

空中窒素の利用問題

農學博士 大 杉 繁

植物の榮養

本論に入る前に少しく植物の榮養に就て申し上げま
す。

植物を養ふには榮養物が入用である事は唯れも知つ
て居る事でありますが此榮養物は種々雜多でありま
して實に數が多いのであります而し其榮養物の中に
ある元素の種類にしますと割合に簡單で即ち水素、
酸素、窒素、加里、燐、カルシウム、硫黃、鐵、
苦土、炭素の十元素で此外疑問となつて居るのが硅
素、鹽素、ソジウム、マンガンであります。植物は
之等の必要な元素を空氣中から吸収し又土壤中から
とるのであります「クノツプ」氏に依りますと植物
の平均成分は

炭素四五%、酸素四二%、水素六、五%、窒素一、
五%、灰分五、〇%と云ふ事であります植物の成
分は實に大部分は炭素と酸素とより出來て居るので

あります、而し水素、窒素及礦物成分も分量は少い
のですが植物を形成するには是非なくてはならんので
あります。灰分の分量は平均的に申しますと既に申
した様でありますが少し二三の例についてくわしく
申しますと次の様であります。

	灰	加	ソ	カ	マ	鐵	磷	硫
	分	里	ジ	ル	グ			黃
	リ	ム	ラ	シ	ラ			
大 麥	1.99	0.27	0.06	0.01	0.15	0.02	0.29	0.02
稻	0.39	0.07	0.02	0.01	0.03	0.003	0.09	0.001
小 麥	1.96	0.51	0.03	0.05	0.14	0.02	0.40	0.003
大 豆	3.14	1.16	0.02	0.12	0.17	—	0.50	0.03
馬鈴薯	3.79	1.89	0.08	0.07	0.11	0.03	0.28	0.10
サヤ豆	9.62	3.57	0.58	0.84	0.21	0.03	0.50	0.53
豌豆	3.22	1.18	0.04	0.15	0.15	0.01	0.50	0.05
米	6.08	0.56	0.10	0.09	0.64	0.23	1.14	0.01

斯様に植物の種類に依りまして灰分の量は相違しま
すが而し何れの植物にも相當の灰分のある事は必要

であります。

右様に植物は炭素、水素、酸素、窒素、灰分が必要であります、之れをどこから取つて居るかを申しますと、空氣中と土壤中から取つて居ります。即ち植物は日中は空氣中の炭酸瓦斯を取りましてこの炭素を原料にして有機物を作ります。酸素は水を吸収する事と夜間の呼吸作用に依つて取つて居ります。水素は水を吸収すれば自然に植物体内に入るのであります。残りの窒素と灰分は全部を土壤中から取るのであります。最も荳科植物は後ちに御話しします様に空氣中に澤山あります處の遊離窒素を取りますが、之れは例外の場合で普通には植物は窒素を土壤中から取つて居ります。故に此土壤が此の養分を供給する難易多少に依りまして土壤の良否が分れますので今二三の土壤に就て右養分がどの位あるかを見ますのに次の様になります。

番 號	窒 素	化 酸	満 充	石 灰	苦 土	加 里	加 里	磷 酸
1 肥後國西寺村(米)	3.31	0.05	0.62	0.84	0.08	0.08	0.08	0.08
2 相模國秦野(煙草)	4.77	0.59	2.85	1.08	0.07	0.06	0.06	0.06
3 大隅國國分(煙草)	1.05	0.09	0.54	0.15	0.06	0.06	0.06	0.06

4 紀伊國安田(蜜柑) — 7.45 0.18 1.39 14.3 0.05 0.03
 5 山城國宇治(茶) — 1.42 0.08 0.20 0.26 0.12 0.37
 6 信濃國八代村(桑) — 3.10 0.05 0.62 0.84 0.08 0.08
 大原獎農會水田 0.287 3.750 0.0120 0.600 0.286 0.257 0.089
 今一反歩の土壤の重量を二萬貫(一反六畝の深さ)とすれば上記各土壤中の窒素、磷酸、加里の含量は次の様であります。

	窒 素	磷 酸	加 里
1	—	16.0	16.0
2	—	12.0	14.0
3	—	12.0	12.0
4	—	6.0	10.0
5	—	74.0	24.0
6	—	16.0	16.0
7	57.4	19.8	51.4
8	35.0	32.2	60.2

更らに作物の必要とする窒素、磷酸、加里の量は大體次の様であります。(反當)

	窒 素	磷 酸	加 里
稻	1.93	0.522	1.298

大麥	1.42	0.77	1.426
小麥	1.60	0.800	0.977

豌豆	2.67	0.800	1.44
----	------	-------	------

馬鈴薯	2.00	0.800	3.33
-----	------	-------	------

右の要求量を先きに御話した土壤の中の含量に比しますと土壤中の養分は非常に多量でありますから能く無肥量で作り得る様に考へられますが實際は右の土壤の成分は含有養分の全部でありまして之れが全部植物に吸収せらるゝのではありません、其一部分が作物に吸収せられますので之れを土壤の可吸態養分と申します。この可吸態養分の量は土質、氣候、作物の種類に依りまして相違がありますから一定の數字は元より擧げられませんが多くの試験の結果大體窒素は全窒素の一、六—二%、磷酸は全磷酸の〇、三—一、六%、加里は斯様な數字がありますませんが磷酸の場合より可吸率が少し高いと云ふ事になつて居ります。

右の可吸率を全養分につけて合せて作物の要求量に比較致しますと、多くの場合作物は土壤の供給量では養分が足りませんのであります。又土壤の養分供給量は右の土壤中の含量の外に天然の作用を受け

て色々の消長があります。殊に窒素に於て此關係が著しいのでありまして、即ち窒素は空中からアンモニア或は硝酸を降雨、降雪の際に得て居ります。此の量は所に依りて相違がありますが、東京駒場の農科大學では一反一年間に四百十九匁の窒素が空氣中から土壤中に來ると云ふ事になつて居ります。此中アンモニアが三百六十七匁、硝酸が五十二匁になつて居ります。盛岡で私の試験した成績に依りますと十二月より三月末日の降雪中に、一反に對しアンモニア性窒素四十八匁、硝酸性窒素が三十八匁、合計八十四匁となつて居ります。此外土壤中で窒素は「アゾトバクテリア」の作用で幾分空中窒素を取ります。斯様に取る外にアンモニア及び硝酸として揮發したり流れたりして損失致します。磷酸や加里は空中から來る事はなく土壤中で損失するのみであります。土壤中で養分が流れ去る事は養分經濟上大切な事でありまして外國では「ライシメーター」と云ふものを用ひまして盛んに試験して居りますのであります。水田に於ては多量の水を灌漑水として用ひますから之れに依る養分の消長を研究するのは大切な事でありまして私も一昨年末少しく研究して居

るのであります。

耕地の養分の天然供給量は又所謂生理的試験をやつても分明します。即ち無肥料、無窒素、無磷酸、無加里で作物を作りまして出来た收穫物の三成分の含量を見まして無窒素區の窒素の價から無肥料區の窒素の價を、無磷酸區の磷酸の價より無肥料區の磷酸の價、無加里區の加里的價から無肥料區の加里的量を引きまして更らに苗又は種子中の量を引けば天然供給量になります。右の様に計算した結果を反當にしますのであります。今幾内支場の得た結果を見ますと次の様であります。

幾内支場	窒素		磷酸		加里	
	水稲	雑穀	水稲	雑穀	水稲	雑穀
	0.285	0.073	0.425			
	1.806	1.149	1.119			
	0.468	0.440	0.882			

天然の供給量は全様でありまして土地作物に依つて供給量に相違はありますが、常に天然供給量だけでは作物を養ふには不足して居りますのであります。偕て右三成分の外の養分はと申しますと石灰は時に不足する事がありますが外の養分は常に澤山にあります、此の澤山ある養分を以て不足して居る三成分

の代用が出来ますと大變都合が宜敷しいのであります。が、作物の收量は「リービッツ」氏の最少養分率と云ふ法則に依つて即ち一番少ない養分に相當するだけの收量が得られますので、右の様な代用は出来ませんのであります。そこで吾々は肥料として右三成分を供給する事になりますのであります。

窒素問題の由來

偕て農業が集約になりますればなるほど右申した肥料の施用量も増加せざる譯にはいかないのであります。品種改良其他色々の栽培法の改良に依りまして反當收量の増加を來す場合常に忘れてならないのは實に肥料の使用量の増加と云ふ問題であります。此の作物の榮養である處の肥料の供給を忘れて單に他の方面のみの改良に依つて收穫を増加させ様とするのは到底不可能事であるのみならず、徒らに肥料の價格は暴騰しまして到底農業は經濟的に引合はないと云ふ結果に陥入ります。されは他の諸般の改良法を研究すると同時に、常に從つて増加す可き肥料の需要に對する供給に就て考慮しなければならのであります。吾國に於て明治廿年の初めに農學校が出来、

農事試験場が設立せられまして色々農業技術が進歩改良せられた結果として、反當の收量は著しく増加し、又田畑の利用も非常に集約になつて來て居りますが、同時に肥料の使用量も實に驚く可き増加を示して居ります。即ち以前には主として人糞尿、米糠、魚肥、木灰と云ふ様な農家自らが生産する肥料を用ひて所謂自給自足の狀態であつたのが、今や内地に於ても澤山の大きな肥料會社が出來まして種々の肥料の生産をやつて居りますし、又諸外國から年々輸入して居る額は實に非常な額に上つて居るのであります。

即ち大正九年度の統計に依りますと、肥料の總使用額が六億八千萬圓でありまして、内販賣肥料が三億六千萬圓、自給肥料が參億萬圓になつて居ります。販賣肥料の主なるものは大豆粕、過磷酸、硫酸アンモニヤ、燐礦石、智利硝石でありまして、大豆粕が壹億六千七百萬圓、過磷酸石灰以下の諸種の販賣肥料が貳億貳千萬圓以上に達して居りまして、内外國から輸入しますのは大豆粕の壹億參千萬圓を筆頭にしまして硫酸アンモニヤ貳千萬圓、智利硝石千五百萬圓等になつて居ります。

自給肥料の主なるものは壹億壹千貳百萬圓の人糞尿を筆頭にしまして堆肥、厩肥の合計壹億參千五百萬圓綠肥の五千參百萬圓と云ふ事になつて居ります。兎に角六億八千萬圓以上の肥料を年々消費する事は實に驚く可き事で之れを明治廿年頃の輸入肥料二十五萬圓、三十年四百萬圓、四十年四千萬圓現時は約貳億四千萬圓と云ふ事になつて居りますから、其の増加の急速なのに驚かざるを得ないのであります。偕而作物を栽培するに際しまして以上の様に多額の肥料を施用しますのは直接に間接に作物の養分を供給するのであります。其養分としては窒素、磷酸、加里及石灰と云ふ事になつて居ります。而して實際肥料として高價なのは窒素、磷酸、加里の三成分であります。又此三成分の中でも殊に窒素が大切なので前記の六億八千萬圓の肥料の中でも大部分は窒素肥料であります。即ち前に掲げた中で最も多額を占めて居る所の大豆粕、人糞尿、堆肥、綠肥、硫酸、硝石等皆な窒素肥料でありまして、斯様に多額の窒素肥料を用ゐて居りますが之れを全耕地に平均しますと反當一貫にも至らんの、普通の適量とせらるゝ反當二貫目に比しますとまだ半分にも及ばんの

でありまして將來まだ一増加の餘地が澤山あります。斯様に窒素肥料は他の肥料に比して非常に大切でありますから、始めから他の成分より高價であつたのでありますが其使用量が増すに従ひまして非常に此價の割合も増して來て居ります。最も全じく窒素と申しましても色々の種類がありまして、其價格が相異して居ります。磷酸に就ても全様であります、平均的に申しまして常に窒素の方が高く此差異が段々烈しくなつて來て居ります。即ち明治二十八年には磷酸一に對し窒素二・四、全三十二年には窒素は高くなつて二・七、全三十六年にはアンモニア態で三・〇、硝酸態三・七、有機態で五・〇、昨今ではアンモニア態で三・五位になつて居ります。

右の様に多額の使用肥料の内で大部分は窒素肥料であり且つ又其單價も年々著しく増加して參ますから農業に於ては一般に肥料の供給に就て考慮しなければならぬのでありますが、殊に此窒素問題を眞先きに考へなければならぬのであります。殊に之れは經濟問題のみでなく暇々として増加する人口に對しての食糧問題解決の上から見ましても多額の食糧生産に必要な肥料、殊に窒素肥料が充分にあるや否やと

云ふ事は實に相對的の廉否の問題でなくて絶對的の問題であります。

窒素の給源

以上の様に年と共に暇々として増して行く處の窒素の給源に就て考へて見ますと主なるものは人糞尿、堆肥、厩肥、大豆粕及其他の粕類並びに硫酸、智利硝石、綠肥及び後に御話しします處の空中窒素を利用して作つた石灰窒素其他の化學肥料でありまして、今果して之等の供給が永く非常に増加して行く窒素の需要を充たし得るや否やを少しく考察して見ます。

人糞尿

人糞尿は前に御話ししました如く、現今に於て年々壹億萬圓以上の生産がありまして殊に我國に於ては古來之れを使用して居ります關係から其使用法も極めて巧妙でありまして恰度歐洲各國に於て家畜の糞尿のない農業は農業に非ずと云つて之を貴重して居ります様に、吾國の農業も現今の處では人糞尿なければ農業は成立しまいと思はれる位大切なものであ

ります。而し此生産の方を考へて見ますと元より之れは人間の力で生産しますのでありますから、人口が急に増加しない以上急にこの生産を増加する事は不可能であります。調査に依りますと平均一人一年に就き二石内外の人糞尿を生産致しますから、年々七八十萬の人口が増加して行く以上之に相當する人糞尿の増加はありますが、而し之れを以て永く窒素の需要を充たす事は出来ないであります。殊に近年農村の子弟が段々農業をいとふ傾向がある様で此原因は元より色々の原因がありましやうが一つはきかない人糞尿を使用する事も一原因の様になつて居ります。依て中には日本で人糞尿使用を廢止しない以上は日本の農業は衰亡してしまふと云ふ様な議論をする向もあります、之れは思はざるも甚しいもので現今でさへ壹億萬圓以上に相當するものを只だ捨てるのみか之れを農業家が使用しない以上之れを所分するには莫大の金が入用であつてつまり一舉兩損であります。

此の事は亞米利加の土壤肥料學界の泰斗キング氏がすつと昔し東洋の農事視學をやつて歸國した後に東洋で人糞尿を農家が盛に使用するのを見て、大に感

心して其著書にも西洋の農家は大切な肥料分を徒らに河海に流して居ると云ふて盛に皮肉交りの警告を發して居ります。而し世の中が段々變化して行く以上農家だけ舊習を守つて居ると云ふのは全く間違つた事でありますから、人糞尿使用法に就ても從來の方法を其儘慣用して居ると云ふ事は如何なものでありますか、家畜糞尿と雖も人糞尿と元來大同少異のものであります、其使用法宜しきを得ればこそ別に之れに對して嫌惡すると云ふ様な事もないのであります。吾が國に於ても取扱ふにはなる可く器械に依るとか、變形して外觀を宜しくするとか何とかしないど實際青年の人たちは所謂糞いぢりは困ると云ふ事から、ひいて農業を嫌ふと云ふ關係にならんとも限らんのであります。一部論者の如く人糞尿廢止論の如きは思はざるも甚しいのであります、而し舊習のまゝでやつて行くど云ふのもどう云ふものかと思はれます。又大都會に於ては人糞尿の處分に就て大變こまつて居りまして現に東京市の如きも多額の經費をつかつて下水と共に所分して、相當清淨にして液部は川に固形分は遠く海に運搬して捨てるど云ふ方法で、第一期事業として下谷、淺草區の部は

三河島に大きな設備をしまして本年四月一日から實際やつて居りますが、實は一方に多額の經費をつかい一方に貴重な成分を損失するので馬鹿げた事でありますが、どうも場所の關係上致し方はない様であります。三河島で分離した液部も灌漑水として用ひますれば誠に結構なものであり又固形部も養分がありますから之れを固形肥料とし用ふれば誠に宜しいのでありますが運賃、加工賃の關係上經濟的に行くかどうか未だ不明であります。此の事は單に東京市ばかりでなく人口が増加しますとこの都會でも早晩起る問題であります。一体人糞尿の利用法としては其儘用ひると云ふ方法以外に泥炭を用ひて固形にして用ひますとか、硫酸アンモニアにして利用しますとか色々な方法がありますが、複雑な方法は先づ經濟的及取扱上到底困難であり、固形人糞尿を作るのは誠に手輕て運搬取扱ひ共に都合が宜しいのであります。之れは泥炭が廉價に得られませんか引合ひませんであります。先づ大都會の糞尿處理法としましては東京市の様に流してしまふか、又は大部分は大きなタンクに溜めてをいて農家につかつてもらひ、一部分を補助的に化學的に處理すると云

ふのが一番宜しいのでありまして、全部を化學的に處理すると云ふ事は到底成立しないのであります。兎に角に右の様に二つの關係から人糞尿の使用は多少減少しはしまいかと云ふ傾向に在りますから到底人糞尿のみを以て窒素の需要を永く充たする事は出來ないのであります。

厩肥、堆肥

厩肥は吾が國では家畜の飼育が少いのでありますから目下では大した事はありません。將來畜産が盛になりますれば此生産も自然増加する譯であります。日本の様に土地のせまい處で畜産を盛にした處で自然制限があります。

堆肥は主として家庭の排棄物より出來るのでありますから間接に人口と關係がありまして、之れも急に増加する事は不可能であります。

大豆粕其の他粕類

大豆粕は日本の農業には非常に大切な窒素肥料であります。内地の生産も年額參千萬圓以上になつて居りますが、約壹億參千萬圓は滿洲より輸入して居る

のであります。之れは畑に栽培するのでありますから畑が増さない以上は大体に於て急激な増加は出来ないであります。其他の榮種粕、綿實粕等に就ても全様を之れを急に増加させるはむづかしいのであります。

硫酸アンモニア

硫酸アンモニアは主として石炭瓦斯製造の際に得らるゝ副産物であります。この生産は瓦斯工業の發展に供ふのであります。最近の調査に依りますと吾が國に於て輸入した額が千九百八拾萬圓約貳千萬圓でありまして、内地で生産した量が貳千萬圓餘にあつて居ります。吾が國に於きましては瓦斯工業は年と共に發達して參りますから此生産は増加は致しますが而し世界に於ける主産地は英國を筆頭として亞米利加が之れに次て居ります。戰前には獨逸も英國の産額を凌駕せんとする勢でありました。硫酸アンモニアは人糞尿よりもとれますし又後に御話しします處の石灰窒素を加工しても出來ますが何と云つても瓦斯工業の副産物が主でありますから、之れが急劇な發達をしない以上其産額を急に増す譯には參

らぬのであります。

智利硝石

智利硝石は南米智利に自然に存在して居ります處の礦石を精製して製造したもので、成分は硝酸曹達であります。南米智利地方には此貴重なる礦石が實に廣大なる面積に存在して居りまして、其總産額の如きは元より地中の事でありますから計算のし方に依りまして非常な相違がありますが、最も悲觀的の計算に依りますと現時の世界の消費量で續けるならば後卅年位で消耗すると申して居り、最も樂觀的に計算したものは尙九百年以上は大丈夫だと申して居ります。が何れにしても之れは早晚消耗するか又は少くとも品拂底になりまして、價格が騰貴して行くのはまぬかれないのであります。現に智利硝石發見の當時に於ては掘探高は年と共に非常に増加しましたが近年に至りまして此増加率が著しく遞減しまして、從つて價格が非常に高くなつて來て居ります。全世界の智利硝石消費年額は約二百二、三十萬噸でありまして其七、八割は肥料として使用せらるゝので實に外國に於ては最も貴重なる窒素肥料であります。

ます。而し不幸にして吾が國に於ては主要作物が水稻であつて、而も水田には硝石を使用する事が不利である云々關係と、畑でも降雨の多い場合には餘程注意しないと流失する恐れがありまゝ關係よりして今迄は此使用額は大したものではなかつたのであります。而し硝石は麥、蔬菜等畑作には非常に良い肥料でありますから、段々使用も盛になつて來て居ります。大正元年に輸入せし硝石は貳百萬圓大正七年には壹千壹百萬圓餘九年には千五百萬圓近くになつて居ります。

右様に硝石は吾が國の農業には水田に使用する事がむづかしい關係上非常に使用額の増加する見込はありませんが、而し畑作には出來るだけ増加さす必要があります。而し此給源も早晚なくなるわけでありまゝから之れを以て窒素問題が解決したと云ふ事は出來ません。

尙ほ類似的の硝石が印度、蒙古、北米地方に多少ありまゝが其産額は少額でありまして、窒素問題の大勢には餘り關係ないのであります。以上の外縁肥、石灰、窒素等があります。之れは後に述べる事として其外魚肥類にしましても骨粉にしましても又は色

々の農産又は工産製造廢棄物にしましても大に利用の道を開かなければなりません。其産額は制限がありますので殆ど無限に必要である所の窒素の需要を充たすには足らぬのであります。

之を要するに以上述べたのはほんの主なる窒素の給源の數種に就て述べたのでありますけれども、何れも其肥効を高め其生産を増加しなければならぬのは勿論であります。其生産には制限があります。故に之れを急激に而して無限に増加して行く事は出來ませんから、窒素の供給に就ては他にもつと無限性をもつて居る方面に研究の歩を進める必要が起つて來るのであります。

空中窒素利用問題

以上の様に從來既に使用して來た材料を以てしては何れを以てしても非常な勢を以て増加して行く可き窒素の需要を充たし得ないと云ふ事よりして、空中窒素の利用問題と云ふ事が起つて來たのであります。御承知の如く空氣中には容積にしまして約八割の窒素があります。空氣は全地球を圍繞して至る處に存在して居るのみならず、高さ數十哩に至るま

で存在して居るのでありますから其中の窒素の量は實に莫大なものでアドルフ・フランク氏の計算に依りますと一ヘクタール（約一町）の地面の上には實に七九〇〇〇噸即ち二千三百三十三萬貫の窒素があるものであります。試に窒素一貫目を參圓としますと、一町歩の地面の上には六千參百九拾九萬圓の窒素があることとなります。地球の面積は五百拾億萬ヘクタールでありますから其上にある窒素は四兆二百九十億萬噸でありまして、之れが肥料として利用が出來れば如何に急劇に窒素の需要が増加しましたも殆ど無限に供給が出來る事になるのであります。而し無限にある窒素も普通作物は全く利用出來ませんので只だ荳料の作物と土壤中の窒素菌と稱する細菌が僅かに之れを利用して居るに過んのであります。そこで之れを化學的の力でうまく利用し様と考へまして未だ完全な方法はありませんが兎に角に工業として成立したものが二三出來たのであります。以下に少しく之に就て御話して見様と思ひます。

荳科植物に依る 空中窒素の利用

昔から荳類を作るには肥料は必要ないと云はれて居りますが之れは嚴格に申しますと誤つて居ります。大体に於て正鵠を得た言であります。即ち相當に大きくなつた荳科植物には根に根瘤と稱するものが出來ます。この根瘤には根瘤菌が共生して居りまして、此細菌の力に依りまして空中窒素を利用しますから荳類は根瘤の出來るまでに必要な少量の窒素と燐酸、加里を與へさへすれば後は窒素肥料を使用しなくてもよく成長するのであります。荳類の利用する窒素の量は其種類、土性、氣候に依りて相違しますが平均一反歩に付きルービン四、六貫、紫雲英四、〇貫、苜蓿四、二貫、蠶豆二、七貫、豌豆二、七貫、大豆二貫目であります。

以上の荳科植物の根瘤細菌を人工的に培養して種子につけ又は土壤に加へたならば大に荳類の産額が増し、従つて空中より吸収する窒素量も増加するだらうと云ふ考へよりして色々研究せられまして、ニトラギンとかハーモジャームとか色々ものが作られました。始めて豆を栽培すると云ふ様な場合、又は新しき種類の荳科植物を栽培する場合と云ふ様な場合の外は大抵の土地に細菌は既に充分存在して居

るからして其生活を盛ならしむる爲めに耕作をよくすると云ふ事は、石灰を適量にやると云ふ事は充分である。新種の栽培、肥培法の改良に依り多少の生産は増加しやうが、豆類に依る空中窒素の利用額は、多きは四貫少きは二貫と其の凡そ三分の一が根株の中に残るので其量は餘り大きくはありません、が事情の許す限り奨励すべきであります。現時吾が國に於ける緑肥の使用額は先きに申しました様に年額五万參百萬圓に達して居りまして、之れは逐次増加しつつありますが尙ほ出来るだけ此栽培面積を増加し、肥培の方法、種類の選擇に就て研究するは農家として空中窒素利用上最も適當なる仕事と信するのであります。

窒素菌に依る 空中窒素の利用

土壌中には窒素菌と稱する一種の細菌が生存して居りまして、之れが空中窒素を吸収しまして土壌の窒素を増加する働きを持て居ります。其れ故に之れを取り出し人工的に培養して、土壌に加へたならば其力が大に増するだらうと云ふ考へから色々ものが

製造せられたのであります。其効果は大した事はなかつたのであります。又實驗に依りますと窒素菌に依る窒素の利用額は餘り大した事はないと云ふ事になつて居りますが、よく耕作して適當の有機物や石灰を與へて此働を出来るだけよくするのは、農家としては是非とも實行しなければならぬ事であります。

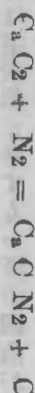
化學的方法に依る 空中窒素の利用

荳科植物や細菌に依る空中窒素の利用は元より結構であります。何分大なる面積と長時間を要しますから、何か化學的方法を以て小規模で短時間に多量の空中窒素を利用する方法はないかと云ふので色々研究せられた結果以下に御話しします様な二三の方法が現時實際工業として成立するに至つたのであります。

石灰窒素

一八九五年即ち今より凡二十五年前に、獨人フランク及カロー兩氏はカーバイドを電氣で八〇〇—一〇

〇〇度熱してをきまして、之れに酸素を取つた空氣を通じますと次式の様に石灰窒素の出來る事を發見したのであります（窒素は液体空氣の蒸餾又は銅製圓筒に依り酸素を取つた空氣を用ゐる）



製品には炭末、石灰、カーバイドをも夾雜して居りまして、大凡二〇—二二%の窒素を含んで居ります。ガルチエウス氏はカーバイドに一割乃至二割の鹽化石灰を混じて熱しますと温度が餘程低くても製造が出來ると云ふ事を發見しました。此方法で出來たのは前のご大同少異でありますが、鹽化石灰のあるだけ成分は少く窒素は一—一五平均一三、五%であります。又原料にカーバイドを用ひないでコークス石灰よりするものもありますが、出來たものゝ主成分は全様であります。此等の石灰窒素は土壤中では分解しましてアンモニヤになりますから効能顯著な肥料でありますが、多量の生石灰を含む爲めにアルカリ性の強い事と、水にふれると有害瓦斯を出す事と又場合に依りますと有害の形ちに變化する爲めに使用法宜しきを得ないと大なる失敗を招くと云ふ欠點がありますが、少し注意すれば差支ない肥料で

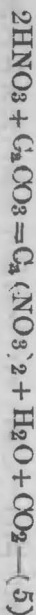
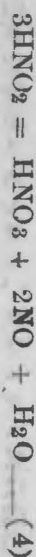
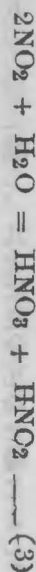
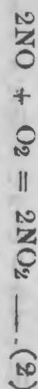
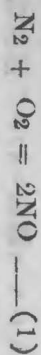
あります。又之れを加壓の下に水蒸氣に觸れさせますとアンモニヤを發生し、之れを硫酸に吸収させますと硫酸アンモニヤになりますから現時は多くは硫酸アンモニヤに變形して居ります。

石灰窒素の製造には電力を要しますから、電氣の廉い處でないといひ合はれのであります。北米合衆國のナイアガラの瀑布を利用して強大な電力を起して之れを製造をして居ります。又日本でも熊本縣三俣、北海道の苦子前に製造して居ります。石灰窒素の製造額は現時ではまだ非常に多くはありませんが他により良き空中窒素利用法の出ない以上は益々盛になる可きものと思ひます。

硝酸石灰

一九〇二年今から凡そ二〇年前にブラドレイ氏及ラバジョイ氏等は、電氣弧燈に空氣を通じまして空氣中の窒素と酸素を結合せしめ、之れを水に吸収させまして硝酸を作り、之れを曹達に吸収せしめて硝酸曹達を作りましたが經費が多かりて失敗したのであります。後ビルケランド氏及アイデ氏も大体同様にノルヘーに於て硝酸石灰の製造を始めまして現

に行つて市場に製品を出して居るのであります。其際の變化は大体次の様であります。



始め空氣は(1)式の如く酸化窒素となり、此の酸化窒素を含有せる空氣を酸化室に導きまして更に酸化しますと(2)式の様に二酸化窒素になります。此二酸化窒素を水の出で居る室に導きますと(3)式の様に硝酸と亞硝酸にかはります。此の水の作用する室は幾つもありまして作用を完全にする様になつて居ります。

右の様にして、夾雜して來る亞硝酸は不安定でありますから(4)式の様に硝酸と酸化窒素に分解します。最後の水の出る室を出た氣體には尙ほ酸化窒素がありますから之れは石灰乳、苛性曹達、炭酸曹達等に作用させて硝酸鹽にするのであります。右の様にして出來ました硝酸は、炭酸石灰を作用させ蒸發せしめると硝酸石灰となります。

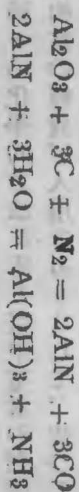
以上の製法に用ふる電爐には(一)ヒルケランドアイデ電爐、(二)パウリング電爐、(三)エンヘル電爐等がありますがこのうちでは詳細の説明は省略してをきます。

以上の様にして出來た硝酸石灰は白色の固体であります。非常に吸濕性で、空氣中で自然に潮解すると云ふ欠點がありますから、之れに石灰を加へて鹽基性硝酸石灰を製造します。前者は窒素一二、六——三、二、後者は八、四——一〇、六%を含んで居りまして、非常に良く水に溶け且つ作物に吸収利用され易い硝酸が主成分でありますから良い肥料であります。日本では智利硝石と全様に水田には不適當であります。

尙ほ空中窒素を利用して硝酸を作る方法は種々ありますが今は省いてをきます。

窒化アルミニウム

之れはセルベツタ氏の法でありまして、酸化アルミニウムと炭末を強熱しまして、空中窒素を作用して作る方法であります。



此窒化アルミニウムは稀薄ソーダ液で分解しますとアンモニヤになりまして、之れより硝酸や硫酸アンモニヤの製造も出来すし又同時に出来る水酸化アルミニウムは金屬アルミニウム製造の原料になりますから、之れは一舉兩得の方法であります。只此酸化アルミニウムはボーキサイト云ふ礦石を用ひますので、之れは印度の様な熱帶地方の特産物でありまして、日本にはまだ見付けられて居りませんから日本で此事業をやるとなると原料問題で困難が生するのであります。

ハーバー氏法

ハーバー氏は空氣を液体にしまして、蒸餾法に依つて窒素だけを取り出しまして、之れに水素（電解水素又は水素瓦斯）を混じまして一五〇—二五〇氣壓の下で金屬ラニウム、ウラニウム又は鐵の粉末を五〇〇度に熱し、其上に混合瓦斯を通じましてアンモニヤを作るのであります。出来ましたアンモニヤは硝酸にもなり硫酸アンモニヤにもなりますから、工業的にも肥料にも利用出来るのであります。日本でも此方法は實行しやうと云ふ計畫があります。

以上種々の化學的方法に依る空中窒素の利用法は何れも相當の經費が人用でありまして、従つて製品は從來の智利硝石、硫酸に比して廉價の事はないので漸く之等とや、對抗し得る位の程度であります。尙は更らに改良をし又はより善き方法を案出するの必要があるのであります。

オストワルド氏法

之れは獨乙のオストワルド氏の發見になつた方法でありまして主としてハーバー法又は石灰窒素より製造したアンモニヤに空氣を混じまして熱した白金板上に導きまして硝酸にする方法でありまして、戰時獨乙が智利硝石の輸入杜絶せるに拘はらずよく多量の硝酸を作りまして火藥の原料になし得たのは空氣窒素利用と此硝酸法の御蔭であります。

之れを要するに、私は農業上窒素問題が如何に重大であるか之れを解決するには空中窒素の利用より他に徹底的の良法はないと云ふ事、更らに空中窒素の利用法としては農家としては事情の許す限り綠肥の栽培使用に留意す可き事、更らに現時工業界に於て如何なる方法に依りて空中窒素を利用して居るかの

大體を述べて、其れが多少の光明を得て居ると云ふ事を御披露申上げた次第であります。

終りにあたりまして、右工業的方法につき一定量の窒素固定に必要な電力を比較して見ますと次の様であります。

ヒルケランドアイデ方法 一〇—一二、五年馬力にては一噸の窒素につき

石灰窒素法にては 全 二、五年馬力

ハーバー方法にては 全 〇、二年馬力

故に電力より云へばハーバー方法は最もよいのですが原料が高價なる事と特種技術裝置を要するの欠點があります。

ヒルケランド方法は電力大なれども原料は豊富なれば電力多き地方には宜しい方法であります。

石灰窒素は中位にあります。

セルベツク氏方法は窒素固定法としては實用的でありませんが、アルミニウム製造の副業としては面白い方法でありますからボーキサイトを得らるゝ地方にては面白い方法であります。

窒素の工業的利用

農學士 笠 井 鈴 久