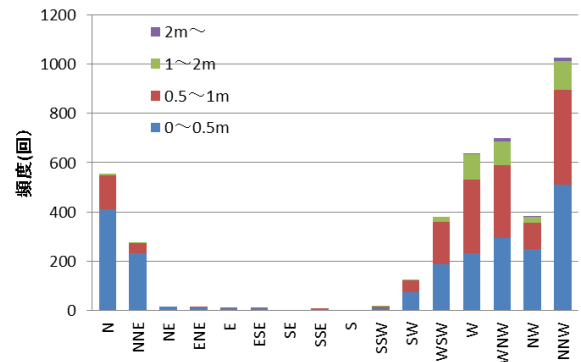


図-2 金沢港沖夏季波向頻度（2008～2013 年、7-8 月）

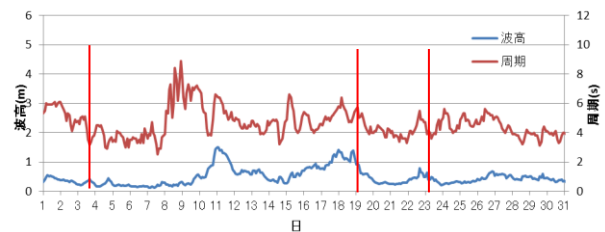


図-3 2011 年 8 月金沢港沖波高・周期経時変化

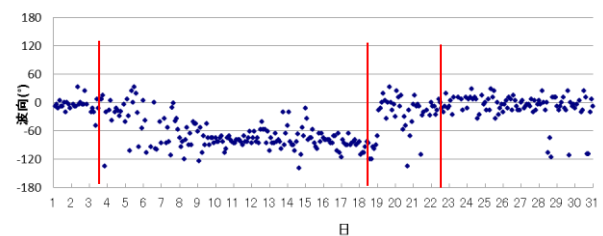


図-4 2011 年 8 月金沢港沖波向経時変化

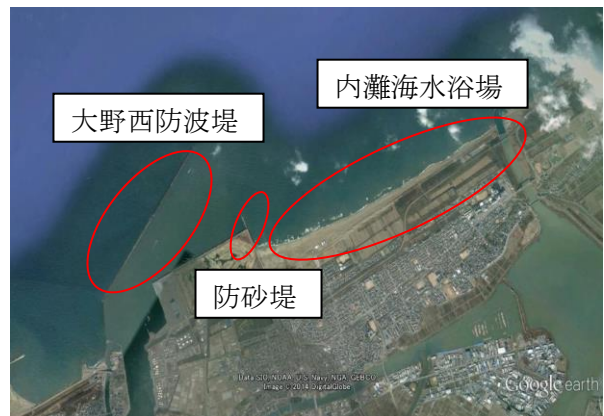


図-5 内灘海岸及び付近の海洋構造物

大野地区防波堤(西)は、新潟技調 REPORT³⁾⁴⁾によると、昭和42年(1967年)に着工し、計画延長3,510mのうち平成21年度(2009年度)までに3,073mまで延伸されている。

内灘海岸をGoogle Earthの衛星画像で確認すると、汀線がしゅう曲する海岸(カプス)が続く広大な砂浜となっている。汀線の沖側への前進を含む地形の経年変化は、Google Earthからは確認できなかった。

5.3 内灘海岸で発生する離岸流の種類および地形の経年変化について

内灘海岸はしゅう曲がある広大な砂浜であり、すぐ横には突堤である防砂堤が位置する。

これより、この海岸での離岸流の発生原因としては次の2つの可能性が考えられる。

- ① 防砂堤により沿岸方向の流れが遮られ、防砂堤付近で沖向方向の流れが発生している。
- ② 防砂堤により漂砂の動きが遮られて砂浜海岸が発達し、地形と波浪の関係から汀線付近でしゅう曲が発生して砂浜海岸での離岸流が発生している。

しかし、これらの離岸流は工事前の地形でも発生していたのか、又は延伸工事後に発生するようになったのか、更には地形変化が発生したとしてもいつ頃から発生したのか、又それは延伸工事と関係があるのかを判断するには、多くの海浜事故の情報および海岸地形の情報が必要であるが、今回はその情報が不足しており、これらを確認することはできなかった。

6. 内灘海岸における離岸流事故発生時の気象・海象の特徴把握

6.1 離岸流事故発生時の気象・海象

ここでは、内灘海岸での離岸流による海浜事故発生時気象および海象の特徴を把握した。

まず、表-3に内灘海岸での離岸流による事故発生日の波浪特性及び海象を示す。表-3より、内灘

表-3 内灘海岸での事故発生日の波浪特性

年	月日	時間	波高(m)	周期(s)	波向(°)	
2008	7.21	14:00	0.68	6.7	欠測	
2009	7.23	15:25	0.97	5.2	-16	NNW
2010	6.24	15:15	0.68	5.6	-33	NNW
	8.1	12:30	0.99	5.5	-49	NW
2011	7.20	19:30	1.94	6.9	-29	NNW
	7.21	13:50	1.26	6.9	-29	NNW
	8.3	16:40	0.39	3.2	8	N
	8.18	15:00	1.05	4.7	-119	WSW
	8.22	16:18	0.79	5.5	-20	NNW
2012	7.15	18:40	0.76	6.2	-20	NNW
	7.15	21:40	0.76	6.6	-12	NNW
	8.4	12:20	0.77	6	-25	NNW
	8.9	10:10	欠測			
2013	7.14	7:14	0.51	4.3	-78	WNW
	7.28	8:50	0.52	6.9	0	N

表-4 事故発生日の波浪頻度表

波高(m)	件数	周期(s)	件数	波向	件数
0.5~1.0	11	6~7	7	NNW	9
1.0~1.5	2	5~6	4	N	2
0~0.5	1	4~5	2	NW	1
1.5~2.0	1	3~4	1	NNE	1
				WNW	1
				WSW	1

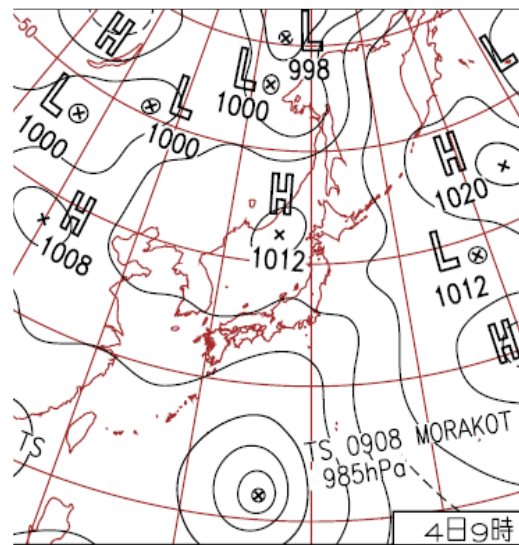


図-6 金沢港沖夏季の波向 NNW での天気図

海岸における離岸流事故は毎年必ず発生している。さらに表-3の内容を波高・波向別にまとめた結果を表-4に示す。表によると、内灘海岸における離岸流発生時の波向はNNWからの波が最も多く、他の方角からの事故は少なかった。図-2より金沢港沖夏季の波向はNNWが卓越していること

がわかっていることから、内灘海岸では日常的に発生する波で離岸流が発生していると考えられる。また、事故発生時の波高は0.5~1.0mが最も多いことから、比較的穏やかな波浪でも離岸流が発生していると考えられる。さらに、図-5より、NNW

の波向は大野西防波堤の影響を受けない方向からとなっており、防波堤の延伸による影響は小さいと考えられる。

次に、金沢港沖夏季におけるNNWの波向での典型的な天気図と、波向NNWで離岸流事故が発生した日の天気図を比較した。図-6に金沢港沖夏季における波向NNWの時の典型的な天気図を、図-7に波向NNWで離岸流事故発生日のうち最多パターンの天気図を示す。

図-6より、内灘海岸におけるNNW波向時の天気図は、石川県付近の日本海に高気圧があることが分かる。また、この日の波高は0~0.5mものが多く非常に穏やかな海象であることが多い。

図-7より、波向NNWで離岸流事故が起きた日の天気図では、石川県付近に高気圧がなく、西日本に低気圧が発達しながら、石川県に接近していることが分かる。また、離岸流事故発生日の波高は全て0.5m以上であることから、低気圧の影響で通常よりも波高が増大していると考えられる。よって、同じNNWの波向であっても、離岸流事故発生日および静穏時の天気図および天候は異なると考えることができる。

2010年および2011年、2013年では、夏季においてWNWおよびWSWが最多頻度に近い波向きとなっているが、この時の海浜事故発生件数は2件程度である。この波浪状態時の天候として、例えば図-8に示すような2013年7月14日波向WNWの天気図では、上空に梅雨前線が停滞している。この場合、天候は良好でないことが多いことから海水浴客が減少することで事故件数が少数となっていると考えられる。

また、WNWおよびWSWの海象では、内灘海

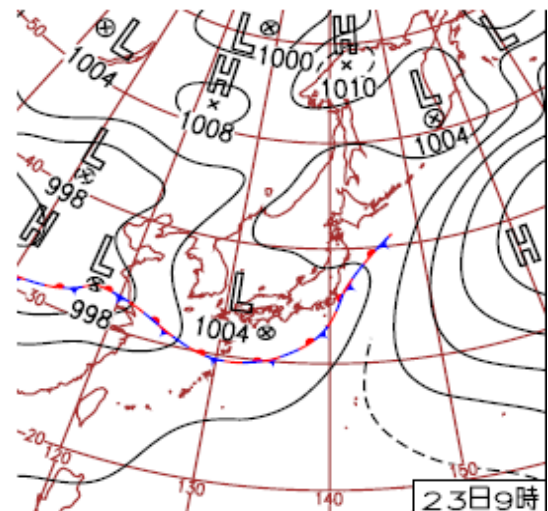


図-7 波向NNWでの事故発生日に多い天気図

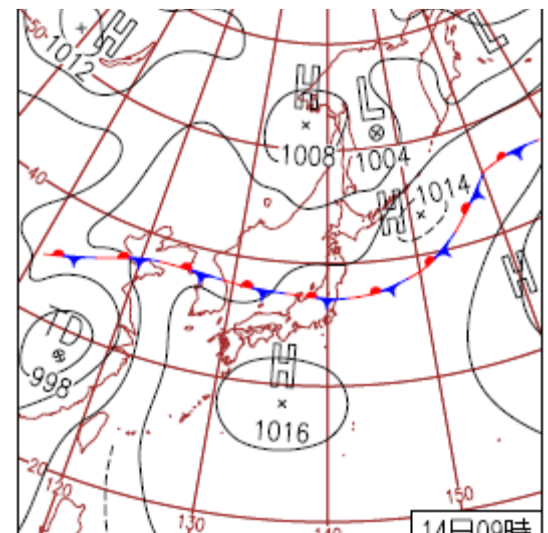


図-8 2013年7月14日の天気図

岸付近は金沢港の防波堤の遮蔽部に入り、波浪は静穏となることが想像できるが、この海象条件でも離岸流事故が発生している。その原因について、海洋構造物の影響により海浜流が複雑に変動したことも考えられるが、防波堤延伸との関係を把握するには数値計算により波浪状況を把握するなど、更なる検討が必要と考えられる。

6.2 内灘海岸付近の波浪状況把握の数値計算

はじめに、金沢港沖の波浪データだけでは、防波堤及び防砂堤付近の内灘海岸の波浪状況を確

認できない。よってここでは、内灘海岸の地形データを作成し、それに海水浴に最も適した夏季の静穏時における波浪を入射させ、海岸付近の沿岸流および防波堤や防砂堤など海洋構造物付近の波浪状況を把握した。

計算条件として、地形データは2mの精度とし、波高0.2m周期4s波向NNWの波浪を領域の外側で入力した。また、計算時間は3600秒として、最後の20周期(80秒間)ぶんの成分を平均した。それにより海岸に入射する波の動向及び流速分布を把握した。図-9に海岸付近の波のベクトル図を、図-10に海岸付近の流速分布を示す。両図とも波浪という振動成分を平均したものであり、1方向成分のみの定常流とは異なることに注意が必要である。

図-9より、NNWで入射した波が、海岸付近では海岸に平行な沿岸流となっているが、防波堤付近では構造物の影響をうけ、冲向きとなっている他、防波堤や防砂堤の先端部では特に平均流速が大きいことがわかる。

また、図-10より、海岸付近の平均流速は2cm/s程度であるが、防砂堤付近の冲向きの平均流速は4cm/s程度である他、堤防や防砂堤の先端部では10cm/sと特に大きくなっていることがわかる。

これらより、小さい波浪条件でも、堤防など海洋構造物付近の平均流速はとても大きいことが分かる。よって、海水浴をする場合、低い波高時でも、防波堤付近では海水浴には安全性の問題から不向きであると考えられる。

また、内灘海水浴場はこの突堤(防砂堤)よりも離れた場所に位置する事から、内灘海岸付近では突堤付近の流れの影響は少ないと考えられる。

よって、内灘海水浴場で発生する離岸流は汀線がしゅう曲する砂浜海岸で発生する離岸流の影響が大きいのではないかと考えられる。しかし、この離岸流は突堤の延伸の影響による地形変化で発生状況が変化するかを把握するには延伸前後の地形変化や離岸流の発生状況を数値シミュレーションで更に詳細に把握する必要がある。

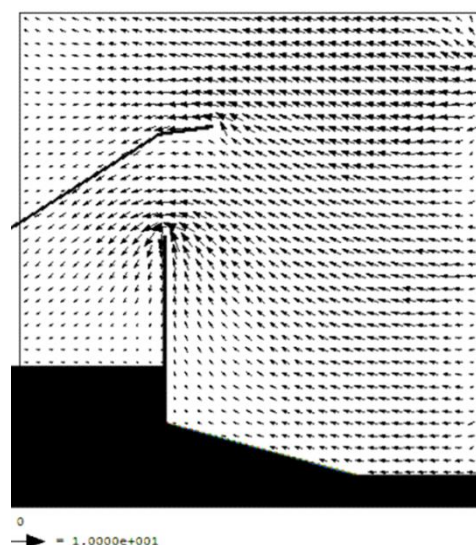


図-9 内灘海岸付近の波向ベクトル
(波高20cm, 波向NNW, 計算開始後3600秒)

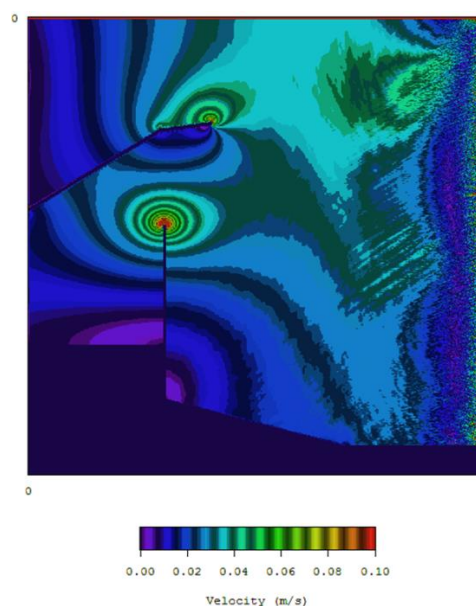


図-10 内灘海岸付近の流速分布
(波高20cm, 波向NNW, 計算開始後3600秒)

7. 結論

本研究は、内灘海岸の地形、波浪特性、海象状況を調査し、離岸流による海浜事故の原因要因を把握することが目的であったが、地形変化による

離岸流発生頻度の関係は確認することはできなかった。しかし、離岸流が発生しやすい気象や海象条件をある程度把握することができた。

以下に具体的な内容を示す。

- (1) 近年、石川県では多くの海浜事故が起きていることが分かった。その事故の半数以上が離岸流によるものであり、離岸流の危険性が高いことを示した。そして離岸流が多いエリアと海岸の特徴を把握した。離岸流が発生しやすい環境は以下の3つだと把握した。

①長大な砂浜海岸、カスプ地形

②海岸付近に海洋構造物がある

③海水浴場付近に中小河川の河口がある

その他の発生要因も考えられるため、今後も離岸流の事故が多い中部エリアの調査が必要である。

- (2) 金沢港沖夏季の波浪特性をまとめると、N～NNWの範囲の波向が卓越していることがわかった。特にNNWの波向がもっとも卓越していた。波高・周期の経時変化に事故発生日をプロットしてみると、波高が0.5～1.0mのときに一番多く離岸流が発生している。よって、波高が低く平穏な日でも離岸流に注意する必要がある。

- (3) 石川県の海浜事故調査によって、石川県内で内灘海岸が離岸流による事故がもっとも多い海岸であった。内灘海岸で離岸流が発生したときにもっとも多い波向はNNWであり、日常的に流れる波で離岸流が発生しやすいと推測される。波向の経時変化をみると、比較的1日の波向がNNE～NNWの間で安定し、一定方向から波が流れているときに離岸流発生が発生すると推測される。

- (4) 防波堤および防砂堤の延伸工事前後の地形情報が入手できなかったことから、地形変化の有無、又は生じたとしてもそれが防砂堤の影響なのかを確認する事はできなかった。また、地形変化と離岸流発生状況の関係を把握する事はで

きなかった。

- (5) 内灘海岸における普段の天気図と離岸流事故発生日の天気図は異なることが分かった。離岸流発生時の天気図は西日本に低気圧があり、石川県に迫ってくる時に発生している。
- (6) 地形計算の結果、内灘海岸では日常的に流れる低い波でも、防波堤付近の流速は速くなり流れが複雑化することが分かった。よって、防波堤付近での離岸流発生は高いと考えられる。

8. 今後の課題

本研究では、離岸流発生時の波浪特性及び海象を把握したが、今回は波浪特性を7月と8月を一緒にして把握したが、北陸地方では梅雨明けが7月下旬となり、それ以降の8月の天候とは気象状況が異なることから、7月と8月の波浪特性もわけて考慮する必要がある。また、波浪と気象との関連性も更に詳細に調査する必要がある。

地形では、海水浴場付近の地形の経年変化を把握し、それぞれの年の地形で離岸流発生状況がどのように変化をするのかを把握する必要がある。また、さまざまな入射波高や波向の条件で数値実験をおこなう必要がある。

9. 参考文献

- (1) 港湾事業の再評価説明資料[金沢港大野地区多目的国際ターミナル整備事業（防砂堤）]、事業評価監視委員会、北陸地方整備局、2005。
- (2) 金沢港、国土交通省北陸地方整備局金沢港湾・空港整備事務所／石川県、2013。
- (3) 金沢港（大野地区）防波堤（西）L-2-M区間及びL-2'区間（異型）設計条件、平成21年度調査・実験・設計・技術開発報告、新潟技調設計室、新潟技調REPORT, No.10, 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所、2010。
- (4) 金沢港（大野地区）防波堤（西）L-2-M区間及びL-2'区間（異型）基本・細部設計、平成

22 年度調査・実験・設計報告，新潟技調設計室，新潟技調 REPORT，No.11，国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所，2010.

- (5) 細山田得三，村川はるみ（2011）：犬飼直之，"離岸流と地形変形の相互作用に関する数値計算"，土木学会，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.67，No.2，pp.1_556-1_560.
- (6) 犬飼直之，木下茂生（2007）："海浜事故防止のための波浪推算および調査に関する研究"，土木学会，海洋開発論文集，第 23 巻，pp.667-677.
- (7) 木下茂生，犬飼直之，細山田得三（2006）："新潟県海浜事故防止のための基礎的研究"，土木学会，土木学会年次学術講演会要旨集，第 61 巻.
- (8) 上村雄一，犬飼直之（2005）："波浪推算モデルを用いた新潟県沿岸域の冬季波浪特性の解析"，土木学会，土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，第 33 巻，2 頁.
- (9) 橋本融，犬飼直之（2007）：新潟県における離岸流による海浜事故原因解明のための基礎的研究，長岡技術科学大学卒業論文.
- (10) 木下茂生，犬飼直之（2006）：新潟県沿岸域の海浜事故に関する基礎的研究，長岡技術科学大学卒業論文.
- (11) 上村雄一，犬飼直之（2006）：波浪推算モデルを用いた新潟県沿岸域の波浪推算の解析，長岡技術科学大学修士論文.
- (12) 気象庁ホームページ
(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- (13) ナウファスホームページ
(<http://www.pari.go.jp/introduction/facilities/nufas/nufas.htm>)
- (14) 第九管区海上保安本部ホームページ
(<http://www.kaiho.mlit.go.jp/09kanku/>)