

I 緒 言

1. 研究の背景

北海道におけるタマネギ栽培面積は1968年ごろから急激に増大し、Table.1に示すように1978年以

降8,500haを超えている。タマネギ生産量は豊凶の差が大きい、30万tから40万tに達しわが国の生産量の30%前後を占め、北海道は今や国内最大の生産地となった。

Table 1. Planted area and production of onion in Hokkaido and Japan.

Year	Planted area (ha)			Production (1,000t)			Yield (t/ha)	
	Japan(A)	Hokkaido(B)	B/A %	Japan(C)	Hokkaido(D)	D/C %	Japan	Hokkaido
1955	21,880	1,926	8.8	424.7	30.7	7.2	19.4	15.9
1960	26,100	1,490	5.7	600.5	36.7	6.1	23.0	24.6
1961	26,600	1,560	5.8	642.1	45.2	7.0	24.1	29.0
1962	28,900	1,860	6.4	716.7	43.8	6.1	24.8	23.5
1963	34,000	2,260	6.6	619.6	63.3	10.2	18.2	28.0
1964	39,200	2,550	6.5	992.5	80.3	8.1	25.3	31.5
1965	33,600	2,780	8.3	895.6	99.3	11.1	26.7	35.7
1966	34,600	3,010	8.7	1,032.0	93.7	9.1	29.8	31.1
1967	32,500	3,120	9.6	939.4	121.6	12.9	28.9	39.0
1968	32,700	3,390	10.4	1,029.0	139.7	13.6	31.5	41.2
1969	32,300	3,920	12.1	1,105.0	146.6	13.3	34.2	37.4
1970	29,800	4,060	13.6	972.5	178.8	18.4	32.6	44.0
1971	30,720	4,720	15.4	1,041.0	210.8	20.2	33.9	44.7
1972	30,100	5,890	19.6	1,103.0	267.4	24.2	36.7	45.4
1973	29,000	6,510	22.4	993.9	262.7	26.4	34.3	40.4
1974	29,500	7,350	24.9	1,021.0	328.4	32.2	34.6	44.7
1975	29,900	8,080	27.0	1,032.0	282.7	27.4	34.5	35.0
1976	28,600	7,970	27.9	1,123.0	408.7	36.4	39.3	51.4
1977	29,500	8,270	28.0	1,120.0	374.3	33.4	38.0	45.3
1978	30,190	8,660	28.7	1,144.0	327.5	28.6	37.9	37.8
1979	29,600	8,550	28.9	1,254.0	442.0	35.3	42.4	51.7

わが国におけるタマネギ栽培面積は明治初年のタマネギ導入以来増加を続け、第2次世界大戦の戦中・戦後の一時期は減少したが1950年ごろから再び増大しはじめ、とくに1955年以降の伸び率は著しかった¹²⁶⁾。しかし1964年の39,800haをピークに減少しはじめ、ここ10年あまり29,000ha~30,000ha程度に安定している(Table 1)。一方、北海道では1965年以降も増加を続け、第1次米生産調整

(1970年)以来その増勢は著しく、府県の栽培面積減少と極めて対照的である。また、国内タマネギ生産量は1963年に約100万tに達して以来100~110万tを維持しているが、北海道産はその面積増大と対応し1965年の10万t弱から1979年にはついに44万tを超えるに至った。したがって全国に対する北海道の占める栽培面積および生産量は、1960年にはそれぞれ6%であったが、1979年には

面積で29%生産量で35%にまで増大した。

このような北海道におけるタマネギ生産の増大は米生産調整に触発された面が大きい、収益性が比較的高いうえにいわゆる畑作的野菜として大面積栽培が可能で、タマネギ単作経営も成立しうることがその理由である。道産タマネギは春播き栽培であり、府県産のほとんどすべてが秋播き栽培であるのとは異なり貯蔵性が高く良品質が得られる^{22,125)}。したがって府県産タマネギの端境期である9月から翌年3月にかけて安定的に供給され、かつ市場性も高いことが本道産タマネギの最大メリットである¹²⁶⁾。これに加えて1965年以降の本道の単位面積当たり収量が飛躍的に増大し、生産性が著しく向上したことも栽培面積増加の要因として見逃せない。1955～1964年ごろの単位面積当たり収量は全国平均と同程度かやや高い程度であったが、1967年から1970年ごろにかけて著しく高まってきた (Table. 1)。

この本道における収量増大は伊藤⁴⁹⁾、古山・南¹⁸⁾による“タマネギ新畑の土壤改良による熟畑化技術”の確立と普及に負うところが大きい。道内の生産地帯では「タマネギ新畑の収量性は著しく低いが連作多肥栽培を続けることによって次第に生産性が高まり、いわゆる熟畑化する」といわれていたが、新畑の低収要因として土壌りん酸肥沃度が大きく関与していることが明らかにされ、りん酸多量施用による土壤改良が新畑の生産性を著しく高め、1～2年で経年畑なみの収量を挙げることが実証された。この技術効果は著しく大きくタマネギ栽培面積の増大を容易にしたばかりでなく、既成タマネギ熟畑でもこの技術の波及によってりん酸多肥栽培が一般化し、収量水準の飛躍的増大をもたらされたものと考えられる。

なお、本道における1970年ごろからの作付増大ならびに生産性向上は、上記のりん酸多施肥技術の定着や米生産調整を必要とした社会経済的要因に加えて、移植機械の開発・普及による機械移植栽培の一般化が作付導入や面積拡大を可能ならしめさらに育苗技術や病害虫防除技術の発展がその生産性を高めたことも大きな要因であった。

しかし一方では、1971～72年ごろから道産タマ

ネギの腐敗や貯蔵性低下が問題となり、とくに腐敗については本畑における腐敗はもとより貯蔵中の腐敗球発生が目立ち、道産タマネギの都府県移出上の大きな問題となってきた。これらの腐敗発生は病害によるものであり、乾腐病 (*Fusarium Oxysporum f. cepae*による) および白斑葉枯病 (*Botrytis squamosa*および *Botrytis cinerea*による)、軟腐病 (*Erwinia aroideae*および *Erwinia carotorora*による) がその主なものとして知られている^{69,125)}。連作を行なうタマネギは通常10～13回の防除が行なわれているが、道央タマネギ地帯 (石狩・空知・上川支庁管内) ではとくに乾腐病の発生が増大し収穫量が著しく低下する場合が多くなった³⁷⁾。

このような病害多発による収量・貯蔵性低下に対応してタマネギ病害とくに乾腐病に関する研究が1973年以降道内各農業試験研究機関で強化されたが、たまたま貯蔵性低下が急激な作付増大と収量増加および多肥化の定着と時を同じくして問題となったので、土壤肥料面からも道産タマネギの品質・貯蔵性ならびに生産性向上についての検討が強く要請されるに至った。

2. 既往の研究

タマネギは欧米・中近東・北アフリカなどで古くから直播栽培が行なわれている。生産量が最も多い米国をはじめとし世界各地におけるタマネギに関する研究は広範かつ多数見られ、施肥に関する研究も施肥量^{9,72,94,106)}、施肥形態^{73,94)}、追肥^{11,93,106)}や施肥位置^{8,73,94,137)}など多数にのぼる。とくに直播栽培では発芽や立毛数の適正確保がまず第1に重要となるので施肥法や施肥量については地域によって制約が大きく極めて多様であるが、とくに窒素施用量については RICKELS⁹⁴⁾が指摘するように年次の降雨量による影響が著しく大きい。これらの研究には品質や貯蔵性の関連を重視するものがかかりみられ、貯蔵性に対する施肥の影響は少なく年次間差が大きいとした KUNKEL⁷²⁾や HAWTHORNE²³⁾の研究があるが、とくに窒素施肥などと貯蔵性の関係を指摘する報告^{9,106)}もみられ

る。

一方、世界第2位のタマネギ生産国となったわが国では1950年代以降、施肥^{54, 80, 128, 130)}、土壌および土壌管理^{5, 6, 46)}の研究が主要府県産地において数多く行なわれてきた。とくに1960年代は貯蔵性や腐敗との関連性についての研究^{58, 63, 81, 133)}が多い。府県産秋播きタマネギは収穫後の腐敗や萌芽など貯蔵性が不良なために産地土壌条件や施肥と貯蔵性の関連について多くの研究がなされたものであろう。川崎⁶³⁾は127筆のタマネギ畑を対象に球内成分を調査し球内糖蓄積の劣るものは萌芽・腐敗発生が多く、また土壌型の差についても傾向があり貯蔵性の劣る土壌は生育後半に過湿を招きやすい保水性の高い土壌で、地下水位が貯蔵性に影響することを報告した。また位田^{42, 43)}、東ら⁵⁾によればタマネギは一般畑作物より耐湿性が強い作物であるが、東ら⁶⁾、川出ら⁵⁹⁾は生育後半の結球期には耐湿性が低下することを報告している。

また施肥に関しては吉村^{132, 133)}が各種試験により腐敗に及ぼす施肥影響を検討し、窒素・りん酸多施が腐敗を助長することを見出したが、一方では勝又ら⁵⁸⁾は無窒素区の場合を除きかなり広い範囲の3要素施肥量に対して腐敗との関連性がないとし、南川ら⁸¹⁾も3要素吸収量と腐敗の関係は明らかでないことを報告している。このように腐敗に関する施肥の影響については産地条件により必ずしも一致した見解は得られていないが、この理由は産地により収穫時の生育段階や収穫後の調整出荷方法・貯蔵期間が異なり、さらに本畑における腐敗要因が単一でないためと推測される。

これに対して、北海道における土壌肥料研究は普通作物の場合と異なり野菜全般について非常に少なく³³⁾、農業技術指導においては他府県試験結果や栽培技術の進んだ農家経験を参考にしてきた事例が多く、タマネギについても同様であった。

しかし1960年代から本道でも野菜に関する土壌肥料研究が開始され、とくにタマネギについては1962年以降土壌や施肥試験など一連の研究が行なわれ^{75, 76)}、伊藤⁴⁹⁾、古山・南¹⁸⁾によってりん酸多投による新畑土壌改良技術が確立され1967年普及奨励される²⁹⁾に至った。またこのころ本畑ならば

に苗床施肥の基準も明確化された^{75, 78)}。しかしその後における土壌肥料研究は、富良野地区でみられた亜鉛欠乏症に関する研究⁷⁹⁾以外には暫らく中断されていた。

このように本道においては施肥や土壌条件と腐敗・貯蔵性との関係についてほとんど研究がなく、僅かに伊藤⁴⁹⁾によってりん酸多投による土壌改良と腐敗発生との間には直接的関連がないという報告があるだけであった。もともと本道産タマネギは貯蔵性の高い点に評価があり、かつ貯蔵期間も秋から冬にかけての低温時期であるので萌芽のみならず腐敗の進行も府県産タマネギに比すれば著しく有利である。

したがって本道産タマネギの品質・貯蔵性に関する研究は主として品種特性や収穫球形質²⁰⁾について行なわれるにすぎなかった。一方、本畑における腐敗については品種特性や病虫害防除の面での研究がなされてきた。しかし1971年以降本道産タマネギの貯蔵性低下が大きな農業問題となるに至って、貯蔵条件や貯蔵方式の検討⁶⁶⁾、病害とくに本畑における乾腐病発生分布・発生生態・防除法などの研究^{37, 69)}が行なわれるようになった。

このような情勢において筆者は北海道立中央農業試験場で道産タマネギの品質および貯蔵性と土壌条件や施肥との関連性について研究を行なったが、土壌水分不足や著しい多肥など本畑の収量が低下する条件下においては品質や貯蔵性が劣ることを明らかにすることができた⁵²⁾。

よって本研究においては道産タマネギの安定生産とその良質化を図るため本道タマネギ畑土壌の肥沃度的特性を明らかにし、その土壌実態にそくした土壌ならびに施肥管理改善対策を確立しようとして次の検討を行なった。まず本道タマネギ栽培の先進地でありかつ主産地である道央タマネギ地帯（石狩・空知および上川南部地域）を対象として、タマネギ畑土壌ならびにその肥培管理の実態と問題点を明らかにすることを試みた(第II章)。次いでタマネギの生産阻害要因と土壌水分条件および窒素施肥の関連について検討を行ない(第III章)、また現実に土壌りん酸蓄積が異常に進んでいるのでりん酸多量施用の障害性やりん酸蓄積の適

正範囲を明らかにするとともに、りん酸肥沃度に対応したりん酸施肥基準について考究した（第IV章）。さらにりん酸および窒素肥沃度の組合せによる種々の土壌肥沃度段階における生育の特徴や窒素施肥のあり方などの検討を行ない、安定多収条件の考察を行なった（第V章）。

謝 辞

本論文は著者が北海道立中央農業試験場化学部において試験担当した農林水産技術会議総合助成試験課題「春播タマネギの栽培環境改善による品質向上に関する試験」（1973～1975年）、同「春播タマネギの安定確収対策に関する試験」（1976～1979年）の成果を中心に、タマネギの栽培法改善に関する土壌肥科学的試験ならびに調査の結果をとりまとめたものである。

本研究の遂行には、当時北海道立中央農業試験場化学部土壌肥料科に在籍された平井義孝氏（現環境保全部環境保全第一科長）はじめ相馬暁氏（現道立道南農業試験場土壌肥料科長）、多賀辰義氏（現北海道農務部専門技術員）、赤司和隆氏（現

化学部土壌肥料第一科研究職員）の各位には、共同研究者として絶大な御協力を頂いた。とくに相馬暁氏には研究の全期間を通して有益な論議をともにし、とりまとめに当っても資料整理など多大の労を煩らわした。ここに記して各位に深甚の謝意を表す。また現地試験や現地調査に当っては関係地区農業改良普及所の絶大な御援助・御協力を頂いた。ここに関係普及所ならびに普及員各位に謝意を表す。

本研究のとりまとめに当たり、終始御懇篤な御指導・御助言を賜り御校閲頂いた北海道大学農学部教授岡島秀夫博士、同田中明博士、同田村勉博士に謹しんで感謝するとともに、とりまとめの機会と御激励を賜った前北海道立中央農業試験場長中山利彦博士に謝意を表す。

また本研究期間中に在任された北海道立中央農業試験場化学部長の森哲郎氏（元道立上川農業試験場長）、松代平治氏（元道立根釧農業試験場長）、後藤計二氏（前道立天北農業試験場長）および奥村純一博士（現道立滝川畜産試験場長）には研究遂行に絶大な御援助を頂いたことを附記して、謝意を表す。

II 道央タマネギ畑土壤ならびにその肥培管理の実態

1. 北海道における栽培の現況と気象 ・土壤条件

本道タマネギ産地は古くから札幌周辺（石狩地区）、岩見沢および滝川周辺（空知地区）、富良野周辺（上川南部地区）、北見周辺（網走地区）や帯広周辺（十勝地区）に形成された¹²⁶⁾。これらの地区はいずれも大河川の流域に発達した都市近郊の平

坦な沖積地であり、タマネギ畑土壤のほとんどは中粒質土壤で一部にみられる細粒質土壤でも理化学性の良好な土壤であった⁷⁵⁾。これらの古い産地はいずれも有効土層が厚く化学性も良好な肥沃な土壤である。しかし近年における作付増大は米生産調整との関連もあって重粘な細粒質土壤水田・泥炭地客土水田や下層礫質水田などの転換畑や洪積台地にまで作付が及び、一方では旧来のタマネギ畑

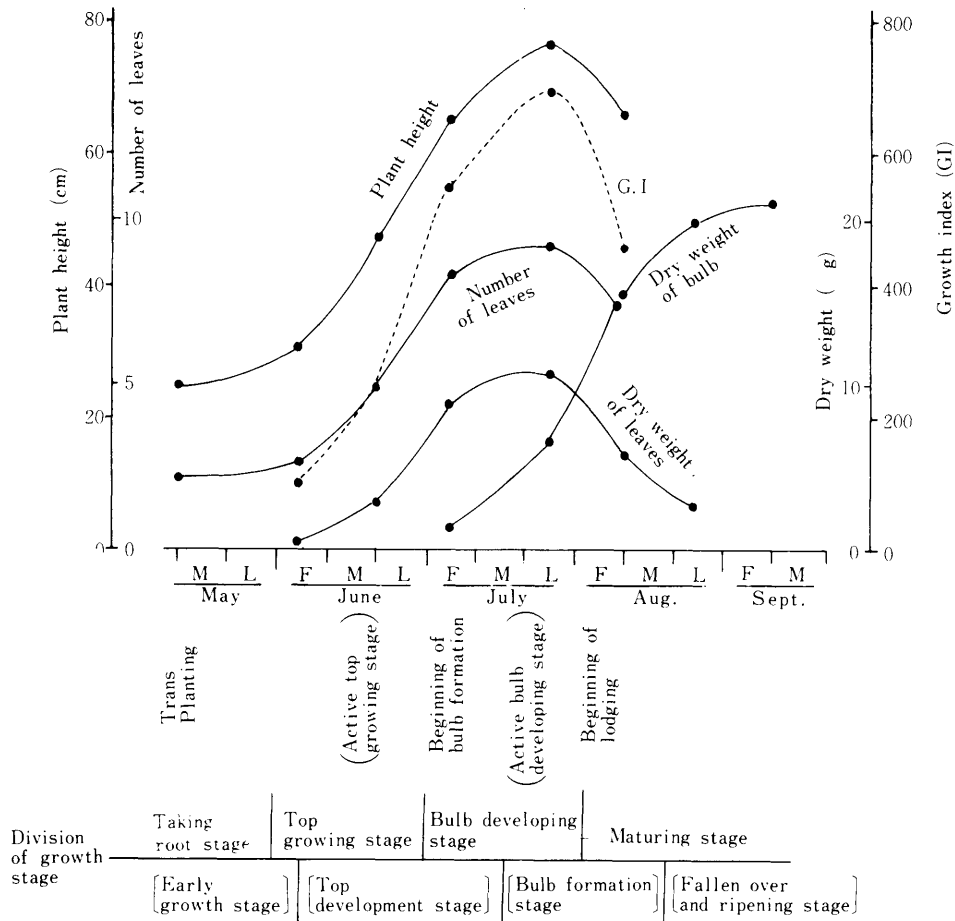


Fig. 1. Growth pattern of transplanted onion in sumir crop.

Noies The division of growth stage in the brackets are named by HANAOKA.²²⁾

$$\text{Crowth index(GI)} = \text{Plant height(cm)} \times \text{Number of levges.}$$

は都市の宅地化拡大によって失なわれて行った。作付の増大を支えてきた要因の一つは先述のりん酸多施による新畑土壌改良技術であり、りん酸を中心とした多肥栽培技術であった。しかし産地の拡大および経年熟畑化過程の中でタマネギを栽培している土壌の理化学性は多岐にわたるようになったと考えられる。

本道のタマネギ栽培品種は長日型で現在そのほとんどすべてが「札幌黄」である。「札幌黄」には母球選抜の過程で種々の系統分化がみられる²¹⁾が、球形成の限界日長は14.25時間である。しかし本道の春播き栽培ではこの日長に達してもまだ葉令が若く、かつ低温のため7月上旬に至って始めて球形成が行なわれる^{86,87)}。

本道の移植栽培は3月上～中旬にビニールハウス内播種床に播種し、50～60日間育苗した苗(2.5葉程度)を4月末から5月半ばまでに本畑に定植する。その生育過程を花岡²²⁾にならいFig. 1に示したが、6月に入って外葉生育が旺盛になり7月下旬ごろ外葉重は最大に達し、7月末から8月上旬にかけて外葉は倒伏し外葉重が急激に減少してい

き8月下旬枯凋期に達する。一方、りん茎は7月上旬ごろから急激に肥大し倒伏期に入っても球重が増加し成熟する。なお本研究においては見かけの生育量の指標として草丈・葉数のほかに生育量指数 (Growth Index, 以下G.I と略記する)を用いた。生育量の指標としては乾物重や相対生長率などが一般に用いられるが、供試個体数や栽培面積などの面で制約がある。よってトマト苗素質に関する研究において巽・景山¹¹⁸⁾が定植後の本畑生育量判定指標として用いたG.I (草丈×葉数×莖径)にならい、本研究では草丈(cm)×葉数(枚)をもってG.Iとしたが、葉乾物重の推移と非常に良く対応するものであった。

これらの生育経過について花岡²²⁾は生育を3期に区分し6月上旬までを生育初期、6月中旬から7月下旬の結球初期までを外葉発育期、それ以降を結球期および倒伏成熟期とした。しかし本研究では球肥大始めを生育転換の時期として重視し球肥大始め以降倒伏始めまでを球肥大期とし、それ以前の花岡による外葉発育期を外葉伸長期と称することとした。この外葉伸長期には苗の活着後草

Table 2. Precipitation during the study period in experiment station (Naganuma). (mm)

Time	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	Yearly mean
Apr. Last	19.0	30.5	7.0	14.9	35.0	12.0	17.0	14.8
May First	23.5	8.0	31.5	16.0	50.5	29.0	9.5	25.0
Middle	30.0	16.5	36.0	37.1	78.5	32.0	10.5	41.0
Last	20.0	28.5	8.0	31.7	0	45.0	9.5	31.3
June First	1.5	38.0	40.5	33.8	13.5	39.0	10.0	29.4
Middle	0	58.5	23.5	26.7	6.5	43.5	18.5	30.6
Last	14.0	14.5	12.5	28.0	0	14.0	55.5	18.0
July First	9.5	2.0	57.5	21.0	28.0	46.0	70.0	22.0
Middle	0	0	20.0	31.3	6.5	0.5	0	24.6
Last	18.0	34.0	99.0	18.3	0	11.5	10.5	22.8
Aug. First	60.5	69.2	3.0	31.5	147.5	16.5	23.5	46.1
Middle	120.5	14.5	98.0	62.6	35.5	46.0	0.5	20.1
Last	104.5	94.0	160.5	53.9	1.5	28.5	51.5	64.4
Sep. First	99.0	36.0	58.5	50.2	32.0	31.0	75.0	48.5
Middle	27.5	23.5	14.0	45.7	67.5	0.5	26.5	34.3
Last	81.0	39.5	2.5	49.6	28.0	13.5	64.5	40.1

丈伸長が始まる6月上旬をも含めたが、この期間のうちとくに草丈伸長の著しい6月下旬から球肥大始めまでを外葉伸長盛期とした。同様に球肥大期のうち7月半ばから倒伏始めまでの球肥大期の後半をとくに球肥大盛期とした(Fig. 1)。

花岡²²⁾は豊凶と気象条件の関係について統計的にとりまとめ、6月上旬までの生育初期の気象条件は豊凶にあまり大きい影響をもたず、外葉発育期の多日照寡雨は年次各量と高い正相関があるとした。しかし4月末から5月にかけて道内各地とも一般に降雨が少なく土壌が乾燥しやすい時期であり⁸⁸⁾、また6～7月も一時的に寡雨となり土壌乾燥の著しい場合がある。このような寡雨年には乾腐病の発生が多く⁶⁹⁾、球肥大も不良となり収量は低下する。Table 2は北海道立中央農業試験場(長沼町)における年次別旬別降雨量を示したものであるが、1973年および1977年は5月下旬から6月にかけて土壌乾燥の著しい時期がみられ、道央タマネギ地帯では低収年であった。

なお直播栽培はかつてタマネギ栽培の主流をなしていたが、1941年ころから移植栽培法が検討され³³⁾、移植栽培はその多収性から1960年代に至り急速に拡大した。この拡大は育苗法の発展や移植機開発普及によるもので、現在直播栽培は大規模機械化栽培や乾腐病常発地における特殊事例とし

て稀にみられるにすぎない。

2. 道央タマネギ畑土壌の理化学性

タマネギ畑土壌実態については既に南・古山⁷⁵⁾が調査を行なったがその後における作付増大とくに水田転換による拡大・新産地化が著しく、その土壌条件や肥培管理状況は多様化したものと推測される。

よって1973～78年に道央タマネギ産地土壌実態調査を行なった。調査は土壌の化学性を主とし一部地区では土壌断面や孔隙分布などの調査も併せ行なった。調査地区および調査事項はTable. 3のとおりである。

なお本研究における土壌分析は土壌養分分析法¹²⁾に準拠しアンモニア態窒素はセミマイクロ蒸溜法、硝酸態窒素はフェノール硫酸法で求め、その含量をもって無機態窒素とした。TRUOG-Pは硫酸モリブデン比色法、置換性石灰・苦土は原子吸光法、置換性加里は炎光法によった。また土壌孔隙分布は土壌物理性測定法¹³⁾に準拠し、砂柱法(pF 1.5)および遠心法(pF 3.0, 3.8)で脱水過程のpF—水分曲線を求めて算出し、pF 1.5～3.8をもって有効水孔隙とした。

Table 3. Outline of investigation to the actual condition of onion field.

Year	Areas	Item of investigation			
		Soil profile	Pore size distribution	Chemical property	Growth and yield
1973	Furano	○	○	○*	○
1974	Takikawa	○	○	○	○
1975	Furano	○	○	○	○
1976	Nakafurano	○	○	○	○
	Kuriyama			○	
	Takikawa			○	
1977	Shintotsukawa	○	○	○	○
	Sapporo			○	
1978	Furano			○	

Note *Cation exchange capacity was not determined.

この調査のうち土壌断面・孔隙分布および化学性を調査した滝川(1974年)・中富良野(1976年)・

新十津川(1977年)の各地区について、土壌型別に作土の理化学性をとりまとめTable.4に示した。

Table 4. Chemical and physical properties of topsoil in onion fields.

soil type	Item	Total porosity %	Non-capillary porosity %	porosity of rapidly available water %	pH (H ₂ O)	TRUOG-P P ₂ O ₅ mg/100g	CEC me	Base saturation %	Exchangeable base mg/100g		
									CaO	MgO	K ₂ O
Brown lowland	Max.	67.5	33.7	24.0	6.75	306.7	24.3	150	562	135	100
	Min.	51.7	12.7	12.7	5.10	39.2	14.9	83	207	87	36
	\bar{x}	57.5	22.1	16.0	6.28	131.4	19.2	103	356	109	71
	CV %	6	23	17	7	45	16	14	16	12	24
Gray lowland	Max.	69.8	28.5	24.0	6.80	190.4	28.2	143	741	122	85
	Min.	54.1	11.7	13.5	5.50	50.6	17.3	94	345	46	18
	\bar{x}	62.2	22.6	16.8	6.18	106.5	21.0	113	490	76	54
	CV %	6	18	14	8	43	15	15	31	27	35
Brown forest	Max.	62.7	30.0	19.8	6.20	116.2	37.0	106	494	93	58
	Min.	54.7	20.1	10.6	4.40	24.9	13.0	45	104	25	32
	\bar{x}	58.5	24.1	15.6	5.23	60.7	20.1	63	270	62	43
	CV %	5	13	19	10	44	47	24	25	31	20

Notes Brown lowland soil; Takikawa area 13 spots, Shintotsukawa area 12 spots.
 Gray lowland soil; Takikawa area 8 spots, Shintotsukawa area 8 spots.
 Brown forest soil; Nakafurano area 13 spots.

滝川・新十津川地区の土壌は褐色低地土および灰色低地土であるが、中富良野地区は褐色森林土に区分される土壌が多いので褐色森林土のみをとりまとめた。作土の理化学性は各土壌とも概して良好で、土壌型の差も明瞭でなかった。しかし各土壌とも有効水孔隙量 (pF 1.5~3.8) が15%以下の地点がかなりあり、とくに褐色森林土ではその割合が多かった。

作土の化学性については各土壌とも変異が大き

Table 5. Relation between chemical properties of soil and length of onion cropping in brown forest soils. (Nakafurano area)

Soil series of brown forest (Origin)	Item	pH (H ₂ O)	TRUOG-P P ₂ O ₅ mg/100g	Base saturation %	Length of onion cropping (years)	Remarks (Chemical properties of typical spot*)
Kamifurano ser. (Residual) n=4	Mean	5.33	37.4	68	8.5	P-absorption
	Max.	6.20	50.6	106	13.0	coefficient 600
	Min.	4.80	24.9	51	6.0	CEC 10.9me/100g
Higashiyama ser. (Colluvial) n=5	Mean	5.07	62.9	67	11.8	P-absorption
	Max.	5.65	89.5	80	30.0	coefficient 1,199
	Min.	4.40	28.1	45	3.0	CEC 20.3me/100g
Yoshii ser. (Hilly sediment) n=4	Mean	5.35	81.4	60	19.0	P-absorption
	Max.	5.80	116.2	62	40.0	coefficient 1,914
	Min.	4.95	53.5	56	8.0	CEC 32.6me/100g

Note *The Soil Survey for Maintenance of Farmland Fertility.³⁴⁾

いが、褐色森林土ではpHの低いものや有効態りん酸・塩基飽和度の低いものがみられた。しかし低地土では有効態りん酸・塩基飽和度は全般に高く、TRUOG-Pが80mg P₂O₅/100g以上、塩基飽和度90%以上のものがほとんどであった。中富良野地区の褐色森林土は母材的に塩基飽和度が一般に低く、りん酸吸収係数も高い土壌が多い³⁴⁾ので、Table 4の低地土と褐色森林土の化学性の差は外見上母材・成因など土壌本来の化学性に基づく差異によ

るようにも見うけられる。

しかし中富良野地区の褐色森林土は堆積様式別に3土壌統に区分される³⁴⁾のでその土壌統ごとに有効態りん酸含量・塩基飽和度をとりまとめ、土壌保全基本調査土壌統代表地点のりん酸吸収係数・CECと対比した(Table 5)。この結果、土壌統ごとの有効態りん酸含量の平均値および分布の巾は土壌統代表地点のりん酸吸収係数の大小とは無関係で、むしろ平均タマネギ栽培歴の長短との関係がうかがわれた。また塩基飽和度については代表地点CECにみられる土壌そのものの差が強く

影響しており、CECの大きい吉井統では40年栽培土壌でも塩基飽和度が68%であったがCECの小さい上富良野統では平均栽培歴8.5年でも飽和度68%に達していた。しかし同一土壌統の中では栽培歴の長いほど飽和度が高い傾向があった。

そこで比較的栽培歴の短い中富良野・新十津川地区について、TRUOG-P含量と栽培年数の関係を調査しFig. 2に示した。両地区とも20年以上の長い栽培歴を有する地点を除き10年ぐらまでの範囲では、年数とTRUOG-P含量の間に高い正の相関がみられた。

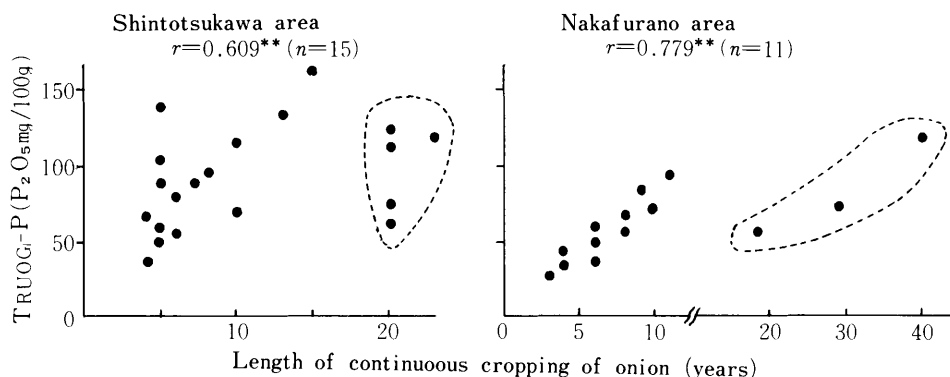


Fig. 2. Correlation between length of onion cropping and P accumulation in soil.

Note The coefficient of correlation are calculated with exception of older fields in a dotted line.

すなわちりん酸多投による熟畑化技術導入²⁹⁾以前に熟畑化された古いタマネギ畑土壌はそれなりにりん酸蓄積がみられるが、この技術導入以後に造成されたタマネギ畑土壌のりん酸蓄積は明らかに栽培年数の影響を受けている。また栽培歴の古い土壌は経年化の割にはりん酸蓄積の少ない事例があり、急激なりん酸蓄積は上記の熟畑化技術によるものと思われる。なお10年以下の土壌では新十津川地区が全般に中富良野地区よりも蓄積が進んでいる傾向があった。これは低地土よりもりん酸吸収係数の高い褐色森林土が中富良野地区に多いためとみられ、人為的影響とともに土壌本来の影響もうかがわれた。

上記のりん酸蓄積と栽培年数の関係については平均栽培歴の異なる滝川および栗山・中富良野各地区の土壌養分含量分布頻度 (Fig. 3) を対比し

ても明らかに認められる。

りん酸含量の分布頻度は地区によって異なり、もっとも栽培歴の長い滝川地区はTRUOG-P含量が125mg P₂O₅/100g以上の場合が50%に達し、ついで栽培歴の長い栗山地区のモードは滝川地区の次に高いところにあり、50~125mg P₂O₅/100gの場合が80%を占めていた。このような傾向は塩基飽和度にもみられ、滝川地区は塩基飽和度100%以上の場合が80%程度もあった。なお中富良野地区は低地土を含むが褐色森林土がほとんどであり、本来りん酸吸収係数が大きく塩基飽和度の低い土壌型であるのに加えて栽培年数も短いのでりん酸蓄積や塩基飽和度の上昇は小さかった。しかし塩基飽和度100%以上やTRUOG-P含量100mg P₂O₅/100g以上の場合もあった。

上記のように土壌有効態りん酸や塩基飽和度が

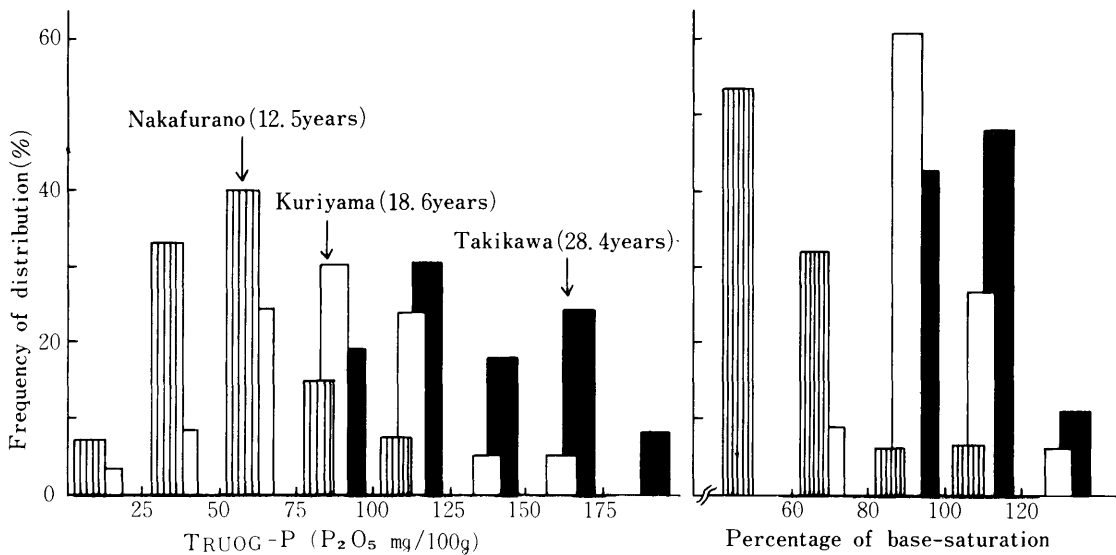


Fig. 3. Difference of accumulation of nourishment in soil of some productive areas with different length of continuous cropping of onion.

Note The parenthesized years shows mean length of continuous cropping at the area.

タマネギ栽培歴の長短と関連が深いことは、土壤改良資材とくにりん酸資材を多投し、かつ多量施肥が一般化している慣行肥培管理によるものと推測され、その栽培歴が長期にわたるほど一層その土壤本来の化学的性格が変えられたものとみられる。

次にタマネギ畑土壤の実態については南・古山⁷⁵⁾が1963年に調査しているなのでその調査地区と同一地区について再度調査を行ないここ10数年間における土壤変化の傾向を検討した。この再調査は同一農家圃場を対象としたものではないが、土壤変化の状況を大まかに把握しようと考えた。なお両調査とも土壤分析は地力保全基本調査における土壤分析法⁸⁹⁾に準拠して行ない、成分抽出(溶出)法は土壤養分分析法¹²⁾記載の方法と同一であるが、置換性石灰および苦土の定量は1963年の調査ではキレート滴定法で行ない本研究では原子吸光法によった。対比した調査地区および調査結果はTable 6に示した。

pHについては1963年と1973年以降の調査結果の差異は明らかでないが、有効態のりん酸については地区とも1973年以降の調査結果が著しく高い値であった。1963年調査では最高値といえども50mg

$P_2O_5/100g$ 前後で10mg程度や1mgにも達しない土壤もあったが、1973年以降では100mgを超える土壤が多く、全般に含量が低かった富良野地区でも平均値は50mgを超えていた。しかし塩基飽和度については両調査結果に差異は少なく、ほとんどの場合が塩基飽和度80%以上を示していた。また1973年以降の調査結果は各地区とも置換性石灰含量が低い傾向であったが、塩基飽和度でみる限りでは両調査間に差を認めることはできなかった。なおタマネギの生育に対する土壤有効態りん酸蓄積効果が明らかにされ^{18,49)}りん酸多投による熟畑化技術が指導された²⁹⁾のは両調査の間のほぼ中ほどの時期であった。

さらにりん酸蓄積の状況については、本研究における道央地区全調査地点(880点)を地域ごとにとりまとめその分布頻度をFig. 4に示した。各地ともTRUOG-P含量が100mg $P_2O_5/100g$ 以上の場合がかなり多く、とくに札幌を中心とする古い産地から成る石狩地域は100mg以上が60%に達し他地域より一層蓄積が進んでおり、Fig. 3に示した栽培歴に差のある地区間でみられた蓄積状況の差異は地域全体でも同様に認められた。

291

Table 6. Changes of chemical properties of soil after introduction of soil improvement technique for onion field(Brown lowland).

Area	Year	Item	pH (H ₂ O)	TRUOG-P P ₂ O ₅ mg/100g	Base saturation %	Exchangeable base mg/100g		
						CaO	MgO	K ₂ O
Furano	1963 n=6	Range	6.20~7.20	0.8~43.8	76~108	330~551	58~173	19~34
		\bar{x}	6.83	12.4	92	466	115	27
		CV %	5	141	15	19	39	22
	1973 n=12	Range	6.45~7.12	37.2~75.8	—	227~468	61~137	25~53
		\bar{x}	6.77	54.3	—	341	103	37
		CV %	3	28	—	26	25	24
Takikawa	1963 n=6	Range	6.10~6.90	19.2~45.0	94~120	348~596	107~246	53~83
		\bar{x}	6.53	35.5	103	449	165	66
		CV %	3	29	13	20	31	19
	1974 n=6	Range	5.26~6.75	81.6~306.0	83~122	207~422	94~135	46~100
		\bar{x}	6.21	161.9	104	310	113	65
		CV %	7	38	10	23	11	26
Shintotsukawa	1963 n=6	Range	5.35~6.55	11.9~55.7	90~109	413~670	79~106	62~132
		\bar{x}	6.12	29.6	101	488	93	85
		CV %	8	56	7	22	11	33
	1977 n=12	Range	5.10~6.71	39.2~158.1	85~150	255~562	87~119	53~99
		\bar{x}	6.37	98.3	102	407	105	77
		CV %	8	35	18	21	11	19

Note 29) : See literature.

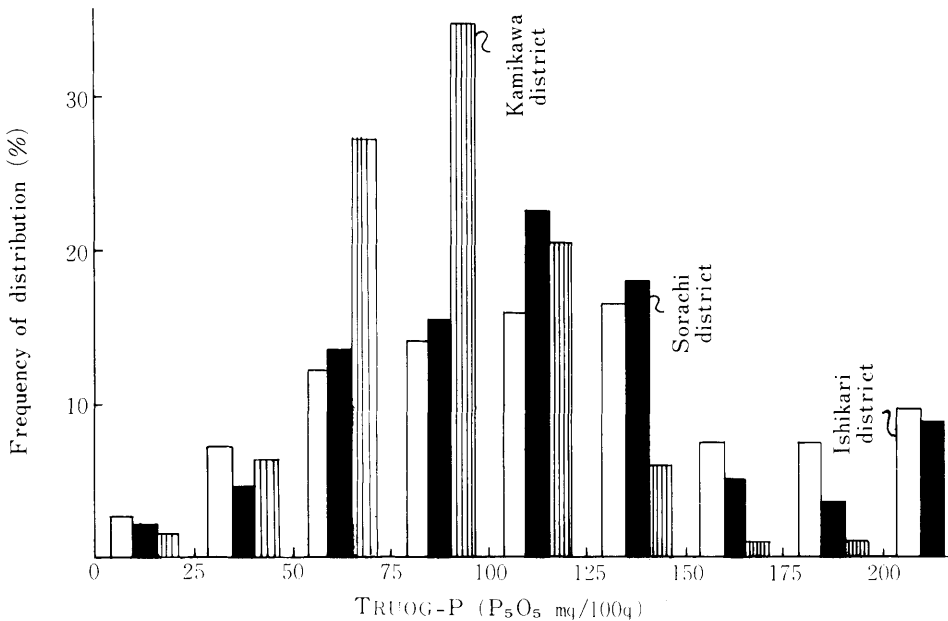


Fig. 4. Available P accumulation in soil of onion fields.

Note Number of investigated fields: Kamikawa 396, Sorachi 223, Ishikari 261,

一方、作土のりん酸蓄積は心土にも及んでいることが認められる。すなわち、心土の化学性を同時に調査した76地点について作土と心土の化学性

をとりまとめ対比してみたのがFig. 5である。この調査土壤は灰色低地土を一部含むが大部分は褐色低地土である。

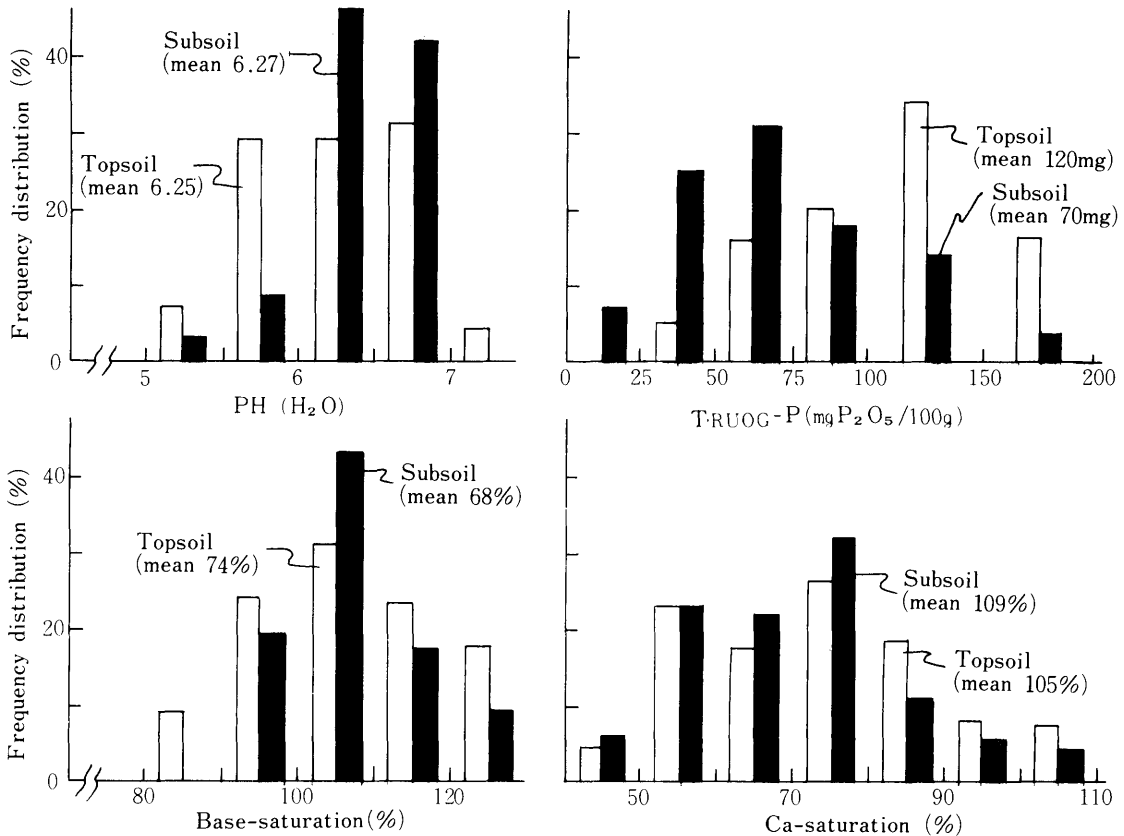


Fig. 5. Differences of chemical properties between top and subsoil (76 fields).

心土のpH (H₂O) が6以下のものは作土より少ないが平均値では作土と同程度で、塩基飽和度・石灰飽和度の分布は作土と心土に差がなく平均値でも同程度であった。一方、心土の有効態りん酸含量の分布は明らかに作土より低いところにあったが、TRUOG-Pが100 mg P₂O₅/100gを超える心土が20%に達していた。新畑の心土では10mg以下の場合がかなりあって、新畑心土は作土に比して著しく低い含量であった。したがって作土の場合と同様にタマネギ栽培の経年化によって心土のりん酸蓄積が進んでいく傾向があり、作土のりん酸蓄積は心土にも影響しているものと思われる。

次に心土の物理性についても前図と同様に作土

と対比して検討した (Fig. 6)。この調査土壤は褐色低地土25点・灰色低地土8点の地に褐色森林土4点であるが、点数が少ないのでこれらを全部まとめて図示した。

調査した心土は通常、不耕起層となる作土直下部7～8 cmまでの土層であるので、心土の粗孔隙量は作土より少なく12%以下の土壤が全体の30%を占めているが作土よりも分散が大きい。有効水孔隙量も作土より分散が大きく、20%以上の著しく大きい場合と逆に12.5%以下の過小の場合がかなりあった。一方、土層断面における土壤ち密度(山中式硬度計読み値)は心土の方が当然大きく、心土では明らかに根の伸長を阻害している場合が

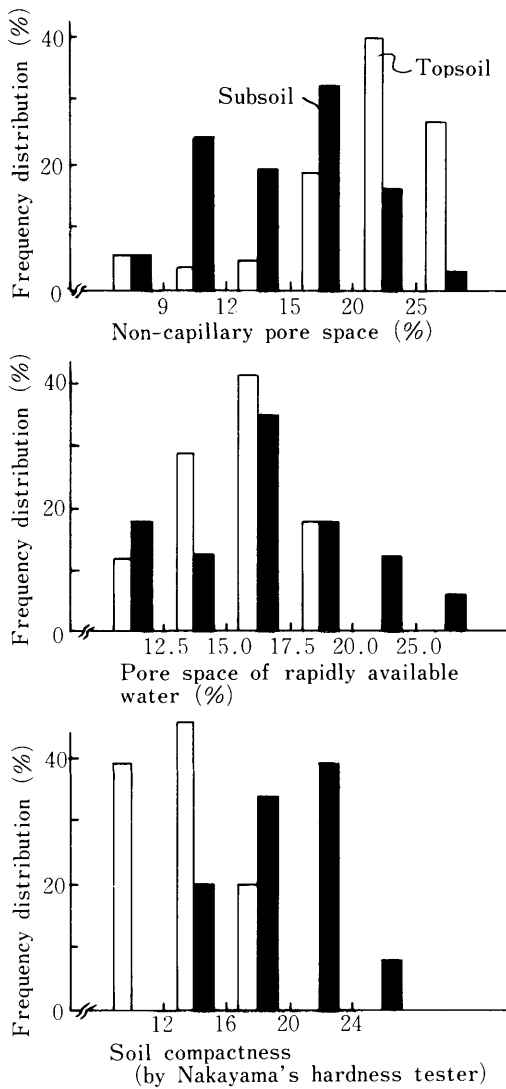


Fig. 6. Difference of physical properties between top and subsoil (37 fields)

多かった。すなわち、作土と対比すれば心土の理化学性は不良な場合があつて、とくに細粒質土壤の場合には粗孔隙量不足や土壤ち密度の過大な心土がみられた。

この結果から推測すると、作土は肥培管理によって土壤理化学性はおおむね良好であるが、心土については土壤本来の性格が強く現われタマネギの生育を阻害している場合が少なくないと思われる。なお作物に対する土壤物理性の影響については心土のみならず土層全体の構成が問題であろう。調

査土壤の中には下層礫質土壤や下層にグライ層をもつ灰色低地土などもあるので、土壤水分保持や重力水排除などの面で問題となる。したがってタマネギ畑の土壤の物理的条件は化学性と同様に以前よりも広い範囲にわたっていると認められた。

なお土壤に多量に蓄積されたりん酸の形態について若干の検討を行なった。富良野地区褐色低地土30点・褐色森林土39点・泥炭土(無機質表層低位泥炭土)3点の TRUOG-P と水溶性Pの含量を調査し、その関係をFig. 7に示した。水溶性Pの抽出はTRUOG-P抽出法¹²⁾に準じて土壤1gに水200mlを加えて行ない、両法の分析値の対比を行なった。

この結果、両者には極めて高い正相関があり($r=0.907^{**}$), 土壤による差は明らかでなく TRUOG-P が高い土壤ほど水溶性Pも高い傾向があった。

また、りん酸蓄積が著しく多い三笠地区褐色低地土24点について関谷・江川法¹⁰⁾による無機態Pの分画を試み、全Pおよび TRUOG-Pの関係をとりまとめ Table. 7に示した。

TRUOG-P が113~286mg P₂O₅/100gの範囲の土壤における全P含量は平均413mg P₂O₅/100gに達し、Ca-P 含量は平均122mgも存在したが Fe-P 含量は Ca-P や Al-P よりもかなり少なかった。なお TRUOG-P と全Pの相関および TRUOG-P と全無機態P (Ca-P および Al-P, Fe-Pの合計量)の相関がそれぞれ認められ ($r=0.463^{**}$ および $r=0.679^{**}$), また形態別含量の変異は Ca-P および Fe-P の場合に大きかった。

以上のようにタマネギ畑土壤に多量に蓄積したりん酸は水溶性で存在する部分がかかなりあり, Fig. 5に示したタマネギ畑経年変化に伴う心土のりん酸蓄積は水溶性Pの下層移動による面もあると推測される。さらにりん酸蓄積の垂直分布をみるため、札幌地区タマネギ畑の数例について土層別 TRUOG-P 含量とともに可溶性AlおよびFe含量を調査した。可溶性Alは高橋¹⁰⁾の方法にならない pH4.0醋酸抽出を行ない、原子吸光法によって同時にFeの測定も行なった。この結果をみると (Fig. 8) 栽培歴の古い土壤では作土におけるりん酸蓄積とともに下層におけるりん酸含量も増加するが、

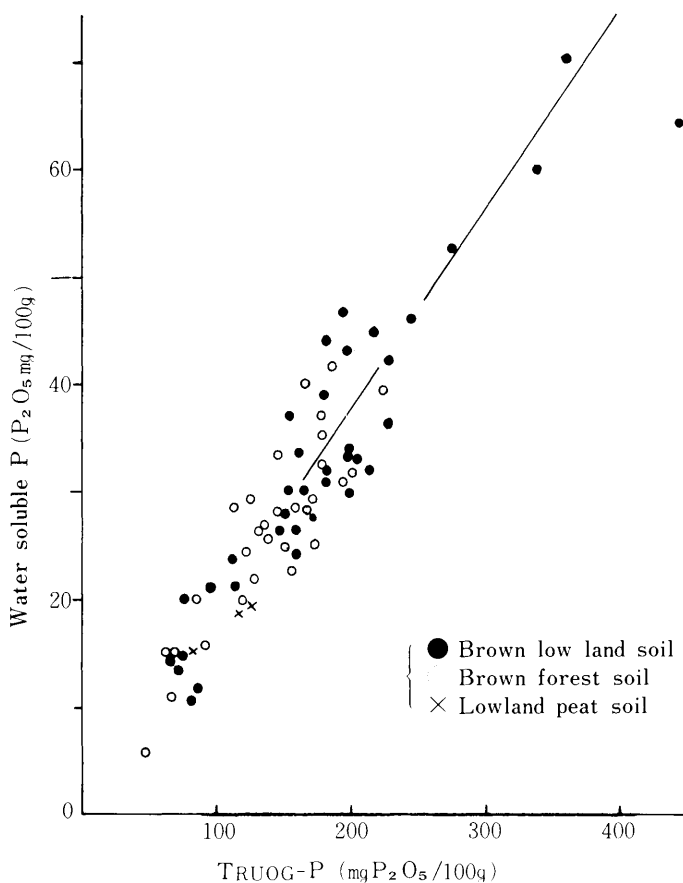


Fig.7. Relationship between TRUOG- and water soluble-P (Furano area).

Table 7. Fraction of phosphorus in phosphorus accumulated soil (24 Brown lowland soils, Mikasa area).

Item	TRUOG-P P ₂ O ₅ mg/100g	Total-P P ₂ O ₅ mg/100g	Inorganic-P P ₂ O ₅ mg/100g			
			Ca-P	Al-P	Fe-P	Total
Max. value	286.0	572.6	187.6	152.2	68.0	373.4
Min. value	112.7	279.7	55.5	97.1	28.3	224.7
Mean value	216.8	412.7	121.7	121.2	46.3	289.3
CV %	22	17	28	13	29	15

これに伴ないpH4.0醋安可溶Al・Fe含量の低下がみられた。とくに戦前からの古いタマネギ畑（栽培歴40年）では可溶性Al・Fe含量が著しく少なく、これに対してりん酸多投による熟畑化技術導入以

後の急造成熟畑（栽培歴15年）では作土におけるりん酸蓄積が著しいにもかかわらず下層の蓄積量が前者より少なく可溶性AlやFe含量も多かった。可溶性AlやFe含量の低下についてはpH上昇との

関連が考えられ、長期にわたる慣行的な石灰資材多投の土壤管理がAl・Fe含量の低下をもたらし、

これが下層のりん酸蓄積を一そう進めたものと思われる。

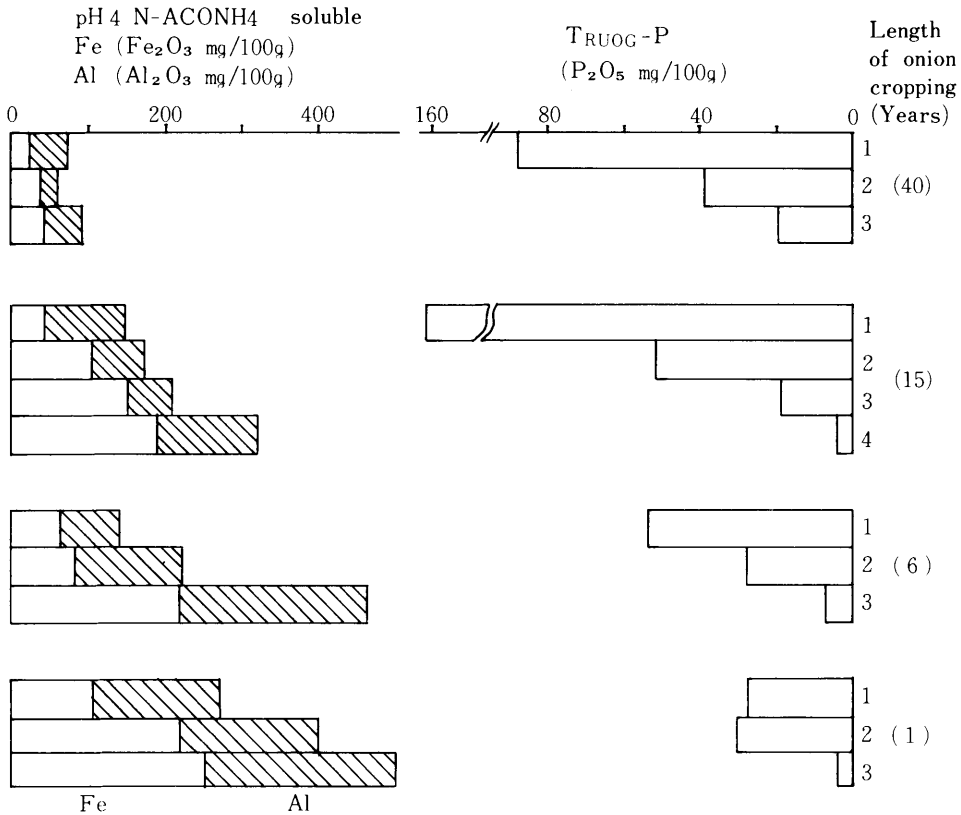


Fig.8. Relation between P accumulation and content of soluble Fe and Al in soils.

Note Soil layer, 1; 0-15cm, 2; 15-30cm, 3; 30-45cm.

3. 施肥・土壤管理の実態

前記土壤実態調査の中で343戸の農家慣行施肥量のきき取り調査を行なった。この調査結果をとりまとめると (Fig. 9), 窒素および加里施肥量は全体のほぼ半数が20~25kg/10aの範囲にあるのに対してりん酸施肥量はかなり多量の場合が多く、かつ施肥量の変異も大きかった。

りん酸施肥量は50kg/10a以上の事例が全体の40%に達している。りん酸施肥量には熟畑化を目標しての新畑土壤改良技術²⁹⁾のなりん酸の意識的多量施用も含まれるが3要素施肥量の間にはそれぞれ高い相関があり (窒素:加里 $r=0.666^{**}$, 窒素:りん酸 $r=0.452^{**}$), りん酸多施は施肥量全体

の多施につながる傾向があつた。したがって農家施肥量は北海道施肥標準³⁰⁾を大きく上回る場合が多かった。

次にタマネギ畑においては一般的な施肥 (春季の定植前施肥) の他に多量の有機質資材や土改資材を収穫後に施用し秋耕する機会が多いので、秋の資材施用について1975~78年に146戸の調査を行なった。全体のほぼ1/3の農家は調査当年に有機質資材 (有機質肥料・粗大有機物) を一切施用していないが、有機質肥料を施用する事例は約半数あり粗大有機物と併用する場合も全体の20%に達した (Table 8)。

有機質肥料の主体は鶏糞および米糠, 粗大有機物は堆厩肥・バーク堆肥などが主体であるが, そ

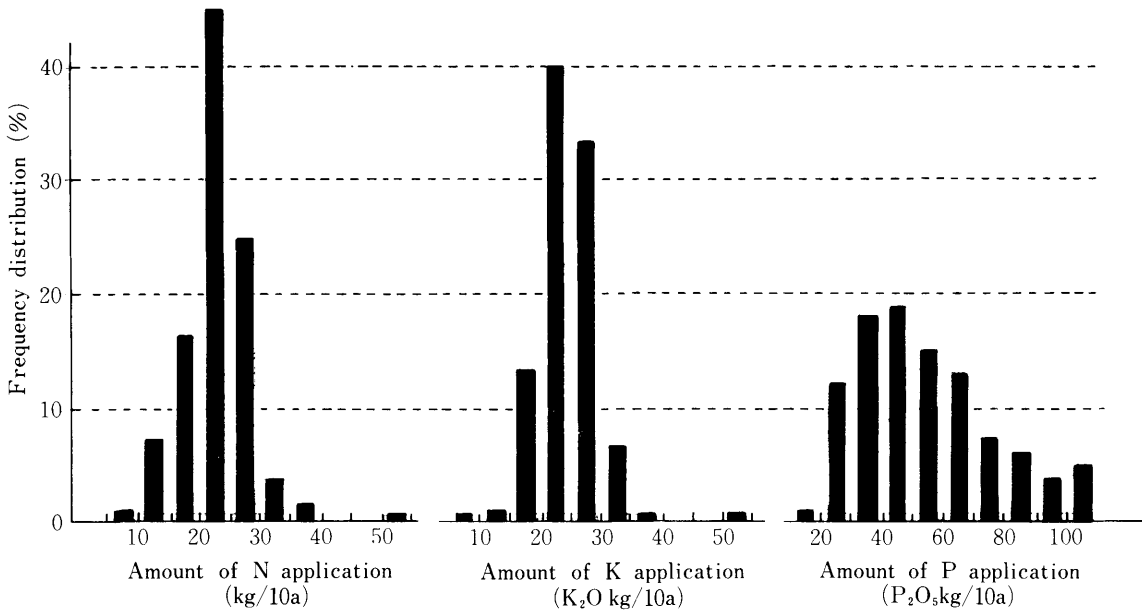


Fig.9. Actual condition of fertilizer application (343 farmers).

Table 8. Actual condition of application organic fertilizer and soil amendment.

Material applied		Percentage of application and itemization
Organic resources	No application	35.8%
	Organic fertilizer	49.3% (Chicken dropping 22.6, Rice bran 13.0, rapeseed cake 6.2, etc.)
	Crude organic manure	34.9% (Compost 11.0, Bark compost 18.5, Cattle and swine dropping 3.4, etc.)
	Both org. fertilizer and crude manure	20.0%
Inorganic resources	No application	29.5%
	Calcium fertilizer	48.6% (Calcium carbonate, Slaked lime)
	Magnesium fertilizer	20.0% (Magnesium lime) .
	Fused magnesium phosphate	1.9%

Number of questionnaires, Organic resources; 146 farms.

Inorganic resources; 105 farms.

の施用量は Fig. 10 に示すように鶏糞300~400kg/10a, 米糠100~200kg/10a, 堆厩肥 1~4 t/10 a 程度の施用の場合が多かった。

一方, 土改資材についても Table 8 のように当年無施用事例は1/3 近くあるが, 全体の約半数が石灰のみの資材 (炭カル・消石灰) を施用しており苦土入り資材 (ほとんどが苦土石灰) の施用事例も20%みられた。またこれらの資材施用量は50~

200kg/10aの範囲が大部分であった (Fig. 11)。

なお土改資材・有機質資材とも施用しなかった事例は全体の10%以下に過ぎず, しかもこれらの場合は前年に資材施用を行なっている事例がほとんどで, 資材投下はかなりの頻度で行なわれていた。とくに石灰資材・苦土入り資材の施用については, 無施用農家戸数をも含めて全調査戸数で単純平均すると約130kg/10aにも達しており, 慣行

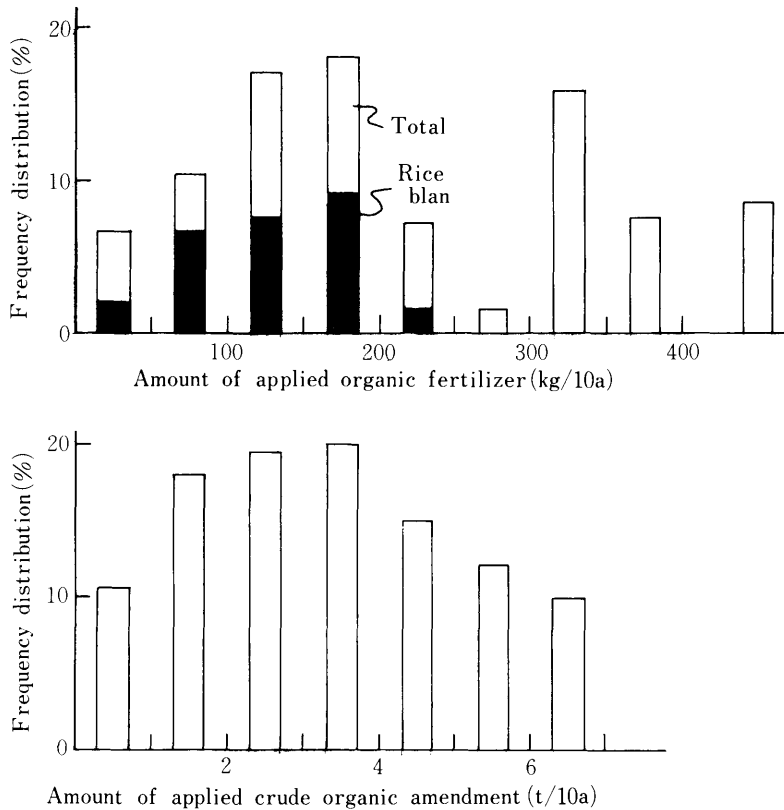


Fig.10. Actual condition of application of organic fertilizer and amendment (146 farmers)

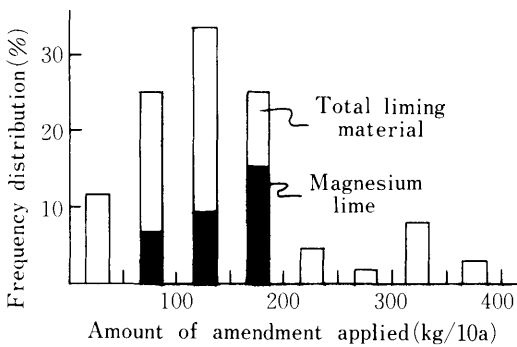


Fig.11. Actual condition of application of inorganic soil amendment (105 farmers).

的にかなり多量に施用されているものと推測される。

4. 土壌ならびに施肥実態と生育収量の関係

1973～77年の土壌調査の一部については施肥量や土壌養分含量と生育収量の関係をさらに調査した。施肥量と収量および土壌養分含量と収量との相関関係を地区ごとに検討しTable.9に示した。

1973年富良野地区を除いて施肥量と収量の間には相関がみられなかった。1973年は収穫時の土壌試料であるので無機態窒素の測定を欠いたが、1975年富良野地区の場合球肥大始めごろの土壌無機態窒素含量は収量と負の相関があり、1974年滝川地区でも有意ではないが負の相関がうかがわれる。一方、TRUOG-P含量については各地区とも相関は認められなかったが、窒素とは逆に正の相関がうかがわれる。また置換性加里含量と収量は

1973年富良野地区で正相関がみられた。

Table 9. Coefficient of correlation between yield and amount of applied fertilizer, nourishment content in soil.

Year and area	Yield: Amount of fertilizer			Yield: Nourishment in soil		
	Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Inorganic nitrogen	TRUOG-P	Exchangeable potassium
1973 Furano n=12	-0.664*	-0.655*	-0.302	—	0.511	0.724**
1974 Takikawa n=21	-0.218	0.156	-0.287	-0.416	0.141	0.140
1975 Furano n=21	-0.131	-0.170	-0.028	-0.505*	0.143	0.109

Notes *l. s. d. 0.05

**l. s. d. 0.01

Time of soil sampling; Sep. First 1973, July First 1974 and 1975.

以上の結果は1973年富良野地区を除いて一般的に施肥量は収量と直接的相関がなく、球肥大始めごろの生育盛期の土壤養分含量も収量との相関はないが、土壤無機態窒素含量の高いことはむしろ収量抑制の傾向があることを示している。

さらに1976年栗山地区・1977年新十津川地区について土壤無機態窒素含量と収量の関係を調査した結果 (Fig. 12), 球肥大始めごろの土壤無機態窒素含量と収量の間には負の相関があり、新十津川地区では2~3mg/100g程度では収量が低かったが両地区とも過大な無機態窒素の存在は収量を抑制し、1975年富良野地区と同様な結果であった。

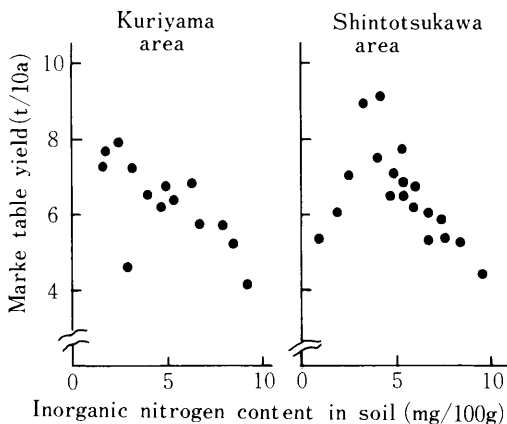


Fig. 12. Relation between yield and inorganic nitrogen content in soils at beginning of bulb stage.

Note Date of soil sampling;

Kuriyama, July 13(1976)

Shintotsukawa, July 10(1977)

TRUOG-P 含量と収量の関係については各年次とも明確でなかったが、収量は病害の発生により影響される場合があるので1975年以降の調査では収量と相関の高い生育量指数G.I (草丈cm×葉数)と土壤養分含量の関係を調査した。G.Iと収量の関係は1975年富良野地区 $r=0.556^*$ 、1976年中富良野地区 $r=0.781^{**}$ 、1977年の新十津川地区 $r=0.642^*$ の相関係数を示すので土壤養分の影響を検討しようと考えた。その結果G.IとTRUOG-P含量の関係は判然としなかったが、調査した4地区をまとめて図示するとFig.13のとおりである。

TRUOG-P 含量が80mg P_2O_5 /100g以下の場合のみを見るとG.IはTRUOG-Pが多いほど増大する傾向があり($r=0.382^*$)、とくに1976年調査地区のみの場合は高い正相関($r=0.581^{**}$)があった。なお、TRUOG-Pが80mg P_2O_5 /100gを超えた段階ではG.IとTRUOG-Pの関係は判然とせず、むしろTRUOG-P多量の場合には生育抑制の傾向すらうかがわれた。この関係は調査地区全体としてみられるばかりでなく、それぞれの地区内でも同様な傾向があった。

なお施肥量と収量の間には負の相関がみられた1973年は富良野地区で最も乾腐病の多発した年³⁷⁾で、ほとんどが乾腐病によるとみられる欠株や腐敗球の発生によって収量が著しく低下したので、乾腐病の発生と施肥・土壤養分含量の関係などについて検討を加えた。収量と腐敗・欠株数とは高い負の相関($r=-0.826^{**}$ $n=20$)があるが、腐敗・欠株数は施肥と相関がみられ(窒素施肥量:腐敗

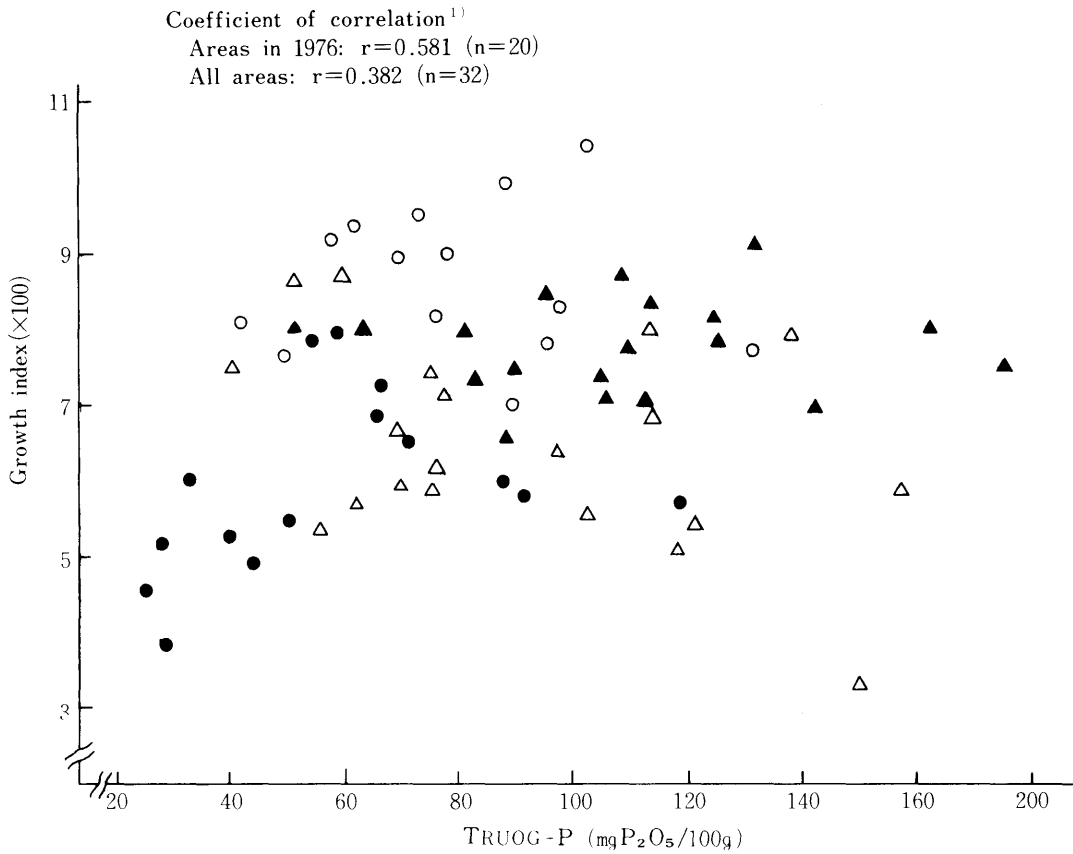


Fig. 13. Relation between TRUOG-P content in soil and growth of onion at the beginning of bulb developing stage.

- Notes
- ▲ Furano area, 1975 ($n=21$)
 - Nakafurano area, 1976 ($n=15$)
 - Kuriyama area, 1976 ($n=15$)
 - △ Shintotsukawa area, 1977 ($n=20$)

1) Calculated on low P accumulated soil (less than $80\text{mg P}_2\text{O}_5/100\text{g soil}$).

欠株数 $r=0.573^*$, りん酸施肥量：腐敗・欠株数 $r=0.493^*$), 施肥量増加が乾腐病多発につながり収量低下をもたらした可能性がある。ただし, りん酸施肥量と乾腐病発生との直接的関係には問題があり, 土壌の TRUOG-P 含量と収量の関係は窒素の場合と異なり正の関係がうかがわれる (Tab. 9) ことや窒素施肥量とりん酸施肥量が高い相関 ($r=0.913^{**}$) があつたことから推測すると, 窒素施肥量増加が乾腐病を多発させ収量を低下させたと見るべきである。土壌置換性加里含量と収量との間に相関があつたことも乾腐病発生との関連が推測される。1973年は初年度の予備的調査のた

め塩基置換容量を欠測したが, 収量と置換性石灰含量の間にも置換性加里の場合と同様に正相関 ($r=0.612^*$) があるがあるので, 置換容量の小さい土壌で乾腐病が多発するという大崎ら⁹⁰⁾の網走地区タマネギ畑土壌実態調査結果と同様に, 土壌が乾燥しやすい砂土系土壌で乾腐病が多発し低収となったことを推測させるものである。

以上の結果から, 施肥量と収量の相関は不明確な場合もあるが乾腐病多発条件では窒素施肥量増加は病害発生を一そう増加させ収量を低下させる危険性があり, また球肥大始め以降の土壌無機態窒素の多量存在は収量低下に働くものと思われる。

5. 考 察

一般に連作は土壤中の病原菌密度を高め土壌病害の発生を助長する²⁸⁾ので、連作するタマネギ栽培では病害発生状況がその生産性に著しい影響を与える³⁷⁾。しかしタマネギ畑土壌生産力はそのりん酸肥沃度によって強く左右される^{18,54)}ので、多肥栽培であるタマネギの連作は病害多発の危険性を増大させるが一方では土壌肥沃度を向上させ、いわゆる熟畑化によって生産性を高めてきた。

しかし現在はりん酸多投によってタマネギ新畑の熟畑化促進が可能となり、沖積地のみに発達したタマネギ産地が洪積台地まで拡大するに至り³⁹⁾、さらに病害回避の面では他作物との輪作の可能性を示されるに至った³⁶⁾。山本ら⁸⁴⁾により畑土壌生産性におけるりん酸肥沃度の影響が明らかにされ、りん酸多量施用と塩基施用による土壌改良が提唱され¹²⁷⁾、それが各地で種々の作物に対して著しい効果を挙げたことも、収益性の高いタマネギ栽培では土壌養分富化が進んだ一因であろう。

土壌実態調査の結果、タマネギ畑土壌の化学性の特徴はその著しいりん酸蓄積と塩基飽和度の上昇であった。とくにそのりん酸蓄積は1970年代以降顕著であった。このようなりん酸蓄積は土壌本来の肥沃度要因と同時に人為的な影響によるものであり、タマネギ栽培歴の長いほど蓄積が進んでいた。また塩基飽和度についても同様で経年的に上昇する傾向があり、古い産地では塩基飽和度が100%を超える場合が多かった。りん酸蓄積の多いタマネギ畑土壌では水溶性Pもかなり多量に存在する。郷間ら¹⁹⁾はタマネギ畑よりもさらに施肥量が多く塩基蓄積が大きいハウス土壌で水溶性Pが200mg P₂O₅/100g程度存在する事例を報告し、水浸出液中には塩類溶出も多いのでP溶出を促進している可能性があると考えている。タマネギ畑土壌においても塩基蓄積と相まって水溶性Pが増大した可能性があり、今後検討すべき問題と思われる。

なお熟畑化が進んで作土にりん酸が蓄積するとともに次第に心土にもりん酸が蓄積する傾向があり、同時にpH4.0醋安可溶のAlおよびFeが減少

した。著者らは別報¹⁰⁵⁾においてタマネギ畑における可溶性Al・FeとpHの関係を検討し、両者には負の相関がありpH上昇はAl・Feの不溶化を促進すると考えたが、これがまた下層でのりん酸蓄積の要因であろうと推測した。

田中らは比較植物栄養学的研究においてタマネギは耐低pH性が中程度である¹¹³⁾が耐Al性は弱¹¹⁴⁾、耐酸性は最弱に区分される¹¹⁵⁾ことを報告している。堀ら^{40,41)}も実際の圃場で土壌酸性化とそれによる可溶性Alの増加がタマネギの根の伸長を阻害し収量を低下させた事例を示している。このような面からみればタマネギ畑の熟畑化に伴うりん酸蓄積および塩基飽和度の上昇は生産性増大に寄与してきたことが推測できる。しかし一方では養分富化が著しく進んで塩基飽和度が100%を超え、TR-UOG-Pも200mgを超える土壌も少なくない。塩基飽和度の上昇は一般にpHを高めるが、著者ら¹⁰⁴⁾が野菜畑土壌における両者の関係について調査した結果、塩基飽和度100%を超える段階ではpH上昇が判然とせず、しかもタマネギ作付中はpH7.0を超えることはほとんどなかった。

上記のタマネギ畑土壌における著しい養分富化はその多肥栽培と土壌改良資材・有機質資材多投（秋施用）によるものと推測した。とくにりん酸施肥量が多くこの他にりん酸含有率の比較的大きい鶏糞や米糠が有機質資材として多投されるのでりん酸蓄積が一そう進みやすい。著者ら¹⁰⁴⁾は本道畑土壌をその畑利用方式別（野菜連作畑および一般野菜畑・一般畑作畑）に区分して、それらの養分富化は施肥量の多少と関連がありタマネギ（連作）畑土壌は最も養分富化が著しいことを明らかにした。

このような養分富化がタマネギの生育収量に及ぼす影響については、実態調査の結果からTRUOG-Pが80mg P₂O₅/100g程度まではプラスに働くがこれを超えた蓄積段階では生育との関係が判然とせず、さらに蓄積が著しく多くなると生育収量が抑制される傾向を認めた。また球肥大始めごろにおける多量の土壌無機態窒素の存在は収量低下の傾向があり、窒素多量施肥は収量低下をもたらす可能性があった。とくに乾腐病多発条件では、窒

素増施は欠株や腐敗を増大させ減収要因となった。しかし塩基過飽和土壤における障害性は明らかでなかった。田中らによればタマネギはCa適応性がやや良で高濃度培地でも生育低下が少なく¹¹⁶⁾、高Mg培地で生育が悪化するが高Ca共存培地では高Mg障害が回避される¹¹⁷⁾という。タマネギ畑土壤の塩基過飽和と生育の関連については塩基の種類・バランスなど今後の検討が必要である。

土壤養分の富化は一般野菜畑でもその集約多肥管理によってみられ^{26,60,109,129)}その著しい例は施設土壤である。施設土壤では資材や肥料の多量施用と特徴的な水分動向によって養分蓄積が著しく進み、濃度障害や養分吸収異常などの生育障害が顕在化し^{24,45,71,112,135)}、土壤・施肥管理に問題を投げている。りん酸蓄積も大きく、TRUOG-P_iが800 mgの事例も報告されている⁶²⁾が、施設土壤では塩類集積が生育障害の最大要因である¹⁰²⁾ので、このような塩類集積条件ではりん酸過剰蓄積による直接的な生育障害は明らかにされていない。しかし

自然降雨条件で栽培されるタマネギでは生育初期の一時期を除いて濃度障害がみられず、施設土壤よりは低い養分蓄積段階で生育障害が顕在化しやすい条件であると推測される。

次にタマネギ畑土壤の物理性については、作土は概して良好であるが心土の保水性や透水性は一般的な土壤診断基準³²⁾からみると過少な場合があり下層に砂礫層やグライ層の存在する場合もあった。土壤養分条件は前記のように容易に変え得たが心土の物理性改善は容易でない場合が多い。タマネギは耐湿性が強く^{42,43)}土壤適応性も高い⁵¹⁾とされているが、作付面積の急増に伴ないタマネギ畑の理化学的土壤条件の範囲は著しく拡大されたと考えられる。

したがって、近年一般的にいわれている道産タマネギの収量や品質の低下は、生育条件としての土壤理学性の不適正や過度ともいえる肥培管理によってもたらされた可能性が強いと考えられる。