

博士論文

死後 CT における溺死肺画像所見の出現パターンに関する研究

臼井 章仁

## 目次

1. 要約	1-2
2. 研究背景	
2-1. 放射線画像の法医学への応用の歴史	3-4
2-2. 法医解剖制度	5
2-3. 異状死体数	6
2-4. 東北大学における法医解剖前 CT と溺死	7-9
3. 研究目的	10
4. 研究方法	
4-1. 対象	11
4-2. CT 撮影条件	12
4-3. 肺 CT 画像の解析	13-14
5. 研究結果	15-18
6. 考察	19-24
7. 結論	25
8. 謝辞	26
9. 参考文献	27-32
10. 図表説明	33-36
11. 図	37-52
12. 表	53-54

## 1. 要約

川や海などで発見された水中死体において、溺死か否かの鑑別は、法医診断学上、極めて重要である。そこで本研究では溺死者の肺 CT (computed tomography) 画像に注目し、剖検所見ならびに発見状況から溺死診断された症例をレトロスペクティブに抽出し、溺死肺のパターン分類を試みた。症例は法医解剖前 CT 画像を撮影した溺死者 100 名 (男性 : 60 名 (63.7±14.1 歳)、女性 : 40 名 (67.9±15.6 歳)) である。この結果 6 パターンに分類が可能であり、そのうちの多くが、間質の肥厚を伴うすりガラス影が主体であるもの (34 例) と、小葉中心性の淡い粒状～斑状影が気道散布様に分布しているもの (38 例) の 2 パターンに分けることができた。また、これらの 2 つの特徴が組み合わされた例も存在した (10 例)。これら 3 つのパターンの間には、肺の平均 CT 値に有意差が確認された。その他、ある期間救急蘇生術を受けたために、輸液の影響と考えられる Consolidation を強く示すもの (6 例)、従来からの既往症としての肺気腫・肺線維症の所見が前面に出ってしまうもの (8 例)、そして、どれにも当てはめることができず分類不能であったもの (4 例) であった。本研究の結果、死後画像診断において、溺死者の肺 CT 所見は、救急蘇生術や肺の基礎疾患がない場合、大半が 2 種類のパターンとその混合型に分類されることが判明した。剖検では肺の所見が解剖担当者の主観的なものととどまることから、より客観的な肺 CT 画像の解析結果を加えることで、溺死診断の有力な指標の 1 つになり得る。また、死亡状況を加味

した上で、肺の CT 所見を分析することが溺死を示唆する有力な指標の 1 つになり得るものと考ええる。

今後、このような肺 CT 画像のパターンの違いが、どのようなメカニズムにて生じるのか、それをどのように調査すべきなのかが、次の課題となると考えられる。

## 2. 研究背景

### 2-1. 放射線画像の法医学への応用の歴史

X線を用いた医用画像撮影および診断は、1895年11月のWilhelm Conrad RöntgenによるX線の発見に始まり、骨など体表からは触れることも不可能な部位が観察できるようになった<sup>1)</sup>。この数年後にはYale大学のAW Wright教授が、ウサギの死体中に存在する銃弾のX線写真と、これを摘出して証明した事例が、X線画像の最初の法医学的応用といわれている<sup>2)</sup>。しかしながら、実際に法廷にX線画像が提出された最初の例は死体ではなく、X線発見の翌年である1896年、カナダ・モントオールにて、負傷者男性の下腿に45分間ものX線照射をすることによって銃弾の存在が証明され、これが証拠となり容疑者は14年間の刑務所服役が命じられたというものである<sup>1,2)</sup>。

近年、日本国内では、Ai (Autopsy imaging ; オートプシー・イメージング)、死後画像検査、死亡時画像診断などという名称で、死体に対する放射線画像検査が広く普及している<sup>3)</sup>。特に世界的にみて、我が国はCT (computed tomography) の普及台数が極めて多いということもあり<sup>4)</sup>、死後画像検査・死亡時画像診断とは一般的に死後CTを示し、これを施行している施設は救急病院などが大半を占めている<sup>3)</sup>。また、CT画像の白黒濃淡のコントラストを決定するのはCT値(単位:HU, Hounsfield Unit)と呼ばれる量子化された数値である。このCT値とは水を0として、水に対する物質の相対的X線吸収を示す数値であり<sup>5)</sup>、この数値が負で小さいとき、その物質は水よ

りも X 線吸収が小さいと評価する（例えば、空気、脂肪など）。またその逆も成り立ち、多くの実質臓器や硬組織は正の値を示す。

## 2-2. 法医解剖制度

我が国の法医解剖制度は複雑多様である。旧来より、法医解剖とは3つに大別されていた<sup>6-9)</sup>。即ち、①刑事訴訟法に基づく司法解剖、②死体解剖保存法に基づく承諾解剖、③政令により監察医制度が敷かれている地域（現状で機能しているのは、東京都特別区、横浜市、大阪市、神戸市）における行政解剖である。そして2014年4月からは、④警察等が取り扱う死体の死因又は身元の調査等に関する法律（死因・身元調査法）施行により開始された「調査法解剖」が含まれる。司法解剖は犯罪死体、および犯罪性が疑われる異状死体（いわゆる変死体）が対象であり、犯罪捜査に主眼がおかれた死因究明を目的としたものである。一方、承諾解剖や行政解剖、そして「調査法解剖」は、犯罪性がないものの死因不明な死体を対象に、死因を明確にするために行われる解剖である。ただ、これらの犯罪性の有無を調査・決定するのはあくまでも警察である。承諾解剖はその名の通り、遺族の承諾を元に行われるものであるが、行政解剖は監察医が死因究明に解剖を要すると判断した場合に遺族の承諾なく施行可能である。主に監察医制度が敷かれていない地域で行われる「調査法解剖」もまた遺族の承諾が必要なく所管の警察署長の権限により施行することが可能である。

### 2-3. 異状死体数

日本全国で 2010 年における異状死体数は 171,025 体であり、このうち法医解剖数は 19,083 体でその解剖率は 11.2%にすぎない<sup>10)</sup>。また、日本には死因究明の管轄省庁が未だに存在せず、法律上、異状死体の定義も存在していない。しかしながら、高齢化に伴う独居老人の増加により、異状死体数は年々増加して 2030 年には 22.4 万体に達すると推定されている<sup>11)</sup>。また、当初は犯罪性が無いと思われた事例が、解剖により殺人の可能性が高いと結論づけられるということも少なくなく<sup>10,11)</sup>、このような状況からも、法医解剖を補完する手段としての死後画像検査は、今回の研究主体である溺死を含め、様々な死因に対する有効な検査手法として広げていく必要があると考えられる。



## 2-4. 東北大学における法医解剖前 CT と溺死

東北大学 Ai センターでは、異状死体に対する死後 CT 画像が、法医解剖をどの程度補完し、また解剖の代わりとなりえるのかという立場から、2009 年 5 月から法医解剖前 CT 検査を開始し、2014 年 9 月までに 1,000 件以上の事例について検査を行ない、様々な報告を行ってきた<sup>12-21)</sup>。この間、2009 年から 2012 年の間に最も多い死因は、631 例中 116 例 (18%) が溺死、または溺水吸引による窒息であった。2012 年における厚生労働省の人口動態統計では、不慮の事故による溺死者数は 7,963 人、自殺を目的とした溺死者数は 1,168 人であったと報告されている。またこの不慮の事故による溺死者数は、1990 年台から微増していたが<sup>22)</sup>、ここ 3 年間でみると 2010 年 6,948 人、2011 年 7,356 人、そして 2012 年は 7,963 人と急増しているともいえる。因みに、東日本大震災による溺死者数は、不慮の事故による溺死から除かれている<sup>23)</sup>。

溺死の法医学的定義は、体外から気道を通して侵入した液体 (溺水) によって、肺胞、および肺内気管支末端の内腔が閉鎖されて、ガス交換が阻害されて死亡した場合をいう<sup>6,7,24)</sup>。「溺れ」という言葉からは、全身が水中に没するというイメージがあるが、鼻口部が液体に浸っていれば、数 cm の深さの水たまりであっても溺死する可能性がある<sup>25,26)</sup>。因みに、喀血・吐血といった血液の吸引による窒息は、溺死とはいわない<sup>8)</sup>。

我々が経験した溺死例は、海や川に浮遊していたり、海岸や川岸で発見されたりといったケースが多いが、中には水を張った稲田や浅い水深の用水路に顔面を没したも

のなども少なくない。いずれの場合においても、死因が溺死であるのか否かという鑑別は、法医学上、最も重要な診断項目である。表 1 に、溺死に関連する主な所見を示した<sup>8, 25, 27, 28)</sup>。これらの所見は死後水中に遺棄されたのではなく、生前溺死を診断する指標となる。鼻口部や気道内の細小泡沫は、気道に溺水吸引がなされたときに、気管支内の分泌液や粘液が、呼吸運動によって空気、溺水と混合されて生じるものである。しかしながら、必ず出現するとは限らず、また出現しても死後経過とともに消失してしまう。水性肺気腫<sup>6, 8)</sup>も、病的心不全や薬物中毒死事例で類似した所見をみることもある。肺水腫の程度に関して、執刀医の判断基準では、解剖時に摘出肺を脳刀で長軸方向に 3~4 分割したとき、断面から多量の水腫液が漏出するような状態で、肺重量も概ね 500-600 g を超えるような場合を水腫高度、一方、死後変化による就下うっ血を除いた肺領域で、圧すると断面からわずかに水腫液の漏出があり、重量も概ね 300 g 以下のような場合を軽度、その中間を中等度としているが、かなり主観的な要素が大きいものである。

その他、表 1 で 3~5 に示した所見も必ずしも溺死者にともなっているということではなく、言い換えれば、溺死に特異的な所見はない。実際の診断には表 1 に示した所見のいくつかが揃い、且つ薬物中毒のようなその他の致死的原因がなく、さらに発見状況や死者の個人情報などを合わせ、これらを総合的に判断し、溺死と診断される。宮城県警察では犯罪秘匿を防ぐために、水中死体については、ほぼ全例において解剖を行なっている。その中で死後変化（腐敗現象）があまり進行していない死体につい

では、診断補助として死後画像撮影を行なっているわけであるが、この中には捜査と剖検所見とから明らかに溺死診断が下される症例も少なくはない。そして、これまでの経験から、溺死体の肺画像を観察していると、ある一定の所見ではなく、いくつかのパターンに別れることに気がついた。それ故、実務応用として今後、遺体の肺 CT 画像から溺死診断を行う場合、最初のステップとして、状況ならびに解剖所見上から溺死が明らかな症例を集め、そこからどのようなパターンが得られるかを把握する必要があると考えたのが研究に至った背景である。

### 3. 研究目的

研究背景で述べたように、水中死体における溺死診断のための死後画像診断所見の確立は、解剖率の低い我が国において、極めて重要、且つ急がれる問題である。確かにこれまでも、死後 CT 上で副鼻腔内、特に蝶形骨洞内と上顎洞内の液貯留に注目し、これが無いことが確認できた場合には、高い可能性で溺死および溺水吸引を否定できるという報告がある<sup>29)</sup>。しかし、これはあくまで非溺死のサインとして、溺死の否定にとどまるものであり、積極的に溺死を診断できるものではなかった。

解剖時において、法医医師が溺死か否かを診断する場合、肺の肉眼的所見を重視する。すなわち、肺が含気により膨満しつつ、一方でその断面から強い水腫がみられた場合に溺死を支持する有力な所見とみなすのが一般的である<sup>6,7,30,31)</sup>。しかしながら、この「含気」や「水腫」の程度については、せいぜい高度・中等度・軽度といった、あくまでも解剖医の主観によるものである。したがって、法医鑑定に疑義が生じた場合、再鑑定が行われることは稀ではないが、第三者が元鑑定の肺所見に関して、一定の基準を設けて評価をすることは困難である。そこで、本研究では溺死であることが明らかな症例の肺 CT 所見をレトロスペクティブに比較することでパターン分類を行い、且つ、その客観的に数値を示すことができる CT 値と、肺の解剖所見との関連について検討することを目的とした。

## 4. 研究方法

### 4-1. 対象

2009年5月から2013年12月までの間に、法医解剖により溺死と診断された133例から、全身の腐敗が進行しているもの(10例)、他の死因と競合するもの(7例)、他の死因と競合し、且つ腐敗が進行しているもの(3例)、入浴死(bathtub death)と考えられるもの(10例)、小児(3例)を除いた100例(男性60名:平均年齢63.7±14.1歳、女性40名:平均年齢67.9±15.6歳)を対象とした。なお、本研究にて入浴死を除外した理由については、心筋梗塞のような器質的疾患が関連していることが少なからずあるため<sup>8, 32, 33)</sup>、剖検所見でも典型的な溺死肺というより、心不整脈による肺うっ血・水腫像を呈している可能性があることから、外因性の溺水吸引と区別するためである。

死後CT画像の研究利用については、東北大学医学系研究科倫理委員会の承認を得ている(承認番号 2008-251、2014-1-084)。

## 4-2. CT 撮影条件

使用装置は 8 列マルチスライス CT (Aquilion、東芝メディカル) で、ポジショニングや CT 装置の操作は著者、あるいは著者の指導のもと、診療放射線技師が行い、全例、頭頂から大腿骨近位部まで、撮影 FOV (Field of view; 画像視野) は最大限に大きく、管電圧 120 kV、管電流は体格に応じて調整して、スライス厚 2.0 mm にて 8 列ヘリカルスキャン (ビームピッチ 0.875) による 3D 収集を行なった。肺については、この 3D 収集データから、再構成 FOV を肺に絞って設定し、肺専用の再構成関数により処理した CT 画像を再構築している。加えて、2012 年 4 月からは、肺のみを対象に、その画質を考慮して Step and shot、いわゆるノンヘリカルコンベンショナルスキャンにより、管電圧 120 kV、管電流はやはり体格に応じて調整して、適切な再構成 FOV と肺専用再構成関数を選択して撮影し、スライス間隔 30.0 mm、スライス厚 1.0 mm の 4 列同時収集による HR (High resolution; 高分解能) 撮影を行なった (図 1)。これらすべての画像は、3D 医用画像処理ワークステーション (ziostation2 ver.2.1.5.0、ザイオソフト) に転送している。

#### 4-3. 肺 CT 画像の解析

これらの肺の CT 画像について、肺野所見のパターン分類を行った。肺を含めた死後画像の読影は 2 名の放射線診断医により行われ、それぞれ経験年数は 10 年以上、25 年以上であり、死後画像の読影に関しては 2 名共に 4 年以上の経験がある。前項で述べたように、2012 年 4 月以降の 53 例については、HR 撮影による 1.0 mm スライス厚の CT 画像とヘリカルスキャンから再構成したスライス厚 2.0mm の CT 画像を参照し、これ以前の 47 症例については、ヘリカルスキャンから再構成した肺 CT 画像のみを参照した。

また、肺の CT 値について検討を行うため、その計測を行なった。全 100 例中 98 例について、3D 医用画像処理ワークステーションに搭載された抽出機能により、空気、または空気と接するような皮膚や気道といった領域の CT 値を抽出するように 3D データを処理して (図 2-1)、肺全体を抽出した (図 2-2)。具体的には表示する 3D 画像の表示ウィンドウを、CT 値およそ -500 HU 付近を中心として、CT 値の幅を約 700-800 HU に広げて設定してやると、いわゆる空気との境界を示すような領域について選択的に表示が可能となる。これを確認した後、解剖学的な肺の構造について各断面像 (水平断、冠状断、矢状断) を確認しながら抽出を行なった。しかしながら、生体と異なり両上肢を挙上するなどできないため、アーチファクトが発生してしまうが、これについては、肺の構造について各断面像を参照してマニュアルで削除するなどして対応した。また、肺抽出処理では、縦隔部は除外される。肺内の血管は、法医解剖

時には肺実質と一塊のものとして肺動静脈を含めて摘出し、肺重量などを計測するため、これに合わせ、肺に含めた抽出処理を行なった。その後、抽出された肺全体の平均 CT 値を計測し、有意差の評価を行った。

なお肺に含気が少なく、3D データから肺を抽出できなかった 2 例（図 2-3, 2-4）については、肺尖部、気管分岐部、肺門部、肺底部近傍の各断面内に一定面積（10 cm<sup>2</sup>）の円形 ROI（Region of interest; 関心領域）を 20 箇所設定して計測し（図 3）、これらの平均値を肺全体の平均 CT 値とした。以降は、各症例の肺全体の CT 値を、肺 CT 値と呼称することとした。

統計解析には JMP® 11（SAS Institute Inc., Cary, NC, USA）を使用して、それぞれの項目で Shapiro-Wilk 検定により正規性を確認し、平均値の比較には、項目間で F 検定にて等分散性の確認した後、検定を行った<sup>34)</sup>。2 群間の平均の差を比較するには *t* 検定を用いるが、2 以上の数パターンに分類された場合には、*t* 検定による 2 群間の各検定間における有意水準を、全体の有意水準に設定することができない。そこで Tukey-Kramer の HSD（Honestly significant difference）検定<sup>34)</sup>により、平均値の多重比較を行った。

肺水腫の程度に関しては、背景に述べたように、主観的な評価ではあるものの解剖医による剖検記録をもとに、これと肺 CT 値との比較を行った。



## 5. 研究結果

解剖で溺死と診断された事例の肺 CT 所見の多くは、①間質の肥厚を伴うすりガラス影が主体であるもの（図 4）、②小葉中心性の淡い粒状~斑状影が気道散布様に分布しているもの（図 5）の 2 つのパターンに大別できた。以降、前者を Type 1、後者を Type 2 と呼称する。そして本研究症例 100 例中 Type 1 は 34 例（34%）、Type 2 は 38 例（38%）であった。更にほぼすべての肺水腫が生じている領域に間質肥厚が確認されたものは Type1 に分類したが、肺葉によって間質肥厚や粒状影が確認される場合、例えば、図 6 に示したような上葉には粒状影、下葉には間質肥厚といったパターンが出現した症例 10 例（10%）は、Type 1 と Type 2 の混合型（Type 1+2）と分類した。これら上述の 2 つのタイプと混合型合わせて全体の 82%を占めていた。

これら Type 別で水腫の程度を、解剖医による主観的表現で比較すると、剖検所見の記録では Type 1 では、34 例中 32 例（94%）が高度（図 7）であり、わずか 2 例が中等度であった。対して、Type 2 ではその診断に幅があり 38 例中、16 例（42%）が高度（図 8）、17 例（45%）が中等度、5 例（13%）は軽度と診断されていた。Type 1+2 についてもまた、10 例中、6 例が高度（図 9）、3 例が中等度、1 例は軽度であると診断されていた。

一方、これら以外の症例では、Consolidation が強く出現しているもの（Consolidation 型、6 例）、肺気腫・肺線維症が疑われるもの（肺気腫・肺線維症型、8 例）、どれにも当てはまらず分類不能としたもの（4 例）に分類された。これらも含めると、溺死

症例の肺 CT 所見は主たる 2 パターンとその混合型が大部分を占めており、さらに Sub-Type である 3 パターンの合計 6 パターンに分類することができた。

図 10 には Consolidation 型の肺 CT 画像を示す。この型を示した全 6 例については、救急搬送後に輸液などの処置を数時間以上施されており、剖検記録上、高度な肺水腫とともに、断面から多量の水腫液流出が確認されていた。また、研究方法で述べた 3D データから肺を抽出できなかった 2 例（図 2-3, 2-4）とは、この中に含まれるものである。加えて、この ROI による肺 CT 値計測についてであるが、今回検討を行った溺死例中から 3D データから肺を抽出できなかった 2 例を除いて、他の 10 例をランダムに抽出し、この 10 例の 3D データから計測した肺 CT 値と、ROI 計測による肺 CT 値を比較した。その結果、回帰分析の適合度を示す決定係数<sup>34)</sup>は 0.98 であり、差がほとんどないことを確認した。

肺気腫・肺線維症型は、肺 CT 上、8 例すべてに気腫性変化がみられ（図 11）、中には巨大なブラ<sup>35)</sup>が多発しているものが 2 例、蜂窩肺<sup>35,36)</sup>を示すものが 1 例確認できた。剖検記録では、ホルマリン固定後の組織検査にて全例に線維化組織および気腫性変化が確認されており、肺 CT 画像はいずれも生前の器質的疾患を反映していた。

分類不能であった 4 事例に関して、このうち 2 例は、いずれも川底に沈んでいたところを発見された事例であり、CT 上、肺野は気管支や血管の走行が分かる程度の CT 値上昇、すりガラス影がほぼ全体に拡がっていた。一部には CT 値上昇が周囲よりも小さい領域もあり、モザイク状を呈している部分も確認できた。図 12 に示している

のはこのうちの 1 例であり、肺 CT 値は-321 HU、もう 1 例についてはモザイク状の領域が比較的目立つことから-459 HU であった。剖検所見として肺重量も左右ともおよそ 1000 g またはそれ以上にも達するほどで、水腫は極めて高度、剖面から細小泡沫液の流出があり、肺壊機試験<sup>25, 28)</sup>により珪藻も確認されていた。別な 1 例は右半身が側溝内で水没していた事例であり、右上葉の一部気管支・血管束周囲にわずかな CT 値上昇域と、左上葉内に下葉との背側境界に帯状のすりガラス影が確認された。

肺 CT 値は-658 HU と小さいものであった。剖検所見上、肺重量は左 310g・右 290g と軽い、肺剖面は左上葉にのみ水腫が強く、他は水腫が軽度であったものの、肺壊機試験では右肺に多数の珪藻が確認されていた。最後の 1 例は、水深 8cm の側溝内に、うつ伏せで顔面が水に没していた状態で発見された事例であり、両肺野背側に死後変化によるものと考えられる、ほぼ水平面を形成した就下性のうっ血・水腫様の CT 値上昇域がみられた。その他の肺野には、極軽度な CT 値上昇がみられるのみであった。

肺 CT 値についても-767 HU と小さいものであった。剖検所見では、肺重量は左 320g・右 400g、肺剖面の水腫は軽度であったが、肺壊機試験によって珪藻が確認されていた。

また、表 2 には、それぞれの溺死肺における、水腫についての剖検所見と肺 CT 値の平均値（平均値±標準偏差）について示している。この中で Type 1、Type 1+2、Type 2 の主たる 3 パターンの肺 CT 値のデータについて、Shapiro-Wilk 検定ではそれぞれ正規性は棄却されず、F 検定の結果、等分散性が確認できた。そこで、*t* 検定により平均の差を検定するには Type 1 と Type 2、Type 1 と Type 1+2、および Type 1+2 と Type 2

の3つの組み合わせで比較することになるが、方法の項にて述べたように、これでは3項目間の個々の検定における有意水準を、全体の有意水準に設定することができないため、Tukey-KramerのHSD検定<sup>34)</sup>により、有意水準0.05に設定して、肺CT値の平均値の多重比較を行ったところ、それぞれに有意差を認めた(図13)。肺CT値が最も大きいのはType1の溺死肺( $-470 \pm 85$  HU)であり、次いでType1+2( $-606 \pm 85$  HU)、Type2( $-695 \pm 66$  HU)であった。他のSub-Typeである3パターンについては、症例数が少ないことと、Consolidation型については本来の溺死肺により現れた水腫と画像上で区別が困難であることから、統計的な比較・解析は行わなかった。

## 6. 考察

法医解剖にて死因が溺死と診断された全 100 症例のうち 82%は、間質の肥厚を伴うすりガラス影が主体である Type 1 と小葉中心性の淡い粒状~斑状影が気道散布様に分布している Type 2、あるいは、これらの混合型である Type 1+2 のパターンを示していた。因みに、このような肺実質内の小葉やその隔壁など詳細を CT で描出するには、1.0-2.0 mm のスライス厚が必要であるといわれている<sup>37)</sup>。過去に、Kim ら<sup>38)</sup>が 10 mm 間隔で撮影したスライス厚 1.0 mm の CT 画像による 6 例の浸漬（いわゆる溺れ）の生存例について報告しており、3 例が小葉内網状影を呈し、このうちの 1 例は小葉間隔壁の肥厚もみられたとしている。また、全身をマルチスライス CT によるスライス厚 1.25 mm のヘリカルスキャンで撮影し、溺死例 28 例の死後 CT 画像を評価した Levy ら<sup>39)</sup>は、28 例中 25 例（89%）が間質肥厚を伴ったすりガラス影が観察されたと報告している。しかしながら、これらの報告では、それぞれ、6 例中 4 例に小葉中心性の粒状影が、28 例中 12 例には肺尖部と肺門部に中等度 CT 値上昇したすりガラス影がみられたとも述べられており、様々な陰影が組み合わせられて出現するとしている。加えて、Christe ら<sup>40)</sup>はマルチスライス CT を使用したスライス厚 1.25 mm の 4 列同時収集した死後の肺 CT 画像から、10 例の溺死例について、半数が間質から肺胞へ及ぶような液滲出を呈する肺水腫を呈していたと報告している。

それでは、今回研究で示された Type 1 に特徴的な間質肥厚を示す直線・網状影、また同様に Type 2 の小葉中心性のすりガラス影とはどのような機序で現れるものであろうか。成書<sup>37,41)</sup>によれば、直線・網状影のような間質肥厚は、小葉間隔壁・小葉内微細構造に液体や細胞が浸透したものが原因であるとされている。また、すりガラス影は気腔のガスが減少し、液体成分などが増加したために X 線吸収が大きくなり

CT 値が上昇したが、ガスを混じているので、血管影などが確認できる程度の CT 値を呈するものであるとされており、Consolidation ほど CT 値が高くなっていない状態を現すとされている。それ故、Consolidation とは、すりガラス影が現れている気腔の状態を越えて液体や細胞がガスと置換され、気腔内にガスがほとんど無くなった状態に現れるもので、このときには周囲の血管・気道は不明確となる。また、背側に Consolidation が生じた場合は、接して存在する胸水などは、共に CT 値は水に近い値を示すことにより境界が不明確になる。更に、小葉中心性のすりガラス影とは、一般に細気管支などは小葉の中心にあるため、その末端の肺胞内に液体などの侵入・吸引があった場合に現れるものであるとされている。また、肺胞壁の肥厚によってもすりガラス影が現れることがある。いずれにしても、溺水吸引による肺への影響が、直接的であれ、間接的であれ、肺 CT 画像に反映して現れるものである、ということに疑いようはないと考えられる。因みに Consolidation に関して、今回 Consolidation 型に分類された 6 例を除けば、蘇生行為などおこなわれていない (92 例)、あるいは、記録上、搬送時刻と死亡確認までの時間が 30 分以内の極めて短時間な治療行為にとどまる例 (2 例) には認められなかった。これらの症例では輸液を含め、長期間の治療行為は行われていない。溺死する以前から Consolidation を呈していたことを否定することはできないが、輸液等の治療行為が最も関与しているものと考えられた。

また肺 CT 値に関して、Type 1 は Type 2 よりも有意に高いことが確認できた。上述の機序から考えれば、Type 1 には Type 2 に比較して、多くの溺水吸引があったものと考察できる。剖検記録上、これら 2 つの Type 間で水腫の程度を比較すると、解剖医の主観的なものであるものの、Type 1 ではその 94%が高度であった。対して、Type 2 においては、水腫高度、中等度、軽度と診断されていたのは、それぞれ 42%、45%、

13%であった（表 2）。剖検では水腫の定量性に一定の基準はないものの、Type 1 を呈した症例中の 94%において、水腫が高度であり、且つ肺 CT 値が高いということは、Type 1 の大半は Type 2 に比較して、多量の溺水吸引を引き起こしていたものと考えられる。これに従えば、肺水腫の程度を画像で客観的に示すことが可能である。

ところで、Germerott<sup>42,43)</sup> らは、死後 CT における肺所見に関して、死体の気道から圧力をかけてガスを注入し、肺を拡張させることで CT 値が減少し、小さな病理所見の検出に有利になると報告している。また、多くの法医学的成書では、溺死肺の特徴として、開胸時に肺の組織が縦隔を覆うほどの過膨張<sup>6, 8, 26, 27, 30, 33, 44)</sup> を挙げている。中でも、水性肺気腫（*emphysema aquosum*）<sup>6, 8, 27, 30, 44, 45)</sup> について述べているものがあり、これは気道内にあった空気が溺水吸引によって末梢に圧迫されたことが原因とされ、肋骨の圧痕が伴うほどに肺が著名に膨満して、胸膜下の肺胞が気腫状となるような状態をいう。これらのことから、溺死肺は肺が拡張して CT 値が小さくなっていることが推測され、これは Type 2 のような淡い陰影の出現をある程度説明可能であり、Type 2 の肺所見のみを強調して記載している可能性もあるので、今後、組織検査の結果などを合わせて検討していくべき課題と考える。

通常、病態として起こる肺水腫は、肺毛細管（正常 約 8 mmHg）が上昇しておよそ 18~25 mmHg になり、リンパ管による処理能力を越えるようになると、血管・気管支周囲の間質に水分が貯留し、間質性肺水腫が起こり始めるとされている<sup>46)</sup>。この水腫液の貯留によって、間質や小葉間隔壁が厚さを増していくことになり、さらに進行すれば水分移動に関連する肺胞壁が肥厚して、最終的には肺胞内に水腫がみられるようになるという。一方で、スキューバダイビングや潜水、遠泳など身体活動後に生

じる肺水腫（pulmonary oedema of immersion）においては、間質性肺水腫は二次的なもので、肺胞性肺水腫が進行したことによるものではないかとの報告もある<sup>47)</sup>。

これらのことから考えると、単に溺水吸引量の多さだけではなく、溺水吸引という現象が肺胞内にとどまる場合には Type 2、間質にまで影響した場合には Type 1、というパターンを反映しているのではないかと考えられる。ただ事例ごとに、なぜこのようなパターンの相違が出現するかの詳細な究明は今後の検討課題である。なお、これに関し興味深いことに Type 1+2 を示した事例の中には、図 6 のように腹側には Type 2、背側には Type 1 といったパターンがみられることがあった。死後 2 日以内の症例を抽出しているため、腐敗のような高度な死後変化の影響は考えにくいことから、これが Type 1 と Type 2 の間の移行期に相当するものなのか、溺水吸引が肺葉によって異なっていた場合起こったものなのか、なども合わせて考慮する必要があるのかもしれない。

また、海水溺水と淡水溺水についてであるが、電子顕微鏡所見上の違いを述べたものはあるものの<sup>48)</sup>、肉眼所見上あるいは光学顕微鏡所見上の違いを述べている文献はない。遺体発見場所が池、水田や河川の上流部であれば淡水溺水であることを考慮できるが、河口近くの海上であれば、淡水（川の上流から浮游）、汽水、海水いずれの可能性もあり、入水場所の特定が困難なことも少なくはない。更に水深、水温なども考慮する必要もある。今回の症例ではこういった状況把握が不完全なものも少なくなく、「海水」と「淡水」症例の差による検討を除外した。ただ海水吸引と淡水吸引とでの死後肺画像のパターン出現頻度に関しては興味深い点でもあり、今後の課題としてあげるものである。



ところで、これまでに Type 1、Type 2、いずれのパターンにも類似した肺 CT 所見を、薬物中毒死例でも経験している。このことから、両パターンは溺死の特異的所見とまではいうことができない。しかし死亡状況を加味し、尚且つ、死亡時採取した血液から薬物分析上、陰性結果が得られたのならば、肺の CT 所見もまた溺死を示唆する有力な指標の 1 つになりえるものとするが、死因診断には慎重を要するものである。しかしながら、今回の検討は、溺死例の肺所見を検討したもので、対照群を置いて検討されていない。対照群として適した非溺死症例を集める必要があるが、通常、死体には死後変化により肺内には、死斑と同一機序で出現する就下性のうっ血・水腫様の CT 値上昇域が現れる。硫化水素など気体の薬毒物中毒事例や一酸化炭素中毒による焼死事例においても、肺には様々な重篤なうっ血・水腫が生じることがある。また、死体が静置されていた環境や場所によっても死後変化による肺水腫は一定のパターンを示さない、など検討に適する対照群については慎重に考慮する必要がある。対照群を置いて肺所見による溺死の診断率などを検討することは重要で、さらに症例を集めて検討する必要があると考える。

研究背景でも、すでに述べているが、日本は先進諸国の中でも、解剖率が低いことが報告されている<sup>10, 11)</sup>。我が国（人口約 1 億 3 千万人）における法医解剖を執刀する医師数は、人口 100 万人あたり約 1.3 人である。欧州の先進諸国と比較すると、英国イングランド・ウェールズ（人口約 5,500 万人）約 14.5 人、ドイツ・ハンブルク州（人口約 174 万人）約 6.3 人、スウェーデン（人口約 930 万人）約 5.4 人であり、我が国

の低さが際立つ。これらの国々は異状死体の解剖率もそれぞれ 45.8%、19.3%、89.1%と我が国よりも高い<sup>10)</sup>。2011年に警察庁が発表した報告書<sup>49)</sup>では、将来50%の解剖率を目標として、現状の5倍の解剖医を必要とするとの記載があるが、実現にはまだまだ人材育成や法整備に時間もかかるものと思われる。さらに、この報告書の中には、死後画像検査の積極的な活用も記述されており、今後、さらなる事実に至る死後画像の研究が重要になってくると考えられる。

## 7. 結論

死後画像上、82%の溺死肺は①Type 1、②Type 2、およびその混合型である③Type 1+2 の肺 CT 所見のパターンを示すことが分かった。これらに加えて、救急蘇生術時の輸液の影響と考えられる④Consolidation 型、従来からの既往症が前面に出てしまった⑤肺気腫・肺線維症型、そして、どれにも当てはめることができない⑥分類不能型の3パターンを含めると、溺死肺は6パターンを示すことが明らかとなった。このうち主たる3パターンの肺 CT 値は、Type 1 が最も大きく、順に Type 1+2、Type 2 と小さくなり、それぞれの Type 間で有意差が認められた。この有意差は溺水吸引の量を示唆するものと考えられ、溺死肺の水腫の程度は、CT 画像により客観的評価が可能と考えられた。

今後、このような肺 CT 所見のパターンの違いが、どのような機序によって生じているのか、さらなる検討課題であると考えられる。

## 8. 謝辞

本研究すべてにおいて、細部にわたり終始適切な御指導、御助言を賜りました齋藤春夫教授、舟山真人教授に深く御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり、日夜親身になって助言をいただいたオートプシー・イメージングセンター細貝良行講師、川住祐介助教に深く御礼申し上げます。

本研究を行うにあたり、御協力を賜りました画像解析学分野の皆様に、深く感謝の意を表します。

## 9. 参考文献

1. Brogdon BG: Introduction to forensic radiology. ed Thali MJ, Viner MD, Brogdon BG, In Forensic radiology, 2nd ed, CRC press, Boca Raton, FL, 2011; 3-42
2. Reynolds A: Forensic radiography: an overview. Radiol Technol 2010; 81: 361-379
3. Okuda T, Shiotani S, Sakamoto N, et al: Background and current status of postmortem imaging in Japan: short history of "Autopsy imaging (Ai)". Forensic Sci Int 2013; 225: 3-8
4. Berrington GA, Darby S: Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. Lancet 2004; 363: 345-351
5. Hsieh J: Computed tomography, principles, design, artifacts, and recent advances. 2nd ed, SPIE Press, Bellingham, Wash, 2009; 119-142
6. 福永龍繁：第2章 死体に関する法医学. 石津日出雄, 高津光洋 編, 標準法医学・医事法, 第6版, 医学書院, 東京, 2009 ; 75-317
7. 高取健彦：第4章 死因. 高取健彦 監修, 長尾正崇, 中園一郎, 山内春夫 編, NEW エッセンシャル法医学, 第5版, 医歯薬出版, 東京, 2012 ; 59-237
8. 塩野寛, 清水恵子：身近な法医学. 改訂3版, 南山堂, 東京, 2008 ; 19-132
9. 舟山真人, 齋藤一之, 笹野公伸：病理医にも役立つ法医解剖入門. 分光堂, 東京, 2003 ; 1-20

10. 中園一郎：我が国における死因究明制度の現状と課題　－日本法医学会の対応と展望－. 法医学の実際と研究　2011；54：1-10
11. 清水恵子, 松田都久美, 北村麻奈, 他：北海道の死因究明制度の将来　－フィンランドの死因究明制度に学ぶ－. 法医学の実際と研究　2012；55：285-294
12. Kawasumi Y, Hosokai Y, Usui A, et al: Postmortem computed tomography images of a broken piece of a weapon in the skull. Jpn J Radiol 2012; 30: 167-170
13. Usui A, Kawasumi Y, Hosokai Y, et al: Usefulness of postmortem computed tomography before forensic autopsy for alerting forensic personnel to tuberculosis infection. Jpn J Radiol 2012; 30: 612-615
14. Usui A, Kawasumi Y, Hosokai Y, et al: Radiological analysis of a naturally mummified body. Jpn J Radiol 2012; 30: 458-462
15. Kawasumi Y, Usui A, Hosokai Y, et al: Heat haematoma: post-mortem computed tomography findings. Clin Radiol 2013; 68: e95-e97
16. Kawasumi Y, Onozuka N, Kakizaki A, et al: Hypothermic death: possibility of diagnosis by post-mortem computed tomography. Eur J Radiol 2013; 82: 361-365
17. Usui A, Kawasumi Y, Hosokai Y, et al: Fatal intra-abdominal hemorrhage as a result of avulsion of the gallbladder: a postmortem case report. Acta Radiol Short Rep 2013; 2: 2047981613482898

18. Usui A, Kawasumi Y, Hosokai Y, et al: Postmortem radiography of gastromalacia: case reports. *Jpn J Radiol* 2013; 31: 637-641
19. Hayashizaki Y, Usui K, Moriya T, et al: Unexpected infant death due to hypoplastic left heart syndrome: a case report. *Leg Med (Tokyo)* 2011; 13: 293-297
20. Igari Y, Hosoya T, Hayashizaki Y, et al: Sudden, unexpected infant death due to pulmonary arterial hypertension. *Leg Med (Tokyo)* 2014; 16: 44-47
21. 細貝 良行, 臼井 章仁, 川住 祐介, 他 : 技術学会 3D・4D のフロンティア—理想とする Ai を目指して. *日放技学誌* 2012; 68: 1681-1687
22. 縄田真一, 手塚知子, 島田勇作 : 災害死亡の変遷. *日本保険医学会誌* 2007 ; 105 : 43-47
23. 本村あゆみ, 千葉文子, 槇野陽介, 他 : 東日本大震災における死因究明の現状と問題点. *日本集団災害医学会誌*. 2012; 17: 191-195
24. Spitz DJ: Investigation of bodies in water. ed Spitz WU, In *Medico-legal investigation of death: guidelines for the application of pathology to crime investigation*. 4th ed, Charles C Thomas, Springfield, IL, 2006; 846-881
25. 中園一郎 : 5 窒息. 田中宣幸, 小片守, 池田典昭 他, *学生のための法医学*, 改訂 6 版, 南山堂, 東京, 2006 ; 69-92
26. Dix J, Graham M, Hanzlick R: *Asphyxia and drowning*. CRC press, Boca Raton, FL, 2000  
17-21

27. Simpson CK: Simpson's forensic medicine. 13th ed, Edward Arnold, London, 2011;  
163-168
28. Funayama M, Aoki Y, Sebetan IM, et al: Detection of diatoms in blood by a combination  
of membrane filtering and chemical digestion. *Forensic Sci Int* 1987; 34: 175-182
29. Kawasumi Y, Kawabata T, Sugai Y, et al: Assessment of the relationship between  
drowning and fluid accumulation in the paranasal sinuses on post-mortem computed  
tomography. *Eur J Radiol* 2012; 81: 3953-3955
30. Saukko P, Knight B: Immersion deaths. eds Saukko P, Knight B, In Knight's forensic  
pathology. 3rd ed, Edward Arnold, London, 2004; 395-411
31. Lunetta P, Modell JH: Macroscopical, microscopical, and laboratory findings in drowning  
victims: a comprehensive review. ed Tsokos M, In *Forensic pathology reviews*. vol. 3,  
Humana. Press, Totowa, 2005; 3-77
32. DiMaio VJ, Dana SE: *Handbook of forensic pathology*. 2nd ed, CRC press, Boca Raton,  
FL, 2006; 213-226
33. DiMaio VJ, DiMaioD: *Forensic pathology*. 2nd ed, CRC press, Boca Raton, FL, 2001;  
400-409
34. 内田治, 石野祐三子, 平野綾子 : JMP による医療系データ分析. 第 1 版, 東京図  
書, 東京, 2012 ; 87-122
35. 荒木力 : 胸部 CT 診断 90 ステップ. 第 1 版, 中外医学社, 東京, 2010 ; 126-137



36. Arakawa H, Honma K: Honeycomb lung: history and current concepts. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 196: 773-782
37. Rémy-Jardin M, Rémy J, Artaud D, et al: HRCT - pathologic correlations in chronic diffuse infiltrative lung disease. eds Gourtsoyiannis NC, R.Ros P, In *Radiologic-pathologic correlations*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005; 135-144
38. Kim KI, Lee KN, Tomiyama N, et al: Near drowning: thin-section CT findings in six patients. *J Comput Assist Tomogr* 2000; 24: 562-566
39. Levy AD, Harcke HT, Getz JM, et al: Virtual autopsy: two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. *Radiology* 2007; 243: 862-868
40. Christe A, Aghayev E, Jackowski C, et al: Drowning -post-mortem imaging findings by computed tomography. *Eur Radiol* 2008; 18: 283-290
41. Verschakelen JA, De Wever W. *Computed tomography of the lung. A pattern approach*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007; 3-16
42. Germerott T, Preiss US, Ebert LC, et al: A new approach in virtopsy: Postmortem ventilation in multislice computed tomography. *Leg Med (Tokyo)* 2010; 12: 276-279
43. Germerott T, Flach PM, Preiss US, et al: Postmortem ventilation: a new method for improved detection of pulmonary pathologies in forensic imaging. *Leg Med (Tokyo)* 2012; 14: 223-228

44. Bell MD: Drowning. eds Dolinak D, Matshes E, Lew EO, In Forensic pathology, principles and practice. Academic Press, Burlington, MA, 2005; 227-238
45. Ludes B, Fornes P: Drowning. eds Payne-James J, Busuttill A, Smock WS, In Forensic medicine, clinical and pathological aspects. Greenwich Medical Media, London, 2003; 247-258
46. 倉科達也：間質性肺水腫と肺胞性肺水腫のエックス線診断．東北大学医短部紀要 1992 ; 1 : 3-14
47. Koehle MS, Lepawsky M, McKenzie DC: Pulmonary oedema of immersion. Sports Med 2005; 35: 183-190
48. Janssen W 著，澤口聡子 訳：法医組織病理学．丸善出版，東京，2012 ; 186-193
49. 犯罪の見逃し防止に資する死因究明制度の在り方に関する研究会：犯罪死の見逃し防止に資する死因究明制度の在り方について．警察庁ホームページ 政策全般 (<https://www.npa.go.jp/seisaku/index.htm>)．2011

## 10. 図表説明

### 図 1 肺 HR (High resolution; 高分解能) 撮影

左図はスキヤノグラム (スライスする位置決め画像) であり、図中の点線部は断層像が得られる位置である。スライス間隔 30.0 mm、スライス厚 1.0 mm の 4 列同時収集により、右に示したように 5 ヶ所のスライス位置を設定すると、4 列収集により計 20 枚の画像を得ることができる。

### 図 2-1 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面 (肺抽出処理前)

肺抽出が可能であった例。右上の画像で、頸部や両側肩部に至る皮膚面、気道、肺など空気と接する部分が抽出されている。

### 図 2-2 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面 (肺抽出処理後)

右中央の 3D 画像の選択・抽出領域は、左の水平断像、冠状断像、矢状断像それぞれにおいて、赤く表示されている領域に相当する。

### 図 2-3 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面 (肺抽出処理前)

肺内の含気が少なく、肺抽出が不良であった 1 例。

#### 図 2-4 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面（肺抽出処理後）

水腫が著しく、含気が乏しいため、図 1-2 と比較しても、左の 3 断面像で抽出されている赤で表示した領域が小さく分割されており、肺抽出が不良である。

#### 図 3 3D 医用画像処理ワークステーションによる、4 つの水平断像からの CT 値計測法（図 2 と同一症例）

ROI (Region of interest; 関心領域) を赤く円形で表示している。肺尖部、気管分岐部、肺門部、肺底部近傍に円形の ROI を設定し、合計 20 箇所平均計測値を、肺 CT 値とした。

#### 図 4 溺死肺 Type 1 の CT 画像

ほぼ肺全体に網状影とすりガラス影が広がる。網状影は小葉間隔壁の肥厚を示す直線状陰影が組み合わされて網目状に現れたもので、これらの網状影よりも淡く細かい小葉内の間質肥厚を表す網状陰影も組み合わされている。

#### 図 5 溺死肺 Type 2 の CT 画像

右胸水が少量認められ、肺全体は非常に淡いすりガラス影（わずかに白い領域）が広がる。小葉間隔壁、小葉内など間質の肥厚を示すものは目立たず、小葉中心性の淡い粒状～小結節影が散在し（矢頭）、その集簇像もみられる。

#### 図 6 溺死肺 Type 1+2 の CT 画像

溺死肺 type1+type2 の混合型。左側腹側には小葉中心性の粒状・斑状の淡いすりガラス影（矢頭）、右側背側（矢印）には間質肥厚を伴うすりガラス影がみられる。両側に多量の胸水も確認できる。

#### 図 7 摘出された溺死肺 Type 1 の左右それぞれの断面（図 4 と同一症例）

肺は左約 560 g、右約 710 g と重く、含気は良好、うっ血軽度、水腫高度と判断され、気管・気管支内に泡沫状水溶液が中等量みられた。

#### 図 8 摘出された溺死肺 Type 2 の左右それぞれの断面（図 5 と同一症例）

左約 470 g、右約 570 g と重く、含気が中等から高度、うっ血軽度、水腫は高度と判断された。

#### 図 9 摘出された溺死肺 Type 1+2 の左右それぞれの断面（図 6 と同一症例）

左約 360 g、右約 400 g で、含気は良好、うっ血はごく軽度、水腫は高度と判断され、断面から細小泡沫液の流出がみられた。

#### 図 10 Consolidation 型の溺死肺 CT 画像

肺胞内の充満を示す **Consolidation** が肺全体に拡がり、同部分で血管、気管支などの構造は区別できない。わずかな含気が確認できる。

#### 図 11 肺気腫・肺線維症型の溺死肺 CT 画像

両側に大小の嚢胞性気腔（気腫）と間質肥厚がみられ、少量の胸水もみられる。

#### 図 12 分類不能の溺死肺 CT 画像

すりガラス影が全体的に拡がる中に、少量であるが空気がトラップされた領域が所々モザイク様にみられる。左右両側にはごく少量の胸水がみられる。

#### 図 13 溺死肺 Type による平均 CT 値の比較

縦軸は CT 値（単位：HU）を表す。Type 1、Type 1+2、および Type 2 の箱ひげ図は、Box 内の水平線は中央値を示しており、それぞれ-482.5 HU、-624.3 HU、-709.0 HU である。Box の上辺・下辺は第 3 四分位点、第 1 値四分位点、末端は最大値、最小値を示す。

#### 表 1 溺死に関連する主な剖検所見

#### 表 2 溺死肺 CT 所見のパターン分類による水腫の程度と肺 CT 値の関係

11. 図

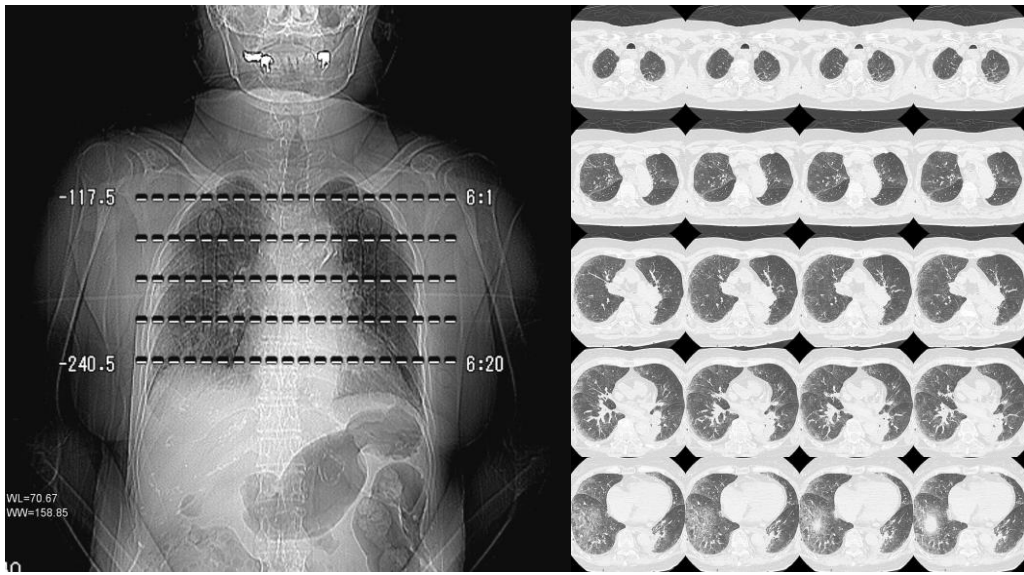


図1 肺 HR (High resolution; 高分解能) 撮影

左図はスキャノグラム（スライスする位置決め画像）であり、図中の点線部は断層像  
が得られる位置である。スライス間隔 30.0 mm、スライス厚 1.0 mm の 4 列同時収集  
により、右に示したように 5 ヶ所のスライス位置を設定すると、4 列収集により計 20  
枚の画像を得ることができる。



図 2-1 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面（肺抽出処理前）

肺抽出が可能であった例。右上の画像で、頸部や両側肩部に至る皮膚面、気道、肺など空気と接する部分が抽出されている。



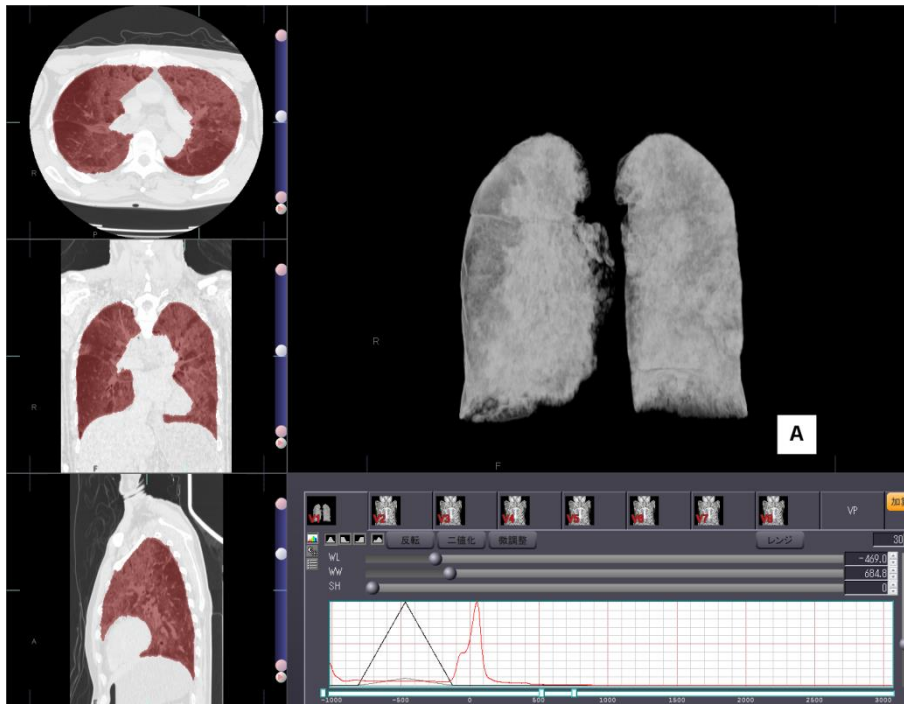


図 2-2 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面（肺抽出処理後）

右中央の 3D 画像の選択・抽出領域は、左の水平断像、冠状断像、矢状断像それぞれにおいて、赤く表示されている領域に相当する。

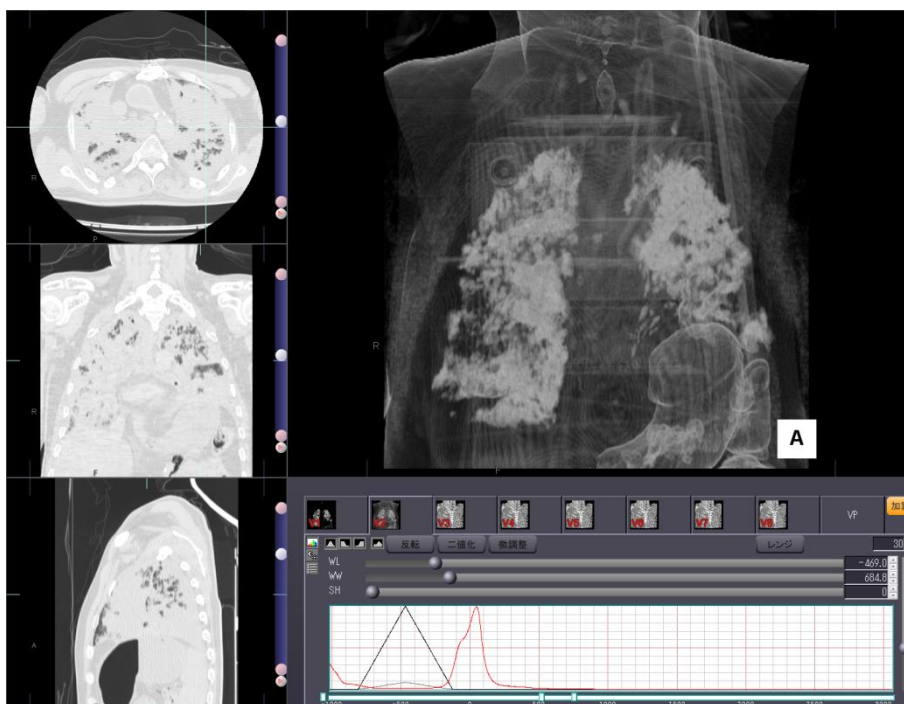


図 2-3 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面（肺抽出処理前）

肺内の含気が少なく、肺抽出が不良であった 1 例。

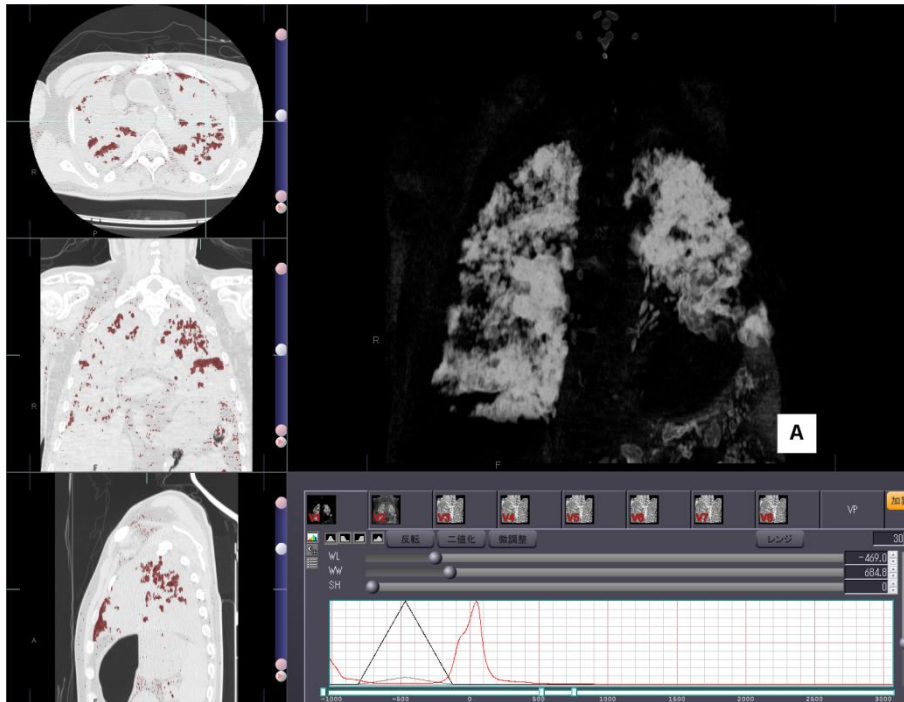


図 2-4 3D 医用画像処理ワークステーションの 3D 処理画面（肺抽出処理後）

水腫が著しく、含気が乏しいため、図 1-2 と比較しても、左の 3 断面像で抽出されている赤で表示した領域が小さく分割されており、肺抽出が不良である。

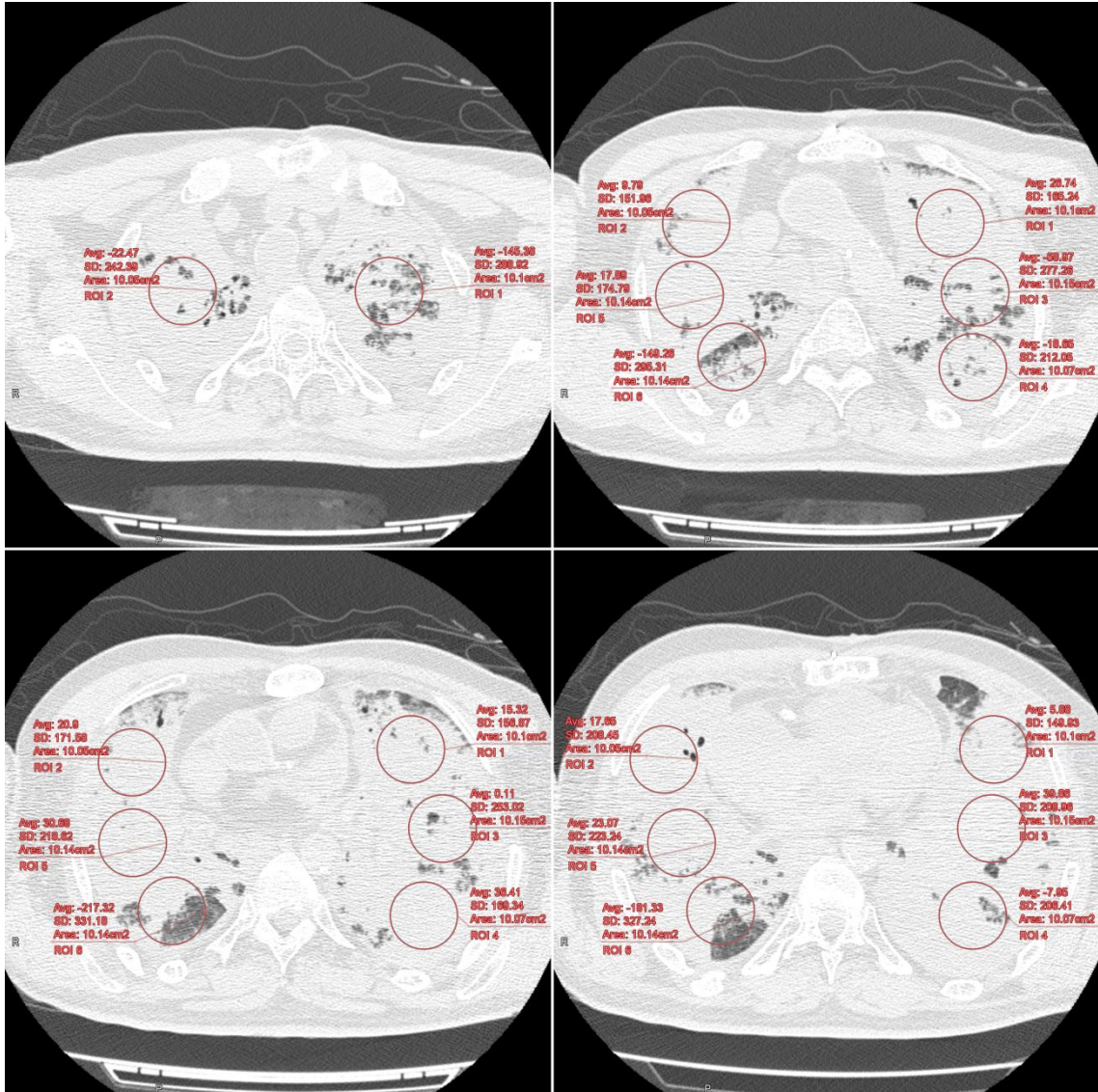


図3 3D 医用画像処理ワークステーションによる、4つの水平断像からの CT 値計測法 (図2 と同一症例)

ROI (Region of interest; 関心領域) を赤く円形で表示している。肺尖部、気管分岐部、肺門部、肺底部近傍に円形の ROI を設定し、合計 20 箇所平均計測値を、肺 CT 値とした。

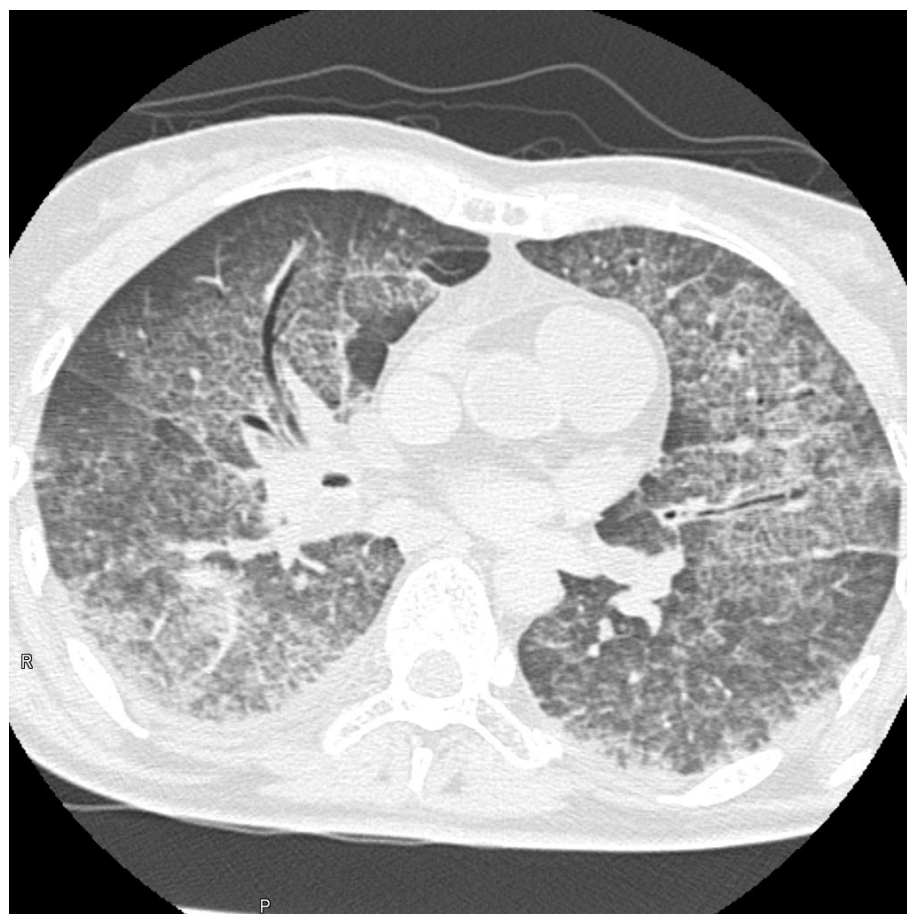


図4 溺死肺 Type 1 の CT 画像

ほぼ肺全体に網状影とすりガラス影が広がる。網状影は小葉間隔壁の肥厚を示す直線状陰影が組み合わさって網目状に現れたもので、これらの網状影よりも淡く細かい小葉内の間質肥厚を表す網状陰影も組み合わされている。



図5 溺死肺 Type 2 の CT 画像

右胸水が少量認められ、肺全体は非常に淡いすりガラス影（わずかに白い領域）が広がる。小葉間隔壁、小葉内など間質の肥厚を示すものは目立たず、小葉中心性の淡い粒状～小結節影が散在し（矢頭）、その集簇像もみられる。

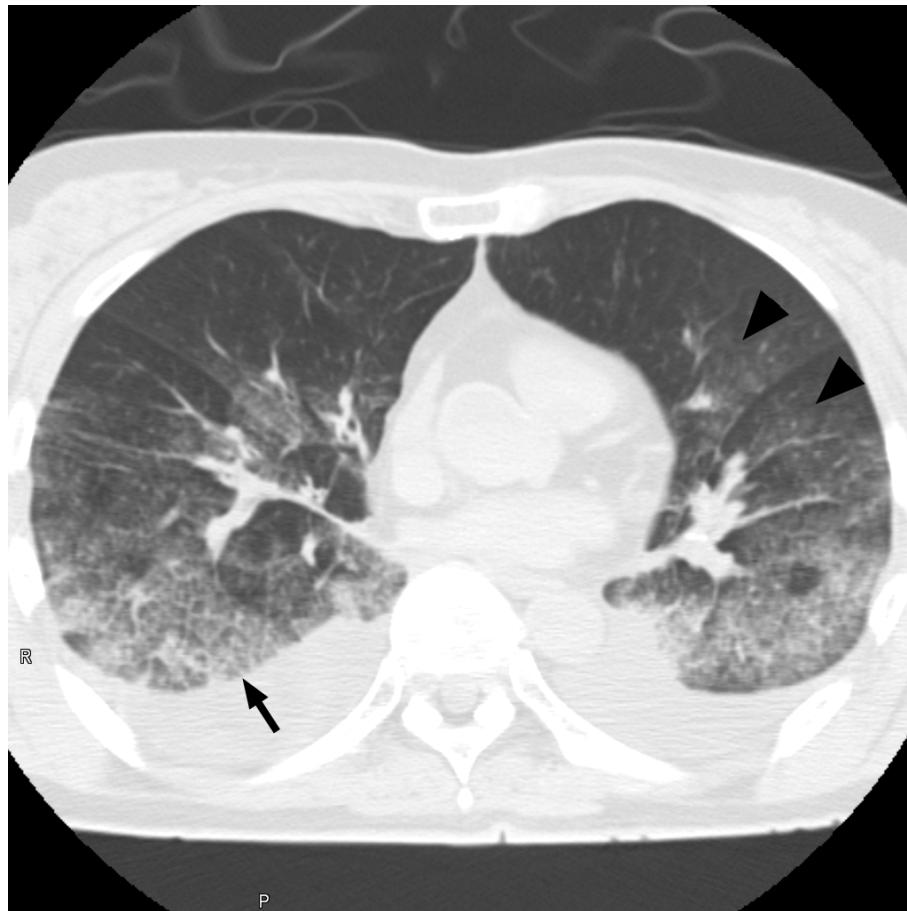


図 6 溺死肺 Type 1+2 の CT 画像

溺死肺 type1+type2 の混合型。左側腹側には小葉中心性の粒状・斑状の淡いすりガラス影（矢頭）、右側背側（矢印）には間質肥厚を伴うすりガラス影がみられる。両側に多量の胸水も確認できる。

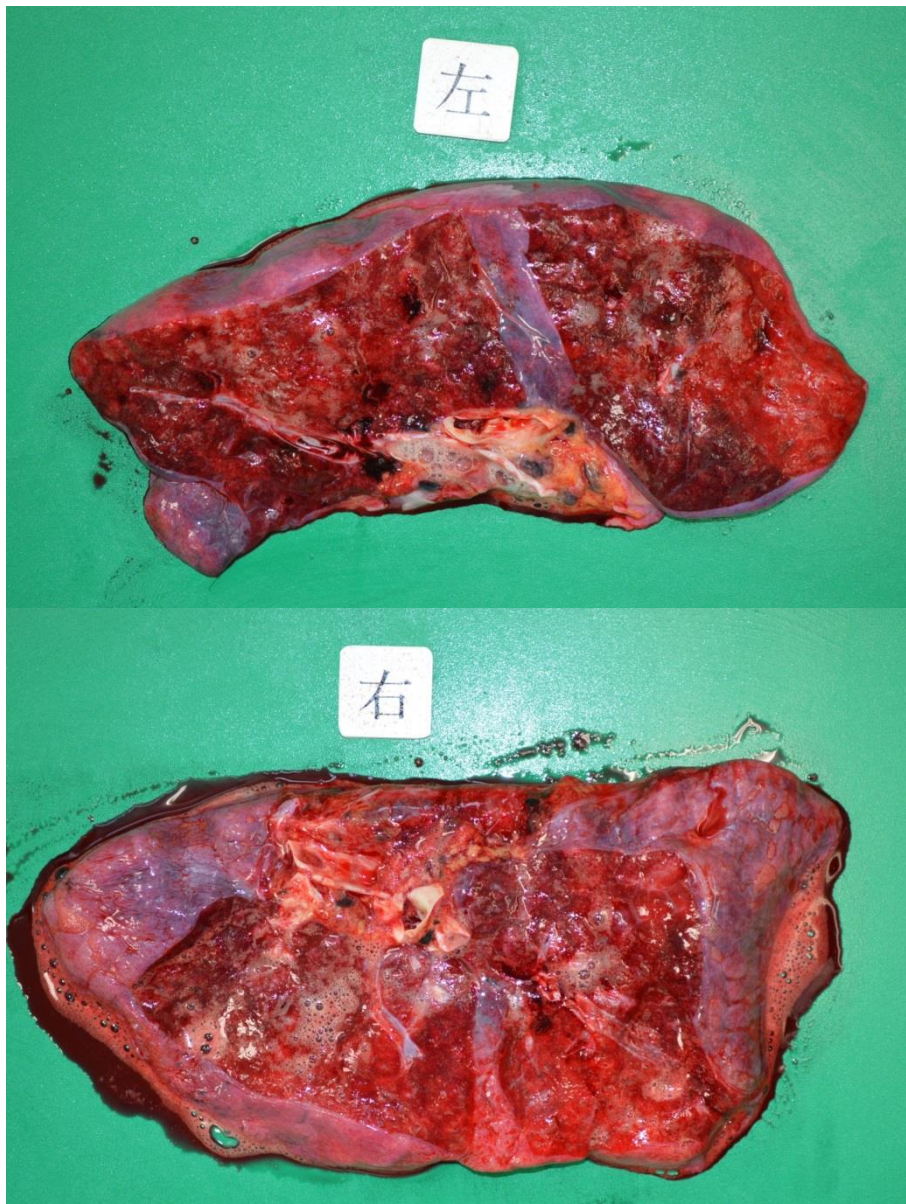


図7 摘出された溺死肺 Type 1 の左右それぞれの断面（図4 と同一症例）

肺は左約 560 g、右約 710 g と重く、含気は良好、うっ血軽度、水腫高度と判断され、気管・気管支内に泡沫状水溶液が中等量みられた。



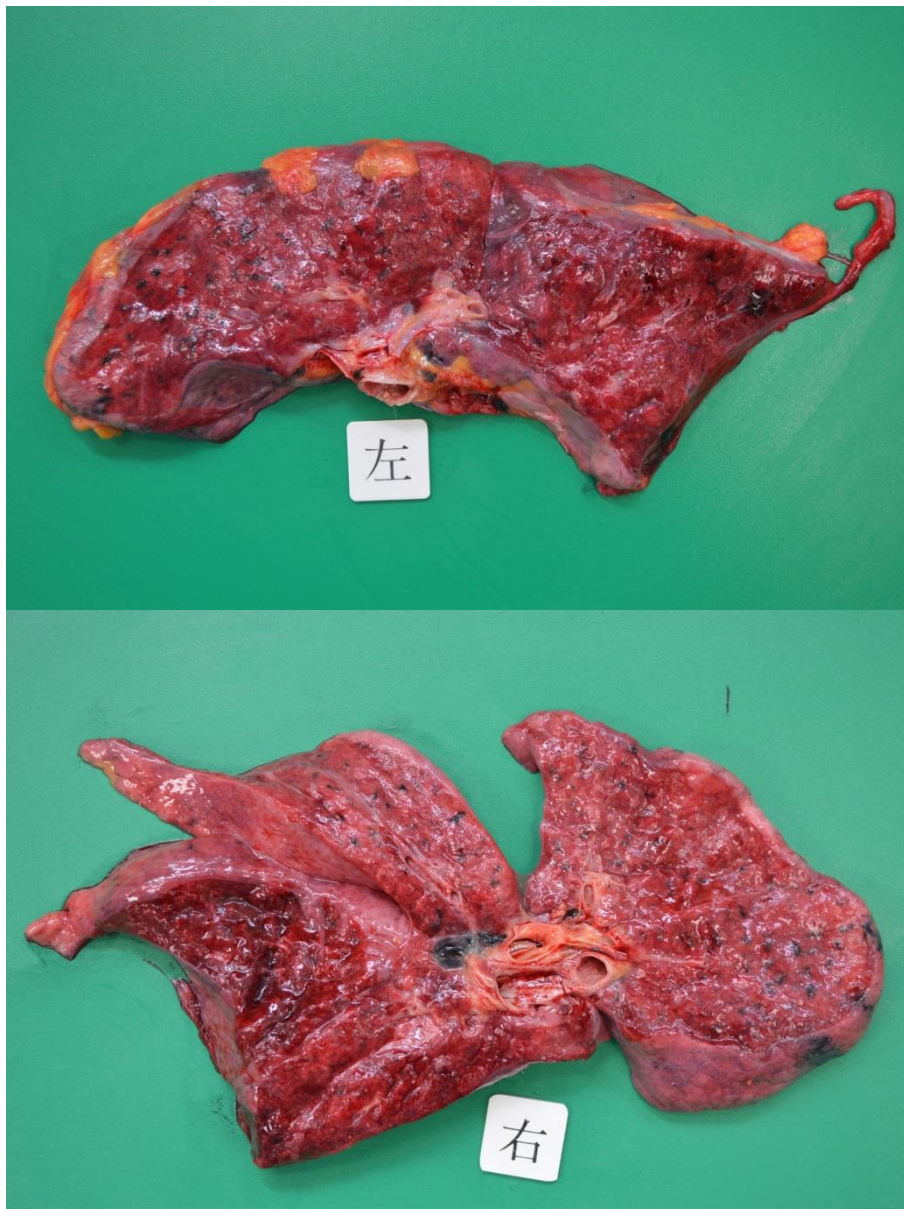


図 8 摘出された溺死肺 Type 2 の左右それぞれの断面 (図 5 と同一症例)

左約 470 g、右約 570 g と重く、含気が中等から高度、うっ血軽度、水腫は高度と判

断された。

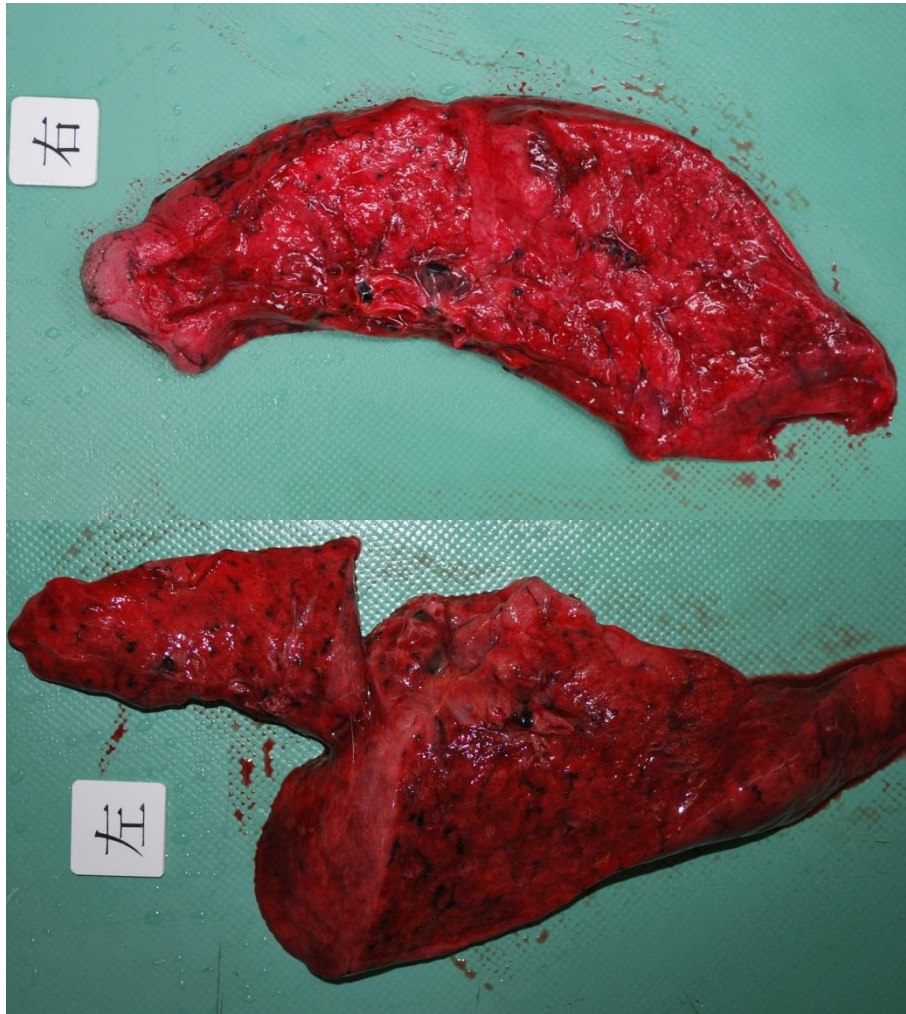


図9 摘出された溺死肺 Type 1+2 の左右それぞれの断面（図6と同一症例）

左約 360 g、右約 400 g で、含気は良好、うっ血はごく軽度、水腫は高度と判断され、  
断面から細小泡沫液の流出がみられた。

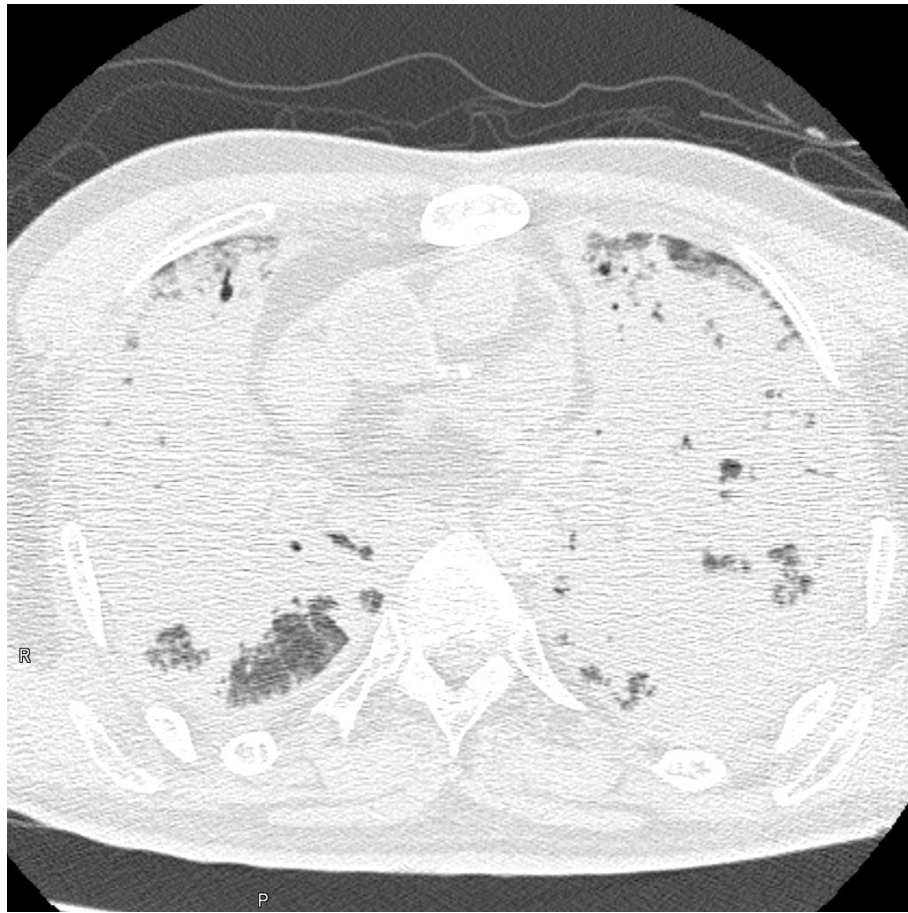


図 10 Consolidation 型の溺死肺 CT 画像

肺胞内の充満を示す Consolidation が肺全体に拡がり、同部分で血管、気管支などの構造は区別できない。わずかな含気が確認できる。



図 11 肺気腫・肺線維症型の溺死肺 CT 画像

両側に大小の嚢胞性気腔（気腫）と間質肥厚がみられ、少量の胸水もみられる。



図 12 分類不能の溺死肺 CT 画像

すりガラス影が全体的に拡がる中に、少量であるが空気がトラップされた領域が所々モザイク様にみられる。左右両側にはごく少量の胸水がみられる。

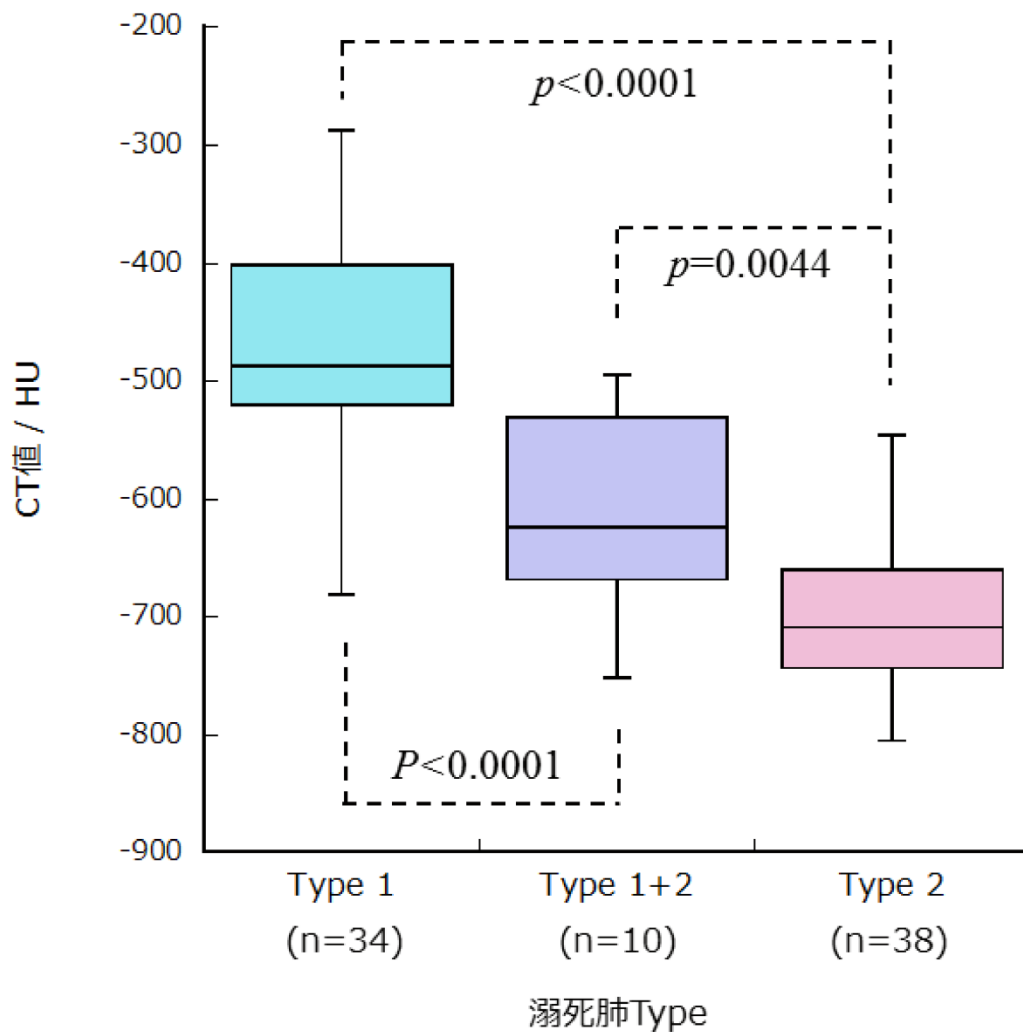


図 13 溺死肺 Type による平均 CT 値の比較

縦軸は CT 値 (単位 : HU) を表す。Type 1、Type 1+2、および Type 2 の箱ひげ図は、Box 内の水平線は中央値を示しており、それぞれ -482.5 HU、-624.3 HU、-709.0 HU である。Box の上辺・下辺は第 3 四分位点、第 1 四分位点、末端は最大値、最小値を示す。

## 12. 表

表 1 溺死に関連する主な剖検所見

- 
1. 鼻口および気道内の細小泡沫
  2. 水性肺気腫（高度な膨満、重い肺重量、高度な水腫）
  3. 気管内または気管支内の泥や砂、藻などの異物
  4. 壊機試験\*による珪藻検出
  5. 手の強直性硬直により、草や砂が強く握られている
- 

\*：壊機試験<sup>25,28)</sup>

植物性プランクトンである珪藻類は、その殻が珪酸から成り、強酸に対する抵抗が強い。そこで、胸膜下の肺組織片を強酸を用いて有機物を処理(壊機)して、その壊機液と死体発見現場の対照水とを、光学顕微鏡を使用して鏡検し、珪藻の種類と数を比較する。

表 2 溺死肺 CT 所見のパターン分類による水腫の程度と肺 CT 値の関係

溺死肺 Type	例数 (割合%)	水腫の程度 / 例数			CT 値 ± S.D. / HU
		高度	中等度	軽度	
Type 1	34 (34%)	32	2	0	-470 ± 85
Type 2	38 (38%)	16	17	5	-695 ± 66
Type 1 + 2	10 (10%)	6	3	1	-606 ± 85
Consolidation	6 (6%)	6	0	0	-305 ± 212
肺気腫・肺線維症	8 (8%)	7	1	0	-585 ± 62
分類不能	4 (4%)	2	0	2	-551 ± 200
Total	100	69	23	8	

S.D. : standard deviation, HU : Hounsfield unit