

図 1

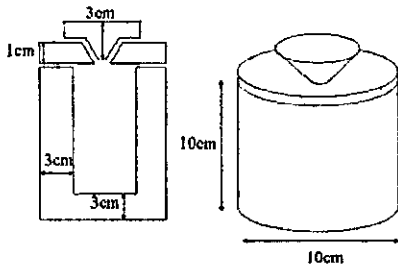


図 2

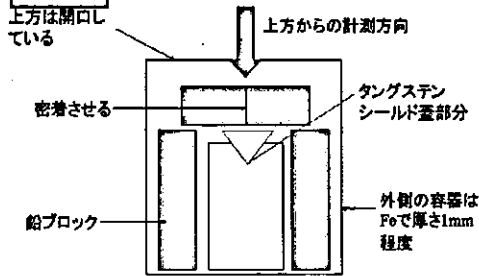


図 3

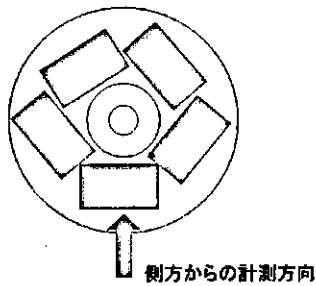


図 1 タングステンシールドの形状と寸法

図 2 タングステンシールドと鉛ブロックによるドラム缶内への梱包様式(側面から見た図)

図 3 タングステンシールドと鉛ブロックによるドラム缶内への梱包様式(上方から見た図)

<運搬方法>

管理区域から車両までの輸送物の運搬には台車を用い、各施設であらかじめ設定した最短距離の経路で輸送を行う。運搬作業は安全を考慮し 2 名で行う。施設出入りに停車した運搬車両(2トントラック リフト付き)の荷台に固定する。

譲渡施設から譲受施設まで下記の順序で運搬する。

[第一行程] 横浜市大附属病院 → ゆうあいクリニック

[第二行程] ゆうあいクリニック → 西台クリニック

[第三行程] 西台クリニック → 横浜市大附属病院

なお、本実験は放射性同位元素等による文部科学大臣の定める放射線障害の防止に関する法律及び国土交通大臣が定める放射性同位元素等車両運搬規則の規制を遵守し、A型区分の放射性同位元素輸送物として取り扱った。

2. 被ばく量の測定について

作業従事者はサイクロトロンオペレーター、合成・検定・梱包を担当する薬剤師、輸送物を運搬する運搬者の 3 区分とし、作業区分ごとに被ばく線量(1センチメートル線量当量率)をポケット線量計(TECHNOL SIEMENS 社製等)にて測定した。測定箇所は作業従事者の胸部と腹部の 2 箇所とした。

3. FDG 薬剤の検定について

譲渡施設及び譲受施設にてFDG 薬剤の検定を行い、担当薬剤師がFDG 検定記入用紙に記載された(1) γ 線スペクトルを 511keV に認めること、及び 511keV および 1022keV 以外に認めないこと (2) 半減期が 105～115 分であること (3) 放射化学純度(HPLC 分析) が 95%以上であること、及び FDG による peak が所定の位置にみとめられること (4) pH が 5.0～8.0 の間にあること (5) アルミニウムイオンが 10ppm 以下であること (6) kryptfix222 が 40ppm 以下であること (7) 発熱性物質試験で陰性であること (8) 無菌試験で陰性であること (9) 比放射能量でFDG1mgに対して200MBq以上であること (10) 性状が無色ないし微黄色、透明の液体であること の 10 項目につき結果を記録した。

結果:

2004 年 8 月 16 日(月) 6 時 30 分に本実験は開始され、18 時に終了した。
(天候:晴れ、 横浜:最高気温/最低気温 27/20 度、 板橋区:最高気温/最低気温 31/19 度)

1. 輸送物について

FDG 薬剤梱包直後と譲受施設への運搬後の輸送物の表面における 1 センチメートル線量当量率及び1メートルの距離における1センチメートル線量当量率線の結果を下記にまとめた(表 1～3)。

表 1 横浜市大附属病院における輸送物の表面及び 1m の位置の 1 センチメートル線量当量率

	輸送物		FDG 放射能量
	表面	1m	
梱包時	0.45	0.29	13.2GBq
運搬後	0.18	0.14	5.65GBq

(1 センチメートル線量当量率 単位: μ Sv/hr)

表 2 ゆうあいクリニックにおける輸送物の表面及び 1m の位置の 1 センチメートル線量当量率

	輸送物		FDG 放射能量
	表面線量率	1m 線量率	
梱包時	0.57	0.36	74GBq
運搬後	0.36	0.32	33GBq

(1 センチメートル線量当量率 単位: μ Sv/hr)

表 3 西台クリニックにおける輸送物の表面及び 1m の位置の 1 センチメートル線量当量率
輸送物

	表面線量率	1m 線量率	FDG 放射能 量
梱包時	0.44	0.41	73.3GBq
運搬後	0.11	0.08	29GBq

(1 センチメートル線量当量率 単位: μ Sv/hr)

また、輸送物を運搬車両の荷台に設置した状態での車両表面及び運転席における 1 センチメートル線量当量率を測定した結果を下記にまとめた(表 4)。

表 4 輸送物運搬車両設置時の車両表面及び運転席における 1 センチメートル線量当量率

輸送物トラック荷台に設置時	横浜市大	ゆうあいクリニック	西台クリニック
側面	0.18	0.1	0.23
後方	0.11	0.09	0.11
運転席	0.06	0.05	0.06

(1 センチメートル線量当量率 単位: μ Sv/hr)

なお、台車による管理区域から車両までの運搬過程に特に支障は認めなかった。

2. 被ばく量の測定について

各施設での作業項目別の作業時間と作業従事者の被ばく量の結果を下記にまとめた(表 5 ~7)。

表 5 横浜市大における作業項目別の作業時間と被ばく量
横浜市立大学附属病院

	被ばく量(μ Sv)		時間 (分)
	胸	腹	
サイクロロンにて F 生成	0	0	30
合成装置にて FDG 合成	0	1	54
FDG 検定	1	0	20
FDG 分注	1	2	18
FDG バイアル容器梱包	12	4	17
譲渡施設から譲受施設 管理区域までの運搬	0	0	80
再検定	2	2	20

表 6 ゆうあいクリニックにおける作業項目別の作業時間と被ばく量
ゆうあいクリニック

	被ばく量 (μSv)		時間 (分)
	胸	腹	
サイクロロンにてF生成	0	0	49
合成装置にてFDG合成	1	1	30
FDG検定	4	2	36
FDG分注	0	1	5
FDGバイアル容器梱包	2	2	1
譲渡施設から譲受施設 管理区域までの運搬	0	0	82
再検定	40	28	44

表 7 西台クリニックにおける作業項目別の作業時間と被ばく量
西台クリニック

	被ばく量 (μSv)		時間 (分)
	胸	腹	
サイクロロンにてF生成	0	0	30
合成装置にてFDG合成	0	1	45
FDG検定	1	0	30
FDG分注	20	32	10
FDGバイアル容器梱包	12	4	1
譲渡施設から譲受施設 管理区域までの運搬	1	0	80
再検定	9	10	45

各施設における作業従事者区分別に作業時間と被ばく量につき下記にまとめた(表 8)。

表 8 作業従事者区分別の作業時間と被ばく量

	横浜市大附属病院	ゆうあいクリニック	西台クリニック
オペレーター	0 (μSv) (30分)	0 (μSv) (49分)	0 (μSv) (30分)
薬剤師(合計)	16 (μSv) (129分)	47 (μSv) (116分)	47 (μSv) (131分)
薬剤師(再検定の み)	2 (μSv)	40 (μSv)	10 (μSv)
運搬者(3施設共通)		1 (μSv) (242分)	

3. FDG 薬剤の検定について

FDG 薬剤検定は(1) γ 線スペクトルを 511keV に認めること、及び 511keV および 1022keV 以外に認めないこと (2) 半減期が 105~115 分であること (3) 放射化学純度(HPLC 分析)が 95%以上であること、及び FDG による peak が所定の位置にみとめられること (4) pH が 5.0~8.0 の間にあること (5) アルミニウムイオンが 10ppm 以下であること (6) kryptfix222 が 40ppm 以下であること (7) 発熱性物質試験で陰性であること (8) 無菌試験で陰性であること (9) 比放射エネルギーで FDG 1mg に対して 200MBq 以上であること (10) 性状が無色ないし微黄色、透明の液体であること の 10 項目につき行い、当該施設の検定、譲受施設における再検定の双方において全てで異常は認めなかった。

考察:

1. 輸送物について

法令規制の遵守

輸送物は放射性同位元素等による文部科学大臣の定める放射線障害の防止に関する法律及び国土交通大臣が定める放射性同位元素等車両運搬規則を遵守し、輸送物区分 A 型とし(1) 非特別形数量 A_2 値以下であり、(2) 輸送物表面における 1 センチメートル線量当量率が $2 \mu\text{Sv/hr}$ 以下となることを確認した(表 1~4)。また、輸送物の各試験(水の吹きつけ試験、自由落下試験、コーナー落下試験、圧縮試験等)にて合格したドラム缶を使用した。輸送物の標識については第 1 種白標識が該当し、これに準じた。運搬に用いた車両の標識については、車両の左右、後方の 3 箇所に付した。車両の表面における 1 センチメートル線量当量率が 2mSv/hr を超えないこと、1 メートルの位置における 1 センチメートル線量当量率が $100 \mu\text{Sv/hr}$ を超えないこと、及び運転席における 1 センチメートル線量当量率は $20 \mu\text{Sv/hr}$ を超えないことを確認した。なお、輸送係数は 0 であった。

輸送物のしゃへい物と重量

本実験に使用したしゃへい物および梱包物は、タングステンシールドが 1 個(15.7kg)、鉛ブロックが 7 個(1 個 11.4kg)、ドラム缶 1 個及び隙間埋め用気泡シート(併せて 1.9kg)であり、総重量は 97.4kg であった。なお、鉛ブロックを 2 個追加し、タングステンシールド下面をしゃへいする配置が最も理想的であり、その場合は約 120kg となる。この重量の輸送物を安全に運搬するためには台車とリフト付き運搬車両及び運搬作業員 2 名が不可欠である。

実験 1.の結果より、タングステンシールドのみの遮蔽では作業従事者の被ばくが大きく、鉛ブロックの遮蔽を加えることが必要であることが指摘されている。但し、鉛ブロック 7 個を使用する場合の重量は 100kg 近く、作業従事者の安全を確保し作業をより容易に行えるようにするためには輸送物を可能な限り軽量化する配慮が必要と考えられる。鉛ブロックに替わるタングステンシールド専用の鉛しゃへい物の作成が望まれ、しゃへい率を維持し軽量化が可能となることが考えられた。

2. 被ばく量の測定について

作業従事者区分別の被ばく量について

作業従事者の被ばくについてはサイクロトロンオペレーター及び輸送物運搬者の被ばくはほぼ 0 であり、作業被ばくの安全性が証明された(表 8)。

各施設とも薬剤師が担当する作業項目でのみ有意な被ばくが検知された(表 5~7)。特に高値を示した作業は FDG の分注時(西台クリニック $32 \mu\text{Sv}$)と FDG 収容バイアルを梱包する時(横浜市大 $12 \mu\text{Sv}$ 、西台クリニック $12 \mu\text{Sv}$)と譲受した FDG の再検定(ゆうあいクリニック

40 μ Sv、西台クリニック 10 μ Sv)であった。

FDG の分注時の被ばくと FDG の再検定時の被ばくの原因としては、FDG を収容する容器が施設の設備の規格と一致せず、手動的に別の容器へ移し替える作業が必要であったことがあげられる。また、ゆうあいクリニックでの FDG 再検定時の被ばくについては本実験施行日にホットセルに空きがなく、鉛ブロックをしゃへい壁と設置し作業を行ったことが理由としてあげられる。上記の二つの条件をクリアしている横浜市大の場合は、再検定時の被ばく量は 2 μ Sv と低値であったことから、譲渡施設での FDG 再検定を必要とする場合、薬剤師の被ばくを可能な限り低くおさえるためには、ホットセルの確保と FDG 収容容器を譲受施設の規格にあわせる必要がある。特定の薬剤師が担当した場合、このように他施設にて製造された FDG を再検定することを義務づけたとすると、1 年間の被ばく量を週 6 日稼働と仮定し算出すると、本実験の結果からは最低 4.6mSv、最大 13.5mSv の被ばくを受ける計算になる。

3. FDG 薬剤の検定について

輸送前後で FDG の品質に変化はなく、無菌試験にも全てで合格であった。但し、FDG の再検定に要した時間は 20 分～45 分と最大で 2 倍の施設間差を認め、譲受施設で実際に患者に使用する FDG 放射エネルギーを考えた場合、可能な限り再検定にかかる時間を短縮化することが望まれる。バイアル内で FDG が輸送中に受けるのは攪拌と温度変化のみであり、FDG の品質が変化するとは考えがたい。バイアルへの分注やバイアルからの抽出時の細菌等の汚染の可能性はあることから無菌試験は必要と考えるが、その他の薬品の品質項目については割愛も可能と思われた。

まとめ

本実験では院内製剤としての FDG を他施設への運搬する作業を三行程行い以下の結果を得た。

- 1) 輸送時間は三行程とも約 1 時間 20 分であった。
- 2) 輸送後の FDG の再検定に要した時間は 20 分～45 分と施設間差を認めた。
- 3) 輸送された FDG の品質に変化はなく、無菌試験にも合格し品質は保証された。
- 4) 作業従事者の被ばくについてはサイクロトロンオペレーター及び輸送物運搬者の被ばくはほとんど認めなかった。但し、薬剤師については FDG 梱包時及び再検定時に被ばくをきたした。
- 5) 薬剤師の作業被ばくに関しては、手際をよくし、かつ、ホットセルの確保と FDG 収容容器を譲受施設の規格にあわせることが必要と考えられた。

以上より、現行法令規制を遵守し、院内製剤としての FDG を他施設へ運搬することで FDG の品質に問題は生じないこと、作業従事者の被ばく量も適切なしゃへいと環境を整備することで対応可能と考えられた。

4. FDG配達システムに関する安全管理と経済効果に関する研究 ～配達システムの導入による医療経済効果～

分担研究者：川淵孝一 東京医科歯科大学教授
研究協力者：五十嵐 公 東京医科歯科大学助手

研究要旨 わが国におけるPETの健全な普及発展に資するため、FDG院内製剤型PET施設における被曝防止対策がその経済性に及ぼす影響を施設規模別に比較分析した。その結果、法定基準を超える被曝防止対策を実施してもなお、税引後利益率および投下資本の回収に必要な損益分岐点稼働率は、施設規模が大きいほど良好であることがわかった(資料4:総括表参照)。次いで国民医療費の視点から、PETを用いたがん検診が医療費に及ぼす影響について一定の機械的試算を行った。その結果、同検診による被曝で将来のがん医療費は年間4～30億円増加するが、同検診による新たながんの早期発見で年間296～761億円のがん医療費が節減され、正味で年間283～752億円のがん医療費が減少すると推計された(金額は2002年ベース)。

研究目的

今後わが国におけるPETの健全な普及発展に資することを目的として二つの視点で分析する。まず第一はミクロ的視点から、PET施設の被曝防止対策が同施設の経済性に与える影響について、第二はマクロ的視点から、PETを用いたがん検診による効用と被曝が国民医療費に及ぼす影響について一定の機械的試算を行う。

研究方法

[ミクロ的分析]「PET検査市場の将来展望」(矢野経済研究所)、「月刊新医療」(エムイー振興協会)および東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター核薬学研究部ホームページに掲載されている全国80のPET施設を対象として放射線防護に関するアンケートを実施した。具体的には設備面・安全教育面で法定基準を超える被曝対策の有無とその費用、従業員の被曝低減のための人員増に着目し、当該対策に要する平均コストを求めた。昨年度の研究ではFDG院内製造型PET施設をその規模で3類型(それぞれPET1台、2台、6台)に分類して比較分析したところ、規模の経済が働くことが判明した。今年度は、昨年度の分析に上記アンケートから得た被曝対策コストを加味し、規模別および被曝対策の有無別に経済性を比較検討した。

[マクロ的分析]全国に現存する135台のPET(2004年現在)で年間51万8400人(=135台×16人/台/日×240日)と試算(資料4:総括表、付表3参照)にがん検診を実施するという前提の下、感度分析をベースにPET検診によるがんの早期発見で節減される医療費と、同検診による被曝で発症するがんの医療費を推計した。より具体的には、医療費の節減については、がんの部位別5年相対生存率(大阪府がん登録)に「限局がん」と「全進行度」の2通り、検診で発見されたがんの医療費に胃がんのデータ(久道ら)および部位別推計値(日本アイソトープ協会)の2通り、都合4通りとした。一方、PET被曝で発症するがん医療費については、5年相対生存率は節減医療費同様2通りに、PET検査の被曝線量は2.2mSv(日本核医学会・日本アイソトープ協会)、3.5mSvおよび7.0mSv(共にICRP Pub.80)の3通り、都合6通りとした。また、基礎データは7種類の統計資料(厚生労働省の国民医療費、社会医療診療行為別調査、患者調査、人口動態統計、老人保健事業報告、簡易生命表および総務省統計

局の推計人口、いずれも2002年版)に求めた(詳細は資料4:別添①を参照)。なお、本推計ではPET検査に要する費用は考慮していない。

(倫理面への配慮)ミクロ的分析で実施したアンケートにおいては患者データの収集を一切行わなかった。また、PET施設の名称は明らかにならないように集計した。マクロ的分析では、公表されているデータを出所明示の上、用いているので、倫理的問題はない。

研究結果

[ミクロ的分析]アンケートの有効回答数は52(有効回答率65%)であった。そのうち、法定基準を超える被曝対策(予定を含む)については、設備面で32施設(61.5%)、安全教育面で23施設(44.2%)が何らかの措置をとっていた(資料4:別添②, 問5・10を参照)。また被曝低減のための人員増を実施しているのは24施設(46.2%)であった(問8)。法定基準を超える平均放射線防護費用は設備・備品で1087.2万円、安全教育で年間7.0万円で、スタッフの数は6.1人の増員を行っていることがわかった(問5・8・10)。ちなみに、PET1台当りの(法定基準を超える)平均放射線防護費用は設備・備品で475.6万円、安全教育で3.7万円、スタッフの増員は4.0人であった。しかしながら、その態様は建築年別によって大きく異なる。たとえば建築単価を建築年別に見ると、1999年以前築では232.0万円/坪、2000年以降築では121.0万円/坪と新施設の方が低くなっている(問3)。同様に、1人当りの撮影時間もそれぞれ47.6分、32.7分と生産性が向上している(問6)。また、具体的にどんな被曝防止対策を実施しているか尋ねた所、作業の自動化(分注、投与等の自動装置)がトップで、次いで人員配置(増員、ローテーション)、動線の工夫(患者と従業員をなるべく近づけない)、設備・設計面の工夫(待機室、回復室、面談室等の新增設)が続いていた(問12)。

次にPET1台、2台、6台について施設規模別の経済性を計算した。ここで、当該3類型に限定したのは、昨年度の研究との比較可能性を担保するとともに、経済性に関する前提条件がほぼ妥当であることが検証されたからである(資料4:別添②, 問4・7)。一定の前提条件において税引後利益率を算出した所、法定基準を超える被曝防止対策の有無にかかわらず、税引後利益率はPET6台、2台、1台の施設の順で低くなった(資料4:総括表参照)。たとえば、稼働率90%(法定基準を超える被曝対策なし、2年目以降と仮定)では、それぞれ23.99%、9.19%、-24.97%となった。同様に投下資本の回収に必要な損益分岐点稼働率を施設規模別(PET6台、2台、1台の順)に求めると、それぞれ49.7%、75.9%、119.2%となり、収益性の場合と同じ順序となった。また被曝防止対策がある場合は、ない場合と比較して2年目以降の税引後利益率・損益分岐点稼働率はそれぞれ悪化した。たとえば、同対策がある場合は、ない場合よりも、PET1台、2台、6台の各施設における投下資本の回収に必要な2年目以降の損益分岐点稼働率は、それぞれ28.4、23.4、17.4ポイント大きくなった。

[マクロ的分析]PET検診により従来の検診では発見できなかったがんが発見されることで、がん医療費は将来において年間296~761億円減少すると推計された(金額は2002年ベース、以下同じ)。一方、PET検診の被曝によって誘発されるがん医療費は将来において年間4~30億円と推計された。その結果、PET検診によって将来のがん医療費は正味で年間283~752億円減少することが見込まれた。ちなみに、これは年間のがん医療費の1.3~3.4%に相当する。

考察

PET施設の経済性を税引後利益率と損益分岐点稼働率で評価したところ、法定基準を超える被曝対策の有無にかかわらず、より規模の大きい施設が優っていた。これは施設規模が大きくなるにつれて、PET1台当りの費用が逡減することによるものである。たとえばPET1

台、2台、6台の順にPET1台当りの医療機器への設備投資額を求めると、1台当たり500850千円、362250千円、255325千円と逡減する(資料4:付表1-1)。さらに同規模の施設で被曝対策前後を比較すると、2年目以降の損益分岐点稼働率は規模の大きい施設ほど増加幅が小さかった。これはPET施設では、法定基準に要する費用のみならず、法定基準を超える被曝対策費用についても規模の経済が働くことを示唆している。これは昨年度の研究で言及した院外製剤型、中間型(F配給型)と比較しても経済効率性の優位はゆるぎないものであった。

次いで、PETを用いたがん検診を年間51万8400人(2002年の老人保健がん検診受診者数2512万人の2.1%)に実施すると、将来のがん医療費は正味で年間283~752億円減少することが見込まれた。これは同検診が国民医療費の視点から一定の効果を有することを示唆している。

しかし、本結果のみでPETの経済性を結論づけることは、次の二つの理由で早計である。まず第一にミクロ的分析(PET施設の経済性)とマクロ的分析(国民医療費への影響)がそれぞれ別個に行われており、両者の整合性が検証されていないこと、第二にマクロ的分析にはPET検査に要する費用が含まれていないことである。特に前者に関して、規模の異なるPET施設間において、被験者や従事者の被曝線量がどう異なるのか全く検証されていない。そのため、マクロ的分析の被曝にかかる医療費推計の中に施設規模別相違の視点を盛り込むことができなかった。事実、アンケートの有効回答の過半数(29/52)が法定基準は満たしながらもなお、「放射線防護は必ずしも十分ではない」と回答している(資料4:別添②, 問11)。確かに、「選択と集中」は経済効率性の観点から評価されるが、被曝コストを含めてもなお優れているか否かは今後の研究課題としたい。

結論

FDG院内製剤型PET施設について、税引後利益率および投下資本の回収に必要な損益分岐点稼働率を施設規模別に計算した。その結果、法定基準を超える被曝対策は、より大規模な施設のほうが経済性の面で優れていた。次いで国民医療費の視点から一定の機械的試算を行ったところ、PETを用いたがん検診を年間518,400人に実施すると、将来のがん医療費はPET被曝に伴う医療費を差し引いても年間283~752億円(年間がん医療費の1.3~3.4%)減少することが見込まれた。

総括表

FDG 施設体制 施設の類型	A-1 主力PETセンター 既存の施設がPETセンター		A-2 小規模PETセンター PET専門の診療所		A-3 中規模PETセンター PET専門の診療所	
	初年度	2年目以降	初年度	2年目以降	初年度	2年目以降
1. 概要	PET サイクロトロ FDG合成装置 自動投与装置 PETの共同利用		PET サイクロトロ FDG合成装置 自動投与装置 PETの共同利用		PET サイクロトロ FDG合成装置 自動投与装置 PETの共同利用	
年間診療日数	240日	240日	240日	240日	240日	240日
FDG合成(製造)回数	1日2回	1日2回	1日2回	1日2回	1日2回	1日2回
1日当たり最大検査件数(PET1台当たり)	16(16)人	16(16)人	32(16)人	32(16)人	96(16)人	96(16)人
診療報酬(患者1人平均)	6,410点	6,410点	8,195点	8,195点	8,195点	8,195点
2. 費用	金額(千円)		金額(千円)		金額(千円)	
設備投資						
建物	315,000	同左	346,500	同左	714,000	同左
医療機器(PET、サイクロトロ、防護用品等)	500,850	同左	724,500	同左	1,531,950	同左
建物の修繕費	143,950	同左	156,248	同左	228,320	同左
固定費	62,879	122,154	128,286	243,476	376,936	508,435
初年度	102,947	162,222	188,246	301,436	376,936	637,991
2年目以降	同左	同左	同左	同左	同左	同左
変動費	1,260	同左	2,520	同左	7,560	同左
1日当たり変動費(年額)	30,240	同左	30,240	同左	30,240	同左
1台当たり変動費(年額)	8,505	同左	16,38	同左	16,38	同左
患者1人当たり変動費(1検査当たり)						
3. 経営分析	初年度		初年度		初年度	
損益分岐点						
収益(千円)	247,106	293,322	405,407	477,850	552,589	626,032
費用(千円)	242,607	286,378	399,338	468,418	546,455	615,479
限界利益率(粗利益率)	74.0%	76.0%	71.9%	73.2%	74.1%	76.0%
患者数(人/年)	3,855	4,576	4,947	5,831	6,743	7,627
患者数(人/日/PET1台)	16.1	19.1	10.3	12.1	14.0	15.9
稼働率	100.4%	119.2%	64.4%	75.9%	87.8%	93.3%
稼働率50.0%						
患者数(人/日/PET1台)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
収益(千円)	123,072	123,072	314,688	314,688	314,688	314,688
費用(千円)	226,150	263,789	381,205	435,806	498,905	555,449
限界利益率(粗利益率)	61.1%	61.1%	69.6%	69.6%	69.6%	69.6%
経営損益(千円)	-103,078	-140,717	-66,517	-121,118	-184,217	-238,761
投引後当期利益(千円)	-83,75%	-114.34%	-21.14%	-38.4%	-56.3%	-75.87%
稼働率70%						
患者数(人/日/PET1台)	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
収益(千円)	172,301	172,301	440,563	440,563	440,563	440,563
費用(千円)	232,682	270,321	406,385	460,966	524,064	578,609
限界利益率(粗利益率)	68.4%	68.4%	72.6%	72.6%	72.6%	72.6%
経営損益(千円)	-60,381	-98,020	-34,189	-20,402	-83,501	-138,045
投引後当期利益(千円)	-80,381	-98,020	22,164	-20,402	-83,501	-138,045
稼働率90%						
患者数(人/日/PET1台)	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
収益(千円)	221,530	221,530	566,438	566,438	566,438	566,438
費用(千円)	239,213	276,853	431,524	486,125	549,224	603,768
限界利益率(粗利益率)	72.5%	72.5%	74.2%	74.2%	74.2%	74.2%
経営損益(千円)	-17,684	-55,323	134,914	80,313	17,215	-37,329
投引後当期利益(千円)	-17,684	-55,323	87,438	52,051	11,157	-37,329
稼働率100%						
患者数(人/日/PET1台)	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
収益(千円)	221,530	221,530	566,438	566,438	566,438	566,438
費用(千円)	239,213	276,853	431,524	486,125	549,224	603,768
限界利益率(粗利益率)	72.5%	72.5%	74.2%	74.2%	74.2%	74.2%
経営損益(千円)	-17,684	-55,323	134,914	80,313	17,215	-37,329
投引後当期利益(千円)	-17,684	-55,323	87,438	52,051	11,157	-37,329
投引後当期利益(千円)	-17,684	-55,323	15,44%	9.19%	1.97%	-6.59%

イオウラは法定基準を超える放射線防止対策として、平成16年度度別研究で追加された部分。
 ※PET施設は新築を想定、ただし、土地代は考慮してない。
 ※施設上の耐用年数は、建物30年、医療機器6年、建物修繕費15年、減価償却は定額法、残存価額10%。
 ※設備投資(建物、医療機器、建物修繕費)は、全部借入金で調達、利率は過去10年間(94年3月10日~04年3月9日)の長期プライムレート(平均2.54%)とした。
 ※年間の診療日数は、3日に1日(1日のサイクロトロ稼働日を除く)として、240日とした。
 ※収入は、全額保険診療によるものとし、保険外診療は考慮してない。
 ※法人税率等の変動税率は35.19%(法人税率=30%、住民税率=法人税率×市ヶ谷電子ターミナルとJFEテクノとサードエス株式会社、三菱商事株式会社(50音順))
 (但し、ラベンター協会のPET施設(54施設)、株式会社市ヶ谷電子ターミナルとJFEテクノとサードエス株式会社、三菱商事株式会社(50音順))

付表1-2. 費用内訳(法定基準を超える被曝防止対策)

FDG 供給体制		A. 院内製剤型					
施設の種類	単価(千円)	A-1. モダリナイー		A-2. 小規模PET		A-3. 中規模PET	
		数量	金額(千円)	数量	金額(千円)	数量	金額(千円)
被曝防止のための法定基準を超える設備・備品							
サイクロترون室	300.0/サイクロ1台	1台	300.0	1台	300.0	1台	300.0
FDG等製剤合成室	487.5/FDG合成装置1式	1式	487.5	2式	975.0	2式	975.0
陽電子準備室	156.5/分注装置1式	1式	156.5	1式	156.5	1式	156.5
陽電子待機室	2850.0/PET1台	1台	2,850.0	2台	5,700.0	6台	17,100.0
陽電子診療室	116.7/自動投与装置1台	1台	116.7	1台	116.7	2台	233.3
"	447.2/PET1台	1台	447.2	2台	894.4	6台	2,683.3
"	1741.7/PET1台	1台	1,741.7	2台	3,483.3	6台	10,450.0
PET撮影室							
PET操作室							
面談室	465.2/PET1台	1台	465.2	2台	930.5	6台	2,791.4
回復室	0.0/PET1台	1台	0.0	2台	0.0	6台	0.0
受付・待合エリア	531.3/PET1台	1台	531.3	2台	1,062.5	6台	3,187.5
小計			7,096		13,619		37,877
消費税			355		681		1,894
被曝防止用設備・備品			7,451		14,300		39,771
被曝低減のための人員増分(固定費・人件費)							
医師	97.7%増	1.95人増	27,888	2.93人増	41,832	6.84人増	97,608
看護師	151.0%増	1.51人増	8,670	4.53人増	26,009	10.57人増	60,687
診療放射線技師	95.6%増	0.96人増	6,371	2.87人増	19,112	6.69人増	44,595
薬剤師	130.8%増	1.31人増	7,820	2.62人増	15,640	3.92人増	23,460
事務員	118.0%増	1.18人増	3,958	2.36人増	7,917	7.08人増	23,750
サイクロ要員(サイクロ1台当り)	37.1%増	0.37人増	4,455	0.37人増	4,455	0.37人増	4,455
人件費増分			59,342		115,325		255,635
被曝防止のための法定基準を超える安全教育(固定費・人件費以外)							
医師に対する研修	11.7/医師1人	3.95人	46.1	5.93人	69.2	13.84人	161.5
診療放射線技師に対する研修	21.5/技師1人	1.96人	42.0	5.87人	126.0	13.69人	293.9
安全管理委員会の設置	6.25/1施設		6.3		6.3		6.3
その他	13.3/1施設		13.3		13.3		13.3
小計			108		215		475
消費税			5		11		24
安全教育			113		225		499

付表2. 診療報酬

(2004年3月現在)

FDG 供給体制	施設の類型	A. 院内製剤型			B. 中間型 (F配給型)		C. 院外製剤型	
		A-1. モダリナー 増設 既存の病院	A-2. 小規模PET センター PET専門の診療所	A-3. 中規模PET センター PET専門の診療所	B-1. 小規模センター (F配給) PET専門の診療所	B-2. PET特区 (F配給) 3病院で1ヶ所 3病院で1ヶ所	C-1. FDG購入 既存の病院	C-2. PET特区 (FDG配給) 3病院で1ヶ所 3病院で1ヶ所
診療報酬(患者平均)	PETの共同利用率	0%	100%	100%	100%	20% ^{注)}	0%	20% ^{注)}
内 訳		6410	8195	8195	8195	7968	6410	7968
撮影料(ボジトロン断層撮影, 18FDG) 共同利用率20%以上	7500点		7500	7500	7500	7500		7500
撮影料(ボジトロン断層撮影, 18FDG) 共同利用率20%未満	6000	6000					6000	
診断料(核医学診断)	375	375	375	375	375	375	375	375
初診料(診療所)	270		270	270	270	270		
紹介患者加算(診療所)	50		50	50	50	50*		50*
初診料(病院)	250					15*		15*
紹介患者加算5(紹介率20%以上30%未満)	75					28**		28**
外来診療料(200床以上の病院)月2回目以降	35	35					35	

注) PET特区では、周辺の医療機関(特区参画3病院以外)からのPET検査依頼で共同利用率20%を確保するものと想定。

* 診療報酬点数(250点, 75点)と共同利用率20%とを積算した、患者1人当たりの平均値。

** 診療報酬点数(35点)と院内利用率80%(=1-共同利用率)とを積算した、患者1人当たりの平均値。

付表3. 1日当たり最大検査件数

FDG供給体制	A. 院内製剤型			B. 中間型(F ⁻ 配給型)		C. 院外製剤型	
	施設の種類	既存の病院増設	PET専門の診療所	PET専門の診療所	PET特区(F ⁻ 配給)	既存の病院	PET特区(FDG配給)
サイクロترون	あり	あり	あり	あり	主施設にあり	なし	主施設にあり
FDG合成(配達)回数	2回/日	2回/日	2回/日	2.3回/日	3回/日	(3回/日)	3回/日
PET1台当たり	16	16	16	16	主施設 従施設 12 12	12	主施設 従施設 12 12
1施設当たり	16	32	96	32	主施設 従施設 32 24 80	12	主施設 従施設 32 24 80

- ※ 1回のFDG合成でPET1台当たり最大8人分のFDGを合成できるものとする。
- ※ PET検査は患者1人に付き30分を要するものとする(患者の入れ替えの時間を含む)。
- ※ サイクロترون保有施設での最大検査件数=患者1人/30分×8時間/日=16人/日。この場合のFDG合成回数は1日2回。
- ※ なお、1人当りの撮影時間は別添資料2の間61薬年別撮影時間1、直近2004年の値(28分)を四捨五入したものである。
- ※ サイクロترون非保有施設での最大検査件数はFDG/F⁻輸送中および後の¹⁸Fの減衰を考慮して、1回の輸送で最大4人の検査が可能とする(1日3回のFDG/F⁻輸送で1日当たり最大12人の検査)。

付表4. 建物附帯設備内訳

品名	数量	備考
放射線モニタリングシステム		
γ線エリアモニター	5	
中性子線エリアモニター	1	サイクロロン保有施設のみ
高線量型γ線エリアモニター	1	サイクロロン保有施設のみ
γ線/中性子線モニタリングポスト	1	サイクロロン保有施設のみ
γ線水モニター	1	
サンプリング切替装置	1	
加圧シスターン	1	
γ線ガスモニター	1	
ローカル監視装置(CRT)	1	
中央監視装置	1	
取付工事費	1	
端末調整費	1	
試運転調整検査費	1	
運搬交通費	1	
納入価格		サイクロロン保有施設 : 53,287,500円 サイクロロン非保有施設: 40,162,500円
排水設備		
し尿浄化水槽	1	
調整槽	1	
貯蔵・希釈槽	1	
排水処理現場操作盤	1	
排水処理遠隔操作盤	1	
ポンプ類	1	
弁類	1	
連続水位計	1	
機器搬入据付費	1	
配管工事	1	
電気計装配線工事	1	
試運転調整費	1	
諸経費	1	
納入価格: 23,520,000円		※患者数(PET台数)に応じて増減。
給排気空調設備		
給気用パッケージエアコン	1	
給気用制御機器	1	
給気用ダクト工事	1	
排気用排気&フィルター機器	2	
排気用制御機器	1	
排気用ダクト工事	1	
納入価格: 72,000,000円(通常の小規模PET施設の場合)		※中規模センターまたはFDG/F ⁻ 供給元施設では3割増し。 ※サイクロロン非保有、FDG合成装置保有施設(F ⁻ 供給先)では2割5部減。 ※サイクロロン非保有、FDG合成装置非保有施設(FDG供給先)では5割減。

付表5. 職種別給与単価(千円)

	きまって支給する 現金給与額		年間賞与 その他特別 給与額	年 収	
	1ヶ月	12ヶ月		(含間接費 20%)	
医師	871.8	10,462	1,430.9	11,893	14,271
看護師	319.4	3,833	951.0	4,784	5,741
診療放射線・ 診療エックス線技師	367.8	4,414	1,138.2	5,552	6,662
薬剤師	331.8	3,982	1,000.9	4,983	5,979
情報担当技術者 ¹⁾	364.2	4,370	1,274.2	5,645	6,774
事務員 ²⁾	193.1	2,317	478.8	2,796	3,355
事務長 ³⁾	518.5	6,222	2,296.8	8,519	10,223

1) システム・エンジニアのデータを準用。

2) 看護補助者のデータを準用。

3) 課長のデータを準用

資料:厚生労働省「平成 14 年賃金構造基本統計調査」(企業規模 10 人以上計・調査産業計・男女計)

付表6. 法定基準を超える放射線防護費用(設備・備品)

設置場所		金額等	具体例
サイクロロン室	回答 平均 最大 最小	1 施設 300.0 千円/サイクロロン 1 台 300.0 " 300.0 "	モニタカメラ, 高線量警告燈
FDG 等製剤合成室 *	回答 平均 最大 最小	4 施設 487.5 千円/合成装置 1 台 1500.0 " 100.0 "	鉛衝立, 鉛ブロック ラムダプロテクタ プロテクタ
陽電子準備室 *	回答 平均 最大 最小	4 施設 156.5 千円/分注装置 1 台 200.0 " 26.2 "	タングステン製バイアルホルダー シリンジ搬送箱, 鉛入り注射台 ラムダプロテクタ, 鉛の壁 プロテクタ
陽電子待機室	回答 平均 最大 最小	5 施設 2850.0 千円/PET1 台 7000.0 " 250.0 "	鉛ガラス衝立, 鉛いす 鉛の壁 監視モニタカメラ コンクリート衝立
陽電子診療室			
いわゆる処置室 *	回答 平均 最大 最小	2 施設 116.7 千円/自動投与装置 1 台 200.0 " 33.3 "	シリンジキャリア 防護衝立
PET 撮影室	回答 平均 最大 最小	6 施設 447.2 千円/PET1 台 1750.0 " 100.0 "	モニタカメラ 鉛衝立, 鉛ガラス
PET 操作室	回答 平均 最大 最小	2 施設 1741.7 千円/PET1 台 3333.3 " 150.0 "	鉛ガラス, 監視モニタ
面談室	回答 平均 最大 最小	7 施設 465.2 千円/PET1 台 800.0 " 65.0 "	鉛入り面談机, 鉛衝立 鉛ガラス
受付・待合エリア	回答 平均 最大 最小	4 施設 531.3 千円/PET1 台 2000.0 " 10.0 "	モニタカメラ設置 音声誘導や自動入金機を導入して 受付の被爆を低減 鉛入り受付カウンター

* 自動合成装置、自動検定装置、自動分注装置、自動投与装置は施設の開設時に導入しているという推計前提を置いているため、これらの自動装置を除く被曝対策費用のみを集計した。

注) 「PET 事業の放射線防護に関するアンケート」では、PET 施設建屋、排水設備、空調装置、回復室、放射線同位元素の貯蔵施設・廃棄施設については具体的な被曝対策費用の回答がなかったため、掲載していない。

付表7. PET 施設の従事者数と被曝低減のための増員
(常勤+非常勤;常勤換算)

職 種		PET 従事者数	被曝低減のための増員
医師	回答	46 施設	7 施設
	平均	2.19 人/PET1 台	2.14 人/PET1 台
	最大	9.0 "	5.0 "
	最小	0.3 "	0.5 "
看護師	回答	45 施設	10 施設
	平均	1.30 人/PET1 台	1.97 人/PET1 台
	最大	7.5 "	6.5 "
	最小	0.0 "	0.3 "
診療放射線技師	回答	48 施設	12 施設
	平均	2.05 人/PET1 台	1.96 人/PET1 台
	最大	9.0 "	5.5 "
	最小	0.7 "	0.5 "
薬剤師	回答	46 施設	6 施設
	平均	0.78 人/PET1 台	1.01 人/PET1 台
	最大	6.0 "	3.0 "
	最小	0.0 "	0.25 "
事務員	回答	44 施設	2 施設
	平均	1.48 人/PET1 台	1.75 人/PET1 台
	最大	7.5 "	2.5 "
	最小	0.0 "	1.0 "
サイクロトロン要員	回答	27 施設	2 施設
	平均	1.48 人/サイクロトロン1台	0.55 人/サイクロトロン1台
	最大	4.0 "	1.0 "
	最小	1.0 "	0.1 "

付表8. 法定基準を超える放射線防護費用(安全教育)

内 容		金 額 等	具 体 例
医師に対する研修	回答 平均 最大 最小	5 施設 11.7 千円/医師 1 人 33.3 " 0.0 "	学会セミナー等への参加 安全講習会 現場での十分な実習
診療放射線技師に対する研修	回答 平均 最大 最小	8 施設 21.5 千円/技師 1 人 66.7 " 0.0 "	学会セミナー等への参加 安全講習会 現場での十分な実習 他施設を訪問
安全管理委員会の設置	回答 平均 最大 最小	8 施設 6.3 千円/PET1 台 50.0 " 0.0 "	外部委員の導入 月 1 回開催 被曝線量の多い従事者をチェック
その他	回答 平均 最大 最小	3 施設 13.3 千円/PET1 台 40.0 " 0.0 "	安全管理者の研修 放射線業務従事者以外にも安全教育を実施 放射線管理情報のメール配信