

潜水・潜函作業に伴う障害

10症例

日本高気圧環境・潜水医学会
減圧障害対策委員会 監修

1

| 症例集 | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|----|----------|------------|---------|---------|-----------|-------------|----------|--------|----------|---------|
| No | 症例 | | | 診断名1 | 診断名2 | キーワード | | | | | | |
| 1 | 50代 | 男性 | 潜函工 | 減圧症 | | 大理石斑 | 重症度把握 | 血圧と輸液 | 肺酸素中毒 | 酸素中毒対処 | 不適切な再圧 | 発症要因 |
| 2 | 30代 | 男性 | 潜水土 | 脳酸素中毒 | 動脈ガス塞栓症 | 水中酸素減圧 | 意識消失 | ドクヘリ搬送 | 再圧治療 | バディ潜水 | 水上送気式潜水 | 治療開始遅延 |
| 3 | 40代 | 男性 | 潜水土 | 脳酸素中毒 | 動脈ガス塞栓症 | 意識消失 | 混合ガス潜水 | 呼吸ガス切り替え | 窒素麻酔 | 急浮上 | ダイバー揚収 | 再圧室設置基準 |
| 4 | 40代 | 男性 | 潜水土 | 低酸素症 | 動脈ガス塞栓症 | 意識消失 | 離脱効果 | 酸素減圧 | ガス切り替え | バディ潜水 | | |
| 5 | 40代 | 男性 | 潜水土 | 動脈ガス塞栓症 | 溺水 | 意識消失 | 残圧0 | 水深9m | スクーバ | 単独潜水 | | |
| 6 | 40代 | 男性 | 潜水土 | 脳酸素中毒 | 空気塞栓症 | 炭酸ガス蓄積 | 視野狭窄、意識消失 | 制御範囲とリスク | 酸素中毒発症要因 | | | |
| 7 | 50代 | 男性 | インストラクター | 浸漬性肺水腫 | 肺過膨張症候群 | 僧帽弁閉鎖不全 | 酸素需要増 | 呼吸不全進行 | 発症3日後の再圧 | 治療戦略 | 血管内皮細胞障害 | |
| 8 | 60代 | 男性 | 潜水土 | 空気塞栓症 | | 右左シャント | 窒素負荷量 | 第1種装置対応 | 応急対処 | 施設間連携 | ヘリ搬送 | 治療戦略 |
| 9 | 50代 | 男性 | 潜水土 | 肥大型心筋症 | 浸漬性肺水腫 | 低酸素血症 | 急性冠症候群 | 高血圧 | 動脈ガス塞栓症 | 気腫性肺嚢胞 | 冠動脈狭窄 | 健康診断 |
| 10 | 70代 | 男性 | 採貝漁師 | ヘルメット・スキーズ | 動脈ガス塞栓症 | 軟式潜水 | 逆止弁 | ドライスーツ・スキーズ | 窒息 | 気道閉塞 | 肺腔内圧上昇 | 呼吸停止 |

2

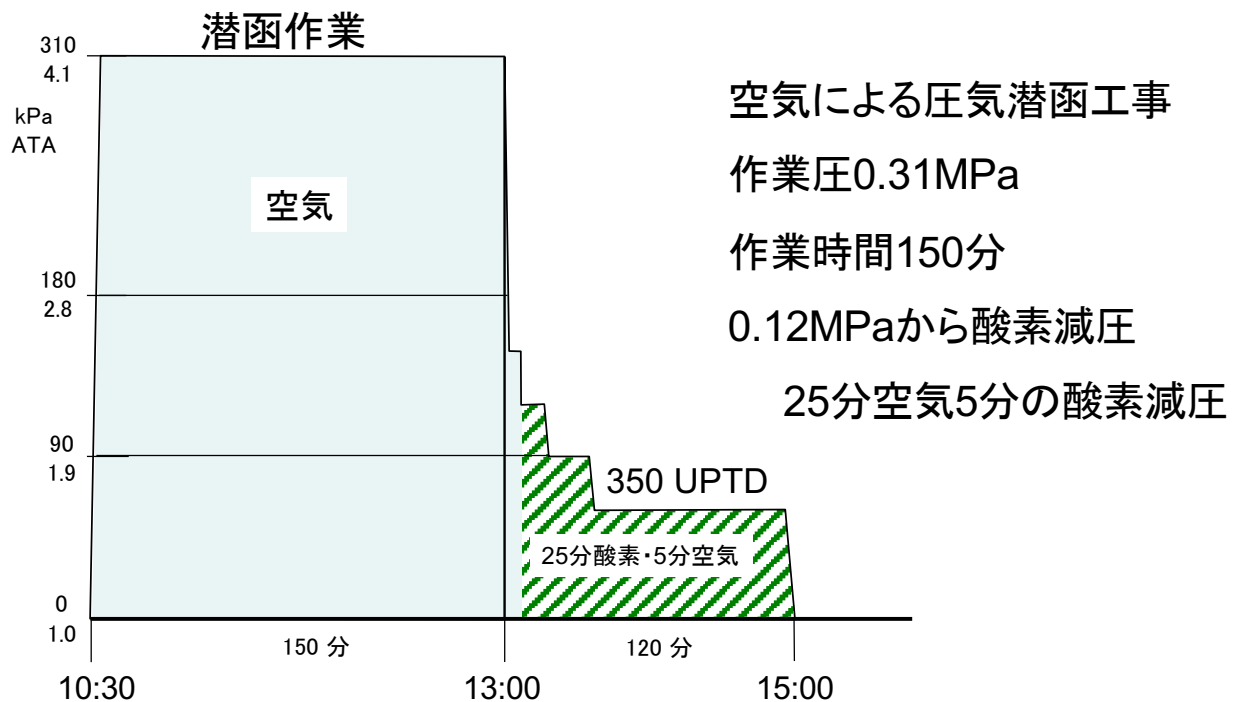
症例1

50代 男性 潜函工

3

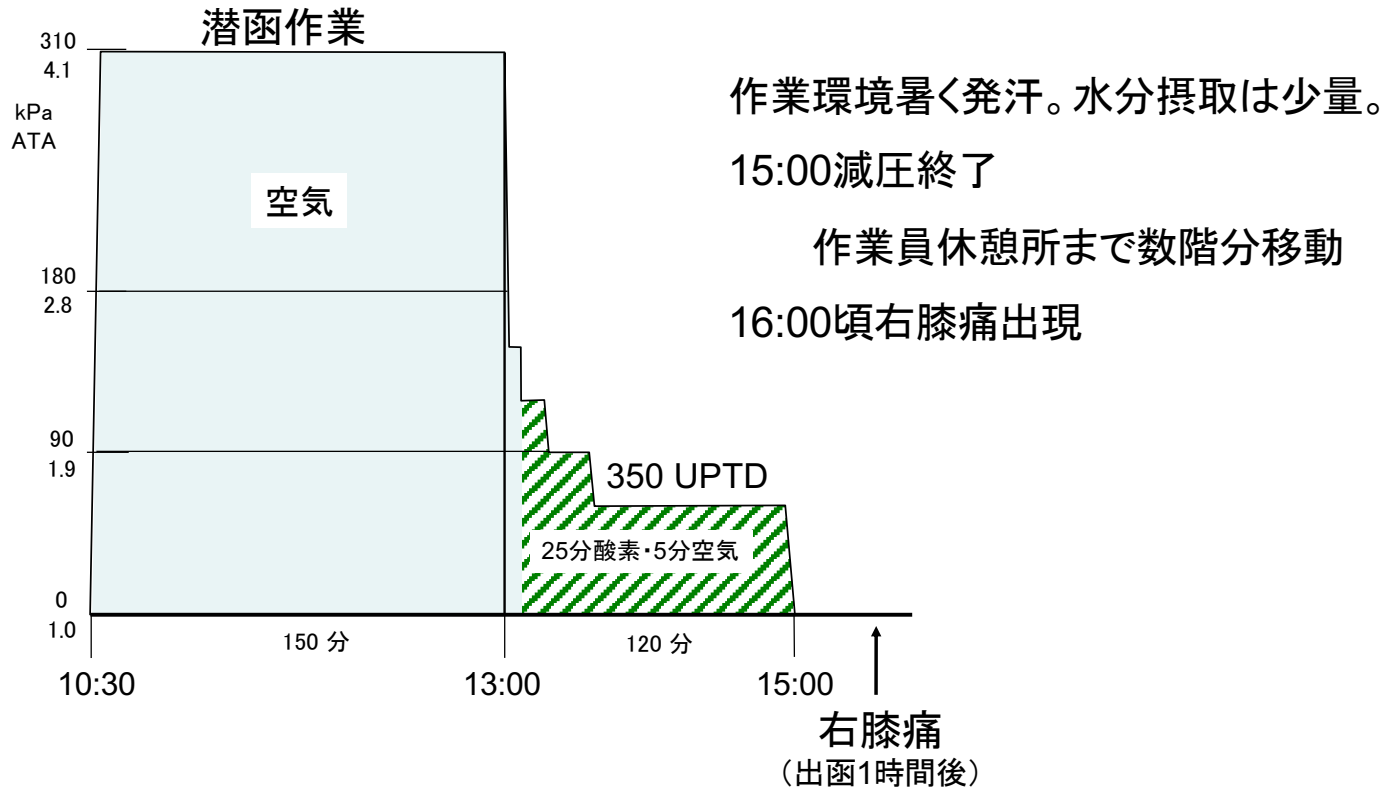
【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】

3日前と前日にも同じ圧気作業(作業圧0.31MPa、作業時間150分)に従事



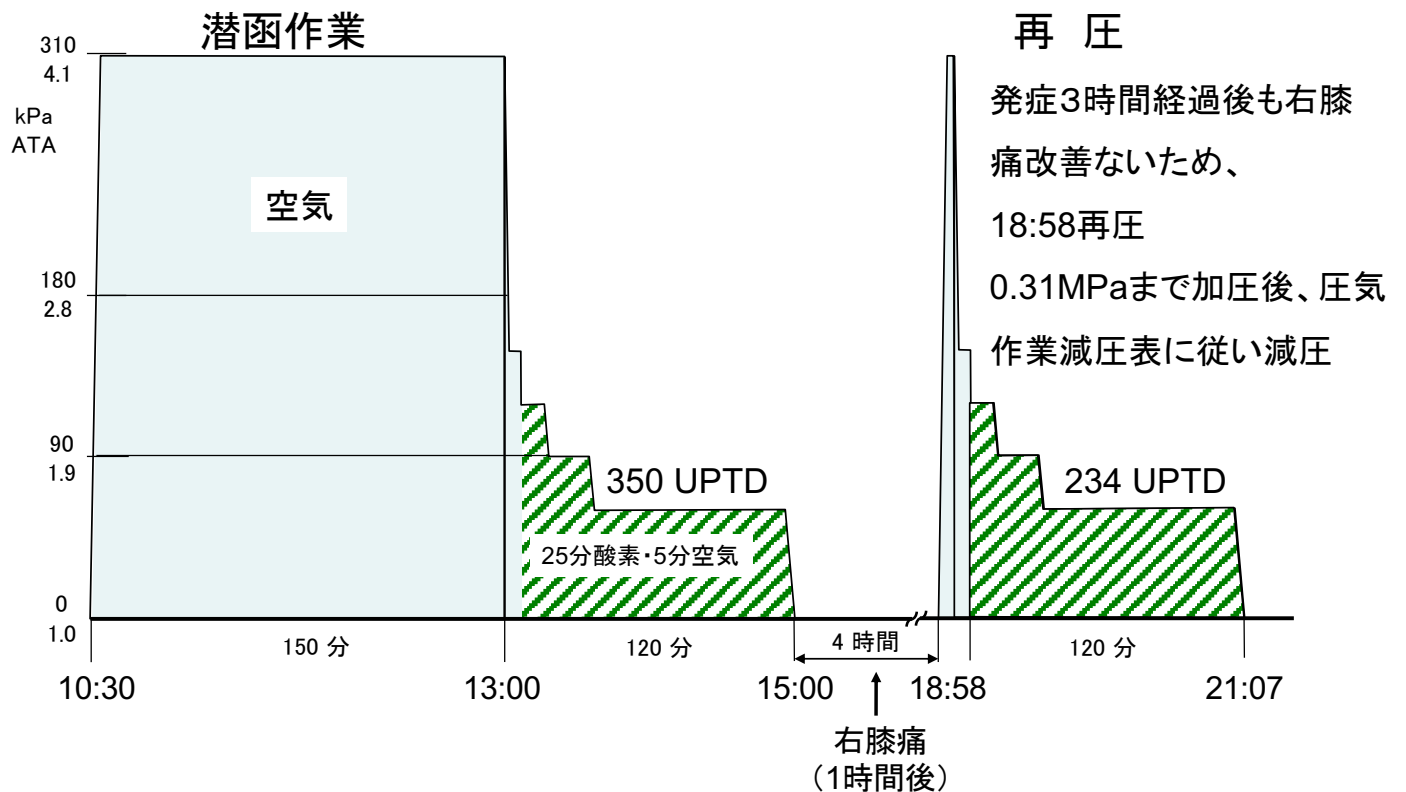
4

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】



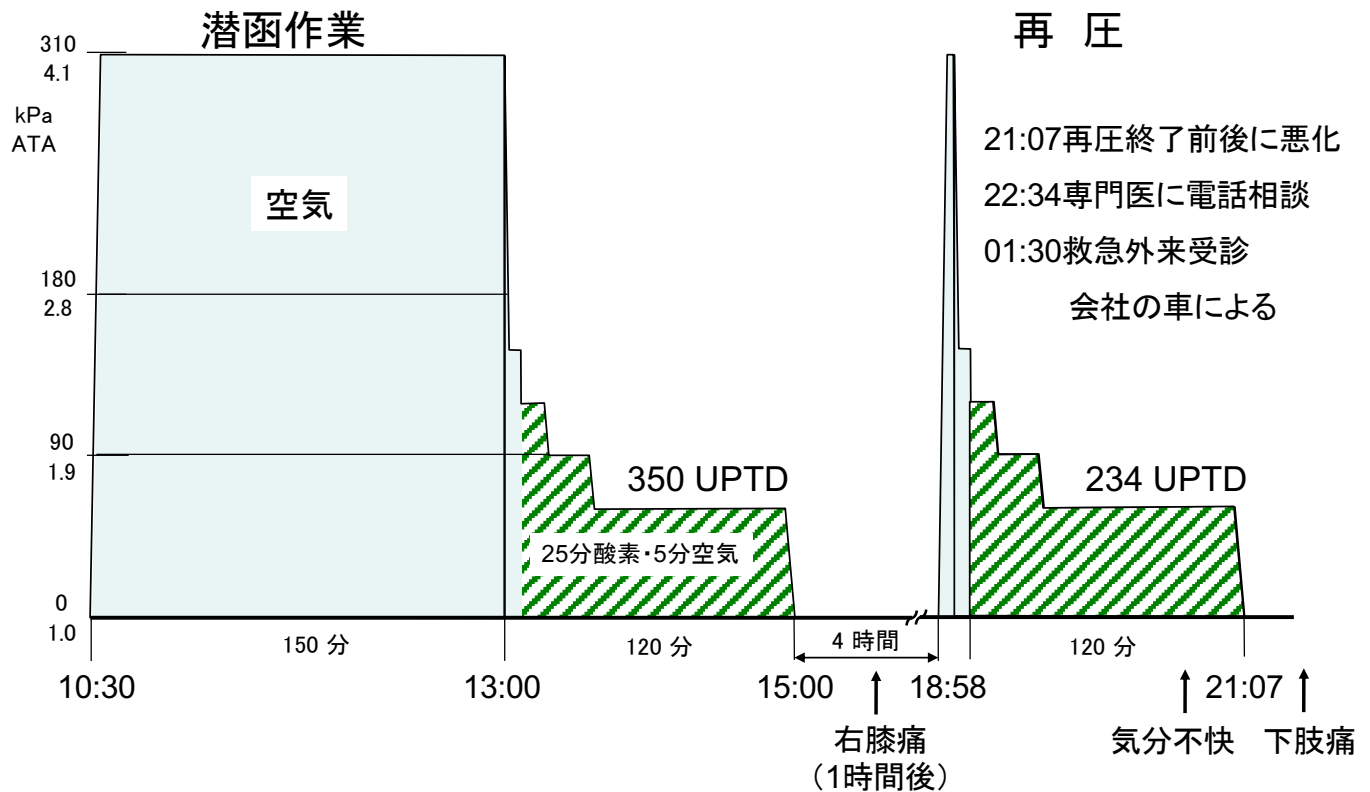
5

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】



6

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】



7

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】

問題点リスト：病院到着前

- 0.31MPa,150分: 長時間の曝露
- 酸素減圧
- 再圧後も下肢痛
- 産業医不在
- 医療機関への連絡
 - 遅延
 - 症状・状態の伝達
 - 搬送手段

8

救急外来初診時 診察・検査所見

主訴: 両下腿痛 腹部のぴりぴりした痛み

既往歴: 減圧症なし, 高血圧

身長174cm, 体重92kg, 血圧110/62mmHg, 脈拍60, 呼吸16,

SaO₂96%(室内空気), 体温37.0°C, 貧血(-), 黄疸(-), 口腔咽頭所見(-),

頸静脈怒張(-), 呼吸音: 清, 心音: 整, 腹部: 圧痛(-),

大理石斑: 腹部・右大腿部, 腱反射正常, 触覚・痛覚異常(-), 眼振(-),

ロンベルグ徴候: 陰性, 反復拮抗運動障害(-),

9

問題点リスト

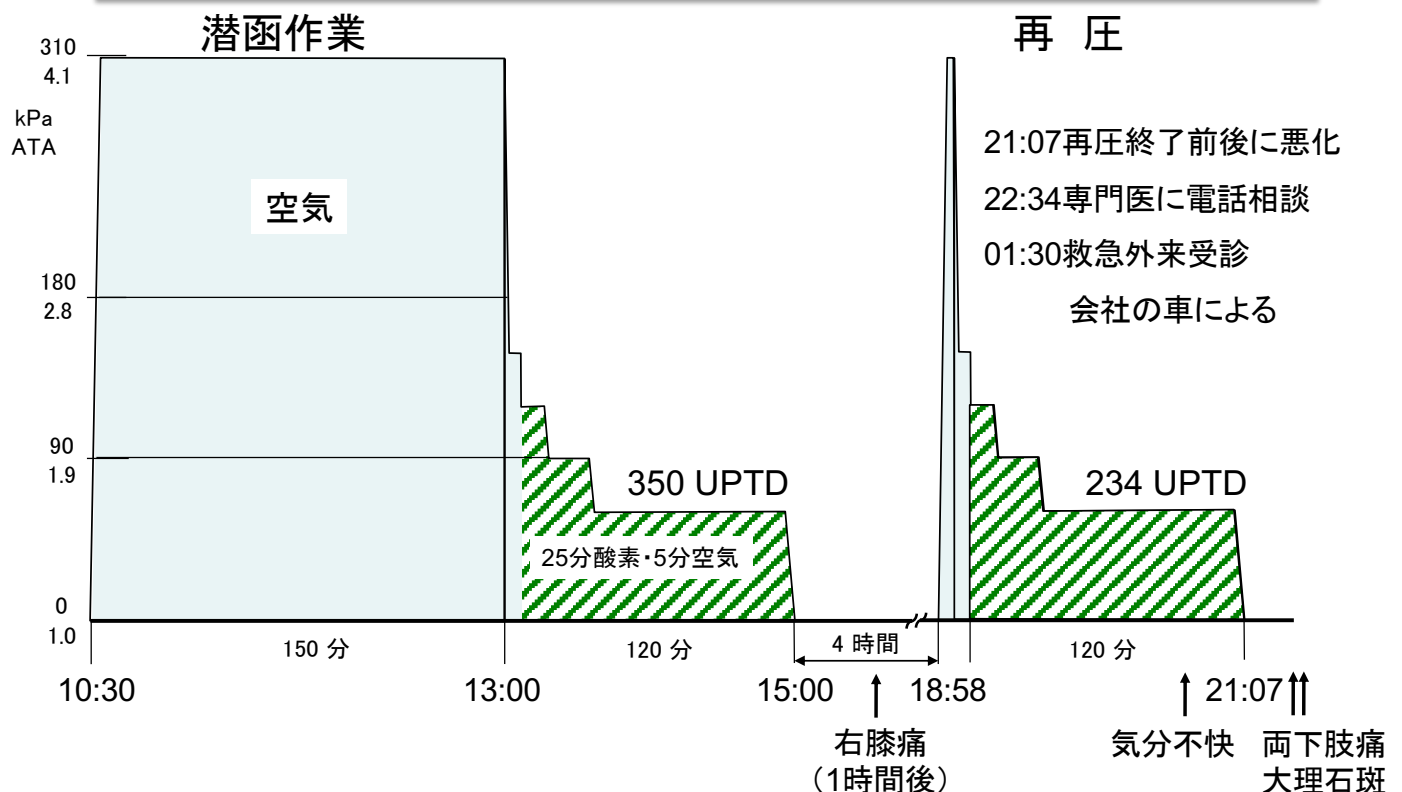
- 過大な窒素ガス負荷
 - 脱水: 作業中の発汗 飲水不足
 - 肥満 BMI 30.4
 - 減圧終了後の階段昇降
 - 再圧後に病状進展
 - 膝痛→両下肢痛
 - 気分不快
 - **大理石斑**
 - 再圧終了から4時間半
- 外来診察で判明
 - 病院到着前
 - 情報不足
 - 情報不確実
 - 治療開始の遅れ

問題点リスト

- 過大な窒素ガス負荷
 - 脱水: 作業中の発汗 飲水不足
 - 肥満 BMI 30.4
 - 減圧終了後の階段昇降
- 発症要因
-
- 再圧後に病状進展
 - 膝痛→両下肢痛
 - 気分不快
 - 大理石斑
- 不適切な再圧
-
- 再圧終了から4時間半
- 治療開始の遅れ

11

0.31MPa 150分の潜函作業後に発症し、不適切な再圧にて重症化



12

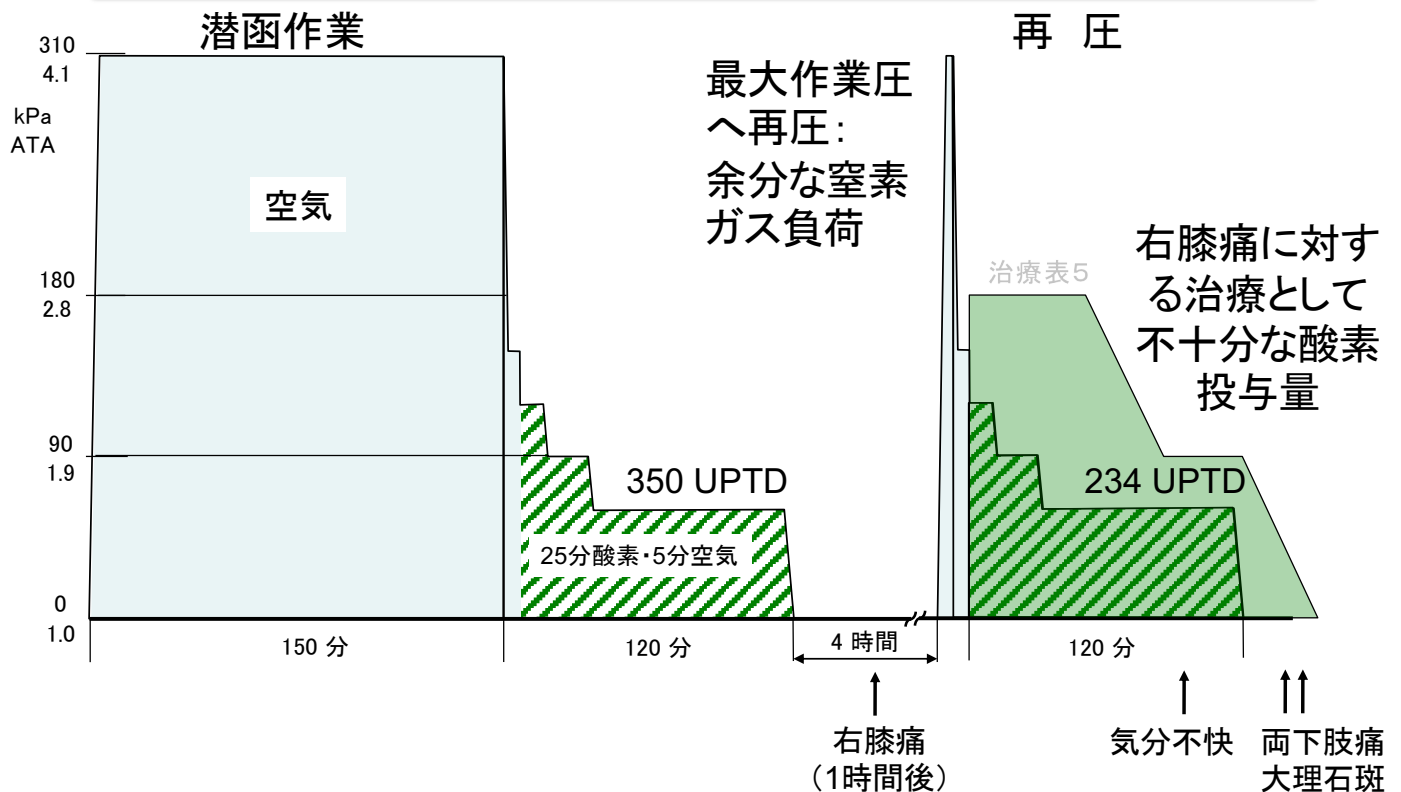
減圧症の重症化

発症例に対する不適切な再圧 治療開始の遅れ

13

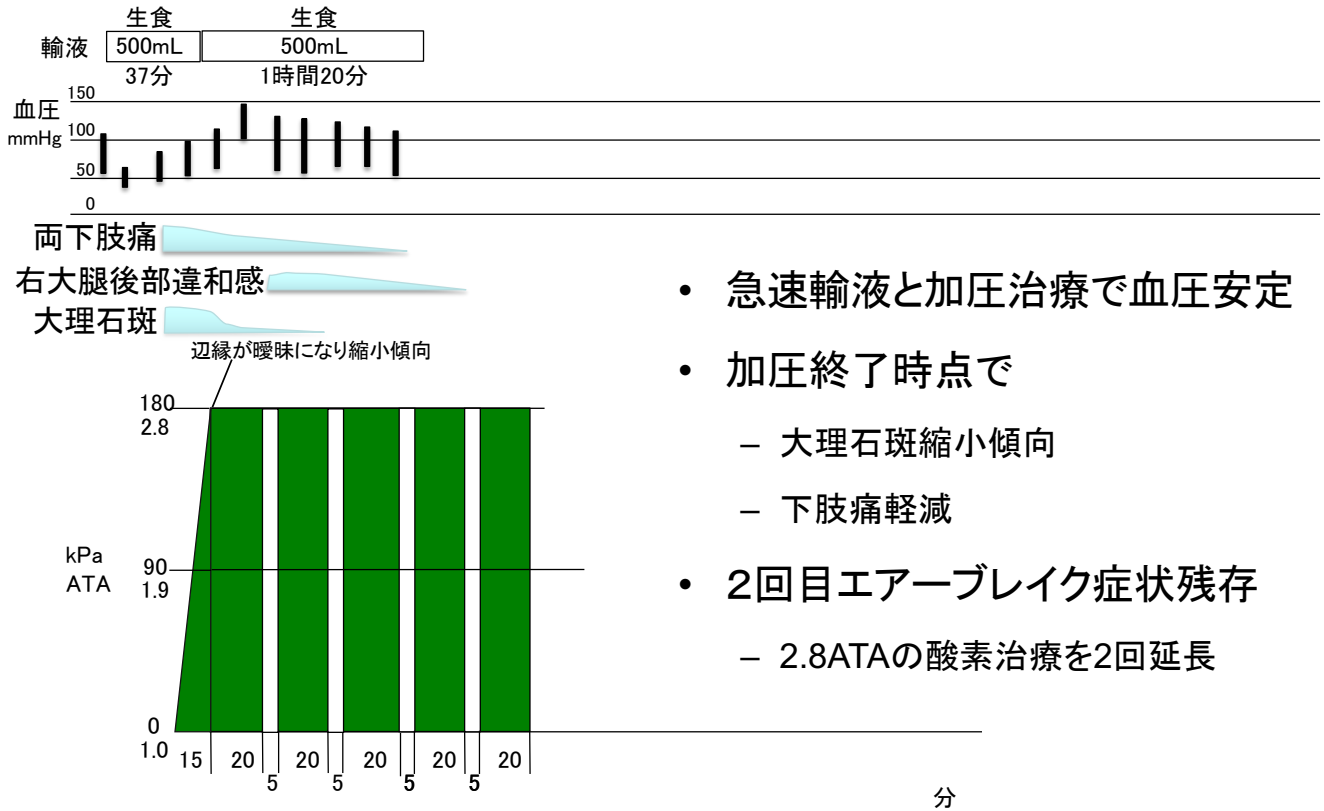
【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】

0.31MPa 150分の潜函作業後に発症し、不適切な再圧にて重症化



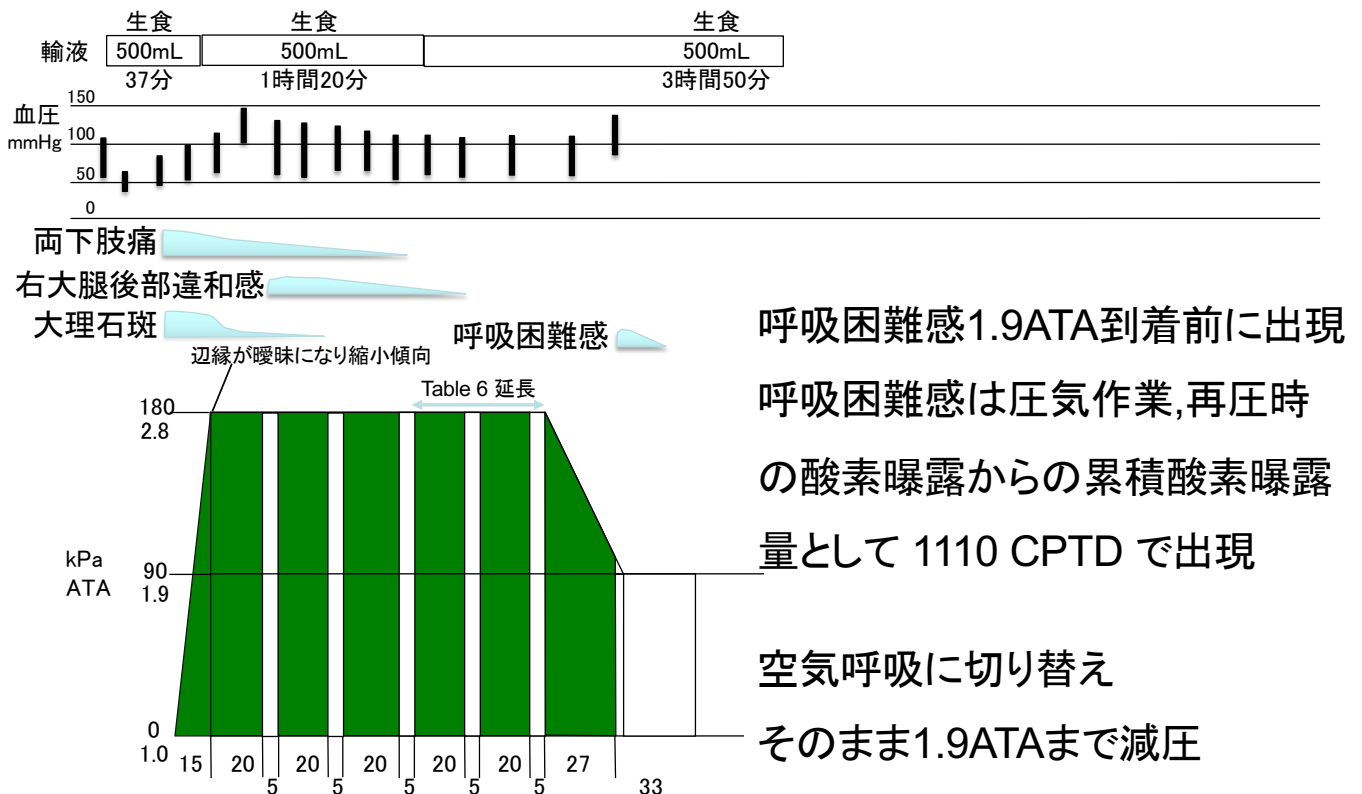
14

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】
減圧症に対して再圧治療



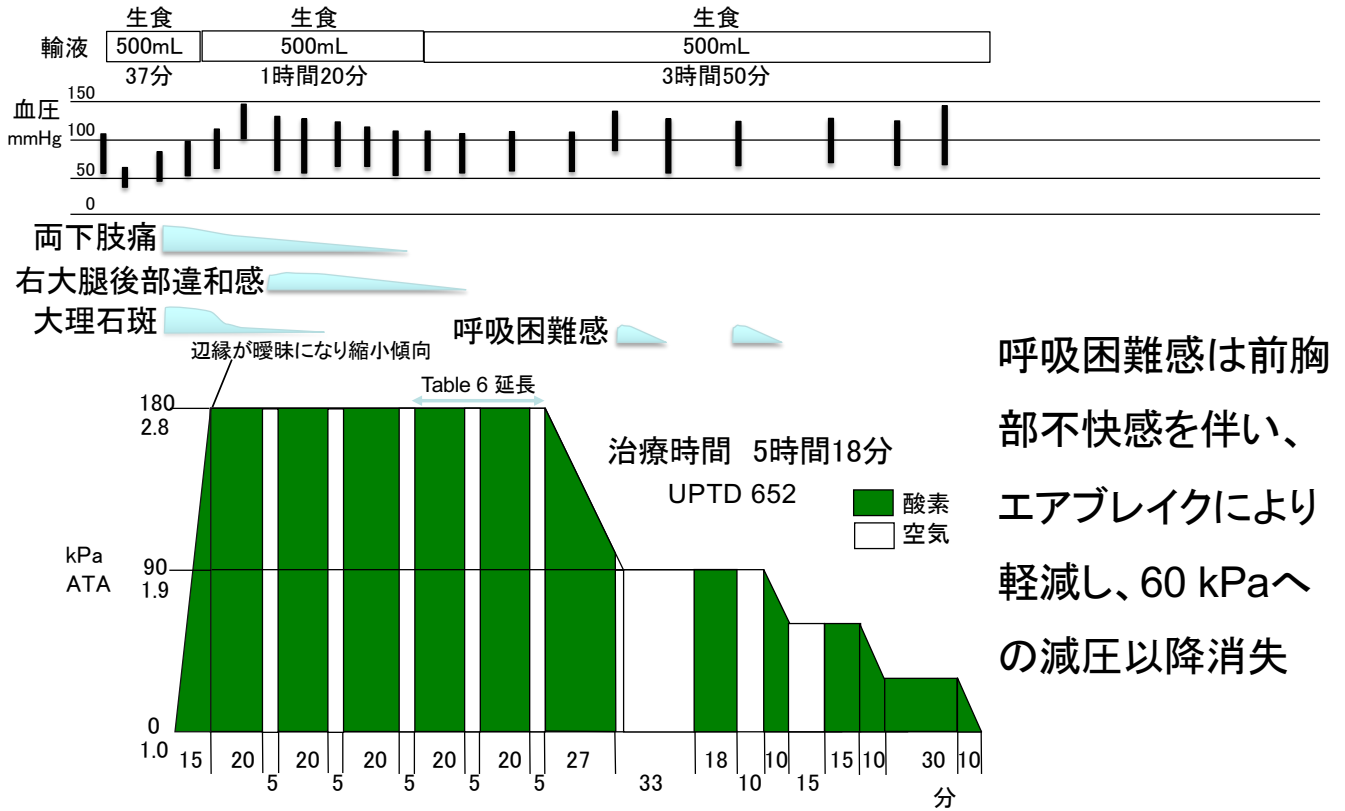
15

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】
再圧治療による臨床経過



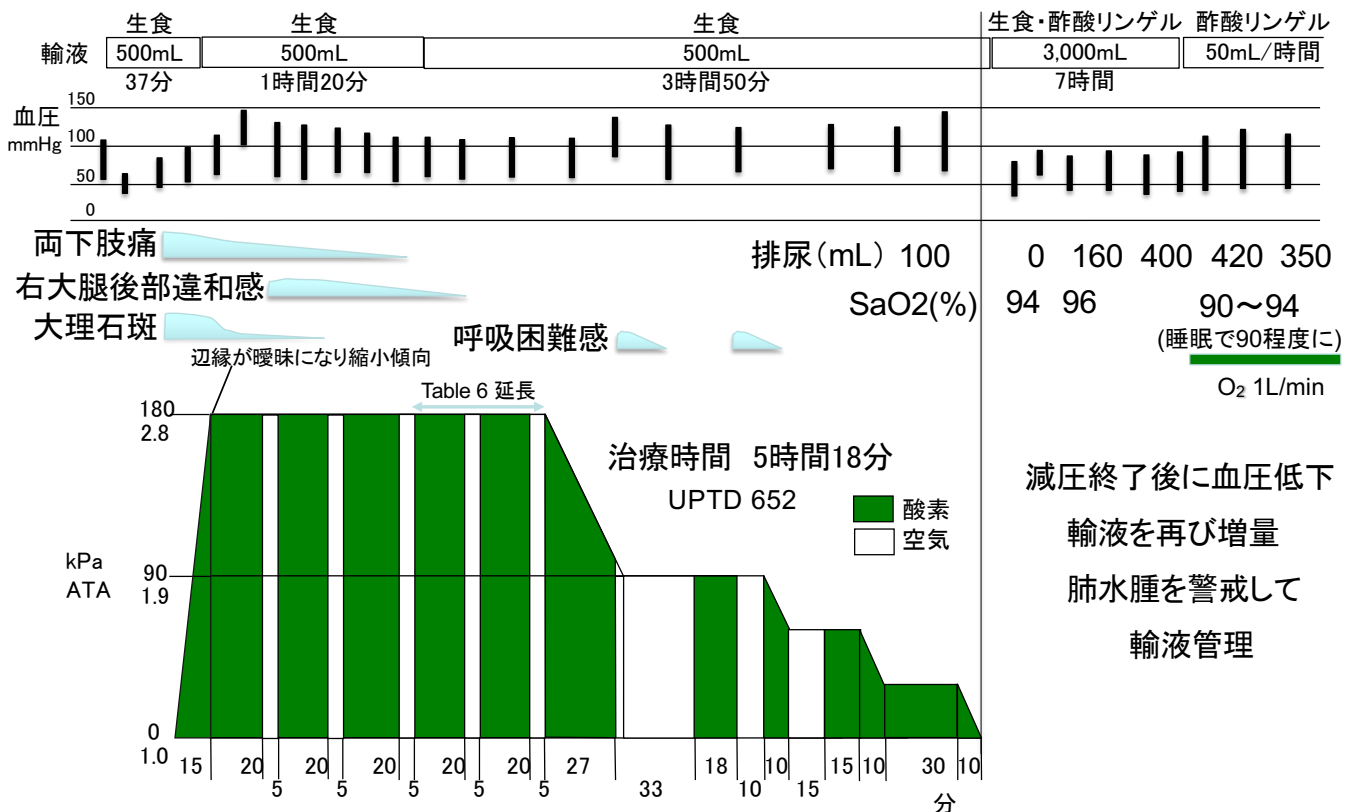
16

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】
再圧治療による臨床経過



17

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】
再圧治療による臨床経過



18

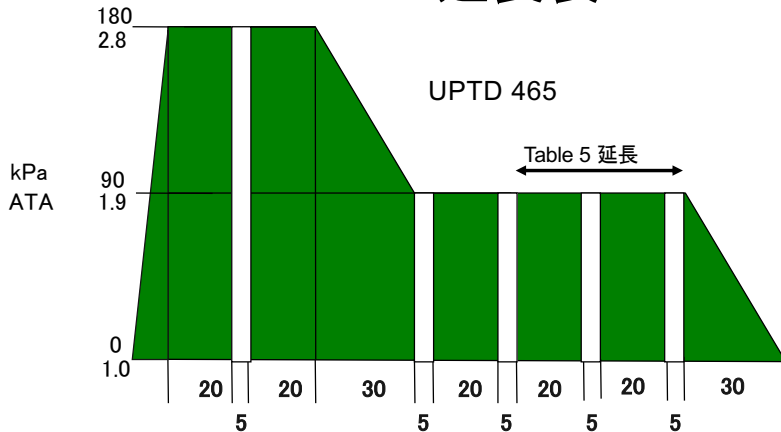
【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】

第2病日

- 呼吸循環状態改善
- 右大腿後部若干の違和感のみ

第3病日

Table5延長表



- 前治療終了26時間後に2回目の再圧治療
- 酸素中毒に配慮
- 治療後症状消失
- 第4病日症状消失を確認して退院

19

【症例1 50歳代 男性 圧気潜函工事作業員】

症例1の特徴

- 過大な窒素負荷の後の酸素減圧
- 脱水、肥満、減圧後階段昇降が誘引
- 不適切な再圧による増悪
- 治療開始遅延による重症化
- 血圧低下と補液
- 高気圧酸素治療中の肺酸素中毒と対処
- 治療後の血圧低下と輸液管理
- 追加治療と酸素中毒

20

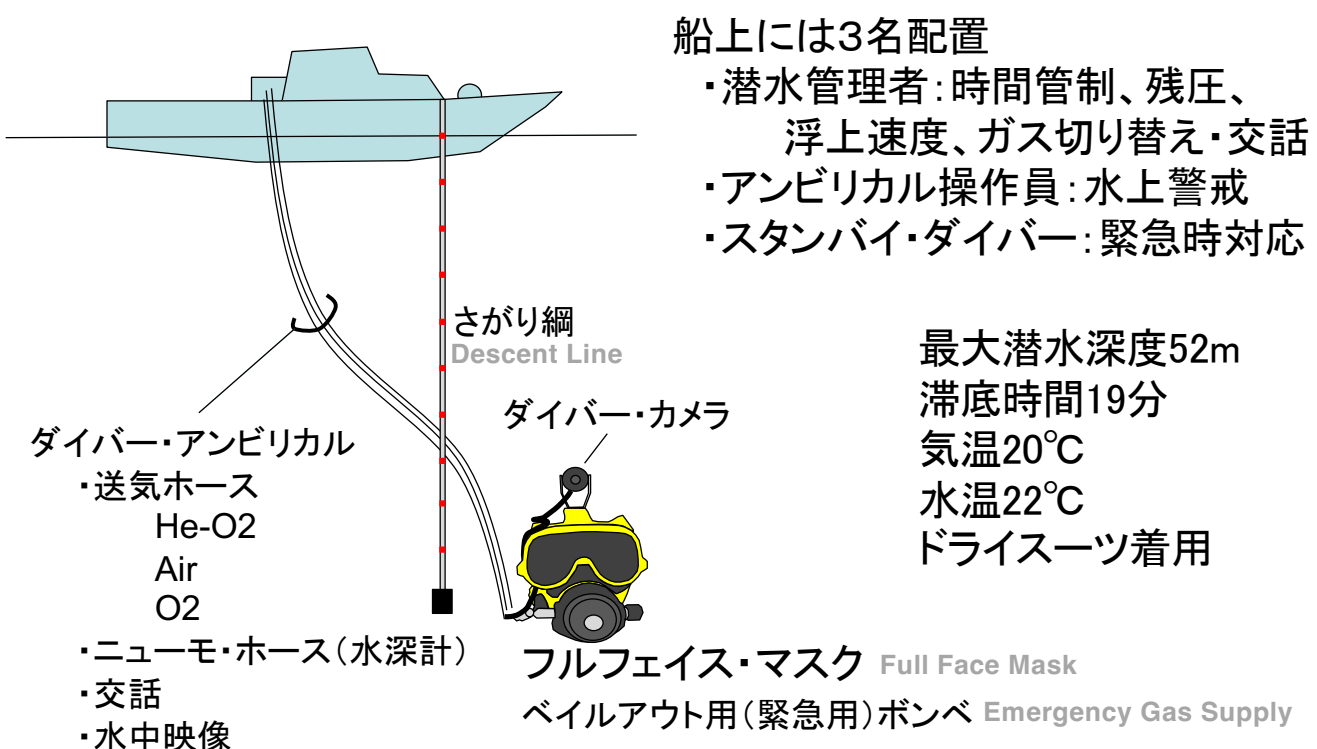
症例2

30代 男性 潜水士

21

【症例2 30歳代 男性 潜水士】 潜水歴12年 800回(主にフーカー式空気潜水)

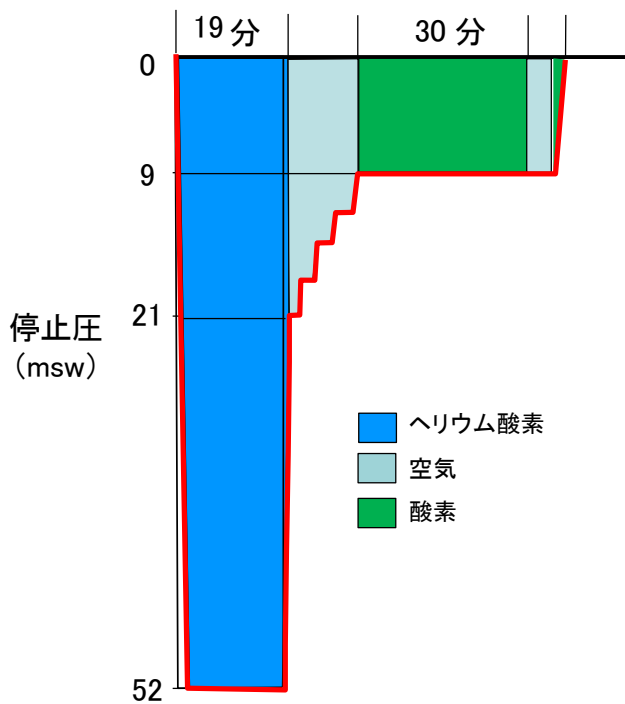
港外にて水上送気式混合ガス(ヘリウム酸素)潜水を単独で実施



22

【症例2 30歳代 男性 潜水土】

水上送気式混合ガス潜水 最大潜水深度52m 滞底時間19分

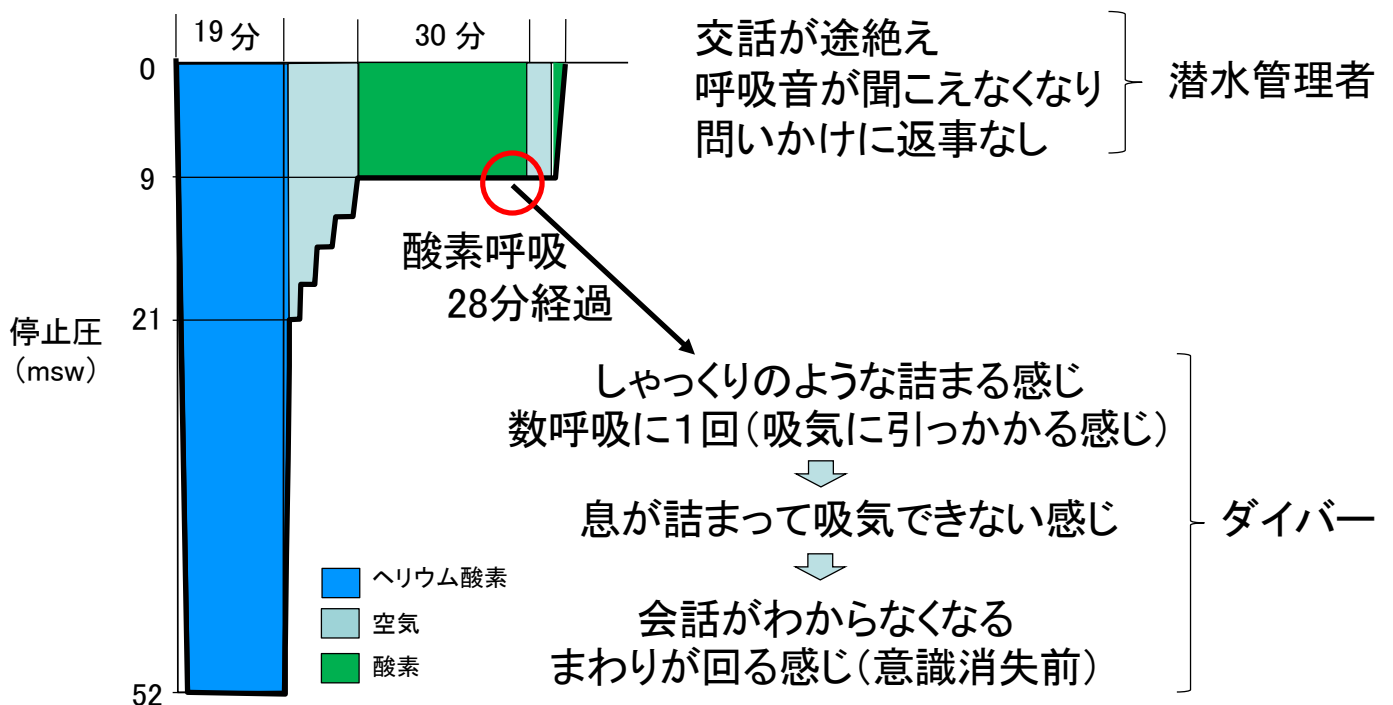


ヘリオックス潜水・水中酸素
減圧表に従い、21m2分、18m3
分、15m3分、12m4分の空気呼
吸に引き続き、9mにて30分間
の予定で酸素減圧を実施した。
減圧深度では潜降索(さがり
綱)を用いて減圧を行った。

23

【症例2 30歳代 男性 潜水土】

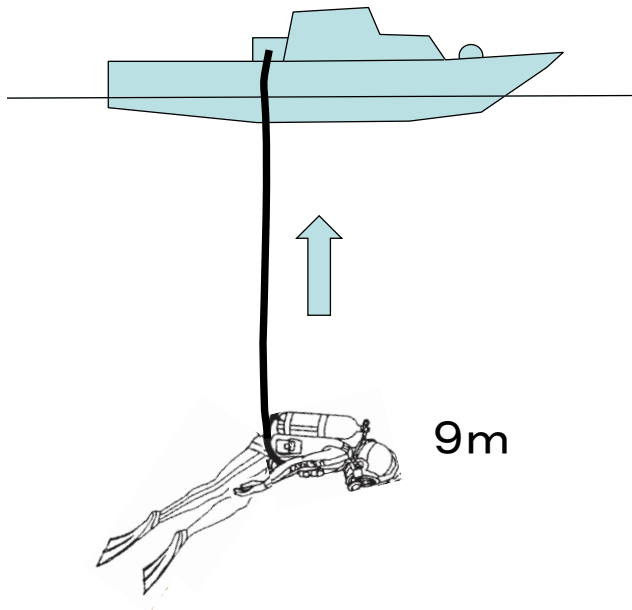
水上送気式混合ガス潜水 最大潜水深度52m 滞底時間19分



24

【症例2 30歳代 男性 潜水土】

水上送気式混合ガス潜水 最大潜水深度52m 滞底時間19分



ダイバーアンビリカルをたぐって
ダイバーを引き上げ(9mから)、
スタンバイダイバーが水面近くで
救助した。

25

【症例2 30歳代 男性 潜水土】

水上送気式混合ガス潜水 最大潜水深度52m 滞底時間19分
9mで酸素減圧中に意識消失 9mから水面へ引き揚げ

水面でマスクを外したところ、口から泡をふいていた。
船上に引き上げ後は意識なく、いびきをかき始め、5
分後に開眼あり、呼びかけには反応せず閉眼した。
港に向かう間、15分後に呼びかけに反応して体動が
あり、その10分後に名前の呼びかけに開眼した。

26

【症例2 30歳代 男性 潜水土】

水上送気式混合ガス潜水 最大潜水深度52m 滞底時間19分
9mで酸素減圧中に意識消失 9mから水面へ引き揚げ

診 断:

中枢神経系酸素中毒

動脈ガス塞栓症

27

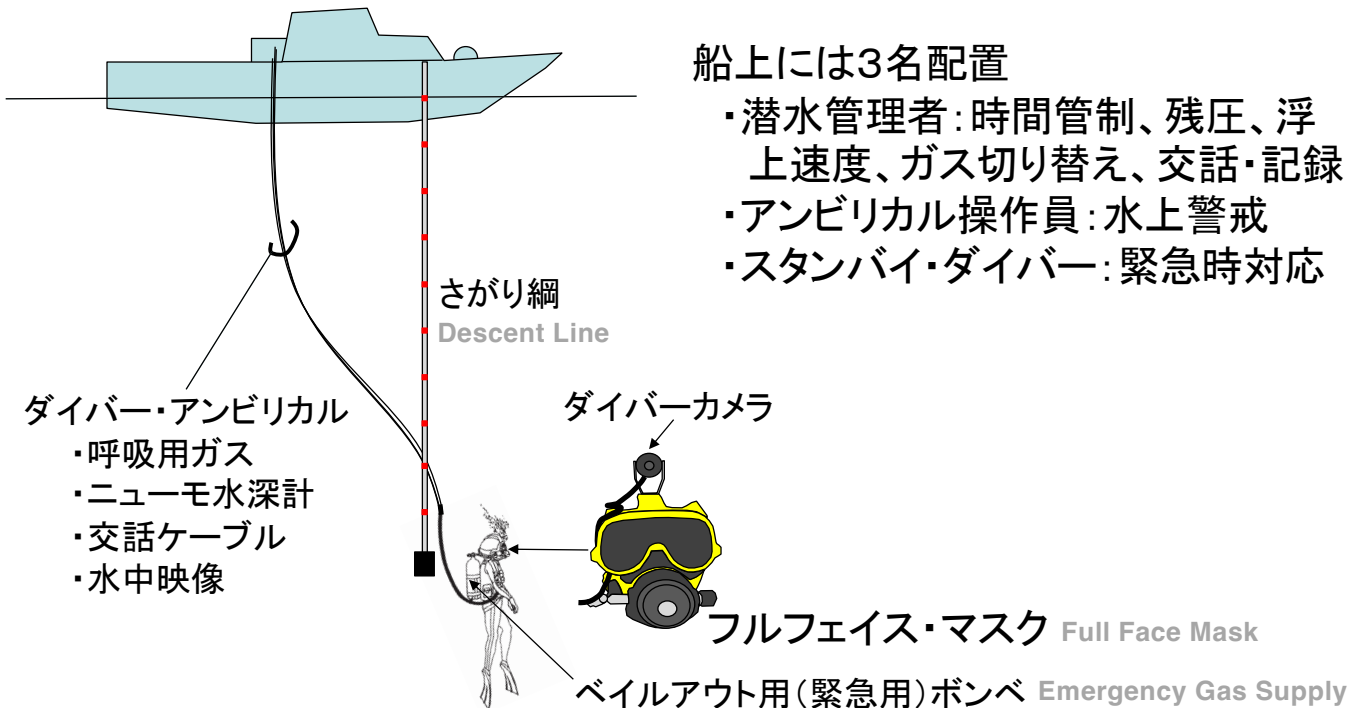
症例3

40代 男性
潜水土

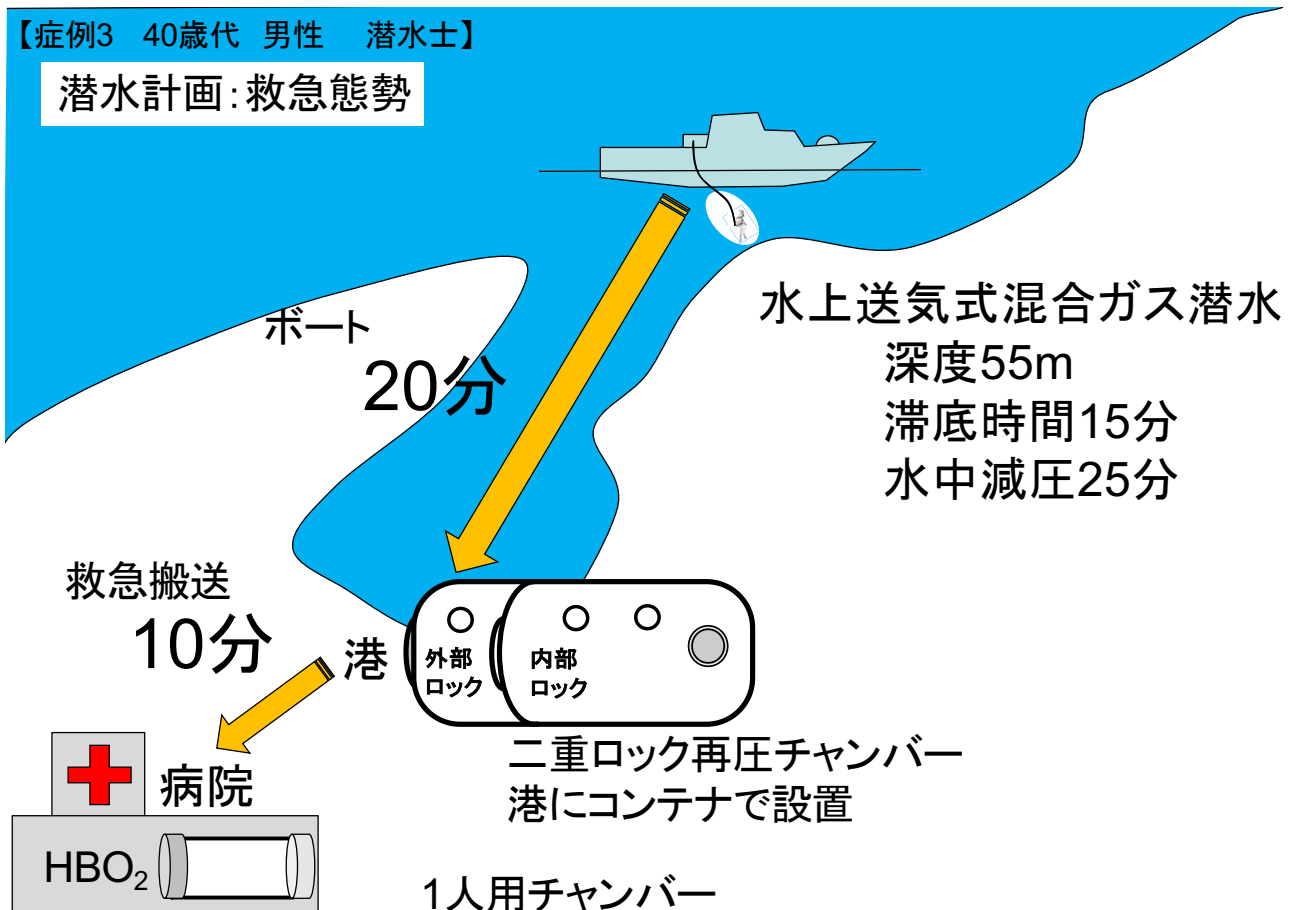
28

【症例3 40歳代 男性 潜水土】 潜水歴24年 初めての混合ガス潜水で前日に続く2回目の潜水

岸壁から20分の港外にて水上送気式混合ガス潜水を単独で実施



29

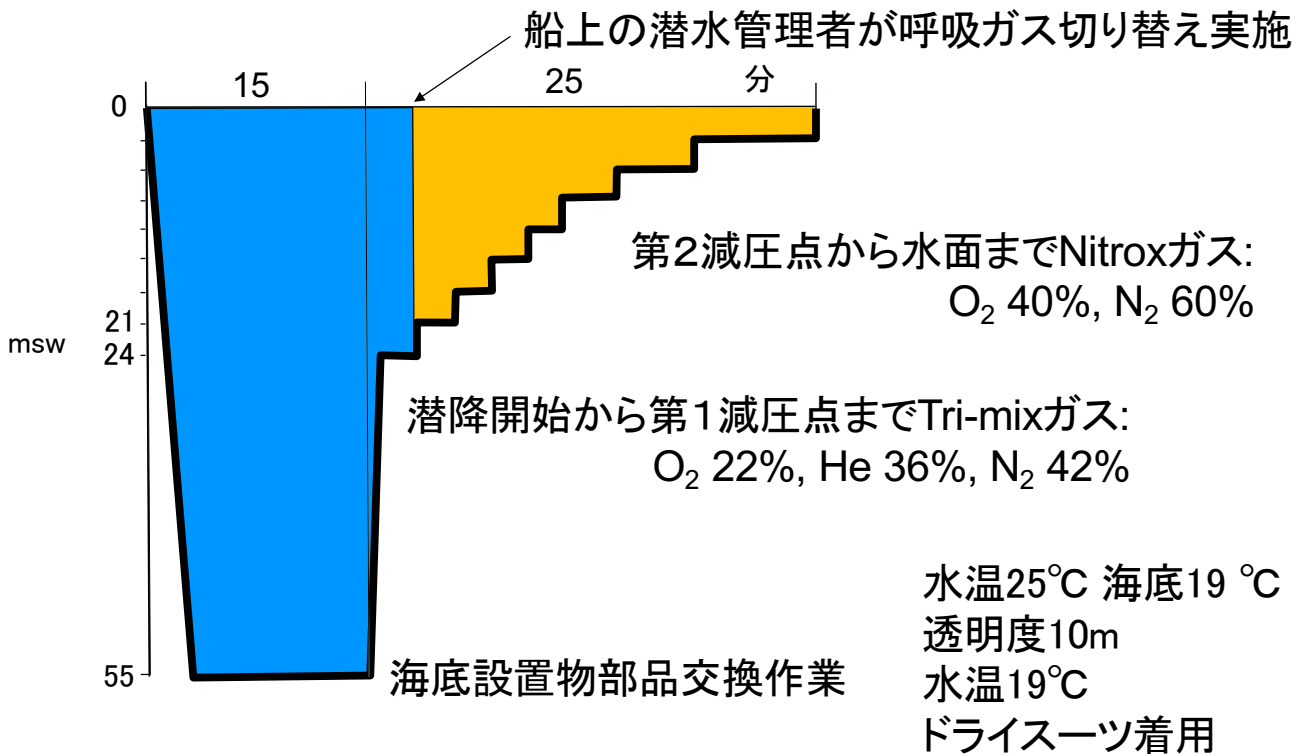


30

【症例3 40歳代 男性 潜水土】

潜水計画

水上送気式混合ガス潜水 深度55m 滞底時間15分予定

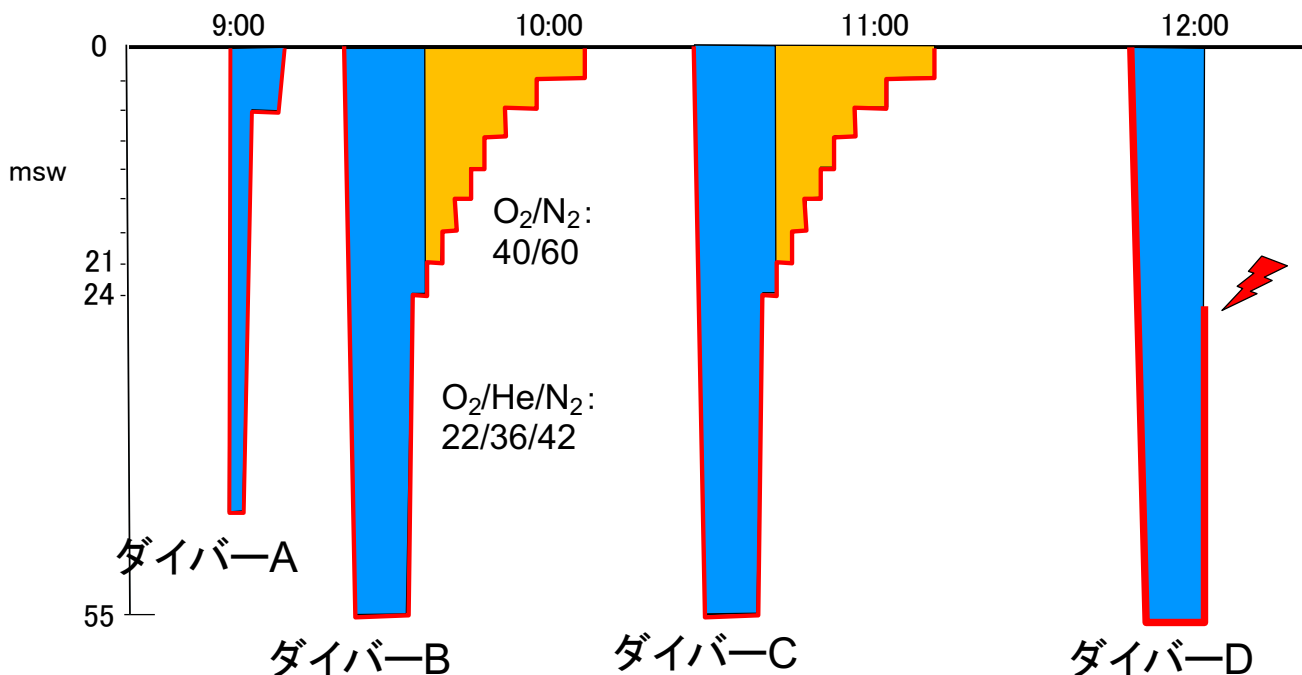


31

【症例3 40歳代 男性 潜水土】

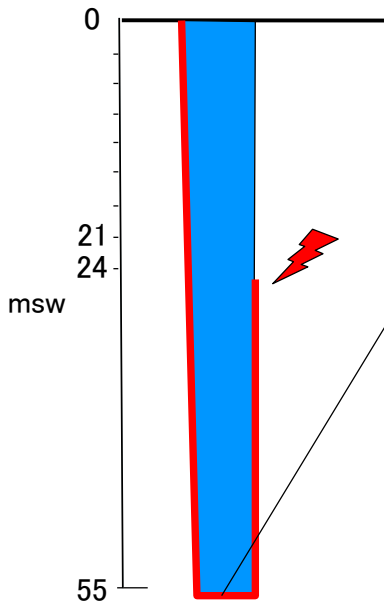
水上送気式混合ガス潜水 深度55m 滞底時間15分

ダイバーAは、耳抜き不良のため潜水中止 ダイバーB,Cは潜水後異常なし
ダイバーDが浮上途中に意識消失



32

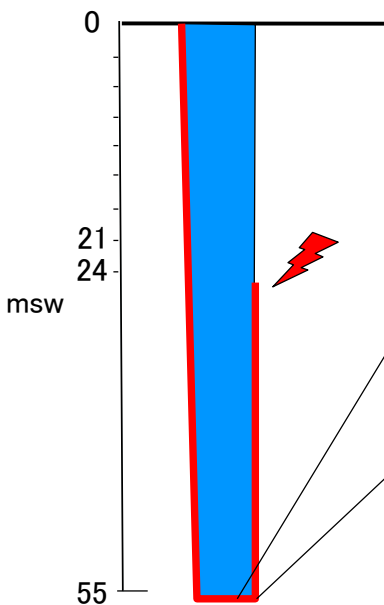
【症例3 40歳代 男性 潜水土】



海底到着後、部品回収準備を始めたが、準備中に回収用ロープを手放してしまい、予定作業ができなくなった。船上ではロープを手放したことに気づかなかつた。ダイバーからは報告がないまま、予定と違う作業をし出したので、回収作業について再度指示するとロープを流したと返答あり。

33

【症例3 40歳代 男性 潜水土】

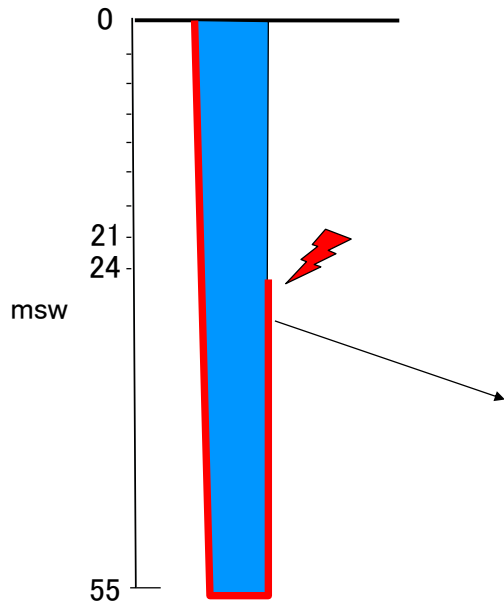


別な作業として、部品取り外しを指示するも、異なる作業を始めたため、浮上準備を指示。

準備OKの返答と同時に浮上開始
浮上についてはカメラモニター上、異状なし

34

【症例3 40歳代 男性 潜水士】



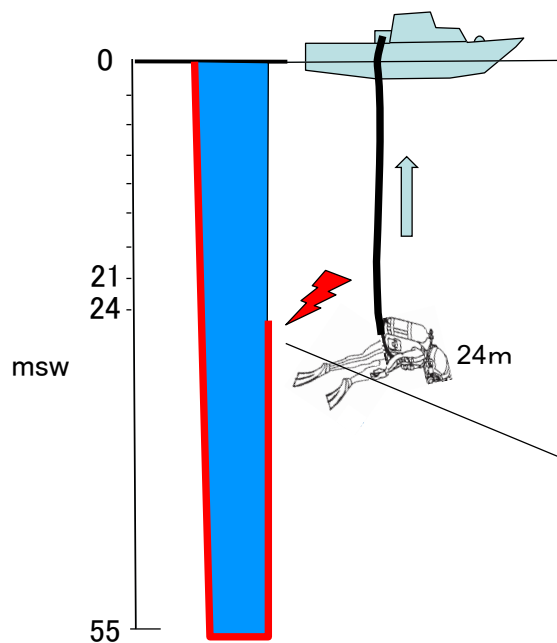
送気音とまり、モニターは海面を映す映像、アンビリアルホースに加重が加わる
(明らかにぶら下がった状態) **意識消失**



25m付近で「おかしい、上がる」と返答後、浮上速度早くなり始め、呼吸も速くなった感じ

35

【症例3 40歳代 男性 潜水士】



水面では
ドライスーツがパンパンに膨れる
the dry suit became grossly overinflated



途中から吹き上げ

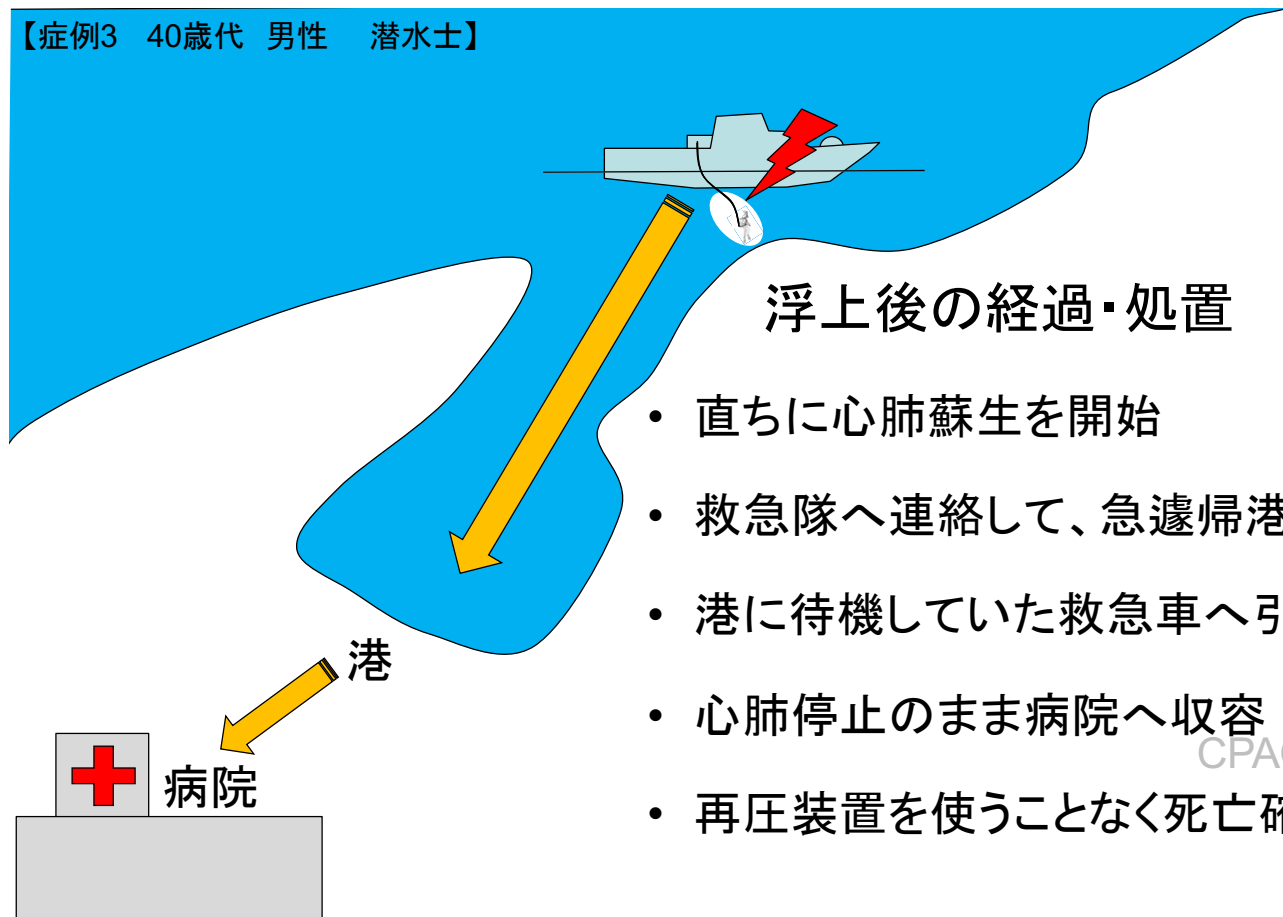


アンビリアルホースを手繰り上げる
完全にぶら下がりの状態

船上でバンドマスクを外すと、口から茶色の泡を吹いて、意識なく呼吸停止状態

参考 <https://www.youtube.com/watch?v=IMJcFQLsH74>

36



37

症例3の特徴

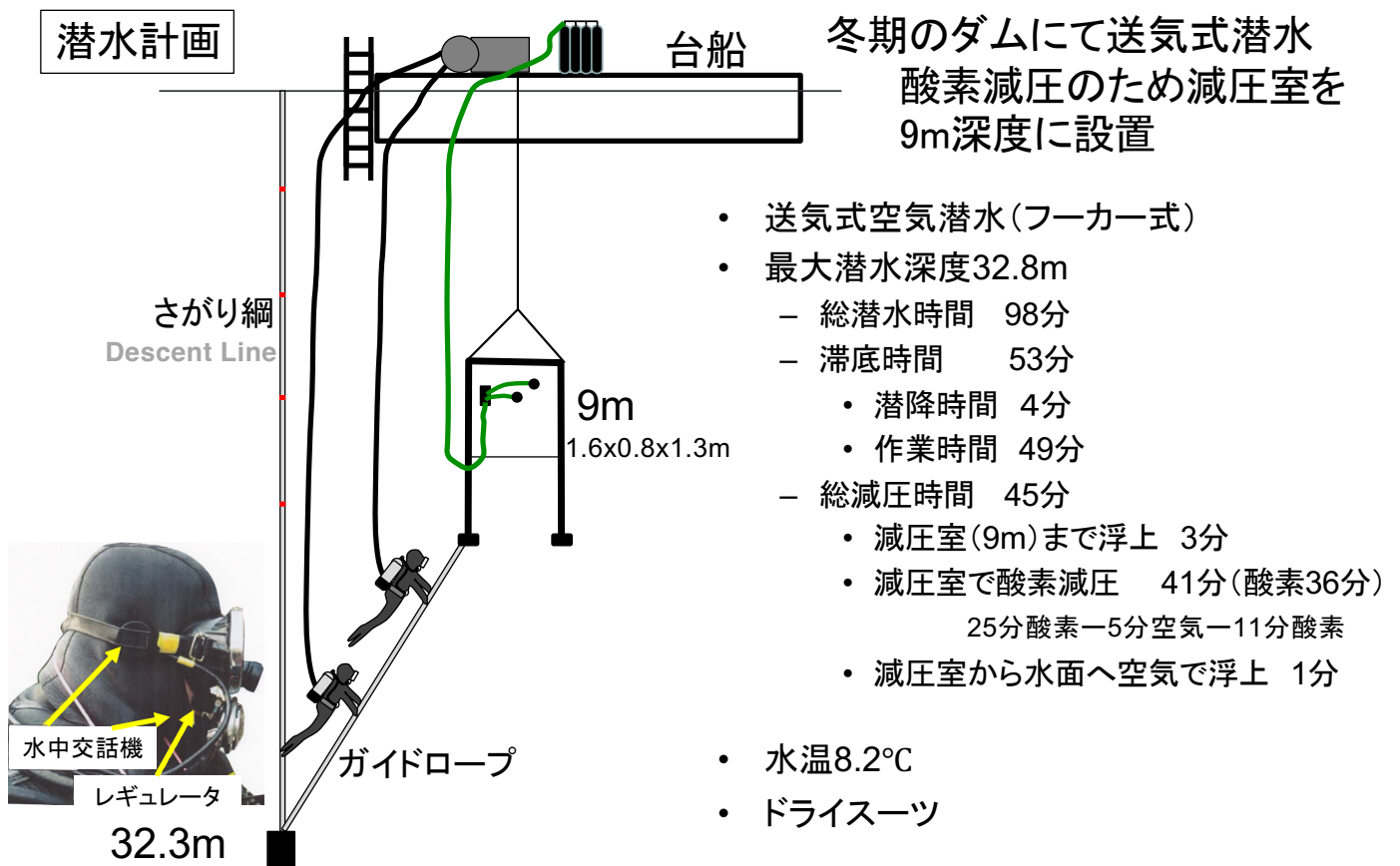
- 水上送気式混合ガス潜水
- 単独潜水
- 窒素酔いの可能性
- 中枢神経系酸素中毒の可能性
- 24m付近での意識消失
- 呼吸停止中24mからの強制浮上
- Blow upによる動脈ガス塞栓症
- 来院時心肺停止
- 再圧室を潜水現場に設けない深深度潜水

症例4

40代 男性 潜水士

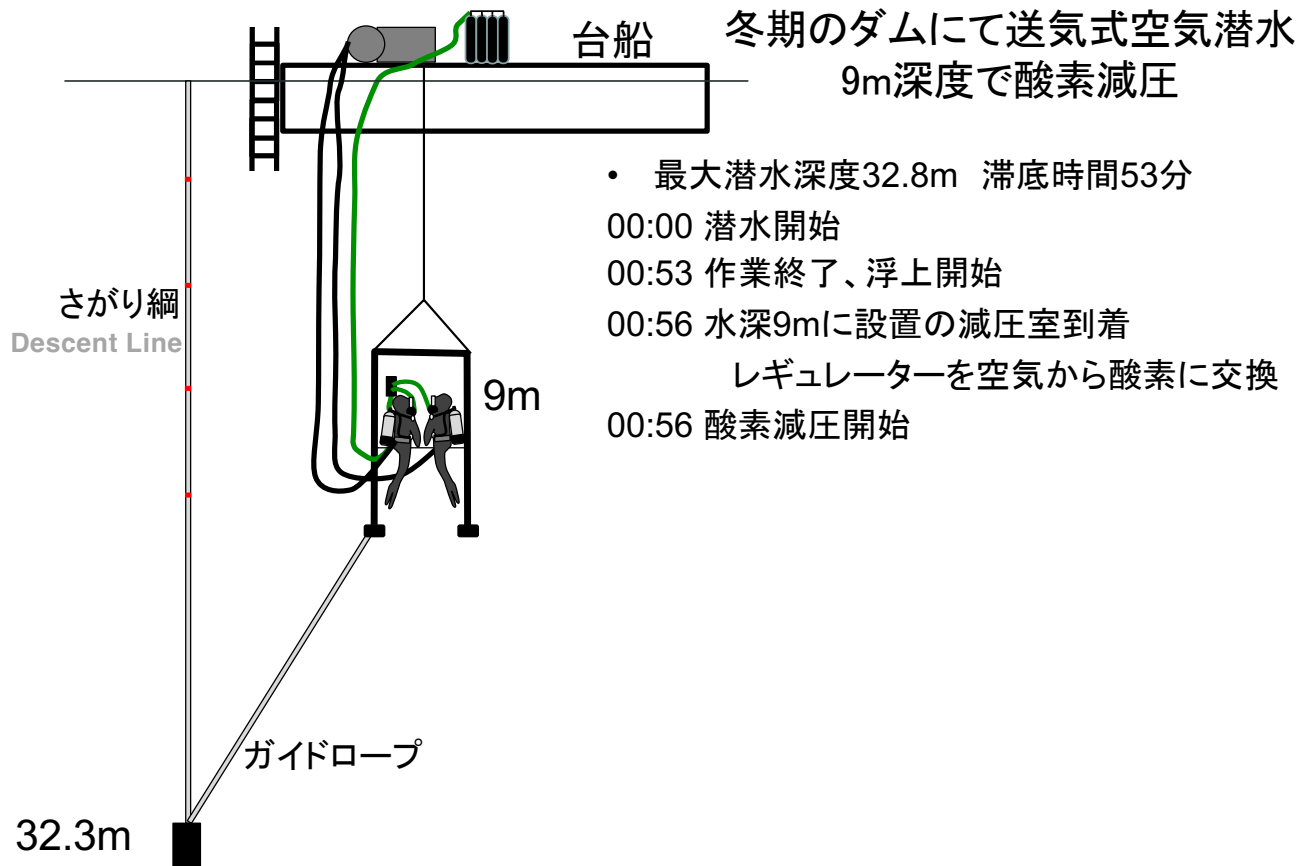
39

【症例4 40歳代 男性 潜水士】



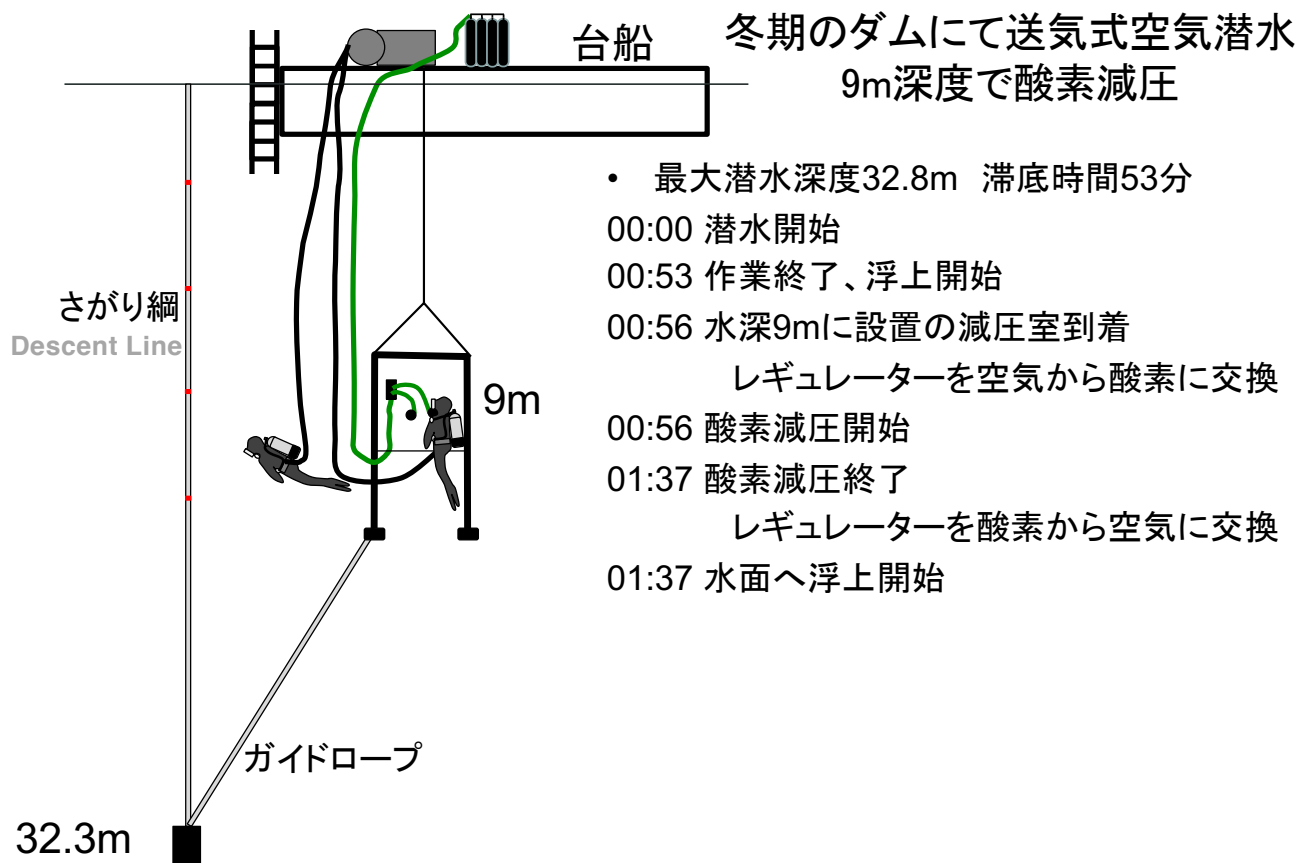
40

【症例4 40歳代 男性 潜水士】



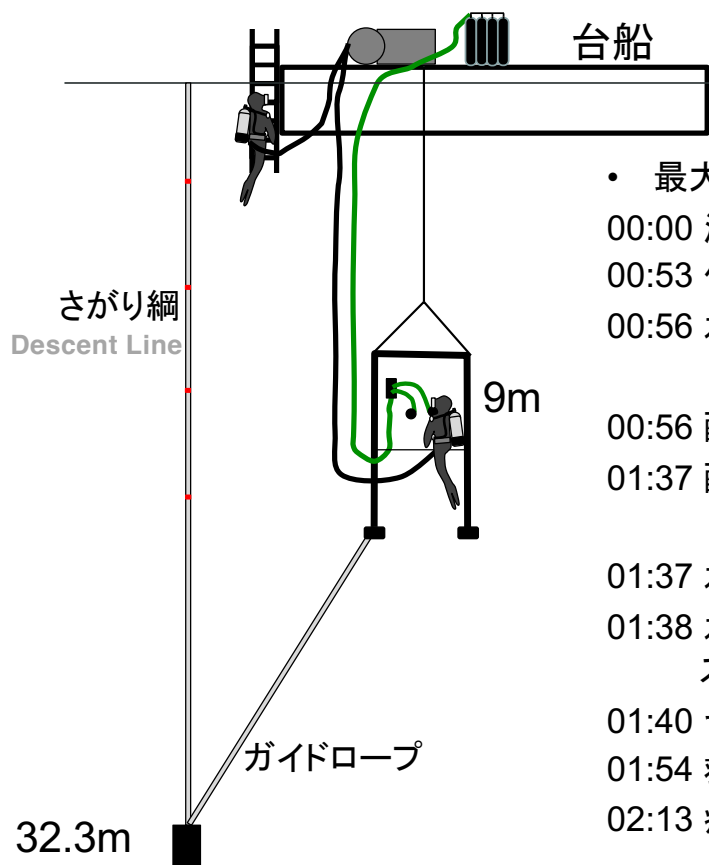
41

【症例4 40歳代 男性 潜水士】



42

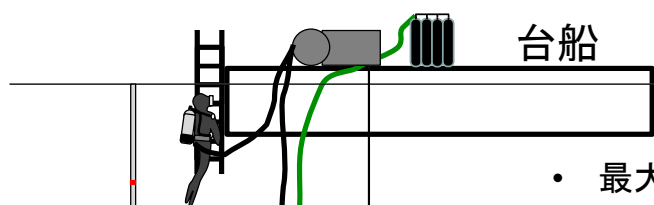
【症例4 40歳代 男性 潜水士】



- 最大潜水深度32.8m 滞底時間53分
- 00:00 潜水開始
- 00:53 作業終了、浮上開始
- 00:56 水深9mに設置の減圧室到着
レギュレーターを空気から酸素に交換
- 00:56 酸素減圧開始
- 01:37 酸素減圧終了
レギュレーターを酸素から空気に交換
- 01:37 水面へ浮上開始
- 01:38 水面付近で送気員らが異状に気づき、
スタンバイダイバーが飛び込み救助
- 01:40 台船上にて心肺蘇生開始
- 01:54 救急車到着
- 02:13 病院収容 死亡確認

43

【症例4 40歳代 男性 潜水士】

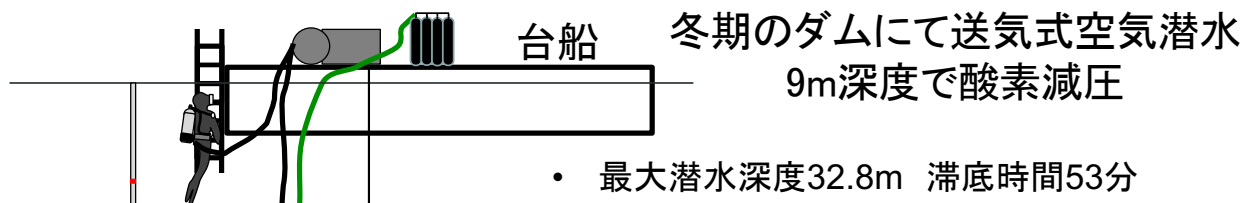


意識がない状態で発見される

ほぼ水面で梯子にしがみついたような状態で、レギュレーターが外れていたため、送気員が予備ホースのレギュレーターを渡そうとしたが受け取らなかった。

- 最大潜水深度32.8m 滞底時間53分
- 00:00 潜水開始
- 00:53 作業終了、浮上開始
- 00:56 水深9mに設置の減圧室到着
レギュレーターを空気から酸素に交換
- 00:56 酸素減圧開始
- 01:37 酸素減圧終了
レギュレーターを酸素から空気に交換
- 01:37 水面へ浮上開始
- 01:38 水面付近で送気員らが異状に気づき、
スタンバイダイバーが飛び込み救助
- 01:40 台船上にて心肺蘇生開始
- 01:54 救急車到着
- 02:13 病院収容 死亡確認

44



意識がない状態で発見される

ほぼ水面で梯子にしがみついたような状態で、レギュレーターが外れていたため、送気員が予備ホースのレギュレーターを渡そうとしたが受け取らなかった。

潜水補助員が送気ホースを巻き取っていたが、間もなく浮上する少し前に引かれたため、ホースを送り出した。その後10秒～20秒後に被災者の姿が水面で確認された。

連絡員からの浮上指示に「了解」の応答後、減圧室を出た後はマイクを通しての異常音は確認されていない。

- 最大潜水深度32.8m 滞底時間53分

00:00 潜水開始

00:53 作業終了、浮上開始

00:56 水深9mに設置の減圧室到着

レギュレーターを空気から酸素に交換

00:56 酸素減圧開始

01:37 酸素減圧終了

レギュレーターを酸素から空気に交換

01:37 水面へ浮上開始

01:38 水面付近で送気員らが異状に気づき、スタンバイダイバーが飛び込み救助

01:40 台船上にて心肺蘇生開始

01:54 救急車到着

02:13 病院収容 死亡確認

症例4の特徴

- 水上送気式空気潜水
- 9mで酸素減圧後、空気で水面まで浮上
- 9mから水面まで単独浮上中に意識消失
- 酸素離脱効果の可能性
- 動脈ガス塞栓症の可能性
- 現場での再圧処置なし
 - 1人用チャンバー
 - 使用実績なし

症例5

40歳代 男性

潜水士

47

【症例5 40歳代 男性 潜水士】

潜水経験22年

2月 X日

10時20分： 最大潜水深度9mでスクーバ潜水開始 3人で分かれての潜水作業

11時55分頃 一人のみ浮上遅いと判断しスタンバイダイバーが潜水準備・搜索

12時05分： 水深8mの海底で意識ない状態で発見 岩角に仰向け状態 レギュレータは外れ 空気ボンベ残圧0

12時20分： 水面に引き揚げBLS開始 救急要請

12時30分： AED使用

12時41分： 救急隊現着

12時45分： 救急隊接触 心静止状態 顎と四肢に軽度の硬直 ラリングアルチューブ(LT)を挿入して救急蘇生
換気は当初できたが途中から水が戻ってきて

13時17分： 救急隊員が経口挿管 血性か泡沫状かの情報なし

13時20分： 20-30分心肺蘇生された状態で〇〇病院到着
生命兆候なし 心電モニタで心静止状態

13時58分： Ai

48

【症例5 40歳代 男性 潜水土】

発見から約1時間53分、病院到着から約41分での撮像 AiCT

【所見】

1. 頭部 CT：頭蓋内に明らかな出血巣は指摘できない。皮髄境界の不鮮明化が認められ、これは死後変化と思われる。脳内に上小脳動脈、前脈絡叢動脈と思われる血管内 gas が認められる。横走静脈洞、上矢状静脈洞などの静脈系に明らかな gas は指摘できない。前頭洞、篩骨洞、蝶形骨洞、両側上顎洞、両側乳突蜂巣に少量の液体が認められる。頭蓋骨に明らかな骨傷は指摘できない。
2. 頸部 CT：頸部は一部撮影範囲外となっている。撮影範囲の頸椎に明らかな骨折は指摘できない。右総頸動脈、左椎骨動脈に gas が認められる。
3. 胸部 CT：胸郭斜め前方の右下位肋骨に不全骨折が認められ、蘇生処置による変化と思われる。明らかな気胸、胸水、心嚢液の貯留は指摘できない。右房右室内、左室壁内、両側鎖骨下動脈、両側内胸骨動脈、右腕頭動脈、上行大動脈内に gas が認められる。左室内には血液就下が認められる。左房左室、両側冠動脈内に明らかな gas は指摘できない。肺動脈内に明らかな gas は指摘できない。左右主気管支、右下葉枝内部に液体貯留が認められる。左下葉、上葉背側に小葉間隔壁の肥厚を伴う濃厚なスリ硝子影が認められ、その他の両側肺野には多発斑状スリ硝子影が認められる。
4. 腹部 CT：明らかな腹水、腹腔内 free air は指摘できない。腹部大動脈は扁平化し、下腸間膜動脈起始部付近から大腿動脈内は gas が充満している。上腸間膜動脈、右腎動脈に gas が認められる。肝、両側腎、脾臓に血管内 gas が認められる。肝門部では固有肝動脈に gas が認められる。下大静脈は虚脱し、下腸間膜静脈合流部付近から尾側は静脈内に gas が認められる。胃、小腸は gas により拡張している。胃内には少量の液体貯留が認められる。胃・腸管に明らかな粘膜下気腫は指摘できない。他に上腹部、骨盤内に著明な異常は指摘できない。椎体骨、骨盤骨に明らかな骨折は指摘できない。

49

【症例5 40歳代 男性 潜水土】

発見から約1時間53分、病院到着から約41分での撮像 AiCT

【所見】

1. 頭部 CT：頭蓋内に明らかな出血巣は指摘できない。皮髄境界の不鮮明化が認められ、これは死後変化と思われる。脳内に上小脳動脈、前脈絡叢動脈と思われる血管内 gas が認められる。横走静脈洞、上矢状静脈洞などの静脈系に明らかな gas は指摘できない。前頭洞、篩骨洞、蝶形骨洞、両側上顎洞、両側乳突蜂巣に少量の液体が認められる。頭蓋骨に明らかな骨傷は指摘できない。
2. 頸部 CT：頸部は一部撮影範囲外となっている。撮影範囲の頸椎に明らかな骨折は指摘できない。右総頸動脈、左椎骨動脈に gas が認められる。
3. 胸部 CT：胸郭斜め前方の右下位肋骨に不全骨折が認められ、蘇生処置による変化と思われる。明らかな気胸、胸水、心嚢液の貯留は指摘できない。右房右室内、左室壁内、両側鎖骨下動脈、両側内胸骨動脈、右腕頭動脈、上行大動脈内に gas が認められる。左室内には血液就下が認められる。左房左室、両側冠動脈内に明らかな gas は指摘できない。肺動脈内に明らかな gas は指摘できない。左右主気管支、右下葉枝内部に液体貯留が認められる。左下葉、上葉背側に小葉間隔壁の肥厚を伴う濃厚なスリ硝子影が認められ、その他の両側肺野には多発斑状スリ硝子影が認められる。
4. 腹部 CT：明らかな腹水、腹腔内 free air は指摘できない。腹部大動脈は扁平化し、下腸間膜動脈起始部付近から大腿動脈内は gas が充満している。上腸間膜動脈、右腎動脈に gas が認められる。肝、両側腎、脾臓に血管内 gas が認められる。肝門部では固有肝動脈に gas が認められる。下大静脈は虚脱し、下腸間膜静脈合流部付近から尾側は静脈内に gas が認められる。胃、小腸は gas により拡張している。胃内には少量の液体貯留が認められる。胃・腸管に明らかな粘膜下気腫は指摘できない。他に上腹部、骨盤内に著明な異常は指摘できない。椎体骨、骨盤骨に明らかな骨折は指摘できない。

50

【症例5 40歳代 男性 潜水士】

AiCT

【考察】

副鼻腔・乳突蜂巣内、主気管支内の液体貯留、肺野のスリ硝子影は溺水の所見として矛盾しないと思われる。

循環停止から約2時間としては血管内 gas の量が多い印象を受ける。脳、腹部臓器の gas は動脈系と思われる。

右房右室の gas は蘇生処置による変化の可能性も考えられる。

【まとめ】

溺水の所見が認められる。動脈系優位の血管内 gas が認められる。推論として脳または冠動脈動脈空気塞栓が発症し溺水に至った可能性が考えられる。

他に明らかな溺水の原因となり得る所見は指摘できない。

症例6

40代 男性 潜水士

初冬の港外で45mのフーカー式空気潜水 潜水始めから潮流強く、息が追いつかない状態が続き、15分ほどで視野が狭まってきて意識消失。

意識ないまま、9mまで引き揚げられたところでダイバー用吸気ホースが水中構造物に引っかかり水中拘束状態となる。ホース切断ののち水中から引き上げられ、意識消失のまま再圧施設に救急搬送。

53

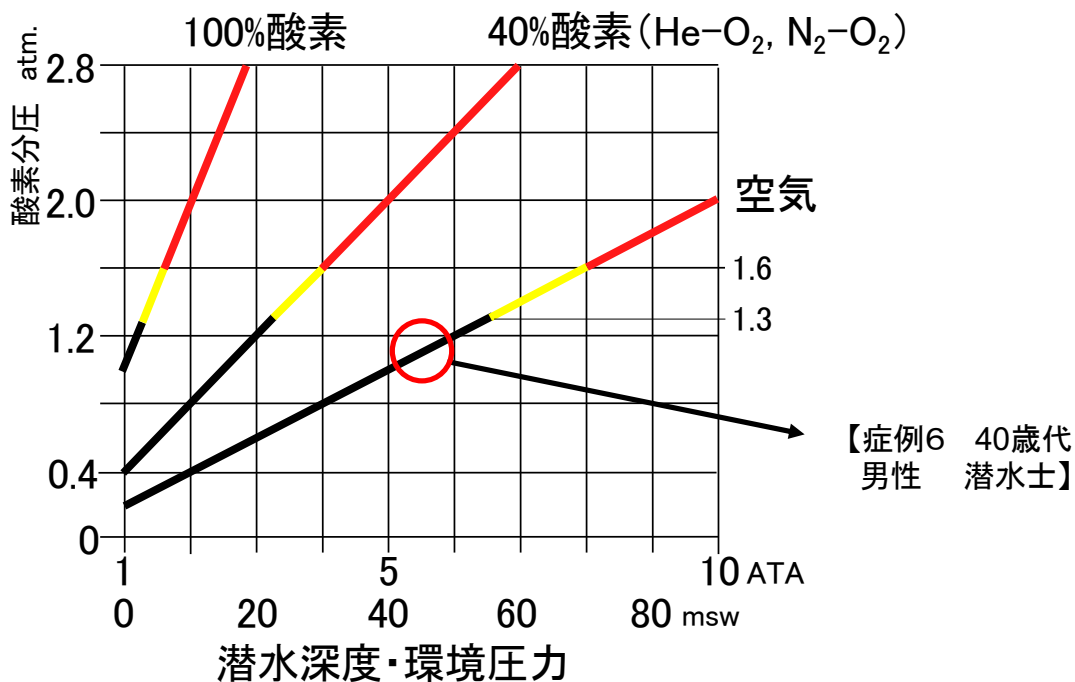
45mフーカー式空気潜水中に意識消失あり、強制引き揚げ
9mで構造物に引っかかり水中拘束
ホース切断後水面に揚収し、再圧施設に救急搬送

最初の施設では治療困難にて別の再圧施設に転送され、発症から5時間後に再圧治療。再圧治療中に意識回復し、右膝の痛みとしびれが残るも、その後の10回の追加再圧治療にて症状消失。

54

中枢神経系酸素中毒リスクを避けるための

潜水用呼吸ガスと潜水深度制限



55

重篤な事故に繋がる潜水に関連した障害: 酸素中毒

中枢神経系酸素中毒を起こしうる潜水様式

| | 潜水様式 | 呼吸ガス* | 可能性 | 注意点 |
|--------|--------------------------|------------------------|------------------------|--|
| 自給気式 | 開式 | 空気 | × ~ △ | 深深度 (60m以深) |
| | | O ₂ リッチ混合ガス | ○ | 深度 O ₂ 濃度 |
| | 半閉式 | O ₂ リッチ混合ガス | ○ | 深度 O ₂ 濃度 CO ₂ 吸収剤 |
| | 閉式 | 純酸素 | ◎ | 深度 時間 CO ₂ 吸収剤 |
| 酸素分圧制御 | | ○ | 時間 CO ₂ 吸収剤 | |
| 送気式 | フリーフロー式 | 空気 | × ~ △ | 深深度 (60m以深) 送気量 |
| | デマンド式 ベル方式 (含むDDC) | 空気 混合ガス | ○ | 深深度 (He-O ₂) |
| | | + 純酸素 | △ ~ ○ | ベル・DDC内制御に依存 |

* 主として使用する呼吸ガスであり、多種に及ぶ

56

酸素中毒の発現を促進する要因

- ・ 高炭酸ガス血症
 - 換気不足: 過大な運動、スキップブリージング
 - 炭酸ガス吸収剤: 性能、整備不良
 - 送気不足
- ・ 運動
- ・ 水中
- ・ 低水温

● 症例6が吸入気酸素分圧1.1atm程度で酸素中毒を発症した要因

57

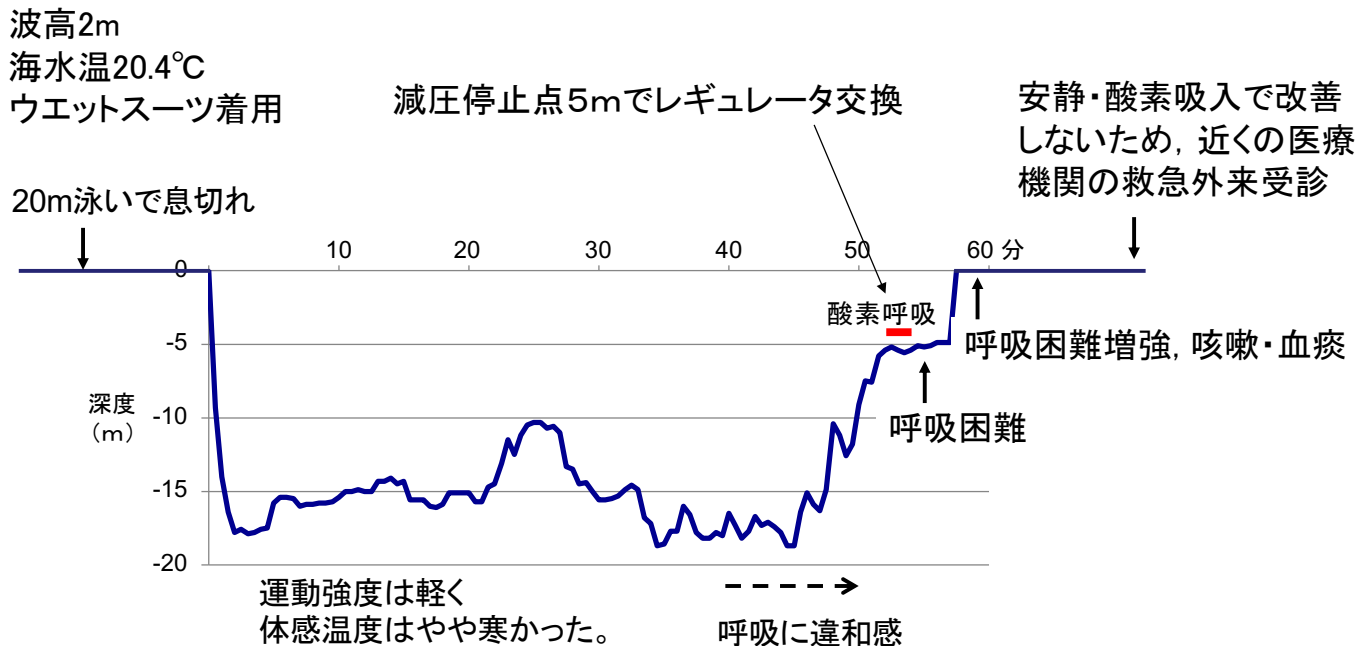
症例7

50代 男性
インストラクター

58

【症例7 50歳代 男性 インストラクター】僧帽弁閉鎖不全があり、2日前頃から咳嗽と息切れ軽度あり

最大潜水深度18.7m, 潜水時間58分の空気スクーバ潜水



59

【症例7 50歳代 男性 インストラクター】僧帽弁閉鎖不全があり、2日前頃から咳嗽と息切れ軽度あり

深度18.7m 58分の潜水で減圧停止中から呼吸困難、咳嗽、血痰

酸素化不良、CTでは気管・血管束に沿ったすりガラス陰影、左室駆出率良好

市中肺炎疑いとしてCTRX + AZM で治療開始される

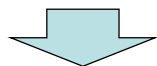
第2病日夜 湿性咳嗽と頻呼吸で増悪

心不全による肺水腫の増悪が疑われて利尿薬投与にて若干改善

胸部CT所見は、気管支血管束に沿った**すりガラス陰影・浸潤影増悪**

第3病日 39度の発熱とCRP20 mg/dLに上昇

臨床所見・経過から感染症は否定的



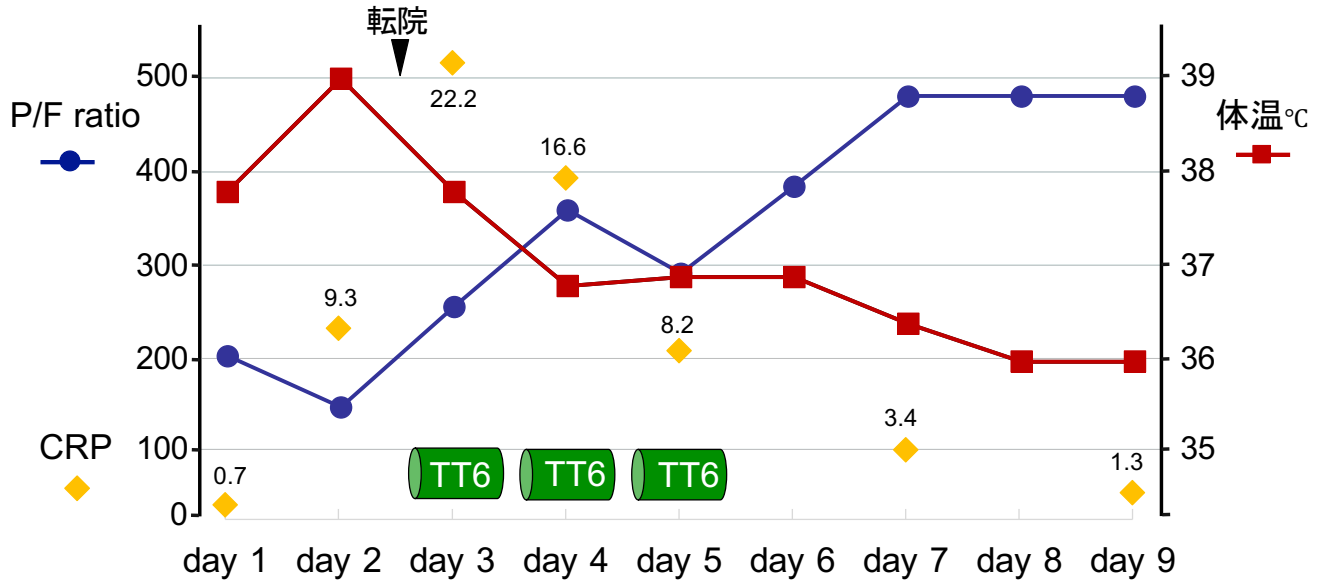
浸漬性肺水腫としては非定型的
減圧障害の可能性は？



再圧治療のため
転院となる

60

本症例は、僧帽弁閉鎖不全症を持つダイバーが浸漬性肺水腫とされるも経過が一致せず、減圧障害が疑われ、発症3日後から5日後に再圧治療(米海軍治療表6を3回)にて改善している。



61

浸漬性肺水腫 ＋ 肺型減圧症

もしくは

気道内圧上昇による直接の肺障害
Pulmonary Overinflation Syndromes (POIS)
(肺毛細血管内皮細胞の障害)

62

症例7の特徴

- 僧帽弁閉鎖不全症あり潜水前から軽度の運動で息切れ
- 窒素ガス負荷はQ値:136で減圧症の否定できず
- 肺過膨張症候群の可能性
 - 波高2mあり、減圧停止は不安定
 - 深度5mにおけるレギュレータ交換時の息止めで深度変化
 - 呼吸困難、咳嗽、血痰:肺組織損傷
- 浸漬性肺水腫と一致しない臨床経過
 - 利尿剤の効果が乏しい
 - 2日後に発熱、酸素化増悪
- CRP高値、感染の所見なし
- 再圧治療に反応

63

本症例は、僧帽弁閉鎖不全症を持つダイバーが浸漬性肺水腫とされるも経過が一致せず、減圧障害が疑われ、発症3日後の再圧治療(3回)にて改善している。

推奨事項

潜水後呼吸困難があり、胸部X線で肺水腫所見の場合、減圧障害の可能性が否定できなければ、再圧治療を考慮すべきである。

- (1) 窒素ガスの負荷状況で肺型減圧症の可能性の評価
- (2) 海象状況や潜水中のイベントなど空気塞栓症リスクの評価

64

症例8

60代 男性 潜水士

65

【症例8 60歳代 男性 潜水士】 潜水歴40年 1ヶ月ぶりの潜水 身長174cm 体重98.5kg

潜水終了30分後の梯子登り動作の数秒後に突然のめまいと立位不能

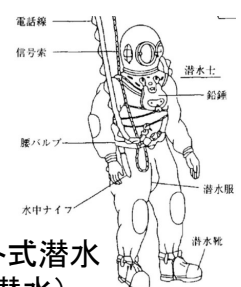
【現病歴】

ヘルメット式潜水(軟式潜水) ワイヤ取り付け作業 潮流少
潜水深度26m 滞底時間22分 3分で水面浮上 減圧停止なし

潜水終了後岸壁に向かう船上で両肩の痒み、側腹部痛が若干あり
船が着岸後、梯子を上がって10歩ほどで急にめまいと脱力のため立
てなくなり(潜水終了約30分後)、直近の前医に救急搬送される

【既往歴】

20年前減圧症:後遺症なし タバコ:30年前禁煙



ヘルメット式潜水
(軟式潜水)

66

【症例8 60歳代 男性 潜水土】 潜水歴40年 1ヶ月ぶりの潜水 身長174cm 体重98.5kg

潜水深度26m 滞底時間22分 3分で水面浮上 減圧停止なし
潜水終了30分後の梯子登り動作の数秒後に突然のめまいと立位不能

窒素負荷状況

$$Q値^* = 26m \times \sqrt{22分} = 122$$

減圧症を起こすには低い値
無症候性気泡は出現する可能性あり

*ヘンブルマンの曝露指数

Hempleman's exposure index (Q)

| Q値(m) | 窒素ガス負荷 | 減圧症の可能性 |
|---------|--------|---------|
| 200以上 | 過大 | あり |
| 200~150 | 相当な | ありえる |
| 150~100 | ある程度 | 否定できない |
| 100以下 | 少ない | ほぼない |

発症機序の推定

$$BMI = 98.5 \div (1.74)^2 = 32.5 \text{ (標準体重66.6kg)}$$

潜水後の運動負荷 (体重過多で梯子登り動作)



- ①静脈系で気泡発生を誘発
- ②バルサルバ手技となり右左シャント



動脈ガス塞栓症

67

【症例8 60歳代 男性 潜水土】 潜水歴40年 1ヶ月ぶりの潜水 身長174cm 体重98.5kg

潜水深度26m 滞底時間22分 3分で水面浮上 減圧停止なし
潜水終了30分後の梯子登り動作の数秒後に突然のめまいと立位不能

【前医来院時】

めまい・嘔気・眼振あり、
左で手回内回外試験及び指鼻指試験がやや稚拙

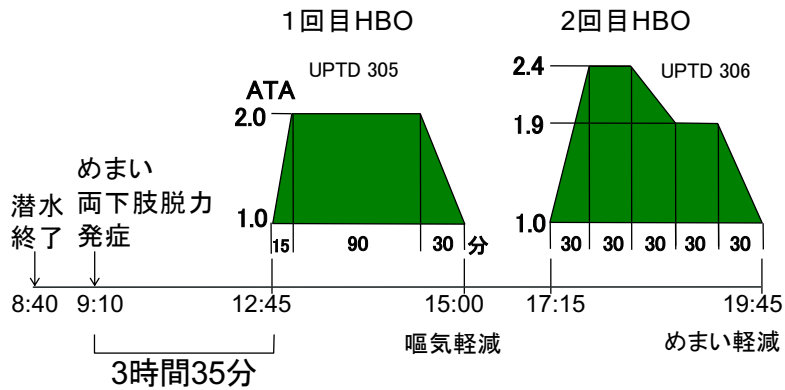
CT・MRI: 所見(-)

小脳の動脈ガス塞栓症と診断

68

【症例8 60歳代 男性 潜水士】 潜水後に突然のめまいと立位不能で発症した動脈ガス塞栓症

酸素加圧型の1人用チャンバーによる再圧治療

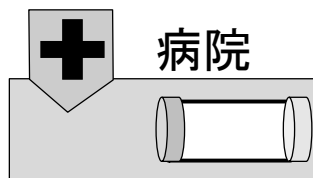


発症3時間半後に治療圧2.0ATAで応急治療し嘔気軽減するも、めまい強いため、発症約8時間後に治療圧2.4ATAで2回目の応急治療を行い、めまい症状軽減
補助療法としてリドカイン50mg/h持続点滴及びメチルプレドニン250mgが投与された。

69

【症例8 60歳代 男性 潜水士】 潜水後に突然のめまいと立位不能で発症した動脈ガス塞栓症

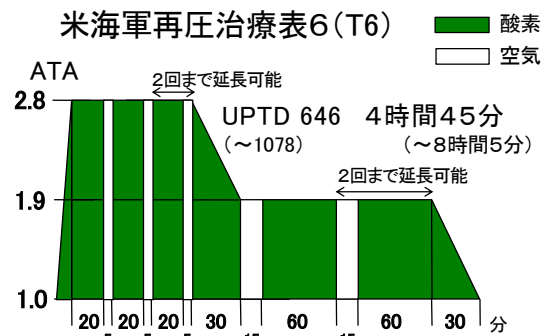
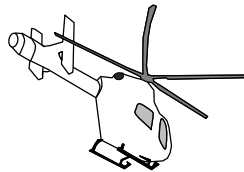
前医の1人用チャンバーは減圧障害標準治療である米海軍再圧治療表6が実施できないため、翌朝、ヘリにより転院搬送



1人用チャンバー

酸素加圧型で

最大治療圧力2.4ATAの規格を使用



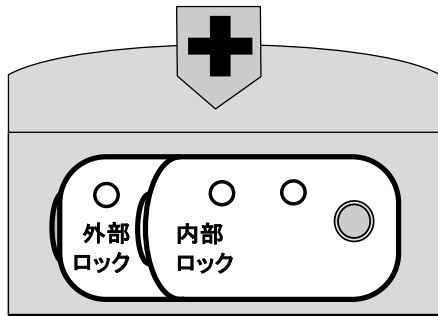
酸素加圧型の治療装置では酸素中毒を防ぐための空気呼吸ができない

70

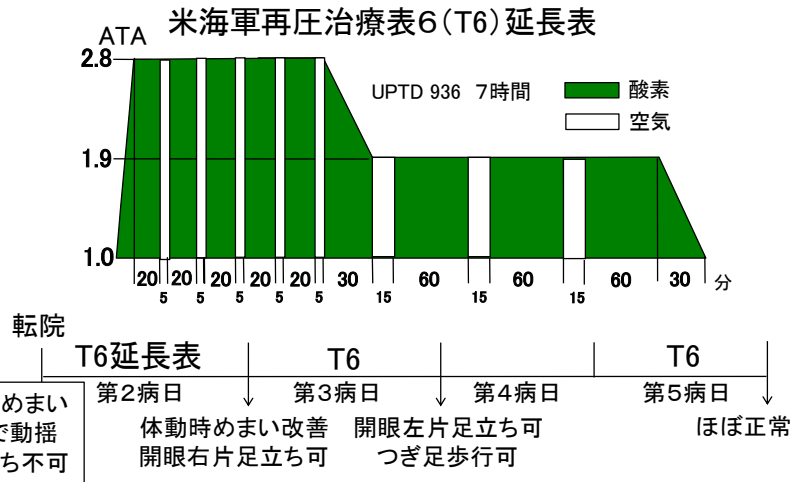
【症例8 60歳代 男性 潜水土】 潜水後に突然のめまいと立位不能で発症した動脈ガス塞栓症

【転院時】

眼振と体動時のめまいがあり、立位可能なるも動揺し、片足立ちは出来なかった



複数人用チャンバー



転院後直ちに再圧治療表6延長表による7時間の治療後、開眼右片足立ちが可能となり、第3病日の再圧治療表6による5時間の治療後、開眼左片足立ち可能、つぎ足歩行可能、第5病日の再圧治療表6の治療では、平衡障害はほぼ改善し、左右とも閉眼片足立ちは5秒可能となり、日常生活に支障を来さないレベルまで回復

71

1人用チャンバー

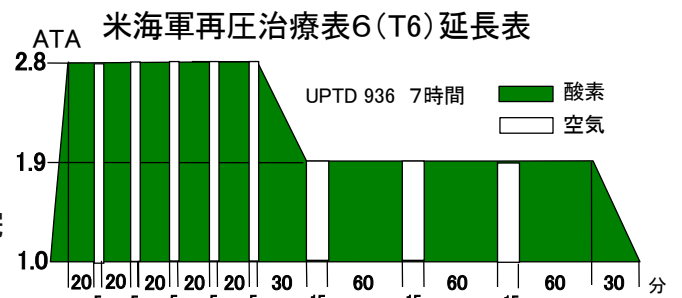
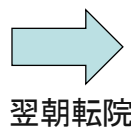
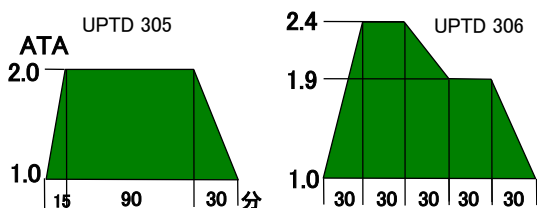
→複数人用チャンバー

施設間の連携による重症例対処

●直近の再圧治療施設
 応急治療

●標準再圧治療ができる施設
 必要十分な治療

高気圧酸素治療(応急治療)



72

症例8の特徴

- 体重過多(BMI32.5)で潜水30分後に梯子登り動作
- 動作後に突然のめまいと立位不能
- 動脈ガス塞栓症:CT・MRI所見なし
- 再圧治療施設間の治療連携
 - ① 1人用チャンバーを使った応急治療
 - 酸素加圧型
 - 2.4ATAの治療圧
 - 安定化して翌日の航空搬送
 - ② 複数人用チャンバーによる標準治療
- 補助療法としてリドカイン、ステロイドを使用

73

症例9

50代 男性 潜水士

74

【症例9 50歳代 男性 潜水士】 潜水事故概要

【健康診断記録】 潜水歴30年以上

高気圧業務健康診断時診察カルテ記録から健診医のコメント

当クリニックにはY-7.3.28初健診(この時より心拡大(CTR52-54%)の指摘と喫煙歴あり)以降、年2回高気圧健診のみ実施でY-1.10.21まで計15回受診(心電図検査の実施はなし)経過中、胸部X線による心拡大の指摘、禁煙勧奨の指示は継続してコメントされています。ご本人と診察時の会話の簡単なメモが残っている回がございますので以下に記しておきます。

- Y-5.7.2 診察時収縮期心雑音の指摘も10年前に精査して問題なしと言われたと
- Y-4.12.21 心雑音と頻脈(PR108)、血圧高値(164/90)で要循環器精査と判定
診察時に受診勧奨をしたと思います。
- Y-3.6.22 上記について、受診の結果を伺うと以前(10数年前)の精査で問題なしとのことで受診に至らず。禁煙指導
- Y-1.10.21 血圧計測時①150/81② 151/83、診察後に再度計測し③136/81。
診察時に血圧高めの話題。その日は寝不足で血圧が高いとのことで家庭血圧を記録するなど経過を見るようにという指示をしております。

75

【症例9 50歳代 男性 潜水士】 潜水事故概要

【潜水前の体調】

体調管理表

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| 日付 | X-1月14日 | X-1月16日 | X-1月17日 | X-1月21日 | X-1月22日 | X-1月26日 | X-1月28日 | X月3日 | X月7日 | X月21日 |
| 体温 | 36.5℃ | 36.4℃ | 36.6℃ | 36.7℃ | 36.5℃ | 36.6℃ | 36.6℃ | 36.2℃ | 36.4℃ | 36.7℃ |
| 測定時間 | 15:00 | | | | | | | 7:00 | 6:00 | 6:30 |
| 倦怠感 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| 咳 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| 呼吸困難 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| その他の症状 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| 通勤・買い物以外の外出 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| 日付 | X月22日 | X月24日 | X月26日 | X月27日 | X月28日 | 月日 | 月日 | 月日 | 月日 | 月日 |
| 体温 | 36.5℃ | 36.7℃ | 35.9℃ | 36.4℃ | 36.4℃ | ℃ | ℃ | ℃ | ℃ | ℃ |
| 測定時間 | 6:30 | 8:30 | 5:30 | 5:30 | 5:30 | | | | | |
| 倦怠感 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| 咳 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| 呼吸困難 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| その他の症状 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |
| 通勤・買い物以外の外出 | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) | 有(無) |

同僚情報: 事故20日前位に痛風で通院 3日前位から不眠

事故日3本目の潜水(13:44~14:30)前の行動

- 05:40 個人潜水器財の準備のため出社
- 06:00~08:30 会社から潜水現場の港に車両移動
- 09:15~11:56 午前中2本の潜水
昼食、休憩(30分岸壁で睡眠)

76

【症例9 50歳代 男性 潜水土】 潜水事故概要

【潜水内容】

浮上まで

事故者の潜水データ (ダイビングコンピュータ)

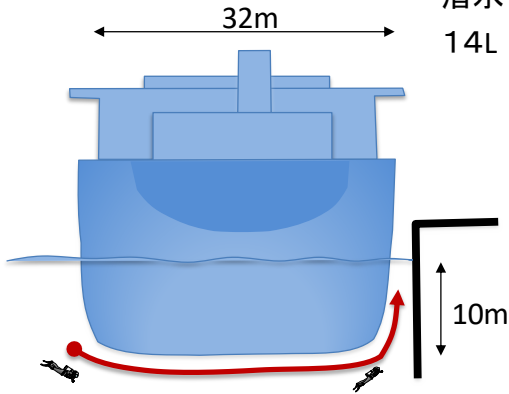
| | 日付 | 開始時間 | 終了時間 | 潜水時間 | 平均水深 | 最大水深 | 海水温度 | 休憩時間 |
|----------|-------|--------|--------|------|-------|------|------|---------|
| No1(3本目) | X月26日 | 12時49分 | 13時49分 | 59分 | 8.1m | 10.2 | 15°C | |
| No2(4本目) | | 14時52分 | 15時47分 | 54分 | 8.9m | 11.9 | 15°C | |
| No3(1本目) | X月27日 | 9時38分 | 10時34分 | 55分 | 10.1m | 11.2 | 14°C | 17時間50分 |
| No4(2本目) | | 11時17分 | 12時15分 | 55分 | 9.6m | 11.2 | 15°C | 0時間42分 |
| No5(3本目) | | 13時33分 | 14時24分 | 50分 | 9.8m | 11.5 | 15°C | 1時間17分 |
| No6(4本目) | | 15時07分 | 16時07分 | 59分 | 8.3m | 12.4 | 15°C | 0時間42分 |
| No7(1本目) | X月28日 | 9時15分 | 10時09分 | 52分 | 8.1m | 11.2 | 16°C | 17時間07分 |
| No8(2本目) | | 10時57分 | 11時56分 | 55分 | 8.0m | 10.7 | 15°C | 0時間47分 |
| No9(3本目) | | 13時44分 | 14時30分 | 47分 | 9.8m | 11.9 | 15°C | 1時間48分 |

潜水作業3日目の3回目の午後

14L 空気ボンベ 初圧19.8MPa 残圧4.0MPa 浮上時間 59秒以下

左舷側(沖側) 船尾船側を水流ハンディブラシ*で清掃

ハンディブラシは浮上途中で手から離している



陸上員証言：7番ハッチセンターバットのバットラインから泡が上がり始めた。が、なかなか姿が見えてこない(頭を水面に出さない)ので、この泡は〇〇(事故者)さんで間違いないと推測し、ジェットポンプを止めた。(通常は頭が見えてから止めている)ほどなく頭が見え(その時船体側を向いていた)、そのまま水面に浮上した。

77

【症例9 50歳代 男性 潜水土】 潜水事故概要

【浮上後の経過】

| | | |
|--------|----------------|-------------|
| 13時44分 | | |
| ~ | | |
| 14時30分 | ①水面浮上 | |
| 14時31分 | | |
| 14時32分 | 岸壁際に戻り、緩慢な動き | |
| 14時33分 | 声かけに無反応 | |
| 14時34分 | | |
| 14時35分 | | |
| 14時36分 | 水面救助の準備 | |
| 14時37分 | 潜水土A呼び寄せ | |
| 14時38分 | | |
| 14時39分 | ②仰向け・顔水没 | |
| 14時40分 | ③意識消失 | 陸上員D飛び込み |
| 14時41分 | 潜水土Aと陸上員Dと合流 | 潜水土A浮上 |
| 14時42分 | 真上にルーン有り、 | |
| 14時43分 | 引揚げ準備 | |
| 14時44分 | 引揚げ用モッコ下ろし | |
| 14時45分 | 引揚げ開始 | |
| 14時46分 | | |
| 14時47分 | 引揚げ終了 | |
| 14時48分 | | |
| 14時49分 | 事故者スーツ外し | (引揚げた場所のまま) |
| 14時50分 | ①CPR開始 | |
| 14時51分 | | |
| 14時52分 | | |
| 14時53分 | | |
| 14時54分 | AED到着、準備(1分位で) | |
| 14時55分 | AED装着 | |
| 14時56分 | 1回目解析 | |
| 14時57分 | CPR継続 | |
| 14時58分 | 救急車到着 | |
| 14時59分 | (AED2回目解析かかる前) | |
| 15時00分 | | |
| 15時01分 | | |
| 15時02分 | | |
| ~ | | |
| 15時10分 | | |
| 15時11分 | | |
| 15時12分 | | |
| 15時13分 | | |
| ~ | | |
| 15時21分 | 搬送開始 | |
| 15時22分 | | |
| 15時23分 | | |
| ~ | | |
| 15時30分 | | |
| ~ | | |
| 15時45分 | | |

13:44 - スクーバ潜水 深度11.9m 47分

14:30 水面浮上

返事なく、異常な疲労のようす
マスクフードを緩慢に脱ぎ捨てる
BCを何とか脱ぎ、そのまま
ドライスーツのネックに指入れ息苦しう
顔面蒼白、呼び掛けに反応なし

14:38 震え ネックに指入れ

14:39 水面で仰向け状態 顔水没 救助飛び込み

救助員の呼び掛けに閉眼・無反応

14:49 岸壁引き揚げ完了

14:51 心肺蘇生開始(人工呼吸は行っていない)

14:55 AED装着 心静止

14:56 1回目解析 作動せず心肺蘇生継続

15:00 救急隊到着

通常水面に頭を出せばすぐに岸壁に向くのが、船体側を向いたまま。浮上後もすぐに振り返ろうとしないので「〇〇(事故者)さんこっち！」と声をかける。するとゆっくり岸壁側に体を反転させた(この時点でちょっといつもと違うぞ、と思った)ので、ブラシ回収用に準備していたロープを目の前に落として「つかまってー！」と声をかけた。本人はロープをつかんだので、岸壁直下まで引き寄せた。

ウェイトベスト(4kg)を救助員が水面で取り外した。

78

所見

- 高気圧業務健診
 - 高血圧(無治療)
 - 収縮期心雑音
 - 心拡大(54%)
 - 肺紋理増強
 - 喫煙、肥満
- 潜水前体調
 - 20日前痛風発作
 - 1週間前から作業再開
 - 睡眠不足
 - 疲労蓄積
 - 早朝起床、潜水前後長距離移動
- 潜水中
 - 水温15℃
 - 早めの潜水終了(50~59分 → 47分)
 - 換気量の増大(残圧:0.5Mpa → 0.4Mpa)
 - ブラシを持たずに浮上
 - 浮上速度 早い
- 浮上後
 - 従命あるも発語なし
 - 緩慢な動作、余裕なし
 - 装備脱ぎ捨て、錐ベルト外せず
 - 呼吸困難
 - ドライスーツに指入れ
 - ふるえ、意識消失(浮上9分後)
 - 呼び掛けに応答なし
 - 心肺停止
 - 心肺蘇生(意識消失12分後)
 - AED解析1回:作動せず
 - 救急隊到着(心肺蘇生開始9分後)

79

【症例9 50歳代 男性 潜水土】

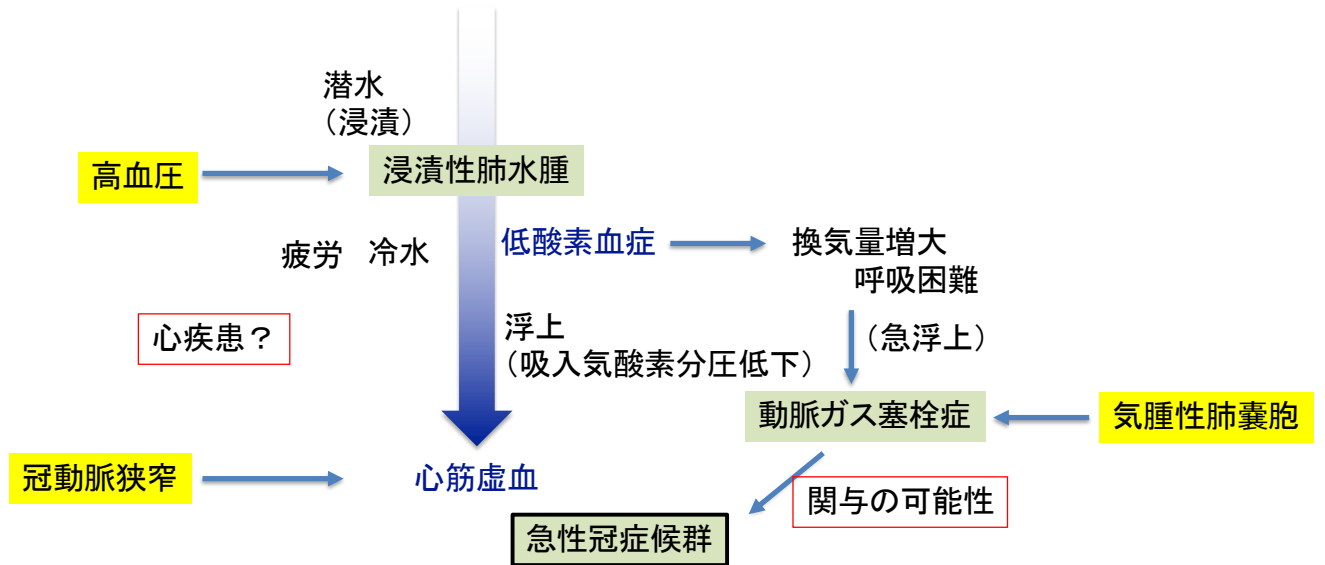
救急隊到着から収容先病院到着、その後の経過

- 14:45 消防覚知
- 15:00 救急車現着
- 15:02 救急隊心肺蘇生引継ぎ
- 15:10 救急車に乗車
- 15:20 収容予定病院医師から潜水医学専門医に連絡:心肺蘇生で心拍再開後に再圧と助言
- 15:21 搬送開始 酸素10L/分、バッグバルブマスクで人工呼吸、心静止(14:55から)
- 15:23 エピネフリン投与開始 28分、32分、37分に順次投与
- 15:39 心室細動にてAED作動するも心静止
- 15:41 収容先病院到着 心静止継続 心肺蘇生引継ぎ
気管内挿管、エピネフリンを3分毎に投与 計14筒投与、バソプレシン静注
血液ガス(静脈血): pH6.508, Pco₂ 188, Po₂ 34, BE-41.3, Na 155, K6.5, Cl 114, Lactate248
著明な代謝性(混合性)アシドーシスにてメイロン500mL投与
トロポニン陰性, CPK 341, CPK-MB比率10%, BNP 56.3
- 15:55, 15:59, 16:05 3回心室細動(一時的に無脈性電気活動)で除細動となるも心静止状態へ
- 15:54 胸部X線
- 16:30 蘇生困難と判断
 - 胸部X線、肺CT
 - 肺うっ血
 - 動脈に空気:大血管、下肢まで
 - 動脈石灰化:冠動脈、その他
 - 気腫性肺のう胞
- 16:35 CT

80

【症例9 50歳代 男性 潜水土】

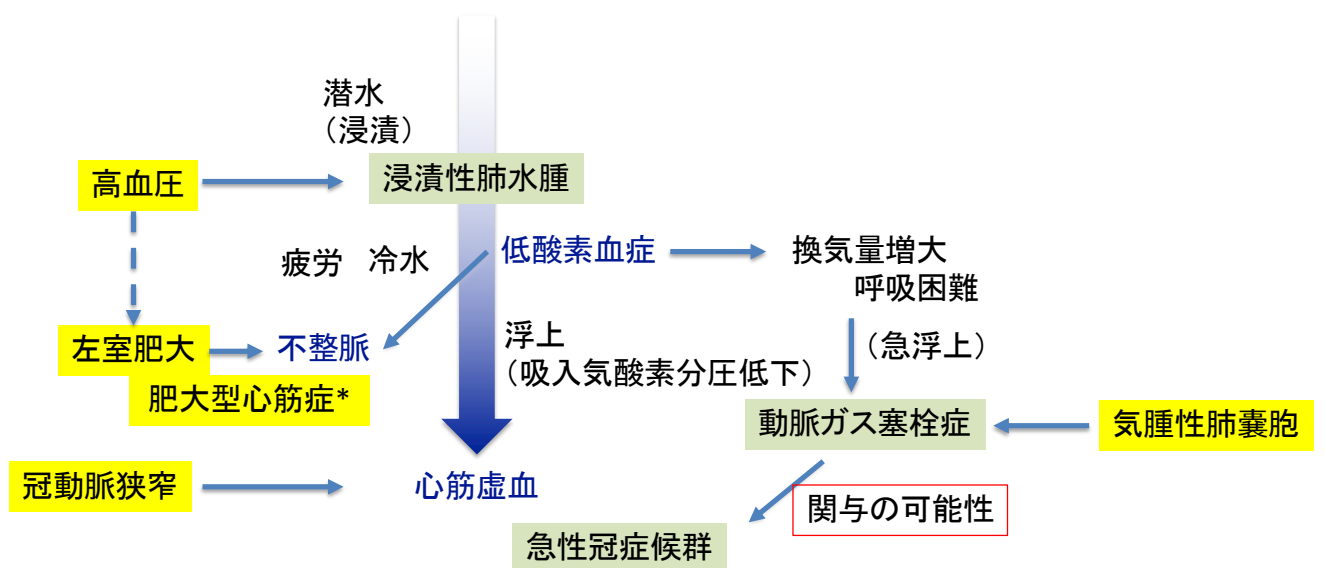
臨床経過から考えられる病態



81

【症例9 50歳代 男性 潜水土】

総合的な検討による病態



*専門機関へコンサルトを検討

82

本例から学ぶもの*

○事故予防

- 健康管理
 - 高気圧業務健康診断
 - 雇入れ・配置替え時 : 短期雇傭者の扱い確認
 - 6ヶ月以内毎に1回実施: 就業制限・注意事項
 - 日常の健康管理
 - 過労対策: 車両移動、拘束時間
 - 健診結果の反映: 血圧測定、禁煙、食生活改善
 - 高気圧業務に関する産業医研修(講習会)
 - 潜水土、健康管理者の啓発
- 潜水装備・様式・運用
 - 水中監視、ダイバーカメラ、交話機能
 - 潜水方式をスクーバから水上送気式へ
 - バディ、スタンバイ・ダイバー

○潜水前準備(潜水計画時)

- 酸素準備 : 使用者教育・訓練 心肺蘇生教育
 - 酸素講習会: 業界基準で実施
- 緊急連絡先の確保
 - 救急時受け入れ医療機関との調整
 - 受け入れ病院と学会専門医の連携
- 緊急時潜水土収容方法(エキジット)の確保

○事故対処

- 酸素投与
 - 高濃度酸素マスクの使用15L/分
- 心肺蘇生
 - 人工換気: バックバルブマスク
酸素駆動式人工蘇生器
- (救急再圧については継続検討)

*添付参考資料: 一般社団法人 日本潜水協会潜水事故調査検討会から

83

【参考資料】 一般社団法人日本潜水協会 潜水事故調査・検討会*

事故から学ぶ事

1. 健康管理について

- 雇入れ時の健康診断を規則に従い実施しなければならない。
- 喫煙あるいは高血圧などの持病が潜水作業に与える影響について潜水者はもとより作業管理者も認識する必要がある。
- 40才頃に健康状態が悪くなる傾向があるので、40歳を節目として精密検査(胸部CT検査、頸動脈エコーなど)が推奨される。
- 早朝の長距離移動後に潜水を連日行うなど潜水者の疲労が見込まれる潜水計画は避ける必要がある。

2. 潜水作業管理

- 潜水者が水面浮上して意識消失した場合に対応できるよう、迅速に岸壁へ引き揚げの方法を潜水前に確保しておく。
- 潜水者との交話確保のため水上送気式潜水を推奨する。
- バディを組まないスクーバ潜水はリスクがある。
- 応急の酸素ボンベ及び高濃度酸素マスクを準備する必要がある。

3. 当協会の取り組む方向

- 酸素及び再圧室使用の教育・講習会の実施を提案していく。

※ 問題点として健康管理、緊急時に対応するための浮上引き上げ方法、ホットラインの活用方法など、改めて救急対応病院及び高気圧再圧治療院との接点の仕方、それらとスクーバ潜水の安全管理として一般的になるがそれらを取り纏めて議事録として周知徹底する。

* 第2回 潜水事故調査・検討会

開催日時: 令和2年7月6日(月) 13:30~15:50

開催場所: (一社)日本潜水協会 会議室

東京都港区新橋3丁目4-10 新橋企画ビル5F

検討会委員名簿

| | | |
|-----|------|-------------------------------------|
| 座長 | 高橋 宏 | 日本潜水協会技術・安全委員長(三国屋建設会長) |
| 委員 | 鈴木信哉 | 亀田総合病院 救命救急科部長((一社)日本潜水協会 医療顧問) |
| | 橋本昭夫 | 高気圧作業支援事務所 代表 理学博士((一社)日本潜水協会 技術顧問) |
| | 高木 潤 | 海洋技研 代表取締役 |
| | 鉄 芳松 | 日本潜水協会会長 |
| 事務局 | 幸田勇二 | 日本潜水協会 専務理事 |
| | 小林利夫 | 日本潜水協会 企画部長 |
| | 天坂勇治 | 日本潜水協会 技術部長 |
| | 利光久信 | 日本潜水協会 調査役 |

84

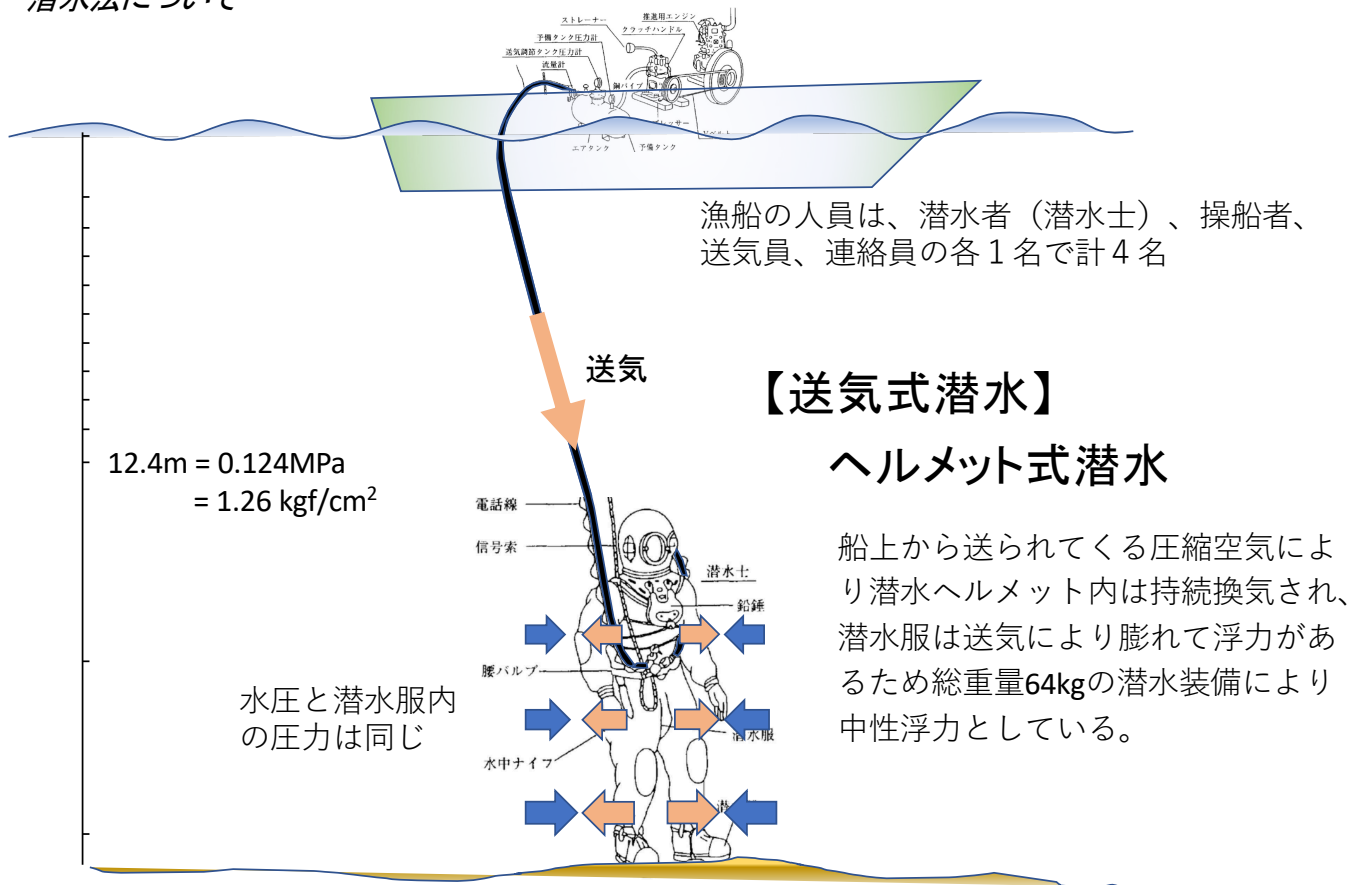
症例10

70代 男性 採貝漁師

一般社団法人日本高気圧環境・潜水医学会減圧障害対策委員会主催
第2回潜水事故総合検討会(CPC):2020年11月30日(月)資料

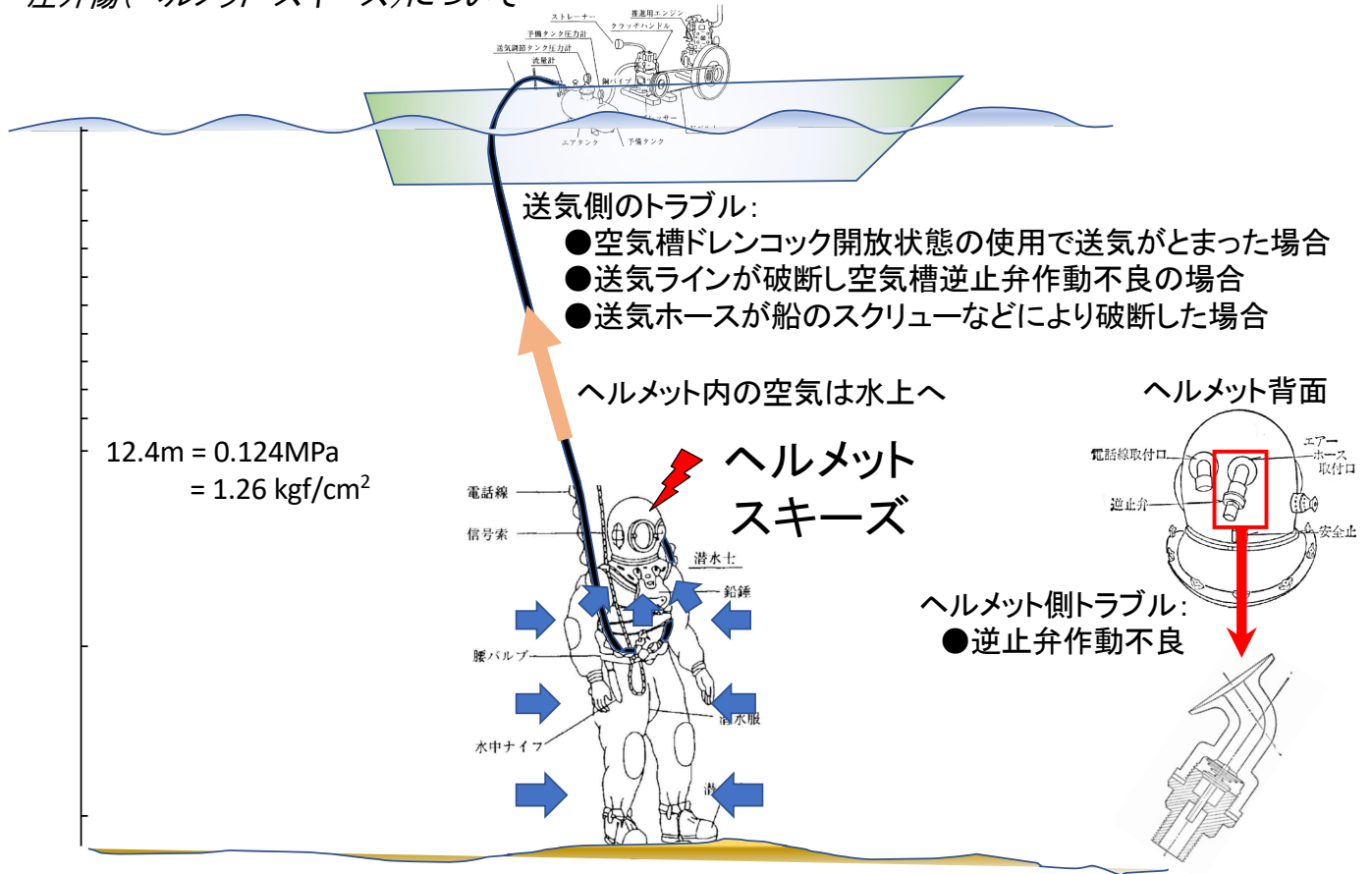
85

潜水法について



86

圧外傷(ヘルメット・スキーズ)について



87

【症例9 50歳代 男性 潜水士】 潜水事故概要

- 5時00分 ・ 採貝漁潜水第1回目開始 水深約12m
- 5時20分 ・ スカリーつ揚げ、海水ポンプ不具合のため漁ができず一旦浮上
・ 一旦漁港に帰り、ポンプ修理後同じ漁場に戻る
- 6時50分 ・ 採貝漁潜水第2回目開始 水深12.4m
- 7時05分 ・ スカリーつ揚げ
- 7時40分 ・ 「エアが少ないぞ」潜水者から水中電話で連絡あり
・ 潜水者からの交話はこの一言のみで、語勢は通常だった。
・ 操船者がコンプレッサーのオンオフ操作で作動確認するとともに、船上補助者2名のうち連絡員は信号索(いのち綱)、送気員は送気ホースで潜水者の引き揚げにかかる。
・ 潜水者が重く連絡員と送気員の体格から二人のみの引き揚げはほぼできず保持するのがやっとなりで、コンプレッサーを確認した操船者が10秒後に引き揚げ作業に加わり、漸く3人で引き揚げた形となった。
・ 引き揚げには2~3分要した感じということであったが、水中重量を50~60kgに想定してタイヤ・ホイールで潜水器装着した潜水者を模した事後検証での引き揚げ時間は40秒程度であった。
・ 海面までの引き揚げ時間は1分半程度と推定。
・ 潜水者は仰向けで両手を広げた状態で動きはなく脱力状態で海面まで引き揚げられ、潜水服には空気がなく潜水者の体に張り付いた状態であった。
・ 信号索と送気ホースは潜水者の腰部前面左よりの位置で止められ引き揚げ時にはヘルメット・しころ・鉛錘による上体の重みと潜水靴の下肢の重みとの水中バランスから仰向けになっていたと考えられる。
- 7時43分 ・ 3人で引き揚げヘルメットを2人で外した直後、残りの一人が重さに耐えきれず潜水者を海に落としてしまう。
・ 潜水者の顔は真っ青で意識はなかった。
・ 海に落ちて潜水服内に入った海水で重さが増して3人では揚収できなくなる。
・ 潜水者は足が海面に見える逆さ状態となる。
- 8時05分~8時10分
・ 潜水者を漁船舷外の梯子に引き寄せ、梯子下端を水面上まで引き揚げ、梯子上に潜水者を乗せた状態とする。
- 8時20分~8時22分 ・ 僚船から4人が加わり、7人がかりで船内に揚収した。
- 8時23分 ・ 119通報
・ 意識呼吸なく、胸骨圧迫を船内から開始
- 8時35分 ・ 救急隊現場到着 8:36CPA確認 8:37EKG心静止 8:43コンピチューブ気道確保 8:54搬送開始 9:10病院到着
- 9時39分 ・ 収容先病院にてAi

88

【症例9 50歳代 男性 潜水士】 潜水事故概要

銅管破断

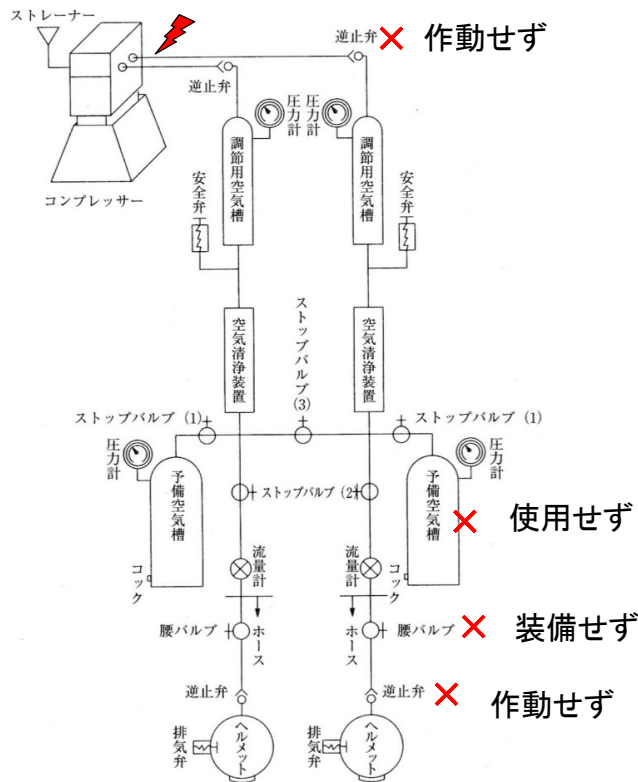


図 1-5-19 2人用送気系統

89

【症例9 50歳代 男性 潜水士】 潜水事故概要

所見

- 70代、漁師
- 送気式 ヘルメット式潜水 採貝漁
 - 1回目 12m 20分
 - 一旦浮上、帰港し海水ポンプ修理 :1時間半
 - 2回目 12.4m 50分
 - エア不足の訴えのち交話(-)
- 潜水者引き揚げ
 - 困難: 1分半程度で12.4mから水面へ
 - 最初の10秒は上げられず
 - 仰向け、脱力状態、潜水服に空気(-):浮力↓
- 水面
 - ヘルメット脱着(顔色悪、意識なし)後に落水
 - 逆さ状態で頭頸部水没
 - 船上への収容に39分かかる
- 心肺停止状態
 - 胸骨圧迫:水面への引き揚げから40分後
 - 救命士による気道確保: 同 60分後
- 潜水器の状況
 - 空気槽への銅管破断
 - 空気槽逆止弁作動不良
 - 予備空気槽使用せず
 - ヘルメット逆止弁作動不良
 - 腰バルブ装備せず

• ヘルメット・スキーズ

- 12.4mの海底で発生

ヘルメット内が大気圧へ急減圧
頭頸部が強大な陰圧に曝露

頭頸部水没
救急蘇生開始まで時間経過

90

【症例10 70歳代 男性 採貝漁師】

搬送から収容先での経過 救急概要

- 8:23 覚知 指令内容 漁船 77歳男性意識呼吸なし 5-10分後到着予定 付近誘導依頼 水死？
仕事中の事故に関する模様
- 8:26 出動
- 8:35 現場到着
- 8:36 接触 船上に引き上げられ、同僚が有効な胸骨圧迫実施中。CPA確認。
CPR開始。換気に若干の抵抗あるも胸部挙上確認
首から顔面、頭部にかけてうっ血。眼球突出。口唇浮腫。
- 8:37 モニター装着 初期波形心静止。救急車内でCPR継続するためにバックボードに固定
同僚より、水深12mで作業していることを聴取し、目撃なしと判断。瞳孔反射なし 6mm 6mm
- 8:39 車内収容
- 8:40 病院に特定行為指示要請および収容依頼。家族未到着のため、指導医師に許可を得る。
- 8:43 喉頭展開し、コンビチューブにて気道確保。換気良好
同僚より、船上引き上げ後に意識消失。まもなく呼吸停止、脈が触れなくなった旨聴取。
目撃ありの活動に変更
- 8:48 家族到着。インフォームドコンセントをとり、静脈路確保。滴下良好
- 8:51 救命士報告。目撃ありの情報を伝え、薬剤投与指示要請。最終波形 心静止 アドレナリン1 mg
- 8:54 搬送開始
- 8:56 最終波形 心静止 アドレナリン1 mg (2投目)
- 9:01 最終波形 心静止 アドレナリン1 mg (3投目)
- 9:10 波形変化なく 病院到着

91

【症例10 70歳代 男性 採貝漁師】

搬送から収容先での経過 来院後経過 画像検査

- 9:13 救急室入室。呼吸停止。モニター波形 心静止。対光反射なし R=L 6mm CPR開始。
アドレナリン1mg (以後9:17、9:21にそれぞれアドレナリン1mg)
- 9:15 気管挿管。換気良好
- 9:25 心静止 CPR中止
- 9:56 死亡確認

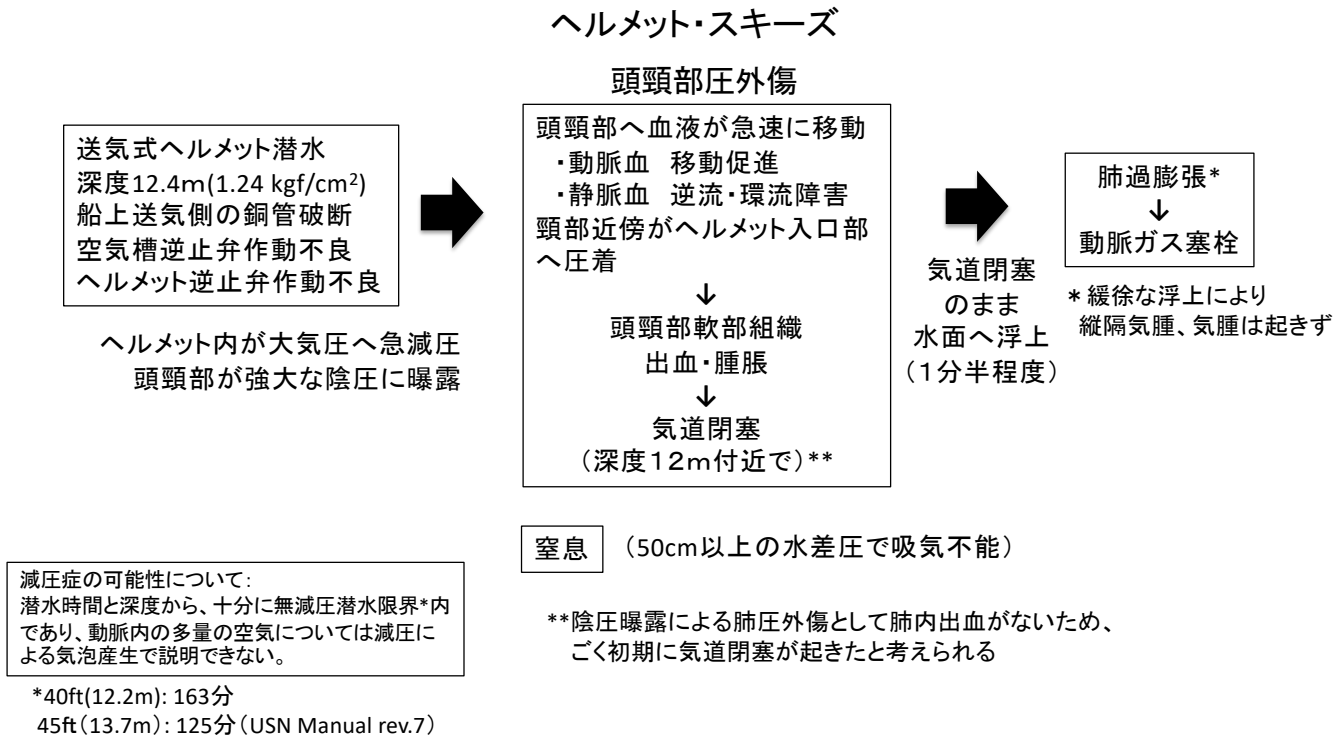
来院時血液検査:Lac高値(21.0 mmol/L):低酸素で循環がしばらく動いていた所見

| | | | | | | | |
|-----|------------------------------|------------------|--------------|-------|-------------|------------------|------------|
| WBC | 2800 / μ L | pH | 6.571 | ALB | 3.5 g/dL | Na | 148 mEq/L |
| RBC | 4.40 $\times 10^6$ / μ L | pCO ₂ | 138.0 mmHg | AST | 248 IU/L | K | 8.2 mEq/L |
| Hb | 13.8 g/dL | pO ₂ | 70.3 mmHg | ALT | 139 IU/L | Ca ⁺⁺ | 1.46 mEq/L |
| HCT | 47.0 % | Lac | 21.0 mmol/L | LDH | 751 IU/L | BUN | 27.2 mg/dL |
| Plt | 58.0 10^3 / μ L | BE | -33.1 mmol/L | T-Bil | 0.5 mg/dL | Cre | 1.43 mg/dL |
| | | HCO ₃ | 11.9 mmol/L | CRP | 11.91 mg/dL | CK | 237 IU/L |

- CT検査 頭部:脳血管の中に空気像:動脈、静脈(海綿静脈洞)ともに
眼瞼周囲・眼窩から両側側頭部皮下に腫脹
- 頸部:前頸部甲状腺レベルの軟部組織に腫脹
- 胸部:全肺野肺出血の所見なし 挫傷所見なし 気道の詰まりなし
右房、左房、大動脈にニボー像、動脈に空気像
- 腹部:動脈に空気像

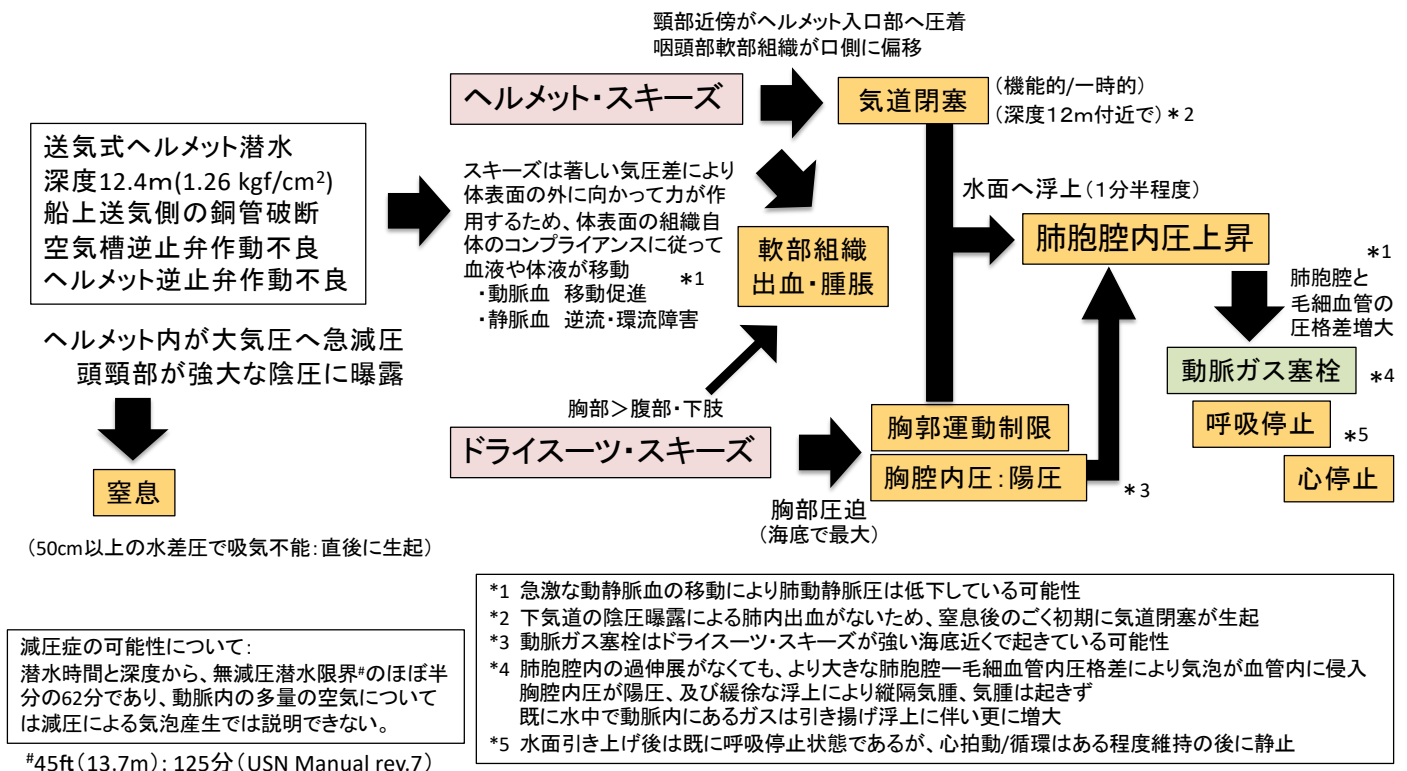
92

臨床経過から考えられる病態



93

総合的な検討による病態



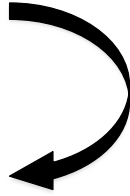
94

【症例10 70歳代 男性 採貝漁師】 本例から学ぶもの

- ヘルメット・スキーズではある程度のドライスーツ・スキーズを伴い気道閉塞がごく早期に起きると推定され、以下の可能性がある
 - ✓ 動脈ガス塞栓症が起きる
 - ✓ 肺圧外傷として気胸や著しい肺損傷はない
 - ✓ 低酸素状態で循環はしばらく働いている
 - ✓ 脳内、延髄内の明かな損傷はない

○事故対処

- 異状の早期発見
 - ✓ 送気員:水泡の異状
 - ✓ 連絡員:交話
 - ✓ エンジン音
- 潜水者の迅速な水面への引き揚げ
 - ✓ 気道閉塞が起きる前に
- (腰バルブ使用)
- (予備用圧縮空気ポンペの携帯)
- 発症時の情報共有が重要:専門医の関与
 - ✓ 救急再圧の判断:動脈ガス塞栓症に対して
 - ✓ バイタルがあればAGE合併の可能性も考慮する
 - 浅深度での発生あるいは迅速な引揚げができた場合には救命の可能性



○事故予防

- 潜水器・送気装置
 - 逆止弁の点検
 - ✓ ヘルメット:潜水前
 - ✓ 空気槽:定期
 - 送気ホース・配管の点検
 - 正しい使用
 - ✓ 予備空気槽
 - ✓ ドレインコック

救命するため、可能な限り障害を最小限にするため、具体的な方策について潜水者側の協力を得ながら、関連官庁等、救命救急関連機関が相互理解のうえ連携して取り組む必要がある。