

2025 年における日本の高齢者肺癌の診療戦略 -放射線と外科の役割変化 Strategy against lung cancer war in Japan at 2025 -Changes in the role of surgery and radiation therapy

飯沼 武(医学物理士)、宮本忠昭
放射線医学総合研究所

ご質問、ご意見のある方は飯沼宛、t.a.iinuma3391@kjd.biglobe.ne.jp にメールください。

Takeshi Iinuma PhD and Tadaaki Miyamoto MD
The National Institute of Radiological Sciences
E-mail to T.Iinuma: t.a.iinuma3391@kjd.biglobe.ne.jp

要旨:肺癌は日本および世界で最も死亡数の多いがんである。肺癌死亡を減らす現実的な対策として我々は禁煙による一次予防と LSCT 検診による二次予防を提案する。本研究では 2025 年を目標に LSCT 検診が日本人の 50%に普及する場合の発見肺癌の病期別分布を予測し、それを炭素線一回照射法を含む放射線治療で治療するという戦略を示す。2025 年には日本の肺癌罹患数は 105000 人となり、早期肺癌 42000 人、進行肺癌 63000 人と予想される。これに対し、放射線治療と外科手術で 65000 人を受け持ち、40000 人をそれ以外の方法で対処する。炭素線装置は 15000 人、定位放射線治療が 30000 人を担当し、装置数は前者が 4 台、後者が 60 台と算出した。これにより救命数 21000 人を確保することを目標とする。

Abstract: Lung cancer is a No.1 killer among cancers in Japan and in the world. We propose a realistic strategy for reducing lung cancer mortality by mass screening of lung cancer in combination with carbon-ion radiotherapy of single irradiation. In 2025 number of lung cancer incidence is predicted to be 105000 persons and if the CT screening is expected to propagate 50% of Japanese population, early stage and advanced stage of lung cancers will be found 43000 persons and 63000 persons respectively. It is planned that surgery will treat 20000 patients and radiation therapy will treat 65000 patients and 40000 patients will be treated by other methods. Among the radiation therapy, carbon-ion radiotherapy will be in charge of 15000 patients by 4 machines and stereotactic body irradiation therapy be in charge of 30000 patients by 60 machines distributed through Japan. We estimate that 21000 patients can be saved by this strategy in 2025.

Key Words: Lung Cancer, CT Screening, Carbon-ion Radiotherapy , Prediction for 2025

(1)背景と目的

肺癌は世界のがんの中でも最悪の死亡数を示している。とくに、米国の肺癌を見てみると、2008 年の統計で、罹患数 215,020 人、死亡数 161,840 人といずれも No.1 であり、とくに死亡数は禁煙対策の効果で減少しつつあるものの、圧倒的に多い。それに対し、欧米諸国の対策は禁煙対策のみである。

確かに、禁煙対策は最も重要であり、日本でも強力に推進しなければならないが、問題は即効性がないことである。今、禁煙したとしても実際に効果が表れるのは 10 年以上も先のことであり、その間に多くの方が肺癌で死亡する。現に米国でこのことが発生しており、彼らは何の手も打っていない。

一方、日本でも肺癌死亡は 2007 年で 65,000 人を超え、No.1 であり、我が国のがん戦略の最重要課題となっている。日本では以前から胸部 X 線写真を利用する肺癌検診が行なわれており、有効性があると評価されているが、その効果は十分でないことも判っている。そこで本研究では、最も重要である禁煙対策の一次予防とともに、新しい方法である Lung Screening Computed Tomography(LSCT)による肺癌検診と炭素線 1 回照射法を組み合わせた戦略を用いて、2025 年の日本の肺癌死亡を減らすこと

を目的とする。

(2)肺癌死亡減少のための戦略

日本における高齢化社会の到来で、高齢者に多い肺癌は75歳以上の高齢者で急増している。ところがその死亡を減らす目途は立っていない。とくに、新しい治療法に大きな進歩はなく、予防対策に頼らざるを得ない。我が国の予防対策としては最も重要な一次予防である禁煙対策を強力に進めることが必要であるが、禁煙には即効性がなく、効果が表れるには10年以上の時間がかかる。その間の死亡を防ぐ手段として二次予防であるLSCT肺癌検診を組み合わせて、早期肺癌の発見数を大幅に増やし、それに対し炭素線治療を含む放射線治療により治療するという戦略を提唱したい。放射線治療の稼働時間をあげることにより、「肺癌修理工場」といったシステムを作りたい。

(3)2025年の日本の人口と肺癌罹患数と死亡数

まず、目標とする2025年の日本における状況を見てみよう。

将来推計人口は全年齢で、男58068千人、女63069千人、合計121137千人であり、2002年と比較して5%減である。しかし、40-84歳に限ると、男33176千人、女36636千人、合計69812千人で2002年と比較して8%も増加する¹⁾。

一方、2025年における肺癌罹患数を推定した。方法は2025年の性・年齢階級別人口予測に2002年の罹患率を乗じて算出した。それによると、全年齢で男75000人、女30000人、合計105000人、40-84歳では男63000人、女21000人、合計84000人となった。2025年と2002年を比較すると、全年齢で男1.48倍、女1.49倍、40-84歳で男1.37倍、女1.29倍である。肺癌はとくに、高齢者に多いため2025年における75歳以上の高齢者の罹患数を推定したところ、男43000人、女19000人、合計62000人となり、75歳以上が全年齢に占める割合は男57%、女64%、合計59%に達することがわかった。また、2002年と比較すると、男2.2倍、女2.0倍と大幅な増加が見込まれ、高齢者の肺癌が急増することが予想される。

続いて、2025年における肺癌死亡数を予測する。もし、現状で何の手も打たない場合には肺癌死亡数は次のように予想される。肺癌の外来群の死亡率を90%とすると、男： $75000 \times 0.9 = 67500$ 人、女： $30000 \times 0.9 = 27000$ 人、合計94500人となる。この数値は過小評価と考えられており、別の推定によると、10万人を超えると報告されている²⁾。

表1には2025年における肺癌罹患数の性・年齢別の推定値を示す。

表1:2025年における日本の肺癌罹患数の推定

	男	女	合計
全年齢	75000人	30000人	105000人
40-84歳	63000人	21000人	84000人
75歳以上	43000人	19000人	62000人

(4)2025年におけるLSCT肺癌検診の死亡率減少効果

上述の肺癌死亡予測に対して、日本全体にLSCT検診を普及した場合にどの位、肺癌死亡を減らせるかを検討する。まず、検診を行わない場合の外来群の死亡率を90%、その早期/進行比を20/80とする。次に、LSCT検診群の死亡率を40%、早期/進行比を70/30とする。検診群の結果は日本における観察的な研究から得た数値である。

まず、2025年において全く検診が行なわれていないとし、禁煙効果がまだでていない場合を想定すると、肺癌死亡数と早期・進行肺癌の数は下記のように計算できる。

全罹患数:105000人、早期/進行比:20/80であるから、肺癌死亡数: $105000 \times 0.9 = 94500$ 人、早期癌: $105000 \times 0.2 = 21000$ 人 進行癌: $105000 \times 0.8 = 84000$ 人である。

続いて、2025年に40-84歳男女の50%がLSCT検診を受診すると仮定すると、肺癌罹患患者84000人の50%が受診するので、検診受診罹患患者は42000人であり、検診不受診罹患患者は63000人である。

そこで、肺癌死亡数は下記のように計算される。肺癌死亡数: $42000 \times 0.4 + 63000 \times 0.9 = 73500$ 人、

RR=73500/94500=0.78 RD=94500-73500=21000 人である。

すなわち、LSCT 検診の 50%普及により、肺癌死亡は 22%減少し、21000 人が救命されることになる。

表 2:2025 年の肺癌死亡に対する LSCT 検診の効果

肺癌死亡数(不介入群)	肺癌死亡数(LSCT50%受診群)	相対リスク	救命数(リスク差)
94500 人	73500 人	0.78	21000 人

ここで、放射線治療の適応となるであろう早期肺癌数を推定する。全年齢の場合を示す。

前述のように、早期/進行比は検診群では 70/30 であり、不介入群では 20/80 であるから、

検診群 早期肺癌:42000*0.7=29400 人 進行肺癌:42000*0.3=12600 人
 不介入群 早期肺癌:63000*0.2=12600 人 進行肺癌:63000*0.8=50400 人
 合計 早期肺癌:42000 人 進行肺癌:63000 人

次に、外科手術が困難と思われる 75 歳以上の場合を示す。

2025 年において、75 歳以上の男女の 50%が受診すると、罹患数は 62000 人であるので、31000 人が受診することになる。

検診群 早期肺癌:31000*0.7=21700 人 進行肺癌:31000*0.3=9300 人
 不介入群 早期肺癌:31000*0.2=6200 人 進行肺癌:31000*0.8=24800 人
 合計 早期肺癌:27900 人 進行肺癌:34100 人

高齢者の割合が非常に多いことがわかり、しかも、これらの方は大部分が手術の不適応である。

表 3 には 2025 年における不介入群と LSCT50%受診群の早期癌と進行癌の数を示す。

表 3:2025 年における不介入群と LSCT 検診群の早期癌と進行癌

	早期肺癌	進行肺癌
不介入群	21000 人	84000 人
検診受診群(全年齢)	42000 人	63000 人
検診受診群(75 歳以上)	27900 人	34100 人

(5)2025 年における外科手術と放射線治療の対応

上記の肺癌患者に対する治療法を検討する。

まず、現在、肺癌治療の中心となっている外科手術の切除可能数について推定する。まず、2002 年における肺癌外科切除例の全国集計によると、1994 年の切除症例は 7408 例であった³⁾。この数値は日本全体の約 50%と推定されているので、日本全体では 15000 例が限度ではなからうか。

前節で推定した 2025 年の早期肺癌が 42000 人であるから、日本全体の切除可能数の 2.8 倍に達し、到底、外科のみでは対処不可能であり、放射線治療との協調が不可欠である。

一方、2025 年の放射線治療適応症例を検討してみよう。放射線治療は後述する炭素線 1 回照射法を中心に、定位放射線治療法の画期的な進歩により、とくに高齢者の早期肺癌が適応になってきている。そこで、2025 年に LSCT 検診が 50%に普及した場合、早期肺癌 42000 人、うち 75 歳以上 27900 人、進行肺癌 63000 人、うち 75 歳以上 34100 人である。このうち、早期癌 28000 人と進行癌の 1/2 の 45000 人を放射線治療が担当することを目指す。そのための装置の台数については後述する。

(6)炭素線 1 回照射法の処理能力

いよいよ、将来の早期肺癌治療の切り札となると期待される炭素線 1 回照射法について述べる。

まず、治療の対象は 期末梢型肺癌が中心であり、4 門照射で 10mm のマージンを確保している。線量は 1 門 12Gy を 4 門合計で 48Gy、呼吸同期下で 1 回で照射する。2009 年現在で 150 例以上を治療し、外科手術に勝るとも劣らない優れた成績をあげている先進的な治療法である⁴⁾。

この治療を全世界に普及するため、放医研の大型加速器 HIMAC に代わる小型の普及型炭素線治療装置が開発され、群馬大学病院に設置され、2010 年 3 月より治療が開始された。その病院併設型装置の概要は、治療室が 3 室(水平ビーム 1、垂直ビーム 1、水平+垂直ビーム 1)、稼動時間は週 5 日

で年間 48 週(240 日/年)で、定期点検は年 1 回で連続 4 週間としている。

この装置を肺癌 1 回照射専用にした場合の処理能力を算出してみよう。照射室は 3 室で、水平ビーム 1 門が 1 室、垂直ビーム 1 門が 1 室、水平と垂直ビーム 2 門が 1 室の 3 室である。照射は 4 方向、1 回照射である。照射室の占有時間は 2 門が 1 人/時間、1 門は 0.5 人/時間である。また、実治療時間を 8 時間/日、稼働日数を 250 日/年と仮定した。その結果、照射可能人数は 2 人/時間*8 時間*250 日/年=4000 人/年となる。すなわち、この普及型炭素線治療装置を肺癌治療専用を利用すれば、最大 1 年間で 4000 人の肺癌患者を治療できる。5)

(7)体幹部定位放射線治療装置の処理能力

続いて、日本で広く普及している体幹部定位放射線治療法の肺癌患者の処理能力を見てみよう 6)。まず、照射法は 1 回あたり 12 Gy、4 回分割で合計 48 Gy とする。定位照射装置 1 台あたりの年間照射可能回数を求める。1)照射は 1 時間に 1 人、2)稼働時間は 1 日 8 時間、3)年間の稼働日数は 250 日とすると、年間の照射回数は 1 人/時間 * 8 時間/日 * 250 日/年で、2000 照射/年、4 回分割であるので、1 年の肺癌患者治療可能数は 2000/4=500 人となる。

(8)2025 年における肺癌患者の治療

いよいよ、2025 年における日本の肺癌患者の総数を予想する。これは LSCT 検診が男女の 50%に普及する場合を想定している。この場合、前述のように、早期肺癌が 42000 人、進行肺癌が 63000 人、合計 105000 人と予想した。これに対し、外科手術は 20000 人が限度であると考えられる。

放射線治療は定位放射線治療が 30000 人を受け持ち、炭素線治療が 15000 人を受け持つことを想定し、その他の治療で残りの 40000 人を受け持つと予想する。

そうすると、必要な装置数は定位放射線装置が 30000/500=600 台、炭素線治療装置が 15000/4000=4 台である。装置数は十分まかなえる数であるが、問題はマンパワーの不足が深刻である。

(9)肺癌専用炭素線治療装置のコスト

ここでは、炭素線一回照射法による肺癌治療のコストと他の治療のコストとを比較してみよう 7)。

まず、炭素線治療装置と建屋の建設費として、125 億円、その減価償却費として、5 億 6250 万円、人件費は医師など総勢 145 名を仮定し、11 億 7500 万円、光熱水費と保守費として 8 億 5900 万円、治療のための消耗品は 17 万円/人とした。

以上から、総運営費は人件費+減価償却費+光熱水と保守費の合計であるから、25 億 9650 万円/年である。従って、治療患者一人当たりの運営費は 25 億 9650 万円/4000 人=65 万円/人となる。そして患者一人当たりの治療費を消耗品費を加えて、82 万円である。因みに、これは定位放射線治療の保険料 63 万円のわずか 1.3 倍である。すなわち、炭素線一回照射法では理想的に運営すれば、治療費は安価であることが分かった。

一方、ほかの治療コストと比較を試みる。JIRA の資料 7)によると、早期肺癌の手術治療費は次の通りである。総費用は画像診断と手術費用と入院費などのその他の費用の合計である。資料 5)によると、平均的には各 9390 点、88790 点、61390 点であり、合計 159570 点である。すなわち、総費用は 160 万円/人である。次に、定位放射線治療の総費用を考えてみる。手術と同じように、画像診断と定位放射線治療とその他の合計である。画像診断は手術の場合と同じと仮定し、94000 円、定位放射線治療は健康保険で 63000 点、63 万円である。その他の費用は手術よりも入院費用が安いと思われるので、30 万円とした。総費用は 102 万円/人である。最後に、炭素線一回照射法の総費用を計算する。この場合も画像診断、炭素線治療とその他の合計である。画像診断は同じ 94000 円、炭素線治療は前述の計算のように 82 万円、その他の費用は一回照射のため外来で治療可能であるから、10 万円とした。総費用は 101 万円である。すなわち、放射線治療の費用は手術に比べて安く、しかも、定位放射線治療と炭素線一回照射の総費用はほぼ同じであるという結果を得た。勿論、炭素線一回照射法の費用は全く理想的なケースを想定したものであるから、これよりは高くなると思われるが、手術よりは安くなる可能性が高く、QOL が高い治療法であることが間違いないと考える。

表 4 に各治療法の費用を併記して示す。

表 4. 肺癌治療法別の費用の算出

治療法	画像診断	治療費用	その他の費用	総費用
外科手術	94000 円	88 万 7900 円	61 万 3900 円	159 万 5700 円
定位放射線治療	94000 円	63 万円	30 万円	102 万円
炭素線一回照射法	94000 円	82 万円	10 万円	101 万円

(10) 考 察

2025 年の日本における肺癌罹患数と死亡数を予測した結果、何も手を打たないと、死亡数は 95000 人を超えると予想される。急増する肺癌死亡に対し歯止めをかける戦略には現時点では予防しか考えられない。もっとも重要な対策は一次予防である禁煙対策である。これは強力に進めなければならないが、問題は時間がかかることであり、そのためには二次予防が不可欠である。本研究では現行の胸部 X 線に代わる LSCT 肺癌検診を普及させ、早期肺癌を多く発見し、高齢者にやさしい放射線治療による救命を目指す戦略を提案する。

我々は 2025 年までに LSCT 肺癌検診を日本人対象人口の 50%に普及させれば、死亡数の相対リスク(RR)を 0.78、救命数を 21000 人達成できると予測した。この際、急増する早期肺癌のため、外科手術は手一杯であり、炭素線一回照射法や定位放射線治療法などの放射線治療との役割分担が必要である。放射線治療は外科手術に劣らない成績を示しており、治療費は外科手術よりも安くなることが明らかとなった。

今後は LSCT 肺癌検診の全国展開を実現し、定位放射線治療と炭素線一回照射法の普及を計るとともに、外科手術との共同作業による肺癌死亡減少を目指す必要がある。また、これらの戦略を全世界に発信することによって、世界で最悪の肺癌死亡に歯止めをかけることを期待したい。

(11) 結 論

2025 年の日本の肺癌死亡減少を目指して長期的な戦略を提案した。強力な禁煙対策と並んで、二次予防である LSCT 肺癌検診を普及させ、炭素線一回照射法を含む放射線治療を活用して高齢者肺癌を治療するというものである。これにより、多くの肺癌を QOL の高い治療法で救命できると確信する。

文 献

- 1) 国民衛生の動向 2008;55(9):2025 年(平成 37 年)における将来推計人口(中位推計値)
- 2) Satoshi Kaneko, Koichi Ishikawa, Itsuro Yoshimi, Tomomi Marugame et al: Projection of lung cancer mortality in Japan. Cancer Sci. 2003;94:919-923
- 3) 白日高歩、小林紘一:肺癌外科切除例の全国集計に関する報告.肺癌 2002;42:555-566
- 4) 宮本忠昭:重粒子線による肺癌治療 - 炭素線による 1 回照射法の確立へ.肺癌 2004;44:741-751
- 5) 「粒子線がん治療の普及に向けて」平成 16 年 12 月 15 日粒子線がん治療普及に向けた勉強会編
- 6) 第 13 回日本高精度外部放射線治療研究会 2006 年 3 月 11 日
シンポジウム S2-1 体幹部定位照射の全国調査報告 永田 靖 京大病院放射線科
- 7) 日本画像医療システム工業会調査研究委員会編:画像診断の経済的効果 PART 2005 年 4 月