

及び α -D-グルコシドが見出されている。細胞内ではL-アスコルビン酸のデヒドロ-L-アスコルビン酸への酸化はグルタチオンあるいはジスルフィドから電子供与を受けて行われる。L-アスコルビン酸とは異なり、デヒドロ-L-アスコルビン酸は比較的速く加水分解を受け、不可逆的に2,3-ジケト-L-グロン酸となり、さらに脱炭酸され、L-リキソ酸、L-キシロン酸とに分解される。また、デヒドロ-L-アスコルビン酸あるいは2,3-ジケト-L-グロン酸は O_2 あるいは H_2O_2 により酸化されてL-スレオン酸、シュウ酸及び幾つかの物質に酸化される¹⁰⁾。

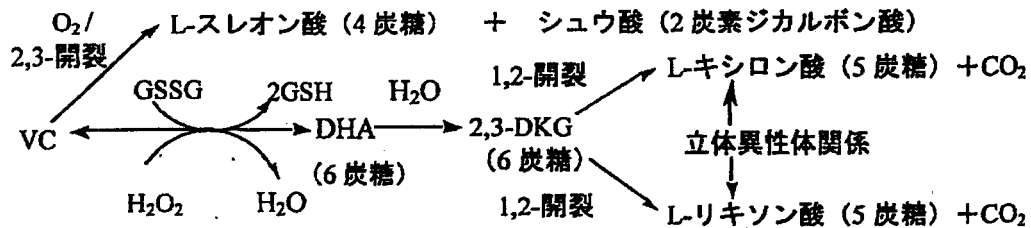


図 L-アスコルビン酸の代謝経路

VC : L-アスコルビン酸、DHA : デヒドロ-L-アスコルビン酸、2,3-DKG : 2,3-ジケト-L-グロン酸、
GSH : グルタチオン、GSSG : グルタチオンジスルフィド (酸化型グルタチオン)

(2) 毒性

①急性毒性

L-アスコルビン酸カルシウムの単回投与毒性試験のデータを確認することはできなかったが、L-アスコルビン酸の経口投与による単回投与試験はラット、マウス、モルモット、ウサギ及びイヌで実施されている (表1参照)^{3), 15)}。

(表1) 単回投与試験におけるLD₅₀値

投与経路	動物種	LD ₅₀
強制経口	ラット	5,000 mg/kg<
	マウス	5,000 mg/kg<
	モルモット	5,000 mg/kg<
	ウサギ	2,000 mg/kg<
	イヌ	500 mg/kg<

②反復投与毒性

L-アスコルビン酸カルシウムの反復投与毒性試験のデータを確認することはできなかったが、L-アスコルビン酸、L-アスコルビン酸ナトリウム、L-アスコルビン酸パルミテート (L-アスコルビン酸パルミチン酸エステル) については投与期間が約3ヶ月までの短期投与試験がラット、マウス、モルモット及びイヌで、長期投与試験がラットを用いて実施されている。

(L-アスコルビン酸)

マウスにL-アスコルビン酸 (500~1,000 mg/kg 体重/日) を7日間、モルモットにL-アスコルビン酸 (400~2,500 mg/kg 体重/日) を6日間経口、皮下及び静脈内に投与した試験では、投与期間中及び投与期間終了後14日間動物は正常であり、食欲、体重増加、症状は対照群と同様で、病理組織学的検査 (腎臓、脾臓、肝臓、心臓及び肺) においても異常は認められなかった^{16), 15)}。

ラットにL-アスコルビン酸を10,000 mg/kg 体重/日で6週間経口投与した試験及び6,500 mg/kg 体重/日で10週間経口投与した試験においては投与による影響はみられなかった³⁾。

ラット (各群雌雄各26匹) にL-アスコルビン酸 (0, 1,000, 1,500, 2,000 mg/kg 体重/日) を2年間混餌投与した試験において、体重、死亡率、症状、血液化学的検査、尿検査、腎臓・肝臓機能検査、肉眼的検査及び病理組織学的検査の成績の投与による影響は認められなかった^{3), 16)}。

ラット (各群6匹) にL-アスコルビン酸 (0, 1, 5, 10%; 0, 1,000, 5,000, 10,000 mg/kg 体重/日) を混餌投与した試験において、体重増加抑制がみられたほか、10%投与群において緩下により6匹中2匹が死亡したが、投与期間が不明であり、毒性影響を評価することは困難であった^{3), 16)}。

モルモットにL-アスコルビン酸 (500 mg/匹/日) を4週間混餌投与した試験において、L-アスコルビン酸欠乏餌を与えた対照群と比較したところ、生存日数は対照群で36.8日、投与群で24.8日であった³⁾。

モルモットにL-アスコルビン酸 (625 mg/kg 体重/日) を投与すると体重増加率の減少が認められたが、カゼイン添加飼料を与えたところこの変化はみられなかった⁶⁾。したがって通常飼料では体重増加率の減少は生じないと考えられた³⁾。

(L-アスコルビン酸ナトリウム)

F344ラット (各群雄10匹) にL-アスコルビン酸ナトリウム (6.84%; 3.42 g/kg 体重/日^{*1)}) を10週間混餌投与したところ、体重の増加抑制、飲水量の増加、尿pHの上昇、膀胱の重量の増加、膀胱内の沈殿物の増加及び膀胱上皮の過形成が認められた。しかし、塩化アンモニウム (1.85, 2.78, 3.70%; 0.925, 1.39, 1.85 g/kg 体重/日^{*1)}) を添加して同様に投与すると、飲水量、膀胱の重量が増加した一方で、用量依存的に尿pHが低下した。2.78%以上の添加群では膀胱内の沈殿物が認められず、また、1.85%添加群では2匹で膀胱上皮の過形成が認められたものの2.78%以上の添加群では認められなかった。このことから、L-アスコルビン酸ナトリウ

*1 JECFA で用いられている換算値を用いて摂取量を推定¹⁷⁾

種	最終体重 (kg)	摂取量 (g/動物/日)	摂取量 (g/kg 体重/日)
ラット	0.4	20	50

ム投与により尿及び膀胱に観察された変化は、L-アスコルビン酸そのものが原因でなく、ナトリウムによる尿pHの上昇がもたらした影響であると考えられた¹⁸⁾。

イヌにL-アスコルビン酸ナトリウム (1,000 mg/kg 体重) を20日以上静脈内に投与した試験では、肝臓、腎臓の病理組織学的検査を含め投与による影響は認められなかった³⁾。

(L-アスコルビン酸パルミテート)

離乳ラットにL-アスコルビン酸パルミテート (2, 5%; 1,000 及び 2,500 mg/kg 体重/日、424 及び 1,060 mg/kg 体重/日のL-アスコルビン酸に相当) を9ヶ月間混餌投与した試験において、5%群で成長率の抑制が見られ、8匹中2匹に膀胱内のシュウ酸結石が認められたが、試験に用いた残りのラットに結石は認められなかった³⁾。

ラットにL-アスコルビン酸パルミテート (0.25%; 125 mg/kg 体重/日、53 mg/kg 体重/日のL-アスコルビン酸に相当) を2年間混餌投与した試験においては、投与による影響は認められなかった³⁾。

③発がん性

F344 ラット (各群雄 20 匹) に N-butyl-N-(4-hydroxybutyl)nitrosamine (BBN) をイニシエーターとして4週間飲水投与した後、L-アスコルビン酸カルシウム、L-アスコルビン酸ジパルミテート、L-アスコルビン酸ステアリン酸エステル、エリソルビン酸 (各群 5%; 2.5 g/kg 体重/日^{*1)}) を32週間プロモーターとして混餌投与する膀胱二段階発がん実験を行った。その結果、各群とも前がん病変、乳頭腫もしくはがんの増加は認められなかった¹⁹⁾。

参考知見としてL-アスコルビン酸ナトリウムの経口投与による、膀胱上皮の過形成に関する1報告¹⁸⁾、膀胱腫瘍の発がんプロモーター作用に関する2報告を以下に示す^{20), 21)}。

(L-アスコルビン酸ナトリウム)

F344 ラット (各群雄 10 匹) にL-アスコルビン酸ナトリウム (0.91, 2.73, 4.56, 6.84%; 0.455, 1.365, 2.28, 3.42 g/kg 体重/日^{*1)}) を混餌投与したところ、6.84% 投与群に膀胱上皮の過形成 (6/12) がみられたが、がんの誘発は認められなかった¹⁸⁾ [5 (2) ②反復投与毒性 (L-アスコルビン酸ナトリウム) 再掲]。

F344 ラット (各群雄 20 匹) に BBN をイニシエーターとして飲水投与した後、L-アスコルビン酸ナトリウム (1, 5%; 0.5, 2.5 g/kg 体重/日^{*1)}) をプロモーターとして経口投与する膀胱二段階発がん実験を行った。その結果、5%投与群では膀胱腫瘍の発生率の増加がみられたが、1%投与群ではみられなかった。また、L-アスコルビン酸ナトリウム (5%; 2.5 g/kg 体重/日^{*1)}) の単独投与では膀胱上皮に

全く病変が認められなかった²⁰⁾。Fukushimaらは、膀胱発がんプロモーター作用は尿のpHの上昇ならびにナトリウムイオンの濃度に起因することを指摘している²²⁾。

F344ラット(各群雄40匹)にN-[4-(5-nitro-2-furyl)-2-thiazolyl]formamide (FANFT)をイニシエーターとして混餌投与した後、L-アスコルビン酸ナトリウム、サッカリンナトリウムなどのほかにサッカリンカルシウムをプロモーターとして混餌投与する膀胱二段階発がん実験を行った。その結果、カルシウム塩による膀胱腫瘍のプロモーター作用は認められず、発がんプロモーター作用は尿のpH 6.5以上ならびに尿のナトリウム濃度の増加によりもたらされると報告された²¹⁾。

これらの実験結果をまとめると、膀胱上皮に影響が見られたのはL-アスコルビン酸ナトリウムを飼料に2.73%以上添加した場合であり、6.84%添加した飼料を投与した場合のみで有意差が認められていた。また、L-アスコルビン酸カルシウムには膀胱に対する発がんプロモーター作用は認められなかった。

④生殖発生毒性

L-アスコルビン酸カルシウムの繁殖性に関する試験のデータを確認することはできなかったが、発生毒性についてはニワトリを用いた試験が報告されている。参考知見として以下に示す。また、L-アスコルビン酸、L-アスコルビン酸ナトリウムについては、催奇形性あるいは繁殖性についてラット、マウス、モルモット及びハムスターを用いた試験が実施されている。

受精鶏卵の気室にL-アスコルビン酸カルシウム溶液を10~200 mg/kg体重の用量で注射、もしくは5~100 mg/kg体重の用量で注射後96時間孵卵したとき、いずれも徐々に鶏胚が死亡した。この条件下で鶏胚の形態異常は認められなかった³⁾。

(L-アスコルビン酸)

妊娠CD-1マウス(各群20~23匹)にL-アスコルビン酸(0、5.2、24.1、112.0、520 mg/kg体重/日)を妊娠6日から10日間強制経口投与したところ、母動物及び胎児に投与による影響は認められず、胎児の内臓検査及び骨格検査においても異常の発生頻度に対照群との間に差は認められなかった^{3)、23)}。

マウスにL-アスコルビン酸(250、500、1,000 mg/kg体重/日)を妊娠6日から15日まで経口投与した試験において、発生毒性は認められず、児の発育分化、母動物の行動、妊娠、分娩及び哺育能力にも影響は認められなかった³⁾。

妊娠Wistarラット(各群20匹)にL-アスコルビン酸(0、5.5、25.5、118.5、550 mg/kg体重/日)を妊娠6日から10日間経口投与したところ、母動物及び胎児に投与による影響は認められず、胎児の内臓検査及び骨格検査においても異常の

発生頻度に対照群との間に差は認められなかった^{3), 23)}。

ラットにL-アスコルビン酸 (150、250、500、1,000 mg/kg 体重/日) を妊娠 6 日から 15 日及び分娩から分娩後 21 日まで経口投与した試験において、発生毒性は認められず、児の発育分化、母動物の行動、妊娠、分娩及び哺育能力にも影響は認められなかった³⁾。

妊娠中のラット、ハムスター及びモルモットにL-アスコルビン酸(最高用量 400 mg/kg 体重/日) を経口投与した試験、ならびに妊娠中のマウス及びラットに L-アスコルビン酸 (最高用量 1,000 mg/kg 体重/日) を経口投与した試験が実施されているが、いずれの試験においても生殖及び発生に関する項目に異常は認められなかった⁶⁾。

雌雄ペアのモルモットにL-アスコルビン酸 (0.5% : 500 mg/kg 体重/日) を混餌投与したところ、分娩母体数及び一腹当たりの児数、その他の繁殖能に関して対照群との差は認められなかった³⁾。

雌モルモットにL-アスコルビン酸 (4、10、100 mg/kg) を 14 日齢から 3 産目まで混餌投与した試験では、4 mg/kg 群で妊娠母体数が高用量群よりも少なく、100 mg/kg 群で児生存率の低下が観察された。モルモットにL-アスコルビン酸(1.5、4.0、100 mg/kg 体重) を 3 世代にわたり混餌投与した試験においては 100 mg/kg 投与群で出産腹数が最も多く、流産が最も少なかった³⁾。

(L-アスコルビン酸ナトリウム)

F344 ラット (各群雄 4 匹、雌 9 匹) にL-アスコルビン酸ナトリウム (0、0.91、2.73、4.56、6.84% : 0.455、1.365、2.28、3.42 g/kg 体重/日^{*1)}) を 4~5 週齢から混餌投与し、10 週齢で交配して分娩後、雄児ラットに 16 週齢まで同用量を投与した¹⁸⁾。この試験における一腹当たりの児数は対照群と同様であり、親動物の体重に投与の影響は認められなかった。児動物では 2.73%群を除く全ての投与群で有意な体重増加抑制が観察されたが、用量相関性は明らかでなかった。4.56、6.8%群の妊娠 14 日の雌親動物及び児動物で飲水量が増加した。尿検査では全ての投与群の児動物で尿 pH が増加し、2.73%群以上で尿沈殿物が増加した。6.84%群では、膀胱重量が増加、膀胱上皮の単純性過形成の頻度及び bromodeoxyuridine (BrdU) による細胞増殖活性も増加し、2.73%群以上で走査型電子顕微鏡検査による膀胱上皮の増殖性病変の増加が観察された。しかし、反復投与毒性の項で記述したように、雄 F344 ラットを用いて 6.84%の L-アスコルビン酸ナトリウムに塩化アンモニウムを添加する混餌投与試験が行われており、その結果として塩化アンモニウムを投与した群では膀胱上皮の過形成が減少あるいは観察されなかったことから、L-アスコルビン酸ナトリウム投与により尿及び膀胱に観察された変化は、L-アスコルビン酸そのものが原因でなく、ナトリウムによる尿 pH の上昇がもたらした影響であると考えられる¹⁸⁾。

⑤遺伝毒性

L-アスコルビン酸カルシウムの遺伝毒性については限られた試験が実施されているにすぎないが、L-アスコルビン酸、L-アスコルビン酸ナトリウム及びL-アスコルビン酸ナトリウムの立体異性体であるエリソルビン酸ナトリウムについての遺伝毒性試験が実施されている。

L-アスコルビン酸カルシウムの細菌 (*Salmonella typhimurium* TA98、TA100、TA1535、TA1537、TA1538) を用いた復帰突然変異試験 (0.055、0.11、0.22%(w/v)) がプレート法ならびにプレインキュベーション法で行われており、また酵母 (*Saccharomyces cerevisiae* D4) を用いた遺伝子変換試験 (1.25、2.5、5.0%) がプレインキュベーション法で行われているが、いずれも S9mix の有無にかかわらず、陰性であった²⁴⁾。

(L-アスコルビン酸)

L-アスコルビン酸の細菌 (*S. typhimurium* TA1535、TA1537、TA1538) を用いた復帰突然変異試験がプレート法 (0.00025%(w/v)) ならびにプレインキュベーション法 (0.00013、0.00025%(w/v)) で行われており、また酵母 (*S. cerevisiae* D4) を用いた遺伝子変換試験 (0.0013、0.0025%(w/v)) がプレインキュベーション法で行われているが、いずれも S9mix の有無にかかわらず、陰性であった²⁵⁾。

(L-アスコルビン酸ナトリウム)

L-アスコルビン酸ナトリウムの細菌 (*S. typhimurium* TA98、TA100、TA1535、TA1537、TA1538) を用いた復帰突然変異試験 (0.075、0.15、0.30%(w/v)) がプレート法ならびにプレインキュベーション法で行われており、また酵母 (*S. cerevisiae* D4) を用いた遺伝子変換試験 (1.25、2.5、5.0%) がプレインキュベーション法で行われているが、いずれも S9mix の有無にかかわらず、陰性であった²⁶⁾。

(エリソルビン酸ナトリウム)

エリソルビン酸ナトリウムの *S. typhimurium* 又は *S. cerevisiae* D3 のマウス宿主経路試験において、いずれも代謝活性の有無にかかわらず陰性の結果が報告されており、さらにラットを用いた優性致死試験ならびにマウスを用いた相互転座試験においていずれも陰性だった³⁾。

以上より、L-アスコルビン酸カルシウムについては細菌と酵母による遺伝毒性試験で陰性の結果が得られているのみであるが、その他の類縁化合物についての遺伝毒性試験の結果より、L-アスコルビン酸カルシウムには生体にとって特段問題となるような遺伝毒性はないものと考えられた。

⑥一般薬理等

L-アスコルビン酸カルシウムの挙動は体内に取り込まれた後は L-アスコルビン酸そのものの挙動と同じであると考えられている。そのL-アスコルビン酸の薬理作用に関しては、その欠乏症が壊血病、出血傾向の増大などを惹起させることが知られているが、その生理学的メカニズムは必ずしも十分明らかにされていない¹¹⁾。また、L-アスコルビン酸投与に関しては、以下の血小板への影響、赤血球への影響³⁾、利尿作用¹⁶⁾に関する研究報告がある。

血小板への影響：L-アスコルビン酸の大量投与により、急性血栓性静脈炎患者に対するヘパリンの作用を妨げること（約 16 g/日）及びプロトロンビン時間の短縮が報告されている³⁾。

赤血球への影響：L-アスコルビン酸大量投与によって赤血球の溶血が成人（5 g/日）及びマウスにおいて認められた³⁾。

利尿作用：小児と成人において、アスコルビン酸（5 mg/kg 体重）の投与によって利尿作用が認められると示されている¹⁶⁾。

⑦ヒトにおける知見

L-アスコルビン酸カルシウムのヒトにおける知見を確認することはできなかった。しかしながら、ヒトに L-アスコルビン酸を投与した試験は実施されている。L-アスコルビン酸カルシウムの挙動は体内に取り込まれた後は L-アスコルビン酸そのものの挙動と同じであると考えられていることから、L-アスコルビン酸のデータを以下に示す。

(L-アスコルビン酸)

1,000 名の志願者に二重盲検・プラセボ投与方法を用いてアスコルビン酸（1～4 g/日）を 3 ヶ月間摂取させた結果、アスコルビン酸服用者の 15 名とプラセボ服用者の 13 名が嘔気、痙攣、皮膚発疹等の出現により試験を中断した。3 ヶ月間試験を継続した 811 名のうちアスコルビン酸服用者の 12%及びプラセボ服用者の 11%が異常症状を報告し、その割合は両群で同等であった¹⁶⁾。

311 名の被験者に二重盲検・プラセボ投与方法を用いてアスコルビン酸（0～6 g/日）を分割摂取させた結果、アスコルビン酸服用者、プラセボ服用者ともに有害影響はみられなかった¹⁶⁾。

学齢期の 44 組の一卵性双生児（男児 18、女児 26）の各対被験者 1 名にアスコルビン酸（500、750、1,000 mg/日）を摂取させる二重盲検試験を 5 ヶ月間実施したところ血圧、体重、頸部リンパ節の大きさ、血漿総タンパク量、血漿アルブミン量、血球数等の検査でアスコルビン酸投与による有意な影響はなかった¹⁶⁾。

また、ヒトに大量の L-アスコルビン酸を投与した際のシュウ酸の尿路排泄への影響が調べられている。

成人にL-アスコルビン酸 (1~2 g/日) を 90~180 日間投与したところ、シュウ酸塩の尿中排泄には変化がなかった³⁾。

その他、成人にアスコルビン酸 (3~6 g/日) を摂取させたところ、尿中の pH に変化はなく、ナトリウム平衡にも影響はなかった³⁾。

6 国際機関等における評価

(1) JECFA における評価

JECFA は 1973 年の第 17 回会議において、ヒト及び動物での大量投与の試験結果に基づいて、L-アスコルビン酸、同カリウム塩及び同ナトリウム塩に対し、ADI として 0~15 mg/kg 体重/日の値を設定している^{27), 28)}。なお、この値は食事からの摂取の他に摂取が許容される量である。引き続き JECFA は 1981 年の第 25 回会議において、L-アスコルビン酸、同カリウム塩及び同ナトリウム塩について審議し、これらの物質が食品添加物あるいは L-アスコルビン酸の栄養補助剤として使用されるという条件で、ADI を「0~15 mg/kg 体重/日」から「特定しない (not specified)」に変更した。なお、上記の使用条件で L-アスコルビン酸カルシウムを摂取した場合、それによるカルシウムの摂取量は食事由来のカルシウムにくらべて著しく低いことから L-アスコルビン酸カルシウムの ADI も「特定しない (not specified)」としている^{16), 29)}。

(2) 米国食品医薬品庁 (FDA) における評価

FDA は L-アスコルビン酸、同ナトリウム塩、同カルシウム塩、エリソルビン酸、同ナトリウム塩、L-アスコルビン酸パルミテートについて既存文献を調査し、これらの物質が現状の使用条件で食品成分として用いられる限り、ヒトに対して有害影響を与える根拠はないとの観点から、これらの物質を GRAS 物質に指定している^{1), 3)}。

(3) 欧州食品科学委員会 (SCF) における評価

SCF は食品に用いられる各種の抗酸化剤の安全性及び使用基準等について検討しているが、1987 年の報告書では L-アスコルビン酸、同ナトリウム塩及び同カルシウム塩について次のような見解を公表している³⁰⁾。

短期及び長期投与毒性試験ならびに生殖発生毒性試験では高用量 (1~2 g/kg 体重/日) においても実験動物に対して有害影響はなく、遺伝毒性試験においても遺伝子突然変異を誘発する事実はみられていない。ヒトが 100 mg/kg 体重/日を長期間摂取しても副作用はみられなかった。

L-アスコルビン酸の食品からの摂取量は 1 日当り、通常、30~100 mg と算定されている。したがって、L-アスコルビン酸、同ナトリウム塩及び同カルシウム塩を食品添加物として使用する場合、それによる L-アスコルビン酸、同ナトリウム塩及び同カルシウム塩の摂取量は食品からのそれぞれの摂取量にくらべるとはる

かに低いと考えられている。

以上の観点から、SCF は、L-アスコルビン酸、同ナトリウム塩及び同カルシウム塩については、添加物として使用される限り、特定の数値の ADI を設定する必要はないと述べている。

7 一日摂取量の推計等

L-アスコルビン酸カルシウムは未指定添加物であるため、我が国における摂取量データはない。したがって、体内に摂取される場合を想定し、現時点におけるビタミンCとカルシウムの摂取量について以下に記載した。

(1) ビタミンC

「平成 16 年国民健康・栄養調査結果の概要」³¹⁾によると、食品から摂取されるビタミンCの一日摂取量は、117 mg (男性 110 mg、女性 123 mg) である。

ビタミンCの評価について、厚生労働省においてとりまとめられた「日本人の食事摂取基準 (2005 年版)」³²⁾では、大量摂取しても消化管からの吸収率が低下し、かつ尿中排泄が増加するため過剰症はないが、3~4 g/日以上 of 摂取量で下痢が認められている。成人において上限量 (UL) を設定する根拠が十分ではないこと等から、現時点では UL を設定しないとしている。

(2) カルシウム

「平成 16 年国民健康・栄養調査結果の概要」³¹⁾によると、食品から摂取されるカルシウムの一日摂取量は、538 mg (男性 550 mg、女性 528 mg) である。

一方、平成 16 年度厚生労働科学研究³³⁾によれば、食品添加物の食品向け生産量を基に算出される一日摂取量は、カルシウムとして 68.11 mg と推定される。このことから、食品添加物のカルシウム塩は、全カルシウム摂取量の 10%程度になると考えられる。

カルシウムの我が国における評価について、厚生労働省においてとりまとめられた「日本人の食事摂取基準 (2005 年版)」³²⁾では、ミルクアルカリ症候群で観察された 2.8 g/日を最小毒性量 (LOAEL) とし、カルシウムを多量に摂取しても健康障害の発生は非常に稀であると考えられることから、不確実係数=1.2 として成人 (18 歳以上) の UL を 2.3 g/日としている。したがって、国民健康・栄養調査に基づく成人における摂取量平均に、食品添加物の食品向け生産量を基に推定した摂取量を加えた場合でも、UL を超えない。

8 評価結果

体内動態に関する試験に本物質のものはないが、吸収率について、本物質と L-アスコルビン酸との間に差はないことから、本物質は L-アスコルビン酸及びその塩類と同等と考えて評価することが可能であると判断した。

よって、L-アスコルビン酸カルシウムについて、提出された毒性試験成績等は必ずしも網羅的なものではないが、既にわが国で使用の認められているL-アスコルビン酸塩類等の試験成績を用いて総合的に評価することは可能であると判断した。

L-アスコルビン酸カルシウム及びその塩類の試験成績を評価した結果、発がん性、生殖発生毒性及び遺伝毒性を有さないと考えられる。また、反復投与毒性試験では、安全性に懸念を生じさせる特段の毒性影響は認められないと考えられた。

なお、わが国においては、L-アスコルビン酸及びそのナトリウム塩等については、食品添加物としての使用経験があり、これまでに安全性に関して特段の問題は指摘されていない。JECFA では、L-アスコルビン酸カルシウムについて、「ADI を特定しない (not specified)」と評価している。

以上から、L-アスコルビン酸カルシウムが添加物として適切に使用される場合、安全性に懸念がないと考えられ、ADI を特定する必要はないと評価した。

【引用文献】

- 1) Food and Drug Administration, NHS. 21 CFR, Subpart D –Chemical Preservatives, § 182.3189 Calcium ascorbate. 21 CFR Ch I. (4-1-04 Edition).
- 2) Office for Official Publications of the EC. European Parliament and council directive No 95/2/EC of 20 February 1995 on food additives other than colours and Sweeteners (抜粋) . CONSLEG: 1995L0002-17/07/2003: 1-18, 45-50.
- 3) Prepared for FDA, Life Sciences Research Office Federation of American Societies for Experimental Biology. Evaluation of the health aspects of ascorbic acid, sodium ascorbate, calcium Ascorbate, erythorbic acid, sodium erythorbate, and ascorbyl palmitate as food ingredients. SCOGS-59, Contract No. FDA 223-75-2004. (1979).
- 4) Higdon J. The bioavailability of different forms of vitamin C.
<http://lpi.oregonstate.edu/ss01/bioavailability.html>
- 5) IPCSINTOX Databank. Ascorbic Acid.
<http://www.intox.org/databank/documents/pharm/ascorbic/ascorbic.htm>
- 6) European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of vitamin C (L-Ascorbic acid, its calcium, potassium and sodium salts and L-Ascorbyl-6-palmitate). *The EFSA Journal*. (2004)59: 1-21.
- 7) Cai J, Zhang Q, Wastney ME, Weaver CM. Calcium bioavailability and kinetics of calcium ascorbate and calcium acetate in rats. *Exp. Biol. Med.* (2004)229: 40-45.
- 8) Morton DJ, Barrett-Connor EL, Schneider DL. Vitamin C supplement use and bone mineral density in postmenopausal women. *J. Bone. Miner. Res.* (2001) 16: 135-140.
- 9) Tsugawa N, Yamabe T, Takeuchi A, Kamao M, Nakagawa K, Nishijima K, Okano T.

- Intestinal absorption of calcium from calcium ascorbate in rats. *J. Bone. Miner. Metab.* (1982)17: 783-808.
- 10) Salnikow K, Kasprzak KS. Ascorbate depletion: a critical step in nickel carcinogenesis? *Environ. Health. Perspect.* (2005)113: 577-584.
 - 11) 日本薬局方解説書編集委員会. アスコルビン酸 -Ascorbic Acid-.第十四改正日本薬局方解説書 C-49-54, 2001.
 - 12) Curtin CO, King CG. The metabolism of ascorbic acid-1-C¹⁴ and oxalic acid-C¹⁴ in the rat. *J. Biol. Chem.* (1955) 216:539-548.
 - 13) Kallner A, Hartmann D, Hornig D. Steady-state turnover and body pool of ascorbic acid in man. *Am. J. Clin. Nutr.* (1979) 32:530-539.
 - 14) Hellman L, Burns JJ. Metabolism of L-ascorbic acid-1-C¹⁴ in man. *J. Biol. Chem.* (1958) 230:923-930.
 - 15) Demole V. C VII. On the physiological action of ascorbic acid and some related compounds *Biochem. J.* (1934) 28:770-773.
 - 16) JECFA. Calcium Ascorbate. IPCS INCHEM. WHO Food Additives Series 16(1981). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v16je06.htm>
 - 17) Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food. World Health Organization, International Program on Chemical Safety in Cooperation with the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva, Environmental Health Criteria 70 (1987).
 - 18) Cohen SM, Garland EM, Cano M, St John MK, Khachab M, Wehner JM, Arnold LL. Effects of sodium ascorbate, sodium saccharin and ammonium chloride on the male rat urinary bladder. *Carcinogenesis.* (1995)16: 2743-2750.
 - 19) Fukushima S, Ogiso T, Kurata Y, Shibata M, Kakizoe T. Absence of promotion potential for calcium L-ascorbate, L-ascorbic dipalmitate, L-ascorbic stearate and erythorbic acid on rat urinary bladder carcinogenesis. *Cancer Lett.* (1987)35:17-25.
 - 20) Fukushima S, Imaida K, Sakata T, Okamura T, Shibata M, Ito N. Promoting effects of sodium L-ascorbate on two-stage urinary bladder carcinogenesis in rats. *Cancer Res.* (1983) 43: 4454-4457.
 - 21) Cohen SM, Ellwein LB, Okamura T, Masui T, Johansson SL, Smith RA, Wehner JM, Khachab M, Chappel CI, Schoenig GP, Emerson JL. Comparative bladder tumor promoting activity of sodium saccharin, sodium ascorbate, related acids, and calcium salts in rats. *Cancer Res.* (1991) 51: 1766-1777.
 - 22) Fukushima S, Shibata MA, Shirai T, Tamano S, Ito N. Roles of urinary sodium ion concentration and pH in promotion by ascorbic acid of urinary bladder carcinogenesis in rats. *Cancer Res.* (1986) 46: 1623-1626.
 - 23) Prepared for FDA, Food and Drug Reserch Laboratories, Inc. Teratologic evaluation of FDA 71-65, ascorbic acid in mice and rats. National Technical Information Service

- (NTIS) PB-245 518. (1975).
- 24) Litton Bionetics, Inc. Mutagenicity evaluation of FDA 75-63, calcium ascorbate F.C.C. National Technical Information Service (NTIS) PB-279261. (1976).
 - 25) Litton Bionetics, Inc. Mutagenic evaluation of compound FDA 71-65, ascorbic acid. National Technical Information Service (NTIS) PB-245491. (1975).
 - 26) Prepared for FDA, Litton Bionetics, Inc. Mutagenic evaluation of compound. FDA 75-64. Sodium ascorbate USP, FCC. National Technical Information Service (NTIS) PB-266 896. (1976).
 - 27) Seventeenth Report of the JECFA. Toxicological evaluation of certain food additives with a review of general principles and specifications. WHO Technical Report Series 539, FAO Nutrition Meetings Report Series 53. (1974): 18-19, 35-38.
 - 28) JECFA. Toxicological evaluation of some food additives including anticaking agents, antimicrobials, antioxidants, emulsifiers and thickening agents. WHO Food Additives Series 5.(1974):143-145.
 - 29) Twenty-fifth Report of the JECFA. Evaluation of certain food additives (抜粋) . WHO Technical Report Series 669. (1981): 32.
 - 30) Commission of the EC. Report of the scientific committee for food. Report of the SCF Twenty-second Series. (1989).
 - 31) 平成 16 年国民健康・栄養調査結果の概要について. 厚生労働省 (2006)
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2006/05/h0508-1.html>
 - 32) 日本人の食事摂取基準. 厚生労働省策定. (2005) 第一出版
 - 33) 平成 16 年度厚生労働科学研究費補助金 (食品の安全性高度化推進事業) 「国際的動向を踏まえた食品添加物の規格の向上に関する調査研究」主任研究者: 四方田千佳子、分担研究「わが国における食品添加物生産量統計とその国際比較」. 生産量統計を基にした食品添加物の摂取量の推定 その1 指定添加物品目.

L-アスコルビン酸カルシウム 安全性試験結果

試験種類	動物種	試験期間	投与方法	動物数/群	被験物質	投与量	試験結果	文献No	
急性毒性	ラット	単回投与	経口	不明	L-アスコルビン酸	不明	LD ₅₀ :5,000 mg/kg 体重/<	3	
	マウス						LD ₅₀ :5,000 mg/kg 体重/<	15	
	モルモット						LD ₅₀ :5,000 mg/kg 体重/<		
	ウサギ						LD ₅₀ :2,000 mg/kg 体重/<		
	イヌ						LD ₅₀ :500 mg/kg 体重/<		
反復投与毒性	マウス	7日間	経口皮下静注	不明	L-アスコルビン酸	500~1,000 mg/kg 体重/日	異常は認められない。	16	
	モルモット	6日間				400~2,500 mg/kg 体重/日		15	
	ラット	6週間	混餌	不明	L-アスコルビン酸	10,000mg/kg 体重/日	明らかな影響は認められない。	3	
		10週間				6,500 mg/kg 体重/日			
		2年間				0、1,000、1,500、2,000 mg/kg 体重/日		体重、死亡率、症状、血液科学的検査、尿検査、腎臓、肝機能検査、病理肉眼的検査、病理組織学的検査において影響なし。	16 3
		不明				6匹		1、5、10%(1,000、5,000、10,000 mg/kg 体重/日)	体重増加抑制がみられたほか、10%投与群において緩下により6匹中2匹が死亡。
	モルモット	4週間		不明		500mg/匹/日(対照群はL-アスコルビン酸欠乏飼を投与)	(生存日数) 対照群:36.8日、投与群:24.8日	3	
	モルモット(カゼイン無添加飼料飼育)	不明		不明		各群に625 mg/体重(対照群はカゼイン添加飼料で飼育したモルモット)	カゼイン無添加群:体重増加率減少 カゼイン添加群:変化なし	6	
	ラット	10週間	混餌	雄10匹	L-アスコルビン酸ナトリウム ^{*)}	6.84%(3.42 g/kg 体重/日 ^{*)}	体重増加抑制、飲水量増加、尿pH上昇、膀胱重量増加、膀胱内の沈殿物増加、膀胱上皮の過形成がみられたが、塩酸アンモニウム(1.85、2.78、3.70%)を添加して同様に投与すると、飲水量、膀胱の重量が増加した一方で、用量依存的に尿pHが低下し、2.78%以上の添加群では膀胱内の沈殿物が認められず、また、1.85%添加群では2匹で膀胱の過形成が認められたものの2.78%以上の添加群では認められなかった。尿及び膀胱に観察された変化は、L-アスコルビン酸そのものが原因でなく、Naによる尿pHの上昇がもたらした影響であると考えられる。	18	
	イヌ	20日以上	静脈内	不明		1,000 mg/kg 体重	肝臓、腎臓の病理組織学的検査を含め、投与による影響なし。	3	
	離乳ラット	9ヶ月	混餌	不明	L-アスコルビン酸パルミテート	2.5%(1,000、2,500 体重/日、424、1,060 mg/kg 体重/日のL-アスコルビン酸相当)	5%投与群:成長率抑制、8匹中2匹に膀胱内のシュウ酸結石が認められた。	3	
	ラット	2年間	混餌	不明		0.25%(125 mg/kg 体重/日、53 mg/kg 体重/日のL-アスコルビン酸相当)	投与による影響なし。	3	

^{*)} JECFA で用いられている換算値を用いて摂取量を推定

種	最終体重(kg)	摂取量(g/動物/日)	摂取量(g/kg 体重/日)
ラット	0.4	20	50

試験種類	動物種	試験期間	投与方法	動物数/群	被験物質	投与量	試験結果	文献No
発がん性	ラット	10週間	混餌	雄10匹	レアスコルピン酸ナトリウム	0.91、2.73、4.56、6.84% (0.455、1.365、2.28、3.42 g/kg 体重/日 ²⁰¹)	6.84%投与群:膀胱上皮の過形成(6/12)がみられたが、がんの誘発は認められなかった。	18
		二段階発がん実験		雄20匹	レアスコルピン酸ナトリウム(promoter)	1、5%(0.5、2.5 g/kg 体重/日 ²⁰¹)	5%投与群:膀胱腫瘍の発生率の増加が認められたが、尿pHとNa濃度の上昇が原因と考えられる。	20 21
	ラット	二段階発がん実験(32週間)	混餌	雄20匹	レアスコルピン酸カルシウム(promoter)	5%(2.5 g/kg 体重/日 ²⁰¹)	前がん病変、乳頭腫もしくはがんの増加は認められなかった。	19
生殖発生毒性	ニワトリ		卵の気室に注射		レアスコルピン酸カルシウム	①10-200 mg/kg 体重 ②5-100 mg/kg 体重(注射後96時間解卵)	徐々に鶏胚が死亡したが、この条件下で鶏胚の形態異常は認められなかった。	3
	マウス	妊娠6日から10日間	強制経口	20~23匹	レアスコルピン酸	0、5.2、24.1、112.0、520 mg/kg 体重/日	母動物及び胎児に投与による影響は認められず、胎児の内臓検査及び骨格検査においても異常の発生頻度に対照群との間に差は認められない。	3 23
		妊娠6日から15日目	経口	不明		250、500、1,000 mg/kg 体重/日	発生毒性は認められず、児の発育分化、母動物の行動、妊娠、分娩及び哺育能力にも影響は認められなかった。	3
	ラット	妊娠6日目から10日間	経口	20匹		0、5.5、25.5、118.5、550 mg/kg 体重/日	母動物及び胎児に投与による影響は認められず、胎児の内臓検査及び骨格検査においても異常の発生頻度に対照群との間に差は認められない。	3 23
		妊娠6~15日及び分娩後21日	経口	不明		150、250、500、1,000 mg/kg 体重/日	発生毒性は認められず、児の発育分化、母動物の行動、妊娠、分娩及び哺育能力にも影響は認められない。	3
	ラット ハムスター モルモット	(妊娠中)	経口	不明		最高用量400 mg/kg 体重/日	いずれの試験においても、生殖及び発生に関する項目に異常は認められない。	6
	マウス ラット	(妊娠中)	経口	不明		最高用量1,000 mg/kg 体重/日		
	モルモット	不明	混餌	雌雄		0.5%:500 mg/kg 体重/日	分娩母体数及び一腹当たりの児数、その他の繁殖能に関して対照群との差は認められない。	3
	モルモット	14日齢~3産目まで	混餌	雌		4、10、100 mg/kg	100 mg/kg 投与群の児において生存率の低下が観察された。	3
モルモット	3世代にわたり投与	混餌	不明		1.5、4.0、100 mg/kg 体重	100 mg/kg 投与群:出産腹数が最も多くかつ流産が最も少ない。	3	

試験種類	動物種	試験期間	投与方法	動物数/群	被験物質	投与量	試験結果	文献No	
生殖発生毒性(続き)	ラット	4~5 週齢から投与し、10 週齢で交配、出産後、雄児ラットに16 週齢まで	混餌	雄4匹 雌9匹	L-アスコルビン酸ナトリウム	0, 0.91, 2.73, 4.56, 6.84% (0.455, 1.365, 2.28, 3.42 g/kg 体重/日 ¹⁾)	一腹あたりの児数は対照群と同様。 【親動物】 雌 4.56, 6.8%投与群: 妊娠14 日において飲水量増加。 【児動物】 4.56, 6.8%投与群: 飲水量増加。 0.91, 4.56, 6.84%投与群: 有意な体重増加抑制(用量相関性は明らかではない)。 0.91, 2.73, 4.56, 6.84%投与群: 尿 pH の増加。 2.73, 4.56, 6.84%投与群: 尿沈殿物増加。 6.84%投与群: 膀胱重量増加、膀胱上皮の単純過形成の頻度及び BrdU 標識による尿路上皮の増殖。 2.73, 4.56, 6.84%投与群: 走査型電子顕微鏡検査による膀胱上皮の増殖性病変の増加。 尿及び膀胱に観察された変化は、L-アスコルビン酸そのものが原因でなく、ナトリウムによる尿 pH の上昇がもたらした影響と考えられる。	18	
遺伝毒性	In vitro	復帰突然変異試験 (+/- S9mix)		TA98 TA100 TA1535 TA1537 TA1538	L-アスコルビン酸カルシウム	プレート法: 0.055, 0.11, 0.22%(w/v)	S9mix の有無にかかわらず、陰性。	24	
		遺伝子変換試験 (+/- S9mix)		D4		ブレインキューベーション法: 1.25, 2.5, 5.0%	S9mix の有無にかかわらず、陰性。		
	マウス	復帰突然変異試験 (+/- S9mix)			TA1535 TA1537 TA1538	L-アスコルビン酸	プレート法: 0.00025%(w/v) ブレインキューベーション法: 0.00013, 0.00025%(w/v)	S9mix の有無にかかわらず、陰性。	25
			遺伝子変換試験 (+/- S9mix)		D4		ブレインキューベーション法: 0.0013, 0.0025%(w/v)	S9mix の有無にかかわらず、陰性。	
		復帰突然変異試験 (+/- S9mix)			TA98 TA100 TA1535 TA1537 TA1538	L-アスコルビン酸ナトリウム	プレート法、ブレインキューベーション法: 0.075, 0.15, 0.30%(w/v)	S9mix の有無にかかわらず、陰性。	26
			遺伝子変換試験 (+/- S9mix)		D4		ブレインキューベーション法: 1.25, 2.5, 5.0%	S9mix の有無にかかわらず、陰性。	
マウス	宿主経由試験				エリソルビン酸ナトリウム		陰性。	3	
一般薬理	ヒト マウス	不明	経口	不明	L-アスコルビン酸		欠乏症が壊血病、出血傾向の増大などを惹起させる。血小板への影響、赤血球への影響が報告されている。	3	
					アスコルビン酸		利尿作用に関する研究報告がある。	16	

試験種類	動物種	試験期間	投与方法	動物数/群	被験物質	投与量	試験結果	文献No
ヒトにおける知見	ヒト	3ヶ月	経口	1,000人 (3ヶ月継続811名)	アスコルビン酸	1~4g/日(二重盲検法)	投与群15例、プラセボ投与群13例が嘔気、痙攣、皮膚発疹で脱落。3ヶ月間試験を継続した811名のうちアスコルビン服用者の12%及びプラセボ服用者の11%で異常症状の報告あり。その割合は両群で同等。	16
		不明		患者311人		0~6g/日(分割摂取) (二重盲検法)		投与群、プラセボ投与群共に有害影響なし。
		5ヶ月		一卵性双生児44組 (男児18、女児26)	L-アスコルビン酸	500, 750, 1,000mg (二重盲検法)	血圧、体重、頸部リンパ節の大きさ、血漿総タンパク量、血漿アルブミン量、血球数等の検査で有意な影響なし。	16
		90~180日		成人	L-アスコルビン酸	1~2g/日	シュウ酸塩の尿中排泄に変化なし。	3
		不明			アスコルビン酸	3~6g/日	尿中のpHに変化なし。Na平衡に影響なし。	3

*2 投与物質に網掛け () がされているものは、今回の評価品目である。

L-アスコルビン酸カルシウムの食品健康影響評価に関する審議結果（案）
 についての御意見・情報の募集結果について

1. 実施期間 平成19年7月5日～平成19年8月3日
2. 提出方法 インターネット、ファックス、郵送
3. 提出状況 2通
4. 御意見・情報の概要及びそれに対する添加物専門調査会の回答案

	御意見・情報の概要	専門調査会の回答
1	<p>性状について、「においはない。」を、「においはないか、又はわずかに特異なにおいがある。」としていただきたい。この規格で十分品質評価可能と考えるので、食品添加物としても、むやみに規格値を狭める必要は無いと考える。</p>	<p>添加物専門調査会は、厚生労働省からの資料に基づき、性状を「においはない。」として記載しております。</p> <p>食品添加物の成分規格の検討は、リスク管理機関である厚生労働省が行います。</p> <p>頂いた御意見は、リスク管理に関する御意見であることから、担当の厚生労働省にお伝えします。</p>
2	<p>市販のカルシウム剤及びビタミンCを服用していたが、検査で胆石症と診断され、手術が必要になった。同じように摂取していた知人2名で、胆石症の治療、手術をしたと聞いている。これらの服用と胆石症との因果関係は定かではないが、疑問に思っているのを報告する。</p>	<p>カルシウムやビタミンCの摂取と胆石症を結びつけるヒト及び実験動物におけるデータは現時点では見当たりませんので、本件について特段の問題はないと考えます。</p>