

山中湖におけるフジマリモの再発見

芹澤 (松山) 和世¹・安田泰輔¹・中野隆志¹・芹澤如比古²

Rediscovery of *Aegagropila sauteri* var. *yamanakaensis* OKADA from Lake Yamanaka

Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA¹, Taisuke YASUDA¹, Takashi NAKANO¹
and Yukihiko SERISAWA²

要 旨

2007年9月に山中湖で大型藻類の潜水調査を行ったところ、湖北岸東部のママの森地先の水深1-5mと北東端の平野ワンドの水深2mの湖底で、礫上に着生する糸状緑藻を発見した。その外部形態および内部形態の詳細な観察を実体顕微鏡および生物顕微鏡を用いて行なったところ、マリモの特徴と一致し、フジマリモであると判断した。山中湖ではフジマリモの発見以来、その分布に関する調査が数回行われているが、その分布範囲の縮小や生育環境の悪化が懸念されてきた。そして1993年の調査を最後に本湖ではフジマリモは確認されなくなった。今回、わずかではあるが山中湖では絶滅したと思われていたフジマリモが再発見され、本種の保護と回復のための何らかの対策の必要性が感じられた。

キーワード：絶滅危惧、富士五湖、藻類、シオグサ科、ピレノイド

はじめに

淡水域に生育するマリモは枝を持つ糸状藻で、シオグサ科に属する緑藻である。国内で初めてマリモの生育が確認されたのは阿寒湖であり(川上 1898)、ときに糸状体が集合して美しい毬状の球体をつくることから注目を浴び、1952年には「阿寒湖のマリモ」として藻類で唯一、国の特別天然記念物に指定された。

山中湖では1956年に小学6年生の児童が「まるい緑の藻」を見つけ、その時小学校の校長をされていた杉浦氏がその藻を富士毬藻と名付けた(杉浦 1956)。それをOkada (1957)はマリモの一変種フジマリモ *Aegagropila sauteri* var. *yamanakaensis* OKADA として記載した。その後、フジマリモは同じ富士山北麓の河口湖(阪井 1980; 安原・新崎 1980; 山梨県教育委員会 1981)や西湖(若菜ほか 1994; 西湖フジマリモ調査会 1995)でも生育が確認され、山梨県教育委員会によりこのフジマリモと山中湖・河口湖・西湖は「フジマリモ及び生息地」として山梨県の天然記念物に指定された。

山中湖は富士山の噴出物により谷川の水がせき止められてできた湖であり、面積は6.78 km²、水面の標高は982 mで、富士五湖では最大で最も標高が高く、冬季には結氷する。本湖にはいくつかの小河川が流入しているが、常時水が流れているものはわずかであり、湖底には河口湖や西湖と同様に湧泉の存在が知られている。また、流出河川としては桂川がある。本湖は東西に細長く、平均水深は9.4 m、最大水深は13.3 mで(環境庁自然保護局 1993)、概ね北

岸は急深、南岸は緩傾斜であり、北東端には平野ワンドと呼ばれる浅い入り江がある。

本湖は河口湖と同様に古くから観光地化が進み、山梨県の重要な観光資源となっている。しかし、湖周辺の開発や湖上・湖畔の利用に伴うフジマリモの生育環境の悪化が懸念されており、保護対策の必要性も指摘され続けてきた(安原・新崎 1977; 中沢 1979; 山中湖村教育委員会 1985; 若菜ほか 1994; 富士北麓生態系調査会 2007 など)。そして、1993年に富士五湖で行われた調査では、特に山中湖でのフジマリモの生育は危機的状況であったことが報告され(若菜ほか 1994)、2004、2005年の調査に関する報告では「山中湖では再度にわたる詳細な調査にも関わらず確認には至らなかった」と記され(三富 2007)、山中湖のフジマリモは絶滅したかに思われていた。著者らは山梨県総合理工学研究機構研究助成「自然公園内における湖沼の水質管理に関する総合的研究」の一環として山中湖の水草・大型藻類について調査を行う機会を得、その際、山中湖の湖底でフジマリモがわずかに生育していることが確認できたのでここに報告する。

材料と方法

2007年9月4-5日の2日間、山中湖北岸東部のママの森地先から平野ワンドにかけての5地点において(図1)、湖岸から沖合に向けてスキューバ潜水により大型藻類の目視観察調査を行った。水中で種を確認できない大型藻類については、空き缶、礫、木片、貝殻、水草などの基質

1. 山梨県環境科学研究所
2. 山梨大学教育人間科学部

Corresponding author : Kazuyo Matsuyama-Serisawa
E-mail : shiwogusa@ybb.ne.jp

ごと、各地点で水深別にビニール袋に入れ、保冷しながら実験室に持ち帰った。実験室では実体顕微鏡下でピンセットを用いて丁寧に藻体を基質から取り外し、傷付けないよう筆で泥などの付着物を落とした後、実体顕微鏡と生物顕微鏡を用いて観察を行った。一部の藻類については、生物顕微鏡で描画装置を用いて藻体の分枝様式、分枝角度、先端細胞、付着器などが明瞭になるように外部形態のスケッチを行なった。そのスケッチを計測することにより一次枝（主軸から直接分れている枝）と二次枝（一次枝から分れている枝）の細胞の直径と長さを求め、LD比（長さ／直径）を算出した。また生物顕微鏡で微分干渉装置を用いてその藻類の核の大きさと細胞あたりの核数、ピレノイド（藻類の多くとコケ植物の一部に見られる細胞小器官）の形態と大きさおよびその位置、葉緑体の形態とその配列などの内部形態について観察を行なった。観察を終えた藻体は元の生育場所に戻した。

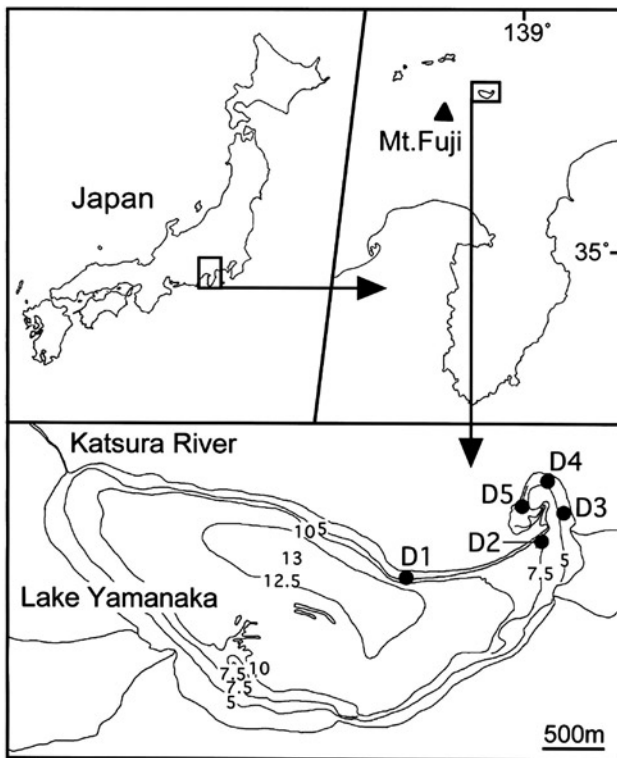


図1 本研究における山中湖の潜水調査地点。

結果

潜水調査地点D1の水深1-5mおよびD4の水深2mの湖底において（図1）、大小の礫に着生する芝生状の糸状緑藻が確認された（図2-A）。なお、D1とD4では湧水が確認され、D4で顕著であった。D3では空き缶や木片、礫などにアオミドロ属藻類が着生していた。D5ではヘドロが厚く堆積しているために湖底が不安定で、さらにヘドロの舞い上がりにより視界が悪く、大型藻類は確認できなかった。また5地点のいずれでも、フジマリモの球状集合体を確認することはできなかった。

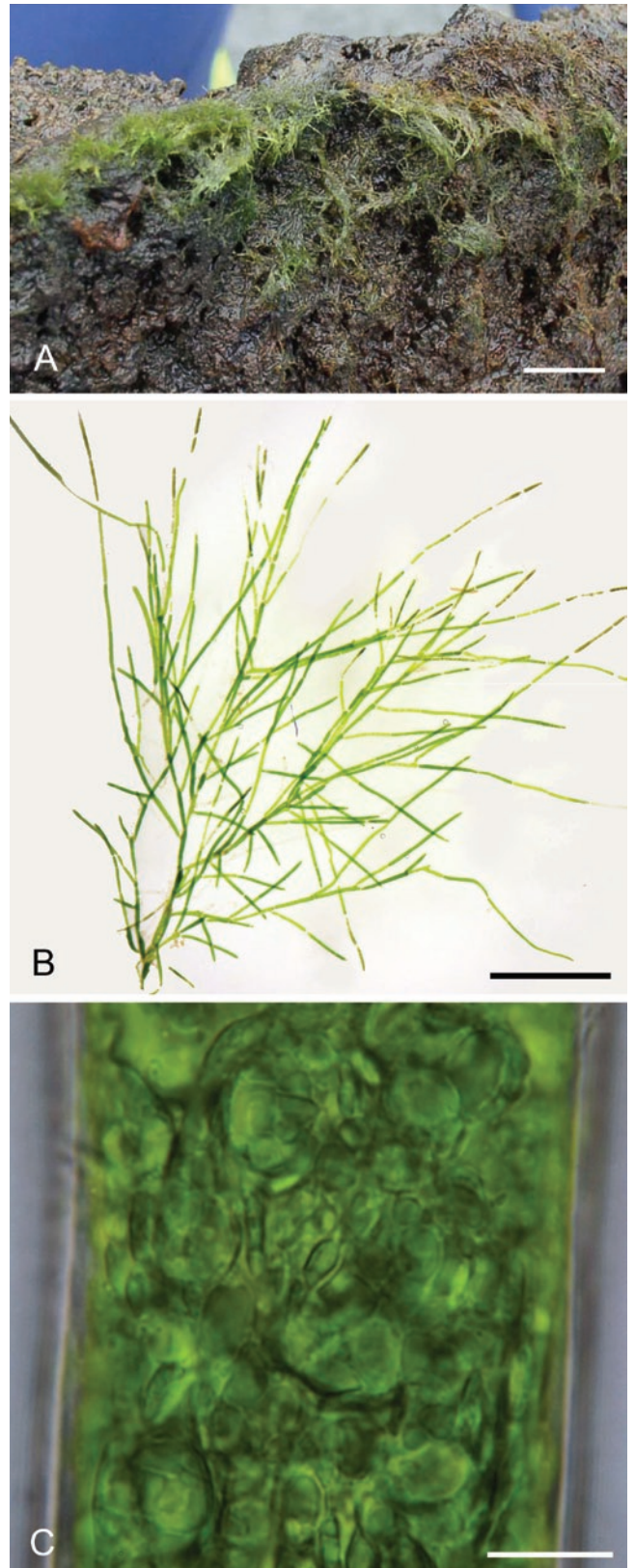


図2 2007年9月に山中湖で採集されたフジマリモ。A、礫に着生した糸状体。B、枝を持つ糸状体。C、細胞内の形態。複数の発達したでんぷん鞘を持つ多裂型のピレノイドが見られる。スケールバー：A=5mm、B=1mm、C=10 μ m。

D1とD4で採集された礫上の糸状緑藻は、礫の表面に比較的疎らに、部分的には密に、しっかりと、あるいは緩く着生していた。それらは枝を持つ糸状緑藻であることが確認された(図2-B)。礫から外した10藻体は全長1cm程度、細胞の形は円筒形で、稀にやや棍棒状を呈していた(図3-A、B)。分枝は体下部では対生のものが多く、体上部では互生または偏生していた。枝は通常、細胞の上端部から、ときに細胞の中央部から発出していた。生長の途中で極性が変化したと考えられる藻体もしばしば観察され、それらには上方に伸びる枝と下方に伸びる枝の両方が見られた。主軸と枝のなす角は比較的狭いものが多かったが、細胞の中央部から伸びる枝には広く開くものもあった。1つの細胞からは通常0-2本、稀に3本以上の枝が出ていた。一次枝の先端細胞を除く細胞の大きさは、直径37-77 μm 、長さ316-929 μm で、LD比は6-25であった。一次枝の先端細胞の大きさは直径33-67 μm 、長さ409-1810 μm で、LD比は8-37であった。数は多くないが二次枝も確認され、その先端細胞を除く細胞の大きさは直径38-60 μm 、長さ321-584 μm で、LD比は8-11であった。二次枝の先端細胞の大きさは直径26-55 μm 、長さ388-1335 μm で、LD比は9-24であった。また、一次枝および二次枝において、枝は先端に向けて細くなる傾向が見られた。仮根は初生ものは観察されず、ところどころの主軸細胞や枝の主軸に近い細胞から二次的に発出した不定根が複数観察された。糸状体は1-2本、ときに数本の不定根により礫に着生しており、他の細胞に巻き付いた不定根も見られた。また、不定根は細胞の下端部や中央部から発出して下降するものが多かったが、枝と同様に細胞の上端部から分枝しながら、その先端が変形して不定根となっているものも見られた(図3-B)。なお、不定根の先端の1細胞は巻きひげ状である

いは掌状の付着器に変形していた。

細胞内部にはいくつかのやや大きめの核が見られ、多核細胞であることが確認された。また複数の発達したデンブ軸を持つ多裂型で大きめのピレノイドが観察できた(図2-C)。細胞の表面近くには紡錘形の葉緑体が密に並んでおり、それらの葉緑体にはピレノイドは見られなかった。細胞の表面よりやや内側には表面近くのものより大きい葉緑体が観察され、その葉緑体にはピレノイドが見られた。これらの特徴から、本調査で山中湖から採集された大小の礫に着生する芝生状の糸状緑藻は、枝を持つシオグサ科藻類であることが確認された。

考 察

外部形態より秋山ほか(1977)は日本国内の淡水産シオグサ科藻類で、糸状体が分枝し、葉緑体を持ち、枝の全ての末端細胞が付着器にならず、付着器が常に単細胞性であるものはシオグサ属(マリモを含む)とアオミソウ属であるとしている。アオミソウ属は多数のアキネート(休眠細胞)をつくるが(秋山ほか1997)、シオグサ属ではアキネートをつくる種は確認されておらず(Sakai 1964)、またアオミソウ属は水田、湿地、池沼、流水溝など時に干上がるような場所からの報告が多い(東1928;中村1976、1985)。

内部形態より松山(1999)はマリモの1細胞あたりの核数、核の直径、ピレノイドの形態と大きさはアオミソウ属やシオグサ属の多くのそれとは異なることを報告している。また、マリモのピレノイドの電子顕微鏡の微細構造はシオグサ科では珍しく、基質にチラコイドが数枚貫入する多裂型の構造であることも報告されている(Horiguchi *et al.* 1998; Matsuyama *et al.* 1998; 松山1999)。さらに今回の調査で確認されたシオグサ科藻類の葉緑体は、マリモと同様の特徴的な形態や配列(Horiguchi *et al.* 1998; 松山1999)であることがわかった。以上の外部形態および内部形態の特徴から、今回、山中湖で見つかったシオグサ科藻類はマリモであると同定された。

フジマリモの分類に関する認識は本種を品種にするか変種にするか、あるいはそれらを認めないか、本属をマリモ属にするかシオグサ属にするかなど研究者によりさまざまである(Okada 1957; van den Hoek 1963; Sakai 1964; 秋山ほか1977; Niiyama 1989; 羽生田・植田1999; Hanyuda *et al.* 2002ほか)。体制が単純なマリモの分類や同定は依然として大変難しく、フジマリモの扱いについても今後更なる検討が必要である。本研究で採集されたマリモについては、形態の特徴や採集地からOKADA(1957)が採集したものと同じフジマリモであると考え、学名は便宜的に*Aegagropila sauteri* var. *yamanakaensis* OKADAを使用した。

山中湖におけるフジマリモの分布については、Okada(1957)がママの森地先の1地点において水深1-5mで球状集合体を、その他4地点の水深1-5mで芝生状の藻体を確認している。安原・新崎(1977)は同地点でフジ

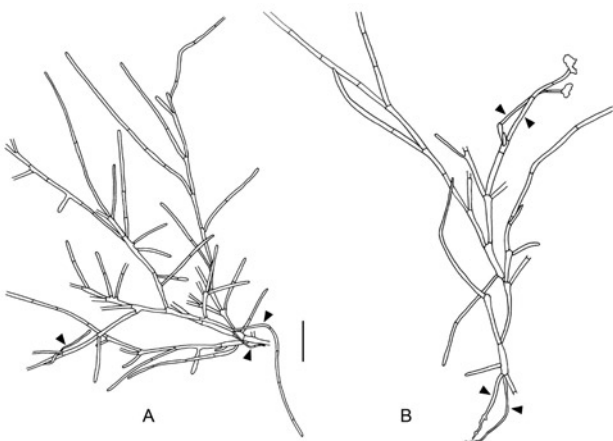


図3 山中湖のフジマリモ。A、いくつかの不定根を持つ糸状体。対生や互生などの様々な分枝様式が見られ、分枝の角度は狭いものが多く、まれに広いものもある。B、不定根は細胞の下端部から発出して下降するだけでなく、細胞の上端部から枝と同様に分枝して上方に伸長し、先端細胞が掌状に変形した不定根も見られる。矢印：不定根。スケールバー：0.5mm。

マリモの球状集合体を確認しているが、その生育範囲は狭まり、大型の球状集合体が非常に少なくなったことを記し、生育環境の悪化を懸念している。その後1984年に行われた調査では、調査地4地点のうち、フジマリモの生育が確認できたのはママの森地先の1地点のみで、他の地点ではヘドロの堆積と水草、オオマリコケムシ *Pectinatella magnifica* が見られたのみであったことが報告されている（山中湖村教育委員会1985）。また、1993年に行われた調査では、フジマリモはこれまでの自生地では確認されおらず、ママの森地先の他の地点で極稀に確認され、球状集合体は1個しか発見されなかった（若菜ほか1994）。その後2004、2005年の調査ではフジマリモは確認されなかった（三富2007）。本調査ではママの森地先から平野ワンドに向けて5地点を調査し、ママの森地先1地点と平野ワンド1地点の計2地点でフジマリモの生育を確認することができた。しかし生育していたのはわずかであり、また球状集合体は確認できなかった。したがって、フジマリモは発見当初から懸念されてきたように、生育環境の悪化に伴い、絶滅の危機に瀕していると言える。

マリモはアオミソウ属のような休眠細胞をつくらないため、他の水草類やシャジクモ類のように適した生育環境になるまで湖底に生殖細胞を待機させることができない。よって、糸状体が一度枯死するとその後に移入がない限りは再生できない。フジマリモの生育が確認されている富士山北麓の他の2湖と比べると、山中湖は透明度が低く（有泉・吉澤2002）、湖底の大半はヘドロが1.2m以上も堆積しており（山中湖村教育委員会1985）、決してフジマリモに良い生育環境であるとは言えないのが現状である。既にマリモを絶滅させてしまったオーストリアのツェラー湖（中沢1974）を対岸の火事とせず、貴重なフジマリモを保護し、かつてのように復活させる対策が必要と考えられる。また山中湖ではフジマリモはすでに絶滅したとの情報が複数あったため、事前に採集許可申請を行わず本調査を行ったところ、思いがけずフジマリモを発見した。したがってこの藻体を生かしたまま観察するために固定や染色などによるより詳細な観察を行うことができず、またわずか10藻体程度を観察したのみであった。今後は事前に採集許可を得た上で、フジマリモに関する研究を進めていきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、調査にご協力頂いた山梨県衛生公害研究所の吉澤一家博士、山梨大学の御園生拓、平田徹の両教授と山中湖漁業協同組合副組合長の羽田靖氏に深謝する。

引用文献

秋山 優, 廣瀬弘幸, 山岸高旺, 平野 寛 (1977) 緑藻綱, シオグサ目. (廣瀬弘幸, 山岸高旺編) 日本淡水藻図鑑. 内田老鶴圃, 東京, pp.328-336, 362-363
有泉和紀, 吉澤一家 (2002) 富士五湖の水質. 山梨県衛生公害研究所年報 46 : 32-41

羽生田岳昭, 植田邦彦 (1999) マリモはどこから来たのか? 遺伝 53 (7) : 39-44
Hanyuda T, Wakana I, Arai S, Miyaji K, Watano Y, Ueda K (2002) Phylogenetic relationships within Cladophorales (Ulvophyceae, Chlorophyta) inferred from 18S rRNA gene sequences, with special reference to *Aegagropila linnaei*. J. Phycol. 38 : 564-571
東道太郎 (1928) 将ニ帰化植物トナラントスル淡水藻ノ一例. 植物研究雑誌 5 (11) : 398-404
富士北麓生態系調査会 (2007) 富士北麓水域の生態系の特徴と保全のための課題. 富士北麓水域 (富士五湖) における生態系多様性に関する調査報告書. 富士北麓生態系調査会 pp.157-177
Horiguchi T, Yoshida T, Nagao M, Wakana I, Yokohama Y (1998) Ultrastructure of chloroplasts in 'Marimo' (*Cladophora aegagropila*, Chlorophyta), and changes after exposure to light. Phycol. Res. 46 : 253-261
川上瀧彌 (1898) 釧路国阿寒地方採集記. 植物学雑誌 12 : 220-225
環境庁自然保護局 (1993) 第4回自然環境保全基礎調査 湖沼調査報告書 (全国版). 環境庁自然保護局
Matsuyama K, Matsuoka T, Miyaji K, Tanaka J, Aruga Y (1998) Ultrastructure of the pyrenoid in the family Cladophoraceae (Cladophorales, Chlorophyta). J. Jpn. Bot. 73 : 279-286
松山和世 (1999) 日本産シオグサ科藻類 (緑色植物門, アオサ藻綱) の形態分類学的研究. 東京水産大学博士論文
三富龍一 (2007) 潜水による富士五湖の観察記録. 富士北麓水域 (富士五湖) における生態系多様性に関する調査報告書. 富士北麓生態系調査会 pp.133-154
中沢信午 (1974) ツェラー湖におけるマリモ球絶滅の時とその原因. 藻類 22 (3) : 101-103
中沢信午 (1979) 山中湖のフジマリモ. 遺伝 33 (5) : 38-40
中村 武 (1976) 帰化植物と言われる藻類-淡水産緑藻フシマダラ属 *Pithophora* (シオグサ科) について. 埼玉生物 16 : 23-26
中村 武 (1985) 淡水藻類の研究 (1) 日本産アオミソウ属 (*Pithophora*) について. 植物と自然 19 (9) : 18-21
Niiyama Y (1989) Morphology and classification of *Cladophora aegagropila* (L.) Robenhorst (Cladophorales, Chlorophyta) in Japanese lakes. Phycologia 28 : 70-76
Okada Y (1957) On a new variety of *Aegagropila sauteri* found in Lake Yamanaka. Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ. 5 : 30-33
西湖フジマリモ調査会 (1995) 山梨県指定天然記念物「フジマリモ及び生育地」調査事業報告書 西湖のフジマリモ-生育状況と環境. 山梨県足和田村
Sakai Y (1964) The species of *Cladophora* from Japan and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. 1 : 1-104, plate 1-14
阪井与志雄 (1980) 河口湖産フジマリモについて. 藻類 28 :

山中湖におけるフジマリモの再発見

47 - 50

- 杉浦忠睦 (1956) フジマリモの発見. 採集と飼育 18 (9) :
258 - 259, 269
- van den Hoek C (1963) Revision of the European species of
Cladophora. Brill, Leiden
- 若菜 勇, 佐野 修, 新井章吾, 綿貫 哲, 荻野洸太郎, 平田
徹, 御園生拓, 大石 豊, 横浜康継 (1994) 富士山北麓の湖
沼群におけるフジマリモの生育状況と生育環境特性. マリモ
研究 3 : 31 - 50
- 山中湖村教育委員会 (1985) マリモ分布調査報告書. 山中湖村
教育委員会
- 山梨県教育委員会 (1981) マリモ学術調査報告. 山梨県教育委
員会文化課
- 安原健允, 新崎盛敏 (1977) 日本に産するマリモの研究 VII -
山中湖産フジマリモについて. 日本大学文理学部 (三島) 研
究年報 25 : 9 - 14
- 安原健允, 新崎盛敏 (1980) 日本に産するマリモの研究 IX -
河口湖産および再び山中湖産フジマリモについて. 日本大学
文理学部 (三島) 研究年報 28 : 101 - 112