

学術研究船白鳳丸共同利用研究計画申込書

(平成 31・32・33 年度)

平成 29 年 10 月 20 日

研究船共同利用運営委員会 委員長 殿

学術研究船白鳳丸を利用して下記のとおり研究したいので申し込みます。

研究代表者	ふりがな 氏名 年齢	おきの きょうこ 沖野 郷子 印	所属機関 の連絡先	[Redacted]
	所属機関 職名	東京大学・大気海洋研究所 教授		

研究課題	MOWALL-CIR: トランスフォーム断層のカベから海洋地殻生産プロセスの長期時間変動を追う
------	---

研究代表者 分担者	氏名	所属機関・職名	役割分担	計画概要
	沖野 郷子	東京大学・教授	研究総括・地形重力解析	1. 必要観測日数： 15 日間
	中村 謙太郎	東京大学・准教授	総括・岩石採取・玄武岩分析	2. 観測希望時期： (順位)
	町田 嗣樹	千葉工業大学・上席研究員	岩石採取・同位体分析	1. H32. 11~H33. 4
	森下 知晃	金沢大学・教授	岩石採取・かんらん岩分析	2. H31. 11~H32. 4
	平野 直人	東北大学・准教授	岩石採取・年代決定	3.
	谷 健一郎	国立科学博物館・研究員	岩石採取・斑糲岩分析	3. 観測海域： インド洋
	石川 晃	東京大学・助教	岩石採取・同位体分析	4. 乗船研究者数 (見込)： 18 名
	折橋 裕二	東京大学・助教	岩石採取・年代決定	5. MSR 申請必要性の有無 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
	藤井 昌和	国立極地研究所・助教	地磁気解析. 岩石磁気	“有” の場合該当国： モーリシャス
小原 泰彦	海上保安庁・地震調査官/海洋 研究開発機構・招聘主任研究員	岩石採取・かんらん岩分析		
秋澤 紀克	京都大学・研究員	岩石採取・かんらん岩分析		
佐藤 勇輝	東北大学・大学院学生	岩石採取・斑糲岩分析		

*受付年月日		*採 否		*整 理 番 号	
--------	--	------	--	----------	--

\*印欄は記入しないでください。

研究目的・内容

[概要]

中央インド洋海嶺を切るマリーセレストランスフォーム断層（全長 210km）の壁面に沿って、1) 上部地殻と下部地殻/マンツルの岩石をセットで系統的に採取し、地殻/マンツルの組成変化を追い、2) 地形・重力探査から、地殻の厚さと拡大様式の時間変動を明らかにする。これにより、海洋地殻生産プロセスの時空間変動の実態とその変動要因がマンツルの組成の不均質性によるという仮説を検証する。

[研究の背景]

中央海嶺での海洋地殻生産プロセスの解明は、プレートテクトニクスや地球の物質循環・環境変動に直結する地球科学の根幹をなす問題である。1960年代、海洋地殻形成プロセスは発散型プレート境界の現象として統一的に理解されるようになった。90年代に入り観測が進むと、地殻構造や拡大様式が従来の想定以上に多様であることが明らかになり、その後、この多様性は海底拡大速度と中央海嶺でのメルト供給量との比に依存するという考えが広く受け入れられるに至った（図1）

それでは何がメルト供給量とその変動を制約しているのか？海嶺での物理条件の変化か、それともマンツル物質の空間不均質か？海底下マンツルに直接アクセスする手段はほとんどないため、これらの問いは未解決のままである。私たちは、作業仮説として、「**海嶺でのメルト供給量とその変動を制約するのはマンツルの化学組成の空間不均質である**」と考えた。

マンツルの不均質については、海底の玄武岩を用いた研究が古くから行われてきており、汎地球規模から局所的まで様々な空間スケールと様々な形態の不均質が提唱されている。しかし、観測・試料に裏打ちされた不均質像は少なく、ましてや不均質性の時空間変化についての情報は皆無と言ってよい。なぜなら、海底は時間の経過とともに堆積物に覆われ、岩石採取は困難となるからである。海底掘削は有効な手段だが、得られる試料はその1点の現在の精密なスナップショットであり、私たちの目指す時間・空間変動の観測とは相補的ではあるが異なるものである。

[研究の目的と内容]

この仮説を検証するために必要なことは、地殻からマンツルに至る連続したセクションを、時間軸に沿って系統的に採られたサンプルセットとして獲得し、**海洋地殻の構造と拡大様式の多様性を、それを支配するマンツルの物理・化学的要因の時空間変動も含めて、包括的に理解することである。**

たださえ困難なマンツルへのアクセスを現在から過去へ系統的に行う方法はあるか？私たちは**長大な海洋トランスフォーム断層崖（壁面）**を有効利用することを提案する。海洋プレートの横ずれ断層境界であるトランスフォーム断層には、マンツルから海洋地殻最上部までの鉛直断面が露出しているだけでなく、断層の走向が時間軸に相当するために、地殻生産プロセスの時間変動が壁面に刻まれている。私たちは、この海洋トランスフォーム断層の崖（壁面）に沿って物理観測と岩石採取を行う研究プロジェクト **MOWALL (Moho Observation along transform fault WALLs)** を立ち上げ、海洋地殻の多様性と、それを支配するマンツルの物理・化学的要因の時空間変動解明に挑戦する（図2）。

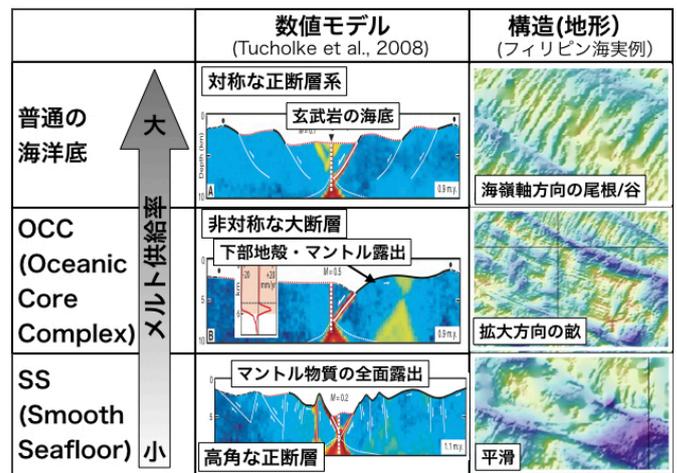
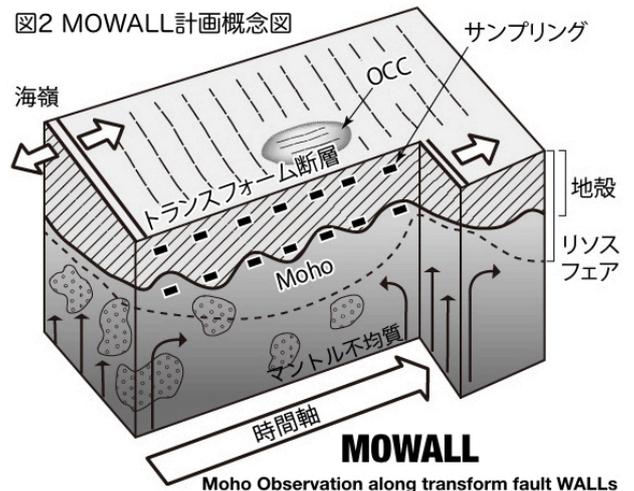


図1 メルト供給率の変化と海洋地殻の構造/拡大様式の多様性



白 鳳 丸	所属機関名	東京大学	研究代表者氏名	沖野郷子
-------	-------	------	---------	------

## 研究計画

MOWALL 計画では、多様な構造が見られる海域のトランスフォーム断層を選び、(1)断層壁面の上部と下部に露出する岩石試料をセットで時間軸に沿って系統的に採取して、海洋地殻/最上部マンツルの化学組成の時間変化を追い、(2)同時に物理観測(地形、重力)によって拡大様式および地殻の厚さ(マグマ量)の時間変動を明らかにする。この2つのアプローチから、海洋地殻生産プロセスの多様性、ならびに時空間変動とマンツルの化学的不均質性とのリンクを解明し、これまでにない革新的で独創的な研究の展開を目指す。

### [なぜ中央インド洋海嶺か?]

本研究の目的を達成するためには、異なるメルト供給率に対応した多様な構造が見られる海域で、長期間の時間変動を追跡できる長い海洋トランスフォームを選ぶことが鍵となる。中央インド洋海嶺(CIR)は、18° S 付近でマリーセレストトランスフォーム断層によって210kmもオフセットしている。海底拡大速度は40mm/yr.なので、この断層に沿って、現在から過去1200万年までの海洋地殻が露出していることになる。私たちは、KH06-4航海において、このマリーセレストトランスフォーム断層に沿って、メルト供給量の大きな変動を示す海底地形を発見した。断層の南側の海底には、海嶺軸から約35km(180万年)離れたところに過剰なメルト供給を示す海山(オフアックス海山)が、さらに東の300万年前の海底には、メルト供給量が乏しかったことを示すOCC(図1)が存在し、数百万年スケールで非常に大きなメルト供給量変動があったことが確実である(図3)。ただし、さらに古い海底は未観測で長期変動はわかっていない。KH-15-5航海では、断層南壁にtransverse ridgeと呼ばれる海洋地殻断面が露出している構造が明らかになり、かつ音響測位を利用したピンポイントのドレッジを行えば、地殻の鉛直断面をカバーできることを認識した。つまり、ここは1000万年を越える長期間の変動とその要因を明らかにするための観測・試料採取ができ、かつ基礎データが既に揃っている、MOWALL計画に最適の場所と言える。

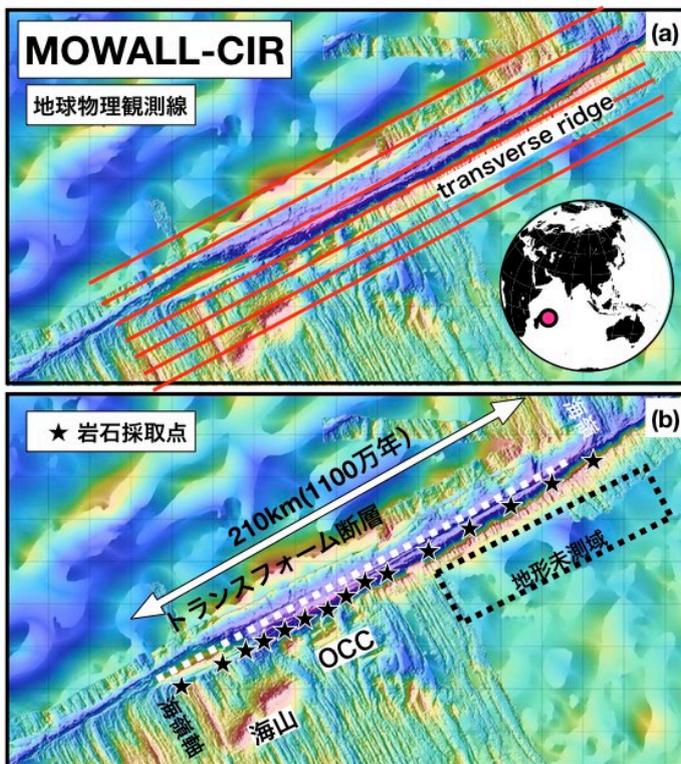


図3 マリーセレストトランスフォーム断層の調査計画

### [観測および研究計画]

本研究では、断層の南壁面に沿って20km間隔(OCC付近では10km間隔)で水深2500m付近の崖面上部(玄武岩質上部地殻)と5000m付近の下部(ハンレイ岩質下部地殻もしくはマンツルカンラン岩)のセットでドレッジによる岩石採取を行う(図3b★)。また、断層に沿った地形調査と重力異常調査を実施する(図3a赤線)。

観測に必要な日数は以下の通りである。

#### ドレッジ:

上部地殻(水深2500m) 4時間  
 下部地殻~マンツル(水深5000m) 7時間  
 として、12時間で1点2深度採取可能。  
 15点で 計:12時間×15日

#### 地球物理航走観測:

1測線210km×7本+交差測線10kt.で85時間  
 原則として昼間ドレッジ+夜間航走観測の組み合わせで15日間で計画が完了する。

系統的に採取した岩石試料の全岩主要・微量元素

組成および鉱物化学組成にもとづき、(1)海嶺下マンツルの部分溶融度を定量的に明らかにし、微量元素組成およびSr, Nd, Pb, Re-Os 同位体組成から(2)マンツル起源物質の化学的不均質性の実態とその要因・年代記録を決定する。観測された重力異常から(3)地殻の厚さの変動を推定するとともに、断層に隣接する海洋底の地形を解析し(4)拡大様式の変化を追う。そして、これらのトランスフォーム断層に沿った変化をもとに、海洋地殻生産プロセスの時空間変動とその原因となるマンツルの物理・化学的不均質の実態および規模を、統一的に解明する。

白鳳丸

所属機関名

東京大学

研究代表者氏名

沖野郷子

研究計画 (つづき)

[研究全体における白鳳丸航海の位置づけと準備状況]

MOWALL プロジェクト全体としては、本提案の中央インド洋海嶺での調査 (MOWALL-CIR) と、フィリピン海南部のパレスベラ海盆中部における調査 (MOWALL-PVB) を両輪として、研究を推進していく計画である(図4)。パレスベラ海盆は、本提案のインド洋に比べてカバーできる時間軸が短い、極めて大きなメルト供給率変動が確実にあり、既存試料も豊富であることから、MOWALL の最初のターゲットとして既に H30 年度の「よこすか」「しんかい6500」による調査研究に応募している。また、この2つのターゲット以外に、白鳳丸で実施される南大洋等の調査航海の回航時を利用した複数海域でのトランスフォーム断層探査も検討しており、海洋地殻の地域的な多様性をカバーする予定である。KH15-5 航海で実施した、インド洋北部での海嶺軸に直交する方向のドレッジ試料の分析が順調に進んでいるため、これも MOWALL のパイロットスタディとして利用する。

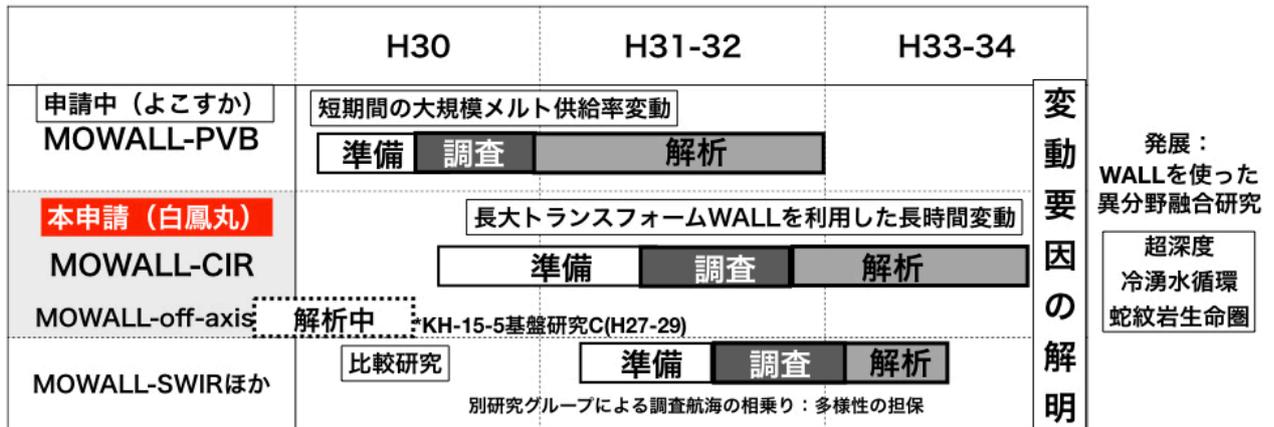


図4 MOWALL 計画線表

研究チームは、岩石の化学組成、同位体、および年代、鉱物の化学組成など、それぞれの分野のスペシャリストが集結した正に海の岩石学オールジャパン体制であり、現在の技術で可能なすべての分析を行うことができる。

観測希望時期等

南半球であり、11月～4月までが調査可能な海況である。3カ年の前半2年のどちらかでの実施を希望する。海域はモーリシャスEEZを含むが、過去の白鳳丸航海でモーリシャス海洋研究所との共同研究実績を重ねており、今回も同研究所と協力することでMSR申請も問題ないと考えられる。

他航海への応募 最近の航海採択・不採択状況

- H26 「よこすか」「うらしま」 沖縄トラフ熱水域 採択 YK14-16 実施
  - H25-27 「白鳳丸3カ年」 中央インド洋海嶺 採択 KH15-5 実施
  - H28-30 「白鳳丸3カ年」 伊豆小笠原海溝沖断裂帯 不採択
  - H28 「よこすか」「うらしま」 マリアナ背弧 不採択
  - H29 「新青丸」 沖縄トラフ熱水域 採択・11月 KS-17-14 実施予定
  - H29 「よこすか」「うらしま」 マリアナ背弧 不採択
- 以下は、現在申請中。本提案の代表者・分担者が代表者の提案のみ。
- H30 「よこすか」「しんかい6500」 代表者：沖野郷子 MOWALL-PVB
  - H30 「新青丸」 代表者：小原泰彦 四国海盆テクトニクス・岩石学
  - H31-33 「白鳳丸3カ年」 代表者 谷健一郎 花東海盆形成史
  - H31-33 「白鳳丸3カ年」 代表者 藤井昌和 海嶺のCO2放出変動
  - H31-33 「白鳳丸3カ年」 代表者 小原泰彦 フィリピン海南端テクトニクス

白鳳丸	所属機関名	東京大学	研究代表者氏名	沖野郷子
-----	-------	------	---------	------

研究業績

1. Machida, S., Kogiso, T. and Hirano, N., Petit-spot as definitive evidence for partial melting in the asthenosphere caused by CO<sub>2</sub>. *Nature Communications* **8**, 14302.
2. Fujii M., Okino K., Sato H., Nakamura K., Sato T., and Yamazaki T., Variation in magnetic properties of serpentinized peridotite exposed on the Yokoniwa Rise. Central Indian Ridge: Insights into the role of magnetite in serpentinization, *Geochemistry. Geophysics. Geosystems*, **17**, 10.1016/j.epsl.2016.02.018, 2016. (H10)
3. Fujii M., Okino K., Sato T, Sato H and Nakamura K., Origin of magnetic highs at ultramafic hosted hydrothermal systems: Insights from the Yokoniwa site of Central Indian Ridge, *Earth and Planetary Science Letters*, **441**, 26-37, doi:10.1016/j.epsl.2016.02.018, 2016. (H10)
4. Okino, K., K. Nakamura, and H. Sato, Tectonic background of four hydrothermal fields along the Central Indian Ridge, in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 2015. (H6, H10)
5. Morishita, T., K. Nakamura, T. Shibuya, H. Kumagai, T. Sato, K. Okino, 他 4 名, Petrology of peridotites and related gabbroic rocks around the Kairei hydrothermal field in the Central Indian Ridge, in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 2015. (H10)
6. Seama N. and K. Okino, Asymmetric seafloor spreading of the Southern Mariana Trough back-arc basin, J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 2015.
7. Machida, S., 他8名, Regional mantle heterogeneity regulates melt production along the Réunion hotspot-influenced Central Indian Ridge. *Geochemical Journal* **48**, 433–449, doi:10.2343/geochemj.2.0320, 2014. (H6)
8. Sato T., K. Okino, H. Sato, M. Mizuno, T. Hanyu and N. Seama, Magmatic activities on the Southwest Indian Ridge between 35°E and 40°E, the closest segment to the Marion hotspot, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **14**, doi:10.1002/2013GC004814, 2013. (H7, H9)
9. Yoshikawa S., K. Okino and M. Asada, Geomorphological variations at hydrothermal sites in the southern Mariana Trough: relationship between hydrothermal activity and topographic characteristics, *Marine Geology*, **303-306**, 172-182, doi:10.1016/j.margeo.2012.12.003, 2012.
10. 町田嗣樹, 松浦由孝, 阿部なつ江, 石井輝秋, トランスポンダーを用いたドレッジのリアルタイムモニタリングにもとづく海洋底岩石採取. *JAMSTEC Report of Research and Development*, **vol. 13**, 89-105, 2011. (多数の H,K)
11. Ohara, Y., K. Okino, and J.E. Snow, Tectonics of unusual crustal accretion in the Parece Vela Basin, in Y. Ogawa et al. (eds), *Accretionary prisms and convergent margin tectonics in the Northwest Pacific Basin, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, **8**, Springer, DOI: 10.1007/978-90-481-8885-7\_7, 2011.
12. Watanabe, M., K. Okino and T. Kodera, Rifting to spreading in the southern Lau Basin: Variations within the transition zone, *Tectonophysics* **494**, 226-234, 2010. (H3, H5, H7)
13. Curewitz D., K. Okino, M. Asada, B. Baranov, E. Gusev, and K. Tamaki, Structural analysis of fault populations along the oblique ultraslow spreading Knipovich Ridge, North Atlantic Ocean, 74 degrees 30' N-77 degrees 50' N, *J. Structural Geology*, **32**, 727-740, 2010.
14. Morishita, T., K. Hara, K. Nakamura, T. Sawaguchi, A. Tamura, S. Arai, K. Okino, K. Takai, and H. Kumagai, Igneous, alteration, and exhumation processes recorded in abyssal peridotites and related fault rocks from an oceanic core complex along the Central Indian Ridge, *Journal of Petrology*, **50**, 1299-1325, 2009.
15. Nakamura K., T. Morishita, W. Bach, F. Klein, K. Hara, K. Okino, and K. Takai, Serpentinized troctolites exposed near the Kairei Hydrothermal Field, Central Indian Ridge: Insights into the origin of the Kairei hydrothermal fluid supporting a unique microbiological ecosystem, *Earth and Planetary Science Letters*, **280**, 128-136, 2009.
16. Okino, K., Y. Ohara, T. Fujiwara, S.-M. Lee, Y. Nakamura, K. Koizumi and S. Wu, Tectonics of the southern tip of the Parece Vela Basin, *Tectonophysics*, **466**, 213-228, 2009. (H5)
17. Machida, S., N. Hirano, and J.-I. Kimura, Evidence for recycled plate material in Pacific upper mantle unrelated to plumes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **73**, 3028-3037, 2009.
18. Sato T., K. Okino, and H. Kumagai, Magnetic structure of an oceanic core complex at the Southernmost Central Indian Ridge: Analysis of shipboard and deep-sea three-component magnetometer data, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **10**, doi:10.1029/2008GC002267, 2009.
19. Kumagai H., K. Nakamura, T. Toki, T. Morishita, K. Okino 他 10 名, Geological background for the Kairei and Edmond hydrothermal fields along the Central Indian Ridge: Implications for their vent fluids' distinct chemistry, *Geofluids*, **8**, 1-13, 2008.
20. Cannat, M., D. Sauter, V. Mendel, E. Ruelleau, K. Okino, J. Escartin, V. Combier, M. Baala, Modes of seafloor generation at a melt-poor ultraslow-spreading ridge, *Geology*, **34**, **7**, 605-608, 2006.
21. Okino, K., K. Matsuda, D. Christie, Y. Nogi and K. Koizumi, Development of oceanic detachment and asymmetric spreading at the Australian-Antarctic Discordance, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **5**(12), Q12012, doi:10.1029/2004GC000793, 2004. (H1)
22. Okino, K., D. Curewitz, M. Asada, K. Tamaki, P. Vogt, and K. Crane, Segmentation of the Knipovich Ridge implication for focused magmatism and effect of ridge obliquity at an ultraslow spreading system, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **202**, 275-288, 2002.

白 鳳 丸

所属機関名

東京大学

研究代表者氏名

沖野郷子

## 使用観測機器

乗船研究者が持込む観測機器（名称・数量・重量）

さつき型ドレッジ・2式・200kg

搭載を希望する共同利用観測機器（「共同利用観測機器一覧」参照）

角形ドレッジ（AORI型）・3式

さつき型ドレッジ・1式

（機器一覧にはないが利用希望）

岩石カッター

ピンガー・トランスポンダー

白 鳳 丸

所属機関名

東京大学

研究代表者氏名

沖野郷子