

## ● 経 験

## 安全な高所潜水減圧

矢 野 尚\*

高所潜水作業が日本サルヴェージ㈱によって、イラン国、シラーズの標高1,670mにある水深42mのダリウスダムで実施された。416回の実作業潜水が8名の職業ダイバーにより1979年10月1日から4か月にわたって水面送気式の空気潜水器を使用して行われた。ダイバーはスイスの研究者達によって開発された高所用減圧表を使用し、不十分な減圧によるいかなる障害も発生しなかった。ここに我々の高所減圧の経験を報告し、高所におけるより安全な作業潜水とスポーツ潜水を実現したい。

## Safer Decompression Schedules for High-Altitude Diving

Hisashi Yano\*

\*The Nippon Salvage Company Ltd. Moji Branch

A high-altitude diving operation was carried out by The Nippon Salvage Company Ltd., at the water depth of approximately 42 meters at 1670 meters above sea level of Darius dam, Shiraz, Iran. The 416 actual strenuous working dives were performed by 8 professional divers using surface supplied air gear for 4 months beginning on October 1st, 1979. The divers used the high-altitude decompression tables which were developed by Swiss investigators and never experienced any symptoms of insufficient decompression time. The purpose of this report is to state our experience of high-altitude decompression and to contribute to safer commercial and sports divers at high-altitude.

## 結 言

高所における実際の潜水作業の機会は少なく、日本においてはもちろん、世界でもあまり多くの実作業例をみない。

したがって、高所潜水減圧方法についての研究、報告<sup>1)2)3)</sup>はあるが、実作業潜水減圧の詳細な報告例を我々は知らない。そこで、日本サルヴェージ株式会社は昭和54年10月から4か月の間、1,670

mの高所で潜水作業を実施し、良好な減圧結果を得たのでここに報告する。

## 潜水作業

当社は昭和54年10月1日より昭和55年2月2日までの間、イランのシラーズ郊外にあるダリウスダム（水深42m、標高1,670m）で潜水作業を実施した。作業はダム湖中に建設中の取水塔の下部に型枠を組み、コンクリートを水面より流し込み、取水塔を水深42mのダム湖底に固定するのが主たるものであった。

各ダイバーは1日1回、または2回潜水を行い、通常の潜水では1回の潜水時間は滞底時間26~30分、減圧時間80分の合計約110分であった。ダイバーは午前6時45分に起床、朝食後8時15分に潜水開始、16時30分には最後のダイバーが減圧を終了する潜水計画の下に作業を実施した。また、現地の都合上、昼食時の12時~13時の間はすべてのダイバーが陸上に揚がるスケジュールとした。

ダム湖には雪溶け水が流入するため、湖底の水温は5℃~11℃と低いので潜水器は水面送気の全面マスク(KMB 10)ードライスーツ方式を採用した。各潜水はコンプレッサーの送気能力が0.6m<sup>3</sup>/minと小さいので単独潜水とし、水上にいるダイバーは各種支援作業に従事した。これらダイバーの1日の潜水スケジュールは図1に示される。

**Keywords** decompression schedules, high-altitude, working dives

\*日本サルヴェージ㈱門司支店  
北九州市門司区田野浦海岸15-73

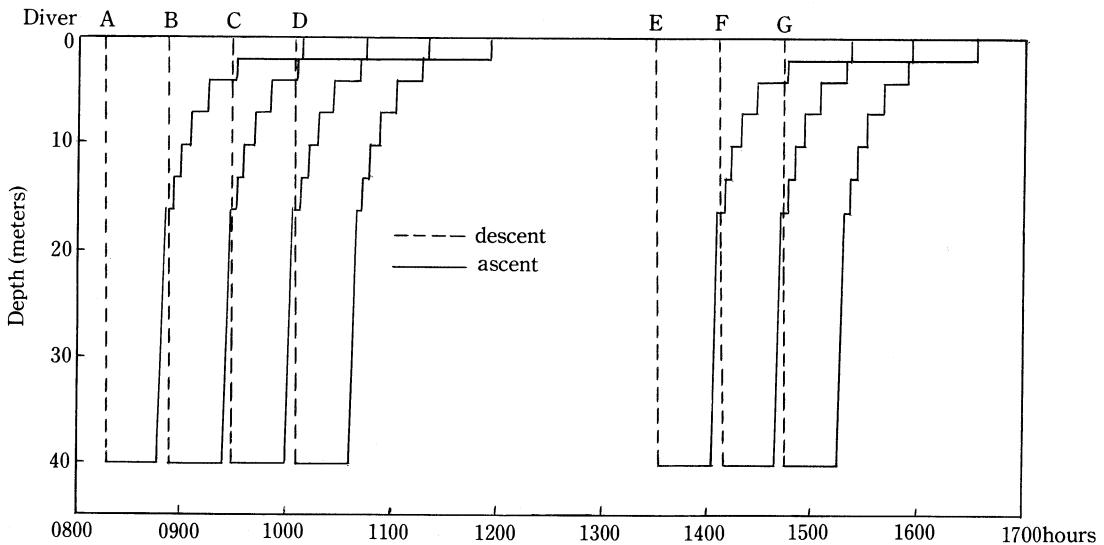


図1 Typical Diving Schedules per Day

## 減 圧

減圧症は不十分な減圧による血液および体組織内の不活性ガスの気泡発生に起因する。血液および体組織内の不活性ガス圧と環境圧の比は気泡発生の大きな要素となる。すなわち海での潜水作業に使用する減圧表 (sea level decompression table) はダイバーの体組織が潜水前には1 ATAの空気環境下に平衡しており、また潜水後同じ1 ATAの環境圧に帰還することを前提として計算されている。大気圧は高度に従って減少するので、高所の潜水ではダイバーは減少した1 ATAより低い環境圧へ帰還する結果となり、体内不活性ガス圧と環境圧との比が大きくなるので、その減圧は理論的に1 ATAでの sea level decompression とは異なる。したがって、高所における潜水減圧には高所用として計算された減圧表 (high-altitude decompression table) を使用するか、sea level decompression table を使用するならば、減少した大気圧下に適用できるように修正する必要がある。

当社は本潜水作業にスイスの Bühlmann 教授らの開発した high-altitude decompression table<sup>1)</sup>(Swiss schedule) を使用し 1,501~2,000m above sea level 欄を適用した。減圧はすべて水中減圧を行った。8名の職業ダイバーによって416回

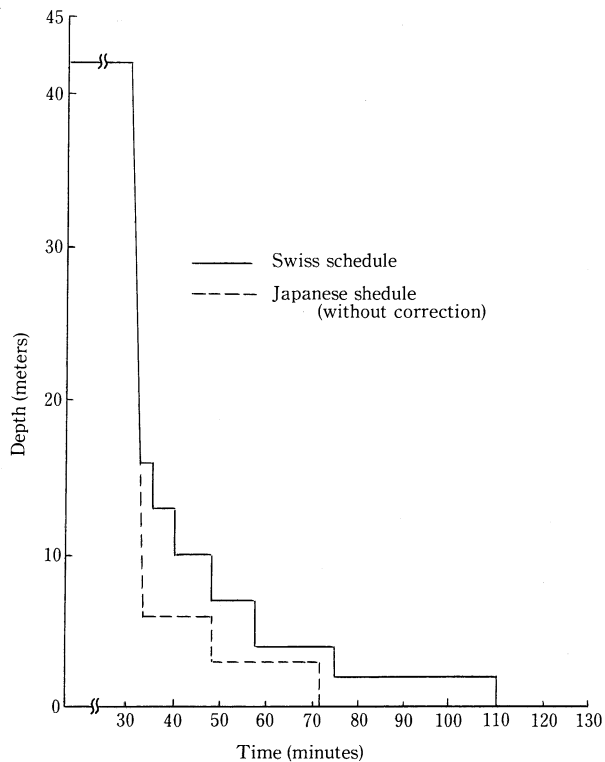
の潜水を行ったが、このうち27回は再潜水であった。これらダイバーの年齢は38+16才であった。8名のうち2名は検査ダイバーで、検査のためだけに潜水したのでこの2名の潜水回数合計は9回に過ぎなかった。潜水作業位置の水深、および各減圧停止水深はマークを付けたロープを水面より下げて計測した。滞底時間、上昇時間、減圧時間等の時間はストップウォッチを使用して厳密に計測し、各潜水終了毎に計測データを記録した。この結果、脳および中枢神経障害、関節痛、皮膚の変化等を含む不十分な減圧に起因するあらゆる減圧症の症状は発生しなかった。これらの減圧結果の詳細なデータは表1に示される。

## 結 語

当社が作業に着手する以前、すなわち1978年10月から1979年4月までの間、日本の某潜水会社が本潜水作業に従事し、約250回の潜水を行った。減圧表は日本の労働省高気圧障害防止規則別表第2 (Japanese schedule) を修正せずにそのまま使用した。その結果、参加ダイバー全員が減圧症に幾度も罹患し、再圧用のワンマンチャンバーで再圧しながら作業を続行したが、最後には現地の再圧だけでは完全に治癒させることができず作業を中断した。これらダイバーのうち5名は日本内地に

**表 1 Decompression Data of Actual Working Dives**

	<i>Number of dives</i>	<i>Depth (meters)</i>	<i>Atmospheric pressure (at.)</i>	<i>Total Pressure (at.)</i>	<i>Bottom time (min)</i>	<i>Decom. time (min)</i>	<i>Time interval (min)</i>
Nonrepetitive	5	3—30	0.81	1.11—3.81	7—45	0—16	
	1	35		4.31	7	13	
	1	35		4.31	30	55	
	1	36		4.41	20	31	
	1	38		4.61	11—15	24	
	2	38		4.61	16—20	31	
	2	38		4.61	21—25	44	
	4	38		4.61	26—30	55	
	2	40		4.81	16—20	31	
	5	40		4.81	26—30	55	
	8	42		5.01	11—15	30	
	19	42		5.01	16—20	42	
	32	42		5.01	21—25	54	
	306	42		5.01	26—30	76	
	<b>Total</b>	<b>389</b>					
Repetitive	1	35	0.81	4.31	4	7	266
	1	35		4.31	7	19	285
	1	35		4.31	26	55	185
	4	42		5.01	21—25	54	200—237
	6	42		5.01	23—27	76	156—189
	14	42		5.01	26—30	76	199—262
<b>Total</b>	<b>27</b>						



**图 2 Comparison of Decompression Schedules for 42m × 30min dive**

帰還後、酸素再圧治療を受けている。Swiss schedule と Japanese schedule の減圧傾向の比較は図2に示される。

高所における潜水に sea level decompression table を適用すれば減圧症を多発する可能性が高い。安全な潜水減圧のためには安全な sea level decompression table を適正に修正して使用するか、適正な high-altitude decompression table の採用が必要であると考え。少なくとも、イランの1,670mの高所における実作業潜水結果によれば、Swiss schedule は減圧症防止に非常に有効であった。

高所潜水減圧はこのわずか416回の実作業潜水で結論づけられるものではないが、今後の高所における実潜水作業、スポーツ潜水の安全な減圧の一つの指針となると思量される。

[参 考 文 献]

- 1) Böni, M., R. Schibili, P. Nussberger and A.A. Bühlmann: Diving at diminished atmospheric pressure: air decompression schedules for different altitude. Undersea Biomedical Research 3:189-204, 1976
- 2) Bell, R. L., and R. E. Borgwardt: The theory of high-altitude corrections to the U. S. Navy Standard Decompression Tables. The Cross Corrections. Undersea Biomedical Research 3:1-23, 1976
- 3) 伊藤敦之, 山田淳, 田中義郎, 大岩弘典: 高所潜水に於ける減圧. 日本高気圧環境医学会雑誌 14:72-74, 1979
- 4) 労働省: 高気圧障害防止規則別表第2. 労働安全衛生法, 1973

## 関連国際学会のお知らせ

学会名

7th Annual Conference on the Clinical Application of Hyperbaric Oxygen

会 期

June 9 - 11, 1982

場 所

Disneyland Hotel (Anaheim, California, USA)

上記学会に関する Announcement 及び Applicatinn Form が学会事務所宛に届いております。詳細は下記宛ご照会ください。

〒466 名古屋市昭和区鶴舞町65

名古屋大学病院高気圧治療部

日本高気圧環境医学会事務所

高 橋 英 世