

第 1 3 章 放射線被ばく事故

この章では、原子力の事故として旧ソ連で起きたチェルノブイリ原発事故と日本のJCO事故について、またアイソトープの事故としてブラジルの事故について説明します。

1986年に起きたチェルノブイリ事故で、大量の被ばくを受けたのは事故直後の作業に従事した人たちで、事故が直接の原因で死亡した人は30人です。その次に大きな線量を受けたのは事故処理作業ですが、白血病などの晩発障害の増加はみられていません。一方1990年ころより、ベラルーシ、ウクライナ、ロシアの3カ国で小児甲状腺がんの急激な増加がみられています。

1999年に起きたウラン加工工場における臨界事故は、作業員2人が大量の放射線被ばくのため亡くなるという、日本では初めての原子力死亡事故となりました。原因は、核燃料加工の工程において正しい作業手順と異なる方法によって多量の核燃料物質を1カ所に集めた結果、臨界が起きたことによるものです。

アイソトープによる事故は人々の日常生活の場で起きており、死亡者もでています。その代表的なものがブラジルでの事故です。この事故では市民249名が放射能で汚染され、4名が死亡しています。

チェルノブイリ事故

消火や事故処理にあたった作業員の健康への影響

旧ソ連のチェルノブイリ原発で1986年4月26日に起きた事故で大きな被害を受けたのは、なんといっても現場で事故対応のために緊急作業にあたった人です。事故当時構内にいた職員や消防士は、消火と放射性物質の拡散を抑える緊急作業にあたりましたが、そのうち2人は原子炉の爆発と火傷で急死しました。また134人が急性放射線症と診断され、28人が3カ月以内に放射線被ばくが原因で亡くなりました。結局事故が直接の原因で死亡した人は30人とみなされています。

除染作業を中心とする事故処理作業には、およそ60万人の人が

参加しました。この人たちは、リクイデータ（事故清算人）と呼ばれています。リクイデータの被ばく線量は、1986年が1年間で平均170ミリシーベルト、1987年が平均130ミリシーベルト程度です。しかしこの数字は平均値であり、なかには500ミリシーベルト以上の線量を受けた人もかなりいるようです。

放射線の健康への影響は、大量の放射線に被ばくしたのち数日から数カ月のうちに起きる急性放射線症と、比較的低線量に被ばくしたあと数年後に発生する晩発障害に分けられます。急性放射線症は、緊急作業に従事した人たちにしかみられていません。

広島・長崎の原爆被ばく者の調査では、大量の放射線を受けた後2～3年すると白血病の増加がみられ始めています。チェルノブイリ原発事故で緊急作業にあたった人たちやリクイデータの間には、白血病もそのほかのがんについても今までのところ増加はみられていませんが、今後も注意深く観察を続ける必要があると考えられています。

小児甲状腺がん

チェルノブイリ事故後、ベラルーシ、ウクライナ、ロシアの3カ国で1990年ころより小児甲状腺がんの増加がみられています。

放射線による甲状腺がんは、広島・長崎の原爆被ばく者の調査などから、被ばく後10年近くの潜伏期間を置いて増加することが知られていますが、チェルノブイリ事故の場合は、事故後約4年たって増加しています。ベラルーシの、とくに汚染度の高かったゴメリ地域が顕著です。ベラルーシ全体では1986年ころは年に2～4例であったのが、1994年には82例に増加しました。ベラルーシに次いでウクライナの汚染地域でも1990年から小児甲状腺がんの増加がみられました。小児甲状腺がんの患者は、3カ国合わせて1990年から1998年までに約1,800人になったといわれていますが、治療経過は比較的良く、このがんによる死亡者はこれまでのところ9人だけです。

これらの甲状腺がんの多発は、事故に伴って放出され降下した放射性物質が原因と考えられています。なかでも甲状腺がんだけが増加していることから、放射性ヨウ素が最も可能性のある原因とされています。ヨウ素は体の中に取り込まれると甲状腺に集まり、甲状腺ホルモンの合成に使われます。子供は甲状腺が小さいので放射性ヨウ素の密度が高くなり、被ばく線量も大人に比べて大きくなりま

す。最も汚染の大きかったゴメリ地区の子供の甲状腺の被ばく線量は、2,000ミリシーベルト以下の者が2万9千人に対して、2,000~10,000ミリシーベルトの者が3,100人、10,000~40,000ミリシーベルトの者が300人と推定されています。

しかし、かなり以前から甲状腺の病気の診断や治療に放射性ヨウ素が用いられていますが、これによって甲状腺がんが増えたという報告はないので、ヨウ素犯人説を否定する見方もあります。また、これらの地方は地域的に食物中のヨウ素が欠乏しており、これががんの発生を促進している可能性があるともいわれています。いずれにしても原因究明のためのさらなる調査が望まれています。

一般住民への影響

チェルノブイリ原子力発電所から放出された放射性物質によって、発電所周辺の広大な地域の人々が被ばくしています。汚染の著しい地域では、事故後に生まれた子どもが生涯(70年間)に受けると予想される線量は、地表上などに積もった放射性物質からの外部被ばくが60~130ミリシーベルト、汚染したミルクや野菜などの摂取による内部被ばくが20~30ミリシーベルト、合計80~160ミリシーベルトと推定されています。このような汚染地域の人々については、甲状腺がん以外には放射線に直接関係のある病気の増加はみられていません。しかし、事故に関連した不安、ストレスおよび精神的脅迫感による心身症などの心理的問題がみられています。

WHOのまとめ

1995年11月に行われた国連世界保健機関(WHO)のチェルノブイリ事故後10年のまとめの学術集会で、チェルノブイリ事故に関することが議論されました。この集会の最後のまとめでは次のように述べています。

【チェルノブイリ事故から約10年がたった現在、今回の会議に参加した研究者たちは懸念すべき3つの主要な問題を確認しました。すなわち、汚染除去作業員および高レベル汚染地域住民における心理的障害の顕著な増加、子供における甲状腺がん発生の健康への影響、ならびにとくに白血病、乳がん、膀胱がんなどの将来発生する可能性のあるがんおよび腎疾患の問題です。

チェルノブイリ事故後、多くは子供にまた青年においても甲状腺がんの増加が明瞭に認められ、ベラルーシでは約400例、ウクライナでは220例、ロシア連邦では62例が発生しました。甲状腺がんは急速に進行し、局所浸潤性が高く、これら3共和国における甲状腺がんの増加は、チェルノブイリ事故後の放射性降下物に起因することを示す強力な状況証拠があります。

その証拠とは以下のようなものです。

- ・放射性降下物の地理的分布と症例分布の一致
- ・子供および青年における甲状腺がん発生率は、1990年ころまでは低く安定していたがその後急激に増加。この増加は事故以前に出生した子供の集団に顕著。しかし、事故後に出生した子供における甲状腺がん発生率は、事故以前の率と同様。

- ・ベラルーシで実施され、この会議で発表された症例対照調査の結果

甲状腺がん増加の原因となった放射性物質が何なのか依然として明確ではありません。考えられるのは甲状腺に取り込まれやすい放射性ヨウ素（ヨウ素131）ですが、このヨウ素を医療に用いた場合、甲状腺がんの誘発は認められていません。】

JCO事故

事故の概要

1999年9月30日、茨城県東海村の(株)JCOのウラン加工工場において「臨界事故」が起きました。

当日JCOの工場において、実験炉「常陽」の燃料用として核分裂を起こすウラン(ウラン235)の割合を18.8%に高めた(原子力発電所の燃料は通常4%程度の濃縮)ウランの硝酸溶液を製造中に、規定量以上のウラン溶液を1カ所に集中したため核分裂が継続して起こる臨界状態になり、作業員3人が大量の被ばくを受けました。その結果、2人が死亡するという、日本の原子力におけるはじめての大事故になりました。また臨界状態が約20時間継続し、工場周辺350メートルの地域住民は避難を、また10キロメートル以内の範囲は屋内避難を要請される事態となりました。

大線量被ばく者

ウラン溶液を沈殿槽に注入していた作業員3人は大量の放射線を受け、科学技術庁の放射線医学総合研究所病院に運ばれ治療を受け

臨界とは

ウランやプルトニウムは、中性子が当たると原子核が壊れていくつかの原子核に分裂します。このとき大きなエネルギーを生み出すとともに、中性子を2～3個放出します。もしウランが大量に、集中して置かれていると、このとき出てきた中性子が近くのウランに当たって次の原子核の分裂を引き起こします。このようにして、次々に連続して分裂が起きる状態を「臨界」といいます。

ウランやプルトニウムの加工を行うときには、臨界が起きないように、一定以上の量が1度に入らないように容器の大きさを制限する、容器の形を細長くして、臨界が起きにくい形にするなど、臨界事故防止のための手順が決められています。JCOの臨界事故は、許可された手順を変更し、また決められた量以上のウランを1カ所に集中したために起こりました。

臨界事故

臨界とは危険なものなのでしょうか。臨界に備える準備がされていないのに起きるとたいへん危険であり、臨界事故といわれます。

一方、原子力発電所の運転中の原子炉では、いつもウランの原子核が連鎖的に継続して分裂する臨界が起きています。臨界を人工的に起こし、その状態を制御してエネルギーを安全に取り出す仕組みができています。そしてできた放射性物質や放射線を外部に出さないように防護しています。したがってこの状態は事故ではありません。

濃縮

天然に産出されるウラン鉱石のなかには、核分裂を起こすウラン235は0.7%程度しか含まれていません。大部分は核分裂を起こさないウラン238です。ウラン235の存在比率を高めると核分裂が起こりやすくなります。このため原子力発電用の燃料は、3～4%程度にウラン235の比率を人工的に高くしてやります。このウラン235の比率を高めることを濃縮といいます。

今回の事故は、高速増殖実験炉「常陽」に使用するための18.8%に濃縮した燃料の硝酸溶液をタンクに注入する作業を行っている途中に起きたものです。自然の状態ではウラン鉱石が臨界を起こすことはありません。濃縮の度合いを高めれば高めるほど、少量のウランで臨界が起きやすくなります。従って作業中は臨界にならないように、濃縮の度合いに応じて1度に取り扱うウランの量を制限するようにしています。

なお原子爆弾は、この濃縮の度合いを90%以上に高めて、非常に急激に（爆発的に）核分裂が起きるようにしています。

ました。もっとも被ばく線量の大きかったAさんは、82日後に、その次に被ばく線量の大きかったBさんは210日後に亡くなりました。またCさんは81日後に退院しました。

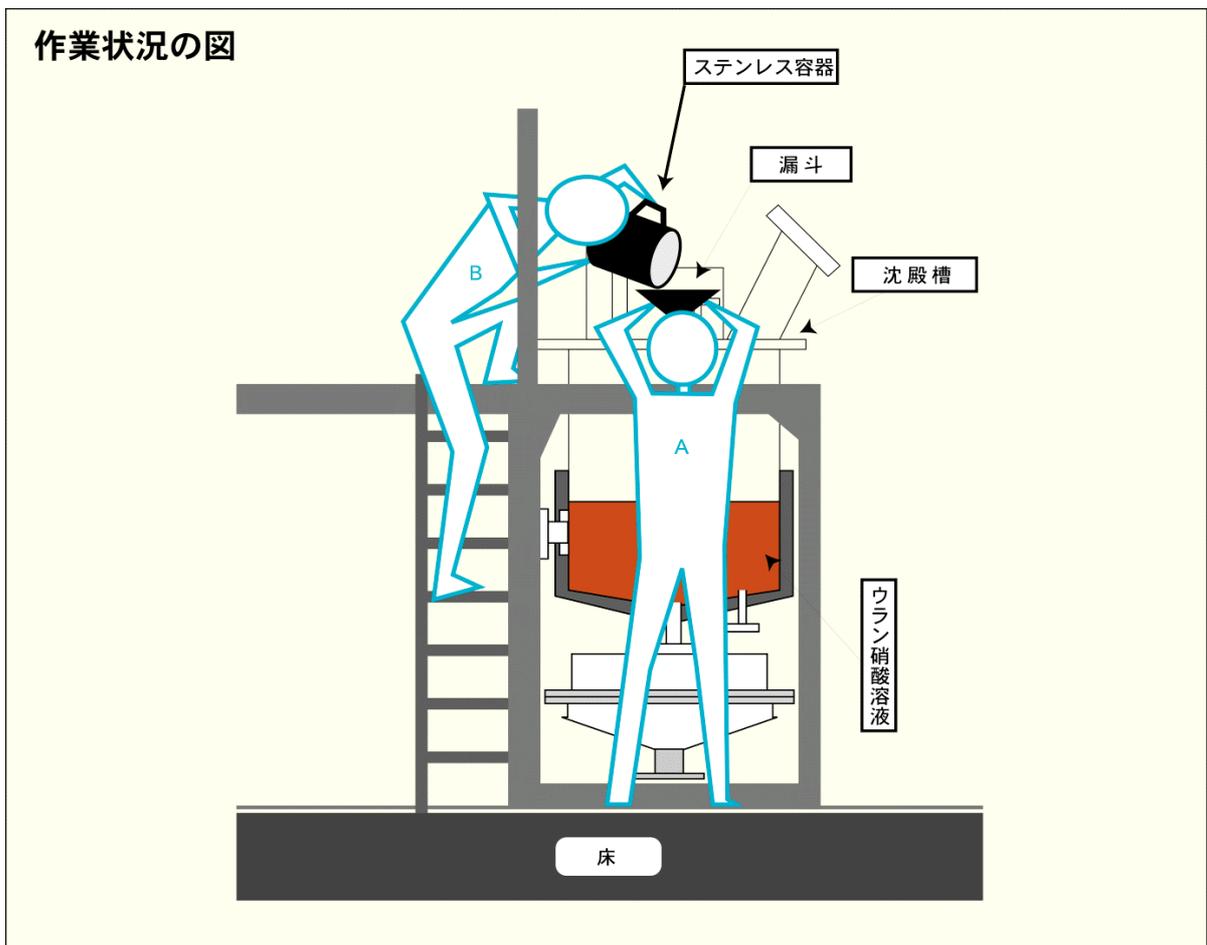
これらの人々の被ばく線量は、Aさんが16,000～20,000ミリシーベルト、Bさんが6,000～10,000ミリシーベルト、Cさんは1,000～4,500ミリシーベルトと推定されています。

作業の状況

JCOの工場では、ウランの粉末を硝酸で溶かして濃度を均一にするという作業を行っていました。このウランは実験炉「常陽」に使用される予定の、核分裂を起こすウランの割合を18.8%まで高めたものです。定められた手順では、まず溶解塔にウラン粉末と

硝酸を入れてウラン粉末を溶解し、これを容量の小さい貯塔に移した後に、製品とすることとされていました。

しかし今回の作業では、ウラン粉末を溶解する際に溶解塔を使用せず、ステンレス容器でウラン粉末を溶解し、作業時間を短縮するため容量の大きな沈殿槽を使用しました。その際、規定では2.4キログラムまでとされていたウラン溶液を規定量の6倍を超える量まで沈殿槽に注ぎ込み、その量が約16キログラムに達したとき、ウランが核分裂を連鎖的に継続して起こす「臨界」状態に至りました。

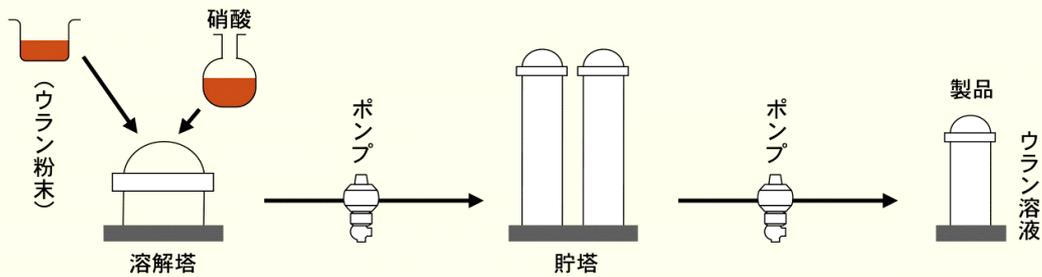


臨界状態の終息

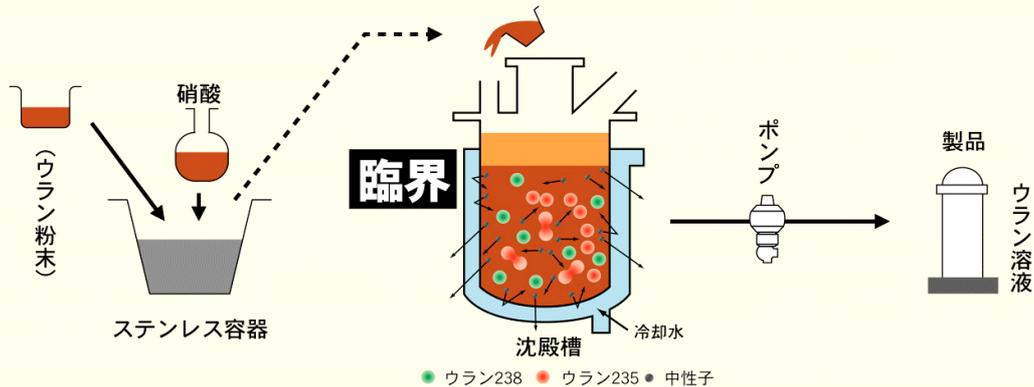
臨界状態を終わらせるために、まず沈殿槽の外側を取り囲んでいる冷却水を抜き取りました。これは冷却水が、核分裂によってできた中性子を反射して、外部に逃げられないようにしているのですが、核分裂がいつまでも継続していると考えられたからです。この結果、核分裂が継続して起こる臨界状態は終息しました。

作業方法の比較

正規の方法



JCOの事故時の方法



この水抜き作業は線量の高い沈殿槽のそばで行われたので、作業員の被ばくが大きくならないよう、時間を限って行われました。その後さらに、中性子を吸収するホウ素溶液を沈殿槽に注入して、2度と核分裂が起こらないようにしました。

周辺環境

核分裂の継続していた20時間は周辺地域でもガンマ線および中性子線が検出されましたが、臨界状態が終息して通常のレベルに戻りました。この事故による環境への影響は一時的なもので、一般の人々の健康に影響を及ぼすようなものではありませんでした。

被ばくの状況

JCO社員および関連会社社員172名、防災業務に従事した職員234名、一般住民235名、報道関係者26名、合計667名の被ばくが評価されていますが、事故現場で作業をしていた3名を除き、いずれも問題になるようなレベルのものではありません。

JCOの問題点

今回の事故は、定められていた手順を無視した作業を行ったこと、臨界を防止するために規定されている制限量をはるかに超え

た量のウランを注入したこと、が直接的な原因です。
しかしその背景としては、核燃料加工業者としての法令違反、
作業員の臨界に関する認識不足、人員の配置・教育等の管理問題、
設備改善努力の不足などが指摘されています。

アイソトープによる事故

1987年9月にブラジルのゴイアニア市で4名が死亡するというアイソトープによる最大の事故が発生しました。ゴイアニアは、首都ブラジリアから南西約250キロメートルにあるヤゴス州の州都で、人口92万人の大都市です。

事故のあらまし

市の中心近くにあった病院が移転して廃墟となった後、治療用の放射線照射装置が置き去りにされていました。内部には、アイソトープであるセシウム（セシウム137）が残されたままでした。セシウムはガンマ線を出すアイソトープで、事故当時の放射能は50兆ベクレルでした。

やがてこの廃墟には貴重なものがあるとの噂がたち、放射線治療用の照射装置が解体されて、セシウムが収納されている容器が市中心部近くの廃品回収業者に売られてきました。廃品業者の作業場でこの容器が壊され、セシウムが夜間青白く光ったため、それが何かを知らない大勢の人々が好奇心で家に持ち帰ったり、体に塗ったりしました。その結果多数の人々がかなりの放射線を受けるとともに、セシウムが拡散するという、いわゆる放射能汚染が広い範囲に生じてしまいました。

事故に巻き込まれた女性（後日この事故で自分も死亡）が家族の健康異状に気づき、廃品回収業者が買い込んだ金属の塊が原因ではないかと考えて、これを公衆衛生局に持ち込んだことから、被ばく事故であることが判明しました。この事故では、放射線照射装置の解体からセシウムが発見されて救援活動が開始されるまで16日が経過してしまったこと、この時期この地方は雨期に当たり、セシウムが水溶性であったため、降雨で汚染が拡大したことが事態を一層悪化させました。

被ばくした人たち

事故の連絡を受けたブラジル原子力委員会は、ただちに238名

の専門家を投入して被ばく者の治療、地域・住民の汚染調査、環境影響評価などの救援活動を開始しました。また、国際原子力機関（IAEA）を通じて外国からも専門家が応援に駆けつけました。そして、市民11万2,800人について汚染検査を行って汚染者249人を発見し、航空機や自動車による広域サーベイも実施されました。

この事故の結果、放射線被ばくによる4名の死亡、ドラム缶で1万8千本相当の放射性廃棄物の発生および専門家をはじめとする大勢の人々の労力の消費という大きな犠牲が生じました。死亡した人たちの被ばくは、おおよそ5,000～6,000ミリシーベルトとみられていますが、この被ばくは、体の外部からきた放射線を受けたことによる被ばくよりも、呼吸や飲食により体内に取り込まれたセシウムから出る放射線を受けた被ばくのほうが大きかったのです。死亡した人以外に1,000～7,000ミリシーベルト程度被ばくしたとみられる人たちが何人かいるといわれています。

この事故から学ぶもの

表に1945年以降の死亡者を出した主な放射線被ばく事故の一覧を示します。放射線取扱い施設での事故は原子力施設事故とは異なり、一般の人々の死亡が多くなっていることがわかります。ゴリアニアの事故例もまさにそれに該当します。その理由は、放射線知識のない一般の人々が事故に巻き込まれるからです。

なぜこのようなことが起こるのでしょうか、それは第1に、アイソトープや放射線発生装置を取り扱う専門家の不注意です。本来アイソトープは放射線を遮ることのできる容器に入れて、一般の人が近寄れないよう管理しなければなりません。移転した病院の跡地にそのまま放置してはならないことはいうまでもありません。放射線取扱い施設の管理者、直接取り扱う専門家たちは、放射線事故の怖さを良く知って、法令の規制をまじめに守ってもらわなくては困ります。ちゃんとした取り扱いをしていれば何の問題も起きないのですから。

ブラジルの場合、放射線治療装置の設置・使用は原子力委員会の承認で行われており、必要な技師と医療物理学者が働くことや装置の状態の変更は同委員会に報告することが決められていました。設置許可時に求めていた変更届け出書を同委員会は受け取っていなかったといっています。この病院が新建屋に移った際、廃院にセシウ

1945年以降の死亡者を出した主な放射線被ばく事故

年	地名	線源	職業人	一般人
1945	米国	critical assembly	1	
1946	米国	critical assembly	1	
1956	ユーゴ	実験用原子炉	1	
1958	米国	critical assembly	1	
1961	スイス	トリチウムプラント	1	
1962	メキシコ	ラジオグラフィー用線源		4
1963	中国	種子照射装置		2
1964	西独	トリチウムプラント	1	
1964	米国	ウラン再処理プラント	1	
1975	イタリア	食品照射	1	
1978	アルジェリア	ラジオグラフィー用線源		1
1981	米国	工業用ラジオグラフィー用線源	1	
1982	ノルウェー	殺菌用線源	1	
1983	アルゼンチン	実験用原子炉	1	
1984	モロッコ	ラジオグラフィー用線源		8
1986	ソ連	原子力発電所(チェルノブイリ)	28	
1987	ブラジル			4
1990	中国	医用線源	2	
1992	中国	殺菌用線源		3
1999	日本	照射用線源	2	
2000	タイ	ウラン加工プラント		3
2000	エジプト	医用線源 ラジオグラフィー用線源		2

(原子力学会誌 No4. vol31.1989 放射線科学 vol42.No9,
Recent Lost Source Events Reported to INES)

ム放射線治療装置を残したままでしたが、この段階で適切な処置が採られていれば、このような事故は決して発生しなかったでしょう。きわめて当然のことですが、安全管理を確実に実行することがアイソトープを利用する者にとっていちばん大切なことといえます。

第2に一般の人々の放射線に対する知識の不足があげられます。一般の人はアイソトープが何であるか、どのように危険であるかをほとんど理解していません。放射性物質を触っても、放射線は直接五感に訴えないので私たちは放射線を感じできないのです。そのために放射能標識があるのですが、これをおぼろげにも知っている人はほとんどいないのが実態です。一般の人でも、本当は放射能標識を知っていてほしいのです。必要以上にアイソトープを恐れることはありませんが、放射能標識を知っておくことと、その標識を付けた物は危険だということを知っていれば良いのです。通常アイソトープはちゃんと遮へいされた容器に入れているので、放射能標識があるからといってただちに危険ということではありません。しかし間違えて容器が開いていたりすることがないとは限りません。容器の中のものを触ったりしてはいけません。危険です。