

【第41回学術総会シンポジウム2：職業潜水とレジャーダイビングにおける安全域と問題点】

## 九州における潜水漁民の減圧症と骨壊死

田村裕昭<sup>1)</sup>，川嶋真人<sup>2)</sup>，佐々木誠人<sup>2)</sup>，永芳郁文<sup>2)</sup>  
川嶋真之<sup>2)</sup>，高尾勝浩<sup>2)</sup>，山口 喬<sup>2)</sup>，宮田健司<sup>2)</sup>

かわしまクリニック<sup>1)</sup>  
川嶋整形外科病院<sup>2)</sup>

キーワード 減圧性骨壊死，減圧症，骨切り術，潜水漁民

### 【Symposium】

#### Decompression sickness and dysbaric osteonecrosis of diving fishermen in Kyusyu area

Hiroaki Tamura<sup>1)</sup>, Mahito Kawashima<sup>2)</sup>, Makoto Sasaki<sup>2)</sup>, Ikufumi Nagayosi<sup>2)</sup>, Katuhiro Takao<sup>2)</sup>, Takasi Yamaguchi<sup>2)</sup>, Kenji Miyata<sup>2)</sup>

1) Kawashima Clinic

2) Kawashima Orthopedic Hospital

keywords dysbaric osteonecrosis, decompression sickness, osteotomy, diver

### はじめに

当院では1981年開院以来，減圧症の治療や減圧性骨壊死の検診や治療に努めてきた。2005年12月までの減圧症治療と減圧性骨壊死の発生状況や治療について検討を加え，減圧性骨壊死発症予防の観点から安全域や問題点について検討した。

### 急性減圧症治療症例と治療成績

急性減圧症治療症例数は415例で，男性411例，女性4例，年齢は17歳から64歳(平均36.8才)であり，30歳台をピークに20台から40台までの青壮年が93.7%と大半を占めていた(図1)。潜水目的は漁業399例(96.1%)，工事8例(1.9%)，スポーツ8例(1.9%)で，潜水漁民が殆どを占めていた。潜水方法は，スキューバ367例(88.4%)，ヘルメット25例(6.0%)，フーカ23例(5.5%)であった。急性減圧症で来院した潜水士の活動地区分布別症例数は，佐賀県唐津地区が215例(51.8%)，大浦地区75例(18.1%)，蒲江などの大分県南地区59例(14.2%)が多くを占めている(図2)。年別

症例数の推移では，1989年の53例をピークに徐々に減少傾向にある。病型は，ベンズ320例(77.1%)，脊髄型39例(9.4%)，脳型26例(6.3%)，メニエール型19例(4.6%)，チョークス10例(2.4%)，その他1例(0.2%)であった。治療は，原則としてアメリカ海軍の治療テーブルを使用した。病型別の治療回数では，ベンズ2から8回(平均2.5回)，メニエール型7から31回(平均19.0回)，脊髄型4から33回(平均14.3回)，脳型2から17回(平均9.5回)であった。

治療成績は，ベンズは，良317例(99.1%)，可3例(0.9%)，脊髄型は，良30例(76.9%)，可7例(17.9%)，不可2例(5.1%)，脳型は，良21例(80.8%)，可5例(19.2%)，メニエール型は，良16例(84.2%)，可3例(15.8%)，チョークスは，良10例(50%)，可10例(50%)であった(図3)。

### 減圧性骨壊死治療症例と治療結果

減圧性骨壊死対象症例は233例で，骨壊死は27例(11.6%)に認められた。骨壊死の分類は，太田・松永

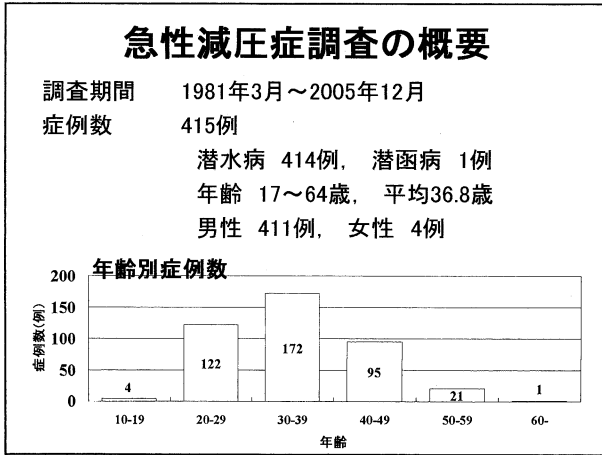


図1

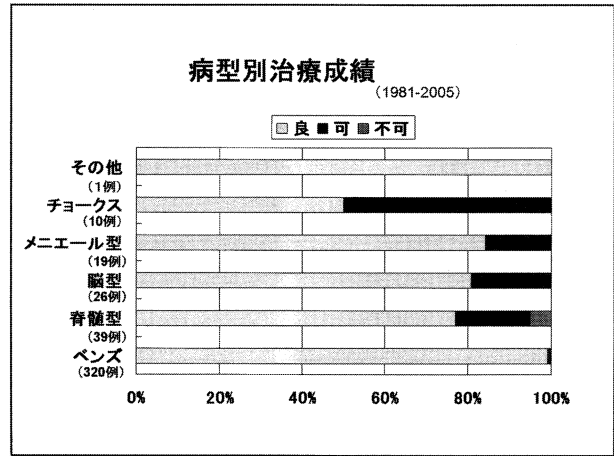


図3

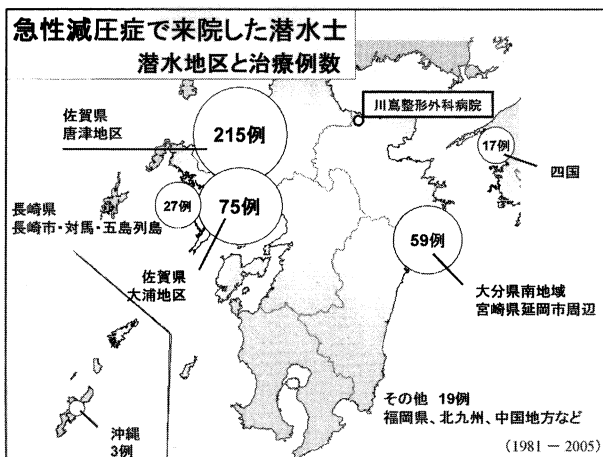


図2

### 減圧性骨壊死の部位

1981-2005

部 位	症例数			症例合計
	左	右	両側	
上腕骨	5	4	3	12 (29.3%)
大腿骨	7	8	4	19 (46.3%)
下腿骨	4	1	5	10 (12.2%)
合 計	16	13	12	41(100.0%)

表1

分類を用いた。27例のうち臨床上問題になることの多い大腿骨頭壊死は19例 (70.1%)、上腕骨頭壊死は12例 (44.4%) に認められた (表1)。潜水経験年数と骨壊死の関係では、1年以上4年以下は2例 (7.4%)、5年以上9年以下で6例 (22.2%)、10年以上14年以下で5例 (18.5%)、15年以上19年以下で4例 (14.8%)、20年以上24年以下で6例 (22.2%)、25年以上で4例 (14.8%) であった (表2)。最大潜水深度と骨壊死の関係では、9m以下では1例で、10mから19mで4例 (14.8%)、20から29mで11例 (40.7%)、30から39mで6例 (22.2%)、40から49mで2例 (7.4%)、50m以上で3例 (11.1%) であり、10m以上の潜水で増加する傾向にあった (表3)。骨壊死発症に関連が深いとされるベンズ経験は、骨壊死発症例27例中21例 (77.8%) に認めら

れ、ベンズ経験がなく骨壊死が発症したのが6例 (22.2%) であった (表4)。

大腿骨頭壊死を起こした15例に対して、大腿骨頭回転骨切り術 (10例)、大腿骨転子下内反骨切り術 (3例)、人工骨頭置換術 (2例) を行った (図4)。初回手術時年齢は、20から29歳が3例、30から39歳が9例、40歳台、50歳台、60歳台が各1例で、平均36.5歳であった。骨切り術を行った13例のうち大腿骨頭回転骨切り術を行った10例中3例に骨壊死の進行が認められた。

#### 症例提示

症例1. 27歳, 潜水漁民, 潜水方法はフーカ潜水, 潜水経験年数3年, 最大潜水深度30m, 平均潜水深度15m, ベンズ既往3回, 1日6時間作業を週6回

### 減圧性骨壊死の有無と潜水歴

1981-2005

潜水経験 (年)	骨壊死		合計
	+	-	
1未満	0 (0.0)	2 (1.0)	2 (0.9)
1-4	2 (7.4)	15 (7.3)	17 (7.3)
5-9	6 (22.2)	36 (17.5)	42 (18.0)
10-14	5 (18.5)	60 (29.1)	65 (27.9)
15-19	4 (14.8)	50 (24.3)	54 (23.2)
20-24	6 (22.2)	28 (13.6)	34 (14.6)
25以上	4 (14.8)	15 (7.3)	19 (8.2)
合計	27 (100.0)	206 (100.0)	233 (100.0)

N.S. ( $\chi^2$ Test)

表 2

### 減圧性骨壊死の有無とベンズの既往歴

1981-2005

	骨壊死			
	+	-	合計	
ベンズ	+	21 (77.8%)	132 (64.1%)	153 (65.7%)
	-	6 (22.2%)	74 (35.9%)	80 (34.3%)
合計	27 (100.0%)	206 (100.0%)	233 (100.0%)	

N.S. ( $\chi^2$ Test)

表 4

### 減圧性骨壊死の有無と最大潜水深度

1981-2005

最大潜水 (m)	骨壊死		合計
	+	-	
50以上	3 (11.1)	17 (8.3)	20(8.6)
40-49	2 (7.4)	26 (12.6)	28(12.0)
30-39	6(22.2)	46 (22.3)	52(22.3)
20-29	11(40.7)	92 (44.7)	103(44.2)
10-19	4 (14.8)	17(8.3)	21(9.0)
9以下	1 (3.7)	8 (3.9)	9(3.9)
合計	27(100.0)	206(100.0)	233(100.0)

N.S. ( $\chi^2$ Test)

表 3

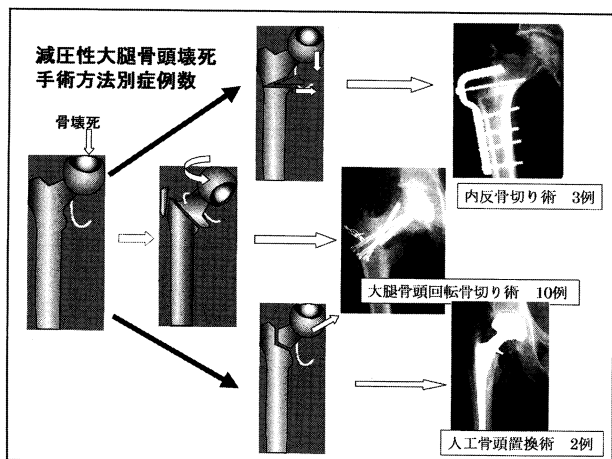


図 4

行っていた。広範な骨壊死と軽度の陥没変形が認められ、90度の骨頭前方回転を行った。経過観察時点では疼痛もなく骨壊死の進行も認められていない。潜水プロファイルは、深度30mで120分の長時間の作業を行っているのが特色であった(図5)。

症例2. 36歳、潜水漁民、潜水方法はスクーバ潜水、潜水経験年数15年、最大潜水深度38m、平均潜水深度20m、ベンズ既往10数回。骨頭の内側に線状硬化像を認めるが外側には骨壊死は及んでいない。外転位X線像で健常部と臼蓋の適応性が良好であった。内反骨きり術を行い、術後5年2ヶ月の経過観察時点では特に問題なく潜水作業に従事していた。潜水プロファイルは、深度20mで50分の潜水作業を短時間に繰り返し行っていたのが特色であった(図6)。

症例3. 36歳、潜水漁民、ヘルメット潜水、潜水経験年数18年、最大潜水深度58m、平均潜水深度30m、ベンズ既往30回以上、脊髓型1回の既往があった。術前から関節面の陥没を認め、MRIでも広範な骨壊死が認められた(図7)。骨頭温存を図り90度の前方回転を行ったが、術後も骨壊死は進行し術後7年3ヶ月の時点で荷重部の高度の変形による疼痛で長時間の歩行は困難で、いずれ人工関節手術を予定している。潜水プロファイルは4時間近い長時間の潜水作業時間と急速浮上後の船上減圧が特色であった(図8)。

症例4. 38歳、潜水漁民、潜水経験年数6年、平均潜水深度20m、最大潜水深度23m。潜水病検診を1996年と1998年に受けているがその時点では異常は認められなかった。2002年になり左股関節痛出現し来

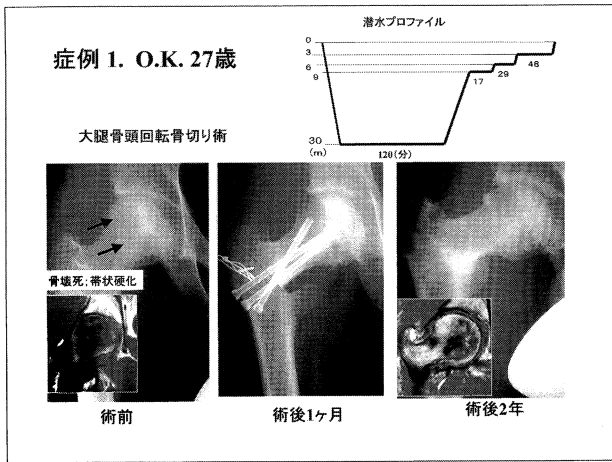


図5

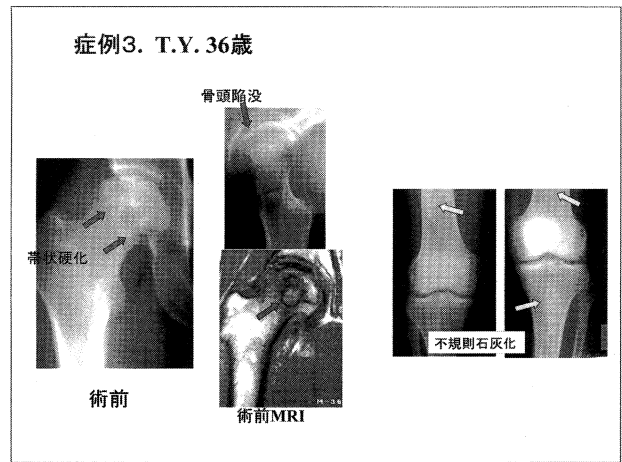


図7

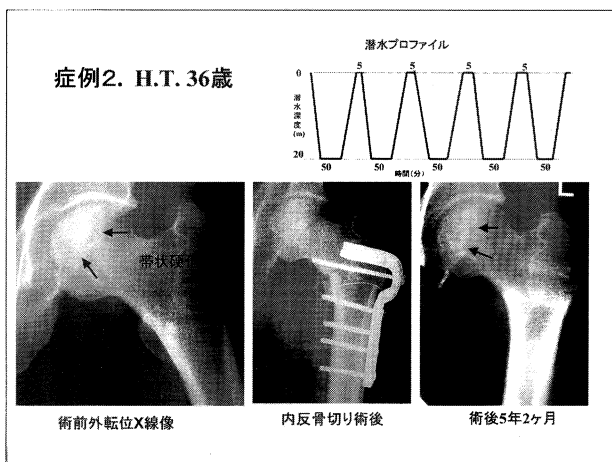


図6

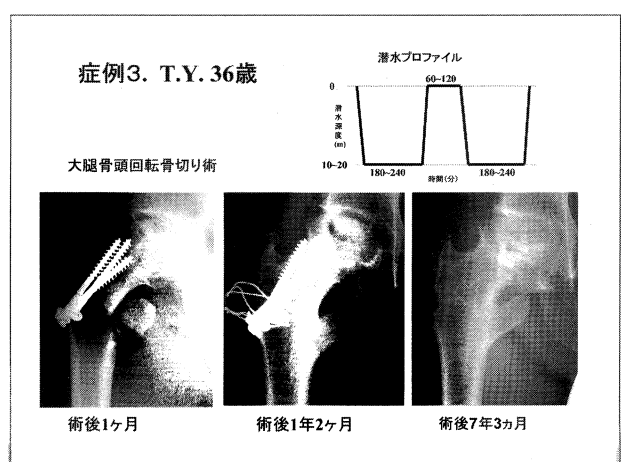


図8

院, X線像 およびMRIで骨壊死が確認された(図9)。前方回転骨きり術を行ったが, その後も骨壊死の進行あり2004年にカップ形成術を行い経過観察中である(図10)。

考察

当院は大分県の北部に位置し, 開院当初より漁協での講演などを通じて, 急性減圧症の治療や減圧性骨壊死の予防などの啓蒙に努めてきた。

日本における減圧性骨壊死に関しては, 九州労災病院の天見民和病院長の指導の下, 川罵・鳥巢・加茂・北野らにより本格的に病態が明らかにされてきた<sup>1)</sup>。そのときの貴重な検診の舞台となったのが有明海に面した佐賀県大浦地区であり, ヘルメット潜水でのタイラ

ギ貝の採取が行われてきた。しかし, 近年は乱獲による資源の減少あるいは潮受け堤防の設置による環境の変化などの影響から, タイラギ貝の漁獲量が激減し, それに伴って急性減圧症の治療例も1995年以後来院がなくなっている。

1971年から1981年までの九州労災病院の調査では骨壊死の発生率は56.4%と報告されたが<sup>2)</sup>, 今回の調査では11.6%と減少していた。これは, 啓蒙活動による減圧症や骨壊死に対する意識の向上, 海洋資源の減少による操業時間の短縮などが急性減圧症患者数の減少傾向につながったと思われる。

急性減圧症は, 不適切な急速減圧により発生した気泡が, 血管内や脂肪組織内に多数発生しさまざまな障害を引き起こすが, 減圧性骨壊死についても気泡の発

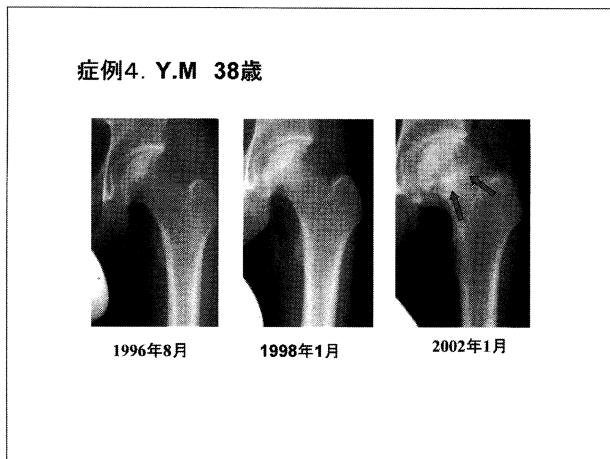


図 9

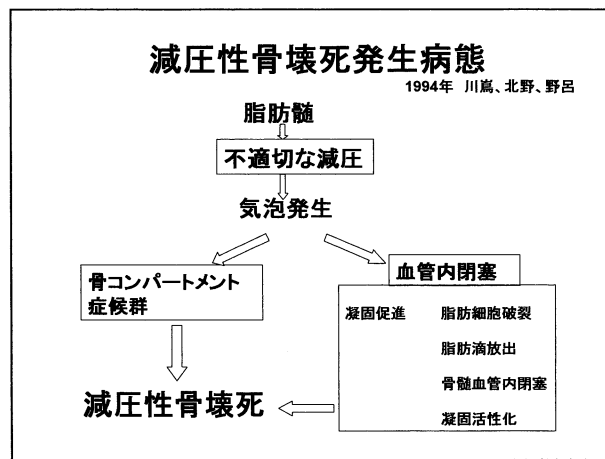


図11

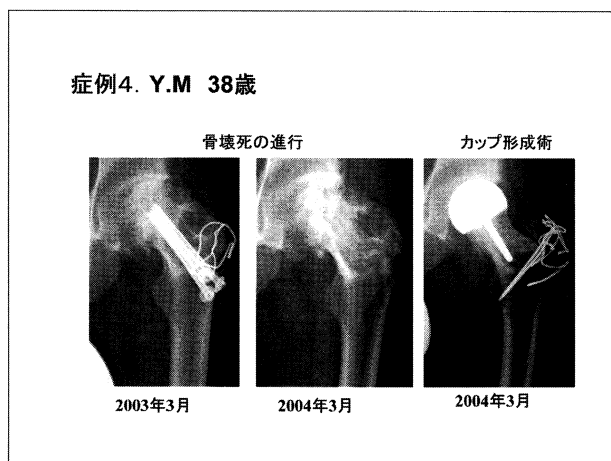


図10

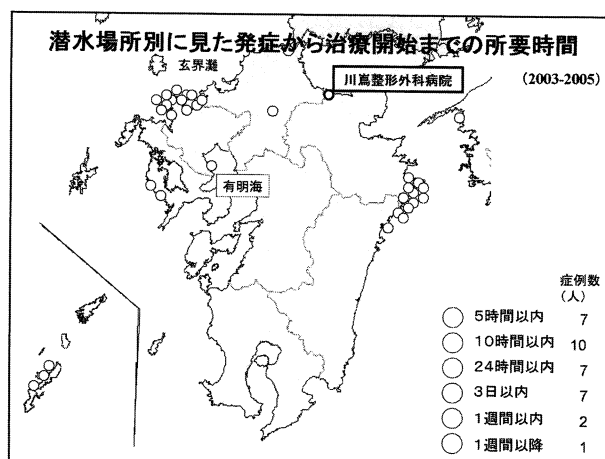


図12

生が関与することが考えられている。川畷らは、急性減圧症で死亡した潜水士の大腿骨頭の病理組織学的検索で、多数の気泡の存在、気泡を入れて拡張した静脈洞、気泡に接した血小板の凝集や血小板血栓の存在などを認めた。減圧性骨壊死の病態として、①脂肪髄は窒素ガスが溶解しやすく、しかも脂肪髄内の血流は遅いので窒素ガスの出入りが遅くなる。また、骨髓内は半閉鎖室となっているため、不適切な減圧により気泡が骨コンパートメント内に発生し組織圧が上昇すると骨コンパートメント症候群に進展する。その結果、血流と組織窒素ガスの流出が停滞する。②気泡塞栓とともに血管内の窒素は凝固を促進する。さらに減圧による窒素気泡は脂肪細胞を破裂させ、静脈洞内に脂肪滴を放出し、凝固系を活性化し骨髓の微小循環が

障害される、などの結果骨壊死が発生すると結論している<sup>3)4)</sup>(図11)。

今回の減圧性大腿骨頭壊死症例には有明海の潜水漁民が多く含まれているが、彼らの潜水の特徴は船上から酸素を供給するヘルメット潜水で、海底20~30mで長時間の作業の後急速に浮上し船上の減圧タンクに入り再加圧して徐々に減圧するものであった。この長時間の高圧環境の暴露と不適切な減圧法が減圧性骨壊死発症の大きな要因であった。

潜水作業に従事する世代は若壮年層に多く、今回の15例の減圧性大腿骨頭壊死手術例も12例は40歳以下であり、可能な限り関節温存手術である転子下内反骨切り術や大腿骨頭回転骨切り術などの骨切り術を選択した。術前からすでに広範に骨壊死があり陥没変形の

ある場合や、術後も骨壊死が進行した例では、人工骨頭置換術や人工関節全置換術の適用が検討されるが、若壮年層での長期成績は不安定であるので安易な実施は躊躇される。今回骨切り術後経過不良例の1例には、全置換術の前段階としてカップ形成術を行い経過観察中である。

減圧性骨壊死は、潜水深度が深いほど、潜水経験年数が増すほど発症頻度が高くなる傾向にあり、ベンズ経験者に骨壊死発症の関連が深いことが知られている<sup>2)</sup>。したがって、ベンズが発症したときは、早期の再圧治療を行って骨壊死の発生を予防することが重要である。Lehnerらの有明地区潜水漁民の潜水プロフィールを参考にして作成した羊の減圧性骨壊死の実験でも、迅速な再圧治療は、気泡のサイズを縮小し、骨内の組織圧を減少し、ベンズの疼痛を改善し、減圧性骨壊死を予防すると結論している<sup>5)</sup>。当院では、ベンズに対してはアメリカ海軍開発の酸素再圧法の第5欄あるいは第5A欄を用いて再圧治療を行い、抗凝固療法としてデキストランL500mlにヘパリン6000単位とハイドロコルチゾン200mgの点滴を行っている。

近年は、潜水漁民への啓蒙活動や漁協の協力などで急性減圧症や減圧性骨壊死の発生頻度は減少している。減圧性骨壊死の中でも股関節に発症すれば、重篤な関節障害につながる可能性があること、骨頭温存手術をしても進行する例があること、症例4のごとくベンズなどの急性減圧症の既往がなくても骨壊死を起こす例もあることから、潜水士の検診の充実とともに、股関節はMRIによる早期病変の発見に努める必要があると思われる。以前は、いわゆる“ふかし”による現場での経験的再圧治療が行われていたため、減圧症発症から再圧治療までの時間が遅れることも多かった。最近3年間に当院を受診した急性減圧症34例の発症から当院での治療開始までの所要時間を調査すると、24時間以内に治療されたのが34例中24例(70.6%)であった(図12)。出来るだけ迅速な再圧治療開始が望まれることから、今後も啓蒙活動の継続が必要と考えられる。

## 結語

減圧性骨壊死の発症予防の観点から、①正しい潜水方法や標準減圧表の遵守、減圧性骨壊死について潜水士の自覚の向上を目的とした教育活動の充実、②安定した海洋資源の確保と、操業時間の短縮と遵守の徹底、③減圧症に罹患したときは速やかに再圧治療を行う。特にベンズは骨壊死の発症との関連が大きく、早期に確実な再圧治療をする、④潜水業を継続している場合は、定期的に股関節や肩関節などのレントゲンチェックを行い骨壊死の早期発見に努める、などが重要である。

## 参考文献

- 1) 鳥巢岳彦, 加茂洋志, 川寫真人, 林 皓: 減圧症と骨関節の変化. 潜水病骨変化の経年的変化について - 潜水し127名の7年間追跡調査. 臨床整形外科. 1974; 9: 20-30.
- 2) 川寫真人, 田村裕昭, 鳥巢岳彦, 林 皓: 減圧症における大腿骨頭壊死. 整形外科MOOK 1982; No. 24; 239-269.
- 3) 川寫真人, 野呂純敬: ダイバーの事故と安全対策. 減圧性骨壊死. 臨床スポーツ医学. 1994; 11: 1025-1031.
- 4) Kitano M, Kawashima M, Taya Y, Lener C E, Lanphier E H: Histological Analysis of Dysbaric Osteonecrosis Experimentally Induced in Sheep. Proceedings of the 11th Meeting of the United States-Japan Cooperative Program in Natural Resources: 1991; 36-47.
- 5) Lehner, C.E, Lanphier E H, Wilson m A, Kawashima, Kitano M, Mano Y, Taya Y: Dive Profiles Control the Risk of Disbaric Osteonecrosis: Validation in Japanese Diving Fishermen and Sheep. Proceedings of the 11th Meeting of the United States-Japan Cooperative Program in Natural Resources: 1991; PP. 85-101.