

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560523

研究課題名（和文） 二次循環流の形成による吹送流の三次元構造に関する現地観測と数値モデルの開発

研究課題名（英文） Field observations of the three-dimensional structure of wind-driven currents due to the formation of secondary circulations and the development of numerical model.

研究代表者

鵜崎 賢一（UZAKI KENICHI）

群馬大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30443906

研究成果の概要（和文）：

群馬県の渡良瀬遊水地では強風時にしばしば気泡のストリークが観測され、水面下の吹送流中にはラングミュア循環流の形成が示唆される。水平型の超音波流速計による観測の結果、強風時において水平方向に高速域と低速域が交互に出現する空間的に周期的な流速分布が得られた。得られた流速分布から表層流速分布を推定すると、高速域の流速値は従来予測の吹送流速値の2倍程度となり、この差は物質輸送において大きな影響を与える。

研究成果の概要（英文）：

Field observations had been conducted at the Watarase retarding basin in the Gunma prefecture for a month by using the H-ADCP in order to observe the horizontally-periodic profile of wind-driven current velocity due to the formation of Langmuir circulations : LCs easily and frequently. At the Watarase retarding basin, streaks of air bubbles were often observed under the strong wind. It suggested the formation of LCs beneath the water surface. From the observation results, the horizontally-periodic profiles of wind-driven current velocity with the high- and low-speed zones alternatively were shown under the strong wind. The horizontal profile of wind-driven currents at the surface were estimated from the observation results, and it showed that the maximum speed in the high-speed zone were the twice of the generally-estimated surface speed of wind-driven currents. It suggested that the consideration of LCs to the wind-driven currents revealed the revision of advection time of surface floating matter.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：水工学，海岸工学，海洋物理学
科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：吹送流，ラングミュア循環流，H-ADCP，水温構造

1. 研究開始当初の背景

ラングミュア循環流の研究は古くから数多く行われており，その形成機構や影響評価にかんして多くの研究成果が提示されているが，簡便かつ高精度な観測手法がないために精度の高いデータが少ないことが研究の深化における障害となっている．それでも，これまでの研究の積み重ねによってその循環流の最大鉛直流速が表層流速の 1/3，あるいはそれ以上という指摘がされており，二次循環流といえども，非常に強い循環流であると言われている．従って，吹送流速場のみならず大気から水中への熱やガスのエントレイメントにおける影響が示唆されている．しかしながら，ラングミュア循環流の観測は風を対象とした観測であり，方向性もあることから前述したように観測が非常に難しい．また，水理実験では開水路の並列らせん流との混在が指摘される．さらには数値計算に関してはその形成機構の検証が十分とは言えないことから，やはりより簡便かつ高精度な観測手法の確立とそれによる経年的な観測が必要であり，高精度な観測データを多数提示することが求められている．

2. 研究の目的

本研究では，簡便かつ高精度なラングミュア循環流の観測手法を確立し，湖沼における循環流の形成を検証するとともに，水質変化に重要な役割を果たす水温構造に及ぼす影響を評価する．

3. 研究の方法

群馬県の渡良瀬遊水地は，洪水調整池であるものの，下流で利根川に合流してから上水取水等も行っているため，水質管理も重要である．しかしながら，都市域の湖沼にあるように，経年的な水質データから水質の悪化が懸念されているため，水質の将来予測と新たな水質対策が必要である．その際に，水質予測モデルを高精度化する着眼点として，ラングミュア循環流の水温構造与える影響評価を検討するため，渡良瀬遊水地において水平型の超音波流速計 (H-ADCP) や鉛直型 ADCP，濁度計・水温計を用いた流動・水質の長期観

測を行った．具体的には，H-ADCP を南ブロックの排水塔に 1 か月程度設置し，吹送流速の水平分布の長期観測を行うとともに，観測船の舷側に鉛直型 ADCP を設置し，風向きと直角方向に水平流速分布を計測した．また，水温計を鉛直方向に 10 個程度と濁度計・DO 計を取り付けたサーミスター・チェーンを南ブロックの中心部に 1 か月程度設置した．観測は夏期と秋期に行われた．

H-ADCP による吹送流観測は島根県の宍道湖でも行っているが，その成果は渡良瀬遊水地での成果と同様なので，紙面の都合上割愛する．

4. 研究成果

ラングミュア循環流の形成を示す水表面上の気泡によるストリークが，強風時に頻繁に観測された．渡良瀬遊水地は，秋期～冬期には北東風の季節風と北西からの赤城おろしによる強風が吹くため，そうした場合に頻繁に観測された．また，夏期には利根川方面からの南西風が吹き，強く吹けばそれによるストリークも形成される．アメダスのデータを確認すると夏期は毎夕 7～8m/s の風が 14:00 頃から吹き始めることから，夏期にもこの風による循環流が形成されていると考えられる．H-ADCP による観測データからは，空間的に周期的な吹送流の水平流速分布が得られた．その波長は 10m 程度であり，それを 1 対の循環流として考えると，ひとつの渦はその半波長スケールなので，ほぼ水深スケールで形成されていると示唆される．得られた流速分布から表層流速分布を推算すると，高速域の表層流速は，従来予測である風速の 3.5% 値の 2 倍程度になることが示された．しかしながら，従来予測は高速域と低速域のほぼ中間に位置することから，平均的な見積もりとして良好であることがわかった．吹送流速値の精確な評価は表層の物質輸送において極めて重要であり，とくにその移流時間に影響を与えると考えられる．1 か月の観測データを FFT 分析し，周期的流速分布の出現頻度を調べたが，これに関しては欠測データの取り扱いに問題があり，風速の増大とともに周期性が顕著になる傾向は一部で認められるが，それを結論付けるには至っていない．

今後の課題である。

また、日中成層化した水温構造が、風によって鉛直一様化することが示された。湖沼の水面波は周期が暴浪時でも周期が2秒程度と非常に短く、水温が一様化する下縁の水深は、水面波の振動流速の影響範囲よりもはるかに深い。また、鉛直型 ADCP で計測した吹送流の鉛直分布から判断して、吹送流速値も有意な値をもっていない水深である。一方で、水面波の波長を井島らによる浅水域の風速と波長の関係式から、それをを用いてラングミュア循環流の空間スケールを Faller & Caponi (1978) による経験式から見積もると、その半波長が水温一様化の下縁の水深とほぼ一致したことから、この一様化はラングミュア循環流による水塊混合によるものと示唆された。一様化する時間帯は日射の減衰もあるので、今後数値計算等を用いて循環流の影響がどの程度あるかを精確に明らかにする必要があるため、「示唆された」に留めた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

1. 二次循環流を伴う吹送流の三次元構造と湖沼の水温構造に関する現地観測, 土木学会水工学論文集 (2013) 第 57 巻, CD-ROM, 鶴崎 賢一・荒木 陽介・堀口 真弥・天笠 達也・戸屋 裕亮・山田 航

(査読付き)

2. 二次循環流を伴う吹送流の三次元構造に関する現地観測, 土木学会水工学論文集 (2012) 第 56 巻, CD-ROM, 井出航路 群馬大学工学部社会環境デザイン工学科, 本間聖也, 荒木陽介, 堀口真弥, 鶴崎賢一

(査読付き)

[学会発表] (計4件)

1. 二次循環流を伴う吹送流の三次元構造と湖沼の水温構造に関する現地観測, 土木学会水工学講演会 (2013.3.5~7, 名城大学), 鶴崎 賢一・荒木 陽介・堀口 真弥・天笠 達也・戸屋 裕亮・山田 航

2. Three-dimensional structure of wind-driven currents accompanied with secondary circulations and their effects on the thermal structure of lakes and oceans. [ポスター・プレゼンテーション (アブストラクト査読)]

International Conference on Coastal Engineering 2012, Santander(Spain), July 1-6, 2012

Ken-ichi Uzaki*, Kouji Ide*, Yousuke Araki*, Shinya Horiguchi*

*Dept. of Civil and Environmental Engineering, Gunma University.

3. 二次循環流を伴う吹送流の三次元構造に関する現地観測, 土木学会水工学講演会 (2012.3.6~8, 愛媛大学), 井出航路 群馬大学工学部社会環境デザイン工学科, 本間聖也, 荒木陽介, 堀口真弥, 鶴崎賢一

4. 二次循環流を伴う吹送流の三次元構造

日本流体力学会年会講演概要集 (2011.9.7~9, 首都大学東京), 井出航路, 鶴崎賢一 群馬大学大学院工学研究科

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鵜崎 賢一 (UZAKI KENICHI)
群馬大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：30443906

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし