1 なぜ、放射線は怖いのか？

Point

- 放射線とは
- 放射能の単位と被ばく線量の単位
- 自然放射線
- 医療被ばく
- 原発事故による被ばく

放射線という言葉は、医療関係者など業務で利用する人以外には、普段の生活ではあまり出てくる言葉ではありませんでした。しかし、2011 年 3 月の福島第一原子力発電所の事故以来、放射能とか被ばくという言葉を毎日耳にするようになりました。

放射線が怖いというのは、放射線が目に見えないこと、日本人としては広島・長崎の原子爆弾のイメージが強いこと、ベクレル（Bq）やシーベルト（Sv）など知らない言葉が多いこと、ヨード（I）やセシウム（Cs）などが一度体内に入ったら蓄積してしまうのではないかという心配、子供への影響、特に将来がんの危険性が増えるのではないかという心配など、知らないことやわからないことが多いことが、放射線が怖いという気持ちを増幅させている原因だと思います。

放射線は目に見えないものです。しかし、放射線は空気や水や生物の体などにあたったとき、これらを構

JCOPY 498-07114

成している原子から電子をはじき飛ばす作用があり、これを「電離」といいます。物質が電離したことは電気信号として検出できるので、ごく微量でも放射線を測定することができます。

放射線にはいろいろな種類（表1）がありますが、医療でよく利用されるX線やγ（ガンマ）線以外に、α（アルファ）線、β（ベータ）線、中性子線、重粒子線などがあります。放射線の透過力は，放射線の種類によって異なります。α線は物質を透過しにくいため、薄い紙1枚で止められます。β線は少し透過するものの、アルミニウムやプラスチックなど密度の小さい物質で止めることができます。これに対してγ線やX線は透過力が大きく，鉄や鉛のように密度の大きい物質や厚いコンクリートで止める必要があります（図1）。医療従事者が自身の被ばくを

表1 ● 放射線の種類と特徴

名前	成分	透過力	電離作用
α線	ヘリウム原子核	小	大
β線	電子	中	中
γ線・X線	電磁波	大	小

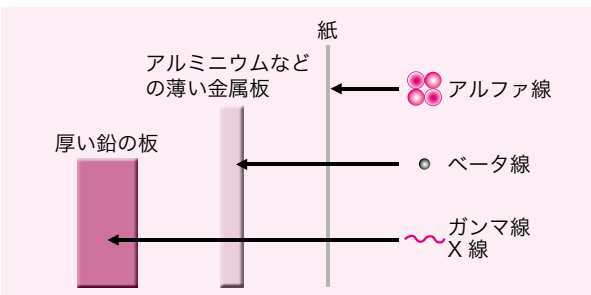

図1 放射線の透過率
（出典：「放射線の影響がわかる本」（財）放射線影響協会）

JCOPY 498-07114

減らすために鉛入りの防護服プロテクターを使用するのはこのためです。

放射線を放出する能力を放射能といい、放射能をもつ物質を放射性物質（ラジオアイソトープ RI）といいます。放射能の単位はベクレル（Bq）といい、放射性物質が放射線を出す強さを表します。放射性物質から放射線が出る頻度が半分に減少するまでの時間が半減期で、半減期は放射性物質の種類によって異なります。今回の福島原発事故で問題となった放射性ヨウ素 131 は、半減期が 8 日程度と短いため、取り込んだ場合でも体内で急速に減少します。これに対して、放射性セシウム（Cs）は、Cs134 の半減期が 2 年、Cs137 の半減期が 30 年と非常に長いので、現時点ではセシウムによる被ばくが問題となっています。

放射線を受けることを「放射線被ばく」あるいは「被ばく」といい、被ばくにより人が受けた放射線の量を「被ばく線量」といいます。被ばく線量としてシーベルト（Sv）という単位が用いられます。放射線が物質にあたるとエネルギーが吸収されますが、その単位を吸収線量グレイ（Gy）といいます。実効線量シーベルト（Sv）は、吸収線量（Gy）に放射線の種類の違いと身体の組織毎の影響の違いを考慮した係数を掛けて求めた線量で、放射線防護に用いられるため「被ばく線量」の単位と呼ばれます（表２）。

地球上の生物はすべて自然界にある放射線（自然放射線）と共存しています（図２）。地球を構成している元素には多くの種類の放射性元素が含まれており、

JCOPY 498-07114

常に地面に含まれる放射性元素が放射線を出し続けています。地面からの1年間の線量は、世界平均で約0.46ミリシーベルト（mSv）、日本の平均では約0.38 mSvとなっています。また、地球には宇宙からのさまざまな放射線（宇宙線）が常に降りそそいでいます。宇宙

表2●放射線の単位

単位名	記号	特徴
ベクレル 放射能	Bq	放射性物質が放射線を出す強さの単位
グレイ 吸収線量	Gy	放射線が物質にあたって吸収されるエネルギーの単位
シーベルト 実効線量	Sv	吸収線量に放射線の種類と組織毎の影響の違いを考慮して求めた「被ばく線量」

図2 日本における自然放射線（年間）

JCOPY 498-07114

線よる1年間の線量は世界平均で0.38mSv、日本の平均で0.29mSvです。さらに、私たちの身体の中にも食物などを通じて吸収されたいろいろな放射性物質があり、身体の中からも放射線を受けています。主なものはカリウム（K）や炭素（C）、ラドンからできるポロニウム（Po）などです。体内のカリウム（K）などから受ける線量の合計は、世界平均で1年間に約0.24mSv、日本の平均では約0.41mSvです。ラドンは地中や建材などに含まれているラジウムの原子が変化して出てくるもので、空気中に漂っていますが、温泉水などにも含まれています。ラドンによる1年間の線量は、世界平均では1.3mSvですが、木造家屋構造の日本では低く、平均で0.4mSvです。

これ以外に、人工的に作り出した放射線（人工放射線）が広く利用されています。最も知られているのが医療分野での利用で、胸部レントゲンや胃の集団検診、X線CTなどの放射線診断により日本では国民1人当たり平均で年間2.25mSvの線量（医療被ばく）を受けています（図3）。世界平均では0.4mSvですから、日本人は5倍以上受けていることになりますが、診断のための被ばく線量が健康に問題になることは全くありません。医療被ばくは、患者の健康を守るという利益を保証した上での被ばくであり、原発事故に伴う災害による被ばくとは全く意味が異なります（図4）。

今回の福島原発災害では、半減期が8日と短い放射性ヨウ素はほぼ消えており、大気中に放射性物質はほとんどない。それ以降は、3月15日までに放出され、

JCOPY 498-07114

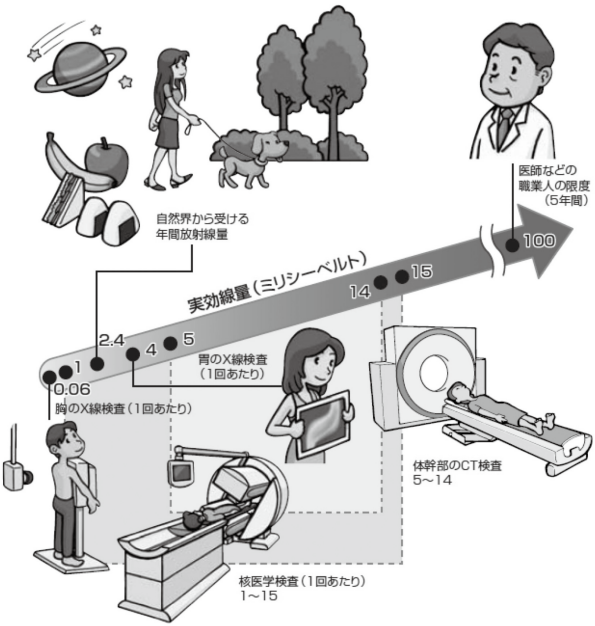

図3 日常生活における放射線の被ばく量
（出典：UNSCEAR 2000 Report）

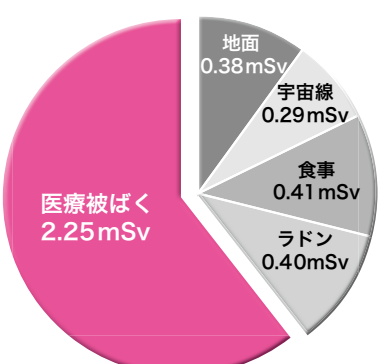

図4 日本人の年間被ばく量（mSv）

雨に溶けて土の表面に蓄積したセシウムからのガンマ線が被ばくの原因になっています。現時点においては、放射性ヨウ素による被ばくの影響は小さく、セシウムによる被ばく管理を確実に実施することが優先されています。セシウムの物理学的な半減期は非常に長いですが、体内に取り込まれたセシウムはカリウムと同じような代謝を受けるため、成人で 110 日、小児では 5 歳で 30 日、1 歳では 13 日で体内から半分出て行きます。これを生物学的半減期といいます。

厚生労働省の食品安全委員会には、従来放射性物質に関する基準値はなかったので、内閣府の原子力安全委員会で検討していた原子力防災指針内に記載されている値を、現在の暫定規制値として用いています。それによれば、セシウム 137 と 134 の合計で、暫定規制値は「実効線量 5mSv/ 年」が基準になっています。食品にはいろいろな種類がありますが、暫定規制値では 5 つに分類されています。その中の「肉・魚・卵」の暫定規制値は、全体の 5 分の 1 で「実効線量 1 mSv/ 年」となります。牛肉の暫定規制値 500Bq/kg ぎりぎりの食品をどれくらい食べたら 1mSv になるか計算すると、年間 150kg になります。毎日 411g の牛肉を食べ続けて初めて 1mSv になりますが、現実的には不可能な量です。つまり、「暫定規制値を下回る食品を食べている限り健康への影響はない」ので、冷静な対応が求められています。厚生労働省では、不安をさらに払拭するため、全食品からの被ばくの上限を、暫定規制値の 5 分の 1 になる「実効線量 1 mSv/ 年」

JCOPY 498-07114

とする新しい規制値案の検討を進めています。

現在も毎日モニタリングポストや地上1mの放射線量が測定されており、福島市で1時間あたり0.96μSv程度が報告されています。この値が1年間（8760時間）続いた場合、8.4mSvとなります。平常時が0.046μSvで0.4mSvですから、8mSvが今回の事故で余分に行けた被ばく線量になります。1日16時間が屋内、8時間が屋外で生活し、屋内の場合は屋外の40%の被ばく線量になるとして計算すれば、4.8mSvが原発事故による被ばく線量になります。

一方、ICRP（国際放射線防護委員会）は災害時の公衆の線量管理について、緊急時は年間20～100mSv、緊急事故後の復旧時は年間1～20mSvとしています。また、残留した放射性残渣によって生じる長期被ばくに関して、年間10mSvを下回る被ばく線量の場合に、これをさらに低減するために実施する行為は、正当化されにくいと勧告しています。このように、現在の被災地域の状況は、通常時に比べれば被ばく線量は高いものの、日常生活に支障をきたすような状況ではないことが理解できると思います。

JCOPY 498-07114

2 症状

Point

- **身体的影響：急性傷害と晩発障害**
- **遺伝的影響と胎内被ばく**
- **確定的影響と確率的影響**
- **低線量被ばく**

放射線を受けた場合の人体への影響（表３）は、放射線を受けた人の体に出る「身体的影響」と、その人の子孫への「遺伝的影響」に分けられます。身体的影響は、放射線を受けて数週間以内に症状が出る「急性障害」と、数カ月から数年後になって症状が出てくる「晩発障害」に分けられます。母親の胎内での被ばく（胎

表３● 放射線による影響と障害の分類

影響と障害	障害予防の観点		障害の発症時期		発生する世代	
	確定的影響	確率的影響	急性障害	晩発障害	身体的影響	遺伝的影響
白血球減少	■		■		■	
不妊	■		■		■	
胎児奇形	■		■		■	
皮膚紅斑・脱毛	■		■		■	
白内障	■			■	■	
がん		■		■	■	
子孫の異常		?		?		?

JCOPY 498-07114

内被ばく）による影響も身体的影響の１つです。広島・長崎の原爆で胎内被ばくした子どもの調査では、排卵後８週～15週の間に100mSv以上被ばくした場合に、重度の精神発達の遅れの例が認められています。

放射線の影響は、受けた放射線の種類や量、全身に被ばくしたのか、身体の一部に受けたのかによっても異なります。急性障害の例では、全身に一度に1000mSv（1Sv）程度の放射線を受けると、吐き気がしたり全身の倦怠感が生じます。一度に4000mSv（1Sv）程度を全身に受けると、半数が死亡します。

晩発障害は、眼に5000mSv程度受けると白内障になる人が出てきます。がんも晩発障害の１つで、潜伏期があります。放射線の影響で白血病がとくに注目されるのは、放射線を全身に大量に受けた場合最も早い時期にあらわれる悪性腫瘍だからです。広島・長崎の場合、被ばくから２年経ってから増え始め、５年から10年頃に白血病患者がいちばん増えました。

放射線を受けた場合のもう一つの影響が遺伝的影響ですが、精子や卵子の遺伝子が放射線によって変化してそれが子孫に伝えられる可能性があり、動物実験では確かめられています。しかし、人間の場合、広島・長崎の被ばく者の調査をはじめそのほかの調査でも、遺伝への影響は認められていません。

放射線の人体への影響については、「確定的影響」と「確率的影響」という分け方があります。確定的影響というのは、低線量の放射線では影響が現れず、ある線量（しきい値）以上になると影響が出る現象をい

JCOPY 498-07114

います。確定的影響には、皮膚炎や脱毛、白内障などの障害があり、線量が多くなるにしたがって症状も重くなります。歴史的な障害としては、ウランの放射能を発見したベクレルは、微量のラジウム Ra の入ったガラス管をポケットに入れて持ち歩いたところ腹部の皮膚に紅斑ができて、これを聞いたキュリー夫人が同じ試みをしたところ、腕に紅斑（放射線性皮膚炎）ができました。

確率的影響というのは、しきい値はなく、受ける線量が多くなるほど影響の出る確率が高まる現象をいいます。確率的影響には、がん・白血病と遺伝的障害が含まれます。確率的影響のしきい値の有無については諸説ありますが、国際放射線防護委員会（ICRP）では、人が受ける放射線の線量はできるだけ少なくしておく方がより安全であるという立場から、現在のところはしきい値がない、どんなに低い線量でもそれなりの影響があると仮定して、放射線防護の基準を決めています。

広島・長崎におけるような大量かつ急激な被ばくの場合は、修復の難しいDNAの2重鎖切断などが数多く起きますが、低線量被ばくでは2重鎖切断は起こりにくいといわれています。原爆被爆者の調査から、人間では200mSv以下の低い線量では、がんによる死亡者が増加したという明確な結果は出ていません。ブラジルや中国、インドのように自然放射線が日本の何倍も高い地域でも、がんの発生率が高いということはありません。

細胞や生体には、放射線や放射線によって発生する活性酸素によって DNA 損傷が生じても、損傷を修復

JCOPY 498-07114

する能力が備わっています。不完全な修復や誤った修復の場合には、突然変異が蓄積しますが、アポトーシスという機能により異常な細胞は自然に吸収されます。さらに、細胞ががん化しても、免疫細胞によりがん細胞が除去されます。このように、人間には発がんの影響に関して、何層ものバリアが備わっています。

30億年の間、生物は自然放射線の中で暮らしてきました。また、我々の日常生活の中には食物をはじめとするたくさんの発がん要因がありますので、仮に自然放射線程度の放射線に直線仮説に基づくようなリスクがあったとしても、その他にタバコや大量飲酒などの大きな発がん要因のリスクがあるなかで、**自然放射線に近い低線量被ばくのリスクを過度に心配する必要はないと思われます**（表4）。

表4● 放射線を浴びた場合と日常生活によるがんのリスク

要因	対象	比較対象	リスクの増え方
喫煙（男性）	現在の喫煙者	非喫煙者	1.6
広島・長崎の被ばく	1000mSv	被ばくなし	1.5
大量飲酒（男性）	エタノール 300-449g	ときどき飲む	1.4
やせ（男性）	BMI 14.0-18.9	BMI 23.0-24.9	1.29
肥満（男性）	BMI 30.0-39.9	BMI 23.0-24.9	1.22
運動不足（男性）	METs 時 25.45/day	METs 時 42.65/day	1.15-1.19
高塩分食事	干物等で1日43g	干物等で1日0.5g	1.11-1.15
野菜不足	1日110g	1日420g	1.06
広島・長崎の被ばく	100mSv	被ばくなし	1.05
女性の受動喫煙	夫が喫煙者	夫が非喫煙者	1.02-1.03

（国立がん研究センター調べ）

JCOPY 498-07114

3 予防

Point

- **外部被ばくと内部被ばく。**
- **外部被ばくを防護するための３原則（時間・距離・遮蔽（しゃへい））**
- **内部被ばくは防じん・防護マスクを着用することで低減可能**
- **職業人（職業として放射線業務に従事する人）と一般人の線量限度**

放射線の被ばくには，体外にある放射性物質から放出される放射線を受ける「外部被ばく」と，放射性物質で汚染された物を飲み込んだり，汚染された空気を吸ったりすることによって体内に取り込まれた放射性物質によって放出される放射線を受ける「内部被ばく」があります。

外部被ばくの特徴は次の通りです。

- **透過力が大きいγ（ガンマ）線やＸ線は，人体の内部組織に影響を与えます。**
- **被ばくは放射線に当たっているときだけに限られ，放射性物質から離れれば，被ばくはなくなります。**
- **外部被ばく線量は，個人被ばく線量計や放射線測定器によって比較的容易に測定できます。**

JCOPY 498-07114

内部被ばくの特徴は次の通りです。

- **透過力が小さいα（アルファ）線やβ（ベータ）線は短い距離で止まり，直ぐ近くの細胞に影響を与えます。**
- **体内に入った放射性物質の多くは，生理作用により特定の臓器に移行して蓄積する性質をもっているため、放射性物質が蓄積した臓器の被ばくが問題になります。例えばヨウ素は甲状腺に，プルトニウムは肺や骨に蓄積してそれぞれの臓器に被ばくを与えます。**
- **内部被ばくは，放射性物質が崩壊することによる物理学的な半減期と、身体の代謝による生物学的な減衰によって減少していきます。**
- **内部被ばくの線量は直接測定できないため，体外からの放射能の強さを測定した結果などから間接的に計算で求めます。**

外部被ばくを防護するには，①放射性物質のそばにいる時間を短くする，②放射性物質から離れる，③放射性物質と身体との間に放射線をさえぎるための遮蔽（しゃへい）物を置く，ことが必要です。これらをまとめて「防護の三原則（遮蔽（しゃへい）・距離・時間）」と言い，これによって外部被ばくを低減できます。

内部被ばくを防護するためには，放射性物質が体内に入ることを防ぐことが必要です。体内に入る経路には，①吸入摂取（呼吸を通しての摂取），②経口摂取（飲食物を通しての摂取），③経皮吸収（皮膚，特に傷

JCOPY 498-07114

口を通しての吸収）があります。この３経路のうち①吸入摂取はあらかじめ防ぐ方法がないため最も重要となります。防じんマスクや防護マスクなどの呼吸保護具を着用して放射性物質の取り込みを低減する方法を用います。

厚生労働省の通達では，汚染のおそれのある場所における除染（＝放射性物質を取り除くこと）作業においては，RS3 または RL3 防じんマスクを使用することとされています。ここで RS3，RL3 とは厚生労働省が定めたマスクの国家検定区分であり，取替え式で99.9%以上の粉じん捕集効率であることを示しています。このマスクの使用は，法令で定められた放射線管理区域内での除染作業を想定しており，高価です。汚染のおそれのある被災地でのボランティア活動においては，DS2 以上の防じんマスクまたは N95 以上の防護マスクの使用が望ましいでしょう。ここで DS2 とは厚生労働省が定めたマスクの国家検定区分であり，使い捨て式で 95%以上の粉じん捕集効率であることを示しています。N95 とは米国労働安全衛生研究所（NIOSH）が認定した規格であり，DS2 と同等の性能を指します。なお，サージカルマスク（フェイスマスク）は比較的安価ですが，放射性微粒子を捕集する効果は期待できません。

職業人は５年間につき 100mSv を超えず，かつ，どの１年間においても 50mSv を超えてはならないと法令で定められています。一般人は１年間につき１ミリシーベルト以下となっています。職業人と一般人との

JCOPY 498-07114

間に差があるのは，①一般人には乳幼児や子供が含まれているのに対して職業人は成人のみである，②一般人は被ばく管理を行うことが困難であるのに対して職業人は個人被ばく線量計を着用することにより被ばく管理を行うことが容易であるからです。放射線作業者の被ばく（職業被ばく）は、放射線利用に伴う作業という社会的利益のための被ばくである。これに対して、一般公衆は災害による被ばくによって何らの利益ももたらさない被ばくであるので、一般公衆の被ばく線量の限度は年間 1mSv に定められています。ICRP の勧告では、緊急事故後の復旧時は年間 1 ～ 20 m Sv としていますが、被災地域についてもできるだけ早期に 1mSv 以下にもって行くことが求められます。

JCOPY 498-07114

4 ガイガーカウンターは持っていく？

Point

- ガイガーカウンターは放射線の数は測定できるが強さはわからない
- 被ばく線量の測定には放射線の数と強さを調べることが必要
- ガイガーカウンターでいろいろな場所の放射線の数は比較できる
- ガイガーカウンターで放射性物質による表面の汚染を調べることができる
- ガイガーカウンターを用意するより現地での指示に従って行動することが重要

放射線の量を測定する携帯用の計測器は一般にサーベイメータと総称され、ガイガーカウンター（図５）もその一種です。ガイガーカウンターはガイガーが発明して、その弟子に当たるミューラーが改良を加えた放射線を検出する部品を利用しており、検出器に入ってくる放射線の数を感度よく数える（カウント）ことができるために、専門家の間ではGM計数管と呼ばれています。ガイガーカウンターは安価で非常に簡単に放射線を数えることができるので、多くの現場で利用されています。放射線は、目で見たり、感じたりすることはできませんが、このガイガーカウンターを用

JCOPY 498-07114

いると放射線の数を“ボッ”“ボッ”と言う音で知らせてくれるために、作業をしながらでも放射線の有無を耳で聞くことができます。

「被ばく線量」の単位であるシーベルト（Sv）は、放射線の種類の違いと身体の組織毎の影響の違いを考慮した係数を掛けて求めた線量です。測定した放射線量を、被ばく線量シーベルトとして表すためには放射線の数ばかりでなく、放射線の強さ（エネルギー）がわからなければ、人体に対するダメージを正しく見積もることはできません。放射線の数ガイガーカウンターで簡単に数えることはできますが、その強さを正しく計測するためには特別な装置を必要とします。

しかし、同じ原因で発生している放射線では、エネルギーなどの性質はほぼ同じと考えられることから、ガイガーカウンターで計測した数を比べることで、正

図5 ガイガーカウンター

確な数値はわからなくても、被ばく線量シーベルト（Sv）を比較することができます。例えば、ある場所で計測したガイガーカウンターの値が、他の場所で計測した値の半分であるならば、被ばく線量も半分程度であることが推定できます。また、同じ場所で計測を続けている場合でも、ガイガーカウンターの値が減少傾向にある場合には、状況が改善していると考えることができます。

災害の場合に放射線の発生源として、放射性物質が飛び散っている場合を考えなければなりません。放射性物質からは一定の割合で放射線が放出されています。最初はチリや霧のように細かな状態で空気中を漂っていますが、時間が経つと屋根や地面、木の葉などの表面につもります。このような状態の放射性物質から発生する放射線は弱く、ガイガーカウンターように感度の高い計測器でも表面に近づけなければ計測できません。ガイガーカウンターの値が高いほど表面の放射性物質での汚れがひどいことを示しています。ガイガーカウンターを空中において計測した値（バックグランド）の数 10 倍から 100 倍程度の場合には汚れを取ること（除染）を考えなければなりません。放射性物質が飛散する場所で作業を行った場合やそのような場所から荷物を持ち帰った場合には、必ずガイガーカウンターで表面をくまなく計測しておかなければ、放射線のない安全な場所に放射性物質をまき散らすことになるので注意が必要です。

ガイガーカウンターを利用すると、放射線量や放射

JCOPY 498-07114

性物質による表面の汚れなどが簡単に計測でき、便利であることがわかりました。しかし、ここであげた内容のほとんどは放射性物質が関連する災害の最も初期に行われるべき作業に関係するものです。また、ガイガーカウンターのように特殊な計測器は取扱いもそうですが、得られた計測値の考え方が非常に重要となり、誤った計測値の公開は現地での作業を混乱させる原因ともなります。

災害ボランティアとして現地に行く時期には、放射線に対する安全性などの検証はすでに終了していると考えた方がよいでしょう。通常の災害ボランティアとして参加するのであれば、ガイガーカウンターを用意するよりも現地での指示に従って行動することが重要であると思われます。ガイガーカウンターを持って行くことを否定するつもりはありませんが、もし持参するのであれば、専門的な知識をもった人の指示に従って利用することをお薦めします。

JCOPY 498-07114