

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12218

研究課題名(和文) 台風(熱帯低気圧)の移動による大気バイオエアロゾル長距離輸送と環境影響評価

研究課題名(英文) The long-range transport and environmental impact assesment of atmospheric bioaerosol by the movement of a typhoon (tropical cyclone)

研究代表者

小林 史尚(KOBAYASHI, Fumihisa)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：60293370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：熱帯低気圧「台風」は、熱帯地域で発生し、日本に大雨・暴風など被害を及ぼす気象現象としてよく知られている。本研究は、台風によって長距離輸送される大気バイオエアロゾルについての実相調査を実施した。大気バイオエアロゾルは生物粒子のことで、ウイルス、細菌、カビ、キノコ、その孢子・芽胞や花粉などを含む。サンプリングは、徳島大学と弘前大学で、2017年日本南岸に上陸した台風3号、5号、18号が通過する時に行った。DNA濃度や種組成が台風の接近と通過とともに激しく変化することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：It is well known as a weather phenomenon that the tropical cyclone "typhoon" is generated in a tropical area and gives the damage including a heavy rain, the storm to Japan. In this study, we researched the atmospheric bioaerosols transformed for long distance by typhoon. Atmospheric bioaerosol are biological aerosols including viruses, bacteria, fungi, their spores, pollen, and others. The sampling carried out crossing Typhoon No.3(Nanmadol), 5(Noru), and 18 Talim), which strucked the Japanese southern coast, at the University of Tokushima and Hirosaki University. It was revealed that DNA concentration and bacterial composition changed with an approach and the passage of the typhoon significantly.

研究分野：環境生物学

キーワード：大気バイオエアロゾル 台風 熱帯低気圧 長距離輸送 環境影響調査

### 1. 研究開始当初の背景

熱帯低気圧である「台風」は、太古の昔から日本列島にかかわる気象現象としてよく知られている。気象庁発表などによると、年平均で26個発生し、そのうち平均で3個が日本に上陸している。最近、地球温暖化の進行にともなって、将来は熱帯低気圧(台風)の強度が強まる可能性が高いとIPCC第5次評価報告書は報告している。台風の上昇気流により熱帯地域の空気が吸い上げられ、日本に上陸することによって熱帯の空気塊が日本まで運ばれていると考えられる。台風の上陸が顕著な台湾などにおいて、Fangらなどは台風が運ぶエアロゾルについて種々報告している。日本においては、偏西風や低気圧によるエアロゾルの輸送についての研究が行われているが、上昇気流の強い熱帯低気圧である台風が運ぶエアロゾルの長距離輸送に関する研究はほとんど行われていない。さらに、微生物や花粉などを含むバイオエアロゾル(生物粒子)に着目した台風による長距離輸送の研究はまったくないと言っている。

### 2. 研究の目的

熱帯低気圧「台風」は、熱帯地域で発生し日本に大雨・暴風など被害を及ぼす気象現象としてよく知られている。しかしながら、強い上昇気流によって熱帯地域の空気塊やエアロゾル(大気粒子)を長距離輸送することはあまり知られていない。

本研究では、台風によって長距離輸送されるエアロゾル、特にバイオエアロゾル(生物粒子)についての実相調査と環境影響評価を実施した。申請者はこれまで黄沙バイオエアロゾルとしてタクラマカン砂漠や大気循環バイオエアロゾルとして南極昭和基地のバイオエアロゾルの直接採集と生物分析を行った経験があり、気象的に過酷な状況におけるフィールド調査は実行可能である。台風上陸地点(四国を設定)において、上陸前後の大気バイオエアロゾルを含む台風雨水を採集し、生物分析を行った。

### 3. 研究の方法

#### (1) 台風雨水サンプリング

台風雨水採集は、研究分担者中村嘉利が所属する徳島大学生物工学科棟(N34°04'40.3"、E134°33'47.5")の屋上および代表者小林史尚が所属する弘前大学コラボ弘大(N40°35'14.7"、E140°28'24.1")2階にて行った。

#### (2) 生物分析

台風の進路情報をもとにした上陸地点付近におけるサンプリングを実施するとともにサンプルの微生物分析を行った。雨水サンプルからDNAを抽出しQubitを用いてDNA濃度を測定した。さらに、Takara ExTaqHSを使用し、プライマーとしては1st\_PCR\_515Fと1st\_PCR\_806Rを用いた1段階PCR増幅(94℃ 2min、94℃ 30sec、50℃ 30sec、72℃

30sec、72℃ 5min:23cycles)および2段階PCR増幅(94℃ 2min、94℃ 30sec、60℃ 30sec、72℃ 30sec、72℃ 5min:8cycles)を行い、AMPureXPビーズで精製した。このPCR産物を次世代シーケンス解析(MiSeq)により、細菌類の種組成解析を行った。この解析は株式会社ファスマックに委託して行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 台風雨水サンプリング

台風雨水のサンプリングは、2017年に日本に上陸し徳島市を通過した台風3号、5号および18号に注目して実施した。図1から3は、各々の台風進路概略図を示す。

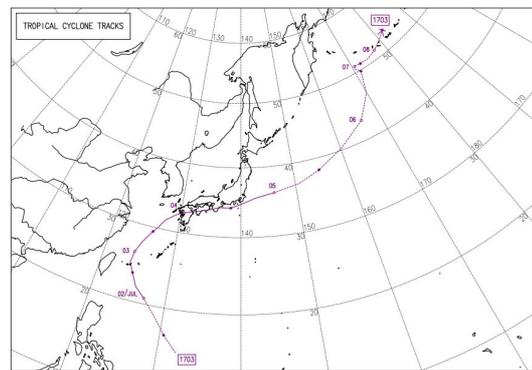


図1 台風3号進路図

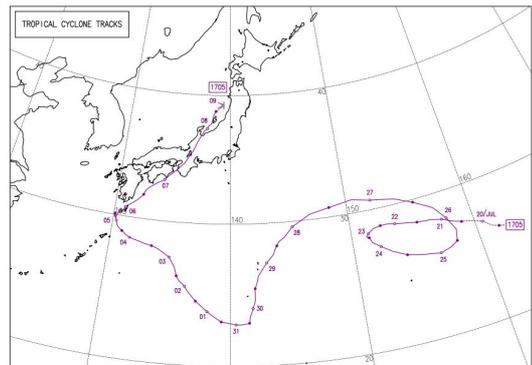


図2 台風5号進路図

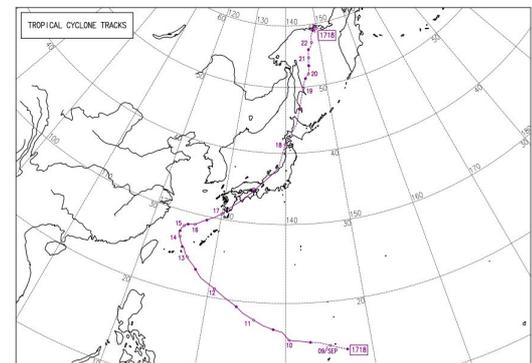


図3 台風18号の進路図

([http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route\\_map/bstv2017.html](http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/bstv2017.html))

表1は、サンプル番号とサンプリング日時を示す。サンプル13、15と16のサンプリング地点は弘前市であり、それ以外は徳島市であった。

表1 サンプル条件

サンプル	台風	月日	時刻
	3号	7月4日	1200-1500
	3号	7月4日	1315-1500
	3号	7月4日	1400-1700
	5号	8月6日	1500-830
	5号	8月7日	830-1030
	5号	8月7日	930-1230
	5号	8月7日	1030-1330
	5号	8月7日	1130-1330
⑨	5号	8月7日	1230-1330
	5号	8月7日	1330-1530
	5号	8月7日	1430-1730
	5号	8月7日	1530-1730
	5号	8月9日	900-1000
	18号	9月17日	1500-2100
	18号	9月18日	600-700
	18号	9月18日	700-800

(2)生物分析

図4は台風雨水サンプルのDNA濃度を示す。採取されたDNA濃度は、台風3号、台風5号、台風18号の順に高かった。この理由の詳細は不明だが、台風の風速、すなわち微生物の舞い上がり量や陸や海といった地形に影響されたと思われる。表2は各雨水サンプルのリード数を示す。このリード数は、Miseqからの出力リード数から両鎖の読み始めがV4領域のプライマーと完全一致するもの、両鎖とも130 bp以上の長さを保っていること、両鎖が結合できることの3つの基準を満たし、キメラと判定されなかったリード数である。図1のDNAとほぼ同じ傾向を示したが、特にサンプル番号から台風5号において通過とともに増加し、その後減少した。台風の接近とともに外側領域、外部コア、内部コアの風速の増加から陸域や海域の微生物の舞い上がり量が増加し、通過とともに風速が減少するので舞い上がり量が減少したと考えられる。

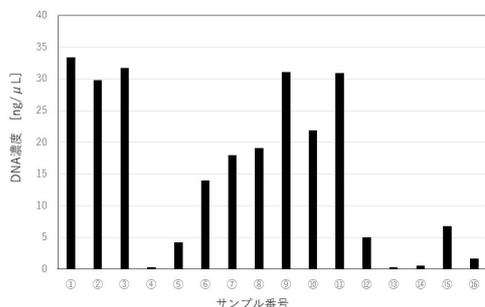


図4 各台風雨水サンプルのDNA濃度

表2 各台風雨水のリード数

サンプル番号	リード数
	126,046
	129,019
	100,548
	76,039
	84,489
	101,019
	114,441
	116,826
	105,022
	149,740
	148,006
	138,158
	95,507
	89,170
	98,904
	98,204

図5と6は、Miseqの次世代シーケンス解析結果の中の -proteobacteria 網、bacilli 網および chloroplast 網の種組成の変化を示す。-proteobacteria 網は陸域・水域の環境微生物として、bacilli 網はこれまで空域で発見された芽胞形成能を持つ Bacillus 属細菌として、chloroplast 網は海洋細菌の可能性として解析した。-proteobacteria の比が他の Bacilli 網や chloroplast 網よりも数倍も高かった理由は、環境微生物として土壌や水系から台風の風によって舞い上がったためと考えられる。台風3号の進路(図1)から、日本上陸地点の九州西部から陸域を多く通過したので、chloroplast 網が少なく bacilli 網が多かった。台風18号の進路(図3)から海から上陸し、陸を通過していたことから、chloroplast 網の比が最初高く後に減少し、大気バイオエアロゾルである bacilli 網の比が増加した。詳細な次世代シーケンス解析を現在進めているが、いずれにしても、DNA濃度や各々の種組成が台風の接近や通過とともに著しく変化することが明らかになった。さらに、風速や雨量などの台風の特徴や陸域・水域・海域などを通過する台風の進路は、細菌類の舞い上がり量やその細菌の種類に大きく影響を及ぼすことがわかった。

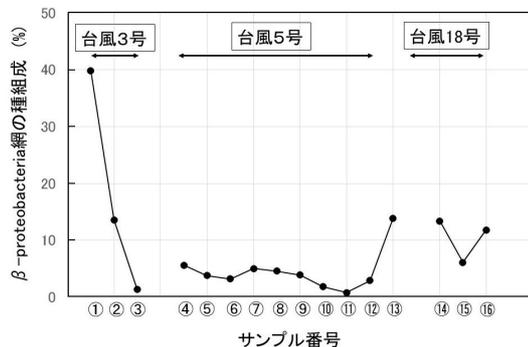


図5 proteobacteria 網の種組成変化

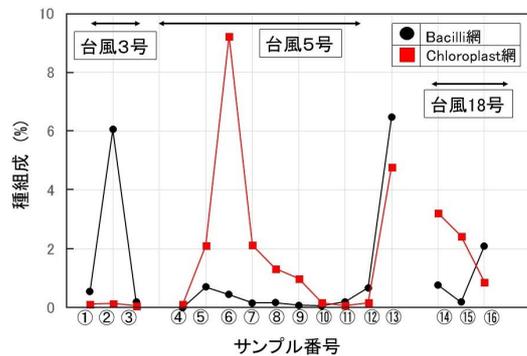


図6 Bacilli 網および Chloroplast の種組成変化

<引用文献>

気象庁、IPCC 第5次評価報告書第1作業部会報告書技術要約、2013、  
[http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc\\_ar5\\_wg1\\_spm\\_jpn.pdf](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf)  
 G.-C. Fang, S.-J. Lin, S.-Y. Chang, C.-C. K. Chou, Effect of typhoon on atmospheric particulates in autumn in central Taiwan, Atmospheric Environment, 43, 2009, 6039-6048.  
 筆保弘徳、伊藤耕介、山口宗彦、台風の正体、朝倉書店、2014.

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19件)

C. Asada, C. Sasaki, A. Suzuki, Y. Nakamura, Total biorefinery process of lignocellulose waste using steam explosion followed by water and acetone extraction, Waste and Biomass Valorization, 査読有, in press, 1-10.  
 DOI: 10.1007/s12649-017-0157-x  
 Asada, C. Sasaki, Y. Nakamura, High concentration ethanol production from mixed softwood sawdust waste, Waste and Biomass Valorization, 査読有, in press, 1-7.  
 DOI: 10.1007/s12649-017-0073-0  
 C. Sasaki, A. Kiyokawa, C. Asada, Y. Nakamura, Glucose and valuable chemicals production from cotton waste using hydrothermal method, Waste and Biomass Valorization, 査読有, in press, 1-9.  
 DOI: 10.1007/s12649-017-0084-x  
 A. Suzuki, C. Sasaki, C. Asada, Y. Nakamura, Production of cellulose nanofibers from Aspen and Bonde chopsticks using a high temperature and high pressure steam treatment combined with milling, Carbohydrate

polymers, 査読有, 194, 2018, 303-310.  
 DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.04.047  
小林史尚、南極上空大気の中の微生物、極地、査読無、53、2017、61-64.  
T. Maki, K. Hara, A. Iwata, K. C. Lee, K. Kai, F. Kobayashi, S. B. Pointing, S. Archer, H. Hasegawa, Y. Iwasaka, Variations of airborne bacterial communities at high altitudes in response dust events, over Asian-dust downwind area (Japan), Atmospheric Chemistry and Physics, 査読有, 17, 2017, 11877-11897.  
 A. Suzuki, C. Sasaki, Y. Nakamura, Characterization of cellulose manofiber from steam exploded Japanese cedar, Bioresources, 査読有, 12, 2017, 7628-7641.  
F. Kobayashi, K. Iwata, T. Maki, M. Kakikawa, T. Higashi, M. Yamada, T. Ichinose, Y. Iwasaka, Evaluation of the toxicity of a Kosa (Asian duststorm) event from view of food poisoning: observation of Kosa cloud behavior and real-time PCR analyses of kosa bioaerosols during May 2011 in Kanazawa, Japan, Air Quality, Atmosphere and Health, 査読有, 9, 2016, 3-14.  
 DOI: 10.1007/s11869-015-0333-8  
 M. He, T. Ichinose, Y. Song, Y. Yoshida, F. Kobayashi, T. Maki, S. Yoshida, M. Nishikawa, H. Takano, G. sun, Silica carrying particulate matter enhances Bjerckandera adusta induced murine lung eosinophilia, Environmental toxicology, 査読有, 31, 2016, 93-105.  
 DOI: 10.1002/tox.22025  
 M. He, T. Ichinose, Y. Song, Y. Yoshida, F. Kobayashi, T. Maki, S. Yoshida, H. Takano, T. Shibamoto, G. GuifanSun, The role of Toll-like receptors and MyD88 in Bjerckandera adusta-induced lung inflammation, International Archives of Allergy and Immunology, 査読有, 168, 2016, 96-106.  
 DOI: 10.1159/000441895  
F. Kobayashi, T. Maki, M. Kakikawa, T. Noda, H. Mitamura, A. Takahashi, S. Imura, Y. Iwasaka, Atmospheric bioaerosols originating from Adelie penguins (*Pygoscelis adeliae*): ecological observations of airborne bacteria at Hukuro Cove, Langhovde, Antarctica, Polar Science, 査読有, 10, 2016, 71-78.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.polar.2015.12.002>  
 K. Hara, T. Maki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Wada, A. Matsuki,

Variations of ice nuclei concentration induced by rain and snowfall within a local forested site in Japan, *Atmospheric Environment*, 査読有, 127, 2016, 2016, 1-5.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.12.009>

牧輝弥、岩坂泰信、吉田圭吾、小林史尚、河合賢人、市瀬孝道、プロダクトイノベーション:「そらなっとう」開発秘話:空飛ぶ納豆菌はなぜ発見されたのか?、*化学と生物*、査読有、54, 2016, 289-293. F. Puspitasari, T. Maki, G. Shi, C. Bin, F. Kobayashi, H. Hasegawa, Y. Iwasaka, Phylogenetic analysis of bacterial species compositions in sand dunes and dust aerosol in an Asian dust source area, the Taklimakan Desert, *Air Quality, Atmosphere and Health*, 査読有, 9, 2016, 631-644.

DOI:10.1007/s11869-015-0367-y

K. Hara, T. Maki, M. Kakikawa, F. Kobayashi, A. Matsuki, Effects of different temperature treatments on biological ice nuclei in snow samples, *Atmospheric Environment*, 査読有, 140, 2016, 415-419.

A. Asakawa, T. Oda, C. Sasaki, C. Asada, Y. Nakamura, Cholinium ionic liquid/cosolvent pretreatment for enhancing enzymatic saccharification of sugarcane bagasse, *Industrial Crops and Products*, 査読有, 86, 2016, 113-119.

C. Sasaki, Y. Yoshida, C. Asada, Y. Nakamura, Total utilization of Japanese pear tree prunings: extraction of arbutin and production of biethnol, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 査読有, 18, 2016, 385-392.

F. Kobayashi, T. Maki, M. Kakikawa, M. Yamada, F. Puspitasari, Y. Iwasaka, Bioprocess of Kosa bioaerosols: effect of ultraviolet radiation on airborne bacteria within Kosa (Asian dust), *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 査読有, 119, 2015, 570-579.

DOI: 10.1016/j.jbiosc.2014.10.015

T. Maki, K. Hara, F. Kobayashi, Y. Kurosaki, M. Kakikawa, A. Matsuki, B. Chen, G. Shi, H. Hasegawa, Y. Iwasaka, Vertical distribution of airborne bacterial communities in an Asian dust downwind area, Noto Peninsula, *Atmospheric Environment*, 査読有, 119, 2015, 282-295.

小林史尚、大気を通じて長距離・越境輸送される微生物 大気バイオエアロゾル-、第52回会緑膿菌感染症学会、招待講演、2018.

小林史尚、南極上空大気バイオエアロゾルの生物分析による環境解析、環境科学会2017年会、2017.

小林史尚、係留気球を用いた南極上空の大気バイオエアロゾルの採集と生物分析、第69回日本生物工学会、2017.

小林史尚、黄砂バイオエアロゾルの紫外線耐性と紫外線量増加にともなう影響評価、オゾン層破壊が及ぼす地球環境の影響を考えるシンポジウム、招待講演、2017.

小林史尚、60次における大気バイオエアロゾル観測計画案、第20回南極エアロゾル研究会、2017.

F. Kobayashi, Future prospects and previous observation results for atmospheric bioaerosols over the Antarctica, 8<sup>th</sup> symposium on Polar science, 2017.

小林史尚、南極の空の微生物~第54次南極観測隊員として~、七戸理科クラブ、招待講演、2017.

小林史尚、大きな風船を飛ばして上空の風を観測してみよう!、七戸理科クラブ、2017.

小林史尚、JARE60カイトプレーンによるバイオエアロゾルサンプリング、第7回無人航空機の活用による極地観測の展開、2017.

辻明彦、湯浅恵造、浅田元子、中村嘉利、アメフラシ21Kセルラーゼのセルロース分解における機能解析、第69回日本生物工学会、2017.

牧輝弥、市瀬孝道、小林史尚、松木篤、岩坂泰信、アジア大陸から越境輸送されてくる大気バイオエアロゾルの2つの顔、第90回日本感染症学会総会・学術講演会、招待講演、2016.

F. Kobayashi, D. Akashi, T. Maki, M. Kakikawa, A. Matsuki, Y. Iwasaka, The effects of airborne bacteria within Asian Duststorm (Kosa bioaerosol) on the forest ecosystem: wood decay and growth of pinewood nematode by Kosa bioaerosol, 8<sup>th</sup> International Workshop on Sand/Duststorms and Associated Dustfall, 2016.

T. Maki, Y. Kurosaki, K. Onishi, N. Yamanaka, M. Shinoda, F. Kobayashi, Y. Iwasaka, Variations in the structure of airborne bacterial communities in Gobi desert area during a dust event, 2016.

Y. Iwasaka, T. Maki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, A. Matsuki, Microorganisms transported long-range in the free

atmosphere over North-East Asia, 8<sup>th</sup> International Workshop on Sand/Duststorms and Associated Dustfall, 招待講演, 2016.

小林史尚, VIII 期における大気バイオエアロゾル観測、南極エアロゾル研究会、2016.

小林史尚, 津軽半島における大気の今の現状、市民公開サイエンス講座 2016、招待講演、2016.

F. Kobayashi, The summary of atmospheric bioaerosols observation during the 54<sup>th</sup> Japanese Antarctic Research Expedition (JARE54, 2012-2013), The 7<sup>th</sup> Symposium on Polar Science, 2016.

小林史尚, 南極の生活と自然エネルギー、弘前アップルロータリークラブ講話会講演、招待講演、2016.

小林史尚, 黄砂とともに微生物がやってくる？シルクロード敦煌観測談、弘前ロータリークラブ外部卓話会講演、招待講演、2016.

山本拓也, 入江翼, 鈴木昭浩, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 広葉樹アスペン廃材の総合利用プロセスの構築, 第 3 回日本生物工学会西日本支部講演会、2016.

21 壇浦裕太, 浅田元子, 佐々木千鶴, 中村嘉利, 大腸菌を用いた耐熱性酵素の生産とセルロースの分解、広葉樹アスペン廃材の総合利用プロセスの構築、第 3 回日本生物工学会西日本支部講演会、2016.

22 中村嘉利, バイオマスの総合的有効利用プロセス、化学工学会第 48 回秋季大会、2016.

23 F. Kobayashi, T. Yamazaki, T. Maki, M. Kakikawa, M. Yamada, A. Matsuki, T. Naganuma, Y. Iwasaka, The observation of atmospheric bioaerosol on the Antarctic Ocean by sampling on the icebreaker Shirase, The 6<sup>th</sup> Symposium on Polar Science, 2015.

24 小林史尚, 昭和基地における大気バイオエアロゾル定点観測と長距離輸送の可能性、第 18 回南極エアロゾル研究会、2015.

25 小林史尚, 第 IX 期におけるバイオエアロゾル観測、第 18 回南極エアロゾル研究会、2015.

26 F. Kobayashi, Atmospheric bioaerosol observation over the Antarctic using a unmanned aerial vehicle (UAV), Transport Aerosol Workshop in Auckland University of Technology, 2015.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小林 史尚 (KOBAYASHI, Fumihisa)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：60293370

### (2) 研究分担者

中村 嘉利 (NAKAMURA, Yoshitoshi)

徳島大学・ソシオテクノサイエンス研究部・教授

研究者番号：20172455

### (3) 連携研究者

牧 輝弥 (MAKI, Teruya)

金沢大学・物質化学系・准教授

研究者番号：70345601

岩坂 泰信 (IWASAKA, Yasunobu)

名古屋大学・名誉教授

研究者番号：20022709

### (4) 研究協力者

佐々木 千鶴 (SASAKI, Chizuru)

浅田 元子 (ASADA, Chikako)