

上部鮮新統穴内層の MIS G3-G2 層準から得られたイタヤガイ科二枚貝の

絶滅種 *Amussiopecten praesignis* の酸素同位体比プロファイル

近藤康生^{1,2}・松原 啓²・山田悠人²・山岡勇太³・菊池直樹⁴

(¹高知大学自然科学系理学部門・²高知大学大学院総合人間自然科学研究科理学専攻・

³高知大学大学院総合人間自然科学研究科応用自然科学専攻・⁴兵庫県立人と自然の博物館)

Oxygen Isotopic Profile of an Extinct Pectinid Bivalve, *Amussiopecten praesignis* from the Upper Pliocene (MIS G3 - G2) Ananai Formation, Kochi

Yasuo Kondo^{1,2}, Kei Matsubara¹, Yuto Yamada¹, Yuta Yamaoka³, Naoki Kikuchi⁴,

¹ *Sciences Unit, Natural Sciences Cluster, Kochi University;*

² *Studies in Sciences, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University;*

³ *Studies in Applied Sciences, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University;*

⁴ *Museum of Nature and Human Activities, Hyogo*

Abstract : Oxygen isotopic ($\delta^{18}\text{O}$) profile was obtained for a right valve of a specimen, *Amussiopecten praesignis* from the Upper Pliocene (Marine Isotope Stage G3 - G2) Ananai Formation, Kochi, based on 30 samples drilled along the lines corresponding to 16 to 75 mm shell height. Two distinct light $\delta^{18}\text{O}$ peaks are present in the profile at points corresponding to 41 mm and 71 mm shell height, representing first and second summers. The distinct growth ring is located very close to the first high temperature peak, but about 1 mm away from it toward umbonal side. This indicates that the growth ring formed when temperature rose rapidly, and not when it was highest. In contrast, the $\delta^{18}\text{O}$ winter extremes are more compressed, suggesting continued shell formation in cooler seasons centered in winter.

キーワード : *Amussiopecten*, 穴内層, 鮮新世, 第四紀, 酸素同位体, イタヤガイ科

Keywords: *Amussiopecten*, Ananai Formation, Pliocene, Quaternary, Oxygen isotope, Pectinidae

はじめに

Amusiopecten praesignis (Yokoyama) (モミジツキヒガイ) は、鮮新世から更新世に、本州中部から西南日本太平洋岸や日本海の南部、さらに南西諸島・台湾にかけて分布したイタヤガイ科二枚貝の絶滅種で、掛川動物群の特徴種として知られる (Masuda¹⁾, 松原ほか²⁾). 本種は穴内層では多産種であり、鮮新世末から更新世初頭にかけての気候変動や生物進化、さらにそれらの関連を探る際に重要な種であると考えられる。しかも、穴内層では化石の保存状態もきわめて良好であり、種々の分析にも適するという好条件を備えている。そこで、今回、鮮新統穴内層から採取した標本を用いて酸素同位体比分析を行い、得られた $\delta^{18}\text{O}$ のプロファイルから本種の成長について考察した。

分析標本の産出層準および酸素同位体分析

今回分析を行った標本 (登録番号 KSG-km04) は、高知県安田町唐浜農道に分布する穴内層のサイクル 12 (近藤³⁾) 上部の砂質部から採取した (図 1, 2)。採取地点は、現在、安田町によって化石採集場として整備されており、サイクル 12, およびサイクル 13 の下半部が露出している。サイクル 12 の下部には、厚さ 20 mm 程度、黒褐色の炭質物薄層が存在する。この地層は、野外でそれほど目立つわけではないが、全体的に生物攪拌が顕著でつつぺりとした岩相を特徴とする穴内層の中では層理を示す数少ない地層であり、十分識別可能なので鍵層として利用されている。分析標本はこの炭質物薄層の 3.3 m 上位から採取した合弁標本である。

この層準は、サイクル 12 の上部に当たり、最大水深のピークを過ぎた浅海化の途上にあたる。分析サンプル採取地点にも近い、唐浜農道入り口北の段丘面上 (ANA1; Kondo et al.⁴⁾, 岩井ほか⁵⁾, 池原ほか⁶⁾, Kodama et al.⁷⁾) および同農道入り口付近 (ANA2; 下野ほか⁸⁾, 北ほか⁹⁾) において陸上コアの掘削が続いて行われ、その結果、農道沿いの露頭で識別されるサイクル 13 の上部に相当するユニットに 2.58 Ma にあたるガウス正磁極期から松山逆磁極期へ移り変わる漸移層が存在することが明らかにされている (Kodama et al.⁷⁾, 下野ほか⁸⁾)。また、これらの海進海退サイクルは 4 万年周期であると考えられる (北ほか⁹⁾) ことから、この層準は、松山/ガウス境界からほぼ 1 サイクル (4 万年) 前の海洋酸素同位体ステージ G3 の温暖期から G2 の氷期に向かう途中にあると推定できる。

同位体の分析に際しては、殻表の付着物を除去し洗浄し、80°C で 24 時間乾燥の後、ハンディルーターで殻頂部から腹縁部にかけて成長輪に沿うように、外層部分 30 箇所を削り粉末試料とした。削る際には、試料に中層や内層が混入しないように注意し、成長線に沿って放射肋 3 本分程度と長い距離を削った (図 3)。また、殻表面の成長輪と $\delta^{18}\text{O}$ 値の変動パターンとの関連を検討するため、成長輪形成期に最も近いサンプルとしては成長輪そのものよりわずかに殻頂側を削った。これは、成長輪そのものを削ると、成長再開後のサンプルが混入してしまうためである。測定は高知大学海洋コア総合研究センターの安定同位体分析システム MAT253 で行った。標準物質には NBS-19 を使用した。

酸素同位体比プロファイル

図 3 に酸素同位体比の測定結果を示す。*Amusiopecten praesignis* の $\delta^{18}\text{O}$ 値は、殻頂から 20 mm あたりから同 40 mm まで増減を繰り返しながら小さくなり、殻頂から 41 mm で最低値 -1.35 ‰ に達する。その後急激に増加に転じ、58 mm で最大値 0.17 ‰ (差は 1.52 ‰) を示す。極大値は 2 点に分かれるが、その後再び減少し始め、殻頂から 71 mm で 2 回目のピークを示すとともに、その後急激に増加する。以上、全体として、極小値のピークは鋭く、極大値の谷は不鮮明でなだらかであり、その非対称性が明らかである。



図 1. 分析標本の産出地点. 右図の赤丸が, 分析を行った *Amusiopecten praesignis* (KSG-km04) の採取地点で, 現在, 安田町によって化石採集場として整備されている. ごめんなはり線唐浜駅の北東約 450 m にあたる. 左図の中央には右図の範囲を赤枠で示す. 右図の青枠は図 2 のインデックスマップの範囲に相当する. 左右の図とも図の中心は, 北緯 33°26'55.7", 東経 133°58'5.4" に当たる. 国土地理院標準地図を使用.

Amusiopecten praesignis はその分布域からみて, 黒潮の影響がある陸棚に生息したと考えられる. 穴内層でのわれわれの観察では, 本種はさまざまな岩相から産出する (図 2) が, 陸棚相の泥質部では未成殻が多く, 砂質部には成殻が多産する傾向がある. このことは, 本種の成長には何らかの水流が必要であることを示唆している. ただし, 今回分析した標本と同層準には, 下部浅海帯に多く分布する *Angulus vestalioides* クモリザクラガイが産出しており, 外浜に相当する水深よりは深かったことが推定できる. したがって, ^{18}O を多く含む低塩分水の影響はおおむね無視できるので, 酸素同位体 ^{18}O と ^{16}O の分別は水温に支配されたと考えられる. このことから, 2 回の $\delta^{18}\text{O}$ 極小値の鋭いピークは夏季に相当し, 極大値を含む, $\delta^{18}\text{O}$ 値の比較的大きな時期は冬季に当たると推定される.

殻頂から 16mm までの幼殻部分では同位体比の測定を行っていないが, この部分には顕著な年輪が認められないことから, 最初の極小ピークが 1 年目の夏 (S1: 図 3) にあたり, 2 回目の極小ピークが 2 年目の夏 (S2: 図 3) にあたると推定される.

次に, 殻表面に段差として認められる成長輪と $\delta^{18}\text{O}$ プロファイルとの関連を検討する. 成長輪は同位体サンプルの分析ポイント 13 と 14 ($\delta^{18}\text{O}$ 極大値) の間に見られる (X: 図 3). 前述の通り, 成長輪形成時を表すサンプルはそのすぐ内側の 13 番に当たると考えられる. このことから, 成長輪の形成は水温が最も高い時期 (S1: 図 3) とはわずかにずれており, その直前の水温急上昇期であったことが推定される.

1 年目の夏を過ぎたあと, 殻頂から 48 mm 付近にも微弱な成長輪 (x: 図 3) が認められる. この位置は, $\delta^{18}\text{O}$ 値でみると, 次第に水温が低下していく途上の短期間の温暖期 (分析ポイント 18) に当たっており (図 3), やはり, 水温の上昇が殻形成の停滞を招いている様子がうかがえる.

以上の結果から, この個体 (KSG-km04) の成長履歴は以下のように推定される. この個体は, 鮮新世最末期, 海洋酸素同位体ステージ G3 (温暖期) から G2 (氷期) に向かう頃のある年の秋, あるいはそれ以後の季節に産卵し, 冬季を中心に殻を成長させた. その後, 殻高が 41 mm に達する直前の水温急上昇期に殻成長をしばらく停止し, 殻表面にはその痕跡が年輪として刻まれた. 夏季の間, 殻形成は停滞したと思われるが, その後, 殻成長のテンポは回復し, 2 年目の夏季の高水温のピークを迎えるまでに殻高にして 30 mm ほど成長した. その後, 水温が下がるとともに成長を再開したが, まもなく死亡した.

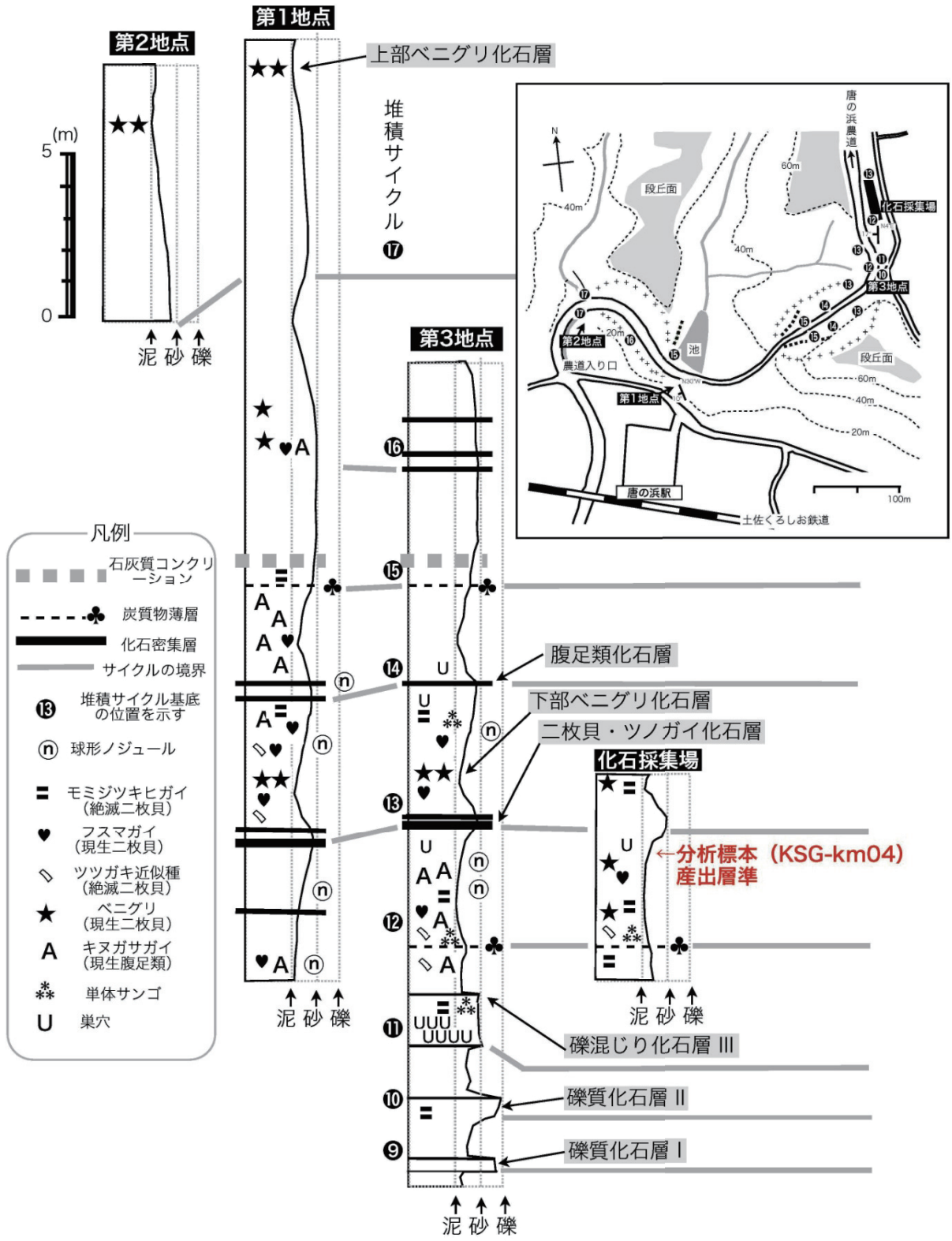


図 2. 分析標本の産出地点と産出層準. 分析を行った *Amussiopecten praesignis* (KSG-km04) の採取地点は高知県安芸郡安田町のごめんなはり線唐浜駅の北東約 450m の唐浜化石採集場で、産出層準は化石採集場のサイクル 12 で、炭質物薄層 (♣) から 3.3 m 上位である. 柱状図と位置図は近藤³⁾の図を修正して用いた. 位置図の範囲は、図 1 の右図を参照.

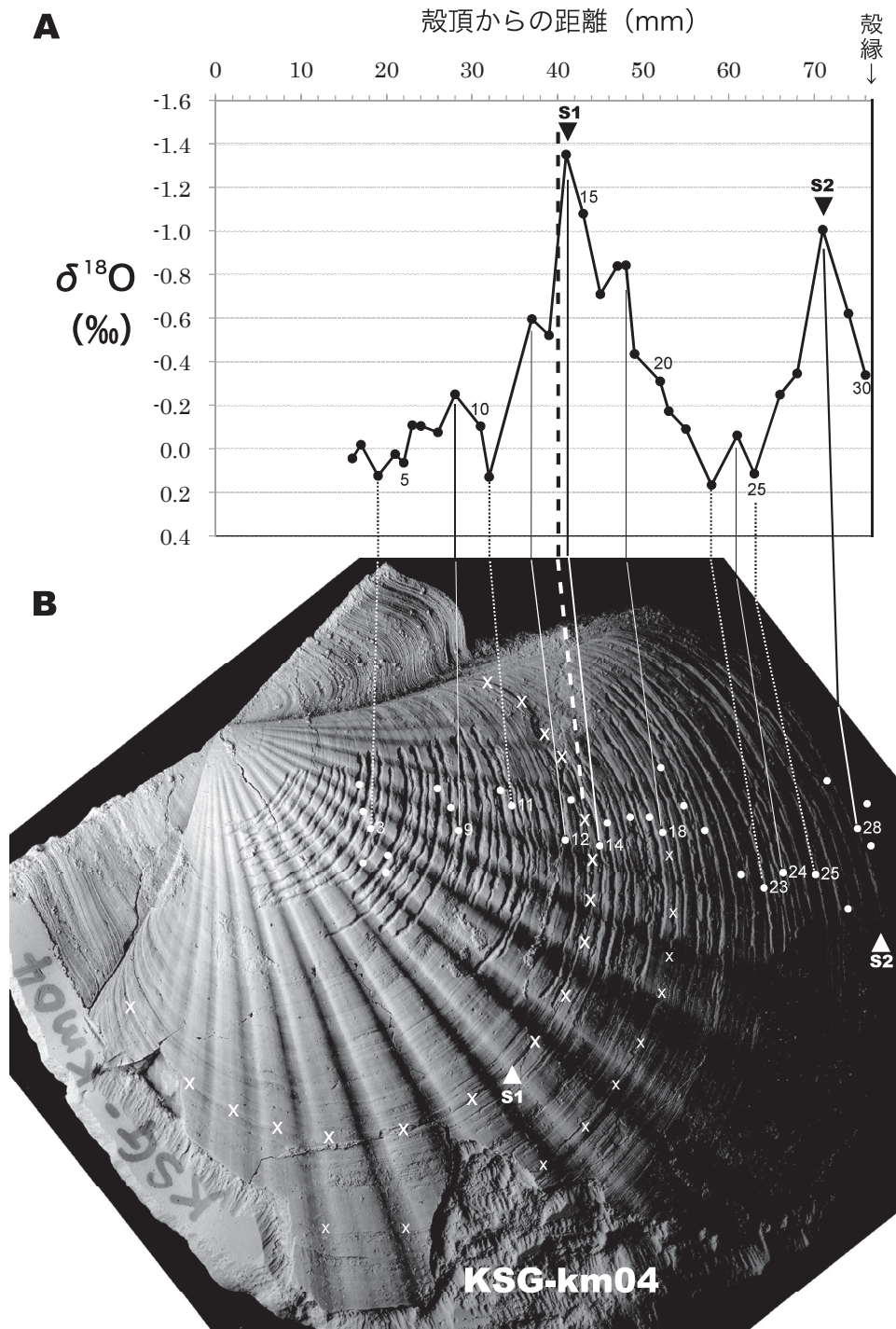


図 3. *Amussiopecten praesignis* (KSG-km04) 右殻の酸素同位体比. A: $\delta^{18}\text{O}$ プロファイル. グラフ横軸の殻頂からの距離は、正中線に沿って測る殻高に換算して表示. B: サンプル採取位置を示す写真 (塩化マグネシウムによるホワイトニング済み). 殻頂から腹縁に向かって 1~30 の番号を示す. S1: 1 年目の夏, S2: 2 年目の夏, X: 顕著な成長輪 (グラフ中の太い破線は成長輪の位置を表す), x: 微弱な成長輪

まとめ

1. 高知県安田町に分布する穴内層の、鮮新世最末期の海洋酸素同位体ステージ G3 から G2 にかけての層準から採取した *Amusiopecten praesignis* には、殻頂から 41 mm 付近、および 71 mm 付近に酸素同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ の極小値、すなわち高水温のピークが認められた。これらは、それぞれ 1 年目と 2 年目の夏に相当すると考えられる。
2. 酸素同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ の極小値から推定される最初の高水温のピーク、すなわち 1 年目の夏の部分は、明瞭な年輪とほぼ一致するが、1mm 外側（腹縁側）へのずれが認められる。したがって、全体的なパターンからみて成長の停滞が夏季に起こったことは確かであるものの、この個体では明瞭な年輪そのものの形成は水温が最高を記録した時期ではなく、その直前の水温急上昇期に当たっていた可能性が高い。一方、夏季以外の相対的低水温期には連続的な殻形成が行われた。

謝辞：本稿は、第 2 著者が本学総合人間自然科学研究科理学専攻に提出した修士論文の一部を、第 1 著者がその後の知見を加えて再考し、まとめたものである。酸素同位体比分析に際しては村山雅史教授をはじめとする高知大学海洋コア総合研究センターの皆様にご指導・ご協力いただいた。この場を借りて深く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Masuda, K., Tertiary Pectinidae of Japan. *Science Reports of the Tohoku University, Sendai, Second Series (Geology)*, **33**, 117-238, pls. 18-27. (1962)
- 2) 松原尚志・佐々木猛智・伊藤泰弘・天野和孝：東京大学総合研究博物館所蔵の新生代化石貝類タイプ標本図説 3 モミジツキヒ属, *ちりぼたん*, **39**, 176-181. (2009)
- 3) 近藤康生, 高知の貝化石は面白い - 安田町唐の浜での観察ガイド. 鈴木堯士・吉倉紳一 (編), 最新・高知の地質, 大地が動く物語, pp. 147 - 160. 南の風社, 高知. (2012)
- 4) Kondo, Y., Iwai, M., Kodama, K., Muroto Project : Scientific drilling of the late Pliocene forearc basin deposit on the west coast of Muroto Peninsula, Shikoku, Japan, *Scientific Drilling*, No. 3, 42-43. (2006)
- 5) 岩井雅夫・近藤康生・菊池直樹・尾田太良, 2006. 鮮新世唐の浜層群の層序と化石. *地質学雑誌*, **112**, 補遺, 27-40. (2006)
- 6) 池原 実・岩井 雅夫・近藤 康生・北 重太・服部 菜保, 高知県室戸半島に分布する唐の浜層群穴内層ボーリングコア (ANA-1) の非破壊物性解析. *高知大学学術研究報告*, **59**, 183-195 (2010)
- 7) Kodama, K., Mishima, T., Iwai, M., and Kondo, Y., Late Pliocene polarity reversals and transitions from an on-shore drilled core of the Ananai Formation in southeast Shikoku, Japan. *地球惑星関連学会連合大会講演要旨集* (2006)
- 8) 下野貴也・鳥居雅之・小玉一人・山本裕二・大城広樹・近藤康生, 鮮新世後期浅海成粗粒堆積物の古地磁気学的研究—高知県唐の浜層群穴内層陸上掘削コア試料(ANA-2)—. *地球惑星関連学会連合大会講演要旨集* (2008)
- 9) 北 重太・池原 実・岩井雅夫・近藤康生, 穴内層ボーリングコアの安定同位体分析に基づく後期鮮新世の環境変動. *地球惑星科学連合大会 2009*, L132-P001. (2009)

平成26年 (2014) 10月9日受理

平成26年 (2014) 12月31日発行