尿中の窒素化合物に就て

農學得業士　福谷君貞

尿は高等動物の主なる排泄物にして、多數の新陳代謝產物を含有し、就中蛋白質の分解成物たる諸種の窒素化合物及び無機鹽類を多く含有す。人尿の窒素化合物に就ては人體生理と密接なる關係あるを以て、古來醫化學上より深く研究せられたりと雖も、其の他の動物尿に至りては未だ十分なる研究成績なきが如し。仍て余は人尿の外肥料學上關係深き家畜尿の窒素化合物に就き研究せんことを企て、先づ人尿より始め牛尿及び馬尿に及ぼせり。而して其の他の家畜尿卽ち羊尿・豚尿等に就きては他日研究せんことを期す。

(一) 實驗

(一) 供試品の採集

本實驗に用ひたる供試品中人尿は、實驗者(年齡二十三歲男)の排泄せし新鮮なる尿を採り、牛尿は鹿兒島高等農林學校農場に飼育せる乳牛ホルスタイン種の排泄せしものにして、馬尿は同農場の農用馬より採りたるものなり。

(二) 全窒素の定量

新鮮尿五瓩を採り、ケルダール氏法(Kjeldahl's method)により窒素を定量せり。

(三) アムモニアの定量

新鮮尿二〇瓩を採りシユレ！ジング氏法(Schlösing's method)に據りてアムモニアを定量せり。

即ち尿に石灰乳を加へ室内に放置する時は、尿中のアムモニウム鹽類は分解してアムモニアに變化すれども、他の窒素化合物例へば尿素・尿酸・クレアチニン・馬尿酸等は毫も變化することなきが故に、此原理に基き、先づ二〇瓩の供試尿に一〇瓩の石灰乳を加へ、之を一〇瓩の規定酸液を入れたるシャーレ「の上に置き、直に鐘を以て覆ひ、全裝置を動搖して尿と石灰乳とを十分に混和したる後五乃至七日間室内に放置せり。かくて尿より分離したるアムモニアは殆ど全く規定酸液中に吸收せらるべきが故に、シャーレー内の規定酸液を滴定し以てアムモニアの量を定量せり。

(四)尿素の定量

人尿及び馬尿にありては五瓩、牛尿にありては一五瓩を採り、メルネルショキストフオリン氏法(Mörner-Sjöquist-Folin's Method)に依り定量せり。即ち尿に水酸化バリウム及びアルコールエーテル(一〇〇瓩)を加へて尿素・クレアチニン・アムモニア・馬尿酸以外の窒素化合物を析出せしめ此濾液に酸化マグネシウムを和し、五〇度に熱して悉くアムモニアを除去し、尚アムモニア及びエーテルを蒸溜し去りたる後少許の鹽酸(二瓩)を加へて蒸發乾涸し、殘滓に鹽酸及び結晶鹽化マグネシウム二〇瓦を加へて一一二—一一五度に熱する時は、尿素は結晶水中に溶解す。斯して溫度一五〇—一五五度に達する時は沸騰して尿素は完全に分解せられ炭酸及びアムモニアに變ずれども、其の他の窒素化合物即ち馬尿酸及びクレアチニン等は變化する事なく其のまゝ殘留すべし。而して尿素より發生したるアムモニアは酸に依りて固定せらる。故に右の處理によりて得たる混合物に苛性曹達を加へ、遊離せられたるアムモニアを一〇瓩の

定規酸液中に蒸溜し、酸の消費量より窒素の量を算出し、更に此量より試藥として用ひたる鹽化マグネシウムに夾雜せるアムモニアの量を減じ、其の差を尿素量に換算せり。

(五)尿酸の定量

供試尿二〇〇瓦を採り、ザルコースキールドウヰヒ氏法(Method von Salkowski-Ludwig)に據りて尿酸を定量せり。即ち尿にアムモニア性マグネシア液五〇瓦を加へて燐酸を沈澱せしめ、此濾液に硝酸銀を加ふれば、尿酸は銀マグネシア化合物(Harnsäure silber magnesia $C_5H_2N_4O_3Mg + C_5H_2N_4O_3Ag_2$)となりて完全に析出するが故に、此沈澱を分離して水に浮遊せしめ、硫化水素を通じて銀を析出せしむると同時に尿酸を溶解せしめ、其の濾液を蒸發し之に鹽酸を加へて尿酸を沈澱せしめ其の結晶を集めて秤量せり。

(六)馬尿酸の定量

人尿にありては二〇〇瓦、牛尿にありては五〇瓦、馬尿にありては一〇〇瓦を採り、ブンゲ及びシユミーデベルヒ氏法(Bunge und Schmiedeberg's method)に據り馬尿酸を定量せり。即ち供試品に炭酸曹達を加へてアルカリ性となし、濾液を蒸發して含利別狀の濃度に至らしめ、冷酒精を以て反覆浸出して全浸出液を蒸溜し、殘液を分液漏斗に移し、稀鹽酸を加へて强酸性となし、醋酸エーテルを以て振盪し、暫時靜置して醋酸エーテルを分離し、更に四五回醋酸エーテルの浸出を反覆す。此浸出液は馬尿酸の他多少の夾雜物を含むが故に、之に少量の水を加へて振盪し以て馬尿酸の醋酸エーテル溶液を洗滌し、水液を放棄したる後蒸溜す。爰に得たる殘渣より安息香酸を除去せんが爲め、石油エーテルを以て數回浸出し、殘れる不溶解物質を少量の水に

溶解し、骨炭にて脱色したる後五〇—六〇度に於て蒸發し、析出したる結晶(馬尿酸)を其の儘乾燥して秤量せり。

(七)クレアチニンの定量

二四〇瓩の尿に石灰乳を加へて強アルカリ性となし、之に鹽化カルシウム液を追加して燐酸を析出せしめ、更に水を加へ三〇〇瓩となし、攪拌混和せしめたる後約一五分間を經て濾過し、濾液の二五〇瓩を採り、稀鹽酸を以て酸性となし、蒸發して約二〇瓩となし、炭酸曹達液を以て中和し、之と同容量の無水酒精を加へ、其の全量をメッスコルベンに移し、無水酒精を追加して一〇〇瓩となし、十分混和して一晝夜間放置の後濾過し、濾液八〇瓩を採り、一、二瓩の酒精性鹽化亞鉛液を加へ、可及的酒精の蒸發を防止して五日間冷所に放置せしに、大なる球狀又は束針狀の結晶クレアチニン鹽化亞鉛を析出せり。仍て之を濾過し、八〇%の酒精を以て洗滌し、沈澱物の大部分は之を秤量したる蒸發皿に移し、濾紙に附着せる結晶は少量の熱湯に溶解し、此液をも同一の皿に注ぎ、之に酒精を加へて蒸發したる後一〇〇度に於て乾燥秤量せり。尚此クレチニン鹽化亞鉛の一定量をケールダル氏法に依りて處理し、クレアチニン態窒素の定量を行へり。

クレアチニン鹽化亞鉛(Kreatinin-chlorzink $C_4H_7N_3O_2ZnCl_2$)の速に析出したる物は細微なる針より成れる球狀態なれども、徐々に析出したるものは大なる束針狀結晶を成し、共に硬固なる結晶にして、冷水には溶け難く、熱湯又は鑛酸には容易に溶解す。クレアチニン鹽化亞鉛を乳鉢内に於て粉碎し、之を熱湯に溶解し、其の濾液に就てワイル氏反應(Weylsche Reaktion)及びヤッフエ

氏試驗(Jaffesche Probe)を試みしに、共に著明なる着色反應を呈したり。

(二) 成績

(一) 人尿

	淡尿	濃尿	平均
比重	一・〇〇八	一・〇二一	一・〇一五
全窒素	〇・四八五	〇・八四二	〇・六六四
アムモニア	〇・〇二二	〇・〇三五	〇・〇二九
尿素	〇・八九三	一・五六一	一・二二七
尿酸	〇・〇二五	〇・〇二六	〇・〇二六
クレアチン	—	—	〇・〇四四
馬尿酸	—	—	〇・〇三一

表中淡尿と稱するは、食後暫時にして排泄せしものにして、淡くして其の比重一・〇〇八を示し尿色は透明なる淡藁色にして、酸性反應を呈す。而して濃尿と稱するは運動後排泄せし尿に係り、濃厚にして全窒素に富み、其の比重一・〇二二を示し、透明なる濃藁黄色を帶び、同じく酸性反應を呈す。

次に全窒素を一〇〇として各種窒素の割合を示せば左表の如し。

	淡尿（全窒素〇・四八五％）	濃尿（全窒素一・〇二一％）	平均（全窒素一・〇一五％）
アムモニア態窒素	三・七八八	三・四四五	三・六一六
尿素態窒素	八五・七七三	八七・五八六	八六・六八一
尿酸態窒素	一・六六六	一・〇〇五	一・三三六
クレアチニン態窒素	—	—	二・四八六
馬尿酸態窒素	—	—	〇・三二八
其の他の窒素	—	—	五・五五三
合計			一〇〇・〇〇〇

但し、クレアチニン及び馬尿酸の平均含量は、淡尿と濃尿とを半量宛混合して定量せしものなり。

今歐洲人の尿と比較せんが爲め、フォーリン氏(Otto Folin)の研究成績を擧れば左の如し。

尿素態窒素	アムモニア態窒素	クレアチニン態窒素	尿酸態窒素	其他	合計
八七・五	四・三	三・六	〇・八	三・八	一〇〇

即ち歐洲人の尿中に於ける全窒素百分中の組成分は本邦人のそれと大差なきを知る。

(二)牛尿

	淡尿	普通尿	濃尿	平均
比重	一・〇二六七	一・〇三九五	一・〇四〇六	一・〇三五六
全窒素	〇・四〇四	〇・六七〇	一・四八一	〇・八五二
アムモニア	無し	無し	無し	無し
尿素	〇・一三〇	〇・三六七	一・五二六	〇・六九三
尿酸	〇・〇一〇	〇・〇二七	〇・〇二九	〇・〇二二
馬尿酸	一・六一五	二・〇七四	二・四〇六	〇・〇三二
クレアチニン	〇・〇四九	〇・〇七一	〇・一三〇	〇・〇八三

供試尿は、何れも乳牛ホルスタイン種の排泄せしものなれども、其の採集時期を異にするに從ひ濃淡の差を生ず。表中淡尿は比重一・〇二六七を示し黄褐色を帶び、多少のヌベクラ(Nubecula)を沈澱せしも、上澄液は透明なりき。濃尿は比重一・〇四〇六を示し暗褐色にして、多少のヌベクラを沈澱せしものなり。而して普通尿と記せるは、其の中間に位し、比重一・〇三九五を示し、褐色にして稍多量のヌベクラを沈澱せしものなり。何れも稍強きアルカリ性反應を呈し、礦酸を注げば泡沫を發し炭酸瓦斯を放出す。

今全窒素を一〇〇として各種窒素の割合を示せば左の如し。

	淡尿（全窒素〇・四〇四％）	普通尿（全窒素〇・六七％）	濃尿（全窒素一・四八一％）	平均（全窒素〇・八五二％）
アムモニア態窒素	〇・〇〇	〇・〇〇	〇・〇〇	〇・〇〇
尿素態窒素	一五・七一	二五・五三	四八・〇八	二九・七七
尿酸態窒素	〇・八五	一・三三	〇・八八	一・〇二
馬尿酸態窒素	三一・二八	二三・三七	一二・七二	二二・四六
クレアチニン態窒素	七・二三	六・二八	五・二三	六・二七
其の他の窒素	四四・九三	四三・四九	三三・〇九	四〇・四八
合計	一〇〇・〇〇	一〇〇・〇〇	一〇〇・〇〇	一〇〇・〇〇

斯くの如く、牛尿中には其の他の窒素（定量せざる窒素）の量甚だ多し。此種の窒素中には恐らく有機鹽基若くはアミノ鹽類の狀態をなせるもの多きを占むるならん。余は此間の消息を覗はん爲め、供試濃尿の一定量を採り、燐ウォルフラム酸（Phospho-tungstic acid）を加へて沈澱と濾液とを分ち、兩者の含む窒素を定量せしに次の結果を得たり。

燐ウォルフラム酸 沈澱 一一・五四％
燐ウォルフラム酸 濾液 八八・四六％

而して尿中の窒素化合物を燐ウォルフラム酸に依りて二大別するときは、

（アムモニア（牛尿中には存在せず）

燐ウオルフラム酸沈澱 ― 尿酸
　　クレアチニン
　　（其の他の有機鹽基

燐ウオルフラム酸沈澱の濾液 ― 尿素
　　馬尿酸
　　アミノ酸類

とならざるべからざるが故に、今燐ウオルフラム酸沈澱の窒素（一一・五四％）より尿酸態窒素（〇・八八％）及びクレアチニン態窒素（五・二三％）を控除する時は、殘り（其の他の有機鹽基態窒素）五・四三％となり、同濾液の窒素（八八・四六％）より尿素態窒素（四八・〇八％）及び馬尿酸態窒素（一二・七二％）を控除する時は、殘り（アミノ酸態窒素）二七・六六％となる。此種の窒素化合態に就ては他日研究せん事を期す。

（三）馬尿

	淡尿	濃尿	平均
比重	一・〇一九八	一・〇三〇四	一・〇二五一
全窒素	〇・三七八	一・一三六	〇・七五七
アムモニア	無し	無し	無し
尿素	〇・五四〇	二・〇〇四	一・二七二

尿酸	〇・〇〇八	〇・〇一六	〇・〇一二
馬尿酸	〇・一四三	〇・四四六	〇・二九五
クレアチニン	痕跡	痕跡	痕跡

表中淡尿は、農用馬が休息後に排泄せし尿にして、比重一・〇一九八を示し、橙黃色を帶び、尿液全體が一樣なる浮遊物(Colloidal substance)に依りて不透明を現し、一晝夜放置するも依然溷濁の狀態にありき。茲に於て余は蛋白質物ならんと思惟し、醋酸を加へて溫めしに忽ち透明の液となれり、故に蛋白質に非ず。さては尿酸鹽ならんと思慮し、全液の二〇分の一に相當する濃鹽酸を加へしに溷濁は直に消失し、二、三日間放置せしも、尿酸結晶のみか、馬尿酸の沈澱すら析出せざりき。

濃尿は同農場農用馬が農耕に使役されたる後排泄せしものにして、比重一・〇三〇四を示し、濃褐色を帶び牛尿の色と殆と同一の外觀を現し、前者の如く溷濁する事なく透明なりき。何れも稍強きアルカリ性反應を呈し、礦酸を注ぐ時は、盛に泡沫を發して炭酸瓦斯を放出す。今全窒素を一〇〇として各種窒素の割合を示せば左の如し。

	淡尿(全窒素〇・三七八%)	濃尿(全窒素一・一三六%)	平均(全窒素〇・七五七%)
アムモニア態窒素	〇〇・〇	〇・〇〇	〇・〇〇
尿素態窒素	六六・六六	八二・二八	七四・四七

尿酸態窒素	〇・六五	〇・六五	〇・六五
馬尿酸態窒素	二・九六	三・〇八	三・〇二
クレアチニン態窒素	痕跡	痕跡	痕跡
其の他の窒素	二九・七二	一三・九九	二一・八六
合計	一〇〇・〇〇	一〇〇・〇〇	一〇〇・〇〇

斯くの如く、馬尿は馬尿酸態窒素よりも尿素態窒素を含む事遙に多く、且つ馬尿酸の含量は牛尿に於けるよりも寧ろ少きを知る。

(三) 結論

以上の成績に據り次の如く結論するを得べし。

一、牛馬尿は殆ど全くアムモニア態窒素を含有せず。蓋し牛馬尿は多量の炭酸鹽を含有し從つて稍強き鹽基性反應を呈するを以てアムモニアの存在を許さざるべし。

二、從來馬尿及び牛尿中の窒素は、主として馬尿酸の形態をなすものなるが如く唱ふるものあれども、右の試驗成績に據る時は、馬尿酸態窒素は寧ろ尿酸態窒素よりも少く、殊に馬尿に於ては全窒素の約七五%は尿素態窒素にして、人尿(約八〇%の尿素態窒素を含む)と著しき差異なきを知る。

三、馬尿酸は馬尿よりも牛尿に含まるゝ事遙に多し。これを以て觀れば、馬尿酸と稱するよりも寧ろ牛尿酸と稱するを至當とするの感あり。

四、馬尿はクレアチニンの痕跡を含むに過ぎざれども、牛尿は稍多量のクレアチニンを含有す。

又表中に示せる其の他の窒素(定量せざる窒素)の量牛尿中には比較的甚だ多し。蓋し此種の窒素中には有機鹽基若くはアミノ酸類の狀態をなすもの多きを占むるならん。

五、尿の成分は家畜の年齡・飼料の種類・運動の狀態等に依りて差異あるは言を俟たざる所なるが、今牛馬尿に就き此關係を觀察するに、其の最も著しく異同を來す成分は、尿素及び馬尿酸にして、尿素は運動と密接なる關係を有し、馬尿酸は飼料と密接なる關係を有す。即ち激しき勞働に服したる牛馬の尿は著しく尿素の含量を增加すれども、其の他の含窒素有機物は殆と常に一定の割合を以て含有せられ、休息後の尿中に於ける割合と大差なし。例へば馬尿の百分組成を見るに、淡尿(全窒素〇・三七八%)は休息後に排泄せし尿にして、尿素を含有すること少きも濃尿(全窒素一・一三六%)は農耕に使役したる後排泄せる尿にして、尿素を含有せる事甚だ多し。されば牛馬尿の全窒素量多きは即ち尿素の含量多き事を示し、從つて全窒素量多き尿は、其の含量少き尿に比し肥效大なりと云うて可なり。これ尿素は他の含窒素有機物(馬尿酸尿酸及びクレアチニン等)よりも肥效大なるが故なり。

又主に牧草類を以て牛馬を飼養する時は、其の尿中に馬尿酸の含量を增し、反之主に穀類を以て牛馬を飼養する時は其の尿中に馬尿酸を含有すること少し。

六、牛尿及び馬尿中の含窒素有機物を比較せんに、牛尿は馬尿に比し比較的複雜なる窒素化合物を多く含有し、馬尿中には比較的簡單なる窒素化合物を多く存す。即ち牛尿は馬尿に比し尿素を含む事少くして、比較的複雜なる馬尿酸・尿酸・クレアチニン及びアミノ酸類を多く

含有し、之に反して馬尿は尿素に富み、馬尿酸・尿酸等を含む事少く、クレアチニンの如きは殆と全く含有せず。これ馬尿の肥效牛尿に勝る所以なるべし。