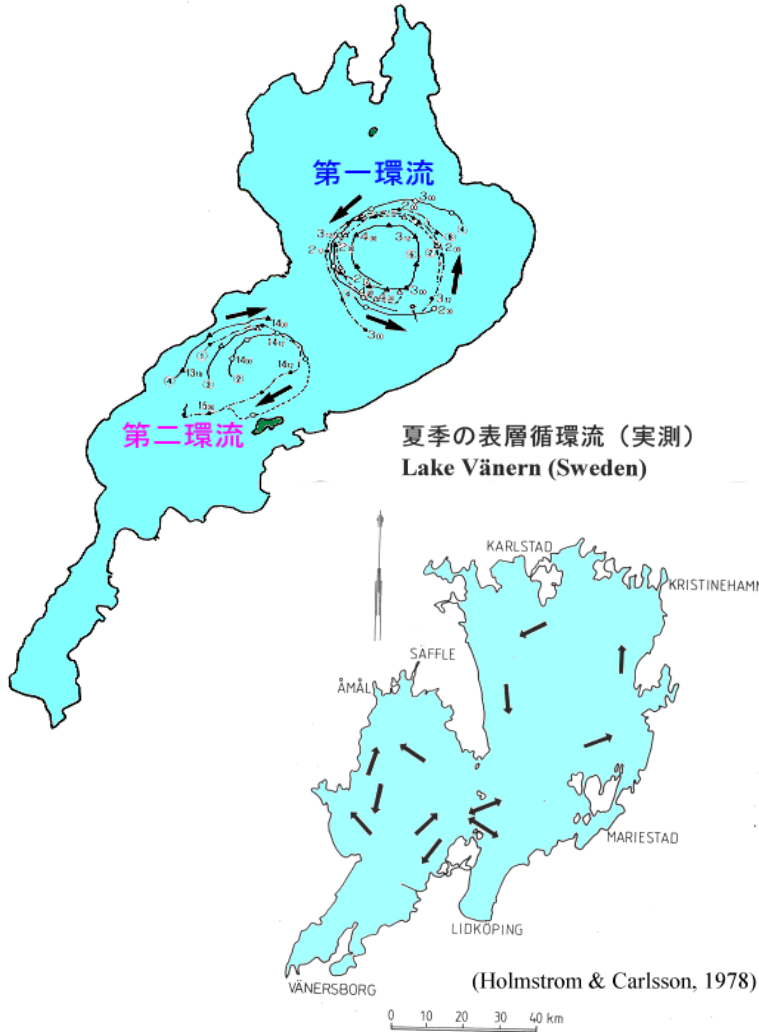
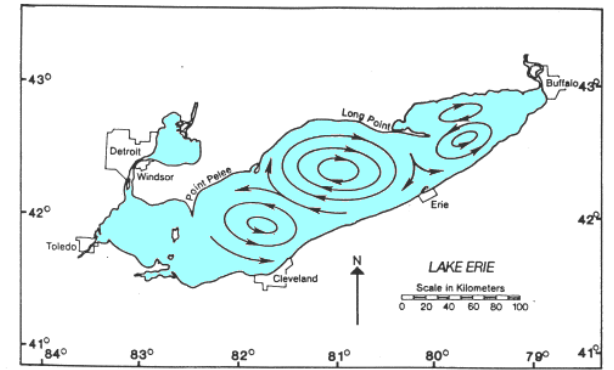
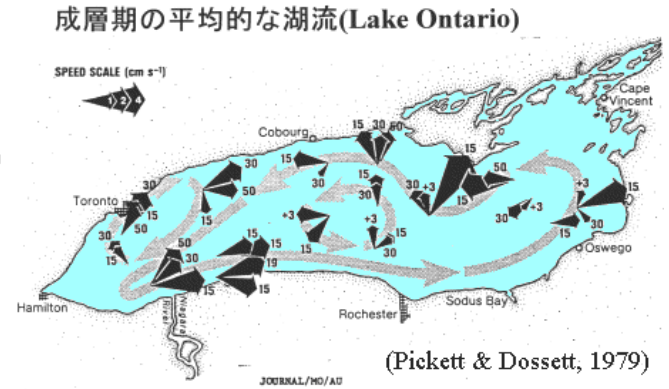


# びわ湖の環流に関する一考察

遠藤修一・吉田真由美（滋賀大学教育学部），  
奥村康昭（大阪電気通信大学工学部）



夏季の表層流  
Lake Tahoe (California, U.S.A.)  
(Strub & Powell, 1986)



エリー湖の環流(Saylor & Miller, 1983)

# びわ湖の環流の発見

1925年8月29~31日の調査

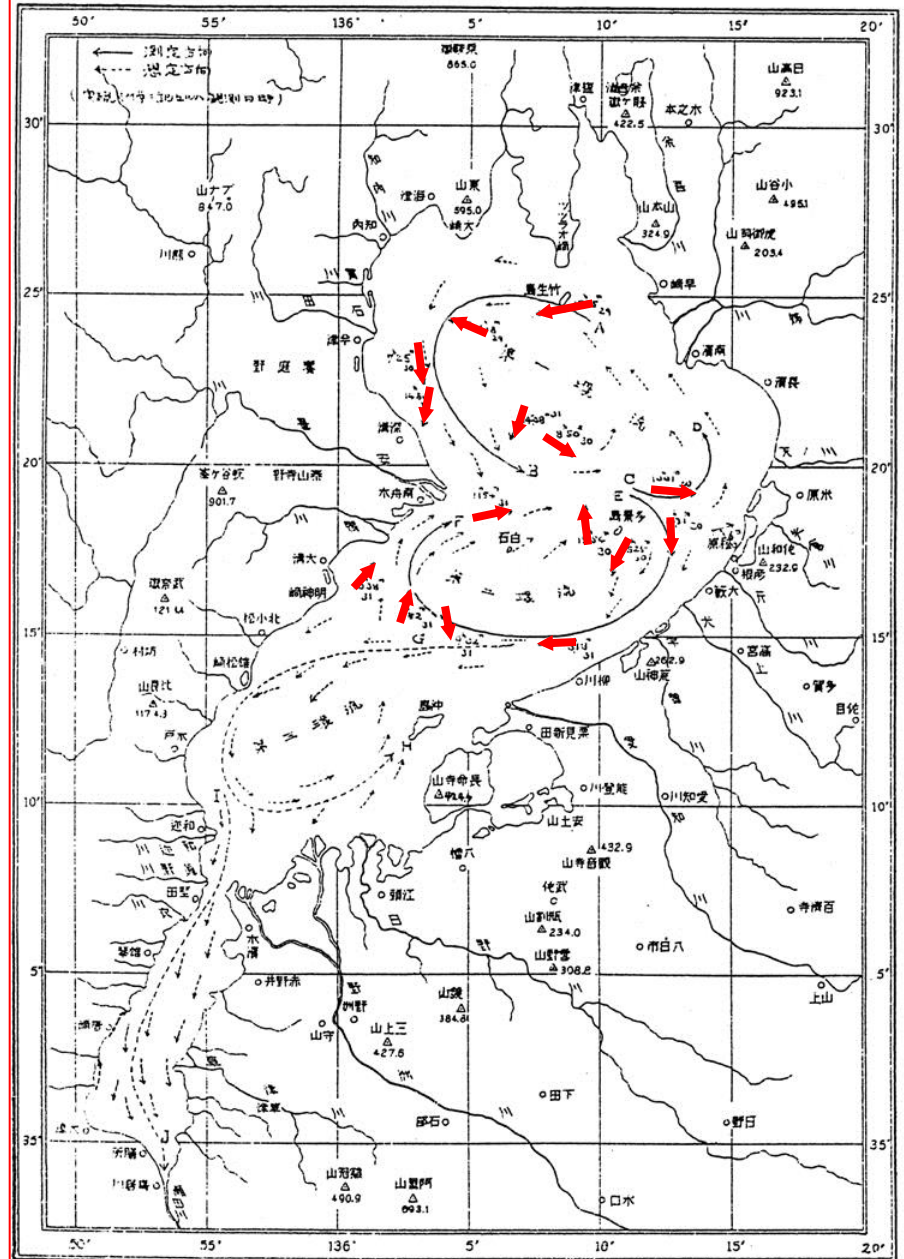
**実線:** 気泡式流速計による実測

(0~10m層の平均)

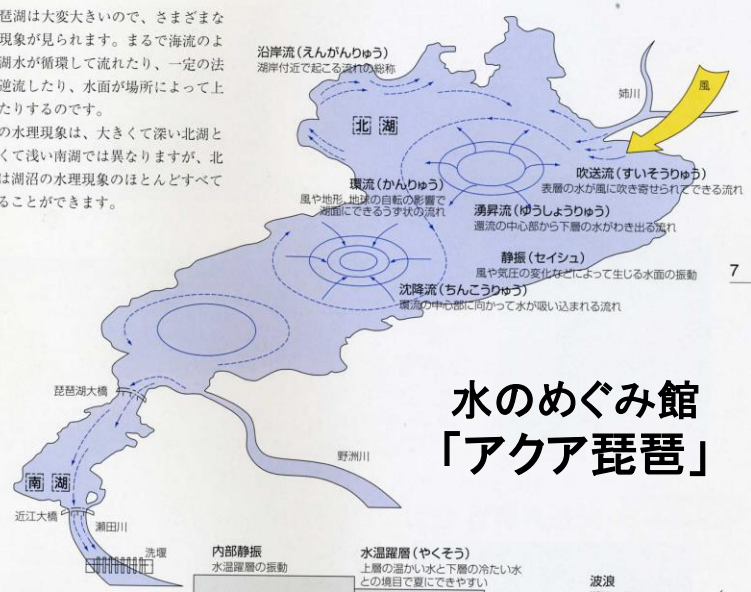
**破線:** 想定方向

いわゆる第三環流の実測なし

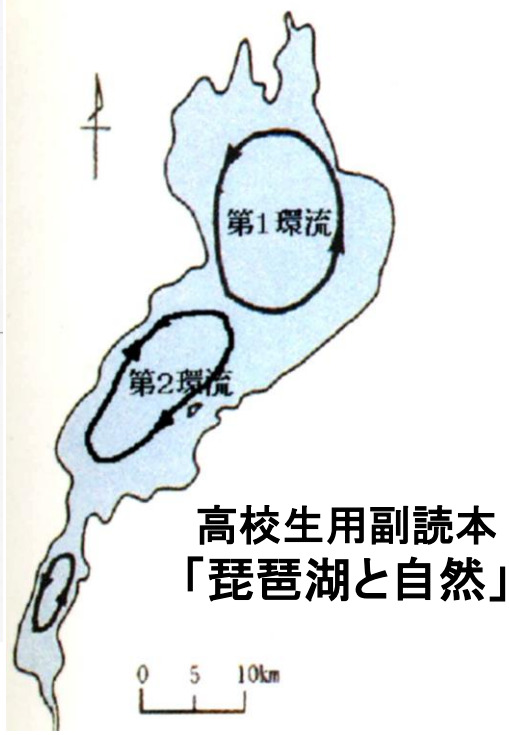
海洋気象臺彙報8(1926)による



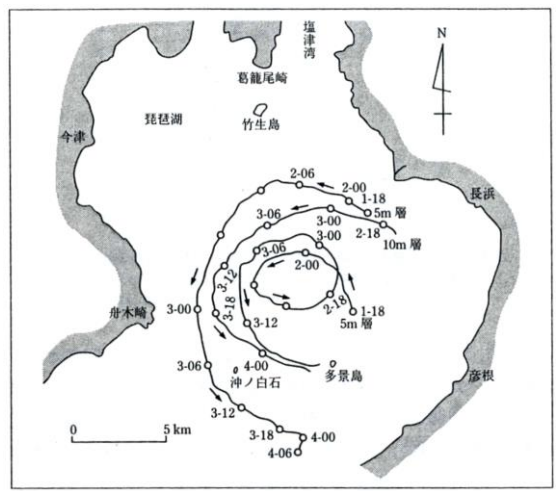
琵琶湖は大変大きいので、さまざまな水理現象が見られます。まるで海流のように湖水が循環して流れたり、一定の法則で進流したり、水面が場所によって上下したりするのです。  
この水理現象は、大きくて深い北湖と小さくて浅い南湖では異なりますが、北湖では湖沼の水理現象のほとんどすべてを見ることができます。



### 水のめぐみ館 「アクア琵琶」



### 高校生用副読本 「琵琶湖と自然」



### 西條・三田村編 新編「湖沼調査法」



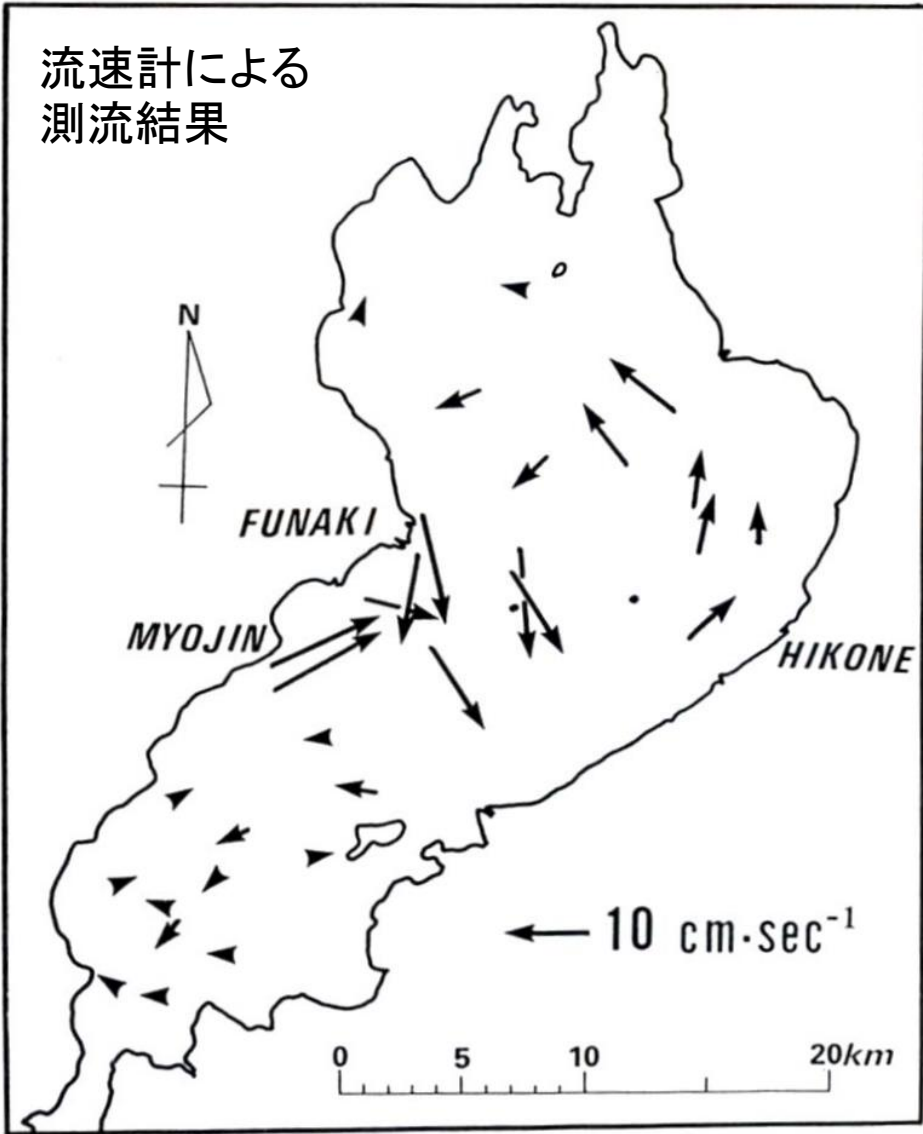
### 琵琶湖流域研究会編 「琵琶湖流域を読む(下)」



### 滋賀県立大学環境フィールドワーク研究会編 「環境フィールドワークのすすめ」

文献に登場する  
さまざまな「環流」

流速計による  
測流結果

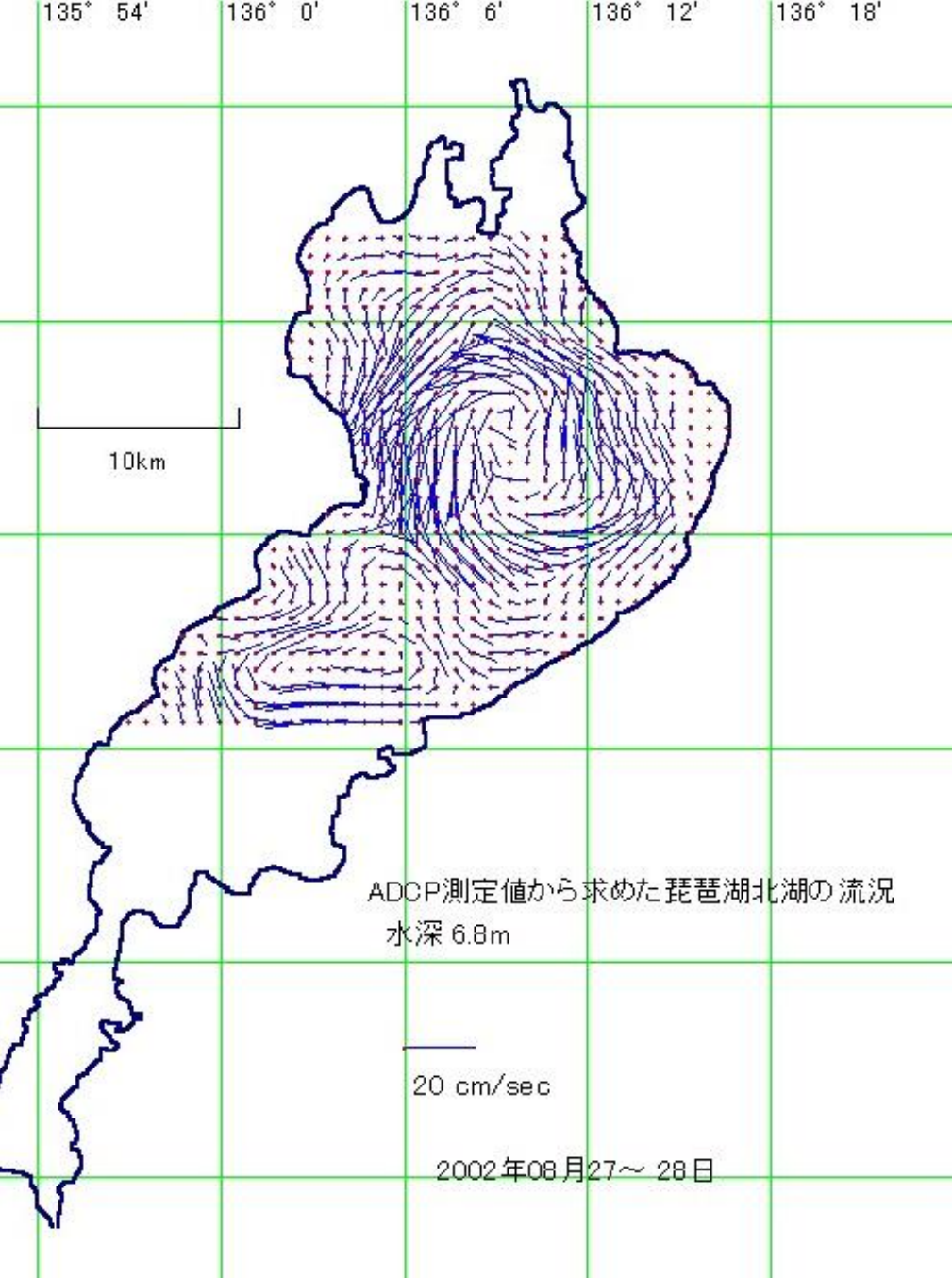
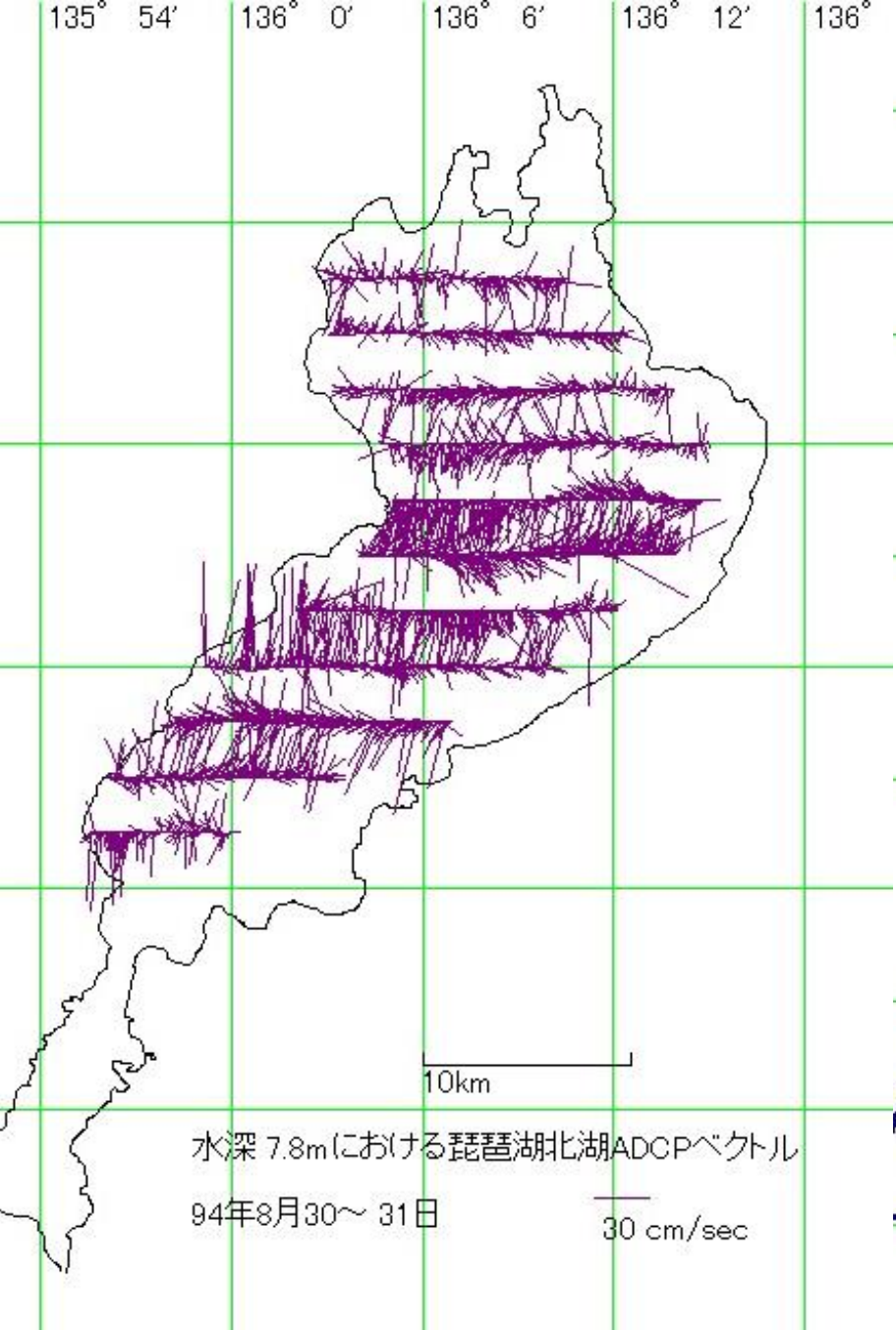


レーダによる  
ブイ追跡結果



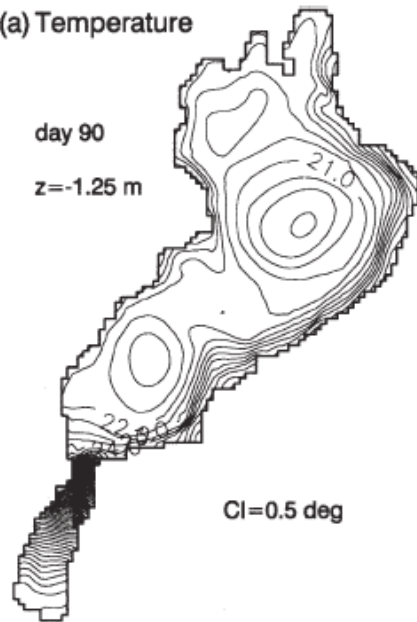
遠藤ほか  
滋賀大学紀要 (1987)

Fig. 5. Horizontal distribution of current vectors during summers of 1977-1991, averaged over about one month.

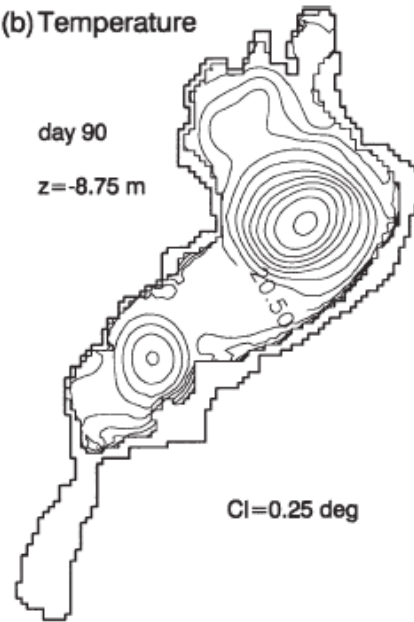


曳航式ADCPによる調査結果(琵琶湖研究所による)

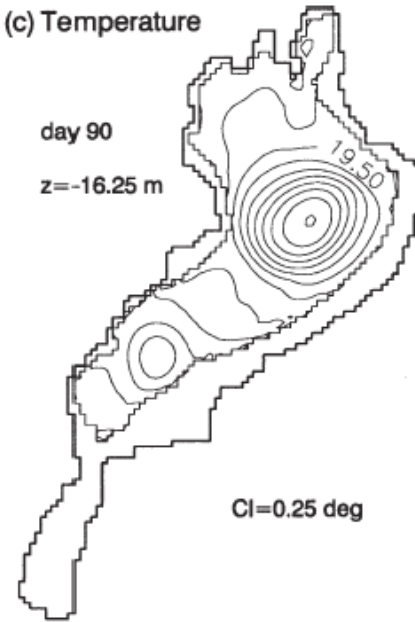
(a) Temperature



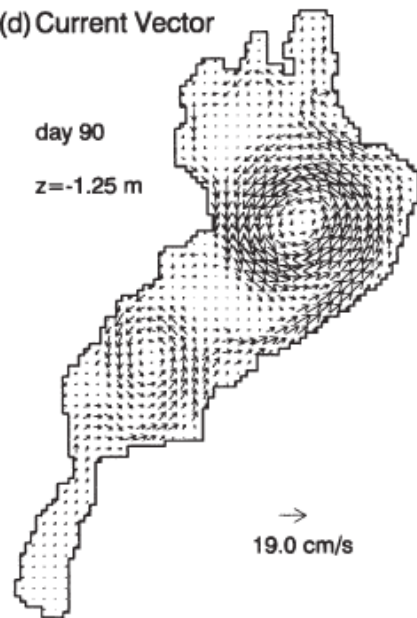
(b) Temperature



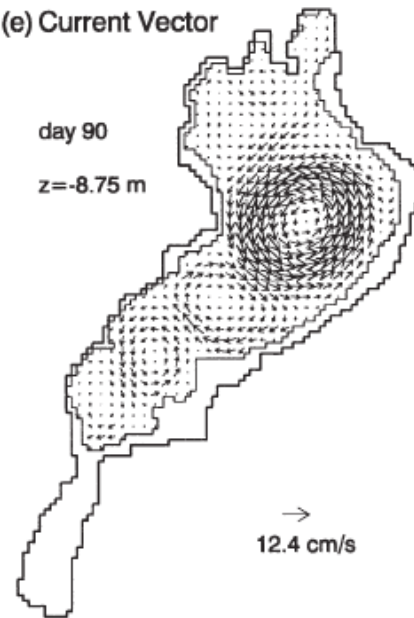
(c) Temperature



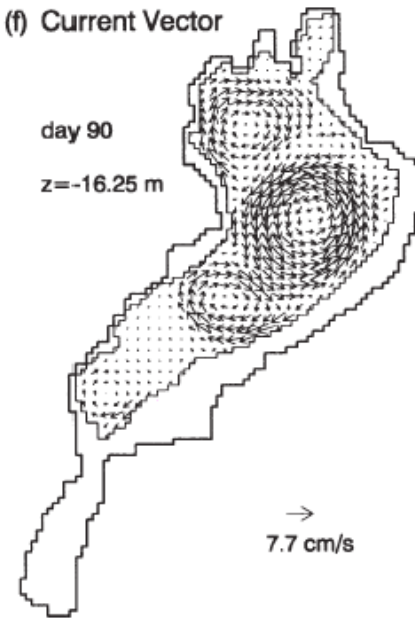
(d) Current Vector



(e) Current Vector



(f) Current Vector



加熱効果による  
環流の形成  
Akitomoほか  
Limnology (2004)

# 平成17年2月滋賀県議会 予算特別委員会 琵琶湖環境部長答弁要旨

## (質疑事項)

琵琶湖の現状説明や行政課題への対応について

(1)琵琶湖北湖で「右回り」の新たな環流が発見されたことについてであります。冬季における「右回り」の環流は、琵琶湖研究所が毎月実施してまいりました定期観測によって、発見されたものでありまして、1925年に神戸海洋気象台が夏季の「左回り」の環流を発見してから80年ぶりの新発見であり、学術的に高く評価されております。

(中略)

これまで、「右回り」の環流が発見されなかったのは、例年は、琵琶湖は均一に冷やされ、水温の差がなく環流の発生には至らなかったからだと考えられます。ところが、昨年末は気温が高く推移してきたところに、今年になって急に寒波が訪れたために顕著となった現象であり、湖岸や河川から冷却された大量の水が湖底に沈みこむ過程で湖内に対流を引き起こし、この流れに地球の自転の影響(コリオリの力)が働いて発生したものとみられております。

## びわ湖の環流とは

1. 成層期(5~11月)に存在し, 冬季には存在しない
2. 水温躍層よりも浅い層のみに存在する
3. 流速は10~30cm/s(第一環流域では, 約2日で一周)
4. 流れはバロクリニック(傾圧的)な地衡流(傾度流)に近い

## 環流の謎

1. 形成・維持機構(風成論and/or熱対流論orその他)
2. 環流システムの実態(第三環流の存否も含めて)
3. 環流の力学構造(鉛直循環流も含めて)
4. 環流と水質形成, 環流と生態系, 環流と堆積環境, .....



# 1. 形成・維持機構(風成論and/or熱対流論orその他)

- ・閉鎖水域における水の流動は, 基本的に「循環流」である。  
水平循環流をすべて「環流」と呼んでいいのか?  
南湖にも環流がある?
- ・なぜ, びわ湖には反時計回りの大きな環流が生じるのか?
  - 他の湖にはなぜ生じないのか?
  - 「地形の影響」という理由は, 全く疑問に答えていない。
  - 内部変形半径(夏季で約5km)と湖のサイズの関係?
- ・環流はもとより, 気象データなどの観測事実の積み重ねが必要  
観測事実は尊重すべきものである。レビューが重要である。

## 2. 環流システムの実態（第三環流の存否も含めて）

### ・『びわ湖にはいつでも3つの環流がある』

まだ誰も実証していない。

「1925年には、あの位置に存在し、3つあった」 → 根拠なし

### ・第一環流と第二環流の相互関係

環流の維持機構にも関係するが、

風成論と熱対流論の両面からの検証が必要

### ・環流の位置は大きく変化するのか

環流以外に、内部波・慣性振動・吹送流・密度流などが共存

刹那的な観測結果で環流の位置を議論すべきでない

### 3. 環流の力学構造(鉛直循環流も含めて)

- ・環流の力学構造はどこまで解明されたか

遠心力を含めた地衡流に近い流れであるが、  
地衡流調節, スピンダウンなどについて調べる必要がある

- ・環流に付随する鉛直循環流とは何か

診断モデルで予見された鉛直循環流は何を意味するか？  
ADCPによる鉛直流はどこまで信頼できるか？

- ・環流のエネルギー収支

運動エネルギーと有効位置エネルギーの収支バランス

## 4. 環流と水質形成, 環流と生態系, 環流と堆積環境

### ・環流は「洗濯機」の役割を果たす？

北湖の電気伝導度がほぼ一様である。

局所的な汚染を湖全体に拡げる

### ・環流の存在によるびわ湖独特の生態系は存在するか？

環流による移流効果, 収束・発散の影響は？

### ・環流域の底質分布から何が推測できるか？

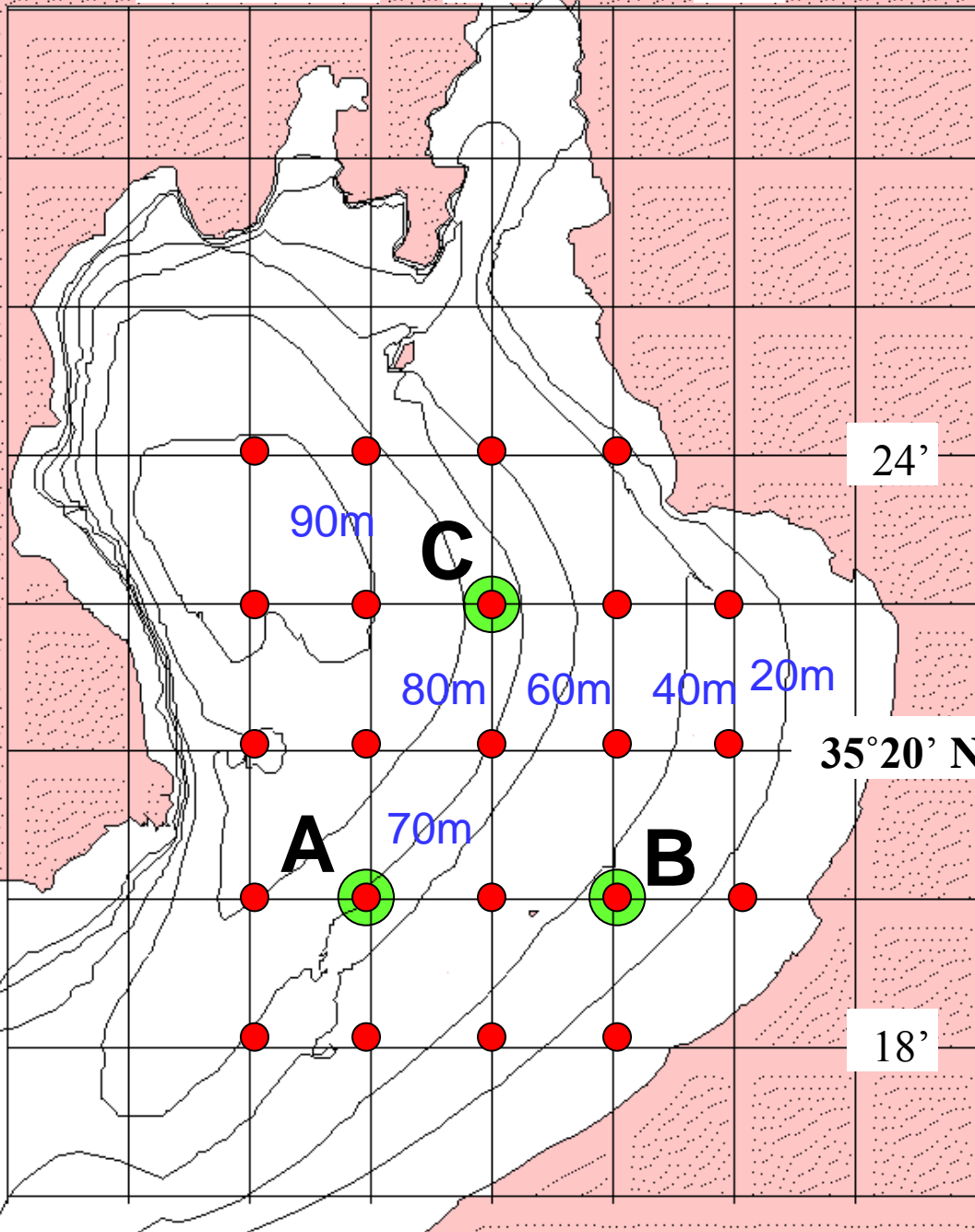
環流に伴う鉛直循環流と堆積環境の関係は？

環流の中心とびわ湖の深部とのズレはなにをもたらすか？

136°06' E

10'

14'



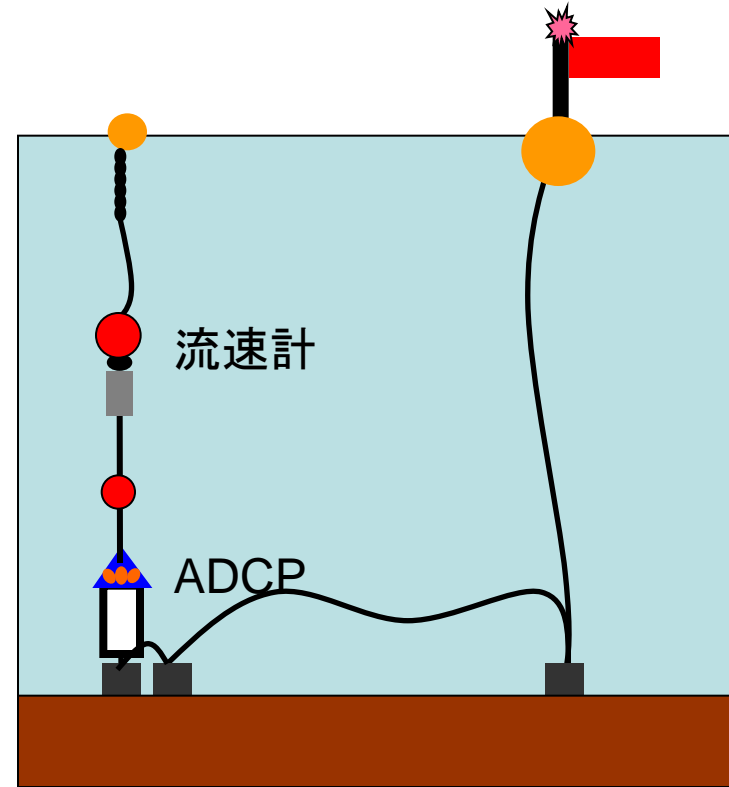
# 第一環流域における観測

● ADCPまたは流速計

Jun - Nov., 2007

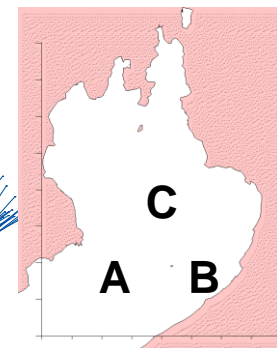
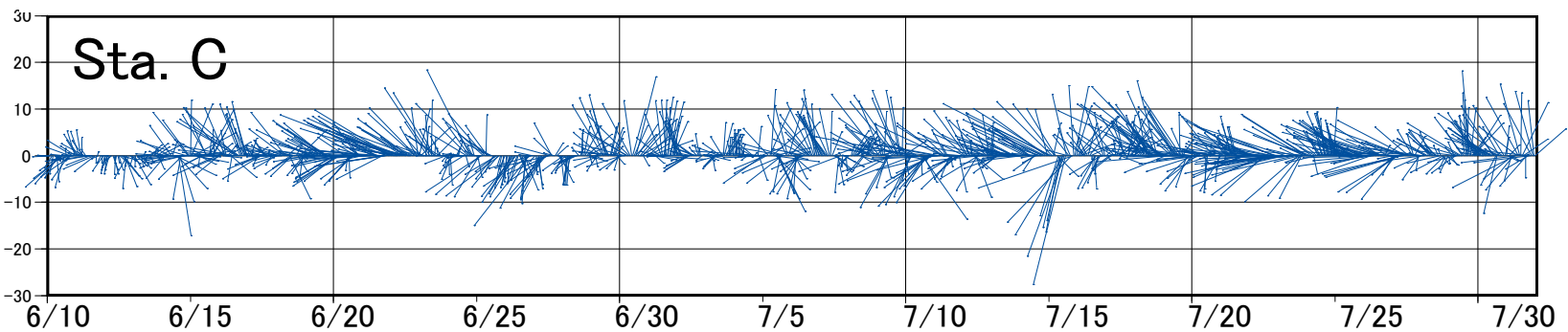
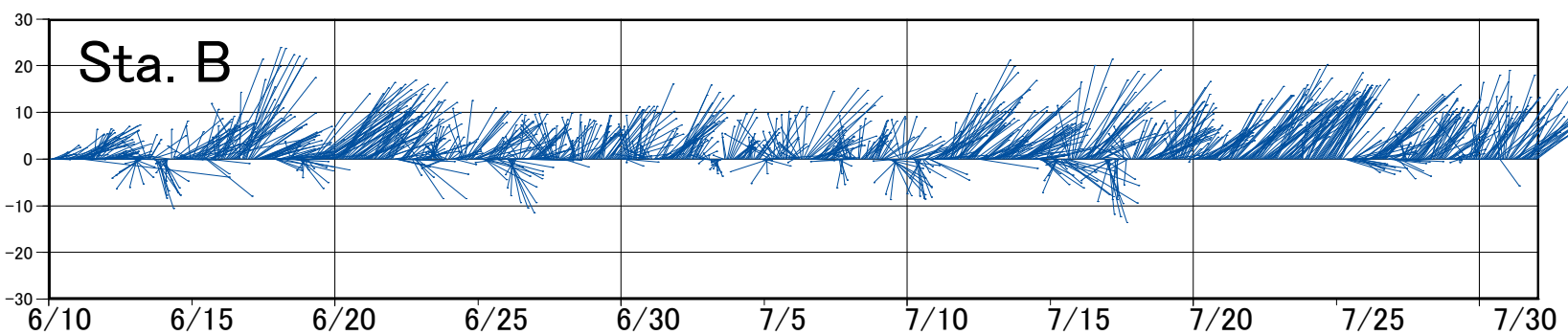
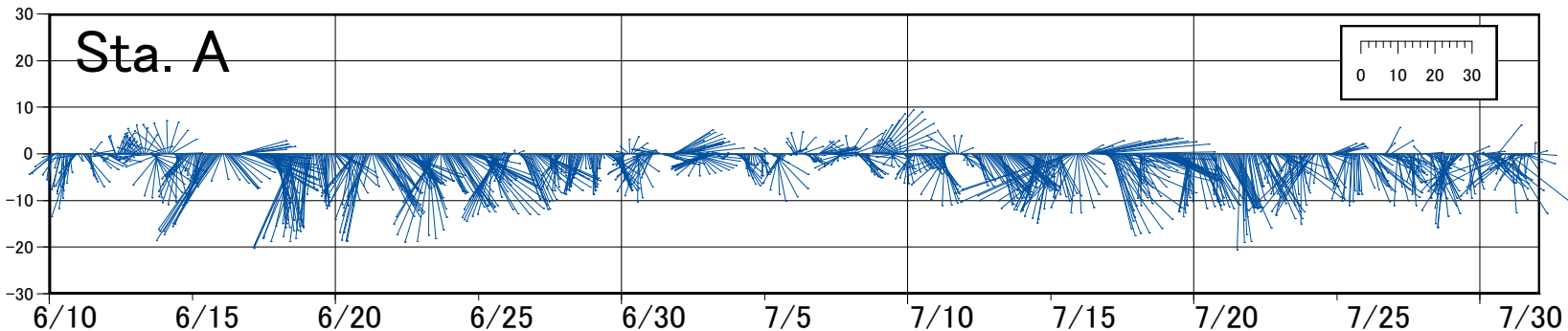
● 水質鉛直分布観測

4-5 Aug., 2007



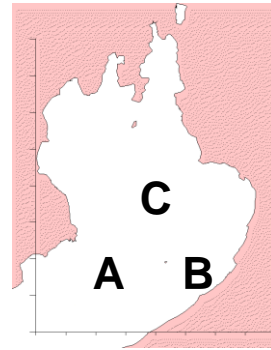
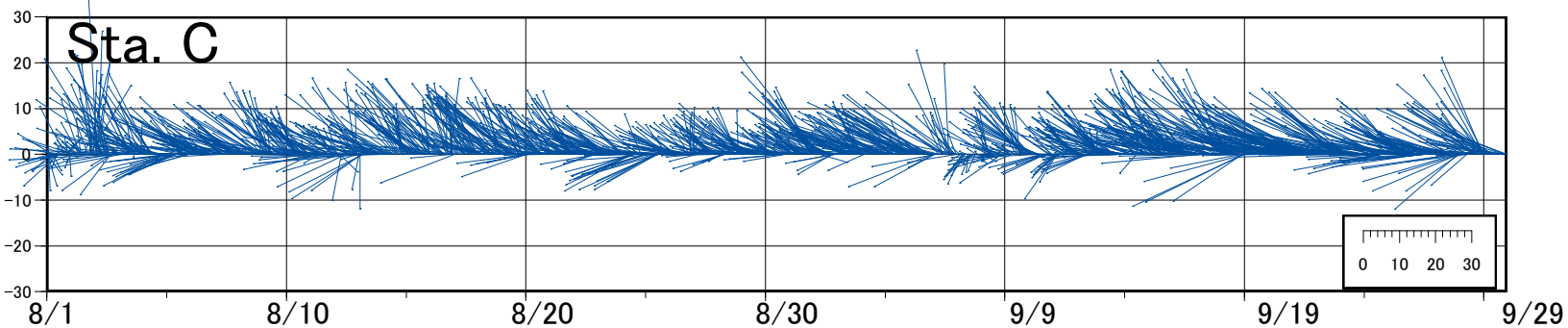
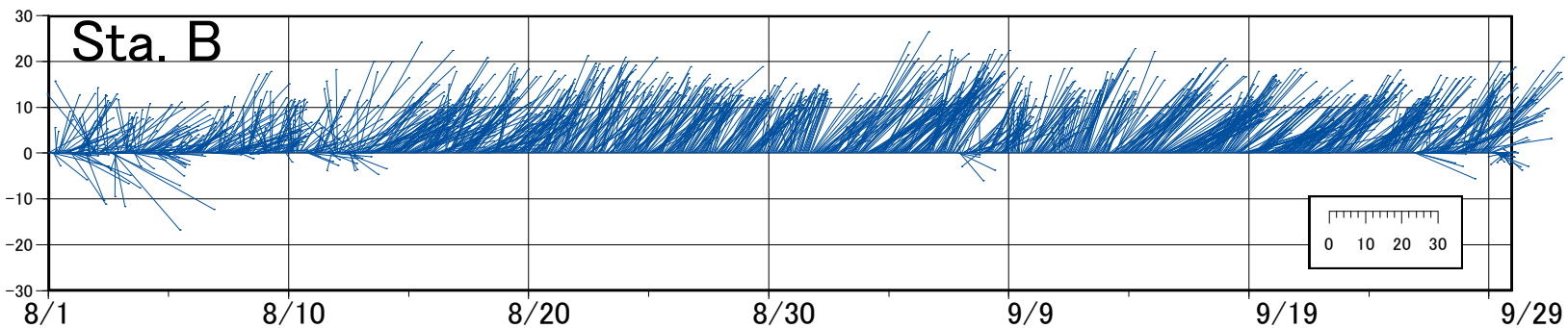
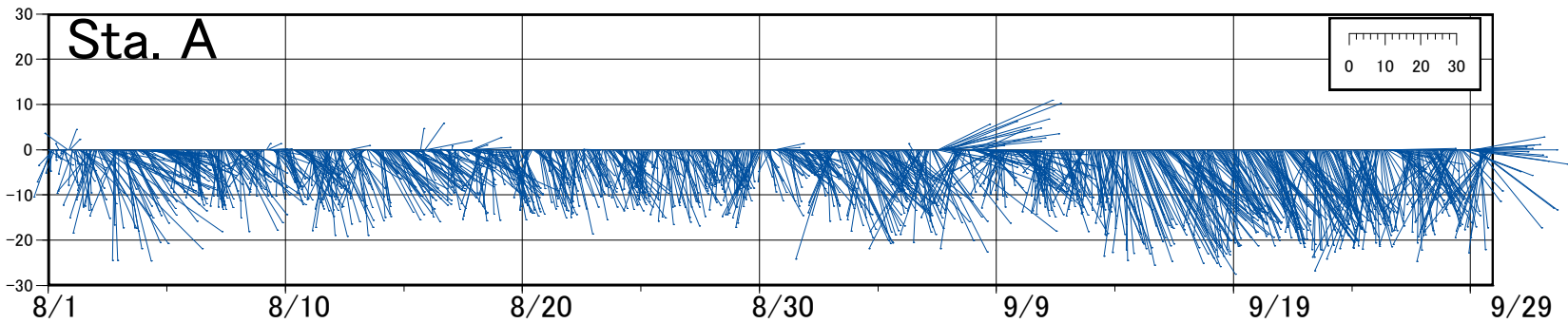
# びわ湖北湖表層における流向・流速 (ADCPと流速計による)

10 June – 31 July, 2007



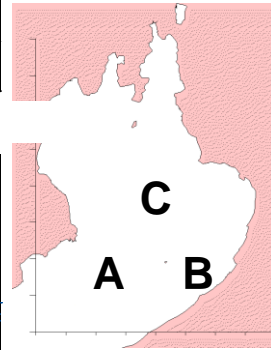
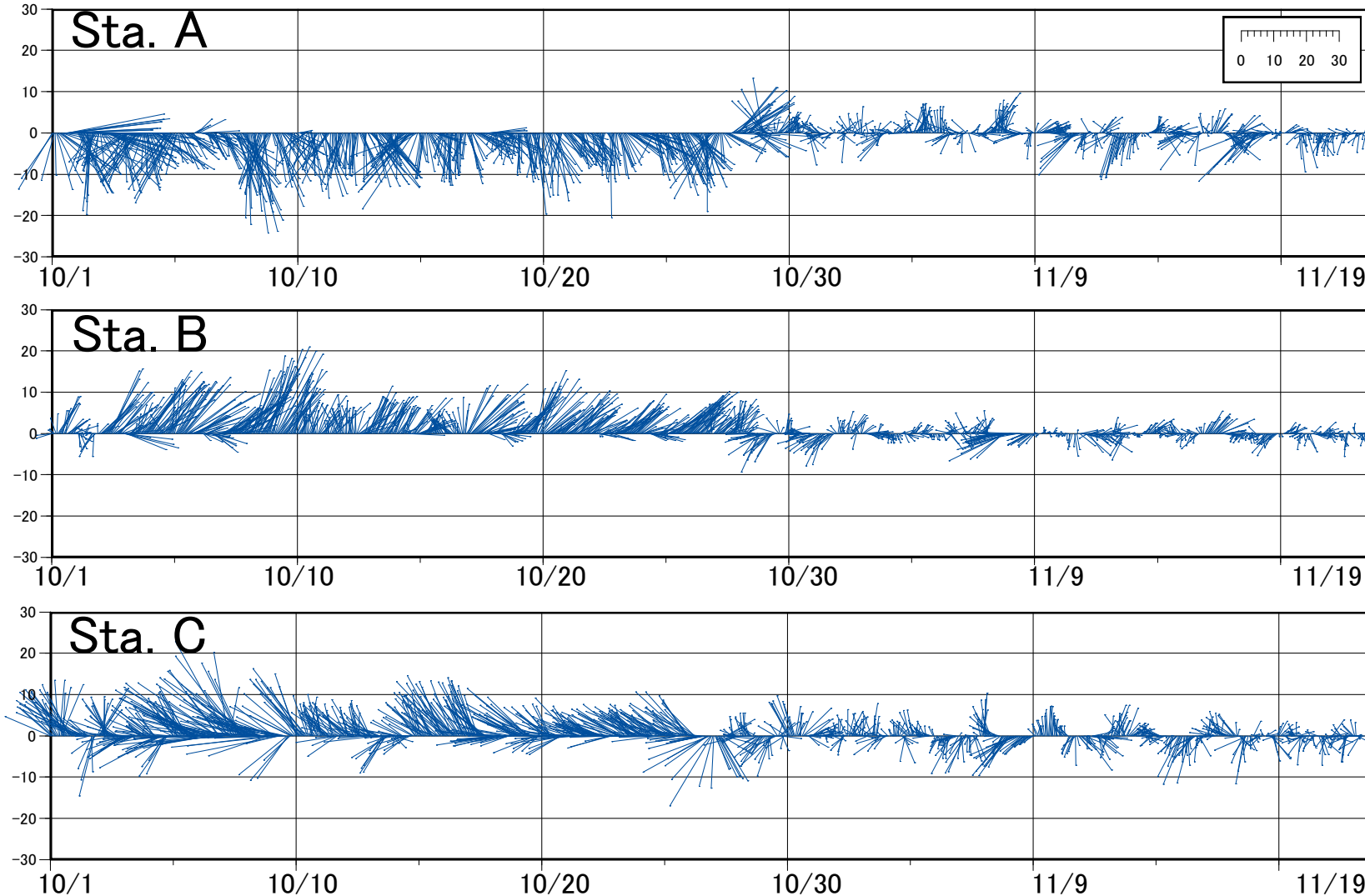
# びわ湖北湖表層における流向・流速(ADCPと流速計による)

1 August – 30 September, 2007

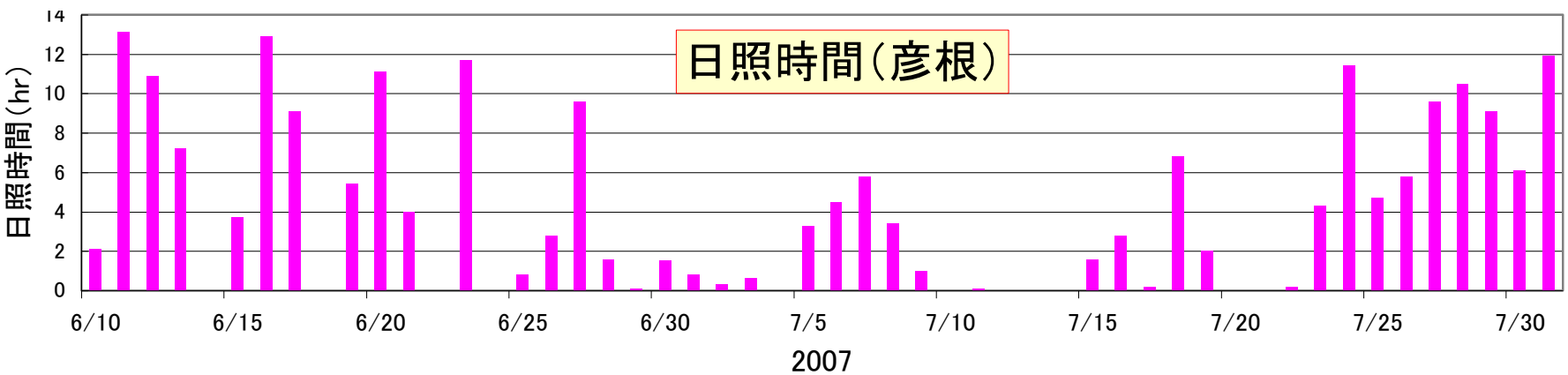
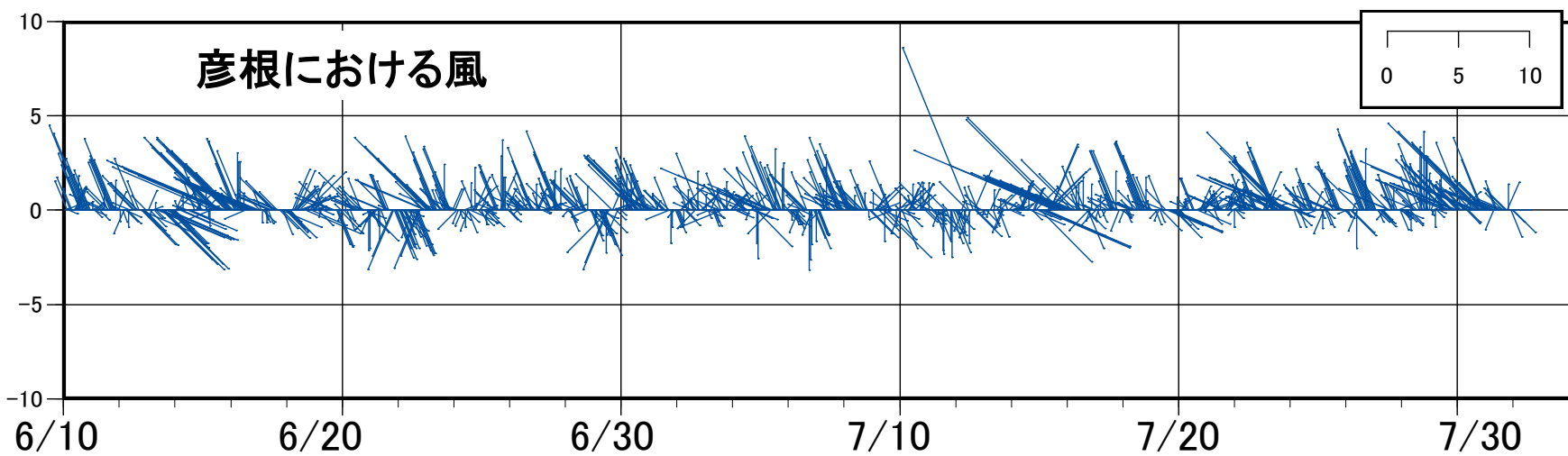
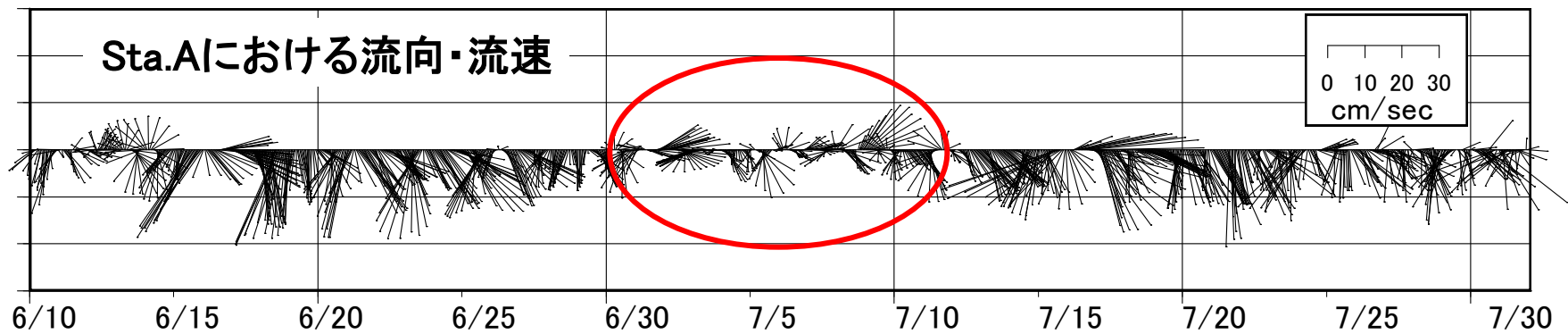


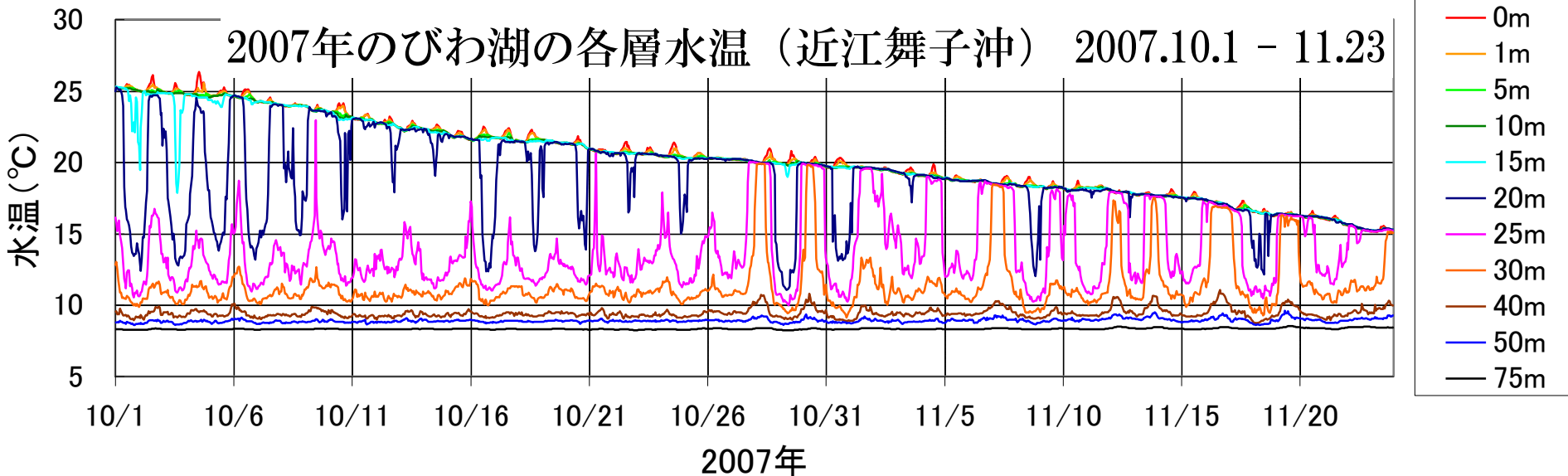
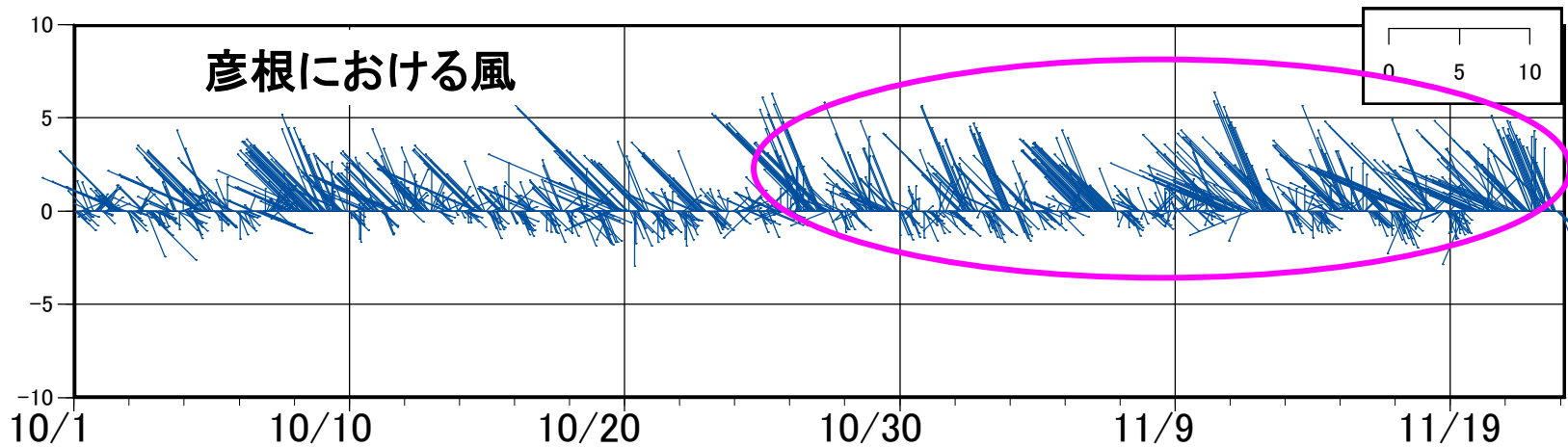
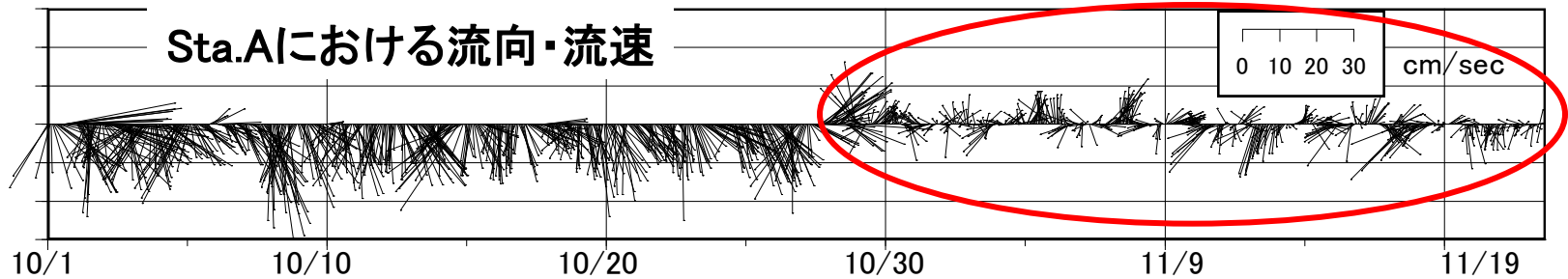
# びわ湖北湖表層における流向・流速 (ADCPと流速計による)

1 October – 23 November, 2007

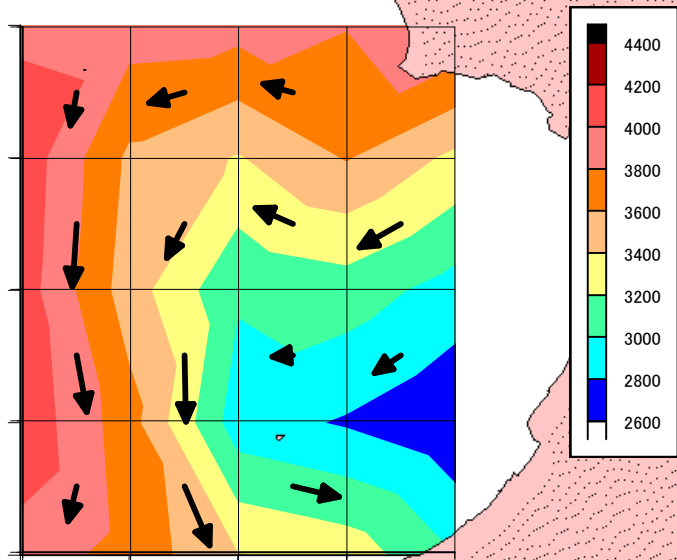




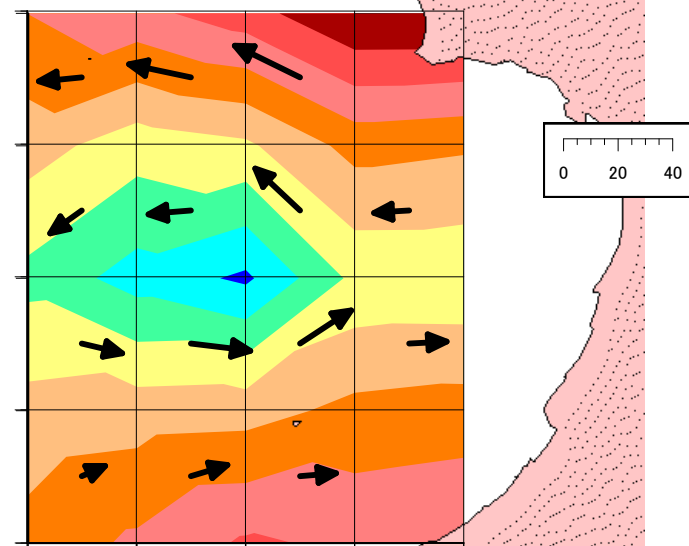




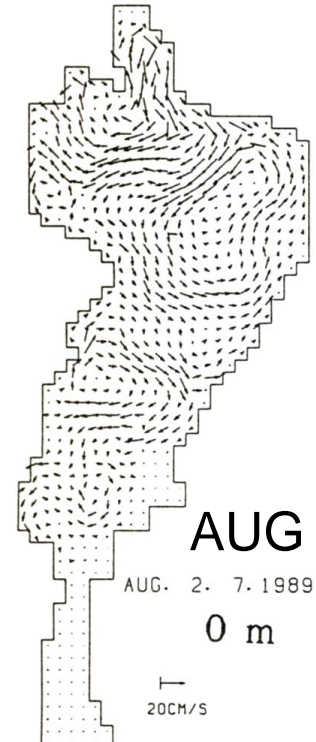
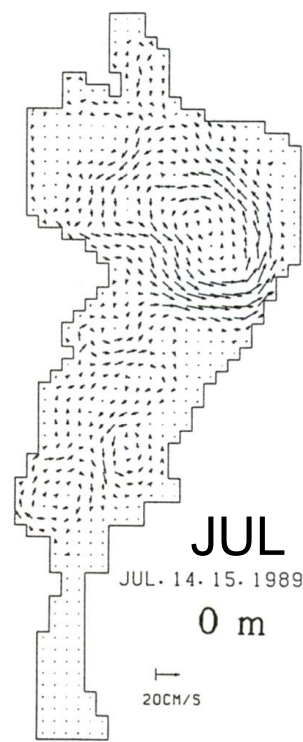
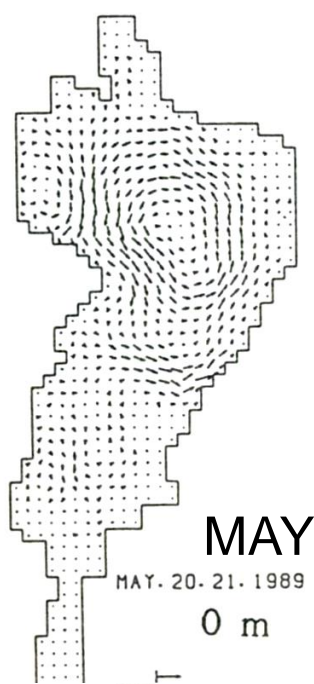
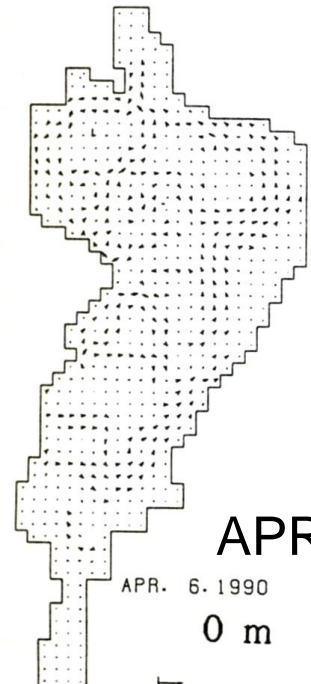
# 水温分布から求めた力学高度と地衡流



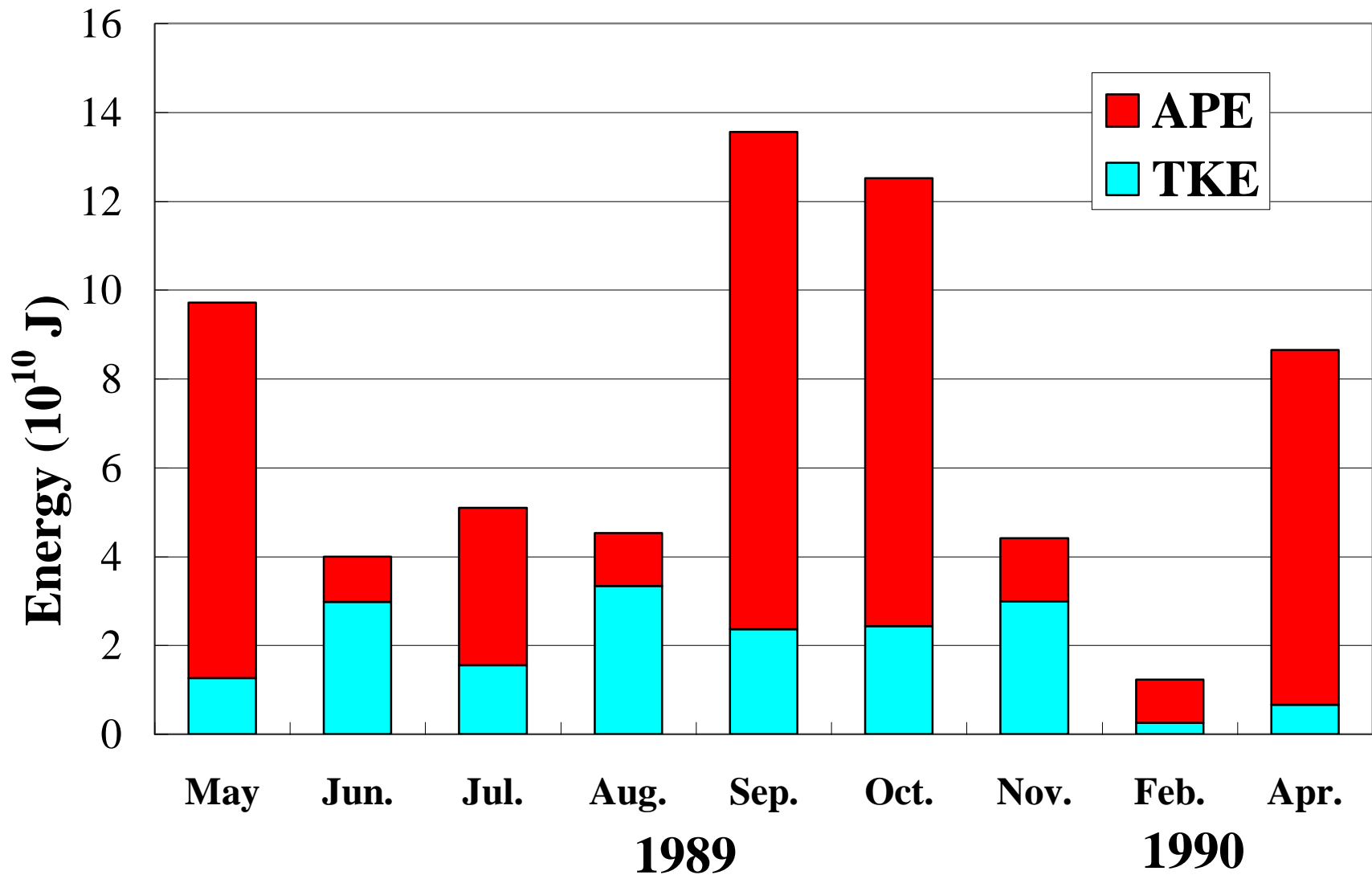
4 Aug., 2007



5 Aug., 2007



**水温分布観測結果から  
診断モデルで  
推定された流況  
1989-1990  
遠藤ら(1995)**

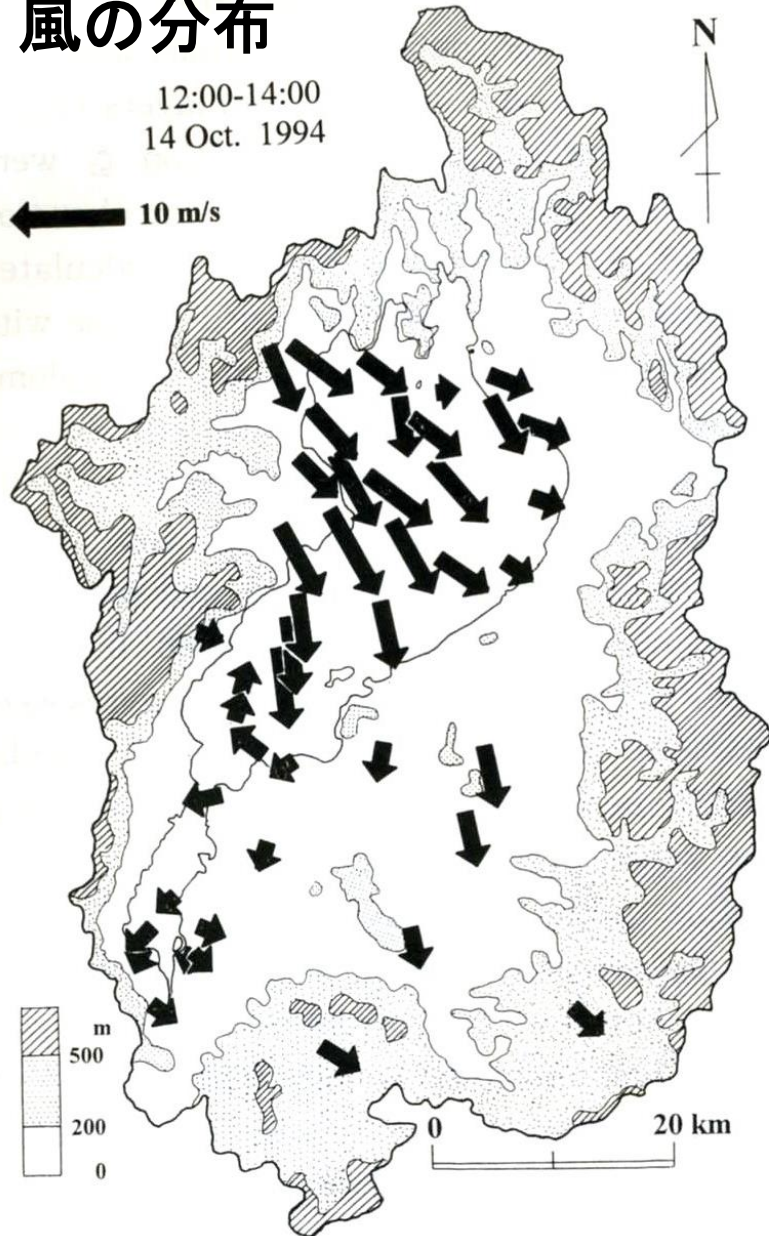


診断モデルによって得られたびわ湖全域の力学的エネルギー

APE:有効位置エネルギー (Available Potential Energy)

TKE:運動エネルギー (Total Kinetic Energy)

# 風の分布



# 風の分布を用いて計算された湖流

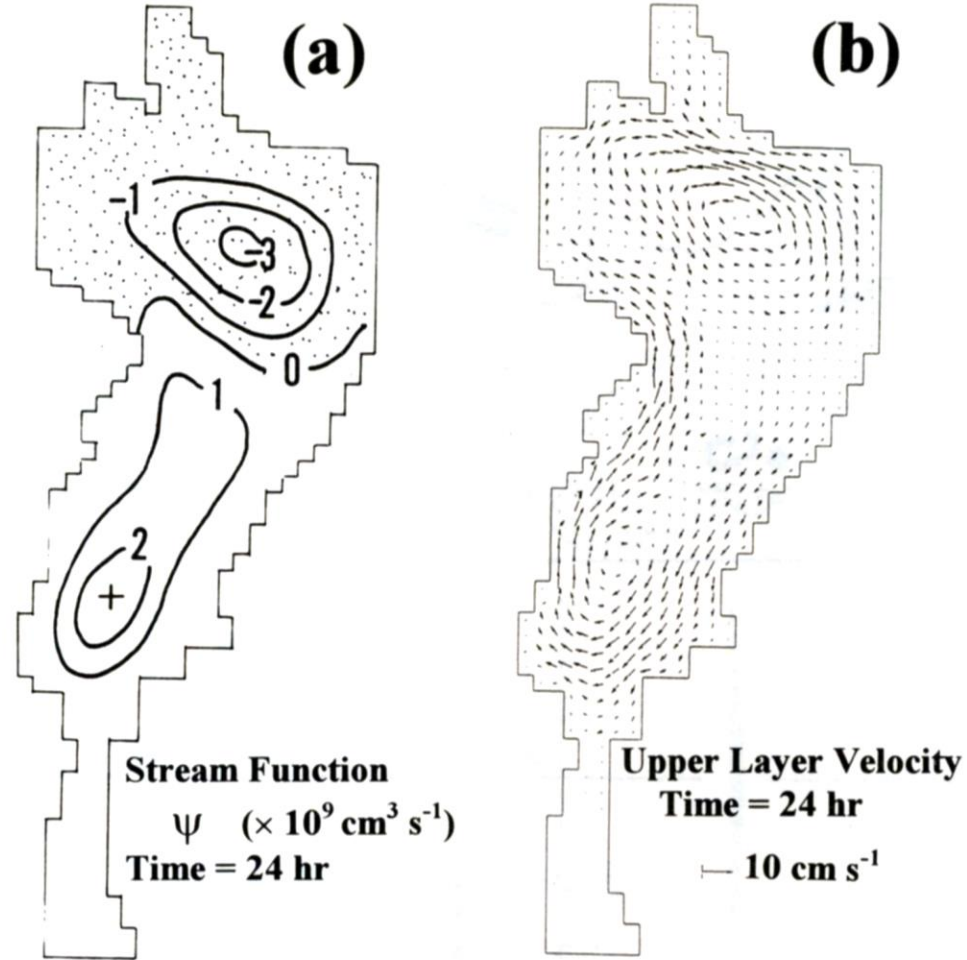


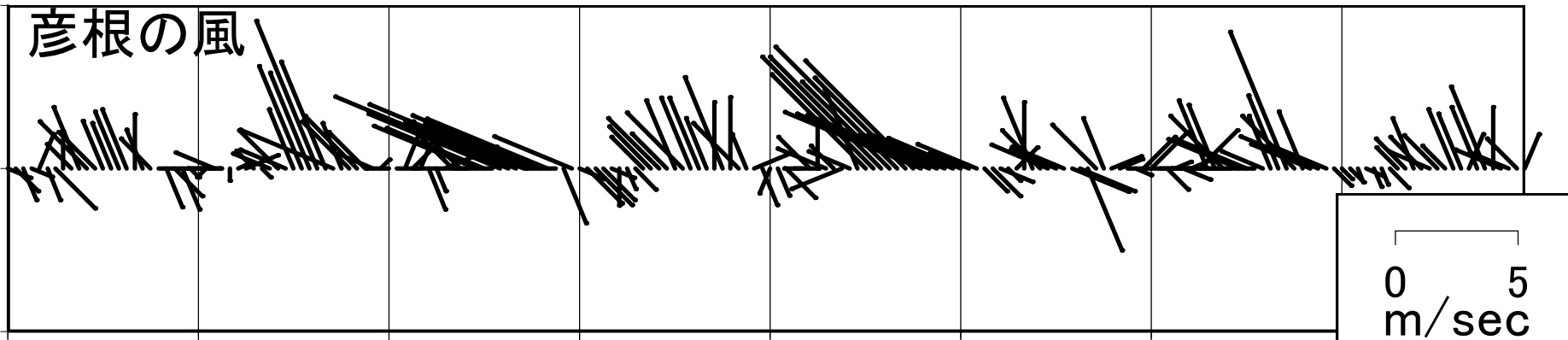
Fig. 6. Same as Fig. 5, except between 12:00-13:30 on 14 October, 1994.

Endoh, *et.al.* (1995)

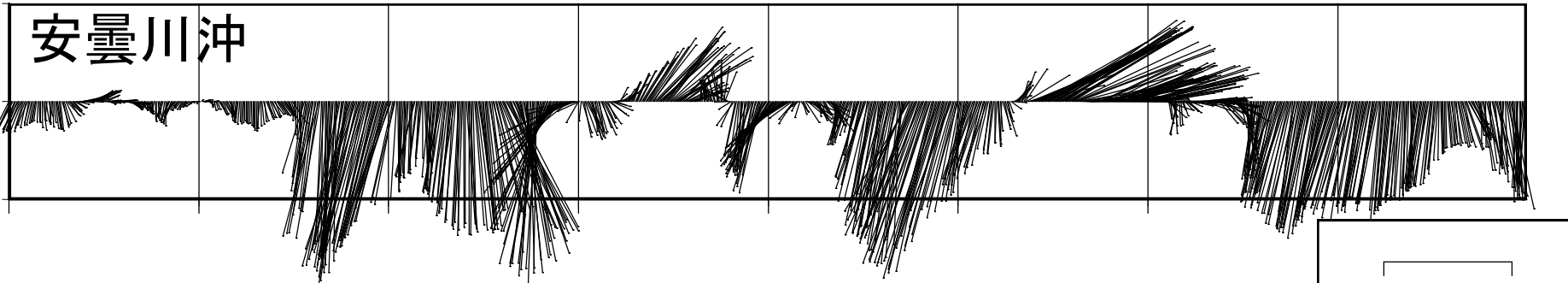
# びわ湖北湖表層における流向・流速(ADCPと流速計による)

10 -17 June, 2008

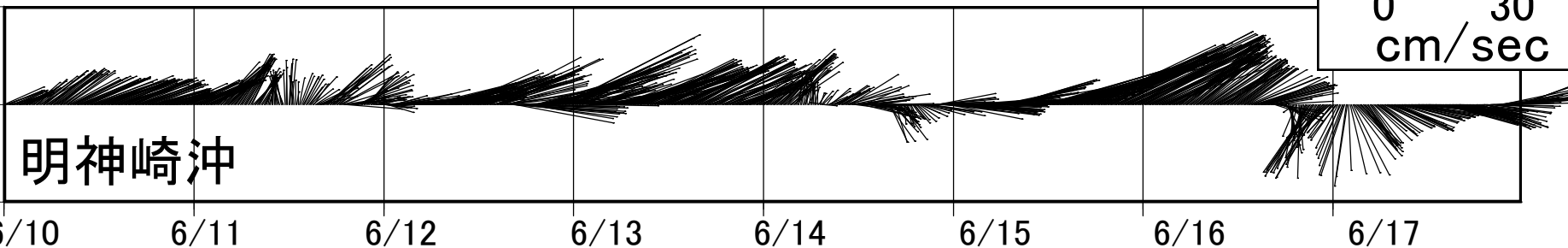
彦根の風



安曇川沖



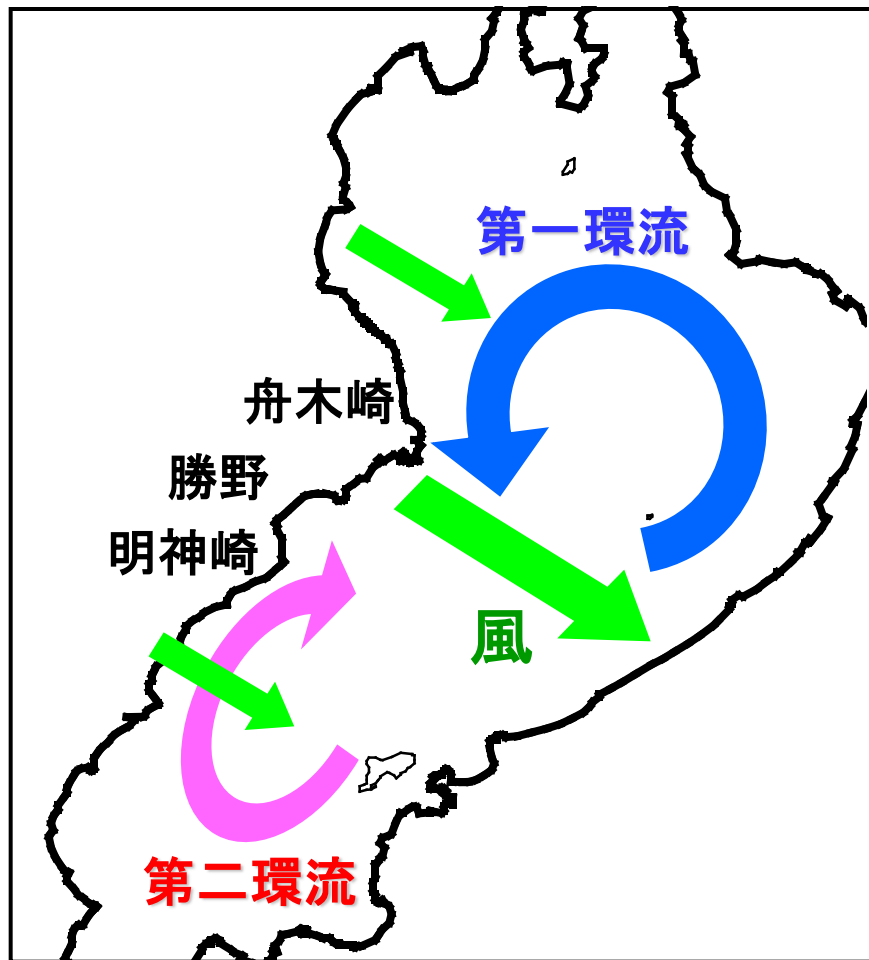
明神崎沖



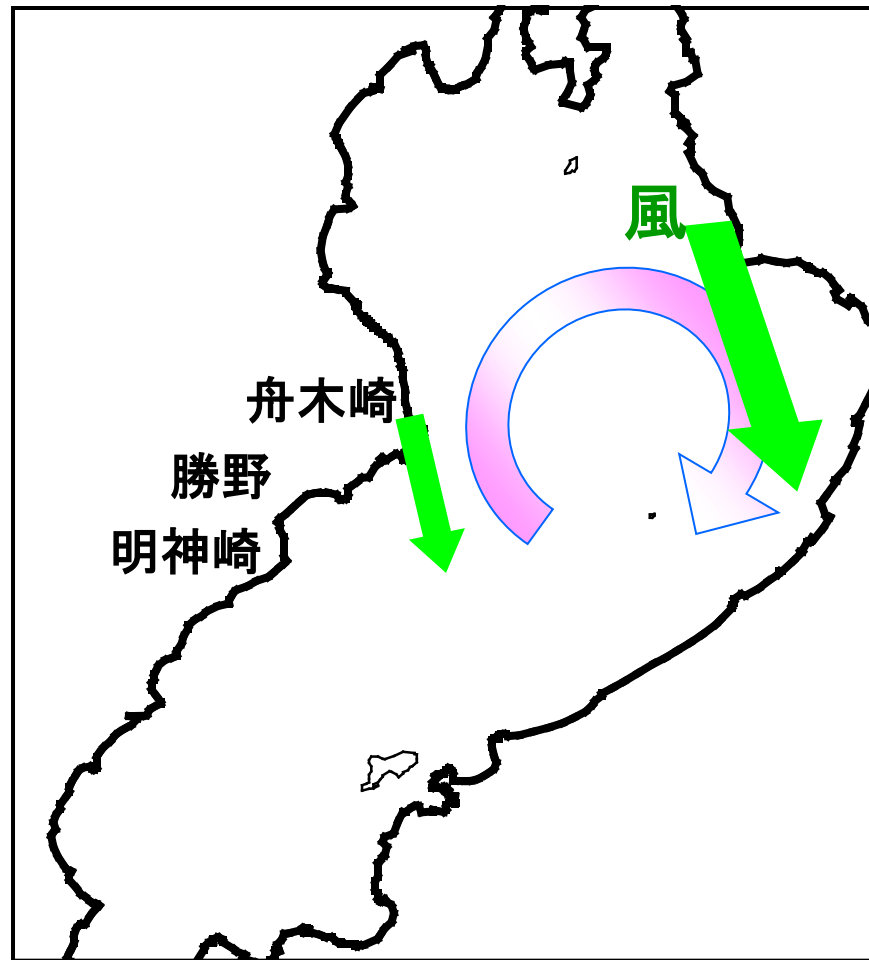
6/10 6/11 6/12 6/13 6/14 6/15 6/16 6/17

2008年

# WNW~NW風による 沿岸ジェット流と 環流の形成の可能性



# NNW~N風による 時計回りの渦度の供給？





# おわりに

1. 成層期の**西北西～北西の風**(いわゆる「**勝野おろし**」)によって、沿岸ジェット流が出現し、それが第一環流と第二環流を発達させる。
2. **北北西～北の風**は、第一環流域に「時計回りの渦度」を供給し、環流を弱める。
3. **1日程度の観測結果**から「環流の勢力や位置」を議論すべきではない。