

New Food Industry

New food indust. 68 (1): 2026.



Original research

- ◆ Evaluation of the Kidney Function
–Improving Effects of *Angelica shikokiana* Using Animal Models

Original Article

- ◆ Isolation and characterization of lactic acid bacteria from *sushiko* and *godo*, two traditional fermented foods from Aomori, Japan

シリーズ EQUATOR Networkが提供するガイドラインの紹介

- ◆ Consensus Statement for Protocols of Factorial Randomized Trials:
Extension of the SPIRIT 2013 Statementの和訳

連 載

- ◆ ヤムビーン (YAMBEAN)

連 載 乳および乳製品の素晴らしさ 第25回

- ◆ 暑さに強いスリック乳牛による暑熱対策

新春随想 どうしたら中国と日本は仲良くなれるか？

1

Be With You COFFEE



健康珈琲

エチオピア産のスペシャルティを使用しています。
豆についたほこりやごみなどを温水できれいに洗い流したあと、
焙煎工房 999 さんが研究を積み重ねた絶妙なテクニックで、
超浅煎りと深煎りに仕上げています。

Be with You COFFEE

さわやかで飲みやすい浅煎り配合最大のブレンドです。
最大量のクロロゲン酸とトリゴネリンを摂取できます。
心と体を若々しく保つ最適な混合比になっています。
(『美と若さに新常識』NHKBSプレミアより)



希 太郎ふれみあむ

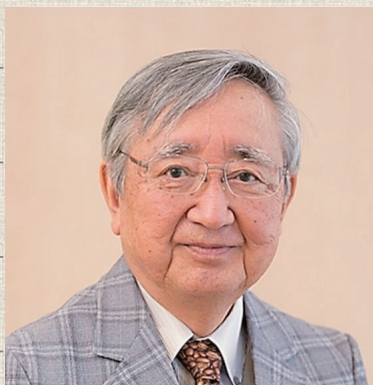
浅煎りと深煎りのいいとこ取りの最強ブレンドです。
認知力と筋力の元になる
トリゴネリンと抗酸化性のクロロゲン酸(浅煎り豆)、
ニコチン酸とピロカテコール(深煎り豆)を、
すべて摂取できる最適な配合比になっています。



販売サイト



Be with You COFFEE
Instagram



岡先生 Facebook

東京薬科大学名誉教授 岡 希太郎博士の
改質コーヒー特許を使って健康珈琲を提供しています。

ポリフェノールのカラダにイイかたち
「コアポリフェノール」

植物のチカラ もっと体感

ポリフェノールは腸内で活性本体「コアポリフェノール」に変換されることで吸収されています。
しかし、中には変換がうまくできない人も。
「ポリフェノールのチカラをすべての人に」をコンセプトに「アクティボディ RB」は「コアポリフェノール」の1つ、3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)propionic acid(HMPA)を規格化しました。



機能性表示食品対応素材
アクティボディ®RB

- ①BMI が高めの方の腹部の脂肪（内臓脂肪、腹部総脂肪）とウエスト周囲径を減らす
- ②継続摂取により食後血糖値が高めの方の食後に上昇する血糖値を元に戻しやすくする
- ③LDL コレステロールが高めの方の LDL コレステロールや総コレステロールを下げる
- ④軽い運動と併用することで、高齢な方の年齢とともに低下する認知機能の一部である反応時間（指示に素早く反応する力）を維持する

 丸善製薬株式会社
MARUZEN PHARMACEUTICALS CO., LTD.

食品営業部【東京】
〒150-0021 東京都渋谷区恵比寿西 2-6-7
TEL(03)3496-1521(代) FAX(03)3496-1641

【大阪】
〒541-0045 大阪市中央区道修町 2-6-6(塩野日生ビル 6F)
TEL(06)6203-6918(代) FAX(06)6233-3606

謹賀新年

New Food Industry は、本年 1 月号より電子版（PDF、EPUB）を基本とした刊行に移行することとなりました。

これにより、読者様の利便性向上と同時に、これまで通りの学術内容を電子版で提供する新しい仕組みを導入いたしました。

「専用ダウンロードサイト」をご用意し、最新号の電子版（PDF または EPUB）をダウンロード可能といたしました。ダウンロードした PDF、EPUB は、読者様の PC、スマートフォン、タブレット等に保存しオフラインで読むことができます。さらに、バックナンバー（2010 年以降の PDF）を無料で閲覧できるようになっており、いつでも何処でも読むことができます。電子版は冊子体のように保管の必要もなく、アクセスさえすれば文献をいつでもダウンロードしてプリントアウトも出来ます。

今後とも New Food Industry をご活用いただきますよう、よろしくお願い申し上げます。



New Food Industry

エヌエフアイ合同会社

New future's information

Original research

Evaluation of the Kidney Function

–Improving Effects of *Angelica shikokiana* Using Animal Models

Motohiro Hayashi, Eiji Mitate

1

Original Article

Isolation and characterization of lactic acid bacteria from *sushiko* and *godo*, two traditional fermented foods from Aomori, Japan

Hiroyuki Honda, Noriyuki Shibutani, Seina Fujishima,
Rin Sekikawa, Haruka Kubo, Daigo Saito, Kazuki Ishibashi

9

シリーズ EQUATOR Network が提供するガイドラインの紹介

Consensus Statement for Protocols of Factorial Randomized Trials:

Extension of the SPIRIT 2013 Statement の和訳

著者 Brennan C. Kahan, PhD; Sophie S. Hall, PhD; Elaine M. Beller, MAppStat; Megan Birchenall, BSc; Diana Elbourne, PhD; Edmund Juszczak, MSc; Paul Little, MD; John Fletcher, MPH; Robert M Golub, MD; Beatriz Goulao, PhD; Sally Hopewell, DPhil; Nazrul Islam, PhD; Merrick Zwarenstein, MBBCh, PhD; An-Wen Chan, MD, DPhil; Alan A. Montgomery, PhD

翻訳

馬場 亜沙美, 鈴木 直子, 田中 瑞穂, 山本 和雄

18

連 載

ヤムビーン (YAMBEAN)

瀬口 正晴, 楠瀬 千春

29

乳および乳製品の素晴らしさ 第 25 回

暑さに強いスリック乳牛による暑熱対策

齋藤 忠夫

41

新春随想 どうしたら中国と日本は仲良くなれるか？

巻頭言 国際化時代における日中関係の改善の重要性

Foreword: The Importance of Improving Japan -China Relations in an Era of Globalization

坂上 宏 45

.....

The Importance of Strengthening Japan-China Relations

Ryusuke Oishi 51

.....

日中友好の架け橋——在日中国人

The Bridge to Japan-China Friendship — Chinese Residents in Japan

肖 黎 57

.....

日中関係の改善について

On the Improvement of Sino-Japanese Relations

神崎 龍志 59

.....

中国人エリートにおける教養主義とこれからの日中関係

Liberal Education Among Chinese Elites and Prospects for Future Japan-China Relations

中嶋 諒 62

.....

中国古典文学にみる日中関係の改善の手立て

Approaches to Improving Japan-China Relations through Classical Chinese Literature

宇賀神 秀一 66

New Food Industry Editorial Board

■ボードメンバー敬称略(五十音順)

大石	隆介	Ryusuke Oishi	明海大学 経済学部 大学院経済学研究科
岡	希太郎	Kitaro Oka	東京薬科大学
具	然和	Yeunhwa Gu	純真学園大学 保健医療学部放射線技術科学科
古賀	邦正	Kunimasa Koga	(一財)自然環境研究センター
齋藤	忠夫	Tadao Saito	東北大学 大学院農学研究科
坂上	宏	Hiroshi Sakagami	明海大学 歯科医学総合研究所(M-RIO)
史	海霞	Haixia Shi	上海交通大学 医学院第九人民医院
白瀧	義明	Yoshiaki Shirataki	城西大学 薬学部生薬学講座
須見	洋行	Hiroyuki Sumi	倉敷芸術科学大学生命科学部
瀬口	正晴	Masaharu Seguchi	神戸女子大学, 日本穀物科学研究会会長
早田	邦康	Kuniyasu Soda	医療法人財団 聖蹟会 埼玉県央病院 院長
津田	孝範	Takanori Tsuda	中部大学 応用生物学部食品栄養科学科
友村	美根子	Mineko Tomomura	明海大学 総合教育センター
日比野	康英	Yauhide Hibino	城西大学大学院 薬学研究科
豊崎	俊幸	Toyosaki Toshiyuki	香蘭女子短期大学 食物栄養学科
牧	純	Jun Maki	千葉県立大学保健医療大学 「国際保健(国際上の健康課題)」
増田	宜子	Yoshiko Masuda	松本歯科大学 歯科保存学講座
松郷	誠一	Seiichi Matsugo	新潟薬科大学 応用生命科学部
宮尾	茂雄	Shigeo Miyao	東京家政大学 大学院
山口	正義	Masayoshi Yamaguchi	University of Hawaii Cancer Center
山田	正子	Masako Yamada	共立女子大学 家政学部 食物栄養学科
肖	黎	Li Xiao	日本歯科大学 生命歯学部薬理学講座
渡部	保夫	Yasuo Watanabe	愛媛大学 大学院

Evaluation of the Kidney Function

–Improving Effects of *Angelica shikokiana* Using Animal Models

Motohiro Hayashi¹, Eiji Mitate^{2*}

*Corresponding author: Eiji Mitate²

Affiliated institutions:

¹ Hayashi Technical Laboratory Co. [2-3-21-606, Kabuki-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0021, Japan]

² Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Medicine, Kanazawa Medical University.
[1-1 Daigaku, Uchinada-machi, Kahoku-gun, Ishikawa 920-0293, Japan]

Abstract

Angelica shikokiana is an endemic Japanese plant belonging to the *Apiaceae* family. Its roots are rich in coumarin derivatives, including isopteryxin and isoeopoxypteryxin (YN-1), as well as various vitamins, minerals, and amino acids. Previous studies reported multiple biological activities, such as the suppression of blood glucose elevation, inhibition of platelet aggregation, neuroprotection, vasodilation, and antihypertensive effects. Herein, we focused on the effects of *Angelica shikokiana* on renal function in dogs and cats by retrospectively and prospectively analyzing blood test data obtained during routine veterinary practice.

In Study 1, changes in blood urea nitrogen (BUN) and serum creatinine (Cr) levels were analyzed in 56 cats and 38 dogs. A high proportion of values fell below the baseline, suggesting renal function-improving effects. In Study 2, the data at baseline and 30, 90, and 240 days were evaluated for 142 cats and 55 dogs. Significant reductions in BUN and Cr levels were observed in cats with stage 1 and 2 renal impairment, whereas no statistical significance was detected in dogs. Nevertheless, long-term administration in dogs tends to stabilize or improve renal function.

Our findings suggest that continuous administration of *Angelica shikokiana* may be effective in improving or maintaining renal function, particularly in cats with early to-moderate renal impairment. Daily supplementation appears to be useful for renal support and evaluation over a minimum of 90 days is recommended.

Key Words : *Angelica shikokiana*, Isoeopoxypteryxin, Isopteryxin, YN-1, Kidney Disease, Renal function

1. Introduction

Angelica shikokiana is a perennial plant belonging to the genus *Angelica* of the family *Apiaceae*. It is endemic to Japan and is distributed across the Kii Peninsula, Shikoku, and Kyushu. They grow on mountain slopes, rocky cliffs, riverbanks, and streamside rocky areas¹⁾.

The roots of *Angelica shikokiana* contain coumarin compounds, such as isopteryxin and isoeopoxypteryxin (YN-1), as well as many vitamins, minerals, and amino acids²⁾. Its effects are diverse and include the suppression of blood glucose elevation³⁾, inhibition of platelet aggregation⁴⁾, neuroprotective effects⁵⁾, vasodilatory activity⁶⁾, and antihypertensive effects⁷⁾. Currently, many

commercial health foods and supplements are available in Japan. Among them, in dogs and cats administered with *Angelica shikokiana* as a dietary supplement, improvements in blood urea nitrogen (BUN) and serum creatinine (Cr) were observed.

Therefore, here, we retrospectively analyzed blood test results from routine clinical practice, focusing on renal function, and examined the usefulness of *Angelica shikokiana*.

2. Materials and Methods

Cases in which an *Angelica shikokiana* product (JIN Power 100, Hayashi Giken Co., Ltd., Tokyo) was

administered at ~0.1 g per 3 kg body weight per day, mixed into pet food or treats, were included. Blood test results were obtained from routine health checks or clinical visits to primary veterinary hospitals. BUN and Cr values were expressed as ratios relative to the pre-administration values (set as 1).

2.1. Study 1

To understand the trend of renal function changes with *Angelica shikokiana*, data were retrospectively collected from 56 cats (9.8 ± 3.3 years) and 38 dogs (10.1 ± 3.2 years) for BUN and Cr.

2.2. Study 2

Prospective data were collected from 55 dogs (10.1 ± 3.2 years) and 142 cats (10.2 ± 3.1 years) at pre-administration, and at 30, 90, and 240 days after administration. As in Study 1, BUN and Cr values were expressed as ratios relative to those of the pre-administration values (set to 1). Pre-administration renal impairment was staged by attending veterinarians using

the International Renal Interest Society (IRIS) staging system (2023 version)⁸⁾.

2.3. Statistical Analysis

For comparisons among stage groups in Study 2, the Kruskal-Wallis test was used, with $p < 0.05$ being considered as statistically significant. All statistical analyses were performed using EZR (Jichi Medical University, Tochigi, Japan), which is a graphical user interface for R (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)⁹⁾.

3. Results

3.1. Study 1

The total number of measurements was 56 and 38 for cats and dogs, respectively (Fig. 1). Among them, values less than or equal to 1 relative to those of the pre-administration were observed in 48 cat BUN (87%), 46 cat Cr (84%), 30 dog BUN (79%), and 30 dog Cr (79%) measurements (Fig. 1).

The maximum and minimum BUN values in the cats

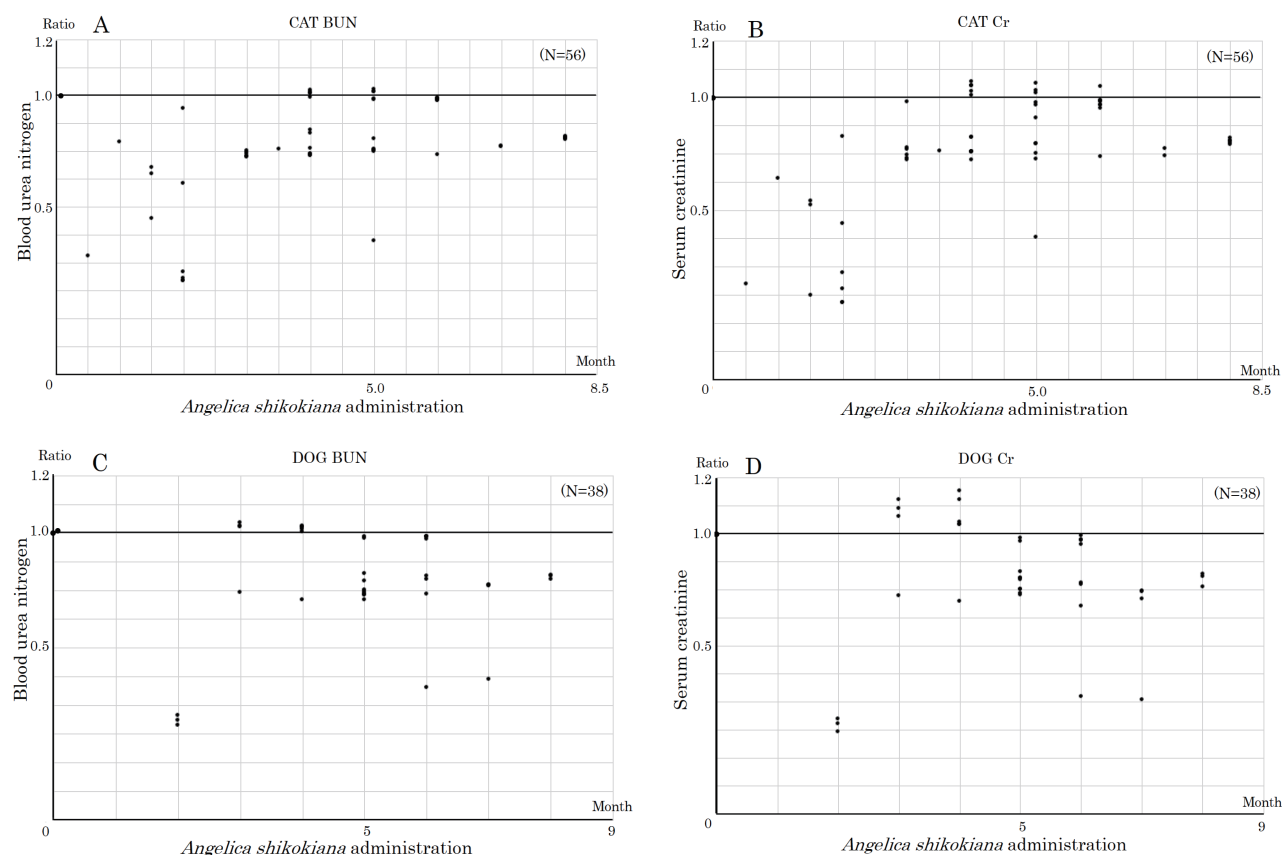


Fig. 1. Blood test results

Changes in blood urea nitrogen (BUN) and serum creatinine (Cr) in cats (A, B) and dogs (C, D). Values are expressed as ratios relative to those of the baseline (pre-administration = 1).

were 1.02 and 0.33, and Cr values were 1.06 and 0.273, respectively. In dogs, the maximum and minimum BUN values were 1.04 and 0.33, and Cr values were 1.15 and 0.29, respectively.

These findings indicate that *Angelica shikokiana* reduced BUN and Cr.

3.2. Study 2

The distribution of cases with values above or below 1 pre-administration and at 30, 90, and 240 days is shown in **Table 1**, and their transitions are illustrated in **Fig. 2**.

The maximum and minimum BUN values were 1.03 and 0.30, and Cr values were 1.13 and 0.24, respectively. In dogs, the maximum and minimum BUN values were 1.03 and 0.29, and Cr values were 1.15 and 0.24, respectively.

After 30 days, both cats and dogs were divided into two groups: those maintaining nearly constant values and

Table 1. Distribution of Study 2 data

		Day	0	30	90	240
Dog (n=55)	BUN	≥1.0	55	50	15	17
		<1.0	0	5	40	38
	Cr	≥1.0	55	50	16	17
		<1.0	0	5	39	38
Cat (n=142)	BUN	≥1.0	142	131	30	37
		<1.0	0	11	112	105
	Cr	≥1.0	142	131	37	37
		<1.0	0	11	105	105

Number of cases with blood urea nitrogen (BUN) and serum creatinine (Cr) values ≥1 or <1 at Days 0, 30, 90, and 240. Values <1 indicate a decrease from baseline.

those showing a decrease. By 90 days, the constant group was further divided into those that remained stable and those that showed a decrease.

At 240 days, the number of cases by stage is shown in **Table 2**. Blood test results are shown in **Fig. 3**, and the statistical results among stages are shown in **Table 3**. In cats, BUN levels were significantly lower in stage 2 than those in stage 3 and in stage 1 than those in stage 2.

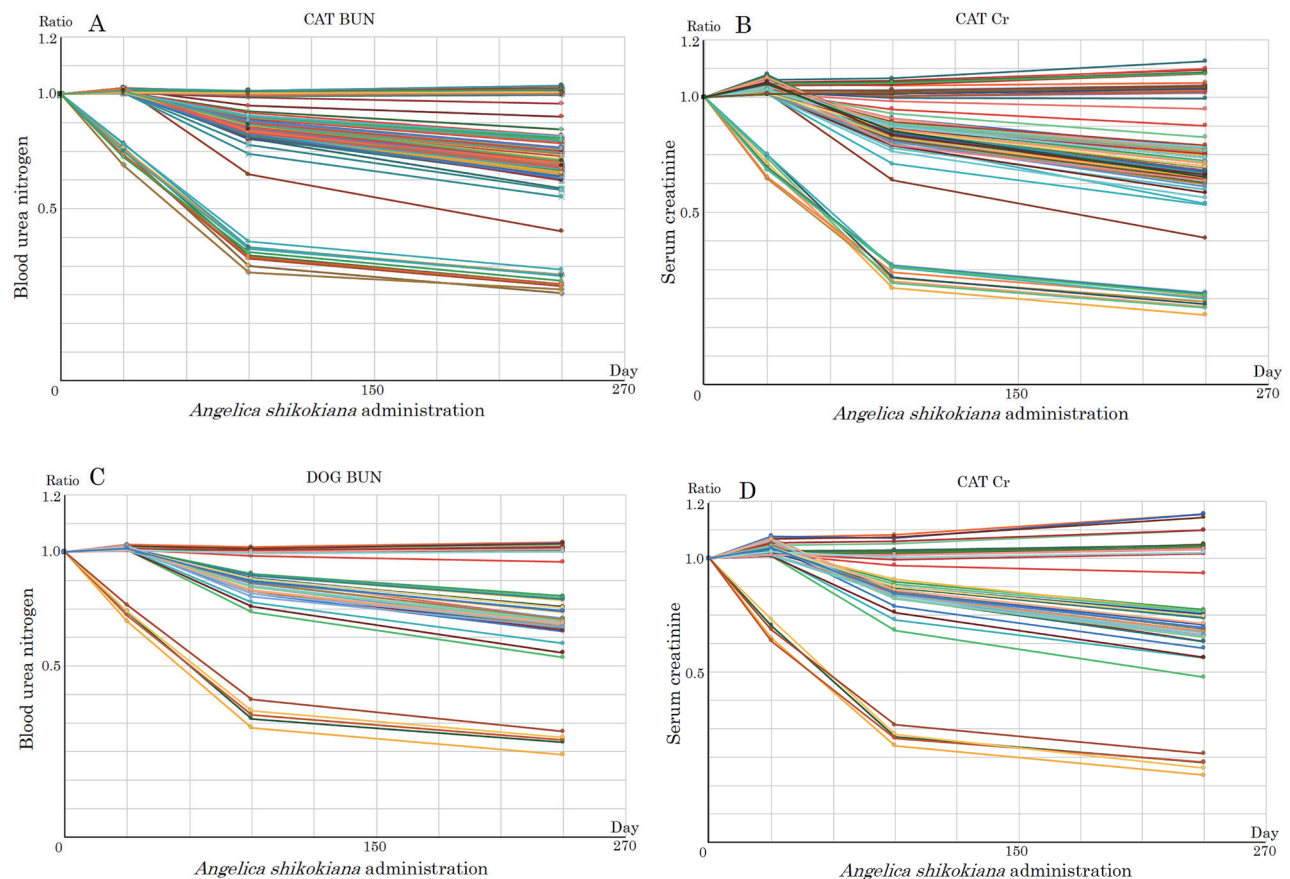


Fig. 2. Blood test results at Day 30, 90, and 240

Changes in blood urea nitrogen (BUN) and serum creatinine (Cr) in cats (A, B) and dogs (C, D). Values are expressed as ratios relative to those of the baseline.

Table 2. Distribution of cases by stage in Study 2

		CKD	BUN level		
		Stage	>=0.9	0.9>x>=0.6	<0.6
BUN	Dog (n=55)	Stage 1	3	4	0
		Stage 2	2	16	0
		Stage 3	6	6	3
		Stage 4	6	7	2
	Cat (n=142)	Stage 1	1	18	0
		Stage 2	8	41	0
		Stage 3	11	20	7
		Stage 4	17	14	5

		CKD	Cr level		
		Stage	>=0.9	0.9>x>=0.5	<0.5
Cr	Dog (n=55)	Stage 1	3	4	0
		Stage 2	2	16	0
		Stage 3	6	6	3
		Stage 4	7	6	2
	Cat (n=142)	Stage 1	1	18	0
		Stage 2	8	41	0
		Stage 3	11	21	6
		Stage 4	17	14	5

Classification of cases by renal stage at treatment initiation relative to that of blood urea nitrogen (BUN) and serum creatinine (Cr) values at day 240.

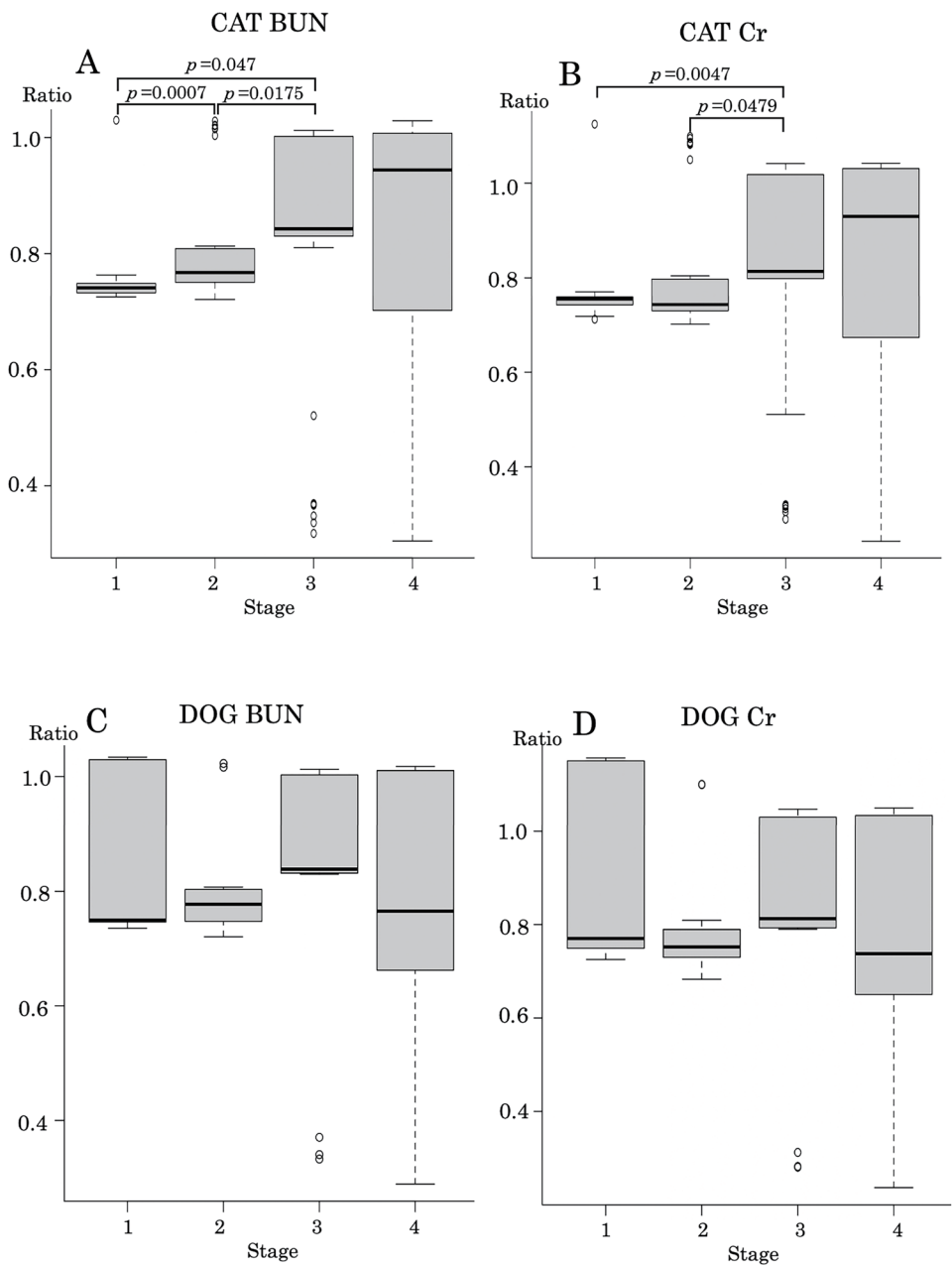


Fig. 3. Comparison by stage classification at Day 240

Ratios relative to those of the baseline are shown on the vertical axes. Significant differences were observed in cats between stages 1 and 2 ($p = 0.0007$), between stage 1 and stage 3 ($p = 0.0047$), and between stage 2 and stage 3 ($p = 0.0175$). No significant differences were observed between dogs.

Table 3. Comparison by stage classification at Day 240

Cat BUN (n=142) <i>p</i> =0.00695	Stage 1:Stage 2	3.8611	0.0007
	Stage 1:Stage 3	3.3349	0.0047
	Stage 1:Stage 4	0.6195	0.9259
	Stage 2:Stage 3	2.9353	0.0175
	Stage 2:Stage 4	0.3735	0.9822
	Stage 3:Stage 4	0.4434	0.9709
Cat Cr (n=142) <i>p</i> =0.0941	Stage 1:Stage 2	0.0205	1.0000
	Stage 1:Stage 3	3.3364	0.0047
	Stage 1:Stage 4	0.3542	0.9848
	Stage 2:Stage 3	2.5850	0.0479
	Stage 2:Stage 4	0.3914	0.9797
	Stage 3:Stage 4	0.1622	0.9985
Dog BUN (n=55) <i>p</i> =0.577	Stage 1:Stage 2	0.4237	0.9745
	Stage 1:Stage 3	0.3172	0.9890
	Stage 1:Stage 4	0.8811	0.8147
	Stage 2:Stage 3	2.0608	0.1661
	Stage 2:Stage 4	0.0723	0.9999
	Stage 3:Stage 4	0.0622	0.9999
Dog Cr (n=55) <i>p</i> =0.24	Stage 1:Stage 2	1.6351	0.3588
	Stage 1:Stage 3	0.3172	0.9890
	Stage 1:Stage 4	1.5156	0.4281
	Stage 2:Stage 3	1.8805	0.2364
	Stage 2:Stage 4	0.3255	0.9881
	Stage 3:Stage 4	0.6429	0.9180

Significant differences ($p < 0.05$, bold) were observed in cats for blood urea nitrogen (BUN) (stage 1 vs. stage 2, stage 1 vs. stage 3, and stage 2 vs. stage 3), and serum creatinine (Cr) (stage 1 vs. stage 2 and stage 1 vs. stage 3).

Similarly, Cr levels were significantly lower in stages 1 and 2 than those in stage 3. Contrastingly, no significant differences were observed between dogs.

Discussion

1. Renal Disease in Small Animals

Renal diseases in dogs and cats are caused by various factors, including hypertension, renal circulatory failure, glomerulonephritis, pyelonephritis, and immune-mediated nephritis.

Renal function is commonly evaluated using blood tests for BUN, Cr, and symmetric dimethylarginine (SDMA)^{10–12}. The IRIS staging system for chronic kidney disease is an international standard used to quantitatively assess the decline in renal function and to guide treatment plans and prognosis⁸. First, based on the results of Cr and SDMA, the disease is classified into four stages. Stage 1: Cr is within the normal range, but decreased urine specific gravity, proteinuria, or structural

kidney changes on imaging are observed. Stage 2: Mild renal insufficiency with minimal clinical signs. Stage 3: Moderate renal insufficiency, often accompanied by clinical symptoms such as polyuria, polydipsia, and weight loss. Stage 4: Severe renal failure with marked uremic symptoms.

In addition, sub-staging is determined based on proteinuria (urine protein-to-creatinine ratio; UP/C) and blood pressure. For Stage 1–2, dietary management such as a low-phosphorus diet and blood pressure control are recommended. For Stage 3–4, treatment focuses on symptom relief and maintenance of quality of life (QOL) through fluid therapy, antiemetics, and management of anemia. The treatment plan is further refined according to the sub-stage.

However, in the early stages of renal dysfunction, clinical signs (Swelling of the ankles and eyelids, high blood pressure, decreased urine output, proteinuria, frequent urination at night, and loss of appetite caused by uremic toxins, and so on.) other than those

of the blood test abnormalities are often minimal, making them difficult for owners to recognize. Schauf *et al.* emphasized the importance of renal protection through moderate protein and phosphorus restriction and lowering the Ca/P ratio in the diet¹⁵. Consequently, many owners provide renal-supportive diets and supplements such as *Angelica shikokiana*.

2. Components of *Angelica shikokiana*

Angelica shikokiana contains various bioactive compounds. In 1973, Hata *et al.* identified YN-1 as a khellactone-type coumarin derivative¹⁴. Subsequently, 41 components were isolated from the roots, of which prenylated coumarins promoted insulin secretion¹⁵.

Extracts of *Angelica shikokiana* were reported to significantly reduce amyloid- β 25–35-induced neurotoxicity, implicated in neurodegenerative diseases, such as Alzheimer's disease⁵. Additional reported effects include vasodilation⁶, improvement of peripheral

circulation and blood pressure regulation⁷⁾, prevention of fat accumulation¹⁶⁾, neuroprotection¹⁷⁾, elongation of replicative lifespan of human skin fibroblast¹⁸⁾, inactivation of human immunodeficiency virus¹⁹⁾, suppression of EB virus (EBV) antigen expression leading to potential anti-EBV oncogenic effects²⁰⁾, and anticancer activity via inhibition of tubulin synthesis²¹⁾.

Furthermore, the roots of *Angelica shikokiana* contain abundant arginine and gamma-aminobutyric acid (GABA), suggesting benefits such as anti-fatigue effects, enhanced immunity from arginine, and improved sleep quality from GABA2). The root contains higher levels of YN-1 than those in the leaves, with stronger biological activity²⁰⁾.

Thus, the diverse effects of *Angelica shikokiana* extracts may contribute to the improvement of renal function through the amelioration of hypertension and renal circulatory impairment.

3. Interpretation of Results

We demonstrated that *Angelica shikokiana* administration reduced the BUN and Cr levels in cats and dogs with renal impairment.

In Study 1, many cats showed decreased BUN and Cr within 0.5 months, and many dogs within 2 months after administration (**Fig. 1**). Some cases did not show improvement (values remaining ≥ 1), although the maximum increases were limited to ~2–5% and 3–15% in cats and dogs, respectively.

In Study 2, the BUN and Cr levels at 240 days were either stable or decreased. Some cases with stable values after 30 d decreased by 90 d. At 240 days, significant improvements in renal function were observed in

stage 1 and 2 cats, whereas no significant differences were observed in dogs. This may be partly due to the increasing variability in blood test results with advancing disease stages (stages 1 to 4). However, as shown in **Fig. 2**, many dogs also demonstrated a decreasing trend, suggesting renal benefits in dogs.

Summarily, *Angelica shikokiana* supplementation appears to be useful in maintaining renal function, particularly in cats with early to-moderate renal impairment. To evaluate the renoprotective effects, blood tests should be conducted 30 days after administration. Even if no improvements are observed at that point, supplementation should be continued for at least 90 days before reevaluation.

Acknowledgement

Part of this study was presented at the 31st Annual Meeting of the Japan Mibyou Association (November 2–3, 2024, Ishikawa).

Artificial intelligence was not used in the preparation of the manuscript. We would like to thank Editage (www.editage.jp) for English language editing.

Informed Consent

Written informed consent was obtained from the patient for the publication.

Conflict of Interest

None declared.

Data availability

No additional data are available for public disclosure.

References

1. Kato M, Ebihara A: Endemic plants of Japan. Publishing Division of Tokai University, 2011.
2. Saita K, Saita S, Yahata Y, Mitsuma O, Sakagami H, *et al.*: APICA SAITA INUTOUKI (*Angelica shikokiana* Makino) 5-7th year root rich in arginine and GABA. *New Food Indust* **62**(6): 399-402, 2020.
3. Najima M, Miyata A, Yamamoto M: Suppressive Effect of Hyuga-touki Leaf on Postprandial Blood Glucose Level in Healthy Japanese: A Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Crossover Study. *Shinryo to Shinyaku* **55**: 945-948, 2018.
4. Mira A, Alkhiary W, Shimizu K: Antiplatelet and Anticoagulant Activities of *Angelica shikokiana* Extract and Its Isolated Compounds. *Clin Appl Thromb Hemost* **23**(1): 91-99, 2017.
5. Mira A, Yamashita S, Katakura Y, Shimizu K: *In vitro* neuroprotective activities of compounds from *Angelica shikokiana* Makino. *Molecules* **20**(3):4813-32, 2015.
6. Japanese Laid-Open Patent Application: JP2014237635 - PRODUCTION METHOD AND NERVAL PROTECTIVE AGENT
7. Najima M, Miyata A, Yamamoto M: Efficacy and Safety of Long-term Ingestion of the Hyuga-touki Leaf on Blood Pressure in Healthy Japanese: A Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Study. *Shinryo to Shinyaku* **55**(12)::936-944, 2018.
8. IRIS Staging of CKD (modified 2023). <https://www.iris-kidney.com/iris-guidelines-1>
9. Kanda Y: Investigation of the freely-available easy-to-use software “EZR” (Easy R) for medical statistics. *Bone Marrow Transplant* **48**: 452-458, 2013.
10. Polzin DJ: Chronic kidney disease in small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* **41**(1): 15-30, 2011.
11. Brown SA: Renal dysfunction in small animals. The Merck Veterinary Manual website. https://www.msdvetmanual.com/urinary-system/noninfectious-diseases-of-the-urinary-system-in-small-animals/renal-dysfunction-in-dogs-and-cats#Chronic-Kidney-Disease_v98207536
12. Aimi Kato: CKD vs AKI – So many markers, so little time, so much confusion <https://www.idexx.co.uk/files/ckd-vs-aki-so-many-markers-so-little-time-so-much-confusion-bsava-2025.pdf>
13. Schauf S, Coltherd JC, Atwal J, Gilham M, Carvell-Miller LJ, *et al.*: Clinical progression of cats with early-stage chronic kidney disease fed diets with varying protein and phosphorus contents and calcium to phosphorus ratios. *J Vet Intern Med* **35**(6): 2797-2811, 2021.
14. Hata K, Kozawa M, Baba K, Mitsui M: Chemical Components of the Roots of *Ligusticum hultenii* FERNALD and *Angelica shikokiana* MAKINO. *YAKUGAKU ZASSHI* **93**(2): 248-251, 1973.
15. Patyra A, Vaillé J, Omhmed S, Dudek MK, Neasta J, Kiss AK, Oiry C: Pharmacological and phytochemical insights on the pancreatic β -cell modulation by *Angelica L.* roots. *J Ethnopharmacol* **15**(329): 118133, 2024.
16. Kimura Y, Okuda H: Effects of active compounds isolated from *Angelica shikokiana* on lipid metabolism in fat cells. *J Ethnopharmacol* **25**(3): 269-280, 1989.
17. Saita K, Saita S, Yahata Y, Mitsuma O: Neuroprotective action and clinical effects of *Angelica shikokiana* Makino. *New Food Indust* **60**(7): 39-48, 2018.
18. Saita K, Sakagami H, Mitsuma O: *In Vitro* Anti-aging Activity of APICA SAITA INUTOUKI (*Angelica shikokiana* Makino). *New Food Indust* **67**(1): 11-15, 2025.
19. Sakagami H, Saita K, Mitsuma O, Koshikawa T, Asai D, *et al.*: Rapid Inactivation of HIV by SAITA INUTOUKI® (*Angelica shikokiana* Makino). *New Food Indust* **66**(12): 747-750, 2024.
20. Mizuno S, Tokuda H, Nishino H, Kambara T, Mizutani K, Ikeda T: The anti-tumor-promoter effect of *Agaricus blazei* and *Angelica shikokiana*. *J Tradition Med* **15**: 334-335, 1998.
21. Mira A, Shimizu K: *In vitro* Cytotoxic Activities and Molecular Mechanisms of *Angelica shikokiana* Extract and its Isolated Compounds. *Pharmacogn Mag* **11**(Suppl 4): S564-9, 2025.

原 著

動物モデルを用いたイヌトウキ (*Angelica shikokiana*) の腎機能改善効果についての検討

林 基弘 (HAYASHI Motohiro)^{1*}、見立 英史 (MITATE Eiji)^{2*}

Key Words: イヌトウキ, *Angelica shikokiana*, イソエポキシプテリキシン, YN-1, イソプテリキシン, 腎臓病, 腎不全

和文要約

イヌトウキ (*Angelica shikokiana*) は、日本固有のセリ科植物であり、その根にはイソエポキシプテリキシン (YN-1) やイソプテリキシンなどのクマリン誘導体をはじめ、各種ビタミン、ミネラル、アミノ酸を豊富に含むことが知られている。

これまでに血糖上昇抑制、抗血小板凝集抑制、神経保護、血管拡張、降圧など多彩な生理作用が報告されている。本研究では、犬および猫における腎機能への影響に着目し、日常診療で得られた血液検査データを用いて後方視的ならびに前方視的に解析を行った。

研究 1 では、猫 56 頭、犬 38 頭を対象に血中尿素窒素 (BUN)、血中クレアチニン (Cr) の変化を解析した結果、両指標において投与前値を下回る割合が高く、腎機能改善作用が示唆された。

研究 2 では猫 142 頭、犬 55 頭に対して投与前、30 日目、90 日目、240 日目の推移を評価し、特に猫では Stage1 および Stage2 症例において BUN および Cr の有意な低下が認められた。一方、犬において有意差は確認されなかったが、長期投与により腎機能の維持あるいは改善の傾向が見られた。

これらの結果より、*Angelica shikokiana* の継続投与は、特に猫における初期から中等度の腎機能障害症例に対し有効である可能性が示された。したがって、腎機能維持を目的とした日常的なサプリメント投与は有用であり、少なくとも 90 日間の継続評価が望ましいと考えられる。

* 責任著者：見立 英史 (Eiji Mitate)²

所属機関

¹ 林技研株式会社 (〒160-0021 東京都新宿区歌舞伎町 2-3-21-606)

² 金沢医科大学医学部顎口腔外科 (〒920-0265 石川県河北郡内灘町大学 1-1)

Isolation and characterization of lactic acid bacteria from *sushiko* and *godo*, two traditional fermented foods from Aomori, Japan

Hiroyuki Honda*, Noriyuki Shibutani, Seina Fujishima,
Rin Sekikawa, Haruka Kubo, Daigo Saito, Kazuki Ishibashi

*Corresponding author: Hiroyuki Honda

Affiliated institution:

¹Laboratory of Applied Microbiology, Faculty of Engineering, Hachinohe Institute of Technology
[88-1 Obiraki, Myo, Hachinohe, Aomori 031-8501, Japan]

Abstract

Sushiko, a rice-based pickle from the Tsugaru region of Aomori Prefecture, Japan, and *godo*, a soybean- and rice *koji*-based fermented food from Towada City, are culturally significant foods that may harbor unique strains of lactic acid bacteria with functional properties. In this study, lactic acid bacteria were isolated from these two traditional fermented foods and characterized. In total, 55 strains were isolated (31 from *sushiko* and 24 from *godo*) and evaluated for their potential applications in health and food fermentation industries. The isolated strains were screened for their survivability in artificial digestive juices, antibacterial activity, milk fermentation ability, proteolytic activity, and salt tolerance. Seven strains from *sushiko* and nine from *godo* exhibited higher tolerance to simulated gastric and intestinal conditions compared with the probiotic *Levilactobacillus brevis* KB290. Only three strains produced bacteriocin, indicating the limited potential of these strains as biopreservatives. Nine strains showed milk coagulation ability, whereas 22 exhibited proteolytic activity, suggesting their potential applications in flavor development during dairy fermentation. Additionally, 31 strains were tolerant to 5% NaCl, indicating their suitability for salt-rich food environments. The strains exhibiting high survivability and multifunctional fermentation traits were identified using MALDI-TOF MS and 16S rRNA gene sequencing and found to be *Lactiplantibacillus*, *Lactococcus*, and *Enterococcus* species. In conclusion, *sushiko* and *godo* are promising sources of lactic acid bacteria with diverse functional traits suitable for probiotic and industrial applications. Although further studies are needed to confirm their health benefits and optimal food applications, these findings underscore the importance of regional fermented foods as reservoirs of useful and beneficial microorganisms.

Key Words : lactic acid bacteria, fermentation, isolation, screening, artificial digestive juice, *sushiko*, *godo*

Introduction

Humans use lactic acid bacteria in a variety of fermented foods such as yogurt, cheese, and pickles¹⁾. Fermentation by lactic acid bacteria improves the taste of foods, and the bacterial strains function as biopreservatives by producing antimicrobial substances. Additionally, expectations regarding the use of lactic acid bacteria for the maintenance of human health are increasing. In fermented milk, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* coagulate the milk by producing lactic acid, and the added health-promoting microbial strains perform functions such as intestinal regulation²⁾. Therefore,

efforts have been made to explore the use of lactic acid bacteria as starters and identify potentially beneficial strains in a variety of fermented foods^{3,4)}.

Lactic acid bacteria are commonly isolated from various types of Japanese pickles⁵⁾. Aomori Prefecture, the northernmost part of the main island of Japan, retains a distinctive food culture, among which *sushiko* and *godo* (Fig. 1 and Fig. 2) are two uniquely fermented products traditionally used as preserved foods. *Sushiko*, which comprises rice, cabbage, and perilla, is a traditional pickle from the Tsugaru region^{6,7)}. Although the *sushiko* production method varies by household, the typical



Fig. 1 Appearance of *sushiko*, a traditional rice-based pickle from the Tsugaru region.



Fig. 2 Appearance of *godo*, a fermented food made from soybeans and rice *koji* in Towada City.

process is as follows: 1) slice salted cucumbers into rounds; 2) salt chopped cabbage pieces; 3) finely chop red perilla; 4) mix vinegar, sugar, and the chopped red perilla into cooked glutinous rice to color the rice red; 5) add the cucumber and cabbage pieces; and 6) place a heavy stone on top of the mixture and allow it to mature for several days. *Godo*, which is made from soybeans and rice *koji*, is a specialty product of Towada City⁸⁾. The method for producing *godo* has previously been described by Shimodate and Honda⁹⁾. Although *sushiko* and *godo* potentially contain lactic acid bacteria with unique properties, the microbial strains from these foods

have not been well characterized.

Therefore, in this study, we evaluated the potential of *sushiko* and *godo* as sources of useful lactic acid bacteria. First, the strains isolated from these fermented foods were evaluated for their tolerance to artificial digestive juices to determine their survivability as live beneficial strains. Next, bacteriocin production by these strains was investigated to determine their ability to preserve the shelf life of food. Finally, the milk coagulability, protein degradability, and salt tolerance of the isolates were analyzed to determine their abilities to ferment various foods.

Materials and Methods

Samples and strains

Eleven samples of homemade *sushiko* from the Tsugaru region and eight samples of homemade *godo* from Towada City were used in this study (**Table 1**). Of these, ten *sushiko* and six *godo* samples were purchased at farmers' markets, and one *sushiko* and two *godo* samples were provided by producers. All the samples were transported to the laboratory in a cooler box and stored in a refrigerator.

Levilactobacillus brevis KB290 (JCM17312) and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* JCM1002^T were provided by the Japan Collection of Microorganisms (RIKEN BioResource Center, Tsukuba).

Isolation of lactic acid bacteria strains

Lactic acid bacteria were isolated using the plate count agar with bromocresol purple (Nissui Pharmaceutical, Tokyo) and Lactobacilli MRS agar (Difco Laboratories, Detroit, MI). The isolated strains were characterized using Gram staining and catalase tests and stored at -70°C in MRS broth containing 15% (v/v) glycerol (Kanto Chemical, Tokyo) until use.

Table 1 Composition of artificial gastric juice and artificial intestinal juice.

Fluid	Composition(%, w/v)	pH
AGJ	NaCl (0.85), Porcine mucin (0.1), Pepsin (0.04)	2.85
AIJ	NaCl (0.85), Porcine mucin (0.1), GAM (0.59), Trypsin (0.04), Pancreatin (0.04)	7.0

GAM, Gifu anaerobic medium.

Determination of growth in the artificial digestive juices

The growth of the strains in the artificial digestive juices was measured using the protocols of a previous report, with slight modifications¹⁰⁾. The evaluation was performed using artificial gastric juice (AGJ) and artificial intestinal juice (AIJ) (**Table 1**). In brief, 1 mL of each strain culture was mixed with 9 mL of AGJ (10-fold dilution) and incubated at 37°C for 3 h. Then, 3 mL of the reaction mixture was added into 9 mL of AIJ (4-fold dilution) and incubated at 37°C for 7 h. After incubation, bacterial growth was determined by measuring the absorbance of the culture at OD₆₆₀. *Levilactobacillus brevis* KB290, which is known to remain highly viable in artificial digestive juices, was used as a control¹⁰⁾. Taking into account the dilution ratio, the OD ratio was calculated as follows:

$$\text{OD ratio} = (\text{OD}_{660} \text{ after incubation with AIJ} \times 10 \times 4) / (\text{OD}_{660} \text{ of strain culture}).$$

Antibacterial activity

The antibacterial activities of the isolated strains were determined using the agar well diffusion assay¹¹⁾. The 55 strains were cultured in MRS broth at 30°C for 24 h, after which the cultures were centrifuged (1,040 ×g, 5 min, ambient temperature) to collect the supernatants. The bacterial cells were removed using a cellulose acetate-type membrane-filter (0.2 µm pore size; Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo). The MRS agar plates were overlaid with 0.75% MRS soft agar containing *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* JCM1002^T as the indicator strain for antibacterial activity. Wells (Φ 5.5 mm) were made in the MRS agar, and 65 µL of the sample solution was dispensed into each well. The plates were incubated at 37°C for 24 h. The formation of halos indicated the inhibition of JCM1002^T growth.

Milk fermentability, proteolytic activity, and salt tolerance

The 55 strains were incubated in MRS broth at 30°C for 24 h. Then, 100 µL of the culture was inoculated into 5 mL of 10% (w/v) skim milk that had previously been autoclaved at 115°C for 15 min. Coagulation of the skim milk was assessed at 24 and 48 h, and the pH at 24 h was

recorded.

Proteolytic activity was determined as described in a previous report¹²⁾. In brief, the lactic acid bacteria were streaked onto agar plates containing 0.5% (w/v) skim milk (Morinaga Milk Industry, Tokyo) and 0.5% (w/v) glucose (FUJIFILM Wako Pure Chemical, Osaka) and incubated at 30 °C for 24 h. The colonies that were surrounded by a transparent zone were considered positive for proteolytic activity.

For the salt tolerance test, 100 µL of each strain was inoculated into 5 mL of MRS medium containing 5% (w/v) NaCl (FUJIFILM Wako Pure Chemical) at pH 8.5. The turbidity (OD₆₆₀) of the culture was measured at 24 and 48 h.

Identification using 16S rRNA gene sequencing and MALDI-TOF MS

For each type of fermented food, the top three strains showing high resistance to artificial digestive juices were identified. Additionally, three strains across all samples that exhibited milk fermentability, protease activity, and salt tolerance, respectively, were identified. Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) was used for strain identification. 16S rDNA sequencing analysis, performed by TechnoSuruga Laboratory (Shizuoka), was used to identify the strains that MALDI-TOF MS could not identify. MALDI-TOF MS was performed using a MALDI Biotyper Smart system (Bruker Japan, Yokohama), and the spectra were collected using flexControl v.3.4 software (Bruker Japan). The species identities were determined by searching against the MBT Compass Library v.12.0.0.0 using MBT Compass v.4.1 software (Bruker Japan) with a cutoff score value of 1.70 or higher.

For 16S rRNA gene sequencing, total genomic DNA was extracted from each strain using achromopeptidase (FUJIFILM Wako Pure Chemical), and the 16S rRNA gene was amplified with the polymerase chain reaction using PrimeSTAR HS DNA Polymerase (Takara Bio, Kusatsu). 16S rRNA gene sequencing was performed using the BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, Waltham, MA) and ABI PRISM

Table 2 Sample sources and number of lactic acid bacteria strains isolated.

Fermented food	Collection region	No. of samples	No. of strains isolated
<i>sushiko</i>	Ajigasawa Town	1	4
	Fukaura Town	3	9
	Tsugaru City	6	17
	Goshogawara City	1	1
<i>godo</i>	Towada City	8	24

3500xL Genetic Analyzer (Applied Biosystems). Primers 9F (5'-GAGTTTGATCCTGGCTCAG-3'), and 536R (5'-GTATTACCGCGGCTGCTG-3') were used for the gene sequencing¹³⁾. The 16S rRNA gene sequences obtained were analyzed using the NCBI BLAST program to identify the strains.

Results

Bacterial isolation and phenotypic characterization

In total, 55 strains were isolated: 31 from the 11 *sushiko* samples, and 24 from the eight *godo* samples (Table 2). All of the strains were confirmed to be gram-positive and catalase-negative. The pH values in the MRS media of all strain cultures decreased to 3.88–4.87 after 24 h cultivation.

Growth of strains in artificial digestive juices

Growth of the strains in the artificial digestive juices is shown in Fig. 3. Compared with the control strain, *Levilactobacillus brevis* KB290 (OD ratio = 6.4), seven strains isolated from *sushiko* and nine strains from *godo* exhibited enhanced growth in the artificial digestive juices. In particular, the strains derived from the *sushiko* samples obtained in Fukaura Town showed a tendency for elevated growth (OD ratio = 8.4 ± 3.6).

Antibacterial activity

Antibacterial activity was measured as an ability related to food shelf life (Table 3). Of the 55 strains, only three (Nos. 265, 267, and 286) formed inhibition circles in the agar diffusion plates. This suggests that only a few lactic acid bacteria strains from *sushiko* and *godo* are available for biopreservation purposes.

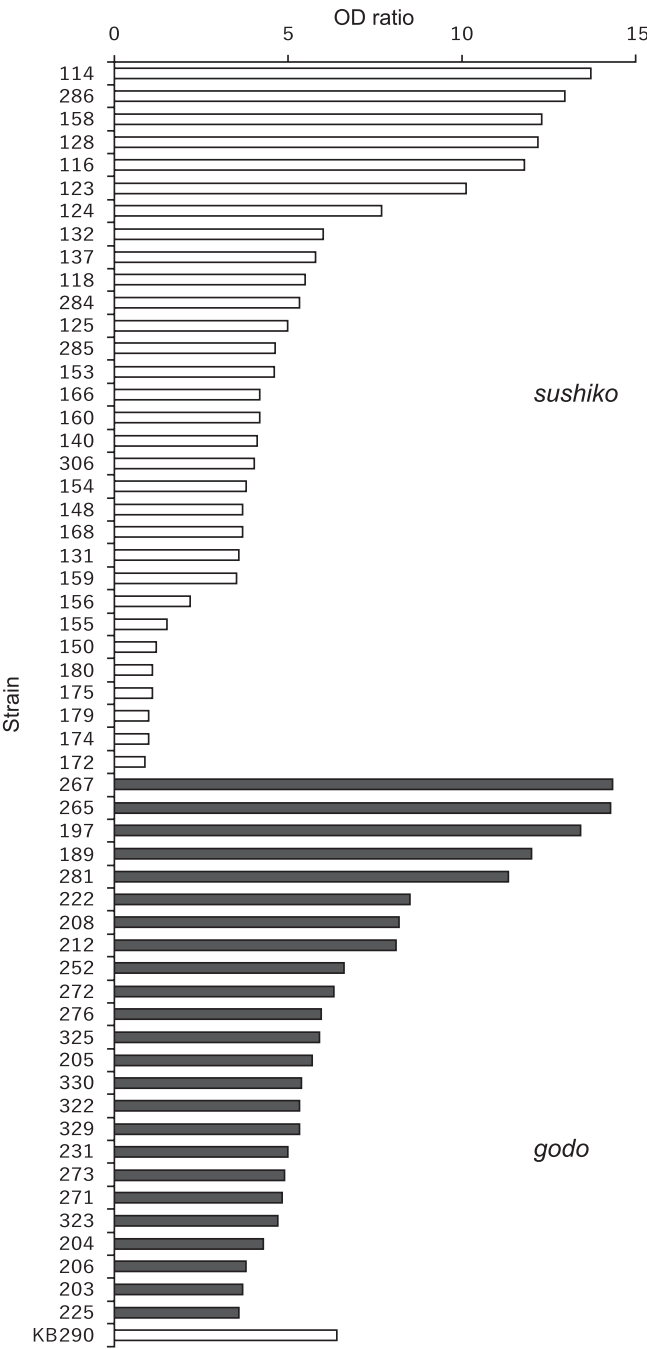


Fig. 3 Growth of strains isolated from *sushiko* and *godo* in the artificial digestive juices. The open bar indicates *Levilactobacillus brevis* KB290 as a positive control. OD ratio = (OD₆₆₀ after incubation with artificial intestinal juice × 10 × 4) / (OD₆₆₀ of strain culture).

Table 3 Functional properties of isolated lactic acid bacteria.

Source	Strain	Bacteriocin production	Milk fermentation		Protease activity	Salt tolerance
			Coagulation	pH at 24 h		
<i>sushiko</i>	114	—	—	5.05	—	—
	286	+	—	5.79	—	++
	158	—	—	5.79	—	++
	128	—	++	4.84	—	++
	116	—	++	4.83	+	++
	123	—	—	5.07	—	—
	124	—	++	4.82	+	++
	132	—	—	5.02	—	—
	137	—	—	6.10	+	—
	118	—	++	4.88	—	++
	284	—	+	5.23	+	—
	125	—	++	4.85	—	++
	285	—	—	5.08	—	—
	153	—	—	6.18	—	++
	166	—	—	5.74	+	—
	160	—	—	6.17	+	++
	140	—	—	5.94	+	++
	306	—	—	5.60	—	—
	154	—	—	6.17	+	—
	148	—	—	5.98	—	++
	168	—	—	5.91	+	++
	131	—	—	5.83	—	—
	159	—	—	5.15	+	—
	156	—	++	4.78	—	—
	155	—	—	5.69	—	++
	150	—	—	5.98	—	—
	180	—	—	5.97	—	++
	175	—	—	6.15	—	++
	179	—	—	6.05	—	++
	174	—	—	5.86	—	—
	172	—	—	6.14	+	++
<i>godo</i>	267	+	—	5.56	—	++
	265	+	—	5.50	+	++
	197	—	—	5.55	+	++
	189	—	—	5.42	—	++
	281	—	—	5.93	—	++
	222	—	—	5.75	—	++
	208	—	—	5.73	—	++
	212	—	—	5.69	—	++
	252	—	—	5.58	+	—
	272	—	—	5.94	—	++
	276	—	—	5.74	+	++
	325	—	++	4.40	+	++
	205	—	—	5.61	—	++
	330	—	—	6.15	+	++
	322	—	—	6.21	+	—
	329	—	—	5.72	—	+
	231	—	—	5.18	—	+
	273	—	—	5.98	+	—
	271	—	—	5.97	—	+
	323	—	++	4.32	+	—
	204	—	—	6.14	+	—
	206	—	—	6.14	—	+
	203	—	—	6.23	—	++
	225	—	—	6.13	+	—

Bacteriocin production and protease activity: +, positive; —, negative.

Milk fermentation: ++, positive at 24 h; +, positive at 48 h; —, negative.

Salt tolerance: ++, OD₆₆₀ > 0.4 at 24 h; +, OD₆₆₀ > 0.4 at 48 h; —, no significant growth.

Milk fermentability, protease activity, and salt tolerance

Milk coagulation was evaluated as an indicator of the ability of the lactic acid bacteria to produce acid and ferment milk. In the skim milk fermentation test, coagulation and acid production were observed in nine strains (++) in 8 strains and + in 1 strain; **Table 3**). These strains retained their ability to ferment milk via lactic acid production from lactose.

Protease activity, which is indicative of the ability to degrade casein proteins and generate flavor-enhancing components in milk, was assessed using skim milk agar. Clear zones were observed for 22 strains (**Table 3**), confirming their proteolytic activities.

For the selection of salt-tolerant lactic acid bacteria, strains that exhibited growth after incubation in 5% NaCl-containing medium were regarded as positive. In total, 31 salt-tolerant strains were obtained (**Table 3**), suggesting their high potential for application in salt-containing foods such as cheese and pickles.

Identification via 16S rRNA gene sequencing and MALDI-TOF MS

Six strains with high resistance to artificial digestive juices and three strains positive for protease activity, lactose fermentation, and salt tolerance, respectively, were identified (**Table 4**, **Table 5**). These functionally active strains comprised four *Enterococcus*, three *Lactiplantibacillus*, and two *Lactococcus* strains, each representing a distinct genus with potential applications in the fermentation and development of functional foods.

Discussion

In this study, the potential of traditional fermented foods as sources of beneficial microbial strains was investigated. Additionally, we investigated the tolerance of the isolated strains to digestive conditions as well as their bacteriocin-producing capacities and fermentation performances. As a result, multiple lactic acid bacteria strains exhibiting these traits were identified.

Several strains isolated from *sushiko* and *godo* exhibited high tolerance to artificial digestive juices. Lactic acid bacteria that survive the digestive tract are expected to provide useful functions, such as producing beneficial metabolites, inhibiting pathogens¹⁴⁾, and metabolizing bile salts in the intestine²⁾. The results of this study suggest that strains with health benefits may be present in *sushiko* and *godo*. Fukao *et al.*¹⁵⁾ showed that the exopolysaccharide of *Lactobacillus brevis* KB290 contributes to the aggregative properties and bile resistance of the strain. By contrast, strains with an OD ratio higher than that of KB290 did not exhibit aggregation, suggesting that they possess mechanisms distinct from exopolysaccharide for resisting artificial digestive juices¹⁵⁾.

Among the 55 strains tested, three exhibited bacteriocin activity and were identified as *Enterococcus* spp. Certain *Enterococcus* strains produce enterocins, which confer a competitive advantage in their natural habitats¹⁶⁾. Notably, many enterocins display broad-spectrum antimicrobial activity, making them particularly attractive for use in food preservation. Accordingly, when applied as cell-free preparations, *Enterococcus*-derived bacteriocins may

Table 4 Taxonomic identification of selected strains by 16S rRNA sequencing.

Strain	Identified species	Identity	Source
114	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	100% (515/515)	<i>sushiko</i>
286	<i>Enterococcus</i> sp.	100% (509/509)	<i>sushiko</i>
158	<i>Lactococcus</i> sp.	100% (500/500)	<i>sushiko</i>
267	<i>Enterococcus</i> sp.	99.8% (508/509)	<i>godo</i>
197	<i>Enterococcus</i> sp.	99.8% (508/509)	<i>godo</i>

Table 5 Taxonomic identification of selected strains by MALDI-TOF MS.

Strain	Identified species	Score value	Source
116	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	2.33	<i>sushiko</i>
124	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	2.35	<i>sushiko</i>
265	<i>Enterococcus faecium</i>	2.27	<i>godo</i>
325	<i>Lactococcus lactis</i>	2.18	<i>godo</i>

represent a promising approach for enhancing the safety and shelf life of food. However, some *Enterococcus* strains are associated with opportunistic infections, necessitating a thorough safety evaluation before their use in food-related applications¹⁷⁾.

Lactose is a major component of milk, constituting approximately 4.8%–5% of the emulsion^{18,19)}. Consequently, the fermentation of milk depends on lactose utilization by bacterial strains. As shown in **Table 3**, only several strains fermented 10% skim milk. Since *sushiko* and *godo* do not contain milk components, it stands to reason that many of the strains isolated likely do not ferment lactose. Such inability of plant-derived lactic acid bacteria to metabolize lactose limits their use in dairy products. Previous studies have shown that some plant-derived lactic acid bacteria could grow slowly over a week in lactose-containing MRS medium²⁰⁾. Therefore, by adapting to milk, the expression of enzymes such as β -galactosidase and phospho- β -galactosidase may be induced²¹⁾, potentially indicating the presence of strains that exhibit milk coagulation properties.

Lactic acid bacteria produce an umami flavor by degrading milk casein during cheese ripening²²⁾. The strains in this study that exhibited proteolytic activity toward milk proteins have the potential to be applied in cheese production. Of the 55 strains, 18 exhibited protease activity despite their inability to ferment milk. Even if a strain cannot ferment milk, it can contribute to cheese ripening as a non-starter lactic acid bacterium²³⁾. However, casein proteolysis can result in the formation of bitter-tasting peptides and β -casomorphin-7, a bioactive peptide derived from A1 β -casein that has

been implicated in gastrointestinal discomfort during milk consumption²⁴⁾. Given that these peptides may be generated as unintended byproducts of proteolysis, their formation and potential health implications warrant further investigation.

The tolerance of lactic acid bacteria to osmotic stress is known to involve the uptake of glycine betaine, a compatible solute²⁵⁾. Locally available *sushiko* is indicated to have a salt concentration of 2.5% (w/w), whereas the concentration in *godo* is 3.6% (w/w). It is possible that the salt in these samples act as a selective pressure, resulting in the survival of many salt-resistant strains.

In conclusion, we have isolated several strains of lactic acid bacteria with promising probiotic potential from traditional fermented foods in Aomori Prefecture. Additionally, we identified strains that may be used for the development of functional foods, including dairy products such as cheese. Our findings suggest that these foods may be useful sources of lactic acid bacteria.

This study had several limitations. First, this study alone does not provide sufficient evidence to claim health benefits of *sushiko* or *godo* to humans. Second, the growth behavior of these isolated strains in specific foods remains unclear. Therefore, further investigations of the properties of these beneficial strains are required to advance their function evaluation and application in food production.

Acknowledgements

We thank the producers for showing us the *sushiko* and *godo* production processes and for providing the samples.

References

- Castellone, V., Bancalari, E., Rubert, J., Gatti, M., Neviani, E., *et al.*: Eating fermented: Health benefits of LAB-fermented foods. *Foods* **10**(11): 2639, 2021.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G.R., Merenstein, D.J., *et al.*: The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* **11**: 506–514, 2014.
- Sáez, G.D., Flomenbaum, L., Zárate, G.: Lactic acid bacteria from Argentinean fermented foods: Isolation and characterization for their potential use as starters for fermentation of vegetables. *Food Technol Biotechnol* **56**(3): 398–410, 2018.
- Reuben, R.C., Roy, P.C., Sarkar, S.L., Alam, A.S.M.R.U., Jahid, I.K.: Characterization and evaluation of lactic acid bacteria from indigenous raw milk for potential probiotic properties. *J Dairy Sci* **103**(2): 1223–1237, 2020.
- Suzuki, S., Honda, H., Suganuma, H., Saito, T., Yajima, N.: Growth and bile tolerance of *Lactobacillus brevis* strains isolated from Japanese pickles in artificial digestive juices and contribution of cell-bound exopolysaccharide to cell aggregation. *Can J Microbiol* **60**(3): 139–145, 2014.
- Horie, M., Nanashima, N.: Microorganisms involved in the preparation of “*Sushiko*,” a fermented food produced in Tsugaru, Aomori, Japan. *J Jpn Soc Taste Technol* **22**(1): 6–13, 2023. (in Japanese)
- Honda, H.: Detection of lactic acid bacteria in traditional fermented pickles, “*sushiko*” in the Tsugaru region. *Bull Hachinohe Inst Technol* **38**: 117–120, 2019. (in Japanese)
- Honda, H., Obara, T., Kawamura, Y., Matsuzuka, Y., Abe, H.: Isolation and characterization of *Wickerhamomyces anomalus* in *godo*, a fermented soybean food. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* **71**(6): 201–205, 2024. (in Japanese)
- Shimodate, K., Honda, H.: Isolation and identification of psychrotrophic lactic acid bacteria in *godo*, the traditional fermented soy food in Japan. *J Gen Appl Microbiol* **68**(5): 219–224, 2022.
- Suzuki, S., Yakabe, T., Suganuma, H., Fukao, M., Saito, T., *et al.*: Cell-bound exopolysaccharides of *Lactobacillus brevis* KB290: protective role and monosaccharide composition. *Can J Microbiol* **59**(8): 549–555, 2013.
- Kawai, Y., Saito, T., Kitazawa, H., Itoh, T.: Gassericin A; an uncommon cyclic bacteriocin produced by *Lactobacillus gasseri* LA39 linked at N- and C-terminal ends. *Biosci Biotechnol Biochem* **62**(12): 2438–2440, 1998.
- Hiwatashi, M., Amano, F., Kondo, T., Kato, T.: Production of functional amino acids in okara by mixed culture of lactic acid bacteria. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* **65**(2): 55–62, 2018. (in Japanese)
- Nakagawa, Y., Kawasaki, H.: Determination method of 16S rRNA gene sequence. The Isolation and Characterization of Actinomycetes. The Society for Actinomycetes Japan. Tokyo, Business Center for Academic Societies, pp. 88–117, 2001.
- Kumar, M., Nagpal, R., Verma, V., Kumar, A., Kaur, N., *et al.*: Probiotic metabolites as epigenetic targets in the prevention of colon cancer. *Nutr Rev* **71**(1): 23–34, 2013.
- Fukao, M., Zendo, T., Inoue, T., Nakayama, J., Suzuki, S., *et al.*: Plasmid-encoded glycosyltransferase operon is responsible for exopolysaccharide production, cell aggregation, and bile resistance in a probiotic strain, *Lactobacillus brevis* KB290. *J Biosci Bioeng* **128**(4): 391–397, 2019.
- Franz, C. M. A. P., van Belkum, M.J., Holzapfel, W. H., Abriouel, H., Gálvez, A.: Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme. *FEMS Microbiol Rev* **31**: 293–310, 2007.
- Krawczyk, B., Wityk, P., Gałęcka, M., Michalik, M.: The many faces of *Enterococcus* spp.—commensal, probiotic and opportunistic pathogen. *Microorganisms*, **9**(9): 1900, 2021.
- Saxelin, M., Korpela, R., Mäyrä-Mäkinen, A., Mattila-Sandholm, T., Saaerla, M.: Introduction: classifying functional dairy products. Functional dairy products. Tiina Mattila-Sandholm and Maria Saarela. Cambridge, Woodhead Publishing, pp. 1–16, 2003.
- Haile-Mariam, M., Pryce, J. E.: Genetic parameters for lactose and its correlation with other milk production traits and fitness traits in pasture-based production systems. *J Dairy Sci* **100**(5): 3754–3766, 2017.
- Honda, H., Yajima, N., Saito, T.: Characterization of lactose utilization and β -galactosidase in *Lactobacillus brevis* KB290, the heterofermentative lactic acid bacterium. *Curr Microbiol* **65**(6): 679–685, 2012.
- Honda, H., Kataoka, F., Nagaoka, S., Kawai, Y., Kitazawa, H., *et al.*: β -Galactosidase, phospho- β -galactosidase and phospho- β -glucosidase activities in lactobacilli strains isolated from human faeces. *Lett Appl Microbiol* **45**(5): 461–466, 2007.
- Smit, G., Smit, B.A., Engels, W.J.M.: Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiol Rev* **29**: 591–610, 2005.
- Asahina, Y., Hagi, T., Kobayashi, M., Narita, T., Sasaki, K., *et al.*: Expression profiles of milk proteolysis-related genes in *Lactobacillus paracasei* EG9, a non-starter lactic acid bacterial strain, during Gouda-type cheese ripening. *Int Dairy J* **110**: 104812, 2020.
- Pal, S., Woodford, K., Kukuljan, S., Ho, S.: Milk intolerance, beta-casein and lactose. *Nutrients* **7**(9): 7285–7297, 2015.
- Hutkins, R. W., Ellefson, W. L., Kashket, E. R.: Betaine transport imparts osmotolerance on a strain of *Lactobacillus acidophilus*. *Appl Environ Microbiol* **53**(10): 2275–2281, 1987.

原 著

青森の伝統的発酵食品すしこ、ごどから 分離された乳酸菌の特性

本田 洋之 (HONDA Hiroyuki)¹*, 澁谷 紀之 (SHIBUTANI Noriyuki)¹、
藤島 星奈 (FUJISHIMA Seina)¹、関川 凜 (SEKIKAWA Rin)¹、
久保 遥奏 (KUBO Haruka)¹、齊藤 大悟 (SAITO Daigo)¹、石橋 和樹 (ISHIBASHI Kazuki)¹

Key Words: 乳酸菌, 発酵, 分離, スクリーニング, 人工消化液, すしこ, ごど

要旨

青森県津軽地方の米を主原料とした漬物「すしこ」と、青森県十和田市大豆と米麴を主原料とする発酵食品「ごど」は、いずれも文化的に重要な食品であり、機能的特性をもつ独自の乳酸菌株を有している可能性がある。本研究では、これらの伝統的発酵食品から乳酸菌を分離し、その特性を評価した。合計 55 株（すしこ由来 31 株、ごど由来 24 株）の乳酸菌を分離し、健康および食品発酵への応用可能性を評価した。分離株は、人工消化液での生存性、抗菌活性、乳発酵能、プロテアーゼ活性、耐塩性についてスクリーニング評価を行った。すしこ由来 7 株と、ごど由来 9 株は、プロバイオティクス乳酸菌である *Levilactobacillus brevis* KB290 と比較して、人工消化液に対して高い耐性を示した。抗菌物質（バクテリオシン）を産生したのは 3 株のみであり、これらの株が保存料として機能する可能性は限定的であることが示唆された。乳凝固能を示した株は 9 株、プロテアーゼ活性を示した株は 22 株であり、乳製品の風味形成への寄与が期待される。また、31 株が 5% 食塩濃度に耐性を示し、塩分を含む食品への適応性が示唆された。高い消化液耐性と多種の発酵特性を示した菌株は、MALDI-TOF MS および 16S rRNA 遺伝子解析により、*Lactiplantibacillus* 属、*Lactococcus* 属、*Enterococcus* 属と同定された。本研究は、「すしこ」および「ごど」が多様な機能性を持つ乳酸菌の有望な供給源であることを示し、地域の発酵食品が微生物資源として持つ可能性を明らかにした。

* 責任著者：本田 洋之 (Hiroyuki HONDA) ¹ E-mail hhonda@hi-tech.ac.jp

所属機関

¹ 八戸工業大学工学部 (〒 031-8501 青森県八戸市妙大開 88-1)

Consensus Statement for Protocols of Factorial Randomized Trials: Extension of the SPIRIT 2013 Statement の和訳

著者 Brennan C. Kahan, PhD¹; Sophie S. Hall, PhD²; Elaine M. Beller, MAppStat³; Megan Birchenall, BSc²; Diana Elbourne, PhD⁴; Edmund Juszczak, MSc⁵; Paul Little, MD; John Fletcher, MPH⁶; Robert M Golub, MD⁷; Beatriz Goulao, PhD⁸; Sally Hopewell, DPhil⁹; Nazrul Islam, PhD^{5,6}; Merrick Zwarenstein, MBBCh, PhD¹⁰; An-Wen Chan, MD, DPhil¹¹; Alan A. Montgomery, PhD²

翻訳 馬場 亜沙美 (BABA Asami)^{1*}, 鈴木 直子 (SUZUKI Naoko)¹,
田中 瑞穂 (TANAKA Mizuho)¹, 山本 和雄 (YAMAMOTO Kazuo)¹

Key Words: ヒト臨床試験, 特定保健用食品, 機能性表示食品, ファクトリアルデザイン, CONSORT, SPIRIT, 試験プロトコル

Japanese translation of “Consensus Statement for Protocols of Factorial Randomized Trials: Extension of the SPIRIT 2013 Statement”

Authors:

Brennan C. Kahan, PhD¹; Sophie S. Hall, PhD²; Elaine M. Beller, MAppStat³; Megan Birchenall, BSc²; Diana Elbourne, PhD⁴; Edmund Juszczak, MSc⁵; Paul Little, MD; John Fletcher, MPH⁶; Robert M Golub, MD⁷; Beatriz Goulao, PhD⁸; Sally Hopewell, DPhil⁹; Nazrul Islam, PhD^{5,6}; Merrick Zwarenstein, MBBCh, PhD¹⁰; An-Wen Chan, MD, DPhil¹¹; Alan A. Montgomery, PhD²

Translators:

Asami Baba^{1*}, Naoko Suzuki¹, Mizuho Tanaka¹, Kazuo Yamamoto¹

*Correspondence author: Asami Baba

Keywords: Human clinical trial, Food for Specified Health Uses, Food with Function Claims, Factorial design, CONSORT, SPIRIT, Trial protocol

Affiliations (Authors):

¹ MRC Clinical Trials Unit at UCL, London, United Kingdom

² Nottingham Clinical Trials Unit, School of Medicine, University of Nottingham, Nottingham, United Kingdom

³ Institute for Evidence-Based Healthcare, Bond University, Robina, Australia

⁴ London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, United Kingdom

⁵ Primary Care Research Centre, School of Primary Care, Population Sciences and Medical Education, Faculty of Medicine, University of Southampton, Southampton, United Kingdom

⁶ The BMJ, London, United Kingdom

* 責任著者: 馬場 亜沙美

所属 (翻訳)

¹ 株式会社オルトメディコ

〒112-0002 東京都文京区小石川 1-4-1 住友不動産後楽園ビル 2 階

⁷ Department of Medicine, Northwestern University Feinberg School of Medicine, Chicago, Illinois

⁸ Health Services Research Unit, University of Aberdeen, Aberdeen, Scotland

⁹ Oxford Clinical Trials Research Unit, University of Oxford, Oxford, United Kingdom

¹⁰ Centre For Studies in Family Medicine, Schulich School of Medicine and Dentistry, Western University, London, Canada

¹¹ Women's College Research Institute, University of Toronto, Toronto, Canada

Affiliated institution (Translators)

¹ ORTHOMEDICO Inc.

2F Sumitomo Fudosan Korakuen Bldg., 1-4-1 Koishikawa, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-0002, Japan.

本項について

本稿は、EQUATOR Network が提供するガイドラインの一つである「Consensus Statement for Protocols of Factorial Randomized Trials: Extension of the SPIRIT 2013 Statement」を翻訳・要約したものである。

キーポイント [Key Points]

論点: ファクトリアルランダム化比較試験のプロトコルには、どのような追加情報を記載すべきか？

結果: 本コンセンサス声明は、介入研究のための標準的プロトコル項目に関する推奨事項 (SPIRIT 2013 声明) の拡張版を提示するものである。SPIRIT 項目のうち 9 項目が修正されている。

解釈: 本 SPIRIT 拡張版チェックリストは、ファクトリアル試験プロトコルにおける透明性ある記載を促進し、試験の有用性向上に寄与する可能性がある。

要旨 [Abstract]

背景: 試験プロトコルは、試験の目的と用いられる方法 (設計, 実施, 解析) を概説するものであり、プロトコルによる透明性のある報告は目的を明確にし、研究方法の妥当性を評価するための手助けとなる。ファクトリアル試験では 2 つ以上の介入を同一の参加者群で評価するため、試験を設計する上での留意点が存在する。しかし、プロトコルの報告に関する指針を提供する「標準的なプロトコル項目: 介入試験のための推奨 (SPIRIT 2013 声明)」には、ファクトリアル試験に特化した拡張ガイドラインはこれまで存在していない。

目的: ファクトリアル試験に対応した SPIRIT 2013 声明の合意形成に基づく拡張ガイドラインを開発する。

エビデンスの検討: ファクトリアル試験のための SPIRIT 拡張ガイドラインは、医療研究の質と透明性の向上を目的とした EQUATOR 方法論フレームワークを用いて開発された。まず、報告推奨項目のリストは、MEDLINE (開始から 2019 年 5 月まで) の検索によって特定された方法論的文献のスコーピングレビューを通じて作成され、著者らの個人的な文献資料からの関連文献によって補足された。次に、14 か国 104 名の調査パネリストが参加したデルファイ調査が 2022 年 1 月から 6 月にかけて 3 回実施され、各項目の重要性の評価と追加推奨事項の特定が行われた。最後に、15 名の調査パネリストが参加した合同会議が開催され、チェックリストの項目選定と文言の最終決定が実施された。

結果: ファクトリアル試験に対応する本 SPIRIT 拡張版では、SPIRIT 2013 のチェックリスト全 33 項目のうち、9 項目に修正を加えた。報告に関する主要な推奨事項としては、ファクトリアルデザインを採用する根拠 (交互作用の仮定の有無を含む) を明示すること、主要な比較対象となる群を特定すること、そして各主要比較に対して用いる統計解析手法 (交互作用の評価方法を含む) を記述することが求められる。

結論と研究意義: 本コンセンサス声明では、ファクトリアル試験の有用性と透明性を高めるために、すべてのファクトリアル試験のプロトコルにおいて記載すべき 9 つの項目が提示された。

序論 [Introduction]

試験プロトコルは、研究の根拠、目的、ならびに統計解析を含む計画された方法を明示する^{1,2)}。試験プロトコルは、研究実施者にとって試験実施の指針となるものであり、倫理委員会による倫理的妥当性の確認、ならびに学術誌・規制当局・査読者による試験の実施および報告の評価に用いられる^{1,2)}。これらの目的を満たすのに適した試験プロトコル作成を支援するために、「標準的なプロトコル項目：介入試験のための推奨（SPIRIT 2013 声明）」が策定された^{1,2)}。SPIRIT 2013 声明では、試験プロトコルに記載すべき 33 の項目を体系的に整

理したチェックリストを提示している。SPIRIT は基本的に 2 群並行群間比較試験を対象としているが、複雑な試験デザインにおいては項目の適用に際して調整や追加が必要となる可能性がある。

ファクトリアル試験とは、単一の試験において、同一の参加者集団において 2 つ以上の介入が評価される試験である³⁻¹⁶⁾。因子 A および B を組み合わせた 2×2 ファクトリアル試験の例を表 1 に示す。参加者は介入 A またはその比較対象に加え、介入 B またはその比較対象にも割り付けられるため、結果として 4 つの治療群（A 単独、B 単独、A+B 併用、A・B いずれも非投与 [二重対照群]）のいずれか

表 1 2×2 ファクトリアルランダム化試験の例

治療	因子	治療 B ^a	コントロール ^b
		アクティブ ^b	
治療 A ^a	アクティブ ^b	アクティブ A+ アクティブ B ^c	アクティブ A+ コントロール B ^c
	コントロール ^b	コントロール A+ アクティブ B ^c	コントロール A+ コントロール B ^c

a: A と B は因子である。

b: アクティブ A とコントロール A は因子 A のレベルであり、アクティブ B とコントロール B は因子 B のレベルである。

c: これらの項目は 4 つの治療群を表す。完全ファクトリアル試験では、すべての参加者が 4 つの治療群のいずれかにランダムに割り付けられる。部分ファクトリアル試験では、参加者の一部はアクティブ A とコントロール A の間でのみランダム化され、B 因子についてはランダム化されず、自動的にコントロール B に割り付けられる。ファクトリアル解析では、介入 A に割り付けられたすべての参加者（アクティブ A+ アクティブ B、およびアクティブ A+ コントロール B）を、介入 A に割り付けられていない参加者（コントロール A+ アクティブ B、およびコントロール A+ コントロール B）と比較する。同様にして、介入 B についての比較も行われる。マルチアーム解析では、各治療群をコントロール群と比較する（例：アクティブ A+ アクティブ B、アクティブ A+ コントロール B、コントロール A+ アクティブ B の各群は、いずれもコントロール A+ コントロール B と比較される）。

表 2 用語集

用語	定義
ファクトリアル試験	単一の研究で、同一の参加者に対して 2 つ以上の介入を組み合わせさせて評価される試験デザイン
因子	各介入とその比較対象を含む概念（例：因子 A にはアクティブ A とコントロール A が含まれる）
因子内のレベル	因子を構成する具体的な介入（例：アクティブ A とコントロール A は因子 A の 2 つのレベルである）
治療群	参加者がランダムに割り付けられる因子とレベルの一意的な組み合わせ（例：アクティブ A+ アクティブ B は 1 つの治療群である）
完全ファクトリアルデザイン	すべての参加者が、因子とそのレベルのあらゆる組み合わせのいずれかにランダムに割り付けられる
部分ファクトリアルデザイン	一部の参加者は、特定の因子についてはランダム化されない
分割ファクトリアルデザイン	因子の組み合わせの一部が省略される
比較	どの治療群同士を比較するか
主要な比較	各介入の有効性に関する結論を導くために主に用いられる比較
推定値	試験から推定される治療効果の記述
ファクトリアル解析	マージン解析 (at-the-margins analysis) と呼ばれ、アクティブ A に割り付けられた全参加者をコントロール A に割り付けられた全参加者と比較し、因子 B の比較も同様に行う
マルチアーム解析	インサイド・ザ・テーブル解析 (inside-the-table analysis) と呼ばれ、各治療群（例：アクティブ A+ コントロール B、コントロール A+ アクティブ B）がコントロール群などの他の治療群と比較される
相互作用	ある治療の効果が、参加者が他の治療も受けるかどうかによって変化する場合に生じる

表3 ファクトリアルランダム化試験の報告チェックリスト: SPIRIT 2013 声明の拡張版^{a, b, c}

章	項目番号	SPIRIT 2013 チェックリスト項目	ファクトリアル試験に関する拡張版
管理情報			
タイトル	1	試験デザイン, 対象集団, 介入, および該当する場合は試験の略称を示す記述的タイトル	試験がファクトリアルランダム化試験であること, 対象集団, 介入, および該当する場合は試験の略称を示す記述的タイトル
はじめに			
背景と根拠	6a	研究課題と試験を実施する正当性の記述, 各介入の有益性および有害性を検討した関連研究(公表・未公表)の要約を含む	研究課題と試験を実施する正当性の記述, 各介入の有益性および有害性を検討した関連研究(公表・未公表)の要約を含む。さらに, 相互作用が仮定されているかどうかを含め, ファクトリアルデザインを採用する理由の説明
目的	7	具体的な目的または仮説	具体的な目的または仮説, および主要な比較を構成する治療群の記述 ^b
試験デザイン	8	試験の種類(例: 並行群間, クロスオーバー, ファクトリアル, 単一群), 割付比率, および枠組み(例: 優越性, 同等性, 非劣性, 探索的)を含む試験デザインの記述	ファクトリアル試験の種類(例: 完全または部分ファクトリアル, 因子の数, 各因子内のレベル), 割付比率, および枠組み(例: 優越性, 同等性, 非劣性, 探索的)を含む試験デザインの記述
方法: 参加者, 介入, アウトカム			
適格基準	10	参加者の選択基準および除外基準。該当する場合は, 研究施設および介入を実施する個人の適格基準(例: 外科医, 心理療法士)	各因子の選択基準および除外基準(該当する場合は違いを明記), および研究施設や介入を実施する個人の適格基準(例: 外科医, 心理療法士)
サンプルサイズ	14	研究目的を達成するために必要な推定参加者数およびその決定方法(サンプルサイズ計算を裏付ける臨床的・統計的仮定を含む)	研究目的を達成するために必要な推定参加者数および主要な各比較に対する決定方法(サンプルサイズ計算を裏付ける臨床的・統計的仮定, 計算で相互作用が想定されたかどうかを含む)
介入の割付け(対照試験の場合)			
シーケンス生成	16a	割付けシーケンスの生成方法(例: コンピュータ生成の乱数)および層別化のための因子の一覧。ランダム化シーケンスの予測可能性を低減するため, 計画された制限(例: ブロッキング)の詳細は, 参加者登録者や介入割付担当者が閲覧できない別文書で提供すること	割付けシーケンスの生成方法(例: コンピュータ生成の乱数), 層別化のための変数の一覧, および該当する場合は参加者が異なる時点で因子に割り当てられたかどうか。ランダム化シーケンスの予測可能性を低減するため, 計画された制限(例: ブロッキング)の詳細は, 参加者登録者や介入割付担当者が閲覧できない別文書で提供すること
データ収集, 管理, 解析			
統計学的手法	20a	主要アウトカムおよび副次アウトカムを分析するための統計的方法。プロトコルに記載されていない場合は, 統計解析計画の詳細の所在を明示	<p>主要アウトカムおよび副次的アウトカムについて, 各主要比較に用いる統計学的方法(以下を含む)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 目標治療効果が, 他の因子の有無によって影響を受けるかどうか ● 解析アプローチ(例: ファクトリアル解析, 多群解析など) ● アプローチの選択方法(事前指定か, 推定された相互作用に基づくかなど) ● ファクトリアル解析を用いる場合, 因子間で相互に調整するかどうか ● 統計的相互作用を評価する方法, および主要アウトカムに加えてどのアウトカムに適用するか ● 該当する場合, 因子への非同時募集をどのように扱うか ● 統計解析計画のその他の詳細がプロトコルに記載されていない場合の参照先
モニタリング			
データモニタリング	21b	中間解析および試験中止のガイドラインの記述(中間解析結果にアクセスする者および試験中止の最終決定を下す者を含む)	主要比較間の相違点およびその理由を含み, 中間解析結果にアクセスする者および試験中止の最終決定を下す者を明示した中間解析および試験中止のガイドラインの記述

略語: IRB (institutional review board = 施設内倫理審査委員会), REB (research ethics board = 研究倫理審査委員会), SPIRIT (Standard Protocol Items: Recommendations for Interventional Trials = 介入試験の標準プロトコル項目に関する推奨事項)

a: このチェックリストは, 項目に関する重要な説明を理解するために, SPIRIT 2013 声明のガイドライン 1) と併せて確認することが推奨される。

b: 比較される各介入群全体は因子となる(例: アクティブ A とコントロール A を合わせて 1 つの因子, アクティブ B とコントロール B を合わせて別の因子)。因子内の具体的な介入はそのレベルに相当する(例: アクティブ A とコントロール A が因子 A の 2 つのレベル)。治療群は因子とレベルのユニークな組み合わせで構成される{例: 因子 A と B の 2 × 2 試験では, 4 つの治療群が存在する(アクティブ A+ コントロール B, アクティブ A+ アクティブ B など)}。主要な比較とは, 各介入の有効性に関する主要な結論を導くために, どの治療群同士を比較するかを指す。

c: 「Consensus Statement for Protocols of Factorial Randomized Trials: Extension of the SPIRIT 2013 Statement」で拡張された項目のみを抽出した。

に割り当てられることになる。ファクトリアル試験は、複数の介入因子を同時に評価する特性上、並行群間比較試験よりも設計・解析の面で複雑性が増す。これらの試験は、異なる研究目的（推定量）に応じてそれぞれ異なる解析方法を適用することで、複数の課題に同時に対応可能である（Box 参照）。ファクトリアル試験は単一の試験で複数の介入を同時に評価できるだけでなく、ある治療の効果が他の治療の投与状況に依存するかどうか、すなわち治療間の交互作用の有無を検討することも可能である^{10, 15, 17, 18)}。主要比較群の定義、交互作用の解析戦略、非同時登録によるバイアスの管理など、ファクトリアル試験には並行群間比較試験にはない設計上の留意点が存在する^{3, 4, 6, 8, 12-15, 19)}。

本コンセンサス文書では、SPIRIT 2013 チェックリストをファクトリアル試験に適用するための拡張版を提案するものである^{1, 2)}。ファクトリアル試験において、“因子”は介入とその比較対象を含む単位を指し、“治療群”は因子の水準の組み合わせによって定義される。2×2 デザインでは、A 単独、B 単独、A+B 併用、二重対照の4群が設定される。主要な用語の定義をまとめた用語集を表2に示す。本コンセンサス文書は2×2のファクトリアル試験を中心に論じているが、提示された報告指針は因子数や水準数が増加する複雑なファクトリアルデザインにも応用可能である。

方法 [Methods]

ファクトリアル試験に対応するSPIRIT拡張版は、同様の目的を持つ「臨床試験報告に関する統合基準（CONSORT）」ガイドライン拡張版と並行して策定された²⁰⁾。本拡張はEQUATORネットワークの方法論的枠組みに則って開発されており、報告にあたっては「品質改善報告の卓越性に関する基準（SQUIRE）」ガイドラインに準拠している²¹⁾。詳細な方法論については、別資料にて提示している²²⁾。ファクトリアル試験プロトコルの報告推奨項目の初期リストを作成するためにスコーピングレビューを実施した。レビュー対象には、2019年5月までに発表された方法論的文献に加え、著者らの個人所蔵文献も含まれている。推奨項目の体系化に向けて資金提供を受けた後、各項目の重要度評価および追加項目の提案を得ることを目的として、2022年1月

から6月にかけて3ラウンドのデルファイ調査を実施した。最終的なチェックリストの構成と文言に関する合意形成のため、2022年9月6、7日に15名のパネリストによるハイブリッド会議を開催し、以後は電子メールを通じた議論を行った。

結果 [Results]

ファクトリアル試験プロトコルの報告に対応する修正チェックリストを表3に提示している。本チェックリストには、SPIRIT 2013 声明の既存項目を修正した9項目が含まれている。

Box. ファクトリアル試験における推定対象の概要 ファクトリアル試験における推定対象

- 試験が解決を目指す研究課題を明確に定義するために、推定対象が用いられる。
- ファクトリアル試験では、研究目的に応じて異なる種類の推定対象を定義することができる。
- 2因子試験において、推定対象は通常、治療Aと非治療Aとの比較（他の因子についても同様）に基づいて定義される。しかし、この推定対象は複数の方法で定義可能である。たとえば、治療Bを誰も受けていない場合における治療Aと非治療Aの比較に基づくことも、全員が治療Bを受けている場合における治療Aと非治療Aの効果として定義することも可能である。
- あるいは、治療Aに関する推定対象は、治療Bを受ける群と受けない群の両方を含めた平均的な治療Aと非治療Aの比較に基づいて定義することもできる^a。しかし、このような推定対象は、実際の臨床現場における治療の使用実態を必ずしも反映しておらず、そのため2因子試験においては他の種類の推定対象の方がより適切である場合が多い。
- 治療間の交互作用の有無を評価することを目的とした試験においては、推定対象は、治療Bを誰も受けていない場合における治療Aの効果と、全員が治療Bを受けている場合における治療Aの効果との差に基づいて定義されることがある。

統計解析への含意

- 統計解析の手法は、あらかじめ定義された推定対象に基づいて選択されるべきである。

● 2 因子試験では、効率性の観点から、ファクトリアル解析（別名：マージン解析）が一般的に用いられる。しかし、この解析は、治療 B を割り付けられた群と割り付けられていない群の 2 つの層にわたって平均化を行うため、治療 A と B の間に交互作用が存在しないという前提のもとでは、治療 B を誰も受けていない場合における治療 A の効果のみを推定することになる。治療間に交互作用が存在する場合、この解析は治療 B の層にわたる治療 A の平均効果を推定することになるが、これは通常、主要な関心対象とはならない。

● マルチアーム解析（別名：インサイド・ザ・テーブル解析）では、治療 A と B の間に交互作用が存在する場合でも、治療 B を誰も受けていない条件下における治療 A の効果を推定することが可能である。しかし、ファクトリアル解析と比較して効率性が劣るため、2 因子試験ではインサイド・ザ・テーブル（inside-the-table analysis）が用いられる頻度は低い。

a: この分布は、研究者が任意に定義した割合に基づくことだけでなく、試験における治療 B および非治療 B への割り付け比率に基づくことも可能である。したがって、平均化の具体的な方法は明確に記述されるべきである。平均が試験における割り付け比率に基づいて定義される場合には、それが事前に指定された割り付け比（例：1:1）に基づくのか、各層における最終的な観察比率に基づくのかを明確にする必要がある。例えば、安全性上の理由により試験途中で因子 B への割り付けが中止された場合には、これらの比率は大きく変化する可能性がある。

スコーピングレビューでは、ファクトリアル試験プロトコルに関連する 19 の推奨事項が特定され、これらはデルファイ調査において評価された。複数の推奨事項が同一の SPIRIT 項目に関連していた場合においても、推奨事項は個別に評価された。デルファイ調査には 104 名が参加した。内訳は、統計専門家 60 名、臨床試験研究者 25 名、試験マネージャー 7 名、主任研究者としての経験を有する者 19 名、学術誌編集者としての経験を有する者 17 名、患者・市民参画メンバー 2 名であった（複数の役割を選択可）²²⁾。合同会議において評価対象となる基準を満たした推奨事項は 20 件であり、そのうち

1 件は第 2 回デルファイ調査で追加されたものである。合同会議の後、オンラインおよび電子メールによる議論を経て、拡張版チェックリストが最終化された。

ファクトリアル試験を記述する際に用いられる用語にはばらつきがあるため、本声明の各項目は、SPIRIT の原文項目を置き換える形で作成されている。改訂版チェックリストを使用する際は、表 2 に示された主要用語の定義を参照することが推奨される。

本報告書には、SPIRIT ファクトリアル試験拡張版において修正された項目の簡潔な説明が含まれている。各項目の解釈に関する詳細および適切な報告例は、別途作成予定の解説・補足記事にて提示する。

ファクトリアル試験プロトコルのための SPIRIT チェックリスト拡張版 [SPIRIT Checklist Extension for Factorial Trial Protocols]

項目 1. SPIRIT 2013 原文項目：試験デザイン、対象集団、介入内容、および該当する場合は試験略称を明示する記述的なタイトル

ファクトリアル試験プロトコル拡張版：タイトル中に「ファクトリアルランダム化試験」であることを明示する。

ファクトリアル試験には特有の方法論的特徴があるため、試験デザインを明示することで読者がその含意や潜在的な限界を考慮する可能となる^{4,6,7,10,23,24)}。

項目 6a. SPIRIT 2013 原文項目：研究課題の記述および試験を実施する根拠の提示。

ファクトリアル試験プロトコル拡張項目：ファクトリアルデザインを採用する理由の説明（交互作用の仮説の有無を含む）。

ファクトリアル試験は、異なる研究仮説（すなわち、推定対象）に対応するために用いることができる（Box 参照）。例えば、因子試験ではサンプルサイズを増加させることなく、1 つの試験内で複数の介入を評価することが可能である（いわゆる「2 因子試験」として言及されることが多い）。これにより、介入間の交互作用（すなわち、治療 A の効果が他の因子の有無によって変化するかどうか）を評価したり、最適な介入の組み合わせを特定したりすることができる。ファクトリアルデザインを採用す

る理由および交互作用の仮説の有無を明確にすることで、読者が本試験の主要な目的や、ファクトリアルデザイン採用にあたっての前提条件を理解することができる^{3, 6-8, 24)}。

項目 7. SPIRIT 2013 原文項目：具体的な研究目的または仮説の記述。

ファクトリアル試験プロトコル拡張項目：主要な比較を構成する治療群の組み合わせを明示する記述。

ファクトリアル試験は、複数の介入を多様な方法で比較・評価することを可能にする。例えば、因子 A および B を用いた 2×2 のファクトリアル試験において、介入 A の治療効果は以下のいずれかの比較により推定可能である：(1) A 群対 A 非介入群、(2) A 単独群対 A および B いずれの介入も受けない群、(3) A と B の併用群対 B 単独群。これらの比較はそれぞれ異なる推定を対象とし、異なる仮定を必要とする可能性がある^{6, 8, 13)}。推定対象とは、試験を通じて研究者が推定しようとする治療効果を定義する概念である^{13, 25, 26)}。

項目 8. SPIRIT 2013 原文項目：試験の種類、割付比、解析枠組みを含む試験デザインの記述。

ファクトリアル試験プロトコルの拡張項目：ファクトリアル試験の種類（完全因子デザインであるか部分因子デザインであるか）、因子の数、および各因子内の水準数を含む記述。

ファクトリアル試験には、さまざまな設計形式を用いることが可能である。最も基本的な設計は完全ファクトリアルデザインであり、参加者がすべての因子およびその水準の組み合わせに割り付けられる可能性を有する^{11, 27, 28)}。一部の因子組み合わせを省略する縮約ファクトリアルデザインや、特定の因子にのみ割り付け可能な参加者を含む部分ファクトリアルデザインでは、異なる方法論的アプローチが求められる^{3, 29)}。

項目 10. SPIRIT 2013 原文項目：参加者の選択基準および除外基準の記載。

ファクトリアル試験プロトコル拡張項目：各因子に対する適格基準の記載（該当する場合は因子間での差異も明示）。

因子間で適格基準に差異がある場合、サンプルサ

イズや解析方法の調整が必要となる可能性があり、解析時に適切に扱われないとバイアスが生じるおそれがある。特定の因子への割付に適格でない参加者は、当該因子に関する比較（および交互作用の評価）から除外すべきである。これらの参加者を含めて解析を行うと、比較がランダム化に基づかないものとなり、交絡バイアスを生じる可能性がある^{3, 29)}。

項目 14. SPIRIT 2013 原文項目：研究目的を達成するために必要な参加者数の推定値と、その算出方法の記載。

ファクトリアル試験プロトコル拡張項目：各主要な比較に対してサンプルサイズの算出方法を記載（交互作用を仮定したかどうかも含めて明示）。

適切なサンプルサイズの算出には、ファクトリアルデザインを採用する具体的な理由と、試験を実施する際に用いる方法論の両方を考慮する必要がある。例えば、介入間の交互作用の有無を評価することを目的とした試験では、各介入の主効果を評価する試験よりも、一般により大きなサンプルサイズを必要とする。また、2 因子試験においては、解析方法（ファクトリアル試験として扱うか、多群比較試験として扱うか）によって、必要なサンプルサイズが異なる。さらに、ファクトリアル試験によっては計画された主要な比較ごとに必要なサンプルサイズが異なる場合がある。これは、各比較で期待される効果量が異なる場合や因子ごとに主要アウトカムが異なる場合に生じ得る^{8, 30)}。

項目 16a. SPIRIT 2013 原文項目：割付方法の生成手順、および層別に用いる因子の一覧を記載する。

ファクトリアル試験プロトコル拡張項目：該当する場合は、参加者が異なる時点で各因子に割り付けられるかどうかを記載する。

一部のファクトリアル試験では、参加者が異なる時点で各因子に対してランダム化される場合がある。例えば、診断時に因子 A に対するランダム化を行い、治療 A 完遂後に因子 B に対するランダム化を実施する場合がある。各因子に対するランダム化の時点は、ベースライン期間、追跡期間の長さ、介入間の交互作用が生じる可能性といった試験の主要な設計要素に影響を与える⁴⁾。

項目 20a. SPIRIT 2013 原文項目：主要アウトカムおよび副次アウトカムの解析に用いる統計手法を記載する。統計解析計画書（SAP）がプロトコル外に存在する場合は、その参照先を明示する。

ファクトリアル試験プロトコル拡張項目：各主要な比較に対して、主要および副次アウトカムの解析に用いる統計手法を記載する。

・各主要な比較における目標とする治療効果が、他の因子の存在下での効果を指すのか、それとも他の因子が存在しない場合の効果を指すのかを明確にする。

推定される治療効果の定義を正確に理解することは、試験結果を適切に解釈するために不可欠である。しかし、こうした点は試験方法の記載だけでは必ずしも明確ではない場合がある³¹⁻³³⁾。ファクトリアル試験に特有の課題として、治療効果の推定対象となる群と実際に比較に用いられる治療群で一致しない場合がある^{13,34)}。例えば、多くのファクトリアル試験では効率性の観点から、A 群と非 A 群を比較するファクトリアル解析が用いられるが、実際に関心があるのは、A 単独とコントロールとの比較（すなわち B が存在しない状況での A の効果）、あるいは、B の有効性が示されている場合には、A と B の併用と B 単独との比較（すなわち B が存在する状況での A の効果）である¹³⁾。目標とする治療効果について、他の因子の存在下での効果あるいは非存在下での効果であるかを含めて明確に記載することで、読者は試験で問われている正確な研究課題を理解することができる^{13,25,31,32)}。目標とする治療効果は「推定量」と呼ばれ、各比較に対して明確に定義する必要がある^{13,25)}。

・解析の基本方針

関心のある推定量に応じて、ファクトリアル試験の解析には異なる統計手法が用いられる。介入の評価において最も一般的な方法は、ファクトリアル解析（マージナル解析）^{4,6,8,13,35,36)}と、マルチアーム解析（インサイド・ザ・テーブル解析）の2つである^{4,6-8,12-14,19,23,35,36)}。表1を例にとると、ファクトリアル解析では、因子 A に割り付けられたすべての参加者（すなわち、A 有効 +B 有効群および A 有効 +B 対照群）を、A に割り付けられていないすべ

ての参加者（A 対照 +B 有効群および A 対照 +B 対照群）と比較する。多群解析では、各治療群を基準群と比較する。例えば、A 有効 +B 対照群、A 対照 +B 有効群、A 有効 +B 有効群を、それぞれ A 対照 +B 対照群と比較する。これら2つの解析アプローチはそれぞれ異なる利点を有し、前提とする仮定も異なる（Box 参照）。

・解析アプローチの選定方法

解析手法としてファクトリアル解析または多群解析のいずれを採用するかを判断するために、研究者が事前に交互作用の有無を検定することがある。しかし、このようなアプローチではバイアスが生まれる可能性がある¹⁹⁾。そのため、一般的にはこのアプローチは推奨されない。しかしながら、もし当該アプローチを採用する場合には、解析手法の統計学的含意を読者が正しく理解できるよう明確に記載することが重要である。

・統計的交互作用の評価方法

ファクトリアル試験においては、治療間の交互作用の有無を評価することが求められる。これは、解析が「治療間に交互作用が存在しない」という仮定に依拠している場合、あるいは交互作用そのものが主要な関心対象である場合による^{4,6-8,12,13,24)}。交互作用の評価方法を明示することで、読者は採用された解析手法の妥当性を理解することができる。

・各因子の効果を推定する際に、他の因子を共変量として調整するかどうか

ファクトリアル解析では、統計モデルに他因子への割り付けを表す項を含めることで、参加者が他の因子に割り付けられていたかどうかを調整することが可能である^{4,8,13,30)}。この調整により統計的検出力が向上する可能性があり、場合によっては他の因子を調整しないことにより特定の推定量に対してバイアスが生じることがある¹³⁾。

・因子への随時割り付け（随時募集）をどのように取り扱うか

随時割り付けとは、一部の参加者が特定の因子に対してランダム化されない状況（例：ある因子への登録が一時中断または終了された場合など）を指し、

解析時に適切に取り扱わなければバイアスが生じる可能性がある^{3, 29)}。したがって、特定の因子に対してランダム化されなかった参加者が、その因子に関する解析から除外されたかどうかを明示することはバイアスのリスクを理解する上で重要である。

項目 21b. SPIRIT 2013 原文項目：試験中止に関する最終決定を行う者を含め、どの者が中間解析の結果にアクセスするかを明示した上で、すべての中間解析および中止基準の内容を記載する。

ファクトリアル試験に対する拡張項目：該当する場合には、すべての中間解析および中止基準について説明する。主要な比較間で中止基準に差異がある場合には、違いと理由をそれぞれ明確に記載する。

中間解析は、安全性、有効性、または無益性の評価を目的として実施されることが多い。中止基準は因子ごとに異なる場合がある²⁹⁾。1つの因子が他の因子より先に中止された場合、ランダム化の方法や比較対象の選定、解析対象集団に影響を及ぼす可能性がある^{3, 29, 37)}。

議論 [Discussion]

SPIRIT 2013 声明は臨床試験プロトコルの報告に関する包括的なチェックリストを提供しており、試験の計画、実施、解析に関する明確性を確保することで、適切な試験運営および評価を促進することを目的としている^{1, 2)}。本稿は、SPIRIT 2013 声明の拡張版として、ファクトリアル試験プロトコルの報告に関する指針を提供するものである。ファクトリアル試験プロトコルの明確な記載は、試験計画に基づく手順の明瞭性と網羅性を担保し、研究倫理審査委員会や査読者など、プロトコルを評価する読者による適切な審査を促進する上で有用である。本声明は、ファクトリアル試験プロトコルにおける追加的な報告要件の概要を示すものであるが、各項目の詳細な解説および適切な記載例を提供する補足文書と併せて、本チェックリストを活用することを推奨する。

本チェックリストは、ファクトリアル試験プロトコルの報告において、最低限記載すべき必須項目を示している。一部の試験においては、プロトコルに追加項目を記載する必要がある。たとえば、主要アウトカムまたは副次アウトカムが因子ごとに異なる

場合には、その旨をプロトコルに明記しなければならない。同様に、多重検定が問題となる場合には、その対処方法についてプロトコル内で明示する必要がある。

本拡張版は、ファクトリアル試験の報告に関する CONSORT 拡張版と連携して作成された。これら2つの拡張ガイドラインは、試験プロトコルから試験結果の最終報告に至るまで一貫性のある報告を行うための枠組みを提供する。本ガイドラインおよびその他の SPIRIT 声明の最新版は、オンラインで閲覧可能である (<https://www.spirit-statement.org/>)。

限界 [Limitations]

本拡張版は、EQUATOR の最良の方法論的枠組みに基づいて作成されているが、いくつか限界がある。まず、本拡張版は各因子の結果が同一の論文内で同時に報告される試験を対象として作成されている。たとえば、因子ごとに必要なサンプルサイズや追跡期間が異なる場合など、同一論文内での同時報告が常にできるとは限らない。各因子の結果を別々の論文で報告する計画がある場合には、その旨をプロトコル内に記載する必要がある。第二に、本調査には多様な背景を有する多数の対象者がデルファイ調査に参加したが、参加者は自己選択によるものであり、そのことが結果に影響を及ぼした可能性がある。第三に、合同会議のパネリストは、ランダム化比較試験に関連する専門性および役割 (例：学術誌編集者) に基づいて選定されており、ファクトリアル試験を実施する研究者全体の意見を必ずしも反映しているとは限らない。ただし、本ガイドラインの策定には、ファクトリアル試験に関する報告推奨事項の厳密なスコーピングレビューを含むエビデンスに基づくアプローチが採用されており、これにより前述の限界による影響が少なくなる可能性がある。

結論 [Conclusions]

本コンセンサス声明は、SPIRIT 2013 声明の拡張版として、ファクトリアル試験プロトコルの報告に関する具体的な指針を示すものである。本指針は、これらのプロトコルの報告における透明性と完全性の向上に寄与するものである。

参考文献 [REFERENCES]

1. Chan AW, Tetzlaff JM, Altman DG, *et al.*: SPIRIT 2013 statement: defining standard protocol items for clinical trials. *Ann Intern Med.* 2013; **158**(3): 200–207. doi: 10.7326/0003-4819-158-3-201302050-00583.
2. Chan AW, Tetzlaff JM, Gøtzsche PC, *et al.*: SPIRIT 2013 explanation and elaboration: guidance for protocols of clinical trials. *BMJ.* 2013; **346**: e7586. doi: 10.1136/bmj.e7586.
3. Green S, Liu PY, O’Sullivan J: Factorial design considerations. *J Clin Oncol.* 2002; **20**(16): 3424–3430. doi: 10.1200/JCO.2002.03.003.
4. Kahan BC, Tsui M, Jairath V, *et al.*: Reporting of randomized factorial trials was frequently inadequate. *J Clin Epidemiol.* 2020; **117**(117): 52–59. doi: 10.1016/j.jclinepi.2019.09.018.
5. Lubsen J, Pocock SJ: Factorial trials in cardiology: pros and cons. *Eur Heart J.* 1994; **15**(5): 585–588. doi: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a060552.
6. McAlister FA, Straus SE, Sackett DL, Altman DG: Analysis and reporting of factorial trials: a systematic review. *JAMA.* 2003; **289**(19): 2545–2553. doi: 10.1001/jama.289.19.2545.
7. Montgomery AA, Astin MP, Peters TJ: Reporting of factorial trials of complex interventions in community settings: a systematic review. *Trials.* 2011; **12**: 179. doi: 10.1186/1745-6215-12-179.
8. Montgomery AA, Peters TJ, Little P: Design, analysis and presentation of factorial randomised controlled trials. *BMC Med Res Methodol.* 2003; **3**: 26. doi: 10.1186/1471-2288-3-26.
9. Byth K, Gebiski V: Factorial designs: a graphical aid for choosing study designs accounting for interaction. *Clin Trials.* 2004; **1**(3): 315–325. doi: 10.1191/1740774504cn026oa.
10. Dakin H, Gray A: Economic evaluation of factorial randomised controlled trials: challenges, methods and recommendations. *Stat Med.* 2017; **36**(18): 2814–2830. doi: 10.1002/sim.7322.
11. Dakin HA, Gray AM, MacLennan GS, Morris RW, Murray DW: Partial factorial trials: comparing methods for statistical analysis and economic evaluation. *Trials.* 2018; **19**(1): 442. doi: 10.1186/s13063-018-2818-x.
12. Freidlin B, Korn EL: Two-by-two factorial cancer treatment trials: is sufficient attention being paid to possible interactions? *J Natl Cancer Inst.* 2017; **109**(9): 109. doi: 10.1093/jnci/djx146.
13. Kahan BC, Morris TP, Goulão B, Carpenter J: Estimands for factorial trials. *Stat Med.* 2022; **41**(22): 4299–4310. doi: 10.1002/sim.9510.
14. Korn EL, Freidlin B: Non-factorial analyses of two-by-two factorial trial designs. *Clin Trials.* 2016; **13**(6): 651–659. doi: 10.1177/1740774516659472.
15. McClure LA, Coffey CS, Howard G: Monitoring futility in a two-by-two factorial design: the SPS3 experience. *Clin Trials.* 2013; **10**(2): 250–256. doi: 10.1177/1740774512474374.
16. Lin DY, Gong J, Gallo P, Bunn PH, Couper D: Simultaneous inference on treatment effects in survival studies with factorial designs. *Biometrics.* 2016; **72**(4): 1078–1085. doi: 10.1111/biom.12507.
17. Bria E, Di Maio M, Nisticò C, *et al.*: Factorial design for randomized clinical trials. *Ann Oncol.* 2006; **17**(10): 1607–1608. doi: 10.1093/annonc/mdl106.
18. Byar DP: Some statistical considerations for design of cancer prevention trials. *Prev Med.* 1989; **18**(5): 688–699. doi: 10.1016/0091-7435(89)90040-6.
19. Kahan BC: Bias in randomised factorial trials. *Stat Med.* 2013; **32**(26): 4540–4549. doi: 10.1002/sim.5869.
20. Kahan BC, Hall SS, Beller EM, *et al.*: Reporting of factorial randomized trials: extension of the CONSORT 2010 Statement. *JAMA.* doi: 10.1001/jama.2023.19793. Published online December 5, 2023.
21. Ogrinc G, Davies L, Goodman D, Batalden P, Davidoff F, Stevens D: SQUIRE 2.0 (Standards for Quality Improvement Reporting Excellence): revised publication guidelines from a detailed consensus process. *BMJ Qual Saf.* 2016; **25**(12): 986–992. doi: 10.1136/bmjqs-2015-004411.
22. Hall SS, Juszczak E, Birchenall M, *et al.*: Development of extensions to SPIRIT and CONSORT guidelines: the Reporting Factorial Trials (RAFT) Study. [Accessed November 3, 2023].
23. Juszczak E, Altman DG, Hopewell S, Schulz K: Reporting of multi-arm parallel-group randomized trials: extension of the CONSORT 2010 statement. *JAMA.* 2019; **321**(16): 1610–1620. doi: 10.1001/jama.2019.3087.
24. Mdege ND, Brabyn S, Hewitt C, Richardson R, Torgerson DJ: The 2 × 2 cluster randomized controlled factorial trial design is mainly used for efficiency and to explore intervention interactions: a systematic review. *J Clin Epidemiol.* 2014; **67**(10): 1083–1092. doi: 10.1016/j.jclinepi.2014.06.004.
25. ICH E9 (R1) addendum on estimands and sensitivity analysis in clinical trials to the guideline on statistical principles for clinical trials. [Accessed November 3, 2023].
26. Kahan BC, Cro S, Li F, Harhay MO: Eliminating ambiguous treatment effects using estimands. *Am J Epidemiol.* 2023; **192**(6): 987–994. doi: 10.1093/aje/kwad036.
27. Allore HG, Murphy TE: An examination of effect estimation in factorial and standardly-tailored designs. *Clin Trials.* 2008; **5**(2): 121–130. doi: 10.1177/1740774508089278.
28. Baker TB, Smith SS, Bolt DM, *et al.*: Implementing clinical research using factorial designs: a primer. *Behav Ther.* 2017; **48**(4): 567–

580. doi: 10.1016/j.beth.2016.12.005.
29. White IR, Choodari-Oskooei B, Sydes MR, *et al.*: Combining factorial and multi-arm multi-stage platform designs to evaluate multiple interventions efficiently. *Clin Trials*. 2022; **19**(4): 432–441. doi: 10.1177/17407745221093577.
30. Curran D, Sylvester RJ, Hocht Boes G: Sample size estimation in phase III cancer clinical trials. *Eur J Surg Oncol*. 1999; **25**(3): 244–250. doi: 10.1053/ejso.1998.0635.
31. Cro S, Kahan BC, Rehal S, *et al.*: Evaluating how clear the questions being investigated in randomised trials are: systematic review of estimands. *BMJ*. 2022; **378**: e070146. doi: 10.1136/bmj-2022-070146.
32. Kahan BC, Morris TP, White IR, Carpenter J, Cro S: Estimands in published protocols of randomised trials: urgent improvement needed. *Trials*. 2021; **22**(1): 686. doi: 10.1186/s13063-021-05644-4.
33. Mitroiu M, Teerenstra S, Oude Rengerink K, Pétavy F, Roes KCB. Estimation of treatment effects in short-term depression studies: an evaluation based on the ICH E9(R1) estimands framework. *Pharm Stat*. 2022; **21**(5): 1037–1057. doi: 10.1002/pst.2214.
34. Tian Z, Esserman D, Tong G, *et al.*: Sample size calculation in hierarchical 2×2 factorial trials with unequal cluster sizes. *Stat Med*. 2022; **41**: 645–664. doi: 10.1002/sim.9284.
35. Pocock SJ, Clayton TC, Stone GW: Challenging Issues in clinical trial design: part 4 of a 4-part series on statistics for clinical trials. *J Am Coll Cardiol*. 2015; **66**(25): 2886–2898. doi: 10.1016/j.jacc.2015.10.051.
36. Leifer ES, Troendle JF, Kolecki A, Follmann DA: Joint testing of overall and simple effects for the two-by-two factorial trial design. *Clin Trials*. 2021; **18**(5): 521–528. doi: 10.1177/17407745211014493.
37. Slud EV: Analysis of factorial survival experiments. *Biometrics*. 1994; **50**(1): 25–38.

ヤムビーン (YAMBEAN)

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1,2}, 楠瀬 千春 (KUSUNOSE Chiharu)³

Key Words : ヤムビーン, アフリカ (産) ヤムビーン, 塊茎, 種子

本論文「ヤムビーン (YAMBEAN)」は“Lost Crop of Africa”volume II Vegetables NATIONAL ACADEMY PRESS 2006 の YAMBEAN を翻訳紹介するものである。

ヤムビーンとして国際的に知られる植物は、世界の最新食品産物の中で最も興味深いものと議論される一つである。ヤムビーンの仲間にはこの名前と呼ばれる種がいくつかあるが、最もよく知られ、最もよく発展しているのはヤムビーンの仲間である *Pachyrhizus erosus* である。ヤムビーンは、ファンコ (中国)、サンカル (インド)、シンカマス (フィリピン)、ドリック・チューブルまたはペイ・パテート (フランス)、クノリゲ・ボーネ (ドイツ) など、地方名や固有名で呼ばれることが多い。アメリカ大陸原産のこの植物は、地上部では豆科の植物のように見えるが、実は地下部にできる膨張した根のために栽培されている。有史以来、このヤマイモのような塊茎は熱帯のアメリカ人を養ってきた。その後、スペインのガレオン船 (驚くべきことに、これらのガレオン船は 400 年間、毎年欠かさずメキシコからフィリピンまで太平洋を横断した) が種子を太平洋に運び、この生産性が高く、口当たりがよく、栄養価の高いマメ科の植物はアジアに広まり、中国からインドに至るまで、マーケットガーデンの人気商品となった。

ここ数十年で、ヤムビーンは再び勢いを増し、今や世界で最も急速に成長している新しい作物のひとつである。すでにアメリカでは特産野菜としてトップの売上を誇り、その塊茎はメキシコ名のジカマと

してアメリカのスーパーマーケットの多く (ほとんどではない) で売られている。

アメリカ人は、丸くてずんぐりした塊茎をサラダに使ったり、中華料理で希少な菱餅の代わりに使ったり、低カロリーのスナック菓子として買ったりしている。メキシコは現在、年間 50 万トンを輸出するほど需要が高まっている。卸売価格は 1 キロ 2.5 ドルに達し、大量に取引される根菜類としては驚くべき数字である。

ヨーロッパでも、この食品は流行しつつある。たとえば、タイで生産される大量のヤムビーンの一部は、現在、ヨーロッパの主要都市にある多くのアジア・ストアに出荷されている。このアメリカ産の



図1 *Sphenostylis stenocarpa*

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会前会長, ³ 九州栄養福祉大学

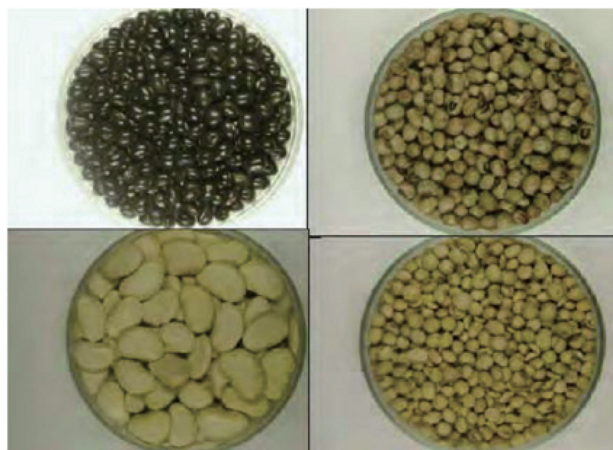


図2 ナイジェリアの農家の畑から採取した3種類のアフリカン ヤムビーンの種子(比較のため右下は大豆)。種子は栄養価が非常に高く、ナイジェリアでの実験では1ヘクタールあたり2トンの収穫が見られた。これは未開発の豆類としては異例の量である。このようなベースから出発すれば、アフリカン ヤムビーンは、十分な研究支援があれば、最終的には最高級の豆類と同等の収穫量を達成できると思われる。(Thomas Betsche)

作物は、ポルトガルでも生産試験を行っており、原産地である熱帯とは一見異なる条件下で、非常に素晴らしい収量を示している：1ヘクタールあたり54トン、乾物含量は最大24%である。ここでのヤムビーンはアンデス種 (*Pachyrhizus ahipa*) であり、その範囲はタンパク質含量は、乾物ベースで9.6～11.1%であった。栽培は、地中海性気候が顕著なポルトガル北東部のトラス・オス・モンテス県で行われた。

さらに重要なのは、ここ数年の間にヤムビーンがアフリカにも上陸したという事実である。ここでも大ヒットを記録し、ある研究者は「西アフリカの多くの国々で目覚ましい成功を収めている」と述べている。ここでも、収穫量が大きな魅力となっている。例えば、ベナンで実施された試験では、2つの遺伝子型が1ヘクタールあたり約80トンの塊茎を生産した。ベナンには、メキシコ産ヤムビーン (*Pachyrhizus erosus*) とアマゾン産ヤムビーン (*Pachyrhizus tuberosus*) の両方が導入された。ここで述べた収量は、メキシコ産の2品種で測定されたものである。さらに、ベナンでは、ハイチ産のアマゾンヤムビーンの1品種が、1ヘクタールあたり70～80トンの収量を記録した。さらに、コンゴとガーナにも導入されている。メキシコでのテストでは、

1ヘクタールあたり160トンの塊茎を収穫しており、これはおそらく世界の食糧生産記録であろう。セネガルの別の場所では、1ヘクタール当たりの生産量は40トンと100トンだった。

この小さなエリアでその巨大な塊茎はでき、かなりエキゾチックな食感と味を持つが、西アフリカの人はそれを気に入っている。実際、地元メディアの報道のおかげで、人々の関心は非常に高く、あるオブザーバーによれば、最大の問題は必要量を満たすのに十分な種を見つけることだという。このことが、ある予期せぬ結果を生んでいる：そのオブザーバーは、「いくつかの実地試験は、地元の農民たちによって夜間に「無許可の試験とサンプリング」を受けるという奇妙な事態が発生した！」と書いている。

さまざまな大陸でこのような動きがあることを考えると、この種が真に世界的な資源となるべく着実に上昇しているのも不思議ではない。しかし、あまり知られていない事実として、アフリカにも同様の種がある。いわゆるアフリカ産ヤムビーン (*Sphenostylis stenocarpa*) は、アフリカ中央部および西部、特にナイジェリア南部では珍しくない。しかし、熱帯アフリカ以外では誰も見たことがなく、その名を聞いたこともほとんどない。実際、アフリカ産のヤムビーンは世界的な資源になるための一歩さえ踏み出せていないばかりか、その逆の方向……絶滅に向かっているのだ。

別の属に分類されるが、アフリカ産のヤムビーンはアメリカ産のものと近縁で、肉厚の膨張した根を食べるために栽培される。しかし、塊茎は細長く、ヤム (ヤマモ) というよりはサツマイモに似ている。栄養面では、サツマイモ、ヤマモ、ジャガイモの2倍以上、キャッサバの10倍以上のタンパク質を含み、主力の根菜類より一クラス上である。さらに、そのタンパク質は非常に栄養価が高く、トウモロコシやモロコシ、その他の主食のタンパク質を見事に補完する。アフリカ産ヤムビーンをこれらの主食と一緒に食べることで、体に「完全タンパク質」を供給することができる。言い換えれば、この組み合わせは、人間の体が絶えず作る必要のある何千もの別々のタンパク質を構成する化学的要件と密接に一致しているのである。

そしてこれは、このマイナーでほとんど失われてしまった作物が隠れている驚きのひとつに過ぎない。

い。もうひとつは、このほとんど知られていないアフリカの資源が、食用の塊茎に加えて、食用の種子と葉の両方を生産するという点で、大西洋を越えた同種の資源を凌駕していることである。

ヤムビーンは豆科の植物で、エンドウ豆、インゲン豆、大豆、落花生など栄養価の高い種子で有名だが、根は食用にされない。しかし、ヤムビーンの膨らんだ地下茎はジューシーで、白く、甘く、マイルドな風味があり、もぎたてのリンゴのようにシャキシャキしている。そのまま食べることもできる。グリーンサラダやフルーツサラダに歯ごたえを加えるのにも使える。蒸しても茹でてでもよく、ジャガイモをマッシュ状にするような条件下でもシャキシャキ感を保つという珍しい性質がある。調理後の味はジャガイモに似ているが、ジャガイモのタンパク質が平均5%であるのに対し、アフリカ産ヤムビーンの塊茎のタンパク質は11～19%（乾燥重量ベース）である。

そして、おいしさと栄養価の高さは、アピールの始まりにすぎない。アフリカ産ヤムビーンは、農家、加工業者、消費者、そして環境にとって魅力的な資質を兼ね備えているように見える。すなわち、さまざまな気候や土壌への適応性の高さ、確実な収量、タンパク質とデンプンのバランスの良さ、心地よい味わい、保存性の高さ、生物学的窒素固定、エネルギー効率の良さである。この最後の点については、塊茎は新鮮なうちに消費できるため、薪やその他の調理用燃料を節約できる。一晩水に浸しておくと、調理時間を短縮できる。

これらのことから、根菜類の信頼性と、マメ科植物のタンパク質含有量と高い持続可能性を併せ持つ種が、なぜあまり知られていないのか不思議に思われる。確かに、アフリカの人々はこの植物を高く評価している。問題は、アフリカ大陸の6億人の住民のうち、この植物の名前を聞いたことがある人、ましてや味わったことがある人はごくわずかだということだ。主に西アフリカと中央アフリカの一部に限られており、そこでは小規模農家が自家用として栽培している。そのため、最もよく知られている地域であっても、多くの人々は自分たちの身近にある植物の宝石を知らない。

しかし、その植物学上の宝石はまだ磨かれていない。おそらく、商業的に利用されることがめったに

ないため、農業当局から正式に認められることがほとんどないだろう。実際、国際的な文献には、大ざっぱな要約と、特定の技術的特徴を強調した研究論文が散見されるだけで、アフリカ産ヤムビーンに対する理解はほとんどない。

しかし、アフリカ産ヤムビーンは人々の生活にとって重要でないわけではない。ナイジェリアでは主に種子用に栽培されているが、コートジボワール、ガーナ、トーゴ、カメルーン、ガボン、コンゴ民主共和国、エチオピア、東アフリカの一部（特にマラウイとジンバブエ）では塊茎用（イモ用）としても栽培されている。

さらに、この植物は適応性があり、一般のヤマイモが栽培されている場所ならどこでも生育可能である。多くの場合、両方の植物が一緒に栽培されており、植物の英名はこの組み合わせに由来するという説がある。しかし、より可能性が高いのは、この植物の下が「ヤム」、上が「ビーンズ」であることから、この名前がついたということだ。実際、すでに栽培されている場所での栽培がはるかに成功していることは言うまでもないが、それ以上に多くの場所で栽培できる可能性がある。3メートル以上の高さまで登り、絡みつく生命力の強いつる性植物で、降雨量が非常に多い風化土壌で生育する。湿度の高い熱帯低地特有の呪われたような、酸性、不肥沃、高浸出土壌にも耐える。

このような悪環境への適応力の理由のひとつは、他のマメ科の植物と同様、アフリカ産ヤムビーンが空気中の窒素を固定するバクテリアとの共生を楽しんでいることだ。ヤマイモの根に生息する目に見えないバクテリア微生物のおかげで、農家は窒素肥料を供給する必要がない。また、この植物は持続可能な開発のための優れた候補となる。つまり、この植物は、土壌とそれを引き継ぐ種の両方を助けながら、自分自身を支える食料源なのである。

アフリカ産ヤムビーンは収穫量でも負けていない。種子、塊茎、バイオマスを豊富に生産する：種子に関しては、ナイジェリアでの実験で1ヘクタールあたり2トンの収量が実証されているが、(ナイジェリアのイバダンにある国際熱帯農業研究所の生殖質コレクションの63系統のうち、最も生産性の高い系統は1ヘクタール当たり1,860kgの種子を収穫した。ナイジェリアのンスカにある研究施設

設では、1ヘクタール当たり2,000kgの収量が記録されている。)未開発のマメとしては異常な量である。このような基盤から出発したアフリカ産ヤムビーンは、優れた研究支援があれば、最終的には最高級の豆類に匹敵する収穫量が得られると思われる。前述のとおり、種子の栄養価の高さは際立っており、粗タンパク質のレベルは20%から29%にも達する。これは大豆(38%)よりは少ないが、タンパク質には必須アミノ酸が含まれており、アフリカ産ヤムビーンの種子は大豆と同等の栄養価を持つと思われる。例えば、リジンはタンパク質の最大8%を占め、メチオニンとシステインは合わせて2.4%を占める。

しかし、当面の最大の関心事は、地下産物である。塊茎の収穫量は品種によって異なり、正確には特定(ピン留め)されていない。とはいえ、一般的に収穫量が多い。純粋な立ち木で栽培した場合、1ヘクタールあたり10万本が妥当な圃場密度であり、1本あたり最大500gの塊茎を生産する。このすでに良好な数値は間違いなく、事前の調査によって飛躍的に向上する可能性がある。

生物学的窒素固定については、まだほんのわずかし報告されていない。願わくば、実際に固定される量を、最終的にはアメリカの同種のそれに近いレベル、1ヘクタール当たり200kgの窒素に引き上げたいものだ。これらの数値は、メキシコ産ヤムビーン *Pachyrhizus erosus* の3品種で測定されたものである。これらの数値は、1ヘクタール当たり163~216kgの窒素で、このうち70~75%は大気中の窒素の固定によって生産された(同位体¹⁵N法に基づく)。大西洋を横断する同種の場合、窒素の約半分、つまり1ヘクタール当たり600kg以上のタンパク質が塊茎に蓄積される。これは1ヘクタールの根菜類としては驚くべき量である。世界のタンパク質生産量トップとされる大豆やピーナッツの種子に匹敵するか、それ以上である。

通常、限界とされる土壌から記録的な量のタンパク質を供給できる根菜類は、世界的な注目に値すると思われる。しかし、アフリカ産のヤムビーンは、その可能性の割に軽視され、原始的な資源とさえ言われている。熱帯地域全体で根菜類がますます求められているにもかかわらず、ヤムビーンを発展させようという地道な努力は、これまで一度も行われて



図3 アフリカ産ヤムビーンの塊茎(いも)は、そのジューシーさと歯ごたえのある食感で、何百万もの人々の舌を魅了するだろう。さらに、ヤムビーンは簡単に育つため、高温多湿の熱帯地方という厳しい環境に適している。そこでは地方の食事が気候や条件で現在ずっと低い栄養価の食品に制限されているが。(国際穀物マメ科植物情報センター)

こなかった。この軽視のせいで、ヤムビーンを最もよく知る農家は、より多くの援助が得られる作物に切り替えつつあり、悲しいことに、彼らが受け継いできたヤムビーンの種子や古くからの知恵は、徐々に失われつつある。

この傾向を変えなければならない。何百万人もの栄養失調の人々に恩恵をもたらす可能性のあるこの植物は、早急に注目されるべきである。窒素を非常に効率よく吸収することから、土地が疲弊している農家を助けるのに特に魅力的な手段である。さらに、高温多湿の熱帯地域という厳しい環境にも適しており、生育も容易である。そこでは天候と条件はその地方の食事にかかなり悪い栄養価の食品に制限している。そして、ジューシーで歯ごたえのある食感の塊茎は、何百万もの人々の舌を魅了するだろう。アフリカのヤムビーンは、自給自足農家の食生活を改善するだけでなく、農村開発を上向きに進めるための生物学的支柱を切実に必要としている地域全体で、貴重な換金作物になるかもしれないのだ。

展望

この顧みられることのない野菜の発展がまだほとんどなされていないという事実を踏まえると、最終的にどこまで人類に貢献できるかを予測するのは難しい。とはいえ、大西洋を横断するこの野菜と比較することで、その将来性のある程度把握することができる。大西洋を横断するこの野菜は、前述のとおり、最も急速に成長している新しい食用作物のひとつで

あり、すでに数百万ドル規模の資源となっている。

アフリカ：湿度の高い地域が良い。この植物は熱帯アフリカの大部分で生育しており、降雨量が多く栄養価の高い作物が手に入りにくい低地でも十分に生息している。

乾燥地帯は不明。ナイジェリアでは、熱帯林から少なくともサバンナの端まで栽培されている。

乾燥地域での成長の問題は経済的なことより生物的なことのほうが小さい；すなわち根菜類は一般的に干ばつに強いが、利益を上げるには大量の水が必要である。

高地は素晴らしい。低海拔のマメ科植物に分類されることが多いが、海拔による影響はほとんどないようで、少なくとも 2,300m までの高地で繁茂する。

アフリカ以外：世界の他の熱帯地域では、この植物は生育している可能性が高いが、誰もそれを確かめようとはしていない。

用途

種子と塊茎が主な食料だが、家畜の飼料や土壌回復のための緑肥としても利用できる。

種子：種子は単独で、またはスープに入れて食べることができ、ヤマイモ、トウモロコシ、米と一緒に食べるのが一般的である。種子は美味で、「他の種類の豆よりも好まれることが多い」と言われている。「現地報告」では圧倒的に肯定的な意見が多いが、実験室では他の豆類（大豆など）に共通する代謝抵抗因子が見つかっており（「限界」を参照）、ナイジェリアからは胃痙攣、下痢、めまいが報告されている。通常、束ねられて暖炉にかけられ、そこで消費されるか販売されるまで安全に保管される。乾燥したサヤから取り出された豆は、いくつかの方法で調理される。多くは部分的に火で炙り、ヤシの実と一緒に食べる。また、数時間浸して 4～6 時間茹で、一般的な豆と同じように食べるものもある。また、パーム油と唐辛子、さまざまなスパイスや野菜と一緒に絞ってペースト状にし、バナナの葉に包んで炭火で加熱する方法もある。いずれの場合も、アフリカ産ヤムビーンの種は栄養価が高く、腹持ちがよく、おいしい食事になると言われている。

根：この塊茎は生でも調理しても食べられる。正確

なことはまだわからないが、メキシコのヤムビーンから、その最終的な有用性を推測することができる：

- ・生の塊茎をスティック状に切り、ライム汁と唐辛子を振りかける。メキシコ・シティなどの路上では、暑くて慌ただしい通行人に涼を与えるスナックとして売られている。

- ・生の塊茎は棒状に切り、ライム汁と唐辛子を振りかける；

- ・調理した塊茎は、そのまま、あるいは他の野菜と一緒にスープにする；

- ・刻んだ塊茎は東洋風の炒め物に加える；

- ・塊茎をすりおろして牛乳で煮ると、おいしい飲み物になる；

- ・塊茎をスライスしたり、さいの目に切ったりして、タマネギや唐辛子と一緒に漬物にする。

スナック菓子として人気がある。

- ・塊茎とインゲンを酢漬けにし、3 種の豆のサラダにする。

として保存される。

葉：葉は食用になると言われているが、それ以上のことは記録されておらず、食用の範囲、方法、安全性については不明である。収穫後に残った葉は有用な飼料となる。家畜にとっては、タンパク質の含有量と大量の生産量の両方から、非常に有益である可能性が高い。

持続可能な農業：植物界に存在する 17,000 種の窒素固定種の中で、ヤムビーンは最も効率的なもののひとつであるようだ。1 ヘクタール当たりアメリカ種は一般に 120-150kg の窒素を生み出すと記録されていた。試験における株数は 1 ヘクタール当たり 11 万株で、塊茎をより大きく成長させるために花は剪定された。これは、他の穀物や豆類の残渣に記録されている窒素固定量よりも多く、作物栽培において重要な役割を担っている。これらの要因が遺伝的または地理的にどの程度広がっているかは、「次のステップ」を参照されたい。これは熱帯アメリカでは何世紀も前から知られていることである。例えば、メキシコの多くの伝統的な農法では、トウモロコシやキャッサバ、綿花などの養分を消耗する作物を何年も作付けした後に、土壌の肥沃度を回復させるためにこの作物を使用している。アフリカ産ヤムビーンも、それに匹敵する土壌回復能力を持つことが証明されるかもしれない。すでに、アフリカ産ヤ



図4 African YAM BEAN の花

ムビーンが輪作作物やグランドカバー、土壌固化などの目的で優れた種になりうるという予備的な証拠が得られている。

その他の利用法：ピンク、紫、緑がかった白など、色とりどりの大輪の花房が垂れ下がるこのつる植物は、藤を思わせる鮮やかな観賞用植物となる（ただし、花はずっと小さく、花序は垂れ下がるのではなく、直立する）。

栄養

アフリカ産ヤムビーンは、炭水化物 50～75%，タンパク質 20～25%，油分約 1%，食物繊維 5～6%で、乾燥重量 100g あたり 400 キロカロリー近くある。タンパク質は大量に生産されるが、それが必ずしもタンパク質性食品の究極の尺度ではない。それよりも重要なのは、タンパク質の栄養的な質である。というのも、ある種のマイナーな成分を欠くタンパク質は、栄養的にほとんど役に立たないからである。タンパク質の質は数個のアミノ酸の含有率で判断されるが、多くの植物性タンパク質はリジンとメチオニンが欠乏しており、栄養的な質は低い。一方、アフリカ産ヤムビーン種子タンパク質は栄養的な質は低い。一方、アフリカ産ヤムビーン種子タンパク質には、リジンが 7～8%，メチオニンが 1～2%と、この 2 つが豊富に含まれている。また、他の必須アミノ酸のレベルも、すでに例外的な状態をさらに高めている。例えば、ある種子サンプルでは、システイン 1.9%，ロイシン 6.6%，リジン 8.3%，メチオニン 1.2%，フェニルアラニン 4.8%，スレオニン 3.3%，バリン 4.1%であった。数字はすべてタンパク質 100g あたりの g 数。

前述の通り、塊茎も栄養価が高い。膨張した根の

組織に含まれる生タンパク質は 11～19%で、主要な根菜類よりも栄養価が高い。塊茎のタンパク質も良質で、システイン 1.8%，イソロイシン 4.5%，ロイシン 7.7%，リジン 7.6%，メチオニン 1.7%，フェニルアラニン 4.5%，スレオニン 4.3%，バリン 5.5%である。塊茎の栄養面での貢献は、63～73%の炭水化物と 3～6%の食物繊維である。デンプンだけで 65～70%，全体のカロリーは約 370 キロカロリーとされている。

豆類と塊茎類の良質なタンパク質の真の重要性は、トウモロコシやモロコシなどの穀類、ヤマイモ、キャッサバ、サツマイモなどの根菜類を補完する能力にある。人間の栄養摂取に妥協なく必要な栄養素と照らし合わせると、これらの主食には必須アミノ酸が不足している。この自然の事実は、アフリカの食糧供給の基盤に栄養上の亀裂を生じさせる。なぜなら、穀物や根菜類を主食として生活している人々（貧困層や病人の多くを含む、と非常に若い人）は、食事から摂れる必須アミノ酸が不足することがある。そうになると、脳、筋肉、毛髪、抗体、酵素、血液細胞、皮膚など、あらゆるタンパク質の生成が止



図5 マラウイ、カスング県、チマリロの森。アフリカンヤムビーンはマメ科の作物で、肉厚に膨らんだ根はサツマイモに似ているが、ジューシーで甘く、もぎたてのリンゴのようにシャキシャキしている。栄養面では、サツマイモ、ヤマイモ、ジャガイモの 2 倍以上、キャッサバの 10 倍以上のタンパク質を含み、主力の根菜類より一クラス上である。

さらに、そのタンパク質は非常に栄養価が高く、トウモロコシやモロコシ、その他の主食のタンパク質を見事に補完する。さらに、種も葉も食用になる。また、アフリカ産ヤムビーンは収穫量でも負けていない。食用になるものを大量に生産し、通常は限界と考えられている土壌から記録的な量のタンパク質を供給することができるようだ。(Soren Doygaard)

まってしまう。このような状況では、例えばヤムビーンから不足している必須アミノ酸を少量でも摂取することで、全体的なタンパク質の効き目が桁違いに高まり、身体のプロセスが正常に作動するように回復する。

特に子供にとって、ヤムビーンはこの点で価値があるかもしれない。通常の場合では、大人は少量のタンパク質とビタミンを含むソースと一緒にシリアルを食べる。しかし、子供たちは通常、ソースが胡椒が効きすぎていると感じ、そのような特別な栄養補給のないシリアルを食べる。ヤムビーンを加えれば、その損失を補うことができる。さらに、子供たちは生の塊茎をかじることで、良質なタンパク質を摂取することができる。

園芸

今日、ヤムビーンは大きな畑ではなく、点在する小さな圃場で栽培されている。単独栽培がいいが、ヤマイモやトウモロコシと一緒に栽培されることが多い。雨季の初めに、農家は種や小さな塊茎、根の部分を使って植える。ヤマイモと同様、通常は畝や小高い丘に植える。また、通常、ヤマイモのつるを支えるのと同じような柵や杭で支える。しかし、ナイジェリアでのテストによると、支柱がなくても十分に成長し、塊茎を収穫できる。

塊茎を最大限に収穫したい場合は、地上部を厳しく剪定する必要がある。アフリカではこの「繁殖力」がどの程度普及しているかはわからないが、アメリカでは大きなヤムビーンを得るためにはそれを行うことが鍵と考えられている。そこでは、花と花芽の両方がシーズン中に4回も剪定され、最初の剪定は植え付け後約2か月で行われる。対象は生殖部分である。種子生産のためにいくつかの花を残す場合があるが、残りの部分と成長中の主枝は徹底的に除去される。植物は、地下部分にエネルギーを注入することで反応する。

通常、特別な灌漑は行わない。窒素肥料も必要ないが、メキシコでの経験では、リンを与えると効果的なようだ。

害虫が深刻になることはめったになく、通常、その地域の他のマメ科植物に影響を及ぼしている害虫と同じである。ある報告では、アフリカンヤムビーン的主要害虫として、マメサヤクイムシ

(*Maruca testulalis*)、茎穿孔虫 (*Sagra adonis*)、バッタ (*Zonocerus variegatus*) が挙げられている。ただし、害虫の正確な組み合わせは場所によって異なる可能性が高い。他のマメ科作物に有効な防除は、アメリカヤムビーンにも同様に有効である。

病害も他の地域のマメ科作物と同様である。菌類による主な脅威はべと病 (*Phytophthora phaseoli*) である。ナイジェリアでは、正体不明のイエローモザイクウイルスがヤマイモを加害している。

他のマメ科植物と同様、この植物も線虫に非常に弱い。

収穫と取り扱い

アフリカ産ヤムビーンは、通常、定植後 80-120 日で開花し始める。さやは、播種後約 150 日で成熟し始める。それ以降、開花とさやの形成は、気候が適している限り続く。しかし現実的には、収穫は通常 60 日後に終了する。

塊茎は花よりも発育が遅く、収穫可能な大きさまで膨らむのに通常 5~8 カ月かかる。多くは雨季の終わりに掘り起こされる。しかし、早めに収穫することもできるし（地元の好みで塊茎のサイズが小・中型の場合）、雨がやんだ後もしばらく土の中に残しておくこともできる。

塊茎（いも）の取り扱いについては、メキシコの近縁種で開発された方法がおそらく当てはまる。メキシコでは、土の畝や小山を鍬やトラクターに取り付けたクロスバーでほぐす。その後、塊茎をひとつひとつ手で持ち上げ、植物性の上部を鋏で取り除き、後に飼料や有機肥料として利用するために畑に残す。最後に、塊茎を集めて袋に詰め、出荷用に積み重ねる。あるいは、そのままトラックに積まれ、地元の市場やメキシコシティ、あるいは北の国境まで運ばれ、洗浄と再包装を経て、米国のスーパーマーケットに出荷される。

メキシコ産塊茎の最適保存温度は 12.5 ~ 17.5°C とされている。メキシコ産塊茎の最適保存温度は 12.5 ~ 17.5°C とされ、唯一の処理は、洗浄、トリミング（根と茎の部分を取り除く）、次亜塩素酸塩溶液に浸して表面を殺菌・漂白することである。その後、塊茎は室内で風通しの良い場所に保管すれば、約 1 ヶ月間使用可能である。アフリカヤムビーンの塊茎も、おそらく同様の処理が可能であろう。

制限事項

いくつかの制限を念頭に置く必要がある：

- ・この作物は成熟がゆっくりで、日長の影響を受けやすい。
- ・多くの豆類（および他の食品）と同様、生の種子には、トリプシンおよび α -アミラーゼ阻害剤、タンニン、シュウ酸塩、サポニン、フィチン酸のほか、「潜在的に非常に有毒な」シアノゲン配糖体（特に白色の種子）および鼓腸の原因となる α -ガラクトシドが含まれている。著者らが提案した代替ルートは、大豆で使用されているようなりゾープス発酵と乳酸発酵である。この方法では、エネルギーコストを大幅に抑えながら、これらの抗栄養因子のほとんどを大幅に低減することができとても人気がある。また、ダワダワ・ペーストを作ることでもある。
- ・乾燥豆は長時間の調理が必要で、伝統的には4〜6時間（一般的な豆と同様）だが、望ましくない化合物に大きな影響を与えるには、もっと長い時間（12時間まで）が必要である。
- ・特定の民族は特定の種を好む。例えば、ナイジェリア南部の人々は黒っぽい種を好み、北部の人々は明るい色の種を好む。
- ・水分を多く含むヤムビーンは、根菜類の主流であるヤムビーンよりも早くしなびてしまう。根菜類の主流のイモに比べて、水分が多いため、豆の萎れや傷みが早い。
- ・豆ゾウムシは、他の豆類と同様、貯蔵中の種子を食害する。
- ・豆は「胃の中で重く座っている」と言われ、喉の渇きや風を引き起こすと言われている。

次のステップ

この作物が現代科学の注目に値することは明らかである。基礎科学と応用科学の両方が、この作物の生産性と利用率を劇的に向上させることができるのは間違いない。しかし今のところ、この食材はアフリカでしか知られていない、そしてほとんどの取っ掛かりは地方に相違ない。

この作物をより生産的で有用なものにするために、多くの研究手段がある。以下の主題にそのいくつかを紹介する。

現地の調査：まず優先されるべきは、地理的限界、伝統的な利用方法、標準的な栽培方法など、アフリ

カ産ヤムビーンの基本的な知識を深めることである。例えば、ガーナでの初期調査では、「（アフリカ産ヤムビーンは）様々な食用調製品に広く利用されており、年間を通じて多くの家族が必要とするタンパク質を補う可能性がある」ことがわかった。重要な行動には以下が含まれる：

- ・この作物とその農家の所在を確認するため、全国的な調査を開始すること；
- ・伝統的な栽培方法を記録する；
- ・伝統的な（葉を含む）各部位の伝統的な調理法の公表；
- ・栽培地域全体における自然遺伝的差異を評価する。
- ・代表的な生殖質の収集と評価。

このような取り組みから得られる知識の蓄積は、アフリカヤムビーンの限界、可能性、改良普及の優先順位についての洞察を与えてくれる。また、農家がより集中的に、より安全に、より生産的にヤムビーンを管理できるよう支援する方法を指摘することもできる。言い換えれば、植え付け、栽培、病害虫の防除、収穫、取り扱い、調理に関するベストプラクティスなど、現状と将来のステップに関する予備的な指針を提供するものである。

農家への支援：予備調査は、アフリカに古くから伝わるヤムビーンの遺産を守る人々を支援するためのアドバイスに速やかに転換されるべきである。つまり、ヤムビーン栽培地域全体で、改良普及員の助言業務の一部となるべきである。目標は、これ以上農家がヤムビーン栽培を放棄しないようにすることだ。そのために、以下のような活動も考えられる：

- ・マーケティング活動。アフリカヤムビーンを換金作物として早急にテストすべきである。メキシコでは、塊茎がキャッサバの3倍の価格で売られており、大小の農家に利益をもたらしている。
- ・味覚テストやその他の普及活動。
- ・実証圃場。地元の農学者は、生産を最適化するための試験を行うべきである。このような試験は、地元の畑で、農家の参加を得て、ベストの地方ヤムビーン生産者間で競争を金銭的報酬を含めて行うのが最善である。生産者を参加させるという心理は、達成される技術的進歩と同じくらい重要かもしれない。

食品技術

アフリカヤムビーンの各種食品の基本的特性につ

いては、ほとんど何もわかっていない。現在、以下のような基本的特性について調査を行うべきである：
消化率と抗栄養因子：種子、塊茎、飼料の実際の消化率に関する試験が必要である。例えば、種子中の α -アミラーゼ阻害剤は、多くの豆類は有名な腸内ガスを増加させる一方で、カロリーの取り込みを減少させる可能性がある。また、その他の抗栄養因子がもたらす課題についても検討する必要がある。特に、大豆、キャッサバ、モロコシやその他の主食に含まれるシアノゲン配糖体の存在と動態を、植物と調理の両方から追跡する必要がある。電気やガスが利用できる場合、圧力鍋は調理を早め、消化率を向上させる。数年前、電子レンジ加熱によるヤマイモ塊茎の構造変化が研究された。処理した塊茎をラットに与えたところ、新鮮な塊茎よりも消化率が高かった。

調理上の問題点：調理時間が長いことが、豆類として広く利用されるための障害となっている。今必要なのは、その原因を探ることと、より短時間で調理できるタイプを探すことである。まず第一段階として、種子のデンプンとその周りの皮を、他の豆のデンプンと比較する必要がある。たとえばササゲ、一般の豆、バンバラまめなどであり、それに関して調理時間もである。電子レンジ加熱は、アフリカの農村部で驚くほど頻繁に見られるようになった技術であり、多くの種類の豆類の抗栄養因子を減少させる。選択したマメ科植物種子のヘマグルチニン、トリプシンインヒビター及びタンパク質品質に対するマイクロ波加熱の影響。

レシピ：家庭科グループは、この古くから伝わる在来種の救済に取り組むべきである。種子と塊茎の両方を使った料理を開発することが必要である。例えば、ヤムビーンの塊茎は、様々な伝統的な料理に加えられだけでなく、スナックとしても人気がある。
・さや インドでは、アメリカヤムビーンの若いさやはフランス豆のように食べられている。今こそ、アフリカヤムビーンが「トロピカル・スノー・ピー（熱帯のさやエンドウ）」としての価値があるかどうかを試す時だ。重要なのは、ロテノンなどの抗栄養因子の発生と運命を探索し、測定することである。
葉：葉（おそらく茹で野菜として）を食べることの安全性は評価に値する。

デンプン：塊茎のデンプンの化学的性質は調査に値

する。「キャッサバ粉に匹敵する」と言われているが、粒の大きさは明らかに異なる。興味深いことに、アマゾンのヤムビーンの塊茎は事実上純粋なアミロペクチンであることが証明されており、非食品への利用の可能性が現在研究されている。

養生：アフリカヤムビーンの塊茎の保存に関する試験が必要である。小農家は、植物体の上部を取り除いた後、食べるか売るまで塊茎を土中に放置する傾向がある。このような処理によるデンプン、タンパク質、その他の成分の運命については、調査が必要である。アメリカ原産種では、塊茎は「熟成」させるとより甘くなり、価値が高まる。ボリビアでは、塊茎を日当たりのよい場所に最長2週間置くことで甘くする生産者もいる。以前のテストでは、12.5°Cで3ヶ月保存したところ、ショ糖は3倍に増えデンプンは80%減少した。

植物生理学：今こそ、この種そのものを全点検する時である。これほど有望でありながら、これほど理解されていない植物は、ほとんどすべてを調べる必要がある。そのために必要なトピックは以下の通りである：

窒素固定：温室と圃場の両方の条件下で、生物学的窒素固定の効率を調べる必要がある。*Rhizobium* および *Bradyrhizobium* のいくつかの土着菌株の圃場採集が行われているが、窒素固定に高い可能性を持つ遺伝子型や菌株の選抜が待たれている。

タンパク質化学：種子や塊茎のタンパク質体の生化学的、局所化学的、構造的特性について調査する必要がある。

種子の様相：種子のセット、種子のサイズ、種子成分のこの研究が必要である。メキシコの種では、種子の大きさと収量の間強い正の相関関係があると言われている。特に必要なのは、成熟および成熟種子中のロテノンの含有量を調べることである。アフリカ産ヤマイモでは報告されていないが、このアルカロイドは新世界産ヤマイモの葉とさやに含まれている。

長期間貯蔵中の発芽能を保つ遺伝子タイプの違いもまた分析が必要である。

土壌条件：pH、密度、肥沃度の異なる土壌で試験を行う必要がある。

遺伝子開発：この作物が現地の農家にとって魅力的であり続けるためには、改良品種が必要である。西

アフリカと中央アフリカの伝統的な小農に利益をもたらす品種が最優先されるべきである。

この植物の二重増殖能力は、そのプロセスを加速させる特徴である。これは、種子による有性繁殖と塊茎や根組織によるクローン繁殖が可能な珍しい作物である。ひとつは、通常の交配方法で交配し、得られた子孫をクローン増殖できることだ。これにより、柔軟性、迅速性、効率性を実現することができる。機会のある遺伝的改良の目標は以下の通りである：

- ・収量の増加；
- ・より大きな塊茎
- ・選別された色の種子
- ・支柱を立てずに自立するブッシュタイプの植物；
- ・季節や緯度を超えて作物の信頼性を高める日長不感受性植物。
- ・季節や緯度に左右されない
- ・早熟。早生品種はヤムビーンで知られており、アフリカの品種にも存在する可能性が高い。
- ・調理が早い種子；
- ・潜在的な抗栄養因子のレベルが低い；
- ・皮が厚く、輸送中に傷がつかず、保存期間が長い。
- ・消費者に受け入れられる大きさと味の塊茎。

消費者が好むサイズや味は異なる。例えば、メキシコ人とアメリカ人は、塊茎は歯ごたえがありジューシーで、重さ 0.35 ～ 0.9kg、樹液が乳白色というよりむしろ水っぽく、味はわずかに甘い。一方、東南アジアの人々は、0.25 ～ 0.6 キロの淡白な味のヤムビーンを求める。

上記の研究イニシアチブはそれぞれ重要ではあるが、最終的な目標は、幅広い気候と土壌で高収量と栄養価の高いおいしい食物を生産できる、耐乾性、光熱中立性、害虫や病原菌に強い品種であるべきである。

野生資源を探索する：上記で強調した園芸品種開発のための遺伝的特性は、栽培品種が発展した野生の祖先に存在する可能性が高い。また、その作物の野生の近縁種にも存在する可能性がある：*Sphenostylis angustifolia*（南アフリカ固有種）、*Sphenostylis briartii*（コンゴ原産）、*Sphenostylis erecta* subsp. *erecta*（中央アフリカ、東アフリカ）、*Sphenostylis erecta* subsp. *obtusifolia*（南部アフリカ）、*Sphenostylis marginata*（南部アフリカ）、*Sphenostylis schweinfurtii*（中央および西アフリカ）、*Sphenostylis*

zimbabweensis（ジンバブエ）。

特に *Sphenostylis schweinfurtii* は興味深い種で、茎に毛が生え、葉に毛が生えているのが特徴で、干ばつに強く、育種に役立つ可能性がある。

これらの野生の近縁種も遺伝学的評価に値する。このような調査は、アフリカ産ヤムビーンの祖先を突き止めるのに役立つだろう。交配成功率を明らかにすることで、遺伝的関係の近さを知ることができる。また、栽培作物に有用な品種改良ができるかもしれない性質を発見できるかもしれない。

農学的探求：この植物の環境耐性についてはほとんど知られていないが、自生地以外の熱帯地域での小規模な栽培試験が推奨される。これらの試験は、異なる標高、緯度、土壌、気候条件（特に多湿と半乾燥）で実施される共同試験であるべきである。一つの成果は、この植物の日長感受性が疑われる点を明らかにすることであろう。

また、商業的に流通しているヤムビーンを比較することも有益であろう。この点では、アフリカ産のヤムビーンを新世界の3種と（そしておそらくヤマモそのものと）直接対決させるべきだろう。その相違点と類似点から、それらすべての利点について多くのことが学べるだろう。

塊茎の生産に重点が置かれているあまり、種子生産の最適化に関する研究はほとんど行われていない。よりよく知られた豆類作物で種子収量を増加させることに成功した手段は、この種にも適用するに値する。どのつる性作物においても、植物支持体の問題は最も重要である。従って、アフリカヤムビーンが、支柱がない状態で本当に満足のいく塊茎を収穫できるのか、迅速に試験することが重要である。そして、もし本当に支柱が必要なのであれば、最も安価で、最も簡単で、最も効果的な支柱を見つけることである。

繁殖剪定：塊茎成長および種子生産の間の明白な競争のために、より有望な在来種における剪定の効果を明らかにするための実地調査が必要である。

増殖：保全を目的とした希少な遺伝子型や、圃場コレクションや圃場試験で得られた交配種や新種を迅速に増殖させるためには、体外技術が可能である。バイオテクノロジーによってこのような遺伝子型が大量に利用できるようになれば、圃場での評価をほ

ば直後に行うことができるようになり、特に優れた材料は生産者に迅速に提供できるようになる。

産業開発：現在では自給作物としての性格が強いアフリカヤムビーンだが、産業資源の貴重な供給源となる可能性は十分にある。いくつかの製品が、地域的または大規模な規模で可能である：

- ・粉 大きな塊根を乾燥させて挽けば、間違いなく最高級の粉になる。この粉の性質はキャッサバ粉に匹敵するはずだが、おそらく栄養価が高く、収益性も高い。インドでは、メキシコ産ヤムビーンの塊茎をこの方法で挽いた粉が高級品とされている。

- ・砂糖 アフリカ産ヤムビーンの塊茎は、糖源としてテストが必要である。実用的な量の糖分を含むものがあるかどうかは不明だが、アンデス山脈の同類種 (*Pachyrhizus ahipa*) には、テンサイに含まれる糖分の2倍以上の糖分が含まれていることが証明されている。あるテストでは、アンデスのヤムビーンの糖度は47%だった。工業的に重要な作物であるテンサイの糖度は20%である。

- ・タンパク質 塊茎のタンパク質含有量は穀物・豆類の種子よりも低いにもかかわらず、1ヘクタールあたりの総タンパク質収量は、世界最高のタンパク質作物である大豆を上回る。したがって、アフリカ産ヤムビーンは、人間、ペット、家畜、実験動物、工業プロセス用のタンパク質源として、将来性があると考えられる。

持続可能な開発：高い生物学的窒素固定能力を持つヤムビーンは、相当量の窒素を土壤に還元する可能性がある。したがって、この作物は土地利用システムの不可欠な部分を形成し、土地と人々に利益をもたらす可能性がある。持続可能なアフリカ農業の開発プログラムでは、アフリカ産ヤムビーンを適切な試験に取り入れるべきである。

熱帯アメリカの一部では、ヤムビーンは輪作体系の中で重要な役割を果たしている。同じ畑で2シーズン続けて栽培し、1シーズン目より2シーズン目の方が収量が多い。3シーズン目からは、代わりにトウモロコシやタマネギなどの作物を植える。そして、3、4年休ませた後、ヤムビーンを再び畑に戻し、その間の中間収穫で失われた肥沃度を回復させる。アフリカの荒廃した土地ではこのようなローテーションは、土地の生産性を維持する上でより効果的である。

品種情報

植物名：*Sphenostylis stenocarpa* (Hochst. ex A. Rich.) Harms.

同義語：*Dolichos stenocarpus*, *Vigna katangensis*, *Vigna ornata*, *Vigna ornata* var. *latifolia*, *Sphenostylis congensis*, *Sphenostylis ornata*, *Sphenostylis stenocarpa* var.

属名：マメ科亜科：マメ科エンドウ属

一般名

英語：African yambean, otili

フランス語：ポム・ド・テール・バテケ、ペンポ

ドイツ語：Yambohne

ガーナ：クトレック、クレゲ、アキテレック、アプトレック

ナイジェリア：ギリギリ、クトノソ、ロヤ、エフィク、ンサマ、イビオ

マラウイ：チンコマ、ンホマ

イボ：オッポ・ドウドウ

オブドウ：ビティ

トーゴ：セソング、グンドソロ、スンペレグ、チャンギル

ヨルバ：セセ、シェシェ

コンゴ：ギリアバンデ、ペンポ、メンポ

アフリカでは、この作物は多数の地方名で呼ばれているが、まだ体系的に収集中である。

解説

本種は多年草で、通常は一年草として栽培される。栽培されるタイプは、蔓性で草丈1～3m。茎は強く分枝し、しばしば赤みを帯びる。葉は長さ14cmまでの三つ葉。葉は楕円形で、先端は尖り、縁は滑らか。

長さ30cmほどの総状花序に咲く蝶形花は、長さ2.5cmのねじれた花弁を持ち、おそらく虫媒花である。色は変化に富み、ピンク、紫、緑がかった白だけでなく、黄色がかった白、赤、マゼンタ、ライラック、青などもある。

ほとんどの花は、長さ20～30cm、幅1cmほどの細いさやになる。さやは尖っており、内部は細かい横壁で細かく分かれている。熟したものは褐色を帯び、長さ30cmほどになる。20～30個の種子が入っている。種子自体は大きく（長さ1センチ）、白色から褐色、黒色まで様々。褐色と白のまだら模様や大理石模様のものもあり、葉脈のある種子も知られ

ている。葉柄には褐色の縁あり。

根系は通常、旺盛に枝分かれする。しかし、一部の根は紡錘形の塊茎で、外見はサツマイモに似ているが、味はジャガイモに似ている。紡錘形の塊茎は、外見はサツマイモに似ているが、味はジャガイモに似ている。一般的に、長さ5～25cm、重さ50～300g(平均250g)。通常、小さいものは取っておかれ、次の作物の植え付けに使われる。

分布

アフリカ内

一般的な意味でのアフリカ産ヤムビーンはあまり知られていないが、多くの国で栽培されている。大まかに言えば、栽培地域は熱帯の西アフリカからスーダン、エリトリア、エチオピア北部までである。そこから南下し、西はコンゴ、東はザンジバルまで広がっている。しかし、最も重要なのは間違いなく西アフリカで、主にナイジェリアとその近隣諸国である。全体として、本種は以下の国々で確認されている（野生種および／または栽培種）：アンゴラ、ブルンジ、カメルーン、中央アフリカ共和国、チャド、コンゴ、コンゴ民主共和国、エリトリア、エチオピア、ガボン、ガーナ、ギニア、ケニア、マラウイ、モザンビーク、ナイジェリア、ルワンダ、スーダン、タンザニア、トーゴ、ウガンダ、ザンビア、ジンバブエ。

アフリカ以外

この原稿を書いている時点では、アフリカ以外ではこの植物は知られていないようだ。

園芸品種

現地の在来種のみが栽培されているが、いくつか

の品種は命名されている。

環境要件

この植物が必要とする環境についてはほとんど知られていないが、湿度の高い熱帯性気候で、水はけのよい土壌が必要であるか、少なくとも最適であると思われる。

降雨量：文献によると、この品種が必要とする年間降雨量は900～1,400ミリ。

標高：高度の影響はほとんど受けないようで、海拔1,800mから1,800mの高地で開花する。

低温：霜の影響を受けやすい。

高温：限界は未報告。19-27で良好な生育が可能。

土壌タイプ：主に痩せた土壌で栽培される。最適土壌はpH5～6の弱酸性である。水はけのよい場所でなければならない。肥沃な砂質土壌は「非常に適している」と言われている。根の作物は典型的に熱帯土壌では収量が最悪であり、芋の出来を制限しそれらの膨潤を抑える。

近縁種

アフリカンヤムビーンは、かつてある植物学者がこれを *Vigna ornata* と分類したほど、*Vigna* 種に近縁である。この属には、モスビーン、緑豆、バンバラビーン、ライスビーン、ササゲ、小豆が含まれる。胚のレスキューを含む最新の技術によって、この種と他の2つの栽培種との種間雑種を作り出すことができるかもしれない。この提案は大きなものだが、もしそれが可能になれば、早熟で暑さや日長に強く、茂り、新しい地域に適応しやすい品種を開発する上で、得られた植物は特に貴重なものになるだろう。

暑さに強いスリック乳牛による暑熱対策

齋藤 忠夫 (SAITO Tadao)

(東北大学名誉教授)



Key Words: 生乳, 生乳生産量, 暑熱対策, 乳牛, ホルスタイン・フリーシアン, スリック (Slick) 遺伝子, 暑熱耐性, スリック・ホルスタイン, スリック牛

はじめに

2023 年の夏から、平均気温が過去最高を上回り、日本の暑さに弱い乳牛であるホルスタイン種も大きな影響を受けています。暑い夏の影響は全国に及び、日本の生乳の半分以上を生産する北海道でも生乳生産量の減少や、乳牛の死亡事故も多く発生する被害が出ています。ホルスタイン種牛は冷涼な気候を好み、湿度が 90% を上回る場合は、気温が涼しい 22℃でも暑熱ストレスを感じるようです。ウシは私達人間以上に夏の暑さには弱い哺乳動物のようです。今夏（2025 年）には、暑さの影響でブタの繁殖率が低下したり、ニワトリの産卵率が低下したり、卵のサイズが小さくなるなどの畜産分野での被害報道がありました。

今回は、日本の暑熱対策として牛舎の扇風機を回したりミスト噴霧による蒸発熱でウシの体温を低下させるという環境改善型の方向性とは異なり、暑熱に強いウシの品種を開発して生乳生産量の低下防止に対応している話題を紹介します。内容の一部は、独立行政法人農畜産業振興機構から刊行される「畜産の情報」（2024 年 9 月号）に掲載された、(株)野澤組畜産部の 咲良氏の「報告」を参考にさせていただきました。

ホルスタイン・フリーシアンという乳牛の特徴

世界で一番飼われている乳牛はホルスタイン種の乳牛です。正式名称はホルスタイン・フリーシアン (Holstein Friesian) です。オランダのフリースランド地方やドイツのホルシュタイン地方が原産なのでこの名称がついています。日本では約 99% がこの

ホルスタイン種の乳牛と考えられ、ジャージー種、ブラウン・スイス種や水牛などは僅かしか飼われていません。国内で比較的多く飼われているジャージー種でも 1 万頭程度であり、一方ホルスタインは約 130 万頭も飼われています。ホルスタインの外見は、特徴的な白黒模様と考えられがちですが、茶色白模様や真っ白なホルスタインも存在しています。図 25-1 には、代表的なホルスタイン種牛を示しました。

ホルスタイン種牛は、歴史的な育種改良が行われた結果、体が非常に大きく乳房が良く発達しているために乳量が多いので、乳牛として世界中で最も多く飼われています。産乳能力は全牛種中で乳量が多く、標準で年間 5,000kg 以上あり、年間 10,000kg を超えるウシもいます。とくに年間 20,000kg 以上のウシは「スーパーカウ」とも呼ばれ、日本でも 100 頭くらいは存在するようです。性格は温和でやさしく、寒さに強く暑さに弱いのが特徴で



図 25-1 世界で最も飼育されているホルスタイン・フリーシアン種乳牛

(出典：フリー百科事典ウィキペディア)

す。乳質はジャージー種に比べると薄めであり、乳脂肪率 3.6-3.8%，無脂乳固形分 8.7% 程度のために飲用に適しているといえます。日本のように「乳を飲む食文化の国」では、ホルスタインは最適の乳牛といえます。

ウシは体内のルーメン（第一胃）で粗飼料や濃厚飼料などの食物を微生物発酵させるため、一般にウシの体温は 38-39℃程度でヒトよりも約 2℃高く、寒さには強いが暑さには弱いという特徴に繋がります。とくに、日本酪農の主力であるホルスタイン種牛は、気温「20 度以下」が適温とされ、夏場は熱ストレスで食欲が落ち、乳量や乳質や受胎率が低下しやすくなります。もともとはヨーロッパの冷涼な地域が原産のウシだからでしょう。

農林水産省の調査によると、2024 年の酪農家の戸数は 1 万 1900 戸となり、2004 年の 2 万 8000 戸から 4 割減少しています。しかし、大規模経営が進んだことで飼養頭数は 2 割程度の減少に抑えられて約 130 万頭を維持していますが、小規模の経営体を中心に廃業が後を絶ちません。生乳の受給でみると、2023 年の生乳生産量が 2003 年比で約 13% 減少して 729 万トンでした。一方では、輸入乳製品量を生乳換算しますと、国内需要は 2003 年比で 4% 減少の 1170 万トンとなり、その差は 441 万トンと需要は一定水準で安定していますが、国産比率は下落傾向であることが分かります。

夏足りず冬は余る生乳生産

日本は牛乳を主としてそのまま飲用とすることが多い食文化であるため、乳量の多いホルスタイン種牛が好まれます。牛乳は夏場が飲用需要のピークであり、冬場の需要は低下します。従って、需要期の夏に供給が不足し、逆に閑散期の冬から春は生乳が余りがちな点は、酪農家の悩みの種となっています。図 25-2 には、生乳の生産量と乳製品への処理量の季節変動を示してあります。一年間でみると季節差があり、生乳生産量は夏場に減少し冬場が増加しています。また、栄養成分の豊富な生乳は保存期間が短いため直ぐ処理をする必要があり、生乳の増減と乳製品の生産とは連動しています。さらに乳牛は搾乳しないと乳房炎に罹患し易くなるために毎日搾乳する必要があります。泌乳は停止することができないため、受給に応じた柔軟な生産調整が

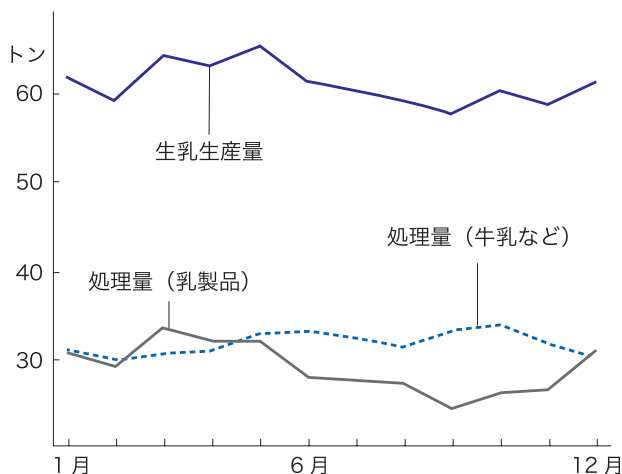


図 25-2 乳牛の生乳生産と受給関係にみられる季節差
(出典:農林水産省データ, 日本経済新聞 2025 年 9 月 2 日)

必要となります。

生乳の供給過多となる冬から春は、廃棄する生乳ロスを防ぐため、生乳から保存のきく脱脂粉乳を作ったり、バターやチーズなどの乳製品への加工需要が高まります。

夏場では、ウシの暑熱による飼料摂取量の低下による搾乳量の減少や繁殖障害が起こります。三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング会社の調査では、アメリカにおける暑熱ストレスによる経済的な損失は、実に年間 12 億ドル（日本円に換算すると約 1800 億円）にもなると推定されています。夏場の異常高温は、今後は常態化する可能性も指摘されており、将来的な対策は急務と考えられます。

暑さに強いスリック遺伝子の発見と品質改良

暑熱に対して牛舎の環境面での改善対応もされていますが、ウシ自体の改良対策も海外では進んでいます。最近では、暑さに強く乳量の下がらないウシが開発されています。暑さに強いウシの遺伝子は、アメリカ領ヴァージン諸島のセントクロイ島原産の牛である「セルネポール種」から発見されました。この遺伝子が発現しているウシは、体毛が全体に短く、夏場の乳量低下が通常のウシより少ないことが注目されました。この暑さに強い遺伝子は「スリック（毛髪）遺伝子」と呼ばれています。

スリック (Slick) とは、「滑らかで光沢があること」を意味しており、スリック遺伝子はウシの体毛を薄く短く変化させる遺伝子で、このプロラクチン受容体遺伝子が変異を持つホルスタイン牛は、短く滑ら

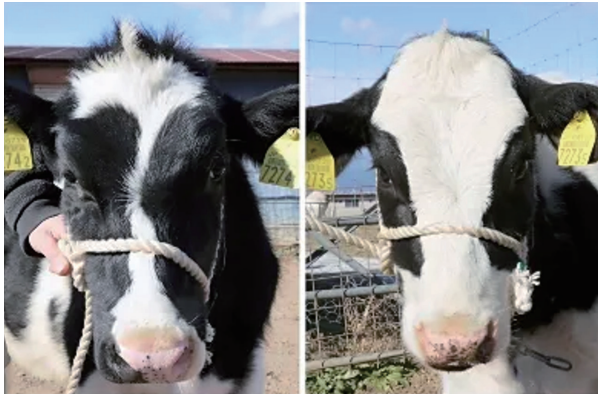


図 25-3 通常牛とスリック牛の毛並みの違い
長野県畜産試験場（塩尻市片丘）にて
（出典：信濃毎日新聞デジタル 2025 年 1 月 5 日）

かな被毛を持つ短毛ホルスタイン（SLK）と呼ばれています。酪農の生産現場では、夏場の暑熱対策としてウシの毛刈りを行い、熱を体から放散促進させる手法が従来より用いられています。しかし、スリック遺伝子が発現しているウシでは、毛刈りをしなくても生まれつき暑熱対策の特徴を備えている優れた形質であると考えられます。

米国フロリダ大学の研究グループにより、主要な乳牛であるホルスタイン種にこのスリック遺伝子を導入する計画的な交配実験が行われ、現在ではこの遺伝子を持つホルスタイン種雄牛の凍結精液がアメリカやカナダなどの家畜人工授精所で生産されています。この精液は日本にも輸入され、日本国内でもスリック遺伝子を持つウシが誕生しています。

日本では、2021 年頃から精液の輸入が開始されスリック牛が生まれていますが、泌乳を開始したウシはまだ少数です。これから、日本各地での研究機関から泌乳量に関する泌乳成績などが報告されて来る予定とされており、とくに日本の西南暖地などでの暑熱対策には大いに有効と期待されています。図 25-3 には、長野県畜産試験場で生まれたスリック牛のホルスタインと通常牛の毛並みの違いを示しました。たしかに、スリック牛は毛足が短く全体にスリムに見えます。

世界で最初に精液が利用可能となったスリック種雄牛は 2 頭おり、スリックゲーターブランコとスリックゲーターローンレンジャーという名前が付けられました。現在世界で流通しているスリック種雄牛の血統をさかのぼると、ほとんどのウシが後者のローンレンジャー牛（図 25-4）にたどり着くそうです。



図 25-4 暑さに強いスリック遺伝子を持つホルスタイン種牛（最初に利用可能となったスリックゲーターローンレンジャー）
（出典：桑 咲良, 話題「畜産の情報」2024 年 9 月号）

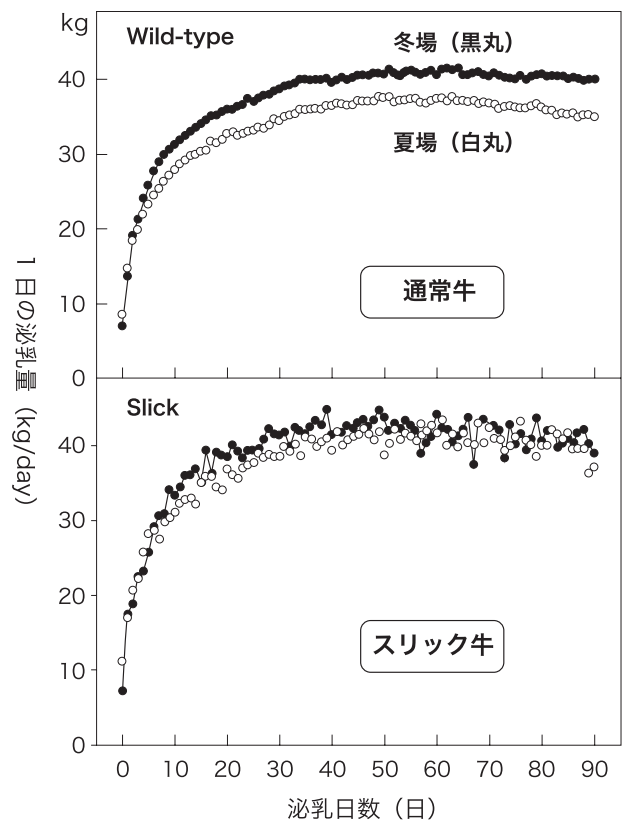


図 25-5 通常牛とスリック牛における夏場と冬場の泌乳量の差異
(S.Dikmer et al., *J. Dairy Sci.*, **97**: 5508-5520 (2014))

夏場に泌乳量が下がらないスリック牛

2014 年、フロリダ大学研究グループは、通常のホルスタイン雌牛（通常牛 430 頭）とスリック遺伝子を発現した体毛が短いスリック牛（18 頭）について、季節による泌乳量の差異を比較検討しました。図 25-5 には、夏場（5-7 月）と冬場（10-12 月）に生まれた通常牛とスリック牛の分娩後 90 日間における泌乳量を示しています。夏季に分娩した通常

牛は、冬季分娩に比べて乳量の差が平均 3.7kg 低下したのに対し、スリック牛では平均 1.3kg と夏場の乳量低下は約 3 分の 1 と低くなりました。(J. Dairy Sci., **97**:5508-5520, 2014)

さらにこの研究では、ウシの発汗量や直腸温度および呼吸数も測定しました。その結果、スリック牛は通常牛よりも汗を多くかき、効率的に蒸発熱で体温を下げることが分かりました。また直腸温度では、通常牛は平均 40.5℃ に対して、スリック牛では 39.6℃ と低いことが分かりました。さらに、呼吸数（1 分間）では通常牛では平均 107 回に対して、スリック牛では平均 93 回でした。ウシは暑さを感じると、呼吸数を増やしたりよだれの量を増やすことで体熱を放散させようとはしますが、スリック牛は発汗による放熱量が多いために通常牛よりも呼吸数が少なくても体温を低く保つ優れた性質があると考えられました。

2024 年、米国ミシシッピ州立大学の研究グループは、プエルトリコにおいてスリック牛の遺伝子型が夏季に有利となる生理学および分子学的な機構を検討しました。具体的には乳房の皮膚温度、乳腺の血流動態とトランスクリプトミクス、血漿の代謝物解析を行い通常牛と比較しました。その結果、スリック牛は一日中体温が低く、総乳房血流量が高く、代謝物の 9- ニトロオクタデセン酸が多く検出されました。とくに乳腺と血漿でのアラキドン酸代謝に関与する遺伝子と代謝物に変化しており、これらが熱ストレス耐性を発現していることが解明されました。(J. Dairy Sci., **107**:4017-4032, 2024)

今後の暑熱および酪農家対策

今後、地球上の外気温がさらに上昇する可能性があります。このような事態になった場合には、水稻で高温に強い品種改良が進んでいるように、さらにウシの育種改良も進められるかもしれません。牛乳は

なかなか海外から簡単に輸入できるものではないので、自国で安定した生産体制のもとに、新鮮で栄養豊富な牛乳を飲用したいものです。

酪農家の平均所得は 2019 年には 1011 万円でしたが、2023 年には 183 万円にまで落ち込みました。生乳の生産コストの半分ほどを占めるのは飼料代で、この 20 年間にほぼ倍増し、生産にかかる全体の費用は約 4 割上昇しました。これは、配合飼料のほとんどは輸入品で、円安やロシアのウクライナ侵略による穀物価格の上昇が主たる原因です。

酪農家の厳しい経営状況を踏まえて、最近では生産者団体と乳業会社との交渉による乳価の見直しが相次いでいます。乳価の指標を決定する関東生乳販連農協組合連合会（関東生乳販連、東京・文京区）は、生乳の平均価格（飲用乳価）を 2022 年と 2023 年にそれぞれ 1kg あたり 10 円引き上げ、さらに 2025 年 8 月から 4 円引き上げて 144 円としました。その結果、酪農家は多少の収入増はありましたが、これらの値上げ分は牛乳の小売価格に転嫁される可能性が高まりました。

酪農家は、牛乳の店頭価格の上昇による消費者の牛乳離れによる需要減退を心配しています。飲用向けの乳価は、バターや生クリームといった乳加工品向けの乳価と比較して、1kg 当たり 40 円程度高いのです。酪農家としては生乳の出荷量が同じでも、飲用向けの割合が減れば、その分酪農家の収益は悪化することになります。

食料の安全保障の意識も高まる中、国内需要の全量を自給する牛乳の安定供給を維持するためには、消費喚起対策が欠かせません。酪農家は夏場の生乳生産量の減少を防ぐ暑熱対策にさらに出費が増えることとなりますので、私達も牛乳の魅力と大切さを再認識して、もっと牛乳を飲んで酪農家を応援したいと思います。

巻頭言 国際化時代における日中関係の改善の重要性

坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)

明海大学歯科医学総合研究所
(〒 350-0283 埼玉県坂戸市けやき台 1-1)

Key Words: 中国の急速な発展, 日中関係の改善, 生活の質

Abstract

Over the past 30 years, China's economic and military development has been remarkable, already surpassing Japan and catching up with the United States. In terms of the number of top 10% papers, China ranks first, while Japan has dropped to 13th place. Despite frequent political conflicts between Japan and China, the number of Chinese tourists visiting Japan and the number of wealthy Chinese people living in Japan are increasing. To revitalize Japan in the future, it is important to work amicably with Chinese elites. I have met many talented Chinese people at academic conferences and social gatherings. Could meeting, experiencing, and being stimulated by people who have lived in completely different environments be an opportunity to maintain brain health and youth?

要約

この 30 年の年月の間に、中国の経済および軍事力の発展は目覚ましく、既に日本を抜き、アメリカに迫る勢いである。トップ 10% 論文数では、中国は、第一位であり、日本は 13 位まで下がった。政治の世界では、日本と中国は対立することが多いことと裏腹に、日本に来る中国人観光客や、日本に住む富裕層の中国人が増えている。今後、日本を活性化するためには、中国人のエリートと仲良く仕事をすることが重要である。私は、学会や懇親会などで、これまで多くの優秀な中国人と出会ってきた。全く異なる環境で暮らしてきた人々との出会い、体験、刺激は、脳の健康と若さを保つ契機になるのではないだろうか？

摘要

過去三十年、中国の経済和军事发展令人瞩目，已经超越日本，并正在赶上美国。中国在排名前 10% 的论文数量上位居世界第一，而日本则跌至第十三位。尽管中日两国政治冲突频发，但赴日中国游客数量和在日本富裕华人数量都在不断增长。未来，日本要想重振经济，与中国精英阶层和谐共事至关重要。我在学术会议，社交聚会和其他活动中结识了许多才华横溢的中国人。与生活在截然不同环境中的人们见面，交流和互动，是否能为保持大脑健康和青春活力提供契机？



図1 これまで出会った中国人研究者の方々

1. 優秀な中国人との出会い

私はこれまで多くの優秀な中国人研究者と出会ってきた。昭和大学医学部に在職中に米国バッファロー市のロズウェルパーク記念がん研究所に留学中、呉羽化学の谷口伸幸先生と面識を得た。そのお陰で、タンパク結合型多糖であるクレスチンの多彩な生物作用に関する研究¹⁾を香港中文大学主催の第1回国際キノコ生物学・製品会議(1993年)で講演する機会を得た。Dr. Ken Liuには、宿舎の電灯の点検等、朝から晩まで、大変お世話になった。1997年、明海大学歯学部薬理学分野を担当することになり、Dr. Ken Liuにどうしても会いたくなり、約3週間ほど、大学の近くの西坂戸団地に住んでいただき、客員教授として迎えることにした(図1A)。共同研究論文を作成したり^{2,3)}、香港中文大学院生の学位論文の外部審査員を務めたりした。第1回日中中医口腔医学会(1999年北京)では、昭和大学時代の研究テーマ「リグニン配糖体の卓越した抗ウイルス作用」を講演する機会を得た。その時、私の講演内容をパラグラフ毎に、中国語に忠実に翻訳してくれたのが、北京大学口腔医学院(PKU-SS)

のDr. Guo Chuanbin(図1B, D)であった。彼の周囲に対する気配りと卓越した処理能力には目を見張るものがあり、将来きっと偉くなるだろうと思っていたら、口腔医学院の院長を経て、現在歯科医師会会長になったことを後で知り感激した。PKU-SSからは、2001年にDr. Zhang Wei^{4,5)}(図1C, D)、2008年にDr. Liu Yu^{6,7)}(図1E)、第四軍医科大学(現航空大学)口腔医学院からは、2009年にDr. Chuが来校し^{8,9)}(図1F)、M-RIOの前身であるMPL(Meikai Pharmaco-Medical Laboratory)のスタッフであった周麗先生(現アメリカ国籍)^{10,11)}とも親交を深めた(図1G)。短期海外研究で来日した大学生の鄭燕は、*New Food Industry*に、世界の学食シリーズの第一号となったUKU-SSの学生食堂に就いて執筆してくれた(図1H)¹²⁾。朝日大学歯学部で教鞭をとっている北京外国語大学の戴秋娟先生¹³⁾(図1I)や孫容成先生とも出会えた(図1J)。ブリスベンと武漢で開催されたIADR会議では、広州の歯周病院の院長のDr. Jin Caiに会え(図1KL)、病院のスタッフには昼食後は昼寝をさせていることを教わり、自分も励行することになった。最近、航空大学でも同

様な慣習があることを知った。札幌で開催された齒科基礎医学会で座長をしていた時に発表者の Xio Li と出迎え、現在でも交流している（図 1M）^{14, 15)}。何よりも嬉しかったことは、彼女の上海交通大学時代からの友人である史海霞先生（図 1N）¹⁶⁻¹⁸⁾を紹介してくれたことである。花の写真を撮影することが好きな史海霞先生とは、高麗川添いの散歩道で出会った地元の方々との交流を楽しむことができた（図 1O）。2025 年の卒業式では、国際的コミュニケーションの重要性について共同執筆をした経済学部の大石隆介先生や中国語の同時通訳をされている神崎龍志先生（中国大使館で出会っている）¹⁹⁻²⁴⁾と再会でき、明海大学中国語学科の宇賀神秀一先生、中嶋諒先生を紹介していただいた（図 1P）。

2. 問題提起：どのようにしたら、日本は中国とうまくやってゆけるのか？

中国は、現在、GDP および軍勢力はアメリカに続き第 2 位であるが、トップ 10% 論文は、中国が第 1 位である。一方、日本は、GDP は 2024 年の段階で第 4 位を占めるものの、軍勢力およびトップ 10% 論文数でははるかに遅れをとり、13 位（3,719 報）（中国の 1/17）であった（図 2）²⁵⁻²⁷⁾。アメリカがもたっている間に、中国は、電気自動車（EV）

の量産技術やサプライチェーン先端技術の分野でも優位に立っている。中国の充電ステーションは、約 1000 万箇所あり、アメリカの約 8 万か所を遥かに上回っている。EV の自動車運転技術は、物資の輸送や偵察も容易になるので軍事に転用できる²⁸⁾。中国が次世代エネルギーの活用に励む一方で、アメリカは、化石燃料（石油増産）を促がしており、完全に時代に逆行している²⁹⁾。中国の驚異的躍進は、中国が、国家の力を集中して大事をなす体制を敷いているためと思われる。

10 月 1 日から始まる国慶節で、延べ 23 億人以上の中国人が移動する。最も人気のある海外旅行先は日本である。これから日本で生活する中国人、日本人とともに同じ職場で働く中国人の数は、間違いなく増加するだろう。どの職場でも、どのようにしたら日本人と中国人が仲良くなれ、二国間の国益にもつながるようになるだろうか？謙虚や忍耐や礼儀作用だけでなく、お互いの歴史文化の理解、強靱な科学精神（学問の自由、長期的視野）なども必要であると思う。全く異なる環境で暮らしてきた人々との出会い、体験、刺激は脳寿命を延ばし、生活の質の改善にも繋がるのではないだろうか？³⁰⁾ 今回の特集号では、両国を知る学者の先生方の考え方を聞いてみた。

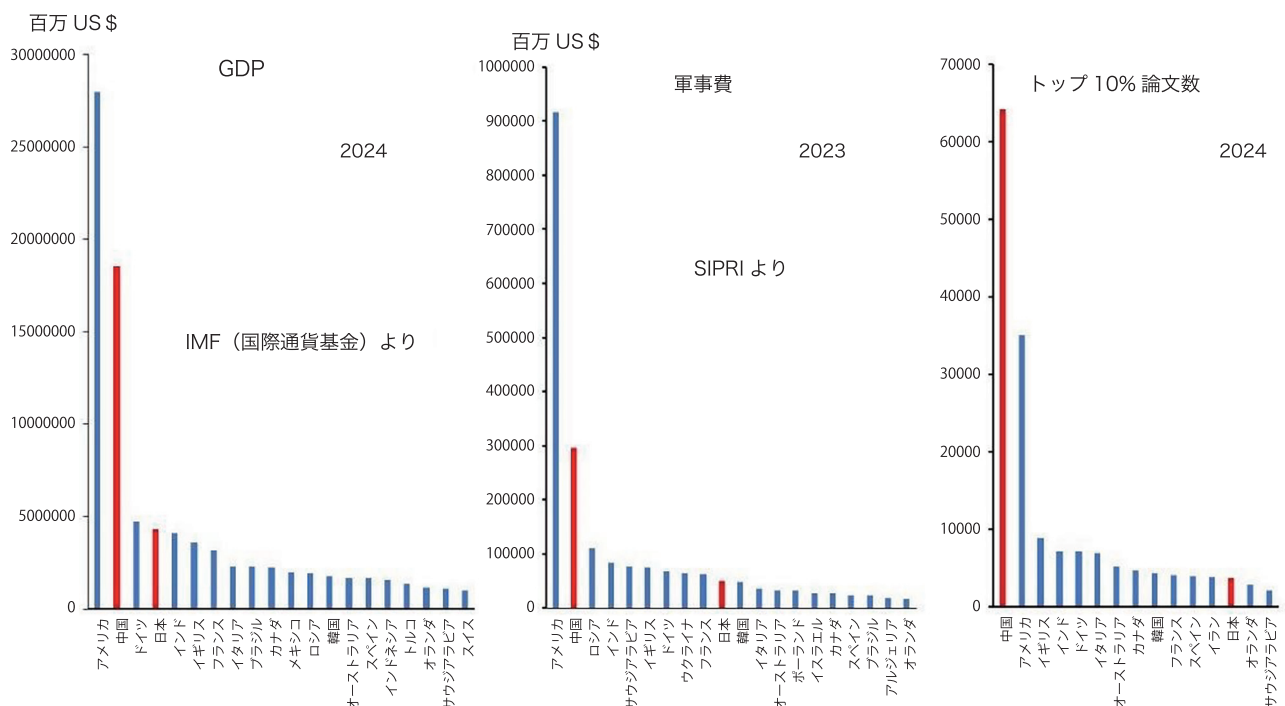


図 2 世界各国の GDP(A), 軍事費 (B), トップ 10% 論文数 (C) のランキング

Foreword: The Importance of Improving Japan -China Relations in an Era of Globalization

■ Hiroshi Sakagami, Ph.D., Prof.

Meikai University Research Institute of Odontology (M-RIO)
<http://www.meikai.ac.jp/dent/m-rio.html>
1-1 Keyakidai, Sakado, Saitama 350-0283, Japan

Key word: China's rapid development, improvement of the Sino-Japanese relationship, QOL

1. Encounters with Excellent Chinese People

I have had the opportunity to meet many talented Chinese researchers. While studying abroad at the Roswell Park Memorial Cancer Institute in Buffalo, USA, as a research fellow from Showa University School of Medicine, I met Dr. Nobuyuki Taniguchi of Kureha Corporation. Thanks to this opportunity, I had the opportunity to present my research on the diverse biological functions of the protein-bound polysaccharide Krestin¹⁾ at the First International Mushroom Biology and Products Conference (1993), hosted by the Chinese University of Hong Kong. Dr. Ken Liu was extremely helpful to me, working from morning until night, checking the lights in my accommodation, and other things. In 1997, I took charge of the Department of Pharmacology at Meikai University School of Dentistry. Remembering how much he had helped me, I desperately wanted to meet him again, so I invited him to live in the Nishisakado housing complex near the university for about three weeks to work as a visiting professor (**Fig. 1A**). We collaborated on research papers^{2,3)}, and I served as an external examiner for doctoral dissertations by graduate students at the Chinese University of Hong Kong. At the 1st Japan-China Conference on Traditional Chinese Medicine and Stomatology (Beijing, 1999), I had the opportunity to give a lecture on the outstanding antiviral effects of lignin glycosides, my original finding at Showa University. At that time, Dr. Guo Chuanbin (**Fig. 1B, D**) from the Peking University School of

Stomatology (PKU-SS) accurately translated the contents of my lecture into Chinese, paragraph by paragraph. I was impressed by his processing capability, attentive to everyone and thought he would surely become a great person in the future. I later learned that he served as the director of the School of Stomatology and is currently the president of the Chinese Dental Association. From PKU-SS, Dr. Zhang Wei^{4,5)} (**Fig. 1C, D**) and Dr. Liu Yu^{6,7)} (**Fig. 1E**) visited our school in 2001, and from the School of Stomatology of the Fourth Military Medical University (now the Airforce Military University of Stomatology AUSS), Dr. Chu visited our school in 2009^{8,9)} (**Fig. 1F**). I also developed a close friendship with Dr. Zhou Li (currently an American citizen)^{10,11)}, who was a staff of MPL (Meikai Pharmaco-Medical Laboratory) (**Fig. 1G**). Zheng Yan, an undergraduate student of PKU-SS who visited Meikai University for a short-term exchange program, introduced cafeteria of her university, which became the first article of a series of the world's student cafeterias in a monthly journal "New Food Industry" (**Fig. 1H**)¹²⁾. I also met Dr. Dai Qiujuan and Dr. Sun Rongcheng of Beijing Foreign Studies University (**Fig. 1I**)¹³⁾, who teach at Asahi University School of Dentistry (**Fig. 1L**). At the IADR conferences held in Brisbane and Wuhan, I met Dr. Jin Cai, director of the Guangzhou Periodontal Hospital (**Fig. 1KL**). He told me that hospital staff are encouraged to take a nap after lunch, which I decided to practice. I recently learned that a similar practice exists at the AUSS. While chairing the oral

presentation session of Japanese Association for Oral Biology in Sapporo, I got acquainted with presenter Dr. Xio Li (**Fig. 1M**)^{14, 15)}. She kindly introduced me to Dr. Shi Haixia (**Fig. 1N**)¹⁶⁻¹⁸⁾, a friend from her days at Shanghai Jiao Tong University. I and Haixia, who enjoys taking photos of flowers, met local people on a walking path along the Koma River (**Fig. 1O**). At the 2025 graduation ceremony, I could meet Professor Ryusuke Oishi of the Faculty of Economics, and Professor Ryuji Kanzaki, a Chinese simultaneous interpreter¹⁹⁻²⁴⁾. They introduced me Drs. Shuichi Ugajin and Ryo Nakajima of the Department of Chinese Literature at Meikai University (**Fig. 1P**).

2. Question raised: How can Japan get along with China?

China currently ranks second after the United States in GDP and military power, but ranks first in the number of top 10% of published papers. In contrast, Japan will rank fourth in GDP in 2024, but will lag far behind in military power and the number of top 10% papers ranked 13th (3,719 papers, 1/17 of China's) (**Fig. 2**).²⁵⁻²⁷⁾ China is also gaining advantages in mass production of electric vehicles (EVs) and advanced supply chain technologies, while the United States lags behind, China has approximately 10 million charging stations, far exceeding

the approximately 80,000 stations of the United States. EV driving technology can be used for military purposes, as it facilitates the transportation of goods and reconnaissance²⁸⁾. While China is actively exploring next-generation energy sources, the United States is promoting fossil fuels (oil production), completely going against the times²⁹⁾. China's astonishing progress is likely due to the country's system of centralizing national power to achieve major goals.

Over 2.3 billion Chinese people will travel to Japan during the National Day holiday, which begins on October 1st. Japan is the most popular international destination. The number of Chinese people living in Japan and working with Japanese people will undoubtedly increase. How can Japanese and Chinese people in any workplace foster friendship and contribute to the national interests of both countries? I believe that not only humility, patience, and courtesy, but also understanding each other's history and culture, and a strong scientific spirit (academic freedom, long-term perspective) are necessary. Perhaps encounters, experiences, and stimulation with people who have lived in completely different environments can extend brain life-span and improve the quality of life³⁰⁾. In this special issue, several scholars who are knowledgeable about both countries were asked for their thoughts.

引用文献

1. Sakagami H and Takeda M: Diverse biological activity of PSK (Krestin), a protein-bound polysaccharide from *Coriolus versicolor* (Fr.) Quel (Review). Proceedings of the First International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. pp237-245, Hong Kong, August, 1993.
2. Ishihara M, Sakagami H and Liu W-K: Quantitative structure-cytotoxicity relationship analysis of betulinic acid and its derivatives by semiempirical molecular-orbital method. *Anticancer Res* **25**: 3951-3956, 2005.
3. Cheung FWK, Che CT, Sakagami H, Kochi M and Liu WK: Sodium 5,6-benzylidene-L-ascorbate induces oxidative stress, autophagy and growth arrest in human colon cancer HT-29 cells. *J Cell Biochem* **111**: 412-424, 2010.
4. Zhang W, Negoro T, Satoh K, Jiang Y, Hashimoto K, Kikuchi H, Nishikawa H, Miyata T, Yamamoto Y, Nakano K, Yasumoto E, Nakayachi T, Mineno K, Satoh T and Sakagami H: Synergistic cytotoxic action of vitamin C and vitamin K₃. *Anticancer Res* **21**: 3439-3444, 2001.
5. Zhang W, Hashimoto K, Yu G-Y and Sakagami H: Decline of superoxide dismutase activity during antioxidant-induced apoptosis in HL-60 cells. *Anticancer Res* **22**: 219-224, 2002.
6. Liu Y, Sakagami H, Hashimoto K, Kikuchi H, Amano O, Ishihara M, Kanda Y, Kunii S, Kochi M, Zhang W and Yu G: Tumor-specific cytotoxicity and type of cell death induced by β -cyclodextrin benzaldehyde inclusion compound. *Anticancer Res* **28**: 229-236, 2008.
7. Liu Y, Sakagami H, Amano O, Kikuchi H, Nakamura Y, Ishihara M, Kanda Y, Kunii S, Zhang W, Yu G: Tumor-specific cytotoxicity and type of cell death induced by peplomycin in oral squamous cell carcinoma cell lines. *Anticancer Res* **28(4B)**: 2197-2204, 2008.
8. Chu Q, Hashimoto K, Satoh K, Wang Q and Sakagami H: Effect of three herbal extracts on NO and PGE₂ production by activated mouse macrophage-like cells. *In Vivo* **23**: 537-544, 2009.

9. Chu Q, Kobayashi M, Hashimoto K, Satoh K, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Wang Q and Sakagami H: Antitumor potential of three herbal extracts against human oral squamous cell lines. *Anticancer Res* **29**: 3211-3219, 2009.
10. Zhou L, Satoh K, Takahashi K, Watanabe S, Nakamura W, Maki J, Hatano H, Takekawa F, Shimada C and Sakagami H: Re-evaluation of anti-inflammatory activity of mastic using activated macrophages. *In Vivo* **23**: 583-590, 2009.
11. Zhou L, Hashimoto K, Satoh K, Yokote Y, Kitajima M, Oizumi T, Oizumi H and Sakagami H: Effect of *Sasa senanensis* Rehder extract on NO and PGE₂ production by activated mouse macrophage-like RAW264.7 cells. *In Vivo* **23**: 773-778, 2009.
12. 郑燕, 坂上 宏: 世界の学食 (1) — 北京大学 *New Food Industry* **60** (3): 65-71, 2018.
13. 戴秋娟 (Translated into English by Sakagami H) 新型コロナウイルスの流行で 変わったわれわれの生活 *New Food Industry* **62** (6): 436-440, 2020.
14. Li X, Sakagami H and Miwa N: ACE2: The key molecule for understanding the pathophysiology of severe and critical conditions of COVID-19: Demon or Angel? *Viruses* 2020, **12**, 491; doi:10.3390/v12050491 28 April 2020.
15. Li X, Sakagami H, Miwa N. A new method for testing filtration efficiency of mask materials under sneeze-like pressure. *In Vivo* **34**(3 Suppl): 1637-1644, 2020. PMID: 32503823 doi: 10.21873/*In Vivo*.11955
16. 史海霞, 阎泽昆, 韦博森, 坂上 宏: 世界の学食 (3) — 上海交通大学, *New Food Industry* **60**(9): 43-49, 2018.
17. Shi H, Nagai J, Sakatsume T, Bandow K, Okudaira N, Sakagami H, Tomomura M, Tomomura A, Uesawa Y, Takao K and Sugita Y: Quantitative structure–cytotoxicity relationship of 2-(*N*-cyclicamino)chromone derivatives. *Anticancer Res* **38**(7): 3897-3906, 2018.
18. Shi H, Nagai J, Sakatsume T, Bandow K, Okudaira N, Uesawa Y, Sakagami H, Tomomura M, Tomomura A, Takao K and Sugita Y: Quantitative structure–cytotoxicity relationship of 3-(*N*-cyclicamino)chromone derivatives. *Anticancer Res* **38**: 4459-4467, 2018.
19. 坂上宏, 生宏, 大石隆介, 国際的コミュニケーション能力の重要性—語学力は強力な武器になる— *New Food Industry* **58** (7): 81-94, 2016.
20. 大石隆介, 坂上宏: 国際的コミュニケーション能力の重要性 (2) — 外向き志向への切り替え — *New Food Industry* **58**(8): 72-79, 2016.
21. 坂上宏, 儲慶, 戴秋娟, 大石隆介, 神崎龍志: 国際的コミュニケーション能力の重要性 (3)—日中関係の改善を目指して— Importance of international communication capability (3)- how to improve the Japan-China relation. 跨文化交流能力の重要性 (3) - 旨在改善日中关系, *New Food Industry* **58**(11): 59-74, 2016.
22. 坂上宏, 肖黎, 戴秋娟, 大石隆介, 神崎龍志: 国際的コミュニケーション能力の重要性 (4)—「中国料理」に見られる日本と中国における嗜好の相違— *New Food Industry* **59**(6): 71-93, 2017.
23. 坂上宏, 肖黎, 戴秋娟, 大石隆介, 神崎龍志, 土田幸広: 国際的コミュニケーション能力の重要性 (5), どのようにしたら時代に取り残されないか? *New Food Industry* **59** (11): 69-81, 2017.
24. 坂上宏, 戴秋娟, 肖黎, 郑燕, 大石隆介, 神崎龍志, 土田幸広, 中井延美, ガルシア - コントレラス レネ: 国際的コミュニケーション能力の重要性 (6)—ストレス社会における健康管理法, *New Food Industry* **60** (6) 57-69, 2018.
25. IMF (国際通貨基金) <https://sekai-hub.com/posts/imf-gdp-ranking-2024>
26. 2024 Military Strength Ranking, Global Firepower (GFP)
27. 文部科学省科学技術・学術政策研究所, 科学技術指標 2024.
28. レベッカ・A・ファニン, 世界一に駆け上がった中国 EV の驚異, *Newsweek* 2025. 10.14., p18-23.
29. スティーブン・レザク, トランプがひた進む敗北への道, *Newsweek* 2025.10.14., p24-25.
30. 和田秀樹, 脳寿命を延ばす 20 の習慣, *Newsweek* 2025.10.28., p18-23.

The Importance of Strengthening Japan–China Relations

■ Ryusuke Oishi, Ph.D., Prof.

Associate Professor Faculty of Economics, Faculty of
Economics Graduate School of Economics, Meikai University
1 Akemi, Urayasu, Chiba 279 8550, Japan

Key word: China Relations, Asian Capital Market, risk-management

1. Introduction

In recent years, China has achieved a rapid economic development and is increasing its presence around the world., and surpassed Japan to become the world's second-largest economy.¹ China's progress is also remarkable in technology and research capabilities. For example, according to the Nature Index (2025), China ranks the first of the 2025 research leaders, whereas Japan was ranked as the 5th place. Bilateral economic and people-to-people exchanges between Japan and China have generated substantial benefits for Japan. Despite these deepening exchanges, political relations between the two countries remain complex, largely due to historical issues and regional security concerns. Japan's political rivalry with China, coupled with its economic interdependence, presents an important lesson for the country in the era of globalisation. Revitalising its economy and strengthening international competitiveness will require Japan to engage with China. Establishing cooperative ties with Chinese elites, scholars and entrepreneurs is essential for Japan's long-term vitality.

This study tries to discuss the benefits from Japanese-Chinese corporations from the multiple perspectives (economy, finance, human capital, politics, etc.). This study briefly discusses the economic interdependence between Japan and China and its mutual benefits in Section 2; financial cooperation and the Asian capital

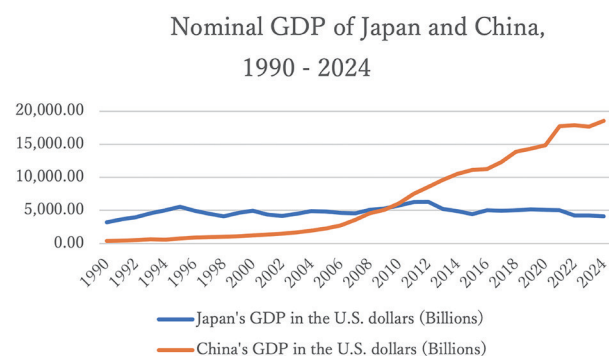
market in Section 3; collaborations between human capital in Section 4; and policy implications in Section 5. Finally, conclusions and implications are presented in Section 6.

2. Economic Interdependence Between Japan and China and Its Mutual Benefits

The economic relationship between Japan and China has evolved into a dense, multi-layered, and interdependent relationship encompassing trade, investment and tourism. China remains Japan's largest trading partner, accounting for 17.6% and 22.5% of Japan's total exports and imports, respectively, in 2024 Ministry of Foreign Affairs [MOFA], (2025). Bilateral trade reached ¥44.2 trillion, roughly one-fifth of Japan's total trade (MOFA, 2025). This interdependence is deeply embedded in supply chains and technology-intensive sectors. Japan's exports to China include semiconductors, manufacturing equipment and electronic components, whereas imports from China consist mainly of telecommunications and computer products (MOFA, 2025). Moreover, over 31,000 overseas bases of Japanese firms are located in China—the largest concentration in any single country—highlighting the integration of Japan's production, engineering and after-sales services with the Chinese market (MOFA, 2025).

After the COVID-19 pandemic, the number of Chinese

¹ China is the second-largest country worldwide in terms of nominal GDP.



Source: Figure 1 prepared by the author based on data extracted from the IMF World Economic Outlook Database (<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2025/april>).

visitors to Japan rebounded to 6.98 million in 2023, accounting for approximately 19% of total visitors in 2024 (MOFA, 2025).

Policy frameworks can further transform interdependence into mutual benefit. For example, Japan, China and South Korea have sought to revive high-level economic dialogue and advance a free trade agreement alongside the ongoing Regional Comprehensive Economic Partnership (RCEP) (Reuters, 2025).

Figure 1 illustrates trends in nominal gross domestic product (GDP) of Japan and China (1990–2024). As shown in Figure 1, Japan's nominal GDP remained largely stagnant during this period, while China's nominal GDP has grown dramatically since 2000.

3. Financial Cooperation and the Asian Capital Market

In East Asia, financial cooperation between Japan and China has becoming increasingly significant as part of broader regional market integration Organization for Economic Co-operation and Development [OECD], 2025). Over the past two decades, Asian capital markets have expanded substantially (OECD, 2025). In 2024, Asia accounted for about 27% of global market capitalisation and hosted 55% of the world's listed firms (OECD, 2025).

Despite notable growth in financial services across Asian economies, including Japan and China, several challenges persist (OECD, 2025). Specifically, the development of equity and debt markets across Asia is uneven, with many firms continuing to rely on bank

loans rather than bond issuance. Only around 14% of non-financial corporate debt financing in many Asian economies is raised through debt securities (OECD, 2025).

Financial integration between Japan and China has gradually deepened. Following the Asian financial crisis of the late 1990s, the correlation of money market rates, government bond yields and stock markets among Japan, China and other East Asian economies increased significantly (Hong, 2011). For example, financial markets in Japan, Korea, China and the United States became more positively correlated, while bond markets exhibited stronger co-movement (Hong, 2011). Although country-specific shocks continue to dominate equity markets, the influence of regional shocks has gradually increased (Zhao and Kim, 2011). In particular, stock markets in Japan, China and Korea have demonstrated stronger correlations (Zhao and Kim, 2011).

Institutional integration has also advanced. Japan, China, South Korea and ASEAN member states maintain the Chiang Mai Initiative Multilateralization (Reuters, 2025), a mechanism providing member countries with access to liquidity during potential crises, stabilising exchange rates and supporting cross-border capital flow (Reuters, 2025). Furthermore, China has announced plans to further liberalise its capital account, promote two-way capital flows and strengthen linkages between domestic and overseas financial markets. Chinese authorities have signalled increased openness to foreign investors and support for Chinese firms issuing bonds and shares abroad (Reuters, 2024).

4. Cooperation in Human Capital

The partnership between Japan and China also depends on human capital. Beyond economic and financial linkages, sustained cooperation depends on personal relationships among scholars, professionals and entrepreneurs engage across borders. Numerous Japanese researchers and businesspeople have participated in collaborative projects or professional forums in China. Accumulating relational capital helps reduce transaction costs, promote information exchange and support long-term cooperation in both countries, particularly in

technology, finance and innovation sectors.

5. Policy Implications

As discussed in the previous sections, building a stable, forward-looking relationship is vital for both Japan and China. Based on the insights gathered above, this study proposes, the following policies to facilitate such a relationship.

First, Japan and China should institutionalise economic dialogue through regular ministerial-level consultations under the Japan–China High-Level Economic Dialogue and align selected industrial policies with regional frameworks such as the RCEP (RCEP Secretariat, 2023). Second, deepening collaboration in green finance, sustainable infrastructure and carbon-market development, supported by the Asian Development Bank (ADB) and the Asian Bond Markets Initiative, would enable both countries to leverage complementary strengths: Japan’s institutional and risk-management expertise and China’s scaling in renewable technology and project implementation (ADB, 2024).

Third, non-governmental engagement such as university networks, business councils, and think-tank cooperation

between Japan and China should complement official initiatives. Such platforms, being more flexible and insulated from political cycles, can sustain dialogue even during periods of diplomatic tensions.

In an era of fragmented globalisation, constructive interdependence remains indispensable for Japan. Rather than viewing China solely as a competitor, Japan should recognise that cooperation enhances strategic resilience for both nations and contributes to the stability of East Asia as a whole.

6. Conclusion

Over the past three decades, Japan and China have become deeply integrated through trade, finance and people-to-people exchanges. This growing interdependence continues to bring the two nations closer. A constructive partnership founded on economic pragmatism and mutual respect provides a viable path toward stability and prosperity in East Asia. Enhanced financial cooperation, investment in human capital, and adherence to rules-based institutional frameworks can further support sustainable coexistence.

List of References

1. Asian Development Bank (2024). ‘Asian Bond Markets Initiative Annual Report 2024’. <https://www.adb.org/publications/asian-bond-markets-initiative-annual-report-2024>. Accessed on 17/10/2025
2. Hong, B., & Jang, J. (2011). ‘Financial Integration and Cooperation in East Asia: Assessment of Recent Developments and Their Implications’. IMES Discussion Paper Series, 2011-E-5.
3. International Monetary Fund (2025). ‘World Economic Outlook Database, April 2025’. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2025/april>. Accessed on 17/10/2025.
4. Ministry of Foreign Affairs of Japan (2025). ‘China’s Economy Overview’. <https://www.mofa.go.jp/files/100540401.pdf>. Accessed on 17/10/2025.
5. Nature Index (2025). ‘Research Leaders: Leading Countries/Territories’. <https://www.nature.com/nature-index/research-leaders/2025/country/all/global>. Accessed on 17/10/2025.
6. Organisation for Economic Co-operation and Development (2025). ‘Asia Capital Markets Report 2025’. https://www.oecd.org/en/publications/asia-capital-markets-report-2025_02172cdc-en.html. Accessed on 17/10/2025.
7. Regional Comprehensive Economic Partnership Secretariat (2023). ‘Overview of Implementation and Economic Impact’. <https://rcepsec.org/publications/>. Accessed on 17/10/2025
8. Reuters (2024). ‘China will further enhance capital account opening, FX official says’. Published on 29/03/2024. <https://www.reuters.com/business/finance/china-will-further-enhance-capital-account-opening-fx-official-says-2024-03-29/>. Accessed on 17/10/2025.
9. Reuters (2025). ‘South Korea, China, Japan Agree to Promote Regional Trade as Trump Tariffs Loom’. Published on 31/03/2025. <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/south-korea-china-japan-agree-promote-regional-trade-trump-tariffs-loom-2025-03-30/>. Accessed on 17/10/2025.
10. Reuters (2025). ‘Japan, China, South Korea, ASEAN enhance regional financial safety net’. Published on 06/05/2025. <https://www.reuters.com/sustainability/boards-policy-regulation/japan-china-south-korea-asean-enhance-regional-financial-safety-net-2025-05-05/>. Accessed on 17/10/2025.
11. Zhao, X., & Kim, Y. (2011). ‘Financial Integration in East Asia: Evidence from Stock Prices’. *DI Journal of Economic Policy* 33(4): pp. 27-48, 31. <https://doi.org/10.23895/kdjep.2011.33.4.27>.

日中関係強化の重要性（和訳）

大石 隆介 (OISHI Rysuke)

明海大学経済学部 大学院経済学研究科
(〒 279-8550 千葉県浦安市明海 1 丁目)

1. はじめに

近年、中国は急速な経済発展を遂げ、世界中で存在感を高めており、日本を抜いて世界第 2 位の経済大国となった¹。中国の技術力と研究能力の進歩も目覚ましい。例えば、ネイチャー・インデックス (2025 年) によると、中国の研究リーダーシップは 2025 年に首位に立つ一方、日本は 5 位にランクされた。日中間の二国間経済交流および人的交流は、日本に多大な利益をもたらしている。こうした交流の深化にもかかわらず、両国の政治関係は歴史的問題や地域の安全保障上の懸念を主因として複雑なままである。日本と中国の政治的対立と経済的相互依存が共存する状況は、グローバル化時代における日本にとって重要な教訓を示している。日本経済の活性化と国際競争力の強化には、中国との関わりが不可欠である。中国のエリート層、学者、起業家との協力関係を構築することは、日本の長期的な活力にとって極めて重要である。

本稿では、日中企業連合がもたらす利益について、経済・金融・人的資本・政治など多角的な視点から考察する。第 2 節では日中間の経済的相互依存関係と相互利益を概説し、第 3 節では金融協力とアジア資本市場を、第 4 節では人的資本の連携を、第 5 節

では政策示唆を論じる。最後に第 6 節で結論と示唆を提示する。

2. 日本と中国の経済的相互依存とその相互利益

日本と中国の経済関係は、貿易、投資、観光を包括する密接で多層的かつ相互依存的な関係へと発展した。中国は依然として日本の最大の貿易相手国であり、2024 年には日本の総輸出の 17.6%、総輸入の 22.5% を占めた (外務省 [MOFA]、2025 年)。二国間貿易額は 44.2 兆円に達し、日本の総貿易額の約 5 分の 1 を占めた (外務省 [MOFA]、2025 年)。この相互依存関係は、サプライチェーンや技術集約型産業に深く根ざしている。日本の対中輸出には半導体、製造設備、電子部品が含まれ、対中輸入は主に通信機器やコンピュータ製品で構成される (外務省、2025 年)。さらに、日本企業の海外拠点のうち 3 万 1 千以上が中国に立地されており、これは単一国としては最大の集中度である。これは日本の生産、エンジニアリング、アフターサービスが中国市場と統合されていることを示している (外務省、2025 年)。

新型コロナウイルス感染症のパンデミック後、2023 年の中国からの訪日客数は 698 万人に回復し、

¹ China is the second-largest country worldwide in terms of nominal GDP. 名目 GDP において、中国は世界で 2 番目に大きな国である。

2024年の総訪日客数の約19%を占めた（外務省、2025年）。

政策枠組みは相互依存を相互利益へとさらに転換し得る。例えば日本・中国・韓国は、進行中の地域的包括的経済連携（RCEP）と並行して、ハイレベル経済対話の再開と自由貿易協定の推進を図っている（ロイター通信、2025年）。

図1は、日本と中国の名目国内総生産（GDP）の推移（1990～2024年）を示している。図1が示すように、この期間中、日本の名目GDPはほぼ停滞したままであった一方、中国の名目GDPは2000年以降、劇的に成長している。

図1 IMF世界経済見通しデータベース

（<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2025/april>）から抽出したデータに基づき、筆者が作成したものである。

3. 金融協力とアジアの資本市場

東アジアでは、日本と中国の金融協力が、より広範な地域市場統合の一環としてますます重要性を増している（経済協力開発機構 [OECD]、2025年）。過去20年間で、アジアの資本市場は大幅に拡大した（OECD、2025年）。2024年時点で、アジアは世界の時価総額の約27%を占め、上場企業の55%を擁している（OECD、2025）。

日本や中国を含むアジア諸国では金融サービスが著しい成長を遂げているにもかかわらず、いくつかの課題が依然として存在する（OECD、2025）。具体的には、アジア全域における株式市場と債券市場の発展は不均一であり、多くの企業が債券発行ではなく銀行融資に依存し続けている。多くのアジア経済圏では、非金融企業の債務ファイナンスのわずか約14%が債務証券を通じて調達されているに過ぎない（OECD、2025）。

日本と中国の金融統合は次第に深化している。1990年代後半のアジア金融危機以降、日本・中国・その他東アジア経済圏におけるマネー市場金利、国債利回り、株式市場の相関性は著しく高まった（Hong, 2011）。例えば、日本・韓国・中国・米国の金融市場はより正の相関性を示し、債券市場では連動性が強まった（Hong, 2011）。株式市場では依然として国別のショックが支配的ではあるもの

の、地域的なショックの影響力は次第に増大している（Zhao and Kim, 2011）。特に日本、中国、韓国の株式市場間ではより強い相関関係が確認されている（Zhao and Kim, 2011）。

制度的統合も進展している。日本、中国、韓国、ASEAN加盟国は、危機発生時に加盟国が流動性へのアクセスを確保し、為替レートを安定させ、越境資本移動を支援する仕組みである「チェンマイ・イニシアティブの多国間化」（ロイター通信、2025年）を維持している。さらに中国は、資本取引の自由化をさらに推進し、双方向の資本流動を促進するとともに、国内外の金融市場間の連携を強化する計画を発表した。中国当局は、外国投資家に対する開放性の拡大と、中国企業が海外で債券や株式を発行することを支援する姿勢を示している（ロイター通信、2024年）。

4. 人的資本における協力

日中パートナーシップは人的資本にも依存している。経済・金融面での結びつきを超え、持続的な協力関係は国境を越えて活動する学者、専門家、起業家間の個人的な関係に支えられている。数多くの日本人研究者やビジネスパーソンが中国での共同プロジェクトや専門フォーラムに参加してきた。関係資本の蓄積は、特に技術、金融、イノベーション分野において、両国間の取引コスト削減、情報交換の促進、長期的な協力関係の構築に寄与する。

5. 政策への示唆

前節で論じたように、安定した将来を見据えた関係を構築することは、日本と中国双方にとって極めて重要である。本稿では、上記で得られた知見に基づき、そのような関係を促進するための以下の政策を提案する。

第一に、日本と中国は日中ハイレベル経済対話の下で定期的な閣僚級協議を通じ経済対話を制度化し、選定された産業政策をRCEP（地域的包括的経済連携）などの地域枠組みと整合させるべきである（RCEP事務局、2023年）。

次に、アジア開発銀行（ADB）とアジア債券市場イニシアティブの支援のもと、グリーンファイナンス、持続可能なインフラ、炭素市場開発における協力を深化させることで、両国は互いの強みを補完

し合うことができる。すなわち、日本の制度面・リスク管理の専門性と、中国の再生可能エネルギー技術・プロジェクト実施における規模の拡大である（ADB, 2024）。

第三に、大学ネットワーク、ビジネス協議会、シンクタンク協力など、日本と中国間の非政府組織による取り組みが、政府主導の取り組みを補完すべきである。こうしたプラットフォームはより柔軟で政治サイクルの影響を受けにくいため、外交関係が緊張している時期でも対話を維持できる。

分断されたグローバル化の時代において、建設的な相互依存は日本にとって依然として不可欠である。中国を単なる競争相手と見るのではなく、協力

こそが両国の戦略的レジリエンスを高め、東アジア全体の安定に寄与することを認識すべきである。

6. 結論

過去 30 年間、日本と中国は貿易、金融、人的交流を通じて深く結びついてきた。この相互依存の深化は両国をさらに近づけ続けている。経済的現実主義と相互尊重に基づく建設的なパートナーシップは、東アジアの安定と繁栄に向けた現実的な道筋を提供する。金融協力の強化、人的資本への投資、ルールに基づく制度的枠組みの遵守は、持続可能な共存をさらに支えることができる。

日中友好の架け橋——在日中国人

肖 黎 (XIAO Li)

日本歯科大学生命歯学部 生理学講座
(〒102-8159 東京都千代田区富士見 1-9-20)

Key Words: 卷 (involution), 日中友好, 日中関係

The Bridge to Japan—China Friendship — Chinese Residents in Japan

Li Xiao, M.D., Ph.D., Associate professor

Department of Physiology School of Life Dentistry at Tokyo The Nippon Dental University
[1-9-20 Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8159, Japan]

Abstract

In recent years, the presence of Chinese people living in Japan has grown significantly. Not merely as tourists but as residents and workers who support Japanese society, Chinese people in Japan have become an essential force in deepening exchanges between the two countries. Why, then, do they choose Japan as a new place to live, and how do they engage with Japanese society?

摘要

近年来，生活在日本的中国人的存在感显著提高。作为生活者和劳动者而非单纯的游客，在日华人正在支撑着日本社会，并成为促进中日两国交流不可或缺的力量。那么，为什么他们会选择日本作为新的生活舞台，又是如何与日本社会互动的呢？

近年、日本に暮らす中国人の存在感が一段と高まっている。観光客としてではなく、生活者・労働者として日本社会を支える在日中国人は、日中両国の交流を深めるうえで欠かせない存在となっている。では、なぜ彼らは日本を新たな生活の場として選び、どのように日本社会と関わっているのだろうか。

その背景には、中国特有の社会現象である「卷 (involution)」の広がりがある。「卷」とは、過度な

競争が常態化し、努力しても報われにくい状況を指す言葉だ。教育でも職場でも競争が激しく、都市部での生活コストも上昇し続けている。そのため、多くの中国人がより落ち着いた生活環境を求め、特に家族や子どものために、比較的生活のペースが穏やかな日本を選んで移り住んでいる。

もっとも、中国で培われた「卷」の経験はネガティブな側面だけではない。激しい競争の中で、多くの人が努力を惜しまず働いた結果、中国製品の品質は



写真1 中国系飲食店

大きく向上し、サービス産業も発展した。社会全体の高速成長を支えたのは、まさにこの「頑張り抜く力」だ。日本に移住した中国人の多くも、この姿勢をそのまま持ち込み、日本社会の中で非常に勤勉に働いている。

来日21年になる筆者が東京の街を歩くと、その変化を肌で感じる。中国系飲食店の看板は以前よりもはるかに増え、中国本土から仕入れた高品質の食材も手軽に手に入るようになった。筆者の好物である“本場の凶肉（ルージョウ）”も、日本で気軽に味わえる（写真1）。こうした店の経営者やスタッフの多くは中国人である。さらに、コンビニに立ち寄れば中国人店員に出会うことも増えた。日本人ほど接客が洗練されていない場合もあるが、皆が一生懸命働いている姿には共通して力強さがある。日本に来たばかりの中国人の多くが、「巻」を乗り越えてきた経験を持ち、日本でも努力し、報われる場を

得ている。

一方で、来日したばかりの中国人は、日本特有のルールや文化に慣れず、時には誤解を生む行動をしてしまうことがある。例えば、ゴミ出しの方法や公共の場での振る舞いなど、日本社会における暗黙のルールは外国人にとって理解しにくいことも多い。その結果、日本人に「マナーが悪い」という印象を与え、中国や中国人全体への偏見につながる場合もある。しかし、多くの中国人は一定期間を過ごすうちに日本社会に溶け込み、日本人と同じようにルールを守り、地域社会の一員として生活していく。だからこそ、日本側が初期のギャップを過度に否定的に捉えるのではなく、寛容に接し、丁寧にコミュニケーションを取る姿勢が、日中友好の大切な一歩になるのではないだろうか。

日中の相互理解を助ける点として、言語面の相性の良さも挙げられる。中国語と日本語には共通する漢字が多く、意味も近いものが多いため、他の外国人と比べて日本語習得のハードルは低い。看板やメニュー、駅名など、生活に必要な表示の多くを漢字から推測できることは、在日中国人の大きなメリットだ。これはコミュニケーションを円滑にし、日本社会に溶け込みやすくする重要な要素である。

人口減少が進む日本にとって、勤勉で順応性の高い中国人は社会を支える重要な存在である。一方、中国人にとっても、日本で生活は自分の能力を発揮し、新しい人生を築くための大切な舞台となる。文化や価値観の違いは当然あるが、それを乗り越える力はすでに互いの社会の中に育ちつつある。

日中関係は時に政治的な緊張に左右される。しかし、街角で働く中国人や地域社会を支える日本人など、一般生活者同士のつながりこそが、真の日中友好の土台になる。日本社会が在日中国人を受け入れ、中国人が日本社会に敬意を持って溶け込む——その積み重ねが、両国の未来をより明るいものにしてい

日中関係の改善について

神崎 龍志 (KANZAKI Tatsushi)

明海大学外国語学部中国語学科
(〒 279-8550 千葉県浦安市明海 1)

Key Words: 日中関係の改善, 国民感情, 観光, 貿易

Abstract

Whether Sino-Japanese relations are “improving or not” may seem like a simple binary question at first glance. However, providing a definitive answer is actually difficult. This is because Sino-Japanese relations are composed of multiple layers—diplomacy, trade, public sentiment, business and tourism exchanges, and individual-level experiences—and these layers do not necessarily move in the same direction. This paper distinguishes these layers to examine where Sino-Japanese relations are “improving” and where they are “not improving.”

要約

日中関係が「改善しているのか、していないのか」は、一見すると単純な二択の問いに見える。しかし実際には、この問いに一義的な答えを与えることは難しい。なぜなら、日中関係は、外交、貿易、国民感情、ビジネス・観光往来、個人レベルの経験など、多層的なレイヤーで構成されており、それぞれが必ずしも同じ方向に動いていないためである。本稿ではこれらのレイヤーを区別し、日中関係がどの範囲で“改善”し、どこでは“改善していない”のかを検討する。

摘要

中日关系究竟是“正在改善”还是“尚未改善”，乍看之下似乎只是一个简单的二选一问题。然而，若要作出明确判断却并非易事。原因在于，中日关系由外交，经贸，国民情感，商务与旅游往来，以及个体层面的社会体验等多重维度构成，而这些维度的发展方向并不必然同步。本文拟对上述维度加以梳理，分析中日关系在何种层面呈现出改善迹象，又在哪些领域仍停滞不前。

1. 国家関係・外交のレイヤー：悪化傾向の持続

国家間の外交関係だけを見ると、日中関係は相対的に悪化していると評価できる。安全保障環境の緊張、政策的対立、さらには日本の現政権による対中姿勢の硬直化が、両国間の政治的関係を停滞させている。首脳往来や政策協議も限定的で、改善というよりは不信の固定化が進んでいる。外交レベルでの日中関係は、「改善している」とは言い難い。

2. 国民感情のレイヤー：好感度と往来の乖離

国民感情のレイヤーを見ると、日中双方で相手国への好感度は全体として低下傾向にある。しかし、意識調査を詳細に見ると、この動きは一様ではない。中国人側から見ると、実際に訪日経験を持つ中国人や、繰り返し来日するリピーター層では、日本への好感度が上昇し、さらには「将来的に日本への移住を考える」と回答する割合も増えている。一方で、日本を訪れたことがない層、あるいは日本人の知人、友人を持たない層では、一次情報が不足し、日常的に接するメディアやネット情報をそのまま受け取り

やすい傾向があり、日本への好感度は停滞している。こうした意識構造の非対称性が、「国民感情は悪化しているのに、訪日観光客数や移住者数は増えている」という一見矛盾した現象の背景にある。

この構図は、日本人の中国観にもよく似ている。笹川平和財団が実施した調査によれば、日本人の約87%が中国人の知人・友人が「いない」と回答し、約81%のひとが中国を訪れたことがないという。知人・友人がいない人や中国訪問経験のない人ほど、日本国内のマスコミ報道やSNSの言説が主たる情報源とならざるを得ない。そのため、実際の中国渡航経験を持つ少数派とそうでない多数派のあいだで、対中イメージに隔たりが生まれている。

すなわち、両国ともに、実際の接触経験を通じて形成される評価と、メディア情報を介して形成される評価とのあいだに、大きなギャップが存在しているのである。結果として、中国人側では一部の人の間で日本に対する好感度が増す一方で、全体的な対日イメージは改善せず、日本人側でも対中イメージは低調のままというアンバランスな構造が生じて

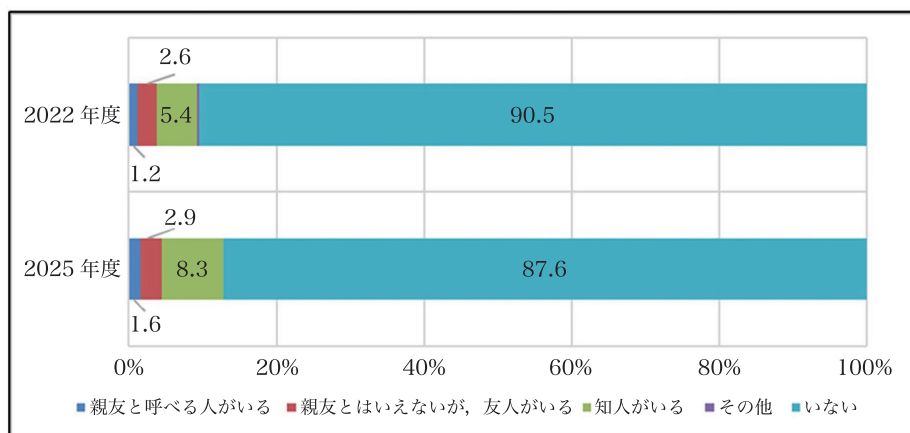


図1 笹川平和財団「日本人の中国に対する意識調査 2025」中国人との友人・知人の有無：2022・2025 年

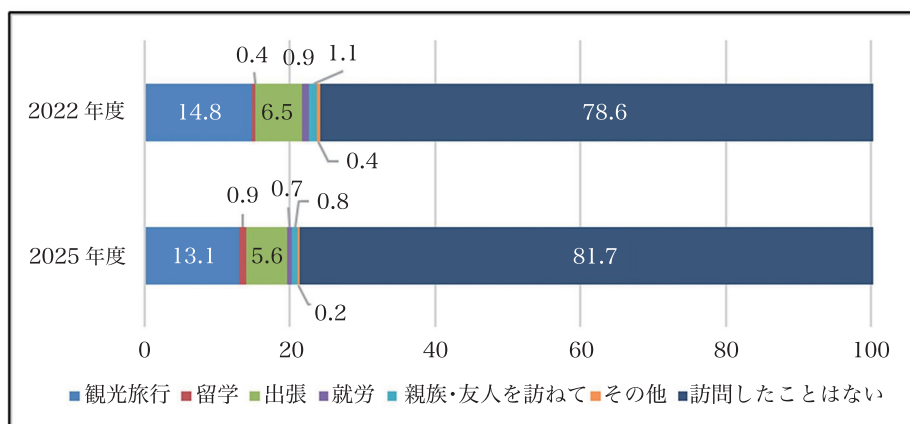


図2 笹川平和財団「日本人の中国に対する意識調査 2025」中国への渡航経験の有無：2022・2025 年

いる。この非対称性こそ、現在の日中関係を理解するうえで重要な特徴である。

3. 社会・実体レイヤー：訪日観光客・移住者・貿易関係

意識調査結果と現実の間の乖離は、社会的交流の実態に鮮明に表れている。

2025 年 1 月～10 月の中国人来日観光客数は 820 万人に達しており、過去最高を記録した 2019 年の年間 959 万人を超える勢いで増加してきた。日本への移住者も増加し続けており、2025 年 10 月末時点で、日本に在留する中国人は 90 万強で、そのうち永住者数が約 35 万人存在する。

一方、日本から中国への渡航者数は 2024 年時点で 50 万人強とされ、コロナ禍前の水準と比較すると大幅な減少傾向にある。ちなみに、中国在留邦人数は 2024 年 10 月時点で、約 9 万 7 千人あまりいるとされ、国別では世界 3 位だが、緩やかに減少している。また、2024 年現在、中国は GDP 世界 2 位を誇り、日本にとって中国は最大の貿易相手国であり、中国にとっても日本は米国、韓国に次ぐ 3 番目の重要な貿易相手国である。

4. 客観的現実と主観的印象の乖離

以上のことから、日本人の中国渡航者数が増えず、対中好感度も好転しないからといって、日中の経済関係の重要性や価値が損なわれるわけではない。ここには、主観的なイメージと客観的な実態との間に大きなギャップが存在している。つまり、評価のアンバランスは、両国の発展軌道の違いを映し出すものであり、その非対称性が今日の日中関係の構造的

特徴となっている。

5. 個人レベルのレイヤー：改善の実感と相互理解の深化

中国関係の仕事に携わっている個人の経験も、この社会レベルの動きと一致している。

筆者は、大学および通訳専門学校において中国語教育ならびに通訳教育に携わり、また、会議通訳者としてビジネス現場を中心に多くの案件に携わってきた。個人的な実績と経験のレベルでは、様々な分野や業種における往来は近年でも着実に進んでいるという実態および実感があり、これは社会的交流の拡大を裏付ける証左ともなっている。

結論

以上の分析から明らかのように、日中関係が「改善しているのか、していないのか」という問いは、レイヤーによってその答えも印象も大きく異なる。したがって、この問いに対する最も妥当な結論は、「日中関係は、一見すると改善していないように見えるが、部分別には改善しつづけている」という、多層的で非対称的な理解である。

1954 年、社会心理学者ゴードン・オールポートが、集団間の偏見やステレオタイプを低減させる方法として、両集団間の直接的な接触が有効であるとする「接触仮説」を提唱したが、この仮説の意義は今日に至っても薄れていないと思える。日本への中国人観光客、留学生ならびに移住者の数が増加しているいま、接触機会を増やし、これまで手薄であった庶民レベルの対話を促進し、知られざる隣人への理解を深めることで、関係改善の道が開けるはずである。

引用文献

1. 笹川平和財団：「日本人の中国に対する意識調査 2025」
2. 非営利シンクタンク 言論 NPO
3. JNTO（日本政府観光局）. 2025 年 訪日外客数（総数）
4. 外務省 海外在留邦人数調査統計
5. 外務省 日中経済概要
6. G.W. オルポート. 『偏見の心理』原谷達夫・野村昭共訳、培風館、1968 年

中国人エリートにおける教養主義と これからの日中関係

中嶋 諒 (NAKAJIMA Ryo)

明海大学外国語学部中国語学科
(〒 279-8550 千葉県浦安市明海 1 丁目)

Key Words: 中国人エリート, 教養主義, 六芸, 君子は器ならず

Liberal Education Among Chinese Elites and Prospects for Future Japan–China Relations

Ryo Nakajima, Ph.D., Assoc. Prof.

Department of Chinese, Faculty of Foreign Languages, Meikai University
[1 Akemi, Urayasu, Chiba 279 8550, Japan]

Abstract

Based on experience studying abroad in China, it was observed that Chinese elite students possess broad knowledge and cultural refinement. They value cultivating a wide range of learning—such as composing classical Chinese poetry—and continue the long-standing Chinese tradition of emphasizing well-rounded education. In contrast, Japan tends to prioritize specialization according to social roles, which may limit the breadth of knowledge pursued. Given that well-rounded education has long been idealized in China, deeper Japan–China exchange may benefit from Japanese individuals adopting a broader perspective and developing diverse cultural literacy beyond their specific fields.

要約

筆者は中国での留学経験を通じて、現地の学生たちの深い教養と文化的素養に驚嘆させられた。彼らは自ら漢詩を作るなど、幅広い知識と文化を身につけることを重んじており、古代から続く教養重視の伝統を現代に引き継いでいると感じられた。一方、日本では身分や役割に応じた分業の考え方が強く、専門性を重んじる傾向から知識の幅が限定されやすい。中国では古来、幅広い教養を備えることが理想の人物像とされてきた点を踏まえると、今後、日中両国の交流を深めていくためには、日本人も専門分野にとらわれず、より広い視野を持ち、様々な教養を身につけることが重要であると考えられる。

摘要

基于在中国留学的经验，本文发现中国优秀学生普遍具备广博的知识与深厚的文化修养。他们重视多领域学习与能力培养，如古典诗词创作，体现了中国长期重视广泛而均衡的知识教育与人格陶冶的传统。相比之下，日本社会倾向于强调专业化，这在一定程度上限制了知识的广度与文化素养。鉴于中国将知识的全面拓展与文化修养多元化视为教育理想，未来的中日交流若能促使日本个体以更开阔的视野发展多样的文化理解，将有助于深化两国的相互理解与文明互鉴。

はじめに

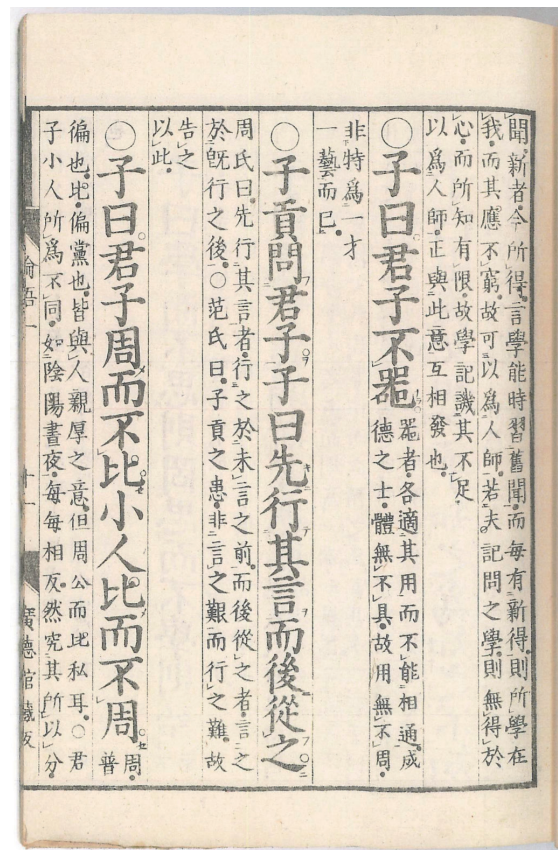
筆者は2009年9月より一年間、中国近世の儒学思想について学ぶため、北京大学哲学系に高級進修生として国費（中国政府奨学金）留学をした。高級進修生とは、大学院の聴講生のような身分であり、筆者はいくつかの講義を聴講しつつ、大学院生有志の読書会にも参加した。そこで出会ったクラスメイトたちは、厳しい受験戦争を勝ち抜いてきた、まさに中国トップクラスのエリートたちであった。

さて、彼らと交流することを通じて、専門分野に関するすぐれた知見に圧倒されたことはもちろん、それ以上に驚かされたのは、彼らの教養の深さであった。例えば、いまも続くやり取りの中で、彼らはことあるごとに自作の漢詩をしたため、それを「^{ウェイシン}微 信」（中国企業が開発、提供しているインスタントメッセージングアプリ）を通じて披露するのである。漢詩、とりわけ唐代に確立した近体詩は、^{ひょうそく}平仄や^{おういん}押韻など、こと細かな規則が定められており、誰もが容易に作れるものではない。彼らの作る漢詩は、これらの規則から外れることのない格式高い伝統詩であり、そこからは自身が教養あるエリートであるという誇りが垣間見える。

本稿では、このような教養を誇示する姿勢が、中国前近代における士大夫社会にすでに色濃く存在していたとの見通しのもと、中国における教養主義の歴史を素描する。また日本人の教養に対する態度にも触れたうえで、今後の日中関係について、とりわけ中国におけるエリートたちと良好な関係を築く方法について模索してみたい。

1. 中国における教養主義

さて、中国では古来、様々な技芸に通暁することが求められた。儒教の経書の一つであり、はるか古の周代の制度についてまとめたとされる『^{しゅうらい}周礼』によれば、当時、貴族の子弟らは「^{りくげい}六芸」を教え込まれていたのだという¹。「六芸」とはすなわち、礼儀、音楽、弓射、馬術、書写、算数のことを指し、彼らが当然身につけるべき技芸と位置づけられていた。



朱熹『論語集注』（筆者蔵）

なお、近年の研究によれば、『周礼』の記述は、周代の制度を理想化した後世の伝承であるとも見なされる²。ただし『周礼』が経書に組み入れられ、ながく理想的な制度だと信じられてきた以上、「六芸」もまた、中国社会において、身につけるべき技芸として、久しく求められ続けてきたことは疑いあるまい。

一方、同じく儒教の經典として知られる『論語』においては、「六芸」ということばは見当たらないものの、広く教養を身につけることは求められていたようである。孔子は「君子は器ならず」（『論語』為政篇）ということばを残したが、南宋の大儒朱熹（朱子、1130～1200）はこの句を次のように解釈している。

「器」とは、個別の用途には適しているが、様々な用途に通じているわけではないということ

¹『周礼』地官・大司徒に「六芸、礼、楽、射、御、書、数。」とあり、また地官・保氏に「而養国子以道。乃教之六芸，一曰五礼，二曰六乐，三曰五射，四曰五驭，五曰六书，六曰九数。」とある。

²福井重雅氏『漢代儒教の史的研究』（汲古書院、2005年3月）は、「ここにいう六芸とは、周代における辟雍の学習に密接する科目とする考え方もある」が、「あくまでも周制を理想化した後世の伝承にすぎないのであって、歴史的にそのような教科が実在したなどとは想像しがたい」という（145頁）。

である。徳をそなえた士は、大もとが備わっている。それゆえすべての用途に通じないことはないのである。一つの才能、一つの技芸のみに秀でているわけではない³。

さて、「器」は具体的には、食事のときに用いる「食器」、戦いのときに用いる「武器」など、特定の用途にのみ適した道具をいう。そして君子は「器」であってはならないと言われているように、特定の場面でのみ能力を発揮できるのではなく、様々な分野に精通することこそが、理想的な人物の条件であるとされているわけである。

ところで、この朱熹が生きた宋代は、世襲貴族に代わって、あらたに士大夫とよばれるエリートたちが活躍した時代であった。隋代より始まった官吏登用試験である科挙が、制度的に整備され、家柄よりも実力で人材が評価されるようになると、学問的教養を身につけた士大夫たちが相継いであらわれることとなった。科挙の科目は儒学を主とするため、士大夫たちは儒学、経学（儒教の經典の解釈学）に通ずることが必須となるが、商業の発展、印刷技術の発達にともなう、広くそれ以外の技芸、教養を身につけたものたちも多くあらわれた。

その代表例が蘇軾（東坡，1037～1101）であり、彼は儒学、経学をよくし、官僚として実績をあげたのみならず、詩文にも優れ、書画の分野でも名声をほしいままにした。浙江杭州の郷土料理「東坡肉」^{トンポーロウ}は、彼が考案したといわれることから、あるいは料理にも通じていたのかもしれない。このように中国のエリートたちは古来、技芸や教養を広く身につけることを期待され、それに応えるべく、たゆまぬ研鑽を重ねてきたといえるのである。

2. 日本における分業主義

それでは日本においてはどうか。先ほど取り上げた『論語』の「君子は器ならず」の一節について、

江戸時代中期の儒学者で、朱子学を批判し古文辞学を標榜した荻生徂徠（おぎゅう そらい（1666～1728）は、次のように述べている。

「君子」は民の上に立つ徳があり、器を用いる立場のものである。それゆえ「器ならず」と言ったのである。「器」とは百官であり、「君子」とは君主や重臣たちのことである。これを良医が薬を用いること、良匠が大工道具を用いることに例えると、薬や大工道具は「器」であり、医師と工匠は「君子」である⁴。

荻生徂徠は、「君子」を君主や重臣たち、すなわち民の上に立つものと解釈する。個々の技芸を身につけるのは百官（多くの役人たち）の役割であり、彼らを取りまとめ、適材適所に配置するのが君主や重臣たちのつとめなのである。君主は一つの技芸に習熟した「器」である必要はない。病人を直接癒すのは薬の効能であり、良医はそれを処方するのみである。良医は薬を適切に処方するからこそ評価されるのであり、彼ら自身が薬となって、患者の体内に入り込むわけではない。それと同様に君主も、多くの役人たちを使いこなすことさえできればよいのであって、その役人たちが担う様々な職務に逐一熟達している必要はないというのである。

さて、このような発想は、例えば『源氏物語』に見える桐壺院の教育論を想起させる。『源氏物語』は、いわずと知れた日本古典を代表する不朽の名作であるが、その絵合の巻の一節に次のようにある。

品高く生まれ、さらでも人に劣るまじきほどにて、あながちにこの道な深く習ひそと諫めさせたまひて、本才のかたがたのもの教へさせたまひしに、拙きこともなく、またとりたててこのことと心得ることもはべらざりき⁵。

³ 朱熹『論語集注』当該章注に「器者、各適其用、而不能相通。成徳之士、体無不具。故用無不周、非特為一才一芸而已。」（前頁書影3～4行目）とある。

⁴ 荻生徂徠『論語微』に「君子者、長民之徳、所以用器者也。故曰不器。器者、百官也。君子者、君与卿也。譬諸良医用薬、良匠用椎鑿、薬与椎鑿者器也、匠匠者君子也。」とある。朱熹と伊藤仁斎、荻生徂徠らの『論語』解釈を比較し、それらを精密に分析した大作として、土田健次郎氏『論語集注』全4冊（平凡社・東洋文庫、2013年10月～2015年2月）がある。本稿執筆にあたっても大いに参考にした。

⁵ 本文は、柳井滋・室伏信助・大朝雄二・鈴木日出男・藤井貞和・今西祐一郎氏校注『源氏物語（三）』（岩波書店・岩波文庫、2018年3月）によった。

これは光源氏が亡き父桐壺院から受けた教育について回想した場面である。桐壺院は、高い身分に生まれた者は、それだけで人に劣ることはないのだからと、光源氏が、むやみに学問に深入りすることのないよう戒めた。また光源氏自身も（周囲の評価とあらはらに）、とりたててすぐれた成果をあげることはなかったと述べている。

さて、古来、我が国には大学寮と称される学校が設けられ、そこには博士とよばれる教官が置かれていた。具体的には中国の古典、とりわけ儒学に通じた明経博士^{みょうきょうはかせ}、文学や歴史に通じた文章博士^{もんじょうはかせ}等が置かれ、代々博士を輩出する博士家なる氏族もあらわれた⁶。ただし博士の位階は、基本的にはそこまで高くなく、時代によって違いはあるものの、例えば明経博士は正六位下相当の官とされていたという。物語中の人物とはいえ、桐壺院の第二皇子として生まれ、臣籍降下の憂き目にあいながらも、異例の速さで昇進を重ねた光源氏とは、身分が大きく異なるものたちであった。

このことを踏まえると、桐壺院が学問に深入りすることのないよう戒めたのは、高貴な身分のものは個々の技芸に熟達する必要はないと考えたから、さらに言えば、個々の技芸はさほど身分の低いものどもに任せておけばよいと考えたからではあるまいか。これは先述した荻生徂徠が、「君子」を君主や重臣たちと解釈し、彼ら自身に様々な技芸を習得させるよりも、むしろ個々の技芸を身につけた役人たちを取りまとめる役割を担わせたことと重なるところであろう。これらのことから、日本における学問、技芸の分業主義的傾向が見受けられるのである。

3. むすび

ところで、中国人研究者と話をするとき、よく言われることがある。それは日本人研究者（あるいはそれは私個人に向けられたものかもしれないが）

の専門領域が狭いということである。たしかに私の専門分野は、中国近世の儒学思想であるとはいっても、とりわけ南宋中後期、西暦でいえば12世紀半ばから13世紀半ばにかけてのおよそ100年間に限るものである。けれども中国の研究者の多くは、古代から現代に至るまでの思想、哲学についての学術論文や研究書を続々と発表するなど、その専門とする領域はいささか広いように感じられる。

もちろん狭く深く、特定の時代や分野を徹底的に研究し尽くすスタイルから生み出される成果もあり、南宋中後期の儒学思想ということに関していえば、私自身、中国人研究者に勝るとも劣らない知見を有しているという自負はある。けれども彼らは、この南宋中後期の儒学思想が前後の時代とどうつながり、数千年にわたる中国哲学史の中でどう位置づけられるのかといったことの方に、いっそう興味、関心を示しているように思われる。

本稿では、中国は『周礼』が編まれた時代より、広く技芸、教養を身につけることが求められてきたことを指摘した。このような教養主義的傾向は、現在の中国人エリートにも引き継がれ、例えば漢詩の一首でも詠めることが、知識人としてのステータスとなっている。また中国人研究者の専門領域が広いというのも、「君子は器ならず（立派な人物は特定の技芸のみに通じているものではない）」という精神にもとづくものではないかと感じている。

中国人エリートは、様々な知識、教養を幅広く身につけることを自身に求め、また私たち日本人にもそれを求めているように思われる。彼らとつきあい、友好を深めていくためには、専門領域を自ら狭めていくのではなく、あらゆることを学び、広く教養を身につけることが必要なのではないだろうか。

私自身、反省するところは多い。以上、自戒を込めて述べておきたい。

⁶ 古代の大学寮再建を企図して設けられた幕末京都の学習院（いわゆる京都学習院）においても、代々明経博士をつとめた清原氏、文章博士をつとめた菅原氏の末裔たちが、その運営にたずさわった。中国においても五経博士など、儒家の経典を教学する学官が置かれたことはあったが、日本のようにそれを家学とし、千年余りも継承していった氏族はほとんど生まれなかった。京都学習院の運営に博士家がたずさわっていたことについては、拙稿「学習院大学図書館所蔵漢籍から見なおす京都学習院の教育——菅原氏、清原氏にかかわる京都学習院旧蔵書を手がかりに」（『学習院大学史料館紀要』22、2016年3月）を参照。

中国古典文学にみる日中関係の改善の手立て

宇賀神 秀一 (UGAJIN Shuichi)

明海大学外国語学部中国語学科
(〒 279-8550 千葉県浦安市明海 1 丁目)

Key Words: 中国古典文学, 李白, 阿倍仲麻呂, 日中関係

Approaches to Improving Japan-China Relations through Classical Chinese Literature

Shuichi Ugajin, Ph.D., Lecturer
Department of Chinese, Faculty of Foreign Languages, Meikai University
[1 Akemi, Urayasu, Chiba 279 8550, Japan]

Abstract

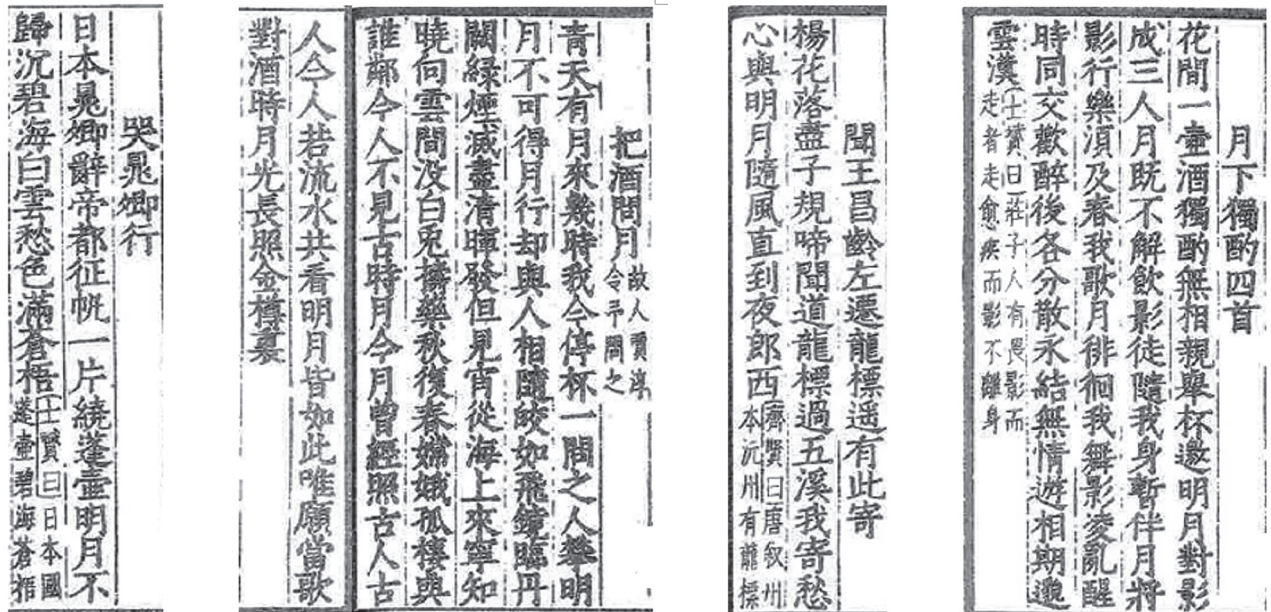
From the perspective of improving China-Japan relations, this paper focuses on the classical Chinese poem "Lament for ChaoQingheng (哭晁卿衡)" by Chinese poet LiBai (李白). In the poem, LiBai compares NakamaroAbe (阿倍仲麻呂) to the "bright moon (明月)", reflecting his deep-seated view of NakamaroAbe as a true friend. Currently, individual activities alone may not be sufficient to directly influence diplomatic relations between the two countries. However, in terms of cultural exchange, it is important for Japan to earn the personal trust of the Chinese people and to build sincere interpersonal relationships. Such efforts are of great significance for improving China-Japan relations.

摘要

本文在改善中国与日本关系的视角下，聚焦中国诗人李白创作的古诗《哭晁卿衡》。李白在诗中阿倍仲麻呂喻为皎洁的“明月”，体现了他从内心深处将阿倍仲麻呂视为真正的友人。就当前而言，仅凭个人层面的活动或许难以直接影响两国邦交。但在文化交流方面，日方有必要致力于赢得中国民众的个人信任，构建真诚的个人间的人际关系，这样的努力对改善两国关系具有重要意义。

筆者は、坂上宏氏の「国際化時代における日中関係の改善の重要性」(本誌 2026 年 1 月号)における「どうしたら中国と日本は仲良くなれるか？」という問題提起を受け、遙か古の時代に中国人が日本人を思って制作した漢詩に注目して考えてみたい。具体的には中国古典文学を代表する詩人、李白(701～762)の「哭晁卿衡」詩という作品

である。ここにいう「晁卿衡」とは、日本から遣唐使として派遣された後、留学生ながら難関の科挙試験に合格、あるいは推挙され、唐の地で官僚として活躍した阿倍仲麻呂(698～770)の漢名をいう。つまり、李白が阿倍仲麻呂を思って制作した漢詩を通じて、日本と中国の関係改善を考える契機としたいのである。



左から図1, 図2, 図3, 図4 (『李太白詩文』四部叢刊に拠る。)

それでは李白「哭晁卿衡」詩(底本巻25, 図1¹)。なお、正漢字は常用字体に改める。以下、同じ。)を挙げよう。

日本晁卿辭帝都	日本の晁卿 帝都を辞し
征帆一片遶蓬壺	征帆一片 蓬壺を遶る
明月不歸沈碧海	明月帰らずして碧海に沈む
白雲愁色滿蒼梧	白雲愁色 蒼梧に満つ

簡単に語釈を加えておこう。「蓬壺」は、神仙の住む島のことで、ここでは日本を意味する。「明月」は、阿倍仲麻呂のことを喩える。「蒼梧」は、五帝の一人、舜が行幸中に病死した蒼梧山をいう。

全体の解釈としては、阿倍仲麻呂が都の長安を辞去して、船に乗って日本を目指した。だが、その船が途中で難破して、「明月」たる阿倍仲麻呂は帰郷するのが叶わずに青々とした海に沈んだこと、白雲が愁いの気配を湛えながら蒼梧山に満ちていることをうたっている。

改めて詩題の「哭晁卿衡」についていえば、李白は阿倍仲麻呂が海難に没したであろうことに慟哭したことをいう。なお、阿倍仲麻呂は、船が難破した後、現在のベトナム辺りに漂着し、生きて長安に戻った。だが、船の難破の報を受けたばかりの李白から

すれば、当然ながら阿倍仲麻呂が没したと考えざるを得なかったのであろう。つまり、「哭晁卿衡」詩には李白の阿倍仲麻呂への追悼の念が込められていると考えられる。

さて、ここで注目したいのは、第三句の「明月」である。李白は、どのような思いで阿倍仲麻呂を「明月」に喩えたのであろうか。なお、「月」は、李白の現存するおよそ千首のうち、四分の一近くに登場するが²、本稿では本作以外の「明月」の用例に少しく目を向ける程度に過ぎないことを断っておく。まずは李白「把酒問月」詩(底本巻20, 引用は全16句中の第10句から第16句。図2)を挙げよう。

今人不見古時月	今人は見ず 古時の月
今月曾經照古人	今月は曾經て古人を照らす
古人今人若流水	古人今人 流水の若し
共看明月皆如此	共に明月を看ること皆此くの如し
唯願當歌對酒時	唯だ願う 歌に当たり酒に對するの時
月光長照金樽裏	月光の長く金樽の裏を照らさんことを

今人は古の時代の月をみることはできない。だが、

¹ 李白詩の引用に当たっては、『李太白詩文』(四部叢刊所収)を用いる。図の引用も該書に拠る。

² 松浦友久『李白一詩と心象一』(社会思想社, 1970, 64～81頁)の「月光」の条を参照。

今も輝く月は、かつては古人を照らしていた。そして、古人も今人も流れる水のような存在に過ぎず、同じように「明月」を眺めていた。ただ、歌と酒と対するときには、月光が永遠に黄金の酒樽のうちまで照らして欲しい、とうたっている。李白は古から今に至るまで、変わることなく輝き続ける「明月」の不変性を表現していよう。

次に李白「聞王昌齡左遷竜標遙有此寄」詩（底本巻13、図3）の例をみてみよう。なお、本作は王昌齡（698～755）が竜標県に左遷されたことを題材とする。

楊花落尽子規啼	楊花 落ち尽くして子規啼く
聞道竜標過五溪	聞道く 竜標 五溪を過ぐと
我寄愁心与明月	我愁心を寄せて明月に与う
隨風直到夜郎西	風に随いて直ちに到れ夜郎の西

かわやなぎの花が風に散り、ホトトギスがいたましい声で鳴くころ、君は竜標に左遷されて五溪の地を過ぎたと聞く。私の愁いの心を「明月」にことづけて、風にしがたって夜郎の地の西まで届けたい、とうたっている。

さて、「明月」は、いかなる時代・場所にあっても不変に輝く。それは無論のこと、王昌齡が左遷された地においても同様である。李白は「明月」を眺めるなかで、遙か遠方にいる王昌齡を想起し、彼への思いを「明月」に反射させ、風とともに届けたいと願ったのであろう。

最後に李白「月下独酌」詩四首・其一（底本巻23、全14句、第1句から第4句の引用。図4）を挙げよう。

花間一壺酒	花間 一壺の酒
独酌無相親	独酌して相い親しきもの無し
举杯邀明月	杯を挙げて明月を邀 ^{むか} え
对影成三人	影に対して三人と成る

花の咲き誇る庭に一壺の酒がある。独りで酒を飲んでいて、親しいものもない。そこで、杯を挙げて「明月」を迎え、自身の「影」も仲間に加えて三人の宴会を始める、ということをやっている。李白は「明月」を擬人化して、酒を酌み交わす友人として用いている。

以上を踏まえて、改めて李白が「哭晁卿衡」詩において、「明月不歸沈碧海」とうたって、阿倍仲麻呂を「明月」に喩えた意味を捉えなおしてみよう。李白は「聞王昌齡左遷竜標遙有此寄」詩において「明月」を通じて、大切な友人を想起し、遠方の友人との距離を埋めようとしている。そして、「月下独酌」詩においては、友人的意味で「明月」を用いている。李白は、遙かなる日本を故郷とする阿倍仲麻呂を思い、彼を友人として認めていたからこそ、彼を「明月」に喩えたといえよう。また、李白は「把酒問月」詩では、「明月」の不変性をうたっていた。あるいは李白は阿倍仲麻呂の才気に「明月」のごとき不変の輝きを見出していたのかも知れない。そして、「不歸沈碧海」ともみられるように、李白は阿倍仲麻呂の乗る船の難破が伝えられ、不変に輝き続けるはずの「明月＝阿倍仲麻呂」の消失を認めざるを得なかった。ここには、李白の強い喪失感も看取されるところであるだろう。

このようにみえてくると、李白が阿倍仲麻呂を「明月」と表現したのは、李白が阿倍仲麻呂を心の底から友人たり得る存在として認めていたからと考えられる。

さて、翻って現在の日本と中国の関係についていえば、国同士の関係性については個人的な行動のみでどうにかなるものではないのかも知れない。だが、遙か千年以上前、日本出身の阿倍仲麻呂は、中国の李白から真の友人として認められていたと考えられた。唐朝で官僚として活躍した比類なきエリートの阿倍仲麻呂を例にいうのは、あまりにおこがましいかも知れないが、少なくとも現在の日本と中国の文化的交流においても、日本人が積極的に中国人から信頼を得ようとする姿勢を保つことは重要であるだろう。そして、個人と個人で誠実な友人関係を築いていくことが、日中関係の改善に繋がっていくものと期待されるのである。

www.newfoodindustry.com e-mail:newfood@newfoodindustry.com

ニューフードインダストリー 第68巻 電子版1月号

New Food Industry Vol.68, No.1 2026. (e-book)

発 行 令和 8 年 1 月 1 日
発行人 渡邊 力
編集人 今西 和政

発行所 エヌエフアイ合同会社
〒185-0011 東京都国分寺市本多2-15-18-103
T E L :042-312-0836(代表) F A X :042-312-0845
銀行振込口座 三井住友銀行 国分寺支店 普通2312814
多摩信用金庫 国分寺支店 普通3073817
郵便振替口座 ゆうちょ銀行 ○一九店 当座0324817

定 価 2,750円 本体2,500円



New Food Industry

エヌエフアイ合同会社

本社：〒185-0011 東京都国分寺市本多2-15-18-103

電話 042-312-0836 FAX 042-312-0845