



日本気象学会北海道支部市民大学講座

平成17年度気象講演会

『宗谷地方の強風』

～身を守る知恵と生かす知恵～

と き 平成17年10月8日(土) 午後1時00分～

ところ 稚内総合文化センター 小ホール
稚内市中央3丁目13番23号

主 催 (社)日本気象学会北海道支部
共 催 稚内地方気象台

後 援 稚内市
稚内市教育委員会
稚内開発建設部
北海道宗谷支庁
NHK旭川放送局
北海道新聞社稚内支局

ご 挨拶

この度、社団法人日本気象学会北海道支部は、平成17年度の気象講演会を稚内市で開催することに致しました。日本気象学会は123年前に創立された歴史をもつ学術団体で国内外に約4千人の会員を擁し研究を中心とした学術活動を行っています。このうち約三百人の会員を持つ北海道支部では、活動の一環として地域の人々に気象についての理解を深め、興味を持っていただこうと、毎年一回、道内各地を巡回して気象講演会を開催しておりますが、本年度は地元稚内市をはじめとする多数の機関のご協力を得て、稚内市で催す運びとなりました。

稚内は、我が国の最北端、日本海とオホーツク海に挟まれた寒冷で厳しい気象条件のもと、日本海に浮かぶ利尻山を目の前に、氷河期の影響を残す平坦な宗谷丘陵が広がる自然豊かな地域に位置しています。

本日の講演会では「宗谷地方の強風について」を主なテーマとして用意しました。強風といえば、洞爺丸台風以来半世紀ぶりという昨年の台風第18号による道内の暴風被害やこの8月にアメリカ南部に未曾有の大災害をもたらしたハリケーンのカトリーナの被害が記憶に新しいところですが、講演の前半では、災害をもたらす強風に関して冬の暴風雪、夏の台風についてお話をすることにしました。また後半では少し違った角度から、稚内付近の気象とは密接な関係のある宗谷海峡付近の海流に関する話題と、風を災害としてではなく資源として活用する話題をとりあげます。

理科離れがしばしば話題になる今日、この講演会の内容を、皆様の家庭や職場あるいは学校での話題として取り上げて頂ければ、この講演を企画し、準備した者にとってはこれ以上の喜びはありません。これを機会に日本気象学会の活動と自然科学一般へのさらなるご理解と関心を持っていただくようお願いいたします。

最後に、この気象講演会の後援をいただいた稚内市、稚内市教育委員会、稚内開発建設部、北海道宗谷支庁、NHK旭川放送局、北海道新聞社稚内支局、共催の稚内地方気象台ならびに講演者の方々の協力に感謝いたします。

(社) 日本気象学会北海道支部
支部長 濱田 信生
(札幌管区気象台長)

平成17年度気象講演会

開催日 平成17年10月8日(土)
場 所 稚内総合文化センター

目 次

- | | |
|-----------------|-------|
| 1 宗谷地方の暴風雪について | 瀧田 芳信 |
| 2 暴風をもたらす低気圧や台風 | 遊馬 芳雄 |
| 3 宗谷海峡の流れを測る | 江淵 直人 |
| 4 風力を利用した水素製造 | 内山 政弘 |

時 間 割

時 間	事 項	講 師 等
13:00	1 開 会 2 あいさつ 3 講 演 (座長)	網蔵 真 濱田 信生 網蔵 真
13:05~13:55	(1) 宗谷地方の暴風雪について	瀧田 芳信
13:55~14:45	(2) 暴風をもたらす低気圧や台風	遊馬 芳雄
14:45~15:00	休 憩	
15:00~15:50	(3) 宗谷海峡の流れを測る	江淵 直人
15:50~16:40	(4) 風力を利用した水素製造	内山 政弘
16:40	4 総合討論	網蔵 真
16:55	5 閉 会	伊藤 直敏

宗谷地方の暴風雪について

稚内地方気象台 瀧田 芳信

1. はじめに

宗谷地方は日本列島の最北端に位置し、東西を日本海とオホーツク海に挟まれています。春から夏にかけては大きな災害も無く、豊かな自然は地元で暮らす私達はもとより訪れる観光客をも楽しませてくれます。しかし、晩秋から冬にかけては、本州方面から進む低気圧が北海道付近を通過するときにシベリア方面から南下する強い寒気を受けて、低気圧が急速に発達する事があります。宗谷地方ではこの発達した低気圧の接近と通過により暴風雪となり大きな災害が発生します。今回はこの宗谷地方の暴風雪について特徴を述べます。

2. 暴風雪による災害

宗谷地方の暴風雪による災害は、近年は道路閉鎖・公共交通機関の運休・各種学校の休校などが挙げられます。宗谷地方で暴風雪による災害として顕著な例は、昭和 47 年 12 月 1～2 日にかけて発生した暴風雪災害が有名で稚内市史の主な災害の記録にも記載されています。この時に発生した災害は、道路閉鎖・公共交通機関の運休・各種学校の休校などに加え、湿り雪の影響で電線着雪が発生して送電用鉄塔や電柱が倒壊し、稚内市を含む宗谷管内約 3 万世帯で停電となりました。この復旧には 5 日間（一部 7 日間）を要し、稚内市民はろうそくによる生活を強いられ、停電により冷蔵施設が停止し水産加工業などにも大きな被害が発生しました。



昭和 47 年 12 月の暴風雪災害
(稚内市史より)

このようにひとたび暴風雪が発生すれば、吹雪や大雪による交通障害や交通事故の発生・漁船の遭難・湿り雪による電線着雪で電気等のライフラインが停止・農業施設への影響など、市民生活に直結するような重大な災害が発生する恐れがあります。

3. 宗谷地方における暴風雪警報の発表回数と要因

(1) 宗谷地方の風に関する注意報・警報の発表基準

気象庁では、気象災害から国民の生命や財産を守り、災害の軽減・防止を目指して、気象注意報・気象警報・気象情報を発表しています。これは、大雨や暴風等の実況や今後どうなるかの見通しを伝えるもので「防災気象情報」と総称しています。この中で、気象注意報は、気象現象による被害が予想される場合に発表し、気象警報は気象現象により大きな災害が予想される場合に発表しています。災害の起こる気象条件は、それぞれの地域により違うため、気象現象と災害発生状況の調査を行ない、発表基準が定められています。宗谷地方の強風注意報は、平均風速が陸上 13 メートル/秒以上（宗谷岬

15メートル/秒以上)・海上15メートル/秒以上が予想される場合に発表します。暴風警報は、風速が陸上20メートル/秒以上(宗谷岬25メートル/秒以上)・海上25メートル/秒以上が予想される場合に発表します。暴風雪警報は、予想される平均風速の基準値は暴風警報と変わりませんが、雪を伴い視程障害やふぶきなどにより重大な交通障害が発生すると予想される場合に発表します。

一言メモ
 10メートル/秒=36キロメートル/時
 最大瞬間風速=最大風速の1.5~3倍以上と
 なることがあります。

(2) 風に関する防災気象情報の発表状況

1995年5月から2005年3月までの過去10年間の風や雨・雪に関する防災気象情報の発表回数は、注意報1525回、警報142回の合計1667回でした。

暴風 28回 (19.7%)	暴風雪 53回 (37.3%)	大雨 47回 (33.1%)	大雪 14回 (9.9%)
総数142回			

第1図は宗谷地方の種類別の警報発表回数を示しますが、このうち風に関する警報の発表回数は、暴風警報が28回、暴風雪警報は53回となっており、稚内では風に関する警報の発表が警報発表回数の57%を占め、暴風雪警報は37.3%と一番多くなっています。

第1図 種類別警報発表回数
(1995年5月~2005年3月)

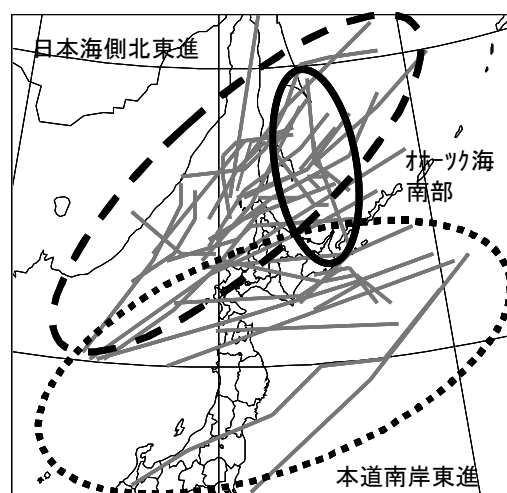
(3) 年別・月別の暴風雪警報の発表回数

過去10年間の10月から3月における暴風雪警報の発表回数を第1表に示します。

第1表 暴風雪警報発表回数

	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
95-96年			1		4		5
96-97年	1	1	1				2
97-98年						1	1
98-99年		1	2	1	1	2	7
99-00年		1	1			1	3
00-01年	1	1	2	1	2	1	8
01-02年			2		1		3
02-03年		1		3			4
03-04年		1	1	2	3	1	8
04-05年		1	5		1	2	9
合計	2	8	14	11	8	10	53

2000年~01年、2003年~04年および2004年~05年の警報発表回数が8~9回と多くなっています。これらの年は、上空の偏西風の流れが順調で周期的に次から次へと低気圧が発達しながら北海道付近を通過したことが原因と考えられます。



また、月別の暴風雪警報の発表回数を見ると、12月が14回と最も多くなっています。これは、この時期の北海道付近の海水温は1月から3月に比べると暖かく、低気圧の接近とともに海面から暖かな空気が補給され、さらに北から冷たい空気を引き下ろすことにより、低気圧が発達しながら北海道付近を通過することが多いことが考えられます。

第2図 暴風雪警報を発表中の
低気圧の通過位置

(4) 暴風雪警報をもたらした低気圧の特徴

暴風雪警報の発表は過去 10 年間に 53 事例あり、このうち低気圧が北海道付近を発達しながら通過したのは 38 事例ありました。このときの低気圧の通過位置を第 2 図に示しますが、大きく分けると日本海北部からサハリンやオホーツク海南部へ北東進したもの、日本海中部から本道南岸を東進したもの、事例数は少ないがオホーツク海南部を低気圧が発達しながら北上又は南下したものの 3 つに分けられます。低気圧が北海道付近を通過した後、オホーツク海で更に発達し冬型の気圧配置が強まり、暴風雪の状態が長い間続くことがあります。いずれの場合も警報発表期間中の低気圧の最低気圧は、平均で約 980hPa に発達しており、警報発表時の気圧よりも 11.7hPa も低くなり、低気圧が発達しながら北海道付近を通過していることがうかがえます。

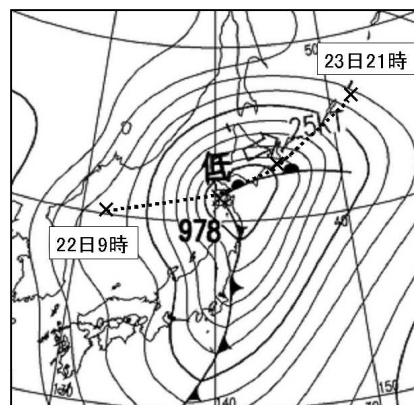
4. 宗谷地方で発生した最近の暴風雪事例

暴風雪により大きな災害が発生した最近の事例(平成 16 年 2 月 22～23 日)を紹介します。

(1) 気象概況

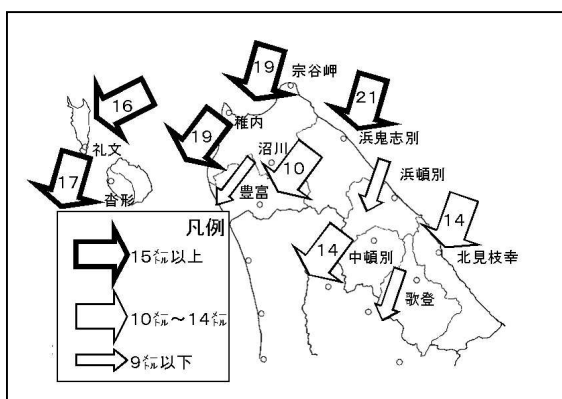
平成 16 年 2 月 22 日に日本海にあった低気圧が発達しながら北海道の南海上を通過し、23 日夜には千島近海に達しました。第 3 図には宗谷地方で暴風雪が最盛期の 23 日 06 時の地上天気図を示します。

この低気圧の影響で、宗谷地方では 22 日夜から雪を伴った東または北東の風が強まり 23 日昼過ぎにかけて宗谷北部と利尻・礼文を中心に暴風雪となりました。第 4 図にはこの時の最大風速の分布図を示します。稚内市宗谷岬で北東の風 19 メートル/秒、猿払村浜鬼志別で北

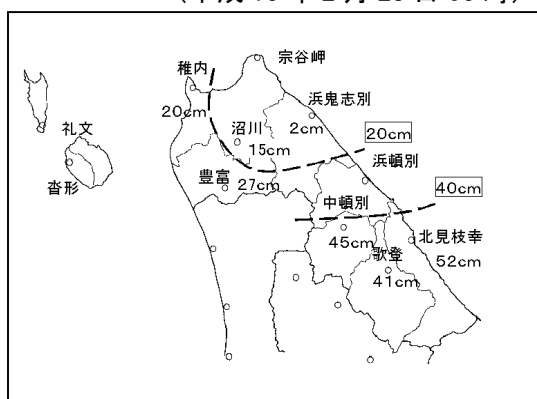


第 3 図 地上天気図

(平成 16 年 2 月 23 日 06 時)



第 4 図 宗谷地方の最大風速分布図



第 5 図 宗谷地方の降雪量分布図

東の風 21 メートル/秒、稚内市開運（稚内地方気象台）で北東の風 18.7 メートル/秒を観測し、猛吹雪の状態となりました。第 5 図には 2 月 22 日～23 日の降雪の状況を示しますが、宗谷南部では低気圧に回り込む発達した雪雲によって、22 日夕方頃から断続的に強い雪が

降り出し、22～23日にかけての総降雪量は北見枝幸 52 センチ・歌登 41 センチ・中頓別 45 センチに達し、宗谷南部を中心に大雪となりました。

(2) 暴風雪による災害状況

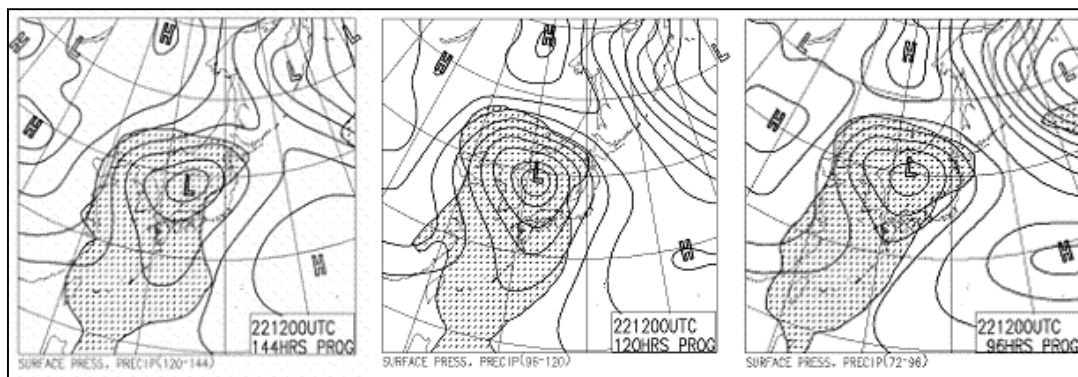
第2表には、暴風雪による災害状況を示します。宗谷地方の国道2路線（40号・238号）、道道25路線（宗谷管内全51路線の約半分）が通行止め、交通機関は航空機・フェリーの全便欠航、JRはほぼ全便運休となりました。また、ライフラインでは、稚内市内や礼文島で停電が発生、宗谷管内の小・中・高校の全102校のうち100校で臨時休校となるなど、市民生活に大きな影響を及ぼしました。

第2表 災害状況

国道	2路線(40号・238号)通行止め
道道	25路線通行止め(全51路線の約半分)
航空機	全便欠航
フェリー	全便欠航
JR	特急2本運休・普通列車ほぼ全面運休
バス	一部を除き、路線バス及び都市間バスが全面運休
学校	小中高102校中100校で臨時休校
その他	停電 稚内市50戸、礼文町1276戸

5. 暴風雪の予想

気象台では、週間天気予報を1日2回11時と17時に発表しています。この週間天気予報はスーパーコンピューターによって計算された数値予報資料を用い、アンサンブル予報という手法も用いて予想を行なっています。第6図には平成16年2月22～23日に発生した暴風雪をもたらせた低気圧がどのように予想されていたか、週間天気予報の予想資料の推移を示します。2月16～18日にそれぞれ2月22日21時の気圧配置を予想したものです。



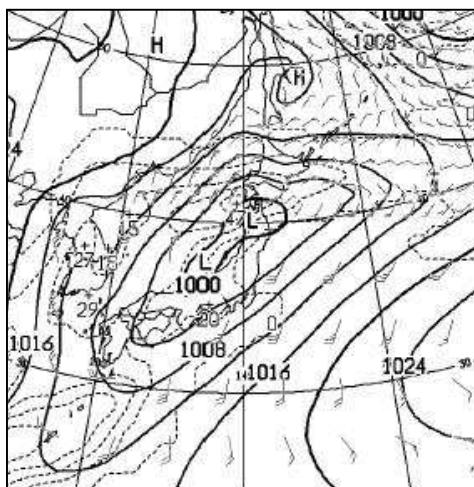
2月16日に予想した
22日21時の予想天気図

2月17日に予想した
22日21時の予想天気図

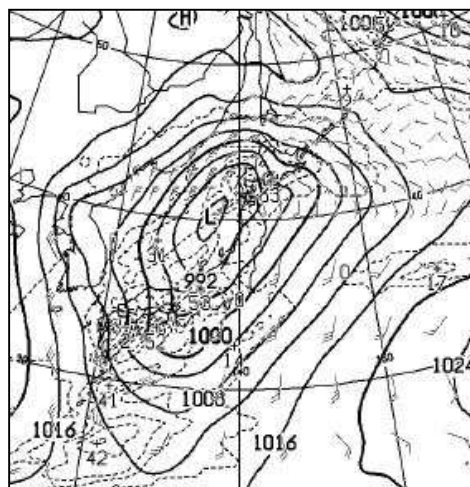
2月18日に予想した
22日21時の予想図

第6図 低気圧の予想の推移

16日～18日の予想資料とも日本海中部に発達した低気圧を予想しており、この低気圧は2月23日に北海道付近を通過すると考えられました。2月18日発表の週間天気予報の天気概況の中で北海道付近は23日～24日にかけて「荒れた天気」になると発表されています。しかし、週間天気予報では、予想日毎に低気圧の発達度合いに違いがあるため、宗谷地方が暴風雪を伴うような風が吹くかどうかの細かな量的な予想まではできません。



第7図 2月19日に予想した
2月22日21時の予想天気図



第8図 2月21日に予想した
2月22日21時の予想天気図

第7図には宗谷地方が暴風雪になる3日前の19日、第8図には前日の21日に22日を予想した天気図を示します。3日前には北海道の南を発達しながら通過する低気圧は先の週間予報の資料と同じく一貫して予想されており、宗谷地方は荒れた天気になると考えられました。さらに前日の21日には低気圧がこれまでに比べ急速に発達することが予想されました。この低気圧の通過時には、宗谷地方では最大風速や降雪量がどの位になるか量的な見積もりも出され、暴風雪や大雪の発生が考えられました。

このように、週間天気予報では荒れた天気が何日頃になるのかということを予報し、1～2日前には細かな量的な予想も見込みながら天気予報を発表しています。

6. 災害の軽減に向けて

気象台では、スーパーコンピューターで計算された数値予報天気図の他に、気象レーダーやアメダス・気象衛星ひまわり・近年はウインドプロファイラーという上空の風の流れを観測する装置も利用し、天気予報や防災気象情報を24時間体制で発表しています。

暴風雪など悪天が予想されたとき、現象が発生するおよそ24時間前に気象情報を発表し、どのような現象が発生するのか、警戒や注意を呼びかけています。また、現象が始まるおよそ6～12時間前には気象注意報を発表し注意を喚起し、重大な災害が発生する恐れがある時には、気象警報を発表して防災機関や地域住民に警戒を促しています。

暴風雪が発生することを防ぐことは出来ませんが、これによる災害の発生を少しでも軽減することは可能です。気象台が発表した最新の天気予報や防災気象情報を有効に利用し、大雪や暴風雪が予想される時には、停電に備えた対応や外出を控えるなど災害の軽減に役立ててください。

暴風をもたらす低気圧や台風

北海道大学大学院理学研究科 遊馬芳雄

1. はじめに

近年各地で盛んに行われるようになった風力発電によって、風への社会的関心が増えてきているものの、雨や雪といった降水現象に比べると風への関心はそれ程大きくはないように感じる。しかしながら、昨年9月8日に北海道を襲った2004年台風18号は道内だけでも死傷者130名(死者8名、行方不明1名を含む)、農林や土木被害を中心に512億円にも達する大きな災害をもたらした。この台風は私の属する北海道大学でもポプラ並木の倒壊を始めとしてキャンパス内の木々に大きなダメージを与えた。この講演ではこの2004年台風18号の事例を基に北海道で強風が観測される台風や低気圧について述べる。

2. 稚内と札幌の強風と総観場

表1に2000年1月から2004年12月までの5年間に稚内と札幌の気象台で観測した日最大瞬間風速を大きい順に10位までのリストである。表には発生年月日、最大瞬間風速・風向、日平均風速・風向、総観場の概要を示してある。この表からも札幌で観測された2004年台風18号の強風が如何に凄かったかが伺える。札幌でのこの強風を除けば、稚内と札幌での最大瞬間風速はほぼ同じ程度である。最大瞬間風速が大きくても一日で平均した風速(日平均風速)は必ずしも大きくはない。発生要因はほとんどの場合が低気圧や台風(温帯低気圧)といった総観規模気象現象に付随して発生している。台風(温帯低気圧)によるものは札幌3件、稚内2件で温帯低気圧となった台風は日本海上を北上している。低気圧が関連したものは低気圧が北海道東方沖の太平洋上やオホーツク海海上にあって稚内や札幌が低気圧後面になる場合が多く、稚内では上空を低気圧が通過する場合に大きな最大瞬間風速が観測されている。稚内と札幌での5年間の日最大瞬間風速のうち大きい方から100位までを取り上げ月別の発

表1 2000年1月から2004年12月までの稚内と札幌の日最大瞬間風速トップ10.

順位	発生年月日	最大瞬間		日平均		概要
		風速(m/s)	風向	風速(m/s)	風向	
1	2004.09.08	34.7	南	8.3	南南東	台風0418号
2	2003.05.01	34.1	南西	6.8	南西	低気圧通過
3	2002.11.18	33.2	南西	7.3	西	低気圧通過
4	2003.11.22	31.9	南西	8.4	西南西	低気圧後面
5	2004.02.23	31.0	北北東	13.4	北東	低気圧後面
6	2004.11.15	30.8	西	5.8	西南西	低気圧通過
7	2001.05.15	30.3	南南西	9.6	南西	局地循環
8	2000.12.24	30.2	東北東	12.9	北	低気圧後面
9	2004.11.27	30.1	西	7.1	西	低気圧後面
10	2002.10.02	29.9	西	10.9	東	台風0221号

順位	発生年月日	最大瞬間		日平均		概要
		風速(m/s)	風向	風速(m/s)	風向	
1	2004.09.08	30.2	南西	9.1	南南西	台風0418号
2	2001.12.30	34.4	北西	6.4	北西	低気圧通過
3	2000.12.24	33.6	北西	4.8	北西	低気圧後面
4	2002.10.02	32.2	南西	4.2	南西	台風0221号
5	2003.11.22	32.1	西	3.7	西	低気圧後面
6	2003.09.14	31.4	北西	7.6	南南東	台風0314号
7	2004.01.14	31.4	北西	12.9	北西	低気圧後面
8	2004.12.17	31.3	北西	-	北北西	低気圧後面
9	2004.11.27	30.7	西	7.0	西北西	低気圧後面
10	2003.12.26	30.3	北西	6.6	北西	低気圧後面

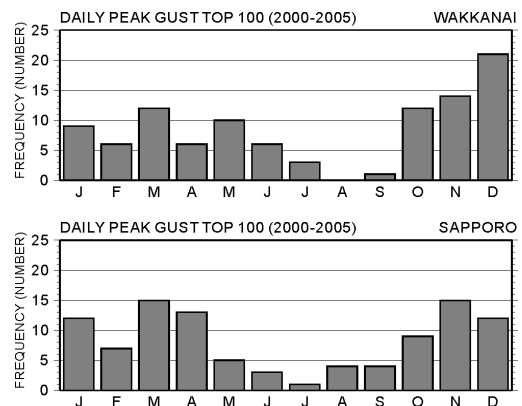


図1 稚内と札幌の2000年1月から2004年12月までの稚内と札幌の日最大瞬間風速トップ100の月別頻度.

生頻度を示したのが図1である。稚内では12月が最も発生頻度が高く8月は1件もない、秋から初冬にかけての頻度が高く10月から12月の3ヶ月で全体のほぼ半数が発生している。3月から5月にかけての春にも多い。札幌では3月と11月が最多で7月が少ない。10月から1月の秋から初冬にかけてと3月4月の春に多く発生している。稚内、札幌ともに真冬の2月に頻度が少なくなっている。夏に頻度が少ないのは稚内と同じである。

表1と図1は日最大瞬間風速についての統計であるが、一日で平均した風速、

つまり、日平均風速で比較すると若干傾向が変わってくる。10位までの日平均風速は稚内の方が札幌よりも強い。稚内での強風はほとんどの場合が低気圧後面で発生し、台風(温帯低気圧)による強風はなくなる。札幌でも台風によるものは2004年18号の1件で7位に下がってしまう。低気圧後面や通過、低気圧が大陸上にある低気圧に吹き込む低気圧前面による風がそれにとって代わっている。100位までの月別頻度は稚内では図1の最大瞬間風速と同様な傾向にあったが、札幌では3月から5月の春季に多くなり他の月はほぼ同程度であった。

3. 2004年台風18号の強風発生要因

前章でも述べたが、表1の札幌での値から昨年の2004年台風18号が如何に並はずれた暴風であったかがわかる。災害をもたらす気象現象は様々なスケール(大きさ)の現象が複合して起こる。低気圧や高気圧、台風は1000~3000km程度のスケールの現象で気象学ではこのスケールのことを総観規模現象と呼んでいる。北海道上空に存在しているジェット気流もこ

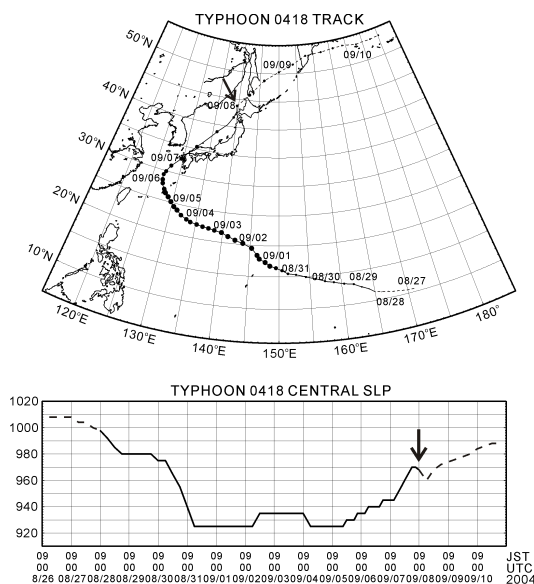


図2 2004年台風18号の経路図と中心海面気圧. 実線は台風のステージ、破線はそれ以外を示す. 矢印は、北海道に強風をもたらした2004年9月8日午前9時の位置と気圧を示す.

のスケールに対応する。個々の積雲は数10km程度のスケールを持ち、いくつかの雲が雲群として数100km程度のスケールでかたまり組織化される。このスケールをメソスケールと呼んでいる。雲群や前線がこのスケールに対応してしばしば大雨をもたらす。山や谷の地形もちょうどこのスケールに対応している。大きな被害をもたらす集中豪雨や豪雪も同じであるが暴風もいくつかのスケールの要因が組み合わさり強化されて起こる。その具体例として2004年台風18号の強風発生の要因を調べてみる。

図2に気象庁発表の台風経路と地上中心気圧を示した。2004年台風18号は2004年8月28日マーシャル諸島周辺で発生し発達しながら北西進し、9月5日には925hPaまで発達して沖縄本島を通過、7日には長崎に上陸し九州北部を横断して山陰沖に達した。その後、日本海上で構造を変えながら急速な速度で北東進し、8日3時には津軽海峡西方、9時には北海道留萌沖に達し温帯低気圧となり、15時にはオホーツク海へと抜けた。気象衛星画像で台風を追ってみると、台風18号は7日12時には下関上空に位置し、西方から乾燥空気が台風を追いつくように接近してきた。この乾燥空気は上層短波トラフに対応しジェット気流を伴っていた。こ

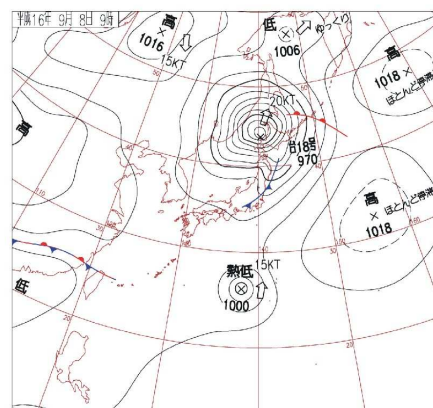


図3 2004年9月8日午前9時の気象地上天気図.

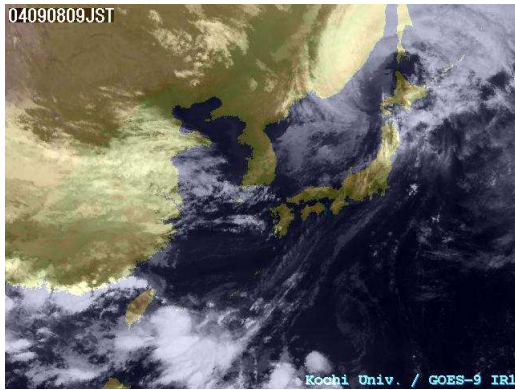


図4 2004年9月8日09JSTのGOES-9赤
外画像。(高知大学気象情報頁より)

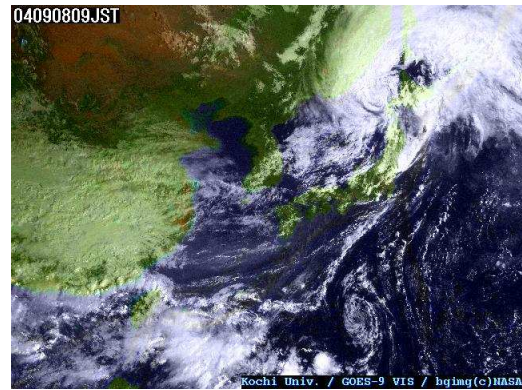


図5 2004年9月8日09JSTのGOES-9可
視画像。(高知大学気象情報頁より)

の乾燥空気は7日深夜日本海上で台風
に追いつき上層雲を蒸発させて消した。北
海道に強風をもたらした8日午前9時の
気象庁地上天気図を図3に、衛星可視画
像を図4、赤外画像を図5に示した。赤外
画像から北海道周辺では上層雲が消えて
いるが可視画像から下層雲はしっかりと
残っている様子が伺える。上層ジェット
気流を伴う乾燥空気は高緯度起源の冷た
い空気で、台風によってもたらされた熱
帯起源の暖かい空気の領域に進入するの
で、水平温度傾度が強くなりジェット気
流は高度を下げながら強化される。

札幌管区気象台で2004年9月8日に観
測された1分毎の風の最大・最小瞬間風
速、10分平均風速・風向、気温、露点温

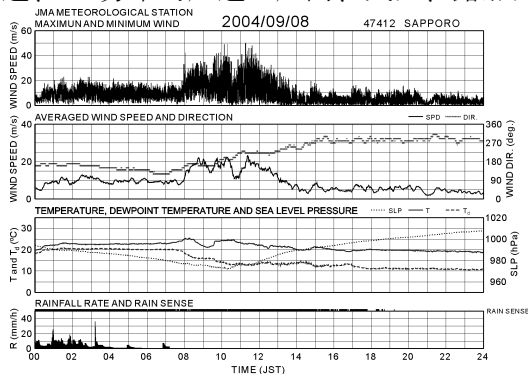


図6 2004年9月8日に札幌管区気象台で
観測された最大・最小瞬間風速1分毎
(上段)、10分平均風速(実線)・風向(点
線)(2番目の段)、気温(実線)・露点温
度(破線)・地上気圧(点線)(3番目の
段)、降水量(棒グラフ)・感雨計データ
(グラフの上端)(下段)。

度、気圧、降水量、感雨計データを図6
に示した。札幌での強風は午前8時から
午後2時まで起こり、強風が1時間程度
のかたまりとなって起こっている。強風
時には気温が上昇し、露点温度が減少し
ているので空気は乾燥していたが、感雨
計からわずかながら雨が降っていたこと
がわかる(降水量はゼロである)。気温変
化をよく見ると強風に連動するように気
温の低下が起こっている。また、図には
示していないが留萌のウインドプロファイ
ラーの鉛直ドップラー速度データから上
層から下層にまで達する下降流の柱が見
受けられた。これらの事柄は、雲や降水
粒子の蒸発によって下降流が形成されて
いた可能性を示唆している。

さらに、メソスケール気象モデルを使

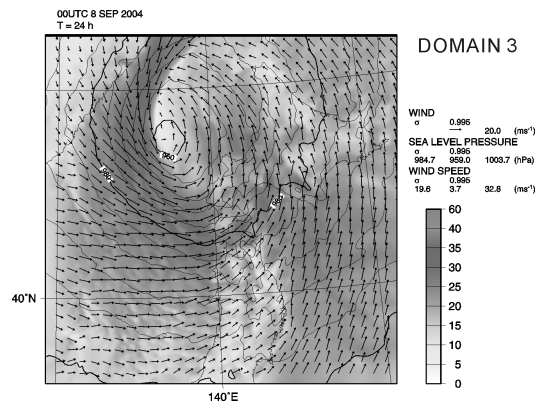


図7 メソスケール気象モデルが出力した
地上海面気圧(実線)と地上風(矢印)、
風速(グレースケール)。

ってこの台風の再現実験を行った。図 7 はモデルが出力した 8 日午前 9 時の地上気圧と地上風、地上風速である。台風は積丹半島沖にあって台風南西の日本海海上に強風域が形成され北海道南部の渡島半島に向かって吹いている。札幌周辺の地上風は 25m/s を越えている。札幌を通過して地上風方向に沿った鉛直断面図を調べると、日本海上の台風の流れ込む風が札幌南東上層の強風帯から札幌付近を通過して下層の湿った層内に閉じ込められている様子が見られ、札幌の風上に当たる南東の山岳地帯から吹き下ろすおろし風(down-slop wind)も強風発生に寄与していたことが再現されていた。この結果は、北海道開発局等で行ったヘリコプターによる森林被害調査で被害が山の風下や谷筋など地形的に風が集中する場所に多かったこととも整合的な結果である。

以上、2004 年 9 月 8 日に北海道に大きな風被害をもたらした 2004 年台風 18 号の強風発生状況と発生要因について述べてきた。北海道の強風は上層ジェット気流を伴う高緯度に起源を持つ乾燥した空気が熱帯起源の台風の湿った暖かい空気に進入し高度を下げジェットを強化させる(総観規模スケール)。上層からの乾燥空気は台風の雲や降水粒子を蒸発させ冷気を造る可能性を持つ(積雲スケール)。さらに、山岳地帯のおろし風(down slop wind)の影響(メソスケール)もあったことも数値モデルからわかった。すなわち、この章の冒頭で述べたいくつかのスケールの現象が連携して 2004 年台風 18 号の暴風をもたらしたと結論づけられる。この講演ではあまり述べななかったが、台風と上層短波トラフ(ジェット気流を伴い乾燥空気を伴う)との相互作用こそ台風の温帯低気圧化と関連していて、台風が高緯度で再発達する原因である。

4. 低気圧に付随する強風

2 章で稚内と札幌での強風発生は台風

以外に低気圧との関連が強いことを述べた。3 章で述べた台風と上層短波トラフの相互作用は低気圧でもよく起こり、しばしば冬季間海上で低気圧を急激に発達させる。上層トラフは西方から低気圧や下層前線帯に追いつくので、表 1 のような強風の統計をとると「低気圧後面」と表させる場合が多い。上層トラフの乾燥空気は安定度の高い(したがって雲のない)空気塊であるので山岳風下におろし風(down slop wind)を発達させる。我々は春先の 5 月メイストームと呼ばれる強風の嵐をしばしば経験するが、まさにこの典型となっていることが多い。

5. まとめ

稚内と札幌の強風の統計データと昨年の 2004 年 9 月 8 日に北海道に大きな強風被害をもたらした 2004 年台風 18 号を中心に強風と台風や低気圧の関連について述べてきた。我々の住んでいる北海道は低気圧の通り道の真下に位置している。

最近では、ホームページがだいぶ整備され気象データや気象衛星写真が比較的簡単に見ることができるようになった。大雪や強風で外に出られない日は、これらのページで気象を楽しんでみたらいかがであろうか？自分なりに天気を解釈し予報をたててみるのもおもしろい。もっとも、停電になってしまったらそうはいかないが。

最後に、台風 18 号のデータ入手には、札幌管区气象台、気象庁観測課、北海道開発局の方々のご協力をいただいた。この場を借りて感謝の意を表したい。

参考ホームページアドレス

気象庁ホームページ:<http://www.jma.go.jp>
高知大学気象情報頁(気象衛星):

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp>

デジタル台風(台風情報):

<http://www.digital-typhoon.org>

宗谷海峡の流れを測る

江淵 直人

(北海道大学 低温科学研究所)

1. はじめに

宗谷海峡には、日本海からオホーツク海へ向って宗谷暖流が流れていることが知られています。図1は、オホーツク海南部の海流の様子を模式的に描いたものです。宗谷暖流はオホーツク海に入ると岸に沿って南東方向へ流れ、知床岬沖へと達します。宗谷暖流によって、対馬暖流を起源とする日本海の高塩分・高温の水がオホーツク海へ運ばれ、オホーツク沿岸の気候や漁業に大きな影響を与えていると考えられています。図2は、人工衛星で観測した海面水温の分布図の一例です。温度が高い海域を濃い黒で表しています。高温（黒色）の帯が宗谷海峡からオホーツク沿岸に沿って南東に伸びている様子が捉えられています。

宗谷暖流は季節的に大きく変動し、夏季には強く、冬季には弱いことが知られています。冬季には、宗谷暖流に代って、低温・低塩分の東樺太海流が卓越し、流氷もこの東樺太海流に乗ってオホーツク海北部から運ばれてきます（図1）。

宗谷海峡はその北半分がロシア領であること、また、秋季から冬季にかけて気象条件が非常に厳しいこと、漁業活動が活発で係留観測が難しいこと、などから、宗谷暖流の観測データは非常に限られており、その正確な流量や季節変動、経年変動などの変動特性はほとんど明らかにされていません。上で述べた宗谷暖流の特徴は非常に限られた観測結果から導かれたものでした（例えば青田, 1975, 1984; 松山他, 1999; Tanaka and Nakata, 1999）。

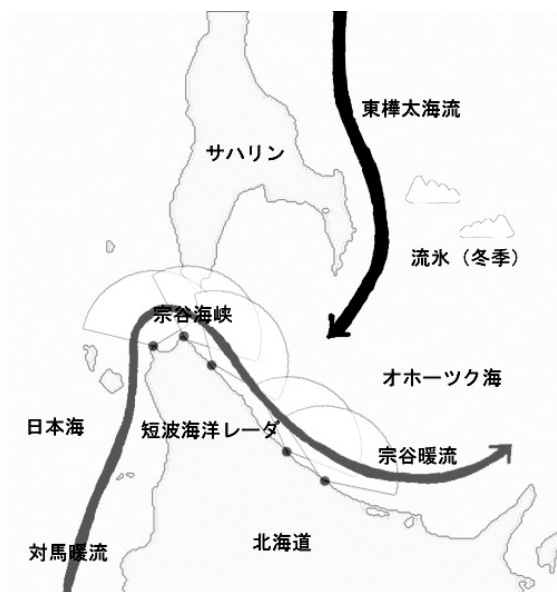


図1. オホーツク海南部の海流の模式図

北海道大学低温科学研究所では、道立中央水産試験場、同稚内水産試験場、北海道大学水産科学研究院などと共同で、漂流ブイ、海底設置型超音波ドップラー流速計、短波海洋レーダ、人工衛星観測などの最新の観測手法を組み合わせ、宗谷暖流の変動特性の解明に向けた観測を行っています。本講演では、いろいろな手法を用いた宗谷暖流の観測とその結果としてこれまでに明らかになった宗谷暖流の特性について紹介します。

2. 漂流ブイ観測

流れを測る最も単純な方法として思いつくのは、浮きを浮べてその動きを追跡する方法です。小型の球形のブイに、カーナビなどに用いられているGPS受信機と衛星通信用の送受信機を載せたものを使用しています。GPSによってブイの位置を計測し、そのデータを通信衛星経由で1時間毎に送信します。図3は、宗谷海峡付近で投入したブイの軌跡の一例です。3基のブイは、宗谷暖流に乗り、岸に沿って南東へほぼ同じ軌跡を辿って、5～6日で知床半島沖へ達しています。毎時のブイの移動距離を測ることで、その場の流速を推定することができます。

3. 海底設置型超音波ドップラー流速計による鉛直構造の観測

図3のような漂流ブイによる観測は、簡便で、流路を視覚的に捉えることができる反面、時間的

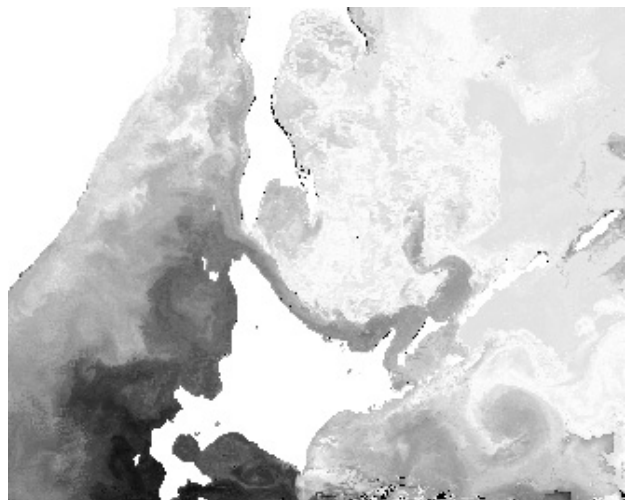


図2. NOAA衛星によって観測された海面水温場の一例（1998年9月28日、北海道大学水産科学研究院齋藤研究室提供）

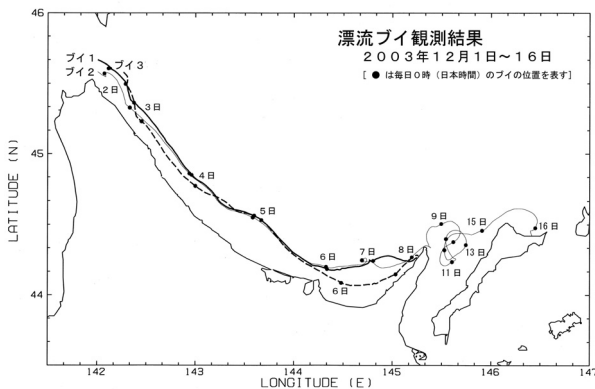


図3. 衛星追跡型漂流ブイによる観測例

な変動特性を調べるための連続的な観測を行うには不向きです。通常の海洋観測では、海底のアンカーから浮きの浮力で立ち上げたワイヤーに流速計、水温・塩分計などを取り付けた係留系と呼ばれるシステムがよく使われています。しかしながら、宗谷海峡域やオホーツク沿岸域では、漁業が盛んなため係留系を使った長期観測は困難です。そこで、海底設置型の耐トロール式超音波ドップラー流速計を用いて、浜頓別沖約 29 km (水深約 91 m) の宗谷暖流の強流域において、1年間の連続観測を行いました。超音波ドップラー流速計は、超音波を4方向に出し、反射波のドップラーシフトを利用して、流速・流向を深さ方向に連続的に測ることができる測器です。

図4に観測例として、2004年5月から2005年5月までの日平均流速ベクトルを水深毎に示しました。横軸が日付、各棒の長さが流速(スケールは図左上)、棒の方向が流向(上が北向き)です。上から順に水深 13 m, 25 m, 37 m, ... と深さ 12 m ごとの流速・流向を表しています。夏から秋にかけては、ほぼ全層で南東向きの流れが観測され、

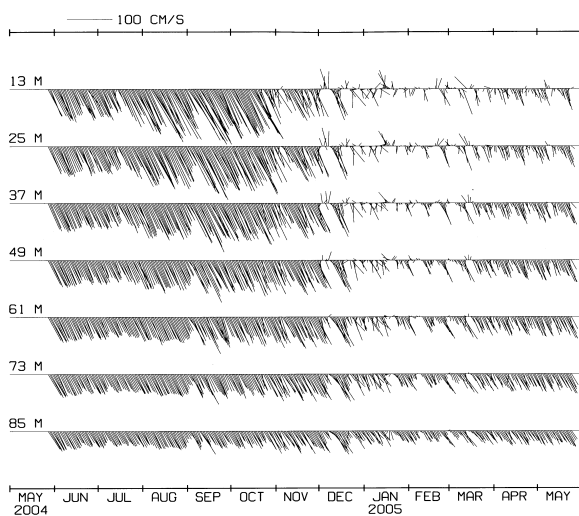


図4. 海底設置型超音波ドップラー流速計による観測例

表層ではその大きさは 1 m/s 程度に達します。冬には 50 m 深以浅の上層では、南東流がほとんど見られないのに対し、それより深い層では、弱いながらも南東流が連続的に観測されています。宗谷暖流の最強流部において流速場の鉛直構造が1年を通して観測されたのはこれが初めてです。

4. 短波海洋レーダによる表層流速場観測

海底設置型の超音波ドップラー流速計による観測は、空間的には1点に限られますが、時間的に連続な鉛直構造の情報を得ることができます。これに対して、表層の流速・流向を面的に捉えることができるのが短波海洋レーダです。短波海洋レーダは、陸上に設置した複数のレーダ局から短波帯の電波を海面に向けて発射し、海面から反射された信号のドップラーシフトを利用して表層数 m の流速・流向を測るものです。図5に示したように宗谷海峡からオホーツク沿岸に5局(ノシャップ岬、宗谷大岬、猿払、雄武、紋別)を配置して、2003年8月から毎時観測を続けています。短波海洋レーダで観測された流速・流向のデータは、漂流ブイ観測や超音波ドップラー流速計の観測データともよく一致することを確認しています (Ebuchi et al., 2005)。

図6に観測された流速場の一例として2003年8月の月平均流速場を示しました。宗谷海峡から猿払沖へ南東方向に流れる宗谷暖流が捉えられています。最大流速は、浜鬼志別沖約 30 km で 1 m/s 程度に達しています。また、サハリン西岸では、南下流が宗谷海峡に達している様子が見られます。この南下流は、Ohshima (1994) などの数値モデル実験によってその存在が予測されていましたが、連続的な観測で確認されたのは初めてです。

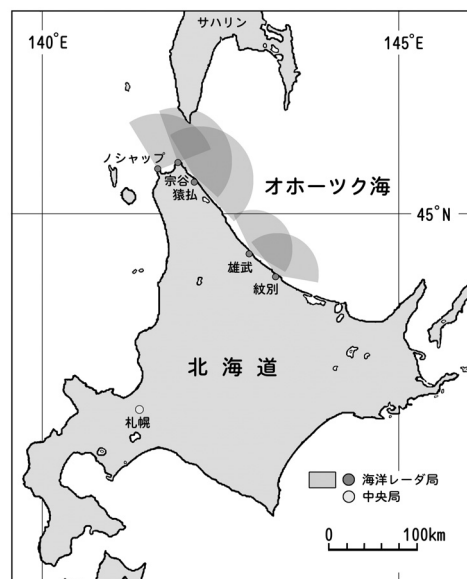


図5. 短波海洋レーダ局の配置

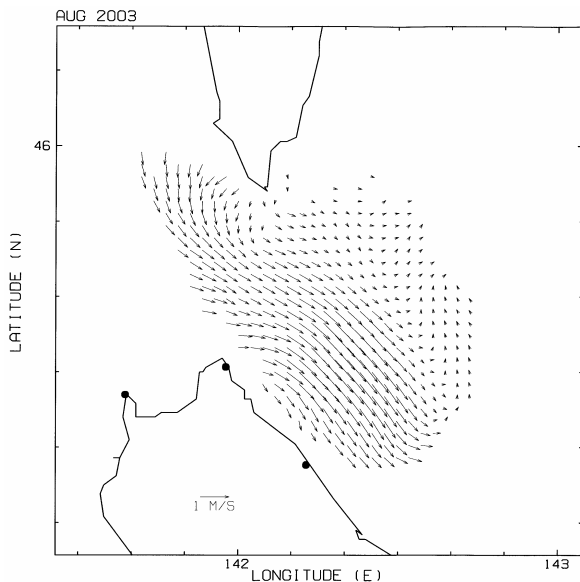


図6. 2003年8月の平均流速ベクトル場

図7は、浜鬼志別沖のラインを横切る南東流成分の月平均プロファイルを2003年8月から1年分示したものです。縦軸が岸からの距離、横軸が南東流の強さを表しています。宗谷暖流は幅約40 km にわたり、最大流速は岸から20~30 km に存在することが分ります。また、最大流速は、9月に最大となり、1 m/s を超える値を示しています。12月から急激に流速が小さくなり、1月~2月にはほとんど南東流は見られなくなっています。これらの特徴は、図4に示した超音波ドップラー流速計の観測結果ともよく一致しています。超音波ドップラー流速計によって観測された流れの鉛直構造と短波海洋レーダによって観測された表層流速の面的な分布を組み合わせることで、宗谷暖流の3次元的な構造とその季節変化を明らかにすることが可能になりました。

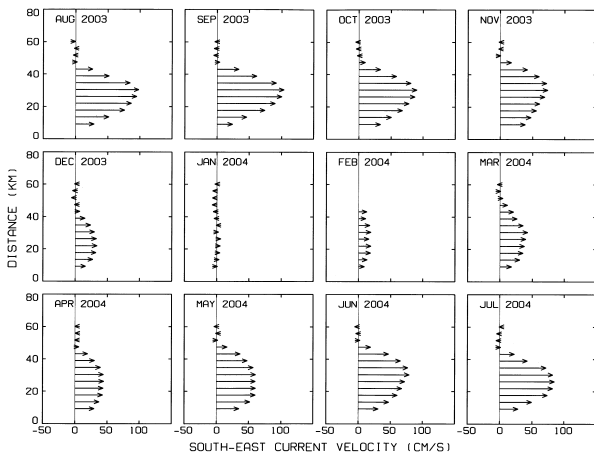


図7. 浜鬼志別沖のラインを横切る南東流成分の月平均プロファイル

5. おわりに

本稿では、最新の観測手法を組み合わせることで宗谷暖流の時空間変動を捉える我々の試みの一端を紹介しました。紙数の関係で紹介できなかった船舶観測や沿岸潮位観測、人工衛星を使った観測などによるデータも取り込んで、宗谷暖流の変動特性の解明を目指しています。また、これらの観測データと数値モデルを組み合わせることでオホーツク海の流れ系のメカニズムを明らかにするとともに、海況予測の可能性を探っていきたく考えています。これらの研究の発展として、将来的には水産資源の変動予測や油汚染対策などにも役立つ海況情報が提供できるようになるものと考えています。

北海道大学低温科学研究所では、地球環境変動における環オホーツク地域の役割を評価することを目標として平成16年4月に環オホーツク観測研究センターを設立しました。このセンターでは、オホーツク海とその周辺における大気-海洋-海氷-陸域相互作用と気候変動、大気-雪氷-植生相互作用系のダイナミクス、陸域水系から海洋にもたらされる栄養塩・必須微量元素等の供給機構と生物生産性、などを主要な研究テーマとして、ロシア、中国など関係諸国と国際ネットワークを構築し、環オホーツク地域の環境条件の長期モニタリングおよび素過程解明のための現場観測を行うとともに、数値モデルを利用して海氷の短期・長期変動の予測や気候変動による環オホーツク地域へのインパクトの研究などを進めています。このセンターの研究の一環として、宗谷暖流を含むオホーツク海の流れ・海況や海洋環境のモニタリングとモデリングに取り組んでいく予定です。

謝辞

本稿で紹介した観測の一部は北海道立中央水産試験場、稚内水産試験場との共同研究として行われています。短波海洋レーダ局の設置に関して、北海道稚内土木現業所、網走土木現業所、紋別市、雄武町、猿払村、宗谷漁協、猿払漁協、紋別漁協、稚内市青少年科学館、稚内市江戸正治氏のご協力をいただきました。また、海底設置型 ADCP の設置に関して、頓別漁協ならびにケガニ部会のご協力をいただきました。関係各位に心より謝意を表します。

参考文献

- 青田昌秋, 1975, 低温科学, **33**, 151-172.
- 青田昌秋, 1984, 沿岸研究ノート, **22**, 30-39.
- Ebuchi, N., Y. Fukamachi, K.I. Ohshima, K. Shirasawa, M. Ishikawa, T. Takatsuka, T. Daibo, and M. Wakatsuchi, 2005, *J. Oceanogr.*, **61** (in press).
- 松山優治・青田昌秋・小笠原勇・松山佐和, 1999, 海の研究, **8**, 333-338.
- Ohshima, K.I., 1994, *J. Geophys. Res.*, **99**, 9928-9940.
- Tanaka, I., and A. Nakata, 1999, *PICES Sci. Rep.*, **12**, 173-176.

風力を利用した水素製造

(独)国立環境研究所 内山政弘

はじめに 地球温暖化問題の、つまり二酸化炭素削減の観点から自然エネルギー利用に興味もたれている。また、化石燃料の賦存量は今世紀半ばまでとの指摘もあり、近い将来は持続可能なエネルギーのみで社会を維持する必要があることが指摘されている。基幹エネルギーの候補としては核分裂、核融合、自然エネルギーがある。核分裂燃料も有限であるし、核融合炉は未だ実験段階である。自然エネルギーとしては潮汐発電と太陽エネルギーがあり、太陽エネルギーには宇宙発電、風力発電、太陽光発電、太陽熱発電(ソーラータワー)、バイオマス、波浪発電、海洋温度差発電などがある。ここで注意しなければいけないのは、自然エネルギーの内、持続可能なエネルギーは地球表面に「現在」降り注いでいる太陽エネルギーである事である。

この点および環境影響評価が困難である点から海洋温度差発電は基幹エネルギーとは成り得ないと思われる。宇宙発電は構想段階であるので、化石資源に替わる基幹エネルギー候補の自然エネルギーとしては太陽光、そして洋上を含めた風力であると思われる。

風力や太陽光エネルギーは地球全体での利用可能な総量は大きいものの、エネルギー面密度が化石燃料のように大きくないこと、および変動が大きいことが欠点であると言われて来た。

「低い面密度」に対しては陸地面積の約 12 倍 (447 万 km²) の面積を有する排他的経済水域を、「大きな変動」に対しては水素という化学

エネルギーで貯蔵を行う事により、即ち「エネルギーの供給と消費の分離」を行うことにより「欠点」の克服は可能であると考えられる。

これらを具体的に実現するシステムとして演者らが検討を行っている帆走型(非係留型)洋上発電システムを紹介する。構造物として実現可能か否かと共に、経済性も検討を行った。なお、この場合の経済性とはいわゆる市場経済性のことを指すのではない。つまり、生涯生成エネルギーから生涯稼働エネルギーとシステム構築エネルギーを差し引いた収支を考える。実は現在使用している発電装置の中には、この実質生涯生成エネルギー収支のマイナスのものが少なくない。これは化石燃料が無限にあるような錯覚と、そのために現状の価格が安すぎることによる。その錯覚の中での経済性に惑わされてはならない。

Millions of Barrels per Day Oil Equivalent (MBODE)

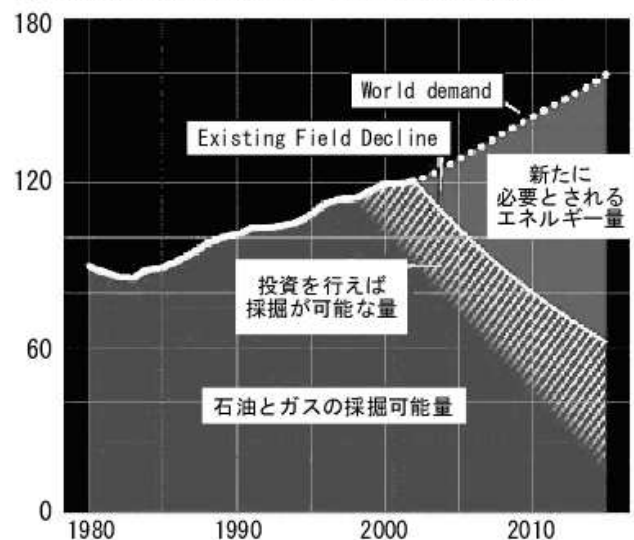


図 1 Supplying Oil and Gas Demand Will Require Major Investment

II 帆走式洋上風力発電(Sailing Wind)

水素社会が始まる頃、すなわち燃料電池が一般化すればもはや電力系統に繋ぐ必要はなく、高価な送電線は不要であり、水素を発生させれば事足りる。水素を船で運ぶとすると、陸地までの距離も関係ない。そうなれば適度の風が吹いている場所を求めて移動出来るようにすれば何時も効率よく発電できるし、台風を避けて移動すれば大波や暴風に遭わずにすむ。移動可能にすることで発電量を増やせる上に、設計荷重を下げられる訳である。普通の塩水の電気分解では陽極で塩素が発生し環境に害を与える。淡水の電気分解は技術的には高効率のものが開発されているが、電極に希少金属の白金を用いているため大規模の基幹エネルギーとしては成り立たない。一方、塩素を発生しない陽極の工夫に関しては東北工大の橋本が希少金属を使わない電極材を開発し、この問題を解決している。

風車を洋上で移動するプラットフォームに載せることにすると、ある程度の数の風車を纏めた

その他の周辺機器も纏められて有利である。またプラットフォーム同士の衝突の危険を減らすためにも必要である。そこで後流影響を 600m とすると双胴浮体 1 列風車が一つの候補となる。

1. 概念図 概念を図 2 に示す。これは以下の条件の下に検討された。・外洋環境下で安定した強度を維持し、風力発電に悪影響を与えない配置を提供する浮体構造とする。・水深が数千 m となる海域でも位置保持可能とする。・巨大低気圧等による荒天海象にも対応する。・100 年を超える長期耐用性、維持補修性を有する。

風と波により押し流されないで位置を保持する力を発生させるためにヨットと同様の揚力を利用する。つまり、一点に留まるのではなく、風に垂直に走りながら流される力に拮抗する力を発生し、適当な位置でユーターンするという動作を繰り返して凡その位置を保持する事となる。風車抗力、波漂流力に十分対抗する揚力をストラットに発生させるためには、それに十分な前進速度が必要である。前進速度を得る方法とし

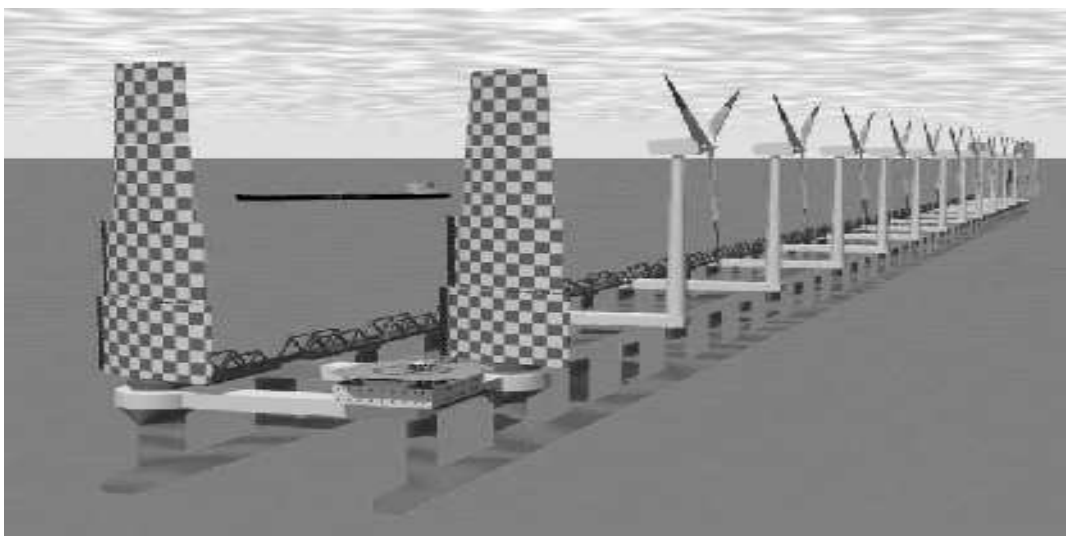


図 2 帆走式洋上発電

ほうが操船上も容易であるし、水素発生装置やて帆翼とスラスト(スクリュウ)が考えられるが、

安全性確保の観点から両方を装備することが望ましい。

帆走式洋上風力発電の場合、暴風大波高の状況での安全性は極めて重要であり、大波高の時でも波に流されない波喰い推進浮体は安全性を増す上で大切である。波喰い推進はローハルを翼型にすることで実現できる。水槽模型で実験を行い、実験周波数全域で波に向かう推力発生を確認してた。このときは、波浪推進により波漂流力を打ち消すばかりでなく、それ以上に大きな推力の発生が見られている。

2. 帆走シミュレーション 風速 14m/s、有義波高 2m (波周期 5 秒) の時、帆のみで、風上に移動できるかを否かを検討したところ、5MW 風車を 11 基/浮体まで搭載可能な結果となっている。図 3 にシミュレーション計算で求めた帆走ポラー曲線を示す。風上側に少し上ることが出来、風波に対して真横 (90 度もしくは 270 度の方向) に移動する時の速力は 4.8 ノットであり、帆のみで位置保持可能であるとの結果となっている。

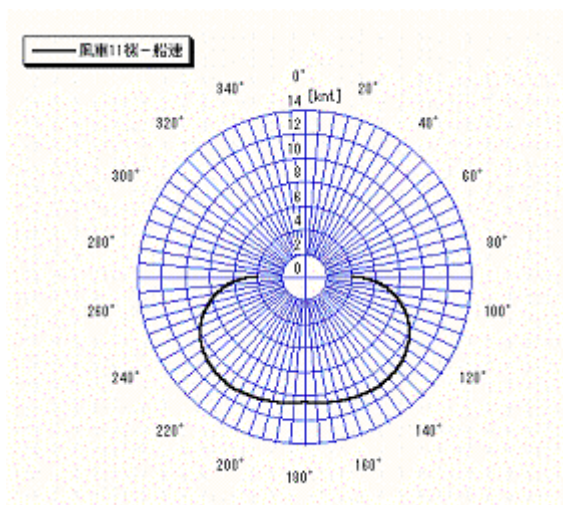


図 3 帆走ポラー曲線

台風回避シミュレーションを行った。図 4 に台風経路とシミュレーション時の浮体初期位置 (8 月 3 日の浮体位置) との関係を示す。図中の破線は沖ノ鳥島 EEZ 円を表す。8 月 3 日～8 月 9 日までのシミュレーションによる浮体の航跡一例を図に示した。浮体が遭遇した有義波高は 6m 以下であり、スラスト併用によって危険な海象を回避できている。なお 1 週間 (8 月 3 日～8 月 9 日) の風車の積算発電電力量は約 330 万 kwh、台風回避用に消費したスラストの積算電力量は約 64 万 kwh、すなわちスラストの消費電力量は風車の発電電力量の 19.2%であった。多数のシミュレーションの結果、スラストに関しては定格出力 4,200kW×6 基の装備によって最大 7～8 ノットの退避速力が得られること、本浮体の位置保持性能に関しては、通常の稼働条件下において、帆のみを推進力として風に流されずに一定の海域内において運用可能であることが判った。

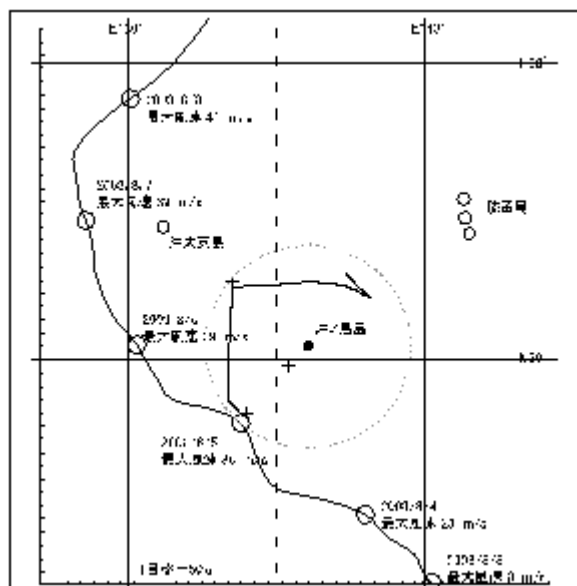


図 4 台風回避シミュレーション

3. 想定発電量 2002 年度の日本の総発電量は、

9.45 x 10¹¹ kWh とされており、この内、18%を占める石炭火力発電に匹敵する発電量を風力発電で賄い、陸上に供給することを考える。現時点で実現が視野に入っている大型風車として5MW級の風車を搭載するとすると、条件を考慮して約15,500基の5MW風車が必要となる。浮体上に11基の5MW風車を搭載するとすると、約1,400ユニットの浮体を洋上に展開することになる。10km四方に1ユニットを配置するとすると、100 km² x 1400 ユニット=140,000 km²の面積が必要となる。約3.5%の水域を浮体式風力発電システムの海域として占めるだけで良いこととなる。水素変換効率にもよるが、我が国の2002年度CO₂排出量(約13億トン/年)の約10%のCO₂排出削減の可能性があるとされる。

ック・タイム(EPBT)=22.7年となった。浮体の耐用年数は100年で設計してあるので、建造後23年で建造と維持(100年間)に掛かるエネルギーが回収出来、残りの耐用年数で発生されるエネルギーが純粋に生産したエネルギーとなる。より成熟した技術として海水を淡水化後にアルカリ電解するとすると、エネルギー収支比=6.98、エネルギー・ペイ・バック・タイム(EPBT)=12.6年となる。

参考文献

木下健 他, 2005, 「環境負荷の小さい基幹エネルギーとしての帆走型洋上発電」, 日本船舶海洋工学学会論文集, 1, 43-53

III エネルギー LCA 図5に海水の直接電解の場合のエネルギー収支を計算の結果を示す。エネルギー収支比=4.04, エネルギー・ペイ・バ

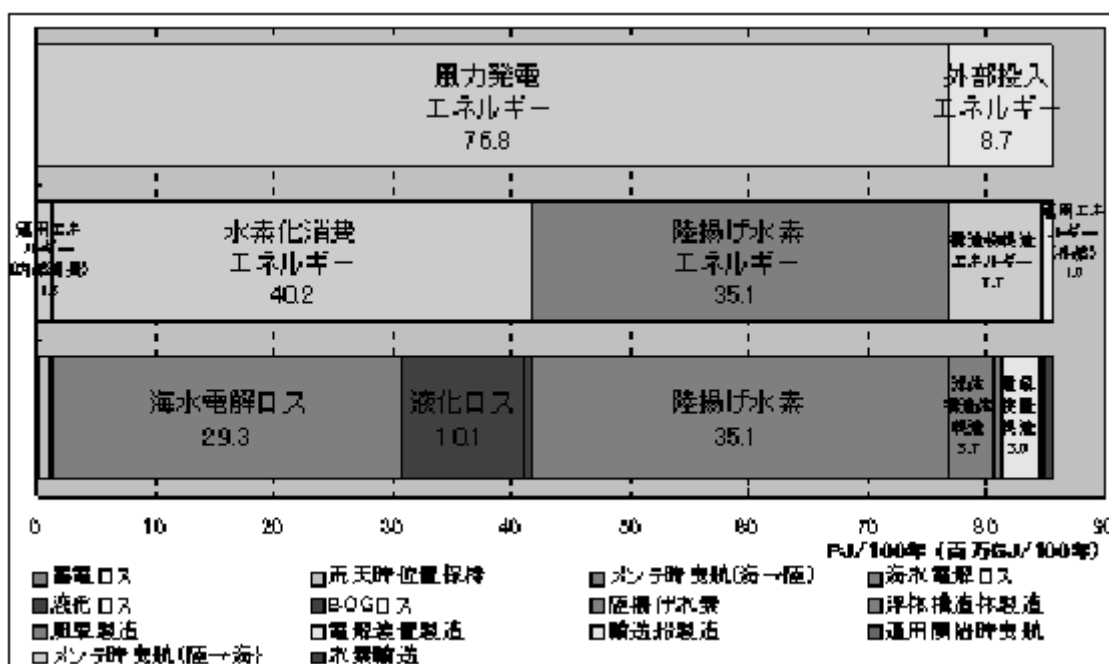


図4 エネルギーLCA

日本気象学会の紹介と入会のご案内

1 気象学会とは

創 立：1882年に社団法人日本気象学会として創立。

目 的：気象学の研究を盛んにしてその進歩をはかり、国内国外の関係学会と協力して学術文化の発展に寄与する。

2 事 業

- ・全国大会：春季（東京近辺）・秋季（地方都市の持ち回り）の年2回開催。
（大会の内容：会員の研究発表・シンポジウム・交流等）
- ・図書刊行：機関誌「天気」、論文集「気象集誌（英文）」、「気象研究ノート」の刊行。
- ・国際会議：気象に関する国際会議の開催（不定期）。
- ・気象講演会：気象知識の普及のため一般の人々を対象に実施。

3 会 員

通常会員、特別会員、団体会員、賛助会員、名誉会員で構成。

現在、各官庁・大学の気象研究者や学生、教職員、公営・民間の企業で気象に関連する業務に携わっている人達、また気象に興味を持っている人達が会員になっています。

4 会 費

通常会員・特別会員とも

A会員：年会費 6,900円（学生4,200円）

B会員：年会費 12,600円（学生8,100円）

5 会員の特典

- ・機関誌「天気」は全員に、論文集「気象集誌」はB会員に配布されます。
- ・気象学会の刊行図書を会員価格で割引購入できます。
- ・気象学会が主催する各種の学術会議に参加できます。
- ・機関誌、気象集誌へ投稿できます。

6 北海道支部事業

- ・研究発表会を年2回開催（札幌市）。
- ・機関誌「細氷」の年1回刊行と会員への配布（研究内容の要旨や解説記事を掲載）。
- ・気象講演会を一般の人々を対象に地域の実情に沿ったテーマで開催。
- ・夏季大学「新しい気象」を年1回開催（札幌市青少年科学館と共催）。

気象学に関心のある方なら、どなたでも加入できます。詳しくは下記にお問い合わせ下さい。

問い合わせ先 〒060-0002 札幌市中央区北2条西18丁目
札幌管区気象台技術部気候・調査課内
日本気象学会北海道支部事務局
TEL 011-611-6147
FAX 011-611-3206