

平成11年度厚生科学研究

(生活安全総合研究事業)

研究報告書

研究課題

ダイオキシン類の排泄促進に関する研究

平成12年3月

主任研究者 森田 邦正

福岡県保健環境研究所

ダイオキシン類の排泄促進に関する研究
Acceleration of Dioxins Excretion in Rats

目 次

研究要旨	— 1
A. 研究目的	— 1
B. 研究方法	— 2
1. 実験材料	
2. 動物実験	
3. ダイオキシン類の定量	
C. 研究結果	— 5
1. クロロフィル投与が飼料摂取量、体重及び糞量に及ぼす影響	— 5
2. ダイオキシン類の糞中排泄に及ぼすクロロフィル投与の効果	— 5
3. クロロフィル投与量とダイオキシン類の排泄量との関係	— 6
4. ダイオキシン類の吸収抑制に及ぼすクロロフィル投与の効果	— 7
5. ダイオキシン類の体内蓄積に及ぼすクロロフィル投与の効果	— 7
6. クロロフィル投与量とダイオキシン類の体内蓄積量との関係	— 10
D. 考察	— 11
E. 結論	— 16
F. 文献	— 16
図表	
表1. ダイオキシン類の投与量及び消化管吸収率	— 3
表2. ラットの飼料組成	— 3
表3. ラットの飼料摂取量、体重増加量及び糞量に及ぼすクロロフィル投与の影響	— 5
表4. ダイオキシン類の糞中排泄に及ぼすクロロフィル投与の効果	— 8
表5. ダイオキシン類の体内蓄積に及ぼすクロロフィル投与の効果	— 9
表6. 日本人のクロロフィルの1日摂取量	— 15
図1. 吸収抑制実験における試験飼料の投与方法	— 4
図2-1~20. クロロフィルのダイオキシン類排泄促進効果 (糞中排泄量、比率)	— 18
図3-1~20. クロロフィル投与量とダイオキシン類の糞中排泄量 及び体内蓄積量との関係	— 28
図4-1~20. クロロフィルのダイオキシン類吸収抑制効果	— 38
図5-1~20. クロロフィルのダイオキシン類体内蓄積に及ぼす効果	— 48
図6. 食物繊維の2, 3, 4, 7, 8-P ₅ CDF排泄促進効果	— 11
図7. 野菜類の2, 3, 4, 7, 8-P ₅ CDF排泄促進効果	— 12
図8. 体内から2, 3, 7, 8-T ₄ CDD及び2, 3, 4, 7, 8-P ₅ CDFの排泄促進	— 14

厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）
総括研究報告書

ダイオキシン類の排泄促進に関する研究

主任研究者 森田 邦正 福岡県保健環境研究所 専門研究員

研究要旨

小松菜、みつば、ほうれん草等のクロロフィル含有量の多い緑色野菜は、ダイオキシン類の吸収を抑制し、糞中へ排泄促進する作用があることが判明した。このことから、動物実験ではラットにクロロフィルを投与し、クロロフィルがダイオキシン類を糞中に排泄促進し、体内蓄積を防ぐ作用について検討した。

ダイオキシン類の中で、最も毒性が高い2,3,7,8- T_4 CDDの場合、0.01~0.5%クロロフィル群の糞中排泄量は基本食群に対して64~1310%の増加が認められた。

PCDFの中で、最も毒性が高い2,3,4,7,8- P_5 CDFの場合、0.01~0.5%クロロフィル群の糞中排泄量は基本食群に対して77~1460%の増加が認められた。

クロロフィル投与量とダイオキシン類の排泄量との間には有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。

クロロフィル投与量とダイオキシン類の体内蓄積量との間には有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。

本研究結果より、クロロフィルはダイオキシン類の消化管吸収を抑制し、糞中へ大幅に排泄促進する作用があることが明らかとなった。ダイオキシン類による健康影響を未然に防ぐ食生活の方法として、クロロフィル及び食物繊維含有量の多い緑色野菜（小松菜、みつば、ほうれん草、青じそ等）を多く摂ることが重要である。さらに、クロロフィルと食物繊維が豊富な海藻類（わかめ、ひじき、こんぶ、のり等）にも排泄促進が期待される。

研究協力者 飛石 和大
福岡県保健環境研究所 技師

A. 研究目的

ダイオキシン類はポリ塩化ジベンゾジオキシン (PCDD) とポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) の総称で、それらは75種類のPCDD同族体と135種類のPCDF同族体からなっている。一般的な生活環境において、人はダイオキシン類 (PCDD及びPCDF) を主に食品から摂取している。1997年に報告された日本人の摂取量は48.0 (29.9~69.5) pgTEQ/day/人である。コプラナーPCBを含めたダイオキシンの摂取量は2~

3pgTEQ/kg/日である。

ダイオキシン類は脂溶性であるため、消化管で速やかに吸収され、その後リンパ系から血流により各組織に移行し、最終的には脂肪組織と肝臓に多く蓄積される。ダイオキシン類の消化管からの吸収率は高く、ラット、ハムスター、モルモット、サルの場合、2,3,7,8- T_4 CDDの吸収率は50~90%と報告されている。人の場合、食品経由のダイオキシン類の吸収率はわかっていない。

ダイオキシン類は母親から胎児へ移行し、授乳により母乳中のダイオキシン類は95%以上が吸収される。成人において

コーンオイルに溶かして投与した 2, 3, 7, 8-T₄CDDの吸収率は95%である。

人及び実験動物において、2, 3, 7, 8-位に塩素が置換したダイオキシン類は代謝されにくいため、長期間組織へ残留する。それゆえ、ダイオキシン類は人の血液、肝臓、脂肪組織、母乳から約20pgTEQ/g脂肪が検出されている。ラットの場合、2, 3, 7, 8-T₄CDDの生物学的半減期は17~31日、2, 3, 4, 7, 8-P₅CDFの半減期は64~193日である。一般成人の場合、2, 3, 7, 8-T₄CDDの生物学的半減期は5.8年、ベトナム従軍兵の2, 3, 7, 8-T₄CDDの半減期は7.1~11.3年、さらに油症患者の2, 3, 4, 7, 8-P₅CDF及び1, 2, 3, 4, 7, 8-H₆CDFの半減期はそれぞれ13.4年及び12.0年と報告されている。

他の哺乳動物と比べて、人体に蓄積したダイオキシン類の体外への排出速度はかなり遅い傾向にあるようである。しかし、体内の2, 3, 7, 8-T₄CDD等は消化管壁を通じて直接消化管内に排出され、糞便中へと排泄されている。

ダイオキシン類による人への健康障害を防止するためには、食品経路のダイオキシン類を消化管内で吸収抑制し、人体への吸収量を大幅に減少させる食生活の方法を開発することが必要である。また、すでにダイオキシン類に暴露された人に対しては、体内から消化管内に直接排出されたダイオキシン類の再吸収を効果的に抑制することにより、体内蓄積量を減少させる方法を提示することが重要である。

平成10年度の研究から、小松菜、みつば、ほうれん草及び青じそ等の緑色野菜はダイオキシン類の消化管吸収を抑制する作用があることが明らかとなった。このことから、クロロフィル(葉緑素)には極めて効果的なダイオキシン類の排泄促進作用が期待される。そこで、クロレラから精製されたクロロフィルを用いて、ダイオキシン類の排泄促進について検討した。

略語

PCDD、polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins ;
PCDF、polychlorinated dibenzofurans ;
T₄CDD、tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin ;
P₅CDD、pentachlorodibenzo-*p*-dioxin ;
H₆CDD、hexachlorodibenzo-*p*-dioxin ;
H₇CDD、heptachlorodibenzo-*p*-dioxin ;
O₈CDD、octachlorodibenzo-*p*-dioxin ;
T₄CDF、tetrachlorodibenzofuran ;
P₅CDF、pentachlorodibenzofuran ;
H₆CDF、hexachlorodibenzofuran ;
H₇CDF、heptachlorodibenzofuran ;
O₈CDF、octachlorodibenzofuran。

B. 研究方法

1. 実験材料

クロロフィルはクロレラ工業(株)製を用い、純度は約86%であった(クロロフィルa:72.9%、クロロフィルb:12.6%)。

ダイオキシン類の標準試薬はWellington Laboratories社製の7種類のPCDDと10種類のPCDFが混合された標準品及び¹³C標識した内部標準物質を使用した。PCDD及びPCDF標準品はコーンオイルに溶かして使用した(表1)。

ヘキサン、アセトン、クロロホルム、メタノール、ジクロロメタン、無水硫酸ナトリウム、フロリジルは和光純薬(株)製の残留農薬試験用を使用した。

硝酸銀シリカゲルは硝酸銀10gに水5mlを加えて加温して溶かし、これにメルク社製のKieselgel 60(70~230mesh)85gを加え、振り混ぜたのち一夜放置したものを用いた。その他の試薬は特級品を使用した。

2. 動物実験

ラットはセアック吉富(株)から5週齢のウィスター系雄ラットを購入し、表2に示す基本食を与えた。ラットの餌のカゼイン、ミネラル(Harper配合)、ビタミン(Harper配合)はオリエンタル酵母(株)製を用いた。28匹のラットを7群

表1 ダイオキシン類の投与量及び消化管吸収率

ダイオキシン類	毒性等価係数 (TEF, WHO, 1997)	コーンオイル (ng/ml)	投与量 (ng/kg体重)	吸収率 (%)	
				基本食群	0.02%クロロフィル群
2, 3, 7, 8-T ₄ CDD	1	50	64.5	98.6	97.5
1, 2, 3, 7, 8-P ₅ CDD	1	50	64.5	96.4	92.6
1, 2, 3, 4, 7, 8-H ₆ CDD	0.1	50	64.5	90.5	76.7
1, 2, 3, 6, 7, 8-H ₆ CDD	0.1	50	64.5	88.6	73.6
1, 2, 3, 7, 8, 9-H ₆ CDD	0.1	50	64.5	78.3	51.7
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-H ₇ CDD	0.01	50	64.5	58.9	32.8
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9-O ₈ CDD	0.0001	100	128.7	27.1	3.8
2, 3, 7, 8-T ₄ CDF	0.1	50	64.5	98.9	98.5
1, 2, 3, 7, 8-P ₅ CDF	0.05	50	64.5	95.3	87.2
2, 3, 4, 7, 8-P ₅ CDF	0.5	50	64.5	97.0	93.3
1, 2, 3, 4, 7, 8-H ₆ CDF	0.1	50	64.5	85.1	63.3
1, 2, 3, 6, 7, 8-H ₆ CDF	0.1	50	64.5	86.0	66.8
1, 2, 3, 7, 8, 9-H ₆ CDF	0.1	50	64.5	86.5	70.3
2, 3, 4, 6, 7, 8-H ₆ CDF	0.1	50	64.5	85.1	62.5
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-H ₇ CDF	0.01	50	64.5	58.5	28.6
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-H ₇ CDF	0.01	50	64.5	66.9	41.1
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9-O ₈ CDF	0.0001	100	128.7	35.0	16.7

表2 ラットの飼料組成 (%)

成分	基本食	クロロフィル食 (%)					
		0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5
		g/100g					
ショ糖	65	64.99	64.98	64.95	64.9	64.8	64.5
セルロース	5	5	5	5	5	5	5
カゼイン	20	20	20	20	20	20	20
コーンオイル	5	5	5	5	5	5	5
ミネラルミックス	4	4	4	4	4	4	4
ビタミンミックス	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
塩化コリン	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
クロロフィル		0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5

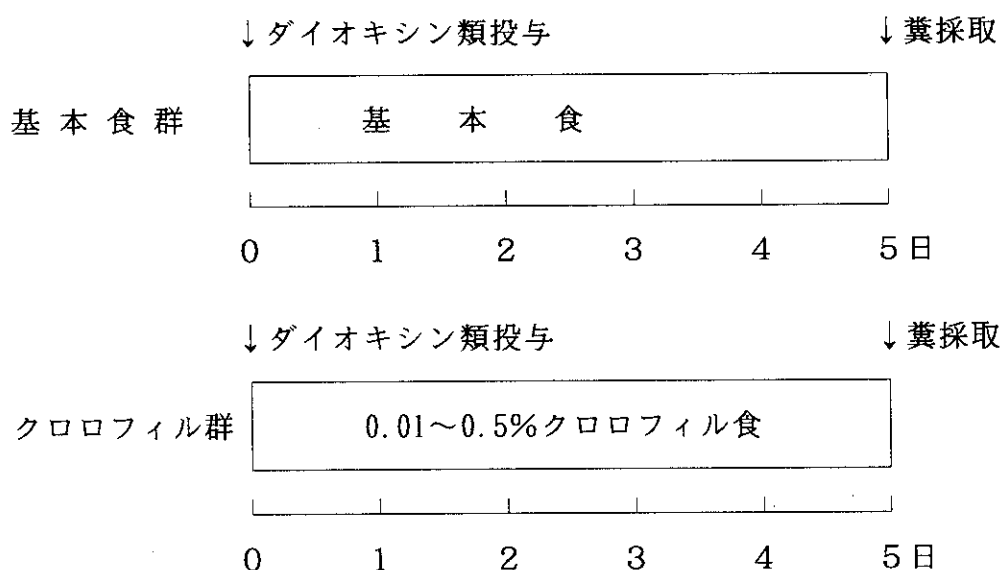


図1 吸収抑制実験における試験飼料の投与方法

(1群4匹)に分け、基本食及び0.01%から0.5%のクロロフィル食を与え、5日間予備飼育した。一夜絶食させ、基本食4g及びクロロフィル食4gに、ダイオキシン類を溶かしたコーンオイル0.2ml(4~7塩化ダイオキシン類は10ng/body、8塩化ダイオキシン類は20ng/body)を添加してラット(平均体重155.4g)に1回投与した(表1)。図1に試験飼料の投与方法を示す。飼料を完全に摂取させた後(約5時間)、7群のラットには引き続き、ダイオキシン類が無添加のそれぞれの飼料を5日間与えた。ラットは代謝ケージに1匹ずつ入れ、食餌と水は自由に与えた。糞は5日分を採取し、70℃で一夜乾燥し重量を秤量した。ラットはダイオキシン類投与5日後、エーテル麻酔し穏やかに殺した。調製したホモジネートは-20℃で貯蔵した。

3. ダイオキシン類の定量

糞及びホモジネート中のダイオキシン類はGC-MSで定量した。糞は粉碎し、円筒のガラス繊維製ろ紙に入れ、ソックスレー抽出器を用いて、クロロホルム-メタノール(2:1, v/v) 150mlで10時間抽出した。抽出液は約5mlまで濃縮し、クロロホルムで50mlに定容した。ダイオキシン

類の定量には糞の抽出液2~10mlをそれぞれ10mlの遠沈管にとり濃縮乾固した。これに¹³C標識した4~7塩化体の内部標準物質を200pg及び8塩化体の内部標準物質を1000pg添加し、1molの水酸化カリウムエタノール溶液1mlを加え室温で一夜アルカリ分解した。ヘキサン2ml、水0.5mlを加え振とう後、2500rpmで遠心分離しヘキサン層を分取し、さらにヘキサン2mlで2回抽出した。ヘキサン層を合わせ、水1mlで洗浄し、約2mlに濃縮した。ヘキサン液を濃硫酸2mlで4回洗った後、1ml以下に濃縮した。このヘキサン溶液を0.8gの硝酸銀シリカゲルカラム(7mmφ)に注入し、ヘキサン8mlで溶出し、溶出液を1ml以下に濃縮した。さらに0.6gのフロリジルカラム(7mmφ)にかけヘキサン4mlを流下させた後、ジクロロメタン8mlでダイオキシン類を溶出した。ジクロロメタン溶出液は乾固し、ヘキサン0.5mlを加え濃硫酸0.1mlで1回洗浄した。ヘキサン液を乾固し、ノナン50μlを加え試料液とした。

ダイオキシン類はキャピラリーカラムBPX5(0.25mm×60m, SGE社製)を装着したGC-MS(AutoSpec-Ultima, Micromass Limited社製, Manchester, England)を用い、分解能10000でSelected Ion Monitoring

表3 ラットの飼料摂取量、体重増加量及び糞量に及ぼすクロロフィル投与の影響

食餌	飼料摂取量	体重増加量	糞量
		g/5日間	
基本食	105.4±1.0	52.8±2.8	5.4±0.2
0.01%クロロフィル	103.6±2.0	53.0±0.9	5.4±0.5
0.02%クロロフィル	104.3±1.3	53.3±2.8	5.3±0.2
0.05%クロロフィル	102.9±3.2	52.8±3.5	5.0±0.3
0.1%クロロフィル	101.5±8.2	57.6±4.9	4.5±0.2 ^a
0.2%クロロフィル	102.8±4.0	56.2±3.5	5.3±0.8
0.5%クロロフィル	103.7±4.6	53.0±3.4	5.8±0.3

数値は4匹のラットの平均値 ± S.D.,
基本食群と比較して有意な差あり (a, p<0.01).

(SIM)法で定量した。

ホモジネートは約10gを50mlの遠沈管にとり、¹³C標識した4~7塩化体の内部標準物質を200pg及び8塩化体の内部標準物質を1000pg添加した。1.5molの水酸化カリウムエタノール溶液10mlを少量ずつ加え攪拌し、室温で一夜アルカリ分解した。これにヘキサン10ml、水5mlを加え振とう後、2500rpmで遠心分離しヘキサン層を分取し、さらにヘキサン10mlで2回抽出した。ヘキサン層を合わせ水5mlで洗浄し、約20mlに濃縮した。ヘキサン液を濃硫酸5mlで2回洗浄した後、約2mlに濃縮した。さらに、濃硫酸2mlで2回洗った後、1ml以下に濃縮し、これを0.8gの硝酸銀シリカゲルカラムに注入した。以下、糞試料と同様に操作した。

基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は次のように計算した。

$$\text{クロロフィル群の吸収抑制率 (\%)} = \frac{[(\text{基本食群の吸収率 (\%)} - (\text{クロロフィル群の吸収率 (\%)})]}{(\text{基本食群の吸収率 (\%)})} \times 100$$

4. 統計処理

基本食群とクロロフィル群間の平均値の差の検定はStudent-tテストによって、

危険率5%未満をもって有意とした。

C. 研究結果

1. クロロフィル投与が飼料摂取量、体重及び糞量に及ぼす影響

本研究では、クロロフィルを含まない5%セルロース食を基本食としてラットに投与した。飼料組成は表2に示すように、クロロフィル量はショ糖で補正し、その他の組成は同一にした。その結果、クロロフィル食を投与することにより、ラットの飼料摂取量及び成長に特に影響はみられなかった(表3)。0.1%クロロフィル群の糞量は基本食群と比べて17%低くなり、有意な差が認められた。

2. ダイオキシン類の糞中排泄に及ぼすクロロフィル投与の効果

ダイオキシン類投与後、1日目から5日までに糞中に排泄されたダイオキシン類を定量した(表4)。17種類のダイオキシン類について、基本食群の排泄量を1.0としたクロロフィル群の排泄量(比率)を、図2-1~2-20に示す。表1に体重1kg当たりのダイオキシン類の投与量と消化管吸収率を示す。基本食群の吸収率は、7種類のPCDDで27.1~98.6%、10種類のPCDFで

35.0～98.9%であった。0.02%クロロフィル群の吸収率は、7種類のPCDDで3.8～97.5%、10種類のPCDFで16.7～98.5%であった。

2,3,7,8-T₄CDDの排泄量は基本食群が投与量の1.4%であったのに対し、0.01%クロロフィル群が2.3%、0.02%クロロフィル群が2.5%、0.05%クロロフィル群が3.9%、0.1%クロロフィル群が5.7%、0.2%クロロフィル群が13.2%、0.5%クロロフィル群が19.8%であった。

2,3,7,8-T₄CDDの排泄量は基本食群に対してクロロフィル群が64～1310%増加した(図2-1及び図3-1)。

1,2,3,7,8-P₅CDDの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が64～1130%増加した(p<0.01、図2-2)。

1,2,3,4,7,8-H₆CDDの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が78～600%増加した(p<0.01、図2-3)。

1,2,3,6,7,8-H₆CDDの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が75～610%増加した(p<0.01、図2-4)。

1,2,3,7,8,9-H₆CDDの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が59～280%増加した(p<0.01、図2-5)。

1,2,3,4,6,7,8-H₇CDDの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が33～120%増加した(p<0.01、図2-6)。

1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDDの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が5～36%増加した(図2-7)。

同様に、2,3,7,8-T₄CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が55～1490%増加した(図2-8)。

1,2,3,7,8-P₅CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が94～1110%増加した(p<0.01、図2-9)。

2,3,4,7,8-P₅CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が77～1460%増加した(p<0.01、図2-10)。

1,2,3,4,7,8-H₆CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が87～430%増加した(p<0.01、図2-11)。

1,2,3,6,7,8-H₆CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が76～450%増加した(p<0.01、図2-12)。

1,2,3,7,8,9-H₆CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が64～440%増加した(p<0.01、図2-13)。

2,3,4,6,7,8-H₆CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が83～420%増加した(p<0.01、図2-14)。

1,2,3,4,6,7,8-H₇CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が39～110%増加した(p<0.01、図2-15)。

1,2,3,4,7,8,9-H₇CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が38～180%増加した(p<0.01、図2-16)。

1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDFの排泄量は基本食群に対して、クロロフィル群が18～44%増加した(p<0.05、図2-17)。

7種類のPCDDの排泄量の平均値は基本食群に対して、クロロフィル群が30～190%増加した(p<0.01、図2-18)。

10種類のPCDFの排泄量の平均値は基本食群に対して、クロロフィル群が45～240%増加した(p<0.01、図2-19)。

17種類のPCDD及びPCDFの排泄量の平均値は基本食群に対して、クロロフィル群が39～220%増加した(p<0.01、図2-20)。

クロロフィルは0.01～0.5%の低用量で、ダイオキシン類を大幅に糞中へ排泄促進する作用があることが判明した。

3. クロロフィル投与量とダイオキシン類の排泄量との関係

クロロフィル投与量と17種類のダイオキシン類の排泄量との関係を、図3-1～3-20に示す。その結果、クロロフィル投与量を0.01%から0.5%に増量するにしたがい、ダイオキシン類の糞中排泄量は1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDD及び2,3,7,8-T₄CDFを除いて、有意に上昇した(p<0.01、図3-1～3-17)。

クロロフィル投与量と7種類のPCDD排泄量の平均値との間には有意な正の相関関係が認められた(r=0.82、p<0.01、図3-18)。

クロロフィル投与量と10種類のPCDF排泄量の平均値との間には有意な正の相関関係が認められた ($r=0.84$ 、 $p<0.01$ 、図3-19)。さらに、クロロフィル投与量と17種類のPCDD及びPCDF排泄量の平均値との間には有意な正の相関関係が認められた ($r=0.83$ 、 $p<0.01$ 、図3-20)。

4. ダイオキシン類の吸収抑制に及ぼすクロロフィル投与の効果

ダイオキシン類の吸収抑制に及ぼすクロロフィルの効果吸収抑制率で表した (図4-1~4-20)。

2,3,7,8- T_4 CDDの場合は、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は0.9~18.7%であった (図4-1)。1,2,3,7,8- P_5 CDDの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は2.4~42.2%であった (図4-2)。

1,2,3,4,7,8- H_6 CDDの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は8.2~62.4%であった (図4-3)。

1,2,3,6,7,8- H_6 CDDの場合は、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は9.7~78.3%であった (図4-4)。

1,2,3,7,8,9- H_6 CDDの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は16.5~76.1%であった (図4-5)。1,2,3,4,6,7,8- H_7 CDDの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は23.3~86.6%であった (図4-6)。1,2,3,4,6,7,8,9- O_8 CDDの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は12.9~95.6%であった (図4-7)。

同様に、2,3,7,8- T_4 CDFの場合は、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は0.6~16.6%であった (図4-8)。

1,2,3,7,8- P_5 CDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は4.6~54.8%であった (図4-9)。

2,3,4,7,8- P_5 CDFの場合は、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は2.4~45.1%であった (図4-10)。1,2,3,4,7,8- H_6 CDFの場合、基本食群に対するク

ロロフィル群の吸収抑制率は15.3~74.9%であった (図4-11)。

1,2,3,6,7,8- H_6 CDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は、12.4~72.7%であった (図4-12)。

1,2,3,7,8,9- H_6 CDFの場合は、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は、9.9~69.2%であった (図4-13)。

2,3,4,6,7,8- H_6 CDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は14.6~72.6%であった (図4-14)。

1,2,3,4,6,7,8- H_7 CDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は27.7~80.3%であった (図4-15)。

3,4,7,8,9- H_7 CDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は19.0~86.8%であった (図4-16)。

1,2,3,4,6,7,8,9- O_8 CDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率は33.4~82.3%であった (図4-17)。

7種類のPCDDの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率の平均値は10.5~57.5%であった (図4-18)。

10種類のPCDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率の平均値は14.0~65.5%であった (図4-19)。さらに、17種類のPCDD及びPCDFの場合、基本食群に対するクロロフィル群の吸収抑制率の平均値は12.6~62.2%であった (図4-20)。

0.5%クロロフィル群の吸収抑制率は7~8塩化ダイオキシン類が38.0~86.8%、6塩化ダイオキシン類が62.4~78.3%、5塩化ダイオキシン類が42.2~54.8%、4塩化ダイオキシン類が16.6~18.7%であった。クロロフィルは4塩化ダイオキシン類より塩素置換数の多い5~8塩化ダイオキシン類を大幅に吸収抑制する作用があることがわかった。

5. ダイオキシン類の体内蓄積に及ぼすクロロフィル投与の効果

クロロフィルがダイオキシン類の吸収を抑制し糞中に排泄促進すると、ダイオ

TABLE 4 Effect of the chlorophyll diet on fecal excretion of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxin(PCDD) and polychlorinated dibenzofuran(PCDF) congeners in rats administered the dioxin mixture

Dioxins	Fecal excretion of administered PCDD and PCDF congeners						
	Basal		Chlorophyll (%)				
	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	
			%				
2,3,7,8-T ₄ CDD	1.4±0.4	2.3±0.6	2.5±0.5	3.9±0.7 ^a	5.7±1.7 ^a	13.2±5.7 ^b	19.8±8.4 ^b
1,2,3,7,8-P ₅ CDD	3.6±0.9	5.9±0.4 ^a	7.4±0.8 ^a	15.9±2.6 ^a	20.8±5.1 ^a	32.5±7.8 ^a	44.3±7.1 ^a
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDD	9.5±1.9	16.9±2.1 ^a	23.3±1.5 ^a	34.8±4.3 ^a	48.1±6.0 ^a	56.8±7.1 ^a	66.0±6.4 ^a
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD	11.4±2.5	20.0±2.6 ^a	26.4±1.5 ^a	40.2±5.1 ^a	54.2±5.5 ^a	65.9±7.5 ^a	80.8±4.2 ^a
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD	21.7±2.9	34.6±4.1 ^a	48.3±1.4 ^a	63.4±7.0 ^a	66.8±4.3 ^a	70.6±6.4 ^a	81.3±3.4 ^a
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD	41.1±4.1	54.8±5.0 ^a	67.2±3.1 ^a	84.7±12.4 ^a	84.7±5.9 ^a	89.3±8.0 ^a	92.1±4.2 ^a
1,2,3,4,6,7,8,9-0 ₈ CDD	72.9±3.3	76.4±5.0	96.2±4.4 ^a	98.8±13.4	84.4±4.3 ^a	85.5±5.1 ^a	83.2±7.1 ^b
2,3,7,8-T ₄ CDF	1.1±0.4	1.7±0.5	1.5±0.4	3.2±0.7 ^a	3.6±1.2 ^a	9.8±5.9	17.5±7.9 ^b
1,2,3,7,8-P ₅ CDF	4.7±1.1	9.1±1.0 ^a	12.8±1.2 ^a	20.8±3.5 ^a	29.4±5.6 ^a	41.6±7.7 ^a	56.9±8.4 ^a
2,3,4,7,8-P ₅ CDF	3.0±0.8	5.3±0.6 ^a	6.7±0.9 ^a	14.4±2.7 ^a	19.4±4.7 ^a	32.2±8.8 ^a	46.7±9.8 ^a
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF	14.9±2.5	27.9±3.7 ^a	36.7±1.6 ^a	53.0±5.2 ^a	62.9±3.2 ^a	70.1±7.2 ^a	78.6±6.7 ^a
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDF	14.0±1.9	24.7±2.6 ^a	33.2±1.4 ^a	48.8±3.5 ^a	55.7±5.3 ^a	70.5±9.1 ^a	76.5±4.5 ^a
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDF	13.5±2.0	22.1±2.4 ^a	29.7±1.3 ^a	44.5±2.8 ^a	52.9±5.2 ^a	62.7±7.9 ^a	73.4±7.1 ^a
2,3,4,6,7,8-H ₆ CDF	14.9±2.1	27.3±2.9 ^a	37.5±1.1 ^a	52.3±4.0 ^a	59.3±5.3 ^a	69.2±6.6 ^a	76.7±5.5 ^a
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CD	41.5±3.7	57.7±4.1 ^a	71.4±2.5 ^a	78.7±4.2 ^a	75.7±1.7 ^a	80.2±5.1 ^a	88.5±6.0 ^a
1,2,3,4,7,8,9-H ₇ CDF	33.1±2.6	45.8±4.4 ^a	58.9±0.7 ^a	70.1±5.9 ^a	77.3±6.8 ^a	84.9±7.5 ^a	91.2±2.6 ^a
1,2,3,4,6,7,8,9-0 ₈ CDF	65.0±3.0	76.7±6.4 ^b	83.3±1.6 ^a	91.0±7.3 ^a	88.0±1.6 ^a	87.7±5.2 ^a	93.8±1.9 ^a
			Average %				
7 PCDD congeners	23.1±2.1	30.1±2.0 ^a	38.8±0.5 ^a	48.8±6.3 ^a	52.1±3.9 ^a	59.1±6.3 ^a	66.8±4.6 ^a
10 PCDF congeners	20.6±1.8	29.8±2.0 ^a	37.2±0.3 ^a	47.7±3.8 ^a	52.4±3.5 ^a	60.9±6.0 ^a	70.0±4.6 ^a
17 PCDD and PCDF congeners	21.6±1.9	30.0±1.8 ^a	37.8±0.3 ^a	48.1±4.9 ^a	52.3±3.6 ^a	60.2±6.1 ^a	68.7±4.6 ^a

1 Values are means± SD, n = 4.

2 Significantly different from basal group (^aP<0.01; ^bP<0.05).

キシソ類の体内蓄積を防ぐことが期待できる。そこで、投与5日後におけるPCDD及びPCDFの体内蓄積量を測定した(表5)。図5-1~5-20に17種類のダイオキシソ類について、基本食群及びクロロフィル群の体内蓄積量(比率)を示す。

2,3,7,8-T₄CDDの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が3.0~18.8%低下した(図5-1)。1,2,3,7,8-P₅CDDの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が7.7~49.0%低下した(図5-2)。

1,2,3,4,7,8-H₆CDDの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が12.6~73.4%低下した(図5-3)。1,2,3,6,7,8-H₆CDDの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が13.8~75.0%低下した(p<0.01、図5-4)。

1,2,3,7,8,9-H₆CDDの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が19.8~81.7%低下した(p<0.05、図5-5)。1,2,3,4,6,7,8-H₇CDDの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が36.8~88.9%低下した(p<0.01、図5-6)。1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDDの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が45.8~86.3%低下した(p<0.01、図5-7)。

同様に、2,3,7,8-T₄CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が0.4~26.8%増加した(図5-8)。1,2,3,7,8-P₅CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が9.4~55.3%低下した(図5-9)。

2,3,4,7,8-P₅CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が3.7~46.1%低下した(図5-10)。1,2,3,4,7,8-H₆CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が20.1~82.7%低下した(p<0.01、図5-11)。

1,2,3,6,7,8-H₆CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が15.4~79.4%低下した(p<0.05、図5-12)。1,2,3,7,8,9-H₆CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が14.4~77.6%低下した(図5-13)。

2,3,4,6,7,8-H₆CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が11.8~81.1%低下した(図5-14)。1,2,3,4,6,7,8-H₇CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が36.0~90.6%低下した(p<0.01、図5-15)。

1,2,3,4,7,8,9-H₇CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が28.5~88.5%低下した(p<0.01、図5-16)。

1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDFの体内蓄積量は基本食群に対してクロロフィル群が44.6~86.8%低下した(p<0.01、図5-17)。

7種類のPCDDの体内蓄積量の平均値は基本食群に対してクロロフィル群が15.6~62.9%顕著に低下した(p<0.01、図5-18)。10種類のPCDFの体内蓄積量の平均値は基本食群に対してクロロフィル群が6.9~70.6%顕著に低下した(p<0.01、図5-19)。さらに、17種類のPCDD及びPCDFの体内蓄積量の平均値は基本食群に対してクロロフィル群が16.3~67.1%顕著に低下した(p<0.01、図5-20)。

これらの研究結果から、クロロフィルは0.01~0.5%の用量で、ダイオキシソ類を吸収抑制し、食品経路のダイオキシソの体内蓄積を大幅に防ぐ作用があることが明らかとなった。

6. クロロフィル投与量とダイオキシソ類の体内蓄積量との関係

クロロフィル投与量と17種類のダイオキシソ類の体内量との関係を、図3-1~20に示す。その結果、クロロフィル投与量を0.01%から0.5%に増量するにしたがい、体内に残留するダイオキシソ類量は1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDD、2,3,7,8-T₄CDF及び1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDFを除いて、有意に減少した(p<0.01、図3-1~3-17)。

クロロフィル投与量と7種類のPCDDの体内蓄積量の平均値との間には有意な負の相関関係が認められた(r = -0.81、p < 0.01、図3-18)。クロロフィル投与量と10種類のPCDFの体内蓄積量の平均値との間には有意な負の相関関係が認められた

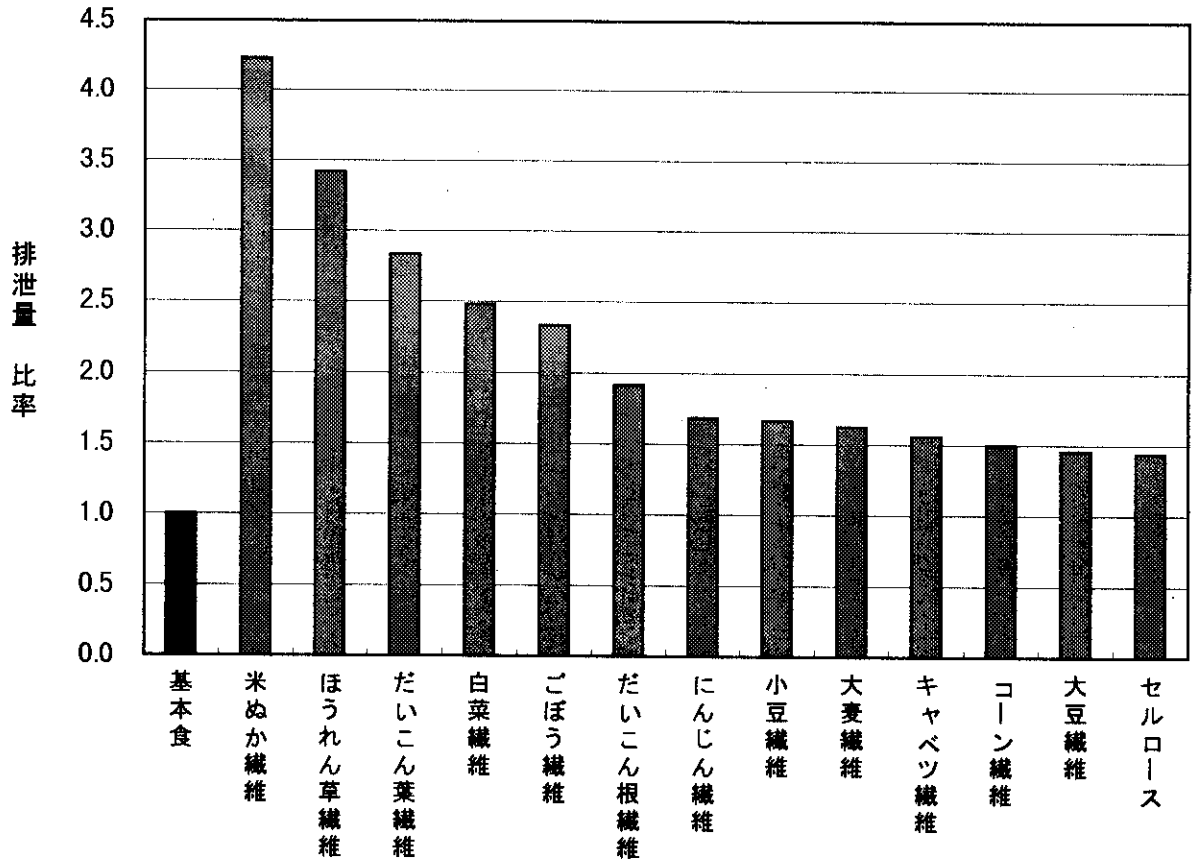


図6. 食物繊維の2,3,4,7,8-P5CDF排泄促進効果

($r=-0.78$, $p<0.01$, 図3-19)。クロロフィル投与量と17種類のPCDD及びPCDFの体内蓄積量の平均値との間には有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.79$, $p<0.01$, 図3-20)。

D. 考察

人のダイオキシン類の暴露量を評価するには、食物経路のダイオキシン類の消化管吸収率を知ることがきわめて大切である。Abrahamらは母乳を与えた乳児の糞便を採取し、ダイオキシン類の排泄量を測定した。その結果から、乳児の消化管吸収率は2,3,7,8-T₄CDDが約94%、1,2,3,7,8-P₅CDDが約94%、1,2,3,4,7,8-H₆CDDが約88%、1,2,3,6,7,8-H₆CDDが約91%、1,2,3,7,8,9-H₆CDDが約80%、1,2,3,4,6,7,8-H₇CDDが約62%、1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDDが約17%、2,3,7,8-T₄CDFが約96%、

1,2,3,7,8-P₅CDFが約97%、2,3,4,7,8-P₅CDFが約95%、1,2,3,4,7,8-H₆CDFが約90%、1,2,3,6,7,8-H₆CDFが約89%、2,3,4,6,7,8-H₆CDFが約91%、1,2,3,4,6,7,8-H₇CDFが約51%、1,2,3,4,6,7,8,9-O₈CDFが約4%であることを報告している。

4~7塩化ダイオキシン類の場合、授乳による母乳からの吸収率はラットの吸収率(表1)とかなり近い値であることがわかる。乳児とラットでは吸収に関して大きな動物間の種差はなく、特に、毒性が高い塩素置換数の少ない4~5塩化ダイオキシン類(ラット場合の2,3,7,8-T₄CDD、1,2,3,7,8-P₅CDD及び2,3,4,7,8-P₅CDFの吸収率は95.3~98.6%である)は速やかに吸収される。また、成人の場合においても、コーンオイルに溶かして投与した2,3,7,8-T₄CDDの吸収率は87%以上(代謝物を除くと吸収率は95%)ときわめて高

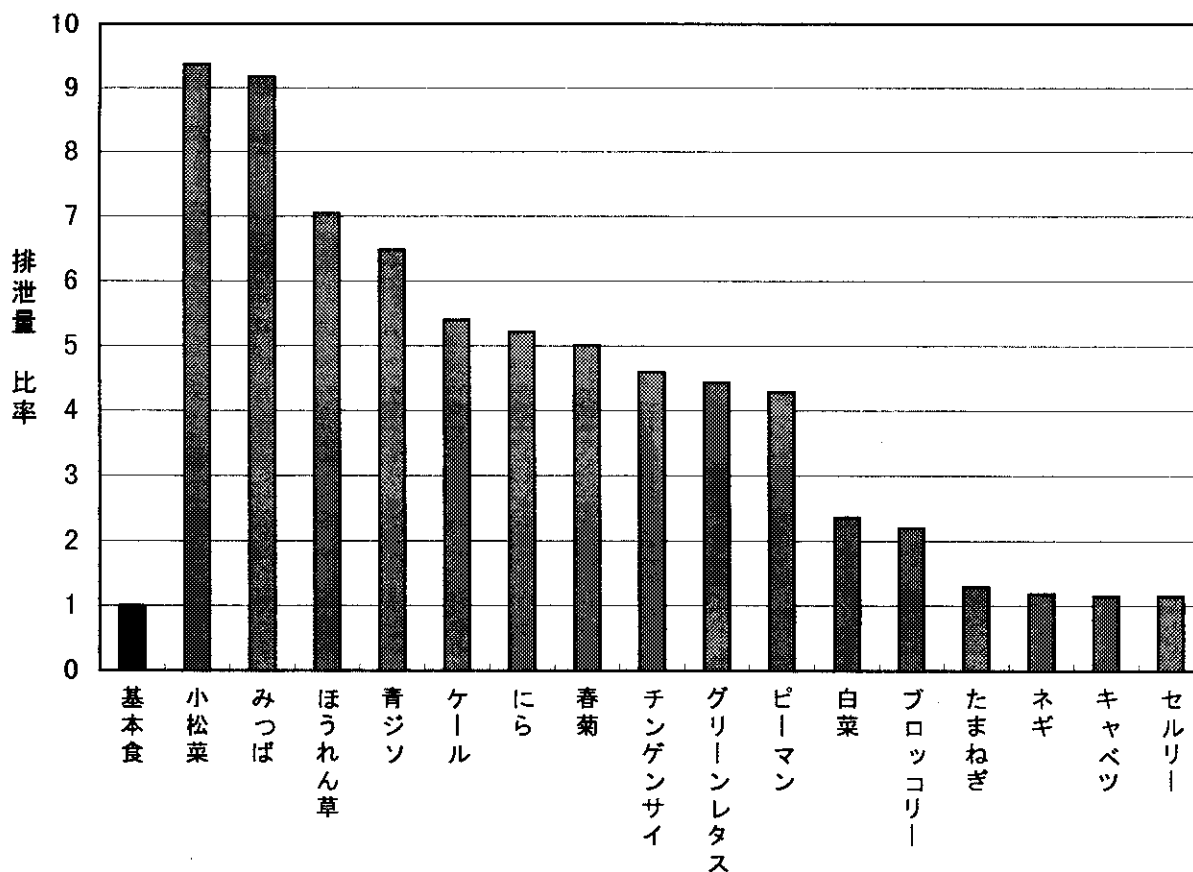


図7. 野菜類の 2,3,4,7,8-P5CDF排泄促進効果

い。

一般に、ダイオキシン類の消化管吸収は、食事内容により大きな影響を受ける。ダイオキシン類の消化管吸収を抑制する要因として、1) ダイオキシン類が食品成分に吸着され、吸収されにくくする。2) ダイオキシン類が食品成分と吸収されにくい複合体を形成する。3) ダイオキシン類が消化管内に分泌される生体成分と吸着するかあるいは複合体を形成することが挙げられる。

また、ダイオキシン類を効果的に体外へ排泄促進するためには、それ自体が吸収されず、消化液にも安定で、さらに腸内細菌で分解されず、糞中に速やかに排泄される物で、毒性がないことが必要である。保水性の高い水溶性あるいは固形様の物や、油状の物は下痢を生じやすいので、大量投与が難しいと考えられる。

ダイオキシン類による人への健康障害を未然に防止するためには、食品経路のダイオキシン類を消化管内で吸収抑制し、糞中へ排泄促進させることが重要である。

前に、1) の要素を満たす食品成分として、12種類の食物繊維によるダイオキシン類の排泄促進について報告した。その結果、食物繊維はダイオキシン類の排泄促進に有効であることがわかった。特に、米ぬか繊維はほうれん草、だいこん葉、白菜、ごぼう、だいこん根、にんじん、小豆、大麦、キャベツ、コーン、大豆の11種類の繊維と比べて高い排泄促進作用が認められた(図6)。米ぬか繊維群は基本食群と比べて、PCDD及びPCDFの糞中排泄量をそれぞれ60~370%、40~1040%増加させた。食物繊維は野菜、果実、穀類、豆類、海藻類に多く含まれ、主な成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニン

及びペクチン質である。食物繊維の中で、*in vitro* において、ダイオキシン類の吸着作用が非常に弱いセルロースにも、*in vivo* において、ダイオキシン類の排泄促進作用があることがわかった。

さらに、1) 及び2) の要素を満たす食品として、クロレラと16種類の野菜による、ダイオキシン類の排泄促進について報告した。その結果、クロロフィル含有量の多いクロレラは米ぬか繊維よりもダイオキシン類の排泄促進作用が高いことがわかった。クロレラ群は基本食群と比べて、PCDD及びPCDFの糞中排泄量をそれぞれ20~1130%、30~1280%増加させた。

さらに、クロロフィル含有量の多い小松菜、みつば、ほうれん草の緑色野菜は米ぬか繊維やクロロフィル含有量の少ないキャベツ、タマネギ、セルリーと比べて、ダイオキシン類の排泄促進作用が高いことがわかった(図7)。緑色野菜群は基本食群と比べて、PCDD及びPCDFの糞中排泄量をそれぞれ80~560%、90~1110%増加させた。

またさらに、3) の要素を満たす生体成分として、プロトポルフィリン(プロトポルフィリンジナトリウム)による、ダイオキシン類の排泄促進について報告した。プロトポルフィリンはクロロフィルと同じポルフィリン構造をもつ環状化合物であり、骨髄、肝臓等に多く分布し、その大部分は糞中に排泄される成分である。このプロトポルフィリンは医療用医薬品としてプロトポルフィリンジナトリウムが慢性肝疾患における肝機能の改善薬として使用されている。

実験の結果、プロトポルフィリン群は基本食群と比べて、2,3,7,8-T₄CDD、1,2,3,7,8-P₅CDD及び2,3,4,7,8-P₅CDFの糞中排泄量を71~160%増加させた。

一般に、薬物はその物理化学的性質に従い、主要な2つの機構により吸収される。脂溶性の高い薬物は生体膜をその濃度勾配に従い通過し吸収される(受動拡散機構)。脂溶性の低い薬物は受動拡散によ

っては吸収されず、特殊な担体輸送機構によって吸収される。脂溶性薬物は胃、小腸、大腸及び直腸で吸収されるが、多くの薬物の場合、小腸上部が主たる吸収部位である。吸収された薬物は一定時間後に体外に排泄されるが、その主な排泄経路は尿中及び糞中である。水溶性薬物は腎臓から尿中へ排泄されるが、脂溶性薬物は肝臓などで代謝されて、水溶性の代謝物として尿中や胆汁中へ排泄される。糞中の排泄は主として胆汁中排泄を介したものであり、一部は唾液、胃液、膵液及び腸液からや、直接消化管壁からの排出を通じて行われる。唾液~腸液の消化管内の分泌量は人で8000mlとかなり多い。このため、薬物によっては、胆汁中への排泄より、胆汁非経由の消化管内への直接排泄を介して、糞中へ多く排泄されるものもある。

脂溶性のダイオキシン類は小腸で受動拡散により吸収されたのち、リンパ系を經由して大動脈に入り、キロミクロンによって各組織へ運ばれる。体内のダイオキシン類の肝臓から胆汁中への排泄は少なく、唾液、胃液、膵液及び腸液と消化管壁からの神秘的な排泄経路を通じて糞便中へ排泄されると考えられる。しかし、直接消化管内に排出されたダイオキシン類は、消化管から再吸収される。

一般成人の場合、2,3,7,8-T₄CDDの生物学的半減期は5.8年、ベトナム従軍兵の2,3,7,8-T₄CDDの半減期は7.1~11.3年、さらに油症患者の2,3,4,7,8-P₅CDF及び1,2,3,4,7,8-H₆CDFの半減期はそれぞれ13.4年及び12.0年と報告されている。このことから一般成人の場合、体内のダイオキシン類は毎日体内蓄積量の0.01~0.03%が体外に排出されている。

すでにダイオキシン類に暴露された人に対しては、消化管内に直接排出されるダイオキシン類の再吸収を抑制すると、糞中への排泄量の増加が期待できる。そこで、米ぬか繊維、クロレラ及び緑色野菜類を、ダイオキシン類投与後8日目から

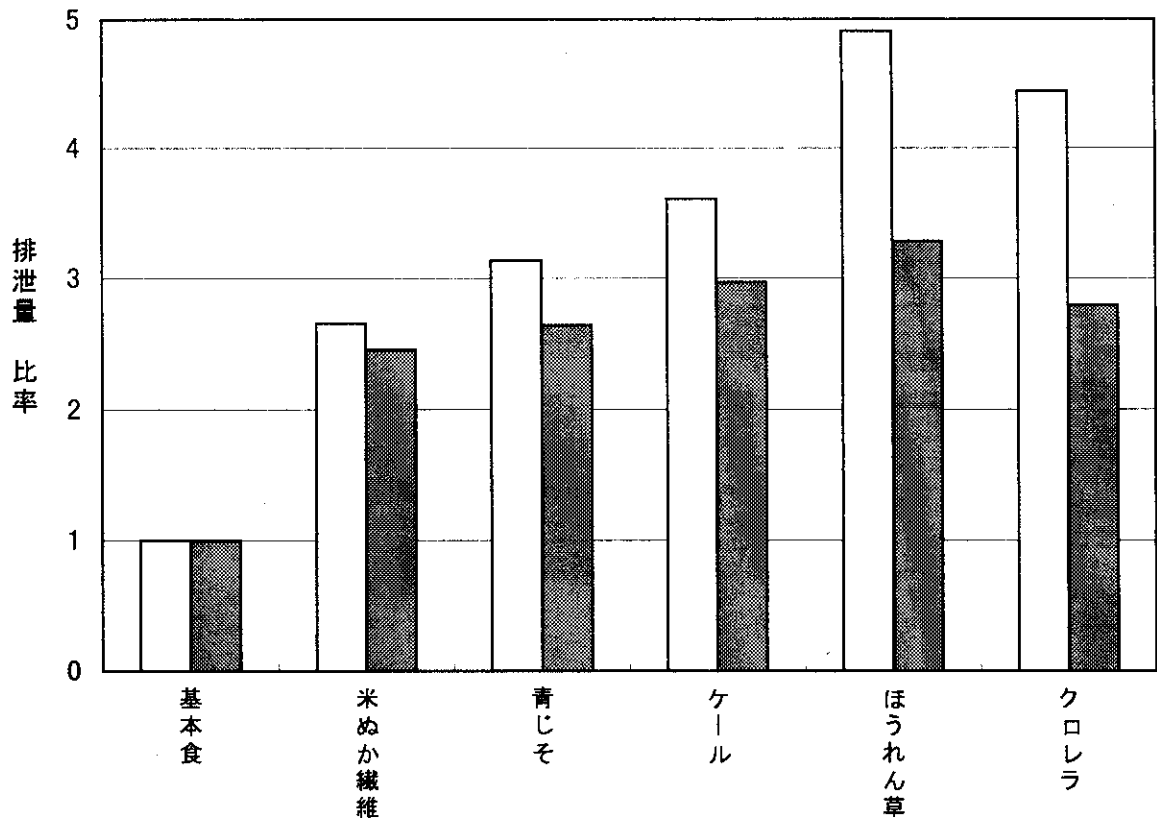


図8. 体内に蓄積した 2,3,7,8-T4CDD及び2,3,4,7,8-P5CDFの排泄促進 (28日間)

□ 2,3,7,8-T4CDD

■ 2,3,4,7,8-P5CDF

35日まで28日間投与し、体内ダイオキシン類の体外排泄について報告した。その結果、基本食群の28日間の2, 3, 7, 8-T₄CD排泄量は投与量の1.1% (0.04%/day)であったのに対し、米ぬか繊維群は基本食群と比べて170%、青じそ群は210%、ケール群は260%、ほうれん草群は390%、クロレラ群は340%排泄量が増加した。基本食群の2, 3, 4, 7, 8-P₅CDF排泄量は投与量の0.3% (0.01%/day)であったのに対し、米ぬか繊維群は180%、青じそ群は200%、ケール群は230%、ほうれん草群は260%、クロレラ群は250%、基本食群と比べて排泄量が増加した (図8)。これらの実験結果から、食物繊維、クロレラ及び緑色野菜類には体内に蓄積したダイオキシン類を消化管を通じて排泄促進する作用があ

ることが判明した。

これまでの研究結果から、2) の要素を満たす食品成分として、クロロフィルは極めて効果的なダイオキシン類の吸収抑制作用が期待された。本研究において、クロレラから精製したクロロフィルを用いて、ダイオキシン類の排泄促進について検討した。その結果、0.5%クロロフィル群のPCDD及びPCDFの糞中排泄量は基本食群と比べて、それぞれ14~1310%、44~1490%増加した。毒性が高い 2, 3, 7, 8-T₄CDD、1, 2, 3, 7, 8-P₅CDD及び2, 3, 4, 7, 8-P₅CDFの排泄量はクロロフィル群が基本食群と比べて、それぞれ64~1310%、64~1130%、77~1460%顕著に増加させた。本研究の結果、クロロフィルは少量の投与量で、ダイオキシン類の消化管吸収を

表6 クロロフィルの1日摂取量

食 品	摂取量 (g/日)	クロロフィル (mg%)	1日摂取量 (mg/人)
柑橘類、その他の果実	83.3		
メロン	27.8	0.7	0.2
温州みかん	27.8	0.3	0.1
マスカット	27.8	0.1	0.0
緑黄色野菜	91.6		
にんじん	22.2	0.0	0.0
ほうれん草	20.0	102.4	20.5
ピーマン	3.8	7.6	0.3
トマト	15.1	0.0	0.0
レタス	4.3	67.1	2.9
小松菜	4.3	101.7	4.4
セルリー	4.3	4.8	0.2
春菊	4.3	69.6	3.0
にら	4.3	76.7	3.3
チンゲンサイ	4.3	29.1	1.3
みつば	4.3	86.4	3.7
その他の野菜	183.5		
大根	40.5	0.0	0.0
たまねぎ	27.6	0.0	0.0
キャベツ	21.9	1.0	0.2
きゅうり	12.1	8.8	1.1
はくさい	24.3	26.8	6.5
ねぎ	9.3	30.2	2.8
グリーンピース	9.3	12.8	1.2
グリーンアスパラガス	9.3	5.5	0.5
ごぼう	9.3	0.0	0.0
すぐきな漬物	1.8	20.4	0.4
高菜漬物	1.8	134.0	2.4
のざわな漬物	1.8	63.4	1.1
はくさい漬物	1.8	0.1	0.0
海 藻 類	5.2		
わかめ	1.3	44.8	0.6
ひじき	1.3	1.5	0.0
こんぶ	1.3	18.1	0.2
のり	1.3	492.9	6.4
合 計			63.3

1) 柑橘類及び野菜類のデータ：井崎ら1986.

2) 海藻類のデータ：森田.

抑制し、糞中へ大幅に排泄促進する作用があることが明らかとなった。

クロロフィルは米ぬか繊維の約1%の投与量で、クロレラ、緑色野菜の約2%の投与量で、同等な効力を示した。このことから、クロロフィルを多く含有するクロレラ、緑色野菜のダイオキシン類の排泄促進作用はクロロフィルが主たる食品成分であることが明らかとなった。クロロフィルによるダイオキシン類の排泄促進機構として、化学構造が平面であるクロロフィルが、同じく平面構造をもつダイオキシン類と複合体を形成することが考えられる。

クロロフィルは光や水分等で変性しやすい性質をもっていることから、調理によってかなり消失するものと考えられる。厚生省の平成9年国民栄養調査成績と、井崎ら及び森田が測定した野菜類及び海藻類のクロロフィル含有量から試算すると、日本人の平均的クロロフィル摂取量は、約63mg/dayである(表6)。日本人が摂取する食品総重量(1426.3g/day)に占める、クロロフィル含有量は乾燥重量(426.7g/day)当たり約0.015%である。

一方、日本人の食物繊維の推定摂取量は17~20g/dayであり、これは乾燥重量当たり4.0~4.7%に相当する。このことから、ラットには5%の食物繊維と0.01~0.5%のクロロフィルを含む飼料を与えた。食物繊維とクロロフィルの摂取含有量から、日本人のダイオキシン類の吸収に関する値は0.02%クロロフィル群の値あたりと考えるのが妥当かもしれない(表1)。

E. 結論

食品経由のダイオキシン類を消化管で吸収抑制し、糞中に多く排泄促進する方法を検討した。平成10年度の研究から、小松菜、ほうれん草等の緑色野菜はダイオキシン類の消化管吸収を抑制する作用があることが明らかとなった。そこで、動物実験ではラットにクロロフィルを摂取させ、ダイオキシン類の排泄促進につ

いて検討した。

1)クロロフィルはダイオキシン類の消化管吸収を抑制し、糞中へ排泄促進する作用があることが判明した。ダイオキシン類の中で最も毒性が高い2,3,7,8-TCDDの場合、基本食群に対してクロロフィル群が吸収を0.9~18.7%抑制することにより、64~1310%の排泄増加が認められた。PCDFの中で最も毒性が高い2,3,4,7,8-PCDFの場合、基本食群に対してクロロフィル群が吸収を2.4~45.1%抑制することにより、77~1460%の排泄増加が認められた。

2)クロロフィル投与量とダイオキシン類の糞中排泄量との間には有意な正の相関関係が認められた($p<0.01$)。クロロフィル投与量とダイオキシン類の体内蓄積量との間には有意な負の相関関係が認められた($p<0.01$)。

3)食品経由のダイオキシン類の消化管吸収を抑制し、効果的に体外に排泄促進し体内蓄積を防ぐ食生活の方法として、小松菜、みつば、ほうれん草、青じそ等の緑色野菜をより多く摂ることが重要である。さらに、クロロフィルと食物繊維が豊富な海藻類(わかめ、ひじき、こんぶ、のり等、次年度の研究計画)にも排泄促進が期待される。

F. 文献

- 1) 森田邦正、平川博仙、松枝隆彦、飯田隆雄、常盤寛：ラットにおける食物繊維のPCDF及びPCDD排泄促進効果。福岡医誌。84：273-281,1993。
- 2) 森田邦正、松枝隆彦、飯田隆雄：PCDFの糞中排泄および肝臓分布に対する食物繊維の効果。福岡医誌。86:218-225,1995。
- 3) 森田邦正、濱村研伍、飯田隆雄：食物繊維のPCB吸着作用—in vivoとin vitroの比較—。福岡医誌。86:212-217,1995。
- 4) 森田邦正、松枝隆彦、飯田隆雄：ラットにおけるPolychlorinated Dibe

nzo-*p*-dioxinsの糞中排泄に対する食物繊維の効果. 衛生化学. 43:35-41, 1997。

- 5) 森田邦正、松枝隆彦、飯田隆雄：
ラットにおけるPolychlorinated Dibenzo-*p*-dioxinsの糞中排泄に対するクロレラ、スピルリナ及びクロロフィリンの効果. 衛生化学. 43:42-47, 1997。
- 6) 森田邦正、松枝隆彦、飯田隆雄：
ラットにおけるPCB, PCDF及びPCDDの消化管吸収に及ぼす抹茶の効果. 福岡医誌. 88:162-168, 1997。
- 7) 森田邦正：ダイオキシン類の体外排除－食物繊維と緑黄色野菜が有効－. Kewpie News. 285:1-15, 1997。
- 8) 森田邦正：食物繊維による体内ダイオキシン類の排出促進. 生活と環境. 43(12):39-44, 1998。
- 9) 森田邦正、松枝隆彦、飯田隆雄：
ラットにおけるPCDD及びPCDFの消化管吸収に及ぼす緑色野菜の効果. 福岡医誌. 90:170-182, 1999。
- 10) 森田邦正、松枝隆彦、飯田隆雄：
ラットにおけるダイオキシン類の消化管吸収に及ぼすプロトポルフィリンの効果. 福岡医誌. 90:183-191, 1999。
- 11) Morita, K., Matsueda, T., Iida, T., Hasegawa, T. *Chlorella* accelerates dioxin excretion in rats. J. Nutr. 129:1731-1736, 1999。

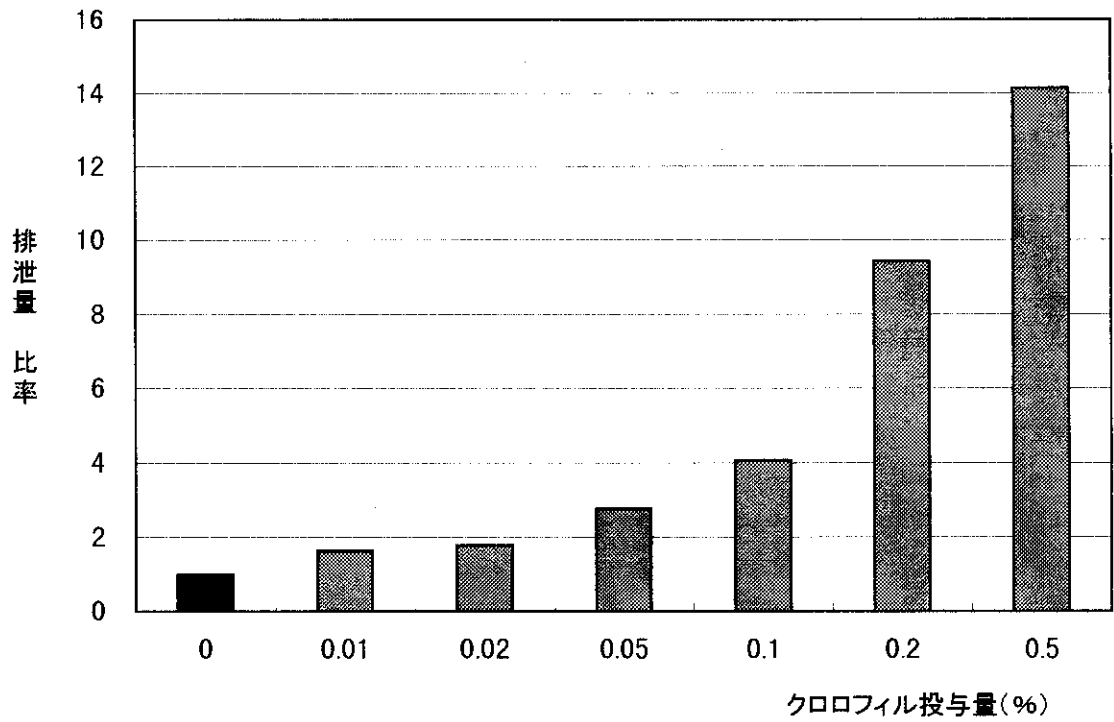


図2-1. クロロフィルの2,3,7,8-T4CDD排泄促進効果

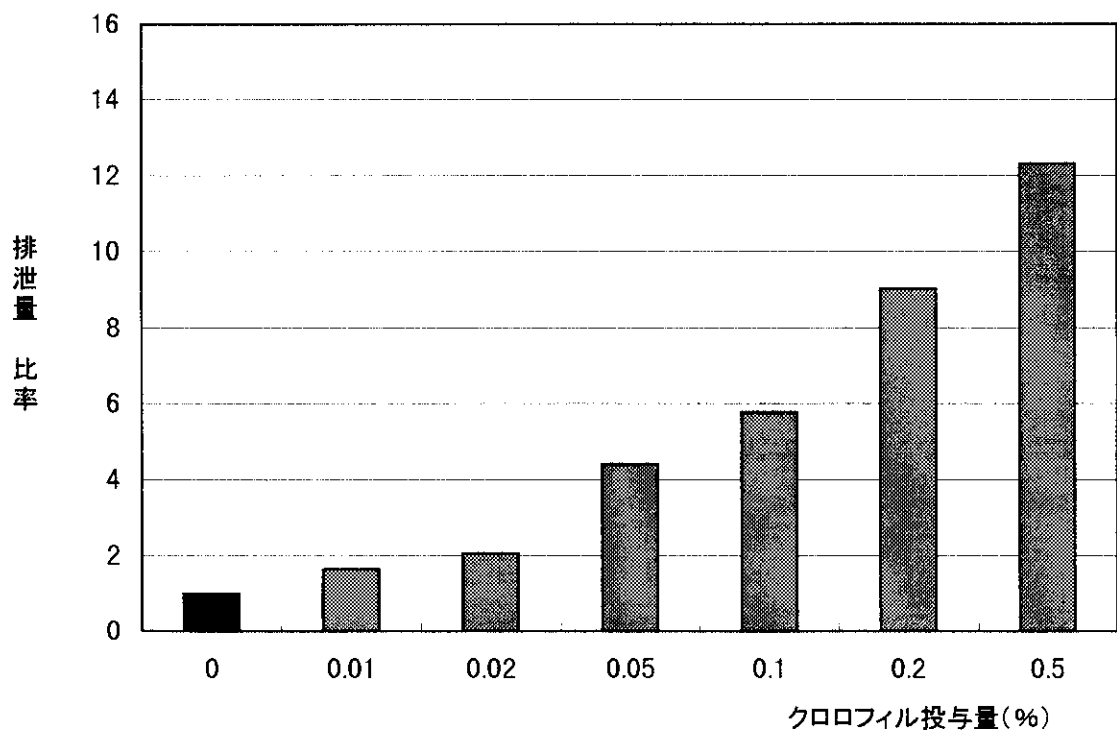


図2-2. クロロフィルの1,2,3,7,8-P5CDD排泄促進効果