
教育現場に於ける運動場の善し悪しを判別 するある視点からみた基準値に関する研究

——その2、K大学の運動場の善し悪しと今後の課題——

嶋 谷 誠 司

1. 本研究の課題

教育現場における運動場（以下グラウンド）の舗装材に関する研究の必要性は、いくつかの研究によって示されてきた¹⁾。

本研究は第1報に続くもので、基準値の作成に必要なデータの収集と、これから推測される調査対象の今後の課題を示そうとするものである²⁾。

今回は、K大学グラウンドの例において、経験的な判断として「良くない」とか「悪い」とか言われる事柄が、土木工学的な結論の範囲としてどのような値を示すかを調べ、そこから判断しようとするものである。

また第1報同様「実験データ」や「体育者の判断」となんらかの関係にあるものと考えて、グラウンドの使用者（学生）の「使用感」を調査し、それらとどの程度一致するかなど判断の指標作りに貢献させようとした。先行研究である小学校と中学校の調査データは、参考として取り上げることにした。

調査対象となったK大学グラウンドに関して、経験的な判断として提示された事柄は以下の通り。

- ・水はけ（排水）が悪く，降雨後のグラウンド使用には晴天日で2日間かかる。
- ・年間を通してほこりが舞いやすく，春先の北東風の時はとくにひどい。又その砂ほこりは，近隣住宅の洗濯物，家屋の外壁や窓ガラス，時には屋内にも至る。そのため風のある日は毎日のように大学にクレームが入り，職員らが4～5人がかりで1～2時間の散水を余儀なくされる。また夏の南風時は，校舎とくにコンピューターへの砂ほこりの影響が懸念される。
- ・硬くなった凸凹（足跡）があり，ボールのイレギュラーや運動者のつまずき等，安全性に欠ける。この凸凹は板コウガイ（いわゆるトンボ）で崩す事ができないほど硬く，人力での補修は無理である。排水の問題とも関わるが，足跡が問題ならば降雨後に完全に乾燥するまで使用しなければ良いという事になるが，それでは梅雨の時期や秋の台風シーズンでは稼働日数が現状の70%程度になってしまう。降雨後まる2日間の使用差し止めは，ナイター施設の無いこのグラウンドでは，現実的な稼働時間確保の面で学生生活への影響が大きく問題である。

これに対して以下の試験と調査を行い検討した。

2. 方 法

(1) 試験日

- ・1991年6月29日

(2) 試験項目

- ・貫入抵抗試験：プロクターニードル，直径6.5mm貫入針を使用。
- ・剪断抵抗試験：スパイクピン引き倒しテスト
- ・弾力性試験：衝撃式地耐力測定機，ts-196³⁾を使用。

- ・含水量試験 : 恒温乾燥炉を, 110°Cにて1時間使用。
- ・粒度試験 : フルイ分け試験機, 7層のフルイ目は4.76mm, 2.0mm, 0.84mm, 0.42mm, 0.25mm, 0.105mm, 0.074mm。
- ・透水試験 : 山田式を使用。

(3) 試験場所と標本の採取

- ・試験場所 : K大学に設置されるサッカー場, 野球場各々において, グランドのほぼ中央と見られる場所を選出し, そこから北東・北西・南東・南西の4方向への直線上で作られる正方形(1辺が60m)を計測する。この正方形の4角と中央の計5カ所にて貫入抵抗試験, 剪断抵抗試験を行った。各ポイントでの試験は8回行い, とびぬけた値またはそれに近い値を出した3回を削除し, 残りの5回の結果により各ポイントの平均値と標準偏差を求めた。弾力性試験は標本採取場所にて測定し, 前述と同様に8回の内の5回を選び出した。含水量試験, 粒度試験, 透水試験は, 標本を持ち帰り研究室にて行った。
- ・標本の採取 : 5カ所での貫入抵抗試験の平均値のうち, 5カ所の総合の平均値に最も近い値を出した場所の地中1インチの深さまでの土を採取し, 含水量試験, 粒度試験, 透水試験の標本とした。
ただし研究条件の都合上, サッカー場のみの採取となった。

(4) 調査票

- ・調査対象 : 試験対象となったグラウンドを使用したことのあるK大学学生, 1・2年生男子。

- ・調査方法 : K大学の正課の授業に参加した学生に対し、質問紙による集合調査を行った。
- ・調査内容 : グラウンドの使用者である学生に対し「グラウンドの使用感」を回答させた。
- ・調査期間 : 1991年6～7月。
- ・回収数 : サッカー場421, 野球場443, であった。
- ・有効回答数 : サッカー場402, 野球場427, であり、これを母数とした
- ・調査対象の基本的属性とその数
: 対象者の学年の内訳は、表1の通り。

表1. 対象者の学年

(人)

	1年生 (%)	2年生 (%)	計 (%)
サッカー場	225 (56.0)	177 (44.0)	402 (100)
野球場	191 (44.7)	236 (55.3)	427 (100)

(5) 観察および記録

グラウンド状況が「良くない」または「悪い」とされる状況時の写真を撮影した。又、利用者が利用しているときの様子や写真撮影時の状況など、気がつくことを観察メモとして記録した。

3. 結果と考察

(1) 試験結果

試験時の気象条件は、以下の通り。

- ・時刻 : 午後1時30分～(約2時間の間)
- ・天気

当日天気 : 晴

前日天気 : 晴

前々日天気: 晴

3 日前天気: 晴

- 気温 : 28°C
- 湿温 : 22°C
- 地表温 (サッカー場) : 28°C
(野球場) : 26°C
- 地中温 (1 インチ)
(サッカー場) : 28°C
(野球場) : 27°C

① 貫入抵抗試験

各グラウンドのポイント決定地は、サッカー場はセンターサークル付近、野球場は1塁側コーチャーズ・ボックス付近であった。

結果は、表2の通り。

表2. 貫入抵抗試験結果

(Lbs)

	サッカー場	野球場
各試験値	28	41
	32	38
	28	40
	30	36
	27	40
\bar{X}	29	39
S. D	2	2

② 剪断抵抗試験

結果は、表3の通り。

③ 弾力性試験

結果は、表4の通り。

表 3. 剪断抵抗試験結果

(kg)

	サッカー場	野球場
各試験値	1.0	1.1
	1.2	1.2
	1.2	1.2
	1.0	1.4
	0.8	1.2
\bar{X}	1.04	1.22
S. D	0.167	0.11

表 4. 弾力性試験結果

(mm)

	サッカー場	野球場
各試験値	12	9
	10	9.5
	13	10
	15	10
	14.5	9
\bar{X}	12.9	9.5
S. D	2.012	0.5

④ 含水量試験 (サッカー場)

乾燥前標本重量 100g

乾燥後標本重量 56.5g

水分重量 43.5g

含水比 $43.5 / 56.5 = 0.76991 \approx 77.0(\%)$

⑤ 粒度試験 (サッカー場)

結果は、表 5 の通り。

表 5. 粒度試験結果

	フルイに残った 標本の重量(g)	全重量に対 する割合(%)	質量 百分率(%)
4.76mm	0	0	100.0
2.0	5.5	9.7	100.0
0.84	12.4	22.0	90.3
0.42	11.1	19.6	68.3
0.25	9.0	15.9	48.7
0.105	12.9	22.9	32.8
0.074	2.0	3.5	9.9
under0.074	3.6	6.4	6.4

粒径加積曲線は図 1 の通り。

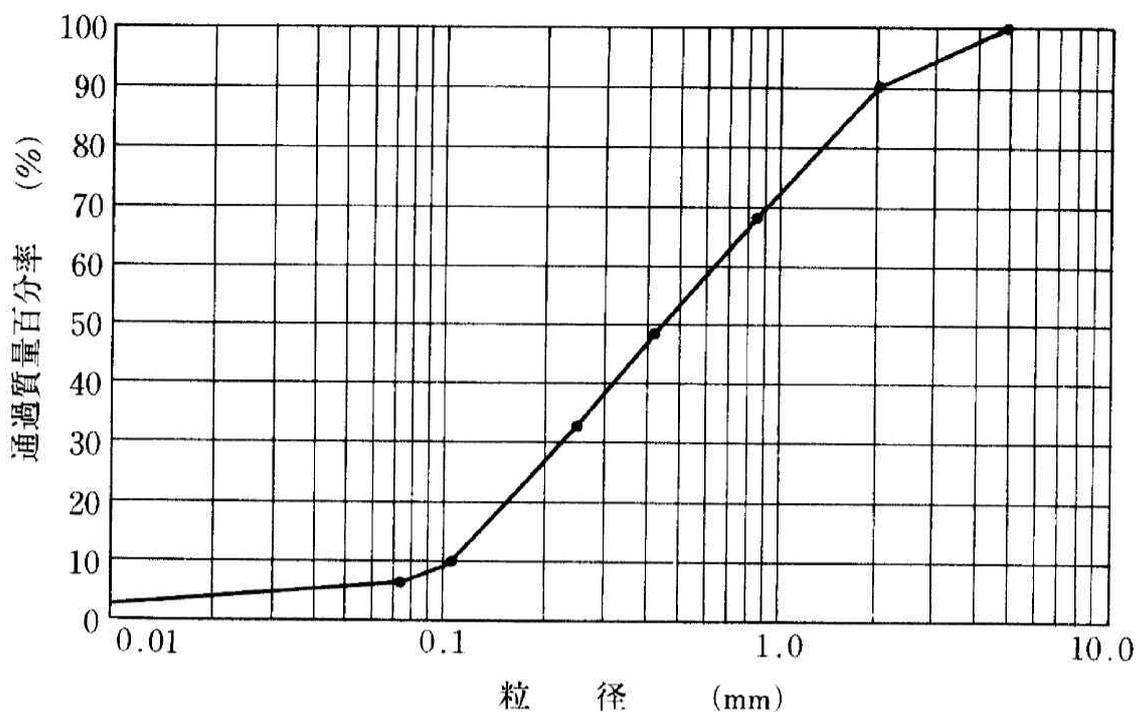


図 1. 粒径加積曲線

図 1 より

- ・均等係数 : 5.952
- ・曲率係数 : 0.806
- ・土の分類名称: 細粒分まじり砂 [S-F]³⁾

⑥ 透水試験

- ・表面排水時間 1' 17"
- ・1 st drop — (計測不能)
- ・Last drop — (計測不能)

⑦ 調査票

考察にて、関連のある項目ごとに示す。

(2) 考 察

① 貫入抵抗試験

グラウンドの品質管理基準によると、⁵⁾ 貫入抵抗標準値は陸上競技上で80~150 Lbs, 野球場で30~50Lbs とされている。この数値から野球場は適当である

が、サッカー場の適性は言及できない。

運動者の運動活動の観察からは、足形に固まった凹凸に足を取られる様子が記録されており、観察していても大変危険な感じを受けた。実際にサッカー場ではその窪地に足が引っかかり、足首の複雑骨折が一件発生している。

調査標では「グラウンドの凸凹が気になったことがあるか」という問に対し、サッカー場では56.5%が「よくある」(27.4%)「時々ある」(31.1%)と答え、野球場では50.6%が「よくある」(15.0%)「時々ある」(35.6%)と答え、問題の存在を示した。

また「それを感じた状況」に関してサッカー場では「走りにくい」28.6%、「ボールがイレギュラーする」27.1%、「水がたまっている」20.9%、「見た目によくない」16.7%、「怪我をしそう」14.4%が主な回答であった。また野球場では「ボールがイレギュラーする」18.7%、「走りにくい」9.6%が主な回答であった。とくにサッカー場では、かなりはっきりとした状況を体験した結果と推察される。

さらに「その凸凹はグラウンドのどの辺ですか」の問に対し五者択一として「どちらかというと周辺部」「どちらかというと中心部」「全体的に」「ある一部」「よく覚えていない」の中から選択させた結果、サッカー場では「全体的に」(30.8%)を選択した者が最も多く「グラウンドの凸凹が気になったことが“ある”」とした者の中の半数以上の回答であった。野球場では「ある一部分」(12.2%)と「全体的に」(11.5%)が多く、「グラウンドの凸凹が気になったことが“ある”」とした者の中の約1/4であった。本野球場の場合、内野と外野の土質が明確に異なっており、観察結果から外野の一部分以外には雑草以外の問題はなく、「全体的に」と答えた学生は、その問題のある部分にて運動せざるをえないことがあったものと考えられる。

② 剪断抵抗試験

前述に同じ品質管理標準値によると、陸上競技場における晴天時の計測では4.0~7.0kgが適当であるとされている。これほどの硬さを必要とする陸上

競技場の標準値は、学校グラウンドにおいては参考にはできない。

先行研究によると、小学校では平均で $2.61 \pm 1.45\text{kg}$ ¹⁾、中学校では平均で $3.05 \pm 0.81\text{kg}$ と中学校の方が高い傾向を示している($P > 0.05$)⁶⁾。これに比べサッカー場では平均で $1.04 \pm 0.17\text{kg}$ と小学校を下回り、野球場でも平均で $1.22 \pm 0.11\text{kg}$ と小学校を下回る。

図2は剪断抵抗と貫入抵抗の関係を表したものである。小学校、中学校の

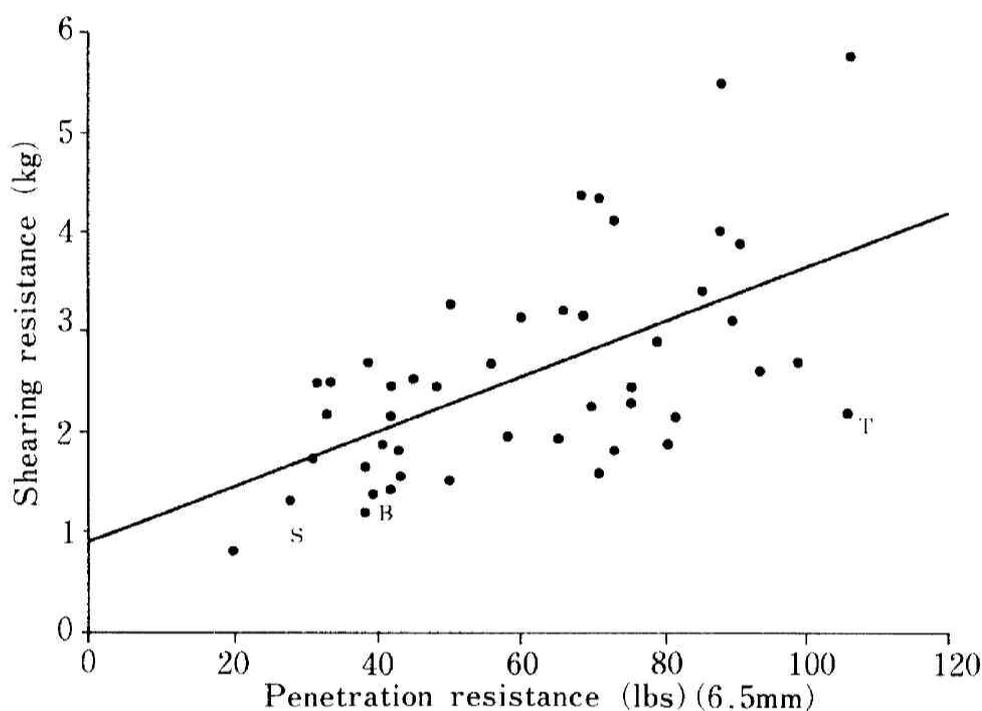


図2. 貫入抵抗と剪断抵抗の関係

(Sはサッカー場、Bは野球場、・は小学校と中学校のデータ、TはTJ大学)

貫入抵抗と剪断抵抗の関係を示す図にプロットすると、いずれのグラウンドも、剪断抵抗・貫入抵抗とも柔らかい傾向にある事が分かる。しかし、剪断抵抗と貫入抵抗の関係としてはTJ大学(図中T)ほど偏った値ではない事が分かる。

③ 弾力性試験

施工業者においては一般的な計測ではなく、比較の資料がないため言及できないが、先行研究との比較においては、あまり差異はみられない。弾力性

には問題はないものと推測する。

図3は、先行研究¹⁾⁶⁾のデータのから弾力性と貫入抵抗の関係を示したものである。野球場は回帰線の付近にポイントがありこの資料の中では一般的と見られる。

サッカー場は、比較的弾力性があると言えよう。

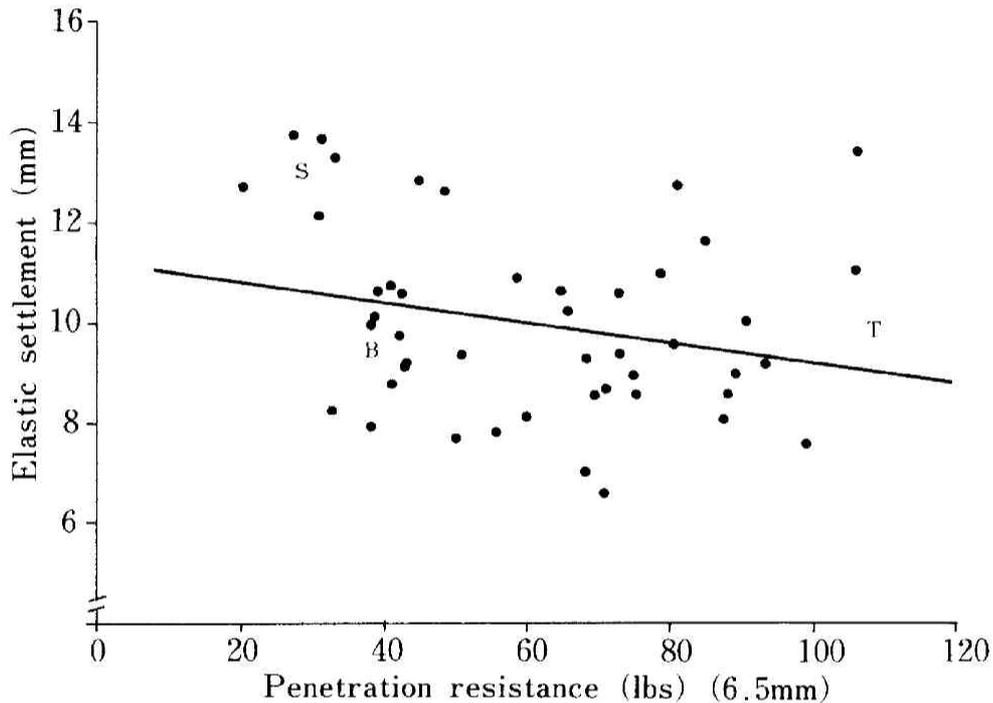


図3. 貫入抵抗と弾力性の関係

(Sはサッカー場, Bは野球場, ・は小学校と中学校のデータ, TはTJ大学)

④ 含水量試験 (サッカー場)

試験日やその前日までの天候にも影響されやすいデータではあるが、地中の水分量は、土の硬さや砂ぼこりと大きな関係がある。

図4は含水比と貫入抵抗の関係を表したものである。含水比が非常に高く、そのためだけではないだろうが縦方向に柔らかいことを示している。

このデータのみで何かを判別する事はできないが、先行研究⁶⁾では中学校の平均値は $5.57 \pm 2.8\%$ であり、それに比べ非常に含水量が多いといえる。試験日及びその3日前までの気象条件等は先行研究ともほとんど同じであった事から、含水比がとび抜けて高い原因は次に述べる土質によものと考えられる。

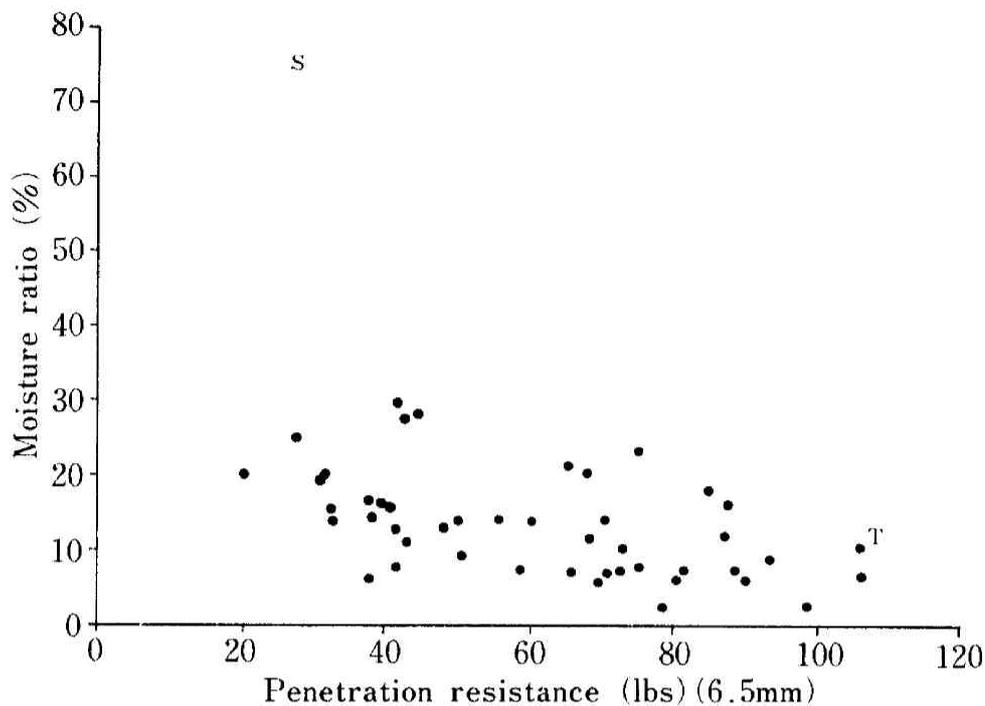


図4. 含水比と貫入抵抗の関係

(Sはサッカー場, ・は小学校と中学校のデータ, TはTJ大学)

⑤ 粒度試験 (サッカー場)

粒度分布の広がりを示す指数である均等係数は、10以上の場合その「粒土分布がよい」とされ4～5以下の土は「粒土分布が悪い」とされること⁸⁾から、5.95は「よい」とはいえない。曲率係数は、粒度分布が階段状である場合1～3が「粒土分布がよい」とされるため、0.81は「よい」とはいえない。統一分類法では、この両方の係数が「よい」と満たされる必要があり、総合的判断としては「粒土分布がよい」とはいえない事になる。

原因としては砂に分類される粒径の土が多く、いわゆる「そろった粒度」となっているからと推測する。そのために粒子間にできる間隙に入り込むシルトや粘土の量が足りなく、間隙の体積が大きくなり、含水量も多く柔らかい傾向の土となっているものと考えられる。

調査標で「グラウンドの砂ぼこりが気になったことがあるか」という問に対し55.5%が「ある」と答えた。主な状況としては「鼻や口の中が汚れる」30.3%、「髪が汚れる」25.9%、「目が痛い」19.2%であった。またその要因とし

ては「気になった人」の約8割が「風が吹いたとき」をあげ、「動いている人の足」によって舞い上がる砂ぼこりが気になった人は約5割であった。

粒径加積曲線からは、他のグラウンドに使用された土や TJ 大学⁷⁾に比べ粒径 0.078mm 以下のいわゆるシルトと呼ばれる土の割合が少ないことが分かる(図5参照)。

TJ 大学の粒土分布に比べシルト質以下の質量が少ないならば、その多くが砂の間隙の間に入り込むことで地表へ現れることがないように考えられるが、水に浮くほど細かい粘土質の質量が多い場合は、それが地表に現れ砂ぼこりとなって気になることも考えられる。これを明らかにするためには、比重浮ひによる粒土測定⁷⁾の必要も考えられる。またこれは風の吹きやすい時期の防風・防砂林の問題も示唆する回答である。

⑥ 透水試験 (サッカー場)

表面排水しか測定できなかった。これは前述のように、砂に分類される粒径の土によって「そろった粒度」が粒子間にできる間隙の体積を大きくして

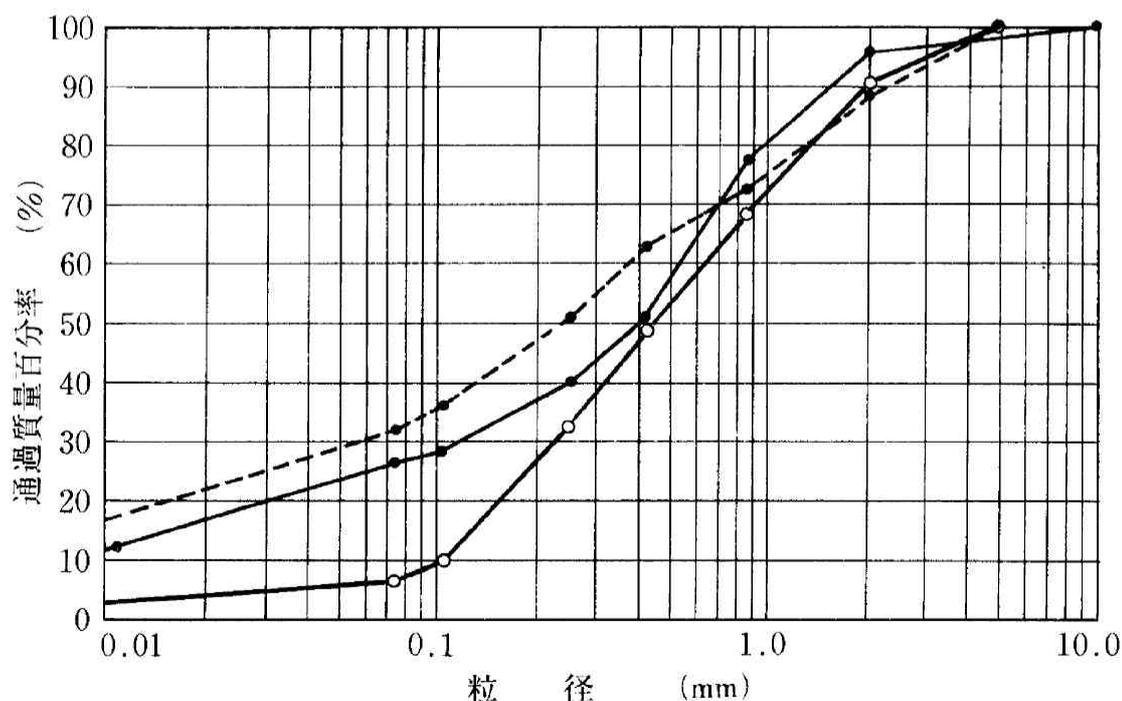


図5. 標本の土と他のグラウンドに使用された土の粒径加積曲線の違い
(白○太線はサッカー場、細線は他の土、点線は TJ 大学)

いるためと推察する。また 1st drop と Last drop が計測されないのもそのためであると考えられる。同時に、試験における投入水分量の再検討が必要とも考えられる。

調査標からは「水はけが悪い」26.9%、「良くない」40.3%とネガティブな意見が全体の70%近くある。そして「水はけの悪さをどの様なときに感じるか」の間に対し、「雨上がり」54.5%と全体的な水はけの悪さに片寄っている。また「日陰」20.6%の回答はキャンパス・レイアウトにおけるエラーであろう。建築物による日陰の発生が、グラウンドの稼働率にも影響することが考えられていない結果によるものである。

4. ま と め

貫入抵抗に関しグラウンドの品質管理基準によると、標準値は野球場で⁵⁾30～50Lbs とされている。この数値から野球場は適当であるが、サッカー場の適性は言及できない。

貫入抵抗と剪断抵抗が比較的柔らかい傾向にあると推察される。

弾力性には、問題はないと推察されるが、管理上転圧が必要と考えられる。粒度配合は見直しを必要とする。つまり、シルト質の割合を多くするべきと考える。

その他の観察結果も含めた総合判断、及び本グラウンドの今後の課題は以下の通り。

- a. 現状高低測量による不陸のチェック。
- b. 粒度配合の現状チェックと、改善のために混合すべき材料の質と量の決定。
- c. 不足材料の充填・混合切り返し作業と基盤整正及び仕上げ転圧。
- d. 近隣から砂ぼこりのクレームのでている、野球場バックネット裏から南西側の防砂林の再検討。北北東側防風林兼校舎（北西側）への

防砂林の再検討。

本研究が、なるべく何らかのかたちで現場にフィードバックされるべきと考えた。そのため最終目標である「基準値」に関わる事とは少し方向性を異にしながらも、意図的にまとめの中に「本グラウンドの課題」を含めた。

本研究をまとめている間に、K大学ではサッカー場全体と野球場内野部分の補修工事が行われた。日常的なメンテナンス方法とその実践実績にも問題はあるが、その総額は約880万円であった。4年間の不備によるこの金額を予算の中に組み入れるのなら、年間約100万円程度の予算によって、毎年同じ様に良好なグラウンド状況を維持する方が合理的である。その方が、現場にとっても経営者側にとってもメリットがある事を強調したい。

グラウンドの善し悪しを探る目的は、より良い教育環境を作り出す事である。現場の改善を心がける事が大切なのであり、教育現場におけるサービス享受対象者が2～4年間しか在籍しない事から、なるべく早い段階での判断と行動が必要となろう。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、長永スポーツ工業株式会社・技術部：北沢民男氏，同：後藤正臣氏，同・営業部：坪内隆幸氏，株式会社松村組：金田毅氏，同：斉藤保彦氏，株式会社近藤工務店・土木部：嶋谷之臣氏，より再度にわたりご指導を頂いた。またこの他にもたくさんの方のご助力を頂いた。あらためて深く感謝を捧げる次第であります。

注記及び参考文献

- 1) 丸田巖・山田良樹・富田幸博，「小学校グラウンドの硬度に関する研究—長野県北部地区において—」日本体育大学紀要，17巻2号，1988，pp.43-48，等
舗装材の混合割合についての研究は、ハイレベルの競技者中心の競技場についての研究があるが、教育現場における多目的運動場（以下学校グラウンド）に

ついでの研究はほとんどみられない。またこのハイレベルの競技者中心の競技場についての研究を一般教育のために用意された学校グラウンドに適用することは、安全性、経済性の面から究明すべき問題点が多い。

- 2) 体育教師が経験的判断を示す場合の、「比較的良い」とか「悪い」とかが判別されるグラウンドの状態にも、実験などの客観的分析結果にてある程度の傾向が見られるのではないか。経験的価値基準と客観的分析結果の間に相関があるなら、客観的結果からグラウンドの善し悪しを評価できるのではないか、という仮説に基づくものである。
- 3) 貫入抵抗試験・剪断抵抗試験・弾力性試験、はいずれも土の硬さを見る実験で、貫入と剪断は土の“つながろうとする力”を見る。貫入抵抗はタテの力に対する抵抗で、剪断抵抗は地中の横の力に対する抵抗力となる。しかしいずれも陸上競技用スパイクピンをモデルに考えられた実験器具なので、学校グラウンドの測定には適当であるとは言えない。ただこの他にこうした実験に適当な器具が見あたらないため、この方法がとられる事になっている。弾力性は、表層のみでなくある程度の地中の硬さを知る方法の一つである。
- 4) 能城正治・林田師照・安川郁夫,「土質力学の基礎」技報堂出版, 1987, pp. 29-31
- 5) 日本体育施設協会屋外体育施設部会編集,「屋外体育施設の建設指針——各種スポーツ施設の設計・施工——」体育施設出版, 平成2年, p.196
- 6) 富田幸博・山田良樹・丸田巖,「中学校グラウンドの硬度に関する研究—小学校グラウンドとの比較検討—」日本体育大学紀要, 20巻1号, 1990, pp.43-48
- 7) 前田純一・杉浦全・大森輝幸・平野富士信,「材料試験報告書」株式会社土質工学研究所, 1986: この資料の均等係数は100, 曲率係数は4.7であった。山砂(石川県・クリカラ)と山砂(福井県・織田) 5:5の混合土。
- 8) 三宅政光,「土木実習1(改訂版)」実教出版, p.174