



グリホサート

雑草にも命があります

要旨

グリホサートは安全な除草剤と宣伝されているが、グリホサート製品（ラウンドアップのような）により皮膚炎が発生することが報告されている。通常の使用後に肺炎や過敏性血管炎が起こることがあるとされている。

グリホサートは細菌で抗生物質耐性を誘導する。

製剤にはグリホサート以外に表面活性剤のような成分が含まれており、変異原性があるとされている。

発癌性の懸念も示されている。2015年3月、WHOの癌の研究・対策をする部門である国際がん研究機関（IARC）はグリホサートは人間で癌を起こす可能性がある物質としてグループ2Aに分類した。

ニュージーランドのオークランド市では、化学物質過敏症を憎悪させる可能性があるため、除草剤の使用を可能な限り控える政策を採用している。

ラウンドアップはオタマジャクシやカエルに対して強い毒性を示す。

目次

要旨	
はじめに	1
農薬の種類	2
商品名・製剤	2
規制	2
毒性	3
急性毒性	3
人間の致死量	3
人間の中毒症状	3
被ばくによる人間への影響	4
不活性成分の毒性	4
アレルギー・過敏性	4
生殖への影響	5
精子への影響	5
ホルモン代謝への影響	5
親と胎児への影響	5
神経系への影響	6
変異原性（遺伝毒性）	6
発がん性	7
動物実験	7
疫学研究	8
IARC のグリホサートの発がん性評価	8
不純物の発がん性	9
抗生物質耐性菌の増加	11
食品残留・汚染	13
遺伝子組換え作物のグリホサート汚染	13
遺伝子組換え大豆	13
蜂蜜の汚染	14
生態系への影響	15
両生類への影響	15
真菌の増殖促進：カビ毒との関連で	15
多剤化学物質過敏症とグリホサート	
－ニュージーランドのオークランド市の例	17
参考文献	22

はじめに

グリホサートの急性毒性は一般に低いと考えられている(Anonymous 1996、Anonymous et al. 2000、 Anonymous 2001)。モンサント社によれば、動物実験で、グリホサートは癌や先天障害、変異影響、神経毒性、生殖障害を起こさず、このことは世界中で実際に使われた 25 年間の経験が支持していると主張している(Monsanto Company 2001)。また、日本のグリホサート製剤販売会社も「人畜および環境に対する安全性の高い除草剤」と述べている(グリーンジャパン 2001)。

農薬が安全であるのは好ましいことであるが、安全であることが強調されると、使用方法がずさんになりがちで、近隣の人に迷惑をかける事態を生じる。

しかし、2015 年 3 月、世界保健機構の国際がん研究機関 IARC はグリホサートを、ヒトに対して恐らく発癌性であるグループ 2A に分類した。これに対してモンサント社などのグリホサート製造企業は反論しているが、この分類の意味は大きい。

ここでは、グリホサートとグリホサート製剤に関する毒性・安全性を再検討する。またニュージーランドのオークランド市が調査したグリホサートに対する医師の意見などを紹介する。

なお、グリホサートの安全性を主張するモンサント社(Monsant Company 2001) と、米国の環境保護グループに属するキャロライン＝コックスのグリホサート及びその製剤のレビュー(Cox 1998) を読むと、グリホサートに関する双方の考え方が良く分かる

農薬の種類

除草剤、有機燐系、アミノ酸系

化学名

N- (ホスホノメチル) グリシン

商品名・製剤

- ・ラウンドアップ：グリホサート (の) イソプロピルアミン塩
- ・ラウンドアップハイロード：グリホサート (の) アンモニウム塩
- ・タッチダウン：グリホサートのトリメシウム塩

この他に特許によるグリホサートの保護がなくなったため、多様な製品が販売されるようになった。一部の製品を除いて、グリホサート系製品は非農耕地用なので、安易に農耕地などに使用すると農薬取締法に抵触する。

グリホサートは溶けやすくするためにイソプロピルアミン塩やアンモニウム塩、トリメシウム塩、ナトリウム塩などの形にして使う。

グリホサート製剤は有効（活性）成分であるグリホサート以外に表面活性剤などの不活性成分を含むが、不活性成分は企業秘密とされている。有効成分より不活性成分の毒性が問題とされることが多い。

グリホサートの特許野期限が過ぎたため多種類の様々なグリホサート製品が販売されている

殺草作用

グリホサートは非選性でほとんどの植物を枯らす。また浸透移行生の除草剤で、地上部だけでなく、根も枯らす。

グリホサートはトリプトファンやフェニルアラニン、などの芳香族アミノ酸合成にかかわる植物のシキミ酸経路に影響を与えることが知られている（早坂利将、脇森裕夫 1981）。これらのアミノ酸合成に影響する以外に、二次的に合成される植物ホルモンやクマリン類、リグニンやタンニン類、色素類などの合成にも影響を与える。

規制

普通物

毒性

急性毒性

グリホサートの急性毒性(致死量 LD50*)

経路	LD50	動物	中央致死量・濃度
経口	LD50	ラット	4320 mg/kg 以上 (US EPA 1993)
経皮	LD50	ウサギ	2000 mg/kg 以上 (US EPA 1993)
吸入	LC50	ラット	12.2 mg/リットル/4 時間 (Anonymous 2001)
参考	食塩	LD50	ヒト 500-5000 mg/kg (推定; 日本中毒情報センター 1990)

人間の致死量

人間では、台湾の事故及び自殺目的でラウンドアップ（グリホサート 41%）を摂取した症例の平均で 184 ml（範囲 85-200 ml）であった (Lee et al. 2000)。しかし、500 ml でも生存した例がある。死因となったのは、低血圧（昇圧剤や輸液に反応しない）と肺浮腫であった (Talbot et al. 1991)。

死亡までの時間は、グリホサートのトリメシウム塩（日本ではタッチダウンとして販売されている）で短いという (Mortensen et al. 2000)。

人間の中毒症状

事故あるいは自殺目的で大量に摂取した場合には次の症状が見られた。

- ・皮膚障害 (California Department of Pesticide Regulation v 1999)
- ・口の不快感 (Talbot et al. 1991) と口腔粘膜の刺激 (Tominack et al. 1991)
- ・吐き気 (Lee et al. 2000)
- ・おう吐 (Lee et al. 2000)
- ・消化管の腐食 (Talbot et al. 1991) と刺激 (Tominack et al. 1991)
- ・のどの痛み (Talbot et al. 1991, Lee et al. 2000)
- ・消化管出血 (Talbot et al. 1991)
- ・食欲不振 (Talbot et al. 1991)
- ・白血病増加 (Talbot et al. 1991, Lee et al. 2000, 11)
- ・肺障害 (Pushnoy and Avon 1988, Talbot et al. 1991, Tominack et al. 1991, Hsiao et al. 2008)
- ・肝障害 (Talbot et al. 1991)
- ・心血管障害 (Talbot et al. 1991)
- ・低血圧 (Tominack et al. 1991)
- ・腎障害 (Talbot et al. 1991) と乏尿 (Tominack et al. 1991)
- ・眼傷害 (California Department of Pesticide Regulation 1999)

グリホサート摂取後に皮膚炎から中枢神経系障害までの幅広い障害が報告されている

- 中枢神経系障害 (Talbot et al. 1991)
- アシドーシス (Tominack et al. 1991)
- 発熱 (Tominack et al. 1991)

台湾の Hsiao et al. (2008) の報告によると、自殺目的で飲んだグリホサートの影響は複数の系に現れるという。彼らが観察した症例では、化学肺炎や呼吸不全を起こした。また急性膵炎も現れたという。

被ばくによる人間への影響

経口摂取しなくとも中毒症状が発現したことが知られている。イスラエルのベングリオン大学プッシュノイらのグループは、農業労働者で除草剤グリホサート（ラウンドアップ）被ばく後に中毒性肺炎になった症例を報告している (Pushnoy and Avon 1988)。

米国カリフォルニア州は、農薬による労働者の健康障害を報告している。この報告中で、グリホサートによって全身中毒や皮膚障害・眼障害が起こることが報告されている (California Department of Pesticide Regulation 1999)。

不活性成分の毒性

ラウンドアップは有効成分グリホサートと界面活性剤ポリオキシエチレンアミンを含む。界面活性剤の毒性はグリホサートの毒性より強いことが知られている。グリホサートやポリオキシエチレンアミン、ラウンドアップの毒性を、ラットの気管内投与や経口投与して毒性を調べた研究では、グリホサート自体より、ポリオキシエチレンアミン自体及びポリオキシエチレンアミンを含むラウンドアップの毒性が強かった (Adam et al. 1997)。

アレルギー・過敏性

グリホサートは光刺激皮膚炎やアレルギー性皮膚炎、光アレルギー性皮膚炎を起こさないとされていたが (Maibach 1986)、皮膚傷害などが現れた症例が報告されている (California Department of Pesticide Regulation 1999)。

ラウンドアップ使用後に、発熱や皮疹・全身倦怠感・食欲不振が現れて入院し、その後手足に紫斑を伴う浸潤性紅斑が現れ、一部潰瘍化した例が報告されている。この症例は過敏性血管炎と診断された (朝日他, 2000)。

Penagos et al. (2004) はパナマのバナナプランテーション労働者で農薬に対する刺激性やアレルギー性の接触皮膚炎を調べた。労働者 37 人でパッチテストの結果、カルバリル (=NAC、5 人) やベノミル (4 人) などでアレルギー性接触皮膚炎が認められ、皮膚炎を起こさないとされていたグリホサートでも 2 人で陽性反応が認められた。

日本では、佐久総合病院皮膚科の Horiuchi et al. (2008) の報告によるとこれまでの皮膚傷害を起こしやすい農薬や有機リン剤使用が減少し、1975 年から 2000 年に次第に減少してきたが、この時期にグリホサートなどの刺激性農薬による化学熱傷が増加してきたという。

グリホサート製剤
使用後に過敏性血
管炎や接触皮膚炎、
化学熱傷の発生が
報告されている

生殖への影響

精子への影響

エジプトのアレクサンドリア大学ヨウセフらのグループはウサギの精液に対するグリホサートの影響を調べている。成熟した雄ウサギに致死量以下のグリホサートを投与すると、体重減少や性欲、射精量、精子濃度、精液のフラクトース量と浸透圧などの減少を招いた。この場合異常な精子や死んだ精子が増加した。精液に対する影響は回復期にも続くことがわかった。精子に対する影響はグリホサートの直接的な細胞毒性か、内分泌系によるものであろうと、研究グループは推定した (Yousef et al. 1995)。

グリホサートはウサギに投与すると精子数減少などの影響を与える

次に述べるようにラウンドアップ（グリホサート+界面活性剤）は性ホルモン合成に影響を及ぼすことが知られている (Walsh et al. 2000)。

ホルモン代謝への影響

米テキサス工科大学保健科学部のウルオシュらのグループは有機塩素系殺虫剤リンデンと有機燐殺虫剤ジメトエートが性ホルモン合成をかく乱することを報告しているが、最近の研究でグリホサートが性ホルモン合成に影響を与えることを示した (Walsh et al. 2000)。

グリホサート製剤は培養マウス細胞でテストステロン合成を阻害する

ライデッヒ細胞*は精巣の精細管の間にある細胞で、間細胞とも呼ばれ、テストステロン*（男性ホルモン）というステロイドホルモンを分泌する。マウス由来の培養ライデッヒ腫瘍細胞をラウンドアップなど 8 種類の農薬に曝（さら）すと、ラウンドアップのみが細胞毒性を発揮するより薄い濃度で投与量に応じてステロイドホルモン合成を低下させた。

このメカニズムは、ステロイドホルモンを分泌する場所（ミトコンドリア内膜）に生合成の原料となるコレステロールを運ぶ蛋白質の量を減らすためである。また、ラウンドアップの有効成分であるグリホサートにはこの作用はなく、ラウンドアップ中の別の成分がこの影響を及ぼすものと推定されている (Walsh et al. 2000)。

親と胎児への影響

子孫への環境化学物質による健康リスクを防ぐために、除草剤グリホサートの影響を妊娠ラットの幾つかの酵素で調べた研究で、グリホサートを妊娠期間の 21 日間投与した。グリホサートは妊娠ラットと胎児で酵素活性に機能異常を引き起こす (Darwich et al. 2001)。

神経系への影響

51 才男性がグリホサートを誤って自分に散布してしまった。事故 6 時間後に広汎な皮膚障害が起こった。1 か月後、両側性のパーキンソン症候群*を発症した。2 年後、磁気

共鳴画像で脳の淡蒼球と黒質に異常が見られている。この患者は薬物治療に良く反応したという (Barbosa et al., 2001)。

変異原性 (遺伝毒性)

体細胞の遺伝子に障害を与えると、癌のきっかけや進展に影響を与え、精細胞や卵細胞に影響を与えた場合、子孫を残す可能性を低下させたり、種々の先天障害を与えるので重大である。世界保健機構や米国環境保護庁・モンサント社 (Li and Long 1988, Rank et al. 1993) などは、グリホサートは先天障害を与えないとしてきた。

これに対して、グリホサートと表面活性剤などから作られているラウンドアップ製品の遺伝毒性を示す研究がある。サルモネラ (エームス試験) で弱い変異原性が示されており、タマネギでは紡錘糸への障害によると思われる染色体異常が報告されている (Rank et al. 1993)。

ラウンドアップは
変異原性を示す
という報告がある

その他にウシガエルのおたまじゃくし (Clements et al. 1997) やショウジョウバエ (Kaya et al. 2000) で遺伝毒性が報告されている。

ラウンドアップを投与したマウスでは、腎臓と肝臓で DNA 付加物が検出されており、これはグリホサートのイソプロピルアミンには関係がなく、ラウンドアップ製品中の未知の成分によると考えられている (Peluso et al. 1998)。

発がん性

グリホサートの発がん性は否定されてきたが、2015年のWHOの国際がん研究機関（IARC 2015）はグリホサートを「ヒトに対する発癌性があると考えられる」グループ2の中で、可能性が高い「ヒトに対する発癌性がおそらくある」という2Aグループに分類したと発表した。

2015年国際がん研究機関 IARC は、グリホサートを人間におそらく発がん性がある物質としてグループ2Aに分類した

動物実験

グリホサートに発癌性はないとされていた。しかし、動物での発癌性実験や内分泌かく乱作用・疫学調査を総合的に考えると懸念を消し去ることができなかった。2015年3月に世界保健機構（WHO）の国際がん研究機関（IARC）はグリホサートを人におそらく発がん性がある物質としてグループ2Aに分類した。

米国環境保護庁は、グリホサートの再登録審査時に発癌性に関する3つの研究を見直している（US EPA 1993）。

- ・雌ラットで甲状腺のC細胞癌が、雄ラットで精巣の間細胞（ライデッヒ細胞*）腫瘍が増加したが、統計的に有意でないこと及び間細胞の発生率が史的対照と同じことから、発癌性があると考えなかった。
- ・別の実験では、雌ラットの膵島細胞の腺腫と幹細胞の腺腫・甲状腺のC細胞腺腫が増加した。しかし、環境保護庁は統計的に有意な増加が見られないなどの理由で、発癌性があると考えなかった。
- ・マウスでの投与実験で腎臓の尿細管腺腫がわずかに増加したが、統計的に有意でないなどの理由で、発癌性があると考えなかった。

以上の研究で「統計的に有意な増加」表現がされている。統計的に有意にならないことと、起こらないことは同じ意味ではない。これらの実験で、検出力が十分であったかどうかは問題である。検出力は実験動物数などが影響する。実験結果の解釈については疑問が提出されている（Cox 1998）。

精巣の間細胞（ライデッヒ細胞）の腫瘍は、先に述べたようにラウンドアップが精巣の間細胞でステロイド合成を阻害するという実験結果が示されていることから再検討する必要があるだろう。

グリホサートは環境中に広く残留し、遺伝子改変食品に散布されることが多く、一部資料では400 ppmもの残留が認められているので、Gasnie et al. (2009)は人間の培養肝細胞をグリホサート自体とその製剤について、細胞毒性や遺伝毒性、ホルモンかく乱作用、アンドロゲンからエストロゲンへのアロマトラーゼによる転換に対する影響を調べた。グリホサート製剤は農業で使われる量より少なくともこれらのパラメーターに影響を及ぼした。これらの影響はグリホサート濃度よりも、製剤に依存している。DNA障害は5 ppmで生じた。

これらのデータはグリホサート系除草剤の発癌性・変異原性・生殖毒性を考慮すべきであるとしている。

George et al. (2010)は2段階発癌モデルを用いマウスの皮膚でグリホサートの発癌性を調べた。グリホサートには発癌のプロモータとして働くことが分かった。プロテオーム解

析*¹でグリホサートやプロモーターとして良く知られている TPA *²などでは 2 倍以上発現している 22 スポットが確認された。その中の 9 スポットはグリホサートや TPA を投与したマウス皮膚と共通した発現パターンを示した。これらのスポットに相当するタンパク質はアポトーシスや増殖抑制、抗酸化反応など細胞の重要なプロセスに関係する。これらはグリホサートは発癌プロモーション作用を証明し、そのメカニズムが PTA に似ていることを示した。

* 1 プロテオーム解析：プロテオミックスともいう。ある生物がその時点で保有する全タンパク質のセットを調べる。

* 2 TPA：12-O-tetradecanoyl-phorbol-13-acetate の略。TPA は強力なプロモーターとして知られている。DNA が傷害され、癌の素地が作られるが、それだけでは癌として成長しない。プロモーターはこの異常な細胞を増殖させる物質などである。

疫学研究

スウェーデンのハーデルとエリックソンはスウェーデンで 404 人の非ホジキンリンパ腫患者と 741 人の対照について、除草剤や防腐剤・グラスウールなどへの被ばくと病気との関連を調べた。

研究の結果、フェノキシ系除草剤と非ホジキンリンパ腫との関係が認められた以外に、グリホサート被ばくもリスクを高めていることを報告している (Hardell and Eriksson 1999)。また、彼らは疫学研究でグリホサートと有毛細胞白血病の増加が関連することを報告している (Hardell and Eriksson 1999 を見よ)。

De Roos et al. (2005) は大規模な前向き疫学研究である農業保健研究 Agricultural Health Study で、グリホサートを散布している労働者の癌発生を調べた。グリホサート被ばくと大部分の癌や癌全体との関係は認められなかったが、多発性骨髄腫との関係を示唆する結果が得られた。

IARC のグリホサートの発がん性評価

2015 年 3 月 20 日、国際がん研究機関 (IARC 2015) はグリホサートをヒトにおそらく発がん性があるグループ、2A に分類しました。これは米環境保護庁の考えと異なる。なお、米環境保護庁は現在グリホサートを見直し中である。

IARC の発がん性分類はダイオキシンのような化学物質や放射線などの物理的要因、ヘリコバクター・ピロリなどの生物学的要因、労働環境などの発がん性を分類し、モノグラフの形で発表している。IARC は物質の発がん性を 1、2A、2B、3、4 の 5 グループに分類している。簡単に説明すると次のようになる。

グループ 1：ヒトに発がん性がある グループ 2A：ヒトにおそらく発がん性がある

グループ 2B：ヒトに発がん性があるかもしれない
グループ 3：ヒトに対する発がん性を分類できない
グループ 4：ヒトに発がん性がない

3月20日、IARC (2015)は5種類の有機リン農薬の発がん性分類結果を示した。この結果はIARC モノグラフの112巻に発表される予定です。この5種の有機リン（除草剤1種類と殺虫剤4種類）は次のように分類されました。有機リンとして

- ・グループ 2A：グリホサート、マラチオン、ダイアジノン
- ・グループ 2B：テトラクロロピホス、パラチオン

Guyton et al. (2015)がIARCを代表してランセット誌に発表した記事は、次のようにグリホサートを評価している。

グリホサート発がん性の人間の証拠は限られている。米国やカナダ・スウェーデンでの職業被ばくに関する症例対照研究は、他の農薬を調整しても残る、非ホジキンリンパ腫のリスク増加を報告している。一方で米国の大規模な農薬使用者を調べた研究では非ホジキンリンパ腫の有意な増加は見られていない。（上記の疫学研究を参照）。

マウスの実験では、グリホサートは雄で腎尿管がんを起こすトレンドを示し、また第二の実験で、雄マウスは血管肉腫を起こすトレンドを示した。また2研究は雄ラットで脾臓細胞アデノーマを増加させたと報告した。

グリホサート製剤がマウスのイニシエーション・プロモーション研究で皮膚腫瘍を促進した。

グリホサートは農業労働者の血液や尿から検出されている。土壌細菌はグリホサートをアミノメチルリン酸に分解する。中毒後に血液からアミノメチルリン酸が検出されることは、人間の消化器内微生物がグリホサートを代謝することを示している。

グリホサートやグリホサート製剤がほ乳類でDNAや染色体傷害を誘発する。グリホサート製剤散布後に、いくつかの地域の住民で染色体傷害の血中マーカー（小核）の増加を示している。またグリホサートやグリホサート製剤、代謝物アミノメチルリン酸が齧歯類やイン・ビトロで酸化ストレスを誘導する。

以上のことから、国際がん研究機関の作業グループはグリホサートをグループ 2A「ヒトにおそらく発がん性がある」と分類した。

このIARCの判断はグリホサートの製造業者からの反対を受け、IARCのモノグラフに掲載させないための製造業者の努力が見られたと報道されているが、IARCの公式文書としてモノグラフ（IARC monograph）の112巻に、2015年7月29日、公表された（IARC 2015a）。

不純物の発癌性

グリホサート製品であるラウンドアップの表面活性剤中に、発癌性のある 1,4-ジオキサンが含まれているといわれている。モンサント社もエトキシ化表面活性剤中に過去の製剤中に痕跡量存在したことを認めており、現在では「検出が困難な」極度にわずかなレベルに減らすことができたという (Monsant Company 2001)。

グリホサート製品
中の不純物 1,4-ジオ
キサンに発がん性
があると考えられ
ている

1,4-ジオキサンは、NTP により「人間の発癌物質として合理的に予測される」ものに分類されている (National Toxicology Program 2000)。ジオキサンは経口投与により雌雄のラットで鼻甲介 (鼻の中のでっぱり) で扁平上皮癌を、雌ラットで肝細胞腺腫を発生させた。

別のラットの経口投与実験では雌雄で肝細胞がんを発生させた。テンジクネズミの経口投与では雄で肝細胞癌と膀胱癌を発生させた。

マウスではプロモーターとしての性質を持っていることが示されている。腹腔内に投与すると、雄マウスで肺腫瘍の増加を招く。

ジオキサンは、溶剤として意図的に使われる他に、酸化エチレンやエチレングリコールの縮合反応の副産物として消費製品に入り込むことがあり、米国消費物資安全委員会 (CPSC) によると、洗剤やシャンプー・表面活性剤・医薬品製造中に形成された 1,4-ジオキサンに消費者が被ばくする可能性があるという。CPSC は痕跡量であっても懸念があるとしている。

日本では環境中から検出されている (環境庁 1999)。環境庁の検査では 1998 年に 102 検体中 70 検体と高率に検出されている。

抗生物質耐性菌の増加

<http://mbio.asm.org/content/6/2/e00009-15.full.pdf>

抗菌剤、特に抗生物質が現代の医療に果たす役割は大きい。しかし、抗菌剤が効果を発揮しえない耐性菌の発達は大きな問題になっている。例えば、世界保健機構は昨年次のように述べている。

「60 年間より長い間、抗菌剤の使用が適切であろうとなかろうと、感染が共同体もしくは病院で起ころうと、抗菌剤は感染症を治療する万能薬と見なされてきている。すでに 1945 年のノーベル賞受賞スピーチで、ペニシリンを発見したアレクサンダー・フレミングはこれら注目すべき医薬品に細菌が耐性を持つだろうと警告した。耐性の発達は微生物の正常な進化過程であるが、抗菌薬の広汎な使用が及ぼした選択圧により加速されている。感染予防とコントロール方法を守らないと、耐性をもつ系統が増殖し、広がる」 (World Health Organization 2014)。

耐性菌が現れても、様々な抗生物質を開発することにより、人類は問題を切り抜けてきたが、耐性菌がない新しい抗生物質の開発は限界に近づいている。耐性菌が発生を促進する原因として抗生物質などを多用することが指摘され、医療現場の多くでは慎重な利用が行われつつある。

抗生物質以外にも耐性菌出現を加速させる要因として、Kurenbach et al. (2015)はグリホサートなどの除草剤使用をあげている。

サリチル酸が多剤耐性を誘導すると、Cohen et al. (1993)は大腸菌を用いた研究で報告した。Kurenbach et al. (2015) はジカンバや 2,4-D の構造がサリチル酸に似ていることから、大腸菌やネズミサルモネラ菌で薬剤耐性を引き起こすか否かを調べた。グリホサートはおそらく対象として用いたものと思われる。

Kurenbach et al. (2015) らはこれらの除草剤の市販製剤と抗生物質 (β -ラクタム系のアンピシリンやニューキノロン系のシプロフロキサシン、クロラムフェニコール、アミノグルコシド系のカナマイシン、テトラサイクリン) にネズミチフス菌や大腸菌を同時に被ばくさせた。

この研究で、除草剤を同時に加えると、抗生物質感受性が経変化することがわかった。除草剤に対する反応は種によって異なる。ネズミチフス菌が死なない濃度のジカンバと 2,4-D に曝されると、アンピシリンやクロラムフェニコール、シプロフロキサシン、テトラサイクリンに対する耐性を高め、カナマイシンに対する感受性を強くした。ラウンドアップにさらすと、カナマイシンやシプロフロキサシンに対する耐性を高めたが、アンピシリンやクロラムフェニコール、テトラサイクリンに対する耐性あるいは感受性に影響を及ぼさなかった。大腸菌の反応はやや異なっていた。

ダイカンバがあるとクロラムフェニコールに対する大腸菌の耐性が増加し、グリホサートがあるとカナマイシンに対する耐性が増加するのは、排出ポンプが関与しているため

抗生物質以外にも
耐性菌発生を促す
物質がある

グリホサートやジ
カンバ、2,4-D など
の除草剤は耐性菌
出現を促す

あった。なおこの排出ポンプは農薬や香料の人工ムスクによって機能を阻害され、細胞の恒常性維持を障害する可能性が指摘されている（Luckenbach et al. 2006）。

グリホサートは遺伝子組換え作物などに大量に使用されている。また、Kurenbach et al. (2015)が調べたこれ以外の除草剤、2,4-D（アリルオキシアルカノエート）やジカンバに耐性がある遺伝子組換え作物も知られている。

例えば、食品安全委員会（2015）のホームページを見ると、遺伝子組換え食品等の評価品目名には228件が記載されており、グリホサート耐性作物は75件、2,4-D（アリルオキシアルカノエート）耐性作物は10件、ジカンバ耐性作物は5件の評価が終了している。評価が済んだグリホサート耐性作物にはトウモロコシやダイズ、ワタ、ピマワタ、西洋ナタネなどが、2,4-D（アリルオキシアルカノエート）耐性作物にはトウモロコシやダイズが、ジカンバ耐性作物にはワタやダイズがある。2,4-D と記載せずアリルオキシアルカノエート系除草剤と聞き慣れない記載をしているのは、枯葉剤のイメージを嫌ったためという想像ができる。

ダイズやトウモロコシ、ナタネは多くを輸入に頼っており、これらが除草剤で汚染されているおそれがあり、現実には一部は検出されている。消費者は十分な警戒を要するだろう。

食品残留・汚染

GM 作物のグリホサート汚染

遺伝子組換え大豆

ノルウェーの Bøhn (2014)らの研究チームは米国アイオワ州の大豆の栄養や元素組成、除草剤、農薬を調べた。大豆は(1)グリホサート耐性遺伝子組換え (=ラウンドアップ・レディ)大豆と(2)通常の化学農法で栽培された非組み換え大豆、(3)有機農法で育てられた非組み換え大豆の3種類に分けた。

グリホサート耐性
ダイズや醤油から
グリホサートが検
出される

遺伝子組換え大豆はグリホサートおよびその主な代謝物アミノメチルリン酸の残留が多かった。

有機大豆は遺伝子組換えグリホサート処理大豆や通常大豆よりグルコースやフラクトース、蔗糖、マルトースが多く、全タンパクや亜鉛が多く、繊維が少なかった。有機大豆は別の2グループの大豆より全飽和脂肪酸やオメガ-6脂肪酸が少なかった。有機大豆と通常栽培大豆には農薬残留が見られなかった。

彼らの研究はグリホサート耐性大豆と通常栽培大豆、有機大豆を、栄養組成やグリホサート残留物を基準として、例外なく区別できるとした。

IARC (2015) がグリホサートをグループ 2A (ヒトにおそらく発がん性のある物質)に分類し、グリホサート残留物が遺伝子組換え大豆から検出されるので、遺伝子組換え大豆あるいはその加工品がどの程度市販されているかが気になる。

グリホサート耐性
遺伝子が米国の組
換え遺伝子を選別
しなかったダイズ
から検出された

門間ら(2000)はグリホサート耐性遺伝子の存在を、1998年10月から1999年8月に小売店から入手した国産大豆や、1999年6月から7月に入手した豆腐、1999年7月に入手した輸入大豆を調べた。

この調査で、国産やカナダ、中国からのダイズおよび米国の有機ダイズや遺伝子組換えダイズを選別した大豆からはグリホサート耐性遺伝子は検出されなかったが、米国の遺伝子組換えグリホサート耐性ダイズや選別をしなかったダイズから耐性遺伝子が検出された。

豆腐、特に充てん
豆腐でグリホサー
ト耐性遺伝子が検
出された

ダイズ製品である豆腐中のグリホサート耐性遺伝子の分布も気がかりである。門間ら(2000)は66の豆腐検体の16検体(24.2%)から耐性遺伝子を検出し、充てん豆腐から高い割合(50.0%)で検出した。この理由は「採油用のダイズには米国産が多く使用されているが、採油後の脱脂ダイズは充てん豆腐などの食用に利用される場合がある。充てん豆腐でグリホサート耐性遺伝子の検知比率が高かった理由としては、米国産の脱脂ダイズを原

料とする製品が多い事によるものと考えられた」。

Rubio et al. (2014)はフィラデルフィアで購入した醤油中のグリホサート分析をした。検査した醤油の 36%で定量下限より多いグリホサートが検出された。ただし有機醤油からグリホサートは検出されなかった。

醤油からもグリホサートが検出されたが、有機醤油からは検出されない

蜂蜜の汚染

グリホサートを直接散布されるラウンドアップ・レディ作物からグリホサートが検出されるのは当然かもしれないが、あまり関連がないと思われる蜂蜜からグリホサートを検出したという報告がある。

Rubio et al. (2014)はフィラデルフィアで購入した蜂蜜やパンケーキ、コーンシロップ、醤油、豆乳、豆腐のグリホサートを分析した。定量下限より多いグリホサートはパンケーキやコーンシロップ。豆乳、豆腐では検出されなかった。蜂蜜 67 サンプル中で、41 サンプル (45%)に定量下限より多いグリホサートが検出され、濃度範囲は 17 ppb から 163 ppb (平均 64 ppb)であった。有機製品とされていた蜂蜜にもグリホサートを定量下限より多く含む製品があった (45%)が、通常の蜂蜜の方が多く (62%)、その平均濃度も高かった。グリホサート濃度は遺伝子組換え作物を認めている国の蜂蜜が認めていない国の蜂蜜より高い傾向があった。

蜂蜜からもグリホサートが検出された。グリホサートは有機蜂蜜で少なく、遺伝子組換え作物を認めない国の蜂蜜で少ない傾向があった。

生態系への影響

両生類への影響

世界中で両生類が減少している。ほとんどの農薬でカエルやオタマジャクシに対する影響は検討されていない。

グリホサートはオタマジャクシやカエルに対して強い毒性があることをピッツバーグ大学のリック＝リライアが示した (Relyea 2005)。

様々な種類の土壌（土壌は農薬を吸収する）を入れた屋外の池を模したタンクに3種類のオタマジャクシを入れ、ラウンドアップを散布した。土壌の存在にかかわらず、3週間後 96-100%のオタマジャクシが死んだ。また変態後のカエルに直接ラウンドアップを散布した場合、1日後、カエルの68-86%が死んだ。このことは、ラウンドアップは以前考えられていた以上に強い影響をカエルに与えること及び世界中で減少が報告されているカエルの減少の一因となっている可能性を示す。

除草剤ではラウンドアップ以外にアトラジン*でもカエルに対する強い影響が示されている。

*アトラジンについては次を参考にして下さい。

<http://www.maroon.dti.ne.jp/bandaikw/archiv/pesticide/herbicide/atrazine-endrine.htm>

ラウンドアップはカエルやそのオタマジャクシに強い影響を与える

真菌の増殖促進：カビ毒との関連で

グリホサートがホットな話題になっている。これは、カナダの農業農産食品省の研究者が、グリホサートが小麦で真菌フザリウム（フサリウムともいう）の増殖を促進するかも知れないという報告をしたためである。真菌とはカビの仲間である。

フサリウムは小麦やトウモロコシなどに寄生する真菌であり、先端枯れ病などの小麦の病害を発生させ、収穫量が減少する。

研究者は、前年にグリホサートを使用した畑で、フサリウムが発生し易いことを発見している (Coghlan 2003)。彼女らは、フサリウムを培養する培地に、グリホサートを添加した。この結果、この真菌の増殖が促進された。

問題は小麦生産量の問題だけではない。フサリウムはカビ毒を作る。カビ毒には、アフラトキシンやオクラトキシンなどがある。アフラトキシンは、1960年に七面鳥が10万羽以上死亡した事件がきっかけとなり発見されたコウジカビの一種が生産したカビ毒です。アフラトキシンの1種であるアフラトキシンB1は天然物中でもっとも強力な発ガン物質として知られています。1974年にインドで肝炎のために100名以上がなくなっています。東京都の調査では、アフラトキシンをピーナッツ及びピーナッツバター、トウモロコ

グリホサートを使用した畑でカビ毒を生産する真菌フサリウムの増殖を招く

シ、ハトムギ、そば粉、ナツメグ、白コショウ、ピスタチオナッツ、ナチュラルチーズなど多くの食品から検出されています [東京都健康局による]。

オクラトキシンは腎臓及び肝臓毒で、マウスで腎臓及び肝臓癌を発生させます。人間でも北欧で流行性腎臓病を起こしたことが知られています。コーヒー豆、豆類、大麦、小麦、燕麦、そば粉などから検出されています。

その他のカビ毒にも強力なものが少なくありません。フサリウムが作り出すカビ毒には、トリコテセン系カビ毒、ゼアラレノン、ブテノライド、モニリホルミンなどが知られており、トリコテセン系カビ毒の一種であるデオキシニバレノールとニバレノール及びゼアラレノンは、日本、カナダ、アメリカ、フランス、イギリスなど多くの国で麦類を汚染していることがわかり、大きな問題となっています。

トリコテセン系カビ毒の中毒症状としては、悪心、おう吐、腹痛、下痢が主である、造血機能障害、免疫機能抑制作用もあるとされている。ゼアラレノンは女性ホルモン様作用を持ち、家畜で不妊、流産、外陰部肥大を引き起こす。

グリホサートのフサリウム増殖作用については現在研究が進行中である。カナダでは遺伝子改変作物である、グリホサート（ラウンドアップ）抵抗性小麦が認可申請中であるので、注目されている。この研究者らは、グリホサートによって枯れた植物などによって土壌中の有機物質が増加したことが原因であることも示唆している。

多剤化学物質過敏症とグリホサートー

ニュージーランドのオークランド市 (Auckland City 1997)

オークランド市はオークランド市管理の土地について、雑草駆除政策を見直し、できるだけ除草剤を使用しない方針を採用した。方針採用の原動力になったのは市民の健康に対する心配と、6500人強の請願署名であった。

この方針を決定する際に、当該委員会は除草剤の健康に対する影響について、文献調査と医師の意見を参考にした。オークランド市ではグリホサートを多く使用しているため、特にグリホサートの影響を調べた。一般人のグリホサート被ばくは、飛散したグリホサートの吸入や使用された場所での皮膚摂食による低レベル被ばくと考えられた。

「このため、化学物質過敏性は特に重要なこと」であると考え、「文献見直しの他に、化学物質過敏性の一般的な理解と患者との経験に基づいて、27人の登録されている一般開業医にグリホサート被ばくによる健康への悪影響についてコメントすることを依頼した」。

化学物質過敏性の存在には大きな議論がある。現在の科学で十分理解できない場合には、保守的にふるまう必要がある。敏感な人が守られれば、影響を受けにくい人は更に安全を確保される。

以下に報告書中の開業医の意見を紹介する。

「8.3.3 開業医の経験

次の章は14人のニュージーランド一般開業医の意見を含んでいる。これらは化学物質過敏性について意見を求めてオークランド市が27人の医師に送った手紙に回答した医師である。手紙はグリホサート/ラウンドアップはオークランド市で最も一般に用いられる除草剤であり、一般人が最も曝されると思われるものであるので、特にグリホサート被ばくに関する意見を引き出そうとした。

A 医師

A 医師は化学物質過敏性に関する医療専門家の知識欠如と、ニュージーランド内の試験施設の欠如についてコメントした。医師の経験内で、ラウンドアップのGIIバージョン被ばくは「古い製剤と比べて異なるプロフィールの症状」を起こし、「患者間で更に変化し、そのためこの分野で何らかの経験なしでは認識することが困難であると、A 医師はコメントした。

A 医師は彼の患者の一部について次の病像を提供した。患者の全てはGII被ばくの治療に対して肯定的に反応したと話している：

1. おう吐、下痢、体温上昇、4日間水だけを欲しがって1週間非常に長時間眠る、性格が「暴君」に変化；4か月の病気。
2. 足のけいれん、めまい、おう吐、扁桃痛、3日間の下痢、衰弱；4週間の病気。
3. 疲れ、夜中にしばしば覚醒、寝汗、扁桃腺の痛み、副鼻腔からの水状の漏出、「痛い焼けるような」関節、柔らかい胆嚢、吐き気、「思考の表面に現れない不明瞭さ」；1か

月の病気。

4. 鼻の奥の「粘っこいもの」、背中の上部や肩・頭までの筋肉のこり、頭痛、疲労、夜間の足のやるせなさ；3週間の病気
5. 胸痛、頭と首の不快感、夜間の膀胱と下腹部の圧迫、食欲喪失、体重減少、胃の逆流、「体全体の刺すような感じ」、血圧上昇；6か月以上の病気。
6. 突然の動悸のはじまり、不穏状態、冷たくひりひりする手、下痢、顕著な飢餓（「正常に感じるために食べずにいられない」）。

春の間に週6症例までのピークがあり、8月末と3月の間にラウンドアップGII被ばくによる病気を毎週平均3新症例を診ていると、A医師は述べている。彼は次のようにコメントした。

症状の治療・抑制の見地から満足に解決しなかった症例のみを私が知っていることが心に浮かび、ニュージーランドの一般開業医に示された数の少なくともひかえめで2倍あるだろうと、私は推定した。

A医師は、除草剤被ばくによる影響と診断された人の平均治療費は約100-150ドル（各被ばくにつき）と計算した。しかし、もし病気が...と彼は付け加えた。

種々の感染や腸の病気として誤診され、対症的にうまくいかない治療をされ、コンサルタントや入院、外来、その他へ紹介され、多数の予約や複数の不必要な検査、抗生物質、抗炎症抗ヒスタミン剤処方などで、控えめでもこの数値は少なくとも倍になるだろう。

B 医師

B医師は、自分の地域の議会が除草剤使用を厳しく制限する前、最近散布された歩道や指定地からの除草剤被ばくにより生じた「確認された」病気の患者を、「いつも」を治療したと述べた（彼は特に子供を特に述べている）。彼の経験では、主なラウンドアップ被ばく症状は「疲労と異常な頭痛・不快感・皮膚発疹（特に子供の足とくるぶし）」であった。症状は「数日前に使われたラウンドアップに対する被ばくからも起こりうる」。

この医師は次のようにもコメントしている。

これらの化学物質に対する多剤の同時被ばくは肝（肝臓）機能障害があると危険でありうる。このことは、心血管や関節炎・胃酸治療のために既に薬物製剤をしばしば処方されている人にとって特に危険である。これらの薬物は最初の段階の肝解毒経路を弱めることがあり、次のそして分からないで化学物質解毒ができなくなることがある。

B医師は治療の費用は「容易に100ドルを超すことがあり」、「数週間仕事を続けることができない」かもしれない大人にとって追加費用を伴う」。

C 医師

C医師は次のようにコメントした。

私には〔農薬〕被ばくを患った何人かの患者がいる。その多くは非常に悪く、彼らに現れた症状のためかなりの時間仕事を離れている。主な症状は疲労で、非常に不能となり

ベットから出ることさえほとんど不可能なほどになることがある。

... 彼らはしばらくの間改善し、その後再び化学物質に出会うといつも全く急速に屈してしまうので、これらの患者の治療は進行中の仕事である。

D 医師

D 医師は次のように述べる。

[ラウンドアップ] は化学物質過敏性のある人に対して極度に有毒であるというのが、私の意見である。それは散布地域の局部的に人々だけでなく、風による飛散を通じ更に遠く離れた人々にも影響する... 人ごとの個性がこのような散布が引き起こしうる症状の変化を決定する。化学的に過敏になる人が常に増加しているために、ラウンドアップに反応する人口のパーセントは非常に大きな将来の問題になるだろう。

E 医師

E 医師は次のように報告する。

化学除草剤散布に悪い反応を報告した多くの患者を持っているが、証拠は純粋に例え話的であり、いつも証明するのが難しい。私の診療は慢性疲労症候群の人々を診ることに関係している。この病気は過剰活動免疫系が特徴であり、このことがある種の化学物質に対する過剰活動を導くと思われる。この反応は非常に個人特異的であり、懸念される化学物質もまた変化する... 化学物質なし雑草駆除の方法の使用から、私はわずかな割合の人が利益を得ると信じている。

F 医師

F 医師は次のように述べている。

グリホサートを含む農業用化学物質に関連していると思われる説明のできない病気の少なくとも5人の患者。1回だけではなく多数回の散布が関連するのが一般的であると思われる。

「現在の医学と科学知識は」患者が助けになると分かった治療法を「まだ理解できないこと、及び「グリホサート被ばく」の健康影響に関する、科学的証拠の現在の要求を満たすことは結果として不可能である」と、彼はコメントした。

F 医師は、「特別の体質」によって弱められた人は... 明らかに有毒でない被ばくによってさえ、疲労と機能不全の症状を患う。彼は次のことにも懸念している。

明らかになるのに恐らく数世代を要し、人間で加齢傾向加速を招くであろう健康への長期影響。加齢傾向は癌や関節炎、心臓病、高血圧、老化を招く。この傾向は全人口で一般的現象であろう。

G 医師

G 医師はラウンドアップは思慮深く使用されるなら安全な散布剤であると信じ、それ

によって影響を受けた患者を診ていない。しかし、仕事に「雑で安全でない」やり方をしている議会との契約者を観察していることもコメントしている（彼は半ズボンとサンダルをつけ、保護衣がなく、自分の脚に散布がかかるほど強い風の中で散布していた女性を特に述べている）。

H 博士

H 博士は次のようにコメントした。

私には「多剤化学物質過敏性」症状を患っている数人の患者がいる。これは「認められた医学診断であり」、治療が非常に難しい。この症状は極度の疲労と筋肉群の痛みが特徴である。これはグリホサートを含む様々な農業用散布に対する被ばくによって起こされる。... この理由から、一般人を被ばくさせる、地域でのグリホサート散布は健康への不必要な危険であると考ええる。

I 博士

I 博士は次のように述べた。

3 年以上、私の意見ではラウンドアップのような除草剤の無差別使用に関連した有毒な被害により患っている多くの患者を治療してきた。

私は統計をとっていないが、このような問題のレベルは議会が雑草駆除を無毒な蒸気（注：高温蒸気による殺草）に切り替えてから減少したというのが私の印象である。

J 博士

J 博士の回答は生物殺虫剤バチルス＝チューリンギエンシス（BtK）の空中散布に主に関連しており、そのため雑草駆除計画に適切でないと考えた。

K 医師

K 医師は次のように述べている。

この診療所で働いて以来、ラウンドアップを含む化学物質散布によって悪影響を受けた患者を見つけ、治療してきた。この散布に対する被ばくは他の人より一部の人に影響するように思える。

L 医師

L 医師は化学物質の有毒な影響に特に関心を持っており、16 年間このような影響を治療してきた。彼はラウンドアップを有毒と見なすとコメントした。

M 医師

M医師は除草剤に被ばくした患者で長引く衰弱とストレス、元気がなくなることを観察している。M 医師は次のように付け加えた。

過去 10 年に渡って、バイオエネルギーテストで除草剤散布への被ばくは有害であるという仮説を支持する強い証拠を示した患者が増加してきた。

N 医師

N 医師は 20 年間開業してきており、次のようにコメントした。

散布した化学物質に被ばく後急性症状が現れた、あるいは慢性疾患を経験した多数の患者を持っている。ある患者は散布された公園敷地に事務所が近いために、くり返し被ばくした後、仕事を止めざるを得なかった。

私の経験では、散布した化学物質は非常に難しい主題のままである。というのは、化学物質被ばくに対する個人の異なる感受性の、明白かつ大きな可変性や、被ばくを検出し定量すること、累積的・長期的あるいは次の世代にまで現れない影響を証明することの困難さなどのためである。

化学物質の有毒な被ばくは、このような新しい化学物質に体がされされてきた短い時間（40 年）では、これらの化学物質に対処し解毒する有効な機構を進化的させることができないので、治療より予防がはるかに良いと私は信じる。

参考文献

- Adam A, Marzuki A, Abdul Rahman H, Abdul Aziz M, The oral and intratracheal toxicities of ROUNDUP and its components to rats. *Veterinary & Human Toxicology* 39(1997) 147-151.
- Andy Coghlan, Weedkiller may boost toxic fungi, *NewScientist.com*, 2003.8.14.
See <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994051>
- Anonymous, Glyphosate, Extension Toxicology Network (1996). <http://ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/glyphosa.htm>
- Anonymous, GLYPHOSATE, Hazardous Substances Databank (2001). http://www.monsanto.com/monsanto/media/backgrounders/00mar22_glyhealth.html
- Auckland City, Weed Management Policy, 8.3 Health Effects of Herbicides (1997). http://www.akcity.govt.nz/council/strategies_policies_plans/managing_resources/weed_management_policy/section8-3.asp
- Barbosa ER, Leiros Da Costa MD, Bacheschi LA, Scaff M, Leite CC, Parkinsonism after glycine-derivate exposure. *Mov Disord* 16(2001) 565-568.
- Bøhn T, Cuhra M, Traavik T, Sanden M, Fagan J, Primicerio R., Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans, *Food Chemistry* 153 (2014) 207-215.
- California Department of Pesticide Regulation, Pesticide- Related Illnesses/ Injuries Reported by California Physicians Summarized by Pesticide (s), Type of Illness and Degree of Relationship, (1999). <http://www.cdpr.ca.gov/docs/whs/pdf/99table4.pdf>
- Clements C, Ralph S, Petras M, Genotoxicity of select herbicides in *Rana catesbeiana* tadpoles using the alkaline single-cell gel DNA electrophoresis (comet) assay. *Environmental & Molecular Mutagenesis* 29 (1997) 277-288.
- Cohen SP, Levy SB, Foulds J, and Rosner JL, Salicylate induction of antibiotic resistance in *Escherichia coli*: activation of the mar operon and a mar-independent pathway. *J. Bacteriol.* 175(1993) 24 7856-7862.
- Cox C, Glyphosate. *Journal of Pesticide Reform*, 18(1998) 3-17.
- Daruich J, Zirulnik F, Gimenez MS, Effect of the herbicide glyphosate on enzymatic activity in pregnant rats and their fetuses. *Environmental Research* 85 (2001) 226-231.
- De Roos AJ, Blair A, Rusiecki JA, Hoppin JA, Svec M, Dosemeci M, et al., Cancer incidence among glyphosate-exposed pesticide applicators in the Agricultural Health Study. *Environmental Health Perspectives* 113 (2005) 49-54.
- Gasnier C, Dumont C, Benachour N, Clair E, Chagnon MC, Seralini GE, .Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology*. 262(2009) 184-191.
- George J, Prasad S, Mahmood Z, Shukla Y., Studies on glyphosate-induced carcinogenicity in mouse skin: a proteomic approach. *J Proteomics*. 73 (2010) 951-64.
- Guyton KZ, Loomis D, Grosse Y, El Ghissassi F, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Scoccianti C, Mattock H, Straif K, Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and

- glyphosate. *Lancet Oncology* 16, (2015) 490–491.
- Hardell L, Eriksson M., A case-control study of non-Hodgkin lymphoma and exposure to pesticides. *Cancer*. 85 (1999) 1353-1360.
- Hsiao CT, Lin LJ, Hsiao KY, Chou MH, Hsiao SH., Acute pancreatitis caused by severe glyphosate-surfactant oral intoxication. *Am J Emerg Med*. 26 (2008) 384.e3-385.
- Horiuchi N, Oguchi S, Nagami H, Nishigaki Y., Pesticide-related dermatitis in Saku district, Japan, 1975-2000. *Int J Occup Environ Health*. 14 (2008) 25-34.
- International Agency for Research on Cancer (IARC), IARC Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. IARC news item 20 March 2015 (<http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/MonographVolume112.pdf>, Download 13 April 2015).
- International Agency for Research on Cancer (IARC),. Glyphosate. IARC Monographs 112 (2015a) 1-92. (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol112/mono112-02.pdf>, Download 5 September 2015).
- Kaya B, Creus A, Yanikoglu A, Cabre O, Marcos R, Use of the *Drosophila* wing spot test in the genotoxicity testing of different herbicides. *Environmental & Molecular Mutagenesis* 36 (2000) 40-46.
- Kurenbach B, Marjoshi D, Amabile-Cuevas CF, Ferguson GC, Godsoe W, Gibson P, Heinemann JA, Sublethal Exposure to commercial formulations of herbicides dicamba, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and glyphosate cause change in antibiotic susceptibility in *Esherichia coli* and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *MBio*6 (2):e00009-15. doi:10.1128/mBio00009-15.
- Lee HL, Chen KW, Chi CH, Huang JJ, Tsai LM, Clinical presentations and prognostic factors of a glyphosate-surfactant herbicide intoxication: a review of 131 cases. *Academic Emergency Medicine* 7 (2000) 906-910。
- Li AP, Long TJ, An evaluation of the genotoxic potential of glyphosate. *Fundamental & Applied Toxicology* 10 (1988) 537-546.
- Luckenbach T, Corsi I, Epel D, Fatal attraction: synthetic musk fragrances compromise multixenobiotic defense systems in mussels. *Marine Environmental Research*. 58 (2005) 215-219.
- Maibach HI, Irritation, sensitization, photoirritation and photosensitization assays with a glyphosate herbicide. *Contact Dermatitis* 15 (1986) 152-156.
- Monsanto Company, Glyphosate Health and Safety. (2001).
- Mortensen OS, Sorensen FW, Gregersen M, Jensen K, [Poisonings with the herbicides glyphosate and glyphosate-trimesium]. *Ugeskrift for Laeger*, 162 (2000) 4656-4659.
- National Toxicology Program, 1,4-DIOXANE. in the Report on Carcinogens (RoC), 9th edition (2000). http://ehis.niehs.nih.gov/roc/ninth/rahc/1_4dioxane.pdf
- Peluso M, Munnia A, Bolognesi C, Parodi S, 32P-postlabeling detection of DNA adducts in mice treated with the herbicide Roundup. *Environmental & Molecular Mutagenesis* 31 (1998) 55-59.
- Penagos H, Ruepert C, Partanen T, Wesseling C., Pesticide patch test series for the assessment of

- allergic contact dermatitis among banana plantation workers in panama. *Dermatitis*. 15 (2004) 137-145.
- Pushnoy LA, Avnon LS, Herbicide (Roundup) pneumonitis. *Chest* 114 (1988) 1769-1771.
- Rank J, Jensen AG, Skov B, Pedersen LH, Jensen K, Genotoxicity testing of the herbicide Roundup and its active ingredient glyphosate isopropylamine using the mouse bone marrow micronucleus test, Salmonella mutagenicity test, and Allium anaphase-telophase test. *Mutation Research* 300 (1993) 29-36.
- Relyea RA, THE LETHAL IMPACT OF ROUNDUP ON AQUATIC AND TERRESTRIAL AMPHIBIANS. *Ecological Applications*: 15 (2005) 1118-1124.
- Rubio F, Guo E, Kamp L, Survey of glyphosate residues in honey, corn and soy products. *Environmental & Analytical Toxicology* 2014, 5:1-8. DOI: 10.4172/2161-0525.1000259
- Talbot AR, Shiaw MH, Huang JS, Yang SF, Goo TS, Wang SH, Chen CL, Sanford TR, Acute poisoning with a glyphosate-surfactant herbicide ('Roundup'): a review of 93 cases. *Hum Exp Toxicol* 10 (1991) 1-8.
- Tominack RL, Yang GY, Tsai WJ, Chung HM, Deng JF, Taiwan National Poison Center survey of glyphosate--surfactant herbicide ingestions. *Journal of Toxicology - Clinical Toxicology* 29 (1991) 91-109.
- U.S. EPA, Reregistration Decision (RED). Glyphosate (1993).
- Walsh LP, McCormick C., Martin C, Stoccol DM, Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. *Environmental Health Perspectives* 108 (2000) 769-776.
- Williams GM, Kroes R, Munro IC, Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology & Pharmacology* 31 (2000) 117-165.
- World Health Organization, Antimicrobial resistance: global report on surveillance. 2014. http://www.who.int/iris/bitstream/10665/112642/1/9789241564748_eng.pdf?ua=1 (Download 2015. 5.3).
- Yousef MI, Salem MH, Ibrahim HZ, Helmi S, Seehy MA, Bertheussen K, Toxic effects of carbofuran and glyphosate on semen characteristics in rabbits. *Journal of Environmental Science & Health -Part B: Pesticides, Food Contaminants, & Agricultural Wastes* 30 (1995) 513-534.
- 朝日、大田、奥谷、岡田、 アミノ酸系除草剤 (グリホサートイソプロピルアミン塩) による過敏性血管炎の1例、日本内科学会雑誌 89(7) 1424-1426 (2000)。
- 環境庁、『平成10年(1998年)版化学物質と環境』, (1999)。
- グリーンジャパン, ラウンドアップの理化学的性質及び安全性について(2001)。
<http://www.greenjapan.co.jp/roundup1.htm>
- 食品安全委員会、評価書一覧、遺伝子組換え食品等、
<http://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/list?itemCategory=010> (ダウンロード 2015月7日)。

グリホサート
渡部 和男(2015)

東京都健康局食品医薬品安全部食品監視課の「食品衛生の窓」カビ毒については次を見よ。

<http://www.kenkou.metro.tokyo.jp/shokuhin/kabi/kabil.html>

日本中毒情報センター、塩 醤油、(1990) (ダウンロード 2015年4月21日)

早坂、脇森、除草剤 グリホサートの作用点と作用機構、日本農薬学会誌 6(1)111-113
(1981)。

更新

2015年5月7日

2010年9月1日

2005年8月2日

作成 2001年8月7日 渡部和男